2007－GN－63 (19)
2007／3／22

実物体とその操作者を識別可能なメディアリッチ空間の構築

渡辺 晃一郎* 北原 圭吾* 石堂 遼子* 井上 智雄† 岡田 謙一*

* 慶應義塾大学理工学部情報工学科
† 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科

本稿では, 実物体とその操作者を識別可能なメディアリッチ空間を提案する. 協調作業・学習支援システムでは, テーブルトップインタフェースやタンジブルインタフェースがよく用いられるが, これらのインタフェースを用いた同期対面環境において, 個別ユーザへの作業支援や, 五感情報提示は困難であった. 本研究では, 操作者を識別することでこれらの問題点を解決し, 同期対面環境での効果的な体感型インタラクションを可能にした. また, この環境を活かしたサンプルアプリケーションを実装した. 本アプリケーションは, 実物体を使った対戦ゲームで, 指向性を持つ五感情報をエフェクトとして利用している. 評価実験を通して, 構築環境およびサンプルアプリケーションの有用性を確認した.

Development of Media Rich Space that Identifies Operators of both 3D and 2D Objects

Koichiro Watanabe* , Keigo Kitahara* , Ryoko Ishido* , Tomoo Inoue† , and Ken-ichi Okada*

In this paper, we propose the media rich space that identifies operators of both 3D and 2D objects. Tabletop interface and Tangible interface have been often applied in CSCW and CSCL systems. One of the problems of these multi-user interfaces is that they are not capable of providing user-adaptive function and information. We have solved these problems by identifying operators, and have achieved sensible interaction in face-to-face collaboration. We have implemented a sample application that makes use of the proposed environment. This application is a fighting game with real objects, and uses various sensible information as special effects. Through experimental use, we have confirmed usability of this environment and the sample application.

1 はじめに

近年, 協調作業・学習支援の分野において, 複数人で大型ディスプレイを囲みながら操作できるテーブルトップインタフェースや, 実物体に直接手で触れることで操作するタンジブルインタフェースがよく見られる. 更に電子画面上では表現しにくい情報の伝達や, 複数人での意思疎通のために視覚, 聴覚, 触覚に加え, 嗅覚, 味覚情報を提示する研究も進められてきている. これらを利用した同期対面環境において, ユーザが共同作業をしたり, 五感情報を共有するものはあるが, 各ユーザの個別作業を支援したり, 特定のユーザに向けて多様な五感情報を提示することはできない. そこで本研究では実物体とその操作者を識別可能なメディアリッチ空間を提案し, これらの問題点を解決する. また, この環境を活かし, 実物体や五感情報を利用した対戦ゲームをサンプルアプリケーションとして実装した. そして, 構築環境およびサンプルアプリケーションについて評価を行った.

* 慶應義塾大学理工学部情報工学科
Department of Information & Computer Science,
Graduate School of Science and Technology,
Keio University
† 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科
Graduate School of Library,
Information and Media Studies,
University of Tsukuba

2　従来の研究と問題点

これまで，協調作業・学習支援システムについて数多くの研究がなされてきた．なかでも，同期対面という環境においてはテーブルトップインタフェースをベースとしているものが多く，テーブル上に設置された大型タッチセンサディスプレイを複数のユーザが囲みながら作業する形態をとっている．しかし，これらの同期対面作業空間では電子データを操作するのみのものが多く，実物体を効果的に利用したり，臨場感あふれる情報を体感しながら作業を行えるかどうかという点においては未だ問題が残っているといえる．

その問題点を解決するため，電子情報と視覚，聴覚，触覚，嗅覚情報などの五感情報を効果的にリンクさせたものに，MRS[1] がある（図 1）．このシステムでは実物体を用いた直感的な操作に加え，電子学習に五感情報を取り入れたことで臨場感ある協調学習を実現している．しかし従来の同期対面型インタフェースと同様，システムが作業ユーザを区別できないため，複数ユーザ中の個別ユーザへの作業支援や情報提示は困難である．更に，提示できる五感情報が次のようにごく単純なものに限られてしまうという問題点もある．ユーザは常に一定の情報量の五感情報のみしか体感できず，システムが特定のユーザに対して五感情報を提示することもできない．よってメディアリッチ空間としてはまだ不十分だと言える．

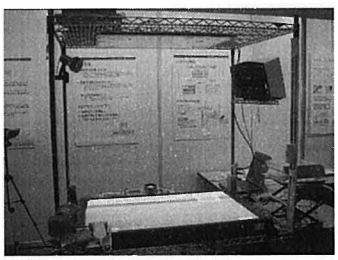

図 1: MRS

3　提案システム

前章で述べたように，これまでの同期対面型作業空間には，個別ユーザへの支援や五感情報提示の点で問題が残る．そこで，実物体および電子情報について行なわれた複数ユーザの作業を区別して扱え，さらに多様な五感情報を提示できるインタフェースを提案する．

3.1　構築環境

ハードウェア構成は図 2 のようになっている．

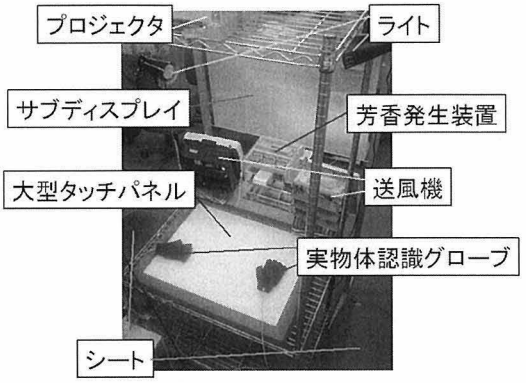

図 2: ハードウェア構成

本システムでは，大型タッチパネルとして多点認識可能なディスプレイ DiamondTouch[2] を使用することで電子情報の操作者を識別している（図 3）．本装置は，最大 4 人までのユーザによる同時操作が可能である．また，ディスプレイに接続されたシートに座りながら操作することにより，電気信号を通じて各ユーザによる入力をそれぞれ区別して扱うことができる．つまりどのユーザがディスプレイ上のどの点を触っているかを認識することができる．

実物体の認識に関しては，Phidgets RFID システムを利用している．図 4 に示すように，RFID リーダを埋め込んだグローブを装着した手で RFID タグを取り付けた実物体に触れることで，操作中の実物体の認識ができる．また，リーダにあらかじめ ID を割り振っておき，どの ID のリーダで実物体が読み取られたかを調べることによって，どのユーザがどの実物体を操作したかを識別することができる．

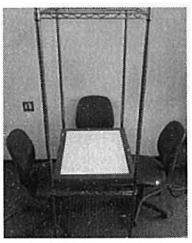

図 3: DiamondTouch

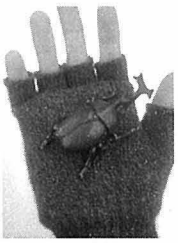

図 4: 実物体の認識

次に，五感のうち味覚を除く四つの感覚をつかさどる情報を「五感情報」と呼ぶこととし，この五感情報を提示することによってメディアリッチな空間を構築する．具体的には，ディスプレイに表示される映像を変化させたり，ライトを設置してユーザに光を放射することで視覚情報を提示する．また，芳香発生装置を用いて香りを放出することで嗅覚情報を提示し，送風機を設置して風を発生させたり，実世界オブジェクト（実物体）を用いることで触覚情報を提示する．そしてこれらの動作に連動して音を発生させることで聴覚情報を提示する．このように五感情報をシステムが制御し，さらに操作者を識別することによって五感情報に指向性を持たせることができる．つまりこれまで困難であった個別ユーザに合わせた作業支援や五感情報提示が可能となる．

3.2 アプリケーションの特徴

本アプリケーションは，実物体を使って自分のキャラクターや，3 種類のアクション（風，光，香）を選択し，相手キャラクターを攻撃して倒す対戦ゲームである．基本的には実物体を使った操作は大型タッチパネル上で行い，操作結果が五感情報と共にサブディスプレイ（半透過型ディスプレイ）に反映される．図 5 はそのサブディスプレイに表示されるゲーム画面である．

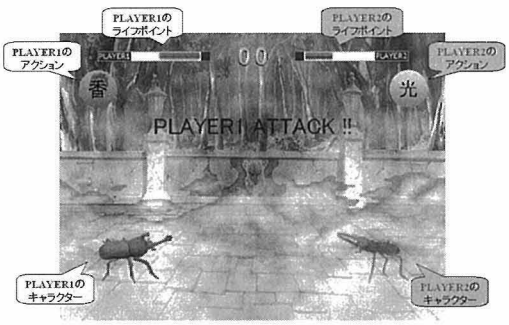

図 5: ゲーム画面

各ユーザの個別作業

一般的に対戦ゲームというものは，各ユーザが独立して操作を行えなくては成り立たない．本アプリケーションでは，操作者を識別することによって，複数ユーザの同時個別作業が可能である．

実世界オブジェクトを用いた操作

本アプリケーションでは，実世界オブジェクトとして昆虫アバタ，カード（ID カード，アクション選択用の手札）を利用する．これらには RFID タグが埋め込まれており，実物体認識グローブにより，手に持つだけで認識することができる．更にその状態で大型タッチパネルに触れることでその実物体の持つ情報をシステムに反映させることができる．

実物体と五感情報の連携

本システムでは多様な五感情報を制御し，実物体に合わせた五感情報提示が可能である．例えば風のカードを選択することにより，視覚情報として風のアニメーション，聴覚情報として風の音が提示され，触覚情報として実際に送風機からユーザに向けて風が吹く．同様に光のカードを選択すればライトから光が放射され，香のカードを選択すると香りが芳香発生装置から放出される．また，香のカードを選択し，大型タッチパネル上に表示される香のマークを集めることにより，放出される香りの濃度を変化させることもできる．従来の研究では，同期対面環境において五感情報を共有することはできたが，個別ユーザへ向けての提示はできなかった．しかし本構築環境を利用することで，ゲームに合わせてユーザに適切な向きの五感情報を提示することができる．図 6 は実際のゲームの様子である．

図 6: ゲームの様子

3.3 ゲームの説明

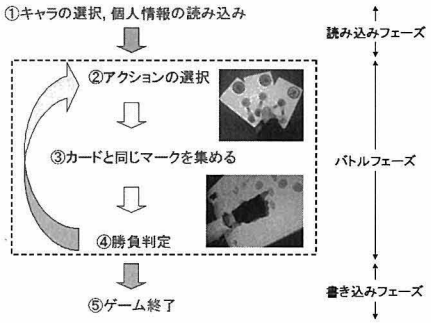

図 7: ゲームの流れ

本アプリケーションは図 7 のような流れになっている. ゲームは大きく分けて 3 つのフェーズに分かれる.

読み込みフェーズ

実物体（昆虫アバタ, ID カード）の読み込み操作を行い, バトルの準備をするフェーズである.

まず最初に「①キャラの選択, 個人情報の読み込み」を行う. 図 8, 9 のように, 自分の昆虫アバタと ID カードを操作画面上の指定されたボックス内に置くことで実行される. 個人情報としては, 名前, 星座, 勝率などのデータが格納されている. また, ユーザの星座とゲームをしている日の日付から, その日の運勢を占い, その結果がゲームに影響する. これについては後述する. 以上の操作が終了したらバトルフェーズへと移行する.

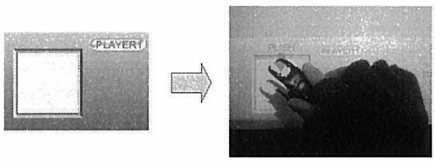

図 8: キャラクターの選択

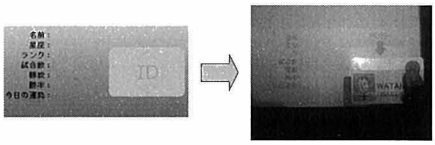

図 9: 個人情報の読み込み

バトルフェーズ

実際にキャラクターがバトルを行うフェーズである. 操作画面上には 10 秒間, 風, 光, 香の 3 種類のマークがランダムに表示される.

まず各ユーザは「②アクションの選択」を行う. 図 10 のように手に装着した実物体認識用グローブで風, 光, 香のいずれかの手札（カード）を持つことで読み込む.

次に, その状態で図 6 に示すように自分の選択した「③手札と同じマークを集める」作業を行う. この操作により自分のアクションの強さが増加する. 10 秒たつとこれらの作業が強制終了され, 「④勝負判定」に移る.

勝負判定は図 11 のように三すくみ関係となっている. ただし, 同じ手札を出した場合は, その手札と同じマークを多く集めたほうを勝ちとする. また, 多くのマークを集めておくと相手に大きなダメージを与えることもある. そして, ここで個人情報が影響を与える. 具体的には, その日の運勢がいいユーザほど相手のアクションをかわす確率が高くなる. このように, いつ, 誰がやるかによってゲーム環境が変化するようになっている. この「②アクションの選択」から「④勝負判定」を繰り返し, どちらかのユーザのライフポイントが 0 になったら「⑤ゲーム終了」で, ライフポイントが残ったユーザの勝利である. そして最後に書き込みフェーズへと移行する.

図 10: 手札の読み込み

図 11: 勝負判定

書き込みフェーズ

バトルフェーズが終了後, 個人情報の更新を行うフェーズである.

各ユーザの試合結果や勝率などを計算し, ID カードへ書き込む. 次のゲームでこれらが反映される.

4 評価および議論

本章では，本システムについて行った評価実験について記述し，この結果を受けて本システムについて議論する．

4.1 評価実験

4.1.1 実験目的

本研究で提案するシステム全般及び実装アプリケーションの有用性・拡張性を検証する．

4.1.2 実験方法

理工学部学生 18 名を対象として，サンプルアプリケーションを用いて以下の方法で評価実験を行った．

まず，システムの操作に慣れてもらうため，実物体や電子情報の認識方法，ゲームについて説明し，数分間システムに触れてもらった．

次に，実際に 2 名ずつゲームで対戦してもらった．その後，アンケート（五段階のものと自由記述欄）に答えてもらった．

4.1.3 実験結果

五段階評価（5 : とてもそう思う〜1 : 全くそう思わない）の質問結果をまとめると，以下のようになる（表 1）．

表 1: アンケート結果（五段階評価）

質問	平均点
Q1. 実物体を使った操作は容易だったか	4.4
Q2. 実物体は直感的に操作できたか	4.0
Q3. 相手に影響されずに個別操作できたか	4.6
Q4. ゲームに臨場感があったか	4.4
Q5. 五感情報に指向性を感じられたか	4.4
Q6. 五感情報に指向性が必要だと思うか	4.5

自由記述欄に記入されたもののうち，特に数の多かったものを以下に示す．

- 操作が容易でわかりやすかった．
- ゲームに臨場感があっておもしろかった．
- 子供や障害者向けのシステムに応用できそう．
- たまに感度が悪いときがあった．
- 映像の立体化や，振動，温度変化などがあると良い．

4.2 議論

本研究では，実物体とその操作者を識別可能なメディアリッチ空間を構築した．複数人による同期対面環境において実物体を用いた効率的な作業を行うことができ，さらに指向性を持った五感情報を提示することで，より多様な体感型インタラクションの実現をめざした．

評価実験では，サンプルアプリケーションである対戦ゲームでこの環境を体感してもらった．被験者は大学生のみであったが，概ね高評価を得ることができ，同時に有用な意見も得ることができた．

得られた意見の中でも印象的だったものは，以下のとおりである．

- 対戦ゲームとして違和感なく実物体を使った操作ができる．
- 自分に向けて五感情報が提示されるのはとても臨場感がある．
- 香りの指向性をもっと感じられるとよかった．

これらの評価結果を元に，操作性，五感情報の提示の 2 点に注目し，議論を進めていく．

4.2.1 操作性について

協調作業・学習において，実物体を用いるものや同時に電子情報に触れるものはあったが，同期対面環境における個別ユーザへの作業支援や情報提示は困難であった．しかし，対戦ゲームという同時個別作業が必須な環境で違和感なくプレイすることができたということは，その問題点を解決できたと言える．

しかしその半面，たまに読み取りミスが起こるという意見も得られた．本システムで使用しているディスプレイは電気信号を利用しているため，周囲の環境によってはノイズが発生してしまう．今後更に複雑な作業をするためには，このノイズを軽減する方法を考える必要がある．

また，今回は被験者は大学生のみであったが，本システムはお年寄りや子供など，コンピュータに不慣れなユーザでも容易に操作できると思われる．今後評価を行うならば幅広い年齢層の方々に実際に触れてもらいたいと考えている．

4.2.2 五感情報の提示について

本システムでは，五感情報として，視覚・聴覚・触覚・嗅覚を刺激する情報を提示し，これと電子情報，実物体をリンクさせ，多様な五感情報を体感可能な同期

対面作業空間を構築した．従来の研究でもこのような複数のメディアを扱ったものはあるが，本研究では五感情報を単純に提示するだけではなく，指向性を持たせることによりユーザの体感の仕方に多様性が出ると考えた．この指向性については，評価実験からその有用性を確認することができた．サンプルアプリケーションである対戦ゲームにも効果的に活かすことができたと思われる．香りの指向性については，今回は用いた芳香発生装置が一つであったため，直接各ユーザに香りを運ぶということはできなかった．しかし，これは芳香発生装置を 2 台用いたり，香りと一緒にユーザに向けて風を出すことによって指向性を持たせることが可能であると考えられる．また，「理科実験などの学習に利用できそう」，「子供や身体障害者向けの支援ができそう」などの意見も得られた．五感情報の指向性が与える情報量というのは，今回の評価実験の対象である大学生だけでなく，子供や身体障害者など五感を研ぎ澄ましている人にとって特に有効だと考えられる．今後，この環境をどのような分野に応用していくか検討していくつもりである．

5 まとめ

協調作業・学習支援の分野において，実世界指向インタフェースや五感情報を利用する研究が進められてきている．しかし，従来の同期対面環境では，ユーザの個別作業支援や情報提示は困難であり，体感型の作業空間としても不十分であった．

そこで本研究では，実物体および電子情報の操作者を識別し，多様な五感情報を提示可能なメディアリッチ空間を構築した．これにより，今まで困難であった複数人による同時個別作業や，特定のユーザのみに対しての情報提示を可能にし，複数人での効率的なインタラクションを実現した．また，五感情報に関しても指向性（向きや強さ）を持った五感情報の提示により，各ユーザの体感の仕方に多様性を持たせることができるようになった．

また，この環境を活かした同期対面型の対戦ゲームをアプリケーションとして実装した．昆虫アバタやカードなどの実世界オブジェクト（実物体）を用いて操作し，風や光，香りなどの五感情報を映像に合わせて各ユーザに提示することで，臨場感あふれる体感型ゲームとなっている．

今後の研究としては，構築した環境を，本研究のサンプルアプリケーションのようにエンタテイメントコンピューティングの分野に拡張したり，子供や身体障害者用の協調作業・学習支援システムなどに応用していくことを検討している．

謝辞

本研究で使用している DiamondTouch ディスプレイは Mitsubishi 社製によるものである．

参考文献

[1] 石堂遼子, 北原圭吾, 井上智雄, 重野寛, 岡田謙一, "MRS：五感情報を体感可能な協調学習環境", 情報処理学会第 60 回 GN 研究会, pp.31-36, 2006.

[2] Dietz, P., Leigh, D., "DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology", ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST), pp.219-226, 2001.

[3] Saila Ovaska, Pentti Hietala, Marjatta Kangas-salo, "Electronic whiteboard in kindergarten: opportunities and requirements", Proceeding of the 2003 conference on Interaction design and children, July, pp.15-22, 2003.

[4] Diana Africano, Sara Berg, Kent Lindbergh, Peter Lundholm, Fredrik Nilbrink, Anna Persson, "Designing tangible interfaces for children's collaboration", CHI2004 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp.853-868, 2004.

[5] 廣瀬通孝, 谷川智洋, 田中信吾, 崎川修一郎, "嗅覚ディスプレイに関する研究", 日本バーチャルリアリティ学会第 5 回大会論文集, pp.193-196, 2000.

[6] Pierre Wellner, "Interacting with paper on the digital desk", Communications of the ACM, Vol.36, No.7, pp.86-96, 1993.

[7] Masanori Sugimoto, Kazuhiro Hosoi, Hiromichi Hashizume, "Caretta: a system for supporting face-to-face collaboration by integrating personal and shared spaces", Proceedings of ACM CHI2004, pp.41-48, 2004.