

# ×+≠ 仕事で算数 = ÷ -

## ② 2本の抵抗と連立方程式

都筑 友昭  
Tomoaki Tsuzuki



「算数や数学なんて、社会に出てから何の役に立つのか分からない! だから何で勉強しなければいけないのか分からん!」と思っていませんか? 僕もそんな

というわけで、USB電源から3.3Vを作るという仕事を頂きました。

電気回路についてズブの素人だった僕は、まずは調

このPDFは、CQ出版社発売「CD-ROM版 トラ技ジュニア No.1-No.22」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/41/41731.html>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/hanbai/order/order.htm>

輩に呼ばれました。

先輩「ちょっと、USBの電源から3.3Vの電圧を作る回路を設計して欲しいんだけど」

僕「ハイっ! がんばります」

しくー。わからないことがあれ

ば聞いてくれていいから」

早速インターネットで調べると、次のように答えが分かりました。

(1)USBの出力は5Vらしい

(2)電圧は抵抗を使って分けられるらしい

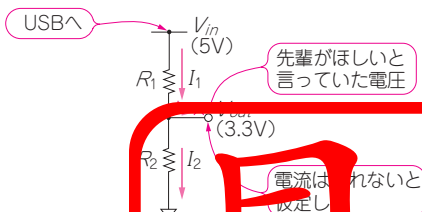
さらに「抵抗分圧」で検索して調べてみると、抵抗を二つ使うと、電圧を下げられることが分かりました。

抵抗二つの値が求まった!

抵抗分圧は、オームの法則を使って、抵抗二つを使って電圧を上げる回路のようです。オームの法則は次のとおりです。

$$R = V / I$$

...(1)



回路で先輩の要求を満たし

USBを電源にして3.3Vを作るように頼ま

見本

広告欄

※ PDF版では削除してあります。

ただし、 $R$ :抵抗 [ $\Omega$ ],  $V$ : $R$ に加わる電圧 [ $V$ ],  $I$ : $R$ に流れる電流 [ $A$ ].

図1の回路を考えました。この場合、 $R_1$ と $R_2$ の値は、次のように求まります。

$$R_1 = (V_{in} - V_{out}) / I_1 \dots(2)$$

$$R_2 = (V_{out} - GND) / I_2 \dots(3)$$

どうやらこの回路を使えばUSBの5Vから3.3Vを作れそうです。この二つの方程式をジューツと見つめて、求めたい内容をもう一度確認してみました。

持っていくべき結論は「 $V_{in} = 5V$ という条件下で、 $V_{out}$ が3.3Vになる $R_1$ と $R_2$ の値」です。

「この連立方程式から $I_1$ と $I_2$ を消して、 $V_{in}$ 、 $V_{out}$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ だけの方程式に変形すれば、適切な $R_1$ と $R_2$ の値を計算できそう！」とひらめきました。

$I_1$ と $I_2$ は、方程式二つでは消せません。そこで、 $V_{out}$ の部分には電流は流れないと仮定して、 $I_1 = I_2 = I_R$ と考えることにしました。

二つの式から $I_R$ を消すと、次式のようにになりました。

$$V_{out} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{in} \dots(4)$$

結果、 $R_1$ と $R_2$ を求める式が次のように求まりました。

$$R_1 = \left( \frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right) R_2 \dots(5)$$

$V_{in} = 5V$ 、 $V_{out} = 3.3V$ を入れて $R_1$ と $R_2$ を選べば、5Vから3.3Vが作れます。

適当に $R_2 = 10k\Omega$ と選んでやると $R_1 = 5.15k\Omega$ と計算できました。

5.15k $\Omega$ の抵抗はなかなかないので、代わりに5.1k $\Omega$ を選んで回路を作ってみると $V_{out}$ がちゃんと3.3V位になっています。

求めたい対象を明確にして連立方程式を使うことで、必要な回路を設計できて、結果も計算通りに得られました。

「あー、連立方程式ってこーゆーときに使うのね、それにしても俺って仕事早いかな」と思いながら早速、先輩に見せにいきました。

## そんな簡単じゃなかった…

できあがった回路を意気揚々と先輩に見せにいきました。

先輩「おー、できたか。ところで抵抗は普通 $\pm 5\%$ 位の誤差があるんだけど、この回路を大量に作ったら、3.3Vはどれくらいの誤差範囲に収まるの?」

僕「ご、誤差?？」

先輩「…」

僕「か、確認してまいります…」

先輩の突っ込みを受けて、作った回路の電流と誤差を確認することに。人生はそんなに甘くなかった…

誤差をどう計算して良いかも解らないまま、自分の机に帰ってきてしまいました。

とりあえず、式(4)の、 $V_{out}$ を計算したときの方程式を見つめていると、誤差の計算方法がひらめいてきました。

$R_1$ と $R_2$ の値に、誤差を含んだ値を代入するのです。そうして $V_{out}$ を計算すれば、抵抗の誤差を考えた上での $V_{out}$ の値が計算できそうです。

方程式を見ると、表1のようになりそうです。

$R_2$ は、最大値が10k $\Omega$ の5%増しで10.5k $\Omega$ 、最小値が10k $\Omega$ の5%減で9.5k $\Omega$ です。

$R_1$ は、最大値が5.1k $\Omega$ の5%増しで5.355k $\Omega$ 、最小値が5.1k $\Omega$ の5%減で4.845k $\Omega$ です。

この値を方程式に代入して、 $V_{out}$ の最大値と最小値を計算すると、次のように求まりました。

$$V_{out \max} = 3.421V$$

$$V_{out \min} = 3.197V$$

これで抵抗の誤差を考慮した $V_{out}$ の最大値と最小値を計算できました。

先輩には「抵抗が $\pm 5\%$ の誤差を持つ場合には、 $V_{out}$ は3.197Vから3.412Vの間に収まります」と報告することができ、ようやく一つの仕事を終わらせられました。

方程式を応用すれば、USBの電源電圧の誤差を考慮することも可能です。先輩に聞かれる前に答えを出しておくことにしました。

表1 出力電圧 $V_{out}$ の最大値/最小値と分圧抵抗 $R_1$ 、 $R_2$ の関係

$V_{out}$	$R_2$	$R_1$
最大 (3.421V)	最大 (10.5k $\Omega$ )	最小 (4.845k $\Omega$ )
最小 (3.197V)	最小 (9.5k $\Omega$ )	最大 (5.355k $\Omega$ )

見本

広告欄



# 教科書が教えてくれないコト

## ① OP アンプの電源端子やグラウンド端子は描かれてないだけ！

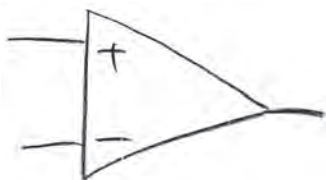
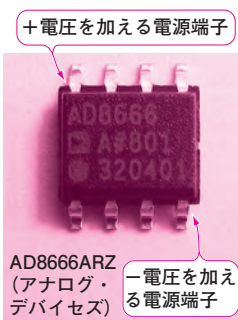


図1 教科書に載っているOPアンプの記号  
実際のICについている電源端子やグラウンド端子が描いてない



AD8666ARZ (アナログ・デバイセス)  
+電圧を加える電源端子  
-電圧を加える電源端子

写真1 実際のOPアンプには「電源」を供給する端子がある

教科書に載っているOPアンプの記号には、図1のように三角マークに入出力端子だけしかありません。電源端子は描かれていません。

実際のICには、写真1のようにきちんと電源端子があり、ここに適切な電圧を加えて初めてOPアンプは動き出します。

図1では電源のほか、グラウンドや大切なバイパス・コンデンサも省略されています(図2)。

ちなみに、プロの技術者が描く回路図メモでも省略されることがよくあります。

プリント基板の配線情報になる回路図では、ICの電源端子やグラウンドを表記しないとイケません。接続されてなければ、未結線のままでプリント基板ができてしまいます。

<石井 聡>

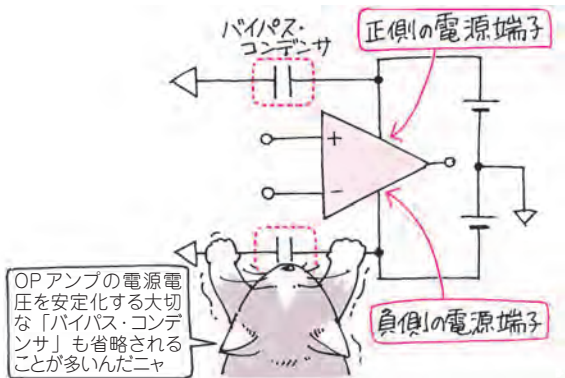


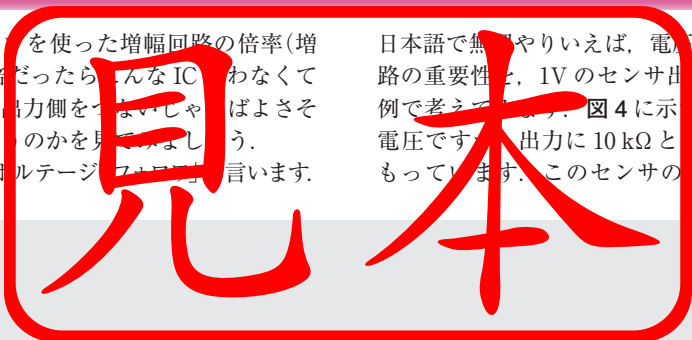
図2 OPアンプを実際に使うときは電源、グラウンドだけでなくバイパス・コンデンサも必要なのだ

## ② 倍率が1倍しかないボルテージ・フォロワ…なんか意味あんの？

図3に示すOPアンプを使った増幅回路の倍率(増幅率)は1倍です。1倍だったらどんなICでもなくても、そのまま入力側と出力側を繋いじゃえばよさそうですね。どのように使うのかを見てみましょう。

図3の接続方法は「ボルテージ・フォロワ」といいます。

日本語で無難に言い換えれば、電圧追従回路です。この回路の重要性は、1Vのセンサ出力を電圧計で測定する例で考えてみましょう。図4に示すセンサは1Vの信号源電圧です。出力に10kΩという大きな内部抵抗をもっています。このセンサの出力に2kΩの内部抵抗



広告欄

※ PDF版では削除してあります。

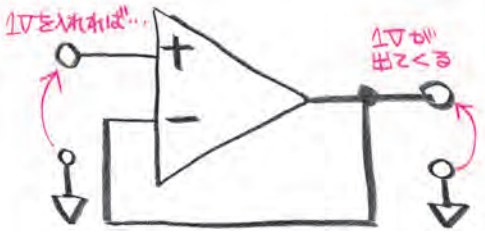


図3 電圧を1倍に増幅して出力するOPアンプ回路…  
電圧が大きくならないアンプって意味ないんじゃない？

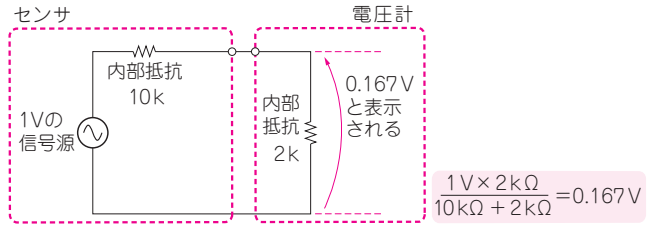


図4 内部の信号源から1Vが出ているセンサに電圧計をつないだら、  
なぜか「1V」ではなく「0.167V」と表示された…あなたならどうする？

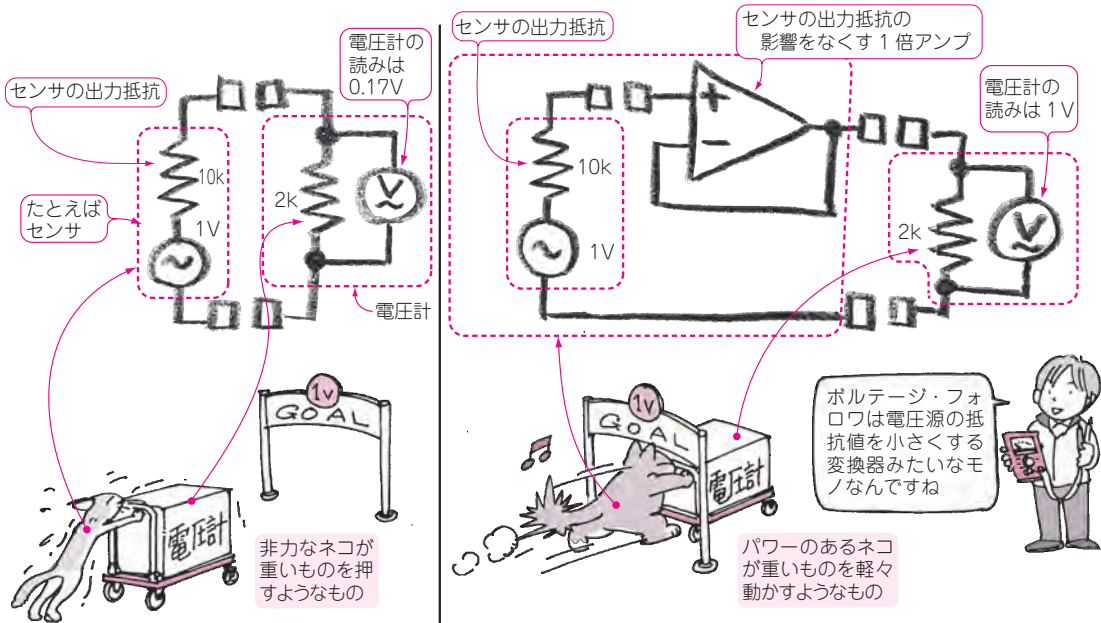
をもつ電圧計を接続すると、1Vではなく0.167Vと低い電圧が表示されます。

電子回路にはすべて「内部抵抗」と「負荷/入力抵抗」があり、それらで電圧値が変化してしまいます。

ボルテージ・フォロワは入力抵抗がとんでも高く、出力抵抗がとんでも低い回路です。先ほどの回路の場

合、図5のようにボルテージ・フォロワを接続することで、センサの内部抵抗10kΩによる電圧の変化を小さくできます。こうすれば内部抵抗2kΩの電圧計をつないでも、1Vが表示されます。

<石井 聡>



(a) 「1V」と表示されない原因は、センサ内部の信号源と電圧計の間にある出力抵抗のせいです。

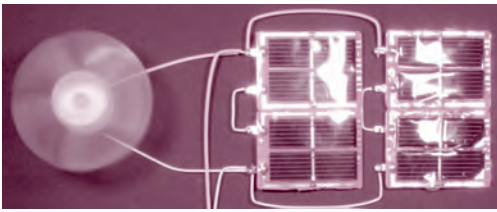
(b) こんなときは、1倍アンプで強力にアシスト

図5 小さな電流しか出力できない弱弱センサにボルテージ・フォロワを追加するとパワー・アップして電圧計を楽々ドライブ

見本

広告欄

※ PDF版では削除してあります。



最適な負荷抵抗は  
明るさによって変わる

# 太陽電池からトコトン 電力をしばりだす方法



須田 淳 Jun Suda

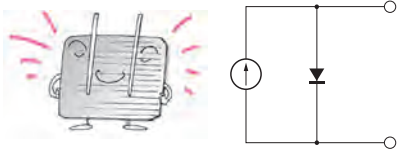


図1 太陽電池(1セル)の等価回路

## ● 太陽電池には電力を最大限に引き出すための条件

「太陽電池に回路も何もつながらないとき、発電した電気エネルギーはどうなるのだろうか？」

「図1の等価回路で考えると、光電流は内部ダイオードに流れる。つまり、内部で消費されて熱になるんだ」

「もったいないな。エネルギーをすべて取り出すには、どうしたらよいのだろうか？」

「よいことに気がついたのう。これまでは太陽電池の電力をむだなく取り出すということは特に考えていなかったが、ソーラーカー・レースやグリーン・エネルギーとして太陽光発電を用いる場合には、電力の取り出しはとても重要なテーマじゃ。おまはら電力の計算方法は知っておるな？」

「はい、電力 = 電流 × 電圧 ( $P = IV$ ) です」

「それを知っておるならば、太陽電池にいろいろな値の抵抗(負荷)をつないで、端子電圧を変えていったとき、どのくらいの電力が太陽電池から負荷へと供給されるかを計算してみるとよからう。」

「太陽電池の電流-電圧特性は図2(a)だから…。えーと、太陽電池の両端を開放( $\infty \Omega$ の抵抗を接続)すると最大電圧が得られるけれど、電流はゼロだから取り出せる電力は0か(A点)」

「太陽電池を短絡( $0\Omega$ を接続)すると電流はたくさん流れるな(E点)。ただし、端子電圧は0だから電力は0。どちらの場合も電力は取り出せない」

「ちょうどよい抵抗値の負荷をつないだとき、つまり、この曲線上のどこかのポイントが最大電力となるポイントじゃ。探してみるとよからう。」

「2人は電卓で計算して、それぞれの電圧に対して

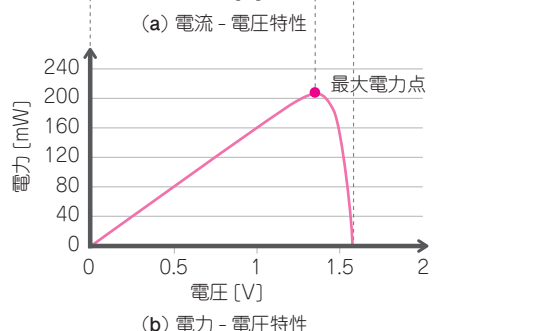
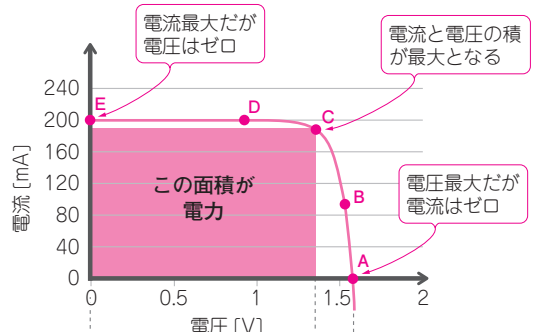


図2 太陽電池はとり出せる電力が一番大きい動作点(電圧と電流)で動かしたい

## 電力を求めてグラフ [図2(b)] にしてみた。

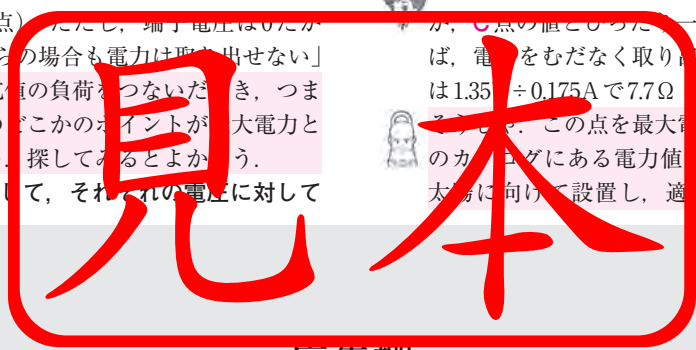
「ちょうど電流-電圧特性の曲線の角のあたりで最大になるのか！」

「そうか、電流 × 電圧は図2でいえば縦 × 横だ。曲線上の点と原点が作る長方形の面積が電力に相当するから、面積が最大になるC点が最大の電力を取り出せるのか！」

「その通りじゃ。」

「ということは、太陽電池につなぐ負荷の抵抗値が、C点の値とつないだ抵抗値が一致しているものを選べば、電力をむだなく取り出せるのですね。ここでは  $1.35 \div 0.175 \text{A}$  で  $7.7\Omega$  になります」

「そうじゃ。この点を最大電力点と呼ぶ。太陽電池のカタログにある電力値とは、夏の晴天時の昼、太陽に向けて設置し、適切な抵抗値の負荷をつ



広告欄

※ PDF版では削除してあります。

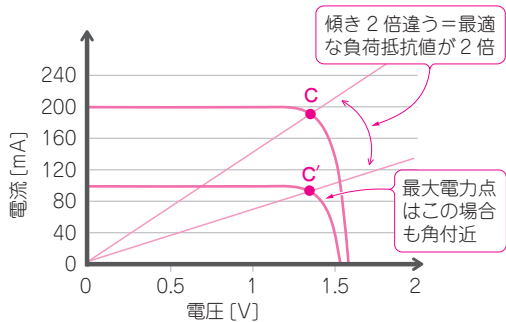


図3 太陽電池への光が半分になると最大電力を取り出すための抵抗値も変わってしまう

ないでC点の状態にしたときに取り出せる電力じゃ。

● 明るさによって最適な抵抗値が変わってしまう

「太陽電池につなぐ装置の抵抗値さえ合わせれば最大電力を取り出せるのか。意外と簡単だな」

それはどうか。太陽電池に当たる光量は一定とは限らんど。例えば、曇りになって当たる光量が半分になったとき、どうなるか考えてみい(図3)。

「光電流は半分になるけれど、面積が最大になる点は、同じく曲線の角のところじゃないですか?」

「なんだ、同じじゃん」

同じかな? そのようになる負荷の抵抗値はどうなるかな?

「抵抗は電圧 ÷ 電流だから…。 あっ、抵抗がほぼ2倍になる(1.35V ÷ 0.09A で 15Ω)」

「電力を取り出すのに適した抵抗の値は7.7Ω から15Ωに変化したように、一定ではなく光の強度によって変わるのか!」

「晴天時の昼間用にチューニングした負荷は朝夕方、曇りのときは電力を効率的に取り出せないのか…。 ソーラーカーや太陽光発電所ではどうしているのだろう」

これまで、コンデンサやダイオードで問題を解決してきたが、この問題の解決には、もっと高度な技術、パワー・エレクトロニクスが必要となる。

「パワー・エレクトロニクス!？」

「なんだか強そうだな」

エレクトロニクスは信号や情報を扱うが、パワー・エレクトロニクス(以降、パワーエレと略す)は電力を扱う。実際に、これまで使ってた蓄電池の充電

を例にとって考えよう。パワーエレを使わない場合は、以下ようになる。バッテリーの電圧が小さい場合は、太陽電池に小さな抵抗を接続したことに相当して図2(a)のE点、バッテリー電圧が上がるにつれバッテリーの見かけの抵抗が増えD点、C点、B点を経て最後はA点となる。

「C点のときは太陽電池の電力を完全に引き出しているが、E点では本当はもっと電圧を取り出せるのに使っていないから損だ。充電が進み、A点になると充電されなくなるので、取り出す電力は0になる」

「太陽電池の電圧とバッテリーの電圧が同じになってしまうので仕方ないな」

● 常に最適な抵抗値で電流を引き出す方法

そこでパワーエレの出番じゃ。直流電圧を自在に変えるDC-DCコンバータという回路を太陽電池と蓄電池の間に入れて、電圧を変換すればよいのじゃ。当然ながら電圧を上げれば、逆に電流は小さくなるぞ。電力は変換によって増えたり減ったりしないからな。

「DC-DCコンバータに入る電力と出てくる電力は等しいということですね」

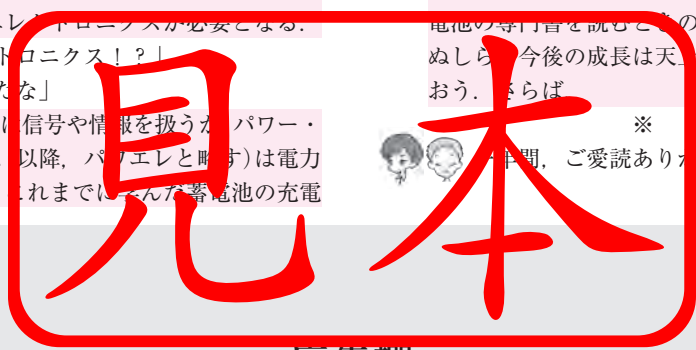
そうじゃ。コンバータは常に太陽電池の最大電力を受け取るようにする。つまり、C点よりバッテリーの電圧が小さいときは、電圧を小さくする変換、つまり電流を大きくする変換を行う。逆にC点よりバッテリーの電圧が大きい場合は電圧を大きくする変換を行い、太陽電池から見れば、常にC点で動作しているようにするのじゃ。

「充電開始時は、これまでより大きな電流で充電でき、充電後半は、太陽電池の出力電圧より高い電圧まで充電できるということですね」

その通りじゃ。

「パワーエレってすごいな」

この1年間で、2人とも太陽電池にずいぶん詳しくなったのう。実験・体験を通じて習得した知識は何にも代え難い貴重なものじゃ。これから太陽電池の専門書を読むのも力となるじゃろう。おぬしらの今後の成長は天界から眺めさせてもらおう。ならば



広告欄

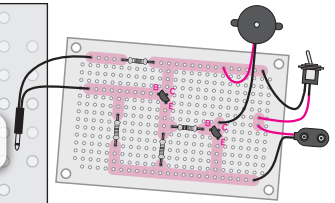
※ ※  
ご質問、ご愛読ありがとうございます。

※ PDF版では削除してあります。

# お手本でマスター! 配線優先? 見ため優先? 部品配置のコツ

## 十人十色ユニバーサル基板の使い方

江崎 徳秀  
Norihide Ezaki



### ● 部品を固定して配線する板

皆さんは「ユニバーサル基板」を知っていますか? 抵抗やトランジスタ、コンデンサなどの電子部品を固定して、回路を作りやすくする板が基板です。

部品のリード線を通すための穴が平面上に等間隔にあけられ、その穴のまわりにはんだ付け用のパッド(ランドとも呼ぶ)があるものをユニバーサル基板と呼びます。部品を通す穴の片面だけにパッドがあるタイプを片面ユニバーサル基板(写真1)、パッドが両面にあるタイプを両面ユニバーサル基板(写真2)といいます。

電子工作キットなどに同梱されている部品の配置や配線がすでに決められている基板(写真3)は、プリント基板と呼ばれます。つまり、プリント基板では作る回路があらかじめ決まっています。

それに比べてユニバーサル基板は、部品配置、配線が使う側にすべてゆだねられています。自分の設計した回路を自由自在に作れるのです。プリント基板とユニバーサル基板の良い点、悪い点をまとめると表1のようになります。

### ● お風呂ブザー・キットを例に

ユニバーサル基板と必要な部品がセットになってい

る「お風呂ブザーキット」を例に解説します。回路を図1、部品表を表2に示します。

「お風呂ブザー」とは、湯船にはったお湯の量が適量になったことをブザー音で知らせる装置です。

- (1) 湯船にお湯をはるとき、適切な湯量の水位を検知するための電極を垂らしておきます。
- (2) 電極のところまでお湯の水位が上がってくると、お湯によって電極が導通状態となります。
- (3) 電極が導通状態になるとブザーが鳴って、お湯が湯船に適量たまったことを知らせます。

### ● 部品配置を考えてみよう

ユニバーサル基板の製作で重要なのが部品の配置(レイアウト)です。部品配置や配線が、作る人の裁量にすべて任されています。どのように部品を配置するかで作業の難易度が決まります。

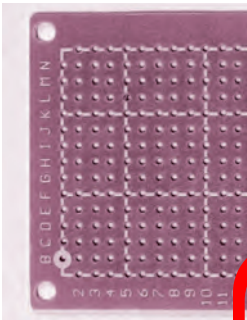
どう作るかはあなた次第です。

とはいっても、いきなり作業にとりかかるのは難しいので、4人の学生さんにそれぞれ部品の配置を考えてもらいます。自分はこのタイプで作るか考えてみてください。

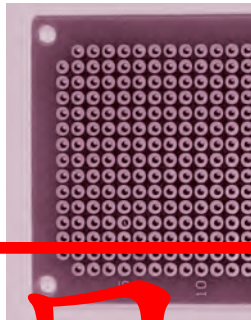


### Aくん: 回路図と同じ配置にする

僕は確実に動くものを作りたい。だから、見た目



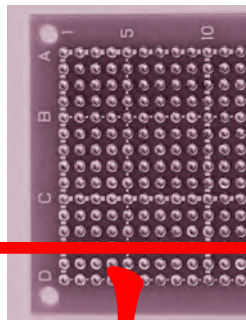
(a) 表面



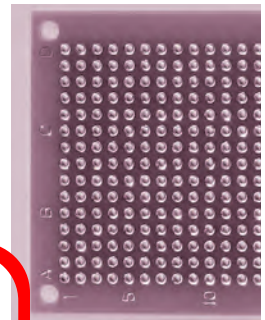
(b) 裏面

### 写真1 片面ユニバーサル基板

取り付けられる部品の選択肢が多いことや、2.54mmピッチのタイプがよく使われる



(a) 表面



(b) 裏面

### 写真2 両面ユニバーサル基板

表と裏のランドは穴を通じて繋がっている。基板の表裏の両方を有効活用したいとき使う。片面よりもランドがはがれにくいメリットもある

# 見本

広告欄

※ PDF版では削除してあります。

表1 ユニバーサル基板とプリント基板の違い

基板の種類	よい点	悪い点
ユニバーサル基板	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基板1枚の単価は安い</li> <li>・自由自在に回路をくめる</li> <li>・回路の変更が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部品のはんだ付けだけでなく配線のはんだ付けも必要</li> <li>・同じ基板を複数作るのには手間がかかる</li> </ul>
プリント基板	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部品をはんだ付けするだけで動作する</li> <li>・あらかじめ配線されている</li> <li>・同じ基板をたくさんつくるのが容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プリント基板そのものをつくるのは費用がかかる</li> <li>・1枚の基板でつくることができる回路が決まっている</li> <li>・回路の変更が難しい</li> </ul>

は少し悪くても、配線を間違えないよう、回路図に書かれているのと同じように部品を配置してみます。



**Bくん：配線を簡単にする**

僕はめんどくさいことが嫌だから、できるだけ配線作業を少なくしたい。なるべく簡単に配線できるように部品を配置しよう。



**Cくん：部品の向きをそろえる**

僕は見た目をきれいに仕上げたい。見た目重視で、

配線に少し手間がかかってもいいから部品の向きをそろえて配置することにしよう。



**Dさん：できるだけ小さくまとめる**

私は指先が器用だから配線がどんなに難しくても平気。出来上がりがとにかく小さくなるように配置してみよう。

● **部品レイアウトのコツ**

このキットの部品の中で、配置する向きを気にしなければならないのはトランジスタです。トランジスタは3本のリード線があり、それぞれに役割が決まっています。各リード線の名称と割り当ては図2のとおりです。図2(a)がトランジスタの外観、図2(b)が回路図上での記号です。

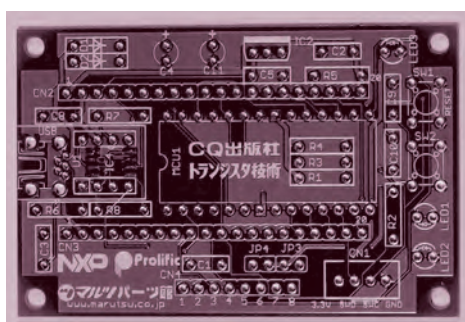


写真3 プリント基板は回路に合わせた配線がすでに作られている  
部品を実装すれば回路が完成する

表2 お風呂ブザーの部品表

部品名	規格・型番	個数
カーボン抵抗	4.7kΩ (1/4W)	1
	47kΩ (1/4W)	2
	10kΩ (1/4W)	1
トランジスタ	2SC1815Y	2
トグル・スイッチ	MS-243	1
圧電ブザー	LF-PB30W25C	1
コード付きモノラル・プラグ	#14	1
電池スナップ	BS-IC	1
ユニバーサル基板	21-115	1

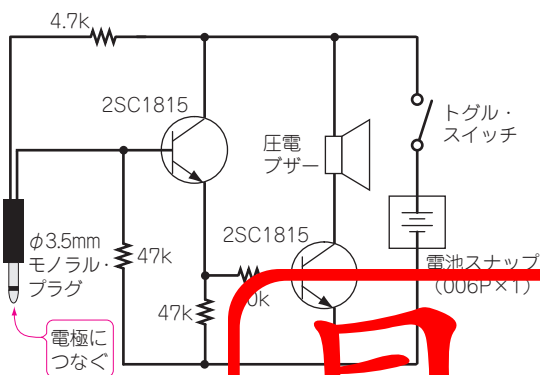


図1 お風呂ブザーの回路図  
プラグが水に浸かり、真ん中の電極と外側の電極が水でショートされると電流が流れ、圧電ブザーが鳴る

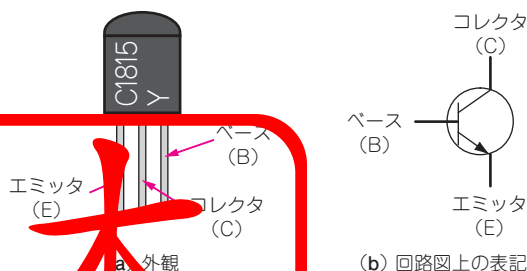
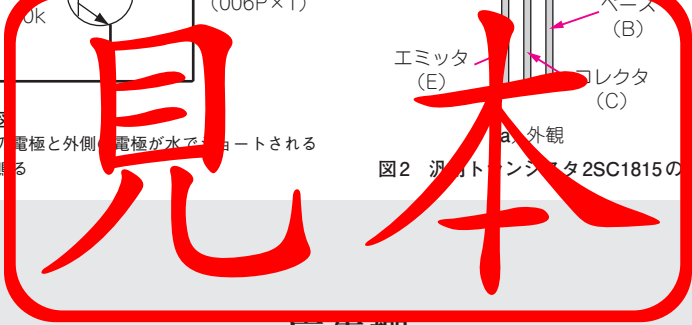


図2 汎用トランジスタ2SC1815の端子



広告欄

※ PDF版では削除してあります。





コンデンサに電気をためるには電源がいるんだよ。

ここでは電池を使おう

電池さん どうぞ〜!

電池と抵抗と電線をコンデンサにつなぐよ

電流が流れる

電気がたまってきた

なぜ抵抗を使うかわかる?

電流が流れすぎないように?

そうそう!

覚えてくれてありがとう

針の動きに注目してね。流れ込んだ電流によってコンデンサの中に電気がたまっていくんだ!

電圧が上がっていくのがわかるね

START

電圧計の針の動き		電池をつないだら動き出した!		ゆっくり1.5Vに!	
コンデンサの電気のたまり方		電池をつないだらたまり出した!		ゆっくり1.5Vに!	

コンデンサに電気がたまった

じゃあコンデンサにたまった電気を流してみようか

電気がたまって手はなほす

かてんぱん!

穴をあけても電気は出てこないからね

ちなみに、電気がたまっているコンデンサの端子を手で触らないようにね。1.5Vじゃ感じないけど、100Vだと感じるものがあるよ。これを感電というよ。30Vから注意

OK NG

コンデンサにためた電気を流すには、やっぱり電線とつなげないとダメなんだ

電圧が上がっていくのがわかるよ

抵抗もお忘れなく

電池をはずした

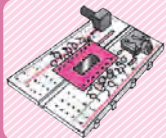
電圧が下がっていくのがわかるよ

電圧をゆっくり0Vにするぜ!!

電圧計の針の動き		電池をはずしたら動き出した!		ゆっくり0Vに!	
コンデンサの電気の減り方		電池をはずしたら減りだした!		ゆっくり0Vに!	

世の中には時間がたつにつれて電圧が下がっていく現象を利用するタイムマという回路があるよ

見本



OPアンプで音楽にエネルギーをチャージ!

# バッテリー駆動ヘッドホン・アンプ

後閑 哲也



図1 ブレッドボードなら30分でヘッドホン・アンプを組み立てられる

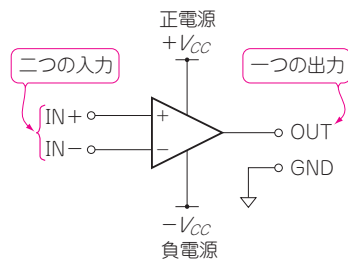
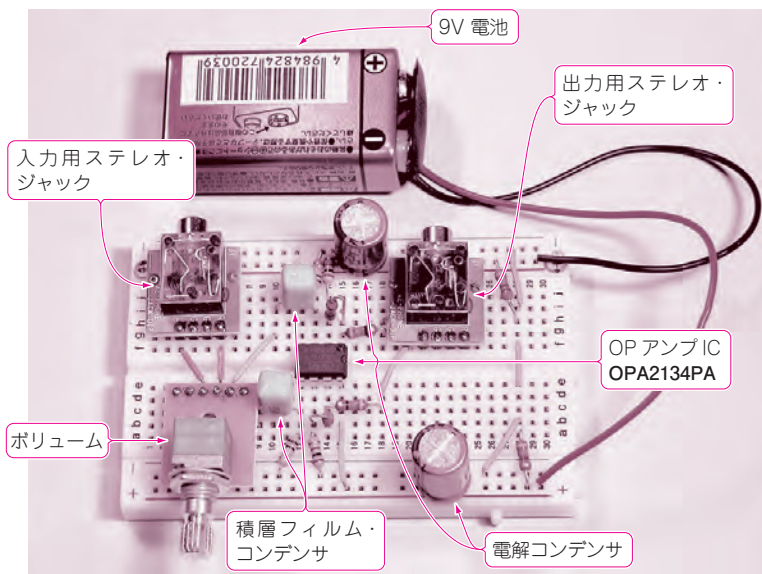


図2 覚えよう! OPアンプの回路図記号は三角形

写真1  
OPアンプ1個で作れるヘッドホン・アンプ。9V電池で動作して、ブレッドボードで作るのではんだ付けは不要!

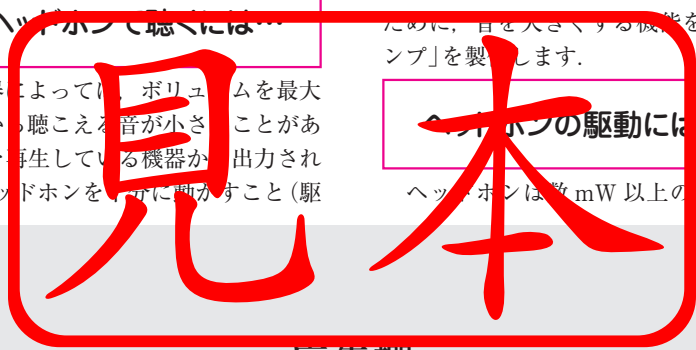
## 迫力ある音をヘッドホンで聴くには...

音楽を再生する機器によって、ボリュームを最大にしてもヘッドホンから聴こえる音が小さいことがあります。これは音楽を再生している機器から出力される電圧が低いため、ヘッドホンを十分に動かすこと(駆

動)ができないからです。今回は、迫力ある音を聴くために、音を大きくする機能を持つ「ヘッドホン・アンプ」を製作します。

## ヘッドホンの駆動には何ボルト必要?

ヘッドホンは数mW以上の駆動電力が供給され



広告欄

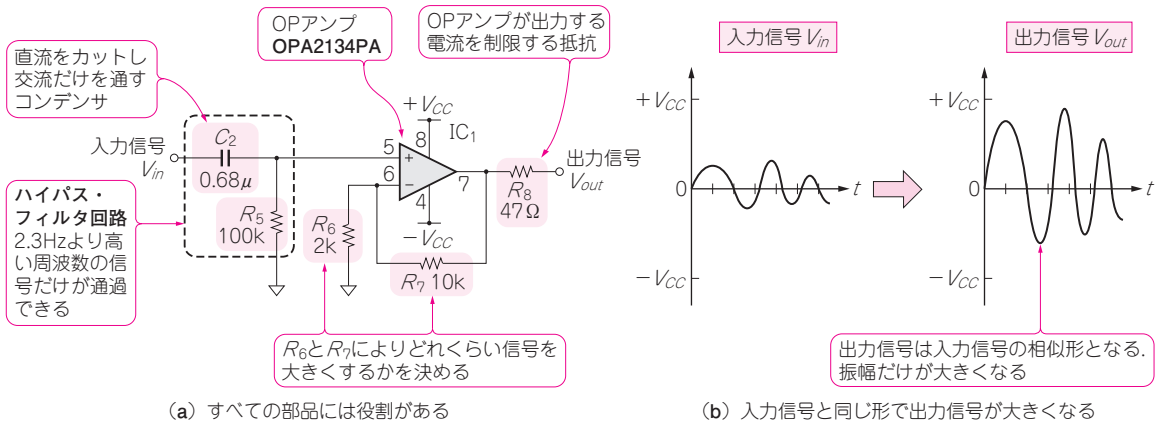


図3 音声や音楽などの交流信号を大きくするときによく使われる回路

ば、十分な音量で聴けます。ここでは、1mWの駆動電力に必要な電圧を計算してみます。一般のヘッドホンの内部抵抗は30～100Ω位です。

電圧を  $V[V]$ 、電流を  $I[A]$  とすると、電力  $P[W]$  は式(1)で表せます。

$$P = IV \quad \dots (1)$$

オームの法則  $V = IR$  より、電流  $I[A]$  は式(2)で表せます。

$$I = V/R \quad \dots (2)$$

式(1)に式(2)を代入して、変形すると電圧  $V[V]$  を求める式(3)になります。

$$P = (V/R)V$$

$$V^2 = PR$$

$$V = \sqrt{PR} \quad \dots (3)$$

式(3)に値を代入して、抵抗値が30Ωと100Ωのときを計算します。

【30Ω のとき】

$$V = \sqrt{1\text{mW} \times 30\Omega} = 173\text{mV}_{\text{RMS}}$$

【100Ω のとき】

$$V = \sqrt{1\text{mW} \times 100\Omega} = 316\text{mV}_{\text{RMS}}$$

これより、ヘッドホンを駆動するには173m～316mV<sub>RMS</sub>以上の電圧が必要となりました。

## 信号を大きくするOPアンプICの使い方

電圧を増幅する機能を持つ素子に、オペレーション・アンプIC(OPアンプICと呼ぶ)があります。これを使って、写真1のようなヘッドホン用の電圧増幅

器(アンプ)を作ってみます。

### ● OPアンプは信号にパワーを与えて大きくする

図2のように、OPアンプは、二つの入力ピン(IN +, IN -)と一つの出力ピン(OUT)を持っています。入力ピンにはプラス側とマイナス側があり、この二つのピンに入力される信号の差を増幅して出力します。重要な機能の異なるので回路図でも必ず+と-で区別します。基本の機能は、この二つの入力ピンの差の電圧を増幅して出力するという差動増幅動作になります。その増幅度合を増幅度と呼び、増幅率は通常数万倍以上です。+ピン側の方の電圧が高ければ出力もプラス側となり、-ピン側の電圧が高ければ出力はマイナス側となります。逆に入力電圧が数Vと高くても、+ピンと-ピンの間の電圧に差がなければ出力は0Vのままです。

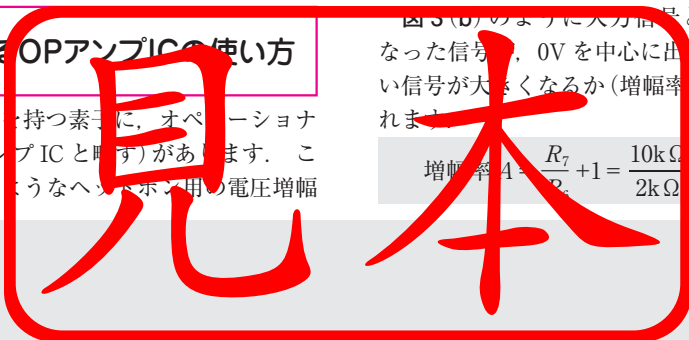
### ● 交流信号を大きくする回路

今回大きくする信号はラジオから聴こえてくる声や音楽などの交流信号です。交流だけ扱う増幅器としてOPアンプICを使います。交流信号を増幅する回路を図3(a)に示します。

### ▶ 入力信号をどれくらい大きくするのは $R_6$ と $R_7$ で決まる

図3(b)のように入力信号と相似で振幅が大きくなった信号が、0Vを中心に出力されます。どれくらい信号が大きくなるか(増幅率A)は、式(4)で計算されます。

$$\text{増幅率 } A = \frac{R_7}{R_2} + 1 = \frac{10\text{k}\Omega}{2\text{k}\Omega} + 1 = 6 \text{ 倍} \dots (4)$$



広告欄

※ PDF版では削除してあります。



# 電気が湧き出すワイヤレス給電ボード

いつでもどこでも充電時代まもなく！電池のもちが取りえのガラケーも完全消滅か？ 並木 精司

ワイヤレス給電は金属による接点を設けなくてよいので、さまざまな応用が期待されています。

ここでは、手軽に買える材料とブレッドボードを使って、簡単なワイヤレス給電実験装置を手作りし、ケーブルを使わずに電力を伝送する実験を行ってみます。

### 大きなコンデンサを作ればいい

#### ● 電線はなくても電力を供給できる

ワイヤレス (Wireless) とは「電線がない」という意味です。ワイヤレス給電は、電線を使用しないで負荷 (電力を消費するもの) に電力を給電する技術です。接点を持たない給電方法なので、接触不良や水による漏電などを心配する必要がありません。電動歯ブラシやスマホなどの充電装置で実用化が進んでいます。

#### ● 2枚の電極間を交流電流が流れるコンデンサをヒントに

今回製作するワイヤレス給電ボードの構成を図1に示します。

絶縁材料である誘電体の表面に電極を2個配置した板を2枚用意して、向かい合わせるだけです。これはコンデンサの構造とまったく同じです。

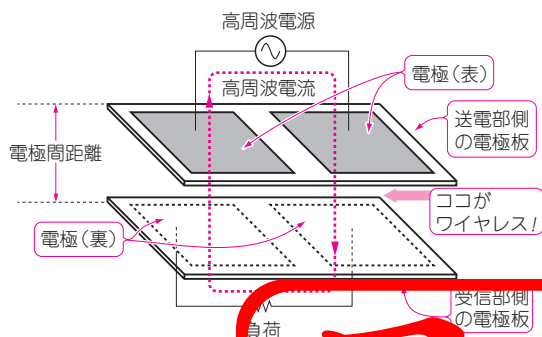


図1 電界結合方式によるワイヤレス給電の原理  
2枚の板の間は絶縁されているが、交流の高周波電流により静電誘導が作用して、負荷に電力を送ることが可能。向かい合った電極でそれぞれコンデンサを構成する。コンデンサは行き来りで2個存在する

ワイヤレス給電の方式には、電磁誘導方式、電磁界共鳴方式などいろいろありますが、今回のものは「電界結合方式」と呼ばれています。

この方式は、面と面で給電できることから、以下のような応用が考えられます (図2)。

- ・ポジション・フリーの特徴を生かして、給電台の上を走るバッテリーレス・ミニカー
- ・回転する物体に軸受けを通して電力を供給
- ・ボトルシップや水槽の内部 LED にガラス越しに給電してイルミネーションを点灯させる

### 給電性能アップ！電極を上手に作る

#### ● 製作した電極板の仕様

電極板は図3の寸法で製作しました。実際に製作した電極板を写真1に示します。塩ビ板の上に銅はくテープを張り、ビニール電線をはんだ付けしました。銅はくテープのつなぎ目も何か所かはんだ付けておきます。塩ビ板と銅はくテープは、Amazonなどで購入できる材料です。

#### ！注意

- ・塩ビ板に張り付けた電極にはんだ付けする際には、できるだけ短時間ではんだ付けしてください。時間が長いと、塩ビ板が溶けてしまいます。

この電極を重ね合わせて、行き来り (コンデンサ2個直列) の静電容量を LCR メータで測定してみると、約 160pF でした。つまり、コンデンサ1個あたりの容量は約 320pF になります。

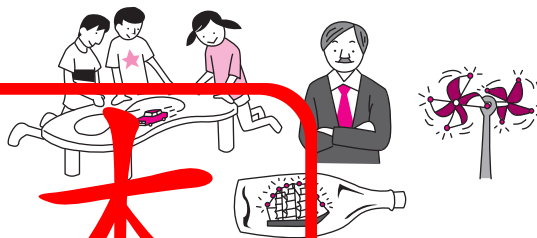
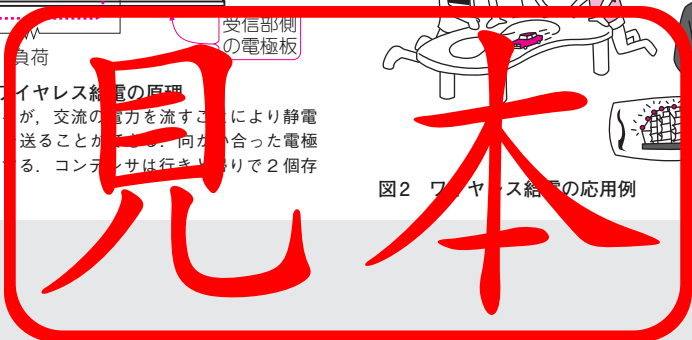
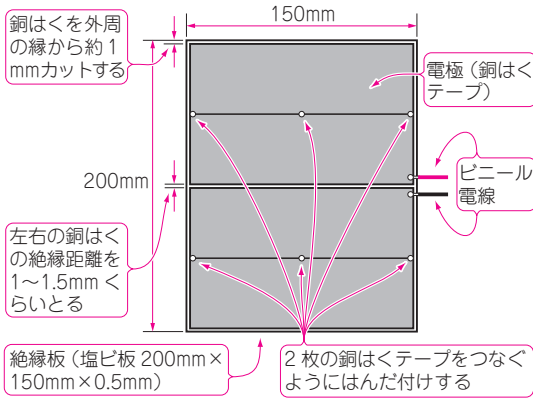


図2 ワイヤレス給電の応用例



広告欄

※ PDF版では削除してあります。



**図3 電極板の寸法**  
 同じものを2枚製作する。塩ビ板は、300mm×200mmのものを半分にかットして使用した

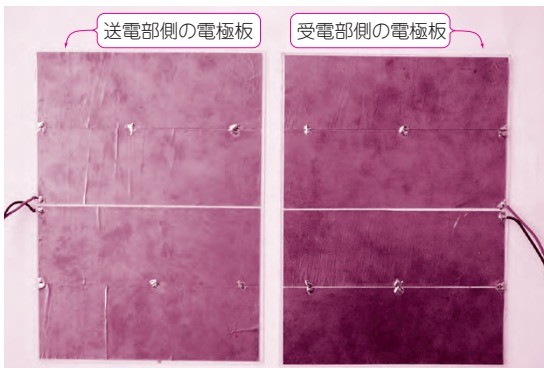


写真1 製作した電極板

● 供給電力の多い電極板の作り方

重ね合わせた電極板(コンデンサ)の容量Cは、絶縁物の誘電率をε、電極間距離をd、対向する面の広さをSとすると、以下の式で表されます。

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \dots (1)$$

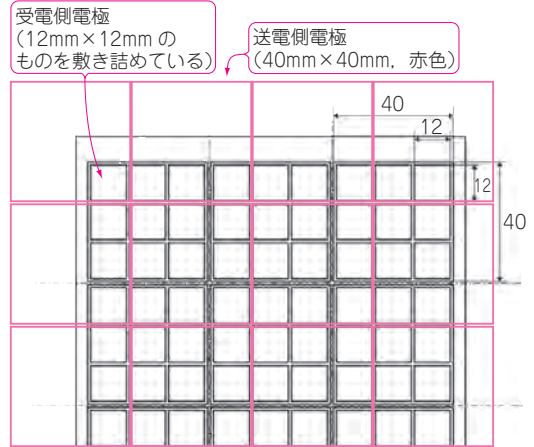
この式から「コンデンサの容量は、絶縁物の誘電率が高く、電極間距離が小さく、お互いに対向する面積が広いほど大きくなる」ということがわかります。

ご存じの通り、コンデンサは、直流電流を通さず交流電流を通す性質を持っています。コンデンサのインピーダンス(交流に対する抵抗)Z<sub>c</sub>は、次式で表されます。

$$Z_c = \frac{1}{2\pi fC} \dots (2)$$

**コラム1 メッシュ電極で どこに置いてもバッチリ給電!**

実用的な装置では、給電テーブルの上のどの位置に受電部を置いても給電できるように、電極を小さくして将棋盤のマス目のように配置しています(図A)。このようにすると、どの位置に置いても対向する電極の面積が平均化されます。これにより、真にポジション・フリーの給電装置を製作することが可能となります。

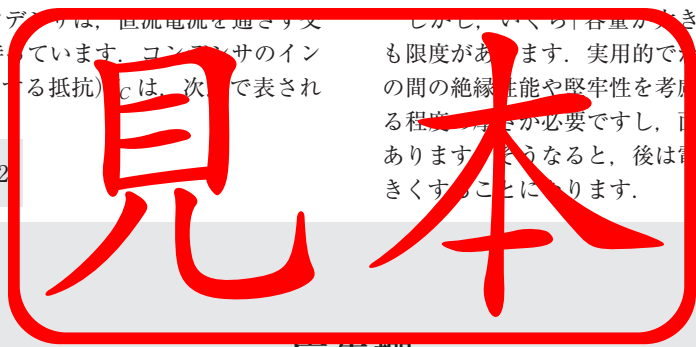


**図A 電極を細分化してメッシュ状にすれば置き場所による給電量のばらつきを小さくできる**

電極はそれぞれ隣同士が異極になるように配線されている。受電側電極と送電側電極をずらして配置しても、全体では対向する面積がほぼ同じになるよう設計されている。なお、送電側の電極は受電側の電極と同じ寸法でもよいのだが、送電側の配線が複雑になることを避けるため、受電側より大きな電極としている

コンデンサのインピーダンスZ<sub>c</sub>は、容量Cが大きいくほど、また周波数fが高くなるほど、低くなります。このことから、多くの電力を給電するには、コンデンサの容量を大きくするか電源周波数を高くすればよいことがわかります。

しかし、いくら「容量が大きいほど良い」と言っても限度があります。実用的な観点から、送電側と受電側との間の絶縁性能や堅牢性を考慮したとき、絶縁物はある程度厚みが必要ですし、面積を広げるにも限度があります。そうすると、後は電圧を高くして電力を大きくすることになります。



広告欄

※ PDF版では削除してあります。