

狭ビームを用いたマイクロ波電力伝送システムにおける受電面分割法に関する研究

日大生産工(院) ○鹿志村 亮介

日大生産工 関 智弘 日大生産工 坂口 浩一

1 まえがき

長距離への無線電力伝送システムの伝送方式には、図1のようなマイクロ波方式が採用されている[1]。しかしながら、この方式では、電磁波を受電パネルのみに照射することが困難なため、隣接する無線通信システムの干渉や、受電電力が小さくなるという問題がある。そこで、送電アンテナから照射される電力のほとんどをパネル面にすべて収めることのできる狭ビームによる伝送することを考える。しかし、狭ビームによる電力伝送は、受電パネル面で電力分布が発生するため、RF/DC変換効率が劣化する。そこで本稿では、受電パネル面の電力分布を考慮し、システム効率を改善する受電面分割法に関する検討を行ったので、報告する。

2 無線電力伝送システム

図2に、数十mの距離に配置されたレクテナへの電力伝送イメージ例を示す。本稿では、伝送システムをビルが立ち並ぶ都市をモデルとしており、レクテナはそのビルに敷設された中継器を想定する。そのため、レクテナの大きさはビルに敷設しても外観を壊すことの無いと考えられる1000×1000mmとして、送電アンテナとレクテナ間の距離は、都市のビル間隔と同じ30mを想定する。送電アンテナには、受電パネルの淵で中心から-10dBの電力になる狭ビームを実現できる理想的なアンテナを仮定する。なお、送電周波数はビーム幅1°以内を実現できる準ミリ波帯を用いる。ここで、レクテナの受電電力は送電電力と空間伝送効率の積で算出され、空間伝送効率は以下の式(1),(2)で与えられる[2]。

$$\tau^2 = \frac{A_t A_r}{\lambda^2 R^2} \quad (1)$$

$$\eta = 1 - \varepsilon^{-\tau^2} \quad (2)$$

ここで A_t 、 A_r は送電アンテナとレクテナの受電パネルの開口面積であり、 λ は送電電力の波長、 R は送電アンテナとレクテナのアンテナ間距離である。図3に、一例として、各周波数における伝送効率を示す。ただし、互いのアンテナの開口面積は1m²としている。同図より、周波数が24GHz以上の準ミリ波帯を用い、アンテナ間距離30m以内のときでは、伝送効率が100%で、伝搬によるロスを経験する必要がない。そのため、本稿では、送電アンテナの電力分布と受電アンテナの電力分布が等しいものとして検討を行う。

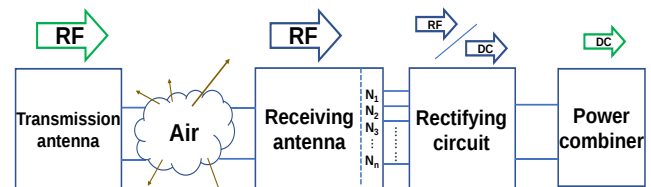


図1 マイクロ波方式のシステムイメージ

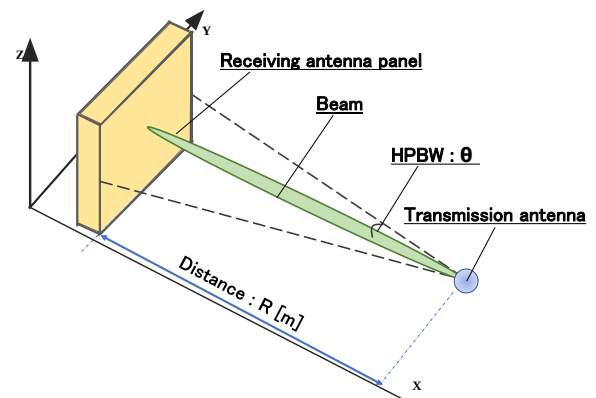


図2 狭ビームを用いた電力伝送モデル

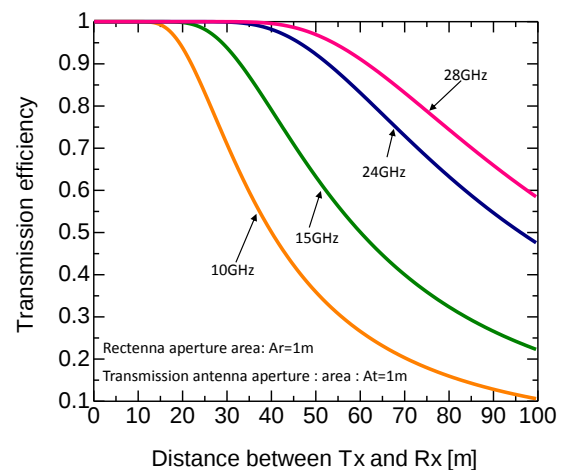


図3 送電距離に対する伝送効率

Study on Power Receiving Surface Division Method in Microwave Power Transfer System Using Narrow Beam

Ryosuke KASHIMURA, Tomohiro SEKI and Koichi SAKAGUCHI

3 受電面分割方法の検討

図4に受電パネルの分割イメージを示す。今回は、受電パネルの構成をサブアレイの集合帯として考える。なお、整流回路は設計の容易性を考えて5.8GHzで作成された回路[3]を想定し、同一の特性をもつ整流回路が各アレイに一つ装荷される条件とする。そのため、サブアレイの位置によって受電電力が異なり、整流回路のパフォーマンスが劣化すると考えられる。整流回路のパフォーマンス向上には、レクテナの受電アンテナパネルで受ける電力を、整流回路のRF/DC変換効率の改善効果が最も高い点で動作させることが必要になる。本稿では、受電電力分布を算出し、その結果から各分割方法を算出して、分割によるシステム総合効率の改善効果を確認する。受電パネルの受電分布を送電アンテナの電力分布から算出した結果を図5に示す。同図より狭ビームを用いた場合には、面の中心から淵にかけて円を描くような電力分布が確認できた。また、受電電力は中心から273mm, 353mm, 499mm離れた場所ではそれぞれ最大受電電力から-3dB, -5dB, -10dBで減衰することがわかった。図6に受電面の電力分布より算出した各分割方法による受電パネル面分割イメージを示す。図6(a)は、受電面で受電電力が均等になるように分割した例で、図6(b)は、受電面の分割時の面積が一定になるように分割した例である。本報告では、一例として分割数 N を $N=2$, $N=3$ で行った。図7に各分割方法と分割数による無線電力伝送システム効率を示す。同図より、分割時の面積が均等になるように分割した場合には、分割数によらず受電電力1000mW以上で、システム総合効率の劣化が認められた。また、受電電力均等分割時には、受電面均等分割時と比較して、分割数 $N=2$ で約4%, $N=3$ で約2.5%の改善効果が確認された。したがって、受電電力の増加に対して、受電面電力均等分割で分割数を増やすことで、システム総合効率の改善効果が期待できることが明らかとなった。

4 まとめ

今回、狭ビームを用いたマイクロ波電力伝送システムの効率改善のために受電面分割法を提案し、システム総合効率の改善に電力均等分割が有効であることが明らかになった。

「参考文献」

- [1] W. C. Brown, "Beamed microwave power transmission and its application to space," IEEE Trans. MTT, vol. 40, no. 6, pp.1239-1250, 1992.
- [2] H. Matsumoto and K. Hashimoto, "Supporting document for the URSI white paper on solar power satellites," URSI, 2006.
- [3] 鹿志村亮介, 関智弘, 坂口浩一, "バイアス制御高効率レクテナの研究," 信学技報 Wireless Power Transfer, vol. 116, no. 321, pp.1-6, Nov.2016.

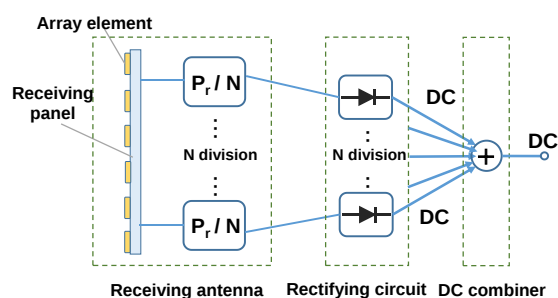


図4 受電パネルの分割イメージ

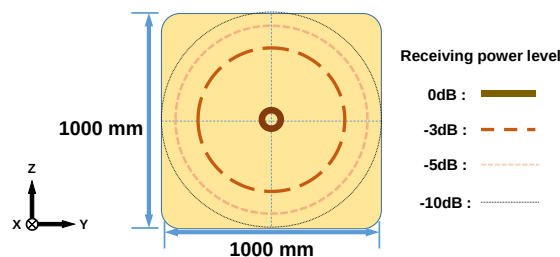


図5 レクテナの受電面における電力分布イメージ

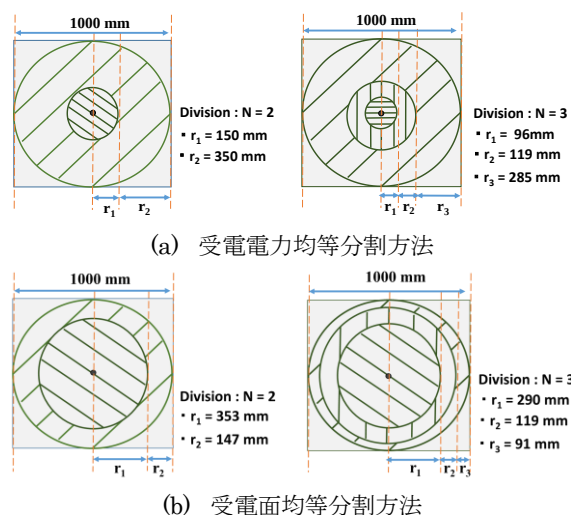


図6 分割方法によるパネル面分割イメージ

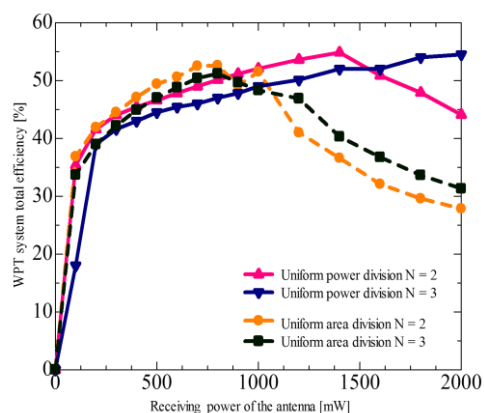


図7 受電電力に対する電力伝送システム総合効率