

スピーカーを用いた 立体音響再生技術の性能評価

関西大学 環境都市工学部 建築学科
建築環境工学第一研究室 音環境ゼミ
建 11-2 足立 茉央
指導教官 豊田 政弘 准教授

目次

1.はじめに	2
1.1 研究背景	2
1.2 研究目的	3
2.実験方法	4
2.1 使用機材	4
2.1.1 ヘッドホン	4
2.1.2 Kinect.....	5
2.1.3 PureData	10
2.1.4 スピーカー	11
2.1.5 オーディオインターフェース	13
2.2 方法	14
2.2.1 方向定位実験	14
2.2.2 臨場感	18
2.2.3 違和感	18
2.3 条件	19
2.4 順序	19
3.結果	20
3.1 方向定位実験	20
3.2 臨場感	21
3.3 違和感	22
4.考察	23
4.1 Case1	23
4.2 Case2	23
4.3 Case3	24
4.4 Case4	24
5.終わりに	25

1.はじめに

1.1 研究背景

現在でも、コンサートホールや音楽スタジオ、スタジアムや競技場等の建築物の音響設計において大きな課題がある。それは受音者が最も聴きやすく、かつ臨場感を感じるような最適なスピーカー配置や楽器等の配置が、経験的にしか決定されていないことである。例えばオーケストラのコンサートのように、受音者が基本的に舞台一方向に頭部を固定している場合もあるが、スタジアムや競技場等では頭部を運動させることがある。その場合、頭部運動により音の聞き取りが困難になるといった問題が発生する可能性がある。そのため、そのような問題までも考慮に含めたスピーカーや楽器等の配置が、より良い音響設計には必要不可欠であると考えられる。

現在まで大谷〔1〕は、音像定位(音源位置を検知すること)のメカニズムに基づいた「空間的に音を聴く」ことを再現できる高精度な聴覚ディスプレイの実現を目指して、頭部運動を許容する立体音響再生技術の開発を行ってきた。PC、ヘッドホン、ヘッドトラッキングセンサー、通信及び信号処理ソフトウェアを使用し、ユーザーがヘッドホンを装着した頭部を運動させた場合に、音源から発せられる音が運動に追従して聴こえ方が変化し、かつ、その音源の位置をユーザーが自由に操作可能なシステムを提案している。しかしながら、受音者1人の頭部運動と音源1チャンネルのみを対象としており、また建築物の構造や、受音者の人数、それに伴う音の反射や吸音、透過といった事柄は考慮していない。また、ヘッドホンを使用することにより、受音者が感じる臨場感が軽減されるのではないかと推測されている。

1.2 研究目的

前節に述べた事から、本研究ではスピーカーを用いた立体音響再生システムを構築し、ヘッドホン使用時とスピーカー使用時とで音像定位の精度、受音者の感じ方の変化を比較することで、スピーカーを用いた立体音響再生技術の性能評価を行い、より良い音響設計の実現に貢献することを目的とする。

2.実験方法

2.1 使用機材

2.1.1 ヘッドホン



図 1 SONY「MDR-CD900ST」〔2〕

SONY「MDR-CD900ST」(図 1)は極めて高解像度で音の輪郭が明瞭であり、聴感上幅広い周波数レンジを持ち、本研究において精細な立体音響再生を可能にする密閉ダイナミック型ヘッドホンである。表 1 に製品概要を示す。

表 1 SONY「MDR-CD900ST」製品概要〔3〕

形式	密閉ダイナミック型
ドライバーユニット	40mm、ドーム型
最大入力	1,000mW
再生周波数帯域	5～30,000Hz
インピーダンス	63
音圧感度	106dB/mW
重量	200g(コード含まず)
プラグ形状	ステレオ標準プラグ
コード長	2.5m ストレート
コードの太さ	4.0mm

2.1.2 Kinect



図 2 Kinect 本体〔4〕

Kinect(図 2)は、WindowsPC とより自然な会話を実現するためのデバイスである。ユーザーとコンピュータとの画期的な対話方法を可能にする次世代のインターフェース「Natural User Interface(NUI)」と呼ばれる。また、Kinect はアイデア次第で幅広い分野でイノベーションを起こせるデバイスであると思われる。表 2 にその活躍が期待される分野例を示す。

本研究においては、リアルタイムでヘッドトラッキング(受音者の頭部運動をセンサーで読み取り)を行い、WindowsPC にその情報を送信する。

表 2 Kinect の活躍分野例〔5〕

・ゲーム	・商品統計(コンビニエンスストア)
・リビングルーム(住宅)	・アパレル
・医療現場	・デジタルサイネージ
・リハビリテーション	・アミューズメント施設
・見守り支援	・危険区域における構造調査
・教育	・ヒューマンエラー防止

Kinect に内蔵されている各種センサーと、各種センサーから WindowsPC への処理の流れを 図 3、及び、図 4 に示す。



図 3 Kinect センサー〔6〕

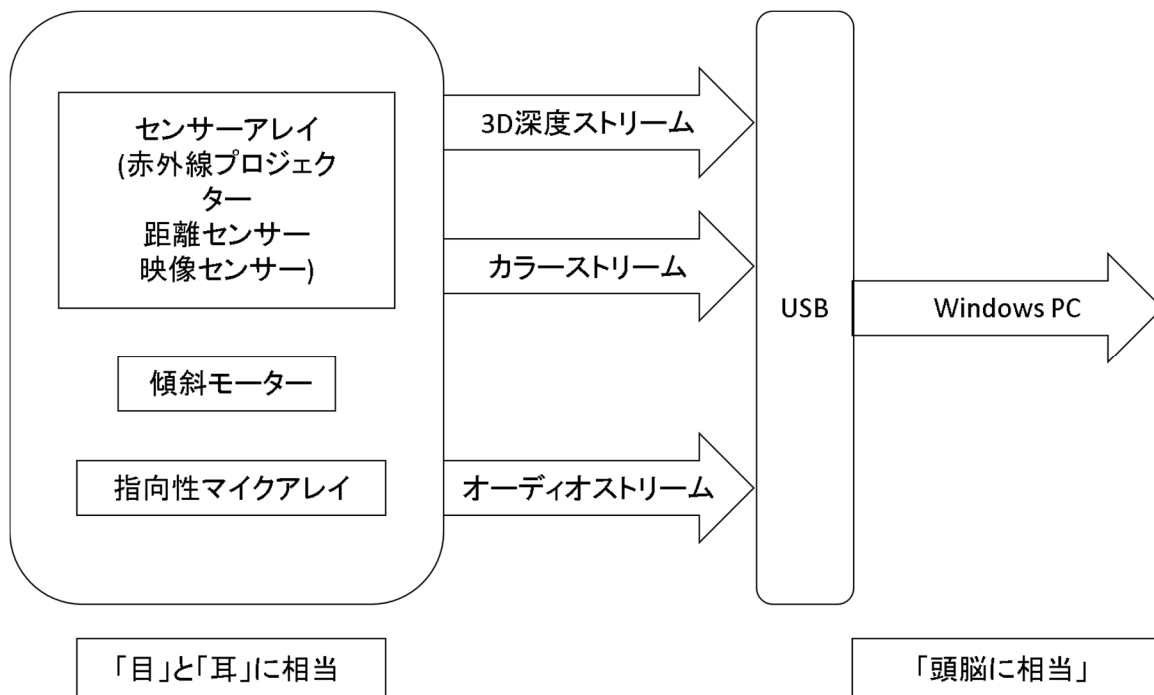


図 4 Kinect 情報処理の流れ〔5〕

以下、Kinect に搭載されているセンサーについて詳しく説明する。まずは距離センサーの特徴を表 3 に示す。

表 3 Kinect 距離センサーの特徴〔5〕

・赤外線を利用して、物体との距離を計測
<ul style="list-style-type: none"> ・アプリケーションはセンサー視野内の(X,Y,Z)を取得 <ul style="list-style-type: none"> ・X,Y:ピクセル座標 ・Z:ミリメートル単位
<ul style="list-style-type: none"> ・周辺環境による影響 <ul style="list-style-type: none"> ・ライティング(強い光、逆光):ノイズの原因 ・物体の性質(反射、吸収):透過、飽和の原因 <p style="margin-left: 40px;">ただし一般的な環境では問題にならない。</p>

次に、距離センサー及び映像センサーのスペックを表 4 に示す。

表 4 Kinect スペック〔5〕

解像度(深度)	320×240(既定)
解像度(カラー)	640×480(既定)
フレーム レート	~ 30 フレーム/秒
深度センサー	
物理範囲	約 0.8~4.0 メートル
実用範囲	約 1.2~3.5 メートル
近距離	約 0.4~3.0 メートル
その他の機能	指向性マイク アレイ
	オーディオ エコー除去
	傾斜モニター

距離センサー及び映像センサーの視野角は、図5と図6に示すように、水平視野は約57°、垂直視野は約43°(可動範囲±27°)となっている。

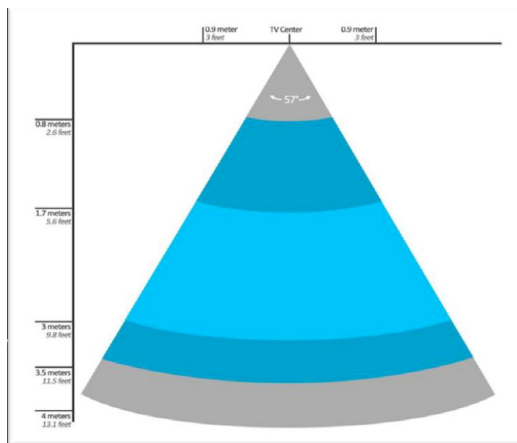


図5 Kinect - 水平視野角〔5〕

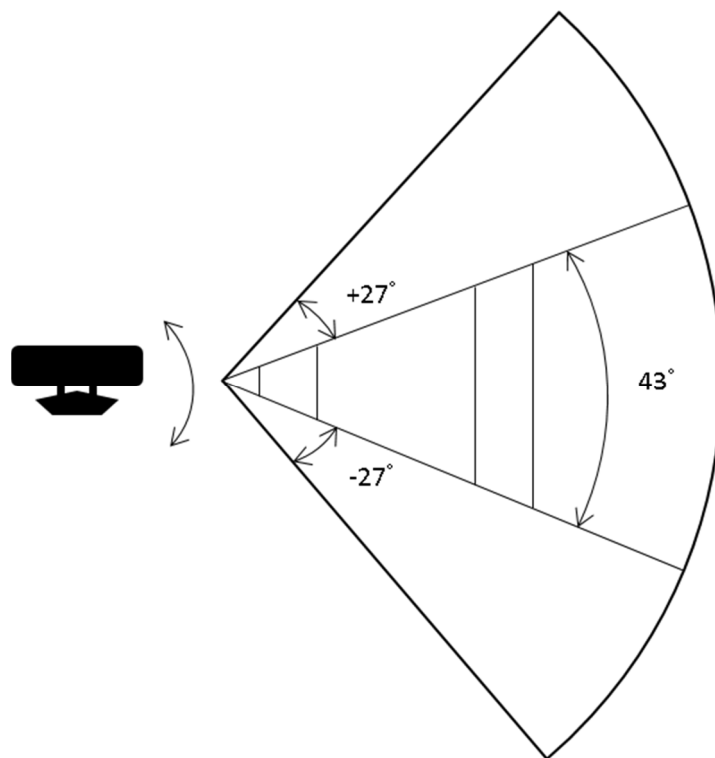


図6 Kinect - 垂直視野角〔5〕

Kinect に付随するソフトウェアは、視野に入った「人」の骨格を認識することが可能である。骨格認識には、体重、体型、体格、肌の色、性別は影響しない。表 5、及び、図 7 に骨格認識の詳細について示す。

表 5 骨格認識詳細〔5〕

・全身の 3 次元の関節座標をリアルタイムに追跡
・ 20 箇所関節
・ 頭、肩の中央、左肩、右肩
・ 左肘、左手首、左手のひら、右肘、右手首、右手のひら
・ 背骨の中心、腰の中央、左足の付け根、右足の付け根
・ 左膝、左足首、右膝、右足首、左足、右足
・ 2 人同時に骨格追跡
・ 認識そのものは 6 人まで同時に可能

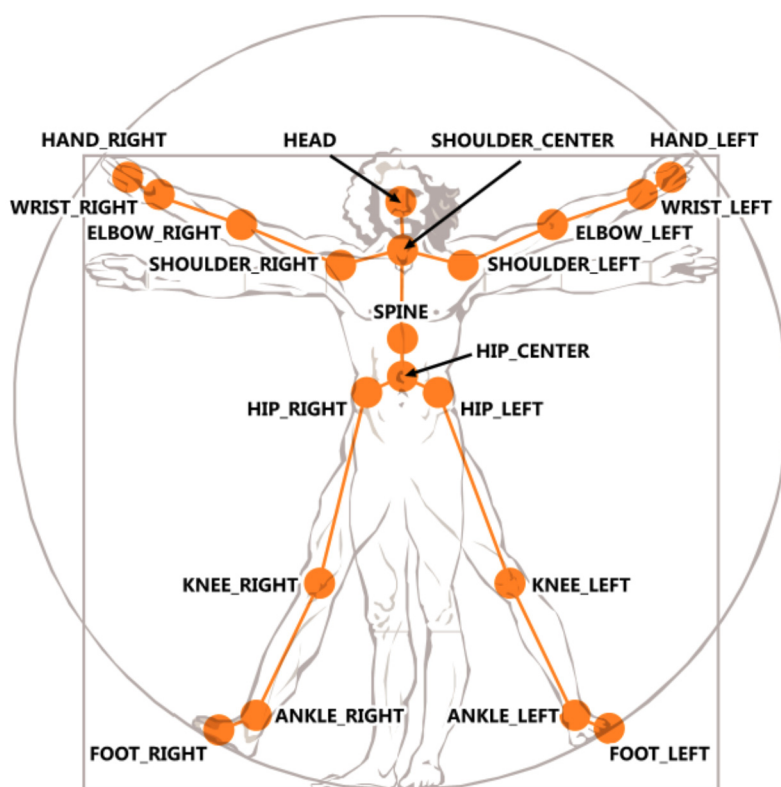


図 7 骨格認識 - 20 箇所関節〔5〕

2.1.3 PureData

PureData は、Miller Puckette が開発した、データフロー型プログラミングによるマルチメディア制作環境である。また、演算機能をもった「オブジェクト」を相互に接続することで、様々なデータ(数値、音、映像など)に対する処理の流れ(フロー)をパッチと呼ばれる図式として視覚的・対話的に構成できる〔7〕。

図 8 は本研究の PureData のデータのパッチの一部である。複数のウィンドウに表示された、このような様々な役割をもつパッチの連携によってシステムが構築されている。また、図 9 は PureData のメインウィンドウである。全体の機能設定や新たなオブジェクトの作成、動作のデータログやエラーメッセージの表示をするためのウィンドウである。

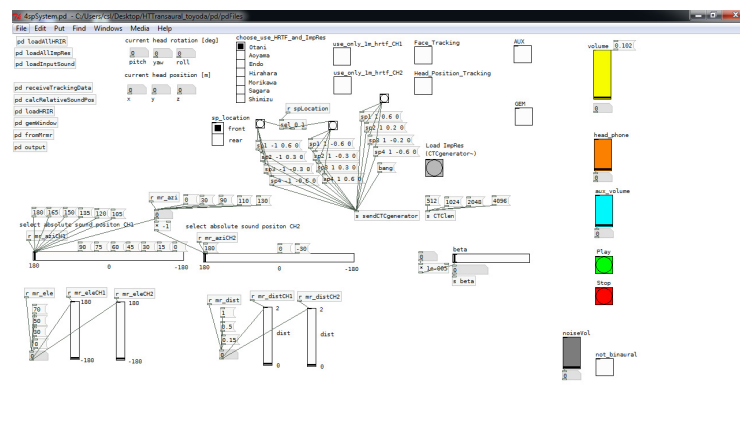


図 8 PureData -パッチ-

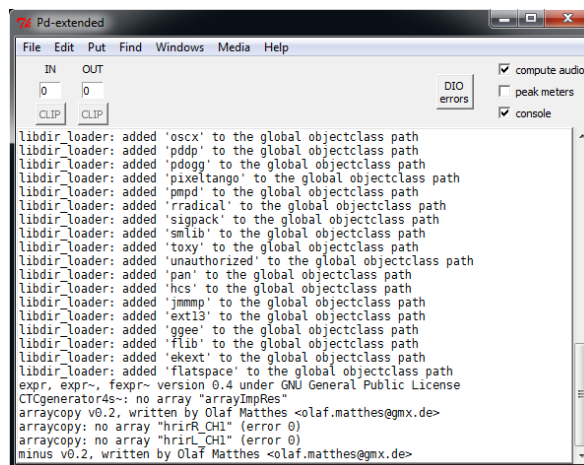


図 9 PureData-メインウィンドウ

2.1.4 スピーカー



図 10 M.I.D. 「AVANTONE ACTIVE MIX CUBES BLACK」〔8〕

M.I.D. 「AVANTONE ACTIVE MIX CUBES BLACK」(図 10)はオリジナルの音質を保ちつつも、高音域がよりスムーズでオープンかつ透明感のある周波数特性であることが確認されており、本研究において精細な立体音響再生を可能にすることができる。表 6 に製品概要を示す。

表 6 AVANTONE ACTIVE MIX CUBES BLACK 製品概要〔8〕

システムの種類	アクティブなシールド フル範囲のステレオペア
入力の種類と負荷	90Hz - 17,000Hz (有用な音楽的範囲)
ドライバーのインピーダンス	8Ω
最大音圧レベル	104db @ 1m = 1%THD (ピンクノイズ)
増幅器の種類	クラス A/B
アンプの電源	60 ワット RMS@ 005% THD (1KHz)
アンプの周波数応答	22Hz-50KHz +0dB/- 3dB (90Hz-50KHz +/-0dB)
ノイズ	S/N -113 dB
感度	104dB
ドライバー	独自設計 5.25 キャスト アルミフレーム コーン紙管/ シールド
キャビネット	シールド/ 18mm MDF
入力	XLR & TRS (コンボジャック) +4/Balanced and -10 unbalanced
重量	7 ポンド 5 オンス

寸法	165mm × 165mm × 165mm (6 1/2" x 6 1/2" x 6 1/2" で)
電圧	115V

2.1.5 オーディオインターフェース



図 11 M-AUDIO 「FireWire410」〔9〕

M-AUDIO 「FireWire410」(図 11)は WindowsPC からの個々のシグナルを、外部のミキサーの別々のチャンネルへ送信することが可能であり、サラウンドサウンドのコントロールなどに有効である。表 7 に製品概要を示す。

表 7 M-AUDIO 「FireWire410」製品概要〔9〕

周波数特性	20Hz ~ 40kHz +/-1dB(96Hz 時)
S/N 比	107dB
ダイナミックレンジ	108dB
歪み率	0.00281%
サンプリングレート	44.1Hz ~ 192Hz(ライン入出力) 44.1kHz、48kHz、88.2kHz、96kHz(デジタル入出力)
入出力感度	-10dB アンバランス
背面アナログバランス入力	-10dBv=0.316Vms
前面アナログバランス XLR 入力	+4dBv=+4dBu=1.23Vms
最大入力レベル	-3.3dBu(PAD 無し)、+16.7dBu(PAD 併用時)
サイズ	23.5cm(幅) × 17.8cm(奥) × 4.8cm(高) 1315g

2.2 方法

2.2.1 方向定位実験

2.2.1.1 ヘッドホン使用時

2.2.1.1.1 提示システム

本研究方法において、どのような情報処理が行われているのかを詳細に説明する。Kinect が認識した、頭部のセンサーからの距離(Z 軸)と座標(X・Y 軸)、ピッチ・ヨー、ロールの回転角の情報を取得する。取得した情報は USB を介して WindowsPC の PureData へ送信される。WindowsPC の PureData で、受信した座標と回転角の情報に対応した HRTF(頭部伝達関数)を別途用意したデータベースから呼び出し、音源データとの畳み込み演算処理を行う。その結果、立体的に構成された音響情報がヘッドホンに出力される。また、PureData のウィンドウには頭部の回転角情報がリアルタイムで視覚的に表示される(図 12)。

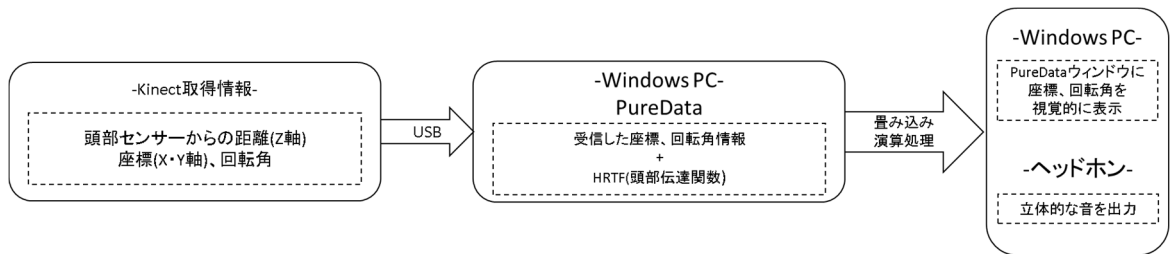


図 12 提示システム(ヘッドホン使用時)

2.2.1.1.2 回答方法

被験者の前方 1m に Kinect を配置する。高さは 80cm とする。被験者の正面を 0° 、背後を 180° とし、被験者の左側を 0° から 180° まで、 15° 刻みで 13 方向に分け、それぞれに から の番号を振る(図 13)。実験者は から の番号の音を 2 回ずつ計 26 回、ランダムに提示し、被験者は、聞こえている音の音源位置を から の番号で口頭で答える。音源は人の声のみが収録されているアカペラを使用する。

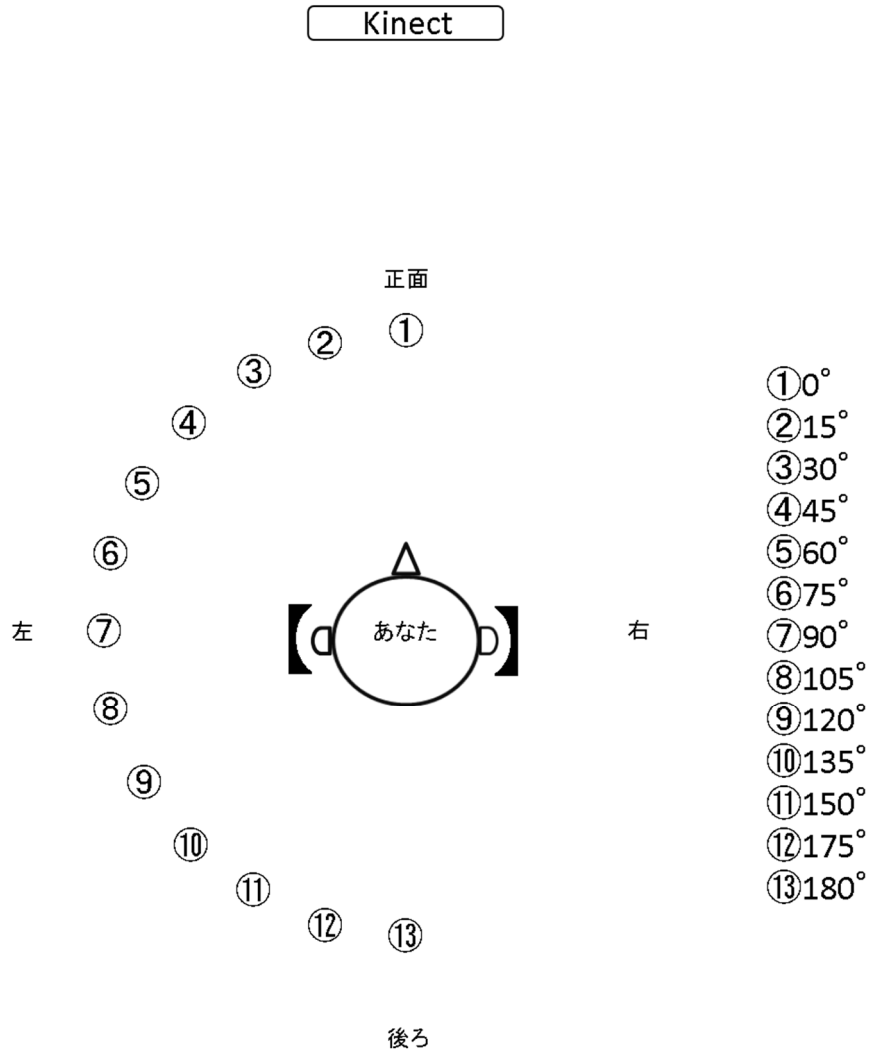


図 13 回答方法(ヘッドホン使用時)

2.2.1.2 スピーカー使用時

2.2.1.2.1 提示システム

Kinect が認識した、頭部のセンサーからの距離(Z 軸)と座標(X・Y 軸)、ピッチ・ヨー、ロールの回転角の情報を取得する。取得した情報は USB を介して WindowsPC の PureData へ送信される。WindowsPC の PureData で、受信した座標と回転角の情報に対応した HRTF(頭部伝達関数)を別途用意したデータベースから呼び出し、音源データとの畳み込み演算処理を行う。ヘッドホン使用時と違い、スピーカーを使用して再生すると、右耳にも左耳にも両方のスピーカーからの音が届く。しかし、スピーカーを用いるトランスオーラルシステムでは右側の音は右耳から、左側の音は左耳から聴こえる必要がある。右スピーカーから左耳、左スピーカーから右耳に入る不必要な音をクロストークと呼び、それがあると立体音響としての表現が軽減される。そのためクロストークをなくすための処理が必要となる。そこでスピーカー1 のクロストークキャンセラを C_{L1}, C_{R1} 、スピーカー1 から耳までの HRTF を H_{L1}, H_{R1} 、スピーカーを 1 から発せられる音を G_1 とし、他の 3 つのスピーカーも同様とする。音源データを g_L, g_R 、耳元での音を L_L, L_R と表す(図 14)と、クロストークキャンセル前後の音の関係式が(1)式が表せる。

$$\begin{pmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ G_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{L1} & C_{R1} \\ C_{L2} & C_{R2} \\ C_{L3} & C_{R3} \\ C_{L4} & C_{R4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g_L \\ g_R \end{pmatrix} \quad (1)$$

またスピーカーから発せられた音が耳に入る際に、耳殻、人の頭および肩までふくめた周辺物によって生じる音の反射や屈折があるため(2)式が表せる。

$$\begin{pmatrix} L_L \\ L_R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_{L1} & H_{L2} & H_{L3} & H_{L4} \\ H_{R1} & H_{R2} & H_{R3} & H_{R4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ G_4 \end{pmatrix} \quad (2)$$

(1)式を(2)式に代入すると(3)式が得られる。

$$\begin{pmatrix} L_L \\ L_R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_{L1} & H_{L2} & H_{L3} & H_{L4} \\ H_{R1} & H_{R2} & H_{R3} & H_{R4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_{L1} & C_{R1} \\ C_{L2} & C_{R2} \\ C_{L3} & C_{R3} \\ C_{L4} & C_{R4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g_L \\ g_R \end{pmatrix} \quad (3)$$

音源と耳元での音が等しいものになる必要があるため(4)式が表せる。

$$\begin{pmatrix} L_L \\ L_R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_L \\ g_R \end{pmatrix} \quad (4)$$

(3)式と(4)式から(5)式が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} H_{L1} & H_{L2} & H_{L3} & H_{L4} \\ H_{R1} & H_{R2} & H_{R3} & H_{R4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_{L1} & C_{R1} \\ C_{L2} & C_{R2} \\ C_{L3} & C_{R3} \\ C_{L4} & C_{R4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

なお、解が不定となるため最小ノルム解を使用する。クロストークキャンセルを行った結果、立体的に構成された音響情報がスピーカーに出力される。また、PureData のウィンドウには頭部の回転角情報がリアルタイムで視覚的に表示される(図 15)。

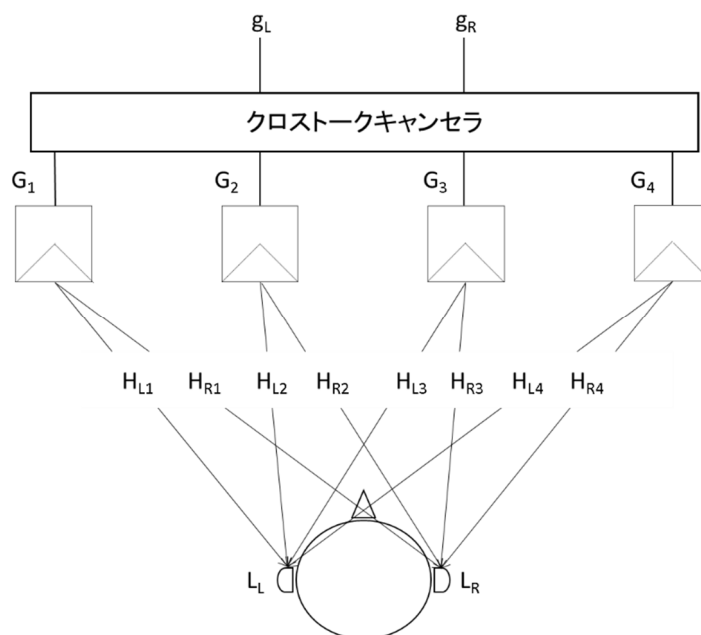


図 14 クロストークキャンセラ

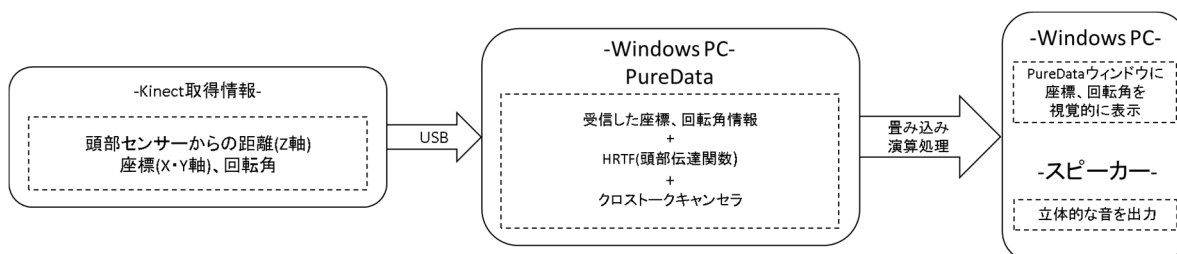


図 15 提示システム(スピーカー使用時)

2.2.1.2.2 回答方法

被験者の前方 1m にスピーカー、Kinect を配置する。スピーカー間の距離は 40cm、スピーカーの高さは被験者の耳と同じ高さを想定し、90cm とした。被験者の正面を 0°、背後を 180° とし、被験者の左側を 0° から 180° まで、15° 刻みで 13 方向に分け、それぞれに からの番号を振る。実験者は からの番号の音を 2 回ずつ計 26 回、ランダムに提示し、被験者は、聞こえている音の音源位置を からの番号で口頭で答える(図 16)。

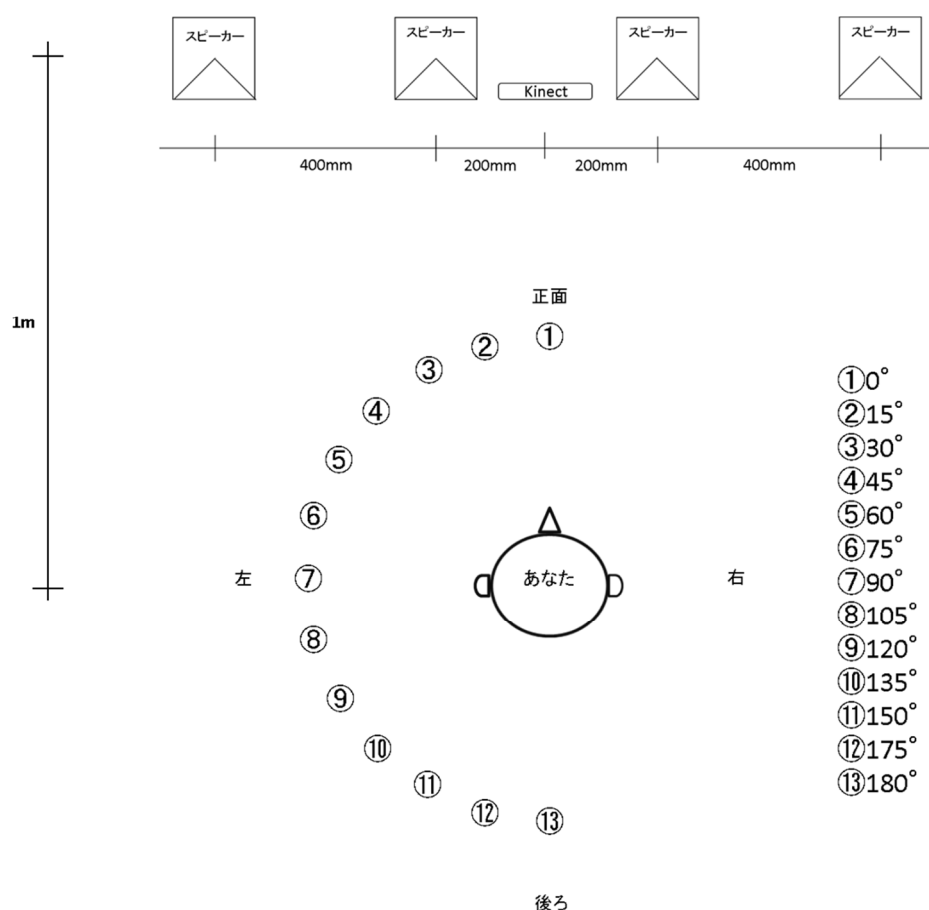


図 16 回答方法(スピーカー使用時)

2.2.2 臨場感

被験者の主観で臨場感をどの程度感じたかを、ほとんど感じない、あまり感じない、やや感じない、どちらでもない、やや感じる、かなり感じる、非常に感じる、の 7 段階で被験者は判断する。

2.2.3 違和感

被験者の主観で違和感をどの程度感じたかを、ほとんど感じない、あまり感じない、やや感じない、どちらでもない、やや感じる、かなり感じる、非常に感じる、の 7 段階で被験者は判断する。

2.3 条件

Case1...被験者にヘッドホンを着用させ、頭部を、正面を向いた位置から動かさないよう教示し、2.2.1.1の方法で実験を行う。

Case2...被験者にヘッドホンを着用させ、頭部を左右 -45° ~ 45° の範囲で運動させるよう教示し、2.2.1.1の方法で実験を行う。

Case3...被験者の前に設置した4台のスピーカーから音を鳴らし、頭部を、正面を向いた位置から動かさないよう教示し、2.2.1.2の方法で実験を行う。

Case4...被験者の前に設置した4台のスピーカーから音を鳴らし、頭部を左右 -45° ~ 45° の範囲で運動させるよう教示し、2.2.1.2の方法で実験を行う。

2.4 順序

1名の被験者に対して、2.3の条件で方向定位実験を1度ずつ、計4回行う。本研究ではCase1,2,3,4の順で行う者を3名、Case2,1,4,3の順で行う者を3名、Case3,4,1,2の順で行う者を3名、Case4,3,2,1の順で行う者を3名用意した。また、各Caseの終了ごとに2.2.2、及び、2.2.3の実験を行う。

3.結果

3.1 方向定位実験

Case1,2,3,4 の方向定位実験の実験結果を図 17、図 18、図 19、及び図 20 に示す。

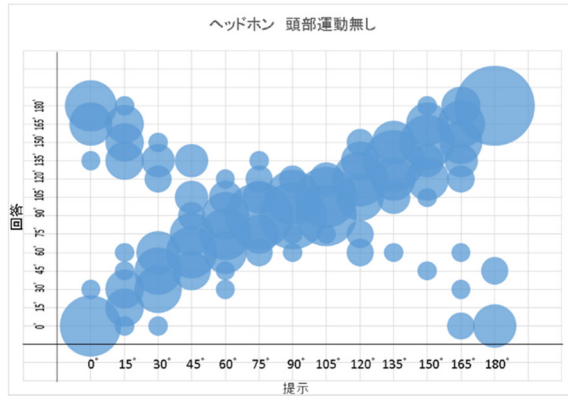


図17 Case1 方向定位実験

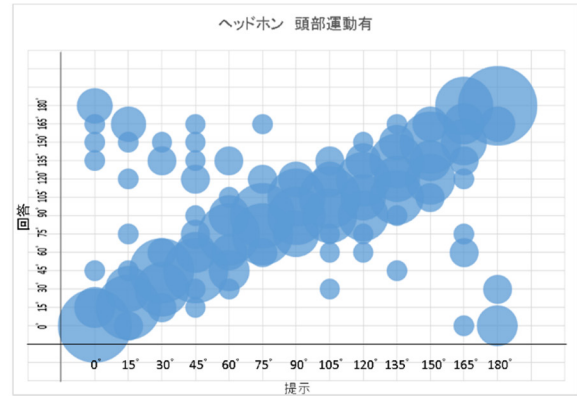


図18 Case2 方向定位実験

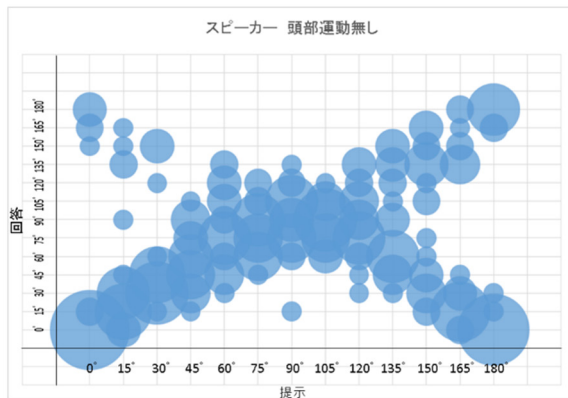


図19 Case3 方向定位実験

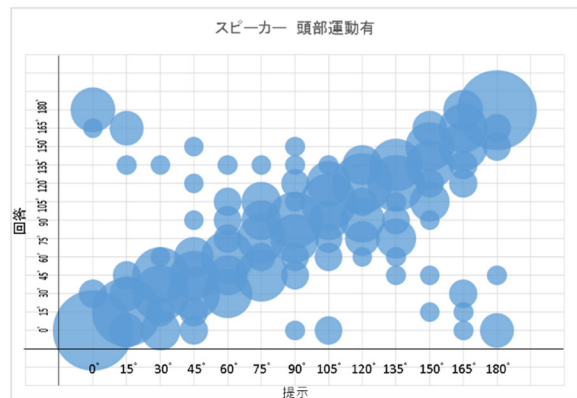


図20 Case4 方向定位実験

3.2 臨場感

Case1,2,3,4 の臨場感の実験結果を図 21、図 22、図 23、及び図 24 に示す。

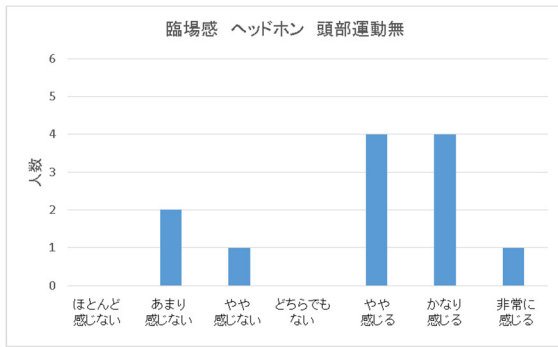


図21 Case1 臨場感

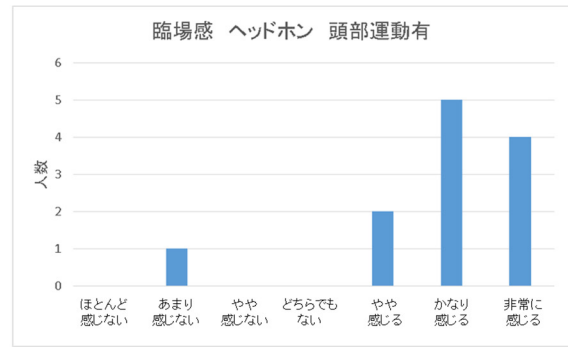


図22 Case2 臨場感

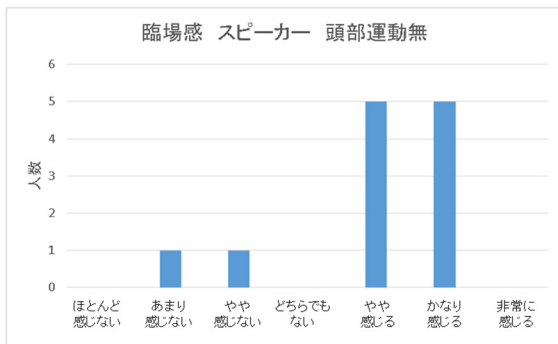


図23 Case3 臨場感

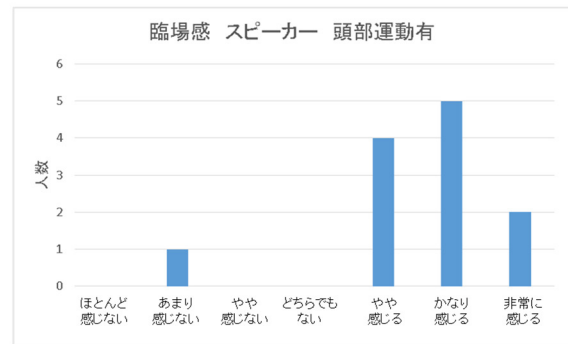


図24 Case4 臨場感

3.3 違和感

Case1,2,3,4 の臨場感の実験結果を図 25、図 26、図 27、及び図 28 に示す。

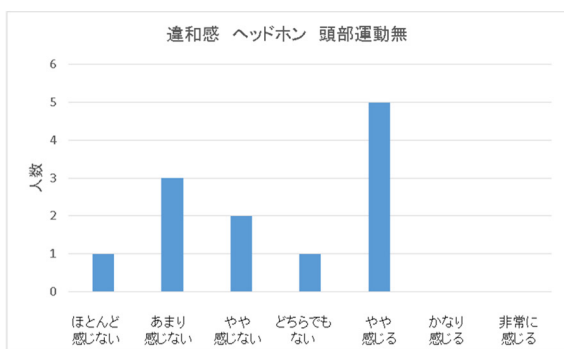


図25 Case1 違和感

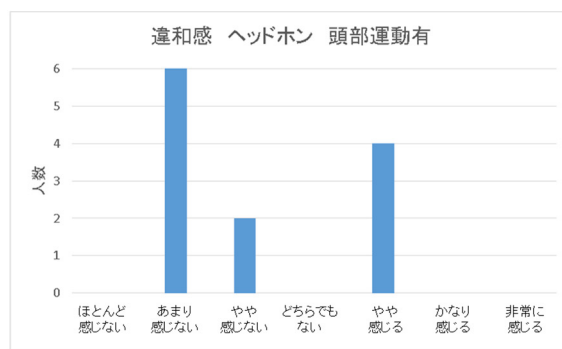


図26 Case2 違和感

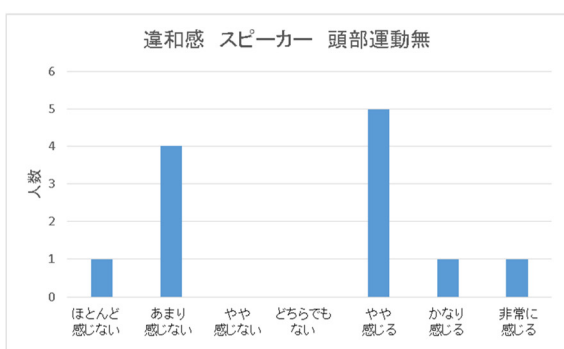


図27 Case3 違和感

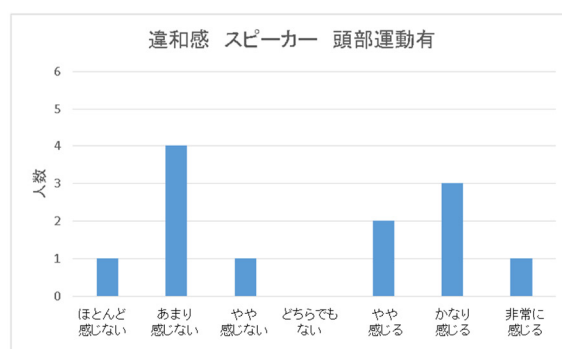


図28 Case4 違和感

4.考察

4.1 Case1

図 17 より、方向定位実験に関して、概ね提示位置と回答位置とに大きな差異は見られないが、被験者後方の提示を前方と認識するケースが一部見られ、前方の提示を後方と認識するケースがやや多く見受けられる。これは両耳間時間差、両耳間位相差に違いが無いことに加え、目の前に音源と成りうるものがないため、見えていない後方からの音だと判断を誤るのだと考えられる。

図 21 より、臨場感を感じないと回答した被験者が 25%いるものの、大多数が臨場感を感じると回答した。これはヘッドホンを付けていることで周囲の音が聞こえづらいため、音源に集中して聴くことができたためと考えられる。

図 25 より、違和感を感じないと回答した被験者が半分以上であったが、ヘッドホンを使用し音が運動に追従しない状態が、日常で音楽を聴く環境に最も近かった事が理由と思われる。

4.2 Case2

図 18 より、方向定位実験に関して、概ね提示位置と回答位置とに大きな差異は見られないが、被験者後方の提示を前方と認識するケースがやや多く見られ、前方の提示を後方と認識するケースが多少見受けられる。また、図 17 と比較すると、頭部運動が有る方が前後判断の誤りが少なくなっていることがわかる。これは、両耳間時間差、両耳間位相差による判断が加わることによって Case1 と違いが生じたためと考えられる。

図 22 より、臨場感を感じると回答した被験者が 9 割を超え、図 21 と比較すると頭部運動を許容する方が、臨場感を感じやすいことがわかる。被験者自身の動きに音が追従することで、本当に音源がその位置にあるように錯覚するためだと考えられる。

図 26 より、違和感をやや感じると回答した被験者が全体の 1/3 となり、図 25 と比較して、あまり感じないと回答した被験者が増えたため、頭部運動を許容する場合の方が、違和感を感じにくいと考えられる。これは、頭部を運動させながら聴く方が、両耳間時間差、両耳間位相差による判断が加わることによって前後判断をつけやすく、日常生活で音を聞いている状況に近かったためと考えられる。

4.3 Case3

図 19 より、方向定位実験に関して、被験者の前方に提示した場合は、提示位置と回答位置とに大きな差異は見られない。一方で、後方の提示を前方と認識するケースが図 17 と比較して多く見受けられる。これは被験者にとって方向を定め難い状況において、通常時に音源となるスピーカーが前方に設置されているためではないかと考えられる。

図 23 について図 21 と比較すると、僅かではあるが、ヘッドホン使用時よりスピーカー使用時の方が、臨場感を感じる被験者が多かった。被験者自身の耳元だけで音が聞こえるのではなく、被験者がいる空間全体に音が広く聞こえているように、被験者が感じる状況だったためと考えられる。

図 27 について図 25 と比較すると、非常に、または、かなり違和感を感じる被験者が見られた。違和感の主な理由としては、被験者にとって音が出ているであろうスピーカーと別位置から音が聞こえることが考えられる。

4.4 Case4

図 20 より、方位定位実験に関して、概ね提示位置と回答位置とに大きな差異は見られないが、後方の提示を前方に間違えるケース、前方の提示を後方に間違えるケースが多少見られる。図 18 と比較すると、被験者前方の提示を後方と認識するケースが減少している。これは被験者にとって方向を定め難い状況において、耳元ではなく被験者がいる空間全体に音が広く聞こえているように、被験者が感じる状況だったためと考えられる。

図 19 と比較すると、後方の提示を前方と認識するケースが大幅に減少し、提示位置と回答位置との差異がほとんど見られない。Case2 と同様に、頭部運動を許容することで、前後判断が付きやすくなると考えられる。

図 24 について、図 22 と比較すると、臨場感を非常に感じると回答した被験者がやや減少するが概ね変化がない。図 23 と比較すると、臨場感を感じないと回答した被験者が減り、臨場感を感じると回答した被験者が 9 割を上回る結果となった。臨場感を感じる要因が、ヘッドホンの閉塞感やスピーカーの開放感と深く関わっていると考えられる。

図 28 について、図 26 と比較すると、非常に、または、かなり違和感を感じる被験者が現れた。違和感の主な理由としては、4.3 と同様に被験者にとって音が出ているであろうスピーカーと別位置から音が聞こえることが考えられる。図 27 と比較すると、かなり違和感を感じると回答した被験者が増えた。これも 4.3 と同様に被験者にとって音が出ているであろうスピーカーと別位置から音が聞こえることが考えられる。

5.終わりに

本研究の実験において、頭部運動を許容しないよりは許容する方が、音像方向を認識しやすいという結果が得られた。また、ヘッドホンとスピーカーとでは、頭部運動を許容しない場合は、ヘッドホンの方が、提示位置と回答位置とに大きな差異は見られない。頭部運動を許容する場合はスピーカーの方が、提示位置と回答位置とに大きな差異は見られない。一方、ヘッドホン使用時よりスピーカー使用時の方が臨場感を感じやすいという結果が得られた。また、ヘッドホン使用時よりスピーカー使用時の方が違和感を感じやすいという結果が得られた。

以上のことから、スピーカーを用いた立体音響再生技術は、音像位置を明確にしたり、臨場感を重視したりして音を聴く際には有用であると言える。しかし、耳馴染みのない人にとっては違和感を感じるデメリットがあるため、必ずしも使用できるわけではない。用途に合わせて、用いることが重要である。

【参考文献】

〔1〕 大谷真 「立体音響技術」 一般社団法人日本音響学会第 136 回技術講習会(2014/10/24)

【参考 url】

〔2〕 <http://www.soundhouse.co.jp/products/detail/item/71265/>(2015/01/27)

〔3〕 <http://www.smci.jp/mob/pageShw.php?site=headp&cd=cd900st> (2015/01/27)

〔4〕 <http://winbeta.org/sites/default/files/KinectForWindows.jpg> (2015/01/27)

〔5〕 http://download.microsoft.com/download/E/A/F/ EAF8AC3F-4405-4742-93D9-44FFA3B0A937/PT-001_shinjich.pdf (2015/01/27)

〔6〕 http://www.avnet.co.jp/maker/Microsoft/product/06_Kinect%20for%20Windows.aspx
(2015/01/27)

〔7〕 <http://www.myu.ac.jp/~xkozima/lab/avmed-pd1.html> (2015/01/27)

〔8〕 <http://www.miyaji.co.jp/MID/product/Avantone/active.php> (2015/01/27)

〔9〕 http://www.m-audio.jp/images/global/media_hqpics/FW410_CC_RGB_HRez.jpg
(2015/01/27)