

1. 第4世代ビークルの研究

未来ビークルシティリサーチセンター 特任教授 大平 孝, 電気・電子情報工学系
教授 田村 昌也, 未来ビークルシティリサーチセンター 特任助教 堀尾 亮介,
特任助手 水谷 豊, 特任助手 阿部 晋士

1-1 走行中の電気自動車に連続的に無線給電を行う道路の実用化システムの開発

本研究は、高効率で汎用性に優れた無線給電道路の高速自動車道路への実現を目指して、舗装材料・構造・施工、および、送受電システムを開発し、電界結合方式を核とする材料・設計・施工に至る体系的な実用化システムを構築することを目的とする。

令和5年度は、大型車が通行する高速道路へ適用可能な舗装構造の長さ20m×幅3.5mの長区間道路を試験施工した。伝送効率を改善した長さ20mの無線給電道路システムを施工した。受電装置をトレーラ上に搭載し、牽引車により走行中ワイヤレス電力伝送実験を実施した(図1-1-1)。結果、走行中の連続給電動作を確認し、20m道路上での伝送効率平均は58.1%となった。20m道路上での最適点で測定した結果、最大入力電力 P_m 9.8kW入力時の出力電力 P_{out} は5.9kW、伝送効率は60.2%を達成した。また、路車連携による走行中車両への無線給電を行った。さらに、漏えい電磁界に対する安全対策を踏まえた基本仕様を整理するとともに、社会実装に向けた無線給電道路システムのガイドラインを作成した。



図1-1-1 走行中連続ワイヤレス電力伝送実験風景

1-2 電気自動車ワイヤレス給電の研究

富士ウェーブ株式会社・本学で乗用車以上の電動車両を対象とした走行中給電システムの社会実装を実現することを目的とした研究を進めている。令和5年度は主に以下に挙げる観点から研究を実施した。

- 大電力での受電を可能とする20kW整流回路の開発(図1-2-1「整流回路」部分)
- 結合器の研究・開発(同図「結合器」部分)
- EMC対策方法の開発

20kW整流回路においては、昨年度までに試作したものを基に、さらに耐電力と小型化を考慮して部品や構成を再度設計・試作を実施した。試作した整流回路にて、入力電力20kWを含む広い入力電力においてRF-DC変換効率94%以上を達成した。

結合器の研究・開発においては、電化道路を模擬した実験設備を学内に構築、送電電極上に実験車両を搭載し、伝送特性の評価を実施した。また、車両（ボディやシャシー）が電力伝送に与える影響を実験・シミュレーションにより推定し、その対策を検討した。

EMC 対策方法の開発においては、1kW の電力を伝送する実験を実施し、車室内の漏洩電磁界を測定した。この実験により、20kW 伝送時にも車室内の漏洩電磁界が法令等の規制値を満たすことを確認した。また、妨害波を抑制するためのローパスフィルタの仕様検討も実施した。

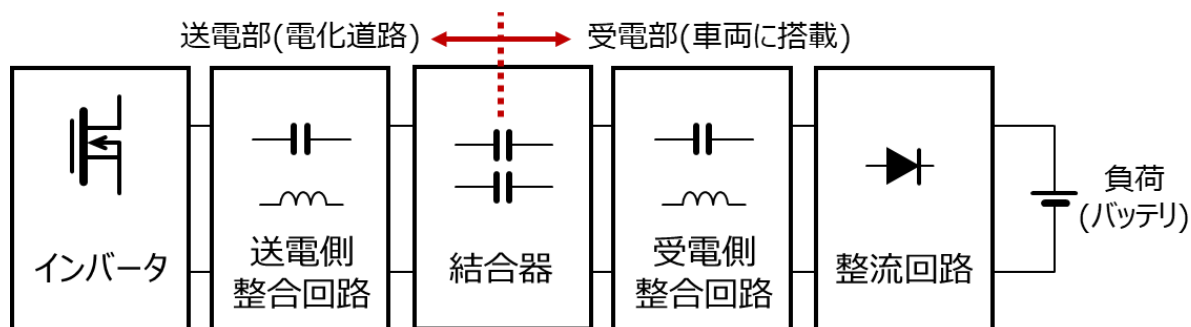


図 1-2-1 走行中給電システムの概略図

1-3 電極に沿った走行の実現に資する技術の研究

送電電極が発生する電界の強度を測定するための装置を試作した（図 1-3-1）。試作した装置は、近電界プローブにより検出した電界強度を対数増幅回路により増幅し、その出力電圧を表示することができる。また、当該装置が送電電極周辺の電界強度を十分な分解能で検出できるかを検証するため、電界強度の分布についてシミュレーションを実施した。シミュレーション結果より、対数増幅回路によって電界強度の測定レンジを広くとつても、位置による電界強度の変化を十分検出可能であることを見出した。加えて、当該装置により検出した電界強度をもとに送電電極との相対位置を推定することを目指し、カルマンフィルタによる位置推定アルゴリズムの検討を行った。

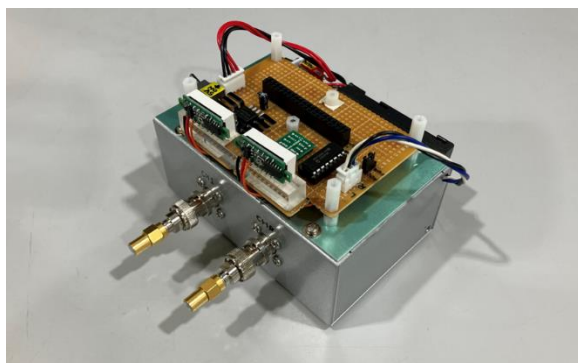


図 1-3-1 送電電極との相対位置推定のための電界強度測定装置

1-4 磁界方式による産業用ロボット向け WPT システムの開発

産業業界で広く使用されているロボットは、ワーク（加工対象物）の搬送や製品組立の工程など多くの用途で活躍している。特にワークを掴むなどの作業にはロボットハンドが使われているが、ロボットの手首軸の回転時には、ハンドに接続されている配線ケーブルが振り回されることになる。そのため、ロボットとハンドの間にロータリージョイントを設置して配線ケーブルが振り回されないように工夫されている。現在の主流は、接触式のスリップリングを使用したロータリージョイント型で、スリップリングを介して電力供給、信号のやり取りを行っているが、ロボットの急激な動作によりノイズが入りやすく、また、摩耗により耐久性がすぐに低下するという問題を有している。

そこで、ロボットアームとハンドチャック間を接続するロータリージョイントの WPT 化を行い、小

型かつ高効率な磁界方式の非接触電力伝送機構（図1-4）を開発することに成功した。我々は、WPT分野の基礎理論であるkQ理論に則り、非接触電力伝送を担う巻き線コイルの結合係数(k)と品質係数(Q)を高めるべく、コイルや周辺金属の構造を工夫した。その結果、一般産業用機器の制御で使われているDC電圧24Vを維持した状態で出力12W(DC-DC効率70%)を達成した。また、同機構ではロボット側、ツール側双方向で信号通信も行えるため、ツール側からの信号伝送のみならず、ロボット側からも信号を送ることで、ツール側にあるソレノイドバルブなどの制御も可能となる。



図1-4-1 磁界方式によるWPTシステムを搭載したロボットアーム