

オーディオシステムに生じる振動が高度感性情報 再現に及ぼす影響に関する研究

辻 敦司 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1234)

email: atsuji@jaist.ac.jp, ishikawa@jaist.ac.jp, miya@jaist.ac.jp

あらまし

我々は、高度感性情報再現に重要な物理要因を探求し、それに基づいて高度感性情報を再現できるオーディオシステムの開発を行っている。これまでの我々の研究により、オーディオシステムの筐体の支持方法や材質、構造の違いにより高度感性情報再現が大きく異なることが分かっている。

本研究は、オーディオアンプの筐体振動に着目し、どのような振動(床、空気、電気信号)が生じており、また、それらが高度感性情報再現にどのように関係しているかを考察した。これまで高度感性情報再現のために実験的に得られてきたアンプの支持方法により、どのような振動モードがアンプ筐体に生じているかを検討した。

キーワード 高度感性情報, 振動モード

Research on the influence that the vibration, which occurs in the stereo system exerts about High Order Sensations

Atsushi Tsuji, Tomoharu Ishikawa, Makoto Miyahara

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

email: atsuji@jaist.ac.jp, ishikawa@jaist.ac.jp, miya@jaist.ac.jp

Abstract

We have been discovering important physics factors to reproduce the high order sensations, and we are developing the audio system based on the obtained facts. It has been clarified that the reproduction high order sensations greatly depend on the material and the structure. Vibration mode on a chassis is measured and considered.

key words high order sensations, vibration mode

1 はじめに

高度感性情報を再現するために、我々は、得られた音質の違いから新たな物理要因を発見するという、従来とは全く逆の帰納的な研究方法を取っている[1]～[3].

この研究方法により、アンプやCD Playerの筐体の適切な場所を点支持する事、また、スピーカの適切な場所を点支持する事などが、高度感性情報再現に影響しているという実験的事実を得ている。即ち、音響再生によりオーディオシステムに生じる振動が、高度感性情報再現に影響していると考えられる。

本報告では、振動と音質の関係に注目し、振動がどのように音質に影響をしているか明らかにする。

具体的には、アンプ筐体を受ける振動は(1)床からの振動、(2)空気からの振動、(3)電気信号が基盤を流れることによって生じる振動である。これら3種類の振動及び、それらの相互作用について測定と検討を行う。また、アンプ筐体の適切な部分を点支持する事により、振動がどのように生じるかを測定し、筐体振動と高度感性情報との関係を明らかにすることを目的とする。

2 アンプに関する現在の振動対策

高度感性情報を再現するためこれまでに、実験的方法で以下のような対策を取っている。

- ・アンプの天盤をピアノの外形のような形にする。
- ・アンプアルミダイキャスト筐体に点支持するための足を取り付ける。
- ・大理石の上に設置する。
- ・筐体の足と大理石の間に豚の皮を敷く。
- ・筐体側面に重りをぶら下げる。

これらの対策を行う理由は、アンプ筐体に振動や定在波が生じる事の影響を、できるだけ少なくするためだと推測している。

高度感性情報再現の目的で、再生された音聞きながらこれらを得た。今回振動測定器を入手し、振動を測定しながらこれまで推測だった振動の影響を実測し、音質との関係を追求する。

3 振動分類と測定

スピーカから音を出力する事によって、オー

ディオアンプが受ける振動の種類としては、

- 1: 床からの振動、
- 2: 空気による振動、
- 3: 電気信号が基盤を流れることによって生じる振動、

の3種類の振動が考えられる。これら3種類の振動を測定し、これらの振動及び相互作用が、高度感性情報再現にどのように影響しているか解析する。

- 4: また、アンプに対する現在の振動対策のうち、アンプアルミダイキャスト筐体の適切な場所に直接足を取り付け、点支持したときのアンプの振動と高度感性情報の関係を明らかにする。

3.1 測定内容

アンプが受ける3種類の振動がそれぞれどの程度アンプに影響を及ぼしているか知るために以下の実験を行った。

- 1) スピーカの代わりにダミーロードを使用した場合のアンプ筐体振動の測定。

この実験の目的は、電気信号が基盤を流れることによって生じる振動を測定し、それが音質に影響しているかを調べることである。

- 2) アンプを床の上に直接置いた場合と、アンプと床の間に大理石を置いた場合の筐体振動の測定。

この実験の目的は、床からの振動に着目して、床振動がどのようにアンプの筐体振動に影響を及ぼすか調べることである。

- 3) アンプに空気振動低減カバーを使用した場合のアンプ筐体振動の測定。

この実験の目的は、アンプに生じる振動のうち空気を伝えることにより生じる振動を測定し、空気振動低減カバー(縦42cm、横57cm、高さ35.5cm、厚さ18mm、重さ8Kg内側をグラスウールで覆った木製の箱)をアンプに被せることによる影響を調べることである。

- 4) アンプ筐体に直接点支持のための足(真鍮製)をつけた場合のアンプ筐体振動の測定。

この実験の目的は、我が研究室で高度感性情報再現のために行われているアンプの支持方法が、どのように筐体振動の改善をしているか調べることである。

3.2 測定装置

アンプ筐体の振動測定は当大学AVルームで行った。使用装置は正弦波を出力するためにSONY Tectoronix製 Arbitrary Function generator AFG320型、アンプは、Musical Fidelity製A1、スピーカはYAMAHA製NS-1000Mを用いた。振動を測定する装置としては、RION製振動分析計VA-11、加速度ピックアップはRION製PV-85を使用した。振動測定器の仕様[4]を表1、加速度ピックアップの仕様[5]を表2に示す。ここでMusical Fidelity製A1を使う理由は、既に実験的に音質の良いコンストラクションを改良した装置が我が研究室にあるため、比較が容易にできるからである。また、YAMAHA製NS-1000Mの使用については、従来オーディオスピーカの代表と考えたからである。

3.3 測定方法

Arbitrary Function Generatorから出力した正弦波をアンプで増幅し、スピーカから出力させる。出力周波数は20Hz～20kHzの間で1/3オクターブずつ変化させる。アンプの出力は1kHzの正弦波を入力したときに実効値1.0Vとする。実験システムの構成図を図3.1に示す。振動の測定方法は、アンプ筐体の天盤の上に、加速度ピックアップPV-85を両面テープで固定し振動分析計VA-11で測定する。測定位置は、図3.2に示すようにアンプ筐体の天盤を縦方向に5箇所、横方向に5箇所合計25箇所に分ける。それぞれの場所に1～25の番号を付ける。図3.2に示す数字を円で囲んだ部分は、今回の実験で測定したデータのうち、グラフに示した場所であり、×印は、支持足の取り付け位置を示す。

4 測定結果

1) スピーカの代わりにダミーロードを使用した場合のアンプ筐体振動の測定。

電気信号が基盤を流れることによって生じる振動は、アンプ筐体の振動を測定した場合には、振動測定器の測定限界以下であり検出できなかった。また、直接基盤振動を測定したが、これも測定限界以下であった。従って、電気信号が基盤を流れることによって生じる振動は、測

表1 VA-11の仕様。

入力チャンネル数	1
測定振動量	加速度ピックアップより 入力された信号
測定周波数範囲	3Hz～20kHz 加速度
測定レベル範囲	0.02～316m/s ² 加速度
A/D変換	16bit ΔΣ方式 512kHz サンプル
サンプル周期	512kHz
実行時定数	1秒

表2 PV-85の仕様。

構造	せん断型
重さ	23 g
電荷感度	6.4 pc/(m/s ²)
振動周波数範囲	1～7000Hz
取り付け共振周波数	24kHz

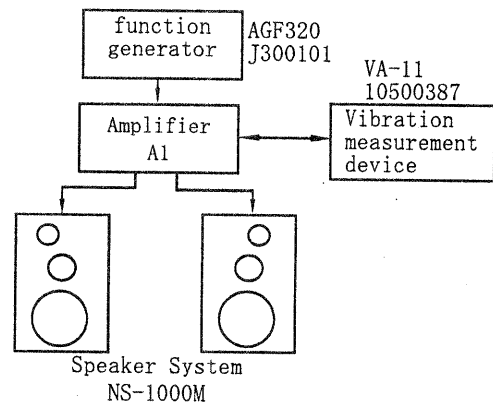


図3.1 実験システムの構成図。

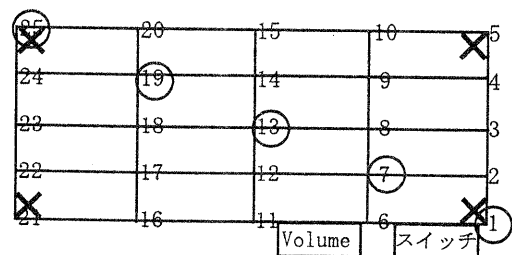


図3.2 アンプ天盤分割図。

定器の精度以下のため測定が困難である。

2) アンプを床の上に直接置いた場合と、床の上に大理石を置きその上にアンプを置いた場合の筐体振動の測定。

床に直接アンプを置いた場合のアンプ筐体振動を図4.1に示す。同様に大理石の上にアンプを置いた場合を図4.2に示す。なお、図の縦軸にアンプ天盤の加速度実効値(m/s^2)、横軸にスピーカから出力した正弦波の周波数(Hz)を示す。また、グラフ上に示すプロット(1, 7, 13, 19, 25)は、図3.2に示す円がついた位置である。

図4.1、図4.2から周波数が70Hz付近で加速度実効値が大きく現れていることが読みとれる。また、図4.1、図4.2から分かるように、アンプを大理石の上に設置した場合、床の上に直接設置した場合と比べると、ほとんどの周波数帯域で振動が減少する傾向がある。従って、アンプと床の間に大理石を置くことで、アンプ筐体に生じる振動が減少するといえる。

3) アンプに空気振動低減カバーを使用した場合のアンプ筐体振動の測定。

測定結果を図4.3に示す。図4.3から周波数が70Hz付近で加速度実効値が大きく現れていることが読みとれる。また、図4.2と図4.3を比べると、周波数が高域での加速度実効値が、空気振動低減カバーを被せることによって減少していることが読みとれる。従って、今回使用した空気振動低減カバー(縦42cm、横57cm、高さ35.5cm、厚さ18mm、重さ8Kg内側をガラスウールで覆った木製の箱)は、高域周波数の空気振動は低減できるが、低域周波数主に70Hz付近はほとんど低減できないといえる。

4) アンプ天盤に直接点支持のための円錐形の足(真鍮製)をつけた場合のアンプ筐体振動の測定。

アンプ筐体を4点で支持したときの筐体振動を図4.4に示す。図4.4からは、加速度実効値が特に大きく現れる周波数がなく、200Hz付近と4kHz付近で少し現れていることが読みとれる。従って、アンプを点支持することで筐体振

動が大幅に減少しているといえる。

5 評価実験

予備実験的ではあるが、測定内容の(2)～(4)について評価実験を行い、それぞれの振動を減らすことと、高度感性情報再現との関係を明らかにする。

この評価実験は、高度感性情報の再現にアンプ筐体の支持方法や置き方の違いが、どのような影響を及ぼすか調べるのが目的である。

5.1 評価音源

評価用音源は、千数百枚のCD盤の中から探しだし、評価音源として選択[6]したものの内、我々が実験に常時使用しているものをの用いた。評価用音源を表3に示す。

5.2 評価方法

高度感性情報の再現に重要な代表評価語[7]と、キー評価語を用いて評価する。評価は、7段階評価で行い、評点は、非常によい(+3)、良い(+2)、やや良い(+1)、同じ(0)、やや悪い(-1)、悪い(-2)、非常に悪い(-3)である。

5.3 評価実験結果

2) アンプを大理石の上に設置した状態を基準として評価した結果、床の上に設置する方が、総合評価で(-1)、空気感、抜け、透明感がそれぞれ(-0.5～-1)低下する。

3) アンプを大理石の上に設置した状態を基準として評価した結果、アンプ筐体に空気振動低減カバーを被せた状態の方が、総合評価で(+1.5)、低さ、力強さがそれぞれ(+1～+1.5)向上する。

4) アンプを大理石の上に設置した状態を基準として評価した結果、アンプ筐体に直接点支持のための足を取り付ける改造をした場合は、総合

表3 主観評価実験に使用した評価用音源。

タイトル・曲名・CD番号・内容
PIANO CONCERTO No. 5 'Emperor' (beethoven): conductor: Zubin Mehta, piano: Vladimir Ashkenazy LONDON F35L-5001 411 903-2, No2 内容: オーケストラ, ホール, ピアノ

評価で(+2), 臨場感, 透明感, 抜けがそれぞれ(+1.5~+2)向上する。

6 考察

4章測定結果と, 5章評価結果より, アンプ筐体に生じる振動と, 高度感性情報再現性との関係について考察する。

アンプ筐体が受ける床からの振動を解析するために, 床と大理石の振動特性を図4.5に示す。図4.1と図4.2を比較した振動減少量に比べると, 図4.5の床の上と大理石の上の振動減少量の差は小さい。このことより, 地面(床, 大理石)から伝わる振動がアンプ筐体に与える振動の影響は, 線形的ではなくそれぞれの振動(空気による振動, 床からの振動)が相互作用していると考えられる。

図4.2, 図4.3を比較すると主に高域の周波数で振動が抑えられている。また, 空気振動低減カバーを使用したときと使用しないときの音質評価は, 空気振動低減カバーを使用した方が総合評価が(+1~+1.5)高い結果が出ている。この結果より, アンプの高域の筐体振動を抑制することは, 高度感性情報の再現を現す評価語の低さや, 力強さと関係すると考えられる。図4.1, 図4.2, 図4.3より周波数が70Hz付近で大きく振動しているのは, 今回測定したアンプ筐体の共振周波数ではないかと考えられる。図4.2と比較して図4.3の周波数が70Hz付近の振動が, 低減されていない理由としては, 今回使用した空気振動低減カバーでは低域の周波数は遮断されにくいためだと考えられる。

図4.4より, アンプの天盤に直接点支持するための足をつけることで, 筐体振動を大幅に低減させているということが分かる。評価実験から総合評価が(+2)と, 筐体振動が大きく減少すれば, 高度感性情報の再現も大きく向上するとと言える。

アンプ筐体に生じる空気による振動と, 床からの振動は相互作用してると考えられるが, 床からの振動だけを取り除く一つの例として, アンプ筐体の全体振動から, 床からの振動の差分を取ることを考える。図4.4から図4.5の大理石の振動の差分を取ったものを図4.6に示す。

ここで, 差分の最小値がゼロ以下にならないよう図4.5の大理石の加速度実効値には, 0.243の係数を乗算してから差分を取った。図4.6から天盤を点支持したアンプの筐体振動のほとんどが, 空気による振動であると考えられる。

以上の実験結果より, アンプの筐体に生じる振動の抑制と, 高度感性情報の再現の向上に強い相関があるといえる。

7 おわりに

アンプ筐体に生じる振動(空気による振動, 床からの振動, 電気信号が基盤を流れることにより生じる振動)のうち, 空気による振動と床からの振動の相互作用が影響する事が分かった。また, アンプに生じる振動を抑制することによって, 高度感性情報再現性は向上することが明らかになった。

今後, 更に, アンプの筐体振動を減少させるためには, どうすればよいかを考えた改造を行い, 筐体振動がゼロの状態を作り出しその音を評価し, 高度感性情報再現との関係を明らかにしたい。また, スピーカ, CD Playerについても, 音楽の音質を聞きながら実験的に支持方法が分かっているため, それらについても検討したい。

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複合情報処理, 13-6, pp. 39-46 (1996)。
- [4]RION:VA-11取扱説明書。
- [5]RION:PV-85取扱説明書。
- [6]石川 智治, 小林 幸夫, 宮原 誠, "高度感性情報の再生のためのDSPによる伝達周波数特性補正", 電子情報通信学会技術報告, EA98-18, pp. 7-14, Jun., 1998。
- [7]石川 智治, 冬木 真吾, 宮原 誠, "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, Nov., 1997。

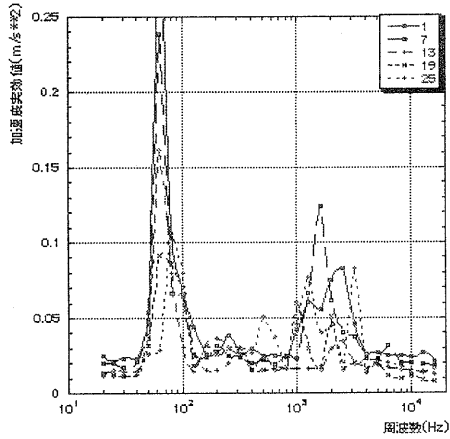


図 4.1 アンプ管体振動 (床の上設置).

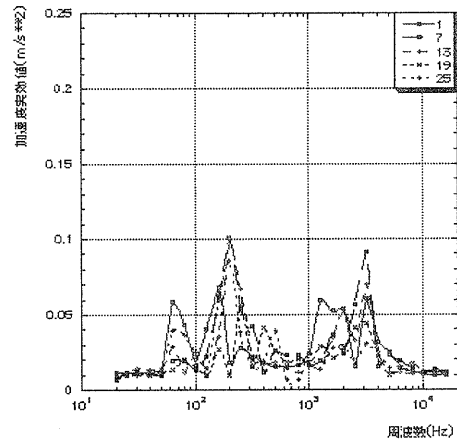


図 4.4 天盤を点支持したときのアンプ管体振動.
(石の上設置)

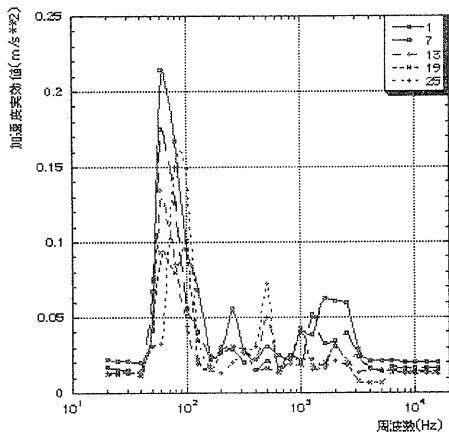


図 4.2 アンプ管体振動 (石の上設置).

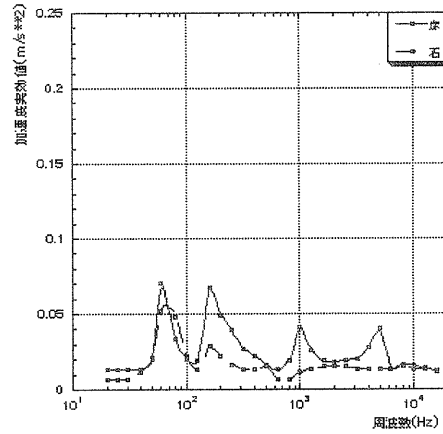


図 4.5 アンプ設置場所の振動特性.

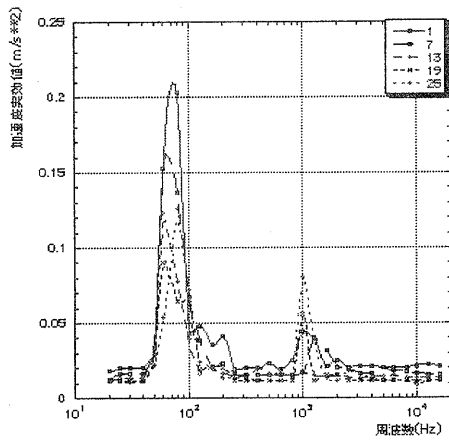


図 4.3 空気振動遮断時のアンプ管体振動.
(石の上設置)

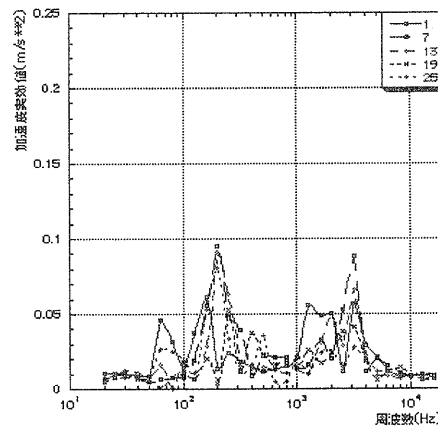


図 4.6 空気、床振動差分のアンプ管体振動.
(石の上設置)