

シーケンシャル回転アレーアンテナを用いた 小型飛行体への無線電力伝送の送電系の開発

学生証番号 47116084 氏名 宮代 健吾
(指導教員 小紫 公也 教授)

Key Words :マイクロ波, 無線電力伝送, シーケンシャル回転アレー, マイクロストリップアンテナ, 5.8GHz

当研究室では5.8GHzのマイクロ波を用いた小型飛行体への無線電力伝送の研究を行なっている。当研究室の無線電力伝送は3つのシステムから考えられる。1つ目は追尾システムで、ターゲットから発信される2.45GHzの地上の4つのアンテナで受信し、信号到来角を推定する。2つ目が送電システムで、ターゲットに向けて5.8GHzのマイクロ波を効率よく放射する。3つ目に受電システムで、ターゲットでマイクロ波を受け取り、整流する。本論文では送電システムの開発について述べる。

本研究室の送電システムについて述べる。送電には5.8GHzのマイクロ波を用い、フェーズドアレーアンテナでビーム走査する。フェーズドアレーアンテナとはアレーアンテナそれぞれに給電されるマイクロ波の位相を制御することにより、マイクロ波の送電方向を制御できるものである。また送電目標は旋回することを想定しているため、旋回角依存性を無くするために円偏波で送電する。

研究の目的は送電システムの開発である。シーケンシャル回転アレー(Sequentially Rotated Array : SRA)を用いて円偏波特性を改善し、送電効率を向上させる。まず4素子サブアレーのマイクロストリップアンテナ(Micro Strip Antenna : MSA)にSRAを適用し、高い軸比のアンテナを量産する。そしてSRAの理論をフェーズドアレーアンテナの配置にも適用し、更なる軸比の向上を目指す。また指向性利得を計算し、フェーズドアレーアンテナの利得とエネルギーの含有率を計算し、送電効率の議論とビーム走査した場合の放射パターンの評価を行う。

素子間隔は広くすれば利得が向上するが、ビーム走査した場合のサイドローブが大きくなってしまう。当研究室はビーム走査角を12degとし、走査角との兼ね合いから4素子サブアレーの素子間隔は $0.68\lambda(35.2\text{mm})$ とした。4素子サブアレーMSAは9個製作し、9個全て S_{11} 特性は-15dB以下を達成でき、軸比は8個のアンテナで70%以上を達成できた。本来製作上の誤差で軸比の確保は難しいが、8個良いものが製作できたのはSRAの効果が大きいと考える。9個のアンテナの軸比の平均値は75.9%となった。

フェーズドアレーアンテナにSRA配置と並行配置の2通りで実験した。フェーズドアレーのビーム走査により、ピーク座標 $x=0\text{mm}$ と $x=-220\text{mm}$ の2通りで放射パターンと軸比を測定した。高さは1,500mmで $-340\text{mm}\leq x\leq 340\text{mm}$ の範囲を20mm間隔で行った。 $x=0\text{mm}$ ではSRA配置では軸比81.8%で並行配置では63.3%となり、 $x=-220\text{mm}$ ではSRA配置では軸比80.3%で並行配置では60.3%となった。並行配置と比べSRA配置の方が軸比が高くなり、ビーム走査した場合もSRA配置の方が軸比の劣化が少なかった。さらにそれぞれのアンテナの軸比の平均値75.9%よりSRA配置では軸比が向上した。以上3点よりSRA配置の方が軸比が優れており、今後当研究室ではSRA配置を採用する。

あるアンテナの電界の式が分かれば指向性利得や放射パターンが計算できる。まずモーメント法や実測値と比較することで指向性利得の計算の信頼性を示した。指向性利得の計算より当研究室の送電アンテナの利得は22.5dBiとし、メインローブ含有電力は送電電力の69%となった。またビームステアリングにおいて所望の走査角に対して計算でピークの表れた角度は0.74倍の違いが見られた。この傾向は実験時にも見られた。4素子サブアレーを4素子単位で同相でビーム走査しているためである。ビーム走査する際はこの違いに注意する必要がある。また $\theta=12\text{deg}$ へビーム走査した場合の放射パターンは $\phi=0\text{deg}$ と $\phi=45\text{deg}$ で違いが表れた。フェーズドアレーアンテナの配置形状の為である。特に $\phi=45\text{deg}$ では素子間隔が対角線で効いてくるため間隔が広がり、サイドローブが大きくなる。思わぬ方向へマイクロ波を放射する恐れがあるので注意する必要がある。また放射パターンの測定値と計算値はよく一致し、測定の正しさが確認できた。