

# A Fundamental Study on the Rectenna for Drone Flight

Department of Electrical, Electronic and Communications Engineering, Faculty of  
Science and Engineering, Toyo University

Daisei Kurokawa Hiroki Oke Yoshiyuki Fujino

## Abstract

Fundamental study on the rectenna for drone flight by wireless power transmission with frequency 5.8 GHz band was conducted.

Two types of rectennas are developed using printed dipole antenna. Wireless power transmission experiment using radio anechoic box is performed. More than 65% efficiency were confirmed for each rectenna. These weights were 11 grams, 4 grams for Type A, Type B, respectively.

# ドローン飛行のためのレクテナに関する基礎研究

東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科  
黒川 大晴 桶 博貴 藤野 義之

## 1.はじめに

無線電力伝送の特徴として、無線で長距離の電力伝送が可能である。

ドローンの活用方法として、上空からの撮影や災害時に情報収集や救援活動、また配達に使用等、幅広く使用されている。欠点として、バッテリーを搭載していることにより短時間しか飛ばすことができないため長距離での使用が難しい事が挙げられる。そこで、無線電力伝送であればバッテリーの心配なく長距離での使用が可能となる。

## 2.実験方法

### 2.1 実験システム

ドローンを飛ばすために、今回考える実験システムイメージを図 1 に示す。これは、ドローンに必要な電力を無線電力伝送で送電するものである。地上に送信機を置き、5.8GHz の電波を放射し、ドローン上に設計されたレクテナアレーで受電する。レクテナアレーからの電力をドローンの飛行に使用するもので、上空に浮遊させる。

ドローンに搭載するレクテナについて 2 種類検討を行った。これを図 2 に示す。左を Type A, 右を Type B と呼ぶ。

Type A のレクテナは、アンテナ部が 3 素子プリント八木・宇田アレーとなっており、0.3mm 厚の FR-4 材を使用している。アンテナ部と整流回路部を直交配置することで整流回路基板がアンテナの特性へ影響することを避けた。両者はセミリジッドケーブルで接続されている。整流回路部は参考文献[1]の回路としている。Type B のレクテナは、共平面上にアンテナ部と整流回路部を製作し、小型化を図ることを目的とした。アンテナ部は 0.3mm 厚の FR-4 材を使用したプリントダイポールアンテナとなっており整流回路の地板を同一平面上に作成した。給電線として平行線路を使用し、整流回路部はマイクロストリップラインを 2 本並行させた平衡型の整流回路を使用した。この整流回路は、2 本の線間にダイオードを接続する。また、シングルシャント型整流回路の実現のため、 $\lambda_g/4$  離れた所にコンデンサを設置した。

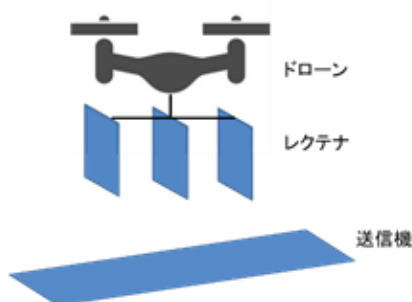


図 1 実験システムイメージ図

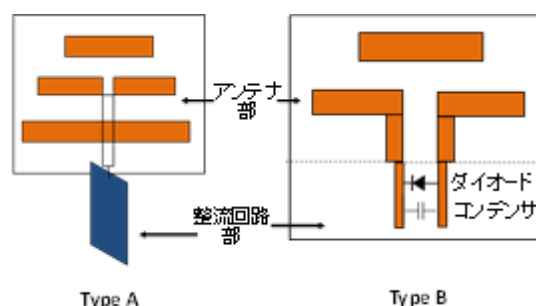


図 2 ドローン搭載用レクテナ

### 2.2 レクテナの特性評価

プリントダイポールアンテナの各素子の長さや間隔の調整[2]を電磁界解析シミュレータ FEKO を用いて実施した。

アンテナの実効開口面積はアンテナ利得  $G_x$  を用いて、

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_x \quad [m^2]$$

で表される。ここで  $\lambda$  は波長である。

次に、空間を通した電力伝送実験を行う。SG で生成した電波を増幅器で 10W まで増幅し、ホーンアンテナで電波暗箱内で放射する。

まず、入射電力密度の測定をパッチアンテナを用いて実施し、入射電力密度  $P_{fd}$  は次式で求める。

$$P_{fd} = \frac{P}{A_{PR}} \quad [W/m^2]$$

ここで  $P$  はパッチアンテナの出力[W],  $A_{PR}$  はパッチアンテナの実効開口面積[m<sup>2</sup>]である。その後、パッチアンテナの位置にレクテナを設置し、空間を通した電力伝送実験を行う。効率  $\eta$  は次式で求める。

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{fd} \cdot A_e} \times 100 \quad [\%]$$

ここで  $P_{out}$  は、レクテナの出力電力[W]で、 $A_e$  はアンテナ部 (プリントダイポール) の実効開口面積[m<sup>2</sup>]である。

### 3.結果と考察

#### 3.1 レクテナ特性評価の結果

Type A のアンテナ部のシミュレーション結果として、7.19[dBi], Type B では、5.76[dBi]が得られた。一方で、Type A のアンテナの利得の測定値は 5.5[dBi]であり、ここから、 $A_e=762.4\text{mm}^2$  である。一方で、入射電力密度  $P_{fd}=166.9\text{[W/m}^2\text{]}$  であった。

この  $P_{fd}$  における Type A, B それぞれの効率の負荷抵抗依存性を図 3 に示す。

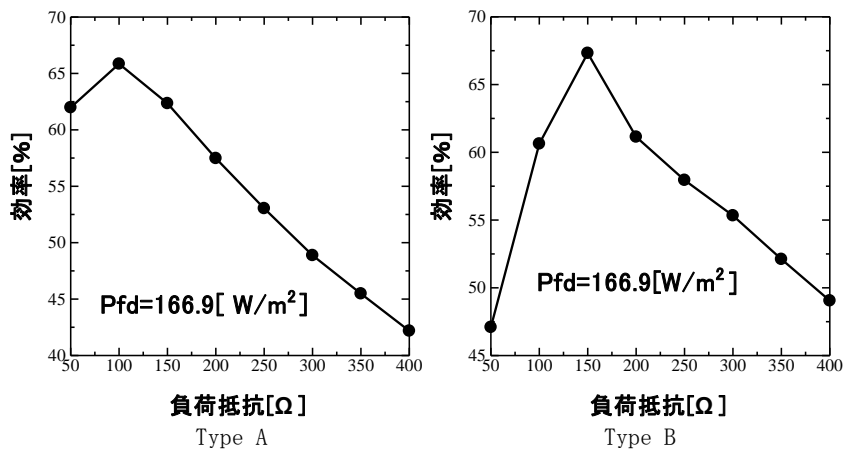


図 3 効率負荷抵抗依存性

Type A は負荷抵抗 100 Ω の時に、最大効率 66%を、Type B は負荷抵抗 150 Ω の時に最大効率 67%を示した。その時の入力電力対効率特性の測定結果を図 4 に示す。

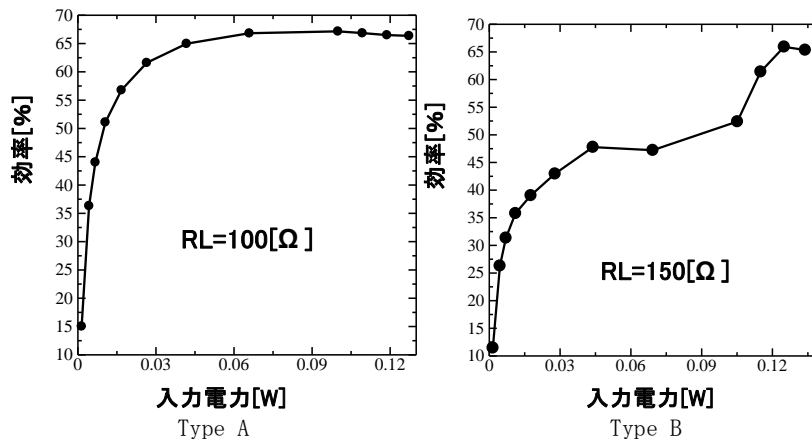


図 4 入力電力特性

#### 4.寸法・重量に関する評価

Type A のレクテナの重量は, アンテナ部 2g, セミリジッド 2g, 整流回路部 7g, の合計 11g であった. 一方 Type B のレクテナは重量 4g であった. ドローンを飛行させる計画では, 搭載用レクテナの重量の範囲として 10g~30g が目安であることから Type A の場合は 2~3 個, Type B の場合 7 個をアレー化して搭載するのが限度である.

Type A のレクテナは, 単体で 84mW 出るため, 2 個をアレー化することによって 168mW 出ることが考えられる. その時の重量は 22g である. Type B のレクテナは, 単体で 87mW 出るため, レクテナ 7 個をアレー化することによって 609mW 出ることが考えられる. その時の重量は 28g である.

ドローンを飛行させるために必要な電力として, 2~3W 必要であると考えられるため, ダイオードの数を増やすなどして, 大電力化に対応する必要がある.

#### 5.まとめ

ドローン搭載用としてプリントダイポールアンテナを用いたレクテナ 2 種類の開発を行った. 空間を通した効率測定を電波暗箱を使って実施し, 両レクテナの効率 65%以上を確認した. その重量は, それぞれ 11g, 4g であった. 今後の課題はレクテナのアレー化, レクテナの大電力化をおこない, 搭載用レクテナとして完成させること, および, 実際のドローンを使用して試験を行うことである.

#### 参考文献

- [1] 荻村晃示, 藤野義之, ” SPS 実証試験用楕円ビームパラボラレクテナの研究” , 第 23 回宇宙エネルギーシンポジウム, 2004 年 3 月.
- [2] Michel Clénet, Design and analysis of a Yagi-like antenna element buried in LTCC material for AEHF communication systems, Defence R&D Canada - Ottawa, April 2005.

#### 謝辞

本研究の遂行に当たり, ご協力いただきました宇宙科学研究所の田中孝治准教授に感謝いたします.