

# 電子回路で使用する部品

電子回路で使用する部品には、

**受動部品**: 抵抗、コンデンサ、コイル

**能動部品**: ダイオード、トランジスタ、FET、  
トライアック、センサ、パワー部品

**機能部品**: IC、MSI、LSI等の半導体集積回路

**機構部品**: メカ的な機構を含んだ部品で  
コネクタ、スイッチ、リレー、  
部品、基板モジュールを収める  
ケース等。

**補助部品**: 大型部品を固定する金具等  
(例:電解コンデンサのバンド)  
基板、基板を支える支柱、ネジ等  
、線材、端子、ハンダ、フラックス、  
放熱器、シリコングリス等

参考にする資料によって、微妙に分類の分け  
方が、異なる場合があります。

今回は、抵抗に絞って説明します。

まずは、抵抗の種類を紹介します。

1. **炭素被膜抵抗(カーボン抵抗)**:



セラミックの表面に、抵抗体として炭素被膜を装着した抵抗器。

非常に低価格のため、抵抗の中で最も多く使用されている。幅広い抵抗値範囲をカバー出来る。

温度計数が、あまりよくないため精密な用途には、適さない。電流雑音や周波数の特性がよくない。

2. **ソリッド抵抗**:



炭素の粉末と樹脂を混合し固形化した抵抗器

高耐圧、高抵抗のものを作る事が出来る。寄生インダクタンス成分が小さい。断線が起こりにくい。  
精度が悪いので精密な用途には適さない。

温度系数が、非常に大きい。経年変化で抵抗値がかなり変化する。経年劣化や、生産性が悪い等の理由で、製造を打ち切る国内メーカーが、多い。

### 3. 金属被膜抵抗(キンピ):



セラミックの表面に、抵抗体として金属材料(ニッケルクロム)を装着した抵抗器。

炭素被膜抵抗に比べ 温度計数が小さく、電流雑音が少なく、精度が良い。

抵抗値精度の選択肢が広い。

抵抗体に金属を使用しているため、炭素被膜抵抗より高価になります。

### 4. 酸化金属被膜抵抗(サンキン):



セラミックの表面に、抵抗体として金属酸化物を装着した抵抗器。

消費電力の割にコストが安い。

精度、温度特性ともに金属皮膜抵抗より劣る。

### 5. メタルグレーズ抵抗:



金属酸化物とガラスを混合し、アルミナ等に高温で焼結させたものを抵抗体とした抵抗器

抵抗値の経時変化が小さく信頼性が高い。

サージやパルスに強い。過電圧印加で、抵抗値が中途半端に変化する場合がある。

### 6. 金属板抵抗:



金属の抵抗体をジャバラ状に打ち抜き、セラミックケースにセメント樹脂で封した抵抗器。

低抵抗(10mΩから製造可能)で、かつ大電力(数W)で、インダクタンスが小さい。よって電流検出回路に用いられる。

無機材料なので燃損しない。



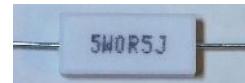
### 7. 卷線抵抗:

抵抗線(ニクロム線など)をセラミックのボビンに巻き付けた抵抗器。

耐熱性が良い。温度計数が小さい。電流雑音が比較的小さい。低い抵抗値で、大電力(数Wから数100W)を得る事が出来る。

インダクタンス成分を持つ。高周波特性が悪い。抵抗値の高い物は、大型かつ高価となる。

## 8. セメント抵抗:



巻線抵抗などを、セラミックケースに入れてセメントで封止した抵抗器。

耐熱性が良い。絶縁性に優れている。

インダクタンス成分を持つ。高周波特性が悪い。

## 9. メタルクラッド抵抗:



巻線抵抗に、金属製の外装を取り付けた抵抗器  
巻線抵抗の一種。

メタルクラッド抵抗は、大きな電流を流す事を想定しているため、放熱板や、放熱フィンなど熱対策がなされているものもあります。



## 10. ホーロー抵抗(ホウロウ抵抗)

セラミックの芯に抵抗線を巻き、その上に磁石を焼き付けて耐熱性を高めた抵抗器。

巻線抵抗の一種。

耐熱性が、非常に高い。

インダクタンス成分を持つ。高周波特性が悪い。

## 11. ヒューズ抵抗:



通常時は、普通の抵抗として機能し、異常時では抵抗体が完全に溶断する抵抗器。

構造的には、酸化金属被膜抵抗と同じ構造をしていますが、抵抗体が燃損するため、外装塗装は難燃性となっています。

なお、ヒューズ抵抗は、通常のヒューズや、ヒューズ付き抵抗と比べると応答電流値や、応答時間のバラツキが大きくなります。

## 12. ヒューズ付き抵抗(温度ヒューズ内蔵抵抗)



電源ON時に流れる突入電流を抑制するため使われる抵抗器。この抵抗には、電源ON時に流れる突入電流に耐える事が出来るサージ耐量の大きな巻線抵抗器を用いる事が出来ます。

通常時は、この抵抗と並接続された別途スイッチング素子で、遅延してスイッチONします。もし、このスイッチング素子が壊れた場合は、抵抗に電流が流れ続けて発熱する事になるので温度ヒューズで、抵抗に流れ続ける電流を遮断する安全対策品の抵抗という事のようです。

### 13. ネットワーク抵抗( 抵抗アレイ、集合抵抗 ):

複数の抵抗を 1つの絶縁基板上にまとめた  
抵抗器。

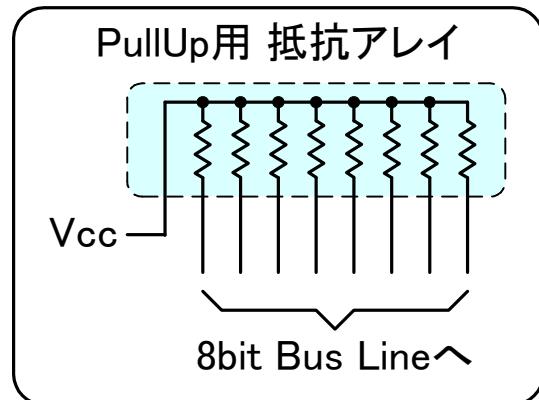
部品点数の削減、組立て時の省力化、高密度化  
などのメリットが あります。

抵抗の特性は一般の厚膜抵抗と同じです。

複数の抵抗の接続方法には、並列、直列、分圧、  
独立など様々なものがあります。

マイコンの用途では、8bitの I/Oポートを、1個の  
抵抗アレイで PullUpする事が 出来ます。

1bit毎に 8本カーボン抵抗を並べるより、手間も  
省け、見た目もスッキリします。



抵抗の画像を、抵抗の名前の右横に 貼り付けまし  
たが 小さくて 見にくい画像ですみません。

一部は、家に無かったので、他所のサイトから、画像  
を 勝手にコピペして切り出し 持ってきました。

他所のサイトさん ごめんなさい。

それと、凡その形状は分かっても、大きさが 分から  
ないですよね。 次のページに、定規と一緒に撮影した  
抵抗の画像を 表示して説明します。

家にある抵抗のみの画像なので、いくつか無い物が  
あります。 無いのはご容赦下さい。

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

STAINLESS HARDENED

150mm

① 1/4W 2KΩ 5% カーボン抵抗



⑤ 1/4W 2KΩ 1% 金属皮膜抵抗



② 1/4W 15KΩ 5% カーボン抵抗



⑥ 1/4W 20KΩ 1% 金属皮膜抵抗



③ 3W 47KΩ ? ソリッド抵抗



⑦ 1W 10Ω 5% 酸化金属皮膜抵抗



⑧ 2W 47KΩ 5% 酸化金属皮膜抵抗



⑨ 3W 100Ω 5% 酸化金属皮膜抵抗



④ 5W 0.5Ω 5% セメント抵抗

5W0R5J

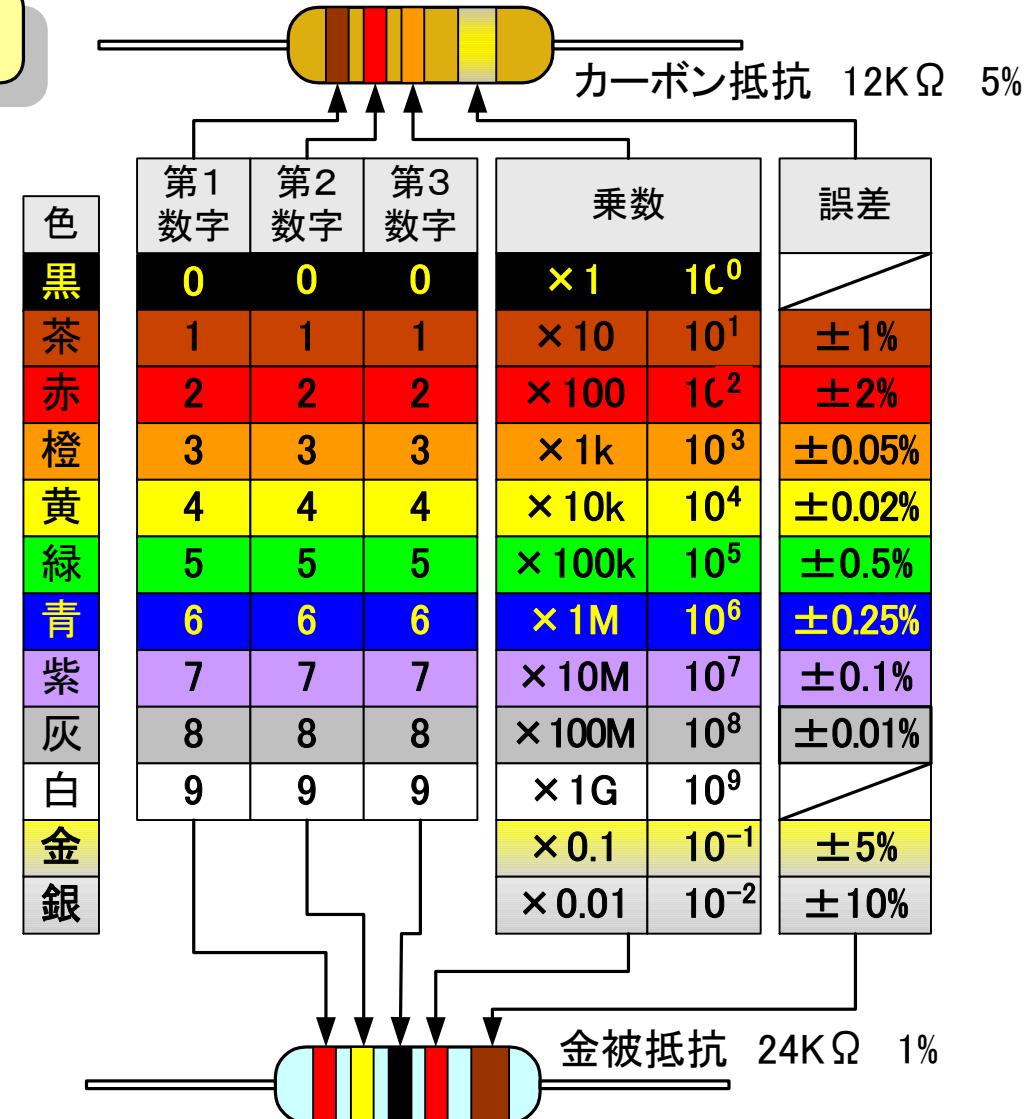
⑩ 10W 22Ω 5% セメント抵抗

10W22ΩJ

## カラーコードの読み方

必ず、そうなっているとは限りませんが  
カーボン抵抗のボディの色は、黄土色か  
茶色系の色が多いです。

金属皮膜抵抗のボディの色は 水色が多  
いです。 酸化金属皮膜抵抗の色も 水色  
系のようです。 カラーコードの どちら側が  
第1色帯かを見分けるのは、カーボン抵抗  
は、殆どの場合 第4色帯金色なので、見分  
け安いです。 金属皮膜の場合、1%の物が  
多いので、第5色帯の色が、赤で見分けに  
くい感じですが、第5色帯の帯の幅が、や  
や太いです。 カラーコードは、黒、茶、赤、  
橙、黄、緑、青、紫、灰、白の色に、0、1、2、  
3、4、5、6、7、8、9 の数字を割り当てていま  
す。 カーボン抵抗には、第3数字は、あり  
ません。



金属皮膜抵抗のカラーコードは、5本色帯がありますが 1%の E24系列の 抵抗値ステップの場合、3番目の色帯は、常時 黒です。  
E24系列の話は、後でします。

カラーコードの読み取りになれる意味で  
いくつか例を、表示します。

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

例 1



茶 黒 黒 金 で  
 $10 \times 10^0 = 10 \Omega$

例 2



赤 黄 茶 金 で  
 $24 \times 10^1 = 240 \Omega$

例 3



橙 橙 赤 金 で  
 $33 \times 10^2 = 3.3 k\Omega$

例 4



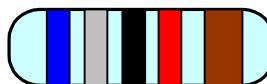
黄 紫 橙 金 で  
 $47 \times 10^3 = 47 k\Omega$

例 5



白 茶 黑 黑 茶 で  
 $910 \times 10^4 = 9.1 M\Omega$

例 6



青 灰 黑 赤 茶 で  
 $680 \times 10^2 = 68 k\Omega$

例 7



黄 橙 黑 橙 茶 で  
 $430 \times 10^3 = 430 k\Omega$

例 8



赤 紫 黑 茶 茶 で  
 $270 \times 10^1 = 2.7 k\Omega$

## E24系列の抵抗値

22pFや、390Ω等の値は、初めて見ると中途半端な値のように感じるかもしれません。

このような値は、E6系列、E12、E24系列といつて 抵抗やコンデンサの推奨値として、IEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議) の TC No.40 Resistors and Capacitors によって準備された IEC60063 (日本では JIS C 5063) に定められているものです。E24系列は、10進数の 1 から 10 の間を 等比級数的に 24等分した値を 2桁に丸めた物です。2桁に丸めた関係で 2.7 ~ 4.7 の範囲が 本来の等比級数から、やや外れています。

この資料を書かれた方によると、実際の回路設計している時に、これらの値の選択に微妙なさじ加減があり、有り難味を感じる事があります。と書いてありました。

特にアナログ回路では、時定数であるとか、アンプの増幅度の決定などに部品の絶対値ではなく値の積や比が大事な事が多いからです。と、書いてあります。何となく私も 比率が大事というのをうなづける気がします。

E24 系列 許容差:5%	
1.0	3.3
1.1	3.6
1.2	3.9
1.3	4.3
1.5	4.7
1.6	5.1
1.8	5.6
2.0	6.2
2.2	6.8
2.4	7.5
2.7	8.2
3.0	9.1

E12 系列 許容差:10%	
1.0	
1.2	
1.5	
1.8	
2.2	
2.7	
3.3	
4.7	
6.8	

E6 系列 許容差:20%	
1.0	
1.5	
2.2	
3.3	
4.7	
6.8	

E24 系列 許容差 : 5%	
1.0	3.3
1.1	3.6
1.2	3.9
1.3	4.3
1.5	4.7
1.6	5.1
1.8	5.6
2.0	6.2
2.2	6.8
2.4	7.5
2.7	8.2
3.0	9.1

時に、E24系列の値に無い値を使いたい場合もあるかもしれません。

例えば、5D2Vの同軸ケーブルの終端抵抗  $50\Omega$  が使いたい。という事であれば、一番近い値は  $51\Omega$  になります。

5D2Vの 終端抵抗は、 $50 \pm 2\Omega$  が、許容範囲のようです。という事で  $51\Omega$  で使えます。

但し同軸ケーブルという事は高周波を扱うでしょうから、**高周波特性の良い抵抗で消費電力も考慮して抵抗を選別する必要があります。**

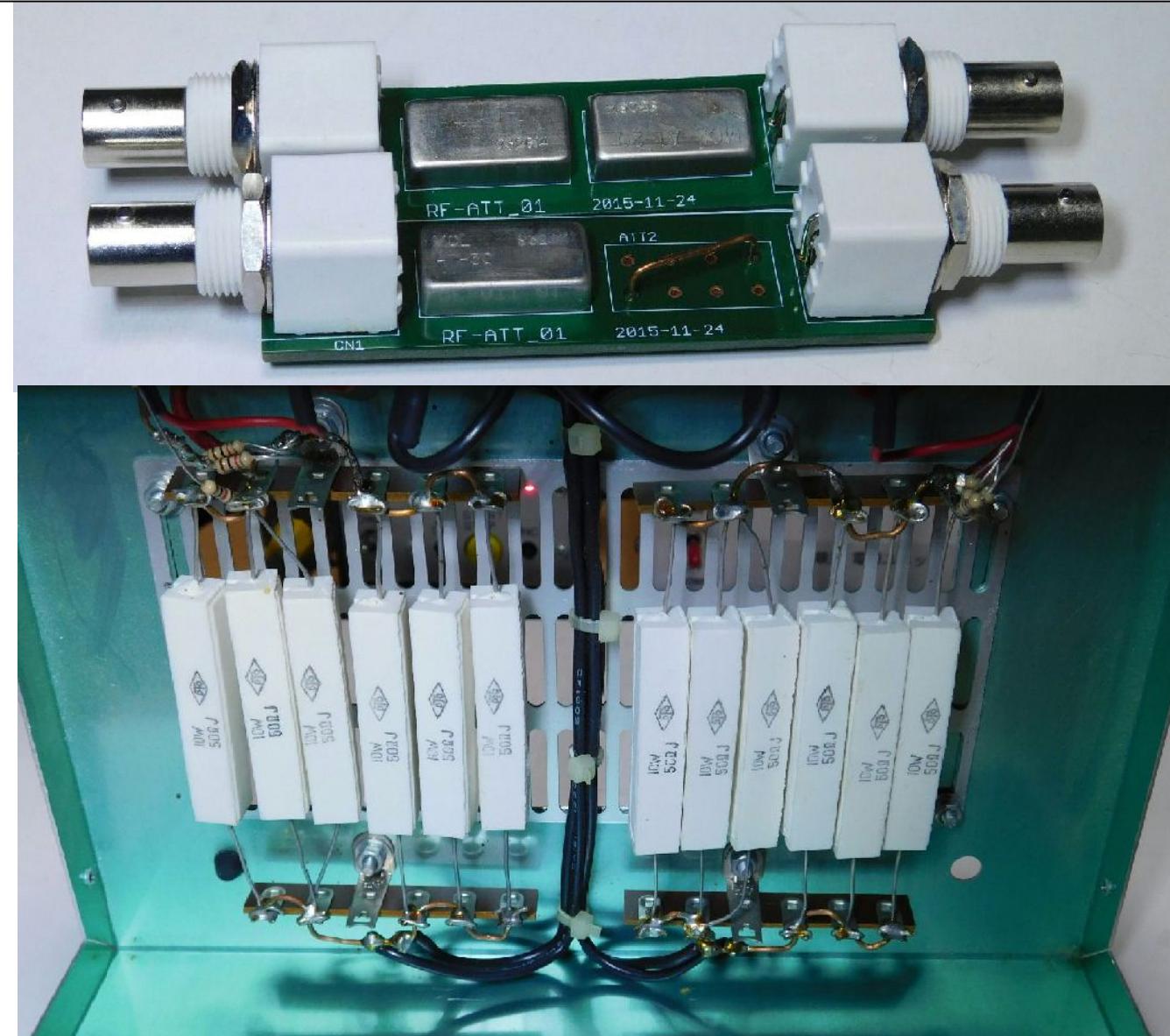
この例のように、抵抗選別は、抵抗値だけでなく使用用途に適した特性をもっているか検討する必要があります。

実際は、高周波用のターミネータ、アンテネータ用の抵抗は、シールドケースに入った専用の物が、売ってあると思います。

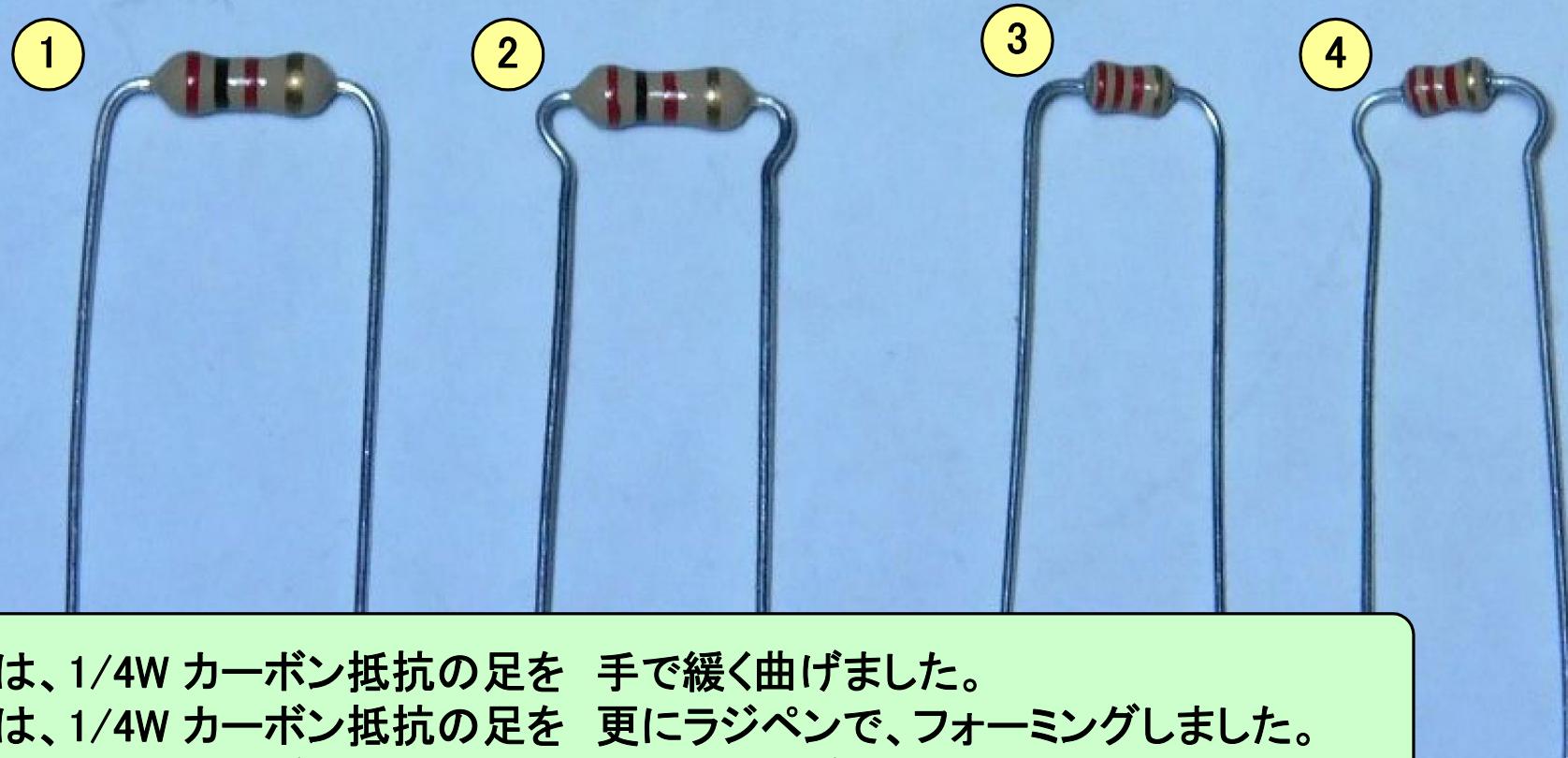
やや**大きい電力を消費させる場合は、発熱が大きい**でしょうから セメント抵抗や、ホーロー抵抗を使う事になります。そして、放熱対策を 考えて セメント抵抗や ホーロー抵抗の実装形態を検討する必要があります。そこまで大きい電力消費では無くても、セメント抵抗とかを、プリント基板に寝せて貼り付かせたように実装して、基板が、焦げている物を、昔 見た事があります。基板に、発熱が やや大きいと思われる抵抗を実装する場合は、出来るだけ、基板と抵抗の間に隙間を 開けるようにして下さい。

右上の写真は、8年ほど前に作った高周波のアッテネーターです。基板の上に実装されている金属製の四角い部品が、高周波用  $50\Omega$  -  $20\text{dB}$  アッテネーターです。上側の2個付いている方が  $-40\text{dB}$  の減衰量で、下が  $-20\text{dB}$  です。

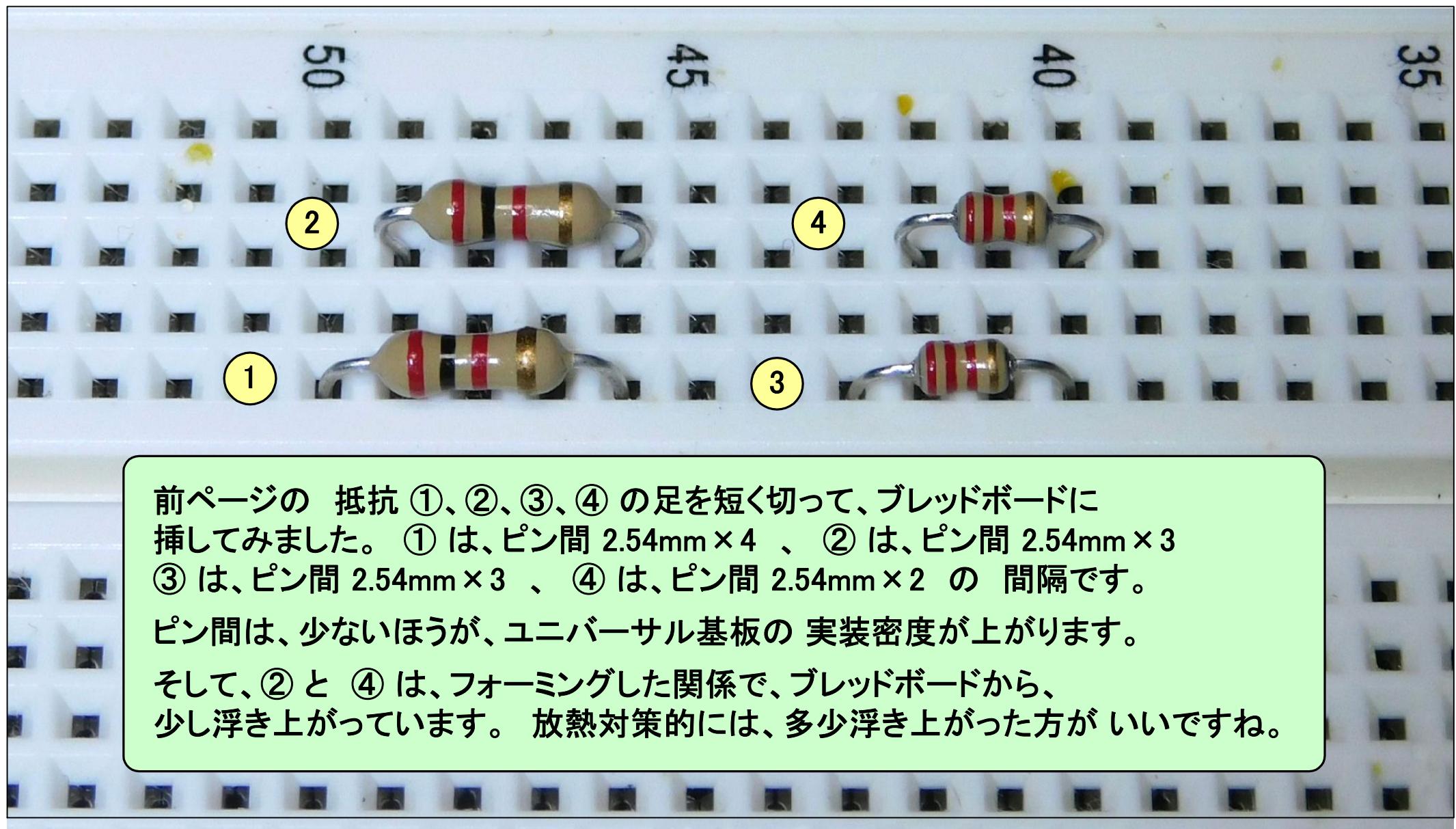
右下の写真は、昔  $50\Omega/10\text{W}$  のセメント抵抗を 5パラにして  $10\Omega$  にした物を、2チャネル実装したものです。オーディオ用パワーアンプのスピーカーの代わりに ダミーロードとして使うつもりで作りました。今見ると、抵抗間の隙間が詰まっているので風通しが悪そうですね。失敗作かな。？



## ラジアルリード部品の足 フォーミング



- ① は、 $1/4W$  カーボン抵抗の足を 手で緩く曲げました。  
② は、 $1/4W$  カーボン抵抗の足を 更にラジペンで、フォーミングしました。  
③ は、 $1/6W$  カーボン抵抗の足を 手で緩く曲げました。  
④ は、 $1/6W$  カーボン抵抗の足を 更にラジペンで、フォーミングしました。

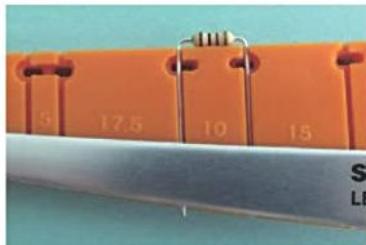


前ページの 抵抗①、②、③、④ の足を短く切って、ブレッドボードに  
挿してみました。①は、ピン間  $2.54\text{mm} \times 4$  、②は、ピン間  $2.54\text{mm} \times 3$   
③は、ピン間  $2.54\text{mm} \times 3$  、④は、ピン間  $2.54\text{mm} \times 2$  の 間隔です。  
ピン間は、少ないほうが、ユニバーサル基板の 実装密度が上がります。  
そして、②と ④は、フォーミングした関係で、ブレッドボードから、  
少し浮き上がっています。放熱対策的には、多少浮き上がった方が いいですね。

ラジアルリード部品 フォーミングツール  
低価格のフォーミングツールを見つけました。  
サンハヤトの RB-5 Amazonで、680 円でした。  
樹脂製なので耐久性は ?ですが、安いです。

●使い方2：リード線のフォーミング加工

部品を基板から浮かせて実装したいときはフォーミング加工用エリアを使います。



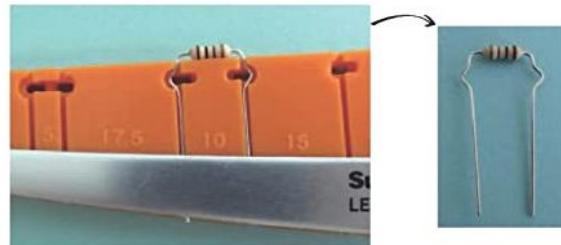
① 折り曲げ加工済みの部品を幅が一致する  
ミソにセットします。

※上記では 10mm 幅の部品を使用



② 「フォーミング加工棒」を穴に押し込み  
穴が広くなっている側へ部品のリード線  
を押し広げます。

※上記は外側へ押し広げています

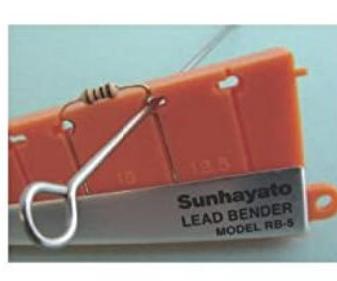


③ 両側が加工できたら完成！



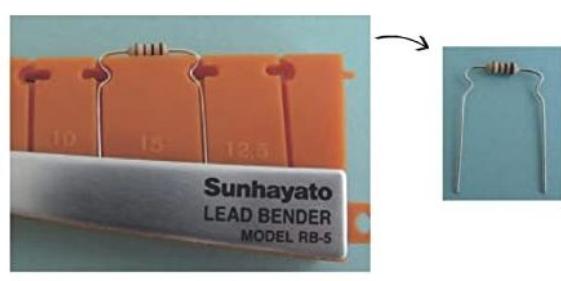
① 折り曲げ加工済みの部品を幅が一致する  
ミソにセットします。

※上記では 15mm 幅の部品を使用



② 「フォーミング加工棒」を穴に押し込み  
穴が広くなっている側へ部品のリード線  
を押し広げます。

※上記は内側へ押し広げています



③ 両側が加工できたら完成！

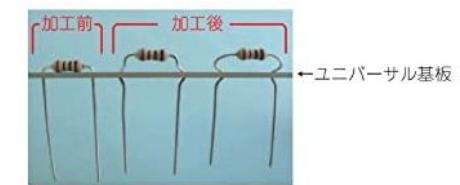
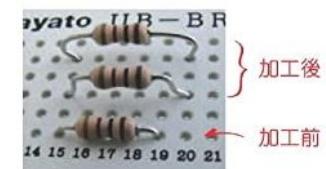


## サンハヤト RB-5

文字が小さすぎて見えないですね。  
すみません。

Sunhayato

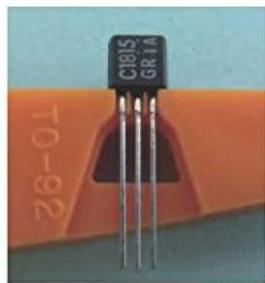
ユニバーサル基板に取り付けた様子



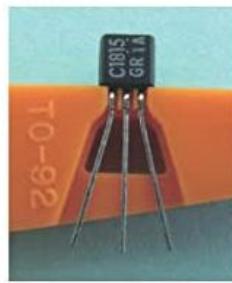
加工前→加工後で、押し広げる向きによって  
ピッチが1段階大きく／小さくなることに  
ご注意ください。

### ●使い方3：TO-92タイプのトランジスタの折り曲げ

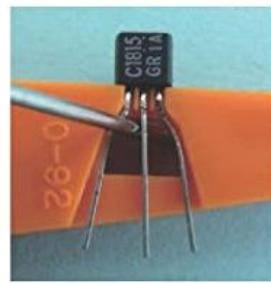
3端子のトランジスタの足（リード線）を一定の高さで均等に広げることができます。



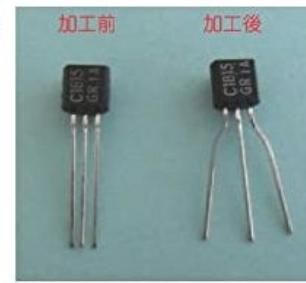
① トランジスタをセットします。



② 指でリード線を少し広げます。

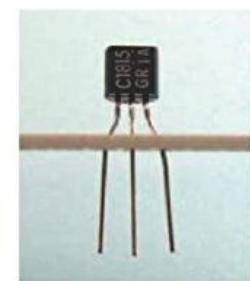


③ 「フォーミング加工棒」で  
穴に沿うように押し曲げます。



完成

ユニバーサル基板に取り付けた様子



←ユニバーサル基板

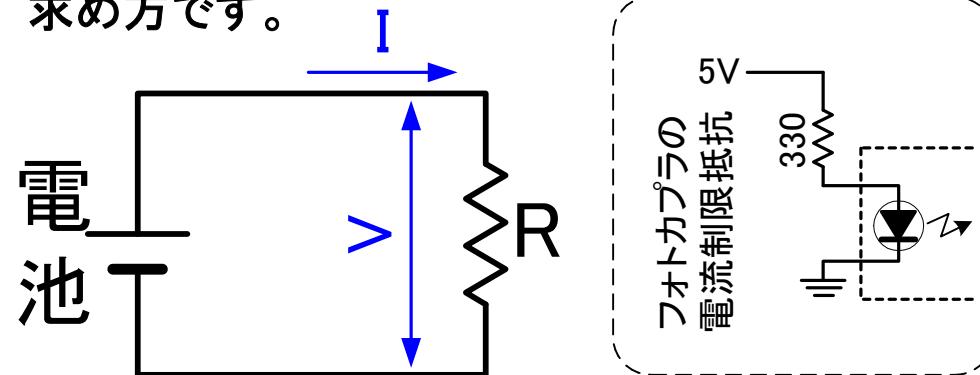
小信号トランジスタ等の足も、フォーミング出来るようです。

プロのフォーミングツールは、金属のプライヤー形状の物がありますが、高いと思われます。 無くても 困ることはありませんが、680円なら、アマチュアにも 手が届くと思います。

私も どんな物か 試してみたいので 1個 Amazonに注文しました。

## オームの法則、 抵抗の消費電力の計算

話が、前後する感じですが、ここで計算式の話です。最低限オームの法則と、合成抵抗の求め方です。



$$V = I \cdot R \quad (\text{電圧} = \text{電流} \times \text{抵抗値})$$

$$I = V/R \quad (\text{電流} = \text{電圧} / \text{抵抗値})$$

$$R = V/I \quad (\text{抵抗} = \text{電圧} / \text{電流})$$

$$P = V \cdot I \quad (\text{電力} = \text{電圧} \times \text{電流})$$

$$P = I^2 \cdot R \quad (\text{電力} = \text{電流の2乗} \times \text{抵抗値})$$

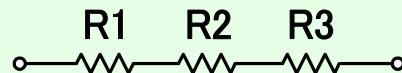
各抵抗には、最大許容電力が、決められています。ごく短時間であれば、最大許容電力を消費させても大丈夫と思いますが、連続的に最大許容電力を消費させては いけません。連続的に消費させる電力は、最大許容電力の半分以下に 設定して下さい。抵抗が消費する電力は、左下の式を使って求めて下さい。

たとえば、フォトカプラを 5V で使う場合に一次側の LED の電流制限抵抗を 330Ω にした場合 抵抗 330Ω が、どのくらい電力消費するかは、 LED で、 1.7V ぐらい消費するので、抵抗両端には 3.3V 加わる事になります。  $3.3V/330\Omega=0.01$  で 電流は、 10mA 流れます。電流と電圧をかけると電力なので  $0.01 \times 3.3 = 0.033$  で、消費電力は 33mW になります。 1/4W の抵抗を使った場合  $(0.033/0.25) * 100 = 13.2$  で、許容値の 13.2% でまだ余裕があります。  
でも、使い方として フォトカプラの LED を 点灯 しつぱなしは、あり得ないですよね。

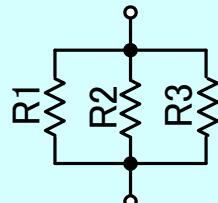
## 合成抵抗の計算

合成抵抗とは、抵抗器を2個以上接続して1個の抵抗器として扱う事です。その時、各抵抗の値を、組み合わせた合成抵抗の値がいくつになるかの計算です。

### 直列合成



は、単純に  $R_1 + R_2 + R_3 = \text{合成抵抗}$  です。  
 $50\Omega + 30\Omega + 20\Omega = 100\Omega$  という事です。



### 並列合成

$$\text{合成抵抗} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

抵抗2個の時だけ

$$\text{合成抵抗} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$
 の式が  
使えます。

並列合成の式は、ちょっと面倒ですね。でも全て同じ値の抵抗であれば、1個の抵抗値を個数で割れば、合成抵抗値が得られます。  
100Ωの抵抗、4個パラ接続であれば  
 $100 / 4 = 25\Omega$  になります。

合成抵抗にするメリットは、E24系列の値から外れた中途半端な値の抵抗値を作り出す目的が、考えられます。

重さで、個数を計る精密ばかりでは、センサ出力を高精度で増幅する必要があります。

昔のアナログオーディオでは、イコライザ回路で高精度の時定数を作り出す必要があります。この時、半端な値の抵抗値を必要とします。

他には、許容電力を上げるために 抵抗をパラ接続する場合があります。

あるいは、特殊用途として 抵抗の耐圧を上げる目的で、直列接続する場合もあります。