

デジタルペンを利用したインタラクティブ授業支援システム ～一般教室における協調的学習環境の構築を目指して～

Interactive Learning Support System using Digital Pen Devices
— Towards a collaborative learning environment for regular classrooms —

三浦 元喜 國藤 進
Motoki Miura Susumu Kunifuji
北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科
School of Knowledge Science, JAIST
{miuramo,kuni}@jaist.ac.jp

Abstract

We have developed “AirTransNote,” which enhances interaction between a teacher and students in a regular classroom. AirTransNote collects students’ handwriting notes written on a paper as digitized note data, and enables a teacher to browse the notes with a feasible zooming interface. When a handwriting note is generated, it is immediately sent to the teacher’s computer so that the teacher can check the students’ status in real-time manner. However the teacher is hard to check all notes in short time. Therefore the system provides a simple recognizing function and a graph visualization function in order to reduce the time for recognizing overview of the students’ learning status. Since we have adopted digitized pen facility, AirTransNote retains the way of usual lecture style and activities based on usual papers. We conducted a preliminary study using questionnaires and found that this system can be feasible to apply for classroom environment.

1 はじめに

近年、小中高等学校などにおいて「教育の情報化」を推進する動きが高まっている。「教育の情報化」とは、一義的には情報技術を活用して授業を行うことを意味しており、授業における教育活動の効率を高めたり、生徒の理解度を高めることを目的としている。「教育の情報化」については、ミレニアム・プロジェクト^{*1}の1つとしても掲げられている。解説資料[1]には「教育の情報化」の具体的な内容として“ネットワークに接続されたパソコン2台(教師用1台、生徒用1台)と、提示用の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用いることにより、生徒にとってわかりやすい授業を実践する”ことを例として挙げている。このように、解説資料[1]の中では、計算機はおもに「教材を提示するための道具」として位置付けられている。

我々は計算機を利用した教育の効果をさらに高めるためには、計算機が備える通信機能やインタラクティブ性を活かした仕組みが必要になると考えている。従来からインタラクティブ性を活かす試みについては、Webを利用したe-Learning環境をはじめ様々な研究・実践が行われてきている[2, 3, 4, 5, 6]。しかし、これらのe-Learning環境においてはパソコ

^{*1} <http://www.kantei.go.jp/jp/mille/>

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に参加する形態が主流であった。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による情報機器の操作方法について, あらかじめ修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 といった情報機器の操作をなるべく意識することなく, インタラクティブ性の高い授業に参加できるようにするため “Augmented Classroom” (実世界指向技術による一般教室の拡張) [7] という概念を提唱している。また, この概念を具現化するためのシステムとして, デジタルペンと PDA を利用した実世界指向インタラクティブ授業支援システム “AirTransNote” を設計・開発している [8]。我々は, Augmented Classroom を実現することにより, 一般教室における一斉授業の利点の 1 つである「同室感」をさらに強化することができるため, 効果的な協調学習支援環境が構築できると考えている。

2 システム “AirTransNote”

システム AirTransNote は, 生徒がプリントやノートなどの通常の紙に筆記した内容をデジタルペンによって取得し, PDA と無線 LAN 装置を介して教師が使用する計算機にリアルタイムに送信するシステムである。デジタルペンとは専用のペンを用いて紙に筆記した際の座標と時刻を取得する装置であり, 手書きメモを計算機に取り込み電子文書化したり, 電子帳票を処理したりするために用いられている。我々は PDA が備える無線 LAN 機能を利用し, デジタルペンの筆記情報を教師側の計算機に逐次送信することにより, 筆記をリアルタイムに収集・格納することを可能にした。

図 1 に本システムを教室で利用する際の構成図を示す。生徒は図 2 に示す生徒用システム (ATN Transmitter) を使用して, プリントの問題を回答したり, 板書をノートに写したりといった筆記行為を行うと, その筆記情報はリアルタイムに教師用計算機に送信される。送信された筆記情報は図 3 に示すような教師用システムが備える筆記閲覧インターフェー

スを利用することにより教師が確認したり, プロジェクタを利用して生徒に提示したりすることができる。

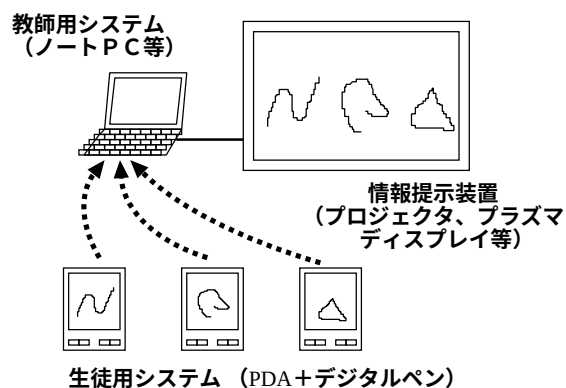


図 1 AirTransNote 全体構成図

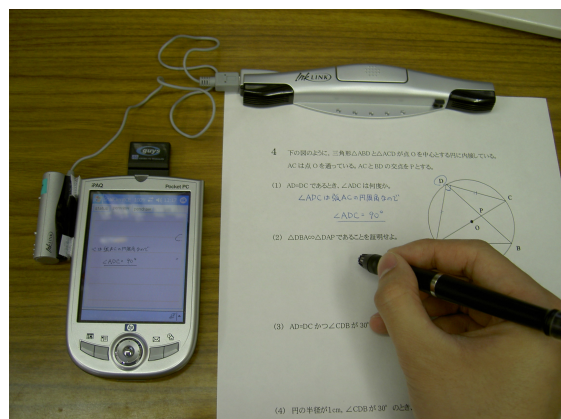


図 2 生徒用システム (ATN Transmitter)

教師用システムの筆記閲覧インターフェースにおいては, 生徒の筆記は座席と対応して配置されている。教師は生徒の筆記をクリックして拡大したり, マウスでコメントを書き込んだりすることができる (図 4)。生徒の筆記はあらかじめ取り込んでおいたプリント等のイメージに重畳して表示することもできる。書き込まれたコメントは生徒用システムの PDA 画面に反映される (図 5)。

一般教室で行われる一斉授業の場合, 生徒 30~40 名に対して教師が 1 名ということが多いため, 教師が生徒全員分の筆記内容を画面から確認したり, マウスでコメントを書き込むことは困難である。そこで, 生徒の筆記を自動解析し, その結果をグラフや表によって視覚的に示す機能を実装した (図 6)。現

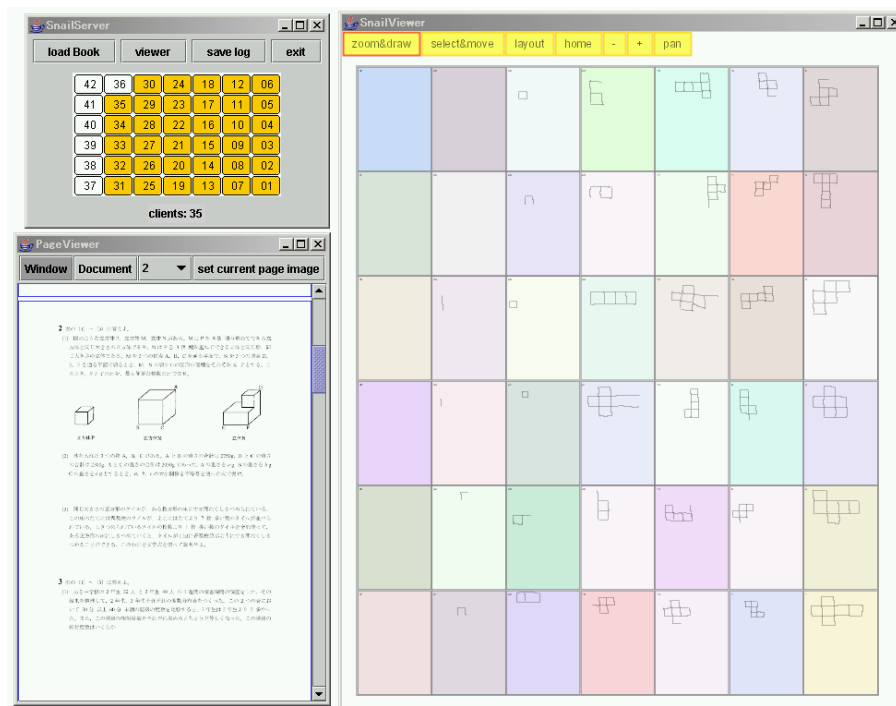


図3 教師用システム (AirTransNote Manager) の筆記閲覧インターフェース

状の自動解析機能ではチェックボックスの選択認識や矩形領域判定といった基本的な機能のみを実現している。

その他、教師から生徒用システムへ行える個別フィードバックとしては、PDAの画面にメッセージ(テキスト)を送信し表示したり、PDAのスピーカを使って音を再生したりする機能を備えている。この機能は、例えば問題の正解/不正解を伝える効果音を生徒に個別に提示するときに利用できる。

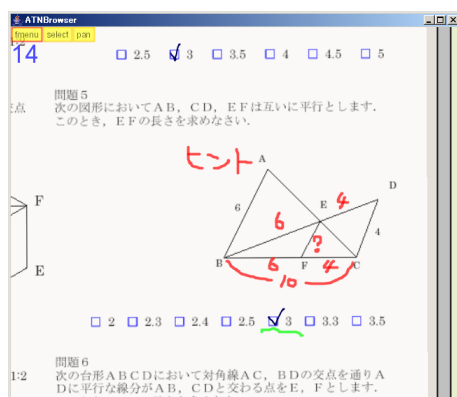


図4 筆記の拡大とコメントの書込み

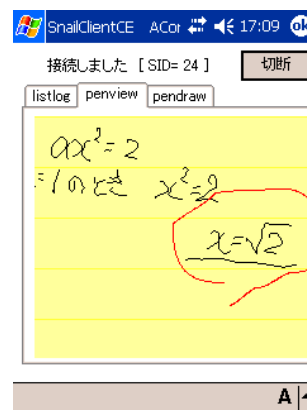


図5 生徒用システムへのコメント表示によるフィードバック

2.1 協調的学習を指向した授業における利用例と予想される効果

AirTransNote を利用することにより、以下のような協調的学習を指向した授業を行うことが可能となる。

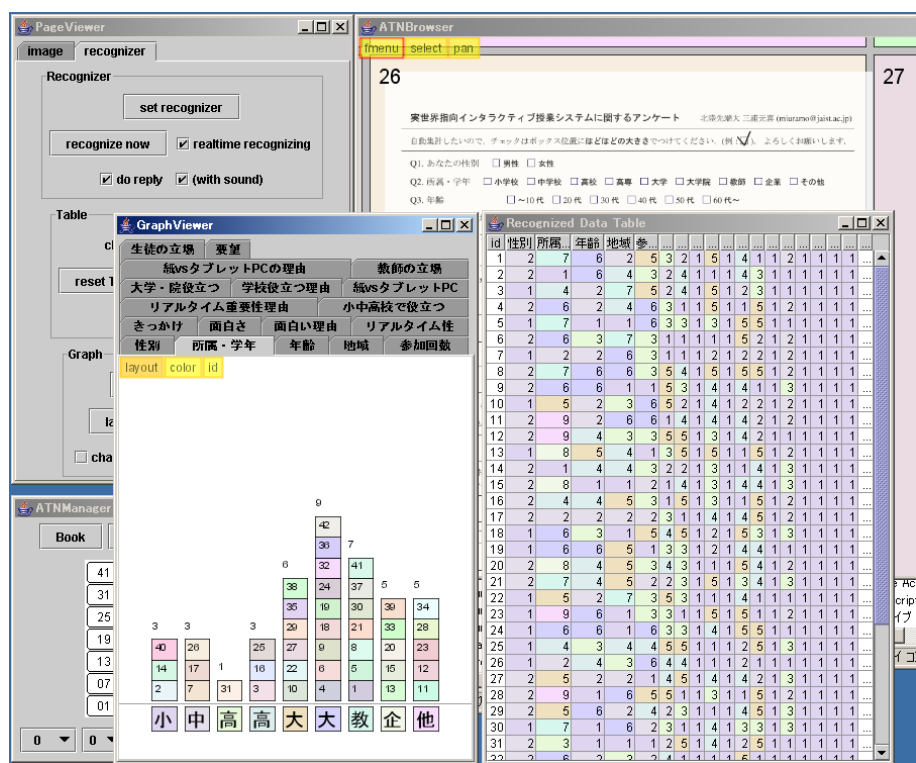


図6 チェックボックスの認識と集計・グラフ表示機能

■より多くの「他者の考え」に触れる機会の創出 生徒は自分以外の生徒の回答や考え、行動に触発されながら学びを深めるといわれている。そのため、生徒に回答を板書させながら進めるといった授業はよく行われている。一般教室における一斉型授業の利点として、これらの触発機会が増加することが挙げられるが、生徒に板書をさせる時間がかかるため、限られた授業時間の中ではあまり多くの回答を取りあげることができない。そのため授業によっては授業時間前の休憩時間に生徒に板書させるなどの工夫をする必要があったが、AirTransNoteを利用することにより、授業中に取り組んだ課題についても生徒が板書する時間を節約することができる。結果として、より多くの「他者の考え」に触れることができる。

ちなみに時間節約の観点から考えると、書画カメラを用いて生徒のノートやプリントを投影することによっても同様の効果が得られるが、書画カメラの場合物理的にノートやプリントを移動する時間が必

要となるため、AirTransNoteを利用したほうが効果は高い。またAirTransNoteでは、生徒の筆記した順序をたどって筆記を再生することが可能となるため、静止した筆記よりも生徒の「筆記行動」を強調しながら生徒に提示することができる。

■他者の考えとの関係・関連の明示 生徒にとっては、自分の考えが他者の考えとどこが似ており、どこが違っているのかを確認したり、自分の意見が全体意見のなかでどのあたりに位置するのかを認識することによって、理解を深めることができる。AirTransNoteでは、生徒の筆記を自由に配置する(図7)ことによって似た意見や回答をまとめて提示することができる。また、この状態でも筆記を自由に拡大・縮小することが可能である。ただし、現時点ではこのような配置を自動的に計算する機能は備えていない。金沢大学の松原が行っている研究実践では、生徒がタブレットPCを利用し、自分の回答と似ている回答を選択することによって得られた類似度を基

に Kohonen の自己組織化特徴地図を生成し、教師が閲覧することができる [9]。本システムにおいても今後生徒同時が筆記を確認できるようにするなど、システムの機能を拡張することによって実現できると考えている。



図 7 筆記の自由配置機能

■筆記情報の蓄積と交換による教育効果 AirTransNote を用いると、通常の筆記が紙に残ることに加えて、詳細な筆記情報 (筆記の座標情報と、書かれた時刻の情報) を電子的な情報として蓄積することができる。この詳細な筆記情報は、筆記時と同時に教師側計算機に送信・保存されるほか、筆記を行った生徒が利用している PDA 内にもファイルとして保存される。PDA 内に保存される筆記情報は、生徒が帰宅後復習のために閲覧したり、他の生徒とノートを交換したり、また教師に分からない部分を質問したりする場面において利用することができる。教師側に残った筆記情報については、主に教師が授業後に生徒の学習活動の評価を行うために利用できる。回答の経緯やノートの取り方などを分析することにより、従来よりもきめ細かな指導を行うことが可能になる。

2.2 一般教室における運用を考慮したシステムデザイン

AirTransNote は、一般教育にて行われる授業をインタラクティブ性の高いものとするためのシステムであり、恒常的な運用を想定している。恒常的な運用を行うためには、教師や生徒にかかる負担を最小限にすることが望まれる。そのため、我々は以下の項目を考慮してシステム設計を行なった。

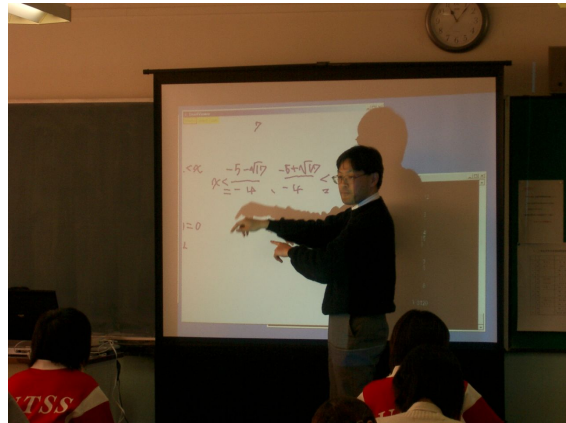
■生徒にとって違和感がなく、簡単に使えること 双方向性やインタラクティブ性の高い授業 [10, 11] を行おうとする場合、生徒が電子機器を操作して授業に参加する必要がある。最近はこの操作に慣れている生徒も多いが、慣れていない生徒が操作に戸惑った結果授業についていけなくなるようではシステムが支援しているとは言い難い。PDA やタブレット PC などデバイス画面への筆記は一旦書いた筆記の修正が行いやすい利点があるが、画面解像度が低い、描画可能な領域が狭い、筆記感覚が紙とは異なる等の問題がある。

このような生徒の違和感を軽減するため、我々はデジタルペン (InkLink[12]) を利用し、これまで慣れ親しんできた紙への筆記活動中心の授業となるべく同じ感覚で授業を受けられるようにした。PDA に対する操作についても最小限の操作 (授業の最初に「システム起動ボタン」を押す操作) のみであり、「教師用計算機への接続」といった煩雑な操作については意識せずに済むよう設計している。

■設置・撤去が容易であること 一般教室は授業以外の活動にも利用されるため、電子機器などの機材をパソコン教室のように常に設置しておくことは困難である [13]。そのため、授業のたびに設置・撤去を簡単に行えることが望ましい。授業と授業のあいだにある休憩時間も限られているので、短時間のうちに設定を終える必要がある。AirTransNote では PDA(PocketPC) と小型デジタルペンを利用することにより、設置・撤去を容易に行える。PDA とデジタルペンが既に生徒に配布されており、教室に無線



(a)



(b)

図 8 運用実験授業の様子

LAN 基地局とプロジェクタが整備されている状況であれば、設置にかかる時間は生徒が PDA とデジタルペンを接続するために必要な時間 (1 分程度) である。ちなみにシステムを使用していない場合も、PDA やデジタルペンは小型であるため保管に要する場所が少なくて済む。

■その他 PDA とデジタルペンを利用することによるメリットとして、タブレット PC を用いた場合よりも安価に機材を揃えることができることが挙げられる。また、デジタルペンのみを利用した場合 [14] と比べて、PDA を利用することにより生徒に個別フィードバックを返すことができる点も無視できない。適時フィードバックのための高いリアルタイム性を維持することも重要な要素である。

3 運用実験

AirTransNote の運用可能性を調査するため、運用実験を行った。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) において、生徒にプリント問題を解かせた後、教師が筆記を用いて解説を行った。授業の最初にデジタルペンと PDA、接続と動作概要を図解したマニュアル (A4 用紙 1 枚, 図 9 参照) を生徒に配布しシステムの説明を行った。また授業時間の最後に選択項目および自由筆記のア

ンケート (表 1) を行った。教師用計算機として大型ノート PC (Fujitsu FMV-BIBLO NH90GN) を利用し、生徒用 PDA (Fujitsu PocketLOOX FLX3AW) とは授業前に設置した無線 LAN 基地局 (Cisco Aironet 1100; AIR-AP1121G-J-K9 1 台) によって接続した。

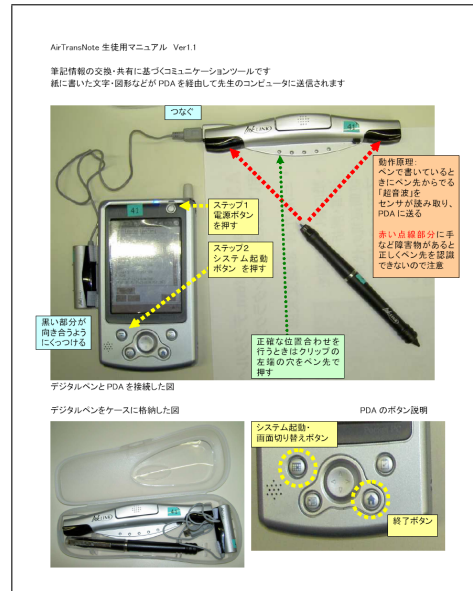


図 9 配布した図解マニュアル

結果

図 8(a) および (b) に運用実験授業の様子を示す。我々は教師が ATN Manager の画面を通して生徒の

表1 アンケート項目

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より、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	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

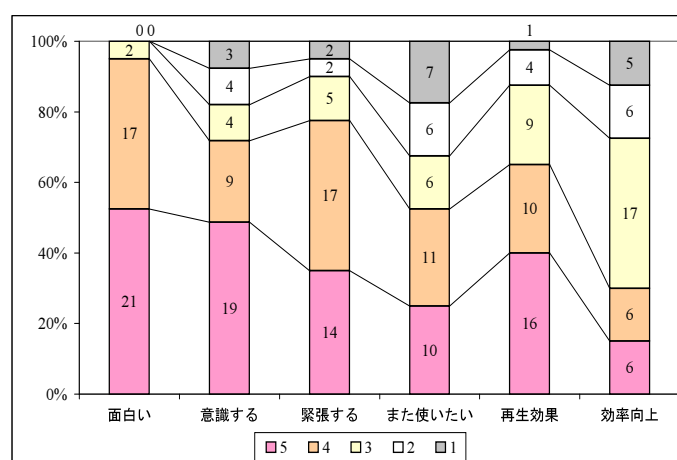


図10 アンケート結果

筆記を確認することを期待していたが、実際には画面はあまり使用せず、主に机間指導しながら直接生徒の様子や筆記を確認していた。そのため教師が机間指導中に、提示したい生徒の筆記を (ATN Manager を使用せずに) 簡単に選択できるようにする工夫が必要であると感じた。

アンケートの結果 (図10 参照) と自由筆記によると、95% の生徒はこのシステムを使った授業についておもしろいと感じており、授業ならびにシステムの使用を好意的に受けとめていた。数人の生徒はデジタルペンによる筆記の送信機能に驚きを感じ、興味を持っていた。しかしなら、半分以上の生徒は筆記が共有されることについて少し緊張する、不安を感じると述べている。この不安感を醸成するのは筆記がリアルタイムに送信・共有されてしまうという機能に加えて、デジタルペンが使用する筆記用具

がボールペンであるため消したり書き直したりすることができない点が影響を与えていると考えられる。また、授業で使用した数学のプリントにおける回答欄の領域が狭かったことも多少影響していると考えられる。

今回の実験では、PDA とデジタルペンを授業中に配布したため、説明し全員がほぼ接続し終わるまでに5分程度かかった。しかしシステム起動は図解マニュアルを見ながらデジタルペンのセンサを繋ぎボタンを押すのみという簡潔な操作であったため、この運用実験で初めてシステムに触れる生徒がほとんどであったにもかかわらず短時間で接続を完了し、授業を開始できた。このことから、我々が提案する実世界指向インタラクティブ授業支援システムは一般教室にて行われる授業に対し十分適用可能であるといえる。

4 まとめ

一般教室における教育の情報化の流れを促進するため、我々が構築している実世界指向インタラクティブ授業支援システム AirTransNote について述べた。デジタルペンを用いることにより生徒の負担を軽減し、無線 LAN 機能付き PDA を利用することによりリアルタイム性とインタラクティブ性を高め、さらに設置時の配線の手間を軽減したり、スケーラビリティを向上させることが可能となった。本システムを利用することにより、生徒からの情報発信が容易となるため、生徒相互が影響し合うといった協調的な学習を実施する基盤を構築することが可能となる。また、授業への生徒の参加意識を高め、受動的になりがちな一斉授業であっても能動的に取り組むといった効果が期待できる。

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)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.
- [2] Richard C. Davis, James Lin, Jason A. Brotherton, James A. Landay, Morgan N. Price, and Bill N. Schilit. A framework for sharing handwritten notes. In *Proceedings of the 11th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST98)*, pp. 119–120, November 1998.
- [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] 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.
- [5] 重信智宏, 野田敬寛, 吉野孝, 宗森純. SEGODON-PDA: 無線 LAN と PDA を用いた柔軟な授業支援システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 1, pp. 255–266, January 2004.
- [6] 緒方広明, 矢野米雄. CLUE: 語学学習を対象としたユビキタスラーニング環境の試作と実験. 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 10, pp. 2354–2362, October 2004.
- [7] Motoki Miura, Susumu Kunifuji, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. Augmented Classroom: A Paper-Centric Approach for Collaborative Learning System. In *Proceedings of 2nd International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS2004)*, November 2004.
- [8] 三浦元喜, 國藤進, 志築文太郎, 田中二郎. 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. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM2004) シンポジウム, pp. 69–72. 情報処理学会, July 2004.
- [9] 松原道男. タブレット PC による描画の交流のためのソフト開発. 日本科学教育学会年会論文集 28, pp. 609–610, 2004.
- [10] Takashi Yoshino and Jun Munemori. SEGODON: Learning Support System that can be Applied to Various Forms. In Claude Ghaoui, editor, *E-Education Applications: Human Factors and Innovative Approaches*, pp. 132–152. Information Science Publishing, February 2004.
- [11] 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.
- [12] Seiko Instruments USA Inc. InkLink. <http://www.siibusinessproducts.com/support/discsupp.html>.
- [13] 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.
- [14] 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>.