

平成 23 年度 修 士 論 文

修士論文題目

次世代エンタテイメントシステム
開発のためのプロトタイピング手法

指導教員 白井 暁彦 准教授

神奈川工科大学 情報工学専攻

学籍番号 1085054

学生氏名 山下 泰介

提出日 平成 24 年 1 月 27 日 指導教員 印

受理日 平成 24 年 月 日 情報工学専攻主任 印

論文要旨

本論文では、(1)体験が実空間上で行われる、(2)新奇なデバイスを用いる、(3)開発が短期間で行われる、といった特徴を持つエンタテイメントシステムを「次世代エンタテイメントシステム」と定義し、3つの開発事例を基に、プロトタイピング手法について、次世代エンタテイメントシステムをより効率よく開発するためのプロトタイピング手法について報告する。

3つの開発事例を通じ、経験的試作が繰り返されやすいこの種の新しいエンタテイメントシステムにおいて、本論文では(1)開発環境を比較検討する、(2)ツールを用いる、(3)プレイヤ分析実験を行う、という手法について報告し、特にマッサージ・エクササイズゲームにおける全身動作のインタラクションに対して、飽きずにエクササイズを続けられるモデル及びキャラクタエージェントとして、入力フォースに対して10kgF以上かつ25kgF未満という閾値を用いた評価関数 TypeAと、2Hz～0.85Hzのバンドパスフィルタをベースとした評価関数 TypeBの二つの評価関数を用いた評価方法とその応用を明らかにした。

目 次

1.	まえがき	1
2.	関連研究	3
3.	次世代エンタテイメントシステム	6
3.1	次世代エンタテイメントシステムの特徴	6
3.1.1	ミュージアム向けエンタテイメントシステム	7
3.1.2	多重化隠蔽映像コンテンツ再生システム	8
3.1.3	音声と運動によるエンタテイメントシステム	10
3.2	エンタテイメントシステム「LovePress」	10
3.2.1	既存の恋愛ゲームにおける課題	10
3.2.2	コンセプトデザイン	11
3.2.3	キャラクタメイキング	12
3.2.3	『センス・オブ・ワンダーナイト 2010』での発表	13
4.	プロトタイピング手法	16
4.1	さまざまなプロトタイピング手法	16
4.1.2	Unity3d	17
4.2	遅延を抑えた映像・音声再生システム	18
4.3	ScritterH コンテンツプレイヤー	24
5.	身体的インタラクションエージェントの設計と評価	29
5.1	LovePress	29
5.2	エージェント	30
5.3	実験	32
5.4	応用の可能性	37
6.	むすび	41

参考文献

付録1. インタラクション2011 :

LovePress++:物理入力に感応する新しい恋愛シリアルスゲームの提案

2. NICOGRAPH2011春季大会 :

感圧センサを使った感覚運動インタラクションのための

自然なプレイヤ分析アルゴリズムと評価

3.NICOGRAPH International 2011 :

Experimental methods and natural player analysis for
sensory-motor interaction using pressure sensors

1. まえがき

論文「実世界指向ゲームインターフェースによるインタラクション技術の基盤研究力強化」では、エンタテイメントシステムにおいてインターフェースデバイスは重要となることが報告されている¹⁾。古くはコンピュータゲームの黎明期から存在する、「ジョイステイック」と呼ばれる「レバーとボタン」で構成される操縦桿型インターフェースデバイスを用いたものである。他にも「ブロック崩し」や「テニス」といった画面上の「パドル」を動かし弾を跳ね返すビデオゲームで用いられたアナログ量を扱うことを可能にした回転ダイヤルのインターフェースデバイスなどがある。コンピュータゲームの黎明期以降、ビデオゲームの爆発的普及以前は、新しいエンタテイメントの開発と共にインターフェースデバイスの開発が行われた。例えば「潜水艦ゲーム」のような電子玩具、全自动麻雀卓のようなボードゲームを電子制御したようなもの、さらに「野球盤」や「スペースワープ」のように、電子制御なしに高度なデバイス制御を行う玩具、「マスタマインド」のように、8ビットマイコンにプログラム移植された玩具もある。「ジョイステイック」と「パドル」の回転ダイヤルインターフェースデバイスにおける違いは、その「意味・位置づけ」が明らかに異なる点である。「ジョイステイック」はゲームのコンテンツとしての世界観に多様性を持たせるために、インターフェースデバイスを単純化・汎用化させたものであり、「パドル」は、人間の運動の延長としての自由度や技巧としての難易度を保つことはできるが、世界観に多様性を持たせることは難しい。

「ジョイステイック」のように汎用化されたインターフェースデバイスを用いたエンタテイメントシステムの開発においては、その設計や開発手法においても汎用化された既存の方法を適用することができるだろう。しかし、技術の進歩とともに、より目新しく面白い体験を求められるエンタテイメントにおいてはその限りではない。「意味・位置づけ」が明らかに異なるデバイスでの開発では常に試行錯誤が求められる。

任天堂「Wii」や Microsoft「Kinect」のような全身操作型のビデオゲーム、スマートフォンのタッチパネルや加速度センサ、さらに GPS による位置情報を使い現実空間とリンクして体験するアプリケーション、科学館のような実際にその場所に行き体験する展示物など、エンタテイメントシステムの発展は目覚ましい。一方、世界的なゲーム開発者会議 GDC や SIGGRAPH では「おもしろさ」を測る使用者(プレイヤ)解析分野の研究が盛んである。今後ビデオゲームに限らず、ユーザとのインターラクションを行うエンタテイメントシステムにおいて様々な測定方法を用いて重要な研究になるだろう。

そこで本研究では次世代に求められるエンタテイメントシステムを開発するためのプロトタイピング手法として(1)体験が実空間上で行われる、(2)新奇なデバイスを用いる、(3)開発が短期間で行われる、といった特徴を持つエンタテイメントシステムを「次世代エンタテイメントシステム」と定義し、3つの開発事例を基に、そのプロトタイピング手法について報告し、次世代エンタテイメントシステムをより効率よく開発するためのプロトタイピング手法について報告する。

第2章では関連研究として、アニメーションやドラマ、ビデオゲームなどのワークフローについて述べる。

第3章では次世代エンタテイメントシステムの定義について明確にし、本研究において開発した事例について報告する。

「ミュージアム向けエンタテイメントシステム」の開発事例では、システムの安定性と反応速度の速さに重点を置いたエンタテイメントシステムを開発した。この開発において、複数の開発環境でプロトタイプを作成し、比較・検討することでパフォーマンスの高いシステムを開発する手法を述べる。

「多重化隠蔽映像コンテンツ再生システム」の開発事例では、「多重化隠蔽映像」という新奇なデバイスに対し、ゲーム開発エンジンを用いて拡張性の高いシステムを開発した。ゲーム開発エンジンを用いることで、短い期間での開発を可能にし、その後の拡張性を考慮に入れた開発手法について述べる。

「音声と運動によるエンタテイメントシステム」の開発事例では、ビジュアルフィードバックの無い、音声フィードバックとユーザが全身を使って行う身体的入力を用いたマッサージ・エクササイズゲームを開発した。ユーザの身体的入力を用いる際の、難易度調整や操作の標準化の難しさといった課題に対し、エージェントを用いてユーザの身体的入力を評価する手法を述べる。さらにユーザ実験を行い、エージェントを用いる有用性について考察し、次世代エンタテイメントシステムに対する応用の可能性について述べる。

第4章では、試作が繰り返されやすいこの種の新しいエンタテイメントシステムにおいて、(1)開発環境を比較検討する、(2)ツールを用いる、という手法について報告する。

第5章では、(3)ユーザ解析実験を行う手法について報告する。マッサージ・エクササイズゲームにおける全身動作のインタラクションに対する評価関数、及び実験方法について仮説を立て、12人の被験者から2種類の評価関数に対し、エンタテイメント体験の持続時間、提示モデルの理解の可否、などの特性を読み取ることが出来た。その特性から、飽きずにエクササイズを続けられるモデル及びキャラクタエージェントとして、入力フォースに対して10kgF 以上かつ25kgF 未満という閾値を用いた評価関数 TypeA と、2Hz～0.85Hz のバンドパスフィルタをベースとした評価関数 TypeB の二つの評価関数を用いた評価方法を明らかにした。

第6章では、報告した事例と手法についてまとめ、特に体験者のモチベーションを維持するだけでなく、身体的入力を用いる次世代エンタテイメントシステムにおいてキャラクタエージェントを用いた手法が、難易度調整や操作の標準化にも応用できる可能性がある点について述べる。

2. 関連研究

図2.1は奈良初男による「アニメーション番組制作の概要」で報告されたアニメーション作品の具現化過程である²⁾。「プリプロダクション」、「映像プロダクション」、「音声プロダクション」、「ポストプロダクション」というワークフローを取っている。

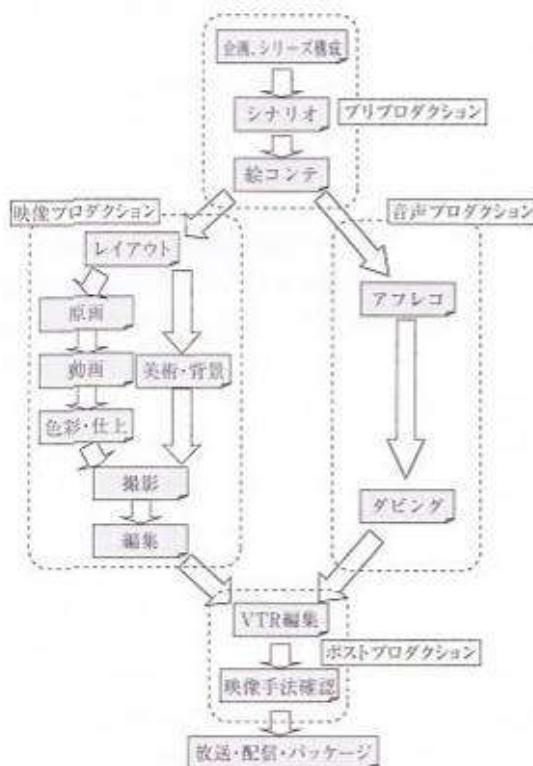


図2.1 アニメーション作品の具現化過程

次に図2.2は「ドラマ番組におけるワークフロー」にて報告された、ドラマ制作の基本的ワークフローである³⁾。このメディアの場合「プリプロダクション」から「ポストプロダクション」まで1直線であり、エンジニアリング的なチャレンジが必要となる大きな分岐は見当たらない。

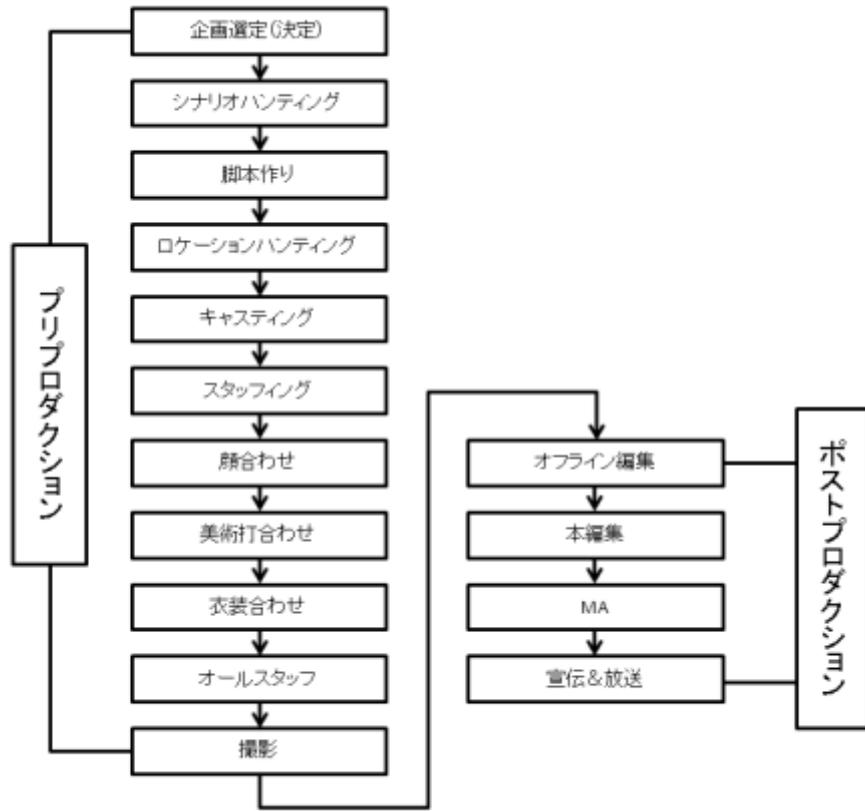


図2.2 ドラマ制作の基本的なワークフロー

続いて図 2.3 は「デジタルコンテンツ制作の先端技術応用に関する調査研究報告書」⁴⁾による、ゲームにおける作業ワークフローの例である。図 2.2 と比較して、エンジニアリング的な分岐が数多く、作業の見通しがつきづらいと言える。

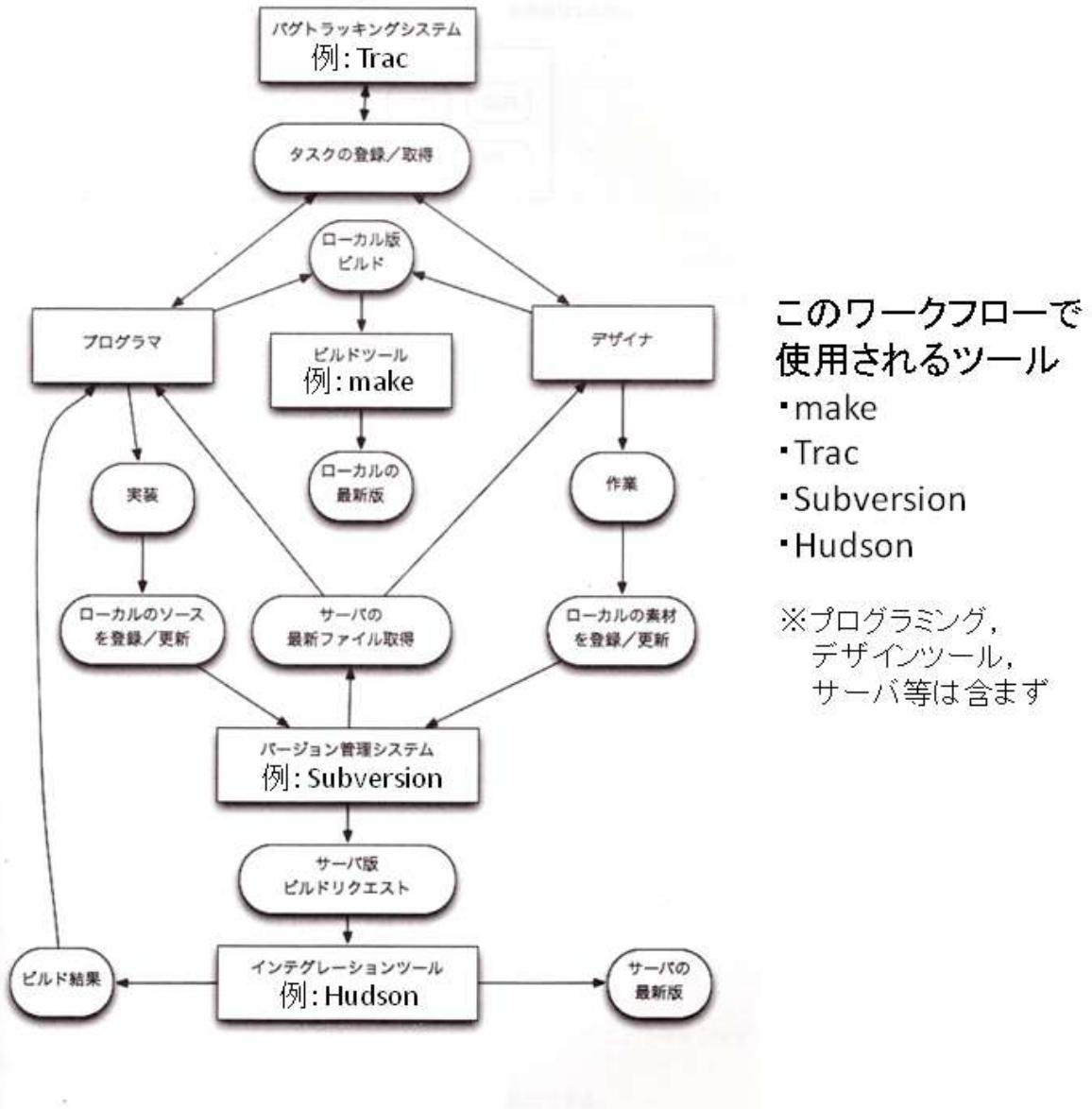


図2.3 ゲームにおける作業ワークフローとツールの例

上記のように各コンテンツメディアにおけるワークフローをまとめた。コンテンツメディアごとに異なるワークフローを持っているが、それぞれのコンテンツメディアにおいて確立されたワークフローであることがわかる。

次に本論文が対象とする「次世代エンタテイメントシステム」について、その定義を述べ、個々の実験的コンテンツシステム構築においてどのような特性があるかを明らかにする。

3. 次世代エンタテイメントシステム

本章では次世代エンタテイメントの定義について正確にし、その課題や問題点について整理し、筆者が実際に関わったプロジェクトについて報告する。

3.1 次世代エンタテイメントシステムの特徴

本論文で提案する次世代エンタテイメントシステムの定義について述べる。次世代エンタテイメントシステムとは

- (1) 体験が実空間上で行われる
- (2) 新奇なデバイスを用いる
- (3) 開発が短期化に行われる

これら3つの要素を持ったシステムを指す。

代表的な例として、任天堂「Wii」やMicrosoft「Kinect」といった実世界指向ヒューマンインターフェースを用いて全身をフィジカルに使うビデオゲーム、スマートフォンのタッチパネル、加速度センサ、さらにGPSによる位置情報を使い現実空間とリンクして体験するアプリケーション、科学館のような実際にその場所に行き体験するエンタテイメントシステムといったものが挙げられる。

新奇なデバイスといった点では、SIGGRAPH Emerging Technologiesで展示される最新のインタラクティブテクノロジーが挙げられるだろう。図3.1はSIGGRAPH2011 Emerging Technologies展示会場の様子である。「新奇なデバイス」による最新の研究が体験可能な状態で展示されている。



図3.1 SIGGRAPH2011 Emerging Technologies「pocopoco」

これら次世代エンタテイメントシステムの開発においては先に挙げた3つの特徴が開発を行う場合の問題となりうる。まず、(1)体験が実空間上で行われるため

- ・デバッグしづらい
- ・ユーザの体験を想定しづらい
- ・実空間でのユーザの環境についても考慮する必要がある

といった問題がある。さらに**(2)新奇なデバイスを用いること**から、

- ・既存のデバイスと同じ使い方ができない
- ・そのデバイス特有の使用方法を考慮しないといけない

なども次世代エンタテイメントシステム開発における問題となるだろう。さらにエンタテイメントシステム開発における**(3)開発期間の短さ**がこれらの問題をより困難なものにしている。

これらの問題解決にはより試行錯誤を要するため、プロトタイピングが重要になってくる。しかし、先述したように次世代エンタテイメントシステムは既存のエンタテイメントシステムとは前提が大きく異なり、同じ開発手法を適用するのは難しい。

そこで本論文では、次世代エンタテイメントシステム開発のためのプロトタイピング手法について、反応速度と安定性に重点を置いた「ミュージアム向けエンタテイメントシステム」、短い開発期間かつその後の拡張性を考慮した「多重化隠蔽映像のためのコンテンツ再生システム」、音と身体入力だけで体験を成立させる「音声と運動を組み合わせたエンタテイメントシステム」の3つの開発事例を基に評価、報告を行う。

3.1.1 ミュージアム向けエンタテイメントシステム

ミュージアム向けエンタテイメントシステムは、主に科学館で科学を子供たちに伝えることを目的として利用される⁵⁾。日本において代表的な例として「日本科学未来館」が挙げられるだろう(図3.2)。日本国外においてはフランスの「ラ・ビレット」が挙げられる(図3.3)。どちらの科学館も参加体験型の展示を取り入れており、子供に興味を持ってもらうために単なる科学の展示でなく、実際に触ることができ、動かすことで楽しめるエンタテイメント性を持たせたシステムになっている。



図3.2 日本科学未来館 常設展示：アナグラのうた～消えた博士と残された装置～



図3.3 フランスの科学館「ラ・ビレット」

しかし、このミュージアム向けエンタテイメントシステムには、展示時間が長く子供を含む多くの人が触れるためシステムが安定性している必要がある、展示に触れてから動くまでのレスポンスが遅いとユーザはその場を離れてしまう、といった課題が考えられる。

ミュージアム向けエンタテイメントシステムには、体験が実空間で行われるという特徴があるが、さらに上記の課題に対し長時間の稼働に耐えうる安定性を持ち、反応速度を速くすることが求められるだろう。

3.1.2 多重化隠蔽映像コンテンツ再生システム

多重化隠蔽映像とは宇津木らの提案する「多重化映像表示における隠蔽映像生成アルゴリズム」を用いた隠蔽映像提示システム「ScritterH」である⁶⁾。隠蔽映像提示システムの概念図を図3.4に示す。

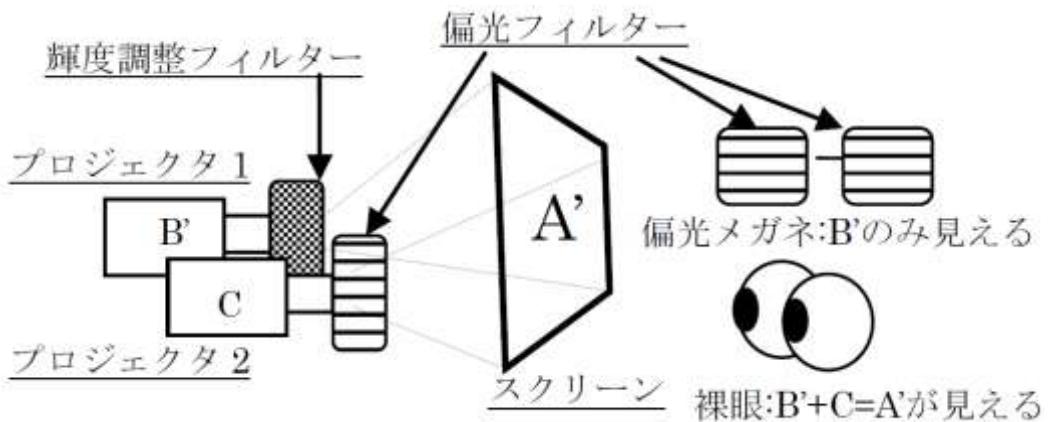


図3.4 隠蔽映像提示システム概念図

この ScritterH は隠蔽映像生成アルゴリズムにより 2 種類の画像を裸眼用画像、隠蔽用画像に変換し、それらを 2 台のプロジェクターと偏光フィルターを用いて投影し、裸眼

時には裸眼用画像を、偏光メガネ装着時には隠蔽用画像を提示するシステムである。図 3.5 は実際にプロジェクターで投影し撮影したものである。

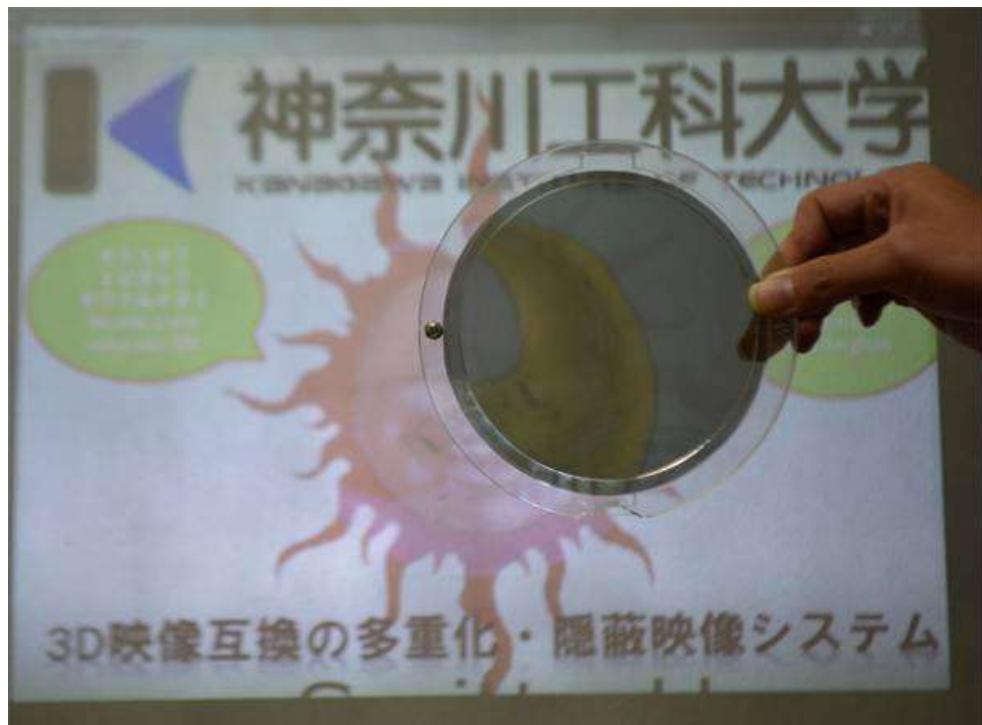


図 3.5 ScritterH 多重化隠蔽映像の様子

手に持っているものは偏光メガネである。裸眼では太陽の画像が、メガネ越しでは月の画像が提示されている事が分かる。また、図 3.6 左はシルバースクリーンと小型プロジェクターでシステムを構成した様子を撮影したものである。図 3.6 右は 240 インチシルバースクリーンを用いた ScritterL である。



図 3.6 左：シルバースクリーンと小型プロジェクターによる ScritterH
右：240 インチシルバースクリーンを用いた ScritterL

多重化隠蔽映像コンテンツ再生システムは、この ScritterH に対応した静止画を表示するシステムである。新奇なデバイスを用いているといった特徴を持つが、技術の発展に伴

い静止画だけでなく 3DCG などコンテンツの拡充が求められることになるため、システム自体の拡張性も大きな特徴となるだろう。

3.1.3 音声と運動によるエンタテイメントシステム

フィードバックが音声のみのエンタテイメントシステムとしてバンダイの「妄想コントローラ」がある。これは十字キーと 2 つのボタンで構成される、コントローラ型のデバイスにコマンドを入力し、音声フィードバックによってゲームの状況を妄想し楽しむというエンタテイメントシステムである。図 3.7 に妄想コントローラの概要を示す⁷⁾。



図 3.7 妄想コントローラの概要

3.2 エンタテイメントシステム「LovePress」

本節では音声と運動によるエンタテイメントシステム「LovePress」と、そのシステムを用いたゲーム作品「ラブプレス++～俺の嫁にマッサージ～」について述べる。

3.2.1 既存の恋愛ゲームにおける課題

本論文における恋愛ゲームとは、恋愛シミュレーション、恋愛アドベンチャーに代表される、男女間の恋愛をテーマにしたインタラクティブシステムおよびコンテンツを指している。これらのインタラクティブシステムは主に男性向けにデザインされており、過去のゲームジャンルに対する研究においては、達成感が主となるゲームジャンルとして報告されている⁸⁾。

我が国において特徴的な文化のひとつともいえる現在の恋愛ゲームは 3 つの大きな特徴を擁している。

- (1) ビジュアルによるフィードバックが中心
- (2) 性的な描写に至るフラグ立てインタラクション
- (3) 言語や文化に依存があり幅広いユーザに対しての応用が無い

その一方で、任天堂の「バランス Wii ボード」、Microsoft「Kinect」のようなコンシューマープラットフォームにおける全身をフィジカルに使用した Exercise Entertainment System が存在する。本論文ではこのジャンルを EES と呼ぶ。EES にはゲーム的な楽しみをモチベーションに、汗をかくほどの運動をすることができるという報酬(rewards)がある。このようなゲームコンテンツの開発は先進国を中心に今後も需要があるだろう。しかしながら、全身入力を使ったゲームシステムは、マウスやタッチパネルデバイスを使っ

た入力と異なり、難易度調整や操作性の標準化(normalization)が難しい。身体による入力は年齢や基本的な身体機能によって異なる。ユーザの体重を前提とした入力システムでは、ゲームプレイ前にプレイヤーが静止状態で感圧センサに乗る必要がある。このキャリブレーションを実施することで、入力信号の標準化を実施しているが、これは自然な遊び体験を阻害する行為であり、特にカジュアルなゲームにおいてはシステムに自身の体重を伝えるという意味で心理的なハザードが高い。このような背景から、本研究では EES を利用して、バーチャルな *massage experiments* が体験できるコンパニオン・エージェントと感覚運動インタラクション(sensory-motor interaction)できるカジュアルなマッサージ・エクササイズゲーム「LovePress」のゲームデザインを考案した。ベータ開発でのプレイヤー体験(Player experiences)の分析から、マッサージエクササイズのゲームプレイとプレイヤーのモチベーション、難易度調整においてはコンパニオン・エージェントのモデル設計が重要であることがわかった。本論文では、コンパニオン・エージェントの評価関数に、押圧の強度(pressure intensity)の閾値処理によるモデルと、バンドパスフィルタを用いた周波数スペクトル分析によるモデルの2種について、音声のみの感覚運動インタラクションユーザ実験を複数回実施し、比較して評価した。EES における多様なコンパニオン・エージェントを設計することができれば、エクササイズゲームにおける表現力を増加できる。また多種多様なプレイヤーの物理的な体験をリアルタイムに評価する評価手法が確立できれば、プレイヤーのモチベーションを動的に維持することが可能なゲームシステムプロジェクトを立ち上げた。以下に詳細を報告する。

3.2.2 コンセプトデザイン

現在のデジタルゲームプラットフォームは従来の据え置き型コンシューマープラットフォームに加えて、携帯電話機のような携帯ゲーム機環境や加速度センサ、GPS やマルチポイント・タッチパネルといったリッチインターフェースを装備したスマートフォンと Web ブラウザ上の Flash ゲームにシフトしてきている。また既存の据え置き型も、任天堂「Wii」⁹⁾やマイクロソフト「Kinect」¹⁰⁾に代表される次世代型の実世界指向ヒューマンインターフェースに移行しつつあり、今後すみ分けが進むだろう。これらの実空間指向のインターフェースデバイスを用いたインタラクションにおいては、既存の論理的なプレイヤーモデルの下層に存在する、より原理的で自然で自由度高く無意識な遊びである「運動知覚的なインタラクション」について考えるべきである。ユーザからの物理的かつ連続的な入力を動的に認識しながら、実世界のユーザと相手となるエージェントが身体的インタラクション可能な手法を開発していくことが必要となるだろう。また、その上層におけるプレイヤーとゲームシステム内のコンパニオン・エージェントの感情モデルについても考慮されるべきだろう¹¹⁾¹²⁾。ビデオゲーム産業においてこの課題は特殊な視点ではない。感情の盛り上がりを測定して、キャラクタを制御するという課題はまさに海外人気ゲームタイトルの開発現場からもレポートされており世界的ゲーム開発者の Valve 社は「``Valve's Approach to Playtesting: the Application of Empiricism''¹³⁾」「``Replayable Cooperative Game Design: Left 4 Dead''¹⁴⁾」などで報告されている¹⁵⁾。また実空間指向の入力側となるフィジカルコンピューティングによるエンタテイメントシステムの産業・研究の両面においていくつかの先行事例が存在する。セガ「きみのためなら死ねる」¹⁶⁾やコナミ「ラブプラス」¹⁷⁾のようなタッチパネルを使う例、辻田らの「SyncDecor:遠距離恋愛支援シ

ステム」¹⁸⁾のような離れた2つの室内空間における家具等とのインタラクションを利用する例、稻見ら「RobotPHONE」¹⁹⁾のようなリンク機構として接続された接触可能なロボットで実現する例である。DSやiPhoneのタッチパネルを使うことで、コナミ「ラブプラス」のような「物理的な入力に対して感情をエミュレーションし、フィードバックを返すコンパニオン・エージェント」を具現化することができるが、これではプレイヤーの運動量が少なすぎて、直感的な感覚運動インタラクションとは言い難い。また、同じモデルを次世代型のEESや格闘ゲーム、没入感の高いFPSへ応用することが難しいだろう。以上のような背景から、本研究ではプレイヤー自身が身体を動かしモチベーションを保てるようなエージェントを持った次世代型のゲームシステムをターゲットとしている。

3.2.3 キャラクタメイキング

本プロジェクトは3.4.2項のコンセプトからビジュアルを主としていないが設計上、プレイヤーが選択できるキャラクタとして3名のキャラクタ設定を用意した。図3.8に山本倫之君に提供していただいた3名のキャラクタ設定画を示す。



図3.8 キャラクタ設定画

用意したキャラクタボイスの収録は、1名分が28種類あり3名のキャラクタボイスは合計84種類程収録した。実際に使用したキャラクタボイスは表3.1に示しているとおりである。体験者が行う身体的入力を複数の要素に分け、失敗判定を明示するもの以外はすべて感動詞・感嘆詞を中心に構成されている。

表3.1はキャラクタボイスの一覧である。力が強すぎる場合や力が弱すぎる場合、「きや！（悲鳴）」「痛！」といった不快感を表す感動詞が、ちょうど良い力でマッサージした場合、「あっ」「ふう～」といった快感を表す感動詞が再生される。これにより体験者は、

自分が上手なマッサージをしているかどうかをキャラクタ音声によりフィードバックされることになる。

表3.1 キャラクタボイス

セリフ	状況
あ	(触られたことに) 気づく
あっ	すこしひっくり
ひやっ！	びっくり
あん	ちょっと気持ちいい
あつあつあつ	リズミカルなマッサージをうけて
…	
きや！	力が強すぎる
痛！	力が強すぎる
ん～？	力が弱すぎる
も～	失敗
え～	失敗

3.2.3 『センス・オブ・ワンダーナイト2010』での発表

音声と運動によるエンタテイメントシステム LovePress は、「東京ゲームショウ2010」に併催された「センス・オブ・ワンダーナイト2010」において、作品「ラブプレス++～俺の嫁にマッサージ～」(以下ラブプレス++)として、展示およびプレゼンテーション発表の機会を得た。企画を発表した段階でインターネット上において大きな反響をいただいた。また、センス・オブ・ワンダーナイトでの発表後はさらなる反響を呼んだ。

(<http://www.ustream.tv/channel/sown>)

ネット社会における伝搬は Twitter やゲーム系ニュースサイトが主で、特にインターネットニュースサイト「ITmedia ニュース」においては東京ゲームショウ期間中、ITmedia ニュース全サイトにおいて週間アクセスランキング1位を維持した(図3.9)。コメントとしては作品名に対する反応、恋愛ゲームにおける問題提起、バランス Wii ボードを女性に見たてる点などが多く、「実際に体験してみたい」という意見も散見された。公式サイト上に本論文の元となった基本設計を掲示してあったため、理解力のあるネットユーザには共感が得られることが多く、典型的な例として技術的なディスカッションにおいて定評のある「スラッシュドット」では煽りに対しても議論は荒れない方向に落ち着いた。



図3.9 インターネットニュースサイト「ITmedia ニュース」2010年9月17日

作品の PR を行うために動画サイト YouTube (<http://www.youtube.com>) に作品 PV をアップロードした。作品 PV は2種類あり、平成22年9月9日にアップロードした PV1は先述の「ITmedia ニュース」で取り上げられ、アクセス数を伸ばした。平成24年1月26日現在、これらのアクセス数を表3.2に示す。

表3.2 PV アクセス数

プロモーションビデオ	内容	再生回数
PV1 平成22年9月9日アップロード http://www.youtube.com/watch?v=gjBgvi_KvE0	ゲームコンセプトの解説 アルファ版実演	11,436回
PV2 平成22年9月14日アップロード http://www.youtube.com/watch?v=LuoKJxM8HF4	ゲームシステムの解説 ベータ版実演 キャラクタデザイン発表 キャラクタボイス収録風景の公開	3,306回

センス・オブ・ワンダーナイト開催日である平成22年9月17日より、作品の公式サイトでラブプレス++のベータ版を配布した。ラブプレス++にはキャラクタが3種類用意されているため、ベータ版も各キャラクタのダウンロードページを3種類用意し、それぞれのページへのアクセス数を集計した。用意されたページは公式サイトからリンクされたダウンロード専用のページであるため、アクセス数をベータ版のダウンロード数と捉えて問題ないと思われる。各キャラクタのダウンロードページへのアクセス数は表3.3の通りである。PV1の再生数が11,436回、ベータ版でもっとも多いアクセス数が142件であるため、PVを見た約1%の人がゲーム作品に興味を持ち、実際にベータ版ゲームをダウンロードしたと思われる。

表3.3 Beta2版ダウンロード数

ページ名	アクセス数
Love Press++ Beta2 葉 Ver http://bit.ly/LPB2FShiori	142件
Love Press++ Beta2 結子 ver http://bit.ly/LPB2FYuko	59件
Love Press++ Beta2 涼香 ver http://bit.ly/LPB2FSuzuka	48件

また東京ゲームショウ会場では外国人の来場者も多く、日本人以外でもほぼ確実に感嘆詞のみのボイスインターラクションで体験を成立させることができた。さらに展示におけるフィールドテストにおいては、興味をもって接した体験希望者の多くが、体験中は真剣に力を込めてマッサージをし、汗をかき、喜びや哀しみが入り混じったような、複雑な笑いの表情を浮かべた。これはひとつのインターラクション体験の中に未知のエモーションが含まれているため、今までにない体験を与えることができたと理解している。また複数の体験者から以下のような意見をいただいた。

- ・子供や女性が体験する場合力が足りない
- ・押し方によっては手を傷める可能性がある
- ・反応のバリエーションが少ない
- ・人前でプレイするには恥ずかしい
- ・体験者を傍から見ると非常に楽しそう

以上にて、作品としての LovePress プロジェクトの報告を終える。次にこれら 3 種のエンタテイメントシステム制作を通して、有効なプロトタイピング手法について報告する。

4. プロトタイピング手法

本章では 3 種のプロトタイピング手法について実際の制作を通して整理する。次世代エンタテイメントの開発事例として、遅延を抑えた映像・音声再生システムと、ScritterH コンテンツプレイヤーを報告する。また、使用するツールとして Unity3d について開発の実例を挙げ解説する。

4.1 さまざまなプロトタイピング手法

プロトタイピング手法の一つとして開発環境の比較検討を行う方法を提案する。プロトタイピングにおいては、目的を達成するために最も効率のよい方法を取るべきである。そのため、本格的な開発に入る前にいくつかの開発環境について比較検討を行い、目的達成のためにどの方法が適しているか、確認することが重要になるだろう。

本論文で用いた開発環境は C# .NET Framework, C# XNA Framework, Unity3d などであるが、開発予定の次世代エンタテイメントシステムが、既存システムを改変する事で実現可能と考えられる様な状況なら、既に存在するアプリケーションのプラグイン作成、スクリプト作成も選択肢に加えるべきである。これらの開発環境を比較する際、目的のシステムを動作させた際のパフォーマンスを重視すべきである。パフォーマンスとは、動作速度でありその安定性でもある。プロトタイプの段階で動作速度や安定性を満たしていればその後の開発においてもトラブルを少なくすることが出来る。

しかし、開発環境の比較を行うにはいくつかの開発環境についてある程度習熟している必要がある。経験のない開発環境について新たに学習しプロトタイピングを行ったのでは時間がかかりすぎる。開発が短期間で行われる次世代エンタテイメントではこの手法を適用することが出来ない可能性もあるだろう。

ゲーム開発エンジンなどのツールを使って開発するプロトタイピング手法もある。先ほどの開発環境を比較する手法においてもツールを使用する選択肢は存在するが、初めからツールを用いる手法には利点がある。プロトタイピングの段階でコーディングに詰まってしまうことが無い点である。ツールを用いることでシステムの核心となる技術やアルゴリズム以外の描画や音声再生といったエンタテイメントシステムにおいて基本的な部分について開発を簡略化することが出来る。特に、ゲーム開発エンジン「Unity3d」のような強力なミドルウェアを使えば、同じ開発期間でもその他のコーディングを行う開発環境と比べて大きな差があるだろう。

しかし、ツールを利用するがゆえにツールでサポートされていないことに関しては弱いという問題がある。次世代エンタテイメントシステムは新奇なデバイスを用い、ユーザが実空間で体験を行うものであるため、開発においてツールがサポートできない部分も出てくるだろう。

開発の初期段階から実験を行うプロトタイピング手法では、実験の結果からこれまで考えてこられなかったアルゴリズムを発見できる可能性がある。実験を行うには時間がかかり、その結果が必ずしも有益なものではない可能性もある。

しかし、発見したアルゴリズムを用いてシステムの開発を行うことは、新たな体験をユーザに与えることにつながり、プロトタイピングが次世代エンタテイメントシステムのクオリティ向上に大きく貢献するといえるだろう。

表 4.1 に 3 種のプロトタイピング手法を示す。本論文では次世代エンタテイメントシス

テムの 3 つの開発事例を報告する.

表 4.1 3 種のプロトタイピング手法

プロトタイピング手法	メリット	デメリット
(1)開発環境の比較検討を行う	安定性・動作速度の上昇	複数の開発環境の知識が必要
(2)ツールを使って開発する	開発期間の短縮	ツールにサポートされていないと
(3)ユーザを使った実験を行う	アルゴリズムの発見がクオリティ向上につながる	実験にかける時間が必要 アルゴリズムが有用とは限らない

4.1.2 Unity3d

Unity3d とは Unity Technologies 社が開発した、ゲーム開発エンジンである¹⁹⁾。Mac と Windows の両方で開発を行うことが可能で、Web, Mac, Windows, スマートフォンなど多くのプラットフォームで、静止画や 3DCG などのコンテンツを表示しインタラクティブに動作するアプリケーションを容易に開発することが出来る。

そのため Unity3d を使ったプロトタイピングは非常に高速である。ただコンテンツを表示するだけであるならばスクリプトを書く必要すらなく、画面上にドラッグ & ドロップするだけで良い。図 4.1 は Unity3d を用いて一人称視点ゲームのプロトタイプを作成した例である。

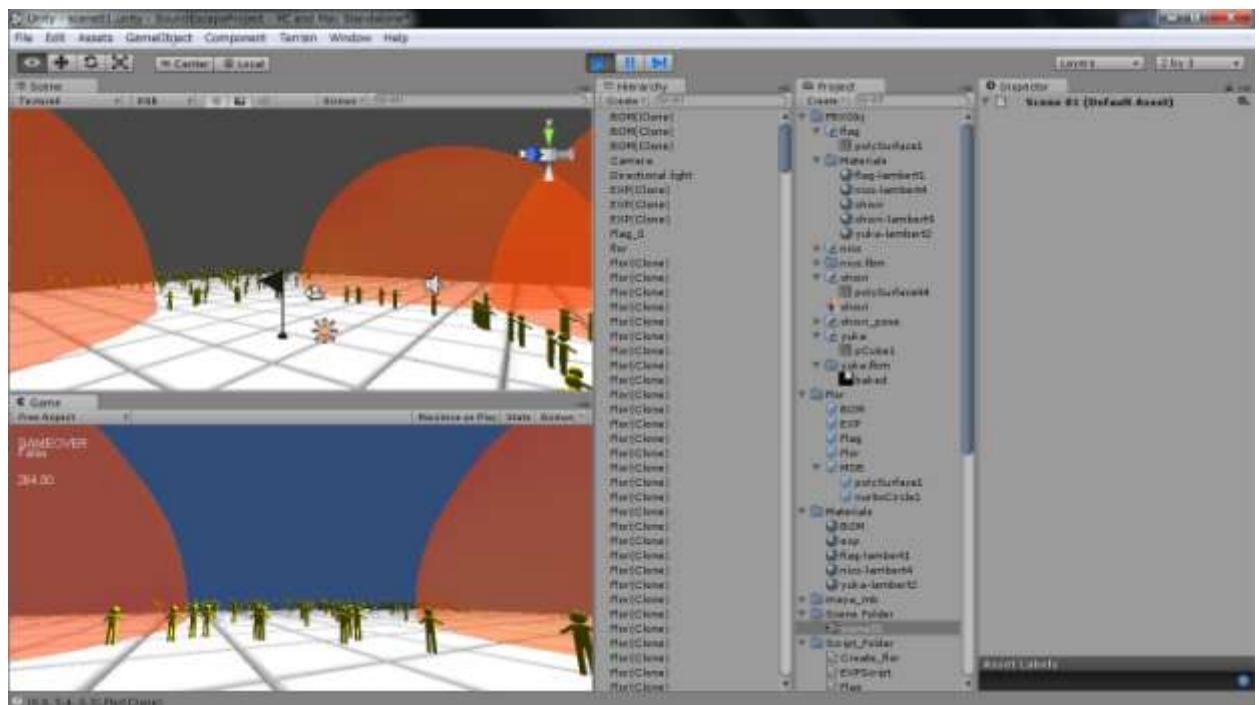


図4.1 Unity3dを使ったゲームプロトタイプ

このプロトタイプは Unity3d の学習を開始してから8日間で制作した。プレイヤーが床

に旗を置くことで周囲のキャラクタを爆弾から避難させるゲームである。3D空間上でのカメラの操作、オブジェクトの自動配置、オブジェクト同士の衝突判定、音声再生等が可能になっている。

このプロトタイプはWindows上のスタンドアローンアプリケーションとして動作するものだが、その他のプラットフォームで動作するアプリケーションとして、ブラウザ上で動作するポートフォリオアプリケーションを開発した(<http://member.shirai.la/yamashita/>)。図4.2のアプリケーションはWebに公開されており、筆者が制作した3DCGコンテンツやゲームコンテンツについて閲覧することができる。

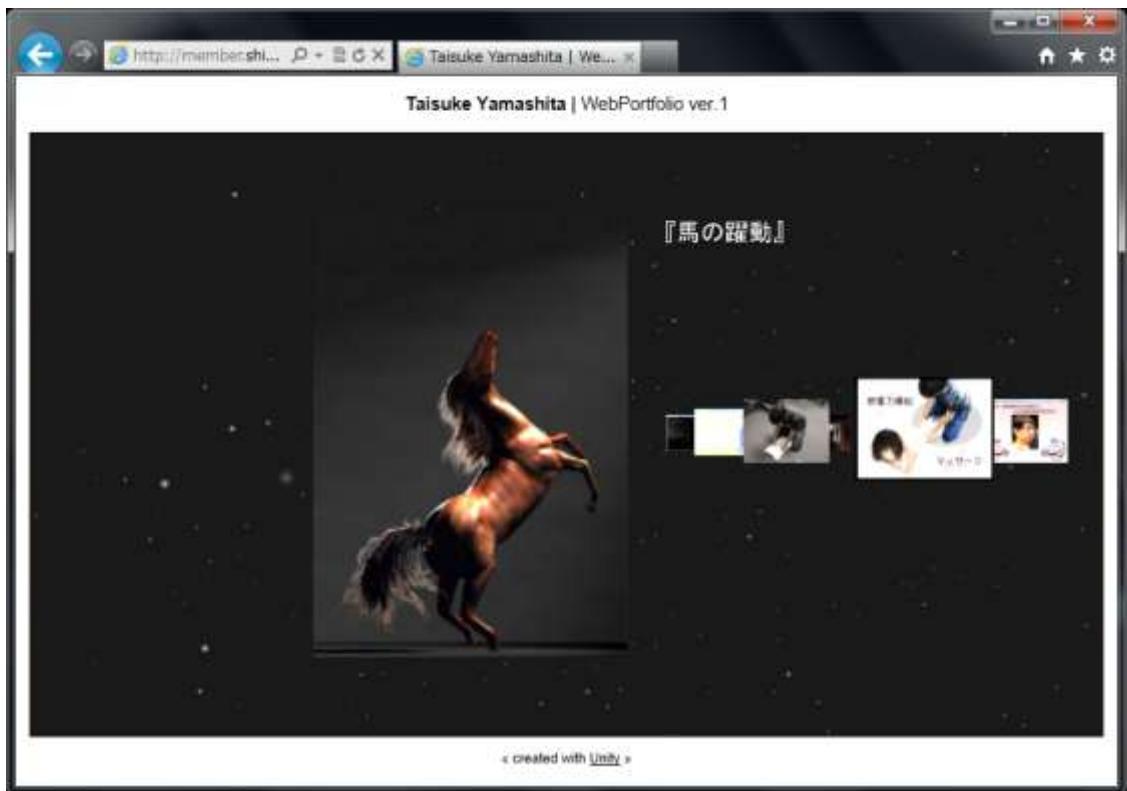


図4.2 Unity3dによるブラウザ上のコンテンツの例

4.2 遅延を抑えた映像・音声再生システム

開発するにあたり、クライアントである新潟自然科学館からミュージアム向けエンタテイメントシステムの性能について以下の要求があった。

再生する映像ファイルの設定は、解像度が 720×480 ピクセル(ピクセル縦横比0.9)もしくは、 640×480 ピクセル(ピクセル縦横比1.0)であること。動画フレームレートは29.97フレーム/秒、もしくは30フレーム/秒。動画アスペクト比は4:3。インターレースなし。さらに、今回開発するメディアプレイヤーは動画だけでなく音声も再生する必要があるため、音声ファイルの設定についても指定があった。音声ファイルのサンプリング周波数が44100Hzまたは48000Hzであること。形式が16ビット。ステレオ音声を再生可能であること。動画圧縮率については低圧縮であることが望ましいが、使用するターゲットマシンでコマ落ち、バッファリング等の不具合が発生しないようある程度許容する。また、動画解像度はターゲットマシン性能により 720×480 ピクセルまたは 640×480 ピクセルに制限しているが、 1920×1080 ピクセル(フルHD)再生が可能なことが望ましいとのことだ

った。

以下、表4.2に前提条件について示す。

表4.2 前提条件

I . 前提条件	
動画ファイル	
解像度	720×480ピクセル（ピクセル縦横比0.9） 640×480ピクセル（ピクセル縦横比1.0） 1920×1080ピクセル（フル HD）
フレームレート	29.97フレーム/秒 30フレーム/秒
アスペクト比	4:3
インターレース	無し
音声ファイル	
サンプリング周波数	44100Hz 48000Hz
形式	16ビット
音声チャンネル	2（ステレオ）

ミュージアム向けエンタテイメントシステムはクライアントが提示した PC にインストールされる。使用時には PC の電源を入れるだけで自動的にミュージアム向けエンタテイメントシステムが立ち上がる必要がある。さらにその後操作をする必要なく、スタンバイモードで待機すること。またスタンバイモードでは、事前にクライアントが設定した動画・音声ファイルを再生できる状態で待機していることが要求された。以下、表4.3に PC 立ち上げ時の動作について示す。

表4.3 PC 立ち上げ時の動作

II . PC 立ち上げ時の動作	
1.	自動的にミュージアム向けエンタテイメントシステムが実行され、スタンバイモードで待機すること
2.	事前にクライアントが設定した動画・音声ファイルを再生できる状態で待機する

スタンバイモードの動作として、キー入力、実際には USB フットスイッチによる再生命令入力を待ち、入力があれば即座に動画・音声を再生できること。スタンバイモードの画面出力は全画面モードで黒画面、ウィンドウやメニューバー、アイコンを表示しない。キー入力は最大 5 種類を想定しており、再生すべき動画・音声ファイルをクライアントがそれぞれに割り当て可能であること。入力に使用するキーはクライアントにより、予め自由に割り当て可能であること。割り当て可能なキーは A~Z のアルファベットと 0~9 の数字のみであり、その他のキーについては許可しない。ミュージアム向けエンタテイメントシステムが他のアプリケーションより優先され、常に最前面のレイヤーに表示されることが要求された。以下、表4.4にスタンバイモードの動作について、図4.3に USB フットスイッチを示す。

表4.4 スタンバイモードの動作

III. スタンバイモードの動作
1. キー入力（USB フットスイッチによる再生命令入力）を待ち、入力があれば即座に動画・音声を再生できる
2. スタンバイモードの画面出力は全画面モード、黒画面
3. キー入力は最大 5 種類を想定しており、再生すべき動画・音声ファイルをクライアントがそれぞれに割り当てられる
4. 入力に使用するキーはクライアントにより自由に割り当て可能である
5. 割り当て可能なキーに特殊キーを許可しない
6. 他のアプリケーションより優先され、常に最前面のレイヤーに表示される



図4.3 USB フットスイッチ

USB フットスイッチを用いたキー入力による再生コマンド入力時の動作として、予め指定した動画・音声ファイルを映像の先頭から遅延なく再生可能であること。最大で 5 種類の動画・音声ファイルから、キー入力により指定した動画・音声ファイルを選択して再生可能であること。動画・音声ファイルは各々単独に再生され、別ファイルを連続して再生しないこと。再生終了後はスタンバイモードに戻り、再びキー入力を待つこと。動画・音声ファイル再生中にキー入力があったとしても、通常設定で入力を受け付けないこと。ファイル再生中のバッファ処理を行う、もしくは行わない、のどちらかを設定で選択可能であること。以下、表4.5に再生コマンド入力時の動作について示す。

表4.5 再生コマンド入力時の動作

IV. 再生コマンド入力時の動作
1. 予め指定した動画・音声ファイルを映像の先頭からタイムラグなく再生可能である
2. 最大で 5 種類のファイルから、キー入力により指定したファイルを選択して再生可能である
3. ファイルは各々単独に再生され、別ファイルを連続して再生しない
4. 再生終了後、スタンバイモードに戻る
5. ファイル再生中のキー入力を通常設定で受け付けない

6. 「ファイル再生中のバッファ処理を行う」「行わない」のどちらかを設定で選択可能

これまでのキー入力や動画・音声ファイルの再生方法を設定するためのファイルを作成する。各設定は GUI 上で選択・設定が可能で、テキストファイルに書き出されること。一度ファイルから読み込んだ設定内容は、再度能動的に設定を行うまでその内容を保持し続けること。PC の電源 OFF・再起動などで設定内容を失わず、最後に設定した内容を保持し続けること。設定ファイルをテキストエディタなどで編集し、ミュージアム向けエンタテイメントシステムの動作に反映可能であること。以下、表4.6に設定ファイルの作成について示す。

表4.6 設定ファイルの作成

V. 設定ファイルの作成	
1.	各設定は GUI 上で選択・設定が可能で、テキストファイルに書き出される
2.	一度読み込んだ設定内容は再度能動的に設定を行うまでその内容を保持し続ける
3.	PC の電源 OFF・再起動などで設定内容を失わず、最後に設定した内容を保持し続ける
4.	設定ファイルをテキストエディタなどで編集し、ミュージアム向けエンタテイメントシステムの動作に反映可能

以上がクライアントから要求されたエンタテイメントシステムの概要である。ただし、本開発では開発期間の短さから、システムがこれらの条件をすべて満たしている必要はなく、クライアントが提示した最低限実現目標を満たすことを目指す。表4.7に最低限実現目標を示す。

表4.7 クライアントが提示した最低実現目標

クライアントが提示した最低限実現目標	
I 項	全て
II 項	全て
III 項	1, 2, 4, 5, 6
IV 項	1, 3, 4, 5
V 項	2, 3

また、今回開発したミュージアム向けエンタテイメントシステムは後述するイベント『お化け屋敷で科学する 恐怖の映像 in 新潟』で使用された。その際の映像・音響送出系系統図を図4.4に示す。

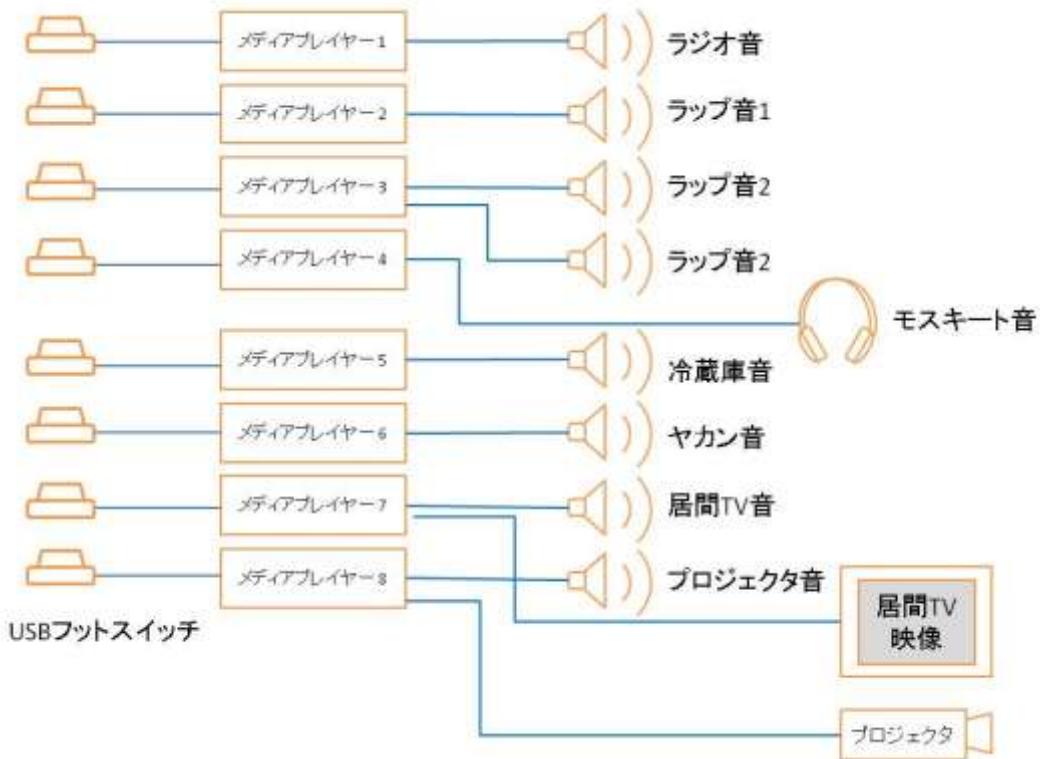


図4.4 映像・音響送出系系統図

開発環境を検討するにあたって、ベンチマークとなる動画を作成した。これは開発最初期にクライアントから実際のイベントで使用する動画ファイルを提供されていなかったためである。動画作成には3DCG ソフトである Autodesk maya と Adobe Premiere を用いた。作成した動画はクライアントの要求、I 項の条件を満たすものであり、後の開発環境の検討、プロトタイプの開発に使用した。表4.8にベンチマーク用動画の詳細を、図4.5にベンチマーク用動画のキャプチャ画像を示す。

表4.8 ベンチマーク用動画詳細

動画	
長さ	4分59秒
解像度	720x480 (ピクセル縦横比0.9)
フレームレート	29.97フレーム/秒
アスペクト比	4:3
ビットレート	192k/秒 音声
サンプリング周波数	48000Hz
音声チャンネル	2 (ステレオ)



図4.5 ベンチマーク用動画

開発環境を検討するにあたって、クライアントからの最低限実現すべき目標のうち、特にⅢ項1.に挙げられたキー入力から動画・音声再生までの速度を重視した。これは今回開発したミュージアム向けエンタテイメントシステムにおいて、キー入力の反応速度がユーザの体験に大きく影響する部分であるためである。

既存メディアプレイヤーのプラグイン、C# .NET Framework を使用したメディアプレイヤー、C# XNA Framework を使用したメディアプレイヤー、これら3つのメディアプレイヤーをプロトタイプとして開発し、クライアントの要求、特に再生レスポンスの速さについて比較検討を行った。

C# .NET Framework を使用したメディアプレイヤーでは、Windows Media Player を利用したアプリケーションをプロトタイプとして開発した。このアプリケーションでは内部的に Windows Media Player を利用しているため音声・動画の読み込みが実装上容易に行える利点があった。しかし、動画の再生レスポンスに関しては動画開始直後に黒画面が挿入されるラグが発生してしまいクライアントの要求に応える性能にはならなかった。

C# XNA Framework を使用したメディアプレイヤーでは、XNA Framework の動画再生機能を用いて開発を行ったが、指定した動画を再生コマンドによって再生させるだけでは、再生開始直後に動画を読み込むためのラグが発生してしまい、思ったような再生レスポンスを得ることが出来なかつた。そこで一時停止とレジューム機能を使い、再生予定の動画をあらかじめ一時停止状態で待機させ、その状態からレジュームすることで通常の再生コマンドでは得られない再生レスポンスで再生することに成功した。

検討の結果、C# XNA Framework を使用したメディアプレイヤーが最もレスポンスが速く、PC 立ち上げ時の動作、スタンバイ時の動作等その他の要求についても満たせることが分かり、以降 XNA Framework を使用したメディアプレイヤーを開発していくことを決定した。

開発したミュージアム向けエンタテイメントシステムは、新潟県立自然科学館で平成22年7月17日～9月5日の期間にわたり開催されたイベント『お化け屋敷で科学する 恐怖

の実験 in 新潟』で使用された。図4.6にイベントのWebバナーを示す。



図4.6 『お化け屋敷で科学する 恐怖の実験 in 新潟』 Web バナー

イベントの総入場者は約55,000人に上り、開催期間中に本システムがトラブルを起こすことではなく、イベントの体験を成立させることができた。この結果から本システムの特徴である再生レスポンスの速さと安定性が証明されたと思われる。図4.7にイベントの様子を示す。



図4.7 『お化け屋敷で科学する 恐怖の実験 in 新潟』 イベントの様子

4.3 ScritterH コンテンツプレイヤー

多重化隠蔽映像システム「ScritterH」を用いた静止画コンテンツを表示するためのコンテンツプレイヤーを開発した。また、開発環境については、二つのウィンドウに静止画を表示させそれらを同期できることを条件として選定した。さらに、開発当初はコンテンツとして静止画を表示することを想定していたが、静止画の表示だけでなく、今後の開発

においてリアルタイム 3DCG を表示させることや、ユーザの操作によって表示コンテンツをインタラクティブに変化させることなど、コンテンツの種類・提示方法をより増やすことのできる、高い拡張性を備えていることも条件として考慮した。

ScritterH コンテンツプレイヤーのプロトタイプとして、Unity3d を使って片方のウィンドウはメッシュ表示し、もう片方のウィンドウはワイヤーフレームで表示を行うアプリケーションを開発した。対となった 3DCG をマウス操作によって回転させることができ、その回転角度を同期させインタラクティブな表示をすることが出来る。このアプリケーションは開発を開始してから 3 日程でプロトタイプとして完成した。非常に短い開発期間となっている。開発の早さ、静止画だけでなく 3DCG も容易に表示でき、インタラクティブな操作も可能な拡張性の高さから、ゲームエンジンである Unity3d を開発環境とすることを決定した。図 4.8 に開発したプロトタイプを示す。

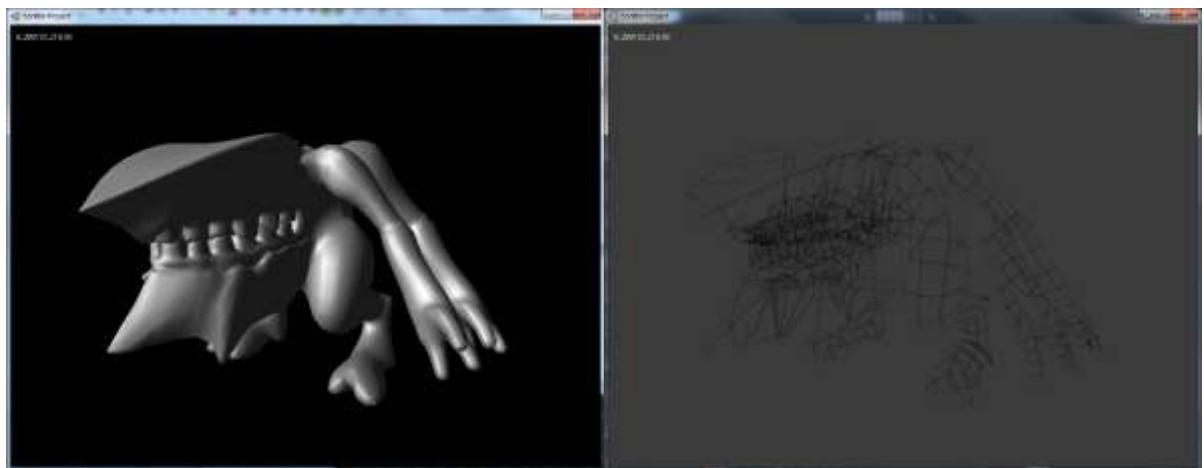


図 4.8 Unity3d を使ったプロトタイプ

図 4.8 のプロトタイプでは 3DCG を表示するアプリケーションを開発した。完成した ScritterH コンテンツプレイヤーは静止画を表示するアプリケーションである。静止画コンテンツは複数対用意されており、追加することも想定しファイル名は連番形式としていた。静止画コンテンツを追加する場合は、指定のフォルダに画像ファイルを移動することで可能とした。コンテンツの表示順は画像ファイル名を 1,2,3... のようにリネームすることで指定できる。図 4.9 に示す画像は、裸眼では島に見え、メガネをかけるとキャラクターが見える ScritterH 用画像対である。



図 4.9 ScritterH 用画像対の例

ScritterH は 2 種類の静止画を同じ場所に重ねて投影することで、多重化隠蔽を可能にするシステムである。そのため ScritterH のコンテンツを表示するためのプレイヤーは 2 つのウィンドウを表示する必要がある。今回開発した ScritterH コンテンツプレイヤーはアプリケーションを 2 種類用意し、その 2 つを同時に実行することで 2 種類のウィンドウにそれぞれ静止画を表示している。2 種類のアプリケーションは画像の表示方法は同じではあるが、まったく同じアプリケーションではなく、片方のアプリケーションがサーバーとしての機能を持ち、もう片方のアプリケーションがクライアントとしての機能を持つ。サーバー側アプリケーションは接続を行ってきたクライアント側アプリケーションに現在表示している静止画は何か、といった情報を送っており、その情報を元にクライアント側アプリケーションはサーバー側アプリケーションとの表示静止画の同期を行っている。アプリケーションを起動すると「Scritter」の文字とグリッドが表示される。このグリッドは ScritterH の性質上、ウィンドウの位置を正確に合わせる必要があるため、その調整を行いやすくするためのものである。図 4.10 に示す。



図 4.10 完成した ScritterH コンテンツプレイヤー

左上の「Start」ボタンをクリックすると指定フォルダに追加されている画像ファイルを読み込み、静止画が表示される。画像ファイル名で表示順を決定しており、矢印キーの右で次の画像を表示、左で前の画像を表示する。また、スペースキーを押すことでスライドショーモードを ON/OFF 可能で、スライドショーモード時は 10 秒おきにプロジェクト A, B に次の画像を表示する。図 4.11 に ScritterH コンテンツプレイヤーの実行画面を示す。

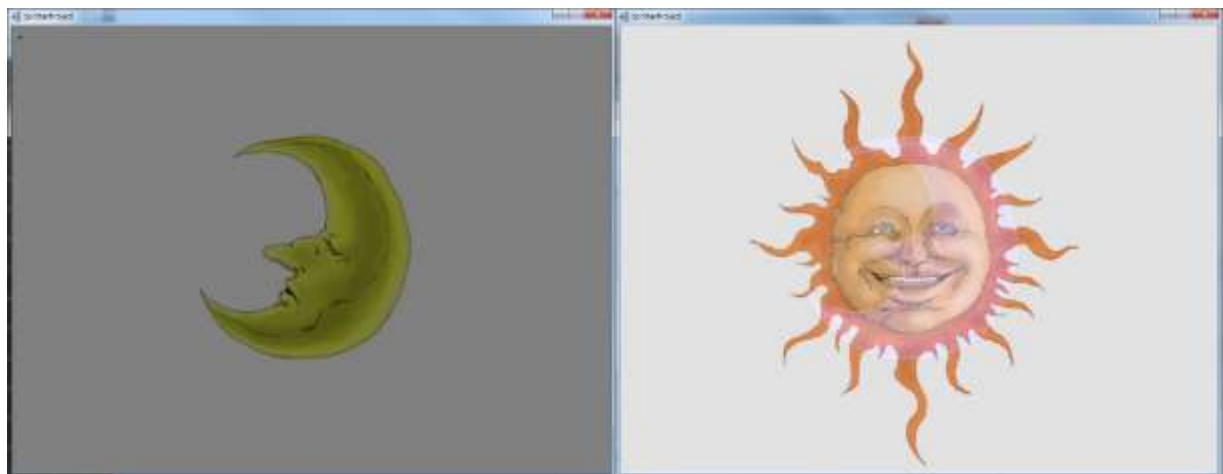


図 4.11 ScritterH コンテンツプレイヤーの実行画面

NEC ディスプレイソリューションズの展示会において ScritterH を参考出展した。その際、展示用コンテンツプレイヤーとして、開発した ScritterH コンテンツプレイヤーを使用した。展示用プロジェクターを図 4.12 に、展示会の様子を図 4.13 に示す。



図 4.12 NP4100J による ScritterH



図 4.13 「C&C ユーザーフォーラム & iEXPO 関西 2011」白井研究室展示の様子

この展示会において、開発した ScritterH コンテンツプレイヤーは安定した動作を見せ、展示会中に静止画コンテンツを入れ替えることも可能だった。しかし、展示したコンテンツは静止画のみであり、想定していたコンテンツの拡充は行わなかった。また、ScritterH プレイヤーの操作はキーボードのみとしていたため、展示中 ScritterH プレイヤーを操作しづらい場面が何度もあった。実空間で体験する次世代エンタテイメントシステムにおいては、体験の手順や様子を細かく想定することが重要である。今後、リモコンで操作するなどのインターラクティビティを加えることで改善できるだろう。

5. 身体的インタラクションエージェントの設計と評価

本章ではシステム「LovePress」についてそのシステム構成やキャラクタデザイン、エージェントの利用法、またエージェントの評価関数に関する実験と結果についてその応用も含め述べる。

5.1 LovePress

システムは、バランス Wii ボードを用いた 4 つの感圧センサ入力とヘッドフォンで構成されている。図 5.1 にハードウェア構成の概要を、図 5.2 と図 5.3 には使用したバランス Wii ボードと感圧センサを示す。

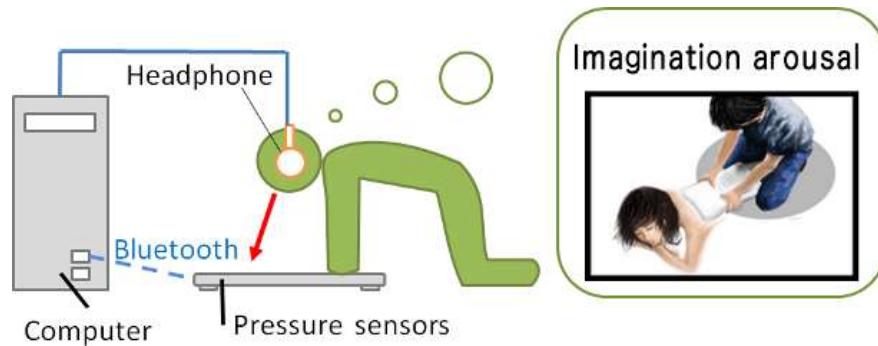


図 5.1 LovePress のハードウェア構成



図 5.2 バランス Wii ボード



図 5.3 バランス Wii ボード底面の感圧センサ

本研究で想定している新しい EES のゲームデザインは、想像力喚起とマウスやボタンによる操作や選択ではなく、感圧センサに対し全力で連続的にマッサージすることでのみ、キャラクタの感情に訴えることができるというものである。言語や文化に依存することを避けるため、極力ナレーションを使わず、情報を感嘆詞のみのセリフに絞ることで、体験者は想像力で状況を想像しながら身体的対話をを行う設計となっている。図 5.4 にゲームデザインの概要を示す。

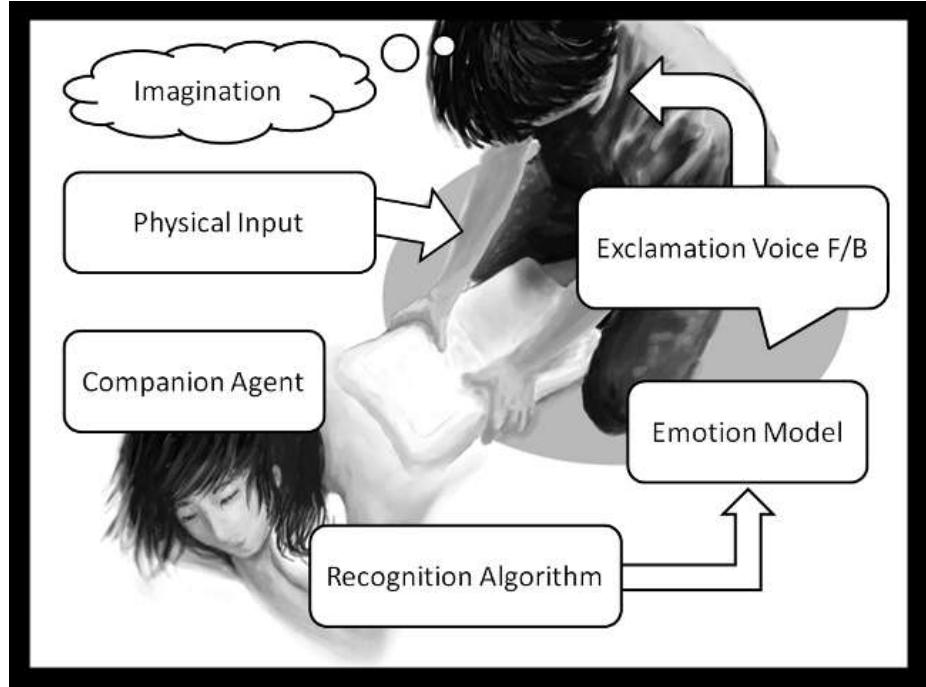


図 5.4 EES における感覚運動インタラクションと
ボイスフィードバックによる想像力喚起

5.2 エージェント

エージェントは、プレイヤーの仮想的な感情に訴えるため、強度閾値ベースの評価関数 TypeA と周波数スペクトルベースの評価関数 TypeB の 2 つの評価関数を持つ。評価関数 TypeB で用いた動的な周波数認識アルゴリズムは、FFT ライブラリを用いた複雑な周波数スペクトル分析ではなく、ゲームシステムに応用しやすい実用的な実装を行った。

エージェントの仮想的な感情は評価関数によって実装される。つまり、ポジティブ評価またはネガティブ評価は評価関数の出力値によって表される。評価関数の出力値が増加する場合、エージェントの感情はポジティブ評価へと増加する。評価関数の出力値が減少する場合、エージェントの感情はネガティブ評価へと減少する。本論文では強度閾値ベースの評価関数 TypeA と、周波数スペクトルベースの評価関数 TypeB の 2 種類の評価関数について報告する。図 5.5 にシステムのブロック図を示す。

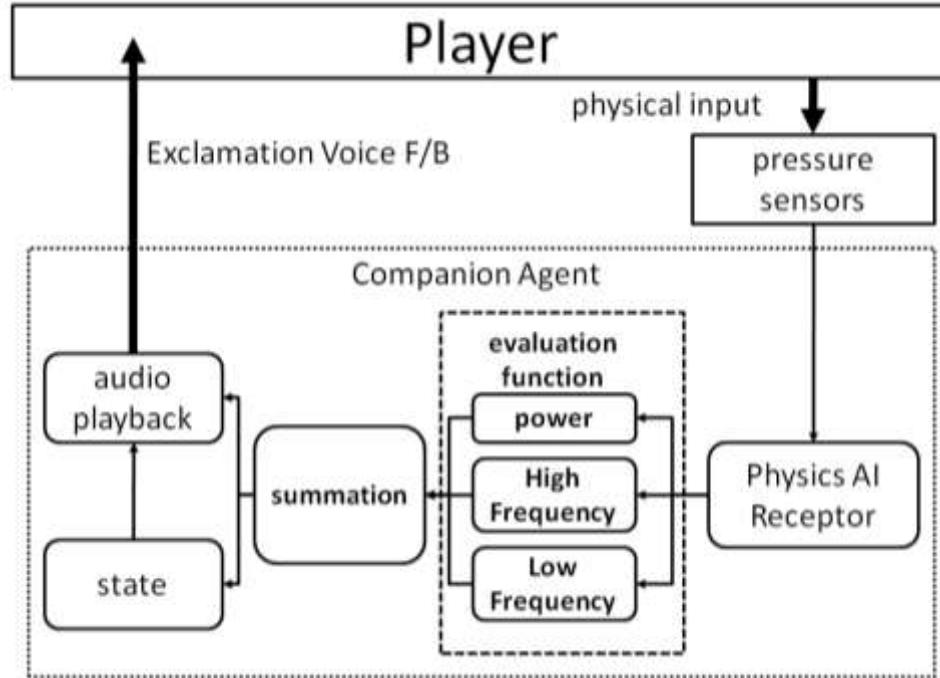


図 5.5 システムのブロック図

評価関数 TypeA の値は、マッサージの圧力の強さによって決定される。マッサージの圧力の強さは、バランス Wii ボードの 4 つの圧力センサの出力の合計から計算される。強さが 10kgF 以上かつ 25kgF 未満であるならば、評価関数 TypeA の値は増加する。その範囲外の強さであれば、評価関数 TypeA の値は減少する。図 5.6 に評価関数 TypeA (B)における条件を示す。

評価関数 $f(t)$	評価関数 Aにおける条件	評価関数Bにおける条件
+1 (ポジティブ評価)	10kgF以上 25kgF未満	2Hz以上 0.85Hz未満
-1 (ネガティブ評価)	10kgF未満 又は 25kgF以上	25kgF以上

図 5.6 評価関数 : Type A と Type B

評価関数 TypeB マッサージの圧力の強さは、上記によって定義される(図 5.6)。また、圧力の強さは、バランス Wii ボードから 60fps で測定される。圧力の強さの時間ごとの

増加と減少を調べることで、最大値と最小値の値を得ることができる。その最大値と最小値、さらに次の最大値を調べることで、圧力の間隔は計算される。そして、周波数は圧力の間隔から得られる。この周波数が 0.85Hz 以上 2Hz 未満であるならば、評価関数 TypeB の値は増加する。また、強さが 25kgF 以上ならば、評価関数 TypeB の値は減少する。

5.3 実験

図 5.7 は EES を用いた実験の様子である。



図 5.7 EES を用いた実験

3 章でも整理したように、先行事例において「力強いインタラクション」を行うことのできるシステムは少ない。本システムではその問題を解決するため、本来は重心動搖を計測する装置である、圧力センサを 4 つ内蔵する「バランス Wii ボード」(最大荷重約 136kg)を無線圧力センサデバイスとして使用した。体験者は用意された 2 種類のモデルに対してそれぞれ 5 分間マッサージを行う。実験プロトコルを図 5.8 に示す。

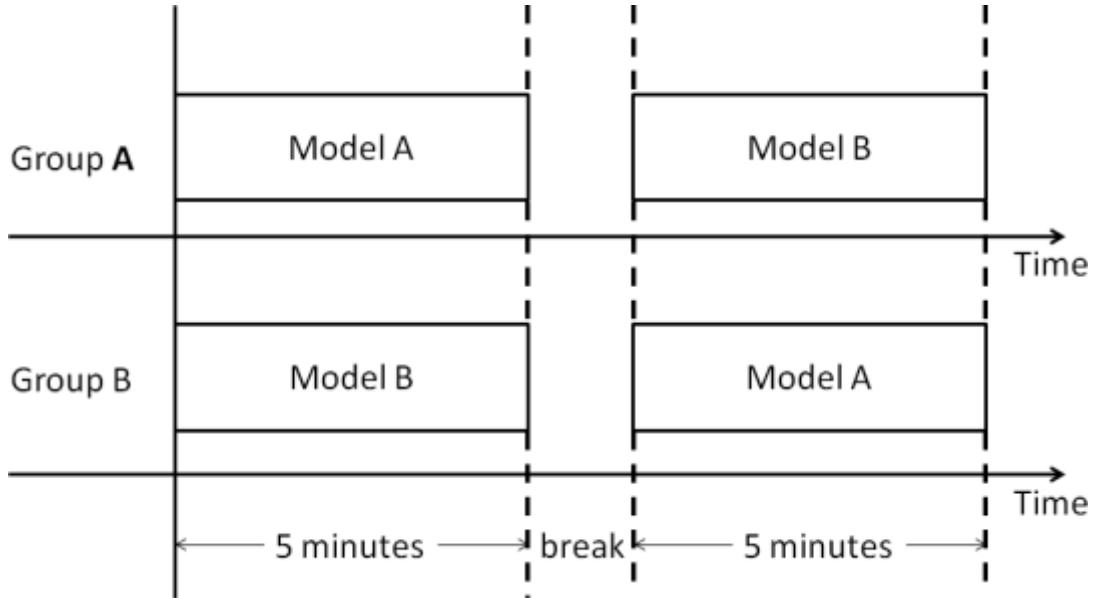


図 5.8 実験プロトコル

体験者は健康な平均 22 歳男子 12 名、体重 60 キロ前後(最小 44kg、最大 88kg)、学習による影響を排するため、モデル A を先に体験するグループとモデル B を先に体験するグループにおののおの 6 名ずつ 2 つのグループに分けた。体験者には毎回のマッサージに対する成功判定がキャラクタの音声として伝えられるが、現在の評価の合計や結果については伝えられない。体験者が 5 分の体験を終えるごとに、体験の感想を聞き、

- ・どちらのモデルが長く感じたか？
- ・どちらのモデルが好きか？
- ・発声の判定アルゴリズムに気がついたか？

などを印象から取得した。

モデル A は押し圧の閾値による評価関数 TypeA を適用したもの。モデル B は A と同じセンサ入力に対して、バンドパスフィルタを用いた周波数スペクトル分析による評価関数 TypeB を適用したもの。エージェントの感情は各々の評価関数によってインクリメントされ、強すぎる力(25kgF 以上)によって減点、それ以外はゼロとした。

図 5.9、図 5.10、図 5.11、図 5.12 は、体験者 1 と 2 がモデル(A)とモデル(B)に対してそれぞれ 5 分間マッサージをした際の圧力値と評価関数の出力値を示している。

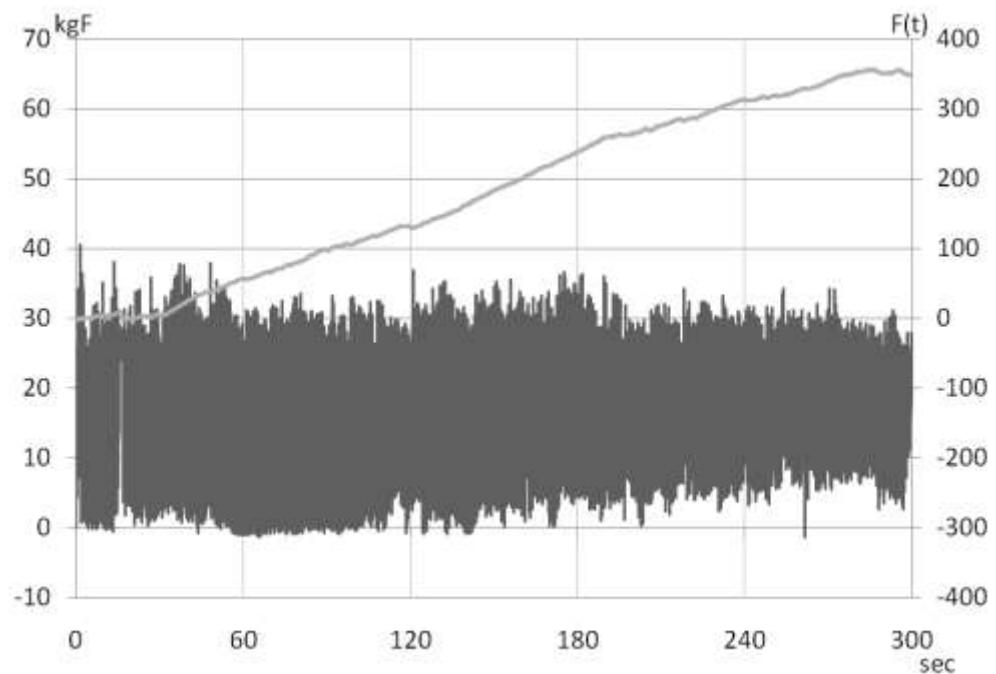


図 5.9 体験者 1 - モデル(A)

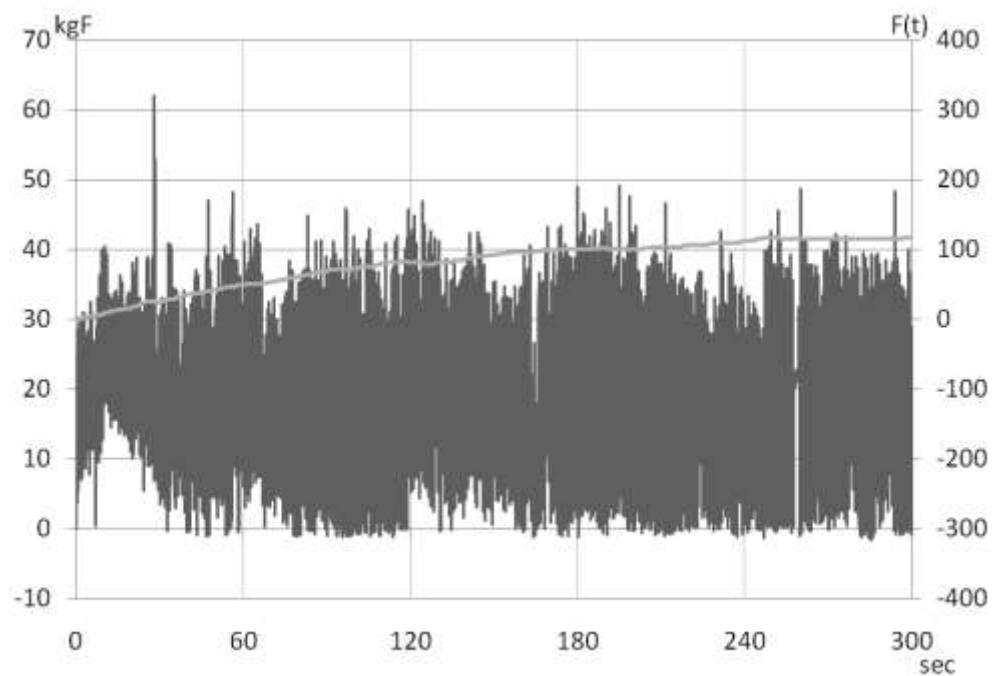


図 5.10 体験者 1 - モデル(B)

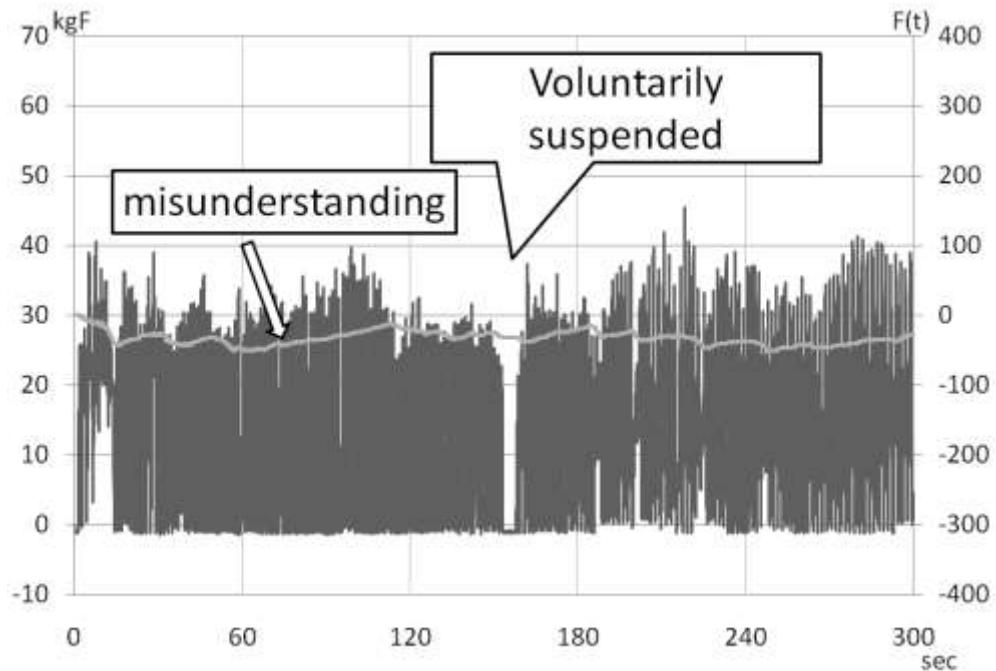


図 5.11 体験者 2 - モデル(A)

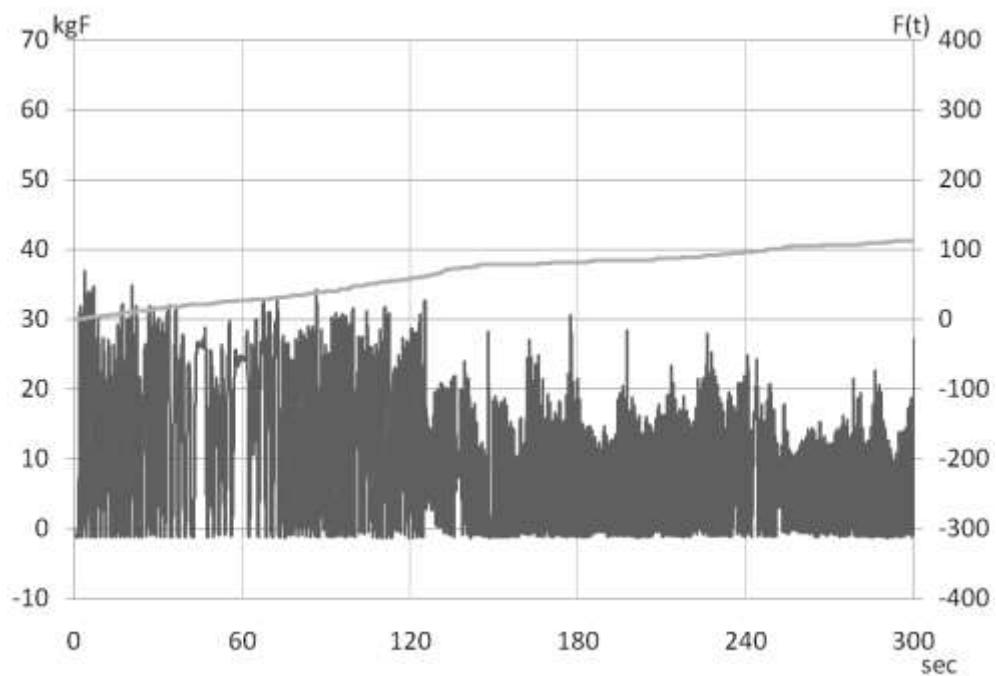


図 5.12 体験者 2 - モデル(B)

体験者 1 のマッサージによって、モデル(A)と(B)、それぞれにポジティブ評価があった(図 5.9, 5.10)。体験者 2 のマッサージによって、モデル(B)はポジティブ評価があった(図 5.12)。しかし、モデル(A)はネガティブ評価であった(図 5.11)。このネガティブ評価は、体験者がエージェントの認識モデルを理解できなかったためと考えられる。また、体

験者 2 は 150 秒から 160 秒の間、モデル(A)にマッサージすることをやめている。おそらく、体験に飽きてマッサージがおざなりになっている、もしくは疲れてマッサージをやめていると考えられる。

図 5.13 および図 5.14 はモデル A および B に対する 12 名の被験者による 5 分間の体験による評価関数の合計をグラフにしたものである。

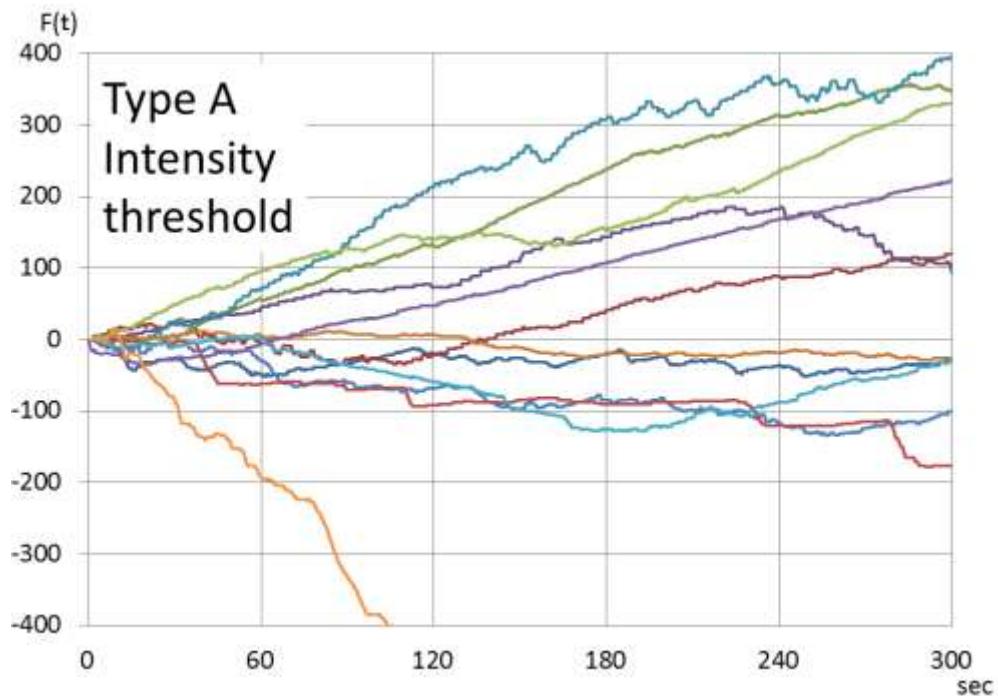


図 5.13 評価関数 TypeA の全体验者の概要

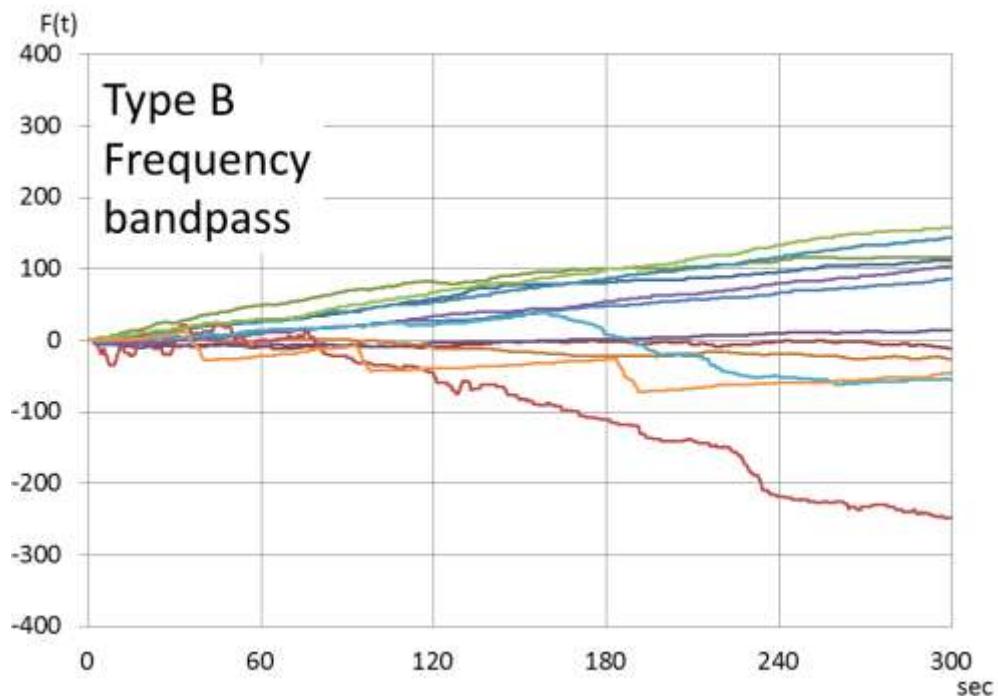


図5.14 評価関数 TypeB の全体验者の概要

A に対して、12 人中 6 人の体験者が継続的に成功判定を入力できたが(positive), モデル B では 12 人中 7 人であった。どちらのモデルでも完全に体験が成立していない。またネガティブ評価しか加算されない被験者がそれぞれ 1 名存在した。特徴として、A では被験者によらず幅広い分散が起きていることに対し、B では上位のグループとプラスマイナスゼロに近いグループに収束する傾向がある。さらに、モデル(A)のネガティブ評価は、モデル(B)のネガティブ評価より大きい。これはアルゴリズムとペナルティの判定が異なるためと言える。また、66%の体験者はモデル(A)の方が好みだと答えた。これは、体験者がモデル(A)の判定モデルを理解し、コントロールできたためと考えられる。

また、実験後に聞き取り調査を実施した結果、ほとんどの体験者は強さによる判定(モデル A)の判定アルゴリズムには気づくが、周波数による判定(モデル B)には気づかないことが分かった。また、モデル(A)において、3 分経過後プレイを一時中断する体験者が 2 名いたが、モデル(B)では最後までプレイする体験者がほとんどであった。そして、体験時間に関しては、「5 分は長い。2 分から 3 分が丁度いい」と答えた体験者が多数であった。

5.4 応用の可能性

ここまで実験結果を利用して、プロトタイプのゲームシステムにモデルを適用することを考えた。実験した 2 つのモデルをそのまま割り当てるのではなく、A, B それぞれをパチニ小体やメルケル小体のような(Pacinian corpuscles and Meissner's corpuscles)皮膚感覚刺激における機械受容器(cutaneous mechanoreceptor)および、人体の知覚心理(perceptual psychology)的なレセプターに置き換えた時、刺激に対する周波数特性や変形に対する信号特性が異なるという考え方は合理的である²⁰⁾²¹⁾。またこれら受容器の感度や配分は個体や部位によって一様ではないため、ゲーム上では個々の個性として設定することができる。そこで、プレイヤーがマッサージの相手として選択できるエージェントとして 3 名のキャラクタ設定を用意した。図 5.15 に示す。

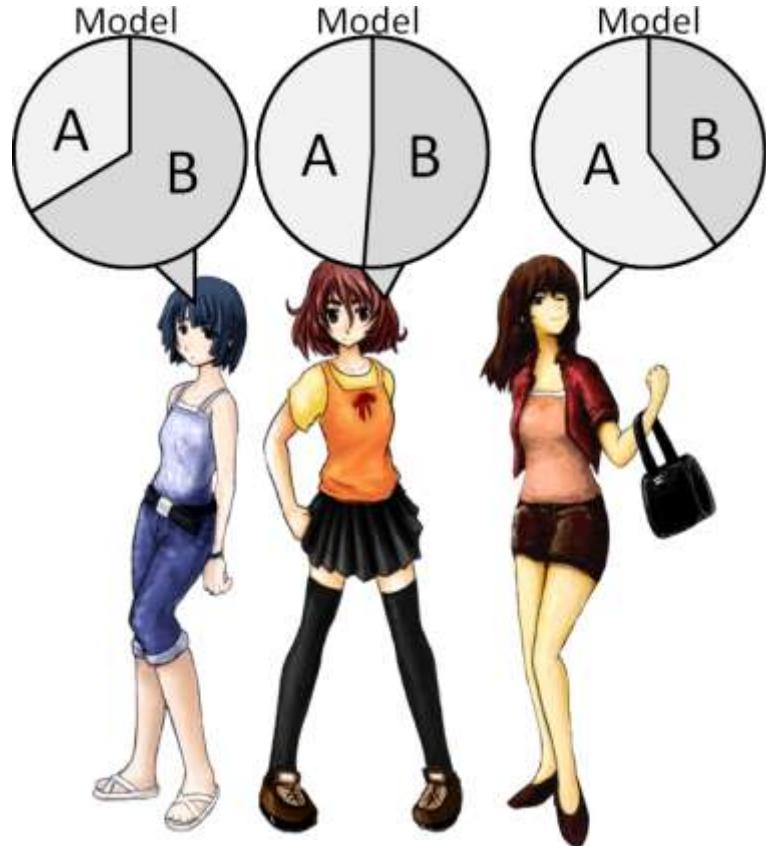


図 5.15 キャラクタ設定と受容器モデルの寄与率の例

個々のキャラクタで評価関数 A および B の寄与率が異なり、その評価関数の時系列の総和でエモーションの状態が動的に変化する。補足的なビジュアルとともに、複数段階の感情を表現するボイスフィードバックを割り当てた。

本論文では、エージェントの認識シミュレーション方法と認識心理学のいくつかの実験法から評価モデルを報告した。この結果は、近い将来、バーチャルリアリティ・エンターテイメントや、遠隔地コミュニケーション・エンターテイメントシステムのような現在のインタラクティブ技術を発展させるための様々な分野へ応用できる。

例えば、本システムは、プレイヤーが意識しない状態での自然なプレイで分かるプレイヤーが最も好む周波数と圧力の強さを得ることができる。この周波数と圧力の強さはプレイヤーの特徴と言える。

また、実在する人物の感嘆詞ボイスサンプルを得ることができれば、その人物に適当なボイスフィードバックをする新たなエージェントを設定することができる。このプレイヤー・エミュレーションを用いれば、インターネットを通じ一組の EES を使った、長距離で非同期な身体的コミュニケーションゲームシステムを作ることができる。図 5.16 にアプリケーションの概要を示す。

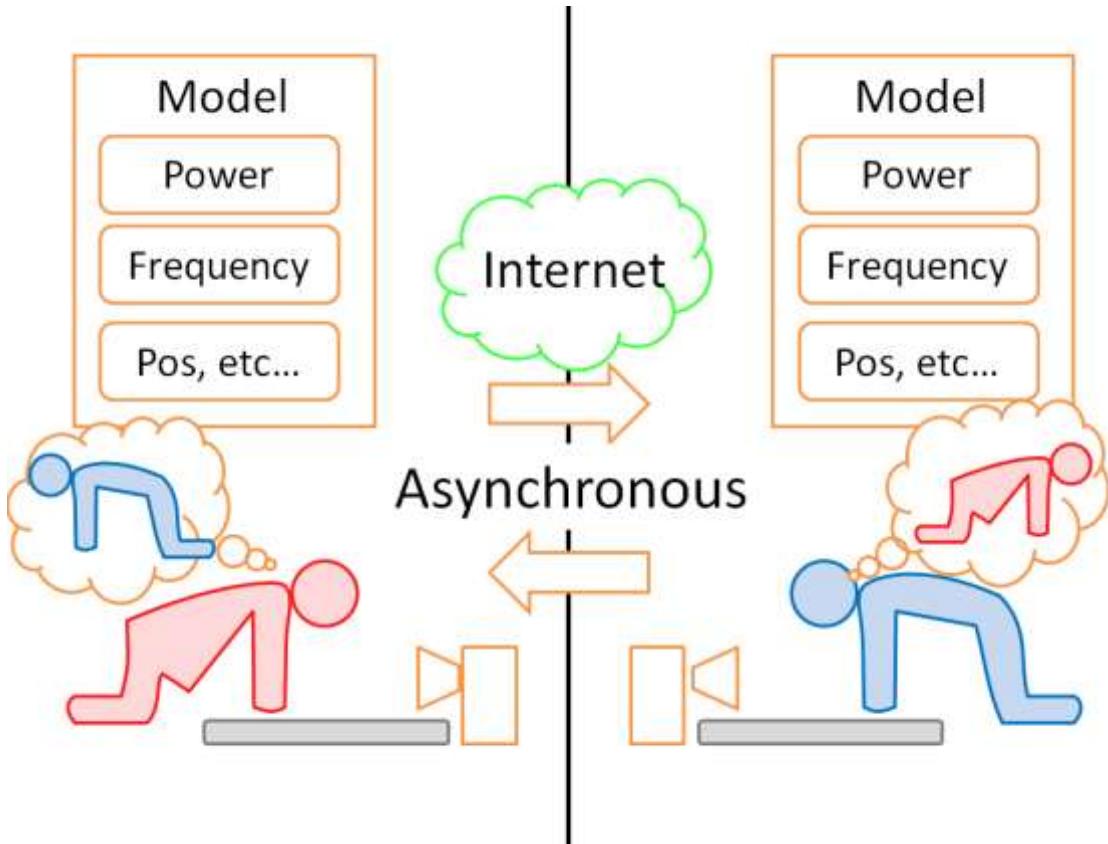


図 5.16 テレイグジスタンス用アプリケーション

さらに本システムのエージェントの認識モデルを用いれば、スマートフォンの加速度センサによる値を閾値と周波数によって認識し、インタラクションを行うアプリケーションへの応用も考えられる。さまざまなデバイスに対する応用が考えられるため、Unity3dのような多くのプラットフォームに対応したゲームエンジンでのプロトタイピングは相性が良いだろう。図 5.17 は Unity3d を用いた応用アプリケーションの開発例である。

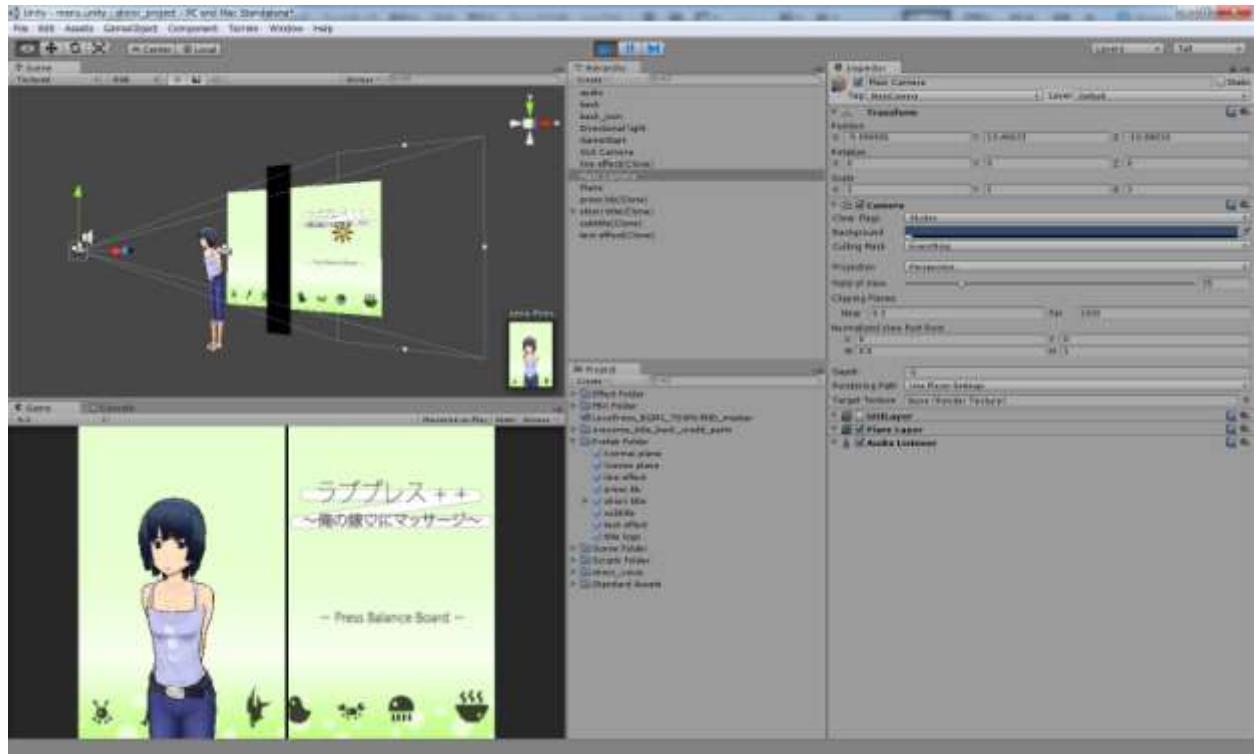


図 5.17 Unity3d を用いた応用アプリケーションの開発例

感圧センサを使った感覚運動インタラクションのための自然なプレイヤ分析アルゴリズムと評価として、バランス Wii ボードと音声のみのフィードバックをもつマッサージ・エクササイズゲームを開発し、エージェントの認識アルゴリズムを感圧センサの強度閾値によるもの(モデル A)と、周波数スペクトルによるもの(モデル B)とで比較した。

結果として、一般的に利用されているモデル A は、50%の体験者がエージェントとのインタラクションを体験できるが、プレイヤーにモデルを獲得されやすく飽きられやすい。一方、周波数スペクトル分析によるモデル B は初心者を含む 58%の体験者が体験でき、またモデルが周波数によるものであることがプレイヤーに把握されづらいことがわかった。そして、評価関数 TypeA と TypeB を適用したメンタルモデルを作成した。これは、現実的なヒューマンエージェントとの身体的コミュニケーションを実現する運動エンタテインメントシステムとして、退屈なトレーニングをあきさせない次世代エンタテインメントシステムとよびえるシステムになるだろう。

6. むすび

本研究では次世代エンタテイメントシステム開発のためのプロトタイピング手法として(1)体験が実空間上で行われる、(2)新奇なデバイスを用いる、(3)開発が短期間で行われる、これら3つの特徴を持った次世代エンタテイメントシステムについて、それらの特徴を有する開発事例を元に報告を行った。

体験が実空間上で行われる次世代エンタテイメントシステムについては、ミュージアム向けエンタテイメントシステムに関して、科学館の展示においては子供を含む多くの人がシステムに触れることと、ユーザがその場にとどまってくれないことなどから、安定性と反応速度が課題となることについて述べた。この課題に対し、新潟自然科学館で使用された遅延を抑えた映像・音声再生システムの開発事例を挙げ、複数の開発環境による開発を行いシステムの反応速度を比較することで、開発の初期段階でもっとも良い方法を選択し、さらにその後の開発において時間的猶予を持つことで、システムの安定性を向上させる、といった開発手法を報告した。

さらに新奇なデバイスを用いる次世代エンタテイメントシステムについては、多重化隠蔽映像コンテンツ再生システムに関して、新奇なデバイスを用いているがゆえに、新たな技術の登場によるコンテンツの拡充を視野に入れた、拡張性の高さが必要である点を課題として挙げた。この課題に対し NEC ディスプレイソリューションズの展示会において使用された ScritterH コンテンツプレイヤーの開発事例から、ゲーム開発エンジン Unity3d を用いることで拡張性の高いシステムを開発する手法について報告した。

そして、体験が実空間上で行われ、新奇なデバイスを用いる次世代エンタテイメントシステムとして、音声と運動によるエンタテイメントシステムの設計を述べた。そこで、従来の恋愛ゲームにおける特徴である、ビジュアルによるフィードバックを中心、性的な描写に至るフラグ立てインタラクション、言語や文化に依存があり幅広いユーザに対しての応用が無いといった点に対して、ビジュアルフィードバックに頼らない HCI、自由・自然・連続的に体験できる物理指向 I/F、想像力を喚起し言語文化非依存のエージェント、これらを持つ次世代エンタテイメントシステム「LovePress」を考案した。LovePress ではエージェントの評価関数によってユーザの身体的入力を評価する手法を取り、ベータ版開発を行った。LovePress を用いた東京ゲームショウでのフォールドテストのうち、閾値ベースの評価関数 TypeA を適用したエージェントと、周波数スペクトルベースの評価関数 TypeB を適用したエージェントでユーザのモチベーションに変化は出るのか実験を行った。結果は、ユーザのモチベーションがより続くのは評価関数(B)であることが分かった。これらの結果を受け、開発した評価関数(A)(B)を組み合わせエージェントの仮想的な性格を設定する手法を考えた。この手法はテレイグジスタンスのような長距離で非同期な身体的コミュニケーションゲームシステムにも応用できるであろう。さらに、ゲーム開発エンジン Unity3d のような様々なプラットフォームに対応した開発環境と組み合わせれば、難易度や標準化の設定が困難な、身体的入力を用いた実空間上で体験が行われる次世代エンタテイメントシステムにおいてもより効率よく開発を行うことが出来るだろうと考える。

本研究で報告した次世代エンタテイメントシステム開発のプロトタイピング手法は、3つの開発事例それぞれで評価を得ることが出来た。特に音声と運動によるエンタテイメン

トシステム「LovePress」において報告した、エージェントの評価関数を用いてユーザからの身体的入力を評価する手法は、デバイスが新奇であるかどうかに関わらず様々な次世代エンタテイメントシステムへの評価手法として応用可能であろうと考える。本研究が難易度調整や操作の標準化の難しさを解消することで、ユーザに対しよりよい体験を提供する次世代エンタテイメントシステムを生み出すきっかけになれば幸いである。

謝辞

本研究において、指導教官の白井暁彦准教授から、丁寧かつ熱心なご指導をして頂きました。感謝いたします。

丁寧で親身なご指導をして頂きました服部元史教授に感謝いたします。

本研究に対し適切なアドバイスを下さいました小島一成准教授に感謝いたします。

遅延を抑えた映像・音声再生システムの開発において、多大なご協力を頂きました新潟県立自然科学館 和田孝志氏に感謝いたします。

LovePress の 3 名分ものキャラクタボイスを提供して頂きました、声優ペコラ氏に感謝いたします。

本研究で開発した LovePress や他のエンタテイメントシステムにおいて、多くの御意見を下さいました加藤匠氏に感謝いたします。

LovePress のキャラクタデザインや ScritterH 用コンテンツを提供してくださった山本倫之氏に感謝いたします。

研究開発において様々な意見を下さった横田真明氏に感謝いたします。

実験の際被験者を快く引き受けてくださった、服部元史研究室の同輩・後輩一同に感謝いたします。

実験、論文執筆において多くのご指摘を下さいました白井研究室の後輩一同に感謝いたします。

参考文献

- 1) 白井暁彦, 実世界指向ゲームインターフェースによるインタラクション技術の基盤研究力強化, 映像情報メディア学会誌 Vol. 63, No. 10, pp. 1394-1396, (2009)
- 2) 奈良初男, アニメーション番組制作の概要, 映像情報メディア学会誌 Vol. 66, No. 1, pp. 3-6, (2012)
- 3) 阿部真士, ドラマ番組におけるワークフロー, 映像情報メディア学会誌 Vol. 66, No. 1, pp. 7-11, (2012)
- 4) 財団法人デジタルコンテンツ協会, デジタルコンテンツ制作の先端技術応用に関する調査研究報告書, 2010.3
- 5) 内田 まほろ, 科学館というアートミュージアム : サイエンスマニアム変革の試み(芸術のプロジェクト), Booklet 11, 39-48, 2004-01-31
- 6) 宇津木健,長野光希,谷中一寿,白井暁彦,山口雅浩,「多重化映像表示における隠蔽映像生成アルゴリズム」(Image Hiding Algorithm for Multiplex Projection), 第15回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集(2010.9.15)
- 7) GIGAZINE : 想像力でテレビゲームをするコントローラー型キーチェーン「妄想コントローラー」, http://gigazine.net/news/20100128_image_controller/
- 8) 白井暁彦, 小池康晴, 佐藤誠: コンピュータゲームの興奮度定量化 (1) 主観評価を使用したゲームジャンルの分類, 情報処理学会シンポジウムシリーズ(GPW2001), Vol.2001, No.14, pp.33-40 (2001).
- 9) 任天堂ホームページ, <http://www.nintendo.co.jp/>.
- 10) Kinect - Xbox.com, <http://www.xbox.com/ja-JP/kinect>.
- 11) Akihiko Shirai, Takahiro Nakatani, Erik Geslin, Hidetaka Kimura, Masafumi Takahashi, Kazunori Miyata, Simon Richir, Physical evaluation of new computer entertainment interfaces under natural play conditions, Sandbox: an ACM SIGGRAPH Video Game Symposium, 2006.
- 12) Akihiko SHIRAI, Erik GESLIN, Simon RICHIR, WiiMedia: motion analysis methods and applications using a consumer video game controller, Sandbox: an ACM SIGGRAPH Video GameSymposium, 2007.
- 13) Mike Ambinder, Valve's Approach to Playtesting: the Application of Empiricism, Game Developer's Conference2009, 2009.
- 14) Michael Booth, Replayable Cooperative Game Design: Left 4 Dead, Game Developer's Conference 2009, 2009.
- 15) 三宅 陽一郎, オンラインゲームにおける人工知能・プロシージャル技術の応用 (特集オンラインゲームと知能情報処理), 知能と情報, 日本知能情報ファジィ学会, Volume 22, Number 6, pp. 745-756, 2010-12.
- 16) きみのためなら死ねる, <http://kimishine.sega.jp/>.
- 17) ラブプラス, <http://www.konami.jp/products/loveplus/>.
- 18) 辻田眸, 椎尾一郎, Sync Decor : 遠距離恋愛支援システム, ヒューマンインターフェースシンポジウム2006, pp.571-574, 2006.
- 19) 稲見昌彦, 関口大陸, 川上直樹, 館章, RobotPHONE による物体共有型コミュニケーション

- ション, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインターフェース研究会報告2001(87), pp.147-150, 2001.
- 20) Unity3d, <http://unity3d.com/unity/>
 - 21) K.Yuichiro, A.SHIRAI, Et Al., Foot interface: fantastic phantom slipper, ACM SIGGRAPH 98 Conference abstracts and applications, SIGGRAPH '98, pp.114, 1998.
 - 22) Mami Tanaka, Development of tactile sensor for monitoring skin conditions, Journal of Materials Processing Technology, Volume 108, Issue 2, pp.253–256, 2001.

付録1.

インターラクション2011

LovePress++:物理入力に感応する新しい恋愛シリアルゲームの提案

LovePress++:物理入力に感応する新しい恋愛シリアルゲームの提案

山下 泰介[†] 加藤 匠[†] 横田 真明[†] 山本 倫之[†] 白井 晓彦[†]

本論文は、従来の恋愛ゲームでのインターラクションにおける制約に注目し、(1)ビジュアルフィードバックを中心としないHCI (2)自由・自然・連続的に体験できる物理指向I/F (3)想像力を喚起し言語非依存のエージェント、この3点に注目したインターラクションシステムを提案する。実装例として、バランスWiiボードをキャラクタに見立て、リズミカルにマッサージを行うという恋人同士の身体的コミュニケーションを具現化する次世代型の恋愛シリアルゲーム「LovePress++」の開発詳細およびフィールドテストにおけるユーザの反応を報告する。

LovePress++: A new love serious game which responds to physical communication

TAISUKE YAMASHITA[†] TAKUMI KATO[†] MINORI YOKOTA[†] NORIYUKI YAMAMOTO[†]
AKIHIKO SHIRAI[†]

This article reports development case study of "LovePress++", a new serious game which responds to physical communication by continuous massage for their truelove which emulated their partner by an agent system and game interface, "Balance Wii Board" as an implementation. It suggests a physics oriented interaction of agents for strong full body inputs and imagination evocations. The concept (1) HCI without visual feed backs, (2) free, natural and continuous physical oriented interface (3) non-dependency for any languages and cultures, had paid attention to limitations of interactions in the conventional love games.

1. はじめに

ヒューマン・コンピュータ・インターラクション(HCI)において、男女の恋愛や異性間コミュニケーションを扱うことは最もチャレンジがあり価値の高い課題のひとつであろう。本研究ではこのコンテキストにおいて、身体的コミュニケーションの一つであるマッサージを再現するエージェントシステムの可能性について具体的に提案・開発し、ユーザへのフィールドテストを行った。ここに事例として報告する。

2. 既存の恋愛ゲームにおける課題

本研究における「恋愛ゲーム」とは、恋愛シミュレーション、恋愛アドベンチャーに代表される、男女間の恋愛をテーマにしたインターラクティブシステムおよびコンテンツを指している。これらのインターラクティブシステムは主に男性向けにデザインされており、過去のゲームジャンルに対する研究においては、達成感が主となるゲームジャンルとして報告されている[1]。

我が国において特徴的な文化のひとつともいえる現在の恋愛ゲームは3つの大きな特徴を擁している。

- (1) ビジュアルによるフィードバックが中心
- (2) 性的描写に至るフラグ立てインターラクション
- (3) 言語や文化に依存があり幅広いユーザに対しての応用がない。

一方で、現在のデジタルゲームは従来の据え置き型から、携帯電話機のような携帯ゲーム機環境や加速度センサ、GPSやマルチポイント・タッチパネルといったリッチインターフェースを装備したスマートフォンにシフトしてきている。また既存の据え置き型も、任天堂「Wii」[2]やマイクロソフト「Kinect」[3]に代表される赤外線を利用した実世界指向ヒューマンインターフェースに移行しつつある。これらの実空間指向のインターフェースデバイスを用いたインターラクションにおいては、既存のビジュアルが中心になっていた「フラグ立て」と呼ばれる論理的なコミュニケーションモデルから、より自然に、ユーザからの連続的な入力を動的に扱いながら、実世界のユーザとキャラクタが身体的インターラクション可能な手法を開発していくことが必要となるだろう。

このような観点において、産業・研究の両面においていくつかの先行事例が存在する。セガ「きみのためなら死ねる」[4]やコナミ「ラブプラス」[5]のようなタッチパネルを使う例、辻田らの「SyncDecor:遠距離

† 神奈川工科大学

Kanagawa Institute of Technology

恋愛支援システム」[6]のような離れた2つの室内空間における家具等とのインタラクションを利用する例、稻見ら「RobotPHONE」[7]のようなリンク機構として接続された接触可能なロボットで実現する例である。

これらの研究の共通として「インタラクティブなキャラクタ／エージェント（以後“エージェント”で統一）の設計が不在」、「連続的な入力が難しい」、「全身の力を込めたインタラクションが不可能」であるという点が挙げられる。必ず1体験者に対して1名の相手を必要とする設計では、産業化において重要なキャラクタの実装やエージェントの介在が難しい。

以上のような背景から、本研究においては、

- (1) ビジュアルフィードバックに頼らないHCI
- (2) 自由・自然・連続的に体験できる、物理指向I/F
- (3) 想像力を喚起し言語文化非依存のエージェントの3点に注目する。

3. 設計

3.1 開発のねらい

戦略として、「このシステムを体験した後は、従来の恋愛ゲームにおける制約をより強く認識し、身体や実世界を使った次世代の恋愛ゲームの可能性を人々に気づかせるシリアルゲームを提案すること」を目標とした。開発コード「LovePress++」は、力強い身体的入力に耐えうる感圧センサを内蔵するデバイスを「自分の好きなキャラクタ（実在・非実在は問わず）」に見立て、全身の力を込めてマッサージをする。次世代型の恋愛シリアルゲームである。さらに、エージェントとのインタラクションはすべて言語にできるだけ依存しない音声によって行われ、ビジュアルによる情報のフィードバックを行わない。つまりこれにより想像力を喚起することで言語文化非依存のエージェントとの物理的インタラクションを実現する。

3.2 システム概要

システムは、感圧センサ入力と音声出力、補足的な画像表示という構成である（図1）。

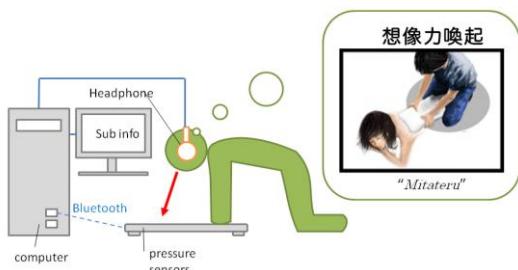


図1 コンセプトイメージとシステム構成

体験者は、マウスによる操作やテキストの選択肢ではなく、感圧センサ全力で連続的にマッサージすることでのみ、キャラクタの感情に訴えることができる。

情報を感動詞のみのセリフに絞ることで、体験者は想像を持ってキャラクタの状況を想像しながら身体的対話をを行う設計となっている。

3.3 キャラクタ設定

本システムはビジュアルを主としていないが設計上、プレイヤーが選択できるキャラクタとして3名の設定を用意した（図2）。本稿では詳細を割愛する。



図2 キャラクタ設定画

用意したキャラクター voices は、体験者が行う身体的入力を複数の要素に分け失敗判定を明示するもの以外はすべて感動詞・感嘆詞を中心に構成されている。

力が強すぎる場合や力が弱すぎる場合、「きゃ！（悲鳴）」「痛！」といった不快感を表す感動詞が、ちょうど良い力でマッサージした場合、「あつ」「ふう～」といった快感を表す感動詞が再生される。これにより体験者は、自分が上手なマッサージをしているかどうかを逐次フィードバックされることになる。

表1 キャラクターvoices の一部

セリフ	状況
あ	（触られたことに）気づく
あつ	すこしひっくり
ひやっ！	びっくり
あん	ちょっと気持ちいい
あつあつあつ…	リズミカルなマッサージをうけて
きゃ！ 痛！	力が強すぎる
ん～？	力が弱すぎる
も～、え～	失敗

体験者の身体的入力に対し動的に反応するエージェントを実現するために主に3つの評価関数からなる受容モデルを作成した。受容モデルは力の強さを判定するPower関数、リズミカルなマッサージのタイミング

グ判定を行う High Frequency 関数、よりゆっくりとしたマッサージのタイミングの判定を行う Low Frequency 関数を持ち、4 つの感圧センサからの値を各関数が評価し、エージェント内パラメータを変化させる。これによりユーザによる連続的な物理入力を動的に扱うことができる。この値を後のゲームの状態遷移、音声の再生に利用する。

3.4 力強い身体的入力

2 章の課題でも整理したように、先行事例において「力強いインタラクション」を行うことのできるシステムは少ない。本システムではその問題を解決するため、本来重心動揺を計測する装置である、圧力センサを 4 つ内蔵する「バランス Wii ボード」(最大荷重約 136kg)を無線圧力センサデバイスとして使用した。

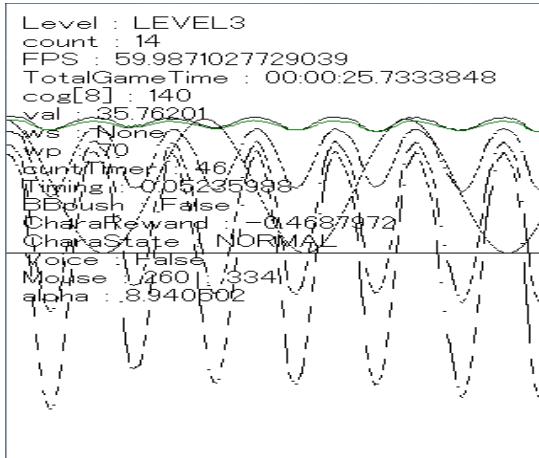


図3 バランス Wii ボードからの入力例

4. 開発

ソフトウェア構成は、図 5 のとおりである。Player がセンサに加えた力をエージェント内のセンサ受容部が受け取り、3 つの評価関数により、各キャラクタが固有に持つ満足度などの各種パラメータに積分される。各評価関数の積によって表現される最も代表的な変化のベクトルに応じて、用意された感動詞の音声ファイルが再生され、連続的な感応を伴うインタラクションが実現する。

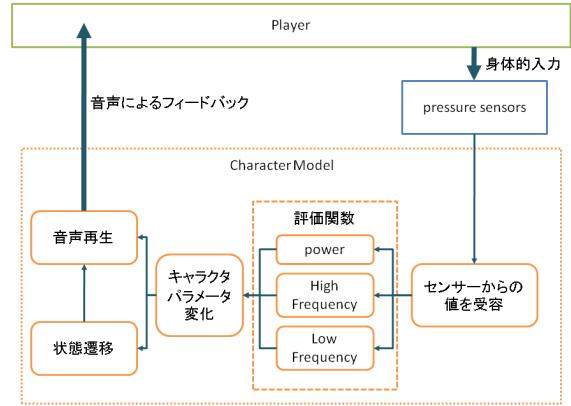


図4 LovePress++ Beta2 におけるソフトウェア構成

5. 結果

本研究は「東京ゲームショウ 2010」に併催された「センス・オブ・ワンダーナイト」において、作品「ラブプレス++～俺の嫁にマッサージ～」として、展示およびプレゼンテーション発表の機会を得た。
(<http://www.ustream.tv/channel/sown>)。

また東京ゲームショウ会場では外国人の来場者も多く、日本人以外のプレイヤーを相手に感嘆詞のみのボイスインタラクションで体験を成立させることができた。さらに展示におけるフィールドテストにおいては、興味をもって接した体験希望者の多くが、体験中は真剣に力を込めてマッサージをし、汗をかき、喜びや哀しみが入り混じったような、複雑な笑いの表情を浮かべた。未知のインタラクション体験であったという感想が多く、また複数の体験者から体験後に以下のような意見をいただいた。

- 体験者を傍から見ると非常に楽しそう
- 人前でプレイするには恥ずかしい
- 子供や女性が体験する場合力が足りない

なお設計時は人間の背中を模したシリコンラバーモデルの装着を検討していたが「想像力喚起」にはむしろ不要であると判断し、最終的な実装から外した。産業化においては、手先に応じた触感を重視したカバーやフィードバックシステムを装備することでより表現を増すことが可能であると考える。

現在、LovePress++は Beta2 が公開されており (<http://www.shirai.la/project/lovepress>)、3 ヶ月の期間で youtube での閲覧動画再生回数が合計約 13000 回、アンケートを伴うゲーム本体のダウンロードクリックが合計 190 回となっている。



図5 東京ゲームショウ 2010における体験者の様子 1

6. LovePress++の可能性

LovePress++は身体的インタラクションに感応するシリアルスゲームという従来のゲームでは取り入れられていなかった技術を用い、実在非実在に関わらずヴァーチャルなキャラクタに身体的マッサージをするという新たなインタラクションを実現することができた。

今後の課題として、動的なエージェントモデルの改良を行いたいと考えている。「キャラクタが今どのようなマッサージを求めているか」を動的に変化させることで、よりインタラクション性（ゲームとしての戦略性、アクション性）を高めることができ、より幅広いユーザーに対してバリエーションのあるおもしろさを提供できると考える。このバランス Wii ボード等デバイスに限られないエージェントの設計手法は、携帯電話や、Kinect 等のプラットフォームで需要が見込まれる『実世界指向の身体的インターフェースを用いた格闘ゲーム』にも応用の可能性があると考える。

また、本研究の別の活用方法として、遠隔地における人々の直接かつ時間的に非同期な身体的コミュニケーション実現するテレイクジスタンスシステムへの応用が考えられる。実在のパートナー、具体例として単身赴任の夫婦がエージェントに対して受容パラメータと感動詞を中心とした有限数の声の収録をすることによって、場所や時間に制約されない身体的コミュニケーション支援システムとして機能することができる。

7. まとめ

従来の恋愛ゲームに問題提起を行うことを目的に、「LovePress++」の開発詳細、フィールドテストを報告した。技術的には家庭用テレイクジスタンスや、コミュニケーションロボットへの応用、1対1の人間ではないAIと人間との物理的なコミュニケーションの実現。またその相性のアルゴリズム化といった新しい可能性や知見も得ることができた。また産業での実用

化・応用可能性についても、既存のビジュアルベースのゲームやノベルゲームとの連続的な融合が可能であり、スマートフォンなど他のデバイスでの実装、恋愛に限らず幅広いユーザに向け {なでる、さする、だきしめる、あやす、握手する} 等の新たな身体的入力要素追加の可能性といった幅広い用途がある。

一般的な恋愛ゲームの目的について定義することは難しいが[8]、本プロジェクト「LovePress++」は人間とエージェント間の身体的コミュニケーションというシリアルスなテーマを実空間思考のコンピュータエンタテインメントシステムとして実現させる技術を提案し実現した。

また、コンピュータエンタテインメントおよびデジタルコンテンツの進歩発展によって「現実の恋愛において何の効果もない。むしろ恋愛下手を増やしてしまう」といったパラドックスや、「既存の恋愛ゲームに対する問題提起および社会の反応」という本質的に測りづらい課題に対して、新しいインタラクティブ技術の提案・開発・オンラインビデオでの発表、ダウンロード計測というプロセスを通して、既存産業の開発者とユーザ双方に「物理入力に感応するエージェント」というイノベーションの伝搬を計測することができたことも研究手法の開発として共有すべき事例であると考える。これからも継続して研究を続けていきたい。

参考文献

- 1) 白井暁彦, 小池康晴, 佐藤誠: コンピュータゲームの興奮度定量化 (1) 主観評価を使用したゲームジャンルの分類, 情報処理学会シンポジウムシリーズ(GPW2001), Vol.2001, No.14, pp.33-40 (2001).
- 2) 任天堂ホームページ: <http://www.nintendo.co.jp/>.
- 3) Kinect - Xbox.com: <http://www.xbox.com/ja-JP/kinect>.
- 4) きみのためなら死ねる: <http://kimishine.sega.jp/>.
- 5) ラブプラス: <http://www.konami.jp/products/loveplus/>.
- 6) 遠田眞, 椎尾一郎: Sync Decor : 遠距離恋愛支援システム, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2006, pp.571-574 (2006)
- 7) 稲見昌彦, 関口大陸, 川上直樹, 館章: RobotPHONE による物体共有型コミュニケーション, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインターフェース研究会報告 2001(87), 147-150, (2001).
- 8) 白井暁彦, エンタテインメントシステム, 芸術学会論文誌 Vol. 3, No. 1, pp. 22-34 (2004).

付録2.

NICOGRAPH2011春季大会
感圧センサを使った感覚運動インターラクションのための
自然なプレイヤ分析アルゴリズムと評価

感圧センサを使った感覚運動インタラクションのための自然なプレイヤ分析アルゴリズムと評価

山下泰介^{*1}

白井暁彦^{*2}

服部元史^{*3}

神奈川工科大学

^{*1}yamashita@shirai.la ^{*2}shirai@mail.com ^{*3}hattori@ic.kanagawa-it.ac.jp

アブストラクト

感圧センサを使った感覚運動インタラクションのための自然なプレイヤ分析アルゴリズムと評価として、バランスボードと音声のみのフィードバックをもつマッサージ・エクササイズゲームを開発し、エージェントの認識アルゴリズムにおける評価関数の総和を感圧センサの強度閾値によるもの(モデル A)と、周波数スペクトルによるもの(モデル B)を比較した。結果として、一般的に利用されているモデル A は、50%の体験者がエージェントとのインタラクションを体験できるが、プレイヤにモデルを獲得されやすく飽きられやすい。一方、周波数スペクトル分析によるモデル B は初心者を含む 58% の体験者が体験でき、またモデルが周波数によるものであることがプレイヤに把握されづらいことがわかった。一般的に周波数スペクトル分析には FFT ライブラリ等による煩雑な事後処理が利用されるが、本論文では、ゲーム応用しやすい動的な認識による実用的な実装方法を行った。

1. はじめに

任天堂のバランス Wii ボードのようなコンシューマープラットフォームにおける全身をフィジカルに使用した exercise entertainment system(EES)は、ゲーム的な楽しみをモチベーションに、汗をかくほどの運動をすることができるという報酬(rewards)がある。このようなゲームコンテンツの開発は先進国を中心に今後も需要があるだろう。しかしながら、全身入力を使ったゲームシステムは、マウスやタッチパネルデバイスを使った入力と異なり、難易度調整や操作性の標準化(normalization)が難しい。身体による入力は年齢や基本的な身体機能によって異なる。ユーザの体重を前提とした入力システムでは、ゲームプレイ前にプレイヤが静止状態で感圧センサに乗る必要がある。このキャリブレーションを実施することで、入力信号の標準化を実施しているが、これは自然な遊び体験を阻害する行為であり、特にカジュアルなゲームにおいてはシステムに自身の体重を伝えるという意味で心理的なハザードが高い。このような背景から、本研究では EES を利用して、バーチャルな massage experiments が体験できるコンパニオン・エージェントと感覚運動インタラクション(sensory-motor interaction)できるカジュアルなマッサージ・エクササイズゲーム「LovePress」のゲームデザインを考案した。ベータ開発でのプレイヤ体験(Player experiences)の分析から、マッサージエクササイズのゲームプレイとプレイヤのモチベーション、難易度調整においてはコンパニオン・エージェントのモデル設計が重要であることがわかった。本論文では、コンパニオン・エージェントの評価関数に、押圧の強度(pressure intensity)の閾値処理によるモデルと、バンド

パスフィルタを用いた周波数スペクトル分析によるモデルの 2 種について、音声のみの感覚運動インタラクションユーザ実験を複数回実施し、比較して評価した。EES における多様なコンパニオン・エージェントを設計することができれば、エクササイズゲームにおける表現力を増加できる。また多種多様なプレイヤの物理的な体験をリアルタイムに評価する評価手法が確立できれば、プレイヤのモチベーションを動的に維持することが可能なゲームシステムを実現できるだろう。

2. 動機

現在のデジタルゲームプラットフォームは従来の据え置き型コンシューマープラットフォームに加えて、携帯電話機のような携帯ゲーム機環境や加速度センサ、GPS やマルチポイント・タッチパネルといったリッチインターフェースを装備したスマートフォンと Web ブラウザ上の Flash ゲームにシフトしてきてている。また既存の据え置き型も、任天堂「Wii」[1] やマイクロソフト「Kinect」[2] に代表される次世代型の実世界指向ヒューマンインターフェースに移行しつつあり、今後すみ分けが進むだろう。これらの実空間指向のインターフェースデバイスを用いたインタラクションにおいては、既存の論理的なプレイヤーモデルの下層に存在する、より原理的で自然で自由度高く無意識な遊びである「運動知覚的なインタラクション」について考えるべきである。ユーザからの物理的かつ連続的な入力を動的に認識しながら、実世界のユーザと相手となるエージェントが身体的インタラクション可能な手法を開発していくことが必要となるだろう。また、その上層におけるプレイヤとゲームシステム内のコンパニオン・エージェントの感情モデルについても考慮さ

れるべきだろう[3][4]。ビデオゲーム産業においてこの課題は特殊な視点ではない。感情の盛り上がりを測定して、キャラクタを制御するという課題はまさに海外人気ゲームタイトルの開発現場からもレポートされており“Valve's Approach to Playtesting: the Application of Empiricism”[5]“Replayable Cooperative Game Design: Left 4 Dead”[6]などで報告されている[7]。また実空間指向の入力側となるフィジカルコンピューティングによるエンタテイメントシステムの産業・研究の両面においていくつかの先行事例が存在する。セガ「きみのためなら死ねる」[8]やコナミ「ラブプラス」[9]のようなタッチパネルを使う例、辻田らの「SyncDecor:遠距離恋愛支援システム」[10]のような離れた2つの室内空間における家具等とのインタラクションを利用する例、稻見ら「RobotPHONE」[11]のようなリンク機構として接続された接触可能なロボットで実現する例である。DSやiPhoneのタッチパネルを使うことで、コナミ「ラブプラス」のような「物理的な入力に対して感情をエミュレーションし、フィードバックを返すコンパニオン・エージェント」を具現化することができるが、これではプレイヤの運動量が少なすぎて、直感的な感覚運動インタラクションとは言い難い。また同じモデルを次世代型のEESや格闘ゲーム、没入感の高いFPSへ応用することが難しいだろう。以上のような背景から、本研究ではプレイヤ自身が身体を動かしモチベーションを保てるようなエージェントを持った次世代型のゲームシステムをターゲットとしている。

3. システム

実験システムは、バランスボードを用いた4つの感圧センサ入力とヘッドフォンで構成されている(図1)。

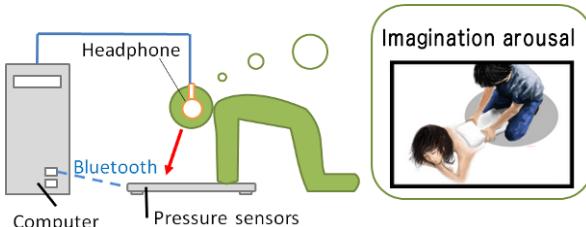


図1. 実験システムのハードウェア構成

3.1 プロトタイプゲームデザイン

本研究で想定している新しいEESのゲームデザインは、想像力喚起とマウスやボタンによる操作や選択ではなく、感圧センサに対し全力で連続的にマッサージすることでのみ、キャラクタの感情に訴えることができるというものである。言語や文化に依存することを避けるため、極力ナレーションを使わず、情報を感嘆詞のみのセリフに絞ることで、体験者は想像力で状況を想像しながら身体的対話をを行う設計となっている。

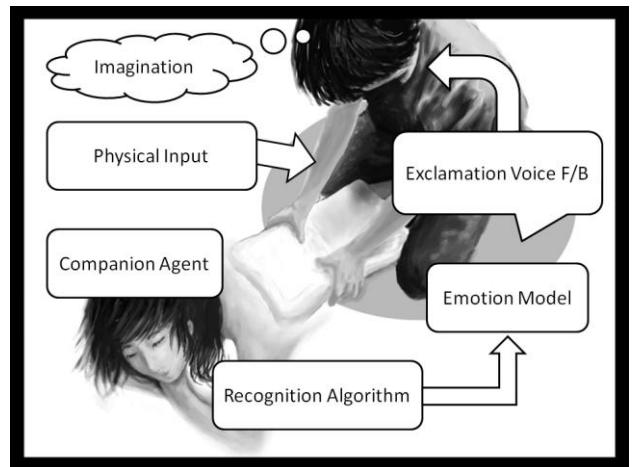


図2. EESにおける感覚運動インタラクションとボイスフィードバックによる想像力喚起

3.2 アルゴリズム

エージェントは、プレイヤの仮想的な感情に訴えるため、強度閾値ベースの評価関数(A)と周波数スペクトルベースの評価関数(B)の2つの評価関数を持つ。評価関数(B)で用いた動的な周波数認識アルゴリズムは、FFTライブラリを用いた複雑な周波数スペクトル分析ではなく、ゲームシステムに応用しやすい実用的な実装を行った。

3.3 評価関数

エージェントの仮想的な感情は評価関数によって実装される。つまり、ポジティブ評価またはネガティブ評価は評価関数の出力値によって表される。評価関数の出力値が増加する場合、エージェントの感情はポジティブ評価へと増加する。評価関数の出力値が減少する場合、エージェントの感情はネガティブ評価へと減少する。本論文では強度閾値ベースの評価関数(A)と、周波数スペクトルベースの評価関数(B)の2種類の評価関数について報告する。

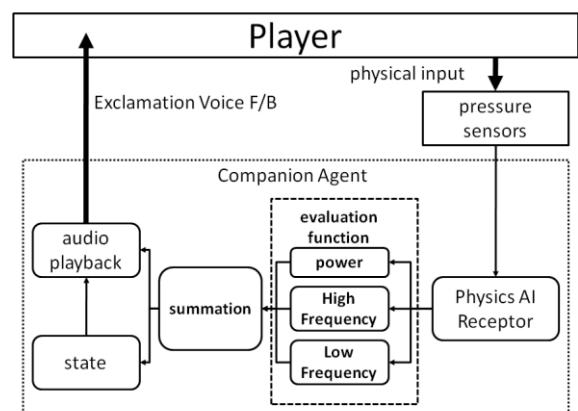


図3.システムのブロック図

3.3.1 (A)閾値ベース評価関数

評価関数(A)の値は、マッサージの圧力の強さによって決定される。マッサージの圧力の強さは、バランスボードの4つの圧

力センサの出力の合計から計算される。強さが 10kgF 以上かつ 25kgF 未満であるならば、評価関数(A)の値は増加する。その範囲外の強さであれば、評価関数(A)の値は減少する。

評価関数 $f(t)$	評価関数 Aにおける条件	評価関数Bにおける条件
+1 (ポジティブ評価)	10kgF以上 25kgF未満	2Hz以上 0.85Hz未満
-1 (ネガティブ評価)	10kgF未満 又は 25kgF以上	25kgF以上

図 4. 評価関数 : Type A と Type B

3.3.2 (B)周波数スペクトルベース評価関数

マッサージの圧力の強さは、上記によって定義される(図 4)。また、圧力の強さは、バランスボードから 60fps で測定される。圧力の強さの時間ごとの増加と減少を調べることで、最大値と最小値の値を得ることができる。その最大値と最小値、さらに次の最大値を調べることで、圧力の間隔は計算される。そして、周波数は圧力の間隔から得られる。この周波数が 0.85Hz 以上 2Hz 未満であるならば、評価関数(B)の値は増加する。また、強さが 25kgF 以上ならば、評価関数(B)の値は減少する。

4. 実験と結果



図 5. EES を用いた実験

4.1 実験プロトコル

2 章の課題でも整理したように、先行事例において「力強いインラクション」を行うことのできるシステムは少ない。本システムではその問題を解決するため、本来重心動搖を計測する装置である、圧力センサを 4 つ内蔵する「バランス Wii ボード」(最大荷重約 136kg)を無線圧力センサデバイスとして使用した。体験者は用意された 2 種類のモデルに対してそれぞれ 5 分間マッサージを行う。体験者は健康な平均 22 歳男子 12 名、体重 60 キロ前後(最小 44kg、最大 88kg)、学習による影響を排するため、モデル A を先に体験するグループとモデル B を先に体験するグループにおのおの 6 名ずつ 2 つのグループに分けた。体験者には毎回のマッサージに対する成功判定がキャラクタの音声として伝えられるが、現在の評価の合計や結果につい

ては伝えられない。体験者が 5 分の体験を終えるごとに、体験の感想を聞き、

- ・どちらのモデルが長く感じたか？
- ・どちらのモデルが好きか？
- ・発声の判定アルゴリズムに気がついたか？

などを印象から取得した。

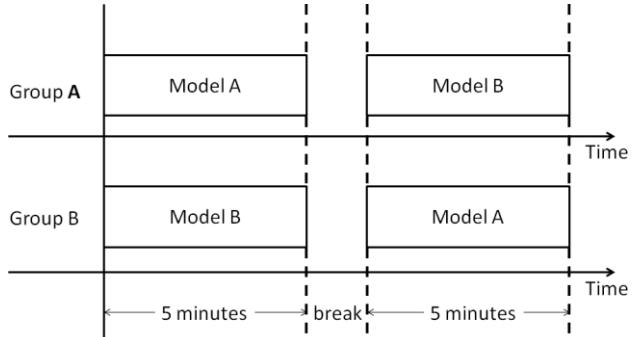


図 6. 実験プロトコル

モデル A は押し圧の閾値による評価関数(A)を適用したもの。モデル B は A と同じセンサ入力に対して、バンドパスフィルタを用いた周波数スペクトル分析による評価関数(B)を適用したもの。エージェントの感情は各々の評価関数によってインクリメントされ、強すぎる力(25kgF 以上)によって減点、それ以外はゼロとした。

4.2 実験結果

図 7, 8, 9, 10 は、体験者 1 と 2 がモデル(A)とモデル(B)に対してそれぞれ 5 分間マッサージをした際の圧力値と評価関数の出力値を示している。体験者 1 のマッサージによって、モデル(A)と(B)、それぞれにポジティブ評価があった(図 8, 9)。体験者 2 のマッサージによって、モデル(B)はポジティブ評価があった(図 11)。しかし、モデル(A)はネガティブ評価であった(図 10)。このネガティブ評価は、体験者がエージェントの認識モデルを理解できなかったためと考えられる。また、体験者 2 は 150 秒から 160 秒の間、モデル(A)にマッサージすることをやめている。おそらく、体験に飽きてマッサージがおざなりになっている、もしくは疲れてマッサージをやめていると考えられる。

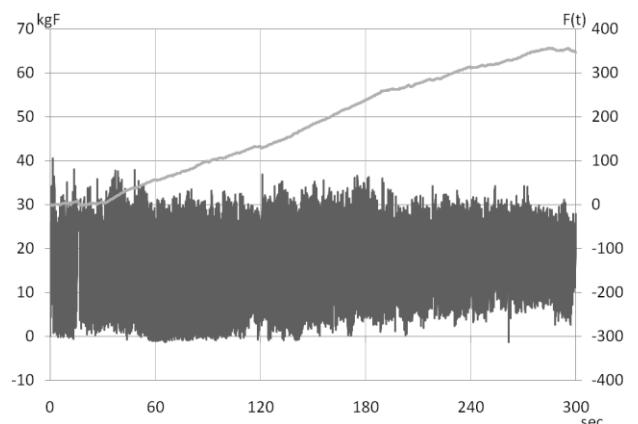


図 7. 体験者 1 - モデル(A)

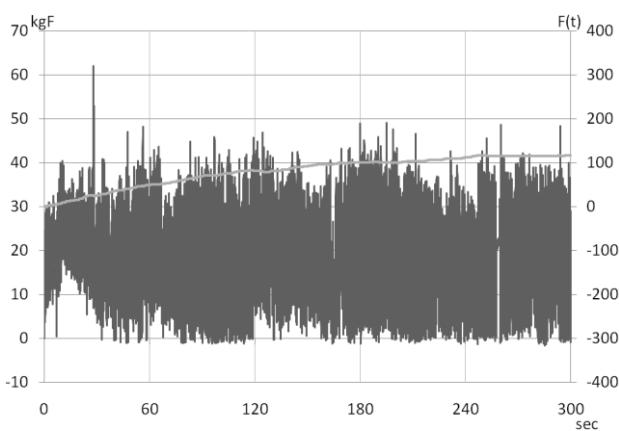


図 8. 体験者 1 - モデル(B)

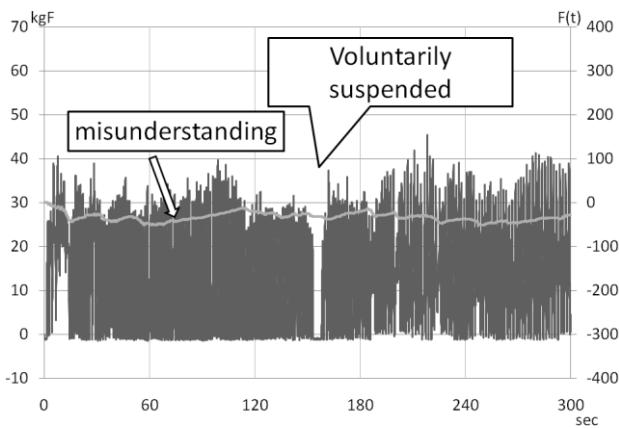


図 9. 体験者 2 - モデル(A)

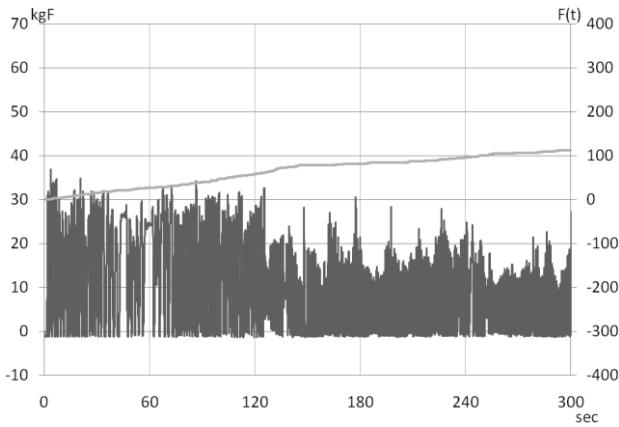


図 10. 体験者 2 - モデル(B)

図 11 および 12 はモデル A および B に対する 12 名の被験者による 5 分間の体験による評価関数の合計をグラフにしたものである。A に対して、12 人中 6 人の体験者が継続的に成功判定を入力できたが(positive)，モデル B では 12 人中 7 人であった。どちらのモデルでも完全に体験が成立していない。またネガティブ評価しか加算されない被験者がそれぞれ 1 名存在した。特徴として、A では被験者によらず幅広い分散が起きていることに対し、B では上位のグルーブとプラスマイナスゼロに近いグ

ループに収束する傾向がある。さらに、モデル(A)のネガティブ評価は、モデル(B)のネガティブ評価より大きい。これはアルゴリズムとペナルティの判定が異なるためと言える。また、66% の体験者はモデル(A)の方が好みだと答えた。これは、体験者がモデル(A)の判定モデルを理解し、コントロールできたためと考えられる。

また、実験後に聞き取り調査を実施した結果、ほとんどの体験者は強さによる判定(モデル A)の判定アルゴリズムには気づくが、周波数による判定(モデル B)には気づかないことが分かった。また、モデル(A)において、3 分経過後プレイを一時中断する体験者が 2 名いたが、モデル(B)では最後までプレイする体験者がほとんどであった。そして、体験時間に関しては、「5 分は長い。2 分から 3 分が丁度いい」と答えた体験者が多数であった。

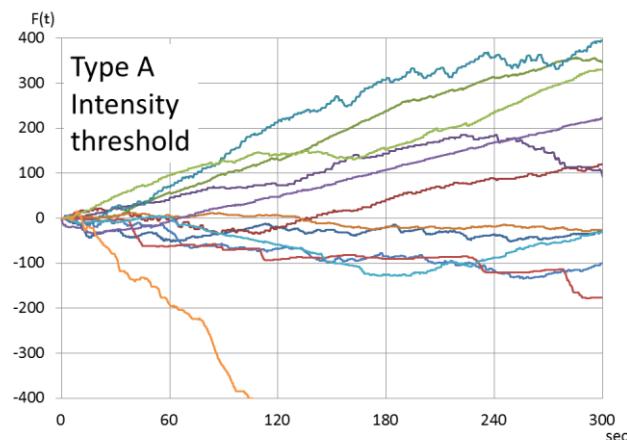


図 11. 評価関数(A)の全体験者の概要

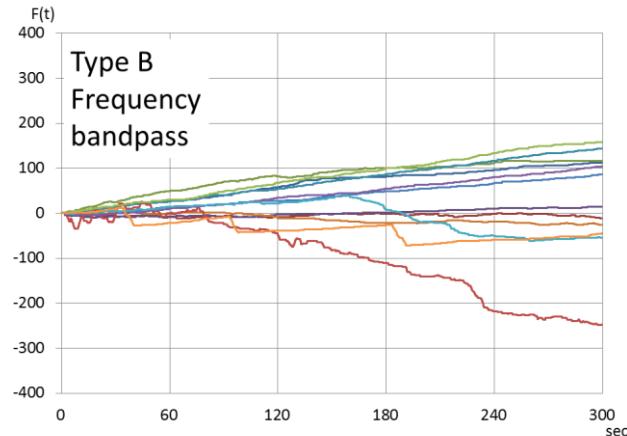


図 12. 評価関数(B)の全体験者の概要

5. ディスカッションとアプリケーション

5.1 ディスカッション

ここまで実験結果を利用して、プロトタイプのゲームシステムにモデルを適用することを考えた。実験した 2 つのモデルをそのまま割り当てるのではなく、A, B それぞれをパチニ小体やメルケル小体のような(Pacinian corpuscles and Meissner's corpuscles)皮膚感觉刺激における機械受容器(cutaneous

mechanoreceptor)および、人体の知覚心理(perceptual psychology)的なレセプターに置き換えた時、刺激に対する周波数特性や変形に対する信号特性が異なるという考え方は合理的である[12][13]。またこれら受容器の感度や配分は個体や部位によって一様ではないため、ゲーム上では個々の個性として設定することができる。そこで、プレイヤがマッサージの相手として選択できるエージェントとして3名のキャラクタ設定を用意した(図13)。

個々のキャラクタで評価関数AおよびBの寄与率が異なり、その評価関数の時系列の総和でエモーションの状態が動的に変化する。補足的なビジュアルとともに、複数段階の感情を表現するボイスフィードバックを割り当てた。

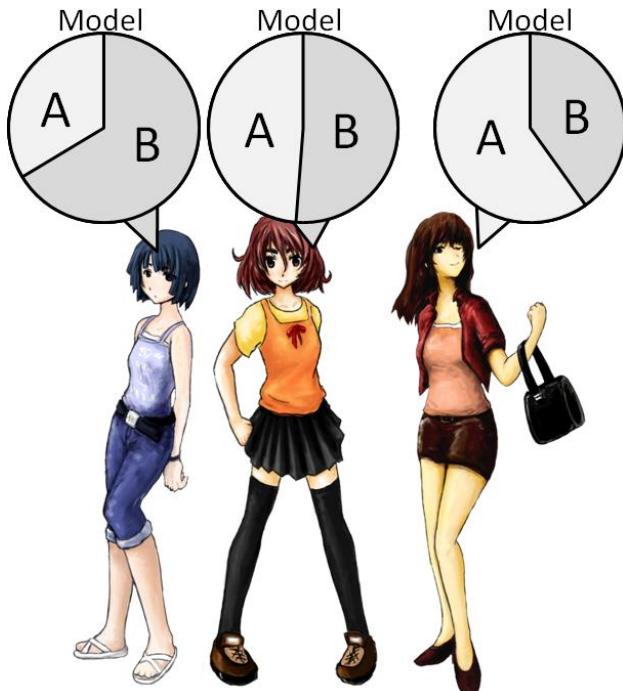


図13. キャラクタ設定と受容器モデルの寄与率の例

5.2 アプリケーション

本論文では、エージェントの認識シミュレーション方法と認識心理学のいくつかの実験法から評価モデルを報告した。この結果は、近い将来、バーチャルリアリティ・エンターテイメントや、遠隔地コミュニケーション・エンターテイメントシステムのような現在のインタラクティブ技術を発展させるための様々な分野へ応用できる。

例えば、本システムは、プレイヤが意識しない状態での自然なプレイで分かるプレイヤが最も好む周波数と圧力の強さを得ることができる。この周波数と圧力の強さはプレイヤの特徴と言える。

また、実在する人物の感嘆詞ボイスサンプルを得ることができれば、その人物に適当なボイスフィードバックをする新たなエージェントを設定することができる。このプレイヤ・エミュレーションを用いれば、インターネットを通じ一組のEESを使った、長距離で非同期な身体的コミュニケーションゲームシステムを作ることができる(図14)。

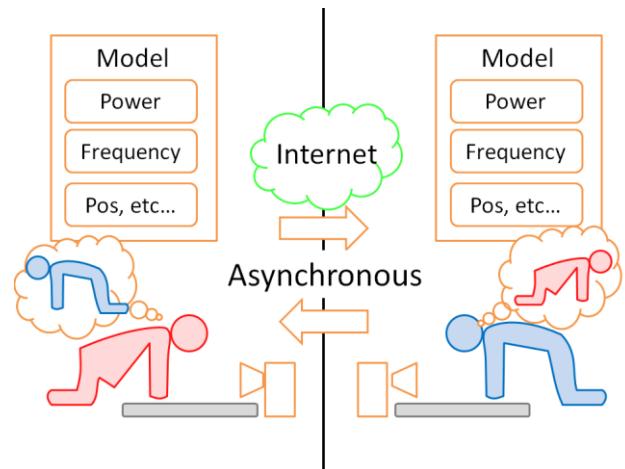


図14. テレイングジスタンス用アプリケーション

6. 結論

本論文では感圧センサを使った感覚運動インタラクションのための自然なプレイヤ分析アルゴリズムと評価として、バランスボードと音声のみのフィードバックをもつマッサージ・エクササイズゲームを開発し、エージェントの認識アルゴリズムを感圧センサの強度閾値によるもの(モデルA)と、周波数スペクトルによるもの(モデルB)とで比較した。

結果として、一般的に利用されているモデルAは、50%の体験者がエージェントとのインタラクションを体験できるが、プレイヤにモデルを獲得されやすく飽きられやすい。一方、周波数スペクトル分析によるモデルBは初心者を含む58%の体験者が体験でき、またモデルが周波数によるものであることがプレイヤに把握されづらいことがわかった。

そして、評価関数(A)と(B)を適用したメンタルモデルを作成した。これは、現実的なヒューマンエージェントとの身体的コミュニケーションを実現する運動エンタテイメントシステムとして、退屈なトレーニングマシンの代わりとなりうるだろう。

筆者らは本論文のメンタルモデルが、テレイングジスタンス・エンタテイメントシステムのような、次世代のエンタテイメントシステムへ利用されるであろうと考える(図14)。誰でも言語や文化に限らず体験できる感覚運動インタラクションの広がりによって、クオリティ・オブ・ライフをより高品質にすることに貢献できれば幸いである。

参考文献

- [1] 任天堂ホームページ: <http://www.nintendo.co.jp/>.
- [2] Kinect - Xbox.com: <http://www.xbox.com/ja-JP/kinect>.
- [3] Akihiko Shirai, Takahiro Nakatani, Erik Geslin, Hidetaka Kimura, Masafumi Takahashi, Kazunori Miyata, Simon Richir, Physical evaluation of new computer entertainment interfaces under natural play conditions, Sandbox: an ACM SIGGRAPH Video Game Symposium, 2006.
- [4] Akihiko SHIRAI, Erik GESLIN, Simon RICHIR, WiMedia: motion analysis methods and applications using a consumer video game controller, Sandbox: an ACM SIGGRAPH Video Game

Symposium, 2007.

- [5] Mike Ambinder, Valve's Approach to Playtesting: the Application of Empiricism, Game Developer's Conference2009, 2009.
- [6] Michael Booth, Replayable Cooperative Game Design: Left 4 Dead, Game Developer's Conference 2009, 2009.
- [7] 三宅 陽一郎, オンライフゲームにおける人工知能・プロシージャル技術の応用 (特集 オンライフゲームと知能情報処理), 知能と情報, 日本知能情報ファジィ学会, Volume 22, Number 6, pp. 745-756, 2010-12.
- [8] きみのためなら死ねる: <http://kimishine.sega.jp/>.
- [9] ラブプラス: <http://www.konami.jp/products/loveplus/>.
- [10] 辻田眸, 椎尾一郎, Sync Decor : 遠距離恋愛支援システム, ヒューマンインターフェースシンポジウム2006, pp.571-574, 2006.
- [11] 稲見昌彦, 関口大陸, 川上直樹, 館章, RobotPHONEによる物体共有型コミュニケーション, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインターフェース研究会報告2001(87), pp.147-150, 2001.
- [12] K.Yuichiro, A.SHIRAI, Et Al., Foot interface: fantastic phantom slipper, ACM SIGGRAPH 98 Conference abstracts and applications, SIGGRAPH '98, pp.114, 1998.
- [13] Mami Tanaka, Development of tactile sensor for monitoring skin conditions, Journal of Materials Processing Technology, Volume 108, Issue 2, pp.253–256, 2001.

付録3.

NICOGRAPH International 2011

Experimental methods and natural player analysis for
sensory-motor interaction using pressure sensors

Experimental methods and natural player analysis for sensory-motor interaction using pressure sensors

Taisuke YAMASHITA Akihiko SHIRAI Motofumi HATTORI

Kanagawa Institute of Technology
yamashita @ shirai.la

Abstract

This report is on a new experimental method and natural player analysis for sensory-motor interaction using pressure sensors like balance board. The methods are implemented into an experimental game system and its companion agent which have various voices without any visual feedback interactions and agents were examined by summarizing the output of evaluation functions (A) threshold based and (B) frequency spectrum based to obtain the virtual emotion of companion player. The study also has developed a dynamic frequency recognition algorithm with more applicative implementation for game system than post complex frequency spectrum analysis using FFT library. As a result, a conventional model (A) could have an interaction with 50% of players but it could be completely and easily controlled by players. Model (B) could have an interaction with at least 58% of players but the model fails to be controlled by the will of most players. A mental model has also been constructed by applying (A) and (B) into a companion player to realize realistic human-agent physical communication as an exercise entertainment system instead of a boring skill training machine.

1 Introduction

An Exercise Entertainment System (EES) like Nintendo 's Balance Board in a consumer platform can engage strong motivation of whole body exercise activities complete with sweating and attractive techniques. The software developments using such EES can enlarge value-added contents on existing devices with less risk than owned development of special devices.

However, its difficulty level adjustment and normalization of reaction feelings are more challenging in EES than a mouse, touch panel, or other input devices because its interaction handles different inputs by different game players who have different "sensory-motor play" and physical properties like human weight and other physiological aspects.

EES, which uses human weight, especially requires calibration of players ' weight before playing to normalize players ' behavior to a standardized signal. But it is an inconvenience in natural game play and more difficult in a casual game because it must share privacy data for a short time.

From such a background, EES has been used in this study and devised a design of a casual massage exercise game "LovePress" that includes companion agents program to realize a sense of massaging experiments as a subject in virtual and physical input by sensory-motor interaction. It was then found that the importance of modeling of companion agents difficult to control and in maintaining player motivation in interactive exercise game play.

This article has reported player experiment comparisons of two evaluation models which have a frequency spectrum analysis with a band path filter for player inputs and conventional threshold-based pressure intensity analysis. It used an experimental game system of " LovePress " that has no visual feedback but various voice reactions by special companion agent algorithms as evaluation functions with an emotion value.

The expressions in the exercise game can be increased if various companion agents in EES can be designed. In addition, it may realize a game system that can maintain the player motivation by their motion by establishing an evaluation technique to evaluate a physical experience of various players in real time.

2 Motivation and Purpose

The current digital game platform may isolate to least three domains in near future which are (1) whole body interaction entertainment in next generation 's consumer set top device, (2) conventional video game on PCs and Web browsers, (3) Smart-Phone and portable game machine with rich interfaces such as multi-point touch panel, camera,

acceleration sensor and GPS. That means that in the future the conventional consumer platform will shift to a whole body entertainment system that is currently represented by Nintendo Wii[14] and Microsoft Kinect[13].

A lower layer unconscious "sensory-motor interaction" is being focused on that provides a more principled, natural and freeform play than conventional "logical play". It includes developing companion player agent sensors and recognitions that can dynamically recognize physical continuous inputs from players. Furthermore, its upper layer "Emotion feedbacks" are being applied between the player and game system [1, 2].

This concept is not a singular point of view from current video game industry and academic research. Isra reports layered brain architecture for simulated autonomous and semi-autonomous creatures that inhabit graphical worlds [10]. And Valve, the most famous FPS game studio reports their player testing and empiricism in "Left 4 Dead" [3, 6] in GDC2009. This issue, controlling agents from measuring player 's motivation, is one of the most interesting topics in current video game research.

Here are also some previous studies in physical computing entertainment systems from both of videogame industrial and academic activities. SEGA and Konami developed some game titles using a touch panel on a DS platform to express a lover 's physical interactions. Tsujita 's "SyncDecor" had applied metaphor interaction to a set of furniture like a dustbin in the distance. Inami 's "RobotPhone"[9] had applied voice communication into a robotic teddy bear using tangible link connections in the distance.

Konami 's "LovePlus" had realized a visual companion agent that emulates their emotion from physical inputs using touch panels like DS and iPhone. However this system design is not suitable as an exercise because of small momentum. Moreover, this emotion model is difficult to apply into EES, fighting game and immersive FPS/TPS.

Because of these backgrounds, the purpose was set to develop a next generation's game system that can keep a player's motivation via an interactive companion agent to naturally move a player's own body in a daily living space.

3 System

The experiment system consists of four pressure sensors of BB as an input and headphones as an output (Figure 1).

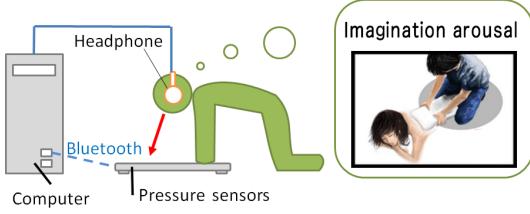


Fig. 1: Hardware configure of our experiment system

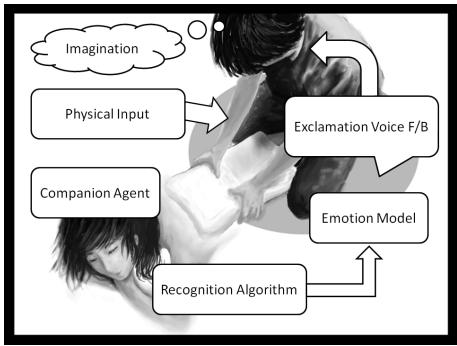


Fig. 2: [Concept visual] Sensory-motor interaction on EES with imagination arousal by exclamation vioce feedback

3.1 Prototype game design

The new EES game design in this study had only massaging by pressure sensors. The concept of this design avoided depending on specific culture and/or languages then it did in using an exclamation voice feedback instead of a narrative feedback. It concentrated to motivate “imagination arousal” using a metaphor as BB for a companion’s back then it eliminated any buttons or mouse inputs. The player could tell their desire to the companion agent only with a sensory-motor interaction by continuously pressing the pressure sensors in BB.

3.2 Algorithm

Agents were examined by summarizing the output of the evaluation functions: (A) threshold based, and (B) frequency-spectrum based in order to obtain the virtual emotion of companion player. A dynamic frequency recognition algorithm was developed with more applicative implementation for game system than post complex frequency spectrum analysis using the FFT library.

3.3 Evaluation Functions

The virtual emotion of the companion player is implemented by an evaluation function, i.e. a good feeling or a bad feeling are expressed by an output value of the evaluation function. If the output value of the evaluation function increases, a good feeling of the virtual emotion increases. If the output value of the evaluation function decreases, a good feeling of the virtual emotion decreases (i.e. the bad feeling of the virtual emotion increases).

This article reported on two types of evaluation functions, (A) a threshold based evaluation function, and (B) a frequency spectrum based evaluation function.

3.3.1 (A) A threshold based evaluation function

The value of the evaluation function (A) is determined by basing it on the intensity of the massage pressure. The intensity of the massage pressure is computed as the sum of the outputs of 4 pressure sensors of the BB. If the intensity is greater than 10kgF and less than 25kgF, the value of the evaluation function (A) is increased. If the intensity is otherwise, the value of the evaluation function (A) is decreased.

3.3.2 (B) A frequency spectrum based evaluation function

The intensity of the massage pressure is defined as described in the above. The intensity is measured by 60 fps from the BB. By checking the increase and the decrease of the time evolution of the intensity values, the maximum values and the minimal values of the intensity are obtained. By judging the maximal value, the minimal value and

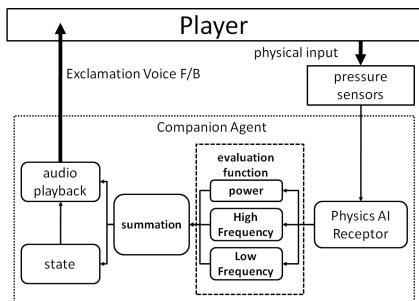


Fig. 3: Block diagram of experimental system

Model Type $f(t)$	Type A	Type B
+1	10 – 25kgF	2 – 0.85Hz
-1	Under 10kgF or Over 25kgF	Over 25kgF

Fig. 4: Evaluation Functions: Type A detects pressure intensity, type B is a band path filter for frequency of player input. Each function have penalty to avoid unrealistic value.

the next maximal value, a period of the intensity is computed and a frequency is obtained as the reciprocal number of the period. If this frequency is higher than 0.85Hz and less than 2Hz, the value of the evaluation function (B) is increased. If the intensity is greater than 25kgF, the value of the evaluation function (B) is decreased.

4 Experiment and results



Fig. 5: [Photo] Experiment using EES

4.1 Experiment protocol

As to the future theme mentioned in the motivation, there are a few interaction systems with whole body exercise activities as mentioned in the examples of previous research and development. In order to design the interaction systems with whole body exercise activities, a Wii Balance Board (whose maximum weight is 136kgF) was used that has 4 pressure sensors acting as a pressure sensor device.

Each player (herein referred to as subjects) massages, for 5 minutes, two companion agents that have the evaluation functions (A) and (B) adhering to the following: The 12 subjects are young men approximately 22 years old and with a weight range of greater than 44 kg and less than 88kg. The 12 subjects are divided into the 1st group and the 2nd group. The 6 subjects in the 1st group massage the companion agent (A) before they massage the companion agent (B). The 6 subjects in the 2nd group massage the companion agent (B) before they massage the companion agent (A). By this arrangement, the so-called learning effect will be avoided.

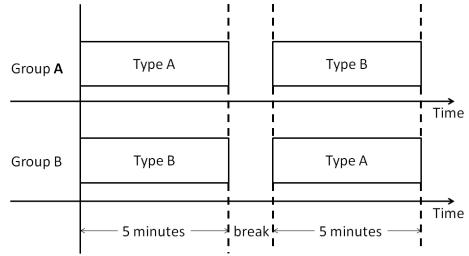


Fig. 6: Experiment protocol to control the comparison conditions

When a subject massages the companion agent, he hears her voice which expresses her positive feeling and negative feeling. The subject never knows the output of the evaluation function.

After each subject finishes to massage, he reported the answers for the following questions.

- Which time do you think longer between the massage for (A) and the massage for (B)?
- Which companion agents do you like more between (A) and (B) ?
- Do you notice the algorithm how the feelings of the companion agents are determined?

4.2 Results

The intensity of pressure values and the output of the evaluation functions for the subjects 1 and 2 and the companion agents (A) and (B) are shown in figures 7, 8, 9 and 10.

By the massage of subject 1, both companion agents (A) and (B) had positive feelings (figure 7, 8). By the massage of the subject 2, the companion agent (B) had positive feelings (10), and the companion agent (A) had negative feelings (9). It may be understood as a misunderstanding of cognitive model between player and agent.

Furthermore, subject 2 made a pause to massage the companion agent (A) from 150 second to 160

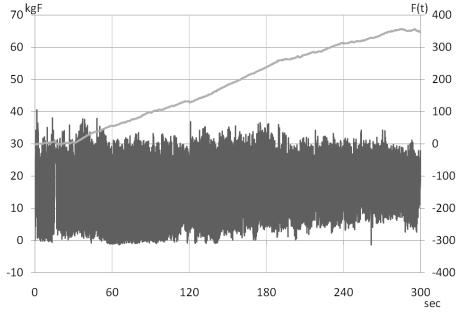


Fig. 7: Subject 1 - Function A

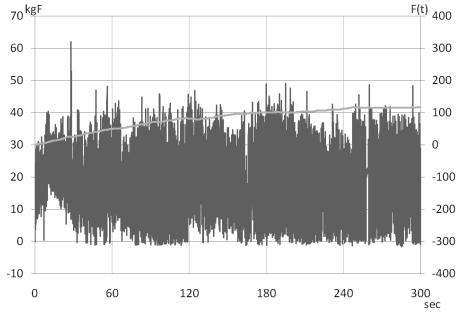


Fig. 8: Subject 1 - Function B

seconds. It may be understood as abandoning or getting tired by misunderstanding.

Figure 11 and 12 is a summary of all subjects for each evaluation functions.

The variance of the output of the evaluation function (B) between all subjects is less than the variance of the output of the evaluation function (A) between all subjects. It means (B) could get communicate with various players but (A) may give different impressions.

The negative feeling of the companion agent (A) is greater than the negative feeling of the companion agent (B). It can be described as a different penalty between different algorithms but (B) shows roughly 3 groups at 5 minutes of playing.

As players' impression, 66% of subjects preferred (A) because of it could be completely and easily controlled by players. And they reported as "5 minutes was too long. The suitable playtime is about 2 minutes". But it is within the scope of the assumption.

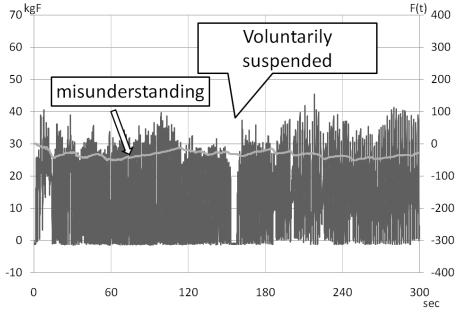


Fig. 9: Subject 2 - Function A, Player made a pause from 150 second to 160 seconds.

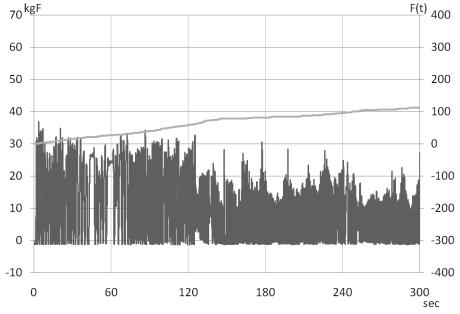


Fig. 10: Subject 2 - Function B, same player could take a point continuously.

5 Discussions and Applications

5.1 Discussions

Here are discussed are the application of the result and models to an EES game content. Model A and B were rearranged to a cutaneous mechanoreceptor in perception psychology similar to Pacinian corpuscles and Meissner's corpuscles in human skin [12],[17]. With this metaphor, it could be understood that a frequency for stimulation and intensity characteristic for the transformation are different and rational. In addition, we can set sensitivity and the rate of these receptors as individual personality of actors in a game system. Therefore three character settings were developed as companion agents which a player could choose as a partner of the massages (Figure 13).

Each character had different threshold and contribution ratio of evaluation functions A and B.

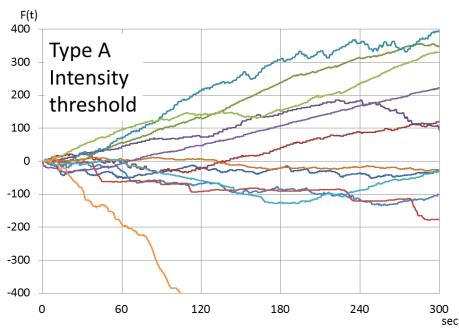


Fig. 11: A summary of all subjects for each evaluation function A, some player could get win, but some player had complete defeated.

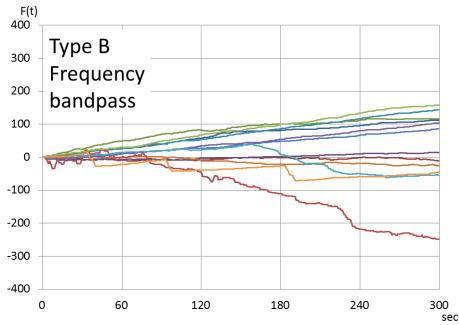


Fig. 12: A summary of all subjects for each evaluation function B, most players could made interact with the agent.

And dynamic emotion can be explained as summation of the evaluation functions in a character. Supplemental visuals and voice feedback were also assigned to express plural stages of character emotions.

5.2 Application

In this paper, we had reported our evaluation model from cognitive simulation method of artificial intelligence and with some experimental methods of perception psychology. Its acquired results have various application fields to enlarge current interactive techniques like virtual reality entertainment or tele-existence communication entertainment systems in near future.

As an example, our system can obtain player's characteristic by natural playing using favorite frequency and intensity from unselfconscious repeti-

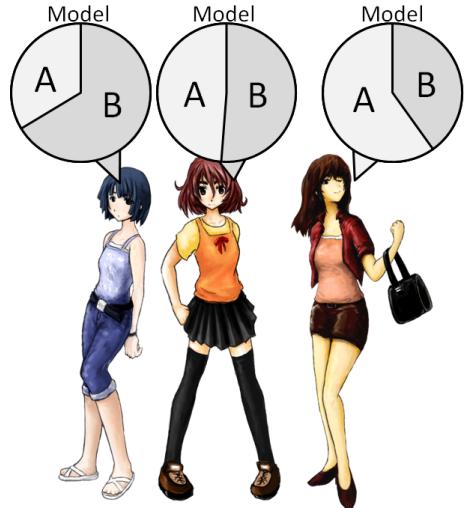


Fig. 13: Character design and examples of contribution ratio of receptor models

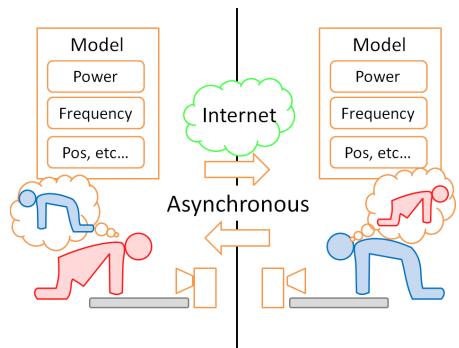


Fig. 14: [Concept] Application for tele-existence

tion. Then we can configure a new companion agent who can give a suitable feedback to represent him if we could get his exclamation voice samples. This player emulation can configure a new asynchronous physical communication game system from a long distance using a set of EES through a narrow band width connections.

6 Conclusion

We had reported a new experimental method and natural player analysis for sensory-motor interaction using pressure sensors like balance board in this paper.

Our methods were implemented into an experimental game system and its companion agent which have various exclamation voices without any visual feedback interactions and we have examined agents by summarize the output of evaluation functions (A) threshold based and (B) frequency spectrum based analysis to obtain the virtual emotion of companion player from natural play condition. Especially, our implementation of dynamic frequency recognition algorithm had worked well as a robust system.

As a result from player experiments and impression, conventional model (A) could made interaction with 50% of players but it could be complete controlled by players easily.

Model (B) could made interact with at least 58% of players but model had not controlled by most players will.

And we have also constructed a mental model by applying (A) and (B) into a companion player to realize realistic human-agent physical communication as an exercise entertainment system instead of a boring skill training machine.

We also think our model can be applied onto the next generation's entertainment systems like a tele-existence entertainment system that has a extend of current exercise entertainment system to keep higher quality of human life by computer enhanced sensory-motor playings.

Acknowledgements

We thank to an individual game creation event “Sense of Wonder Night (SOWN)” in Tokyo Game Show 2010 for the first motivation, Mr. Minori Yokota for his project management, Yoichi Miyake for his past research knowledge.

参考文献

- [1] Erik Geslin Hidetaka Kimura Masafumi Takahashi Kazunori Miyata Simon Richir Aki-

hiko Shirai, Takahiro Nakatani. Physical evaluation of new computer entertainment interfaces under natural play conditions. *Sandbox: an ACM SIGGRAPH Video Game Symposium*, June 2006.

- [2] Simon RICHIR Akihiko SHIRAI, Erik GESLIN. Wiimedia: motion analysis methods and applications using a consumer video game controller. *Sandbox: an ACM SIGGRAPH Video Game Symposium*, August 2007.
- [3] Mike Ambinder. Valve's approach to playtesting: the application of empiricism. *Game Developer's Conference*, March 2009.
- [4] William van der Sterren Arjen Beij. Killzone's ai : Dynamic procedural combat tactics. *Game Developer's Conference*, March 2005.
- [5] Peter Bloomfield. Fourier analysis of time series: An introduction. John Wiley and Sons, Inc., 2000.
- [6] Michael Booth. Replayable cooperative game design: Left 4 dead. *Game Developer's Conference*, March 2009.
- [7] David R. Brillinger. Time series: data analysis and theory. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2001.
- [8] Robert Burke, Damian Isla, Marc Downie, Yuri Ivanov, and Bruce Blumberg. Creature smarts: The art and architecture of a virtual brain. *Game Developer's Conference*, March 2001.
- [9] S. Tachi D. Sekiguchi, M.Inami. Robot-phone: Rui for interpersonal communication. In *CHI2001 Extended Abstracts*, pp. 277–278. Conference on Human Factors in Computing Systems, 2001.
- [10] Damian Isla, Robert Burke, Marc Downie, and Bruce Blumberg. A layered brain architecture for synthetic creatures. *International Joint Conferences on Artificial Intelligence*, August 2001.
- [11] Konami. Loveplus, 2009. <http://www.konami.jp/products/loveplus/>.
- [12] Et Al. Kume Yuichiro, Akihiko SHIRAI. Foot interface: fantastic phantom slipper. In *ACM SIGGRAPH 98 Conference abstracts and applications*, SIGGRAPH '98, p. 114, New York, NY, USA, 1998. ACM.
- [13] Microsoft. Kinect, 2010. <http://www.xbox.com/en-US/kinect>.
- [14] Nintendo. Nintendo wii, 2006. <http://www.nintendo.com/wii>.
- [15] Athanasios Papoulis and Unnikrishna Pillai. Probability, random variables and stochastic processes, McGrawHill 2002.

- [16] SEGA. Kimi no tame nara shineru, 2004.
<http://kimishine.sega.jp>.
- [17] Mami Tanaka. Development of tactile sensor for monitoring skin conditions. In *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 108, Issue 2, pp. 253–256, 2001.
- [18] Hitomi Tsujita, Koji Tsukada, and Itiro Siio. Syncdecor: Appliances for sharing mutual awareness between lovers separated by distance. In *CHI 2007 Conference Proceedings and Extended Abstracts*, pp. 2699–2704. Conference on Human Factors in Computing Systems, 2007.