

電化道路電気自動車の実現に向けた電動カート走行中給電の原理実証実験 (131106002)

Electric Motor Cart Dynamic Powering Theory and Experiment for EVER Feasibility Study

研究代表者

大平 孝 豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系
Takashi Ohira Department of Electrical and Electronics Information Engineering
Toyohashi University of Technology

研究分担者

田村 昌也[†] 坂井 尚貴[†] 遠藤 哲夫^{††} 陣内 浩^{††} 石井 裕泰^{††} 伊藤 一教^{††}
Masaya Tamura[†] Naoki Sakai[†] Tetsuo Endo^{††} Hiroshi Jinnai^{††} Hiroyasu Ishii^{††} Kazunori Ito^{††}
[†]豊橋技術科学大学 ^{††}大成建設株式会社
[†]Toyohashi University of Technology ^{††}Taisei Corporation

研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

概要

電気自動車の本格普及に向けて大きな障壁となっているバッテリー問題。これを抜本的に解決すると期待されているのが走行中給電である。道路を鉄道のように電化して電気自動車を連続走行させる。はたしてそんなことが現実に可能だろうか。本 SCOPE 研究でその実証実験に成功した。電界結合・磁界結合のみならず任意構造のワイヤレス結合系に適用できる一般線形 2 ポート電力伝送理論を構築した。導出した設計公式に基づいて実験システムを試作。電化道路は高周波の視点から見ると分布定数線路となる。道路長が伝播波長よりも長いので遠端からの全反射が深刻な問題である。加えて電源から道路をみたイミタンスも車両走行に伴い時々刻々と変化する。これら問題を同時に解決する FERMAT 方式を考案した。ワイヤレス電力だけで走行していることを明示するため電気自動車から走行用バッテリーをすべて取り外した。大学キャンパス内に敷設した電化道路上を力強く走行した。バッテリーなしでの電気自動車走行は世界初である。

1. まえがき

電気自動車の普及に向けてバッテリーに起因する問題の解決が必須である。これを抜本的に解決すると期待できるのが電化道路電気自動車(EVER)システムである。EVER は電化された道路から走行中の電気自動車へ電力をワイヤレス送電する技術である。

本研究開発ではタイヤ集電方式による EVER システムのフィージビリティを明らかにする。技術課題は

- (1) タイヤ集電方式による EVER の有人走行の実証
- (2) 長距離電化道路による高速連続走行中給電の実現
- (3) 曲線路・交差点を含む道路構造、アスファルト・コンクリート系道路材料など電化道路・建物フロアの開発
- (4) 漏洩電磁界が搭乗者・周辺歩行者・他の通信に及ぼすレベルの把握と総務省指針準拠
- (5) ICT を活用した電化道路と電気自動車 (EV) の協調電力制御の実現

の 5 つでありこれを 3 年間で解決する。

2. 研究開発内容及び成果

2. 1. 平成 25 年度

電化フロアおよび電動カートを試作した。電化フロアは電極レールを埋設し、高周波(RF)整合回路・RF 電源に接続する。電動カートは RF 整流回路を搭載し、受電した電力で DC モータを駆動する。後輪タイヤをジャッキアップして空転状態にし、高周波電源からモータまでの総合電力伝送効率を測定した。結果、高周波電源出力電力 120W に対して、整流回路出力 DC 電力 70.5W、総合電力伝送効率 59%を得た。路面からの近傍電磁界が周辺歩行者および運転者の位置に与える影響を測定した。結果、全ての位置において、総務省電波防護指針の基準値を満たした。最後に、本システムの電動カートに大人 1 名を搭乗させた状

態で、時速 4km/h での電動カート集電走行の実証実験を行なった。停止状態からアクセルを踏み、電化フロアからの給電電力のみで 0.8m 先までタイヤ集電方式で有人走行することに成功した。

2. 2. 平成 26 年度

昨年度の成果を踏まえ、電界結合・磁界結合のみならず任意構造のワイヤレス結合系に適用できる一般線形 2 ポート電力伝送理論を創出した (図 1)。これにより、タイヤ集電方式の高伝送効率設計が可能となった。全長 16m の 0 の字周回コース電化フロアを屋内で試作し、電動カートの連続長距離有人走行に成功した (図 2)。電動カートの連続長距離有人走行している状態で高周波 (RF) 電源出力からモータ入力までの電力伝送効率 η_{RF-DC} は約 20%-40%に達した。また、大成建設 (株) 施設内の電磁環境実験棟にて全長約 24m の 8 の字コース電化フロアを設計施工し、電動カートの連続長距離有人走行にも成功し

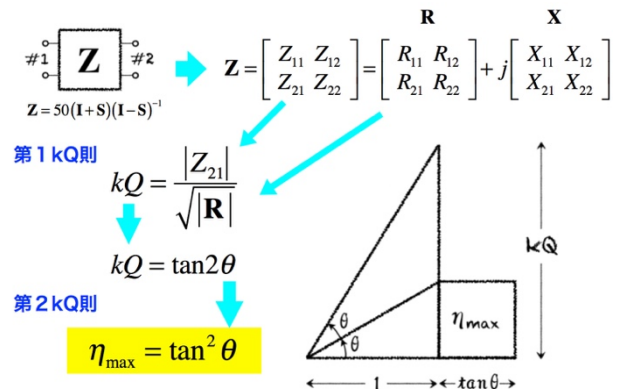


図 1 kQ 積理論を創出

た。この時、電力伝送効率 η_{RF-DC} で約 40%-50%を達成した。以上より研究開発目標である電動カートの長距離連続走行および曲線路と交差路を含む 8 の字型コースの連続走行を達成した。

2. 3. 平成 27 年度

モルタル表層 8 の字コース電化フロアにおいて電動カートの連続走行に成功した。電動カートがコース上を走行している状態で高周波 (RF) 電源出力からモータ入力までの電力伝送効率 η_{RF-DC} は約 20%-40%に達した。

大学構内に全長 10m アスファルト舗装電化道路を敷設した。バッテリーレス超小型電気自動車の時速 10km/h で有人走行させることに成功した (図 3)。電化道路へ高周波 (RF) 電源から 3kW の電力を入力した時の、高周波電源出力からモータ入力までの電力伝送効率 η_{RF-DC} は 29.5%を達成した。以上より本研究開発目標である、屋外アスファルト舗装電化道路における超小型電気自動車への連続・高速走行中給電およびモルタル舗装電化フロアにおける電動カートへの連続走行中給電を達成した。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

得られた成果を基に、今後は無人搬送車システムへの応用開発を実施する。事業化を見据え、3 年間で走行中給電式無人搬送システムおよび電力運用システムを研究開発する。その後、大成建設が主導で無人搬送車のエンジニアリング工事の受注を開始する。システム開発は大成建設、デンソー、UL Japan の 3 社体制で実施予定である。さらに本事業化後、AGV で得られた技術ノウハウを礎に自動車専用道路を走行する電気自動車や電気貨物車両などへ連続給電するアスファルト道路および道路から電力を集電する電気自動車・電気貨物車両の製品化を進める。

4. むすび

本研究開発でタイヤ集電方式による EVER システムのフィービリティを明示した。初年度はタイヤ集電方式による電化フロアからの給電のみで 0.8m の電動カート有人走行に成功した。次年度は電動カートの長距離連続走行および曲線路と交差路を含む 8 の字型コースの連続走行を達成した。最終年度は屋外アスファルト舗装電化道路における超小型電気自動車への連続・高速走行中給電およびモルタル舗装電化フロアにおける電動カートへの連続走行中給電を達成した。以上の 3 年間の研究成果でタイヤ集電方式による走行中給電の実現性を示せた。



図 2 大学内実験室に敷設した電化フロア上をバッテリーレスで走行する電動カート

【誌上发表リスト】

- [1]Takashi Ohira, “What in the world is Q”, IEEE Microwave Magazine vol.17 no.6 pp42-49 June 2016
- [2]鈴木良輝、崎原孫周、坂井尚貴、大平 孝、遠藤哲夫、藤岡友美、“バッテリーレス電動カート連続給電走行のための右手左手複合系電化道路”、電子情報通信学会論文誌 vol.J99-C no.4 pp133-141 平成 28 年 4 月
- [3]崎原孫周、鈴木良輝、坂井尚貴、大平 孝、“高周波伝送線路に沿って移動する負荷へ給電するための遠端全反射可変整合方式”、電子情報通信学会論文誌 vol.J99-C no.4 pp142-149 平成 28 年 4 月

【申請特許リスト】

- [1]遠藤哲夫、陣内 浩、大平 孝、坂井尚貴、鈴木良輝、崎原孫周、“給電導体の埋設構造及び非接触型給電走行路”、特願 2016-048688
- [2]大平孝、坂井尚貴、北川裕理、山田恭平、江頭大也、“可変リアクタンス回路”、特願 2015-224085、平成 27 年 11 月 16 日
- [3]大平孝、崎原孫周、坂井尚貴、“整合装置および移動体給電システム”、特願 2015-154869、平成 27 年 8 月 15 日

【受賞リスト】

- [1]大平研究室、日経エレクトロニクス読者賞、2013.5.21
- [2]大平 孝、電子情報通信学会フェロー、2014.9.24
- [3]坂井尚貴、優秀発表賞、電子情報通信学会 2016 年総合大会無線電力伝送研究専門委員会、2016.3.18

【報道掲載リスト】

- [1] “1 人乗り EV を使った屋外実験に成功”、日経 Automotive、no. 63 pp31-33 平成 28 年 6 月
- [2] “道路から給電 EV 走行実験 大成建設と豊橋技科大”、日経産業新聞、2016.3.22
- [3] “タイヤから給電して走る電気自動車”、NHK テレビほっとイブニング、2015.1.28

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

総務省東海総合通信局ホームページ

“世界初バッテリーレス電気自動車と電化道路による公開走行実験の実施”

<http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/mymedia/28/0328.html>



図 3 電気自動車のバッテリーレス走行に世界で初めて成功