

卒業論文

博物館における携帯情報端末を用いた
協調学習支援システムに関する研究

平成15年2月12日 提出

指導教官

杉本 雅則 助教授

電子情報工学科

10408

矢谷 浩司

目次

1	序論	1
1.1	概要	1
1.2	本研究の背景	1
2	関連研究	2
2.1	学校教育におけるハンドヘルドデバイスの利用例	2
2.2	CSCLを目的としたハンドヘルドデバイスのシステム例	3
2.3	博物館におけるハンドヘルドデバイスの利用例	4
2.4	本研究との相違点	4
3	クイズの設計方針	5
4	Musex 1 のシステム設計	6
5	Musex 1 の評価実験	9
6	Musex 1 の実験結果	11
6.1	システム使用状況	11
6.2	アンケート集計結果	13
7	Musex 1 に対する考察	13
8	Musex 2 のシステム設計	15
8.1	Musex 1 との相違点	15
8.2	Musex 2 の使用方法	17
9	Musex 2 の評価実験	19
10	Musex 2 の実験結果	22
10.1	システム使用状況	22
10.2	アンケート集計結果	24
11	Musex 2 の考察	24
12	Musex 1、及び Musex 2 の改良点	26
13	あとがき	27
14	参考文献	28
15	謝辞	30
16	発表文献リスト	30

1 序論

1.1 概要

学校などのような教育の場において、コンピュータを利用することが重要視されている。特に、パーソナルコンピュータよりも安価、持ち運びが可能、十分な性能を兼ね備えている等々の利点により、ハンドヘルドデバイスを利用するシステムに注目が集まっている。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 Supported Collaborative Learning) の重要な研究テーマになりつつある。一方、学習指導要領の改訂により「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。本研究では、以上の要素を組みあわせ、まず「総合学習」の場として今後注目される博物館において、PDA (Personal Digital Assistant) を用いた学習支援システムの構築を行い、実際に博物館にて評価し、本システムの効果を確認した。その上でさらに、2台のPDAを用いて2人1組で参加し、展示物に関連するクイズを協同しながら解くことによって学習を支援するシステムの構築を行った。このシステムでは子供達同士がお互いによりインタラクションをしながら学習できるように、PDA上で視覚的にペア同士の awareness を支援している。このシステムも実際に博物館にて評価し、観察された子供達のインタラクションから考察を行った。

1.2 本研究の背景

情報化社会が進行する中で、学校などのような教育、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、持ち運びが非常に簡単、扱いやすい等の理由から、ハンドヘルドデバイスが個人情報の管理ツールとしてではなく、子供達の学習を支援するツールとして活用する研究が行われている [1, 2]。

一方、日本においては、文部科学省の学習指導要領が改訂されることにより、「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、子供達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で学習させるといふ今までのような方法とは違った学習方法を子供達に提供することが要求される。このため、従来より学校とは違ったスタイルで学習の場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、展示物や設備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」に対して理想的な学習環境を提供できる可能性がある。しかし、博物館においてもいくつかの問題点がある。問題点の一つに、館内の展示物において非常に人気のあ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挙げられる。人気のない展示物はパネルやVTR (Video Tape Recorder) などによる解説のみのように、一方的に情報を受け取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もの、つまり、インタラクション性の低いものである場合が多い。しかし、これらの展示物を全て、子供達の目を引くようなインタラクション性の高いものにするには、非常に多くのコストがかかる。しかしながら、そのような生かされていない展示物も、多くの専門家が監修したものであったり、最新的话题を盛り込んだものである場合も多く、「総合学習」の素材としては十分価値のあるものであり、子供達の学習に有用であると考えられる。

以上のような事実から、十分に価値があるにもかかわらず生かされていない展示物を生かすた

めの一つ的手段として、ハンドヘルドデバイスを利用した学習支援システムの構築することができれば、非常に有用であると考えた。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おり [16]、CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) を目的としてハンドヘルドデバイスを利用する研究もいくつか行われている [6-8]。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。

本研究ではまずこの点に着目した上で、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した Musex というシステムを構築した。本研究では、まず一般的な PDA (Personal Digital Assistant) を利用して、博物館にある各展示物に関するクイズを PDA 上に出題することで、展示物に目を向ける機会を提供し、子供達の学習を支援する、Musex 1 というシステムを構築した。実験を通して Musex 1 の効果を確認した上でさらに、我々は 2 台の PDA を用いて展示物に関連するクイズを協同しながら解くことによって学習を支援する、Musex 2 というシステムの構築を行った。このシステムでは、子供達が 2 人 1 組となってお互いにコミュニケーションをとりながら、館内のクイズに挑戦しなければならないようになっている。また、子供達のコミュニケーションと協調学習をより活発にするために、PDA 上で視覚的にペア同士の awareness を支援している。このために、展示物に対してだけでなく、子供達同士がお互いによりインタラクションをしながら学習することが期待される。この Musex 2 に関して実際に博物館にて評価し、観察された子供達のインタラクションからシステムに対する考察を行った。

2 関連研究

2.1 学校教育におけるハンドヘルドデバイスの利用例

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 種類使用し、教室での授業にハンドヘルドデバイスを組み入れることを目的としたシステムが提案されている。2 種類のアプリケーションは各々、NERTS と HEARTS という名前が付けられている。NERTS は生徒と教師がネットワークと介して、プログラミングに関する質問やアイデアの交換ができるように開発されたアプリケーションである。一方、HEARTS は生徒が NERTS を使用して作成した Java プログラムを実行し、プログラムのパフォーマンスの評価、分析、比較ができるようなアプリケーションになっている。

WISE (Web-based Inquiry Science Environment) プロジェクト [4] では、幼稚園児から高校 3 年生までの科学、及び数学のカリキュラムにおいて Palm Pilot のテクノロジーを利用して、inquiry activity を支援する方法が研究されている。具体的には、まず Cooties や Picomap といった既存の Palm のアプリケーションを利用し、WISE カリキュラムに組み入れる方法を検討している。さらに、与えられた科学的な課題に関する調査を生徒自身で行えるように、独自の Palm アプリケーションによって、生徒が Palm でデータ収集をし、PC にアップロードして、他の生徒と協調して学習できるようなシステムを開発している。

この WISE プロジェクトに似た研究としては、ハンドヘルドデバイスをやはりデータ収集ツールとして使うことで子供達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 [14]。この研究

では、すぐにその場で自分のアイデア等を試すことのできる環境を子供達に提供することで、子供達の学習効果を高めることができるという仮説を立てている。この仮説の下、野外でのフィールドワークにおける体験の質を、ハンドヘルドデバイスを使うことによって高めることができるかどうかを検証している。

PDA を用いてユビキタスな学習環境を提供することを目指したシステムとして、Ad Hoc Classroom と eSchoolBag というシステムが挙げられる [5]。この Ad Hoc Classroom では、子供達が教室外においても学習によって得られた様々な知識を結びつけることを支援するため、いつでもどこにおいても同じ教室にいるのと同じように、教師とコミュニケーションを取ることができるようになっている。また、eSchoolBag は、学校における授業の際に必要なようなツールを PDA 上で実現したものである。子供達はこの eSchoolBag を利用することで、板書を書き写したり、教師が作成した試験や連絡事項を手持ちの PDA にダウンロードすることができ、eSchoolBag によって、生徒自身が学習することに対して自ら動機付けされることを目指している。

2.2 CSCL を目的としたハンドヘルドデバイスのシステム例

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 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。

ハンドヘルドデバイスとして、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) を実現するシステムが構築されている。[6] では、伝染病の感染過程という比較的難解な科学的現象を学習させることに利用している。具体的には、子供達に各々 Thinking Tag を持たせている。この Thinking Tag のうち、いくつかはウィルスが潜伏しているタグになっている。また、Thinking Tag は赤外線通信の機能を兼ね備えており、Thinking Tag 同士を近づけて、ピア・ツー・ピアでデータを交換することができる。これを利用して、子供達が Thinking Tag をお互いに近づけあった際、どちらかがウィルスに感染していると、そのウィルスが伝染するようになっている。ウィルスに感染し、発病すると Thinking Tag に付属している LED の発光色が変化し、視覚的に発病したことがわかるようになっている。このように、あたかも自分が病気に感染したり、病気をうつしたりすることができ、子供達はより直感的な形で伝染病をシミュレートすることができる。このため、伝染病の感染過程に関して子供達の間でのコミュニケーションや協調学習を活発にすることができるようになっている。

Geney [7] においては、[6] と同様、難解な科学的現象である遺伝現象を、Palm 上の独自のアプリケーションを利用して理解を深めさせることを目的としている。Geney では Palm 上に魚を保有することができるようになっている。子供達はお互いが保有している魚を、Palm の赤外線通信の機能を利用して交換することができる。この交換した魚と自分が保有している魚とを交配させることで、2匹の魚の性質を合わせ持った魚を生み出すことができる。子供達はあらかじめ定められた性質の魚を生み出すこと最終目標とされている。このために、子供達はお互いにコミュニケーションを図りながら、交配を進めて行く必要がある。結果、このシステムによって子供達の間で social interaction が生まれ、子供達の学習行動を高めることのできる、効果的なシステムであると評価している。

また、social interaction を支援するシステムとしては、民間伝承のゲームをベースに考案された Folk Computing が挙げられる [8]。この研究では、i-ball と呼ばれるハンドヘルドデバイスを用いている。i-ball 上では、PC 上の専用のプログラムで作成されたアニメーションをコピーして、持ち歩くことができるようになっている。このデータはお互いの i-ball でコピーできるようになってい

るだけでなく、ユーザが定めたルールに従って、他人の i-ball に移動してしまうことも起こせるようになっている。このため、ユーザ間での interaction が活発となり、結果としてコミュニティの形成を支援することにつながるため、子供達の学習行動に対する影響を生み出せると考えられる。

2.3 博物館におけるハンドヘルドデバイスの利用例

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]。この研究では、ユーザの周囲の状況を考慮してユーザに対して的確な情報を提示する、context-aware なシステムの構築が目的となっている。具体的には、屋内においては赤外線と超音波のセンサを利用して、また屋外においては GPS (Global Positioning System) を利用することで、ユーザの現在位置を特定する。位置の特定ができた後、その位置に関連する情報をユーザが持っている端末に表示する。[10] では、現在の位置からみた周囲の地図や、周囲にある建物や部屋に関する情報が提供されるようになっている。

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研究例もある [11]。この研究では、水族館において音声だけでなく、映像や画像も提供できるハンドヘルドデバイスを使用している。実際の水族館における実験を通して、このマルチメディアガイドシステムのユーザインターフェースに関する考察を行うと共に、このようなマルチメディアガイドシステムが、音声ガイドや一般的なパネル解説と比較して、どのようにユーザの知識習得を支援できるかや、どのようにユーザの行動に影響しているかを考察している。

ハンドヘルドデバイスの電子ガイドブックを提案する研究もある。[12] においては、展示物に設置された ID を割り振っており、PDA にその ID を読み取らせると、PDA に展示物に関するコンテンツの説明が表示されるようになっている。さらに、PDA 上で自分だけのスクラップブックのように、興味の引かれた展示物や気に入った展示物に関して記録を残すことができ、Web 上から後で見ることができるシステムを提案している。このシステムを実際の博物館において検証し、来館者の体験の質を高めることにつながっていると考察されている。

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 [16,17]、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。[15] では、音声ガイドブックが 2 人 1 組で使用するよう設計されており、4 通りの情報の提示ができるようになっている。このガイドブックを用い、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。

2.4 本研究との相違点

[3-5,14] など、学校教育におけるハンドヘルドデバイスの利用を目指した研究は、学校の教室、及びクラス内でのフィールドワークで使用されることを主に想定している。一方、本研究はハンドヘルドデバイスを用いて博物館内での子供達の学習行動を支援することを主な目的としており、上記の研究とは異なる。

また、[6-8] など、CSCL を目的としたハンドヘルドデバイスのシステムに関しても、やはり博物館内での子供達の学習行動を支援することを目的としたものでなく、本研究とは異なっている。

[10-12] など、博物館におけるハンドヘルドデバイスの利用を目指した研究においては、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いる。一方、本研究では館内のガイドシステムの構築ではなく、子供達の協調学習支援を目的としたシステムの構築を目的としており、やはり本研究とは異なる。また、[15]は博物館内でポータブルな音声ガイドシステムを2人1組で使用し、ペアとなったユーザ同士の行動を分析してシステムの効果を検証しているが、子供達の協調学習支援を目的としている点や、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、本研究とは異なる。

以上のように、ハンドヘルドデバイスを用いて博物館内での子供達の学習行動を支援することを目的とした研究はほとんど行われていない。さらに、博物館内で2人1組となって協同してクイズに取り組むことで、協調学習の支援を行うことを目的としたシステムも例がほとんどない。この事実に加え、日本の小学校において今後博物館での教育活動を支援するようなシステムが必要となることが予想されることを考慮した上で、我々は博物館での子供達の協調学習を支援するシステムの構築を行った。

3 クイズの設計方針

システムを構築するに当たり、我々はまず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に注目した。このオリエンテーリングをベースにして、子供達が展示物に関係するクイズを展示物を見ながら解くことで、普段は注目されることの少ない展示物に目を向ける機会を提供することを考案した。そこで、子供達が館内を探索する際に携帯する、PDA 上に表示されるクイズをどのように制作するべきかを考えた。その結果、以下のような要素を持つようにクイズを制作するべきであると考えた。

- 展示物に関連した問題であること：博物館の展示物は多くの専門家が監修したものであったり、最新的话题を盛り込んだものである場合も多く、学習の素材として価値の高いものであると考えられる。しかし、単純なパネル解説などのようなものはインタラクティブ性が低く、子ども達にとってそのままでは少し親しみにくいものになってしまう。このような展示物に対して、展示物に関連したクイズを子ども達に出題することができれば、子ども達は自然とその展示物に目を向けることとなる。このような効果により、既存の展示物を生かした、効果的な学習ができると考えられる。
- 展示物をよく観察しないと解けない問題であること：展示物に関連した問題であっても、常識によって解けてしまう問題や、展示物を少し見れば解けてしまうような問題では、展示物から得られる学習効果が減ることとなる。故に、できうる限り、展示物をよく観察したり、解説のパネルをよく読まないで解くことのできないような問題を制作する必要がある。
- 選択問題にすること：PDA のようなデバイスを扱うことは、PDA に形態に近いゲーム機を使っていることが多い子ども達にとってそれ程親しみの薄いものではないといえるが、PDA に付属しているスタイラスを使用して文字を入力すること等は、ほとんどの子ども達にとって不慣れた作業であると考えられる。故に、スタイラスを使用して入力する必要のある問題を制作すると、問題の解答に戸惑ってしまうことが考えられる。そこで、問題の解答を選択肢にすることで文字入力を行う必要をなくし、より解答しやすい問題にすべきと考えた。

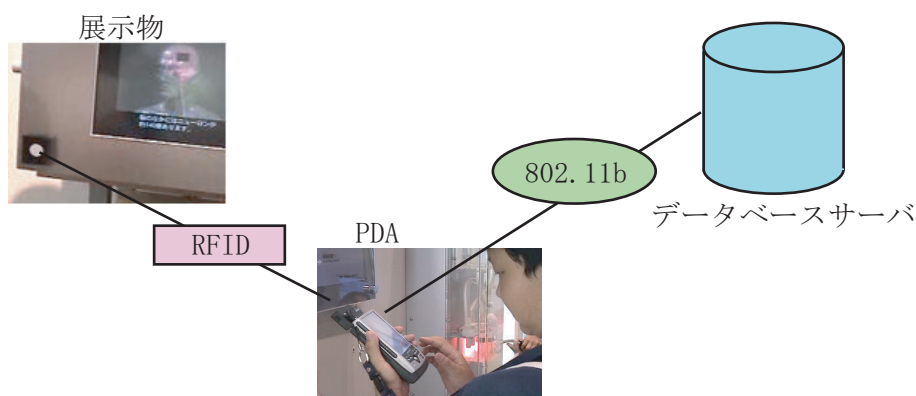


図 1: Musex 1 システム概略図

4 Musex 1 のシステム設計

図 1 に Musex 1 の概略を示す。本システムはサーバ・クライアント構成をとっており、クライアントとして PDA を用いている。サーバとして Red Hat Linux7.2 をインストールしたノートパソコンを使用した。このサーバでは、Web サーバとして Apache、データベースサーバとして MySQL を稼動させており、高機能な Web-DB アプリケーションを容易に作成できるスクリプト言語として普及しつつある PHP が実行できる環境となっている。MySQL によって構築されているデータベースのテーブルは以下のようなものである。

- ユーザテーブル：PDA を使用しているユーザのユーザ ID ・名前 ・年齢 ・性別 ・PDA の端末番号 ・使用開始時間 ・使用終了時間が格納されている。
- 問題テーブル：クイズの ID 番号 ・クイズの問題文 ・4 つの選択肢が格納されている。
- 正解テーブル：クイズの ID 番号 ・正解の選択肢の番号 ・解説が格納されている。
- 解答ログテーブル：ユーザ ID ・クイズの ID 番号 ・解答した選択肢の番号 ・正解か不正解かの区分 ・解答時刻が格納されている。

PDA は東芝製の GENIO e550 を使用した。この PDA には本体の他、PC カード拡張ユニットを装着している。本体の CF カードスロットには無線 LAN カードを、PC カード拡張ユニット側のスロットには RFID (Radio Frequency Identification) タグリーダー / ライターを差し込んでいる。無線 LAN カードはサーバとの通信を行うために装着されている。また RFID タグリーダー / ライターは展示物に設置されている RFID タグから ID 番号を読み取って、クイズを出題する際に利用される。

PDA 上では Java™ で制作したソフトウェアを Jeode™ [18] という Java 実行環境を利用して実行している。この Jeode™ は PersonalJava™ と完全に互換性を持ち、PersonalJava1.2 相当のクラスライブラリをサポートしている。また、RFID タグリーダー / ライターの制御はシリアル通信により行うことができるため、RFID タグリーダー / ライターの制御プログラムを eMbedded Visual C++ 3.0 によって DLL として記述し、その DLL を Java 側のプログラムから JNI (Java Native Interface) によって呼び出すことにより、RFID タグリーダー / ライターの制御を行っている。



図 2: 初期画面

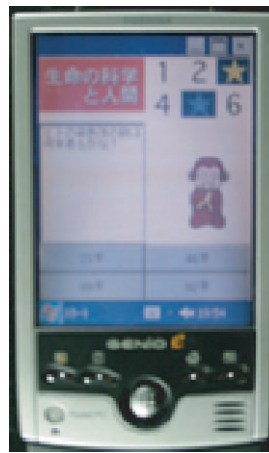


図 3: 問題画面



図 4: 正解画面

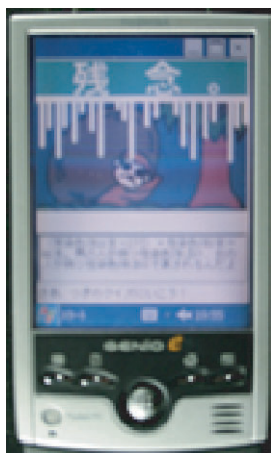


図 5: 不正解画面



図 6: 結果画面

子供達に PDA を貸し出す際に、まず名前・年齢・性別・PDA の端末番号をサーバに登録する。これらの情報は、データ管理用ノートパソコン上の Web ブラウザ上で情報を入力できるようになっており、入力された情報は PHP で記述されたスクリプトを介して、MySQL で構築されたデータベースのユーザテーブルに格納される。この作業により、システムは入力された PDA の端末番号を持つ PDA が「使われている状態」であると認識する。この操作をチェックインと呼ぶ。チェックインが完了すると、各ユーザに一意的なユーザ ID が割り振られる。

登録完了後、PDA 上のプログラムを実行すると、まず最初にユーザ ID を入力する画面が表示される。ユーザ ID を入力すると、プログラム内でそのユーザ ID が保持され、初期画面（図 2）が表示される。

この状態でユーザに PDA を貸し出す。ユーザは PDA を持ち歩いたまま館内を展示物を見ながら探索する。展示物の中に、RFID タグがついた展示物を見つけると、ユーザは PDA に取り付けられている RFID タグリーダーを RFID タグに近づける。RFID タグには展示物毎に一意的になるように ID 番号が割り振られている。RFID タグリーダーがタグに書き込まれている ID 番号を読み取ると、その ID 番号をキーにして、問題テーブルから問題文と選択肢のデータを取得する SQL 文を MySQL の JDBC (Java DataBase Connectivity) を利用して実行する。SQL 文の実行後、問題文

と選択肢の取得が完了すれば、その問題文と選択肢を表示する問題画面（図3）に画面が遷移する。

この問題画面において、画面右上に表示されているのは、現在までの解答の履歴を表している。明るい星が表示されている場合はその問題に正解であったことを、暗い星が表示されている場合はその問題に不正解であったことを意味している。また、星ではなく数字が表示されている場合は、その問題に現在の時点で未解答であることを意味している。問題文は画面中央の左側に、選択肢は画面下側に2段になって並んでいるボタンに書かれている。ユーザは問題文を読み、目の前にある展示物をよく参照した上で、与えられた4つの選択肢の中から正解と思われる選択肢のボタンを押す。選択肢のボタンはある程度大きめに作っている。これは、子供達が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選択肢を選択できるようにするためである。

このボタンを押すと、答えた問題のID番号をキーにして、正解テーブルから正解である選択肢の番号と解説を取得するSQL文を実行する。SQL文の実行後、データの取得に成功すると、正解である選択肢の番号とユーザが選んだ選択肢とを比較して、同じであれば正解画面（図4）を、違っていれば不正解画面（図5）に画面が遷移する。正解画面・不正解画面には上半分に各画面に応じた画像が、下半分に解説が表示される。この解説によってその場で展示物に関するクイズの見直しをその場ですることができ、学習効果を高めることができると考えられる。見直しが終われば、ユーザは次のタグを探して展示物を探索し、同じようにクイズに答える。

全ての問題に対して解答が終わると、結果発表の画面を表示するボタンが表示される。このボタンを押すと、結果画面（図6）が表示される。この結果画面はクイズの成績に応じて違う画面が表示されるようになっている。

結果を見たユーザはPDAを返却する。返却後は、データ管理用パソコンのWebブラウザより「チェックアウト」を行う。チェックアウトを行うことで、返却されてきたPDAが「使われていない状態」に戻る。

もし、例えば子供達の予期しない操作等でシステムを利用できなくなってしまった場合でも、PDAに搭載しているソフトウェアを再起動すると、再びユーザIDを入力する画面が表示されるので、ユーザの持っているPDAの端末番号からユーザIDを調べ、入力する。ユーザの解答履歴は全てサーバに残っているため、ユーザIDをキーにして解答ログテーブルよりユーザの解答履歴を取得し、PDAのソフトウェア側に持ってくることで、データの復旧が簡単に行えるようになっている。

また、サーバ内には本システムに必要なデータベースが構築されているが、このデータベースの管理をより簡単に行うために、データ管理システムを構築した。具体的には、以下の4つの管理画面である。

- チェックイン画面：名前・年齢・性別・PDAの端末番号を入力し、PDAを「使われている状態」にする。ここで入力されたデータはユーザテーブルに挿入される。また、チェックインを行った時間もテーブルに挿入される。登録が完了すると、ユーザIDを発行する。
- チェックアウト画面：PDAの端末番号を入力し、PDAを「使われていない状態」に戻す。ユーザテーブルにチェックアウトを行った時間を挿入する。
- 使用状況確認画面：ユーザID・ユーザ名・PDAの端末番号・チェックイン時刻・チェックアウト時刻・各問題の解答の正誤・各問題の解答時刻を一覧表にして表示する画面である。「使われている状態」のPDAに関するデータの行は、背景色をつけて表示されるようになっているため、どのPDAが使われているかが瞬時に把握できるようになっている。（図7）

ユーザID	ユーザ名	端末番号	チェックイン時刻	チェックアウト時刻	解答状況				
					問題1	問題2	問題3	問題4	問題5
1	やたにこうじ	9	2002-08-01 10:02:03	2002-08-01 10:08:26	2002-08-01 10:07:31	2002-08-01 10:07:22	2002-08-01 10:04:08	2002-08-01 10:04:21	2002-08-01 10:05
2	やまたたろう	6	2002-08-01 10:39:03	2002-08-01 10:54:18	2002-08-01 10:49:58	2002-08-01 10:49:11	2002-08-01 10:43:23	2002-08-01 10:47:07	2002-08-01 10:42
3	すずきしろう	4	2002-08-01 10:40:50	2002-08-01 10:54:58	2002-08-01 10:49:28	2002-08-01 10:51:48	2002-08-01 10:44:26	2002-08-01 10:46:28	2002-08-01 10:43
4	ほそいけなこ	1	2002-08-01 10:43:15	—	2002-08-01 10:48:17	—	—	2002-08-01 10:53:48	2002-08-01 10:51
5	たかたあい	10	2002-08-01 10:46:21	—	2002-08-01 10:53:07	2002-08-01 10:47:46	—	2002-08-01 10:54:04	2002-08-01 10:50

図 7: 使用状況確認画面

- クイズ登録画面：問題番号・クイズの問題文・選択肢・正答となる選択肢・解説が入力できるようになっており、ここで入力されたデータは、問題テーブル、及び正解テーブルに挿入される。

5 Musex 1 の評価実験

本システムの実験を東京の台場にある日本科学未来館 [19] にて行った。実験は、メインユーザと想定する小学生が夏休み期間中で、来館する可能性が高いと考えられることから、2002年8月の6日間（1日当たり約2時間）に渡って行われた。クイズの内容は日本科学未来館のスタッフと、第3節の設計方針に基づいて何度も議論を行った上で決定した。今回の実験で使用したのは以下の6問である。

- 問題 1. 【問題文】ヒトの染色体の数は何本あるかな？
 【選択肢】23本 / 46本 / 69本 / 92本
 【正解】46本
 【解説】(常染色体 22本 × 2対) + 性染色体 2本 = 46本。男の人が持つ性染色体はXY、女の人が持つ性染色体はXXで表されるんだよ。
- 問題 2. 【問題文】約3億年前に現れたと考えられている生物はどれだろう？
 【選択肢】ほ乳類 / 両生類 / 節足動物 / 魚類
 【正解】両生類

【解説】答えは2番の両生類。ほ乳類は約1億年前、節足動物は約6億年前、魚類は約4億年前に現れたと考えられているんだ。他にどんな生物がいつ頃誕生したのかをみてみよう。

- 問題3. 【問題文】映像をみて答えてね。再生医療では、生き物の持つどんな力が使われる？
【選択肢】自然遠心力 / 自然治癒力 / 自然破壊力 / 自然再生力
【正解】自然治癒力
【解説】答えは2番の自然治癒力。やけどで失った皮膚を元に戻すため、人工的に作った皮膚と、「けがを治そうとする」生き物の力を組み合わせて使うんだ。
- 問題4. 【問題文】数ある人工臓器の中の「人工心臓」に関する問題。ここにある人工心臓体験装置を動かすと、血液の流れがわかるよね。そこで問題だよ。血液は左心房から補助人工心臓を通過してどこへ流れ出るのかな？
【選択肢】左心室 / 皮膚血管 / 左心房 / 下行大動脈
【正解】下行大動脈
【解説】答えは4番の下行大動脈。補助人工心臓は、心臓のポンプ機能低下を補うために使われるんだ。
- 問題5. 【問題文】「ニューロンの働き」をみて答えてね。脳の中に、ニューロンはいくつあるかな？
【選択肢】約14億 / 約140億 / 約240億 / 約640億
【正解】約140億
【解説】答えは2番の約140億。ニューロンは脳の中で情報を伝達する細胞なんだよ。
- 問題6. 【問題文】コラーゲンは人間の体のなかでどんな働きをするのかな？ 答えを調べてみよう！
【選択肢】ものを運ぶ / 情報を受け取る / 運動をつかさどる / 体の構造をつくる
【正解】体の構造をつくる
【解説】答えは4番の「体の構造をつくる」だよ。コラーゲンは人間の体をつくるタンパク質の一種なんだ。他にはどんなものがあるかな？

クイズに解答する順番は指定されていない。したがって、子供達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、子供達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、子供達が第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。この時子供達に伝えるのは、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。ユーザがPDAを使用している様子はDVカメラを用いて記録した。また、PDA返却時にアンケートを実施した。アンケートの内容は、以下のとおりである。

- 設問1. このゲームはどうだった？
【選択肢】とてもおもしろかった / おもしろかった / ふつう / つまらなかった / とてもつまらなかった

- 設問 2. このゲームは使いやすかった？
【選択肢】とても使いやすかった / 使いやすかった / ふつう / 使いにくかった / とても使いにくかった
- 設問 3. クイズの内容はどうだった？
【選択肢】とてもかんたんだった / かんたんだった / ふつう / むずかしかった / とてもむずかしかった
- 設問 4. 生物を勉強するのは好き？
【選択肢】とても好き / 好き / ふつう / 嫌い / とても嫌い
- 設問 5. 今日のゲームをやってみて、生物を勉強するのはどう思う？
【選択肢】とても好きになった / 好きになった / わからない / 嫌いになった / とても嫌いになった
- 設問 6. パソコンを使っている？(複数回答可)
【選択肢】おうちで使っている / 学校で使っている / 塾とかで使っている / その他 / パソコンは使っていない
- 設問 7. おうちにゲーム機を持っている？
【選択肢】持っている / 持っていない
- 設問 8. (ゲーム機を持っていると答えた場合) 持っているゲーム機の種類を教えて。(自由回答)
- 設問 9. (ゲーム機を持っていると答えた場合) 1日何時間くらいゲームで遊ぶ？(自由回答)
- 設問 10. こういうゲーム機は博物館にあった方がいい？
【選択肢】あった方がいい / ない方がいい

6 Musex 1 の実験結果

6.1 システム使用状況

今回は PDA の台数が 10 台と限られていたため、兄弟や友達と一緒に実験に参加することを希望するユーザには、代表者(メインユーザ)を 1 人決めてもらい、1 組で 1 台貸し出すこととした。その結果、実験のメインユーザの数は 152 名(男性:93 名、女性:59 名)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、著者、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。また、回収したアンケートの回答総数は 200 名(男性:104 名、女性:96 名)となっている。実験参加者の年齢分布を表 1 に示す。なお、この年齢分布は回収したアンケートから集計したものである。また、表 2 は各クイズにおける年齢別の正答率である。

子ども達が実際に PDA を使用している様子は図 8 のような感じであった。図 8 の左側の写真は兄弟で 1 つの PDA を共有し、お互いに相談しながらクイズを解いている様子である。また、図 9 の右側の写真は、タグの目の前に置かれている展示物を PDA 上に表示されている問題を見ながら、答えを調べている様子である。

表 1: Musex 1 の実験参加者の年齢分布

年齢	人数
～5 歳	2 名
6 歳～9 歳	59 名
10 歳～12 歳	94 名
13 歳～15 歳	28 名
16 歳～24 歳	10 名
25 歳～34 歳	0 名
35 歳～44 歳	6 名
45 歳～	1 名
総計	152 名

表 2: 各クイズの年齢別正答率

年齢	問題 1	問題 2	問題 3	問題 4	問題 5	問題 6
～5 歳	50.0 %	50.0 %	50.0 %	50.0 %	50.0 %	50.0 %
6 歳～9 歳	76.6 %	86.4 %	91.5 %	74.5 %	97.9 %	95.7 %
10 歳～12 歳	76.7 %	76.7 %	93.2 %	84.9 %	98.6 %	94.5 %
13 歳～15 歳	83.3 %	66.7 %	94.4 %	88.9 %	100 %	100 %
16 歳～24 歳	85.7 %	85.7 %	100 %	71.4 %	100 %	100 %
35 歳～44 歳	75.0 %	50.0 %	75.0 %	100 %	100 %	100 %
45 歳～	0 %	100 %	0 %	100 %	0 %	100 %
全体	77.0 %	75.7 %	91.4 %	81.6 %	97.4 %	95.4 %



図 8: Musex 1 の使用状況 1

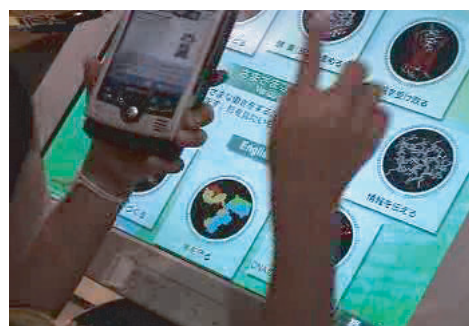


図 9: Musex 1 の使用状況 2

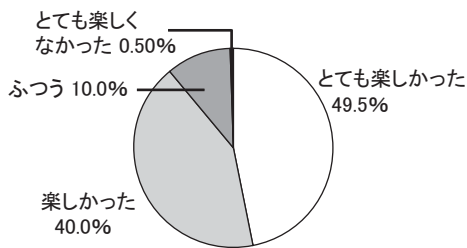


図 10: Musex 1 に関するアンケート結果
(このゲームはどうだったか)

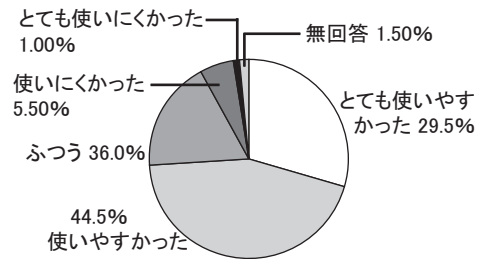


図 11: Musex 1 に関するアンケート結果
(このゲームは使いやすかったか)

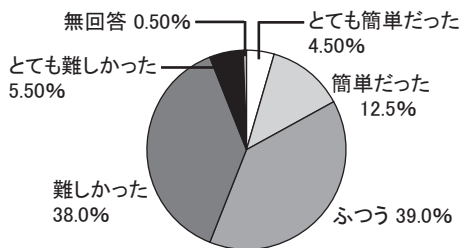


図 12: Musex 1 に関するアンケート結果
(クイズの内容はどうだったか)

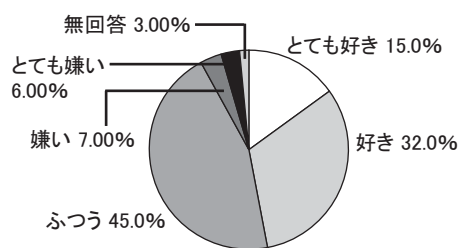


図 13: Musex 1 に関するアンケート結果
(生物を勉強するのは好きか)

6.2 アンケート集計結果

実験時に回収したアンケートを集計した結果を図 10 から図 17 に示す。

7 Musex 1 に対する考察

実験中に観察されたユーザの行動から、Musex 1 に関してどのような特徴的な点があるかを考察した。

- 子供達に受け入れられるシステムである：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った場合を除き、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 10、及び図 17 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、本システムが子供達にとって受け入れられるシステムであると言える。また、大人が使用した場合にも、子供達と同様、積極的にクイズに参加する姿が見受けられた。
- 操作に戸惑うことがないシステムである：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、多くの子供達が家庭でゲーム機をよく使用しており、PDA に対して違

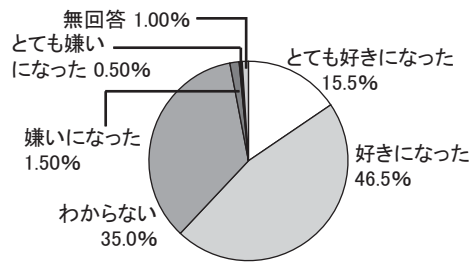


図 14: Musex 1 に関するアンケート結果
(このゲームをやった後で、生物を勉強するのはどう思うか)

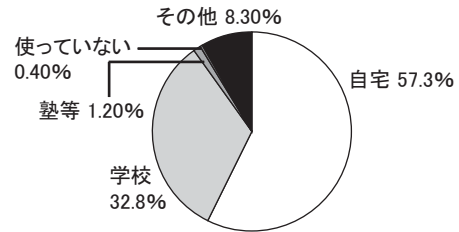


図 15: Musex 1 に関するアンケート結果
(パソコンを使っているか)

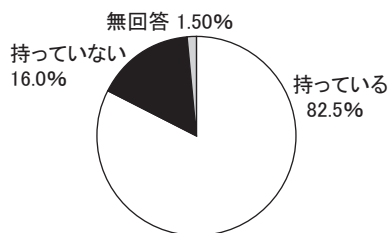


図 16: Musex 1 に関するアンケート結果
(家にゲーム機をもっているか)

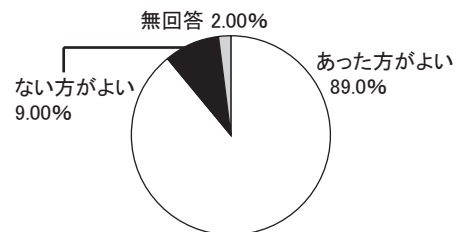


図 17: Musex 1 に関するアンケート結果
(このようなゲームは博物館にあった方がよいか)

和感を持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。

- 展示物に目を向けさせる機会を提供できること：どのクイズにおいても目の前に置かれている展示物に注目しながらクイズに解答している様子が見受けられた。また、PDA 上に表示されるクイズに解答した後でも、解説を読みながら展示物を見直していたり、展示物の他の部分に目を向けている子供達もいた。このことは、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いたと言える。
- 協調学習を生み出す機会を提供できる可能性があること：今回実験に参加したユーザはその多くが親子・兄弟や友達と一緒に博物館に遊びに来ており、実際に参加していただく際には図 8 のように 2 人 1 組となって参加をしてもらったケースがあった。このような場合において、2 人でお互いに相談しながらクイズを解いている光景が大変目立った。例えば、小学校低学年など、クイズや展示物の内容が難しく感じられる年齢の子ども達であっても、親や年上の兄弟に読み方を聞いてみたり、展示物の内容を解説してもらった上でクイズを解こうとしていた。また、友達同士では自分が展示物を調べて導き出した答えをお互いに議論し、再度展示物と照らし合わせて自分達の解答を決定していた。このように PDA を 1 人に持たせるのではなく、1 組に持たせることによって 1 人の場合では起こることのない、協同して答えを導き出そうとする行動を生み出していた。

以上のように、子供達は Musex 1 によって、普段はあまり目を向けられることのない展示物に対してインタラクティブなことが自然に促されていた。結果、Musex 1 は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提供できていると考えられる。また、PDA を兄弟や友達同士で共有して使うことで、協力してクイズに取り組む様子が観察された。これは大変興味深いことであり、展示物とのインタラクティブだけではなく、子供達同士でのインタラクティブをも生み出しているといえる。

8 Musex 2 のシステム設計

以上では、Musex 1 に関して述べた。結果として、子供達に対して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提供できていた。そこで、この Musex 1 の効果を生かしたまま、博物館において協調学習を支援することで、さらに展示物とのインタラクティブ、及び子供達同士でのインタラクティブを高めることを目指したシステムを考案した。以下では、その協調学習を支援する Musex 2 というシステムに関して述べる。

8.1 Musex 1 との相違点

図 18 に Musex 2 の概略を示す。Musex 2 においては、図 18 のようにユーザは 2 人 1 組で Musex 2 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 Musex 1 と同様に館内を探索する。

図 19 は PDA 上のソフトウェアのメイン画面である。Musex 2 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 19 に示されている 12 個の正方形のパネル 1 つ 1 つに対応している。最初、この画面は全て白いパネルで埋められている。子供達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、写真の一部が見えるようになる。一

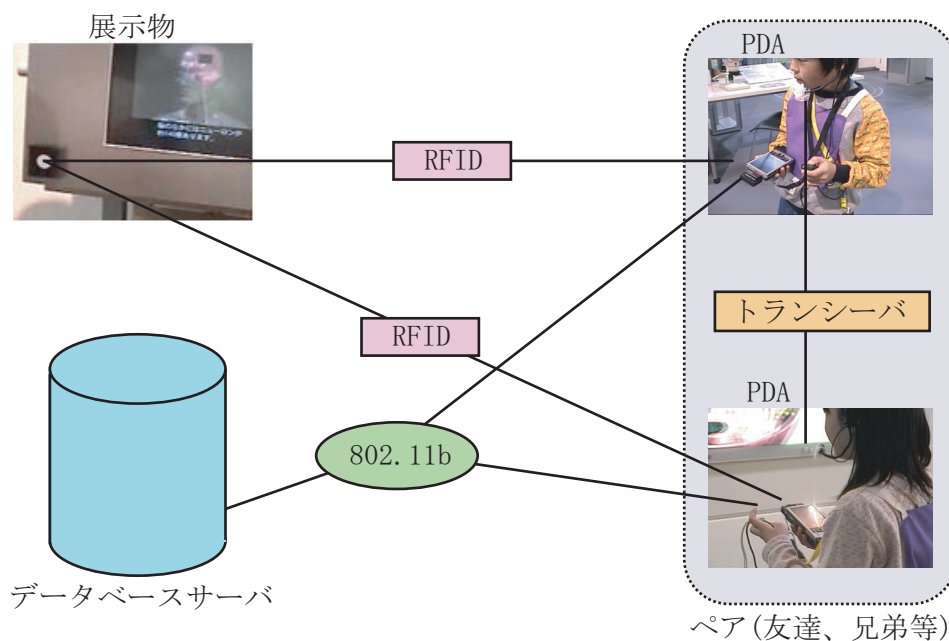


図 18: Musex 2 システム概略図

方、クイズに不正解の場合、それに対応する白いパネルが灰色のパネルに置き換わる。12枚のパネルの下には、ある展示物に関連する写真が隠されている。全ての問題に解答すると、図 19 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がか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。クイズに解答する毎に、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付けられる。

図 19 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。ま



図 19: メイン画面

た、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であるが、各々の PDA で表示される写真は異なっている。また、一方のユーザがすでに解答したクイズは、正解、不正解に関わらず、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。

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、PDA 上に表示されるヒントとなる写真が異なっているために、例えば、お互いの写真を見せ合って議論するなど、協力して解くほうがより正解を導きやすい。このため、最後のクイズにおいても協調して学習する行動が観察されると考えられる。

また、図 19 を見ることで、PDA 上で自分の状況と相手の状況が視覚的にわかるようになっており、ペア同士の awareness を自然に支援できるようになっている。このため、PDA の画面を通して相手の状況を推察し、トランシーバで会話をしながらクイズを進めていくといった、単にクイズや解説を表示する以上の役割を担うことが期待される。

以上のように、Musex 2 には協調学習を促進させるような仕組みを取り入れている点が、Musex 1 と大きく違う。このため、Musex 1 では観察できなかった子供達の行動、特に子供達同士でのインタラクションやコミュニケーションが観察されると期待される。

8.2 Musex 2 の使用方法

Musex 2 は Musex 1 をベースに開発されているため、使用方法や動作の仕組みに関しては Musex 1 とほぼ同じである。サーバとして Red Hat Linux7.2 をインストールしたノートパソコンを使用し、Web サーバとして Apache、データベースサーバとして MySQL を稼働させている。また、MySQL によって構築されているデータベースのテーブルは以下のようなものである。

- ユーザテーブル：PDA を使用しているユーザのユーザ ID・ユーザが属するグループ（ペア）のグループ ID・名前・年齢・性別・PDA の端末番号・使用開始時間・使用終了時間が格納されている。
- 問題テーブル：クイズの ID 番号・クイズの問題文・4 つの選択肢が格納されている。
- 正解テーブル：クイズの ID 番号・正解の選択肢の番号・解説が格納されている。
- 解答ログテーブル：ユーザ ID・グループ ID・クイズの ID 番号・解答した選択肢の番号・正解か不正解かの区分・解答時刻が格納されている。

子供達に PDA を貸し出す際に、まず名前・年齢・性別・PDA の端末番号をサーバに登録する、チェックインの作業を行う。チェックインが完了すると、各ユーザに一意的なユーザ ID、及び各ペアに一意的なグループ ID が割り振られる。

登録完了後、PDA にインストールされたソフトウェアを実行すると、ユーザ ID を入力するように求められる。登録完了時に発行されたユーザ ID を入力すると、図 19 の画面に切り替わる。この時、PDA の中央部にある写真は全て白いパネルで埋められている。

この状態で、ユーザには PDA とトランシーバを貸し出す。館内の展示物には、あらかじめ RFID タグが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 と展示物とが対応付けられている。PDA には RFID タグのリーダー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



図 20: 問題画面

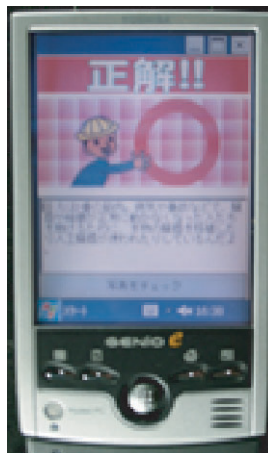


図 21: 正解画面



図 22: 不正解画面

応する展示物に関するクイズをサーバに問い合わせ、図 20 のように PDA 上にクイズと 4 つの選択肢を表示する。子供達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、4 つの選択肢の中から正解と思われる選択肢を 1 つ選択する。

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 21）、不正解であれば不正解画面（図 22）を表示する。正解画面、不正解画面共に、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。この時、解答の履歴はデータベースサーバにグループ ID とともに記録される。この解答履歴を基にして、図 19 の写真の表示が変更されるようになっている。

設定されている 12 問のクイズに全て解答すると、図 19 の写真の下部に最後のクイズが表示される。ユーザは、PDA 上に表示されている写真を基にパートナーと相談しながら、正解を導き出す。このクイズも展示物に関連するものになっているために、やはり展示物を参照しないと解けないようになっている。最後のクイズに答えて終了となる。

なお、ユーザが選択した選択肢の履歴は、各ユーザー意に与えられた ID と共に、全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、Musex 1 と同様、本システムに必要なデータベースの管理を簡便化するために、データ管理システムを構築した。具体的には、以下の 4 つの管理画面である。

- チェックイン画面：名前・年齢・性別・PDA の端末番号をペアで入力し、PDA を「使われている状態」にする。ここで入力されたデータはユーザテーブルに挿入される。また、チェックインを行った時間もテーブルに挿入される。登録が完了すると、ユーザ ID とグループ ID を発行する。
- チェックアウト画面：PDA の端末番号を入力し、PDA を「使われていない状態」に戻す。ユーザテーブルにチェックアウトを行った時間を挿入する。
- 使用状況確認画面：ユーザ ID ・グループ ID ・ユーザ名 ・PDA の端末番号 ・チェックイン時刻 ・チェックアウト時刻 ・各問題の解答の正誤 ・各問題の解答時刻を一覧表にして表示する画

面である。「使われている状態」のPDAに関するデータの行は、背景色をつけて表示されるようになっているため、どのPDAが使われているかが瞬時に把握できるようになっている。

- クイズ登録画面：問題番号・クイズの問題文・選択肢・正答となる選択肢・解説が入力できるようになっており、ここで入力されたデータは、問題テーブル、及び正解テーブルに挿入される。

9 Musex 2 の評価実験

本システムの実験を東京の台場にある日本科学未来館 [19] にて行った。実験は、2002年11月の休日を含む3日間（1日当たり約2時間）に渡って行われた。クイズの内容は日本科学未来館のスタッフと、第3節の設計方針に基づいて何度も議論を行った上で決定した。実験では、13問のクイズ（図19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）を用意した。以下に、実験で使用したクイズと解説を示す。

- 問題 1. 【問題文】ヒトの細胞に染色体は何本あるかな？
【選択肢】23本 / 46本 / 69本 / 92本
【正解】46本
【解説】答えは2番の46本。1個の細胞（体細胞）には、23種類の染色体が2セット入っているため全部で46本だよ。なお、男の人が持つ性染色体はXY、女の人が持つ性染色体はXXで表されるんだよ。
- 問題 2. 【問題文】映像をみて答えてね。再生医療では、生き物の持つどんな力が使われる？
【選択肢】自然変異力 / 自然治癒力 / 自然破壊力 / 自然淘汰力
【正解】自然治癒力
【解説】答えは2番の自然治癒力。やけどで失った皮膚を元に戻すため、人工的に作った皮膚と、「けがを治そうとする」生き物の力を組み合わせて使うこともあるんだよ。
- 問題 3. 【問題文】右手にある「人工心臓」の展示物に関する問題だよ。次のうちで人工心臓を動かすのに使わないのはどれ？
【選択肢】モーター / 電磁石 / 筋肉 / 空気圧
【正解】筋肉
【解説】答えは3番の筋肉。病気や事故などで、臓器や組織が正常に動かなくなった人々を助けるために、本物の臓器を移植したり人工臓器が使われたりしているんだよ。
- 問題 4. 【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
【正解】大脳
【解説】答えは1番の大脳。展示物を見てみよう。ヒトの脳とネコの脳をくらべると、ヒトの脳は大脳が複雑に発達しているのが分かるね。
- 問題 5. 【問題文】「ニューロンの働き」をみて答えてね。脳の中に、ニューロンはいくつあるかな？
【選択肢】約14億 / 約140億 / 約240億 / 約640億

【正解】約 140 億

【解説】答えは 2 番の約 140 億。ニューロンは脳の中で情報を伝達する細胞なんだよ。約 140 億ものたくさんの細胞があるんだね。

問題 6. 【問題文】コラーゲンは人間の体のなかでどんな働きをするのかな？ 答えを調べてみよう！

【選択肢】ものを運ぶ / 情報を受け取る / 運動をつかさどる / 体の構造をつくる

【正解】体の構造をつくる

【解説】答えは 4 番の「体の構造をつくる」だよ。コラーゲンは人間の体をつくるタンパク質の一種なんだ。他にはどんなものがあるかな？

問題 7. 【問題文】H-2A ロケット第一段メインエンジン「LE-7A」に使われている燃料は、液体酸素と何？

【選択肢】ガス / 液体水素 / ガソリン / 二酸化炭素

【正解】液体水素

【解説】答えは 2 番の液体水素。メインエンジンには液体の燃料が使われ、補助エンジンには固体燃料が使われているんだ。ジャンボジェットの数倍もの進む力を持っているんだよ。

問題 8. 【問題文】ハワイ島マウナケア山頂に建つ「すばる望遠鏡」の大きな（主鏡）の直径は？

【選択肢】1.2m / 4.2m / 6.2m / 8.2m

【正解】8.2m

【解説】答えは 4 番の 8.2m。「すばる望遠鏡」は一枚鏡の天体望遠鏡としては世界最大で、今まで見ることでできなかった惑星を見付けることができるかと期待されているんだ。遠い宇宙からやってくるかすかな光を集めて観測するんだよ。

問題 9. 【問題文】スーパーカミオカンデの高さは、どのくらいかな？

【選択肢】10m / 20m / 39m / 42m

【正解】42m

【解説】答えは 4 番の 42 メートル。高さ 42 メートル、直径 39.3 メートルの容れ物の中に 5 万トンの水を使って、宇宙からやってくるニュートリノを見つけるんだ。ニュートリノはとても小さい粒で見えないので、水に反応して光るのを待って観測しているんだよ。

問題 10. 【問題文】地震観測網「Hi-net」は、全国の何か所で地震を観測しているかな？

【選択肢】約 600 か所 / 約 300 か所 / 約 60 か所 / 約 30 か所

【正解】約 600 か所

【解説】答えは 1 番の約 600 か所。地震計を日本中に網目状にはりめぐらせて、わずかな振動も観測するんだよ。

問題 11. 【問題文】1991 年に日本が打ち上げた X 線観測衛星「ようこう」は、太陽活動の様子をほぼ 1 サイクルを初めて撮影したんだけど、太陽活動の 1 サイクル（活動周期）って何年だろう？

【選択肢】5 年 / 8 年 / 11 年 / 19 年



図 23: 最後のクイズ用の写真 1

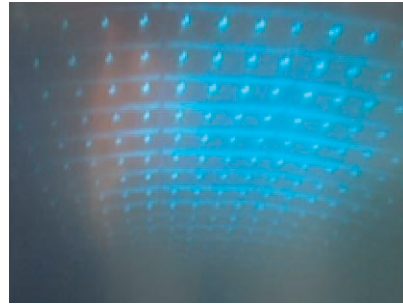


図 24: 最後のクイズ用の写真 2

【正解】11年

【解説】答えは3番の11年。「ようこう」が太陽から出るX線を観測し、太陽がどのように変化しているのか（黒点の数や明るさ）を調べたんだ。

問題 12. 【問題文】三名の乗組員が入る耐圧殻といわれる部屋は、水深何メートルの圧力にたえることができるだろう？

【選択肢】200m / 3800m / 8000m / 10000m

【正解】体の構造をつくる

【解説】答えは4番の10000m。「しんかい6500」は地震海底の生物や地震の発生源を調べるために開発された調査船なんだよ。

最後のクイズに関しては、図 23、及び図 24 の写真を使用した。また、問題に関しては以下のとおりである。

【問題文】この写真にとっても深く関係している、ある日本の科学者とは誰かな？正解が分かったら、受付のお兄さんかお姉さんに答えを言いに来てね。（正解はこのフロアのどこかにあるよ。）

【正解】小柴 昌俊 先生

クイズに解答する順番は指定されていない。したがって、子供達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、子供達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、子供達が第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。この時子供達に伝えるのは、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。子供達が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。

設問 1. このゲームはどうだった？

【選択肢】とてもおもしろかった / おもしろかった / ふつう / つまらなかった / とてもつまらなかった

設問 2. このゲームは使いやすかった？

【選択肢】とても使いやすかった / 使いやすかった / ふつう / 使いにくかった / とても使いにくかった

表 3: Musex 2 の実験参加者の年齢分布

年齢	人数
～5 歳	4 名
6 歳～9 歳	21 名
10 歳～12 歳	10 名
13 歳～24 歳	0 名
25 歳～34 歳	3 名
35 歳～44 歳	6 名
45 歳～	6 名
全体	50 名

設問 3. クイズの内容はどうだった？

【選択肢】とてもかんたんだった / かんたんだった / ふつう / むずかしかった / とてもむずかしかった

設問 4. クイズは勉強になった？

【選択肢】とても勉強になった / 勉強になった / わからない / 勉強にならなかった / とても勉強にならなかった

設問 5. グループで分かれてクイズをしたのは 1 人でやるのとくらべて、どうだった？

【選択肢】とても楽しかった / 楽しかった / わからない / 楽しくなかった / とても楽しくなかった

設問 6. PDA とトランシーバはどっちがおもしろかった？

【選択肢】PDA / トランシーバ

設問 7. こういうゲーム機は博物館にあった方がいい？

【選択肢】あった方がいい / ない方がいい

10 Musex 2 の実験結果

10.1 システム使用状況

実験の参加者数は、25 組 50 名（男性 33 名、女性 17 名）であった。この内、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、著者、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 3 の通りである。また、表 4 は各クイズにおける年齢別の正答率である。

実験の際の参加者の様子を、図 25、及び図 26 に示す。実験では、子供達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伺えた。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。

表 4: 各クイズの年齢別正答率

年齢	問題 1	問題 2	問題 3	問題 4	問題 5	問題 6
～5 歳	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
6 歳～9 歳	60.0 %	87.5 %	100 %	87.5 %	100 %	100 %
10 歳～12 歳	83.3 %	80.0 %	83.3 %	100 %	100 %	100 %
25 歳～34 歳	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
35 歳～44 歳	100 %	100 %	100 %	80.0 %	100 %	100 %
45 歳～	0 %	75.0 %	100 %	100 %	100 %	80.0 %
全体	65.4 %	88.0 %	96.2 %	92.0 %	100 %	96.4 %
	問題 7	問題 8	問題 9	問題 10	問題 11	問題 12
～5 歳	100 %	100 %	100 %	100 %	50.0 %	100 %
6 歳～9 歳	83.3 %	100 %	100 %	100 %	90.0 %	45.5 %
10 歳～12 歳	100 %	100 %	100 %	100 %	60.0 %	50.0 %
25 歳～34 歳	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
35 歳～44 歳	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	75.0 %
45 歳～	83.3 %	50.0 %	100 %	100 %	75.0 %	33.3 %
全体	89.7 %	96.0 %	100 %	100 %	80.8 %	50.0 %

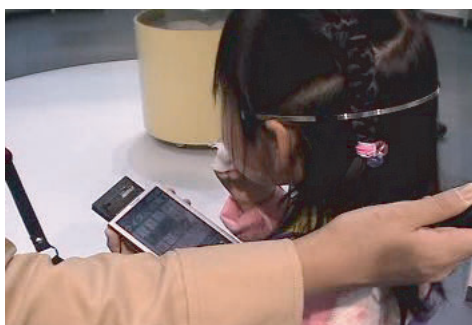


図 25: Musex 2 の使用状況 1



図 26: Musex 2 の使用状況 2

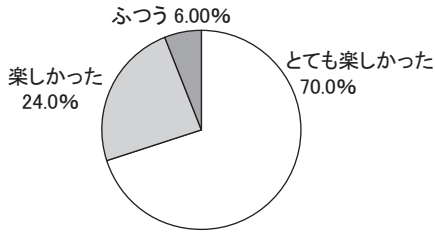


図 27: Musex 2 に関するアンケート結果
(このゲームはどうであったか)

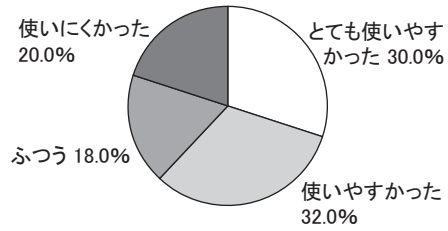


図 28: Musex 2 に関するアンケート結果
(このゲームは使いやすかったか)

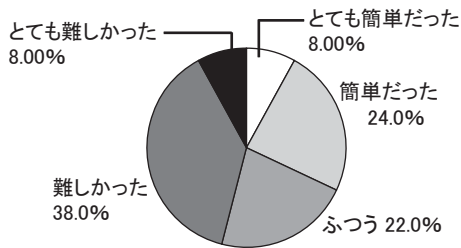


図 29: Musex 2 に関するアンケート結果
(クイズの内容はどうであったか)

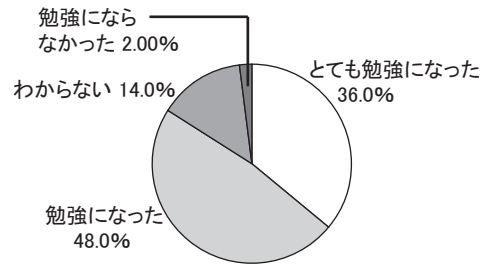


図 30: Musex 2 に関するアンケート結果
(クイズは勉強になったか)

- トランシーバは親子がばらばらになっている時に、質問のやりとりをしていたので、役に立っていると思う。
- 来館者に対し、グループ毎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すぎることなく、自由に館内を見られるシステムになると思う。興味を持つ展示や分野は、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。

10.2 アンケート集計結果

実験時に回収したアンケートを集計した結果を図 27 から図 33 に示す。

11 Musex 2 の考察

展示物とのインタラクションに関しては、Musex 1 と同様、子供達が積極的にクイズに取り組むことで、普段はあまり目を向けることのない展示物に対して十分実現できていた。また、操作に関しても特に戸惑いを見せる様子は見られなかった。これは Musex 2 が Musex 1 を踏襲していることによるものと考えられる。以下では、特に子供達の行動を基に、Musex 2 の特徴となる、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。

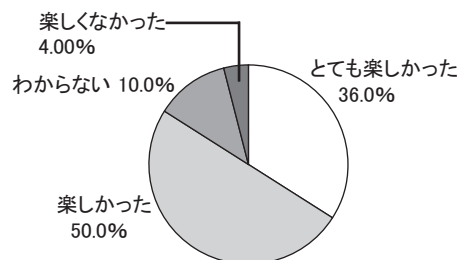


図 31: Musex 2 に関するアンケート結果
 (グループで分かれてクイズをしたのは1人でやるのと比較してどう思うか)

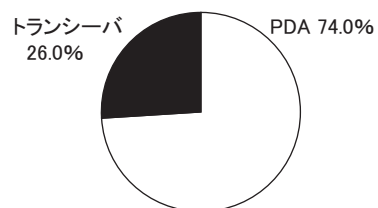


図 32: Musex 2 に関するアンケート結果
 (PDA とTronシーバはどちらが楽しかったか)

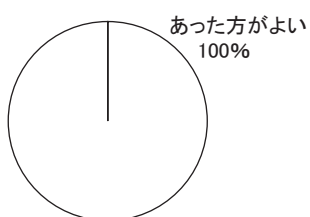


図 33: Musex 2 に関するアンケート結果 (このようなゲームは博物館にあった方がよいか)

- 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がか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が伺えた。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。
- 分からないクイズに直面した時、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、答え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が伺えた。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時は、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人の子供達のペアでは、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19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。

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時、「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、子供達が展示物に目を向けるきっかけを提供していると考えることができる。

12 Musex 1、及び Musex 2 の改良点

2つの実験を通して、Musex 1、及び Musex 2 に関して改良すべき点も観察できた。本章ではそのことに関して述べる。

- 解説を読み飛ばしてしまうこと：図4、図5、図21、及び図22に示されているように、2つの Musex においてはクイズに対する解説をテキストで与えるようになっている。このために、一部の子供達には、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、子供達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、子供達が 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。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、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、改良の必要があると考える。
- 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言える。
- 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 上の画面が切り替わるまでに時間がかかる場合があった。画面の切り替えに時間がかかると、子供達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、画面が切り替わるまでの間、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。
- トランシーバを上手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 の使い方が分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の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。

13 あとがき

本稿では、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。Musex 1 に関しては、PDA を 1 人に 1 台ずつ携帯させて、館内の展示物に関するクイズに挑戦させることにより、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達に提供する効果が確認できた。また、兄弟や友達同士など、1 組で 1 台を共有してクイズに挑戦するケースでは、お互いに協力して正解を導き出そうとする行動が観察された。これは PDA によって協調学習を行う機会が生まれているところに起因すると考えられ、展示物を見た時の経験の質を高めることにつながれていると言える。

Musex 2 においては、2 人 1 組で館内の展示物に関するクイズに挑戦できるようにすることで、子供達の協調学習を支援することを目的とした。そのため、PDA を 2 台使用し、PDA 上で自分の

状況と相手の状況を視覚的にわかるようにした。結果、Musex 1の時に観察されたような、子供達と展示物とのインタラクションだけでなく、子供達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。

また、両システムとも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、子供達の学習への動機を高める点で有効なシステムであると言える。

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、[13]で構築されているシステムのように、子供達同士がお互いの興味や展示物を通しての体験を共有できるようになることで、子供達のインタラクションをより支援するシステムを構築できると考えられる。

その他に、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持ちたい、という要望があることが分かった。博物館のスタッフによる解説は、すで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、子供達の学習支援に極めて有効であると考えられる。従って、博物館のスタッフと子供達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言える。例えば、Musexにおいては、子供達が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。

14 参考文献

- [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," In *Proc. of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies (WMTE '02)*, pp.23-30, Växjö, Sweden, August 2002.
- [3] M.J. Jipping, J. Krikke, S. Dieter, and S. Sandro, "Using handheld computers in the classroom: laboratories and collaboration on handheld machines," In *Proc. of the thirty second SIGCSE technical symposium on Computer Science Education (SIGCSE '01)*, pp.169-173, Charlotte, North Carolina, United States, February 2001.
- [4] J.D. Slotta, D.B. Clark, and B. Cheng, "Integrating palm technology into the Web based Inquiry Science Environment (WISE)," In *Proc. of Computer Supported Collaborative Learning (CSCL '02)*, pp. 542-543, Boulder, Colorado, United States, January 2002.
- [5] C. Chang, and J. Sheu, "Design and implementation of ad hoc classroom and eSchoolbag systems for ubiquitous learning," In *Proc. of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies (WMTE '02)*, pp. 8-14, Växjö, Sweden, August 2002.

- [6] V. Colella, "Participatory simulations: building collaborative understanding through immersive dynamic modeling," *The journal of the learning science*, vol.9, no.4, pp.471-500, October 2000.
- [7] A. Danesh, K. Inkpen, F. Lau, K. Shu, and K. Booth, "GeneyTM: designing a collaborative activity for the palmTM handheld computer," In *Proc. of Human Factors in Computing Systems (CHI '01)*, Seattle, Washington, United States, pp.388-395, 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," In *Proc. of Human Factors in Computing Systems (CHI '01)*, Seattle, Washington, United States, pp.466-473, 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, October 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, and 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] Y. Sumi, and K. Mase, "Supporting the awareness of shared interests and experiences in communities," *International journal of human-computer studies*, Vol.56, No.1, pp.127-146, January 2002.
- [14] R. Rieger, and G. Gay, "Using mobile computing to enhance field study," In *Proc. of Computer Supported Collaborative Learning (CSCL '97)*, Tronto, Ontario, Canada, pp.215-223, December 1997.
- [15] 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," In *Proc. of ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '02)*, New Orleans, Louisiana, United States, pp.146-155, November 2002.
- [16] P. Luff and C. Heath, "Mobility in Collaboration," In *Proc. of ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '98)*, Seattle, Washington, United States, November 1998.
- [17] L. Palen, M. Salzman, and E. Youngs, "Going wireless: behavior & practice of new mobile phone users," In *Proc. of ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '00)*, Philadelphia, Pennsylvania, United States, pp.201-210, December 2000.
- [18] INSIGNIA JeodeTM、<http://www.insignia.com/content/products/pda.shtml>

15 謝辞

本研究に当たり、丁寧にご指導してくださいました杉本 雅則先生に心より感謝致します。また、杉本先生とともに本研究を支えてくださいました、多摩美術大学の楠 房子先生に心より感謝致します。

また、本研究と一緒に進めてくれ、特にソフトウェアのデザインとクイズの設計に力を注いでくれた多摩美術大学の大沼 真弓さん、及び、実験のオペレーションを率先して担当してくれた多摩美術大学の服部 亜珠沙さんに心より感謝します。また、評価実験の補助をしてくれた多摩美術大学の学生に感謝します。

さらに、本研究のシステムの評価実験に快く協力してくださいました、日本科学未来館、特に、日本科学未来館の毛利 衛館長、長神 風二様、三石 祥子様、峰松 龍四郎様に心より感謝致します。また、評価実験の際に子供達の誘導をお手伝いいただきました、日本科学未来館のボランティアの方々にも心より感謝致します。

最後に、研究生活を共にし、いろいろと手伝ってくれた研究室の細井 一弘君、研究生活や論文作成等に関してアドバイスをいただきました、中川研究室の増山 毅司先輩、ラメルス ベルナルド先輩、及び諸先輩方に感謝致します。

16 発表文献リスト

- 矢谷 浩司, 大沼 真弓, 服部 亜珠沙, 杉本 雅則, 楠 房子, “Musex: 博物館における PDA を用いた学習支援システム,” 情報処理学会 ヒューマンインターフェース研究会, 2002-HI-101-2, pp. 9-16, November 2002.
- 服部 亜珠沙, 矢谷 浩司, 杉本 雅則, 楠 房子, “ボードゲームを用いた博物館における学習支援,” エンターテインメントコンピューティング, January 2003.
- 矢谷 浩司, 石川 葵, 石山 琢子, 山口 尚子, 西村 拓一, 杉本 雅則, 楠 房子, “Pi_book: 博物館における展示支援ツール,” インタラクション 2003, February 2003. (発表予定)
- 矢谷 浩司, 大沼 真弓, 服部 亜珠沙, 杉本 雅則, 楠 房子, “Musex2: 博物館における PDA を用いた協調学習支援システム,” 第 65 回情報処理学会全国大会, March 2003. (発表予定)
- Koji Yatani, Mayumi Onuma, Azusa Hattori, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, “Musex: A System for Supporting Children’s Learning in a Museum with PDAs,” Computer Support for Collaborative Learning (CSCL ’03). (submitted)
- 矢谷 浩司, 大沼 真弓, 杉本 雅則, 楠 房子, “Musex: 博物館における PDA を用いた協調学習支援システム,” 電子情報通信学会論文誌. (投稿中)