

A Fundamental Study on the Circular Polarized Rectenna for Drone Flight

Toru ISHIMURA[†], Taichi MATSUDO[†], Yoshiyuki FUJINO[†] and Koji TANAKA[‡]

[†] Faculty of Science and Engineering, Department of Electrical and Electronic Engineering, Toyo University 2100 Kujirai, Kawagoe, Saitama, 350-8585

[‡] Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), JAXA
3-1-1 Yoshinodai, Chuo-ku, Sagami-hara, Kanagawa 252-5210,

Abstract

The authors conducted fundamental research on circular polarized rectenna at 5.8 GHz in order to demonstrate drone flight using wireless power transmission.

Circularly polarized waves were adopted for the antenna part so as to correspond to the rotation of the drones, and realized by using a metal mesh and a helical antenna.

Since the rectifying circuit needed to meet higher input power, so, we increased the number of diodes to two. We have fabricated a rectifier circuit that can operate 1 W input power.

Also, a rectenna was fabricated by combining the antenna and the rectifier circuit, and efficiency measurement was performed using an anechoic chamber, confirming the efficiency as 70% .

ドローン飛行のための円偏波レクテナに関する基礎研究

石村徹[†] 松戸太一[†] 藤野義之[†] 田中孝治[‡]

[†] 東洋大学理工学部電気電子情報工学科 〒350-8585 川崎市鯨井 2100

[‡] JAXA 宇宙科学研究所 〒252-5210 相模原市中央区由野台 3-1-1

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り、さらに移動体への電力伝送も可能である。ドローンの活用方法として、上空からの撮影や災害時の情報収集、配達など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。空中で受電する際にドローンの回転にも対応できるように円偏波を採用し金属メッシュとヘリカルアンテナを使ったレクテナを開発した

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。地上に送信機を置き、円偏波レクテナを持ったドローンを上空に浮遊させる。使用する周波数は 5.8GHz である。使用する円偏波レクテナとして小型軽量であり、ドローンの飛行を妨げないため、金属メッシュを地板とするヘリカルアンテナを用いたレクテナを採用した。またレクテナの整流回路には 0.8mm 厚のテフロン材を使用しており、昨年度同様分布定数シングルシャントモデルを採用している。[1]今回作成したレクテナのアンテナ部及び整流回路部を図 2 に示す。

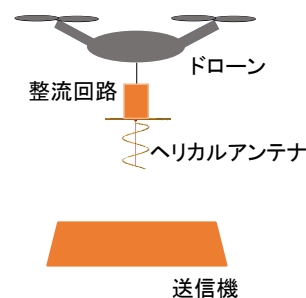


図1 実験システムイメージ

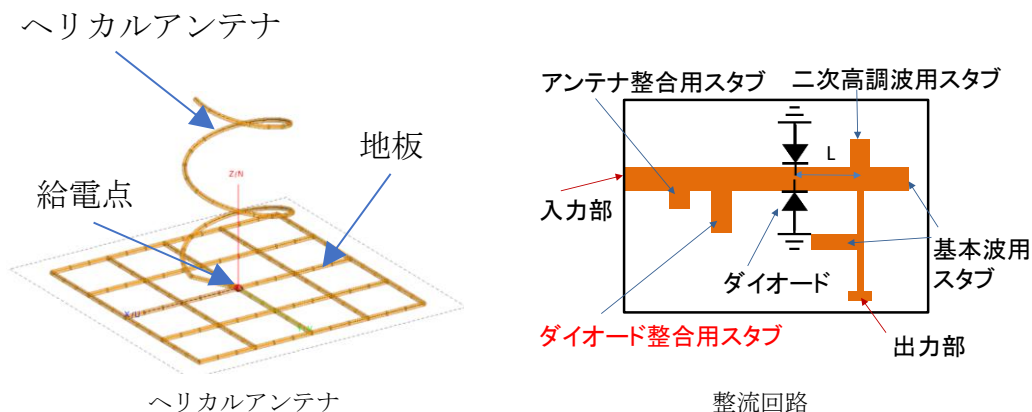


図2 レクテナ素子

2.2 レクテナの特性評価

ヘリカルアンテナは直径及び巻き線間の距離,巻き数を変化させ,放射パターン測定を行いながら利得を最大化した.

整流回路は出力フィルタ側にある各種スタブ,ダイオード位置,ダイオード整合スタブを効率が高くなるように回路シミュレータ ADS を用いて調整を行った.このヘリカルアンテナと整流回路を組み合わせることでレクテナとし特性評価を実施した.特性評価を行う際の構成図を図 3 および図 4 に示す. 図 3 が入力電力の測定系、図 4 が出力電力の測定系であり、ヘリカルアンテナを除いてすべて直線偏波である.

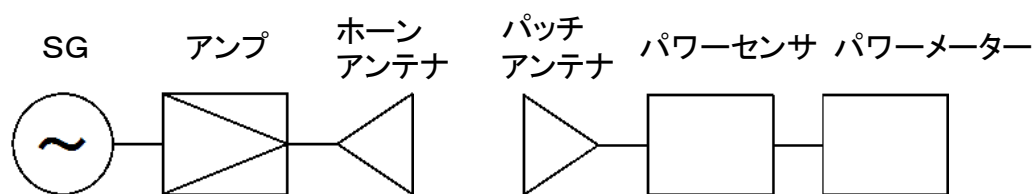


図 3 入力電力測定構成図

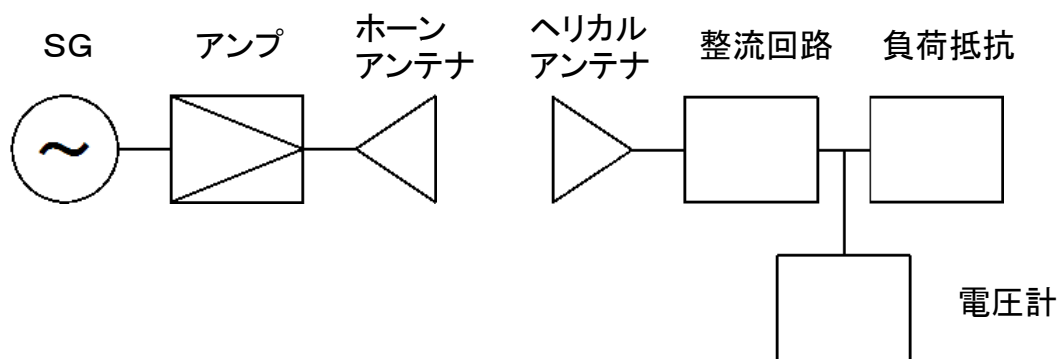


図 4 出力電力測定構成図

これらの構成を用いて空間を通した電力伝送実験を行い,特性評価をする.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に放射する.ここでヘリカルレクテナへの入力電力 $P_{helical}$ [dBW]の算出はレクテナと同じ位置にパッチアンテナを置き受信電力 P_{patch} [dBW]を測定する.そのパッチアンテナの利得 G_{patch} [dBi]とヘリカルアンテナの利得 $G_{helical}$ [dBi]の差から求められる.また、直線偏波と円偏波の間の偏波損を 3dB と仮定し、これを同時に補正する.

$$P_{helical} = P_{patch} - (G_{patch} - G_{helical}) - 3.0 \quad [\text{dBW}]$$

その後パッチアンテナの位置にレクテナを設置し測定を行う.レクテナの効率は以下の式で与えられる

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad [\%]$$

ここで P_{out} はレクテナの出力電力[W], P_{in} はレクテナの入力電力 $P_{helical}$ [dBW]を[W]に換算した値である.

3.結果と考察

3.1 レクテナ特性評価の結果

パッチアンテナを用いたレクテナ入力電力の測定からヘリカルレクテナへの入力電力は0.15Wと分かったので、ヘリカルレクテナの負荷抵抗依存性、及びダイオード1本の時との比較を図3に示す。

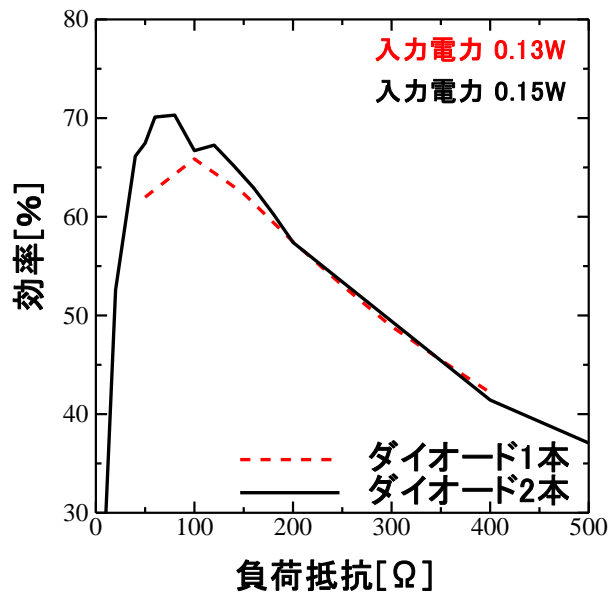


図5 効率負荷抵抗依存性

レクテナの測定結果として負荷抵抗 80Ωで70.2%を示した。ダイオード本数を変えて測定を行ったが同じ程度の入力電力では似た傾向を持つことが分かる。

4.寸法・重量に関する評価

今回作成したヘリカルレクテナはアンテナ部 2g、メッシュ状地板 1g、整流回路 3g であり 1素子あたり 6g とな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 4素子アレー化して搭載するのが限界である。

ヘリカルレクテナは 1素子 105mW なので 4素子アレーとした際 24g で 420mW が期待される。今回はレクテナとして測定できてないが、整流回路では入力 1W に対して効率 60% のものを用いているので、4素子アレーにて 2.4W ほどの出力電力を得られると期待できる。

ドローン飛行には 6W 以上必要であるので、軽量化しアレー数を増やす、またはダイオード数をさらに増加させることのどちらかが必要である。

5.まとめ

ドローン搭載用としてヘリカルアンテナを用いた円偏波レクテナの開発を行った.整流回路としてはダイオード本数を変え,レクテナの負荷特性を比較し,入力 0.15W ほどでは効率があまり変化なかったことを確認した.重量は 6g であり,入力電力を大きくすることと4素子アレーをすることで 2.4W 程度の出力電力を期待できるがドローン飛行のためには 6W が必要であるのでレクテナの大電力化,軽量化をおこない,搭載用レクテナを完成させ,実際にドローンを使用し試験を行うことが課題である.

参考文献

- [1] 黒川大晴, 桶博貴, 藤野義之,” ドローン飛行のためのレクテナに関する基礎研究”,第 36 回宇宙エネルギーシンポジウム,2017 年 2 月.
- [2] 関口利男,” 基本アンテナ,” アンテナ工学ハンドブック, 電子情報通信学会編,3.2.4 節, オーム社,1980 年
- [3] 石井望,” アンテナ基本測定法,” (株)コロナ社,東京都,2011 年