

OTOTONARI : ユーザの協働行為と経験の保存に基づく Pervasive Game

徳久 悟[†] 丹羽 善将[†] 井口 健治[†]
大久保 創介[†] 根津 智幸^{††} 稲蔭 正彦[†]

現在、コンピュータのメリットを活かしつつ、よりフィジカルなヒトの動きやヒトとヒトとの交わりを盛り込んだ、実空間ベースの Pergame と呼ばれるエンタテインメントコンテンツに関する研究が行われている。本論文では、ユーザの協働行為と経験の保存に基づく Pergame コンテンツ Otononari を提案する。Otononari では、物理的接近性に基づくユーザ同士の協働行為によるサウンド生成により、伝統的なゲームの持つヒトとヒトとのインタラクションを実現し、ユーザ同士のコミュニケーションの促進を目指す。同時に、ユーザと環境との物理的関係性に基づいて生成したサウンド情報を保存し、時間を経てゲームに参加するユーザがそれを参照可能とすることにより、伝統的なゲームの持つヒトと環境とのインタラクションを実現し、場の特殊化を目指す。Expo aichi 2005 会場内での評価実験をもとに、対面コミュニケーションおよび場の特殊化のための手法についての考察を行う。

OTOTONARI: A Pervasive Game Based on Collaboration and Storage of Users' Experience

SATORU TOKUHISA,[†] YOSHIMASA NIWA,[†] KENJI IGUCHI,[†]
SOSUKE OKUBO,[†] TOMOYUKI NEZU^{††} and MASA INAKAGE[†]

Presently, the researches are undertaken about entertainment contents based on real space called Pergame, made use of the merit of computation and applied to more physical movement of users and the interaction among users. In this paper, we propose a Pergame content Otononari based on the collaboration and the storage of users' experiences. We aim to promote communication among the users, while realizing the human to human interaction of traditional games by generating sounds through collaboration among the users based on physical proximity. And we aim to give particularity to the place while realizing the human to environmental interaction of traditional game by storing users' experience as sound data based on physical relationship between the users and environment and being referred them by the users' participations after a brief interval. We evaluate two approaches with the experiment at EXPO aichi 2005.

1. はじめに

現在、Pergame と呼ばれる新しいエンタテインメントジャンルがヨーロッパを中心に脚光を浴びている。Pergame は、コンピュータゲームの登場によって失われた伝統的なゲームの持つ属性を備えているとされる¹⁾。コンピュータ以前の現実世界で楽しまれていたゲームのインタラクションは 2 つの要素で構成さ

れる。1 つはヒトとヒトとのインタラクション、1 つはヒトと物理空間（環境）とのインタラクションである。しかし、コンピュータゲームが発達するにつれて、これらの要素は失われていった。確かにコンピュータゲームは、仮想空間としてグラフィックやサウンドの面で、より没入感に富み、ユーザの興味を掻き立てるものの、画面をつねに注視し続け、コントローラやマウスの使用を強いられるため、ヒトの実際の動きやヒトとヒトとのインタラクションが抑制されることとなる。このような問題を解決し、コンピュータのグラフィック処理などのメリットを活かしつつ、よりフィジカルなヒトの動きやヒトとヒトとの交わりをゲームに盛り込んだ現実空間ベースのゲームが

[†] 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University

^{††} 慶應義塾大学 SFC 研究所
Keio Research Institute at SFC

表 1 ゲームコンテンツ間のインタラクション要件比較
Table 1 Comparison of interaction requirement among game contents.

| | 伝統的な実空間でのゲーム | オンラインゲーム | 従来の Pergame | Otononari |
|----------------------------------|--------------|----------|-------------|-----------|
| ヒトとヒトとのインタラクション (対面コミュニケーション) | | x | | |
| ヒトと環境とのインタラクション (物理的要素の反映) | | x | | |
| ヒトと環境とのインタラクション (情報の継承) | | x | x | |

Pergame と呼ばれるエンタテインメントジャンルである。現在、国内ではその事例がないものの、海外では ACM Computer in Entertainment²⁾ での特集だけでなく、International Conference Pervasive のサブグループとして Pergame Workshop³⁾ が 2004 年より開催されているように、発表の場も増加傾向にある。これらの場を中心に、Pergame コンテンツ自体の研究事例が数多く発表される一方で、より包括的な視点で Pergame を論じた研究事例もある^{1),4),5)}。

表 1 に伝統的な実空間でのゲーム、オンラインゲーム、従来の Pergame および提案するコンテンツについて、インタラクション要件についての比較を示す。

従来の Pergame コンテンツは、ヒトとヒトとのインタラクションにおいて、参加者同士のコミュニケーションを促進するべく様々な手法を用いてきた。しかしながら、これらはオンラインゲームと同様にネットワーク越しでのコミュニケーションにとどまり、物理的接近性に基づいた直接的な対面でのインタラクションや、場や場の持つ雰囲気共有することによって創発されるコミュニケーションを考慮していないという問題点を持つ。

また、従来の Pergame コンテンツは、ヒトと環境とのインタラクションにおいて、実空間上のモノや場所の種類、ヒトの位置など、物理的な要素をゲームの中に取り入れるべく様々な手法を用いてきた。しかしながら、実空間上のゲームエリアでのプレイを強制させる要素を持たず、Pergame としての必然性に欠ける場合がある。

一方で、ヒトと環境とのインタラクションにおいて、従来の Pergame コンテンツは、どのような場でもゲーム実施を可能とするゲームデザインを採用したことから、伝統的なゲームの持つ場の特殊性を失った。場の特殊性とは、ヒトを含む環境（風土・歴史・文化）によって生まれる地域性と換言できる。鬼ごっこ、かくれんぼなどの実空間でのゲームにおいて、地域ごとにルールやスタイルが異なることは、この場の特殊性に基づく。場の特殊性を構成する情報そのものはヒトが継承するものの、あくまで環境とヒトは不可分の関係

にあり、どちらか一方だけでは特殊性は成立しえない。仮にヒトだけ別の環境に移した場合、切り離されたヒトはその別の環境に基づいた特殊性を担うファクタとなるためである。一方で環境は物理的に移動させることは不可能である。この視点に立って考えた場合、オンラインゲームにおいては、環境はバーチャルであり、ヒトと環境は切り離されているため、特殊性を生み出す情報の継承は成立しえない。また、従来の Pergame は、どこでも同じようにプレイできることから、ヒトと環境は切り離されている。プレイフィールドの物理的な条件は異なるため、1 回のプレイに関して物理的要素に基づく差違は生まれるものの、情報を継承できないため、場の特殊化は不可能である。

本論文では、ユーザの協働行為と経験の保存に基づく Pergame コンテンツ Otononari を提案する。Otononari では、伝統的なゲームの持つヒトとヒトとのインタラクションを、ワイヤレス P2P ネットワークを用いて、実空間上のユーザの位置・近傍・密度情報に基づき、ユーザ同士の協働行為を通じてサウンドを生成することにより実現する。すなわち、提案するコンテンツでは、従来の Pergame コンテンツと異なり、物理的接近性に基づく実空間主体のインタラクションを採用する。ユーザの実空間上の特定のエリアでの動き方、集まり方に応じて、生成されるサウンドを変化させることにより、ユーザ同士の直接的なコミュニケーションの促進を試みる。次に、伝統的なゲームの持つヒトと環境とのインタラクションを、ユーザと環境との物理的關係性に基づきユーザがサウンドを生成するというゲーム経験を情報としてエリアごとに保存し、時間を経てゲームに参加するユーザが参照可能とすることで実現する。すなわち、本提案では、従来の Pergame コンテンツと異なり、実空間上でのプレイを強制したうえで、ゲーム参加者の経験の蓄積を採用する。これにより、伝統的なゲームの持つ場における特殊性の生成を試みる。

2. 関連研究

本提案における関連研究として、ヒトとヒトとのイ

インタラクションとヒトと環境とのインタラクションという観点から、従来の Pergame コンテンツとその問題点について述べる。

2.1 ヒトとヒトとのインタラクション構築手法

Pergame コンテンツにおける重要なファクタの1つは、ヒトとヒトとのインタラクションであり、参加者同士のコミュニケーションを促進するために、様々な手法が提案されている。従来の Pergame コンテンツにおける手法は以下の3種に大別できる。なお、Direction 型では、味方と敵の区分はなく、Match-up 型、Hybrid 型では、味方と敵という Player の区分がなされる。

- ゲームに参加する Player とオンライン上の Helper とのインタラクションを提案する Direction 型^{6)~8)}
- 実空間で対面する Player 同士のインタラクションを提案する Match-up 型^{9),10)}
- 実空間で対面する Player 同士のインタラクションに加えて、それぞれの Player とオンライン上の Helper とのインタラクションを提案する Hybrid 型^{11),12)}

以下では、それぞれの手法の事例とその問題点について述べる。

Direction 型の事例として Space Race⁷⁾ があげられる。Space Race では、ユーザは、実空間上を移動するプレイヤーとオンライン上のナビゲータに分かれ、プレイヤーはナビゲータの指示に従いつつ実空間を移動し、実空間とリンクした仮想空間上に隠されたクリスタルを探す。ゲームデザインにおいて、プレイヤーとナビゲータのそれぞれが協力し合うことを義務付けているため、必然的に両者はコミュニケーションをとらざるをえない。しかしながら Direction 型では、伝統的なゲームの保持していた対面での直接的なインタラクションによるコミュニケーション効果を得られないという問題点を持つ。

Match-up 型の事例として、AR2 Hockey⁹⁾ があげられる。AR2 Hockey は、Air Hockey を AR 環境で行うことを目的とし、実空間のプレイヤーは仮想空間上のパックを用いてゲームを行う。プレイヤーはお互いに顔を見合わせてゲームを行うため、直接的なコミュニケーションを交わすことが可能である。しかしながら、Match-up 型の事例の多くは、実際のゲームが元来実空間だけで成立し、かつゲームの本質的なおもしろさがコンピュータによるものではないという問題をかかえている。なお、Match-up 型には Can You See Me Now (CYSMN)¹³⁾ や Uncle Roy All

Around You (URAAAY)¹⁴⁾ などのように、実空間上のプレイヤーとオンライン上のプレイヤーに分かれてゲームを進める事例もあるが、その場合、Direction 型と同様の直接的なインタラクションの不成立という問題が生じる。

Hybrid 型の事例として、Human Packman¹²⁾ があげられる。Human Packman では、プレイヤーは HMD を装着し Packman と Ghost に分かれ、実空間を自由に移動する。Packman チームは HMD を通して見える仮想空間上のピケットを集めること、Ghost は Packman にタッチすることがゲームの目的である。両チームのプレイヤーはお互いを判別不可能であるため、オンライン上の Helper がその位置を伝達する。Hybrid 型の問題点もまた、対面での直接的なインタラクションによるコミュニケーション効果を得られない点にあるが、Human Packman ではその問題を解決するために相手にタッチするという要素を取り入れている。Human Packman の評価において、このタンジブルインタラクションがゲームのおもしろさを高めていたという意見が 95% を占め、ユーザが同種のインタラクションをより多く盛り込んでほしいと述べていることは注目に値する。一方で、35% のユーザが Player と Helper のコラボレーションがゲームをつまらなくさせたと答えている。

Direction 型や Hybrid 型のように、ネットワークを介しての対面コミュニケーションの場合、場の雰囲気や伝達、場によって創発されるコミュニケーションに限界が生じることから、提案するコンテンツでは、対面での直接的なコミュニケーションを可能とする、物理的接近性に基づいた実空間主体のゲームデザインを採用する。同時に、Match-up 型とは異なり、対面インタラクションを保持しつつ、ゲームの本質にコンピュータが不可欠であるデザインを採用する。これらから、本論文では、ゲームを通じてのユーザ同士の協働作業による創造¹⁵⁾ というコラボレーションレベルでのヒトとヒトとのインタラクションを実現する。同時に、コラボレーションを促進するゲームデザインを採用する。

2.2 ヒトと環境とのインタラクション構築手法

Pergame においても、Pervasive Computing の到達すべき目標¹⁶⁾ と同様に、環境から収集された情報をもとに振る舞うコンテキストウェアなアプリケーションをいかに構築するかが重要なファクタとなる。環境のセンシングの手法は以下の2種に大別できる。

- ショートレンジ：RFID⁶⁾、赤外線センサ、超音波センサなどの Proximity センサ

- ロングレンジ : Wi-fi¹¹⁾, GPS¹⁷⁾, Assisted GPS⁷⁾, GSM-cell¹⁸⁾

現状, 広大なフィールドでの展開を可能とする GPS のメリットに着目し, wi-fi と併用させることにより, 位置情報はじめとする環境をセンシングする手法が最も多く採用されている^{8),12)~14),19)}.

Treasure¹⁹⁾ では, プレイヤは PDA の画面を確認しつつ, 仮想空間上に隠されたメダルを集めるために実空間を移動する. この際, GPS により, プレイヤの位置とメダルの位置が取得される. 集めたメダルは wi-fi を通じてゲームサーバへアップロードされる. 本コンテンツにおいて特徴的であるのが, wi-fi によるワイヤレス P2P ネットワークをゲームの構造として導入している点である. すなわちプレイヤは互いのカバレッジエリアに侵入し, 相手がメダルを持っていた場合, Pickpocket コマンドで相手のメダルを盗むことが可能である.

Can You See Me Now (CYSMN)¹³⁾ では, プレイヤは, 実空間の runner とオンライン上の player に分かかれ, runner が player を追いかける. この際, GPS によって実空間上の runner の位置情報を取得している. また, ワイヤレスネットワークを通じてゲームサーバへアクセスし, マップのリロードを行う. 完全な実空間と仮想空間に分かれてのプレイは興味深い, ゲームデザインにおいて GPS の不確実性を処理していないため, ユーザフィードバックにおいて否定的な意見が多く見られる.

従来の Pergame コンテンツは, ヒトと環境とのインタラクションのデザインにおいて, コンテキストウェアなアプリケーションを構築することを主眼とするものの, オブジェクトの位置特定と追跡レベルにとどまっている. また, センシングする環境を物理的要素ではなく仮想空間上に置く手法では, オンラインゲームでの再現が可能となり, 実空間上のプレイという Pergame の本質に反する. これに対し, 提案するコンテンツでは, 実空間上でのプレイを強制したうえで, 場への情報の保存とユーザの参照という従来にはないインタラクションをゲームデザインに採用する. さらに, 伝統的なゲームの持つ導入簡易性をふまえると, 参加者規模にスケラビリティを持たせ, 場所を問わずゲームが実施できることが重要であると考えられる. これらから, 提案するコンテンツでは, 特定のネットワークインフラを前提とせず, ワイヤレス P2P ネットワークを利用する. そして, 実空間上のユーザの位置特定, 情報の場への保存を実現する.

3. OTOTONARI

Ototonari では, ワイヤレス P2P ネットワークを利用して, 実空間上のユーザの位置, 近傍, 密度情報に基づき, サウンドを生成する. そして, 実空間上に存在する任意の端末を通じて, 生成したサウンドの情報をその場に保存し, その場に存在するユーザだけでなく, 時間を経てその場に存在するユーザとの共有を可能とする.

Ototonari のゲームエリアは複数のサブエリアから構成され, ユーザはサブエリアごとにユニークな楽器を演じ, ユーザ同士の物理的接近性に基づき生成される楽器数が増加する. 各ユーザが生成したサウンドはサブエリアごとにマージされ, その場に保存される. 時間を経てゲームに参加したユーザは場に保存されたサウンドを試聴することができる.

このように, Ototonari はヒトとヒトとのインタラクション, ヒトと環境のインタラクションにおいて従来の Pergame と異なる. すなわち, ユーザ同士の協働作業による創造と, 実空間上でのユーザの位置特定に加えて, 情報の場への保存による場の特殊化という点で従来にはないゲーム体験をユーザに提供している.

以下では Ototonari における実現要件, ゲームデザイン, システムについて述べる.

3.1 実現要件

本論文で提案する Ototonari において実現すべき要件について述べる. 関連研究をふまえたうえで, ヒトとヒトとのインタラクション, ヒトと環境とのインタラクションのそれぞれの観点から述べる.

まず, ヒトとヒトとのインタラクションを通じて対面的なコミュニケーションを促進するために, 以下の実現すべき 2 つの要件を設定する.

要件 1 : ユーザ同士のコラボレーション

要件 2 : コラボレーションを促進するゲームデザイン

要件 1 については, 実空間上でのユーザの同士の位置, 近傍, 密度情報を取得し, 複数のユーザの物理的接近性に基づくサウンド生成を実現する. コンピュータシオンによって初めて成立するコラボレーションであることが望ましい.

要件 2 については, 要件 1 を促進するために設定した. 単にコラボレーション可能なゲームであるだけでなく, ゲームデザインにおいて, コンピュータシオンに基づくコラボレーションを促進する要素を導入する必要がある.

次に, ヒトと環境とのインタラクションを通じて, 場所の特殊化を促進するために, 以下の実現すべき

表 2 ゲームフロー
Table 2 Game flow of Ototonari.

| ターム 1 | | ターム 2 | |
|------------------|-------------|------------------|-------------|
| フェーズ名 | タイムライン | フェーズ名 | タイムライン |
| 1. いどうのじかん (1 分) | 00:00~01:00 | 1. いどうのじかん (1 分) | 00:00~01:00 |
| 2. つくるじかん (3 分) | 01:00~04:00 | 2. きくじかん (3 分)* | 01:00~04:00 |
| 3. まぜるじかん (1 分) | 04:00~05:00 | 3. つくるじかん (3 分) | 04:00~07:00 |
| 4. ゲームのじかん (3 分) | 05:00~08:00 | 4. まぜるじかん (1 分) | 07:00~08:00 |
| 5. まぜるじかん (1 分) | 08:00~09:00 | 5. ゲームのじかん (3 分) | 08:00~11:00 |
| 6. きくじかん (3 分) | 09:00~12:00 | 6. まぜるじかん (1 分) | 11:00~12:00 |
| | | 7. きくじかん (3 分) | 12:00~15:00 |

*ターム 2 のみ「2. きくじかん」のフェーズが存在する。このフェーズでは、ターム 1 で生成され、場に保存されたサウンド情報を試聴することができる

2 つの要件を設定する。

要件 3: 物理環境の反映

要件 4: 情報の継承

要件 3 については、伝統的なゲームにおける、物理的要素の反映に基づいている。前提として、オンラインゲームや従来の Pergame と異なり、ユーザの実空間上でのプレイを強制させる要素を導入させる必要がある。そのうえで、ユーザと物理環境の関係性を反映させたサウンドを生成可能としなければならない。

要件 4 については、伝統的なゲームにおける、ヒトを含む環境が担う情報の継承にあたる。ユーザ同士の物理的接近性およびユーザと環境との物理的関係性に基づいて生成されたサウンドをエリアごとに保存でき、別のユーザが参照し、試聴できなければならない。

3.2 ゲームデザイン

本論文で提案する Pergame コンテンツ Ototonari のゲームデザインについて述べる。Ototonari では 2 種類のゲームが存在し、それぞれをターム 1、ターム 2 と呼ぶ。ターム別のゲームフローを表 2 に示す。ターム 1 では、ユーザは生成したサウンドの情報をゲームエリアに保存する。そして、時間を経た別の時点で行われるターム 2 において、ユーザは「2. きくじかん」にてその場に残された情報を取得し、その情報をもとに再構築されるサウンドを試聴する。ここで、その場に残された情報をもとにサウンド情報をアプリケーション内で再構築し試聴する過程をリメインと呼ぶ。ターム 1 とターム 2 は、リメインなしとリメインありのタームと換言できる。

なお、ターム 1 とターム 2 は必ずしも連続して行う必要はなく、任意の順番で行うことが可能である。仮にターム 2 を繰り返して行う場合、あるユーザ (X) が場に残したサウンドを別のユーザ (Y) が試聴し、その影響に基づいてサウンドを作成する。Y は作成したサウンドを場に残すが、次のプレイで再び X がゲームに参加した場合、自らが以前作成したサウンドに間

接的に影響を受けて Y が作成・保存したサウンドを試聴することとなる。そのサウンドの試聴により X の行動が変化する場合、X についてインタラクションが成立する。

以下に各フェーズの内容を記す。

いどうのじかん: ユーザはゲームエリアの任意の場所へと分散する。

つくるじかん: ユーザの位置情報、ユーザ同士の近傍・密度情報に基づきサウンドを生成する。生成されたサウンドはリアルタイムで出力される。つくるじかんでは、他人と接近しない限りサウンド生成を不可能とすることで、コミュニケーションをとりやすい状況を組み込んでいる。またサブエリアごとに自身のインストールメントが異なるため、他人とともにサブエリアからサブエリアへ移動しつつ、生成させるサウンドの変化を楽しむことができる。なお、Ototonari では、0 からサウンドを生成する手法ではなく、ユーザの位置情報、ユーザ同士の近傍、密度情報に基づいてあらかじめ作成された複数のサウンドサンプルをミックスするスタイルを採用した。これは音楽自体の完成度とゲームとしてのエンタテインメント性を考慮したうえでの仕様である。確かに、バーチャルインストールメントのパラメータとしてユーザの位置情報を割り当てるという手法も可能であるが、音楽の変化の認識が不明瞭となる問題や、マルチプレイヤーでの生成の場合、複数のサウンドが重なりあうことによる不協和音の問題が生じる。よって、あらかじめ 1 つの楽曲として成立するサウンドサンプルを解体し、ユーザの実空間上での動きに応じて、再構築するという手法を採用した。

まぜるじかん: 各ユーザが生成したサウンド情報を、任意のエリア全体としてのサウンド情報へ変化させる。

ミニゲームのじかん: ユーザにアプリケーション内のエージェントからミッションが課される。ミッションをクリアすることによって、生成されるサウンドに変化が生じる。ゲームのじかんでは、ユーザ同士がコミュ

表 3 アプリケーション内で使用するファイル
Table 3 Files which Ototonari uses.

| ファイル名 | ファイル構成 | 発信者 | 機能 |
|----------|---|------|---|
| エリアメッセージ | 端末 MAC アドレス-A-エリア識別子 (abcd) | 固定端末 | エリア通知 |
| 生成メッセージ | 端末 MAC アドレス-G-エリア識別子 (abcd)-端末 ID (0-9) | 移動端末 | エリアと生成する楽器の通知 |
| ミックスファイル | 端末 MAC アドレス-M-エリア識別子 (abcd)-端末 ID (0-9) | 移動端末 | 各プレイヤの生成したサウンドのレコード情報および各エリアのミックス後のレコード情報 |
| リメインファイル | 端末 MAC アドレス-R-エリア識別子 (abcd) | 固定端末 | ターム 1 でミックスファイルを再マージし、エリアごとに保存. ターム 2 のフェーズ 3 で使用 |

ニケーションをとりつつ協力してミッションをクリアすることを狙いとしている。

きくじかん：生成されたサウンドを試聴する。場に保存されたサウンドを試聴する。場に保存するサウンドを試聴することにより、ユーザのゲームにおける行動に影響を及ぼすことを狙いとしている。

上記フェーズでは、サウンドだけでなく、グラフィックス表現をユーザに提示する。具体的には、各ユーザが担当するインストールの視覚化とゲーム進行補助 (3.3.2 項参照) である。後者については、各フェーズの残り時間の表示、各フェーズにおけるユーザへの行動指示、ミニゲームのじかんでの進行補助 (3.3.4 項参照) に細分化できる。

3.2.1 システム構成

Ototonari のシステム構成を図 1 に示す。なお、Ototonari アプリケーションは PDA 上で動作する。PDA は株式会社 KDDI が開発した愛・MATE 端末²⁰⁾を使用した。愛・MATE は、Windows Mobile 2003 Second Edition for Pocket PC を搭載し、ワイヤレス LAN, CDMA 1X WIN などの通信機能を持つ。Ototonari ではユーザが携帯する移動端末と、ゲームエリアに設置する固定端末として愛・MATE を使用する。実空間上のゲームエリアに物理的に固定端末を設置することにより、ユーザの特定の場でのプレイを強制している。

Ototonari のインタフェースには Macromedia Flash を使用し、ゲームフローをグラフィカルに表示する (図 3, 図 4)。ototo Player は .Net C# で記述され、カメラでの撮影、生成されたサウンドのハードウェアレベルでの出力、情報の入出力、通信ログの出力を行う。Cast Service, Jpeg Lib Wrapper は Native C++ で記述されている。Cast Service は慶應義塾大学村井研究室で開発中の CCS (Contents Crusing System²¹⁾) を dll 化したモジュールである。なお、通信アーキテクチャとしての CCS は GPS との通信部分をモジュール化しているが、本提案においてはワ

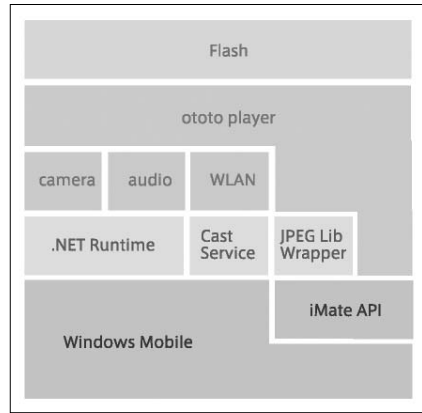


図 1 システム構成

Fig.1 Ototonari system architecture.

イヤレス P2P ネットワークのみを使用するため、該当モジュールを省略し、モバイルノード (= One Hop Neighbors) に対する同報機能のみを dll 化している。

Ototonari において使用するファイルリストを表 3、移動端末、固定端末間のファイル移動フローを図 2 に示す。3.3.2 項以降の各項においては、ファイル名のみの記述にとどめる。

3.2.2 つくるじかん

ミックススタイルでのサウンド生成を行うにあたり、ototo player では 2 つのモジュールを実装した。

まず第 1 のモジュール (base rhythm module) は、サブエリアに基づくジャンルの決定を行う。Ototonari のゲームエリアは最大 4 つのサブエリア (ABCD) から構成される。各サブエリアにはそれぞれ固定端末が設置され、5,000 msec ごとにエリアメッセージを自身のカバレッジエリアの端末に対し、キャストし続ける。このエリアメッセージを受信した移動端末はベースとドラムからなる基本リズムを再生する。基本リズムは各サブエリアにユニークに割り当てられ、Disco, Funk, Samba, Electro の 4 つのジャンルが存在する。4 つのサブエリアと対応する基本リズムの設定はゲー

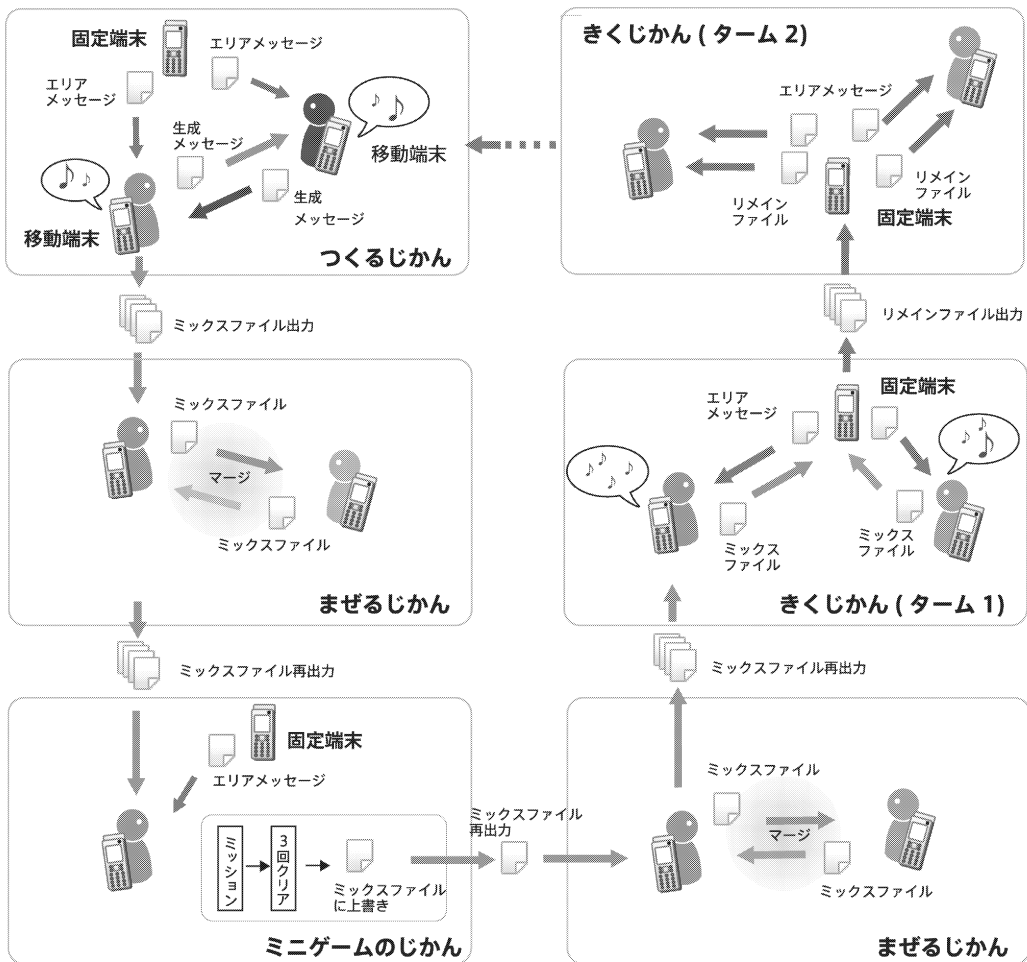


図 2 ファイル移動フロー
Fig. 2 Flow of the files' transition.

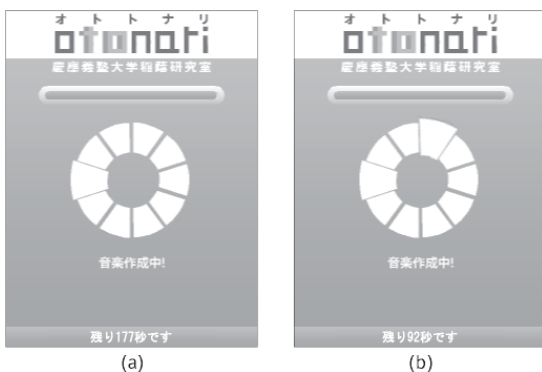


図 3 つくるじかん画面イメージ
(a) ID8 のインストールメントが再生されている状態
(b) ID1, ID8 のインストールメントが再生されている状態
Fig. 3 An image of the phase of sound generating.
(a) A Condition: the instrument of ID 8 is playing
(b) A Condition: the instruments both ID 1 and ID 8 is playing.



図 4 ミニゲームのじかん画面イメージ
Fig. 4 An image of the phase of mini game.

ムが開始する前に行われる必要がある。

第2のモジュール (instrument module) は、サブエリアごとに割り当てられたインストールメントの再生を行う。移動端末は各サブエリアに対応したインストールメントセットを端末 ID ごとに割り当てられている。たとえば、ID1 を割り当てられたユーザは、ABCD のエリアにおいて、a-1, b-1, c-1, d-1 というインストールメントセットを保持している。移動端末は、エリアメッセージを受信すると同時に、該当エリアにおける ID に対応したインストールメントを再生する。現在のバージョンでは、各サブエリアに 10 種類のインストールメントセットが存在する。サブエリアごとの 4 つのインストールメントの設定はゲームが開始される前に行う必要がある。

つくるじかんではこれらのモジュールを用いてサウンドを生成する。位置情報に基づくサウンド生成は、base rhythm module と instrument module を用いて行い、近傍・密度情報に基づくサウンド生成は、各移動端末がキャストする生成メッセージと instrument module の連携により行う。ID1 を持つ移動端末 1 は自身のカバレッジエリア内に存在する端末に対し、生成メッセージをキャストする。移動端末 1 がエリア A に存在する場合、G-a-1 のファイル名を持つ生成メッセージをキャストし、エリア A に存在し、かつ移動端末 1 のカバレッジエリア内に存在する移動端末において、ジャンル a のインストールメント 1 が 5,000 msec 再生される。このとき、再生されているインストールメントは端末画面内にグラフィカルに表示され、ユーザはどのインストールメントが再生されているかを容易に判別可能である。図 3 につくるじかんのキャプチャ画面を示す。つくるじかんでは、各ユーザに割り当てられたインストールメントセットの ID に対応した台形が、インストールメントの再生に合わせて拡大・縮小を繰り返す (図 3a)。別のユーザからの生成メッセージを受け取った場合、その ID に応じた台形が拡大・縮小を繰り返す (図 3b)。

また、異なるエリアに存在する移動端末が、エリア A に存在する移動端末 1 の生成メッセージを受信した場合、最後に受信したエリアメッセージのエリア識別子と生成メッセージのエリア識別子を比較することでエラーを回避する。これに関連して、各サブエリアに設置した固定端末のカバレッジエリア重複に対するエラー処理について言及すると、ゲーム開始前に固定端末の当日の電波到達状況を判断したうえで、各端末の設置間隔を決定する必要がある。仮に各固定端末のどのカバレッジエリアにも属さない空白地帯に移動端末

が存在する場合、最後に受信したエリアメッセージに基づいてサウンドを生成することで不確実性の処理¹³⁾を行っている。

生成メッセージの受信記録は「該当インストールメント (10 行: 0~9)*時間 (36 列: 3 分/5,000 msec)」から構成される行列の値としてレコードされ、つくるじかんのフェーズが終了次第、ミックスファイルとして出力される。なお、自身が存在しなかったエリアについてはミックスファイルを出力しない。

3.3 システム

3.3.1 まぜるじかん

まぜるじかんでは、つくるじかんで出力された、移動端末*サブエリア、の数だけ存在するミックスファイルをエリアごとにマージし、各ユーザが生成したサウンドをユーザ全体で生成したサウンドへと変化させる。マージは、ミックスファイル内の行列の各セルに対する論理和でもって行う。各端末はミックスファイルの端末 MAC アドレス、エリア識別子、端末 ID をメモリ上に格納することで、同一ファイルの再マージを回避している。当該メモリは 1 度目のまぜるじかんが終了次第解放される。まぜるじかんでは、自身のミックスファイルへの上書きが行われるため、終了後、特に新たなファイルを出力しない。

3.3.2 ミニゲームのじかん

ミニゲームのじかんでは、ototo Player よりミッションが各ユーザに対して課せられる。つくるじかんでは同じエリアに存在し、かつ、自身のカバレッジエリア内に存在する他移動端末に自身のインストールメントを試聴させることができたのに対し、ミッションをクリアすることにより、該当エリア内に存在するすべてのユーザに自身のインストールメントを試聴させることが可能となる。ミッションはカメラを使って、エージェントからの指示に従い実空間上の赤色、青色、緑色のいずれかを保有する対象をランダムに発表される順番に応じて撮影し、3 度成功することで達成できる。図 4 にミニゲームのじかんのキャプチャ画面を示す。ミニゲームのじかんが始まると、画面が切り替わり、内蔵カメラからの画像がディスプレイに表示される。ディスプレイには、現在のミッションの内容、残り時間、カメラのシャッターボタンの位置情報が表示される。ゲームを達成した場合、メモリ上にその情報を格納しておき、ミニゲームのじかん終了後、現在いる場所のエリア識別子と自身の端末 ID を持つミックスファイルに対し自身のインストールメントの行をすべて再生状態としたうえでキャストを行う。

3.3.3 きくじかん

きくじかんは現在参加しているユーザで生成したサウンドを試聴する場合(ターム1, 2 共通), 前の参加者が生成したサウンドを試聴する場合(ターム2のみ)の2通りがある(表2, 図2). 前者については, 2度目のまぜるじかん終了後, 自身のIDを持つミックスファイルの, きくじかんにおいて受信したエリアメッセージのエリア識別子に応じて選択し, 当該ミックスファイル内の行列各セルの情報をもとに, 各インストールを再生することにより試聴が可能となる. 後者については, エリアごとに設置された固定端末が, ターム1の2回目のまぜるじかんにおいて, 固定端末内に存在するミックスファイルを再マージしたのち, リメインファイルを出力することにより実現する. ターム2の最初のきくじかんでは, 各サブエリアの固定端末は, エリアメッセージとともにリメインファイルをキャストし, 移動端末がそれらを受信することにより, サウンド情報を試聴することが可能となる.

4. 評価実験

本論文で提案する Ototonari を用いて, Expo aichi 2005 会場内でボランティアを対象にゲームを実施した. 実際のゲームの運用を通して, 大規模な参加者による動作確認を行い, ログデータ, アンケート結果から, 参加者同士のコラボレーション, サウンド情報の場所への保存と参照についての評価を行う.

4.1 実験環境

実験会場は Expo aichi 2005 会場内の愛・地球広場を使用した. 愛・地球広場は直径約 180 m, 延面積約 25,000 m² の円形の広場であり, 周囲に障害物がなく電波が到達しやすい環境である. この愛・地球広場をゲームエリアとし, ABCD のサブエリアに分割した(図5). 固定端末を各サブエリアのほぼ中心に設置し, 事前実験で確認した無線到達エリアとパケットロス率をふまえ, 1台あたり半径 45 m 程度を担当させた.

実験は, 2005年7月8日, 50名のボランティアを対象に行った. ボランティアは事前登録を行った18~55歳までの男性25名, 女性25名である. ボランティアは20名(A)と30名(B)のグループに無作為に分け, 実験の意図を伝えることなくゲームルールのみを説明したうえで, A(ターム1)-B(ターム2)-A(ターム2)-B(ターム1)の順に実験を行った.

各ターム終了後, 参加者にアンケートの記入を依頼した. ターム2のアンケートはターム1の質問に加えて, 場に残された情報に関する項目が追加されている. なお, 今回の実験では1グループ20名ないし30名

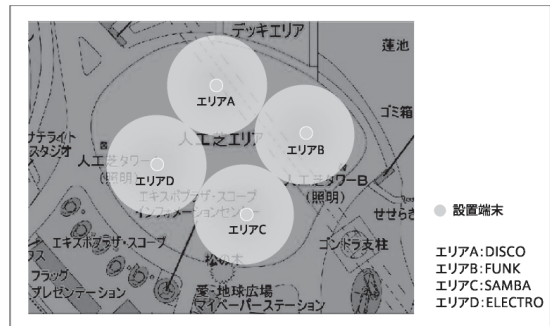


図5 サブエリア設定

Fig. 5 Configuration of sub-area.

の参加者が存在するため, 端末IDに基づいて割り当てられるインストールセットに重複が生じる. すなわち, 端末ID1のユーザと端末ID11, 端末ID21のユーザは同様のインストールセットを保持していることとなる.

4.2 ログデータ

ターム1とターム2の解析後のログデータを図6, 図7に示す. 図6の対象データは, つくるじかんにおいて受信された生成(G)ファイル, 2度のまぜるじかんにおいてマージしたミックス(M)ファイルである. 図7の対象データは, ターム2において場所に保存されたリメイン(R)ファイルである.

図6a, bは, ログデータをもとに, グループABのターム別に, 各端末のGファイル受信状況を, 横軸に10ごとの受信数, 縦軸に受信した端末台数という形式でグラフ化したものである. なお, つくるじかんでは, 20名のAグループの場合, 1台の移動端末につき, 3分間で最大95ファイル, 平均23.8ファイルを受信し, 30名のBグループの場合, 最大101ファイル, 平均57.03ファイルを受信していた. これらのグラフを比較するに, つくるじかんでは, 20名でのプレイの場合, 小さなグループを形成し, 30名でのプレイの場合, 偏りなく大中小のグループを形成していたことが分かる.

図6c, dは, ログデータをもとに, グループABのターム別に, 各端末のMファイル受信状況を, 横軸に10ごとの受信数, 縦軸に受信した端末台数という形式でグラフ化したものである. なお, まぜるじかんでは, Aグループの場合, 1台の移動端末につき, 2分間で最大58ファイル, 平均17.5ファイルを受信し, Bグループの場合, 最大60ファイル, 平均32.7ファイルを受信していた. これらのグラフを比較するに, 20名でのプレイの場合, 「まぜるじかん」では, 20名でのプレイの場合, 小さなグループを形成し, 30名

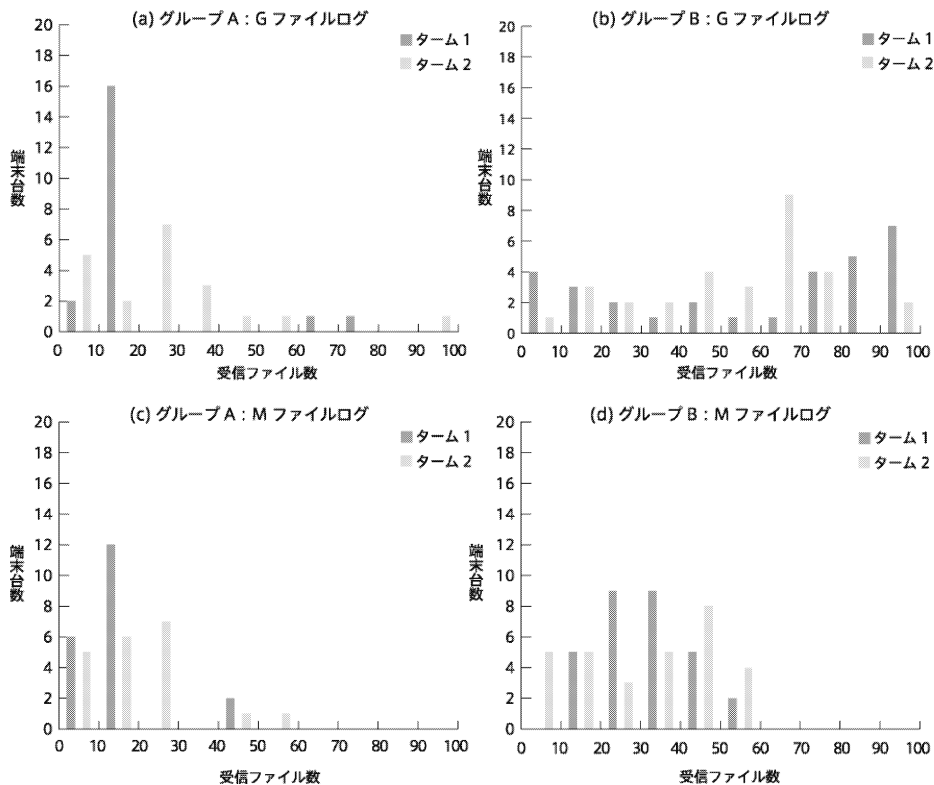


図 6 生成ファイルおよびミックスファイルログ

Fig. 6 Data logs of files for generating and for mixing.

のグループの場合、小～中規模のグループを形成していたことが分かる。

図 7 は、チーム 2 の最初のきくじかんにおいて、場所に保存されているリメイン (R) ファイルの行列データを ABCD のサブエリアごとに視覚化したものである。横軸は、5,000msec ごとに 3 分間で合計 36 列、縦軸は、10 種類のインストールメントセット別に合計 10 行を設け、36 × 10 セルのファイル受信状況を可視化している。グループ A のチーム 2 でゲームエリアから取得した R ファイルは、グループ B が生成し、保存したものである。グループ A が取得した R ファイルでは、各サブエリアにおける最大和音数は、A : 6, B : 6, C : 8, D : 6 であった。グループ B のチーム 2 において、ゲームエリアから取得した R ファイルは、グループ A が生成し、保存したものである。グループ B が取得した R ファイルでは、各サブエリアにおける最大和音数は、A : 7, B : 9, C : 4, D : 7 であった。サブエリアごと、参加者数に応じて、保存されたサウンドが異なることが分かる。

4.3 アンケート結果

アンケート調査項目および回答結果のグラフを図 8

に示す。

まず、アンケート結果のうち、リメインのフェーズの有無により生じた変化が特に顕著だった項目について述べる。

設問 a 「思いどおりに音楽を作れましたか?」では、チーム 1 のユーザのうち、30% (50 名中 15 名) から肯定的な意見を得たのに対し、チーム 2 では、48% (50 名中 24 名) から肯定的な意見を得た。その場に保存されたサウンドを参照することによって、現在のユーザがサウンドを生成する行動に影響を与えたと予想される。

設問 e 「他人が完成させた音楽を聞いてみましたか?」では、チーム 1 のユーザのうち、52% (50 名中 26 名) から肯定的な意見を得たのに対し、チーム 2 では、62% (50 名中 31 名) から肯定的な意見を得た。リメインのフェーズを経たことにより、自分のゲーム体験だけでなく他人のゲーム体験にも興味をい大きく割合が増加したと予想される。

設問 e で「はい」と答えたユーザに対し、設問 d の比較検討項目として設問 f 「他人が完成させた音楽を聞いてどう思いましたか?」について尋ねた。チーム 1 のユーザのうち、81% (26 名中 21 名) から肯定的な

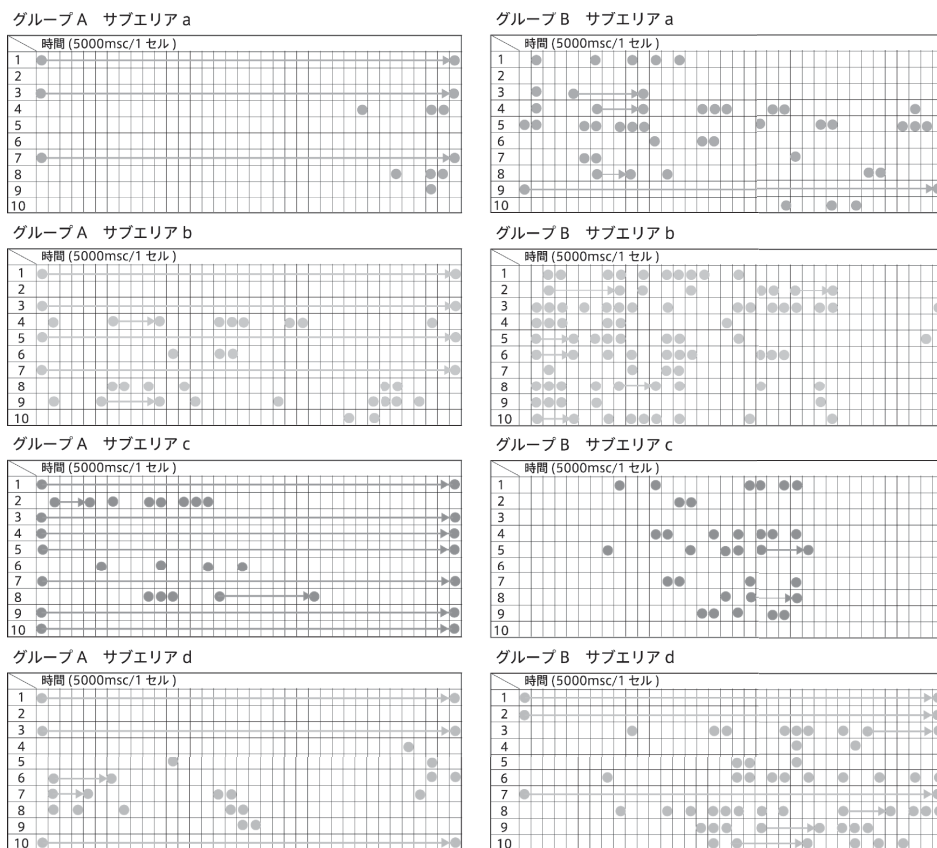


図 7 ターム 2 におけるリメインファイルの視覚化 (行: インストルメント ID, 列: 5,000 msec ごとの時間推移)

Fig. 7 Visualization of files for storage (row: Instrument ID, column: Transition of time per 5,000 msec).

意見を得たのに対し、ターム 2 では、87% (31 名中 27 名) から肯定的な意見を得た。リメインのフェーズを経ることで、やや肯定的な意見が増加している。また、両タームともに、自分が制作に関わったサウンドよりも、他人が制作に関わったサウンドに対し、良い印象をいただいていた。

設問 g 「このゲームを通じて他の参加者と仲良くなれましたか?」では、ターム 1 のユーザのうち、30% (49 名中 15 名) から肯定的な意見を得たのに対し、ターム 2 では、47% (47 名中 22 名) から肯定的な意見を得た。リメインのフェーズを経たことにより、肯定的な意見が増加していることが分かる。また、無作為に抽出された参加者が、提案するコンテンツの体験を通じて、少なからず関係が前進していることから、Otononari の各フェーズにおいて採用した対面コミュニケーションが有効であったと考えられる。

なお、設問 h 「場所に残された音楽を聴いたことにより、自分のゲームでの行動に変化はありましたか?」

と直接的に尋ねた場合、影響があったと回答したユーザはわずかに 22% であった。上記で検討した 4 つの設問では明確な行動の違いが数値として表出していることから、無意識的に影響が及んでいると推測できる。さらにこの 22% (47 名中 10 名) に対し、設問 i 「保存された音楽と比べてどのような音楽を完成させようと思いましたか?」と尋ねたところ、似た音楽、異なった音楽はそれぞれ 50% の割合であった。どちらに偏ることなく同じ分布となったことは、行動社会学上興味深い結果といえる。

次に、特に肯定的な意見が少なかった、ターム 1 の設問 a (30%) と設問 g (30%) の理由について検証を行う。

設問 a については、推測できる要因として、ターム 2 とのゲームルール上の差違である、ゲーム冒頭のきくじかんの影響があげられる。きくじかんの中で、参考となる生成されたサウンドを試聴しなかったことから、行動指針をつかめなかったと推測できる。

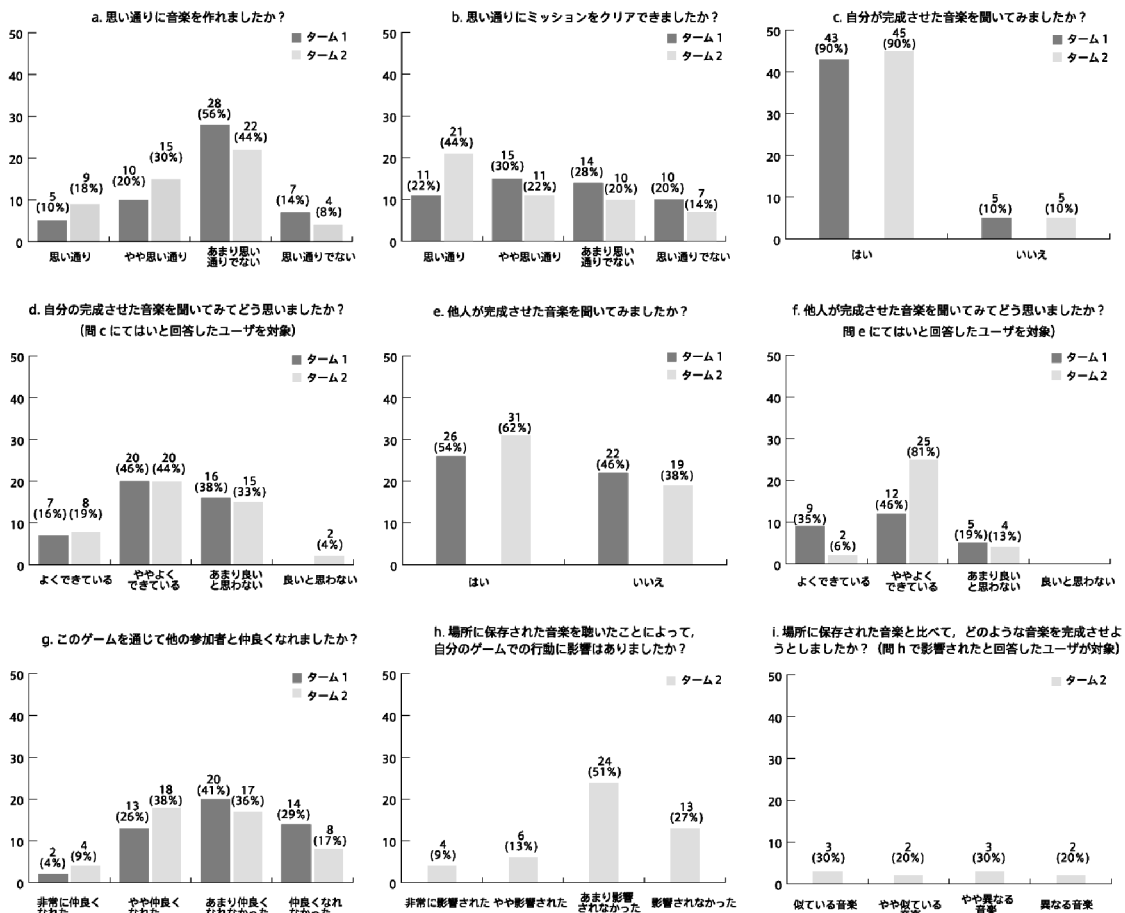


図 8 アンケート調査項目および回答結果

Fig. 8 Lists of user questionnaires and results of them.

a. 思い通りに音楽を作れましたか? (チーム1のみ)

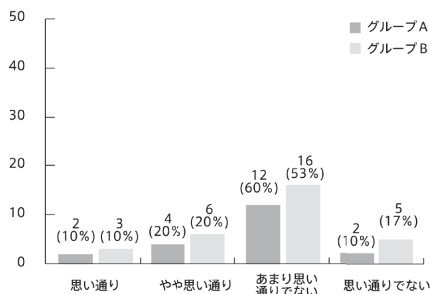


図 9 設問 a のチーム 1 グループ別の結果

Fig. 9 A result of each group on Term 1 in Question a.

また、プレイ順序についても検討する。グループ A ターム 1 のユーザは実験における最初のプレイであり、ゲームルールを説明したにもかかわらず理解が進まず、思うようにプレイできなかった可能性がある。この点について検証するべく、チーム 1 設問 a の結果をグループ A とグループ B に分けた結果を図 9 に示

す。肯定的な意見と否定的な意見の間に大きな差は認められないことから、この推測は誤りといえる。

一方でグループ B のチーム 1 のユーザについては、2 度目のプレイであることから、ゲームの理解度は進んでいるはずである。推測できる別の要因として、グループ B ターム 1 のユーザは、1 度目に作成したサウンドとのギャップを感じ、思うようにプレイできず、1 度目よりも否定的な回答をしたと推測する。図 10 に、設問 d のグループ B のみの結果をチーム 1 とチーム 2 で分けた結果を示す。チーム 2 では、グループ B の 64% のユーザが、自分の作成したサウンドに対し肯定的な意見を述べている。一方でチーム 1 のグループ B の 54% のユーザが、自分の作成したサウンドに対し、肯定的な意見を述べている。チーム 1 よりもチーム 2 のほうが、自分の作成したサウンドに対し、肯定的な意見をいただいていることが分かる。これらの結果をふまえると、保存されたサウンドを試聴したのち作成した 1 度目のサウンドがユーザの中で優れたイメー

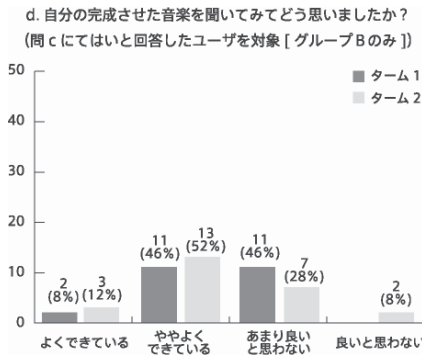


図 10 設問 g のチーム別の結果 (グループ B のみ)

Fig. 10 A result of each term on in Question g (only Group B).

ジとして定着し、2 度目の作成ではそのギャップを感じ、満足のいく結果を残せなかったと答えたと推測できる。

以上から、チーム 1 において、肯定的な意見が過半数に満たなかった結果について、ゲームルール上のきくじかんの有無、加えて、グループ B については、すでに作成したイメージとのギャップがその原因として推測できる。

設問 g についても、推測できる要因として、チーム 2 との差違である、ゲーム冒頭のきくじかんがあげられる。きくじかんの 3 分間の時間を通じて、周囲のユーザと話すことにより仲良くなる機会を得られたことによると推測できる。

続いて、アンケートの自由記述で特に目立った意見について述べる。まず、「カメラの反応が悪い」「色を撮るのになかなか認識してくれない」など、カメラの動作に関するマイナス評価のコメントが目立った。当日は 35 度を超す炎天下であり、撮影にあたり色値判定が筆者らの予想どおりに動作しなかったことから、このような結果が生じたと考える。また、「もう少し音量が大きかったらもっと楽しめた」「実験場所の他の音 (スクリーン) が大きすぎて自分の音がよく聞こえない」など、音の出力方法に関するマイナス評価のコメントが目立った。事前実験段階では適切なボリュームを確認していたものの、実験中の愛・地球広場は予想以上に騒音率が高く、試聴しにくいとの評価を受けた。イヤホンの使用も考慮に入れたが、ユーザ同士のコミュニケーションが損なわれる危険もあるため今回の実験では却下した。

一方マイナスの意見だけでなく、「音楽の力でコミュニケーションをとっているような感覚だった」「人に話しかけたり、コミュニケーションがとれて面白い」「ミニゲームを通して話すきっかけができてよかった」

といったコミュニケーションに関するプラスの意見も目立った。

5. 考 察

提案するコンテンツにおいて採用したヒトとヒトとのインタラクションとヒトと環境とのインタラクションについて考察を行う。前者では、物理的接近性に基づいたユーザ同士のコラボレーションという手段を用い、対面コミュニケーションの促進を目指した。後者では、ユーザと環境との物理的関係性に基づいたエリアごとに異なるサウンド生成、および生成されたサウンド情報の場への保存と参照という手段を用い、場の特殊化を目指した。またそれぞれの今後の発展について述べる。

5.1 ヒトとヒトとのインタラクション

提案するコンテンツでは、ワイヤレス P2P ネットワークを用いて、実空間上のユーザの位置・近傍・密度情報に基づきサウンドを生成するというコラボレーションを通じて、参加者同士のコミュニケーションを促進することを目指した。以下では実現要件 1, 2 について考察を行い、今後の発展について述べる。

要件 1: ユーザ同士のコラボレーション

ユーザ同士のコラボレーションを実現すべく、ユーザ同士の位置情報、近傍・密度情報に基づきサウンドを生成する手法を採用した。具体的には、固定端末により特定ジャンルのサウンドを生成可能なエリアを限定したうえで、ユーザの把持する端末において、① エリア情報の一致、② 無線 LAN のカバレッジエリアへの侵入、という 2 つの物理的接近性に関する条件を満たす場合に、サウンド生成を可能とした。

ゲームを通じてユーザ同士の物理的接近性を強制するようなゲームデザインを採用した結果、アンケートの自由記述で見たように、コラボレーションを通じてコミュニケーションが促進される結果を得た。さらに、生成ファイル、ミックスファイルのログ解析 (図 6) により、様々な規模でグループを形成し、参加者同士でコラボレーションを実現していたことが分かる。これらの結果から、要件 1 を実現したといえる。

要件 2: コラボレーションを促進するゲームデザイン

コラボレーションを促進するゲームデザインとして、特に 2 つの手法を採用した。まず実空間上に設置された固定端末によって定義された 1 つのエリアにつき 10 種類のインストールを各ユーザに割り当て、すべてのユーザが揃って初めて 1 つの楽曲が完成できる手法を採用した。また、物理空間と情報空間をリンクさせたミニゲームを採用し、ミッションを通じてユー

が同士がコミュニケーションをとりやすい状況を設定する手法を採用した。これらは、伝統的なゲームとは異なり、コンピュータの導入により初めて可能となる手法であり、かつ Pergame ならではのコラボレーション促進手法であるといえる。

プレイ中の観察では、ミニゲームのじかんに、周囲の参加者と一緒になってミッションをクリアするケースが多々見られた。さらに、アンケートの自由記述では、「他の人と話さきっかけができてよかった」「団体行動したら面白い音ができた」といった回答が見られた。この結果から、要件 2 を実現したといえる。

今後の発展

今後の発展として、インタラクションの多層化が考えられる。現在のバージョンでは、各サブエリアのインストールセットが 10 種類存在し、10 以上のユーザがゲームに参加した場合、担当するインストールセットが重複するという問題がある。インストールセットを増加し、各ユーザが重複なくサウンドを生成できるように改善することで、インタラクションをより多層化し、コラボレーションの形をより多様化することが可能であると考えられる。

また、コラボレーションを促進するゲームデザインとして、無線 LAN のカバレッジエリアの制御が考えられる。今回の実験では、固定端末、移動端末の無線 LAN を制御しないまま使用した。移動端末のカバレッジエリアを制御し、電波強度ごとに生成されるサウンドに変化が生じる、あるいは、一定の電波強度に限りインタラクションが生じるように設定を変更することで、ユーザ同士の物理的距離を意図的に近づける結果となり、よりコラボレーションが促進されると考える。

5.2 ヒトと環境とのインタラクション

提案するコンテンツでは、固定端末への物理的接近性を強制されたユーザは、環境との物理的関係性に基づきサブエリアごとに異なるサウンドを生成可能とした。同時に、生成したサウンド情報をサブエリアごとに保存し、時間を経てゲームに参加するユーザがその情報を参照可能とした。これらから、場に特殊性を付与することを目指した。以下では実現要件 3, 4 について考察を行い、今後の発展について述べる。

要件 3: 物理環境の反映

実空間上の物理環境を反映させるべく、固定端末の設置により特定のジャンルのサウンドを生成可能なエリアを限定し、ユーザの各エリアへの物理的接近性を強制した。そのうえで、各ユーザに対して、インストールセットという形で、ジャンルごとに異なるインストールメントを用意した。これらの物理的関係性に

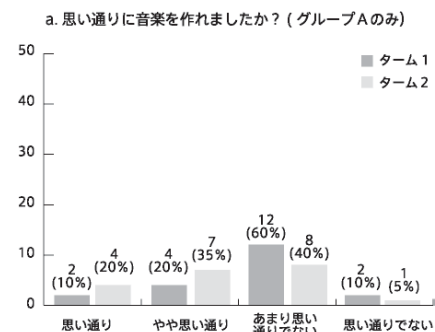


図 11 設問 a のターム別の結果 (グループ A のみ)

Fig. 11 A result of each term on in Question a (only Group A).

基づき、同じユーザ同士でもエリアが異なれば異なるサウンドが生成されることとした。

各グループのターム 2 において取得したサブエリアごとのリメインファイルを比較検討するに、ユーザの数、動き方の相違により、それぞれについてまったく異なるサウンドが保存されていることが分かる (図 7)。この結果から、要件 3 を実現したといえる。

要件 4: 情報の継承

場の特殊化を実現するために、情報の継承を要件として採用した。ユーザが生成したサウンドをエリアごとに保存でき、別のユーザが参照できる状態にした。情報を継承することで、ユーザの行動に変化が見られた場合、場の特殊化を実現したこととなる。

アンケートの設問 a, e, f, g の結果をターム別に検討した結果、ターム 1, ターム 2 間でのユーザの行動の変化が認められる。生成されたサウンド情報を場に蓄積し、それを参照した結果生じた差異であると考えられる。この結果から、要件 4 を実現したといえる。

なお、環境に情報を蓄積すること自体は、蓄積する主体にとってはアノテーションにすぎず、ヒトと環境とのインタラクションとは呼べないという議論が生じる。しかし、本実験では 4.1 節「実験環境」で述べたように、A (ターム 1)-B (ターム 2)-A (ターム 2)-B (ターム 1) の順で実験を行った。ターム 1 において A が場に情報を保存するという入力行為に対する A へのフィードバックは、ターム 2 において A が試聴するサウンドに該当する。このサウンドは、ターム 1 において A が保存したサウンドを B が試聴し、その影響を間接的ながら受けた状態で B が生成したサウンドであるため、結果として、A の入力行為に対するフィードバックが A に返るといふインタラクションモデルが成り立つ。さらに、図 11 に示すように、設問 a において肯定的な意見がターム 1 の場合 30% で

あるのに対し、ターム2では、55%という結果を得た。このようにターム間でのAの行動に差が生じている点においても、インタラクションモデルが成立したことを裏付けている。

今後の発展

今後の発展として、物理的環境のミクロ的要素の反映があげられる。現在のバージョンでは、実空間上の固定端末によって形成されるエリアというマクロ的要素に限定されている。エリア内に存在する、ミクロ要素(岩、くぼみ、丘など)を反映させることで、より伝統的な実空間ゲームに近い、物理的要素の反映を実現できると考える。

さらに、場に保存した情報の遺伝的継承が考えられる。現在のバージョンでは、前のタームの参加者の生成したサウンド情報が場に保存され、次のタームに参加したユーザがその情報を取得するのみである。この場合、現在のユーザに対し、無意識的な影響を与えているにすぎず、ユーザの行動および生成するサウンドに対し直接影響を及ぼすことはない。この手法は、いわば非連続的な継承モデルといえる。これに対し、遺伝的継承モデルは、場に保存した情報の特定の属性、ないしすべての属性を多連続的に継承することから、ゲームを行うにつれ、情報空間としての場の特殊化の加速が可能である。

6. おわりに

本論文では、ユーザの協働行為と経験の保存に基づく Pergame コンテンツ Ototonari を提案した。Ototonari では、ユーザ同士の物理的接近性に基づき、ユーザ同士の協働行為を通じてサウンドを生成することで、伝統的なゲームの持つヒトとヒトとのインタラクションを実現した。また、ユーザと環境との物理的関係性に基づきユーザが生成したサウンド情報をエリアごとに保存したうえで、時間を経てゲームに参加するユーザがそのサウンド情報を参照した結果、ユーザの行動に変化が生じたことで、伝統的なゲームの持つヒトと環境とのインタラクションを実現した。

Expo acihi 2005 の会場で行った評価実験を通じて、ユーザ同士のコラボレーションによる対面コミュニケーションの促進、および、生成された情報の場への保存と参照による場の特殊化に関する手法について、その有効性を確認した。

今後はインタラクションの多層化、場に保存される情報の遺伝的継承などの機能追加を行う。

謝辞 本研究は、科学技術振興機構(JST)戦略的創造研究推進事業(CREST)の支援によって行われ

た。本プロジェクト運営関係者ならびに評価実験にご協力いただいたボランティアの方々に、つつしんで感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Maerkurth, C., Cheok, A., Mandryk, R. and Nilsen, T.: Pervasive gaming: Pervasive games: bringing computer entertainment back to the real world, *Computers in Entertainment*, Vol.3, No.3, ACM (2005).
- 2) ACM Computer in Entertainment (CIE). <http://www.acm.org/pubs/cie.html>
- 3) Pergames 2005. <http://www.ipsi.fraunhofer.de/ambiente/pergames2005/>
- 4) Benford, S., Magerkurth, C. and Ljungstrand, P.: Bridging the physical and digital in pervasive gaming, *Comm. ACM*, Vol.48, No.3, pp.54-57 ACM (2005).
- 5) Walther, K.: Atomic actions — molecular experience: theory of pervasive gaming, *Computers in Entertainment*, Vol.3, No.3, ACM (2005).
- 6) Bjork, S., Falk, J., Hansson, R. and Ljungstrand, P.: Pirates! — Using the physical world as a game Board, *Proc. Interact 2001, IFIP TC.13 Conference On Human-Computer Interaction* (2001).
- 7) Drab, S.A. and Binder, G.: Spacerace: A Location Based game for mobile phones using Assisted GPS, *2nd International Workshop on Pervasive Gaming Applications at Pervasive 2005 (Pergames 2005)* (2005).
- 8) NetAttack. <http://www.fit.fraunhofer.de/projekte/netattack/index.en.xml>
- 9) Ohshima, T., Satoh, K., Yamamoto, H. and Tamura, H.: AR2 Hockey: A Case Study of Collaborative Augmented Reality, *Proc. Virtual Reality Annual International Symposium*, pp.268-275, IEEE (1998).
- 10) Ishii, H., Wisneski, C., Orbanes, J., Chun, B. and Paradiso, J.: PingPongPlus: design of an athletic-tangible interface for computer-supported cooperative play, *Proc. SIGCHI conference on human factors in computing systems*, pp.394-401, ACM (1999).
- 11) Smith, I., Consolvo, S. and LaMarca, A.: The Drop: Pragmatic Problems in the Design of a Compelling, Pervasive Game, *Computers in Entertainment*, Vol.3, No.3, ACM (2005).
- 12) Cheok, A., Goh, K., Farbiz, F., Fong, S., Teo, S., Li, Y. and Yang, X.: Human Pacman: A mobile, wide-area entertainment system based on physical, social and ubiquitous computing,

Personal And Ubiquitous Computing, Vol.8, No.2, pp.71–81, Springer-Verlag (2004).

- 13) Flintham, M., Anastasi, R., Benford, S., Hemmings, T., Crabtree, A., Greenalgh, C., Rodden, T., Tandavanitj, N., Adams, M. and Row-Farr, J.: Where on-line meets on-the-streets: Experiences with mobile mixedreality games, *Proc. 2003 CHI conference on human factors in computing systems*, pp.569–576, ACM (2003).
- 14) Benford, S., Seagar, W., Flintham, M., Anastasi, R., Rowland, D., Humble, J., Stanton, D., Bowers, J., Tandavanitj, N., Adams, M., Row-Farr, J., Oldroyd, A. and Sutton, J.: The error of our ways: The experience of self-reported positioning in a location-based game, *Proc. Ubicomp 2004* (2004).
- 15) Schrage, M.: *Shared Minds: The New Technologies of Collaboration*, Random House (1990).
- 16) Abord, G.D. and Mynatte, E.D.: Charting past, present, and future research in ubiquitous computing, *ACM Trans. Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol.7, No.1, pp.29–58, ACM (2000).
- 17) Piekarski, W. and Thomas, B.: ARQuake: The outdoors augmented reality system, *Comm. ACM*, Vol.45, No.1, pp.36–38, ACM (2002).
- 18) It's Alive! <http://www.itsalive.com/>
- 19) Chalmers, M., Barkhuus, L., Bell, M., Brown, B., Hall, M., Sherwood, S. and Tennent, T.: Gaming on the Edge: Using Seams in Pervasive Games, *2nd International Workshop on Pervasive Gaming Applications at Pervasive 2005 (Pergames 2005)* (2005).
- 20) ハイブリッド情報端末“愛・MATE” . <http://www.kddi.com/corporate/news.release/2004/1208/besshi.html>
- 21) Ishida, T., Hisamatsu, S., Saito, S., Minami, M. and Murai, J.: Content Cruising System under Sparse Movements of Nodes, *Proc. 2004 International Symposium on Applications and the Internet Workshops (SAINT2004 Workshops)*, pp.561–567 (2004).



徳久 悟 (学生会員)

1978年生。2002年慶應義塾大学法学部政治学科卒業。2004年同大学大学院政策・メディア研究科修士課程修了。現在、同大学院博士課程に在籍中。エンタテインメントコンピューティングにおける“楽しさ”のためのインタラクション原理に関する研究に従事。2003年SIGGRAPH Emerging Technologies 採択, 文化庁メディア芸術祭エンタテインメント部門奨励賞受賞 (atMOS), 2005年SIGGRAPH Emerging Technologies 採択 (Suirin)。



丹羽 善将

1982年生。2005年慶應義塾大学環境情報学部卒業。現在、同大学大学院政策・メディア研究科修士課程に在籍中。dotswitch inc. 代表取締役社長。



井口 健治

1982年生。2005年慶應義塾大学環境情報学部卒業。現在、同大学大学院修士課程に在籍中。デジタルエンタテインメントの身体的な遊びの場における応用に関する研究に従事。2003, 2004, 2005年SIGGRAPH Sketches 採択, 2003–2004年Ars Electronica Center 常設展示。



大久保創介

1982年生。2005年慶應義塾大学環境情報学部卒業。現在、同大学大学院政策・メディア研究科修士課程に在籍中。UTUTU Co., Ltd. 取締役。

(平成 17 年 10 月 14 日受付)

(平成 18 年 4 月 4 日採録)



根津 智幸

1973年生．慶應義塾大学 SFC 研究所研究員，Genemagic Research 研究員，ACM SIGGRAPH Tokyo chapter co-chair. 高速インターネット，マルチプロジェクションシステム

を用いたコンテンツの研究開発，およびセンサメッシュネットワークを用いたコンテンツ開発に従事する傍ら，メディアアート作品の映像製作を行う．主な作品に Wave UFO (森真理子，Venezia Biennale 2005 出展)，Six String Sonics, The (Gil. K, 文化庁メディア芸術祭 2005 アート部門優秀賞) 等．



稲蔭 正彦

1960年生．慶應義塾大学環境情報学部教授兼政策・メディア研究科委員．主な研究は，エンタテインメントを中心としたデジタルコンテンツ，メディアデザイン，メディアアート

等．現在，CREST「ユビキタス・コンテンツ製作支援システムの研究」代表を務める．ACM SIGGRAPH Executive Committee，総合科学技術会議知的財産専門調査会委員，「新日本様式」協議会顧問等多数の委員会委員．日本デザイン学会会員，Visual Effects Society 会員．