

# 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 井口健二 大久保創介 根津智幸 稲蔭正彦

現在, コンピューテーション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 と呼ばれるエンター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 *ototonari* を提案する. *Ototonari* 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, 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実現し, ユーザ同士のコミュニケーションを促進することを目指す. 同時に, 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, ユーザの経験を生成したサウンド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, 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 *ototonari* based on collaboration and storage of users' experience. We aim to promote communication among the users, while realizing the human to human interaction of traditional games by generating sounds through collaboration. And we aim to give particularity and regionality to the place while realizing the human to environmental interaction of traditional game by storing users' experience as sound data and being referred them by the users participating 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ー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, コンピューター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). コンピューター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「ヒトと物理空間(環境)とのインタラクション」, 1つは「ヒトとヒトとのインタラクション」である. しかし, コンピューター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ーゲームは, 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, 興味を掻き立てるものの, 画面を常に注視し続け, コントローラー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, コンピューター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実空間ベースのゲームが Pergame と呼ばれるエンター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 Entertainment<sup>2)</sup>での特集だけでなく, International Conference Pervasive のサブグループとして Pergame Workshop<sup>3)</sup>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だけでなく, より包括的な視点で Pergame を論じた研究事例がある 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, 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留まり, 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を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. 一方で, ヒトと環境とのインタラクションにおいて, 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. 元来, 鬼ごっこ, かくれんぼなどの実空間でのゲームは, 地域ごとにルールやスタイルが異なる. この変化は場の

特殊性, すなわち, ヒトを含む環境(風土・歴史・文化)によって生まれる地域性に基づくものと考え, 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. 仮にヒトだけ切り離し, 別の環境に移した場合, 今度はその環境に基づいた特殊性を担うファクターとなるためである. 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.

表1 ゲームコンテンツ間のインタラクション要件比較  
Table1 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	Pergame	ototonari
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	○	×	△	○
ヒトと環境とのインタラクション ①物理的要素の反映	○	×	○	○
ヒトと環境とのインタラクション ②情報の継承	○	×	×	○

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 を提案する. Ototonari 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, 実空間主体のインタラクションを採用する. ユーザの実空間上での動き方, 集まり方に依りて, 生成されるサウンドが変化することから, 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, ゲーム参加者の経験の蓄積を採用する. これにより, 実空間で行われているゲームと同様に, 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ーの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.

- 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), (7), (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)

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. 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 Race 7)が挙げられる. 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ーに分かれ, プレイヤーはナビゲーター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ー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取らざるを得ない. 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 Hockey<sup>9)</sup>が挙げられる。AR2 Hockey は、Air Hockey を AR 環境で行うことを目的とし、現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現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ティションによるものではないという問題を抱えている。なお、Match-up 型には Can You See Me Now (CYSMN)<sup>13)</sup> や Uncle Roy All Around You (URAA)<sup>14)</sup> 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 Pacman<sup>12)</sup>が挙げられる。Human Pacman では、プレイヤーは HMD を装着し Pacman と Ghost に分かれ、現実空間を自由に移動する。Pacman チームは HMD を通して見える仮想空間上のビスケットを集めること、Ghost は Pacman 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 Pacman 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 Pacman 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欲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、場の雰囲気の伝達、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ティション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」<sup>15)</sup> 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<sup>16)</sup>と同様に、環境から収集された情報をもとに振舞うコンテキストウェアなアプリケーションを如何に構築するかが重要なファクターとなる。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：RFID<sup>6)</sup>、赤外線センサー、超音波センサーなどの Proximity センサー、
- ロングレンジ：Wi-fi<sup>11)</sup>、GPS<sup>17)</sup>、Assisted GPS<sup>7)</sup>、GSM-cell<sup>18)</sup>

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、位置情報を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<sup>8)</sup>、<sup>12)~14)</sup>、<sup>19)</sup>。

Treasure<sup>19)</sup>では、プレイヤーは 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、プレイヤー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。すなわちプレイヤー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)<sup>13)</sup>では、プレイヤーは、実空間の runner とオンライン上の player に分かれ、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。完全なる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留まっている。提案するコンテンツでは、この要素に加えて、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。場の特殊化という目的を踏まえると、外部ネットワークへの接続は必ずしも必要なく、ローカルネットワーク内での情報の蓄積を行えばよい。同時に、どこでもプレイでき、どこでも特殊化できることが重要である。さらに、伝統的なゲームの持つ導入簡易性を踏まえると、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。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し、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、ワイヤレス P2P ネットワーク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、ユーザ同士が近づくことで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、ユーザの位置特定に加えて、場への情報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。関連研究を踏まえたうえで、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、複数のユーザの協力によるサウンド生成を実現する。コンピューティショ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、コンピューティションに基づき、コラボレーションを促進することが望ましい。

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 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。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。要件 4 を実現するためには、要件 3 の実現が不可欠である。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」と「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、リメインありのタームであると換言することができる。

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モデルが成り立つ。

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. ミニゲームのじかん(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. ミニゲームのじかん(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)	13:00~16:00

\*ターム2のみ「3. 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

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取り易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が異なるため、他人と共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予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ーテインメント性を考慮した上での仕様である。確かに、バーチャルインストール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、予め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と変化させる。

**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ニケーションを取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 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 参照)に細分化できる。

### 3.3 システム

#### 3.3.1 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。

Ototonari のインターフェースには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3,4)。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(Content Crusing System)21)をdll化したモジュールである。なお、通信アー

キテクチャーとしての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。

Otononari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以降の各節においては、ファイル名のための記述に留める。

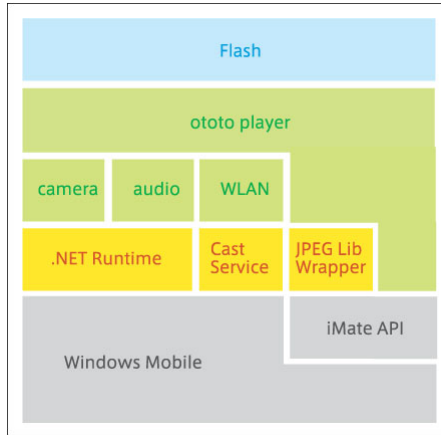


図1 システム構成

Fig.1 System Architecture

表3 ototonariにおいて使用されるファイルの種類と役割

Table3 Kinds and Functions of 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	各プレイヤー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

\*ファイル中のレコード情報はhigh(= 1), low(= 0)として記録される。

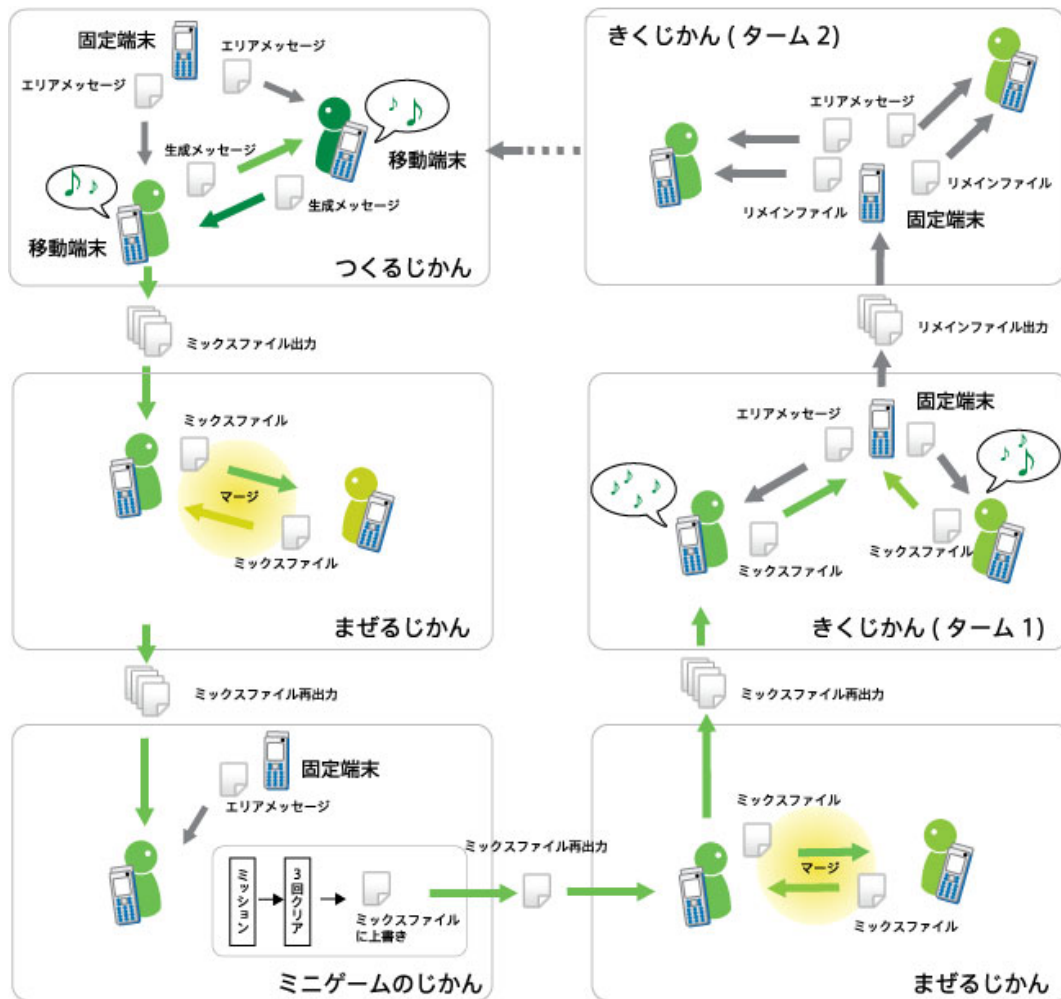


図2 ファイル移動フロー  
Fig2 Flow of the Files' Transition

### 3.3.2 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。Otonotari 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、5000msec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。例えば、ID[1]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。ID[1]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5000msec再生される。この時、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セットの ID に対応した台形が、インストール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と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上で、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(22)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(10行:0~9)\* 時間(36列:3分/5000msec)」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。

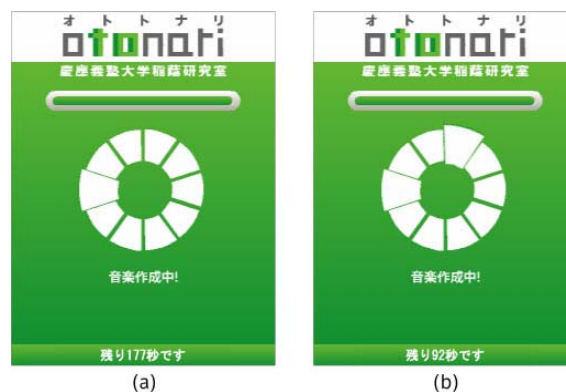


図3 つくるじかん画面イメージ

- (a) ID8 のユーザのみのインストールが再生されている状態
- (b) ID1, ID8 のユーザのインストールが再生されている状態

Fig.3 A 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

### 3.3.3 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。

### 3.3.4 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全てのユーザに自身のインストール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の行をすべて再生状態とした上でキャストを行う。



図4 ミニゲームのじかん画面イメージ  
Fig.4 A Image of the Phase of Mini Game

### 3. 3. 5 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を, 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元に, 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 180m, 延面積約 25,000 m<sup>2</sup> 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). 固定端末は各サブエリアのほぼ中心に設置され, 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踏まえ, 1 台あたり半径 45m 程度を担当することとした.

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上で, 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. この順序で実験を行うことにより, 各グループが 1 度ずつターム 1 とターム 2 を体験可能である.

各ターム終了後, 参加者へ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メントセットに重複が生じる. すなわち, 端末 ID[1]のユーザと端末 ID[11], 端末 ID[21]のユーザは同様のインストールメントセットを保持していることとなる.

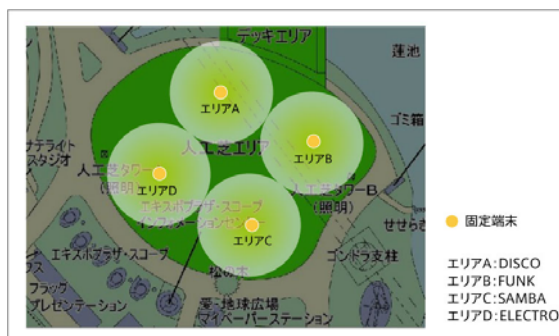


図5 サブエリア設定  
Fig5 Configuration of Sub-area

#### 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6,7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6 a, 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わかる。

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わかる。

図7は、ターム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、5000msec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 x 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のターム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のターム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わかる。

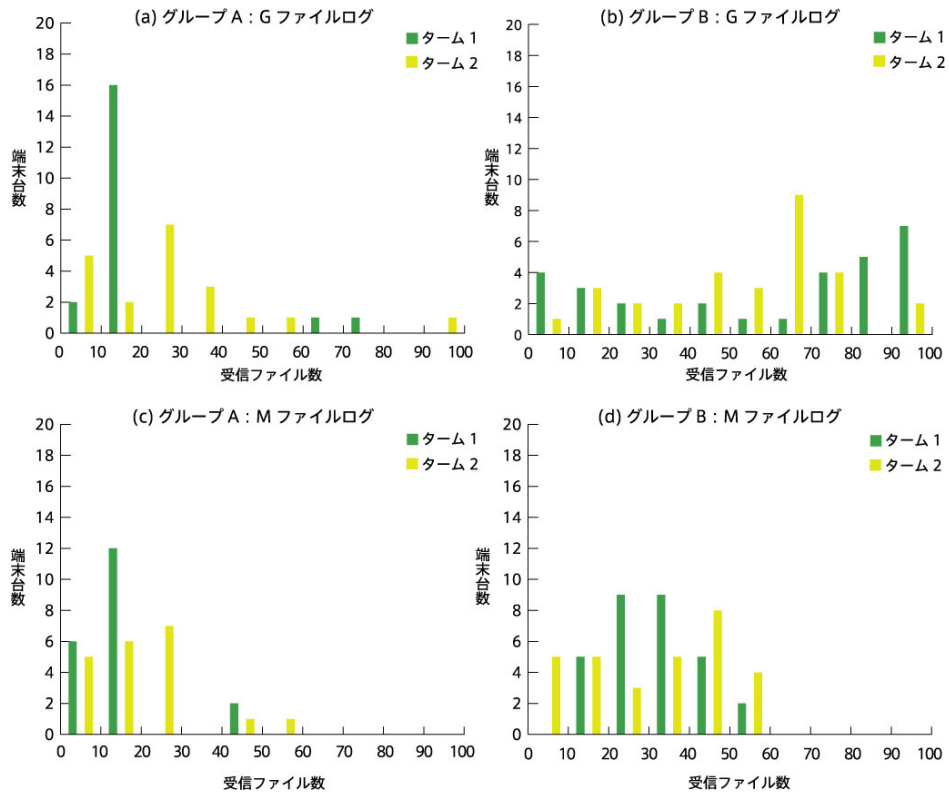


図6 生成ファイルおよびミックスファイルログ

Fig.6 Data Logs of Files for generating and for mixing

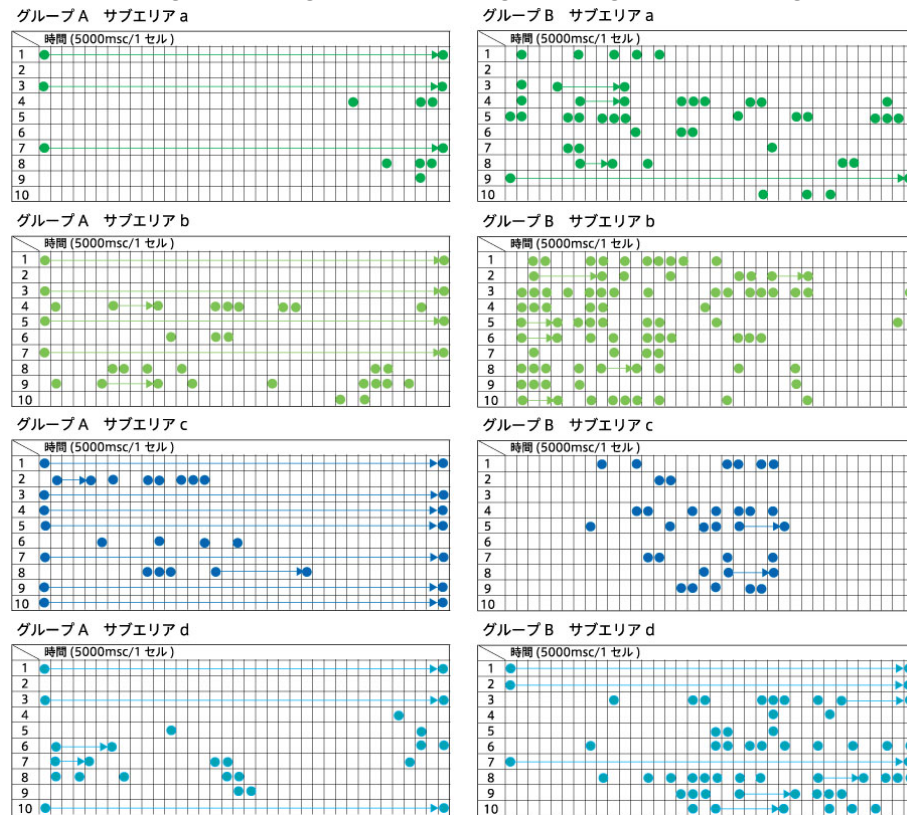


図7. ターム2におけるリメインファイルの視覚化

(行: インストルメント ID, 列: 5000msec ごとの時間推移)

Fig7. Visualization of Files for the Storage

(row: Instrument ID, column: Transition of time per 5000msec)

### 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。

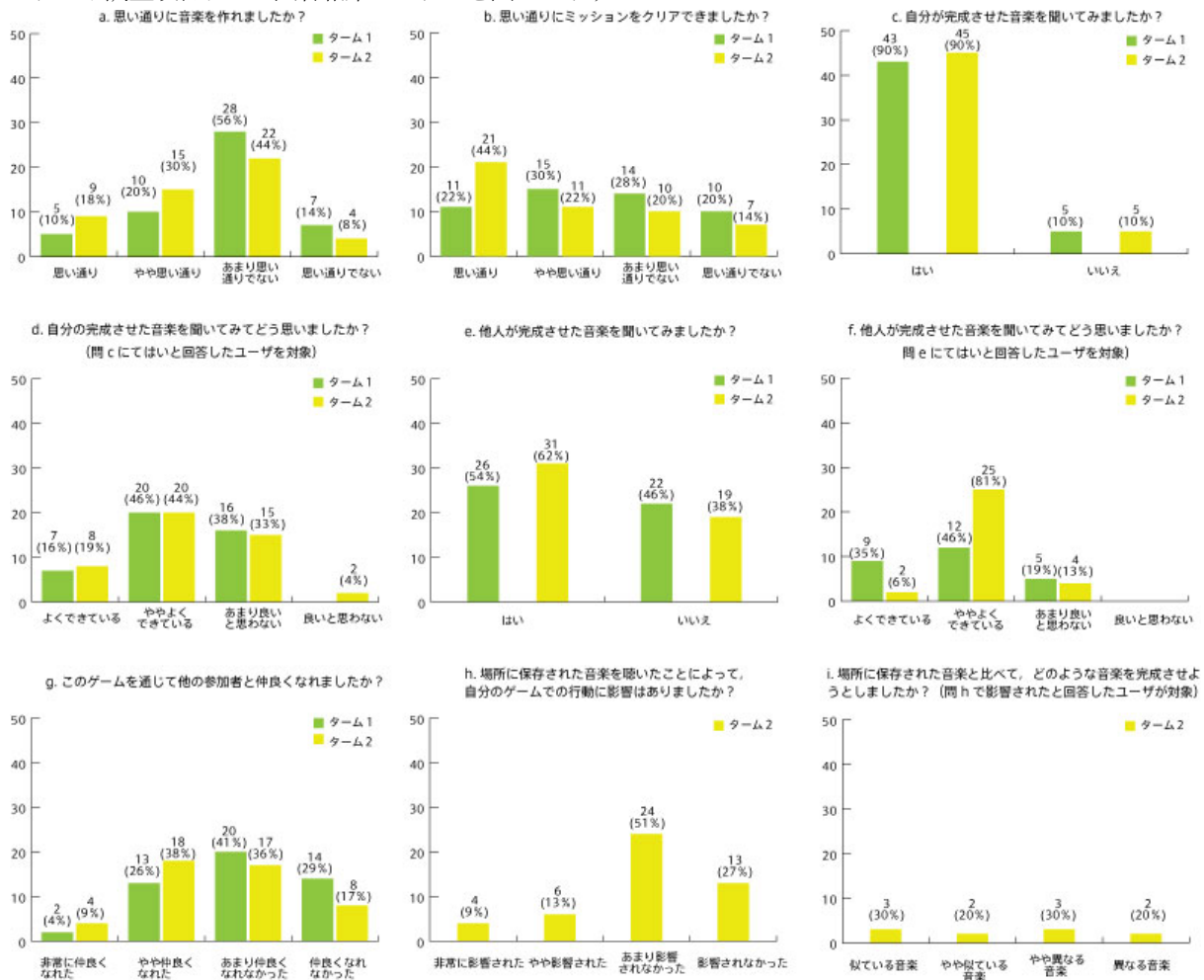


図8. アンケート調査項目および回答結果

Fig8. Lists of user questionnaires and results of them

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「思い通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人中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人中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人中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人中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抱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人中21名)から肯定的な意見を得たのに対し、チーム2では、87%(31人中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、両チームともに、自分が制作に関ったサウンドよりも、他人が制作に関ったサウンドに対し、良い印象を抱いていた。

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、チーム1のユーザのうち、30%(49人中15人)から肯定的な意見を得たのに対し、チーム2では、47%(47人中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わかる。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、ototonari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。

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関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、ターム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違は認められないことから、この推測は誤りといえる。

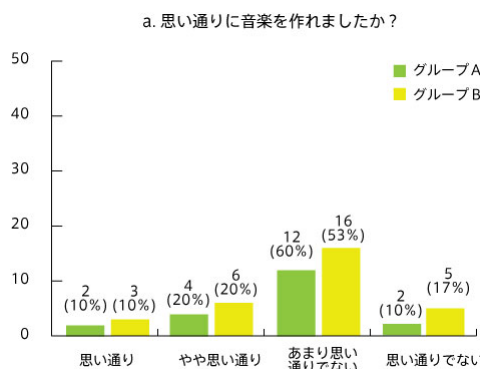


図9. 設問aのターム1グループ別の結果

Fig9. A result of each group on Term1 in Question a

一方でグループBのターム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、問dのグループBのみの結果をターム1とターム2で分けた結果を示す。ターム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。一方でターム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。ターム1よりもターム2のほうが、自分の作成したサウンドに対し、肯定的な意見を抱いていることがわかる。これらの結果を踏まえると、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、ターム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、ターム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。

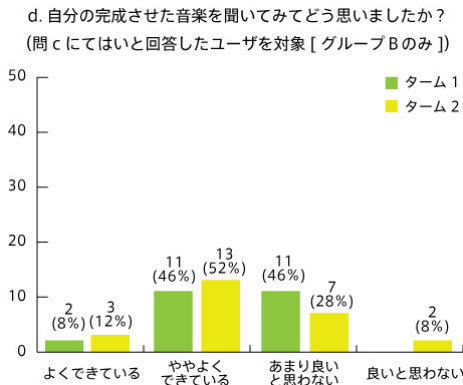


図10. 設問gのチーム別の結果(グループBのみ)

Fig9. A result of each term on in Question g (only Group B)

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です」「色をとるのがなかなか認識してくれない」などの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。ミニゲームのじかんでは、カメラを用いてミッションをクリアすることが求められたが、当日は35度を越す炎天下であった。このため撮影にあたり色値判定が筆者らの予想通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られる。また、「もう少し音量が大きかったらもっと楽しめた」「実験の場所が他の音(スクリーン)が大きくて自分の音がよく聞こえない。」などの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。プレ実験段階では十分な出力ボリュームを確認していたものの、実験最中の愛・地球広場は予想以上に騒音率が高く、使用していたPDAの最大出力にも関わらず、試聴しづら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取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」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、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、エリアごとに異なるサウンドの生成、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、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つの条件を満たす場合に、サウンド生成を可能とした。

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わかる。この結果から、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、2つの手法を採用した。まず1つのエリアにつき10種類のインストールメントをユーザに割り当て、全てのユーザがそろって初めて一つの楽曲が完成できる手法を採用した。また、ミニゲームを採用し、ミッションを通じてユーザ同士がコミュニケーションを取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、コンピューティションを導入することによって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、「ミニゲームを通して話すきっかけができてよかったです」や「他の人と話すきっかけができてよかったです」「団体行動したら面白い音ができました」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メントセットが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メントが重複するという問題がある。インストールメントセットを増加し、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を促進すると考えられる。

### 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、ユーザはエリアごとに異なるサウンドを生成できると同時に、生成したサウンド情報を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することで、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、エリアごとに異なるジャンルを設定し、各ユーザにもインストールメントセットという形で、ジャンルごとに異なるインストールメントを用意した。これにより、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。

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、それぞれについて全く異なるサウンドが保存されていることがわかる(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その場に保存でき、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。この結果から、要件4を実現したと言える。

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過ぎず、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 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当たる。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に戻るという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。

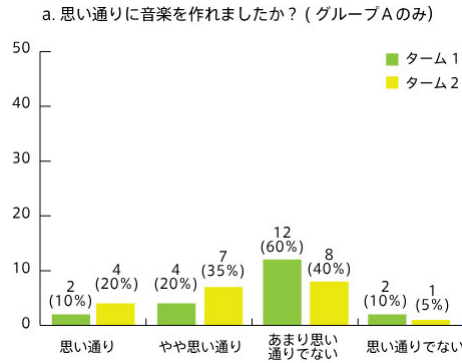


図 11. 設問 a のターム別の結果(グループAのみ)

Fig9. A result of each term on in Question a (only Group A)

## 今後の発展

今後の発展として、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、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言える。これに対し、遺伝的継承モデルは、場に保存した情報の属性、ないし全ての属性を多連続的に継承することから、ゲームを行うごとにつれて、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、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で実現した。また、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、ユーザの経験を生成したサウンド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そのサウンド情報を参照し、その行動に変化が生じたことで実現した。

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。

## 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 (CIE)*, Vol.3, No.3, ACM (2005).
- 2) ACM Computer in Entertainment (CIE). <http://www.acm.org/pubs/cie.html>
- 3) Pergames 2005. <http://www.ippsi.fraunhofer.de/ambiente/pergames2005/>
- 4) Benford, S., Magerkurth, C., and Ljungstrand, P.: Bridging the physical and digital in pervasive gaming, *Communication of the ACM*, Vol.48, No.3, pp.54-57, ACM (2005).
- 5) Walther, K.: Atomic actions - molecular experience: theory of pervasive gaming, *Computers in Entertainment (CIE)*, Vol.3, No.3, ACM (2005).
- 6) Abowd, G. D. and Mynatte, E. D.: Charting past, present, and future research in ubiquitous computing, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol.7, No.1, pp.29-58, ACM (2000).
- 7) Bjork, S., Falk, J., Hansson, R. and Ljungstrand, P.: Pirates! - Using the physical world as a game Board, In *Proceedings of Interact 2001, IFIP TC.13 Conference On Human-Computer Interaction* (2001).
- 8) Smith, I., Consolvo, S. and LaMarca, A.: The Drop: Pragmatic Problems in the Design of a Compelling, Pervasive Game, *Computers in Entertainment (CIE)*, Vol.3, No.3, ACM (2005).

- 9) Piekarski, W. and Thomas, B.: ARQuake: The outdoors augmented reality system, *Communication of ACM*, Vol.45, No.1, pp.36-38, ACM (2002).
- 10) Drab, S. A. and Binder, Gerald.: Spacerace: A Location Based game for mobile phones using Assisted GPS, In *the Send International Workshop on Pervasive Gaming Applications at Pervasive 2005 (Pergames 2005)*, (2005).
- 11) It's Alive! <http://www.itsalive.com/>
- 12) Chalmers, M., Barkhuus, L., Bell, M., Brown, B., Hall, M., Sherwood, S. and Tennent, T.: Gaming on the Edge: Using Seams in Pervasive Games, In *the Second International Workshop on Pervasive Gaming Applications at Pervasive 2005 (Pergames 2005)*, (2005).
- 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, In *Proceedings Of The 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, In *Proceedings of Ubicomp 2004* (2004).
- 15) 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).
- 16) NetAttack. [http://www.fit.fraunhofer.de/projekte/netattack/index\\_en.xml](http://www.fit.fraunhofer.de/projekte/netattack/index_en.xml)
- 17) Ohshima, T., Satoh, K., Yamamoto, H. and Tamura, H.: AR2 Hockey: A Case Study of Collaborative Augmented Reality, In *Proceedings of the Virtual Reality Annual International Symposium*, pp.268-275, IEEE (1998).
- 18) Ishii, H., Wisneski, C., Orbanes, J., Chun, B. and Paradiso, J.: PingPongPlus: design of an athletic-tangible interface for computer-supported cooperative play, In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp.394-401, ACM (1999).
- 19) Michael Schrage : *Shared Minds : The New Technologies of Collaboration*, Random House (1990).
- 22) Ishida, T., Hisamatsu, S., Saito, S., Minami, M. and Murai, Jun.: Content Cruising System under Sparse Movements of Nodes, In *Proceedings of the 2004 International Symposium on Applications and the Internet Workshops(SAINT2004 Workshops)*, pp.561-567 (2004).
- 23) ハイブリッド情報端末'愛・MATE'. [http://www.kddi.com/corporate/news\\_release/2004/1208/besshi.html](http://www.kddi.com/corporate/news_release/2004/1208/besshi.html)
- 24) 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 mixed reality games, In *Proceedings Of The 2003 CHI Conference On Human Factors In Computing Systems*, pp.569-576 (2003).