

Auto-tracking Phased Array System for Wireless Power Supply to Micro Aerial Vehicles

-MAVへのマイクロ波自動追尾電力供給システム-

学生証番号 096062 氏名 小田 章徳
(指導教員 小紫 公也 教授)

Key Words : Microwave wireless power transmission, Phased array, Software retro-directive, MAV

近年mWレベルの電力でも動作するICやセンサ、体内の検診などを目的とした各種のマイクロロボットが出現し、低電力デバイス技術に注目が集まっている。これらのデバイスは、給電ワイヤがあることで可動範囲に制限が生じたり、ワイヤの重みで動けなくなるサイズであったりする。ワイヤレスによる電力供給が実現すれば、これまでに無いアプリケーションが期待できる。そこで本研究では、SPSに代表されるマイクロ波無線電力伝送技術を用いて、移動体への無線電力供給システムの開発を目指しており、そのモデルの一つとしてMAVへの電力供給を提案している。

本研究室の無線電力供給システムは、送電、追尾、受電の3つのサブシステムから構成されている。過去の研究では、送電システムでは5.8GHzマイクロ波を用いて、5素子方形ホーンアンテナでアクティブフェーズドアレーを構成し、ビーム発散角 $\theta_{div}=9deg.$ 、ビーム品質 $M^2=1.6$ 、最大ビームステアリング角 $\theta_{ste}=9deg.$ という結果を残している。一方、追尾システムでは、2次元追尾実証実験が行なわれたが、完成したとは言いがたい状況である。そこで、本研究の目的は、1) 送電システムの改善、2) 追尾システムの完成、3) 地上側システムの統合、4) 自動追尾送電のデモンストレーションである。

MAVのヨー角に依存しない安定した電力供給を実現するには、送電用方形ホーンアンテナから放射される直線偏波のビームを円偏波に変換する必要がある。そこで、金属グリッド型サーキュライザを設計製作し、送電システムに組み込んだ。結果として、サーキュライザ通過後の偏波形状はx, y方向のどちらにも共振方向を持つ円に近い形状に変換することができた。これまでの直線偏波による電力伝送に比べ、サーキュライザを用いることで受電電力のヨー角依存は改善されており、またサーキュライザを導入してもビームプロファイルが変わらないことを確認した。

MAVの位置を特定するために、位相比較法を用いたソフトウェアレトロディレクティブ方式の追尾システムを開発している。MAVから2.45GHzパイロット信号を発信し、複数の追尾アンテナによって受信する。MAVと各アンテナ間との経路差の違いにより、得られる信号に位相差が生じ、この位相差から信号到来方向を推定する仕組みである。この方式では、各アンテナで得られた信号が同振幅であることが前提条件である。しかし、これまでの追尾システムでは、アンテナの偏波形状に個体差があるため、ヨー角が変化すると受信された信号の振幅は、アンテナごと、ヨー角ごとに変化するため、旋回するMAVの追尾は不可能であった。そこで、追尾アンテナ直後に60dB程度の高利得ログアンプを導入することで、ヨー角に依存しない追尾システムを作り上げた。追尾精度を評価するためにMAVモデルを高さ $h=1500mm$ 、旋回半径 $r=237mm$ (最大入射角 $9deg.$)で旋回させ、実際の位置と推定された位置との誤差をラジアル方向、アジマス方向のそれぞれについて立体角で算出した。結果として、ラジアル方向誤差 $-1.79deg. \leq \alpha_{rad} \leq 0.41deg.$ 、アジマス方向誤差 $-1.97deg. \leq \alpha_{azi} \leq 0.47deg.$ となり、どちらも $\theta_{div}=9deg.$ より小さいため、十分な精度の追尾システムが完成したといえる。

地上側システムを完成させるため、送電システムと追尾システムのアンテナ及びLabVIEWプログラムの統合を行ない、受電システムである軽量フレキシブルレクテナ10素子を用いて自動追尾送電のデモンストレーションを行なった。条件は追尾実験と同様である。結果として、最小作動電力1mWのプロペラ付き小型モータを、ヨー角変化の影響無く回転させることに成功した。また、得られた電力を測定したところ、負荷抵抗4Ωで平均9.8mW、最大13.2mW、負荷抵抗10Ωで平均17.6mW、最大24.3mWの電力を受電することができた。