

電動トラック用 2.4GHz 帯 10kW 出力レクテナへの送電実験

古川 実[†] 峯岸 隆偉[†] 小川 智也[†] 佐藤 幸次[†] 王 鵬[†]
外村 博史[‡] 寺本 正彦[‡] 篠原 真毅^{††}

[†] 日本電業工作株式会社 事業開発部 〒305-0269 埼玉県坂戸市につさい花みず木 7-4
[‡] ボルボテクノロジー・ジャパン 〒105-0011 東京都港区芝公園 2-6-8 日本女子会館ビル
^{††} 京都大学 生存圏研究所 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄

E-mail: [†] {furukawa-minoru, minegishi-takahide, ogawa-tomoya, sato-yukitsugu, wang-peng}@den-gyo.com,
[‡] {hiroshi.tonomura, masahiko.teramoto}@volvo.com, ^{††} shino@rish.kyoto-u.ac.jp

あらまし 本稿では、電動トラックへのワイヤレス電力伝送を目的に開発した車載サイズの 2.4GHz 帯 10kW 出力レクテナの特性と送電実験について報告する。限られたサイズでのレクテナの高出力化に対応するため、8W 入力における RF-DC 変換効率が 91.6%の整流回路素子を用いて 100W クラスのレクテナ素子用整流回路を開発した。送電実験では、送電アンテナより 4m 先の 128 素子レクテナアレイへ 10kW のマイクロ波を送電し、4.1kW 出力とレクテナ単位面積あたり 3.2kW 出力を達成した。

キーワード 電動トラック, レクテナ, マイクロ波電力伝送

Wireless Power Transmission to 10kW Output 2.4GHz-band Rectenna Array for Electric Trucks Application

Minoru FURUKAWA[†] Takahide MINEGISHI[†] Tomoya OGAWA[†] Yukitsugu SATO[†] Peng WANG
Hiroshi TONOMURA[‡] Masahiko TERAMOTO[‡] and Naoki SHINOHARA^{††}

[†] Business Development Department, Nihon Dengyo Kosaku Co., Ltd., 7-4 Nissai Hanamizuki, Sakado-shi, Saitama, 350-0269 Japan

[‡] Volvo Technology Japan Corporation, Nihon Joshi Kaikan, 2-6-8 Shibakouen, Minato-ku, Tokyo, 105-0011 Japan

^{††} Research Institute for Sustainable Humanosphere(RISH), Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto, 611-0011 Japan

E-mail: [†] {furukawa-minoru, minegishi-takahide, ogawa-tomoya, sato-yukitsugu, wang-peng}@den-gyo.com
[‡] {hiroshi.tonomura, masahiko.teramoto}@volvo.com, ^{††} shino@rish.kyoto-u.ac.jp

Abstract This paper reports the performance of the on-vehicle size 10kW output 2.4-GHz rectenna for electric trucks application and the results of wireless power transmission experiment. For high-power use in restricted size, 100W-class rectifying circuit for a rectenna element is developed using the rectifying circuit cells that has RF-DC conversion efficiency of 91.6% at an input power is 8W. The measured DC output of 128-element rectenna array achieved 4.1 kW or 3.2 kW/m² with 10kW transmitting power at 4m distance.

Keyword Electric Truck, Rectenna, Microwave power transmission

1. はじめに

自動車の電動化の波はトラックにも及んでおり、様々なシーンで実用化が進んでいる。トラックは、その車重から乗用車と比較してより高出力が求められるが、充電設備の高電力化に伴い充電器も大型化するためユーザーの充電時の負担は大きくなり、ワイヤレス

での充電のニーズが高まっている。ワイヤレス電力伝送を想定した場合、トラックは乗用車と比較して最低地上高が高く、地面と車体底部の空間に人や動物が入る可能性があり、地面側からよりも車体上部からの送電が適していると考えられる[1]。

図 1 にマイクロ波の特長を活かした電動トラックへ

のワイヤレス電力伝送の利用シーンを示す。集荷場での荷受作業中の時間を利用した高所からのワイヤレス電力伝送によるバッテリーへの充電や、将来的には指向性制御アンテナにより、走行中のワイヤレス電力伝送を想定している。以下、トラックへのワイヤレス電力伝送を想定して開発したレクテナと、それを用いた送電実験の結果を述べる。

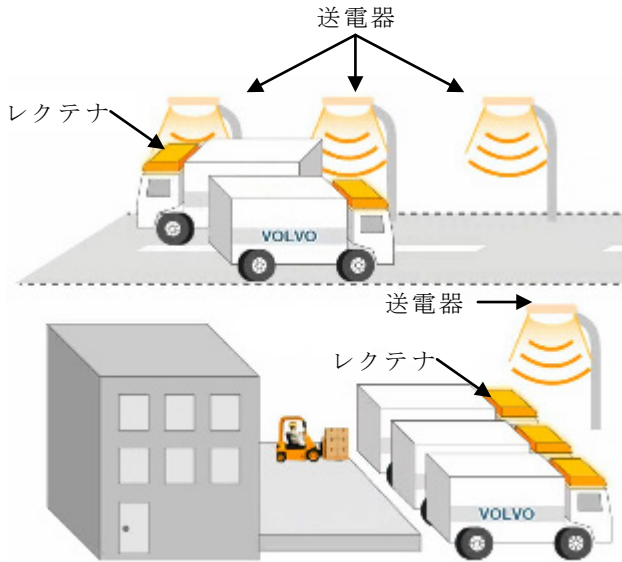


図1 電動トラックの充電利用イメージ

2. 受電系

図2に開発したレクテナの構成を示す。使用周波数2.45GHzにおける定格出力が80Wであるレクテナ素子を4×4の格子状に配列して1.3kW出力レクテナユニットを構成した。レクテナパネルは、レクテナユニット8台を使用して10kW出力とし、それらを長方形に並べてトラックの運転席上部に納まる形状とした。

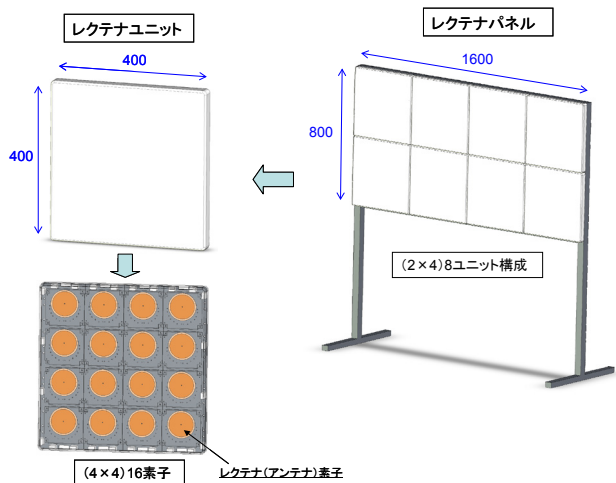


図2 レクテナの構成

開発したレクテナ素子は、薄型化に適した円形マイクロストリップアンテナと、その背面に配置した整流回路から構成した。整流回路を構成する整流回路素子のRF-DC変換効率を図3に示す。最高変換効率は、入力電力が8W、負荷抵抗が110Ωのときに91.6%を達成している。また、入力電力が1Wから10Wの範囲で変換効率は80%以上である。これらの特性の整流回路素子を電力合成器により接続して80W出力の整流回路を構成した。整流回路のRF-DC変換効率を図4に示す。最高変換効率は、入力電力が80W、負荷抵抗が8Ωのときに84.1%であった。整流回路素子からの変換効率の低下は、電力合成器の損失による。

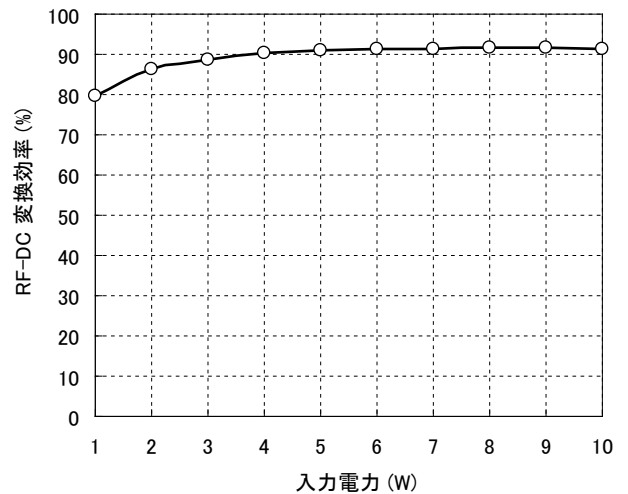


図3 整流回路素子のRF-DC変換効率

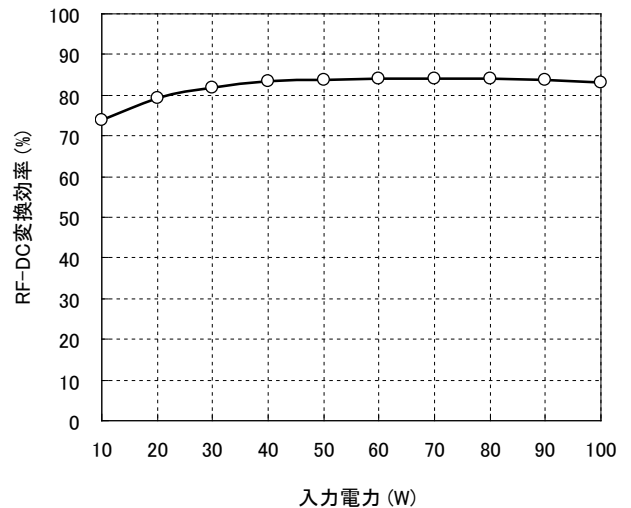


図4 整流回路のRF-DC変換効率

3. 送電系

送電系は、2.45GHz、5kW出力のマイクロ波発振器と16素子マイクロストリップアンテナアレイを組合せて1系統とし、合計2系統を使用して10kW出力を得

た．マイクロ波発振器と送電アンテナ間は，低損失化のために導波管により接続した．送電系の写真を図 5 に示す．送電アンテナは，16 素子の方形マイクロストリップアンテナアレイであり，その指向性を図 6 と図 7 に示す．計算結果より，指向性利得は 22.5dBi，半値幅は E 面で 13.4 度，H 面で 13.9 度である．なお，本実験における送電アンテナは，ホーンアンテナと比較して薄型構造で 5kW を正常に放射できることを主目的に開発した．その結果，レクテナ面への送電電力の効率的な照射に必要なビーム成形や低サイドローブの特性は未搭載である．

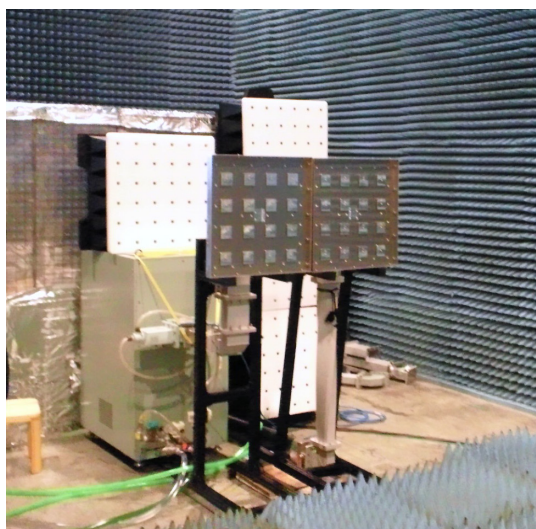


図 5 送電系外観

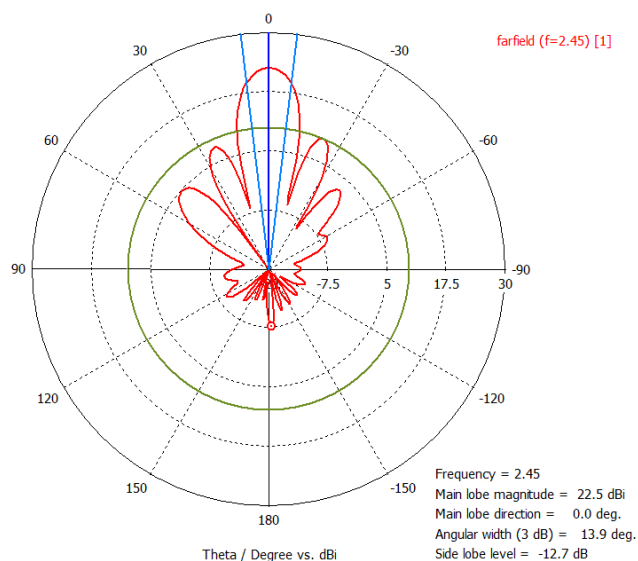


図 7 送電アンテナ指向性(H面)

4. 送電実験

送電実験の実験系を図 8 に示す．レクテナの負荷は，100W 白熱電球を 96 個使用した照明と，固定抵抗の 2 系統を用いた．点灯実験の際は白熱電球を使用し，レクテナユニットの特性試験の際はスイッチにより固定抵抗へ切り替えて，その両端電圧より出力電力をもとめた．

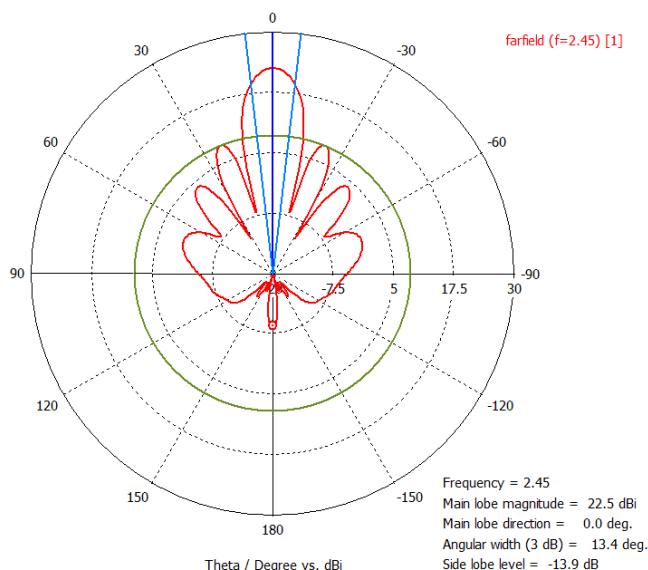


図 6 送電アンテナ指向性(E面)

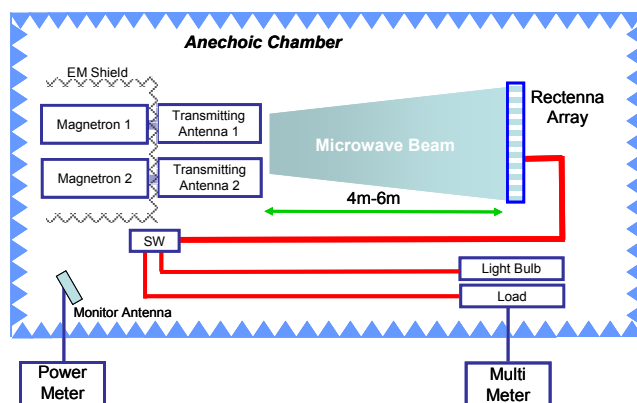


図 8 送電実験系

実験結果は，約 10kW の送電時に送電距離が 4m および 6m において，レクテナパネルの直流出力がそれぞれ 4.1kW と 3.2kW であった．送電距離 4m におけるレクテナサイズあたりの出力電力としては，過去の最高値[2]よりも約 3 倍大きな値である．最後にデモンストレーションとして行った白熱電球を負荷とした場合の点灯実験の様子を図 9 に示す．

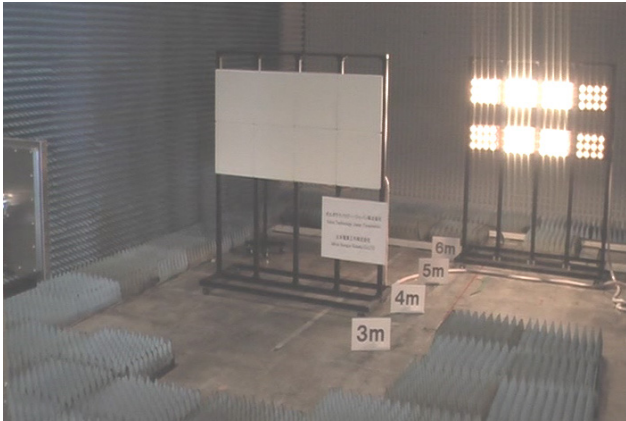


図 9 送電実験の様子

5. まとめ

本実験では高出力の発振器と高出力化したレクテナパネルを用いて、約 10kW の送電時に 4m の送電距離において 4.1kW(3.2kW/m²)の直流出力を得た。このレクテナ単位面積あたりの出力電力は、従来の世界最高値の約 3 倍である。送受電アンテナ間の伝送効率の向上と、送受電系の小型化が今後の課題である。

6. 謝辞

送電実験に際し、多大なご支援を頂いた京都大学生存圏研究所の三谷友彦准教授に深謝致します。また、マイクロ波発振器を貸与いただいた島田理化工業の槇敏夫技師長に感謝致します。

文 献

- [1] 外村博史, “非接触給電システムの自動車適用,” 第 6 回 京都大学発 新技術セミナー 産学連携によるマイクロ波無線電力伝送実用化シンポジウム, Jan. 2013.
- [2] W. C. Brown, “The history of power transmission by radio waves,” IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., vol.MTT-32, no.9, pp.1230-1242, Sept. 1984.