

1ビットフォーラム2003

第2回国際シンポジウム “オーディオと文化”
—1ビット技術応用アイディア—

感性スペクトル分析法による
オーディオ機器の比較評価

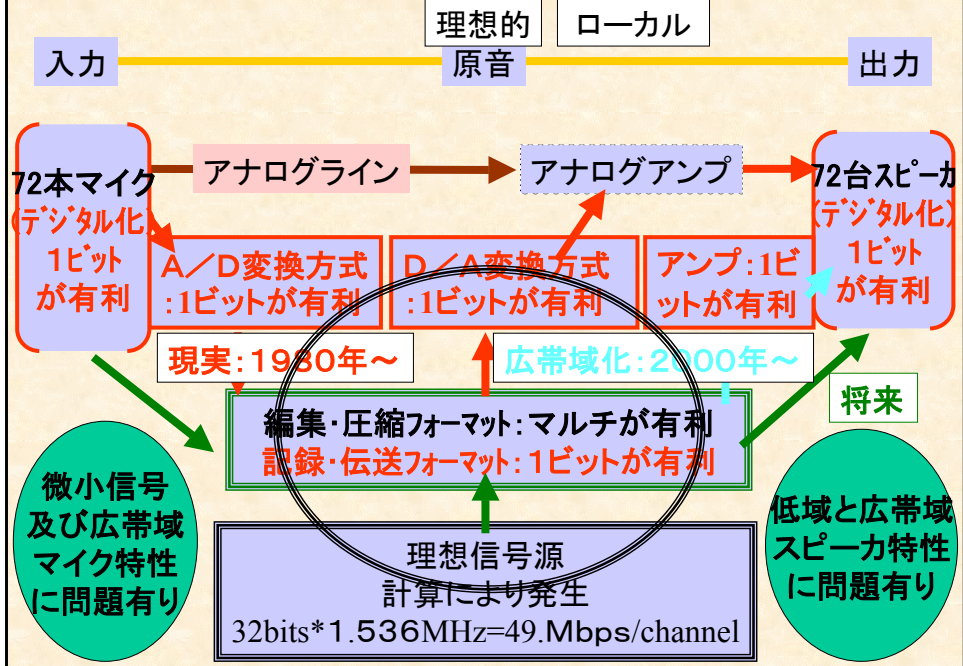
平成15年12月5日

シャープ(株)
技術本部 技術戦略企画室
西田修造

目 次

1. 試聴感応実験の目的
2. オーディオの特性
3. 試聴感応実験の環境
4. 今回の実験結果
5. 今後の対応

1-1. デジタルオーディオシステム(臨場感の訴求)



1-2. 試聴感応実験の目的

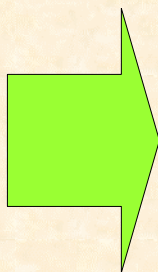
音響機器及び音楽情報の評価

課題

- 現在の感応試験環境はブラインド法/アンケート等で間接的である。
 - 被験者が試聴した後、テストを行う。
 - 被験者の経験と表現能力がまちまち。

現状

ブラインドテスト
+
アンケート



今後

脳波(逆問題であるが)による直接的感応テスト

脳の感応メカニズムの解明

1-3. 試聴感応実験の対象

① フォーマット差の評価

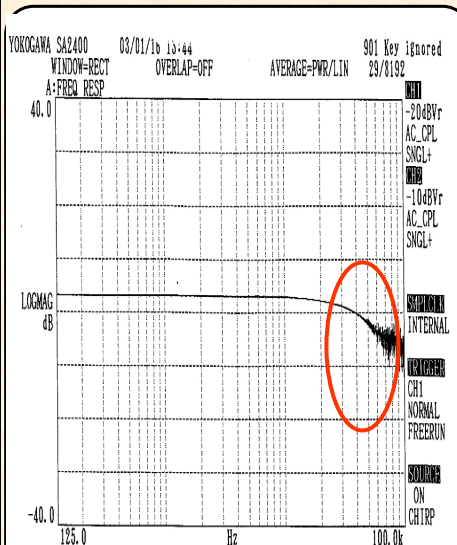
1ビットフォーマットとマルチビットフォーマット

→“一般の人に理解しづらい”

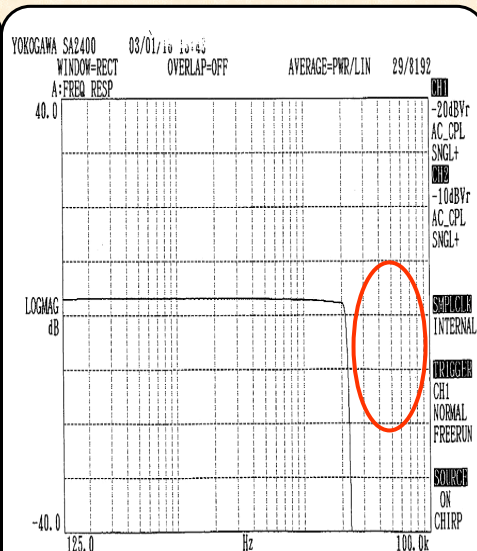
② アナログアンプと1ビットアンプの評価

→“ゲイン周波数特性には差がないが違う”

2-1. 1ビット／マルチビット信号フォーマット周波数特性

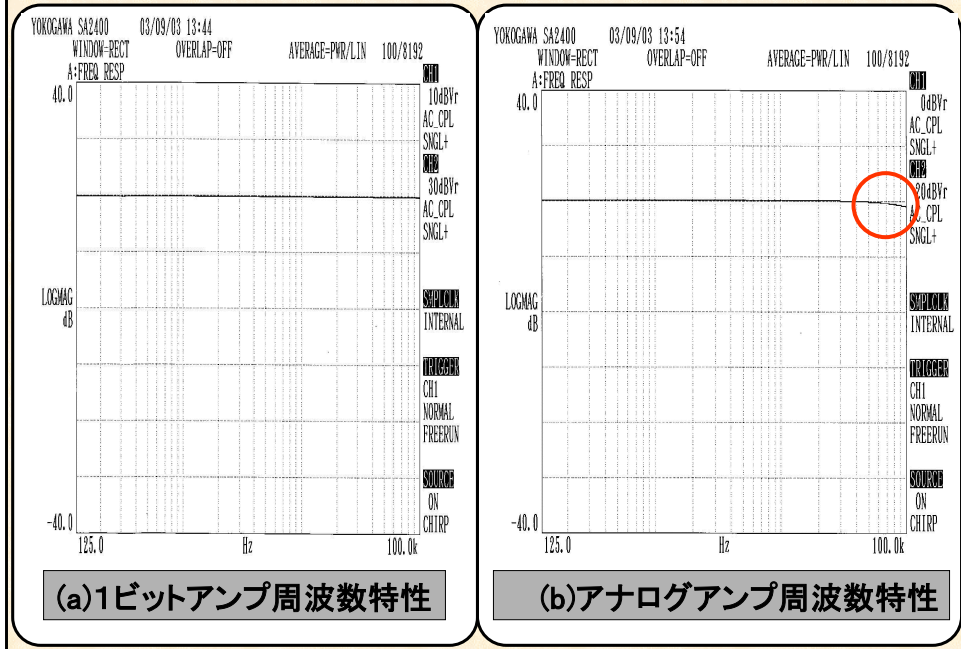


(a)1ビット信号フォーマット
周波数特性



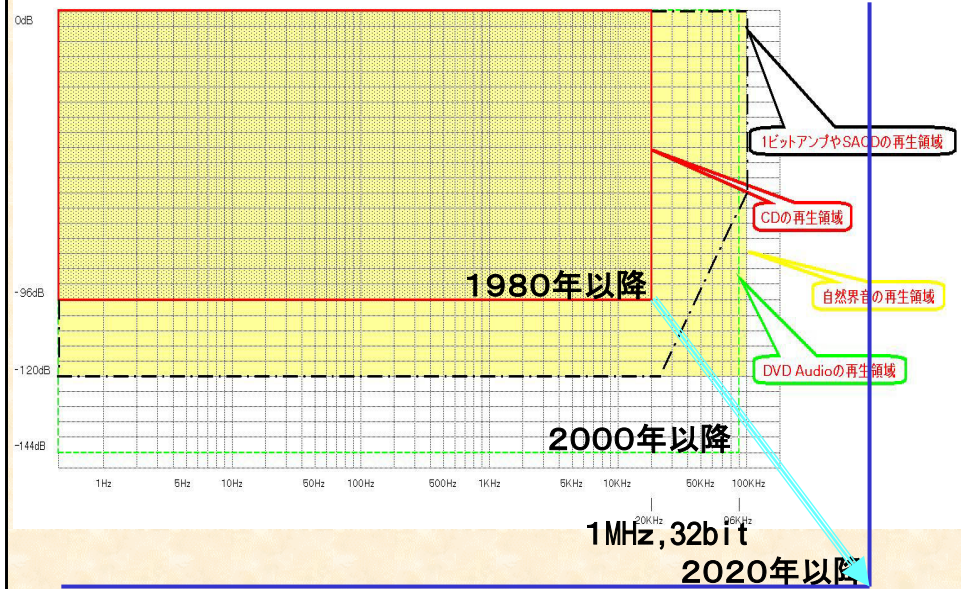
(b)マルチビット信号フォーマット
周波数特性

2-2. 1ビット／アナログアンプ周波数特性

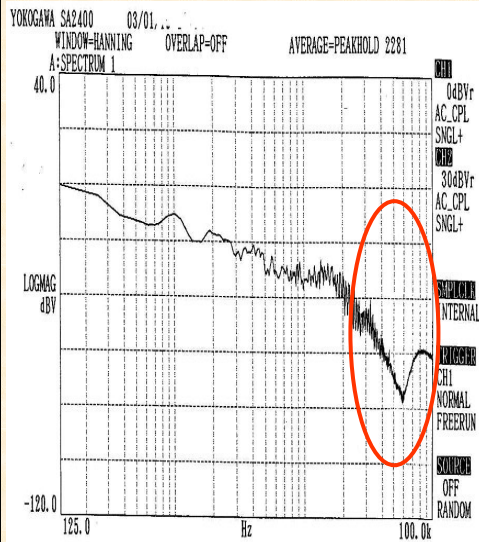


2-3. デジタルオーディオ信号フォーマット比較

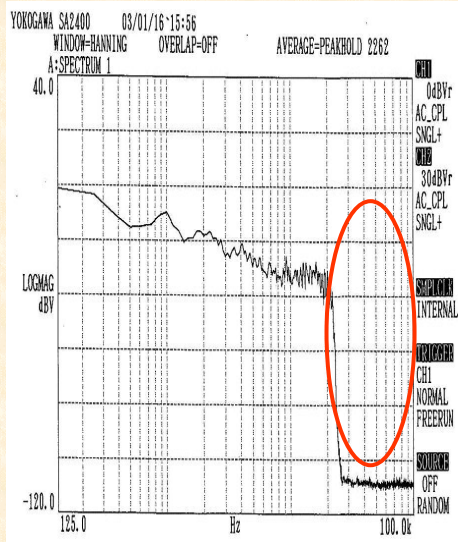
CD/SACD/1ビットアンプ/DVD-Audio信号帯域



2-4. 試聴した音楽の代表的スペクトル



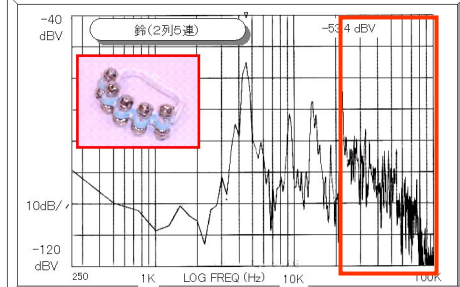
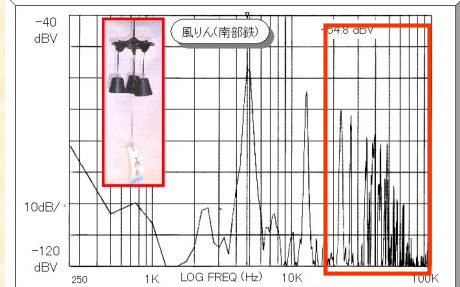
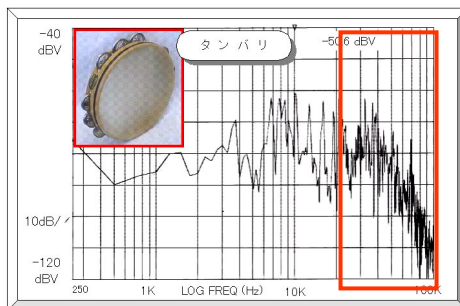
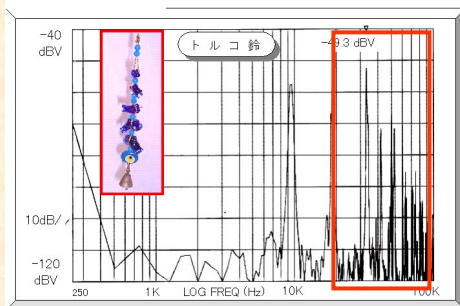
(a) “朝の光の中で”の周波数成分(1ビット)



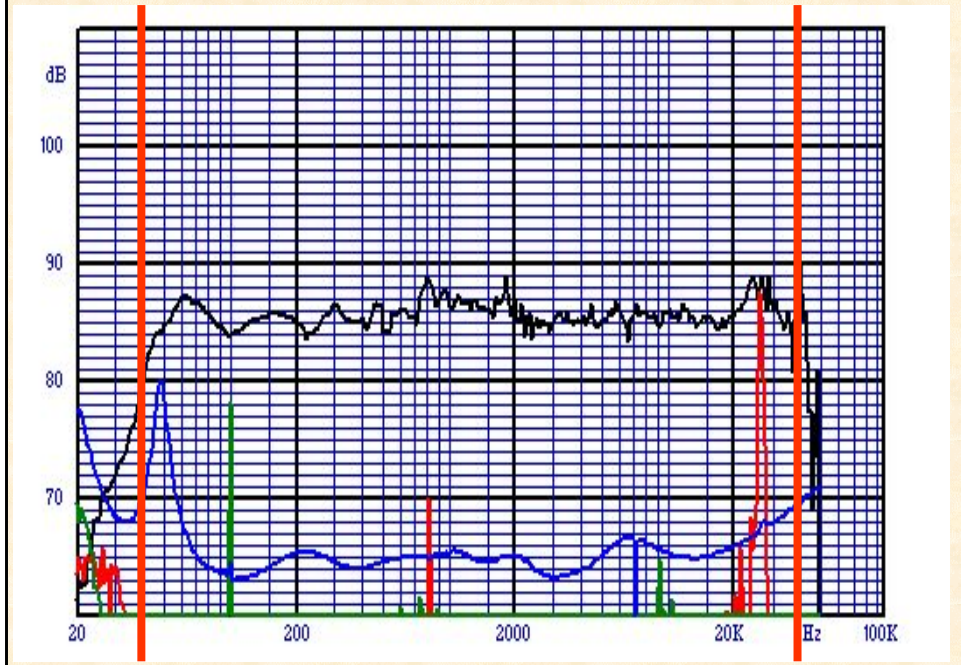
(b) “朝の光の中で”の周波数成分(マルチビット)

2-5. 広帯域音楽ソース

楽器音スペクトル分析データ



2-6. スピーカーシステムの周波数特性



3-1. 試聴感応実験の環境

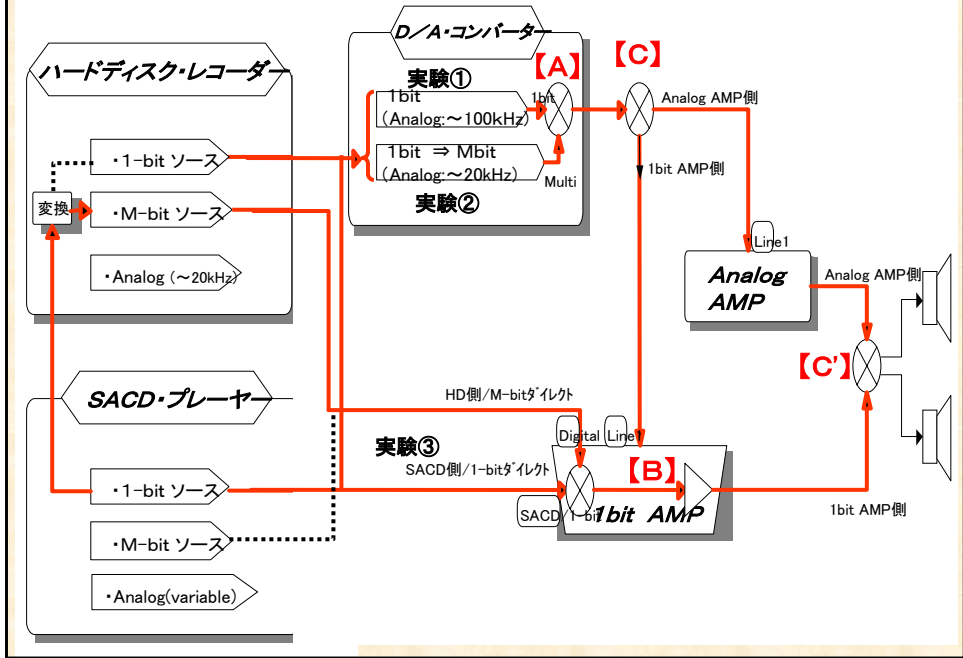


- ・スピーカー: JBL製 Ti-10K 2台
- ・1ビットアンプ: SHARP製SM-SX200
- ・アナログアンプ: 上記同等仕様のアンプ
- ・SACDプレーヤー: SHARP製ポータブル DX-AV100
- ・Hard-disk Recorder: 1ビット記録 / 再生仕様ポータブル
- ・1ビット to マルチビット変換機: SHARP製ポータブル

試聴した音響機器の構成



3-2. 試聴した音響機器システムの構成

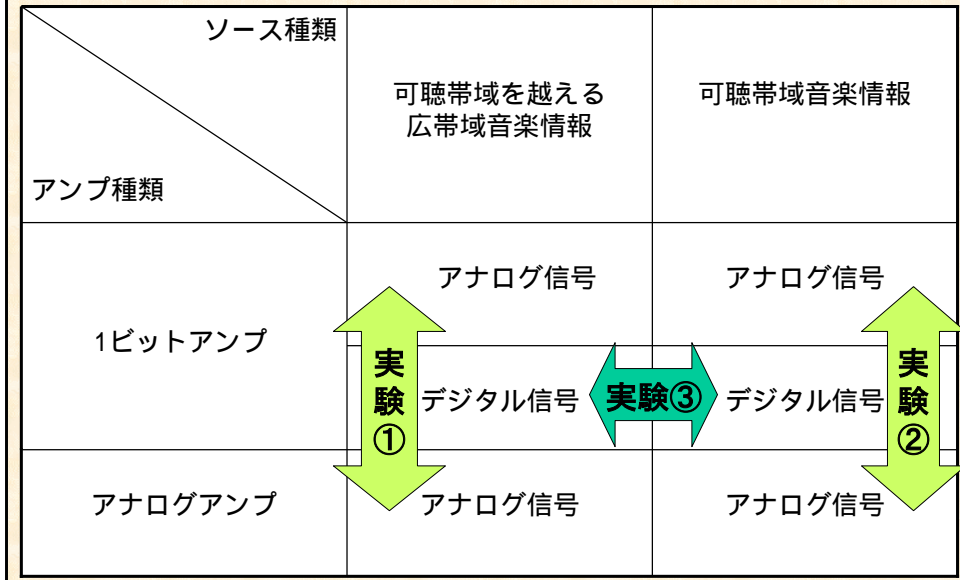


3-3. 試聴実験に使用した曲目と被験者

番号	分類	曲 目	広帯域音源	可聴帯域音源
1	市販	Erich Kunzel / Cinninnati Pops Orchestra : "Children Will Listen" from Into the Woods	SACD	1ビット→マルチビット変換
2		Robert Shaw / Atlanta Symphony Orchestra and Chorus : Dvorak: Stabat Mater - Quando corpus morietur		
3		Monty Alexander : No Woman, No Cry		
4		YO-YO MA : 1B		
5		Keiko Lee : Beautiful Love		
6		Gaudeamus : Beati Quorum		
7	録音	朝の光の中で	2. 8224MHz	

被験者: 20代の男性5人、女性1人

3-4. 実験計画



3-5. 感応試験法

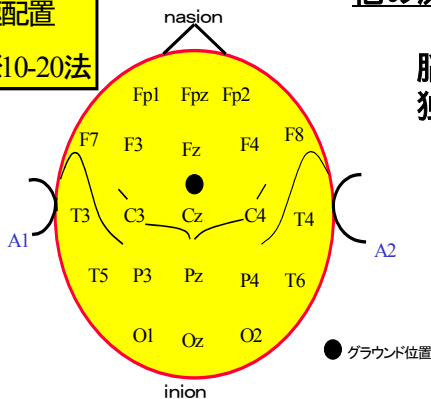
脳波測定の特徴

波、波、波を利用。
 10点測定（脳全体）。
 経験に基づく感性マトリックス
 を採用。

他の測定法との違い

波だけではない。
 脳全体を測定。
 独自データベースに基づく。

電極配置
 国際10-20法



3-6. 感応指標の演算プロセス

ステップ (脳波電圧測定)

測定ポイントは頭皮上 **10カ所**、Fp1、Fp2、F3、F4、T3、T4、P3、P4、O1、O2を選択する。電圧レベルは**数~数十μV**である。サンプリング周波数は**100Hz**とする。

ステップ (脳波の相互相関係数 $X_{i,j,k}$ の演算)

$$X_{i,j,k} = \frac{\langle V_{i,k} V_{j,k} \rangle}{\sqrt{\langle V_{i,k}^2 \rangle \langle V_{j,k}^2 \rangle}} \quad i, j = 1 \sim 10, k = \dots$$

測定ポイント $V_1 \sim V_{10}$ の中から2測定ポイントを選ぶ組み合わせは**10C2個**あり、**45個**の脳波経路が生じる。この値を3信号成分(**波、波、波**)について計算するので、総数**135**相互相関係数を上記の式に基づいて計算する。相互相関期間は**128サンプル期間(1.28秒間)**とする。

ステップ (感性ベクトル値の演算)

相互相関係数 $X_{i,j,k}$ の状態ベクトルから、図6に示す感性マトリクス方程式により感性ベクトル(N1、P1、N2、R)を計算

$$\begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \sim & a_{1,135} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \sim & a_{2,135} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & \sim & a_{3,135} \\ a_{4,1} & a_{4,2} & \sim & a_{4,135} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X_{1,2} \\ X_{1,3} \\ X_{1,4} \\ X_{1,5} \\ \vdots \\ X_{9,10} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} C1 \\ C2 \\ C3 \\ C4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N1 \\ P1 \\ N2 \\ R \end{pmatrix}$$

感性マトリクス(定数) 状態ベクトル 定数 感性ベクトル

感性マトリクス方程式

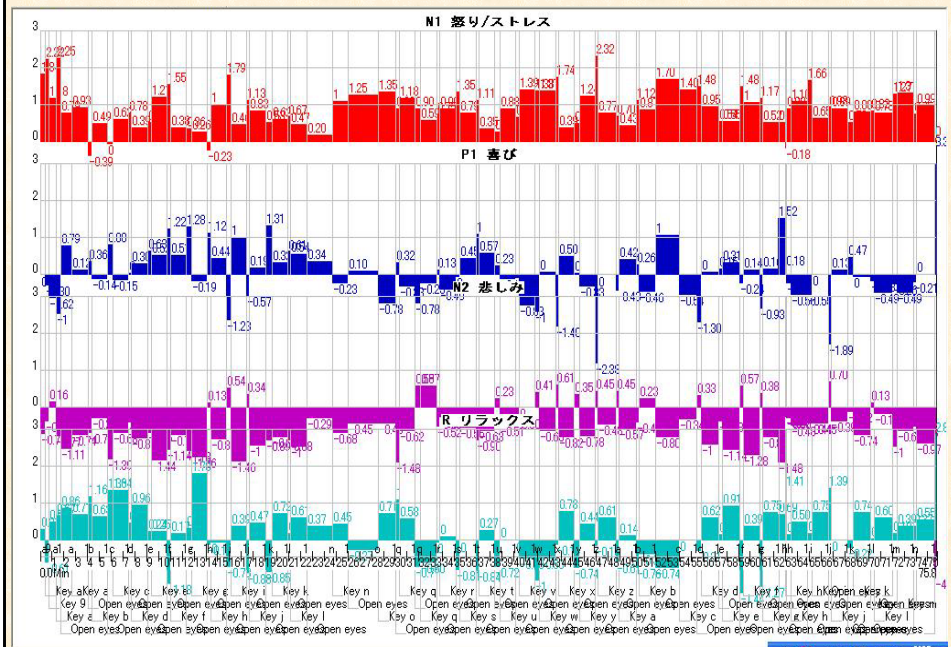
ステップ (判定方法)

感性ベクトル値N1、P1、N2、Rに関して、60回加算平均(76.8秒)する。例えば、「喜び指数」P1を60回加算平均した値を<P1(時刻、人A、音楽A、機器A)>と表す。次の加算平均値を<P1(時刻+約90秒後、人A、音楽A、機器B)>と表す。そのとき、判定基準は

- P1(時刻、人A、音楽A、機器A) < P1(時刻+約90秒後、人A、音楽A、機器B) "0"
- P1(時刻、人A、音楽A、機器A) > P1(時刻+約90秒後、人A、音楽A、機器B) "1"

とする。それら判定した数を集計する。有意水準の検定法には**片側t検定法**を用いる。

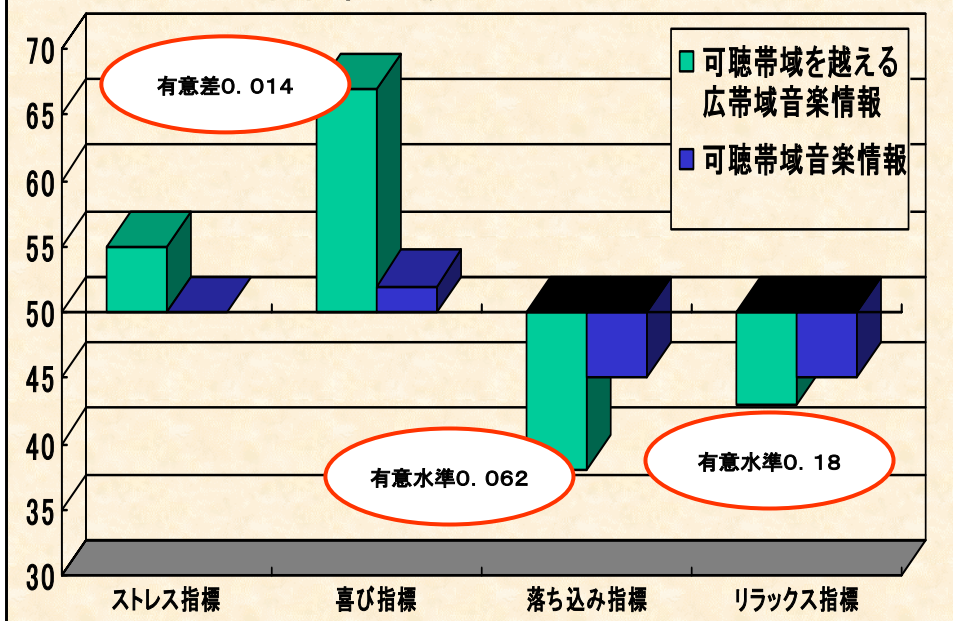
4-1-1. 今回の実験結果-感性スペクトルの解析結果



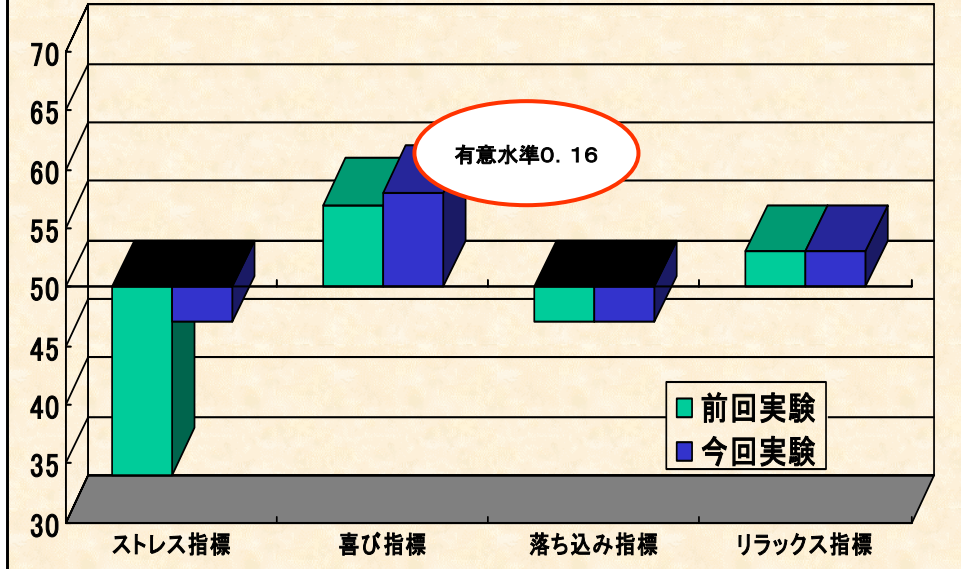
4-1-2. 集計結果

実験	実験条件	感応指標	ストレス指標	喜び指標	落ち込み指標	リラックス指標
①	○信号源: 可聴帯域を超える “広帯域音楽情報” ○比較対照: 1ビットアンプ アナログアンプ	集計データ	23:19	28:14	16:26	18:24
		比率	55:45	67:33	36:64	43:57
		有意水準	—	0.014	0.062	0.18
②	○信号源: “広帯域音楽情報” ○比較対照: 1ビットアンプ アナログアンプ	集計データ	21:21	22:20	19:23	19:23
		比率	50:50	52:48	45:55	45:55
		有意水準	—	—	—	—
③	○比較対照: 可聴帯域を超える “広帯域音楽情報” “可聴帯域音楽情報”	集計データ	17:19	21:15	17:19	19:17
		比率	47:53	58:42	47:53	53:47
		有意水準	—	0.16	—	—

4-2-1. 1ビットアンプシステムとアナログアンプシステムの感性指標比較



4-2-2. 可聴帯域を越える1ビット符号化による“広帯音楽情報”／マルチビット符号化による“可聴帯域音楽情報”源の感応指標差



4-3. 結論

1. 1ビットアンプシステムとアナログアンプシステムの比較

可聴帯域を越える“広帯域音楽信号”でアンプ間で比較した結果、“喜び指標”、“落ち込み指標”、“リラックス指標”で有意差を確認することができた。

“可聴帯域音楽信号”でも有意差は小さいが同様な傾向を確認。



1ビットアンプシステムが感応指標で優れていることを確認。

2. 可聴帯域を越える1ビット符号化による“広帯域音楽信号”とマルチビット符号化による“可聴帯域音楽信号”の比較

“喜び指標”で有意差を確認することができた。



可聴帯域を越える1ビット信号では“可聴帯域音楽信号”のマルチビット信号に比して、音楽自体が持つ喜びを忠実に伝える機能を保持していることを示している。

5-1. 試聴感応試験法の確立と今後の対応

A. 試聴感応試験法の確立

- ①試聴音響空間／試聴音響機器／試聴音楽の標準化
- ②感応測定方法の標準化
評価項目の選定及び数値化
被験者の条件:人数・男女・年代・地域
- ③試聴音楽プログラムの特性の評価(記録環境、音楽プログラムの感応特性、動的特性)
- ④原音(例:楽器の音)と“広帯域音楽情報”の差の訴求。

B. ESAMの改良

-ユーザーフレンドリー(ウェアラブル化)な測定装置の開発-

- ①センサー小型化・非接触化
- ②携帯端末への対応
- ③ネットワークサービスへの対応
- ④感応マトリックス指数を音響測定用にチューニングし、感度アップをはかる。

5-2. 五感にやさしい商品開発を目指して

A. 音質評価

1bitデジタルアンプ、
スピーカー、ヘッドフォン

B. 画像品質評価

LCD-TV、3D

C. 商品デザイン・ カラー評価

F. 匂い(香り)評価

G. 新しいIFの評価

ウェアラブル
ロボット

E. 商品の触感評価

素材・キー等

D. 環境評価

空気の温度・湿度・成分
電灯のスペクトル・温度
雰囲気感(雑音等)
ホーム内・外空間の設計

