

高度感性情報再現のための電源供給方法の検討

-L,R 独立電源供給方法の問題の検討-

加藤孝康* 小林幸夫** 石川智治* 宮原誠*

*北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
923-1292 石川県能美郡辰口町旭台 1-1 Tel.0761-51-1699(内線 1384)

**小山工業高等専門学校 電気工学科
323-0806 栃木県小山市大字中久喜 771 Tel.0285-21-0321

E-mail:tkatou@jaist.ac.jp

Abstract

我々は、音楽再生の中で感激の伝達：高度感性情報の再現を目的とした研究開発を行ってきた。研究方法は、モデルを作って演繹的に研究を行なう従来とは逆に、出ている音から逆にたどって、多くの実験的事象を基に未発見の物理要因・特性を探していく帰納的研究方法である。この研究方法に基づき、高度感性情報の再現のためには、精密に波面を再現することと同時に、音像を高忠実に再生することが重要である事が分かりつつある。

この必要条件から見ると、従来音響理論で音質向上に良いとされてきたL,R 独立電源は、例えば、トランスが別々に振動し、波面や音像がぼけるので、高度感性情報再現に本当に良いのか問題があると考えられる。この問題を、心理物理学的に検討した。

The examination of power supply for Reproduction of High Order Sensations -The examination of the problem for L and R independent power supply-

Takayasu Kato*, Yukio Kobayashi**, Tomoharu Ishikawa*, Makoto Miyahara*

*School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology (JAIST)
1-1 Asahidai, Tatsunokuchi-machi, Nomi-gun, Ishikawa 923-1292 Tel.0761-51-1699(1384)

** Department of Electrical Engineering, Oyama National College of Technology
771 Nakahisayoshi, Oyamashi, Tochigi 323-0860 Tel.0285-21-0321

E-mail:tkatou@jaist.ac.jp

Abstract

We are developing an audio system for the reproduction of the High Order Sensations, and researching the basic of transmitting the deep human impression given by the music. To find unknown physical factors from the reproducing sound, we have adopted the inductive method on the contrary to the deductive method as is common constructing the model and examining. We have found that it is important to reproduce the wave front of sound.

For this requirement, we have considered on the power supply. Common sense it is believed that each transformers of Lch and Rch should be separated to obtain a good channel separation. However, we have considered that transformers of L and R may not be separated because the wave front of sound is blurred if transformer vibrate independently. We have examined this problem based on the experiments from the viewpoint of psychophysics.

1 はじめに

デジタル技術の進展にともない、いわゆる、きれいな音、きれいな画像を伝達する技術はほぼ完成したと言えよう。我々はこれを超えて、原演奏が表現している“凄み”さえも伴なう“感激(高度感性情報)”を再現することを目的として研究開発を行なっている [1]-[5]。

研究方法は、従来のような周波数特性、インパルスレスポンス、S/Nといった既知の物理要因から結果として音質が決まるという方法とは全く逆に、人が感じとった高度感性情報からスタートし、Key 評価語を足掛かりにして新たな物理要因を発見する方法(コペルニクス的転回の方法) [2] である。我々はこの研究方法により、高度感性情報の再現可能なオーディオシステムの開発に成功しつつあり、高度感性情報の再現に重要な物理要因の発見 [3]-[4] にも至っている。この理論的背景は、宮原が与えた2つの仮説:(1) 精密な波面の再生による音像の定位と、(2) 定位した音像からの音のはきだし(瞬時エネルギーの放出)、である。

これまでの先行研究から様々な経験的実験的事実が得られた。その中でも、高度感性情報再現を向上させるためには、システムの電源まわりを改善する必要があることを得てきた。例えば、電源ケーブルを OYAIDE L/i-50 に換えるだけでも音質向上につながる。そこで、高度感性情報再現を向上するためには、オーディオシステムの電源供給が、どのようにあるべきかを明らかにする必要があると考えられる。

本報告では、“精密な波面の再生による音像定位(仮説1)”に注目して、メインアンプの電源供給方法を検討する。これは、従来音響理論でステレオ感を向上させるためには、オーディオシステム電源供給に、L,R 独立電源が良いとされてきた。このことは、従来音響理論の観点からでも、L,R の音が混ざってしまうと音の広がり感がなくなり、音像定位が狭くなると予測される。高度感性情報の再現では、従来音響理論で音質向上に良いとされてきた L,R 独立電源が、例えば、トランスが別々に振動し、波面や音像がまけるので、本当に良いのか問題である。この問題を、心理物理学的に検討した。

2 メインアンプの電源供給回路

高度感性情報の再現を目的としてアンプを選択した結果、トランスにはトロイダルトランスであり、A 級増幅回路のアンプが良いという結果を得ている。我々の目的に対して、選択したアンプの電源供給方法の回路図は図 1(a) のようになっている。今回、比較対象の電源供給方法の回路図を図 1(b) に示す。

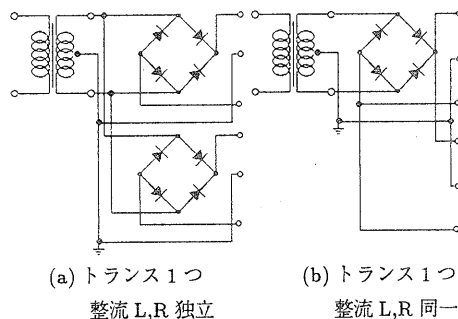


図 1: 電源供給回路図

3 クロストークの測定

電源供給回路の違いにより、L,R の音がお互いに与えている影響について、トランス1つで整流L,R 独立と整流L,R 同一によって、クロストークがどのように変化しているのかを測定する [6]。このクロストークとは、同種の入力端子の一方から、反対側のチャンネルに漏れのことである。例えば CD の L チャンネル(以下 Lch) から R チャンネル(以下 Rch) 出力への漏れがそうである。

3.1 測定方法

クロストークの測定方法を簡単に説明する。なお、測定概略図を図 2 に、今回用いた測定器を表 1 に示す。

1. Rch の入力には $1k\Omega$ でターミネートする(図 2 の Z_i)
2. 発振器を Lch の入力に接続する
3. 同時に、Lch と Rch の出力端子(スピーカ端子)には、DUMMY LOAD を接続する(この、DUMMY LOAD が図 2 の R_L, R_R となる)
4. 発振器より、入力周波数を変化させ、 R_L と R_R にかかる電圧(E_{OA}, E_{OB})を測定する
5. このとき、発振器からの入力電圧は一定である
6. 測定した電圧(E_{OA}, E_{OB})を式(1)により、計算して、クロストークを求める

以上が、LchのアンプがRchのアンプに与えるクロストーク（以下 LtoR）である。同様の手順で、先ほどとは逆のクロストーク（RtoL）も測定する。

$$CrossTalk[dB] = 20 \log \frac{E_{OA}}{E_{OB}} \quad (1)$$

$\left\{ \begin{array}{l} E_{OA} : \text{通過信号電圧 [V]} \\ E_{OB} : \text{漏話信号電圧 [V]} \end{array} \right.$

表 1: 使用した測定器

メーカー名	測定器	型番
HP*	マルチメータ	34401A
HP*	周波数発振器	3312A
SONY	デジタルテスタ	STA32
日本オーディオ社	DUMMY LOAD	DL-88

*:HP は HEWLETT PACKARD を示す。

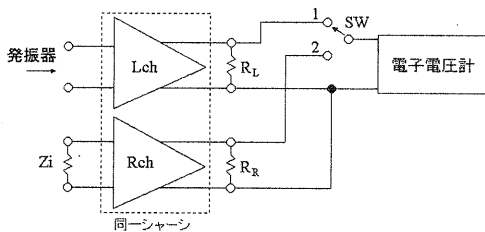


図 2: CrossTalk 測定の概略図

3.2 クロストークの測定結果と考察

クロストークの測定結果を図3に示す。なお、図中の“1:1”とはトランス1つで整流L,R 同一を、“1:2”とはトランス1つで整流L,R 独立を示している。この結果より、整流L,R 独立にすることにより、整流L,R 同一よりも周波数帯域30Hz~1kHzで、クロストークが良くなっていることが分かる。これらのことより、整流をL,R 独立にすることにより、L,Rの各々の音が混ざり合うことを防いでいることが明らかになった。そこで、この影響が高度感性情報の再現がどのように変わるのかを、主観評価実験を行ない明らかにする。

4 音質の主観評価実験

メインアンプの電源供給方法を変えた時に、高度感性情報の再現度について主観評価実験を行なった(図4)。この際、トランス1つで整流L,R 独立を基準として、トランス1つで整流L,R 同一を比較した。なお、CD-Playerとメインアンプには改造(付録)が施されている。

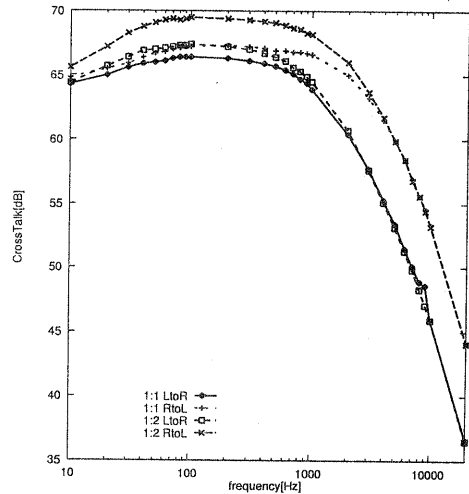


図 3: CrossTalk 測定結果

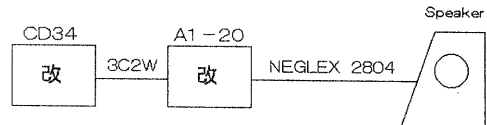


図 4: 評価システムの概略図

4.1 評価実験条件

評価場所はJAIST IS AV評価室(H:3.4m, W:5.3m, D:8m, 残響時間 [125,250Hz で0.4s, 500~2kHzで0.3s, 4kHzで0.4s])で行なった。このAV評価室は天井は岩綿吸音板、床は田中木材製の音楽フローリング、外壁はラワン合板、内壁はシナ化粧合板である。不要な響きを出来る限り生じさせないため、室外との防音には石膏ボードではなく、通常の3倍以上の接着剤を使用している耐水性合板を用い、床は田中木材製の音楽専用フローリングを建物のコンクリート床に点支持してある。スピーカの背面は無穴の全面反射面であり、対面は全面吸音面である。側面は波形になっており、吸音面の対面は反射面である。

被験者は、高度感性情報を含む音質評価能力のある者で、評価の信頼性の観点から代表評価語 [5] の意味を理解でき、且つ、ばらつきのない評価をする人(成人4名)に絞った。

4.2 評価用音源

今回実験に用いた音楽リソースとその内容を表2に示す。選択した音楽リソースは、高度感性情報を含む音源でなければならない。以下の2曲は、数千

枚の音楽リソースの中から探し出し、評価用として選択した [2]。

表 2: リソース

音源 No.	タイトル・曲名・演奏者・CD 番号, 内容
音源 1	PIANO CONCERTO No.5 "ENPEROR"(Beethoven); (conductor)Zubin Metha,(piano)Vladimir Ashkenazy, LONDON,F00L-23016,NO.2 (内容):オーケストラ, ホール, ピアノ
音源 2	GOING HOME THE L.A.FOUR: L.Almeida(g),R.Brown(b),S.Manne(d),B.Shank(S,f), "GOING HOME",EASTWIND EJD-3045,NO.1 (内容):ギター, ドラムス, トランペット

4.3 評価方法

主観評価実験を行なう前に各被験者に対して代表評価語 [5] の説明を行なった。使用した代表評価語は、高度感性情報の再現に重要な代表評価語から、本報告の注目点である宮原が与えた2つの仮説のうち、“仮説 1” に深く関係している評価語 [7] “空気感”, “安定感”, “躍動感・生命感”, “Holographic 音場感”, “自然さ”, “細やかな表現の再現” である。これに新たに重要な評価語を加えた。それは、定量的かつ、安定な評価ができ、総合音質との相関が大きい評価語 [8]: “低さ” である。

比較評価は、整流 L,R 独立を基準として行なった。評点は、7 段階評価 [+3:非常に良い,+2:良い,+1:やや良い,0:同じ,-1:やや悪い,-2:悪い,-3:非常に悪い] である [9]。

また、評価記述用紙には自由記述欄を設け評価だけでは表現できないことを記述してもらった。

4.4 主観評価実験の結果と考察

主観評価実験の結果を表 3 に示す。なお、評点は 7 段階評価値の平均値を示し、正の評価を得た項目は全く無かった。

評価記述欄用紙の自由記述欄から、いくつかのコメントを紹介する。

- 音源 1:音場が左右に少し狭くなる。ピアノの響きがなくなる。
- 音源 2:ギターの弦の弾く感じなどがボヤケてしまった。奥行きがなくなってしまった。

表 3 より、メインアンプの電源供給方法を変えることにより、“精密な波面の再生による音像の定位(仮説 1)” の再現の違いが大きく評価に現れていることがわかる。これは、電源供給方法の違いにより、L,R の音が、お互いに影響し合い、音像を狭くしてしまったということである。

表 3: 比較評価実験の結果

	音源 1	音源 2
空気感	-0.7	-0.5
安定感	-0.7	-1
躍動感・生命感	-1	-0.5
Holographic 音場感	-1.3	-1.5
自然さ	-0.7	-0.5
細かな表情の再現	-1.3	-1.5
低さ	-1.7	-1
総合評価	-2	-1

トランス 1 個の時、2 次側の整流回路から、L,R 独立の電源にした方が良いことが明らかになった。

次に、トランスを 2 つ用いてトランスを L,R 独立にした場合、高度感性情報の再現はどのようになるのかを追実験した。

5 L,R 独立トランスの場合

トランス 1 個の時は、高度感性情報の再現の観点からでも、従来音響理論通りチャンネルセパレーションを良くする意見でも、整流 L,R 独立の方が良いことが分かった。そこで、トランスをも L,R 独立として実験してみる。実験の回路図を図 5 に示す。

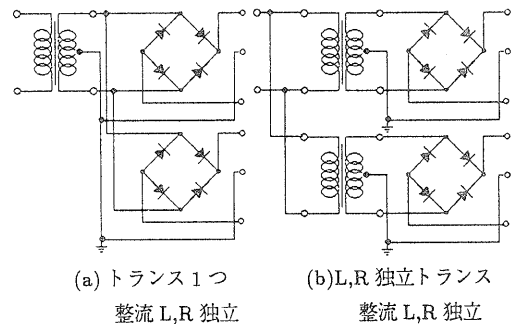


図 5: 電源供給回路図

5.1 実験の方法

トランス 1 個で整流 L,R 独立と整流 L,R 同一の実験と同様に、「クロストークの測定」と「比較評価実験」を行なった。

5.2 実験の結果

クロストークの測定結果を図6に示す。なお、図中の“2:2”とはL,R独立トランスで整流L,R独立を示し、“1:2”とはトランス1つで整流L,R独立を示している。この結果より、トランスをL,R独立にすることによって更にクロストークを改善されることが分かった。

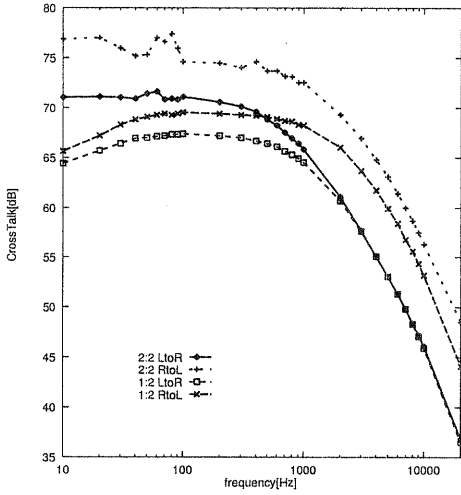


図6: CrossTalk 測定結果

主観評価の予備実験の結果では、高度感性情報において低位の“力感”、“ステレオ感”が改善された。しかしその反面、クロストークが良いにも関わらず“雰囲気”、“静寂感”などの再現が悪くなることも分かった。

この結果はとて注目すべきことである。それは、従来音響理論通り、ただ単純にチャンネルセパレーションを良くすれば音質向上につながるということではないことを示している。つまり、今まで従来音響理論で見過ごされてきた要因があるものと考えられる。

6 考察

“音像がボヤける”という評価に対して、物理要因・特性がどのようになっているかを検討する。

モノラル、すなわち、L,Rに同一信号を入力した時に、L,R信号が何らかのノイズや歪みをうけて、音楽信号が同一ではなくなったと考えられる。例えば、モノラル的なL,R同一の音を S_M 、Lch,Rchに加わるノイズ等をそれぞれ $\Delta N_L, \Delta N_R$ とすると、Lchの

出力信号 S_L 、Rchの出力信号 S_R は

$$S_L = S_M + \Delta N_L$$

$$S_R = S_M + \Delta N_R$$

と表れるから、Lchの出力信号 S_L とRchの出力信号 S_R 差分は

$$S_L - S_R = \Delta N_L - \Delta N_R \quad (2)$$

となる。

式(2)について、今回実験検討した(I)トランス1個で整流L,R独立、(II)トランス1個で整流L,R同一、(III)トランス2個を用いたL,R独立トランスの3つの場合を考えてみる。

トランス1個の時は ΔN_L と ΔN_R の性質が似ているため、式(2)が小さくなり且つ、(I)の整流L,R独立では(II)の整流L,R同一よりチャンネルセパレーションが良くなったため、4章のような結果が得られたと考えられる。

しかし、(III)のL,R独立トランスの場合(I)のトランス1個の場合より、チャンネルセパレーションが最も良くなったのに、 ΔN_L と ΔN_R の性質が全く独立なため、式(2)の右辺の値が大きくなるため、“雰囲気”、“静寂感”などの再現が悪くなってしまい音像がボヤけてしまったと考えられる。

7 まとめと今後の課題

今回、高度感性情報に注目することにより、多くの実験的事実から帰納的に導かれた重要な物理要因の1つである“精密な波面の再生による音像の定位(仮説1)”に注目して実験を行なった。本実験は、従来音響理論での電源供給方法を高度感性情報の再現の観点からクロストークの測定と比較評価実験より見直す実験である。

その結果、トランス1個で整流L,R独立と整流L,R同一との比較では、整流L,R独立の方が高度感性情報の再現が良いことが明らかになった。また、トランスを1つから2つにして、トランス1つとL,R独立トランスとの比較では、想像通り僅かに、“力感”の再現が更に良くなることも明らかとなった。しかしながら、高度感性情報において“力感”よりも重要な“雰囲気”、“静寂感”の再現が悪くなることが明らかとなった。これは、従来音響理論では見過ごされてきた物理要因であり、高度感性情報の再現に注目することによって、新たに発見された物理要因である。

オーケストラの“広がり”,“力感”は重要であることは言うまでもない。そこで今後は、力強さがあって且つ、“雰囲気”,“静寂感”をも損なわない電源供給方法を検討していく必要がある。そのため、パワーが2倍のトランスを用い、一つのトランスの2次巻線がL,R独立になっているものを、又バッテリー電源について検討する。

参考文献

- [1] 宮原 誠 (project leader),“未来映像音響創作と双方向臨場感通信を目的とした高品位 Audio-Visual System の研究”,平成9年度日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業研究プロジェクト, JSPS-RFTF97P00601,(1997.4~)
- [2] 宮原 誠,“高品位 Audio-Visual System -先端的技術インフラの研究”,オーディオビジュアル復合情報処理,13-6,PP.39-46(1996)
- [3] 冬木,小林,石川,宮原,“デジタル音楽信号の jitter に起因する高度感性情報の欠落-“雰囲気”,“空気感”(深々さ)の激減衰化-”,信学技報,EA97-104,pp.9-16(1998)
- [4] 赤堀,石川,小林,宮原,“デジタル・オーディオ・インターフェース(AES/EBU)の jitter と音質の関係”,信学技報,EA99-40,pp.1-8(1999)
- [5] 石川,冬木,宮原,“音質評価語の多次元空間におけるグルーピングと総合音質に重要な評価語”,電子情報学会論文誌,Vol.J80-A,No.11,pp.1805-1811(1997)
- [6] 加銅鉄平,オーディオ用測定器と測定技術,誠文堂新光社(1997)
- [7] 石川,小林,國藤,宮原,“高度感性情報に注目した音質評価語の階層構造解析”,信学技報,CQ98-62,pp.15-20(1998-12)
- [8] 石川,小林,宮原,“新しい考えに基づいた音質評価語のグループ化と解析”,信学技報,EE99-38,pp.75-84,Aug.1999
- [9] ITU-R,“Subject assessment of sound quality”,Recommendation BS1284(1982)

付録 高度感性情報再現に重点をおいたシステム開発

高度感性情報を表す代表評価語及び Key 評価語に注目して音響再生装置開発を行なった一例を以下に示す。なお、物理要因及びその改善点は、我々が高度感性情報の注目した多くの調査や実験により得られている事実である。

CD player:Marantz CD-34

1. 電氣的改善点

<電源部>

- 電源ケーブルを MOGAMI NEGLEX 2515 に変更し、プチルゴムで間隔をあけて固定。プラグをキャプタイヤに変更し、電源ケーブルの方向は音質をチェックして合わせる
- アナログ部電源の整流ダイオードを LOW NOISE Type のものに交換

- 外付け大容量電解コンデンサを整流部コンデンサにバラ付け

- Panasonic Xpro-Twin 12000 μ F/63V + Film コンデンサ 6.8 μ F (HOT 側のみ) リード線は軟より線に交換。
- Panasonic Xpro 10000 μ F/63V + ELNA Cerafine 33 μ F/100VBP

<アナログ信号処理部>

- 出力カップリングコンデンサの交換; チップ型電解コンデンサ 22 μ F/35V → ELNA Cerafine 100 μ F/50VBP
- 信号出力ケーブル (付属の出力ピンケーブルを MOGAMI NEGLEX 2515 + FUJIKURA 3C2W + NEGLEX 7551(スリーブ取り外し) に交換)

2. 構造的改善点及び調整

- 裏ぶたの取り外し
- 12 ϕ 真鍮ボルトで作成した足に交換し、筐体を直接3点ポイント支持化
- 大容量外付け電解コンデンサの支持方法は、大理石台の上に川を介して置く
- 各プリント基板の固定用のネジにスプリングワッシャーを噛ませ、締め具合を調整
- ケースのネジ、安定化電源のヒートシンク固定用ネジの締め具合を適度に調整
- 出力信号ケーブルにおける NEGLEX 2515 と FUJIKURA 3C2W との接続点付近を真鍮ブロックとけやき箸ではさみ、電気信号によって生じると考えられる音響振動を防止し、高度感性情報の再現には大きな効果があった

Amplifier:Musical Fidelity A1-20

1. 電氣的改善点

- 電源ケーブルを OYAIDE L/i-50 に、プラグをキャプタイヤに変更
- 電源ユニットと本体接続コードを OYAIDE L/i-50 に変更し、直付け
- 入力ピン端子を直出し
- 整流回路の電解コンデンサの前段4個を Panasonic Xpro-Twin 12000 μ F/63V に交換
- Power Transistor のアイドルカレントを通常の1.5倍に増加
- サーボアンプの時定数を調整
- Pre amplifier 部の除去
- Volume を東京光音 2P-2511S(50 Ω)に変更

2. 構造的な改善点及び調整

- プリント基板(整流)のネジの締めの調整
- プリント基板、ヒートシンク(天板)の形状変更加工
- プリント盤を天板からの吊り下げ構造に変更
- 支持足を真鍮の TIP TOES に変更し、大理石の上の点支持化
- Volume のツマミをアルミに変更
- 筐体、前板、後板、側板の除去

上記の物理要因とその改善の発見は、殆どが従来見過ごされてきた物理要因・特性であるが、高度感性情報の再現には重要な物理要因・特性である。