

## 双方向音場共有ネットワーク(ISFN : Interactive Sound Field Network)構築のための音場表現語の選定・類別と音場表現語「広い」に対する知覚量の制御

Selection of specific words expressing a spatial impression of a sound field for perceptual modeling of Acoustic Events to develop Interactive Sound Field Network

八子 勲, 福島 学, 柳川 博文

Isao Yako, Manabu Fukushima, Hirofumi Yanagawa

**要 旨** 本研究は, 双方向音場共有ネットワーク(ISFN : Interactive Sound Field Network)を実現するため, 知覚に基づく音響事象記述言語(AEML : Acoustic Events Modeling Language)を制定することが目的である。そこで, 1) 音場の知覚特性を調べることを目的に音場を表現する言葉(音場表現語)の選定, 2) 音場表現語の類別, 3) 音場表現語「広い」に対する知覚量の制御, を行った。1)では国語辞典から選定を行った。結果として19語が選定できることがわかった。2)では実音場のインパルス応答と音声信号で生成した刺激音を用いて主観評価実験を行った。結果として, )音色性因子・高域因子, )音色性因子・低域因子, )空間性因子, )自然・明瞭性因子, の4枝に類別できることがわかった。3)では選定された音場表現語の中から特に音場表現で重要な言葉「広い」に着目し, a)主観評価実験結果の尺度化および尺度値と対応する物理指標の検討, b)対応する物理指標を変化させて知覚量が増減するかの調査を行った。

a)でインパルス応答の初期部のエネルギーの振る舞いが「広い」に影響していることが明らかとなったため, b)で直接音・間接音比率が異なるインパルス応答を用いて主観評価実験を行った。結果として直接音の振幅を制御することで「広い」に対する知覚量が制御可能であることがわかった。

**Summary** In this paper, the relationship between acoustic parameters and psychological scale for sound fields in order to create an artificial impulse response of a room based on perception is described. First, 19 specific words were chosen expressing subjective impressions of the sound field from a Japanese language dictionary with 42,000 entries. To classify the 19 words, speech sounds are compared by way of dichotic listening. The speech sounds are a convolution of an anechoic speech and impulse responses of rooms measured by using a dummy head microphone. The words are clustered into 4 categories, 1) high tone timbre, 2) low tone timbre, 3) spaciousness and 4) naturalness or clearness. Then, the 'spatial impression' was selected among 19 words and a scale of it was obtained by way of Thurstone's case V since it is one of the important factors in sound field design. Second, to create an impulse response corresponding to the

'spatial impression', we investigated the relationship between the 'spatial impression' and acoustic parameters. As a result, we found that the initial part of impulse response plays an important role in controlling 'spatial impression'•B The result is confirmed by a listening test using artificial impulse responses.

キーワード：音場，ネットワーク，知覚特性，音響事象，記述言語

## 1. まえがき

仮想現実(バーチャル・リアリティ)の出現により「疑似体験」が注目を集めるようになった<sup>(1)</sup>。音響バーチャルリアリティのシステムとしてコンサートホールの疑似体験を目的とした音場可聴化システムがあり、それらは実測<sup>(2)</sup>または計算機で求めたインパルス応答から音場を再生する<sup>(3)(4)</sup>。しかし、このシステムでは演奏者と聴取者の位置を固定して考えており、音源・受音点位置の時間的変動に対応していない。

一方、通信ネットワーク網の普及に伴い遠隔地間で「疑似体験」を共有する要求が高まっている。双方向通信に対応した音場の共有を実現するには、共有する音場の構築と、共有者の移動で生じる音場の変化をリアルタイムに反映させる必要がある。また、通信ネットワーク網を利用する上で、伝送容量の制限を考慮する必要がある。共有者の移動で生じる音場の変化を反映させるには、変化に応じたインパルス応答を用意または計算しなければならず、膨大な情報量と計算量を必要とする。

双方向通信に対応した音場の可聴化システム<sup>(5)</sup>の例として、仮想会議室をバイノーラル再生により共有するシステム<sup>(6)</sup>のように、音場内での徘徊や耳打ちを仮想的に実現するシステムがある。このシステムは共有する部屋を固定して考え、共有者の移動で生じる変化量である幾何学情報だけを伝送し、音場を再生する。そのため、共有者の移動によって生じる情報量と計算量の削減を実現している。しかし、共有する部屋の変化には対応していない。

情報圧縮の分野では、情報の構造に着目して情報圧縮を行うMPEGがある。MPEG-4は、音源信号を構造的に表現し符号化するStructured Audio<sup>(7)</sup>を

MPEG-4 Structured Audio<sup>(8)</sup>として採用している。MPEG-4 Structured Audioのツールの1つであるSAOL(the Structured Audio Orchestra Language)は音源を記述する言語であり、その制御に標準MIDI(Musical Instrument Digital Interface)<sup>(9)</sup>を採用している。またMPEG-4は、空間に音源を配置するため、インターネットの仮想空間記述言語VRML (Virtual Reality Modeling Language )<sup>(10)</sup>を基に、音に関する記述を拡張したAudioBIFS (BIFS : Binary Format for Scene Description)が定義されている。このように、MPEG-4では音源の構造と配置に着目し符号化することで、効率的な情報伝送を実現しようとしている。しかし、音場の構造や音場の変化には着目していない。

音場の効率的な構築と伝送には、音情報の知覚に基づいた音場の構造化(SSF : Structured Sound Field)および符号化が必要である。これは例えば複数のオーディオトラックをグループ化し、1つの背景音として扱うものであり、放送における音場創成<sup>(11),(12)</sup>で用いられる手法である。これが可能な理由は人が物理的な変動の全てを知覚しているわけではないためである。すなわち、音場を知覚・理解可能な範囲に基づいて構造化すれば、知覚できる変化量のみを伝送・反映させることが可能となり、伝送する情報量と再生のための計算量を最小にできると考えられる。これまでに聴覚の解析<sup>(13)</sup>や空間知覚の解析<sup>(14)</sup>が行われており、音場の空間的印象に関して両耳間相互作用のモデル化<sup>(15)</sup>や音場の拡がり感<sup>(16),(17),(18)</sup>の研究が行われている。しかし、音場構築のための構造化・符号化という観点からの研究は十分ではない。

そこで本研究は、双方向音場共有ネットワーク(ISFN : Interactive Sound Field Network)を

実現するため、知覚に基づく音響事象記述言語 (AEML : Acoustic Events Modeling Language) を制定することを目的とする。そのため、

(1) 音の発生、伝搬、收音に着目した音響情報源の記述と生成

(2) 音情報の知覚と理解に着目した音場記述を研究している。(1)は、工学院大学東山・高橋により研究がなされており<sup>(19)</sup>、(2)は千葉工業大学柳川・福岡工業大学福島が研究を行っている<sup>(20)</sup>。

本稿では、2章で双方向音場共有ネットワーク (ISFN : Interactive Sound Field Network) について述べ、3章で知覚可能な範囲を明らかにするための1つのアプローチとして行った音場表現語の選定と類別について述べ、4章で選定された言葉「広い」に対する音場知覚特性の尺度化と知覚量の制御について述べる。

## 2. 双方向音場共有ネットワーク (ISFN : Interactive Sound Field Network)<sup>(21)</sup>

音場を共有するにはリアルタイムに部屋のインパルス応答を生成しなければならない。本研究では仮想的な音場を共有する双方向ネットワークシ

ステムを ISFN (Interactive Sound Field Network) と呼ぶこととする。図1に ISFN プロトタイプシステム の概念を示す。

## 3. 音場表現語の選定と類別

### 3.1 国語辞典からの単語選定

知覚可能な範囲を明らかにするには、知覚特性を明らかにしなければならない。知覚特性を調べる1つのアプローチとして、人が日常生活において音場を表現する際に用いる言葉 (音場表現語) を選定する。

音場表現語の候補を選ぶため、日本語資料として岩波国語辞典<sup>(22)</sup> (約42,000件の見出語) を用いる。選定は音場が表現可能か否かを基準とし母国語を日本語とする被験者10名で行う。

表1に選定結果の表現語を示す。表現語には、日常語ではない「ブーミーだ」、「フラッターばい」の2単語が加わっている。これは室内音響専門家の間で頻繁に使われる単語で、音場を表すには欠かすことができない単語と考えたからである。

選定した音場表現語について他の研究と比較する。ここでは、同音異義語は対応するものと判断する。

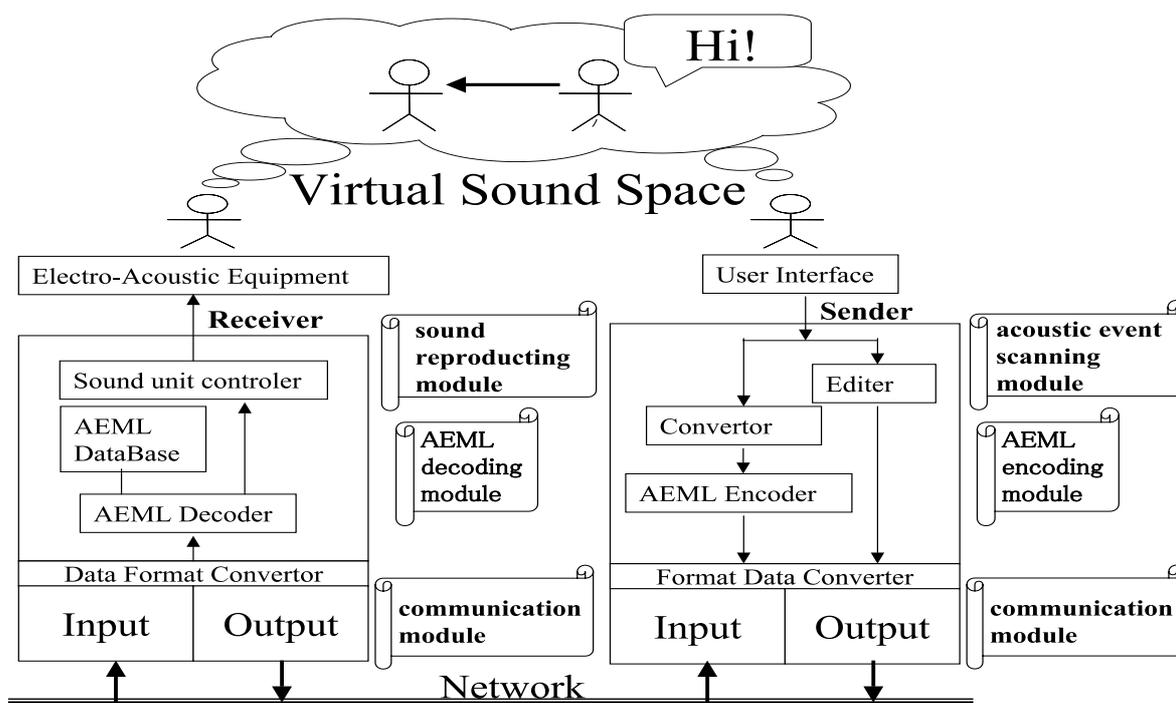


図1 双方向音場共有ネットワーク (ISFN : Interactive Sound Field Network) のシステム概念

上田<sup>(23)</sup>は音色の表現語に階層構造が存在するかを調べる過程で50個の表現語を選定した。そのうち空間を表す単語15個が本稿で選定した単語に対応する。また、曾根ら<sup>(24)</sup>はホールの音響状態や再生音を評価するのに使われる言葉を調べる目的で21単語を選定した。そのうち空間を表す単語12個が本稿で選定した単語に対応する。

「やまびこのような」「がらんとした」「ブーミーな」「フラッターばい」「奥行きのある」「暖かい」「自然な」は本稿で選定した単語にのみ採用されている。これは本研究が音場の表現語に特化して単語を選定したためであると判断する。

表1 音場表現語(辞典からの選定結果)

広い	きらきらした
響く	明るい
やまびこのような	暖かい
奥行きのある	重い
がらんとした	乾いた
澄みきった	フラッターばい
ブーミーだ	自然な
明瞭な	美しい
荒い	心地よい
かたい	

### 3.2 主観評価実験による音場表現語の類別

#### 3.2.1 主観評価実験

音場知覚特性を明らかにするには、

(1) 選定された音場表現語で刺激音を区別できるか、

(2) 音場を評価する上で音場表現語の中に心理的に類似したものがあるか、

を調べる必要がある。そこでまず1)を調べるため、実音場のインパルス応答を用いた主観評価実験を行う。

本稿では、一般の人が音場を表現する際に用いる表現語を調べているため、被験者を一般の人とする。そこで調査手法に、心理学的測定法の間接法の中でも特に判断がやさしく、判断結果の信頼性が高く、適用範囲の広い一対比較法<sup>(25)</sup>を用いる。被験者は提示された刺激音対を聴き、どちらの刺激音が音場表現語から受ける印象が強いかなを選択することとした。

刺激音は、音源と種々の室のインパルス応答の畳み込みで作成する。インパルス応答は、ダミーヘッドマイク(OSS HATS)を測定用マイクとして測定した。測定した室は、教室を基本とし容積が約0.5m<sup>3</sup>、約5m<sup>3</sup>、約50m<sup>3</sup>を含む7室とした。各室の容積を表2に示す。また室の指標として建築音響で用いられる物理指標である、単耳評価量のD値、C値、R値、STI:Speech Transmission Index、初期残響時間EDT(Early Decay Time)、時間重心Ts、中心周波数500Hzの1/3オクターブバンドの残響時間(RT500Hz)、両耳評価量の両耳間相関係数(IACC)の8つについて調べた。その結果を表3に示す。これらはホールの評価で用いられる物理指標であり、測定した室の評価に直接対応するとは考えづらいが、測定場所を知る参考データとして示す。測定したインパルス応答と伝達関数の例を図2に示す。

刺激音を生成するための音源信号は、

- (1) 日常的に慣れ親しんだ音であること
- (2) 場所を特定する信号で無いこと
- (3) 部屋の印象を評価できること
- (4) ある程度周波数帯域が広いこと

の条件を満たすことが望ましい。そこで、音源信号を日常的に慣れ親しんだ音声(無響室收音の女性アナウンサ音声<sup>(26)</sup>)とする。

主観評価実験は実音場に相当する刺激音を用いなければならない。そこで、作成した刺激音と実音場で音声を放射し録音した信号のパワースペクトル包絡線を求め、両者の差が1dB以内であることを確認した。さらに、被験者が聞き比べを行い「室の印象」が同程度であることを確認した。

実験はヘッドフォン受聴で行うこととし、数種のヘッドフォンを比較し、ヘッドフォン受聴で得られた印象が実音場に最も近かったPIONEER社製SE-900Dを用いることにする。実験環境は暗騒音レベルが40dBA以下である。被験者は日本語を母国語とする20代を中心とした健常者16名で行う。

#### 3.2.2 音場表現語の類別

次に、2)音場を評価する上で音場表現語の中に心理的に類似したものがあるかを調べる。音場表

表2 測定した室の名称と容積

室の名称	容積[m <sup>3</sup> ]
実験室	379 (L22.9×W7.2×H2.3)
研究室	63.1 (L3.65×W7.2×H2.4)
1101教室	1911.2 (扇形の室形状)
5101教室	約1000 (扇形の室形状)
5101教室前通路	約500 (複雑な室形状)
剛壁の小部屋	4.56 (L1.95×W1.2×H1.95)
1面剛壁面の小部屋	0.53 (L0.93×W0.77×H0.74)

表3 測定した室の名称と各物理指標

室の名称	D <sub>50</sub> 値[%]	C <sub>80</sub> 値[dB]	R値[dB]	STI
実験室	92	14	-0.35	0.94
研究室	89	12	-0.52	0.93
1101教室	71	7	-1.46	0.85
5101教室	82	10	-0.88	0.89
5101教室前通路	48	3	-3.2	0.72
剛壁の小部屋	74	8	-1.32	0.88
1面剛壁面の小部屋	99	21	-0.05	0.98

	EDT[ms]	T <sub>s</sub> [s]	RT <sub>500Hz</sub> [s]	IACC
実験室	25	0.0159	0.489	0.588
研究室	16	0.0209	0.516	0.530
1101教室	3	0.0575	1.050	0.302
5101教室	4	0.0297	0.678	0.446
5101教室前通路	458	0.0795	1.304	0.112
剛壁の小部屋	208	0.0412	0.567	0.060
1面剛壁面の小部屋	12	0.0104	0.082	0.092

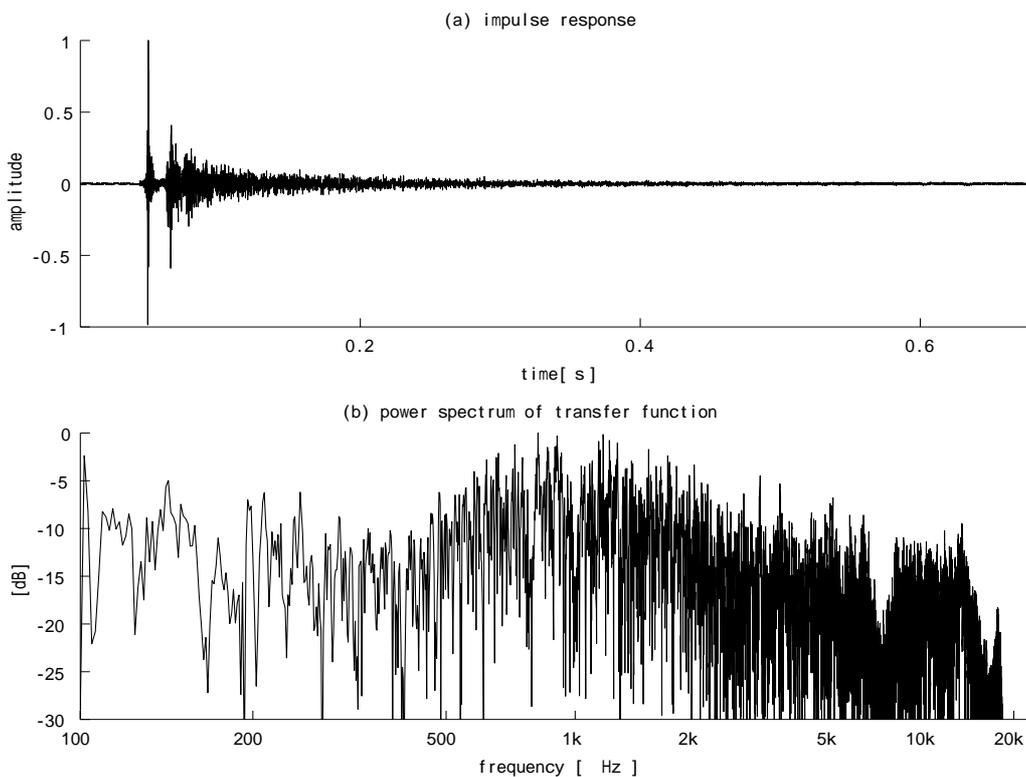


図2 測定した室のインパルス応答と伝達関数の例

現語の類別は、統計解析ソフトウェア SPSS を用いたクラスタ分析により行う。クラスタ化する対象を 19 個の音場表現語、属性を 7 種の刺激音、値を実験結果から得られる各刺激音に対する選択比率 25) とする。クラスタ分析により類別化した結果を図 3 に示す。図 3 から音場表現語が、

枝) 美しい, 心地よい, フラッターばい, きらきらした, 明るい

枝) ブーミーだ, 暖かい, 荒い, 重い

枝) 広い, やまびこのような, 奥行きのある, 響く, がらんとした

枝) 澄みきった, 自然な, かたい, 乾いた, 明瞭な

の 4 枝に類別できることがわかる。

本稿では 枝と 枝をあえて分けて 2 枝とした。その理由は類別された単語が、 枝は高い周波数成分に依存していると考えられる単語であり、 枝は低い周波数成分に依存していると考えられる単語だからである。また、 枝は空間に依存していると考えられる単語であり、 枝は自然さや明瞭度に依存していると考えられる単語であ

る。そのため、 枝は音色性因子・高域因子、 枝は音色性因子・低域因子、 枝は空間性因子、 枝は自然・明瞭性因子、と呼ぶことにする。

#### 4. 音場表現語「広い」に対する知覚量の制御

##### 4.1 音場表現語「広い」の尺度化<sup>(27)</sup>

音場表現語に対する知覚量を制御した音場を生成するには、知覚することで生じる心理量と対応する物理指標を調べ、物理量の変化と心理量の変化の対応を明らかにする必要がある。また、対応する物理指標から制御可能なものを選ぶ必要もある。

本稿では、類別された音場表現語のうち特に音場表現でよく用いられる「広い」に着目し、知覚量の制御を行う。

まずはじめに知覚することで生じる心理量の尺度化を行う。主観評価実験で得られる心理量の選択比率は、あくまでも選ばれた比率であり、刺激音が変わる毎にその値が変化する。しかし、物理量との対応を調べるには不変な値が必要である。そこで、刺激音を聴いて生じる心理事象の間の距離を数値で表現する距離尺度化を行い、不変な値

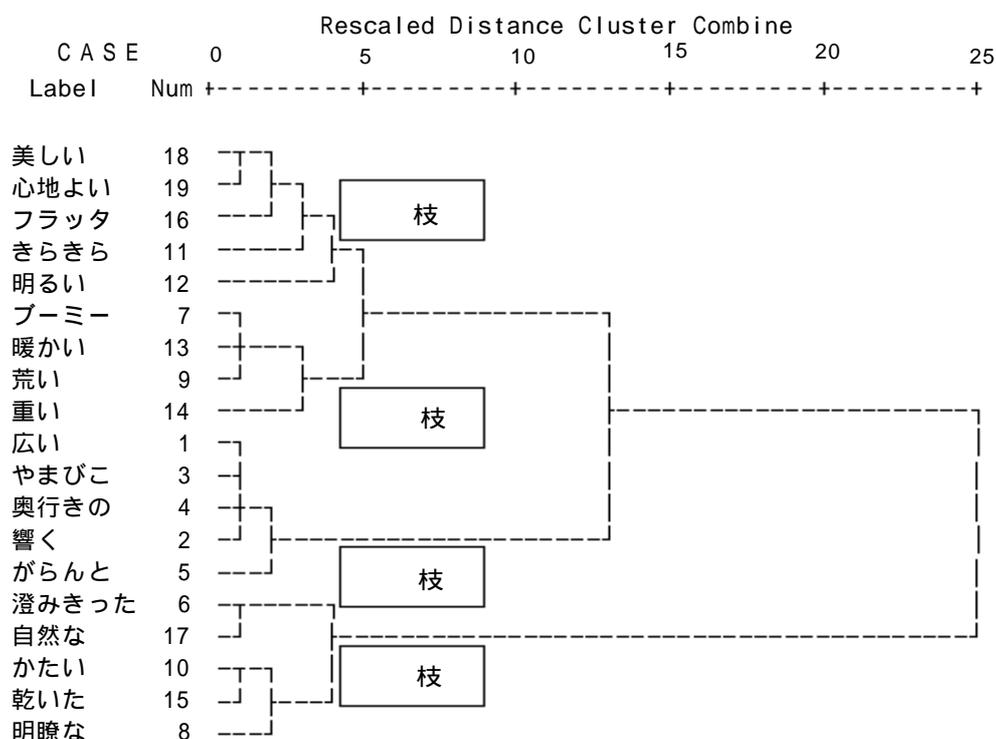


図 3 主観評価実験で得られた選択比率を基に SPSS によりクラスタ分析した結果(デンドログラム)

を求める。

心理量を得るための主観評価実験で使用する刺激音は、先述の通り実音場のインパルス応答と音声信号の畳み込み演算で生成する。

先述の主観評価実験では音場表現語の類別を目的としたため実音場の数が7種であった。しかし、心理量の変化を調べるには実音場の種類が少なく不十分である。本来ならば存在しうる全ての実音場を用いて実験をしなければならないが、実音場は無限に存在するため、適切な有限個の室数で実験するしかない。そこで改めて主観評価実験に必要な実験条件を考える。

主観評価実験は、

- 1) 実施条件が同一であること
- 2) 被験者の疲労等による判断基準の変動が無いこと
- 3) 実施に際して各実験が独立事象として扱えること

が必要である。また、本研究の目的は複数の人間が音場を共有するシステムの実現であるため、人が居る室であり、かつ室内音響物理指標に偏りがない事が必要となる。

実験条件を確認するために40種の実音場のインパルス応答を用いて主観評価実験を行った<sup>(28)</sup>。

実音場40室の物理指標を図4に示す。物理指標は先述と同じ8種としインパルス応答から算出した。図4は横軸が室容積、縦軸が各物理指標である。実験結果より、刺激音が15種ならば主観評価実験の条件2)3)が成立することがわかった。

そこで図4を基に、音響物理指標が偏らないように15室を選定し、主観評価実験に用いる。

主観評価実験で得られた選択比率からThurstonの比較判断の法則(ケース )<sup>(29)</sup>に従って心理尺度値を算出した。各物理指標と心理尺度値の対応を図5に示す。図5は縦軸が各物理指標、横軸が心理尺度である。図5から心理尺度値と各物理指標には概ね正または負の相関があることがわかる。

#### 4.2 物理指標による音場表現語「広い」の制御

次に心理尺度値と対応する物理指標から制御可能なものを選び音場表現語「広い」に対する知覚量を制御することを考える。

主成分分析は情報に含まれる主要な成分を分析する手法である。そこで、各物理指標の主成分分析を行えば、各物理指標に共通する主要な成分を見つけることができると考えた。各物理指標の主成分分析は、統計解析ソフトウェアSPSSで行った。分析結果を図6に示す。図6から、横軸負方向にR値、C値、STI、D値が分布し、正方向に

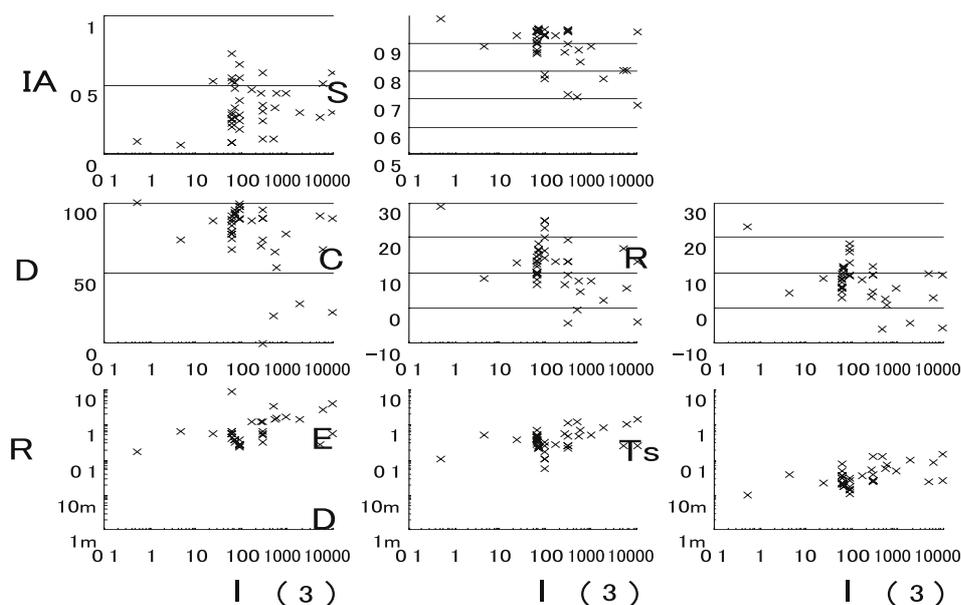


図4 実音場40室の物理指標(横軸:室容積,縦軸:各物理指標)

Ts, EDT, RTが分布していることがわかる。この分布と図5から,概ねこれら単耳評価量が「広い」に影響を与えていることがわかる。

図6において主要な成分を示す横軸上の近くに分布しており,かつ制御可能と考えられる時間重心(Ts)および初期残響時間(EDT)に着目し,「広い」が制御できるかを検証する。検証は,矩形室を想定した鏡像法のシミュレータを使用して基本となるインパルス応答を生成し,それに対して数値処理を行い所望の物理指標とする。

時間重心 Ts は次式で算出される。

$$Ts = \int_0^{\infty} tp_i^2 dt / \int_0^{\infty} p_i^2 dt \quad (1)$$

但し,  $p_i$  は時刻の振幅。

式(1)はインパルス応答の初期部にエネルギーが集中していれば小さな値となり,初期部のエネルギーだけを小さくすると相対的に大きな値となることを示している。すなわち、インパルス応答の直接音の振幅を高くすればTsは小さい値となり、直接音の振幅のみを下げればTsは大きな値にな

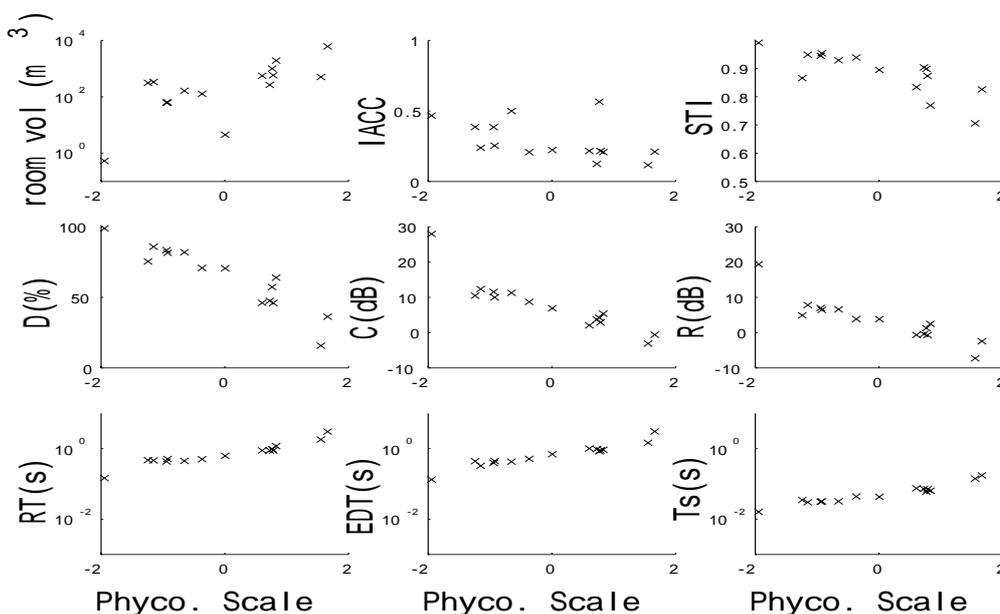


図5 各物理指標と心理尺度値の対応

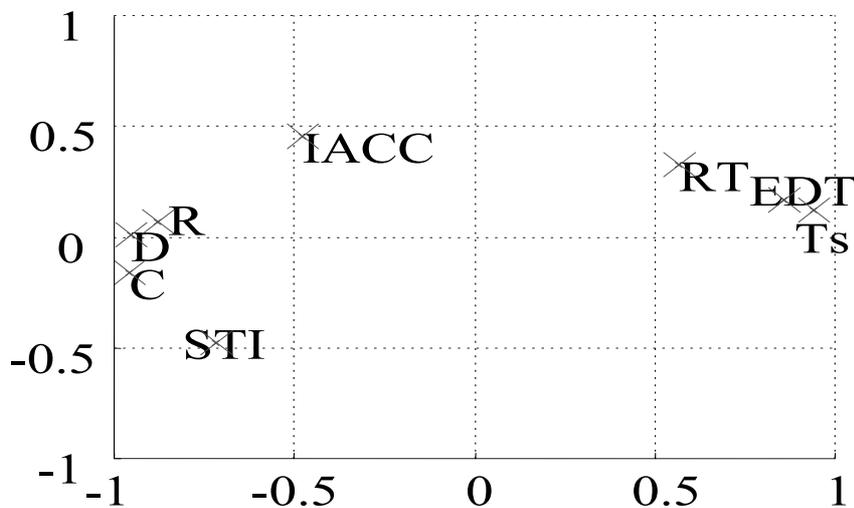


図6 各物理指標の主成分分析結果

る。従って、 $T_s$ の制御はインパルス応答の直接音の振幅を操作することで可能であると考えられる。

$$r = 10 \log_{10} \left( \frac{p_d^2}{p_o^2} \right) \quad (2)$$

直接音・間接音比率  $r$  は次式で算出される。

但し、は基本のインパルス応答の直接音の振幅、は所望のインパルス応答の直接音の振幅  
本稿では  $r = 0, 4, 6, 10, 20, 40,$

(dB) となるように直接音の振幅を操作する。

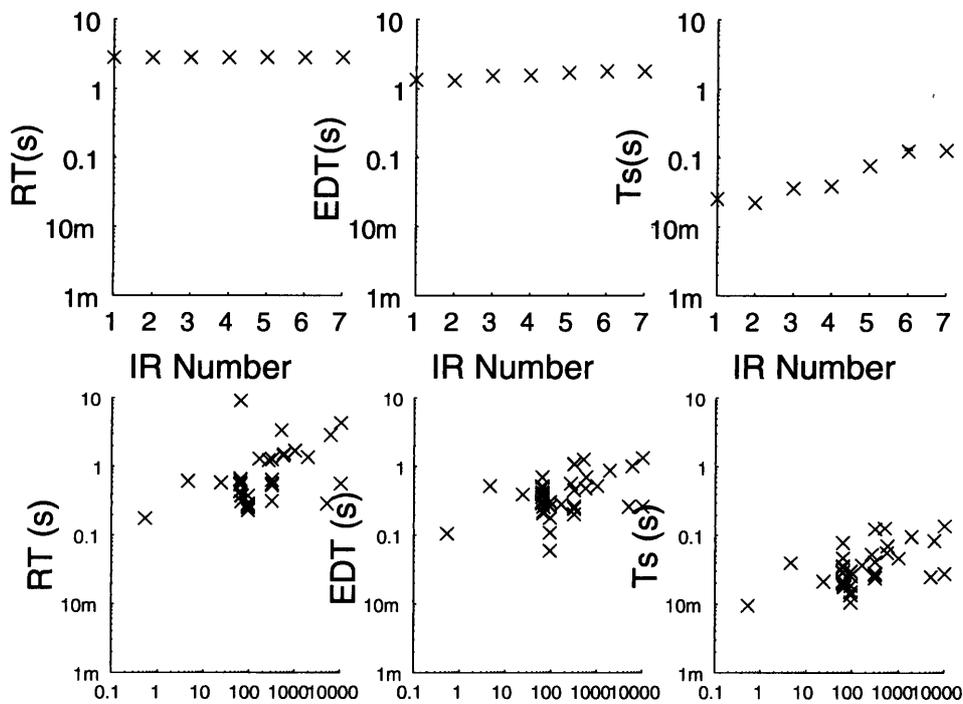
また、主観評価実験でラウドネスの変化が距離の変化にならないように、処理前後でインパルス応答のエネルギーが等しくなるように操作することでラウドネスを一定とする。

生成したインパルス応答から算出した物理指標 (RT, EDT,  $T_s$ ) を図7上段に示す。また比較のため、図7下段に実音場の物理指標を横軸室容積として図示する。

図7上段は、 $T_s$ だけでなくEDTも変化している

ことを示している。残響時間RTは測定用信号の放射を停止した時刻から音響エネルギーが60dB減衰するまでに要する時間であるのに対し、EDTは音響エネルギーが10dB減衰するまでに要する時間から算出する値である。すなわち、EDTはインパルス応答の初期部の包絡線によって決定される。そのため直接音の振幅を変化させると、 $T_s$ だけでなくEDTも変化する。本稿では $T_s$ とEDTに着目しているため、生成したインパルス応答が適切に生成されたと判断し、検証に用いることとした。

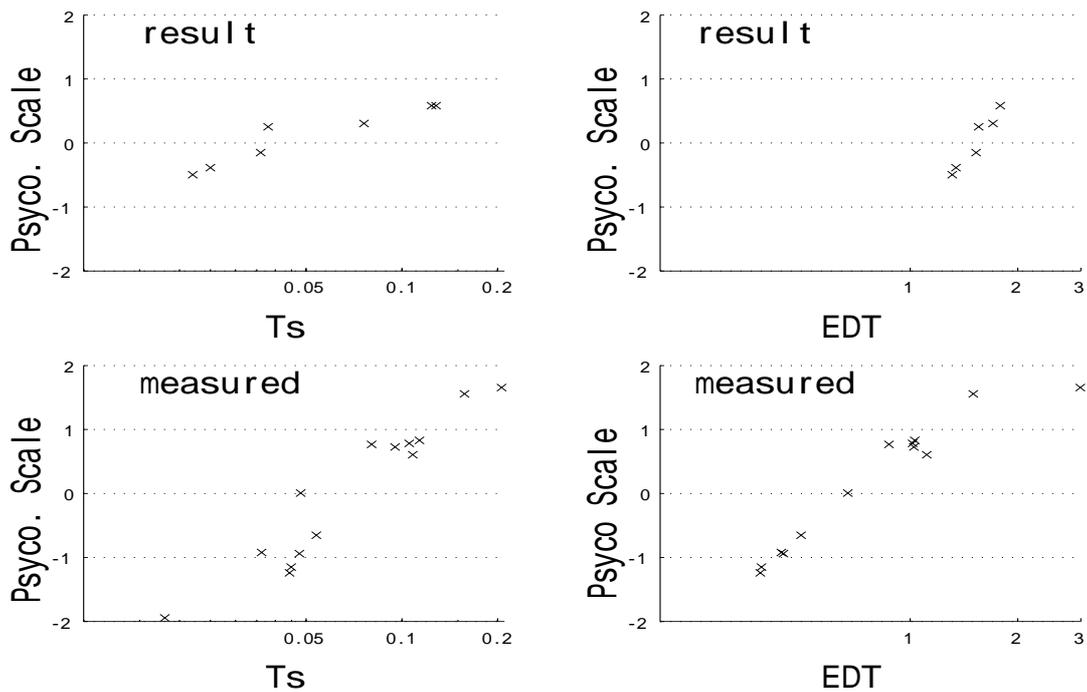
図7上段のインパルス応答を用いて主観評価実験を行い、実験結果を尺度化した。但し、実験条件は先述の通りとした。図8に心理尺度値と $T_s$ ・EDTの対応を示す。図8上段は、実験にシミュレータで生成したインパルス応答を用いた場合の対応である。比較のため、図8下段に実音場のインパルス応答を用いた場合の対応を示す。図8から直接音・間接音比率を変えたときに、実音場ほど「広い」の心理尺度値が変化していないものの、制御はできていることがわかる<sup>(30),(31)</sup>。



上段:シミュレータで生成したインパルス応答

下段:実音場のインパルス応答

図7 生成したインパルス応答の物理指標と実音場の物理指標の比較



上段:シミュレータで生成したインパルス応答の場合  
下段:実音場のインパルス応答の場合

図8 主観評価実験から求めた心理尺度値とTs・EDTの対応

## 5. まとめ

本研究は、双方向音場共有ネットワーク (ISFN : Interactive Sound Field Network) を実現するため、知覚に基づく音響事象記述言語 (AEML : Acoustic Events Modeling Language) を制定することが目的である。

知覚に基づく音響事象記述言語を制定するために、音場に対する知覚特性を調べる1つのアプローチとして、人が音場を表現する際に用いる音場表現語の選定と類別を行った。その結果19語の音場表現語が選定され、実音場のインパルス応答を用いた主観評価実験とクラスタ分析により、音場表現語が、(枝)音色性因子・高域因子、(枝)音色性因子・低域因子、(枝)空間性因子、(枝)自然・明瞭性因子、の4枝に類別された。この結果から、人が音場を大きく4つの属性で捉えていることがわかった。

次に選定された音場表現語「広い」に対する知覚特性の尺度化と知覚量の制御を行った。その

際、心理尺度値と対応する物理指標の検討を相関分析と主成分分析により行い、概ね単耳評価量が「広い」に影響を与えていることがわかった。制御については、ラウドネスが一定の条件下で直接音・間接音比率を操作したインパルス応答を生成し、それをを用いた主観評価実験により検証した。検証結果から、インパルス応答の初期部のエネルギーとなる直接音の振幅を制御するだけでも「広い」に対する知覚量が制御可能であることがわかった。

## 参考文献

- [1] 廣瀬通孝, "バーチャル・リアリティとレンダリング技術", 日本音響学会誌, pp. 502-508, 49巻, 7号, 1993
- [2] 橋秀樹, 日高新人, "実物及び模型ホールのインパルス応答の測定", 日本音響学会誌, pp. 244-249, 48巻, 4号, 1992
- [3] 羽入敏樹, 木村翔, "ホール内の方向情報の把握と音場再生", 日本音響学会誌, pp. 235-243, 48巻, 4号, 1992

- 4号, 1992
- [4]小特集 - 音場シミュレーション - 賛助会員のページ, 日本音響学会誌, pp. 258-282, 48巻, 4号, 1992
- [5]小泉宣夫, "パースナル・リアリティと音響技術", 日本音響学会誌, pp. 497-501, 49巻, 7号, 1993
- [6]M.B.Cohen and N.B.Koizumi, "Exocentric control of audio imaging in binaural telecommunication", IEICE Trans. B E75-A, pp. B164-170, 1992
- [7]Barry L.B Vercoe, William G.B Gardner and Eric D.B Scheirer, "Structured Audio: Creation, Transmission, and Rendering of Parametric Sound Representations", Proc. B of the IEEE, pp. B922-939, Vol. B 86, No. B5, May, 1998
- [8]ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, N2503-sec5, 1999
- [9]MIDI Manufactures Association, "The Complete Detailed MIDI 1.0 Specification", 1996
- [10]"The Virtual Reality Modeling Language", International Standard ISO/IEC 14772-1:1997
- [11]沢口真生, "ミキシング表現と音場創成技術", 日本音響学会誌, pp. 668-675, 48巻, 9号, 1992
- [12]沢口真生, 深田晃, 高橋幸夫, "最近のマルチチャンネルサラウンド録音作成手法", 信学技報 SP98-135, 1999
- [13]Brian C.B J.B Moore, "An Introduction to the Psychology of Hearing", Academic Press, 1989
- [14]イエンス ブラウエルト, 森本政之, 後藤敏幸, "空間音響", 鹿島出版会, 1986
- [15]イエンス ブラウエルト, 訳: 三好正人, "両耳間相互作用のモデル化について", 日本音響学会誌, pp. 658-659, 48巻, 9号, 1992
- [16]H.B Yanagawa, T.B Anazawa, T.B Itow, "Interaural Correlation Coefficients and their Relation to the Perception of Subjective Diffuseness", ACOUSTICA, pp. B230-232, vol. B71, 1990
- [17]Ando, Y.B, and Y.B Kurihara, "Non linear response in evaluating the subjective diffuseness of sound fields", J. B Acoust. B Soc. B Am. B, pp. B833-836, vol. B80, 1986
- [18]森本政之, 藤森久嘉, 前川純一, "みかけの音源の幅と音に包み込まれた感じの差異", 日本音響学会誌, pp. 449-457, 46巻, 6号, 1990
- [19]M. Tohyama, M. Kazama, H. Yanagawa, "Acoustic events modeling for 3D sound rendering and perception", Proceeding of the 4th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics Co-organized by IEEE Computer Soc. B, IS48-3 (2000)
- [20]Manabu Fukushima, Hideyuki Suzuki, Isao Yako, Hirofumi Yanagawa, "A perceptual sound field design focusing auditory spaciousness", Proc. B of the 7th WESTPRAC, Vol. B1, pp. B313-316, 2000
- [21]福島 学, 渡邊 昇, 柳川 博文, 小池 恒彦, "ISFN(Interactive Sound Field Network) - 空間を表す表現語の選択 - ", 電子情報通信学会技術報告, EA99-35, 1999
- [22]岩波国語辞典, 第5版
- [23]上田和夫, "音色の表現語に階層構造は存在するか", 日本音響学会誌, 44巻, 2号, 1988
- [24]曽根敏夫他, "音の評価に使われることばの分析", 日本音響学会誌, 18巻, 6号, 1962
- [25]難波精一郎, 桑野園子, "音の評価のための心理学的測定法", コロナ社, 1998
- [26]DENON Professional Test CDs C0C0-75084->86, 山崎芳男監修, DISK2-Track37
- [27]八子 勲, 福島 学, 矢野博夫, 柳川博文, "Interactive Sound Field Network構築のための空間表現語に関する研究 - 実音場を用いた比較聴取実験 - ", 日本音響学会秋期研究発表会, pp. 615-616, 9月, 1999
- [28]福島 学, 鈴木秀幸, 八子 勲, 柳川博文, "「広さ」感に着目した室内音響物理指標評価", 日本音響学会秋期研究発表会, Vol. 1, pp. 455-456, 2000
- [29]印東太郎, "サーストンの心理尺度構成法", 日本音響学会 18巻1号, 1962
- [30]鈴木秀幸, 福島 学, 八子勲, 柳川博文, 矢野博夫, "インパルス応答の後部残響時間一定条件下での「広さ」感の制御", 日本音響学会春期研究発表会, Vol. 1, pp. 619-620, 2001
- [31]鈴木秀幸, 八子勲, 福島学, 柳川博文, "ISFN構築のための音場表現語「広い」の心理評価", 信学技法 EA2000-64, 2000

## 筆者

### 八子 勲(やこ いさお)

- a. MEC川越事業所 技術統括部 第二技術部
- b. 2000年4月
- c. 入社時から現在まで, 車載用DVDプレーヤのマイコンソフト開発に従事

### 福島 学(ふくしま まなぶ)

- a. 福岡工業大学 情報工学部 情報工学科 講師
- b. 学位取得研究分野 インパルス応答計測手法とその応用

### 柳川 博文(やながわ ひろふみ)

- a. 千葉工業大学 情報科学部 情報ネットワーク学科 教授
- b. 学位取得研究分野 空間音響心理の解析およびその制御  
発行著書 Music and Concert Hall Acoustics, Academic Press (1997)