

Study on High Accurate Microwave Beam Control System For Space Solar Power System*

Yoshiharu FUSE[†] Kenichi ANMA[†] Tomohisa KIMURA[†]

Yutaro KOBAYSHI[‡] Shoichiro MIHARA[‡] Takashi SAITO[‡]

[†] Mitsubishi Heavy Industries,Ltd 10,Oye-cho, Minato-ku,Nagoya, 455-8515 Japan

[‡] Institute for Unmanned Space Experiment Free Flyer (USEF) 2-12 Kanda-Ogawamachi, Chiyodaku,Tokyo,101-0052
Japan

Abstract

In this study, we have developed a prototype of microwave beam control system by applying the retro directive system and the closed loop system. The results of a test have showed the high accuracy of microwave beam control system. We have confirmed the validity of the proposed system for high accurate microwave beam control system.

* Presented at the 11th SPS Symposium, 17-18 September, 2008

マイクロ波ビーム制御システム要素試験^{注1}

布施 嘉春[†] 安間 健一[†] 木村 友久[†] 小林 裕太郎[‡] 三原 荘一郎[‡] 齋藤 孝[‡]

[†] 三菱重工業株式会社 〒455-8515 愛知県名古屋市中港区大江町 10 番地

[‡] 財団法人 無人宇宙実験システム研究開発機構 〒101-0052 東京都千代田区神田小川町 2-12

1. 背景

宇宙太陽発電システム（SSPS：Space Solar Power System）は、宇宙空間において太陽光発電により得られた電力をマイクロ波に変換し、地上へ送電/電力供給を行うことを目的としたシステムである。その発電過程において、化石燃料を使わないため温室効果ガス(CO2)を排出しない、地球環境負荷の少ないクリーンなエネルギー源として注目されている。

SSPS は、地上から約 36,000km 離れた静止軌道上で、多数のパネルを展開し、各パネルの上面に設置された太陽電池で発電した電力をマイクロ波送電システムにおいてマイクロ波に変換し、アンテナから放射する。放射されたマイクロ波により送電ビームを合成し、地上の受電設備へ電力伝送する。

SSPS の実現のためには、多くの技術課題があり、マイクロ波ビーム制御の高精度化は、重要な技術課題のひとつである。

本研究では、SSPS のマイクロ波ビーム制御システムの高精度化を目指し、“レトロディレクティブ方式[1]とクローズドループ方式の併用方式”を提案するとともに要素試験を行い、本方式の有効性を確認した(図 1)。

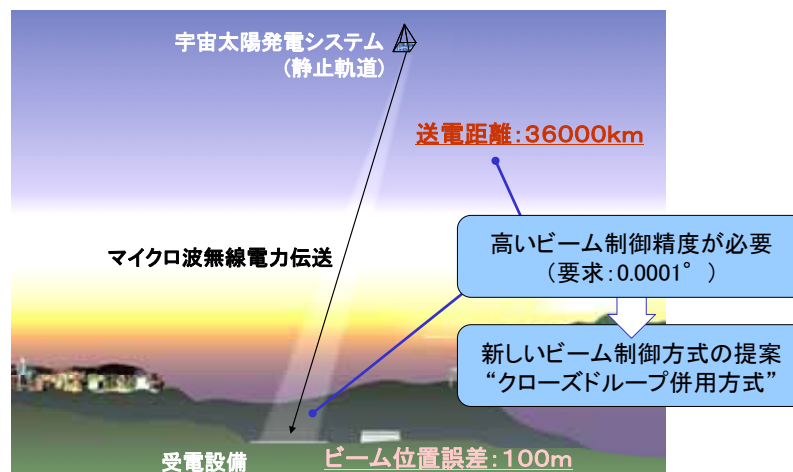


図 1 宇宙太陽発電システムの概要

2. マイクロ波ビーム制御システムの概要

2.1 レトロディレクティブ方式とクローズドループ方式の併用方式

従来方式では、レトロディレクティブ方式でビーム制御を行う場合には、受電設備から送信されたパイロット信号の到来角度を推定することで、マイクロ波ビームを制御する。システムが有する静的誤差や時間的に変動する動的誤差などにより、マイクロ波ビームが受電設備方向から外れ、送受電効率が低下する可能性があった。

提案方式では、レトロディレクティブ方式と、受電設備でマイクロ波ビームの位置をモニタし、その情報に基づきマイクロ波ビームの送電方向を制御するクローズドループ方式を併用する。本方式では、受電設備中心からのビームずれ補正が可能となり、マイクロ波ビーム制御システムの高精度化を図ることができる。

2.2 試験仕様

本方式の有効性を実証するための要素試験コンフィギュレーションを図 2 に示す。

フェーズドアレイアンテナで構成する送電アンテナからマイクロ波ビームを送信し、モニタアンテナのビームモニタ情報から推定したビーム位置と、パイロット信号の到来角度情報に基づき、マイクロ波ビーム補正角度を計算し、送電アンテナのマイクロ波ビーム方向制御を行う。

将来の SSPS においては、静止軌道から地上の受電設備に誤差 100m 以下でマイクロ波ビームを制御することが必要であり、マイクロ波ビーム制御精度は 0.0001° 以下がシステムの要求仕様となる。これは、1 辺が 1km

^{注1} 第 11 回 SPSシンポジウム 慶応義塾大学にて 2060年 9月 17、18 日開催

級の送電アンテナの場合、ビーム幅(0.001°)の1/10以下の制御精度となる。

そのため、本研究で用いた送電アンテナ(サイズ:0.4m)のビーム幅(6°)に対する1/10以下となる制御精度0.6°以下を試験要求とした(図3)。また、システムの有効性を確認するために、要素試験における誤差条件として、初期ビーム角度、パイロット信号の静的誤差と動的誤差を制御PCに模擬的に印加する(表1)。

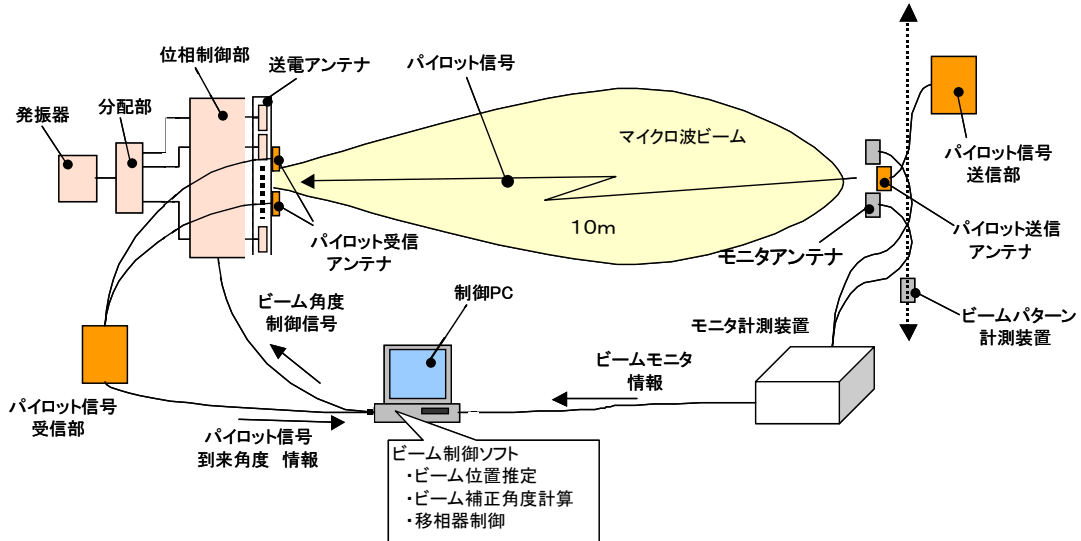


図2 試験コンフィギュレーション

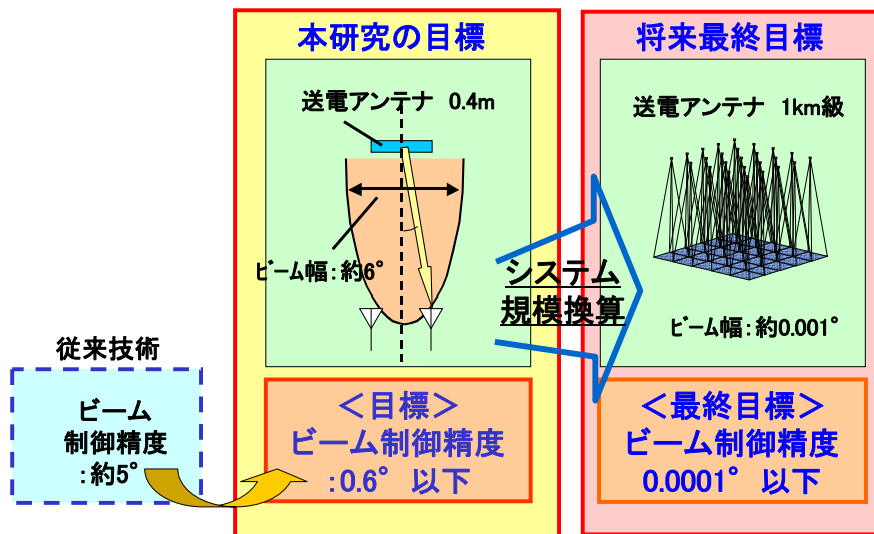


図3 試験要求仕様

表1 試験条件

ケース	試験条件	試験要求
ケース1	初期ビーム角度:3° パイロット信号静的誤差:0° パイロット信号動的誤差:0°	マイクロ波ビーム制御精度:0.6°以下
ケース2	初期ビーム角度:0° パイロット信号静的誤差:2° パイロット信号動的誤差:0°	
ケース3	初期ビーム角度:0° パイロット信号静的誤差:0° パイロット信号動的誤差:ランダム誤差	

3. 試験結果

要素試験を実施した結果を図4に示す。

初期誤差に対しては、レトロディレクティブ方式による早い応答(100ms)でビームを制御することができた。パイロット信号によるビームの推定角の誤差(静的誤差、動的誤差)に対しては、クローズドループ方式により、要求制御精度 0.6° 以下にビームを制御することができた。また、その応答特性は約 10 秒程度であった。ビーム制御の応答特性(約 10 秒)については、SSPS への適用性が今後の検討課題である。

この結果、マイクロ波ビーム制御の高精度化に対して、レトロディレクティブ方式とクローズドループ方式の併用方式の有効性を確認することができた。

4. まとめ

本研究においては、SSPS のマイクロ波ビーム制御システムの高精度化を目指し、”レトロディレクティブ方式とクローズドループ方式の併用方式“について提案するとともに、要素試験を行いその有効性を実証した。今後は、中規模地上実証(複数枚パネルによる電力合成)で本方式の有効性を確認していくことが課題となる。

文 献

- [1] 飯塚健二,長谷川修,森下慶一,木村友久,牧村裕樹,松本紘,橋本弘藏,篠原真毅,“マイクロ波送電技術の開発,” 三菱重工技報,第 40 巻,第 6 号,pp.340-343,2003.

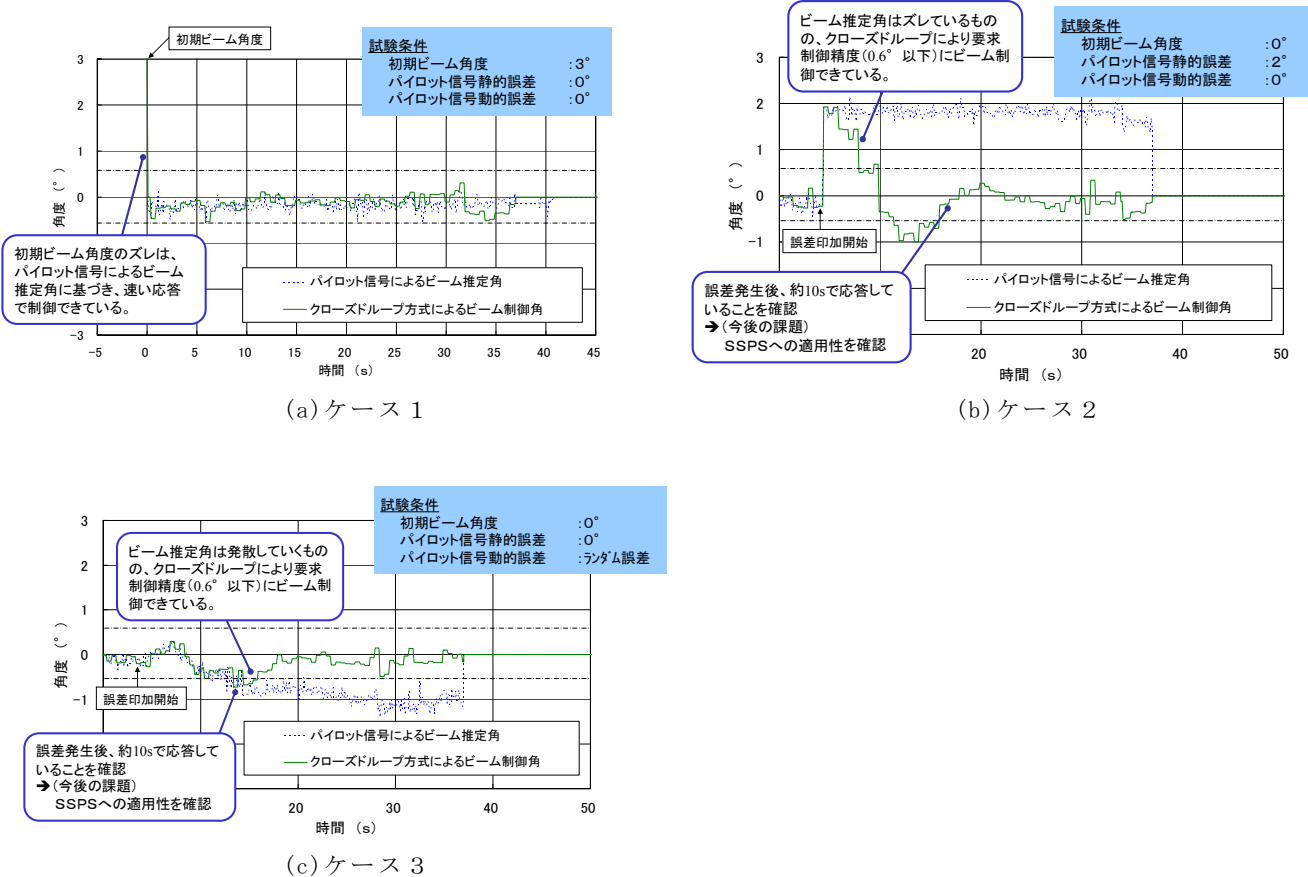


図4 試験結果