

# PDA とデジタルインクを利用した インタラクティブ授業支援システム

An Interactive Lecture Support System with PDA and Digital Ink

三浦 元喜<sup>†</sup>      志築 文太郎<sup>†</sup>      田中二郎<sup>†</sup>  
Motoki MIURA      Buntarou SHIZUKI      Jiro TANAKA

<sup>†</sup> 筑波大学 電子・情報工学系

Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba

{miuramo,shizuki,jiro}@iplab.is.tsukuba.ac.jp

授業における生徒と教師のコミュニケーションの深化を目的とする、インタラクティブ授業支援システム Snail system を提案する。Snail system は、生徒がノートやプリントに書いた筆跡をデジタルインクを用いてリアルタイムに収集し、無線 LAN 付き PDA を介して教師の計算機に送信・蓄積するシステムである。この筆跡情報は教師が計算機上で閲覧したり、プロジェクタを用いることによって板書の代わりに生徒に提示したりすることができる。PDA、無線 LAN、デジタルインクといった機器を用いるため、教室における設置・撤収の労力を軽減し、恒常的な運用も行いやすい。また紙とペンを利用することにより、紙への筆記を中心とする従来の授業形態を踏襲しつつ、生徒の解答プロセスに着目するなど、新たな教育手法への展開と「教育の情報化」の推進が期待できる。

## 1 はじめに

近年、小中高等学校における計算機の導入と計算機教室(コンピュータールーム)の整備が進み、クラスの生徒がそれぞれ一台の計算機を使用できるような環境が一般的になりつつある。これらの計算機はコンピュータリテラシの授業・実習といった情報教育や、生徒の課外活動やレポート作成等に利用されている。しかし、理科や数学といった一般の教科教育において計算機を活用する「教育の情報化」についてはそれほど推進されていない。従来の「教育の情報化」では電子教材開発や遠隔教育環境、生徒による情報収集・編集・発信といった領域を対象としていた。

本稿では、「教育の情報化」における新しい領域として、「授業における計算機を利用した生徒と教師のコミュニケーションの深化」を提案する。また、この目的を実現するため、生徒の筆跡情報をリアルタイムに取得・収集し、表示や解析を行うインタラクティブ授業支援システムの設計について述べる。

## 2 一般の教科教育における情報化の推進

生徒が計算機を用いる形態の授業を行う場合には、学校に整備されたコンピュータールームを利用するのが手軽である。しかし、実際には以下に挙げる要因

のため、コンピュータールームにおいて通常の授業を行うことは困難である。

コンピュータールームで行える授業数の制限 生徒人数分の計算機が配備されたコンピュータールームの数は一般教室の数に比べて少ない。あるクラスで計算機を用いた授業を行う場合には、他のクラスでも同様の授業を行う必要があるが、情報教育の授業における使用を優先させると、うまくスケジュールを合わせられない場合がある。

コンピュータールームと授業の親和性 コンピュータールームにおいて一般の教科教育を行う場合は、通常の授業とは異なるカリキュラムを準備する必要がある。ディスプレイやキーボード、マウスが置かれた机の上に、さらに教科書とノートを広げるには広い机が必要となる。また、コンピュータールームにおける机は通常の教室とは異なり教師のほうを向いていない変則的なレイアウトであることが多い。加えて、ディスプレイが生徒の顔の前にあり視界を妨げている状態では(たとえ画面をロックできたとしても)生徒に集中して授業を受けさせるのは難しいと考えられる [1]。

我々は、「教育の情報化」を推進するためには、コンピューターームではなく、通常の授業が行われる教室において、計算機を利用した授業を展開することが望ましいと考えている。しかし一般の教室において、授業時間前に生徒が利用する計算機を持ち込んで設置したり、授業時間後に撤去したりするには相当の時間がかかる。また一般の教室は多目的に利用するため、多数の計算機を永続的に設置しておくことは困難である [2]。

### 3 筆記情報収集システム “Snail system”

そこで我々は、一般の教室にて行なわれる通常の授業において、恒常的に利用することができ教育の情報化を推進するシステムとして、個人用携帯情報端末 (PDA) と、デジタルインクを用いて生徒の筆跡情報を収集するシステム Snail (Stroked Notes Analysis for Interactive Lecture) system を提案する。Snail system は、デジタルインクによって取得した生徒の筆記情報を、PDA と無線 LAN 装置を介して教師の計算機にリアルタイムに送信するシステムである。図 1 に Snail system の全体構成図を示す。図 2 に生徒が使用する SnailClient の使用イメージを示す。

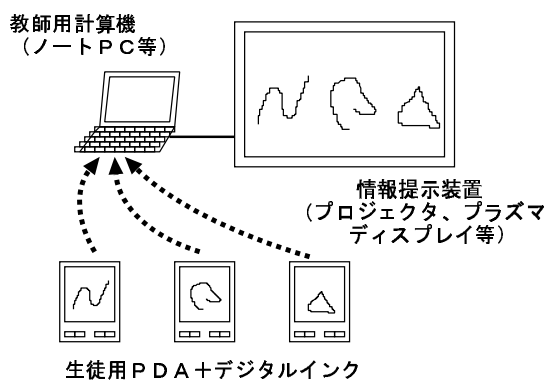


図 1: システム全体構成図

デジタルインクを用いると、生徒が通常の紙 (ノートやプリント) に書いた筆跡の座標と書かれた時刻を取得することが可能となる。デジタルインクとは、紙に書かれた筆跡を超音波センサ等によって計算機に取り込む仕組みを備えた筆記用具で、一般にメモ書きを電子文書化する道具として用いられている。通常は PDA の本体に格納される筆跡の座標情報を、我々は無線 LAN 通信によってサーバ (教師側の計算機) に送信し、リアルタイムに収集・格納する。これを教師側の計算機にて閲覧できるようにし、またプロジェクタに表示したり、解析を行ったりすることに

よって生徒と教師の間のインタラクティブなコミュニケーションを実現する。

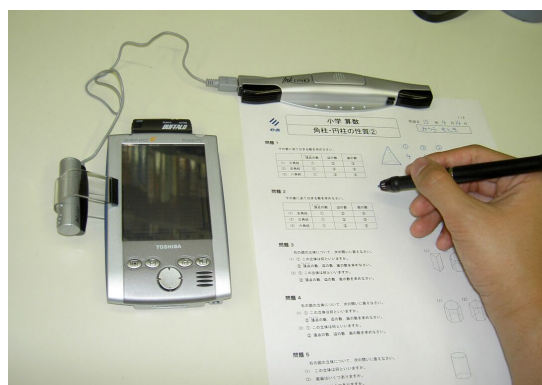


図 2: 生徒が使用する SnailClient の使用イメージ。紙に固定されたセンサが筆記中のペンの位置を取得し、PDA に送信する。

#### 3.1 システム構成

Snail system は、生徒側の PDA で動作し筆跡を取得する SnailClient、教師側の計算機で動作し筆跡を収集し保存する SnailServer と筆跡を閲覧する SnailViewer、保存された筆跡を再度閲覧する Snail-LogLoader から構成される。

SnailClient は、デジタルインクからの筆跡情報 (ストローク) を SnailServer に送信する。SnailServer は送られたストローク情報に時刻情報を追加し、ユーザ毎に保存する。また、SnailViewer にユーザ情報とストローク情報を送る。SnailViewer は送られたユーザ情報とストローク情報に基づき、該当するユーザ (生徒) の画面エリア (パネル) にストロークを表示する。

Snail system において中心的な役割を果たす SnailViewer は、教師がペンで操作することを想定して設計を行なった。教師が拡大表示したい生徒のパネルをペンでタップすると、全体表示画面 (図 3) から個別表示画面 (図 4) に切り替わり、特定の生徒の筆跡を大きく表示することができる。この状態で、周囲の生徒のパネルをペンでタップすると、そのパネルが中心に表示されるように視点が移動する。またパネルをタップしリリースするまでの時間を長めに (0.5 秒以上) すると、さらに拡大して選択したパネルのみを表示する。パネルの間にある部分をタップすると全体表示画面に戻る。ペンでストロークを入力すると、赤色の線による書き込みを行うことができる。これらの機能はペンの動作とタップ時間の長さにより自動的に選択されるため、教師は明示的なモード切り替えを行うことなくペンのみで操作できる。また

SnailViewer はズームツールキット Piccolo[3] を利用して実装しているため、画面におけるズームやパンはなめらかなアニメーションにより表示される。

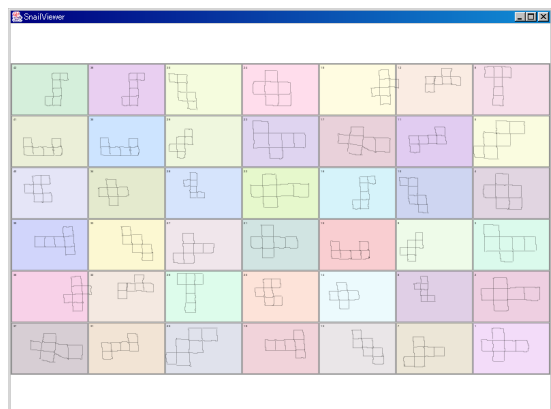


図 3: SnailViewer : 全体表示画面

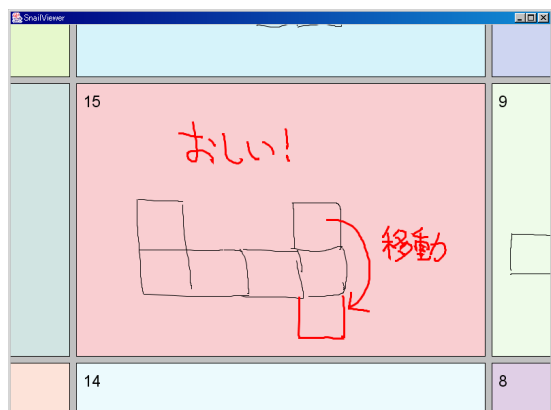


図 4: SnailViewer : 個別表示画面

SnailServer を終了させると、ストローク情報はログとしてファイルに保存される。保存されたログは SnailLogLoader を用いることによって再度表示・閲覧することができる。

### 3.2 想定する利用場面

Snail system を利用する最大の目的は、授業における生徒と教師のコミュニケーションを深化させることにある。教師はリアルタイムに更新される生徒の筆跡情報を閲覧することにより、生徒の学習行動の観察が行いやすくなる。また簡単な解析機構を追加することによって、理解力を確認する小テストの採点やアンケートの自動集計が行えるようになる。これにより、生徒がテストの結果を PDA の画面を通じて即座に受けとったり、集計結果に基づいて教師が授業の進め方を調整するといった利用が可能となり、インタラクティブ性の高い授業が展開できるようになる。

またリアルタイムに更新する筆跡情報をプロジェクトやプラズマディスプレイを用いて提示し、板書の替わりとして利用することによる効果も期待できる。従来生徒が板書していた時間を利用して、より多くの生徒の解答を提示できるようになるため、自分と他人の筆跡や解答を比べることによる刺激によって生徒の授業への参加意識が高まり、より楽しく活発に授業を受けることができると考えられる。

また、時刻情報を含む筆跡情報を詳細に解析することにより、従来よりもきめ細かな指導が行えるようになる可能性がある。特に生徒の試験などにおける「解答のプロセス」を考慮できる点で、新しい教育カリキュラムの開発や研究の推進が期待できる。

### 3.3 PDA とデジタルインクを用いる利点

PDA は、ノート PC やタブレット PC 等と比べると軽量かつ小型であるため、設置や撤去にかかる労力を軽減できるうえ、保管に要する場所も少なく済むという利点がある。

デジタルインクを用いて紙に書いた情報を直接取得する方式の一番の利点として、既存の学習形態に対する変更が最小限で済むことが挙げられる。生徒は普段の授業においてノートやプリント等の紙への筆記行為を中心とした学習活動を行っている。デジタルインクを用いて筆記情報を取得する手法は、基本的に筆記中心の学習形態を踏襲しているため、生徒が感じる違和感を軽減できると考えている。また、教師にとっても、基本的に教材を新たに準備したり、教え方を大きく変えたりする必要はなく、いままで使用してきたプリント教材をそのまま利用することが可能である。筆跡は紙に残るため、万一システムのトラブル等により筆跡情報が失われても被害は少ない。

従来方法としては PDA が備えるタッチパッド機能を利用したメモ書きを利用した方法が提案されている [4]。デジタルインクでは難しい筆跡情報の修正ができるというメリットはあるが、PDA の画面やタッチパッドの解像度が低い、描画可能な領域が狭い、タッチパッドの筆記感覚が紙とは異なる等の問題がある。また、紙をスキャンして筆跡情報を取得する方法も提案されているが、筆跡における時間情報を取得できないという問題がある。CrossPad<sup>1</sup> を用いて蓄積したメモ書きを共有するシステムも提案されている [5] が、CrossPad は筐体が大きく、また

<sup>1</sup><http://www.research.ibm.com/electricInk/>

PC に接続して情報を転送する必要があるため一般の教室には向かないと考えられる。また、あらかじめ紙に印刷された特殊なパターンを用いて位置を検出する Anoto Pen<sup>2</sup> が考案されており、将来的には利用できる可能性もあるが、専用の用紙を用いる必要があるため今回は超音波センサによる機構に基づく InkLink[6] を利用することにした。ちなみに InkLink におけるペン解像度は 72dpi であり、筆記した文字等を判別するのに十分な解像度である。

Snail system を運用するのに必要な機材は、生徒台数分の無線 LAN 接続機能付き PDA とデジタルインク、無線 LAN 基地局と教師用計算機、プロジェクタである。従来から行われている計算機を使った演習型の授業を行う場合に必要な機材と比べて、追加されるのは PDA とデジタルインク、無線 LAN 基地局であり、設置にかかる時間はそれほど増加しないと考えている。

#### 4 関連研究

NotePals[4] は、PDA(Palm) や CrossPad を用いたグループ内における Note (メモ書き) 共有システムである。メンバー間でのインフォーマルな知識の交換によるコミュニケーションを目的としている。メンバーが PDA に記録した Note はサーバに蓄積され、Web ブラウザから閲覧できる。NotePals では筆跡情報は Note を書き終わった後、PC との同期 (HotSync) を行う時点でサーバに送信されるため、筆跡を随時更新することは困難である。Snail system では無線 LAN を用いてリアルタイムに筆跡情報を収集することが可能である。また教室における利用を考慮した一覧性の高い筆跡表示インタフェースを用いている。

SEGODON-PDA[7] は、無線 LAN 機能付き PDA を用いて授業支援を行うシステムである。SEGODON-PDA では、演習問題等のデータを無線 LAN 経由で随時ダウンロードし、解答を行うことができる。しかし、生徒の解答データは PC との同期 (HotSync) 時のみ収集するため、無線 LAN の機能を十分に活かしていない。

#### 5 予想される問題点と今後の課題

実際に 40 人程度の生徒が参加する授業での運用を行った場合、生徒の筆跡情報が頻繁に送信され、教師一人では把握し切れないことも予想される。その

ため、収集した筆跡を認識する機構が必要であると考えている。シングルストロークの簡単なジェスチャ認識としては SATIN[8] や Quill[9] を用い、日本語を含む手書き文字認識としてはネットワークを利用した認識エンジン [10] 等を利用したいと考えている。

紙情報との位置関係が重要となる場合には、紙とクリップで固定するセンサの位置にばらつきが生じるためキャリブレーションを行う必要がある。この方法についても今後検討していきたい。

#### 6 まとめ

授業における生徒と教師のコミュニケーションを深化させる目的のため、生徒の筆跡情報をリアルタイムに収集・格納する Snail system の提案を行った。無線 LAN 接続機能付き PDA とデジタルインクを用いることにより、一般の教室において設置・撤収を含めた労力を軽減し、紙を中心とした既存の授業形態を踏襲できるようにした。本システムにより、恒常的な運用の可能性が高まり、「教育の情報化」の推進と新たな教育研究の進展が期待できる。

#### 謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金・特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」(領域代表者 増本 健, 課題番号 15020216) の支援によるものです。

#### 参考文献

- [1] 田中二郎. IT 革命の教育現場への適用: ヒューマンインタフェース研究者の立場から. 日本数学教育学会誌, Vol. 83, No. 9, pp. 31-38, 2001.
- [2] Victor Bayon, Tom Rodden, Chris Greenhalgh, and Steve Benford. Going Back to School: Putting a Pervasive Environment into the Real World. In *1st International Conference on Pervasive Computing (LNCS 2414)*, pp. 69-83, August 2002.
- [3] Benjamin B. Bederson, Jesse Grosjean, and Jon Meyer. Toolkit Design for Interactive Structured Graphics. Technical Report HCIL-2003-01, CS-TR-4432, UMIACS-TR-2003-03, Institute for Advanced Computer Studies, Computer Science Department, University of Maryland, January 2003.
- [4] Richard C. Davis, James A. Landay, Victor Chen, Jonathan Huang, Rebecca B. Lee, Francis Li, James Lin, Charles B. Morrey III, Ben Schleimer, Morgan N. Price, and Bill N. Schilit. NotePals: Lightweight Note Sharing by the Group, for the Group. In *Proceedings of the CHI 99*, pp. 338-345, May 1999.

<sup>2</sup><http://www.anotofunctionality.com/navigate.asp>

- 
- [5] James A. Landay. Using Note-Taking Appliances for Student to Student Collaboration. In *Proceedings of the 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, pp. 12c4-15-20, November 1999.
- [6] Seiko Instrumentas USA Inc. InkLink. <http://www.siibusinessproducts.com/products/link-ir-p.html>.
- [7] 吉野孝, 宗森純. SEGODON-PDA : 無線 LAN と PDA とを用いた大学教育支援システム. グループウェアとネットワークサービス研究会研究報告 2002-GN-45, pp. 47-52. 情報処理学会, 2002.
- [8] Jason I. Hong and James A. Landay. SATIN: A Toolkit for Informal Ink-based Applications. In *Proceedings of UIST 2000*, pp. 63-72, November 2000.
- [9] A. Chris Long Jr., James A. Landay, Lawrence A. Rowe, and Joseph Michiels. Visual Similarity of Pen Gestures. In *Proceedings of the CHI 2000*, pp. 360-367, April 2000.
- [10] 櫻田武嗣, 佐藤充範, 萩原洋一, 中川正樹. クライアント環境に依存しない手書き認識サーバによるアプリケーションの試作. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2003) シンポジウム論文集, pp. 653-656, June 2003.