

## 電波を用いた RF エネルギーハーベスティングモジュールの基礎検討

### A fundamental study of RF energy harvesting modules using radio waves

○磯江雄介<sup>1</sup>, 小林一彦<sup>2</sup>

\*Yusuke Isoe<sup>1</sup>, Kazuhiko Kobayashi<sup>2</sup>

Abstract: As a basic research for the use of RF energy harvesting as a power source for sensor networks and other applications, we aim to realize the operation of temperature sensors using the Tokyo Sky Tree broadcast signal that can be received on the Nihon University Funabashi campus. This paper describes the need for a charging circuit to operate the sensor.

#### 1. まえがき

近年、TV 放送電波や無線 LAN といった空中に存在する電磁波エネルギーを回収し、電力として利用するエネルギーハーベスティングの研究が盛んである<sup>[1]</sup>。この技術は、アンテナにより回収した電磁波を整流回路により直流電圧に変換するもので、将来 Society5.0 を実現するためのセンサの電力源としての利用が期待されている。

本研究では、日本大学船橋校舎の敷地内において受信できる東京スカイツリーからの TV 放送電波を用いて温度センサを動作させることを目標としている。これまでの基礎検討の中で、送信用と受信用の 2 つのアンテナを用いた無線での電力給電により LED の点灯が確認されている。

本稿では、現状の整流回路の性能と充電回路の必要性を述べる。

#### 2. 実験結果及び充電回路の必要性

RF エネルギーハーベスティングの実現性の確認として東京スカイツリーからの TV 放送電波により、LED を点灯させた際の RF エネルギーハーベスティングモジュールの基本構成図を図 1 に示す。

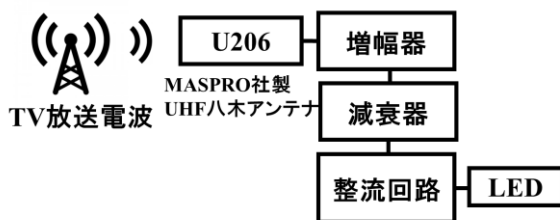


図 1. RF エネルギーハーベスティングモジュールの基本構成

モジュールの動作は、日本大学船橋校舎の敷地内にて東京スカイツリーからの TV 放送電波をアンテナで受信し、受信した電波を増幅器により増幅してから減衰器によって LED を点灯できる電力に調整し、整流回路により高周波電圧を直流電圧に変換する。

この結果より、東京スカイツリーからの TV 放送電波を増幅する必要はあるが LED を点灯できたことで RF エネルギーハーベスティングの実現性を確認できた。

次に現状の整流回路の性能について述べる。回路の評価方法は、図 2 に示すように発振器により 550 MHz の入力電力を整流回路に入力し、その際の出力を電圧計で測定して変換効率を求めた。変換効率は入力電圧に対する出力電力より求め、その結果を図 3 に示す。



図 2. 測定図

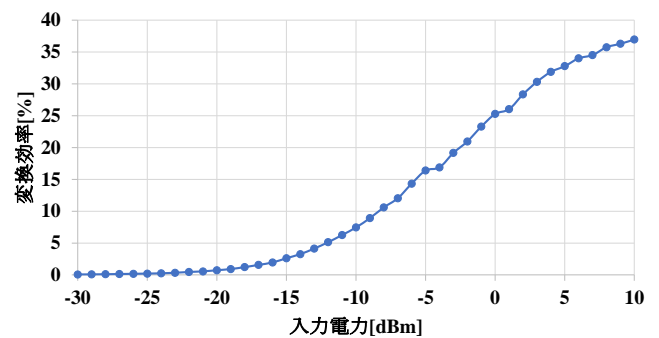


図 3. 入力電力に対する変換効率

1 : 日大理工・院(前)・電子、2 : 日大短大・教員・総合

この結果より、入力電力が 10 dBm の時は変換効率が約 37%であるが入力電力が低下するにつれ変換効率が低下していくことがわかる。また、入力電力-24 dBm に対する変換効率が約 0.25%であり、日本大学船橋校舎の敷地内で受信できる TV 放送電波からの受信電力が-24 dBm であることから、現状の整流回路の東京スカイツリーより受信した TV 放送電波の受信電力の変換効率は約 0.25%と推定する。実験値より、LED を点灯するために必要な電力は-14.3 dBm であるため、現状の整流回路の変換効率を向上させても LED を点灯させるだけの出力電力を得ることはできないと考える。このことから、今後は整流回路の低い入力電力に対する変換効率の向上だけでなく充電回路を付加することで LED 及びセンサを動作させることできるモジュールが必要となる。モジュールの構成を下記に示す。



図 4. 提案するモジュール構成

充電回路を作成するにあたり、充電するための素子として電気二重層キャパシタを検討している。一般的に充電では携帯電話やノートパソコンなどのデバイスに用いられるリチウムイオン電池が採用される。これは小型で高い容量を持つことが大きなメリットとして挙げられるからである。しかし、リチウムイオン電池を既存の回路に接続するのは回路が煩雑になり、かつ寿命も限られるため交換の頻度が多くなってしまう。それに対して電気二重層キャパシタはコンデンサと同様に回路設計を行うことができ、アルミ電解コンデンサに比べ容量が大きく、かつ充電速度も速く、長寿命でありメンテナンスフリーという特徴がある<sup>[2]</sup>。表 1 に電気二重層キャパシタとリチウムイオン電池の総合比較を示す<sup>[3]</sup>。

表 1. 電気二重層キャパシタとリチウムイオン電池の総合比較<sup>[3]</sup>

特性	電気二重層 キャパシタ	リチウム イオン電池
エネルギー密度 [W・h/kg]	×	◎
出力密度[W/kg]	◎	○
コスト[円/W・h]	×	○
性能向上の期待	◎	○
コスト軽減の期待	◎	○
対環境性	◎	△
特性劣化及び残存 余命推定	◎	○

◎：優 ○：良 △：可 ×：要求未達

### 3. まとめ

東京スカイツリーからの TV 放送電波を増幅する必要はあるが LED を点灯することができたことにより、RF エネルギーハーベスティングの実現性を確認することができた。また、整流回路の入力電力に対する変換効率及び東京スカイツリーからの TV 放送電波の受信電力により、今後は整流回路の低い入力に対する変換効率の向上だけでは十分な電力を得ることはできないため、充電回路を付加することの必要性を示した。また、充電回路を作成するための素子として、電気二重層キャパシタの採用が最適と考える。

今後は、提案したモジュールを試作して、動作確認を実施して行く予定である。

### 参考文献

- [1] R.Shigeta *et al.*, IEEE Sensors Journal Vol.13, Issue: 8, pp. 2973 - 2983 May, 2013.
- [2]岡村 旭夫,「電気二重層キャパシタと蓄電システム」, 日刊工業新聞社(2001)
- [3]直井 勝彦, 堀 洋一,「大容量キャパシタ-電気を無駄なく使う-」, コロナ社(2019)
- [4]磯江 雄介, 三枝 健二, 小林 一彦,「電波を用いたエネルギーハーベスティングの基礎研究」, 第 64 回日本大学理工学部学術講演会, M-1