

1. 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, 特任教授 塚本 悟司, 准教授 田村 昌也
助手 阿部 晋士, 特任助手 水谷豊, 研究員 馬場 涼一

1-1 走行中車両へのワイヤレス給電技術

産業革命とともに自動車産業は発展してきた。石炭を燃料に駆動した蒸気自動車（第1世代ビークル）、現在最も使われている石油を燃料としたガソリン自動車（第2世代ビークル）、そして持続可能な社会の実現に向け Society5.0 が、我が国の目指す未来社会の姿として提唱されており、その実現に向けたアプローチの1つに電気を用いてモーターを駆動、走行する電気自動車（第3世代ビークル）がある。我々の研究室ではこの第3世代電気自動車が抱える課題をワイヤレス電力伝送技術で解決する。ワイヤレス給電技術により「停車中充電」から「走行中給電」へパラダイムシフトを実現し、第3世代ビークルの先にある、第4世代ビークル走行中給電電気自動車の実現を目指す。本報告では、電界結合による移動する車両へのワイヤレス給電（走行中ワイヤレス給電）の実現を目指し、課題の一つである電化道路の高効率化について実機試作に取り組んだ。

(1) 電化道路の損失要因

走行中給電を実現する電化道路の損失要因は大きく分けて2つある。一つは道路からタイヤに垂直方向に電力を伝送する道路とタイヤの間の損失、もう一つは道路内を伝搬する水平方向に電力を伝送する道路内の損失である。

道路とタイヤ間の損失を低減するためにタイヤのインピーダンスと道路の特性インピーダンスを合わせる方法がある。この特性インピーダンスは道路の構造によって決められる。また、道路内の損失を減らすためにも道路の構造を工夫が有効である。

(2) 新電化道路を用いた実機実験

新しく高効率電化道路を敷設した電化道路を用いた電力伝送実験および漏洩電磁界測定、高周波利用設備の申請・許諾を実施した。タイヤ給電方式と並行して電極をもちいた給電方式の研究を実施している。



図 1-1-1 新しく敷設した高効率電化道路と実験用車体を用いた実験の様子

1-2 水中ドローンへのワイヤレス給電技術

日本の漁業従事者は年々減少しており、高齢化が進んでいる。その要因の一つとして人の手に頼らざるを得ない高負荷作業の過多が挙げられる。これを改善するため、養殖網の清掃ロボットなど自動化が進められている。今後は、水質や環境管理、魚の生育チェックなどすべてをロボットで管理できるよう海中に常駐するロボット、いわゆる水中ドローンの開発が期待される。しかし、ドローンはバッテリー駆動のため、充電のために何度も海中から引き上げ、充電して潜航させるという作業を繰り返す必要がある。また、水中で収集したデータも同時に回収する必要も生じる。そこで、給電ステーションを介した海中でのワイヤレス給電と情報通信の技術開発がキーとなる。特に、このようなドローンは軽量であるため、重量の増加や体積の増加が浮力制御や姿勢制御を困難にさせるため、軽量かつ省スペースで実現できる技術が必須となる。そのため、海水中でのワイヤレス電力情報伝送技術の開発を進めている。我々は、海水の導電性を利用したワイヤレス給電の方式（導電結合方式）を提案している。今年度はこの原理を元に送受電器の設計と実証実験を行った。

ワイヤレス給電の効率は送受電器間の結合係数 k と周辺環境の影響も含めた送受電器の損失を表す Q 値の積である kQ 積に依存する。 k は 1 に近いほど、 Q 値は高いほど効率が向上する。しかし、海水のような高い導電性をもつ誘電体では高周波電流が流れてしまい、 k と Q 値に切り分けて議論することは困難である。ただ kQ 積が高いほど効率が向上するという原理は不変であることから、 kQ 積という視点で海水の導電性に注目した等価回路から効率を向上させるためのキーとなるパラメータを明らかにした。そこから kQ 積が最大値を示す設計理論を確立し、送受電器の設計を行った結果、広帯域にわたって送電距離 2 cm で 94.5%、15 cm で 85% 以上の RF-RF 給電効率を実現した。1 kW の電力を送電距離 2 cm で送電しても効率 90% 以上を維持し、さらに広帯域で高効率を維持できるため高速通信も実現できた。

最後に、開発した送受電器を用いてキャパシタを充電し、その充電電力で駆動したカメラモジュールから動画を同じ送受電器を介してリアルタイムで通信することにも成功した。通信速度は約 90Mbps であった。給電ステーションに着底することを想定して行った小型水中ドローンへの給電・通信実験にも成功した。ドローンに搭載する受電器と電力系回路を合わせた重量は約 270 g と非常に軽量である。



図1-2-1 水中ドローンへのワイヤレス給電

(分かりやすいように受電器を搭載させた水中ドローン (左上), 給電ステーション (左下), 海底に設置された給電ステーションに着底して充電 (右))