

高精度 CR 型イコライザーにおける RIAA 偏差の解析

柴田由喜雄

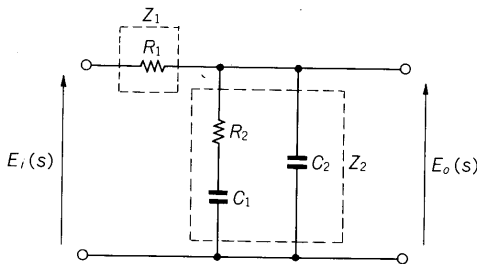
CR 型イコライザーは NF 型に比べると SN 比が劣るものの、ご承知のように、受動的な回路であるので、安定性の面で有利となります。とくに、NFB による超低域や超高域の応答性をすなおにしやすいです。

今回は、真空管アンプを中心として多く用いられているものの、従来それほど神経質な論議のなかった CR 型イコライザーの RIAA 偏差を解析します。

RIAA 素子決定の一般的方法

いろいろな書物に書いてありますが、CR 型 RIAA 素子は基本的には図 1 の R_1 , R_2 , C_1 , C_2 の 4 つの素子で表されます。素子の値を決めるには、入出力の伝達関数 $E_o(s)/E_i(s)$ が、

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{Z_2(s)}{Z_1(s) + Z_2(s)}$$



【図 1】 CR 型イコライザー回路

次の RIAA の伝達関数 $G(s)$

$$G(s) = \frac{(1+sT_2)}{(1+sT_1)(1+sT_3)}$$

ただし、 $T_1=3180\mu\text{S}$
 $T_2=318\mu\text{S}$
 $T_3=75\mu\text{S}$

と一致するように式を変形させた後、 $T_1 \sim T_3$ を比較し、 R_1 , R_2 , C_1 , C_2 の関係を求めればよいのです。しかし、残念ですが、通常の回路では解は簡単な式とはなりません。おおむね、

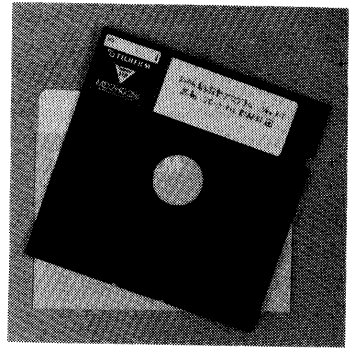
$$T_1 \rightarrow C_1 \cdot R_1'$$

$$T_2 \rightarrow C_1 \cdot R_2$$

$$T_3 \rightarrow C_2 \cdot R_2$$

となる知見が得られるのみです。

したがって、予め R_1 , R_2 , C_1 , C_2 のおおよその値を決めておき、実回路にて修正を加えながら正確に仕上げるのが通常の手順となります。



偏差解析計算プログラム

本稿では偏差をパソコンで計算します。計算プログラムは、すでで作ってある NF 型イコライザーの RIAA 偏差計算プログラム (MJ 誌 '92 年 7 月号サイドウィンダー) に追加する形で、Quick Basic で書きました。

プログラムの本体は簡単なものです。インピーダンスを実数部 Z_R と虚数部 Z_J に分けて複素数計算をしています。例えば、抵抗 R とコンデンサー C の直列インピーダンス Z は、

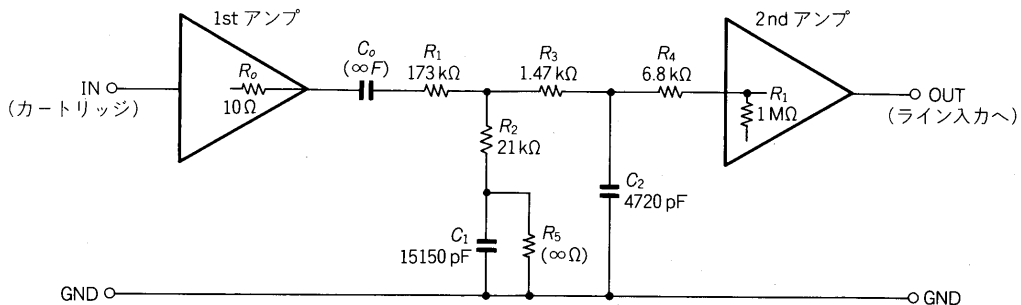
$$Z = (R + j \cdot 0) + \left(0 + j \cdot \frac{-1}{2\pi f C} \right)$$

$$= (R + 0) + j \cdot \left(0 + \frac{-1}{2\pi f C} \right)$$

$$= (Z_R) + j \cdot (Z_J)$$

というふうです。複素数の割算、掛算など基本演算はサブルーチン化して、 $Z(Z_R, Z_J)$ を受け渡ししながら、実数演算と同じように扱います。

回路図から得られる Z , E , I の関係方程式を〈頭〉で解いてプログラム化しているので、極端に複雑なも



【図 2】 解析のための CR 型イコライザー基準回路

のは除き、若干の修正ではほとんどのケースに対応できます。大規模のマトリックス方程式を解く高価なSPICE系プログラムなどを使用までもありません。

解析結果

図2に解析に用いた基準回路を示します。アンプの入・出力インピーダンスも考慮しています。

図2のRIAA素子のうち、 R_1 、 R_2 、 C_1 、 C_2 の誤差の影響を、図3(a)~(d)に示します。1kHzを基準にして見ると、偏差に大きく影響をあたえるのは、

- ・低域 R_1
- ・低域~中域 C_1 、 R_2
- ・中域~高域 R_2 、 C_2
- ・高域 C_2

であり、偏差を±0.1dB以内に抑えるには、 C 、 R の誤差は±1%以下とする必要があります。

参考として、最近のMJ誌に掲載された2、3の回路例のRIAA偏差を計算してみました。

- ・'93年7月号 p.54 安井章氏製作
- ・'92年12月号 p.108 三栄無線キット
- ・'92年12月号 p.114 ハララボラトリキット

図4~図6に計算結果を示します(偏差の目盛りが5倍になっている点に注意して下さい)。

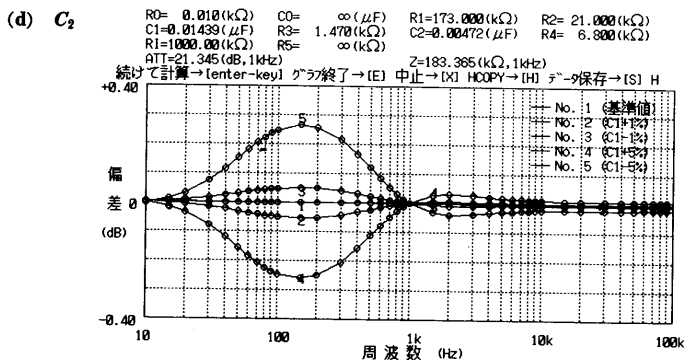
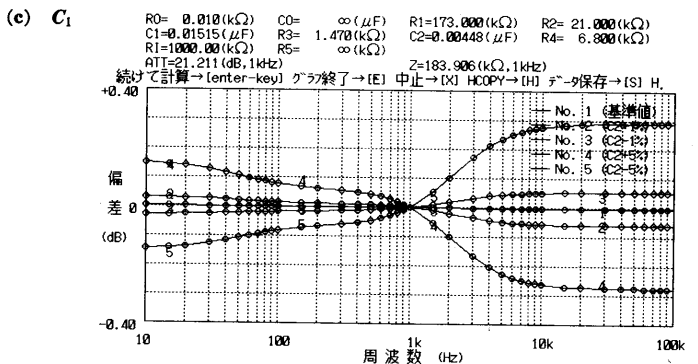
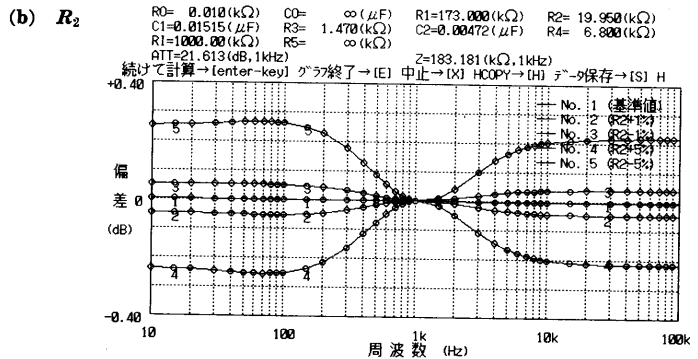
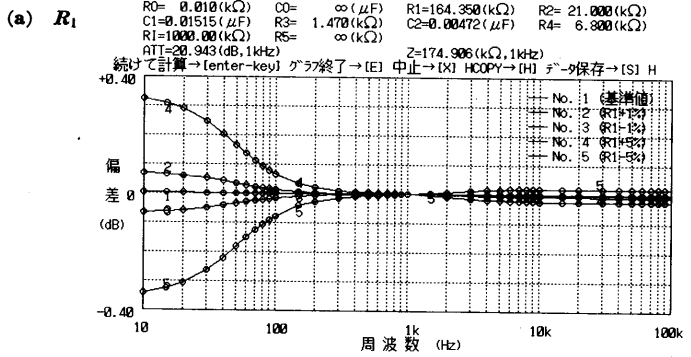
Trアンプの場合、NFBがかかっていますので、 R_0 は 0Ω 、 R_I は $\infty\Omega$ としています。また、真空管アンプの場合 R_0 は出力インピーダンス $r_p+r_s(1+\mu)$ とB電源負荷抵抗との並列抵抗、 R_I は $\infty\Omega$ としています。

いずれも、製作記事中にも偏差特性があげられていますが、比較してみると、実測の難しさを物語っているように思います。

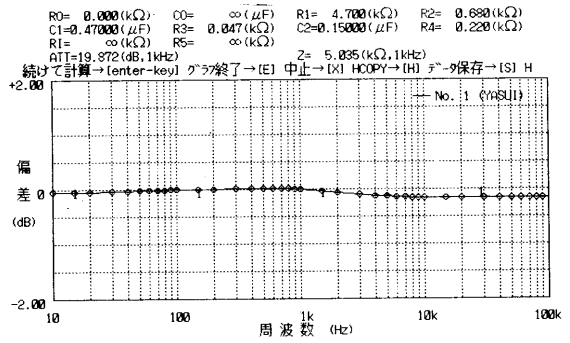
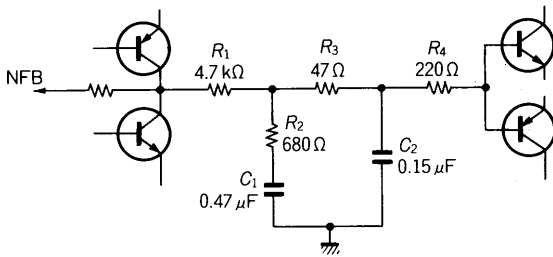
おわりに

我々アマチュアの測定器では、

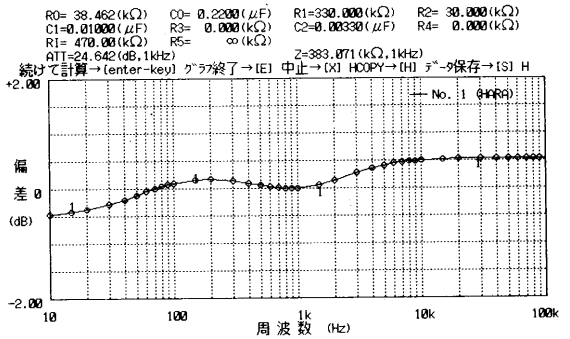
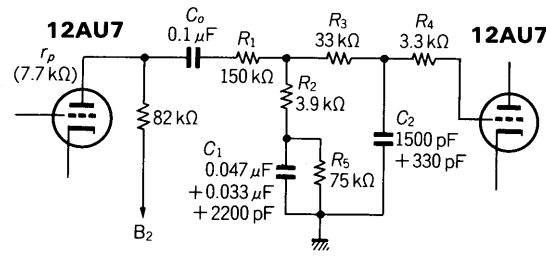
【図3】 図2における R_1 、 R_2 、 C_1 、 C_2 の誤差の影響



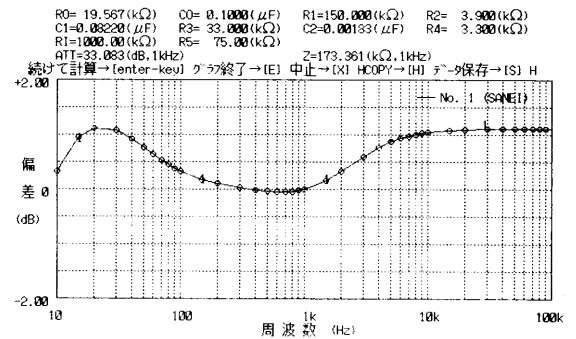
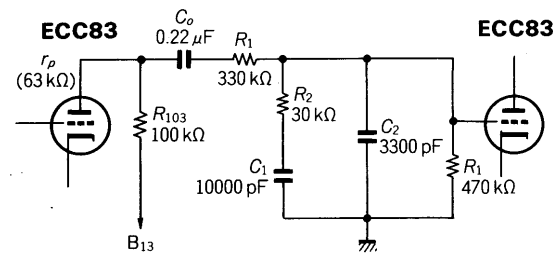
【図4】 安井章氏製作（'93年7月号）のRIAA偏差



【図5】 三栄無線プリアンプキット（'92年12月号）のRIAA偏差



【図6】 ハララボラトリー製キット（'92年12月号）のRIAA偏差



±0.5dB以下のRIAA偏差の測定は難しいと思います。やはり計算は便利です。CDのデジタルノイズには未だ悩まされているのですが、同じ

デジタル機器のパソコンは我が家で大活躍しています。