The56その４メモ

The56はネット上でのオーディオ雑談会です。

以前中島平太郎さんがJASジャーナルに書かれた記事の中から、

「良い音」 についての話題とキーワードを参加者の皆様と談義します。

今回その４は2022年11月19日 13：30～15：30に行い、参加者は9名(事務局含む)

このメモには

・中島さんの記事の抜粋

・参加者の皆さんのコメント（終了後にメールでいただいた感想も載せてあります）

・事務局が用意した関連する資料

などが含まれています。

内容

話題１　生の演奏と感動

諏訪根自子

生の演奏に震える感動

生演奏と再生音

原音場再生

次世代オーディオ概念図

田中和彦さんのソフト紹介

話題２　スピーカのひずみ

スピーカの各種ひずみ　音場ひずみ？

スピーカのひずみと雑音

スピーカの特性測定方法

試聴環境の規格化

ひずみと音質

平板スピーカ・平面スピーカ

スピーカ測定マイクの位置と特性

無響室と一般の部屋でのスピーカの音圧特性の違い

NHラボ
事務局
髙田(文責)
221125

話題①：
生の演奏と感動

「音との付き合い70年その１
ＮＨＫに入るまで」

Jas Journal Vol.56,No.5 (2016)
p.12より

（前略）　そうした折、たまたま入手した諏訪根自子さんのバイオリンリサイタルを聞く機会があった。よい気分転換と思い、生まれたばかりの長男晃を両親に預かって貰い、会場である市の公会堂に出かけた。諏訪さんは私と同年代。フランスから帰国されての初めてのリサイタルであった。焼け残って隙間だらけの寒い会場ではあったが、溢れるばかりの聴衆の熱気の中で始めて聴いた生の演奏に震える感動を感じた。生の演奏はかくも大きなものか。私たち夫妻は交わす言葉もなく、きれいな月光を浴びながら帰宅した。

私たちがその当時聞くことのできる音楽は、自宅にある機械蓄音機で再生するSPレコードの音と、福岡放送局から送信されたJOAKの中波ラジオの音であり、いずれも雑音の多い低音がこもり勝ちの音。生の音と聴き比べて天地の差がある。もっと生の音に近づけば私達の生活に大きなうるおいの場を提供できるかも知れない。それがどの位難しいものかは分からないが、そこに私の出番があるような気がする。私のライフワークはここにある。大学だけでなくもっと広い天地での活躍の場はどこにあるだろうか。　（後略）

キーワード

- **諏訪根自子**
- **生の演奏**
- **震える感動**
- **生の音と再生音**
- **ほか**

諏訪根自子

The56当日は話題に出ませんでしたが、中島さんの文章の冒頭にある「諏訪根自子」さんの事を少々。

「諏訪根自子」（アルファベータ発行　萩谷由喜子著）の本から情報を抜き出しました。

中島さんの文に「諏訪さんは私と同世代」とありますが、お二人は一つ違いでまさに同世代です。

諏訪さんは終戦直後に日本に戻り、1946年から日本国内で演奏会を開いていますが、中島さんは九州公演を聞かれたようです。

諏訪根自子　年譜

1920年1月23日　誕生（参考　中島平太郎さん1921年生まれ）
1924　バイオリンを始める（4才）
1930　天才少女として報道される（10）
1936　ベルギーへ留学（16）
1938　パリへ移住　　カメンスキーに師事
1939　パリデビュー（19）
1943　ゲッペルスからストラディバリウスを贈呈される（23）
1945　帰国（25）
1946・10　帝国劇場で帰国記念演奏会　以降年末まで日本各地(大阪、静岡、金沢、
名古屋、北陸、九州、山陰等)で演奏会（26）
以降演奏家として活動
1960年以降　演奏出演記録がない。（40）
1976　三越名人会で演奏（56）
その後演奏活動再開　録音
1984　最後のコンサート　町田市民ホール「諏訪根自子バイオリンリサイタル」（64）
2012．3　没　（92）

諏訪根自子　演奏録音のCD

「諏訪根自子の芸術」　2枚組CD

発売　日本コロンビア

1枚目1－22と2枚目1－4の26曲はSP盤をクレデンザで再生し、マイクで集音したものをデジタル変換し再度CDに書き込んでいます。

2枚目の5~16はコロンビアが所有している金属原盤を再生したもの。

「天才少女」 と呼ばれた、13歳から15歳までの録音。

NEJIKO SUWA LIVE IN　TOKYO 1957

発売　キングインターナショナル

2曲目の指揮者は小澤征爾さんの先生の斉藤秀雄さん。
第二バイオリンは巖本真理さん。
諏訪さん37歳の時の録音。2曲とも素晴らしいバッハ演奏です。マスターテープ劣化による録音品質の低下が残念です。

生の演奏に震える感動

Oさん；

生の音を聴くときの感動は、本物を見ることによる、あるいは本物を聴くことによる感動ではないか。対象が音楽でなくても、芝居でも、目前で人間が実際に芝居しているということに対しての感動がある。プリントした名絵を見る場合と本物の名画を見る場合の感動の仕方の違いも当てはまるのでは。

再生音を聴くときに、演奏している様子を思い浮かべることができる場合は、錯覚に入り込めて「そこで演奏している」ように聞こえるのでは。

Iさん；

オーケストラの生の音は耳に心地よい。（＝感動する）

現在最高と言われているスピーカでも生の音の再生は難しいと思う。

生演奏と再生音（１）

Ｗさん；

昔、オーディオフェアで生音と再生音の切り替え実験があったが、立ち会われたことのある方のご意見は？

Ｋさん；

日仏会館でビクターが主催した生音と再生音の比較試聴会に立ち会ったが、両者の区別はつかないくらい再生音が素晴らしかった。

一方、同じ日仏会館でコーラル音響が主催した生演奏と録音の比較では、録音に含まれていた高音ノイズで再生音であることが分かった。再生スピーカはフルレンジ1発だったが、音の切れや冴えがよく、音質的にはかなりいいなと思った。

他の経験で言えば、ギターなどの楽器から直接体に響く音や、JAZZ演奏のステージ袖で聞いた時の迫力に感動したことがある。

生演奏と再生音（２）

Tさん；

いろいろな演奏会を生録することが多く、リハーサルから見ていると、芸術家のこだわりをすごく感じることがある。特に最終的な演奏の録音を演奏家として気に入らないことも多いようだ。

ホールやライブハウスでは演奏家は観客と「その場の時間を共有する」という意味が大きいのでは。

演奏会での演奏はパーフェクトを求めるものではないのではないだろうか。

一方、CD制作の現場では1フレーズや1音の差し替えまでやってパーフェクトにこだわって作り込みをする。これはコンサートでリアルな演奏をすることは違う。コンサートではミスショットも雑音も一つの録音（した音楽）として聴くのでは。

生演奏と再生音（３）

Ｃさん；

大会場のポピュラーコンサートでPAがある場合、生の演奏であっても演奏者が見えるか見えないかで音の聞こえ方が変わる。見えないとPAスピーカの方に音が引っ張られる。

Ｍさん；

先行音定位の技術は音場制御に良く使われる。たとえば鹿島建設の明聴ネットは天井スピーカにディレー加え音の聴こえる方向を制御している。

生演奏であっても演奏会場の後方ではがっかりする音になることがある。それならオーディオシステムで再生音を聞いた方が良いと考える。特にオンマイク録音した生々しい音を聴きたい。この場合、生音を聴くこととは目的が全く違うことになる。演奏会場のある席で音楽の雰囲気を味わいたいなら生演奏が良いと考えるが、周りのノイズが邪魔になる。

生とそっくりにしたいかどうか（生を聞きたいのか）でアプローチが分かれるように思う。

生演奏と再生音（４）

Wさん；

生演奏（の音）は確かに感激することがある。

しかし、例えば個人のピアノ演奏やバイオリンの独奏のような小規模で、たいして上手くない場合、画像があってもなくても良いような場合の音の違いはどう考えるか？　音に感激、感動するだろうか？

クラッシクで少人数の場合の演奏の場合、何に感動してその人のCDを買おうとうい気持ちが起きるのだろうか？

自分はポピュラー音楽が好きで、パフォーマンスも含めた生の音(演奏)は好きだが。

事務局；

人はなぜ音楽に感動するのか？という次のテーマ(難題？）でしょうか？

生演奏と再生音（５）

Tさん；

生演奏と再生音の違いの前に、画像(絵)の在り無しを考えると、人の聴覚と視覚で神経の太さが違い認知が大きく異なる。

例：ステージの近くでピアノを聴く場合、音を聴くというより、演奏を見ているというべきでは。

IMAXで巨大画面の映画を見るときの没入感も同じでは。

ハイエンドオーディオでも画像の在り無しで受ける印象に大きな違いがある。画像があると画像に引っ張られる。（→スピーカ比較試聴例　次ページ参照　）

Mさん；

映像があると音の事は気にしなくなる。音を評価するときは映像無しの方が細かいところまで判断しやすい。映像があると音の評価は甘くなる傾向があり、少々のミスタッチは気にならない。しかし、音だけ聞いていると間違いがリアルに分かる

ヒトは映像と音響を同じような感性レベルで感じることは難しい。どちらかに集中してしまう。絵だけを評価する場合には音は無くても良い。音を評価するときは映像がない方が細かいところが分かりやすい。これらは人の脳の仕組みの問題か？

スピーカ比較試聴例
Blind vs Sighted(non-blind)

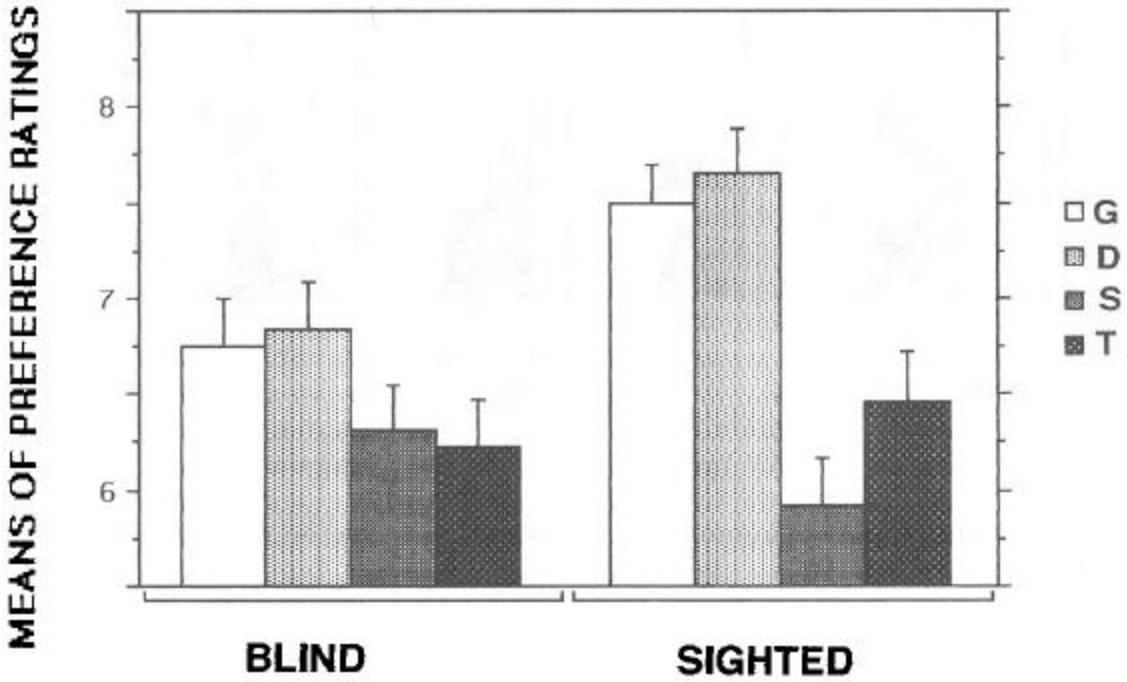


Figure 3 A comparison of listener preferences in blind and sighted tests, combining the results of tests performed in two loudspeaker locations.

1994年にＪＢＬの親会社Harman InternationalのＲ＆Ｄグループがａｅｓコンベンションで発表した論文で、
市販の4種類のスピーカを
①スピーカが見える状態と
②全く見えない状態で、比較試聴しリスナーの好みを比べたところ、
②の方が
１．好み度の評価の差が少ない
２．小さく安価に見えるスピーカの評価が大きく変わった（Fig 3でスピーカＳ）
という結果が紹介されている。

生演奏と再生音（６）

Mさん；

生の演奏を録音したものを(CDなどになった)後にそれを再生すると、生演奏とは全く別の音になる。生の音と録音された音を比較するのは非常に難しい。

沢口真生さんが大賀ホールで録音されるときは無観客状態。会場で聞いた生音と、録音した音を再生して聞くと全く違う。

沢口さんはあるイメージを想定してマイクアレンジをする。「会場のどこかの席で聴いている」ということは想定せず、イメージに合った別のリアリティを創造している。会場にいると（いても）その音は聞けない。最終的にどちらが良いかは聴く人の判断。

オーディオマニアとしてはマイクをできるだけ近づけてあらゆる音を録ってみたい。ステージのマイクでとった音は席で聴く音と違う。会場で聴く生の音とは異なる。この辺がオーディオの面白いところであり、難しいところ。

生演奏と再生音（7）

Mさん；

生とのすり替え実験

無響室では成立しない。会場の残響特性がかなり影響している。残響成分が多くなると分かりにくくなる。

Tさん；

オーディオ機器の特性はかなりよくなっているし、さらに良くなると思う。しかし、録音したものをスピーカで再生すると元の音場の再生は不可能。

スピーカはある種の楽器であり、元の音場の再生は永久にできないのでは。

バイノーラルで録音しても、心理的要素もかなりあり、原音場再現には至っていない。

事務局；このあたりのMさんやTさんのご意見は、中島平太郎さんが1998年のJas Conferenceで講演された「原音場再現は不可能」（本資料p.18)ということと似ているのか？

生演奏と再生音（８）

事務局;

CDなどの録音された音楽の再生で時間を共有できるか？

Mさん;

録音録画の再生でも、感動が共有できる経験がある。セゴビアの映像映写会で、音も悪く絵も悪かったが観客はみな感動していた。これは映像がないと成り立たないと思う。皆で見ていて、他の人が感動している、ということが大事(条件？）。「皆で」がキーワードか？

Tさん;

ニコニコ動画などの配信ソフトでは、閲覧者は感想を(感動を）書き込みながら、リアルなものではないが、お金を払って見て喜んでいる。今の時代を現しているのか？

Mさん;

美空ひばりをモデルにしたＡＩロボットが主演する歌謡番組を見た。絵も音も全部が作りものだが感動した。最先端のやり方の一つか。

生演奏と再生音（９）

Cさん（後日メールで①）；

- 生の音が素晴らしいのは当然であるが、その生の音が録音できているのか？
- 録音出来ていたとして、そのソースの音が再生されているのか？
- オーディオと生の音は別物だとしても、生々しい音の再現を諦めて良いのか？
- イマーシブオーディオは、一つの芸術かもしれないが、もっと自然な音の世界を再現すべきではないのか？

生演奏と再生音（10）

Cさん（後日メールで②）；

生の音が録音されているか？

- 直接音は録れている

演奏している部屋に出ている音は間接音として録れている

- 明瞭度を上げるために近接しているので間接音は不足している
- 間接音を別の場所で録ってミキシングしているが、時間と情報が正しいのか？

聴取位置では

- 直接音と間接音（会場音）の混ざった音を聴いている
- ライブコンサートで演奏者を見ながら聴いているときは、PAは気にならない
- 演奏者が見えない状態では、PAの音がほとんどとなった
- 直接音の到達時間は早いし、その音が小さくても臨場感への寄与は大きい

生演奏と再生音（11）

Cさん（後日メールで③）

ソースの音が再生されているか？

直接音は、ほぼ再生されている

再生している部屋に出ている音が間接音として付加されている

- 明瞭度を上げるために近接して聴取すると拡がり感が不足する
- 間接音は、録音時とは別の場所の音なので、時間と情報が違っている

聴取位置では

- 直接音と間接音（部屋の音）の混ざった音を聴いている
- ソースから取り出した間接音を付加した場合、かなり自然な音場感を感じた

1998年６月３日

第７回ＪＡＳコンファレンス '98基調講演原稿

よい音を求めて

中島　平太郎

１．ディジタル処理の検証

ａディジタル信号処理

・波形再現性 —— 次世代オーディオの望ましい条件（ＣＤとの対比）

- 周波数帯域の上限　２０KHZ ⟶ １００KHZ
- ダイナミックレンジ９８db ⟶
  - ディジタル領域
    - 144 db（～20 KHZ）
    - 120 db（～100KHZ）
  - アナログ　領域　120 db（～20 KHZ）

—— １００KHZ，１２０dbは必要で十分な条件か ——

提案された方式
- マルチビット方式　4fs，24bit　(96fs bps)
- ビットストリーム方式　64fs，1bit　(64fs bps)

・時間領域のゆらぎ —— 波形再現性と関係なく重要

- クロックジッター　（水晶，レーザー 等）
- 電磁ノイズジッター（電源，配線 等）

—— ジッターとワウフラッターとでは耳につき方が違う？ ——

ｂオーディオ信号処理

・ソフト制作システム —— ディジタル信号処理とレベルダイヤの設定

マイク出力 —— アーカイブ —— メディア記録・送出

・ソフト再生システム —— 再生環境とのマッチング

ダイナミックレンジ、周波数特性のコントロール

—— それを狭める手法 ——

２．インフラの見通し　—— 次世代オーディオをふまえて

ａメディア

・テープは生き残れるか —— 記録密度とコストの利で ——

超小型携帯機器と、超高品質Ａ・ＡＶシステムを

・ディスクは最適メディアか —— コンピュータとの相性はよいが ——

転送レート、記録密度の実用的な限界は

・メカレスは実現できるか —— ナノメーター技術で ——

現在の半導体メモリーはコストが２桁高い

ｂ変換システム —— 実現は可能だが

・ガレージビジネスは日本で育つか

システムを新しく構成する今がチャンス

・ベンチャキャピタルは期待できるか

公的にはまだまだ、まず社内から

３．よい音の追求のために　—— 快適性などという別次元の話も

ａ音場再現の限界

- 原音場再現は不可能
- ハードウェアは不完全

—— ソフトの創造性、芸術的アプローチが必要 ——

ｂよい音追求の目標設定

- よい音の評価尺度は
- 聴覚機構の解明も

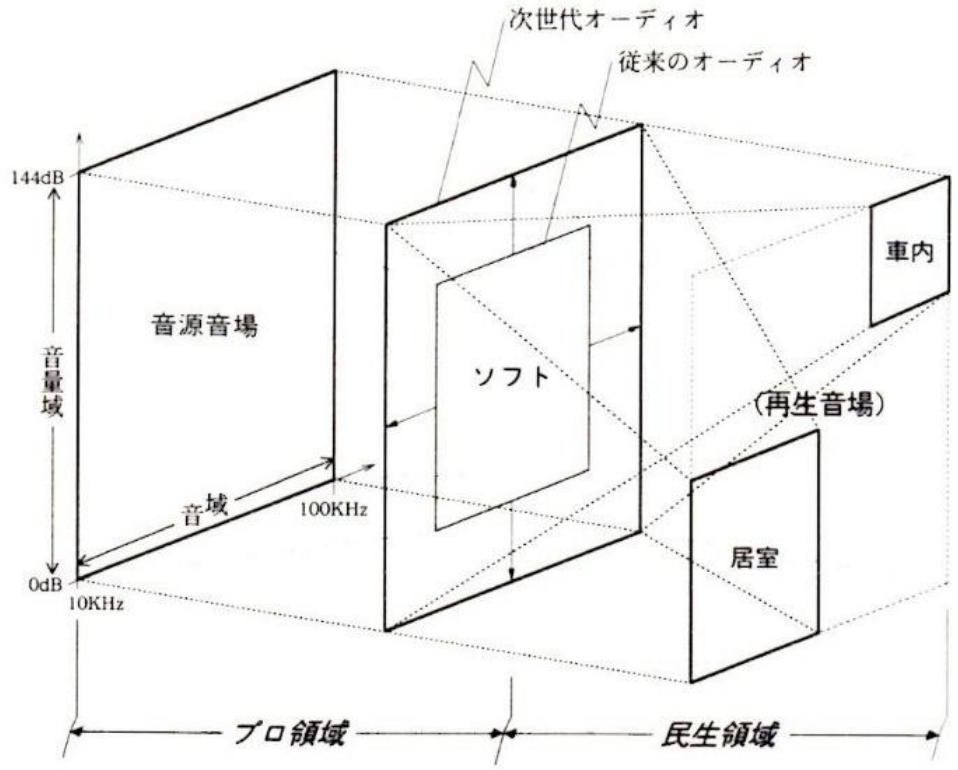
—— サイエンス的アプローチが必要 ——

中島さんは原音場再現は不可能と明言されている。

中島さんの
次世代オーディオの
システム概念図

Cさんコメント(後日メールで)

- 音域（周波数帯域）と音量域（ダイナミックレンジ）を見ている
- 細かさ小音量域（緻密さ）のような気がする
- ほぼ２０ｋHzまでしか聞こえないし生活の中では音量の上限は限られている。逆に小さな音は部屋のノイズを減らせれば可能？
- サンプリング周波数の違いは、粗さ、硬さと感じる



次世代オーディオのシステム概念図

中島平太郎著
「次世代オーディオに挑む」p.237より
風雲舎（１９９８）

田中和彦さん（武蔵野メディア研究所）による自作ソフトの紹介

①＜ローナン・マギル ピアノ・リサイタル＞

「映像＋音響」＝４Ｋビデオ＋44.1KHz/16bit、「音響のみ」＝1bit/2.8MHZ、24bit/192KHzなどの例。会場後方録音＝バイノーラル録音(Bi)、ピアノ脇録音＝ステレオマイク録音(St)、それぞれと、映像との組合せではBi+Stもあり。

http://www13.plala.or.jp/mml/Contents/20171008_Ronan_Magill_Piano_Recital/20171008_Ronan_Magill_J.html

②＜遠藤律子 ピアノトリオ CD「L'Amour est Bleu～恋は水色」発売記念コンサート＞

バイノーラル録音とプロによるマルチマイク、２トラックミックスダウンの例

http://www13.plala.or.jp/mml/Contents/20160914_Ritsuko_Endo_Piano_Trio/20160914_Ritsuko_Endo_Piano_Trio_J.html

③田中さんは１００以上のコンテンツを公開中

http://www13.plala.or.jp/mml/index_all.html

話題②：
音場ひずみゼロのスピーカ開発 -よい音の最低条件

「音との付き合い70年 その６　　ベンチャー時代」
Jas Journal Vo.57,No.6 (2017)　p.36より

スピーカーのひずみを分析すると、大別して

1.機械振動系のひずみ（ピストン振動からのはずれと駆動系や振動系の非直線による高調波ひずみなど）

2.放射音の音場ひずみ

3.入射音波に基づくひずみ（クリッピングやボイスコイルの抵抗が入射音の大小で変化するひずみ、高音と低音との相互干渉によるひずみなど）

がある。

今回放射音の音場ひずみゼロを目指してスピーカ開発を進めた。その理由はこの種のひずみが

・聴取位置に直接放射されひずみが直接耳に到達する。

・ひずみの音が聴取点に時間差を持ち、到達方向が異なりを持つなど、音場特有の現象が信号の大小高低にからんで耳に到達する。

・放射音の音場がキャビネットの形状寸法に依存する回折効果や空洞効果の周波数依存性に影響を受ける。

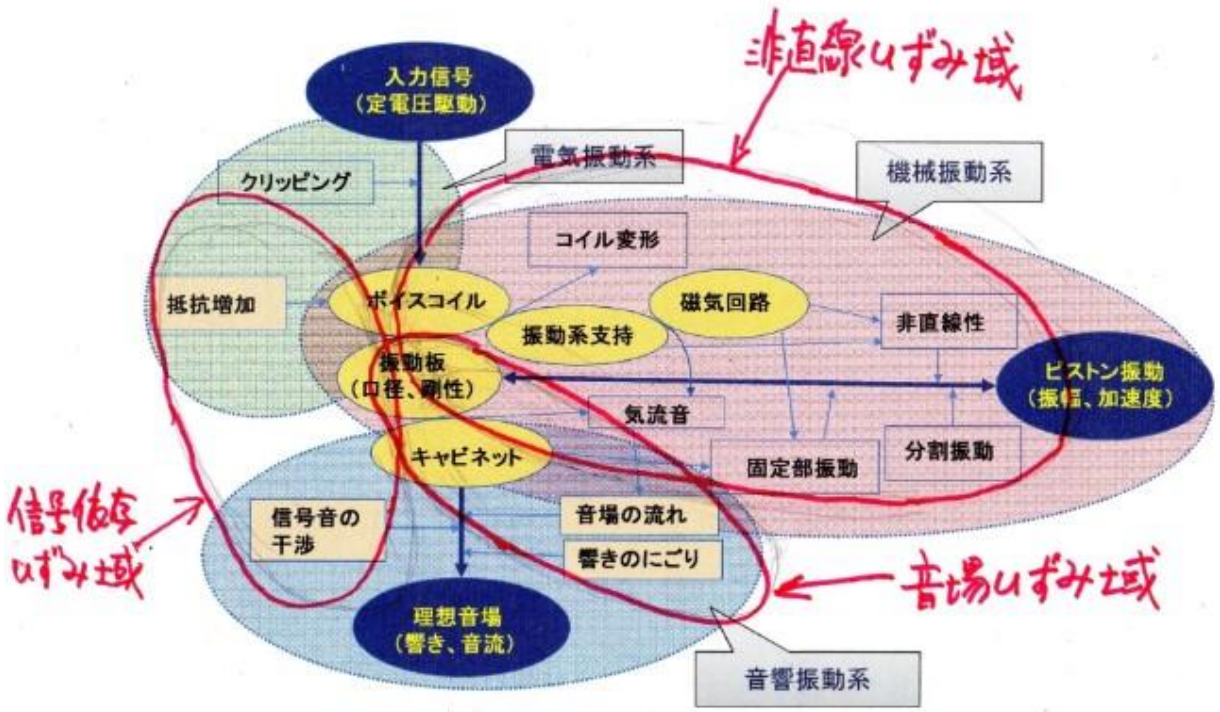
などの複雑な音響特性を示すからである。

キーワード
スピーカの各種ひずみ
ひずみ発生原因
ひずみと音質
その他

スピーカ各種のひずみ

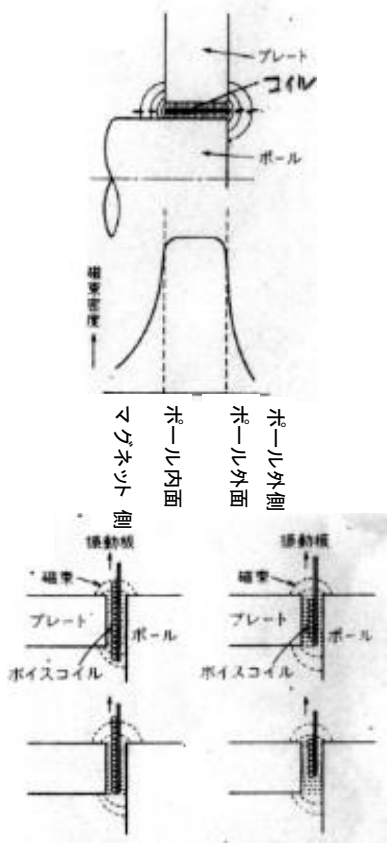
- 入力信号がボイスコイルに加わり
- 機械系(振動板、エッジ、ダンパ）が振動し
- 振動板によって空気が動かされ
- 音となって空中に伝わり
- 音場が作られる
- 電気系、機械系、音響系はオーバラップしている部分があり、お互いに干渉する

スピーカのひずみ

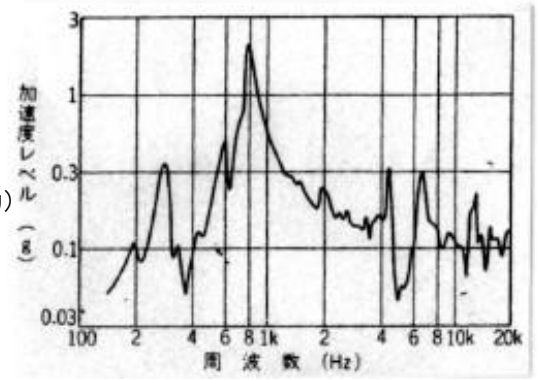


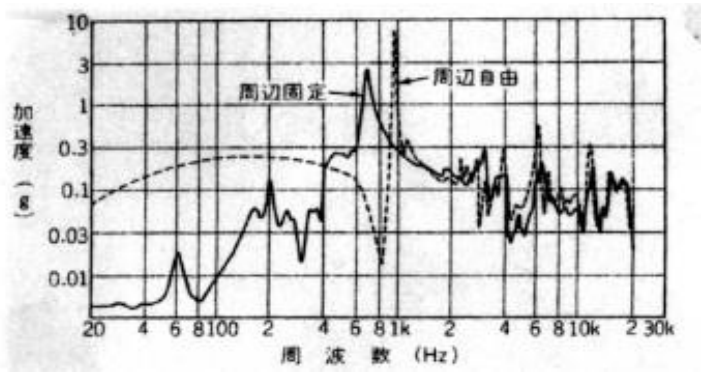
資料1.3.4

機械振動系のひずみ（1例）



マグネット背面中央
の振動の一例
（低音用30cmスピーカ）

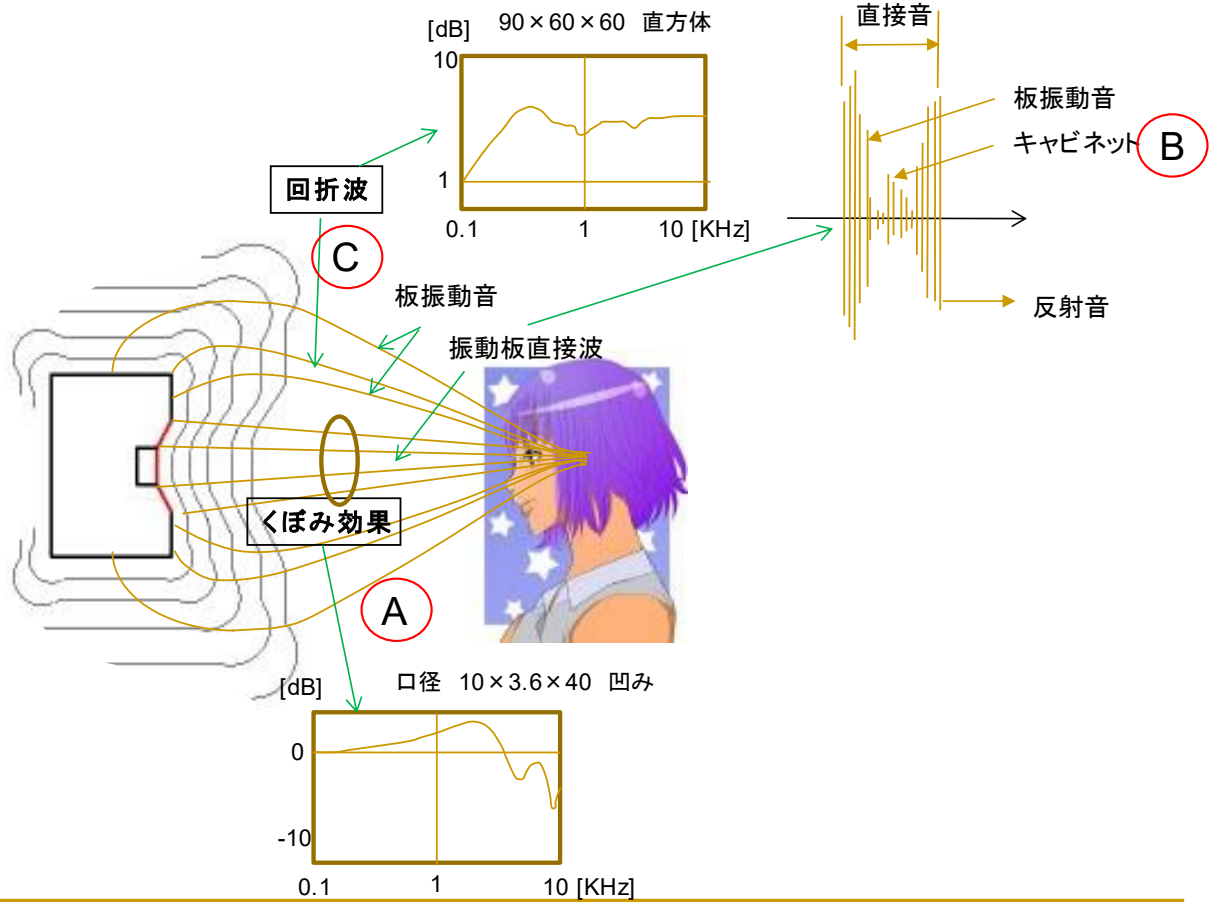




フレーム（支柱中央部）の振動の一例
（低音用30cmスピーカ）

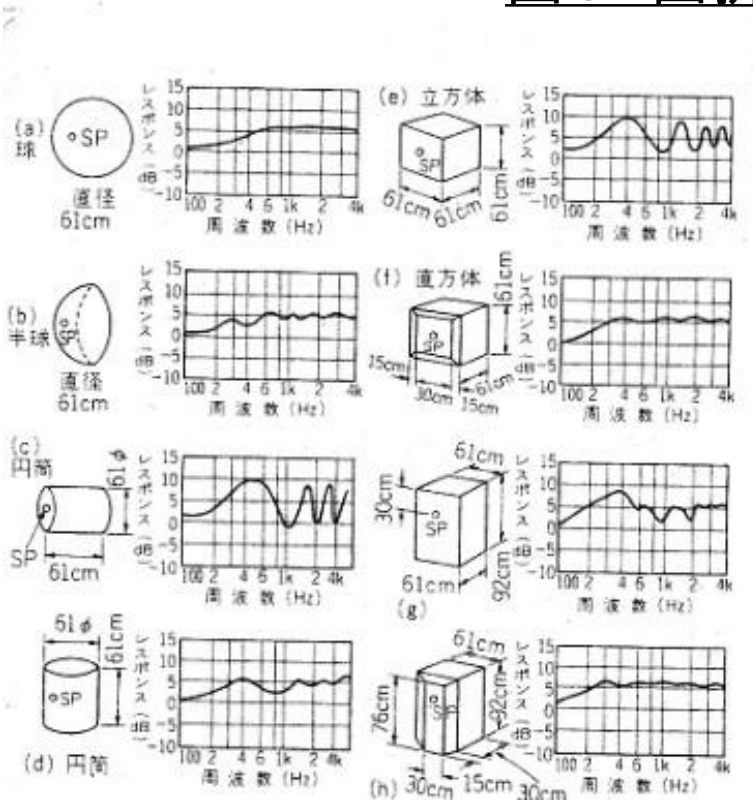
資料1.3.5

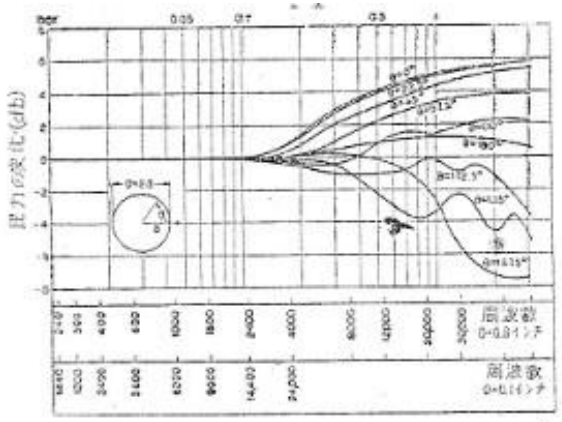
スピーカの音場ひずみ



資料1.3.7

図C　回折効果



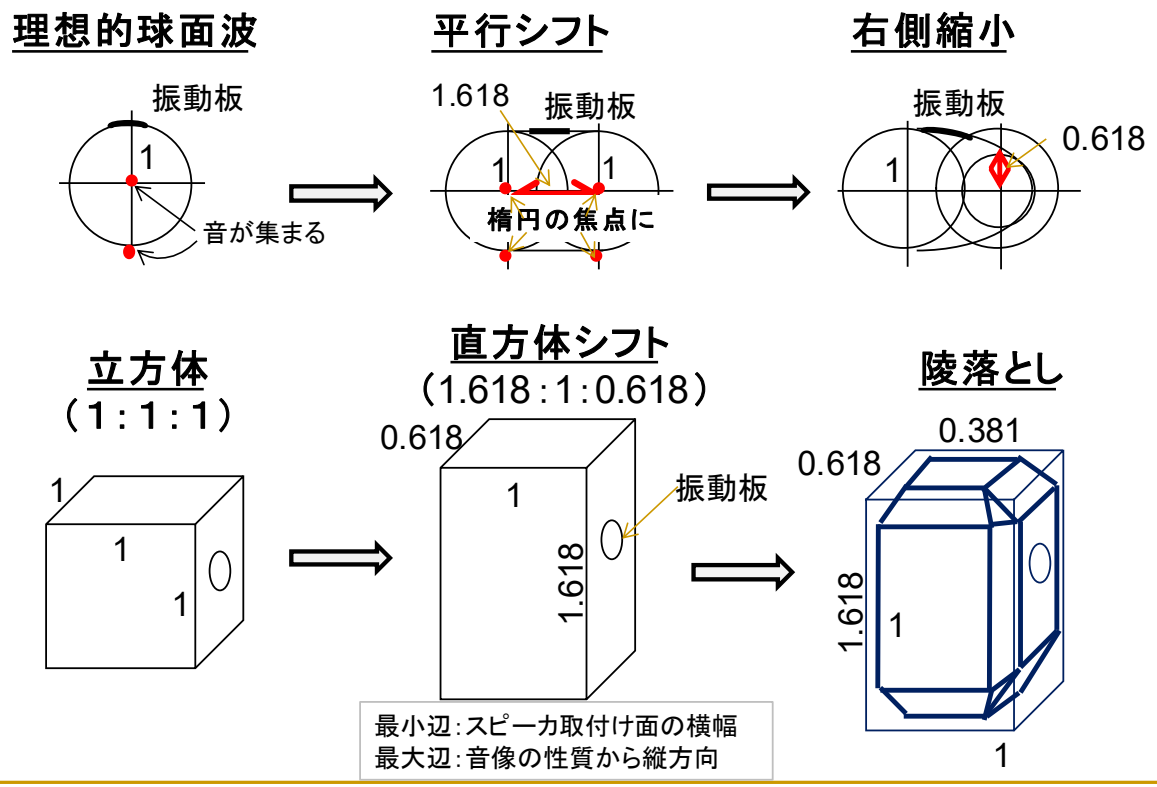


（OLSONの「音響工学」より抜粋）

たまご型スピーカの設計コンセプト

資料1.3.8

図D　音像ひずみの改善をめざして（シフトは黄金比で）



音場ひずみ スピーカのひずみ

Tさん；

音場ひずみとは？

Cさん；

音場に出てから音源に無い音が付加されて音場でひずむこと

スピーカはひずみを出すが、まあまあそこそこ頑張っている。

スピーカから出た音がその先で元の音に無い音を一杯作り出していることが大きな問題ではないか。音場ひずみ的なものすべてに結び付く。

生の音には感動するが、生の音がきちんと録音できているか？
直接音はいいが間接音に再生する部屋の音がプラスされて音色などを決めている。

部屋の音場の音は原音に無い音~ある意味全部歪とも言える

スピーカシステムのひずみと雑音模式図

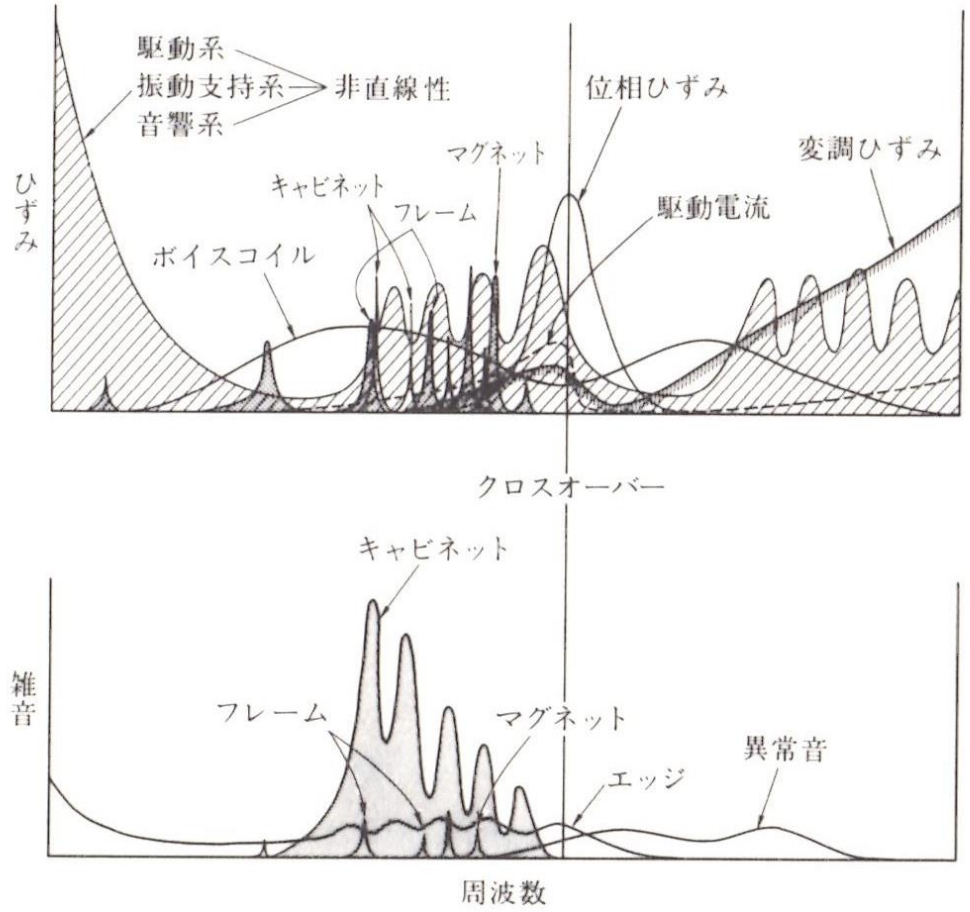


図 4・6　スピーカシステムのひずみと雑音模式図
（2 ウェイスピーカの場合）

「オーディオ新時代」　中島平太郎　裳華房（1994）p.141より

スピーカの
ひずみと雑音

Tさん；

音場ひずみはスピーカから出ている音だけの問題ではないと思う。

ＣＤなどのマスタリング時に部屋の残響をどの程度前提にして制作しているのだろうか？

オーディオマニア中でも、部屋の残響をどのくらいにしたらよいかという議論がある。

究極は無響室のようなところで聞けばスピーカからの音がそのまま届くが、それにしてもスピーカの指向性があるから、干渉を起こすと思う。その意味で耳元にスピーカを置くのが理想的かなと思う。オープンエアのヘッドホンがそれに近いが、このあたりの前提(設計条件）はどうなっているのだろうか？

最近はＨＰ／ＥＰで聴く若者が多いので、それを前提にして作り込まれているソースが多いのでは。

中島さんの音場ひずみは空間にスピーカを2個置いた時に人間にどう聴こえるかという話かと思う。

マルチチャンネルのスピーカシステムは各スピーカからの音の合成で聴く位置でピンポイントに特性が決まるが、

聞く位置がずれると音が変化する。料理で常に同じ味を求めても食べるときごとに味が変わるのと同じこと。（常に変化するということ）

スピーカの
ひずみと雑音

Mさん；

「ひずみ」はいやな場合（不快）にむすびつく言葉だが、例えばキャビネットのひびきを元の信号にはない余計なもの（ひずみ）と考えると、それは音を豊かにする働きがある。逆にキャビネットの響きがないとつまらない音になる。石でできたキャビネットのスピーカの音はつまらない。なので、キャビネットの響きを歪と言わない方がよいのでは。

自分がヘッドホンでソースを聞く(モニター)　時は、部屋の残響音は聞かないことになる。部屋の残響時間は長くないので、残響で大きな違いはないが、音色的には変化がある。

その意味で部屋の音響は非常に大事。部屋の音響が良くない場合にはヘッドホンで聞く方が良く、ヘッドホンには相当拘る。

ヘッドホンとスピーカの中間　ニアフィールドモニターがもう少し注目されてもいいのではないか　小音量でも楽しめる。近所迷惑にならない。

良い音を確認する上でニアフィールドモニターは一つの方法では。

Tさん；

ソニー製フルオープン型ヘッドホンMDRーMA900を使用している。フルオープンで（閉鎖感がなく）軽くて良い。しかしディスコンになった。売れないから？なぜ流行らないのだろう？

スピーカの
ひずみと雑音

Cさん（後日メールで）；

- 「スピーカのひずみと雑音摸式図」は良く整理されている
- ユニットの非直線性によるひずみは低域、中域、高域にたっぷりある
- マグネットの歪も中域に
- キャビネット、フレームも中域、高域に
- 変調ひずみは高域に雑音は中域に

- この様なひずみと雑音を減らすにはどうすれば良いだろうか？

スピーカの特性測定方法

Tさん；

スピーカの特性はシングルスペクトルでの測定が主体の様だが、実際の音楽波のようなスプレッドスペクトルはなぜ使わないのか？

電波の世界は測定方法があるが、オーディオではないのか？

事務局；

スピーカの測定方法はJEITAに規格がある。

https://www.jeita.or.jp/cgi-bin/standard/search.cgi

次の2ページはJEITAのホームページから抜粋した資料。

JEITA規格
JEITA STANDARD
規格名称から探す
規格番号から探す
JEITA規格について
日 日本語
英 英語
併 日英併記
カートを見る
検索結果
番号
名称
制定 改正
スタビライズド規格 (移行年月)
旧規格備考
価格
CP-2903B
日 防磁形スピーカシステムの分類及び測定方法
1992.03 2002.12 2012.01
2017.02
CPZ-111 CP-2903 CP-2903A
￥2,095
購入
RC-8124D
日 スピーカシステム
1995.03 2001.11 2012.01 2017.02 2022.03
RC-8120 RC-8121 RC-8122 RC-8124 RC-8124A RC-8124B RC-8124C
￥3,872
購入
RC-8126C
日 増幅器内蔵スピーカシステム
2001.03 2012.01 2017.02 2022.03
RC-8126 RC-8126A RC-8126B
￥2,904
購入

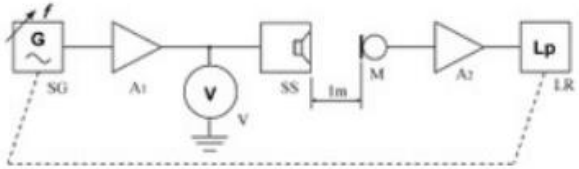
JEITA　RC-8124D より

8.4　周波数レスポンス

測定は，自由音場又は半自由音場で行う。ただし，半自由音場で測定した場合は，測定結果に明示する。

8.4.1　正弦波法

図 5 に周波数レスポンス（正弦波入力）測定系統図を示す。1 W に相当する電圧の正弦波を加え，スピーカシステムの基準軸上 1 m の距離における音圧レベル周波数特性を記録測定する。



SG：正弦波発生器　　M　：測定用マイクロホン
A_1：駆動用増幅器　　A_2：マイクロホン用増幅器
V　：電圧計　　LR：記録装置
SS：供試スピーカシステム

注記　図中の“----”は自動測定装置使用時の連動の状態を示す。

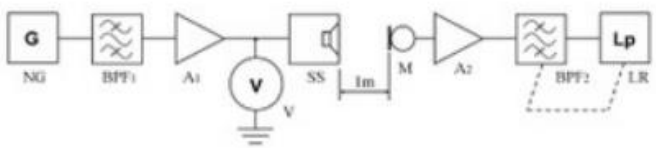
図 5—周波数レスポンス（正弦波入力）測定系統図

8.4.2　ピンクノイズ法

a)又は **b)**の方法によって測定する。ただし，いずれを用いたかを測定結果に明示する。

a)　広帯域ノイズ入力法

図 6 に周波数レスポンス（広帯域ノイズ入力）測定系統図を示す。スピーカシステムの実効周波数範囲に限定された 1 W に相当する電圧のピンクノイズを加え，基準軸上 1 m の距離に置かれたマイクロホンの出力を 1/3 オクターブバンドフィルタを通して記録測定する。



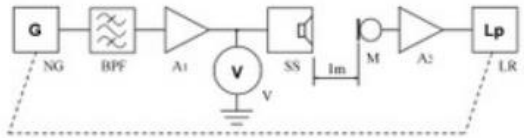
NG　：ノイズ発生器　　SS　：供試スピーカシステム
BPF_1：定格周波数範囲をもつバンドパスフィルタ　　M　：測定用マイクロホン
A_1　：駆動用増幅器　　A_2　：マイクロホン用増幅器
V　：電圧計　　BPF_2：1/3 オクターブバンドフィルタ
LR　：記録装置

注記　図中の“----”は自動測定装置使用時の連動の状態を示す。

図 6—周波数レスポンス（広帯域ノイズ入力）測定系統図

b)　1/3 オクターブ入力法

図 7 に周波数レスポンス（1/3 オクターブ入力）測定系統図を示す。1/3 オクターブバンドフィルタで制限された 1 W に相当する電圧のピンクノイズを加え，基準軸上 1 m の距離における音圧レベルの周波数特性を記録測定する。



NG　：ノイズ発生器　　SS：供試スピーカシステム
BPF　：1/3 オクターブバンドフィルタ　　M　：測定用マイクロホン
A_1　：駆動用増幅器　　A_2：マイクロホン用増幅器
V　：電圧計　　LR：記録装置

注記　図中の“----”は自動測定装置使用時の連動の状態を示す。

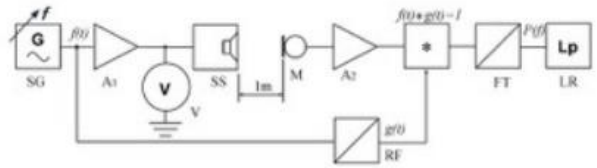
図 7—周波数レスポンス（1/3 オクターブ入力）測定系統図

8.4.3　疑似インパルス法

a)又は **b)**の方法によって測定する。ただし，いずれを用いたかを測定結果に明示する。

a)　スウェプトサイン信号入力法

図 8 に周波数レスポンス（スウェプトサイン信号入力）測定系統図を示す。1 W に相当する電圧の信号 $f(t)$ を加え，その応答特性に $f(t)*g(t)=1$ の関係になるような入力信号の逆特性 $g(t)$ を畳み込んだ後，フーリエ変換を行い，スピーカシステムの基準軸上 1 m の距離における音圧レベル周波数特性 $P(f)$ を記録測定する。



SG：スウェプトサイン信号発生器　　A_2：マイクロホン用増幅器
A_1：駆動用増幅器　　RF：逆特性変換器
V　：電圧計　　＊　：畳込器
SS：供試スピーカシステム　　FT：フーリエ変換器
M　：測定用マイクロホン　　LR：記録装置

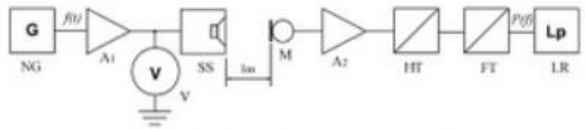
注記 1　図中の SG から＊への矢印は，SG からの信号 $f(t)$ を RF で逆特性 $g(t)$ へ変換し，畳込器へ送る状態を示す。

注記 2　スウェプトサイン信号としては，TSP（time stretched pulse）信号又はピンク TSP 信号が一般的である。

図 8—周波数レスポンス（スウェプトサイン信号入力）測定系統図

b)　疑似ランダム信号入力法

図 9 に周波数レスポンス（疑似ランダム信号入力）測定系統図を示す。1 W に相当する電圧の疑似ランダム信号 $f(t)$ を加え，その応答特性を相関計算処理後にフーリエ変換を行い，スピーカシステムの基準軸上 1 m の距離における音圧レベル周波数特性 $P(f)$ を記録測定する。



NG：疑似ランダム信号発生器　　A_2：マイクロホン用増幅器
A_1：駆動用増幅器　　HT：相関関数計算器
V　：電圧計　　FT：フーリエ変換器
SS：供試スピーカシステム　　LR：記録装置
M　：測定用マイクロホン

注記　疑似ランダム信号としては，ノイズ信号又は M 系列（maximum length sequence）信号が一般的である。

図 9—周波数レスポンス（疑似ランダム信号入力）測定系統図

備考　疑似インパルス信号を用いた測定については，**ISO 18233** に情報がある。

8.5　指向感度特性

8.5.1　指向性パターン

図 5 又は**図 7** に示した測定系統図に，1 W に相当する電圧を加え，スピーカシステムの基準軸を含む水平面上で，基準点から 1 m の距離における音圧レベルを，基準点を中心としてスピーカシステムの全周にわたって記録測定する。

測定周波数又は測定中心周波数は，**表 5** による。

なお，**図 7** での BPF は 1 オクターブのバンドパスフィルタを用いてもよい。

表 5—測定周波数

単位　Hz

500	1000	2000	4000	8000

8.5.2　指向周波数特性

8.4 の測定方法を用い，測定点をスピーカシステムの基準軸を含む水平面，及び（又は）垂直面上で，基準点から基準軸に対して 15 °の整数倍方向の軸上に置き，音圧レベルの周波数特性を記録測定する。

事務局がまとめたスピーカの特性測定項目

測定項目	信号	測定対象
軸上音圧周波数特性	正弦波　ピンクノイズ	放射音圧　絶対値
音圧指向特性	正弦波	放射音圧　絶対値
電気インピーダンス特性	正弦波	スピーカボイスコイル端子間
高調波ひずみ特性	正弦波	放射音圧　絶対値
伝達関数測定	ゆっくりした正弦波周波数掃引	放射音圧　絶対値と位相
	インパルス信号の繰り返し	
	ランダムノイズ信号	
	TSP信号	
混変調ひずみ	複数周波数のサイン波	合成放射音圧の混変調成分
二階堂ひずみ	ある帯域を除去した疑似音楽信号	ある帯域に発生する放射音圧

スピーカ測定系の商品例

- BK社　ホームページ
- KLIPPEL社　パンフレット(東陽テクニカ社作成)

試聴環境の規格化は？

Ｔさん；

映像の世界にはドルビー規格があり、環境雑音も含めて規格化されている。

音の世界ではどうか？

Ｃさん；

スピーカ再生の試聴室についてはIEC規格あり、各社は開発のガイドラインとして使うが、一般の人には推奨しにくい。

自分の試聴環境として残響時間は必要だが、無響室の音は面白くない。

もとの音源にある残響音をプラスすべきだが、元の音源にない音を加えると違うものになる。

オリジナル音源にあるもの（残響音）を付け加えるべき。

事務局：日本音響エンジニアリングのホームページに「最近の試聴室」という記事が掲載されている。

(2003年なので少し古い内容かも知れません)

https://www.noe.co.jp/technology/19/19std2.html

スタジオ、試聴室の規格

https://acoustics.jp/qanda/answer/180.html　を参考

- **スタジオの設計**における二つの推奨規格

ITU-R (International Telecommunication Union. Radiocommunicaion Sector：国際通信連合－無線通信部門) に

よる勧告の中に,

Rec. BS. 775-1 (Multichannel Stereophonic Sound System with and without Accompanying Picture), マルチチャンネルシステムのスピーカ配置を規定

Rec. BS. 1116-1 (Method for the Subjuctive Assessment of Small Impairments in Audio Systems Including Multichannel Sound Systems)

室容積と寸法比，残響時間，暗騒音，伝送周波数特性，再生レベル等を規定

放送局や音楽制作スタジオでは ITU-R 勧告がスタンダード

第46回NHラボセミナーで沢口さんがスタジオモニターを選定するプロセスのプレゼン時にこの規格1116－1を紹介された。

- **映画**の品質規格

  THX 社の認証基準ルーカスフィルムの1部門としてが目的で

  THX Cinema (一般の映画館) 認証

  プロスタジオ用に三つの認証プログラムがある。

  THX Mix Studio (映画館規模のダビングスタジオ),

  THX Screening Room (試写室),

  THX pm3：Professional Multi-Channel Mixing and Monitoring (小規模のサラウンドスタジオ)

これらの認証は，スピーカ配置，室内音響特性，映写性能から，使用する機材に至る。

- **試聴室**

IEC (International Electrotechnical Commission：国際電気標準会議) で規定している，IEC 60268-13 (Sound system equipment - Part 13: Listening tests on loudspeakers)

スピーカの試聴評価試験のリファレンスとして，室内音響特性，スピーカ配置，再生レベル，またリファレンス音源や，聴感実験の評価方法等が規定されている。

ひずみ
と
音質

Iさん；

平面スピーカはソニー、パナソニックほか数社が扱い、一次ブーム感があった。歪が少ないというアピールがあったが、商品としては長く続かなかったように思う。スピーカの特性はひずみの議論だけでは解決しないのか？

Cさん；

（動電型の）平板スピーカは現在使われていない。（静電型平板(平面）スピーカは存続している）

平板型(平面型）スピーカはコーンスピーカのようなくぼみ効果がなく軸上特性は平坦(なめらか)になり、きれいな周波数特性が得られる。ただし、振動板が平らなので曲げに弱く、丈夫な構造や材質でないとスピーカとしての実用化は難しい。丈夫にするために振動板にある厚みを持たせると重くなり結果として能率が下がり、応答が遅い、感度が低いなどの欠点につながる。

平板スピーカは録音スタジオのモニタースピーカとして使われることはなかった。スタジオの現場では「平面臭い音」「コーンスピーカと違う音」と評価され、これを変えることはできなかった。

平板スピーカ
平面スピーカ

Tさん；

モニターTV にトリニトロンが使われ、一般家庭にも普及した。

材料の進歩などを取り入れて設計しなおせば平面スピーカでもよいところまで行くのでは？

Cさん；

振動板の丈夫さで音の違いがでる。曲面のある振動板は強く、良い音がする。

NHラボは平面型スピーカの駆動方式や素材・構造を参考にしながら、振動板として曲面を取り入れた「たまご型スピーカ」に集約した。

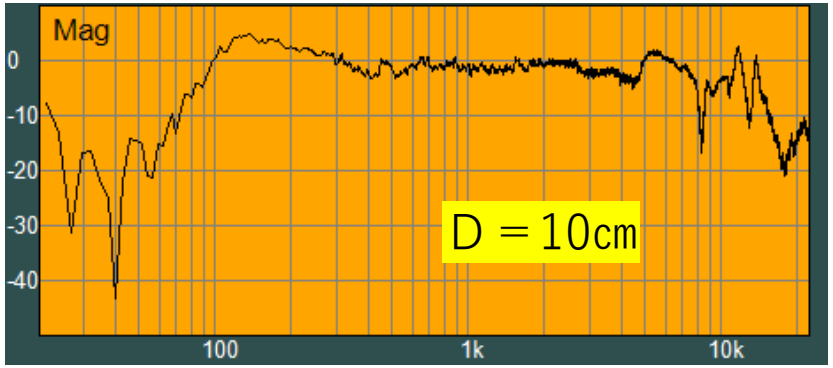
Mさん；

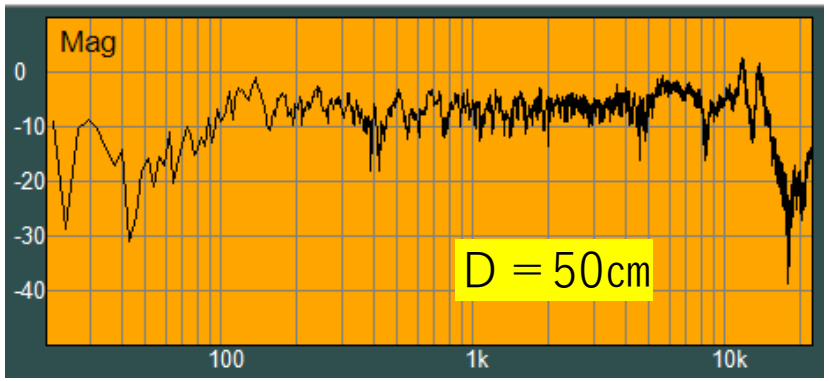
コンデンサスピーカも平面スピーカで、理想的と思える部分があるが、薄いフィルム振動板が生み出す低音は弱い。マーチンローガンの新製品は低音部はコーン型ウーファを使い、低音の弱さを改善したといわれる。

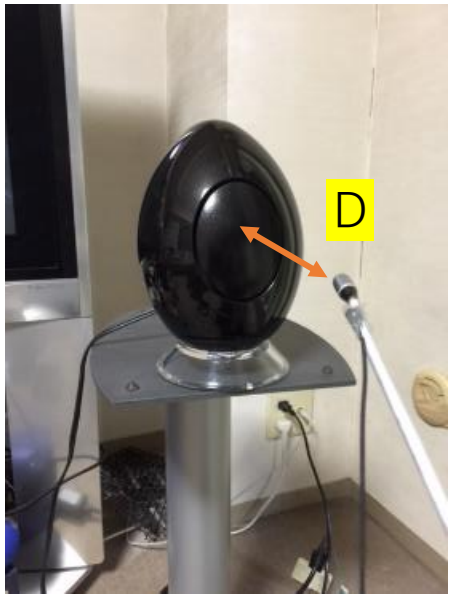
平面型スピーカの指向性は余り良くなく、平面臭い音という指摘や受音点が変わると音質が変化する件点がある。

平面型スピーカは主流にはなっていない。

スピーカ測定マイクの位置による音圧特性の変化







スピーカ～マイク距離が小さい時には特性はだいたい滑らかに測れるが5倍に離れると、壁、天井、床からの反射の影響が特性に表れる。

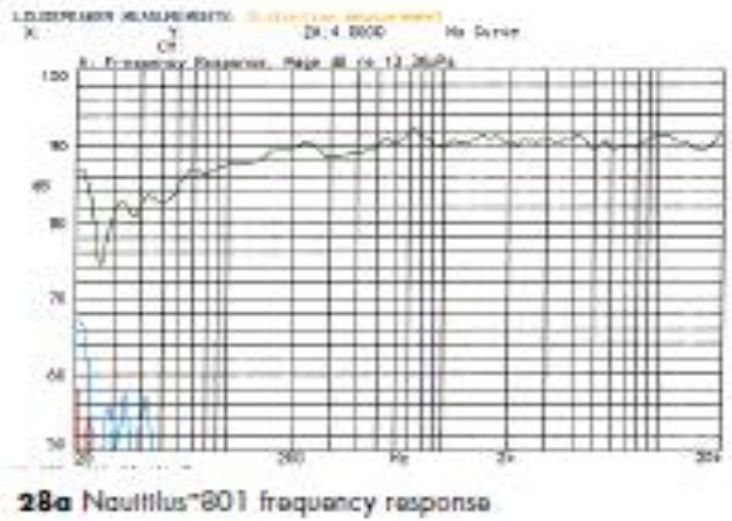
こうなるとスピーカの性能を細かく分析したり評価することはできなくなる。

無響室で測定する意味は、スピーカの素の特性をつかむため、という基本に戻る。

スピーカの音圧特性
～無響室と試聴室の違い

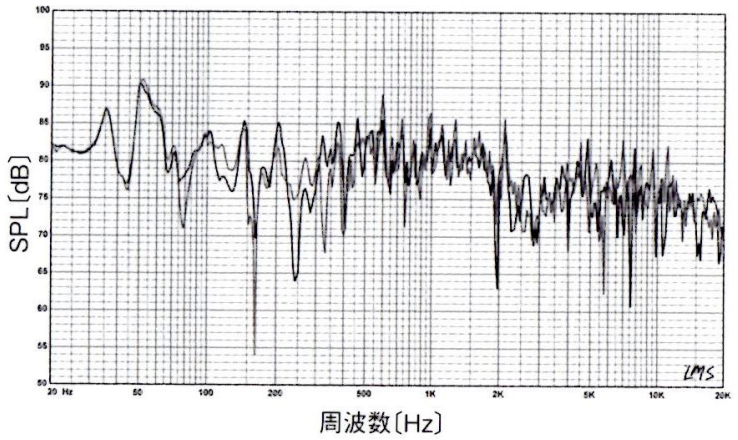
スピーカ～B&W　Nautilus 801 の音響放射特性

同じスピーカでも音場の種類で音響特性は大きく変わる。



28a Nautilus 801 frequency response

無響室特性
B&W パンフレット
Development Nautilus801 series



[図6-4-3] 高木邸のリスニングルームのリスニング特性
(B&W 801スピーカー使用)

試聴室特性
「リスニングルームの音響学」
石井伸一郎他著　p.128

END