国立大学法人　豊橋技術科学大学
文部科学省特別経費

サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業

～ 低炭素社会における安全・安心なビークルシティー ～

研究成果等最終報告書



平成27年3月

巻頭言

未来ビークルシティ事業の終了に当たって

学　長　　大　西　　隆

未来ビークルシティリサーチセンターは，持続的発展社会への先導技術の開発研究の推進役を担うものとして，「未来の自動車社会」をテーマに平成 23 年度から事業を開始しました。特に，本学が位置する東三河地区をモデルとした「低炭素社会」の構築をめざし，「産業育成」，「安全・安心」のキーワードのもと，研究開発を進めてきました。平成 26 年度からは寄附講座を新しく設置し，「省エネルギー」をキーワードとした研究開発を含む多面的な展開を実施しております。

三河港に面する豊橋・東三河地域は日本の自動車の集積地として重要な役割を担っています。そこでこのテーマと関連が深い地元自治体や関連企業各社の協力を得ることで，未来の自動車社会モデルの構築をめざす「未来ビークルシティ事業」を本学が展開することは極めて重要なことであったと思われます。

本事業の成果は，本報告書にまとめられているとおり，低炭素社会をキーワードとして，視点を自動車から街に向け，エネルギー，産業育成，弱者に対する安全・安心，新しいビークル開発などの課題に取り組み，「未来ビークルシティ」をめざした研究を進めてきました。これは，本学だけで展開できるものではなく，豊橋市，田原市などの関連自治体，関連企業など多くの方々のご支援をいただいて行われたものであります。お世話になった方々に厚く御礼申し上げます。

「文部科学省特別経費：サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業」は平成 26 年度をもって終了しますが，これが研究の終わりではありません。これに携わった個々の研究者はそれぞれの成果を元にさらに研究を発展させ，短期間で答えを出すべきものに加えて，少しじっくりと研究するべきテーマ（10 年，20 年後の自動車，都市，社会インフラのあり方など）にも取り組んでもらいたいと思っています。本学は，新しい未来社会にむけた挑戦を続けていく所存ですので，今後とも皆様のご理解とご支援をお願い申し上げます。

未来ビークルシティ事業：低炭素社会に向けた産業育成と安全・安心社会の構築

未来ビークルシティリサーチセンター長　角田　範義

本リサーチセンターは，平成 23 年から文部科学省特別経費による「サスティナブルな社会における未来ビークルシティ事業：低炭素社会における安全・安心なビークルシティ」を課題として研究開発を進めてきました。平成 27 年 3 月をもって第 2 フェーズの本事業は終了します。第 1 フェーズが自動車を主体としていたのに対し，本事業は，視点を人・街に置き，自動車のあり方を見ていくことにしています。特徴は，低炭素社会を主テーマとして，2 本の柱，「産業育成」と「安全・安心」，を掲げて「未来の自動車社会」に向けた事業を行ってきました。平成 26 年度からは，寄附講座を設置して「省エネルギー」の新しい柱を加え，展開の多面化を図っています。「未来ビークル」という名称は，検索において豊橋技術科学大学と認知され，その事業内容は，他大学の自動車関連センターと一線を画す上で新しい試みであったと思っています。この事業活動を遂行するにあたって，学内外の多くの皆様，各種組織，機関よりご理解，ご協力ならびにご支援をいただきました。ここに改めて厚く御礼申し上げます。

ファーストフードの時代からスローライフの時代への転換，それに伴う自動車社会のあり方についての考え方も変わってきました。また，日本の少子高齢化が進むことによる，事故対策として高齢者（弱者）に対する自動車とは（運転者，歩行者）と言う観点からの開発結果が，内外の自動車会社から提案されています。我々は，現在進められている車を中心とした次世代自動車の開発という観点とは異なり，今までの自動車を中心（ハード）とする街づくりから弱者や歩行者の視線に重きを置いた（ソフト）未来の自動車街（未来ビークルシティ）を目指してきました。具体的には，Ⅰ，本地域の利点である三河湾を念頭に置く電気自動車社会の構築です。将来の地震に備え港が防災拠点としての機能も持つことをも念頭に置いています。低炭素社会では電気自動車が重要な役割を果たしますが，電気自動車の弱点は，電池の能力と充電に関する問題（充電時間：最低でも30分，場所：非常に少ない）であり，それが長距離移動の難しさを浮き彫りにしています。しかし，船舶を利用による移動中の船舶内での充電が，電気自動車化のためのインフラ整備の範囲を都市単位で考えれば良いというコスト面からの利点を生み出します。そのため，電気自動車がその街のみの使用で遠出は困難とイメージが払拭され，電気自動車の普及が進むものと考えました。フェリーの利用については，リーマンショックとその後の景気低迷による経済力の低下が，低炭素社会における船舶の役割向上に貢献できなかった点は残念に思っています。電気自動車は，低炭素社会の究極的な乗り物として位置づけられていました。しかし，平成26年12月に燃料電池車FCV「ミライ」がトヨタ自動車によって発売されると，電気自動車の欠点を補うのに充分な能力を持つ車として位置づけられてきています。本事業の切り口の一つに「産業育成」があります。中日新聞によれば，エンジンを持つ従来型の車では，一台あたりの部品点数は二万～三万点。構造が簡単な電気自動車（EV）ではその三分の一。FCVの詳細な部品点数は明らかでありません。エンジン車より部品点数が多いとの見方も有り，さらに，心臓部の緻密加工技術の要求など技術力の向上を含む新しい産業の創成が期待できます。また，ターボ技術を使った燃料効率を高めた車の開発など低燃費実現を目指したエンジンの技術革新も進んでいます。今後はこれらの車が中心なって世界スケールでの低炭素社会を実現させていくものと思います。

もう一つが，Ⅱ，自動車の視点から見た安全・安心の技術”を“各世代からの視点（歩行者）から見た安全・安心”に展開させることにより新しい視点での自動車と街のあり方を提案することです。これまでの自動車社会における安全・安心は，主に自動車（運転者）を中心に行われており，歩行者である人の視点からの交通のあり方については欠落していた感が否めません。現在の高齢化社会ではこれら弱者の視点から見た街づくりを行うことが必須です。本事業は，今までの視点を変えた新たな試みであり，その成果は行政および自動車産業，に対して強く影響を与えるものであると確信しています。

この間，研究のみならず，本リサーチセンターが主催としたアウトリーチ活動を行い，センターの

プレゼンス向上を行ってきました。豊橋市役所のホールを利用したデモンストレーションを伴う成果報告会，子供に対する交通安全意識の向上，企業の人を対象とした先端研究の紹介など活発な活動を行い，事業の展開を行ってきました。これらを含め，自動車の集積拠点である三河港を意識した低環境負荷の輸送，電気自動車社会を見据えた産業育成，高齢化社会に対応する安全・安心，省エネルギーを意識した自動車など「新しい自動車社会の構築を目指すモデル」を目指した事業の最終報告書を作成する運びとなりました。

本最終報告書には，構成教員のこれまでの研究成果・研究業績，センターのアウトリーチ活動・報道などを詳しくまとめています。ぜひ，ご一読いただければ幸いです。その中での**第4世代ビークルの研究**は，今までに無い試みとして注目されている研究です。この事業で生まれた新しい芽は，次のフェーズに引き継がれ，育成・開花させていく事になります。皆様の暖かいご支援の継続を賜りますことをお願いいたします。

最後に，本センター事業へのご支援，ご協力に感謝いたします。



未来ビークルシティリサーチセンター：研究内容

	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度
交通	交通弱者のための交通システム ・ドライバーの心理・行動 ・交通弱者のための道路標識の強調提示方法	交通弱者の安全・安心のためのシステム ・社会共生型安全運転支援 ・全周プロジェクションシステム ・全方位カメラ危険認知	ドライバー個性に着目した安全運転支援 交通弱者の安全・安心のためのシステム	ドライバー個性に着目した安全運転支援 交通弱者の安全・安心のためのシステム	ドライバー個性に着目した安全運転支援 交通弱者の安全・安心のためのシステム 予防安全・自動運転のための環境認識
	低炭素社会に貢献する交通体系 ・ESTに基づく交通施策 ・豊橋市における交通施策			三河港田原地区交通渋滞対策 実態整理、幹線整備効果	交通シミュレーションに基づく豊橋市都市計画道路網の再検討
	交通需要から見た導入条件・効果 電気バス導入効果・選好意識モデル	豊橋市電気バス導入効果・交通手段選好意識モデル	豊橋市における電気自動車導入による都市変化（シミュレーション分析）	電気自動車普及による環境経済的影響の分析	豊橋市郊外部におけるコミュニティバスに対する住民の支払意思額構造及び利用者評価構造の分析
	交通部門における持続的資源消費の分析	カーシェアリング環境評価 新しい交通手段による温室効果ガス低減	二輪EVの利用による炭酸ガス排出量削減量計算	電動アシスト自転車利用促進	低環境負荷型の移動手段の持続性
	ハイブリッド・電気自動車の普及がもたらす経済効果	次世代自動車普及の経済効果 海上輸送へのモーダルシフト可能性	三河港経済効果 電気自動車による道路からフェリーへのモーダルシフト	三河港立地企業のモーダルシフトによる効果	三河港の経済効果と陸上輸送から海上輸送へのモーダルシフト 豊橋市における未来ビークル導入による都市の変化
	三河湾水路内の水質悪化の実態とその要因・・・・現地調査	三河湾水路内の水質悪化の実態とその要因・・・・モデル解析	三河湾水路内の水質悪化の実態とその要因・・・・栄養塩流入量	三河湾周辺の水質環境と波浪特性	三河港周辺域における海域環境評価
ビークル	工学技術面からみた導入条件 ・電力供給システム ・小型電気自動車、回生	エネルギー発生と利用技術 ・導入効果検討、電源開発、デモ	エネルギー発生と利用技術 ・EV車両導入実験と効果検討 （重機、ごみ収集車）	エネルギー発生と利用技術 ・ハイブリッド電源制御 ・三河港太陽電池導入	未来ビークルライフを支えるエネルギーの発生と利用技術 二相流エジェクタによる冷凍・空調サイクルの高効率化
			新しい電池技術（材料）の研究 ・電気化学反応特性・機構	→	新しい電池技術（材料）の研究 ・電気化学反応特性・機構
			電化道路電気自動車EVER ・タイヤ集電、1／10モデル検証	電化道路電気自動車EVER ・整合回路検討・実証	第4世代ビークル ・ワイヤレス電力伝送（V-WPT）技術
	自転車タイヤチューブの ケミカルリサイクル	自転車タイヤチューブの ケミカルリサイクル	→	→	自転車タイヤチューブの ケミカルリサイクル

❐❐❐ 目 次 ❐❐❐

研究成果

■低炭素社会と産業育成コア

１．未来ビークルライフを支えるエネルギーの発生と利用技術に関する研究
【電気・電子情報工学系　教授　滝川　浩史，　客員准教授　田上　英人】
・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

１－１　様々な場面で運用されている車両の電気自動車（EV）化
１－２　三河港の空き分譲地における電力供給システム導入の検討
１－３　電気自動車用電源システムの検討と開発

２．三河港田原地区における周辺道路整備を中心とした交通渋滞対策の検討
豊橋市における電気バス導入効果計測のための交通手段選好意識モデル分析
【建築・都市システム学系　教授　廣畠　康裕，助教　松尾　幸二郎】
・・・・・・・・・・・・・・・・ 11

２－１　はじめに
２－２　道路網整備効果計測のための交通量配分シミュレーションモデル構築
２－３　時間帯別車種別交通量配分シミュレーションによる道路網整備効果の試算結果
２－４　電気バス導入に関する意識調査
２－５　電気バス導入に関する交通手段選択モデルの構築
２－６　結論

３．豊橋市における炭素税導入と電気自動車普及の環境・経済影響評価
【建築・都市システム学系　教授　宮田　譲，准教授　渋澤　博幸】
・・・・・・・・・・・・・・・・ 21

３－１　はじめに
３－２　豊橋市の経済会計行列
３－３　電気自動車導入の応用一般均衡分析
３－４　シミュレーション分析
３－５　シミュレーション結果
３－６　おわりに

４．三河港湾地域の経済効果とフェリーによるモーダルシフトに関する研究
【建築・都市システム学系　准教授　渋澤　博幸，教授　宮田　譲】
・・・・・・・・・・・・・・・・ 31

４－１　三河港の経済効果
４－２　三河港における長距離フェリー利用と電気自動車によるモーダルシフト

５．三河港周辺域における海域環境評価に関する研究
【建築・都市システム学系　教授　井上　隆信，准教授　加藤　茂，助教　岡辺　拓巳
客員教授　青木　伸一（H22 年度～H24 年度在籍）】
・・・・・・・・・・・・・・・ 41
５－１　はじめに
５－２　降雨時の栄養塩流出負荷量の解明
５－３　港湾奥部に広がる河口干潟域での流れと土砂動態
５－４　おわりに

■低炭素社会と安全・安心コア

６．ドライバ個性に着目した社会共生型予防安全支援に関する研究
【機械工学系　教授　章　忠，准教授　三宅　哲夫，客員准教授　今村　孝】
・・・・・・・・・・・・・・・ 53
６－１　ドライバ行動計測技術
６－２　ドライバ内部状態推定技術
６－３　おわりに

７．交通弱者の安全・安心のためのシステムや装置に関する研究
【情報・知能工学系　准教授　金澤　靖】
・・・・・・・・・・・・・・・ 62
７－１　はじめに
７－２　交通弱者のための道路交通標識の強調提示方法の提案
７－３　２色覚者のためのノイズ付加による色の識別率向上に関する研究
７－４　交通弱者のための全方位カメラを用いた危険検知に関する研究
７－５　全周マルチプロジェクションシステムの開発
７－６　おわりに

８．新しい電池技術の研究開発
【電気・電子情報工学系　教授　櫻井　庸司，助教　東城　友都】
・・・・・・・・・・・・・・・ 72
８－１　はじめに
８－２　新規電池用正極材料の合成
８－３　電気化学特性評価
８－４　充放電に伴う正極の反応機構
８－５　まとめ

９．第４世代ビークルの研究
【電気・電子情報工学系　教授　大平　孝，准教授　田村　昌也，助教　坂井　尚貴】
・・・・・・・・・・・・・・・ 82
９－１　はじめに
９－２　V-WPT 方式によるワイヤレス電力伝送の基礎検討
９－３　リアルタイム負荷追従インピーダンス整合回路
９－４　V-WPT 方式によるワイヤレス電力伝送の大電力化実証実験
９－５　研究成果公表

１０．持続可能な移動手段の環境有効性の評価
【環境・生命工学系　准教授　後藤　尚弘】
・・・・・・・・・・・・・・・・ 90
１０－１　はじめに
１０－２　電動二輪車導入による二酸化炭素削減量の推計
１０－３　使用済み自転車の廃棄量に関する調査
１０－４　電動二輪車の利用意図と行動の関係
１０－５　エコドライブの行動意図と行動の関係

１１．廃棄自転車タイヤ，チューブのケミカルリサイクル
【環境・生命工学系　教授　角田　範義　教授　大門　裕之】
・・・・・・・・・・・・・・・・101
１１－１　はじめに
１１－２　研究構成
１１－３　リサイクルに関するヒアリング調査
１１－４　自転車のリサイクル活動
１１－５　今後の展望

１２．予防安全・自動運転のための環境認識
【情報・知能工学系　教授　三浦　純】
・・・・・・・・・・・・・・・・110
１２－１　はじめに
１２－２　人物検出
１２－３　屋外地図生成
１２－４　おわりに

■低炭素社会と先端省エネルギーコア

１３．炭酸ガスの超音速二相流ノズル中に発生する斜め衝撃波
【未来ビークルシティリサーチセンター　特定教授　中川　勝文】
・・・・・・・・・・・・・・・・117
１３－１　はじめに
１３－２　二相流斜め衝撃波を測定する実験
１３－３　実験結果
１３－４　理論解析による二相流衝撃波の解法
１３－５　解析結果
１３－６　結論

１４．平成２２年度～平成２６年度　教員活動実績
・・・・・・・・・・・・・・・・127

活動報告

１．未来ビークルシティリサーチセンター第１８回シンポジウム　開催報告
【電気・電子情報工学系　教授　櫻井　庸司】
・・・・・・・・・・・・・・・・154

２．未来ビークルシティリサーチセンター講演会
～EV＋ITS＋再生可能エネルギーによる地域型社会モデル構築～　開催報告
【情報・知能工学系　教授　三浦　純】
・・・・・・・・・・・・・・・・157

３．豊橋市交通児童館あきまつり 2014 への展示
～ぎかだいがやってくる！　運転手になってみよう！～　開催報告
【建築・都市システム学系　助教　松尾　幸二郎】
・・・・・・・・・・・・・・・・160

４．未来ビークルシティリサーチセンター講演会
～燃料電池車に適応する水素貯蔵材料の可能性について～　開催報告
【未来ビークルシティリサーチセンター　特定教授　中川　勝文】
・・・・・・・・・・・・・・・・163

５．ドライビングシミュレータの活用と交通安全啓蒙活動
【機械工学系　教授　章　忠，准教授　三宅　哲夫，客員准教授　今村　孝】
【建築・都市システム学系　教授 廣畠 康裕，助教　松尾 幸二郎】
・・・・・・・・・・・・・・・・165

６．平成２２年度～平成２６年度　活動実績
・・・・・・・・・・・・・・・・171

学生への支援

自動車研究部　２０１４シーズン活動報告書
・・・・・・・・・・・・・・・・227

組織・構成

・・・・・・・・・・・・・・・・238

成果報告

■低炭素社会と産業育成コア

１．未来ビークルライフを支えるエネルギーの発生と利用技術に関する研究

電気・電子情報工学系　教授　滝川　浩史，客員准教授　田上　英人

１－１　様々な場面で運用されている車両の電気自動車（EV）化

（１）　はじめに

近年，地球温暖化や原油枯渇などの問題がますます深刻化してきており，今後，代替エネルギーとなり得る発電方法の見通しが立たなければ，地球温暖化や原油枯渇が加速する可能性がある。このような背景から石油に依存しない社会づくりという課題が指摘されている。

その解決策の 1 つとして，電気自動車（EV）の普及がある。EV は内燃機関を持たずモータで走行するため，CO_2 などの温室効果ガスを排出しない。また，自然エネルギーなど，化石燃料以外の一次エネルギーを利用することができる。しかし，1 度の給油で 500 km 走行することができるガソリン車と比べて，EV は 1 回の満充電あたり 150 km 程度しか走行することができない。さらには，充電時間が長いなど利便性の低さの問題がある。これらに対し，街中走行の旅客用商業バスなど，路線やタイムスケジュールなど予め走行パターンが決められた車両は充電タイミングを決めやすく，それら問題を回避して利用できると考えられる。

今回，研究対象とした車両は，①愛知県豊橋市の豊橋市民病院線，②豊橋市に位置する豊橋総合動植物公園（のんほいパーク）内で運行している園内バス，③豊橋市三河港に設置・運用されている重機，④豊橋市を走るゴミ収集車とした。

（２）街中旅客向けバス

導入検討対象は，愛知県豊橋市の豊橋市民病院線とした。この路線は豊橋駅から市民病院を経由し総合スポーツ公園で往復運行をする路線である。豊橋駅から市民病院までの往復運行を行う路線（片道 4.5 km）のみ対象とした。また，充電ステーションを設置したと仮定し，バッテリ残量が少なくなり次の往復運行が困難な場合は，豊橋駅から市役所へ移動し，急速充電を行うこととした。豊橋駅から市役所までの移動距離は片道 1.6 km である。なお 60%までの急速充電を行った直後にも関わらず往復運行を行うことができない場合は，運行失敗としてシミュレーションを終了するとした。現在この路線で運行しているワンステップグリーンバス(PDG-AR820GAN)の 1 台（定員:57 人）を，平成 22 年 2 月に大阪市で実証試験に使用された UD トラックス(改)（定員:47 人）の電気バスに置き換えるとし，空調は利用せず，時刻表を踏襲した形で導入するとした。電気バス導入によって運行コストと CO_2 の削減が可能であるが，導入コストが大きいため，導入コスト回収が難しい。今回，比較的安価なハイブリッドバスも含め，搭載バッテリ容量をパラメータとし導入効果の検討を行った。

搭載バッテリ容量をパラメータとして，バス 1 台の一日の運行コスト（軽油代と電気代の和）および CO_2 排出量を求めた。図 1-1-1 および図 1-1-2 に平日の結果を示す。これらから以下のことがわかった。

① 電気バスの場合 : 往復に必要なエネルギー量は 6.7 kWh であるので，搭載バッテリ容量はそれ以上必要である。搭載バッテリ容量が 7 kWh 以上あれば，運行コストと CO_2 排出量はディーゼルバスのそれらより少なくなる。電気バスの一日の運行回数は，7 kWh のとき 10 回，8 kWh 以上のとき 12 回であった。運転コストおよび CO_2 排出量は運行回数に比例するため，8 kWh 以上ではほぼ一定となり，7 kWh の場合では 8 kWh 以上の場合より少なくなる。7 kWh の場合の運行回数は 8 kWh 以上の場合より，2 回少ない。その 2 回はディーゼルバスが運行することになる。ディーゼルバスの運行コストは電気バスのそれよりも高いため，電気バスの運行回数が多い方が全体のコストメリットがあることになる。これらから，電気バスの搭載バッテリ容量は最少 8 kWh でよいと判断した。

② ハイブリッドバスの場合 : 搭載バッテリ容量に関わらず，平日の場合，一日の運行回数は 12 回であった。搭載バッテリ容量が 9 kWh 未満の場合，運行コストと CO_2 排出量はディーゼルバスのそれらより大きくなった。これは，搭載バッテリ容量が小さい場合，許容出力も小

さいため，バッテリからの出力が足りず，走行中頻繁にエンジンが稼動するためである。10 kWh 以上の場合，運行コストと CO_2 排出量は，ディーゼルバスのそれらより少なく，かつ，ほぼ一定となった。これは，搭載バッテリ容量が概ね十分であり，エンジン発電への依存があまりないからである。

③ 3 者の比較：運行コストおよび CO_2 排出量ともに電気バスが最も少なくなることがわかる。搭載バッテリ容量については，電気バスの場合，駅での待機時間に急速充電を行うことによって，ハイブリッドバスと同程度にまで小さくしてもよいことがわかる。搭載バッテリ容量が同程度ならば，複雑な機構を持つハイブリッドバスより電気バスの方がコストやメンテナンスの点で有利である。なお，電気バスとハイブリッドバスとにおいて，コストの差が生じたのは，急速充電の有無に起因している。つまり， ハイブリッドバスの場合，急速充電なしとしたため，駅で十分な充電ができず，その結果，単価の高い軽油を用いたエンジン発電機で走行することになるからである。

（3） 公共施設内客車牽引車

今回研究対象とした車両は，愛知県豊橋市に位置する豊橋総合動植物公園（のんほいパーク）内で運行している園内バスとした。のんほいパークは植物園，自然史博物館，動物園，遊園地を併せ持つ複合商業施設である。客層は親子連れが多く，園内バスに乗車する約半数が子供である。園内バスは牽引車と客車から構成され，牽引車はガソリンエンジン駆動の TOYOTA L&F 製の 2TG10 である。のんほいパークでは土曜日に 2 台，日祝日に 3 台の園内バスが運行している。本研究では施設内を走行している車両を EV 化し，実際に客車を牽引し走行した。

フィールド試験の結果から，1 周を走行するのに消費する電力量は 1,016 Wh/周となった。園内バスは一日に 17 周運行しており，更に安全係数，バッテリの劣化係数を考慮することで，一日に必要なバッテリ容量を以下の式で求めた。

$$W_n = W_{round} \times 17 \div \eta_d \times \eta_{safe} = 25{,}908 \text{ (Wh)}$$

W_n：搭載バッテリ容量(Wh/日)，　W_{round}：1 周の消費電力量(Wh/周)，

η_d：劣化係数(0.8)，　η_{safe}：安全係数(1.2)

簡易な消費エネルギーの計算から求めたバッテリ容量は 8,640 Wh であり，フィールド試験の結果と比較すると，一日の走行に必要なバッテリ容量に達していないことがわかった。従って，厳密な消費エネルギーの計算が必要と考えた。

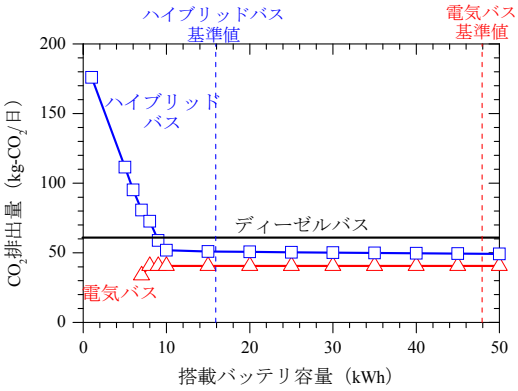


図 1-1-1　バッテリ容量と運行コストの関係

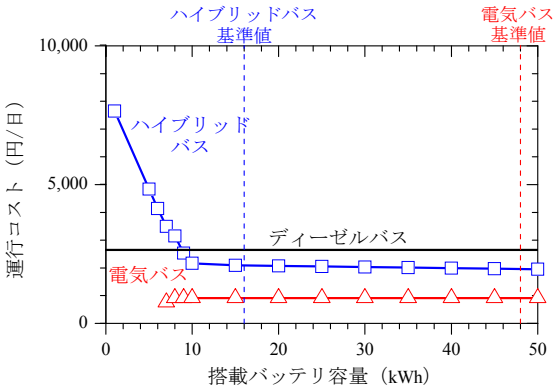


図 1-1-2　バッテリ容量と CO_2 排出量の関係

簡易な消費エネルギーの計算では，停車駅間速度パターンにおいて，加減速を除き一定とし，路面の勾配を考慮しないなど簡略化していた。つまり，簡略化したことでバッテリ容量の計算に大きな差異が生じることとなった。そこで，停車駅間速度パターンをフィールド試験で計測した値を用い，走行する路面の勾配を計測し計算に適用することとした。園内を 1 周する際に計測したバッテリ出力と厳密な消費エネルギーの計算の結果のバッテリ出力を比較したグラフを図 1-1-3 に示す。加速パターンおよび勾配を考慮することでバッテリ出力はほぼ一致し，1 周の消費エネルギーは実測値 1,016 Wh/周に対し，942 Wh/周と近い値となった。

当初のバッテリ容量では一日中の走行ができないことが明らかとなった。不足した周回数は現行のガソリン車が行う必要があるため，コスト削減量と CO_2 排出削減量が少なくなる。しかしながら，バッテリ容量が十分に搭載されている場合でも，過剰に搭載した場合は重量増加により走行消費エネルギーが増加し，コスト削減量と CO_2 排出削減量が少なくなる。また，バッテリには寿命があるため，バッテリ容量を多くすると，バッテリ交換費用が多くかかってしまう。

図 1-1-4(a)に鉛バッテリを用いた場合の運用コストの削減量を示す。バッテリ容量は走行可能周回数が 5，10，15，17，20，25 周となるバッテリ容量とした。鉛バッテリは耐用年数の都合上，三年毎にバッテリを交換する必要がある。この時，バッテリの交換コストの影響が大きく，コスト償却することができないことがわかった。

次に，リチウムイオンバッテリを用いることを考えた。リチウムイオンバッテリは鉛バッテリと比較して，高エネルギー密度で寿命が長いというメリットがあるが，単位容量当たりの価格は鉛バッテリと比較して高い。図 1-1-4(b)にリチウムイオンバッテリを用いた場合の運用コストの削減量を示す。初期コストがかかるものの，交換サイクルが 16 年と長いためコスト償却が可能であることがわかる。また，17 周を走りきるだけのバッテリ容量が最もコスト削減量が良いことがわかった。これは前述の通り，運行周回数の 17 周を走りきるバッテリ容量より少ない場合は，現行のガソリン車が行う必要が

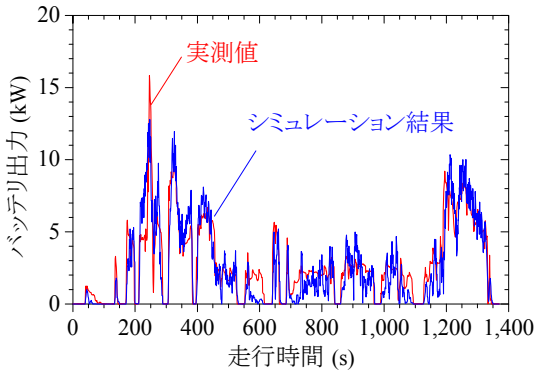
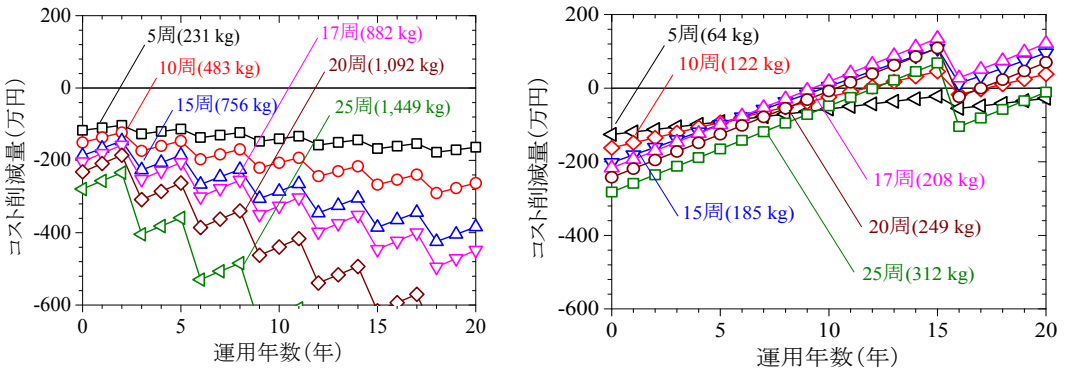
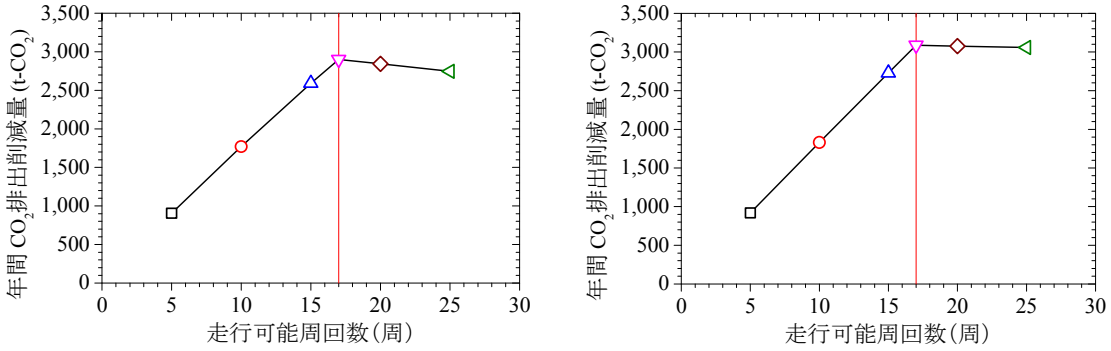


図 1-1-3 シミュレーション結果



(a) 鉛バッテリ　　(b) リチウムイオンバッテリ

図 1-1-4 それぞれのバッテリを用いて EV 化した時の運行可能周回数とコスト削減量の関係



(a) 鉛バッテリ　　(b) リチウムイオンバッテリ

図 1-1-5　それぞれのバッテリを用いて EV 化した時の運行可能周回数と CO_2 排出削減量の関係

あるためである。また，それ以上に搭載した場合，重量が増加し走行消費エネルギーが増加することで，バッテリ交換コストおよびコスト削減量が少なくなる。

図 1-1-5(a)と図 1-1-5(b)にバッテリ容量と CO_2 排出量の関係を示す。鉛バッテリ，リチウムイオンバッテリどちらを用いた場合でも，運行可能周回数が 17 周となるバッテリ容量が最も削減量が多くなった。従って，EV 化する場合は最適なバッテリ容量を搭載することで削減量を最大とすることができる。

今回，乗客は満員を想定して計算を行ったが，実際には常に満員ではないことや，利用客の約半分は子供であり重量が軽くなることから，運用コスト，CO_2 排出量は更に少なくなる。バッテリ容量を少なくすることができるため，重量の軽量化やバッテリコストの低減なども期待することができる。

（4）湾岸重機

三河港のコンテナターミナルで稼働しているストラドルキャリア（SC: Straddle Carrier，図 1-1-6）を対象とし,これの EV 化による効果を検討した。SC とは，コンテナターミナル内のコンテナの移動，積み上げを行う大型の自動車である。現在は比較的小さな電気自動車が盛んだが，単体でもエネルギー消費が大きいことや，継続的にエネルギーを消費しているため確実にエネルギー消費量の削減ができる大型のものにも普及していくと考えられるためである。

コンテナターミナルには計 4 台の SC が稼働している。3 台は三菱重工製ディーゼル SC（DSC）の VSC4434，もう 1 台が TCM 製ディーゼルハイブリッド SC（HSC）の S4WE である。DSC は 11,149 cc のエンジンを 2 基積んでおり，移動時は両方のエンジンを荷役時は片方のエンジンを使用する。HSC はシリーズ式のハイブリッドであり，11,045 cc のディーゼルの発電機で発電し，移動と荷役はモータで行っている。電動ストラドルキャリア（ESC: Electric Straddle Carrier）への EV 化の検討に際し，搭載バッテリは一日の稼働に必要な容量とし，モータは TCM 製 HSC-S4WE のカタログに記載されている 257 kW のモータとして計算を行った。

現状は DSC，HSC どちらも軽油を使用しており，燃料消費量から軽油単価と軽油の二酸化炭素排出係数を用いて計算を行った。また，EV 化後では電力を消費するため，消費電力量から電力料金単価と電気の二酸化炭素排出係数を用いて計算を行った。燃料単価は三河港コンテナターミナル株式会社，燃料購入実績（2010 年度）を用い，電力料金単価は三河港コンテナターミナル株式会社，電力料金単価（2008 年 8 月～2011 年 8 月）を用いて計算を行った。運用コストと CO2 排出量の削減率を表 1-1-1 に示す。

EV 化に必要なコストとして，改造費とバッテリ価格とを考える。ここでの改造費は，バッテリ価格を含まずに，他のモータなどの必要な部品費用は含まれているとした。改造費はモータ出力と比例すると仮定し，以前本研究室で作成したのんほいパーク用の客車牽引車両の改造費を参考にして算出した。のんほいパーク用客車牽引車両のモータ出力は 25 kW，改造費 100 万円だった。ESC のモータ出力は 257 kW であり，約 10 倍の出力であるため，ESC の改造費を 10 倍の 1,000 万円とした。次に



図 1-1-6　SC 外観

表 1-1-1　ESC 化による運用コスト削減率および CO_2 排出削減率

	削減率（%）	
	運用コスト	CO_2 排出量
HSC→ESC（1 台）	32.4	37.9
DSC→ESC（3 台）	34.7	44.1
Total（4 台）	34.2	42.8

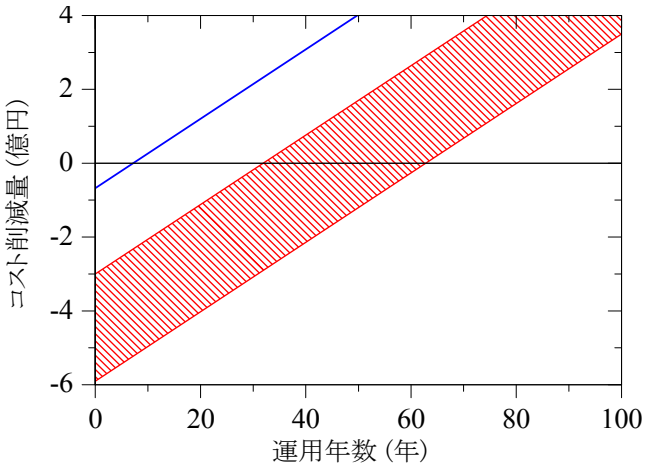


図 1-1-7　バッテリ価格の違いによるコスト償却年数の変化

バッテリ価格を考える。現状のバッテリ価格は 100~200 円/Wh，2020 年頃には 20 円/Wh になると考えられる。ESC4 台分に必要なバッテリの価格は，現状で 3~6 億円，2020 年頃には 6,000 万円となる。

この時のコスト償却年数を図 1-1-7 に示す。現在のバッテリ価格は高価であり，コスト償却年数が長い。2020 年からの EV 化であれば，コスト償却年数は 8 年になり，現実的である。ただし，この時バッテリ交換タイミングは考慮していない。また，一日中稼働することのできるバッテリ量としたが，運用方法および充電タイミングによってバッテリ容量は異なる。そのため，ESC 化の厳密検討には，ESC の適切な運用方法の解析が必要となる。

（5）ごみ収集車

今回は愛知県豊橋市のごみ収集車を対象とし，電動化したごみ収集車（EV ごみ収集車）のコスト削減量，CO_2 排出削減量およびコスト償却年数の検討を行った。計算方法として，これまでのんほいパークでの研究を基に，厳密な消費エネルギーの計算を行った。また，様々なごみ収集車があるが本

研究では，燃えるごみおよび危険ゴミを担当する収集車を対象とした。

表 1-1-2 に燃えるごみ担当のごみ収集車と危険ごみ担当のごみ収集車の比較を示す。2 t ダンプ車は 4 t パッカー車と比べて車重が半分程度であり，年間走行距離も半分以下である。2013 年 8 月 22 日から 2013 年 10 月 1 一日までの木曜日と金曜日の危険ゴミを回収する日に，2 t ダンプ車に GPS 機器を載せ，ごみ収集車の速度や道路勾配の計測を行った。

EV 化後の運用方法として次の 2 つの運用方法を考えた。1 つ目は午前と午後それぞれごみ収集を通して行い，昼休みおよび終業後にまとめて充電を行う『昼・終業後充電』，2 つ目はごみステーション毎に急速充電所を設置し，回収の度に急速充電を行う『ステーション毎充電』である。昨年度は昼・終業後充電と帰センター毎充電の 2 つとしたが，ステーション毎充電は帰センター毎充電よりも充電回数が多く，EV の搭載バッテリ容量を少なくできると考えた。

表 1-1-2　車両比較

担当	燃えるごみ	危険ごみ
車両	4 t パッカー車	2 t ダンプ車
外観		
収集日	火, 金曜日	木, 金曜日
燃費 (km/L)	3.7	6.9
燃料	軽油	軽油
年間走行距離 (km)	19,000	7,200
総重量 (kg)	約 9,800	約 4,800
シャシ重量	2,900	2,630
パッカー部重量	2,800	0
最大ごみ積載量	4,000	2,000
作業員重量(2 人)	136	136

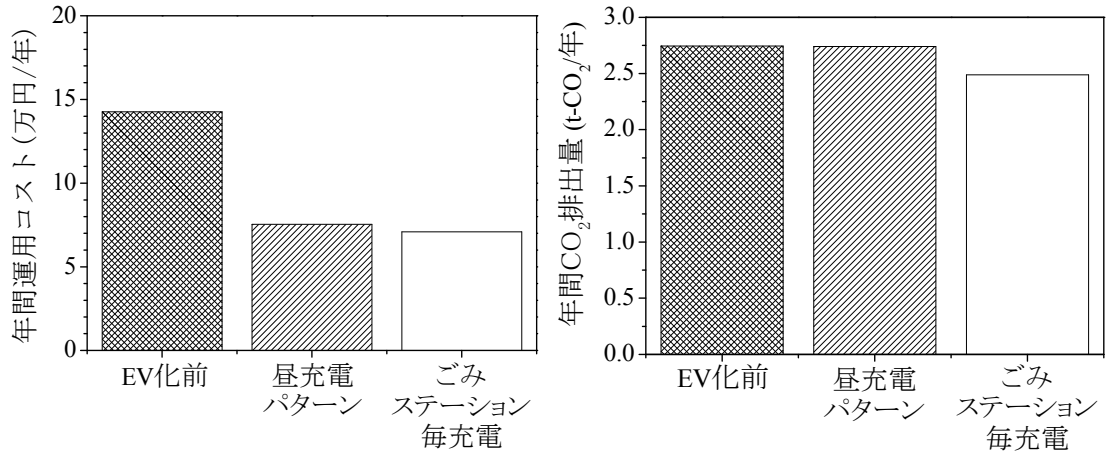


図 1-1-8　EV 化前と後の年間運用コスト，年間 CO_2 排出量比較

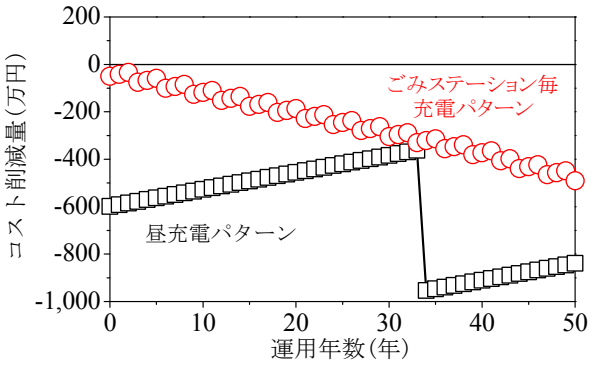


図 1-1-9　運用年数に対するコスト削減量の推移

図 1-1-8 に，年間運転コストと年間 CO_2 排出量とを示す。また，図 1-1-9 にコスト削減量の経年変化を示す。EV 化により年間運用コスト，CO_2 排出量共に削減できる結果となった。ごみステーション毎充電はバッテリ重量が軽くなり，走行時の消費エネルギーを抑えることができるため，どちらも昼充電パターンに比べてメリットがある結果となった。しかしながら，運用年数に対するコスト削減量を考えると，どちらの運用方法もバッテリ交換費用が影響しコスト償却ができない結果となった。

１－２　三河港の空き分譲地における電力供給システム導入の検討

（１）はじめに

三河港は愛知県の豊橋市，田原市，蒲郡市，豊川市にわたる港湾である。この三河港の空き分譲地に太陽光発電システムと風力発電システムを組み合わせた電力供給システム導入の検討を行った。

（２）太陽光発電システム及び洋上風力発電システムの諸数値と発電量

空き分譲地に対し，太陽電池（PV）パネルを真南方向，設置角 10°に設置するとした。空き分譲地の面積を考慮するとパネル設置面積は約 3.2 万 m^2 となり，年間発電電力量は約 3.7 GWh であった。なお，日射量は本学の自然エネルギー実験棟屋上で測定した値を用いた。

洋上風力発電システムは，(株) 日立製作所の HTW2.0-80 [1)]を用いることとした。発電特性を図 1-2-1 に示す。これを元に発電電力量の算出を行った。元風速データは 1 s 毎計測値を用い，1 時間毎の平均風速から電力算出を行った。洋上風力発電システムを 5 機設置したとし，年間発電電力量は約 11.1 GWh であった。太陽光及び洋上風力発電システムの設置モデルを図 1-2-2 に示す。

（３）太陽光発電及び洋上風力発電導入のコストペイバックタイム（CPT）について

コストペイバックタイム（CPT）算出に使用したパラメータを表 1-2-1 に示す。CPT の計算結果を図 1-2-3 に示す。CPT は，2014 年開始の場合約 22 年であるが，2030 年開始では約 7 年であった。これは，設備費用が 2014 年では約 76.8 億円なのに対し，2030 年では約 33 億円と半額以下になるという見込みが主な要因である。電気料金が約 1.5 倍になっても，CPT においてはメリットが残る。このよ

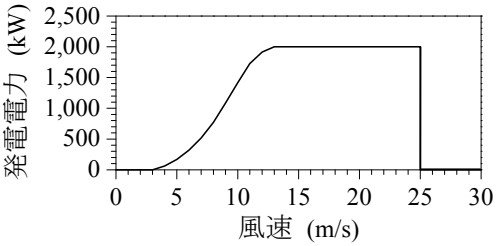


図 1-2-1 HTW2.0-80 (2 MW)の発電特性



図 1-2-2　設置モデル

うに，今後設備コストが低価格化することによって，再生可能エネルギー導入の促進が期待できる。

表 1-2-1　シミュレーションの仕様

項目	2014 年	2030 年
洋上風力発電		
設備費用 [2)]	56.5 万円/kW	21.9 万円/kW
運転維持費用 [2)]	2.3 万円/kW/年	2.3 万円/kW/年
太陽光発電		
設備費用 [2)]	29.5 万円/kW	7.0 万円/kW
運転維持費用 [2)]	0.9 万円/kW/年	0.9 万円/kW/年
電気料金単価 [3)]	20.68 円/kW	26 円/kW

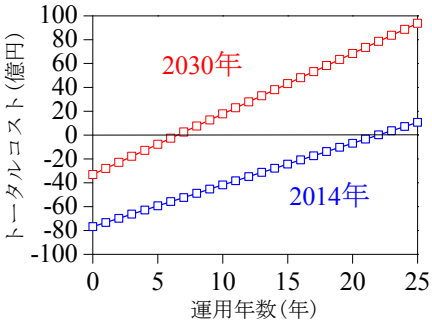


図 1-2-3　電力供給システムの CPT

参考文献

1) 日立製作所 HP，風力発電システム：http://www.hitachi.co.jp/
2) 経済産業省，風力発電の現状と課題：
http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030901/files/2014030301868/102833_389069_misc.pdf
3) 中部電力 HP：http://www.chuden.co.jp/

１－３　電気自動車用電源システムの検討と開発

（１）はじめに

電気自動車のバッテリの劣化を抑えることで，交換時期を延ばすことができる。バッテリ劣化を加速させる原因には，走行中の加速に伴う大電流放電や，回生ブレーキ時の発電電力のバッテリへの充電などによる充放電の繰り返しがある。そのため，バッテリの劣化を抑制するためには，バッテリのピーク出力を低減させ，充放電の回数を減らせばよいと考えた。これを実現するために，バッテリに電気二重層キャパシタ（Electric Double Layer Capacitor：EDLC）を付加し，エネルギーフロー制御する方法に注目した。EDLC は，二次電池に比べて高い出力密度を持ち，科学反応を経ずに電荷を直接蓄電できるため非常に長寿命である。ただし，容量は二次電池に比べて小さく，現在市販されているものでは，鉛蓄電池の 1/5，ニッケル水素系蓄電池の 1/10～1/15，リチウムイオン系蓄電池の 1/15～1/20 程度しかない。このように，EDLC は優れた入出力特性を持つが，電気自動車の電源として単独で搭載するためには，容量の大幅な増加が必須である。しかしながら，一時的なエネルギー供給や，回生時のエネルギー回収先としての用途には利用可能であり，ハイブリッド車の電源として搭載された例も報告されている。電気自動車の場合も同様に，バッテリの出力補助や，回生のための蓄電デバイスとして，EDLC を利用できる可能性がある。この考え方は，ハイブリッド車に似ている。エンジンとモータのハイブリット車では，エンジンをなるべく高効率で運用するために，モータとバッテリでアシストを行う。この考え方を電気自動車に移し，バッテリを最適な状態で運用するために，EDLC でエネルギーのアシストを行うという発想である。

（２）作製した BCH 電源の問題点と解決方法

バッテリおよびキャパシタから成る試作したハイブリッド電源を小型 EV に搭載し，走行試験を行い評価した。試作したハイブリッド電源は，モータの負荷電流に対して，バッテリの供給電流を降圧コンバータで制限し，不足分をキャパシタからの電流供給を行う。そのため，加速時のような高負荷走行時には，キャパシタの蓄積電荷量が消費され，それに伴いキャパシタの電圧が大幅に減少する。その結果，十分な電流をモータに送り込めなくなる問題が見つかった。そこで，バッテリから直接インバータへ電力供給ができる切替え回路をハイブリッド電源に付加した。電源の運用として，発進時

の瞬間高負荷時にハイブリッド電源として動作する BCH（Battery-Capacitor Hybrid）モードと，電圧低下時にバッテリから直接電力供給を行うバイパスモードとを切替えることとした。切替え回路を付加したハイブリッド電源を用いて実走行試験を行い，動作の確認を行った。登坂走行において，走行負荷は大きくなるためキャパシタの電圧が急激に減少したが，キャパシタの電圧が指定した電圧以下になった時にモードを切替えることで走行速度が低下することなく走行できた。

（3） エネルギーフロー制御の問題点とその改良

製作した BCH モードとバイパスモードとの切替え回路には，電圧差によってキャパシタへ電流が逆流する問題があった。そこで，ダイオードを加えて逆流の防止することにした。さらに加速中にキャパシタを最大限に生かすために，加速度に応じてバッテリとキャパシタの供給の割合を無段階変化させ，キャパシタの電圧の減少を制御することにした。試作した回路を図 1-3-1 に示す。供給の割合を決定するため, まず加速時の走行シミュレーションからキャパシタの電圧変動をシミュレートした。次に，加速中にキャパシタから供給がストップしないための供給割合を決定する関数を作成した。関数を用いてマイコンで制御回路を制御し，加速度に応じた供給割合の無段階変化を実現した。エネルギーフロー制御を改良したハイブリッド電源を用いて，実走行試験にて動作を確認した。本学内を 1 周した走行試験結果を図 1-3-2 に示す。意図しない車速の低下が見られず，併せてモータへの電流供給が途切れないことを確認した。また，すべての加速時において，キャパシタの出力で供給をカバーできていることから，エネルギーフローを改良できたと言える。

（4）BCH 電源の電子スロットル制御の検討

これまで BCH 電源搭載 EV の走行性能改善のため，BCH ルートとバイパスルートの切り替えや制限電流値の無段階変化といった改良を行ってきた。その結果，高負荷走行時も走行が維持できるようになったものの，キャパシタを有効に利用できているかどうか検討の余地がある。そこで，BCH 電源の利点を生かしつつ，電源全体の効率的利用を向上できるように更なる改良を試みた。今回の改良において試作した電子スロットル制御の概略を図 1-3-3 に示す。従来はアクセルペダル開度に比例するアナログ値をインバータへ直接入力して出力制御を行っており，キャパシタ出力に応じた出力制御は考慮していなかった。そこで，今回は，アクセルペダル開度のアナログ信号をいったんマイコンに入力し，マイコン内で走行状況に応じたスロットル調整を演算し，マイコンからの出力信号でインバータを制御するものとし，効率化を図った。

（5）スロットル制御値の決定方法と改善効果

スロットル制御のパラメータを設定するため，まず，加速時の最大出力電流と最大加速度， BCH ルートでの最高速度を実測した。この実測値を基にスロットル開度 100%の時に最大の出力電流となるようにスロットル値を設定した（図 1-3-4 横軸）。次に, キャパシタの最適な出力電流を決めるため, 目標速度到達時間とキャパシタ放電可能時間を計算した。目標速度到達時間は，キャパシタ出力電流と加速度との関係から算出した（図 1-3-4 赤線）。キャパシタ放電可能時間はキャパシタの特性から算出した（図 1-3-4 青線）。放電可能時間よりも目標速度到達時間の方が短い場合は，加速終了時にキャパシタにエネルギーが残るため，キャパシタのエネルギーを十分に使いきることができない。逆の場合は，キャパシタの内部抵抗による電圧降下でキャパシタ電圧が低下し，キャパシタから放出できるエネルギーが小さくなる。したがって，放電可能時間と BCH 最高速度到達時間が交差する点がキャパシタの最大出力電流となる。この電流値を出力するスロットル開度をスロットル制限値とし，この値以上のスロットル開度が入力された場合，制限値までスロットル開度に減少することにより，より効率的なキャパシタからの放電を行うことができる。実験用 EV での改善効果を試算したものを表 1-3-1 に示す。スロットル上限を制限する制御を行うことによりキャパシタの放電電力を増加させることができると見積もれた。今後，実験的にこの検討を行う予定である。

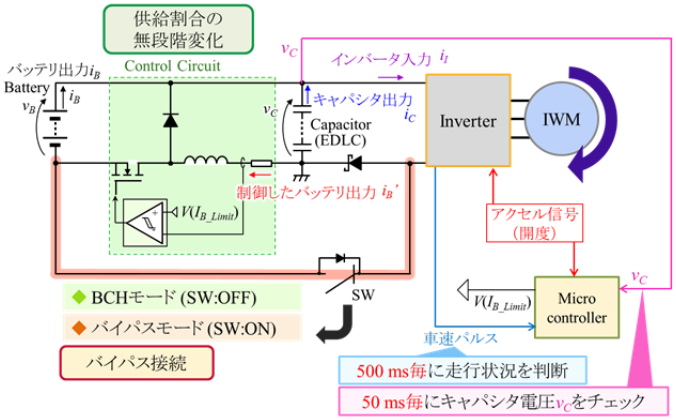


図 1-3-1　エネルギーフロー制御を改良したハイブリッド電源

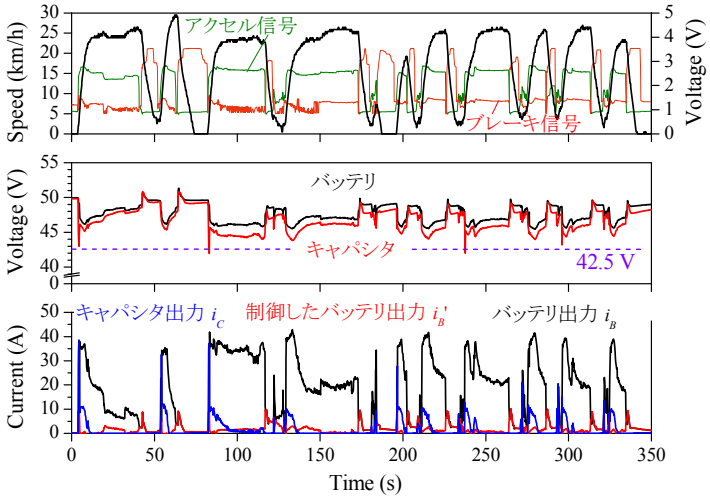


図 1-3-2　学内走行試験結果

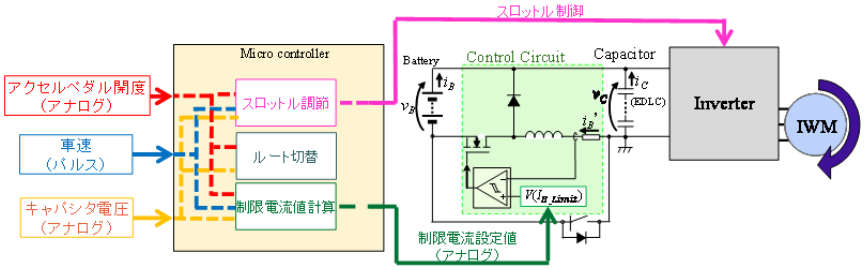


図 1-3-3　スロットル制御を組み込んだ BCH 電源回路

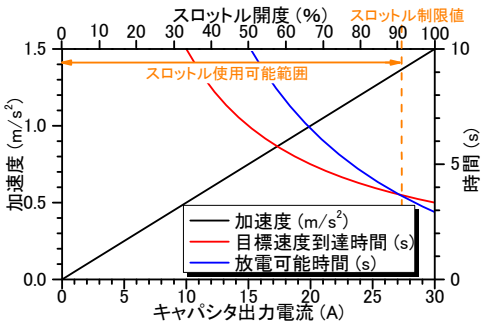


図 1-3-4 スロットル制限値の決定方法

表 1-3-1 スロットル制御による改善効果

	キャパシタ出力電流	
	30 A	28 A
キャパシタ放電可能時間 (s)	3.00	3.50
目標速度到達時間 (s)	3.33	3.50
キャパシタ損失電力量 (Wh)	0.110	0.112
キャパシタ放電電力量 (Wh)	1.101	1.203

２．三河港田原地区における周辺道路整備を中心とした交通渋滞対策の検討
豊橋市における電気バス導入効果計測のための交通手段選好意識モデル分析

建築・都市システム学系　教授　廣畠　康裕，助教　松尾　幸二郎

２－１　はじめに

三河港田原地区における工業出荷額は，愛知県下 5 位，全国 27 位を誇り，浜松市や北九州市などの大規模工業地帯を抱える都市と同レベルにある。しかし，国内トップ企業群の集積地域でありながら，臨港道路やそれに接続する主要国道においては慢性的な交通混雑・交通渋滞が発生しており，輸送コスト削減に取り組む企業努力では対処しきれない状況である。また，道路交通問題を抱えた企業分譲地は，他市分譲地に比べて新規立地の優位性が劣ることもあり，早期に道路基盤の改善が必要である。

そこで本研究では，田原市および豊橋市周辺を対象として，主要交差点における交通実態の把握，道路交通センサス等の交通調査データの集計・分析・加工，道路網のデータ化を行った上で，道路網整備効果を計測するための交通量配分シミュレーションモデル(時間帯別車種別均衡交通量配分手法)を構築し，具体的に設定された道路整備計画案の効果を定量的に把握した。なお，紙面の関係上，交通量配分モデルを用いた道路整備効果の計測を中心に述べる（２－２節～２－３節)。交通実態調査等については平成 25 年度報告書を参照されたい。

一方，豊橋市では，2011 年 3 月に策定した 2020 年を目標年次とする第 5 次豊橋市総合計画において，誰もが暮らしやすく環境負荷の小さい交通体系への転換を目指した「歩いて暮らせるまち」の実現を目指している。その中で公共交通の果たす役割は極めて大きく，魅力ある公共交通の整備が重要課題となっている。

そこで本研究では，上記に加えて，豊橋市に新たな公共交通として，環境にやさしい電気バスを導入した場合の効果を検討するため，電気バスに対する市民意識調査を行った上で，SP データを用いた交通手段選択モデルを構築し，電気バス利用率への影響を分析した。こちらについても，紙面の関係上，交通手段選択モデルを用いた電気バス利用率への影響分析を中心に述べる（２－４節～２－５節)。意識調査等については平成 23 年度報告書を参照されたい。

２－２　道路網整備効果計測のための交通量配分シミュレーションモデル構築

（１）道路網整備効果計測の概要

対象地域においては様々な渋滞対策の提案がされているが（平成 25 年度報告書参照)，本研究では都市計画決定されている幹線道路網の整備によって対象地区および周辺地域の交通状況がどのように変化するのかを，交通量配分シミュレーションモデルを用いてマクロ的に予測し，その結果を用いて三河港田原地区における道路交通サービス水準の変化について検討するものとした。

道路網整備の効果計測の方法として，本研究では図 2-2-1 に示す作業フローに従った交通量配分を主体とした方法を用いた。このために，対象地域の設定・ゾーニング，周辺道路網のデータ化，詳細 OD 表の作成，交通量配分手法と効果計測指標の選定を行っている。それぞれの内容は以下に述べる通りである。

（２）対象地域の設定・ゾーニング

交通需要の空間分布 (トリップの起終点分布) を把握し，起終点間の利用経路を設定するためには，地域のゾーニングが必要である。そこで本研究では，平成 17 年度の道路交通センサスの B ゾーンを基本として地域をゾーニングするものとし，分析対象地域である田原市（旧渥美町を除く）およびその隣接の豊橋市については B ゾーンよりも詳細なゾーニング（1km メッシュ）を行うものとし，その外部地域については田原市から遠く離れるほど B ゾーンよりも粗いゾーニングとするものとした（図 2-2-2 参照)。

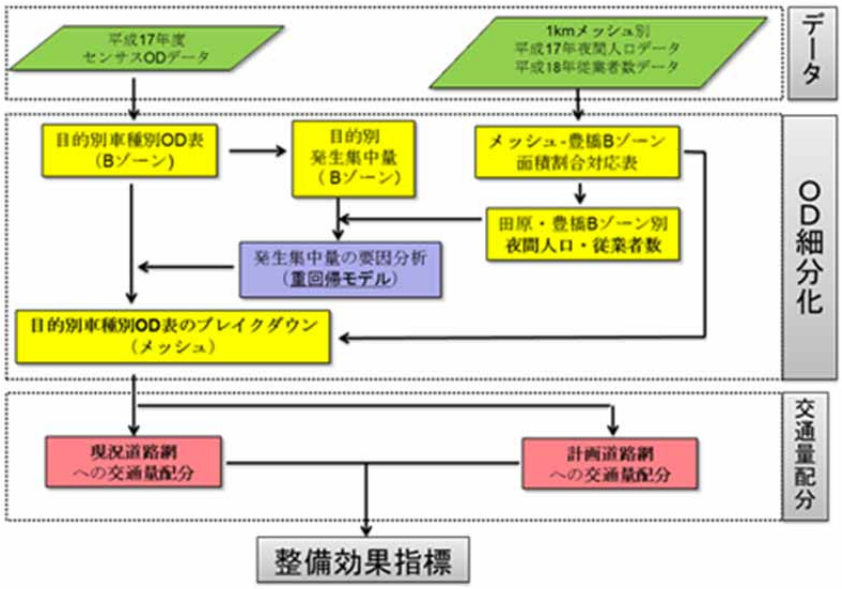


図 2-2-1　交通量配分に基づく効果計測の作業フロー



・分析対象地域：
371 ゾーン（田原：108 メッシュ，豊橋：263 メッシュ）
・隣接地域：
38 ゾーン（隣接の東三河および静岡県の一部）
・周辺地域①：
20 ゾーン（隣接地域の外側の愛知県・静岡県の一部）
・周辺地域②：
4 ゾーン（名古屋圏，東濃，飯田，清水）
・外部地域：
3 ゾーン（周辺地域①の外側地域を 3 つに区分）

図 2-2-2　本研究における地域ゾーニング



図 2-2-3　対象地域周辺の現況道路網

（3）周辺道路網のデータ化

三河港田原地区およびその周辺地域の道路網は図 2-2-1 に示す通りであり，これをリンク数が 1,161 本（うち，ダミーリンクが 402 本），ノード数が 808 個（うちダミーノードが 371 個）の道路ネットワークとしてモデル化した（図 2-2-3 参照）。

（4）詳細 OD 表の作成

本研究では分析対象地域については詳細ゾーニングとしているため，B ゾーンレベルの OD 表を細分化する必要がある。この細分化を合理的行うため，本研究では，まず夜間人口と従業者数を説明変数とする B ゾーンレベルでの交通目的別発生集中交通量に関する重回帰モデルを構築しておき，これをメッシュレベルに適用することによりメッシュレベルでの発生集中交通量を推定することを通じて，B ゾーンレベルでの OD 表をメッシュレベルの OD 表に細分化する方法を用いた。

（5）交通量配分手法と効果計測指標の選定

本研究では，対象道路ネットワークに 1 日単位の車種別 OD 表を静的に配分する手法，および 1 時間単位の車種別 OD 表を準動的に配分する手法の 2 つを用いた。交通量配分は時間帯別利用者均衡配分の考え方に従うものとしたが，解法としてはその近似解法としての分割配分法を用いるものとした。なお，ドライバーの経路選択は一般化時間に基づくものとし，有料道路リンクの一般化時間はその料金を時間価値で除したものを所要時間に加えることによって求めるものとした。また，混雑による所要時間の増大については，リンク所要時間が混雑度（＝交通量／交通容量）の指数関数として与えられる BPR 型パフォーマンス関数によって考慮した。

道路網整備による効果の計測指標としては，各道路区間の配分交通量の変化量，および各メッシュや代表地点から他ゾーンや高速道路 IC への一般化時間の変化量を用いた。

以下では，時間帯別配分に基づく検討結果を中心に述べる。静的配分による道路整備効果の試算結果の詳細については，平成 24 年度報告書を参照されたい。

上述した 1 日全体の静的交通量配分は，1 日の交通流状態が定常であると仮定して平均的な日交通量を算出するものである。しかしながら，実際の交通現象は 1 日の中で時間的に変動していることから，交通流の定常性を日単位で仮定することは適切であるとは言えない。特に交通渋滞は特定の時間帯に発生するという動的な性質を有していることから，交通渋滞対策の検討に際しては，交通流を動的に取り扱うことが不可欠である。

この課題を解決するための手法のうち，比較的実務に適用しやすい手法が時間帯別均衡配分手法である。これは，1 日をいくつかの時間帯に分割し，時間帯間では異なる交通流状態が出現するが各時間帯の中では交通状態が定常であると仮定して，時間帯別 OD 表を均衡配分するものである。この手法においては，1 日の連続した時間の中の交通流を時間帯単位で区切って取り扱うため，下記時間帯の終わりの時刻に残留交通量が発生することになるが，これは当該時間帯のみでなく次以降の時間帯の交通流に影響することから，その処理をいかに合理的かつ効率的に行うかが重要となる。これに関しては，これまでいくつかの手法が提案されているが，本研究では藤田ら（1998）が提案した OD 修正法を用いるものとした。この手法では，ある時間におけるある OD の残留交通量の割合が，その時間帯におけるその OD 間の均衡所要時間に応じて内生的に決まり，かつその残留交通量はその OD に関する経路に均等に分布すると仮定する。この均衡解を求める手法としては，需要変動型利用者均衡配分として定式化される数理計画問題を解く厳密解法が提案さているが，本研究では実用性を重視して分割配分法による解法を用いるものとした。

２－３　時間帯別車種別交通量配分シミュレーションによる道路網整備効果の試算結果

（1）道路網各区間の交通量の変化

上述した時間帯別車種別均衡配分手法を現況道路網（平成 24 年 9 月時点の道路網）およびいくつかの将来道路網に対して適用した。ここでは，時間帯としては 1 時間単位を用いるものとし，メッシュ

単位 OD 表を 24 時間帯別の OD 表に分割した。また，将来道路網としては，以下の 3 ケースを設定した。

・**ケース 1**：「R259 老津道路の延伸および R23 豊橋バイパスの延伸（前芝-為当間）を考慮」
・**ケース 2**：ケース 1 に加えて「R23 豊橋東バイパスの延伸および豊橋バイパスの 4 車線化を考慮」
・**ケース 3**：ケース 2 に加えて「東三河環状線の全面開通，および豊橋市都市計画道路のうち
外郭線・一色高洲線・前田豊川線・下地牛川線の完成を考慮」

まず，現況道路網ケースに対する時間帯別車種別均衡交通量配分によって得られた時間帯別リンク交通量を 1 日合計した結果を図 2-3-1 に示す。時間帯別車種別交通量配分では各時間帯における各リンクの車種別交通量が得られるが，ここでは大型車 1 台を乗用車に換算して合計した乗用車換算台数単位（pcu）の 1 日合計交通量を示している。これより，田原地区周辺では，臨港道路や R23 豊橋バイパス・豊橋東バイパスの利用台数が多いことが確認される。



図 2-3-1　時間帯別車種別均衡交通量配分結果の 1 日合計値（乗用車換算台数単位）

次に，3 つの将来道路網ケースそれぞれに対する時間帯別車種別均衡交通量配分から得られる 1 日合計リンク交通量を求め，現況道路網ケースに対する値との差を求めた結果を図 2-3-2(a)～(c)に示す。これらの図より，いずれの将来ケースにおいても，整備した道路の交通量が大きく増大（図中の赤色表示区間）し，平行道路区間の交通量が減少（図中の緑色表示区間）することが確認される。

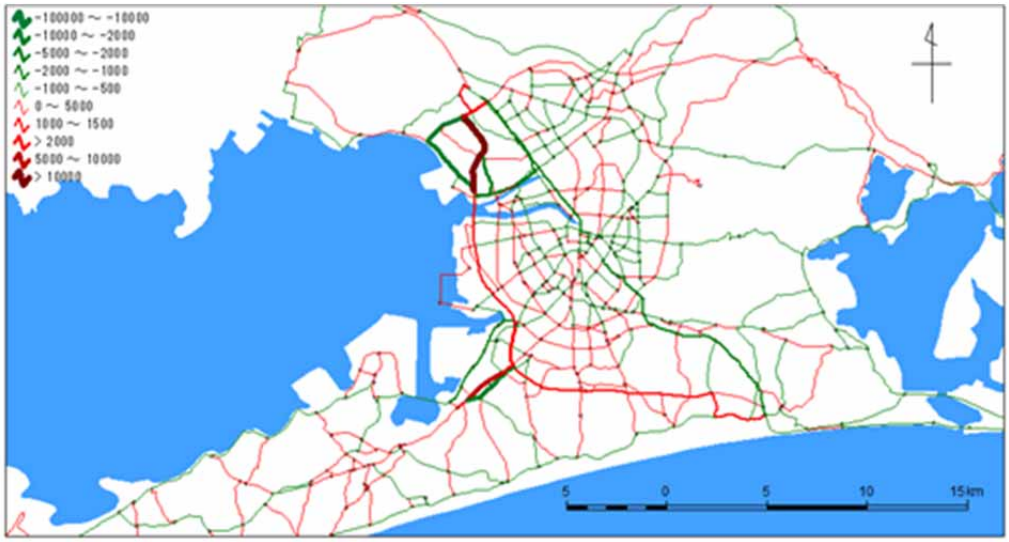


図 2-3-2(a)　将来道路網（ケース 1）と現況道路網の差（pcu；1 日合計値）

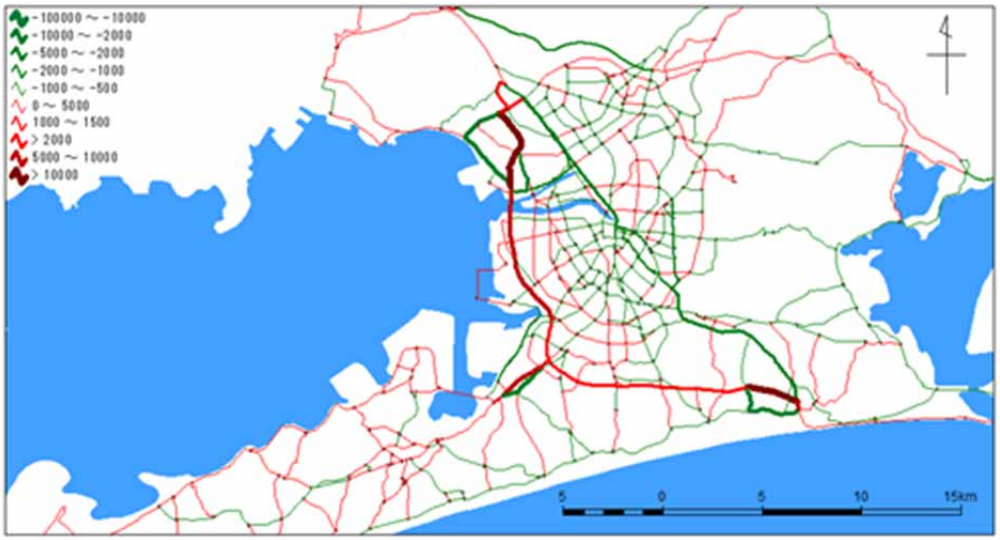


図 2-3-2(b)　将来道路網（ケース 2）と現況道路網の差（pcu；1 日合計値）

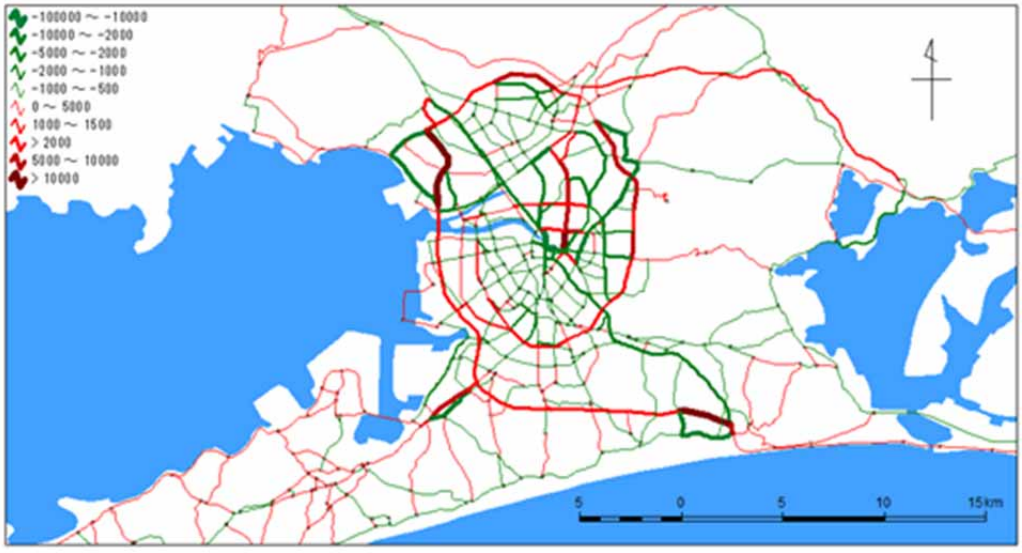


図 2-3-2(c)　将来道路網（ケース 3）と現況道路網の差（pcu；1 日合計値）

（２）三河港田原地区代表地点から高速道路 IC までの平均所要時間の変化

時間帯別車種別均衡交通量配分に対応して求められる現況道路網における三河港田原地区の主要地点から近隣の高速道路 IC 等への時間帯別の所要時間（単位は分）を表 2-3-1 に示す。これより，所要時間は各時間帯の交通混雑状況に応じて変動していることが確認される。

次に，3 つの将来道路網ケースそれぞれにおける所要時間と現況道路網における所要時間の変化量（単位は分）を表 2-3-1(a)～(c)に示す。これらの表より，所要時間の変化量は時間帯によって異なることが確認される。また，目的地によっては道路整備によりかえって所要時間が増大する場合があることが分かる。これは道路整備によって他の OD の利用経路も同時に変化するため，ある OD にとっては道路整備による効果が薄められるためであると考えられる。

表 2-3-1　現況道路網における主要 IC までの所要時間（起点：緑が浜交差点）

時間帯	豊川IC	音羽IC	岡崎IC	三ケ日IC	浜松西IC	R1／R42交差部
0時台	30.3	36.3	53.6	53.3	57.3	26.0
1時台	30.9	37.4	54.1	53.9	59.7	28.1
2時台	30.4	36.4	53.2	53.4	59.3	27.7
3時台	30.3	36.3	53.0	53.3	58.5	27.0
4時台	31.0	37.8	55.2	54.0	61.7	30.1
5時台	32.0	40.9	58.0	54.9	62.0	29.8
6時台	34.2	46.9	64.1	57.6	71.1	30.5
7時台	46.5	60.4	80.3	69.7	102.5	44.6
8時台	49.1	62.6	82.9	72.3	110.9	48.3
9時台	37.9	51.3	69.8	60.8	81.8	33.7
10時台	41.5	54.8	74.1	64.1	84.4	36.0
11時台	39.9	53.0	71.0	63.2	81.9	34.4
12時台	35.7	48.7	65.6	58.7	75.0	30.4
13時台	37.1	50.3	67.1	59.8	75.6	31.7
14時台	34.4	47.3	64.8	57.1	72.8	33.3
15時台	33.8	47.0	64.7	56.6	72.7	36.0
16時台	39.8	52.9	70.9	62.7	80.0	34.0
17時台	41.0	54.0	71.2	64.1	84.9	34.8
18時台	36.7	49.4	65.4	59.0	76.8	41.4
19時台	34.8	47.5	63.6	57.7	72.4	34.9
20時台	32.8	45.7	62.1	55.8	69.2	28.6
21時台	31.2	39.8	55.8	54.2	66.9	28.0
22時台	30.5	36.7	52.9	53.5	61.6	27.1
23時台	30.9	37.4	53.4	53.9	59.0	27.4
平均	35.5	46.3	63.6	58.5	73.3	32.7

表 2-3-2　将来道路網における所要時間の変化量（起点：緑が浜交差点）

(a) ケース 1

時間帯	豊川IC	音羽IC	岡崎IC	三ケ日IC	浜松西IC	R1／R42交差部
0時台	-0.5	-3.1	-3.1	-0.5	-0.4	-0.5
1時台	-0.5	-3.3	-3.4	-0.5	1.2	1.3
2時台	-0.5	-3.1	-3.1	-0.5	0.7	0.6
3時台	-0.5	-3.0	-3.0	-0.5	0.4	0.4
4時台	-0.6	-3.4	-3.5	-0.5	-0.6	-0.7
5時台	-0.6	-4.1	-4.1	-0.5	0.5	0.5
6時台	0.1	-1.9	-1.9	0.1	0.0	1.3
7時台	3.5	3.3	2.5	3.5	3.5	-1.3
8時台	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	-1.4
9時台	-0.2	-0.2	-0.4	-0.1	-0.1	-1.8
10時台	-1.4	-1.4	-1.6	-1.3	-1.6	-1.2
11時台	-1.2	-1.3	-1.3	-1.2	-1.2	-1.6
12時台	-1.0	-1.8	-1.7	-1.0	-1.0	-0.5
13時台	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5	-0.1
14時台	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	1.0
15時台	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.5
16時台	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
17時台	-0.5	-0.6	-0.7	-0.4	-0.5	-0.8
18時台	-0.5	-2.5	-2.4	-0.4	-0.4	-2.2
19時台	0.1	-0.2	-0.1	0.1	0.0	-1.1
20時台	0.0	-4.0	-4.0	0.0	0.0	0.6
21時台	-0.3	-4.2	-4.1	-0.3	-0.3	0.3
22時台	-0.5	-3.2	-3.2	-0.5	0.9	0.9
23時台	-0.6	-3.4	-3.4	-0.6	0.8	0.8
平均	-0.2	-1.7	-1.7	-0.2	0.0	-0.2

(b) ケース 2

時間帯	豊川IC	音羽IC	岡崎IC	三ケ日IC	浜松西IC	R1／R42交差部
0時台	-0.5	-3.1	-3.1	-0.5	-3.1	-3.1
1時台	-0.5	-3.3	-3.4	-0.5	-3.6	-3.5
2時台	-0.5	-3.1	-3.1	-0.5	-3.6	-3.6
3時台	-0.5	-3.0	-3.0	-0.5	-3.3	-3.3
4時台	-0.9	-3.7	-3.8	-0.9	-4.3	-4.3
5時台	-1.5	-5.1	-5.1	-1.5	-2.8	-2.8
6時台	-2.1	-4.0	-4.0	-2.2	-2.3	-2.3
7時台	-0.2	-0.3	-0.7	-0.2	-0.3	-3.0
8時台	-1.8	-1.8	-3.0	-1.8	-1.8	-4.6
9時台	-2.7	-2.8	-2.9	-2.6	-2.7	-2.8
10時台	-4.4	-4.5	-4.7	-4.3	-4.8	-2.9
11時台	-3.2	-3.3	-3.4	-3.2	-3.3	-2.7
12時台	-3.0	-4.9	-4.9	-3.0	-3.0	-3.1
13時台	-4.1	-4.1	-4.1	-4.1	-4.1	-2.8
14時台	-2.4	-2.3	-2.3	-2.3	-2.4	-2.6
15時台	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0
16時台	-2.3	-2.3	-2.2	-2.3	-2.3	-3.9
17時台	-2.3	-2.4	-2.4	-2.2	-2.2	-2.5
18時台	-1.5	-3.4	-3.3	-1.5	-1.5	-3.2
19時台	-0.9	-1.2	-1.1	-0.9	-1.0	-3.5
20時台	-0.8	-4.9	-4.9	-0.9	-0.9	-3.3
21時台	-0.4	-4.2	-4.2	-0.4	-0.3	-3.4
22時台	-0.5	-3.2	-3.2	-0.5	-3.3	-3.3
23時台	-0.6	-3.5	-3.5	-0.6	-3.4	-3.4
平均	-1.6	-3.2	-3.2	-1.6	-2.6	-3.2

(c) ケース 3

時間帯	豊川IC	音羽IC	岡崎IC	三ケ日IC	浜松西IC	R1/R42交差部
0時台	-0.5	-3.1	-3.1	-0.5	-3.1	-3.1
1時台	-0.4	-3.2	-3.3	-0.4	-3.5	-3.5
2時台	-0.5	-3.1	-3.1	-0.5	-3.6	-3.6
3時台	-0.5	-3.0	-3.0	-0.5	-3.3	-3.3
4時台	-0.9	-3.8	-3.9	-0.9	-4.3	-4.3
5時台	-1.6	-5.3	-5.2	-1.5	-3.2	-3.3
6時台	-2.2	-5.0	-5.0	-2.4	-2.4	-3.0
7時台	-2.4	-2.5	-2.6	-2.4	-2.7	-3.1
8時台	-5.2	-5.3	-5.3	-5.2	-5.2	-5.0
9時台	-3.6	-3.8	-3.9	-3.6	-3.6	-3.3
10時台	-5.1	-5.2	-5.5	-5.0	-5.5	-3.1
11時台	-4.2	-4.4	-4.5	-4.3	-4.4	-2.7
12時台	-3.4	-4.7	-4.7	-3.3	-3.5	-3.2
13時台	-4.6	-4.5	-4.6	-4.6	-4.6	-3.0
14時台	-2.5	-2.3	-2.4	-2.4	-2.5	-2.7
15時台	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-2.4
16時台	-3.7	-3.7	-3.6	-3.8	-3.8	-3.8
17時台	0.4	-0.1	-0.4	2.3	7.0	-4.3
18時台	0.3	-3.5	-3.5	0.7	0.7	-3.3
19時台	-1.4	-1.5	-1.5	-1.4	-1.4	-3.6
20時台	-1.1	-4.6	-4.5	-1.1	-1.2	-3.3
21時台	-0.4	-3.9	-3.8	-0.4	-0.4	-3.4
22時台	-0.5	-3.2	-3.2	-0.5	-3.3	-3.3
23時台	-0.6	-3.5	-3.5	-0.6	-3.4	-3.4
平均	-1.9	-3.5	-3.5	-1.8	-2.7	-3.4

２－４　電気バス導入に関する意識調査

（１）調査内容

本研究の目的である電気バス路線の需要推計を行うため，豊橋市内の 15 歳以上の住民を対象に，公共交通に対する意識調査を行った。この調査結果により，住民の属性別や居住地域別に電気バス利用意向を知ることができ，電気バス路線の乗車時間，運行間隔，徒歩時間，乗車料金等を変化させた場合の利用意向の変化を知ることができことから，どのようなサービス水準を設定すれば電気バス利用率がどれくらいになるのかを推計するモデルを構築するためのデータを得ることができる。

調査は世帯票，個人票に分かれ，世帯票を各世帯に 1 部，個人票を原則として 3 部配布した。質問項目は表 2-4-1 のとおりである。なお本調査は，本研究のみでの利用ではないため，電気バス路線の需要推計には利用しない項目もある。

表 2-4-1　意識調査アンケートの質問項目

	世帯票	個人票
問 1	住所・校区・最寄りのバス停と電停･駅の名称・距離・所要時間	個人属性（性別・年齢・職業・運転免許の有無・自由に使用できる車の有無）
問 2	家族の人数，15 歳未満･65 歳以上の家族人数	外出目的，目的地の所在地，外出頻度，所要時間・距離・費用，利用交通手段利用中の交通手段への意識，満足度
問 3	家族の年間総収入	今後の公共交通政策等への意識
問 4		公共交通の必要度・利用理由
問 5		電気バスに関する知識，利用意思，支払意思額
問 6		SP 質問（後述）

（２）調査の実施状況

本アンケートは，平成 22 年 10 月 23 日に郵送配布し，郵送回収とした。アンケートを配布する世帯の選定は，市販の住宅地図を用いて市内各地域から一定の世帯数を任意抽出することにより行った。平成 21 年の豊橋市の世帯数は 149,345 世帯であり，本アンケートの配布数は 1,950 世帯であることから，抽出率は市全体で 1。31％である。回収率は表 2-4-2 のとおりである。

表 2-4-2　意識調査アンケートの回収状況質問項目

	世帯数	個人票部数
配布数	1950 世帯	5850 部
回収数	471 世帯	877 部
回収率	24.2%	15.0%

２－５　電気バス導入に関する交通手段選択モデルの構築

（１）SP 質問の概要

豊橋市内に電気バス路線が設定された時，現在の交通手段から電気バスに転換する人の割合を推計するため，意識調査アンケートの SP（Stated Preference：表明選好）質問のデータを用いてモデルを構築し，サービス水準の変化が電気バス利用率に与える影響の分析を行った。

本研究の SP 質問は，回答者が現在行っている交通（居住地から目的地までの区間－市外の場合は，豊橋駅などの乗り継ぎ駅まで－）において電気バスが利用可能になった場合を想定してもらい，バス乗車時間，乗車料金，運行間隔およびバス停までの徒歩時間の条件を順次変化させながら，利用意向を尋ねるものである。アンケートに際しては，表 2-5-1 に示すような SP 質問パターンを 10 パターン用意しておき，回答の負担を考慮し，1 人に対しては 1 つのパターン（5 ケースのサービス水準）の条件を提示し，各ケースのサービス水準条件下において電気バスの利用意思を尋ねている。

表 2-5-1　電気バスに関する SP 質問の設定パターンおよびケース（サービス水準）

パターン	ケース	乗車時間［分］	乗車料金［円］	運行間隔［分/本］	徒歩時間［分］
1	1	20	100	10	15
	2	20	500	20	10
	3	30	300	10	10
	4	40	100	30	5
	5	40	500	10	15
2	6	20	100	20	10
	7	20	300	30	5
	8	30	500	30	10
	9	40	100	10	10
	10	40	300	20	15
3	11	20	300	30	10
	12	30	100	20	5
	13	30	500	10	15
	14	40	100	30	5
	15	40	500	10	15
4	16	20	300	20	15
	17	20	500	20	10
	18	30	300	30	5
	19	40	100	20	15
	20	40	100	10	10
5	21	20	300	30	10
	22	20	500	10	15
	23	30	100	30	10
	24	30	500	20	5
	25	40	300	10	5

パターン	ケース	乗車時間［分］	乗車料金［円］	運行間隔［分/本］	徒歩時間［分］
6	26	15	100	10	12
	27	15	500	20	7
	28	30	300	10	7
	29	60	100	30	3
	30	60	500	10	12
7	31	15	100	20	7
	32	15	300	30	3
	33	30	500	30	7
	34	60	100	10	7
	35	60	300	20	12
8	36	15	300	30	7
	37	30	100	20	3
	38	30	500	10	12
	39	60	100	30	3
	40	60	500	10	12
9	41	15	300	20	12
	42	15	500	20	7
	43	30	300	30	3
	44	60	100	20	12
	45	60	100	10	7
10	46	15	300	30	7
	47	15	500	10	12
	48	30	100	30	7
	49	30	500	20	3
	50	60	300	10	3

（2）使用モデル

今回のモデル構築には，二項ロジットモデルを用いる。これは，現在の交通手段の効用と電気バスを利用する場合の効用から電気バス利用確率を求めるものであり，以下のように表される。

$$P_{in}^{1} = \frac{1}{1 + exp\left(V_{\mathrm{n}}^{2} - V_{i}^{1}\right)}$$

$$V_{i}^{1} = \sum_{k} \beta_{k} \cdot X_{ik}, \quad V_{n}^{2} = \gamma_{0} + \sum_{k} \gamma_{k} \cdot \gamma_{nk}$$

ここで，P_n^1は個人nが現在の利用交通手段に対して，ケースiの電気バス利用を選択する確率，V_i^1はケースiの電気バス利用の確定効用，V_n^2は個人nの現在の利用交通手段の確定効用，X_{ik}はケースiの電気バス利用のk番目のサービス水準，γ_{nk}は個人nのk番目の個人属性，β_k，γ_kはパラメータである。

（3）パラメータ推計結果

構築したモデルの一例として，表 2-5-2 に示す説明変数を設定し，それぞれのパラメータを推定した。なお，電気バスの確定効用は，現在の利用交通手段によって異なるパラメータを与えた。特徴的な部分を見ると，自動車利用者はすべてのサービス項目に敏感に反応する傾向があり，公共交通利用者は徒歩時間と乗車時間に敏感に反応する傾向があることがわかる。

（4）電気バス利用率の推定

電気バス導入効果を計測するため，推計したパラメータを用いて電気バス利用率の推定を行った。このとき，アンケート回答者別に電気バスのサービス水準を設定しておく必要がある。ここでは，電気バス乗車時間については，居住地域間の代表点間距離を結びつけることで，詳細な設定を行っている。また，運行間隔，徒歩時間についても，必要に応じて居住地域別の事情に応じた値を設定している。なお今回は，利用者の目的地がすべて中心部に向かうと仮定し，均一乗車料金，運行間隔 30 分，徒歩時間 10 分という共通条件を与え，乗車料金を順次変化させた場合の利用率への影響を調べるものとした。

電気バス利用率の算出結果は，図 2-5-1 に示す通りとなった。これより，すべての利用者に対して，乗車料金に対する反応が敏感であることがわかる。しかしながら，自動車利用者がこれほど多く転換するとは考えられないことから，SP 質問の精度に問題があったのではないかと考えられる。そのため，より正確な電気バス利用率を推定するには，何らかの情報を利用して利用率を補正する必要があるといえる。この点が今後の大きな課題である。

表 2-5-2　パラメータ推定結果

			γ	t 値
V_2（現在の利用交通手段の確定効用）	定数		-2.724	-6.80
	年齢	50 代以下	0.493	2.10
		60 代以上	0.000	
	出発地	中心部	-0.371	-2.86
		中心部南	-0.430	-3.20
		南部	-0.108	-0.71
		西部	0.060	0.39
		東部	0.000	
	目的	自由目的	-0.539	-2.54
		自由以外	0.000	
	目的地	中心部	-0.290	-2.22
		豊橋市外	-0.006	-0.05
		中心部外	0.000	

			β	t 値
V_1（電気バスの確定効用）	公共交通	乗車時間	-4.38×10^{-3}	-0.63
		運行間隔	-1.46×10^{-2}	-1.31
		徒歩時間	-8.78×10^{-2}	-3.29
		乗車料金	-5.41×10^{-3}	-7.81
	車（送迎）	乗車時間	-1.39×10^{-2}	-1.01
		運行間隔	-5.80×10^{-2}	-2.69
		徒歩時間	-6.72×10^{-2}	-1.32
		乗車料金	-3.15×10^{-3}	-2.18
	自動車	乗車時間	-1.58×10^{-2}	-3.87
		運行間隔	-2.37×10^{-2}	-3.31
		徒歩時間	-8.22×10^{-2}	-4.97
		乗車料金	-5.72×10^{-3}	-14.9
	徒歩二輪	乗車時間	-2.51×10^{-3}	-0.36
		運行間隔	-4.42×10^{-2}	-3.82
		徒歩時間	-4.81×10^{-2}	-1.67
		乗車料金	-5.37×10^{-3}	-7.21

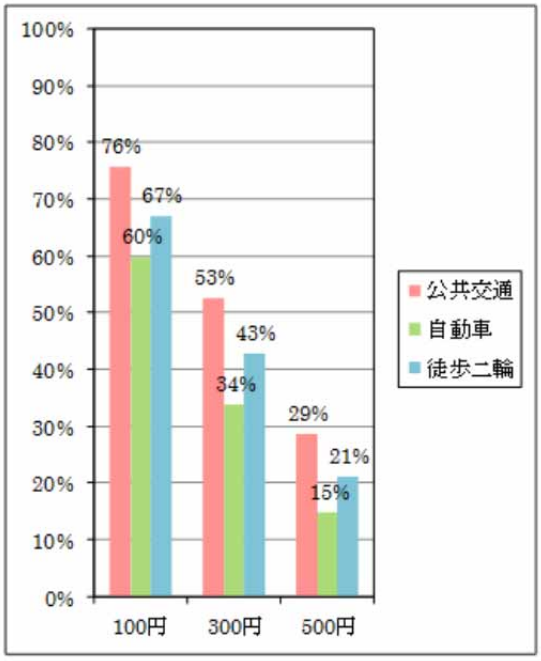


図 2-5-1　乗車料金別の電気バス利用率

２－６　結論

本研究では，まず三河港田原地区を対象として，以下のことを行った。

① 既存データを整理するとともに新規に交通実態調査を実施し，対象地域における現況の道路交通実態（地点別交通量，渋滞発生状況，OD 分布パターンやトリップ発生時刻分布等の交通需要実態など）を把握した。
② 一般的な交通渋滞対策メニューを整理するとともに，田原市および豊橋市において経済界を主体とする活動組織で議論されている道路基盤の改善策の提案内容を整理した。
③ 交通目的別発生集中交通量モデルのパラメータ推定を行い，その結果を用いて時間帯別均衡交通量配分のための車種別 OD 表の細分化を行った。
④ 交通量配分手法を中心とする道路整備効果計測シミュレーションモデルを構築し，いくつかの計画道路が完成したと想定して時間帯別均衡交通量配分を行い，その整備効果を試算した。
⑤ その結果，OD 別の利用経路の変化に伴う道路区間別交通量の変化状況および主要地点間所要時間の短縮状況を把握した。ただし，この結果に関しては，各リンクの交通容量の設定値や走行時間関数のパラメータ値などに関して見直しの余地があり，今後詳細かつ多面的な検討が必要である。

今後の課題としては，未検討の道路整備案・交通渋滞対策案のデータ化と，ミクロ交通シミュレーションを用いた局所的な対策効果の検討など効果計測手法の精緻化が挙げられ，次年度以降も自主的研究において取り組みたいと考えている。

また加えて本研究では，豊橋市に新たな公共交通として，環境にやさしい電気バスを導入した場合の効果に関する検討も行い，以下の結論を得た。

① 推定結果から，電気バスは市の中心部近くに住む人ほど利用しやすい傾向があり，これは公共交通が充実している地域であるからだといえる。
② 自由目的以外の移動よりも自由目的による移動のほうが，電気バスを利用しやすい傾向があることがわかった。
③ 現在自動車利用者は，電気バスのすべてのサービス項目に対して敏感な反応を示し，公共交通利用者は徒歩時間と乗車料金に対して敏感に反応している傾向があることもわかった。

今後より精密な分析を行うためには，SP 質問に対する回答の信頼性を向上させることが必要であることは言うまでもないが，回答者に応じたサービス水準設定を行うことが手段の一つである。そして，電気バス路線を個別に設定した場合の利用者数の推計を行うためには，詳細な OD データを入手することが考えられる。電気バス利用率の推定精度を向上させることができれば，どのような電気バス路線設定が，最も需要が高くなるのかを分析することが可能になる。

３．豊橋市における炭素税導入と電気自動車普及の環境・経済影響評価

建築・都市システム学系　教授　宮田　譲，准教授　渋澤　博幸，博士前期課程　藤井　友章

３－１　はじめに

地球環境やエネルギー資源に対する意識の高まりから，近年電気自動車が注目されている。電気自動車は「グリーンな自動車」と表現されるように，環境面でのメリットが多く見られ，窒素酸化物などの排出ガスが少ないことから，内燃機関自動車が従来抱えてきた大気汚染問題の緩和に大きく役立つと期待されている。しかし，電気自動車は電池交換が必要となるため，ライフサイクルアセスメントの観点からは，ガソリン車よりも環境負荷が大きくなる可能性も指摘されている。昨年度の研究においては，電気自動車社会に寄与する産業に対し補助金を支出するシミュレーションを行ったが，産業産出量は増加したものの，リバウンド効果により二酸化炭素排出量（CO_2）は逆に増加する傾向を見せた。そこで本研究では補助金政策に加え，炭素税を導入するケースも想定し，豊橋市の環境および経済への影響を分析する。

炭素税は地球温暖化を引き起こす CO_2 の排出量に応じ，税を課す経済的手法の一つである。炭素税を導入することにより「環境配慮型商品」が「環境に配慮しない商品」より価格面で不利な状況を改めることが期待できる。昨年度の CO_2 排出量のシミュレーションでは，電気自動車社会を想定した際に代替産業となる産業以外の排出量には大きな減少が見られなかった。そのため本研究では CO_2 排出量の大きい産業の排出量も減少させることを想定している。

環境共生型都市を目指す豊橋市としては，電気自動車の大きな普及により，家庭からの排出量の 4 分の 1 以上を占める自動車からの CO_2 を大幅に減らすことが極めて重要なポイントとなる。

３－２　豊橋市の経済会計行列

経済会計行列は通常，社会会計行列(Social Accounting Matrix：SAM)と呼ばれ，経済体系を支払いと受取りという概念により記述するものである。

応用一般均衡モデルでは経済会計行列をベンチマークデータセットとして用いることが多い。本研究では愛知県産業連関表や愛知県県民経済計算などを用いて，豊橋市の経済会計行列を推計した。経済主体は 38 産業部門（表 3-2-1 に示す），2 制度部門（家計，政府），2 生産要素（資本，労働），資本勘定（資本調達，資本蓄積），市外部門の 5 区分から構成されている。

豊橋市の経済会計行列推計結果は表 3-2-2 のようである。この表で縦方向は各経済主体の金銭的支払いを表し，横方向は逆に金銭受取りを表している。行列の縦方向，横方向には同じ経済主体が並べられ，ある行とある列とが交わる部分が，それぞれの経済主体間の金銭的取引を表している。表 3-2-2 から豊橋市では 1 兆 3,119 億円の財貨，4,973 億円の資本サービス，9,126 億円の労働サービスを投入し，3 兆 5,100 億円の生産をしていることが読み取れる。

表 3-2-1　産業分類

部門番号	部門名	部門番号	部門名
1	農林漁業	2	鉱業
3	食料品	4	繊維製品
5	パルプ・紙・木製品	6	化学製品
7	石油・石炭製品	8	プラスチック製品
9	陶磁器	10	その他の窯業・土石製品
11	鉄鋼	12	非鉄金属
13	金属製品	14	一般機械
15	電気機械	16	情報・通信機器
17	電子部品	18	ガソリン自動車
19	電気自動車	20	航空機
21	その他の輸送機械	22	精密機械
23	その他の製造工業製品	24	建設
25	電力	26	太陽光
27	都市ガス	28	熱供給
29	コジェネレーション	30	水道・廃棄物処理
31	商業	32	金融・保険
33	不動産	34	ガソリン車輸送
35	電気自動車輸送	36	その他輸送
37	情報通信	38	サービス

表 3-2-2 豊橋市の経済会計行列

		生産活動	制度部門		生産要素		資本蓄積	市外部門	合計
		1～38産業	政府	家計	資本	労働			
生産活動	1～38産業	1,311,897	230,576	934,725	0	0	437,666	235,133	3,149,997
制度部門	政府	114,152	0	352,756	0	0	0	99,526	566,434
	家計	0	162,866	0	446,247	920,522	0	87,165	1,616,800
生産要素	資本	497,253	0	0	0	0	0	0	497,253
	労働	912,568	0	0	0	0	0	48,129	960,697
資本調達		314,127	4,302	296,854	0	0	0	0	615,283
市外部門		0	168,690	32,465	51,006	40,175	177,617	0	469,953
合計		3,149,997	566,434	1,616,800	497,253	960,697	615,283	469,953	

３－３　電気自動車導入の応用一般均衡分析

（１）モデルの主前提条件

本研究の主要な前提条件は以下のようであるが，この他にもモデルの細部について様々な仮定を設定している。それらについては平成 24 年度の報告書の中で言及されている。

①豊橋市の経済を対象とし，経済主体は豊橋市の家計，38 産業，政府，市外部門とする。

②市場は 38 生産物市場，労働市場，資本市場の 40 市場とし，これらの市場は完全競争的で，均衡状態にあるとする。

（２）モデルの構造

本研究のモデルは静学的応用一般均衡（CGE）モデルであり，経済主体は豊橋市の家計，産業（38 産業分類），政府，市場部門とする。市場は 38 生産物市場，労働市場，資本市場の 40 市場とする。なおモデルの詳細は平成 24 年度未来ビークルシティリサーチセンター報告書で詳述されているため，本研究ではその解説を省略する。

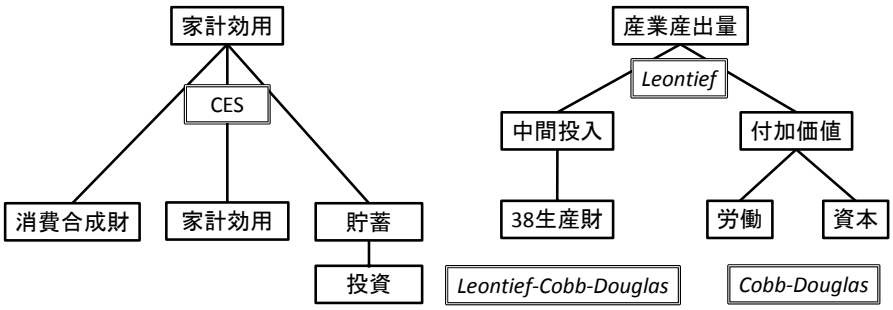


図 3-3-1　モデルの構造

（３）パラメータの設定

本モデルにおいて，Cobb-Douglas 型生産関数，CES 型効用関数を始めとするいくつかの関数については，パラメータを設定する必要がある。CGE モデルでは，基準年次のデータセットが均衡状態を反映したものという前提条件に立っている。従って CGE モデルでのパラメータ設定は基準年次のデータセットを正確に再現するようなパラメータを連立方程式や収束計算によって求めるというキャリブレーションの方法を用いることが特徴である。本モデルでは 2005 年豊橋市の実績データを用いることによりパラメータ設定を行った。

３－４　シミュレーション分析

（１）シミュレーション分析の考え方

本研究のシミュレーションは上記の CGE モデルを用いて，電気自動車（EV）の生産や太陽光発電の導入が，豊橋市産業にどのような影響を与えるのかを分析するものである。

本研究では新たな産業として EV 製造，太陽光発電，太陽光発電とセットになったコジェネレーシ

ョン，EV 輸送の導入を想定している。投入係数については以下のように推計した。

①EV 製造

全国表で公表されているハイブリッド車の投入係数からエンジン部分を取り除いて推計した。

②太陽光発電

全国表で公表されている自家発電部門において，石油・石炭製品の投入をゼロとして推計した。

③コジェネレーション

愛知県表で公表されている熱供給業の投入係数について，石油・石炭製品の投入をゼロとして推計した。

④EV 輸送

愛知県表で公表されている道路輸送において，石油・石炭製品の投入をゼロとし，それと等価な電力の投入を推計し，投入係数を推計した。

（2）シミュレーションケースの設定

本研究では，電気自動車社会の普及を想定し EV 製造，太陽光発電，コジェネレーション，EV 輸送，その他輸送（主として海運を想定）に対し補助金を支出する。また補助金対象とならない産業に対し炭素税（1,000 円/t-CO_2）を課し，生産物価格差別化のケースも検討する。

補助金率（純間接税率）の変化と炭素税の導入による影響を分析するため，シミュレーションケースを表 3-4-1 のように設定した。

表 3-4-1　シミュレーションケース

	純間接税率
Base Case	補助金なし
Case 1	95%
Case 2	90%
Case 3	85%
Case 4	80%
Case 5	75%

	炭素税	純間接税率
Base Case	なし	補助金なし
Case Ⅰ	1,000円/t-CO_2	補助金なし
Case Ⅱ	1,000円/t-CO_2	95%
Case Ⅲ	1,000円/t-CO_2	90%
Case Ⅳ	1,000円/t-CO_2	85%
Case Ⅴ	1,000円/t-CO_2	80%
Case Ⅵ	1,000円/t-CO_2	75%

Case 1 から Case 5 は補助金の導入による変化を分析し，Case Ⅰ から CaseⅥは補助金と炭素税の導入による変化を分析するものである。本研究では以上の 11 ケースを想定し分析している。

3－5　シミュレーション結果

上記の 11 ケースについての計算結果は，図 3-5-1 から図 3-5-16 に示されている。

（1）産業産出量

産業産出量の変化を比較するためのシミュレーション結果を図 3-5-1 から図 3-5-4 に示す。図 3-5-1 と図 3-5-3 は各部門それぞれのケースの産出量を示している。図 3-5-2 と図 3-5-4 は Base Case から，それぞれのケースへの変化率を示している。

産出量が大きい産業はサービス，商業，ガソリン自動車製造業となっている。今回その成長が期待される新産業については，経済に占めるシェアとしては小さいことが分かる。

図 3-5-1 と図 3-5-3 から補助金政策により，追加的補助金対象となる産業の産出量は大幅に増加していることが分かる。太陽光発電は（Case 1～Case 5 に対応して）0.35%～1.79%，コジェネレーションは 0.21%～1.07%, EV 輸送は 0.20%～1.00%, その他輸送は 0.18%～0.91%, 非鉄金属は 0.14%～0.68%，EV 製造は 0.11%～0.58%の増加となっている。非鉄金属の産業産出量の増加については電気自動車のバッテリーへの需要の高まりが影響していると解釈される。また，補助金の割合を大きくすればするほど，産業産出量の増加率も大きくなっている。

以上の結果から産業産出量の総額は追加的補助金なしで 3 兆 2,442 億円であり，追加的補助金を支

出することにより 3 兆 2,469 億円まで増加することが分かった。これは 27 億円の増加であり，その増加率は 0.08%である。

また図 3-5-3 と図 3-5-4 から，炭素税導入により産業産出量の総額が減少していることが分かる。追加的補助金を考慮しない Case I では，炭素税を課さない産業（EV 製造，EV 輸送，その他輸送）に関しても，一般均衡効果により産出量が減少していることが分かる。しかし追加的補助金を導入することにより産出量は増加を示している。それぞれの変化率は，太陽光発電で（Case I ～CaseVIに対応して）1.50%～3.31%，コジェネレーションで 0.18%～1.25%，EV 輸送で 0.08%～1.08%，その他輸送で-0.28%～0.62%，EV 製造で-0.21%～0.36%となっている。その影響もあり，Base Case と比べ産業産出量総額の減少は CaseVIでは-0.16%（3 兆 2,389 億円）となっており，炭素税のみを導入した Case I の-0.25%（3 兆 2,361 億円）より減少額が少なくなっている。

（2）市内 GDP

図 3-5-5 から図 3-5-8 は市内 GDP の変化を比較したシミュレーション結果である。図 3-5-5 と図 3-5-7 は各部門それぞれのケースの市内 GDP 値である。図 3-5-6 と図 3-5-8 は Base Case からそれぞれのケースへの変化率を示している。

市内 GDP は産業生産に伴う粗付加価値を表す。市内 GDP の増減率は，追加的補助金の対象産業であるかどうかに大きく依存している。一般的に追加的補助金により純間接税が減ることは GDP の減少につながる。このことを念頭に置くと，減少率の高い産業は，Case 1 から Case 5 において，太陽光発電（(Case 1～Case 5 に対応して）-0.43%～-2.24%），その他輸送（-0.25%～-1.27%），EV 製造（-0.23%～-1.14%），EV 輸送（-0.25%～-1.10%），コジェネレーション(-0.12%～-0.62%)，熱供給(-0.07%～-0.38%)となる。炭素税を導入した Case I から CaseVIにおいては，太陽光発電（(Case Ⅰ～CaseVIに対応して）1.49%～-0.78%），その他輸送（-0.28%～-1.56%），EV 製造（-0.21%～-1.35%），EV 輸送（-0.08%～-1.02%）となり，どちらのケースも純間接税率が下がる産業で GDP が減少している。

逆に Case 1 から Case 5 において GDP が増加するのは，非鉄金属（0.14～0.68%)や建設業(0.08～0.39%)である。市内 GDP 総額は追加的補助金なしで 1 兆 8,769 億 1,600 万円であるのが，補助金を加えると純間接税率 75%で 1 兆 8,769 億 3,200 万円となり，約 1,600 万円の増加となった。変化率で見ると，追加的補助金なしのケースから 0.001%の増加であり，大きな変化はないと言えよう。また，Case I から CaseVIにおいて GDP が増加するのは不動産業（(Case I から CaseVIに対応して）0.39%～0.32%），サービス産業（0.45%～0.31%）などとなっている。補助金と炭素税を導入した場合の市内 GDP 総額は，CaseVIで 1 兆 8,739 億 1,000 万円となり，30 億 200 万円の減少（-0.16%）になった。炭素税を導入したケースの減少幅は，減少率としては小さいものの，ケース 5 に比べ金額的には大きくなっている。

（3）CO_2排出量

図 3-5-9 から図 3-5-12 は CO_2 排出量変化の比較を示したものである。図 3-5-9 と図 3-5-11 は各部門それぞれのケースの CO_2 排出量を示している。図 3-5-10 と図 3-5-12 は Base Case からそれぞれのケースへの変化率を示している。

追加的補助金を想定した Case 1 から Case 5 において，CO_2 減少率の大きい産業として熱供給（(Case 1~Case 5 に対応して）-0.07%～-0.38%），石油・石炭製品（-0.03%～-0.16%），ガソリン車輸送（-0.02%～-0.12%）などが挙げられる。これらは追加的補助金によるコジェネレーション，太陽光発電，EV 輸送への代替に伴うものと解釈される。

逆に CO_2 排出量増加が大きい産業はその他輸送（0.18%～0.91%），非鉄金属（0.14%～0.68%），EV 製造（0.11%～0.58%）などが挙げられる。これらは産業産出量の拡大に伴うものと解釈される。

CO_2 総排出量は Case 5（純間接税率 75%）において，2,323t- CO_2 の増加（+0.06%）となった。これはリバウンド効果と言えよう。リバウンド効果とは，エネルギー効率改善に伴って副次的効果が

発生し，改善によりもたされると推計される削減量の一部または全てを相殺してしまう現象のことである。

炭素税を導入した Case I から CaseVIでは，多くの産業で排出量が減少している。減少率の大きい産業は非鉄金属（(Case I ～CaseVIに対応して）-2.12%～-1.44%），建設業（-1.41%～-1.03%），その他窯業・土石製品（-1.07%～-0.87%）などが挙げられる。CO_2総排出量は CaseVIにおいて，23,041 t-CO_2の減少（-0.58%）となった。これらはCO_2排出量の多い産業の産出量が減少したためであると言える。

また，EV 製造とその他輸送については，追加的補助金を導入しない Case I において CO_2排出量は減少しているが，補助金率を上げることによりCO_2排出量が増加していることが分かる。CO_2排出量の増加が大きい産業として，その他輸送（-0.28%～0.62%），EV 製造（-0.21%～0.36%），サービス産業（0.45%～0.31%）などが挙げられる。石油・石炭製品に関しては，補助金率を増加させることにより CO_2排出量は減少していることが分かる。

Base Case の CO_2総排出量と Case I および CaseVIの CO_2総排出量を比較すると，Case I では -25,348 t-CO_2（-0.64%），CaseVIでは-23,041 t-CO_2（-0.58%）となっている。以上のことから補助金率を増加させると，それに伴いCO_2総排出量も増加することが分かる。

（4）財価格

図 3-5-13 と図 3-5-14 は財価格の変化を比較するために，Base Case からそれぞれのケースへの変化率を示したものである。

財価格は財価格方程式より，生産要素価格によって決定される。本モデルでは労働をニュメール財としているため，変化するのは資本収益率である。資本収益率は総資本供給量と総資本需要量が均衡することによって決定されるが，本モデルではベンチマークデータセットが均衡していないため，追加的補助金なしのケースにおいても全ての価格は 1 とはなっていない。

補助金を追加するケースにおいては，追加的補助金がある産業の価格は下落している。すなわち大きく減少しているのは太陽光発電（(Case 1～Case 5 に対応して）-0.38%～-1.92%），その他輸送（-0.27%～-1.36%），EV 輸送（-0.25%～-1.25%），EV 製造（-0.11%～-0.54%）となっている。ガソリン車輸送の価格もやや減少しているが（-0.03%～-0.15%），これはその他輸送の投入によるところが大きい。また, 炭素税を導入することにより電力（(Case I ～CaseVIに対応して）2.18%～2.11%），鉄鋼業（1.48%～1.42%），その他窯業・土石製品（1.15%～1.09%）など，CO_2排出量の大きい産業の財価格上昇が大きくなっている。

（5）その他の主要変数

その他の主要変数の変化を比較するために，Base Case からそれぞれのケースへの変化率が図 3-5-15 と図 3-5-16 に示されている。

Case 1 から Case 5 において増加率が大きいのは家計電気自動車購入（(Case 1～Case 5 に対応して）0.08%～0.42%），投資総額（0.07%～0.36%），労働供給量（0.02%～0.11%）などである。その他の変数は減少したものが多い。政府部門における純間接税収入の減少は，政府所得，政府消費，政府貯蓄の全てを減らしている。同時に政府から家計への経常移転が減少するため，家計所得が減少している。それに対し，Case I から CaseVIでは炭素税収入があるため政府所得，政府消費，政府貯蓄の全てが増加している。それに伴い政府から家計への経常移転も増加したため，家計所得も増加を示している。

Base Case を基準とすると，等価的偏差は Case 5 では-12 億 5,500 万円となり，豊橋市の人口 1 人当たりでは 3,354 円のマイナスであった。CaseVIでは 22 億 770 万円となり，豊橋市の人口 1 人当たりでは 5,901 円の厚生改善であった。

産業産出量

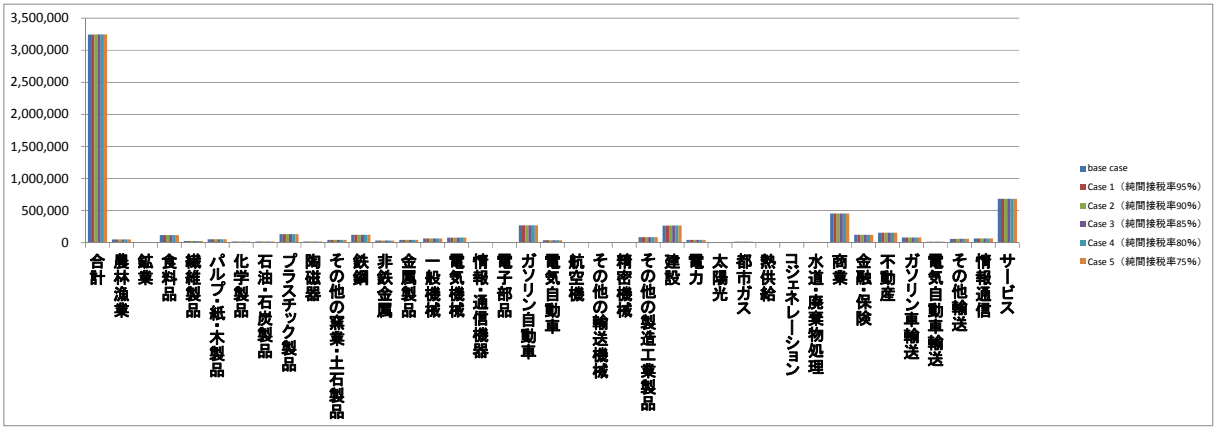


図 3-5-1　産業産出量シミュレーション結果（Case 1～Case 5）

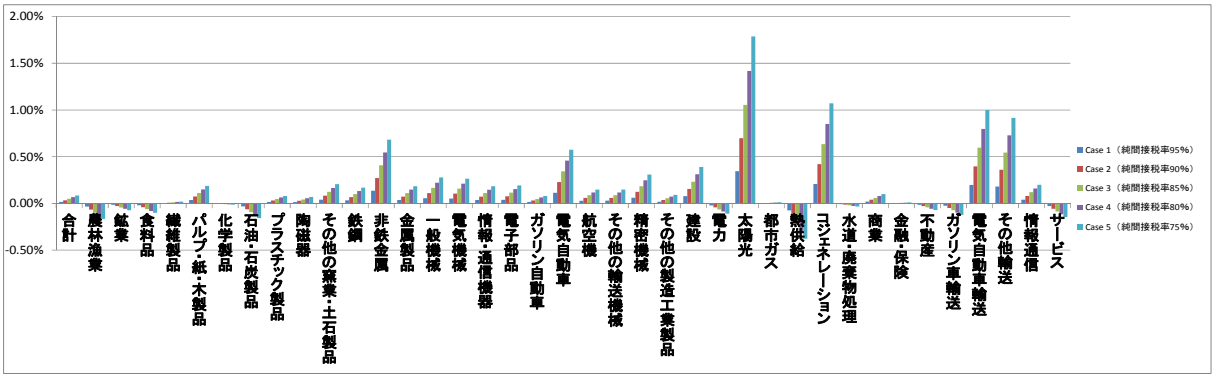


図 3-5-2　産業産出量変化率（Case 1～Case 5）

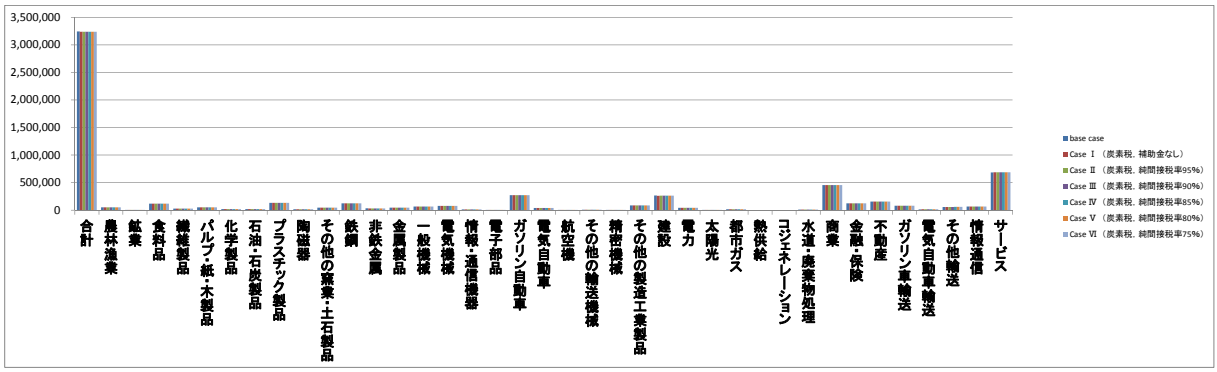


図 3-5-3　産業産出量シミュレーション結果（Case Ⅰ～CaseⅥ）

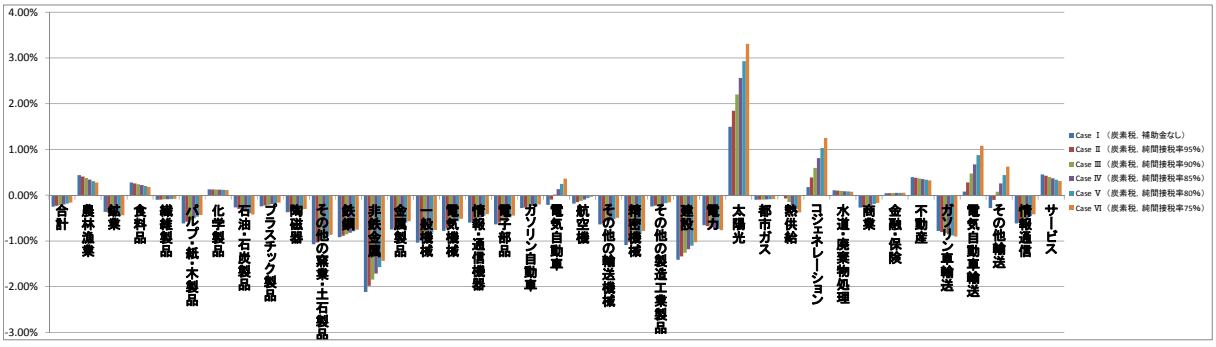


図 3-5-4　産業産出量変化率（Case Ⅰ～CaseⅥ）

市内 GDP

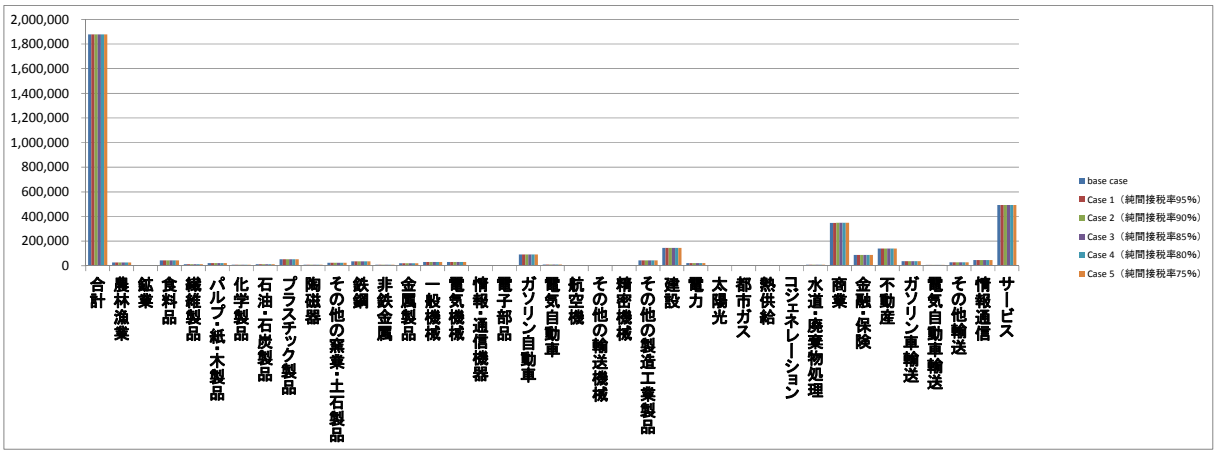


図 3-5-5　市内 GDP シミュレーション結果（Case 1～Case 5）

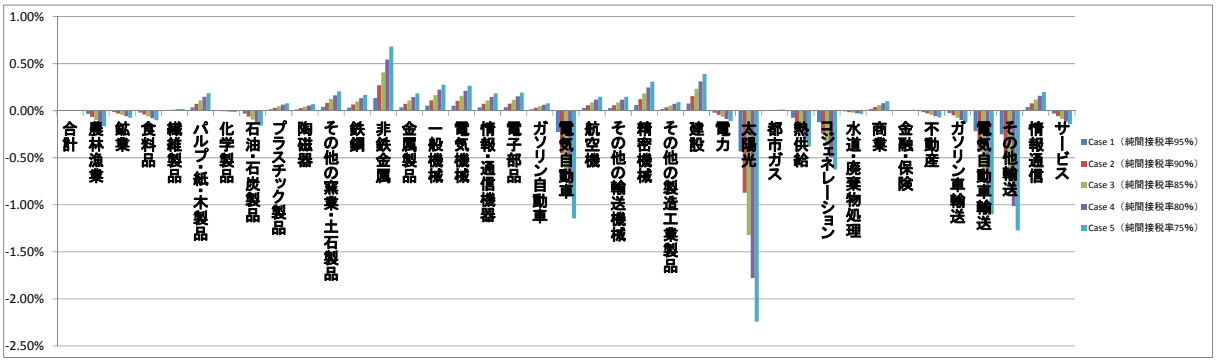


図 3-5-6　市内 GDP 変化率（Case 1～Case 5）

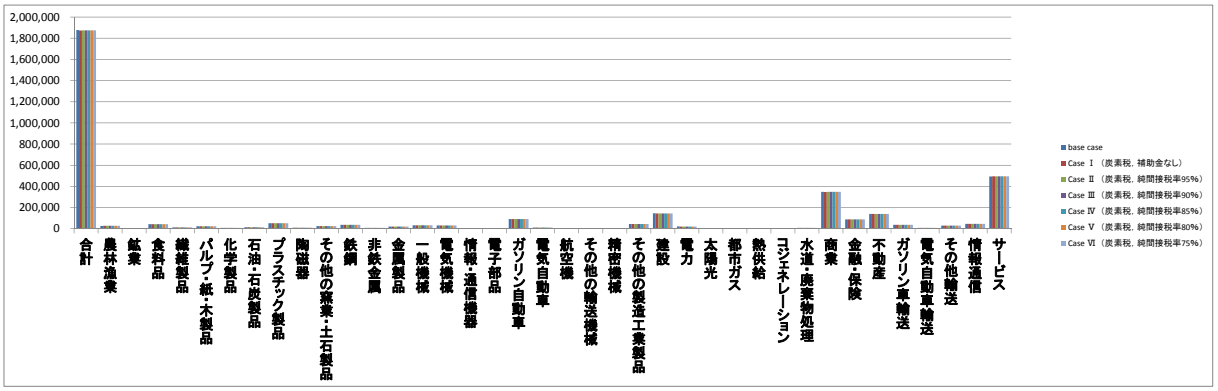


図 3-5-7　市内 GDP シミュレーション結果（Case Ⅰ～CaseⅥ）

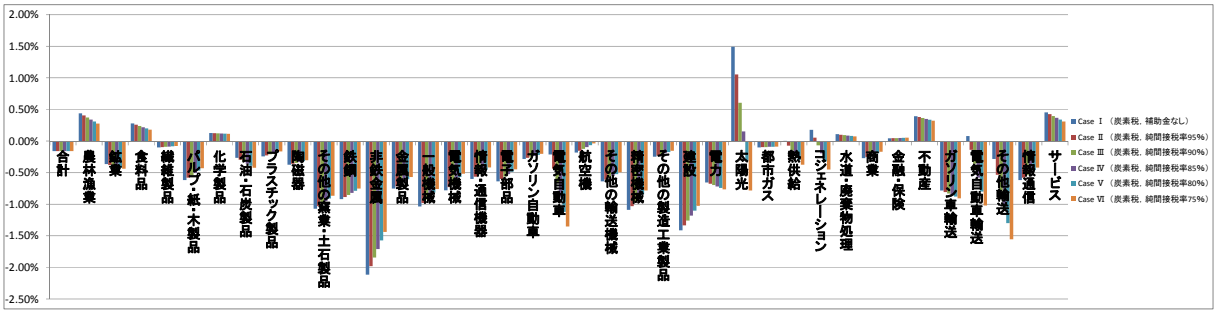


図 3-5-8　市内 GDP 変化率（Case Ⅰ～CaseⅥ）

CO_2 排出量

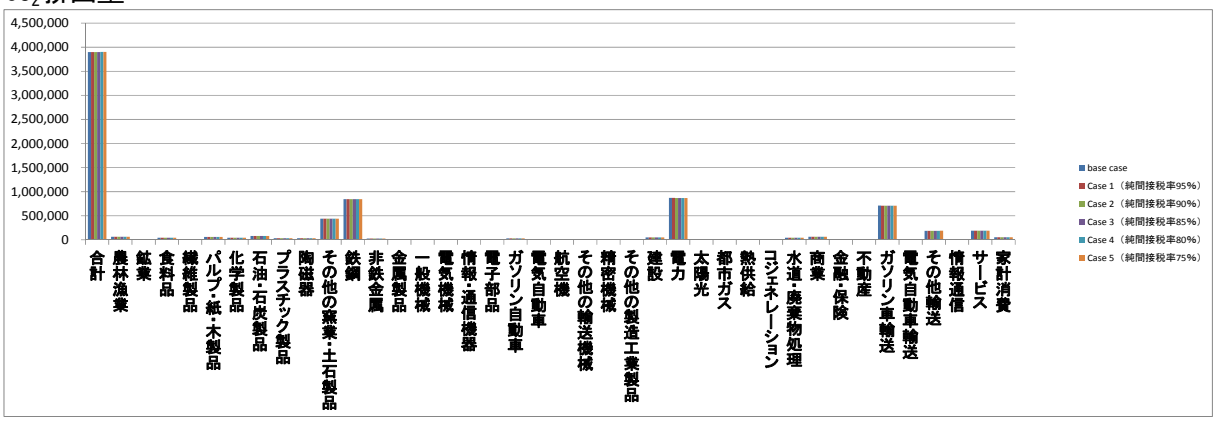


図 3-5-9　CO_2 排出量シミュレーション結果（Case 1～Case 5）

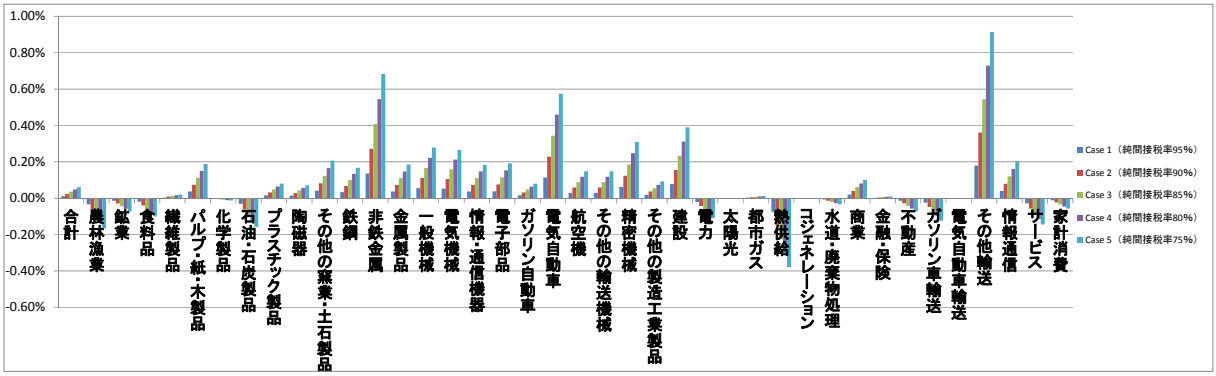


図 3-5-10　CO_2 排出量変化率（Case 1～Case 5）

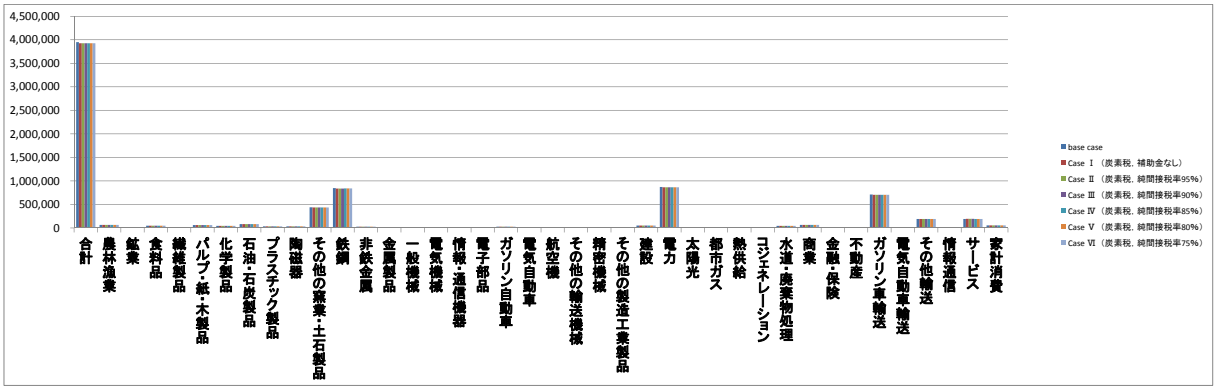


図 3-5-11　CO_2 排出量シミュレーション結果（Case Ⅰ～CaseⅥ）

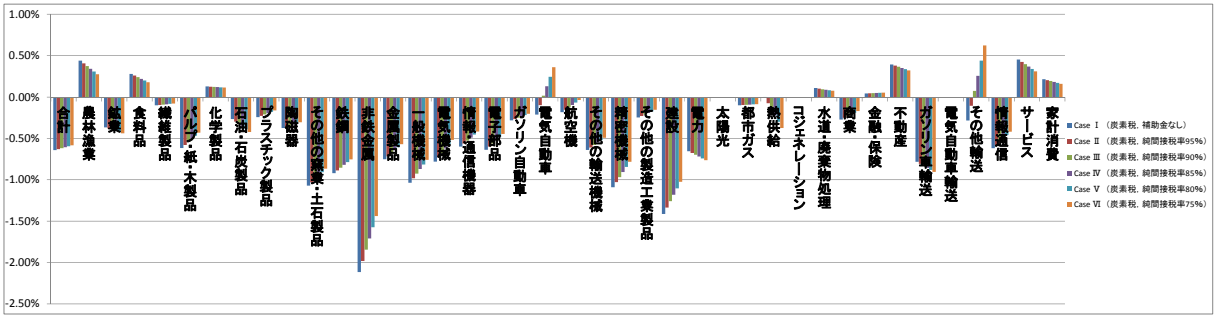


図 3-5-12　CO_2 排出量変化率（Case Ⅰ～CaseⅥ）

財価格

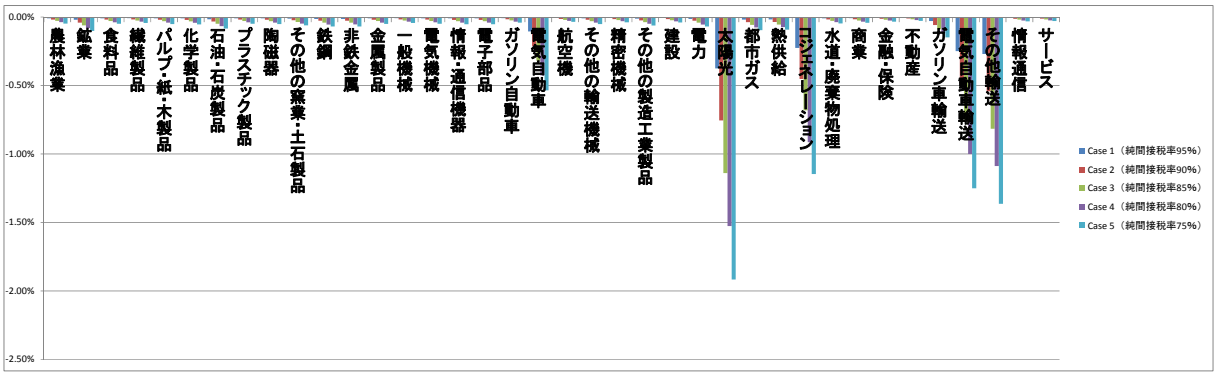


図 3-5-13　財価格変化率（Case 1～Case 5）

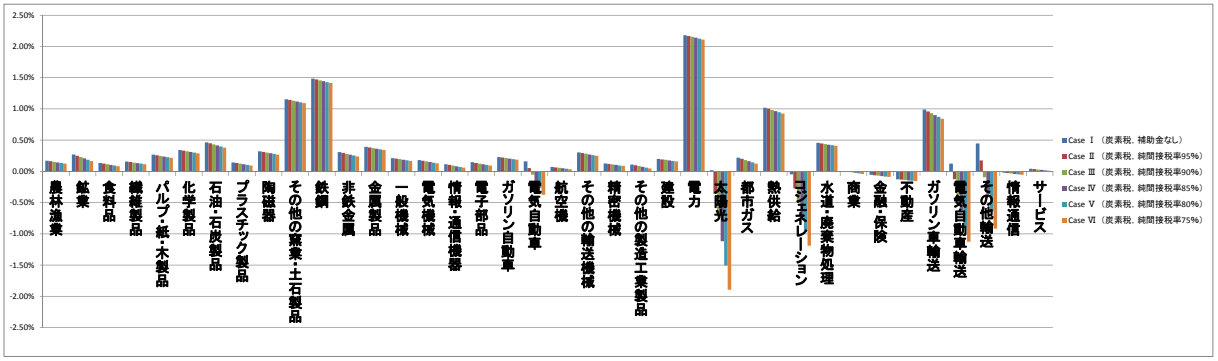


図 3-5-14　財価格変化率（Case Ⅰ～CaseⅥ）

その他の主要変数

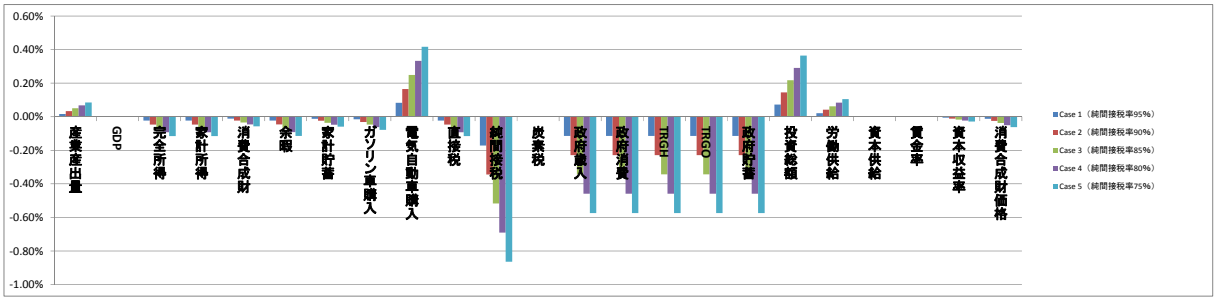


図 3-5-15　その他の主要変数変化率（Case 1～Case 5）

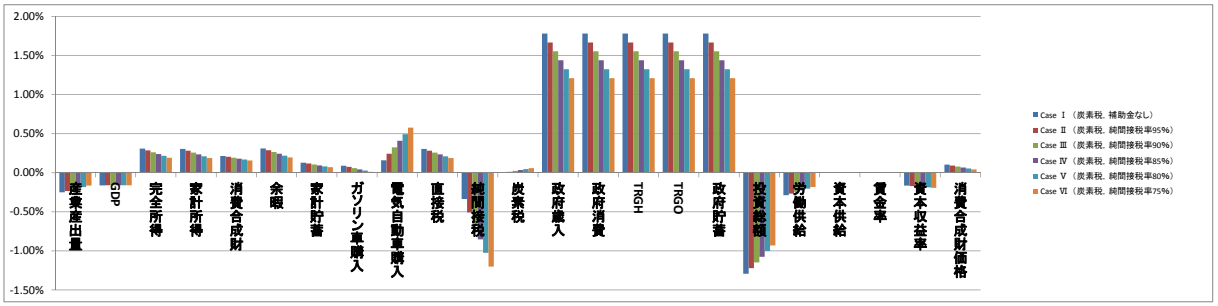


図 3-5-16　その他の主要変数変化率（Case Ⅰ～CaseⅥ）

３－６　おわりに

豊橋市における補助金による電気自動車社会への転換は，電気自動車製造，太陽光発電，コジェネレーション，電気自動車輸送，その他輸送の産出量を増加させる結果となった。それと代替する形で鉱業，石油・石炭製品などの産出量は減少している。また家計部門においては電気自動車の購入が増加する結果となった。しかし多量の CO_2 を排出する産業の生産増加に伴い，CO_2 の総排出量はわずかながら増加してしまった。これは省資源型の電気自動車普及によるリバウンド効果と解釈される。

一方，炭素税を導入したケースでは追加的補助金の対象となる産業の産出量を増加させ，多くの CO_2 を排出する鉄鋼業，電力，その他窯業・土石製品産業の産出量を減少させた。その結果，総産出量は若干減少している。しかし同時に CO_2 総排出量の減少も見られた。これは価格インセンティブ効果から多くの CO_2 を排出する産業の産出量が減少したためであると言える。

補助金率を上げると総産出量は増加し，それに伴い CO_2 排出量も増加することが分かった。炭素税を導入すると CO_2 排出量が大きい産業の産出量が減少し，総産出量も減少した。その結果，CO_2 総排出量も減少した。本研究では，補助金率を 5%ずつ上げて変化率を比較したが，どの部門でもほぼ比例的に変化していることが判明した。中でも追加的補助金の対象となった産業の変動の大きさは，他の産業と比べて大きい。

追加的補助金を支出した場合，市民の豊かさを表す等価的偏差がマイナスとなることが分かった。これは消費者物価が減少し，プラスの所得効果があるものの，家計所得や余暇時間の減少がそれ以上であるために，このような結果となったと解釈される。しかし，炭素税を導入すると政府から家計への経常移転が増加し，家計所得や余暇も増加し等価的偏差はプラスの値を示した。

本研究では前年度の課題であった CO_2 増加の問題を，炭素税導入により抑制することができた。豊橋市において適切な補助金や炭素税の導入により，電気自動車の普及，CO_2 の減少，家計効用の増加という環境共生型都市への道筋を示すことができた。近い将来 2010 年の愛知県産業連関表が公表される予定であり，本モデルの推計精度を向上させることが今後の課題である。

参考文献

1)畔柳　創・平井裕太・高田祐樹・松井拓也・前田　恵：「電気自動車が活躍できる社会づくり」，ISFJ2009 政策フォーラム発表論文，pp.1-25，2009

2)宮田　譲・佐藤浩基：「二酸化炭素排出問題の動学一般均衡分析」，土木計画学研究・論文集 Vol.16，pp.431−442，1999

3)宮田　譲・渋澤博幸・張　鍵：「廃棄物を考慮した小地域の応用一般均衡分析 -帯広都市圏を事例として-」，地域学研究 第 34 巻，pp.481-508，2004

4)Miyata, Y., Shibusawa, H. and Khanam, S.：“Economic Impacts of an Electric Vehicle Society in Toyohashi City, Japan – A CGE Modelling Approach –”, IOSR Journal of Business and Management, Vol.2, No.4, pp.29-40, 2012

5)宮田　譲・渋澤博幸：「豊橋市における電気自動車導入による都市の変化」，サスティナブルな社会における未来ビークルシティ事業ー低炭素社会における安全安心なビークルシティーー平成 24 年度研究成果報告書，pp.38-57，豊橋技術科学大学未来ビークルシティリサーチセンター，2013

6)村沢義久：「燃やさない文明と電気自動車の役割」，予防時報，No. 239，pp.20-25，2009

7)南齋規介・森口祐一・東野　達：「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)」，独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター，2004 年

8)日本エネルギー経済研究所 HP：http://eneken.ieej.or.jp/

9)豊橋市 HP：http://www.city.toyohashi.aichi.jp/，「豊橋市地球温暖化対策地域推進計画」

10)全国地球温暖化防止活動推進センターHP： http://www.jccca.org/

11)愛知県公式 HP：http://www.pref.aichi.jp/

４．三河港湾地域の経済効果とフェリーによるモーダルシフトに関する研究

建築・都市システム学系　准教授　渋澤　博幸，教授　宮田　譲

４－１　三河港の経済効果

本研究では，愛知県三河港と後背地域を対象とした経済効果の計測を行う。三河港は，愛知県東部の三河湾・渥美湾奥に存在する豊橋市・田原市・蒲郡市・豊川市にわたる港湾である。三河港と後背地域には自動車関連産業が集積しており，我が国を代表するビークル港湾地域である。愛知県の三河港と後背地域を対象として，町丁・大字のゾーンレベルで選定したエリアにおける生産活動が，愛知県内へ齎す経済波及効果を計測する方法を提案する。港湾の経済効果を計測する方法には，港湾の機能に注目した方法と港湾の地理的エリアに注目した方法が存在する。これらの計測結果については，平成 24 年度と平成 25 年度の報告書で述べた。

本稿では，町丁・大字単位の従業者数情報から，任意のゾーンを選択して経済効果を計測する方法について述べる。経済効果には，川下産業への経済波及効果を示す前方連関効果と，川上産業への経済波及効果を示す後方連関効果がある。三河港の後背地域を対象として，前方連関効果と後方連関効果を計測した結果について報告する。

（１）選定エリア内の生産額等の推計

平成 21 年経済センサスの愛知県町丁・大字の従業者数から生産額と中間需要額を推計し，愛知県の産業連関モデルを用いて，選定エリア内の生産活動が齎す経済波及効果を計測する。ここでは，平成 21 年経済センサス町丁大字別の 18 生産部門の従業者数を用いる。産業連関モデルでは，愛知県の平成 17 年産業連関表と雇用表を用いる。経済センサスと産業連関表の部門数が異なるため，部門を統一するために按分の作業を行う。また，平成 21 年経済センサスと平成 17 年雇用表の従業者数の情報が異なるため，平成 21 年経済センサスの従業者数に対応する従業者係数を求める。

最初に，按分率と従業者係数を求める。愛知県の全町丁・大字について 18 部門別の従業者数を市町村別の従業者数に集計する。愛知県の市町村別 743 部門表から 40 部門表を作成して，市町村レベルで 18 部門から 40 部門へ変換する按分率を求める。市町村別の 18 部門従業者数に按分率を乗じて 40 部門従業者数を推計する。この 40 部門従業者数から市町村の構成比を求め，産業連関表の生産額に乗じることによって市町村別 40 部門別の生産額を推計する。従業者数を生産額で除して従業者係数を求める。

次に，三河港後背地域のエリア選定を行う。選定したエリア内の市町村別 40 部門別の従業者数と生産額を推計する。この生産額を直接効果とする。生産額から中間需要額を求めて，中間需要額から誘発される間接一次及び間接二次の生産誘発額，粗付加価値額，及び雇用者所得額を求める。

（２）経済効果の計測

①後方連関効果

本研究のアプローチによる後方連関効果の直接効果は，選択したエリア内の従業者数から推計された生産額である。この生産額から，粗付加価値額，雇用者所得額，及び従業者数が得られる。

間接一次効果は，直接効果の生産を行うために投入した原材料である部門別中間需要額から誘発する生産額である。しかし，この中間需要額には，選定したエリア内での誘発額も一部含まれていると考えられる。愛知県の粗付加価値額に占める選定エリア内とエリア外の粗付加価値額の比率を求める。これを中間需要額に乗じることによって，（選定したエリア以外の）愛知県の生産を誘発させる中間需要額を求める。（選定したエリア以外の）愛知県への生産誘発額は，この調整済み部門別需要額に自給率を乗じ，さらにレオンチェフ逆行列を乗じることによって求める。同様にして，生産誘発額から，粗付加価値額，雇用者所得，及び従業者数を求める。 間接二次効果は，所得増による消費需要から誘発する生産額である。直接効果の雇用者所得額と一次効果の雇用者所得額の総額に，平均消費性向を

乗じて，消費支出総額を求める。これに民間消費支出比率を乗じることによって得られた民間消費額から誘発する生産額を求める。

対象エリアの生産額（直接効果）　$\mathbf{X_0}$

生産誘発額（間接一次）　$\mathbf{X_1} = [\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \bar{\mathbf{M}})\mathbf{A}]^{-1}(\mathbf{I} - \bar{\mathbf{M}})\hat{\boldsymbol{\lambda}}\mathbf{D}$

生産誘発額（間接二次）　$\mathbf{X_2} = [\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \bar{\mathbf{M}})\mathbf{A}]^{-1}(\mathbf{I} - \bar{\mathbf{M}})\mathbf{C}$

粗付加価値額　$\mathbf{V} = \boldsymbol{v}(\mathbf{X_0} + \mathbf{X_1} + \mathbf{X_2})$

従業者数　$\mathbf{L} = \boldsymbol{l}(\mathbf{X_0} + \mathbf{X_1} + \mathbf{X_2})$

ここで，$\mathbf{I}$：単位行列，$\bar{\mathbf{M}}$：移輸入係数行列，$\mathbf{A}$：投入係数行列，$\mathbf{d}$:対象エリアシェア(粗付加価値)，$\boldsymbol{\lambda}$ =1-$\mathbf{d}$: その他愛知県シェア，$\mathbf{D}$：生産中間財需要，$\mathbf{C}$:消費需要，$\boldsymbol{v}$：粗付加価値率，$\boldsymbol{l}$：従業者係数である。

②前方連関効果

前方連関による間接経済効果は，選定エリア内の生産部門の粗付加価値額（資本，労働）から愛知県に及ぼす波及効果である。前方連関による経済効果の計測には，ゴッシュモデルを用いる。標準的なモデルでは，生産部門の中間投入財の完全代替性が前提となっている。選定エリア内の粗付加価値額から愛知県内の川上産業に波及する効果である。粗付加価値額が与えられると，生産額は，配分された中間財の生産プロセスを介して求められる。

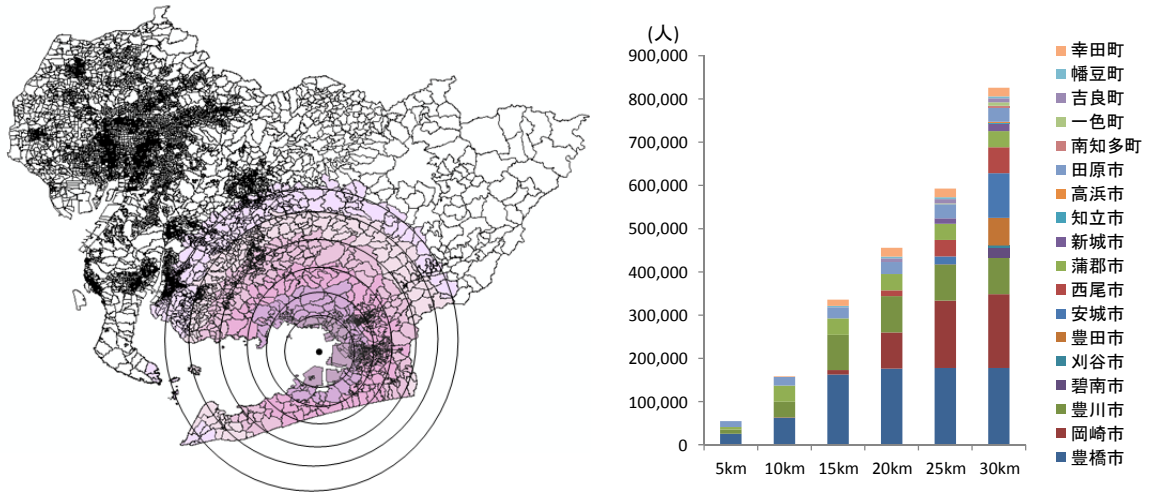
対象エリアの粗付加価値額　$\mathbf{V^r}$

生産誘発額　$\mathbf{X^r} = (\mathbf{I} - \mathbf{B^t})^{-1}\mathbf{V^r} = (\mathbf{I} - \mathbf{B^t})^{-1}\,\hat{\mathbf{d}}\mathbf{V^R}$

ここで，$\mathbf{B}$：Ghosh の配分係数行列，$\mathbf{V^R}$：愛知県の粗付加価値額である。

（３）エリアの選定

三河港の後背地域を，図 4-1-1 に示すように選定した。三河港の中心地を定めて，半径 5km, 10km, 15km, 20km, 25km, 30km の円を描いて後背地域のエリアを選定した。半径 5km-10km-15km の範囲では，主に，豊橋市，田原市，豊川市，蒲郡市の従業者数が多く，半径 20km を超えると，岡崎市，安城市，西尾市，碧南市，豊田市などの従業者数が加わっている。



(a) エリアの選定　　(b) エリア内の市町村別従業者数

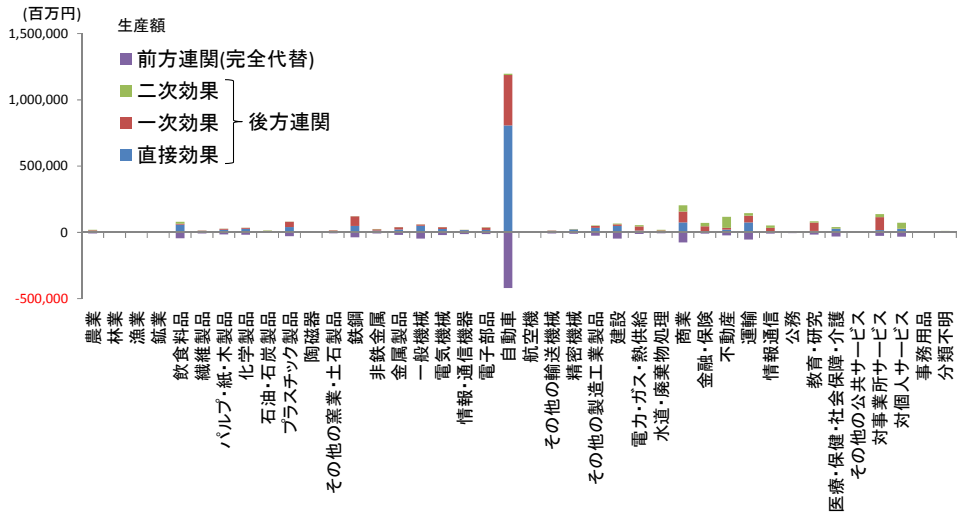
図 4-1-1 三河港後背地域におけるエリアの選定

（４）経済効果の計測

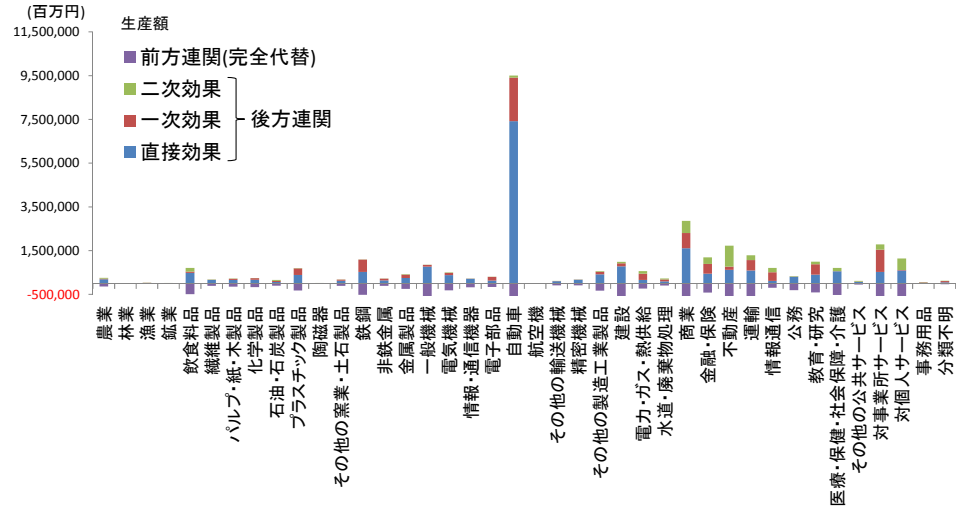
図 4-1-2 に生産部門別の生産誘発額を示す。後方連関による直接効果，一次効果，及び二次効果を縦のプラス軸に，前方連関による効果（完全代替）をマイナス軸に示している。5km 圏内は，主に三

河港臨海部の埋め立て地に企業が立地している。田原市の緑が浜には従業者数約 1 万人のトヨタ自動車田原工場が立地していることから，自動車部門の生産誘発額が大きくなっている。5km 圏内では，商業，運輸，不動産，対事業所サービス等の生産額が大きいが，自動車部門の生産額が突出している。

30km 圏内では，三河港を取り巻く豊橋市，田原市，豊川市，蒲郡市の市街地が含まれるため，サービスの各部門の生産額が大きくなっている。製造業では，依然として自動車部門の生産額が突出しているが，鉄鋼，一般機械，飲食料品，プラスチック製品，その他の製造工業製品等の生産額が大きいのが特徴である。



(a) 5km 圏内の生産誘発額



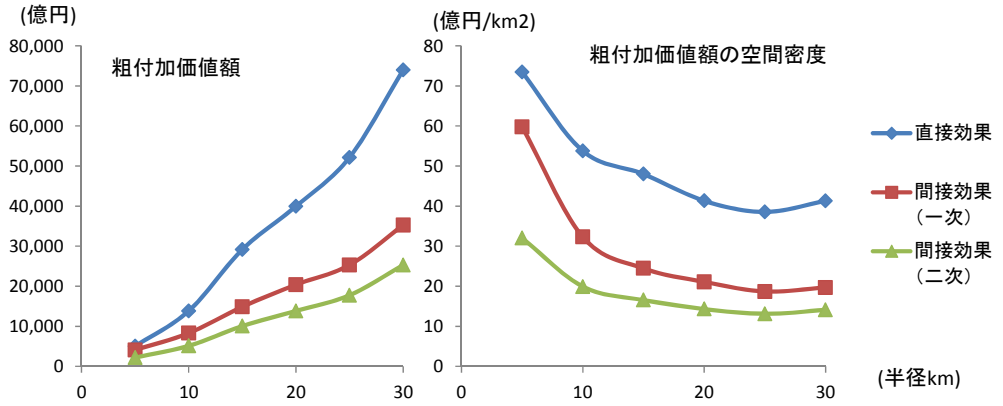
(b) 30km 圏内の生産誘発額

図 4-1-2 生産部門別の生産誘発額

図 4-1-3 に，直接効果と後方連関による間接一次と二次効果を示す。横軸は，三河港の中心地からの半径の距離を示す。縦軸は，単位面積当たりの粗付加価値誘発額を示す。この粗付加価値誘発額は，生産誘発額に粗付加価値率を乗じることによって求めた。(a)から，三河港中心からの距離に関係なく，直接効果が最も大きく，続いて間接一次効果，間接二次効果の順となっていることがわかる。この粗付加価値額を選定エリアの面積で除することによって，(b)に示すように，単位面積当たりの粗付加価値誘発額を求めることができる。三河港の臨海部には，企業が集積していることから，三河港の中心から離れることによって，単位面積当たりの粗付加価値額は減少する傾向がみられる。半径 30km では，単位面積当たりの粗付加価値額が若干上昇しており，三河港の後背地域とは異なる経済圏を含む

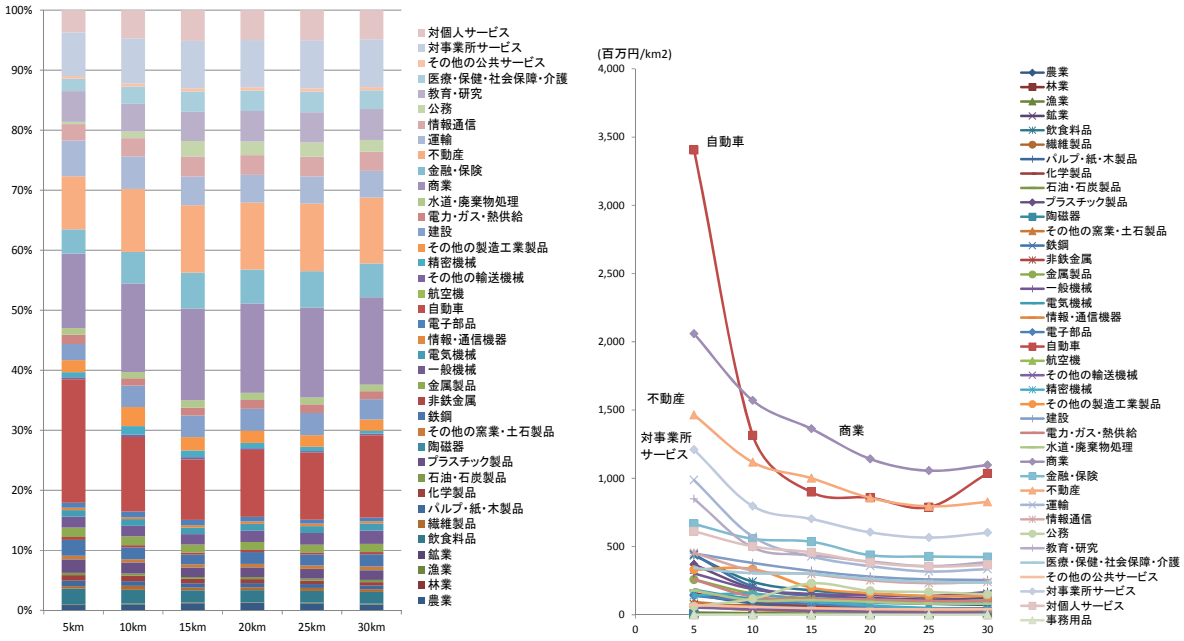
ことを示唆している。

図 4-1-4(a)(b)に後方連関による生産部門別の粗付加価値誘発額を示す。(a)は生産部門別のシェアを示したものであり， 5km 圏では自動車，商業，不動産，運輸部門のシェアが大きいことがわかる。三河港中心から離れることによって，自動車部門のシェアが減少し，商業，不動産部門のシェアが増加する傾向がみられる。(b)は生産部門別の単位面積当たり粗付加価値額を示したものである。三河港臨海部には企業が集積していることから，臨海部から離れることによって単位面積当たりの粗付加価値額は減少する傾向にある。特に，自動車部門は急激な減少となっている。しかし，自動車部門は 30km 圏からは上昇する傾向をみせており，豊田・岡崎・刈谷方面の自動車部門の影響が表れている。



(a) 粗付加価値額　　(b) 単位面積当たりの粗付加価値額

図 4-1-3　粗付加価値誘発額（後方連関効果）

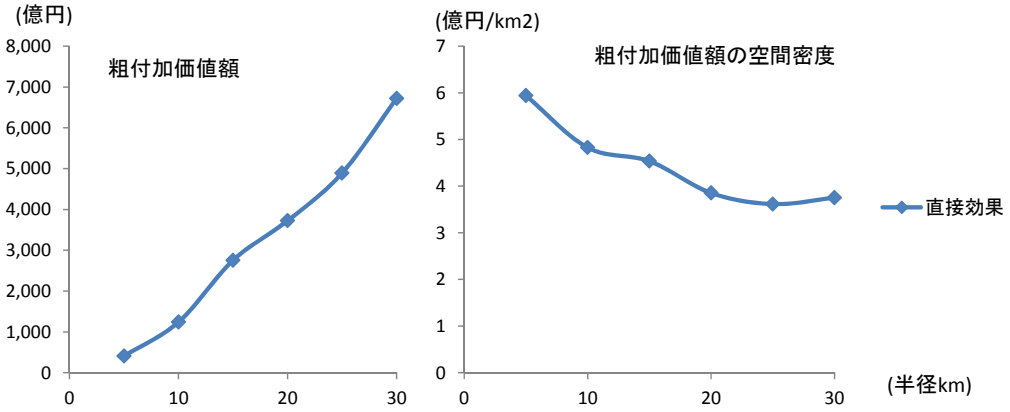


(a) 粗付加価値額のシェア　　(b) 単位面積当たりの粗付加価値額

図 4-1-4　生産部門別の粗付加価値誘発額（後方連関効果）

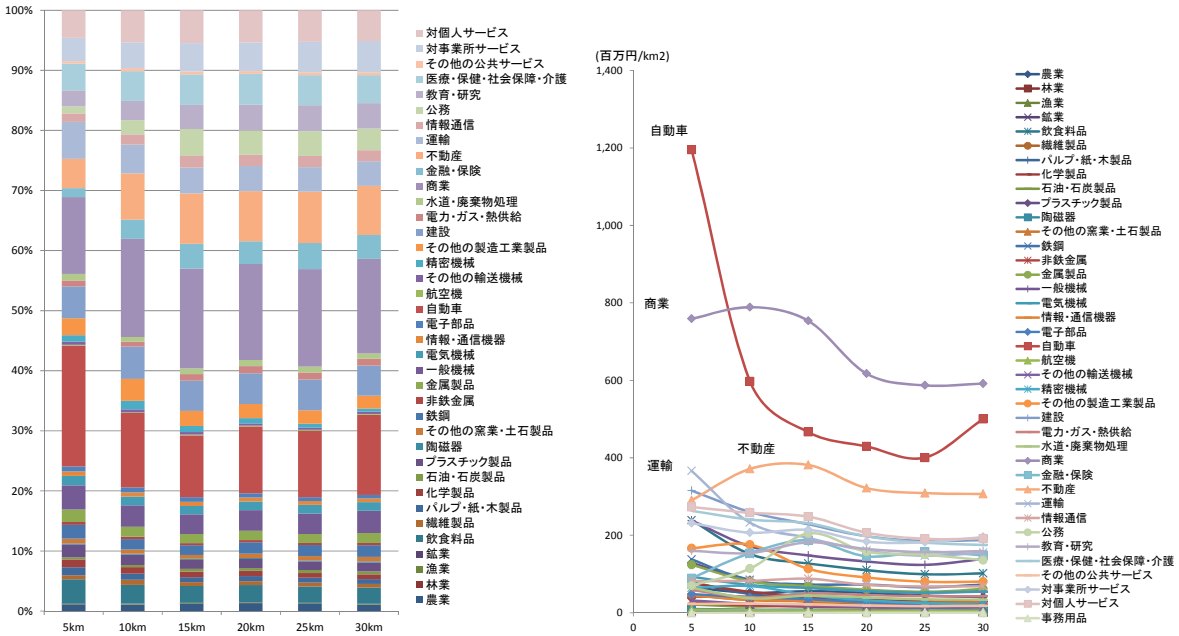
図 4-1-5(a)(b)に，前方連関による経済効果を示す。粗付加価値額は，選定エリアが拡大すると増加する傾向がある。単位面積当たりの粗付加価値額では，三河港臨海部から離れることにより減少している。後方連関の場合と同様な傾向がみられるが，効果の大きさでは前方連関効果のほうが小さくなっている。図 4-1-6(a)(b)に，前方連関による生産部門別の粗付加価値額誘発額を示す。三河港中心か

ら 10km-20km のエリア内では，商業，不動産，公務といった部門の単位面積当たりの粗付加価値額が増加する傾向がある。このエリアでは，豊橋市，蒲郡市，田原市の市街地を含むことになり，これらの部門の粗付加価値が加わり変化したと考えらえられる。



(a) 粗付加価値額　　(b) 単位面積当たりの粗付加価値額

図 4-1-5　粗付加価値誘発額（前方連関効果）



(a) 粗付加価値額のシェア　　(b) 単位面積当たりの粗付加価値額

図 4-1-6　生産部門別の粗付加価値誘発額（前方連関効果）

（5）まとめ

本稿では，町丁字単位の従業者数の情報から生産額を推計し，任意のエリアを選定して経済波及効果を計測するシステムを開発した。三河港の臨海部と後背地域を対象として，後方連関と前方連関による経済波及効果を計測した。 三河港後背地域のエリアの変更が，経済波及効果に与える影響を明らかにした。今後，エリアベースの経済効果の計測に応用されることが期待される。例えば，津波浸水想定エリアのように，様々なシナリオに基づいて経済被害額の推計をする場合に有益なアプローチとなろう。

４－２　三河港における長距離フェリー利用と電気自動車によるモーダルシフト

（１）はじめに

三河港を対象としてフェリー利用の可能性と電気自動車の普及による陸上から海上へのモーダルシフトの影響について検討する。豊橋港は，三河港のうち豊橋市に所在する一港区である。豊橋港はかつて独立した港湾であったが，1962 年（昭和 37 年）に豊橋港，田原港，西浦港，蒲郡港の 4 港が統合し，三河港となっている。

三河港は，全国トップクラスの自動車輸出入港湾であり，物流を中心とした国際港湾として発展している。旅客については，伊勢湾フェリーや名鉄海上観光船などが，短距離フェリー・高速船のサービスを提供しているが，三河港と全国を結ぶようなフェリーは存在していない。また，港湾を有する地域では，クルーズ船の誘致や観光産業を介した地域経済の活性化なども期待されている。

ここでは，三河港のうち豊橋市に所存する一港区である豊橋港を起点として，長距離フェリーが運航された場合を想定する。フェリー移動と道路移動のモードシェアを求めることによって，長距離フェリーの可能性について検討する。

電気自動車は，環境にやさしい車として普及に向けて様々な取り組みが実施されている。電気自動車は，ガソリン車に比べると，航続可能距離が短く，充電時間に時間を要することから，一般的に都市内の移動手段に適しているとされる。電気自動車のもつ技術的な制約を解決するひとつの方法として，フェリーを利用した都市間の移動が考えられている。平成 24-25 年度の報告書では，我が国の長距離フェリーを対象として，犠牲量モデルを用いて，電気自動車の普及により，道路からフェリーへのモーダルシフトが生じる可能性について分析を行った。

本稿では，同様のアプローチを用いて，豊橋港と全国を結ぶ長距離フェリー航路を想定したときに，電気自動車（電気乗用車と電気トラック）の普及により生じる陸上から海上へのモーダルシフトの可能性を検討する。

（２）方法

自動車が道路とフェリーのどちらの交通機関を利用するかという問題を考える。一般的に，自動車のドライバーがどのように交通機関を選択するのかは，各交通機関の所要時間と移動費用に依存する。交通機関の分担率を求める方法のひとつに犠牲量モデルがある。本稿では，既存研究を参考に，以下の犠牲量モデルの推計式を用いる（東北産業活性化センター, 1997 年）。

旅客　$\ln[P/(1-P)]= -7.56566+2.30696\ln\omega$

貨物　$\ln[P/(1-P)]= -8.81237+3.06129\ln\omega$

P はフェリーの分担率であり，P=フェリー/(フェリー+道路)である。道路の分担率は 1-P である。ω は各区間の時間価値，すなわち 1 分当たりの時間価値(円)で，ω＝(道路移動費用－[フェリー移動費用―フェリー休息時間価値])/(フェリー移動所要時間―道路移動所与時間)である。フェリー休息時間価値とは，フェリー利用により減少した道路走行時間を休息の増加分としてその時間価値を求めたものである。瀬戸内海のフェリーの情報を用いて推計された式であるが，本稿では参考情報としてこの式を試験的に用いる。旅客は乗用車を，貨物は中型トラックを利用するものとする。

（３）シナリオ

①経路と移動手段

A 地域と B 地域に，自動車で移動可能な２つの経路が存在する状況を想定する。経路 α を「道路」、経路 β を「フェリー及び道路」とする。その他の輸送モードを利用した移動は考えないものとする。2 つの経路の概念図を図 4-2-1 に示す。ここで，二つのケースを考える。

エンジン車のケース：通常のエンジン車（乗用車またはトラック）で移動する場合

電気自動車のケース：電気自動車（乗用車またはトラック）で移動する場合

エンジン車のケースにおける経路 α と経路 β の分担率と，電気自動車のケースにおける経路 α と経路 β の分担率を求める。電気自動車とエンジン車の経路 β の分担率の差を求め，この差が大きくなれ

ばモーダルシフトが生じると解釈する。



図 4-2-1　径路と交通機関

②フェリーの航路，移動時間と費用

豊橋港から長距離フェリーが運航される場合を想定しよう。図 4-2-2 に豊橋港から各港湾への想定した長距離フェリー航路を示す。フェリー航路は，現在運航されている太平洋側のフェリー航路を参考にして，9 つの航路を想定した。発着地点を図中の表のように定め，各航路を利用するものとした。現行の長距離フェリーと同様に，フェリーの運航頻度は 1 日 1 便とする。

各発着地点間の経路αと経路βの道路移動に関する経路情報は，検索サイト NAVITIME を利用した。陸上移動では高速道路を利用し，移動時間を最小にする経路を優先的に選択した。経路αと経路βの区間を，エンジン車（乗用車あるいはトラック）1 台で移動した場合の移動費用と移動時間，及び電気自動車（乗用車あるいはトラック）1 台で移動した場合の移動費用と移動時間を求めた。

豊橋港からの長距離フェリーの航路は想定したものであるため，フェリーの運賃と移動時間のデータは存在していない。既存の長距離フェリーのデータから，自動車の移動距離を説明変数とする回帰式を求めて，フェリーの運賃と移動時間を推計した。各経路の移動費用と移動時間から時間価値を求め，犠牲量モデルの推計式を用いて経路β（フェリー）の分担率 P を求めた。

	発着地（最寄港）	発着地（最寄港）
1	豊橋駅（豊橋港）	札幌駅（苫小牧港）
2	豊橋駅（豊橋港）	仙台駅（仙台港）
3	豊橋駅（豊橋港）	水戸駅（大洗港）
4	豊橋駅（豊橋港）	東京駅（東京港）
5	豊橋駅（豊橋港）	徳島駅（徳島港）
6	豊橋駅（豊橋港）	博多駅（新門司港）
7	豊橋駅（豊橋港）	大分駅（別府観光港）
8	豊橋駅（豊橋港）	宮崎駅（宮崎港）
9	豊橋駅（豊橋港）	鹿児島駅（志布志港）

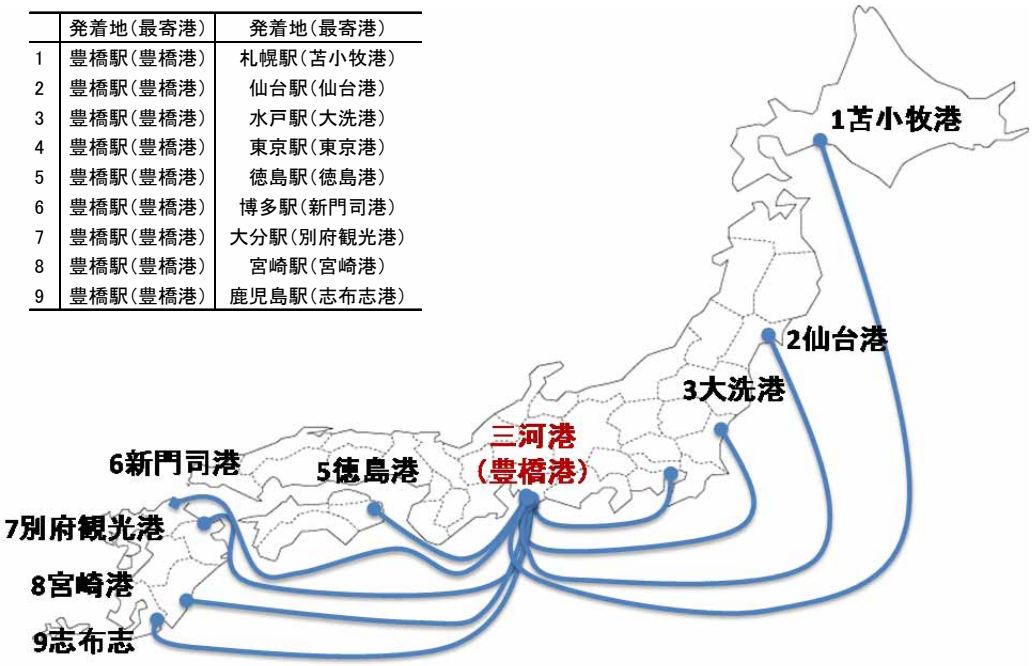


図 4-2-2　想定したフェリー航路

（４） 分析結果

①経路βの分担率の推計

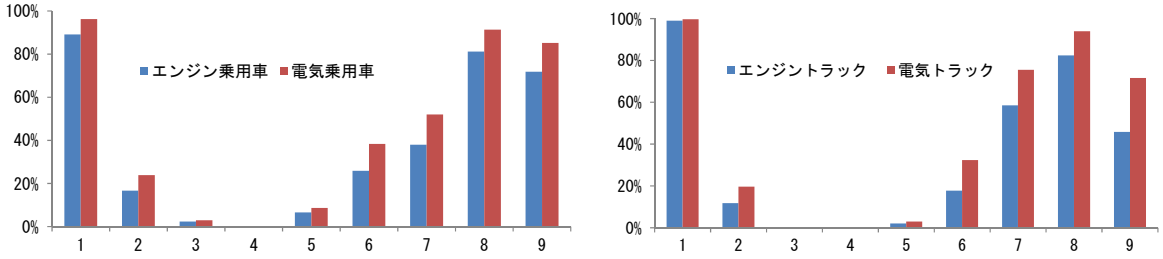
(a) 乗用車の場合

各区間について，乗用車（エンジンまたは電気）で移動した場合の経路βの分担率を推計した。図4-2-3(a)の横軸は各区間の番号，縦軸は経路β（フェリー）の分担率を示す。一般的に，豊橋からより遠く離れた地域ほど，経路β(フェリー)を選択する割合が高くなる。豊橋から北海道(1,2)や九州(6,7,8,9)へのフェリー運航は，他の航路よりも高いフェリー利用率となる傾向にある。

一方，豊橋駅-東京駅(4)，豊橋駅-水戸駅(3)といった短距離の区間では，フェリーを利用する割合は低くなっている。また，エンジン車よりも電気自動車のケースで，フェリーの分担率が上昇する傾向がある。９つの区間の経路βの平均分担率は，エンジン乗用車の場合36.8%，電気乗用車の場合は44.3%である。電気自動車の普及により，フェリー利用の可能性が高まることを示している。

(b) トラックの場合

同様に，トラック（エンジンまたは電気）の場合について，経路β（フェリー）の分担率を図4-2-3(b)に示す。乗用車と同様に，豊橋から遠距離になるほど，フェリーの利用率が高くなっている。一般的に，中型トラックのフェリー運賃は，高速道路の料金に比べてかなり高いため，豊橋駅―東京駅(4)，豊橋駅―水戸駅(3)の区間では，経路α（高速道路）のみが選択されている。全区間の経路βの平均分担率は，エンジントラックの場合は35.5%，電気トラックの場合は44.0%である。



(a) 乗用車　　(b) トラック

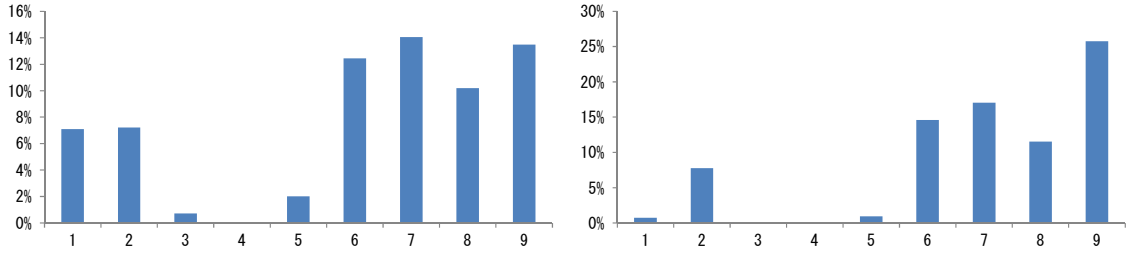
図 4-2-3　経路β（フェリー）の分担率

(c) モーダルシフト率

陸上移動から海上移動へのモーダルシフト率を，

モーダルシフト率＝電気自動車の経路βの分担率―エンジン車の経路βの分担率

と定義する。図4-2-4に，各区間における経路βへのモーダルシフト率を示す。北海道・東北地域(1,2,3,4)よりも，四国・九州地域(5,6,7,8,9)でのモーダルシフト率が高くなる傾向がみられる。とくにトラックの場合には，四国・九州地域のモーダルシフト率が高くなっている。また，電気乗用車による平均モーダルシフト率は7.5%，電気トラックの平均モーダルシフト率は8.7%となった。電気乗用車よりも電気トラックの場合に，陸上から海上へのモーダルシフトが生じやすいことを示している。

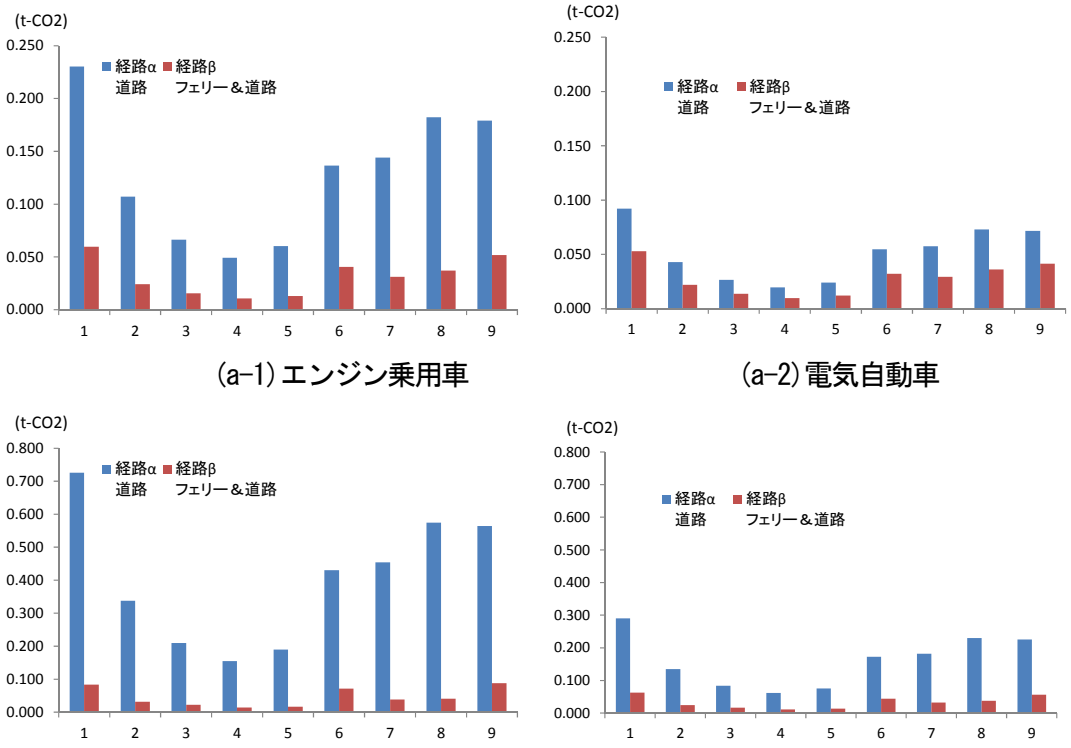


(a) 乗用車　　(b) トラック

図 4-2-4　経路βへのモーダルシフト率

②CO_2排出量

図 4-2-5 に，経路 α と経路 β を，それぞれエンジン自動車と電気自動車で移動した場合の 1 トリップあたりの CO_2 排出量を示す。一般的に，エンジン自動車よりも電気自動車で移動した場合に CO_2 排出量は減少している。エンジントラックで経路 α を移動する場合に CO_2 排出量が最も大きく，電気乗用車で経路 β を移動する場合に CO_2 排出量は最も小さくなる。このことから，電気自動車とフェリーを利用して長距離移動することが，環境にとっては望ましいことがわかる。



(a-1) エンジン乗用車　(a-2) 電気自動車

(b-1) エンジントラック　(b-2) 電気トラック

図4-2-5　1トリップ当たりのCO_2排出量

（５）まとめ

本稿では，豊橋港に長距離フェリーが運航されることを想定して，フェリーと道路の交通機関分担率を推計した。豊橋から九州・北海道地域へ向かう長距離フェリーの航路については，フェリーの分担率がより高くなるという結果が得られた。電気自動車を利用することにより，道路移動からフェリー移動へのモーダルシフトが生じる可能性が高まることが示された。

また，電気自動車とフェリーを組み合わせた移動が最も CO_2 排出量が小さいことが示された。現在，豊橋港（三河港）からの長距離フェリーは運航されていないが，将来的に電気自動車の充電設備を備えた長距離フェリーが運航されることにより，環境にやさしい陸上から海上へのモーダルシフトの実現が期待される。

最後に，今後の展望を述べる。まず，長距離フェリーは，電気自動車の短距離移動の短所を克服することができるという利点をもつ。電気自動車用の陸上での充電設備のインフラ整備には膨大なコストと時間を要する。一方，港とフェリーに焦点を絞った充電設備のインフラ投資は，早期にかつ低コストで実現が可能であると考えられるため，より効率的に電気自動車の長距離移動を可能とさせる。港湾エリアには，風力発電装置や太陽光を利用したメガソーラー発電所が整備されており，再生エネルギーを利用した電気自動車用の充電インフラ整備を提案できる。

高速道路など陸上の自動車手段の普及により，フェリー業界は衰退傾向にある。これは同時に港湾地域の経済活動にもマイナスの影響を与える。東日本大震災以後，港湾地域によっては内陸部への経

済活動の移動や地価が減少するエリアもみられる。陸上移動から海上移動へのモーダルシフトにより，フェリー業界及び港湾地域の経済活性化の可能性を示すことができる。

電気自動車による陸上輸送から海上輸送へのモーダルシフトは，従来型自動車の移動に比べて，省エネや環境負荷の削減に貢献でき，サスティナブルな未来の移動手段を提示できる。また，次世代自動車産業と港湾関連産業のシナジー効果が期待できる。電気自動車を利用したフェリー移動への補助金政策など交通政策への提言を行うことができる。

参考文献

1) 愛知県三河港務所,『平成 25 年三河港統計年報』, 2014 年
2) 愛知県,『平成 17 年(2005 年)あいちの産業連関表』, 2010 年 2 月
3) Ghosh, A., Input-Output Approach in an Allocation System, Economica, Vol.xxv, No.97, pp.58-64, 1958
4) 一般社団法人日本長距離フェリー協会, ホームページ, 長距離フェリー2014 版, http://www.jlc-ferry.jp/pamph_2014.pdf, 2014 年
5) 国土交通省貨物自動車運送事業における次世代自動車の導入促進に関する研究会, 貨物自動車運送事業における次世代自動車の導入促進に関するとりまとめ, 2011 年 7 月
6) 豊橋技術科学大学未来ビークルシティリサーチセンター, 平成 22,23,24,25 年度研究成果報告書, 2011, 2012, 2013, 2014
7) Miller, Ronald E. and Blair, Peter D, Input-Output Analysis (Second Edition), Cambridge University Press, 2009
8) 三河港振興会,『三河港活用ガイドブック 2014-2015』, 2014 年 11 月 7 日
9) 財団法人東北産業活性化センター,『青函カートレイン構想』, 1997 年
10) 総務省, 平成 21 年経済センサス, 2011 年

５．三河港周辺域における海域環境評価に関する研究

建築・都市システム学系　教授　井上　隆信，准教授　加藤　茂，助教　岡辺　拓巳
客員教授　青木伸一（H22 年度～H24 年度在籍）

５－１　はじめに

（１）研究の背景

三河湾の湾奥に位置する三河港は，自動車貿易において国際的な基幹港となっているだけなく，中部地域の製造業も集積しており，重要な物流・生産拠点として発展してきた。国際および地域的な経済基盤として港湾の役割が増す一方で，近年ではこのような大規模港湾にも環境への配慮が求められるようになってきた。国土交通省[1)]は生物共生型港湾構造物として整備・維持管理に関するガイドラインを策定・公開しており，経済を支える港湾は地域環境の基盤保全にも目を向ける時代となった。

本研究テーマで対象とする三河港は，外海である太平洋と湾口を 2 つ隔てて接続することからも，閉鎖性の強い海域であることがわかる。そのため，夏季には港湾内で慢性的な貧酸素水塊の形成がみられ，この水塊の湧昇によって発生する苦潮（青潮）により，湾内の干潟では貝類の大量斃死が頻繁に確認されるなど，漁業被害も多く発生している。陸域に目を向けると，東三河の中核市である豊橋市や豊川市などを流域とする豊川（一級河川）が港湾に流入している。また，全国でもトップクラスの農業生産地域である渥美半島（豊橋市・田原市）には，広大な田畑が広がっている。このような農耕地を集水域とする中小河川も三河港に流入しているが，降雨時に栄養塩の大量流出が生じることや総量規制における面源の扱いなどが環境課題として指摘されている[2)]。こういった陸域と閉鎖性海域の特徴を背景とした三河港の慢性的な水質汚濁は，重要な環境問題として対策が模索されている。

一方，三河港の水環境が懸念される中で，三河湾では多種多様な漁業資源が比較的維持されている。中でも愛知県産のアサリは国内シェアの 6 割を占めており，三河湾内の沿岸漁業に欠かかせない。近年の全国的なアサリ漁獲量の急減の中で，比較的安定した供給が見込める重要な生産地であることから，三河湾の水質問題は全国的な漁業・食料問題に及ぶリスクとなっている。三河湾内の各漁場では，港湾内の豊川河口に広がる干潟（六条潟）で採捕した稚貝を放流用種苗とすることでアサリを生産しており，稚貝の供給を六条潟のみに依存する高いリスクを抱えた漁業構造となっている。また，港湾区域内でも，スナメリ[3)]やナメクジウオ[4)]などの絶滅の危機にある生物の生息が報告されており，生物多様性の保全や里海としての内湾環境の構築が強く求められている。

（２）研究の目的

大型港湾や内湾における環境問題は，生物相の多様性や水環境の保全が重要である。閉鎖性の高い三河港での水質汚濁については，その発生要因とメカニズムを把握した上での対策が不可欠である。海域の水質保全に対しては，港内に流入する河川からの汚濁負荷を低減するとともに，湾奥全体の窒素，リンといった栄養塩の濃度を低下させる必要がある。また，貧酸素水塊の挙動や発生のメカニズム，その影響範囲を明らかにする必要がある。また，生物共生型港湾として重要な役割を担う豊川河口干潟において，特に漁業との関連も深いアサリ稚貝の発生サイクルの解明は，三河港が経済発展と環境保全の両立を達成するためにも欠かせない。特に，港湾区域の埋め立てや豊川上流におけるダム建設といった港湾水域に大きく影響する計画もあり，生態系・漁場保全のための対策手法の確立は急務である。そのためにも，三河港周辺の陸および海域での栄養塩の動態や水理現象，海域での物質輸送の特性を，現地観測や数値計算によって解明することが重要である。

本研究テーマでは，貧酸素水塊の形成に密接に関わる港湾への栄養塩流入について，現地調査に基づいた降雨時の流出負荷を明らかにするとともに，この結果を踏まえた栄養塩の三河港への流入モデルを構築してその特性を検討する。また，港湾内に広がる干潟域における波・流れに加えて土砂動態の観測を行い，豊かなアサリ稚貝発生サイクルの保持のための物質輸送特性を検討した。

湾内の水質汚濁の原因には流入する河川流域や沿岸域における産業活動や，生活の影響が大きいといわれているが，陸域からの発生負荷量は水質総量規制によって減少傾向にある。しかし，現状では

三河湾の水質改善は見られない。この原因として考えられるのが非特定汚染源からの流入負荷量の推定方法である。現在の推定方法は平水時の調査結果を用いて算出しているが，降雨時に多くの栄養塩物質が流出するという報告があり，必ずしも正確な値が用いられていない可能性がある。そのため，正確な発生負荷量を降雨時調査によって明らかにする必要がある。ここでは，詳細な調査に基づく正確な負荷量算定手法およびモデルによる推定手法の構築について報告するとともに，問題となる畑地群における降雨時の栄養塩流出負荷量について検討を行った。これら陸域から港湾への栄養塩流出に関する研究については，５－２で述べる。

港湾内の水質環境は波や流れといった水理特性と強く関連する。六条潟は河川出水や風，高波浪や高潮といった高いエネルギーの自然外力に曝されており，干潟域での土砂移動は活発である。特に底質輸送と，それに関わる波や流れといった輸送外力の短期（気象・潮汐）～中期（季節）特性や干潟域での空間的な特徴は，アサリ稚貝の発生サイクルと密接に関わると考えられており，内湾干潟海域の環境保全に不可欠な情報である。ここでは，六条潟での多点波浪・流況観測を基にその特徴を把握する。また，稚貝発生メカニズムに関連すると推測されている干潟域での土砂動態を解明するため，着色砂をトレーサーとした土砂追跡調査を実施した。この解析方法として，画像解析を用いた低コストの土砂サンプル分析手法を構築して適用した。これら港湾奥部に位置する干潟域での物質輸送に関する研究については，５－３で述べる。

５－２　降雨時の栄養塩流出負荷量の解明

ここでは，三河湾奥部に流入する主要な中小河川である梅田川を対象とした栄養塩流出モデルを構築し，富栄養化の主な原因である窒素，リンの年間負荷量を算出する。また，降雨時における負荷量の影響を考察するため，降雨時，平水時別に流出負荷量を算出し比較検証を行った。面源からの流出負荷量に関しては栄養塩流出モデルに点源からの窒素，リンの発生負荷量を組み込むだけでなく，梅田川流域を土地利用別に分割することで面源からの窒素，リンの流出状況を把握した。

（１）栄養塩流出モデルの構築

①対象流域の概要

栄養塩流出をモデル化するのは，図 5-2-1 に示す愛知県豊橋市雲谷町を源流とする梅田川（二級河川）である。流域面積は 45km^2 であり豊橋市を横断し三河湾へと流入する。流域の土地利用の割合は農耕地が全体の 55%を占めており，河川に隣接する地域では水田が多く見られる。そのため流域は豊川用水を導水しており，季節ごとに流入量を操作しているため複雑な水の利用形態となっている。本モデルでは，水位計を設置した畑ヶ田橋（図中の●印）から上流域までを対象として構築を行った。

②モデルの概要

流域の各データを求めるためにまず，GIS を用いて計算流域を決定し，500m メッシュに区切った。流域は数値地図 25000(空間データ基盤)の 50m メッシュ標高を基に落水方向を求め，畑ヶ田橋の集水域を計算した。各メッシュのデータ（降雨量，気温，風速，日射量，日照時間，湿度）をメッシュ毎に入力し，各メッシュの周囲 4 方向のメッシュとの標高を比較して最も勾配のある方向へ水が流れるとしてメッシュ間の落水方向を求めた。

鉛直方向に対して土壌部分を鉛直方向に 3 層（表層から順に A，B，C レイヤ），河川部分に 1 層（R レイヤ）に分割した水分流出モデルを構築した。土壌部分の A，B，C レイヤにはそれぞれ水平方向，鉛直方向の流出がある。水平方向の流出はすべて落水方向に従い，次のメッシュの R レイヤに流入することとした。鉛直方向の流出は A，B レイヤの場合，その下層のレイヤが水で飽和していなければ下層のレイヤに移動するものとした。C レイヤの鉛直方向の流出はそのまま地下水になることとした。また，降水による水分は A レイヤにのみ流入し，A レイヤに水が存在する場合は A レイヤから蒸発，A レイヤに水がなく B レイヤに水がある場合は B レイヤから蒸発するものとし，A，B のどちらのレイヤにも水がない場合，蒸発はないものとした。また，流域内の点在する用水は，該当するメッシュの A レイヤへ入力した。各メッシュの蒸発量は地表面における熱収支式を用いて計算した。

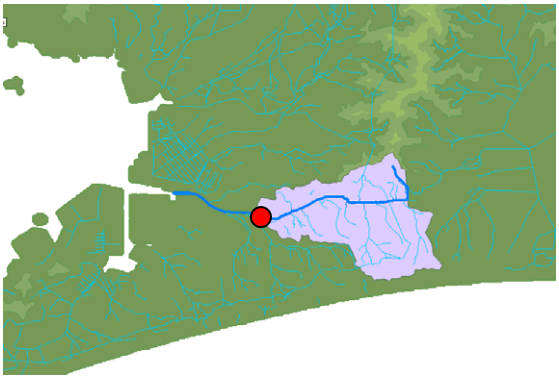


図 5-2-1 本モデルで対象とした梅田川の流域

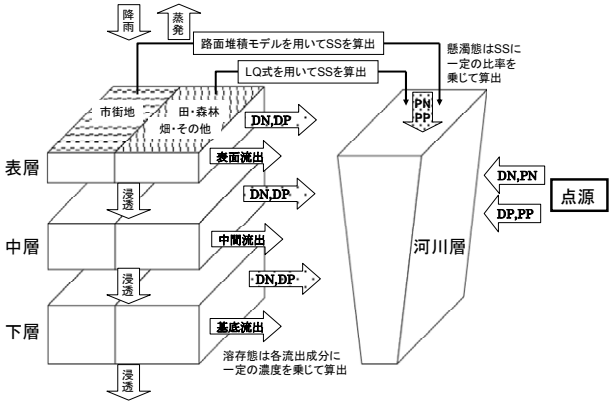


図 5-2-2 栄養塩流出モデルの概要

流量の計算では豊川で用いられたパラメータを初期値として与えた。愛知県によって行われている流量観測結果と，1 時間ごとの観測水位から水位流量曲線を用いて 1 時間ごとの流量を算出しその値を観測流量とした。この値と一致するように梅田川の未知のパラメータ値（水平・鉛直透水係数 α）を試行計算により求め，このパラメータ値を用いて 2008 年の梅田川における流量を計算しモデルの適応性を検証した。また，2008 年の流量に一致するパラメータ値を求める際に次式の評価基準を用い，各基準で誤差が最小となるようにした。

$$\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Q_{ot}-Q_{st})^2} \qquad (5.2.1)$$

$$\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\frac{(Q_{ot}-Q_{st})^2}{Q_{ot}^2}} \qquad (5.2.2)$$

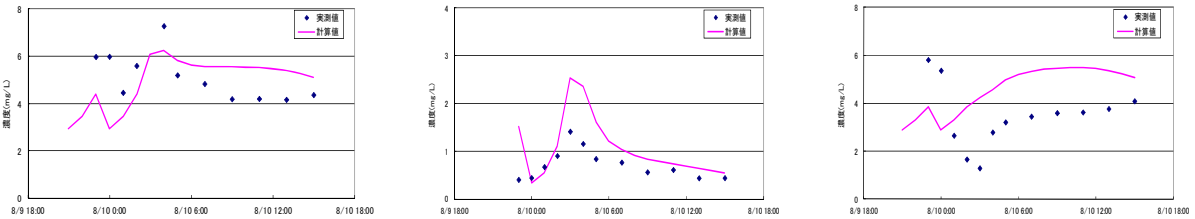
ここで，式 5.2.1 は平均 2 乗誤差平方根を，式 5.2.2 は相対誤差の平均 2 乗平方根を示している。また，n：データ数，Q_{ot}：流量の観測値（m/sec），Q_{st}：流量の計算値（m/sec）である。

上記の水分流出モデルにより計算した各層からの水分流出量を基に，栄養塩流出モデルを構築した。図 5-2-2 にモデルの概要を示す。栄養塩流出モデルで計算対象とした物質は，溶存態窒素（DN），懸濁態窒素（PN），溶存態リン（DP），懸濁態リン（PP），浮遊懸濁物質（SS）である。DN，DP の流出量は各層の各土地利用からの水平方向の水分流出成分に一定の濃度を乗じて算出した。

SS の流出量は土地利用に応じて算出方法を使い分けて算出した。土地利用が建設用地の場合は路面堆積モデル，それ以外の土地利用の場合は LQ 式を用いて算出した。PN，PP の流出量はそれぞれ SS の中に一定の割合で存在していると仮定し，SS の流出量に一定の比率を乗じて算出した。ここで，DN と PN の合計を全窒素（TN），DP と PP の合計を全リン（TP）とした。また，これらの土壌層から流出した汚濁物質は水分流出モデルと同様に落水方向のメッシュの河川層に流入し運搬されることとした。点源からの窒素，リン流出は環境省による発生負荷量等算定調査報告書の値を用いた。このデータは市町村，流入する河川（支流）ごとに発生源別の負荷量が記載されているので点源からの窒素，リン流出量を当該メッシュの河川層に加えた。

③水分および栄養塩流出モデルの算出精度の検証

2008 年の観測流量に最も適合するパラメータ α を，式 5.2.1 および式 5.2.2 を用いて検討した。平水時や少量の降雨時については，両者による α を用いても精度よく再現できたが，8 月の洪水の前後に生じた流量のピークについては，相対誤差の平均 2 乗平方根を用いると精度よく再現できなかった。モデルに入力する降雨データには，レーダーアメダス解析雨量（1 時間雨量）を計算ステップ（1 分）の降雨量に換算して用いているため，短時間の集中的な降雨ではピーク流量が過小評価されてしまう



(a) TN　　(b) TP　　(c) DN

図 5-2-3 栄養塩流出モデルの算出結果（2009 年 8 月 10 日）

表 5-2-1 年間流出負荷量の算出結果と環境省による梅田川流域の発生負荷量の比較

	TN (t/year)	TP (t/year)
2008 年	351.9	24.6
2009 年	334.9	27.7
環境省の算出値	231.2	29.1

表 5-2-2 各土地利用流出負荷削減による 2008 年の年間負荷量比(%)

	DN-10%	PN-10%	TN-10%
田	99.6	99.7	98.8
畑地等	97.5	96.2	93.9

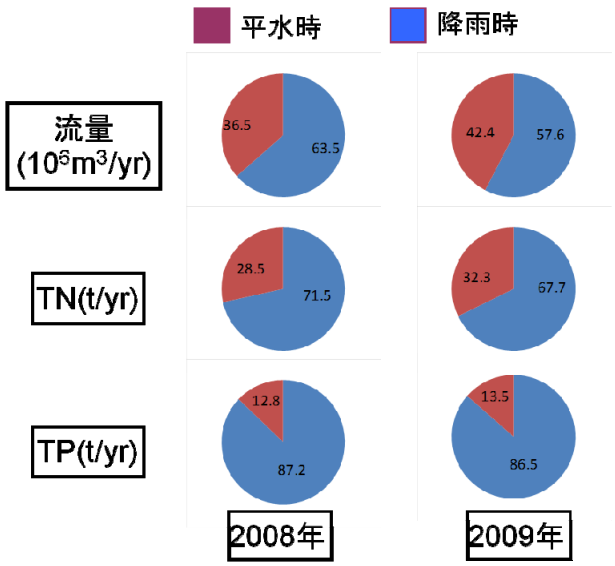


図 5-2-4 降雨時，平水時別の年間流出負荷量

ことが原因であると考えられる。平均 2 乗誤差平方根を用いた場合，低水時の流量を若干過大評価したがピーク流量，年間総流量は最も精度よく再現できており，降雨時の栄養塩流出をより正確に推定するために式 5.2.1 を用いて算出したパラメータ値を採用した。

次に，水分流出モデルで算出した各層からの流量を栄養塩流出モデルの入力として計算を行った。このモデルの畑地等以外の計算パラメータは，過去の研究より豊川の栄養塩流出モデルの値を用いた。畑地等については降雨時（2008 年 8 月 28 日）の観測値を用いてフィッティングを行った。路面堆積負荷流出モデルに関するパラメータは文献値を用いた。これらを用いて，2009 年 8 月 10 日と 2009 年 10 月 7 日の降雨時水質を計算し，観測値と比較してモデルの再現性を検証した。2008 年 8 月 28 日の降雨は時間雨量が 60mm を超え 226mm/日にも達する大きな降雨イベントだったのに対し，2009 年 8 月 10 日の降雨は最大時間雨量 32mm, 44mm/日, 2009 年 10 月 7 日の降雨は最大時間雨量 10mm, 58mm/日と異なる降雨形態であった。図 5-2-3 に 2009 年 8 月 10 日の降雨時の TN，TP および DN の再現結果を示す。これより，TP は実測値の挙動とよく一致しているが，TN は降雨直後に濃度が低下している。また DN は過小評価となり，雨の降り始めでの濃度低下が再現できていない。これは，降雨期間が短いため入力値の影響が大きくなり，実際よりも早く濃度が減少してしまうためである。これらのことより，本栄養塩流出モデルは降雨の形態により再現性に差が生じることがわかった。

④流出負荷モデルを用いた解析結果

本モデルを用いて 2008 および 2009 年における窒素，リンの年間流出負荷量を算定した。まず，各年の TN, TP の年間流出負荷量を算出し，環境省による梅田川流域の発生負荷量との比較を行った（表 5-2-1）。TP は環境省とほぼ等しい結果だが，TN はその 1.5 倍程度となっている。計算領域を梅田川河口まで含めた流域全体に拡大すると，さらに大きな値になると考えられる。

次に豊水流量（1 年を通じて 95 日はこれを下回らない流量）を基準とし，これより多い流量を降雨時，少ない流量の場合を平水時と仮定してそれぞれの年間流出負荷量を算出した。図 5-2-4 に計算結果を示す。どの年も TN に比べて TP の方が降雨時に流出する割合が高くなった。また，TN，TP ともに降雨時の流出量が 7 割となっていることがわかる。

最後に，梅田川の主要な土地利用である農用地を対象に，溶存態，懸濁態別に流出負荷量を 10%削減した際の年間流出負荷量を算出し，各土地利用の削減効果を検討した（表 5-2-2）。これより，畑地等での削減量が大きく，その効果が高いことがわかる。なかでも窒素よりもリンが削減されやすく，特に畑地等での PP 削減効果が有効である。これは懸濁態リンの大部分が土壌由来であり，畑地から流出するためと考えられる。

（2）現地調査に基づく流入負荷量算定手法の検討

ここでは，前項でモデル化の対象とした梅田川を対象とし，詳細な調査に基づく正確な負荷量算定手法について検討を行った。

①調査および水質分析の概要

調査は 2010 年 4 月から 2011 年 3 月までの 1 年間, 潮汐の影響を受けない河口から約 7 km 上流の畑ヶ田橋（図 5-2-1 中の●印）で実施した。自動採水器を用いて 1 日 1 回採水し，1 週毎に試水を回収した。試水は平水時に加え，降雨時にも採水したものも含まれる。採水器のトラブルを除き，268 日（年間の 73%）の採水が実施された。降雨時調査は，水位が 10cm 上昇すると採水を開始し，その後 1～3 時間ごとに採水するとともに，試水は速やかに回収した。この調査は全 18 回（37 日）実施し，両調査で計 396 回の採水を行った。また，調査地点では水位計により 10 分毎の平均水位を記録した。この水位から流量を算出するために，試水回収時に流量を測定して水位－流量曲線を求め，10 分間平均流量を算定した。

試水は全窒素（TN）及び全リン（TP）分析用の試料を分取後，100℃で 2 時間焼いたガラス繊維ろ紙（GF/F Whatman）でろ過した。ろ液は溶存態窒素（DN），溶存態リン（DP）の測定をした。TN 及び DN は JIS K010 に準じて測定した。TP 及び DP は JIS K0102 に準じて前処理後，リン酸態リンとしてオートアナライザー（Bran＋Luebbe）を用いてモリブデンブルー（880nm）法で測定した。

②流出負荷の特徴

調査で得られた TN 及び DN，TP 及び DP 濃度の経日変化を図 5-2-5 に示す。これらの値は三河湾の環境基準値（Ⅲ類型：TN0.6 mg/L 以下，TP0.05 mg/L 以下）と比べて 10 倍以上高い値であった。TN 及び DN の濃度は，4 月から 6 月にかけて流量が増加するのに伴い低下し，流量が減少する 10 月に上昇した後，12 月から 1 月にかけては高く推移していた。この期間の平均濃度は TN で 10.7 mg/L，DN で 9.1 mg/L と全期間の 1.2 倍高い値となっていた。TN に占める DN は約 90 %と大部分が DN で存在していた。TP に占める DP は約 70 %で窒素と比べて懸濁態の割合が高く，窒素ほど顕著な季節変化は見られないものの，12 月から 2 月にかけて 1.14，1.08 倍とわずかに濃度が上昇していた。また，NP 比について質量比で検討したところ，TN/TP 比が年間の平均 15.1，DN/DP で 17.3 でありいずれも窒素過多であった。流量が少なくなる 12 月では TN/TP 比が 24.2，DN/DP 比が 25.1 と更に窒素が過剰に存在していることが明らかとなった。

採水時刻の流量（m^3/sec）と濃度（mg/L）を掛け合わせた負荷量（g/sec）を算出した。期間平均値は TN で 10.20 g/sec，DN で 7.99 g/sec，TP で 0.75 g/sec，DP で 0.51 g/sec であった。降雨に伴い流量が増加すると負荷量が増加するが，それを除く定期調査の結果から負荷量は年間を通じて濃度変化のような経日変化は見られなかった。このことは，汚濁発生量は一年を通じて一定であり，梅田川の水質は，流量の変化に依存していることが明らかとなった。

③流出負荷量の算定

$L=aQ^n$ の関係式を仮定して，回帰により a，n を求めた。n の値によって流出負荷量は $n>1$ で「溶脱型」，$n \fallingdotseq 1$ で「濃度一定型」，$n<1$ で「希釈型」に分類できる。線形回帰より非線形回帰を用いる方が実測値に近ことが知られおり，次に示す推定法 1，2 により検討した。

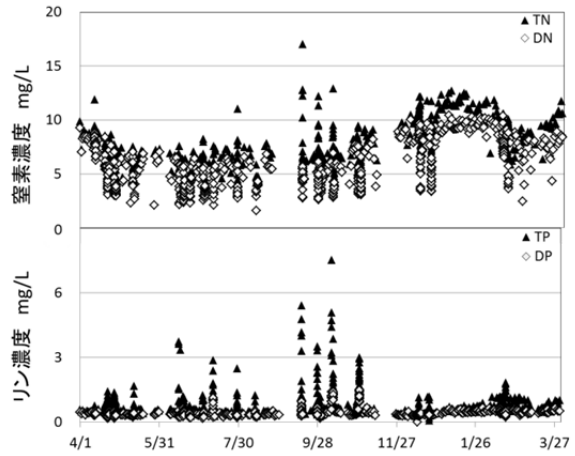


図 5-2-5 窒素・リンの経日濃度変化

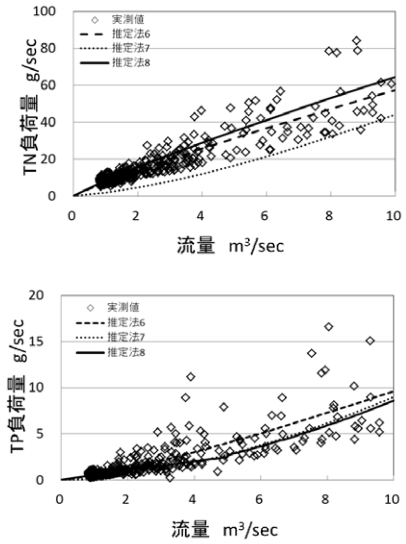


図 5-2-6 流量と負荷量の関係

推定法 1 は，log$L$＝log$a$＋$n$log$Q$ の線形回帰により a，n を決定した。求めた回帰式に連続流量の値を代入し Q の時系列データにし，年間で積算して算出した。推定法 2 は $L=aQ^n$ の形のまま回帰し，直接最小二乗法により誤差の総和を求め最小となるように a, n の値を決定した。推定法 1 と同様に回帰式に連続流量を代入し Q の時系列データにし，年間で積算することにより算出した。

これらの推定手法を用いて算出した窒素負荷量は，推定方法 2 が推定方法 1 より小さい結果となった。低流量時に，負荷量と LQ 式の関係は，TP では分布に即して近似されているが，TN では流量に対して負荷量が小さく算出されていた。そのため，この LQ 式にて算出した TN 年間負荷量は約 70%と過小に評価されたことがわかった。そのため，推定法 3 として，推定法 2 の係数 a，n を定期調査と降雨時調査に分けて算定し，両式の交点 x を求め，これを基準として連続流量データを代入する際に Q で評価し用いる係数を場合分けした。実測値および推定法 1～3 による算定結果を図 5-2-6 に示す。

推定法 1 では，TN，TP ともに実測値が多い低負荷量に依存しており，TN は希釈型，TP は溶脱型に分類された。それに対して，推定法 2 では TN，TP の n の値がそれぞれ 1.42，1.70 と「溶脱型」に分類され，流量増大に伴う高負荷量を反映していた。推定方法 3 では，低流量時は n の値が TN では 0.88，TP では 0.91 と希釈型であるのが，高流量時は TN では 1.65，TP では 1.68 と溶脱型になっており，降雨に伴う流量増大時には負荷量が大きくなることが反映された結果となった。

このことより，推定方法 3 では，一つの LQ 式では対応できなかった TN 負荷量との関係を，低流量時において分布に即して近似しており，高流量時では，より高負荷量に近似され実測に即した結果が得られた。この手法にて算出した TN 年間比負荷量は 8.9 t/year/km^2 であり，TP 年間比負荷量は 1.3 t/year/km^2 となった。

（3）降雨時の栄養塩流出負荷量の解明

前項までに，陸域からの栄養塩流出量の正確な推定のためには，降雨時の負荷量算定が重要であり，梅田川においてもその特徴が現れていることを示した。ここでは，問題となる畑地群において降雨時の栄養塩流出負荷量について検討を行った。

①調査および水質分析の概要

調査地点は，豊橋市南部の台地の畑地群の中の農業排水路である。この用水路は晴天時には通常水は流れておらず，降雨に伴い流域の畑地等の表面流出水が流入する。そのため，畑地土壌等の濁水が流入するため，降雨に伴う畑地からの栄養塩流出調査には適している。調査地点には，水位・流速計，自動採水器を設置し，降雨に伴い水位が観測されると，1 時間ごとに自動に採水する。観測した水位と流速から流量を算出している。採水した試水は降雨後速やかに実験室に持ち帰り，懸濁態浮遊物質

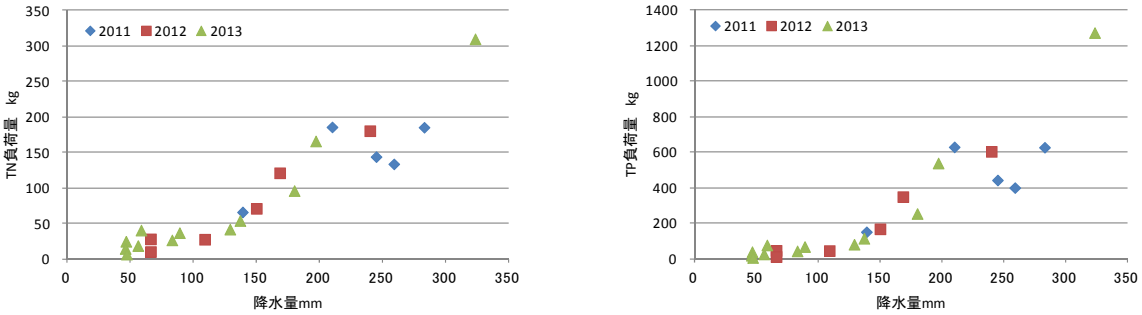


図 5-2-7 降水量と TN および TP 負荷量の関係

（SS），全窒素（TN），溶存態窒素（DN），全リン（TP），溶存態リン（DP）を測定した。TN から DN を差し引いて懸濁態窒素（PN），TP から DP を差し引いて懸濁態リン（PP）を算出した。降水量は豊橋気象台の値を使用した。調査期間は 2013 年 1 月から 12 月の 1 年間である。

②調査結果および考察

期間中，計 11 回の降雨時調査を実施した。降雨によって流量が増加すると，PN 濃度の上昇に伴い TN 濃度も上昇し，流量が減少すると PN 及び TN 濃度は減少した。一方，DN は PN 上昇の約 4 時間遅れで濃度が上昇し，そのまま推移する。このことは，PN と DN の流出挙動が異なることを示している。しかし，負荷量の変化は PN，DN 流量の増減と同じ挙動を示し，流量に大きく依存していた。

図 5-2-7 に過去の調査結果も含めた降水量と TN 及び TP 負荷量の関係を示す。降水量が多くなるほど負荷量が大きくなっていることがわかる。このことは，近年問題となっているゲリラ豪雨や猛烈に発達した台風の影響等で短時間に大量の雨が降ると，畑地からの表面流出に伴う栄養塩流出負荷量は降雨に大きく依存し，TN 及び TP 負荷量が増加することを示唆している。

５－３　港湾奥部に広がる河口干潟域での流れと土砂動態

環境共生型の大規模港湾において，干潟域は水質や生態系の保全に関して重要な役割を担う。本研究で対象とする三河港においても，湾奥部に豊川河口干潟（六条潟）が広がっており，漁業面ではアサリ稚貝の発生域として国内的に欠かすことができない干潟である。高潮や貧酸素水塊に曝されながらも毎年大量のアサリ稚貝が発生することから，そのメカニズムの解明することで健全かつ生物の豊かな干潟の構成要素を明らかにすることが求められている。ここでは，干潟域の物質輸送を支える波・流を現地観測データより明らかにするとともに，着色砂をトレーサーとした土砂動態調査を低労力で実施するための解析手法を構築する。

（１）六条潟の波と流れ

①現地調査の概要

2012～2013 年に図 5-3-1 に示す地点で観測を実施した。図中の丸点で示した干潟上の 2 地点（L1-2, L2-2）およびその沖側の 2 地点（L1-4，L2-3）の計 4 地点において，水位変動と底層流速（水平 2 方向）を観測した。L1 および L3 の沿岸方向距離はおよそ 1 km 離れている。また，L1 から L3 までの 5 本の岸沖測線において，夏場の大潮干潮時（2013 年 8 月 21 日）に断面測量を行った。

②波と流れの観測結果

ここでは，L1-4 地点にて観測された水位変動および流速データを概観する。図 5-3-2 は L1-4 で観測された水位および流速より算出した毎正時からの 10 分間平均水位，有義波高 $H_{1/3}$ および有義波周期 $T_{1/3}$，毎正時からの 5 分間平均流速，流速の変動成分の rms 値の経時変化を示している。これより，冬季の六条潟における有義波高 $H_{1/3}$ は 1 m に満たないものの，0.5 m 程度の波高はかなりの頻度で発生していることがわかる。有義波周期 $T_{1/3}$ は $H_{1/3}$ が小さい時に増大しているが，これは水位変動が小さい条件下での波別解析に起因するものであり，実際にはうねりのような波浪は来襲していない。

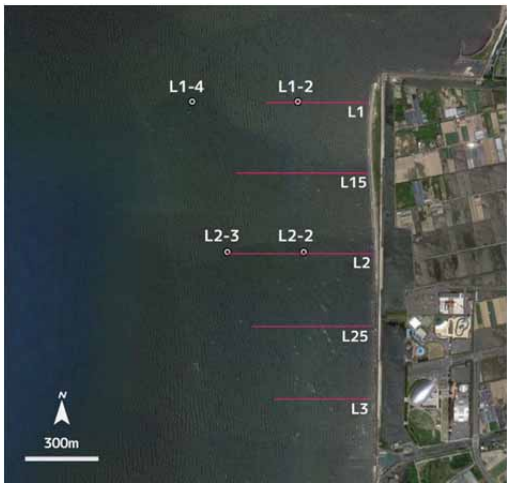


図 5-3-1 豊川河口干潟（六条潟）における計測地点

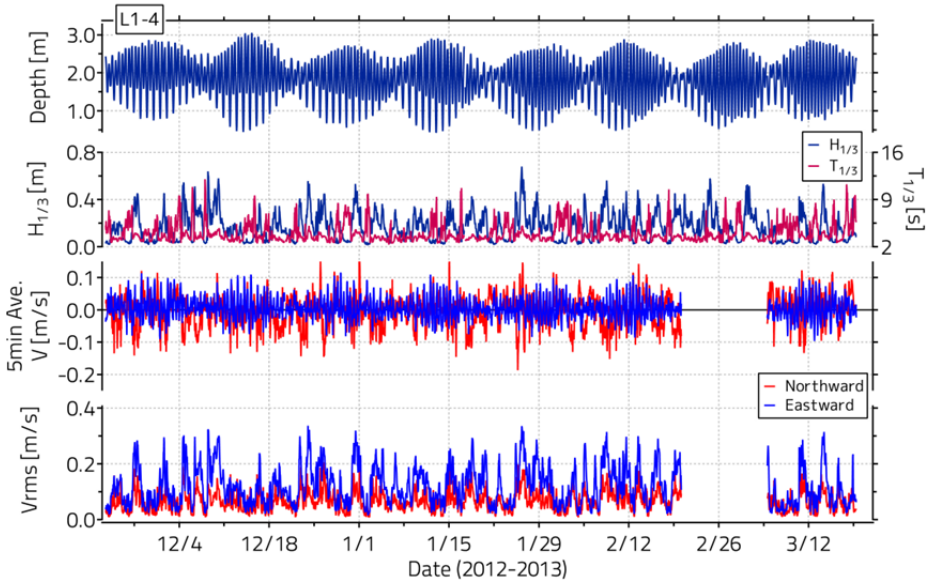
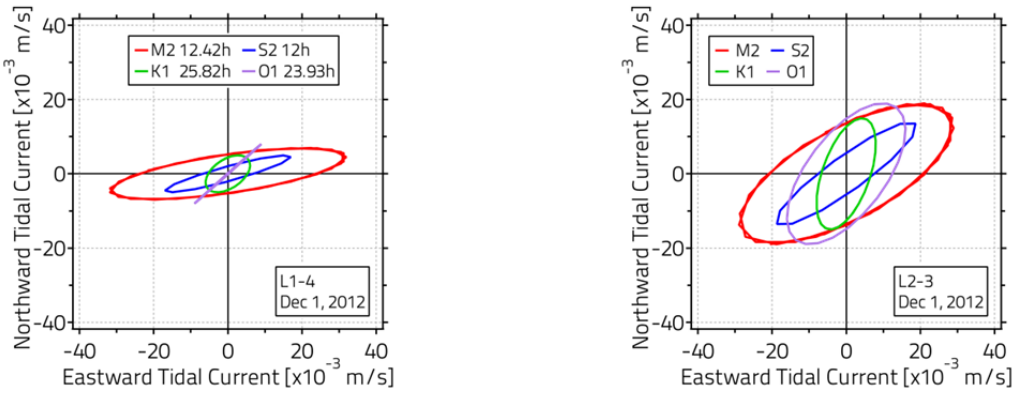


図 5-3-2 観測データ（水位・有義波高・有義波周期・流速）の経時変化（L1-4）

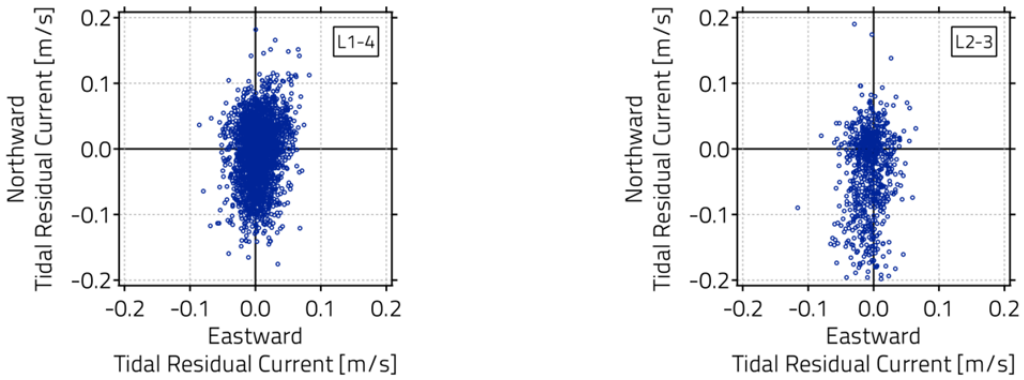
平均流速については，南北成分が東西成分と比較して大きく，$H_{1/3}$ に対応して増大している。また，南北成分の強い平均流速は南向きに多く発生している。東西成分については周期的な平均流速の増加が見られ，これは朔望の周期と一致する。流速変動の rms 値は $H_{1/3}$ に対応した増大と減少が見られ，その大きさは東西成分の方が大きい。また，rms 値で 0.3 m/s 程度の流速も頻繁に観測されている。

干潟上の中でも干出することのない沖側（L1-4 および L2-3）での冬季の流れについて，潮汐流とそれ以外の成分（潮汐残差流）に着目した解析を行った。潮汐流は観測流速（毎時の 5 分間平均値）の南北および東西成分毎に主要 4 分潮（M_2，S_2，K_1，O_1）で調和解析するとともに，それら潮汐成分を再構成した時系列と観測値の差分を潮汐残差流とした。図 5-3-3 は L1-4 および L2-3 における潮流楕円を，主要 4 分潮について示したものである。L1-4 における潮流楕円（図 5-3-3(a)）は，M_2 および S_2 の半日周期成分が主に東西方向に強く現れており，長軸方向がやや北に傾いているのは河川（豊川）への入退潮が関連していると考えられる。K_1 および O_1 の日周期成分については北東－南西方向が長軸となっており，南北成分の潮汐流も東西方向のそれと同等の大きさであることがわかる。L2-3 における潮流楕円（図 5-3-3(b)）は，それぞれの分潮成分の長軸が L1-4 と比較して北に傾いており，扁平率は小さい。日周期の潮汐流については L1-4 と比較して南北成分が大きいが，これは解析期間が短いため北西からの冬季の季節風の日周期変動の影響が含まれている可能性もあり，詳細な検討のために



(a) L1-4　　(b) L2-3

図 5-3-3　L1-4 と L2-3 における主要 4 分潮の潮流楕円



(a) L1-4　　(b) L2-3

図 5-3-4　L1-4 と L2-3 における潮汐残差流の位相面プロット

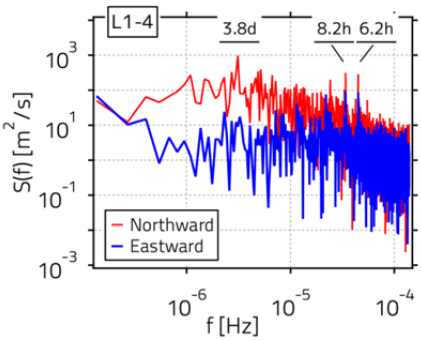


図 5-3-5　L1-4 における潮汐残差流のパワースペクトル

はさらに長期の連続観測データが必要である。

図 5-3-4 は L1-4 および L2-3 における潮汐残差流を位相面プロットで示したものである。両地点とも南北方向に強く，おおよそ南向きへの残差成分が強い傾向がある。ただし，短期的には北向きにも大きな残差流（0.15～0.2 m/s）が見られる。東西成分は約 0.05 m/s の範囲に収まっており，潮流楕円の値（図 5-3-3）からも潮汐流の占める割合が高いことがわかる。図 5-3-5 は L1-4 における潮汐残差流の東西および南北方向成分についてのパワースペクトルを示したものである。対象とした潮汐残差流は 2012 年 11 月 22 日からの 2048 時間分のデータである。これより，半日程度の変動エネルギーについては，両方向成分ともに同様のピークが現れており，エネルギーも比較的同等である。変動が長周



図 5-3-6 作成した解析サンプル

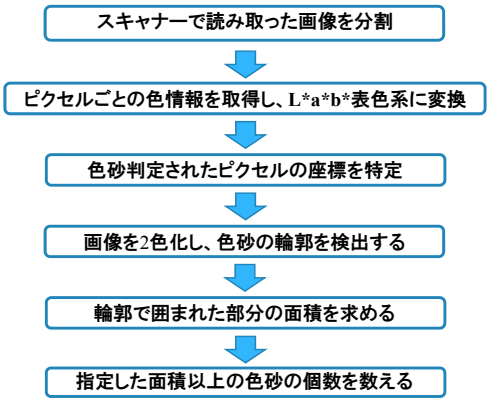


図 5-3-7 画像解析のフロー

期になるに従って南北方向成分のエネルギーが大きくなっており，約 3.8 日周期での変動にピークが見られる。これは，大陸からの移動性高気圧や低気圧が交互に日本付近を通るため変化する秋の天気の周期（3～4 日程度）とおおよそ一致する。これらより，潮汐残差流の南北成分は天候の変化に伴った流れが支配的であることが明らかになった。

（２）着色砂トレーサーを用いた干潟域での土砂動態調査

トレーサーを用いて底質土砂移動をラグランジュ的に追跡する手法は古くから用いられている[5)]が，採泥した土砂の中から目視でトレーサーを検出する作業はコストも大きく，ヒューマンエラーが生じる可能性も否定出来ない。近年，画像解析手法を用いて，この検出作業の自動化が取り組まれているが，土砂の撮像方法などに一長一短があった。ここでは，身近にある資材とスキャナーを活用し，低コストのトレーサー検出手法を構築するとともに，これを六条潟での着色砂追跡調査に適用する。

①着色砂検出手法の構築

本手法では，分析に用いる土砂をケント紙の上に両面テープを用いて均して貼り付け，スキャナーでこの貼付け面の画像を取得した後，画像解析により着色砂の検出を行う手順とした。図 5-3-6 に作成した解析サンプルを示す。土砂サンプルを台紙に貼り付ける点が既往の研究と異なる特徴であり，均一に配置することができるため，紙面上の全ての土砂粒子を解析対象とすることができる。特殊な分析機器を必要としないため，安価で手軽に分析を行うことができ，画像解析により検出結果に一定の質を与えることができる。分析に用いる土砂量は，作業量や現地での代表性を検討し，乾燥重量で 100 g を用いることとした。

取得した画像は，図 5-3-7 に示したフローで解析する。画像からピクセルごとの色情報を取得し，RGB 表色系から色域が広く工学系の分野で用いられる L*a*b*表色系に変換することで，背景となる自然砂と着色砂の弁別を精度よく行うことができる。次に着色砂の色特性とマッチするピクセルとそれ以外を 2 色化し，再度画像解析によって輪郭を検出する。輪郭内の面積によって，ノイズや砂粒子の重複などを判断した後，該当エリアのみを画像ファイルとして保存し，必要があればそれを目視により確認することで検出精度を高める。

この手法の検出精度について，既知の個数の着色砂トレーサーを混ぜたサンプルを作成し，本手法に加えて，通常の検出作業で用いられるパレット上でのサンプル目視の検出個数を比較することで検討した。テストサンプルのベースは遠州灘海岸の砂（中央粒径 D_{50}=0.30mm）とし，着色砂は青色（山一サンド工業製スカイブルー）を用いた。検出結果を表 5-3-1 に示す。表中の（）内は，検出された着色砂画像を目視で確認し，誤検出である数を取り除いた値である。なお，スキャン画像の目視計数により，テストケース B-100-3 は紙面上に着色砂が 98 個しかなく，その他は投入数が計数された。これより，目視による計数では，着色砂数が 10 個までのケースにおいていずれの色も正確に計数されていたが，50 個，100 個と着色砂数が多くなるケースでは投入砂数との差が大きくなる結果となった。主な原因としては，計数する際の着色砂の見落としが考えられる。画像解析による検出では，B-5-1

表 5-3-1 各土地利用流出負荷削減による 2008 年の年間負荷量比(%)

	着色砂 1 個			着色砂 5 個			着色砂 10 個		
テストケース名	B-1-1	B-1-2	B-1-3	B-5-1	B-5-2	B-5-3	B-10-1	B-10-2	B-10-3
目視による検出個数	1	1	1	5	5	5	10	10	10
画像解析による検出個数	1	1	1	16(5)	5	5	11(9)	10	10
誤検出の要因				d			d		
	着色砂 50 個			着色砂 100 個					
テストケース名	B-50-1	B-50-2	B-50-3	B-100-1	B-100-2	B-100-3			
目視による検出個数	46	48	49	97	98	96			
画像解析による検出個数	47	49	49	96(95)	99	94			
誤検出の要因				c					

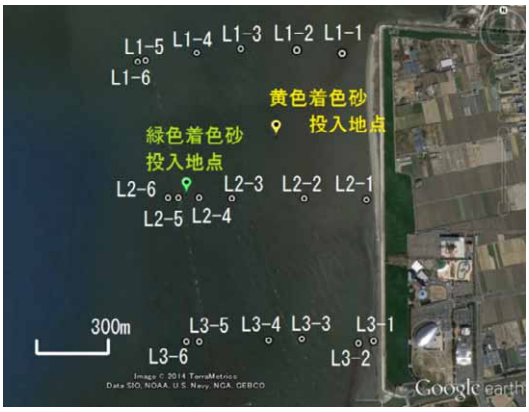


図 5-3-8 着色砂投入および採泥地点

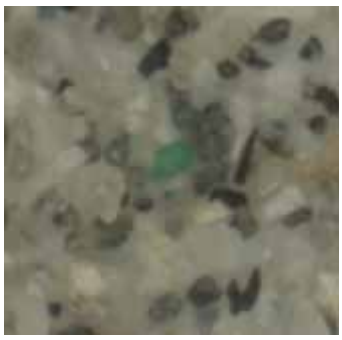


図 5-3-9 検出された緑色着色砂

表 5-3-2 2012 年 11 月 19 日採泥サンプルの緑色着色砂検出結果

地点名	L1-1	L1-2	L1-3	L1-4	L1-5	L1-6
緑色の検出個数	0	0	0	0	0	0
地点名	L2-1	L2-2	L2-3	L2-4	L2-5	L2-6
緑色の検出個数	0	0	0	2	0	0
地点名	L3-1	L3-2	L3-3	L3-4	L3-5	L3-6
緑色の検出個数	0	0	0	0	0	1

および B-10-1 で検出個数が真値よりも上回った。表中の誤検出要因 d は，保護フィルムの反射が着色砂と解析されたことが原因である。フィルム面が皺にならないようサンプルを作成することで防げるため，本手法の致命的な問題ではないと考えられる。また，目視同様に着色砂が多くなるに従って，投入砂数より少なく計数される傾向にある。これは着色砂と認識するための輪郭内面積の基準で変動することから，細かなゴミなどの誤検出を許しつつ検出もれがないよう設定をし，後に誤検出を取り除くような解析手順とすることで改善できると考えられる。

②六条潟での着色砂調査

図 5-3-8 に六条潟での着色砂投入および底質サンプリング地点を示す。ここでは，2012 年 11 月 14 日に投入した緑色着色砂について，5 日後の同年 11 月 19 日採泥した 18 サンプルを本手法で分析した。採泥サンプル内に含まれる着色砂の個数が未知であったが，図 5-3-9 のように本手法によって検出することができた。全体での検出結果を表 5-3-2 に示す。これより，着色砂投入地点に最も近い L2-4 において，2 個検出されている。その他，L3-6 で 1 個検出されているが，活発な土砂移動によって南方に移動したならば，その他の地点（例えば，L2-5 や L3-5 など）で検出される可能性が高いため，そ

の可能性は低いと考えられる。着色砂投入時に，海面に浮かんだ粒子が到達するなど，通常の土砂輸送以外の要因によって L3-6 に到達したと考えるのが妥当である。その他の地点では検出されなかったが，投入から 5 日後ということもあり，着色砂はまだ広範囲に移動していないものと推察されれる。

５－４　おわりに

本テーマでは，三河港およびその周辺の陸域を対象とし，陸から河川を通じて海域に流出する栄養塩の動態の特徴を数値モデルと現地観測によって明らかにするとともに，環境共生型港湾として湾内の生態系を支える干潟域での波や流れを調査するとともに，そこでの土砂動態を解明するための分析手法を構築・適用した。

栄養塩流出に関しては，三河港に流入する梅田川を対象として，水分流出モデルを基礎とした栄養塩流出モデルを構築し，観測データより計算パラメータを決定した。その結果，流出負荷算定において以前より指摘されている降雨時の栄養塩流出が梅田川でも支配的であり，調査に基づくその正確な量の把握が必要であることを明らかにした。また，流出負荷量算定のための現地観測では，河川流量と負荷量の調査結果を基にした TN および TP 負荷量推定式を，流量の高低に応じて使い分ける推定手法の有用性を示した。ポイントとなる降雨時調査からは，畑地群からの栄養塩流出が降雨強度に比例して増大することを示し，近年問題となっているゲリラ豪雨や巨大台風に伴う大雨によって流出負荷が増加する可能性を提示した。

豊川河口干潟（六条潟）に関しては，波や流れの特徴を現地観測データから検討した。干潟域での東西（岸沖）方向の平均的な流れは潮汐成分が，南北（沿岸）方向は風に対応した成分が卓越しており，特に冬季に強い北西風が吹く東三河地域ではそれに対応した流況が捉えられた。また，土砂動態をラグランジュ的に把握する着色砂調査を低労力で分析するため，画像解析を用いた分析手法を構築した。課題は残るものの，目視による検出に遜色ない手法を構築できた。さらに，この手法を用いて干潟での着色砂調査を実施した。投入から時間が経っていない底質サンプルを分析したところ，投入地点に近い採泥サンプルから着色砂を検出した。その他の採泥地点では検出されなかったが，トレーサーの投入間もない調査で検出されることは考えづらく，こういったことからも本手法の有用性を示すとともに，今後の干潟域での着色砂トレーサー調査を低コストで実施できる可能性を示した。

参考文献

1) 国土交通省港湾局:「生物共生型港湾構造物の整備・維持管理に関するガイドライン」, 69 p., 2014.
2) 岩田杉夫・遠藤忠嗣・井上隆信・横田久里子・大久保陽子：「中小河川からの栄養塩負荷の流出特性」，水環境学会誌，Vol. 36，No. 2，pp. 39-47，2013.
3) 田口美緒子・吉岡　基・柏木正章：「三河湾湾口部におけるスナメリの分布密度の季節変化」，哺乳類科学，Vol. 47，No. 1，pp. 11-17，2007.
4) 堀越増興：「我国および諸外国に於ける海洋の自然保護の現状」，日本ベントス研究会連絡誌，Vol. 1，No. 1，pp. 11-20，1970.
5) 橋本宏・宇多高明:「螢光砂を用いた漂砂の現地観測」, 海岸工学講演会論文集, Vol. 22, pp. 335-338, 1975.

６．ドライバ個性に着目した社会共生型予防安全支援に関する研究

機械工学系　教授 章　忠，准教授 三宅　哲夫，客員准教授 今村　孝

大都市と異なり地方都市にとって，自動車は重要な移動手段である。また，高齢者ドライバの急増，安全性や環境性など運転に求められる要素の多様化に伴い，自動車側の運転支援能力も高度化・多様化しつつある。そのため自動車の持つさまざまなリスクと社会生活との両立・共生が不可欠である。

本研究ではドライバの個性を情報・数値化する技術を通じ，社会や歩行者に対して安全な運転の実現，多様化するドライバの運転能力の平準化を目指した新たな運転支援のあり方について研究を行ってきた。本報告では，その基礎技術として開発を進めてきた技術課題を，６－１に示す「ドライバ行動計測技術」，６－２に示す「ドライバ内部状態推定技術」の２点に集約し，本事業５か年間の研究成果を報告する。ドライバ行動計測技術としては，顔画像を用いた表情変化や眼球運動，ハンドルの把持行動・操舵行動，の各行動情報計測技術を開発するとともに，これらの行動情報と車両挙動とを統合するドライブレコーダの開発を行った。また，ドライバ内部状態推定技術としては，前掲の行動計測技術にもとづき直接計測が困難な，ドライバの眠気，運転への集中度，運転行動意図に関する計測・推定技術の開発を行った。

６－１ドライバ行動計測技術

（１）はじめに

近年，安価な電子パーツの普及に伴い，多くのドライブレコーダ（DR）が開発・市販されるようになってきた。これらのドライブレコーダは，主に，事故やヒヤリハットが発生した時のドライバ挙動である急ブレーキや急旋回をトリガとして，その前後の映像を車両前方に向けたカメラによって記録する，イベント記録型 DR や，運転中の全ての情報を記録する常時記録型 DR である。近年の自動車の IT 化に伴い，車両内部のさまざまな状態・挙動の電子・情報化が進むとともに，GPS（Global Positioning System）を用いた車両位置や加速度センサによる車両の加減速が車室内の機器やセンサをつなぐ CAN（Car Area Network）により情報化・記録されるようになっている。近年ではこのような車両内外の情報化が進み，これを活用した運転支援システムの開発・実用化も進められている。

これらの車両搭載センサの計測の対象は，一般には，車外の環境である，道路・白線，前方の車両，周辺の歩行者などである。これに対し，本研究室では，特に車室内のドライバの行動情報を対象としたセンシングに注力し，これらを既存のナビゲーションやレコーダと連動させることで，車両挙動とドライバ挙動の統合的な計測の実現を目指した。これにより，車両や提示情報の制御をドライバの状態に応じて適応的に変化させることができれば，ドライバの認知的・心理的な負担の軽減とこれによる安全運転支援の実現が期待できる。

本節では，これらドライバ計測の基礎技術の開発状況として，眠気や車外情報への注意に関連する眼球運動や表情などの顔画像計測手法，ハンドル操作に関わる腕部運動や把持力などの物理量計測手法，および，これらを統合的に収録するドライブレコーダの開発状況について報告する。

（２）眼球運動や表情を検出する顔画像計測手法

交通事故の主な原因のひとつは居眠り運転であり，その前兆として生じる運転中の注意・意識レベルの低下が危険要因であることが近年の研究で明らかになっている。このような眠気の早期検出手法の開発需要は高く，また近年のカメラの小型化・高精度化の実現により，その実現性も高まってきている。本研究室においても，単一のカメラ画像から得られる顔の正面映像より，視線方向を検出するインタフェース技術を開発してきており，その応用によって眠気の早期検出の実現を目指してきた。ここで提案するシステム構成概要を図 6-1-1 に示す。

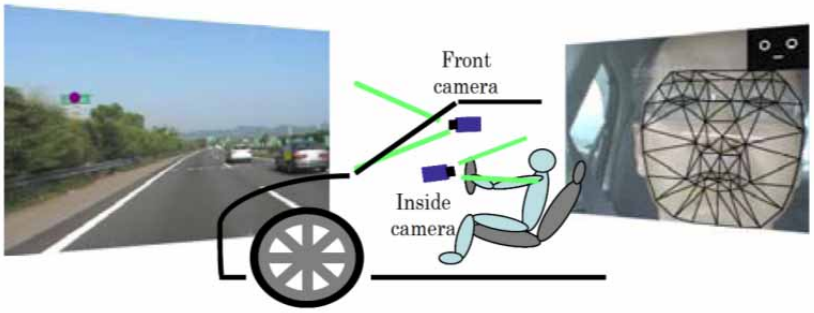


図 6-1-1 カメラを用いた画像計測システム

このシステムは，ドライバ計測用の１台のカメラと，車両前方を監視するもう１台のカメラで構成される。凹凸や動きのある顔部を計測する方法としては，２台以上のカメラを用いる方法も見られるが，本システムでは画像処理技術と頭部と眼球の運動モデルを用いることで，ドライバ計測を１台のみで実現している。一方，車両前方を監視するカメラから得られる周辺情報と総合的に処理・解析することで，運転中のドライバの注意が向けられる対象などを把握することも可能となり，これによって実現した研究成果としては運転集中度の分析（６－１参照）等がある。

本システムにおける，顔画像解析の流れを図 6-1-2 に示す。ドライバの正面から単一のカメラで取得した画像を入力として，まずその画像中から人物の顔を識別する。これには Harr-Like 特徴量を用い，目，眉などの輝度パターンにもとづく顔部位の検出を行う。次にここで識別された顔画像に対して，顔部位の特徴点間をメッシュ状につないだ Active Appearance Model（AAM）を生成し顔画像に適用する。これにより顔全体の姿勢情報および各顔部位の変位情報を取得することが可能となり，以降の処理は眼球運動や表情など処理対象ごとの個別処理を行う。

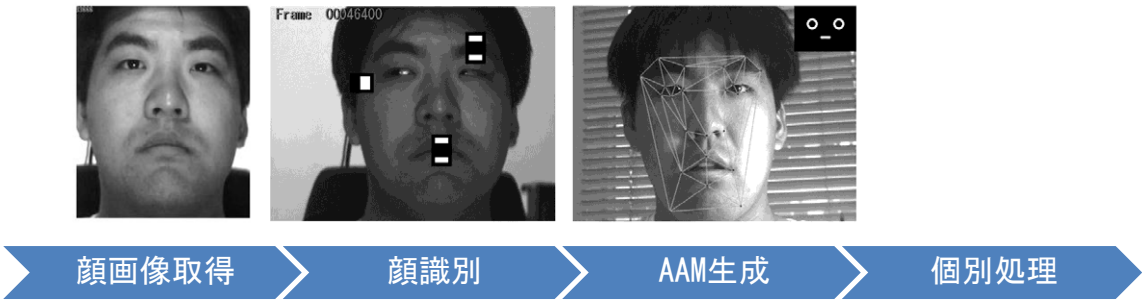


図 6-1-2 顔画像解析の流れ

このような顔画像解析より得られる，ドライバの非接触計測情報の例を以下に示す。

図 6-1-2 の処理より得られた顔画像のうち，眼球部の黒目・白目の領域変化に着目することで得られる情報をここでは眼球運動と総称する。眼球運動の解析においては，図 6-1-3 に示すような頭部内における眼球の幾何学的な配置モデル，標準的な眼球直径，眼球内で曲率の異なる眼球と角膜（黒目球）の合成形状モデルを用いる。また，各眼球から注視する対象物との間に十分な距離があることを条件とし，左右各眼球からの視線の平行性などの各仮定・標準化を適用する。

これにより，ある対象物に対する注視の有無の判定に加え，図 6-1-4 に示すような注視点や注視方向を標準偏差 1.1～1.3[deg]の精度で推定が可能となった。また，眼球部の撮影解像度を向上させることで，注視対象の急激な移動に追従する高速眼球運動（サッケード）の分析も可能となる。図 6-1-5 は眼球運動に伴い発生し，眼部周辺から接触計測可能な生体電気信号（EOG）と画像解析によって，それぞれサッケードを測定した結果であり，非常に高い相関性が得られていることが確認できる。

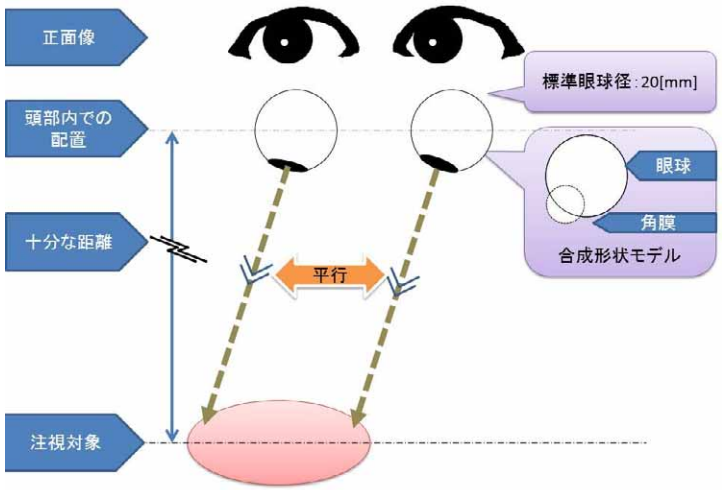


図 6-1-3 眼球運動計測に用いる眼球やその構造のモデル

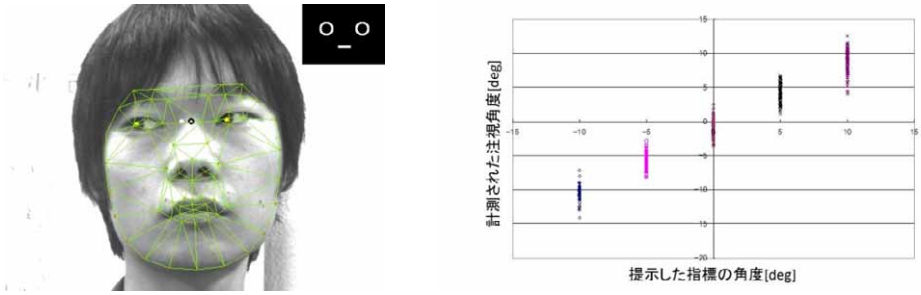


図 6-1-4 画像計測による注視方向の計測結果

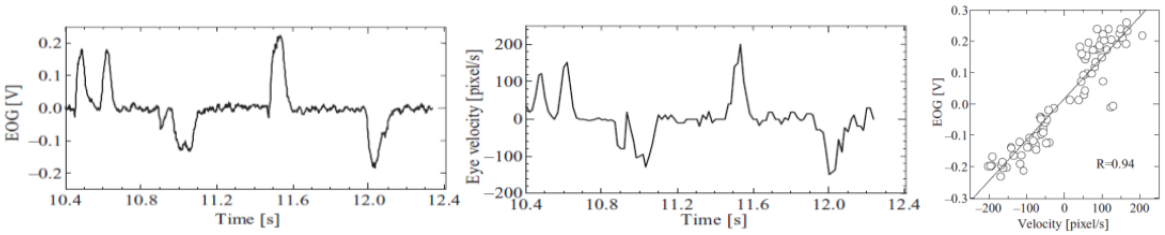


図 6-1-5 生体電気信号計測と画像計測による高速眼球運動の取得結果の比較

（３）ハンドル操作を対象とした把持・運転姿勢計測

前項で示した画像を用いたドライバの非接触計測に加え，侵襲性の低い計測手法を用いたドライバの接触計測も試みた。本研究では，ドライバが運転時に素手（もしくはこれに近い形）で握る必然性のある車室内デバイスとして，ハンドル（ステアリングホイール）をセンサ化する方法を提案し，図 6-1-6（左図）に示すような計測装置を考案した。この計測装置には，ハンドルの円形の把持部を１２等分した各箇所について，円形状の面側および円周外側（一部は内側）の２点ずつの計２４点，およびハンドルのスポーク（回転中心と円周を接続する部位）に４点の計２８点の小型圧力センサを配置してある。また，センサ配置・配線の後，通常のハンドルと同様の皮革加工を施し，外観上および触感として通常のハンドルと違和感のないものとしている。

図 6-1-6（右図）にはこの計測例として，ハンドルを把持する手指の状態を，圧力センサ値の比から推定した結果を示す。また圧力の大きさから，図 6-1-7 のような運転姿勢の推定も試みている。本システムでは把持行動の計測に加え，把持箇所の特定が可能となることから，小型化した生体センサを併用することで，手のひらからの体温や発汗量の直接計測への応用が期待できる。

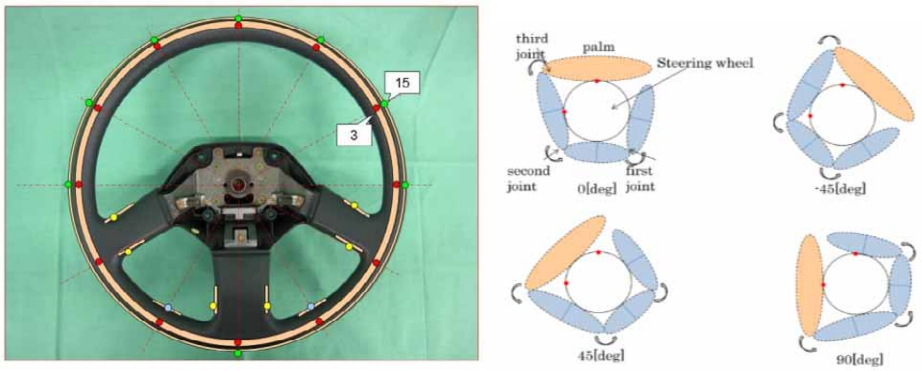


図 6-1-6 ハンドル内蔵型圧力センサの外観と手指位置の推定

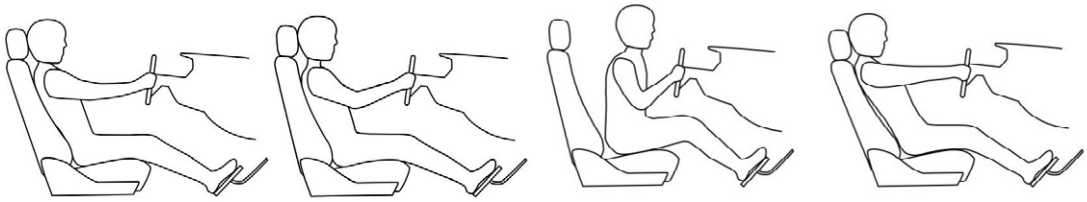


図 6-1-7 把持圧力変化により推定可能な運転時姿勢の変化

（4）加速度センサを用いた動作点計測と動作特徴の抽出

自動車運転時の行動は，運転装置（ハンドル，アクセル，ブレーキ）の操作量に加え，車室内の周辺装置（カーナビゲーション，オーディオ，空調など）の操作，または，飲食などのその他の行動と多岐にわたる。装置の操作は，各装置の動作・挙動や前出の CAN から取得可能であるが，そのほかの行動の定量計測は難しい。その反面，これらの周辺行動から，運転や周辺状況に対するドライバの注意・意識分配を把握することは，ドライバと運転支援装置の車両制御に対する寄与・優先度を制御し，相互の依存性のバランスを確保する上で重要である。

一般には，空間内の人の挙動計測には，モーションキャプチャと呼ばれる全身運動計測が用いられるが，車室内での利用は現実的ではない。そこで，運転を阻害しない程度の小型センサによって，身体の特定部位の運動（加速度）を計測し，これにもとづく運動予測・モデル化を実現することで，モーションキャプチャに相当する計測の実現を目指した。本研究で提案する計測環境を図 6-1-8 に示す。ドライバは，両手首にリストバンドを用いて小型の加速度センサを装着し，無線によりその時系列データを計測する。この加速度を軌道アトラクタによってモデル化・分類することによって，一連の動作からの特定の動作の特徴抽出や，動作の周期性の変化を捉えることが可能となっている。

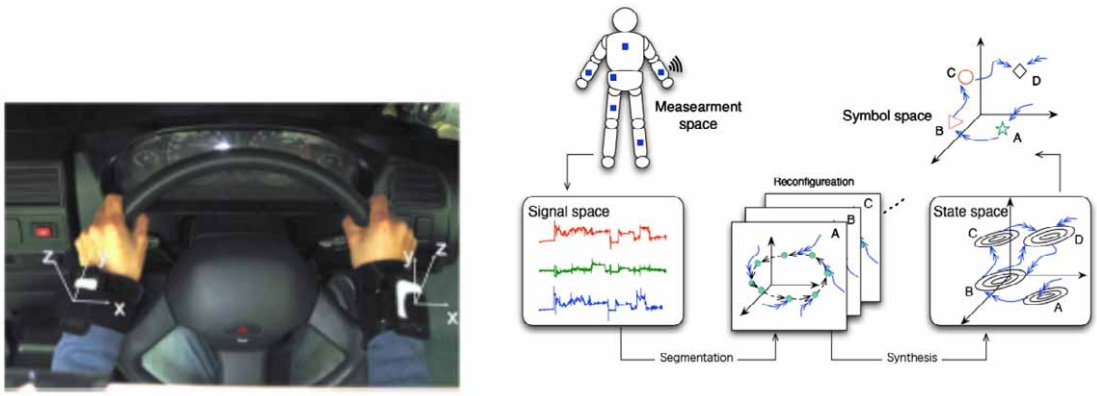


図 6-1-8 小型加速度センサと軌道アトラクタによる動作特徴の抽出

（5）常時記録型ドライブレコーダの構築

前項までの各計測データと車室内・外の映像データを同期収録することを目的に，本研究では図 6-1-9 にしめすドライブレコーダを設計・試作した。本レコーダでは，ドライバの運転動作情報として，２台のカメラと加速度センサ，GPS センサの３種類とし，それらを時刻同期させて記録する。カメラの解像度およびフレームレートは従来の画像処理研究にもとづき 1024×768[pixel]， 30[fps]とした。また，加速度センサと GPS センサは計測用パーソナルコンピュータ（PC）と Bluetooth 無線通信により記録する。データの保存には耐震性の高い SSD（Solid State Disk）を複数用い，RAID ユニットを用いて 1[TB] の容量を確保した。

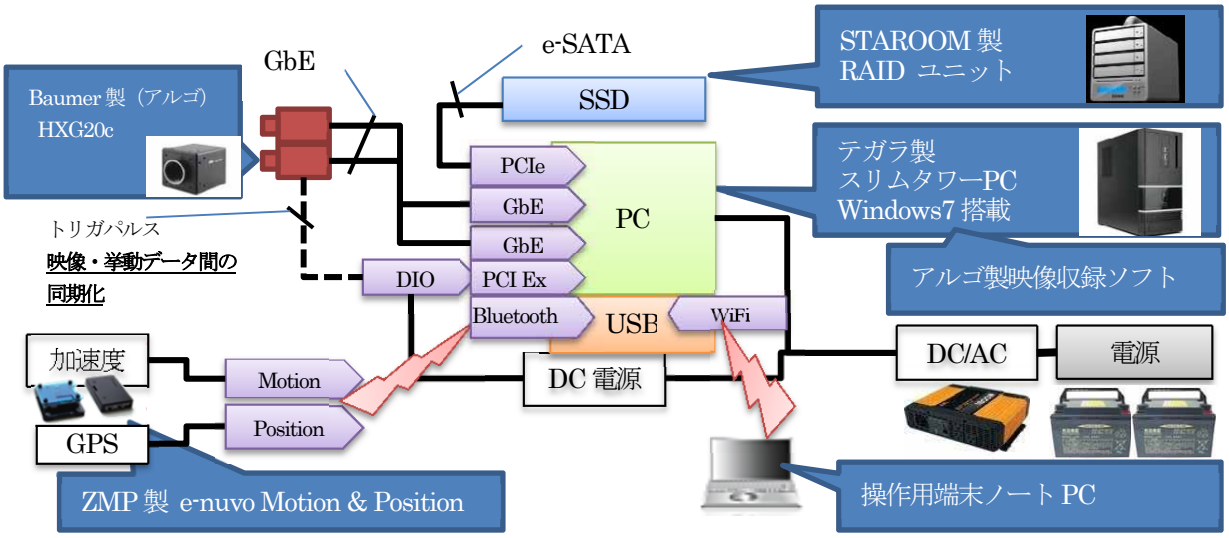


図 6-1-9 常時記録型ドライブレコーダの構成

試作したドライブレコーダについて，本学所有の公用車を実験車両として計測実験を行い，図 6-1-10 に示す車両の高さ方向の加速度，車両前方映像のほか，GPS による位置情報，ドライバ顔画像が同期収録可能であることを確認した。

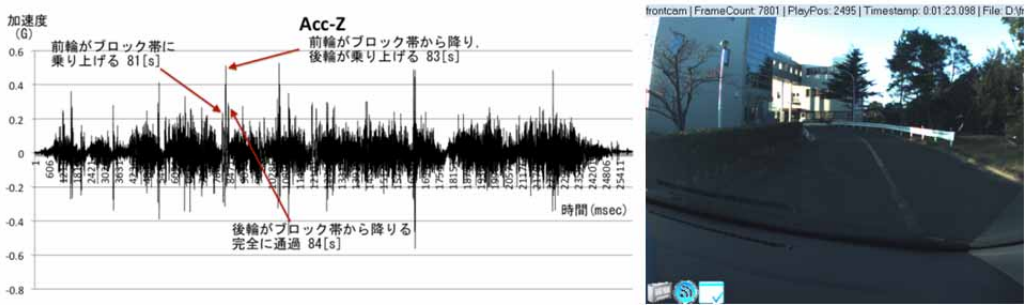


図 6-1-10 試作したドライブレコーダによる走行実験時の加速度・車両前方映像

（章　忠，三宅　哲夫，今村　孝，藤本 準，Ahmad Fathullah Bin Rahim，松永 惇，松本 卓也，竹内 優斗，岩本 拓馬，秋月 拓磨，佐々木 大慶，古市 平）

６－２ドライバ内部状態推定技術

（1）はじめに

６－１で示したように，運転時の周辺環境やドライバ行動の多くは，カメラやセンサとそれら情報を処理する計測システムによって定量化が可能となってきている。一方で，交通事故の要因となる「眠気」や「ぼんやり」，あるいは運転時の「あせり」「いらいら」などの心理状況の分析，ドライバの行動意図の理解も重要となっている。例えば，近年実用化の進む先進安全装置（ブレーキ支援，巡航支

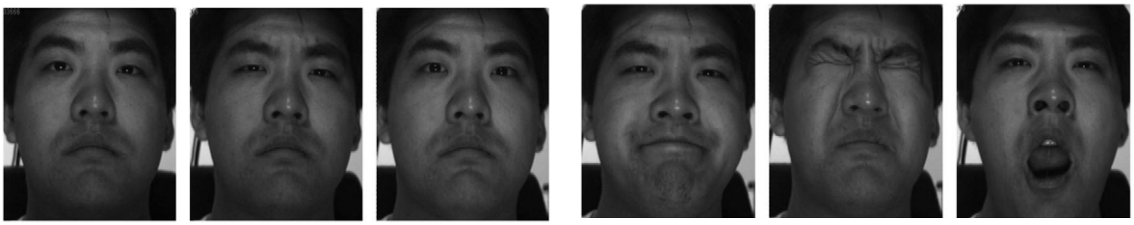
援，車線維持など）は，行動や環境情報の分析によって動作の開始を判断し，支援を行うが，この判断は必ずしもドライバの意図を反映するものとは限らない。場合によっては，ドライバの判断や操作に対して競合・相異となることで，支援システムに対する不信感を招いたり，あるいは，過剰な支援を行うことで，ドライバが支援システム（あるいは自身の運転能力）を過信したりする，支援システムとドライバとの不整合が生じる恐れがある。

本節では，前節のドライバ計測の基礎技術に立脚し，眠気や漫然度を定量化する手法，および，ドライバの運転行動からその意図を推定する手法の各開発状況について報告する。

（2）眼球運動と表情変化を用いた入眠時期推定

ドライバの眠気は，交通事故要因の上位に位置するものの一つであり，ドライバの感覚器官を鈍感にし，注意力の散漫，判断力の減衰を引き起こす。いくつかの眠気防止に関わる装置が実用化されているが，瞼の閉じた時間や首の傾きなど，眠気の発生に伴う身体行動を判定材料としている。これらは，厳密には眠気の発生後に生じるもので，より予防的な判定を行うためには，眠気の初期（あるいは発生前）にその予兆を捉えることが重要である。

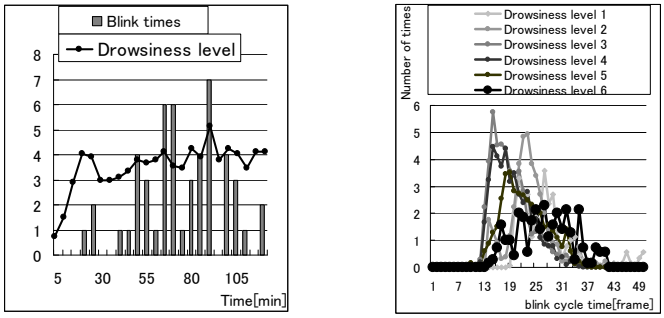
本研究では，前節に示した眼部および表情の検出結果のうち，瞼の動きと表情変化に着目し，覚醒のための努力を表す独特の表情である，覚醒努力表情を分析し，早期の眠気検出を試みた。図 6-2-1 には，分析の対象とした６表情を示す。このような表情を認識する従来手法では，個人差に対応するために平常時の表情を標準値として，各表情との差異を求めるものが多いが，標準値の取得が困難・煩雑となる問題点がある。そこで各表情間の遷移・変化に寄与する顔の部位の変化量を定量化し，ニューラルネットワークを用いた学習・認識するシステムを構築し，標準値を必要としない識別システムを構築した。



(a) 平常　(b) 眉間をよせる (c) 目を見開く (d) 口を動かす (e) 強い瞬き　(f) 欠伸

図 6-2-1 ドライバ表情の例

また，被験者実験を通じて，瞼の動き（閉眼時間と瞬きの周期）と各表情の遷移パターンを分析するために，被験者の自己申告による眠気のレベルと分析結果の比較実験をおこなった。この結果，図 6-2-2 に示すような，15[frame]以下の瞬き周期が頻出することと，これに伴う「強く目をつぶる」「目を見開く」などの覚醒努力表情が得られることが，眠気の予兆として情報として利用可能なことを確認した。



(a) 閉眼時間と目視の眠気レベル　(b) 瞬き周期の変化

図 6-2-2 瞬きと眠気レベルの関係解析結果

（3）ファジィ推論を用いた運転集中度の評価

前項と同様に，前節のドライバの視線方向検出技術に立脚した研究として，ファジィ推論による運転集中度の定量化を試みた。ファジィ推論とは，定量的に規定できない「あいまいさ」をルールの条件や結論に記述できる推論方式である。本研究では，ドライバの視線と注視対象との距離，およびドライバの視線と走行している車線の前方遠点との距離を判定条件として，各判定条件に相当する運転集中度を出力するものとした。特に，計測されるドライバの視野角のほかに有効視野を図 6-2-3 のように考慮することで，単純な注視対象との一致ではなく，運転中の視線変動を考慮するものとした。

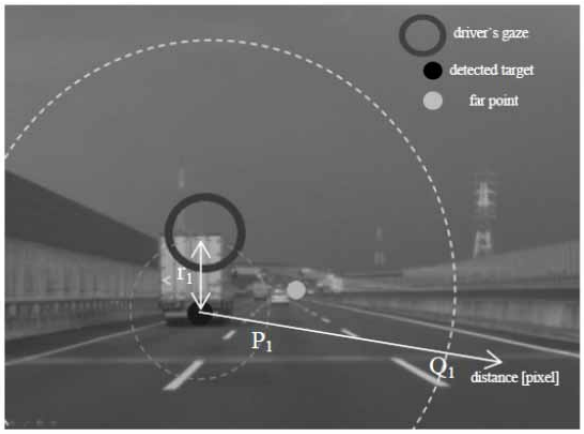


図 6-2-3 視野角等の変数の定義と有効視野との関係

このシステムの妥当性を検証するために，ドライビングシミュレータを用いて，通常運転と運転中に Q&A 方式の副次タスクを付与した運転をそれぞれ実施し，ファジィ推論結果を図 6-2-4 のように比較した。図の左２点が通常運転，右２点が副次タスク付の運転によるものであり，副次タスクを付与した図の網掛け部分において，運転集中度の低下が確認できた。さらに，この情報に対して，図 6-2-5 に示すように瞬きの変化率が運転集中度の変化と関連性の高い情報であることを明らかにした。

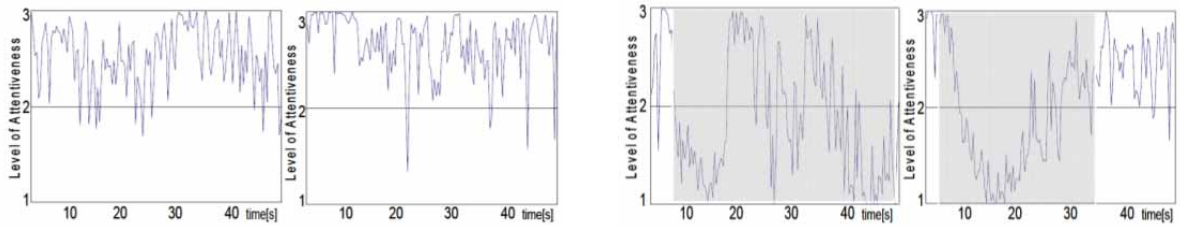


図 6-2-4 視野角等の変数の定義と有効視野との関係

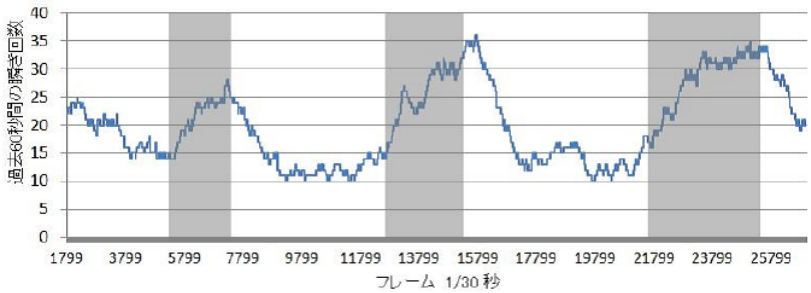


図 6-2-5 副次タスクの発生と瞬き回数との関係

（4）ドライビングシミュレータを用いた運転行動意図推定

前出のとおり，種々の運転支援システムの開発・実用化が進んでいるが，ドライバ意図を考慮した運転支援システムは未だ実用化に至っていない。近い将来における運転支援システムあるいは自動運転システムにおける，システムの価値や信頼性の低下を防止し，より安全に支援システムを運用する

ための基礎技術として，パターンマッチング手法を用いたドライバの運転行動意図の推定に関する研究を進めてきた。

本研究ではドライバが交通規則を遵守することを前提に，ドライバを取り巻く走行環境を制御することによって，ドライバの意図を誘導する実験を行う。この実験によりドライバを誘導する所定の意図を，推定すべき意図の真値と仮定することで，パターンマッチング手法を用いた意図推定精度の検証を行った。また，このドライバ意図推定をリアルタイムで実現するシステムを構築し，その有効性を検証した。本研究で対象とするドライバ意図とは，ドライバが今まさにしている運転に関わる動作のうち「停止・加速・走行・減速・左折・右折」とした。

本システムの構築には，Forum8 社製の UC-win/Road 9.0.0 を用い，図 6-2-6 に示すような３方向にスクリーンを配置したドライビングシミュレータを構成した。



図 6-2-6 本研究で構築した
ドライビングシミュレータ装置

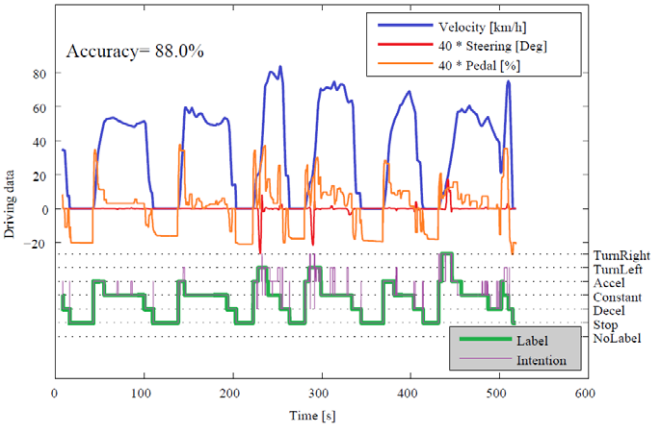


図 6-2-7 被験者を対象とした
意図推定結果

シミュレータが提示する走行環境内には，「視認した信号が赤であれば停止に至る」など，自動車運転における基本的な交通規則の遵守を前提に，信号や周辺車両の交通量などの環境制御量を配置した。これにより，被験者は通常どおりの運転と違和感なく，所定の運転行動意図へと誘導されるようにした。シミュレータシステムでは，約 500[s]・10,000 点の運転・走行データ（ハンドル等の操作量，および車両の速度や位置）を取得し，運転行動を分類する意図ラベルを分析・パターン化する。次に，速度・加速度・ステアリング角度・ペダル操作量の各値を 4 次元の学習データとして，停止・加速・走行・減速・左折・右折の意図ラベル毎に計 6 つの混合正規分布（GMM：Gaussian Mixture Models）を構築する。この混合正規分布モデルを用いることで，平均で 83.3 %の精度で意図推定ができることを被験者実験により確認した。この結果を図 6-2-7 に示す。さらに，図 6-2-8 に示すように，ドライビングシミュレーションの演算と併行して，ドライバの意図推定を行うシステムを構築することで，被験者ドライバが運転をしながら，逐次各時点での意図を推定するリアルタイム推定システムを構築した。

そして，リアルタイム推定システムを用いて，シミュレーション映像を提示するスクリーンのサイズや操作用のハンドルなどのサイズの異なる環境での実験を行った。本実験により，環境制御量とその提示方法によってドライバの運転行動への変化が生じるものと仮定し，その変化を運転行動意図の推定精度の変化として捉えた。実験では６名の被験者を３名ずつに分割し，図 6-2-8 にあるような，前方と左右を幅・高 2m 角のスクリーンで囲まれたシミュレータ A（Wide）と，２４インチ液晶モニタ３面を用いたシミュレータ B（Narrow）を各グループの運転行動意図ラベルの学習用にそれぞれ適用した。その後，すべての被験者に，シミュレータ A/B それぞれでの運転シミュレーションと意図推定を実施し，意図推定精度を算出した。さらに実験後の被験者にリアルタイム意図推定の様子をビデオで提示し，自身の運転を振り返りながら，運転行動意図推定の合致率の自己評価を依頼した。その結果，図 6-2-9 に示すように，いずれのグループにおいても，学習用に適用したシミュレータにお

ける推定精度が，学習用に適用しなかったシミュレータにおける推定精度を上回る結果となった。このことから，環境制御量とその提示方法，さらにこれによる推定精度の関連性が明らかとなり，想定した運転行動意図の付与が十分になされていることが確認できた。

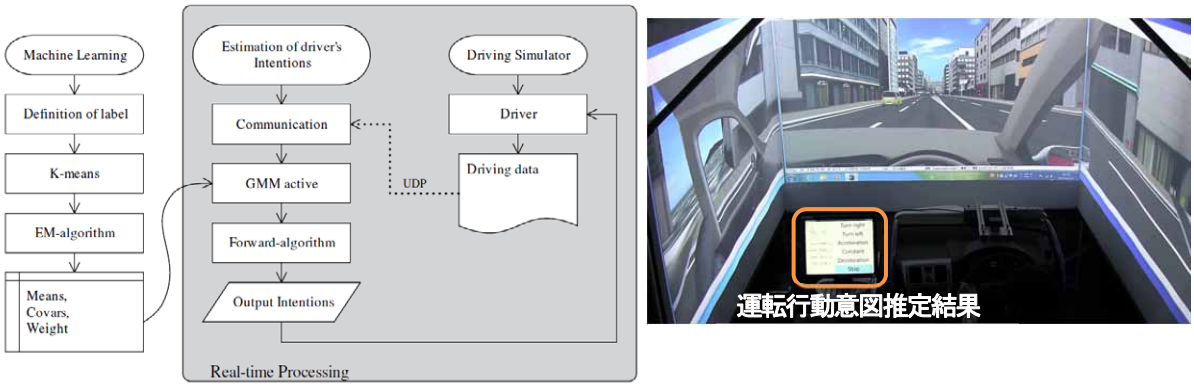
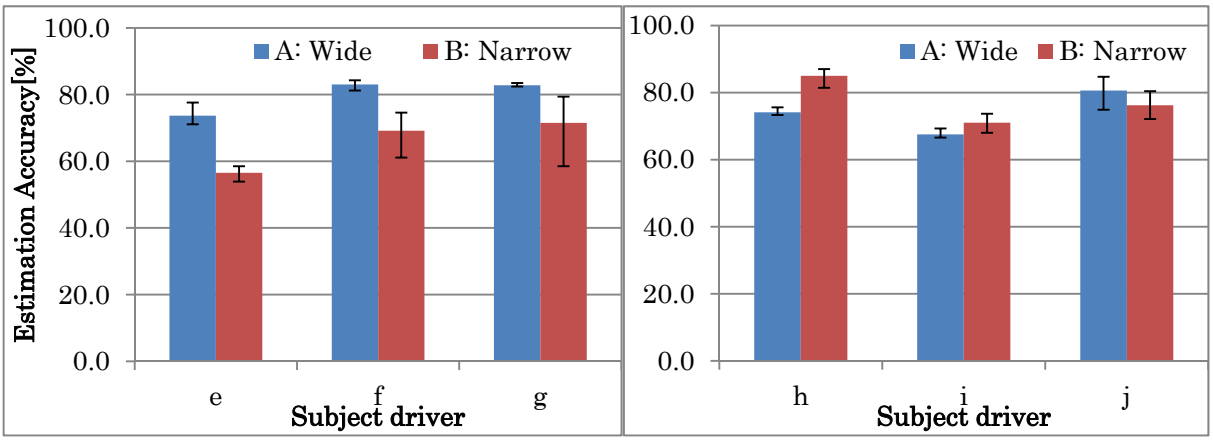


図 6-2-8 リアルタイム意図推定システムのフローチャートと実行結果



A を学習に用いたグループ　　B を学習に用いたグループ

図 6-2-9 リアルタイム意図推定を用いた走行環境提示効果の評価

（章　忠，三宅　哲夫，今村　孝，
藤本 準，松本 卓也，福山 育也，Elvin Tiong Chew Lun，荻 智成，淺川 祐樹）

６－３ おわりに

本研究では，工学的な計測技術に立脚した自動車の運転支援システムのための基礎技術として，ドライバ計測技術とドライバ内部状態推定技術を構築した。カメラやコンピュータなどの基本要素の性能の向上，低価格化により，高精度・大容量の情報収集が可能となるとともに，これらの情報から，ヒトの判断に近いドライバ状態評価を実現しうる基礎技術を模索した。これにより，直接計測が困難な，眠気，疲労，意図などを定量化するための基本システムとその開発方向性を示した。今後とも，これらのドライバ計測システムの性能向上，実験・実証を進め，安全運転支援はもとより，自動車の有効活用に寄与する技術の実現に向けて研究を継続する所存である。

（章　忠，三宅　哲夫，今村　孝）

７．交通弱者の安全・安心のためのシステムや装置に関する研究

情報・知能工学系　准教授　金澤　靖

７－１　はじめに

高齢化社会に伴い，高齢者や子供などの交通弱者に対する安全・安心のための技術の必要性が年々高まっている。現在注目を浴びている自動車に関する安全・安心に関する先進技術の一つにプリクラッシュセーフティーシステムがあり，これは自動車が主に前方の障害物を感知して衝突に備える機能の総称で，カメラやレーダーを使って障害物を検出し，自動的にブレーキをかけたり，ドライバーへの警告を行ったりするものである。しかし，SUBARU の EyeSight[1]や日産自動車のエマージェンシーブレーキなどのように，歩行者や自転車などを検知できるものは少なく，主に前方車両などの前方にある大きな障害物しか検知できないシステムも多い。これを実現するためには，一般にカメラを搭載する必要があるだけでなく，その映像から人を検出する処理が必要となる。したがってコストも高くなる。一方で，「高度道路交通システム（Intelligent Transport System, ITS）」では，情報通信技術を用いた安全な車の開発，道路インフラの利用および管理の効率化などに関する技術開発が進められている。これも，そのほとんどが車やドライバーを中心とした技術の開発となっている。一部，子供や高齢者，視覚障がい者向けのシステムとしてアイセイフティ[2]や，歩行者等支援情報通信システム（PICS）」[3]が存在するが，いずれも子供や視覚障がい者，高齢者に携帯情報端末を持たせる必要があり，更にドライバーがその注意喚起に気付くことが必要となっているだけでなく，交差点での情報の送受信設備など，交通インフラの整備も必要である。しかし，交通事故はいつどこで起こるかなどを予想することは極めて困難であることから，これらのような特別な装置やインフラ整備を必要とせず，いつでもどこでも使える安全・安心のための装置やシステムの開発が急務とされている。

一方近年，色に関するバリアフリーを目指して，カラーユニバーサルデザイン（Color Universal Design）[1]と呼ぶ考え方が提唱されており，高齢者や色覚障害者など，色覚機能に衰えや障害を持つ方に対しても，識別しやすい配色デザインとすることで，正しく情報が伝わるようにしようとするものである。現在，Web での配色の指針のほか，チョークの色や，リモコンのボタンの色，地下鉄の路線図，建物の案内図など，さまざまな個所で見ることができるが，一歩建物の外に出た場合，ありふれている道路標識の配色や道路面のペイントは，このカラーユニバーサルデザインにのっとっておらず，色覚障害者や高齢者等にとって，背景と標識の識別が難しかったり，また見逃してしまう場合も多い。

本研究では，幼児や高齢者，色覚障害者などの交通弱者に対し，安全・安心のためのシステムや技術の開発を目的とする。ここでは，カラーユニバーサルデザインの考え方に準じた交通弱者に対する道路標識等の協調提示法や，交通インフラ整備等を必要とせず，交通弱者が自ら自分自身の身を守ることができるシステムや技術の開発を行う。

７－２　交通弱者のための道路交通標識の強調提示方法の提案

（１）交通弱者の道路標識の見え方と問題点

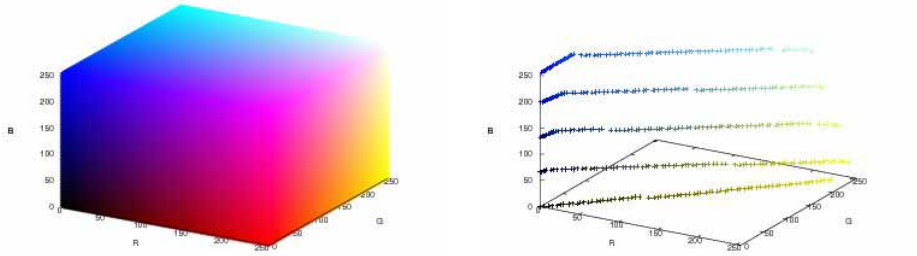
交通システムの中で重要な役割を果たす交通信号については，色覚障害者にとっても比較的識別し易い配色となっているのに対し，道路標識の配色は JIS 規格で規定されており，カラーユニバーサルデザインでの指針とは関係なく配色がデザインされている。標識の見え方の例を図 7-2-1 に示す。ここでは，健常者による標識の見え方と，第一色盲[4]と呼ばれる色覚障害の方の標識の見え方をシミュレーションしている。見てわかる通り，このようなシーンでは止まれの標識と背景の木の葉がほぼ同じ色に知覚され，本来目立つべき「止まれ」の標識が返って目立っていないことがわかる。これは色空間において，健常者は図 7-2-2 (a)のような空間内のすべての点を知覚しているのに対し，第一色盲の

[1] http://www.subaru.jp/eyesight/
[2] http://www.nttdata.co.jp/release/2005/111600.html
[3] http://www.utms.or.jp/janapese/system/pics.html
[4] L 型錐体の欠損あるいは異常による色覚障害。



(a) 健常者の見え方　　(b) 色覚障害者の見え方

図 7-2-1 標識の見え方の違い



(a) 健常者の色空間　　(b) 第一色盲の方の色空間（平面）

図 7-2-2　RGB 色空間

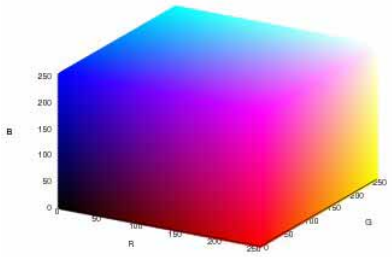


(a) 20 歳の見え方　　(b) 60 歳の見え方　　(c) 70 歳の見え方

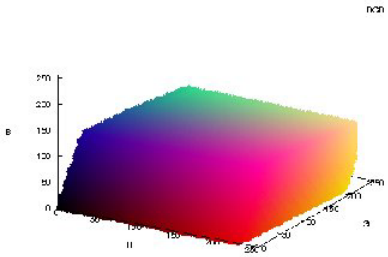
図 7-2-3　加齢による見え方の違い

方は図 7-2-2 (b)のような平面上の点として知覚しているためである。

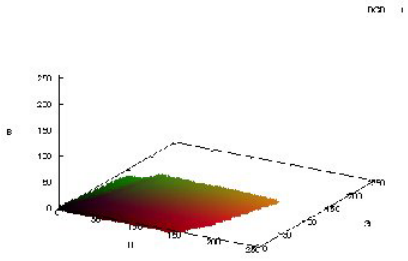
一方，高齢者においては，加齢とともに水晶体が濁ってくるため，その見え方をシミュレートすると図 7-2-3 のようになる[2]。これは図 7-2-4 に示すように，加齢とともに，識別できる色空間が“平たく”なってしまうためであり，本来のコントラストが得られなくなるため，図 7-2-3 のように標識などの見逃しに繋がってしまう。



(a) 20 歳の色空間



(b) 60 歳の色空間



(c) 70 歳の色空間

図 7-2-4　加齢による知覚可能な色空間の違い

（２）交通弱者のための標識の強調提示法

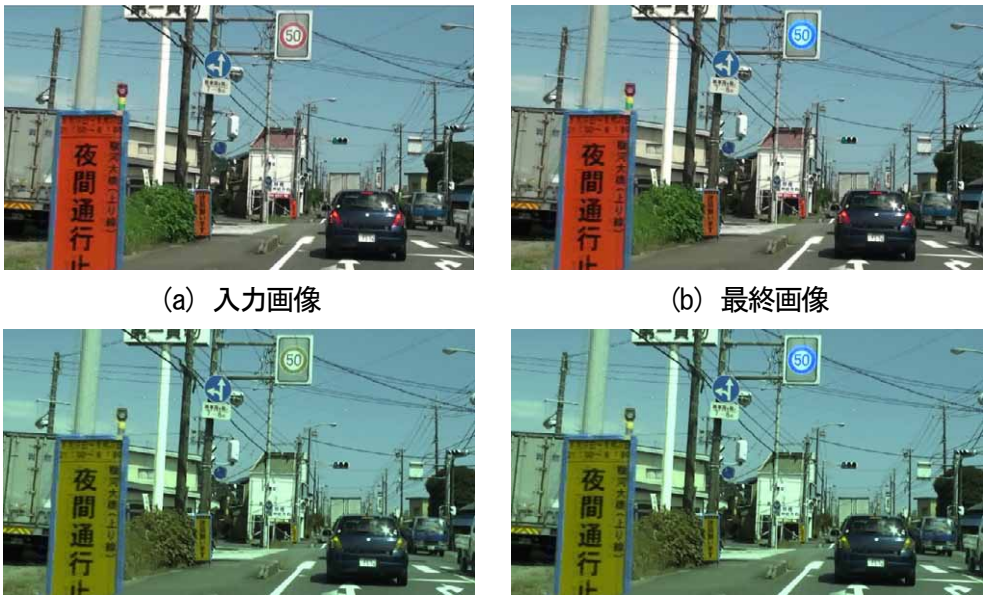
色覚障害者に対しては，レンズに特殊なコーティングを行って色を変換して交通標識などを識別しやすくする色覚補正メガネ[5]が市販されているが，見ている視野全体の色が変わってしまうことや，それに伴う目の疲労も問題となる。またコンピュータによる画像処理を用いた画像を変換する技術として目黒の研究[3]や田中らの方法[4]があるが，いずれの手法も，画像全体に対して識別困難色を検出し，色変換を行うため，必ずしも道路標識が強調されるとは限らないだけでなく，色覚補正メガネと同様に，関係ない部分も変換してしまう。そこで本研究では，色覚障害者や高齢者の安全のために，高齢者や色覚障害者などのユーザの視野をカメラで撮影し，その画像内の標識のみ選択的にユーザに強調提示することを考える。このとき，標識以外の他の部分の見え方は変化させない。これにより，色弱補正メガネや従来の研究[3,4]のように，知覚できるシーン内の色全部を変更してしまうことがないため，メガネをかけた場合と外した場合のギャップや目の疲労も少ないと考える。

提案法の手順の概略は以下の通りとなる。

(i)　道路標識の検出。
(ii)　標識領域とその周囲領域の知覚可能色空間への投影。
(iii)　標識領域の色の再配置。
(iv)　再配置後の画像の健常者の色空間への逆投影。

第一色盲と呼ばれる色覚障害者に対する実験結果とその評価結果を図 7-2-5 に示す。図において，左上の (a) が入力画像，(b) が提案法によって得られた画像，(c) が入力画像に対する第一色盲の方の見え方のシミュレーション結果，(d) が処理後の画像に対する見え方のシミュレーション結果である。見てわかる通り，入力画像では目立たなかった標識が目立つような色に変換されただけでなく，その他の部分では全く変化がないことがわかる。

[5] http://www.daltontokyo.com/など。



(a) 入力画像　(b) 最終画像

(c) 入力画像のシミュレーション　(d) 最終画像のシミュレーション

図 7-2-5 処理例

（3）今後の課題と展開

ここでは，カラーユニバーサルデザインの考え方に準じ，交通弱者に対して，安全・安心な交通システムを提案・開発することを目的とし，色覚障害者や高齢者に対して，シーン内の標識検出技術により検出した道路交通標識を強調提示することで標識の視認性を高めることが可能な方法を提案した。しかし提案法は標識検出の精度に大きく依存しているため，より高精度な標識検出技術を開発することも重要となる。更に，実際の提示デバイスをどうするかについても，検討を要する。

７－３　２色覚者のためのノイズ付加による色の識別率向上に関する研究

（1）ノイズ軸の付加による弁別可能空間の拡張

健常者（３色覚）の方は色を検知する錐体がＬ錐体，Ｍ錐体，Ｓ錐体の３種類あるのに対し，いずれか一つの錐体が機能不全である場合に２色覚と呼ばれる。その中でもＭ錐体あるいはＬ錐体が機能不全である１型２色覚および２型２色覚の方が多く[1][6]，赤と緑の色の弁別に困難が生じている。この赤と緑は一般に“注意喚起”と“正常／問題なし”のそれぞれに多用される色であり，交通標識や渋滞情報を表すパネルにも利用されている。従って，これらを弁別できるようにすることは重要なこととなる。本研究では，画像に特定のノイズを付加することで，２色覚と呼ばれる色覚障害者に対し，いかなる画像に対してもその色の違いが知覚できるような画像の処理方法を提案する。

２色覚者は２次元空間すなわち平面上の１点として色を知覚していることから，本研究ではこの知覚可能な色平面における色に対し，人工的に異なる軸，ノイズ軸を加えることで，疑似的に３次元空間内の１点となるようにすることで，色の識別能力を向上させようと考える。画像に対するノイズを用いる理由は次の２つである。

(i)　ノイズの強度や発生確率を対応させることで，色の微妙な差を表現できる。

(ii)　健常者にとってノイズの付加された画像はざらつきとして見え，違和感を減少できる。

実際に色相に対してノイズを付加することで得られた画像を図 7-3-1 に示す。２色覚シミュレート

6　日本では約 5%の方が１型２色覚または２型２色覚とされる[1]。



(a) ３色覚画像　　(b) ２色覚シミュレート画像

図 7-3-1　自然画像への適用例（左：ノイズ無，右：ノイズ有）



図 7-3-2　改良ノイズによる例

画像においては紅葉した部分にノイズが乗るなど，色の違いをノイズにより認識できているが，元の３色覚画像を見ると，紅葉部分の色および空の色が若干変化してしまっていることがわかる。これは，上記ノイズモデルによるオフセットが原因である。

（２）　双峰性２色ノイズの付加による改良

平均色の変化を抑えるために，実際の色と知覚の差の符号の違いに対し，付加するノイズを変えるだけでなく，それぞれ双峰性のノイズを用いることで，手法の改良を行った。予備実験で良い評価の得られた RGB 色空間における G および Lab 色空間における a に加えた結果を図 7-3-2 に示す。前述の方法に比べ，３色覚画像も自然に見え，かつ２色覚画像においては赤い部分がざらついて見えることがわかる。

（３）まとめと今後の展開

２色覚者の弁別可能な２次元の色空間に対し，人工的なノイズ軸を加えることで疑似的に３次元空間に拡張し，色の弁別率を向上させる方法において，改良したノイズモデルを提案した。従来法に比べ，人工的なグラデーションなどではやや性能が劣るものの，自然画像に対しては原画像に近く違和感の少ない画像を生成できることが分かった。今後の課題として，引き続き，より識別しやすく，かつ健常者にとってより自然なノイズおよび付加方法を検討し，交通弱者のためのシステムに組み込むことを考える。

７－４　交通弱者のための全方位カメラを用いた危険検知に関する研究

（１）全方位カメラを用いた危険検知

現在のプリクラッシュセーフティシステムや自動ブレーキシステムのように車のブレーキやドライバーに対する注意喚起に依存しない，またインフラ整備の必要のない，交通弱者のためのシステムを開発することを目的として，自分の周囲 360 度の視野を持つカメラを交通弱者に持たせ，その画像を解析することで自身に向かってくる車などの危険を知らせることを考える。

全方位カメラとは図 7-4-1 に示すようなカメラであり，通常のカメラはカメラの前方しか撮影できないが，全方位カメラは後方も含めて周囲 360 度を全て撮影することができる。



図 7-4-1　Viston 社製全方位センサとその映像例

この全方位カメラで撮影した画像は図 7-4-1 の右のような画像となり，次のような特徴を持つ。

- 全周撮影できることから死角がなく，画像の中心がカメラの位置を表す。
- カメラに向かってくる物体は画像上で中心に近づいてくるが，カメラに向かってこない物体は画像の中心に向かってこない。

これを歩行者に持たせることで，歩行者自身の視界や視野に関係なく，周りの環境を撮影することができるだけでなく，向かってくる物体は画像中心を通ることを用いて危険検知に応用することを考える。

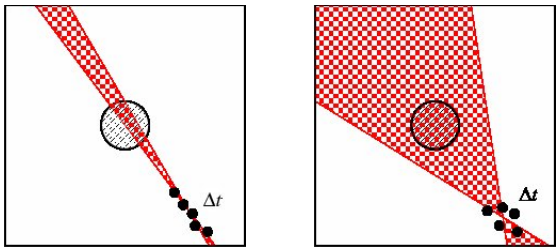
（２）危険度の計算

ここでは，映像内の車の軌跡から各時刻における瞬間危険度を求め，それらの短時間における過去の経過を考慮して総合危険度を求める。

この瞬間危険度は，図 7-4-2 のように，ぶれなくまっすぐ向かってくる物体は画像上でも直線状の軌跡をとり，ふら付いたり，まっすぐ向かってこない物体の軌跡は直線状にはならないことを利用し，その直線当てはめの精度が高いほど危険度が高いとする。この直線当てはめの精度は当てはめた直線に対する標準変位[4]を利用する。もし直線の当てはめ精度が高い場合には，その 2 本の直線とも当てはめた直線に近づき，その間隔が狭くなるのに対し，直線当てはめの精度が悪い場合，その 2 本の直線の間隔が広がる。従ってこの標準変位の間隔が直線当てはめの精度の目安とすることができる。そして総合危険度は，比較的長時間での危険度であり，過去数回分の瞬間危険度を重み付き平均で求める。また，進行方向を考慮することで，通り過ぎる車の危険度を下げる。

（３）システムと危険検知実験結果

システムは図 7-4-3 に示すようにノートパソコンとカメラのみの構成とし，左の画像のように，ヘルメットに全方位カメラを取り付けている。



(a) 真っ直ぐ来る場合　　(b) 曲がる場合

図 7-4-2 直線当てはめの精度と危険性

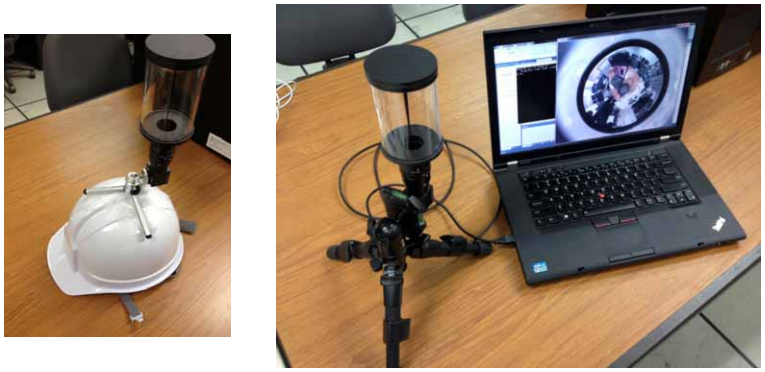


図 7-4-3 実験システム

提案システムがリアルタイム処理可能かどうか，また実際に近い状況で危険検知が行えるのかどうか，実際に実験を行った。ここでは，赤い帽子を車に見立て，代表的な歩行者の動きに対し，車は常に歩行者に向かう状況を想定した。危険検知の状況を図 7-4-4 に，危険度のグラフを図 7-4-5 に示す。図 7-4-4 において，赤くなっている画像は，危険度が 0.8 を超えた場合を表している。グラフより，一瞬横を向いた瞬間や，常にきょろきょろ首を動かしている場合は危険度が下がってしまうことがわかる。これは提案法が車の軌跡の直線あてはめに基づいているためであり，よりシステムの信頼性向上のためには，歩行者の首ふりなど，頭（＝カメラ）の動きを検知し，その動きを補償する処理を追加する必要があると考えられる。また，この実験におけるフレームレートは，その処理画像を保存しない場合であれば 25～26[fps]の処理速度を実現しており，提案法はほぼリアルタイム処理が可能であると考えられる。

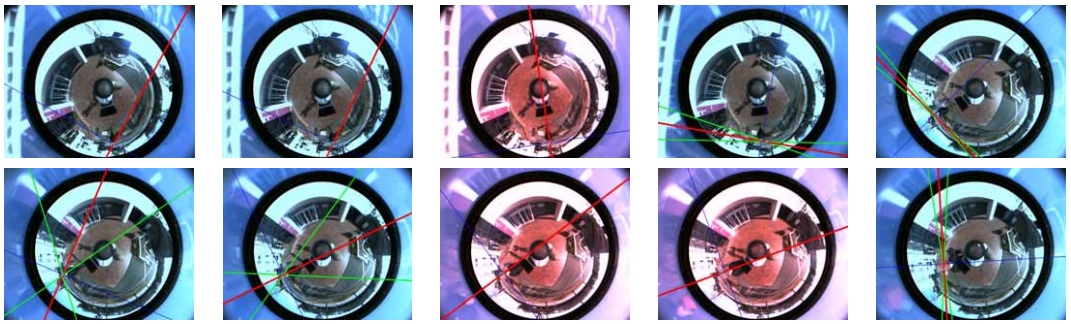
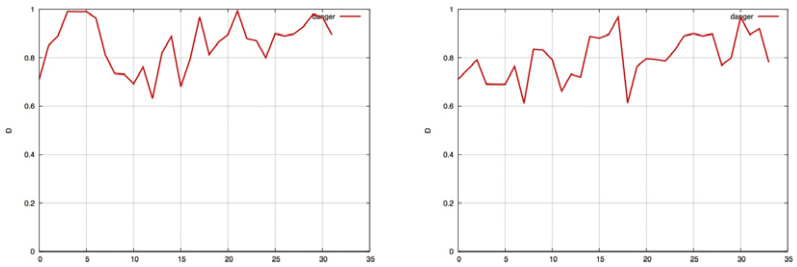
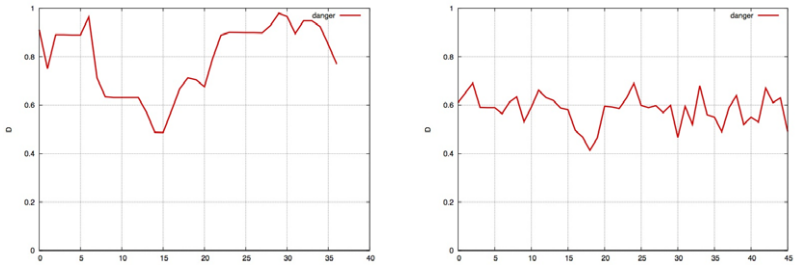


図 7-4-4　一瞬横を向く場合の映像に対する処理結果（5 フレームおき）



(a) 止まっている場合　(b) 真っ直ぐ歩いている場合



(c) 一瞬横を向く場合　(d) きょろきょろしている場合

図 7-4-5　危険度のグラフ

（4）車両の自動検出と今後の課題

全方位カメラ画像からの車両検出には現在 Deep Belief Networks (DBN)[6]を用いており，これを用いた危険度計算結果は図 7-4-6 のようになる。これは，車両の検出が安定していないことが原因となっていることから，今後，車両の検出精度を向上させることが重要となる。

現在, 図 7-4-7 のようなシングルボードコンピュータと携帯端末を用いることでシステムの小型化を進め，より実用化に近づけることを検討中である。

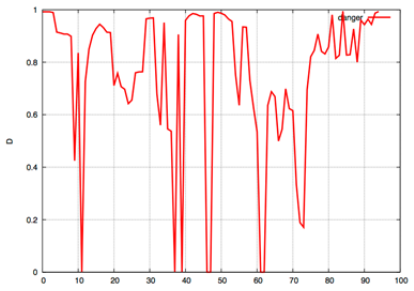


図 7-4-6　車両の自動検出による危険度



図 7-4-7　検討中の小型システム

７－５　全周マルチプロジェクションシステムの開発

（1）全周マルチプロジェクションシステム

既存の建物に立体的な映像を投影するプロジェクションマッピングに代表されるように，プロジェクタによる映像投影は単に臨場感のある映像を投影するだけでなく，その場所ではありえない映像を投影し，仮想的・幻想的な空間を作る手段ともなっている。そのようなシステムの一つである全周マルチプロジェクションシステムは，複数台のプロジェクタを用いて部屋の全ての壁にシームレスな全周パノラマ映像を投影することが可能なシステムであり, 臨場感のある映像を投影できるだけでなく，

仮想的な空間を作り出すこともできる。

現在，我々の研究室では図 7-5-1 に示すような全周マルチプロジェクションシステムの開発を進めており[7]，本研究ではこのシステムを安全・安心のための教育コンテンツの提示システムとして用いることを考える。例えば，危険な交差点での走行や横断の際に全方位カメラで周囲を撮影しておくことにより，実際の現場ではなく，仮想的かつ安全な空間において，臨場感のある映像を投影することができる。これを車の立場での映像だけでなく，歩行者の立場での映像を利用することで，高齢者や子供，ドライバーに対する交通安全教育や各種シミュレーションなどにも利用可能である。

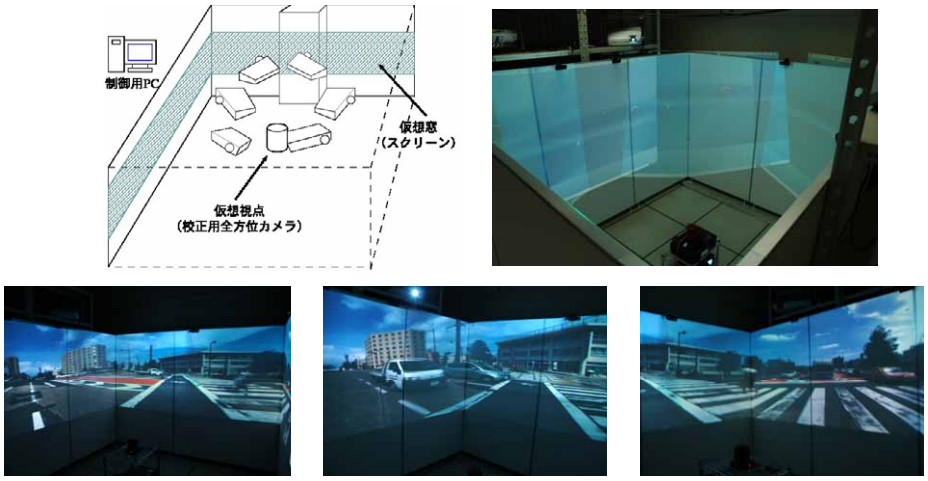


図 7-5-1 システムの構成と実際のシステムおよび投影例

（2）システムを利用した交通安全の啓蒙活動

平成 25 年 11 月 22 日，23 日に豊橋市のこども未来館「ここにこ」で行われた未来ビークルシティリサーチセンター主催の「ぎかだいがやってくる　体験！未来ビークルシティ」において，全周マルチプロジェクションシステムを用いた交通安全の啓蒙デモンストレーション「体験しよう！ここ，わたってあんぜんかな？しんごうみえるかな？」において，色覚障がい者や高齢者の視覚をシミュレートした全周映像を投影し，それらを疑似体験してもらうとともに，交差点での全周映像を投影して，安全に交差点を渡るため気を付けなければならない点など，交通弱者の立場に立った交通安全の啓蒙活動を行った。その際の様子を図 7-5-2 に示す。実際に体験した方の数は 522 名であり，比較的好評であった。



図 7-5-2　デモの様子

[7] (株)ファンテックス（愛知県豊橋市）との共同研究による。

３９名の方からアンケートに回答していただいた結果,「この企画は楽しめたましたか」の設問については,「十分楽しめた」,「まあまあ楽しめた」の回答が３６名,「このような企画は子供や高齢者などの交通安全に貢献できると思いますか」の設問については,「十分貢献できると思う」,「少し貢献できると思う」の回答が３９名で，有効に利用することで，効果を得ることができると考えられる。また自由記述欄には以下のような意見（一部抜粋）があった。

- 小学校などの交通安全教室で活用してもらえたらいいなと思いました。
- 少し見せてもらいましたが，もう少しゆっくりみたいと思いました。
- わかりやすかったです。
- お年寄の見え方や色弱の方の見え方等，分からないことを知ることができたのは発見だった。
- 小さい子供達には分かりやすく説明していただき，良く理解できたと思います。
- とても勉強になりました。新１年生の交通教室にむいていると思います。
- 色盲の方の見え方などは，特に身近にいないけど勉強になりました。子どもにとっては,「車がみにくいなど」十分注意してからわたろうと思ったようでした。ありがとうございました。説明のお兄さんもよかったです。
- 人によって信号や明るさの見え方が違うんだということが分かった。

７－６　おわりに

本稿では，ドライバーや車が主体ではなく，交通弱者が主体となるための安全・安心のためのシステムや技術について概説した。引き続き，今後もこれらのシステムや技術をより一層実用化に近づけるための研究開発を行う。

謝辞

本研究を実施するに当たり，補助金を頂いた豊橋市に感謝します。また，貴重なご意見を頂いた豊橋警察署の交通課の方々，アンケートに回答して頂いた方々に感謝いたします。

参考文献

[1] カラーユニバーサルデザイン機構著，カラーユニバーサルデザイン，ハート出版，2009.

[2] J. Pokorny, V.C. Smith, and M. Lutze, Aging of the human lens, *APPLIED OPTICS*, Vol. 26, No. 8, April 1987.

[3] 目黒光彦，色覚障害を克服するカラー画像の色変換処理，電気通信普及財団研究調査報告書, Vol. 21, pp. 449–508, December 2006.

[4] 田中豪，末竹規哲，内野英治， Cielab 色空間における二分法を用いた色域把握法とその画像強調への応用，電子情報通信学会論文誌(A), Vol. J92-A, No. 4, pp. 258–262, April 2009.

[5] Y. Kanazawa and K. Kanatani, Optimal line fitting and reliability evaluation, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E79-D, No. 9, pp.1317--1322, 1996.

[6] Y. Bengio, P. Lamblin, D. Popovici, H. Larochelle, Greedy Layer-Wise Training of Deep Networks, NIPS, 2007.

８．新しい電池技術の研究開発

電気・電子情報工学系　教授　櫻井　庸司
助教　東城　友都

８－１　はじめに

リチウムイオン電池に代表される蓄電池は，携帯電話やノートパソコン等の小型モバイル機器に利用が注力され，広く普及している。その一方で，電気自動車や自然エネルギーを利用した発電システム等の大型蓄電池への利用も検討され一部実用化されているが，更なる高エネルギー密度化かつ長寿命化が頭打ちの状況になりつつあり，現行の電池性能を凌ぐ新型電池の早期開発が求められていた。また現行のリチウムイオン電池を構成する電極・電解質材料の枯渇や安全性の観点から，これに代わる新型電池材料の開発が急務であった。

現在，新型電池として注目されているものに，カルシウムイオン電池がある。この電池の駆動イオンには二価のカルシウムイオン(Ca^{2+})が用いられ，一価のリチウムイオン(Li^{+})で駆動させるリチウムイオン電池に比して，カルシウムイオン電池は倍の理論容量，豊富な資源量，高い安全性等の利点を有するため，将来的に実用化が期待されている。

しかしながら，カルシウムイオン電池の可逆的動作の実現には，解決すべき課題点が多々存在する。とりわけ，この電池の潜在的な性能を引き出すための電極材料・電解質材料が見つかっておらず，既存の電池材料に代わる新規電池材料の創出が求められている。現在までに，我々の大学を含む研究機関で，層状構造を有するバナジウム酸化物やトンネル構造を有するマンガン酸化物等の大きなイオン可動サイトを有する酸化物材料を電池用電極に用いることで，カルシウムイオンの挿入・脱離を報告している。

そこで我々の研究では，上述の研究成果を含む結晶学・電気化学の知見を活かし，二次元層状構造を有するコバルト酸カルシウム($Ca_{0.5}CoO_2$)，三次元フレームワーク構造を有するプルシアンブルー類似体(PBA)の結晶構造の安定性に着目し，カルシウムイオン電池の新規正極材料の設計および創製を目指した。

（１）Ca_xCoO_2の結晶構造と想定反応式

図 8-1-1 に示すように $Ca_{0.5}CoO_2$ の結晶構造は層状岩塩型構造であり，CoO_6 八面体同士が稜を共有した層状構造の層間に Ca^{2+}イオンが存在する構造である。そのため，現行のリチウムイオン電池正極に使用されている層状岩塩型構造 $LiCoO_2$ と同様に，$Ca_{0.5}CoO_2$ 中の Ca^{2+}イオンは *ab* 平面内の移動が可能であり，結晶構造の可逆的変化により Ca^{2+}イオンの可逆的な脱離・挿入が期待される。

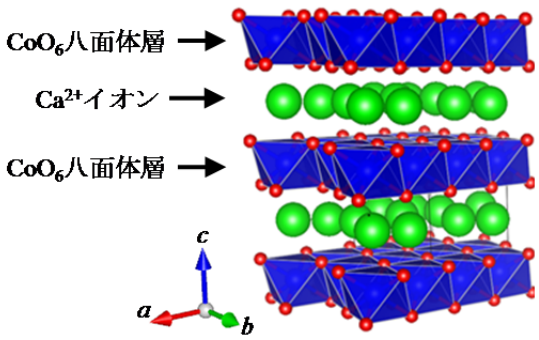


図 8-1-1 $Ca_{0.5}CoO_2$ の結晶構造

Ca_xCoO_2 を正極材料として用いた場合の想定反応式を以下に示す。

$$Ca_xCoO_2 \Leftrightarrow xCa^{2+} + 2xe^{-} + CoO_2$$

上式で $x = 0.5$ とした場合，相互の反応で Co^{3+}/Co^{4+} の電荷補償が可能である。そのため，Ca_xCoO_2 から Ca^{2+}イオンが x 個脱離する反応が期待される。しかしながら，層状岩塩型酸化物の特徴として，CoO_6

八面体の Co 位置にカチオンが，カチオン位置に Co が不規則に配列することが挙げられる。そして，これが可逆的な構造変化を阻害し電気化学的特性の劣化をもたらす要因となる。高温下で焼成することにより，その不規則的な配列を整列させることが可能であるが，高温下ではカチオンの蒸発による構造欠損等が導入されることが明らかとなっている。我々の先行研究においても，そのような焼成温度依存性を確認している。そこで本研究では，低温下で規則的配列の材料合成が可能とされるイオン交換法を用いて $Ca_{0.5}CoO_2$ の合成を行い，これまで報告例のない $Ca_{0.5}CoO_2$ の電気化学特性の解明を目指した。

（2） プルシアンブルー類似体(PBA)の結晶構造と想定反応式

図 8-1-2 に示すように PBA の結晶構造は立方晶構造であり，遷移金属とヘキサシアノ基から構成される八面体が三次元的に連なったフレームワーク構造を有する。その細孔径は 5~6 Å と大きく，遷移金属イオンや水分子等が細孔内で安定に存在可能であることが知られている。またイオン交換処理や熱処理によりそれらを除去可能であることや，三次元フレームワーク構造に起因して強固な結合であることからも，カルシウムイオンの三次元的な挿入・脱離が予想される。

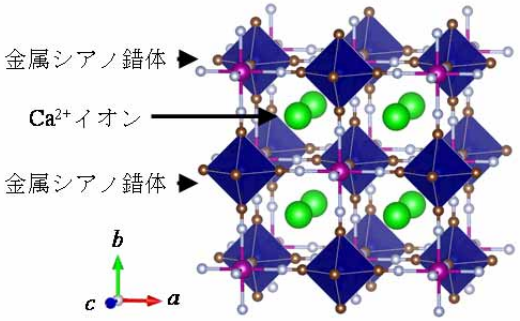


図 8-1-2 Ca_x@PBA の結晶構造

PBA の組成は，$A_xM[M'(CN)_6]\cdot nH_2O$ と表され，略称としては MM'-PBA と表される。従来のプルシアンブルーは A_x がカリウム(K), M と M'が共に鉄(Fe)であるのに対し，プルシアンブルー類似体(PBA)は A_x がアルカリ金属，M と M'が Fe, Co, Ni, Mn 等の遷移金属となる。

PBA のうち例えば，$CaFe[Fe(CN)_6]$を正極材料として用いた場合の想定反応式を以下に示す。

$$CaFe^{(II)}[Fe^{(II)}(CN)_6] \Leftrightarrow Ca^{2+} + 2e^- + Fe^{(III)}[Fe^{(III)}(CN)_6]$$

PBA を構成する遷移金属において，Fe^{2+}/Fe^{3+}の電荷補償が可能である。そのため，Ca^{2+}イオンが最大 1 個脱離・挿入する反応が期待される。PBA 内の遷移金属に異種金属を用いることによっても電荷補償が可能であり，水溶媒系や非水溶媒系電解液においてイオンの挿入・脱離が確認されている。しかしながら，Ca^{2+}イオンを可動イオンとして PBA の電気化学特性を検討している事例は皆無である。そこで本研究では，電荷補償が報告されている M'＝Fe とした MFe-PBA に着目し，種々の遷移金属 M = Co, Ni, Mn を構造内に有する MFe-PBA の合成を行うと共に，Ca^{2+}イオンを用いた MFe-PBA の電気化学特性の解明を目指した。

８－２　新規電池用正極材料の合成

（1）$NaCoO_2$ を母材料としてイオン交換反応させた $Ca_{0.5}CoO_2$ の構造解析

① 固相法による $NaCoO_2$ の合成

化学量論組成に対して 10 mol%過剰の Na_2O_2 と Co_3O_4 を Ar 雰囲気下で混合後ペレット化し，650 ℃, 16 h@O_2 ガスフロー(1 L/min)の条件で熱処理を行った。その結果，図 8-2-1 に示すとおり，固相法より合成した $NaCoO_2$ のピークは，粉末 X 線回折データファイルのピークにほぼ一致し，ほぼ単相の $NaCoO_2$ が合成されたことを確認した。

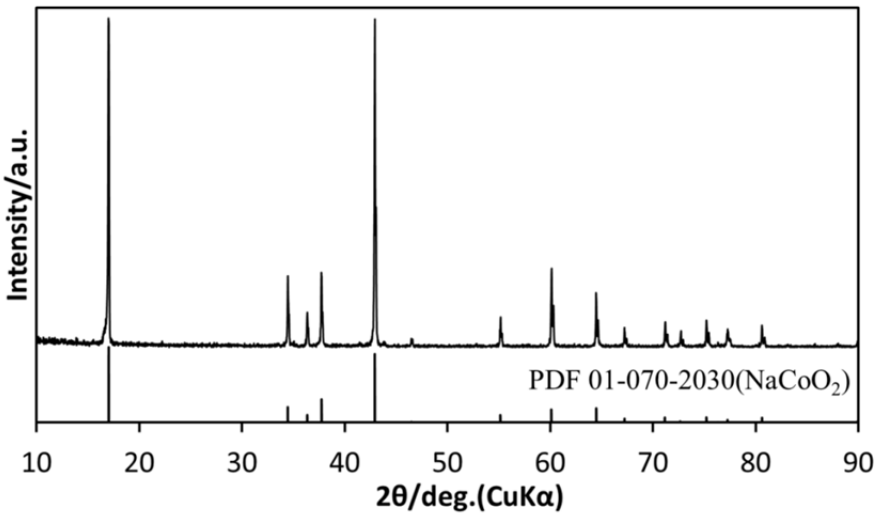


図 8-2-1 固相法により合成した $NaCoO_2$ 試料の XRD パターン

② イオン交換法による $Ca_{0.5}CoO_2$ の合成

化学量論組成に対して 10 mol%過剰の $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ と固相法から合成した $NaCoO_2$ を Ar 雰囲気下で混合後，300 ℃, 48 h 大気中で熱処理を行った。その結果，図 8-2-2 に示すとおり，イオン交換後のピークは，粉末 X 線回折データファイルの $Ca_{0.5}CoO_2$ のピークにほぼ一致し，ほぼ単相の $Ca_{0.5}CoO_2$ が合成されたことを確認した。

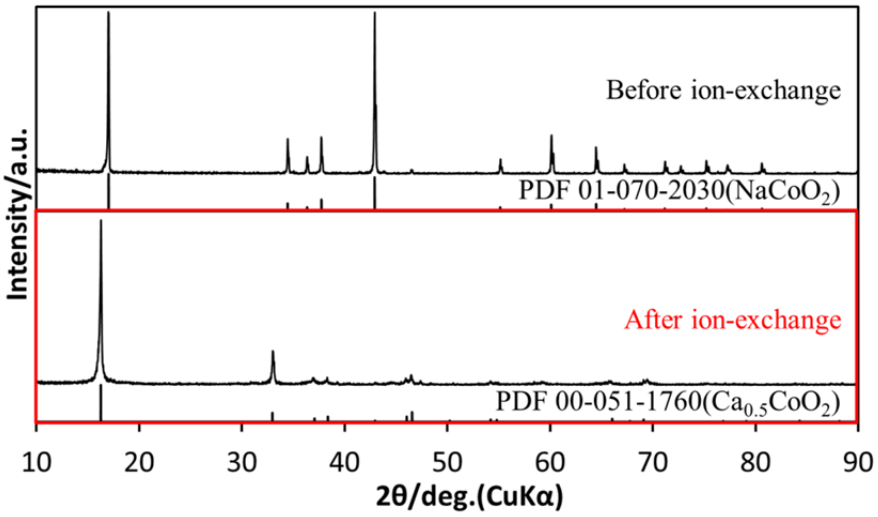


図 8-2-2 イオン交換反応法により合成した $Ca_{0.5}CoO_2$ 試料の XRD パターン

③ イオン交換前後の粒子形態観察および元素分析

イオン交換前後の試料の粒子形態および構成元素について，電界放出形走査電子顕微鏡(FE-SEM)およびエネルギー分散型 X 線分光(EDX)を用いて観察・測定した結果を，図 8-2-3 に示す。イオン交換前後で粒子形態に大きな変化は見られなかったが，イオン交換後の試料には Na のピークがほとんど検出されない一方で Ca のピークが明瞭に観測された。このことから，イオン交換反応によって Na^+ イオンが Ca^{2+} イオンにイオン交換されていることが EDX スペクトルから明らかになった。

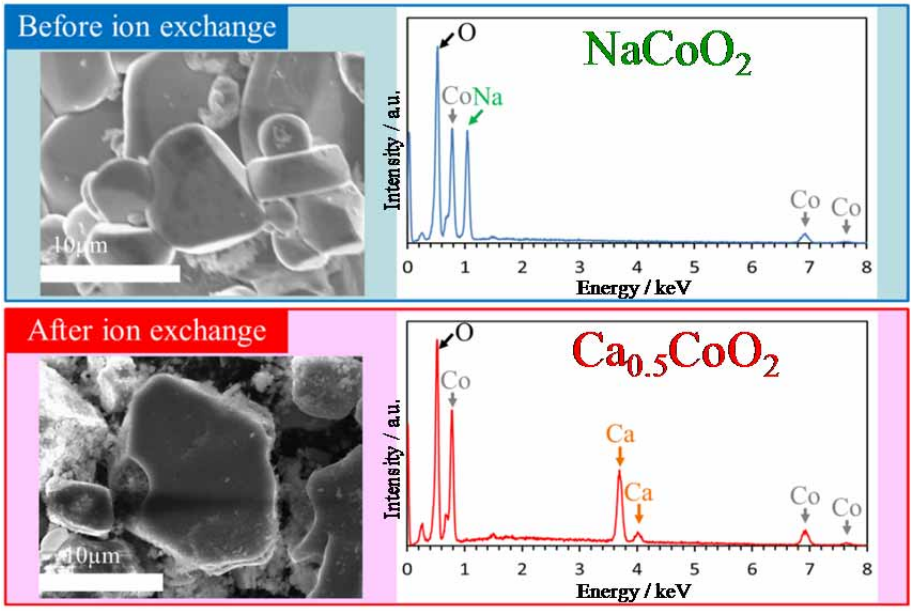


図 8-2-3 イオン交換前後の試料の粒子形態および EDX スペクトル

（２） プルシアンブルー類似体(MFe-PBA)の構造解析

① 異なる遷移金属種を用いた MFe-PBA の液相合成

既報告のとおり, 0.05 mol L^{-1} $K_3[Fe(CN)_6]$水溶液に 0.1 mol L^{-1} MCl_2 水溶液を滴下し室温で 2 h 撹拌後, 蒸留水でリンスを行い，80 ℃，24 h の条件で真空乾燥を行った。ただし，M には Ni，Mn，Co を用い，M = Ni の場合のみ撹拌も 80 ℃で行った。その結果，図 8-2-4 に示すとおり，合成した試料の回折パターンは，粉末 X 線回折データファイルの回折パターンにほぼ一致し，いずれもほぼ単相の MFe-PBA (M = Ni, Mn, Co)が合成されたことを確認した。

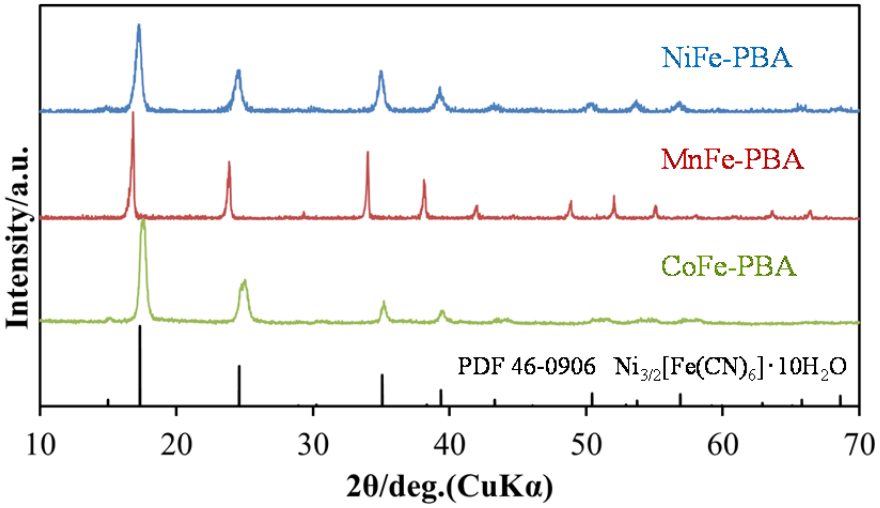


図 8-2-4 異なる遷移金属種を用いて合成した MFe-PBA の XRD パターン

② MFe-PBA の粒子形態観察および元素分析

異なる遷移金属種を用いて合成した MFe-PBA の粒子形態および構成元素について，電界放出形走査電子顕微鏡(FE-SEM)およびエネルギー分散型 X 線分光(EDX)を用いて観察・測定した結果を，図 8-2-5 に示す。MFe-PBA を構成する遷移金属の種類によって粒子形態に違いが見られ，NiFe-PBA, CoFe-PBA，MnFe-PBA の順に粒子径の増大と非晶質様な一次粒子の低減が確認された。図 8-2-4 の

MnFe-PBA の回折パターンが他の PBA よりも半値幅の狭いシャープなピークとなっていることから，MnFe-PBA は，微細な一次粒子の非晶質成分が少ないことが XRD 測定結果からも示唆される。EDX の元素分析の結果より，いずれも MFe-PBA を構成する遷移金属のピークが確認されたが，合成材料に含有される K のピークも確認され，K が MFe-PBA 構造内に残留することが明らかとなった。

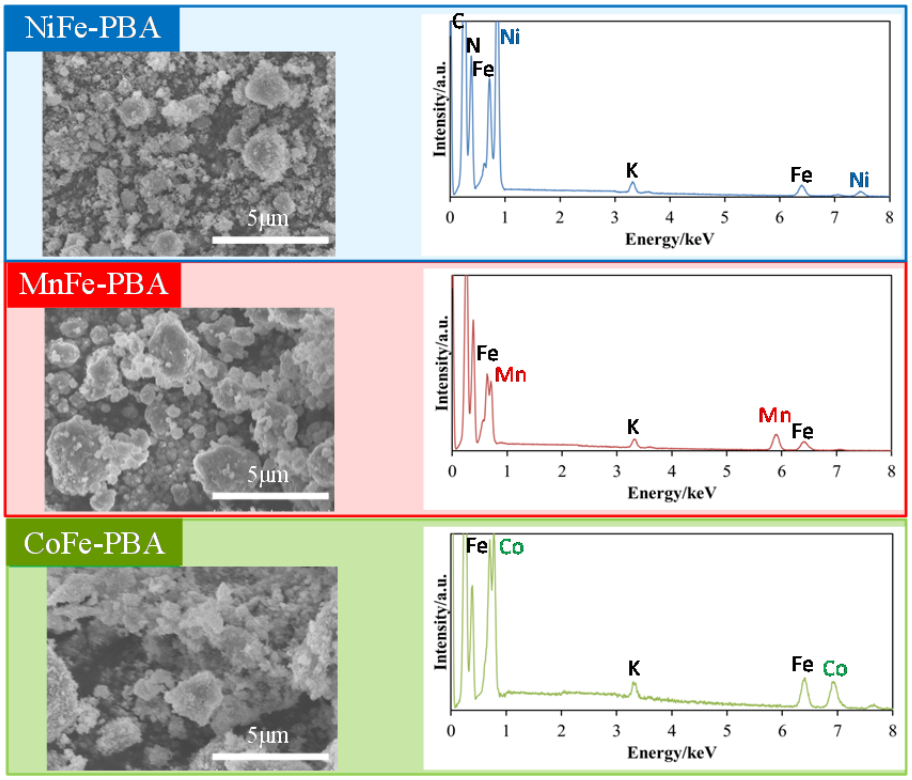


図 8-2-5 異なる遷移金属種を用いて合成した MFe-PBA の粒子形態および EDX スペクトル

８－３　電気化学特性評価

（１）$Ca_{0.5}CoO_2$ の電気化学特性評価

① 電極および電池の作製方法

正極活物質に $Ca_{0.5}CoO_2$，負極活物質に V_2O_5 を用い，各々の活物質に導電助剤としてアセチレンブラック，バインダーとしてテフロン粉末を 70：25：5 の重量比率で混合し，ロール成形したテフロン結着ペレット電極を作製した。そして，80 ℃, 12 h 真空乾燥したものをそれぞれ作用極，対極とした。参照極には非水溶媒系 Ag/Ag^+参照極を用いた。また電解液には 0.5 mol L^{-1} $Ca[N(SO_2CF_3)_2]_2$/AN を使用し，三電極ビーカーセルを構成した。電池の作製は，Ar ガスで満たされたグローブボックス中で行った。

② 定電流充放電試験

正極活物質として $Ca_{0.5}CoO_2$ の充放電特性を評価するにあたり，初期検討で決定された電位窓の電位範囲内で定電流充放電試験を行った。なお，予備実験の結果，活物質中の Ca^{2+}イオンが全て反応に寄与すると仮定した場合の容量で充電を行うと電解液の酸化分解反応を生じることが判明したため，上限容量を 80 $mAhg^{-1}$（$Ca_{0.5}CoO_2$ あたり）に制限して充放電試験を行った。以下に定電流充放電試験に採用した条件を示す。

- 環境温度： 30 ℃（恒温槽）
- 上限容量： 80 $mAhg^{-1}$（$Ca_{0.5}CoO_2$ あたり）
- 放電時の正極下限電位： -3.0 V vs. Ag/Ag^+
- 電流密度： 50 μAcm^{-2}
- 充電時の正極上限電位： 1.3 V vs. Ag/Ag^+

図 8-3-1 に，イオン交換法により合成した $Ca_{0.5}CoO_2$ の充放電試験結果を示す。電位窓内の電位で上限容量までの充電・放電を行うことができており，Ca^{2+}イオンの脱離・挿入反応が示唆された。この結果により，$Ca_{0.5}CoO_2$ はカルシウムイオン電池用正極として充放電可能であることが明らかとなった。一方，充電／放電の電位プロファイルに大きな開きがあることから，反応に伴う過電圧が高いことがわかった。

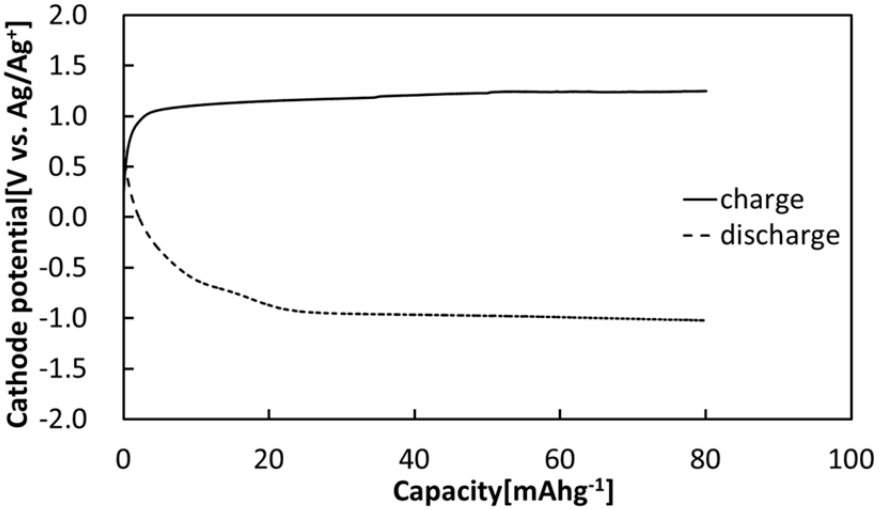


図 8-3-1 イオン交換法により合成した $Ca_{0.5}CoO_2$ の充放電特性

（2）NiFe-PBA の電気化学特性評価

リチウム塩溶解の非水溶媒系電解液を用いた予備実験より，MFe-PBA 正極の中でも NiFe-PBA が最も高い充放電容量を示したことから，以降 NiFe-PBA 正極／電池の作製方法および定電流充放電試験について記述する。

① 電極および電池の作製方法

正極活物質として NiFe-PBA，導電助剤としてケッチェンブラック，バインダーとしてテフロン粉末を 70 : 20 : 10 の重量比率で混合し，ロール成形したテフロン結着ペレット電極を作製した。また負極活物質として活性炭を用い，これにカーボン導電助剤およびテフロンバインダーを 80 : 10 : 10 の重量比率で混合し，正極と同様にテフロン結着ペレット電極を作製した。そして，80 ℃, 12 h 真空乾燥した負極を対極とした。正極に関しては予備実験により，可動イオンが内包される PBA のサイトに水分の存在が示唆されたため，脱水処理として 150 ℃，6 h，Ar 雰囲気下で熱処理を施し，これを作用極とした。参照極には非水溶媒系 Ag/Ag^+参照極を用いた。また電解液には 0.5 mol L^{-1} $Ca[N(SO_2CF_3)_2]_2$ /AN を使用し，三電極ビーカーセルを構成した。電池の作製は，Ar ガスで満たされたグローブボックス中で行った。

② 定電流充放電試験

正極活物質として NiFe-PBA の充放電特性を評価するにあたり，初期検討で決定された電位窓の電位範囲内で定電流充放電試験を行った。以下に定電流充放電試験に採用した条件を示す。

- 環境温度： 30 ℃（恒温槽）
- 電流密度： 25 μAcm^{-2}
- 充電時の正極上限電位： 1.0 V vs. Ag/Ag^+
- 放電時の正極下限電位： -1.0 V vs. Ag/Ag^+

図 8-3-2 に，NiFe-PBA の充放電試験結果を示す。この結果から放電時は 0.2 ~ -0.1 V vs. Ag/Ag^+に，充電時は 0.4 V vs. Ag/Ag^+近傍に電位プラトーが観測された。これらのプラトーは予備実験のサイクリックボルタモグラムで確認された Ca^{2+}イオンの挿入・脱離反応に起因することが示唆された。この結果により，NiFe-PBA はカルシウムイオン電池用正極として充放電可能であることが明らかとなった。

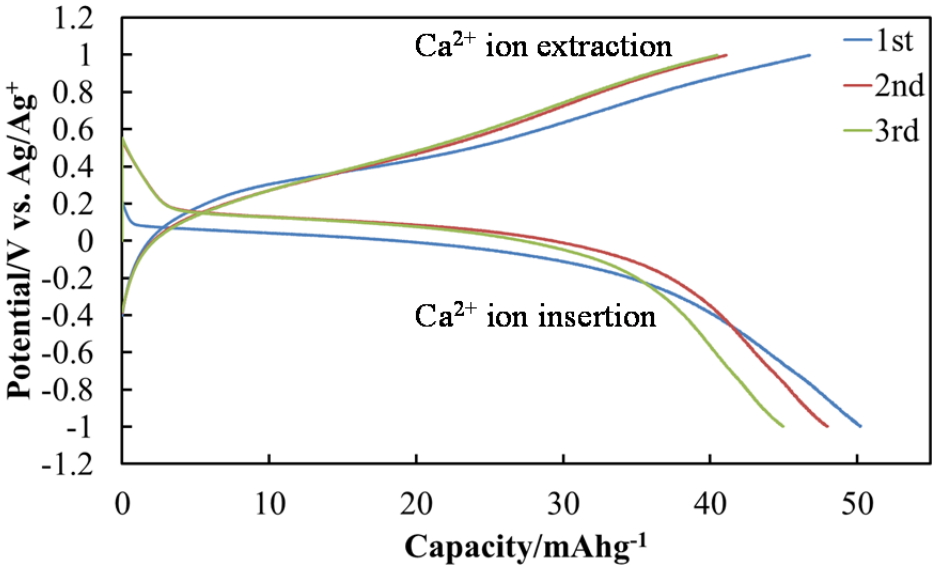


図 8-3-2 NiFe-PBA の充放電特性

８－４　充放電に伴う正極の反応機構

（１）充放電前後の $Ca_{0.5}CoO_2$ 正極の構造解析

① X 線回折による充放電前後の $Ca_{0.5}CoO_2$ 正極の結晶構造解析

イオン交換法により合成した $Ca_{0.5}CoO_2$ に対して，80 $mAhg^{-1}$ の充電および充放電を行った後，グローブボックス中でセルを解体して電極を取り出し，ジメチルカーボネートで繰り返し洗浄・真空脱気を行った電極ペレットの X 線回折測定を行った。図 8-4-1 に得られた XRD パターンを示す。なお，内部標準として添加した Si に起因するピークを基準としている。図 8-4-1 において充電に伴い，CoO_6 八面体層方向に対応する(001), (002)ピークの強度が低下しているものの，若干ではあるが低角度側にピークシフトが確認され，Ca^{2+}イオン脱離に伴い結晶格子が膨張していることがわかった。その後の放電では，ピーク位置が初期状態まで戻っており，反応の可逆性を示すものと考えられる。いずれにしても，大きな構造変化を伴わずに Ca^{2+}イオンの脱離・挿入反応が進んでいると考えられるが，ピークシフトはわずかであり，今後詳細な構造解析が必要である。

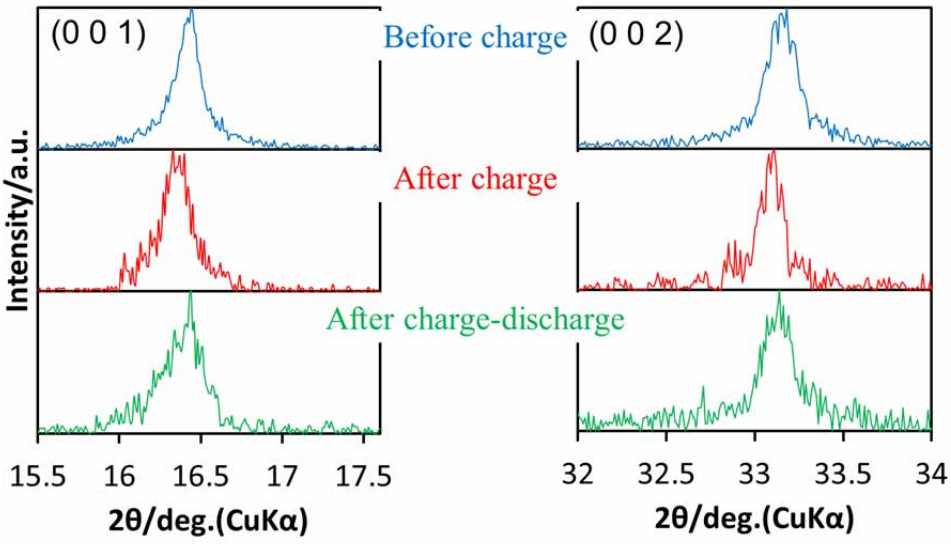


図 8-4-1 充放電前後の $Ca_{0.5}CoO_2$ 正極の XRD パターン比較

② EDX による充放電前後の $Ca_{0.5}CoO_2$ 正極の元素分析

前項で示唆された Ca^{2+}イオンの脱離・挿入反応を更に理解する目的で，イオン交換法により合成した試料について，充電後および充放電後の電極中のカルシウムとコバルトの比率変化を， EDX により分析した。Co のスペクトル強度で規格化した結果を図 8-4-2 に示す。

図 8-4-2 より，Ca のピーク強度が充電により低下し，その後の放電で充放電前の状態に復帰していることから，充電により $Ca_{0.5}CoO_2$ 正極から Ca^{2+}イオンが脱離し，放電により Ca^{2+}イオンが再び結晶格子中に挿入されていることがわかった。

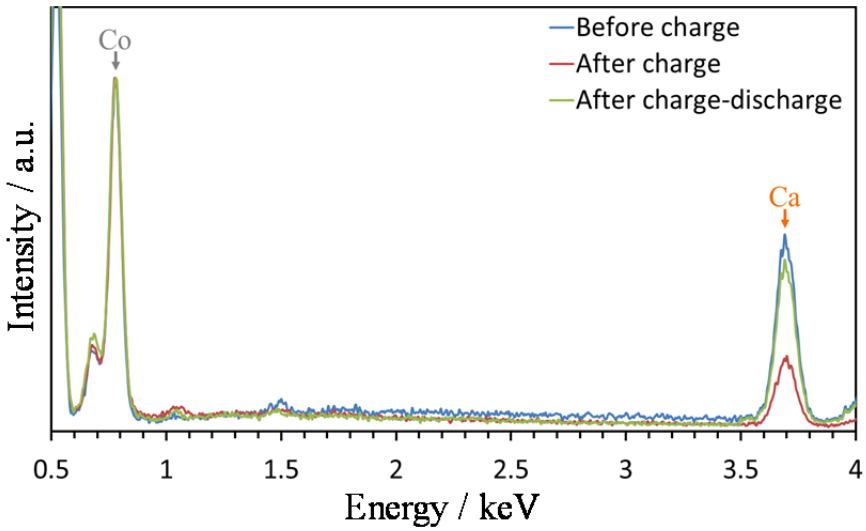


図 8-4-2 充放電前後の $Ca_{0.5}CoO_2$ 正極の EDX スペクトル

（２）充放電前後の NiFe-PBA 正極の構造解析

① X 線回折による充放電前後の NiFe-PBA 正極の結晶構造解析

液相法により合成した NiFe-PBA に対し，放電および充放電を行った後，グローブボックス中でセルを解体して電極を取り出し，ジメチルカーボネートで繰り返し洗浄・真空脱気を行った電極ペレットの X 線回折測定を行った。図 8-4-3 に得られた XRD パターンを示す。なお，内部標準として添加した Si に起因するピークを基準としている。図 8-4-3 において, NiFe-PBA の骨格格子に対応する(200), (220)ピークは，放電に伴い若干ではあるが高角度側にシフトし，Ca^{2+}イオン挿入により細孔部の骨格格子が収縮していることがわかった。その後の充電では，ピーク位置が初期状態まで復帰しており，Ca^{2+}イオンの挿入・脱離反応の可逆性を示すものと考えられる。

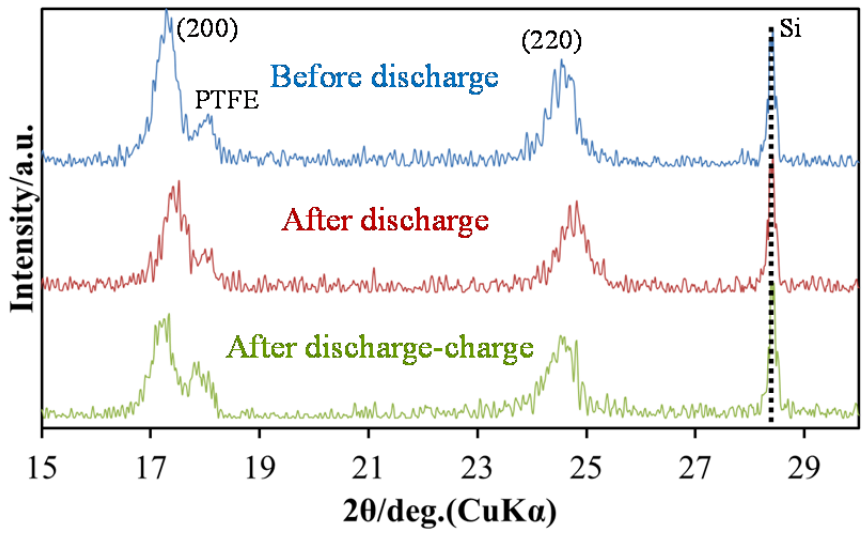


図 8-4-3 充放電前後の NiFe-PBA 正極の XRD パターン比較

② EDX による充放電前後の NiFe-PBA 正極の元素分析

前項で示唆された Ca^{2+}イオンの挿入・脱離反応を更に理解する目的で，放電後および充放電後の電極中のカルシウムと鉄の比率変化を， EDX により分析した。Fe のスペクトル強度で規格化した結果を図 8-4-4 に示す。

図 8-4-4 より，Ca のピーク強度が放電により増大し，PBA 細孔内に Ca^{2+}イオンが挿入されたことがわかる。その後の充電により Ca のピーク強度の低下が見られ，NiFe-PBA 正極から Ca^{2+}イオンが脱離していることが確認された。しかし，放電前・放電後に K のピークが検出されていることから，PBA 細孔内に K^{+}イオンが残存していることが明らかとなった。またその後の充電により K のピーク強度は低下しているため, PBA 細孔内に残留した K^{+}イオンが Ca^{2+}イオンと共に NiFe-PBA 正極から脱離していることが判明した。

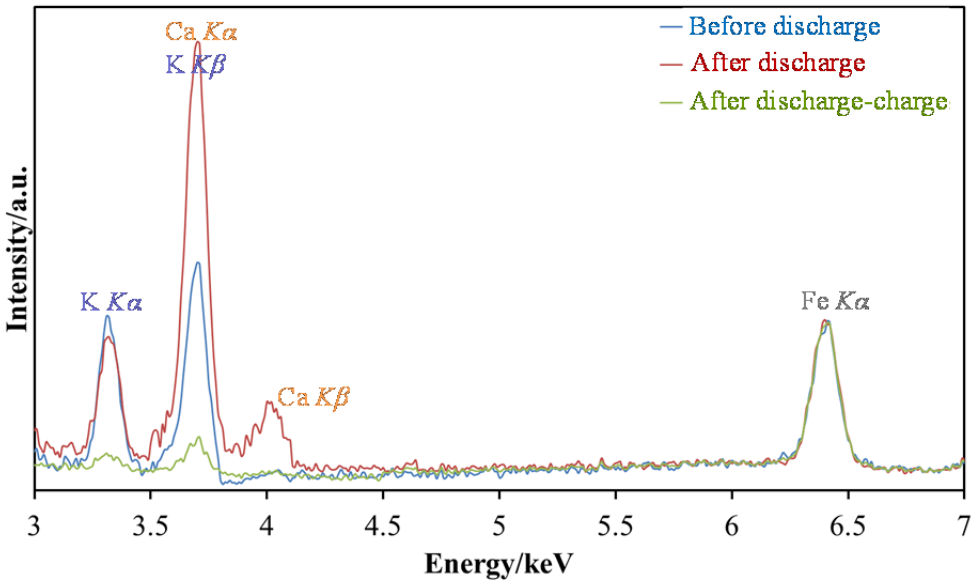


図 8-4-4 充放電前後の NiFe-PBA 正極の EDX スペクトル

③ XPS による充放電前後の NiFe-PBA 正極の結合状態解析

Ca^{2+}イオンの挿入・脱離反応に伴う，NiFe-PBA 内の遷移金属の価数変化を理解する目的で，X 線光電子分光(XPS)を用いて，放電後および充放電後の電極中の鉄とニッケルの結合状態分析を行った。それらの XPS スペクトルの結果を図 8-4-5 に示す。

図 8-4-5 の Fe 2*p* 軌道の XPS スペクトルより，放電による NiFe-PBA 細孔内への Ca^{2+}イオンの挿入に伴い，Fe^{3+}に起因するピークが低エネルギー側にシフトし，Fe^{3+}から Fe^{2+}に価数が減少することが確認された。その後の充電による NiFe-PBA 細孔内からの Ca^{2+}イオンの脱離に伴い，Fe^{2+}のピーク位置が初期状態に戻り，Fe^{2+}から Fe^{3+}に価数が戻ることが確認された。一方で，図 8-4-5 の Ni 2*p* 軌道の XPS スペクトルには，Ni^{2+}に起因するピークのエネルギーシフトがほとんど確認されていないが，放電時に Ni^{2+}のピーク強度の低下が観測されると共に，863 eV 付近にブロードな Ni サテライトピークの出現が観測された。このため，Ni も Ca^{2+}イオンの挿入・脱離反応に関係することが示唆されるが，これに関して今後詳細な電子状態解析が必要である。

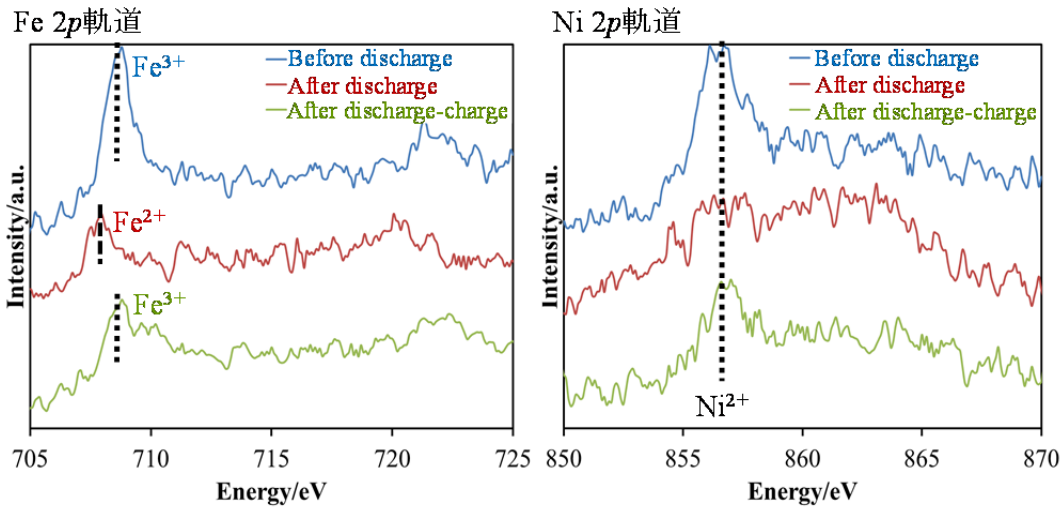


図 8-4-5 充放電前後の NiFe-PBA 正極の XPS スペクトル

８－５　まとめ

カルシウムイオン電池用正極材料の候補として $Ca_{0.5}CoO_2$ およびプルシアンブルー類似体(MFe-PBA)に着目し，前者の材料において $NaCoO_2$ を母材料とするイオン交換法でほぼ単相の $Ca_{0.5}CoO_2$ が合成できることがわかり，後者の材料において M＝Ni, Co, Mn の遷移金属を構造骨格にもち，いずれもほぼ単相の MFe-PBA が合成できることがわかった。

カルシウム塩を有機溶媒に溶解させた非水溶媒系電解液中で，カルシウムイオン電池用正極材料としての $Ca_{0.5}CoO_2$ の電気化学特性を初めて検討した。またリチウム塩溶解の非水溶媒系電解液を用いて，MFe-PBA 正極の電気化学特性を評価し，その中でも充放電容量が最も高い NiFe-PBA に着目し，カルシウム塩溶解の非水溶媒系電解液を用いた NiFe-PBA 正極の電気化学特性を初めて検討した。これらの結果，上記の正極材料は共に，カルシウムイオンの挿入・脱離反応を伴って充放電可能であることが明らかとなり，カルシウムイオン電池用正極材料として有望であることがわかった。しかしながら，カルシウムイオンの挿入・脱離反応に伴う電気化学特性を評価するためには，充放電前後の正極材料の結晶構造および電子状態に関して解明すべき点もあり，今後の研究課題である。

９．第４世代ビークルの研究

電気・電子情報工学系　教授　大平　孝，准教授　田村　昌也，助教　坂井　尚貴

９－１　はじめに

（1）第４世代ビークルの黎明

第１世代＝石炭，第２世代＝石油，第３世代＝バッテリ，に続く第４世代ビークルとして，本学は「電化道路電気自動車 EVER: Electric Vehicle on Electrified Roadway」を提唱した（図 9-1-1）。第１～３世代が“エネルギーを運搬して走行”であるのに対し，第４世代は“エネルギーを集電して走行”の概念に基づく。すなわちエネルギー資源のパラダイムシフトである。

近年注目されている，第３世代のバッテリ式電気自動車はグリーンなビークル社会実現のコアテクノロジーである。第４世代ビークルの EVER はバッテリ式電気自動車の普及の障害となっている３つの課題：１）航続距離が短い，２）充電時間が長い，３）車両価格が高い，を一挙に解決することを狙う。EVER のコンセプトは，自宅から幹線道路入り口までは小容量バッテリで走行し，幹線道路からは路面からエネルギーを集電して走行する。そして，幹線道路から外れる際には小容量バッテリは満充電されており，目的地までは小容量バッテリで走行する。つまり，EVER は高速道路と主要幹線道路に電化工事を施すことで実現できる。「走行中給電」は「停車中充電」と異なり大容量バッテリの搭載を不要とする。これにより，電気自動車は一般家庭で購入できる価格となることが期待でき，更には途中充電することなく長距離移動が可能となる。

（2）ワイヤレス走行中給電　タイヤ集電方式

ワイヤレス走行中給電技術としてタイヤ集電（V-WPT: Via-Wheel Power Transfer）方式を本学は提案している（図 9-1-1）。本方式は，現在自動車に使われる一般的なタイヤのほぼすべてがトレッド表面近くにスチールベルト（導体）が埋め込まれていることに着目し，これにパンタグラフの働きをさせるという革新的なワイヤレス給電方式である。インフラ側は架線のかわりとなる電極を路面下に埋設する。電極は導体平板あるいは網目状シートでよいので，道路敷設や補修が容易であると期待できる。一般にトレッド表面にはゴムがあり，電極もアスファルトに覆われているため，スチールベルトと電極の間には絶縁体がある。つまり，通常の 50/60Hz のエネルギーは流れない。そこで，50/60Hz のエネルギーを数 MHz 以上の高周波（RF）エネルギーに変換してタイヤに給電する仕組みを考える。RF エネルギーは絶縁体の材質にも流れるという性質がある。これは変位電流と呼ばれている。

本学では V-WPT 方式を搭載した EVER システムの実現を目指し，図 9-1-2 のロードマップを作成，平成 24 年度から３年間研究を進めてきた。本年度は 100W 級の V-WPT 方式を搭載した電化フロア電動カートシステムの開発に成功，1kW 級の EVER システムの基礎検討を実施したので報告する。

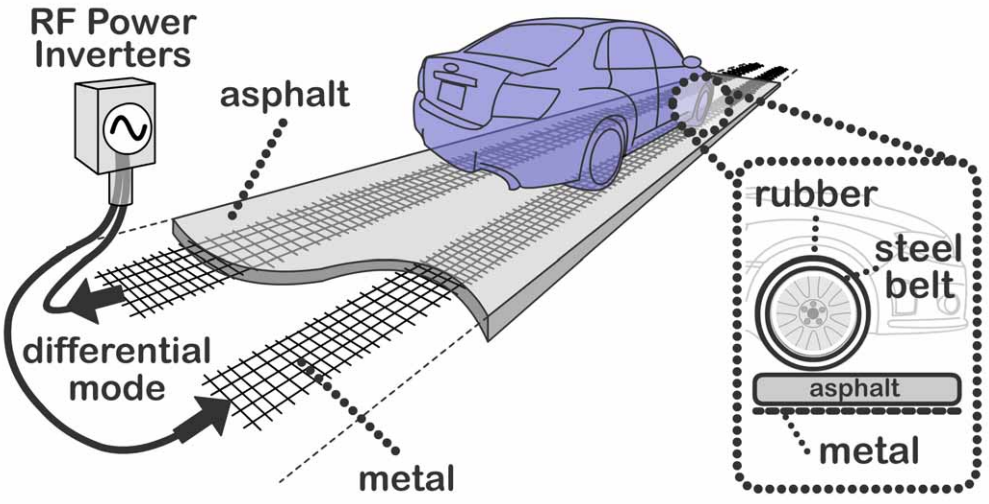


図 9-1-1　電化道路電気自動車 EVER のしくみ

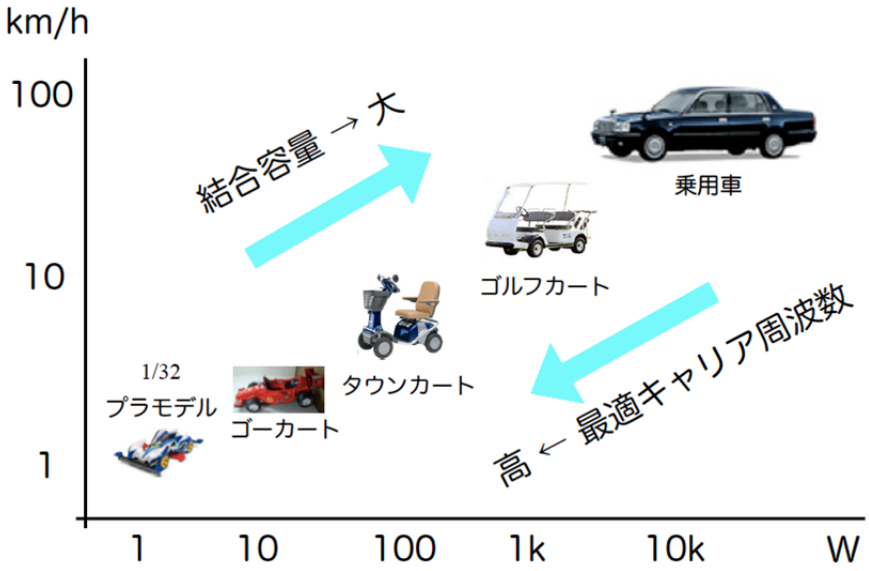


図 9-1-2　電化道路電気自動車 EVER 実現までのロードマップ

９－２　平成 24 年度：V-WPT 方式によるワイヤレス電力伝送の基礎検討

（1）普通乗用車タイヤによるワイヤレス電力伝送の実証

普通乗用車のタイヤによる RF エネルギー電力伝送フィージビリティを明らかにするため，電球点灯実験システムを設計，試作した。試作した電球点灯システムの動態様子を図 9-2-1 に示す。試作したシステムは，RF 電源 － 整合回路 － 電極 － アスファルト － タイヤ － 整合回路 － 電球 で構成される。試作したシステムの電力伝送効率は 85%を達成した。図 9-2-1 に示す通り，白熱電球を点灯するほどのエネルギーを伝送することに成功した。15%の損失要因はゴムタイヤの誘電損失，整合回路のコンデンサ，コイル等に含まれる内部損失が考えられる。



図 9-2-1　60W 白熱電球点灯実験

（2）1/10 スケールモデル電気自動車による EVER システム

前小節では V-WPT 方式の原理実証を行い，タイヤによる電力伝送が十分可能であることを示した。本小節では V-WPT 方式を搭載した 1/10 スケールモデル EVER システムを試作し，フィージビリティを示した。試作した 1/10 スケールモデル EVER システムの動態様子を図 9-2-2 に示す。試作したシステムは，RF 電源–整合回路–電化道路(プリント基板)–タイヤ–整合回路–整流回路–モーター で構成しており，全て学生の手作りである。試作した EVER システムの RF 電源の出力から整流回路の入力までの電力伝送効率は 61.5%を示した。最後に，RF 電源に直流電源を接続し，1/10 スケールモデル電気自動車へ約 10W の電力伝送を行った。結果，モーターが勢い良く回転することを確認した。

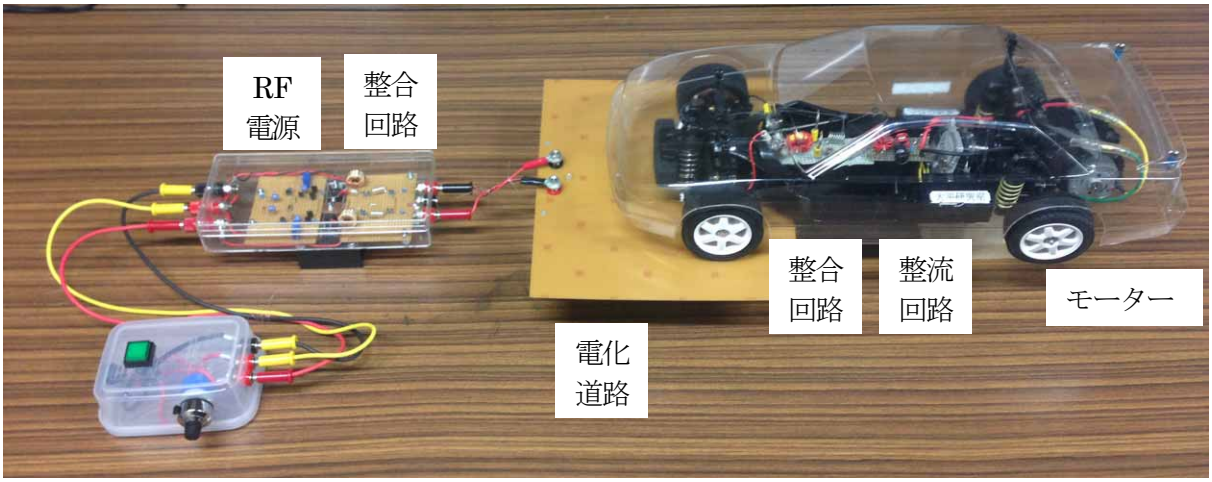


図 9-2-2　試作した 1/10 スケールモデル EVER システム（全て学生の手作り）

９－３　平成 25 年度：リアルタイム負荷追従インピーダンス整合回路

EVER システムを実現するにはインフラ側から車両側へ RF エネルギーを効率よく伝えることが重要である。RF 電源の内部インピーダンスと，電化道路の入力インピーダンスは互いに複素共役の関係にあるとき電力伝送効率が最大となる。一般に上記条件を満たすためにインピーダンス整合（インピーダンス変換）回路を RF 電源と電化道路の間に装荷する。ところが，電化道路の入力インピーダンスは時々刻々と変化するため，常に高い電力伝送効率を維持することが難しい。何故ならば，電化道路の給電先にある車両の位置が時々刻々と変わり，その走行距離が RF エネルギーの波長に比べて無視できないからである。

上記課題に対し，本学は電化道路の入力インピーダンスに応じて自律的にインピーダンスの整合を行う，リアルタイム負荷追従（R-TLT: Real Time Load Tracking）整合回路を提案，試作した。R-TLT 整合回路は，可変インピーダンス整合回路，電力伝送状態の電化道路の入力インピーダンスを検知する回路，検知結果を可変インピーダンス整合回路に反映させる回路で構成する。それら全てアナログ回路であるため，インピーダンス整合動作がリアルタイムである。

試作した R-TLT 整合回路を図 9-3-1 に示す。試作した R-TLT 整合回路に可変負荷を装荷し，可変負荷のインピーダンスを順次変更した場合にインピーダンス整合が自律的に行われるか実証実験した。結果，可変負荷のインピーダンスが 15Ω から 90Ω まで変動した際に，R-TLT 整合回路が自律的にインピーダンス整合することに成功した。インピーダンス整合後，55±5Ω の範囲に収まることを確認した。

９－４　平成 26 年度：V-WPT 方式によるワイヤレス電力伝送の大電力化実証実験

（1）電化フロア電動カート走行中給電システム

平成 24 年度において V-WPT 方式を搭載した 1/10 スケールモデル EVER システムを試作し，フィージビリティを示した。本年度は V-WPT 方式を搭載した 100W 級電化フロア電動カートシステム（ECEF: Electric Cart on Electrified Floor）を試作し，バッテリーレス電動カートの有人走行実験を

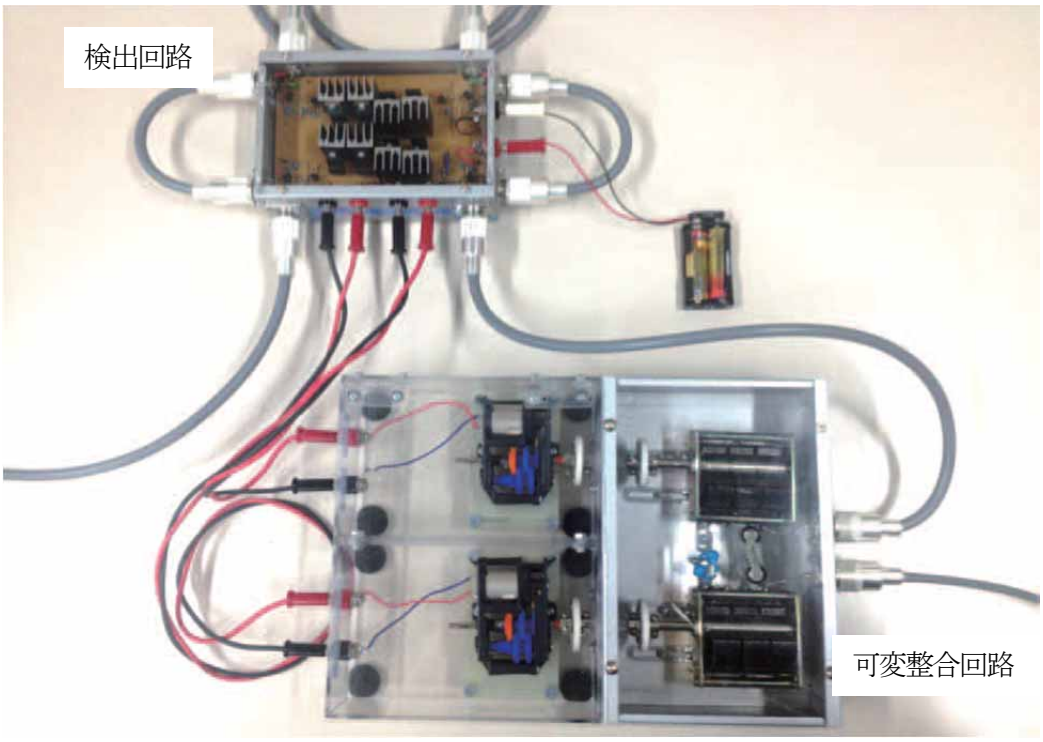


図 9-3-1　リアルタイム負荷追従（R-TLT）整合回路

行った。

電動カートを駆動させる電力を高効率で伝送するため，２つのアプローチを実施した。１）最大有能電力効率理論および二ポート同時整合法の導入によるインピーダンス整合回路の設計手法を確立した[実績：論文 2]。２）電力伝送効率を向上する電化フロア構造の提案した[実績：技術報告 1]。上記アプローチを駆使し，図 9-4-2 に示す ECEF システムを試作した。試作した ECEF システムは，500W 級 RF 電源，整合回路，電化フロア，200W 級 RF 整流回路，電圧・電流レギュレータ回路で構成した。これらは全て学生の手作りである。試作した電化フロアの構造を図 9-4-1 に示す。試作した ECEF



図 9-4-1　試作した電化フロア



図 9-4-2　電化フロア電動カートシステムによるバッテリーレス電動カートの有人走行実演展示

システムの総合電力伝送効率（RF 電源 DC 入力―整流回路 DC 出力）は 21%を達成した。電化フロア上をバッテリーレス電動カートが時速 3km で力強く走行することを確認した。

（2）バスタイヤを用いた 1kW 電力伝送実験

前小節にて V-WPT 方式による 100W 級電動カートの走行中給電実証を達成した。次に図 9-1-2 のロードマップに従い，走行するのに 1kW 以上の電力を必要とする電気バスに着目する。V-WPT 方式の給電のみで電気バスが駆動するかの基礎検討として，本小節は市販バスタイヤを用いた 1kW 電力伝送実験結果を報告する。

試作したバスタイヤ V-WPT 方式無線電力伝送システムを図 9-4-3 に示す。システム構成は RF 電源 - 整合回路 - 電極 - アスファルト - タイヤ - 整合回路 - 1kW ダミーロードである。1kW 電力伝送を実現するため，損失要因分析および整合回路の耐電圧評価を行い，最適な整合回路のトポロジーを見出した。試作した V-WPT 方式無線電力伝送システムの 1kW 電力伝送実験を行った。結果，1kW RF 電力の入力に対し，820W の RF 出力電力を確認した。つまり，電力伝送効率 82%を達成した。

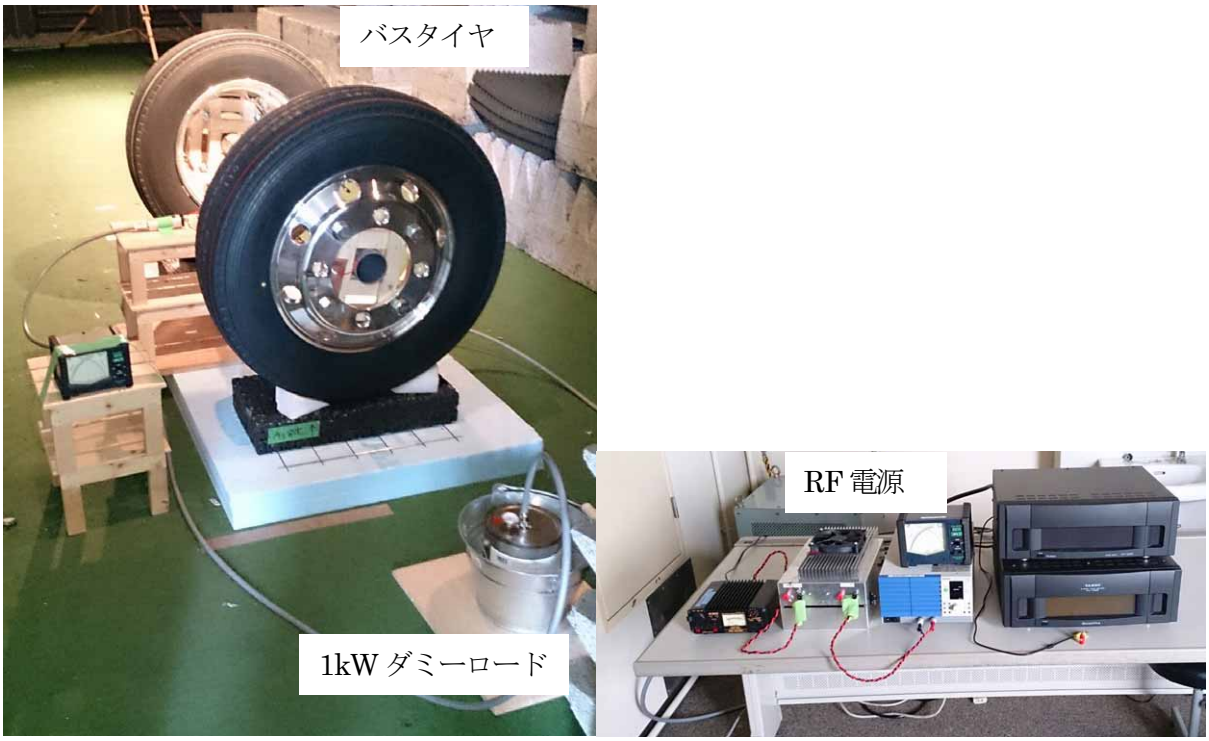


図 9-4-3　市販バスタイヤを用いた V-WPT 方式 1kW 無線電力伝送システム

（3）1kW RF 整流回路の開発

前小節にて V-WPT 方式による 1kW の無線電力伝送の実現可能性を示した。無線電力伝送した 1kW の RF 電力で DC モーターを駆動させるには 1kW RF 整流回路が必要である。また，入力が大電力であるため発熱を抑えるには高い RF-DC 変換効率が求められる。本年度は高効率 1kW RF 整流回路を試作したので報告する。

試作した 1kW RF 整流回路の外観を図 9-4-4 に示す。1kW RF 整流回路を実現するため，RF 電力分配回路で 1kW を 250W に分配し 4 台の RF 整流回路で RF-DC 変換を行った。RF 整流回路は RF-DC 変換効率が高くなるよう，半導体素子から発生する高調波を抑圧する回路トポロジーを組み込んだ。1kW 電力入力時における試作した整流回路の RF-DC 変換効率を測定した。結果 RF 電力 1 kW を DC 電力 751.6 W に変換することに成功した。つまり，RF-DC 変換効率 75%達成した。

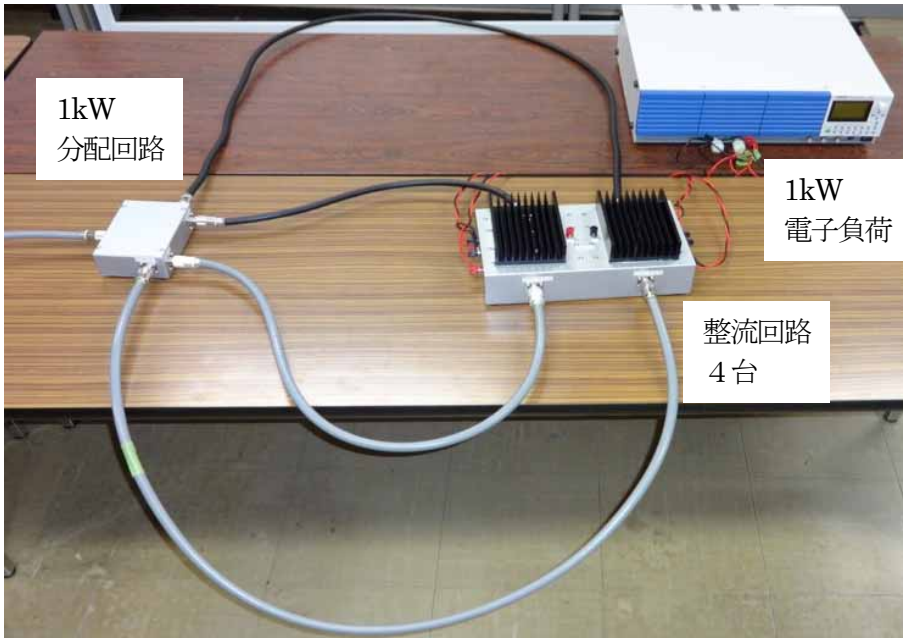


図 9-4-4　試作した 1kW RF 整流回路

（４）液相の大電力誘電率測定システムの開発

V-WPT 方式を一般乗用車や電気自動車などに導入した場合，屋外環境を想定した EVER システムの環境耐性の評価が重要である。電化道路は雨水や雪の影響を受けることが想定される。つまり，大電力伝送における雨水や雪などの液体の電気特性を測定したい。そこで，本学は液相の大電力誘電率特性を測定するシステムを新たに提案，試作した。

試作した大電力誘電率測定システムを図 9-4-5 に示す。システムは液体に大電力を印加するための，1kW RF 電源，測定する液体に電力を加えるための水槽型液体評価デバイス，誘電率を測定するためのオシロスコープ，1kW の入力電力のうち液体で消費されない電力を消費するための 1kW 負荷で構成される。試作した大電力誘電率測定システムで塩水を評価した結果，塩水の誘電率が電力に対して非線形であることを突き止めた。



図 9-4-5　大電力誘電率測定システム

９－５　研究成果公表

電化フロア電動カート ECEF システムによるバッテリーレス電動カートの有人走行に成功した成果を，9 月 22 日に本学にてプレスリリースを行った。結果，多くのメディアから取材があり，テレビ東京の「ワールドビジネスサテライト」や NHK の「ほっとイブニング」などで報道された［実績：報道掲載］（図 9-5-1）。

本成果の一つである大電力液体誘電率測定システムを，電子情報通信学会主催「マイクロ波展示会 MWE2014 : Microwave Workshop and Exhibition 2014」に展示した。また，展示会で開催される大学展示コンテストにエントリーした。液相の誘電率の電力特性に非線形性があることを世界で初めて発表したところ，来場者や審査員の方々から多くの賞賛をいただいた。コンテストの審査の結果，本学ブースが優秀賞に選ばれた（図 9-5-2）。

トヨタ自動車内山田会長が本学にご来校し，その際，本成果 ECEF システムのご試乗，ご視察していただいた（図 9-5-3，図 9-5-4）。非常に強い興味を持っていただいた。



図 9-5-1　テレビ東京
「ワールドビジネスサテライト」放送



図 9-5-2　MWE2014 大学研究室展示
優秀賞受賞



図 9-5-3　トヨタ自動車内山田会長
電動カートご試乗風景



図 9-5-4　トヨタ自動車内山田会長
超小型電気自動車ご視察風景

９－６　むすび

本学ではタイヤ集電（V-WPT）方式を搭載した電化道路電気自動車 EVER システムの実現を目指し研究開発を進めた。本年度は電化フロア電動カート ECEF システムを試作した。電化フロアの上を

バッテリーレス電動カートが時速 3km で有人走行することに成功した。その時の総合効率は 21%を達成した。V-WPT 方式を搭載した電気バスのフィージビリティを明らかにするため，市販バスタイヤを用いた V-WPT 方式無線電力伝送システムを試作，1kW の無線電力伝送実験を行った。結果，電力伝送効率 82%で 1kW の RF 電力を送ることに成功した。最後に給電した 1kW の RF 電力で DC モーターを動かすため 1kW RF 整流回路を設計，試作した。試作した RF 整流回路は RF-DC 変換効率 75%を達成した。これら成果により EVER システムの実現可能性を世の中に強く示すことに成功するとともに，低炭素な未来ビークルシティ実現に向けて大きく前進した。

１０．　持続可能な移動手段の環境有効性の評価

環境・生命工学系　准教授　後藤　尚弘

１０－１　はじめに

地球温暖化等の環境問題が顕在化する中で，持続可能性についての議論が盛んに行われているが，人間が持続的に活動をするためには交通の持続が必要不可欠である。日本は戦後高度経済成長を迎え，急速な復興を遂げる過程において交通部門からの二酸化炭素排出量は一貫して増え続けている。これは，社会の発展にとも伴う流通業の成長，船舶，鉄道輸送から自動車輸送へのモーダルシフトなどがあげられる。

こうした状況の中，近年，環境への配慮を考慮した低環境負荷型の交通システム導入への取組が推進されている。ハイブリットカーや電気自動車の開発は持続可能な交通システム形成への一つの取り組みであるといえよう。一方で，交通手段そのものを変える「モーダルシフト」や乗り方を変える「エコドライブ」も実施されている。

しかしながら既往研究により環境行動において意識の高さと行動の不一致がしばしば報告されており，「モーダルシフト」や「エコドライブ」の実施に関しても環境意識を高めることが促進につながるとは限らない。これらの行動を促進させるためには環境意識と行動の関係を明らかにする必要がある。

本研究では持続可能な交通システムを構築するための様々な取り組みについて，環境性から評価することを目的とする。対象は以下のとおりである。

1　電動二輪車導入による二酸化炭素削減量の推計
2　使用済み自転車の廃棄量に関する調査
3　電動二輪車導入に関する導入意図と導入行動の関係
4　エコドライブに関する実践意図と実践行動の関係

１０－２　電動二輪車導入による二酸化炭素削減量の推計

電動二輪車（電動アシスト付き自転車，電動バイク）の長期ならびに短期利用調査から電動二輪車利用の実態を明らかにした。さらに，導入による炭酸ガス排出削減量の可能性を推計した。

電動バイク，電動アシスト自転車を通勤利用する被験者を選定し，長期間通勤利用してもらい，乗車の有無（通勤利用に限る）とその理由についての調査を実施した。利用した電動二輪車は電動バイクが SUZUKI e-Let's（1 充電当たりの走行距離 30km，1 回の充電時間 4 時間），電動アシスト付き自転車が YAMAHA PAS ナチュラ M（1 充電当たりの走行距離強モード走行：約 24km，標準モード：約 29km，オートエコモードプラス：約 35km，1 回の充電時間 3.5 時間）である。

（1）電動アシスト付き自転車の長期通勤利用実態調査

全日程における期間中出勤日は 168 日であり，そのうち利用・不利用の割合は図 10-2-1 のとおりである。半数以上が不利用であった。次に，不利用の理由の内訳を同図に示す。最も多い不利用の理由は通勤以外の予定であった。次いで雨，雨予報であった。

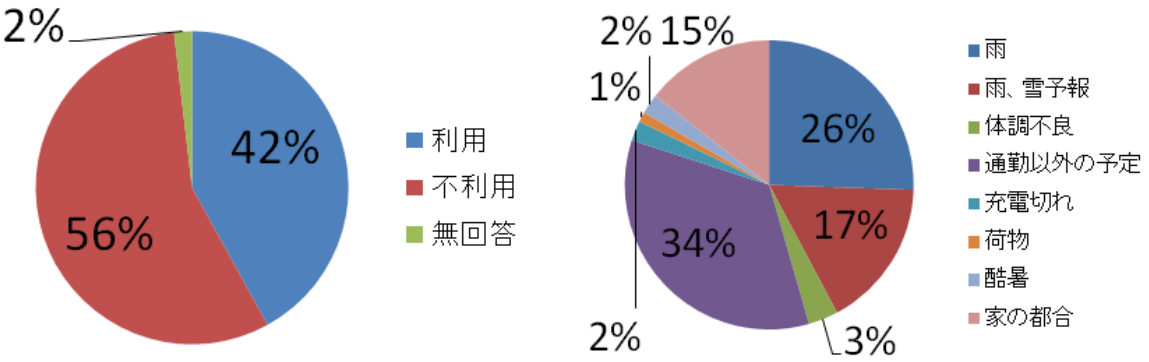


図 10-2-1　全出勤日における電動アシスト付き自転車の利用実態（左）と不利用理由（右）

次に天候別の利用割合を示す。晴天時における電動アシスト付き自転車の利用実態は図 10-2-1 と同様に，出勤日のうち電動アシスト付き自転車を通勤利用した日は約半数にとどまっている。晴天時の不利用の理由で最も多い不利用の理由は通勤以外の予定であった。次いで家庭の都合，雨予報であった。

曇天時の場合に，出勤日のうち電動アシスト付き自転車を通勤利用した日は約 30%にとどまっている。次に，曇天時の不利用の理由の内訳は次のとおりであった。最も多い不利用の理由は雨予報の予定であった。次いで通勤以外の予定，体調不良であった。雨天時は 100%不使用である。

最高気温と電動アシスト付き自転車の不利用率の関係を図 10-2-2 示す。30-36℃もしくは 0-4℃での不利用率が上昇している。特に高温の場合は非利用の理由として「酷暑」が挙げられるので，自転車利用は酷暑によって身体の快適性が著しく損なわれることが確認されたといえよう。また，最低気温と電動アシスト付き自転車の不利用率の関係を示す。図 10-2-2 によると最低気温が上昇するにつれて，不利用率が上昇している。最低気温はほとんどが早朝に記録されることから，出勤時の体感に関係が深いと思われる。特に最低気温 25℃以上での不利用率が急激に上昇している。

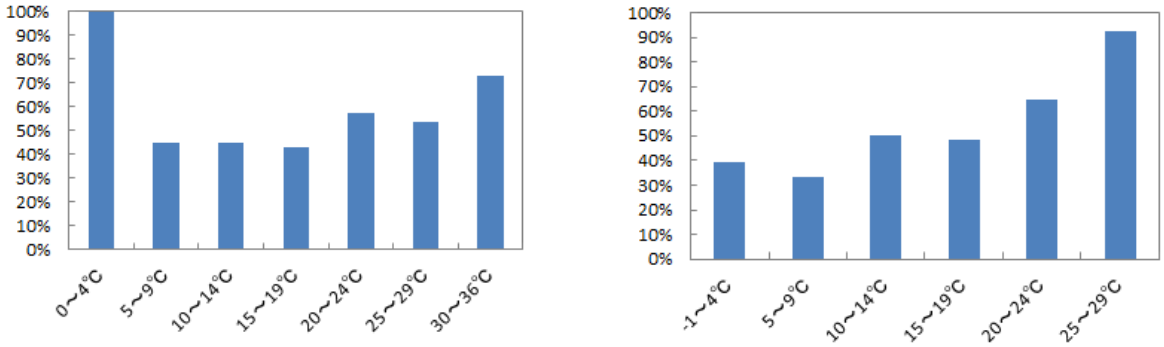


図 10-2-2　気温と電動アシスト付き自転車の不利用率の関係：左最高気温，右最低気温

電動アシスト付き自転車の通勤利用についての実態を調査より，それまでに通勤で自家用車を使っていた人が電動アシスト付き自転車を通勤利用した場合，その利用頻度は全通勤日の約半数であることがわかった。電動アシスト付き自転車を使用しなかった理由で最も多かったのが「所用がある」とのことから，自転車の特性に起因する理由（雨天，身体的疲労など）ではなく，ライフスタイルに起因する理由から自転車を利用しないことがわかる。一方，気温との関係から，高温での自転車利用率も下がることがわかった。

（２）　電動バイクの長期通勤利用実態調査結果

期間中出勤日の電動バイクの利用・不利用の割合は図 10-2-3(左)のとおりである。半数近くが不利用であった。次に，不利用の理由の内訳を図 10-2-3(右)に示す。最も多い不利用の理由は業務で乗用車を利用する予定があったためであった。次いで雨，私用であった。電動バイク不利用として気温寒冷がある。これは電動アシスト付き自転車不利用理由の酷暑と異なり，気温の低さがバイク利用に影響を及ぼすことが読み取れる。

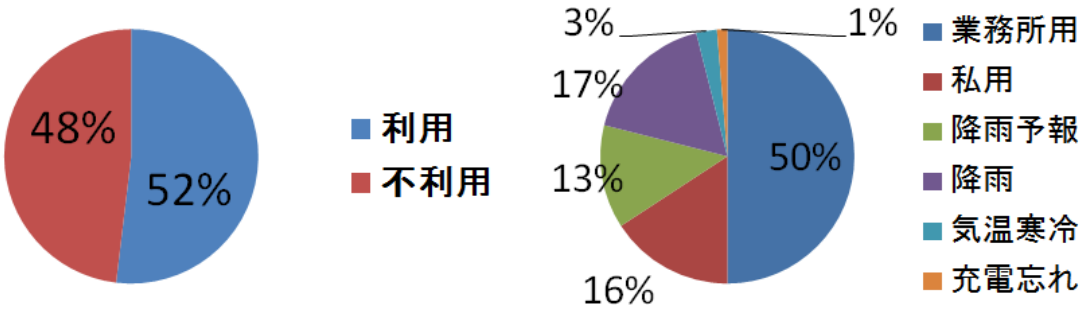


図 10-2-3　電動バイク自転車の利用実態（左）と不利用の理由（右）

天候別の利用割合に関しては次のようになった。晴天時の出勤日のうち電動バイクを通勤利用した日は約６割にとどまっている。晴天時の不利用の理由で最も多い不利用の理由は業務利用であった。次いで私用，雨予報であった。曇天時の場合，出勤日のうち電動バイクを通勤利用した日は約６割にとどまっている。曇天時の不利用の理由で最も多い不利用の理由は業務利用であった。次いで雨予報であった。

最高気温と電動バイクの不利用率の関係は次の通りである。電動アシスト付き自転車と異なり 30-36℃では不利用率は上昇しなかった。しかしながら，0-4℃での不利用率が上昇している。前述したように，電動バイクの不利用理由に気温寒冷がある。これにより，寒冷な気温がバイク利用の身体快適性を著しく損なうことが示唆される。また，最低気温と電動バイクの不利用率の関係を示す。こちらは最低気温によっては不利用率に変化がなかった。最低気温は出勤時の体感に近いことから，通勤にバイクを利用するかしないかの判断材料の一つは最低気温と考えられる。これは体感以外にも天気予報などを見ての判断ではないかと考えられる。

以上をまとめると次のことがいえる。それまでに通勤で自家用車を使っていた人が電動バイクを通勤利用した場合，その利用頻度は全通勤日の約 60%であることがわかった。電動アシスト付き自転車に比べて不利用率が低い理由は，電動バイクは電動アシスト付き自転車に比べて身体への快適性を著しく損なわないためと思われる。また，電動バイクを使用しなかった理由で最も多かったのが「業務利用がある」とのことから，バイクの特性に起因する理由（雨天，身体的疲労など）ではなく，ワークスタイルに起因する理由からバイクを利用しないことがわかる。一方，気温との関係から，低温でのバイク利用率も下がることがわかった。

（３）　電動バイクの短期利用実態調査結果

豊橋市役所，㈱スズキと共同で社会実験を実施した。㈱スズキより電動バイク２台を借り受け，豊橋市役所に公用車として利用を実施した。豊橋市役所での公用車としての電動バイクの利用に関して，不利用の理由を図 10-2-4 に示す。最も多い理由は複数人での移動であった。ついで荷物が多い，車の運転に慣れていると続く。これにより，電動バイクの利用は業務の特性によるものと考えられる。

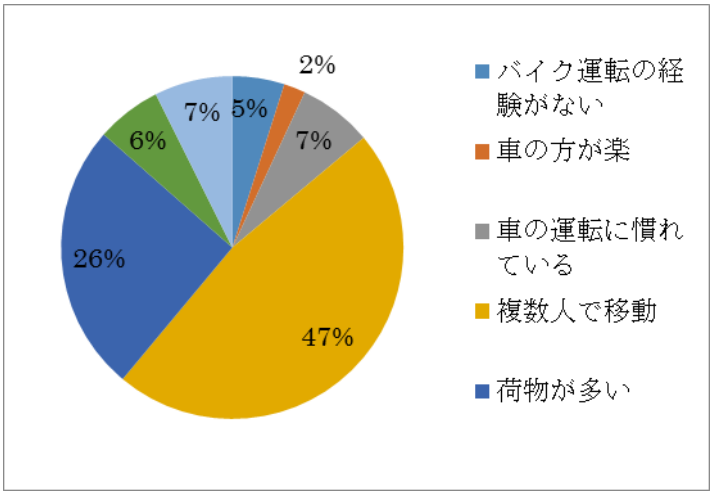


図 10-2-4　電動バイクを公用車として利用しなかった理由

電動二輪車の通勤利用は，炭酸ガス排出量軽減に大いに貢献するが，実際には利用率は 50-60%に留まる。利用率を下げる要因としてライフスタイル，ワークスタイル，気温が挙げられることが分かったが，特にライフスタイル，ワークスタイルが影響を及ぼす。家庭と職場との単純な往復には電動二輪車が利用されるが，それ以外の場合は電動二輪車は選択されない。家庭―職場間の単純往復を増やすためには，職住の接近が有効であろう。住→職→他所→住の３角移動を避けるためには，住→職→住→他所→住の住を中心とした移動が実現する環境が必要となろう。

一方，短期調査でもわかるように電動二輪車は移動手段としては乗用車ほど認知されていない。乗用車の特性である複数人が同時移動可，荷物を多く運べることに関しては，電動二輪車は乗用車を超えることができない。しかしながら，二輪を運転したことがない，もしくは慣れていないという回答も見られた。よって，電動二輪車をまずは体験することが利用者を増やすことにつながるのではないかと思われる。

（４）　電動二輪車利用による炭酸ガス排出削減量の推計

電動二輪車利用による炭酸ガス排出削減量の推計方法を以下に示す。

①通勤自動車からの炭酸ガス排出量

国勢調査より通勤・通学をする人数は 57,797,000 人であり，国勢調査よりそのうち 46.6%が自家用車だけの利用者である。

よって，通勤通学で乗用車を利用する人数は

57,797,000 人×46.6%≒26,900,00 人

となる。乗用車の炭酸ガス排出原単位は以下のように表す。

2.32kg-CO_2/L÷13km/L＝0.178kg-CO_2/km　　＊2.32kg- CO_2/L はガソリン車の CO_2 排出係数

通勤用自動車から排出される炭酸ガス推計を通勤距離 25km，通勤日数 240 日として計算すると

26,933,40 人×0.178kg- CO_2/km×25km×2×240 日＝5,700 万 t- CO_2

になり，マイカーからの CO_2 排出量の約 81%を占める。

②電動二輪車からの炭酸ガス排出量

電動バイクの炭酸ガス排出量は，家庭用電源 100V，5A で 4 時間充電することによって 30km 走行可能とする。炭酸ガス排出原単位は以下のようになる。

100×5/1000×4×0.294/30=0.020kg- CO_2/km　　＊0.294 は kWh 当たりの炭酸ガス排出量

電動バイク，電動アシスト自転車，乗用車の炭酸ガス排出原単位を以下に示す。電動アシスト自転車は 100km/kWh を想定している（草津市資料より）。

表 10-2-1　電動バイク，電動アシスト自転車，乗用車の炭酸ガス排出原単位　kg-CO_2/km

電動バイク	電動アシスト自転車	乗用車
0.02	0.003	0.178

よって，乗用車から電動バイクに交通手段を変えるだけで年間一人当たり
(0.178-0.02)×25km×2×120 日=950kg-CO_2
よって，乗用車から電動アシスト自転車に交通手段を変えるだけで年間一人当たり
(0.178-0.003)×25km×2×120 日=1050kg-CO_2
の炭酸ガスを削減することができる。（前述の利用実態調査より，通勤日数の半数の 120 日程度の利用が見込まれるため）

③電動バイク，電動アシスト自転車の導入ポテンシャル

現状では通勤・通学者の利用交通手段は以下のとおりである。

表 10-2-2　全国における通勤・通学者の利用交通手段の割合　国勢調査より

	徒歩だけ	電車だけ	バスだけ	自家用車だけ	オートバイ，自転車だけ	複数
全国	7.4	14.0	2.8	44.3	15.6	12.8

全国の通勤・通学者の割合をベースに乗用車から電動バイクへ交通手段を変更した場合を考える。以下に，乗用車と電動バイクの割合の変動による炭酸ガス排出量を図 10-2-5 に示す。図 10-2-5 によると現在乗用車を通勤・通学に使っている人がすべて電動バイクに切り替えた時は，炭酸ガス排出量を 1/2 にすることができる。

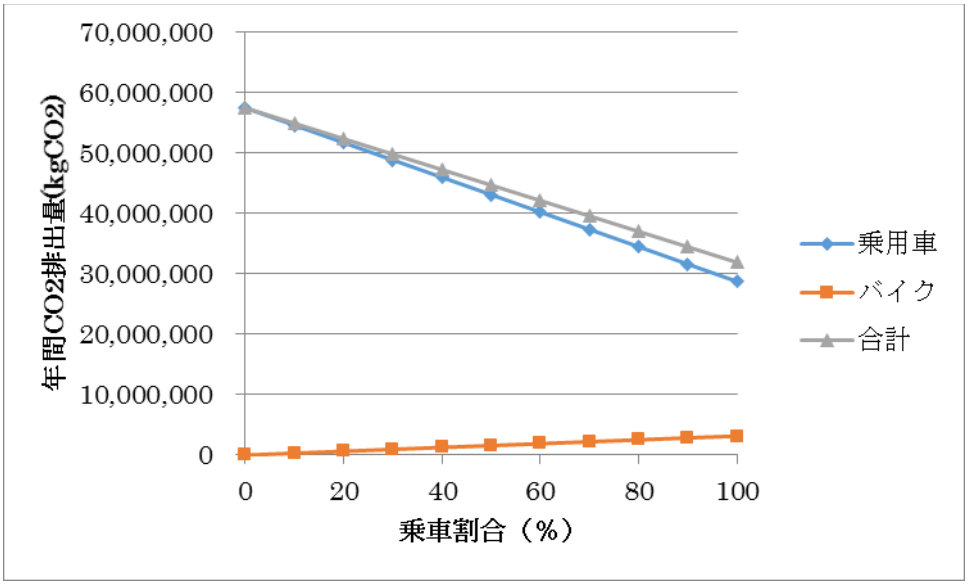


図 10-2-5　乗用車と電動バイクの割合の変動による炭酸ガス排出量

しかしながら，電動バイクは 1 回の充電での走行距離が限られている。上記電動バイクの場合は 30km である。よって，片道で 15km の通勤利用が限界であると考えられる。通勤距離が 15km 以下の人数を推計する必要があるが，通勤距離の分布は不明である。しかしながら，国勢調査により通勤時間の分布はわかる。通勤時間の平均を計算すると 35 分になることから，平均の通勤距離 25km と平均の通勤時間 35 分が同じであると仮定する。これによって，通勤距離の分布図を得ることができ，その分布図によると通勤距離が 15km 以下は通勤時間が約 20 分以下に相当し，人数は全体の約 35%

を占める。つまり，自動車利用の 35%が電動バイクへの移行の可能性がある。

よって，電動バイクの利用による通勤時の炭酸ガス削減の最大値は 900 万 t-CO_2 と推測することができる。これは現状の乗用車の通勤利用(25km 圏内)による炭酸ガス排出量の約 15%に相当する。

一方，乗用車利用から電動アシスト付き自転車への利用変更も考えられるが，電動アシスト自転車は電動バイクに比べて通勤可能距離が短くなると考えられる。本調査では 5km を電動アシスト付き自転車による通勤可能距離と仮定すると，通勤時間は 7 分に相当し，人数は全体の約 12%を占める。よって，電動アシスト付き自転車の利用による通勤時の炭酸ガス削減の最大値は 170 万 t-CO_2 と推測することができる。これは現状の乗用車の通勤利用（5km 圏内）による炭酸ガス排出量の約 14%に相当する。

１０－３　使用済み自転車の廃棄量に関する調査

平成 19 年度不要自転車の回収及び再資源化に関する調査報告書（財団法人自転車産業振興協会，以下不要自転車報告書）によると，国内における廃棄自転車の台数は 711 万台であり，処理方法は表 10-3-1 のとおりである。表 10-3-1 によると，70%の自転車が国内で再資源化されている。多くは，鉄くずや非鉄金属は再資源化されるが，タイヤやプラスチック類は埋立処分される。また，再資源化のうち 80%は素材別の再資源化であり，20%はシュレッダーダストであるとの報告もある（不要自転車の回収処理・および再資源化に関する調査研究，三井情報開発・総研レビュー，Vol27，2007）。

表 10-3-1 の国内再生は自転車を修理して再び使用するものである。なお，電動アシスト付き自転車は電池の寿命が短いことや鍵とスイッチが同一のため再利用は難しいとの報告がある。

表 10-3-1　自転車の処理

	国内再生	再資源化	埋立	輸出	その他	合計
台数（万台）	70	508	40.3	88.9	4	711.2
%	9.8%	71.4%	5.7%	12.5%	0.6%	

平成 19 年度　不要自転車の回収及び再資源化に関する調査報告書　財団法人　自転車産業振興協会

電動アシスト付き自転車の廃棄量に関する全国的なデータはないが，不要自転車報告書によると，調査した産業廃棄物業者での普通自転車と電動アシスト付き自転車の処理台数は年間（平成 19 年）それぞれ 7972 台と 226 台であり，電動アシスト付き自転車の処理台数は普通自転車のそれの約 2.8%であった。一方，完成自転車と電動アシスト付き自転車の出荷台数がそれぞれ 3,616,043 台と 253,053 台（平成 19 年）であり，電動アシスト付き自転車を除く完成自転車の出荷台数の約 7.5%である。出荷と処理に期間が空いていることから，完成自転車に占める電動アシスト付き自転車の割合が異なっているが，近年電動アシスト付き自転車の出荷が急激に伸びていることがわかる。ちなみに，電動アシスト付き自転車の出荷台数が完成自転車のそれの約 2.8%であったのは平成 13 年度（約 2.9%）である。

表 10-3-1 の自転車の処理台数が 711.2 万台であったのが平成 19 年であり，その時の保有台数が約 8665 万台（平成 24 年自転車統計要覧，財団法人自転車産業振興協会）あったことから，約 8%の自転車が廃棄されると仮定する。廃棄された自転車のうち，電動アシスト付き自転車は普通自転車の約 2.8%であったと仮定すると，平成 19 年における電動アシスト付き自転車の廃棄量は，約 19 万台であった。なお，自転車保有台数の調査は平成 20 年度で終了しており，その時は 6,910 万台と推計されている。仮に，現在も自転車の保有台数，自転車廃棄率が変化しておらず，電動アシスト付き自転車の廃棄率が 7 年前の出荷台数の比率（約 5%）であると仮定すると，現在の電動アシスト付き自転車の廃棄台数は約 26 万台と推計される。

（２） 使用済み自転車の再資源化による再生資源量

表 10-3-2 に自転車の材料構成を示す。その材料の約 3/4 がスチールであることがわかる。さらに，自転車の年間廃棄量から再資源化，リサイクルされる資源量の推計を表 10-3-3 に示す。埋め立てされる資源のうち実際には金属は回収されると考えられる。鉄スクラップ量が年間 3,440 万トン(2005 年)とされていることから，スチールは 0.024%であることがわかる。

表 10-3-2　自転車の材料構成

	スチール	アルミ	プラスチック	タイヤ・チューブ	合計
重量 g	1507	188.5	194.5	135	2025
割合%	74.4%	9.3%	9.6%	6.7%	

日本自転車普及協会資料

表 10-3-3　再資源化・埋め立てされる資源量

t	スチール	アルミ	プラスチック	タイヤ・チューブ
再資源化	7,656	958	988	686
埋立	607	76	78	54
合計	8,263	1,034	1,066	740

１０－４　電動二輪車の利用意図と行動の関係

（１） アンケート調査の概要

日本全国の 20 歳以上の男女を対象とした。既往研究を基にアンケート対象者を 1000 人と設定し，電動アシストつき自転車を所有している人 500 名，所有していない人 500 名の２グループに設問を回答してもらった。また，それぞれのグループの年代・性別の構成比は，日本の人口分布を基に作成している。

（２） 仮説モデル

本研究では，環境配慮行動要因モデルの分析に，共分散構造分析を採用した。また，各環境配慮行動の行動意欲に至る要因を明らかにするために因子分析を行った。共分散構造分析は因果関係をあらかじめ予想した仮説モデルを構築し，アンケート結果がその仮説モデルに合致するかを明らかにする。本研究では，広瀬の環境配慮行動要因モデルの行動変容段階を参考に，仮説モデルを構築した（図 10-4-1）。

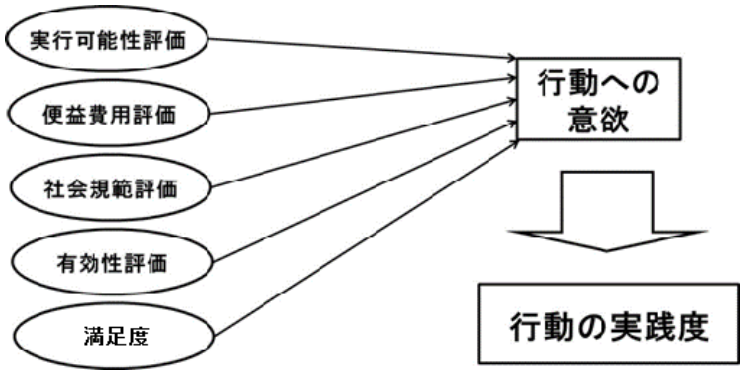


図 10-4-1　作成した仮説モデル

仮説モデルでは，「行動意欲に至る要因」から「行動への意欲」へ至り，「行動の実践」へ移行すると仮定している。「行動意欲に至る要因」は環境配慮行動を評価する項目であり，本モデルでは既往研究を基に各評価を以下のように定義した。

実行可能性評価：個人の能力や状況により，実行し易い人ほど評価が高い。
便益費用評価　：行動を不便に感じない，行動が利益につながると感じる人ほど評価が高い。
社会規範性評価：行動が集団の期待や規範に沿っていると感じる人ほど評価が高い。
有効性評価　　：行動が環境保全につながっている人ほど評価が高い。
満足度　　：電動アシストつき自転車を所有者は満足度を，非所有者は期待度を示す

（3）　アンケート結果概要

電動アシストつき自転車に対する満足度と期待度によると半数の人が電動アシストつき自転車に満足している，期待していることがわかる。所有の有無別の満足度と期待度を以下に述べる。それによると所有者の 75%以上が満足しているとの結果を得た。所有者の満足度はきわめて高いといえよう。それに対して，所有していない人のうち購入を検討している人は 27%にとどまった。こうした電動アシストつき自転車未購入者が購入することを促すことが今後の課題といえよう。

（4）　因子分析

表 10-4-1 に因子分析の結果を示す。それによると，設問による回答は４つの因子に分類できることがわかる。設問の内容から，第一因子が「社会規範(Social Norm)」，第二因子が「不便さ(Unreliability)」，第三因子が「環境性(Eco-friendliness)」，第四因子が「便益費用(Cost effectiveness)」と命名することができよう。図 10-4-1 における仮説モデルでいくつかの評価が環境配慮行動に影響を及ぼすと予想したが，因子分析の結果，人々が環境配慮行動としての電動アシストつき自転車を利用することを考えた場合，図 10-4-1 の評価を上記４つの因子にまとめることができ，それが行動に大きく影響するといえよう。

表 10-4-1　因子分析（設問の数値は設問番号）

設問	因子			
	1	2	3	4
4．自分の周りの人は自動車・バイクの利用と環境について気に掛けている	.858	-.001	.032	-.026
3．自分の周りの人は電動アシスト付き自転車の利用を心掛けていると思う	.831	-.026	-.041	.014
5．身近な人で環境に負荷をかけないために電動アシスト付き自転車を利用している人がいる	.754	.016	.007	.054
１０．電動アシスト付き自転車を利用してみたいが，自動車・バイクなどでの交通手段をもっと快適にしたいという気持ちの方が強い	.046	.664	.027	-.097
7．電動アシスト付き自転車を使う方が自動車・バイクなどを利用するより時間がかかり不便だ	.028	.598	-.031	-.031
9．電動アシスト付き自転車を利用したいが自分の一日あたりの走行距離が長くて使えない	.149	.560	.045	-.032
１４．電動アシスト付き自転車だけを利用すると生活が不便になると思う	-.103	.527	-.029	.032
１３．電動アシスト付き自転車は１回充電後バッテリーに対する走行距離が短いので不便だ	-.110	.479	-.052	.192
１６．電動アシスト付き自転車を利用することで環境保全への実感を持てる	.002	-.023	.955	.012
１５．電動アシスト付き自転車だけを利用する上でCO_2削減への実感を持てる	.006	-.018	.887	.022
１１．これからさきは自動車・バイクを使う回数をなるべく少なくするつもりだ	.098	-.012	.001	.713
2．できるだけ自動車・バイクに依存しない生活を送りたい	.023	-.033	-.024	.696
8．電動アシスト付き自転車を使う方が自動車・バイクなどを利用するより安上がりで経済的だ	-.116	.143	.177	.366

（5）　共分散構造モデル

本研究では因子分析によって明らかとなった４つの因子を仮説モデルに置き換え，それぞれの因果関係の強弱を共分散構造分析によって明らかにする。図 10-4-2 に電動アシストつき自転車利用に関する共分散構造分析のパス図を示す。図中の数字は因果関係の強さを示す。図 10-4-2 によると意識（intention）と行動（behavior）の間に因果関係があることがわかる。これは電動アシストつき自転

車を利用するという環境行動を促すためには，電動アシストつき自転車を利用したいという意識を高めることが重要であることがわかる。その意識に関しては不便さ（unreliability）と便益費用（cost effectiveness）が影響を及ぼしていることもわかる。つまり，不便さに対する否定的な評価（不便でないこと）と，コストで有利なことがわかれば，利用に対する意識が高まり，行動に移行しやすい。

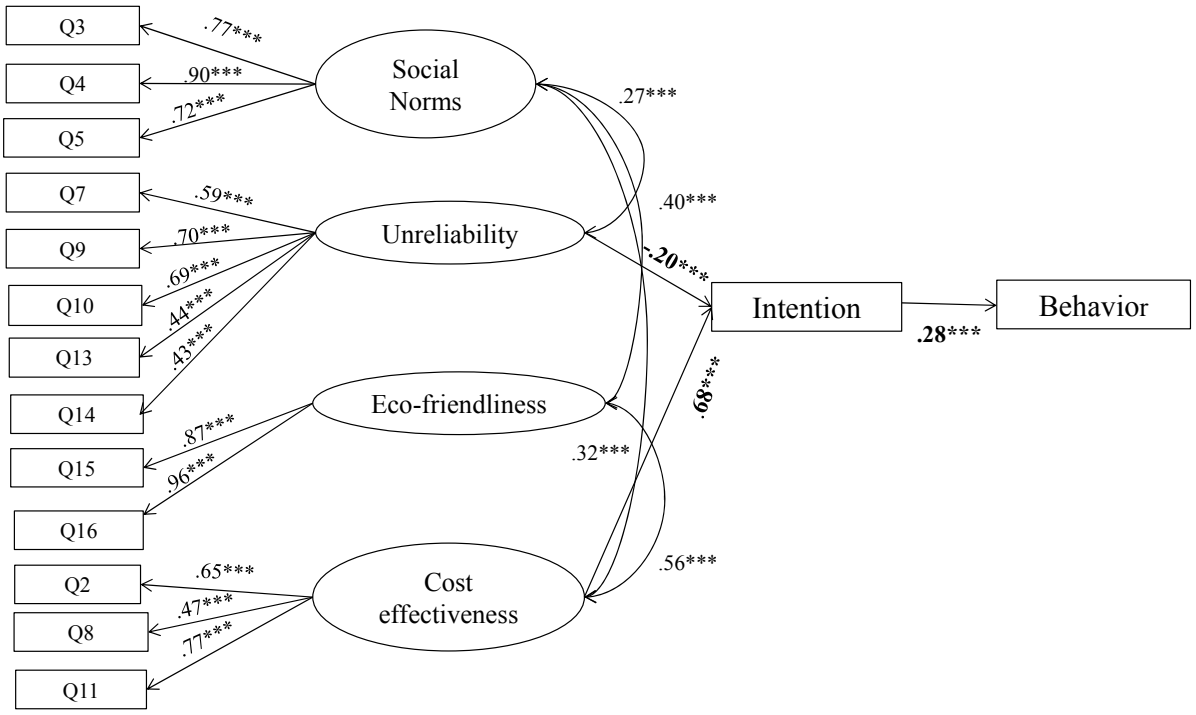


図 10-4-2 電動アシストつき自転車利用に関するパス図（対象：全て）

所有者・男性と所有者・女性の電動アシストつき自転車利用に関するパス図からは次のことがいえる。両者いずれも意識と行動の間に因果関係があることがわかる。所有者の場合，便益費用が影響を及ぼしていることもわかる。一方，非所有者の場合，便益費用だけでなく，社会規範と環境性が影響を及ぼしていることもわかる。つまり，非所有者が購入する際には様々な評価が必要になることがわかる。

非所有者・男性と非所有者・女性の電動アシストつき自転車利用に関するパス図からは次のことがいえる。両者いずれも意識と行動の間に因果関係があることがわかる。非所有者，男性の場合，社会規範，環境性，便益費用が意識に影響を及ぼしており，なかでも社会規範が最も影響が大きいことがわかる。一方，非所有者，女性の場合，社会規範と便益費用が意識に影響を及ぼしており，中でも便益費用の影響が大きいことがわかる。つまり，非所有者に対しては図 10-4-2 と同様に様々な評価が意識に影響を与えるが，男女では重視する評価に違いがあることがわかる。

本研究によって，電動アシストつき自転車の利用に関する人々の意識に影響を与える評価は４つあり，「社会規範(Social Norm)」，「不便さ(Unreliability)」，「環境性(Eco-friendliness)」，「便益費用(Cost effectiveness)」である。どの評価を重視するかは人々の属性によって異なるために，電動アシストつき自転車の利用を促進させるためには各属性に合った細かいマーケティングが必要になる。

（６） 電動バイクの利用意図と行動の関係

前項と同様に電動バイクの利用についても利用意図と行動の関係を明らかにした。因子分析の結果，利用意図を高める３つの因子，環境性(eco-friendliness)，社会規範(Social Norms)，不便さ(Unreliability)を抽出することができた。電動アシスト付自転車で抽出したコスト評価は抽出されなかった。

図 10-4-3 に男性の電動バイク利用に関する共分散構造分析の結果（パス図）を示す。図 10-4-3 に

よると意識（intention）と行動（behavior）の間に因果関係があることがわかる。これは電動バイクを利用するという環境行動を促すためには，電動バイクを利用したいという意識を高めることが重要であることがわかる。その意識に関しては社会規範（Social norm）と環境性（eco-friendless）が影響を及ぼしていることもわかる。つまり，周りの人々が利用していること，環境性が良いことがわかれば，利用に対する意識が高まり，行動に移行しやすいといえる。女性についても同様の結果が得られた。

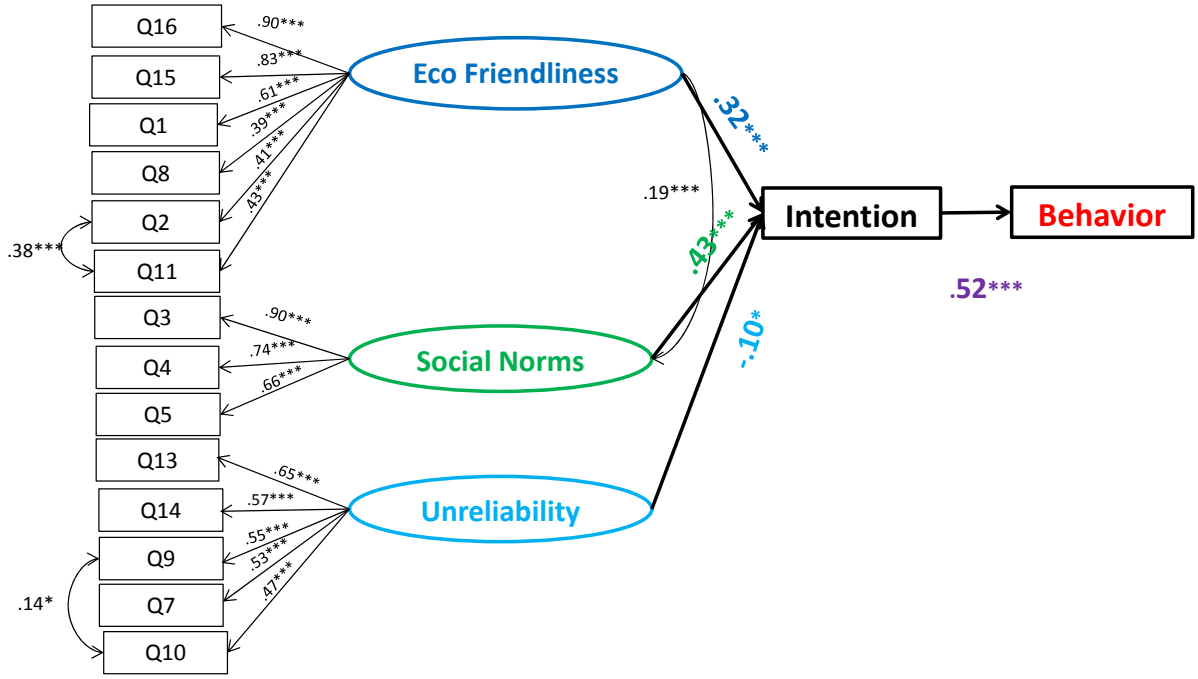


図 10-4-3 電動バイク利用に関するパス図（対象：男性）

電動バイク利用に関しては社会規範が行動意図に大きな影響を与えることがわかった。これは電動バイクを利用する意図がコストの検討以前に，バイクを利用する意図に大きく影響されるのではないかということが理解できる。

１０－５　エコドライブの行動意図と行動の関係

（１）　因子分析

“エコドライブに取り組む”の評価項目に関する因子分析の結果，第 1 因子を「知識評価」，第 2 因子を「有効性評価」，第 3 因子を「社会規範性評価」，第 4 因子を「利便性評価」，第 5 因子を「コスト評価」と名付けた。“運転による炭酸ガス排出量を見聞きしたことがある”という「炭酸ガス排出量知識」と“エコドライブによる炭酸ガス削減量を見聞きしたことがある”「 炭酸ガス削減量知識」は，第 1 因子の「知識評価」に含まれず，第 2 因子の「有効性評価」に含まれた。また，“周囲の人たちがどれくらいエコドライブに取り組んでいるか知っている”という「周囲実践知識」は第 1 因子の「知識評価」に含まれず，第 3 因子の「社会規範性評価」に含まれた。

（２）　共分散構造分析

作成した環境行動要因モデルを用いた「エコドライブに取り組む」についての共分散構造分析の結果を図 10-5-1 に示す。図 10-5-1 より，「実践」に対しては，「知識評価」，「利便性評価」の順で因果関係を有していた。これは，「知識評価」，「利便性評価」を高めることにより，「実践」が向上することを意味している。また，「知識評価」に対して「方法知識」が最も強い因果関係を有しており，「利便性評価」に対して「不便(R)」が最も強い因果関係を有していた。「方法知識」と「燃費向上実感」との相関関係より，“エコドライブ”の場合，人々へ知識を与える際にはエコドライブの実践に伴う燃費

の向上を考慮する必要があると考えられる。

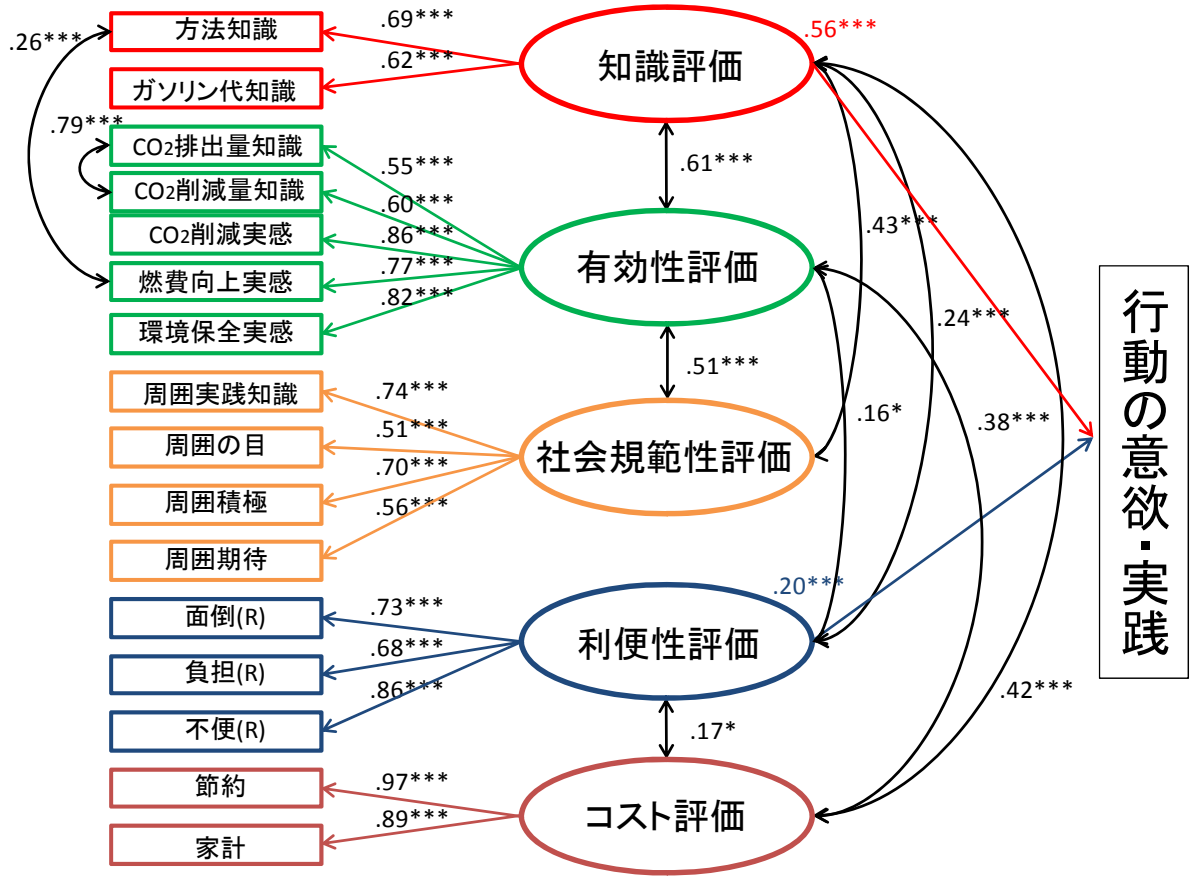


図 10–5–1 共分散構造分析の結果__エコドライブに取り組む

アンケート調査の分析結果から，「行動の意欲・実践」を向上させる設問として，

・「知識評価」：エコドライブのやり方を知っている，普段の運転のガソリン代を把握している。
・「利便性評価」：エコドライブを実践することは，身体的に負担・面倒・不便と感じない。
・「有効性評価」：実践による燃費向上を実感できる。「燃費向上実感」は，「知識評価」と因果関係が高い。

が挙げられた。

そこで，啓発内容として，マイカーの燃費，今月のガソリンスタンドのガソリン価格，今月のガソリン代目標を記入しもらうことや，エコドライブの方法とそれに伴う改善できる燃費を数値化し，明確に提示することが実践向上に繋がると考えられる。加えて，毎月の実践している項目の数を半期カレンダーに記入して，実践を実感させることも実践向上へ大切であると考えられる。

１１．廃棄自転車タイヤ，チューブのケミカルリサイクル

環境・生命工学系　教授　角田　範義，教授　大門　裕之

１１－１　はじめに

近年，環境への配慮や健康志向が高まり，自転車の保有台数が増加傾向にある。豊橋市においても自動アシスト自転車補助金制度を設け，豊田市では自転車道整備に力を入れている。しかしその一方で，放置自転車の問題や廃棄自転車の有効利用について課題点も多くある。現在，放置自転車の取り扱いは各自治体に一任されており，その大半が民間へ売却もしくは廃棄物として業者へと引き渡されている。産業環境管理協会の資料[1]によれば，廃棄自転車の発生量は，平成 19 年度で約 711 万台と推計されている。放置された自転車で廃棄処理されたものが 147 万台（21%），廃棄自転車の小売店引取りが 80.4 万台（11%），大型店引取りが 26.4 万台（4%）となっており，残りの 457.4 万台（64%）が粗大ごみとして回収されている。廃棄自転車 約 711 万台のうち 508 万台（71%）が鉄くず等の金属資源として再資源化され，さらに 88.9 万台（13%）が輸出，70 万台（10%）が再生自転車となっている。そして，残りの 40.3 万台（6%）は最終処分場で埋め立てられる。しかし自転車用タイヤやチューブに至っては，自動車用タイヤがそのリサイクル方法を十分に確立しているのに対し，有効な利用方法は確立されていない。たとえば，低炭素社会を進める豊橋市では“自転車の古タイヤ，古チューブですが，タイヤやチューブのみであれば「こわすごみ」になりますので，月に１度の「こわすごみ」の日にごみステーションへ持ち出してください。自転車本体を廃棄する場合は「大きなごみ」になります。”と住民に告知し，自治体自ら回収・処理すること示している。しかし，その再資源化という観点での処理方法は確立していないのが現状である。

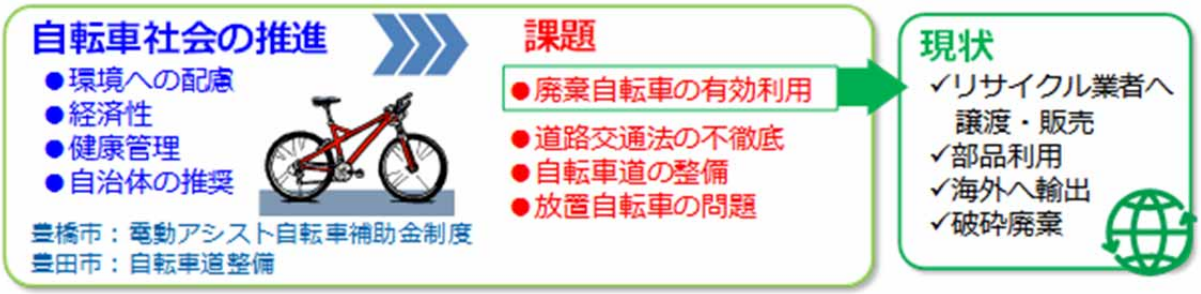


図11-1-1　自転車社会推進に伴う課題

１１－２　研究構成

本研究では，１）対象物質の基本物性の化学的な評価，２）水熱反応を用いたケミカルリサイクルの適用を行った。

（１）タイヤ，チューブ等の基本物性の化学的な評価

自転車タイヤやチューブの多岐にわたる再利用方法を総合的に評価するためには，タイヤやチューブの構成成分を知る必要がある[2]。自転車や自動車のタイヤは，ゴム（天然，合成），カーボンブラック，硫黄が主成分であり，機能性を発現させるために補助材料が添加されている。一般社団法人日本自動車タイヤ協会[3]によれば，自動車タイヤの場合，ゴムの重量を 100 とした場合，カーボンブラックが 50，硫黄が 3 という比率になっている。カーボンブラックはゴムの強度を向上させるため，硫黄はゴムに弾力性を与えるためという重要な役割をしており，両者とも必須成分である。そのため，再資源化やエネルギー回収においてのこれら成分がどの様に作用するかを知る事が重要となる。３種類の使用済み試料（１，汎用自転車チューブ，２，汎用自転車タイヤ，３，マウンテン自転車タイヤ）を対象として，熱天秤―質量分析装置（TG-MS）を用いて評価した。

①汎用自転車のチューブ

O_2/He の混合ガスを用いてチューブの熱分解挙動を検討した。図 11-2-1 に TG–DTA の結果をまとめた。酸素混合ガスで熱処理した場合，3 段階の熱分解が進行すると伴い， 図 11-2-3 の MW16 より副生成物として CH_4 を発生していると明らかになった。

1 段目の熱分解は 300℃にて約 13%の重量減少を示した。図 11-2-2 より 300℃までの領域では供給酸素（MW32）のピークを除き，H_2 および H_2O のピークが検出された。この結果は不活性雰囲気でも同様な傾向が認められたため， 低温側においてタイヤのチューブは脱水素および脱水反応が進行している事が明らかになった。但し， 重量減少は He 雰囲気と約 5%の差を示し，MW44 の CO_2 はこの段階で特定できない事から，炭化が進行していないのではないかと考えられる。

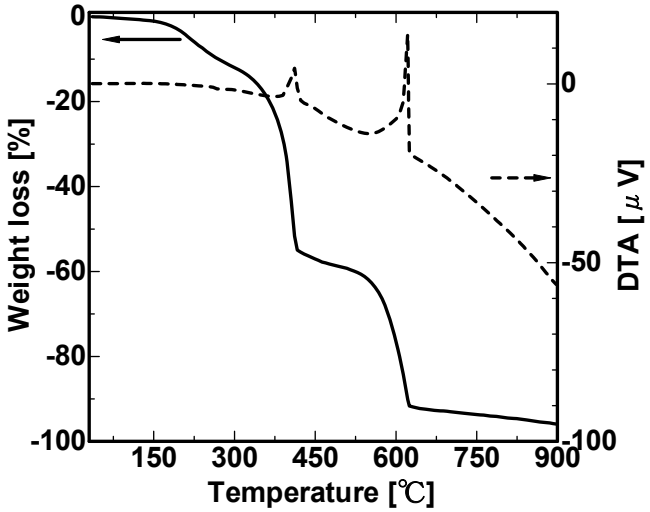


図 11-2-1 He/O_2 雰囲気下の TG-DTA

300℃～415℃では約 44%の重量減少を示し，DTA より発熱反応である事が明らかである。図 11-2-2 の MS スペクトルより，燃焼による酸素の消費，H_2，H_2O および CO_2 のピークが確認されたため，酸素による燃焼が進行した事が明らかになった。また，図 11-2-3 の MS スペクトルより， MW24(C=C)， MW25(C=CH)，MW26(C=CH_2)のフラグメントピークが観測され，これはチューブの骨格成分であるポリビニルがモノマー単位で分解されたと考えられる。MW12 （C）のスペクトルは MW44 の CO_2 との形がほぼ一致するため MW12 の C は CO_2 の炭素のフラグメントだと考えられる。この炭素の由来はタイヤの補強材のカーボンブラックに由来しているのではないかと考えている。図 11-2-4 よりわずかであるが，イソプレンだと考えられる MW67～MW69 のフラグメントが検出された。 図 11-2-5 の MW33，34，48 は S 化合物だと推測していたものの，HO_2，H_2O_2，CH_4O_2 である可能性も考えられる。これは MW33, 34,48 のピークの形は MW32 の O_2 と同様に 415℃および 624℃付近の発熱反応とともに変動している為である。一方，H_2SO_4 のフラグメントは確認できるものの，検出レベルのため，S 成分の含有量がわずかしか存在しない事を示している。

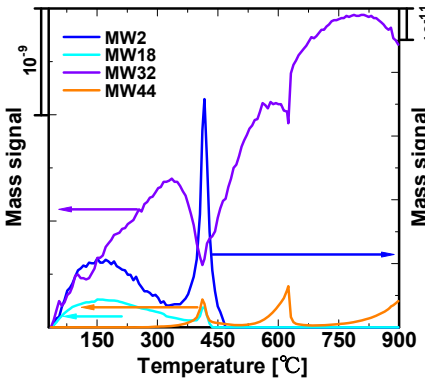


図 11-2-2 H_2，H_2O，O_2，CO_2 MS スペクトル

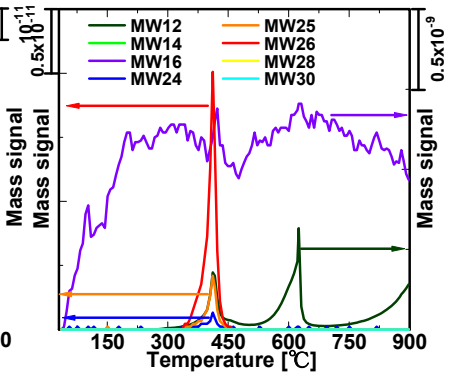


図 11-2-3 C1，C2 MS スペクトル

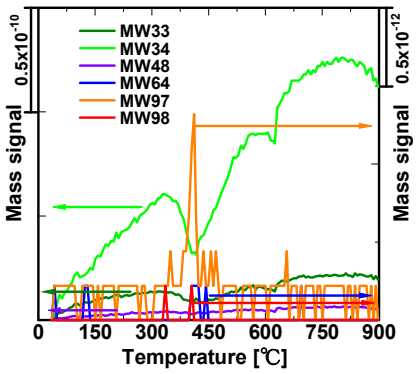


図 11-2-4 C3 – C6 MS スペクトル

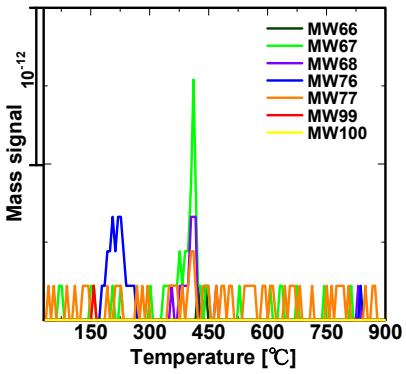


図 11-2-5 S 化合物 MS スペクトル

3 段目の重量減少は 624℃付近に図 11-2-1 の TG–DTA から明らかになっている。ここも発熱反応で，酸素の消費とともに CO_2，の発生に繋がっているものの，水素及び水が発生されていない。この事から，ゴムの主成分が 415℃付近で燃焼し，無くなった事から，624℃における発熱反応は有機物系添加剤の燃焼によるものだと考えられる。

②汎用自転車のタイヤ

O_2/He の混合ガスを用いて汎用自転車タイヤの熱分解挙動を検討した。図 11-2-6 に TG–DTA の結果をまとめた。酸素混合ガスで熱処理した場合，5 段階の熱分解が進行すると伴い，図 11-2-8 の MW16 より副生成物として CH_4 を発生していると明らかになった。

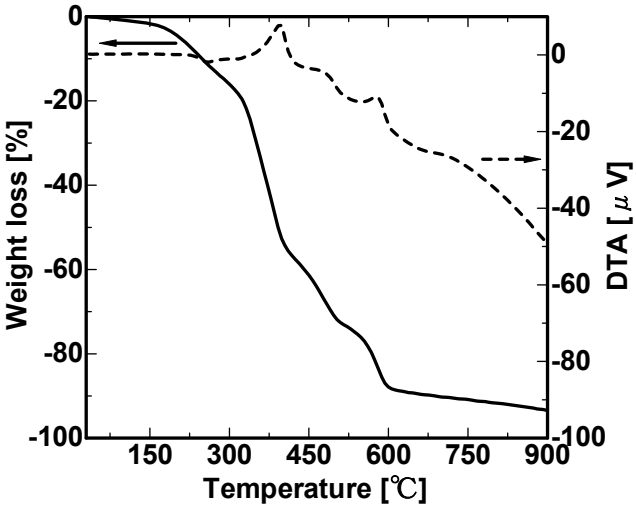


図 11-2-6　He/O_2 雰囲気下の TG-DTA

1 段目の熱分解は 300℃にて約 18%の重量減少を示した。図 11-2-7 より 300℃までの領域では供給酸素（MW32）のピークを除き，H_2 および H_2O のピークが検出された。低温側において汎用自転車タイヤは脱水素および脱水反応が進行している事が明らかになった。300℃～450℃では約 50%の重量減少を示し，DTA より発熱反応である事が明らかである。図 11-2-7 の MS スペクトルより，燃焼による酸素の消費，H_2，H_2O および CO_2 のピークが確認されたため，酸素による燃焼が進行した事が明らかになった。また，図 11-2-8 の MS スペクトルより，MW24（C=C），MW25（C=CH），MW26（C=CH_2）のフラグメントピークが観測され，これは汎用自転車タイヤの骨格成分であるポリビニルがモノマー単位で分解されたと考えられる。MW12（C）のスペクトルは MW44 の CO_2 との形がほぼ一致するため MW12 の C は CO_2 の炭素のフラグメントだと考えられる。この炭素の由来はタイヤの補強材のカーボンブラックに由来しているのではないかと考えている。図 11-2-9 より C4～C6 の化合物のフラグメントがノイズレベルを示し，これら化合物の存在が極めて低い事が明らかになった。図 11-2-10 の MW33，34，48 は S 化合物だと推測していたものの，HO_2，H_2O_2，CH_4O_2 である可能性も考えられる。これは MW33，34，48 のピークの形は MW32 の O_2 と同様に 415℃および 600℃付近の発熱反応とともに変動して

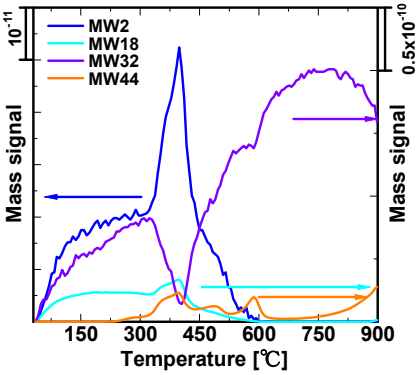


図 11-2-7 H_2，H_2O，O_2，CO_2 MS スペクトル

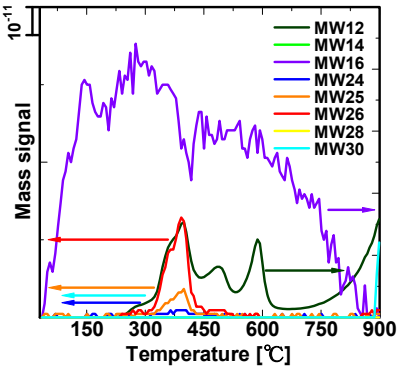


図 11-2-8 C1，C2 MS スペクトル

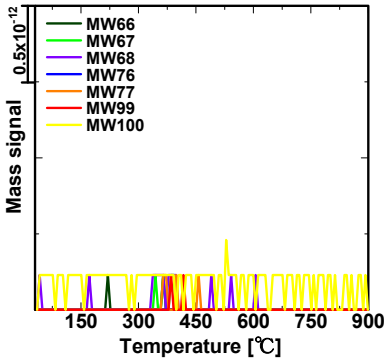


図 11-2-9 C3 – C6 MS スペクトル

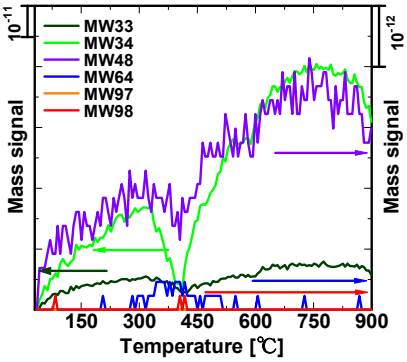


図 11-2-10 S 化合物 MS スペクト

いる為である。一方，SO_2のフラグメントは300℃～450℃附近に確認できた事から，S成分がわずかにタイヤの中に混合し，酸素雰囲気下で酸化物として分解したと考えられる。

③マウンテン自転車タイヤ

O_2/He の混合ガスを用いてマウンテン自転車タイヤの熱分解挙動を検討した。図 11-2-11 に TG–DTA の結果をまとめた。酸素混合ガスで熱処理した場合，5段階の熱分解が進行し，図 11-2-12 より CO_2 ピークの形がいくつかの山に分かれ，酸素も消費された事から，それぞれ吸熱または発熱反応が進行している事が明らかであった。

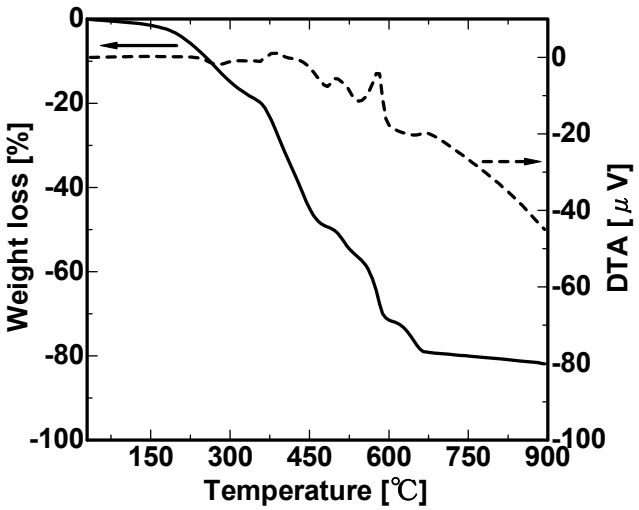


図 11-2-11　He/O_2雰囲気下の TG-DTA

1段目の熱分解は 300℃にて約 20%の重量減少を示した。図 11-2-12 より 300℃までの領域では供給酸素 (MW32) のピークを除き，H_2O のピークが検出された。この結果から，表面吸着水が分解されたと考えられる。He 雰囲気ではイソプレンやポリスチレンの分解ピークがわずかに観測されたものの，図 11-2-13 より O_2 雰囲気で測定する際これらのピークが現れなかった。酸素雰囲気で熱処理を行ったため，完全分解された結果，図 11-2-12に示したMW44のCO_2として放出されたと考えられる。一方，図 11-2-13 に示した MW12（C）のスペクトルは MW44 の CO_2 との形がほぼ一致するため MW12 の C は CO_2 の炭素のフラグメントだと考えられる。この炭素の由来はタイヤの補強材のカーボンブラックに由来しているのではないかと考えている。図 11-2-15 の MW33, 34, 48 は S 化合物だと推測していたものの，HO_2，H_2O_2，CH_4O_2 である可能性も考えられる。これは MW33, 34, 48 のピークの形はMW32 の O_2 と同様に 415℃および 624℃付近の発熱反応とともに変動している為である。

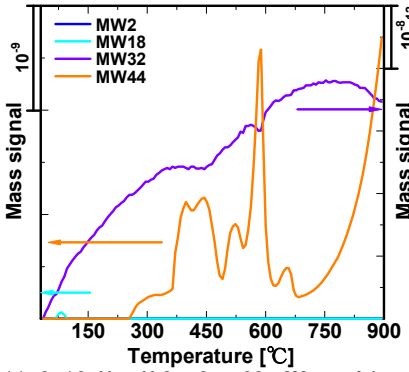


図 11-2-12 H_2, H_2O, O_2, CO_2 MS スペクトル

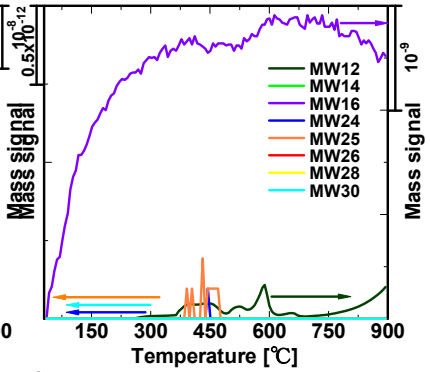


図 11-2-13 C1, C2 MS スペクトル

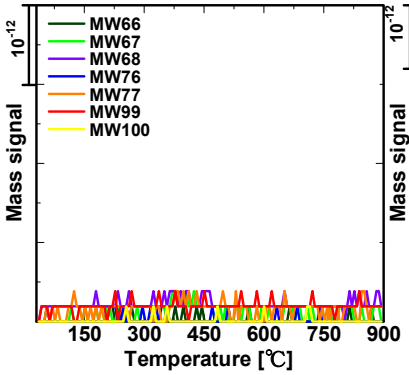


図 11-2-14 C3 – C6 MS スペクトル

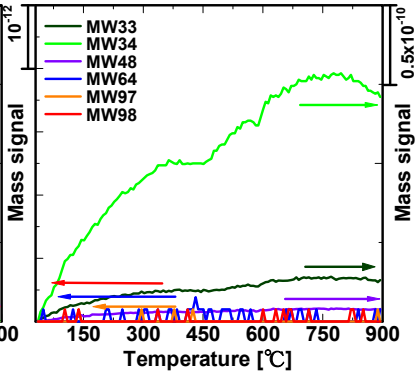


図 11-2-15 S 化合物 MS スペクトル

④まとめ

自転車チューブの重量減少（炭化，あるいは脱水）が 400℃で起こる。しかし，硫黄に帰属する化合物の生成量は少ない。

・汎用自転車タイヤの場合，炭化処理工程では水の脱離による重量減少が 500℃まで起こり，その後，炭酸ガスの脱離が起こることから，使用済みタイヤには水分が大量に存在するとともに，酸化していると考えられる。また，硫黄化合物が少ないことから使用による摩耗等で比率の減少があるかもしれない。このタイヤは，3 段階で燃焼が起こる。たぶん混入している成分（ゴム，カーボンブラック等）が個別に燃焼しているのではないかと考えられる。
・マウンテン自転車タイヤについても，汎用自転車タイヤと同じ挙動が観測された。酸素雰囲気下では，同様に硫黄酸化物が観測されず，酸素の有無によって SOx の発生挙動が異なると思われる。

（2）水熱反応による検証

本研究の高温高圧反応には，ステンレス製反応容器と，温度制御が可能な溶融塩恒温槽（ソルトバス仕様）を用いる。ソルトバス内には，溶融塩があり，その組成は $KHNO_3$（45%），$NaHNO_3$（55%）で，150℃から 450℃の温度範囲で使用可能である。反応容器には，SUS316 製の反応管と SUS316 製継手を用いる。

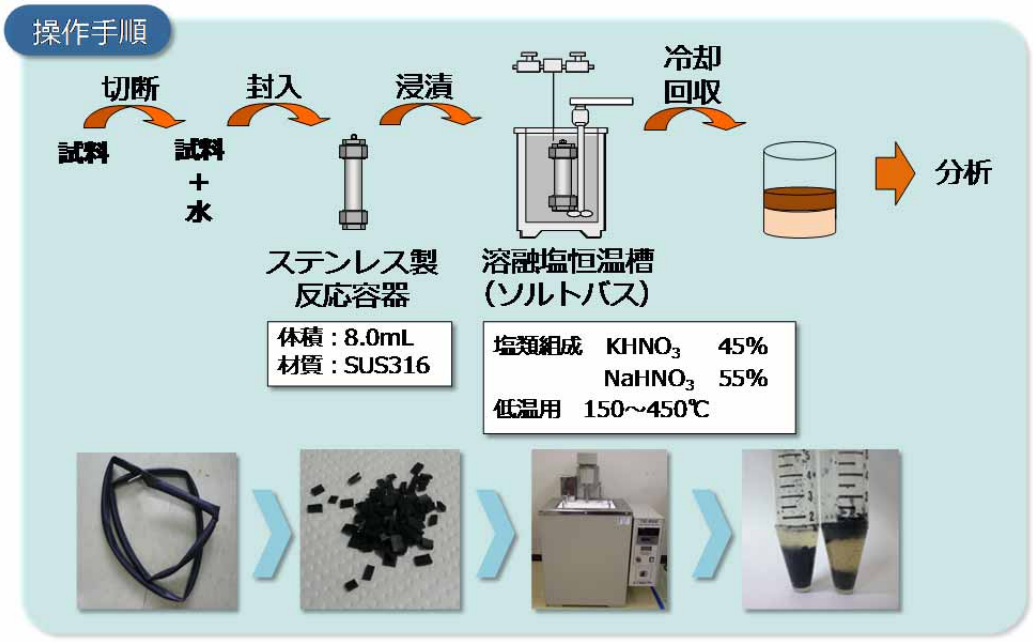


図 11-2-16　水熱反応の実験操作

図 11-2-16 に実験操作を示す。実験操作としては，まず廃棄された汎用自転車用チューブを 2mm 角程度に切断し，水と共に反応容器へと封入する。その後反応条件を設定し，ソルトバスへ投入し，反応時間経過後，冷却水へと投入し反応容器を開封，試料を回収する。

①水熱反応による汎用自転車チューブの油化実験

水熱反応後の自転車タイヤチューブの油化率を求めた。油化率の導出方法は，超臨界域のアルカリ水溶液による加硫ゴム廃棄物の再資源化を目的とした文献[9]を参考にした。参考文献との大きな相違点は，反応容器の内壁の腐食劣化を防ぐ目的でアルカリ水溶液を用いている点，ウェザーストリップと呼ばれる自動車窓のシール用ゴム部品に用いられる加硫EPDMゴムを試料として用いている点，用いた装置の違いの三つである。

本実験では反応温度を 350℃～450℃, 反応時間を 10～30 分と設定し，水熱反応を行った。反応温度 390℃の時得られた固形残渣の様子を図 11-2-17 に，反応温度 450℃で得られた固形残渣の様子を図 11-2-18 に示す。反応時間はいずれも 30 分である。反応温度 390℃では，固形残渣が多く残り，粘度が強い状態であった。それに対して 450℃で反応した


図 11-2-17 固形残渣（390℃）


図 11-2-18 固形残渣（450℃）

場合の固形残渣は灰化しており，粘度については感じられなかった。図 11-2-19 に反応温度 390℃で反応した際に得られた回収液の様子を，図 11-2-20 に反応温度 450℃で反応した際に得られた回収液の様子を示す。回収液はいずれも無色透明で，油化しているような様子は見られなかった。また，反応後反応容器を開封する際には硫黄の悪臭が漂い，ゴムを架橋している硫黄分がガス化し放出している事が伺えた。

汎用自転車タイヤを用いて反応を行った。水熱反応を適用した後の生成物質を n-ヘキサンによって洗い出しした場合，目視によっても明らかな油相と液相の分離が見られたのに対し，汎用自転車チューブを検体として用いた場合の生成物質にそのような分離は見られず，油化状態までは得られなかった。





図 11-2-19 回収液（390℃）図 11-2-20 回収液（450℃）

②水熱反応による汎用自転車チューブの炭素挙動

汎用自転車チューブに水熱反応を適用した場合の炭素挙動について調べた。水熱反応条件については，加硫 EPDM ゴムを用いた引用研究において，最も大きな油化率となった 400℃，30 分を参考とし，反応時間 30 分，反応温度 370℃，400℃，430℃を用いた。また，汎用自転車チューブの対象として汎用自転車タイヤに対しても同条件で反応を行った。

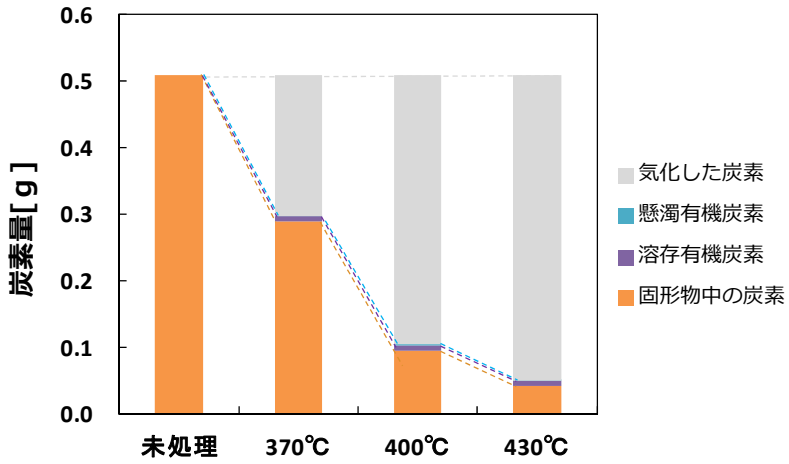


図 11-2-21 汎用自転車チューブの炭素挙動（反応時間：30 分）

炭素挙動については，元素分析計を用いて，反応前の実サンプルおよび反応後の固形残渣中の炭素量を分析した。また，反応後生成液中の炭素濃度および溶存炭素濃度については，島津製作所製の全有機炭素濃度計を用いて測定した。溶存炭素については，各試料をメンブレンフィルター（Whatman, 0.45μm）によりろ過したのち同じく全有機炭素濃度計によって測定した。

図11-2-21に汎用自転車チューブの結果を示し，図11-2-22に対象として行った汎用自転車タイヤの結果を示す。反応温度の上昇に伴い汎用自転車タイヤおよび汎用自転車チューブのどちらにおいても，固形残渣中の炭素量は減少傾向にある。しかし，汎用自転車タイ

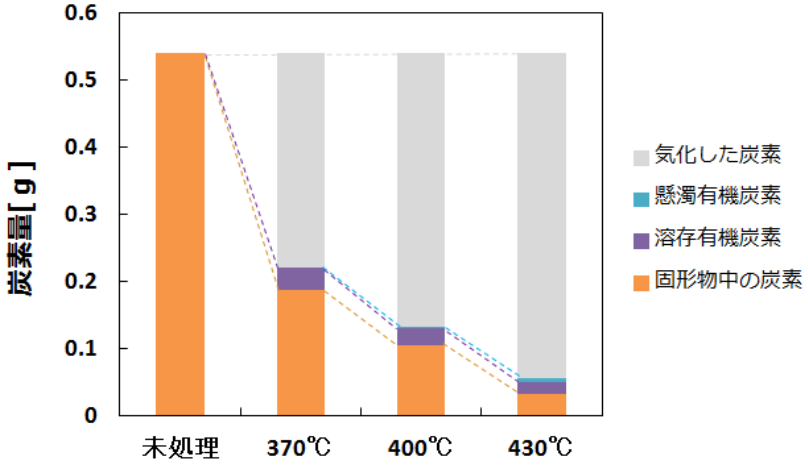


図 11-2-22 汎用自転車タイヤの炭素挙動（反応時間：30 分）

ヤの場合は温度の上昇に伴い溶存有機炭素量が増えているのに対し，自転車タイヤチューブにおいてはその傾向は見られなかった。汎用自転車チューブはある一定量が懸濁有機炭素として水中に移行するが，それ以上は温度の上昇に伴い気化してしまうことが考えられた。

③まとめ

・水熱反応を自転車タイヤチューブに適応した際，油化の傾向は見られなかった。
・水熱反応による自転車タイヤ及び自転車タイヤチューブの炭素挙動について調べた結果，反応温度の上昇に伴い，自転車タイヤチューブは気化する割合が多い。
・反応温度を上昇しても，自転車タイヤに比べチューブは水中に溶存する炭素が得られにくい。

１１－３　リサイクルに関するヒアリング調査

豊橋市内における自動車および自転車のタイヤ，タイヤチューブの回収を行いリサイクル業者へ引き渡す前段階の加工を行うS社へのヒアリング調査を行った。



図 11-3-1 S 社の様子（外観）



図 11-3-2 S 社の様子（回収された状態）

ヒアリング結果によると，自動車用タイヤチューブであれば傷が少ないものはトラック用のゴムバンドに切断・加工しホームセンター等へ販売可能であり，傷が多いものに関しては粉砕し，セロテープやガムテープの粘着部分として再利用するため他業者へ転売を行っている。一方，自転車用タイヤチューブに関しては不純物の含有率が多く，粘着性が劣るため，他製品への利用は難しく，その有効利用法の開発が求められている。現在はやむを得ず，S社で破砕処理を行い，次段階の加工を行うＡ社へ引き渡しを行っている。ヒアリングによる回収された材料の流れ図を図11-3-3にまとめたものを示す。

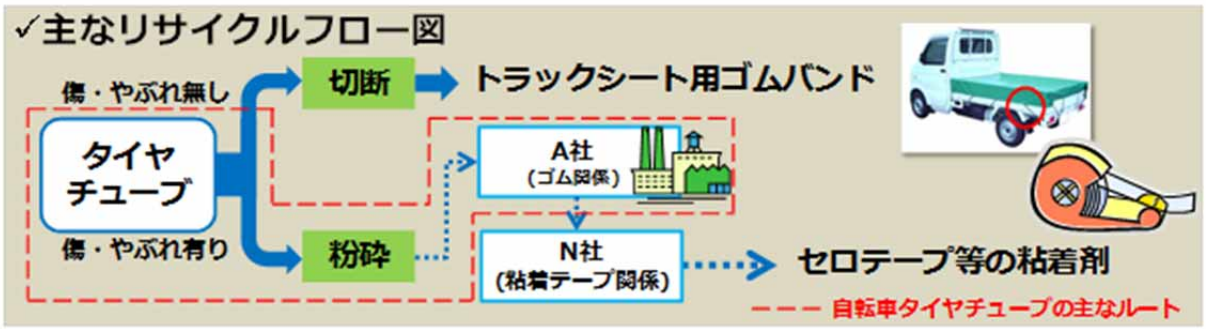


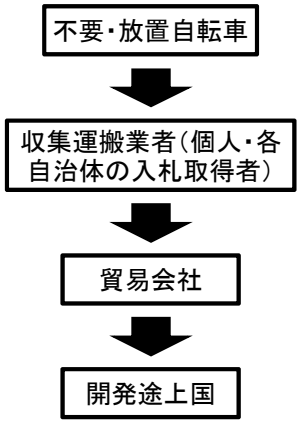
図 11-3-3 S 社におけるタイヤチューブのリサイクルフロー

１１－４　自転車のリサイクル活動

放置自転車対策の一環として，レンタサイクルなどを導入する市町村が増えている。回収した放置自転車を共同で利用することにより，自転車総量および放置自転車の削減を図ろうとするものである。さらに，近距離交通手段として位置付けることも目的としている。

他に，中古自転車を輸出販売している業者もある。そのフローチャートを図 11-4-1 に示す。不要となった自転車を買い取り輸出する。輸出先は，東南アジア，中東およびアフリカ地域が中心である。

図 11-4-1　自転車輸出販売のフローチャート



一方で，有償ではなく無償で自転車をケニア中心に送る支援活動を行っている NGO 団体もある。現地では，自転車は重い荷物を運ぶための貴重な手段となっている。自転車はかさばるため，ペダル等を外して分解してからコンテナに積み，現地で組み立てられる。本体だけでなく，スペアのチューブおよび部品も一緒に梱包しなければならず，コスト面での課題が残っている。

電動自転車においては，「資源有効利用促進法」の施行に伴って，2001 年 4 月から，電池メーカーとそれを内蔵する機器のメーカー各社に小形充電式電池のリサイクルが義務づけられた。これを受けて，電動アシスト自転車に使用されている二次電池のリサイクルも広まった[5)]。

自転車タイヤのリサイクルでは，2010年6月に自転車の使用済みタイヤチューブを採用したショルダーバックが発売された。バックの全面にタイヤチューブが利用されており，素材の粉砕および特殊な加工は施さず，素材そのままの状態で利用されている。そのため，タイヤチューブの特性を生かした耐衝撃および防水効果が期待できる。しかし，11-3の回収業者のヒアリング報告にあるようにタイヤやチューブ類の場合，傷が少ないもののリユースは可能であるが，それ以外は破砕されて処理されているのが実情である。

１１－５　今後の展望

回収業者にヒアリングの結果，自転車のタイヤチューブの有効な再利用法が現在確立されていないことが分かった。そして，使用済み自転車タイヤあるいはチューブの熱分解挙動について質量分析計を使って観測したが，使用状況による環境の影響，特に水と酸素，の影響が大きいことが分かった。そのため，再資源化するためには，使用条件による影響を定量化した観察を行う必要がある。エネルギー転換あるいはリユース以外のケミカルリサイクル的手法を行う場合において，通常の水熱反応を適応する方法での油化は困難であった。そのため，自転車タイヤチューブの水熱反応による再資源化については，触媒等を添加する等の方法の適用が必要であると考えられる。今後，触媒の添加を検討し，適当と考えられる反応温度や反応時間などの条件を検討していくことにより熱分解と比べた水熱反応の優位性が発揮されるものと考えられる。

最後に，今後の課題として，電動アシスト自転車の利用が進む事で，使用されている二次電池のリサイクルが重要な課題となる可能性がある[5)]。

参考文献

1) 財団法人自転車産業振興協会, 平成 19 年度不要自転車の回収・処理及び再資源化に関する調査報告書概要版, (2008).

2) ブリジストン編集, 自動車用タイヤの基礎と実際（単行本）, (2008).

3) 一般社団法人　日本タイヤ協会, タイヤの LCCO2 算定ガイドライン, (2012).

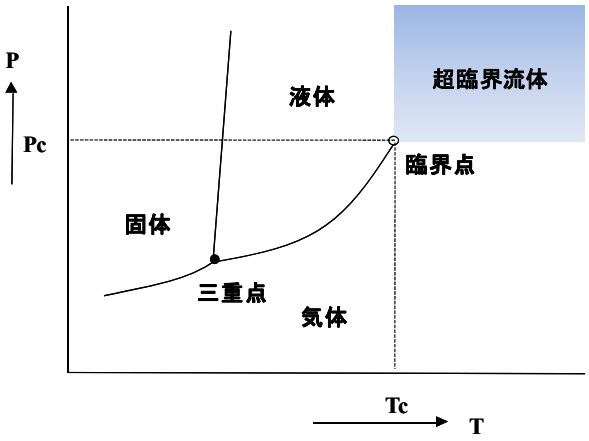
4) 天王俊成, 藤田恵美, 榎本兵治, 加硫 EPDM ゴムの油化における超臨界域のアルカリ水熱反応の特徴と生成油状物の工学的利用,資源と素材, 112 (13), 941-946, (1996).

5)社団法人　自転車協会, 廃棄自転車の処理調査補助事業報告書, (2014).

補足資料

１）水熱反応について

横軸に温度を，縦軸に圧力をとった水の状態図で，気体，液体，固体の三相が共存する三重点が存在する。三重点の温度より低い温度では固体とその蒸気が平衡を保ち，その時の蒸気圧は昇華曲線で与えられる。この曲線より低い圧力では固体が昇華して気体となり，高い圧力では気体は凝固して固体になる。三重点より高い温度では，液体とその蒸気が平衡になり，この時の圧力が飽和蒸気圧で，蒸気圧曲線で表される。これよりも低い圧力であれば液体は全て気化し，またこれよりも高い圧力であれば蒸気は全て液化する。圧力を一定にして温度を変化させてもこの曲線を超えると液体が蒸気に，また蒸気が液体になる。この蒸気圧曲線には高温，高圧側に終点があり，これを臨界点(critical point)という。臨界点以上では，液体と気体との区別がつかなくなる状態となり，気液の境界面も消失する。それゆえ，この臨界点より高温の状態では，気液共存状態を生じることなく液体と気体の間を連続的に移り変わることができる。この領域ではいくら密度を増大させても凝縮が起こらなくなる。この臨界温度以上で，かつ臨界圧力以上の状態にある流体を超臨界流体と呼ぶ。本研究で使用した水熱反応は，これらの超臨界流体と亜臨界流体等の高温高圧の水が共存する条件下で進行する化学反応を意味している。



水の状態図

２）自転車チューブの化学成分

ブチルゴム：イソブチルとイソプレンを共重合させた合成ゴムであり，耐ガス透過性および耐屈曲亀裂性に優れているのでタイヤのチューブに使われる。耐熱, 耐寒よび耐候性において良好であるが, 反発弾性は比較的悪い。比重は約 0.92 で水より軽い。主に一般用の自転車に使われる。

天然ゴム：ゴムの木の樹皮から採取した樹液（ラテックス）により作られる。天然ゴムは反発弾性および耐パンク性が良く，物性としては，比重 0.92，引張強さ 3-30MPa，最高使用温度 120℃である。ブチルゴムに比べて伸び率が大きいため，蛇噛みなどのパンクを相対的に起こしにくい。エネルギー吸収が少ないためタイヤの転がり抵抗が小さく，主に競技用の自転車に使われる。

１２．予防安全・自動運転のための環境認識

情報・知能工学系　教授　三浦　純

１２－１　はじめに

自動車による事故を予防し，また将来の自動運転を実現するためには道路あるいは人や他車を認識し，停止や回避などの適切な行動を取ることが求められる。これらの機能を実現するための技術は，自律移動ロボット分野において研究されてきたものとほぼ同一である。そこで，本章では予防安全・自動運転に適用可能なロボットの知能化技術として，人物の検出技術および地図生成技術について述べる。

１２－２　人物検出

（１）人物検出の重要性

自動車の安全性向上のためには歩行者を高信頼に検出することが不可欠である。画像による人物検出手法については，近年の画像の局所特徴量と学習アルゴリズムの発展により，照明条件が適切であればかなりの検出精度が得られることが示されている。しかしながら，自動車で利用するためには，人の運動方向を予測するための向きと移動方向の推定や，適切な回避行動を取るための 3 次元情報の取得などが必要となる。本節では，人物検出・状態推定のために開発した手法について述べる。

（２）画像情報を利用した人物の向きと移動方向の推定 [1]

図 12-2-1 に処理のブロック図を示す。処理は大きく 2 つに分かれる。検出部では，まず HOG 特徴[2]と Adaboost を用いた検出器[3]を上半身検出用に学習させ，画像中より上半身を検出する。検出した上半身領域に対し，形を捉える HOG 特徴およびテクスチャを捉える LBP 特徴[4]を計算し，合わせて特徴ベクトルとする。人の向きは図 12-2-2 に示す 8 方向に量子化して推定する。

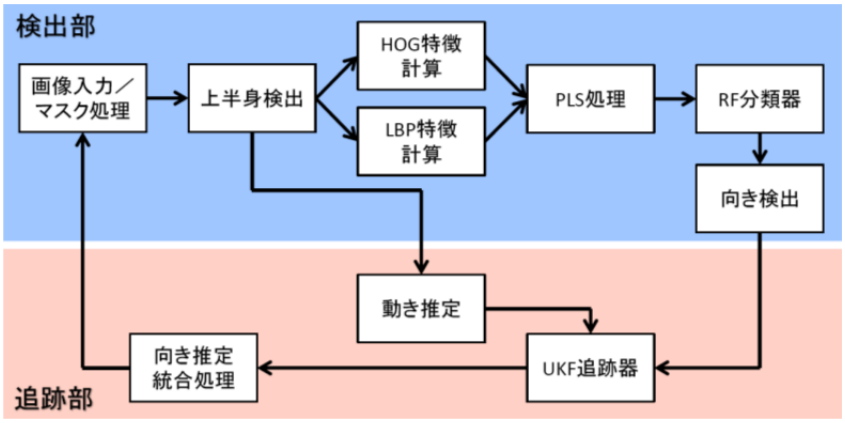


図 12-2-1　人物の向き・移動方向推定処理のブロック図



図 12-2-2　推定する 8 方向

特徴ベクトルの次元削減には部分最小 2 乗法（Partial Least Squares, PLS）[5]を用いる。PLS は入力空間（特徴ベクトル）におけるデータの分布だけでなく，出力空間（クラスラベル，ここでは離散化された人物の向き）との相関を考慮して部分空間を作成するため，より識別性能の高い部分空間を作成することができる。PLS によって得られた特徴ベクトルを用いて向きの分類を行う。分類器には多クラス分類が可能な Random Forest[6]を用いる。

歩行中の人物は通常進行方向を向いているので，移動方向と向きとの間には関連がある。そこで，両方の情報を統合して向きを推定するために，人物の位置，速度，向きを状態変数とする Unscented Kalman Filter を利用した追跡器を構成し，情報統合を行う（図 12-2-1 の下のブロック）。また，人物追跡情報を利用して画像中の人物検出範囲を限定することによって処理時間の短縮を図る。

図 12-2-3 に TUD-Stadtmitte データベース[7]を用いて人物検出および向き推定を行った例を示す。図中，上段は人物の検出結果（円筒）と向きの推定結果（矢印）を示す。下段は 2 次元座標系におけるカメラ視野と検出された人物位置を示す。他のデータベースを用いた比較において，従来手法に比べて人物検出および向き推定の精度が向上していることが示されている[1]。



図 12-2-3　TUD-Stadtmitte データベースに対する人物検出・向き推定結果の例

（3）画像と 2 次元距離センサデータを用いた人物の追跡と認証 [8]

画像データは人物の識別に有効であるが，見えのみの情報では誤った領域を人物としてしまう可能性がある。そこで，レーザ距離センサ（Laser Range Finder，LRF）を用いて人物を検出し，さらに両方のデータを組み合せて人物認証を行う手法を開発した。図 12-2-4 に処理のブロック図を示す。

LRF により人物の胴体部，脚部の高さのデータを取得し，得られた領域の形状から人物を検出し，ロボットからの相対位置を計測する。さらに，ロボットの移動を考慮した足の接地位置の推定により，歩容（歩幅，歩行周期）に関する情報を得る。一方，LRF から得られた人物位置情報と前項で述べた

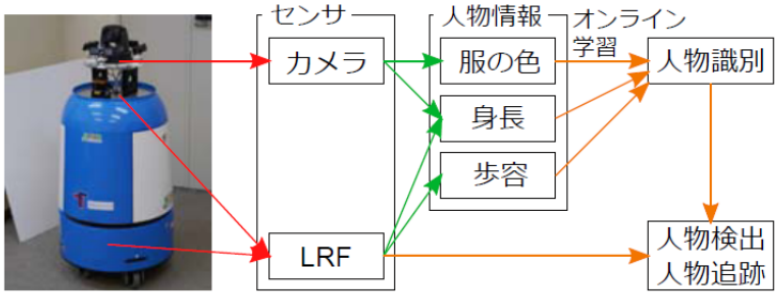


図 12-2-4　カメラとレーザ距離センサを用いた人物追跡・識別

画像による人物検出を組み合せて画像中の人物位置を決定した後，服の色および身長を計算する。身

長の計算には，画像中から得られた頭頂部位置と LRF から得られる人物までの距離を利用する。最終的に服の色，身長，歩容の情報を統合して特定の人物を検出し，追従行動を取る。

頭頂部の検出は髪色（黒色）らしい領域と輝度勾配が強い領域の論理積を取り，人物領域内でその最上位の場所を選択することによって行う（図 12-2-5 参照）。LRF による足の接地位置の検出は，図 12-2-6（左）に示すように時間ごとの脚位置を 2 次元平面上に投票し，その投票値の高いところを接地位置とみなす。ロボットと人の位置関係によっては，片方の足でもう片方の足が隠蔽されるため，隠蔽の有無を判断し隠蔽側の接地位置の信頼性を低く設定した上で，歩幅，歩行周期を推定する（図 12-2-6（右））。

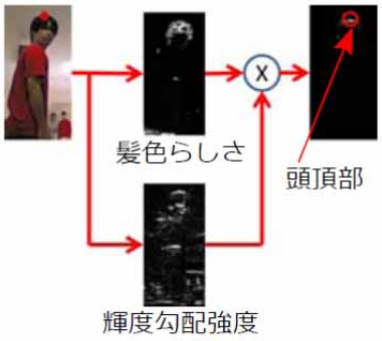
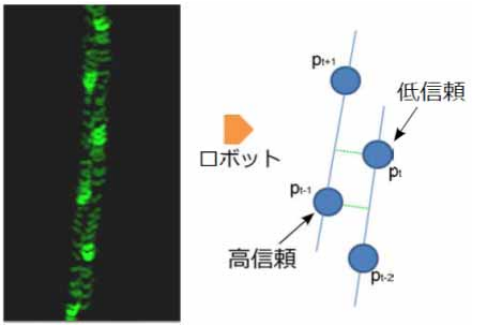


図 12-2-5　頭頂部検出処理



脚位置データの蓄積　　軸足位置の信頼性

図 12-2-6　接地位置の検出

図 12-2-7 に示す状況でそれぞれの人物の追跡対象人物モデルとの類似度を計測する実験を行った。右側の人物が追跡対象人物であり，左側の人物（通行人）との比較を行った。なお，画像中の紫と緑の折れ線はそれぞれ，胴および脚の位置の LRF の距離データをカメラ画像上に射影したものである。図 12-2-8 に計測された各人物の身長，歩容データを示す。いずれも識別に十分な情報を持っていることがわかる。

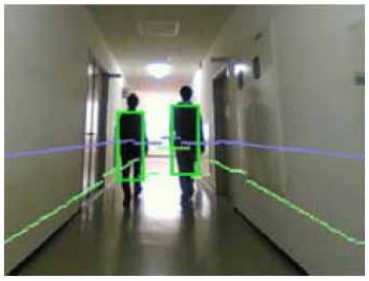


図 12-2-7　実験状況

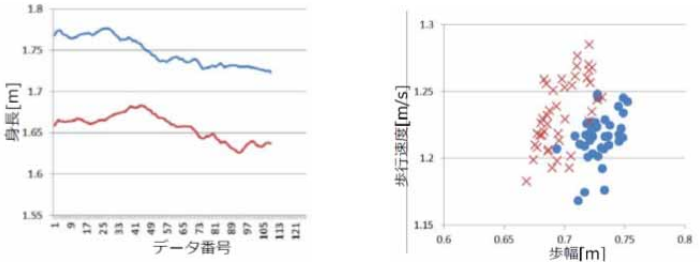
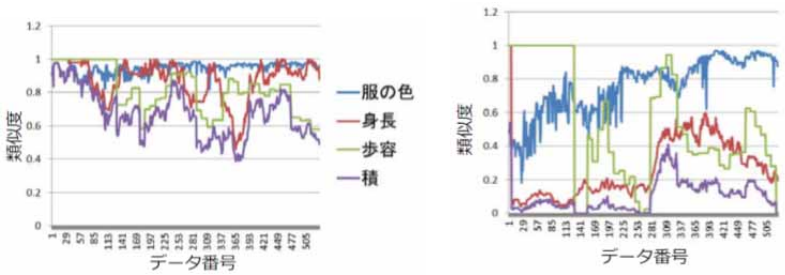


図 12-2-8　追跡対象（赤）と通行人（青）のデータ

図 12-2-9 に各特徴から得られる追跡対象人物らしさ（尤度）とすべての情報を統合した尤度の時間変化を示す。特定の情報で区別がつきにくいときでも，情報統合により正しい人物に対し高い尤度が計算されている。



(a) 追跡対象　　(b) 通行人

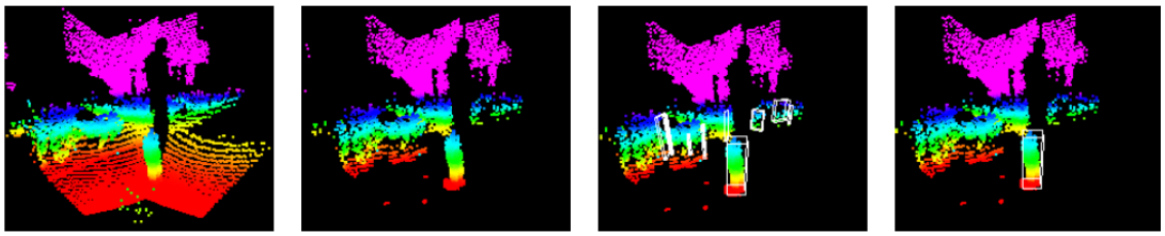
図 12-2-9　追跡対象人物らしさ（尤度）の変化

（4）3 次元距離センサを用いた人物の発見と追跡 [9]

前項で用いた距離センサ（LRF）は 2 次元平面上を走査するものであったが，3 次元空間を走査す

るタイプの距離センサを用いると人物の形状を認識することが可能である。ここでは，高品位 3 次元 LRF を用いて人物検出を行う城殿らの手法 [10] を，より解像度の低い 3 次元 LRF に適用する。

人物検出の手順を図 12-2-10 に示す。取得した 3 次元データ(a)から路面部分のデータを除去し(b)，物体ごとにクラスタリングした後その大きさから人物候補を検出し(c)，さらに識別器によって人物を検出する(d)。識別には，従来研究で用いられてきた 3 次元的な点の分布などに加え，特に遠方でデータ点数が少ない場合に対処するために考案した，大まかな形状を捉えるためのスライス特徴および衣服や金属ポール等材質の違いを捉えるための反射強度ヒストグラムを用いる。識別器には RealAdaBoost [11] を用いた。図 12-2-11 に検出例を示す。800 枚の距離データに対して検出実験を行い，再現率 0.90，適合率 0.94 であった。なお，図に示す移動ロボットシステムは，対象人物が保持する発信機の電波到来方向をエスパアンテナ[12]を用いて推定し，一時的に対象人物が視野から外れても再発見を行った後，追従行動を再開・継続することができる [9]。



(a)　(b)　(c)　(d)

図 12-2-10　3 次元距離センサデータからの人物検出

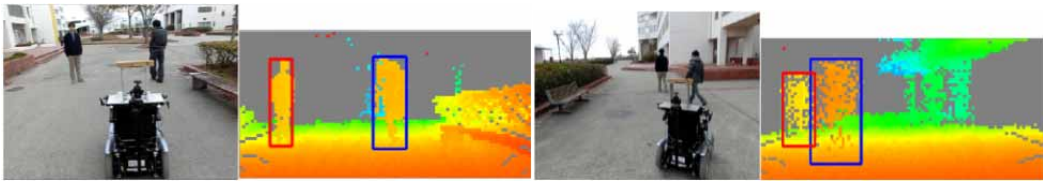


図 12-2-11　人物検出例

同様の手法を電気自動車に設置した距離センサに適用した。2 次元 LRF を 1 軸回転機構で回転させることにより，3 次元距離データを取得する（図 12-2-12 参照）。147 枚の距離データに対して検出実験を行い，再現率 0.87 であった。また，自動化タクシーへの適用を想定して，合図（手を上にあげる（手上げ），手を横に出す（手差出し））の検出を試みた（図 12-2-13 参照）。現在，自転車など歩行者以外の移動体も含めた検出システムを開発している。



図 12-2-12　3 次元距離データ取得システム

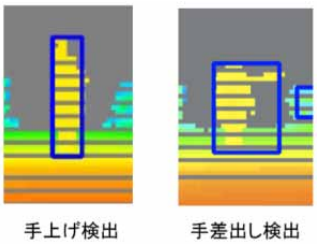


図 12-2-13　合図検出結果

１２－３　屋外地図生成［13］

不整地や障害物の存在する道路上を移動する際には，通行可能領域の検出が不可欠である。ここでは，そのための技術として屋外の 3 次元地図生成手法を開発している。屋内環境での SLAM（地図と移動量の同時推定）技術はかなり成熟した段階にあるが，屋外では移動量推定に有用な構造物が常にあるとは限らない。GPS は有用な位置情報を提供するが，逆に構造物の近くでは十分な位置推定情報が得られない。そこで，場所に応じて適切な移動量推定手法を選択するとともに，閉ループ検出（以前通った場所に戻ってきたことの検出）や GPS による相対位置情報に基づいて移動量修正を行うことにより，移動経路を推定して 3 次元地図を生成する手法を開発した。センサとしては 3 次元レーザ距離センサを主に使用し，2 つ並べて使うことにより約 120 度の視野角を確保している。図 12-3-1 は取得した点群データの例である。

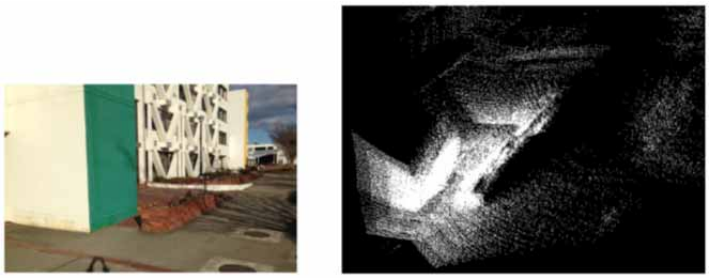
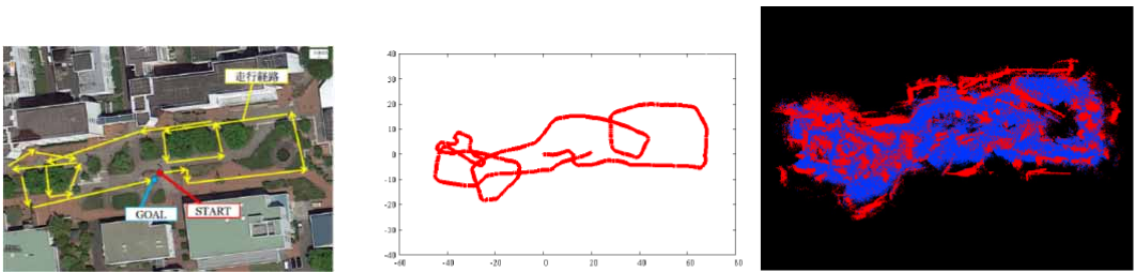


図 12-3-1　点群データの例：（左）計測環境　（右）取得した点群

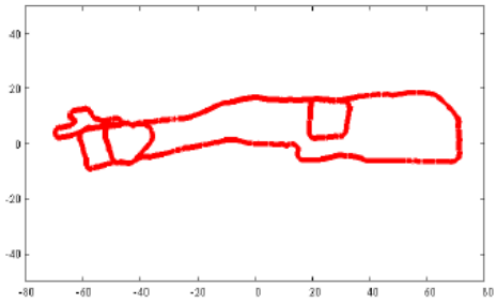
提案手法では，移動量推定の方法として，平面の対応付けに基づく手法，画像特徴点の対応付けとその 3 次元位置推定に基づく方法，ステレオ視覚オドメトリ，車輪オドメトリの 4 種を選択的に利用している。図 12-3-2 に提案する移動量推定手法を用いた地図生成結果を示す。地図の青色は移動可能な平面，赤色は建物や木などの障害物を示す。



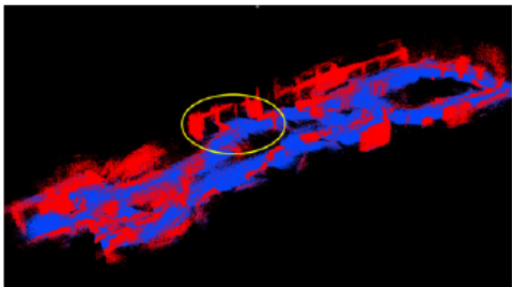
(a) 実験環境と走行経路　　(b) 経路推定結果　　(c) 地図生成結果

図 12-3-2　選択的移動量推定に基づく経路推定と地図生成

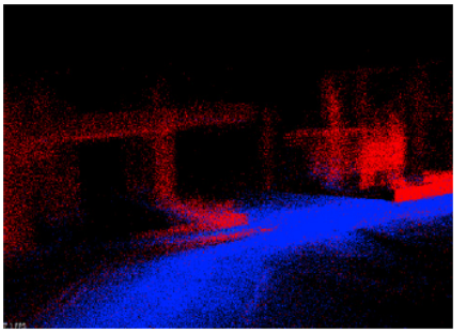
図 12-3-2 の結果ではおおよその経路と地図は復元されているものの細部が正確ではない。そこで，SURF 特徴を利用した Bag-of-visual-words 法［14］により時間的に異なる 2 つの計測位置がほぼ同じ位置にあることを検出し，その 2 点間の相対移動量を上記移動量推定によって求めて得た情報，および GPS データから異なる 2 地点間の相対移動量を求めた情報の二種類の情報を追加することによって，経路推定および地図の改善を図る。改善には計測位置をノード，位置間の関係をエッジとする pose graph を生成した後に最適化を行う，pose graph SLAM［15］を適用する。図 12-3-3 に修正した経路推定と地図生成の結果を示す。



(a) 修正された移動軌跡



(b) 生成された 3 次元地図



(c) (b)の黄色枠部分の拡大図



(d) 各大部分の実際の環境

図 12-3-3　修正した経路推定と地図生成の結果

１２－４　おわりに

本稿では，予防安全あるいは自動運転に不可欠な環境認識技術として，人物の検出および地図の生成について述べた。そこでは，複数種類のセンサデータや時系列データなどを統合して解釈すること（**センサフュージョン**と呼ぶ）により，認識の信頼性を向上させるアプローチが有効である。移動ロボットは自動車に比べより多様な環境を認識する必要があるが，移動速度が遅いため処理にある程度時間をかけられること，人物個別の情報を電波等によって得ることも可能であることなど有利な点もある。一方，自動運転では可能な環境・状況は一般に道路上に限定できるが，移動速度が大きいため高速処理や遠方のデータの処理が必要となる。これらの違いを十分に認識しつつ，技術の共通化と個別化を行っていく必要があると考えられる。

なお, 本稿で紹介した研究を筆者と共同で行った豊橋技術科学大学行動知能システム学研究室の Igi Ardiyanto，谷地中宏基，三栖一城，小出健司，波平勇気の各君に感謝する。

参考文献

[1] I. Ardiyanto and J. Miura, “Partial Least Square-based Human Upper Body Orientation Estimation with Combined Detection and Tracking”, Image and Vision Computing, Vol. 32, No. 11, pp. 904-915, 2014.

[2] N. Dalal and B. Briggs, “Histograms of Oriented Gradients for Human Detection”, Proc. 2005 IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 886-893, 2005.

[3] Q. Zhu et al., “Fast Human Detection using a Cascade of Histograms of Oriented Gradients”, Proc. 2006 IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1491-1498, 2006.

[4] T. Ojala, M. Pietikainen, and T. Maenpaa, “Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns”, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, no. 8, pp. 981-987, 2002.

[5] W.R. Schwartz et al., “Human Detection using Partial Least Squares Analysis”, Proc. 12th

IEEE Int. Conf. on Computer Vision, pp. 24-31, 2009.
[6] L. Breiman, “Random Forest”, Machine Learning, Vol. 45, pp. 5-32, 2001.
[7] M. Andriluka, S. Roth, and B. Schiele, “Monocular 3D Pose Estimation and Tracking by Detection”, 2010 IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 623-630, 2010.
[8] 小出健司，三浦純, “服の色・身長・歩容特徴を用いた付き添いロボットのための人物識別”,第 32 回日本ロボット学会学術講演会，2014.
[9] 三栖一城，三浦純, “3 次元レーザ距離センサとエスパアンテナを用いた移動ロボットによる特定人物発見・追跡”，第 32 回日本ロボット学会学術講演会，2014.
[10] 城殿清澄，渡邉章弘，内藤貴志，三浦純, “高解像度レーザレーダによる歩行者識別”，日本ロボット学会誌，Vol. 29, No. 10, pp. 963-970, 2011.
[11] R.E. Schapire and Y. Singer, “Improved Boosting Algorithms Using Confidence-Rated Projections”, Machine Learning, Vol. 37, No. 3, pp. 297-336, 1999.
[12] H. Kawakami and T. Ohira, “Electronically Steerable Passive Array Radiator (ESPAR) Antennas, IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 47, No. 2, pp. 43-50, 2005.
[13] 谷地中宏基，三浦純, “移動ロボットによる屋外 3 次元地図生成と通行可能領域の分類”，第 32 回日本ロボット学会学術講演会，2014.
[14] C. Csurka et al., “Visual Categorization with Bags of Keypoints”, Proc. ECCV-2004 Workshop on Statistical Learning in Computer Vision, pp. 1-22, 2004.
[15] E. Olson, J. Leonard, and S. Teller, “Fast Iterative Alignment of Pose Graphs with Poor Initial Estimates”, Proc. 2006 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 2262-2269, 2006.

１３．炭酸ガスの超音速二相流ノズル中に発生する斜め衝撃波

未来ビークルシティリサーチセンター
低炭素社会と先端省エネルギーコア
特定教授　中川　勝文

１３－１　はじめに

地熱発電所用のトータルフローシステムや冷凍サイクルなど多くのエネルギー変換装置で用いられる作動流体は二相状態となる。この二相流は気体単相流に比べて音速が非常に低く [1]，超音速状態まで加速されやすい特徴を持つ。一般的に，超音速状態では急激な流路変化に伴って，衝撃波や膨張波が発生し，これらの波が流れ場へ与える影響は無視できない。また，二相流中で発生する衝撃波及び膨張波は気体単相流中のものとは異なり，圧力場が分散する傾向を持ち，気体単相流よりも複雑な現象の混在が予想されている。

我々は，これまでに炭酸ガスの冷凍システムにおいて排出していた膨張エネルギーを有益な圧縮エネルギーに変換し，冷凍サイクルの効率を改善することができるエジェクタ [2]における超音速二相流の研究を行なってきた。エジェクタはノズル入口にて流体が持つ熱エネルギーを先細末広ノズルによって運動エネルギーに変換し，混合部･ディフューザーを経て圧力エネルギーに変換する装置である。この二相流エジェクタ内の超音速流中では斜め衝撃波や膨張波がエジェクタ内の混合部に生じ，エジェクタによって行なわれる圧力回復現象に影響を与えると考えられている。エジェクタの性能は，ノズルのエネルギー変換効率と混合部での混合現象が大きく影響するため，これらの現象を解明することにより，エジェクタの高効率化が可能となる。

これまでに行なわれている単成分二相流中を伝播する衝撃波に関する実験では衝撃波管を用いて測定されたもの [3] [4]が多く，本研究のように，ノズル中に斜め衝撃波を発生させている実験 [5] [6]で用いられている作動流体は湿り空気がほとんどであり，本研究のように炭酸ガスのような単成分の冷媒を対象とした研究はほとんどない。湿り空気流中の凝縮性衝撃波では，凝縮液の質量流量の割合は高々数%のオーダーであり，50%以上の湿り蒸気に比べて非常に低く，二相流独特の緩和現象によって生じる衝撃波の特徴を有していないので，これらの結果を直接炭酸ガス二相流に適応することはできない。また，炭酸ガス流れは臨界点に近く，密度比や表面張力が小さいので，熱水と水蒸気の二相流とは異なる振る舞いを起こす。著者らはこれまでに炭酸ガス冷媒を用いて二相流の膨張波 [7]や斜め衝撃波 [8]の測定を行ったが，測定方法やノズル形状などの問題により，正確に発生箇所やその形状をとらえることができなかった。そこで，本研究では，これまでに行なってきた研究 [8]の測定方法に改善策を施し，ノズル内部を流れる炭酸ガス超音速二相流中に発生する斜め衝撃波の挙動を実験より調べた。

さらに，半無限平板上に発生する斜め衝撃波に関する解析 [9]を相変化する実在気体である炭酸ガスに応用し，本実験で用いたノズル内に発生する二相流斜め衝撃波前後の流れ場を解析的に明らかにする。

１３－２　二相流斜め衝撃波を測定する実験

（1）定常二相流衝撃波の発生方法

本研究では，定常の二相流斜め衝撃波をノズル内の超音速二相流中に発生させ，これによる圧力変化を測定した。使用したノズルの形状は斜め衝撃波を発生させるために，図 13-2-1 のような先細末広ノズルを用い，ノズルの末広部中に意図的に傾斜壁を取り付けている。なお，これまでの研究 [8]でノズル出口に設置していた傾斜壁はノズル末広部中に設置した。こうすることによって，ノズル出口端点で発生する膨張波の影響が無くなり，発生した斜め衝撃波の反射波の測定も可能になった。ここで，ノズルの出口付近の流路幅は，出口にて流れが閉塞しないようにわずかに幅が開いていくように設計されている。

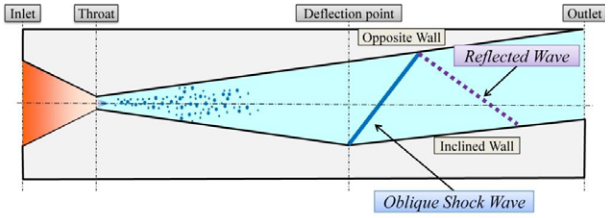


図 13-2-1　ノズル内での衝撃波・反射波の発生

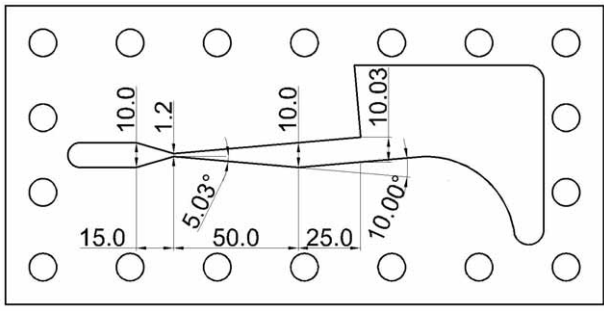


図 13-2-2　試作した先細末広ノズル

実験で用いたノズルは，ノズル入口にて温度 30 ℃，圧力 10MPa とし，ノズル出口にて平衡マッハ数が 2.2 となるように設計した。このとき出口温度は-56 ℃ となる。この設計には，気液相間を平衡状態とし，等エントロピー変化する均質流の断熱理論モデル(IHE)を用いた。上記の設計条件より作成された矩形流路を持つ先細末広ノズルの詳細な形状を図 13-2-2 に示す。図中の長さの単位は mm である。ノズル板はステンレス板をワイヤー放電加工でくり抜いて作成している。

（2）測定方法

本実験で用いたノズル板を組み込んだテストセクションを図 13-2-3 に示す。テストセクションは，熱電対を挿入するために用いた絶縁性の高いベークライト板でステンレスノズル板の上下を挟むことにより二次元の矩形流路を構成している。上面のベークライト板にはノズル内の温度及び圧力を測定するために，線径 0.1 mm の K 型熱電対と圧力計に繋がれた細管が取り付けられている。これまでの研究[7)8)]では，圧力タップ内の温度を測定することによってその飽和圧力から静圧を求められることを示してきた。本研究では実験で用いる熱電対で測定された温度の飽和圧力がテストセクションの圧力タップ内の圧力であるかを確かめるために 10 本の圧力計が 30 本の熱電対と交互に取り付けられている。

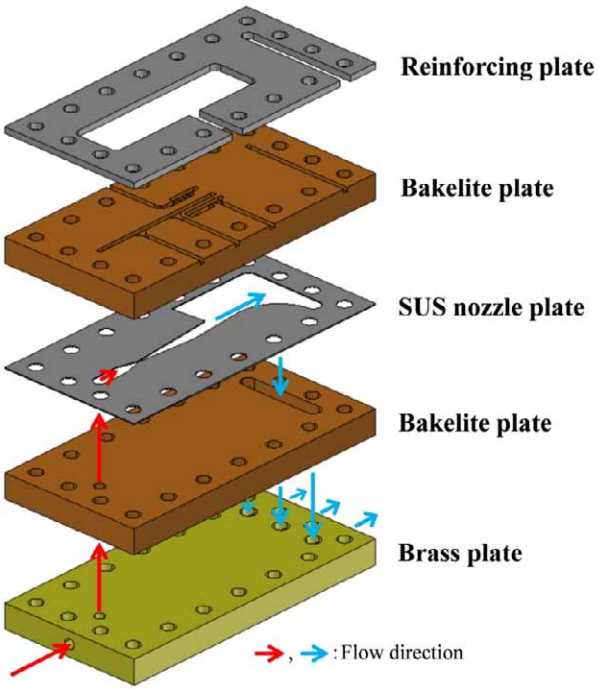


図 13-2-3　テストセクションの構造

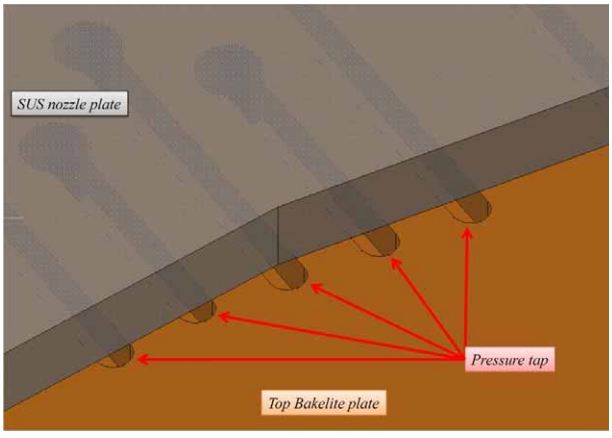


図 13-2-4　圧力タップの構造

ノズル内の静圧測定箇所は，ノズルの中央とノズルの壁面に沿うように設置している。ノズル中央は測定間隔を 7 mm と広く取れるために，直径 0.7 mm のタップを用いている。一方で，ノズルの壁面に沿う箇所では，発生する斜め衝撃波を詳しく測定したいため，測定間隔を 1～5 mm と細かくする必要性がある。そこで，幅 0.4 mm，深さ 0.5 mm の溝を掘り，図 13-2-4 に示すようにノズル板で片面をふさぐように合わせることで，圧力タップを構成している。

（3）炭酸ガスのブローダウン装置

図 13-2-5 は，テストセクションに炭酸ガス冷媒を流すために作製されたブローダウン実験装置の概略図である。実験装置は，高圧タンク，テストセクション及び計測機器で構成されている。高圧タンクに炭酸ガスの液冷媒を溜め，これをテストセクションに間欠的に流すことができるように工夫されている。高圧タンクの上部から窒素ガスで炭酸ガス冷媒を加圧することによって，炭酸ガス冷媒を高圧で放出することができる。実験では窒素ガスでノズル入口圧力を 9～12 MPa に調節した。また，高圧タンク内部に取り付けられている配管内にヒーターで温めた温水を流し，タンク内部の冷媒を加熱することができる。これによってノズル入口温度を 10～40 ℃ に設定した。圧力と温度を実験条件に設定した後, タンク下部のバルブを開き, 炭酸ガス冷媒をテストセクション内にいっきに流入させた。この時のノズル内各所において，温度と圧力を測定した。

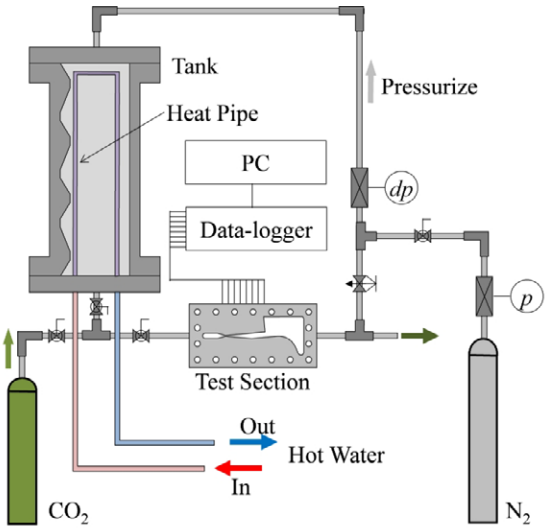


図 13-2-5　炭酸ガス間欠放出実験装置

１３－３　実験結果

（1）ノズル内圧力分布

実験より得られたノズル内の静圧分布を図 13-3-1 に示す。この静圧分布はノズル入口にて，温度 T_{in} = 31 ℃，圧力 P_{in} = 10 MPa の時に測定されたものである。13-2-(3)で示したようにノズル入口圧力とノズル入口温度を変化させたところ，ノズルの傾斜部での平衡マッハ数がほとんど変化しなかったので，本研究ではこの条件の実験結果のみを示す。図の縦軸は静圧で，横軸はノズルののど部からの流れ方向の距離であるが，静圧の測定部はノズルの断面内で分布しているので，これをわかりやすく示すために図の上部にノズル断面形状と各測定位置を以下に示す印でプロットした。図中の上部で，■印はノズル中心線上に分布する圧力タップの位置を示すが，下部ではその静圧を示す。同様に，▲印は傾斜壁のある側の壁，●印はその対向壁のものを示す。図中下部の実線で描かれている実線は IHE モデルから算出された静圧分布である。■▲●印は圧力タップ内に設けられた熱電対の指示温度の飽和圧力を，△○印は圧力の測定結果を示しているが，これらは滑らかな曲線を描くように分布しているので，熱電対は圧力タップ内の圧力の飽和温度を示しているといえる。

測定された圧力分布は10 MPa以上の高圧力の入口状態からこの断熱理論曲線に従うように0.5 MPa付近まで減圧膨張している。これは，ノズルの末広部で流れが超音速流となっていることを示している。

（２）傾斜壁近傍に現れる斜め衝撃波

図 13-3-1 において，ノズル内の圧力分布はのど部から断熱理論曲線に従うように減圧膨張しているが，図 13-3-2 に示すようにノズルの末広部に取り付けた傾斜壁付近では断熱理論曲線から逸脱する分布が測定できた。図 2-3-2 は傾斜壁の開始点 (のど部から $z = 50$ mm の位置) を基準としてスケールを拡大したノズル内圧力分布である。図 13-3-2 において，中心線上の■印と延長壁面の●及び○印の圧力上昇は傾斜壁面側の▲及び△印に遅れているのが確認できる。これは，発生している衝撃波が斜め衝撃波であることを表しており，この実験で二相流の斜め衝撃波が定常流で捉えられたことを意味している。そこで，発生した衝撃波の角度を物理的に求めるために，各測定箇所における昇圧開始点前後の圧力分布を 3 次近似し，相互相関を行なったところ，平均値として 67 °の角度が得られた。後で記述するが，この角度は理論的に示される炭酸ガスの衝撃波角において，衝撃波前後の圧力比が比較的強い斜め衝撃波であることを示している。

また，図 13-3-2 においては，丸で囲まれた昇圧開始点の相対位置にも注目すべきである。発生している斜め衝撃波が直線的に分布するのであれば，これらの間隔は等しく，延長壁面側の昇圧開始点はもっと後方になるはずである。したがって，本実験で発生している斜め衝撃波は，徐々に角度が大きくなる波であると考えられる。

さらに, 図 13-3-2 で傾斜壁面側の圧力が傾斜開始点よりも前方で圧力上昇しているのが確認できる。これは二相流圧力波が分散しているためであり，単相流の衝撃波にはない二相流特有のものと考えられる。

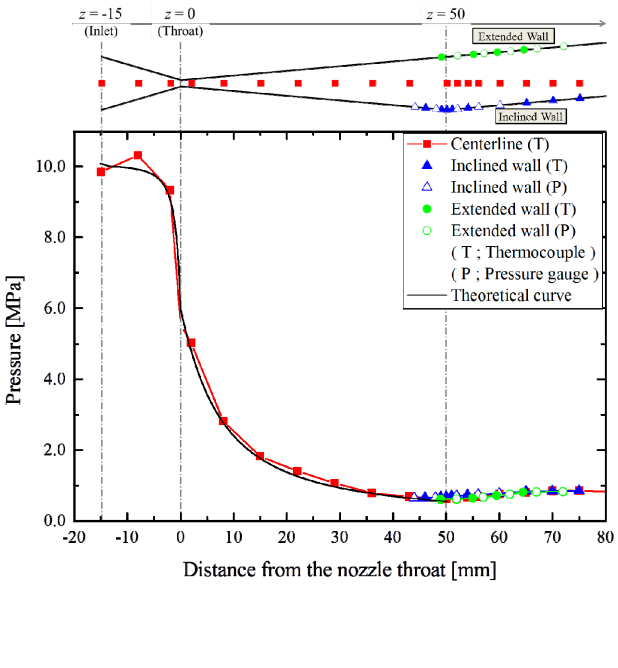


図 13-3-1　ノズル内の圧力分布

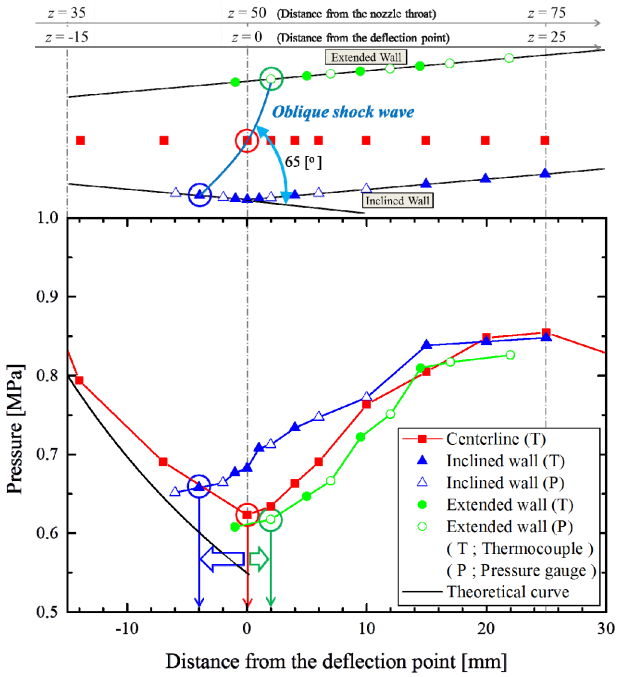


図 13-3-2　傾斜壁近傍の圧力分布

１３－４　理論解析による二相流衝撃波の解法

実験で得られた二相流斜め衝撃波の存在を予測するために理論解析を行なった。

（１）圧縮性二相流の基礎式

本節では，斜め衝撃波中の二相流を解く上で非常に重要となる圧縮性二相流の基礎式を示す。気液相間には運動量・熱・質量の各輸送現象が存在するが，本研究では，各現象を考慮した圧縮性二相流の基礎式を支配方程式として用いた。

気相と液相のそれぞれの質量保存を表す連続の式は二相流モデル[2)]で以下のように与えられる。

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha\rho_g)+\frac{\partial}{\partial x_j}(\alpha\rho_g v_{gj})=\dot{m} \tag{1}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\{(1-\alpha)\rho_l\}+\frac{\partial}{\partial x_j}\{(1-\alpha)\rho_l v_{lj}\}=-\dot{m} \tag{2}$$

ここで，α は二相流中の気相の体積分率を表すボイド率，ρ は密度，v は流速，$\dot{m}$は蒸発量を表す。ただし，添え字 g 及び l はそれぞれ気相と液相を，i は 2 次元の各方向を表している。

同様に，気相と液相のそれぞれの運動量保存を表す運動量式は次式で与えられる。

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha\rho_g v_{gi})+\frac{\partial}{\partial x_j}(\alpha\rho_g v_{gj} v_{gi})=\dot{m}v_{ki}-(1-\alpha)\rho_l\frac{v_{gi}-v_{li}}{\tau_V}-\alpha\frac{\partial p}{\partial x_i} \tag{3}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\{(1-\alpha)\rho_l v_{li}\}+\frac{\partial}{\partial x_j}\{(1-\alpha)\rho_l v_{lj} v_{li}\}=-\dot{m}v_{ki}+(1-\alpha)\rho_l\frac{v_{gi}-v_{li}}{\tau_V}-(1-\alpha)\frac{\partial p}{\partial x_i} \tag{4}$$

式(3)及び式(4)において，右辺第 1 項は相変化による質量輸送に伴う運動量交換を，右辺第 2 項は相間の速度差によって生じる摩擦に伴って発生する運動量交換を，右辺第 3 項は圧力勾配によって生じる力を表している。相変化の項で v_{ki} は次式で定義される。

$$v_{ki}=\begin{cases} v_{li} & \dot{m}\geq 0 \\ v_{gi} & otherwise \end{cases} \tag{5}$$

また，相間の摩擦項で，τ_v は運動量緩和時間であり，次式のように液滴径と物性値で表される。

$$\tau_V=\frac{\rho_l d^2}{18\mu_g} \tag{6}$$

この運動量緩和時間は液滴径の関数になっている。ミスト流中では液滴径は分布を持っているので，一般的には運動量式に 1 つのτ_vで決まることはできないが，本研究では，平均値としてこれらのτ_vを一定の均一径として取り扱った。

全体のエネルギー式は次式で与えられる。エネルギー保存式は各相で表すのではなく全体と相間の輸送の形で求めた。

$$\frac{\partial}{\partial t}\left\{\alpha\rho_g\left(e_g+\frac{v_{gj}^2}{2}\right)+(1-\alpha)\rho_l\left(e_l+\frac{v_{lj}^2}{2}\right)\right\}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left\{\alpha\rho_g v_{gj}\left(h_g+\frac{v_{gj}^2}{2}\right)+(1-\alpha)\rho_l v_{lj}\left(h_l+\frac{v_{lj}^2}{2}\right)\right\}=0 \tag{7}$$

ここで，e は内部エネルギーを，h はエンタルピーを表す。この式は相間の輸送の項は含まれない。

気相と液相の相間の輸送方程式は，図 13-4-1 のような球まわりのそれぞれの熱伝達方程式で表すことができ，各相と界面温度の差より次式で与えられる。

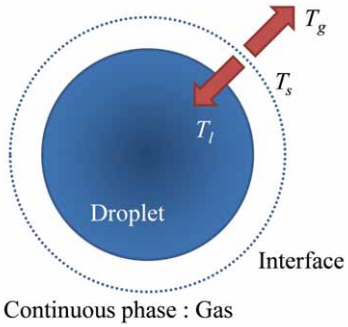


図 13-4-1　界面における熱輸送モデル

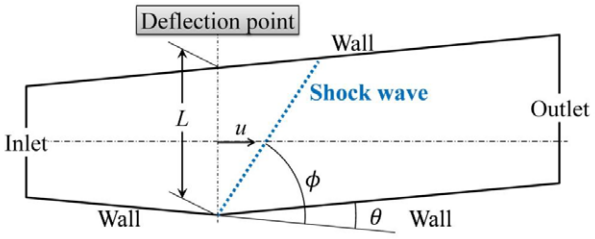


図 13-4-2　解析で使用した計算領域

$$q_g = h_{Tg}(T_s - T_g) \tag{8}$$

$$q_l = h_{Tl}(T_s - T_l) \tag{9}$$

ここで，q は界面から各相への熱流束を，h_T は各相の熱伝達率を表す。これらの熱伝達方程式はエントロピーを用いることで式(10)(11)のように記述できる。

$$T_g \frac{D_g s_g}{D_g t} = C_{pg} \frac{1-\alpha}{\alpha} \frac{T_s - T_g}{\tau_{Tg}} \tag{10}$$

$$T_l \frac{D_l s_l}{D_l t} = C_{pl} \frac{T_s - T_l}{\tau_{Tl}} \tag{11}$$

ここで，C_{pg} と C_{pl} は気相と液相それぞれの比熱を表す。また，τ_{Tg} と τ_{Tl} は気相と液相それぞれの熱緩和時間であり，次式のように液滴径と物性値で与えられる。

$$\tau_{Tg} = \frac{\rho_g C_{pg} d}{6 h_{Tg}} \tag{12}$$

$$\tau_{Tl} = \frac{\rho_l C_{pl} d}{6 h_{Tl}} \tag{13}$$

この熱緩和時間が小さい場合には熱輸送が活発に行われ，相間は熱的平衡状態に近くなる。

本解析では，気相と液相間の界面は飽和状態であると仮定した。界面温度 T_s は飽和蒸気圧力から算出することができる。全体のエネルギー式(7)に，連続の式(1)及び(2)と運動量の式(3)及び(4)を代入すると，蒸発量$\dot{m}$が式(11)及び(12)で与えられるエントロピー変化で表すことができる。すなわち，界面に流入する熱量によって蒸発量が決定され，相変化が熱輸送に律速されていることを意味している。解析において，熱物性値の算出には NIST の REFPROP v.8 を用いた。

（2）計算領域

本研究では，前章で示した運動量輸送，熱輸送，質量輸送の各現象を考慮した圧縮性二相流の基礎式に CIP 法を適用し，非定常計算を行ない，圧力が変化しなくなったところを定常解とした。

図 13-4-2 に示す本解析で用いた計算領域は，斜め衝撃波の定量化を行なうために，実験で用いたノズルの傾斜壁前後での形状を模擬した。領域は，流れ方向分割数を 156，ノズル中心線に垂直な方向の分割数を 56 とした。計算領域において，代表長さ L は転向部でのノズル幅とし，代表速度 U は転向部でのノズル中央の気体速度とした。二相流は領域の左側から流入し，右側に流出する。壁面において，気体速度の壁に垂直な方向成分を 0，水平成分は壁対称のスリップ境界条件とした。液体は壁に衝突した後，反射せずに液膜流となって流れると仮定した。この液膜の体積は小さいので，解析ではこの液膜流の体積を境界層とともに無視している。したがって，液体に対して出口と同様に自由流

出の境界条件を与えた。入口の初期条件は，図 13-3-1 で示したように，ノズル内の圧力低下が IHE モデルのものとよく一致しているので，実験で用いたノズルの転向点よりも上流 15 mm の位置の計算領域の入り口で平衡理論から求まる温度，圧力，質量平均速度を与えた。ただし，気液間の速度差については，入口部の平衡理論の圧力勾配の終端速度から求めた。出口では衝撃波のため亜音速になっていると考えられるので，実験から得られた圧力を出口断面に与えた。

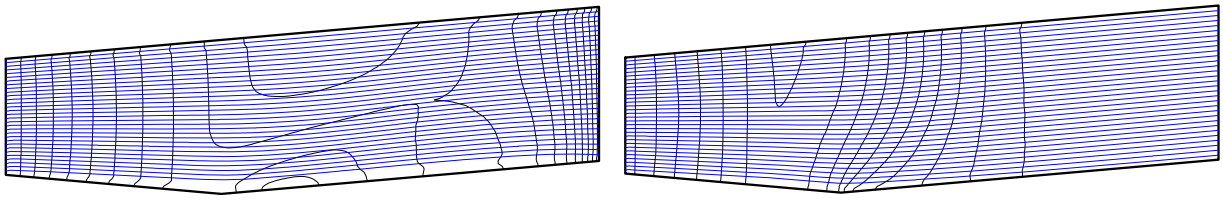
これまでの研究で，二相流ノズル内の特性は運動量緩和現象による影響が大きいことがわかっているので，本解析では，運動量緩和時間の液滴径を変化させ，一方，熱緩和時間は運動量緩和時間に比べ十分に小さいとして仮定した。

１３－５　解析結果

二相流の輸送過程は，液滴径に大きく依存する。本研究では，液滴径が小さくて平衡状態に近い場合を 1 μm として，大きくて凍結状態に近い場合を 10 μm として解析を行なった。

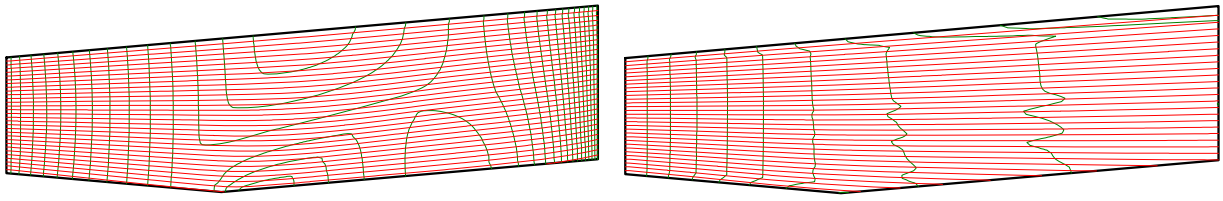
（１）1μm，10μm の場合の結果

本解析で得られたノズル内の気相の等質量流量線と等圧線分布を図 13-5-1 に示す。等質量流量線は，非圧縮性流体の場合，流線と一致する。気相の等質量流量線は青色，等圧線は黒色で示している。等質量流量線は領域の上壁面から積分することにより求めている。したがって，蒸発によって入口より気相の全質量流量が増加する場合，図 13-5-1 のように領域の下部に空白領域が生じる。液滴径 10 μm は液滴径 1 μm の気相の等質量流量線に比べて，領域の下部の空白領域が少なくなっている。これは，10 μm の場合，大きな圧力回復による相変化の効果により気体が凝縮されているためである。また，等圧線は斜め衝撃波の波面を表し，その傾きは斜め衝撃波の角度であるが，二相流では波が分散し，集中した波面は現れず，角度も変化する特徴を有する。一方，ノズル内の液相の等質量流量線と液体ボイド率分布を図 13-5-2 に示す。液相の等質量流量線は赤色，液体ボイド率分布は緑色で示している。ノズル内の液相の等質量流量線に注目すると，傾斜壁以降での傾向が液滴径の変化によって異なっている。より詳細にみるために，傾斜壁以降の流線分布を拡大すると図 13-5-3 となる。液相の等質量流量線は，液滴径 1 μm において傾斜壁に沿うように流れている。一方，液滴径 10 μm では，傾斜壁による流れ方向への変化がほとんどなく，自由流出のようになっている。これらは液滴径の増加によって慣性力による影響が大きくなったためである。



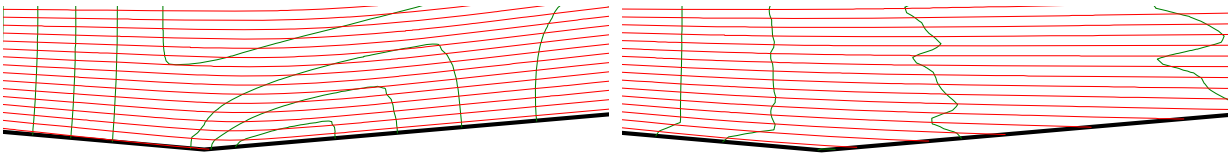
(a) $d = 1\ \mu m$　　(b) $d = 10\ \mu m$

図 13-5-1　領域内における気相の等質量流量線と等圧線



(a) $d = 1\ \mu m$　　(b) $d = 10\ \mu m$

図 13-5-2　領域内における液相の等質量流量線とボイド率



(a) $d = 1\ \mu m$　　(b) $d = 10\ \mu m$

図 13-5-3　傾斜壁近傍の気相の等質量流量線

（2）ノズル内の圧力分布

液滴径の違いが解析結果へ与える影響は等圧線分布にも表れている。液滴径 1 μm では傾斜壁以降の等圧線がノズル中心線に対して比較的小さな角度を有している。一方で，液滴径 10 μm では垂直に近い大きな角度を有する等圧線となっている。ここで，実験結果で示したノズル中心線上と各壁面におけるノズル内圧力分布と同様のものを各解析結果に対して適用すると図 13-5-4 となる。図 13-5-4 において，液滴径 1 μm のものを破線で，10 μm のものを一点鎖線で，実験結果の圧力分布を実線で示している。また，色の違いは前章の実験結果で示したものと同様に赤色がノズル中心線上，青色が傾斜壁面，緑色が延長壁面を示している。液滴径 1 μm の圧力分布は，斜め衝撃波による昇圧後，圧力低下が起こり，解析領域出口手前で出口圧力に向かって急激な圧力上昇が確認できる。一方で，液滴径 10 μm の圧力分布は，実験結果と似て斜め衝撃波による昇圧開始後，計算領域の出口に向かって緩やかな圧力上昇を続けている。液滴径 1 μm の圧力分布が出口で急に上昇するのは，出口境界条件で強制的に圧力を高めているからであり，出口付近に衝撃波のある解を求めていることと同じである。

気体力学の場合と同じように，二相流においても斜め衝撃波に対して傾斜壁の転向角と衝撃波角には図 13-5-5 のような関係[10]がある。図中の 4 つの曲線は輸送過程が極限状態にある場合の解であり，赤色の実線が運動量・熱平衡状態，青色の破線が運動量平衡・熱凍結状態，緑色の一点鎖線が運動量凍結・熱平衡状態，紫色の二点鎖線が運動量・熱凍結状態をそれぞれ示している。これらは輸送現象に影響を与える液滴径の違いによって，発生する斜め衝撃波の衝撃波角が変化することを意味している。図中において，ある任意の転向角に対して衝撃波角には二つの解が存在する。衝撃波角が小さい解はマッハ波によって生じる弱い衝撃波の解であり，衝撃波角が大きい解は垂直衝撃波のような強い衝撃波の解である。弱い衝撃波ではマッハ波による流れ場への攪乱が小さいため，衝撃波の下流は入口と同様に超音速となる。一方で，強い衝撃波では衝撃波前後の物理量の変化が大きいため流れは超音速から亜音速となる。図 13-5-4 において，衝撃波の下流の圧力が低下している液滴径 1 μm の結果は，図 13-5-1(a)に示すように転向点付近の下部壁面から形成されている等圧線の傾きが小さいことから，発生した衝撃波は弱い衝撃波の性質を有しているといえる。一方で，図 13-5-4 において，下流の圧力が上昇を続けている液滴径 10 μm の結果は，図 13-5-1(b)のように転向点付近の下部壁面から形成されている等圧線の傾きが大きいことから，発生した衝撃波は強い衝撃波の性質を有しているといえる。

（3）実験の圧力分布を再現する液滴径

前節で述べたように本実験系は液滴径を 10 μm に近く，比較的強い衝撃波の性質を有していると考えられたため，液滴径を変化させて解析を行なった。液滴径を 8 μm とした斜め衝撃波の解は図 13-5-6 に太線で示すように，昇圧開始点や衝撃波下流の圧力曲線の形状などが最も実験結果に近い値を示した。グラフの上部のノズル概略図には液滴径 8 μm のときのノズル内等圧線分布を示しており，実験で示した斜め衝撃波の形状とよく似て，徐々に等圧線の角度が大きくなる傾向を示している。以上のことより，本実験系で発生した斜め衝撃波前後の流れ場は液滴径 8 μm に極めて近いと考えられる。

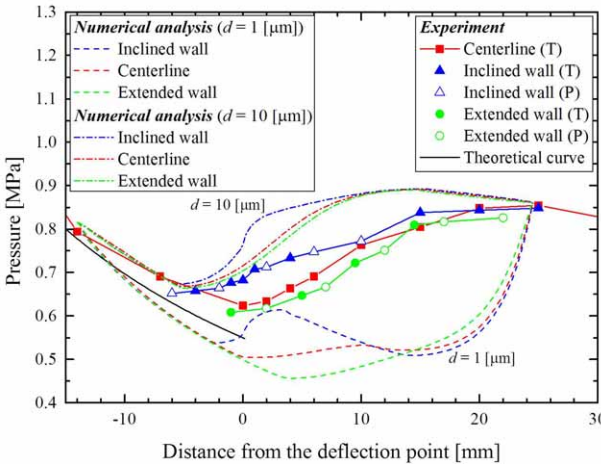


図 13-5-4　解析及び実験における圧力分布

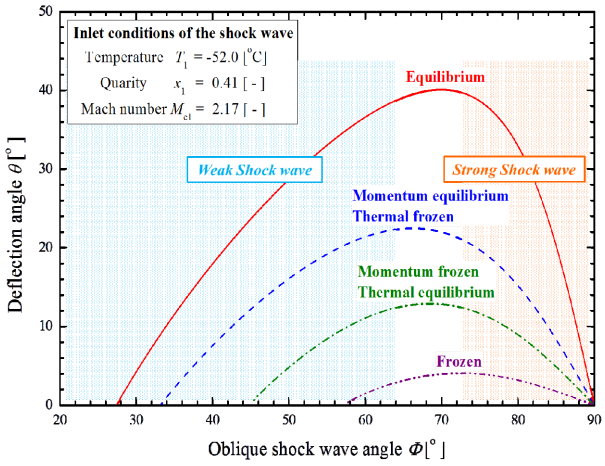


図 13-5-5　ふれ角と衝撃波角の関係

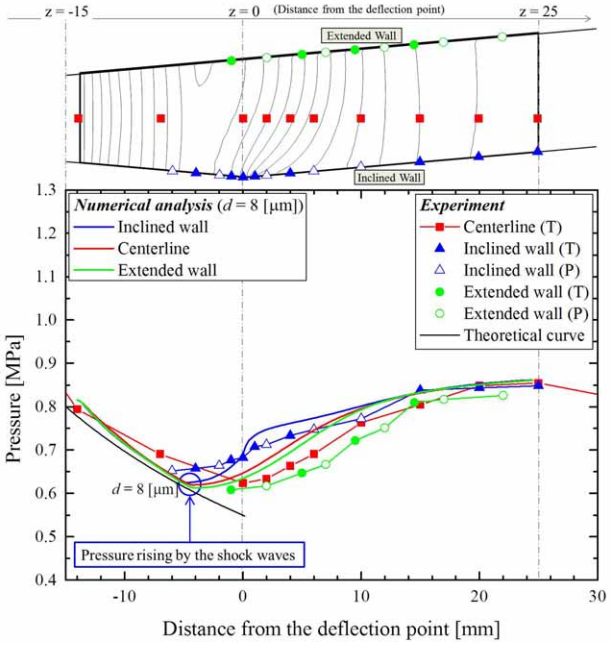


図 13-5-6　実験結果を再現する液滴径

１３－６　結論

先細末広ノズルの内部を流れる炭酸ガスの二相流中に斜め衝撃波を発生させる実験を行ない，また，理論解析によりこの流れ場の定量化を行なった。その結果，以下の知見を得た。

1. ノズル内に傾斜壁を設けることによって，炭酸ガス二相流中に斜め衝撃波を定常的に発生させることができた。この波は，傾斜が一定ではなく，発生点から徐々に傾斜が大きくなる斜め衝撃波であることが実験で示された。
2. 解析において，運動量緩和現象を支配する液滴径を変化させると，液相の等質量流量線に差異が生じ，液滴の慣性力が変化した。
3. 液滴径が 1 μm と小さい場合には，衝撃波後部の流れ場が計算領域の出口圧力による影響を受けていないことから，衝撃波前後の流れ場が超音速から変化していないことが示された。これは，弱い斜め衝撃波が発生したためである。
4. 液滴径が 10 μm と大きい場合には，衝撃波後部の流れ場が計算領域の出口圧力による影響を受けることから，衝撃波前後の流れ場が超音速から亜音速に変化していることが示された。これは，

強い斜め衝撃波が発生したためである。

5. 本実験系で発生した斜め衝撃波前後の流れ場は，理論解析より，運動量緩和現象を支配する液滴径 d が 8 μm に近いことが示された。すなわち，この事実は，本実験系で発生した衝撃波前後の流れ場の運動量緩和現象が非平衡状態であることを意味している。

参考文献

1) L. D. Landau, E. M. Lifshitz, Fluid Mechanics, Pergamon Press, (1959), 422.
2) Nakagawa, M., “Refrigeration Cycle with Two-Phase Ejector”, Refrigeration, 79-925 (2004), 856-861.
3) 小林康徳, 他 2 名, “気液二相媒質中を伝播する衝撃波の実験的研究”, 日本航空宇宙学会誌, 30-342 (1982).
4) 田中忠芳, 他 4 名, “水・空気均質二相流中の非線形波動の伝播”, 高知大学学術研究報告, 43 (1994), 143-152.
5) 権純範, 他 5 名, “ノズル流れにおける凝縮が斜め衝撃波に及ぼす影響”, 日本機械学会論文集(B 編), 54-500 (1988), 798-802.
6) 川越茂敏, 他 5 名, “超音速ノズルにおける凝縮衝撃波と斜め衝撃波の干渉”, 日本機械学会論文集(B 編), 55-509 (1989), 13-18.
7) 中川勝文, 茅野浩之, 原田敦史, “ノズル出口に発生する CO2 二相流膨張波に関する研究”, Thermal Sci. Eng., 16-4 (2008), 139-145.
8) 中川勝文, 茅野浩之, 原田敦史, “ノズル出口に発生する CO2 二相流斜め衝撃波に関する研究”, 第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, F1110 (2009).
9) Harada, A. and Nakagawa, M., “Theoretical Analysis of the Two-Phase Oblique Shock Waves in an Ejector with Momentum and Temperature Relaxation”, Transactions of the Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 27-3 (2010), 13-21.
10) Harada, A. and Nakagawa, M., “Analysis of the Oblique Shock Waves in Supersonic Two-phase Carbon Dioxide Flow”, ASME-ATI-UIT 2010 Conference on Thermal and Environmental Issues in Energy Systems, (2010).

１４．平成２２年度～平成２６年度　教員活動実績

1. 滝川浩史 教授，田上英人 客員准教授

【展示会】

[1]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，オリジナル電気自動車の試乗会，研究紹介ポスターの展示，2012.8.25

[2]「ものづくり博 2012　in 東三河」，豊橋総合体育館，研究紹介ポスターの展示，2012.11.30-12.1

[3]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」，豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー，研究紹介ポスターの展示，2013.1.7-11

[4]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，オリジナル電気自動車の試乗・研究紹介ポスターの展示，2013.8.31

[5]「豊橋市大学連携調査研究費補助金　研究成果報告展示会」，豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー，オリジナル電気自動車の展示・研究紹介ポスターの展示，2013.9.25-30

[6]豊川市政施行 70 周年記念事業「エネエネわっしょい！！～あしたをつくろう～」，豊川市総合体育館，エネルギー体験ブース・サボニウス風車工作教室（小学生向け），2013.09.23

[7]「ぎかだいがやってくる　eco エネを感じよう！」，のんほいパーク，研究紹介ポスターの展示，EV 牽引バスのデモ走行（どなたでも乗車可）・サボニウス風車工作教室（小学生向け）2013.11.16

[8]おでかけミニ講座「ぎかだいがやってくる　体験！未来ビークルシティ」，こども未来館ここにこ，研究紹介ポスターの展示，2013.11.23-24

[9]「豊橋市大学連携調査研究費補助金　研究成果報告展示会」，豊橋市役所，研究紹介ポスターの展示・電動レーシングカート展示，2014.5.19-23

[10]「ものづくり博 2014 in 東三河」，豊橋市総合体育館，研究紹介ポスターの展示・電動レーシングカート展示，2014.10.31-11.1

[11]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，オリジナル電気自動車の試乗・研究紹介ポスターの展示，2014.8.23

【シンポジウム】

[1]滝川浩史，「未来ビークルライフに向けたエネルギーの創成と利用」，「豊橋技術科学大学未来ビークルシティリサーチセンター総括シンポジウム」，豊橋商工会議所，2015.3.10

【学会発表】

[1]織田俊樹・山田幹也・田上英人・須田善行・滝川浩史，「バッテリ-キャパシタ併用電気自動車における電源切替え時の動作」，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会，J2-8，2012.9.24

[2]山田幹也・織田俊樹・田上英人・須田善行・滝川浩史，「バッテリ-キャパシタ併用電源搭載 EV 用モータの極数の検討」，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会，J2-7，2012.9.24

[3]伊藤詠太・佐野幸一郎・田上英人・須田善行・滝川浩史，「公園内客車牽引用電気自動車の走行消費エネルギーの計測とシミュレーション」，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会 J1-2，2012.9.24

[4]織田俊樹・山田幹也・田上英人・須田善行・滝川浩史，「電気自動車用バッテリ-キャパシタ併用電源におけるキャパシタ電圧低下の改善」，平成 25 年電気学会全国大会，4-179，2013.3.20

[5]伊藤詠太・田上英人・須田善行・滝川浩史，「電動ごみ収集車の経済環境効果の検討」，平成 25 年電気学会全国大会，4-219，2013.3.22

[6]伊藤詠太・田上英人・須田善行・滝川浩史，「公共施設内の電気自動車への充電のための太陽電池利用による経済・環境効果」，平成 25 年度電気関係学会東海支部連合大会，B1-3，2013.9.24-25

[7]織田俊樹・田上英人・須田善行・滝川浩史，「電気自動車用バッテリ- キャパシタ併用電源におけるバッテリ出力電流の制御」，平成 25 年度電気関係学会東海支部連合大会，B1-2，2013.9.24-25

[8]佐野雄二・織田俊樹・須田善行・滝川浩史・田上英人（北九州高専），「電気自動車用バッテリ-キャパシタ併用電源システムの高負荷走行に対応させた改良」，平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会，C4-1，中京大学 名古屋キャンパス，2014.9.8-9
[9]法貞友也・須田善行・滝川浩史・田上英人（北九州高専），「豊橋市における風速と風力エネルギーによる月別発電電力」，平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会，B2-4，中京大学名古屋キャンパス，2014.9.8-9

【新聞掲載】
[1]東日新聞，園内を電気バス走る　豊橋技科大が導入実験　のんほいパーク，2012.3.13
[2]東愛知新聞，園内バスけん引 EV 導入　来年度中にも運行開始，豊橋総合動植物公園で走行実験 2012.3.13
[3]東日新聞，最新型太陽電池で実験　日進月歩データで明らかに高校生が確かめる　技科大の滝川教室，2012.8.30
[4]東愛知新聞，電動バスの乗り心地は？＝豊橋総合動植物公園で試乗会＝技科大生らコストや性能調査，2013.11.17

2. 廣畠康裕 教授，松尾幸二郎　助教
【展示会】
[1]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」，豊橋市役所　東館 1 階市民ギャラリー，研究紹介ポスターの展示，2013.1.7-11
[2]おでかけミニ講座「ぎかだいがやってくる　体験！未来ビークルシティ」，こども未来館ここにこ，研究紹介ポスターの展示，2013.11.23-24
[3]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，ドライビングシミュレータの体験・研究紹介ポスターの展示，　2014.8.23
[4]豊橋市交通児童館あきまつり 2014　「ぎかだいがやってくる！～運転手になってみよう！～」，豊橋市交通児童館，ミクロ交通シミュレータ・ドライビングシミュレータ体験型交通教育，研究紹介ポスターの展示，2014.10.5

【講演会・講座・シンポジウム】
[1]廣畠康裕，三河港田原地区における幹線道路網整備の効果計測について」，臨海企業懇話会，2012.3.27
[2]廣畠康裕，「都市交通のシミュレーション」，「平成 24 度豊橋技術科学大学一般公開講座」，豊橋技術科学大学，2012.12
[3]廣畠康裕，「交通渋滞対策に関する最近の話題」，「田原市民大学」，2013.3.16
[4]廣畠康裕，「三河港における交通渋滞対策に伴う諸問題の軽減策の検討」，「国際自動車コンプレックス研究会第 41 回研究交流会」，豊橋市民センター（カリオンビル），2014.6
[5]廣畠康裕，「未来ビークルシティと交通システム～高齢社会における地域公共交通施策を中心に～」，平成 26 年度豊橋技術科学大学一般公開講座「ビークルシティの未来」，豊橋技術科学大学，2014.12

【学会発表】
[1]吉田剛・廣畠康裕，「豊橋市におけるコミュニティバスに対する地域住民の費用負担意識と利用者の評価構造」，平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会，愛知工業大学，pp.289-290，2013.3
[2]鳥本敬介・廣畠康裕，「左側右側を区別した自転車利用者の通行帯選択行動の分析」，平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会，愛知工業大学，pp.325-326，2013.3
[3]井上照也・廣畠康裕・松尾幸二郎，「右折直進事故対策のための右折車両の挙動分析」，平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会，愛知工業大学，pp.349-350，2013.3

[4]Matsuo, K. and Hirobata, Y., “A Desired Speed Selection Model Based on Perceived Cost Minimization Concept”, Proceedings of the 13th World Conference on Transport Research, Rio de Janeiro, Brazil, 2013.7.
[5]Nakanishi, H., Black, J. and Matsuo, K., “A Conceptual Model of Post-disaster Travel Behavioural Responses: Case Study of Great East Japan Earthquake 2011”, Proceedings of the 13th World Conference on Transport Research, Rio de Janeiro, Brazil, 2013.7
[6]松尾幸二郎・廣畠康裕・佐藤修生・山内洋佑，「無信号横断歩道におけるドライバーの「譲り」に関する基礎的調査および考察」，交通工学研究発表会論文集，Vol.33，CD-ROM，pp.225-228，2013.9
[7]松尾幸二郎・廣畠康裕・佐藤修生・山内洋佑，「無信号横断歩道におけるドライバーの「譲り」に関する基礎的分析」，土木計画学研究・講演集，Vol.48，CD-ROM，2013.11
[8]鳥本敬介・廣畠康裕・松尾幸二郎，「自転車利用者の通行帯選択の実態とその要因分析ー左側通行か右側通行可に着目してー」，土木計画学研究・講演集，Vol.48，CD-ROM，2013.11.
[9]吉田剛・貞清裕太・廣畠康裕・松尾幸二郎，「地域公共交通に対する都市部と郊外部での支払意思額構造における比較分析 - 愛知県豊橋市をケーススタディとして - 」，平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 CD-ROM，2014.3
[10]井上照也・廣畠康裕・ 松尾幸二郎,「ドライビングシミュレータを利用した右折車両の挙動分析」，平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 CD-ROM，2014.3
[11]Hamdard, N.A., Hirobata,Y. and Matsuo, K., “Person Trip Analysis in Kabul Metropolitan Area”，平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 CD-ROM，2014.3
[12]鳥本敬介・廣畠康裕・松尾幸二郎，「自転車通行位置の明示による自転車利用者の通行帯選択率割合および通行位置の変化の検証」, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集CD-ROM, 2014.3
[13]貞清裕太・吉田剛・廣畠康裕・松尾幸二郎，「豊橋市南部地区におけるデマンド型乗合タクシーの利用実態と住民意識」，平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 CD-ROM，2014.3
[14]濱村奏・廣畠康裕・松尾幸二郎，「豊橋市の小学校を対象とした通学路の安全性評価に関する基礎分析」，平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 CD-ROM，2014.3
[15]園田健・廣畠康裕・松尾幸二郎，「高速道路 JCT 近傍における渋滞時の車線利用率変化とその渋滞拡大効果に関する考察～伊勢湾岸道と新名神を対象として～」，平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 CD-ROM，2014.3
[16]佐藤飛鳥・廣畠康裕・松尾幸二郎，「豊橋市南栄周辺地区における都市計画道路整備に伴う交通流変化」，平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 CD-ROM，2014.3
[17]松尾幸二郎・廣畠康裕，「交通事故データおよび急減速データを併用した事故危険性の評価方法に関する基礎的検討ーベイズ更新モデルを用いてー」，第 50 回土木計画学研究発表会，鳥取大学鳥取キャンパス，4pages，2014.11
[18]濱村奏・廣畠康裕・松尾幸二郎，「豊橋市南部地区のデマンド型乗合タクシーに対する利用者の評価と住民の費用負担意識」，第 50 回土木計画学研究発表会，鳥取大学鳥取キャンパス，5pages，2014.11
[19]園田健・廣畠康裕・松尾幸二郎，「都市間高速道路の JCT 近傍における渋滞時車線利用の偏りとその要因に関する考察」, 第50回土木計画学研究発表会, 鳥取大学鳥取キャンパス, 6pages，2014.11
[20]鳥本敬介・廣畠康裕・松尾幸二郎，「自転車通行位置の明示による自転車利用者の通行帯選択率および通行位置の変化の検証」, 第 50 回土木計画学研究発表会, 鳥取大学鳥取キャンパス, 4pages，2014.11
[21]松尾幸二郎・廣畠康裕，「速度選択モデルを用いた ISA によるドライバーの負担推計の試みー生活道路 ISA の普及に向けた検討としてー」，第 49 回土木計画学研究発表会，東北工業大学八木山キャンパス，5pages，2014.6
[22]鳥本敬介・廣畠康裕・松尾幸二郎，「自転車利用者の通行区間両端点での分岐率を考慮した通行帯選択行動の分析」, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会, 豊橋技術科学大学, 2pages, 2015.3

[23]濱村奏・廣畠康裕・松尾幸二郎, 「豊橋市南部地区の地域公共交通に対する利用者評価および住民の費用負担意識の要因分析」, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会, 豊橋技術科学大学, 2pages, 2015.3

[24]片岡聡・廣畠康裕・松尾幸二郎・佐藤飛鳥, 「マクロとミクロの交通シミュレーションモデルを結合した道路網交通フロー推計方法の検討」, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会, 豊橋技術科学大学, 2pages, 2015.3

[25]杉原暢・松尾幸二郎・廣畠康裕・三村泰広・山崎基浩・菅野甲明, 「フィールド実験および SP 質問調査を用いた運転者の ISA 受容性分析」, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会, 豊橋技術科学大学, 2pages, 2015.3

[26]田中翔・廣畠康裕・松尾幸二郎・園田健, 「新名神高速道路の JCT 近傍における渋滞時の車線利用特性に関する研究」, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会, 豊橋技術科学大学, 2pages, 2015.3

[27]福尾尚也・廣畠康裕・松尾幸二郎, 「豊川市におけるコミュニティバスの利用実態分析と路線網・サービ水準評価」, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会, 豊橋技術科学大学, 2pages, 2015.3

[28]Tran Le Trong Hung・廣畠康裕・松尾幸二郎, 「交差点形状を考慮した右折挙動の危険性の評価～ドライビングシミュレータを用いて～」, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会, 豊橋技術科学大学, 2pages, 2015.3

【論文】

[1]Matsuo, K., Hirobata, Y. and Komatsu, H., "An Analysis of the Effects of Simple Traffic Safety Measures at a Signalized Intersection: Before-and-after Study on Right-Turn Behavior", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.10, pp. 2021-2030, 2013

[2]Nakanishi, H., Matsuo, K. and Black, J., "Transportation Planning Methodologies for Post-disaster Recovery in Regional Communities: the East Japan Earthquake and Tsunami 2011", Journal of Transport Geography, Vol.31, pp. 181-191, 2013

[3]Hitomi Nakanishi, John Black and Kojiro Matsuo, "Disaster Resilience in Transportation – Japan Earthquake and Tsunami 2011", International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, Vol.5, No.4, pp.341-361, 2014

3. 宮田　譲 教授

【展示会】

[1]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, 研究紹介ポスターの展示, 2012.8.25

[2]「ものづくり博 2012　in 東三河」, 豊橋総合体育館, 研究紹介ポスターの展示, 2012.11.30-12.1

[3]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」, 豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー, 研究紹介ポスターの展示, 2013.1.7-11

[4]「豊橋市大学連携調査研究費補助金　研究成果報告展示会」, 豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー, 研究紹介ポスターの展示, 2013.9.25-30

[5]おでかけミニ講座「ぎかだいがやってくる体験！　未来ビークルシティ」, こども未来館ここにこ, 研究紹介ポスターの展示, 2013.11.23-24

[6]「豊橋市大学連携調査研究費補助金　研究成果報告展示会」, 豊橋市役所, 研究紹介ポスターの展示, 2014.5.19-23

[7]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, 研究紹介ポスターの展示, 2014.8.23

[8]「豊橋技術科学大学未来ビークルシティリサーチセンター総括シンポジウム」, 豊橋商工会議所, 研究紹介ポスターの展示, 2015.3.10

【講演会・講座・シンポジウム】

[1]宮田　譲,「三遠南信地域の幹線道路整備と経済再生」,「平成 25 年度豊橋技術科学大学公開講座」, 豊橋技術科学大学, 2013.11.8

[2]宮田　譲・渋澤博幸,「未来ビークル導入の環境・経済的影響評価」,「2014 年度豊橋技術科学大学公開講座」, 豊橋技術科学大学, 2014.11.28

[3]渋澤博幸・宮田　譲,「ガソリン車利用から電気自動車によるフェリー利用への転換の可能性について」,「2014 年度豊橋技術科学大学公開講座」, 豊橋技術科学大学, 2014.11.28

[4]宮田　譲,「豊橋市における電気自動車関連産業発展の環境・経済的影響評価」,「名古屋大学グリーンモビリティ連携研究センター第 18 回次世代自動車公開シンポジウム」, 名古屋大学経済学部, 2015.2.13

[5]宮田　譲,「豊橋市における電気自動車導入の環境・経済的影響評価」,「豊橋技術科学大学未来ビークルシティリサーチセンター総括シンポジウム」, 豊橋商工会議所, 2015.3.10

【学会発表】

[1]Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa and Shamsunnahar Khanam, "A Computable General Equilibrium Analysis of Electric Vehicle Society in, Toyohashi City, Japan", 日本地域学会第 49 回(2012 年)年次大会学術発表論文集, CD-ROM, 2012.10.8

[2]Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa and Shamsunnahar Khanam, "Economic Assessment of Electric Vehicle Society in Toyohashi City, Japan- A CGE Modeling Approach-", 59th Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, Ottawa, Canada, 2012. 11.7

[3]中澤光一郎・李　念・宮田　譲・渋澤博幸,「南海トラフと首都直下型地震を対象とした防災復興投資の経済効果の分析」, 日本環境共生学会第１６回(2013 年度)地域シンポジウムポスターセッション, 2013.5.25

[4]Nian Li, Koichiro Nakazawa, Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, "Economic Assessment of a Large-Scale Earthquake in Bohei Economic Rim, China", 日本環境共生学会第１６回(2013 年度)地域シンポジウムポスターセッション, 2013.5.25

[5]Any Wahyuni, Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, "The Road Construction Type Evaluation by Public Transport User and CO_2 Emissions Reduction in the Critical Area: An AHP Approach", 日本環境共生学会第１６回(2013 年度)地域シンポジウムポスターセッション, 2013.5.25

[6]Any Wahyuni, Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, "Policies of CO_2 Emissions Reduction in Makassar City in Indonesia － A CGE Modeling Approach －",日本環境共生学会第１６回(2013 年度)地域シンポジウムポスターセッション, 2013.5.25

[7]Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, "Economic Analysis of Electric Vehicle Society in Toyohashi City in Japan: A CGE Modeling Approach", The 23rd Pacific Regional Science Conference, Bandung, Indonesia, USB Memory, 2013.7.3

[8]Any Wahyuni and Yuzuru Miyata, "Evaluation of the Road Construction by Analytic Hierarchy Process to Support of CO_2 Emissions Reduction : A Case Study of Maros-Watampone Road", The 23rd Pacific Regional Science Conference, Bandung, Indonesia, USB Memory, 2013.7.3

[9]Any Wahyuni and Yuzuru Miyata, "Economic Analysis of CO_2 Reduction Policies in Makassar City in Indonesia － A CGE Modeling Approach", The 23rd Pacific Regional Science Conference, Bandung, Indonesia, USB Memory, 2013.7.3

[10]Hiroyuki Shibusawa, Nian Li, Koichiro Nakazawa and Yuzuru Miyata, "Economic Assessment of Environmental Friendly Vehicles: Input-Output Application", The 23rd Pacific Regional Science Conference, Bandung, Indonesia, USB Memory, 2013.7.4

[11]Hiroyuki Shibusawa, Nian Li, Koichiro Nakazawa and Yuzuru Miyata, "Evaluating Economic Impacts of Disaster Prevention Investments - Dynamic Spatial CGE Approach -", The 23rd Pacific Regional Science

Conference, Bandung, Indonesia, USB Memory, 2013.7.4
[12]Any Wahyuni and Yuzuru Miyata, “Public Participation in Selection of the Road Construction by Analytic Hierarchy Process for Supporting CO_2 Emissions Reduction: Maros-Watampone Road Case”, Proceedings of 53rd European Regional Science Conference, Palermo, Italy, USB Memory, 2013.8.29
[13]Any Wahyuni and Yuzuru Miyata, “The Impact of CO_2 Emissions Policy on the Economy of Makassar City: A CGE Analysis”, Proceedings of 53rd European Regional Science Conference, Palermo, Italy, USB Memory, 2013.8.29
[14]菅原喬史・渋澤博幸・宮田　譲，「韓国における次世代自動車生産の経済効果」，第１６回日本環境共生学会学術大会発表論文集，pp.195-202，2013.9.29
[15]Any Wahyuni, Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, “Economic Impacts of Carbon Tax in Makassar City in Indonesia: A CGE Modeling Approach”，日本地域学会第 50 回(2013 年)年次大会学術発表論文集，Web Site，2013.10.13
[16]Any Wahyuni, Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, “The Best Construction of the Regional Road to Support CO_2 Emissions Reduction in Critical Area: A Case Study of Maros-Watampone Road”，日本地域学会第 50 回(2013 年)年次大会学術発表論文集，Web Site，2013.10.13.
[17]上井啓太・中澤光一郎・李念・宮田　譲・渋澤博幸，「次世代自動車によるモーダルシフトの可能性と港湾地域への経済効果に関する研究」，日本地域学会第 50 回(2013 年)年次大会学術発表論文集，Web Site，2013.10.13
[18]菅原喬史・宮田　譲・渋澤博幸，「次世代自動車生産の経済波及効果の分析：韓国産業連関表を用いて」，日本地域学会第 50 回(2013 年)年次大会学術発表論文集，Web Site，2013.10.13.
[19]Any Wahyuni, Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, “Economic Analysis of the Impact of Carbon Tax on the Economy of Makassar City, Indonesia”, 60th Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, Atlanta, USA, 2013.11.13
[20]Hiroyuki Shibusawa and Yuzuru Miyata, “Economic Impacts of Hybrid and Electric Vehicles in Japan, China and Korea : Multi-Regional Input-Output Applications”, 60th Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, Atlanta, USA, 2013.11.14
[21]Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, “A Computable General Equilibrium Analysis of Electric Vehicle Society in Toyohashi City in Japan”, Proceedings of International Conference of Global Network for Innovative Technology, Penang, Malaysia, pp. 56, 2013. 12.5
[22]Shamsunnahar Khanam, Yuzuru Miyata and Megat Johari Megat Mohd Noor, “Sustainable Development through Environmental-Friendly Vehicle - A CGE Modeling Approach -”, International Conference on Engineering Education 2013, Madinah, Kingdom of Saudi Arabia, 2013.12.25
[23]藤井友章・宮田　譲・渋澤博幸，「豊橋市における電気自動車普及の環境・経済的応用一般均衡分析”」，平成２５年度土木学会中部支部研究発表会，岐阜大学，CD-ROM，2014.3.7
[24]福田尭秀・宮田　譲・渋澤博幸，「インドネシア・マカッサル市における炭素税導入による経済的影響の分析　ー応用一般均衡モデルによる分析ー」，平成２５年度土木学会中部支部研究発表会，岐阜大学，CD-ROM，2014.3.7
[25]渋澤博幸・宮田　譲，「電気自動車によるモーダルシフトの可能性に関する研究」，2014 年度日本応用経済学会春季大会，徳島大学，2014.6.21
[26]Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa and Indrawan Permana, “An Analytic Urban Economic Analysis of Illegal Settlements in Flood Prone Areas in Palangkaraya City in Indonesia”, 13th Summer Institute of the Pacific Regional Science Conference, Loja, Ecuador, 2014.7.23-24
[27]Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, “A Dynamic Rural-Urban-Natural Environment Interactive Model of Palangkaraya City in Indonesia”, 13th Summer Institute of the Pacific Regional Science Conference, Loja, Ecuador, 2014.7.23-24
[28]Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa and Tomoaki Fujii, “A CGE Analysis of Economic and Environmental

Impacts of Electric Vehicle Society in Toyohashi City in Japan", 13th Summer Institute of the Pacific Regional Science Conference, Loja, Ecuador, 2014.7.23-24

[29] Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa and Any Wahyuni, "Economic and Environmental Efficiency for the Makassar City Economy: A CGE Approach", 13th Summer Institute of the Pacific Regional Science Conference, Loja, Ecuador, 2014.7.23-24

[30] Hiroyuki Shibusawa and Yuzuru Miyata, "Economic Assessment of a Large-Scale Earthquakes in China: Dynamic Spatial CGE Approach", 13th Summer Institute of the Pacific Regional Science Conference, Loja, Ecuador, 2014.7.23-24

[31]Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa and Indrawan Permana, "Economic Analysis of Illegal Settlements in Flood Prone Areas in Palangkaraya City in Indonesia - A General Equilibrium Modeling Approach –", Proceedings of 54th European Regional Science Conference, Saint Petersburg, Russia, USB Memory, 2014.8.27-29

[32]Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, "A Dynamic Rural-Urban-Natural Environment Interactive Spatial Model of Palangkaraya City in Indonesia, Proceedings of 54th European Regional Science Conference, Saint Petersburg, Russia, USB Memory, 2014.8.27-29

[33]Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa and Tomoaki Fujii, "Economic and Environmental Impacts of Electric Vehicle Society in Toyohashi City in Japan - A CGE Modeling Approach -, Proceedings of 54th European Regional Science Conference, Saint Petersburg, Russia, USB Memory, 2014.8.27-29

[34]Hiroyuki Shibusawa and Yuzuru Miyata, "Economic Assessment of Large-Scale Earthquakes in Asia: A Spatial-CGE Application", Proceedings of 54th European Regional Science Conference, Saint Petersburg, Russia, USB Memory, 2014.8.27-29

[35]Any Wahyuni and Yuzuru Miyata, "Environmental Economic Efficiency for the Road Construction in Indonesia: An Analytic Hierarchy Process", Proceedings of 54th European Regional Science Conference, Saint Petersburg, Russia, USB Memory, 2014.8.27-29

[36]石田直也・渋澤博幸・宮田　譲, 「三遠南信地域における地域間産業連関分析に関する研究」, 第１７回日本環境共生学会学術大会発表論文集, 徳島大学, Web サイト, 2014.9.27-28

[37]上井啓太・渋澤博幸・宮田　譲,「三河港における南海トラフ地震の経済波及効果に関する研究」, 第１７回日本環境共生学会学術大会発表論文集, 徳島大学, Web サイト, 2014.9.27-28

[38]木根田好・渋澤博幸・宮田　譲, 「電気自動車が陸上から海上へのモーダルシフトに及ぼす影響に関する研究」, 第１７回日本環境共生学会学術大会発表論文集, 徳島大学, Web サイト, 2014.9.27-28

[39]不破瑞紀・上井啓太・渋澤博幸・宮田　譲, 「町丁大字従業者数を用いた静岡県産業連関モデルと経済効果計測に関する研究」, 第１７回日本環境共生学会学術大会発表論文集, 徳島大学, Web サイト, 2014.9.27-28

[40]木花有沙・中澤光一郎・渋澤博幸・宮田　譲,「地域間交通リンクの経済効果計測に関する研究」, 第１７回日本環境共生学会学術大会発表論文集, 徳島大学, Web サイト, 2014.9.27-28

[41]伊藤大輔・宮田　譲・渋澤博幸,「都市群間距離を考慮した都市群成長」, 日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会学術発表論文集, 麗澤大学, CD-ROM, 2014.10.3-5

[42]宮田裕規・宮田　譲・渋澤博幸, 「最適経済成長モデルによる環境・経済統合勘定の導出」, 日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会学術発表論文集, 麗澤大学, CD-ROM, 2014.10.3-5

[43]水野健太郎・宮田　譲・渋澤博幸,「南海トラフ巨大地震による都市の土地利用変化の理論的考察：地震情報提供による影響分析」, 日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会学術発表論文集, 麗澤大学, CD-ROM, 2014.10.3-5

[44]藤井友章・宮田　譲・渋澤博幸, 「豊橋市における電気自動車普及の環境・経済影響評価」, 日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会学術発表論文集, 麗澤大学, CD-ROM, 2014.10.3-5

[45]福田尭秀・宮田　譲・渋澤博幸, 「インドネシア・マカッサル市における炭素クレジットの環境・経済影響評価」, 日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会学術発表論文集, 麗澤大学, CD-ROM,

2014.10.3-5

[46]石田直也・渋澤博幸・打田委千弘・富村　圭・宮田　譲，「三遠南信地域を対象とした地域間産業連関分析に関する研究」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会学術発表論文集，麗澤大学，CD-ROM，2014.10.3-5

[47]上井啓太・宮田　譲・渋澤博幸，「三河湾における南海トラフ地震の経済波及効果の計測」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会学術発表論文集，麗澤大学，CD-ROM，2014.10.3-5

[48]木根田好・渋澤博幸・宮田　譲，「電気自動車によるモーダルシフトの可能性に関する研究」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会学術発表論文集，麗澤大学，CD-ROM，2014.10.3-5

[49]Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, "Economic Impact and CO_2 Emissions of Electric Vehicle Society in Toyohashi City in Japan", 61st Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, Washington DC, USA, 2014.11.13-15

[50]Any Wahyuni , Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, "An Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach for the Selection of the Best Type of Road Construction in Critical Area", 61st Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, Washington DC, USA, 2014.11.13-15

[51]Hiroyuki Shibusawa and Yuzuru Miyata, "Modal Shift from Road to Sea Transportation by Electric Vehicles", 61st Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, Washington DC, USA, 2014.11.13-15

[52]伊藤大輔・宮田　譲・渋澤博幸，「都市群成長モデルにおける交通基盤整備のダイナミクス」，平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会，豊橋技術科学大学，CD-ROM，2015.3.6

[53]水野健太郎・宮田　譲・渋澤博幸，「南海トラフ巨大地震に対する情報提供による都市土地利用変化の理論的考察」，平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会，豊橋技術科学大学，CD-ROM，2015.3.6

[54]宮田　譲・渋澤博幸・藤井友章，「豊橋市における炭素税導入と電気自動車普及の環境・経済的応用一般均衡分析」，平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会，豊橋技術科学大学，CD-ROM，2015.3.6

[55]宮田　譲・渋澤博幸・福田尭秀，「インドネシア・マカッサル市における炭素クレジット導入による環境・経済影響評価」，平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会，豊橋技術科学大学，CD-ROM，2015.3.6

[56]渋澤博幸・不破瑞紀・宮田　譲，「原子力発電施設防災エリアの経済効果計測に関する研究」，平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会，豊橋技術科学大学，CD-ROM，2015.3.6

【論文】

[1]Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa and Shamsunnahar Khanam, "Economic Impacts of an Electric Vehicle Society in Toyohashi City, Japan, - A CGE Modelling Approach -", IOSR Journal of Business and Management, Vol.2, No.4, pp.29-40, 2012.7.22

[2]Shamsunnahar Khanam and Yuzuru Miyata, "New Industrial Structure Coping with the Economic Impacts of Shifting Production to Battery-Based Electric Vehicles in Toyohashi City in Japan - A CGE Modeling Approach -", Regional Science Inquiry, Vol.4, No.3, pp.105-125, 2012.12

[3]Any Wahyuni and Yuzuru Miyata, "Public Participation in Selection of the Road Construction by Analytic Hierarchy Process for Supporting CO_2 Emissions Reduction: A Case Study of Maros-Watampone Road", IOSR Journal of Humanities and Social Science, Vol.9, No.1, pp.61-70, 2013

[4]Yuzuru Miyata, Any Wahyuni and Hiroyuki Shibusawa, "Economic Analysis of the Impact of Carbon Tax on the Economy of Makassar City, Indonesia", Regional Science Inquiry, Vol.V, No.2, pp.15-31, 2013

[5]渋澤博幸・菅原喬史・宮田　譲，「韓国における次世代自動車生産の経済効果」，環境共生，Vol.25，pp.23-32，2014

[6]渋澤博幸・宮田　譲・打田委千弘・富村　圭，「越境地域の産業モデルー三遠南信地域の地域間産業連関分析に向けて」，越境地域政策への視点，愛知大学三遠南信地域連携研究センター，pp.241-246，2014

[7]渋澤博幸・宮田　譲,「巨大地震の経済的被害の計測 -動学的空間応用一般均衡モデルによる分析-」, 地域学研究，Vol.44，No3, pp.261-275，2014

【受賞】

[1]宮田　譲・渋澤博幸，日本環境共生学会学会賞＜環境共生学術賞＞論文賞，Does a Decrease in the Population Prevent a Sustainable Growth of an Environmentally Friendly City? - A Comparison of Cases of Decreasing and Increasing Populations of Obihiro Metropolitan Area, Japan by Intertemporal CGE-Modeling Approach - (Interdisciplinary Information Sciences, Vol.14, No1, 2008, pp.1-24), 第 14 回日本環境共生学会学術大会，2011.9.17

4. 渋澤博幸 准教授

【展示会】

[1]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，研究紹介ポスターの展示，2012.8.25

[2]「ものづくり博 2012　in 東三河」，豊橋総合体育館，研究紹介ポスターの展示，2012.11.30-12.1

[3]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」，豊橋市役所　東館 1 階市民ギャラリー，研究紹介ポスターの展示，2013.1.7-11

[4]「豊橋市大学連携調査研究費補助金　研究成果報告展示会」，豊橋市役所　東館 1 階市民ギャラリー，研究紹介ポスターの展示，2013.9.25-30

[5]おでかけミニ講座　「ぎかだいがやってくる 体験！　未来ビークルシティ」，こども未来館ここにこ，研究紹介ポスターの展示，2013.11.23-24

[6]「豊橋市大学連携調査研究費補助金　研究成果報告展示会」，豊橋市役所　東館 1 階市民ギャラリー，研究紹介ポスターの展示，2014.5.19-23

[7]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，研究紹介ポスターの展示，　2014.8.23

【講演会・講座・シンポジウム】

[1]渋澤博幸，「未来ビークルと港湾の地域経済への影響」，未来ビークルシティリサーチセンター講演会「サスティナブルな社会における未来ビークルシティ事業」，田原文化会館，2013.11.7

[2]渋澤博幸,「三河港に立地する企業の経済波及効果の計測」,「国際自動車コンプレックス研究会」, 豊橋市民センター（カリオンビル），　2014.6.19

[3]渋澤博幸,「ガソリン車利用から電気自動車によるフェリー利用への転換の可能性について」,「平成 26 年度豊橋技術科学大学一般公開講座」，豊橋技術科学大学，2014.11.28

[4]渋澤博幸，「三河港の経済効果について」，愛知大学中部地方産業研究所「東三河の経済と社会」公開研究会，愛知大学，2014.11.29

[5]渋澤博幸，「三遠南信地域を対象とした地域間産業連関分析に関する研究」，「越境地域政策研究フォーラム」，愛知大学，2015.1.31

【学会発表】

[1]渋澤博幸・菅原喬史・吉田 操，「次世代自動車普及の経済効果：中国と日本を対象として」，日本環境共生学会第 15 回(2012 年度)学術大会発表論文集，pp.23-27

[2]渋澤博幸・李念・宮田 譲，「次世代自動車生産と地域経済～産業連関モデルを用いて～」，「日本地域学会第 49 回年次大会」，立正大学，pp.1-15，2012.10.6-8

[3]Shibusawa, H. and Li, N., “A Comparative Analysis of the Economic Impacts of the Environmental Friendly Vehicles: Input-Output Application”, The 12th PRSCO Summer Institute, 2012, Beijing, China, 3-6 July, 2012, pp.1-15

[4]神崎陽平・渋澤博幸,「電動アシスト自転車―経済効果と発展性―」，日本計画行政学会関東支部・日本社会情報学会共催第 7 回若手研究交流会予稿集，名星大学，東京都，2013.3.2，pp. 192

[5]Miyata, Y. and Shibusawa, H., “Economic Analysis of Electric Vehicle Society in Toyohashi City Japan -A CGE Modeling Approach-”, 23rd Pacific Conference of the RSAI (PRSCO), Bandung, Indonesia, July 2-4, 2013
[6]Shibusawa, H., Li, N., Nakazawa, K. and Miyata Y., “Economic Assessment of Environmental Friendly Vehicles -Input-Output Approach-”, 23rd Pacific Conference of the RSAI (PRSCO), Bandung, Indonesia, pp.1-15 (USB Memory), July 2-4, 2013
[7]菅原喬史・渋澤博幸・宮田　譲，「韓国における次世代自動車生産の経済効果」，日本環境共生学会第 16 回(2013 年)学術大会，豊橋技術科学大学，pp.1-8，2013.9.28-29
[8]菅原喬史・渋澤博幸・宮田　譲，「次世代自動車生産の経済波及効果の分析ー韓国産業連関表を用いてー」，日本地域学会第 50 回(2013 年)年次大会学術発表論文集，pp.1-8，2013.10.12.
[9]上井啓太・中澤光一郎・李念・宮田　譲・渋澤博幸，「次世代自動車によるモーダルシフトの可能性と港湾地域への影響に関する研究」，日本地域学会第 50 回(2013 年)年次大会学術発表論文集，pp.1-6，2013.10.12
[10]Wahyuni, A., Miyata, Y. and Shibusawa, H., “Economic Impacts of Carbon Tax in Makassar City in Indonesia -A CGE Modeling Approach-”，日本地域学会第 50 回(2013 年)年次大会学術発表論文集，pp.1-6，2013.10.14
[11]Shibusawa, H., Miyata, Y. and Li, N., “Economic Impacts of Hybrid and Electric Vehicles in Japan and China -Multi-Regional Input-Output Applications-”, 60th NARSC, Atlanta, USA, November 15, 2013
[12]Shibusawa, H., Miyata, Y. and Sakurai, K., “Evaluating the Economic Impact of Hybrid and Electric Vehicles in Asia: An Input-Output Application”, 53rd Annual Meeting of the Western Regional Science Association, San Diego, USA, 2014, pp. 1-8, February 18, 2014
[13]渋澤博幸・宮田　譲，「電気自動車によるモーダルシフトの可能性に関する研究」，日本応用経済学会春季大会，pp.1-6，2014.6.21
[14]中村　中・渋澤博幸・櫻井一宏・中山恵子，「豊川流域における水資源マネジメントを考慮した地域経済分析」，日本応用経済学会春季大会，徳島大学，pp.1-11，2014.6.21
[15]石田直也・渋澤博幸・宮田　譲，「三遠南信地域における地域間産業連関分析に関する研究」，日本環境共生学会第 17 回(2014 年度)学術大会発表論文集，徳島大学，pp.1-6，2014.9.27
[16]中村　中・櫻井一宏・渋澤博幸，中山恵子，「地域特性を考慮した流域環境政策シミュレーション分析―愛知県豊川流域を対象として―」，日本環境共生学会第 17 回(2014 年度)学術大会発表論文集, pp.79-85，2014.9.28
[17]上井啓太・渋澤博幸・宮田　譲，「三河港における南海トラフ地震の経済波及効果に関する研究」，日本環境共生学会第 17 回(2014 年度)学術大会発表論文集，徳島大学，pp.189-195，2014.9.28
[18]木根田好・渋澤博幸・宮田　譲，「電気自動車が陸上から海上へのモーダルシフトに及ぼす影響に関する研究」，日本環境共生学会第 16 回(2013 年)学術大会，徳島大学，pp.312-317，2014.9.28
[19]不破瑞紀・上井啓太・渋澤博幸・宮田　譲，「町丁大字従業者数を用いた静岡県産業連関モデルと経済波及効果計測に関する研究」，日本環境共生学会第 17 回(2014 年度)学術大会発表論文集，徳島大学，pp.318-323，2014.9.28
[20]木花有沙・中澤光一郎・渋澤博幸・宮田　譲，「地域間交通リンクの経済効果計測に関する研究」，日本環境共生学会第 17 回(2014 年度)学術大会発表論文集，徳島大学，pp.324-328，2014.9.28
[21]石田直也・渋澤博幸・打田委千弘・冨村圭・宮田　譲，「三遠南信地域を対象とした地域間産業連関分析に関する研究」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会，麗澤大学，pp.1-6，2014.10.3
[22]上井啓太・渋澤博幸・宮田　譲，「三河湾における南海トラフ地震の経済波及効果の計測」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会，麗澤大学，pp.1-6，2014.10.5
[23]木根田好・渋澤博幸・宮田　譲，「電気自動車によるモーダルシフトの可能性に関する研究」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会，麗澤大学，pp.1-6，2014.10.5
[24]伊藤大輔・宮田　譲・渋澤博幸，「都市群間距離を考慮した都市成長」，日本地域学会第 51 回(2014

年)年次大会，麗澤大学，pp.1-6，2014.10.4

[25]宮田裕規・宮田　譲・渋澤博幸，「最適経済成長モデルによる環境・経済統合勘定の導出」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会，麗澤大学，pp.1-6，2014.10.5

[26]水野健太郎，「南海トラフ巨大地震による都市の土地利用変化の理論的考察：地震情報提供による影響分析」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会，麗澤大学，pp.1-6，2014.10.5

[27]藤井友章，宮田　譲，渋澤博幸，「豊橋市における電気自動車普及の環境・経済影響評価」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会，麗澤大学，pp.1-6，2014.10.5

[28]福田尭秀・宮田　譲・渋澤博幸，「インドネシア・マカッサル市における炭素クレジットの環境・経済影響評価」，日本地域学会第 51 回(2014 年)年次大会，麗澤大学，pp.1-6，2014.10.5

[29]Miyata, Y. and Shibusawa, H., "A CGE Analysis of Economic and Environmental Impacts of Electric Vehicle Society in Toyohashi City in Japan", 13th Summer Institute of the PRSCO, Loja, Ecuador, 2014.7.24

[30]Miyata, Y. and Shibusawa, H., "An Analytic Urban Economic Analysis of Illegal Settlements in Flood Prone Areas in Palangkaraya City in Indonesia", 13th Summer Institute of the PRSCO, Loja, Ecuador, 2014.7.25

[31]Miyata, Y. and Shibusawa, H., "A Dynamic Rural-Urban-Natural Environment Interactive Model of Palangkaraya City in Indonesia", 13th Summer Institute of the PRSCO, Loja, Ecuador, 2014.7.2

[32]Shibusawa, H. and Miyata, Y., "Economic Assessment of a Large-Scale Earthquake in China: A Dynamic Spatial CGE Approach", 13th Summer Institute of the PRSCO, Loja, Ecuador, 2014.7.24

[33]Miyata, Y., Shibusawa and H., Fujii, T., "Economic and Environmental Impacts of Electric Vehicle Society in Toyohashi City in Japan –A CGE Modeling Approach", 54th ERSA Congress, Saint Petersburg, Russia, 2014.8.27

[34]Miyata, Y., Shibusawa, H. and Permana, I., "Economic Analysis of Illegal Settlements in Flood Prone Areas in Palangkaraya City in Indonesia – A General Equilibrium Approach", 54th ERSA Congress, Saint Petersburg, Russia, 2014.8.27

[35]Shibusawa, H., Miyata Y., "Economic Assessment of Large-Scale Earthquakes in Asia: A Spatial-CGE Application", 54th ERSA Congress, Saint Petersburg, Russia, 2014.8.27

[36]Miyata, Y. and Shibusawa, H., "A Dynamic Rural-Urban-Natural Environment Interactive Spatial Model of Palangkaraya City in Indonesia", 54th ERSA Congress, Saint Petersburg, Russia, 2014.8.29

[37]Sakurai, K., Nakamura, A., Kobayashi, S., Shibusawa, H. and Tanji, H., "A Policy of Demand-driven Management for Agricultural Water Use in Japan", 54th ERSA Congress, Saint Petersburg, Russia, 2014.8.29

[38]Wahyuni, A., Miyata, Y. and Shibusawa, H., "An Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach for Selecting the Best type of Road Construction in Critical Area", 61st North American Meetings of the RSAI, Washington D.C., 2014.11.13

[39]Sakurai, K., Shibusawa, H., Nakamura and W., Nakayama, K., "A Dynamic Policy Evaluation Model of the Regional Economy and Water Environment in Toyogawa Basin", 61st North American Meetings of the RSAI, Washington D.C.,pp.1-6, 2014.11.13

[40]Shibusawa, H. and Miyata, Y., "Modal Shift from Road to Sea Transportation by Electric Vehicles", 61st North American Meetings of the RSAI, Washington D.C., pp.1-12, 2014.11.14

【論文】

[1]打田委千弘・渋澤博幸，「東三河の経済および社会構造：経済成長と全要素生産性」，「東三河の経済と社会　第７輯」，愛知大学中部地方産業研究所，2012，pp.115-130

[2]渋澤博幸・菅原喬史，「ハイブリッド・電気自動車生産の経済効果」，『環境共生』，Vol.22，pp.28-37，2013

[3]Shibusawa, H. and Xu, Z., "Economic Impacts of Hybrid and Electric Vehicles in Japan and China: National and Multi-Regional Input-Output Applications", Studies in Regional Science, Vol.42 (2), 2013, pp.271-282

[4]渋澤博幸・宮田　譲，「巨大地震の経済的被害の計測―動学空間応用一般均衡モデルによる分析―」，

地域学研究，Vol.44，No.3，pp.261-275，2014
[5]渋澤博幸・菅原喬史・宮田　譲,「韓国における次世代自動車生産の経済効果」，環境共生，Vol.25，pp.23-32，2014
[6]渋澤博幸・宮田　譲・打田委千弘・冨村圭，越境地域の産業モデル―三遠南信地域の地域間産業連関分析に向けて，『越境地域政策の視点』，愛知大学三遠南信地域連携研究センター，pp.241-246，2014
[7]渋澤博幸・山口誠・宮田　譲,「空間応用一般均衡モデルを用いた次世代自動車生産の経済的評価に関する研究」，雲雀野，No.37，pp.27-37，2015

【受賞】
[1]渋澤博幸，日本地域学会論文賞，社会的便益の評価手法に関する研究－技術的伝播拡散の外部性を考慮した一般均衡モデルを用いてー，日本地域学会，2010.10.10
[2]宮田　譲・渋澤博幸，日本環境共生学会学会賞＜環境共生学術賞＞論文賞，Does a Decrease in the Population Prevent a Sustainable Growth of an Environmentally Friendly City? - A Comparison of Cases of Decreasing and Increasing Populations of Obihiro Metropolitan Area, Japan by Intertemporal CGE-Modeling Approach -(Interdisciplinary Information Sciences, Vol.14, No1, 2008, pp.1-24)，第 14 回日本環境共生学会学術大会，2011.9.17

5. 青木伸一 客員教授
【学会発表】
[1]田中康平・青木伸一・Ernawaty Rasul・井上隆信,「三河湾奥での貧酸素水塊の発達特性と港湾域の影響について」，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 68，No. 2，pp. I_1046‐ I_1050，2012

6. 井上隆信 教授
【展示会】
[1]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，研究紹介ポスターの展示，2012.8.25
[2]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」，豊橋市役所　東館 1 階市民ギャラリー，研究紹介ポスターの展示，2013.1.7-11
[3]おでかけミニ講座「ぎかだいがやってくる体験！　未来ビークルシティ」，こども未来館ここにこ，研究紹介ポスターの展示，2013.11.23-24
[4]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，研究紹介ポスターの展示，2014.8.23

【学会発表】
[1]横田久里子・井上隆信・横川雅成・下山　諒，「梅田川における栄養塩年間流出負荷量の評価」，第 15 回日本水環境学会シンポジウム講演集，pp. 55-56，2012
[2]田中康平・青木伸一・Ernawaty Rasul・井上隆信「三河湾奥での貧酸素水塊の発達特性と港湾域の影響について」，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 68，No. 2，pp. I_1046–I_1050，2012
[3]稲垣大輔・井上隆信・横田久里子，「栄養流出モデルによる梅田川の流入汚濁負荷量の算定」，第 48 回日本水環境学会年会，2014

【国際学会発表】
[1]Ernawaty Rasul, Takanobu Inoue, Shinichi Aoki, Kuriko Yokota, Yoshitaka Matsumoto and Yoko Okubo, “The influence of freshwater on nutrient characteristics in a semi-enclosed bay”, The 16th International Conference on Diffuse Pollution and Eutrophication, pp. 136-137, 2013

【論文】

[1]Ernawaty Rasul, Takanobu Inoue, Shinichi Aoki, Kuriko Yokota, Yoshitaka Matsumoto and Yoko Okubo and Djumanto Fitrandi, “Influence of tropical cyclone on the water quality in Atsumi Bay”, Journal of Water and Environment Technology, Vol. 11, No.5, pp. 439-451, 2013

[2]松本嘉孝・佐川志朗・井上隆信・横田久里子・中村高志,「木曽川中下流域のワンド・タマリの溶存態有機炭素濃度の時空間特性の把握」, 陸の水, Vol. 55, pp. 7‐14, 2013

[3]岩田杉夫・遠藤忠嗣・井上隆信・横田久里子・大久保陽子,「中小河川からの栄養塩負荷の流出特性」, 水環境学会誌, Vol. 36, No. 2, pp. 39-47, 2013

[4]横田久里子・井上隆信・横川雅成・下山諒・大久保陽子,「高頻度調査に基づく河川の窒素・リン流出負荷量の評価」, 環境科学会誌, Vol.23, No.2, pp.140-149, 2013

[5]Ernawaty Rasul, Takanobu Inoue, Shinichi Aoki, Kuriko Yokota, Yoshitaka Matsumoto and Yoko Okubo, “Nutrient Enrichment and Physical Environmental Effects Caused by Typhoons in a Semi-enclosed Bay”, Journal of Ecotechnology Research, Vol. 17, No. 3, pp. 107-114, 2014

7. 加藤　茂 准教授

【展示会】

[1]おでかけミニ講座「ぎかだいがやって来る　体験！未来ビークルシティ」, こども未来館ここにこ, 研究紹介ポスターの展示, 2013.11.23-24

[2]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, 研究紹介ポスターの展示, 2014.8.23

【学会発表】

[1]Le Dung Quyen・加藤　茂・Dinh Van Vinh,「1981～2011 年における三河湾奥部での高潮発生特性に関する研究」, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-6, CD-ROM（2014.3.7）

[2]青木勇介・岡辺拓巳・加藤　茂,「豊川河口干潟における冬季の流動特性と底質の移動」, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-24, CD- ROM（2014.3.7）

[3]黒澤愛子・岡辺拓巳・青木勇介・加藤　茂,「着色砂トレーサー調査のための画像解析手法に関する基礎的研究」, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-10, CD-ROM（2015.3.6, 発表予定）

【国際学会発表】

[1]Kato, S., T. Okabe, Y. Aoki and S. Kamohara, “Field measurement of sand movement on river-mouth tidal flat using color sand tracing”, Proc. of the 34th Int. Conf. on Coastal Engineering (ICCE2014), 2014（in press）

【論文】

[1]加藤　茂・岡辺拓巳・光山英典・中垣　聡,「着色砂調査と蛍光 X 線分析を併用した河口干潟での土砂移動追跡」, 土木学会論文集 B2（海岸工学）, Vol.69, pp. I_576-I_580, 2013

[2]加藤　茂・Dinh Van Vinh・Le Dung Quyen・岡辺拓巳,「三河湾奥部での高潮発生に伴う知多湾での高水位領域の形成機構」, 土木学会論文集 B2（海岸工学）, Vol. 70, No. 2, pp. I_251-I_255, 2014

8. 岡辺　拓巳　助教

【展示会】

[1]おでかけミニ講座「ぎかだいがやって来る　体験！未来ビークルシティ」, こども未来館ここにこ, 研究紹介ポスターの展示, 2013.11.23-24

[2]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, 研究紹介ポスターの展示,　2014.8.23

【学会発表】

[1]青木勇介・岡辺拓巳・加藤　茂,「豊川河口干潟における冬季の流動特性と底質の移動」, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-24, CD-ROM（2014.3.7）

[2]黒澤愛子・岡辺拓巳・青木勇介・加藤　茂,「着色砂トレーサー調査のための画像解析手法に関する基礎的研究」, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-10, CD-ROM（2015.3.6, 発表予定）

【国際学会発表】

[1]Kato, S., T. Okabe, Y. Aoki and S. Kamohara, "Field measurement of sand movement on river-mouth tidal flat using color sand tracing", Proc. of the 34th Int. Conf. on Coastal Engineering (ICCE2014), 2014（in press）

【論文】

[1]加藤　茂・岡辺拓巳・光山英典・中垣　聡,「着色砂調査と蛍光 X 線分析を併用した河口干潟での土砂移動追跡」, 土木学会論文集 B2（海岸工学）, Vol.69, pp. I_576- I_580, 2013

[2]加藤　茂・Dinh Van Vinh・Le Dung Quyen・岡辺拓巳,「三河湾奥部での高潮発生に伴う知多湾での高水位領域の形成機構」, 土木学会論文集 B2（海岸工学）, Vol. 70, No. 2, pp. I_251-I_255, 2014

9. 章　　忠 教授, 今村　孝　客員准教授

【展示会】

[1]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, 未来ビークルシティ RC 体験学習・研究室公開・研究紹介ポスターの展示, 2012.8.25

[2]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, D4-505　研究室公開, ドライビングシミュレータ, 2012.8.25

[3]「ものづくり博 2012　in 東三河」, ドライビングシミュレータ運転体験, 豊橋市総合体育館, 2012.11.30-12.01

[4]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」, 豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー, ドライビングシミュレータ運転体験･研究紹介ポスターの展示, 2013.1.7-11（運転体験は2013.1.10-11）

[5]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, C-205, ドライビングシミュレータ体験学習・機材展示, 2013.8.31

[6]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, D1-403　研究室公開, ドライビングシミュレータ, 2013.8.31

[7]おでかけミニ講座「ぎかだいがやってくる　体験！未来ビークルシティ」, こども未来館ここにこ体験学習, ドライビングシミュレータ体験, 2013.11.23-24

[8]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, C-205 ドライビングシミュレータ, 体験学習・機材展示, 2014.8.23

[9]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, D1-403　研究室公開, ドライビングシミュレータ, 2014.8.23

【講座・シンポジウム】

[1]時習館高校 SS 技術科学講座, ドライビングシミュレータを用いた安全教育, 豊橋技術科学大学, D1-403, 2012.9.27-28

[2]TUT Jr.技術科学教育プロジェクト（時習館 SSH「SS 技術科学」）, 豊橋技術科学大学, D1-403, 体験学習, 2013.9.5-6

[3]株式会社デンソー　ＩＴＳ開発部 担当課長　浜田 隆彦 氏,「ITS の今と未来 ～つながるクルマ社会～」,「平成２４年度　あいちＩＴＳ大学セミナー」, 本学（A1-101）, 2012.11.05

[4]株式会社デンソー　ＩＣ技術１部 担当次長　飯田 眞喜男氏,「ITS と次世代自動車を支える半導体

技術」，「平成２５年度　あいちＩＴＳ大学セミナー」，本学（A1-101），2013.12.16
[5]株式会社デンソー　ＩＣ技術１部 担当次長　飯田 眞喜男氏，「ITS と次世代自動車を支える半導体技術」，「平成２６年度　あいちＩＴＳ大学セミナー」，本学（A1-101），2014 .12.15
[6]章　忠，「ドライバ個性に着目した社会共生型安全支援運転に関する研究」，「豊橋技術科学大学未来ビークルリサーチセンター総括シンポジウム」，豊橋商工会議所，2015.3.10

【学会発表】
[1]荻智成・高橋忠相・今村孝・章 忠・三宅哲夫，「ドライビングシミュレータを用いた 運転行動意図の付与とその推定に関する研究」，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会（ROBOMEC2012），pp.2P1-C11(1)-(4)，2012.05.27-29
[2]Tetsuo Miyake, Elvin Tiong Chew Lun, Ikuya Fukuyama, Takashi Imamura and Zhong Zhang, “Evaluation of Driving Attentiveness through Usage of Fuzzy Inference”, Proc. of the 2012 International Conference on System, Man and Cybernetics (SMC2012, Seoul), pp.518-523, 14-17 Oct, 2012
[3]Takashi Imamura, Yuto Takeuchi, Zhong Zhang and Tetsuo Miyake, “Estimation for Grasp Behavior of Vehicle Driver by using Steering Wheel Sensor System”, Proc. of the 2012 International Conference on System, Man and Cybernetics (SMC2012, Seoul) , pp.1515-1519, 14-17 Oct, 2012
[4]内田皓・章 忠・今村孝・三宅哲夫・秋月拓磨，「加速度センサを用いたドライバの運転動作計測」，計測自動制御学会中部支部オープンラボ・学生発表会，資料なし，2012.11.22
[5]佐藤駿佑・三宅哲夫・今村孝・章 忠，「パルス光による角膜反射像を用いたサッケード検出法」，計測自動制御学会中部支部オープンラボ・学生発表会，資料なし，2012.11.22
[6]福山育也・三宅哲夫・今村孝・章 忠，「車両前方画像からの視覚特性を考慮した物体抽出」，計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2012），pp.1898-1903，2012.12.18-20
[7]淺川祐樹・章 忠・今村 孝・三宅哲夫，「ドライバの運転中における反応時間計測とその評価」，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 2013（Robomec2013）pp.2P1-G06(1)-2P1-G06(4)，2013.05.23-24
[8]岩本拓馬・今村 孝・章 忠・三宅哲夫，「ハンドルセンサを用いた把持圧力と乗車姿勢の関係解析」・日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会，2013（Robomec2013），pp.2P1-G07(1)-2P1-G07(4) ，2013.05.23-24
[9]今村 孝・荻 智成・Elvin Tiong Chow LUN・章 忠・三宅哲夫，「高校生を対象としたドライビングシミュレータを用いた交通安全教育の試み」，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会，2013（Robomec2013），pp.2P1-P07(1)-2P1-P07(4) ，2013.05.23-24
[10]Zhong Zhang, Yuki Asakawa, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, “Experiment Design for Measuring Driver Reaction Time in Driving Situation”, Proc. of the 2013 International Conference on System, Man and Cybernetics (SMC2013, Manchester), pp.3699-3703, 14-16 Oct, 2013
[11]Takashi Imamura, Tomonari Ogi, Zhong Zhang and Tetsuo Miyake, “Study of induction and estimation method for driver's intention by using a driving simulator”, Proc. of the 2013 International Conference on System, Man and Cybernetics (SMC2013, Manchester) , pp.3322-3326, 14-16 Oct, 2013
[12]Takashi Imamura, Tomonari Ogi, Elvin Tiong Chew Lun, Zhong Zhang and Tetsuo Miyake, “Trial Study of Traffic Safety Education for High School Students using Driving Simulator”, Proc. of the 2013 International Conference on System, Man and Cybernetics (SMC2013, Manchester), pp.4606-4611, 14-16 Oct, 2013
[13]川野友裕・章 忠・今村 孝・三宅哲夫，「両耳聴音源方向定位手法の統合インタフェースへの応用」，第 56 回自動制御連合講演会，pp.647-650，2013.11.16-17
[14]秋月拓磨・章 忠・今村 孝・高橋弘殻，「軌道アトラクタによる運動時系列の記号化手法の検討」，第 56 回自動制御連合講演会，pp.1650-1653，2013.11.16-17
[15]香川亮太・章 忠・三宅哲夫・今村 孝，「交差点右左折時におけるドライバの運転行動解析」，計測自動制御学会中部支部オープンラボ・若手研究発表会，2013.11.28

[16]佐々木大慶・章 忠・三宅哲夫・今村 孝, 「バス用ドライブレコーダの開発とデータ解析」, 計測自動制御学会中部支部オープンラボ・若手研究発表会, 2013.11.28

[17]石川智規・三宅哲夫・章 忠・今村 孝, 「ドライバの視線計測の高精度化」, 計測自動制御学会中部支部オープンラボ・若手研究発表会, 2013.11.28

[18]内田 皓・秋月 拓磨・章 忠・今村 孝・三宅 哲夫, 「身体動作解析による個人特徴の抽出」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会講演会, pp.272-273, 2014.03.18-19

[19]Hiroshi Toda and Zhong Zhang,"Study of Arbitrary Real Dilation Factor of Orthonormal Wavelet Basis", Proc. of the 2014 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR2014, Lanzhou), pp.140-145, 13-16 Jul, 2014

[20]Takeshi Kato, Zhong Zhang, Hiroshi Toda, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, "The Novel Directional Selection based on Complex Discrete Wavelet Transform", Proc. of the 2014 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR2014, Lanzhou), pp.164-169, 13-16 Jul, 2014

[21]Zhong Zhang, Kosuke Shimasue, Hiroshi Toda and Tetsuo Miyake, "Achieving Complex Discrete Wavelet Transoform by Lifting Scheme using Meyer Wavelet", Proc. of the 2014 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR2014, Lanzhou), pp.170-175, 13-16 Jul, 2014

[22]戸田 浩・章 忠, 「幅広い時間周波数解析を可能にする任意実数ダイレーションファクター正規直交 ウェーブレット基底」, 第 42 回可視化情報シンポジウム, pp.269-272, 2014.07.21-22

[23]嶋末 昂祐・章 忠・戸田 浩・三宅哲夫, 「Meyer ウェーブレットを用いたリフティングスキームによる複素数離散ウェーブ レット変換」, 第 42 回可視化情報シンポジウム, pp.273-276, 2014.07.21-22

[24]白砂絹和・章 忠・三宅哲夫・戸田 浩, 「Gabor Wavelet を用いたウェーブレット解析の離散化」, 第 42 回可視化情報シンポジウム, pp.277-280, 2014.07.21-22

[25]加藤 毅・章 忠・戸田 浩・今村 孝・三宅哲夫, 「方向選択性に着目した複素数離散ウェーブレット変換の設計」, 第 42 回可視化情報シンポジウム, pp.281-286, 2014.07.21-22

[26]加藤 毅・章 忠・戸田 浩・今村 孝・三宅哲夫・石川康宏, 「方向性ウェーブレット変換の提案と医用画像処理応用」, 第 193 回情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, pp.IPSJ-CVIM14193013(1)- (8), 2014.09.01-02

[27]白砂絹和・章 忠・三宅哲夫・戸田 浩, 「Gabor Wavelet を用いたウェーブレット解析の離散化」, 第七回ウェーブレット変換およびその応用に関するワークショップ, pp.S1-003 (1) - (6), 2014.10.02-03

[28]加藤 毅・章 忠・戸田 浩・今村 孝・三宅哲夫, 「複素数離散ウェーブレット変換の方向選択性を基にしたアングル検出型ウェーブ レット変換の提案」, 第七回ウェーブレット変換およびその応用に関するワークショップ, pp.S2-001 (1) - (5), 2014.10.02-03

[29]Takashi Imamura, Tomonari Ogi, Zhong Zhang and Tetsuo Miyake, "Real-time implementation of estimation method for driver's intention on a driving simulator", Proc. of the 2014 International Conference on System, Man and Cybernetics (SMC2014, SanDiego, USA), pp.1919-1924, 5-8 Oct, 2014

[30]今村 孝・荻 智成・章 忠・三宅哲夫・香川亮太・淺川祐樹「ドライバ運転行動意図のリアルタイム推定システムの構築と実験的検証」, 第 57 回自動制御連合講演会, pp.1650-1654, 2014.11.10-12

【論文】

[1] Takuma Akiduki, Zhong Zhang, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, "Time-Series Analysis of Motion by Using Nonlinear Dynamical Systems", Innovative Computing, Information and Control ICIC Express letters, Vol. 6, Num. 4, pp.1077-1082,2012

[2]Md Rizal Othman, Zhong Zhang, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, "Analysis and Evaluation of Driver Inattention Using Support Vector Machine", Innovative Computing, Information and Control ICIC Express letters, Vol. 6, Num. 6, pp.1453-1458, 2012

[3]Md Rizal Othman, Zhong Zhang, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, “A Novel Method for driver Inattention Detection Using Driver Operation Signals”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.8, No.4, pp.2625-2636, 2012

[4]秋月拓磨,・章 忠,・今村 孝・ 三宅哲夫, 「アトラクタを用いた時系列データからの動作特徴の抽出」, 電気学会論文誌 C, Vol.132, No.6, pp.975-982,2012

[5]Zhong Zhang, Yasudake Aoki, Hiroshi Toda, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, “Real World Source Separation by Combining ICA and VD-CDWT in Time-Frequency Domain”, International Journal of innovative Computing Information and Control, Vol.9 No.4, pp.1737-1757 , 2013

[6]Takuma Akiduki, Zhong Zhang, Takashi Imamura, Tetsuo Miyake, Hirotaka Takahashi and Michihiro Namba, “Toward Symbolization of Human Motion Data -Statistical Analysis in Symbol Space-”, ICIC Express Letters, Vol. 7, No. 5, pp.1475-1480, 2013

[7]Zhong Zhang, Hajime Suzuki, Md Rizal Othman, Takashi Imamura and Tetuso Miyake, “Development of a Driver Inattention Detection System using a Dynamic Relational Network”, ICIC Express Letters, Vol. 7, No. 5, pp.1563-1568, 2013

[8]Md Rizal Othman, Zhong Zhang, Takuma Akiduki, Hajime Suzuki, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, “Development of A Driver Inattention Detection System Using Dynamic Relational Network”, International Journal of innovative Computing Information and Control, Vol.10, No.3, pp.1189-1205, 2014

[9]Zhong Zhang, Hideaki Ishii, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, “Development of Real-time Abnormal Sound Diagnosis System Using Fast Wavelet Instantaneous Correction”, ICIC Express Letters, Part B: Applications, Vol.5, No.1, pp.201-206, 2014

[10]Takuma Akiduki, Zhong Zhang, Takashi Imamura, and Hirotaka Takahashi, “Toward Symbolization of Human Motion Data --Time-Series Clustering in Symbol Space--”, ICIC Express Letters, Part B: Applications, Vol.5, No.2, pp.387--392, 2014

[11]Takuma Akiduki, Zhong Zhang, Takashi Imamura and Hirotaka Takahashi, “Symbolization of Human Motion: Case of Simple Walking Motion”, Innovative Computing, Information and Control Express letters, Part B: Applications, Vol.6, No.4, pp.959-965, 2014

[12]Zhong Zhang, Md Rizal Othman, Takashi Imamura, Tetsuo Miyake and Lang Wei, “Development of A New Robust Driver Inattention Detection System”, Innovative Computing, Information and Control Express letters, Part B: Applications, Vol.6, No.4, pp.967-973, 2014

[13]Tetsuo Miyake, Takuya Matsumoto, Takashi Imamura and Zhong Zhang, “Early Detection of Drowsiness based on Facial Expressions in Keeping Awake”, ICIC Express Letters, Vol.8, No.2, pp.591--596, 2014

[14]Hiroshi Toda, Zhong Zhang, Takashi Imamura, “Perfect-Translation-Invariant Variable-Density Complex Discrete Wavelet Transform”, International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing, Vol.11, No.4, pp.1360001-1--1360001-32 (2014.07).

[15]Hiroshi Toda, Zhong Zhang and Takashi Imamura, “Practical Design of Perfect-Translation-Invariant Real-Valued Discrete Wavelet Transform”, International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing, Vol.11, No.4, pp.1460005-1--1460005-27, 2014

[16]Zhong Zhang, Hiroshi Toda, Takashi. Imamura and Tetsuo Miyake, “A New Variable Filter Band Discrete Wavelet Transform: Theory and Principle”, International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing, Vol.11, No.4, pp.1460006-1--1360006.21, 2014

[17]Zhong Zhang, Jin Ohtaki, Hiroshi Toda, Takashi. Imamura and Tetsuo Miyake, “A New Variable Filter Band Discrete Wavelet Transform: Application”, International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing, Vol.11, No.4, pp.1460007-1--1460007-21 , 2014

【社会実験】

[1]時習館高校 SS 技術科学講座, ドライビングシミュレータを用いた安全教育, 2012 年 9 月

27-28 日*H23，H24 年度受講生を対象に事後アンケートを実施

10. 金澤　靖 准教授

【展示会】

[1]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，研究紹介ポスターの展示，2012.8.25

[2]「ものづくり博 2012　in 東三河」，豊橋市総合体育館，研究紹介ポスターの展示，2012.11.30-12.01

[3]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」，豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー，全周マルチプロジェクションｗｐ用いた体験型デモ・研究紹介ポスターの展示，2013.1.7-11

[4]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，研究紹介ポスターの展示，デモ「高齢者の立場になって交差点を見ると･･･」，　2013.8.31

[5]「豊橋市大学連携調査研究費補助金　研究成果報告展示会」，豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー，研究紹介ポスターの展示・全方位カメラを用いた交通弱者のための危険検知システムに関するデモ(09.27)，　2013.9.25-30

[6]おでかけミニ講座「ぎかだいがやってくる体験！未来ビークルシティ」，こども未来館ここにこ，研究紹介ポスターの展示，デモ「体験しよう! ここ，わたってあんぜんかな？ しんごう，みえるかな？」，　2013.11.23-24

[7]「豊橋市大学連携調査研究費補助金　研究成果報告展示会」，豊橋市役所　東館市民ギャラリー，全方位カメラを用いた交通弱者のための危険検知システム・２色覚の方に色を見やすくするための画像処理，研究紹介ポスターの展示，　2014.5.22

[8]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，デモ「ここ、わたって安全かな？信号見えるかな？」2014.8.23

[9]「CEATEC 2014」，幕張メッセ，全方位カメラを用いた危険検知システムの紹介，2014.10.9-11

【シンポジウム】

[1]金澤　靖，「交通弱者の安全安心のためのシステムの開発」，「豊橋技術科学大学未来ビークルリサーチセンター総括シンポジウム」，豊橋商工会議所，2015.3.10

【学会発表】

[1]小野勝也・金澤　靖，「全方位画像における直線当てはめの標準変位を用いた衝突検知」，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会，豊橋技術科学大学，2012.9.24-25

[2]脇元　翔・橋本尚孝・金澤　靖・太田直哉，「色覚障害者の識別率向上のための画像への情報付加に関する検討」，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会，豊橋技術科学大学，2012.9.24-25

[3]K. Wakimoto, Y. Kanazawa and N. Ohta, “Color image enhancement for dichromats by additive image noise”, 第 16 回 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013)，国立情報学研究所，2013.7.30-8.1

[4]Y. Tanno and Y. Kanazawa, “Image Matching for Repetitive Patterns by Clustering and Transforming in Feature Space”, The 2nd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition, Okinawa, Japan, Nov. 5-8, 2013

[5]Y. Kanazawa, Y. Sugaya and K. Kanatani, “Initializing 3-D Reconstruction from Three Views Using Three Fundamental Matrices”, Workshop on Geometric Computation for Computer Vision (GCCV 2013), Guanajuato, Mexico, Oct. 29, 2013

[6]山崎大輔，金澤 靖，「3 画像からの復元を用いた復元形状の評価関数と形状合成への応用」，第 17 回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2014)，岡山コンベンションセンター，2014.7.28-31

[7]常盤勇太，金澤 靖，「画像の射影変換における高速化法の比較・検討」，情報処理学会研究報告グラフィックスと CAD(CG)，2014-CG-156(6)，pp.1-6，2014.9.9

【論文】

[1]K. Wakimoto, Y. Kanazawa and N. Ohta, “Color image enhancement for dichromats by additive image noise”,

IPSJ Trans. CVA, Vol.5(2013), pp.45‐49, June 2013

[2]Y. Kanazawa, Y. Sugaya and K. Kanatani,"Decomposing three fundamental matrices for initializing 3-D reconstruction from three views", IPSJ Trans. CVA, Vol.6(2014), pp.120-131, Nov. 2014

11. 櫻井庸司 教授，東城友都　助教

【展示会】

[1]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，研究紹介ポスターの展示，2012.8.25

[2]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」，豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー，研究紹介ポスターの展示，2013.1.7-11

[3]おでかけミニ講座「ぎかだいがやってくる体験！未来ビークルシティ」，こども未来館ここにこ，研究紹介ポスターの展示，2013.11.23-24

[4]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，研究紹介ポスターの展示，　2014.8.23

【講演会】

[1]櫻井庸司,「リチウムイオン電池の現状と課題」，未来ビークルシティリサーチセンター講演会「サスティナブルな社会における未来ビークルシティ事業」，田原文化会館，2013.11.7

【学会発表】

[1]綱木彰洋・吉岡雄太郎・Bin Hasanoor Mohamad Syajaril・福田健人・石原侑樹・稲田亮史・櫻井庸司,「カルシウムイオン電池用 Ca_xCoO_2 正極の電気化学特性」，第 53 回電池討論会，3E04，2012.11.16

[2]吉岡雄太郎・石川誠也・Bin Hasanoor Mohamad Syajaril・福田健人・石原侑樹・綱木彰洋・稲田亮史・櫻井庸司,「カルシウムイオン電池用 CaV_2O_5 正極の合成および特性」，第 53 回電池討論会，3E05，2012.11.16

[3]福田健人・吉岡雄太郎・稲田亮史・櫻井庸司，「カルシウムイオン伝導性 Ca-β”アルミナの合成条件の検討」，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会，Po2-26，2012.9.25

[4]吉岡雄太郎・石川誠也・福田健人・稲田亮史・櫻井庸司，「カルシウムイオン電池用 CaV_2O_5 正極の合成法の検討」，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会，Po2-27，2012.9.25

[5]Ryoji Inada, Koji Kusakabe, Takayuki Tanaka and Yoji Sakurai, "Synthesis and properties of Al-free $Li_{7-x}La_3Zr_{2-X}Ta_xO_{12}$ garnet related oxides", The 19th International Conference on Solid State Ionics (SSI-19), Kyoto, Japan, June 2-7, 2013

[6]中西悠太・政田千彰・渋川憲太・東條勝・稲田亮史・櫻井庸司，「エアロゾルデポジション法による $LiMn_2O_4$ 厚膜の作製と特性評価」，日本セラミックス協会第 26 回秋季シンポジウム，1ＰK04 ，信州大学長野キャンパス，2013.9.4

[7]石田慶一・木村圭祐・日下部晃司・岡田貴之・工藤翔太・稲田亮史・櫻井庸司，「エアロゾルデポジション法による $Li_{1.5}Al_{0.5}Ge_{1.5}(PO_4)_3$ 厚膜の作製と評価」，日本セラミックス協会第 26 回秋季シンポジウム，1ＰK05 ，信州大学長野キャンパス，2013.9.4

[8]高島俊生・今井雄太・伊藤龍太・成美憲吾・稲田亮史・櫻井庸司,「カーボン被覆を施した $Ti_2Nb_{10}O_{29}$ 負極材料の特性評価」，日本セラミックス協会第 26 回秋季シンポジウム，1ＰK06，信州大学長野キャンパス，2013.9.4

[9]川尻修平・末留春生・前田伸明・歌川正博・稲田亮史・辻川知伸・櫻井庸司，「粒子-集電体一体型微小電極によるリチウムイオン電池電極用材料の単粒子測定」，第５４回電池討論会，3F14，2013.10.9

[10]杉浦洋介・前田伸明・吉岡雄太郎・TOULEE YANGXAISY・稲田亮史・辻川知伸・櫻井庸司，「カルシウムイオン電池用 Ca_xCoO_2 正極の合成および特性」，第５４回電池討論会，3C13 ，2013.10.9

[11]前田伸明・杉浦洋介・Mohamad Syahjaril bin Hasanoor・押田憲幸・稲田亮史・櫻井庸司，「マグネシウムイオン電池用 $Mg_{0.5}CoO_2$ 正極材料の合成および特性評価」，第５４回電池討論会，3C01 ，

2013.10.9

[12]高島俊生・今井雄太・成美憲吾・稲田亮史・櫻井庸司, 「$Ti_2Nb_{10}O_{29}$ 負極材料のレート特性向上に関する検討」, 第５４回電池討論会, 1D06 , 2013.10.7

[13]大木秀晃・小林直登・南出大旺・稲田亮史・櫻井庸司, 「リチウムイオン電池用グラファイト負極の局所電位計測に関する基礎検討」, 第 44 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2B03 , 静岡大学浜松キャンパス, 2013.11.2-3

[14]小林直登・岩井辰也・大木秀晃・南出大旺・稲田亮史・櫻井庸司, 「リチウムイオン電池用グラファイト負極上に析出したリチウムデンドライトの経時変化」, 第 44 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2B02 , 静岡大学浜松キャンパス, 2013.11.2-3

[15]谷原健吾・福田健人・石原侑樹・田和速人・稲田亮史・櫻井庸司, 「カルシウムイオン伝導性 Ca-β”アルミナの合成およびその電極応用に関する検討」, 第 44 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 1B04 , 静岡大学浜松キャンパス, 2013.11.2-3

[16]Mohamad Syahjaril Hasanoor, 谷原健吾, 押田憲幸, 稲田亮史, 櫻井庸司, 「マグネシウムイオン電池用合金系負極の合成および評価」, 第 44 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 1B02 , 静岡大学浜松キャンパス, 2013.11.2-3

[17]Kenta Shibukawa, Ryoji Inada and Yoji Sakurai, “Characterization of As-deposited $Li_4Ti_5O_{12}$ Thick Film Electrode by Aerosol Deposition Method”, ACEPS-7, 1P-08, Osaka, Japan, Nov. 24-27, 2013.

[18]Ryoji Inada and Yoji Sakurai, “Research and Development of All-Solid-State Lithium-Ion Batteries”, IGNITE-2013, Penang, Malaysia, Dec. 5, 2013

[19]石原侑樹・谷原健吾・田和速人・稲田亮史・櫻井庸司, 「カルシウムイオン電池用チタン酸化物系負極の合成および特性」, 平成 25 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, C17 , 名城大学, 2013.12.7

[20]吉岡雄太郎・Mohamad Syahjaril bin Hasanoor・杉浦洋介・TOULEE YANGXAISY・稲田亮史・櫻井庸司, 「カルシウムイオン電池用 CaV_2O_5 正極の表面修飾効果」, 平成 25 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, C18 , 名城大学, 2013.12.7

[21]木村圭祐・岡田貴之・稲田亮史・櫻井庸司, 「固相法によるリチウムイオン伝導性ペロブスカイト構造 $Li_{3/8}Sr_{7/16}Ta_{3/4}Zr_{1/4}O_3$ の合成と評価」, 平成 25 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, C19 , 名城大学, 2013.12.7

[22]日下部晃司・工藤翔太・稲田亮史・櫻井庸司, 「リチウムイオン伝導性ガーネット構造 $Li_{7-X}La_3Zr_{2-X}Ta_XO_{12}$ の合成と特性評価」, 平成 25 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, C20 , 名城大学, 2013.12.7

[23]石田慶一・稲田亮史・櫻井庸司, 「エアロゾルデポジション法による $Li_{1.5}Al_{0.5}Ge_{1.5}(PO_4)_3$ 厚膜の作製と評価」, 平成 25 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, C23, 名城大学, 2013.12.7

[24]政田千彰・中西悠太・東條勝・稲田亮史・櫻井庸司,「エアロゾルデポジション法による $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ 厚膜の作製と評価」, 平成 25 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, C24 , 名城大学, 2013.12.7

[25] Yoji Sakurai, Shuhei Kawashiri, Haruki Suetome, Nobuaki Maeda, Masahiro Utagawa, Ryoji Inada and Tomonobu Tsujikawa, “Single Particle Measurement of Battery Electrode Materials by the Particle/Current Collector Integrated Microelectrode”, 65th Annual ISE Meeting, Mon s05, Lausanne, Switzerland, 2014.8.31-9.5

[26]Ryoji Inada, Yuta Nakanishi, Chiaki Masada, Masaru Tojo, Tomohiro Tojo and Yoji Sakurai, “Electrochemical Properties of $LiMn_2O_4$-$Li_7La_3Zr_2O_{12}$ Composite Film Electrode Fabricated by Aerosol Deposition Method”, 2014 ECS and SMEQ Joint International Meeting, Abstract #40296, Cancun, Mexico, 2014.10.5-10

[27]日下部晃司・岡田貴之・東城友都・稲田亮史・櫻井庸司, 「ガーネット系酸化物固体電解質 $Li_{6.5}La_3Zr_{1.5}Ta_{0.5}O_{12}$ の特性に及ぼす Al 添加の影響」, 日本セラミックス協会第 27 回秋季シンポジ

ウム，鹿児島大学・郡元キャンパス，1PR04，2014.9.9-11

[28]政田千彰・東條勝・小西亮・山下優・東城友都・稲田亮史・櫻井庸司，「エアロゾルデポジション法による活物質-固体電解質複合厚膜電極の作製」，日本セラミックス協会第 27 回秋季シンポジウム，鹿児島大学・郡元キャンパス，1PR06，2014.9.9-11

[29]木村圭祐・東城友都・稲田亮史・櫻井庸司，「ペロブスカイト構造リチウムイオン伝導体 $Li_{3/8}Sr_{7/16}Ta_{3/4}Zr_{1/4}O_3$ の合成および特性評価」，日本セラミックス協会第 27 回秋季シンポジウム，鹿児島大学・郡元キャンパス，1PR09，2014.9.9-11

[30]稲田亮史・森友也・高島俊生・成美憲吾・東城友都・櫻井庸司，「リチウムイオン電池用チタンーニオブ複酸化物負極材料 $Ti_{1-x}Nb_{2+x}O_7$ の合成および特性」，第５５回電池討論会，京都国際会議場，1D04，2014.11.19-21

[31]川尻修平・歌川正博・津田貴郎・山口慎平・東城友都・稲田亮史・松下傑・櫻井庸司，「集電体一体型微小電極による $Li_4Ti_5O_{12}$ 単一粒子の電気化学特性評価」，第５５回電池討論会，京都国際会議場，3D22，2014.11.19-21

[32]杉浦洋介・押田憲幸・田和速人・南亮司・東城友都・稲田亮史・櫻井庸司，「カルシウムイオン電池用プルシアンブルー類似体正極材料の合成及び特性」，第５５回電池討論会，京都国際会議場，1H21，2014.11.19-21

[33]小林直登・加藤亮・南出大旺・Ho Wei Sheng・渡邉竜也・東城友都・稲田亮史・櫻井庸司，「リチウムイオン電池用グラファイト塗布電極上に析出したリチウムデンドライトの ex-situ ^{7}Li NMR 測定」，第 45 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会，中部大・春日井キャンパス，1C05，2014.11.29-30

[34]政田千彰・東條勝・小西亮・山下優・東城友都・稲田亮史・櫻井庸司，「エアロゾルデポジション法による活物質-固体電解質複合厚膜電極の作製および特性」，第 45 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会，中部大・春日井キャンパス，1C08，2014.11.29-30

[35]成美憲吾・森友也・東城友都・稲田亮史・櫻井庸司，「リチウムイオン電池用他元素置換バナジウム酸リチウム負極の合成および特性」，第 45 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会，中部大・春日井キャンパス，1C03，2014.11.29-30

[36]谷原健吾・吉井将人・東城友都・稲田亮史・櫻井庸司，「エアロゾルデポジション法による Ca-β”アルミナの成膜および評価」，H26 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会，名工大・鶴舞キャンパス，D7，2014.12.6

【論文】

[1]Ryoji Inada, Koji Kusakabe, Takayuki Tanaka, Shota Kudo, Yoji Sakurai, “Synthesis and properties of Al-free $Li_{7-x}La_3Zr_{2-x}Ta_xO_{12}$ garnet related oxides”, Solid State Ionics, 262, 568-572, 2014

[2]Ryoji Inada, Kenta Shibukawa, Chiaki Masada, Yuta Nakanishi and Yoji Sakurai, “Characterization of as-deposited $Li_4Ti_5O_{12}$ thin film electrode prepared by aerosol deposition method”, J. Power Sources, 253, 181-186 ,2014

[3]Ryoji Inada, Keisuke Kimura, Koji Kusakabe, Tomohiro Tojo and Yoji Sakurai, “Synthesis and lithium-ion conductivity for perovskite-type $Li_{3/8}Sr_{7/16}Ta_{3/4}Zr_{1/4}O_3$ solid electrolyte by powder-bed sintering”, Solid State Ionics, 261, 95-99, 2014

[4]Toshiki Takashima, Tomohiro Tojo, Ryoji Inada and Yoji Sakurai, “Characterization of mixed titanium-niobium oxide $Ti_2Nb_{10}O_{29}$ annealed in vacuum as anode material for lithium-ion battery”, J. Power Sources, 276, 113-119, 2015

【新聞掲載】

[1]日本経済新聞，「「ポストリチウムイオン」開発競争　電池容量、倍増も」，2011.10.24

12. 大平 孝 教授，田村昌也　准教授，坂井尚貴　助教

【展示会】

[1]「ワイヤレステクノロジパーク」，パシフィコ横浜，市販タイヤを用いた電力伝送による白熱球の点灯実演，2012.7.5-6

[2]「イノベーションジャパン」，有楽町国際フォーラム，市販タイヤを用いた電力伝送による白熱球の点灯実演，2012.9.27-28

[3]「CEATEC2012」，幕張メッセ，市販タイヤを用いた電力伝送による白熱球の点灯実演，2012.10.2-5

[4]「ETEV，メッセ・ニュルンベルグ」，1/32 スケールモデル EVER システムの動態，2012.10.16-17

[5]「APIRC2012」, 伊良湖シーパーク＆スパ, 1/32 スケールモデル EVER システムの動態, 2012.11.15-16

[6]「クルマ地球博」，愛・地球博記念公園，市販タイヤを用いた電力伝送による白熱球の点灯実演，2012.11.16-18

[7]「科学三昧 in あいち」，自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター，EVER の動態，2012.12.26

[8]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」，豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー，電化道路電気自動車 1/10 モデル動態実演，研究紹介ポスターの展示，2013.1.7-11（デモは，1/7 のみ）

[9]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，デモ（EVER の実演等），研究紹介ポスターの展示，Aug.31，2013

[10]「Microwave Exhibition, Pacifico Yokohama」，デモ（EVER の実演等），研究紹介ポスターの展示，Nov. 27-29，2013

[11]お出かけミニ講座「ぎかだいがやってくる　体験！未来ビークルシティ」，こども未来館ここに，研究紹介ポスターの展示，Nov.23-24，2013

[12]「あいち ITS ワールド 2013」, ポートメッセなごや(名古屋市国際展示場) , EVER の動態, Dec. 12-15, 2013

[13]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，1/10 スケールモデル EVER システムの動態，研究紹介ポスターの展示，　2014.8.23

[14]「CEATEC JAPAN 2014」，幕張メッセ，ワイヤレス電動カートの実演，豊橋技術科学大学（大平研究室）/大成建設（株），Oct. 07-11, 2014

[15]「MWE2014」, パシフィコ横浜, 高周波分野に関する研究発表, 豊橋技術科学大学（田村研究室），Dec. 10-12, 2014

【講演会・講座・シンポジウム・セミナー】

[1]「自動車技術会中部支部技術交流会」，安城市アイシン年金基金会館，2012.8.3

[2]「電気関係学会東海支部連合大会」，豊橋技術科学大学，2012.9.24-25

[3]大平孝，「走行中の電気自動車へ路面から給電する技術の開発」，「未来ビークルシティリサーチセンター第１６回シンポジウム」，豊橋技術科学大学，2012.12.10

[4]「電子情報通信学会東海支部　第二回一般講演会」，豊田工業高等専門学校，Jun. 21, 2013

[5]大平　孝，「未来の電気自動車」，未来ビークルシティリサーチセンター講演会「サスティナブルな社会における未来ビークルシティ事業」，田原文化会館，Nov. 7，2013

[6]「さかい IPC 環境ビジネス研究会セミナー」，堺市産業振興センター，Oct.17，2013

[7]大平　孝，「ワイヤレス電力伝送システム設計の基礎理論」，「WPT2014 基調講演」，東京ビックサイト，2014.5.28

[8]大平　孝,「車両用無線給電技術」, 日本学術振興会第 131 薄膜委員会研究会, チサンホテル新大阪, 2014.6.18

[9]大平　孝，「石炭，石油，電池に続く第４世代移動手段～走行中ワイヤレス給電の電気自動車～」，西日本地域高等専門学校技術職員特別研修会，豊橋技術科学大学，2014.8.21

[10]大平　孝，「石炭，石油，電池に続く第４世代移動手段～学生手作り：模型ラジコンカーをバッテリーレスに改造！～」，「電子情報通信学会北陸支部講演会」，福井工業高等専門学校，2014.11.20

[11]大平　孝,「石炭，石油，電池に続く第４世代移動手段～走行中ワイヤレス給電の電気自動車～」，「次世代ワイヤレス通信技術講座」，ハービス PLAZA，2014.11.21
[12]大平　孝,「バッテリレス電動カートの走行実験」,「豊橋技術科学大学未来ビークルリサーチセンター総括シンポジウム」，豊橋商工会議所，2015.3.10

【学会発表等】
[1]Takashi Ohira, “Via-Wheel Power Transfer to Running EVs (invited)”, Energy Transfer for Electric Vehicles Conference, ETEV2012, Nuremberg, Germany, October 2012
[2]鈴木良輝・鳥井俊宏・水谷 豊・杉浦貴光・坂井尚貴・上原秀幸・大平 孝, 「車両タイヤによるゼロギャップ無線電力伝送」, ワイヤレス・テクノロジ・パーク, アカデミアプログラム, 横浜, July 2012
[3]Yoshiki Suzuki, Takamitsu Sugiura, Naoki Sakai, Masahiro Hanazawa and Takashi Ohira, “Dielectric Coupling from Electrified Roadway to Steel-Belt Tires Characterized for Miniature Model Car Running Demonstration”, IEEE MTT-S International MicrowaveWorkshop Series on Innovative Wireless Power Transmission, IMWS-IWPT2012, pp.35-38, Kyoto, May 2012
[4]Takamitsu Sugiura, “High Efficiency Rectifier in Electric Power Feed System to Running Automobiles though Tires”, IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2012 Spring, S3-4, Nagoya, April 2012
[5]Masahiro Hanazawa, Naoki Sakai and Takashi Ohira, “SUPRA: Supply Underground Power to Running Automobiles”, IEEE International Electric Vehicle Conference, IEVC2012, Greenville, March 2012
[6]鈴木 良輝・鳥井 俊宏・坂井 尚貴・大平 孝, 「電化道路電気自動車 EVER 実証実験」, ワイヤレス・テクノロジ・パーク，横浜，2013-05
[7]坂井尚貴, 「「1G:石炭 2G : 石油 3G : 電池」に続く第 4 世代自動車」, NE ジャパン ワイヤレス・テクノロジー・アワード 2013 記念講演，東京国際展示場，May 2013
[8]一瀬健人・ 南 昂孝・ 大平 孝, 「BJT コルピッツ発振器の発振条件及び Q ファクタ解析」 信学ソ大，C-2-7，Sept. 2013
[9]南 昂孝・ 一瀬 健人・ 大平 孝,「伝送線路帰還発振回路における FET 電圧増幅率と Q ファクタ」信学ソ大，C-2-8，pp.33，Sept. 2013
[10]山田 恭平・大平 孝, 「負荷変動に対して定変圧比となるトランスレス変圧器の提案」，2013 信学ソ大 (通信)，分冊 2，no.B-9-3，p.202，Sept. 2013
[11]大平 孝, 「ワイヤレス電力伝送システム設計の基礎理論(基調講演)」，NICT/YRP ワイヤレス・テクノロジー・パーク WPT2014，Tokyo，May 2014
[12]大平 孝,「電界結合磁界結合ワイヤレス電力伝送の kQ 積と最大有能電力効率公式」, 信学総大，BCS-1-1，p.16，Mar. 2014
[13]大平 孝, 「電圧電流で理解する最大効率と kQ 積：スミスチャートも S パラメータも用いない明快計算法 (招待講演)」，MWE2014，パシフィコ横浜，Dec. 2014

【論文】
[1]Takashi Ohira, “Power efficiency and optimum load formulas on RF rectifiers featuring flow-angle equations”, IEICE Electronics Express, ELEX, vol. 10, no. 11, pp.1-9, June 2013
[2]大平 孝, 「疑似線形理論による発振回路注入同期現象の定式化-紙と鉛筆でロックレンジと Q ファクタを探求する-」 信学論 C，vol. J96-C，No.12，pp. 454-462，2013
[3]大平 孝, 「電化道路電気自動車，自動車技術，特集：進化する道路関連技術」，vol. 67，no. 10，pp. 47-50，Oct. 2013
[4]鈴木良輝・ 水谷　豊・ 杉浦貴光・ 坂井尚貴・ 大平　孝, 「電化道路をタイヤ集電で走行する電気自動車の 1/32 スケールモデル試作実験」，電学論 D，vol.134，no.7，pp.675-682，2014.
[5]Takashi Ohira, “Maximum available efficiency formulation based on a black-box model of linear two-port

power transfer systems", IEICE Electronics Express, ELEX, vol.11, no.13, pp.1-6, #20140448, June 2014

[6]Takashi Ohira, "Extended k-Q product formulas for capacitive- and inductive-coupling wireless power transfer schemes", IEICE Electronics Express, ELEX, vol. 11, no. 9, pp.1-7, #20140147, May 2014

【国際会議】

[1]Yuri Kitagawa, "Prototype RF Inverter for 1/10 Scale EVER", IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2013 Spring, S2-1, Nagoya, April 2013

[2]Takumi Honda, "Electromagnetic Analysis on a Basic Model for Via-Wheel Power Transfer", IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2013 Spring, S2-2, Nagoya, April 2013

[3]Takashi Ohira, "No Oil, No Coil, Just V-WPT", IEEE Distinguished Microwave Lecture, Perugia, May 2013

[4]Takashi Ohira, "Challenge for 4G Mobility", IEEE Distinguished Microwave Lecture, Rome, May 2013

[5]Takashi Ohira, "Via-Wheel Power Transfer to Vehicles in Motion (special talk and exhibition)", IEEE Wireless Power Transfer Conference, WPTC2013, pp.242-246, Perugia, May 2013

[6]Minoru Mizutani, Mondo Aoyama and Takashi Ohira, "Real-Time Load Tracking Circuit for Wireless Transfer System", Interdisciplinary Research and Global Outlook Conference 2013, p.83, Aichi, Japan, Oct 2013

[7]Kyohei Yamada, Takanari Minami, Sonshu Sakihara, Tuya Wuren and Takashi Ohira, "Injection-locking-range estimation based on Q factor and experimental verification for Hartley oscillator", Interdisciplinary Research and Global Outlook Conference 2013, p. 84, Aichi, Japan, Oct. 2013

[8]Takashi Ohira, "Circuit Q Factor as a Basic But Still Ambiguous Index for Resonators and Oscillators", EuMA Europian Microwave Doctoral School, Nuremberg, Germany, Oct 2013

[9]Takashi Ohira, "Basic circuit theory for emerging RF power conversion in future smart grid systems", IEEE Distinguished Microwave Lecture, pp.1-6, Bangkok, Dec. 2013

[10] N. Sakai, Y. Suzuki, T. Torii, Y. Kitagawa and T. Ohira, "Electric Vehicle on Electrified Roadway Maquette Demonstrator", International Conference of Global Network for Innovative Technology 2013, page 1, Penang, Malaysia, Dec. 2013

[11]Kento Ichinose, "Active Q-factor Estimation and Phase Noise Measurement on Transmission Line Feedback BJT Oscillators", IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2013 Autumn, S6-3, Kanazawa, Dec. 2013

[12]M.Aoyama, T.Honda, N.Sakai and T.Ohira, "Prototype Development of 1 kW Via-Wheel Power Transfer with Bus Tire Pair", IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2014 Autumn, S2-2, pp.7-8, Toyama, Nov. 2014

[13]Takashi Ohira, "A lucid design criterion for wireless power transfer systems to enhance their maximum available efficiency (invited)", Asia-Pacific Microwave Conference, APMC2014, pp.1157-1158, Sendai, Nov. 2014

[14]Naoki Sakai, Takashi Ohira, "Power Transfer k-Q Product Explored for a Variety of Two-port LCR Circuit Topologies", Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS 2014, p. 574, Guangzhou, August 2014

[15]Takashi Ohira, "Via-Wheel Power Transfer for Fourth Generation Road Vehicles (invited)", SAE Electric Vehicle Technology Conference, EVTeC2014, pp.20144030, Yokohama, May 2014

[16]Takashi Ohira, "Angular expression of maximum power transfer efficiency in reciprocal two-port systems", IEEE Wireless Power Transfer Conference, WPTC2014, pp.228-230, Jeju, May 2014

[17]Y. Miyazaki, T.Torii, N. Sakai and T. Ohira, "DC Load Pulling Characteristic of a 50 W 7 MHz Double-Current Rectifier for Wireless Power Transfer", IEEE AP/MTT-S Midland Student Express 2014 Spring, S2-3, pp.18-19, Nagoya, April 2014

【技術報告】

[1]大平 孝, 「高周波整流回路の最適負荷と電力効率の理論式：半波および全波流通角方程式の導出と活用」, 信学技報, vol. 113, issue 70, MW2013-10, pp.1-6, May 2013

[2]佐藤翔一・ 水谷 豊・ 坂井尚貴・ 大平 孝, 「リアルタイム負荷追従インピーダンス自動整合回路の提案」, 信学技報, vol. 113, no. 204, MW2013-92, pp.23-28, Sep. 2013

[3]南 昂孝・ 大平 孝, 「[特別講演] 平行平板シリーズスタブと伝送線路ループによる立体的なマイクロ波帯バンドパスフィルタ」, 信学技報, vol. 113, no. 110, MW2013-29, pp.1-4, June 2013

[4]藤岡友美・ 遠藤哲夫・ 鈴木良輝・ 坂井尚貴・ 大平 孝,「建物内電化フロア構造の実験的検討」, 信学技報 WPT2014-44, vol.114, no.246, pp.43-46, Oct. 2014

[5]鈴木良輝・ 宮崎陽一郎・ 鳥井俊宏・ 坂井尚貴・ 大平 孝・ 遠藤哲夫・ 藤岡友美, 「電化フロア電動カート有人走行実験」, 信学技報 WPT2014-43, vol.114, no.246, pp.39-42, Oct. 2014

[6]大平 孝, 「線形 2 ポート正弦波電力伝送系における最大効率公式：電源パラメータも共役整合も用いない明快導出法」, 信学技報 EE2014-5, vol.114, no.130, pp.1-4, July 2014

[7]鈴木良輝・ 坂井尚貴・ 大平 孝, 「自動車タイヤとアスファルトスラブによる V-WPT 系の最大有能電力伝達効率解析」, 信学技報 WPT2014-6, vol.114, no.9, pp.27-30, April 2014

[8]大平 孝, 「高周波電力伝送系における最大効率の統一理論：共鳴も結合も用いない明快教授法」, 信学技報 WPT2014-5, vol.114, no.9, pp.23-26, April 2014

【受賞・表彰】

[1]CEATEC AWARD 2012 次世代イノベーション・キーテクノロジ部門準グランプリ, CEATEC JAPAN 2012, 2012.10.10

[2]波動工学研究室「日経エレクトロニクス読者賞」, NE ジャパン・ワイヤレス・テクノロジー・アワード, 2013.05.21

[3]波動工学研究室「MWE2013 大学展示優秀発表賞」, Microwave Workshop Exhibition 2013, 2013.11.29

[4]鈴木良輝 [Excellent Student Award] IEEE, 2014-5-30

[5]鈴木良輝 「学生研究奨励賞」, 社団法人電子情報通信学会東海支部 2014-6-5

[6]大平 孝 [フェロー称号] 電子情報通信学会 2014-9-24

[7]CEATEC AWARD 2014, 米国メディアパネル・イノベーションアワード Transportation 分野ファイナリスト, 2014.10.9

[8]田村研究室「大学展示コンテスト 優秀賞」MWE 2014 実行委員会, 2014.12.12

【報道】

[1]Establishing basic formulas for squeezing wireless energy from radio frequency systems, phys.org, 25 Sept. 2013 [http://phys.org/news/2013-09-basic-formulas-wireless-energy-radio.html]

[2]非接触給電, 走行中でも可能に, 日経 Automotive Technology 1 月号, 2015.1.1, pp.72.

[3] [トレたま] タイヤから充電, ワールドビジネスサテライト：テレビ東京, 2014.10.22

[4]Efficiency Angle: Versatile Design Pilotage for Wireless Power Transfer Systems, Toyohashi Univercity of Technology e-Newsletter, no.16, 24 Sept. 2014

[5]電化道路を走るシステムを紹介, NHK 総合・名古屋 ニュース, 2014.5.21

[6]ほっとイブニング：NHK テレビ（2015.1.28）

【新聞掲載】

[1]中部経済新聞「クルマ未来博２０１２ 出展企業紹介 走行中車両への給電システム 11 月 16～18 日モリコロパークで」2012.11.1

[2]東日新聞「豊橋技科大 大平研究室 走行中 EV へのワイヤレス給電技術 日経エレクトロニクス読者賞を受賞」2013.6.22

[3]東日新聞,「タイヤ集電方式でのカート有人走行　豊橋技科大　実験に成功　大成建設と共同　充電なしで長距離走行も」, 2014.9.29
[4]毎日新聞,「床から電気供給　カート走行　豊橋技科大が成功」2014.10.4
[5]朝日新聞,「床から電気カート走る　道路下の高周波電流、タイヤ通じ取り込み　豊橋技科大と企業が有人実験」2014.10.10
[6]読売新聞,「床から給電　走行成功　豊橋技科大　タイヤ通し、カートに」2014.11.25
[7]中日新聞,「床から給電　電動カート　豊橋技術科学大学教授らが開発」, 2014.12.19
[8]東愛知新聞,「走りながら給電が可能　将来的には高速で実用化を　豊橋技科大・大平教授の研究室　電動カート走行実験成功」, 2014.12.21

【寄稿】
[1]大平 孝,「第３の波：ワイヤレス電力伝送」, 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティニュースレター, vol.159, p.2, Jan. 2015

13. 後藤尚弘 准教授

【展示会】
[1]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, 電動アシスト付き自転車の試乗会, 研究紹介ポスターの展示, 2012.8.25
[2]研究成果展示「低炭素と安心安全を目指す街：豊橋」, 豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー, 研究紹介ポスターの展示, 2013.1.7-11）
[3]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, 電動アシスト付き自転車の試乗会・研究紹介ポスターの展示,　2013.8.31
[4]「豊橋市大学連携調査研究費補助金　研究成果報告展示会」, 豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー, 研究紹介ポスターの展示, 2013.9.25-30 .
[5]お出かけミニ講座「ぎかだいがやって来る　体験！未来ビークルティ」, こども未来館ここにこ
[6]「オープンキャンパス」, 豊橋技術科学大学, 電動アシスト付き自転車の試乗会・研究紹介ポスターの展示,　2014.8.23

【講座】
[1]後藤尚弘,「電動二輪車に乗ってみますか？ー普及に向けた環境心理学研究ー」, 豊橋技術科学大学　一般公開講座「ビークルシティーの未来」, 2014.11.7
[2]後藤尚弘,「食から見つめる日本の環境　豊かな食を守るためにーエネルギー、廃棄物、地産地消ー」,「なごや環境大学共育講座」, 2014. 12.12

【社会実験】
豊橋市役所,㈱スズキと共同社会実験を実施
内容：豊橋市役所において, 電動バイクを公用車として利用し, 電動バイク利用の有無とその理由に関する社会実験を実施した（H24.11.1～H24.7 月末まで）

【新聞報道】
東日新聞 H24.10.20, 東愛知新聞 H25.1.21（社会実験に関する記事）

【受賞】
[1]ESD アワード　リサーチ賞（愛知学長懇話会主催）Study of factors affecting on public intentions and behaviors toward the usage of bicycle-style

14. 三浦　純　教授

【展示会】

[1]「オープンキャンパス」，豊橋技術科学大学，未来の自動車：自動運転技術・研究紹介ポスターの展示，2014.8.23

[2]「CEATEC Japan 2014」，幕張メッセ，屋外環境認識および自動運転技術・研究紹介パネル展示，2014.10.9-11

【講演会・講座・シンポジウム】

[1]三浦　純,「移動ロボットのためのビジョン」,「ビジョン技術の実利用ワークショップ（ViEW2014）」，パシフィコ横浜，2014.12.5

【学会発表】

[1]Kazuki Misu and Jun Miura, “Specific Person Detection and Tracking by a Mobile Robot using 3D LIDAR and ESPAR Antenna”, Proc. 13th Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems, Padova, Italy, 2014. 7. 16

[2]谷地中宏基・三浦　純,「移動ロボットによる屋外 3 次元地図生成と通行可能領域の分類」，第 32 回日本ロボット学会学術講演会，九州産業大学，CD-ROM，2014. 9. 4

[3]三栖一城・三浦　純,「3 次元レーザ距離センサとエスパアンテナを用いた移動ロボットによる特定人物発見・追跡」，第 32 回日本ロボット学会学術講演会，九州産業大学，CD-ROM，2014. 9. 4

[4]小出健司・三浦　純,「服の色・身長・歩容特徴を用いた付き添いロボットのための人物識別」，第 32 回日本ロボット学会学術講演会，九州産業大学，CD-ROM，2014. 9. 4

[5]井上陽平・三浦　純,「全方位カメラを持つ屋外移動ロボットの見えに基づく誘導」，2014 年ロボティクス・メカトロニクス講演会，富山市総合体育館，CD-ROM，2014. 5. 26

【論文】

[1]Igi Ardiyanto and Jun Miura, “Partial Least Square-based Human Upper Body Orientation Estimation with Combined Detection and Tracking”, Image and Vision Computing, Vol. 32, No. 11, pp. 904-915, 2014

活動報告

１．未来ビークルシティリサーチセンター第１８回シンポジウム開催報告

未来ビークルシティリサーチセンター
低炭素社会と安全・安心コア
電気・電子情報工学系　教授　櫻井　庸司

低炭素社会実現に向けて，高性能二次電池を用いた環境先進車両の開発とその実用化・普及促進が，これまで以上に求められています。このような背景の下，平成２６年１２月１１日に本学において,「次世代電動車両を牽引する先進電池技術」と題して，未来ビークルシティリサーチセンター第１８回シンポジウムを開催致しました（別添プログラム参照)。



三石　洋之　氏
（(財) 日本自動車研究所）

今回のシンポジウムでは，二次電池・燃料電池技術のここ数年の大きな進展を背景として進んでいる，電気自動車・燃料電池自動車など環境先進車両の開発状況ならびに今後の展望について，この分野の第一線でご活躍中の方々にご講演頂きました。



細井　敬　氏
（(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構）

まず始めに，燃料電池自動車の現状と今後について，水素・燃料電池自動車の安全性に関する日本自動車研究所の活動紹介に力点を置きながら，(財) 日本自動車研究所　三石氏よりお話を伺いました。続いて，(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構が推進する次世代蓄電技術開発について，(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構　細井氏にご紹介頂くとともに，(株) ＦOMM　鶴巻氏に，超小型モビリティ「FOMM コンセプト One」の設計思想とバッテリ活用技術についてご講演頂きました。



鶴巻　日出夫　氏
（(株) ＦOMM）

当日は，学外から 59 名，学内から 81 名，計 140 名の参加者があり，質疑応答においても活発な議論がなされ，盛会のうちに講演会を終了致しました。

末尾ながら，本シンポジウム開催に当たりご協力頂きました関係各位に厚くお礼申し上げます。

豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター
第 18 回シンポジウム

「次世代電動車両を牽引する先進電池技術」

低炭素社会実現に向けて、高性能電池を用いた環境先進車両の開発とその実用化・普及促進が、これまで以上に求められています。
本シンポジウムでは、二次電池・燃料電池技術のここ数年の大きな進展を背景として進んでいる、電気自動車・燃料電池自動車など環境先進車両の開発状況ならびに今後の展望について、この分野の第一線でご活躍中の方々にご講演頂きます。

日 時 ： 平成 26 年 12 月 11 日（木）　13：30～16：20
会 場 ： 豊橋技術科学大学　A－１０１講義室
（ 地図：　http://www.tut.ac.jp/about/campusmap.html　）

参加費無料　どなたでもご参加頂けます

主催： 豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
後援： 豊橋市、田原市、豊橋商工会議所、田原市商工会、東三河産業創出協議会
協賛： 電気化学会電池技術委員会、電気化学会東海支部、電気学会東海支部、IEEE 名古屋支部、自動車技術会

申込先：豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
（研究支援課研究センター係）
TEL：0532-44-6574　FAX：0532-44-6568
e-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp



★裏面の参加申込書で事前にお申し込みください

国立大学法人 豊橋技術科学大学

文部科学省特別経費
サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業
～低炭素社会おける安全安心なビークルシティー～

プログラム

13:30～13:35　開会挨拶
豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター長　　角田範義

13:35～14:25　【講演１】
「燃料電池自動車の現状と今後
―JARI での水素・燃料電池自動車の安全性に関する活動紹介―」
（財）日本自動車研究所　FC・EV 研究部　次長　三石洋之　氏

14:25～14:35　休憩

14:35～15:25　【講演２】
「NEDO における次世代蓄電技術開発」
（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構
スマートコミュニティ部 主任研究員（兼）蓄電技術開発室長
細井　敬　氏

15:25～16:15　【講演３】
「超小型モビリティ「FOMM コンセプト One」の設計思想と
バッテリ活用技術」
（株）ＦＯＭＭ　代表取締役社長　鶴巻日出夫　氏

16:15～16:20　閉会挨拶
豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　教授　櫻井庸司

世話人・問合せ先　：　豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　櫻井庸司
E-mail: sakurai@ee.tut.ac.jp　，Tel./FAX: 0532-44-6722

参加申込書

以下の内容をＦＡＸまたは e-mail でご連絡ください。

【申込先】未来ビークルシティリサーチセンター（研究支援課研究センター係）
FAX：０５３２－４４－６５６８　e-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp

お名前			
所属・役職			
ＴＥＬ		ＦＡＸ	
e-mail			

＊参加申込〆切：平成 26 年 12 月４日（木）　ただし，事前申込みがなくてもご参加いただけます。

２．未来ビークルシティリサーチセンター講演会
～EV＋ITS＋再生可能エネルギーによる地域型社会モデル構築～　開催報告

情報・知能工学系　教授　三浦　純

未来ビークルシティリサーチセンターでは，2014 年 9 月 30 日（火）に東北大学 未来科学技術共同研究センター 副センター長／教授 鈴木高宏氏をお招きし，「EV＋ITS＋再生可能エネルギーによる地域型社会モデル構築」と題して，講演会を行いました。

EV（Electric Vehicle，電気自動車）の導入は，地球の温暖化などの環境問題に対する解決策の一つとして考えられています。しかしながら社会実装のためには充電ステーションの整備や効率的な運用など，多くの課題を解決していく必要があります。鈴木先生は，2010 年から 4 年間にわたって，前任の東京大学から長崎県産業労働部政策監として出向され，長崎県五島列島で行われた「長崎 EV &ITS」プロジェクトの実施に中心的な役割を果たされました。

このプロジェクトでは，140 台の EV・PHV を導入し，また 34 か所の充電ステーションを設置して EV・PHV の運行を支えるインフラを整備するとともに，20 か所の ITS スポットの設置を含む情報流通システムの導入によって，旅行者が EV・PHV をレンタカーとして利用する際に，観光情報，イベント情報，充電設備情報などの有用な情報を受け取ることのできるシステムを構築し，実運用してきました。充電ステーションでは太陽光発電，風力発電，蓄電池等を組み合わせた小規模分散型電力システム（マイクログリッド）を利用しています。このプロジェクトで示されたモデルは，人口減少の問題に直面する地域に特に有効な分散型モデルであり，エネルギーの “地産地消”に基づいて地域を “自立化”する，という提言が興味深いものでした。また，現在進行中の話題として，東北地方における「再生可能エネルギーを中心とした地域エネルギーと移動体を融合したエネルギー管理システムの構築」や「被災地域における EV カーシェア」など，地域ニーズをベースにした，EV&ITS 地域モデル構築の試みも紹介して頂きました。

EV，ITS，再生可能エネルギーは当センターがめざす未来ビークルシティの実現においても重要なキーワードであり，多くの示唆が得られた講演でした。当日は，学外から 13 名，学内から 89 名，計 102 名の参加者があり，盛会のうちに講演会を終了いたしました。

末尾ながら，大変興味深いご講演を頂いた鈴木先生および講演会開催にご協力いただいた関係各位に厚く御礼申し上げます。





豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター講演会

EV＋ITS＋再生可能エネルギーによる地域型社会モデル構築

講　師：　鈴木高宏　氏
（東北大学　未来科学技術共同研究センター　副センター長／教授）

講演概要：

EV(電気自動車)のような次世代自動車は，低炭素化に向けて推進が求められているが，一方で従来のガソリン車等に比べ，走行距離や価格の面で不利と言われている。

講演者は平成 22 年度から 3 年間，長崎県庁に出向し，EV の実導入・実運用に，ITS 技術を組合せ，さらに再生可能エネルギーも組み合わせたプロジェクトを推進担当した。その概要の紹介とともに，この取組からモビリティを中心とした地域型の社会モデル構築について述べる。

さらに，現在東北復興地域で進めているモビリティとエネルギーを組合せたプロジェクトについても併せて紹介し，最近注目されている超小型 EV など次世代モビリティについて，そのための社会インフラ，情報システム，法制度など広い視点からその展望を述べる。

日　時　：　2014 年 9 月 30 日（火）　13：30～15：00
会　場　：　豊橋技術科学大学　　A－１０１講義室

参加費無料　どなたでもご参加頂けます

申込み・問合せ先：

豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
（研究支援課研究センター係）
TEL：0532-44-6574　FAX：0532-44-6568
e-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp



★裏面の参加申込書で事前にお申し込みください

国立大学法人
豊橋技術科学大学

文部科学省特別経費
サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業
～低炭素社会おける安全安心なビークルシティー～

キャンパスマップ

お車でお越しの場合は，東駐車場，東第２駐車場をご利用ください。



参加申込書

以下の内容をＦＡＸまたは e-mail でご連絡ください。

【申込先】未来ビークルシティリサーチセンター（研究支援課研究センター係）

FAX：０５３２－４４－６５６８　e-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp

お名前			
所属・役職			
ＴＥＬ		ＦＡＸ	
e-mail			

＊参加申込〆切：平成２６年９月２９日（月）　ただし，事前申込みがなくてもご参加いただけます。

３．豊橋市交通児童館あきまつり 2014 への展示
～ぎかだいがやってくる！運転手になってみよう！～開催報告

未来ビークルシティリサーチセンター
低炭素社会と産業育成コア
建築・都市システム学系　助教　松尾幸二郎

平成 26 年 10 月 5 日に豊橋市交通児童館で開催された「交通児童館あきまつり 2014『おいでよ!こうつうの森』に，未来ビークルシティリサーチセンターの廣畠・松尾研究室が，「交通安全」をテーマに子どもから大人まで楽しく学べる「ドライビングシミュレータ」と「ミクロ交通シミュレータ」を使った体験コーナーを出展しました。

この体験では，歩行者信号の表示の意味など，日頃子ども達が直接関わる交通安全について学ぶクイズや，交差点において交通渋滞を招かないためには，信号機がそれぞれの方向にどれくらいの青時間を配分すれば良いかなどを一緒に考え，コンピュター上に信号機の仮の時間を設定し，車の流れをシミュレート（ミクロ交通シミュレーション）するなど，信号機に関する知識を学びました。また，ドライビングシミュレータでの仮想運転体験を通して，車からの視点による安全な自転車走行方法（左側通行，歩道上の車道側通行など）を学びました。

当日は台風の影響もあり参加者が少なかったのが残念でしたが，その分それぞれの子どもたちが充分な時間を使って体験することができました。体験した子どもたちからは，「実際にドライビングシミュレータを体験して，なぜ『止まれ』の標識のところでは止まらなければいけないのか，なぜ自転車が左側通行で走らなければいけないのかを改めて確認できた」等の感想が寄せられました。

参加数：50 名（内ドライビングシミュレータ体験者数：29 名）



ドライビングシミュレータ体験



ミクロ交通シミュレータ体験



交通児童館　あきまつり　2014

「おいでよ!こうつうの森」～もっともっと交通安全～

向山町の大池の隣にある森の中　交通安全が学べる施設があるのを知っていますか?

ここは豊橋市交通児童館　交通安全と 子育て支援と 楽しいあそびが いっぱいの施設です

知ってる人も 知らない人も　子どもも 大人も　おいでよ!こうつうの森　交通児童館 あきまつりを開催します!

と　き：2014年10月5日(日)

ばしょ：豊橋市交通児童館



共催：豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター

協力：(財)愛知県交通安全協会豊橋支部

交通児童館　あきまつり　2014

「おいでよ! こうつうの森」

～もっともっと交通安全～

皆さんは、普段何気なく乗り物に乗ったり、道路を歩いたりしていますよね。 私たちが 安全に移動できるのは、そのルールを考えてくれた人がいて、みんなが それを守っているからです。では、なぜ そのような ルール が生まれたのでしょう?
交通のルールについて 、一度 、いっしょに考えてみませんか。「移動」は自分達の生活に欠かせないもの。その生活の足元を見直したら、もしかしたら新しい「発見」があるかもしれません。

ぎかだいがやってくる! ～運転手になってみよう!～

コミュニケーションルーム

道路を歩いているときの みんなの姿は クルマからどう見えているのかな?「ドライビングシミュレーター」でクルマを運転して日常の危険を 体験しよう
その他 信号などの交通設備がどのように役立っているのかが分かる クイズもあります

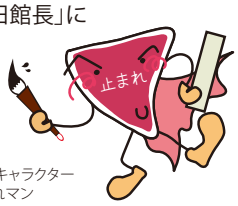


10:00～16:00

豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
交通計画研究室(廣畠康裕･松尾幸二郎)

交通一句コンクール作品展

ただいま「**交通安全･交通事故の防止**」をテーマにした一句（5・7・5）を募集中♪
優秀作品は、**あきまつり「交通安全クイズ大会」内で掲示･表彰式**を行いますので、ぜひご応募くださいね!
優秀者は当日「1日館長」に就任してもらう予定です



交通児童館キャラクター
とまれマン

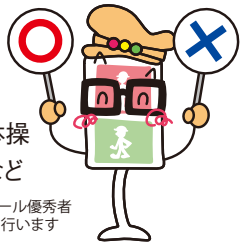
※応募締め切りは**9月20日**までです
詳細はＨＰ･館内配布物をご確認下さい

交通安全クイズ大会

遊戯室

要･事前申込

みんな 交通ルールはもうバッチリかな?
クイズに答えて ルールをおさらいしよう
全問正解者には すてきなプレゼントも…
クイズあり、歌あり、おどりありの 楽しい大会です



クイズ大会
交通安全体操
…など

※交通一句コンクール優秀者表彰式も同時に行います

交通児童館キャラクター
しんごうきくん

10:30～11:30

年少～高校生 20組（未就学児は保護者同伴）

応募方法（1通につき1家族）

往復はがきに **交通安全クイズ大会** と明記し ①参加者氏名（ひらがなで）･学年 ②保護者氏名 ③電話番号を記入のうえ **9月15日(必着)**までに児童館まで

交通安全図書コーナー

図書室

ルールを守るってどういうこと?ルールを守るために必要な**モラル**って何だろう??
モラルとルールをあわせて**「モラルール」**みんなで考えてみよう!!図書コーナーでは自転車交通安全絵本の展示とワークショップをおこないます



14:00～15:00
（展示は9:00～）

交通安全工作～クルマ･ブレスレット～

ワークショップルーム

牛乳パックを使って **クルマ**を作ろう!
作った作品は専用コーナーで走らせてあそべるよ♪
ペットボトルを使った簡単**ブレスレット**も作れます
左手につけたら 左側通行も 間違えないね





10:00～16:30
先着各50名

ベビトド交通安全

プレイルーム

ベビーやトドラー（よちよち歩きの子）さんを対象にした交通安全紙芝居や体操など、もりだくさん!



11:00～11:30

未就学児（保護者同伴）

※ 乗り物貸出は通常通り行う予定です
当日**サプライズゲスト**があるかも･･･



交通児童館キャラクター
ふみきりこさん



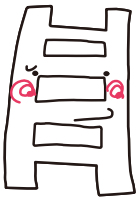
豊橋市交通児童館

0532-61-5818
（9:00～17:00･月曜休館）

〒440-0864 豊橋市向山町字池下35
(URL) http://toyohashi.shopro.co.jp/

- 駐車場に限りがあります。公共交通機関をご利用ください。
- 館内のルールを守って、正しくご利用ください。
- 天候等、都合によりプログラムを変更する場合がございます。
- 熱中症対策等、活動に適した服装でお越しください。
- 未就学児は保護者の方とご参加ください。
- 午前中、卓球の利用はできません（12:30～利用可）

※ 前日、4日午後は準備の為、館内の利用を一部制限させていただく場合もございますのでご了承ください。



交通児童館キャラクター
おうだんほどうくん

４．未来ビークルシティリサーチセンター講演会
～燃料電池車に適応する水素貯蔵材料の可能性について～　開催報告

未来ビークルシティリサーチセンター
低炭素社会と先端省エネルギーコア
特定教授　中川　勝文

水素燃料を利用するクリーンで再生可能なエネルギー利用システムが注目されています。本年度は，特に，燃料電池自動車（FCV）の商用販売が計画されており，FCV 元年といえます。FVC の開発には，燃料電池そのものばかりではなく，燃料の貯蔵や水素ステーションの設置など多くの課題があります。現在の FCV には水素を高圧に加圧し貯蔵する方法が用いられていますが，貯蔵容器のコストの低減を図るためにも様々な貯蔵方法の検討が行われています。

今回は，豊田中央研究所の主任研究員三輪和利氏をお招きし，最新の技術情報を教えていただきました。三輪和利氏は平成 12 年度から、14 年間にわたり，豊田中央研究所において、水素貯蔵材料の研究に携わり、新材料の開発を行ってきました。本講演では、その研究概要の紹介とともに，将来の FCV に対して水素貯蔵材料の可能性についても言及していただきました。また，水素貯蔵材料の特性を量子力学の観点から、学部学生の知識でも十分理解できるように噛み砕いて説明していただきました。



開催日には，学内から 25 名もの参加をいただき，水素貯蔵方法，材料の量子力学，水素サイクルの可能性など活発な質問や討論がありました。

最後に，本講演会の開催に当たり，協力していただきました講演者の豊田中央研究所の三輪氏をはじめ，関係者各位に厚くお礼申し上げます。

豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター講演会

燃料電池車に適応する水素貯蔵材料の可能性について

講　師：　三輪和利　氏　　（豊田中央研究所　主任研究員）

講演概要：

FCV(燃料電池自動車)の燃料電池の燃料として水素を使用すれば、排気ガスはクリーンな水だけになり、さらに、エネルギー変換効率は 50%以上になるので、地球温暖化の問題に大きく貢献できる。また、低炭素化に対応した水素サイクルが構築されれば、理想的な次世代自動車となり得る。しかし、自動車における水素貯蔵の方法は、たとえば圧縮水素を用いても、かなり多量のエネルギーを消費する問題がある。

三輪和利氏は平成 12 年度から、14 年間にわたり，豊田中央研究所において、水素貯蔵材料の研究に携わり、新材料の開発を行ってきた。本講演では、その研究概要の紹介とともに，将来の FCV に対して水素貯蔵材料の可能性について述べる。

さらに，水素貯蔵材料の特性を量子力学の観点から、学部学生の知識でも十分理解できるように噛み砕いて説明する。

日 時 ： 2014 年 11 月 19 日（水）　15：00～16：30
会 場 ： 豊橋技術科学大学　A－１０９講義室

どなたでもご参加頂けます（直接会場にお越しください）

問合せ先：
豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
（研究支援課研究センター係）
TEL：0532-44-6574　FAX：0532-44-6568
e-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp



国立大学法人 豊橋技術科学大学

文部科学省特別経費
サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業
～低炭素社会おける安全安心なビークルシティー～

５．ドライビングシミュレータの活用と交通安全啓蒙活動

機械工学系　章　忠，三宅　哲夫
建築・都市システム学系 廣畠 康裕，松尾 幸二郎
客員准教授 今村　孝

本報告６章にあるように，これまでドライバの行動計測に立脚した安全運転支援システムの開発研究において，その行動計測環境としてドライビングシミュレータを用いてきた。本章ではそれらのシミュレータ環境の整備状況を報告するとともに，これらを用いた交通安全・啓蒙活動について報告する。

５－１ ドライビングシミュレータ環境の概要

機械工学系計測システム研究室では，2006 年より各種計測技術や関連研究成果の安全運転支援応用を目的とし，関連研究における運転行動計測のプラットフォーム，および，各種計測システムの実装検証対象としてドライビングシミュレータを導入してきた。これらは，当初導入した三菱プレシジョン製 DS-6000（主に，自動車教習所などにおける危険予知訓練用），およびフォーラムエイト製 UC-Win/Road（主に，都市計画，運転環境検証用）を利用したシミュレータシステムの合計３台である。特に，2012 年度末には，図 1(b)に示すように，前方・側方の合計３面のスクリーンと運転席周辺装備を含むシミュレータ装置を導入し，より臨場感の高い運転シミュレーションが実現できるようになった。これらを本学研究実験棟 D1 棟 403 号室に集約し，整備するとともに，学内 VLAN (Virtual LAN）により，関係するセンター教員間で共有し，センター内の関連研究に利用する環境を整備してきた。



(a) 三菱プレシジョン製 DS-6000



(b) フォーラムエイト製 Compact Research Simulator



(c) UC-Win/Road 対応 簡易シミュレータ

図１ 保有するドライビングシミュレータ

以上のシステムを用いて，本報告６章記載の研究活動を行うとともに，以下で報告する各種イベントや研究紹介等でより多くの方へ運転体験環境を提供した。

５－２ 複数年度に渡る継続的な活動

（１）オープンキャンパスにおける体験学習講座の開講

例年開催している本学オープンキャンパスの体験学習講座として「車とまちづくりの仮想体験」（2012，2013 年度），「まちを作って運転してみよう！」（2014 年度）をそれぞれ実施した。これは，前述の UC-Win ならびにその簡易シミュレータを用いた体験学習であり，親子もしくは若年層を対象にした都市環境を題材とした交通安全の認識・啓蒙を目的としたものである。のべ３年にわたり，前年の実施状況やアンケート調査結果を踏まえて，年々内容の改善を図り実施した。その実施状況を図２に示す。

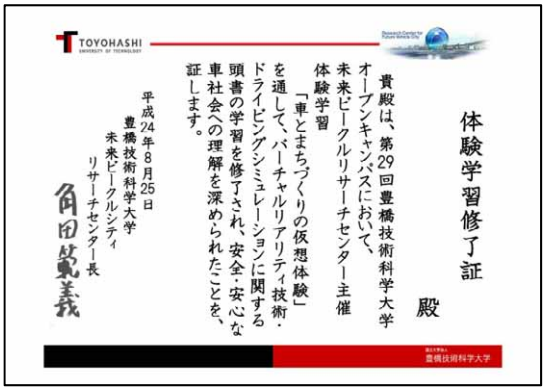
体験学習は１時間程度を１回とし，１回あたり２もしくは３組，計４回を実施し，体験者には，図３に示すような体験学習修了証，エコドライブ診断書を配布し，非常に好評を得た。

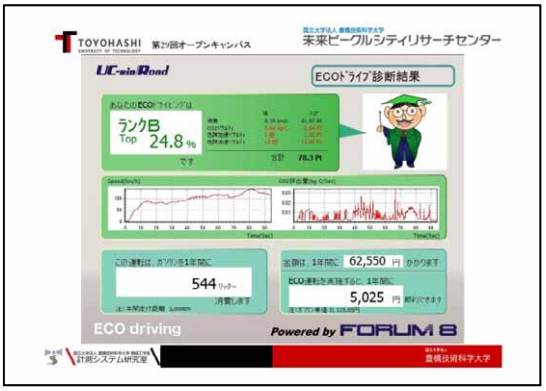




(a) UC-Win を用いたまちづくり体験　　(b) 簡易シミュレータによる運転体験

図２ 2014 年度オープンキャンパス体験学習の様子





(a) 体験学習修了証　　(b) エコドライブ診断書

図３ オープンキャンパス体験学習での配布物

例年前年度からのリピータも参加者に含まれており，実施した体験学習への要望の高さが感じられた。このような興味関心の高い体験を通じて，交通安全に関する周知啓蒙を図ることも，安全な交通社会の実現の一助となることが期待できる。

（章 忠，松尾幸二郎，今村 孝，

【2012 年度 TA】荻 智成，Elvin Tiong Chew Lun，岩本　拓馬，

【2013 年度 TA】荻 智成，Elvin Tiong Chew Lun，淺川祐樹，香川亮太，

【2014 年度 TA】濱村 奏，杉原 暢，Tran Le Trong Hung，淺川祐樹　）

（２）時習館高校 SS 技術科学講座の開講

本学で例年開催している時習館高校サイエンスパートナーシッププログラム SS 技術科学 実験実習講座の 2011～2013 年度分の講座として「交通安全支援技術の体験」を開講した。これは，１０名の受講学生を対象に２日間にわたり開講するもので，前述の各シミュレータ機材を用いて，事故の仮

想体験や日常の交通環境における危険体験を集約し，シミュレータによる改善効果の検証を目的とした。その実施状況を図 4 に示す。

本講座では，まず自動車の仕組みに加え，近年の安全運転支援技術の開発動向を，各社の Web やビデオを用いて説明した。また，豊橋市内の主に交差点における交通事故の発生状況や様態を説明し，通学などの生活行動と交通事故との関連性を説明した。その後，演習を開始し，各自に図 1（a）の DS-6000 の危険予測体験プログラムで運転や事故の体験をさせるとともに，UC-Win の基本操作を習得させた。

その後，独自の交通危険体験の解析方法を適用し，交通安全を指向したまちづくりの改善計画を立案させた。初開講となった 2011 年度では，PC 上に構築できる 3D 環境の真新しさに受講生の興味が集中してしまい，交通安全に関する考察が十分に行えなかった。そのため 2012 年度からは，改善計画の立案から評価の過程を，図 5 に示すような「評価検討シート」に記述させる方式をとった．このシートにもとづき，受講生らは 2 人一組でコンピュータ上のシミュレーション環境を作成し，各自の改善計画を実現した。最終的には，その改善効果を自身あるいは他者による運転シミュレーションにより体験・評価した。このように，本講座を通じて，参加学生と講師・TA 間で可視化・共有しながら，改善方法の抽出と具体化を段階的に実施する手法が構築できた。



図 4 SS 技術科学 実験実習講座の実施状況

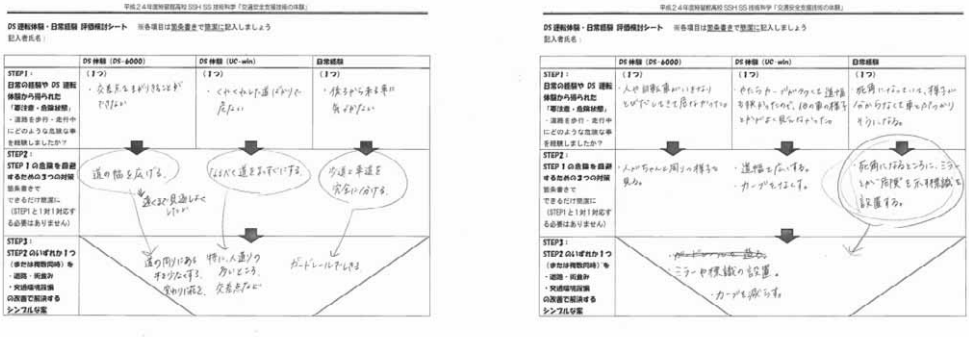


図 5 評価検討シートの例

本講座の受講者はいずれも運転免許取得前の若年層であるが，シミュレーションを行うことで，自動車運転への興味を喚起する効果が期待できる。このことは受講後の学生アンケートからも，希望進路の文理にかかわらず，興味，関心をもって取り組めたとの回答が多かったことからも確認できた。この追跡アンケート結果をもとに，講座終了後の交通安全意識等の持続性について評価した結果は，国内・国外の学会にて発表し，教育機材としてのシミュレータ活用実績となった。

（今村 孝，松尾幸二郎，

【2011 年度 TA】荻 智成，Elvin Tiong Chew Lun，

【2012 年度 TA】荻 智成，Elvin Tiong Chew Lun，岩本　拓馬，石川　智規，

【2013 年度 TA】荻 智成，Elvin Tiong Chew Lun，岩本　拓馬，香川　亮太）

（3）あいち ITS 大学セミナーの開講

愛知県を中心に高度道路交通システム（ITS）に関する啓蒙を図っている，愛知県 ITS 推進協議会では，各大学向けに表記のセミナーを開催している。本学においても，平成 21 年度よりこの活動に参加し，学内の計測技術に関連する講義時間を提供して，毎年セミナーを開講した。

本大学セミナーは，企業の ITS（高度道路交通システム）の関連開発担当者を講師に招き，ITS の解説ならびに，国土交通省受託事業など ITS に関する事例紹介等を行うものである。本大学セミナーの開講には，機械工学課程 3 年次 計測工学の講義時間を利用し，例年，同科目の受講生を中心に，学内の関連研究室から７０名近くの学生が参加した。

本大学セミナーの開講テーマとしては，「カーナビにおける ITS への取り組み」「日本の ITS の現状と今後の展望」「ITS の今と未来」「ITS と次世代自動車を支える半導体技術」といった，先進安全自動車などの実現に必要不可欠なカメラ，センサなどを構成する半導体素子に関連する技術革新を中心に，ITS による安全で快適な道路・交通環境の構築事例やカーナビゲーションなどの応用技術，またそれらの未来像にまで及んだ。各講義は豊富な実車両等の資料やビデオを交えた１００枚におよぶスライドでご説明頂いた。終了後は，受講学生から自動車の安全機能のあり方，スマートフォンなどの携帯情報端末機器と車との関係などについて，活発な質疑があり，それに対しても各講師から丁寧な回答を頂いた。

各回１コマ（９０分）と短時間ながら，身近な情報システムと高度な交通システムとのかかわり合い，そして次世代の交通安全技術について学ぶよい機会となった。今後も本事業連携を活用し，広く学生諸子への交通安全支援技術の啓蒙を図っていきたい。



図 6 あいち ITS 大学セミナー開講の様子

（章　忠，今村　孝）

５－３ 各種イベントと連携した活動

（1）ものづくり博 2012 への出展

運転シミュレーション関連技術を中心とした，本センターの活動報告を目的として，ものづくり博 2012 in 東三河（平成 24 年 11 月 30 日，12 月 1 日）に，以下の通り出展した。

本イベントは昭和 59 年より「ものづくりフェア」の名称で開催されてきている事業で，主に東三河地域の産業振興を目的に，各技術系関連業を中心に多数の企業がブース出展してその技術やサービスを披露する展示会である。同展示会において本学ブース内にドライビングシミュレータを設置するとともに，各研究プロジェクトの紹介ポスターを展示した（図 7）。本ブースでは，ドライビングシミュレータによる運転体験やまちづくり体験を開催し，のべ２９７名の体験者を得た。なお，開催日が平日を含むこともあり，大半が小学校低学年～未就学児であり，ほとんどがシミュレータ運転体験者であったため，体験者には図 7 (b)に示す「体験運転免許証」を配布した。







（a）シミュレータ体験の様子　（b）配布した体験免許証　（c）豊田章一郎氏の来訪

図 7 ものづくり博 2012 in 東三河 出展ブースの様子

一方，ポスター展示や研究紹介については，場内の出展企業等から，技術関係の問い合わせを受けたり，特別講演をなさった豊田章一郎 トヨタ自動車名誉会長のブース来訪を受けた。

（今村　孝，荻　智成，福山　育也，内田　皓，原田　光）

（２）おでかけミニ講座「きがだいがやってくる体験！未来ビークルシティ」への参加

豊橋市民へ向けた研究・教育活動の公開を目的に，表記イベントを平成 25 年 11 月 23，24 日の両日に，豊橋市 こども未来館ここにこ にて開催し，ドライビングシミュレータを用いた体験学習と体験試乗を図 8 のように実施した。

会場となったこども未来館は，未就学児や小中学生を対象とした体験機材・施設の開放や，高校生等が自由に学習などを実施できるスペースを備えている。そのため比較的低年齢層の参加が見込まれた。ドライビングシミュレータを用いた体験学習には，２日間で１５組の親子グループが参加し，また体験試乗会には，２日間でのべ３３９名の参加があり，非常に好評であった。





図 8 こども未来館 ここにこ での出展の様子

（今村 孝，松尾幸二郎，荻 智成，Elvin Tiong Chew Lun，
淺川 祐樹，岩本 拓馬，香川 亮太，山中 將暢）

（３）豊橋市交通児童館あきまつり 2014 への展示

「ぎかだいがやってくる！～運転手になってみよう！～」

豊橋市向山町にある豊橋市交通児童館は，幼稚園・保育園・小学校などを対象とした交通安全教育，個人を対象とした自転車等の乗り方指導を通じて，安全意識の向上・交通ルールの修得を目指した施設である。施設内には，自転車やカートなどの貸し出し式の乗り物があり，道路・踏切・交差点が設置された遊園区画内を走行することが可能となっている。同施設では，例年施設の紹介や，交通安全の学習機会としてあきまつりを開催しており，平成 26 年度開催分（10 月 5 日）へ以下のとおり展示・出展を行った。

本出展では，ドライビングシミュレータやスライドを用いて，自動車と自転車のすれ違い時の危険性や，信号のない交差点において一時停止（「とまれ」）標識を無視した場合の危険性などを学習・体験する内容とした。特に，ドライビングシミュレータでは，一時停止をしなかった場合の自転車が自動車からどのようにみえるのかを一人ずつ体験してもらった。参加者やそのご父兄から，「実際にドラ

イビングシミュレータを体験して，なぜ『止まれ』の標識のところでは止まらなければいけないのか，なぜ自転車が左側通行で走らなければいけないのかを改めて確認できた」といった体験内容の有用性を実感できる感想が寄せられた。

当日は台風の影響等もあり，全体の参加者が５０名程度（ドライビングシミュレータ体験者数は２９名）と少なかったのが残念ではあったが，その分，参加者一人あたりの体験に十分な時間を充てることが可能であった。このように，危険な自転車が自動車のドライバからどう見えるかを体験できること，また小学生などの低学年から正しく安全・便利に自転車に乗るという意識を培うことができるといった，ドライビングシミュレータの有用性を再確認できた。さらに，子どもの体験と同時に，そのご父兄にも改めて安全な自転車・自動車の乗り方を考えて頂く良い機会になると考えられる。今後も，小中学校などを対象として，このようなドライビングシミュレータ体験イベントを実施する機会を設け，交通安全の啓蒙に活用していきたい。

なお，本件展示においては，豊橋市交通児童館 安藤館長を始めとするスタッフの方々に，企画調整，チラシの作成，前日準備，当日の運営など様々な面で大変お世話になりましたことを記し，御礼申し上げます。



図 9 豊橋市交通児童館あきまつり での出展の様子

（廣畠康裕，松尾幸二郎，佐藤 飛鳥，濱村 奏，　杉原 暢，片岡 聡，Tran Le Trong Hung，
【機材支援】章 忠，淺川 祐樹）

６．平成２２年度～平成２６年度　活動実績

１．未来ビークルシティリサーチセンター主催　地域貢献

―シンポジウム―

■豊橋技術科学大学　未来ビークルリサーチセンター第１４回シンポジウム
「次世代都市交通システム・移動体への電池応用」
日 時：平成２２年１２月６日（月）１３：００～１６：４０
場 所：豊橋技術科学大学　A講義棟　A-１０１
主 催：豊橋技術科学大学 未来ビークルリサーチセンター
後 援：豊橋市，田原市，豊橋商工会議所，田原市商工会
協 賛：電気化学会電池技術委員会，電気化学会東海支部，電気学会東海支部，
IEEE 名古屋支部，自動車技術会
・「世界の二輪 EV の現状とホンダの取り組み」
（株）本田技術研究所 二輪 R&D センター技術開発室　０ブロック　主任研究員
シニアマネージャー　大田 淳朗 氏
・「新しい電気自動車と充電インフラの特徴～その普及のために必要な取り組み～」
東京電力（株） 技術開発研究所　電動推進グループ　主任研究員　丸田 理 氏
・「リチウムイオン電池を用いた電気コミュニティバスの開発と実証試験」
北陸電力（株） 技術開発研究所　技術開発チーム　課長　松田 弘治 氏
・「大容量ニッケル水素蓄電池ギガセルの各種移動体への適用開発」
川崎重工業（株） 車両カンパニー　ギガセル電池センター　部長　寺田 誠二 氏
平成２２年度研究成果報告
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/project_report2011/tut_rcfvc2011_activity.pdf

■豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター第１５回シンポジウム
三遠南信クラスター推進会議・次世代用輸送機器産業クラスタープロジェクト
「電気自動車の普及を促進する電池の有効利用」
日 時：平成２３年１２月６日（火）１３：３０～１６：２０
場 所：豊橋技術科学大学　A講義棟　A-１０１
主 催：豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター，三遠南信クラスター推進会議
後 援：東三河産業創出協議会，豊橋商工会議所，豊橋市，田原市，田原市商工会
協 賛：電気化学会電池技術委員会，電気化学会東海支部，電気学会東海支部，
IEEE 名古屋支部，自動車技術会
・「電気自動車普及協議会の活動と EV コンバージョンガイドラインの紹介」
電気自動車普及協議会 幹事 東京大学大学院工学系研究科 特任教授 草加　浩平 氏
・「トヨタが推進する資源循環と車載用ニッケル水素電池のリサイクル」
トヨタ自動車（株）環境部　リサイクル企画室　室長　石本　義明 氏
・「車載用リチウムイオン電池の二次利用に関する実証研究」
（株）NTT ファシリティーズ　事業開発部　事業企画部門　担当課長　石井　康之 氏
平成２３年度研究成果報告書
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/project_report2012/tut_rcfvc2012_report_sympo.pdf

■豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター第１６回シンポジウム
「環境先進車両の開発動向と次世代給電技術」

日 時：平成２４年１２月１０日（月）１３：３０～１６：１０
場 所：豊橋技術科学大学　A講義棟　A-１０１
主 催：豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
後 援：豊橋市，田原市，豊橋商工会議所，田原市商工会
協 賛：電気化学会電池技術委員会，電気化学会東海支部，電気学会東海支部，
IEEE 名古屋支部，自動車技術会
・「走行中の電気自動車へ路面から給電する技術の開発」
豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　教授　大平　孝
・「スズキの電気自動車開発への取り組み」
スズキ（株）開発企画部　第二プロジェクト　技術専門職　川島　博幸　氏
・「次世代自動車地域産学官フォーラムの取り組み」
中部経済産業局　次世代自動車室長　柳原　和男　氏
平成２４年度研究成果報告書
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/project_report2013/tut_rcfvc2013_report_sympo.pdf

■豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター第１７回シンポジウム
三遠南信クラスター推進会議・次世代用輸送機器産業クラスタープロジェクト
「「電池が拓く新しいビークル社会」ーその後５年の歩みと，今後の展望ー」
日　時：平成２５年１２月９日（月）１３：３０～１６：２０
場　所：豊橋技術科学大学　Ａ１講義棟　Ａ１－３０１
主　催：豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター，三遠南信クラスター推進会議
後　援：豊橋市，田原市，豊橋商工会議所，田原市商工会，東三河産業創出協議会
協　賛：電気化学会電池技術委員会，電気化学会東海支部，電気学会東海支部，
IEEE 名古屋支部，自動車技術会
・「xEV の市場展望と電池業界の課題」
（株）野村総合研究所　グローバル製造業コンサルティング部上級コンサルタント
風間　智英　氏
・「バッテリーの高エネルギー化に向けた材料課題と解析技術」
日産自動車（株）総合研究所　先端材料研究所　主管研究員　　秦野　正治　氏
・「パナソニックでのビークル社会への貢献と将来動向」
パナソニック（株）　オートモーティブ&インダストリアルシステムズ社
技術本部　エナジー開発Ｃ　技術企画Ｇ　グループマネージャー　　湯浅　浩次　氏
平成２５年度研究成果報告書
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/project_report2014/tut_rcfvc2014_report_sympo.pdf

・豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター 第１８回シンポジウム
「次世代電動車両を牽引する先進電池技術」
日　時：平成２６年１２月１１日（木）　１３：３０～１６：２０
場　所：豊橋技術科学大学　Ａ－１０１講義室
主　催：豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
後　援：豊橋市，田原市，豊橋商工会議所，田原市商工会，東三河産業創出協議会
協　賛：電気化学会電池技術委員会，電気化学会東海支部，電気学会東海支部，
IEEE 名古屋支部，自動車技術会
・「燃料電池自動車の現状と今後―JARI での水素・燃料電池自動車の安全性に関する活動紹介―」
（財）日本自動車研究所　FC・EV 研究部　次長　三石　洋之　氏
・「NEDO における次世代蓄電技術開発」

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構
スマートコミュニティ部 主任研究員（兼）蓄電技術開発室長　細井　敬　氏
・「超小型モビリティ「FOMM コンセプト One」の設計思想とバッテリ活用技術」
（株）ＦOMM　代表取締役社長　鶴巻　日出夫　氏
センターHP
http://www.rcfvc.tut.ac.th_symposium_report.jp/18pdf

■豊橋技術科学大学　防災・日本再生シンポジウム「企業防災を軸とする安全安心な地域づくり」
日　時：平成２３年１２月２日（金）１３：００～１７：００
場　所：豊橋技術科学大学　A講義棟　Ａ１０１講義室　　（CARM と共同主催）
【第１部】『企業ＢＣＰの課題と実践』
○基調講演
「ネットワーク型社会の脆弱性と事業継続マネジメント（BCM）
～東日本大震災におけるサプライチェーン途絶の背景と官民連携の重要性～」
名古屋工業大学大学院工学研究科社会工学専攻　教授　渡辺　研司　氏
○事例報告
・「フォルクスワーゲングループジャパンの取組み」
フォルクスワーゲングループジャパン　総務課長 中桐　丈夫　氏
・「エクシムの取組み」
株式会社エクシム　愛知工場長　門脇　丈彦　氏
・「中小企業のＢＣＰ」
有限会社アルマック豊橋代表，ＮＰＯ法人東海リスクマネジメント研究会
代表　　彦坂　高司　氏
○総合討論

【第２部】『企業防災から地域防災・地域づくりへの展開』
○基調講演
「企業防災から BCP(事業継続計画)，そして地域毎の BCP 協力：District Wide BCP へ」
国土交通省　土地・建設産業局　土地市場課長　　西川　智　氏
○事例報告
・「三河港のＢＣＰ」
国土交通省　中部地方整備局　三河港湾事務所長　平井　洋次　氏
・「大規模災害に対する豊橋市の対応」
豊橋市　副市長　有安　敬　氏
・「災害時の交通と輸送」
豊橋技術科学大学　教授　廣畠　康裕
・「災害時の自然エネルギー利用」
豊橋技術科学大学　教授　滝川　浩史
○総合討論
平成２３年度研究成果報告書
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/project_report2012/tut_rcfvc2012_report_others.pdf

■豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター総括シンポジウム
「低炭素社会における産業育成および安全・安心なビークルシティ」
日　時　平成２７年3月１０日（火）１３：００～１７：００
場　所　豊橋商工会議所　９Ｆ　大ホール

【第一部】研究成果報告
・「バッテリレス電動カートの走行実験」
　豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　教授　大平　孝
・「ドライバ個性に着目した社会共生型安全運転支援に関する研究」
　豊橋技術科学大学　機械工学系　教授　章　　忠
・「交通弱者の安全・安心のためのシステムの開発」
　豊橋技術科学大学　情報・知能工学系　准教授　金澤　靖
・「豊橋市における電気自動車導入の環境・経済的影響評価」
　豊橋技術科学大学　建築・都市システム学系　教授　宮田　譲
・「未来ビークルライフに向けたエネルギーの創生と利用」
　豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　教授　滝川　浩史

【第二部】パネルディスカッション
『低炭素社会における産業育成および安全・安心なビークルシティ』
　○話題提供
・「豊橋市における地球温暖化防止の取組みについて」
　豊橋市環境部温暖化対策推進室長　黒柳　哲禎 氏
・「三河港における自動車産業の利用状況と港湾整備について」
　国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所長　鈴木　信昭 氏
・「交通と低炭素社会における取り組みについて」
　名古屋大学大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター長　林　良嗣 氏
・「自動車産業の最近の動向と中部地域の取組について」
　経済産業省中部経済産業局産業部自動車関連産業室長　柳原　和男 氏
・「クリーンディーゼルエンジンを支える技術取り組み」
（株）デンソー　ディーゼルシステム技術部　担当部長　小久保　直樹 氏
　○討論

―講演会―

■豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター講演会
「サスティナブルな社会における未来ビークルシティ事業」
日　時：平成２５年１１月７日（木）１８：００～２０：００
場　所：田原文化会館　多目的ホール
・「未来の電気自動車」
　豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　教授　大平　孝
・「未来ビークルと港湾の地域経済への影響」
　豊橋技術科学大学　建築・都市システム学系　准教授　渋澤　博幸
・「リチウムイオン電池の現状と課題」
　豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　教授　櫻井　庸司
平成２５年度研究成果報告書
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/project_report2014/tut_rcfvc2014_report_activity.pdf

■豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター講演会
「EV+ITS+再生可能エネルギーによる地域型社会モデル構築」
日　時：平成２６年９月３０日（火）１３：３０～１５：００

場　所：豊橋技術科学大学　Ａ－１０１講義室
講演者：東北大学 未来科学技術共同研究センター 副センター長／教授　鈴木　高宏　氏
センターHP
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/Lecture_Report_140930.pdf

■豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター講演会
「燃料電池車に適応する水素貯蔵材料の可能性について」
日　時：平成２６年１１月１９日（水）１５：００～１６：３０
場　所：豊橋技術科学大学　Ａ－１０９講義室
講演者：豊田中央研究所　主任研究員　三輪　和利　氏
センターHP
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/Lecture_Report_2014_11_19.pdf

―市の施設を利用した地域貢献―

■豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター
研究成果展示『低炭素と安心安全を目指す街：豊橋』
日　時：平成２５年1月７日（月）～１１日（金）
　　１０：００～１６：００（月曜日のみ１３：００～）
場　所：豊橋市役所 東館１階 市民ギャラリー
内　容：ポスター展示，電化道路電気自動車 1/10 モデル動態（大平研究室），ドライビングシミュレータ（章研究室）やマルチプロジェクションシステム（金澤研究室）などの体験型デモンストレーション
平成２４年度研究成果報告書
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/project_report2013/tut_rcfvc2013_report_activity.pdf

■ぎかだいがやってくる　エコエネを感じよう！
日　時：平成２５年１１月１６日（土）９：３０～１４：３０
場　所：豊橋総合動植物公園（のんほいパーク）
主　催：豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター　滝川・須田研究室
後　援：豊橋市
内　容：ポスター展示，EV 牽引車（電気バス）の試乗会と子供向けのサボニウス風車作り
平成２５年度研究成果報告書
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/project_report2014/tut_rcfvc2014_report_ecoenergy.pdf

■ぎかだいがやってくる　体験！未来ビークルシティ　（お出かけミニ講座）
日　時：平成２５年１１月２３日（祝・土）～２４日（日）両日　１０：００～１６：００
場　所：こども未来館ここにこ
主　催：豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター
後　援：豊橋市
内　容：ポスター展示，交通安全に関する研究をドライビングシミュレータ（章・今村研究室）や全周マルチプロジェクションシステム（金澤研究室）など，体験型デモンストレーションを通じて紹介。学生フォーミュラのレーシングカーの展示，スタンプラリー，自動車や都市等に関する三択クイズ，「未来ののりもの」のお絵かき
平成２５年度研究成果報告書
http://www.rcfvc.tut.ac.jp/project_report2014/tut_rcfvc2014_report_experience.pdf

２．その他学内での地域貢献

―オープンキャンパス―

■第２７回豊橋技術科学大学オープンキャンパス
日　時：平成２２年８月２９日（日）１０：００～１６：００
場　所：豊橋技術科学大学
内　容：ポスター展示，電気自動車の展示・説明（滝川研究室）

■第２８回豊橋技術科学大学オープンキャンパス
日　時：平成２３年８月２７日（土）１０：００～１６：００
場　所：豊橋技術科学大学
内　容：ポスター展示，オリジナル小型電気自動車（EV）の試乗会（滝川研究室）

■第２９回豊橋技術科学大学オープンキャンパス
日　時：平成２４年８月２５日（土）１０：００～１６：００
場　所：豊橋技術科学大学
内　容：ポスター展示，オリジナル小型電気自動車（EV）の試乗会（滝川研究室），ドライビングシミュレータを用いた仮想まち作り体験と運転（章研究室），全周マルチプロジェクションシステムを用いた高齢者や視覚障害者への標識強調提示・全方位カメラを用いた危険検知（金澤研究室），電動アシスト付き自転車の試乗会（後藤研究室），スタンプラリー

■第３０回豊橋技術科学大学オープンキャンパス
日　時：平成２５年８月３１日（土）１０：００～１６：００
場　所：豊橋技術科学大学
内　容：ポスター展示，オリジナル小型電気自動車（EV）の試乗会（滝川・田上研究室），ドライビングシミュレータを用いた仮想まち作り体験と運転（章・今村研究室），高齢者の視覚をシミュレートした交差点での全周投影映像（金澤研究室），電動アシスト付き自転車の試乗会（後藤研究室），波動おもしろ実験（大平研究室），スタンプラリー，未来ビークルシティクイズ

■第３１回豊橋技術科学大学オープンキャンパス
日　時：平成２６年８月２３日（土）１０：００～１６：００
場　所：豊橋技術科学大学
内　容：ポスター展示，オリジナル小型電気自動車（EV）の試乗会（滝川研究室），ドライビングシミュレータを用いた仮想まち作り体験と運転（廣畠・松尾研究室），高齢者の視覚をシミュレートした交差点での全周投影映像（金澤研究室），電動アシスト付き自転車の試乗会（後藤研究室），波動おもしろ実験（大平・田村・坂井研究室），自動運転技術の紹介と試乗会（三浦研究室），スタンプラリー，未来ビークルシティクイズ

―豊橋技術科学大学一般公開講座―

■「ビークルシティの未来」
○「電動二輪車に乗ってみますか？－普及に向けた環境心理学研究－」
日　時：平成２６年１１月７日（金）１８：３０～２０：００
場　所：豊橋技術科学大学　Ａ２－１０１講義室

講演者：環境・生命工学系　准教授　後藤　尚弘

○「未来ビークル導入の環境・経済的影響評価」
日　時：平成２６年１１月２８日（金）１８：３０～２０：００
場　所：豊橋技術科学大学　Ａ２－１０１講義室
講演者：建築・都市システム学系 教授 宮田　譲
講演者：建築・都市システム学系 准教授 渋澤　博幸

○「未来ビークルシティと交通システム」
日　時：平成２６年１２月５日（金）１８：３０～２０：００
場　所：豊橋技術科学大学　Ａ２－１０１講義室
講演者：建築・都市システム学系 教授 廣畠　康裕

３．その他地域貢献

■あいち大学セミナー
○「ITS の今と未来　～つながるクルマ社会～」
日　時：平成２４年１１月５日（月）
場　所：豊橋技術科学大学　講義室　Ａ１－１０１
講演者：㈱デンソー　情報通信事業部　担当課長　浜田　隆彦　氏

○「ITS と次世代自動車を支える半導体技術」
日　時：平成２５年度１２月１６日（月）
場　所：豊橋技術科学大学　講義室　Ａ１－１０１
講演者：㈱デンソー　ＩＣ技術１部　担当次長　飯田　眞喜男　氏

○「「ITS と次世代自動車を支える半導体技術」
日　時：平成２６年１２月１５日（月）
場　所：豊橋技術科学大学　講義室　Ａ１－１０１
講演者：㈱デンソー　ＩＣ技術１部 担当次長　飯田 眞喜男　氏,

■時習館高校 SSH「SS 技術科学」
○「交通安全支援技術の体験」（章研究室）
日　時：平成２４年９月２７日（木）～２８日（金）
場　所：豊橋技術科学大学

○「交通安全支援技術の体験」（章研究室）
日　時：平成２５年９月５日（木）～６日（金）
場　所：豊橋技術科学大学

―講座・シンポジウム―

■科学三昧　in あいち（高校生向け講座）（大平研究室）
日　時：平成２４年１２月２６日（水）
場　所：自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター
内　容：電化道路電気自動車 EVER の動態

■名古屋大学グリーンモビリティ連携研究センター
第１８回次世代自動車公開シンポジウム
「愛知県内４大学合同次世代モビリティシンポジウム」/平成２６年度 NEDO 特別講座
「環境考慮型モビリティ技術経営特別講座」報告会（併催）
日　時 : 平成２７年2月１３日（金）１３：００～１７：５５
場　所 : 名古屋大学　経済学部　１階第１講義室
・「豊橋市における電気自動車関連産業発展の環境・経済的影響評価」
　豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター　副センター長／
　建築・都市システム学系　教授　宮田　譲

―フォーラム―

■三遠南信クラスター推進会議・次世代用輸送機器産業クラスタープロジェクト
ものづくり産業活性化フォーラム　in　とよはし
「次世代ビークルへの挑戦」
日　時 : 平成２２年９月１７日（金）
場　所 : 豊橋商工会議所　９階ホール

■平成２２年度広域的産業立地・人材養成等支援事業（経済産業省）
低炭素社会に向けてのグリーンエネルギーフォーラム
日　時 : 平成２２年９月２７日（月）
場　所 : アクトシティ浜松　コングレスセンター　２２・２３会議室

■次世代自動車地域産学官フォーラム・技術開発セミナー&ラボツアー
「車両軽量化技術の研究開発・技術紹介」
共　催 : 豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター
日　時 : 平成２４年３月２３日（金）
場　所 : 豊橋技術科学大学　総合研究実験棟９階　セミナー室

■あいち大学「学び」フォーラム２０１４
日　時 : 平成２６年８月９日（土）９：４０～１１：１０
場　所 : 愛知大学　豊橋キャンパス
・「インフラからの波動エネルギーで走り続ける未来ビークル「ＥＶＥＲ」」
　豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　教授　大平孝

―研修会・交流会―

■浜松・東三河ライフフォトニクスイノベーション　第１回ＣＥＳ研修会
日　時 : 平成２３年１０月２５日（火）１３：２０～１６：４０
場　所 : アクトシティ浜松　コングレスセンター　４３会議室
・「豊橋技術科学大学・未来ビークルシティリサーチセンターの活動と今後」
　豊橋技術科学大学　副学長／未来ビークルシティリサーチセンター長
　教授　角田　範義

■国際自動車コンプレックス研究会 第４１回 研究交流会
日　時：平成２６年6月１９日（木）　１４：００～１６：００
場　所：豊橋市民センター（カリオンビル）６階多目的ホール
・「 三河港における交通渋滞対策に伴う諸問題の軽減策の検討」
　豊橋技術科学大学　建築・都市システム学系 教授 廣畠　康裕
・「三河港に立地する企業の経済波及効果の計測」
　豊橋技術科学大学　建築・都市システム学系 准教授 渋澤　博幸

―展示会等―

■　研究成果報告展示会
○豊橋市大学連携調査研究費補助金研究　研究成果報告会
日　時：平成２５年9月２５日（水）～３０日（月）（土・日除く）　１０：００～１６：００
場　所：豊橋市役所　東館１階市民ギャラリー
内　容：ポスターの展示（平成２４年度の研究成果），電気自動車の展示（滝川・田上研究室）・全方位カメラによる危険検知のデモンストレーション（金澤研究室）

○豊橋市大学連携調査研究費補助金研究　研究成果報告会
日　時：平成２６年5月１９日（月）～２３日（金）　１０：００～１６：００
場　所：豊橋市役所　東館１階　市民ギャラリー
内　容：ポスター展示（平成２５年度の研究成果），電動化レーシングカートの展示（滝川研究室），電化道路電気自動車 EVER（大平・田村・坂井研究室）・２色覚の方に色を見やすくするための画像処理・全方位カメラを用いた交通弱者のための危険検知システム（金澤研究室）の体験型デモンストレーション

■豊川市政執行７０周年記念行事
エネエネわっしょい！！　～あしたをつくろう～
日　時：平成２５年9月２３日（月・祝）
場　所：豊川市総合体育館正面玄関広場　エネルギー体験ブース
内　容：「体験！親子で一緒にエネルギーであそぼう！」
　　子供向けのサボニウス風車作り等（滝川・田上研究室）

■ぎかだいがやってくる！～運転手になってみよう！～
（「おいでよ！交通の森」内　お出かけミニ講座　）
日　時：平成２６年１０月5日（日）１０：００～１６：００
場　所：豊橋市交通児童館
主　催：豊橋市交通児童館
共　催：豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター
内　容：ポスター展示，ミクロ交通シミュレータ・ドライビングシミュレータを用いた体験型交通教育（廣畠・松尾研究室）

■ものづくり博・ものづくりフェア
○ものづくりフェア２０１０　in 東三河
日　時：平成２２年度１１月２６日（金）～２７日（土）　両日とも１０：００～１７：００
場　所：豊橋市総合体育館

○ものづくり博２０１２　in 東三河
日　時 : 平成２４年１１月３０日（金）～１２月１日（土）　両日とも１０：００～１７：００
場　所 : 豊橋市総合体育館
内　容 : 未来の‘のりもの’コンクール　in ものづくり博　２０１２の実施
（主催 : 豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター，豊橋ものづくり振興会）
ドライビングシミュレータを用いた運転体験（章研究室）

○ものづくり博２０１４　in 東三河
日　時 : 平成２６年１０月３１日（金）～１１月１日（土）　両日とも１０：００～１７：００
場　所 : 豊橋市総合体育館
内　容 : ポスター展示，電動化レーシングカート（滝川研究室），自動車エンジンのカットモデル（安井研究室），レーシングカート（学生フォーミュラ）を展示

■あいちＩＴＳワールド

○あいちＩＴＳワールド２０１１
日　時 : 平成２３年１２月２２日（木）～２５日（日）
場　所 : ポートメッセ名古屋（名古屋市国際展示場）
内　容 : ドライバの行動計測に基づく安全運転支援システムのデモンストレーション（章研究室），レーシングカート（学生フォーミュラ）の展示

○あいちＩＴＳワールド２０１３
日　時 : 平成２５年１２月１２日（木）～１５日（日）
場　所 : ポートメッセ名古屋（名古屋市国際展示場）
内　容 : 電気自動車の給電システム（電化道路電気自動車 EVER の動態）（大平研究室）

■ＣＥＡＴＥＣ　ＪＡＰＡＮ
○ＣＥＡＴＥＣ　ＪＡＰＡＮ　２０１２
日　時 : 平成２４年１０月２日（火）～6日（土）１０：００～１７：００
場　所 : 幕張メッセ
内　容 : 市販タイヤを用いた電力伝送による白熱球の点灯実演（大平研究室）（５日まで実演）

○ＣＥＡＴＥＣ　ＪＡＰＡＮ　２０１４
日　時 : 平成２６年１０月７日（火）～１１日（土）１０：００～１７：００
場　所 : 幕張メッセ
内　容 : ワイヤレス電動カートの実演（大平・田村・坂井研究室），屋外環境認識および自動運転技術の紹介（三浦研究室），全方位カメラを用いた危険検知システムの紹介（金澤研究室）

■クルマ博２０１２
日　時 : 平成２４年１１月１６日（金）～１８日（日）
場　所 : 愛・地球博記念公園
内　容 : 市販タイヤを用いた電力伝送による白熱球の点灯実演
（大平研究室）

■ＭＩＣＲＯＷＡＶＥ　ＷＯＲＫＳＨＯＰＳ　＆　ＥＸＨＩＢＩＴＩＯＮ
○ＭＩＣＲＯＷＡＶＥ　ＷＯＲＫＳＨＯＰＳ　＆　ＥＸＨＩＢＩＴＩＯＮ　２０１３

日　時 : 平成２５年１１月２７日（水）～２９日（金）
場　所 : パシフィコ横浜
内　容 : 電化道路電気自動車 EVER の動態（大平研究室）

○ＭＩＣＲＯＷＡＶＥ　ＷＯＲＫＳＨＯＰＳ　＆　ＥＸＨＩＢＩＴＩＯＮ　２０１４
日　時 : 平成２６年度１２月１０日（水）～１２日（金）
場　所 : パシフィコ横浜
内　容 : 高周波分野に関する研究発表（田村研究室）

■エコマラソン
日　時 : 平成２３年9月１８日（日）
場　所 : エムウェーブ（長野オリンピック記念アリーナ内）
後　援 : 豊橋技術科学大学

■第２０回三遠南信サミット　２０１２　in 東三河
日　時 : 平成２４年１０月２日（火）
場　所 : ホテル日航豊橋
内　容 : ポスター展示

■高等学校エコカーレース総合大会
○第１１回高等学校エコカーレース総合大会
日　時 : 平成２５年6月２日（日）
場　所 : ユタカ自動車学校特設コース
後　援 : 豊橋技術科学大学

○第１２回高等学校エコカーレース総合大会
日　時 : 平成２６年6月１日（日）
場　所 : ユタカ自動車学校特設コース
後　援 : 豊橋技術科学大学

４．受賞

■宮田　譲　教授
[1]宮田　譲・渋澤　博幸，日本環境共生学会学会賞＜環境共生学術賞＞論文賞，Does a Decrease in the Population Prevent a Sustainable Growth of an Environmentally Friendly City? - A Comparison of Cases of Decreasing and Increasing Populations of Obihiro Metropolitan Area, Japan by Intertemporal CGE-Modeling Approach -(Interdisciplinary Information Sciences, Vol.14, No1, 2008, pp.1-24)，第 14 回日本環境共生学会学術大会，2011.9.17

■渋澤　博幸　准教授
[1]渋澤　博幸，日本地域学会論文賞，社会的便益の評価手法に関する研究ー技術的伝播拡散の外部性を考慮した一般均衡モデルを用いてー，日本地域学会，2010.10.10
[2] 宮田　譲・渋澤　博幸，日本環境共生学会学会賞＜環境共生学術賞＞論文賞，Does a Decrease in the Population Prevent a Sustainable Growth of an Environmentally Friendly City? - A Comparison of Cases of Decreasing and Increasing Populations of Obihiro Metropolitan Area, Japan by Intertemporal CGE-Modeling Approach -(Interdisciplinary Information Sciences, Vol.14, No1, 2008, pp.1-24)，第 14 回日本環境共生学会

学術大会，2011.9.17

■大平　孝研究室

[1]CEATEC AWARD 2012 次世代イノベーション・キーテクノロジ部門準グランプリ, CEATEC JAPAN 2012，2012.10.10

[2]波動工学研究室「日経エレクトロニクス読者賞」，NE ジャパン・ワイヤレス・テクノロジー・アワード, 2013.05.21

[3]波動工学研究室「MWE2013 大学展示優秀発表賞」，Microwave Workshop Exhibition 2013, 2013.11.29.

[4]大平　孝　[フェロー称号]　電子情報通信学会　2014-9-24.

[5]CEATEC AWARD 2014, 米国メディアパネル・イノベーションアワード Transportation 分野ファイナリスト，　2014.10.9

[6]田村研究室「大学展示コンテスト 優秀賞」MWE 2014　実行委員会, 2014.12.12

■後藤　尚弘　准教授

[1]ESD アワード　リサーチ賞（愛知学長懇話会主催）Study of factors affecting on public intentions and behaviors toward theusage of bicycle-style

新聞掲載一覧（平成２２年度～平成２６年度）

掲載日	新聞社名	番号	テーマ
平成 22 年 8 月 19 日	東愛知新聞	①	三河湾の環境　２氏語る 東三河産学官　交流サロン例会
平成 22 年 11 月 22 日	東日新聞	②	新しい電池　応用シンポ　来月６日に技科大で
平成 22 年 12 月 7 日	東愛知新聞	③	次世代 EV の研究状況紹介 豊橋技科大ビークルリサーチセンターがシンポ
平成 23 年 10 月 24 日	日本経済新聞	④	「ポストリチウムイオン」開発競争 電池容量、倍増も　旭化成など基礎研究
平成 23 年 12 月 2 日	中部経済新聞	⑤	EV 普及促進へ　電池利用シンポ　豊橋技科大など
平成 23 年 12 月 7 日	中部経済新聞	⑥	ガイドラインの背景説明　豊橋技科大 EV 普及でシンポ
平成 24 年 3 月 13 日	東日新聞	⑦	園内を電気バス走る　豊橋技科大が導入実験 のんほいパーク
平成 24 年 3 月 13 日	東愛知新聞	⑧	園内バスけん引 EV 導入　来年度中にも運行開始 豊橋総合動植物公園で走行実験
平成 24 年 8 月 30 日	東日新聞	⑨	最新型太陽電池で実験　日進月歩データで明らかに 高校生が確かめる　技科大の滝川教室
平成 24 年 9 月 5 日	東愛知新聞	⑩	描こう！！未来の「乗り物」 東三河地域の小中学生対象　ポスターコン作品募集 「ものづくり博」イベントの一環
平成 24 年 10 月 20 日	東日新聞	⑪	電気バイクで CO_2 削減　豊橋技科大が社会実験
平成 24 年 11 月 1 日	中部経済新聞	⑫	クルマ未来博２０１２　出展企業紹介 １１月１６～１８日モリコロパークで 走行中車両への給電システム 豊橋技術科学大学　大平研究室
平成 25 年 1 月 10 日	東愛知新聞	⑬	環境、交通など安心安全なまちへ 研究成果をパネルで紹介 豊橋技科大と市の連携事業
平成 25 年 1 月 21 日	東愛知新聞	⑭	電気バイクの普及に向け　市役所公用車として社会実験 豊橋技科大、市、スズキ共同で実施中 “長所”や“短所”明らかに

掲載日	新聞社名	番号	テーマ
平成 25 年 6 月 22 日	東日新聞	⑮	豊橋技科大　大平研究室 走行中 EV へのワイヤレス給電技術 日経エレクトロニクス　読者賞を受賞
平成 25 年 10 月 21 日	東日新聞	⑯	リチウム電池の現状など紹介 ７日に豊橋技科大講演会　田原
平成 25 年 11 月 17 日	東愛知新聞	⑰	電池バスの乗り心地は？ ＝豊橋総合動植物公園で試乗会＝ 技科大生らコストや性能調査
平成 25 年 11 月 24 日	中日新聞	⑱	自動車の安全運転 模擬体験で”予習”　豊橋こども未来館
平成 25 年 11 月 24 日	東愛知新聞	⑲	安全安心　未来の車社会　ここにこで子ども向け講座 豊橋技科大の研究組織
平成 25 年 11 月 24 日	東日新聞	⑳	子どもたちも自動車体験！こども未来館ここにこ 豊橋技科大が未来ビークルシティ開催 交通安全を啓発
平成 25 年 12 月 6 日	東日新聞	㉑	電池の未来と課題など講演　９日技科大でシンポ
平成 26 年 5 月 20 日	東愛知新聞	㉒	３大学の研究成果　豊橋市役所で展示 市の補助金を活用
平成 26 年 9 月 29 日	東日新聞	㉓	タイヤ集電方式でのカート有人走行　豊橋技科大 実験に成功　大成建設と共同　充電なしで長距離走行も
平成 26 年 10 月 4 日	毎日新聞	㉔	床から電気供給　カート走行　豊橋技科大が成功
平成 26 年 10 月 10 日	朝日新聞	㉕	床から電気カート走る　道路下の高周波電流、タイヤ通じ取り込み　豊橋技科大と企業が有人実験 車両を軽量化■工場や物流施設での利用想定
平成 26 年 11 月 25 日	読売新聞	㉖	床から給電　走行成功　豊橋技科大　タイヤしカートに
平成 26 年 11 月 27 日	東日新聞	㉗	「次世代電動車両を牽引する先進電池技術」 技科大でシンポ開催
平成 26 年 12 月 19 日	中日新聞	㉘	床から給電　電動カート 豊橋技科大教授らが開発
平成 26 年 12 月 21 日	東愛知新聞	㉙	走りながら給電が可能　将来的には高速で実用化を 豊橋技科大・大平教授の研究室 電動カートの走行実験成功

映像報道一覧（平成２６年度）

掲載日	サイト名	テーマ
平成 26 年 5 月 21 日	NHK 東海 NEWS WEB	電化道路を走るシステムを紹介
平成 26 年 10 月 8 日	YouTube CEATEC JAPAN	走行中給電によるバッテリーレス電動カートの有人走行に成功 豊橋技術科学大学/大成建設(株)（ユニバーシティエリア）
平成 26 年 10 月 9 日	YouTube CEATEC JAPAN	豊橋技術科学大学未来ビークルシティ RC 研究紹介
平成 26 年 10 月 22 日	テレビ東京	ワールドビジネスサテライト： トレンドたまご【トレたま】 タイヤから充電
平成 27 年 1 月 28 日	NHK 総合 名古屋 ニュース	電化道路を走るシステムを紹介（ほっとイブニング）

豊橋技術科学大学 未来ビークルリサーチセンター

第14回シンポジウム

次世代都市交通システム・移動体への電池応用

低炭素社会実現に向けて、大幅な燃費向上・CO_2排出量削減に威力を発揮する高性能二次電池が注目を集めています。

本シンポジウムでは、電動二輪車、ＥＶ、コミュニティ電気バス、路面電車、トランスファークレーンなど、地域社会から港湾に至るさまざまな利用シーンで普及が期待されている低環境負荷型移動体への新しい電池応用に関して、この分野の第一線でご活躍中の講師の方々にご講演

EV
Electric motorcycle
Electrical Bus
LRT
Transfer Crane
BATTERY

参加費無料

平成２２年12月6日(月)

13:00～16:40

豊橋技術科学大学 講義棟 A−101

プログラム

13:00～13:10	未来ビークルリサーチセンター紹介	豊橋技術科学大学 副学長 未来ビークルリサーチセンター長 角田 範義
13:10～14:00	講演１「世界の二輪 EV の現状とホンダの取り組み」	㈱本田技術研究所 二輪 R&D センター 技術開発室 0ブロック 主任研究員、シニアマネージャー 大田 淳朗氏
14:00～14:50	講演2「新しい電気自動車と充電インフラの特徴 ～その普及のために必要な取り組み～」	東京電力㈱ 技術開発研究所 電動推進グループ 主任研究員 丸田 理氏
14:50～15:00	休 憩	
15:00～15:50	講演3「リチウムイオン電池を用いた電気コミュニティバスの開発と実証試験」	北陸電力㈱ 技術開発研究所 技術開発チーム 課長 松田 弘治氏
15:50～16:40	講演4「大容量ニッケル水素蓄電池ギガセルの各種移動体への適用開発」	川崎重工業㈱ 車両カンパニー ギガセル電池センター 部長 寺田 誠二氏

■ 参加申込〆切 ： 平成２２年11月２９日（月）

■ 申込方法 ： 氏名・所属・連絡先を明記のうえ、E-mailまたはFAXにて下記まで。

■ 申 込 先 ： 豊橋技術科学大学 研究協力課 研究センター係

E-mail kencen@office.tut.ac.jp FAX 0532-44-6568

■ 世話人・問合せ先 ： 豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 櫻井庸司

E-mail sakurai@ee.tut.ac.jp Tel/FAX 0532-44-6722

主催 ： 豊橋技術科学大学 未来ビークルリサーチセンター
後援 ： 豊橋市、 田原市、 豊橋商工会議所、 田原市商工会
協賛 ： 電気化学会電池技術委員会、 電気化学会東海支部、 電気学会東海支部、 IEEE 名古屋支部、 自動車技術会

豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター 第１５回シンポジウム
三遠南信クラスター推進会議・次世代用輸送機器産業クラスタープロジェクト

「電気自動車の普及を促進する電池の有効利用」

【概要】

低炭素社会実現に向けて、自動車の電動化とその普及を促進する電池のリサイクル・リユースが注目を集めています。

本シンポジウムでは、電気自動車の普及活動状況ならびにガソリン車のＥＶ化を安全性・信頼性を担保して行うために最近策定されたガイドライン、および、事業化が始まったＨＶ用ニッケル水素電池のリサイクル、これからのビジネスとしてのＥＶ用リチウムイオン電池の二次利用形態に関して、この分野の第一線でご活躍中の方々にご講演頂きます。

●日時：　平成２３年１２月６日（火）13:30～16:20

●場所：　豊橋技術科学大学　Ａ講義棟　Ａ－１０１

（地図：　http://www.tut.ac.jp/intr/in01/in0113/index.html　）

●主催：豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター、三遠南信クラスター推進会議

●後援（予定）：東三河産業創出協議会、豊橋商工会議所、豊橋市、田原市、田原市商工会

●協賛（予定）：電気化学会電池技術委員会、電気化学会東海支部、電気学会東海支部、IEEE 名古屋支部、自動車技術会

時間	プログラム	講演者
13:30 ～13:35	開会挨拶	豊橋技術科学大学　副学長 未来ビークルシティリサーチセンター長 角田　範義
13:35 ～14:25	【講演１】 「電気自動車普及協議会の活動と EV コンバージョンガイドラインの紹介」	電気自動車普及協議会　幹事 東京大学大学院工学系研究科特任教授 草加　浩平　氏
14:25 ～14:35	休憩	
14:35 ～15:25	【講演２】 「トヨタが推進する資源循環と車載用ニッケル水素電池のリサイクル」	トヨタ自動車㈱ 環境部　リサイクル企画室　室長 石本　義明　氏
15:25 ～16:15	【講演３】 「車載用リチウムイオン電池の二次利用に関する実証研究」	㈱NTT ファシリティーズ 事業開発部　事業企画部門　担当課長 石井　康之　氏
16:15 ～16:20	閉会挨拶	豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系　教授 櫻井　庸司

●参加費：　無料

●参加申込〆切：　平成２３年１１月２９日（火）

●申込方法：　氏名・所属・連絡先を明記のうえ、E-mail または FAX にて下記まで。

●申込先：　豊橋技術科学大学　研究協力課　研究センター係

E-mail: kencen@office.tut.ac.jp ， FAX: 0532-44-6568

●世話人・問合せ先：　豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　櫻井庸司

E-mail: sakurai@ee.tut.ac.jp　， Tel./FAX: 0532-44-6722



国立大学法人
豊橋技術科学大学

豊橋技術科学大学 防災・日本再生シンポジウム

企業防災を軸とする安全安心な地域づくり

企業防災は大災害から地域が力強く復興する上で
非常に重要です。本シンポジウムでは、
【第1部】で企業BCP（事業継続計画）の課題や
防災における産官学連携について、
【第2部】で企業防災の地域防災への展開について議論し、
企業防災を軸とする安全安心な地域づくりや
未来の地域のあり方について考えます。



Disaster prevention
and
revitalization of Japan
symposium



第1部
企業BCPの課題と実践

講師
渡辺 研司
名古屋工業大学大学院工学研究科
社会工学専攻　教授



第2部
**企業防災から地域防災・
地域づくりへの展開**

講師
西川 智
国土交通省土地・建設産業局土地市場課長

日　時

平成23年12月2日金 13:00~17:00

場　所

豊橋技術科学大学 A棟101講義室

豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

CARM

国立大学法人 豊橋技術科学大学
安全安心地域共創リサーチセンター
未来ビークルシティリサーチセンター

共催：(社)国立大学協会

お申し込み・お問い合わせ
安全安心地域共創リサーチセンター（担当：古賀・佐野・柴田）
TEL：0532-44-1320 もしくは 0532-44-6574
FAX:0532-44-6568 E-mail:carm@office.tut.ac.jp

豊橋技術科学大学
防災・日本再生シンポジウム

豊橋技術科学大学 安全安心地域共創リサーチセンター・未来ビークルシティリサーチセンター

企業防災を軸とする安全安心な地域づくり

プログラム

司会進行／青木 伸一（安全安心地域共創リサーチセンター長）

13:00	主催者挨拶　榊 佳之（豊橋技術科学大学長）
第1部	**企業BCPの課題と実践**
13:10	基調講演　渡辺 研司氏（名古屋工業大学大学院工学研究科社会工学専攻　教授） 「ネットワーク型社会の脆弱性と事業継続マネジメント（BCM） ～東日本大震災におけるサプライチェーン途絶の背景と官民連携の重要性～」
13:50	事例報告 ・「フォルクスワーゲングループジャパンの取組み」… 中桐 丈夫氏（フォルクスワーゲングループジャパン　総務課長） ・「エクシムの取組み」…… 門脇 丈彦氏（株式会社エクシム　愛知工場長） ・「中小企業のBCP」…… 彦坂 高司氏（有限会社アルマック豊橋代表、NPO法人　東海リスクマネジメント研究会代表）
14:35	総合討論
14:50〜15:00	休憩
第2部	**企業防災から地域防災・地域づくりへの展開**
15:00	基調講演　西川 智氏（国土交通省　土地・建設産業局　土地市場課長） 「企業防災からBCP（事業継続計画）、そして地域毎のBCP協力：District Wide BCPへ」
15:40	事例報告 ・「三河港のBCP」…… 平井 洋次氏（国土交通省　中部地方整備局　三河港湾事務所長） ・「大規模災害に対する豊橋市の対応」…… 有安　敬氏（豊橋市副市長） ・「災害時の交通と輸送」…… 廣畠 康裕　（豊橋技術科学大学　教授） ・「災害時の自然エネルギー利用」…… 滝川 浩史　（豊橋技術科学大学　教授）
16:40	総合討論
16:55	閉会挨拶　角田 範義（副学長、未来ビークルシティリサーチセンター長）

★シンポジウム終了後、交流会を開催いたします。（会場：学内ひばりラウンジ　会費：2,000円）

豊橋技術科学大学安全安心地域共創リサーチセンター 防災・日本再生シンポジウム　参加申込書

●参加申込書は、E-mailで必要項目を記入してもらうか、あるいはFAXにてご連絡いただければ幸いです。
●参加申込書の締切は、平成23年11月30日（水）としますが、締め切り後も可能な限り対応させて頂きますので遠慮なくご一報下さい。

機関名	
役　職	
御氏名	
御連絡先	住　所　〒 TEL　　FAX E-mail
交流会（会費2,000円）	参　加　・　不　参　加　（どちらかを○で囲んで下さい）

ホームページよりダウンロードできます。http://ccr.ace.tut.ac.jp/carm/index.html

■交通のごあんない



お申し込み・問い合わせ先

安全安心地域共創リサーチセンター（担当：古賀・佐野・柴田）
〒441-8580豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
TEL：0532-44-1320　FAX：0532-44-6568
もしくは 0532-44-6574　E-mail:carm@office.tut.ac.jp

浜松・東三河 ライフフォトニクスイノベーション

コーディネーターと産学官連携関係者のための
《第1回　CES研修会》 －自動車用次世代技術領域－



日時：平成２３年１０月２５日（火）１３：２０～１６：４０
場所：アクトシティ浜松　コングレスセンター４階　４３会議室

「コーディネーターエコシステム（CES）チーム」では、本年度は浜松・東三河地域が目指す4つの事業領域毎の研修会を予定しています。
第1回目は、「自動車用次世代技術領域」の研修会を行います。両地域のコーディネーターならびに産学連携関係者の皆さまにとって、領域の強化や地域の関係事項を知る研修として構成しておりますので、奮ってご参加ください。

対象	浜松・東三河地域のコーディネーターと産学連携関係者
定員	60名
参加費	無料（主催者負担）

プログラム

主催　：　浜松・東三河地域イノベーション戦略推進協議会　事業開発部

◆13:20～13:30　開会：オリエンテーション
「本日の主旨と内容」　CES自動車用次世代技術領域グループ

◆13:30～14:00　研修セミナー－1
「動力用バッテリー技術の変遷について」
ヤマハ発動機（株）技術本部 研究開発統括部 SPプロジェクト推進グループリーダー 主管　稲波 純一　氏

◆14:00～14:50　研修セミナー－2
「自動車産業の変容と事業創出のイノベーション行動」
名古屋大学大学院 経済学研究科 准教授　山田 基成　氏

＜休憩10分＞

◆15:00～15:40　地域情報研修－1
「豊橋技術科学大学・未来ビークルシティリサーチセンターの活動と今後」
豊橋技術科学大学 副学長 未来ビークルシティリサーチセンター長　教授　角田 範義　氏

◆15:40～16:00　地域情報研修－2
「はままつ次世代環境車社会実験協議会　実証実験中間報告」
浜松市 産業部 産業振興課

◆16:00～16:40　ワーキング
「地域コーディネーター集団の実績向上に向けて」　参加者全員

◆16:40　閉会

研修会終了後、会費制にて簡単な**交流会**を行います
相互の懇親と情報交換のために是非ともご参加ください

問合せ申込
財団法人浜松地域テクノポリス推進機構
〒432-8036　浜松市中区東伊場二丁目７－１
TEL:053-489-8111　FAX:053-450-2100
E-mail: kyoten@hamatech.or.jp

あて先）財団法人浜松地域テクノポリス推進機構　　FAX　053-450-2100

平成23年度第1回CES研修会《10/25（火）開催》 参加申込書　　申込期限：１０月 ２０日（木）

所属機関名			
参加者名	所属部署	役職	
	ご氏名	交流会（　）に○をご記入ください	参加予定（　　）・参加しない（　　）
連絡先（CES研修会初参加の方は記入ください）	TEL: E－mail:		

※お申し込みの際にお伺いする個人情報は、参加者名簿の作成、産学官連携拠点に関する情報提供以外、その他の目的には使用いたしません。

文部科学省特別経費　サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業
～低炭素社会おける安全安心なビークルシティー～

豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
第１６回シンポジウム

「環境先進車両の開発動向と次世代給電技術」



●日時: 平成24年12月10日(月)13:30～16:10
●場所: 豊橋技術科学大学 A講義棟 A－101
●主催: 豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
●後援: 豊橋市、田原市、豊橋商工会議所、田原市商工会
●協賛: 電気化学会電池技術委員会、電気化学会東海支部、電気学会東海支部、
IEEE 名古屋支部、自動車技術会

プログラム

13:30～13:35　**開会挨拶**
豊橋技術科学大学　副学長
未来ビークルシティリサーチセンター長　　角田　範義

13:35～14:25　**【講演1】**
「走行中の電気自動車へ路面から給電する技術の開発」
豊橋技術科学大学
電気・電子情報工学系　教授　　大平　孝

14:25～14:35　**休憩**

14:35～15:25　**【講演2】**
「スズキの電気自動車開発への取り組み」
スズキ（株）開発企画部
第二プロジェクト　技術専門職　　川島　博幸　氏

15:25～16:05　**【講演3】**
「次世代自動車地域産学官フォーラムの取り組み」
中部経済産業局
次世代自動車室長　　柳原　和男　氏

16:05～16:10　**閉会挨拶**
豊橋技術科学大学
電気・電子情報工学系　教授　　櫻井　庸司

ポスター募集！

小学生，中学生のみんな，ぜひ応募してね！
（かんじがよめないには，おとなによんでもらってね！）

未来の‘のりもの’コンクール

in ものづくり博2012

「乗ってみたいな」「あると便利だな」
そんな　夢のある‘のりもの’を
絵に描いて応募しよう！



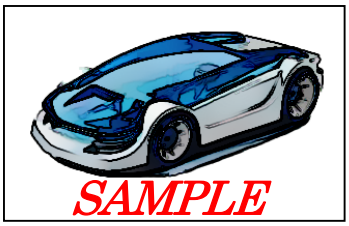
応募について

期間：６月１日～９月１４日
対象：東三河の小学生・中学生
方法：次の３点をそろえて申し込み
①八つ切り画用紙
「夢の‘のりもの’を描いたもの」
②アイデア用紙（指定用紙）
「描いた絵の説明」
③ 参加申込書（裏面）

表彰・展示

表彰：優秀作品をものづくり博会場にて表彰
【副賞】エコエネルギー実験キット（来年の自由研究に！）

展示：応募作品はすべてものづくり博会場に展示
【参加賞】応募者のうち200名に会場にて素敵な文房具を
お渡しします



副賞:
エコ･エネルギーカーの
工作キット

ものづくり博２０１２in 東三河

日時：１１月３０日（金）～１２月１日（土）
午前１０時 ～ 午後５時
会場：豊橋市総合体育館
★くわしくはこちら
http://www.monohaku.info/2012/outline.html

主催:豊橋技術科学大学未来ビークルシティリサーチセンター，　豊橋ものづくり振興会

審　査

【基準】　①みらいののりものとして「夢」がある

②素材やしくみが「おもしろい」

③「デザイン」がよい

【審査委員長】 未来ビークルシティリサーチセンター長　角田　範義

【審査委員会】 未来ビークルシティリサーチセンター

ものづくり博 in 東三河　ポスターコンクール運営委員会

表　彰

【表彰式】 平成24年12月1日（土） ものづくり博会場

【賞】　小学校の部　・中学校の部

金賞：　賞状と副賞（工作実験キット+図書券3，000円分）

銀賞：　賞状と副賞（工作実験キット+図書券2，000円分）

銅賞：　賞状と副賞（工作実験キット+図書券1，000円分）

お申込先

お問合せ先

【お申込先】　ものづくり博 in 東三河　ポスターコンクール運営委員会

〒440－8508　豊橋市花田町字石塚42－1　豊橋商工会議所内

※学校取りまとめの場合は、学校へ提出して下さい

【お問合せ先】「ものづくり博2012in 東三河」 事務局

電話 （0532）－53－7211

✂ キリトリ

参加申込書

氏名：

学校名：

学年：

※参加申込書は、会場での展示の際に利用します。

「東三河のものづくりがココに集結！」

ものづくり博 2012 in東三河

入場無料

会期 平成24年 2012 11/30(fri)・12/1(sat) 2日間とも 10:00～17:00

会場 豊橋市総合体育館
（豊橋市神野新田町字メノ割1-3）
※無料シャトルバス運行



★トヨタパートナーロボットがやってくる！ 第1アリーナ奥

生活環境への適応性が高い二足歩行型の当ロボットが、緻密で繊細な指と手の動きによりバイオリンの演奏を行います。また、「自立歩行アシスト」の展示も行います。

協賛：トヨタ自動車(株)

★燃料電池自動車の展示・試乗会 屋外展示エリア

自動車メーカー 3 社による燃料電池自動車の展示、試乗会を行います。(トヨタ自動車、日産自動車、本田技研工業)

★「ロボットスーツHAL」「メンタルコミットロボット パロ」「狭小空間点検ロボットmoogle」の展示（体験可能） 第1アリーナ奥

協賛：大和ハウス工業(株)



★ものづくりDEスタンプラリー 第1アリーナ

～ブースを回って豪華賞品をGETしよう～

チェックポイントでスタンプを集めると、抽選で3DS（1 名）、IPod（4 名）、おもちゃ商品券（4 名）をプレゼント！

※もれなく参加賞プレゼント！



©Disney

★ものづくり学園祭 第1アリーナ

～楽しみながらものづくりが学べる～

協力：豊橋技術科学大学、愛知工科大学、豊橋工業高校、豊川工業高校

★未来の“のりもの”ポスターコンクール展示会 第1アリーナ

東三河の小・中学生のアイデアあふれるポスターを会場内に展示しております。

共催：豊橋技術科学大学未来ビークルシティリサーチセンター

★“地域の絆”商談会2012 2階第 1 会議室

～ものづくり博で仕事の相手先を見つけよう！～ ※事前申込制

同時開催!!

ええじゃないか！東三河 ご当地グルメ・物産大集合

場所:第2アリーナ

豊橋カレーうどん、いなり寿司、佃煮コロッケなどなど東三河のご当地グルメ・物産が大集合。
試食や飲食もできます！東三河の食づくりをご堪能ください！



〈出店予定〉豊橋カレーうどん／豊川いなり寿司／豊川いなりうどん／有楽製菓株式会社／ヤマサちくわ／トーアス株式会社／美河ハム／有限会社シャンドフルール／株式会社平松食品／蒲郡市観光協会こはぜの会／株式会社ローチーフーズカンパニー／東三河農産加工販売協同組合／豊橋糧食工業株式会社／株式会社一色屋／植田の大まんじゅう／株式会社ミマス／合名会社日野屋商店／株式会社寺部食品／中央製乳株式会社／株式会社G・ファーム／有限会社まんてん／株式会社お亀堂／株式会社齢熹百珍／アンの台所 ※変更になる場合がございます。

※写真はイメージです

主催 豊橋ものづくり振興会

ものづくり博2012 in東三河 併催行事

11/30 金曜日

就職を控えた大学生・短大生・専門学生必聴!! 東三河就職応援ガイダンス
共催：東三河学生就職情報センター　受講料：無料（事前申込制）

13:30～14:10 第1部 セミナー	第1 アリーナ奥 特設ステージ	**「聴いて得する！就活スタートアップ講座」** 12月からの就活に対する心構えや押さえておくべきポイントをお伝えします。 【講師】 (株)ダイヤモンド・ビッグアンドリード 名古屋支社長　森 龍二 氏
14:20～15:50 第2部 パネルディスカッション		**「就活に役立つ!! 東三河の"ものづくり企業"研究」** 東三河を代表する「ものづくり企業」5社を招いてパネルディスカッションを開催します！就職活動に関するアドバイスなど地元企業の研究を行います。 【パネリスト】武蔵精密工業㈱、(株)新来島豊橋造船、本多電子(株)、オーエスジー(株)、(株)ニデック（順不同）



★人事担当者・学校就職担当者の方々へ
企業と大学・高校とのものづくり人財マッチング情報交流会
主催：東三河産業創出協議会、三遠南信地域連携ビジョン推進会議　受講料：無料（事前申込制）

ものづくり企業の経営者・人事担当者と学校・教育機関の就職支援ご担当者の方を対象に「人材」（雇用・採用）を切り口とした情報交換会を開催いたします。

13:15～14:15 第1部 セミナー	2階研修室	**「企業・地域・教育機関が連携した人財育成（仮題）」** 【講師】ヒューマンリソシア(株) 執行役員 笹尾裕子 氏
14:30～16:30 第2部 情報交流会		少人数ごとによるテーブルワークによる情報交流会です。企業対学校との面談形式で行います。

★東三河県庁開設記念
東三河産学官連携連続講演会（第2回 新分野進出推進フォーラム）
主催：愛知県　受講料：無料（事前申込制）

13:30～16:00 ※各40分	2階 第2会議室	医工・福祉連携等をテーマに地元3大学による講演会を開催します。 【講師】 ○豊橋技術科学大学 エレクトロニクス先端研究所准教授 鯉田孝和　氏 ○愛知工科大学　電子制御・ロボット工学科教授 大西正敏　氏 ○豊橋創造大学大学院 健康科学研究科・研究科長・教授 後藤勝正　氏

12/1 土曜日

植物工場シンポジウム 主催：(株)サイエンス・クリエイト　受講料：無料（事前申込制）

10:00～12:00	2階研修室	基調講演：「太陽光利用型工場の今後の展望について」（仮） 講　師：豊橋技術科学大学 先端農業・バイオリサーチセンター 特任教授　三枝正彦　氏

小中学生向け!! ものづくり製作教室 主催：エコカーチャンピオンシップ運営委員会

10:00～16:00	第1アリーナ	**エコライダーの製作** 風の力で発電してLEDが点灯する「エコライダー」を製作します。 参加料：無料　※数に限りがあります。

★豊橋商工会議所創立120周年『特別記念講演会』
「研究と創造」～ものづくりの原点～　受講料：無料（事前申込制）

14:00～15:00	ホテル シーバレス リゾート2F	自動車とともに歩まれたご自身のモノづくりのご経験をもとに、モノづくりの大切さや人材育成の重要性などをお話し頂きます。 講　師：トヨタ自動車(株) 名誉会長　豊田章一郎　氏 ※会場が異なりますので、ご注意ください。 隣接会場となります



出展企業
86企業・団体（142.5小間）
※コーナー別（50音順）、（）内数字は企業・団体数

■工業コーナー（22）
アイセロ化学（株）／（株）イズミテック／伊藤光学工業（株）／（株）イマダ／宇都宮工業（株）／オーエスジー（株）／花王（株）豊橋工場／（株）樹研工業／（株）ソリッドクラフト／大陽出版（株）／大三紙業（株）／TMEH ジャパン（株）／東海光学（株）／（株）トヨテック／（株）豊明エンジニアリング／（株）トンボ鉛筆　中部店／日東電工（株）豊橋事業所／（株）ニデック／（株）フカミ／本多プラス（株）／三鷹製版（株）／（株）ヤマト

■鉄工コーナー（21）
（株）曙製作所／（株）蒲郡製作所／（株）近藤製作所／（株）シーヴイテック／大森木材（株）／新東工業（株）豊川製作所
●豊橋鉄工会
旭精機（株）／アダチ鋼材（株）／（株）三光製作所／（株）新来島豊橋造船／シンフォニアテクノロジー（株）／竹沢産業（株）／（株）テイサク／トピー工業（株）／豊橋鉄工会PRコーナー／西島（株）／（株）紅久商店／豊国工業（株）／（株）丸上製作所／宮川工機（株）／武蔵精密工業（株）

■電子・通信コーナー（9）
音羽電子システム（株）／（株）サードウェーブテクノロジーズ／田中電機（株）／デュプロ販売（株）浜松営業所／（株）浜西電機／（株）ヒミカ／（株）富士通コンピュータテクノロジーズ／本多電子（株）／（株）ネットコム

■エネルギーコーナー（3）
（株）荒木石油店／サーラグループ／中部電力（株）豊橋営業所

■建築・木工コーナー（4）
（株）オノコム／玄々化学工業（株）／豊橋木工（株）／鳳来製材協同組合

■食品コーナー（3）
杉本屋製菓（株）／中央製乳（株）／東海漬物（株）

■サービスコーナー（2）
（株）アーバス／（株）夏目デザイン

■自動車関連コーナー（1）
（株）吉田商会

■繊維コーナー（2）
豊橋繊維振興会［岡本漁網（株）/（株）ジュトク］／愛知県（繊維・窯業）

■研究会・団体・支援機関（10）
●チタノミックス研究会（9）
静岡県工業技術研究所 浜松工業技術支援センター／昭和医科工業（株）／（有）竹内可鍛工業所／東北大学 金属材料研究所／栃久保　操／（株）豊栄工業／一般社団法人日本チタン協会／橋本螺子（株）／（株）吉見製作所
●愛知県（環境ビジネス発信事業）［（有）環境テクシス、（株）環健スーパーテクノ、山田塗装（株）、（株）イーズライフ、東海エコ工業（株）、トーエイ（株）、（株）冨田組、日之出（株）、和光技研工業（株）］
愛知県信用保証協会／湖西市商工会「湖西市モノづくりひろめ隊」／（株）サイエンス・クリエイト（食農産業クラスター・植物工場）／美立吉（大連）国際貿易有限公司、星海模具有限公司、大連衆益工業技術有限公司 3社合同／豊橋商工会議所／（株）日本政策金融公庫／三河港振興会／三遠南信クラスター推進会議［福井ファイバーテック（株）、エイアールブイ（株）］

■学校コーナー（ものづくり学園祭）
豊橋技術科学大学／愛知工科大学／豊橋工業高等学校／豊川工業高等学校

■その他特別展示コーナー
豊橋・豊川・蒲郡少年少女発明クラブ／とよはしの匠／高校生技術アイデア賞





●交通／JR豊橋駅東口より
無料シャトルバス運行
期間中、30分間隔にて運行

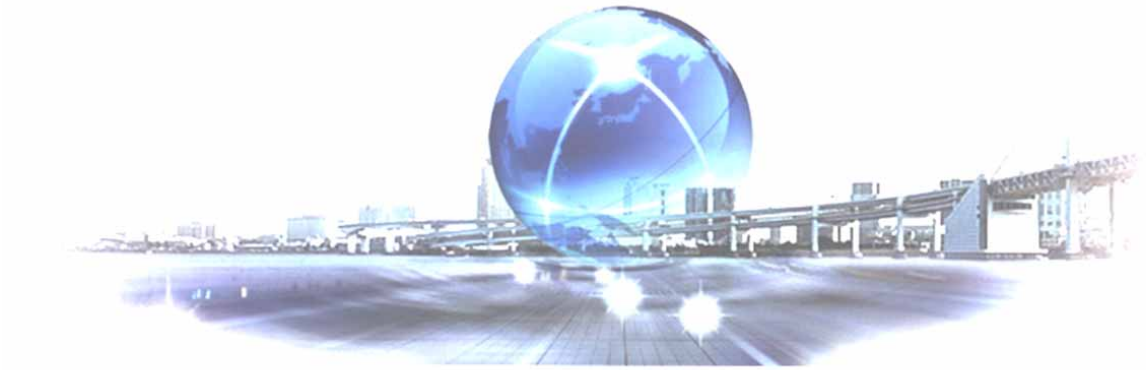
主催

豊橋ものづくり振興会
〒440-8508　豊橋市花田町字石塚42-1（豊橋商工会議所内）
TEL.0532-53-7211　FAX.0532-53-7210
E-mail　kaigisho@toyohashi-cci.or.jp
http://www.monohaku.info/

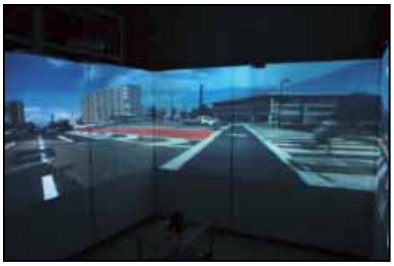
後援
中部経済産業局、愛知県、豊橋市、豊川市、蒲郡市、新城市、田原市、豊橋商工会議所、豊川商工会議所、蒲郡商工会議所、愛知県商工会連合会東三河支部、新城設楽支部、田原市商工会、新城市商工会、浜松商工会議所、飯田商工会議所、豊橋市教育委員会、公益社団法人 豊橋青年会議所、NHK豊橋支局、東愛知新聞社（以上予定）

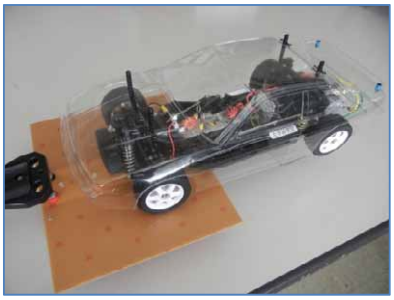
協賛
豊橋技術科学大学、（株）サイエンス・クリエイト、東三河産業創出協議会、地域産業活性化東三河協議会、一般社団法人 日本電気計測器工業会、一般社団法人日本電気制御機器工業会、中日新聞社、日刊工業新聞社、中部経済新聞社、東海日日新聞社、（以上 予定）

豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター
研究成果展示
『低炭素と安心安全を目指す街：豊橋』









と　き：１月７日（月）～１月１１日（金）
　　１０：００～１６：００（月曜日のみ１３：００～）
ところ：豊橋市役所　東館１階　市民ギャラリー
内　容：未来ビークルシティリサーチセンターで行っている持続的に発展する低炭素社会の構築と安心・安全都市の創成を目指す取り組みに関する研究成果を、ポスター展示、ドライビングシミュレータ、マルチプロジェクションシステム、電化道路電気自動車 1/10 モデル動態などのデモンストレーションを通じて紹介します。

〇研究紹介パネル
　★期間中、終日展示しております。
〇体験および実演
・電化道路電気自動車 1/10 モデル動態実演　1/7　13:00～16:00
・マルチプロジェクションシステムの体験　1/7　13:00～16:00
　1/8～11　10:00～16:00
・ドライビングシミュレータの運用体験等　1/10,11　10:00～16:00
〇ものづくり博 2012 in 東三河
　未来の“のりもの”ポスターコンクール優秀作品の展示
　★期間中、終日展示しております。

国立大学法人
豊橋技術科学大学

問合先：豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター（研究協力課）
Tel　：0532-44-6574
E-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp

ぎかだいがやってくる
eco(エコ)エネを感じよう!

のってみよう!

電動バス試乗

※ 雨天中止

試乗無料





動画をWEBでチェック!





紙風車の工作教室

参加無料

つくってみよう!



温室内
憩いのへや

中央門





平成25年
11/16(土)
9:30~14:30

豊橋技術科学大学
〒441-8580
愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

主催／国立大学法人 豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター
滝川・須田研究室



後援／豊橋市

文部科学省特別経費
サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業
～低炭素社会おける安全安心なビークルシティー～

未来ビークルシティリサーチセンター講演会

サスティナブルな社会における未来ビークルシティ事業

本センターは、現在進められている車を中心とした次世代自動車の開発という観点とは異なり、
今までの自動車を中心（ハード）とする街づくりから弱者や歩行者の視線に重きを置いた
（ソフト）未来の自動車街（未来ビークルシティ）を目指しています。
そのため、持続的に発展可能な「低炭素社会」や「安全・安心社会」と言う2つの目標を掲げています。
その中でも、本地域の利点である三河港を念頭に置く電気自動車社会の構築です。
低炭素社会では電気自動車が重要な役割を果たしますが、電気自動車の弱点は、
電池の能力と充電に関する問題であり、それが長距離移動の難しさを浮き彫りにしています。
それらの技術的な克服と三河港利用による街づくりを通した電気自動車社会の構築を目指しています。
今回は、本センターの研究課題の中で、新しい給電方式による電気自動車、
経済効果、電池技術の3分野について紹介したいと思います。



講演者

豊橋技術科学大学
電気・電子情報工学系　教授　**大平 孝**

豊橋技術科学大学
建築・都市システム学系　准教授　**渋澤 博幸**

豊橋技術科学大学
電気・電子情報工学系　教授　**櫻井 庸司**

平成25年11月7日（木）

時間　**18:00～20:00**

場所　**田原文化会館 多目的ホール**
（田原市田原町汐見5番地）

参加費無料

■お申し込み・お問い合わせ

豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター（研究協力課）
TEL：0532-44-6574　FAX：0532-44-6568
E-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp

国立大学法人
豊橋技術科学大学

主催／豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター　後援／田原市、田原市商工会、田原臨海企業懇話会

プログラム

18:00~18:05 開会挨拶

豊橋技術科学大学　副学長
未来ビークルシティリサーチセンター長　**角田 範義**

18:05~18:50 講演１

「未来の電気自動車」

豊橋技術科学大学
電気･電子情報工学系　教授　**大平 孝**

18:50~19:00 休　憩

19:00~19:30 講演２

「未来ビークルと港湾の地域経済への影響」

豊橋技術科学大学
建築･都市システム学系　准教授　**渋澤 博幸**

19:30~20:00 講演３

「リチウムイオン電池の現状と課題」

豊橋技術科学大学
電気･電子情報工学系　教授　**櫻井 庸司**

■お申し込み・お問い合わせ

豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター（研究協力課）
TEL：0532-44-6574　FAX：0532-44-6568
E-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp

参 加 申 込 書　以下の内容をFAXまたはE-mailでご連絡ください。

申込先　未来ビークルシティリサーチセンター（研究協力課研究センター係）
FAX：0532-44-6568　E-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp

お名前			
所属・役職			
TEL		FAX	
E-mail			

＊参加申込〆切：平成25年10月31日（木）

おでかけミニ講座

ぎかたいがやってくる



体験！未来ビークルシティ



「ここにこ」に楽しい体験イベントがやってくるよ！

平成25年

11月23日(祝・土)・24日(日) ＊両日 10:00~16:00

場所 こども未来館ここにこ（イベント広場、企画展示室 他）　**内容** 体験（4種類）、スタンプラリー、お絵かき、ポスター展示

- ●体験しよう！ ここ、わたってあんぜんかな？ しんごう、みえるかな？　場所／企画展示室　対象／子どもから大人までどなたでも
- ●体験しよう！ 運転手からはどうみえる？ ひとや自転車、道路やまちなみ　場所／イベント広場　対象／小学5年生以上高校生まで
- ●体験しよう！ やってみよう！くるまのうんてん　場所／イベント広場　対象／子どもから大人までどなたでも
- ●体験しよう！ きみもレーシングカーのドライバー　場所／ギャラリーストリート　対象／子どもから大人までどなたでも
- ●スタンプラリー&クイズにチャレンジ！　場所／イベント広場　対象／子どもから大人までどなたでも
- ●お絵かきしよう！ぼく・わたしの未来の「のりもの」　場所／イベント広場　対象／お絵かきのできる子ども
- ●未来ビークルシティリサーチセンターってなあに？　場所／イベント広場　対象／どなたでも

この企画のみ事前申込みが必要です

●3名以内のグループでお申し込みください。 小学生・中学生の場合は保護者同伴でお願いします。保護者はグループ構成の「3名」に含めなくても構いません。 高校生は単独もしくは高校生同士のグループでお申し込みください。
●体験時間：23、24日の4つの時間帯のいずれかに割り振ります。申し込み多数の場合は抽選となりますので、ご了承ください。

お申し込み お問い合わせ
豊橋技術科学大学　研究協力課研究センター係　〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
TEL／0532-44-6574　FAX／0532-44-6568　E-mail／rcfvc@office.tut.ac.jp

主催／国立大学法人 豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター　後援／豊橋市

ぎかだいがやってくる

体験！ 未来ビークルシティ

おでかけミニ講座

平成25年

11月23日(祝・土)・24日(日)

＊両日 10:00~16:00

体験しよう！ ここ、わたってあんぜんかな？ しんごう、みえるかな？

場所／企画展示室　　対象／子どもから大人までどなたでも

内容／交差点で撮影した全方位映像や横断歩道などで車が向ってくる映像を全周囲に投影することで、道路などでの危険を感じてもらいます。また、高齢者や色盲の方のシミュレーション映像を投影することで、いろんな人の見え方が体験できます。（暗くした部屋の真ん中に座って、全周囲に投影された映像を見ます。）

体験しよう！ やってみよう！ くるまのうんてん

場所／イベント広場　　対象／子どもから大人までどなたでも

内容／ドライビングシミュレータを使ってクルマの運転を体験します

＊体験者には「シミュレータ運転免許証」を発行します

体験しよう！ きみもレーシングカーのドライバー

場所／ギャラリーストリート　　対象／子どもから大人までどなたでも

内容／第11回全日本学生フォーミュラ大会に参加したレーシングカーを展示します。運転席に座ることができます。

スタンプラリー&クイズにチャレンジ！

場所／イベント広場　　対象／子どもから大人までどなたでも

内容／未来ビークルシティリサーチセンターで取り組む研究に関連したクイズに挑戦します。すべて3択の問題で、どなたでもチャレンジできます。

お絵かきしよう！ぼく・わたしの未来の「のりもの」

場所／イベント広場　　対象／お絵かきのできる子ども

内容／自分で考えた夢のある‘のりもの’を絵に描いて、会場にかざります。

未来ビークルシティリサーチセンターってなあに？

場所／イベント広場　　対象／どなたでも

内容／未来ビークルシティリサーチセンターで取り組む研究を紹介します。（ポスター展示）

体験しよう！ 運転手からはどうみえる？ ひとや自転車、道路やまちなみ

この企画のみ事前申込みが必要です

場所／イベント広場

対象／小学5年生以上高校生まで

＊3名以内のグループでお申し込みください。小学生・中学生の場合は保護者同伴でお願いします。保護者はグループ構成の「3名」に含めなくても構いません。高校生は単独もしくは高校生同士のグループでお申し込みください。

内容／ドライビングシミュレータを使って、クルマの運転手（ドライバ）から人や自転車がどのように見えるのか、どんなふうにまちや道路が変わると安全なのかを体験します（所要時間1時間程度）。

＊サポートスタッフのアドバイスのもとに、パソコンの操作を行います。＊体験者には「修了証」を授与します。

体験時間／23、24日の4つの時間帯のいずれかに割り振ります。申し込み多数の場合は抽選となりますので、ご了承ください。

①10:00~11:00　②11:15~12:15　③13:30~14:30　④14:45~15:45

定員／各時間帯3組まで　＊2日間で24組（3組×4回×2日）

申込期限／11月15日（金）必着

事前申込方法

はがき、電話、FAX、メールのどれかでお申し込みください。申込みの際には次の内容をお知らせください。

●講座名：運転手からはどうみえる？ ひとや自転車、道路やまちなみ

●希望日・時間帯（複数選択可）

体験する日・時間帯の希望	なし ・ あり	「あり」の場合は希望時間帯を選んでください（複数選択可）	23日午前 ・ 23日午後 ・ 24日午前 ・ 24日午後

●参加者全員の氏名、学年

体験者1	氏名	小学生 ・ 中学生 ・ 高校生 ・ 保護者	学年　年
体験者2	氏名	小学生 ・ 中学生 ・ 高校生 ・ 保護者	学年　年
体験者3	氏名	小学生 ・ 中学生 ・ 高校生 ・ 保護者	学年　年
付き添い	氏名	氏名	氏名

＊体験者が小・中学生で、保護者を体験者に含めない場合は、必ず最低1名は大人が付き添ってください

●代表者の氏名、住所、電話番号

代表者	氏名	住所	電話番号

お申し込み お問い合わせ　〒441-8580　豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1　豊橋技術科学大学　研究協力課研究センター係
TEL／0532-44-6574　FAX／0532-44-6568　メール／rcfvc@office.tut.ac.jp

三遠南信クラスター推進会議・次世代用輸送機器産業クラスタープロジェクト

豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
第17回シンポジウム

EV

「電池が拓く新しいビークル社会」

― その後5年の歩みと、今後の展望 ―

低炭素社会実現に向けて、高性能二次電池を用いた環境先進車両の開発とその実用化・普及促進が、これまで以上に求められています。

5年前に本学で開催したシンポジウムでは、「電池が拓く新しいビークル社会」を主題として、高性能二次電池の開発・車載応用ならびにプラグインハイブリッド車・電気自動車など次世代自動車の現状と将来に関して議論致しました。今回は、その後5年の歩みを振り返るとともに今後の展望について、この分野の第一線でご活躍中の方々にご講演頂きます。

平成25年
12月9日(月)
時間:13:30~16:20

豊橋技術科学大学
A1講義棟 A1−301

豊橋技術科学大学キャンパスマップ



■主 催：豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター、三遠南信クラスター推進会議
■後 援：豊橋市、田原市、豊橋商工会議所、田原市商工会、東三河産業創出協議会
■協 賛：電気化学会電池技術委員会、電気化学会東海支部、電気学会東海支部、IEEE 名古屋支部、自動車技術会

時　間	プログラム	講演者
13:30～ 13:35	**開会挨拶**	豊橋技術科学大学　副学長 未来ビークルシティリサーチセンター長 **角田　範義**
13:35～ 14:25	【講演1】 **「xEVの市場展望と電池業界の課題」**	(株)野村総合研究所 グローバル製造業コンサルティング部 上級コンサルタント **風間　智英 氏**
14:25～ 14:35	**休　　憩**	
14:35～ 15:25	【講演2】 **「バッテリーの高エネルギー化に向けた材料課題と解析技術」**	日産自動車(株)総合研究所 先端材料研究所 主管研究員 **秦野　正治 氏**
15:25～ 16:15	【講演3】 **「パナソニックでのビークル社会への貢献と将来動向」**	パナソニック(株) オートモーティブ&インダストリアルシステムズ社 技術本部　エナジー開発C 技術企画G　グループマネージャー **湯浅　浩次 氏**
16:15～ 16:20	**閉会挨拶**	豊橋技術科学大学 電気･電子情報工学系　教授 **櫻井　庸司**

●参　　加　　費：無料
●参加申込〆切：平成25年12月2日(月)
●申　込　方　法：氏名・所属・連絡先を明記のうえ、E-mail または FAX にて下記まで。
●申　　込　　先：豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター(研究協力課研究センター係)
E-mail: rcfvc@office.tut.ac.jp、Tel.：0532-44-6574、FAX：0532-44-6568
三遠南信クラスター推進会議　事務局　豊橋商工会議所経営革新サポートチーム
E-mail:matsuzaka@toyohashi-cci.or.jp、Tel.：0532-53-7211、FAX：0532-53-7210
●世話人・問合せ先：豊橋技術科学大学　電気・電子情報工学系　櫻井庸司
E-mail: sakurai@ee.tut.ac.jp、Tel./FAX：0532-44-6722

【申　込　書】

豊橋技術科学大学研究協力課研究センター係　行［ **FAX.0532-44-6568** ］

「電池が拓く新しいビークル社会」― その後5年の歩みと、今後の展望 ―【12月9日(月)】

事業所名			
参加者氏名		役職	
参加者氏名		役職	
所在地	〒		
TEL		FAX	
E-mail			

上記申込書に、事業所名、氏名、所在地、電話番号、FAX 番号をご記入の上、郵送または FAX にてお申し込みください。上記 E-mail アドレスに送っていただいても結構です。
ご記入いただいた情報は、豊橋技術科学大学および商工会議所からの各種連絡・情報提供のために利用するほか、セミナー参加者の実態調査・分析のために利用することがあります。

豊橋技術科学大学一般公開講座

主催／国立大学法人豊橋技術科学大学　後援／豊橋市・豊橋市教育委員会・豊橋商工会議所



ビークルシティの未来

本講座では、二酸化炭素の排出量を低減する「低炭素社会」と少子高齢化に伴う「安全・安心社会」をキーワードとして、持続的に発展可能な社会にふさわしいビークルシティのあり方と豊橋技術科学大学未来ビークルシティリサーチセンターの取り組みについて、分かりやすく解説します。

受講料無料

定　員／200名程度

地域の方に、科学、技術、ものづくりの面白さを知っていただくため、初歩からリフレッシュ教育的内容まで含め、最先端の研究、成果と社会への還元、技術科学と解決策、技術・製品開発、などについて講義します。

11／7（金）

時間　午後6時30分～8時
会場　A2-101講義室

電動二輪車に乗ってみますか？－普及に向けた環境心理学研究－

環境を守りたいという意識を持っている人は多いのですが、実際に環境によい活動をしている人はそれほど多くありません。このギャップを埋めるための研究が盛んに行われています。本講座では電動二輪車（電動アシストつき自転車や電動バイク）に関して、このギャップを考えてみましょう。

講師　**後藤 尚弘** 准教授（環境・生命工学系）

11/28（金）

時間　午後6時30分～8時
会場　A2-101講義室

未来ビークル導入の環境・経済的影響評価

豊橋市を対象地域として，豊橋市において電気自動車が普及した場合に，豊橋市の経済や環境（主としてCO_2）にどのような影響があるのかをシミュレーションした結果を分かり易く解説する。また長距離旅客輸送においてガソリン車利用からフェリー利用への転換についても解説する。

講師　**宮田 譲** 教授　**渋澤 博幸** 准教授（建築・都市システム学系）

12／5（金）

時間　午後6時30分～8時
会場　A2-101講義室

未来ビークルシティと交通システム

現在の都市交通はマイカーに過度に依存する体系となっているが、超高齢社会を迎え、そのような状況からの脱却が求められている。本講座では、交通計画学の立場から高齢社会における地域交通のあり方を考えるとともに、地域公共交通の状況や関連施策に対する住民アンケートの結果の分析等の研究成果を紹介したい。

講師　**廣畠 康裕** 教授（建築・都市システム学系）

ところ　**豊橋技術科学大学**（豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1）　対　象　一般市民（高校生以上）

申し込み　随時、申込書を豊橋技術科学大学総務課地域連携係まで
（FAX 0532-44-6509 あるいは、E-mail chiren@office.tut.ac.jp）
※申込書はこのチラシの裏面及びホームページ（http://www.tut.ac.jp/cooperation/ecourse.html）に掲載

●修了証書／全3回受講した方には修了証書を授与

問い合せ先　国立大学法人豊橋技術科学大学総務課地域連携係
Tel.0532-44-6569

国立大学法人
豊橋技術科学大学

※FAXの方は,このまま送信してください。

豊橋技術科学大学 総務課地域連携係
Fax.0532-44-6509

平成26年度 豊橋技術科学大学一般公開講座

「ビークルシティの未来」
受講申込書

※受講者番号		※受付日	月　　日		
受講希望コース （ご希望の講座を○で囲んでください。）	・全3回 ・第1回（11／7）　・第2回（11／28）　・第3回（12／5）				
ふりがな 氏　名		性別	男・女	年齢	歳
住　所	（〒　　－　　） 電話番号（　　）　FAX（　　） Eメール				
職　業	1. 会社員 会社員（技術系・事務系・営業・その他（　　）） 2. 教　員 3. 公務員 4. 学　生 ― 高校生・大学生・大学院生・その他（　　） 5. その他 ― 主婦・無職・その他（　　） 該当箇所を○で囲んでください。「その他」については、適宜ご記入願います。				

※ご記入いただきました住所等の個人情報は、豊橋技術科学大学が実施する催事情報をお知らせする目的以外には、使用いたしません。
※お申し込みいただいた方に対し、本学より受理の通知はいたしませんので、当日直接会場にお越しください。

豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター総括シンポジウム

参加費無料

低炭素社会における産業育成および安全・安心なビークルシティ

日時 平成27年3月10日(火) 13:00~17:00

会場 豊橋商工会議所 9F 大ホール

未来ビークルシティリサーチセンターでは、平成22年度から『サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業』において、CO_2を低減する「低炭素社会」と少子高齢化に伴う「安全・安心社会」を重点課題としてとらえ、「持続的に発展可能な社会」にふさわしいビークルシティの構築を目指した調査研究活動を実施してきました。

本シンポジウムでは本事業5年間の活動を報告するとともに、この分野の第一線で活躍されている方々にご講演いただき、パネルディスカッションを通じて今後の展望にも触れていただきます。



第1部 ― 研究成果報告 ―

大平　孝（電気・電子情報工学系　教授）
章　　忠（機械工学系　教授）
金澤　靖（情報・知能工学系　准教授）
宮田　譲（建築・都市システム学系　教授）
滝川浩史（電気・電子情報工学系　教授）

第2部 ― パネルディスカッション ―

低炭素社会における産業育成および安全・安心なビークルシティ

パネラー

豊橋市環境部温暖化対策推進室長　黒柳　哲禎 氏
国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所長　鈴木　信昭 氏
名古屋大学大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター長　林　良嗣 氏
経済産業省中部経済産業局産業部自動車関連産業室長　柳原　和男 氏
株式会社デンソー ディーゼルシステム技術部担当部長　小久保直樹 氏

モデレーター

豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター長　角田　範義

主催／豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター
後援／経済産業省中部経済産業局、国土交通省中部地方整備局、豊橋市、田原市、豊橋商工会議所、田原市商工会、田原臨海企業懇話会、三河港振興会

文部科学省特別経費
サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業
低炭素社会おける安全・安心なビークルシティー

意見交換会　会費：3,000円
シンポジウム終了後、豊橋商工会議所 地下1階において『意見交換会』を行います。

お問合せ
豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター（研究支援課研究センター係）
■TEL：0532-44-6574　■E-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp

国立大学法人 豊橋技術科学大学

プログラム

司会：電気･電子情報工学系　教授　櫻井 庸司

13:00－13:10　**挨 拶**　大西 隆（豊橋技術科学大学長）

13:10－14:10　**第1部　― 研究成果報告 ―**

○バッテリレス電動カートの走行実験　大平　孝
○ドライバ個性に着目した社会共生型安全運転支援に関する研究　章　忠
○交通弱者の安全･安心のためのシステムの開発　金澤　靖
○豊橋市における電気自動車導入の環境･経済的影響評価　宮田　譲
○未来ビークルライフに向けたエネルギーの創生と利用　滝川　浩史

14:10－14:25　**休 憩**

14:25－16:45　**第2部　― パネルディスカッション ―**

低炭素社会における産業育成および安全・安心なビークルシティ

14:25－15:50　**■ 話題提供**

○豊橋市における地球温暖化防止の取り組みについて
豊橋市環境部温暖化対策推進室長　黒柳　哲禎 氏
○三河港における自動車産業の利用状況と港湾整備について
国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所長　鈴木　信昭 氏
○交通と低炭素社会における取り組みについて
名古屋大学大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター長　林　良嗣 氏
○自動車産業の最近の動向と中部地域の取組について
経済産業省中部経済産業局産業部自動車関連産業室長　柳原　和男 氏
○クリーンディーゼルエンジンを支える技術取り組み
株式会社デンソー ディーゼルシステム技術部担当部長　小久保直樹 氏

15:50－16:00　**休 憩**

16:00－16:45　**■ 討 論**　パネラー：黒柳 哲禎、鈴木 信昭、林 良嗣、柳原 和男、小久保 直樹
モデレーター：角田 範義（未来ビークルシティリサーチセンター長）

16:45－17:00　**質疑応答**（1部、2部通して）

17:00－17:05　**閉会挨拶**　角田 範義（未来ビークルシティリサーチセンター長）

参加申込書

以下の内容をFAXまたはE-mailでご連絡ください。

【申込先】未来ビークルシティリサーチセンター（研究支援課研究センター係）

FAX：0532－44－6568　E-mail：rcfvc@office.tut.ac.jp

お名前			
会社名等 所属		部署･役職	
TEL		FAX	
意見交換会 （会費3,000円）	参加　・　不参加　（どちらかを○で囲んでください）		

参加申込〆切：平成27年3月6日（金） ただし、事前申込みがなくてもご参加いただけます。

※ご記入いただいた情報は、豊橋技術科学大学からの各種連絡･情報提供のため利用することがあります。

学生への支援

豊橋技術科学大学

自動車研究部

TUT FORMULA

2014 シーズン活動報告書



目次

1 はじめに 229
2 全日本学生フォーミュラとは 229
2-1 大会概要 229
2-2 大会理念 229
2-3 主要ルール 229
3 大会結果 229
3-1 審査内容 229
3-2 各審査結果 230
3-3 大会を終えて 230
4 TG09 の紹介 230
4-1 車輌概観 230
4-2 主要諸元 231
4-3 技術解説 231
5 TUT FORMULA の活動実績 233
6 スポンサー紹介 234
7 ファカルティアドバイザより 235
8 チーム代表挨拶 235
9 活動報告 236

1　はじめに

私たち豊橋技術科学大学自動車研究部 (以後 TUT FORMULA と称す) は、2014 年 9 月 2 日から 6 日に静岡県小笠山総合運動公園エコパにて開催された、自動車技術会主催『第 12 回 全日本学生フォーミュラ大会』に参加しました。大会の結果、および今年度の活動について報告致します。

2　全日本学生フォーミュラとは

2-1　大会概要

大会には、学生がチームを組んで企画・設計・製作したフォーミュラスタイルの小型レーシングカーを持ち寄ります。そして、車輌の走行性能だけでなく、車輌コンセプト・設計・製作コストなど、ものづくりの総合力が評価されます。

2-2　大会理念

- ものづくりの機会を提供することによって、大学･高専等の工学教育活性化に寄与する。
- 学生自らがチームを組み約 1 年間でフォーミュラスタイルの小型レーシングカーを開発･製作することによって、学生がものづくりの本質やそのプロセスを学び，ものづくりの厳しさ･おもしろさ･喜びを実感する。
- 競技会では，走行性能だけでなく，車輌のマーケティング，企画･設計･製作，コスト等のものづくりにおける総合力を競う。
- 学生に対しては自己能力向上の場，企業に対しては将来を担う有能な人材発掘の場を提供する。

2-3　主要ルール

- オープンホイール・オープンコクピットのフォーミュラカースタイルの車輌であること。
- 総排気量 610cc 以下の，4 ストロークガソリンエンジンを使用すること。
- 直径 20mm 以下の吸気リストリクタを装着すること。
- 加速，旋回，耐久イベントによる走行性能審査(動的審査)と設計やコストなどの審査（静的審査）を行い，各チームが得点を競う。
- 安全面については，厳格で緻密なルールが定められている。
- 車検に合格した車輌でなければ，プラクティス走行及び動的審査に参加できない。また，大会会場でエンジンを掛けることも許されない。

3　大会結果

3-1　審査内容

第 12 回全日本学生フォーミュラ大会では，海外 21 チームを含む合計 96 チームが参加しました。大会の審査は動的審査と静的審査に分けられ，静的審査はコストレポートの正確さやコスト削減の手法を競うコスト審査・車輌を販売するためのマーケティング手法を競うプレゼンテーション審査・車輌設計の妥当性を競うデザイン審査の 3 種目，動的審査は加速性能を競うアクセラレーション・旋回性能を競うスキッドパッド・総合的な走行性を競うオートクロス・耐久性を競うエンデュランス・燃費の 5 種目で，これらの合計が総合成績として評価されます。

なお，燃費はエンデュランス完走後のガソリンタンク残量から評価するため，エンデュランスを完走しなければ審査対象となりません。

3-2 各審査結果

表 3-2-1　各審査結果

競技種目	競技内容	得点／満点	順位
コスト	車輌を製造する際のコストを計上し， その正確さ，妥当性などが審査されます。	28.49 / 100pt	35 位
デザイン	車輌の外観ではなく，Design という言葉の 本来の意味である設計のことをいい， 各部の設計が妥当であるかが審査されます。	104.0 / 150pt	3 位
プレゼンテーション	設計した車輌の販売を想定した販売戦略の プレゼンテーションが審査されます。	59.21 / 75pt	4 位
アクセラレーション	0-75m の加速性能を競います。	69.32 / 75pt	6 位
スキッドパッド	8 の字コースを走り，左右の円での 車輌の旋回性能を競います。	24.69 / 50pt	24 位
オートクロス	1 周約 800m のストレート・コーナー・スラロ ーム・シケインからなるコースを走行し， 総合的な走行性能を競います。	133.66 / 150pt	7 位
エンデュランス	1 周約 1km のコースを 10 周ずつ，2 人の ドライバーが交代で走る耐久走行です。	278.67 / 300pt	3 位
燃費	エンデュランス完走時に 使用した燃料を競います。	55.87 / 100pt	23 位
総合		780.92/1000pt	4 位

3-3 大会を終えて

今シーズン目標としていたエンデュランス 10 位を大幅に上回る 3 位を獲得することができ，目標を達成することが出来ました。その他動的種目においても，昨年の成績を大きく上回ることが出来ました。また，静的審査においては，デザイン審査で TG05(2010 年)以来のデザインファイナル出場を果たし，3 位という成績を残すことができました。総合順位も目標を上回る過去最高の 4 位を獲得することができ，TUTFORMULA 初の表彰台に上がることができました。

その他賞として，デザイン賞 3 位，耐久走行賞 3 位，国土交通大臣賞，日本自動車工業会会長賞を受賞することができました。

4 TG09 の紹介

4-1 車輌概観

図 4-1-1 に第 12 回全日本学生フォーミュラ大会参戦車輌 TG09 の概観を示します。左側が，実際に製作した車輌です．これは，弊部で作製した右図の 3DCAD モデルを元にして製作しています．
車輌の設計には約 5 ヶ月，製作にも約 5 ヶ月を費やしています．

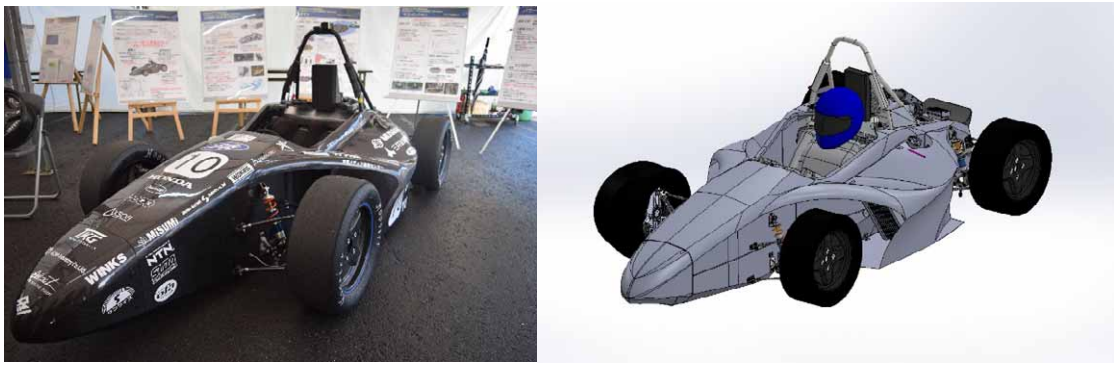


図 4-1-1　　TG09（左）および TG09 3D CAD モデル（右）

4-2　主要諸元

表 4-2-1　主要諸元

全長 / 全高 / 全幅	2870mm / 1407mm / 1083mm
ホイールベース/トレッド幅	1700mm / 1210mm
最低地上高	30mm
乾燥質量	205kg
エンジン	HONDA　PC40E　(CBR600RR)
最大出力（クランク軸出力補正値)	78.4ps / 10000rpm
最大トルク	5.4kgf-m/9000rpm
圧縮比	12.2

4-3　技術解説

・ コンセプト

2014 シーズン開発車輌 TG09 の車輌コンセプトは“コーナー脱出速度の向上”と定めました。昨シーズン開発車輌 TG09 では, 加速性能が問われるアクセラレーションの順位が高いのに対し, コーナーでの旋回性能が問われるスキッドパットやエンデュランスの成績がこれまでと同じように低いままでした。そのため，旋回性能の向上が必須と考え，今回はコーナー脱出速度に寄与する要素である「駆動力」,「限界旋回 G」,「応答性」の３つを開発指針としました。

・モノコック

ボディではコンセプト実現のため，低重心，比剛性，整備性，に着目しました。低重心では, 主にドライバー姿勢の改善を行いました。これによってドライバーの視線位置が低下したものの, 形状の工夫により，コース走行に十分な視界を確保しました。比剛性では，集中応力低減のために丸みを帯びた形状としました。整備性では，エンジン上部のフレームを分割式にして，エンジン脱着速度を約 60%短縮することに成功しました。

・カウル

昨シーズンと同様に，静岡文化芸術大学と共同でデザインチームを組み，車体外装のデザインについて検討を行いました。理詰めだけではない，いわゆる「感性」を大事にしたデザインを導入し，そのうえで機関冷却性能や空力性能といった機能性を失うことのないように，解析などを用いて形状を調整しました。今シーズンのデザインコンセプトは「地を這うような車輌」としてデザインしてもらいました。

・吸気系

吸気系では，低回転域でのトルクの向上を目指しました。これを実現するために，慣性効果が8000rpm，脈動効果が5500rpmで発生するよう，吸気管の長さを410mmとしました。排気系との相乗効果で，トルクピークを8000rpmまで下げることができました。吸気口をこれまでのものよりも上方に向けることにより，吸気温度を下げ，充填効率を向上させています。また，吸気系の全ての管内を研磨することで，壁面の摩擦抵抗を低減させています。

・排気系

排気系では，5000～7000rpm におけるトルクの向上と，フラットなトルク特性を得ることを目標に設計しました。そのために4-2-1集合のレイアウトとし，4本部と2本部の長さを純正排気管よりも長くし，6000rpm 付近で排気慣性効果と脈動効果が発生する長さで，等長になるようにしました。サイレンサーは排気抵抗が少なく軽量なチタン製ストレート型を採用しました。エキゾーストマニホールドの材質にはSUS304を使用することでコストを従来の1/3に押さえることができました。

・シート

シートは，ドライバーのホールド性を向上することを目指し，昨年度より大幅な形状の変更を行いました。まず腰部両脇を大きくせり上がらせ，またシート上部にはドライバーの肩を支えるような形状を追加しました。さらに，新たに発泡ウレタンを使用し各ドライバーの体型に合わせたクッションを製作しました。これらの取り組みにより，高いホールド性を実現することができ，ドライバーへの負担の低減，正確なマシンインフォメーションの伝達が可能になりました。

・サスペンション

TG09 のサスペンション開発に当たり，限界旋回 G と応答性が最も良くなる前後重量配分，ホイールベース，トレッド幅を算出しました。TG08 ではフロント寄りだった重量配分を TG09 はリア寄りの 45:55 とし，ホイールベースは TG08 から 150mm 延長して 1700mm としています。さらに，リアのトレッド幅を 100mm 拡大しています。また，TG08 で顕著に表れていたリアの不安定感を解消するために，コンポーネントのレイアウトやロール剛性の見直しを行うなど，TG09 ではサスペンションを一新しました。

5　TUT FORMULA の活動実績

表 5-1-1 に 2014 シーズンの主な活動内容を示します。

表 5-1-1　2014 シーズンの活動内容

日付	車輌・活動
2013 年 10 月	・ 新体制発足 ・ 技科大祭にて車輌展示とデモ走行を実施
11 月	・ スポンサー様への大会結果報告鈴鹿サーキットにて車輌展示とデモ走行を実施 ・ 日産サポート講座に参加 ・ 車輌設計（～3 月末）
12 月	・ 四輪駆動車試乗会に参加 ・
2014 年 1 月 ～3 月	・ 設計会議 ・ 図面作成，部品製作開始
4 月	・ 新入部員入部
5 月	・ 車輌安全性証明書類の作成，提出 ・ ものづくりセミナーを実施 ・ デザインレポートおよびコストレポートの作成・提出
7 月	・ 部品製作 ・ 車輌組立 ・ TG09 シェイクダウン
8 月	・ もてぎ試走会に参加 ・ 大会へ向けての試走 調整，模擬車検の実施
9 月 3 日～7 日	・ **第 12 回全日本学生フォーミュラ大会に参戦**





6　スポンサー紹介

2014 シーズンにご支援いただいたスポンサー（敬称略・順不同）を以下に記します。

資金支援	武蔵精密工業株式会社	三菱レイヨン株式会社
	CDS株式会社	有楽製菓株式会社
	宮川工機株式会社	日本インシュレーション株式会社
	共立産業株式会社	
	豊橋技術科学大学　未来ビークルシティリサーチセンター	

物品支援	三菱レイヨン株式会社	大同DMソリューション株式会社
	本田技研工業株式会社	ヘンケルジャパン株式会社
	トピー工業株式会社	有限会社高木木型
	株式会社WINKS	株式会社サンライズ
	AXSON JAPAN	ポップリベット・ファスナー株式会社
	ソリッドワークスジャパン株式会社	株式会社ミスミグループ本社
	サイバネットシステム株式会社	株式会社豊栄工業
	株式会社蒲郡製作所	株式会社レント
	有限会社ツゲプラセス	有限会社ガレージタカハシ
	株式会社オーファ	NTN株式会社
	株式会社和光ケミカル	幸田サーキット YRP 桐山
	株式会社協和興材	オートスタジオ・スキル
	株式会社ワークスベル	株式会社大和
	株式会社デンソー	昭和飛行機工業株式会社
	株式会社玉津浦木型製作所	住友電装株式会社
	三菱マテリアル株式会社	オーエスジー株式会社

物品支援	本田技研工業株式会社	株式会社ネクスト
	YSP豊橋南	伊藤レーシングサービス株式会社
	豊橋技術科学大学　研究基盤センター　工作機器部門	

個人支援	中西 利明	中村 克己
	畑内 慎也	前川浩規

OP会	奥田 裕也	田中 和宏	手塚 康瑛	岡田 隆志
	澁江 佑介	本田 祐介	戎野 由展	松本 卓也

7　ファカルティアドバイザより

豊橋技術科学大学 機械工学系 教授
自動車研究部顧問 兼 ファカルティアドバイザ　柳田 秀記

今年のチームも非常によくまとまっており，ほぼ予定通りに車輌製作を進めてきました。例年 4 月以降大会近くまで月曜から木曜は実験実習工場の時間外利用をお願いし，私や副顧問の安井准教授，光石助教と 3 人で工場の付き添いを交代でしておりました。しかし，今年度は時間外利用を 1 日もすることなく車輌を予定通りに完成させました。

車輌製作に注力するだけでなく，ドライバーの育成にも時間をかけるなど，好成績を期待させるものがありました。昨年の報告書では「トップ 5 も視野に入った」と記しましたが，それを早くも今年実現しました。来シーズンの一層の飛躍を期待せずにはおられません。

自動車研究部の活動は，スポンサー様からのご支援に加え，未来ビークルシティリサーチセンターを始めとする学内関係者各位からのご支援により成り立っています。優秀なエンジニア育成プロジェクトである学生フォーミュラ活動を展開する自動車研究部に対し，今後も引き続きご支援頂きますようお願い申し上げます。

8　チーム代表挨拶

豊橋技術科学大学　機械工学課程　学部 4 年
自動車研究部　2014 シーズン　部長　高橋　慶介

2014 シーズンの豊橋技術科学大学 自動車研究部の部長を務めました高橋です。全日本学生フォーミュラ大会に出場して 9 年目の 2014 シーズンでは，目標をエンデュランス 10 位以内と定め活動して参りました。車輌性能ではエンデュランスでのコーナー脱出速度に注目し，各設計担当が 0.1 秒でも縮めるために努力しました。その結果，目標を大きく上回るエンデュランス 3 位を獲得するとともに過去最高の総合 4 位に入賞することが出来ました。

1 年で車輌の設計・製作からセッティング等を行い大会に出場するのは簡単なことではありません。しかしながら，学生フォーミュラ活動を通じて部員一人一人が授業では得られない実践的な経験を積むことが出来たのではないかと思います。

これらの活動ができているのは未来ビークルシティリサーチセンター様をはじめ，私たちの活動を支えてくださったスポンサーの皆様，FA の先生方，その他たくさんの皆様のご支援の賜物です。ご支援頂きありがとうございました。2015 シーズンも部員一同，学生フォーミュラ活動を通じ，より一層成長していきたいと考えております。今後とも私たち自動車研究部 TUT FORMULA をよろしくお願い致します。

9　活動報告

2010～2014 シーズンの活動による活動・大会結果を記します。

2010 シーズン　製作車輌：TG05



コンセプトは Basic for Perfect ～軽量・低重心・低ヨー慣性モーメント～として, 車輌作成の基本となる 3 つの開発指針を定めました。これによって作成された車輌 TG05 は弊部 3 台目となるカーボンモノコック構造を採用しており，重量は 195kg と 4 気筒エンジンでありながら大幅な軽量化を実現しました。

大会では，デザイン審査 5 位と奮闘しましたが，総合は 44 位でした.

2011 シーズン　製作車輌：TG06



コンセプトは 2010 シーズンと同様に Basic for Perfect としましたが，開発指針は～旋回特性の向上・高パワーウエイトレシオ・操作効率の向上～と，2010 シーズンの大会を受けて，新たに 3 つを定めました。弊部 4 台目となるカーボンモノコック車輌 TG06 では TG05 からさらなる性能向上を目指して設計しました。結果として，モノコックシャシでは昨シーズンと同じ型を使いながらもねじれ剛性をそのままに軽量化を実現したり，ペダル，サスペンションアームも CFRP を採用することによって剛性を高めかつ軽量化を達成したりと，技術の熟成が見られました。

大会では，2010 シーズンから順位を 1 つあげ，43 位でした。

2012 シーズン　製作車輌：TG07



コンセプトは Basic for Perfect～軽量・低ヨー慣性・低重心～として製作を開始しました。TG07 はオートクロス審査において TOP 10 に入ることを目標に開発されました。2012 シーズンは，2010，2011 年度と車輌の故障によって全動的競技を完走することができなかったことを受け，テスト走行の時間を例年より多く確保しました。これによってドライバーの技能が向上しました。また，マネジメントにも重点を置き，作業時間の短縮を図ることによって，車輌のシェイクダウンを 3 週間ほど早めることが来ました。車輌については CFRP 部品を増やすことでさらなる軽量化に努めました。

大会では，総合 31 位で，2011 シーズンから 12 位，順位を上げることができました。

2013 シーズン　製作車輌：TG08



コンセプトはコーナー脱出速度の向上～駆動力・限界旋回 G・応答性～として製作を開始しました。これまで製作してきた車輌は，加速性能を問うアクセラレーションでは比較的上位に入っていましたが，旋回性能が求められるスキッドパッド・オートクロス・エンデュランスでの成績は伸び悩んでいました。また，年々コースがテクニカルになっていることから，動的審査で上位に入るためにはコーナーでのタイム向上が必要不可欠と考え，2013 年度の車輌からのステップアップとして，コーナーの脱出速度に注目して設計しました。2013 シーズンも過去 5 年間の車輌と同様に，安全性と比剛性に優れたカーボンサンドイッチパネルを用いたモノコックシャシ構造を採用しました。また，4 輪にカーボンホイールを搭載し，バネ下重量の大幅な軽量化を行いました。カーボンホイールを 4 輪搭載して走行したチームは，日本大会では弊部が初となりました。

大会では，総合 10 位と 2012 シーズンから大きく順位を上げました。その他賞として，日本自動車工業会会長賞，加速性能賞 3 位，最軽量化賞(ICV クラス)3 位をいただきました。

2014 シーズン　製作車輌：TG09



2013 シーズンの大会で目標の総合 10 位を獲得した私たちはさらに上位を狙うべく，動的審査に重点を置いた車輌製作をめざしました。その中でも配点が高く，総合力が問われるエンデュランスに着目し「エンデュランス 10 位以内」を目標に掲げました。

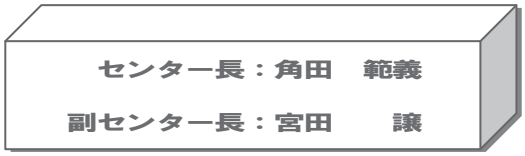
過去の車輌は旋回性能が弱かったため，開発コンセプトを「コーナー脱出速度の向上」とし，旋回性能の向上をめざしました。また，コンセプトを達成するためのサブコンセプトを「限界旋回 G の向上」，「駆動力の向上」，「応答性の向上」としました。2014 シーズンのカーボンモノコックは 4 年ぶりに新設計し，昨年に比べ高剛性・低重心となり整備性や冷却性能も大きく向上させました。また，パッケージングの大幅な変更により旋回性能を大きく向上させました。パワートレインではエンジンを PC40E に変更し吸気，排気ともに設計を一新しました。吸気では上方吸気への変更や各気筒への最大流量差の低減により充填効率を向上させました。排気では，脈動・慣性効果を利用し中低速域での駆動力向上を狙いました。その他最終減速比を変更する等により，駆動力の向上を達成しました。また練習走行を重ね，車輌性能の向上だけでなくドライバーの技術も高め，目標の達成に取り組みました。

大会では総合 4 位と過去最高の順位となりました。その他賞として，国土交通大臣賞，日本自動車工業会会長賞，デザイン賞 3 位，耐久走行賞 3 位をいただきました。

組織・構成

センターは、「低炭素社会と産業育成コア」，「低炭素社会と安全・安心社会コア」と「低炭素社会と先端省エネルギーコアから構成されています。

「低炭素社会と産業育成コア」と「低炭素社会と安全・安心社会コア」の２つの研究コアにそれぞれ複数の分野が設定されています。



低炭素社会と産業育成コア

- ▷ 自然・エネルギー分野
- ▷ 物流分野
- ▷ 環境分野
- ▷ 都市システム分野

滝川　浩史	電気・電子情報工学系教授	加藤　茂	建築・都市システム学系准教授
田上　英人	RCFVC* 客員准教授	岡辺　拓巳	建築・都市システム学系助教
廣畠　康裕	建築・都市システム学系教授	宮田　譲	建築・都市システム学系教授
松尾幸二郎	建築・都市システム学系助教	渋澤　博幸	建築・都市システム学系准教授
井上　隆信	建築・都市システム学系教授		

低炭素社会と安全・安心コア

- ▷ 安心・安全分野
- ▷ 自然エネルギー分野
- ▷ 環境分野

章　忠	機械工学系教授	櫻井　庸司	電気・電子情報工学系教授
今村　孝	RCFVC* 客員准教授	大平　孝	電気・電子情報工学系教授
金澤　靖	情報・知能工学系准教授	角田　範義	環境・生命工学系教授
田村　昌也	電気・電子情報工学准教授	後藤　尚弘	環境・生命工学系准教授
坂井　尚貴	電気・電子情報工学系助教	三浦　純	情報・知能工学系教授
		東城　友都	電気・電子情報工学系助教

先端省エネルギーコア

- ▷ 自然エネルギー分野

柳田　秀記	機械工学系教授	中川　勝文	RCFVC* 特定教授

*RCFVC：未来ビークルシティリサーチセンター

サスティナブルな社会における未来ビークルシティー事業

ー　低炭素社会における安全・安心なビークルシティー　ー

研究成果等最終報告書

発　行　　平成 27 年 3 月

発行者　　国立大学法人豊橋技術科学大学

未来ビークルシティリサーチセンター

〒441－8580　愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1－1

国立大学法人 豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター
〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
電話（0532）44-6574