

テーマ番号	2EP077			
プロジェクト テーマ	和文	環境発電を利用した電子機器の非電源化の実験	指導教員	中沢 実 教授
	英文	Research on non-power supply of electronic devices using energy harvesting		
プロジェクト メンバー	4EP4-50 細川 蒼生 (HOSOKAWA Aoi)			

Abstract Electronic device is limited in terms of where it can be installed and how long it can operate depending on the power source. To solve this problem, an electronic device has been created that uses a circuit that converts radio waves into electricity, so that there are no restrictions on where it can be installed or how long it can operate. This electronic device is not very versatile, as it can only operate within a 50 m radius of a radio tower if it continues to convert radio waves into electricity in sleep mode for 72 minutes. However, the electronic device can generate electricity in dark bushes in the vicinity of the radio tower, so it can be installed in a wider variety of locations than if it were powered by solar power.

Keywords Electronic circuit, Energy harvesting, BLE

1. はじめに

今日では様々な電子機器が開発され、人々の生活を豊かにしている。一方で、電子機器が共通して抱えている問題として、コード式の電子機器であればプラグがコンセントに届く場所にしか置けないように設置場所が電源によって左右されてしまうという問題がある。

電池や太陽光発電を電源に用いればこの問題の対策ができるが、電池なら動作時間が制限され、太陽光発電は日当たり等の別の条件で設置場所が左右されるため、根本的解決はできない。そこで環境発電といわれる電波や光等の環境に含まれるエネルギーを電気に変化する技術を用いて、どこでも利用可能な電子機器を開発しようとした。

2. 関連研究

電波による発電の研究において主に行われているのはマイクロ波を用いた発電の研究である。しかしマイクロ波を用いる研究は得られる電力が少なく、部品の調達が難しいという点から実験が困難であると判断し、ラジオ波を用いた発電の研究を参考にすることにした。[1]

ラジオ波を用いる発電ではラジオ塔から発せられる電波を電気に変換し、スピーカーや LED 等のシンプルな電子部品を動作させている。この仕組みが利用されている代表的なものが鉱石ラジオや壱塚ラジオと呼ばれる古いラジオで、非電源でラジオを聞くことができる。

3. 提案手法

今回の研究ではラジオの電波を用いて LED 等よりも複雑な電子機器を電波で動かせるようにする研究を行う。図 1 は研究開始時点で構想していた電子機器の構成である。電源ではアンテナが受信した電波から交流の電気を直流の電気に変換する、回路を参考にした回路で電気を取り出し、バッテリーへと供給している。



図1 電子機器の構成(文献[2]を参考にした)

Fig. 1 Configuration of the electronic device to be created

電波から得られる電力は少なく、LED のように低消費

電力のものでなければ常時動作させることはできない。そこで、電子機器には消費電力を抑えるスリープモードになる期間を設け、非スリープモード時の動作に必要な電気を充電する。また電波による発電自体も研究し、どのような環境がこの発電に適しているのかの調査も行う。

電波を電気に変換する回路は当初は複数の回路を組み合わせて作成していたが、最終的には可能な限り変換時の損失を抑えるために全波整流回路のみを用いた。これは電波に含まれるマイナス方向にかかる電圧をプラス方向にかかる電圧に変換できるものである。

4. 実験

4.1 電波による LED 点灯実験

まず電波を電気に変換する流れの確認や電波による発電に適した場所を探すために電波をエネルギー源として LED を発光させる実験を行った。受信する電波には大学の施設内にある 50W の FM ラジオを用いることにした。ダイポールアンテナやループアンテナ等のアンテナを 13 パターン作成し、ラジオの電波を受信した時の波形をオシロスコープを用いて確認した。図 2 はこの実験により得た電気の電圧を比較したものである。実験は 4 ヶ所で行い、地点 D、地点 C、地点 B、地点 A の順でラジオ塔に近い。アンテナの種類や角度、ラジオ塔との距離によって得られる電圧が変化することを確認したが、電圧の最高値は 150mV 程度であり、発光に 1. 2V 程度必要な LED は動作しなかった。

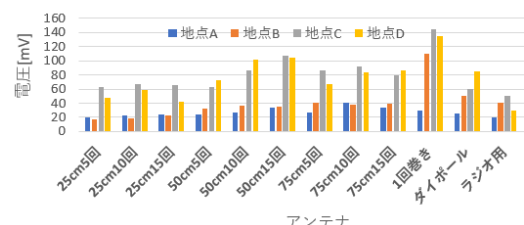


図2 アンテナと場所の違いによる電圧の変化

Fig. 2 Voltage changes due to differences in antenna and location

LED が発光するレベルの電圧を得られない原因をラジオの出力が 50W であり、先行研究 LED が発光させられていたラジオが 100W だったことからラジオ波の出力が低いため LED が発光しなかったためだと考えた。そこで別のラジオ塔で実験を行うことにした。この時に別のラジオ塔まで自転車で移動するため、運搬性を考慮して銅線を複数回巻いたループアンテナを採用することにした。学内のラジオを除いて 3 つのラジオ塔で実験を行ったところ、

最終的に 10kW の AM ラジオ塔と 1kW の FM ラジオ塔のある公園で AM ラジオ塔からの距離が半径 50m 程度なら、LED を発光させることができた。

この実験途中で AM ラジオ塔のすぐ近くにある FM ラジオ塔の方にアンテナを向けると LED が発光しなかった。また先行研究では私が利用した 10kW の AM ラジオ塔よりも出力が圧倒的に少ない 100W の AM ラジオ塔で LED が発光させられている。これらのことからラジオ波を用いて LED を発光させることにはラジオ波の出力の高さよりも AM 波であることが重要だと考えられる。AM 波は振幅変調方式が用いられる。これは電波に音声情報を電圧の変化として含ませるものである。そのため AM 波では FM 波よりも高い電圧となることがあると考えられる。LED や整流回路に用いられるダイオードは一定の方向からある程度の電圧をかけた場合のみ電気が流れるものであり、逆方向から電圧をかけた場合やかける電圧が低すぎる場合は電気は流れない。よって AM 波の電圧が高くなるタイミングのみ LED を発光させられるレベルの電圧になる。

4.2 電波によるバッテリー充電実験

次に電波による発電で 3.7V, 860mAh のバッテリーの充電を行うことにした。充電を行う回路には DTP-LIPO-CHARGER を用いた。これは対応している入力電圧が 3.75~6V と幅広いので、整流後の電気をそのまま供給した。ループアンテナを 1 つだけ充電用回路に接続した際にはバッテリーへの充電ができないので、今までに作成した他のループアンテナを 4 つ連結し、充電可能な状態にした。図 3 は充電用回路が動作した時の回路構成である。アンテナは整流回路に対して並列に連結したが、1ヶ所は出力が増加したので指でつまんで接地した状態にしている。

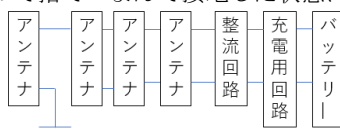


図3 バッテリー充電時の回路構成

Fig. 3 Circuit configuration when charging the battery

この時にどの程度充電されているのかを確認するためにバッテリーの残量を調べる機械を用いて太陽光発電と電波による発電の比較実験を行った。実験内容はラジオ塔から約 30m 離れた場所にある日向と日陰の 2ヶ所で太陽光パネルとアンテナをそれぞれ 30 分間バッテリー充電回路に接続し、バッテリーが何%充電されたのかを調べた。

太陽光パネルの実験は日当たりを揃えるために空模様の近い 2 日間に分けて行った。

表 1 はこの実験の結果を表したものである。日向では太陽光発電の充電量が高いが、日陰では電波による発電の方が高い。これは日陰と設定した場所を太陽光発電が機能しないレベルで暗い茂みにしたためである。またバッテリー残量測定時には 1 瞬だけ発電量の値が変化することがあった。バッテリーの残量は小数点以下が表示されないののでそのタイミングでバッテリーの残量にどのような変化が生じたかは不明だが、一定の値を表示し続けるようになってから値を読みとった。

表1 場所と発電方法によるバッテリー充電量の比較

Table 1 Comparison of battery charge amount by location and power generation method

場所\発電方法	太陽光	電波
日向	7	2
日陰	0	3

今回用いた 4 つアンテナの面積の合計は太陽光パネル

の面積のおよそ 33.2 倍である。そのため日向の太陽光発電の発電量を面積の差と夜間は発電できないことを考慮して増やし、電波による発電の平均値と比較した。その結果太陽光発電は電波による発電の約 46.5 倍の出力があり、圧倒的な差があることが分かった。しかし太陽光発電の発電は行えられないが、電波による発電であれば行えられる環境も存在するので、電波による発電にも僅かに優位性は存在する。

4.3 発電した電気のできることの調査

最後に発電した電気では、どの程度の電子機器を動作させることができるのかを調べた。作成した電子機器は動作確認のしやすさから温度計にした。温度計の主な仕様としては、一定時間ごとに温度を測定し、メーターによる温度の表示と Bluetooth 通信による過去 10 回分の温度データの送信を行い、それらを行わない時間は消費電力を抑えるためにスリープモードに入るというものである。温度計の作成時には Seeed Studio XIAO nRF52840 という小型のコンピュータを用いた。この温度計を 30 分間に 1 度だけ動作させたところ、バッテリーは 6%消費された。電波によって 30 分間バッテリーを充電した際に平均 2.5%充電されたことから、72 分間に 1 度の間隔で動作させれば、この温度計を動作させ続けることができると考えられる。ただしバッテリーを充電しつつ、スリープモード中の電子機器を動作させることはできないという点や過去の温度データを記録するフラッシュメモリの寿命から 1 年程度しか動作できないという点をかかえており実際に運用するのは困難だと予想される。

5. おわりに

電波による発電を用いて非電源の電子機器を作成することはできた。電波による発電が行える場所は、ラジオ塔からの距離が半径 50m 程度の場所のみで、当初解決できなかった電子機器の設置場所の制限を無くすることはできなかった。しかし太陽光発電が行えないような環境下でも状況次第では発電可能であり、低消費電力の電子機器であれば動作できる。そのため電子機器が設置できる場所は少し広がった。電波による発電には運びやすさを無視して得られる電力のみを追求したアンテナの作成や整流時の電力損失の少ないバックワードダイオードの採用等、諸事情で行わなかったこともあるので、そうした点を改良すればもっと電波によって動かせられる電子機器の幅も増えるのではないかと考えられる。

参考文献

- [1] 電波からエネルギーを取り出す研究, 入手先 (<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/102017.pdf>), (参照 2023-12-7).
- [2] 高木茂孝 鈴木慶次: 電子回路 新訂版, 実教出版株式会社 (2021).