

平成 18 年度 公立はこだて未来大学卒業論文

**SHADOW SHOOTING**  
— 画像認識と影を利用したシューティングゲーム —

加藤 瑞樹

情報アーキテクチャ学科 m1203109

指導教員 迎山 和司

提出日 2007 年 1 月 31 日

**SHADOW SHOOTING**  
— A shooting game with image recognition and shadow —

by

Mizuki KATO

BA Thesis at Future University-Hakodate, 2007

Advisor: Kazushi MUKAIYAMA

Department of Media Architecture

Future University - Hakodate

January 2007

**Abstract**– The research aims at perceptiveness manipulation of shooting game to use image recognition and shadow.

Recently computer capability and performance of computer's peripheral, for example, camera, sensor and so on, have been evolved. At the same time, they have been used easily by us. Therefore, inputting body and gesture has been used by researching interfaces and creating interactive arts.

Camera for personal computer has been used by many users, for example, to do video chat on the Internet. So, Contents using camera has been increasing, for example, art works, security technology and so on. Some researchers has used camera and computer vision for making new computer interface .

In field of video game, intuitive new game using human movement has been born. Video game industrials declined because many people stopped playing video game for the reason that to control video game has become difficult. When new game console was soled, the number of game controller's button increased. Many video game players could not accept this increasing. And video game creators also have received very huge burden. Improvement game consoles have given them very large costs to make video game software. Especially, progress of computer graphics has provided them high burden. As in the case of family console games, arcade game has fallen int desuetude, especially shooting game and fighting game. Because these game categories have become very difficult to play for new comer. These were only accepted by gamer playing very long time. In November 2004, a radically new portable game solved these problems. This purpose was any person standing same start-line. This portable game had many new interfaces, touch screen, microphone, and so on. Now January 2007, this has spread rapidly thanks to new comers which had not played video game at all, or had stopped playing. This portable game also has been nice partner for game creators because costs of creating this game softs is very low. So, creators can concentrate not to think making costs but idea of exciting video game. New console game having same purpose and radically new game controller which looks like TV remote control had been received by many persons in Japan, America, and Europe.

And so, I made 'SHADOW SHOOTING' that is a shooting game to use shadow motion and researched how to play the game with body motion to use this game. In this game player's shadow is a main character and attacks many enemies using some shots and directly attack. Player's attacks vary with shadow information, for example, motion, size, direction and so on. For recognizing shadow informations, I used computer camera and image analysis.

From November 27 2006 to December 1, I displayed 'SHADOW SHOOTING' on my lab exhibition and made some person play it for examining this works gives them fun. In the result, playing with shadow motion made fun. However, low accuracy of recognizing shadow motion worked not to control just as designed and not to create variety of game play. And game visual is also important to make a good game.

Future, it's necessary to add variety and accuracy of control to this work. And for exciting play, game visual and effect need be improved with drawing upon other shooting games. Finally, new style playing game must have been researched and also to researching what is the fun in the traditional games is very important.

**Keywords:** shadow recongition, perceptiveness manipulation, video game

概要: 画像認識を利用した身体動作を伴った直感的な操作と、その操作を効果的に生かした作品を研究した。

近年、コンピュータの処理能力の向上や、センサやカメラ等のコンピュータの周辺機器の性能が急速に進歩している。同時に、それらを扱うためのソフトウェアも扱いやすくなり、かつ高性能化している。そんな中、身体やその一部のジェスチャ等の動きを入力とする、新しいコンピュータへの入力操作の研究やインタラクティブアート作品への応用が盛んに行われるようになった。

インターネット上でビデオチャットする等、パーソナルコンピュータつまり PC 用カメラは一般にも普及し始めていた。そのためカメラを利用したセキュリティや芸術作品等のコンテンツの開発も活発化していた。研究分野でも、カメラと画像処理技術を利用することで、人の動きや存在をコンピュータに認識させ、新しい形のコンピュータの操作方法を開発する研究が盛んに行われていた。

そして、ゲーム分野にも身体動作や日常の動作を利用した直感的であり、かつ新感覚の遊びが誕生し始めた。ゲーム産業はゲームの遊び方の複雑化によりゲームを遊ぶことから遠ざかる人が増え、衰退を始めていた。新型ゲーム機が発売される毎に、ゲームを操作するコントローラに搭載されるボタン数が増加する等、遊ぶ側に負担がかかっていた。さらに、ゲームを制作する制作会社も、コンピュータグラフィックスの強化等のゲーム機の高性能化により開発費用の高騰のため、開発の負担が増加していった。また、ゲームセンターやアミューズメント施設に設置されるアーケードゲーム機の代表であった格闘ゲームやシューティングゲーム等の一部のゲームジャンルは、ゲームの高難度化や操作の複雑化により特定の人のみにしか受け入れられず、衰退の道を歩んでいた。以上の問題を解決する 1 つの答えが、誰もが同じスタートラインに立てるという目標を掲げた新しい遊び方を広く提供する新しい携帯型ゲーム機であった。そのゲーム機は、今までゲームにまったく興味を持たなかった人や、ゲームの複雑化によってゲームから離れてしまった人に受け入れられた。開発側も 3D のコンピュータグラフィックスに掛かる高コストを削減でき、見た目の派手さよりも、ゲームとしてのおもしろさを追求したゲームの開発に力を注ぐことが可能となった。同様の目標を掲げた全く新しいリモコン方のコントローラを搭載した新型の家庭用据え置き型ゲーム機も、日本のみならず欧米でも広く受け入れられた。

そこで、影の動きで操作するシューティングゲーム「SHADOW SHOOTING」を制作し、身体動作に伴ったゲームの遊び方について研究した。「SHADOW SHOOTING」は、プレーヤの影がゲームの主要キャラクターとなり、次々と現れる敵キャラクターを倒す作品である。プレーヤが影を動かしたり、影の大きさや向き等を変えることで、敵キャラクターへの攻撃方法が変化する。身体動作による影の動きや形の認識はパーソナルコンピュータカメラによるリアルタイム撮影と画像処理により行った。2006 年 11 月 27 から 12 月 1 日の期間に、展覧会にて、作品を実際に多くの人に触れてもらい、楽しく操作できる作品であるかどうかを検証した。その結果、身体動作を伴った影を利用した操作に楽しさを感じさせることができた。しかし、影の認識精度が低く、意図した操作がしにくい問題や操作の多様性を持たせられない問題が発覚した。また、ゲームの視覚効果によって生まれる楽しさや興味の必要性も新しい操作体系と同様に重要であるとわかった。

今後、影の形状認識の精度を上げ、かつ形状の幅を広げることで、操作の多様性と正確性を持たせる必要がある。適当に影を動かすだけでも遊べ、かつ意図的に動かせば、意図通りに動く操作の柔軟性を持たせることで、より楽しく遊べると考えられる。同時に見た目や視覚効果を強化することで、さらにゲームの楽しさを付加できると考える。操作の斬新さと共に、操作以外の点でゲームに楽しさを加える要素の研究も必要である。

キーワード: 画像解析, 影認識, 身体操作, ビデオゲーム

# 目次

<b>第1章</b>	<b>序論</b>	<b>1</b>
1.1	目的	1
1.2	背景	1
1.2.1	新しい操作デバイスによるゲーム機	1
1.2.2	シューティングゲーム	2
1.2.3	PC用カメラ	6
1.3	用語解説	8
1.3.1	SCE EyeToy	8
1.3.2	Nintendo DS	8
1.3.3	脳を鍛える大人のDSトレーニング	9
1.3.4	Wii	9
1.3.5	Wii Sports	10
<b>第2章</b>	<b>関連研究</b>	<b>12</b>
2.1	Computer Vision for Artists and Designers	12
2.2	てのひらめにゆう	12
2.3	Clip インターフェイス	12
<b>第3章</b>	<b>Shadow Shooting</b>	<b>14</b>
3.1	作品概要	14
3.2	仕様	14
3.3	作品動作概要	15
3.4	実装方法	15
3.4.1	PCカメラ入力	16
3.4.2	画像解析	18
3.4.3	シューティングゲーム実装	18
3.4.4	開発環境	20
<b>第4章</b>	<b>動作実験と結果</b>	<b>21</b>
4.1	評価と問題点	21
4.1.1	ゲームの操作	21
4.1.2	視覚効果	21
4.1.3	ゲーム性	21

<b>第 5 章 考察</b>	<b>22</b>
5.1 動作実験結果 . . . . .	22
5.1.1 ゲーム操作 . . . . .	22
5.1.2 視覚効果 . . . . .	23
5.1.3 ゲーム性 . . . . .	23
<b>第 6 章 結論と今後の展開</b>	<b>24</b>
6.1 まとめ . . . . .	24
6.2 今後の方針 . . . . .	24

# 第1章 序論

本研究の目的と、それに至った背景を以下に述べる。

## 1.1 目的

カメラによる身体動作認識を利用した直感的な操作を用いたシューティングゲームを制作する。このゲーム操作を通じて長時間継続的に楽しみ、かつ身体動作による爽快感を生じさせるインタラクティブアート [1] 作品の可能性を追求する。

## 1.2 背景

カメラやセンサ等の非接触デバイスの高性能化と、コンピュータの処理能力の飛躍的な向上により、人間の直感的な操作性を持ったコンテンツの研究が今日では求められている。また、新しい操作体系を持つ「Nintendo DS」( 1.3.2 参照) や「Wii」( 1.3.4 参照) 等のゲーム機の普及により、説明しなくても遊び方を理解できる「Wii Sports」( 1.3.5 参照) や「脳を鍛える大人のDSトレーニング」( 1.3.3 参照) 等の直感的なゲームが注目されている。

### 1.2.1 新しい操作デバイスによるゲーム機

今日、すでに直感的操作を利用した幾つかのゲームが製品化されている。代表として、カメラを利用した「PlayStation2」 [2] 用の「EyeToy」( 1.3.1 参照) や、タッチスクリーンと2画面が特徴の「Nintendo DS」、ポインティングや、傾き、加速度センサ等の今までにない機能を盛り込んだコントローラが特徴の「Wii」等の家庭用向けゲーム機器製品が挙げられる。家庭用向けゲーム産業で、このような製品が発売された大きな理由に、ゲームを遊ぶ人(以下プレーヤ)に強いる操作の複雑化がある。家庭用ゲーム機に搭載されているプレーヤが触れるコントローラは、新しいゲーム機が発売されるたびにその操作ボタン数は増加していた。家庭に普及した最初のゲーム機のファミリーコンピュータ(以下ファミコン)の人が操作するコントローラには5つのボタンが付いていた(図 1.1)。現在最も普及している「PlayStation2」のコントローラは、14のボタンが存在する(図 1.2)。

ボタン数の増加により、ゲーム内で、プレーヤが操作できることも増加した。しかし、操作できることが増えたことは、複雑な操作方法を強制するため、プレーヤの負担にもなった。ゲームが好きな人にとっては、操作可能数の増加は喜ばしいものであったかもしれないが、中には操作の増加を負担に感じ、ゲームをしなくなる人も数多くいた。ゲーム産業が、年々縮小し始めた大きな原因の1つである [3]。

2004年12月、ゲーム産業衰退の中で、プレーヤに負担を強くないゲーム操作の1つの解を任天堂が示した。それが「Nintendo DS」である。タッチペンとタッチスクリーンによる操作は、わかりやすさと直感性のあるゲームを提供し、ゲームをしなくなった人を呼び戻すだけでなく、新たに今までゲームをしなかった人にまで受け入れられた。



図 1.1: ファミコンのコントローラ [4]

### 1.2.2 シューティングゲーム

また、ゲームの操作や遊び方が複雑になることにより、一部の熟練したプレーヤのみを対象としたゲームジャンルが増えている。そのため、初心者が興味を持ちづらいゲームが増えている。例えば興味があっても、難しすぎて遊ぶことができないと感じるプレーヤも存在する。特にシューティングゲームは、ゲーム性の複雑化と、高難度化により、初心者が手を出しづらくなっている。日本でシューティングゲームの最初のブームを巻き起こしたのは「スペースインベーダ」 [6](図 1.3)であった。

シューティングゲームを皮切りに、アクションや格闘、ロールプレイングゲーム、シュミレーション等々の様々なゲーム分野が誕生した。シューティングゲーム自体も、画面が上下に移動する縦シューティング、左右に移動する横シューティングといった分類が生まれた。例として、前者は「グラディウス」 [8](図 1.4)、後者は「ゼビウス」 [9](図 1.5)が挙げられる。

さらにコンピュータグラフィックス技術の発展により2次元から3次元でのシューティングジャンルも生まれた。そのジャンルは一般に1人称視点シューティング (First Person Shooting 以下FPS) [12]、3人称視点シューティング (Third Person Shooting 以下TPS) [13]と呼ばれ、シューティングよりもアクションに近い分野である。FPSの例として、「DOOM3」 [14](図 1.6)、TPSは、「Gears of War」 [15](図 1.7)が挙げられる。本研究で述べるシューティングゲームとは、2次元の縦シューティングを指す。



図 1.2: PlayStation2 のコントローラ [5]

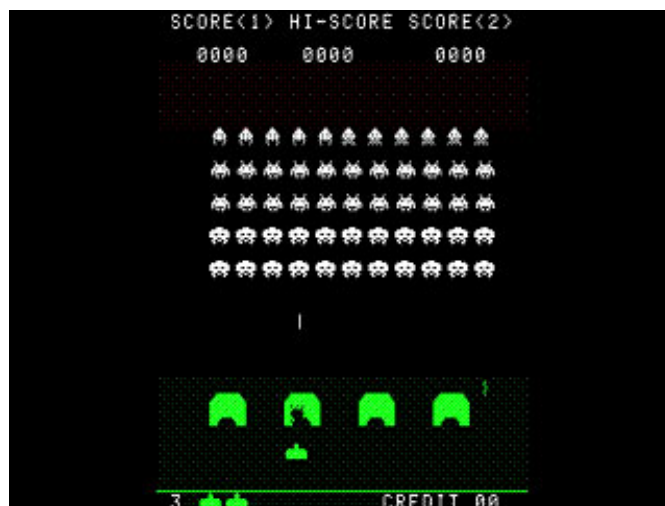


図 1.3: スペースインベーダ [7]





図 1.4: グラディウス [10]



図 1.5: ゼビウス [11]



図 1.6: DOOM3 [16]



図 1.7: Gears of War [17]

シューティングはルールや操作の明快さもあり、多くのシューティングゲームが生まれ、攻撃方法や、敵、見た目の視覚効果等のゲーム要素の種類も年々豪華になり、他のゲームジャンルと同様に高難度化していった。そして近年は、弾幕系シューティングというジャンルが主流になり、ゲーム画面を覆いつくすほどの敵の弾を如何に回避するかが問われるゲーム性になった。「東方永夜抄」[18](図 1.8)が、弾幕系シューティングに当たる。最近のゲームセンターに設置されるシューティングジャンルのアーケードゲームは、ほとんどがこの弾幕系シューティングである。このような急激な難度上昇のためシューティングゲームで遊ぶ人は限られ始めた。そのため、ゲームの複雑化の問題と共に同ジャンルは徐々に衰退していると考えられる。しかし、シューティングゲームはゲーム制作の入門書等でよく例として挙げられる等、比較的他のゲームジャンルに比べて開発が容易で、新しい遊びを組み込んだシューティングゲームも多く制作されている。



図 1.8: 東方永夜抄 [19]

### 1.2.3 PC用カメラ

インターネット上でビデオチャットする等、パーソナルコンピュータつまりPC用カメラ(図 1.9)は一般にも普及し始めている。そのためカメラを利用したコンテンツの開発も活発化している。顔認証等のセキュリティ技術[20]といった実用的なものから、画面上のキャラクターが、人の顔の動きに合わせて表情をリアルタイムに変化させる[21](図 1.10)エンターテインメント向けの技術等、その利用分野も多岐にわたっている。アート分野でも、同様にカメラを利用したメディアアート作品[22][23][24]が数多く制作発表されている。これらは、カメラの高解像度化と共に、画像処理技術の発展により、高速に画像加工・認識が可能になったためである。さらに画像処理用のプログラムのソースコードが広く公開されたり、ソフトウェアの無料化によって、広く一般に利用できるようになった。

本背景により、カメラを利用した身体動作を組み入れたシューティングゲームを制作することで、人気の減ってきた同ジャンルのゲームに新しい楽しさをもたらす研究を行う。



図 1.9: PC 用カメラ [25]



図 1.10: Logitech Video Effect[21]

## 1.3 用語解説

### 1.3.1 SCE EyeToy

SCE が販売した PlayStation2 の周辺機器で、プレーヤの動きをカメラで撮影することでゲームを遊べる [26](図 1.3.1)。両手で持つコントローラの変わりに、カメラを通してテレビ画面に写っているプレーヤ自身が、ゲームを操作することになる。カメラに写る範囲内であれば、複数人でも遊ぶことができる。プレーヤが体を動かすことを前提としたゲームを提供しているが、現在カードの記号を読み取ることで、カード上にキャラクターを表示するゲームも開発が進んでいる。



図 1.11: EyeToy [27]

### 1.3.2 Nintendo DS

任天堂が、誰もが同じスタートラインに立つといったコンセプトを元に制作した携帯型ゲーム機である [28](図 1.12)。2画面、タッチスクリーン、マイクといったボタン以外の新しい操作部を搭載している。特にタッチスクリーンにより、つつく、かく、なぞる、つかむ等々の直感的な操作が可能である。それらの直感的な操作を、効果的に利用できるゲームソフトも数多く提供されている。そのためゲーム好きな人に限らず、ゲームを普段あまりやらない老年層から、女性層までの多くの人に受け入れられた。現在は上位版の「Nintendo DS Lite」が販売されている。



図 1.12: NintendoDS [28]

### 1.3.3 脳を鍛える大人の DS トレーニング

お年寄りから、子供まで幅広い層に普及した Nintendo DS のゲームソフトで、知育分野のゲームとして異例の売り上げを記録した [29](図 1.13)。脳を鍛えることを目的としたゲームで、計算問題や、音読、人数数え等のトレーニングを毎日継続的に行う。トレーニングの成果は脳年齢チェックで確認できる。タッチスクリーンに文字や数字を書くと、きちんと認識するなど、文字認識技術を効果的に使用しているため、快適にトレーニングが行える。また、本ゲームは脳トレといったブームの火付け役となった。



図 1.13: 脳を鍛える大人の DS トレーニング

### 1.3.4 Wii

任天堂の最新家庭用ゲームで(図 1.14)、独特のコントローラ(図 1.15)を利用した今までにない遊びの提供を目指している [30]。加速度センサと傾きセンサを搭載することで、振ったり捻ったりといった動きでゲームを遊べる。さらに、赤外線を利用したポインティングが可能で、ゲーム画面にコントローラを向けることで、マウスのような操作が可能になった。また、コントローラ本体にスピーカがあり、手元から効果音や音楽がなることで、

よりゲームの臨場感が増している。従来のコントローラの進化は、ボタンの増加を主とする傾向があった。しかし、ボタンの増加によるゲームの遊び方が難度化により、ゲームに対する興味を失う人が増加した。その悪影響を拭い去るためにより直感的でプレーヤが扱いやすいゲームコントローラとして開発されたのが、「Wii」のコントローラである。

遊ぶ側だけでなく、ゲーム開発費用の増大化によるゲームを作る側の負担も軽減している。コンピュータグラフィックスの進歩によるゲーム画面の高精細化等により、ゲームソフトの開発にかかる費用は年々肥大化していた。「Wii」は見た目の美しさよりもゲームそのものの楽しさを重視したことで、開発費用を結果的に下げるようになった。



図 1.14: Wii 本体 [30]



図 1.15: Wii コントローラ [30]

### 1.3.5 Wii Sports

ゲームコントローラを振るだけで、5種類のスポーツゲームを楽しめるWiiの直感的な操作を最も体感できるゲームソフトとして発売された [31]。テニスはテニスラケットを振るようにコントローラを振る、野球はバットを振るようにコントローラを振るといったように、気軽にスポーツを楽しめる。「Wii」のコントローラの特徴を最も表しているゲームソフトとして、2007年1月の執筆時「Wii」で最も売れている。



図 1.16: Wii sports テニス [32]



## 第2章 関連研究

本研究に関連する先行研究を紹介する。

### 2.1 Computer Vision for Artists and Designers

Carnegie Mellon University の Golan Levin によるコンピュータビジョンを芸術分野やエンターテインメントに利用する技術研究である [33]。コンピュータビジョン (以下 CV) とは人間の視覚を、コンピュータに模倣させる研究や技術である。カメラで撮影した対象と、コンピュータがディスプレイに出力する画像が、相互作用するインタラクティブアート作品制作のプログラムの手法を紹介している。例えば人が画面に映った自分と、画面にあるオブジェクトを重ねたり、触れたりすることで、画面上のオブジェクトが反応を返すために、どういった画像処理のアルゴリズムが用いられるかを解説している。作品例として LIMBOTIME(図) が紹介されている。画面に映った棒に触れないように、実際に自分の体を仰け反ってくぐる動作を行う作品である。この際プレイヤーは、カメラの正面に立ち、同時に正面にあるコンピュータが出力するディスプレイを見ながら、遊ぶことになる。つまり、自分の姿を見ながら、遊ぶ必要がある。

### 2.2 てのひらめにゆう

佐々木博史が制作研究した、手の指を入力に利用するインターフェイスである [34]。ユーザが手を開くと、各指にスイッチが貼り付けられ、そのスイッチを別の手の指で触れるとスイッチを入れられるインターフェイスである (図 2.1)。このインターフェイスは、ウェアラブルコンピュータという、体に装着する機械を使用している。カメラを接続したヘッドマウントディスプレイを装着することで、コンピュータの画面と、実際の視覚される映像が一致できる。これにより、まるで自分の手に本当にスイッチが付いたかのように感じられ、インタラクティブ性が高まっている。

### 2.3 Clip インターフェイス

小島佳幸が制作研究した、指でつまむ動作を利用したインターフェイスである [35]。てのひらめにゆうと同様に、ウェアラブルコンピュータを使用している。目の前にコンピュータが出力した 3 次元オブジェクトを表示させ、そのオブジェクトを指でつまむことで、オブジェクトを動かしている。また、つまんだオブジェクトは、手の動きによって 3 次元で回転できる (図 2.2)。そのため、3 次元オブジェクトを直感的に操作可能なインターフェ



図 2.1: てのひらめにゅう [34]

イスを実現している。



図 2.2: Clip インターフェイス [35]

## 第3章 Shadow Shooting

本研究で制作した作品について説明する。

### 3.1 作品概要

本作品はプロジェクタによってスクリーンに投影された影をカメラでリアルタイムに撮影し、得られた画像から影情報を解析することで、ゲームの操作対象として利用するシューティングゲームである(図 3.1)。投影された影が、シューティングゲームの自機(プレイヤーが操作できるキャラクター)になる。自機は、影情報によって数種類の攻撃を区別して行う。自機はこれらの攻撃によって敵キャラクターを破壊する。ゲームとしてのルールは、敵キャラクターへの攻撃を行うことのみである。

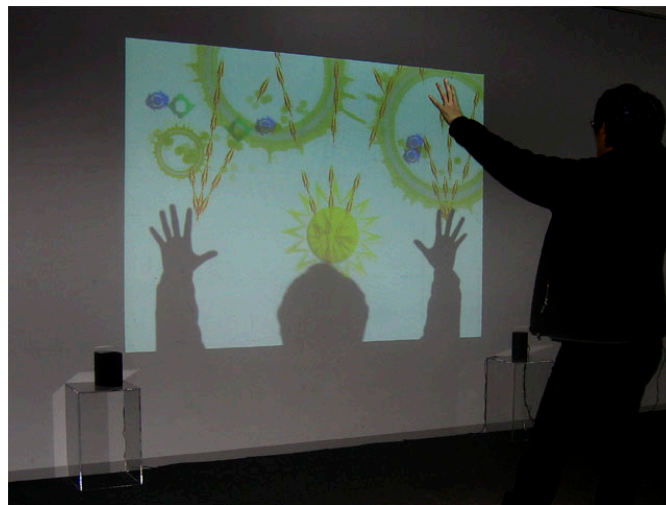


図 3.1: 作品動作風景

### 3.2 仕様

本作品には、PCカメラとプロジェクタ、PCの3つの機材を使用した。PCカメラはQcam(R) Orbit MP [25]を、プロジェクタはVPL-PX41 [36]を使用した。スクリーンは壁面とした。PCはDimension E521を使用した。CPUは「AMD Athlon(TM) 64 3500+」、メモリは「DDR2-SDRAM 2GB」、グラフィックボードは「NVIDIA(R) GeForce(TM) 7300 LE 256MB」であった。機材は直接光の指さない暗がりの部屋に設置した。プロジェ

クタは天井に吊り下げた台上に設置し、約4メートル離れた白壁にPCの画面出力を投影した。PCカメラは、壁から約1メートル、床から約4メートル離れた天井近くに設置した。またPCカメラは斜めに設置し、壁に投影された画像全体が映るように調整した。さらにPCカメラの撮影明度や、コントラスト等の内部パラメータを、影が綺麗に撮影できるように調整した。PCカメラの撮影サイズは縦320ピクセル、横240ピクセルで、撮影間隔は30フレームとした。一秒間に30回カメラ画像をPCに入力することになる。(図3.2)に機材の配置図を示す。

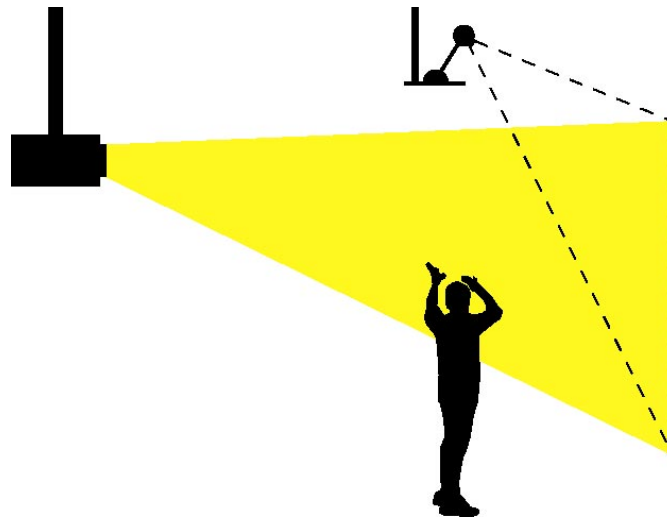


図 3.2: 作品設置図

### 3.3 作品動作概要

作品の動作の流れを説明する。まず最初に、作品の起動の準備としてキャリブレーション(3.4.1参照)を行う。次に作品を起動後の流れは、カメラの入力画像の習得から始まる。得られた画像を画像解析(3.4.2参照)する。画像解析により影の情報を得られる。得られた影情報から、自機の行動を決定する。次に自機の動きや、自機から発射された弾、敵の動き、つまり位置を決定する。その際弾と敵との当たり判定を行い、敵に攻撃が当たったかどうかを計算する。最後に自機、弾、敵等のゲームに登場するキャラクターを画面に描画する。以上の作品の流れを動作中繰り返す。

### 3.4 実装方法

作品の実装方法について以下のカテゴリーに分けて説明する。

### 3.4.1 PC カメラ入力

上方に配置した PC カメラ ( 3.2 参照) から得られる画像は、上部が拡大、下部が縮小され、歪みが生じるため、画像を補正する必要がある。この機器の配置関係によって生じる画像の歪みを補正することをキャリブレーションという。本研究でのキャリブレーションは、PC カメラが撮影した画像と、実空間上の位置との対応付けを行うことを目的としている。以下に図と共に例と示す。(図 3.3) は、プロジェクタの光によって壁に投影された影を、壁の正面にいる、つまり影の主の目から見た図である。同様の状況を、PC カメラから撮影すると、(図 3.4) のように、上述した歪みが生じた画像になる。影情報を抽出するためには、影の実空間での正確な位置を知る必要がある。そのため、(図 3.4) の画像を、(図 3.3) の画像に変換しなければならない。その変換アルゴリズムは、主に 3 つの要素で成る。まず実空間と PC カメラの撮影画像との 4 つの対応点を求める。次に、キャリブレーションに必要な変換の計算パラメータを 8 つ求める。最後に計算パラメータを元に射影変換を PC カメラ撮影画像に行う。最初の 2 点は、機材の設置後に一度だけ行う。最後の 1 点は、PC カメラの画像の撮影毎に行う。対応点については、プロジェクタの投影画像の四隅を利用する。PC カメラの撮影画像のピクセル位置を  $(x, y)$  としたとき ( $x$  は横、 $y$  は縦位置を示す)、左上は  $(0,0)$ 、右上は  $(320,0)$ 、右下は  $(320,240)$ 、左下は  $(0,240)$  に対応する (図 3.5)。撮影画像から、これらに対応する点を 4 点求め (図 3.6)、次の行列式 (式 3.1) の  $x, y$  及び  $x', y'$  に代入し、連立方程式の解をとくことで、計算パラメータ  $a \sim h$  を求められる [37]。求めた計算パラメータ  $a \sim h$  をさきほどの行列式 (式 3.1) に代入することで、キャリブレーションを行う射影変換行列が求まる。

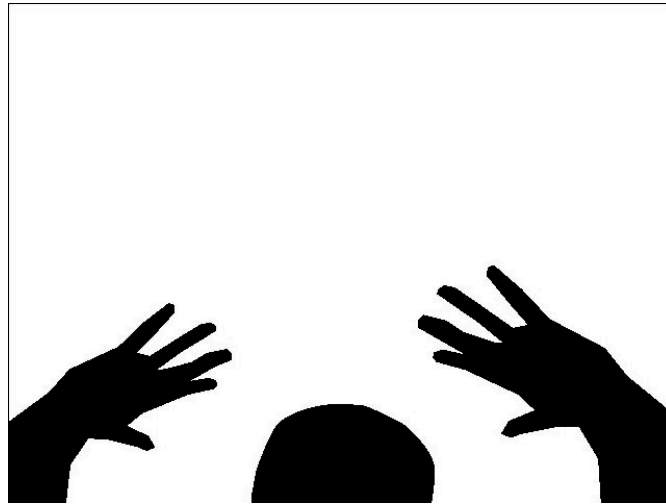


図 3.3: 人の目から見た影

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{g+h+1} \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3.1)$$



図 3.4: カメラ撮影画像

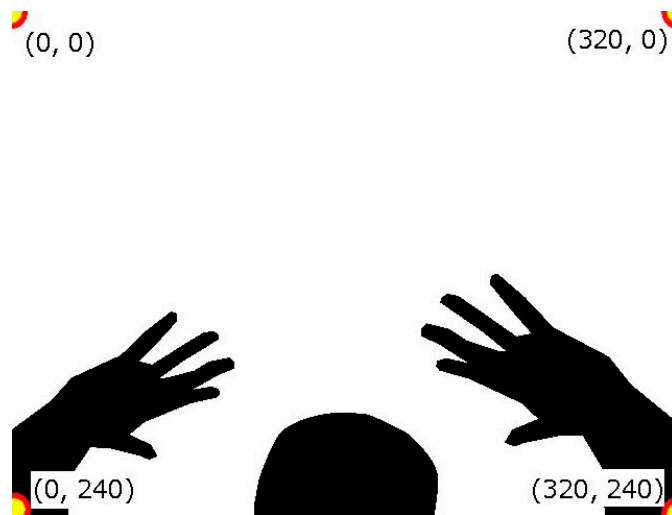


図 3.5: スクリーンの対応点

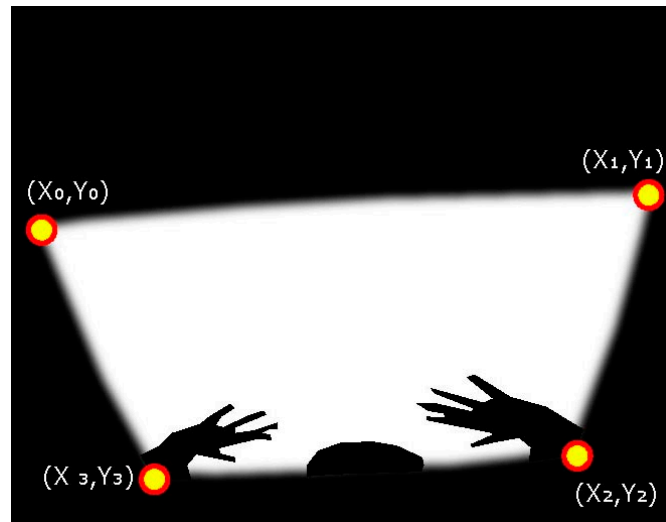


図 3.6: カメラ撮影画像の対応点

### 3.4.2 画像解析

影の部分の画像を検出し必要な情報を得るために画像解析を行う。次の4つの解析を段階的に行う。まず、情報量を減らし、画像解析にかかる時間短縮のため入力画像を白黒だけにするため、2値化を行う。次に3.4.1で行ったキャリブレーションによって画像は、格子状に、ピクセルの隙間が生じる(図3.7)。その隙間をなくすために、膨張処理を行う。次に影の大まかな特徴を得るために、影を囲む最小の矩形を求める(図3.8)。影は複数同時に映る可能性もあるので、求まる矩形も1つ以上となる。求まった各々の矩形から、影の面積、向き、縦横比、先端位置を求める。これら影の情報を自機の情報としてゲームで利用する。ただし、極端に小さい影や、画面端にある影は無視している。これはキャリブレーションにかかるプログラムの計算量を少なくし、計算速度を上げることで、ゲームを快適に動作させるためである。

### 3.4.3 シューティングゲーム実装

シューティングゲームのゲーム要素である敵や弾等の移動・描画処理をはじめとしたゲームの基本動作の実装は、松浦健一郎らの著書「シューティングゲームプログラム」の付属されるライブラリを用いた[38]。画像解析から得られた影の情報を基に、ゲーム中にプレイヤーが行える操作を2つ実装した。1つは、敵に直接攻撃する操作である。もう1つは、敵を間接的に攻撃する弾の発射である。前者は、プレイヤーの影が、敵オブジェクトに触れる場合に発生する。直接攻撃に使用する影情報は、影の位置のみとした。後者は、プレイヤーの影がある状況ならば、基本的に常に発生する(例外は3.4.2を参考)。弾は、影の先端位置から、影の向いている方向に発射される。また、影の大きさと縦横比の違いから、3種類の弾を打ち分ける。広範囲を攻撃する小攻撃、横に長いが威力がない衝撃波、敵を貫通する高威力の強攻撃の3種である。衝撃波は、縦横比で、横が縦より極端に大きい時

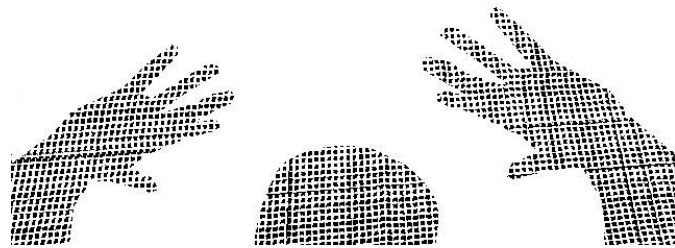


図 3.7: キャリブレーション後

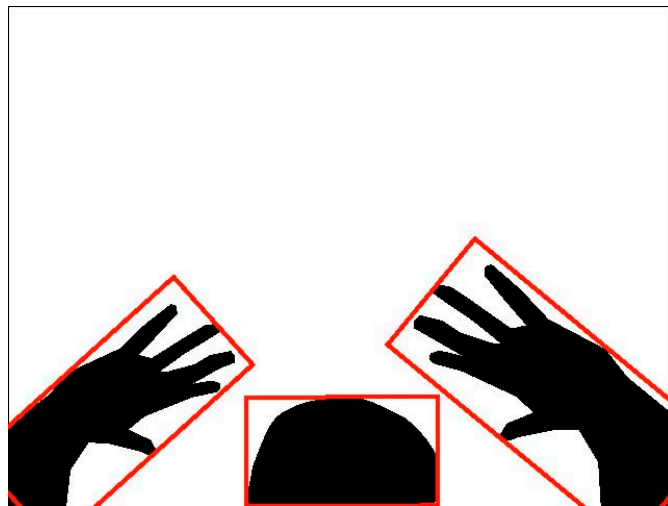


図 3.8: 影を囲む最小の矩形



に発生する。強攻撃は、影が一定値より大きいときに発生する。それ以外の場合は弱攻撃になる。ゲームのグラフィックは、白背景に自機つまり影から発生する弾と、敵のみである。敵は3種実装し、動きと、自機の攻撃に対する撃たれ強さに変化を与えた。弾や敵は影と誤認識されるのを防ぐ必要があったので、明るい色を使用した。また、弾の発射音や敵の撃墜音等のゲームの効果音と、ゲーム中に流れるBGMは音楽提供サイトで配布されているものをそれぞれ利用した [39] [40] [41]。

#### 3.4.4 開発環境

キャリアレーションのパラメータ獲得プログラムはJava言語で、その他の実装はC++言語で行った。JAVAはJAVA SDK1.5.0\_03で、Eclipse3.1.1 [42] ベースで開発した。C++は、Visual C++ 2005 [43] で開発を行った。PCカメラの撮影画像習得プログラムには、Java言語はJMyron [44] を、C++言語はDirectShow [45] のライブラリを使用した。画像解析については、Java言語はImageJ [46] を、C++言語はOpenCV [47] のライブラリを利用した。シューティングゲームの実装については、DirectX9.0 [48] を使用した。

## 第4章 動作実験と結果

2006年11月27日から12月1日まではこだて未来大学3階ミュージアムで、「アートコンピューティング 迎山和司研究室作品展」を開催した。その際に、制作した作品を展示し、実際に動作させ、作品を鑑賞者に体験してもらった。

### 4.1 評価と問題点

実装した範囲では、正常に動作し、身体動作を伴った影を利用した遊びを提供できた。映る影の数に制限を設けなかったため、複数人でも同様に正常に遊べることも確認できた。そして、視覚効果やゲームルール等のシューティングゲームの楽しさの洗練がなされていない等の問題点が発見できた。また、作品の設置形態が原因で、プレーヤによっては遊びにくいといった問題があった。

#### 4.1.1 ゲームの操作

プレーヤが意識的にゲームの操作を行えていない問題がわかった。作品展では、弾の撃ち分け方法を意図的に説明しなかったため、複数の攻撃方法があることを気付かないプレーヤや、撃ち分け方がわからないプレーヤがほとんどであった。また、影情報の抽出がうまくいかずに、意図しない方向に弾を発射してしまう等、直感的ではない部分が目立った。

#### 4.1.2 視覚効果

ゲーム画面は真っ白な背景に、単純な形をした似たような敵と、プレーヤが放つ弾が表示されるのみであった。そのため視覚的に興味を引いたり、驚きを与える要素が皆無で、見た目が寂しいといった問題が浮き彫りになった。そのため最初に作品を眺めたときに遊んでみようと思わせるだけの良い第一印象を与えられなかった。

#### 4.1.3 ゲーム性

展示した作品は、延々と出てくる敵を、延々と攻撃するだけであった。ゲームの中での変化が少なく、長期間遊ぶだけの必要性をプレーヤに提供できなかった。どれだけ遊びこんだかを他のプレーヤと競い合うスコアや、プレーヤの障害になるボスといった多様な敵の出現によるゲームの難易度の変化等の要素を作品に取り入れられなかったのが問題の一員であると考えられる。

## 第5章 考察

展覧会で得られた問題点を元に、考察を行った。

### 5.1 動作実験結果

影によるゲームの操作性は、両手で握るボタンによる従来型のコントローラの操作よりも直感的であることがわかった。しかし、従来型のコントローラの操作の多様さを本操作で生じさせるためには、影の情報を細かく分析・調整する必要があるとわかった。影の動き、つまり人の動きは、コントローラでできる操作よりもできることが多く、動作は連続しているので明確な変化の境界がない。そのため次の2点が必要であると考え。1点は人が手を動かすだけでよいといった行動の発起にある程度の制限を掛けられる状況を作ることである。もう一点は、人の動きを柔軟に解釈できる影の解析プログラムを作成しなければならない点である。この2点から手の影だけで、操作できる状況を作ること、直感的であり、かつ様々な動きに対応した操作ができるシューティングゲームを制作が考えられる。それには、手以外の影を映らせないために、作品の設置形態を、壁投影から、台上に設置したスクリーンに背面投影するシステム配置を再設計しなければならない。そして、問題点に記したゲームの操作と視覚効果、ゲーム性についての改善が必要である。

#### 5.1.1 ゲーム操作

影の位置や大きさ等の簡単な情報のみを利用したため、操作が直感的ではない点が見られ、より多様な手形状認識や、ゲームの操作の幅を増やす必要があるとわかった。影を囲む長方形から得られる情報だけでなく、影の凹凸等の形状をより正確に得られれば、より直感的な操作性が得られると考えられる。例えば、手をパーに広げれば、5本の指からそれぞれ弾を発射したり、グーにすれば、大きな弾を発射したりと、影の形とゲーム操作との関連がよりわかりやすいものにしなければ、直感的とはいえないことになる。また、手を前後に動かすことで、衝撃波を生じさせる等の、動きによる操作が加われば、さらに直感的な操作を期待できる。しかし、できることが増えると、それだけ混乱も生じるので、影情報や影動作による操作の明確な区別が必要になる。また、指先の影の形状認識等の、複雑な形状の画像解析を行うと、それだけ計算量も増大するので、プログラム全体の効率化やアルゴリズムの改善が必要である。

### 5.1.2 視覚効果

視覚効果の問題は開発当初から、ゲームの視覚効果の探求が大きくなり、動作やプログラムのやりやすさを最優先した結果である。しかし、はじめてこのゲームに体験するプレイヤーに興味を持たせる為にも視覚効果の改良が必要である。作品の仕様上、あまり暗い色を使用できないため、色に対する制約はあるが、弾や敵の形状と背景に統一感を持たせ、見ているだけで楽しめる視覚効果が必要であると考え。背景を移動させることで、ゲームにスピード感を与えるだけでも、より良い視覚効果が生じると考えられる。視覚効果の改善については、既存のシューティングゲームの視覚効果や、敵や弾等のゲーム要素を参考にする必要がある。

### 5.1.3 ゲーム性

ボス敵の出現やスコアを稼ぐといったシューティングゲームを楽しむ最低限の要素を付加することで、最低限のゲーム性を持たせられると考える。それにより長期間遊んでもらえるゲームになると考える。ゲーム性も視覚効果の改善と同様に既存の作品を参考にする必要がある。

## 第6章 結論と今後の展開

本研究の成果と、今後について述べる。

### 6.1 まとめ

プレーヤの身体動作を利用した操作によって、ゲームに新しい楽しみを付加できる結果を得た。影が決まった状況のときのみ反応するのではなく、プレーヤの自由な動きに柔軟に反応する操作性がなければ、直感的な操作とはいえないことが改めてわかった。同時に、従来のシューティングゲームに備わっているゲームの要素を加えることで、より長期間目的を持って遊べるゲームとなるとわかった。

### 6.2 今後の方針

ゲームをより楽しめるように設置形態や、ゲームデザインの洗練を行う。まず設置形態を実験時の壁に投影する形態から、台式の上から見下ろす形態にする(図 6.1)。台の上に手をかざすことで、全身を使わなくても手の影だけゲームを遊ぶことができる。これにより、全身を動かすことによる爽快感は減るものの、プレーヤの身長差による影面積の違いが少なくなり、プレーヤの身体の違いによるゲーム性の変化を無くせる。また、影の面積がへることで画像解析の処理時間が減少し、視覚効果等の別要素の処理を増やすことができる。さらに考察で述べたゲーム操作、視覚効果、ゲーム性の改善を今後行う。

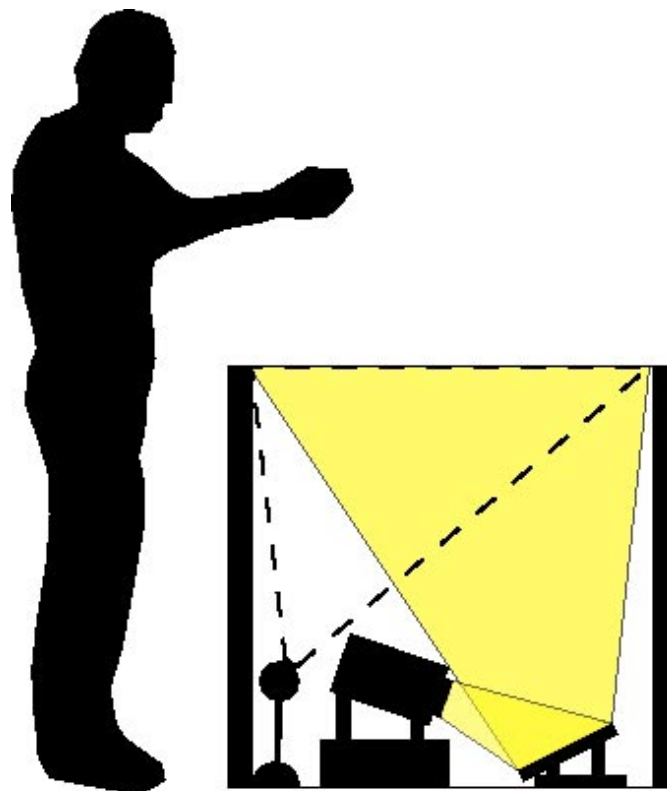


图 6.1: 台式設置形態

## 謝辞

本研究の機会を与えてくださり、数々の貴重なご指導をいただいた迎山和司助教授(公立はこだて未来大学システム情報科学部情報アーキテクチャ学科)に深く感謝いたします。ご助言とご指導を頂きました、松山克胤助手(公立はこだて未来大学システム情報科学部情報アーキテクチャ学科)に厚く御礼申し上げます。研究に必要な備品を迅速に手配していただいた江成輝泰様(株式会社メディック販売二課)、公立はこだて未来大学事務職員の方々に感謝申し上げます。また、多くの助言を頂いた迎山研究室の桜庭翼さん、中村俊介さん、中谷洋輔さん、芳賀匡平さん、宮腰麻知子さん、古川千尋さんに感謝いたします。最後になりましたが、「アートコンピューティング 迎山和司研究室作品展」や「公立はこだて未来大学卒業研究中間発表会」にて、多くの貴重な意見を頂いた皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 山田理恵子. インタラクティブ性はアートに何をもたらすか. 電気通信大学人間コミュニケーション学科, 2005. <http://cosmos.hc.uec.ac.jp/member/2005.html>.
- [2] Sony Computer Entertainment. Playstation2. <http://www.jp.playstation.com/ps2/>.
- [3] 岩田聡. Wii preview プレゼンテーション, 9 2006. [http://www.nintendo.co.jp/wii/topics/wii\\_preview/index.html](http://www.nintendo.co.jp/wii/topics/wii_preview/index.html).
- [4] 任天堂. ファミリーコンピュータ コントローラ. <http://ja.wikipedia.org/>.
- [5] Sony Computer Entertainment. Playstation2 コントローラ. <http://www.jp.playstation.com/peripheral/ps2/>.
- [6] TAITO. スペースインベータ. <http://www.taito.co.jp/>.
- [7] ゲーム日記:アーケード. スペースインベータ画像. <http://oldgame.seesaa.net/category/2018814-1.html>.
- [8] KONAMI. グラディウス. <http://www.konami.co.jp/>.
- [9] NAMCO(現バンダイナムコゲームス). ゼビウス. <http://www.bandainamcogames.co.jp/>.
- [10] 任天堂. グラディウス バーチャルコンソール. [http://www.nintendo.co.jp/wii/vc/vc\\_gr/index.html](http://www.nintendo.co.jp/wii/vc/vc_gr/index.html).
- [11] バンダイナムコゲームス. バンダイナムコゲームス アナタとワタシのナムコ伝. <http://www.bandainamcogames.co.jp/gallery/namcoden/gyokai.php>.
- [12] IT用語辞典 e-Words. Fps. <http://e-words.jp/w/FPS-1.html>.
- [13] IT用語辞典 e-Words. Tps. <http://e-words.jp/w/TPS.html>.
- [14] id Software. Doom3. <http://www.idsoftware.com/>.
- [15] EPIC. Gears of war. <http://www.gearsofwar.com/>.
- [16] id Software. Doom3 screenshots. <http://www.doom3.com/>.
- [17] GAMESPOT xbox360. Gears of war screenshots. <http://www.gamespot.com/xbox360/index.html>.



- [18] 上海アリス幻楽団. 東方永夜抄. <http://www16.big.or.jp/~zun/html/th08top.html>.
- [19] 上海アリス幻楽団. 東方永夜抄スナップショット. <http://www16.big.or.jp/~zun/html/th08ss.html>.
- [20] 小鶴俊幸, 岸場秀行, 桑野悟. 監視カメラ向け実時間顔検出・認識システムの開発. *OMRON TECHNICS*, Vol. 43, No. 1, 2003.
- [21] Logicool. Logicool video effects. <http://www.logicool.co.jp/index.cfm/products/videoeffects/welcome/US/EN,crid=2354,categoryid=446>.
- [22] Jonah Warren. Unencumbered full body interaction in video games. *MFA Design and Technology Parsons School o Design New York City*, 2003. [http://a.parsons.edu/~jonah/full\\_body/](http://a.parsons.edu/~jonah/full_body/).
- [23] 苗村健, 原島博. 人物軌跡を利用した空間演出システム i-trace. Technical report, 情報理工学系研究科電子情報学専攻, 2005. <http://www.i.u-tokyo.ac.jp/coe/report/h14.html>.
- [24] 山本雅樹. バーチャルスタジオのための影の変形と合成. Master's thesis, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報処理学専攻, 2004. [http://library.naist.jp/library/thesis/ism2003\\_.html](http://library.naist.jp/library/thesis/ism2003_.html).
- [25] Logicool. Qcam orbit mp. <http://www.logicool.co.jp/index.cfm/products/details/JP/JA,CRID=2204,CONTENTID=13000>.
- [26] Sony Computer Entertainment. Eyetoy. <http://www.eyetoy.jp/>.
- [27] Sony Computer Entertainment. Playstation2 eyetoy. <http://www.jp.playstation.com/peripheral/ps2/>.
- [28] 任天堂. Nintedo ds. <http://www.nintendo.co.jp/ds/index.html>.
- [29] 任天堂. 脳を鍛える大人のdsトレーニング. <http://www.nintendo.co.jp/ds/andj/index.html>.
- [30] 任天堂. Wii. <http://www.nintendo.co.jp/wii/index.html>.
- [31] 任天堂. Wii sports. <http://www.nintendo.co.jp/wii/rspj/index.html>.
- [32] ファミ通. Wii でスポーツ三昧!! 『wii sports』. <http://www.famitsu.com/game/coming/2006/09/14/104,1158227966,60083,0,0.html>.
- [33] Golan Levin. Computer vision for artists and designers: Pedagogic tools and techniques for novice programmers. *Carnegie Mellon University School of Art*, 2004. [http://www.flong.com/writings/texts/essay\\_cvad.html](http://www.flong.com/writings/texts/essay_cvad.html).

- [34] 佐々木博史. 『てのひらにゆう』:ウェアラブルコンピュータ用入力インターフェイス. Master's thesis, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科, 2000. <http://chihara.aist-nara.ac.jp/mtheater/>.
- [35] 小島佳幸. Wearablemr における手を用いた直感的操作. Master's thesis, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科, 2002. <http://chihara.aist-nara.ac.jp/mtheater/>.
- [36] SonyDrive. Vpl-px41. <http://www.ecat.sony.co.jp/dataprojector/products/product/index.cfm?PD=21258&KM=VPL-PX41>.
- [37] Matt Pharr and Greg Humphreys. *Physically Based Rendering: From Theory To Implementation*. Morgan Kaufmann Pub, 2004.
- [38] 松浦健一郎, 司ゆき. シューティングゲームプログラミング. ソフトバンククリエイティブ株式会社, 2006.
- [39] HumanPark 管理人 ken. 音楽フリー素材 humanpark. <http://www.human-park.net/>.
- [40] cranky & TK Tracks. Rave-slave. <http://www.rave-slave.com/>.
- [41] WEB WAVE LIB 運営委員会 (代表:しまだありこ). Web wave lib 音と声の online 素材集. <http://www.s-t-t.com/wwl/>.
- [42] eclipse. <http://www.eclipse.org/>.
- [43] Microsoft. Visual c++ 2005. <http://www.microsoft.com/japan/msdn/visualc/>.
- [44] Josh Nimoy. myron wabcamxtra, 2001. <http://webcamxtra.sourceforge.net/index.shtml>.
- [45] Microsoft. Windows server 2003 r2 platform sdk.2006. <http://msdn.microsoft.com/>.
- [46] Wayne Rasband, et al. Imagej, 2004. <http://rsb.info.nih.gov/ij/>.
- [47] Intel Corporation. Open source computer vision library, 2000. <http://www.intel.com/technology/computing/opencv/index.htm>.
- [48] Microsoft. DirectX9.0c, 2002. <http://www.microsoft.com/japan/windows/directx/default.aspx>.

## 目 次

1.1	ファミコンのコントローラ [4]	2
1.2	PlayStation2 のコントローラ [5]	3
1.3	スペースインベーダ [7]	3
1.4	グラディウス [10]	4
1.5	ゼビウス [11]	4
1.6	DOOM3 [16]	5
1.7	Gears of War [17]	5
1.8	東方永夜抄 [19]	6
1.9	PC 用カメラ [25]	7
1.10	Logicool Video Effect[21]	7
1.11	EyeToy [27]	8
1.12	NintendoDS [28]	9
1.13	脳を鍛える大人の DS トレーニング	9
1.14	Wii 本体 [30]	10
1.15	Wii コントローラ [30]	10
1.16	Wii sports テニス [32]	11
2.1	てのひらめにゆう [34]	13
2.2	Clip インターフェイス [35]	13
3.1	作品動作風景	14
3.2	作品設置図	15
3.3	人の目から見た影	16
3.4	カメラ撮影画像	17
3.5	スクリーンの対応点	17
3.6	カメラ撮影画像の対応点	18
3.7	キャリブレーション後	19
3.8	影を囲む最小の矩形	19
6.1	台式設置形態	25