

May 25 1998

理想的なパソコン用オーディオのナゾ (スーパーウーハーの効かせ具合編)

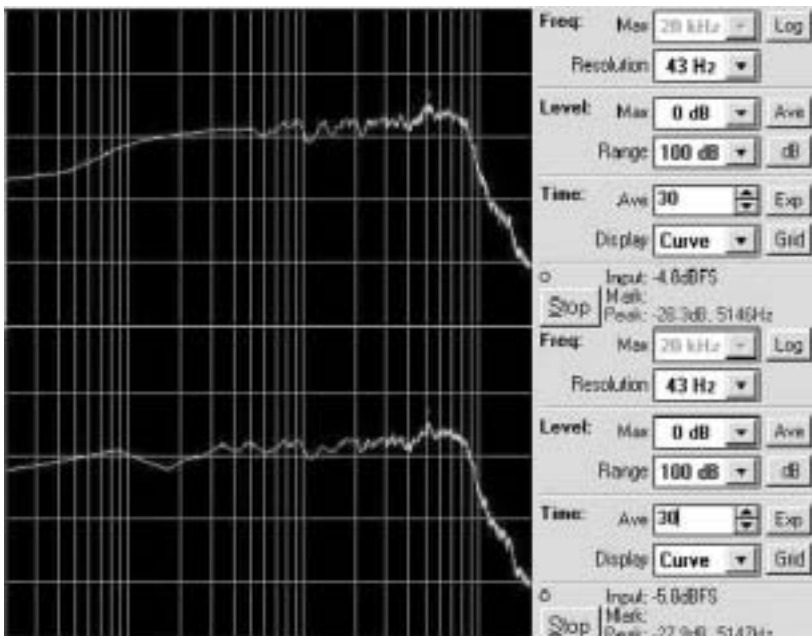
貧乏なWebmaster にはパソコン用スピーカーに投資している。スピーカーはオーラトーン5PSC (*1) で、これにデンオンのスーパーウーハーを加えている。スピーカーの費用だけでパソコン原価の半分以上にもなる。

普段は、●山本式バーチャルサウンドシステム (PAT PEND.) のナゾ (*2) で3Dサウンドを楽しんでいる。

オーディオにはいろいろな考え方がある。

Webmaster は、ボーカルが美しく定位がはっきりしていることを重視する。ボーカルの大半は150Hzから3kHzにあるから、スピーカーはこの部分をフラットにカバーする必要がある。とするとスピーカーは小口径になる。

ピアノの音が濁らないことも重視する。これには中高音で過渡特性が良く特性に山谷が無いことが必要だ。低音もブーミーでなくしまりの良い音で重低域ではフワッと空気を感じるのが良い。



しかしそんなスピーカーがあるはずも無いのでオーラトーンとスーパーウーハーに頼るしか無い。もちろん満足のいく低音は大きな箱に上等の大口径ウーハーを入れかなりパワーを入れた状態でないと得られない。しかし大きなスピーカーは小入力時にはロクな音がしないのでニアフィールドには向かない。

というのが現用のシステムの理由である。本来は、山本式電流帰還アンプ（*3）をSB16にも導入したいところだが、回路の関係でこの改造はむずかしい。

さてシステムの周波数特性をFFT解析してみる。

上段がスーパーウーハー off の特性である。さすがにニアフィールドモニターの定番のオーラトーンだけあって、130Hz から 9kHz までまったくフラットである。おそれいりますとしか言いようがない。

スーパーウーハーを on にしたものが下段で、20-30Hz 付近までフラットになる。デスクトップで 20Hz 付近が聞こえるのは実に印象的である。

残念なのは 150Hz 付近にわずかな谷が出来ることである。スピーカーの位置調節で谷を消そうとしたが、設置状況の限界で消えなかった。

フラットな設定では予想以上に低音が出ることになる。舞台上でイスを引きずる音や空調の音が聞こえてくる。もちろん周波数特性がスピーカーのすべてでは無いことは確かではあるが、聞こえなかった音が聞こえるのは感動である。

コメント：スピーカーは年々結晶化が進み、小口径ばやりになっている。昔のように大型ブックシュルフという不思議な形態はめっきり見かけなくなった。

（*1）p.78 参照

（*2）p.80 参照

（*3）p.74 参照

May 28 1998

電流帰還アンプの周波数特性 （同じスピーカーで電圧帰還アンプとどう違うか編）

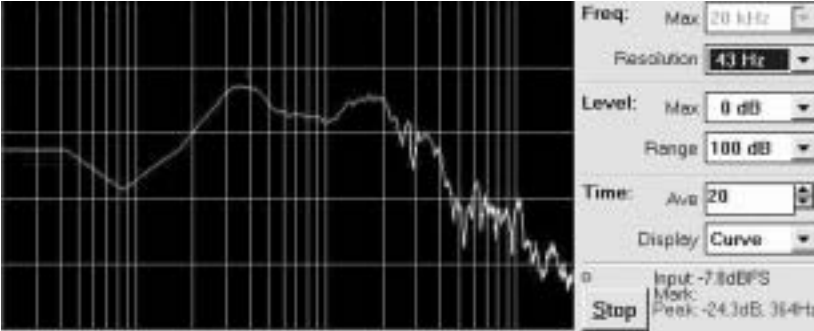
アンプを電圧帰還から電流帰還に変造した場合、同じスピーカーの周波数特性がどう変わるのだろうか。

Wavetool でスピーカーの周波数特性が簡単に測定できる環境が整った。

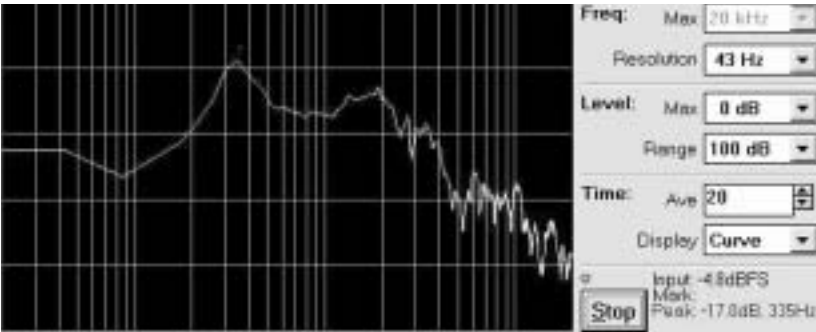
材料は、

- 続々々・オーディオのナゾ（電流帰還アンプの実践編その3とスピーカーユニットの値踏み法）（*1）

で使ったパソコン用スピーカーである。



電圧帰還アンプ



山本式変造電流帰還アンプ

●続々々々・オーディオのナゾ（電流帰還アンプの実践編その4 ラジカセ編）
（*2）

では、“音質の向上は期待以上である。いかにもラジオ臭い音のレンジが広がって小口径のHi-Fiスピーカーのような音だ。”“高音のプラスやパーカッションのヌケが向上した。通常電圧帰還アンプは安物スピーカーの限られた能力でさえ満足に発揮させていなかった”と書いたがFFTではどうだろう。

写真上が普通の電圧帰還アンプ、下が山本式変造電流帰還アンプである。電流帰還アンプはスピーカーと出力コンデンサーを帰還ループ内に入れ、しかも追加部品は電線一本という、独自の環境にやさしくドライブが強力な回路構成である。ゲインが厳密に異なるので1kHzでレベルを合わせている。特性がひどいのはもともとスピーカーが超安物だからである。

電圧帰還では350Hzにピークを持ち高域は4kHz以上が急激に低下するという、ラジオ臭い特性だ。本来もっと上等なスピーカーを材料にすべきだったかも知れない。

さて電流帰還アンプでは、低域の出力が増加している。これは低域でのインピーダンス上昇を打ち消すように電流帰還アンプがドライブをかけるからだ。 f_0 以下の重低音領域でも増強効果は続いている。

4kHz以上も全般的に数dB増強してフラットに近づいており、その効果は10kHzを越え20kHzにまで及んでいる。この領域ではスピーカーのインピーダンスが上昇し位相が回転するので電圧帰還アンプではドライブが苦しくなる。発振やリング防止のため、アンプ設計の鬼門と言われる領域でもある。スピーカーが帰還ループに入る電流帰還アンプでは、この領域の安定性が抜群である。

一般的に山谷を埋める作用もある。もちろんスピーカーの口径や開口部に起因する山谷は消せないが、コーンのメカニカルな運動に起因する山谷は減る。これは、電流帰還アンプがコーンを駆動、制御する力が強いからである。安物ながら確実にフラット感が増すのが電流帰還アンプである。理論上のダンピングファクターが無敵大となることによりコーンの制動が改善するからだろう。

Webmasterの印象が大ハズレでなくて良かった。本業はともかく少なくとも耳はヤブでなかったようだ。

(* 1) p.74参照

(* 2) p.76参照

September 12 1998

山本式電流帰還アンプの優位性 (過渡特性をさぐる編)

スピーカーの周波数特性については、

- 超簡単スピーカーシステム特性計測のナゾ (* 1)
- 電流帰還アンプの周波数特性 (* 2)

で論じている。周波数特性はHi-Fiの一要因に過ぎない。どうしようもないスピーカーも上等なスペクトラム・イコライザーで周波数特性をフラットにできる。

メカニカルな要因や磁気回路による歪み特性も重要だが、これも一つの要因に過ぎない。歪みにも高調波歪みや混変調歪みなどがある。

もう一つが過渡特性だ。パルス状のソースに対してスピーカーのコーン紙が忠実に動かなければHi-Fiにはならない。サイン波をスピーカーに加えても過渡特性のボロは出にくいのである。過渡特性はスピーカーにとって一番難しい要求だが、今回は1kHzの方形波に対するスピーカーの応答を検討する。このソースにはボーカルからパーカッションや金管までの周波数成分が含まれる。

サンプルは帰還方式以外は同じアンプとスピーカーである。図1がオリジナルの回路で、これを図2のように改造し、スピーカー自体を帰還素子として利用する。実際にはスピーカーのコールド側をグラウンドから浮かし、帰還抵抗270 のホット側につなぐ。270 に電線で作成した抵抗0.3 をパラに入れる。エキスパートなら作業時間よりハンダごてが暖まる時間のほうが長いだろう。

波形を比べてみる

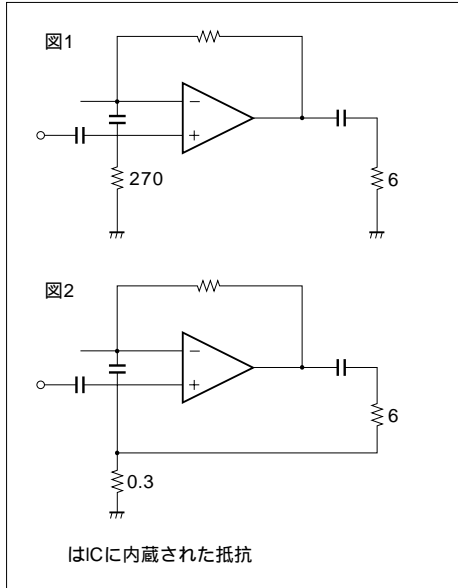
スピーカーの10cm前でコンデンサーマイクで収録した波形を示す。左上段が電圧帰還、左

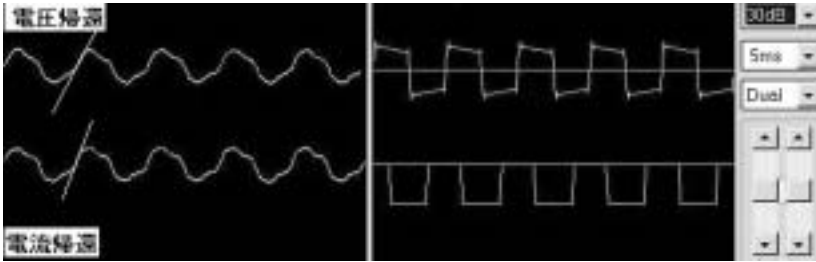
下段が電流帰還であり、右上段が電圧帰還のスピーカーホット側電圧波形、下段が電流帰還アンプの帰還用電線のホット側電圧でスピーカー電流を意味する。例によって、測定はパソコンとサウンドブラスター、コンデンサーマイク、鱧口つき電線一本だけである。電圧はLine-IN端子から計測した。

音響波形では、波形の立ち上がりは電流帰還（下段）のほうが鋭い。プラトーも電流帰還のほうが水平に近く、原波形に近い。なに、波形が汚い？？いやこれできれいなほうなんです。いかに高級スピーカーでもこの程度の波形だ。

電圧帰還のスピーカー電圧（右上段）は、立ち上がりが遅い上にオーバーシュートがありプラトー部分が傾いている。スピーカー電流はスピーカー電圧と似た波形だったのだが絵を作り損ねた。電圧帰還ではスピーカー電圧は帰還により理想的な方形波になるはずだがそうならない。これは負荷のスピーカーが純抵抗でなくコンデンサーやコイルの成分を持つからだ。高域で位相が回転し発振に至ることもあるので、対策に余計な部品が必要であり、これがさらに音質を劣化させる。

一方、電流帰還のスピーカー電流（右下段）は入力波形に極めて近い理想的な方形波になっていて、電流帰還アンプとして原理どおり動作している。電流帰還では負荷のスピーカーが低インピーダンスの帰還ループ内に入るので安定し、発振予防の余計な部品がいらない。





音響波形

スピーカー電圧

このように、電流帰還アンプは電圧帰還アンプより過渡特性が優れている。電圧帰還では安物スピーカーのポテンシャルすら発揮し尽くしていないのである。メーカーもずいぶん長いあいだ重要な点についてはおわかりしてきたものだ。

電圧帰還でスピーカーを制御するのは、扇を目をつぶって糸の手応えだけで挙げるようなものである。電流帰還では扇の動きをフィードバックする糸がもう一本あるようなもので、その制御能力は比べ物にならない。

山本式電流帰還アンプはスピーカー自体が帰還素子を構成するので追加部分は電線一本である。優劣の差を論じる以前の問題だろう。これを風水学的には、

あらゆる能動素子は一本の電線にしかず (PAT PEND.)

と言う。この手の製作に心得のある方は是非追試をされて欲しい。

コメント：巷はデジタル、デジタルと騒がしいが、肝心の音の出口は超低レベルアナログ素子のままである。それに疑問をいだかないとすれば問題である。

(* 1) p.84 参照

(* 2) p.90 参照

September 28 1998

山本式電流帰還アンプ改造勘どころ編

電流帰還改造の勘どころについて質問があったので、まとめておきたい。ここではメインアンプを単に出力の大きなオペアンプとして考える。実際にオペアンプの等価回路とディスクリートで組んだオーディオアンプの回路はほとんど同じである。

図1のようにオペアンプの使い方には非反転増幅と反転増幅がある。オーディオは入力に音量調節を入れる都合から、ほとんどが非反転増幅回路になっている。この場合のゲイン G (増幅度) は、

$$G = 1 + R_2/R_1$$

となる。反転増幅の場合のゲインは R_2/R_1 になる。

通常は図1左下のように R_1 に直列にコンデンサーを入れ超低域をカットする。超低域ではコンデンサーのインピーダンスが上昇し帰還が増えてゲインが減少する。大出力アンプでは図に無いが保護回路がある。電源が入り出力電位が安定した頃にリレーでアンプ出力とスピーカーを接続する。また直流が出力されたときにリレーを切りスピーカーを保護する。

通常はプラスとマイナスの2電源を要するため、安物は1電源回路になっている。この場合、出力コンデンサーがアンプのクオリティを左右する。電圧帰還アンプでは出力コンデンサーが帰還ループに入っていないので、コンデンサーの特性は補償されない。

一方、電流帰還アンプでは、出力コンデンサーが電流帰還ループに含まれ、そのひどい特性もコミで入力電圧に比例した電流がスピーカーを流れるように制御される。良く1電源アンプは出力コンデンサーがあるので音が悪いと言うが、2電源アンプでも動作的にはスピーカーに電源回路のコンデンサーが直列に繋がるのだから大差ないという意見もある。

ビギナーには、電流増幅改造の素材としてラジカセやパソコン用アンプ付きスピーカーを使うことをお勧めする。これらのアンプは汎用のオーディオICなので、回路が簡単でしかも各種保護回路内蔵なのでめったに壊れない。ラジカセのプアなスピーカーでも改造の効果を十分に実感できる。

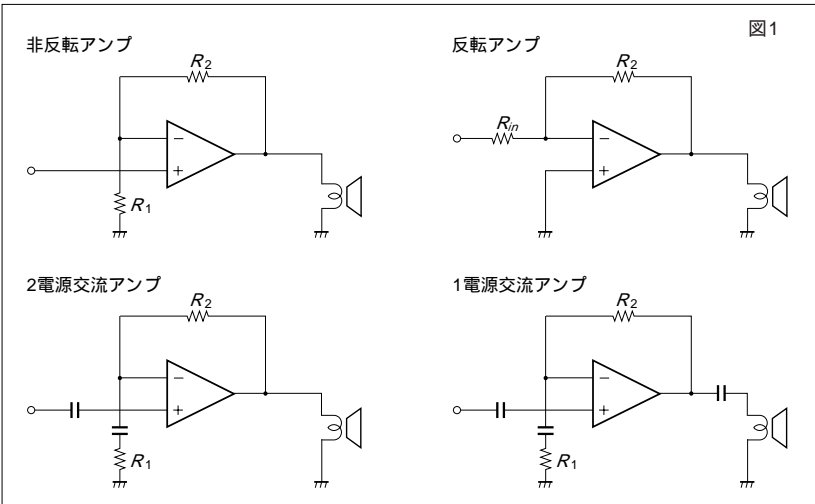


図1

電流帰還 - 改造法の見極め

それでは、手近にあるラジカセの回路を検討してみよう。過去に多くのラジカセやパソコン用アンプ付きスピーカーを解析したところ、回路は次の3種類に大別できた。ここでは1電源式に限って説明するが、2電源式でも改造原理はおなじである。

まず図2左上の帰還抵抗が外付けの回路のものが大多数を占めた。特に国産の安物CDラジカセはほとんどのタイプだった。アンプはDIP型IC(KA2002)で左右2チャンネル分が1パッケージに入っている。足の大半は放熱のため接地され、動作に関係するのは入力、出力、帰還回路、電源の4本だけである。このICが良く使われる理由は帰還抵抗でゲインが設定できるため、用途を選ばないからだろう。

ICと接地間の帰還用抵抗が本当にゲインを決めているかは、100 の抵抗を R_1 に並列に入れてゲインが変化するかどうかを観察すれば良い。多くは6 のスピーカーで約2Wの出力が得られるように、ゲインが約20倍に設定されている。

改造に必要なパーツ

電流帰還改造に必要な部品は電線一本もしくは抵抗一個のみである。抵抗はスピーカーのインピーダンスをゲインで割った値だが、0.3 の抵抗は入手難なので電線で作製したほうが早い。ビニール電線をほぐして内一本を使用すると10cmで0.3 程になる。ICと接地間のコンデンサーと R_1 の順序が逆の場合は、回路図のように入れ直す。スピーカーの配線がはずれても、内蔵の電圧帰還がわずかに効くの

