

2007年度 卒業論文

## 異なる座標系間における音像位置設定の差異

指導教員：渡辺 大地講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト

学籍番号 M0104140

北山 淳也

2007年度 卒業論文概要

論文題目

異なる座標系間における音像位置設定の差異

メディア学部

学籍番号：M0104140

氏名

北山 淳也

指導  
教員

渡辺 大地講師

キーワード

サラウンド、立体音響、音像定位、ミキシングコンソール

一般的にサラウンドサウンドの制作は3次元空間上の音像位置を設定することで制作する。3次元空間上の音像位置を設定することは、制作機器に音像位置を数値で入力することと同義である。3次元空間上の音像位置を設定するには、数学的に位置を決定する方法である座標系を用いる。この座標系を用いた3次元空間上の音像位置設定には、直交座標系での設定方法と極座標系での設定方法がある。サラウンドサウンド制作においてミキシングコンソールを用いて3次元空間上の音像位置を設定するとき、どちらの設定方法がそれぞれどのような音像位置の設定に向いているのかは明確になっていない。本研究では、この2種類の入力方法をミキシングコンソールでのサラウンドサウンド制作に用いた場合、それぞれどのような音像位置の設定に向いているのかについて仮説を立て比較実験を行うことにより検証を行う。

まず入力する値に着目し、「移動経路を考えないミキシングコンソールによる音像位置の設定は、聴者に対する音像位置の角度のみを変更する際は極座標系での設定方法が向いており、それ以外の場合は直交座標系での設定方法が向いている」という仮説を立てた。この仮説を検証するため、比較実験を行った。本研究では実際にミキシングコンソールを用いて音像位置を設定するシステムを使って実験を行った。実験の結果から、仮説に対して、直交座標系での設定方法に比べると極座標系での設定方法は聴者に対する音像位置の角度のみを変更する際だけでなく、音像位置の設定において全面的に早くかつ適切な設定方法であるということがわかった。

# 目次

第1章	はじめに	1
第2章	ミキシングコンソールによる音像位置の設定	4
2.1	サラウンドサウンド	4
2.2	ミキシングコンソール	5
2.3	音像位置の設定方法	7
2.4	ミキシングコンソールによる設定	8
第3章	仮説と検証	9
3.1	仮説	9
3.2	実験装置の仕様説明	10
3.3	実験方法	11
3.4	手続き	12
3.5	結果	14
3.6	分析と考察	17
第4章	まとめ	19
	謝辞	20
	参考文献	21

# 目 次

1.1	5.1ch サラウンドスピーカーシステム . . . . .	1
2.1	ミキシングコンソール . . . . .	5
2.2	ロータリーフェーダー . . . . .	6
2.3	スライドフェーダー . . . . .	6
2.4	直交座標系での設定 . . . . .	7
2.5	極座標系での設定 . . . . .	8
3.1	つまみ . . . . .	10
3.2	レバー . . . . .	10
3.3	画面上の直行座標平面 . . . . .	11
3.4	配置図 . . . . .	12
3.5	実験風景 . . . . .	12
3.6	直交座標系の散布図 . . . . .	15
3.7	極座標系の散布図 . . . . .	16

# 表 目 次

3.1	直交座標での設定方法を行うシステム：グループごとの平均値（単位：秒）	14
3.2	極座標での設定方法を行うシステム：グループごとの平均値（単位：秒）	14
3.3	直交座標系での設定方法を行うシステム：各種値	14
3.4	極座標系での設定方法を行うシステム：各種値	15

# 第 1 章

## はじめに

サラウンドサウンド [1] [2] [3] [4] [5] とは音声を録音再生する方式の一つで、1チャンネルのモノフォニックサウンドや2チャンネルのステレオフォニックサウンドよりも多い3チャンネル以上のスピーカーを使う方式である。サラウンドサウンドはもともと臨場感のある音響を再生するため、映画館などで用いていた技術であった。近年、サラウンドサウンドによる音響再生はDVD-VideoとDVDプレーヤーの普及や地上デジタル放送の開始により「5.1ch サラウンド」として一般家庭にも広まっている。図 1.1 は、5.1ch サラウンドを再現するための5.1ch サラウンドスピーカーシステムの例を示している。家庭用ゲーム機においても Dolby社のサラウンドフォーマットであるドルビーサラウンドプロロジック II[6] や DTS社のサラウンドフォーマットであるDTS デジタルサラウンド [7] を用いたサラウンド対応タイトルは数多く販売している。

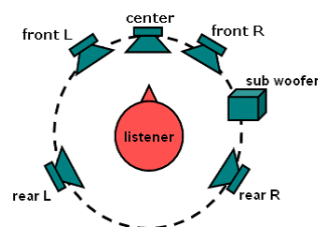


図 1.1: 5.1ch サラウンドスピーカーシステム

そもそも、サラウンドサウンドの開発背景にはよりリアルな立体音響技術 [8] [9] [10] [11] [12] [13] を表現するために多チャンネル表現を行ったということがある。立体音響技術とは、音声を再生する際に聴者の向きに対して前後左右上下にわたり 3 次元的に音声を再生する方式のことである。なお、この感覚上の音が鳴っている位置を音像位置という。立体音響技術において、人間は聴覚の両耳効果を主としてその他学習効果などによって音声の方向や距離といった定位を識別していることは、黒澤明らによる研究 [14] など多数の報告がある。この報告を踏まえた上で、サラウンドサウンドは音声の定位、特に「音に包まれた感じ」について認識判断に高い効果があると織田慎一らが報告 [15] している。

実際に、サラウンドサウンドをサラウンドスピーカーシステム [16] [17] [18] [19] [20] によって制作する際、音像定位を決定するのは各スピーカーの音量バランスである。ただしサラウンドサウンドの制作時に直接各スピーカーの音量バランスを音像ごとに設定することは少なく、基本的にサラウンドサウンド制作者は聴者の向きに対して前後左右上下にわたる 3 次元的な空間上の音像位置を設定することで制作する。音像位置を表現する各スピーカーの音量バランスの決定はサラウンドサウンドの制作システムが行っている。

サラウンドサウンドの制作システムとしてミキシングコンソールがあるが、現在のサラウンドサウンドを制作するためのミキシングコンソールは、サラウンドスピーカーシステムにおける各スピーカーの音量を設定するものであり、聴者の向きに対しての音像位置を設定することに用いることはできない。そこで本研究は聴者の向きに対しての音像位置を設定することに用いる事を想定したミキシングコンソールによるサラウンドサウンド制作について述べる。

サラウンドサウンド制作者が音像位置の設定によりサラウンドサウンドを制作するとき、音像位置の設定方法には 2 種類の設定方法がある。1 つは直交座標系での音像位置の設定方法であり、1 つは極座標系での音像位置の設定方法である。直交座標系での音像位置の設定方法とは、音像を聴者の向きに対して左右前後上下の 3 次元空間位置によって設定する方法である。極座標系での音像位置の設定方

法とは、音像位置を聴者の向きに対しての角度と距離と高さによって設定する方法である。

本研究では、ミキシングコンソールによるサラウンドサウンドにおける音像位置の設定方法として「移動経路を考えないミキシングコンソールによる音像位置の設定は、聴者に対する音像位置の角度のみを変更する際は極座標系での設定方法が向いており、それ以外の場合は直交座標系での設定方法が向いている」という仮説を立てた。この仮説を検証するため、実際に 5ch サラウンドスピーカーシステムに対応したミキシングコンソールにおける音像位置の設定を行うためのシステムを開発し、比較実験を行った。

実験の結果、仮説に対して、直交座標系での設定方法に比べると極座標系での設定方法は聴者に対する音像位置の角度のみを変更する際だけでなく、音像位置の設定において全面的に早くかつ適切な設定方法であるということがわかった。

本論文は全 4 章で構成する。第 2 章でミキシングコンソールによる音像位置の設定について述べ、第 3 章で仮説と検証実験について述べる。最後に第 4 章で研究のまとめを述べる。



## 第 2 章

# ミキシングコンソールによる音像位置 の設定

### 2.1 サラウンドサウンド

サラウンドとは「まわりを取り囲むこと」であり、サラウンドサウンドとは「取り囲む音声」である。サラウンドサウンドにより、音声は聴者を取り囲んでいるような音響効果を得ることができる [1] [2] [3]。サラウンドサウンドは音声を再生する方式として、1チャンネルスピーカー再生であるモノフォニックや2チャンネルスピーカー再生であるステレオフォニックと比較するとより多くのチャンネル数(3チャンネル以上)を有している事が特徴である。従来の音声を再生する方式よりもより多くのスピーカーを有するサラウンドサウンドの開発背景として、サラウンドサウンドは立体音響技術の表現手法である事が挙がる。立体音響技術とは、音声を再生する際に聴者の向きに対して前後左右上下にわたり立体的に音声を再生する方式のことである [8] [9] [10] [11]。この立体音響技術において、感覚上の音が鳴っている位置を音像位置という。また、サラウンドサウンドを実現する手段として3チャンネル以上のスピーカーを使用するサラウンドスピーカーシステムがあり、現在最も一般的なものは6チャンネルのスピーカーを持つ5.1chサラウンドスピーカーシステム [19] [20] である。なお本研究では、サラウンドサウンドを実現する手段としてこの5.1chサラウンドスピーカーシステムから音声の迫力を

出すための低音域専用チャンネルを除いた 5ch サラウンドスピーカーシステムを使用する。5ch サラウンドスピーカーシステムを使用してサラウンドサウンドを実現するとき、音像位置は主に各スピーカーの音量バランスによって決定する。サラウンドサウンドの制作は音像位置ごとに各スピーカーの音量バランスを設定するわけではなく、一般的に聴者の向きに対して前後左右上下にわたる 3 次元空間上の音像位置を設定することで制作する。音像位置を表現する各スピーカーの音量バランスの決定はサラウンドサウンドの制作システムが行っている。ただし現在の 5ch サラウンドスピーカーシステムでの各ボリュームのバランスによる音像位置決定は、聴者の向きに対して前後左右上下にわたる 3 次元空間を表現するには十分ではなく、特に聴者の向きに対して上下方向の音像位置決定が効果的とはいえない [21] のが現状である。そのため、本研究では 5ch サラウンドスピーカーシステムでの音像位置を聴者の向きに対して前後左右にわたる 2 次元平面上に限定する。

## 2.2 ミキシングコンソール

音声を録音再生変換する音響機器において最も一般的な機器のひとつとしてミキシングコンソールがある。ミキシングコンソールとは、複数の音声を混ぜる機器のことである。図 2.1 は一般的な 2 チャンネルスピーカーシステムに対応したミキシングコンソールを表している。この一般的な 2 チャンネルスピーカーシステム



図 2.1: ミキシングコンソール

ムに対応したミキシングコンソールでは、各スピーカーの音量調節やチャンネル制御などにフェーダーを用いる。フェーダーとは電子部品の名称であり、ミキシングコンソールには主に回転型のロータリーフェーダーと直線型のスライドフェーダーがある。図 2.2 と図 2.3 はロータリーフェーダーとスライドフェーダーの実際の写真である。



図 2.2: ロータリーフェーダー



図 2.3: スライドフェーダー

サラウンドサウンドの制作機材はコンテンツによって変化する。制作対象が映画やアニメーションの効果音などの完成したコンテンツである場合は制作に使用する機材として主にコンピュータを用いて制作する。制作対象がライブやコンサートなどの出力音声である場合は制作に使用する機材としてコンピュータよりもミキシングコンソールを用いて制作する事が一般的である。さらにライブやコンサートでは、状況に応じてすばやく制作する必要がある [22]。現在、サラウンドサウンドを制作するためのミキシングコンソールは、サラウンドスピーカーシステムにおける各スピーカーの音量を設定するものであり、聴者の向きに対しての音像位置を設定することに用いることはできない。そこで本研究では聴者の向きに対しての音像位置を設定することに用いる事を想定したミキシングコンソールによるサラウンドサウンド制作について述べる。

## 2.3 音像位置の設定方法

2次元平面上にある点の位置を数学的に表現するには、数字2つの組である座標を用いる [23]。ここから、サラウンドサウンドの制作機材において音像位置を2次元平面上に設定するという事は、機器を用いて音像位置を表す数値を入力することにより音像位置を決定するという事である。また、座標の表現方法としてよく用いる方法に直交座標系と極座標系がある。そのため音像位置を2次元平面上に設定するとき、音像位置の設定方法には一般的に直交座標系での設定方法と極座標系での設定方法の2種類の設定方法がある。直交座標系での音像位置の設定方法とは、聴者の正面をY軸正方向としてX軸に左右方向を、Y軸に前後方向をおいた直交座標を用いる。図2.4は、直交座標系での音像位置設定方法を示している。

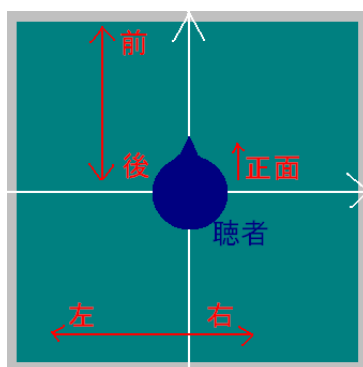


図 2.4: 直交座標系での設定

極座標系での音像位置の設定方法とは、聴者から音像位置までの距離と聴者の向きに対する音像位置の角度で表す。なお、この距離と角度を用いた値は直交座標系に変換が可能であり、式(2.1)と式(2.2)を用いて変換する。

$$x = r \sin \theta \quad (2.1)$$

$$y = r \cos \theta \quad (2.2)$$

式(2.1)と式(2.2)における $r$ は変換前極座標系における原点と音像位置との距離を表し、 $\theta$ は変換前極座標系における原点と音像位置との偏角を表す。 $x$ および $y$

は変換後直交座標系での座標値を表す。また、図 2.5 は、極座標系での音像配置方法を示している。

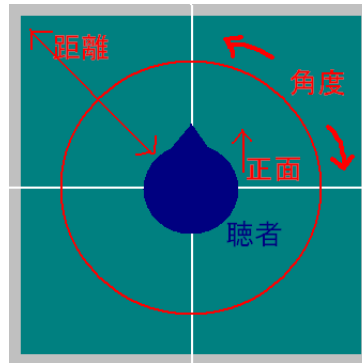


図 2.5: 極座標系での設定

## 2.4 ミキシングコンソールによる設定

ミキシングコンソールによって聴者の向きに対しての音像位置を設定する方法を考えるならば、フェーダーによって音像位置を表す数値を入力することにより音像位置の設定をする事が適切である。この各フェーダーによって音像位置の設定をするには、前述した直交座標系での設定方法と極座標系での設定方法に必要な値を各フェーダーに割り当てる必要がある。どちらの設定方法を行うにしても2つのフェーダーを使用することで実現可能である。直交座標系での設定方法では聴者に対して音像の前後方向を割り当てたフェーダーと左右方向を割り当てたフェーダーの2つ、極座標系での設定方法では聴者から音像位置までの距離を割り当てたフェーダーと聴者の向きに対する音像位置の角度を割り当てたフェーダーの2つとなる。本研究ではこの直交座標系での設定方法と極座標系での設定方法の2種類それぞれがどういった音像位置の設定に向いているのかを仮説を立てて検証する。具体的な検証内容については次章で述べる。

# 第 3 章

## 仮説と検証

### 3.1 仮説

前章で述べたミキシングコンソールによる音像位置の設定における、直交座標系での設定方法と極座標系での設定方法の 2 種類それぞれが、どういった音像位置の設定に向いているのかについて以下に述べる。ただし、本研究では音像位置を変更する際における移動経路は考えないこととする。このとき入力する値について着目すると、サラウンドサウンドの制作者が聴者の向きに対して前後左右にわたる二次元平面上に音像位置を指定することから、音像位置の設定は基本的に、前後方向と左右方向の値をフェーダーに割り当てた直交座標系での設定方法が向いている。一方、音像位置を聴者に対する音像位置の角度のみを変えることで移動する場合においては、聴者の向きに対する音像位置の角度をフェーダーに割り当てた極座標系における設定方法が向いている。よって、ここで「移動経路を考えないミキシングコンソールによる音像位置の設定は、聴者に対する音像位置の角度のみを変更する際は極座標系での設定方法が向いており、それ以外の場合は直交座標系での設定方法が向いている」という仮説を立てる。音像位置の設定を行う作業時間を評価基準として、どういった音像位置の設定に向いているのかを検証する。これはミキシングコンソールをライブやコンサートなど、状況に応じてすばやく制作する必要がある状況で用いる事を想定することによる。本研究ではこの仮説を、実際にミキシングコンソールのインターフェースであるフェーダー

により音像位置を設定するシステムを制作し、実験を行うことによって検証を試みる。

## 3.2 実験装置の仕様説明

実験には2種類のシステムを使用する。2種類のシステムはそれぞれ、直交座標系での設定を行うシステムと極座標系での設定を行うシステムから成る。この2種類のシステムは、ロータリーフェーダーはつまみ、スライドフェーダーはレバーを用いて実装を行った。図3.1と図3.2はつまみとレバーの実際の写真である。



図 3.1: つまみ



図 3.2: レバー

2種類のシステムに共通する機能は、つまみとレバーから入力を受け取ることによって音像位置を設定し実際に5chサラウンドスピーカーシステムの音量バランスを決め音声出力する。今回の実装では5chサラウンドスピーカーシステムの音量バランスを決定する仕組みは、一般的な開発環境であるDirectXの機能Direct Sound 3D[24]によるものである。Direct Sound 3Dは1チャンネルの音声データと音声データの3次元空間上位置を入力とする。この入力から音声データを指定した3次元空間上位置から鳴っているかのごとく聞こえるように、立体音響技術[8]によって各スピーカーの音量バランスを決定する。この音量バランスを決定した音声を、5チャンネルの音声として出力する。また、音像位置を設定する様子は画面上で直行座標平面によって確認することが出来る。この直行座標平面は聴者の向きに対して左方向を負のX値・右方向を正のX値とし、聴者の向きに対して前方向を正

の Y 値・後ろ方向を負の Y 値として座標系を成している。図 3.3 は画面上の直行座標平面を表す。

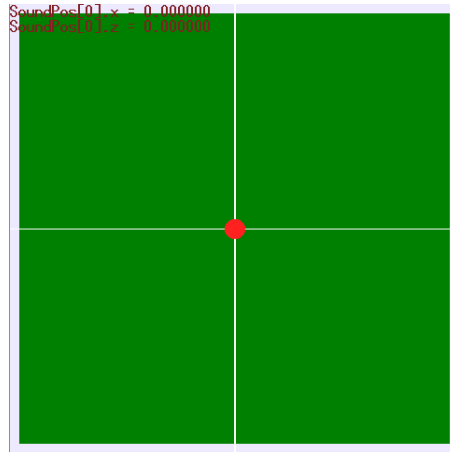


図 3.3: 画面上の直行座標平面

2種類のシステムの異なる機能は、つまみとレバーで入力する値である。直交座標系での設定を行うシステムはつまみからの入力が音像位置の X 値に対応し、レバーからの入力が音像位置の Y 値に対応する。極座標系での設定を行うシステムはつまみからの入力が音像位置と聴者との角度に対応し、レバーからの入力が音像位置と聴者との距離に対応する。比較実験のため、音像位置の設定に用いる値以外は2種類のシステムに差はない。

### 3.3 実験方法

実験参加者は平均年齢 21.1 歳（最高 24 歳、最低 21 歳）の東京工科大学学生 28 人である。実験装置として本章第 2 節で述べたシステムを用いる。実験参加者がディスプレイおよび入力装置とスピーカー 5 つを設置した中心に座り、実験を行う。以下の図 3.4 は、実験参加者とシステムの配置を示している。また図 3.5 は実際に行った実験の様子である。実験は直交座標系での設定方法によるシステムと極座標系での設定方法によるシステムそれぞれに対し、実験参加者が音像位置を画面上で確認することができる状態とできない状態にて行う。また、音像位置を画面上で



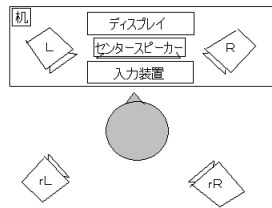


図 3.4: 配置図



図 3.5: 実験風景

確認できる状態を先に実験したか確認できない状態を先に実験したかによる差を調べるために、実験参加者をグループとグループに分ける。グループは先に音像位置を画面上で確認できる状態にて実験を行う。その後、音像位置を画面上で確認できない状態にて実験を行う。グループはグループとは逆の順で実験を行う。実験は音像位置の設定を行う作業時間を評価基準とする。実験は3つの手続きにそって音像位置を設定し、項目ごとの作業時間を記録する。実験はそれぞれの項目ごとに実験実施者による「はじめ」の合図から実験参加者が「おわり」と告げるまでの時間を作業時間とする。実験参加者 20 人全員においてすべての項目における作業時間を計り、実験結果とする。呈示刺激には、断続的なホワイトノイズを用いる。なお、このホワイトノイズは 16bit 44.1kHz 1チャンネルの PCM データである。このデータを本章第 2 節で述べた Direct Sound 3D によって 5チャンネルの音声に変換し出力する。

### 3.4 手続き

実際に使用した手続きは、聴者に対する音像位置の角度のみを変えるもの、聴者に対する音像位置の距離のみを変えるもの、聴者に対する音像位置の距離と角度を変えるものの3種類である。上記3つの手続きを直交座標系での設定方法を行うシステムと極座標系での設定方法を行うシステムそれぞれに対して、さらに実験参加者が音像位置を画面上で確認することができる状態とできない状態にて実験を行う。そのため、合計 12 項目の手続きを 1 人の実験参加者に対して行う。整理した手続きを以下に挙げる。

1. 直交座標系での設定方法を行うシステムを使う
  - A. 音像位置を画面上で確認できる
    - A1. 聴者に対する音像位置の角度のみを変える
    - A2. 聴者に対する音像位置の距離のみを変える
    - A3. 聴者に対する音像位置の角度と距離を変える
  - B. 音像位置を画面上で確認できない
    - B1. 聴者に対する音像位置の角度のみを変える
    - B2. 聴者に対する音像位置の距離のみを変える
    - B3. 聴者に対する音像位置の角度と距離を変える
2. 極座標系での設定方法を行うシステムを使う
  - A. 音像位置を画面上で確認できる
    - A1. 聴者に対する音像位置の角度のみを変える
    - A2. 聴者に対する音像位置の距離のみを変える
    - A3. 聴者に対する音像位置の角度と距離を変える
  - B. 音像位置を画面上で確認できない
    - B1. 聴者に対する音像位置の角度のみを変える
    - B2. 聴者に対する音像位置の距離のみを変える
    - B3. 聴者に対する音像位置の角度と距離を変える

### 3.5 結果

検証実験の結果を以下に示す。以下に示す表の列にある A1～A3 と B1～B3 はそれぞれ前節で提示した手続きと対応している。まず実験データをもとに、システムごとにおける実験グループ別の平均値を割り出した。結果、直交座標系での設定方法を行うシステムでは B2 の手続きでのみグループ間に差があった ( $t$  検定,  $p < 0.05$ )。極座標系での設定方法を行うシステムでは差はなかった。表 3.1 と表 3.2 はシステムごとにおける実験グループ別の平均値を示す。

表 3.1: 直交座標での設定方法を行うシステム：グループごとの平均値（単位：秒）

	A1	A2	A3	B1	B2	B3
グループ	6.11	3.89	6.00	20.33	8.28	23.41
グループ	6.26	5.12	6.49	11.55	13.60	18.33

表 3.2: 極座標での設定方法を行うシステム：グループごとの平均値（単位：秒）

	A1	A2	A3	B1	B2	B3
グループ	3.16	1.55	4.83	7.89	2.01	10.71
グループ	3.42	1.16	4.26	7.96	1.89	9.55

次にシステム別の各種値と標準偏差を割り出した。表 3.3 と表 3.4 はシステム別の各種値と標準偏差を示す。

表 3.3: 直交座標系での設定方法を行うシステム：各種値

	A1	A2	A3	B1	B2	B3
最小値	2.89	1.57	2.34	3.07	2.17	2.80
中間値	5.61	4.17	5.53	11.50	9.69	15.20
最大値	10.01	8.18	13.15	45.59	24.40	70.35
平均値	6.19	4.50	6.25	15.94	10.94	20.87
分散	4.69	3.13	8.46	138.25	25.06	328.13
標準偏差	2.17	1.77	2.91	11.76	5.01	18.11

表 3.4: 極座標系での設定方法を行うシステム：各種値

	A1	A2	A3	B1	B2	B3
最小値	1.90	0.55	2.10	3.01	0.42	3.32
中間値	2.86	1.26	4.54	7.88	1.57	9.19
最大値	5.88	3.34	7.37	13.18	4.59	19.09
平均値	3.29	1.36	4.55	7.93	1.95	10.13
分散	1.65	0.42	1.65	8.80	1.26	20.91
標準偏差	1.29	0.65	1.28	2.97	1.12	4.57

次にシステム別の散布図を割り出した。図 3.6 と図 3.7 はシステム別の散布図を示す。

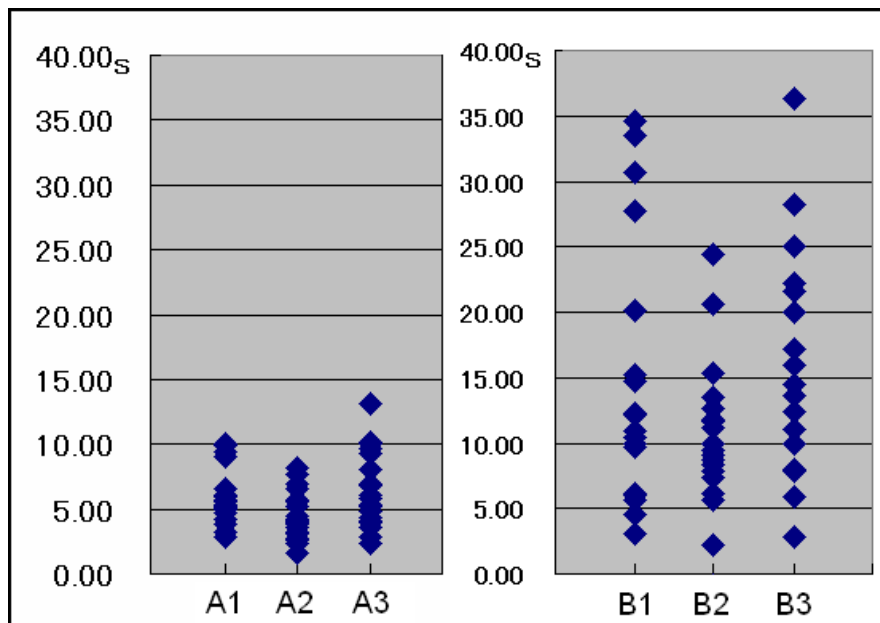


図 3.6: 直交座標系の散布図

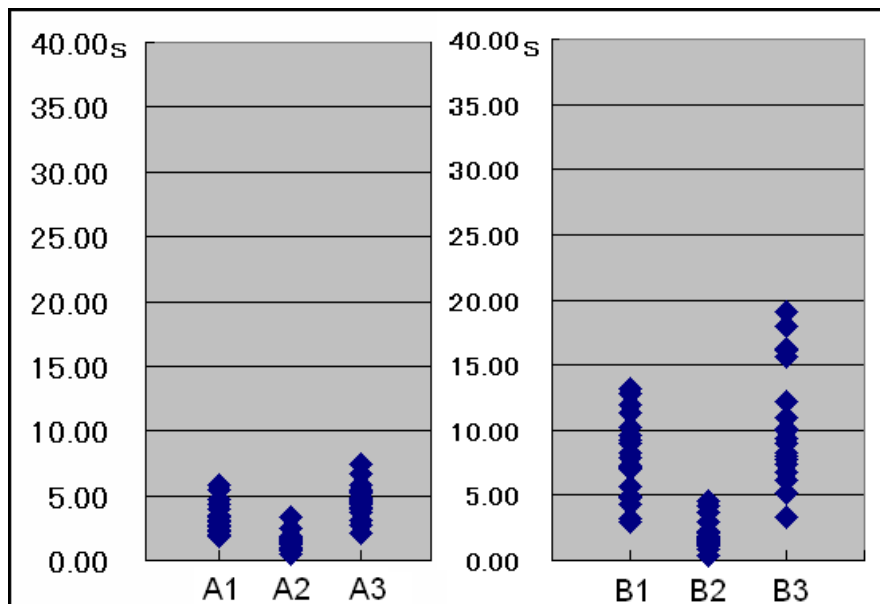


図 3.7: 極座標系の散布図

### 3.6 分析と考察

まず、システムごとの グループと グループを比較する。これは音像位置を画面上で確認できる状態での実験を先に行うかどうかは音像位置設定の作業時間に影響があるかどうかを調べるためである。3.1 から、直交座標系での設定方法を行うシステムの グループと グループについて全ての手続きごとに  $t$  検定を行った。すると、音声のみで聴者に対する音像位置の距離のみを変える手続きを行った実験において、 グループの方が長い作業時間がかかっているという差があった ( $t$  検定,  $p < 0.05$ )。これにより直交座標系での設定方法を行うシステムにおいて、音声のみでは聴者に対する音像位置の距離を設定しづらいのではないということがわかる。ただし音像位置を画面上で確認できる状態での実験を先に行う事でこの設定のしづらさを改善できるようだ。しかし、極座標系での設定方法を行うシステムのグループと グループについて全ての手続きごとに  $t$  検定を行ったところ、差がなかった。極座標系での設定方法を行うシステムにおいて、音像位置を画面上で確認したことがあるかないかは関係性のないことであることがわかる。

次に、直交座標系での設定方法を行うシステムと極座標系での設定方法を行うシステムを比較する。表 3.3 と表 3.4 から見てとることができるように、全ての手続きにおいて極座標系での設定方法を行うシステムの作業時間が早いことがわかる。これは特に音像位置を画面上で確認できない手続きにおいて顕著である。また、それぞれのシステムにおける各手続きにおける標準偏差から見てとることができるように、極座標系での設定方法を行うシステムの方が少ない散布であることがわかる。これは、システム別手続きごとの散布図である図 3.6 と図 3.6 からも見えてとることができる。以上の考察から、極座標系での設定方法を行うシステムは直交座標系での設定方法を行うシステムと比較して作業時間が少なく、聴者に対する音像位置の距離を移動する場合特に有効であることがわかる。

本研究では入力する値について着目し、「移動経路を考えないミキシングコンソールによる音像位置の設定は、聴者に対する音像位置の角度のみを変更する際

は極座標系での設定方法が向いており、それ以外の場合は直交座標系での設定方法が向いている」という仮説を立てた。これに対し実験を行った結果、直交座標系での設定方法に比べると極座標系での設定方法は聴者に対する音像位置の角度のみを変更する際だけでなく、音像位置の設定において全面的に早くかつ適切な設定方法であるということがわかった。

## 第 4 章

### まとめ

本研究では聴者の向きに対しての音像位置を設定することに用いる事を想定したミキシングコンソールによるサラウンドサウンド制作において、入力する値について着目すると、移動経路を考えないミキシングコンソールによる音像位置の設定は、聴者に対する音像位置の角度のみを変更する際は極座標系での設定方法が向いており、それ以外の場合は直交座標系での設定方法が向いているという仮説を立てた。仮説を検証するために実際にミキシングコンソールのインターフェースであるフェーダーにより音像位置を設定するシステムを制作し、実験を行うことによって検証を試みた。実験の結果、仮説に対してミキシングコンソールによる音像位置の設定において直交座標系での設定方法に比べると極座標系での設定方法が、音像位置の設定において全面的に早くかつ適切な設定方法であるということがわかった。

今後の課題として、本研究では扱わなかった移動経路を考えた音像位置の設定を行う場合では音像位置の設定にどのような変化があるのか、また複数音像位置の設定を連続で行う場合は結果にどのような問題が発生するのかなどを考えていかなければならないだろう。



## 謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心で厳しいご指導をしていただきました本校メディア学部の渡辺大地講師に深く感謝いたします。さらに、様々な助言をしていただいた三上浩司先生、中村太戯留先生、小澤賢侍先生、伊藤彰教先生、吉岡英樹先生に心より感謝いたします。また、日ごろから多くの助言をしていただき、実験にも快く協力していただいたゲームサイエンスプロジェクトの諸氏に感謝いたします。中でも研究室内外で常に研究について語ってくれた渡邊貴純氏には深く感謝いたします。そして、本研究を進めるにあたりモチベーションを与えてくれる、くじけそうなときは支えてくれる、時には厳しく律してくれる、検証実験には実験参加者として多くの協力者が名乗りあげてくれる、そんな、素晴らしき仲間が集う、東京工科大学内サークルの「Creative Staff」とサークル内の多くの仲間へ深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 小谷野進司, “サラウンドサウンド方式の歴史と技術”, 技術情報誌「PIONEER R & D」 Vol.16 No.2 pp83-90, 2006.
- [2] 小谷野新司, 太田佳樹, “サラウンドサウンド方式とオーディオアンプ”, IEEJ Journal Vol.125 No.4 pp229-232, 2005.
- [3] Mark F. Davis, “History of Spatial Coding”, J. Audio Engineering Society Vol.51 No.6 pp554-569, 2003.
- [4] 小林修三, “サラウンドサウンドの生理心理的影響に関する研究”, 長野高専 電子情報工学科 卒業研究発表会 Vol.14 No.1, 2007.
- [5] 石井駿祐, “5.1 サラウンドシステムの研究及びそれに基づくコンテンツ制作”, 東京工科大学メディア学部, 卒業論文, 2006.
- [6] ドルビーラボラトリーズ, ホームエンターテイメント  
ステレオからサラウンドへ ドルビープロロジック II,  
  
<[http://www.dolby.co.jp/consumer/home\\_entertainment/  
stereosurround.html](http://www.dolby.co.jp/consumer/home_entertainment/stereosurround.html)>.
- [7] Digital Theater Systems Japan online, DTS フォーマット DTS Digital Surround,

<[http://http://www.dtstech.co.jp/function/#LI\\_a](http://http://www.dtstech.co.jp/function/#LI_a)>.

- [8] 小宮山撰, “音が立体的に聞こえるメカニズム”, 電子情報通信学会誌 Vol.86 No.6 pp437-438, 2003.
- [9] 黒瀬祥世, 田中利幸, 多氣昌生, “音源の奥行き定位に関する基礎的検討”, 電子情報通信学会総合大会公演論文集 pp65, 1995.
- [10] 山崎芳男, “人間の聴覚と音場制御”, Journal of Information Processing Society of Japan Vol.36 No.3 pp244-252, 1995.
- [11] 山本健一郎, 苗村健, 原島博, “3次元センサとトランスオーラル処理を用いた音像の定位”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol.5 No.3, 2000.
- [12] B. Atal and M. R. Schroeder, “Apparant sound source translator”, Journal of the Acoustcal Society of America Vol.41 No.1 pp263-264, 1967.
- [13] 猿渡洋, 立蔵洋介, 鹿野清宏, “M出力N入力の一般的な制御問題とその解法”, 日本音響学会誌 Vol.61 No.7 pp380-385, 2005.
- [14] 黒澤明, 都木徹, 山口善司, “頭部伝達関数と方向弁能力について”, 日本音響学会誌 Vol.38 No.3 pp145-151, 1981.
- [15] 織田慎一, 進藤光信, 佐藤史明, 橘秀樹, 買手正浩, “マルチスピーカ方式シミュレーション音場の解析”, 日本建築学会大会学術梗概集 pp1715-1716, 1994.
- [16] 古見芳幸, 穂刈治英, 島田正治, “立体音像再生に関するスピーカ配置の検討”, 電子情報通信学会論文誌 Vol.J83-A No.7 pp920-923, 2000.
- [17] 古見芳幸, 穂刈治英, 島田正治, “拡声受聴系における立体音像再生に関する検討”, 電子情報通信学会技術研究報告 vol99 No.394 pp9-16, 1999.

- [18] 火山浩一郎, 大久保洋幸, 小宮山撰, “拡散音場の空間的印象を再現するのに最適な音源配置の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.101 No.251 pp25-32, 2000.
- [19] 藤倉威聡, 大久保洋幸, 小宮山撰, 柴山秀雄, “楽音を用いた空間的印象に基づく多チャンネル音場再生に関する検討”, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.101 No.709 pp47-53, 2002.
- [20] 古川大空, 降旗建治, “5.1ch サラウンド再生におけるスイートスポット特性”, 信州大学工学部, 2004.
- [21] 我妻悠, 宮坂栄一, “マルチチャンネルスピーカを用いた音の上下方向感について”, 日本音響学会春期研究発表会講演論文集 1-10-13 pp361-362, 2005.
- [22] 池戸和幸, “PA における位相管理と音像定位”, 映像情報メディア学会誌 Vol.57 No.7 pp789-791, 2003.
- [23] ジョージ・アレン・アンド・アンウイン社著, “現代数学百科(矢野健太郎訳)”, 講談社, 1968.
- [24] MSDN Library Japan, Direct Sound,  
  
<[http://msdn.microsoft.com/library/ja/default.asp?url=/library/ja/DirectX9\\_m/directx/sound/directsound.asp](http://msdn.microsoft.com/library/ja/default.asp?url=/library/ja/DirectX9_m/directx/sound/directsound.asp)>.