

シーケンシャル回転アレーアンテナを用いた MAV への無線電力伝送

宮代 健吾[†] 井上 史也[‡] 牧 謙一郎[§] 田中 孝治[§] 佐々木 進[§] 小紫 公也[†]

[†] 東京大学大学院新領域創成科学研究科 〒277-0882 柏市柏の葉 5-1-5

[‡] 東京理科大学工学部第 I 部電気工学科 東京都新宿区神楽坂 1-3

[§] 宇宙航空研究開発機構 〒252-5210 相模原市中央区由野台 3-1-1

E-mail: [†]k.miyashiro@al.t.u-tokyo.ac.jp

あらまし 現在我々の研究室では小型飛行体 MAV (Micro Aerial Vehicle)への無線電力伝送を行っている。送電には 5.8 GHz のマイクロ波を用いている。上空を旋回する MAV は旋回角依存性が重要な問題になる。そこでシーケンシャル回転アレーアンテナを用いた。これにより良好な軸比のアンテナを量産することに成功し、さらにフェーズドアレーを形成してビーム操作を行った時も軸比の劣化が少ないことを示す。

キーワード マイクロ波, 無線電力伝送, シーケンシャル回転アレー, パッチアンテナ

Sequentially Rotated Array Antenna for Wireless Power Transmission to an MAV

Kengo MIYAHSIRO[†] Fumiya INOUE[‡] Kenichiro MAKI[§] Kouji TANAKA[§]

Susumu SASAKI[§] Kimiya Komurasaki[†]

[†] Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-0882

[‡] Electrical of Engineering, First, Tokyo University of Science, Kagurazaka 1-3, Sinjuku-ku, Tokyo, 162-0825

[§] Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1 Yoshnodai, Sagamihara, Kumagawa 229-8510

E-mail: [†]k.miyashiro@al.t.u-tokyo.ac.jp

Abstract I study Microwave Wireless Power Transmission to an MAV (Micro Aerial Vehicle). Microwave frequency is 5.8 GHz, Research problem is angle of traverse dependence for MAV. I make Circular Polarized Antenna using Sequentially Rotated Array. I product Good axial ratio Antenna and less deterioration of axial ratio in phased array beam scanning.

Keyword Microwave, Wireless Power Transmission, Sequentially Rotated Array, Patch Antenna

1. はじめに

現在無線電力伝送の研究に注目が集まっている。代表的な例としては SPS のように静止軌道と地上の定点間でのワイヤレス電力伝送が考えられており、地球のエネルギー問題解決が期待されている [1][2]。また電気自動車や飛行機へのワイヤレス給電も展開されており、バッテリー容量の小型化や負荷軽減が図られている [3]。

当研究室では MAV への無線電力伝送の研究を行っている [4]。MAV とはカメラやマイクを搭載し、災害地などの人の立ち入りが困難な場所の偵察を目的とした小型飛行体のことである。本研究のコンセプトとして、バッテリー残量の少ない MAV がパワーステーション上を旋回し、地上から照射されたマイクロ波を MAV 搭載レクテナにより受電・整流し、バッテリーを充電する。

当研究室の無線電力伝送は 3 つのサブシステムから構成されている (図 1)。3 つのサブシステムとは、まず MAV から発信される 2.45GHz のパイロット信号を地上の 4 つのアンテナで受信し、その受信信号の位相差からパイロット信号到来角を推定する追尾システム。次に 5.8GHz のマイクロ波を地上から推定したパイロット信号到来角へ電力を送る送電システム。最後に地上から送電された 5.8GHz マイクロ波を受電し、直流へ整流する受電システムである。

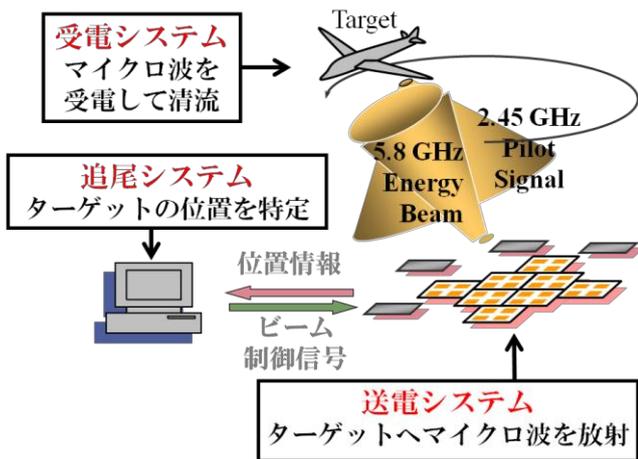


図 1 MAV のシステム概略図

2. 研究目的

表 1 送電システムまとめ

	過去の送電システム	新送電システム
アンテナの種類	ホーン	4 素子サブアレーパッチ
偏波	直線偏波	円偏波
素子数	5	8
アンテナ 1 素子の開口面積	110×8 mm	70.4×70.4mm
アレー直径	330mm	281.6mm
素子間隔	110mm(2λ)	70.4mm(1.36λ)
最大ビーム走査角	10.3deg	15.4deg
アンテナへの投入電力の合計	4W	8W

本研究室の送電システムを表 1 にまとめ、詳細を述べる。送電には 5.8 GHz を用い、MAV の旋回角の依存性をなくす為には円偏波で送電する。過去の送電システムには 5 素子のホーンアンテナを用いていた。素子単体の開口面積が大きく利得が高かったが、直線偏波なので放射後に円偏波に変換する必要があり、単体の利得の高さからビーム走査角が狭くなる。またアンテナそのものが大きいため長めのケーブルが必要となり、RF 回路で 5W 出力してもアンテナ給電点には合計で 4W しか届いてなかった。

そこで新送電システムでは送電アンテナを 4 素子サブアレーパッチに変更する。サブアレーパッチでもホーン 1 素子の利得には及ばないが、送電システム全体としての利得は素子数を増やして補う。またシーケンシャル回転アレー[5]の理論を用いて円偏波の軸比の安定化も図る。アンテナそのものが小型化されるためビーム走査角は広がる。そしてパッチアンテナはホ

ーンアンテナと比較して軽量なので、RF 回路の一部として配置し、出来るだけ短めのケーブルを使用することで回路内での RF の減衰を抑える。パッチに変更することで同時に出力ポートを増やし、合計 8W の RF を放射する。

研究目的は研究室の送電システムを最適化することでシーケンシャル回転アレーを用いた 4 素子サブアレーの優位性を示し、新たな送電アンテナの一つを提案する。

3. 4 素子サブアレーアンテナ制作結果

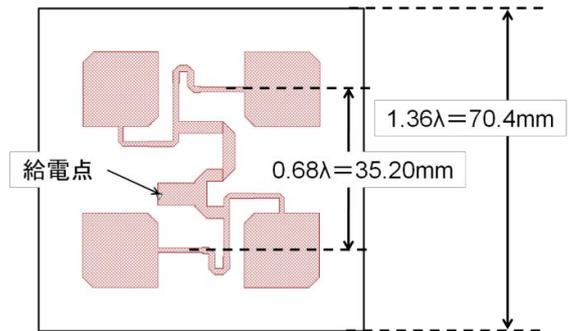


図 2 制作したアンテナの外観

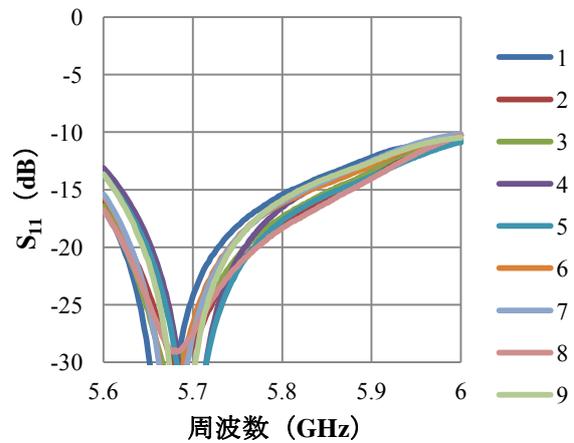


図 3 S₁₁ 測定結果

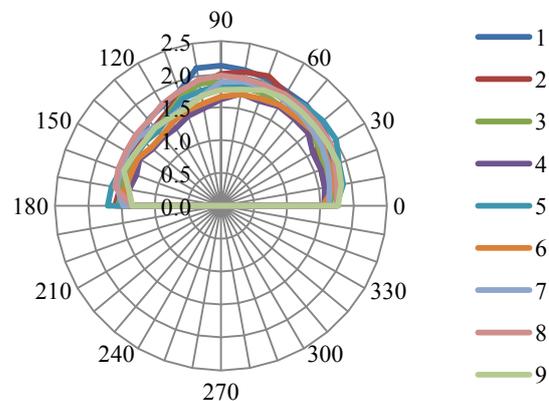


図 4 軸比測定結果

表 2 制作したアンテナの測定結果 (@5.8GHz)

アンテナ番号	S ₁₁ (dB)	軸比 (dB)	ピークアンギュル (deg)
1	-15.41	1.48	90
2	-18.09	1.59	70
3	-17.40	1.01	90
4	-16.52	1.13	60
5	-17.68	1.34	40
6	-16.20	1.15	40
7	-16.07	0.95	70
8	-18.36	0.87	90
9	-15.93	1.29	60

今回制作した 4 素子サブアレーアンテナの外観を図 2 に示す，給電方向をそれぞれ 90° ずつ変化させており，それに伴い伝送線路の長さを調節してあり，シーケンシャル回転アレーの理論を用いている．このアンテナを 9 個製作した．アンテナの設計は電磁界シミュレータの Sonnet を用いている．

S₁₁ の測定結果を図 3 に示す．今回 S₁₁ の目標値 -15 dB 以下とした．S₁₁ が最も優れている周波数は 5.7GHz 付近に来たが，5.8GHz でそれぞれのアンテナで -15dB 以下となったので目標は満たしている．

図 4 に軸比の測定結果を示す．軸比の測定方法は電波暗室内で行い，制作したアンテナに 5.8GHz で 100mW の電力を与え，3.3m 離れた位置にダイポールアンテナを設置し，そのダイポールアンテナを送電方向に対して垂直平面内で回転させ，ある角度毎に受電電力を測定した．図 4 の半径方向の単位は μW であり，系方向は角度である．今回は 0~180° の範囲で測定した．受電電力のピークが 60~90° 付近に出ていることが分かり，軸比の傾向が一致していることが分かる，

表 2 に図 3，4 の測定結果をまとめたものを示す．軸比の定義は受電電力の最大値と最小値の比をとったものであり，dB で表記している．今回軸比の設計目標は 1.6dB 以下としたので，全てのアンテナで目標を満たすことが出来た．

今回のアンテナ製作はミリング装置 (MITS 社製) で削り出して製作し，製作上の配線のぶれが起りやすいが，このように配線方法を工夫することで安定した軸比のアンテナを短期間にローコストで量産できた．

4. フェーズドアレーアンテナの形成

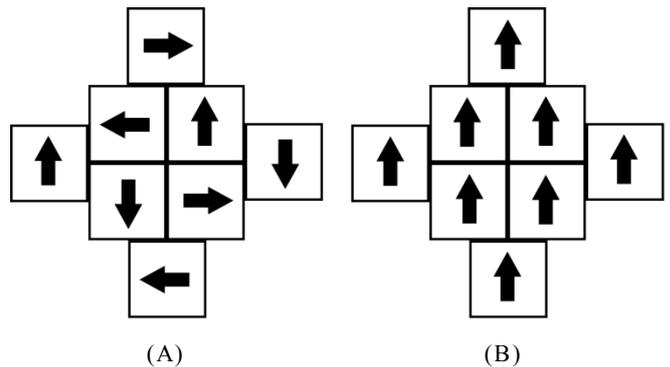


図 5 フェーズドアレーの配置方法

図 2 のアンテナ 8 個を図 5 の様に A,B の二通りで配置し，軸比と利得を測定する．

A の配置はシーケンシャル回転アレーの理論を用いてそれぞれ向きを互い違いに配置している．表 1 の値の軸比より改善されることが予想され，かつビーム走査した時の軸比の劣化も抑えられると予想する．

B の配置はアンテナ 8 個を全て同じ向き配置している，A と比較して利得高いことが予想される．本発表ではこれらの測定結果の比較について発表する．

まとめ

シーケンシャル回転アレーの理論を用いた 4 素子サブアレーアンテナを 9 個製作し，それぞれで目標を満たす設計が出来た．図 5 の配置で 8 個アレー化した状態で軸比と利得を測定し，シーケンシャル回転アレーの有用性について議論する．今後は追尾精度向上を念頭に研究を進める．

文 献

- [1] Glaser, P. E.: Power from the Sun: Its Future, Science, 162(1968), pp.857-861.
- [2] 松本紘，篠原真毅: 宇宙太陽発電所とマイクロ波エネルギー伝送技術，信学技報，SAT95-77, MW95-119(1995), pp.31-36.
- [3] 篠原真毅，松本紘: マイクロ波を用いた電気自動車無線充電に関する研究，信学論誌，C, Vol.J87-C, No.5(2004), pp.433-443. 用例 1) 山田太郎，“周波数の有効利用，”移動通信，木村次郎 (編)，pp.21-41，(社) 電子情報通信学会，1989.
- [4] 小田章徳，澤原弘憲，石場舞，小紫公也 “小型飛行体へのマイクロ波自動追尾送電のデモンストレーション” pp.15-19，(社) 電子情報通信学会，2010.
- [5] 手代木扶，田中正人，高橋徳雄 “シーケンシャル回転アレーの相互結合低減効果とフェーズドアレーへの適用” pp.9-14，(社) 電子情報通信学会，1996.