

双方向授業のためのデジタルペンを利用した手書き筆記交換システム

三浦 元喜[†] 國藤 進[†] 志築 文太郎[‡] 田中 二郎[‡]

[†] 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 [‡] 筑波大学 システム情報工学研究科

Handwriting Sharing System with Digital Pen Devices for Interactive Lecture

Motoki Miura[†], Susumu Kunifujii[†], Buntarou Shizuki[‡], and Jiro Tanaka[‡]

[†] Japan Advanced Institute of Science and Technology [‡] University of Tsukuba

{miuramo, kuni}@jaist.ac.jp {shizuki, jiro}@cs.tsukuba.ac.jp <http://css.jaist.ac.jp/~miuramo/>

1 はじめに

ミレニアムプロジェクトの1つ「教育の情報化」では、一般教室で行われる授業に計算機を活用できる環境を整備することが目標の1つとして挙げられている。内容としては、ネットワーク接続されたパソコンとプロジェクタを各教室に配置し、黒板では説明しにくい内容について、教師がビデオクリップやアニメーションを用いた教材を生徒に見せながら授業を進めることにより、生徒の理解を促進することが期待されている [1]。このような授業においては教師から生徒への演示が中心であるが、我々は計算機を利用した教育効果を最大限に高めるためには、生徒の理解度や行動を教師にフィードバックする機構が必要になると考えている。

情報技術を用いて生徒の理解度や行動を教師にフィードバックする試みは、Web を利用した e-Learning 環境を含め以前から行われてきている [2, 3, 4, 5, 6]。しかし、これまでの e-Learning 環境においてはパソコンやタブレット PC, PDA といった情報機器を生徒が操作しながら授業を受ける方式が主流であった。このような e-Learning 環境を使用する場合、生徒はマウスやキーボードなどの情報機器の操作方法をあらかじめ習得しておく必要があった。

そこで我々は、生徒がパソコンや PDA といった情報機器を意識することなく双方向性の高い授業に参加できるようにする「実世界指向 e-Learning 環境」を提案する。また、この環境を実現するため、デジタルペンを利用した手書き筆記交換に基づく教育支援システムを構築している。

2 実世界指向 e-Learning システム “AirTransNote”

AirTransNote は、生徒がノートやプリントなどの紙に書いた筆記情報を、教師側の計算機に逐次送信することができるシステムである。生徒が紙に書いた筆記情報はデジタルペンによって取得され、PDA と無線 LAN を介してリアルタイムに送信されるが、基本的に生徒は PDA の操作を意識しなくても済むように設計している。デジタルペンとは、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あり、一般にメモ書きを電子化する道具として用いられている。デジタルペンを用いると、生徒が紙に書いた筆記の座標と書かれた時刻 (以後、時刻付き筆記情報) を取得することができる。通常は PDA 本体のメモリ内に格納され、クレードルやケーブルによる同期を行うことにより計算機に取り込まれる時刻付き筆記情報を、我々は無線 LAN を経由した TCP/IP 通信によって教師側の計算機に逐次送信する仕組みを追加した。これにより、時刻付き筆記情報をリアルタイムに収集し、また閲覧や解析をすることにより、インタラク

ティブ性の高い授業が行えるようにした。

図 1 に、生徒が使用する AirTransNote 送信部を示す。AirTransNote 送信部は、デジタルペン (InkLink¹) と無線 LAN 付き PDA (PocketPC) から構成される。生徒はまずデジタルペンのクリップに紙を挟み固定する。次にセンサ部分と PDA との通信部をケーブルによって接続する。以上の準備を行ったうえで専用のペンで紙に筆記すると、ペン先から発信される超音波をセンサが読み取り座標情報を生成する。生成された座標情報は、赤外線 (IrDA) ポート経由で PocketPC に取り込まれたのち、無線 LAN を経由して教師用計算機に送信される。

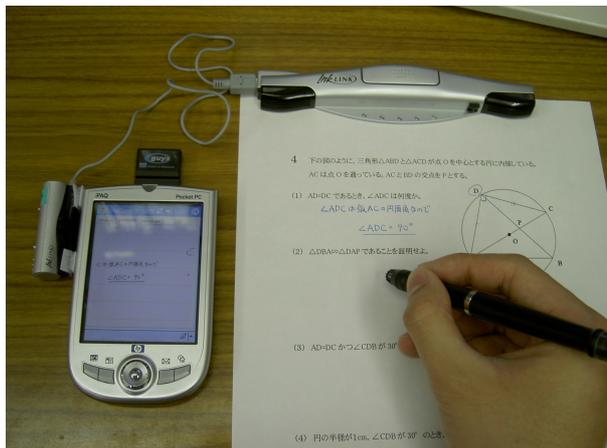


図 1: AirTransNote 送信部

2.1 授業における利用例

2.1.1 生徒による板書の代替

生徒に問題を回答させた後、少数の生徒を指名しその回答を板書させながら進める形態の授業は一般に行われている。生徒は自分の回答と他人の回答とを見比べることにより、授業の内容を正しく理解しているかどうかを認識することができる。しかし、授業時間の制約があるため、全員の生徒に回答を板書させ提示することは困難である。AirTransNote の教師用画面 (図 2) をプロジェクタで提示すれば、回答時間に生徒がノートに記入した筆記を即座に提示できるようになるため、生徒による板書の時間が不要となり、より多くの生徒の回答を提示させ、また見比べることが可能となる。ちなみに筆記は図 3 のように任意にズームすることができるため、細かな筆記も拡大して表示できる。また書かれた時刻順に筆記を再生することもできる。

2.1.2 試験監督

試験時に、教師が生徒の回答状況を確認する際にも利用できると思われる。試験中において生徒の回答状況を知るた

¹Seiko Instruments USA Inc., <http://www.siibusinessproducts.com/products/link-ir-p.html>

めには、従来は教室内を歩きながら状況を見る行為(机間巡視)を行うしかなかった。AirTransNoteの教師用画面を利用することにより、教師は生徒の回答の状況を全体的または詳細に観察できるようになる。

2.1.3 理解度確認のための小テストやアンケート

教師用システムは、チェックボックスや書かれている領域を認識する簡単な解析機能を備えている。この解析機能によって、理解度を確保するための小テストの採点やアンケートの自動集計が行える。図4は、アンケートのチェックボックスを集計した結果を表およびグラフによって表示している画面である。この表およびグラフは生徒の筆記を反映しリアルタイムに更新される。

2.1.4 その他

AirTransNoteが収集する「時刻付き筆記情報」を詳細に解析することにより、従来よりもきめ細かな個人指導が行えるようになると考えられる。特に試験における回答の過程を考慮することができるため、新しい教育手法の研究につながる事が期待できる。

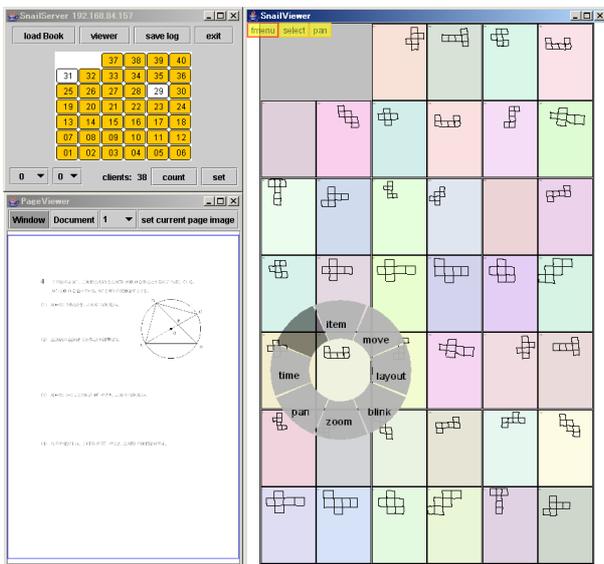


図 2: 教師側計算機の閲覧インターフェース

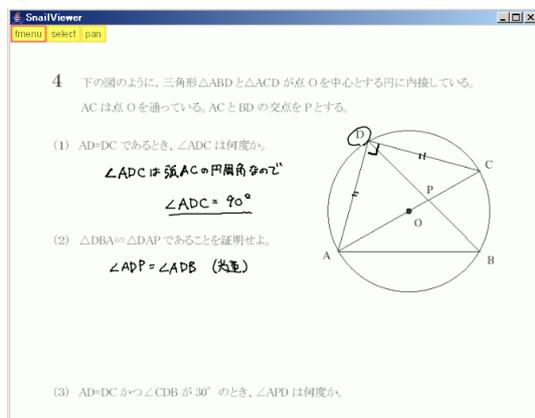


図 3: プリント教材と生徒の回答の重畳表示

2.2 利点

デジタルペンを用いる方式の一番の利点として、生徒が既存の学習形態を変更せずに済むことが挙げられる。AirTransNoteを使うことにより、生徒はパソコンやPDAといっ

た情報機器特有の操作を覚えることなく、インタラクティブ性の高い授業に参加できる。我々は、これまで行われてきた教育手法のよいところはそのまま維持した上で、演示対面型授業の効果を高めるための拡張や、機能の補完を行うという考えに基づいてAirTransNoteを設計している。教師にとっても新しい教材を準備する必要はなく、これまで使用してきたプリント教材はそのまま利用することができる。ちなみにAirTransNoteを運用するのに必要な機材は、生徒台数分のデジタルペンと無線LAN接続機能付きPDA、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示型の授業を行う場合に必要の機材と比べて、追加されるのはデジタルペンとPDA、無線LAN基地局である。生徒にデジタルペンとPDAが配布されており、かつ無線LAN基地局が設置してある環境であれば、準備にかかる時間はさらに軽減できる可能性が高い。

2.3 ソフトウェアのシステム構成と実装

2.3.1 生徒用システム(クライアント)

生徒用システムの実装には、Microsoft eMbedded Visual C++ 4.0を使用した。システムはIrDAポートを搭載したPocketPC 2003上で動作する。InkLinkからの筆記データ取得には、Seiko Instruments USA Inc.が提供する開発用SDKを使用している。図5に示す接続設定機能や図6、図7に示す確認機能、図8に示すようなキャリブレーション機能を備えているが、システムとしては生徒がPDAではなく紙に集中して授業を受けられるようにすることが望ましい。そのためインターフェースとしては画面に対するスタイルス操作をあえて不要とするよう設計した。生徒は授業開始時に、システム起動ボタンに割り当てられたホットキーを押すだけでよい。システムは起動後、ネットワークが利用可能かどうかを判断し、可能であればあらかじめ設定された生徒番号を用いて教師用計算機に接続を試みる。接続が成功すると、システムはPDAの時計を教師用計算機と同期する。筆記情報が生成されるとただちに教師用計算機に送信されるとともに、バックアップとしてPDA本体にも保存する。

初期導入時に、生徒番号を個々の生徒用システムに設定するのに図5の設定画面から行うのは煩雑である。そのため、管理用システムから生徒用システムの設定を一括操作できるようにした。管理用システムは個々の生徒用システムが備える設定用サーバソケットに接続し、レジストリ値の書替えによる生徒番号の割り振りや教師用計算機のアドレス設定、生徒用システムのバージョン確認や更新といった操作をまとめて行うことができる。生徒用システムの探索は、範囲を限定したポートスキャンによって行う。これにより、初期導入時の設定の手間を軽減することができる。

2.3.2 教師用システム(サーバ)

教師用システムは、筆記情報を受信し保存する機能、筆記情報を閲覧する機能などを基本機能として備えている。また、筆記を時間順に再現したり、選択した範囲のみの筆記を表示する機能を実現した。システムの実装にはJava2とズームングツールキットPiccolo[7]を利用しているため、筆記を閲覧する画面はなめらかなズームングにより表示される。近い将来タッチセンサ付きプラズマディスプレイが普及することを考慮し、ペンのみの操作でも基本的な機能を使用できるよう

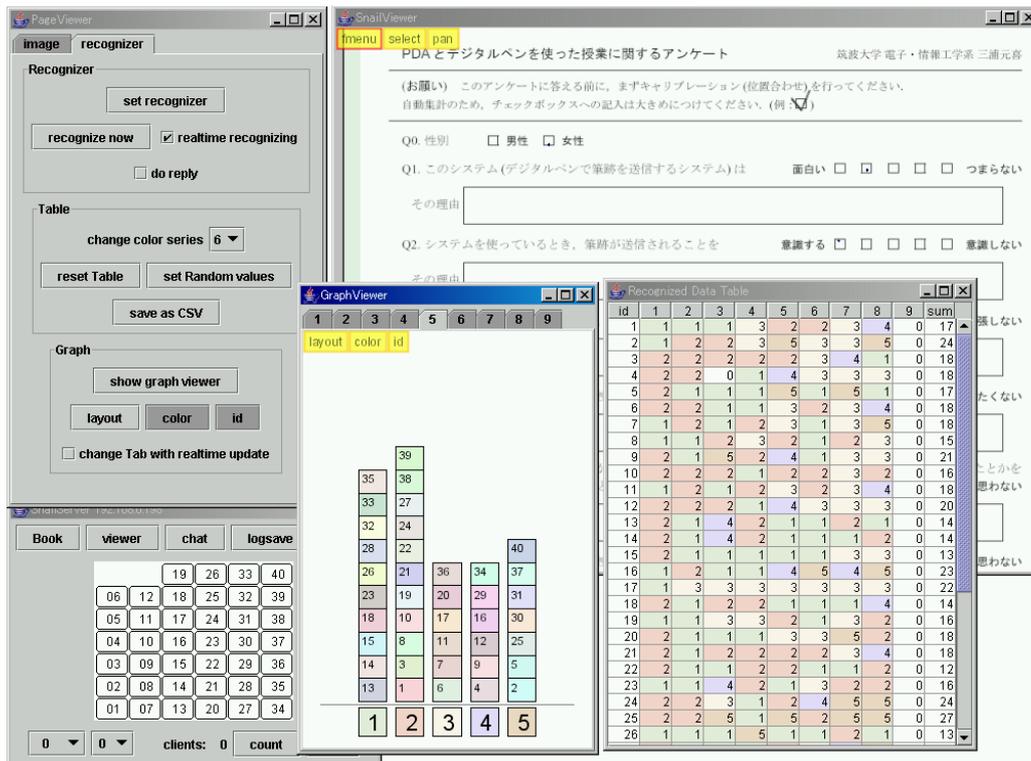


図 4: チェックボックスの認識と集計・グラフ表示機能

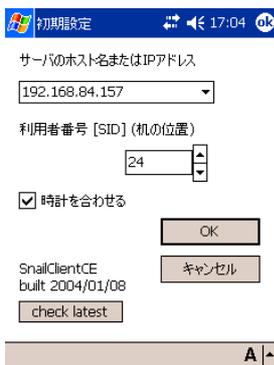


図 5: 接続設定画面

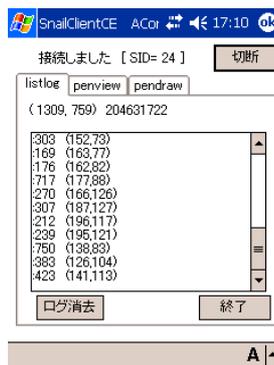


図 6: 動作チェック画面

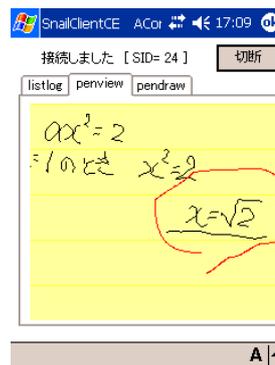


図 7: 筆記表示

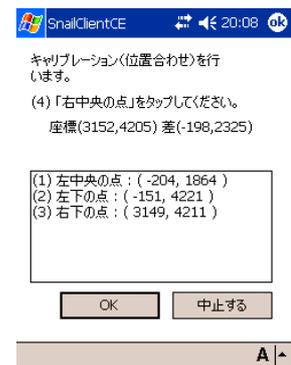


図 8: 位置調整画面

設計した。

筆記情報に重畳表示するプリント教材のページイメージについては、あらかじめ“Page”として作成しておく。“Page”はJPEGやPNGなどの画像データを用いて簡単に作成できる。それぞれの“Page”ごとに、小テストやアンケートの回答を認識するための領域(Mark)を設定することができる。このMarkを設定する作業は、デジタルペンの筆記情報を参照しながら行うことができる。Markを設定したら、それぞれのMarkに対応する値を設定し、関連するMarkをグループ化して見出しをつけ、まとめて“Book”として保存しておく。実際の授業においては、教師はまず“Book”を教師用システムに読み込ませる。次に“Book”内の“Page”をアクティブにすると、認識エンジンが“Page”内のMarkを読み取り、その情報を元に図4に示すような表やグラフを生成する。表のデータはCSV形式にて出力できるため、他のアプリケーションによって分析するといったことも簡単に行える。

3 関連実践

財団法人コンピュータ教育開発センターが実施しているEスクエア・アドバンスのIT活用教育推進プロジェクト「Webコンテンツとデジタルペンを活用した英語授業」[8]では、本研究と類似したデジタルペンを利用した授業実践を行っている。プロジェクトの目的は本研究とほぼ同様であるが、デジタルペンとしてAnoto Penを使用し、クレードルを経由して筆記情報を送信している点がシステム上の違いとして挙げられる。クレードルを経由するため、筆記情報送信機としてのPDAが不要であるという利点はあるが、本研究が実現している筆記のリアルタイム送信が行いにくく、クレードル配置の際には計算機との配線を考慮しなければならない。また、Anoto Penを用いることによりキャリブレーションを行わなくて済む反面、ドットパターンが印刷された紙を使用しなければならないという制約がある。本システムではリアルタイム性ならびに運用における負荷の軽減を重視している。

表 1: アンケート内容

Q1. このシステム(デジタルペンで筆跡を送信するシステム)は	面白い <5,4,3,2,1> つまらない
Q2. システムを使っているとき、筆跡が送信されることを	意識する <5,4,3,2,1> 意識しない
Q3. このシステムを使っているとき、使わないときと比べて	緊張する <5,4,3,2,1> 緊張しない
Q4. 機会があれば、このシステムを授業やテストのときに	また使いたい <5,4,3,2,1> 使いたくない
Q5. 筆跡をビデオのように再生しながら見ることに、自分がどこでつまづいたとか、分からなくなったとかを自分や先生が知ることができると	思う <5,4,3,2,1> 思わない
Q6. このシステムを授業で使うと、授業の効率・能率があがると	思う <5,4,3,2,1> 思わない

4 実験

本システムの利用による生徒の反応を調査するため、実験授業を行った。高校1年生の数学の授業(男子16名、女子24名、授業時間45分)を対象とした。試験前の授業であったため、生徒にプリントを配布し問題を解かせた後、解説を行うという内容であった。授業の最初の5分間でデジタルペンとPDAの配布、システムの解説を行った。授業時間の最後の5分間で選択項目および自由回答アンケート(表1)を行った。

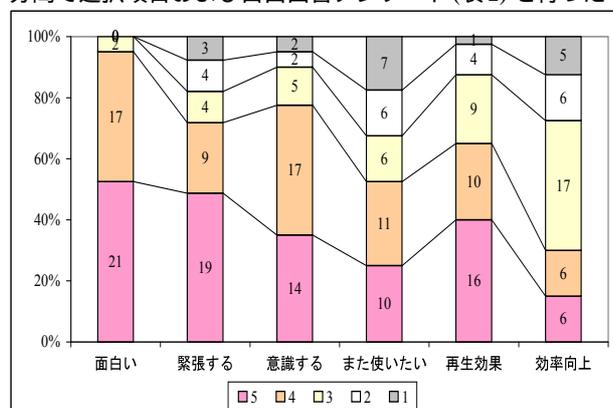


図 9: アンケート結果

アンケートの結果(図9)によると、システムについて「面白い」と回答する生徒が多かったが、筆跡を随時送られることを意識する、緊張する、間違えたら恥ずかしいといった意見も多かった。その理由として、デジタルペンの筆記用具がボールペンであり、消しゴムによる修正ができない点が挙げられた。試験授業が、数学の問題に回答するという内容であったため、この「修正ができない点」はより顕著に現れたと考えられる。紙の上での修正の問題に加えて、電子的な筆記情報との整合性をどう保つかについて、今後検討していく必要がある。

5 まとめと今後の課題

生徒がパソコンやPDAといった情報機器を意識することなく双方向性・インタラクティブ性の高い授業に参加できるようにするための、デジタルペンを利用した実世界指向e-Learningシステム AirTransNoteの提案と実装について述べた。今後はリアルタイム性を活かした授業のための仕組みや、生徒ならびに教師の負担を軽減するためのインターフェースについて検討していく予定である。

AirTransNoteのソフトウェアは<http://css.jaist.ac.jp/~miuramo/atn/> からダウンロードできます。

謝辞

有用なコメントに加え、実験授業の場を提供していただいた筑波大学附属坂戸高等学校の阪本康之教諭に深く感謝いた

します。本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金(課題番号 15020216ならびに 14780187)の支援によるものです。

参考文献

- [1] 文部省学習情報課. 「ミレニアム・プロジェクト」により転機を迎えた「学校教育の情報化」—「総合的な学習」中心から「教科教育」中心へ—, July 2000. http://www.manabinet.jp/it_ed.pdf.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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, October 2002.
- [5] 石田準, 坂東宏和, 加藤直樹, 中川正樹. 手書き筆記と電子教材の交換を可能とした電子黒板・電子ノートシステム. 情報処理学会研究報告, No. 119 (CE-67), pp. 25–32, December 2002.
- [6] 田村弘昭, 岩山尚美, 田中宏, 秋山勝彦, 石垣一司. タブレットPCを活用した手書き電子教材の実践検証. インタラクシオン2004, pp. 47–52. 情報処理学会, March 2004.
- [7] 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.
- [8] 丸山香奈, 門松裕之, 小出泰, 新井麻規子, 川村健, 武藤賢司. Webコンテンツとデジタルペンを活用した英語授業～これが近い将来の教室風景です～. 教育・学習へのIT活用シンポジウム—平成15年度Eスクエア・アドバンス成果発表会—, March 2004. <http://www.cec.or.jp/e2a/other/04PDF/b1.pdf>.