

Musex: 博物館における PDA を用いた協調学習支援システム

矢谷 浩司[†] 大沼 真弓^{††} 杉本 雅則[†] 楠 房子^{††}

Musex: A System for Supporting Children's Collaborative Learning in a Museum with PDAs

Koji YATANI[†], Mayumi ONUMA^{††}, Masanori SUGIMOTO[†], and Fusako KUSUNOKI^{††}

あらまし 近年、ハンドヘルドデバイスが子供たちの学習において重要な役割を果たすことが期待されている。また、ハンドヘルドデバイスのようなモバイル性の高いデバイスを利用して協調学習をいかに支援するかは、CSCL (Computer Support for Collaborative Learning) の重要な研究テーマになりつつある。一方、日本においては、学習指導要領の改訂により始まる「総合学習」に対応した教育システムの構築が求められている。そこで、我々は「総合学習」の場として注目されている博物館において、2台の PDA (Personal Digital Assistant) を連携させ、展示物に関連するクイズを協力しながら解くことによって子供たちの学習を支援する、Musex と呼ばれるシステムを構築した。実際の博物館において Musex の実験を行い、その効果について考察した。

キーワード 協調学習支援、ハンドヘルドデバイス、博物館、エデュテイメント

1. ま え が き

情報化社会が進行する中で、学校などの教育・学習の場においても、コンピュータやインターネットの利用が浸透しつつある。特に最近、パーソナルコンピュータと比べて安価、持ち運びが容易、扱いやすい等の理由から、個人情報の管理ツールとしてではなく、子供たちの学習を支援するツールとしてハンドヘルドデバイスを活用する研究が行われている [1], [2]。

日本においては、文部科学省の学習指導要領が改訂され、「総合的な学習の時間 (総合学習)」[9] が導入される。この時間の目的は、子供たちが各教科等の学習で得た個々の知識を結び付け、総合的に働かせることができるようにすることである。学校側は、教科書やドリル等を用いる今までの学習とは違った新しい学習方法を、子供たちに提供することが要求される。このため、学校とは異なる学習環境を提供している博物館に、多くの学校、教師が注目している。

博物館は、学校教育の枠にとらわれることなく教育的な活動を行っていること、展示物を実際に見たり触ったりすることによって学習できる施設であること等の理由から、「総合学習」のための理想的な学習環境を提供できる可能性がある。しかし、博物館を学習環境として十分に活用するために、改善すべきと考えられる点もある。筆者らが実際に博物館に出向き、子供たちの館内での様子を観察した結果、問題点の一つとして、子供たちに人気のある、あるいは注目される展示物と、そうではない展示物とに分かれてしまっていることがあると考えた。注目されない展示物の例としては、パネルや VTR (Video Tape Recorder) 等による解説が挙げられる。これらは、一方的に情報が与えられるだけで、子供から展示物に対して働きかけを行うことができない、つまり、インタラクティブ性の低い展示物である場合が多い。一方、これらの展示物をすべて、子供たちに注目されるようなインタラクティブ性の高い展示物にするには、導入や保守の面において非常に多くの様々なコストがかかるため、現実的でないという意見が博物館のスタッフ等から挙がっている。しかしながら、そのような展示物では、多くの専門家によって最先端の話題をわかりやすく解説されている場合も多く、「総合学習」の素材としては有用なものであり、積極的に活用すべきであると考えら

[†] 東京大学大学院新領域創成科学研究科基盤情報学専攻, 柏市
Department of Frontier Informatics, Graduate School of
Frontier Sciences, The University of Tokyo, Kashiwa-shi,
277-8583 Japan

^{††} 多摩美術大学美術学部情報デザイン学科, 八王子市
Department of Information Design, Faculty of Art and Design,
Tama Art University, Hachioji-shi, 192-0394 Japan

れる。

本研究では、そのようなインタラクション性の低い展示物とのインタラクションを強化するための一つ的手段として、ハンドヘルドデバイスを利用するシステムを考案した。ハンドヘルドデバイスのようなモバイル性の高いデバイスを利用したグループ活動支援の研究は、CSCW (Computer Supported Cooperative Work) の分野において重要なテーマとなっている [15]。しかしながら、博物館等でハンドヘルドデバイスを利用したシステムとしては、館内で利用できるパーソナルガイドシステムなどが多く、博物館において協調学習を支援するシステムにハンドヘルドデバイスを利用する研究はほとんど行われていない。

そこで本研究では、従来から小学校等において一般的に行われている教育活動の一つである、オリエンテーリングの要素を取り入れた Musex と呼ばれるシステムを構築した。Musex は、2人のユーザがペアになって使用される。各々のユーザが、館内の展示物を訪問すると、その展示物に関するクイズが、そのユーザの PDA (Personal Digital Assistant) 上に表示される。それにより、ユーザは展示物に注目する機会を与えられるとともに、PDA 上に表示されるクイズに解答することで、その展示物に対する理解を深めることができる。また、ペアになっている相手の状況が PDA 上で視覚的に表示されること、リアルタイムでコミュニケーションを行えるようになってきていること等により、互いに協調しつつ学習を行う効果が期待できる。更に、この博物館の訪問を学習のきっかけとして、博物館の訪問を自宅で振り返り、更なる学習につなげられるよう、クイズの解答結果を反映させた Web ページを用意した。

本論文の構成は、以下のとおりである。2. では、関連する研究について述べ、その本研究に相違点を示す。3. では、Musex の構成を示す。4.、5. では、博物館で行った Musex の実験とその結果について述べ、それに基づく考察を 6. に示す。7. では、本論文の結論と今後の課題について述べる。

2. 関連研究

ハンドヘルドデバイスを学校教育の現場に取り入れた研究は、これまでにいくつかが行われている。CARDS プロジェクト [3] では、ハンドヘルドデバイス用のアプリケーションを 2 種類使った学習支援システムが提案されており、WISE プロジェクト [4] では、inquiry

learning を支援するためのシステムが提案されている。また、PDA を用いてユビキタスな学習環境を提供するシステム [5] や、ハンドヘルドデバイスをデータ収集ツールとして使うことで子供たちのフィールドワークを支援するシステムが構築されている [13]。

また、ハンドヘルドデバイスのようなモバイル性の高いデバイスを利用してグループ活動をいかに支援するかは、CSCL (Computer Support for Collaborative Learning) の分野においても重要な研究テーマになりつつあり、ハンドヘルドデバイスにより協調学習を行う環境を提供するシステムも、いくつか提案されている。Thinking Tag と呼ばれる通信機能を備えた小さなデバイスを利用して、参加型シミュレーション (participatory simulation) により伝染病の感染過程の理解を目指したシステムが構築されている [6]。このシステムでは、Thinking Tag のピア・ツー・ピアでの通信機能を利用することにより、子供たち間でのコミュニケーションと協同作業を生み出している。同様の試みとしては、Geney [7] や Folk Computing [8] などが挙げられるが、これらの研究はいずれも博物館における協調学習支援を目的としたものではない。

一方、博物館においてハンドヘルドデバイスを用いたシステムの提案もいくつか行われている。主な先行研究としては、ユビキタスコンピューティングをテーマとしたもので、館内や野外において、ツアーガイドに使うものがある [10]。また、ユビキタスシステムによって来館者の体験をより高めることができるかどうかを検証したもの [11] や、来館者にハンドヘルドデバイスの電子ガイドブックを使ってもらうことで、来館者の体験の質を高めようとしたシステム [12] などがある。以上の研究においては、ハンドヘルドデバイスを主に館内や野外のガイドのツールとして使っており、本研究の目的である協調学習支援を目的としたツールとしては使っていない。

また、様々な場所やシチュエーションにおいて、ハンドヘルドデバイスを CSCW に応用する研究もいくつかなされており [15], [16]、博物館での応用を目指したシステムの研究もなされている。その例としては、Sotto Voce と呼ばれるポータブルな音声ガイドシステムが挙げられる。[14] では、このシステムが 2 人 1 組の来館者によって利用された際の利用者の行動の分析、awareness の効果等について議論されている。一方、本研究は子供たちの協調学習支援を目的としている点、視覚的な効果を通して awareness を高めること

を目指している点で、Sotto Voce とは異なる。

3. システム構成

図 1 に Musex の概略を示す。Musex は、従来から小学校等において一般的に行われている教育活動の一つである、オリエンテーリングをベースに考案されている。図 1 のように、ユーザは 2 人 1 組で Musex を使用する。各々のユーザは、PDA とトランシーバを携帯して館内を探索する。

図 2 は PDA 上のソフトウェアのメインとなる画面である。Musex では、展示物に関する 12 個のクイズが用意されている。各々の展示物は、図 2 に示されている 12 個の正方形のパネル一つひとつに対応している。最初、この画面はすべて白いパネルで埋められている。子供たちが展示物に関するクイズに正解をすると、それに対応する白いパネルが取り除かれ、隠されている写真の一部が見えるようになる。しかし、ク

イズに不正解した場合、それに対応する白いパネルが灰色のパネルに置き換わり、該当する部分の写真は見えなくなってしまう。12 枚のパネルの下には、ある展示物に関連する 1 枚の写真が隠されている。すべての問題に解答すると、図 2 の下部に最後のクイズが表示される。このクイズに対するヒントが、12 枚のパネルに隠された写真になっている。ユーザは、12 枚のパネルに隠された写真を手掛りにして関連する展示物を探し出し、この最後のクイズを解答して、システムの利用を終了する。クイズに解答するごとに、それに対応するパネルが取り除かれ写真の一部が見えるようになるか、あるいはそのパネルの色が変化するため、ユーザはゲーム感覚で楽しみながらも、クイズにできる限り多く正解するよう動機づけられる。

図 2 のパネルの状態は、1 組になったユーザ間で共有されている。つまり、一方のユーザが正解をすれば、他方のユーザの PDA の画面においても写真の一部が表示されるようになる。逆に、一方のユーザが不正解の場合、他方のユーザの PDA の画面においても灰色のパネルに変化する。パネルの下に隠されている写真は、同一の展示物に関する写真になっているが、各々の PDA では異なっている。また、一方のユーザが既に解答したクイズは、正解、不正解にかかわらず、別のユーザが再び解答することはできないようになっている。

この仕組みによって、例えば、ある一つのパネルが変化すれば、相手のユーザがクイズに正解したか、不正解したかがわかる。あるいはそのパネルの変化するスピードによって、相手がクイズに次々と取り組んでいるのか、あるクイズで立ち止まって考えているのかなど、相手のクイズに取り組むスピードがわかる。このように、この図 2 の 12 枚のパネルは、ユーザ同士の視覚的な awareness を支援しており、この効果によってユーザ同士のコミュニケーションが活発になることが予想される。

ユーザは、トランシーバを用いて、お互いに相談しながら協力してクイズに解答してもよい。これによって、1 組になったユーザ同士の様々な協調学習が観察できるということが予想される。また、最後のクイズに関してもお互いの PDA に表示される写真は異なるものになっていることにより、お互いの写真を見せ合って議論するなど、協力して最後のクイズに取り組んだ方が正解をより簡単に導き出せると考えられる。よって、最後のクイズにおいても協調して学習する行動が

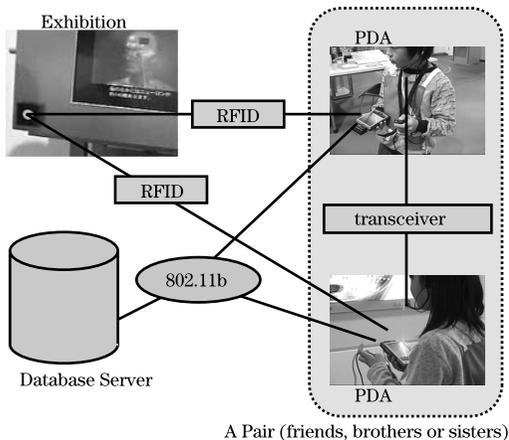


図 1 システム概略図
Fig.1 An overview of Musex.



図 2 PDA のメイン画面
Fig.2 A main screen of PDAs.



図 3 PDA 上の画面 (左: 問題画面, 中央: 正解画面, 右: 不正解画面)

Fig. 3 Screens of PDAs. (left: question screen, center: correct answer screen, right: wrong answer screen)

観察できると予想される。

館内の展示物には, RFID (Radio Frequency Identification) タグがあらかじめ取り付けられている。各 RFID タグには一意に ID が割り振られており, その ID と展示物とが対応づけられている。PDA には RFID タグのリーダが取り付けられており, PDA を RFID タグに近づけると, PDA は RFID タグから展示物の ID を読み取る。PDA はその ID をキーにして対応する展示物に関するクイズをサーバに問い合わせ, 図 3 の最左のように PDA 上にクイズと四つの選択肢を表示する。子供たちは問題文と選択肢を読んだ上で, 目の前にある展示物やその解説を参考にしながら, 四つの選択肢の中から正解と思われる選択肢を一つ選択する。選択肢のボタンはある程度大きめに作っている。これは, 子供たちが PDA に付属しているスタイラスを使うことなく, 指でタッチするだけで選択肢を選択できるようにするためである。

PDA は, 無線 LAN を経由して, ユーザの解答をサーバに問い合わせ, 正解であれば正解画面 (図 3 の中央), 不正解であれば不正解画面 (図 3 の最右) を表示する。正解画面, 不正解画面ともに, クイズに対する解説が付けられており, ユーザは解説を読むことで解いたばかりのクイズの復習を, その場で行うことができる。

なお, ユーザが選択した選択肢の履歴は, 各ユーザ一意に与えられた ID とともに, すべてデータベースサーバに保存されている。これにより, 例えばユーザの誤った操作等によるトラブルでシステムを利用できなくなった場合でも, 別の PDA 上でユーザ ID を入力すれば, データベースサーバからそのユーザに関す

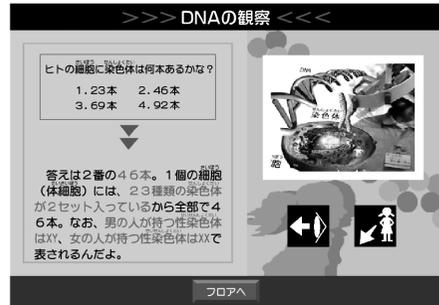


図 4 展示物に関する Web ページ

Fig. 4 A web page about the exhibitions.

るデータを取得し, トラブル前の状態に復帰することができるようになっている。また, データベース上のすべてのデータは, Web ブラウザから適宜管理できるようになっている。

また, クイズの解答結果は, 自宅で Web ページを通して振り返ることができる。この Web ページには図 4 に示すように, 各クイズで訪問した展示物の写真や解説の要約が載っており, ユーザはこの Web ページを閲覧することで, クイズの復習や更なる学習につなげることができる。

4. 評価実験

Musex を用いた実験を, 実際の博物館 (日本科学未来館 [18]) にて行った。実験は, 2002 年 11 月の休日を含む 3 日間にわたって行われた。実験に先立ち, 展示物に関するクイズの設計について, 博物館のスタッフと議論した。その結果, (1) 小学生 (6 歳から 12 歳) 程度のレベルとすること, (2) 展示物の中で 1 番注目をしてほしい内容を含んでいること, (3) 展示物とともに設置されている解説文等に, 解答またはそのヒントが隠されていること, (4) 来館者から, あまり注目されていない展示物であり, かつ学習支援の素材としては有用な展示物を対象とすること, を基本的な設計方針とした。実験では, 13 問のクイズ (図 2 の各パネルに対応するクイズ 12 問と, パネルの下に隠された写真に対応するクイズ 1 問) が用意された。以下に, 実験で使用したクイズと解説の 1 例を示す。

問題文: ヒトの脳とネコの脳では, 脳の中のどの部位が大きく違うのかな?

選択肢: 大脳/中脳/小脳/間脳

解説: 答は大脳。展示物を見てみよう。ヒトの脳と

ネコの脳を比べると、ヒトの脳は脳が複雑に発達しているのがわかるね。

クイズに解答する順番は指定されていない。したがって、子供たちは自由に展示物を訪問し、その展示物に関するクイズに解答することができる。また、子供たちが自分のペースでクイズに解答できるようにするため、各々のクイズには解答時間の制限を付けていない。PDA の使い方に関しては、子供たちが第 1 問目に解答する際に、スタッフが付き添って操作方法を教えることとした。このとき子供たちに伝えるのは、RFID タグに PDA を近づけてクイズを表示されるための操作、クイズに解答する際の操作だけであり、クイズに関するヒント等は一切伝えていない。また、トランシーバに関しては、システムの利用を始める前にその使い方を説明した。子供たちが PDA やトランシーバを使用している様子を、デジタルビデオカメラを用いて記録した。システムの利用が終わった後に、アンケートに協力してもらった。また、Web ページから自分の解答結果を参照できるように、ユーザごとに ID を発行した。

5. 実験結果

実験の参加者数は、25 組 50 名（男性 33 名、女性 17 名）であった。このうち、13 組が親子、12 組が兄弟や友人同士での参加であった。なお、実験の参加者は、来館後にポスターや館内放送を通して実験を知った人々であり、筆者ら及び実験のスタッフと面識がなく、システムのこと知らない人々であった。実験参加者の年齢分布は表 1 のとおりである。実験の際の参加者の様子を、図 5 に示す。また、クイズに取り組んでいる際の様子をプロトコルとして記述したものを付録に示す。実験では、子供たちが積極的に目の前にある展示物をよく観察し、クイズに取り組んでいる様子が見えられた。また、実験の補助として参加した博物館のボランティアからは、以下のようなコメントが得

られた。

- トランシーバは親子がばらばらになっているときに、質問のやり取りをしていたので、役に立っていると思う。

- 来館者に対し、グループごとにこのようなシステムを与えることができれば、子供が親に手を引っ張られることなく、また親は子供のことを気に掛けずることなく、自由に館内を見られるシステムになると思う。興味をもつ展示や分野は、各人の年齢や社会的な環境によっても違うため、自分のペースで館内を回れるシステムとしても使えると思う。

アンケートを集計した結果を、図 6、図 7、及び図 8 に示す。図 6、及び図 7 から、子供たちは本システムを通して、楽しみながら展示物について学習していたといえる。また、図 8 から、本システムの楽しさは、主に PDA に起因していると考えられる。



図 5 Musex の使用状況
Fig. 5 Musex in use.

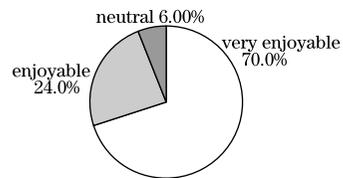


図 6 アンケート結果（本システムは楽しかったか）
Fig. 6 Result of the questionnaire. (How enjoyable was Musex)

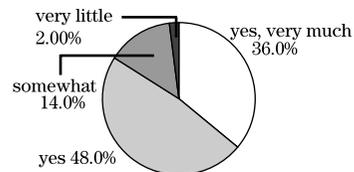


図 7 アンケート結果（クイズは勉強になったか）
Fig. 7 Result of the questionnaire. (How could the quizzes facilitate your learning)

表 1 実験参加者の年齢分布
Table 1 Age distributions of the participants.

年齢	人数
～5 歳	4 人
6 歳～9 歳	21 人
10 歳～12 歳	10 人
13 歳～24 歳	0 人
25 歳～34 歳	3 人
35 歳～44 歳	6 人
45 歳～	6 人

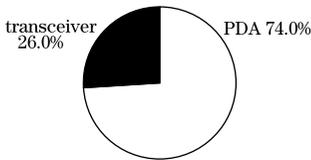


図 8 アンケート結果 (PDA とトランシーバではどちらが楽しかったか)

Fig. 8 Result of the questionnaire. (Which was more enjoyable, a PDA or a transceiver)

6. 考 察

実験中に観察されたユーザの行動から, Musex に関してどのような特徴的な点があるかを考察した. 以下では, 特に子供たちの行動をもとに, ユーザとシステム, 及びユーザと展示物とのインタラクション, 並びにユーザ同士のインタラクション, とに分けて行った考察について述べる. また, Musex の改良すべきと思われる点についても述べる.

6.1 ユーザとシステム, 及びユーザと展示物とのインタラクション

まず, ユーザが PDA や目の前にある展示物と, どのようにインタラクションをしていたかを考察し, 本システムの特徴となる点を挙げる.

- PDA を使うことによりインタラクティブに展示物を見るようになり, 展示物に目を向けさせる機会を提供できていた: 付録に示したとおり, クイズに取り組むプロセスにおいて展示物と PDA とを何度も交互に見ながらクイズに取り組んでいる様子や, クイズが終わった後に見直しをする様子 (付録の 2: 21, 2: 31) がうかがえた. これらは本システムによって生まれたインタラクションであり, 子供たちの注意が展示物に対して自然と引きつけられることにつながっていると考えられる. 更に, 解説文や解説用の絵を自分の指でなぞる (付録の 0: 17, 2: 14, 2: 31) など, 展示物に対して積極的な働きかけを行っており, インタラクティブ性の低い展示物に対してのエンゲージメントが高まっていることがわかる. 以上から, 普段はあまり注目されることのない展示物に対しても, 本システムによって目を向ける機会を提供できており, 更に博物館での子供たちの学習を動機づけることができるといえる.

- 積極的に取り組む姿勢が観察された: PDA の不調等によりクイズを続けることが難しくなってしまう

た場合を除き, 途中でやめてしまった子供はいなかった. 積極的にクイズに取り組もうとしている子供がほとんどであり, もう一度やってみたいという意見も多かった. 図 6 のアンケートの回答では, ポジティブな印象を抱いたユーザが大半を占めており, 本システムが子供たちにとって受け入れられるシステムであるといえる. また, 大人が使用した場合にも, 子供たちと同様, 積極的にクイズに参加する姿が見受けられた.

- 操作に戸惑う子供がほとんどいなかった: RFID タグに PDA を近づける操作, クイズに解答する操作について戸惑う子供は見受けられなかった. 本システムでは, スタイラスを必要としないユーザインタフェースを設計する等, できる限り簡単, かつ直感的に操作できるように配慮したことや, 多くの子供たちが家庭でゲーム機をよく使用しており, PDA に対して違和感をもちにくいこと等から, PDA 上のソフトウェアの操作を容易に習得できたものと思われる.

- 実験後, Web ページを閲覧していた: 博物館にてクイズに取り組んだ後, 自宅にて Web ページを参照しているユーザもいた. このように本システムを Web ページなどと組み合わせることにより, 博物館で展示物に関するクイズを解いたことがきっかけとなり, 自宅に帰ってからの更なる学習を支援できると考えられる.

6.2 ユーザ同士のインタラクション

以下では, PDA とトランシーバを介したユーザ同士のインタラクションについて考察する.

- クイズを分担して解いていた: あるチームの女の子は「5 番できたよ」とトランシーバを使ってパートナーに伝えていた. それを聞いたパートナーは 5 番以外のクイズに取り組もうとしていたり, お互いに何番のクイズを見つけたかをやり取りしながら, できるだけ同じクイズを探さないようにしていた. また, 参加者のあるペアでは, PDA の画面を見ながら「4 と 7 と 10 番は終わっているから, それ以外を探さないといけないよ」と言いつつ, パートナーと協同して他のクイズを探していた. このように, 参加したペアの多くは, PDA 上の写真の状態を見たり, トランシーバで会話をしながら 2 人でクイズをうまく分担して解いていた.

- 最後のクイズに関係する展示物を協同して探し, クイズを解いていた: 12 問のクイズを解き終わった後, PDA には最後のクイズが表示される. PDA 上に表示された写真を手掛りに最後のクイズに関係する展

示物を探す際、どのチームも協同して探す様子うかがえた。その多くは、トランシーバで連絡を取り、一度合流して議論した後で探し始めるか、あるいはトランシーバで適宜コミュニケーションを取りながら別々に探し、目的の展示物を見つけるとそれをパートナーに知らせて合流するか、のいずれかであった。また、最後のクイズに対してもお互いに議論しながら正解を導き出していた。

- わからないクイズに直面したとき、パートナーに手助けを求めていた：子供とその親がペアでシステムを使っており、文章中に読めない漢字が含まれているクイズや、答を出すのが難しいクイズに子供が直面した場合、子供がトランシーバで親に助けを求める様子うかがえた。トランシーバである程度やり取りをした後、それでも解決しないときは、自分のところに来よう親に告げ、一緒にクイズに取り組んでいた。

- PDA を通してパートナーの様子を把握していた：2人の子供たちのペアでは、一方の子供の母親がPDAの画面を見ながら、「ほら、さやかちゃん（この女の子のパートナー）はこんなにクイズを解いているよ。」と言うと、「私だってこれだけ解いたよ。」とPDAの画面を指差しながら話していた。図2に示したPDAの画面は、自分がどれだけのクイズに答えたかを確認できるだけでなく、自分のパートナーがどれだけのクイズに答えたか、正解したかどうかを確認することができる。したがって、トランシーバだけでなくPDAだけでも容易にお互いの状況を把握でき、それをきっかけに、お互いのコミュニケーションを促進できることが観察された。このように、PDAによる視覚的な効果を通して、awarenessを支援することができていたといえる。

また、あるペアは、より早く6問（12問の半数）のクイズに正解した方が勝ちと勘違いしていた。そのペアの一方の子供は、6問目のクイズに解答するとき、「この問題で勝ちだ！」と発言していた。このような行動は、本研究が目指す協調学習の効果とは異なっているものの、子供たちが展示物に目を向けるきっかけを提供していると考えられる。

6.3 Musex の改良点

実験を通して、改良すべき以下のような点を見つけることができた。

- 解説を読み飛ばしてしまうこと：図3に示されているように、本システムではクイズに対する解説は、テキストで与えられる。このために、一部の子供たち

には、クイズに解答した後、その解説に注意を払わないという傾向が見られた。自分の解いたクイズを見直すことは学習効果を高めることにつながるため、何らかの方法で、子供たちの注意を引きつける仕掛けが必要となる。PDA上にテキスト情報を一度に提示するだけではなく、例えば、子供たちがPDAを操作することで、クイズに関連する情報をインタラクティブに提示できるといった方法も、有効だと考えられる。

- 各々のクイズを、一方のユーザしか解答できないこと：本システムでは、一方のユーザが解答したクイズを、別のユーザは解答することはできない。そのため、解答できないクイズに対応する展示物が、ユーザから注目されない場合が観察された。この問題を解決するため、まだ解答していないユーザであれば解答できるようにする、あるいは解答はできないとしても、クイズの内容を表示できるようにする等、両方のユーザがすべての展示物に対して注目できるように改良する必要がある。

- 漢字に戸惑う子供がいたこと：特に年齢の低い子供にとっては、展示物やPDA上で表示される問題文や選択肢の漢字を読むことが難しく、戸惑ってしまう様子が観察された。この問題を解決するためには、問題文に振り仮名を付けるなどの方法が考えられる。しかし、今回の実験では、漢字をあまり読むことのできない子供であっても、親やスタッフにその読み方を聞くなどして、クイズに取り組んでいた。このように子供が困難を感じながらも、周囲の支援を求めつつ積極的にクイズに解答する様子は、本システムを通して観察された興味深い行動であるといえる。

- PDAの反応速度が遅い場合があること：展示物の近くに設置されてるRFIDタグにPDAを近づけたときや、選択肢のボタンを押したときに、PDA上の画面が切り換わるまでに時間がかかる場合があった。画面の切替に時間がかかると、子供たちは自分の操作が間違っていたと思い、戸惑う様子が見られた。このような問題を解決するためには、例えば、画面が切り換わるまでの間、ダイアログを表示させ、問題なく処理が行われていることを明示すること等が考えられる。

- トランシーバをうまく使うことのできない子供がいたこと：実験に参加をしてもらう前に、PDAの使い方、及びトランシーバの使い方を説明した。実験では、PDAの使い方がわからなかった子供はいなかったが、トランシーバを使って会話をすることができなかった子供が何人かいた。その理由の一つとして、一

方向通話のトランシーバによる会話が難しかったことが考えられる。しかしながら、このような場合でも、パートナーの状態を PDA を通して知ることができたため、トランシーバなしでも、協力してクイズに取り組む様子も見られた。

7. む す び

本論文では、博物館での協調学習を支援する Musex と呼ばれるシステムについて述べた。実際の博物館での評価実験を通して、当初の目的であった、普段はあまり目を向けられることのない展示物に目を向ける機会を子供たちに提供する効果が確認できた。また、オリエンテーリングの要素を取り入れ、ゲーム感覚で展示物を訪問することができるため、子供たちの学習への動機を高める点で有効なシステムであるといえる。更には、クイズに対する行動の結果が、ペアになったユーザの行動結果と同時に PDA 上に視覚化されていることによって、子供たちと展示物とのインタラクションだけでなく、子供たち同士のインタラクションや awareness を支援できることが示された。

一方、実験を通して、改良を要する点も明らかになった。PDA 上の解説を読み飛ばしてしまうことや、クイズを分担することで解答できず、注目されないクイズが出てしまうこと等については、現在その対策を検討している。

また、今回の実験では 2 人 1 組で館内を探索しながら学習をするシステムを提案したが、これを来館者全員など多人数に適用することも考えられる。このようなケースを考えると、本論文で提案したような手法に加えて、初対面の子供たち同士のインタラクションに対する障壁を取り除き、子供たち同士が学習することを刺激する仕組みが必要となる。例えば、来館者全員を対象にしたコミュニティを形成すること [17] などが考えられるが、子供たち同士の協調学習を実現するには、子供たちが知り合ってコミュニケーションをとるだけではなく、子供たちに学習活動を起こさせる必要がある。そのためには、コミュニティ形成に加え、他の来館者とどのように共通の（学習）目標を設定できるようにするか、等についても検討が必要であると考える。

そのほかに、博物館のスタッフには、展示物の理解を深めてもらえるように、来館者とのコミュニケーションを図るためのより多くの機会をもちたい、という要望があることがわかった。博物館のスタッフによ

る解説は、既に設置されている展示物の解説を補うと同時に、内容的にも、理解しやすく噛み砕いて説明されるため、子供たちの学習支援に極めて有効であると考えられる。したがって、博物館のスタッフと子供たちとのインタラクションを支援するようなシステムは有用であるといえる。例えば、Musex においては、子供たちが PDA 等でクイズの内容や解説、展示物に関して博物館のスタッフに直接質問ができるような機能を組み入れることなどが考えられる。

謝辞 本システムの設計に対してのアドバイス、及び本システムの実験に御協力頂いた日本未来科学館の方に心から感謝致します。また、本システムの実験をサポートしてくれた、東京大学、多摩美術大学の学生に感謝します。

文 献

- [1] E. Soloway, C. Norris, P. Blumenfeld, B. Fishman, J. Krajcik, and R. Marx, "Handheld devices are ready-at-hand," *Commun. ACM*, vol.44, pp.15-20, June 2001.
- [2] M. Curtis, K. Luchini, W. Bobrowsky, C. Quintana, and E. Soloway, "Handheld use in K-12: A descriptive account," *Proc. IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies (WMTE '02)*, pp.23-30, Växjö, Sweden, Aug. 2002.
- [3] M.J. Jipping, J. Krikke, S. Dieter, and S. Sandro, "Using handheld computers in the classroom: Laboratories and collaboration on handheld machines," *Proc. Thirty Second SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '01)*, pp.169-173, Charlotte, North Carolina, United States, Feb. 2001.
- [4] J.D. Slotta, D.B. Clark, and B. Cheng, "Integrating palm technology into the Web based Inquiry Science Environment (WISE)," *Proc. Computer Supported Collaborative Learning (CSCL '02)*, pp.542-543, Boulder, Colorado, United States, Jan. 2002.
- [5] C. Chang and J. Sheu, "Design and implementation of ad hoc classroom and eSchoolbag systems for ubiquitous learning," *Proc. IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies (WMTE '02)*, pp.8-14, Växjö, Sweden, Aug. 2002.
- [6] V. Colella, "Participatory simulations: Building collaborative understanding through immersive dynamic modeling," *Journal of the Learning Science*, vol.9, no.4, pp.471-500, Oct. 2000.
- [7] A. Danesh, K. Inkpen, F. Lau, K. Shu, and K. Booth, "GeneyTM: Designing a collaborative activity for the palmTM handheld computer," *Proc. Human Factors in Computing Systems (CHI '01)*, pp.388-395, Seattle, Washington, United States, March 2001.
- [8] R. Borovoy, B. Silverman, T. Gorton, J. Klann, M.

- Notowidigdo, B. Knep, and M. Resnick, "Folk computing: Revisiting oral tradition as a scaffold for co-present communities," Proc. Human Factors in Computing Systems (CHI '01), pp.466-473, Seattle, Washington, United States, March 2001.
- [9] 総合的な学習の時間の新設, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/sougou/020501.htm
- [10] G.D. Abowd, C.G. Atkeson, J. Hong, S. Long, R. Kooper, and M. Pinkerton, "Cyberguide: A mobile context-aware tour guide," Wireless Networks, vol.3, no.5, pp.421-433, Oct. 1997.
- [11] F. Bellotti, R. Berta, A. Gloria, and M. Margarone, "User testing a hypermedia tour guide," Pervasive Computing, vol.1, no.2, pp.33-41, April 2002.
- [12] M. Fleck, M. Frid, T. Kindberg, E. O'Brien-Strain, R. Rajani, and M. Spasojevic, "From informing to remembering: Ubiquitous systems in interactive museums," Pervasive Computing, vol.1, no.2, pp.13-22, April 2002.
- [13] R. Rieger and G. Gay, "Using mobile computing to enhance field study," Proc. Computer Supported Collaborative Learning (CSCL '97), pp.215-223, Tronto, Ontario, Canada, Dec. 1997.
- [14] R.E. Grinter, P.M. Aoki, A. Hurst, M.H. Szymanski, J.D. Thornton, and A. Woodruff, "Revisiting the visit: understanding how technology can shape the museum visit," Proc. ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work (CSCW '02), pp.146-155, New Orleans, Louisiana, United States, Nov. 2002.
- [15] P. Luff and C. Heath, "Mobility in collaboration," Proc. ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work (CSCW '98), Seattle, Washington, United States, Nov. 1998.
- [16] L. Palen, M. Salzman, and E. Youngs, "Going wireless: Behavior & practice of new mobile phone users," Proc. ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work (CSCW '00), pp.201-210, Philadelphia, Pennsylvania, United States, Dec. 2000.
- [17] Y. Sumi and K. Mase, "Supporting the awareness of shared interests and experiences in communities," Int. J. Hum.-Comput. Stud., vol.56, no.1, pp.127-146, Jan. 2002.
- [18] 日本科学未来館, <http://www.miraikan.jst.go.jp/>

付 録

Musex 使用時の発話プロトコル例

0:00 PDA をタグに押し当てる . PDA 上に問題が表示される . 「 … 心臓を通過してどこへながれるのかな? 」(問題文を読む .)

0:09 「なーにかなー? 」目の前にある解説パネルに目をやる .

0:17 解説パネルに書かれている解説を指でなぞる .

0:28 解説を指でなぞるのをやめる . 解説パネルの右側に書かれている人体の絵を見る .

0:36 PDA の画面を見る . 以後 , PDA の画面を注視し続ける .

1:03 PDA の画面を見るのをやめ , 展示物の右側の方へ移動する . 移動後解説パネルに書かれている解説を読む .

1:31 補助人工心臓装置のデモ装置を操作する .

1:37 補助人工心臓装置のデモ装置が動き , 血液に見立てた水が移動していることを観察する . 「あ , これ心臓や . 動いてる . 」

1:42 再び PDA の画面を見る . 手は補助人工心臓装置のデモ装置の操作をしたまま .

1:51 「 … 補助人工心臓装置 , どこを通過して … 」(問題文を読み直す)

2:00 補助人工心臓装置の左側にある解説パネルの前に移動する .

2:14 展示の心臓の絵を指でなぞる .

2:17 「これや . 」PDA 上の解答ボタンを押す .

2:19 PDA 上に不正解と表示される .

2:21 目の前にある解説パネルに目をやる . 何度か PDA と解説パネルとを交互に見る .

2:31 「あ , これや . 左心房からこれ . 」解説パネルに書かれている人工心臓に関する絵の部分左心房から人工心臓の装置の方に指でなぞる .

2:38 展示物の前を離れる .

注 : 上記のプロトコルで使用した記号は以下のとおりである .

時刻 : 発話や行動を起こした時刻

「」: 発話

…: 周囲の騒音等により聞き取ることができなかったが , 何らかの発話をしているもの ,

(読点) : 一つの発話の中で 1.0 秒未満の長さで途絶えている状態 .

(句点) : 語尾の音が下がっている

? : 質問文のように語尾の音が上がっているもの

() : 発話に関する補足的説明

(平成 15 年 2 月 3 日受付 , 5 月 15 日再受付)



矢谷 浩司 (学生員)

2002 東大・工・電子情報卒．同年より同
大大学院新領域創成科学研究科基盤情報学
専攻修士課程在籍．ヒューマンコンピュ
ータインタラクション，協調作業支援，認知
科学，エンタテインメントコンピューティ
ング，学習支援の研究に興味をもつ．



大沼 真弓

2002 多摩美大・美術情報デザイン卒．
ヒューマンコンピュータインタラクション，
インタラクティブデザイン，学習支援の研
究に興味をもつ．



杉本 雅則 (正員)

1990 東大・工・航空卒．1995 同大大学
院工学系研究科博士課程了．博士(工学)．
同年より文部省学術情報センター(現，国
立情報学研究所)研究開発部助手．1997 米
国コロラド大学計算機科学科にて客員研究
員．1999 より東京大学情報基盤センター
助教授．2002 より同大学大学院新領域創成科学研究科助教授．
ヒューマンコンピュータインタラクション，協調学習支援，情
報検索，情報視覚化，データベースシステムなどの研究に従事．
ACM, IEEE, 情報処理学会，人工知能学会，日本認知科学会，
日本科学教育学会各会員．



楠 房子 (正員)

1997 東京大学大学院工学系研究科先端
学際工学専攻博士課程了．博士(工学)．同
年より多摩美術大学美術学部デザイン学科
講師．2001 同大学助教授となり，現在に
至る．1998 より 2001 まで科学技術振興
事業団さきがけ研究 21「情報と知」研究
員兼任．ヒューマンコンピュータインタラクション，認知科学，
学習支援の研究に興味をもつ．ACM, 情報処理学会，日本教
育工学会，日本認知科学会，日本科学教育学会各会員．