

## 身体接触行動をインタフェースとした ビデオゲームシステムの制作と評価

馬場 哲晃<sup>†1</sup> 牛尼 剛聡<sup>†2</sup> 富松 潔<sup>†2</sup>

本論文では身体接触行動をゲームインタフェースに利用したビデオゲームシステムの実装を行い、2年間にわたる展示活動によるユーザ意見と観察結果を報告する。本研究はこれまで身体接触を電子楽器インタフェースに利用した事例を扱ってきた。その過程で開発したセンシングモジュールを本論文ではビデオゲームコントローラデバイスに実装した。シューティングゲーム、リズムアクションゲーム、対戦格闘ゲーム、アクションアドベンチャーゲームの計4種類のゲームソフトウェアを制作し、展示活動から各ゲームシステムごとに得られた意見・観察結果をまとめる。展示活動結果から次回プロトタイプを制作するうえで多くの知見を得ることができ、身体接触行動独特の親密感をゲームを通して楽しむための基本的な仕組みを提案できた。

### Development and Evaluation of a Video Game System that Uses Touching as Controller Input

TETSUAKI BABA,<sup>†1</sup> TAKETOSHI USHIAMA<sup>†2</sup>  
and KIYOSHI TOMIMATSU<sup>†2</sup>

In this paper, we describe implementation of a game interface and system that enables users to use touching as an interface, then report the result of user observation for two years exhibition activities. We developed sensing modules and applications for musical instrument that uses touching as an interface. We implemented its sensing module to video game controller device, and developed 4 types of video game software: shootin'em up, rhythm action, battle and action adventure. Through exhibition activities, we collect the result of user observations and advices from users. In order to make next prototype system, we could get much knowledge about touch behavior interface. As a result, we could propose the basic structure of a game system that users can feel intimate through video games.

#### 1. はじめに

これまで著者らは電子楽器を利用した身体接触インタフェースに関する研究を行い、身体接触の強弱を検知するセンシングモジュールをプロトタイプに実装した<sup>1)</sup>。そこでの知見を基に本論文では、ユーザ間の身体接触行動(スキンシップ)をビデオゲームインタフェースに利用したゲームシステムを提案し、そのインタラクション事例と展示活動結果を報告する。以後スキンシップのことを身体接触行動と表記する。

##### 1.1 複数人ユーザにおけるビデオゲームインタラクション

ビデオゲームには1人で楽しむものから、その場の複数人で楽しむもの、さらにはネットワークを介した遠隔地間における複数人で楽しむといったプレイスタイルが存在する。近年はネットワーク型ゲームが各ゲームメーカーより多く発表され、テーブル、アクション、スポーツ、RPG等の多岐にわたるジャンルに対応することで、ネットワーク型ゲームは一般的なゲームスタイルとして定着してきたといえる。

一方でその場の複数人で楽しむゲームには、その場だからこそ楽しめるコミュニケーション価値が多く含まれている。相手と同じ空間にいることによる場の雰囲気や気温、湿度、におい等の共有価値、相手に触れることができる価値は同一空間内にいるユーザ同士が共有し、楽しむことができるコミュニケーションである。このようなコミュニケーションを遠隔地間で実現するための研究<sup>2),3)</sup>も多く存在するが、様々な要素をネットワーク間で共有する必要があるため、現実空間の共有と同等な環境を構築することは現段階では困難である。同一空間共有に価値付けを行った事例として、Nintendo DS やプレイステーション・ポータブルでは携帯ゲーム機の通信機能を\*1)を利用し、現実空間内近距離にいるユーザとデータを交換し合うゲームシステムを提案している。

このような背景の中、同一空間を共有するユーザ同士が利用できる身体接触行動に関する事例は少ない。PON やファミリーコンピュータに始まる家庭用ビデオゲームの歴史の中で、その黎明期から2人同時にプレイするスタイルは登場している。しかしゲームインタフェースは現実空間の関わり合いをデザインされたものであったとはいえない。本研究では、その

<sup>†1</sup> 首都大学東京システムデザイン学部

Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

<sup>†2</sup> 九州大学大学院芸術工学研究院

Faculty of Design, Kyushu University

\*1 「すれ違い通信」と呼ばれる

場にプレイヤーがいるからこそ可能となる事象に価値を見出し、身体接触行動を取り入れたゲームシステム提案をする。

### 1.2 身体接触行動の価値

心理学辞典<sup>4)</sup>によると身体接触行動とは、“自分や他者の身体、事物に触れることであり、発達的に早くから用いられる非言語的コミュニケーションの方法。相手への接触は、直接に自分の存在を示す行動であり、他の媒体を用いる行動に比べて刺激、鎮静の効果の大きな原始的なコミュニケーションである。他者に触れる、触れさせる程度と自己開示量との間には高い正の相関関係があり、親密さと深く関連している”とある。ここで示されているように身体接触行動では、視聴覚では実現できない親密な感情等が表現される。人間にとって触覚とは自己と他者を区別する基本的で重要なコミュニケーション能力である。フランスの哲学者メルロ＝ポンティは「Sensations doubles」という言葉で「触れる」行為を説明した<sup>5)</sup>。他者に触れることは同時に他者に触れられることであり、このことは自他との融合感覚を生み出す。人類学者のアシュレイ・モンターギューが著書<sup>6)</sup>の中で他者に触れる重要性を述べているように、身体接触行動と人間の営みは密接な関係を持ち、私たちが外界を知るための重要なコミュニケーション手段の1つである。哲学・心理学の分野において触覚はしばしば議題として取り上げられるほか、臨床心理学の分野においても触覚または身体接触が人に及ぼす影響に関する研究がなされている<sup>7)–9)</sup>。これらのことから身体接触行動をインタフェースとして扱うことは、インタラクティブ技術だけでなく哲学、心理学、臨床心理学的視点からもユニークなアプローチであると考えられる。

身体接触行動を利用する価値は上記で述べたとおりであり、プレイヤーはビデオゲームを通じて、身体接触行動という特有の親密感を持つコミュニケーションを相手プレイヤーと図ることが可能になる。本インタラクションシステムを実装するにあたり、自然に身体接触行動をビデオゲームインタラクションに組み込む必要がある。本論文ではそのための知見を得るため、まずはシンプルなゲームシステムをいくつか制作し、展示活動を行い、ユーザからの意見を集める。

日常生活の中で用いられる身体接触行動の種類はいくつか存在し、代表的な例に表1に示すMorris<sup>10)</sup>による14種類がある。身体接触行動をインタフェースに利用するにあたり、これらの行動の持つ意味合いとゲーム中の意味合いを一致させることで自然なインタラクションを実現できると考え、これをゲーム制作の足がかりとした。

表1 Morrisによる14種類の身体接触行動  
Table 1 14 kinds of touch behavior by Morris.

1. 握手	2. 身体誘導	3. 軽打	4. 腕を組む	5. 肩を抱く
6. 完全抱擁	7. 手をつなぐ	8. 腰を抱く	9. キス	10. 頭に手で触れる
11. 頭で頭に触れる	12. 愛撫	13. 抱きかかえ	14. 攻撃のまね	

## 2. 関連研究

本研究の特徴は、ビデオゲームインタフェースに身体接触行動を利用している点にある。身体接触行動の特徴として、「実世界でのコミュニケーションである」と「身体または動作をインタフェースとして利用する」の2点があげられる。そこでその2点に着目したビデオゲームに関する先行事例を調査した。また、ビデオゲーム事例ではないが、身体接触行動をインタフェースに応用した先行研究に関する調査も行った。

### 2.1 ビデオゲーム事例

#### 2.1.1 身体または動作の一部を利用した事例

任天堂Wii<sup>11)</sup>はユーザの身体動作をインタフェースに利用したゲームコントローラである。図1にそのゲームコントローラを示す。Wiiは加速度センサをコントローラに組み込むことでユーザの動作をデータ化し、ユーザの身体動作をコントローラ入力とする。ソニー・コンピュータエンタテインメントのEyeToy<sup>12)</sup>やWangら<sup>13)</sup>はユーザ自身をビデオカメラにより画面内に取り込む機能を持つ。EyeToy(図2)ではユーザの姿をカメラに取り込むことで、その動きを画像処理解析しゲーム操作に変える。Wangらはカメラに取り込んだ映像を用いて、顔検知処理を行うゲームシステムを提案している(図3)。これらでは従来のゲームコントローラとは異なり、ユーザの動作そのものまたは身体そのものが画面の一部に取り込まれることでユーザは一般的なゲームコントローラに比べて、直感的にゲームを楽しむことができる。このほかに生体電位情報を利用した点で本研究に類似した事例にRekimotoら<sup>14)</sup>による研究があげられる。ゲームコントローラ背面に電極を取り付け、ユーザの足もとから生じるアースノイズを利用することでユーザの身体動作を検知し、ゲーム操作に応用した。

#### 2.1.2 実世界コミュニケーションを利用した事例

他人とのやりとりに、インタフェースの点から着目したゲーム事例としてBlaineら<sup>15)</sup>によるCircleMazeがあげられる。CircleMazeでは4人のユーザが円形のテーブルを囲み、各ユーザの手元にあるパッドを回転させる。中心のテーブルに投影されたパズルをユーザ同士



図 1 任天堂 Wii コントローラ (任天堂ウェブサイトより引用)  
Fig. 1 Nintendo Wii controller (cited from Nintendo website).



図 2 EyeToy (Sony ウェブサイトから引用)  
Fig. 2 EyeToy (cited from Sony website).

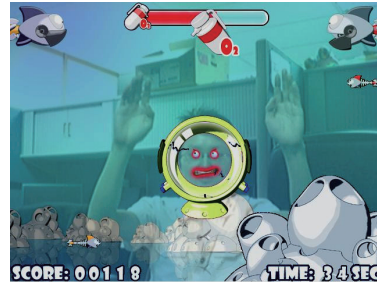


図 3 顔認識を使ったゲーム (文献 13) から引用)  
Fig. 3 A game prototype that uses face detection (cited from Ref. 13)).



図 4 Circlemaze (文献 15) から引用)  
Fig. 4 Circlemaze (cited from Ref. 15)).

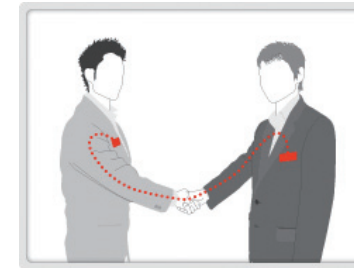


図 5 握手による名刺情報の交換 (文献 17) から引用)  
Fig. 5 Exchanging cards by using shake hands (cited from Ref. 17)).



図 6 電撃ゆび SUMO (画像は著者によるもの)  
Fig. 6 Dengeki Yubi SUMO.



図 7 Love Tester  
Fig. 7 Love Tester.

が協力して合わせることで、オブジェクトをゴールに導く。各ユーザのインタラクションは投影されたパズルの各パートにあてはまる (図 4)。

## 2.2 身体接触行動をインタフェースに利用した事例

### 2.2.1 人体通信

Zimmerman<sup>16)</sup> がユーザと機器をつなぐために人体を通信線とする手法を初めて提案した。この手法は現在多くの実用例が提案されており、特に NTT の開発した RedTacton<sup>17)</sup> では利用シーンの 1 つとして握手による名刺データの交換 (図 5) があげられている。一方で、情報通信分野において普及しはじめたこの技術をエンタテインメント分野に応用した例は

まだ少ない。

### 2.2.2 玩具

他人との触れ合いを用いた玩具に株式会社タカラ<sup>\*1</sup>の電撃ゆび SUMO<sup>18)</sup> がある。電撃指 SUMO はお互いにデバイスを握り指相撲をすると、相手の指に触れる際に電子音による効果音を出し、腕相撲を盛り上げる機能が搭載されている。図 6 に利用時の様子を示す。任天堂「ラブテスター」は電流計のような形状で、本体から伸びる 2 本のコードが伸びている。両端をそれぞれのユーザが握り、もう一方の手でユーザ同士が手をつなぐと、ユーザ間に流れる電流量に応じてデバイス本体の目盛が振れる。皮膚の発汗量が多いほど、電流が多く流れることを利用して「恋人同士の愛情」を量る玩具である (図 7)。

### 2.3 メディアアート作品

著者の作品 *Fureru Furereba Furerutoki* は 1 人の参加者を中心とし、その参加者に他の

\*1 現在は株式会社タカラトミー



図 8 Fureru Furereba Furerutoki  
Fig. 8 Fureru Furereba Furerutoki.

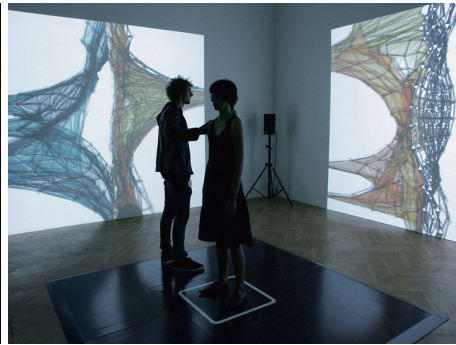


図 9 Se mi sei vicino インスタレーション風景 (Ars Electronica Archive より引用)  
Fig. 9 A snapshot of the installation of Se mi sei vicino (cited from Ars Electronica Archive).

参加者が触れることで、触れる人数に応じた映像・音をフィードバックとして表現することができるメディアアート作品である(図 8)<sup>19)</sup>。1 度に 10 人以上参加でき、中心となる参加者以外はセンシングデバイスを身につける必要はない。手をつないだ人数がパーティクル CG により描画されることで、他者との触れ合いを視聴覚を用いて体験できる。人体接触人数を検知するために、地面から生じるアースノイズを利用している。具体的には参加人数が増えるほどアースノイズの振幅が増幅されるため、これをプログラムでチェックすることで触れ合っている人数を算出する。デバイスを持たないユーザが複数人同時に参加できる点が従来の接触検知手法とは異なる。Sonia Cillari<sup>20)</sup> の作品 *Se mi sei vicino (If you are close to me)* は人体をインタフェースとしたメディアアート作品である。図 9 に示すように、床に設置されたプレートに人が立つことで、人体がアンテナの役割を担う。そのユーザに他のユーザが手を伸ばしたり触れたりすることで投影されたコンピュータグラフィックスの映像が変化する。他人との物理的な距離を表現すると同時に、身体をインタフェースとして考える可能性を提示する作品である。2 つの事例ともに、入力デバイスとして十分な反応速度を満たしているとはいえず、体験者はノイズの影響を小さくするために、静止することを求められる。このことからこれらのセンシング方式は身体動作をともなう動的なインタラクションに不向きといえる。

表 2 人体同士の接触検知が可能なセンシング手法  
Table 2 Sensing techniques that are able to detect touching.

種類	方式	応答性	可搬性	正確性	検知範囲	事例
電気, 電場	通電					Leve Tester, 電撃ゆび SUMO 等 Redtacton Se mi sei vicino Fureru Furereba Furerutoki
	電界通信					
	静電容量					
	アースノイズ	×				
光学, 磁場	モーションキャプチャ		×			
	画像処理	×	×			

## 2.4 接触検知手法

人体同士の接触を検知する手法には様々なものが考えられる。本章での関連研究調査と合わせ、それらの特徴を表 2 に、応答性、可搬性、正確性、検知範囲の点からまとめる。本章では事例として扱っていないが、モーションキャプチャや画像処理を利用して接触検知が可能と考えられるため、これらもあわせて表にまとめる。各項目は ×, , 評価とした。検知範囲に関しては皮膚上からの検知が可能である場合 とし、衣服の上からの検知が可能である場合 とした。これまでの研究過程における十分な知見と動作実績、応答速度や正確性を考慮した結果、通電方式が妥当であると判断し、この方式をゲームコントローラに実装する。

## 3. 実装 – Freqtric Game

### 3.1 コントローラデバイス

図 10 は Freqtric Game Controller (以下ゲームコントローラ) である。左側に十字ボタン、右側に A, B ボタンを備える一般的なゲームコントローラデザインである。2 対のゲームコントローラと本体からなり、それぞれのコントローラは有線で接続されている。コントローラ本体内部には文献 1) で紹介した強弱接触検知を実装したセンサデバイスを組み込んでいる。図 11 にコントローラデバイスに実装した接触検知センサモジュールの回路図を示す。図 11 中 A にプレイヤー 1, B にプレイヤー 2 が電極越しに接続される。プレイヤー同士の通電量をマイクロコントローラで読み取り、より多く電流が流れていると強い接触。少ない電流の場合弱い接触と判定する。コントローラの背面部にはステンレス板が配置されており、プレイヤーはコントローラを握ることで自然にセンサデバイスに接続される仕組みである。ゲームコントローラ本体には電源ランプ、電源スイッチ、リセットボタン、PC 接続用 MIDI 端子、ノイズ調整つまみを配した。ゲームコントローラ内に実装したマイクロコン





図 10 制作したゲームコントローラデバイス  
Fig. 10 Prototype of game controller device.

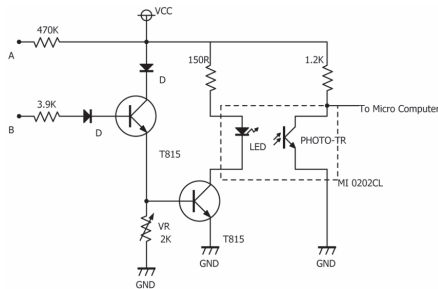


図 11 接触検知センサ回路図  
Fig. 11 Circuit of touch sensing module.

コンピュータは Microchip 社の PIC18F452 を使用した。

### 3.2 ゲームジャンルの選定

ビデオゲームには多くの種類があり、一意にそのジャンルを区別することは難しい。ping pong 等に始まるアクションゲームのほか、たまごっちに代表されるコミュニケーションゲーム、近年では各種検定合格ソフトや学習用ソフト等ゲームジャンルは多岐にわたる。本研究では任天堂ウェブページ上<sup>\*1</sup>のジャンル(表3)の中から身体接触行動においてユーザ同士の触れ合いによるコミュニケーションを反映可能なジャンルを選定した。これらからさらに

\*1 <http://www.nintendo.co.jp/ds/>

表 3 ゲームジャンル一覧  
Table 3 A genre of video game.

1. トレーニング	5. 学習	9. 実用	14. コミュニケーション
2. アクション	6. アドベンチャ	10. ロールプレイング	15. シミュレーション
3. シューティング	7. 格闘	12. 音楽	16. パズル
4. テーブル	8. スポーツ	13. レース	

2人同時プレイが可能かつ、身体接触行動におけるアクション性を反映できるジャンルを選んだ結果、2. アクション、3. シューティング、7. 格闘、8. スポーツ、12. 音楽、13. レース、16. パズルを試作候補とした。本論文ではゲーム制作における作業量を加味し、2. アクション、3. シューティング、7. 格闘、12. 音楽ゲームを制作した。結果、制作したビデオゲーム例を図 12 に示す。

本ゲームソフトウェアは Linux OS 上で動作し、グラフィック描画ライブラリに OpenSceneGraph1.2<sup>\*2</sup>、ゲームライブラリは自作のものを利用した。プログラミング言語には C++を用いた。

#### 3.2.1 シューティングゲーム

戦闘機を操作し、敵を破壊しながらゲームを進めていく縦型スクロールシューティングゲーム。ゲーム中に流れてくる色のついた星(白・赤・青・緑)オブジェクトを取るとその色に応じたミサイル攻撃に変更できる。続けて同じ色の星オブジェクトをとることで最大4つまでミサイルの攻撃力を増加させることができる。黄色の星オブジェクトは画面一掃爆弾で、最大3つまで蓄えることができる。機体が爆発してしまった場合は、生存しているプレイヤーを100回叩くことで再度ゲームに参加できる。この復活操作は蘇生行為と相手を叩いて足を引っ張ることを意図してゲームシステムに取り入れた。両プレイヤー機体は、敵機または敵の弾丸に触れると爆発しゲームオーバーとなる。ステージは3つまであり、各ステージの最後にボスが登場する。ボスには機体合体時におけるエネルギーショットのみでダメージを与えることができる。

#### 3.2.2 リズムアクションゲーム

音楽にあわせてタイミング良くコントローラ入力を行うリズムアクションゲーム。画面下から現れる矢印またはハンドマークが画面上のターゲット位置に重なるとき、それぞれのマークに対応したコントローラ入力を行う。それぞれの矢印はコントローラの十字ボタン

\*2 <http://www.openscenegraph.org/>



図 12 左上：シューティング，左下：格闘，右上：音楽（リズムアクション），右下：アクション（アクションアドベンチャー）

Fig. 12 Upper left: shoot en up, lower left: battle, upper right: rhythm action, lower right: action adventure.

に，ハンドマークは接触入力に対応している．ユーザが音楽に合わせて相手とハイタッチ等をする事で，ハンドマーク入力ができる．ゲーム中のコントローラ入力は十字ボタンに限られており，プレイヤーは赤ボタン青ボタン側の手を離すことができる．そこでユーザ同士が離すことが可能な手で容易に相手に触れられるように，プレイヤー 2 にはコントローラを上下逆に持たせるようにした．図 12 右上中の画面左の矢印マークがプレイヤー 1 のパート，右側がプレイヤー 2 のパートである．入力精度は画面中に perfect, good, bad, miss の 4 段階で表示され，bad, miss に関しては画面上にあるプレイヤーの体力ゲージが削られる．ゲームレベルは easy, normal, hard の 3 種類の中からプレイヤーが選択でき，プレイ結果は A: 最高から D: 最低の 4 段階で評価される．画面上のゲージが 0 になってしまうとゲームオーバーとなる．

### 3.2.3 ロボット格闘ゲーム

ロボットを操作し，相手ロボットをステージ上から先に落としたりした方が勝ちになる対戦格闘ゲーム．青色のロボットがプレイヤー 1，赤色のロボットがプレイヤー 2 の操作するロボットである．プレイヤーは十字ボタンでロボットを操作し，ミサイルや接触攻撃を用いて相手と対戦する．接触攻撃には相手を叩くことでお互いに後ろ向きに飛ばされる「ひっぱたき攻撃」と相手をつかむことでお互いのロボットがくっつき合ってしまう「ひっつかみ攻撃」の 2 種類がある．技の表記としては攻撃という言葉を用いているが，実装したセンサモジュールでは攻撃した側とされた側の判断はできない．どちらの攻撃もお互いのロボットに同様の効果が与えられる．先に 2 勝した方が勝ちとなる．なお相手がステージ上から落ちて 3 秒以内にもう一方のロボットもステージ上から落ちてしまった場合は引き分けとなる．ゲームの開始と終了には相手への礼儀としてユーザ同士の握手が必要になる．図 12 はゲーム開始時のユーザ同士の握手を指示しているスクリーンショットである．

### 3.2.4 アクションアドベンチャーゲーム

ロボットを操作しステージ中に配置された宝石を集める横型スクロールアクションゲーム．プレイヤーは宝石を 7 つ集めることで次ステージに続く扉を開くことができる．プレイヤー 1 は青色ロボット，プレイヤー 2 は赤色ロボットを操作する．冒険の途中には様々な障害があり，プレイヤーは接触入力を駆使してその障害を乗り越えてゆく．このゲームには「踏みつけジャンプ」、「ボーリングショット」、「サッカーボールキック」、「引っ張り上げ」、「ケンタウルス合体」、「復活」の計 6 種類の接触入力が用意されている．相手プレイヤーがステージ上から落ちてしまっても，もう一方のプレイヤーが落ちていなければ，ステージから落ちてしまったプレイヤーが相手プレイヤーを 100 回叩いてロボットを蘇生させることができる．ただしルール上落ちてしまったプレイヤーが相手プレイヤーを叩くとしているだけで，実際には「触れる」と「触れられる」の識別はしていない．

表 4 に制作したゲーム操作における身体接触行動をともなうゲームアクションの一覧を示す．なお「叩く」「手をつなぐ」における接触の判定は 100 ms 以下を「叩く」、それ以上を「手をつなぐ」としている．

## 4. 展示評価

本研究のビデオゲームを Freqtric Game と呼び，ゲームシステム展示を 2007 年より現在まで約 2 年間継続してきた．展示活動を通じて得られた知見をユーザ意見とユーザ観察の観点から各ゲームごとにまとめる．ただしユーザ意見に関して，身体接触行動とは関係の

表 4 身体接触行動をともなうアクションとその操作方法  
Table 4 Video game actions and its operations that use touching.

ゲームの種類	身体接触行動をともなうアクション	操作方法
シューティング	自機の復活 自機同士の合体 画面一掃爆弾	相手を連打 画面上の自機同士を触れ合わせる + 手をつなぐ A+B ボタン+相手に触れる
リズムアクション	タッチマーク入力	相手に触れる
対戦	攻撃 相手ロボットを捕まえる	相手を叩く 相手をつかむ
アクションアドベンチャ	相手を背後から押す 相手を蹴り飛ばす 踏みつけジャンプ パワーアップ合体 引っ張り上げ 自ロボットの復活	背後に立つ+相手を叩く 背後から走りこむ+相手を叩く 相手を踏みつける+相手を叩く 背後に立つ+相手と手をつなぐ 相手と手をつなぐ+十字ボタン上 相手を連打

ない項目や、「楽しい」、「面白い」といった漠然とした意見は除き、本ゲームシステムに関する気付きや問題点指摘、システムへの要望に関する意見をまとめる。

#### 4.1 シューティングゲーム

ユーザ意見 1. 上手な人に助けてもらえる感覚が強い

2人同時プレイが可能な従来のシューティングゲームとは異なり、プレイヤーがゲーム進行上危険な状態に陥った場合に、もう一方のプレイヤーが合体や画面一掃爆弾を利用することがよく見られた。これら操作はプレイヤーのゲーム操作能力に差がある場合、顕著に利用され、ゲームを得意としないユーザからこのような意見を聞くことができた。このことから身体接触がゲーム中のイベントを盛り上げることに成功していると考えられる。

ユーザ意見 2. 体ごと相手と触れることで合体操作ができると良い

合体操作を行う際、プレイヤーはコントローラを一時的に片手で操作しなければならない。いちいち手を離すことなく、相手プレイヤーと肩をぶつけるような形で合体ができれば、より操作が容易となる。しかし現状のセンサモジュールでは直接皮膚に触れない限り正確なセンシングができない。類似意見として、衣服の上からの接触検知に関する考察は 4.2 節ユーザ意見 7 にまとめるので、そちらを参照されたい。

ユーザ観察

プレイヤーは主に静止し、身体接触行動の際もあまり大きな動作をすることがなかった。画面に集中し、最小の動作で合体や復活操作を行っていた。これはシューティングゲームのゲーム性が大きく関係しているといえる。プレイヤーは随時敵機からの攻撃をよけ、画面から

目を離すことができない。そのためプレイヤー同士の盛り上がりも身体接触行動中にはあまり見られず、ボスを倒したときや、弾幕を切り抜けたときといった場面が多かった。ビデオゲームを不得意とするユーザは、本ゲームを選択することが少なかった。本ゲームを好んで選択したユーザ層は主に小学生程度の男の子が多かったこともあり、ゲーム説明を受けずに1人で遊び続けてしまうことが事例が多く見られた。これは本ゲームが一般的なゲームと最も認識されやすいゲームであったといえる。このことからシューティングゲームにおいて身体接触操作を取り入れる場合、ゲームの進行上身体接触操作が不可欠な要素を多く取り入れた方が良いと考えられる。

#### 4.2 ロボット格闘ゲーム

ユーザ意見 1. プレイヤ 2 の方が不利

プレイヤーは画面に対面してゲームを楽しむため、相手が右手側にいる場合と左手側にいる場合に分かれる。たとえば画面に向かってプレイヤー 1 が左、プレイヤー 2 が右に位置した場合、プレイヤー 2 は相手側の手である左手を離してプレイヤー 1 に触れると、十字ボタンから手を離すことになる。一方でプレイヤー 1 は相手側の右手をコントローラから離しながら、左手で十字ボタン操作が可能である。これによりプレイヤー 2 は相手を身体接触行動を用いて攻撃する際、相手側に遠い右手を使わなければならない。この意見を反映させ、プレイヤー 2 がコントローラを上下逆さまに持つ（左手；AB ボタン、右手：十字ボタン）ゲームシステムに変更したが、ユーザから「使いにくい」という指摘を多く受け、もとの持ち方に再度変更した。

ユーザ意見 2. 叩いたプレイヤーと叩かれたプレイヤーを識別してほしい

本ゲームシステムでは「ひっぱたき攻撃」「ひつつかみ攻撃」の2種類の身体接触行動操作が使われているが、叩いたプレイヤーと叩かれたプレイヤーの識別はできない。電流通電を用いた本センサモジュール単体ではこの識別は困難であるため、その他のセンサ等を併用することで解決可能と考えられる。たとえばコントローラに加速度センサを内蔵させ、コントローラを持つ手が叩かれた際の衝撃を検知することで識別が可能である。ただしこの場合は相手を叩く場所がコントローラを持つ手に限定されてしまうことが懸念される。

ユーザ意見 3. コントローラ操作と身体接触行動が連動した必殺技がほしい

単に接触だけで攻撃するのではなく、コントローラ操作と組み合わせることで様々な必殺技が出るとさらにゲームが盛り上がるのではないかと、意見を得た。これは本ゲームシステムを魅力的にできる一方で、ゲーム難易度を向上させてしまう。ゲームシステムを作りこむうえで検討し、次期プロトタイプの問題としたい。

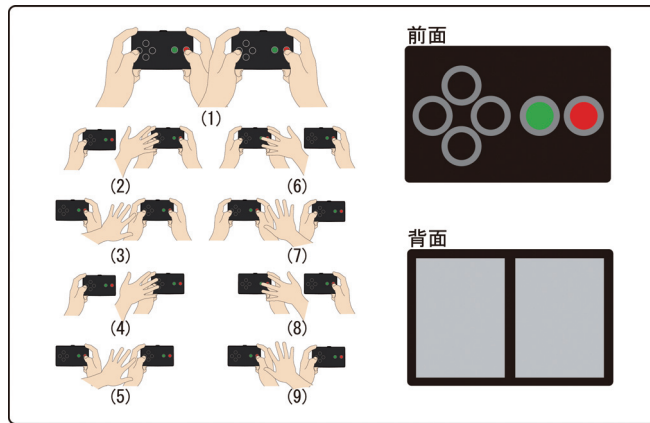


図 13 コントローラ背面の電極板を 2 枚に区切った場合の各電極における組合せ接触検知のパターン  
 Fig. 13 Touch combination detection pattern in case that electrode on the back of controller is divided to 2 pieces.

#### ユーザ意見 4. 相手の攻撃を（物理的に）ブロックしたい

相手プレイヤーからの接触攻撃があった場合、相手から伸びた手を弾くまたは捕まえることでその接触攻撃を防ぐ機能がほしい、という意見を得た。この機能を実装する 1 つの方法として、組合せ検知の利用が考えられる。組合せ検知とは筆者らが提案した 3 人以上の複数人ユーザの接触組合せ検知を指す<sup>21)</sup>。たとえばユーザが A, B, C の 3 人の場合、A-B-C, A-B, A-C, B-C の 4 種の触れ合い検知が可能となる。この方式を応用し、図 13 右部に示すようにコントローラ背面の電極を 2 枚に分ける。2 人の場合計 4 枚の電極板の組合せ接触検知を行うと、図 13 左部に示すように計 9 通りの接触状態を検知できる。これらの接触状態を攻撃や防御の操作に対応させることで、相手の攻撃をブロックする等の状態を検知できる。

#### ユーザ意見 5. ワイヤレスにしてほしい

対戦ゲームでは協力型と異なり、身体動作が大きくなる傾向が見てとれた。大きく体を動かす際、本プロトタイプのカールはユーザにとって非常に煩わしい。今回実装したセンサモジュールはユーザ間で閉回路を構成しなければならないが、文献 16), 22) 等の手法を用いることでケーブルを排除することが可能となる。

#### ユーザ意見 6. 片手で操作したい

プレイヤーは両手でコントローラを操作する必要がある。そのため相手に触れるには片手を離す必要がある。両手でコントローラを握ったまま相手に触れることも可能ではあるが、プレイヤーの行動中にはあまり見られなかった。このことからプレイヤーから、片手で操作可能なコントローラにしてはどうか、という意見を得た。十字ボタンと AB ボタン操作を片手で同時に行うには習得に時間がかかり困難であるため、ゲームシステム自体を十字ボタンを必要としないもの等に変更することで今後対応できると考えられる。

#### ユーザ意見 7. 衣服の上から検知してほしい

この意見は本ゲームに限らず、他のゲームシステムからも多く得られた意見であるが、本ゲームにおいて最も多く意見が聞かれたため、ここにまとめる。衣服の上から接触検知は身体表面の電界を利用した電界通信方式を用いることで可能になる。ただしビデオゲームのような高速な入力レスポンスを実現できるかどうかが課題であり、今後のプロトタイプ改良において検討する。

#### ユーザ観察

プレイヤーは 4 ゲーム中最も大きな動作を示した。身体接触行動に熱中するあまり、画面を見ずに相手に負けてしまう場面がしばしば見られた。相手の接触攻撃を避けるために大きく体を反らしたり、相手から可能な限り離れたりする様子をしばしば観察できた。このような身体動作もセンシングするシステムを用いることで、より豊かなゲームインタラクションをユーザに提供できる可能性がある。本ゲームを好んで選択したユーザは 10 代後半から 30 代程度の男女が多かった。ひっぱたき攻撃に関して、攻撃側も同様に自ロボット進行方向逆向きに弾かれてしまうため、プレイヤーが不用意に接触攻撃を用いないといった場面が見られた。ロボット自身にミサイル攻撃機能があるため、ミサイルだけを利用し、接触入力を用いない場面もしばしば見られた。ゲームシステム自体は非常にシンプルであり、初心者プレイヤーには分かりやすいゲームデザインであったが、3, 4 回でユーザが飽きてしまう傾向も強く、上記ユーザ意見を参考にシステムの作りこみが必要である。

#### 4.3 リズムアクションゲーム

##### ユーザ意見 1. ボタン操作と接触の 2 つを同時に利用するのが難しい

多くのユーザから得られた意見である。通常のリズムアクションゲームの知識を持つプレイヤーが本ゲームを体験した場合、自分の十字ボタンだけでなく相手との息も合わせなければならない点が通常のリズムアクションゲームと本ゲームは異なる。このことがプレイヤーに違和感を与えていたようであった。しかし 2 度 3 度と体験することで徐々に慣れ、うまく協



力してゲームを楽しめるようになる傾向が見られた。

ユーザ意見 2. 足踏み型コントローラにすることでより楽しめそう

代表的なリズムアクションゲームでは主に入力コントローラに足踏み型を採用している事例が多い。本ゲームシステムにおいても足踏み型を採用することで、プレイヤーの両手が自由になるという利点が考えられる。ただし電極とプレイヤーをどのように接続するかを検討する必要がある。これに関しては各足踏み入力パネル部に電極を配することで、ユーザは小さいのデバイスを身につけることなくゲームに参加できる。

ユーザ観察

4 ゲーム中、最も体験者のゲーム選択率が低かったと感じられたゲームである。ゲームジャンルの中で、リズムアクションゲームを苦手としている体験者が多かった。しかしリズムアクションを得意とする体験者は好んで何度も本ゲームをプレイしていた。20代の主に男性が体験者として多かった。ハンドマーク入力に関しては、プレイヤー同士が同時に手を合わせるよりも、片一方のプレイヤーが相手の手に触れている場合が多く見てとれた。

#### 4.4 アクションアドベンチャーゲーム

ユーザ意見 1. 操作が複雑

本ゲームシステムは身体接触操作の種類が最も多く、それらを使えるようになって初めて各ステージをクリアできるようになる。プレイヤーはステージ1を体験する際にそれら操作方法をレクチャを受けながら覚えてゆく。ビデオゲームを苦手とする体験者からは操作が複雑で覚えられない等の意見を得た。これには説明書を作成することで対応したが、ほとんどの体験者は説明書を見ようとはせず、とにかくロボットを操作してゲームを楽しむ傾向があった。結果として展示の際には必ず口頭で操作方法を伝えた。

ユーザ意見 2. 叩く部位を検知してほしい

たとえばボーリングショット操作では、プレイヤーが操作するロボットが画面上で相手ロボットの背中を押し出すようにして、相手ロボットを進行方向に滑らせる。画面上のロボットが相手ロボットの背中を押し出しているにもかかわらず、現実世界のプレイヤーは相手の手に触れるため、行為にズレが生じている。プレイヤー側にとっては相手の手に触れるよりも背中に触れる方が自然である。このインタラクションを実装するには叩く部位を検出する仕組みが必要となる。これは接触検知とモーションキャプチャ等の空間検知を同時に利用することで実現可能と考えられるが、システムが大がかりになり、皮膚が露出していない部位では衣服の上からの接触検知も必要となる。可搬性や技術問題を事前に解決する必要があるため、これは今後の課題とする。

ユーザ意見 3. 現実世界でのプレイヤーの位置関係が反映されると面白い

画面上のロボットの位置関係とプレイヤー同士の位置関係に近いほど、より自然なインタラクションを実現できるといえる。たとえばボーリングショット操作で実際に相手プレイヤーの背後に立つ必要性や、ケンタウルス合体の際には実際にロボットと同じ姿勢をとる必要性を生じさせることで、より現実世界とゲーム世界をシームレスにつなげることが可能となる。これはプレイヤーの空間検出や姿勢検出を取り入れることである程度は実現可能とは考えられるが、このようなインタラクションを実現するためには、プレイヤーにボディスーツを装着させる等の大がかりな仕組みが必要となり、これは手軽に遊べるビデオゲームの魅力を減少させてしまう。

ユーザ意見 4. 振動フィードバックがあると面白そう

具体的には、ボーリングショットやサッカーボールキックをされた瞬間に、実際の身体接触行動によるフィードバックとコントローラ内の振動アクチュエータからフィードバックを同時にプレイヤーに与える、というものである。実際に叩かれた衝撃とコントローラからの振動で、プレイヤーは現実と仮想の2つの世界から同時にフィードバックを得ることができる。直接身体接触インタフェースに関わるのではないが、複数のセンサやアクチュエータを同時に利用することはビデオゲームインタラクションの質を向上させることができると考えられる。

ユーザ意見 5. 無駄な身体接触行動操作があっても良い

本ゲームで設定している身体接触操作はゲームの進行に大きく影響し、それら操作を使いこなすことで各ステージがクリア可能となる。一方でステージクリアに関係ない操作、たとえば、相手を抱きかかえたり、ただ手をつないで歩く等の操作を用意することでゲームを楽しむ幅が広がる。システムを作りこむ際に今後の参考としたい。

ユーザ観察

本ゲームシステムを好んで楽しむ体験者の年齢層は広く、他のゲームシステムと比較して、男女ペアが好んで楽しむ傾向があった。1回あたりのプレイ時間も長く、1度プレイした後に再度体験をする傾向も強く見られた。プレイヤーの身体動作はシューティング、リズムアクションゲームと同様に、静的で大きな動作をすることはあまり見られなかった。

以上4種のゲームシステムについてまとめたが、センサモジュールの応答速度や正確性に関する意見や不具合はほとんどなく、これまでの電子楽器での知見が役立ったといえる。

## 5. ま と め

身体接触行動をビデオゲームに応用した“Freqtric Game”を制作し、2年間の展示活動を通じて得られた知見を、ユーザ意見と観察の観点から述べた。ユーザ意見では接触部位検知や衣服の上からの検知といった、センサモジュールの機能面に関するものと、ゲームシステムのインタラクションに関する意見が多かった。これらの意見は次期プロトタイプ実装の際に参考にする。制作したゲームシステムは協力型と対戦型の2種類に分けられ、協力型はあまり体を大きく動かさず的確に接触操作を行い、対戦型では体全体を大きく使い、大げさな動作をする傾向がユーザ観察から得られた。

### 5.1 今後の展望

今後も継続的に展示活動を行い、身体接触行動を利用したビデオゲームシステムに関する知見を得る。同時にこれまでの知見を基に従来のインタラクションシステムの改良を行う。前述のとおり幅広いユーザから多くの意見を収集しており、それらの意見を基に時期プロトタイプにて改良予定である項目を次に述べる。

ワイヤレス化、衣服の上からも接触検知が可能

身体接触行動は、特に対戦型の場合、大きな身体動作をとまなう場合がある。現状の有線型のコントローラデバイスでは、ケーブルがゲームのユーザビリティを低下させてしまっている。また、衣服の上からも接触を検知できるようにすることで、背中を叩いたりする様々な身体部位をインタフェースに利用できる。これらを実現するため、今後は電界方式による人体通信モジュールを扱う。これによりワイヤレス化および衣服の上からの接触検知が可能となる。

片手での操作

身体接触行動は主に手を利用することが多い。このことから本コントローラデバイスのように両手で操作することは、身体接触行動を阻害する面がある。今回は既存のゲームシステムを応用することを考慮していたため、両手を使う一般的なコントローラ操作方法を用いた。次期プロトタイプでは片手での操作を可能とすることでより身体接触行動を利用しやすいインタラクションシステムの開発を行う。

身体接触行動特有のゲームシステムの開発

従来のゲームシステムを応用する以外にも、本インタフェースを利用するからこそ可能になるインタラクションも必要ではないか、という意見をいただいた。そこで今後のソフトウェアとしては、身体接触行動のみで操作するようなゲームシステムを開発する。

## 参 考 文 献

- 1) 馬場哲晃, 牛尼剛聡, 富松 潔: Freqtric drums: 他人と触れ合う電子楽器 (音楽インタフェース, <特集>インタラクション技術の原理と応用), 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1240-1250 (2007).
- 2) 森川 治ほか: ハイパーミラーを用いた遠隔抱擁システム, 情報処理学会シンポジウムインタラクション 2006 論文集, pp.29-30 (2006).
- 3) 廣瀬通孝, 谷川智洋, 田中信吾, 崎川修一郎: 嗅覚ディスプレイに関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 = Proc. Virtual Reality Society of Japan Annual Conference, Vol.5, pp.193-196 (2000).
- 4) 中島義明, 安藤清志, 子安増生, 坂野雄二, 繁榎算男, 立花政夫, 箱田裕司: 心理学辞典, 株式会社有斐閣 (2001).
- 5) メルロ・ポンティ: 知覚の現象学 I, みすず書房 (1967).
- 6) M.F.A. モンターギョ: タッチング—親と子のふれあい, 平凡社 (1977).
- 7) Gergen, K.J., Gergen M.M. and Barton, W.H.: Deviance in the dark, *Psychology Today*, pp.129-130 (1973).
- 8) Witcher, S.J. and Fisher, J.D.: Multidimensional reaction to therapeutic touch in a hospital settings, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.37, pp.87-96 (1979).
- 9) 山口 創: 愛撫・人の心に触れる力, NHK Books (2003).
- 10) Morris, D.: マンウォッチング, 小学館ライブラリー (1991).
- 11) Nintendo: Wii (2006). <http://www.nintendo.com/channel/wii>
- 12) Sony Computer Entertainment: Eyetoy (2003). <http://www.jp.playstation.com/scej/title/eyetoy/>
- 13) Wang, S., Xiong, X., Xu, Y., Wang, C., Zhang, W., Dai, X. and Zhang, D.: Face-tracking as an augmented input in video games: enhancing presence, role-playing and control, *CHI '06: Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1097-1106, ACM Press, New York, NY, USA (2006).
- 14) Rekimoto, J. and Wang, H.: Sensing gamepad: electrostatic potential sensing for enhancing entertainment oriented interactions, *CHI '04: Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp.1457-1460, ACM, New York, NY, USA (2004).
- 15) Blaine, T. and Forlines, C.: Jam-o-world: evolution of the jam-o-drum multi-player musical controller into the jam-o-whirl gaming interface, *NIME '02: Proc. 2002 Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pp.1-6, National University of Singapore, Singapore, Singapore (2002).
- 16) Zimmerman, T.G.: Personal area networks: Near-field intrabody communication, *IBM System Journal*, Vol.35, No.3-4, pp.609-617 (1996).

- 17) Goldstein, H.: A touch too much [intrabody communication], *Spectrum*, Vol.43, pp.24-25, IEEE (2006).
- 18) 株式会社タカラ：電撃指 sumo (1999).
- 19) 馬場哲晃：人と人のコミュニケーションを拡張するメディアアート作品の制作, Master's thesis, 九州芸術工科大学大学院 (2004).
- 20) Cillari, S.: Se mi sei vicino, *CyberArts 2007*, ARS ELECTRONICA, pp.182-183 (2007).
- 21) 馬場哲晃, 牛尼剛聡, 富松 潔：複数人ユーザ間における身体接触を検知する電子楽器システムを事例としたセンシングモジュールの開発, 情報処理学会シンポジウムインタラクション 2009 論文集, pp.47-48 (2009).
- 22) Hachisuka, K., Nakata, A., Takeda, T., Shiba, K., Sasaki, K., Hosaka, H. and Itao, K.: Development of wearable intra-body communication devices, *Sensors and Actuators A: Physical*, Vol.105, No.1, pp.109-115 (2003).

(平成 21 年 3 月 17 日受付)

(平成 21 年 9 月 11 日採録)



馬場 哲晃 (正会員)

1979 年生まれ。2003 年九州芸術工科大学芸術情報設計学科卒業。2005 年同大学院芸術工学研究科芸術工学専攻博士前期課程単位修了。2008 年九州大学大学院芸術工学府博士後期課程単位取得退学。同年より首都大学東京システムデザイン学部インダストリアルアートコース助教。専門はインタラクションデザイン, インタラクティブ・アート。ACM 会員。



牛尼 剛聡 (正会員)

1999 年名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程後期課程満了。博士(工学)名古屋大学。1999 年九州芸術工科大学助手。現在, 九州大学大学院芸術工学研究院助教。ACM, IEEE-CS, 電子情報通信学会, 日本データベース学会各会員。



富松 潔

1953 年福岡県生まれ。九州芸術工科大学卒業, 英国王立芸術大学院コンピュータリレーテッドデザインコース修了, 博士(芸術工学)。三洋電機英国駐在を経て, 1994 年九州芸術工科大学講師, 現在は九州大学大学院教授。所属は芸術工学研究院デザインストラテジー部門, 専門はインタラクションデザイン, 研究テーマは「インタラクションデザインを先導するメディアアート表現」。ACMSIGCHI, アジアデジタルアートアンドデザイン学会理事, 芸術工学会, 日本デザイン学会各会員。日本セーリング連盟アンパイア。