

## サラウンドスピーカの家庭再生配置における許容度調査

(連載 その2)

日本オーディオ協会 DHT 普及委員会 WG-2

### 2 評価実験

#### 2-1 評価語と音源

サラウンドの評価語として現在世界的に統一した用語がないため今回は、最もサラウンド音場を適正かつ明確に評価できる重要用語として以下の3用語を用いた。

- ① 臨場感 (包まれ感)
- ② 定位感
- ③ 移動感

これらにふさわしいと思われる音源として8種類の音源を収集しその中から今回の実験に適切と思われる以下の3種類を選択した。(各音源は、あらかじめ使用許諾を得て提供された音源から最適部分各1分間使用)

- ① 自然音 (森の野鳥) : 早朝の森で360度様々な野鳥が鳴いている
- ② 音楽 (POPS) : センターにメインボーカルがあり、各楽器が360度定位
- ③ 効果音(UFO360度水平回転) : モノラル音源が水平方向に速度を上げながら回転

#### 2-2 実験用音源制作 (2010-09)

評価実験には、各パターンの再生音の瞬時提示を可能とし評価精度を向上させるため、あらかじめITU-R BS.1116-1評価ルーム規格に準拠した都内AVメーカー評価スタジオで7パターンのスピーカ配置再生音を受聴位置に設置したダミーヘッドによりバイノーラル録音し収録は96kHz・24bit リニアPCMで行った。

##### 2-2-1 本評価ルームの諸元

- ① 床面積 54.6平方メートル (図18参照)
- ② 残響時間 0.4sec(カーテン開放時)
- ③ NC値 -15以下(空調強稼働時)

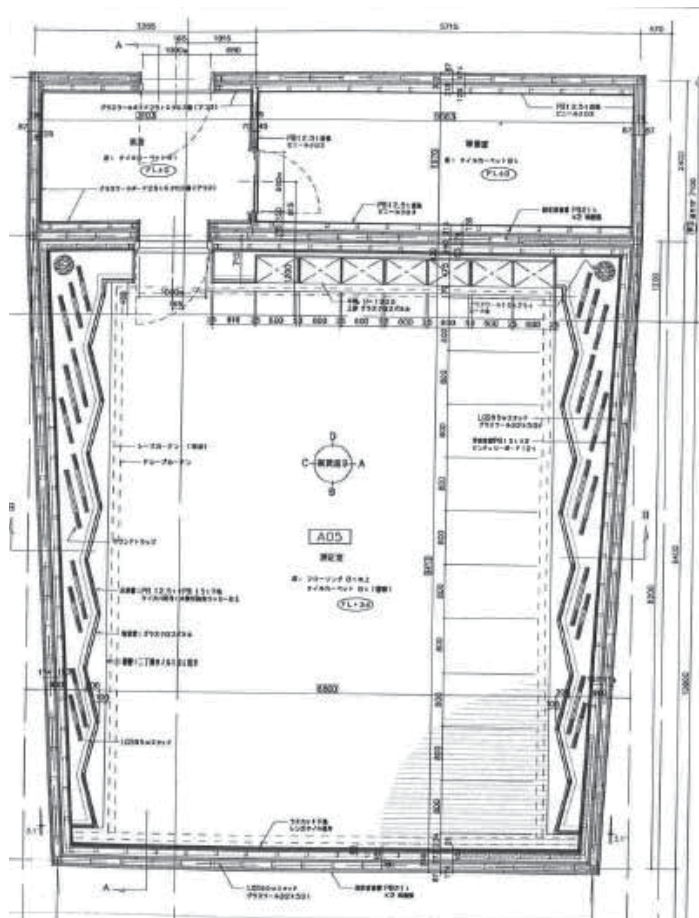


図 18  
評価ルーム平面図

### 2-3 収録方法と使用機材

評価ルーム内で、最適リスニング位置を設定し、各再生音レベルは、 $-18\text{dBFS}$  ピークのピンクノイズでチャンネルあたり  $65\text{dB/C}$  特性に統一。それぞれで3種類の音源を1分間録音した。

以下に収録系統図と使用機器を示す。

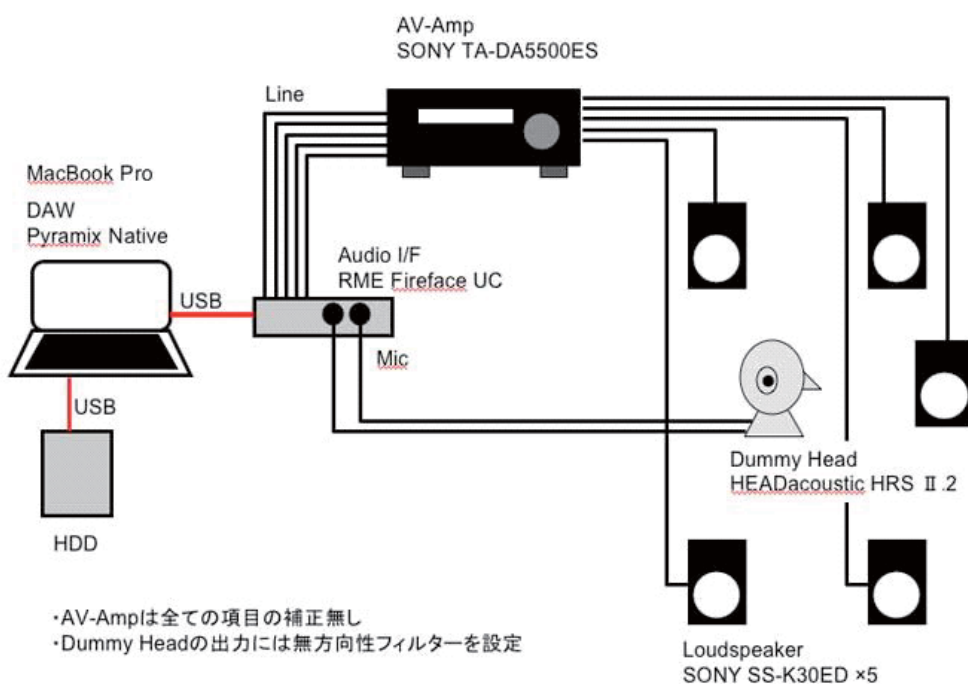


図 19  
収録系  
ブロック図



写真 9 スピーカ SS-K30ED



写真 10 AV アンプ TA-DA5500E



写真 11 ダミーヘッド



写真 12 録音機器

## 2-4 評価実験

評定者は、聴覚健常者 20 歳代から 50 歳代の音響専門技術者 25 名で行った。  
(2011 年 3 月 8 日～4 月 7 日)

### 2-4-1 評価実験再生機材

DAW	Pyramix Native	Macbook -Pro
オーディオインターフェース	RME Fireface UC	
モニターヘッドホン	Ultrason Pro900	

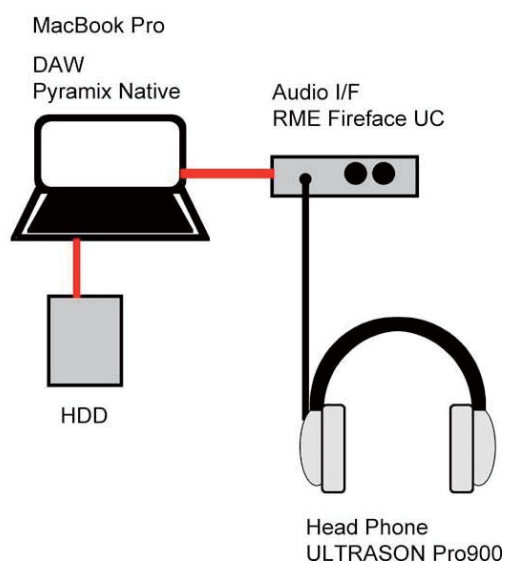


図 20  
再生系ブロック図

### 2・4・2 記入方法

評定者は、臨場感、定位感、移動感の3評価語にたいして尺度評定法を使用した5段階評価法(3が基準音と同じ)で判定し、合わせて自由記述欄ももうけた。(図21参照)

スピーカー配置評価試験															
Subject No										DATE					
評点 1 基準より劣る 2 基準よりやや劣る 3 基準と変わらない 4 基準よりやや優れる 5 基準より優れる															
提示回	臨場感					定位感					移動感				
1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
コメント					コメント					コメント					

図 21

回答シート

### 2-4-3 提示方法

評定者には、あらかじめ音源を確認するため基準音とパターン 01-07 それぞれ提示 15 秒、休止 5 秒でシーケンシャルに聴いてもらい音源を確認した。その後、本評価では、最初に基準となる ITU-R 基準配置でのダミーヘッド音を聴取後、ランダムに組み合わせた 7 種類の音源を提示

30秒、休止5秒の間隔をおき再生した。聴取途中で基準音を確認したい場合は、何回でも聴くことが出来る方法でおこなった。



写真 13 評定者 評価実験例

### 3 実験結果

25名の評定者から得られた、各パラメータ別の実験結果を以下に示す。

評定は REF との比較で行われたため、配置パターンの平均値が評点 3.0 を超えると REF よりも高い臨場感・定位感・移動感があり、平均値が評点 3.0 を下回ると REF より低い臨場感・定位感・移動感があると言える。ただし、統計的に意味のある差だと結論づけるためには信頼区間を見るなどの方法が必要となる。

ここでは、二つの平均値を比較する際、一方の平均値がもう一方の 95%信頼区間の幅内に入っていないとき、統計的に有意な差があると判断した。また、95%信頼区間の幅内に 3.0 が入らないとき、REF との有意差があると判断した。

なお、この判断方法は Cumming & Finch (2005)などに詳しい。

#### 3-1 パターン別評価

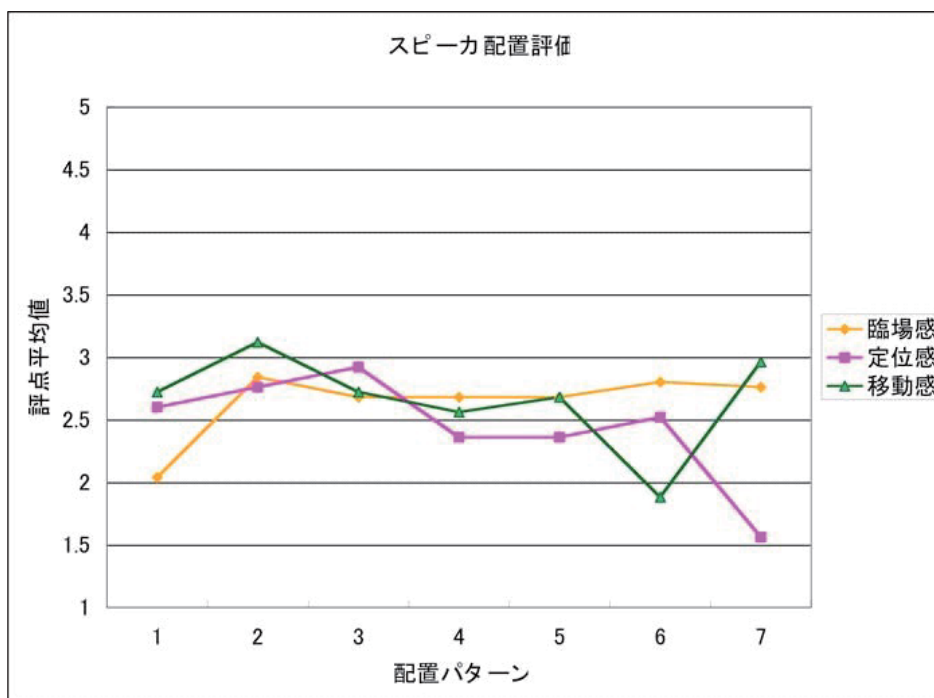


図 22  
評価平均値比較

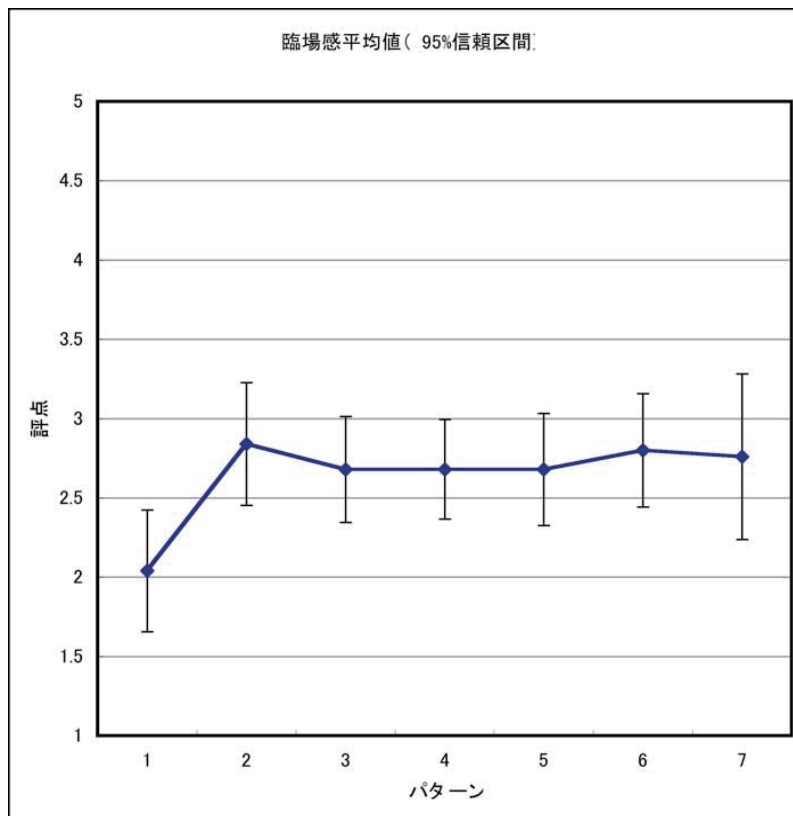


図 23 臨場感平均値 (95%信頼区間)

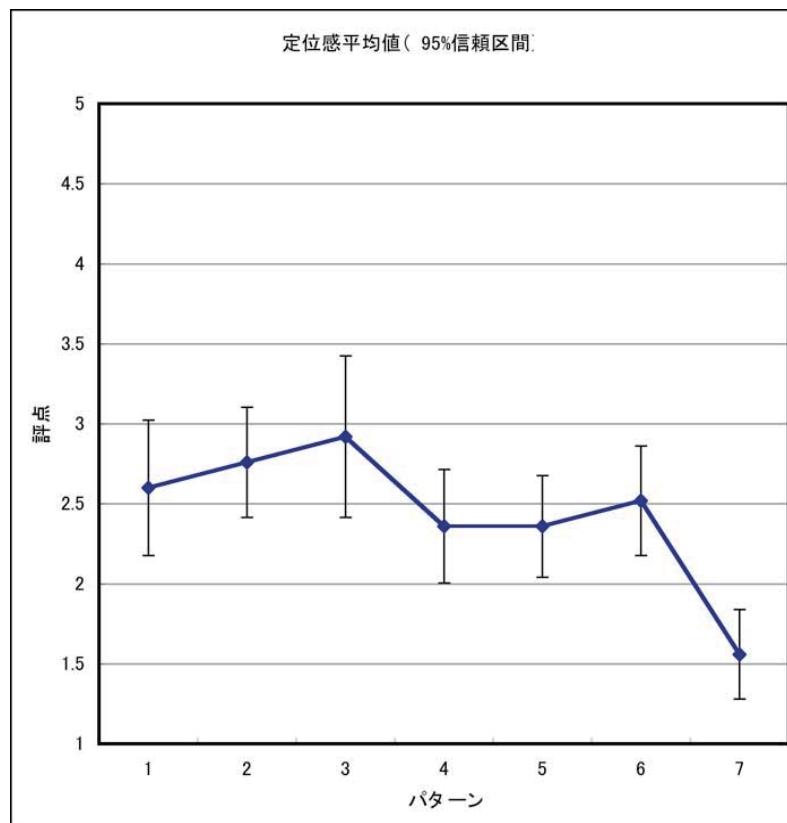


図 24 定位感平均値 (95%信頼区間)



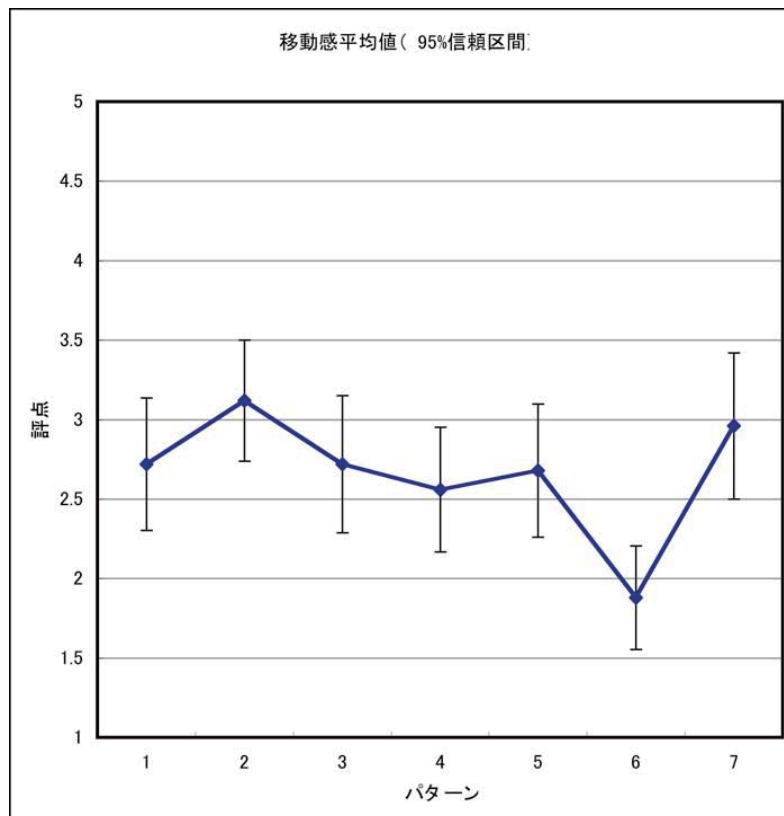


図 25 移動感平均値 (95%信頼区間)

以上の結果から

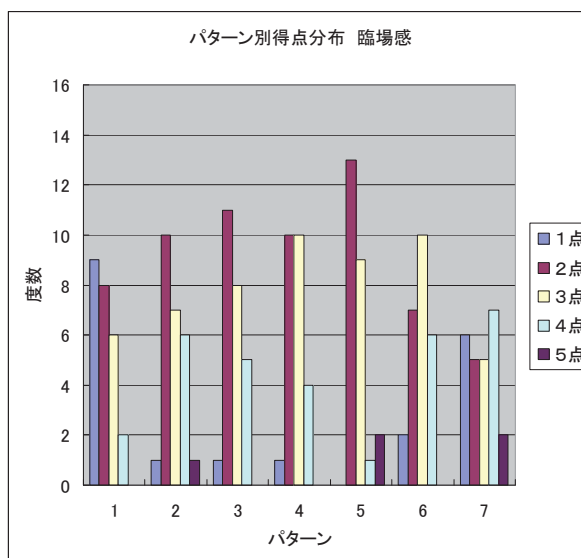
- パターン-01: 臨場感は、評価 2 と劣るが定位、移動感は、REF に近似している。
- パターン-02: 臨場感、定位感ともに REF に近似し移動感での評価がやや高い。
- パターン-03: 臨場感、定位感、移動感ともに REF に近似している。
- パターン-04: 定位感はやや劣るが REF にほぼ近似している。
- パターン-05: 定位感は、やや劣るが REF にほぼ近似している。
- パターン-06: 移動感が評価 2 と劣るが定位感、臨場感は REF に近似している。
- パターン-07: 定位感は、評価 1.5 と劣るが定位感、移動感は REF に近似している。

と言う結果が得られた。

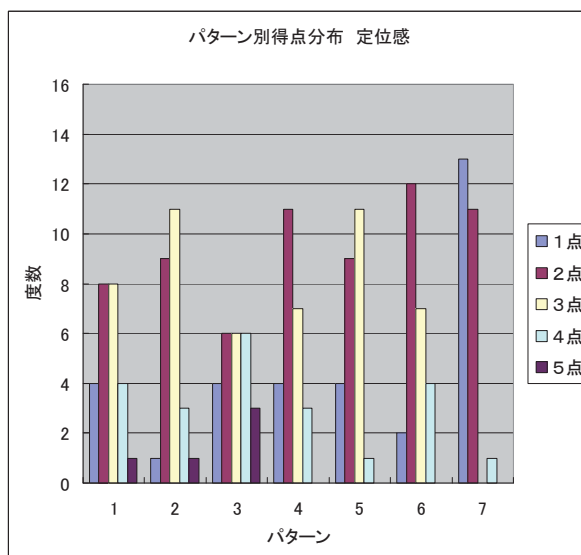
### 3-5 評価語別評点度数分布

以下にパターン別の評点度数分布を示す。

臨場感



定位感



移動感

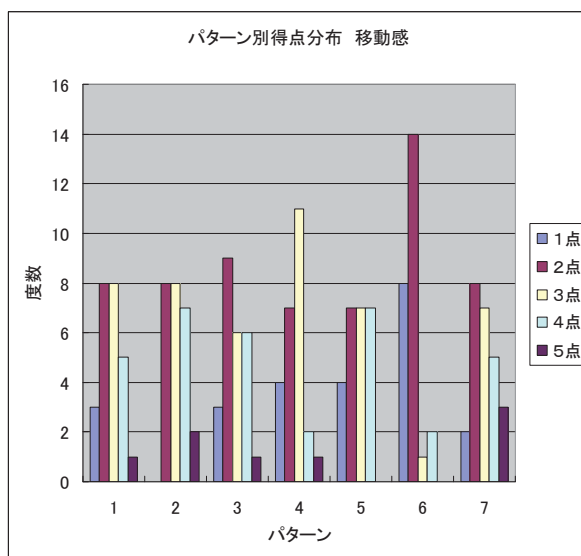


図 26 パターン別評点度数分布



3-6 3評価に対するコメント一覧

Subject	臨場感	定位感	移動感
1	近い音が強すぎる場合に不快に感じる ある程度の距離感のあるシチュエーションは心地よい	適度な広がりとお行きを感じられるシチュエーションは気持ちが良い	左右の動きは良く感じられるが前後の動きが大きくは感じられない
2	2番〇をつけたものも微差で正直そんなに大きな差は感じなかった	定位感はやや劣るものが多かったかも。7は良かったです	移動感全部感じられるがリファレンスリやや劣っていた。
3	ベース音がリファレンスにくらべザラ付ように感じました	ボーカルがリファレンスに比べて引っ込んでいる感じがしました	扉の感じとUFOの回っている音が違いました
4	移動する音が少ない分Refと大きな差は感じなかった	楽器よりもVに定位の差を感じた。楽器は大きな差を感じなかった(3は定位のふくみの大きさを感じた)	全体的に劣った印象は少ないがところどころ移動の幅を感じるものがあった(4か)
5		音楽が宙に浮いた感じがやや違和感を感じました。評価1, 2にしたものが特にそうでした	
6			違いがよく解らなかつたです
7	わかりにくかった	ボーカルを中心に聞くとかえってわかりやすかった	奥行き後方の広がりのよいものがわかりやすかった。UFO
8	前後の奥行きに差を感じました	1は平面的 2はVが引っ込みすぎ 4はフロント強すぎ 5は力強さなくなる	音質に差が出てくるものの移動感としてどれも甲乙つかない
9	5番だけは少し後ろ気味に感じました。大きな違いは感じられませんでした	6番は前で演奏している感じが少し少なげな。1~3は定位がはっきりしているがポケットのように感じた	難しかったです
10		全てに対して言えるのはC(センター)次第。Cで音の強さでイメージが違う	
11	大きな差がない	低域が評価むづかしい	
12			
13	僅差でした	僅差でした	僅差でした
14	1, 2 背景音の違和感 5 鳥の声まんな中ではっきり 6 背景音がうるさい? 7 ザーと目立つ 背景音の変化がみみにつきました	1, 2音がはっきりと前にでてきてない 6, 7背景音、拍手バラバラしていてボールが引っ込む感じ	1 左に寄っている 3 狭い 6, 7 繋がりが悪い 音の繋がりに差
15		ギターの移動感に注目して聞いた	
16			
17			
18			
19	1 天低い 2 中央に集まる 3 4 位相が変、広く聞こえる 5 右の位相が変、高さがある 6 天低い、左による、中央集中 7 左右高さともよい、位相も自然	1 中央に集まる、H: 落ち 声逆相 2 位相が変 3 密度低い 4 中央に集まる位相変 5 逆相感(低音)左右広がる 6 Refより左右広い情報少ない 7 基準と同じ感じ	1 音芯よわい 少しせまい 2 広がりが少ない 中央より 3 4 左右広い 低音右に 5 同上 6 左右狭い 7 左右広い 低音位相少し変
20			
21	主に広がり感で評価	1は逆相に聞こえる	4と5の差は正直そのときの気分
全般的に広がり感のあるものが高評価になってしまっている気がする			
22	1 全体的に音像が薄い 2 Refよりも少し劣る印象(2, 5) 3 Refよりもやや高印象(3, 5) 4 BGNの感じがよい 5 今回の中で一番高印象 6 臨場感はやいが5よりも不自然 7 臨場感はやいと5の中間ぐらい	全体的なバランスではRefが一番よいとするがギターの定位が高印象だったので4点とした。 6はイントロ部の定位の良さで4点だが密には3, 5	1が一番回っている感じ 2はやや後ろで移動している感じがした 5, 6は高さを感じた 7は5, 6程の移動感を感じないがRefはよい気がする
23			
24	定位が左によるもの 音色が少しくつめに聞こえるもの	音像が狭い イントロの移動感がわかりにくい 低域の解像感と一緒に判断しているかもしりません	移動範囲(音像)が狭い 5, 6, 7は頭上と言うより自分の後ろで移動している感じがする

Subject No. は、評定者に該当。評価語に付けられた項番はパターン番号と同一ではない。

## 4 考察

得られたデータから以下の考察を行った。

### 4-1 パターン-01 (1-4-2 配置参照)

リアスピーカの開き角がセンターから極端に広い場合を想定した。この結果、フロントとリアのスピーカ距離が大きいため前後のつながりが悪くなり、臨場感の評価が下がっていると考えられる。

### 4-2 パターン-02 (1-4-3 配置参照)

リアスピーカ配置が高い場合であり一般家庭の壁面取り付けを想定した。

評価結果からリアスピーカが高く設置されていても問題はないといえる。高さ限界や許容角度については、制作側の立場から提言がなされているように基準値よりも 30%以内、または最大 15 度までの角度以内であれば許容できると考えられる。

### 4-3 パターン-03 (1-4-4 配置参照)

画面の大型化に伴いセンタースピーカが下に設置してある場合を想定した。この場合も評価結果から臨場感、定位感、移動感ともに大きな問題は無いと考えられる。

### 4-4 パターン-04 (1-4-5 配置参照)

リアスピーカが真横にしか置けず、試聴位置が壁面近くに有る場合を想定した。評価結果から定位感、移動感にやや低い評価が示された。この原因は、後方再現空間が REF に比べ縮小されたためと考えられる。

### 4-5 パターン-05 (1-4-6 配置参照)

フロント3スピーカが低い場合であり、シアターラックと呼ばれる製品群を想定した。評価結果からは、定位感の評価がやや低い。この原因は、床からの反射の影響が考えられるが、今後追実験を行いさらに詳細な分析を行う予定である。

### 4-6 パターン-06 (1-4-7 配置参照)

リアスピーカを天井へ取り付けられた状態を想定した。

この場合は、移動感が低い評価となった。この原因は、音像の移動が斜めになるためスムーズな移動感を再現できないからではないかと考えられる。

### 4-7 パターン-07 (1-4-8 配置参照)

全てのスピーカを天井に設置する場合を想定した。

## 補足：DHT WG-02 追加実験

WG-02 で課題として残った、天井埋め込みタイプとラックシアタータイプの詳細な評価実験について、追加検証を行った。

音源収録は、2011年8月31日／9月1日に実施。

評価試験は、9月27日に前回と同様の都内 AV メーカー評価ルームにて評定者10名で実施。

評価方法等は、前回と同様である。

追試を行った配置は、以下の5種類である。

パターン 01 (P-01 表記)：天井埋め込みを想定しリスニング位置へ指向性を25度チルト

パターン 02 (P-02) : チルトなし。0度

パターン 03 (P-03) : 天井から床へ真下にチルト90度

パターン 04 (P-04) : ラックシアターを想定。床から0度

パターン 05 (P-05) : リスニング位置へ指向性を12度セット

基準 ITU-R 配置 (REF) :

前回同様、リスニング位置まで各2m、1.2m高さ、リアは、120度に設定。

各スピーカ配置と評価データは以下を参照。

### P-01 スピーカ配置

スピーカ	高さ mm	距離 mm	開き角 度	煽り角 度
L	2300	2000	30	25
C	2300	2000	0	25
R	2300	2000	30	25
LS	2300	2000	120	25
RS	2300	2000	120	25



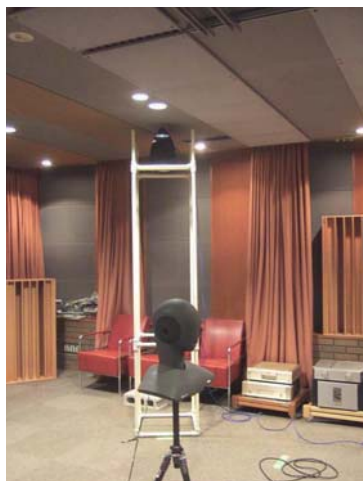
P-02 スピーカ配置

スピーカ	高さ mm	距離 mm	開き角 度	煽り角 度
L	2365	2000	30	0
C	2365	2000	0	0
R	2365	2000	30	0
LS	2365	2000	120	0
RS	2365	2000	120	0



P-03 スピーカ配置

スピーカ	高さ mm	距離 mm	開き角 度	煽り角 度
L	2220	2000	30	90
C	2200	2000	0	90
R	2220	2000	30	90
LS	2245	2000	120	90
RS	2245	2000	120	90



P-04 スピーカ配置

スピーカ	高さ mm	距離 mm	開き角 度	煽り角 度
L	460	2000	30	0
C	460	2000	0	0
R	460	2000	30	0
LS	460	2000	120	0
RS	460	2000	120	0



P-05 スピーカ配置

スピーカ	高さ mm	距離 mm	開き角 度	煽り角 度
L	530	2000	30	12
C	530	2000	0	12
R	530	2000	30	12
LS	530	2000	120	12
RS	530	2000	120	12



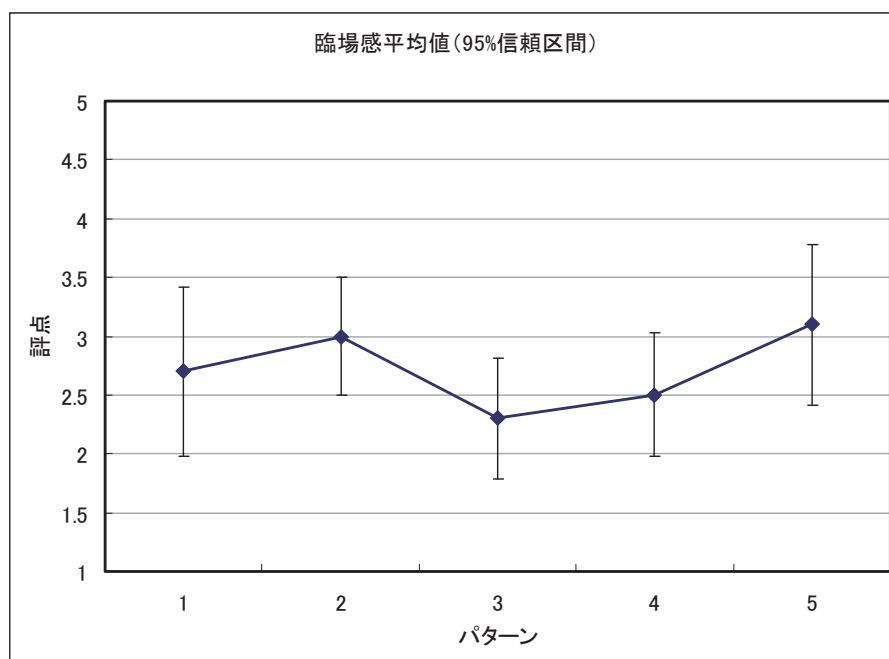


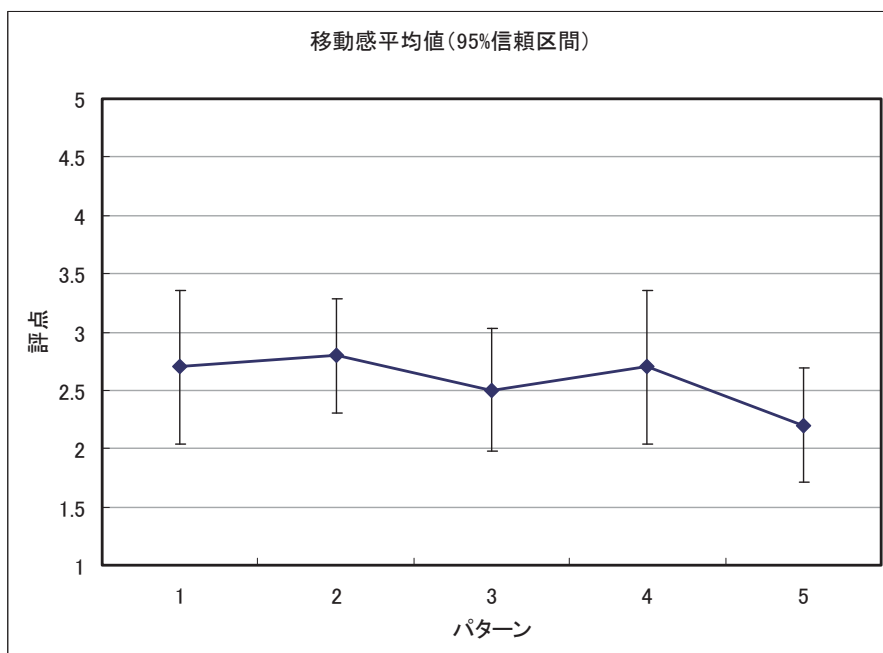
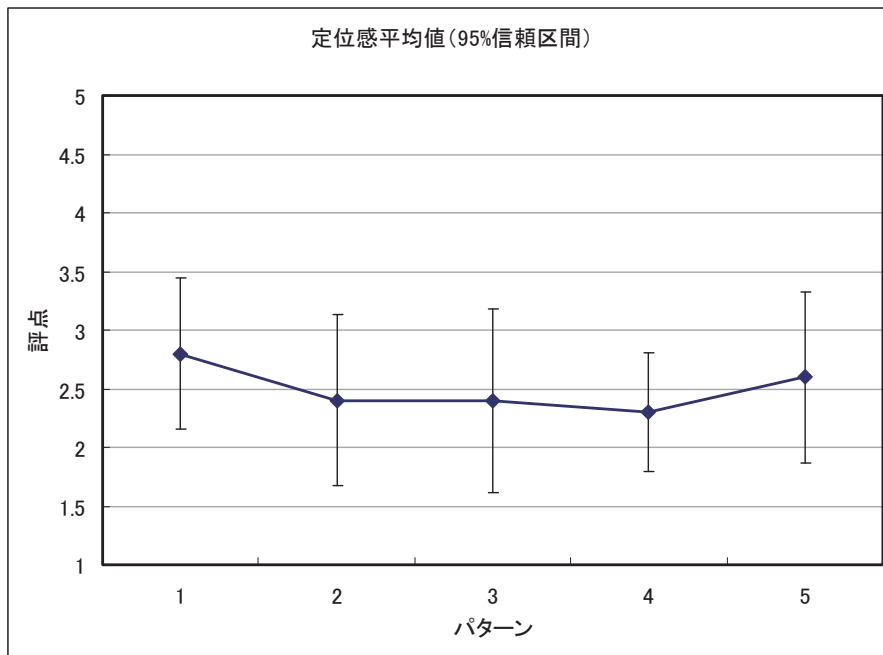
REF スピーカ配置

スピーカ	高さ mm	距離 mm	開き角 度	煽り角 度
L	1200	2000	30	0
C	1200	2000	0	0
R	1200	2000	30	0
LS	1200	2000	120	0
RS	1200	2000	120	0

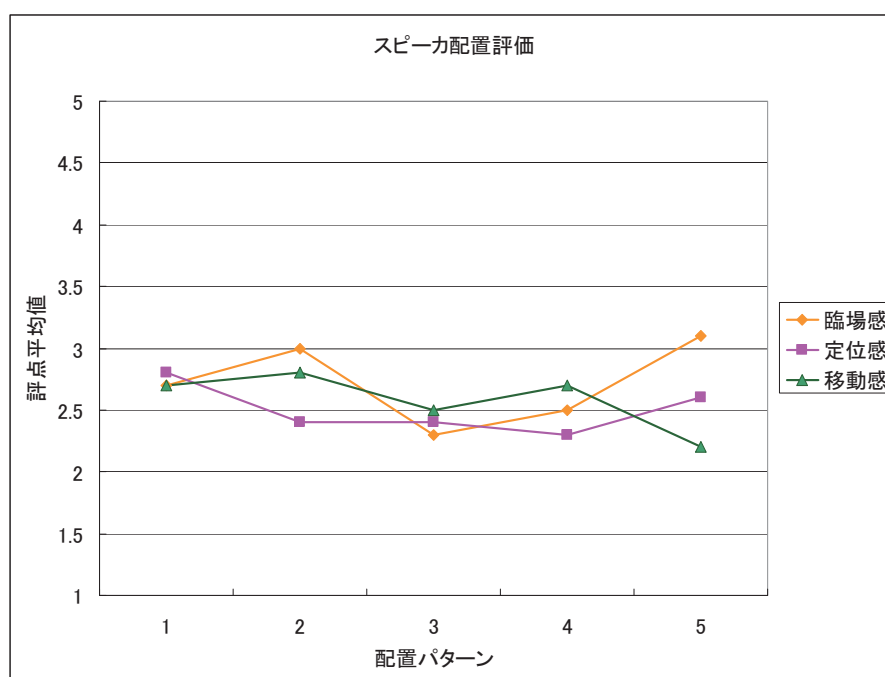


評価結果









## 5 結論

1. 家庭内サラウンドスピーカの代表的な配置を調査分析した結果 82 サンプルのデータから 5 パターンに集約することが分かった。
2. この 5 パターンに今後国内でも導入が進むと考えられる天井埋め込み設置 2 パターンを加え臨場感、定位感、移動感について Rec. ITU-R BS.776-2 配置との比較評価実験を行った。この結果、
  1. リアの開き角が広すぎると臨場感が低下する。
  2. リアスピーカのみ天井設置では、移動感が低下する。
  3. すべて天井設置では、定位感が低下する。
  4. リアスピーカが高い、あるいは、センタースピーカが L・R に比べ低いといった設置などでは、REF の再現音とあまり差異がない。
 ことが明らかになった。
3. 追加実験の結果からも当初の結論を乖離した結果は、得られなかった。追加実験で得られた結論は、以下の内容である。

### 天井埋め込みタイプ：

フロントスピーカ／リアスピーカともに同じ条件で設置をした場合は、基準配置で得られる印象から大きく外れることは無い。P-01 に見られるようにリスニング位置へ指向性を合わせる設置を行った場合は、より REF 配置に近い結果が得られている。床へむけて真下に設置した場合も、評価ポイントは、わずかに低くなるが、臨場感、定位感、移動感ともにばらつきが少なく、コンテンツを選ばない傾向と言える。

### ラックシアタータイプ：

リアについては、天井埋め込み真下設置を想定しフロントのみ水平と指向性チルトの評価を行った。フロンスピーカについては、定位感・臨場感を重視する場合、P-05に見られるようにチルト設置が望ましい。

### 謝辞

本WGの活動にあたりスピーカ配置データ、素材音源 評価ルーム、機材、音源制作、評価実験や分析に至まで多くの方々の協力をいただき実現できたことに感謝する。

### 参考文献

- サラウンド入門 沢口、中原、亀川： 芸大出版（2010）  
 サラウンド音響最近の話題から 沢口：パイオニア R&D No18(2008)  
 Interaction between Loudspeakers and Room Acoustics Influences Loud Speakers Preferences in Multichannel Audio Reproduction Olive Sean/Martens William  
 第 123 回 AES Convention (2007)  
 再生環境から考えるサラウンド 深田：InterBEE Forum（2006）  
 Multichannel Monitoring Tutorial Booklet 2<sup>nd</sup>Edition SONA/YAMAHA（2005）  
 Recommendations For Surround Sound Production NARAS（2004）  
 AES TD1001.1.01-10 “Multichannel surround sound systems and operations”  
 AES TC Document (2001)  
 Proposal for the Specification of Control Rooms for HDTV Multichannel Sound Program Production S.Yoshikawa et al.MSSG：  
 第 100 回 AES Convention（1996）  
 Study on Optimum Rear Loudspeaker Height for 3-1 Reproduction HDTV Audio H.Suzuki H.Shinbara S.Toyoshima  
 第 95 回 AES Convention (1993)  
 Rec. ITU-R BS.775-2 “Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture” ITU（2006）  
 Inference by Eye – Confidence Intervals and How to Read Pictures of Data Geoeff Cumming and Sue Finch  
 American Psychologist. (2005)

### DHT ホームシアターサラウンドスピーカ配置 許容度ガイドライン

1. リアスピーカの開き角度許容度  
 100 度から 135 度を目安に設置。これにより臨場感や定位感を損なうことなくサラウンド音場を楽しむことができる。(ITU-R 勧告は 110±10 度)

2. センタースピーカ

L-C-R 同一位置に設置できない場合、センタースピーカを低く設置しても良い。  
その場合の目安は、20度以内を目安とする。(ITU-R 勧告は同一平面上設置)

3. フロント リアスピーカのインウォール設置許容角度

各スピーカを壁面に高く設置する場合、最大仰ぎ角度 16.7度以内を目安にする。  
(ITU-R 勧告は 15度以内)

4. スピーカ距離

リスニング位置からのフロントスピーカまでの距離に比べて±10%以内のリアスピーカ距離は問題ない。(ITU-R 勧告は、同一距離)

5. 音場補正ツールの活用

こうした物理的パラメータを目安としたうえで、各社 AV アンプに内蔵している自動音場補正ツール機能を併用することで制作側が意図したサラウンド音場を家庭でも楽しむことができる。

\* 各ユーザーがどんなサラウンド音場を希望しているのかに応じた詳細な設置、調整方法については DHT 講座を通じて具体的なスキムを紹介していく予定である。

(完)

### DTH-WG-2 構成委員

沢口 真生 (主査)	(有) 沢口音楽工房
小谷野 進司	パイオニア (株)
鈴木 敏之	(株) D&M ホールディングス
丸井 淳史	東京藝術大学
照井 和彦	ソニー (株)
豊島 政実	四日市大学
鈴木 弘明	(株) ソナ (DHT 委員会 委員長)