

## 2-1 トランジスタって何だ? ~意外と知らない電子回路の主役~

### ■ トランジスタは3本足

はじめに、単体の部品としてのトランジスタの性格を把握しておきましょう。よく使われているトランジスタの構造は図2-1-1のとおりで、三つの半導体を接合したものです。

ダイオードをご存じでしょうか。電流を片方向しか流さない素子で二つの半導体で構成されていますが、トランジスタはこのダイオードを二つ、向かい合わせにしたような構造となっています。

二つのダイオードですからそのままではこの端から端まで電流が流れません。テストで確認してみてください。NPNトランジスタ(例えば2SC1815)では、ベースにプラスを加えたときにエミッタとコレクタのどちらにも電流は流れますが、エミッター-コレクタ間では電流は流れません。

これがPNPトランジスタ(例えば2SA1015)では極性は逆になりますが、やはりエミッター-コレクタ間では電流が流れないことには変わりはありません。

しかし、ベースからエミッタに電流を流すと様相は一転します。図2-1-2の実験回路を写真2-1-1のようにブレッド・ボードで組んでみてください。抵抗を介して電池からベースに電流を流しているのが特徴です。こんどはコレクター-エミッタ間に電流が流れましたね(写真2-1-2)。これがトランジスタの最大の特徴です。トランジスタというのは、ベース-エミッタ間に電流を流すと、その電流の数十~数百倍の電流がコレクター-エミッタ間に流れる素子ということになります。

ここで注意を一つ。導通テストをするときにテストの極性に注意してください。一般に市販されているテストでは導通試験時にのみプラスとマイナスが逆になります。

さて、表2-1-1にいろいろなトランジスタを紹介しておきます。2SA~2SDで始まる品番を持つものが本書が対象にしているバイポーラ・トランジスタと呼ばれるもので、電流が電流をコントロールします。2SJ, 2SK, 3SKの品番を持つものは電界効果型トランジスタ(FET)と呼ばれていて、電圧が電流をコントロールします。

なお、バイポーラ・トランジスタの場合、“低周波用”の品種は直流と低周波に使い、“高周波用”の品種はそれに加えて高周波でも使用できます。また、FETでは型番は足の数-1(事実上ゲート数

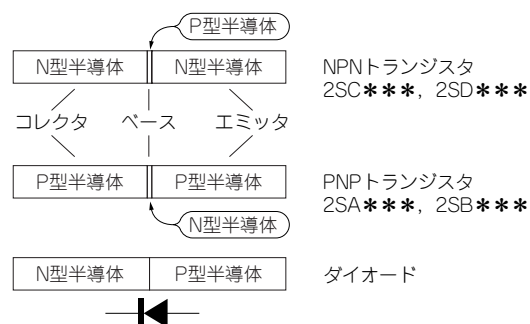
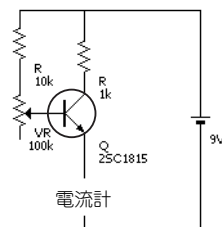


図2-1-1 ダイオードとトランジスタの構造



ベース電流(A) = Rの両端電圧(V) / 10k(Ω)  
コレクタ電流 = エミッタ電流 - ベース電流

図2-1-2 コレクタ電流とベース電流を比較する実験回路

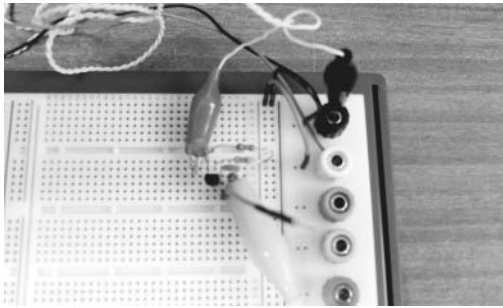


写真2-1-1 ブレッド・ボードで実験回路を組んでみる

コレクタ電圧  
9Vでときど  
き0V

ベース電圧  
この入力のパ  
ークでコレクタ  
電流が流れた(画  
面表示は5V/div  
だが、実際は0.5V/  
div)

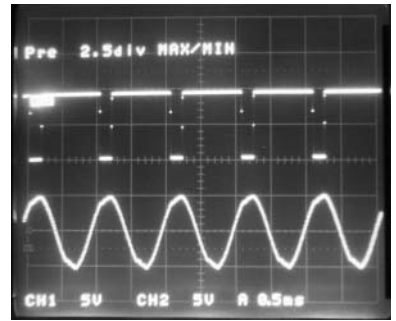


写真2-1-2 バイアス抵抗 $R_B$ を外して無理に強い(高い)入力電圧を入れてみると、1V付近の入力のときにコレクタ電流が流れた

表2-1-1 トランジスタおよび主要FETの型番と特徴

トランジスタの種類	最初の3文字	特 徴	回路記号
バイポーラ・ トランジスタ	2SA	PNPの高周波用	
	2SB	PNPの低周波用	
	2SC	NPNの高周波用	
	2SD	NPNの低周波用	
電界効果型 トランジスタ (FET)	2SJ	PチャネルのFET ゲートは一つ	J-FET     MOS-FET
	2SK	NチャネルのFET ゲートは一つ	J-FET     MOS-FET
	3SK	NチャネルのFET ゲートは二つ	MOS-FET

+1)と極性だけを表しています。似た型番(例えば2SK19と2SK61と2SK241)でも、内部の構造は同じではありません。

## ■ 固定バイアス回路による増幅

### 増幅の予備実験

トランジスタの基礎固めはこれで終わりです、いよいよ増幅回路の実験に入るのですが、その前に一つだけ最後の予備実験につきあってください。クリスタル・マイクとクリスタル・イヤフォンを直結する、これだけの回路です(図2-1-3)。マイクが入手できない場合はほかの種類のマイクではなく、クリスタル・イヤフォンが代用できます。この場合クリスタル・イヤフォン二つを直結する形になります。

マイクで話すとイヤフォンからなにか聞こえますか？え？話した声がじゃまになって何も聞こえない？それでしたら、マイクの前面を爪で軽くこすってください。マイクが正常であればイヤフォンからはガリガリという音がかすかに聞こえてくるはずです。

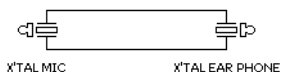


図2-1-3 マイクとイヤフォンを直結してみる

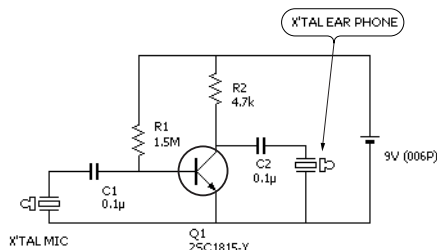


図2-1-4 固定バイアス増幅の実験回路

これは典型的な無電源型の電話装置の構成です(注)。クリスタル・マイクは比較的感度の良い発電型のマイクロフォンで、音エネルギーを電気エネルギーに変換してくれます。また、クリスタル・イヤフォンは高感度なイヤフォンですが、約10mVしかないマイクロフォンの音を明瞭に再生するほどの感度はありません。そこで、トランジスタによる増幅回路を入れてみることにします。

### 増幅回路を組んで動作させてみよう

まずは図2-1-4の回路を組んでみてください。図2-1-5がブレッド・ボードによる実体配線です。

マイクをつなぐ入力端子があり、イヤフォンをつなぐ出力端子があります。電源もありますが、これは9V乾電池を使ってください。安価なマンガン型で大丈夫です。そしていくつかの抵抗やコンデンサがその周辺に付いています。ここで、先ほどと同じようにマイクロフォンに向かって話してみてください。いかがですか？さきほどとは比べものにならないくらい、はるかに大きな音量で音が聞こえたと思います。写真2-1-3で示すように信号の変化を大きくする作用、これを「増幅」と呼んでいます。

### 固定バイアスの各 부품の働き

さて、ここで回路の各 부품の役割について考えてみましょう。

まずはトランジスタ、これは入力電流を大きくする働きをします。とはいっても、何も無いところで大きくすることはできません。電源が必要です。前項でベース-エミッタ間よりもはるかに大きな電流がコレクター-エミッタ間で流れるということを確認しましたが、これは実は電流の変化が大きくなったのと同じことです。つまり、トランジスタは、電池からの電流をベースに流れた電流に応じて変化させたわけです。

次に入力につながれたコンデンサ $C_1$ に注目してみます。トランジスタには直流のバイアス電源(電池)が接続されています。そこで電源からの電流に変化が生じることで増幅作用が行われるのですが、ここで電源からのバイアス電流が入力端側に逃げてしまってもはいけません。入力のコンデンサはこのためのもので、

またコレクタには抵抗 $R_2$ が接続されています。これは難しくいうと、コレクタの電流変化を取り出

(注) 実際の電話装置ではもっと感度の良いカーボン・マイクが使われていましたが、これには電源が必要でした。またダイナミック・マイクでも同様の実験が可能ですが、電源はいらぬものの感度は低くなります。なお、カーボン・マイクはエジソンが、ダイナミック・マイクはベルが電話を発明したときの産物です。

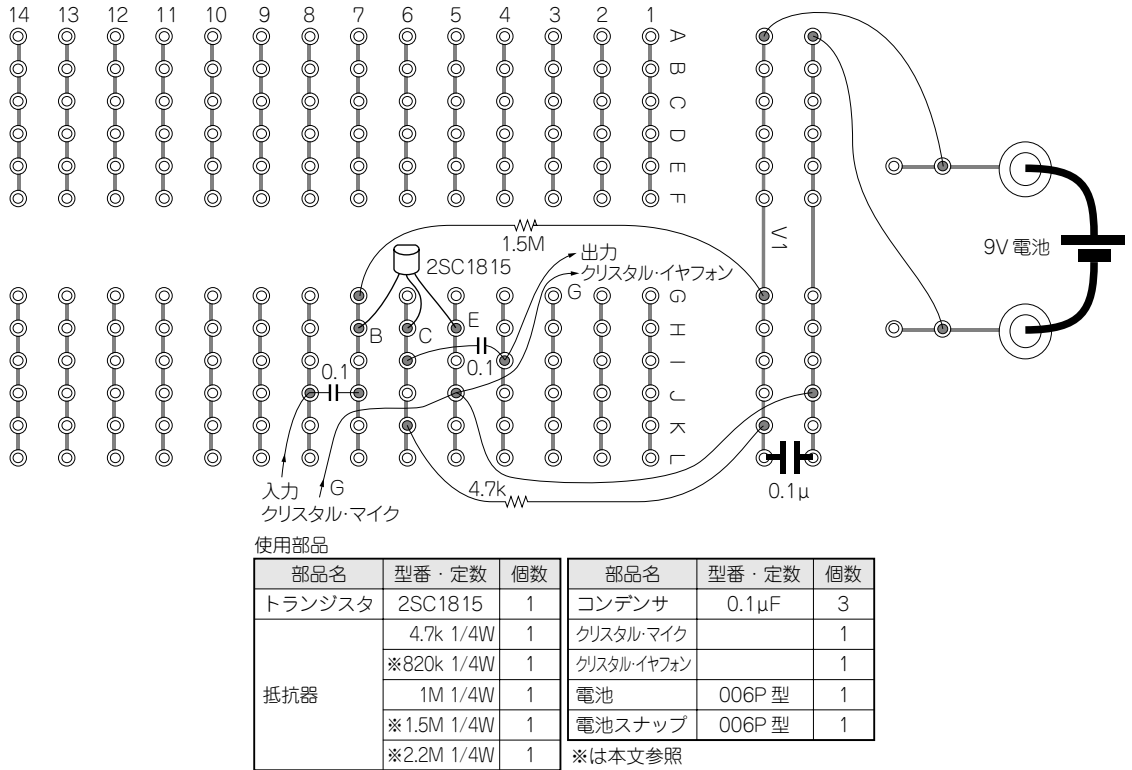


図2-1-5 固定バイアス増幅回路の実体配線図

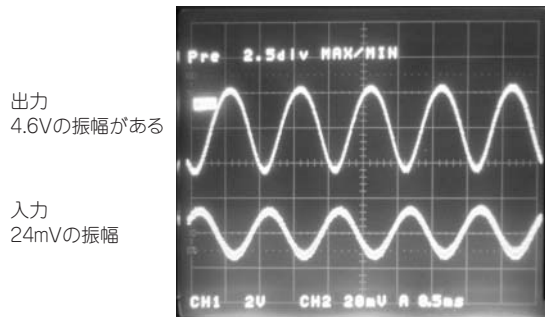


写真2-1-3 固定バイアス増幅回路による信号の増幅のようす

すためということになるのですが、それだけではわかりにくいと思います。

電流量が変化する信号は、直流と交流の両方の電流を含んでいます。この抵抗がないと、直流分も交流分も電源側に行ってしまいます。しかし抵抗があれば、どちらの電流もとりあえずそこを流れることをちゅうちょします。このため、コンデンサ経由で逃げ道のある交流成分(信号成分)はイヤフォン側に信号が出力され、コンデンサで阻まれてしまう直流成分(電源成分)は嫌々ながらもこの抵抗を通ります。