

電界方式ワイヤレス電力給電実験キット C マニュアル



〒350-0209
埼玉県坂戸市塚越 1220-1
TEL:049-298-4326
FAX:049-284-4364

電界方式ワイヤレス電力給電の実験

1. 実験の概要

ワイヤレス電力給電の主な方式には、磁界を利用した磁界方式と電界を利用した電界方式があります。

磁界方式は、ワイヤレス電力給電実験キットにより、動作の概要を知ることができますが、電界方式については、動作を知るための実験も簡単ではありません。

今回、ワイヤレス電力給電の給電基板と受電基板を使用して、電界方式の実験をしました。

電界方式の原理を知るために、給電極板、受電極板と整合用トランスを製作し、巻数比の違いによる伝送特性の変化、給電極板上を電力伝送しながら移動できるフリーポジション用受電極板により、フリーポジションの電力伝送も実験しました。

本試作器はキット化してあり、有償で頒布いたします。(写真 7)

2. 実験用電源のコンセプト

実験用の装置は、

- ①ワイヤレス電力給電実験キットの給電基板と受電基板を使用して、簡単化する。
- ②整合トランスを製作し、巻数比を変えることによる伝送特性の変化を実験できる。
- ③フリーポジションの極板により、フリーポジションの電力伝送を実験できる。

3. 電界方式ワイヤレス電力伝送の仕様

方式 : 電界方式および電界方式フリーポジション

入力電圧 : DC12V (ワイヤレス電力伝送実験キットのアダプタ使用)

伝送確認 : LED の点灯により確認

周波数 : 2MHz

伝送電力 : 1W 以下

3. 回路の概要

実験回路の構成を図 1 に示します。

2MHz の給電基板、受電基板、電源アダプタは、ワイヤレス給電実験キットを使用します。給電基板の TB1 コネクタに、整合トランスを接続し、n2 巻線と VC1 で 2MHz に共振させます。給電基板からの高周波出力電圧は、整合トランスにより、昇圧され、給電電極に加えられます。給電電極は、2 個で 1 対が 2 組で、4 個の電極で構成されています。給電電極からの高周波は、誘電体を介して、受電電極に供給されます。

受電電極は、2 個の電極で構成され、1 組の給電電極との間の容量により、電力が供給されます。供給された電力は、受電部の整合トランスにより降圧され、受電基板の TB2 コネクタに供給されます。この電力は、受電基板の整流回路で直流に変換し、LED1 を点灯しま

す。

図 2 は、等価回路で、L1、L2 が給電側の整合トランス、L3、L4 が受電側の整合トランス、C1、C2 がバリコンです。C は、給電電極と受電電極間の容量で、整合トランスの巻線のインダクタンス L2、L3 とバリコン C1、C2 で共振回路を構成します。

共振周波数を 2MHz に調整した場合、(A) の等価回路になります。a は、整合トランスの巻数比です。この場合、高周波電力は、結合容量 (C) を介して、負荷に供給されます。

受電側の整合回路の共振周波数を 2MHz より、高く調整すると、整合回路は誘導性となり、(B) の等価回路となります。L1 の遅れ電流により、結合コンデンサの電圧降下は、調整され、結合コンデンサが小さい (距離が離れている) 場合でも電力を給電できるようになります。遅れ電流は C2 (受電側バリコン) により、調整できます。実験に使用した給電電極板と受電電極板の写真を写真 1 に示します。

写真 1 の給電電極板の電極面は、絶縁シートで貼り、電極を絶縁しています。電極面には、4cm×4cm の電極が 4 個あり、破線で示しました。同一色の電極は、接続されています。2 つの電極が受電電極と正しく重なった状態で最大電力が伝送されるため、4 箇所でも最大電力を伝送できます。受電電極の一つが、給電電極の異極 (色の違った電極) の上に接触した場合には、打ち消し合うために電力伝送しにくくなります。このため、給電電極板の上で受電電極板を移動させた場合、LED が明るくなったり暗くなったりします。

図 3 は、フリーポジションの受電基板で、給電基板上のどの位置でも電力を受電できるシステムです。給電電極 1 枚にたいして、受電電極が 9 個、したがって、1 組にたいして、18 個の電極があります。電極毎に、ダイオード分別器が接続され、給電電極の状態により、分別ダイオードが動作し、整流動作します。このため、受電基板が給電基板の上にあるかぎり、電力を受け取ることができます。整流された、電力は、基板に実装された、LED (D1) を点灯させます。フリーポジション用の受電電極板を写真 2 に示します。給電電極板は共用です。

4. 整合トランスの製作

給電電極と受電電極の間の容量は、接触させた場合、約 120pF で 2 個直列になり、約 60pF です。2MHz でのインピーダンスは、 $1/\omega C$ から約 1.3K Ω となります。

負荷抵抗 (今回は、LED) は、数百 Ω 程度と考えられますから、1.3K Ω による電圧降下は、問題です。そこで、整合トランスにより昇圧して、このインピーダンスによる影響を軽減させる必要があります。

給電側と受電側に同一巻数比のトランスを使用して巻数比を a とした場合、負荷抵抗は、 a^2 倍となります。巻数比を 5 とした場合、負荷抵抗は、数 K Ω となり、コンデンサの影響をかなり減らすことができます。高周波電源の出力は、およそ 2MHz の 12V のため、巻数比 5 では、約 60V の電圧になります。

高周波の整合トランスのコアーとして、アミドンコアーを使用します。アミドンコアー

の仕様を図 4 に示します。今回は、#2 の T-106 を使用します。

共振させるバリコンの最大容量が 260pF のため共振巻線のインダクタンスは、25 μ H 以上必要となります。30 μ H として、コアの AL 値が 5.5 nH/n² から 70T 巻きます。巻数比 5 から、2 次巻線の巻数は、14T となります。

使用する電線は、巻き易さを考慮して、0.6 ϕ UEW 線を使用しました。給電側、受電側 2 個製作します。出来上がった整合トランスを写真 3 に示します。

5. 実験

5.1 受電回路の整合トランスを 2MHz に共振させる。

ワイヤレス電力給電実験キットの給電基板と受電基板を使用して、整合トランスの共振巻線を 2MHz に共振させます。受電電極板の電極の容量を含んで共振させる必要があるため、受電電極を整合トランスに接続する必要があります。また、共振点を見やすくするために高周波電源(給電基板を使用)と整合トランスの 2 次巻線間 1K Ω の抵抗を接続します。調整するための等価回路を図 5 に示します。給電基板から 2MHz の高周波電力を 1K Ω を介して整合トランスの 2 次巻線に接続します。共振巻線と受電電極を並列接続し、受電基板バリコンに接続します。整合トランスの 2 次巻線の電圧をオシロで観測しながら受電基板のバリコンを調整し電圧を最大とします。写真 4 に接続の方法を示します。

5.2 給電回路の整合トランスを 2MHz に共振させる。

給電基板に、整合トランスと給電電極を接続し、高周波出力端子と 2 次巻線間に 1K Ω の抵抗を挿入します。高周波電圧を供給し、2 次巻線の電圧をオシロで観測しながら、給電基板のバリコンを調整し、オシロの波形を最大とします。

図 6 に、接続の等価回路を示します。

これで、給電回路と受電回路の整合トランスの共振巻線が 2MHz に共振しました。図 1 にしたがって、接続を完成させます。

給電電極板と受電電極板の電極を重ねアダプターより 12V を供給すると受電基板の LED が点灯します。電極板の距離を離すと LED は暗くなります。また、給電電極板の上で受電電極板を動かしてみます。位置により明るくなったり暗くなったりします。受電電極板が給電電極のちょうど中間になった場合 LED はほとんど光りません。給電電極と受電電極が正対したとき一番明るくなります。実験風景を写真 5 に示します。

5.3 シミュレーションにより伝送を確認してみる。

実験中の回路は、整合トランスの共振巻線が 2MHz に共振していることから、図 2 (A) の回路となります。整合トランスの巻数比は、5 接合コンデンサ C は、120pF です。極板の距離を変えた場合は、この C が変化することになります。図 2(A) の等価回路により SPICE

により伝送状態をシュミレーションしてみました。

負荷は、 300Ω として、巻数比 5 での換算値は $7.5K\Omega$ 、高周波電源の内部抵抗は、約 50Ω のため $1.25k\Omega$ を高周波電源と直列に挿入します。接合コンデンサは、最大 $120pF$ 直列で $60pF$ となります。距離を離しての変化を $60pF$ から $10pF$ まで、 $10pF$ 間隔で計算します。シュミレーションソフトは、無料ソフトの Tina-Ti を使用しました。結果を図 7 に示します。 $2MHz$ では、接合容量が減るにしたがって減衰するのが分かります。

次に図 2 (B) の等価回路により、同様にシュミレーションしてみました。受電側の共振巻線を誘導性として、インダクタンスを $800\mu H$ とした場合のシュミレーション結果を図 8 に示します。結合コンデンサを減らしても減衰が少ないことが分かります。

実験してみました。共振回路を誘導性とするためには、バリコンの容量を減らせば（共振周波数を高くする。）良いこととなります。LED が光っている状態で受電極板を給電極板より離し、LED が暗くなる状態として受電基板のバリコンを調整して、LED が最も明るく点灯する状態とします。以前よりも電極板の距離を離しても LED が点灯するようになりました。

5.4 フリーポジションの実験

電界方式のワイヤレス電力伝送では、結合コンデンサの容量により、伝送電力が変化します。大きな給電電極板の上のどの位置でも電力が伝送できれば便利です。そこで、受電電極を給電電極よりも小さくして多数配置して、誘起した電圧をダイオードにより分別すれば、給電基板上どこでも電力を伝送できそうです。

そこで、写真 2 のようなフリーポジション用の電極板を作成しました。給電電極 1 個にたいして、9 個の電極、1 組 2 電極から、18 個の電極を作成し、ダイオードで接続し出力に LED を接続します。回路図を図 3 に示します。

出来上がったフリーポジション用の電極板を給電電極板の上に置き通電しました。LED が明るく点灯し給電電極板の上を移動させても LED の明るさにそれほど変化の無いことを確認しました。実験風景を写真 6 に示します。

6. まとめ

電界方式のワイヤレス電力伝送は、磁界方式に比べて遠くまで電力を伝送することはできませんが距離を離さなければ、小さな電極で電力を伝送できることが分かりました。コイルに比べて電極は薄型で小型であることは、磁界方式にないメリットです。また、簡単な構成でフリーポジションができることもメリットです。

このようなメリットを活かせば電界方式も有用な方式であることを実感しました。ここで行った実験ができる電極板をワイヤレス電力伝送実験キットのオプションとして、キット化します。キットの内容を写真 7 に示します。

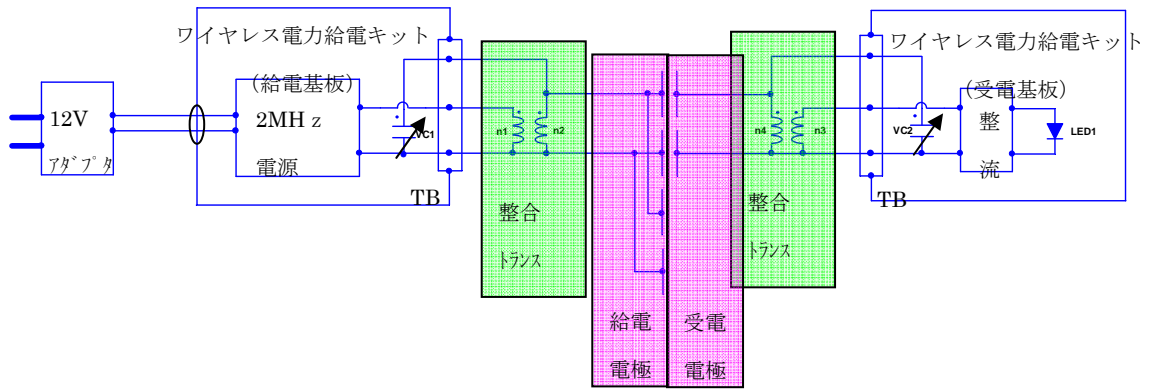


図1 電界方式ワイヤレス電力給電のブロック図

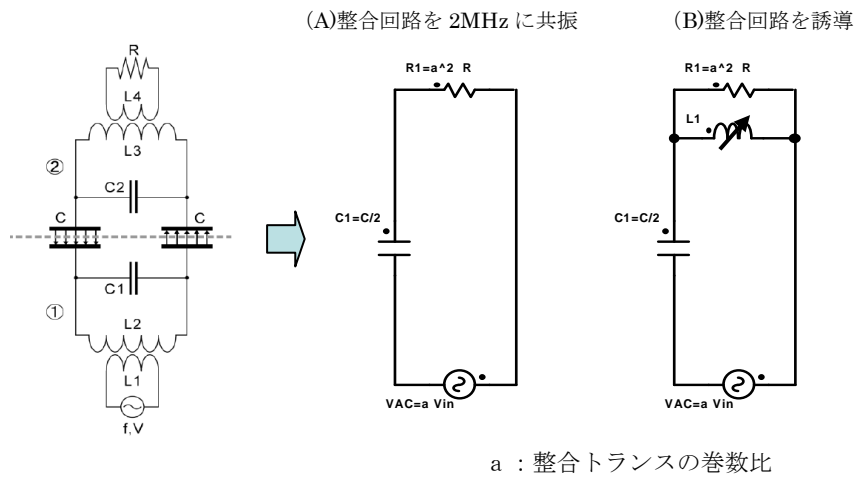
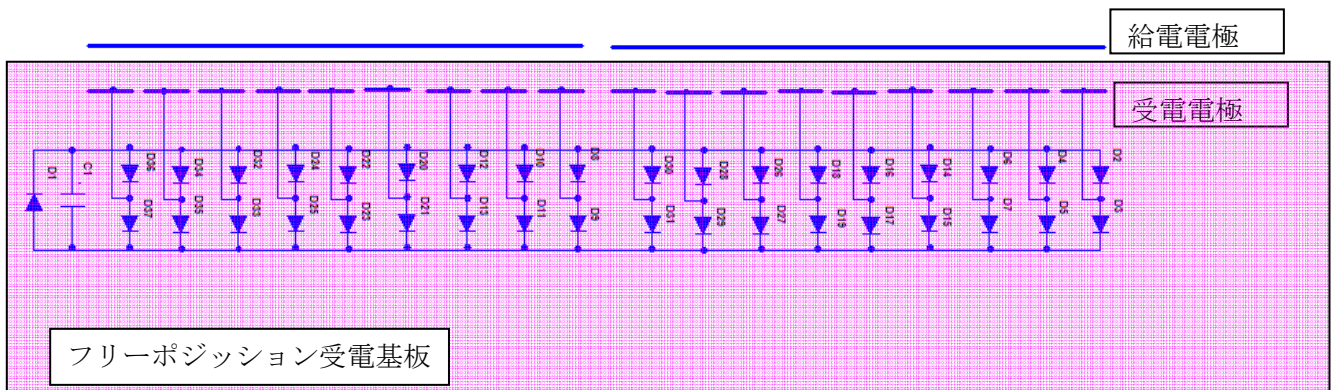


図2 電界方式ワイヤレス電力給電の等価回路



D1 LED : NSSW157T

C1 セラミックコンデンサ : 25V0.1 μ F

D2~D37 スイッチングダイオード : 1SS400

図3 フリーポジションワイヤレス電力給電基板回路図

	外径	内径	高さ
T-200	50.8	31.8	14.0
T-130	33.0	19.8	11.1
T-106	28.3	14.5	11.1
T-94	23.9	14.2	7.9
T-80	20.2	12.6	6.35
T-68	17.5	9.4	4.83
T-50	12.7	7.7	4.83
T-37	9.53	5.21	3.25
T-25	6.48	3.05	2.44
T-12	3.18	1.57	1.27

	色	周波数(MHz)	μ
#2	赤	1~30	10
#6	黄	10~90	8
#10	黒	60~150	6
#12	緑/白	100~200	3

図4 アミドンコアの仕様

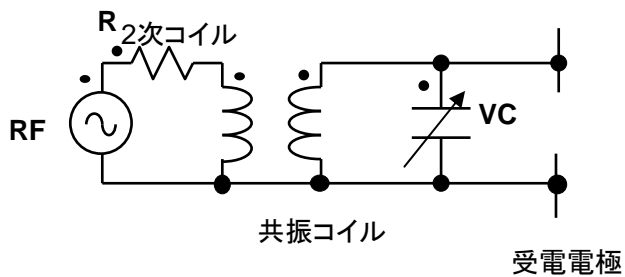


図5 受電回路共振調整等価回路

R 2次コイル

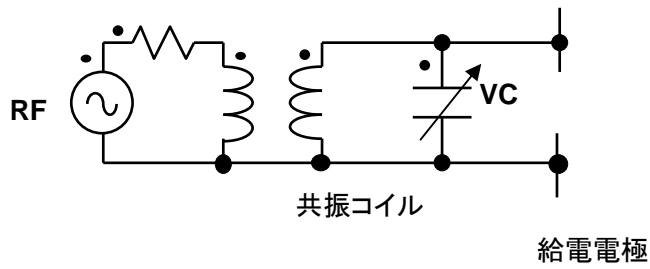


図 6 給電回路共振調整等価回路

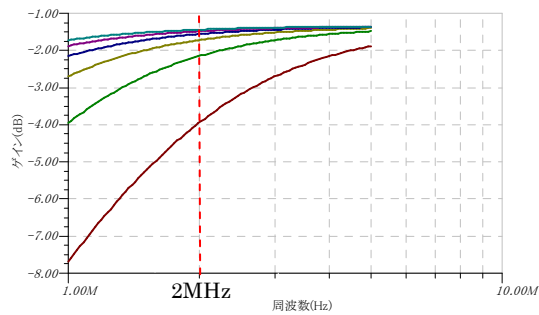
結合コンデンサ (C1) を 60p ~ 10p に変化させる

(結合コンデンサ実測値 120p × 2s)



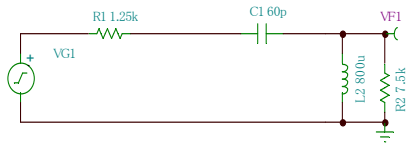
結合コンデンサ (C1) を 60p ~ 10p に変化させる

(結合コンデンサ実測値 120p × 2s)



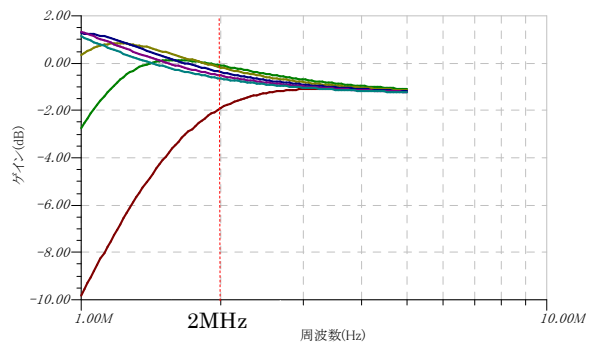
整合回路の昇圧比 ($a=5$)、給電、受電整合トランスを 2MHz に共振

図 7 SPICE によるシミュレーション 等価回路 図 1 (A)



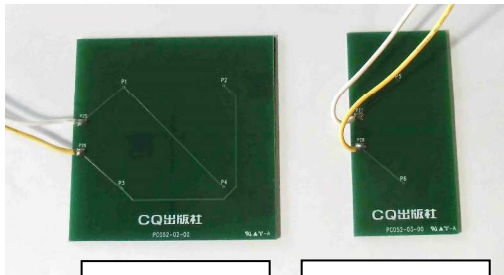
結合コンデンサ (C1) を 60p ~ 10p に変化させる

(結合コンデンサ実測値 120p × 2s)



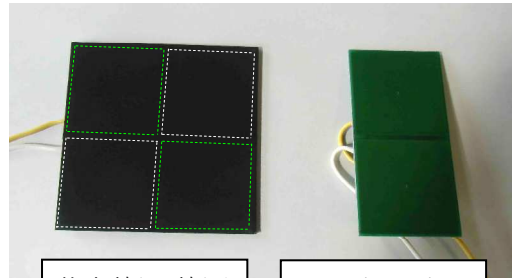
整合回路の昇圧比 ($a=5$)、並列リアクトル (L2) を挿入
(受電基板のバリコンの容量を減らして調整)

図 8 SPICE によるシミュレーション 等価回路 図 1 (B)



給電電極の表面

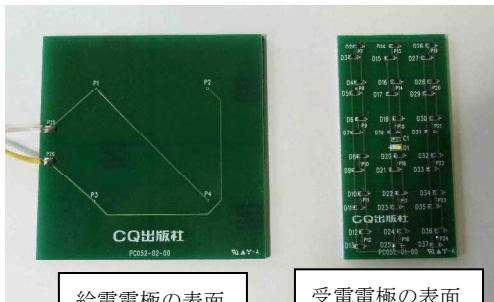
受電電極の表面



給電電極の電極面

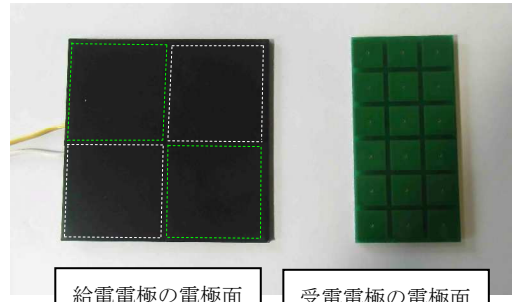
受電電極の電極面

写真1 電界方式の給電電極板と受電電極板



給電電極の表面

受電電極の表面



給電電極の電極面

受電電極の電極面

写真2 フリーポジションの給電電極板と受電電極板



写真3 整合トランス

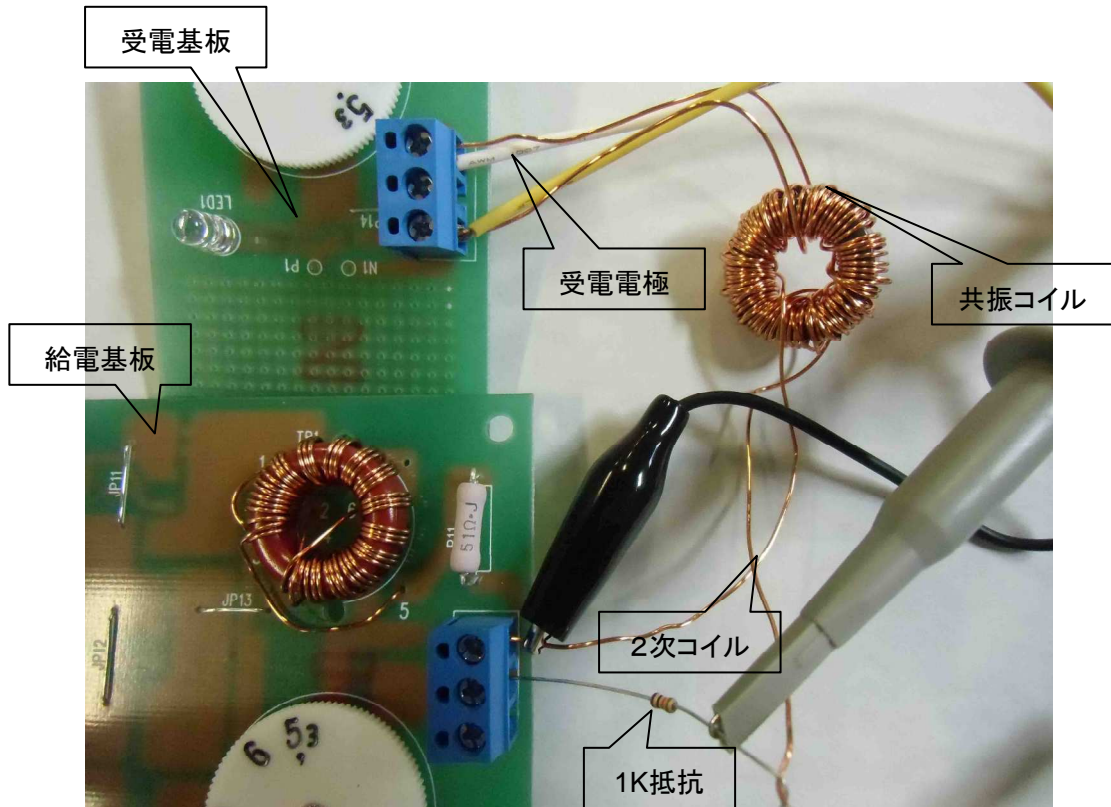


写真4 受電回路を2MHzに共振させる。

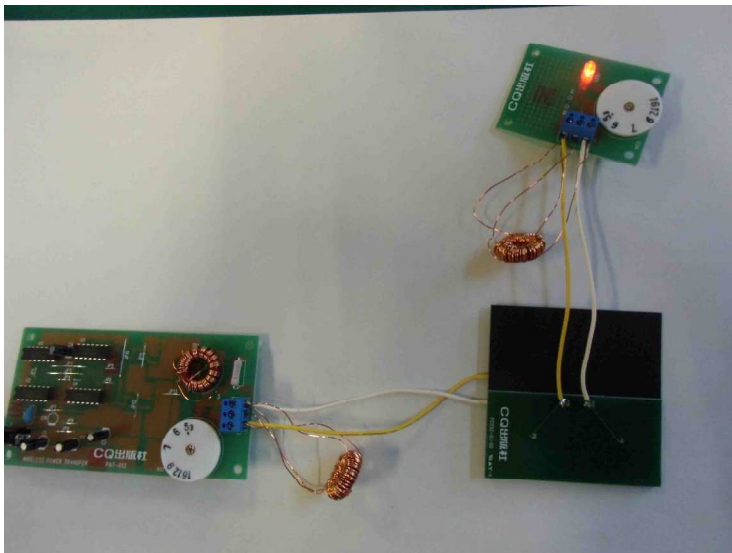


写真5 実験風景

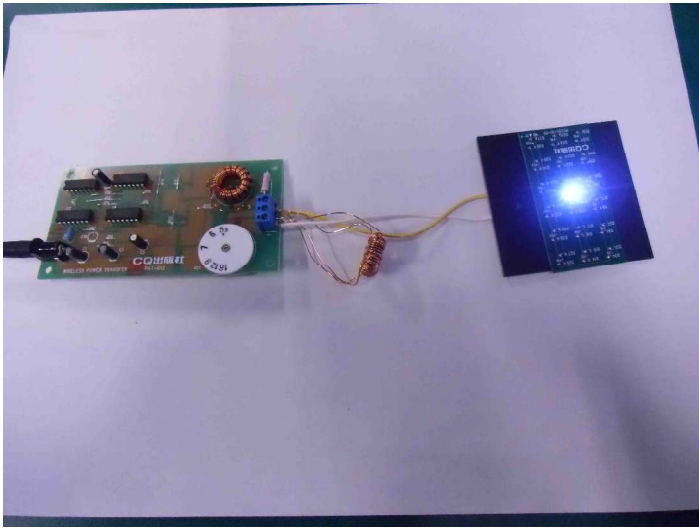


写真6 フリーポジションの実験風景

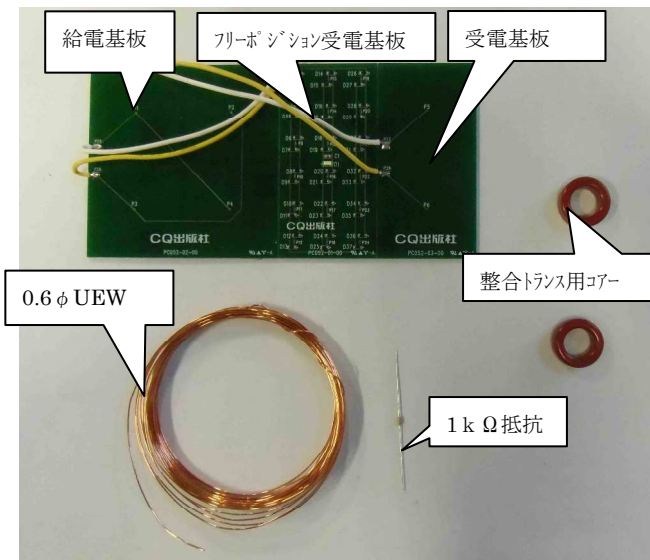


写真7 電界方式ワイヤレス電力給電オプションキット