

平成 30 年 3 月 23 日

電気・電子情報工学専攻			
氏名	崎原 孫周	紹介教員	大平 孝

論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	電動車両走行中電界結合ワイヤレス給電の要素技術
---------	-------------------------

(要旨 1,200 字程度)

環境負荷が小さいことから電気自動車(EV)がガソリン車の代替として世界中から期待が寄せられているが未だ普及には至っていない。その原因として、バッテリーに起因する課題が挙げられる。すなわち、1)航続距離が短い、2)バッテリー充電時間が長い、3)バッテリーが高コスト、である。大平らは電化道路電気自動車(EVER)と呼ぶ走行中の EV へワイヤレスに給電する技術の研究を行っており、この技術が EV 普及の起爆剤となると考えている。これまでに大平らは、車両模型や電動カートといった数百 W 級 EV において EVER の実証実験を行ってきた。本論文では EVER の実用化に向けた研究について述べる。

2 章では本論文に関する背景技術について述べる。3 章では、オシロスコープとメビウス変換による非線形負荷インピーダンス測定手法について提案する。ワイヤレス給電により電力を供給される負荷には、電球や整流回路といった入力電力に対し非線形なインピーダンスを持つ回路が想定される。このような非線形負荷に対し効率良く電力を給電するには、動作状態におけるインピーダンスを測定する必要がある。そこで、オシロスコープとメビウス変換を利用することにより、安価で簡易に動作状態における非線形インピーダンスが測定可能であることを示す。4 章では、電化道路が長区間敷設された際に発生する定在波を起因とした給電効率の低下の抑制について述べる。これまでに鈴木らにより右手左手複合系電化道路による定在波抑制を提案しているが、本手法は道路に周期的に高周波回路を埋設する必要がある。そこで電化道路遠端に可変リアクタを装荷することで、負荷が任意の位置にある時最大の給電効率を得るための手法を提案する。また、提案手法についてシミュレーションおよび実証実験を行い、提案手法が正しく動作することを示す。5 章では、汎用建材による走行中ワイヤレス給電の実証実験について述べる。まず、汎用建材であるモルタルを用いた屋内用電化道路(電化フロア)の開発について述べる。モルタルは内部に水分を含有するため、電界結合を用いる方式では給電効率の大幅な劣化が懸念される。そこで給電効率劣化の緩和に向け、モルタル内部に鋼繊維を添加することを提案する。実際に鋼繊維を添加したモルタルパネルを試作し、比誘電率および誘電正接を測定することで鋼繊維による効果を評価する。最も給電効率が高くなるように鋼繊維の添加量を調整したモルタルを表層とした 8 の次周回電化フロアを試作する。試作した電化フロアにより、500W 級電動カートのバッテリーレス

走行実験を行い、汎用建材による電化フロア構築が可能であることを示す。次に、アスファルトを表層とした電化道路による走行中ワイヤレス給電の実証実験について述べる。モルタルと同様、材料や構造について評価を行い、高い給電効率を得られる材料および道路断面構造を検討する。検討した材料・構造を用いて豊橋技術科学大学内に直線30m 電化道路を敷設する。敷設した電化道路によるバッテリーを取り外した 5kW 級 EV の走行実験を行い、大電力集電かつ長距離走行が可能であることを実証する。

Date of Submission (March 23, 2018):

Department: Electric and Electronic Information Engineering			
Applicant's name	Sonshu Sakihara	Contact faculty	Takashi Ohira

Abstract (Doctor)

Title of Thesis	Key Technologies for Capacitive-Coupled Dynamic Powering to Electric Vehicles
-----------------	-------------------------------------------------------------------------------

Approx. 800 words

Electric vehicles (EVs) are expected to replace gasoline vehicles since electric motors exhibit much higher energy efficiency than fossil fuel engines. However, the EV has not been deployed for the moment. This is supposed to come from batteries, which bring three problems: 1) short cruising range, 2) long battery recharging time, and 3) high battery cost. With such background, Hanazawa and Ohira are working on a technique for wireless power transfer to a running EV called Electric Railway Electric Vehicle (EVER). They believe that this technology will become an initiator for mass deployment of EVs. EVER has three advantages as follows: 1) Tolerant of transverse drift of the vehicle thanks to the electrodes wider than the tires. 2) Constant coupling capacitance between the feeder electrode and the tire since the tire is always on the road surface without the air gap. 3) Less field emission since the electric field concentrates between the electrode and the tire. They have carried out demonstration experiments of EVER at EVs, such as 1/32 scale vehicle models and electric carts.

This paper presents key technologies for practical implementation of EVER. Chapter 1 describes that how EV is needed in our future society, what is wireless power transfer, and history of research on wireless power transfer to traveling EVs. Chapter 2 describes the background technologies related to my work. I explain that what are EVER, Via-Wheel Power Transfer, kQ, and composite right- and left-handed electrified roadway. Chapter 3 describes a nonlinear load impedance measurement scheme using an oscilloscope and Mobius transformation. Power transfer efficiency is one of the most important issues in RF system design. Especially in RF power transfer systems, impedance matching is much more crucial than that required in communication systems. This is because even small mismatches may cause an unacceptable amount of reflection in power systems. I present a new approach to high-power impedance measurement featuring an oscilloscope and Mobius transformation. This enables us to observe a power-dependent load as is exposed to RF power in the actual application level in

real time. Chapter 4 describes power transfer efficiency degradation caused by the standing waves generated when the long section of the electrified roadway is assumed. Previous work proposed the restraints of standing waves by the composite right- and left-handed electrified roadway. However, this method needs periodically buried high frequency circuits under the roadway surface. Therefore, I propose a new scheme to obtain the maximum power transfer efficiency for the load placed at an arbitrary position. The feature of the proposed system is to load a variable reactor at the far end of the electrified roadway. This has a very simple configuration and it is not necessary to periodically bury the circuit under the roadway. In the simulation and demonstration experiments, I show that the proposed system works as expected. Chapter 5 describes the demonstration experiment of EVER by general purpose building materials. First, I describe a development of mortar-paved electrified floor for dynamic powering to EV. I find that the power transfer efficiency degradation stems from the mortar containing water inside. I propose a novel mortar that employs ultra high strength fiber which has high dielectric constant and low loss tangent simultaneously. I evaluate electrified floor structure by using electromagnetic field analysis and discover a cross sectional structure that can reach high power transfer efficiency. I fabricate a prototype of mortar-paved electrified eight-shape course and demonstrate battery-less running of an electric cart. As a result of running tests, I show that the electric cart continuously runs at 5 km/h and the EVER system with the mortar surface layer works well.

Second, I describe a development of asphalt-paved electrified roadway for dynamic powering to EV. Like mortar, I evaluate materials and structures, and consider materials and road cross-sectional structures that can achieve high power transfer efficiency. Using the materials and structures developed, I made a straight 30 m electrified roadway in the campus at Toyohashi University of Technology. I also develop a far-end reactive matching (FERMAT) system to solve the problem of standing wave. I made a running test of a 5 kW class battery-less EV on the fabricated electrified roadway. As a result of running tests, the electric cart continued running outdoors at 10 km/h and the EVER system with the asphalt surface layer was successful. I believe that this is a major step of practical application of EVER. Chapter 6 describes the conclusion and prospects for the future.