

MRS:五感情報を体感可能な協調学習環境

石堂 遼子[†] 北原 圭吾[†] 井上 智雄[‡] 重野 寛[†] 岡田 謙一[†]

本稿では、五感情報を複合的にシステムに取り込んだ臨場感のある体感型協調学習支援環境”MRS:Media space with Realistic Sensation”を提案し、これを用いたアプリケーション”MRS-Plant”について述べる。近年、講義形式や、文字や図のみを扱った教材を使う理解型の学習形態だけでなく、聴覚情報・触覚情報などを効果的に取り入れた試みも始まり、「体感型」の学習に対する関心が高まっている。MRSではこれまで個別のユーザに対し提示されてきた嗅覚情報を空間に広げ、また触覚情報や視覚・聴覚情報も複合的に学習者に提示することで、新たな学習環境を構築した。技術展示会会場（Keio Technomall 2005）において様々なバックグラウンドを持つ参加者にシステムを体感してもらい、さらに学生を対象とした評価実験を行うことで、システムの機能に関する有用性を確認し、様々な意見を得られた。

A collaborative learning support Media space with Realistic Sensation

Ryoko Ishido[†], Keigo Kitahara[†], Tomoo Inoue[‡], Hiroshi Shigeno[†] and Kenichi Okada[†]

This paper describes the development of ”MRS”, a learning support media space with realistic sensation. In this paper we propose a collaborative learning support system called MRS that effectively handles media for five senses. MRS provides haptic and fragrant information as well as visual and auditory information to a group of people around it. We demonstrated MRS at ”Interaction 2006”. We also carried out experiments to evaluate MRS at our laboratory. Through the experiments and the demonstration, we have received many useful comments. It is revealed that MRS enables sharing of useful sensory information.

1 はじめに

子供たちの深刻な理科離れが叫ばれる昨今、学校教育においては、単に理解型の学習形態だけでなく、学習者が実際に手を動かして体験しながら進めて行く体感型の学習が取り入れられている。体感型学習を行う上では、その学習そのものも重要であるが、十分な学習を行うためには適切な事前学習および事後学習が必要となってくる [1]。一方でシステムによる学習支援の分野においては他者との相互作用を通して学習する協調学習に関する様々な研究が行われており [2]、これらのシステムでは、digital desk[3]に代表されるような、「指をさす」「物を動かす」といった日常生活で行うような直感的動作によって操作するインタフェースが多く用いられている。

上記のように手を動かしながら体験的に電子情報とインタラクションする場合においては、実際の体験学習により近い形で物事を体感させつつ電子情報の利便性を生かすことが重要だと考える。しかしこれまでの学習支援では視覚や聴覚、触覚情報の提示にとどまっているものがほとんどで、嗅覚や味覚情報については学習支援の場に反映されているものはほとんど見受けられない。従って、様々な感覚を体感しながらの学習支援といったものは現状では不十分であると考えられる。

そこで本稿では、これまで提示が困難とされてきた情報の中でも嗅覚情報に注目し、香りを風・音・映像といったメディアと複合的にシステムに取り込んだ、より臨場感のある体感型の協調学習環境”MRS:Media space with Realistic Sensation”を提案する。MRSでは、様々な情報の操作に実物体およびテーブルトップインタフェースを使用することで、より直感的な操作方法を提供している。MRSの構築においては、五感を通して実際に体感することによって得られるような知識の獲得と、電子

[†] 慶應義塾大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻
School of Science for OPEN and Environmental Systems,
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
Information and Media Studies,
University of Tsukuba

情報の利便性の利用という二つを兼ね備えた、多目的な学習環境を目指した。また、MRS上で動作するアプリケーションMRS-Plantの実装も行った。さらに、評価実験を実施し、本システムの有用性について検証した。

2 体感型の学習支援

2.1 学習支援の現状

本研究では、同期対面型の、臨場感ある多目的な学習環境の構築を目的としている。協調学習支援システムはこれまで数多く研究がなされているが、中でも、同期対面という分野においては、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[4, 5]、テーブル上に設置された大型タッチパネルモニタを複数のユーザが囲みながら学習する形態をとっている。

これまでの学習支援システムは理解型の学習を支援するものが多く、実際にある現象を体感するような学習はシステムではなく学校での体感学習にゆだねられてきた。そんな中インタフェースの研究の場では様々な五感情報を扱う研究が進められ、システムに五感情報を取り入れることが可能となってきた。そのような背景を受け、学習環境において理解型のみならず体感型の学習も扱えるようになってきているといえる。しかし、体感型の学習支援を行うにあたって、既存の学習支援研究では五感情報の提示は視覚・聴覚に頼ったものが多く、臨場感が不足している。特に、嗅覚・味覚情報に関しては、提示が困難である現状から電子情報と連携した活用例は多くない。しかし体感型学習を考える上では、できるだけ多くの、五感を刺激するメディアが必要不可欠である。

2.2 嗅覚情報

体感学習に必要な五感情報の中でも、扱いが困難である嗅覚情報に関しては、個別に香りを提示するものは少しずつ研究が進められているが[6]、複数人で香りを共有するインタフェースは未だほとんど研究がなされていない。香りを扱う場合、消臭という問題が常に存在し、システム内に取り込むことは困難とされている。このような背景から、学習支援システムに香りを組み入れたものはほとんど見受けられない。

3 提案：MRS

前述の問題点を受け、複数人の学習者が同時に作業を行なうことのできる体感型学習支援システム”MRS:Media space with Realistic Sensation”[7]を提案する。提案システムMRSの概要を図1に示す。本研究では、実世界指向インタフェース（直感的操作）、

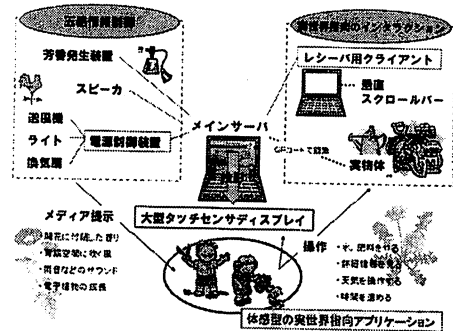


図 1: システム概要

および香りなどの五感情報提示・共有（臨場感）を体感型学習支援に必要な要素と考えている。

実世界指向インタフェース

実物体インタラクションを有しテーブルに対座する協調作業と、映像を投影した共有スクリーンに対して横並びで行う作業では、コミュニケーションの振舞いに大きな違いが現れることが知られており[8]、議論やコミュニケーションを行ないながら進められる学習においては大型の机上ディスプレイを大勢で囲みながら行なったほうが効果的である。また、実世界オブジェクトには、物理的な移動が容易でシステムに依存せずに取り扱えるという利点がある[9]。学習に利用することで、「コンピュータに不慣れな学習者でも容易に学習に参加できる」、「実世界オブジェクトを物理的に他者と共有することによって、言語的、非言語的コミュニケーションを促進し、協調的な学習における学習者同士の意見の外化を支援できる」[10]などの効果がある。以上の点を理由として、本システムにおいてはテーブルトップをベースとした実世界指向インタフェースを採用した。

五感情報の提示および共有

これまでの学習支援システムは臨場感が不足しているという問題点を受けて、MRSでは、味覚を除く五感情報を提示し、それを複数の学習者間で共有できる空間の構築を目指した。後に図2に示すように、芳香発生装置、スピーカ、送風機を空間の中央に向けて設置した。これによって、ユーザは香りや風、音、映像などの情報を他ユーザと共有しながら学習を進めることが出来るようになってきている。各メディアの提示方法および電子情報との連携は次節で詳細に記述する。

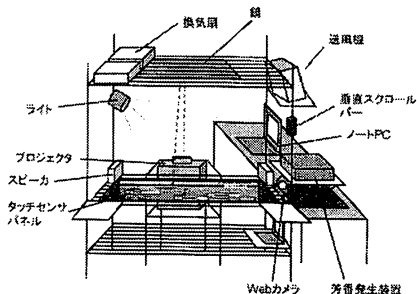


図 2: システム構成

3.1 プロトタイプシステムの構成

MRS の構成を図 2 に示す。メインサーバには五感情報を提示する各インタフェースと実世界指向インタフェースおよびタッチパネルディスプレイ（日本スマートテクノロジー株式会社，“SMARTBoard”）が接続されており、ディスプレイに対する各々の操作に連携して五感情報が提示されるようになっている。MRS では、香り、風、音、触感（実世界オブジェクトの操作）、電子情報（映像）といった五感情報を扱う。

香り

香りの濃度や種類を制御することが可能な芳香発生装置（株式会社キヤノン，“fragrance jet”）を学習空間の中央に向かって設置し、任意の香りを任意のタイミングで放出できるようにしている。排気と消臭は脱臭フィルタを取り付けた換気扇（TOSHIBA, VFH-20RH）を複数個所に設置して行なっている。換気扇は全て電源制御装置（ロジバック社, RPC-O2A）によって制御しており、これらを動作させることで空間内の香りの出入を制御している。

風

ラックの柱に送風機（換気扇と同型）を設置した。ディスプレイおよびユーザに風が放出されるよう向きが調整しており、換気扇と同じく電源制御装置によって制御している。これにより、任意のタイミングで風を放出することが可能となっている。

音

テーブル上にステレオスピーカ（HITACHI, PC-AM3060）を設置した。聴覚情報として、効果音やBGMを鳴らすことで臨場感を高める効果を生んでいる。

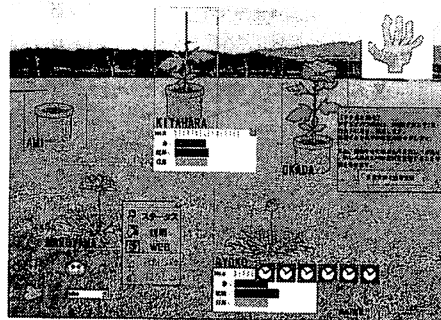


図 3: MRS-Plant の実装画面

実世界オブジェクトの操作

実世界オブジェクトには QR コードを付加し、ラックの柱にとりつけた Web カメラ（I-O DATA, USB-CAM30MV）の前にかざすことで電子的に認識される。テーブル上のディスプレイは感圧式のタッチパネルとなっているため、その上に電子的に認識した実物を置いたり、画面に押し付けることで、実物を用いた電子情報の操作ができるようになっている。また、ラック空間の縦方向に金属板を貼り付け、その上を滑らせる形で無線の光学式マウス（Arvel, MWL25WH）をとりつけることで、アプリケーションを構築した際にパラメータを制御可能な、実世界指向のスクロールバー（以下垂直スクロールバー）を設置した。

電子情報

ラックのテーブル部に設置した感圧式の大型タッチパネルディスプレイに、空間内で動作させるアプリケーションによって様々な電子情報を表示する。電子情報として表示するのは、実世界オブジェクトでは再現できないことや、Web 情報、データベースからの情報などである。また、大型タッチパネルディスプレイでは個別に使用する小さなディスプレイとは違い、複数人で囲みながら指や実物を用いて電子情報を操作・閲覧できる。

3.2 植物育成ソフト MRS-Plant

MRS のハードウェア構成が有用なものであるかを確認し、学習コンテンツとしてどのようなものが適しているのかを確認するために、MRS 内で操作する協調学習用ソフトウェアとして、様々な五感情報を得つつ植物育成をシミュレートできる MRS-Plant を実装した。実装画面を図 3 に示す。本ソフトウェアは Windows 環境において Java JDK1.4.2 を用いて実装し、学習の対象者としては小学校高学年の生徒を想定している。

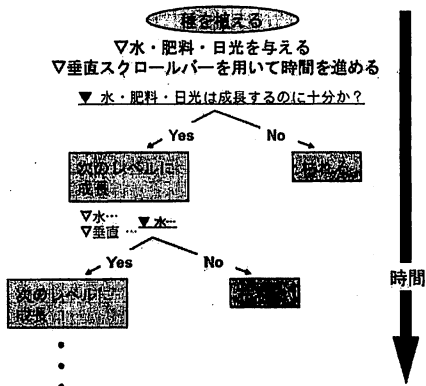


図 4: MRS-Plant における植物の成長アルゴリズム

3.2.1 植物の育成

MRS-Plant では実世界オブジェクトとしてじょうろや肥料、タンポポと朝顔の種子、はさみを用意し、これを用いて植物育成の操作が直感的に行えるようにした。具体的な操作としては、電子情報として仮想的にディスプレイに表示された植物に水をやる場合は、まずじょうろを Web カメラの前にかざし、その後ディスプレイ上の植物に向けてじょうろを傾げる（実際にはじょうろの先をディスプレイに触れる形）。その他の実物に関しても同様の操作で、種を植る、肥料をやる、刈り取るといったことが可能である。ここで、植物には水・肥料・日照量という三つのステータスをもたせているため、じょうろや肥料を用いることでこのステータスの量を変化させることができる。また、ディスプレイ上に用意した天候ボタンをクリックすることで天候を「晴れ」「曇り」「雨」に変化させることが可能であり、「晴れ」モードにすると、育成空間に植えてある植物全てに日光が注がれ、日照量パラメータが上昇する。また、「雨」モードに切り替えると全ての植物に雨が注がれ水パラメータが上昇する。

時間制御による成長観察

垂直スクロールバーに時間のパラメータを与えることにより、垂直スクロールバーを上下させることで育成空間の時間を仮想的に進めたり戻したりすることができ、前述の三つのステータス量に応じて植物が成長していく仕組みとなっている。成長のアルゴリズムを図 4 に示す。植物の育成時間は種子から結実するまでを七段階のレベルに分け、それぞれの時間レベルごとに成長に必要な各ステータス量が設定してあり、その条件によって植物が成長したり枯れたりする。

時間レベルは垂直スクロールバーにより戻すことが可能であるため、育成に失敗した場合、原因を考えながら育てなおすことも可能である。従って、どの段階でどのステータスがどの程度必要なかを把握することができ、実際に植物を育てる場合の事前・事後および平行した学習に役立つと考えられる。

受粉シミュレーション

協調学習の一環として、赤・白・ピンクの朝顔をを用意することで朝顔の受粉シミュレーションができるようにした。受粉には大きく分けて自家受粉（めしべにその花自身が持つおしべの花粉が付くことで起きる受粉）と他家受粉（めしべにその花以外の花が持つおしべの花粉が付くことで起きる受粉）の二種類があり、これをディスプレイ上で再現することができる。他家受粉については、朝顔の花が咲くまで育て、メニューから花粉採取を選択後、取り出した花粉をドラッグして他の開花している朝顔の上でドロップといった操作を行うことで受粉動作となる。一方で、他家受粉を行わなかった朝顔に関しては時間を進めることで自然に自家受粉するようになっている。受粉を終えた朝顔は、さらに各ステータスを必要量増やして時間を進めることで結実する。結実した朝顔に関しては、再びメニューから種をとるボタンを選択することで種を取り出すことができ、再度育成することが可能になっている。ここで、白い朝顔と赤い朝顔で他家受粉をさせた場合、結実した種を育てるとピンク色の花が咲くようにしたため、他ユーザと関わりを持つことによって新たな結果を得るような協調的学習が可能になっている。

3.2.2 五感情報との連携と情報表示

MRS-Plant では、香り、風、音など様々な五感情報を取り扱っており、五感情報と電子情報の連携は以下のようにになっている。

- ディスプレイ上の植物が開花するとその花の香りが空間全体に提示される。
- 天気制御ボタンのうち風ボタンを押すと送風機から空間全体に風が送られ、ディスプレイ上で育成しているタンポポ（綿毛になったもの）の種子が飛んでいく。
- じょうろで水をやる時、肥料をやる時、天気が変わった時などに効果音を鳴らす。
- 天気制御ボタンのうち晴れボタンを押すとライトが点灯して太陽を模擬する。



図 5: Keio Technomall 2005 の様子

また、植物に関する詳細情報をデータベースから引き出して閲覧する、あるいは Web 検索からブラウザで閲覧する、という二つの方法をディスプレイ上で実現することで、各植物の各成長段階についてのそれぞれの詳細情報を得られるようにした。

以上のような連携をはかることで、五感を刺激する情報を複合的に体感しつつも、電子情報の利便性を損なわずに学習することが可能な植物育成シミュレーションを実現した。

4 議論

本システムは一般参加者が多数来場する技術展示会(図 5, Keio Technomall 2005, 東京国際フォーラム, 2005 年 12 月)に出展し、実際に子供を含む多くの来場者に体感してもらい、様々な意見を得た。また、MRS の各特徴に関して有効性を検証するため、簡易な比較評価実験も行った。被験者は大学生 15 人で、操作方法やシステムの機能について概要を説明し、実際に MRS-Plant を体感してもらった後にシステムの機能や協調学習についてのアンケートを実施した。

4.1 Keio Technomall 2005

Keio Technomall 2005 においては、様々な業界に所属する企業の方をはじめ、大学教授、大学生、小学生など多様なバックグラウンドをもつ来場者に参加してもらい、幅広い意見を得ることができた。五感情報(特に香り)を扱う研究は、近年大きな注目を集めており、本システムの展示ブースも賑わいを見せた。

展示ブースを訪れた来場者約 60 人には、アンケートに答えてもらった。五段階評価(5:とても思う~1:まったくそう思わない)の質問結果をまとめると、表 1 のようになる。

表 1 を見てわかるとおり、MRS に関して概ね高評価を得ることができた。アンケートの自由記入欄や来場者とのやりとりの中から得た意見としては、直感的で子供にも理解しやすい、香り・風を感じて臨場感があったなどといったものが多かった。また、本研究においては体感型の多目的な学習支援環境として MRS を構築したが、学習のカテゴリーを越えて、様々な協調的な作業に応用することができるといった意見も多数得ることができた。

一方で、垂直スクロールバーに時間パラメータを与えたことに対して、垂直方向のパラメータは実際の高さ・深さが直感的であり、そのような応用方法が望ましいとの意見もあった。そこで今後の改良点として、時間は回転型のインタフェースに改善し、垂直スクロールバーには高さ等の別パラメータを付与することを考えている。

表 1: MRS に関するアンケート結果

質問	平均点
操作は簡単だったか	4.3
五感情報を感じたか	4.4
垂直スクロールバーは有用か	3.9
学習支援システムとして MRS は効果的か	4.3

4.2 比較実験

4.2.1 実験内容

MRS の各特徴に関して比較実験を行うために、様々なケースについて、大学生 15 名に 2~3 人一組で MRS を使用してもらった。比較内容は大きく分けて

1. 実世界オブジェクト(実物、垂直スクロールバー)を用いた場合と用いない場合の比較
2. 五感情報が提示されている場合と提示されていない場合の比較

の二つとし、五感情報に関しては、PC 画面のみを用いた場合、五感情報を提示せずに大型タッチセンサディスプレイを用いる場合、五感情報を提示した状態で大型タッチセンサディスプレイを用いる場合、の 3 種類において行った。比較実験後にシステムの機能や協調学習について五段階評価(5:とても思う~1:まったくそう思わない)のアンケートを実施した。

4.2.2 実験結果

アンケートの結果をまとめると、本システムを用いた場合の評価は表 2 のようになった。表 2 においてそれぞれ、A:実物操作と画面ボタン操作、B:垂直バーと画面ボ

タン操作, C:大型タッチパネルと PC 画面, D:五感情報ありとなし, の比較になっている (前者が I, 後者が II).

表 2: MRS に関する比較実験結果

比較	質問	I	II
A	学習理解が促進されると感じたか	4.7	2.8
B	直感的に時間を進める操作ができたか	4.1	2.3
C	協調学習に適していると感じたか	4.8	1.9
D	協調学習に有用か	4.9	3.4

4.2.3 考察

実験結果からわかるように, 本システムのような香り・風・音・光と電子情報の効果的な連携による体感型学習を用いたほうが協調学習にとって有用であるという意見が多数であった。また, 直感的で簡単な操作方法が体感型学習を促進している, 植物に関する詳細情報や天気制御・時間を戻すなどの現実では行えない動作を電子情報で実現したことで, 電子情報の利便性を活用した上での体感型学習が行える, などの意見も多く得ることができた。これらにより, 電子情報と五感情報が連携した体感型の協調学習が実現でき, その有用性が確認できたといえる。

今後の拡張の方向性としては, 空間内で温度や力覚などさらなる五感情報の提示を行うことを考えている。また, 成長アルゴリズムのリアリティを増すことも視野に入れていく。

5 おわりに

現在行われている学習支援システムの形態は, 理解型のものがほとんどであり, 実際の体験を重視した体感型の学習が必要であると考えた。一方で, テーブルトップインタフェースを採用した学習支援システムが最近では研究されるようになってきたが [4], 臨場感の不足という問題が存在した。

そこで本研究では, より多くの五感情報を複合的に取り入れた, 体感型の学習支援環境 MRS を構築した。MRS では, 視覚・聴覚情報に加え, 実世界オブジェクトと大型タッチパネルディスプレイを用いた直感的操作の際の触覚情報, 花の香り等と連動して空間に提示される嗅覚情報など多様な五感メディアを体感しつつも, 電子情報の利便性は損なわずに学習を進めることができる。これによって, 従来の, 電子学習空間における臨場感の不足という課題を解決した。また, MRS に関して簡単な評価実験を行った。

今後の展望としては, さらに臨場感を増すために力覚情報や味覚情報といったさらに多くの感覚情報を追加することが考えられる。また, 垂直方向に半透過型ディスプレイを組み込み, 垂直スクロールバーに新たなパラメータを付加することでさらに 3 次元空間を生かせるように改良することも考えている。

謝辞

本研究の一部は, 平成 17 年度筑波大学大学院図書館情報メディア研究科プロジェクト研究による。

参考文献

- [1] 畑中忠雄: 新訂・若い先生のための理科教育概論, 東洋館出版社, 2004
- [2] Salla Ovaska, Pentti Hietala, Marjatta Kangassalo: Electronic whiteboard in kindergarten: opportunities and requirements, Proceeding of the 2003 conference on Interaction design and children, July, pp.15-22, 2003.
- [3] Pierre Wellner: Interacting with paper on the digital desk, Communications of the ACM, Vol.36, No.7, pp.86-96, 1993.
- [4] 北原圭吾, 丸山祐太, 井上智雄, 重野寛, 岡田謙一, "実世界指向インタフェースを用いた時空間コンテンツによる協調学習支援システムの開発", 情報処理学会第 56 回 GN 研究会, pp.37-42, 2005.
- [5] Diana Africano, Kent Lindbergh Sara Berg, Peter Lundholm, Fredrik Nilbrink, and Anna Persson. Designing tangible interfaces for children's collaboration. CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp. 853.868, 2004.
- [6] Yasuo Yamashita, Masayuki Ishizawa, Hiroshi Shigeno, Kenichi Okada. The effect of adding smell into a mixed reality space: An experimental study. HCI2005, 2005.
- [7] 石堂遼子, 丸山祐太, 北原圭吾, 井上智雄, 重野寛, 岡田謙一, "Media space with Realistic Sensation(MRS): 五感メディアと実物体を用いた臨場感あふれる「体感型」協調学習環境", インタラクション 2006, 2006 年 3 月
- [8] 清川清, マーク・ピリングハースト, ダニエル・ベルチャ, アルナブ・グプタ: 拡張現実感インタフェースを用いた対面協調作業のコミュニケーション過程, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2002.
- [9] Minneman S. and Harrison S: A bike in hand: a study of 3-d objects in design, Analyzing Design Activity, 1996.
- [10] Masanori Sugimoto, Kazuhiro Hosoi, Hiromichi Hashizume: Caretta: a system for supporting face-to-face collaboration by integrating personal and shared spaces, Proceedings of CHI'04, pp.41-48, 2004