

《様式B》

研究テーマ 「磁界共振結合形無鉄鉄心誘導電動機を用いた走行中ワイヤレス給電
システムの開発」

研究責任者 所属機関名：静岡大学工学部

官職又は役職：助教

氏 名：青山 真大 メールアドレス：aoyama.masahiro@shizuoka.ac.jp

共同研究者 所属機関名

官職又は役職

氏 名

(平成 30 年度募集) 第 31 回 助成研究 完了報告書

上記様式記載後

1. 実施内容および成果ならびに今後予想される効果の概要（1, 000字程度）
※産業技術として実用化の可能性や特許出願（予定も含む）の有無についてもご記載ください。

本研究は、将来的な電動車社会の普及を目指した要素技術として、走行中ワイヤレス給電システムに関する研究を実施した。研究を実施するにあたり、モータ・ドライブ回路・システムの3つの要素技術に区分して平行に研究を実施した。第一に、モータの要素技術では小型軽量化を実現するために無鉄心で電気-機械エネルギー変換を行える技術を鉄粉入りフィラメントを用いて3Dプリンターで試作したモータで実機検証した。第二に、システムの小型化を実現できる高周波ドライブ回路を実現するために、ドライブ回路を試作し、実機検証した。第三に、ミニ四駆を用いたワイヤレス給電システムを構築し、実験的にエネルギー蓄電装置を持たないミニ四駆がエネルギーを送電コイル側から逐次給電しながら走行できることを実験的に立証できた。

以上の研究を通じて、本研究目的を達成できた。本研究によって得た研究成果を今後発展させ、ミニ四駆を用いたワイヤレス給電システムから今年度はセニアカーを用いたワイヤレス給電システムへと発展させ、研究の最終的な目標の電動車向けへの技術開発へと発展させていく所存である。産業技術としての実用化の計画に関して、デモカーの製作を行い、JSTのイノベーションジャパン等を通じて技術を世の中に発信していき、共同研究に発展させることで進めていく次第である。

特許出願については、上記で述べた今後の予定のとおり、技術開発パートナー

(共同研究もしくは共同開発先) と本研究を発展的に進める過程で共同出願を実施していく予定である。

本研究の発展応用の可能性について、本研究で得られたワイヤレス給電システムをモータの回転体に設けた磁石代替りの界磁巻線に非接触給電する技術に応用できることが挙げられる。鉄心を用いた一般的なモータにおいて、高価な永久磁石を不要とする次世代の磁石フリーモータの開発である。具体的には、モータ駆動システムにおいてドライブ回路のスイッチング制御時に直流バス電圧リップルが不可避に発生する。この電圧リップル周波数で電磁共振する LC 直接回路を構成することで次世代回転トランス技術へとつなげることができる。この技術により、電動車駆動用モータの低コスト化を実現できる。

2. 実施内容および成果の説明 (A 4 で、5 ページ以内)

2-1. 実施内容

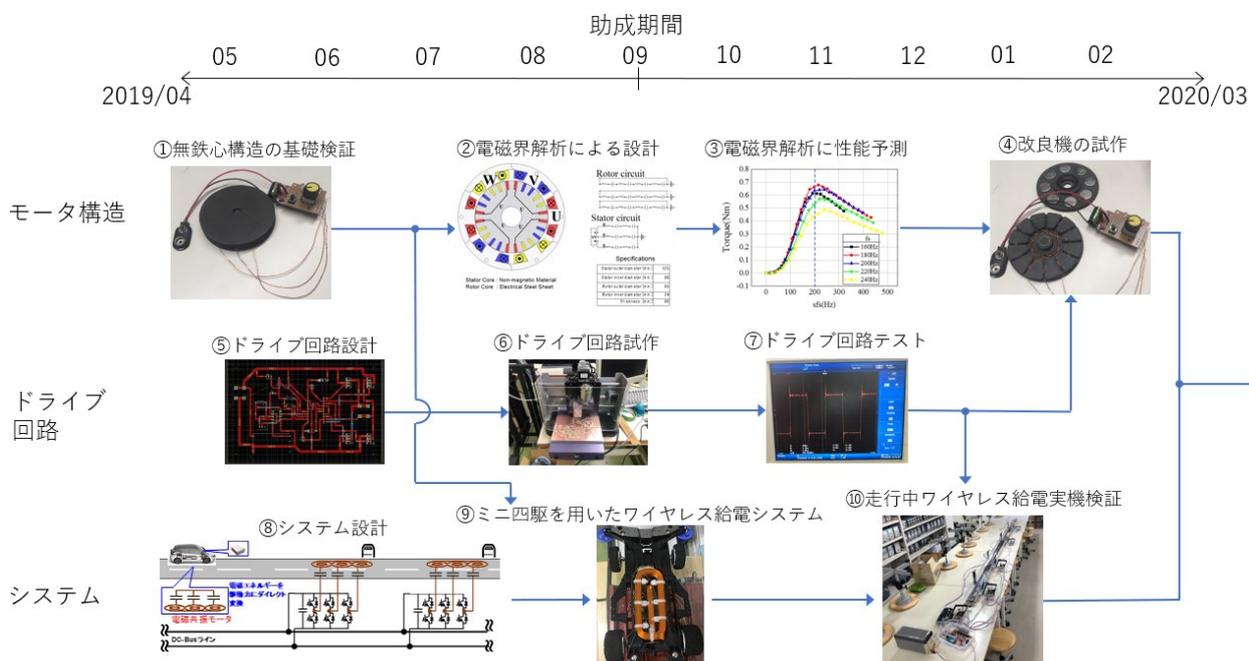


図 1. 助成期間中の実施内容

図 1 に研究期間中の実施内容とそれぞれの要素技術の関係図を示す。研究テーマの走行中ワイヤレス給電システムを実現するために必要となる 3 つの要素技術 (A)モータ構造, (B)ドライブ回路, (C)システム) に区分し、それぞれの要素技術を期間中平行で研究を進めた。以下詳細に 3 つの要素技術における実施内容について述べる。

④ モータ

今日、盛んに研究されている非放射型のワイヤレス電力伝送は、送受電距離を大きくとれることから電解共振結合が広く採用されている。将来的に広く電動車を普及させるためには、ガソリンに比べて体積エネルギー密度が約 1/50 の電池を電動車に多く積載したシステムよりも、エネルギーバッファをインフラ側に持たせて走行中にワイヤレス給電するシステムのほうが実現の可能性が高い。そのシステムを実現するためにはシステムの簡素化に加えて、エネルギー変換回数を減らして高効率化する必要がある。最終的には送電コイルからギャップを介して受電コイルそして電力変換器とモータで構成されるシステムを統合してモータに給電機能を持たせた複合機能化をすることで、上記を実現できる。さらに、鉄と銅で構成される重量物のモータ自体を無鉄心で軽量化することも重要な技術となる。

上記の課題に鑑みて、コアレス構造で駆動可能なモータの基礎検討として、鉄粉入りのフィラメントを用いて 3D プリンターでステータとコアを製作して図 1 の“①無鉄心構造の基礎検討”を行った。本検討により、コアレス小僧で自己始動しながら回転可能なことを実機駆動確認した。

次に、前述の結果を踏まえて電磁界解析にて LC 共振結合形誘導電動機の磁気回路設計（図 1 の“②電磁界解析による設計”）を行った。研究室の実験環境で検証するため、小型小容量で磁気回路設計を行った。当初、85kHz での検討を行っていたが、磁束密度が約 0.12mT までしか高めることができず、共振周波数も設計パラメータとした。電磁界解析にて試作機の磁気回路検討（図 1 の“③電磁界解析による性能予測”）を行い、図 1 の“④改良機の試作”まで完了させた。

⑤ ドライブ回路

システムの小型化を実現するためには、エネルギーを蓄える要素である磁気素子の体格を低減することである。それを実現するためには、駆動周波数を高周波化させる必要がある。高周波ドライブ回路を実現するためには、今まで問題にならなかった回路上の寄生インダクタンスや寄生容量による影響が顕著に現れてきてスイッチング波形の歪みや損失増加につながる。

上記の課題に鑑みて、ドライブ回路まで含めたシステム構築が重要となる。④のモータを高周波ドライブするための回路設計を図 1 の“⑤ドライブ回路設計”で実施し、同図の“⑥ドライブ回路の試作”および“ドライブ回路テスト”を実施した。

⑥ システム

本研究の走行中ワイヤレス給電システムを実現する基盤となるシステム設計を行うため、まずは図 1 の“⑧システム設計”を実施した。構築したシステムに基づき、同図の“⑨ミニ四駆を用いたワイヤレス給電システム”を試作し、実機検証用の試作機を製作した。次に同図の“⑩走行中ワイヤレス給電実機検証”に示すように、⑧のシステム構成のミニチュアモデルを製作し、走行中ワイヤレス給電を実験的に検証した。

以上、本研究期間において3つの要素技術を実施することで以下の研究成果を得た。

1. 無鉄心で電気 - 機械エネルギー変換を行うことができるモータの基盤技術構築
2. 高周波ドライブ回路の基盤技術構築
3. 走行中ワイヤレス給電システムの構築と実機検証

本研究によって得た研究成果を今後発展させ、ミニ四駆を用いたワイヤレス給電システムから今年度はセニアカーを用いたワイヤレス給電システムへと発展させ、研究の最終的な目標の電動車向けへの技術開発へと発展させていく所存である。

2-2. 本研究の発展応用の可能性

本研究で得られたワイヤレス給電システムをモータの回転体に設けた磁石代わりの界磁巻線に非接触給電する技術に応用できることが挙げられる。鉄心を用いた一般的なモータにおいて、高価な永久磁石を不要とする次世代の磁石フリーモータの開発である。具体的には、モータ駆動システムにおいてドライブ回路のスイッチング制御時に直流バス電圧リップルが不可避に発生する。この電圧リップル周波数で電磁共振するLC直接回路を構成し、図2および図3に示すように次世代回転トランスに応用することで非接触で回転体（例えば巻線界磁ロータ）へエネルギー伝送することが可能となる。この技術により、電動車駆動用モータの低コスト化を実現できる。

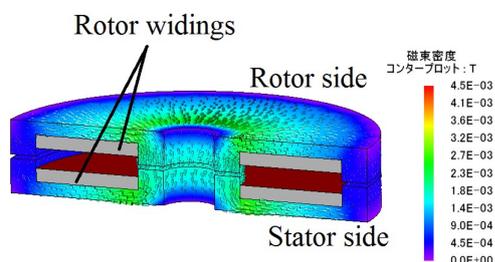


図2. 回転トランス

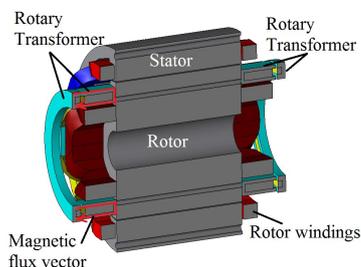


図3. 電磁共振結合形回転トランスによる巻線界磁

2-3. 研究成果の発信実績

1. 電子情報通信学会 無線電力伝送研究専門委員会主催の“ミニ四駆ワイヤレス給電走行レース～WPT受電台車を牽引！”に出場し、ワイヤレス給電走行技術の発信および技術調査を行った。（2019年9月）

参考 URL : https://www.ieice.org/~wpt/contest/Cont_2019-society/

2. Newcastle University (イギリス) の Electrical Power Research Group の Dr. Glynn 氏をはじめとする研究グループとワークショップを開催し、モータおよびモータドライブ技術に関する技術交流を実施した。

参考 URL : https://twitter.com/Power_Group_NCL (2019年10月25日投稿記事)