

高精度 NF 型イコライザーにおける RIAA 偏差の解析

柴田由喜雄

1. はじめに

最近ではレコードよりも CD を多く聴くかたが増えてきました。かつての一時期的ようにイコライザーの RIAA 偏差をとにかく言わなくなりしました。しかし、かといって RIAA 偏差を軽視してよいものではないと思います。むしろ CD との比較の意味で以前にも増して完璧しておくべきです。

RIAA 素子についてはいくつかの書物にその設計法が記されています。近似的なもの、厳密なものさまざまです。

RIAA 素子定数は、便宜的にはある程度権威のある回路をコピーすればよいのですが、その場合アンプ回路も同じにしなければなりません。そして、少し進んで自分なりのアンプを設計した場合は、

- ①素子定数をあらかじめ求めておき
 - ②それを実際の回路に組み込んで
 - ③偏差を確かめる
- という作業が必要になってきます。

本稿は、それらの段階のうち、最後の③の段階を計算によって補おう

とするものです。

2. オープンループゲインの問題

図1が解析に用いる基本回路です。一般的な NF 型ですが、超高域発振防止用抵抗 R_3 、超高域の周波数特性のハネ上がりを補正する R_4 、 C_3 をも含んでいます。

まず基本的なことですが、偏差の要因について考えてみます。

NFB 回路でのクロズドゲイン G (仕上りのゲイン) は、

$$G = \frac{A}{1 + A \cdot \beta}$$

A : オープンループゲイン

β : 帰還率

と表わされます。

A が十分大きいと仮定すれば、 G はほぼ $1/\beta$ となり、 G は β のみによって決まります。そして、イコライザーアンプでは β は RIAA 素子の値そのものです。従って、偏差の要因としては RIAA 素子の誤差が問題となることになります。このため、一見高価な高精度抵抗、コンデンサーを用意すればすべて良いよう

に見えます。

ところが、本稿のようにわざわざ RIAA 偏差を (神経質に) 吟味するのは、実は A が十分大きいと仮定できない場合が多いことによるのです。

では A の値と偏差ですが、我々アマチュアの場合、大量の NFB で厚化粧したアンプに興味をもつ人は少ないでしょう。いまかりに、 A を 80dB (10000倍)、 β を低域で考えて -50dB (1/320) とします。すると、前述の G の計算式での分母の「1」の有無のみで 0.3dB もの誤差が生じるのです。 A がさらに小さくなると急激に誤差が増えてゆきます。

以上のことから、偏差の解析にはアンプのオープンループゲイン A のモデル化が不可欠となるのです。

さて、本稿での解析では、オープンループゲイン A を、

$$A = A_R + j \cdot A_I \\ = \frac{\text{OPNG}}{1 + j \cdot (F / \text{CUTF})}$$

OPNG : オープンループ DC ゲイン

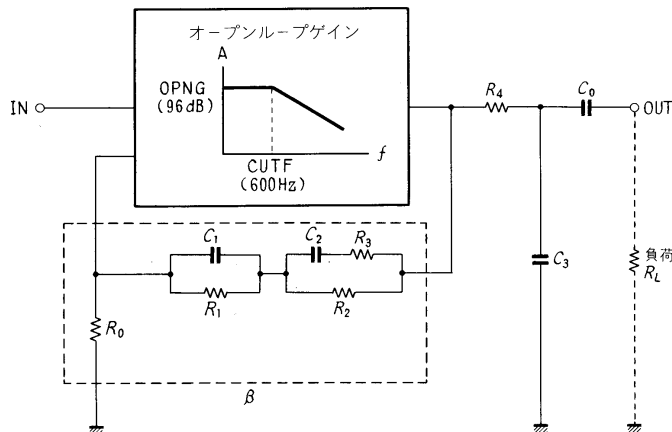
F : 入力周波数

CUTF : カットオフ周波数

なる一次応答遅れと仮定しました。この仮定は極端な 2 ポール高域位相補正を除けば、かなり妥当な仮定です。

この A の仮定を計算に入れること

【図1】 解析に用いる基本回路



基準値

C_1	15100 pF
C_2	4140 pF
C_3	6200 pF
C_0	6.8 μ F
R_1	212 k Ω
R_2	17.7 k Ω
R_3	390 Ω
R_4	408 Ω
R_0	390 Ω
R_L	28 k Ω

によってアマチュアには測定不可能な $\pm 0.1\text{dB}$ 以内の偏差とすることも可能となりました (ただし、 A は最終的には実測しなければなりません)。

3. 偏差解析計算プログラム

解析はパソコン計算で行います。計算プログラムは Quick BASIC で書きました。この程度の計算では手間のかかる C 言語を使う必要はありません。

プログラムの詳細説明は割愛しますが、実際のプログラムの大半は入力、グラフ関係が占めています。中心となる偏差の計算部分はかなり簡単なものです。そこではインピーダンスを実数部と虚数部に分けてダイレクトに帰還率 β を計算し、前述の式によってクロズドゲイン G を得ています。偏差は $|G|$ と RIAA 基準特性との差をとり求めます。

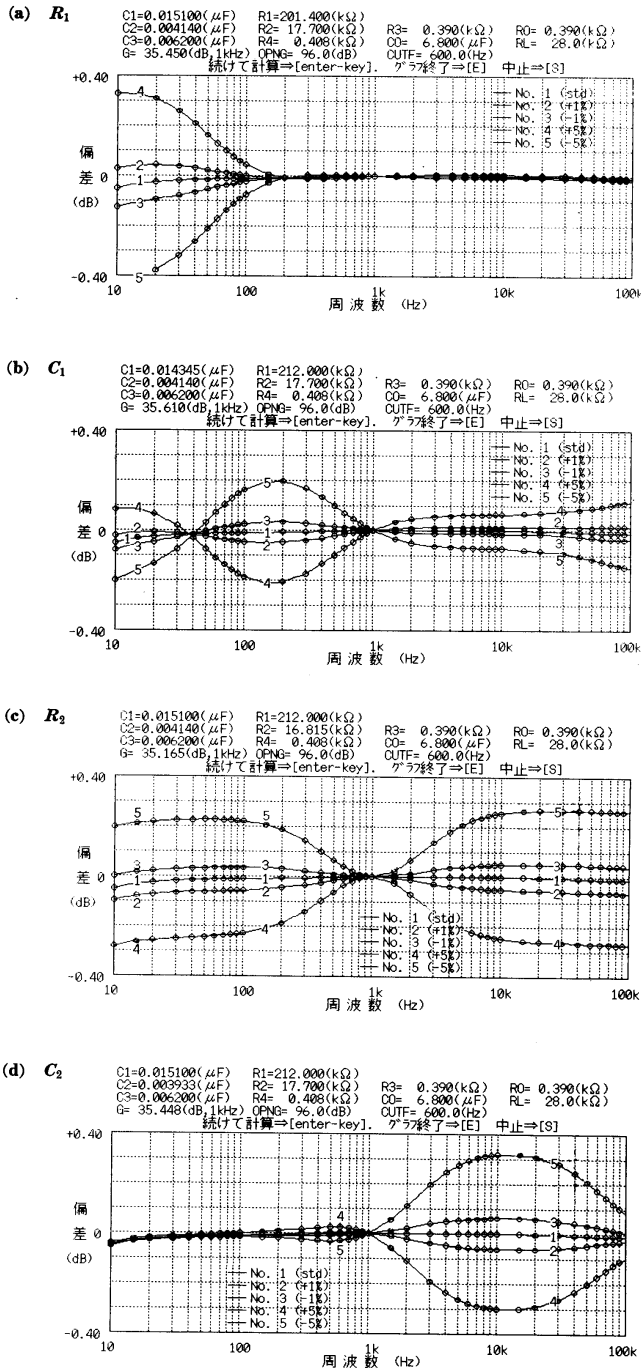
本稿で使用了プログラムはインピーダンスをダイレクトに計算しているため、若干のプログラム修正をすることで、考えられるほとんどの回路について手軽にその偏差を計算できます。

4. 解析結果

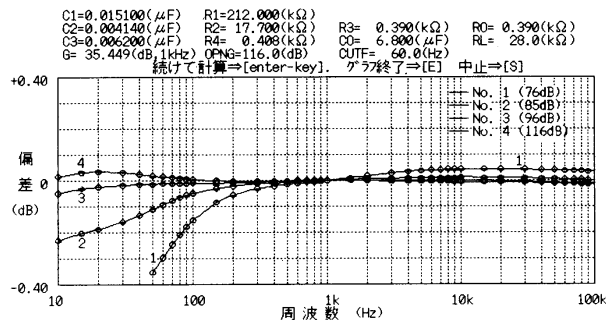
図 2 に RIAA 素子のうち R_1 , C_1 , R_2 , C_2 の誤差の影響を示します。素子の誤差が $\pm 1\%$, $\pm 5\%$ あるときの RIAA 偏差を示します。例えば RIAA 偏差を $\pm 0.1\text{dB}$ 以内とするには、素子の誤差をおおむね $\pm 1\%$ 以内程度としなければならないことが分かります。

図 3 にオープンループゲインの影響を示します。オープンループゲインは図 4 に示す超高域特性が同じとなる 4 パターンとしています。同じ RIAA 素子の値でも低域で非常に大きな RIAA 偏差を生じさせることを示しています (実際のアンプでのオープンループゲインは図 5 の方法で測定します)。

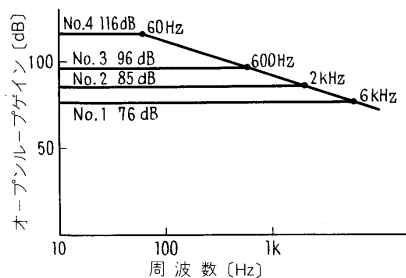
【図 2】 RIAA 素子のうち R_1 , C_1 , R_2 , C_2 の誤差の影響



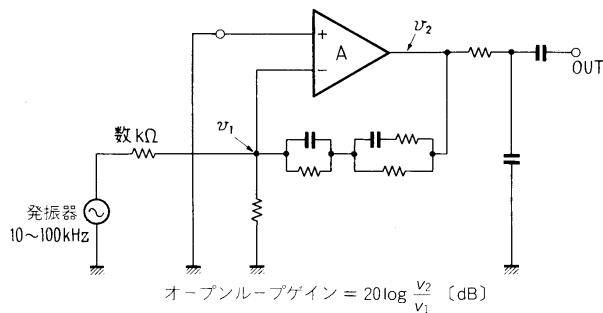
【図3】 オープンループゲインの影響



【図4】 図3の測定用に設定したオープンループゲインのパターン



【図5】 オープンループゲインの求め方



5. おわりに

私は通常、サイコロ基板で何回か試作した後に正式のプリント基板を

作っています。紹介した計算解析はその最終過程で正確な(高価な)RI AA素子に置き換える際に用いています。測定器では拾いにくい誤差が

分かり大変重宝しています。

なお、本稿で使用した計算プログラムは、実は私が NEC-PC8801 の時代にした(未熟の)プログラムをもとにしているのです。冗長な部分を多く含んでいます。また、それほど長いものでもありませんが、プログラムコピー(PC98)を希望される方は MJ 編集部までお問い合わせ願います。