

BS-2-11

火星飛行探査機へのマイクロ波無線電力供給用送電システムの研究開発

Research and Development of a Microwave Power Transmitting System
for a Mars Observation Airplane

長濱章仁¹ 三谷友彦¹ 篠原真毅¹ 辻直樹² 福田敬大²
Akihito Nagahama Tomohiko Mitani Naoki Shinohara Naoki Tsuji Keidai Fukuda
可成理高³ 米本浩一²
Yoshitaka Kanari Koichi Yonemoto

京大大学生存圏研究所¹

Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

九州工業大学大学院機械知能工学研究系宇宙工学部門²

Space Engineering Section, Department of Mechanical and Control Engineering,

Faculty of Engineering, Kyushu Institute of Technology

九州工業大学機械知能工学専攻³

Department of Mechanical and Control Engineering, Kyushu Institute of Technology

1 研究背景と目的

広域・安定な火星探査は、学術分野や将来における人類の火星利用のために必須である。火星地表付近を探索する手段として現在主流のローバーは、非常に速度が遅く地形によっては走行できない場所もある。そこでこの欠点を補う手段として飛行探査機が注目されている。

飛行機を飛行させるには、その機体重量が翼で発生する揚力以下でなくてはならない。揚力是对気速度の自乗および大気密度に比例する。火星大気密度は地球の約0.75%と非常に低く、機体重量をできるだけ軽くする必要がある。従って、飛行機に搭載されるエネルギー源の重量は可能な限り小さい方が望ましい。

軽量化の方法として、図1のように無線電力伝送を用いて飛行機を駆動する方法が挙げられる[1][2]。無線電力伝送により飛行機にエネルギーを供給できれば、機体にはエネルギー源のない状態、もしくは運用のための最低限のエネルギー源しかない状態が実現できる。そこで本研究においては、飛行探査機を広域・長時間に渡り安定して駆動できる無線電力供給システムを開発する。本稿では送電システムについて報告する。

2 マグネトロンを用いたフェーズドアレイアンテナ送電方式

送電システムとして考えられるビーム駆動方式には、モータによる機械的追尾とフェーズドアレイによる電氣的追尾が挙げられる。火星飛行探査機を無線電力伝送で駆動するには、表1に示すような大規模なシステムが必要となる。

しかし大きな開口面積を持つ1素子アンテナを火星上に実現し、機械的に高速制御するのは、強度や重量・寸法・機械的性能の観点から不利である。また、受電電力を一定にし安定した飛行を実現するために送電電力制御が必要である。そこで本研究は、電力可変型位相制御マグネトロン[3]を用いたフェーズドアレイアンテナで、電力制御を行いながら送電をするシステムを提案する。電

力可変型位相制御マグネトロンは位相が任意に設定でき、出力がある程度可変な周波数同期の取られたマグネトロンである。なおマグネトロン1素子の発振電力は1kW程度、効率は70%程度と大電力用途に適している。

現状の飛行探査機の追尾方法[2]は、カメラで飛行機を撮影後位置をコンピュータで計算し、モータでアンテナを制御する方式を取っている。しかしこの方式では、飛行機に対する送電システムの方向制御応答速度が不十分であった。

現状の地上実験におけるアンテナ回転速度は最大47°/sである。一方、電力可変型位相制御マグネトロンは位相安定までに0.02sかかる[3]。実際に追尾遅れの生じた機械式実験システムと共に、フェーズドアレイの追尾性能をシミュレーション上で検討した結果が図2である。このシミュレーションは図3に示す地上実験の寸法を踏まえ、飛行機が経路を2.8m/sで定常円旋回した場合の、飛行機・送電アンテナの方向角 θ を計算したものである。図2において、機械式の場合には方向角の追尾が不十分であると言える。一方フェーズドアレイを用いれば、地上実験の寸法で十分に追尾できることが分かる。また、火星を想定したシミュレーションにおいてもフェーズドアレイで十分追尾できることを確認した。

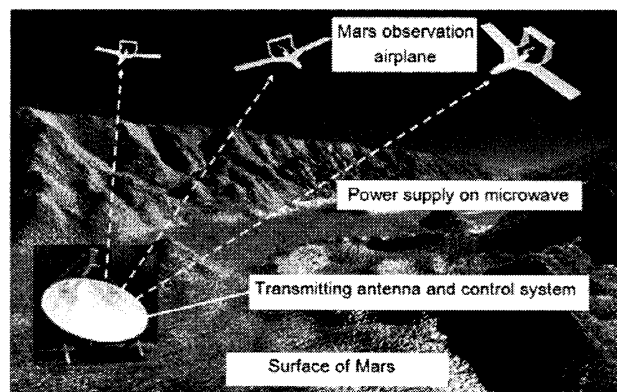


図1 探査システムの概念図[2]

表 1 火星飛行システムの諸元例

飛行機重量	1.81kg
飛行速度	50.9m/s
受電アンテナ	2.45GHz クロスダイポール約 140 個
必要レクテナ出力電力	0.9W
送電距離	数 100m
送電アンテナ	有効開口面積 100m ² 以上
送電電力	10kW 程度以上

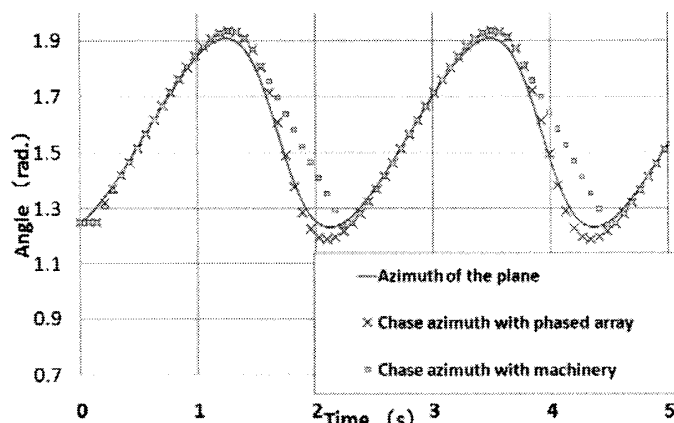


図 2 追尾シミュレーション

3 電力可変型位相制御マグネトロンの電力可変幅一定化

電力可変型位相制御マグネトロンは図 4 の構成をもち、その電力可変幅はマグネトロンに注入される基準信号の電力による。しかし移相器の通過減衰量はその移相量によって変化するため、基準信号を移相すると電力可変幅が変化してしまう。そこで、サーキュレータ前段にリミッタと増幅器を挿入することで注入信号電力を一定化し、図 5 に示すよう 530～770W で概ね一定の電力可変幅を実現した。なお本測定で移相させた移相器は図 4 の①の移相器であり、注入信号は周波数 2.445GHz、電力 31dBm と設定した。また注入同期信号を周波数 2.44575GHz、電力 36dBm とすることで、地上実験に必要な電力可変幅 553～937W を実現した。

4 結論

電力可変型位相制御マグネトロンの無線電力伝送への有用性を検討した。また、送電電力制御に必要な電力可変幅を任意の移相量において実現した。

参考文献

- [1] 押方勇介, 辻直樹, 三谷友彦, 米本浩一, "マイクロ波電力伝送用レクテナ設計と性能評価試験," 信学技報 SPS2008-14, pp.13-18, Mar. 2009.
- [2] 福田敬大, 辻直樹, 三谷友彦, 米本浩一, "マイクロ波電力伝送用レクテナの受電性能向上と評価試験," 信学技報 SPS2009-15, pp.13-18, Mar. 2010.
- [3] 三谷友彦, 木村光利, 篠原真毅, "電力可変型位相制御マグネトロンの研究開発," 信学技報 ED2009-127, pp. 59-64, Oct. 2009.

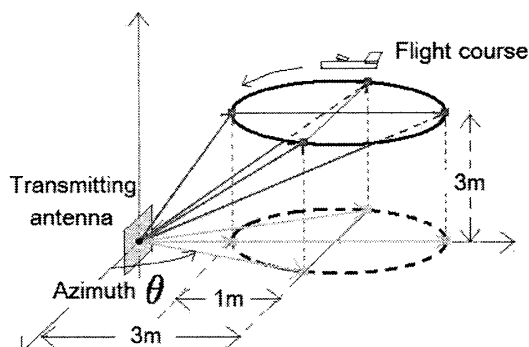


図 3 シミュレーション概念図

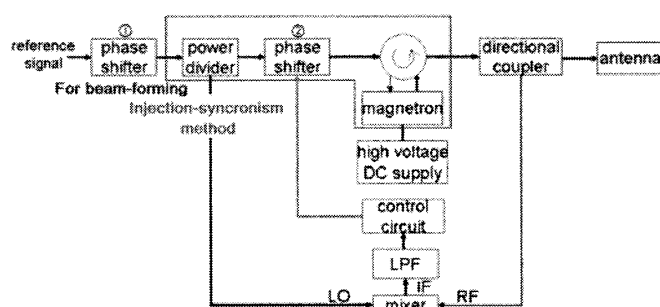


図 4 電力制御型位相制御マグネトロン

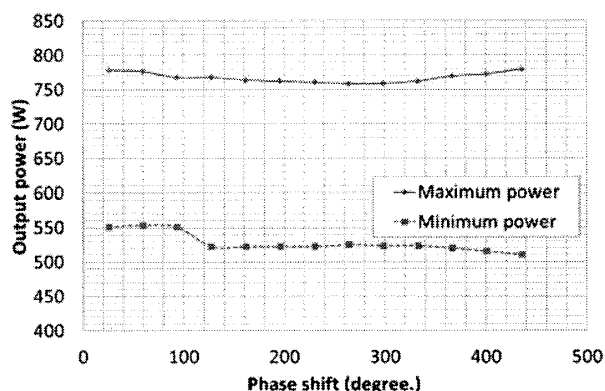


図 5 移相量変化に対する電力可変幅の測定結果