

## 2 電波からエネルギーを取り出す研究パート 2

### 1 研究の動機と目的

電波は電界と磁界が交互に発生する現象である。このことに加えて学校で習った電磁誘導の原理を使えば、電波から電気を取り出せるのではないだろうかと考えた。またゲルマニウムラジオは電源を使わずに音を聞くことができるラジオである。本研究は、ゲルマニウムラジオの原理をもとに、電波のエネルギーで LED を光らせることを目的とする。

### 2 実験の方法

はじめに、ゲルマニウムラジオの原理を元に回路を作成し、電波を受信するためのいろいろな種類のアンテナを作成したり回路を工夫して試してみる。使用するアンテナは、ループアンテナやホイップアンテナ、八木アンテナなどである。アンテナと回路を変化させようすれば LED が光るのかを調べながら実験を進めていく。

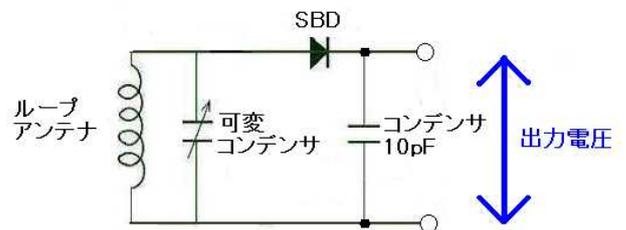


図1 実験回路

### 3 実験

#### (1) ループアンテナを使い電磁誘導だけで出力電圧を調べる

まず初めはゲルマニウムラジオの回路を使わず電磁誘導だけで電波からエネルギーを取り出せるのか実験した。25cm × 25cm の正方形（以後、25cm□

表1 ループアンテナの電磁誘導で得られる電圧

巻き数	5回	10回	30回	50回	100回
電圧 (mV)	0	0	0	0	0.3

と表記) のループアンテナを接続しゲルマニウム回路の可変コンデンサをはずす。同調回路なしの電磁誘導だけでどのくらいの電力が取り出せるか実験した。またループアンテナの巻き数によって得られる電圧が変わるか調べてみた。結果は表1のようになった。この結果として電磁誘導だけでは LED を光らせるだけの電圧を得ることはできなかった。次からの実験では同調回路を使ったいわゆるゲルマニウムラジオの回路で実験することにした。

#### (2) 面積の違うループアンテナで出力電圧を比べる

AM 放送の周波数である 500 k Hz~1600 k Hz に同調するようにコイルの数値 (インダクタンス) を合わせて 85cm □、25cm □、10cm □ のループアンテナを作成し出力電圧を測る。またラジオ放送が聞こ

表2 大きさを変えた時の出力電圧とラジオ受信

ループアンテナの大きさ	85cm□		25cm□		10cm□
巻き数 (回)	5		10		18
電圧 (mV)	130	233	2	8	0.3
ラジオ受信	有	無	有	無	無

えるかについても観測した。結果は表2のようになった。

この結果より、アンテナの面積が大きいほうが出力電圧が高いことがわかった。また、必ずしもラジオ受信しているときのほうが出力電圧が大きいとは限らないことがわかった。

### (3) 巨大ループアンテナによる実験

(2)の実験で 25 cm□10 回巻きより 85 cm□5 回巻きのほうが電圧が出ていたため、より大きなループアンテナを作成し実験すれば大きな電圧が出せると思い、できる限り大きなループアンテナを作成することにした。このループアンテナは自宅の外壁を利用して、縦 3.9m、横 7.4m のアンテナを製作した。実験の結果は表 3 のようになった。



図 2 巨大ループアンテナ

面積を大きくしてみたのに 85cm5 回巻きと回路 6 つの直列接続と同じような電圧しか得られなかった。ただ単に面積を大きくすれば高い電圧を出すことができるわけではないことがわかった。

表 3 巨大ループアンテナの測定結果

実験回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
電圧(V)	0.86	0.86	0.87	0.57	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.65

### (4) ラジオ放送局付近での実験

ここまでの実験では LED を光らせることはできなかったもので、もっと強い電波の出ているところ (SBS 静岡放送 三島ラジオ中継局) で実験してみることにした。方法は、放送アンテナより 50m 離れた地点で 25 cm□10 回巻きと 85 cm□5 回巻きループアンテナを放送アンテナの方向に向けての出力電圧を測ってみる。実験の結果は表 4 のようになった

表 4 放送アンテナ付近での測定結果

実験回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
25cm□の電圧(V)	0.25	0.26	0.27	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.28	0.28	0.27
85cm□の電圧(V)	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.8	1.6	1.70

85 cm□のループアンテナで LED を光らせるのに十分な電圧が出ていたので、LED を接続してみたところ LED が光っていることを確認した。

### (5) 回路の直列接続の実験

ループアンテナを大きくするだけでは、LED を光らせるために必要な電圧を得ることはできない。そこで、ループアンテナを複数用意し、回路を直列接続させて電圧が大きくなるか調べてみることにした。ループアンテナは 25cm□10 回巻きと 85cm□5 回巻きのループアンテナを各 2、6 個ずつ個使用する。

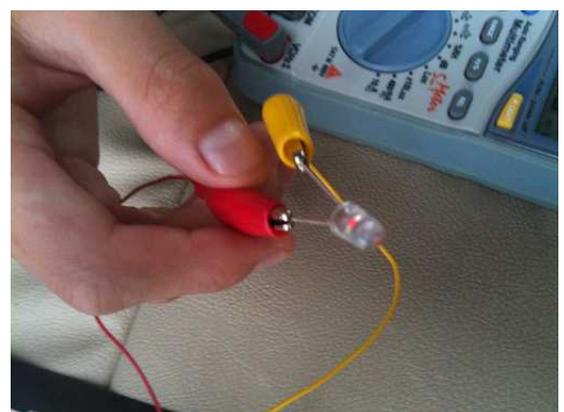


図 3 LED が光るようす

表 5 25cm□10 回巻き 2 個の直列接続

実験回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
電圧 (mV)	21.1	21.2	20.9	21.0	20.8	20.7	20.6	20.4	20.6	20.3	20.8

表 6 85cm□5 回巻き 2 個の直列接続

実験回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
電圧(mV)	450	453	444	433	450	456	455	449	442	450	448

25cm10回巻きのループアンテナと回路2つの直列接続の出力電圧は約 21 mV であった。85cm5回巻きと回路2つの直列接続の出力電圧は約 440mV 程度であった。この結果から、2つの回路を直列接続することで、1回路の場合の出力電圧の約 2 倍の電圧が得られることがわかった。そこで 85cm5 回巻きの回路 6 つを直列接続したところ、出力電圧は 900mV 程度であった。900mV の電圧でも LED を光らせることはできなかった。

(6) ホイップアンテナでの実験

アンテナの違いを調べるためにループアンテナではなくホイップアンテナを使用して実験を行う。またゲルマニウムラジオの作り方について、インターネットで調べるとアースを取るとラジオが良好に聞こえるという性質があることを知った。そこでアースを接続して実験を行い、ある場合とない場合の電力の大きさを調べることにした。結果は表 7 のようになった。多くの電力を取り出すことができたが、LED を光らせることができなかった。また、アースを接続した場合非常に大きな電力を取り出せることができることがわかった。よってこれからの実験にはアースを接続して実験を行っていく。

表 7 AM 放送電波からのエネルギー (平均値)

	抵抗なし		抵抗あり (1 MΩ)	
	電圧(V)	電圧(mV)	電流(μA)	電力(nW)
アースあり	1.33	122.64	0.12	15.06
アースなし	0.056	5.04	0.01	0.03

(7) 全波整流回路による実験

電波は波であることから、アンテナで受信した電圧は+と-が交互に入れ替わる交流である。普通のゲルマニウム回路は+の電気だけを使い、-の電気は無駄になる。全波整流回路という回路は+と-のどちらの電気も無駄なく直流に直すことができる。そこでゲルマニウム回路に全波整流回路を合体して実験する。

結果は表 8、9 のようになった。

アースにつなぐことで、非常に多くの電力を取り出せることがわかった。また回路一つ一つの電力も通常のゲルマニウムラジオ回路より多くの電力を取り出すことができています。しかし LED を光らせることはできなかった。

表 8 各回路の受信結果

回路番号	1	2	3
電圧(V)	1.83	1.7	1.76

図 4 全波整流回路を組み合わせたゲルマニウム

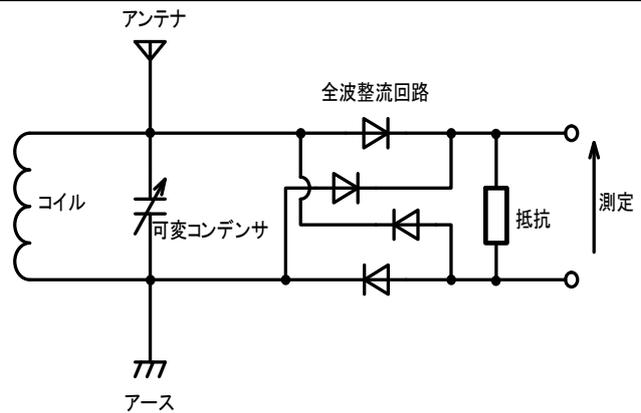


表 9 AM、全波整流回路の直列接続

回路	抵抗なし		抵抗あり(1MΩ)	
	電圧(V)	電圧(V)	電流(μA)	電力(μW)
1+2+3	3.43	0.37	0.37	0.13

(8) 地デジ電波から電力を取り出す実験

いままでの実験では、AM ラジオ放送から電波を取り出していたが、ほかの電波からも電力を取り出してみる。地デジの放送電波から八木アンテナを使用して電力を取り出す。結果は表 10 のようになった。直列接続なしでは、一番多くの電力を取り出すことができている。これは八木アンテナが非常に高性能のため、

表 10 八木アンテナによる地デジ電波から得られる電圧

抵抗なし	1MΩ 抵抗あり		
電圧(V)	電圧(mV)	電流(μA)	電力(nW)
2.01	180.44	0.18	32.57

(9) いろいろな周波数の電波による実験

いろいろな放送周波数に同調するように回路およびアンテナを製作し、それぞれから得られる電圧および電流から電力を求めた。また、LED が発行するために必要な電力は 26.64mW であることが過去の実験によりわかっているため、その値と各電波から得られた電力に対する倍率を求めた。結果は表 11 および図 5 のようになった。

表 11 各周波数帯での電力 (アース付)

周波数帯	電力(nW)	LED 発光 最低電力倍率
UHF(地デジ)	32.57	817931
VHF(FM 放送) ループ	20.53	1297613
VHF(FM 放送) ホイップ	13.09	2035141
短波	13.7	1944526
中波(AM 放送)	15.04	1771277
長波	21.38	1246024
平均	19.39	1374258

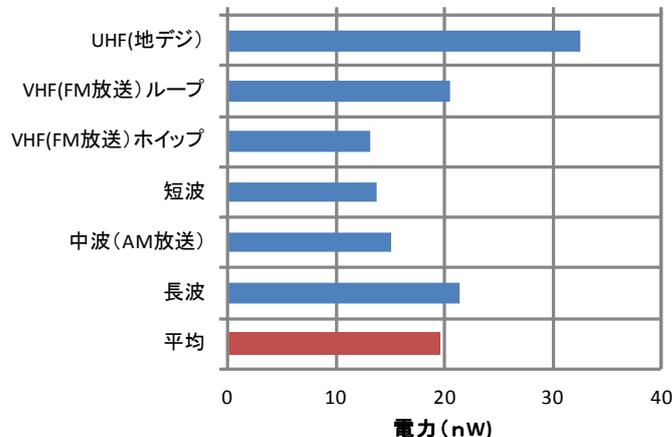


図 5 各周波数帯での電力 (アース付)

4 まとめ

以上の実験により、以下のようなことがわかった。

- 電波を受信するループアンテナが面積の大きいほうがより多い出力電圧を出すことができる。ただし面積に比例しているわけではないので、ただ単に大きくすれば LED を光らせるために必要な電圧が出るとは限らない。
- 直列接続によって電圧を大きくすることができる。
- ループアンテナを近付けて置くとあまり電圧を出すことができなかった。
- アースを接続することによって得られる電力が非常に大きくなる。
- 全波整流回路を使用することによって、通常より多くの電波を取り出すことができる。
- 八木アンテナはほかのアンテナより高性能である。
- 電波の強いところで出力電圧を測るとより大きな電圧を出すことができる。
- 電波のエネルギーで LED を光らせることができる。

最初に決めた目標を達成することはできたが、家で光らせることはできなかった。今後さらにどうすればより大きな電圧を出せるか調べ、家でも LED を光らせたいと思う。これからも電波からエネルギーを取り出す研究を発展させていきたい。