

2006年度 卒業論文

音声ゲームにおける
立体音響技術の有用性に関する研究

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 M0103035
石渡 哲也

2006年度 卒業論文概要

論文題目

音声ゲームにおける
立体音響技術の有用性に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0103035

氏名

石渡 哲也

指導
教員

渡辺 大地講師

キーワード

音声ゲーム、立体音響、
3D サウンド、サラウンドスピーカシステム

視覚情報を持たない、音声のみで表現したコンピュータゲーム（以下、音声ゲーム）は、視覚障害者向けのゲームソフトなどを中心に、今までに多くの開発事例がある。しかしその多くのソフトは、普段から音声情報を大きな手がかりとして周囲の状況を認知している視覚障害者と違い、視覚から多くの情報を取り入れ、その情報を頼りに生活をしている晴眼者にとっては遊びづらい傾向にある。その一方で、音響表現技術は日々進歩を見せ、立体的な音響表現も一般的なものとなりつつある。そしてこのような技術は、音声ゲームにおいても積極的に取り入れられるようになってきている。しかし音声ゲームで立体音響技術を利用することは、音源位置を認知することにおいて有用な技術かどうかは明らかになっていない。

そこで本研究では、音声ゲームへの利用がいまだに進んでいない立体音響技術の一つであるサラウンドスピーカシステムに注目をした。そしてこの技術を活用した音声ゲームを用いた実験を行うことにより、音源位置の認知においての有用性を示そうとした。その結果、サラウンドスピーカシステムを用いることの効果は個体差が大きく、一概に有用な技術であるとはいえないことがわかった。

目次

| | | |
|-------|----------------------|----|
| 第1章 | はじめに | 1 |
| 第2章 | 音声ゲームと立体音響技術について | 3 |
| 2.1 | 音声ゲーム | 3 |
| 2.1.1 | 国内の視覚障害者向けゲーム | 3 |
| 2.1.2 | 国外の視覚障害者向けゲーム | 6 |
| 2.1.3 | 一般向けの音声ゲーム | 8 |
| 2.2 | 立体音響技術 | 8 |
| 2.2.1 | 3D サウンド | 9 |
| 2.2.2 | サラウンドスピーカシステム | 10 |
| 第3章 | 検証方法について | 12 |
| 3.1 | 実験内容 | 12 |
| 3.1.1 | 実験用音声ゲームについて | 13 |
| 3.1.2 | 実験方法 | 15 |
| 3.1.3 | アンケートについて | 16 |
| 3.2 | 実験結果 | 17 |
| 3.2.1 | クリアタイム | 17 |
| 3.2.2 | アンケート | 18 |
| 第4章 | 分析・考察 | 21 |
| 4.1 | クリアタイムによる分析・考察 | 21 |
| 4.2 | アンケート、インタビューによる分析・考察 | 24 |
| 4.3 | 分析・考察のまとめ | 25 |
| 第5章 | まとめ | 26 |
| | 謝辞 | 27 |
| | 参考文献 | 28 |

第 1 章

はじめに

音声ゲームは、主に視覚障害者向けのコンピュータゲームを中心として開発が進んでいる。しかし、普段から視覚情報に頼らず日々の生活を送っている視覚障害者と違い、晴眼者は視覚情報を大きな情報源として活用し、聴覚からの情報は副次的なものとして扱いながら生活をしている。そのため、音声ゲームをプレイする際、視覚障害者にとっては認知できるものであっても、晴眼者には判断することが難しい傾向にある。

人間が音源の位置を把握するためには主に視覚と聴覚を利用しているが、その両方から情報を得ることができる場合、腹話術効果と呼ばれる現象が起こるとされている。これは、音源の位置を把握するためには音声情報よりも視覚情報が優位に働くということを示す現象であり、それに関する研究は過去に多く行われてきた [1] [2] [3]。

このことは、晴眼者が普段の生活中、音源の位置を把握するために視覚情報を一番の判断材料として活用していることを裏付けており、また同時に音声情報のみを用いて音源の位置を判断しているわけではないことも示している。晴眼者は視覚障害者と違い、音声情報のみを利用することにより音源の位置を知ること慣れていないために、音声のみにより音源の位置を把握することができない。

その一方で、近年音響表現技術は進歩を続け、立体的な音響表現も一般的な技術となりつつある。実際、最近のコンピュータゲーム開発において開発者は立体

音響技術を積極的に活用しており、3D サウンドやサラウンドスピーカシステムに対応しているゲームは数多く発売している [4]。また、音声ゲームにおいても立体音響技術を利用した研究はすでに行われており、大内誠らの研究 [5] では、視覚障害者の能力を向上させるためのコンテンツとして、3D サウンドの技術を利用したゲームを開発している。そして石川祐樹の研究 [6] においては、3D サウンドとサラウンドスピーカシステム両方の技術を利用したゲーム開発を試みている。

しかし、これらの技術を利用したことによって、晴眼者が音源の位置を認知しやすくなるのかどうかについては触れておらず、このような技術が音声ゲームにとって有用なものなのかどうかは、いまだにわかっていない。

そこで本研究では、立体音響技術の中でもサラウンドスピーカシステムに注目をし、晴眼者が音声ゲームをプレイする際、サラウンドスピーカシステムを用いることによって音源の位置をより把握しやすくなり、ゲームプレイをよりスムーズに行うことができるようになるのではないかという仮説を立て、その仮説を検証することを目的とする。その検証方法として、実際にサラウンドスピーカシステムに対応した 3D 音声ゲームを制作し、それを用いた比較実験を行った。その結果、音声ゲームにおいてサラウンドスピーカシステムを用いることの効果というものには個体差が大きく、一概に有用な技術であるとはいえないことがわかった。

第 2 章

音声ゲームと立体音響技術について

本章では、これまでに開発が行われてきた音声ゲームと、そこで用いられている立体音響技術について述べる。

2.1 音声ゲーム

多くの音声ゲームは、視覚障害者向けとして企業や個人が開発を進めてきた。そこで本節では、視覚障害者向けのゲームにはどのようなものがあり、そしてどういった状況になっているのかということについて、国内と国外に大別して述べる。また、一般向けとして発売となったソフトも少ないながら存在するので、これらについても触れることにする。

2.1.1 国内の視覚障害者向けゲーム

日本における視覚障害者向けのゲーム開発は、決して活発な動きを見せているとは言い難く、本格的なものとなると前章で触れたものを含め、まだほとんど行われていないのが現状である。ソフトの本数が少ないことに加え、そのほとんどが簡単なカードゲームを音声のみで実現しているようなものであり、現在の一般的なコンピュータゲームソフトとは、内容的に大きな差がある。

そういった中、日本障害者ソフトが株式会社タイトーの全面協力を得て、2003年に「スペースインベーダー フォーブラインド」[7] というタイトルを発売している。これは、1978年に世界的な大ヒットを記録し、国内でも大きな社会現象にまでなった「スペースインベーダー」を、ゲームシステムはまったく変えずに、目が見えなくてもプレイできるようにガイド役となる効果音を追加し、視覚障害者対応版としてリリースしたものである。以下の図 2.1 は、「スペースインベーダー フォーブラインド」のタイトル画面である。



図 2.1: 「スペースインベーダー フォーブラインド」タイトル画面

このゲームの特徴は、既存のゲームをそのまま障害者向けに作り変えたものであるという点である。そのため、今までの「スペースインベーダー」では視覚情報によって認知させていた部分を、音声情報によってプレイヤーに伝えなければならず、さらにもともと「スペースインベーダー」で鳴っていた効果音はそのまま残っているため、結果として非常に多くの音を用いて表現しており、状況を認識しづらくしている。

また、視覚情報によって認知させていた部分の音声化の方法についても問題点

がある。普段ならば物体などの位置を認知するためには、晴眼者は視覚情報を主に利用している。しかし、音声ゲームでは物体の位置を知るためにも、音声情報のみをもとに判断しなければならない。そういった状況をこのゲームでは、シンボリックな音を利用することによって解決している。

ここでいうシンボリックな音とは、あるひとつの音に対して、ひとつの意味を対応させた音のことを指す。現実世界での例を挙げると、踏み切りで電車が通過することを知らせる「カーン、カーン、カーン、カーン」という警報がこれにあたる。その警報が鳴るということと、電車が通過するということが一対一の関係にあり、シンボリックな音としての役割を果たしている。

このゲームにおける例を挙げると、自機がシェルターの裏に隠れているときに鳴る音（以下、シェルター音）というものが用意されており、この音はシンボリックな音であるといえる。シェルター音が鳴ることと、自機がシェルターの裏に隠れているということが一対一の関係にあり、シェルター音が鳴っているか否かを聞き分けることにより、状況を判断することができるというわけである。以下の図 2.2 は、自機がシェルターの裏に隠れておらず、シェルター音は鳴っていない状況である。また図 2.3 は、自機がシェルターの裏に隠れており、シェルター音が鳴っている状態を示している。

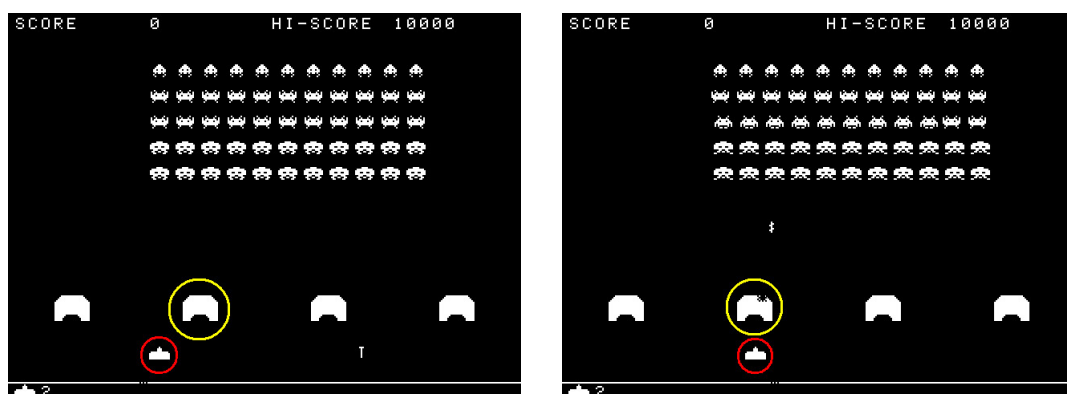


図 2.2: 自機（赤丸）がシェルター（黄丸）の裏に隠れていない
図 2.3: 自機がシェルターの裏に隠れている

しかし、普段からシンボリックな音のみを聞くことによって状況を判断することに慣れていない晴眼者にとっては、これらの判断をゲーム開始当初からすることは難しく、また、このような方法に慣れるためにも多くの時間がかかってしまい、結果として晴眼者にとっては混乱が生じやすい、敷居の高いゲームとなっている。

2.1.2 国外の視覚障害者向けゲーム

一方で海外に目を向けてみると、日本とは少し様子が変わってくる。音声ゲーム専門の開発会社があることや、視覚に障害を持つゲーマー向けのオンライン季刊誌「Audyssey Gaming Magazine Online!」 [8] があることなど、明らかに日本よりも盛り上がりを見せており、ゲームソフト自体も日本よりは活発に開発が行われている。

カナダのGMA ゲームズ社から1998年に発売となった「Shades of Doom」 [9] は、それまでのテキストメニューを中心に構成したゲームにちょっとしたパズルやミニゲームを組み込んでいる類のものとは違い、アクションに重点を置いたゲームである。また、同じくGMA ゲームズ社から発売となった「GMA Tank Commander」 [10] は精巧な戦争シミュレーションゲームで、プレイヤーは音声を頼りにしながら使命を果たしたり、戦車に向けて発砲したり、さまざまな方向から飛来してくるミサイルをかわしたりしながらゲームを進めていくことが必要なものとなっている。

また、ユトレヒト芸術大学 (Utrecht School of the Arts) に当時在学していた Richard van Tol 氏、Sander Huiberts 氏、Hugo Verweij 氏の3名は、10~14才の視覚障害を持った子供を対象としたノンビジュアルコンピュータゲーム「drive」 [11] を開発した。以下の図 2.4 は、「drive」のタイトル画面、およびプレイ画面である。

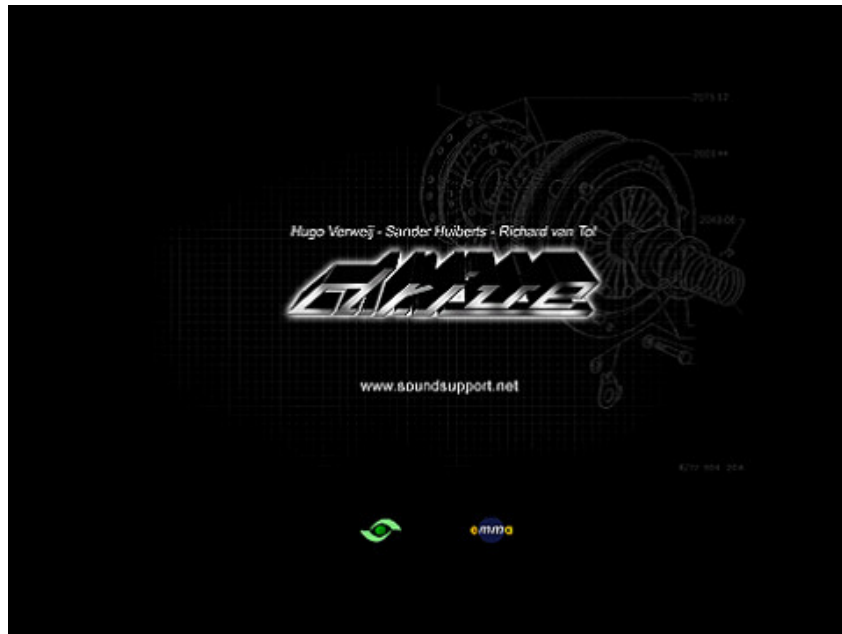


図 2.4: 「Drive」タイトル および プレイ画面

このゲームの特徴は、リアリティのある音響表現を実現することや BGM の速さと車の速度を比例させるなどの工夫を施すことにより、プレイヤーの認知を手助けしようとしている点にある。これにより、ある程度音声ゲームのわかりづらさを改善することに成功しているが、音源の場所を認知させることに関しては他のゲームと同様にあまり改善されておらず、すべての問題が解決したとはいえない。

このように、視覚障害者用のソフトを開発するという意識で難易度を下げたゲームの開発をするという意識ではなく、音声をベースにした面白いゲームを開発しようとする考え方になり、日本よりは一般的なゲームに近い内容のものを開発できている。しかし、上で挙げたようなアクションゲームやレースゲームを音声情報のみを頼りにプレイするにあたり、ヘッドフォンやスピーカによるステレオ環境でプレイした場合には、やはりどうしても音源が自分の前にあるのか後ろにあるのかを判断することは困難である。そのため、特に 3D ゲームの開発には立体音響技術の利用が効果を発揮すると考えられ、その有用性は依然不透明なまま

となっている。

2.1.3 一般向けの音声ゲーム

過去には一般向けの音声ゲームが発売になったことも少ないながら存在するので、ここでは過去に話題となった作品と、最近発売となった作品の2タイトルについて取り上げる。

1作目は過去に話題となった作品を紹介する。セガサターン専用ソフトとして、1997年7月18日に「リアルサウンド ～風のリグレット～」[12]というタイトルが発売となった。リアルサウンドシリーズは、映像を一切使用せず、音だけでプレイをすることをコンセプトとしたコンピュータゲームのシリーズであり、その中でも「風のリグレット」は恋愛をテーマにした第1作目にあたる作品である。視覚情報を利用せず、音声のみで表現したコンピュータゲームであるので、本研究で取り扱う音声ゲームと合致する内容になっている。

しかしその内容は、ラジオドラマにプレイヤーが選択肢を選ぶという行為を付け加えたようなものであるため、本研究で問題視しているような音源位置の認識を必要としないゲームであり、問題点を避けた作品であるといえる。

2作目は最近発売となった作品を紹介する。ゲームボーイ アドバンス用のソフトとして、2006年7月27日に「Soundvoyager」[13]というタイトルが発売となった。このソフトは、「bit Generations」シリーズとしてリリースとなったソフトの中のひとつで、聞こえてくる音を頼りに画面を見ないでプレイする新感覚ゲームとして売り出している。

このゲームでもステレオヘッドフォンを着用することが前提としてあり、音源位置の前後を把握することに対する配慮を十分にしているとはいえない。

2.2 立体音響技術

これまで挙げた音声ゲームの中には、立体音響技術を利用することによってプレイヤーの認知を少しでも助けようとする試みがなされている。そこで本節では、

音声ゲームにおいてすでに普及が進んでいる技術である3Dサウンドと、まだほとんど利用されていない技術であるサラウンドスピーカシステムについて述べる。

2.2.1 3D サウンド

立体音響技術のひとつである3Dサウンドは、コンピュータゲームでは積極的に活用されるようになった技術であり、音声ゲームにおいても利用が進んでいる技術である。ここでは、3Dゲーム開発で広く利用されているDirectXのコンポーネント群の中のひとつである、DirectSound [14] [15]における3Dサウンドについて述べていく。

DirectSoundの3Dサウンドでは、音源位置の認識を以下の要素に考慮することで実現している。

- 全体的な音量。音源がリスナーから遠ざかると、認識される音量は一定速度で減少する。この現象はロールオフと呼ばれる。
- 聴感上の強度の違い。リスナーの右方向で発生した音は、左耳より右耳の方で大きく聞こえる。
- 到達のずれ。たとえば、リスナーの右方向で発生した音は、左耳より少しだけ早く右耳に到達する。このずれは、約1ミリ秒である。
- 消音。耳が前向きについていることと、その形状のために、リスナーの後ろ方向で発生した音は、前で発生した音に比べてかすかに弱くなっている。さらに、右方向で音が発生した場合、左耳に届く音は、頭部に遮られることと左耳の向きによって弱まる。
- 耳たぶの効果。耳たぶは、異なる方向から発せられるサウンドの高さとタイミングを変え、音源の位置についての微妙な手がかりを脳に伝える。このエフェクトの背景にある数学的理論を頭部伝達関数 [16] (Head Related Transfer Function. 以下、HRTF) と呼ぶ。

DirectSound ではこれらのことを実現することにより、2つのスピーカやヘッドフォンでも立体的な音響表現を可能としている。しかし、これらいずれの現象も人によって個人差がある部分なので、効果も人それぞれとなっており、全員がその効果を体感できるものとはなっていない。特に HRTF は個人特有のものであり、最大限効力を発揮するためにはプレイヤーの HRTF を計測し、ゲームに適用させる必要が生じてくる。

2.2.2 サラウンドスピーカシステム

サラウンドスピーカシステムとは、音に囲まれた状況を作り出すことを目的として研究が進められている技術である。コンシューマ向けのコンピュータゲームにおいては、ドルビープロロジック II [17] という方式を採用していることが多く、ゲーム中のリアルタイムな場面においても 5.1 チャンネルサラウンドシステムに対応したタイトルは増えてきており、比較的 5.1 チャンネルのホームシアターセットが安価になったことから、サラウンドスピーカシステムを利用してコンピュータゲームを楽しむ土壌は広がりつつある。しかし、音声ゲームにおいてはまだほとんど利用が進んでおらず、その有用性についてはいまだに不透明である。

サラウンドスピーカシステムと 3D サウンドの一番の大きな違いは、後ろに音源がある場合、前者は実際に後ろから音が出るが、後者は前から出る音にエフェクトをかけることにより、あたかも後ろから出た音であるように錯覚を起こさせることで表現する点にある。後者の方法だと前述したとおり、個人の差というものを吸収するためにはその人個人のデータを計測しなければならず、現状では現実的であるとはいえない。それに対して前者の方法だと、実際に音に囲まれた環境を作り出すことができるため、個人の差を考慮することなく立体的な音響表現を実現できる。

そこで本研究では、サラウンドスピーカシステムを音声ゲームに取り入れることにより、プレイヤーが音源位置を認知しやすくなり、晴眼者でもプレイしやすい音声ゲーム開発が可能になるのではないかと仮説を立て、この仮説を検証

することとする。

具体的な検証方法について、次章で述べる。

第 3 章

検証方法について

本研究では、前章で立てた仮説の検証方法として、実際にサラウンドスピーカシステムに対応した音声ゲームを制作し、比較実験を行うことによって検証を試みた。そこで本章では、今回行った実験の内容について述べ、次に実験結果を示す。

3.1 実験内容

今回行った実験は、サラウンドスピーカシステムを利用して音声ゲームをプレイした場合、通常のステレオ環境でプレイした場合よりも正確に音源の位置を認識することができ、ゲームプレイがよりしやすくなるのではないかとという仮説を検証するために行った。以下にその実験の流れを簡単に示す。

1. 今回の実験用に用意した音声ゲームを、ステレオ環境、またはサラウンド環境でプレイしてもらう
2. ゲームをクリアするまでのタイムを計測する
3. 簡単なアンケート・インタビューを実施する

次に、この流れに沿いながら、細かな内容について述べていく。

3.1.1 実験用音声ゲームについて

ここでは、今回の実験で用いた音声ゲーム「Sounds Flagged You!」(以下、SFY!)について述べる。

「SFY!」のゲーム内容は、一定のフィールド内に立っているフラッグを取得していき、計4本のフラッグを取得するまでのタイムを競うというものである。フラッグからは絶えず音が出ており、その音を目指していくことによりフラッグを取得していくため、音声情報のみでプレイ可能なゲームである。以下の図 3.1 は、「SFY!」の説明書である。

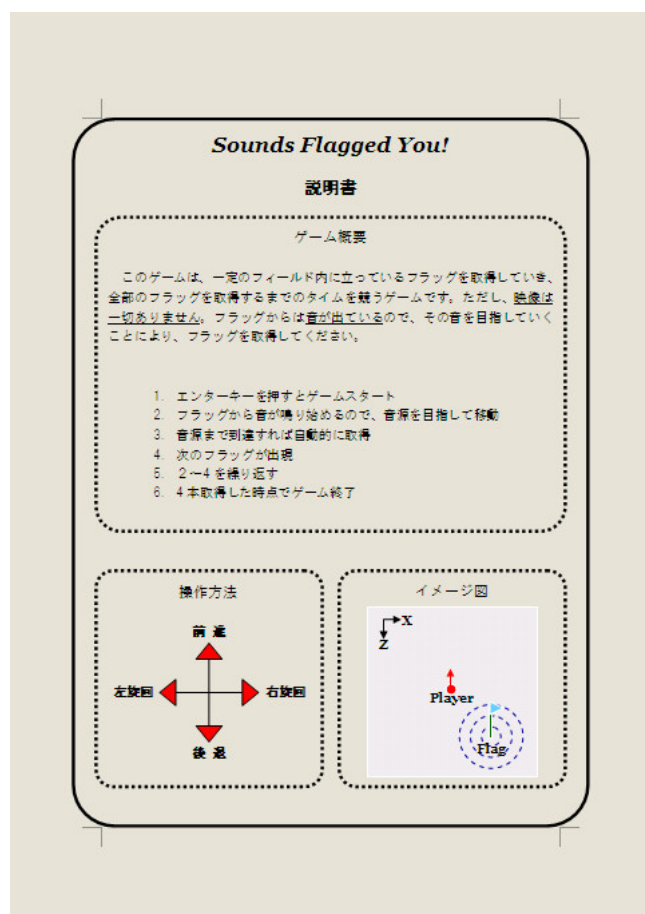


図 3.1: 「SFY!」の説明書

開発には、音声部分を前述の DirectSound で記述しており、その他のシステム

部分は3DグラフィックツールキットであるFK System [18] を用いた。以下の図3.2は、開発段階で必要となったためにFK Systemを用いて3DCGを制作し、それを画面に表示するバージョンの「SFY!」プレイ画面である。

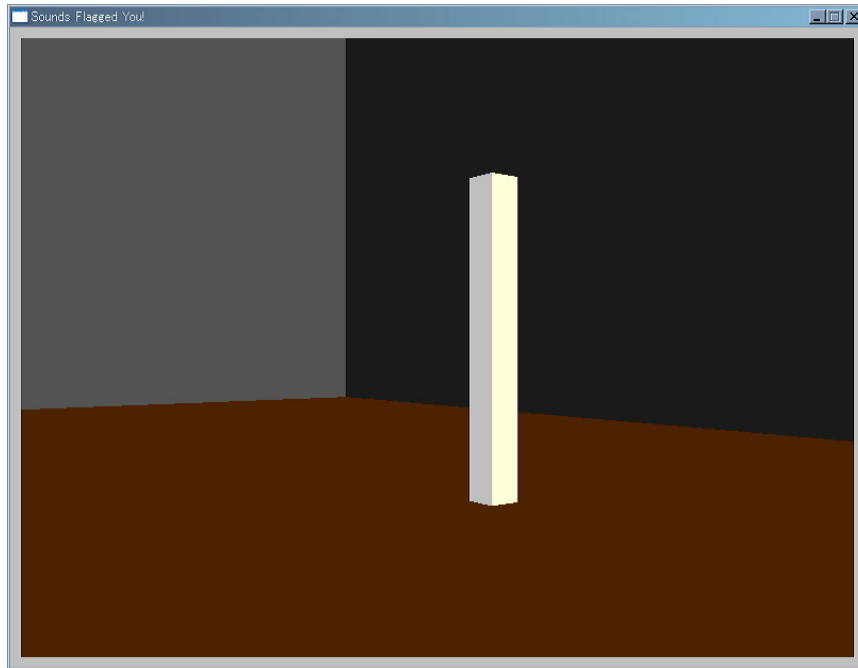


図 3.2: 「SFY!」画面

図 3.2 中の白い立方体はフラッグを表しており、プレイヤーはそこから出ている音を頼りに近づいていき、音源まで到達すると自動的にフラッグを取得する。すると、次のフラッグが出現し音が出始めるので、またそこを目指していくこととなり、これを繰り返すことによって全フラッグの取得を目指す。

以上のような音声ゲームを、今回の実験のために計4バージョン用意した。その内訳は、フラッグの配置が違うものを2種類と、ステレオ環境対応版、5.1チャンネルサラウンド対応版の2種類をそれぞれ用意し、それらの組み合わせで計4つのコンテンツを用意した。

なお今回の4バージョンすべてにおいて、3Dサウンドもあわせて実装した。また、5.1チャンネルサラウンド対応版は、サブウーファーから出力されるLFE (Low

Frequency Effects) を音源の位置を認識するためには必要ではないため、利用していない。そのため、今回の実験では5チャンネル分しか使用していないが、コンテンツ自体はLFEを利用できるように開発したので、本稿では5.1チャンネル対応版と表記する。

3.1.2 実験方法

次に、具体的な実験方法について述べていく。

まず、被験者には簡単なゲームを数回プレイしてもらおうということを伝え、図3.1で示したゲームの説明書を読んでもらう。その後、被験者を機械的にA、B、Cの3つに班分けし、それぞれに対応した実験を試みる。以下に3つの班とそれぞれの実験内容を示す。

- A班：1回目をステレオ環境、2回目をサラウンド環境でプレイしてもらい、それぞれクリアタイムを計測する。その後、A班用に用意したアンケートに回答してもらおう。
- B班：1回目と2回目をステレオ環境、3回目をサラウンド環境でプレイしてもらい、それぞれクリアタイムを計測する。その後、B班用に用意したアンケートに回答してもらおう。
- C班：1回目、2回目共にサラウンド環境でプレイしてもらい、それぞれクリアタイムを計測する。

そして最後に、今回の実験の内容を説明し、簡単なインタビューを実施して、実験を終了する。

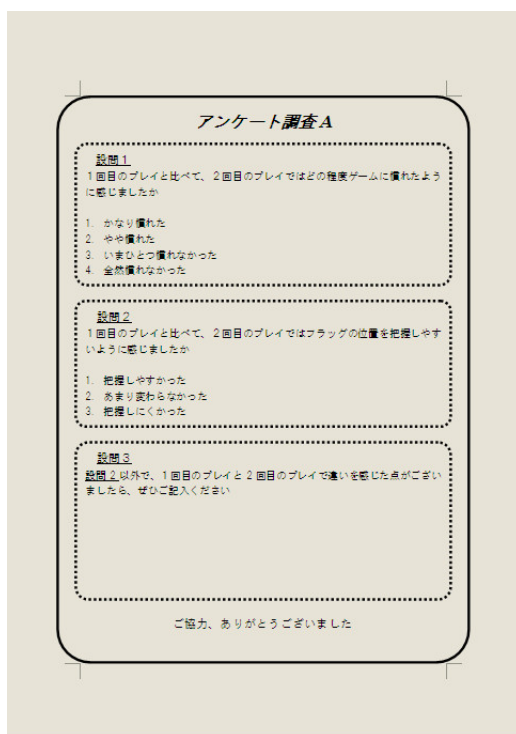
以上のような流れで実験を進め、それぞれの班で15人ずつサンプルをとった。クリアタイムを計測した理由は、このタイムが早いほどフラッグの位置を認知することが容易であったとし、1回目のタイムと2回目のタイムの変化の割合を比較することによって、それぞれの環境での差を計ろうとしたためである。また、B班

における3回目のサラウンド環境でのプレイは、アンケートを行うために実施したものであり、クリアタイムは参考までに計測した。

C班については、A班とB班の比較だけでは不足していた部分が出てきたために、追加して行った実験である。そのため、サンプル数は8人とほかの班よりも少なく、アンケートも行わなかった。これに関しては次章で詳しく述べることにする。

3.1.3 アンケートについて

ここでは、今回の実験で実施したアンケートの内容を示していく。以下の図 3.3 はA班用に、図 3.4 はB班用に用意した実際のアンケート用紙である。



アンケート調査A

説明1
1回目のプレイと比べて、2回目のプレイではどの程度ゲームに慣れたように感じましたか

1. かなり慣れた
2. やや慣れた
3. いまひとつ慣れなかった
4. 全然慣れなかった

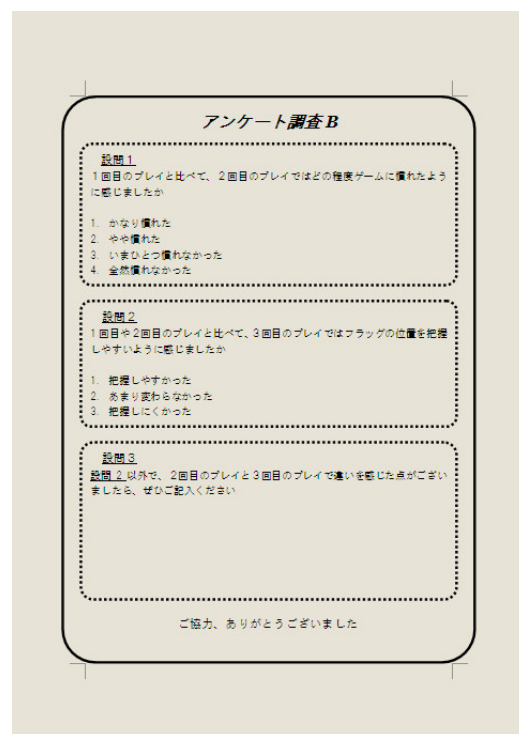
説明2
1回目のプレイと比べて、2回目のプレイではフラッグの位置を把握しやすさを感じましたか

1. 把握しやすかった
2. あまり変わらなかった
3. 把握しにくかった

説明3
説明2以外で、1回目のプレイと2回目のプレイで違いを感じた点がございましたら、ぜひご記入ください

ご協力、ありがとうございました

図 3.3: アンケート (A班用)



アンケート調査B

説明1
1回目のプレイと比べて、2回目のプレイではどの程度ゲームに慣れたように感じましたか

1. かなり慣れた
2. やや慣れた
3. いまひとつ慣れなかった
4. 全然慣れなかった

説明2
1回目や2回目のプレイと比べて、3回目のプレイではフラッグの位置を把握しやすさを感じましたか

1. 把握しやすかった
2. あまり変わらなかった
3. 把握しにくかった

説明3
説明2以外で、2回目のプレイと3回目のプレイで違いを感じた点がございましたら、ぜひご記入ください

ご協力、ありがとうございました

図 3.4: アンケート (B班用)

今回のアンケートとインタビューについては、クリアタイムには表れない感覚的な部分での違いを知る目的で行った。A班用とB班用に分けてはいるが、内容

はまったく同じものとなっている。

設問1では、1回目のプレイから2回目のプレイにかけて、どの程度ゲームに慣れたように感じたかを4択で答えてもらった。これにより、A班とB班で慣れという部分に対してどのような差が出るかを知ろうと試みた。設問2では、ステレオ環境とサラウンド環境では、どちらのほうがフラッグの位置を把握しやすいように感じたかを3択で答えてもらった。これにより、ステレオ環境とサラウンド環境での認知における感覚的な違いを知ろうと試みた。設問3では、ステレオ環境とサラウンド環境のプレイにおいて、設問2以外の違いを感じた点があったら自由に記述してもらった。これにより、こちらが想定していないような違いがあるのかどうか、もしあった場合、どのような違いがあるのかを知ろうと試みた。

3.2 実験結果

本節では、今回行った実験の結果を、クリアタイムとアンケートに分けて以下に示す。

3.2.1 クリアタイム

以下の図3.5は、各班のクリアタイム変化率をグラフとしてまとめたものである。

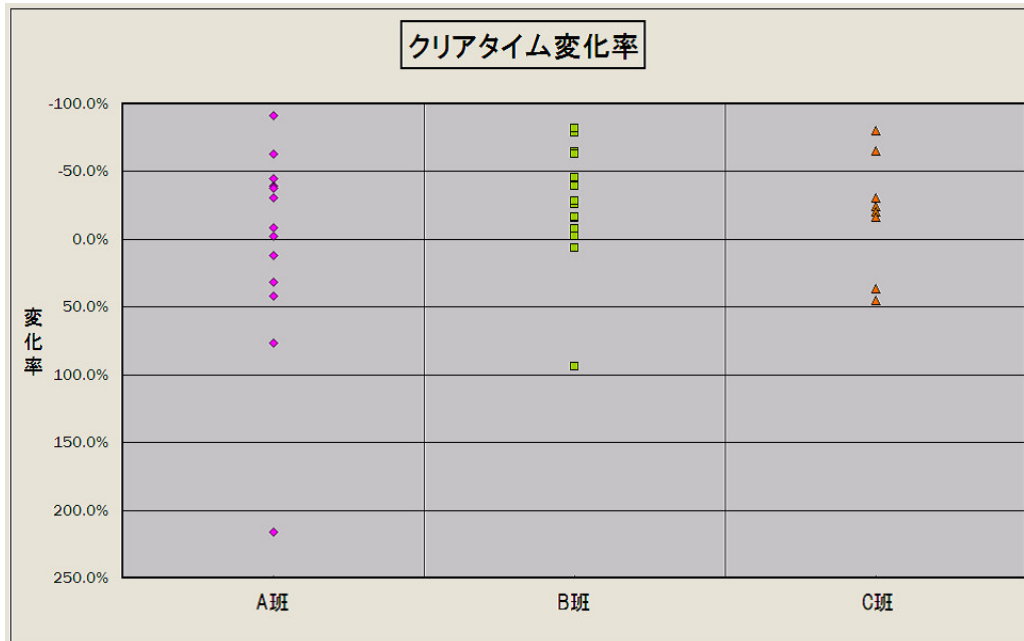


図 3.5: クリアタイム変化率

ここでいうクリアタイム変化率とは、1回目のタイムと2回目のタイムがどの程度変化しているのかを割合で示したものであり、変化率を h 、1回目のタイムを t_1 、2回目のタイムを t_2 とすると、以下のように示されるものである。

$$h = -100(1 - t_2/t_1) \quad (3.1)$$

式 3.1 によって表される h が負の値ならば2回目にタイムを縮めたことになり、より小さい値になればなるほどタイムを縮めた割合が大きいことを示している。

このクリアタイム変化率をもとにした分析は次章で行う。

3.2.2 アンケート

以下の表 3.1 は A 班のアンケート結果、表 3.2 は B 班のアンケート結果をまとめたものである。

表 3.1: A 班のアンケート結果

| A班 | | | |
|----|-----|-----|--|
| | 設問1 | 設問2 | 設問3 |
| 1 | 2 | 2 | 音の聞こえ方は変わらなかったけど、なぜか1回目よりうまく音の方へ行けなくて苦戦しました。 |
| 2 | 1 | 1 | 音の位置を特定しやすいように感じた。 |
| 3 | 1 | 1 | 通り過ぎたときとかがわかりやすかった。 |
| 4 | 3 | 2 | 2回目は近づいたときに、フラッグの位置が把握しにくかった。 |
| 5 | 2 | 1 | |
| 6 | 1 | 1 | |
| 7 | 2 | 2 | |
| 8 | 1 | 1 | 遠近感がよくわかるようになった。 |
| 9 | 2 | 1 | |
| 10 | 2 | 1 | 奥行きを意識しやすくなった。 |
| 11 | 2 | 1 | 音が後ろから聞こえた。 |
| 12 | 1 | 1 | |
| 13 | 2 | 1 | 2回目の方が感覚がつかめた。旋回がどの程度なのか、まだなれない。 |
| 14 | 3 | 3 | 遠くにあるときにわかりにくかった。 |
| 15 | 1 | 1 | |

表 3.2: B 班のアンケート結果

| B班 | | | |
|----|-----|-----|--|
| | 設問1 | 設問2 | 設問3 |
| 1 | 1 | 1 | 空間の広がりがつかみやすくなった。 |
| 2 | 1 | 1 | 特に後ろの音がわかりやすかった。確かに目をつぶったら場所を把握しやすかった。 |
| 3 | 1 | 2 | 3回目の方が音の位置の変化量が細い感じがしました。 |
| 4 | 2 | 2 | 特になし。あえて言うなら、効果音に厚みがあるかも。 |
| 5 | 2 | 1 | リズムに乗れた。 |
| 6 | 1 | 1 | |
| 7 | 2 | 2 | |
| 8 | 1 | 1 | 立体感があったようななかったような…。 |
| 9 | 2 | 1 | |
| 10 | 1 | 2 | 慣れてきたからかもしれないが、自分が回転したときフラッグがどこから聞こえてくるのかが、3回目の方がわかりやすかった(気がする)。 |
| 11 | 1 | 1 | 3回目の方がより後ろから音が聞こえてきた。 |
| 12 | 3 | 1 | 位置による音の出方が大げさになっているように感じ、把握は結果としてしやすく感じた。 |
| 13 | 1 | 3 | 音が小さくて、遠いとわかりにくかった。近くまでいけると、逆にわかりやすくなった気がした。 |
| 14 | 1 | 1 | |
| 15 | 1 | 1 | 方向がよりわかりやすくなった…かも。 |

これをもとにした分析は次章で行う。

第 4 章

分析・考察

本章では、前章で示した実験の結果をもとに分析、考察を行い、本研究で立てた仮説の検証を行っていく。その際、分析データをクリアタイムとアンケート、インタビューの大きく 2 つに分け、以下に述べる。

4.1 クリアタイムによる分析・考察

本節では、クリアタイムをもとに分析、考察を行う。

まず、A 班と B 班を比較する。以下の表 4.1 は、A 班のクリアタイムとその変化率における各種値、表 4.2 は、B 班のクリアタイムとその変化率における各種値である。

表 4.1: A 班のクリアタイムとその変化率における、平均値・最小値・最大値・中央値

| | A班 | | |
|-----|---------------|----------------|--------|
| | 1回目 (ステレオ) | 2回目 (サラウンド) | 変化率 |
| 平均 | 126.246 | 94.793 | -0.7% |
| 最小値 | 48.890 | 34.016 | -91.4% |
| 最大値 | 529.735 | 358.344 | 216.2% |
| 中央値 | 84.704 | 65.812 | -30.9% |

表 4.2: B 班のクリアタイムとその変化率における、平均値・最小値・最大値・中央値

| | B班 | | | 参考 | |
|-----|---------------|---------------|--------|----------------|--------|
| | 1回目 (ステレオ) | 2回目 (ステレオ) | 変化率 | 3回目 (サラウンド) | 変化率 |
| 平均 | 141.408 | 77.896 | -27.4% | 83.325 | 11.6% |
| 最小値 | 49.172 | 41.203 | -81.7% | 45.907 | -52.1% |
| 最大値 | 371.188 | 137.844 | 94.1% | 201.235 | 120.4% |
| 中央値 | 99.281 | 83.703 | -28.4% | 62.032 | 16.4% |

表 4.1 と表 4.2 を見る限り、いずれの値についても大きな違いは無く、サラウンドスピーカシステムを用いることがプレイヤーの認知を助け、晴眼者でもプレイしやすいゲーム開発に有用な技術であるとは、一概にいえないことがわかる。特に今回の実験で注目すべきである、1 回目と 2 回目のクリアタイム変化率に関していえば、B 班のほうが A 班よりも比率が大きく、ステレオ環境でのプレイがよりクリアタイムを短縮しているという結果になった。

ただし、A 班の 2 回目にあたるサラウンド環境でのプレイは、1 回目がステレオ環境でのプレイであったため、2 回ともまったく同じステレオ環境でプレイした B 班とは慣れの部分で大きな差が出た可能性がある。そこで、2 回ともサラウンド環境でプレイする C 班を用意し、1 回目と 2 回目のクリアタイム変化率を比較することにした。

以下の表 4.3 は、C 班のクリアタイムとその変化率における各種値である。

表 4.3: C 班のクリアタイムとその変化率における、平均値・最小値・最大値・中央値

| | C班 | | |
|-----|----------------|----------------|--------|
| | 1回目 (サラウンド) | 2回目 (サラウンド) | 変化率 |
| 平均 | 93.768 | 53.110 | -19.6% |
| 最小値 | 31.235 | 31.454 | -80.6% |
| 最大値 | 242.953 | 92.703 | 45.1% |
| 中央値 | 63.391 | 47.360 | -22.1% |

表 4.3 を見ると、C 班のクリアタイム変化率は A 班よりも向上したものの、B 班を上回るということにはなかった。そのため、音声ゲームにおけるサラウンドスピーカシステムの有用性は確認できなかった。

次に、クリアタイムのデータを細かく見ていくことにする。すると、A 班のほうが B 班よりも数値にばらつきがあるように見え、そのことは図 3.5 でも確認ができる。そこでクリアタイム変化率の標準偏差をそれぞれ計算してみることにした。以下の表 4.4 は、A 班のクリアタイムとその変化率における標準偏差を示しており、表 4.5 は、B 班のクリアタイムとその変化率における標準偏差を示している。

表 4.4: A 班のクリアタイムとその変化率における標準偏差

| | A班 | | |
|------|---------------|----------------|------|
| | 1回目 (ステレオ) | 2回目 (サラウンド) | 変化率 |
| 標準偏差 | 115.406 | 77.099 | 71.3 |

表 4.5: B 班のクリアタイムとその変化率における標準偏差

| | B班 | | | 参考 | |
|------|---------------|---------------|------|----------------|------|
| | 1回目 (ステレオ) | 2回目 (ステレオ) | 変化率 | 3回目 (サラウンド) | 変化率 |
| 標準偏差 | 94.933 | 26.328 | 41.6 | 47.526 | 48.2 |

その結果、A班は71.3、B班は41.6となり、A班のほうがクリアタイム変化率にばらつきがあることがわかる。実際、サラウンド環境でプレイしている人を観察していると、環境の変化に戸惑っているように見える人と、しっかりと認知に役立てているように見える人とで、その差がはっきりと分かれているように感じることがよくあった。したがって、サラウンド環境で音声ゲームをプレイする際、認知に対する個体差が大きくあり、結果として音声ゲームにおけるサラウンドスピーカシステムの有用性にも個体差が大きいようであるということがわかった。

4.2 アンケート、インタビューによる分析・考察

本節では、アンケート結果と被験者へのインタビューをもとに分析、考察を行う。

アンケートの設問1では、1回目から2回目にかけてどの程度ゲームに対して慣れたように感じたかということをお答えもらった。その結果、かなり慣れたと答えた人がA班で6人、B班で10人、やや慣れたと答えた人がA班で7人、B班で4人、今ひとつ慣れなかったと答えた人はA班で2人、B班で1人となり、B班のほうがA班よりもより慣れたと感じており、A班は1回目と2回目で環境が違うということや、サラウンド環境自体に慣れていない人がいることが影響したと推測できる。そのため、このことがクリアタイム変化率に影響を与えることも考えられるので、C班の実験を追加して行った。

次に設問2では、ステレオ環境とサラウンド環境では、どちらのほうがフラッグの位置を認知しやすかったかということを知るための設問を用意し、お答えもらった。その結果、30人中21人がサラウンド環境のほうが認知しやすかったと答え、7人がどちらもあまり変わらないと答え、2人がステレオ環境のほうが認知しやすかったと答えている。この設問に関してはA班とB班の間に大きな違いはなく、多くの方がサラウンド環境のほうがフラッグの位置を認知しやすいと感じているようだ。しかし、どちらもあまり変わらないという答えも結構あり、またステレオ環境のほうが認知しやすい人も少なからずいるようであり、個体差が大きくなるといえる。

最後に設問3では、設問2以外でステレオ環境とサラウンド環境における違いがあれば記述してもらった。その結果、サラウンド環境のほうが後ろにある音の認知がしやすかったという意見や、奥行き、遠近感を感じやすくなったという意見など、仮説に対して肯定的なものが多くあった。しかし一方で、遠くに音源がある場合に聞き取りにくかったという意見や、その反対に近づいたときにわかりにくかったという意見があるなど、仮説に対して否定的なものもあることや、人によってまったく逆の意見が出てくるなど、ここでも個人で感じ方に大きな違いがあることを示す結果となった。

被験者へ行ったインタビューでは、主に音声ゲームに対してどのような感想を抱いたかということ进行调查するために実施した。その結果、今回のような簡単なゲームであっても、やはり普段からこのようなゲームに慣れていないためか、多くの人が難しいと感じたようで、サラウンド環境でプレイしたとしても音声ゲームの難解さは解消できなかった。しかしそれと同時に、面白いという意見も聞くことができたため、晴眼者にとっても魅力的なゲームであることが確認できた。

4.3 分析・考察のまとめ

今回行った実験の結果、プレイヤーが音源位置を認識するためにサラウンドスピーカシステムは必ずしも有用な技術であるとはいえず、個人差が大きいことがわかった。そのため、音声ゲームを晴眼者にとっても無理なく遊べるものにするためには、さらなる別の技術の利用や、音響表現の工夫が必要であると思われる。

第 5 章

まとめ

本研究では、音声ゲームにおいてステレオ環境でのプレイよりも、サラウンドスピーカシステムを利用した環境でプレイしたほうが、音源位置の特定をしやすくするのではないかという仮説を立て、それを実証するために実際にサラウンドスピーカシステムを用いた音声ゲームを制作し、比較実験を行った。その結果、サラウンド環境でのプレイではステレオ環境でのプレイよりも、認知力に大きな個体差が生じることがわかり、サラウンドスピーカシステムを利用することによって晴眼者でも無理なく遊ぶことができる音声ゲームを開発できるとは、一概にはいえないことがわかった。

しかし、本研究で行った実験はゲームのプレイ回数がとても少ないため、数多くプレイした場合には、サラウンド環境のほうがステレオ環境よりもプレイしやすくなるという可能性があり、さらなる実験を試みる必要がある。また、今回の実験で用いた音声ゲームは非常に音の数が少ない、単純なゲームであったが、それとは違った内容の音声ゲームにおいてはどのような結果になるか、検証してみる必要がある。

それに加え、今回は立体音響技術の利用によってプレイヤーの認知を助けようと試みたが、このほかにも様々な方法によってプレイヤーの認知を手助けすることが考えられるため、それらについても引き続き検討してみる必要もある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心な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、山路和紀兼任講師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メンバーと、本校メディア学部の諸氏に感謝いたします。特に、実験用の音声ゲーム開発を手厚くサポートして下さった本校大学院メディアサイエンス博士後期課程竹内亮太氏、本校メディア学部ゲームサイエンスプロジェクトの鈴木裕海氏、佐藤和弥氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Stratton G.M., “Vision without inversion of the retinal image”, Psychol. Rev. 4, 341-360, 1897.
- [2] Young P.T., “Auditory localization with acoustical transposition of the ears”, J. Exp. Psychol. 11, 399-429, 1928.
- [3] Willey C.F., Inglis E., Peace C.H., “Reversal of auditory localization”, J. Exp. Psychol. 21, 114-130, 1937.
- [4] ドルビーラボラトリーズ, ドルビーとライフスタイル ゲーム,
<<http://www.dolby.co.jp/consumer/games/index.html>>.
- [5] 大内誠, 岩谷幸雄, 鈴木陽一, 棟方哲弥, “汎用聴覚ディスプレイ用ソフトウェアエンジンの開発と音空間知覚訓練システムへの応用”, 日本音響学会誌, Vol.62, No.3, pp.224-232, 2006.
- [6] 石川祐樹, “立体音響システムを用いた視覚障害者向けゲーム開発に関する研究”, 東海大学第二工学部電気工学科電気工学専攻卒業論文要旨, 2004,
<<http://www.yc.ycc.u-tokai.ac.jp/ns/sudolab/ishikawa.pdf>>.
- [7] 日本障害者ソフト, スペースインベーター フォーブラインド,
<<http://homepage2.nifty.com/JHS/spi.html>>.

- [8] Michael Feir, Audyssey Gaming Magazine Online!,
<<http://www.angelfire.com/music4/duffstuff/audyssey.html>>.
- [9] GMA Games, Shades of Doom, <<http://www.gmagames.com/sod.html>>.
- [10] GMA Games, GMA Tank Commander,
<<http://www.gmagames.com/gtc1.html>>.
- [11] AudioGames.net, drive, <<http://www.audiogames.net/drive/>>.
- [12] フリー百科事典「ウィキペディア」, リアルサウンド,
<<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AA%E3%82%A2%E3%83%AB%E3%82%B5%E3%82%A6%E3%83%B3%E3%83%89>>.
- [13] 任天堂, bit Generations 「Soundvoyager」,
<http://www.nintendo.co.jp/n08/bit_g/soundvoyager/index.html>.
- [14] MSDN Library Japan, DirectSound,
<http://msdn.microsoft.com/library/ja/default.asp?url=/library/ja/directx9_m/directx/sound/directsound.asp>.
- [15] 鎌田茂雄 “DirectX 逆引き大全 500 の極意”, 秀和システム, 2006.
- [16] J. Blauert, “Sound localization in the median plane”, *Acustica*. vol.22, 205-213, 1969.
- [17] 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,
<http://www.dolby.co.jp/consumer/home_entertainment/stereosurround.html>.
- [18] 渡辺大地, FK Tool Kit System, <<http://www.media.teu.ac.jp/~earth/FK/>>.