

読んで楽しい？

# ヤマネコ講座

お代は要らない辻説法。投げ銭放り銭はおことわり。  
いつ始まるかわからない。次がいつかもわからない。  
だからヤマネコ。ネコの見世物と間違えても一向に構わんが。  
……あっ、坊や、その線から入っちゃいけないよ。  
末は博士か大臣か。偉くなりたきゃおうちにお帰り。  
こんなの読むと、ふた親泣かせの極道にしかなれん。

さあさあ、御用とお急ぎでなければ読んでおくれ。  
テーマがあっても脱線自由。  
話がどこへ行き着くやら書き手も一向に存せぬ。  
書き手も楽しむヤマネコ講座。

さてはて、取りいただきました今回のテーマは

## 「インピーダンスと信号伝送とノイズ」

なにっ？ 難しそうだって？ たしかにな。  
しばし待たれい！  
難しいことを難しく書くだけなら普通の馬鹿にもできる。  
この記事の書き手が普通の馬鹿かもっと凶抜けた馬鹿か、  
お立会い諸氏にご判断いただければさいわい。  
是非ご一読を願いたい。

## 完全に正しくはないが、それほど間違ってもいない説明

幅が 30 センチ、長さ 5 メートルの板が地面に置いてある。あなたはこの板を踏み外さずに渡りきれぬか？

酔っ払ってでもいなければ、多くの人は簡単に渡りきるだろう。勘がよければ目隠ししたって大丈夫かもしれない。だって板は地面に置いてあるのだから。

じゃ、次に同じ板を地上 10 メートルに持ち上げる。今度はどうかな？ 板の幅や長さは同じ。渡れるはずだよな。「渡れるよ」と言った人は鳶職に向いている。命綱もなく東京タワーを建てた人たちだ。私は二階の屋根に上がるのも怖いから、地上 10 メートルは遠慮する。

どうして怖いのだろう。さっさと渡ってしまえば同じじゃないか、とも思うのに。あなたは「本能だよ」と言うかもしれない。じゃ、何故本能は高いところを嫌うのか？ 人間がそんな本能を獲得したのは理由があるはずだ……多分だけど、高いところで何かあったら大怪我につながるから。地面でなら、たとえころんでも、まず救急車のお世話にはならない。だけど 10 メートルだと救急車より霊柩車に乗ることになりかねない。だから高所は怖いとプログラムされているのではないか。

さらに、高所だとそれ以外の要素も「怖さ」を増す理由になる。たとえば風だ。地上なら風が吹いてもたいして気にならない。でも 10 メートルの高さでは体がフラつく。同じ風速でも板の高さによって影響が違って来る。まして台風並みの強風で、地上でも歩くのがやっとなら、高所では絶対に歩けない。

はい、これがラインインピーダンスです、なんて言ったら納得してくれる？

人間も電気信号も高いところは苦手なのだ。電気信号にとって「高さ」とは地面（アース）からどれだけ離れているかのこと。地面が基準になるのは人間と同じ。ただ、その高さがメー

トルではなく抵抗値のオーム( $\Omega$ )になる。ん？いきなりわかんなくなった？ いいのいいの、ここではメートルも  $\Omega$  も同じと思って構わない。どっちも地面からの高さだし、詳しいことは後で説明するから。

さて、身近にある信号ラインで地面から低いというか地面に這っているようなものにスピーカーケーブルがある。そう、床を這ってるでしょ、違い違う、電気的な意味でだ。ケーブルの両端はスピーカとアンプにつながっている。多くのスピーカのインピーダンスは  $8\ \Omega$ 。この数字の意味は、スピーカの片方の端子を地面につないだとすると、もう片方は  $8\ \Omega$  になるということ。実際、ほとんどのスピーカは片方の端子をアースにつないで使っていて、信号は地面から  $8\ \Omega$  だけ上に離れた線で伝えられる。

ケーブルのもう片方はアンプの出力端子だ。こっちはもっと低いのが普通で  $1\ \Omega$  以下（真空管アンプだとスピーカと同じ  $8\ \Omega$ ）。つまり、このケーブルを通る信号は  $1\ \Omega$  以下の場所から出て  $8\ \Omega$  で受け取られる。別の言い方をすれば、このスピーカラインのインピーダンスは最大でも  $8\ \Omega$ 、ということになる。これはメチャメチャ低い。わかりやすく前の幅 30 センチの板で言えば、高さ 0.1 ミリ以下。

地上 0.1 ミリなら私だって渡れる。電気信号も安心して通れる。少し風が吹いた程度では影響など無いに等しい。電気信号にとっての「風」は、外部から襲い掛かるノイズだが、 $8\ \Omega$  という安定した高さのケーブルなら、かなりの風（ノイズ）にもフラつくことなく、電気信号は無事に通過できる。実際、 $8\ \Omega$  のスピーカラインを揺るがすほどのノイズにはなかなか出会えない。あるとすれば超大型の太陽フレアくらいのもだろう。

低いインピーダンスの信号ラインはノイズに強い、と体感してもらえれば、まずは OK。

体感的に理解しやすいよう、 $1k\ \Omega = 1$  センチで換算。

じゃ逆に高いインピーダンスのラインとはどういうものだろう。身近なところではギターとアンプをつなぐシールド線が好例。

ギター内部の構造は大体ご存知だろう。ピックアップから出た信号はトーン回路や出力レベルの VR を通って外に出てくる。詳細は省くとして、結局ギターの出力インピーダンスは  $300k\ \Omega \sim 500k\ \Omega$  くらい。つまり地上（アース）から  $300k\ \Omega$  という高い場所から出てくる。幅 30 センチの板でいえば 3 メートルの高さだ。落ちれば骨折。できれば渡りたくない。

さらに悪いことに、楽器アンプの入力インピーダンスは一般的に  $1M\ \Omega$  ( $1000k\ \Omega$ ) もある。これは高さ 10 メートルに当たる。

つまりギターとアンプをつなぐケーブルは地上 3 ~ 10 メートルの高所に張られていると思えばいい。電気信号は無事に渡りきれぬか？

電気信号は人間より度胸がいい。「高すぎて渡るの遠慮します」とは絶対に言わず、常に勇猛果敢にチャレンジする。風（ノイズ）さえ吹かなければ信号は見事に渡れるのだが、ノイズがあればやっぱり揺れる。そして揺れたままアンプに入ってくる。信号にノイズが乗るとは、こういうことを言う。

また、同じ強さの風（ノイズ）でも、地上から高いほど揺れは大きくなる。地上 5 メートルより 50 メートル ( $500k\ \Omega$  より  $5M\ \Omega$ ) のほうがノイズの影響を受ける。だからギターのケーブルに限らず、信号を伝送するラインはなるべく低いインピーダンスであってほしい。

それなら機材や回路の設計を少し変えて、全部の伝送ラインを  $1k\ \Omega$  以下にしたらいじゃない。はい、その通り。遠い昔、今から 60 年くらい前までは伝送ラインのインピーダンスは  $600\ \Omega$  で統一されていた。送り出しインピーダンスは  $600\ \Omega$ 、受ける側のインピーダンスも  $600\ \Omega$  と、何が何でも  $600\ \Omega$  だった。これは電話の技術からの借り物で、「電圧」伝送ではなく「電力」伝送という考え方から来ていて、ノイズ面では大きなメリットがあった。

しかし時代は変わる。増幅素子（真空管、トランジスタなど）の性能が良くなって、簡単なルールさえ守っていれば十分に良質の信号伝送が可能になると  $600\ \Omega$  仕様はすたれて「電圧」伝送が標準になった。これは送り・受けのインピーダンスを同じにせず、低いインピーダンスで送り出し、高いインピーダンスで受けるという考え方。  $600\ \Omega$  仕様では送り出した信号電圧の半分しか伝送できないのに対して電圧伝送では、うまくやれば 99% の電圧を受け取れる。信号電圧が大きくなれば、その分ノイズよりも大きな信号を送れるわけで（S/N 比）、今の回路はすべて電圧伝送になっている。

いけね、また深追いしちまった。ま、んなわけで、システム全体を低いインピーダンスにするのは現実的に不可能なのだ。もちろんノイズに敏感な回路部分、たとえばアンプの入力直後の回路などでは、必要に応じてインピーダンスを少しでも低くする小細工は弄している。また、楽器に内蔵するバッファは楽器の送り出しインピーダンスを画的に低くして、卓のライン入力に直接つなげば低インピーダンス伝送になる（けどね、そうすると音が変わる可能性も大。もしかすると楽器の音は高インピーダンスラインによるものなのかもしれない）。

最後に現実に即した非論理的な話をひとつ。ラインインピーダンスはどのくらいまで安全と見ていいのか？ これは、その場所がどのくらいノイジィかで全然違って来る。強烈なノイズが飛び込む、たとえばラジオ放送塔の近辺では  $1k\ \Omega$  だって危ない。しかし、そういう特殊な場所でなければ、あくまで私の感覚でいうと  $10k$  以下なら絶対安全、 $100k$  あたりで黄色信号が点滅を始め、 $500k$  以上なら赤、 $1M$  になれば赤+サイレンが鳴る。そんな感じだ（異論があっても聴こえません）。

以上、ザックリまとめると、人間も電子信号も高いところは危険だから極力避けたい、どうしても高所に上るなら、風に吹かれてフラつくことを覚悟せよ、ということだ。

## ラインインピーダンスって何だ？いきなり結論編

前の2ページ、文字ばかりでごめん。図を入れるつもりが、例によって文章でメいっばいになってしまった。図といってもマンガだけだね。

それと一番低インピーダンスのラインを書き忘れていた。それはアース（グランド＝GND）の線で、通常は0Ωと決まっている。それやそうでしょう、0メートルの高さは地面から何メートルでしょう？と言われればゼロに決まっているから。少なくとも三次元の空間ではそうなる。ただ、実際の現場でアース線がやたらと長くなると両端に電位差が生じて、必ずしも0Ωにならないこともある（ノイズの嵐！）。

アース線と同様に、直流の電源ラインも理論的には0Ωと考える。ここが理解しづらいところ。ひとつの考えとして、システムの「どこを基準の0Vとしてもいい」というのがあった（実用講座）。エフェクタの9V電池のプラス側を0VのGNDとすれば電池のマイナス側は-9V。電圧の高い側でもアースになりえる。

もうちょっと電気的に見れば、プラスの電源ラインとアースの間には、起電力（電池）しかない（図1）。ここに抵抗の要素はまったくない。だからインピーダンスの面では電源ラインもアースと同じ扱いになって0Ω。……と書いたけれど、これは理想論。現実には内部抵抗やら何やらで少し違うが、それでも電源ラインのインピーダンスを0Ωと考えるのは電気屋の常識になっているし、実用上支障はない（そうじゃないと困る）。だから下図は正しいとしよう。

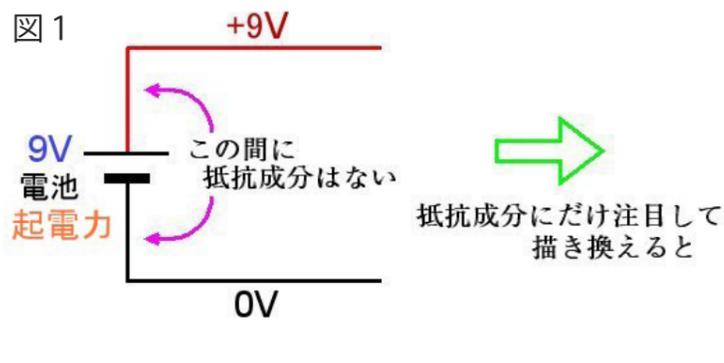


図1ではいきなり電池が消えてしまった。こういうことをするから電気の教科書は嫌われる。よく言えば具象から抽象への転換なのだが、その転換が著者の頭の中だけで行なわれ、読者が付いて行くには多大な努力が必要になる。つまり著者にはラクでも、その分読者が難儀する。そして大体の読者はイヤになって本を閉じる。まったくもって紙の無駄だ。

ここではデータの無駄ではなくすため、もう一度説明させてほしい。9Vの電池は理想電池（この世に存在しない）であって、機能として起電力だけを有している。マイナス極に対してプラス極には9V高い電圧が出る。電池の内部には抵抗もコンデンサもコイルも無い。つまり別の言い方をすると、1本の電線があって、一端を0Vとすると、もう一端には+9Vが出ている。ね、こんな電池ないでしょ。

だから右図のように書き換えできるわけ。この電線は両端の電位が違っていても「つながっている」から、マイナス側がアースに落ちてインピーダンス＝0Ωなら、それにつながるプラス側も同じ0Ωになる、という寸法。

面倒くさいよね。だけど電気で、たとえば電圧、電流、抵抗値みたいな、要素のひとつだけを考える場合、他の要素まで描きこむと煩雑になってかえってわかりにくい。で、こういった「〇〇に注目した等価回路」が出てくる。等価回路は慣れなきゃワケわかんないし、慣れたところで筆者の論理展開や文章表現がまずいと、やっぱりわかんない。自戒せねば。

さて、インピーダンスがそもそもどんなものの説明は、この際置いておこう。みなさん知りたいだろうけど難しい原理の説明など嫌いでしょ？だから後回しにする。

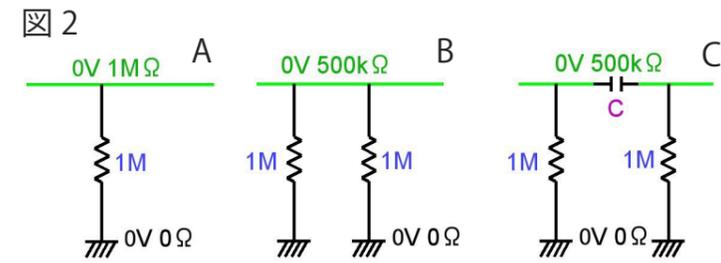
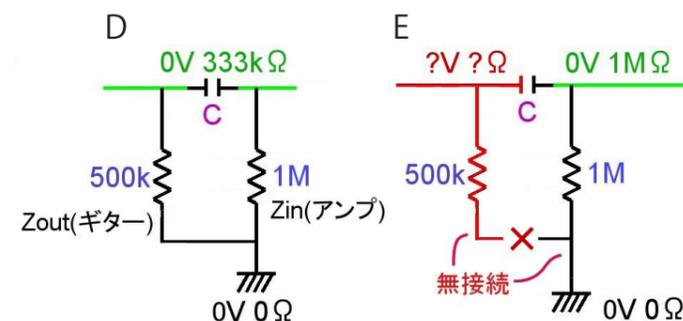
それより「ギターとアンプをつなぐシールド線のインピーダンスは高い」と言われる理由を説明しよう。

右の図2が基本の基本。緑色の線が信号線と思ってほしい。まずAはアースから1MΩの抵抗で支えられている。このとき信号線はアースより1MΩ高い位置にあるので、この信号線のインピーダンスは1MΩだ。そして、どこからも電圧は加わっていないからアースの電圧と同じ0Vになる。これが一番簡単なラインインピーダンス。いいかな？

次にBは少し現実になる。2本の1MΩのアースにつながっているから、ラインインピーダンスは1MΩの2パラで500kΩ。このように実際のラインインピーダンスは、信号線からアース（や他のインピーダンス0の場所）につながっている抵抗等の並列値になる。またBは楽器とアンプの関係を最も簡略化した図でもある。左側の1MΩが楽器の出力インピーダンスで、右側の1MΩがアンプの入力インピーダンスと思えば大体合っている。

もっと実際に近いのがC。楽器（ギターならピックアップ）とアンプ（の回路）の間にはコンデンサが少なくとも1個は入っている。こんな場合はどうなるのか？

実用講座で書いたようにコンデンサは交流は通すが直流は通さない（ように見える）ことをご存知だろう。図で緑の線を通るのは音の信号＝交流だ。そして「インピーダンス」とは交流に対する抵抗のこと。じゃ、どうなる？



Cが十分に大きければ（わあ、教科書風！）交流の信号はコンデンサなんか無いものと同じでスラスラと通ってしまう。ということは信号にとってCは針金と同じになるから無視していい。で、この信号線のインピーダンスはBと同じ500kΩになる。さて、十分に大きいとはどういうことか？コンデンサの容量が大きいほど低音が通るのは何となくでも知っているだろう。どれほど低い音まで通すかはコンデンサの容量と（この場合は）ラインインピーダンスで決まる。これは公式があるので計算できるけれど、今はパス。図の定数なら0.1μくらいを入れておけば大丈夫。

図2の続きは左下。またしても具象を抽象化した等価回路で、Dはギターがアンプにつながっている様子。500kはギターの出力インピーダンス、1Mはアンプの入力インピーダンスのつもり。抵抗値は違うが上のCと同じだ。このとき信号ラインのインピーダンスは500kと1Mのパラで333kになる。ここでのキモは、全体の電位を決めるアースは0Vで、信号線の電位（0V）は2本の抵抗の根っこでしっかり押さえられていることだ。信号は無事に伝わる。

ところが、シールド線のアース側が外れて、ギターとアンプのアースが切れてしまったら、Eになる。コンデンサは直流を通さず、0Vも直流だ。とすれば1Mの側はアースが効いていて信号ラインは0Vになるけれど、コンデンサの反対側はアースと切り離される。つまり糸の切れた風。自分自身の電位がわからなくなり「私はどこ？」状態。500kも、ただ信号線から垂れ下がっているだけで何の仕事もしていない。赤い線の部分は非常に高インピーダンスになるので、どんなノイズも簡単に食らって信号はノイズの中に埋もれる。経験あるでしょ？

ここで一度図1に戻る。というのは右の図3のような回路も多くあるからだ。信号線が+9Vの電源ラインと0Vのアースから、同じ1Mの抵抗で宙吊りになっている。この信号線の電圧は電源電圧の半分の+4.5Vなのわかるよね？そして緑の線のインピーダンスは1Mの2パラで500k。抵抗は1Mに限らず1kでも47kでもいい。ただしもちろん抵抗値によってインピーダンスは変わる。図1はこの伏線だった。+9Vの電源ラインも0Ωだからこうなるわけ。

また、上下の抵抗値が違って構わない。たとえば上が10kで下が20kなら、緑のラインの電圧は+6Vでインピーダンスは6.6k (10k//20k)。このラインに信号を通すこともできる。9V単一電源のエフェクタでは各所でこんなことをしているし、回路はちょっと違うけど卓のファンタム電源の基本も同じ。

そろそろ頭が痛くなってきた？それが普通です。数字がいっぱい出てきて、単位がVだったりΩだったり。これを完璧に分けて考えるなんて最初は無理だ。しかもラインの電圧は直流で、通過する信号は交流。一体どうなってるんだ？そう、このあたりがアナログ回路で一番

図3

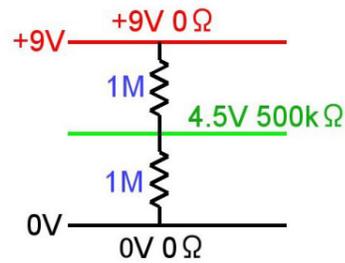
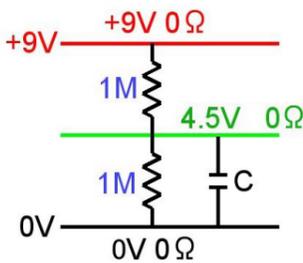


図4



難しいんだけどね。

無理を承知で先に進もう。図4は緑の線からコンデンサが1個、アースにつながっている(リクツでは+9Vラインにつながっても同じ)。そして、このコンデンサで回路の意味はまるっきり違って来る。ところで、こんな形の回路、どこかで見たでしょ。そう、9V単一電源のエフェクタで4.5Vのバイアス電圧を作る部分。

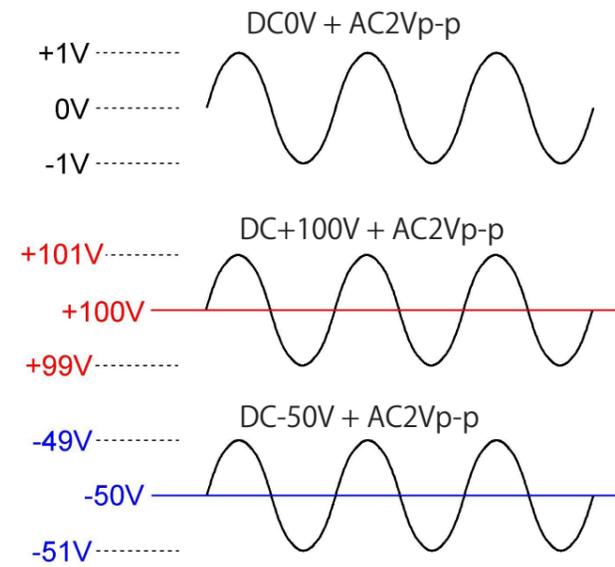
十分に大きな(また出た!)容量のコンデンサを入れると、緑の線を通ろうとする交流(信号等)をすべてアースに流してしまい、直流だけが残って+4.5Vの電圧だけのラインになる。この線のインピーダンスは0Ω。詳しくは下の囲みを。実際のバイアス発生回路では、ごく一般的にいて抵抗には10k~100kくらいを使い、コンデンサは10u~1uくらいにする。

### この場合、交流って？

諸君に質問。あなたは今、海拔何メートルの場所にいるか？即答できるのは船に乗ってる人だけだろう。誰もそんなこと気にしてないし、日常生活にはさして重要なことでもない。

交流信号も同じで、右の一番上は皆さんご存知の0V(通常はアース)を中心にプラス側に1V、マイナス側に1V振れている交流信号だ。この信号の大きさを簡単に言うと、振れ幅が2Vだから「2Vp-p」になる。交流では、この振れ幅だけが大切で、たとえ+100Vの直流上で振れていても、-50Vの直流上で振れていても、交流としてはまったく同じ2Vp-p。だから、ひとつの見方として、振れている中心の直流電位を無視しないと事態はとて面倒になる。

別の言い方をすると、真ん中の図なら2Vp-pの交流に「+100Vのバイアスがかかっている」



とも表現できる。あるいはDC+100Vに2Vp-pの交流が畳重(ちょうじょう)されているともいう。言い方は時と場合でいろいろあるけれど、現象としては同じ。惑わされてはいけない。

### 交流と直流の流れ

煎じ詰めればコンデンサが事態を複雑にしている。交流は通すが直流は通さない(ように見える)パーツが回路にあることで、直流と交流の流れが違って来る。それが1枚の回路図に混在しているわけだから、慣れていない人には理解不能。といて、コンデンサを一切使わずに音の回路はできないし、回路図を交流用、直流用の2枚に分ければ、もっと意味不明になる。

下図は大正琴プリアンプ、FET版・TC無しの回路。試しに直流と交流が流れる様子を描いてみた。

まず直流の流れを追ってみよう。9Vの電源から真下のFETに流れる。これはFETを動かす電源だ。電源から左に分岐して100k抵抗2本を介してアースに落ちている。これはFETが正しく増幅するように、信号に直流を加えるためのバイアス発生回路。9Vを2本の100kで分圧してBの箇所4.5Vを得ている。BからAには4M7を通して電圧が加わる。AはFETの入力に当たるゲート端子だ。FETの下側の端子(ソースという)からはアースに向けて直流が流れる。アースとの間には4k7の抵抗があるため、ソース端子の電位はアースよりも上がっている。

この辺で交流も混ざってくる。Aのゲート端子には入力からの交流(音の信号)も加わる。ということは、その信号は4M7を逆流してB

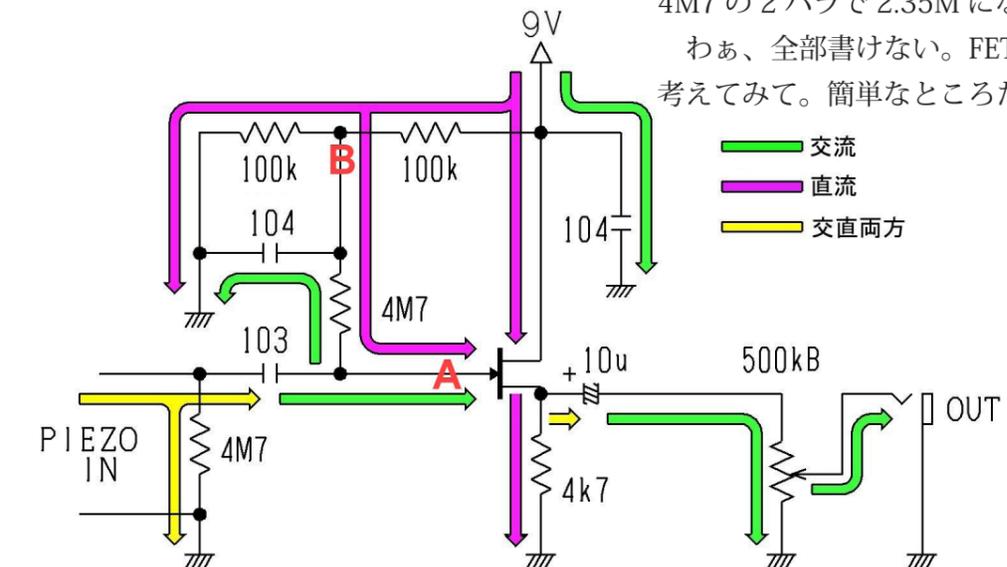
に行かない？はい、放っておけば行きます。もしも音の信号が電源の直流に混ざり込むと、結果として発振などの異常が起きて手が付けられなくなる。だからBは完全な直流でなければならない。そこでBとアースの間に104のコンデンサを入れて、B地点の交流だけをアースに流してしまう(すべてのパーツには役割があるのです)。またこの104は電源に乗ってくるノイズもアースに逃がす。

さあ、疑問に思った人はいるかな？せっかくFETの入力端子(ゲート)に来た信号もアースに流れてしまうんでは……。いえいえ、4M7の抵抗を忘れてはいけません。音の信号がアースに流れるとしても、それは4M7という巨大抵抗を通り抜けた分だけ。ものすごく小さな電流だから、そんなのは無視していい。

次に、PIEZO INから入ってきた音の信号経路は、103のコンデンサまでは交流も直流も区別無く通る。そして103で直流成分がカットされFETのゲートに入る。

さて、肝心のインピーダンスについて見てみよう。方法は簡単、PIEZO INから右側を、自分が信号になった気分でのぞいてみて。まず最初の4M7でアースに落ち、AとBの間の4M7とそれにつながる104でアースに落ちる。ということは、2本の4M7でアースに落ちているから、この回路の入力インピーダンスは4M7の2パラで2.35Mになるでしょ。

わあ、全部書けない。FETの出力側は自分で考えてみて。簡単どころだから。



## ラインインピーダンスの実際

ギターやベースにバッファを内蔵すると「ノイズが減って音が太くなった」とか「透明感が増した」という感想がある一方、「ノイズは少し減ったが音ヤセした」「音が下品になった」などの意見もある。はたしてバッファに効果はあるのか？

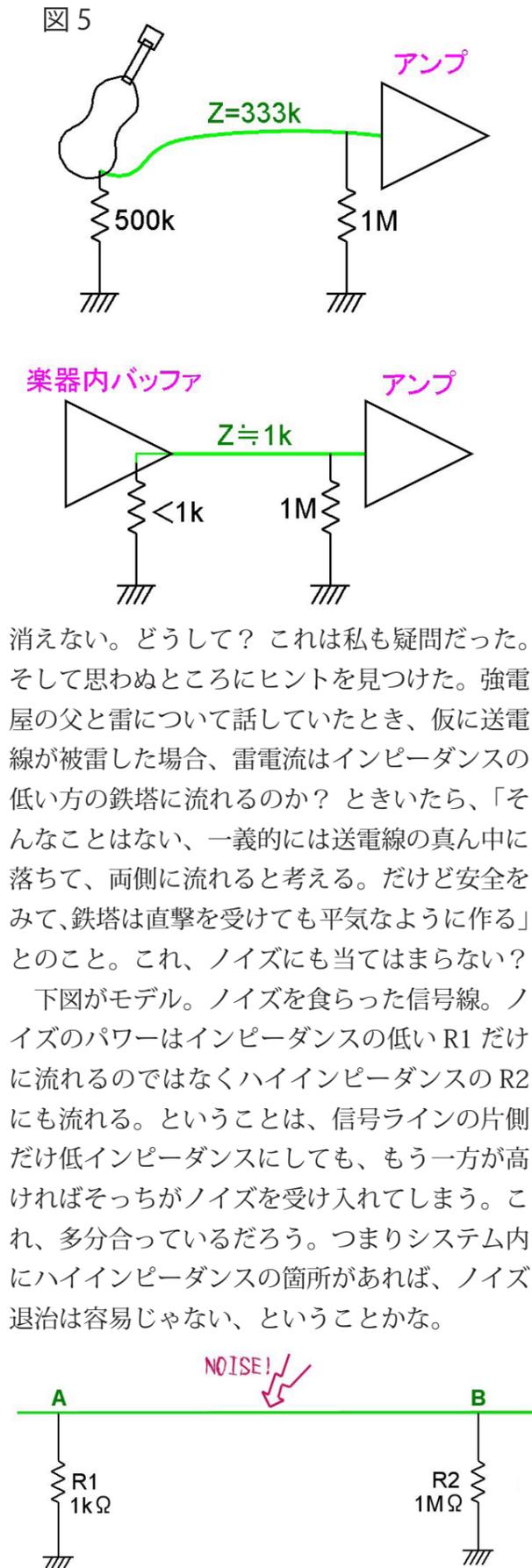
バッファといっても千差万別。まず使う石によって音は大きく変わる。あくまで私の印象だが FET オペアンプでは音が硬くなる傾向があり、特に 072 は許し難く、FET1 石の方がまだマシ。トランジスタ入力の 4558 か 4559 あたり（どちらも  $Z_{in}=1M$ ）がよろしいかと思う。消費電流さえ気にしなければ FET + 5532 系がベストではないか（もちろん電池駆動です）。

どんな石を使っても音は変わる。自分の好みの方向に変わる石を選べば音質の問題はクリアする。それには自作しかない。なお、周辺の C や R を「高級品」に交換したところで小手先の旦那芸で本質的な意味はまるで無いからね。

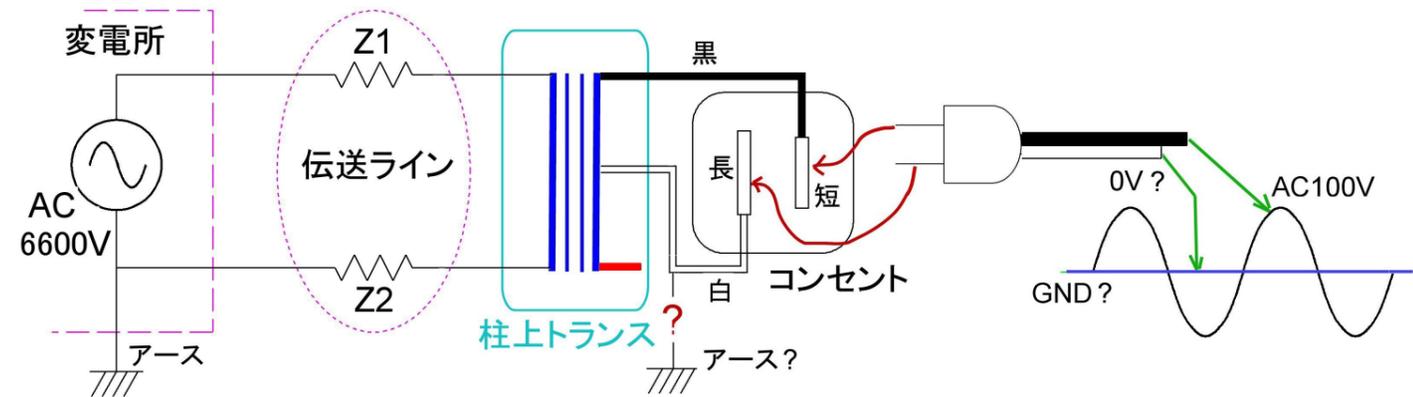
次にノイズが減る仕組み。図5上は、ただ楽器とアンプをつないだところ。楽器の出力インピーダンスを  $500k$  とすると、ラインインピーダンスは  $1M$  とのペアで  $333k$  になる。ちょっと高いな。近くにノイズ源があれば見事に食らってしまうだろう。

図5下は楽器にオペアンプのバッファを入れたところ。ごく普通のオペアンプの出力インピーダンスはとても低く  $1k \Omega$  以下、実際には  $100 \Omega$  と考えてもいい。だから単純に計算するとラインインピーダンスも  $1k$  以下になる。これは凄い。ほとんどスピーカケーブル並みではないか。どんなノイズも怖くない！とも言い切れないのがアナログ信号の面倒臭さ。いや、常識で考えてもわかる。もしもシールド線を 50 メートルも引き回したら、いくらバッファを入れても安全とはいえない。何故？「多分どこかでノイズを食らうだろう」という漠然とした不安は、まさにその通り、大当たりだ。

計算上は低インピーダンスなのにノイズは



## AC100Vの話



次は入出力インピーダンスの話をしようと思っていた。でもその前に、世間ではあまりきちんと説明されていない電灯線（AC100V）の基礎を書く気になってしまった。50/60Hz とはいえ音の信号と同じ交流だし、変電所から延々と伸びている送電線にはノイズも乗ればアースの問題も生じる。つまり、電灯線の知識はそのまま音声信号にも通用するはず。

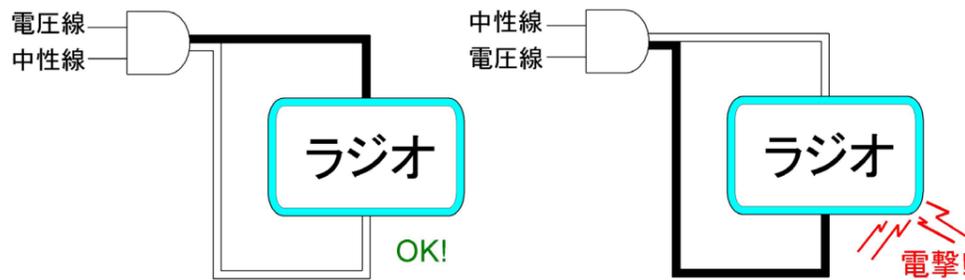
電力会社が目指している理想的な伝送波形は上図右側のようにアース（大地）と同じ 0V を中心に上下に振れるサイン波。実現しているだろうか？ オシロをきちんと使える人はコンセントで観測すれば一目瞭然。「これって、サイン波ともいかなあ」程度の惨憺たる波形のことがほとんどだ。サイン波が崩れれば倍音が出てきてノイズ源にもなる。しかも波形の中心電位は 0V とは限らない（これはアースをしっかり取って観測しないとわからない）。

何故こんなに悲惨なことになるのか。確かに変電所からは、片方の線をアースにして、もう片方にはアースを中心に上下に振れる 6600V の美しい波形が出ている（実際は三線式）。それが長い長い電線を伝わるうちに様々なノイズを食らう。同じ送電線を使う工場で大きなモーターが回れば、モーターのオンオフ時にはパルスが電線に逆流するし、ネオンサインが点灯すれば放電ノイズが流れ込む。電気を使うあらゆる機器がノイズを発すると考えるべきだ。送電線は電力の供給元であると同時にノイズのゴミ

捨て場にもなっていると言ってもいい。そんなこんなで伝送波形は崩れたサイン波になり、これ自体がノイズ源になってしまう。では振幅の中心電位はどうだろう。もちろん 0V ではない。いくら地続きでも変電所のアースと我が家のアース電位が同じはずがないから。そこで、電柱の上にあるトランスで AC6600V を AC100V ( $\times 2$ ) に変換すると同時に、二次側の真ん中をアースに落として地面と同電位にしようとしている。しかし努力は買うが上手くいっているとは思えない。もしもきちんとアースされていたらコンセントの片側は地面と同電位で機材のアースに使えるはずだが実際はダメ。絶対にダメだ。使用上はハイインピーダンスのアース？と考えるべきだろう。

とはいえトランスで 100V にはなっている。それに 3 ページ前の「この場合、交流って？」で書いたように、肝心なのは振幅の幅だし、二線の間の電圧だから、これでいいのだ。

電灯線について補則をいくつか。コンセントの穴は左右で少し長さが違う。長い方がアースにつながっているはずの中性線という。屋内配線では、ここに白い線材を使うことになっている。電圧が来ている線を電圧線といって、驚くことに線材色は黒か赤（日本の標準）。屋内配線で黒はアースではない！アースには緑か緑と黄色の縞模様が使われる。ただ、工事屋がテキトーだと白と黒が逆になっていることもある。まあ、屋内配線には手をつけられない方がいい。



通常、私たちはAC100Vの極性など気にしていない。コンセントにACプラグをどっち向きに差そうが同じ。電球も掃除機もアンプだって正常に動く。リクツではその通りなのだが。

真空管時代の終わりごろ、トランスレス方式という、今なら保健所だって許可しないだろう家庭用ラジオがあった。製造・流通コスト削減のためにパワートランスを使わず、AC100Vをそのまま整流して電源にするもの。プラスチックの成型技術が進歩して、ラジオのキャビネット裏側まで全体を覆った総プラスチックになり、ユーザーがラジオの金属部分に触れることは絶対にないはず、という前提だ。

ところが、究極ともいえるコストダウンのためか、VR類のツマミがよく抜けた。直そうとしてVRのシャフトに触れると50%の確率で100Vの電撃を食らう。心臓の弱い人が死んだこともあるらしい。VRだけでなく、ラジオの金属部分ならどこでもビリビリくる。

上の図が電撃の原理。簡単に言えばコンセントから来た2本の線は、片方が回路の高圧ライン、もう片方が基準電位、つまり回路にとっての「0V」になる。この0Vは一般的にはアースのことだが、ラジオは地面から浮いている状態なので、実際のところ何Vでも構わない。ラジオ自身が「0Vだ」と思っていればいいのだから、100Vだっていいのだ。

もしラジオと人間の気が合って、図左側のようにAC100Vの中性線（屋内配線では白い線）がアース側になっていれば電撃は無し。まあ、中身を知っている私としては気持ち悪かったけれど、痛い思いはしないで済む。

ラジオと気が合わず電圧線（黒い線）がアース側になると、間違いなくビリビリくる。交流

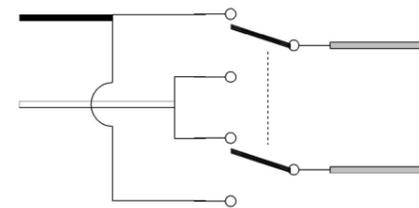
に感電したときの感触は、まさにビリビリだ。直流だとバチンッという感じ。感電して交流か直流かわかれば半人前の電気屋といわれたものだ。なお一人前の電気屋は交直の区別のほか電圧まで10V単位でわかった（父がそうで、面倒だとテストを使わず触っていた）。

市販品のテレビもやはりトランスレスが多かった。必要な電圧がラジオより高いので、倍圧整流とか三倍圧整流という曲芸で250V～300Vを作っていた。これもどこか危うそうな仕組みで、今でも嫌いだ。

当時はまだシリコンダイオードが一般化されず、整流には真空管（整流管）かセレンという無骨なパーツが使われた。ガキだった私にはセレンは高価で、代用セレンなるもっと怪しげなものしか買えなかった。

さて、トランスレスの電撃を回避するには、今なら検電ドライバで事前にわかるが、当時は神仏に祈りながらシャーシに触ってみるしかなかった。それでビリビリきたらコンセントを逆に差し替える。年末の大掃除のあと、コンセントが外れていると恐怖を感じたものだ。

思い出話はいったんやめて、今でも使える知識を書こう。すべての電気製品でAC100Vの極性は問われなくなったのか？ 答えは、無神経に言えばイエス、神経質ならノーだ。身近なところではギターアンプ、特に大出力の真空管式がイエスのほうに当てはまる。ギターアンプは数mVの信号を千倍以上に増幅してスピーカを鳴らす、とても敏感な機材といえる。さらに真空管回路は全体にハイインピーダンス（これについてはいつか説明します）。設置場所や来ているAC100Vの質、適切にアースが取られているか（望み薄）、その他モロモロの原因



で回路自体が発するノイズが増える。そんなとき、試してもいいのがポラリティSW。昔のマーシャル（一部機種）には付いていた。回路は上のようなAC100Vの2線を入れ替えるだけ。要するにコンセントまで行ってプラグを差し替える手間を省くものだ。場合によって効いたり効かなかったりだが、効くときにはウソのように効いた。自作アンプに付けておいてもいいだろう。ただしスイッチには十分な電流量のものを使わないとスイッチ自体が壊れる（通過する電流の3倍以上の容量が必要）。

プラグの差し替えはどんな音響製品にも、もしかすると有効かもしれない。もちろん効く確率はマジナイ程度。でもマジナイだって時には当たるからね。

話は戻ってトランスレス用真空管について。機材の電源部からパワートランスが消えて、一番泡を食ったのがヒータ電源。6.3Vが一般的で、整流管には5Vもあった。どれもパワートランスの付属巻き線から取ると決まっていたものが、いきなり迷子になったのだ。専用のトランスを付ければ解決するけれど、それじゃトランスレス化した意味がない。そこで、6.3Vや5Vをやめて、使用球のヒータを直列につなぎ、ヒータ電圧の合計が100Vになるようにタマのほうを作り変えた。大胆な逆転発想だ。

当時（1950年代後半以降）、5球スーパーは一家に一台から一部屋一台といった風に激増していた。台数が売れるなら、いちいちヒータトランスを載せるコストより、新しいタマの開発費の方が安いと踏んだのだろう。そして目論見は当たった。

ヒータを直列接続するための必須条件は、「ヒータ電流を同じにする」ことだった。そりゃそうだ。必要電流が違う負荷を直列にした

ら、各負荷に適切なパワーを食わせられない。で、ヒータ電流を0.15Aに統一して、パワー管に30A5や35C5、整流管に35W4といった新しいタマが登場した。このとき、それまで6.3V0.3Aだった他のタマも12.6V0.15Aで作り直された（タマの名前の一番前の数字はヒータ電圧）。これで目出度く感電ラジオが大量生産されることになった。

ここでひとつ（注）を。トランスレス化は、実は昔からあった。タマがまだST管の頃からだ。命知らずはいつの世にもいるらしい。

ラジオはこの程度で済んだ。底の見えない混沌に陥ったのはテレビ球。なにしろテレビ1台で20球は使うから、何本かずつ直列にして100Vにするツジツマ合わせのためか奇妙なヒータ電圧のタマがたくさん出現した。4Vやら7V、16V、18V……、とても付き合いきれないのは私だけではないだろう。ただ、パワー系の球では6.3Vや12.6Vで残ったものもかなりあって、今ではオーディオの終段管として高値がついている。設計がオーディオ用ではないため、使いにくい面も多々あるし、昔の値段を知っているから私は買わない。

16V管といえば16A8をご存知だろう。そもそもテレビで垂直出力に使われていた。それを6.3Vにしたのが6BM8。そう、オリジナルはテレビ球なのだ。でもこのように種目変更して勝ち残ったタマはとても少ない。

真空管全盛期（60年代）の秋葉原には、箱入り新品のレス球がダンボール箱にごっそり詰まって捨てられていた。ヒータ電圧がヘンなので値段が付かないのだろう。店に一声かければ何本でもお持ち帰り自由。一度、35C5を10本ばかりもらってきて小出力のステレオアンプにしたことがある。やはりヒータ電圧は面倒で、ヒータをシャーシ電位から完全に浮かせるのも怖かった。出来上がったのは35C5を3本シリーズで点灯し、1本はただの飾りという、パワー管3本の珍妙なステレオ。以後、レス球は使っていない。