

接点と音質の話

意外に多いオーディオ機器の接点

数年前、レコード盤の発明当時につくられた蓄音機の音をはじめて聴いたが、そのときの衝撃は今でも忘れない。現代のハイファイ・ステレオに比べれば確かに音域は狭いし、歪みや雑音も多い。だが、そこから出る音の生々しさ、芯のあるしっかりした音質は、シンプルであるからこそ得られるものだった。

はじめは一体型だったオーディオ機器は時代とともに多様化し、プレーヤー、チューナー、プリアンプ、パワーアンプ、スピーカー、D/Aコンバータなどとコンポーネント化され、それぞれの特性を追求するようになった反面、それらを接続するためのケーブル、プラグやジャック、コネクタ、スイッチ、リレーなど、いわゆる接点がどんどん増える。さらには、機器の内部配線や部品どうしを接合する端子やハンダ、ソケット、プリント基板なども、広い意味で接点といえる。こうした接点はみな多かれ少なかれ音質に影響を与え、接点が多ければ多いほど歪みが増え、とくに音の鮮度が落ちてくる。これはアナログ回路に限ったことではなく、デジタル回路においても、ノイズの混入や波形のエッジが乱れることで、タイミングの狂いやジッターが増える。

オーディオ機器の場合、理想的な直付けによる配線を100としたとき、減点法で評価するとわかりやすい。例えば、コネクタ、ケーブル、スイッチなどは、損失が少ないとか嫌な音がしないということはあるとしても、それ自体が音を良くするということはありえない。だから、それらの部品を選ぶときのポイントは、なるべく音質に影響を与えないものほどよいと考えるようにしている。



接点やハンダの影響を減らす

接点の影響を減らす一番確実な方法は、接点の数をできるだけ減らすことである。いかに素晴らしい性能のコネクタでも、直付けには絶対に勝てない。とはいっても、機器どうしを直付けするわけにはいかないのも、せめて機器内部の信号が通る場所ではとくに、できるだけ直付けをしたほうがよい。

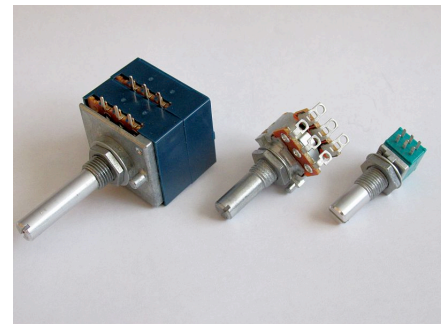
つぎに接点の影響を減らすには、部品どうしを確実に接触させる方法をとることである。プリント基板のハンダ付けはふつう、リード線を曲げずにそのままハンダで接合するが、これでは銅箔パターンとの間にあるハンダを信号が通ることになるので、ハンダの影響を受ける。それを回避するには、リード線を直角に曲げて銅箔と密着させ、その上からハンダ付けをするとよく、音の鮮度が確実によくなる。昔の製作記事などでは、そうしたハンダ付けをむしろ推奨していた。真空管アンプなどでは、プリント基板を使わず、端子にからげ配線することが多い。やり直しはしにくくなる反面、そうした方法が音質的には有利である。真空管アンプの生き生きした音質は、増幅段数の少なさに加えてこのような理由があるからであろう。



半導体の回路では、やむをえずプリント基板を使うことになるが、ちょっとした工夫と少しの手間で音質が向上する。量産する機器ではそこまでできないが、ハンドメイドによる機器のメリットはこうした点にもある。

ボリューム・スイッチ・リレーの影響を減らす

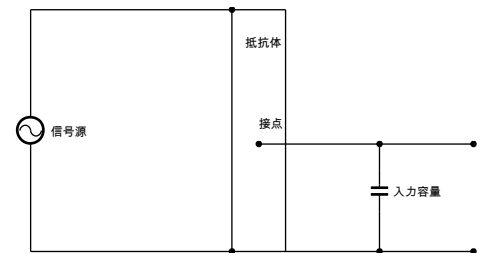
オーディオ機器では、信号セクタやボリューム、切り換えスイッチなどが必ず存在するが、単純な機構ではあっても少なからず音質に影響を与えるので、あなどれない。これらをまったくなくすることはできないので、できるだけ音質に悪影響を及ぼさない部品や素子を選ぶことがキーポイントになる。



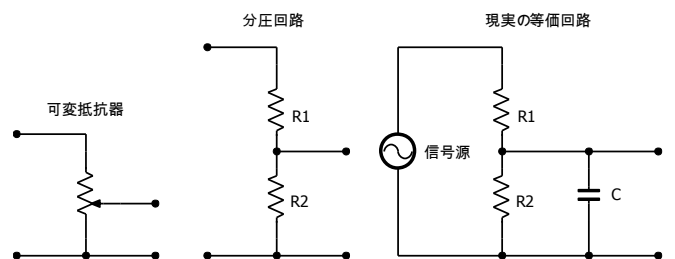
(1) 従来のボリュームではなぜいけないのか？

オーディオシステムにおいて、どこかに必ずあるのが音量調節であるが、ふつうは可変抵抗器（通称・ボリューム、ポテンショメータ）が使われる。ホームラジオなどの簡易的な用途にはこれで十分であるが、オーディオ機器などの音質を重視する場合、この小さな部品が音質向上のボトルネックになる。

音質を劣化させる原因はいくつかあり、抵抗体の材質や構造を吟味することで程度の音質改善は可能であるが、可変抵抗器そのもののしくみに由来するものはどうしても回避できない。可変抵抗器のしくみを図式化すると、次のようになる。



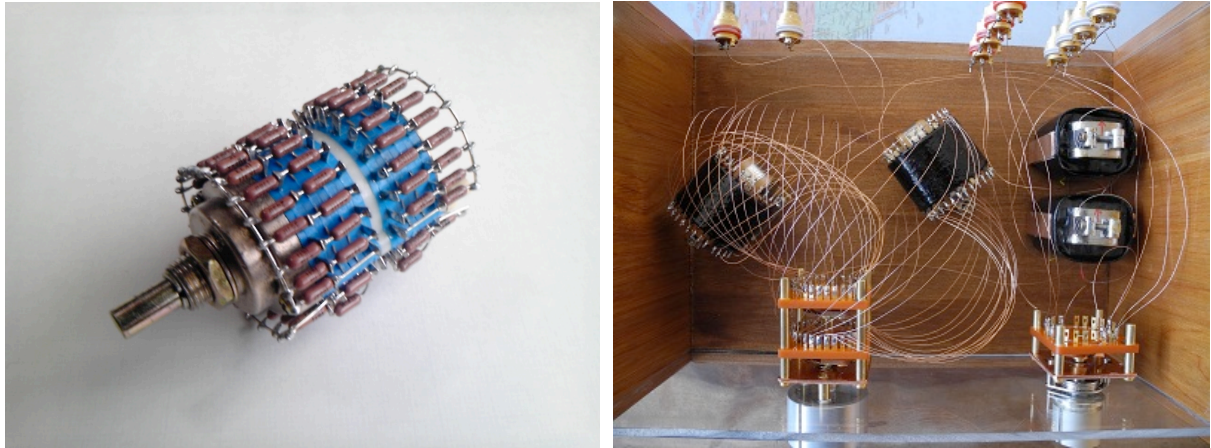
信号源とは、ボリュームよりも前段にある CD プレーヤーや DAC、フォノイコライザなどの音源（ソース）で生ずる信号で、ケーブルとコネクタを経由してボリュームの上端（ホット側）および下端（コールド側あるいはグラウンド）に接続される。可変抵抗器の中には抵抗体があり、接点がある上を連続的になぞるようになっている。歪みやがさつき、接触不良が伴うこのような接点はいわば必要悪であって、できればなくしたほうが望ましい。接点から出た信号は、アンプなど後段の装置へ渡される。その際、ケーブルやコネクタの浮遊容量（コンデンサ成分）、アンプ自体の入力容量が存在するが、これは周波数特性や位相特性を悪化させる要因となる。



可変抵抗器を回路的にみると、入力電圧が抵抗 R_1 と R_2 の比 $R_2 / (R_1 + R_2)$ に分圧される分圧回路である。理想的にはそのとおりであるが、現実には入力容量 C があるため時定数が生じ、周波数特性や位相特性が一定にならない。等価回路で示すとおり、a-b 間からみた信号源インピーダンス Z は $R_1 // R_2$ （//は並列の意味）であるから時定数は $Z \times C$ となり、とくにボリューム中点で時定数が最大になるためハイ落ちになり、音量を絞った位置で R_1 が大きくなるため、音がやせてしまう。

(2) アッテネータ

可変抵抗器を使用すると、抵抗体の材質に影響されるほか、接点が存在する上に、現実には周波数特性や位相特性が一定にならない。そのため高級オーディオでは、固定抵抗器で構成したアッテネータをロータリースイッチで切り換える方式や、トランスによる降圧を使ってタップ位置を切り換える方式が好んで使われる。トランス方式は抵抗成分による電力ロスが少ないため、音響的には優れてはいるものの、実装が大掛かりになる短所はある。



ここでは、固定抵抗器で構成したアッテネータを取り上げてみる。各種アッテネータの構造を図示すると、次のとおりである。各ステップの定数は、特性インピーダンスを決めれば計算で求めることができる。

表6-1 各種アッテネータの構造と計算式

T 型		$V = \left(\frac{k-1}{k+1}\right) Z$ $W = 2Z \left(\frac{k}{k^2-1}\right)$	L 型		$V = Z \left(\frac{k-1}{k}\right)$ $W = Z \left(\frac{1}{k-1}\right)$
T 型※		$V = \frac{Z}{2} \left(\frac{k-1}{k+1}\right)$ $W = 2Z \left(\frac{k}{k^2-1}\right)$	U 型※		$V = \frac{Z}{2} \left(\frac{k-1}{k}\right)$ $W = Z \left(\frac{1}{k-1}\right)$
π 型		$V = \frac{Z}{2} \left(\frac{k^2-1}{k}\right)$ $W = Z \left(\frac{k+1}{k-1}\right)$	ブリッジ T 型		$V = Z(k-1)$ $W = Z \left(\frac{1}{k-1}\right)$
O 型※		$V = \frac{Z}{4} \left(\frac{k^2-1}{k}\right)$ $W = Z \left(\frac{k+1}{k-1}\right)$	ブリッジ H 型※		$V = \frac{Z}{2} (k-1)$ $W = Z \left(\frac{1}{k-1}\right)$
計算式の記号と意味 n : 減衰量 [dB] Z : 入出力インピーダンス [Ω] U, V, W : アッテネータ回路素子		$k = \log_{10}^{-1} \frac{n}{20}$ $k^2 = \log_{10}^{-1} \frac{n}{10}$		※平衡型アッテネータ	

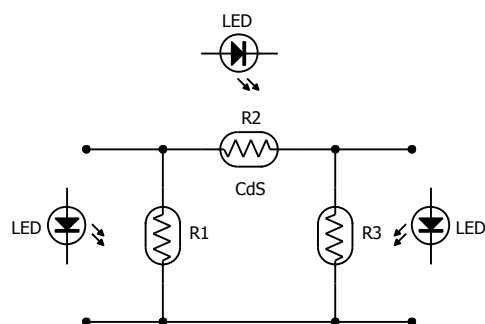
L型は上記の分圧回路で、抵抗器が2本で済むため簡易的なアッテネータとしてよく使用される。可変抵抗器の接点がスイッチの接点に、抵抗体の皮膜が固定抵抗器に置き換わったと考えればよく、それに見合った音質向上は期待できる。ただ、単純な分圧回路であるがための特性劣化はまぬがれない。

いっぽう、T型や π 型アッテネータは入出力インピーダンスがつねに一定になるため、周波数特性が良好で、高周波回路の減衰器として常用される。ただ欠点としては、抵抗器がつねに3本必要で、し

かも入力側と出力側に接点を設けるなど、いずれも一長一短である。特性インピーダンスを適度な値(非平衡型ではふつう 10k~100kΩ) に設定すれば、もちろんオーディオ用途にも使用可能であり、減衰量によらず音がやせることがないのは特筆に価する。

(3) 変り種のアッテネータ

π 型アッテネータを CdS (硫化カドミウム) セルあるいはフォトレジスタ (photoresistor) という特殊な素子で構成した例がある。CdS は受光する強度で抵抗値が変化する半導体の一種である。各 CdS にそれぞれ独立した LED を対抗させ、それらの光の強度を適切に変化させれば、連続したアッテネータとして動作する。しかも接点を使わないため、音質的には良好で鮮度がよい。接点がいかにボトルネックになっているかを示すものとして興味深い。実際に高級オーディオ製品に搭載された実例もある。ひとつ短所をあげれば、CdS は温度によるドリフトがあるため、時間がたつと音量が変わってしまう点があるので、恒温槽などに密閉するなどの配慮が必要である。



スイッチの種類と音質

(1) ロータリースイッチ

T型や π 型アッテネータのいちばん簡単な実装方法は、減衰量ごとにアッテネータをつくり、それらのステップ (ふつう 24 ステップ) をロータリースイッチで切り換えるものである。オーディオ用のアッテネータといえばふつうこの方式を指し、完成品として市販もされている。



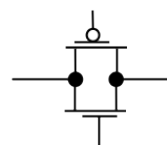
(2) 機械式リレー

次の例は、ロータリースイッチの代わりに機械式リレーを用い、オン・オフするリレーの組み合わせで決まる減衰量を外部から制御できるプログラマブル・アッテネータと呼ばれるものである。ただし、リレーといえども必要悪の接点であることには変わらない。オーディオ用途に作った場合、多くの接点をつねに通過することで音質的に影響が出る。リレー自体が発する動作音も気になる。接点をまったくなくすことができれば、さらに望ましいのは言うまでもない。



(3) アナログスイッチ (トランスマッションゲート)

アナログスイッチとは、入力された制御信号に応じて回路のオン・オフの切り換えをおこなう半導体部品である。これはトランスマッションゲートとも呼ばれるもので、一般には相補的な n チャネルと p チャネルの FET の組み合わせで構成され、ゲート電圧を変化させてスイッチ動作をさせる。方向によらないアナログ信号も扱うことができる、いわば無接点の半導体リレーである。アナログスイッチの性能のひとつを示す



TG symbol

TG = Transmission Gate

オン抵抗値は、現在は数 Ω から数 $m\Omega$ のものもある。これを使用し、プログラムにより制御するアッテネータ群を構成すれば、接点の存在しない、より理想的なオーディオ用途のアッテネータを実現できる。蛇足だが、トランスマッションゲートというと、スタートレックを思い出すのか、何か未来的な響きがある。

2016.04.27 スパークラー・オーディオ株式会社 塚原和俊