

無線送電技術の地上応用（スピノフ）実験 ～宇宙太陽光発電システムの研究開発技術の産業応用～[†] Ground Experiment on Wireless Power Transmission Technology - Spin-off Applications of Space Solar Power System Key Technology -

安間 健一^{*1‡}・中村 修二^{*2}・佐々木 謙治^{*2}・佐藤 正雄^{*2}
Kenichi ANMA, Shuji NAKAMURA, Kenji SASAKI, Masao SATO

Microwave Wireless Power Transmission technology is researched and developed for Space Solar Power System. This technology has the advantage of being able to transmit long range, compared with other Wireless Power Transmission technologies. So, this technology is expected to be useful in many spinoff applications, especially long range Wireless Power Transmission uses. For these spinoff uses, it is necessary to develop the application technologies. This paper describes the application technologies for these spinoff uses and Ground Experiment on Wireless Power Transmission. This research and development is carried out as the consignment contract of the Ministry of Economy, Trade and Industry.

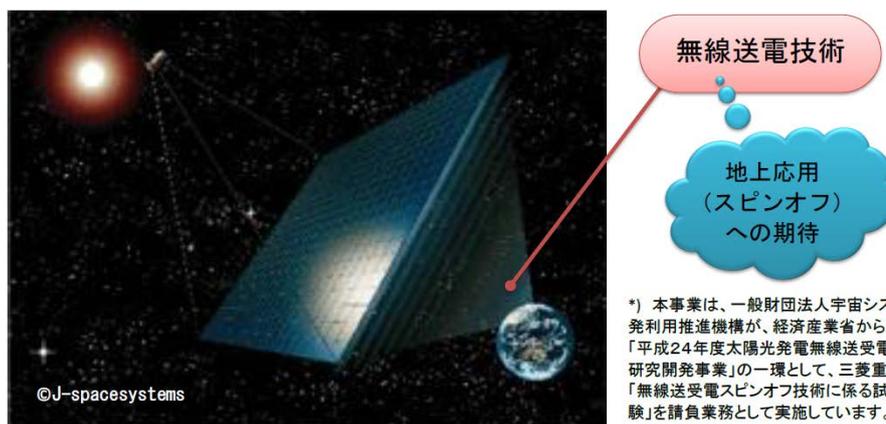
Keywords : Space Solar Power System, Microwave Wireless Power Transmission, Spinoff

1. 宇宙太陽光発電システムと無線電力伝送技術

宇宙太陽光発電システム（SSPS：Space Solar Power System）（図1）は、静止軌道上の太陽電池で発電した電力をマイクロ波/レーザーにより地上へ無線電力伝送し、地上で再び電気エネルギーに変換して、電力として利用するものである。宇宙空間にあふれている太陽光から発電するた

め、クリーンで枯渇しないエネルギーであり、将来のエネルギー問題・地球温暖化問題を解決するエネルギー供給システムとして期待されている。

この宇宙太陽光発電システムの最も重要な技術が、宇宙空間から地上に無線で電力を伝送する“無線電力伝送技術”であり、マイクロ波/レーザーを用いた方式を中心に研究開発が進められている。



第1図 宇宙太陽光発電システム（宇宙システム開発利用推進機構の構想）の概要

[†] 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: Kenichi ANMA. E-mail:kenichi_anma@mhi.co.jp
^{*1} 三菱重工業株式会社

〒652-8585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町 1-1-1,
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, 1-1-1 Wadasaki-cho, Hyogo-ku, Kobe
652-8585, Japan

^{*2}一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

〒150-0011 東京都港区芝公園 3-5-8,
Japan Space Systems, 3-5-8 Shibakoen, Minato-ku, Tokyo 105-0011,
Japan

“無線電力伝送技術”については、いろいろな方式が提案されて研究されているが、その中でもマイクロ波/レーザーを用いた方式は、長距離を無線電力伝送できる点が他の方式（例えば、電磁誘導方式）と大きく違う点であり、宇宙太陽光発電システムへの適用だけでなく、地上のアプリケーションへの応用も期待されている。

2. 無線送電技術の地上応用（スピノフ）

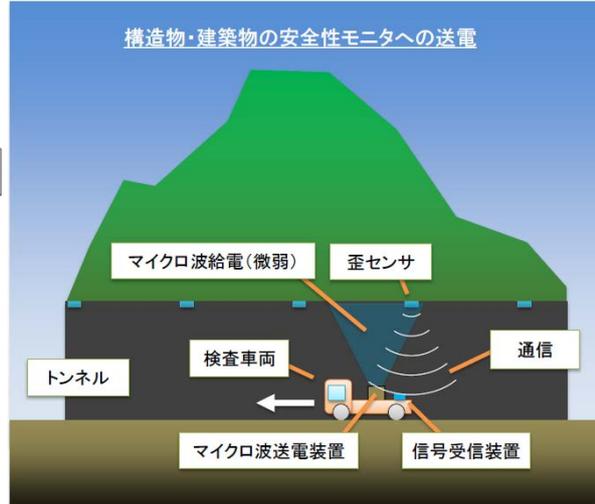
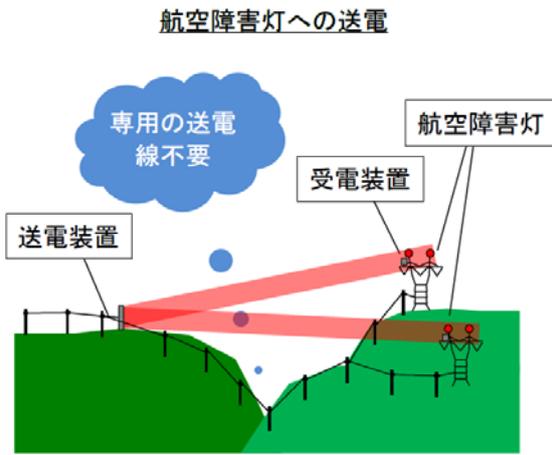
マイクロ波を用いた無線電力伝送技術の地上のアプリケーションへの応用例の一部を図2に示す。

航空障害灯は、高圧送電鉄塔への夜間の航空機の衝突防止のための灯であるが、高圧の送電線から直接電力を得ることが難しいため、低圧の送電線で供給をしている。この低圧の送電線は数kmもあり、その用地買収や保守にコストがかかるという課題がある。そこで、無線で長距離の電力伝送が可能になればそのコスト低減に寄与することが期待

されている。

構造物・建築物の安全性モニタへの送電は、昨今問題となっている構造物・建築物の老朽化をモニタするセンサ等に、無線で送電するものである。検査車両から無線送電&無線通信することで、センサへの配線が不要となり、簡易に設置可能となることから、その普及が期待される。（図2）

この他、自然災害時に送電網が切断された場合に応急処置として無線で電力を送電する用途や、原子力発電所の非常用電源としての用途なども考えられる。



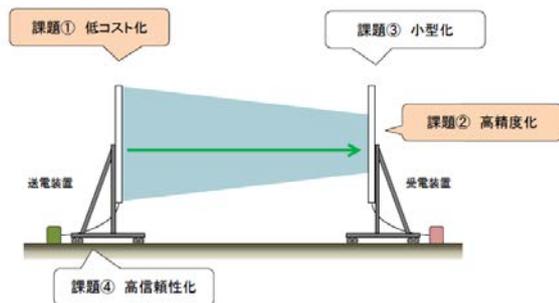
第2図 地上応用（スピノフ）の例

3. 地上応用（スピノフ）の実証技術

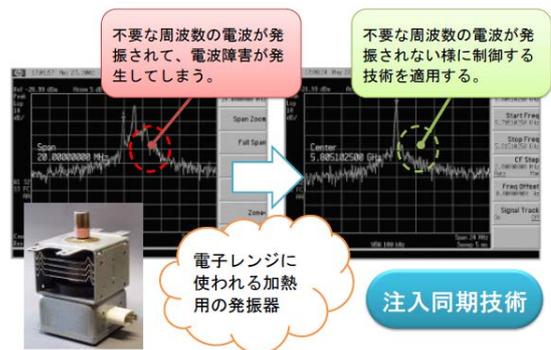
地上応用（スピノフ）として、初期のアプリケーション（例：航空障害灯）での利用を想定する。この場合、地上応用（スピノフ）に向けては、4つの課題を解決（①低コスト化、②高精度化、③小型化、④高信頼性化）していく必要があると考えられる。（図3）このうち、特に最初に解決が必要な課題（①低コスト化、②高精度化）に絞って、その対策技術を5つ立案した。

低コスト化対策として、コストの大きな割合を占める発振器について、安価で大出力を発振可能なマグネトロンを適用することでコストの低減を図る。ただし、マグネトロンは周波数の安定性が低くそのままでは適用できない。この対策技術として注入同期技術を用いた周波数ロックを実施する。（図4） また、送電装置の個数を減らすことで

コストの低減を図る。送電装置を減らすとアンテナサイズが小さくなり送電ビームが広がってしまうため、そのままでは長距離送電はできない。この対策技術として、“スキャッタードシステム方式”を適用する。この技術はアンテナを規則的に間引くことで、送電ビームをそのままに送電装置の個数を減らせる技術である。（図5）さらに、受電装置の個数を減らすことでコストの低減を図る。受電装置を減らすとアンテナサイズが小さくなることから受電電力が減ってしまう。この対策技術として、“焦点化アンテナ方式”を適用する。この技術は、送電アンテナから放射される電波の位相を調整することで、受電装置に届く送電ビームを焦点化するものである。これにより、小さな受電アンテナでもより多くの電力を受電することが可能となる。（図6）



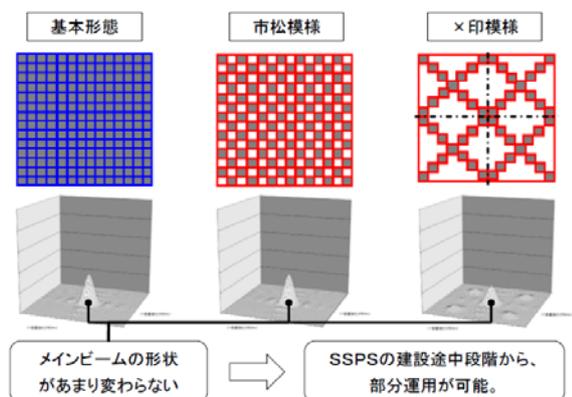
第3図 地上応用（スピノフ）の課題



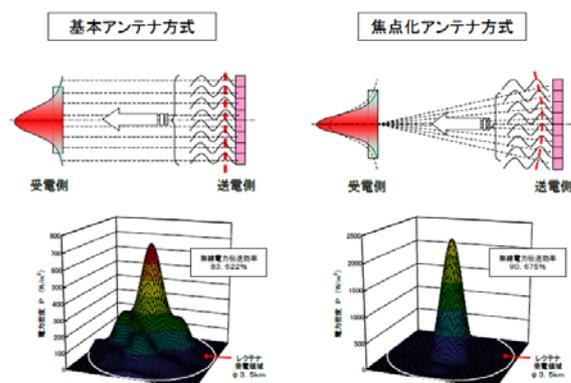
第4図 注入同期技術

高精度化対策として、これまで宇宙太陽光発電システムにて要素開発を実施してきたビームフォーミング技術（位相同期、位置・角度補正法（PAC法））、ビームポイン

ティング技術（レトロディレクティブ法（RD法）、クロズドループ法（CL法））を適用する。これにより、ビーム制御を行い、高精度化を実現する。



第5図 “スカッタードシステム方式”

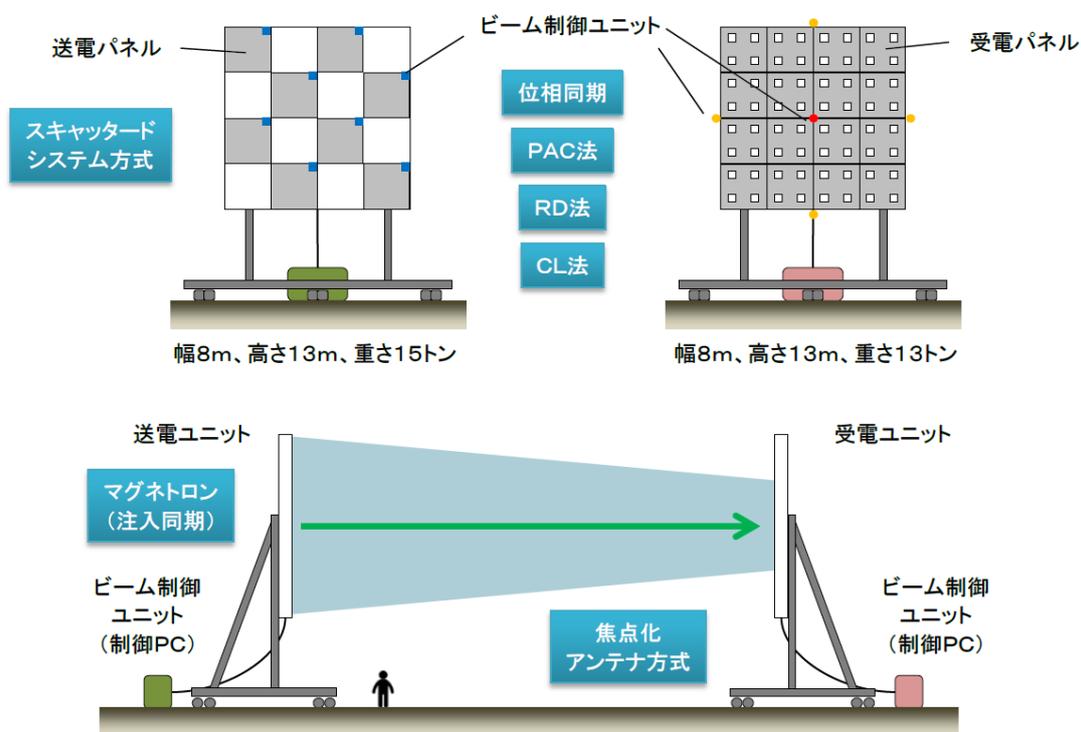


第6図 “焦点化アンテナ方式”

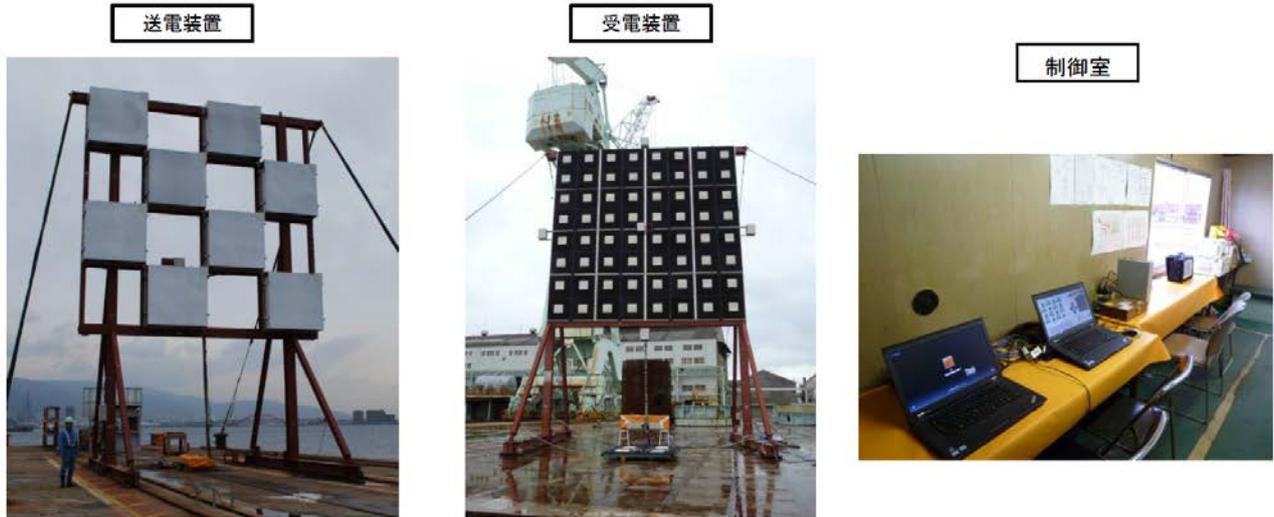
4. 地上応用（スピノフ）の実証実験

3項の地上応用（スピノフ）の実証技術を適用した実証システムを製作し、平成27年2月24日に送電電力10kW、

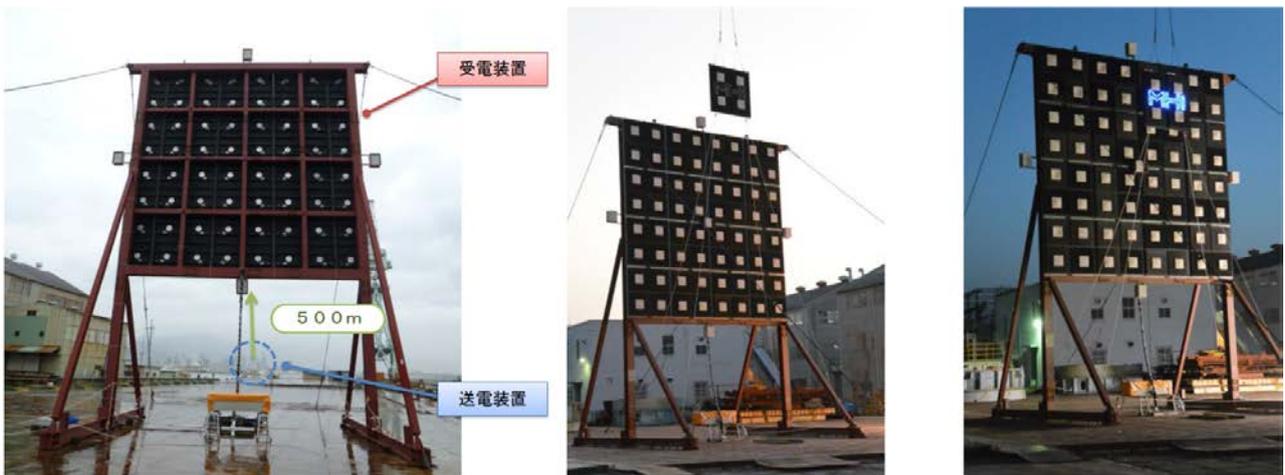
送電距離500mの無線送受電試験を実施し、無事成功した。（第7～9図）



第7図 システム概要



第8図 供試体概要



第9図 試験風景

5. まとめ

宇宙太陽光発電システムの最も重要な技術である無線電力伝送技術について、そのスピンオフ利用についてまとめると共に、その実現のために解決しなければならない4つの課題を整理した。

これらの技術課題のうち、まず解決が求められる2つの課題（低コスト、高精度）を解決するための5つの対策技術を立案し、これらの対策技術を適用した実証システムを製作した。

製作した実証システムを用いて、送電電力 10kW、送電距離 500m の無線送受電試験を、平成 27 年 2 月 24 日に実施し、問題なく無線送受電ができたことを確認した。また、これにより、低コスト化技術、高精度化技術を用いた無線送電を実証することができ、無線送受電技術の地上応用（スピンオフ）が可能であることを示すことができたものと考えられる。

なお、本発表の実証実験は、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構が、経済産業省から受託した「平成 24 年度太陽光発電無線送受電技術の研究開発事業」の一環として、三菱重工業が「無線送受電スピンオフ技術に係る試作・試験」を請負業務として実施したものである。

(2015. 12. 24 受付)