

ホイール内に受電コイルを配置した給電システムの開発

正員 清水 修^{*a)} 非会員 宇都 隆^{*}
上級会員 藤本 博志^{*} 正員 郡司 大輔^{**}
非会員 桑山 勲^{***}

Development of In-Wheel Receiver Coil for Dynamic Wireless Power Transfer

Osamu Shimizu^{*a)}, Member, Takashi Utsu^{*}, Non-member, Hiroshi Fujimoto^{*}, Senior Member, Daisuke Gunji^{**}, Member, Isao Kuwayama^{***}, Non-member

(2020年*月*日受付, 2021年*月*日再受付)

Short cruise range is one of the major issues of electric vehicles. To solve this problem, dynamic wireless power transfer is proposed. However, eddy current loss of foreign matter metal object is one of the biggest problems for dynamic wireless power transfer. Eddy current loss decreases efficiency of wireless power transfer and increases temperature of the foreign matter object, which burns combustible materials around the foreign matter objects in the worst case. We proposed wireless power transfer system named in-wheel coil whose magnetic flux is through the tire and wheel. For this system, suitable materials for tire and wheel, which occur little eddy current loss, are proposed with actual measurement data.

キーワード: ワイヤレス電力伝送, タイヤ給電, 材料, ワイヤレスインホイールモータ

Keywords: dynamic wireless power transfer, wireless power transfer with tire, material, wireless in-wheel motor

1. 研究の背景

電気自動車の性能的課題として、航続距離が挙げられる。航続距離の伸長にはバッテリーの搭載量を増やすことが効果的ではある。しかし、バッテリーの搭載量を増やすと車体重量が増えることにより、走行抵抗が増加し、走行にかかるエネルギーが増大する。走行にかかるエネルギーが増大すると電気自動車の充電に係る発電量が増える。ほとんどの国で発電には化石燃料を用いるため、電気自動車普及の大きな目的の一つである二酸化炭素の削減と化石燃料の使用量削減を実現できなくなり、持続可能でなくなる。

航続距離に関する課題の抜本的解決方法として走行中給電が提案されている。走行中に車両に給電を行うことで、車両に搭載するバッテリーを大きく削減することができる^①、走行にかかるエネルギーを削減することができる。走行中給電の方式としては接触式給電^②と非接触式給電(WPT: Wireless Power Transfer)があり、非接触給電式には主に電界結合方式^③と磁界結合方式^{④-⑧}が提案されている。

電界結合方式は送電板と受電板の容量結合を用いるため、送電板と受電板の間の静電容量が大幅に変化すると送電が困難になる。通常、設計の際には空気の静電容量を想定しているため、雨天等により水が浸入すると送電板と受電板の間の静電容量が大幅に変化し、効率の良い送電ができなくなる。そのため、対候性の観点から公道などの屋外では水の影響を受けない磁界結合方式の方が適している。

自動車の給電に用いられる磁界結合方式は送電コイル発生する磁界を受電コイルが受けることによって電力伝送をするため、発生する磁界が導電体を鎖交すると導電体内に渦電流が発生し、損失となるという課題がある。また発熱により周辺部品の劣化や樹脂などの可燃物が加熱されると、発火に繋がる恐れもある。具体的な導電体の異物としては金属の異物が想定されており、金属製のクリップや電池を用いた小型の玩具などが想定される。

a) Correspondence to: shimizu.osamu@edu.k.u-tokyo.ac.jp

* 国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, 277-8561

** 日本精工株式会社 パワートレイン技術開発部 〒251-8501 神奈川県藤沢市鶴沼神明 1-5-50

Powertrain Tech. Dev. Dept., NSK Ltd., 1-5-50 Kugenuma Shimmei, Fujisawa city, Kanagawa 251-8501

*** 株式会社ブリヂストン 次世代技術開発第1部 〒187-8531 東京都小平市小川東町3丁目1番地1号

Next Generation Technology Dev. Dept.1, Bridgestone Corporation, 3-1-1 Ogawahigashicho, Kodaira, Tokyo, 187-8531

金属異物の検知のために金属異物検知システムが提案されており、コイルパラメータを利用したもの⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾、や画像認識による検知法⁽¹¹⁾も提案されている。しかし金属異物を検知できても、除去はできないため、検知の他に除去する手段が必要となる。もしくは除去するシステムを用いない場合は送電を止め、安全を確保した後に外部にその状況を知らせ、人間が金属異物を除去することになるが、金属異物が存在している間には受電ができなく、受電の機会を減らすこととなる。また走行中に限らず駐車中の給電でも金属異物が入らない構造とすることで、金属異物を除去するシステムの削減や金属異物を人が除去する手間を省くために金属異物が出来る限りコイル間に入りづらい構造とすることが重要である。

本論文では2章で金属異物の入りづらい構造としてインホイールコイルを提案し、3章で送電コイルと受電コイルに挟まれるタイヤの材料が電力伝送効率に与える影響を検証する。そして4章でインホイールコイルのフルスケールモデルでの電力伝送の評価について述べ、5章で結論を述べる。

2. インホイールコイル

本研究ではインホイールコイル方式の走行中給電システムを提案する。受電コイルをホイールの内側に配置することで、受電コイルと送電コイルの間に金属異物が侵入する確率を低減することのできる給電システムである。インホイールコイルの概観を Fig. 1 に示す。結合を高めるために受電コイルと送電コイルの距離を最小化することを目的として受電コイルをホイールに沿って湾曲させた構造としている。受電コイルはホイールハブを固定するアップライトもしくはアップライトに取り付けられたインバータケース等に固定されるため、回転しない。また、送電コイルは地中に埋設されることを想定している。

インホイールコイルの利点は下記3点である。

(1) 送受電コイルの間にタイヤとホイールが存在する

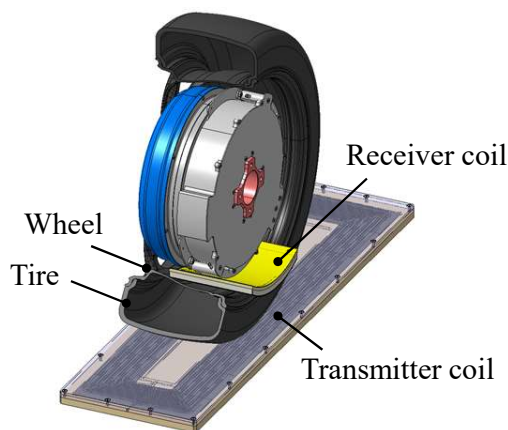


Fig. 1. Overview of In-Wheel Coil

- ことにより、金属異物が浸入する確率を低減できる。
- (2) 受電コイルの進行方向にタイヤとホイールが存在することにより、小石などの飛来物による受電コイルの損傷、破損を防ぐことができる。
- (3) 受電コイルがばね下へに配置されることにより、サスペンションのたわみによる位置の変動がなくなり、ばね上に配置することに対して受電コイルと送電コイルの距離が一定かつ小さくできる。

さらにインホイールモータと組み合わせる⁽¹²⁾ことで、受電した電力を最短経路で駆動に使用することにより受電から駆動までの効率を高くできるという利点を活かすことができる。一方で、本システムは磁界共振結合を利用するため、タイヤとホイールによる磁界の阻害があるとシステム効率や出力に影響を及ぼす。そこで、適用に際してはタイヤとホイールの材料による WPT への影響を最小限に抑える必要がある。

3. タイヤ材料が WPT に与える影響

(3-1) タイヤの構造と評価手法 ここではタイヤが WPT に与える影響を検証する。タイヤの主要な構造を Fig. 2 に示す。タイヤは接地面等の主要部位は合成ゴムで構成されており、体積の約 80% を占める。

自動車はグラウンドを積極的に接地をしなくてもラジオを利用することができる。これはタイヤ用の合成ゴムには導電性のカーボンブラック⁽¹³⁾が含まれており、合成ゴムが高周波ではインピーダンスが下がるためである。インピーダンスの低い材料に磁束が鎖交すると渦電流損が発生し、電力損失となる。また抵抗率が十分に低い材料が、インホイールコイルの様に受電コイルを取り囲む場合、送電コイルから発生する磁界により生じる渦電流により、発生する磁界阻害され、電力伝送効率の低下及び受電電力の減少が起こる。さらにタイヤは合成ゴムのみ構成では剛性が低く、走行に耐えられないため、剛性を高めるために骨格補強部材が合成ゴム内部に入れられている。骨格補強部材の主な材料は透磁率が高く、電気抵抗率が低い鉄であるため、磁束が鎖交すると大きな鉄損が発生することが懸念される。

評価装置を Fig. 3 に示す。評価装置は外形 100mm 四方の送電コイルと受電コイルを用いており、それぞれのコイル

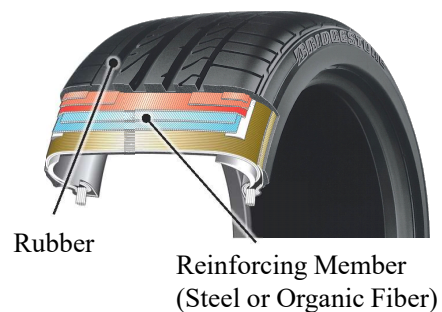


Fig. 2. Main Structure of Tire

ルは 10 ターンである。送電コイルと受電コイルのギャップの背面にはフェライトコアを用いており、周辺の影響を受けづらい構成としている。評価したい材料を送電側コイルの上面に配置して、送電コイルと受電コイルの間に挟んだ状態で LCR メータにてコイルパラメータを測定することにより、材料が電力伝送効率に与える影響を各パラメータと理論最大効率から検証する。

本研究で提案するシステムは Fig. 4 に等価回路を示す通り、コイルと共振キャパシタを直列で接続する Series-Series(SS) 型の磁界共振結合を用いることを想定している。SS 型の WPT 理論最大効率は式 3 で表される。

$$k = \frac{L_m}{\sqrt{L_1 L_2}} \dots \dots \dots (1)$$

$$Q_i = \frac{\omega_0 L_i}{R_i} (i = 1 \text{ or } 2) \dots \dots \dots (2)$$

$$\eta_{max} = \frac{k^2 Q_1 Q_2}{(1 + \sqrt{1 + k^2 Q_1 Q_2})} \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 η_{max} は理論最大効率、 k は結合係数、 Q はコイルの Q 値、 L は自己インダクタンス、 L_m は相互インダクタンス、 R はコイル抵抗、 ω_0 は周波数であり、1 は送電、2 は受電側を示す。また本システムは公道で使用する自動車に適用することを想定しているため、停車中給電の規格である SAE J2954 に準拠する周波数範囲である 79kHz から 90kHz までを基本周波数としている。理論最大効率は電源を理想的な正弦波であると仮定し、コイルのパラメータは動作条件においても変化しないという前提である。更にインダクタンスとキャパシタンスが理想的な共振状態であることを前提としており、実態では、理論最大効率と実際の効率は異なる。そのため、ここでは材料が電力伝送に与える影響の評価指標として導入し、最終的には実際の電力伝送にて影響を確認する。

(3・2) ゴム材料が WPT に与える影響 はじめにゴ

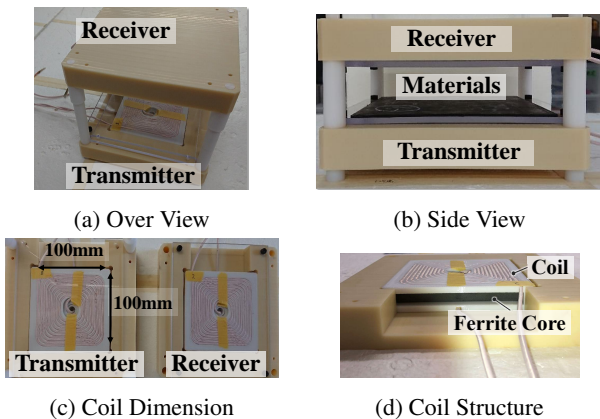


Fig. 3. Material Evaluation Equipment

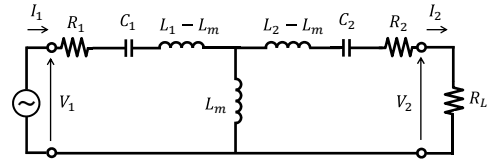


Fig. 4. Equivalent Circuit of the Series-Series Magnetic Resonant Coupling

ム材料による WPT への影響評価を行った。タイヤ用ゴムの代表的な材料として、用途、性能別に四種類のゴムを評価した。評価に使用したゴムを Table 1 に示す。ゴムは評価装置の支柱に触れずに配置できる最大の大きさの 160mm 四方としており、試作型の厚さによって 1 枚 2mm と決まった。厚さの変更は枚数を増やすことで実現している。

評価結果を Fig. 5 に示す。SS 型の磁界共振結合ではバンドパス特性を持つことにより、高調波成分は小さくなるため、ここでは基本周波数での評価を行う。高調波成分を含んだ評価は電力伝送試験にて実施する。計測で使用した周波数は 85kHz である。ゴム材料の有無、四つのゴム材料によってすべてのパラメータには変動がないことを確認した。85kHz ではゴムによる電力伝送効率への影響がないことを明らかにした。

(3・3) ベルト材料が WPT に与える影響 次に骨格補強材による影響を検証した。タイヤは地面と接触するトレッド部、タイヤの剛性を保つベルト部、空気漏れを防ぐインナーライナー部で構成される。トレッド部とインナーラ

Table 1. Characteristics of the Evaluated Rubber

No.	1	2	3	4
Car type	Passenger car	Truck		
Use type	Sports	Eco	Sports	Eco

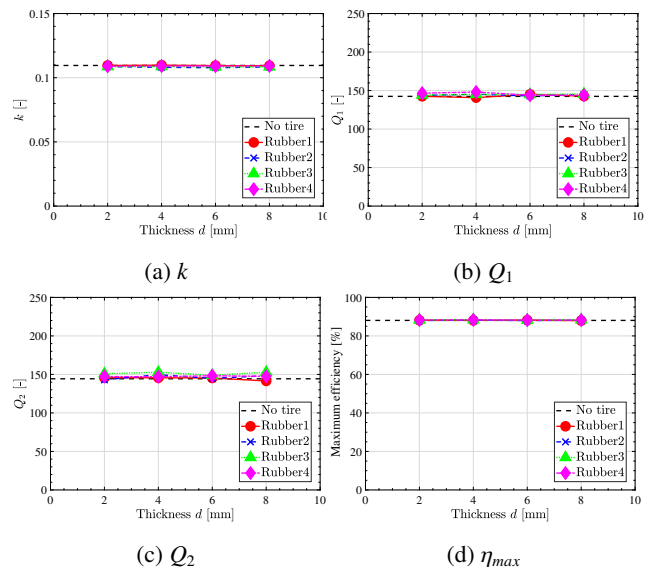


Fig. 5. Calculated Values of the Rubber Test Based on Actual Measurement

イナー部は合成ゴムのみで構成されているため、ここでは骨格補強材の検証のため、ベルト部のみを取り出し評価を行った。切り出したサイズは 160mm 四方である。またベルトの材料として鉄と有機繊維の 2 つを評価した。有機繊維ベルトは飛行機やレース用車両で用いられている。実測によって得られたパラメータを Fig. 6, 得られたパラメータから式 1, 式 2, 式 3 を用いて算出した値を Fig. 7 に示す。

有機繊維ベルトを挟んで計測した場合には、何も挟まない場合と比べ、コイルパラメータに有意な変化がないことから有機繊維ベルトによる WPT 性能への影響はないことが分かる。測誤差により Q 値は ± 5 程度変化することを確認している。一方でスチールベルトの場合、ベルト内に発生する鉄損の影響により LCR メータで計測される抵抗が増加している。また、ベルトとの距離が近い送電側の方が抵抗の増加量が大きい。更に自己インダクタンスはスチールベルトでは送電側の微小な増加がみられている。相互インダクタンスはスチールベルトを挟んだ場合に何も挟まないときに対して減少がみられている。

スチールベルトによる自己インダクタンスの変化は鉄の透磁率がゴムと比較して高いことによる影響である。相互インダクタンスの変化についても同様の理由が考察される。結合係数はスチールベルトを用いた場合には減少している。

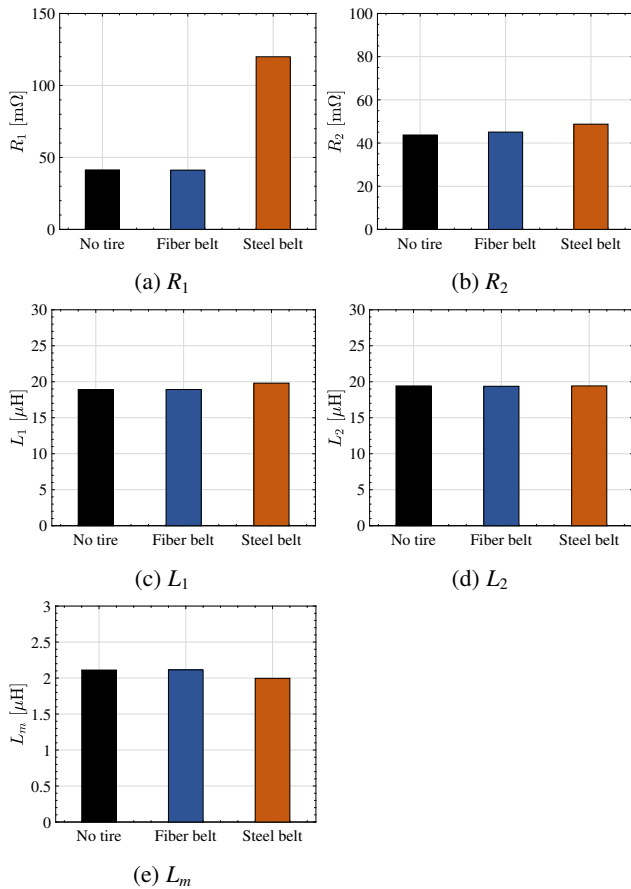


Fig. 6. Measured Parameters of the Separated Parts of Tire

結果として、理論最大効率は何も挟まないで計測した結果が 92%であったことに対して、スチールベルトを用いた場合には 86%まで低下した。

4. フルスケールモデルでの評価

〈4・1〉 コイルパラメータでの評価 フルスケールモデルでの送電実験による評価を行った。送電評価設備を Fig. 8 に示す。送電コイルの上に送電コイルとの距離を短くするために湾曲した受電コイルを配置できるようになっており、ホイール、タイヤ、もしくはそれらの組立体を送電コイルと受電コイルの間に配置することが可能となっている。ここでは、ホイールとタイヤの影響をそれぞれ検証している。計測に使用したコイルの寸法を Table 2 にまとめる。送電コイル、受電コイルの背面にはフェライトを配置している。

ホイールの材料として、鉄、アルミ、CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics) の比較を行った。基準としてタイヤ、ホイール共に挟まずコイルのみを用いて計測を行っている。

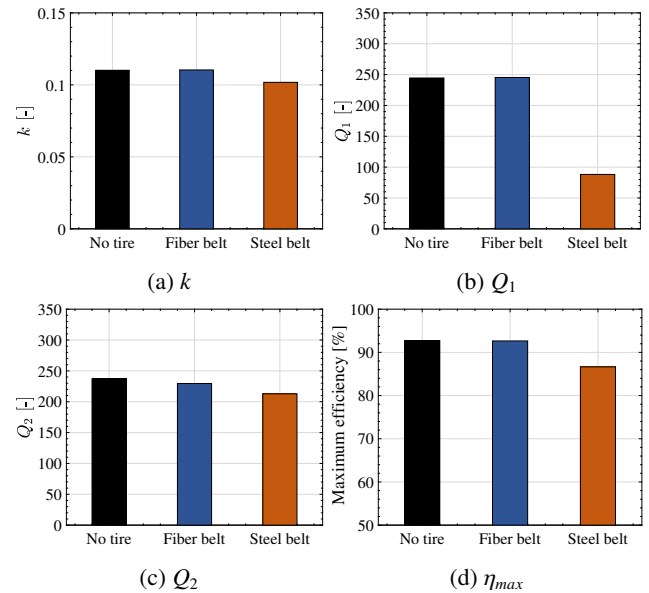


Fig. 7. Calculated Values of the Separated Parts of Tire

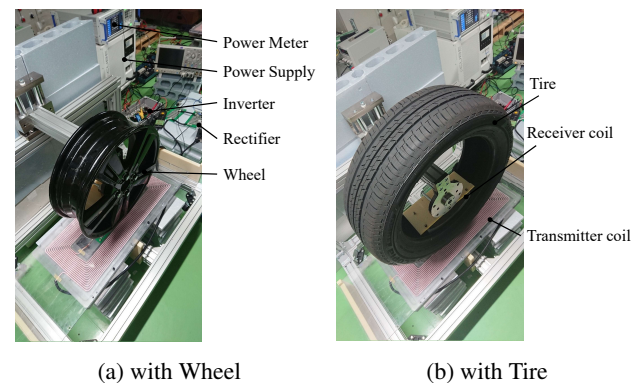


Fig. 8. Evaluation Equipment for In-Wheel Coil

タイヤのベルト材料として鉄と有機繊維の2つを計測した。しかし、リム幅やスポークの詳細な形状はそれぞれ異なり、鉄は7inch, アルミは6inch, CFRPは5.5inchである。リム径は全て17inchである。ホイールで最小のものはリム幅5.5inchであるため、受電コイルの湾曲部の径寸法と幅寸法はリム径17.5inch, リム幅5.5inchのホイールに適用できるように設計されている。CFRPはCFRPの繊維を編んでから樹脂を含浸させて硬化させたものではなく、分割した繊維を熱可塑性樹脂と混ぜて成形したものをを用いている。CFRPは金属と比較すると小さいが、導電性を持っているため、磁界が変化した際に渦電流が生じる。その性質を利用して品質検査への使用が検討⁽¹⁴⁾されている。一方で、金属の様な高い導電性は実現できていないため、導電性を高める研究⁽¹⁵⁾も同時になされている。またCFRPは樹脂で含浸されていることにより、CFRPに直接電圧を印加して導電性を計測することが困難であるため、供試体の近傍に配置したコイルを励磁することにより温度を上昇させ、温度計測することにより導電性を推定する手法⁽¹⁶⁾が提案されている。フルスケールモデルにてLCRメータにて取得したコイルパラメータをFig. 9に示す。計測で設定したコイル間の距離は100mm, 周波数は85kHzである。

材料評価装置での材料評価と異なり、有機繊維ベルトを使用したタイヤを用いた場合に抵抗の増加と自己インダクタンスの増加, 相互インダクタンスの低下が確認された。送電側の抵抗は金属ベルトが有機繊維ベルトに対して顕著に増加していることに対して、受電側の抵抗がほぼ同様に増加していることから、材料評価の際に考慮されていなかった、タイヤの側面に配置されている、ホイールとタイヤを固定するための鉄製のビードワイヤーに発生する渦電流損失によるものと考えられる。ビードワイヤー以外にタイヤに含まれる金属は存在しない。

ホイールに関しては金属製のアルミ, 鉄共に磁束がホイール内の渦電流により発生する磁界により小さくなることによって相互インダクタンスの大幅な減少が確認できた。アルミは鉄と比較して抵抗率, 透磁率共に低いため、表皮深さが小さくなることにより抵抗の上昇は小さくなっている。効率低下が懸念されたが、ここで用いたCFRPでは小さな抵抗値の上昇以外、他のパラメータにはほとんど影響を与えないことが分かった。CFRPの繊維が切断され、渦電流の経路が遮断されている効果と考えられる。

実測により得られたパラメータから式1, 式2, 式3を用いて算出したコイルの結合係数, Q値, 理論最大効率を

Table 2. Dimensions of Full Scale Coil

Item	Unit	Transmitter	Receiver
Length	mm	600	237
Width	mm	254.6	104
Radius of Arc Shape	mm	-	176.5
Number of Turns	-	13	5
Number of Layers	-	1	2

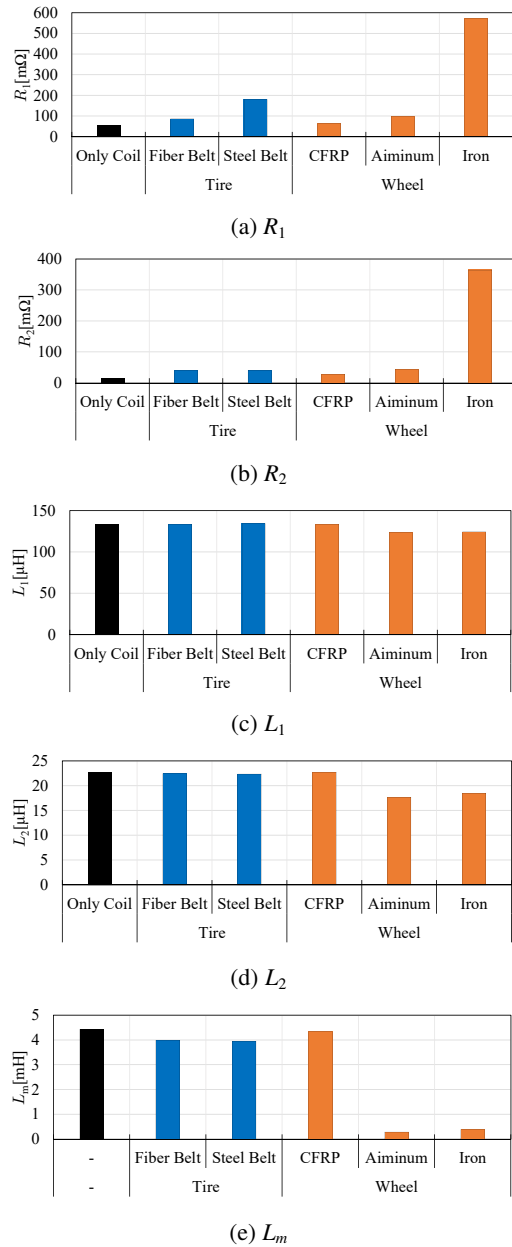


Fig. 9. Measured Values of Full Scale Model

Fig. 10に示す。

タイヤ材料では材料単体試験で得られた結果と同様に有機繊維ベルトがスチールベルトよりも良い特性を示している。スチールベルトは5.4%の理論効率低下を招いていたが、有機繊維ベルトとすることで2.9%の低下まで抑えられている。またホイール材料では金属製のホイールでは50%以下の効率であることに対し、CFRPを用いると1.2%の効率低下に抑えられている。

〈4・2〉 電力伝送試験での評価

スチールベルトタイヤ, 有機繊維ベルトタイヤ, CFRPホイールを受電コイルと送電コイルの間に挟んだ状態と, 何も挟まない状態で電力伝送を行った。共振コンデンサの実装誤差により, 電力

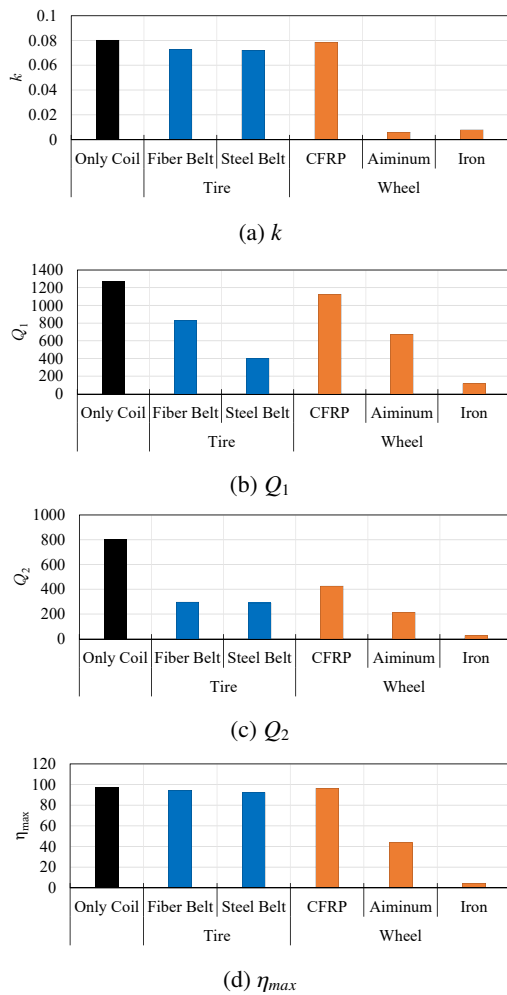


Fig. 10. Calculated Values of Full Scale Model

伝送で使用した周波数は 87kHz となっている。送電電圧は 72V, 受電電圧は最大効率を送電側と受電側の抵抗値によって異なるため, 最大効率を実現できるように各条件で変更している。受電電圧によって出力が異なるが, それぞれ, 1kW 程度の電力伝送ができています。計測のために設定したコイル間距離は 100mm である。計測結果を Fig. 11 に示す。ここでの効率は ACtoAC 効率であるため, インバータと整流器の効率は含まない。

電力伝送試験でもコイルパラメータから得られた理論最大効率と同様の傾向となることを確認した。有機繊維ベルトでは 2% の効率低下に抑えられ, CFRP のホイールでは

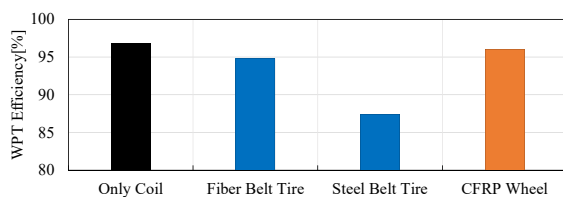


Fig. 11. WPT Efficiency of Full Scale Model

0.7% の効率低下に抑えられた。以上のことより, 有機繊維ベルトと CFRP ホイールを用いることによりインホイールコイルを用いた給電は実現可能性を大きく向上できることが分かった。

5. 結論

本研究で得られた結論は下記の通りである。

- (1) 送受電コイル間に金属異物の進入を防ぐインホイールコイルを提案し, 電力伝送を実現した。
- (2) 材料特性試験用のコイルとフルスケールモデルで傾向が同一であるため, 材料が WPT に与える影響は材料特性試験用コイルで比較検証可能である。
- (3) インホイールコイルを用いた場合, タイヤのスチールベルトに発生する鉄損により効率低下を招くが, 有機繊維ベルトを用いることで 2% 程度の効率低減まで抑えられる。
- (4) アルミや鉄製ホイールは結合を大幅に低減させるが, CFRP ホイールを用いることで, 渦電流の影響を小さくでき, 1% 未満の影響とすることが可能。

本研究で用いた市場品のタイヤの幅が小さく, ビードワイヤーによる磁界の障害の影響が確認された。また, コイル間距離を小さくすることが送電効率向上に大きく影響するため, より薄いタイヤ, ホイールの開発がシステム性能の向上に重要である。そのため, インホイールコイルを前提とした幅広のホイール, タイヤ設計をすることによりビードワイヤーの影響を小さくすることは可能であると考えられる。CFRP は使用する CFRP の繊維の持つ導電率や充填率によって導電率が異なることが予想されるため, 今後はタイヤ給電により適した CFRP 材料の選定をすることで, 影響を更に小さくすることが期待される。さらに今回は停車中給電で規格化される周波数帯での評価を行ったが, 高周波化による材料の影響の変化も今後の課題とする。

謝辞

本研究の一部は JST 未来社会創造事業 (Grant 番号:JPMJMI17EM), JSPS 科研費 (基盤研究 A 課題番号:JP18H03768) の支援を受けたことを付記する。

文献

- (1) D.Gunji, K.Hata, O.Shimizu, T.Imura, H.Fujimoto "Feasibility Study on In-motion Wireless Power Transfer System Before Traffic Lights Section", 2019 IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power (WoW), (2019)
- (2) T.Tajima, W.Noguchi, T.Aruga, "Study of a Dynamic Charging System for Achievement of Unlimited Cruising Range in EV", SAE Technical Paper 2015-01-1686 (2015)
- (3) Y.Suzuki, M.Mizutani, T.Sugiura, N.Sakai, T.Ohira, "Prototype Experiment of a 1/32-Scaled Model Via-Wheel Power Transfer Running Electric Vehicle", IEEJ Transactions on Industry Applications, no.134, vol.7, pp.675-682, 2014 (in Japanese)
鈴木良輝, 水谷豊, 杉浦貴光, 坂井尚貴, 大平孝: 「電化道路をタイヤ集電で走行する電気自動車の 1/32 スケールモデル試作実験」 電気学会論文誌 D, no.134, vol.7, pp.675-682 (2014)

- (4) G.Covic, J.Boys, M.Kissin, H.Lu "A three-phase inductive power transfer system for road-way-powered vehicles", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.54, no.6, pp. 3370-3378(2007)
- (5) J.Huh, S.Lee, W.Lee, G.Cho, C.Rim "Narrow-Width Inductive Power Transfer System for Online Electrical Vehicles", IEEE Transactions on Power Electronics, vol.26, no.12, pp. 3666-3679(2011)
- (6) O.Onar, J.Miller, S.Campbell, C.Coomer, C.White, L.Seiber "A Novel Wireless Power Transfer for in-motion EV/PHEV Charging", 2013 Twenty-Eighth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)(2013)
- (7) A.Kamineni, M.Neath, A.Zaheer, G.Covic, J.Boys "Interoperable EV Detection for Dynamic Wireless Charging With Existing Hardware and Free Resonance", IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol.3, no.2, pp.370 - 379(2017)
- (8) L.Zhao, D.Thirumawithana, U.Madawala "Hybrid Bidirectional Wireless EV Charging System Tolerant to Pad Misalignment", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.64, no.9, pp.7079 - 7086(2017)
- (9) J.Chakrothai, K.Wake, T.Arima, S.Watanabe, T.Uno "Exposure Evaluation of an Actual Wireless Power Transfer System for an Electric Vehicle With Near-Field Measurement", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol.66, no.3, pp.1543-1552(2017)
- (10) J. Cha, W. Y. Lee, G. Choe, Y. J. Kim, J. H. Joo, J. H. Jung, "A Method of the Improvement of Wireless Power Transfer (WPT) System Efficiency, Compatibility, EMI Reduction, and Foreign Object Detection (FOD) for EV Applications", SAE Technical Paper(2020)
- (11) T. Sonnenberg, A. Stevens, A. Dayerizadeh and S. Lukic, "Combined Foreign Object Detection and Live Object Protection in Wireless Power Transfer Systems via Real-Time Thermal Camera Analysis", 2019 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), pp.1547-1552(2019)
- (12) H.Fujimoto, T.Takeuchi, K.Hanajiri, K.Hata, T.Imura, M.Sato, D.Gunji, G.Guidi "Development of Second Generation Wireless In-Wheel Motor with Dynamic Wireless Power Transfer", The 31st International Electric Vehicle Symposium & Exhibition and International Electric Vehicle Technology Conference 2018(2018)
- (13) Y. R. Smith, D. Bhattacharyya, T. Willhard, M. Misra, "Adsorption of aqueous rare earth elements using carbon black derived from recycled tires", Chemical Engineering Journal, vol.296, pp.102-111(2016)
- (14) Y.Koga, Y.Suzuki, A.Todoroki, Y.Mizutani, "Delamination Detection Based on Selective-Layer Heating by Use of Electrical Resistance Anisotropy of CFRP", Advanced Composite Materials, vol.12, No.5, pp.185-192(2016)(in Japanese)
古賀 洋一郎, 鈴木 良郎, 轟 章, 水谷 義弘「CFRPの電気抵抗異方性を利用した選択的層加熱による層間はく離検査」, 日本複合材料科学会誌, vol.12, No.5, pp.185-192(2016)
- (15) J. Rehbeina, P. Wieracha, T. Griesb, M. Wiedemanna, "Improved electrical conductivity of NCF-reinforced CFRP for higher damage resistance to lightning strike", Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, vol.100, pp.352-360(2017)
- (16) H.K.Bui, F.D.Senghor, G.Wasselync, D.Trichet, J.Fouladgar, K.Lee, G. Berthiau, "Characterization of Electrical Conductivity of Anisotropic CFRP Materials by Means of Induction Thermography Technique", IEEE Transactions on Magnetics, vol.54, no.3, pp.1-4(2017)

清水 修 (正員)



1984年7月16日生。2009年慶応義塾大学大学院政策・メディア研究科博士前期課程修了。同年～2010年トヨタ自動車, 2010年～2013年SIM-Drive, 2013年～2017年本田技術研究所にて自動車部品の研究開発に従事。2016年慶応義塾大学大学院政策・メディア研究科博士後期課程修了。博士(学術)。2017年～2020年名古屋大学未来社会創造機構特任助教。2018年～東京大学大学院新領域創成科学研究科特任助教。2020年～名古屋大学未来社会創造機構招聘教員。電気自動車用駆動システム・モータ設計, ワイヤレス電力伝送に関する研究に従事。電気学会, 自動車技術会, IEEE各会員。

宇都隆 (非会員) 1994年8月2日生。2018年東京大学新領域創成科学研究科入学。2020年東京大学新領域創成科学研究科博士前期課程修了。2020年より三菱電機株式会社にてV2Gシステム開発に従事。IEEE会員。



藤本博志 (上級会員) 1974年2月3日生。2001年東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了。博士(工学)。同年長岡技術科学大学工学部電気系助手。2002年～2003年, 米国Purdue大学工学部機械工学科客員研究員。2004年横浜国立大学大学院工学研究院講師。2005年同助教授, 2007年同准教授。2010年東京大学大学院准教授。制御工学, モーションコントロール, マルチレート制御, ナノスケールサーボ, 電気自動車の運動制御, モータとインバータの高性能制御, ビジュアルサーボ, ワイヤレスモータに関する研究に従事。2001年および2013年IEEE Transactions on Industrial Electronics最優秀論文賞, 2010年Isao Takahashi Power Electronics Award, 2010年計測自動制御学会著述賞, 2016年永守賞大賞などを受賞。電気学会およびIEEEの上級会員。計測自動制御学会, 日本ロボット学会, 自動車技術会各会員。



郡司大輔 (正員) 1982年10月31日生。2007年電気通信大学大学院電気通信学研究科知能機械工学専攻博士前期課程修了。2007年日本精工株式会社入社。2015年東京大学大学院新領域創成科学研究科博士後期課程修了。博士(科学)。ワイヤレス電力伝送, モーションコントロール, 電気自動車の要素部品の研究開発に従事。2014年電気学会産業応用部門奨励賞, IEEE Transaction on Power Electronics First Prize Paper Awards in 2016受賞。電気学会, IEEE, 自動車技術会各会員。



桑山勲 (非会員) 1973年6月30日生。1999年早稲田大学大学院理工学研究科機械工学専攻前期博士課程修了。同年～2005年ブリヂストンにてF-1用革新タイヤ開発に従事。2005年～2008年ミラノ工科大学にて, 車両-タイヤ連成挙動制御に関する研究に従事。2008年ミラノ工科大学大学院機械システム工学専攻Ph.D.取得。2008年ブリヂストンチーフエンジニア。2014年同リサーチフェロー。2020年同上席主幹研究員。タイヤ・車両のダイナミクス, 革新的高速タイヤ接地挙動計測技術, 次世代新規サイズ燃費タイヤ技術等の研究開発に従事。2013年自動車技術会論文賞, 2014年地球温暖化防止活動環境大臣賞, 2017年発明大賞-経済産業大臣賞などを受賞。自動車技術会会員。

