

Tracking System for Power Transmission to MAV using Microwave

Eri Shimane¹, Daisuke Takahashi², Kimiya Komurasaki¹, Yoshihiro Arakawa²,
Shigeo Kawasaki³, Harunobu Seita³ and Kiyotaka Yamashita³

¹Department of Advanced Energy, The University of Tokyo
Kashiwanoha 5-1-5, Kashiwa, Chiba 277-8561, Japan

²Department of Aeronautics and Astronautics, The University of Tokyo
Hongo 7-3-1, Bunkyo, Tokyo 113-8656, Japan

³Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University
Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011, Japan

Abstract

Tracking system for power transmission using microwave to Micro Aerial Vehicle called MAV has been studied. In this system an MAV tracks the power beam using the flight control command of circling. Both power and information are transmitted from the ground system at the same time.

We adopt phased array antenna system for beam steering. 4×4 Active Integrated Antenna array called AIA with 4 phase shifters was used. Also circular polarized wave is adopted for receiving power independence from MAV's yaw angle.

To demonstrate the power transmission function in the tracking system we measured the antenna pattern and confirmed the main beam and its steering in x axis using 4 phase shifters.

The 3dB beam width was 20deg and the maximum steering angle was 30.34deg. The control error of beam steering was not greater than 6deg. In addition the receiving power was from 2.5dBm to 7.3dBm and we made sure that the electric motor for the MAV model with rectenna was operated.

小型飛行体に対するマイクロ波送電における追尾システム

嶋根愛理¹, 高橋大祐², 小紫公也¹, 荒川義博²,
川崎繁男³, 清田春信³, 山下清隆³

¹ 東京大学新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻

² 東京大学工学部航空宇宙工学科

³ 京都大学生存圏研究所

1. はじめに

宇宙太陽発電衛星（SPS）におけるマイクロ波を用いた無線エネルギー伝送システムは、衛星から地上レクテナへ向けた送電であるが、本研究では、地上エネルギーステーションから小型飛行体（MAV）に対する送電を行う。

本研究のコンセプトを図1に示す。MAVはバッテリー駆動を基本とした無人、自動操縦の小型飛行体で、例えば災害地の偵察といった目的に利用される。このMAVの欠点としてバッテリー充電の際の離着陸はオペレーションの難しさから自動操縦ではなく手動で行わなくてはならないことが挙げられる。そこで本システムではバッテリー残量の少なくなったMAVがエネルギーステーション上空を旋回し、その間送電マイクロ波ビームがMAVに自動追尾して充電を行うことにより、離着陸無しのエネルギー供給を可能としている。

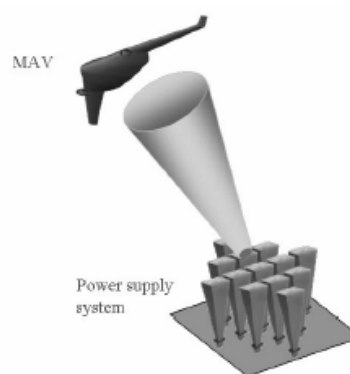


図1 MAVに対する無線エネルギー伝送システムのコンセプト

2. 追尾方法について

本研究ではMAV搭載システムへの要求である小型、軽量、省電力という条件を満たすため、地上側システムから制御コマンドを送信し、MAVを送電ビームに追尾させる方式を採用している。またMAVを旋回飛行させるため、フェーズドアレイアンテナを用いて送電ビームのステアリングを行う。

したがって本システムはフェーズドアレイアンテナから照射される旋回ビームに、電力と制御コマンド情報を同時に乗せることで、MAVがこのビームを自動追尾飛行し、電力が供給される仕組みとなっている。

3. 電力伝送実験

地上側システムの目的である電力と情報の同時伝送のうち、電力伝送の実証を行うため以下の実験を行った。

3-1. 実験装置

図2に実験装置のブロック図、図3に写真、また各コンポーネントの仕様を表1に示す。

4 移相器を1列4アンテナにつき1つずつ接続させたため、1次元方向のみのビームステアリングが実現し、サイドローブの電力値がメインビームの電力値を超えるステアリング臨界角は38.05度と算出された。

また、MAVのヨー角に対する偏波依存性を無効化するため、偏波方式には円偏波を採用した。

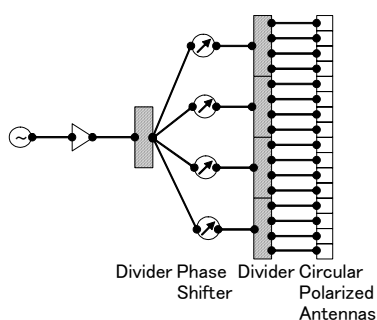


図2 実験装置ダイアグラム

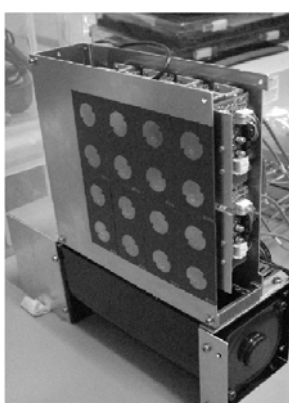


図3 4×4 AIA 写真

表1 各コンポーネント仕様

周波数	5.8GHz
送電アンテナ	円偏波 4×4
受電アンテナ	円偏波 4×4
アンテナ間隔	3.2cm
発振器出力	-3dBm
アンプ利得	40dB
移相器種類	4bit デジタル

3-2. 実験結果

電波暗室内、送信アンテナと受信アンテナの距離を3mとし、各ビームステアリング角に対してアンテナパターンの測定を行った。その例としてビームステアリング角0度、±5.8度、±30度、±37度のアンテナパターンを図4から図7に示す。また、これらのアンテナパターンから得られた結果を表2に示す。

ビーム幅に比べステアリング角誤差が約1/4程度となった。またアンテナパターンの左右非対称性は各ラインの位相誤差によるものと考えられる。この2つは、各ラインの位相誤差を予め移相器で補正することで更なる改善が可能である。

さらに、現在開発中ではあるが、レクテナを用いて距離50cm程度におけるMAV模型用プロペラ付き電動モーター（最小動作条件1.2mW）の駆動に成功した。

4. まとめ

MAVに対するマイクロ波送電における追尾システムについて、その機能の1つである電力伝送とビームステアリングについて実証を行った。今後の課題としては移相器による補正を行い機能の改善を行うこと、情報通信機能の実証が挙げられる。

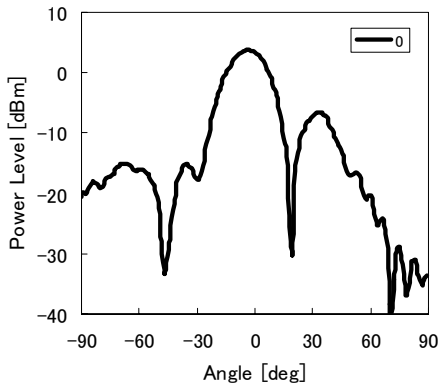


図4 ステアリング角 0 度パターン

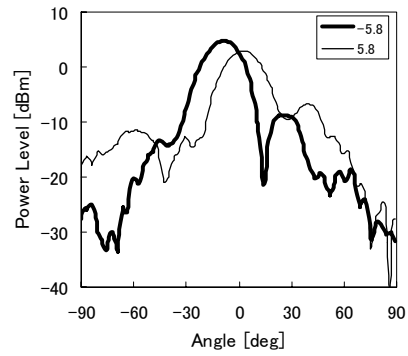


図5 ステアリング角±5.8 度パターン

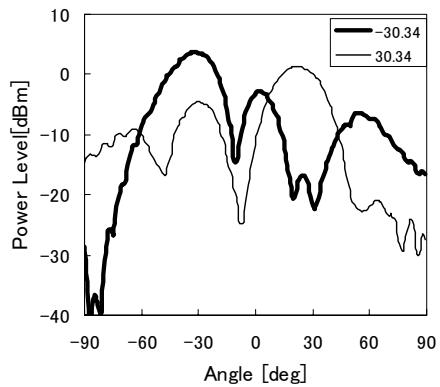


図6 ステアリング角±30.34 度パターン

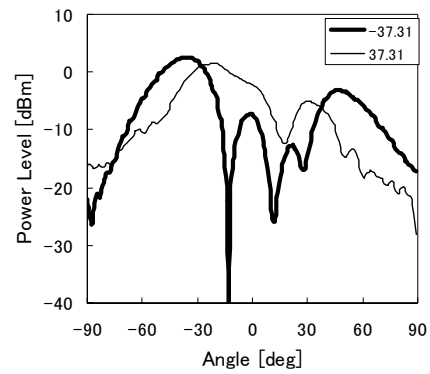


図7 ステアリング角±37.31 度パターン

表2 各アンテナパターンより得られた結果

3dB ビーム幅	20 度
ステアリング臨界面	30 度程度
ステアリング角誤差	-6 度以内
受電電力	2.5~7.3dBm

参考文献

- [1] Komatsu S., Katsunaga K., Ozawa R., Komurasaki K., and Arakawa Y.: Power Transmission to a Micro Aerial Vehicle, AIAA paper 2007-1003, 2007.
- [2] Shimane E., Komatsu S., Komurasaki K., and Arakawa Y.: Microwave power beaming to a Micro Aerial Vehicle, Proceedings of 2007 JSASS-KSAS Joint International Symposium on Aerospace Engineering, pp. 228-231
- [3] Shimane E., Komatsu S., Komurasaki K., and Arakawa Y.: A MAV Flight using Microwave Power Supply, AIAA paper 2008-1149, 2008.