

マイクロ波電力伝送試験モデル 地上実験報告（受電部）† Ground Test of Microwave Power Transmission (Receiving System)

小澤 雄 一 郎*1‡・藤原 暉 雄*1・田中 直 浩*1・
佐々木 謙 治*2・中村 修 治*2

Yuichiro OZAWA, Teruo FUJIWARA, Naohiro TANAKA, Kenji SASAKI and Shuji NAKAMURA

マイクロ波電力伝送試験モデルのうち、受電部の開発を行った。本開発では、円偏波の高効率受電、受電素子であるレクテナの高効率制御、レクテナの故障防止対策等に取り組んだ。また、製造した受電部を用いて、屋外において送電部およびビーム方向制御部と組合せた送電実験を実施した。本論文では、開発概要と地上実験結果について報告する。

IHI AEROSPACE developed the receiving system of microwave wireless power transmission ground test model. We conducted the ground test. This paper will report the test result of the receiving system.

Keywords : Space Solar Power System, Rectenna, Microwave Power Transfer

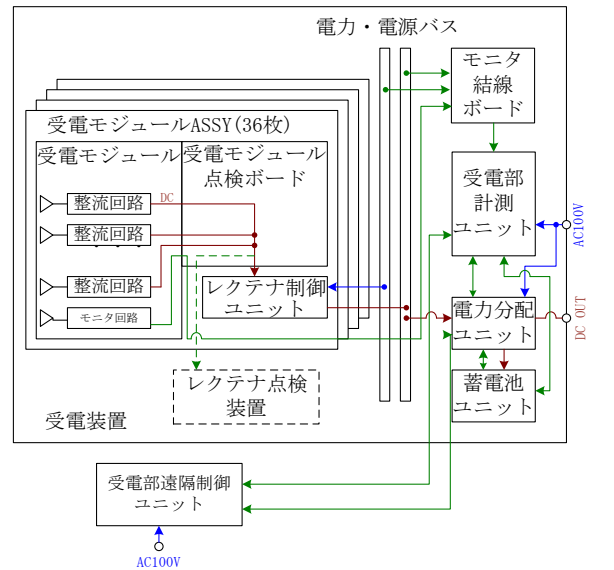
1. はじめに

一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 (J-spacesystems) が経済産業省の委託を請けて、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と連携して実施した、太陽光発電無線送電技術の研究開発¹⁾において、株式会社 IHI エアロスペースはマイクロ波電力伝送試験モデルの受電部の開発を担当した。本開発においては、受電用レクテナの整流回路の負荷を適切に制御することでその動作を高効率に維持するシステムを構築した。また、円偏波を高効率に受電するためにペア素子化の技術を適用し、軸比の低減を図った。他にも整流ダイオードの故障防止機能や故障検出機能等、将来の SSPS に必要と考えられる基礎技術を多く開発し、受電部に取り込んだ。この受電部と J-spacesystems が開発した送電部および JAXA が開発したビーム方向制御部を組合せて屋外にて約 54m の距離でマイクロ波電力伝送試験を実施した。本論文では、受電部開発概要と屋外試験の受電部の結果について報告する。

2. 受電部の概要

2.1 構成 受電部の構成を第 1 図に示す。主にマイクロ波を効率良く受電するための受電機能、DC 出力として

利用可能な電力を出力する電力出力機能、マイクロ波電力伝送試験に必要な構造や各種計測等を行うための試験支援機能から構成される。



第 1 図 受電部の構成

2.2 仕様 受電部の主要な仕様を第 1 表に示す。

第 1 表 受電部の主要仕様

項目	仕様
周波数	中心周波数 5.8GHz
軸比	2dB 以下
ダイオード	ショットキーバリアダイオード
RF-DC 変換効率	50%以上 (受電モジュール ASSY1 系統ごと)

† 第 1 回宇宙太陽発電シンポジウム, 2015 年 12 月 15-16 日, 東京にて発表

‡ Corresponding author: Yuichiro OZAWA.
E-mail:yuichiro-ozawa@iac.ihl.co.jp

*1 株式会社 IHI エアロスペース 基盤技術部
〒370-2398 群馬県富岡市藤木 900,

IHI AEROSPACE CO., LTD., 900 Fujiki Tomioka, Gunma 370-2398, Japan

*2 一般財団法人 宇宙システム開発利用推進機構

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機会振興会館 3 階,
Japan Space Systems, The Kikai Shinko Kaikan, Tokyo 105-0011, Japan

2.3 主な特長 本開発では、将来の SSPS 受電部に必要と考えられる基礎技術を極力取り込んだ。以下に概要を示す。

(1) 円偏波高効率受電

受電部に適用したマイクロストリップアンテナは、単体の軸比は 2dB 以下であるものの、周囲にアンテナを複数配置した場合にはそれらの影響を受け、大幅に軸比が悪化した。この対策として、ペア素子の考え方²⁾を適用し、円偏波を高効率に受電できるアンテナ構成とした。その結果、ペア素子の軸比は平均で 1dB に抑えられ、良好な特性を得ることができた。

(2) レクテナ高効率制御

レクテナ整流回路の RF-DC 変換効率は、負荷や入力電力によって大きく変動する。この効率変動を極力抑えるため、入力電力と負荷をパラメータとして整流回路の RF-DC 変換効率の特性を取得した。その結果、低入力電力領域では負荷が定抵抗の場合に、整流ダイオードの逆耐電圧近傍の高入力電力領域では負荷側を定電圧とした場合に整流回路の RF-DC 変換効率が最大となることがわかった。この基礎試験結果を踏まえ、整流回路を制御するレクテナ制御ユニット³⁾を開発し、レクテナ高効率制御を実現した。

(3) レクテナ故障防止対策

過去にレクテナを並列接続させた状態で動作させ、整流回路の一つに故障が生じた場合に、その故障が連鎖する事象が報告されている⁴⁾。本開発初期においても同様の事象が確認されたことから、部品の故障解析を実施して整流回路への逆方向過電圧印加が要因の一つであると推定して対策を行った。その結果、2304 素子におよぶレクテナ整流回路は本開発期間中、異常の発生は認められなかった。

(4) レクテナ故障検出

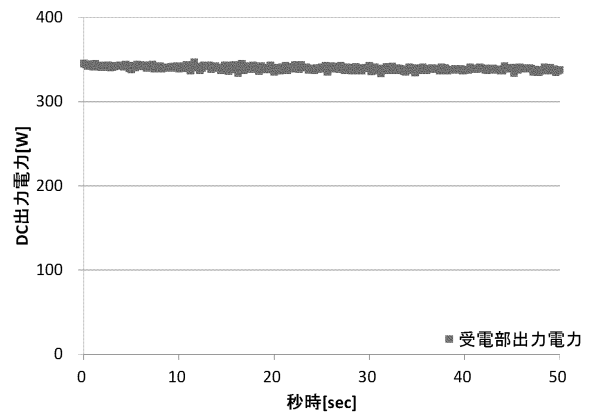
受電モジュール内のレクテナ出力を複数並列×2 直列し、その全体電圧と中間電圧のバランスを検出することで、レクテナの故障有無を自動検出するシステムを構築した。上記 (3) によりレクテナ故障は発生しなかったが、製造上の結線の検査に役立った。

3. 屋外試験

屋外試験場において、送電距離を約 54m として、送電部およびビーム方向制御部と受電部を組合せて屋外試験を実施した。第 2 図に試験状況を示す。また、第 3 図に屋外試験時の受電部出力電力（第 1 図における電力分配ユニットが蓄電池ユニットに供給した電力）の時系列データの代表例を示す。図に示す通り安定した DC 出力電力が得られ、平均で 340W であった。試験前に取得した受電アンテナ利得（11.2dBi（平均値））、軸比（1dB（平均値））と受電モジュール ASSY36 枚の各 RF-DC 変換効率⁵⁾および送電されたマイクロ波が受電面に形成する電力束密度分布を用いて予測した受電部出力電力は 333~347W であり、ほぼ実測と一致する結果が得られた。



第 2 図 屋外試験状況



第 3 図 受電部出力電力

4. むすび

SSPS 受電部に必要と考えられる多くの基礎技術を開発した。また、それらを適用した受電部を用いてマイクロ波電力伝送試験を実施し、所望の電力を得ることができた。これらの成果が今後の SSPS の実現へ向けて活用されていくことを期待している。

参考文献

- 1) 齊藤 孝, 三原 莊一郎, 中村 修治, 伊地智 幸一, 本間 幸洋, 佐々木 拓郎, 小澤 雄一郎, 藤原 暉雄: マイクロ波によるエネルギー伝送技術の研究開発, 信学論(C) **J96-C** (2013), pp. 213-220.
- 2) 羽石 操: 最新平面アンテナ技術, (株)総合技術センター, (1993), pp. 269-275.
- 3) 小澤雄一郎, 藤原暉雄, 田中直浩, 佐々木謙治, 中村修治: レクテナ高効率制御装置の開発, 信学技報 WPT2014-72 (2014), pp. 47-50.
- 4) 藤原暉雄, 長野賢司, 長谷川和雄, 古川実, 小林裕太郎, 三原莊一郎, 齊藤孝: 並列接続状態でのレクテナの動作状態について, 信学技報 SPS2000-06 (2008).
- 5) 小澤雄一郎, 田中直浩, 藤原暉雄, 篠原真毅, 三谷友彦, 三原莊一郎, 中村修治: マイクロ波電力伝送試験モデルの受電部レクテナレイシシステムの特性評価, 信学技報 WPT2013-43 (2014), pp. 45-48.

(2016. 1. 20 受付)