

# 身体の内外に定位される音声を利用したワークショップ “HERE/HEAR”の音響設計に関する考察

大庭 将裕\*<sup>1</sup> 坂倉 杏介\*<sup>2</sup> 渡邊 淳司\*<sup>3</sup>

Design Issues of Sound Effects for Workshop Called “HERE/HEAR”

Masahiro Oba\*<sup>1</sup>, Kyosuke Sakakura\*<sup>2</sup> and Junji Watanabe\*<sup>3</sup>

**Abstract --- In this paper, we describe design issues of sound effects for a workshop called “HERE/HEAR,” which was aimed to recognize relationship between localization of sounds and sense of presence. Sound devices used in the workshop could be classified into two types: that for sounds localized in the listener’s body, such as ear phones, and that for sounds localized out of the listener’s body (in the environment around the listener), such as hypersonic speakers and normal speakers. Novel sound effects were achieved by suitably combining these devices according to the types of sound contents (environmental sounds, sounds of interaction with body, sounds of action, inner sounds, and voices of words). Reports by the participants supported that the sound effects functioned properly in the workshop.**

**Keywords: Workshop, Sound effects, Sound localization, Sense of presence, Soundscape**

## 1 はじめに

### 1.1 本論文の概要

筆者らは、聴覚と身体感覚の関係性を再認識するワークショップ“HERE/HEAR「いることと聴くこと」のワークショップ”を企画、実施した[1]。このワークショップにおいて、参加者は、図1のように、シュラフ(寝袋)に身を包み、床に横たわりながら、イヤフォンやスピーカ等、複数の異なる音響機器を通して音声(自然音, 人工音, 声)を聴いた。このワークショップの大きな特徴は、通常別々に使用される音響機器を同時に使用し、それらを組み合わせることで、音の定位感覚や、自身の存在感覚(ある場所に確かに存在するという感覚)を揺るがす点であった[2]。本論文では、特に、音声が身体の内外に定位される音響機器を組み合わせることで生じる音響効果に焦点を当て、その設計指針に関する考察を行う。

### 1.2 ワークショップの概要

実施したワークショップでは、非日常的な聴覚体験によって、参加者が音の性質や位置をよく聴くようになり、その身体感覚との関係を再認識することを目的とした。そのために、新たな音響システムを構築し、その提示方式に合わせた音響コンテンツを選択した。

構築した音響システムは、イヤフォン、超音波スピーカ、環境スピーカの、三種類の音響機器を組み合わせたものである。イヤフォンは、トランスミッタを介して会場に微弱な FM 波が流され、それを各参加者がトランジスタラジオで受信し、イヤフォンを通して聴くものであった。超音波スピーカとは、近年開発された鋭い指向性を持って音を提示することができるスピーカで、このスピーカから投射された超音波が物体に衝突すると、その物体から音が発せられたように聞こえる[3][4]。超音波を当てる場所を変えることにより、知覚される音源位置を移動させることができる。環境スピーカは、ワークショップ会場の天井および壁に設置された通常のスピーカである。

本論文では、これまで詳細には述べられてこなかった、音響機器の特性とその組み合わせ方、そして、それに合わせたコンテンツの選択について考察を行う(ワークショップ全体の構成については参考文献[2]を参照)。

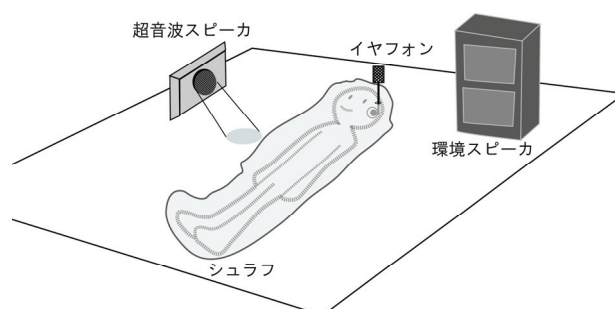


図1 ワークショップの体験の様子(模式図)

Fig.1 Image of participant's experience in the workshop

\*1 慶應義塾大学大学院 経営管理研究科

\*2 慶應義塾大学 グローバルセキュリティ研究所

\*3 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

\*1 Keio Business School, Keio University

\*2 Global Security Research Institute, Keio University

\*3 NTT Communication Science Laboratories

## 2 音響設計

### 2.1 音響機器の特性とその組み合わせ

ワークショップで使用した音響機器の特性を、聴取者と音源の位置関係から考えたとき、環境スピーカは、音源位置を聴取者の身体外部、環境のどこかに物理的に定位することができる音響機器である(以下、外部音響機器)。一方、イヤフォンは、基本的には定位感が曖昧であり、身体内部、頭の中に音源が定位される音響機器である(以下、内部音響機器)。もちろん、バイノーラル録音技術[5]やホロフォニクス[6]を使用すると、イヤフォンでも音声は聴取者の空間イメージの中で身体外部(頭部周辺の前後左右)から聞こえるように感じるが、音源位置を物理的な環境のどこかに、具体的に指し示すことは難しい。超音波スピーカは、超音波の投射位置によって、環境と身体表面の両方に音源を定位することが可能であり、前記二つの音響機器の中間的な特性を持つといえる。以降の設計指針の考察においては、議論を単純にするために、外部音響機器と内部音響機器の関係を中心に述べていく。

外部音響機器と内部音響機器は、同じ音源を再生したとしても、その定位の感覚が異なるだけでなく、その音質、さらには、音声に対する印象も異なる。例えば、外部音響機器は、音響空間による残響が生じるため、内部音響機器に比べて空間の広がりに関する感覚が生じやすい[5]。また、内部音響機器、特にイヤフォンは、100 Hz 程度以下の低周波数領域の再現性が悪く、不自然な周波数特性を持った音声は再生され、さらに、音声の振動を耳だけで感じるという聴取状況の特殊性から(日常はあらゆる周波数の音声を身体全体で感じる)、その音声は環境に実際に存在するという確信(現実感)が乏しくなる。これらの違いによって、聴取者は、外部音響機器からは「定位感が確かな、環境に実在する何かに関する音声[7]」、内部音響機器からは「身体近傍から自分に働きかけられた[8]、現実感の薄い音声」という印象を受けることになる(表 1)。

そこで、筆者らは、これらの音響機器の特性に基づき、環境に設置された外部音響機器と、耳近傍に装着された内部音響機器を適切な出力で組み合わせ、二つの音響機器のあいだで音声を移動させることで、これまでにない音響効果を実現できると考えた。

### 2.2 先行研究

従来、音声は外部音響機器(スピーカ)もしくは、内部音響機器(イヤフォンやヘッドフォン)のどちらかを選択して聴くのが一般的であり、それぞれの音響機器の制約にあわせて、音源定位位置を操作する技術が開発されてきた。例えば、外部音響機器の音源定位は、スピーカの物理的位置に大きな影響を受けるため、5.1ch 音響システムのように音源自体を物理的に増やすことで、

三次元的な音響空間を実現してきた。一方、内部音響機器は、コンテンツの録音方法に工夫が凝らされ[5][6]、臨場感ある音響空間が実現されている(ただし、現在のところ、内部音響機器で頭部から遠く離れて音源が定位されることは難しい)。このように、環境に設置される外部音響機器と、頭部に装着される内部音響機器は、それぞれの別の音響システムとして技術開発が行われており、それらを積極的に組み合わせる使用することは、これまで行われていない。

表1 外部音響機器と内部音響機器の特徴

Table 1 Characteristics of outer and inner sound devices

	外部音響機器	内部音響機器
定位	外部環境	身体内部
時間	残響あり	
周波数		弱低周波
主観印象	実在感 空間感	弱現実感 自己関係感

表2 音響コンテンツの分類

Table 2 Classification of sound contents

分類	例
A: 環境再現音	ピンポン球, ギャロップ音
B: 環境関係音	水音, スプレー音
C: 身体行為音	足音, 電話コール音
D: 身体内部音	呼吸音, 心音
E: 声・言葉	テキストの朗読

### 2.3 音響コンテンツの分類とそれに合わせた音響設計

二つの音響機器をどのように組み合わせるかを再生するか、その効果的な構成はコンテンツによって異なる。ワークショップで使用した音響コンテンツを、音響機器と同じく、聴取者との距離や関係性から分類すると、表 2 のような五種類の音声に分類できる(使用したコンテンツは[1]にて聴取可能)。表 2 の A: 環境再現音は、ピンポン球の弾む音や、馬の走る音で、聴取者と関係のないところで起きている事象を描写したものである。B: 環境関係音は、水の滴る音、水に沈む音、スプレーの音等、環境で生じているが、聴取者に対して影響を及ぼしうる音(水やスプレーをかけられる)である。C: 身体行為音は、足音や電話を操作する音等、聴取者自身の行為によって生じる音である。D: 身体内部音は、呼吸や拍動など、身体内部で生じる音である。E: 声・言葉は、テキストの朗読である。

以下、ワークショップでどのように音声を再生したか、上記のコンテンツ分類ごとに、二つの音響機器の構成を述べる。A: 環境再現音と B: 環境関係音は、主に外部音響機器から内部音響機器へ音声は移動するように

使用した。A のピンポン球や馬の足音の場合、外部音響機器から音声がかかると、聴取者はそれが環境のどこから聞こえてくるかを意識し、実際にその物体が存在しているような感覚が生じる。その後、同じ音声が内部音響機器から聞こえることで、物体が聴取者の非常に近い空間位置に現れたという感覚が生じると予想される。B の水の滴る音やスプレー音の場合、外部音響機器から音声がかかると、その現象や行為が実際に環境で起きているように感じ、同じ音が内部音響機器から聞こえることで、その現象が自身と関係がある、つまりは、聴取者自身に水が滴ってくる感覚や、スプレーを吹きかけられたような感覚が生じると予想される。

C: 身体行為音と D: 身体内部音は、主に内部音響機器から外部音響機器へ音声移動するように使用した。C の足音や携帯電話の操作音が内部音響機器から聞こえることで、実際に自分が歩き、道具を操作しているような感覚が生じる。その後、内部音響機器からの音声が消えるとともに、同じ音声が外部音響機器から聞こえることで、その身体行為の感覚もしくは操作していた物体が、自分から失われた喪失感が生じると予想される。D の呼吸音や心音の場合、音声が外部音響機器へ移動することで、呼吸や鼓動が自身の身体から喪失したような感覚や、その身体が環境と接続されるような感覚が生じると予想される。

E の声・言葉は、ダンサー川口ゆい氏のパフォーマンス作品「HEREing Loss -私の孵る場所」のために川口氏が作成したテキストである。ここでは、一つのテキストを外部音響機器と内部音響機器を入れ替えながら再生した。テキストを図 2 に示す。図では内部音響機器で再生した部分に下線が引かれている。このテキストは、「私」や「ここ」という指示語(ダイクシス)が多く含まれており、外部音響機器で「私」や「ここ」という音声が再生されると、その場所が強く意識され、聴取者ではない誰かが身体外部の音源位置にいる感覚が生じると予想される。一方、内部音響機器で再生されると、近くにいる「私」が聴取者に話しかける、もしくは、聴取者の言葉を「私」が代弁している感覚が生じると予想される。

テキストが音響機器で再生された流れを追うと、テキスト冒頭(図 2 内①)で内部音響機器を使用し、「私」という他人が聴取者に話しかける感覚を作り出す。そして、外部音響機器の音声によって「私」の存在感が強調されるとともに、②の「ここ」が内部音響機器で流されることで、聴取者の近い位置もしくは聴取者のイメージのなかに「私」が移動したことを伝える。③から④、⑤にかけては、視点や空間位置を意識させるテキストの記述に沿って、音声が外部音響機器の複数のスピーカを移動し、最終的に内部音響機器に戻ることで、「私」が聴取者自身であるような感覚を呼び起こし、⑤のテキストが聴取者自身の心の言葉として聞こえることを意図した。

聞こえますか?

“私”です ①

あなたの

右にいるかもしれない  
左かもしれない  
前なのかもしれない  
実は“ここ”にはいないかも

ザーっとここで 待ち続けてるんですけど ②

いつまでたっても呼んで貰えません

もう芋虫は蝶々になって飛んでって  
蟻の引越しも無事済んで  
豚も屠殺場からお皿にのって帰って来たんですよ

なのに私だけ

いつまでたっても ここで 相変わらずです

“ここ”にある沢山の目 ③

覚えがあるような気もするし

ないような気もする

“私”が今みているこの体

確かこの私のもだったと思う  
でももう違うのかも

そういえば何だか変ですよ ④

“私”は ここにも

ここにも

ここにも

ここにだって

そしてここにもいます

だけど 肝心の私は 相変わらず ここで

呼んで貰えるのを待っているんです ⑤

聞こえますか?

図2 ワークショップで使用された川口氏のテキスト  
Fig.2 Text for the workshop written by Yui Kawaguchi

### 3 体験者のコメント

本章では、ワークショップ体験者のコメントから、音響設計の効果を検証する。ワークショップは2008年12月23日慶應義塾大学三田キャンパスにて二回実施された。各回約2時間半、それぞれ20名、21名が参加した。参加者は、認知心理学や芸術に興味を持つ20代から40代の男女であった。ワークショップ参加者は、はじめに、両耳にイヤフォンを装着し、その音声がスピーカと同程度に聞こえるように音量を調整した。5~7分の音声を聞いた後に、6、7名のグループで体験について感想を共有することを3セット行った(各セットの音声は異なる[1])。会話はレコーダで記録され、また、参加者には再生された音声が記されたワークシートを渡し、そのメモを任意で提出してもらった。それらの記録から音声の印象に関する代表的な感想を、選択して以下に記す。

A: 環境再現音では、以下のような感想が得られた。

「イヤフォンとスピーカ(の音)が断絶せず、一体感があり、連続している。(空間の中で)木霊のように共鳴している。」「ピンポン球が印象的。どこにぶつかっているか見回す。移動していく感じがする。」「ギャロップは、(馬が)空間的に遠くから、近づいてきている気がする。」「音声の身体方向への空間的な移動に注意が向けられ、設計意図は実現されていたと考えられる。

B:環境関係音では、以下のような感想が得られた。「水の粒がぼつんと皮膚に当たって、そこから溶けていく。」「水の音が印象的。自分の外側にあったものが、ある瞬間から自分が水のなかにいる感じ。」「スプレーは、頭をこすられている感じで嫌だった。」「音声と自身の身体が関係しているような感覚に関する感想が多く得られ、設計意図はよく実現されていたと考えられる。

C:身体行為音では、以下のような感想が得られた。「走っている足音を聴き、こちらもあせった気分になった。」「電話はつながらない。実体験として受け止めていた。」「音声を自身の行動と重ね合わせて認識するような感想が得られたが、内部音響機器から外部音響機器に音声は移動した際の喪失感の感想は得られなかった。

D:身体内部音では、以下のような感想が得られた。「呼吸音を聴いているとき、肩に力が入り緊張しているのが自分で分かった。」「(呼吸音を聴き)自分のため息のような錯覚。」「鼓動の音と自分の呼吸があってきて、心音が止まったとき自分もぐたーとなった。」「音声を自身の身体が発した音として認識する感想が多く得られた。内部の心音が止まったときの喪失感の感想は多かったが、それが外部へ移動したことへの言及は少なかった。

E:声・言葉では、以下のような感想が得られた。「遠近感が際立つ。物理的な遠近だけじゃなくて、感情の遠近感。遠くの“ここ”と耳元の“ここ”では、感じる感情が違う。近い“ここ”は怨念、遠いのはまだ大丈夫。音の遠近で感情が表現できるのかもしれない。」「“私がいま見ているこの身体”という言葉で自分を見ている視線を意識した。」「“ここにある沢山の目”で、上から俯瞰している神様のような存在だと感じた。」「ダイクシスに対する音響機器の影響や、自身の視点に関する感想が得られ、設計意図はよく実現されたと考えられる。また、テキストの内容から物語に関する感想も多かった。

以上、表2のコンテンツにおいて、大部分(CとDにおける「移動による喪失感」を除いて)は、設計意図通りの感想が得られた。今後、設計指針の理論化を進めていく上で、音声は外部と内部を移動する順序を逆にしたものとの比較や、外部と内部で異なる音声を提示するときの組み合わせ等、その一般性を検証していきたい。

#### 4 考察:使用した音響システムの応用

外部音響機器と内部音響機器を組み合わせた音響システムは、ワークショップ以外の場面、例えば、科学館

や美術館において、環境音が鳴っている中を、イヤフォンを付けて解説を聞きながら歩き回る場面や、映画やゲーム等のコンテンツでも使用可能である。二つの音響機器を組み合わせることで、より臨場感のある映画やゲーム、映像の音声を外部音響機器から、アナウンサーや解説の音声を内部音響機器から出力するようなニュース番組、スポーツ番組も実現できる。そして、このような音響システムは、従来のステレオ2チャンネルの音声信号発生機器において、一方の音声を外部音響機器に供給し、他の一方の音声を内部音響機器に供給することで容易に実現可能である(もちろん、それぞれの音声チャンネルの内容は外部音響機器用音声と内部音響機器用音声として予め用意しておく必要がある)。使用する音響装置は、内部音響機器として骨伝道スピーカを使用することで、外部音響機器からの音声との関係がより明確になると考えられる。また、将来的には、音声の移動に合わせた触覚情報の提示も視野に入れていく[9]。

#### 5 おわりに

本論文では“HERE/HEAR「いることと聴くこと」のワークショップ”で使用した音響設計について詳述し、外部音響機器と内部音響機器を組み合わせ方、及び、その音響コンテンツとの関係について考察した。

#### 謝辞

本ワークショップは慶應義塾大学 DMC 機構の研究活動の一環として、川口ゆいによるパフォーマンス作品「HEREing Loss—私の孵る場所」とともに行われた。また、ヤエル・シュネル、滝山聖士、早川智彦、有賀玲子、をはじめご尽力頂いた皆様に深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- [1] Project HEREing Loss: <http://kyosuke.inter-c.org/here/> (2010 12/13 参照)
- [2] 坂倉, 川口, 渡邊: 「いること」と「聴くこと」のワークショップ -聴覚によって位置づけられる自己感覚の体験デザイン-; 情処論, 50, 2772-2781 (2009)
- [3] W. Norris: HyperSonic Sound System. <http://www.woodynorris.com/> (2010 12/13 参照)
- [4] 渡邊, 吉田, 安藤, 田畑, Verdaasdonk: マルチメディアパフォーマンスにおける Vibro-scape Design の実践的試み; VR 論, 12, 413-416 (2007)
- [5] 難波(編): 音の科学; 朝倉書店, 東京都 (1989)
- [6] H. Zuccarelli: Aldebaran; 八幡書店, 東京都 (1988)
- [7] M. Kubovy, J.E. Cutting, R.M. McGuire: Hearing with the third ear: dichotic perception of a melody without monaural familiarity cues; Science, 186, 272-274 (1974)
- [8] N. Kitagawa, Y. Igarashi: Tickle sensation induced by hearing a sound, 基礎心理学研究, 24, 121-122 (2005)
- [9] 渡邊, 福沢, 梶本, 安藤: 腹部通過仮現運動を利用した貫通感覚提示; 情処論, 49, 3542-3545 (2008)

(2010年12月13日)