

### 1. 交通弱者のための交通システム

#### 1-1 ドライバの個性に着目した社会共生型安全運転支援に関する研究

機械工学系 章 忠, 三宅 哲夫, 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う。

本報告では、その基礎技術として、主に（１）ドライバ行動計測、および（２）ドライバ心理に関する研究成果を報告する。（１）ドライバ行動計測としては、主にドライバの視線行動の計測・評価技術について研究を行った。また（２）ドライバ心理としては、従来のあせりやイライラといった負の心理要素に対して、これを改善する正の心理要素実現に向けた実験デザイン手法、およびドライバ表情の変化から心理状態を推定する手法について研究を行った。

#### （１）ドライバ行動計測に関する研究

##### 1) 眠気早期検出のための眼部情報検出手法に関する検討

###### ①はじめに

近年の日本では交通事故の件数も増える傾向にあり、交通事故の主な原因のひとつは居眠り運転である。またその前兆として運転中の注意・意識レベルが低下する現象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<sup>(1-1)</sup>。そのため、眠気を早期に検出できるシステムが構築できれば、ドライバに警告を与え、交通事故を未然に防ぐことができる。眠気を検出する方法としてドライバに負担の少ない方法は顔表情変化を用いる方法である。その中で最も眠気に関係があるのは目の動きである。眼球運動のひとつであるサッケードは眼球の跳躍運動である。また、眠気が発生する際に、眼球速度の低下と共に、サッケードの発生頻度が低下するといった関連性がある<sup>(1-1)</sup>。そこで、本研究ではこのことを利用した眠気判定方法を検討する。被験者の顔画像を画像処理し、黒目の位置を検出する方法を用いる。精度検証には接触型計測方法であるEOG(electro-oculography)を併用し、その計測結果と画像から求めた眼球移動データとの比較を行う。

## ②実験方法

本研究では画像計測システムを用い、EOG と同期しながら 60[fps]のフレームレートで画像撮影を行って眼球速度を計測した。移動標識を表示するディスプレイは被験者から 610[mm]離れた前方に設置し、カメラは被験者の正面に 900[mm]離れているところに固定している。被験者は顔をあご乗せ台にて固定され、目のみで移動標識を追跡するように指示された。ディスプレイに表示される視標は横往復移動の 3 種類をそれぞれ 0.3[Hz], 0.5[Hz], 1[Hz]とし、各種類を 30 秒間表示した。また、EOG の計測においては、右眼の周りに電極を配置し、水平の EOG 波形を記録した。EOG のサンプリング周波数は 1[kHz]に設定した。

## ③実験結果

3 種類の視標移動より、視標の移動速度が高くなるほどインパルスの発生頻度が高くなる。ここで、視標移動が最も速い 1[Hz]のときの実験データで検証を行った。10.4–12.4[s]の間の EOG を切り出し、図 1–1–1 に示す。図に示すように、サッケードは視標の移動周期にほぼ同期して発生するが、発生時刻や持続時間が不規則である。一方、図 1–1–2 は画像から得た眼球速度結果であるが、図 1–1–1 と比較して波形はよく一致している。そこで、すべての計測時間において、画像計測により得たサッケード発生区間での最大眼球速度と同区間での EOG 値との相関係数を求めた。ただし、本報では 30[pixel/s]を超えた眼球速度をサッケードとした<sup>(1-1)</sup>。図 1–1–3 に示すようにサッケードの最大眼球速度と EOG の値の相関係数は 0.94 となり、両方の計測値の間に強い相関関係があることが分かった。

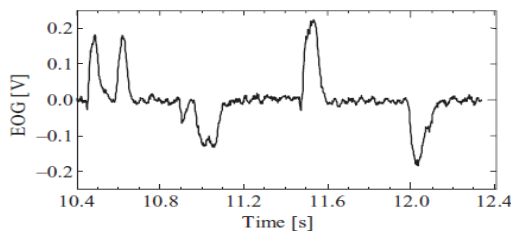


図 1–1–1

10.4–12.4[s]領域における EOG

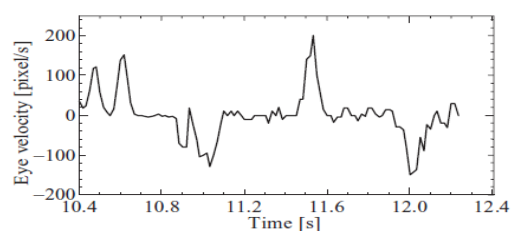


図 1–1–2

10.4–12.4[s]における画像処理による

眼球速度計測結果

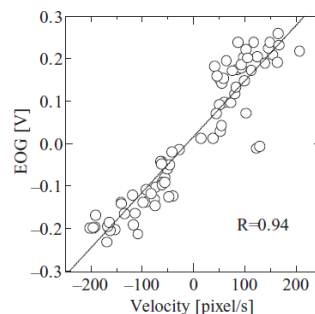


図 1–1–3 EOG と画像処理による眼球速度結果の相関

#### ④おわりに

本研究では画像を用いた眼球速度計測システムを構築し、その計測結果を同時に計測した EOG の結果と比較することで、計測システムの計測精度を検証した。その結果、眼球運動の計測精度は、信頼性の高い EOG とほぼ一致していることがわかり、サッケードのように高速な眼球運動に対しても、本計測システムが適用可能であることが確かめられた。

(章 忠, 三宅 哲夫, 今村 孝, Ahmad Fathullah Bin Rahim)

## 2) 単眼カメラを用いた安全運転支援システムのための視線計測

### ①はじめに

近年、最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に、Intelligent Transport Systems(ITS)という新しい交通システムが盛んに開発されている<sup>(1-1-3)</sup>。実用化されているものでは、ETCによる自動料金収受システムや、VICSによるナビゲーションシステムの高度化が挙げられ、交通渋滞の解消に役立っている。交通事故を防止する目的では、見通しの悪いカーブなどで対向車が来ていることを知らせるシステムなどがある。しかし、交通事故の大半がドライバーの注意不足である事から<sup>(1-1-4)</sup>、ドライバーの状態を推定し、注意不足を解消できるシステムが交通事故の防止に有効である。そこで、我々はカメラを用いてドライバーの集中度を推定する事を目的としている。

### ②システム概要

我々が提案している安全運転支援システムは、車内に2台のカメラを設置し、1台は車両前方を撮影し、もう1台がドライバーの顔を撮影する。(図1-1-4)ドライバーの顔画像からドライバーの視線方向を計測し、車両前方画像から注視すべき対象物体を検出する。その2つの情報から、ドライバーが何をみているかを判断し、ドライバーの集中度を推定する。

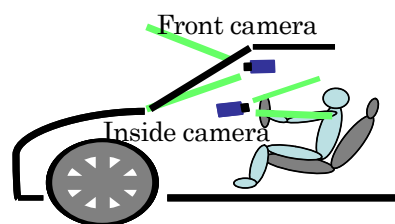


図1-1-4 安全支援システムの概略図

### ③視線計測手法

本提案手法における視線計測の手順を以下に示す。

- i) Active Shape Model<sup>(1-1-5)</sup>を用い、顔の特徴点を検出する
- ii) 顔の特徴点の中から、目の領域を抽出し、モルフォロジー演算により、黒目のみの画像に変換する
- iii) 黒目の図心を取り、両黒目の図心の中央(図1-1-5内 a)と目尻、目頭などの特徴点から得た基準点(図1-1-5内 b)と比較し、その距離によって視線の角度を計測(水平方向のみ)する



図 1 - 1 - 5 視線方向計測時の画像処理例

#### ④視線計測実験結果

③に示した手法を用い、1[m]の距離のディスプレイに-10[deg]～10[deg]に5[deg]刻みに視標を表示し、顔は固定せず、その視標を注視する実験を行った。結果を図1-1-6に示す。

この視線計測実験の結果、視線計測の標準偏差は1.1～1.3[deg]で、最大値-最小値は5.2～8.5[deg]であった。

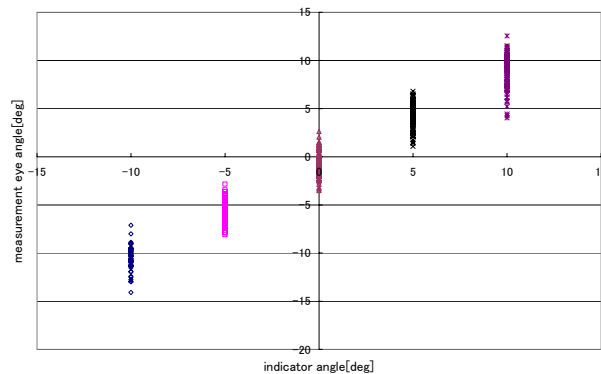


図 1 - 1 - 6 提案手法による視線方向計測の結果

#### ⑤おわりに

本報告で提案した、黒目の図心をとる手法では、水平方向の黒目の中心は精度よく計測ができている。一方、垂直方向の眼球運動では、黒目が目蓋で隠れる部分が多いので精度が確保できていない。安全運転支援システムの構築においては、水平方向のみの視線方向では確実に注視行動をモニタリングできないため、垂直方向への対応は必須であり、今後、黒目の可視化可能な部分のみを用いて楕円フィッティング処理などを行い、視線計測精度の向上を目指す予定である。

(三宅 哲夫, 今村 孝, 章 忠, 藤本 準, 松永 惇)

### 3) ドライバの注視行動計測に基づく運転集中度の検出

#### ①はじめに

近年の交通安全運動や ITS 技術の発達により、交通事故死傷者数は平成 21 年度を含めて 5 年連続で減少したが、依然として高い水準にある<sup>(1-14)</sup>。交通事故の原因の多くは居眠り運転や漫然運転といったドライバーの集中力不足である。従ってドライバーの運転状態を評価するシステムにより集中力低下を検出し、ドライバーに警告することで事故を未然に防ぐことが出来ると考えられる。

前節で示したとおり、本研究室では、車に二台の単眼カメラを設置し、ドライバーの運転状態を評価するシステムを提案している。図1-1-4に示したシステムにおいて、カメラのうち一台は車両前方を撮影し、通常の運転状態で注視する可能性のある物体を検出する。もう一台はドライバーの顔を撮影し、ドライバーの視線を推定する。本節では、二台のカメラから得られる注視対象とドライバーの視線の情報を統合することにより、注視行動の妥当性を判断し運転状態を評価する方法を提案する。

ドライバーの運転集中度は次の手順により決定する（図1-1-7）。まず、車両前方カメラで撮影した画像から標識と車両を抽出し、過去のそれぞれの抽出結果を参考にドライバーが注視する対象の優先順位を決定する。次に車内カメラで撮影した画像から視線を計測する。そして視線ベクトルを車両前方カメラの画像平面に投影し、注視行動を評価する。この結果得られる値を集中度定数と定義し、これを積分することで瞬時集中度を、瞬時集中度を積分することで運転集中度を決定する。

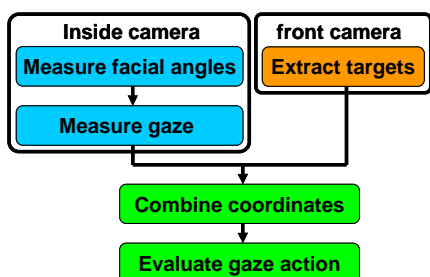


図1-1-7 提案手法のフローチャート

## ②座標系の統合

提案手法では、車両前方カメラから得られる画像平面に、車内カメラから得られる視線ベクトル  $v_{gaze}$  を投影する必要がある。この関係を図1-1-8に示す。世界座標系は車両前方を撮影するカメラの座標系に一致させ、 $\Sigma_2(o_2 - x_2 y_2 z_2)$  とする。顔を撮影するカメラの座標系  $\Sigma_1(o_1 - x_1 y_1 z_1)$  は、 $\Sigma_2$  に対して回転運動  $R_{21}$ 、並進運動  $t_{21}$  が加わっている。 $\Sigma_1$  における視線の  $y_1$  軸を中心とした回転の角度を  $\theta_{gaze}$ 、 $x_1$  軸を中心とした回転の角度を  $\psi_{gaze}$ 、 $\Sigma_1$  における  $v_{gaze}$  の並進運動を  $t_{10}$  とおき、車両前方画像に投影した視線ベクトル  $v_2$  を次式で示す。

$$v_2 = \begin{pmatrix} -v_{gaze} \sin \theta_{gaze} - t_{x10} + t_{x21} \\ v_{gaze} \sin \psi_{gaze} + t_{y10} + t_{y21} \end{pmatrix}$$

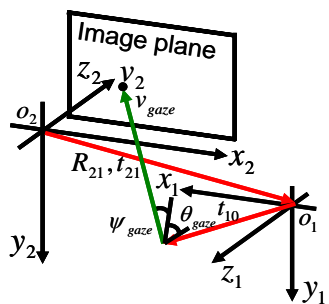


図1-1-8 提案手法における座標系

### ③注視行動の評価

ドライバの運転集中度は現在までの走行環境が影響するため、瞬時的に変化するものではなく、持続的に変化すると考えられる。提案手法では、注視行動は対象を注視する時間、同一対象を注視する回数、視覚特性に基づく注視の優先順位、および視線のばらつきにより評価する。各条件に対して注視行動が適切であれば集中度定数 $\alpha$ を増加させ、不適切であれば $\alpha$ を減少させる。ドライバが注視行動を行うたびに注視行動を評価し、その結果に応じて $\alpha$ を更新する。 $\alpha$ は瞬時集中度 $p$ に加算し、 $p$ は集中度 $Cr$ に加算する。 $Cr$ を監視することでドライバの集中度、即ち集中力の低下を検出する。

### ④おわりに

本報では、ドライバの注視行動から集中力低下を検出する手法を提案した。今後は時系列画像を用いてシステムの有用性を検討する。

(三宅 哲夫, 今村 孝, 章 忠, 松永 惇, 藤本 準)

## 4) ハンドル操作における動作特徴の抽出とそのアトラクタ表現

### ①はじめに

交通事故や交通違反の経験頻度には個人差のあることが知られている。そのため予防安全に向けた取り組みの一つとして、各ドライバの運転技能・特性の違いを知ることは重要である。本稿では、ハンドル操作における動作特徴をその前腕運動に応じた加速度・角速度データから抽出し、これを非線形力学系におけるアトラクタとして表現する方法を述べる。本手法では、まず、ドライバの前腕運動を無線加速度・角速度センサをもちいて無拘束で計測する。つぎに、計測データを可視化のために主成分分析によって低次元の空間に写像する。その後、低次元化されたデータに対しクラスター分析をおこない、ハンドル操作動作を分節化する。さらに、分節化されたデータを非線形力学系におけるアトラクタによって表現し、岡田ら<sup>(1-1-7,1-1-8)</sup>によって提案された設計手法に基づき連続的記号空間を導く。このとき、分節化されたひとつの動作は記号空間の一点として表される。また、設計された記号空間は、ハンドル操作動作における動作の大きさや素早さといった抽象化された動作情報を含んでいると考えられる。この記号空間を利用し、ドライバごとのハンドル操作動作の違いを観察する。その結果、本手法によって各ドライバの運転技能の特徴を把握できることを示す。

### ②軌道アトラクタによる運動記述

身体の動きを伴う人の運動は、物理法則に従うある力学系として表現できる。ところが、人の身体は多くの関節と筋肉から構成され、数理モデルとして記述するには自由度が非常に高く、またそれらのパラメータを同定することも一般には困難である。本報告では、 $n$ 次元状態空間内へ観測された時系列を展開することで閉曲線軌道を構成し、これより計測信号のダイナミクスを再構成する図1-1-9に示す方法を提案した。

## ■運動データからの記号空間構成

本節では、運動データから人の動作特徴を抽出し、これを非線形力学系により分析する手法を新たに提案する。本手法では、図1-1-9に示すように手続きごとに4つの空間を定義し、運動データを抽象化する。

- ・計測空間：モーションセンサによる身体動作計測
- ・信号空間：運動データの低次元化とその分節化
- ・状態空間：分節化された運動データからの軌道アトラクタの構成とその力学系への埋め込み
- ・記号空間：力学系パラメータのある類似性に基づいた空間内への配置

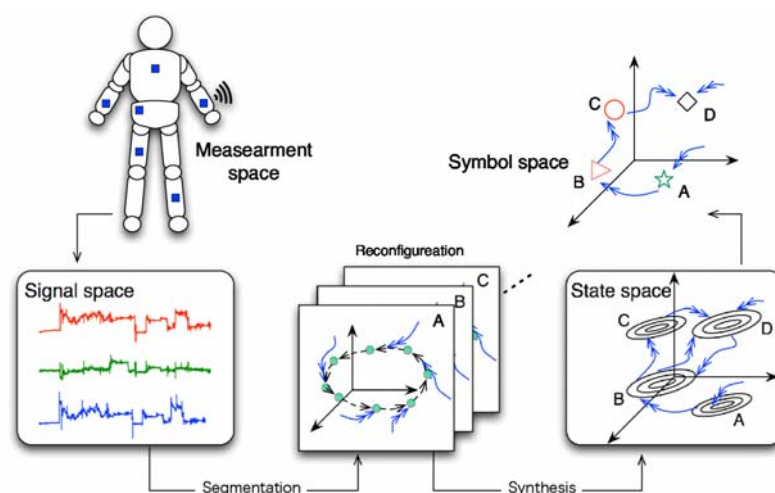
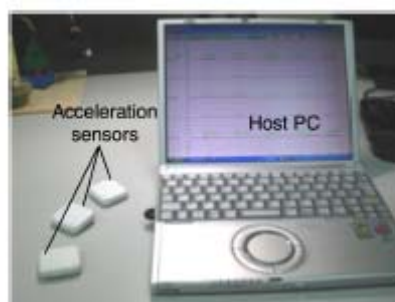


図1-1-9 非線形ダイナミクスを用いた人間動作解析に関する提案手法の概略

## ■身体運動の計測

まず、3軸モーションセンサによって前腕運動に伴う加速度・角速度を無拘束で計測する。計測には、ATRPromotions社WAA-006(W:39[mm]×H:44[mm]×D:12[mm], 20[g])を使用し、2つのセンサを左右両手首にそれぞれリストバンドにより装着した。サンプリング周波数100[Hz]とし、ホストPCへBluetooth無線により計測データを送信する。各サンプル時刻ごとにx; y; z軸の加速度・角速度がそれぞれ計測される。図1-1-10に計測システムおよびドライバへの装着例をそれぞれ示す。



(a)センサユニット構成



(b)センサ設置例

図1-1-10 3軸モーションセンサを用いた運転操作計測システム

## ■運動データの分節化

つぎに、計測した運動データを分節化する。ここでは、人の振る舞いは、基本的な運動パターンの組み合わせからなる、と考える。計測した運動データからこの基本的な運動パターンを抽出するためには、動作の切り替えポイントごとにデータを分割する必要がある。代表的な手法として、クラスタリング法やダイナミクスの収束点に基づく方法がある。本稿では、観測された時系列から基本的な運動パターンを見いだすために、クラスター分析により、データを類似する部分系列の集合に分割した。その前処理として主成分分析による低次元化やウェーブレット解析による特徴量抽出を行った。その後、軌道アトラクタの抽出、記号空間の構成を経て、ハンドル操作動作解析への応用を試みた。

## ■ハンドル操作動作解析への応用

提案手法によって、ハンドル操作動作における動作特徴を記述できるかを検討するために、単純な前腕運動を計測した。左右前腕を前後に繰り返し振り出しながら、振り出しの大きさ・早さを10[sec]おきに変化させた（P1:小さく・ゆっくり→P2:小さく・素早く→P3:大きく・ゆっくり→P4:大きく・素早く）。収集したデータは、カットオフ周波数12.5[Hz]のローパスフィルタにより、身体動作に関係のない成分を除去した。図1-1-11に記号空間の設計結果を示す。図示するように、抽出された4つの力学系パラメータを線形補間し、合計63個のパラメータから記号空間が導出された。この空間内で、運動パターンP1からP4への遷移を記号M1からM4で表現できていることが確認できた。

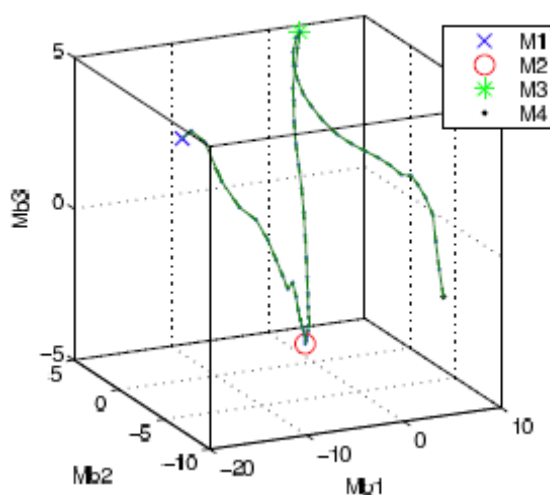


図1-1-11 ハンドル操作動作からの記号空間設計結果

## ③おわりに

人の身体のような大自由度系の運動について、その数理モデルを構築することは一般に困難を伴う。この問題に対し、本稿では、観測された時系列データから人の動作特徴を抽出し、これを非線形力学系により分析する方法を述べた。本手法では、(1) ウェアラブル型のモーションセンサにより身体動作を計測し、(2) 観測された時系列から身体動作のダイナミクスを再構成し、



その特徴を記号空間内で記述した。ハンドル操作を想定した前腕運動に本手法を適用し、動作の連続的な遷移過程を低次の空間で表現することができた。また、同空間を利用して、被験者間内の違いを考察することは、今後の課題である。

(章 忠, 今村 孝, 三宅 哲夫, 秋月 拓磨)

## (2) ドライバ心理に関する研究

### 1) 自動車運転時における心理実験のデザインとその効果の検証

#### ①はじめに

近年、自動車事故とその死傷者の増加を未然に防ぐことを目的とした予防安全装置の開発・実用化が進められている。この自動車事故原因としては、特に全体の約 75 %が漫然運転などのドライバの不注意によって引き起こされている<sup>(1-4)</sup>。また、その原因は、あせりや苛立ちなどの心理的な要因があると考えられ、心理分野に着目した安全運転支援システムの構築が必要とされている。しかし、人間の心理という不確定な要素を推定・認識することは容易ではなく、その真値に関する十分な検討もなされていない。

そこで本研究では、心理状態の変化を量的に捉え評価・コントロールする要素の検討による、予防安全システム構築を目指している。このうち、心理状態の定量化手法として、運転実験に関する従来研究の知見に基づき、ドライバ（以下、被験者）の心理状態を、任意に実現しうる運転時心理実験デザインの基礎的検討を行う。そしてアンケート調査、生体生理指標、被験者の口述により、被験者の心理状態との整合性を検証し、提案する実験デザイン手法の妥当性を検証する。

#### ②運転時心理実験のデザイン

本章では、ドライビングシミュレータ（DS）を用いた運転時心理実験の実験設定（デザイン）を検討・提案する。従来、被験者の心理状態は、運転行動のほか、発汗量、脈拍などの生理指標を用いた評価により、特にストレス要素や不注意といった負の心理要素の抽出がなされてきた。そこで、本研究では、従来知見にもとづき、ドライバを一旦、明らかに負の心理状態とさせ、そこから適正状態へ復帰させる心理実験設定を提案する。これにより、心理状態の復帰に効果のある要素・要因についても検討する。

次節では、被験者に対する、任意のストレス付与とその復帰状況の検出方法を検討する。

#### ■運転時心理実験

本研究では、ストレス付与要素として、運転環境と知覚情報の 2 点について検討した。まず、被験者に対し、運転環境ストレスとしてタイムトライアルを課し、また、知覚情報ストレスとしてホワイトノイズ音を提示した。

一方、ストレスからの復帰要素として、音楽を取り入れた。ここでは、被験者の好みの音楽と、自律神経のバランスを整えるセラピーCD「自律神経にやさしい音楽（牧野真理子医学博士監修株式会社デラ）」の 2 点を実験に適用する音楽とした。なお、好みの音楽については、個人適合性を考慮し、被験者自身に持参するよう依頼した。以上の運転環境、知覚情報を用いて、それぞ

れのストレス要素の適切性および音楽が与える効果を検証する。

## ■計測項目

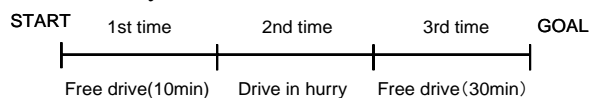
本研究では、心理状態評価のため、生理データ収集とアンケート調査を実施した。まず、生体データとしては、心拍情報を採用し、多機能ワイヤレスホルタ型計測器（株式会社メディリンク製 carpod）を被験者に装着させた。一方、アンケート調査としては、SD（Semantic Differential）法で作成した筆記式アンケートおよび口頭アンケートの2種類を、いずれも実験実施後に実施した。筆記式アンケートには、対比する形容詞を文献<sup>(1-12)</sup>より選出し、提示された音楽およびDSの乗り心地などに関するアンケートとした。口頭アンケートでは、実験の様子をビデオ録画し、実験後に被験者と実験者で確認しながらアンケート回答を行う形を採用した。アンケート項目は「眠気の有無」「どんな気分であったか」「DSの操作性の違和感」の3点を中心に質問した。またその実施箇所は、被験者の心理状態の変化が予想される13箇所を予め抽出し設定した。

### <First day>

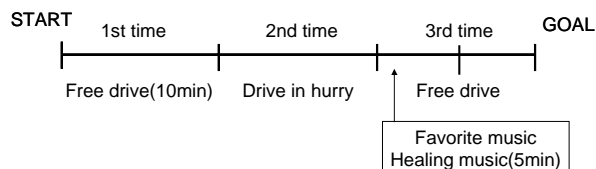
- DS practice (5times)
- listen to favorite music (\*)
- listen to healing music (\*)
- listen to white noise (\*)

\* : 5min in a sitting posture without driving operation

### <Second day>



### <Third day>



### <Fourth day>

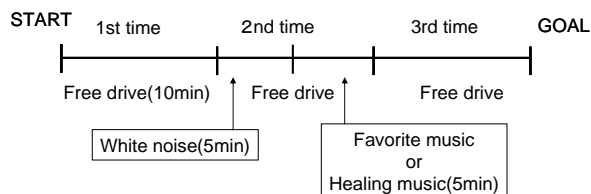


図 1-1-12 提案する実験の流れ

## ■運転時心理実験手順の提案

以上の実験条件から、DSを用いた運転時心理実験手順を提案し、実施した。本研究における実験は、本学ヒトを対象とする実験計画申請の上、十分な説明の後インフォームドコンセントを得た被験者5名の協力を得た。そして各被験者に対し、1日約3時間の実験をのべ4日間実施した。このうち、心拍情報については、その日内変動を記録するため、計測器を10時から18時まで装着させて記録した。また、DSは実車とは操作性が異なり、慣れるまでに時間がかかるため、操作性の違和感による被験者心理への影響を考慮し、DS運転予備実験を含めた。実験の手順を

図1-1-12に示す。なお、タイムトライアルは、1日目の乗車実験時の平均走行タイムの、その1分短いものを目標値として被験者に指示した。

### ③実験・解析結果

上記の運転時心理実験を行い、取得した計測項目を個々に分析した。まず心拍情報はソフトウェアで心拍数、副交感神経・交感神経の亢進指標などを算出した。アンケートデータは、筆記式アンケートに関して主成分分析を行い、それをもとにクラスタ分析を行った。

#### ■心拍データの分析

心拍情報からR-R間隔（1心拍内に生じる心電ピーク値間の時間間隔）を算出し、それをもとに副交感神経・交感神経の亢進指標を算出した。本研究では、生体情報を計る指標として多く採用されている<sup>(4-1-11)</sup>、SDNN（NN間隔標準偏差値）とHF（副交感神経の指標）、LF/HF（交感神経の指標）を採用することにした。

また分析区間はストレス付与前(scene1)、ストレス付与中(scene2)、音楽提示中(scene3)、音楽提示後(scene4)の4箇所とし、各5分間とした。結果の一例を、表1-1-1に示す。

表1-1-1 実験3日目における「好みの音楽」聴取時の分析結果

	scene1	scene2	scene3	scene4
SDNN	40.383	28.647	43.504	41.601
HF	15	14	16	12.9
LF/HF	0.9	0.6	0.8	1.2

表1-1-1に示す例と同様に、ほとんどの実験でscene2では、交感神経の亢進指標が下降し、scene3では副交感神経の亢進指標が上昇していた。このことから、音楽を提示したことにより副交感神経が亢進し、リラックスが得られたことが示唆される。

#### ■筆記式アンケートの主成分分析

筆記式アンケートに対しては主成分分析を行い成分抽出を行った。その結果DSに関するアンケートでは3成分、音楽に関するアンケートでは2成分が検出された。なお、主成分分析では、文献<sup>(4-1-12)</sup>をもとに寄与率60%の主成分を採用した。そして主成分に含まれていた形容詞成分をもとに、それぞれを快適成分、注意力成分、安静成分、好感成分、覚醒成分と命名した。

#### ■筆記アンケートのクラスタ分析

次に前節の主成分分析結果にもとづき、クラスタ分析を行った。その結果、DSに関するアンケートは8つ、音楽に関するアンケートは4つのクラスタに分類された。それぞれのクラスタにおいて、各成分の寄与度に応じて表1-1-2、1-1-3のような命名を行った。

また、DSに関するアンケートについて、前掲した分析区間に対する分類状況を分析した結果、表1-1-4に示すようにストレス中はイライラや疲れ、眠気など、運転に不適切と考えられる状態に分類されていることがわかった。一方、音楽中は、好みの音楽提示時において運転に適切な状態に40%、興奮状態に50%分類された。また、音楽に関するアンケートに関しても同様の

分析区間で解析した結果、表 1-1-5 に示すようにホワイトノイズ提示時に不快な状態を表すクラスタに 100%分類されることを確認した。

以上のクラスタ分析の結果、ホワイトノイズとタイムトライアルは、いずれもストレスを与える要因として有効であることが示唆された。

表 1-1-2 DS に関するクラスタ命名結果

cluster1	irritation
cluster2	relax & sleepy
cluster3	loose
cluster4	tired
cluster5	appropriate to driving
cluster6	sleepy
cluster7	haste
cluster8	excitement

表 1-1-3 音楽に関するクラスタ命名結果

cluster1	good feeling
cluster2	good feeling & concentration
cluster3	unpleasantness
cluster4	good feeling & sleepy

表 1-1-4 DS に関するクラスタ分類状況

	ratio(favorite)	ratio(helling)
cluster1	0.5	0.5
cluster2	0	0.2
cluster4	0.4	0.1
cluster6	0.1	0.2

表 1-1-5 音楽に関するクラスタ分類状況

	ratio
cluster1	0
cluster2	0
cluster3	1.0
cluster4	0

#### ④おわりに

本研究では、自動車運転時の心理状態を計測・推定を目的とし、運転時心理実験設計手法の提案とその検証を行った。実験・解析の結果、定量的データにおいて、音楽による心理状態の復帰効果が、定性的データによって実験時のストレス提示方法の妥当性がそれぞれ示唆された。これにより、提案した実験デザインの有効性を確認した。今後は、被験者数の増加、計測情報の更なる評価・分析によるより自由度の高い実験設計手法の確立が望まれる。

(今村 孝, 章 忠, 三宅 哲夫, 笠井 かおり)

## 2) 顔部位の時間変化量を用いた表情推定

### ①はじめに

表情は、ヒトの状態や意図を良く表しており、意思伝達において大きな役割を果たしている。また、低負荷なマンマシンインターフェースが求められている。そこで、マシンがヒトの表情を認識できれば低負荷な入力により良い対応が期待できる。しかし、従来研究の表情を入力とするインターフェースは、事前にヒトの表情の基準となる情報が必要であるため、その取得に時間を要する。そこで、本研究では基準情報を必要とせずに、6 表情(幸福, 悲しみ, 怒り, 驚き, 嫌悪, 恐怖)と平常顔の検出が可能な、認識手法の構築を目標とする。

## ②特徴量の検出

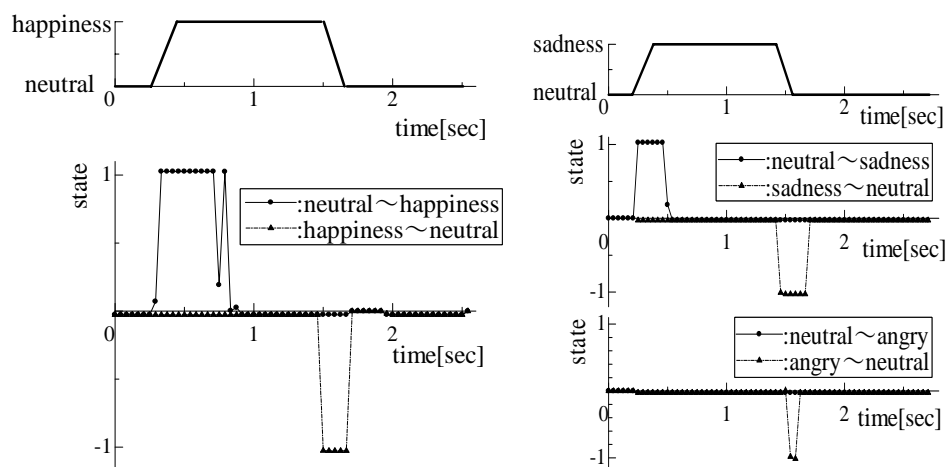
基準顔（平常顔）からの目頭や眉の端点などの特徴点移動量（以下、特徴量）は、頬や額の部分で動きを捉えることが困難である。そこで、本研究では端点を必要としない顔部位の特徴量検出のためにオプティカルフローを用いる。このオプティカルフローを用いた特徴量の検出は、1フレーム前の画像を基準とする。そのため、基準顔を必要としない。図1-1-13に特徴量の検出結果を示す。特徴量の検出場所は、図1-1-13で示す格子上の交点とした。このときの特徴量検出数は400である。図1-1-13では、被験者が口角を上げる動作をしており、提案手法により、口の動きの特徴が捉えられていると考えられる。



図1-1-13 オプティカルフロー検出結果の一例

## ③表情の推定

表情を識別する識別器として階層型ニューラルネットワーク（以下、NN）を用いた。学習は顔の特徴量とそのときの表情を入力として行なった。NNの入力層は、特徴量の数である400とした。出力層は、平常顔から6表情への変化、6表情から平常顔への変化の検出を目的とし、12とした。また、中間層を入力層と同じ400とした。図1-1-14に表情変化の動画像を入力としたNNの出力結果を示す。



(a) 平常顔—幸福顔の変化

(b) 平常顔—悲しみ顔の変化

図1-1-14 表情変化の認識結果

図1-1-14の縦軸は表情変化の状態を表しており1は平常顔からの変化を表し-1は平常顔への変化を表す。図1-1-14(a)は、0.3[sec]に平常顔から幸福顔へ変化し、1.5[sec]に平常顔へ戻る動画を入力とした結果である。このとき、幸福顔の変化だけを検出できた。しかし、図1-1-14(b)の1.4[sec]に悲しみ顔から平常顔へ戻る区間では、悲しみ顔から平常顔と怒り顔から平常顔への変化が検出された。これは、悲しみ顔から平常顔への変化時に現れる眉間に寄せた眉と下がった口の両端が元に戻る動きが、怒り顔から平常顔への変化時に現れる動きと同様であるために生じた誤検出と考えられる。表1-1-6に表情変化の検出率を示す。

表1-1-6 提案手法による表情認識率

Expression	Recognition ratio	Expression	Recognition ratio
neutral~happiness	66.7 %	happiness~neutral	100 %
neutral~sadness	75 %	sadness~neutral	25 %
neutral~angry	75 %	angry~neutral	50 %

半数以上の表情変化において60%以上の高い検出率が達成できていることから提案した手法の有効性が示唆されたといえる。ただし、一部の表情では25%までの検出率の低下が確認でき、その理由は同様の特徴量変化を有する表情変化が存在することである。

#### ④おわりに

本研究では、オプティカルフローを用いて顔部位の時間変化量を検出し、これを特徴量とすることで、基準となる顔情報を必要としない特徴量検出手法を提案した。また、この特徴量を入力としてニューラルネットワークを用いることで表情を推定した。

(三宅 哲夫, 今村 孝, 章 忠, 松本 卓也)

### (3) 研究発表実績, 今後の課題

本研究テーマについては、平成22年度において、以下の研究発表を行った。

#### ■学術論文投稿

1. 章忠, 鈴木直也, AHMAD FATHULLAH Bin Rahim, 今村 孝, 三宅哲夫, 画像解析による高速眼球運動速度の計測システムの開発, 日本機械学会論文集C編, Vol.76, No.772, pp.3438-3445, (2010.12)

#### ■国際学会論文発表

1. T. IMAMURA, T. TAKAHASHI, Z. ZHANG and T. MIYAKE, Estimation for Driver's Intentions in Straight Road Environment using Hidden Markov Models, Proc. of IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics(SMC2010, Oct. 10-13, 2010, Istanbul, Turkey), pp.2971-2974.
2. Zhong Zhang, Ahmad Fathullah Bin Rahim, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, Detection of Saccade Using Image-Based Measurement System to Estimate Early Signs of Drowsiness,

- International Conference on Innovative Computing, Information and Control 2010 (ICICIC2010, Dec. 20-22, 2010, Xi'an, China), ICIC Express letters, Part B: Applications, Vol. 2, Num. 3, June 2011 pp.635-640
3. Tetsuo Miyake, Takuya Matsumoto, Takashi Imamura and Zhong Zhang, Estimation of Facial Expression from Its Change in Time, International Conference on Innovative Computing, Information and Control 2010 (ICICIC2010, Dec. 20-22, 2010, Xi'an, China), ICIC Express letters, Part B: Applications, Vol. 2, Num. 3, June 2011 pp.641-646
  4. Takashi Imamura, Hagito Yamashita, Zhong Zhang and Tetsuo Miyake, A Study of Classification for Driver's Normality Using Cooperativeness of Driving Behaviors, International Conference on Innovative Computing, Information and Control 2010 (ICICIC2010, Dec. 20-22, 2010, Xi'an, China), ICIC Express letters, Part B: Applications, Vol. 2, Num. 3, June 2011 pp.647-652
  5. Tetsuo Miyake, Jun Fujimoto, Makoto Matsunaga, Takashi Imamura and Zhong Zhang, Measurement of Viewing Direction for Safety Driving Support System with Monocular Camera, International Conference on Innovative Computing, Information and Control 2010 (ICICIC2010, Dec. 20-22, 2010, Xi'an, China), ICIC Express letters, Part B: Applications, Vol. 2, Num. 3, June 2011 pp.653-658
  6. Md Rizal Othman, Zhong Zhang, Takashi Imamura and Tetsuo Miyake, Driver Inattention Analysis Using Neural Network Based Nonlinear ARX Model, International Conference on Innovative Computing, Information and Control 2010 (ICICIC2010, Dec. 20-22, 2010, Xi'an, China), ICIC Express letters, Part B: Applications, Vol. 2, Num. 3, June 2011 pp.679-686

#### ■国内学会発表

1. 松永惇, 藤本準, 三宅哲夫, 今村孝, 章 忠, ドライバの注視行動計測に基づく運転集中度の検出, 平成 22 年度電気関係学会東海支部連合大会, pp.E4-3 (2010.08.30-31)
2. 松本卓也, 三宅哲夫, 今村孝, 章 忠, 顔部位の時間変化量を用いた表情推定, 平成 22 年度電気関係学会東海支部連合大会, pp.P5-1 (2010.08.30-31)
3. 藤本準, 松永惇, 三宅哲夫, 今村孝, 章 忠, 単眼カメラを用いた安全運転支援システムのための視線計測, 平成 22 年度電気関係学会東海支部連合大会, pp.P5-4 (2010.08.30-31)
4. Ahmad Fathullah Bin Rahim, 章 忠, 今村 孝, 三宅 哲夫, 眠気早期検出のための眼部情報検出手法に関する検討, 平成 22 年度電気関係学会東海支部連合大会, pp.Po22\_2 (2010.08.30-31)
5. 秋月拓磨, 章 忠, 今村 孝, 三宅哲夫, ハンドル操作における動作特徴の抽出とそのアトラクタ表現, 第 20 回インテリジェント・システム・シンポジウム, paper\_60.pdf (2010.09.25-26)
6. 笠井かおり, 章 忠, 今村 孝, 三宅哲夫, 自動車運転時における, 心理実験のデザインとその効果の検討, 第 11 回公益社団法人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 (SI2010) , pp.390-393 (2010.12.23-25)

本報告に示したように、ドライバ計測に関する基礎技術の構築が進んでいる。今後は研究室内の基礎実験のみならず、実車環境や一般ドライバを対象とした検証実験を重ね、実装・実用化に向けた検証・知見蓄積を行い、計測精度や実現性の向上を行うことが課題である。

## 参考文献

- (1-1-1) 鈴木一弥, 北島洋樹, 飯田裕康, 大型トラックによる予感長距離走行時の眠気発生に伴う瞬目・眼球運動指標の変化, 労働科学, Vol.79, No.6, pp.,299-316, 2003
- (1-1-2) 坂下, 藤吉, 平田, 画像処理による3次元眼球運動計測, 実験力学, Vol.6 No.3, pp.236-242, 2006
- (1-1-3) 国土交通省道路局, <http://www.mlit.go.jp/road/TTS/j-html/>
- (1-1-4) 内閣府, 平成22年度版「交通安全白書」
- (1-1-5) T.F.Cootes, “Active Shape Models-Their Training and Application”
- (1-1-6) 長田他, 電気学会電力・エネルギー部門大会, No.423, 2002
- (1-1-7) 岡田, 中村, 脳型情報処理を行う力学系の多項式設計法とそのヒューマノイドの全身運動生成への応用, JRSJ, Vol.22, No. 8, pp. 98-108, 2004
- (1-1-8) 岡田, 中村, 力学的情報処理による連続的記号空間の設計と全身運動の生成, JRSJ, Vol.23, No.7, pp. 858-863, 2005
- (1-1-9) 多田, 納谷, 大村, 岡田, 野間, 鳥山, 小暮, 無線加速度センサを用いた運転者行動の計測・解析手法, 信学論, Vol.J91-D, No.4, pp.1115-1129, 2008
- (1-1-10) 樋口香織, 堀畑聡, 杉本俊二, 堀川順生, 脳波による快音と不快音の感性評価の検討, 日本音響学会研究発表会講演論文集, Vol.2006 秋季, 2006, pp. 3-P-19.
- (1-1-11) 谷明博, 山崎義光, 堀正二, 心拍変動の意義と測定・解析法, 林博 史編, 心拍変動の臨床応用- 生理的意義,病態評価,予後予防, 医学書院, p.28, 1999.



## 1-2 交通弱者のための道路交通標識の強調提示方法の一検討

### (1) はじめに

国土交通省道路局のWebページ<sup>1</sup>において、「高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems, ITS)とは、最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システムである」と定義されている。ITSにおける9つの開発分野は

- ① ナビゲーションシステムの高度化
- ② 自動料金収受システム
- ③ 安全運転の支援
- ④ 交通管理の最適化
- ⑤ 道路管理の効率化
- ⑥ 公共交通の支援
- ⑦ 商用車の効率化
- ⑧ 歩行者などの支援
- ⑨ 緊急車両の運行支援

とされており、⑧を除き、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、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を目的としている。唯一歩行者を対象とした⑧の「歩行者などの支援」においても

- ① 経路案内
- ② 危険防止

が開発すべき利用者サービスとされているに過ぎない。交通弱者である高齢者は、車のドライバーとして事故の加害者になる可能性が高いだけでなく、歩行者として事故の被害者になることも多い。また、現在の標識や信号などのシステムは、大人の健常者を対象としているため、子供や、視覚や聴覚の衰えた高齢者、視覚や聴覚などに障害を持つ方々にとって、本当に安心して利用できる交通システムとは言えない。

その一方で、近年、バリアフリーを目指して、ユニバーサルデザイン(Universal Design)と呼ぶ、文化や言語、国籍の違い、老若男女といった差異、障害や能力の如何を問わずに利用することができるように、施設や製品を設計するという考え方が重要視されてきている。ユニバーサルデザインの考え方を色や配色に適用した設計をカラーユニバーサルデザイン(Color Universal Design)と呼ぶ<sup>[1]</sup>。これは色に関するバリアフリー化を目指すものであり、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り、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。しかし、一歩建物の外に

---

<sup>1</sup> <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/whatsITS/index.html>

出た場合、ありふれている道路標識の配色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、この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する。ここでは、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視認性を高め、より安全性を高めることを考える。

## (2) 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のデザインがされている。この標識に対する見え方を図 1-2-1 に示す。ここでは、健常者による標識の見え方と、第一色盲<sup>2</sup>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。



図 1-2-1 健常者の見え方 (左), 色覚障害者の見え方 (右)

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たなくなっていることがわかる。これは、健常者では、網膜内に色を知覚する錐体が L (長波長), M (中波長), S (短波長) の3種類あるのに対し、色覚障害者においては、これらのうち、1つまたは2つの錐体が異常を持っていたり、錐体自身がないため、このような見え方となる[1, 2]。二色型と呼ばれる色覚障害における、第一色盲および第二色盲<sup>3</sup>の方の色覚は次のように近似される[2]。

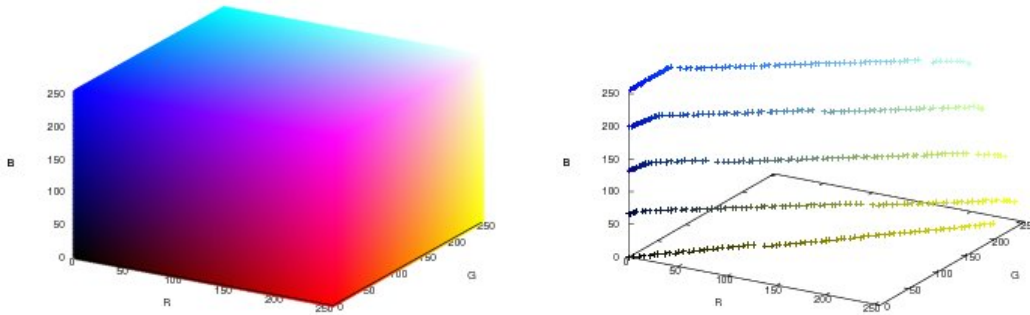
$$\begin{pmatrix} L_p \\ M_p \\ S_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.0 & 2.02 & -2.52 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.16 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix}$$

<sup>2</sup> L型錐体の欠損あるいは異常による色覚障害。

<sup>3</sup> M型錐体の欠損あるいは異常による色覚障害。

$$\begin{pmatrix} L_p \\ M_p \\ S_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.49 & 0.0 & 1.25 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix}$$

これは、RGB 色空間において、健常者は図 1-2-2 (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、第一色盲の方は、図 1-2-2 (b) のような平面上の点を知覚していることに相当する。



(a) 健常者の色空間

(b) 第一色盲の方の色空間 (平面)

図 1-2-2 RGB 色空間

この知覚される色空間の退化により、健常者にとっては異なる色が、色覚障害者にとっては同じ色に知覚されてしまう。この同じと知覚される色は xy 色度図上で図 1-2-3 のように直線となり、これを混同色線と呼ぶ。カラーユニバーサルデザインの考え方においては、区別して欲しい色は同じ混同色線上に乗らないように配色を決定している。

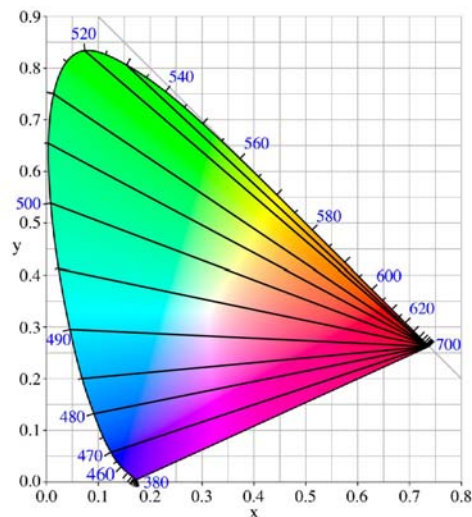


図 1-2-3 混同色線 (第一色盲)

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 1-2-4 のようになる[3]。



図 1-2-4 左から、20 歳、60 歳、70 歳の見え方

これは、次のようにモデル化される[3]。波長を  $\lambda$  としたとき、 $n$  歳の水晶体の分光透過率を  $S_n(\lambda)$ 、物体からの放射光の分光分布を  $E(\lambda)$ 、等色関数を  $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$  としたとき、 $n$  歳の知覚する 3 刺激値  $X_n, Y_n, Z_n$  は次のように表せる。

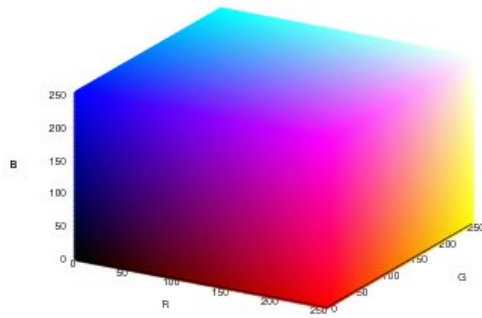
$$X_n = \frac{\int S_n(\lambda)E(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda}{\int S_{20}(\lambda)E(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda} X, \quad Y_n = \frac{\int S_n(\lambda)E(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda}{\int S_{20}(\lambda)E(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda} Y, \quad Z_n = \frac{\int S_n(\lambda)E(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda}{\int S_{20}(\lambda)E(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda} Z$$

ここで、 $X, Y, Z$  は元の 3 刺激値であり、

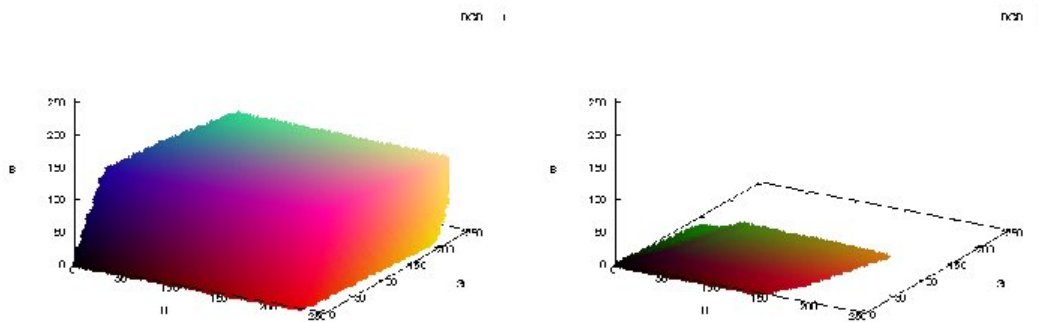
$$S_n(\lambda) = 10^{-DS_n(\lambda)}$$

$$DS_n(\lambda) = \begin{cases} T_{L1}(\lambda)[1+0.02(n-32)]+T_{L2}(\lambda) & (20 \leq n \leq 60) \\ T_{L1}(\lambda)[1.56+0.0667(n-60)]+T_{L2}(\lambda) & (n \geq 60) \end{cases}$$

とする。 $T_{L1}(\lambda), T_{L2}(\lambda)$  は波長毎に決められた定数とする[3]。このモデルにより、高齢者の知覚できる色空間を求めると図 1-2-5 のようになる。見てわかる通り、加齢とともに、知覚できる色の空間が“平たく”なることがわかる。したがって、図 1-2-4 に示す通り、本来のコントラストが得られなくなるために、標識などを見逃してしまうことに繋がる。



(a) 20 歳



(b) 60 歳

(c) 70 歳

図 1-2-5 高齢者の知覚できる色空間

### (3) 道路標識の検出技術

道路標識には大きく分けて規制標識，指示標識，警戒標識，案内標識の 4 種類があり，このうち交通の安全に大きく関連するのは，規制標識と警戒標識である。



図 1-2-6 標識の例

車載されたカメラの映像などからの道路標識の検出および認識に関しては、そのままドライバーの見落としの補助となることから、ITS 技術の中心的課題の一つとなっている。このような道路標識の検出および認識技術は、その目的に応じて次の2つに分類することができる。

- ① ドライバーなどの安全運転のために、見落とすと危険な標識、例えば「止まれ」や「進入禁止」などの規制標識を主に検出する。これはその重要性からリアルタイム処理が必要となる。
- ② 道路管理者のために、標識の位置や状態のデータベースを作成する。これはリアルタイム性は必要ないものの、全ての種類の標識を漏れなく検出・認識することが重要となる。

以下、代表的な検出手法について概説する。

道満ら[6]は Haar-like 特徴を用いた AdaBoost によるカスケード型識別器[7]を用いて、人工的に作成した見え方の変化させた多くの標識画像を学習させることで、高精度な認識を実現した。杉本[8]は、車載カメラの動画像から、標識のデータベースを作成することを目的とし、標識で使われている色同士の変化を使った Mean-Shift 法[9]による検出法を提案している。道満らのような AdaBoost によるカスケード型識別器による認識は、学習には膨大な時間がかかるものの、一度学習させれば、認識自体は高速に処理できる。一方、杉本の方法は、シーン内で見落とすことのないよう全ての動画をチェックしており、やや検出に時間がかかる欠点がある。

#### (4) 交通弱者のための標識の強調提示法

従来より、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が市販されている<sup>4</sup>。しかしこのようなメガネは光学的なフィルタにより実現されているため、判別しづらい色だけでなく、関係ない他の色も変換してしまうことから、見ている視野全体の色が変わってしまう。したがって、メガネをかけている場合といない場合との見え方のギャップも大きく、慣れが必要となる。また長時間そのようなメガネを装着することによる目の疲労も問題となる。

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[4]や田中らの方法[5]がある。目黒は、まず色の弁別が困難な混同色を検出し、色覚障害者自身のインタラクティブな操作で知覚しやすい画像に変換した。また田中らは、入力画像内の色の違いに基づいて、色相を変化させないようにしながら、明度を変化させることで、識別しやすい画像に変換した。いずれの場合も、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。

一方、高齢者が見やすくするために、コントラストが上がるように、階段などの段差のある部分にテープやペイントをしたり、道路などでは車線に目立つペイントをすることなどが行われているが、標識などは JIS 規格でその色が決まっているため、目立たせるために簡単にペイントしたりすることはできない。

---

<sup>4</sup> <http://www.daltontokyo.com/>など。



図 1-2-7 標識画像の強調提示例

本研究では、交通弱者の安全のために、図 1-2-7 のように、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[4, 5]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。

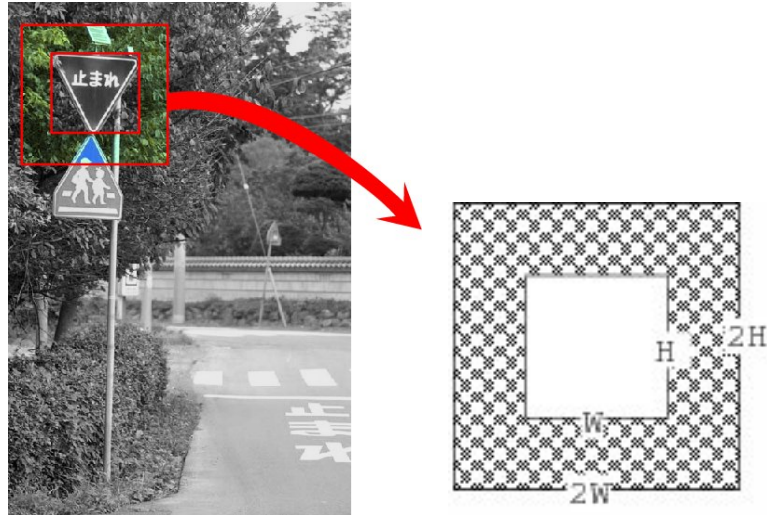
提案法の手順の概略を以下に示す。

- ① 道路標識の検出。
- ② 標識領域とその周囲領域の知覚可能色空間への投影。
- ③ 標識領域の色の再配置。
- ④ 再配置後の画像の健常者の色空間への逆投影。

以下、簡単にそれぞれ説明する。

### ① 道路標識の検出

予め手で切り出した標識部分の画像のデータベースを用いて学習させた AdaBoost によるカスケード型識別器を用いる。検出例を図 1-2-8 (a) に示す。図では検出された領域を赤枠で示しており、内側の赤枠領域が検出された標識領域、外側の赤枠を周辺領域とする。



(a) 検出された領域 (b) 標識領域と周辺領域のサイズ

図 1-2-8 標識の検出

### ② 標識領域とその周辺領域の知覚可能色空間への投影

次に、検出された標識領域とその周辺領域をそれぞれ色覚障害者あるいは高齢者の知覚可能色空間 (図 1-2-2 (b), 図 1-2-5 (b), (c)) に投影する (図 1-2-9)。見てわかる通り、図 1-2-9 の色空間においては周辺領域と標識領域がほぼ重なっており、識別が困難であることがわかる。

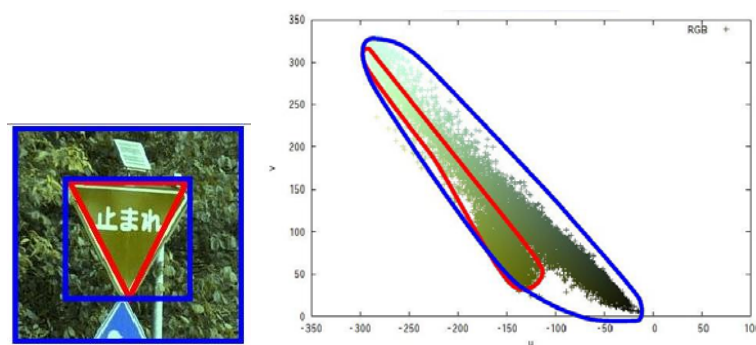


図 1-2-9 検出した標識とその色分布

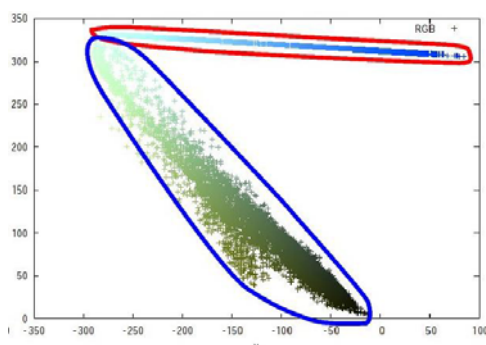


### ③ 標識領域の色の再配置

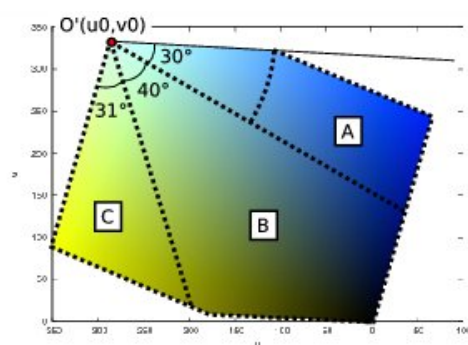
この知覚可能色空間（平面）において、周辺領域と最も重なっていない領域を探し、標識領域内の色をその色に再配置する（図1-2-10）。ここでは、色空間を図1-2-10(c)のようにA, B, Cの3つの領域に分け、最も周辺領域の色が少ない領域を探し、その領域の角度を用いて標識領域の色の再配置を行う。



(a) 色を再配置した例



(b) 色の再配置



(c) 再配置可能な空間の探索

図1-2-10 知覚可能空間での色の再配置の例

### ④ 再配置後の画像の健常者の色空間への逆投影

標識色のみ変換した画像を健常者の色空間に逆投影する。

以上の処理により、検出された標識部分のみを、その周囲の背景から目立つように変換処理を行うことで、標識の強調提示を行う。

次に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1-2-11および図1-2-12に示す。いずれも左上の(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。いずれの例においても、入力画像では目立たなかった標識が、処理後においては目立つような色に変換されており、かつ、その他の部分では全く変化がないことがわかる。



(a) 入力画像



(b) 最終画像



(c) 入力画像に対するシミュレーション



(d) 最終画像に対するシミュレーション

図 1-2-11 処理例 1



(a) 入力画像



(b) 最終画像



(c) 入力画像に対するシミュレーション



(d) 最終画像に対するシミュレーション

図 1-2-12 処理例 2

次に、この提案法による変換結果を混同色線で評価した結果を図1-2-13に示す。見てわかる通り、標識領域とその周囲の領域は、変換前はほぼ同じ混同色線上に載っていたのに対し、変換後はそれぞれ異なる混同色線上に乗っていることがわかる。以上により、提案法の有効性を確認できる。

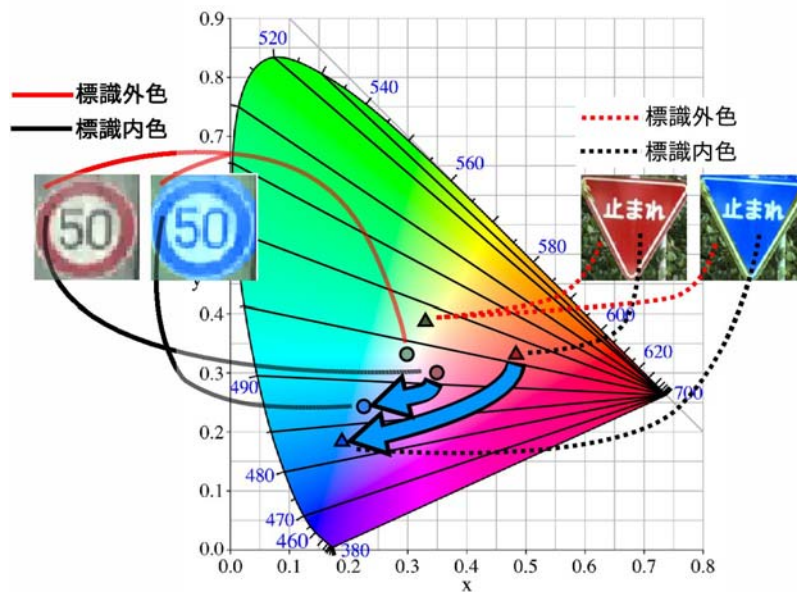


図1-2-13 混同色線による評価

#### (5) 今後の課題

本研究では、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。しかし現時点では、第一色盲の方のシミュレーションにより有効性を確認したに過ぎず、実際第一色盲の方による評価を行うことと、高齢者向けの同様な色変換手法の開発が必要となる。同じく交通弱者である子供に対しては、標識の見逃しなどは、視覚の問題ではないことから、このような強調提示法はあまり有効ではないと考えられる。したがって、別の手法を検討することが必要となる。

また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。

## 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] F. Vienot, H. Brettel, and J.D. Mollon, Digital video colourmaps for checking the legibility of displays by dichromats, *COLOR research and application*, Vol. 25, No. 4, August 1999.
- [3] J. Pokorny, V.C. Smith, and M. Lutze, Aging of the human lens, *APPLIED OPTICS*, Vol. 26, No. 8, April 1987.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] P. Viola and M. Jones, Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, *Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol. 1, pp. 511–518, December 2001
- [7] 道満恵介, 高橋友和, 目加田慶人, 井手一郎, 村瀬洋, 生成型学習とカスケード型識別器による道路標識検出・認識, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008) 講演予稿集, pp. 376–381, July 2008.
- [8] 杉本真崇, 車載カメラ映像からの色変化特徴に基づく道路標識の検出, 平成 20 年度豊橋技術科学大学工学研究科修士論文, 2009.
- [9] D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, Kernel-based object tracking, *IEEE Trans. PAMI*, Vol. 25, No. 5, pp. 564–575, May 2003.