

# 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

北原 圭吾\* 丸山 祐太\*  
井上 智雄† 重野 寛\* 岡田 謙一\*

{kitahara, maruyama}@mos.ics.keio.ac.jp,  
inoue@slis.tsukuba.ac.jp, {shigeno, okada}@mos.ics.keio.ac.jp

近年、協調学習を支援する様々な研究が行われている。本稿では、小学校で行なわれている野外学習に注目し、中でも教室における復習作業が重要であると考え、実世界指向インタフェースを用いて効果的な野外学習の復習支援を行う手法を提案する。時空間情報を保持したデータを用い、動植物の成長を示すデータやその周辺のデータを効果的に提示する手法を実装した。また協調学習を行なう上では、効率的なデータの受け渡し手法が必要であると考え、そのための機能についても実装した。

## Development of a tangible collaborative learning support system for spatio-temporal contents

Keigo Kitahara\*, Yuta Maruyama\*,  
Tomoo Inoue†, Hiroshi Shigeno\* and Ken-ichi Okada\*

We focused on collaborative learning in a classroom using spatio-temporal contents, which is typically conducted after outdoor class in an elementary school. We propose and implement a tangible collaborative learning support system that uses spatio-temporal contents. Temporal data sequence that shows growth of a plant and geographic data collection are presented by the system. Moreover, we implement methods for exchanging contents on the system that are thought to be suitable for face-to-face collaborative learning.

### 1 はじめに

近年の教育改革は、「ゆとり」「生きる力」といったキャッチフレーズの下、教育の個性化や多様化を促進する方向性にある。しかし、「ゆとり」の教育がはきちがえられ、「ゆりみ」になっているといった学校現場からの報告がある一方で、理科・数学を中心とした大学

教員や一部の教育学者たちがそれぞれの立場から「学力低下」に警鐘を鳴らしている。

今日、学校教育において、自然学習やボランティアなどの体験学習の重要性が叫ばれ、多くの学校でこのような学習が取り入れられている。こういった体験学習では、体験そのものも重要であるが、十分な学習を行なうためには適切な事前学習や事後学習が必要となってくる [2]。

また近年、協調学習を支援する様々な研究が行われている [5][6]。最近では自然をテーマにした協調学習をコンピュータ支援する研究 [1] も行われている。そこで我々は、いわゆる実世界指向インタフェースを用いて、

\* 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  
Graduate School of Library, Information and Studies,  
Tsukuba University

効果的な野外学習の復習支援を行う手法を提案する。実世界オブジェクトを扱うタンジブルなインタフェース [7] が野外学習の復習に適した学習インタフェースであると考え、その上で学習効果の上がるようなデータの提示手法を実装した。また本システムでは、協調学習を行なう上で必要と考えられる効率的なデータの受け渡しについても支援している。

以下、2章では野外学習の現状について述べ、3章ではシステム概要について述べ、4章では本システムの機能の詳細について述べ、5章では本システムについて行なった評価について述べ、6章を結びとする。

## 2 野外学習

### 2.1 野外学習の現状

ここで、現在行なわれている野外学習について考える。事前学習として、インターネットや図鑑などを用いて、野外で観察したい動植物についての予備知識を得る。そして事前学習で得られた知識を元に、野外に出て動植物の観察を行なう。野外では、動植物の観察と同時に、スケッチや写真撮影などをしながらデータを集める。また事後学習としては、野外で撮影した写真やスケッチを教室に持ち帰り、模造紙に収集データを貼り付けたりしながら教師が与えたテーマに則して簡単な議論をしたり、再び図鑑などを用いて知識を深めるといったことが行なわれている [2][4]。各自が集めてきたデータを集めて話し合うことにより、個人での学習以上に深い知識を得ることができる [3]。

以上のような形態で行なわれている野外学習であるが、中でも教室に戻ってからの復習が重要であると考え、その部分を支援することを研究目的とした。

学習指導要領にあるように、教室での復習作業においては、動植物に関して地理的な知識（生息場所・周辺情報）と時間的経緯を追った知識（成長過程）の獲得が、野外学習の学習度を高めるために必要なことであると考えられる。そこで、その両者を効果的に学習できるような表示方法を考える必要がある。

### 2.2 野外学習の復習作業の問題点

現在小学校で行われている復習作業のように、模造紙に収集データを貼り付けたりしながら進める学習では、扱えるデータ数に限界があり、データの蓄積や複

数のデータを関連付けた学習が困難であるという問題点がある。また一部の学校ではコンピュータを用いて簡単なデータベースを作るような授業を行なっているが、生徒間のコミュニケーションが取りにくいために個別の作業になりやすい、操作に慣れるまでに時間がかかる、といった問題点がある [2]。

また復習作業においては、生徒が自分の集めてきたデータを他の生徒に発表したり、他の生徒の発表を聞いたりする、という行為が理解を深める上で効果的な学習手段であるが [3]、生徒の発表支援ということは今まであまり考えられていない。そこで、生徒が学習するのに効果的な提示手法を考えると同時に、生徒が発表ししやすいインタフェースが必要であると考えた。

## 3 提案システム

### 3.1 システム概要

提案システムの概要を図 1 に示す。感圧式タッチパネルディスプレイを水平に置くことで、複数の生徒で囲んで学習可能なインタフェースとなっている、また、指を使って直接操作ができるため、子供でも簡単に、コンピュータを意識せずに操作をすることができる。このような構成にすることで、デジタルデスク [8] のように、物を置くといった机本来の持つ機能をそのままに、コンピュータでその機能を支援することができる。本システムでは、写真やスケッチといった実世界オブジェクトをディスプレイ上に置いてそれを電子的に認識させることが可能である。

実世界オブジェクトを置くという動作で自動的に認識されるインタフェースは、生徒が収集したデータを発表する際に有効であると考えられる。なお、実物を認識させるため、実物にはバーコードを付加している。

### 3.2 協調学習を支援するインタフェース

本システムのインタフェースの特徴は、実世界オブジェクト（写真や模型などの実物）を用いたインタフェースとなっている点である。これは、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協調作業では、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 [9]、議論やコミュニケーショ

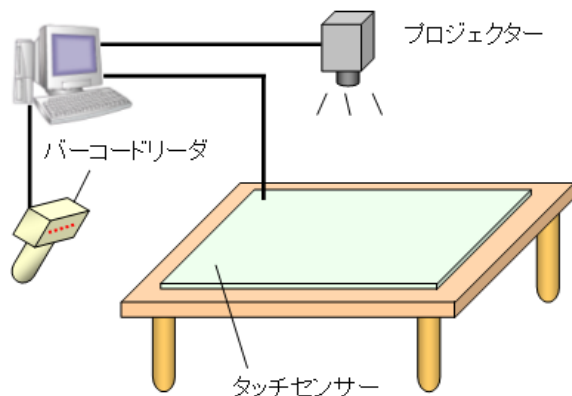


図 1: システム概要

ンを行ないながら進められる協調学習においては、各生徒が小さなディスプレイを眺めながら授業を行なうよりも、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と考えたためである。このようにすることで、対面のコミュニケーションが生まれ、個人での学習よりも高い学習効果が期待される。

また、写真や模型といった実世界オブジェクトには、移動が容易でシステムに依存せずに取り扱うことができるという利点がある。また、実際に野外で採集してきた草花や昆虫からは、通常のディスプレイからは得られない、触感や匂いといった視覚情報以外の情報を得ることができる。一方、デジタルデータには、膨大な量の情報を取り扱え、複写や保存、加工などが容易であるという利点がある。そこで、その両者とともに扱えるようにすることで、より効果的な学習ができると考えられる。

本システムでは、バーコードとタッチセンサーを用いて実世界オブジェクトを認識し、実世界オブジェクトの周りに関連情報を表示させるなどして実物とデジタルデータを融合させることで、一方だけでは不足している情報を補い、学習を深めるためにその両者を効果的に結び付けている。

### 3.3 データの受け渡し

協調作業を支援するには、共有作業空間と個人作業空間の間で自由に情報を移動させることができなければならない。本システムでは、机上ディスプレイを囲んで協調学習を行なっているため、実世界オブジェク

トに関しては日常的に我々が行なっている手渡しによる受け渡しが可能である。そこで、デジタルデータに関してもそのような受け渡し方法が必要となる。本システムでは、デジタルデータに関しても指で移動させることを可能にしているため、いわゆる“手渡し”感覚で情報を移動させることができる。また本システムでは、共有作業空間と個人作業空間の間での情報の移動だけでなく、個人作業空間の間での情報の移動もサポートしている。詳しい説明は次章で行なうが、共有作業空間とは別にデータ受け渡し用の領域を設けることで、それぞれの作業を邪魔することなくデータの受け渡しを行なえるようになっている。

### 3.4 データの関連付け

現在行なわれている復習方法では、収集したデータの蓄積や関連付けが困難であることを前章で述べた。そこで本システムでは、収集したデータにいくつかのパラメータを付加させることで、周辺のデータや過去のデータとの関連付けを行なっている。

本システムでは、以下のようなパラメータを保持したデータがデータベース上に蓄積されていることを前提としている。

- 撮影対象の名称
- 撮影日時
- 撮影場所
- 撮影者のコメント

以上のようなパラメータを用いて、データの関連付けを行ったり、さまざまな情報を表示させる機能を付加させているが、これについては次節で詳しく説明する。

さらに、データベース上に何年ものデータが蓄積されれば、学習コンテンツは一層充実し、長い期間を追った学習が可能となり、一つのテーマ・季節の制約を受けるといった問題が解決される。

## 4 システムの実装

前節での提案に基づき、システムの実装を行った。本節では、システムの構成、実装環境、およびシステムの機能について述べる。

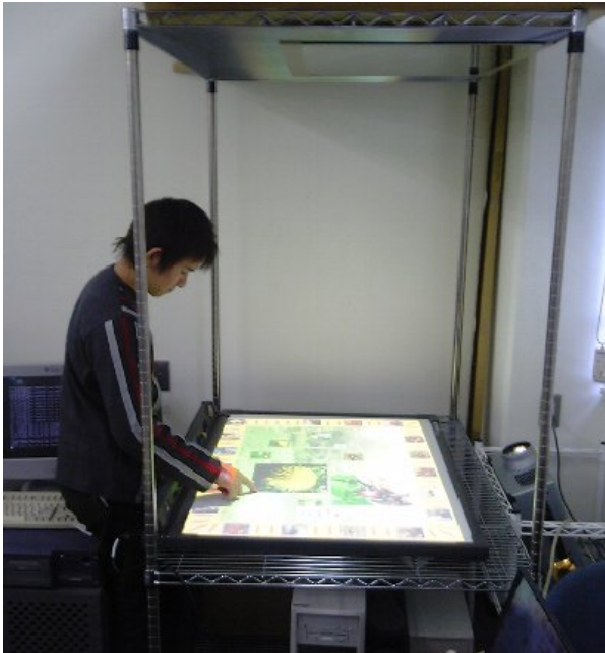


図 2: システム構成

#### 4.1 システム構成と実装環境

システムの構成を図 2 に示す。プロジェクターを用いて映像を下方から投影し、ラックの天板に設置した鏡に反射させて、水平に寝かせたタッチセンサー式ディスプレイ上に投影している。

本システムは、Windows 環境において Java を用いて実装した。ディスプレイは感圧式のタッチパネルを用いており、実世界オブジェクトの認識はバーコードにより行なっている。

#### 4.2 システムの機能

まず、撮影画像を含む採取データはサーバに予め保存されていることが前提である。バーコードをリーダーで読み取って地図上の置きたい位置に置くことで、その位置に電子化されたデータが表示される。対面協同作業では、実世界のインタラクションが重要とされる [10]。実世界オブジェクトを置くという動作は生徒が発表する際には自然な動作であるため、実物を置くことで自動的にデジタルデータが表示されることは、生徒の発表支援になると考えられる。また、学習者は指を使ってデジタルデータに対して後述のさまざまな操作

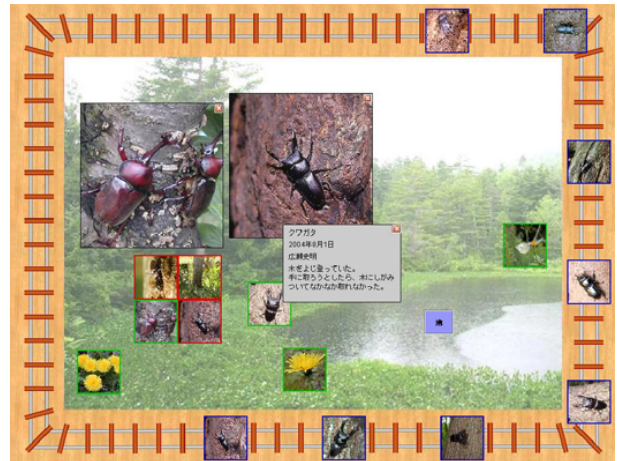


図 3: 実装画面

を行なうことが可能になる。

実装画面を図 3 に示す。ディスプレイ中央部は地図表示領域で、共有作業空間としての役割を担っている。外周部はデータの受け渡し領域となっており、手の届かない学習者にデータを受け渡す役割を担っているほか、後述の時系列データを一覧表示させることもできる。

##### 4.2.1 関連情報の表示

本研究は、野外で収集してきたデータを用いて動植物の成長過程や生育場所についての学習を行う際の、効果的な提示手法を主たる提案事項としている。そのような学習を支援するため、各データに関連付けられたさまざまな情報を表示させることができる。

なお、関連情報を表示させるには、情報を表示させた画像を指でクリックすることで表示されるポップアップメニューを用いる。前章で述べたように、各データにはいくつかのパラメータを付加させてあるので、そのデータに関連付けられた情報を表示させる。

関連情報として、「拡大画像」「詳細情報」「時系列データ」「周辺データ」を表示させることができる。したがって、拡大表示をして他の写真と見比べたり、詳細情報を表示してそのデータの収集者・収集日・コメントなどを閲覧したりすることが可能である。時系列データはディスプレイの外周部に収集日の順に並んで表示され、そのデータがどのような成長過程を遂げたかを一覧できる機能である。また周辺データは、指定したデータの地理的周辺データが選び出され、指定し

たデータの周りに表示される機能となっている。周辺データは、パラメータとして保持している収集場所の座標が閾値以内のものが抽出される。

#### 4.2.2 データの受け渡し

今回想定している授業のように、複数人が集まって作業を行なう場合には、個人での作業だけでなく、複数人での作業を円滑に行なうことができるように支援する必要がある。

本システムでは、表示されたデジタルデータをドラッグにより移動させることができる。しかし、今回想定しているような大画面の机上ディスプレイを用いた場合には、遠くに表示されているデータをドラッグで移動させることは困難である。したがって、ドラッグ以外の方法でデータを移動させる機能が必要である。そこで、本システムではドラッグ以外に2種類の受け渡し方法を実装した。

まず、データを指で弾き飛ばすようにして相手に渡す方法である。このような方法は実世界でも行なわれるため、直感的な受け渡し方法であると考えられる。また外周部には列車のレールに見立てた画像が背景として表示されており、図4のようにその領域を指でこすることで、こすった量に合わせてレール上のデータを移動させることができる。この方法では、幾つかのデータを重ねて送ることができ、作業を効率化することができる。また、レール上にあるデータは全て移動するため、複数のデータを順序をキープしたまま受け渡すことができ、さらにさまざまなデータが生徒の目に留まりやすくなる。また、共有作業空間とは別に受け渡し領域を設けることにより、地図上で作業している他の学習者の邪魔をすることなくデータを受け渡すことができる。

以上のような機能により、ディスプレイを挟んだ対岸の生徒とのコミュニケーションが生まれ、より効果的な学習を行なうことができると考える。

## 5 システム評価

被験者として学生18名に対し、次のような評価実験を行なった。まず、先述したように、関連する過去のデータや周辺のデータを参照することは学習を効果的にすると考えられる。したがって、できるだけ効率

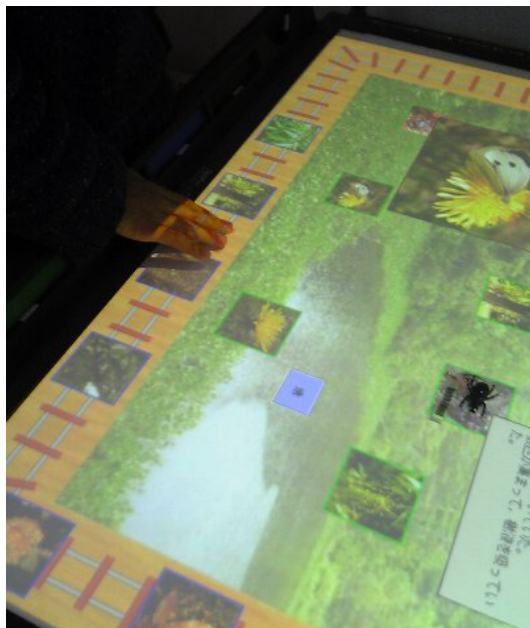


図4: レールを用いたデータの移動

的にそのようなデータを参照することができることが望ましい。そこで、従来の紙媒体を用いた方法と本システムを用いた方法とで、被験者に対してある動植物を指示し、その動植物の関連データ（時系列データおよび周辺データ）をすべて参照するまでの時間を計測し比較した。なお本実験では、関連データを被験者が参照したことを確認するため、各関連データの画像部分に文字を書きおき、その文字を読み取ってもらった。紙媒体の方式では、一般的に行なわれている形態（同じ日に収集したデータを1枚の模造紙に貼り付ける）で、15枚（15日分）の模造紙を用意した。

結果は図5のようになり、従来の紙媒体のみを用いた方式に比べ本システムを用いた場合には、より短時間で効率的に関連データを把握することができることがわかった。

## 6 まとめ

本研究では、効果的な野外学習の復習支援を行うため、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を提案・実装した。

提案システムでは、収集日時や収集場所などのパラメータを付加して野外で収集したデータに対し、さま

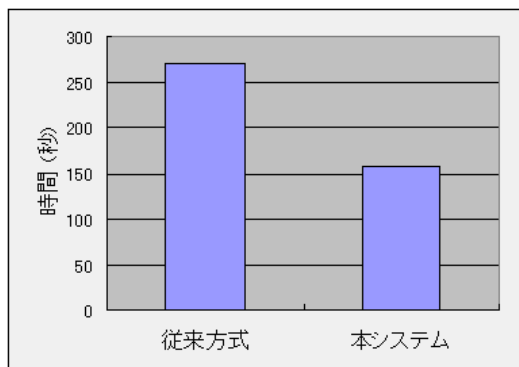


図 5: 評価実験結果

ざまな関連情報を表示させたり、データ間の関連付けを行なえる。これにより、従来の方式では閲覧が困難であった過去のデータと結びつけた学習を行なったり、周辺データを利用する学習が容易にできるようになった。また、大型の机上ディスプレイを用いた実世界指向のインタフェースを実装し、実世界オブジェクトとデジタルデータを融合させることで、一方だけでは不足している情報を補い、より深い学習を行なえるようにした。また、データの受け渡し方法にも注目し、データを弾き飛ばす方法のほか、ディスプレイの外周に配置したレールを使った受け渡し機能をもたせた。以上の機能により、複数人数での協調学習を効率的に行なえるように工夫した。

以上のことから、本システムの利用により、データ間の関連付けと効果的なデータの受け渡しが可能となり、また評価実験の結果からも、提案する提示手法により動植物の成長や生育場所などについて効率的な協調学習を行なうことができるようになったといえる。

## 謝辞

本研究の一部は、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及び科学研究費補助金16700244による。

## 参考文献

- [1] 岡田昌也, 山田暁通, 吉田瑞紀, 垂水浩幸, 粥川隆信, 守屋和幸: 現実・仮想経験拡張型システム

DigitalEEII による協調型環境学習, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.1, pp.229-243, 2004.

- [2] 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
- [3] 日本教育工学会: 教育工学事典, 実教出版, 2000
- [4] 桐原ひかる: 自然への感性を高めるフィールド学習の指導に関する研究, 山梨県総合教育センター長期研修員研究報告書, pp.57-73, 2003.
- [5] Matthew Kam, Jingtao Wang, Alastair Iles, Eric Tse, Jane Chiu, Daniel Glaser, Orna Tarshish, John Canny: Livenotes: a system for cooperative and augmented note-taking in lectures, Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, April, pp.531-540, 2005.
- [6] Saira Ovaska, Pentti Hietala, Marjatta Kangasalo: Electronic whiteboard in kindergarten: opportunities and requirements, Proceeding of the 2003 conference on Interaction design and children, July, pp.15-22, 2003.
- [7] Robert J. K. Jacob, Hiroshi Ishii, Gian Pangaro, James Patten: Hands-On Interfaces: A tangible interface for organizing information using a grid, Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing System, pp.339-346, 2002.
- [8] Pierre Wellner: Interacting with paper on the digital desk, Communications of the ACM, Vol.36, No.7, pp.86-96, 1993.
- [9] 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.
- [10] Minneman S. and Harrison S: A bike in hand: a study of 3-d objects in design, Analyzing Design Activity, 1996.