

## 自発能動的な学習環境を提供する 双方向型授業支援システムの実践と評価

松内 尚久<sup>†1</sup> 芝 治也<sup>†1</sup>  
山口 巧<sup>†1</sup> 藤原 憲一郎<sup>†1</sup>

本論文では、遍在学习環境下において使用可能なタブレット PC を使った新しい双方向型授業支援システムの実践と評価を報告する。本システムは全学的に構築された無線 LAN 環境を活用したものであり、電子黒板システムを基にして双方向システムを導入した新たな学習支援システムである。学生用タブレット PC と教員用タブレット PC は、サーバマシンと無線 LAN によって双方向通信が可能となっている。教員用 PC 画面上での板書は、随時学生用 PC 画面に送られる。学生は、講義メモや質問の解答を学生用 PC 画面上に書き込み、書き込んだ結果を電子ファイルにして教員用 PC に提出することもできる。また、教員は教員用 PC の画面上で学生用全 PC 画面の状態を閲覧することができ、学生の問題解決過程を確認できる。著者は実践的な授業で本システムを適用し、学生による評価を基にシステムの改善と本システムの有効性について検討を行ったので結果を報告する。

### The Practice and the Evaluation of a New Campus Wide Collaborative Active Learning System

NAOHISA MATSUUCHI,<sup>†1</sup> HARUYA SHIBA,<sup>†1</sup>  
TAKUMI YAMAGUCHI<sup>†1</sup> and KENICHIRO FUJIWARA<sup>†1</sup>

This paper discusses the practice and the evaluation of a new collaborative learning system which helps students study actively anywhere on campus. The system is composed of tablet PCs, a server machine, and software realizing collaboration between the tablet PCs over our wireless LAN. In the system, the tablet PCs for teachers and students are interactively connected through a server using the wireless LAN which covers our campus. The teacher puts instructions or quizzes on the PC screen and distributes them to all the students through the network. Once the students receive these materials on their PCs, they can write notes or answer quizzes on their PC screens using the pen attached to the tablet PC. It is also possible to submit their answers to the

teacher. Because all the PC screens of the students are transferred to the PC screen of the teacher, the teacher can confirm student work, collaborate with students or request and give help on the screen. We have introduced the proposed learning system in a pilot class for a half year. After carrying out the pilot class, we confirmed the possibility and practicality that the system helps the students study actively and willingly.

#### 1. はじめに

教育現場においてコンピュータを利活用する教育の情報化が重要視されるなか<sup>1)</sup>、従来の黒板を利用した授業形態よりも、より学生の理解度促進が可能とされる e-Learning や Web コンテンツなどを用いた授業が研究され、すでに教育の場で用いられるようになってきている。15 歳という若年層から構成される高等教育機関に所属している著者らは、e-Learning や Web コンテンツなどを用いた授業における双方向性をさらに発展させた能動的な学ば力を涵養する授業形態の必要性を感じている。すでに本校では、受動的な「生徒」から主体性を持つ「学生」への成長を支援する教育実践がいくつか行われている。これらの教育実践は、若年層からエンジニアとしてのモチベーションを高めることと、積極的に「読む・書く・聞く・話すことを実践する」というスタディスキルを身に付けさせること、また同時に 1 クラスの学生間における個々の理解度の差の拡大化を解消することを目指したものである。

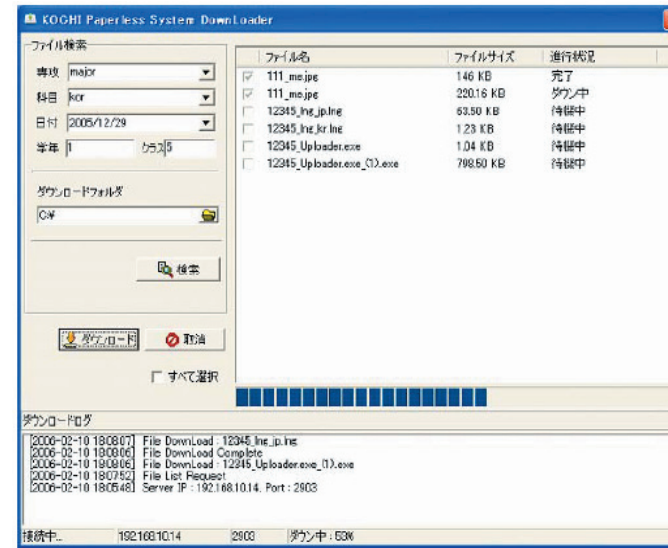
その教育実践の一環として著者らは、授業に対する学生の反応や個々の学生の理解度などを随時教員にフィードバックさせながら、学生と教員間で 1 対 1 のきめ細かな教育を行うことが可能となる授業支援システムの構築を目指した。現在、学生や教員が情報機器の操作をなるべく意識することなく授業に参加できることに配慮したデジタルペンをを用いたシステムの報告<sup>2),3)</sup> が種々行われていることに着目し、タブレット PC を使用した無線 LAN 型双方向授業支援システムの構築を行った<sup>4)</sup>。このシステムは、PDA による既存システム<sup>5),6)</sup> に見られるように、教員と学生たちがリアルタイムに双方向でやりとりすることによって、コラボレーションしながら一緒になって授業を作りあげていくという新しい授業実践を支援するものであるが、タブレット PC を使用することによって、授業ノート、課題演習の保存や提出などが 1 台の情報機器で行え、よりきめ細かな双方向教育が行えるような機能のある

<sup>†1</sup> 高知工業高等専門学校  
Kochi National College of Technology





(a) 学生用 PC 画面の一覧画面



(b) 教員用 PC の課題受付時の画面

図 2 双方向型授業支援システムのソフトウェア

Fig. 2 Execution screen of implemented interactive learning system.

- ① 資料の配付
- ② 学生用 PC 画面の閲覧
- ③ コラボレーションモードとフリーモードの切替え
- ④ コラボレーションモードにおける学生用 PC の書き込み権限許可
- ⑤ フリーモードにおける特定の学生用 PC との共有画面選択
- ⑥ 資料提出の設定

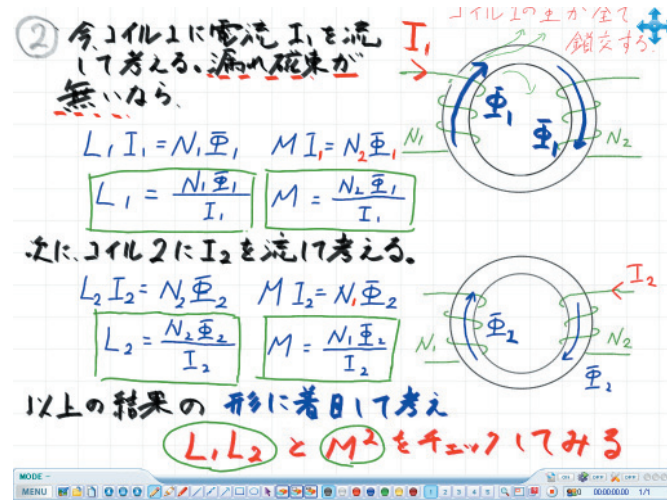
① の機能は、教員用 PC 画面上でファイルを開くことによって全学生用 PC に同じ画面が配布される。② の機能である学生用 PC 画面の閲覧機能によって 10 台分の画面一覧を表示させた教員用 PC の画面例を図 2(a) に示す。図中の枠 ㉞ のボタンの切替えによって、10 台ずつの閲覧で合計 40 台の閲覧が可能となっている。③ のモード切替え機能は、図 2(a) 中の枠 ㉟ のボタンによって行うことができる。④ の機能は、コラボレーションモード時に特定の学生用 PC から書き込みができるようにするものであり、図 2(a) の学生用 PC 一覧画面の学生用 PC 画面の下にチェックを入れることで実現できる。⑤ の機能は、フリー

モード時の学生用 PC 一覧画面で、共有したい学生用 PC 画面を図 2(a) 中の枠 ㉞ の PC 画面までドラッグ&ドロップすることで実現できる。⑥ の機能は、配布した課題を回収するときに使用するものであり、図 2(b) は学生用 PC からの課題提出を受け付けるときの教員用 PC の画面である。学生用 PC からの課題提出があれば、提出順に提出ファイル名が表示されるようになっており、提出ファイル名に学生名あるいは学生出席番号を付けておけば、提出済みの学生を随時確認することができる。

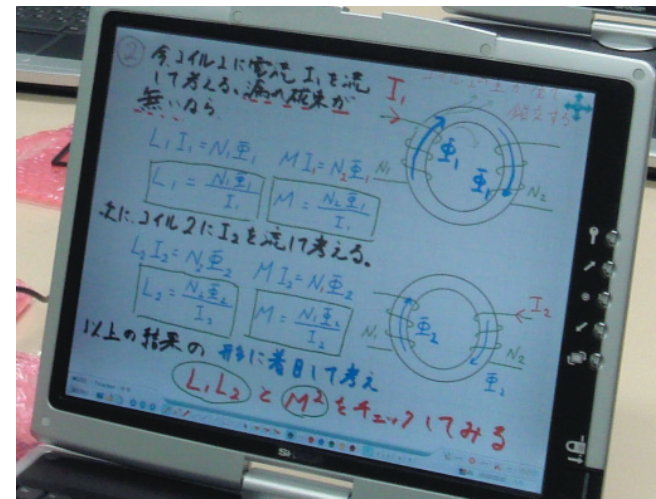
[ 学生用 PC のクライアントソフトウェア ]

学生用 PC の環境設定は、教員用 PC からの遠隔操作によって行われるため、学生用 PC のクライアントソフトウェアの機能は多くはなく、講義ノートの保存と閲覧、画面の取り込み、資料提出などであった。しかしながら、試行授業の結果などよりメモ機能と質問要請機能を追加した。

このようにサーバ用ソフトウェアを仲介しながら、教員用 PC のオーサリングソフトウェアと学生用 PC のクライアントソフトウェアが連動して教員用 PC と学生用 PC 間の授業



(a) 教員用 PC 画面



(b) 学生用 PC 画面

図 3 コラボレーションモード時の PC 画面  
Fig. 3 Screenshot in collaboration mode.

支援を実現している。授業支援のモードとして、教員用 PC と学生用 PC との状態はコラボレーションモードとフリーモードの 2 つに大別される。

[ コラボレーションモード ]

教員用 PC 画面を 40 台の学生用 PC 画面に反映させることができ、電子黒板の役割を果たす（電子黒板機能）。コラボレーションモード時の教員用 PC 画面と学生用 PC 画面を図 3 に示す。平常授業で教員が黒板に書いている内容を教員用 PC 画面上に書くだけで全学生用 PC 画面に反映され、学生は目の前の PC 画面を見れば授業の内容を理解できるようになっている。さらに、その状態で特定の学生用 PC にのみ書き込み権限を与えることも可能となっており、1 人の学生が課題を解く過程を全員の PC 画面で見ることが可能である（指名生によるプレゼンテーション機能）。また、試行授業の結果よりメモ機能の追加を行った。これは、教員の説明画面を見ながら要点をメモするための別ウィンドウを開くことができる機能である。

[ フリーモード ]

教員用 PC から送った課題などの画面に学生が自由に書き込むことができ、書き込んだ結

果は各学生用 PC の個々の画面にしか反映されない。ただし、教員用 PC 画面では、全学生用 PC 画面を閲覧できるようになっていて、閲覧の際に課題を解けずにいる学生がいれば、その学生用 PC とのみ教員用 PC の画面を共有し、ヒントを送ることができる（個別指導機能）。また、試行授業の結果より質問要請機能の追加を行った。これは、学生より質問がある場合に学生用 PC 画面上の質問要請ボタンを押すことによって教員用 PC との画面の共有を要請し、質問に答えてもらうことができる機能である。

さらに、コラボレーションモード時に作成された黒板の板書やフリーモード時に各学生が課題を解いた結果の画面は、各学生用の PC や外部メモリに保存することによってノート代わりにすることができ、いったん保存した課題などは教員用 PC に提出することも容易にできるようになっている。

3. 試行授業によるシステム動作の検証

3.1 試行授業（2006.1～2）

本システムの初期段階での動作を検証するため、電気工学科 1 年生（主構成年齢 16 歳）

対象に開講している「電気基礎Ⅰ」を試行授業として選定し、タブレット PC の使い方から本システムに慣れるためのトレーニング、ならびに、「座学授業から宿題・課題演習に至るまで」のシステム全体を通した運用試験を平成 18 年 1 月から平成 18 年 2 月まで行った。なお、試行授業の担当教員は、本校で毎年実施している学生による 5 段階の授業評価においてすべての担当科目で平均 4 を超え、さらに担当科目の半分が約 300 ある本校の開講科目中 10 位以内に入っている教員である。その教員に本システムを使用するにあたり、黒板に書く内容が PC 画面に置き換わる以外の変化を極力抑えるように留意して授業を行ってもらった。試行授業風景を図 4 に示す。

1 講時 50 分間の試行授業を 6 回実施後に、受講学生 40 人を対象としたアンケート調査を行った。調査は、このシステムを利用して良くなかったと思う点、改善したら良いと思う点、良かったと思う点について自由記述形式で行った。

### 3.2 良くないとする回答の考察

改善点の指摘を含む良くないとする回答では、「慣れるまで時間がかかる」、「手書きだけでなくキーボードも使えたら良い」、「いちいち保存するのが面倒だ」など 23 項目があった。

調査結果に対して、さらに聞き取り調査を行った結果、以下のことが分かった。1 点目として、デジタルペンを使うのは全員が初めてであり、思ったよりスムーズに字が書けるのには驚いたが、ノートに鉛筆で字を書くほどにはうまく書けない点で不満感を持ったことが分かった。これに関しては、デジタルペンの扱いに慣れてくると解消できると思われるので



図 4 試行授業風景  
Fig. 4 The scenery of the class.

継続使用後の再調査が必要であると考えられる。しかしながら、習熟に必要な時間は個人差があるため、全員が早期に違和感なく使用するためには、デジタルペンの使用のための習熟トレーニングをこの授業の開始時に行うことが解決策になると思われる。文字の美しさに関しては、紙に書く場合より劣ることはやむをえないが、課題演習時に試行錯誤しながら問題を解いたりする場合に消して書き直すことが容易にできることやペンの種類や色、太さが 1 本のペンで容易に変えられること、書いたものが電子データとして容易に保存できることなどを考慮すれば鉛筆に対してデジタルペンの使用が優位であると考えられる<sup>8)</sup>。

2 点目は、追加機能提案としてコラボレーションモードで学生用 PC を電子黒板として使用している最中に、教員の説明の要点を学生用 PC 側で書き留めるメモ機能が欲しいという要望があることが分かった。通常授業における授業ノートとは単に教員が黒板に書いた文字、図を写すだけではなく、教員の口頭での説明の重要な箇所を追加で記入することによって、初めて完成するものである。本システムのコラボレーションモードを使用した授業の場合、授業開始から終了までの間に教員が PC 画面に書いた内容はすべて学生用 PC にも保存されるため、学生は教員の説明を聞くことに集中でき、かつノートが手元に残るわけであるが、そのノートだけでは授業ノートとして不十分である。よって、教員の説明を聞きながら重要なポイントはメモをとって残せるような機能を追加した。コラボレーションモード使用中に学生用 PC 画面でメモ機能を選択することによって、別ウィンドウが開いて手書きのメモを残すことができる。このメモ機能画面は画面背景を透過にすることができ、教員の板書画面を隠すことなくメモをとれるように工夫している。図 5 にメモ機能を使用時の学生用 PC 画面例を示す。図中の PC 画面内にある枠で囲んでいる画面が少し透過させた状態のメモ機能画面であり、枠内の文字が学生による授業中のメモである。伊藤ら<sup>9)</sup>は Web Memo システムで、講義中に Web 資料に下線などの書き込みを行う/行わないことによる成績比較評価をした結果、単に書き込みをするだけでは成績に有意差がなく、授業後に重要点などを目立たせた授業資料を読み直して復習することで学習効果が高まったことを報告している。本システムにおいても、各自がメモした内容を後日見直して復習させる指導を行うことが学習効果を高めるうえで重要であると考えている。

### 3.3 良かったとする回答の考察

良かったという回答では、「とても良かった」、「思うように操作できるようになれば活かせると思う」、「来年もやりたい」、「とても楽しかった」など 13 項目があった。

試行授業時の観察調査では、通常授業ではつまらなさそうに黒板の板書を写しているだけのように見受けられた学生にも、椅子に座っている姿勢から変化が見られ、熱心に問題に取

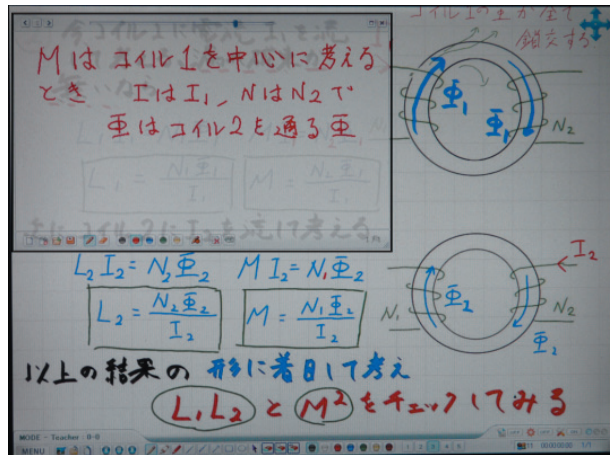


図 5 学生用 PC のメモ機能画面  
Fig. 5 Screenshot of memo screen on students' PC.

り組む姿が多数見られた。試行授業初期の段階では、自分が PC 画面に書いた文字や図形が PC 画面にそのまま反映される技術に触れられる楽しさや PC の操作に苦手意識を持っていた学生もデジタルペンの操作のみで PC を使いこなせている感じが持てる楽しさが見られ、少し慣れてくるとペンの色や太さを変えることが 1 本のペンで容易にできるため要点を強調させて分かりやすく書くことへの楽しさに移る様子が見られた。また後半には、書き直しが簡便であり、課題を試行錯誤しながら解くことにも楽しさを見出した様子を見ることができた。

#### 4. パイロット授業開始初期の評価

##### 4.1 実践期間と評価方法

3 章での試行授業より半年後の平成 18 年 7 月から同じクラスでパイロット授業を開始した。受講生の顔ぶれは同じだが、学年は 2 年生 (17 歳) となり科目は「電気計測」に変わった。メモ機能の追加のためのソフトウェアの改善や耐震工事にもなう教室改修工事のために、平成 18 年 2 月の試行授業終了からパイロット授業の開始まで約 4 カ月が経過した。改善システムを使用した授業を 1 カ月行った平成 18 年 9 月にクラス 40 人に対して、システムの評価のために以下の 10 問で 5 段階のカテゴリ調査を実施した。また、年齢・知識水準

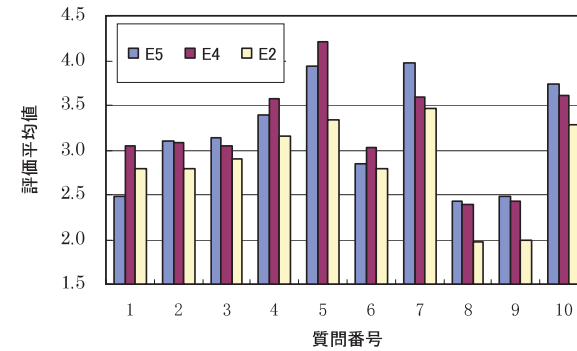


図 6 学年別のシステム使用後調査の対比 (2006.9)  
Fig. 6 Results of questionnaire by age (2006.9).

の影響を検討するため、本校電気工学科 4 年生 (19 歳) と同 5 年生 (20 歳) のクラスでも同じ調査を行った。電気工学科 4 年生と 5 年生は本システムの使用は初めてであり、1 講時 50 分の間でタブレット PC の使い方からシステムの概要を説明し、簡単な習熟トレーニングを行った後にアンケート調査を実施した。なお、電気工学科 2 年生、4 年生と 5 年生の授業担当教員は、本システムの試行授業開始当初からの担当教員である。図 6 に平成 18 年 9 月に実施したアンケート調査結果を示す。図 6 において 2 年生の調査結果を E2、4 年生を E4、5 年生を E5 とした。このアンケート調査の質問項目を以下に示す。調査は、「まったくそのとおりだった」を 5 点、「まったくそのとおりではなかった」を 1 点として行った。

- 質問 1 キーボードよりペン入力の方が楽で良い。
- 質問 2 黒板を見て紙のノートを使うより断然良い。
- 質問 3 授業の内容に集中することができる。
- 質問 4 質問の解答を書くことに集中できる。
- 質問 5 先生と直接やりとりができるので、間違いなどすぐに訂正してもらえるところが良い。
- 質問 6 自分の勉強時間を短縮することができそう。
- 質問 7 短時間の練習で使えるようになった。
- 質問 8 速度の面を改善する必要がない。
- 質問 9 使い勝手の面を改善する必要がない。
- 質問 10 ぜひ他の授業でも使ってみよう。

## 4.2 評価結果

図6の各質問項目に1元配置の分散分析を行い、有意水準5%で検定を行った結果、質問5が $F(2, 107) = 7.39$ ,  $p < .05$ と有意差あり、それ以外の質問は有意差なしであった。次に各質問についてF検定により等分散性を確認したのち、質問ごとの学年間のt検定を有意水準 $0.05/3 = 0.017$ で行ったところ、質問6のE4とE2間で有意であった。他に質問1, 質問4, 質問5, 質問7, 質問9で有意な傾向が見られるが、明確ではなかった。図6の評価値の傾向は、学年に関係なくほぼ一致しており、質問4, 質問5, 質問7, 質問10の項目で高い評価を得ている。質問4, 質問5の評価が高い一因として本システムを使用して授業を行うことによって、教員の授業力が向上した要因もあると思われる。しかしながら、授業担当は学年、科目を問わずに高い授業評価を得ており、本校での授業スキル最高クラスの教員を選んでおり、その教員に平常授業で白板に板書する内容を極力変えずにタブレットPC画面に書いてもらって授業を行っていることも考慮に入れると、本システムの使用による教員側の授業力向上の要因もあるものの、本システムを使用した授業による学生の集中力、積極性の向上の要因が大きいと思われる。

一方、主にハードウェア面に依存する、質問8, 質問9の評価が低く、システムの速度や操作性の面でさらなる改善の必要性が指摘された。操作性の一部には速度に対する不満も含まれていると考え、速度面ではソフトウェア、ハードウェア両面で改善が図られたが、本校のネットワークシステム構築機器や運用ポリシーに依存する機能制限があり、全面的な改善には至らなかった。しかし、通常授業を行う際に学生から速度面の不満の声があがったのは、教員用PCから複数の資料を1度に配布するなどの特定の操作を行った場合であり、教員が少し工夫して授業実践を行うことで実用上問題のない速度を確保できると判断している。

## 4.3 年齢の違いによる評価の違い

4.2節の評価結果より、学年による評価の有意差はほとんどなく、唯一、質問5において4年生と2年生の間で有意差があった。質問5に関しては、E4で4.2, E2で3.4という評価を得ている。有意差が出た理由として、アンケート実施時に初めてデモ的に本システムを使用したE4に対して、E2では本システムを数カ月間使用した経験があり、授業進度の遅れと学習する内容によって本システムの実施期間中に十分な演習時間をとれなかった回もあり、1対1での利用回数が少なかったことへの不満が含まれていると思われる。その他の質問では有意差がなく、本システムに触れた感想は本校学生間の年齢や知識レベルの差によって大きく異なることが分かった。すなわち、本システムが現在パイロット授業の対象としているE2に対して有効なシステムということが確認できれば、年齢の違う学年の授業に

おいても同様に授業支援システムとしての効果があると期待できる。

## 5. パイロット授業半年経過時の評価

### 5.1 学生による授業評価の年度別比較

本校では開講している全科目について、毎年2月に学生による授業評価を実施している。この授業評価は、以下の10の質問について5段階のカテゴリ調査で行っており、「そう思う」を5点、「そう思わない」を1点としている。また、この質問群は総合評価の質問10を除き、授業の明瞭度(質問1, 3, 4, 5, 6)、適性度(質問2, 7)、関連度(質問8, 9)の3因子にクラスタ分けできることが分かっている<sup>10)</sup>。本システムの授業導入により、明瞭度因子が向上することが期待できる。授業評価の質問項目を以下に示し、平成16年度から本システムを使用した平成18年度までの「電気計測」の各授業評価の平均値を図7に示す。

質問1 先生の話し方は明瞭で聞きやすい。

質問2 授業の進め方は適切であった。

質問3 黒板の文字は見やすかった。

質問4 質問に対して丁寧に説明指導してくれた。

質問5 授業に集中させる雰囲気作りができていた。

質問6 問題集やプリントは十分参考になった。

質問7 内容はあなたにとって適切であった。

質問8 試験は講義との関連性があった。

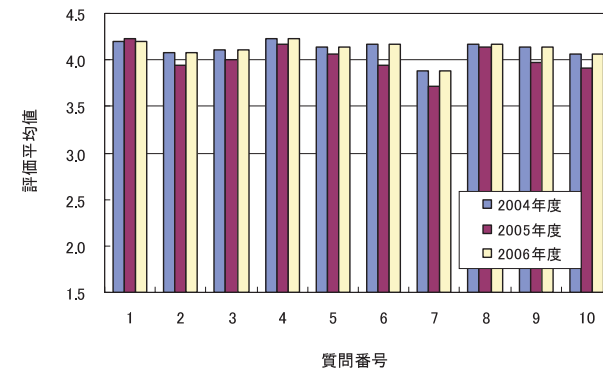


図7 本校授業評価の年度別比較

Fig. 7 Comparison of student evaluation by year.

質問 9 成績の評価は妥当であった。

質問 10 総合的に満足のいく授業だった。

全質問の評価平均値は、平成 16 年度が 4.0, 平成 17 年度が 4.0, 平成 18 年度が 4.1 となっている。図 7 を質問ごとに見ると、年度による多少の差が見受けられるが、質問ごとに 1 元配置の分散分析を行い、有意水準 5% で検定を行った結果、全質問において有意差なしとなった。

よって「電気計測」の学生による授業評価は安定しており、年度変化にともなう対象学生の変化によって、授業評価は変動していないといえる。事前に期待した明瞭度因子の変化は見られなかったが、本システム導入による混乱も生じなかったことになる。当初授業形態が大きく変化することによって、逆に学生がその変化に馴染めずに授業への集中力が欠如することや、情報端末機器の使用は興味を引く反面、授業への集中力が分散する要素を含んでいる点も懸念されたが、本システムを使用することによるこれらの影響はなく、平成 18 年度も今までと変わらない授業への集中が見られ、高い評価を得ていることが分かった。

### 5.2 習熟度の差を明確化するためのアンケート調査結果

パイロット授業開始 1 カ月後（平成 18 年 9 月）と年度終了時（平成 19 年 2 月）の学生の意識変化を明らかにするために、再度アンケート調査を実施した。このアンケート調査は、平成 18 年度 9 月に行ったものと同じ質問項目での 5 段階カテゴリ調査である。各質問の評価平均値を比較した結果を図 8 および表 1 に示す。

図 8 の各質問を比較すると、質問 10 を除いて、パイロット授業年度終了時の方が高い評価となっている。調査時期による差異を明らかにするために、全回答を F 検定により分散検定し、その結果に応じて等分散/非等分散を仮定した t 検定を使い分けて有意差検定を行った。質問項目ごとに両側棄却 10% の t 検定を行った結果、データに有意差が見られたのは、質問 7：短時間の練習で使えるようになった、質問 8：速度の面を改善する必要がない、質問 9：使い勝手の面を改善する必要がない、の 3 項目であった。質問 7 に関しては、パイロット授業開始当初は評価平均点 3.6 であったものが、週 1 回の授業で半年間使うだけで、4.5 に増加した。システム操作に慣れたことで、操作は意外に簡単であると評価しなおしたことになる。質問 8 に関しては、評価平均点 2.0 から 3.5 に変化しており、10 の質問項目の中では最も差が大きくなっている。速度面に関しては本システム導入当初から不満の声があったが、可能な範囲のソフトウェアとハードウェアの改善を行ったことによって、大量の配付資料を送付するなどの特定の操作を行わなければ実用上問題のない応答速度が維持できるようになっている。質問 9 に関しては、使い勝手の向上を目的としてクライアントソフト

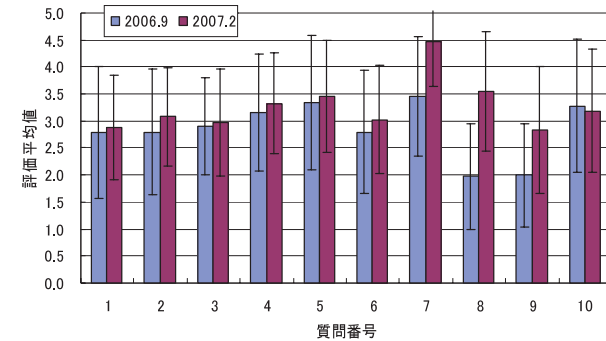


図 8 パイロット授業導入前後の授業評価

Fig. 8 Comparison of student evaluation by before-and-after survey.

表 1 授業評価結果

Table 1 Results of the questionnaire.

質問	評価平均値	標準偏差
1	2.9	0.97
2	3.1	0.91
3	3.0	1.0
4	3.3	0.93
5	3.5	1.0
6	3.0	1.0
7	4.5	0.83
8	3.5	1.1
9	2.8	1.2
10	3.2	1.1

ウェアに機能追加を行った成果であると考えられる。大きな改善としては、コラボレーションモード時の「メモ書き機能」の追加やフリーモード時の学生用 PC から教員用 PC への「質問要請機能」の追加がある。これらにより、学生は講義メモを残せること、疑問点が生じたら即座に質問要請できること、から授業に対する意欲を維持することが可能となった。メモ書き機能は、コラボレーションモード時の授業に合わせて必要事項を記入するものであり、基本的にはフリーモードの演習時以外のすべての時間で利用するため、授業の最初にメ



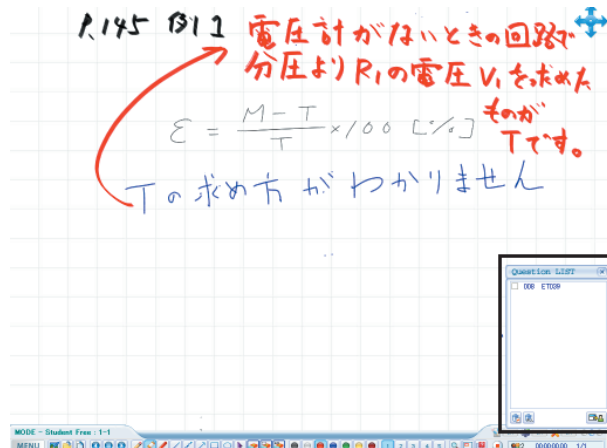


図9 教員用 PC の質問要請受付画面  
Fig.9 Screenshot of question receipt screen on teachers' PC.

モ書き画面を開いて、授業が終わったときに閉じることになる。図9に学生用PCから質問要請があったときの教員用PC画面を示す。図9は、ある学生からの質問要請に対して1対1で接続し、ヒントを与えている画面である。質問要請があった場合に図中右下の枠で囲んだ部分が開かれ、このリストにある学生用PC名をダブルクリックすることによって教員用PCと1対1で接続できる。質問要請の利用回数は、授業の内容に大きく左右されるが、一例を示すと、1講義時間である50分の間、演習を中心とした授業時における質問要請の回数は21回であり、質問要請を行ったのべ人数は17人で、トータルの質問時間は14分13秒であった。1人あたりの平均質問時間は50秒で、一番長い人で3分20秒、一番質問回数の多かった人は3回であった。追加したこれらの機能は教員对学生という1対多の双方向授業を成立させるための必要要素であると考えられる。まだ改善すべき点もあるが、使用に大きな不便を感じさせない程度までの改善ができてしていると判断している。

図8の結果より平成19年2月の評価平均値に着目すれば、なかには3.0をわずかに切っている評価平均値の項目もあるものの、ほぼ全質問項目で3.0付近の評価が得られており、本システムは授業支援ツールとして活用可能なシステムであることが確認できた。また特に、質問4：質問の解答を書くことに集中できる、質問5：先生との直接のやりとりができるので、間違いなどをすぐに訂正してもらえるところが良い、で3.5付近の比較的高い評価を

得ており、本システムの目標である双方向授業によって積極的に授業参加できる学生の育成ができる可能性があることが確認できた。

## 6. 関連研究

デジタルペンを用いて授業やミーティングに参加できることに着目したインタラクティブ授業支援システムの従来研究は、電子黒板やPDAなどによる授業時の教材配信と教材解答支援に関するもの、教育現場にICT機器を導入した事例などがあげられる。入力インタフェースは、実世界指向のものから、タッチスクリーンやタブレットなどの電子デバイス入力システムまで様々であるが、ペン入力の価値が最近やっと見直されつつある<sup>11)</sup>。

AirTransNote<sup>2)</sup>は実世界指向インタラクティブ授業支援システムとして、無線LAN付きPDAを利用することによりインタラクティブ性を高めるための仕組みを通常の教室で運用しやすくしている。デジタルペンを使用することにより、紙への筆記を中心とする従来の授業との親和性が高い自然なインタフェースを実現している。SEGODON-PDA<sup>12)</sup>もPDAを用いたノート交換機能を持つシステムである。SEGODON-PDAはPDAの備えるタッチスクリーンからの手書き入力だけでなく、携帯型キーボードからの利用も可能である。生徒は教材を無線LAN経由でダウンロードしたり、テキストエディタの画面やポインタを共有・提示したりすることが可能である。

次に、タブレットPCを活用するシステムとして、田村ら<sup>13)</sup>は手書き文字認識の技術を活用した「教育用手書き部品」をベースに小学生の算数や国語の授業で実証実験を行っている。現場教師から「自動採点により授業が効率良く進められる/書き順など教師より厳しい指導が可能/電子ノートを使った発表など従来不可能な授業が可能」などの高い評価を得ている。ことだま<sup>14)</sup>は、タブレットPCを用いてペン入力のみで資料作成から発表までを行うペンベース電子プレゼンテーションを実現している。小中高校を対象とした長期ユーザスタディを通じて、手書き入力が有用であること、自由に配置・移動・拡大縮小できる呈示手法の有効性が確認されている。

本システムが優位な点として、

- (1) ノートに自分の考えを書くといった自然な表現活動をPC画面上で実現できること、
- (2) PCプロジェクタやスクリーンおよびノートを使わずにPC画面上だけで授業が進められ、視線の移動や操作の複雑化が要らないこと、
- (3) 黒板の板書を単にノートに写す作業と時間が省略でき、学生が教員の説明を聞くことに集中できること、また省略された時間に演習を多くすることによって理解を深めら

れること、

- (4) 教科書とタブレット PC の準備があれば受講することができるため、ノート、資料プリント、課題プリント、他の補助機器など複数のものを持ち歩く必要がなく、それによって、授業関連の資料類が分散保管されないこと、
- (5) 教材上に自由に書き込みが可能で学生の思考過程をサポートできるとともに、学生個々の自発的な個別質問にも応答できること、
- (6) 工学的な課題の演習時には、考え方の手順を明確に示しながら途中過程を書くことが重要であるため、各過程においてヒントを与えながら正解へと導くことができること、
- (7) 現場の教師が教材をデジタルペンも使用して開発したりカスタマイズしたりできること、

があげられる。

最後に、教育現場に ICT 機器を導入した事例について述べる。伊藤ら<sup>9)</sup>は、Web ベースで授業資料を配布、それに学生が下線を引くなどして個別の資料を作成し、これを復習することで学習効果が高まることを示している。本システムでも、学生個々が配布資料に下線や手書きメモを追加、いつでも閲覧できる機能を有しているため、高い学習効果が期待できる。

我々の長期ユースタディでは、教員と学生が 1 つの教室にいる状態でパイロット授業を行った。単一教室内での一斉授業という形態であれば、坂東ら<sup>15)</sup>の電子黒板システムも選択肢の 1 つである。坂東らのシステムは、小学生向けの授業に見られる 1 つの黒板に学習者が積極的に書き込みをする授業形態において効果的である。本研究で対象としている学習者は、多感でナイーブなハイティーンであることから、そのような授業形態だけの運営は難しい。基本的には教員との 1 対 1 対話だが、状況に応じて学生の黒板書き込みのリアルタイム全体配信に切り替えられる形態でシステムを実装した。本システムは、授業資料配布、電子白板上でのコラボレーション、質問要請/回答機能、音声通話機能が実装されているため、TCP/IP 接続が確立されていれば、遠隔授業にも適用可能である。しかしながら、ビデオ対話機能は未実装である。谷田貝ら<sup>16)</sup>が示した教員と受講者との視線一致が教育効果を高める効果を含む形での機能実装が求められる。

## 7. ま と め

体験的課題追求型の学習やグループ学習、コラボレーションを目指した教育システムの構築が進められる昨今の教育現場において、高等専門学校という 10 代半ばの若年学生への理工系教育のために、タブレット PC を用いた無線 LAN 環境下の双方向型授業支援システム

を構築した。

平成 18 年 1~2 月の試行授業後に行った学生による自由記述アンケートを基に機能の追加などの改善を行った後、平成 18 年 7 月からパイロット授業を開始した。パイロット授業は、平成 19 年 2 月までの半年間行った。

パイロット授業開始 1 カ月時と実施半年時におけるアンケート調査結果の比較から、特に開始 1 カ月時に評価平均値の低かった質問 8: 速度の面を改善する必要がない、質問 9: 使い勝手の面を改善する必要がない、に対して大幅な改善が行えた結果が得られた。また、パイロット授業年度終了時のアンケート調査からは、本システムは授業支援ツールとして活用可能なシステムであることが確認できた。

また、質問 4: 質問の解答を書くことに集中できる、質問 5: 先生と直接やりとりができるので、間違いなどをすぐに訂正してもらえるところが良い、に対して 3.5 付近の比較的高い評価が得られた。このことより、本システムの実践によって授業に対する学生の集中を増すことができ、本システムの目標である双方向授業による積極的な学生の授業参加姿勢を養える可能性があることも確認できた。

個々の学生の理解度の差の拡大を是正するという目標に対する具体的な数値評価を得るまでは至らなかったが、本システムを長期にわたり使用することによってモチベーションの高い学生の育成ができれば、この目標はおのずと達成できると思われる。そのためにも今後は、カテゴリ調査結果や学生からの声を基にして本システムのさらなる改善を行う一方で、本システムの利点を有効に引き出すための授業運営方法の工夫を行っていきたい。また、本システムを授業支援の補助道具として活用した場合の学生のモチベーション向上や学習理解度の効果についてはさらなる検証を行っていく必要がある。

謝辞 本システムの構築は、独立行政法人国立高等専門学校機構の平成 17 年度特別教育研究経費によって行ったものである。関係各位に感謝する。

## 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」(2000).
- 2) 三浦元喜, 國藤 進, 志築文太郎, 田中二郎: 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, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.9, pp.1-11 (2005).
- 3) Prey, J.C., Berque, D. and Reed, R.H.: *The Impact of Tablet PCs and Pen-based Technology on Education: Vignettes, Evaluations, and Future Directions*, Purdue

University Press (2006).

- 4) 松内尚久, 藤原憲一郎, 芝 治也, 山口 巧: 遍在学习環境デザインのための双方向型授業支援システムの開発, 電子情報通信学会 2006 年総合大会, D-15-13, p.165 (2006).
- 5) Roschelle, J.: Unlocking the learning value of wireless mobile devices, *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol.19, pp.260-272 (2003).
- 6) Curtis, M., Luchini, K., Bobrowsky, W., Quintana, C. and Soloway, E.: Handheld use in K-12: A descriptive account, *Proc. IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies (WMTE'02)*, pp.23-30 (2002).
- 7) MedicQuest. <http://www.mqsys.jp/>
- 8) Ren, X. and Fukutoku, F.: Usability of the stylus pen for various age groups, *Proc. Asian Pacific Conference on Computer Human Interaction (APCHI) 2006*, CD-ROM (Hand-held devices, pen-based input, and their applications) (2006).
- 9) 伊藤清美, 柳沢昌義, 赤堀侃司: Web 教材へ書き込みを可能とする WebMemo システムの開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.29, No.4, pp.491-500 (2005).
- 10) 勇 秀憲, 芝 治也, 山口 巧, 前田公夫, 島内功光, 竹島敬志, 赤松重則: 多変量解析による授業評価アンケート分析, 高専教育, No.29, pp.499-504 (2006).
- 11) Pen Community. <http://pen-community.org/>
- 12) 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 (2004).
- 13) 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.31-32 (2004).
- 14) 栗原一貴, 五十嵐健夫, 伊東 乾: 編集と発表を電子ペンで統一に行うプレゼンテーションツールとその教育現場への応用, コンピュータソフトウェア, Vol.23, No.4, pp.14-25 (2006).
- 15) 坂東宏和, 杉崎知子, 加藤直樹, 澤田伸一, 中川正樹: 一斉授業の情報化のための電子黒板ミドルウェアの基本構成と試作, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.3, pp.804-814 (2002).
- 16) 谷田貝雅典, 坂井滋和: 視線一致型及び従来型テレビ会議システムを利用した遠隔授業と対面授業の教育効果測定, 日本教育工学会論文誌, Vol.30, No.2, pp.69-78 (2006).

(平成 19 年 12 月 9 日受付)

(平成 20 年 7 月 1 日採録)



松内 尚久

1985 年徳島大学工学部電気工学科卒業。1988 年徳島大学大学院修士課程修了。同年高知工業高等専門学校助手。現在, 電気工学科准教授。教育実践研究, 商用周波数磁界曝露による体内誘導電流解析に従事。電気学会, 電気設備学会各会員。



芝 治也

1989 年徳島大学工学部電子工学科卒業。1994 年徳島大学大学院工学研究科物質工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。同年より高知工業高等専門学校電気工学科。現在, 電気工学科准教授。光物性計測と数値解析, Web アンケートシステム, ヒューマンインタフェースデバイスの研究に従事。電子情報通信学会, 応用物理学会各会員。



山口 巧(正会員)

1987 年電気通信大学電気通信学部応用電子工学科卒業。2005 年高知工科大学大学院基盤工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。1987 年三菱電機(株)入社。衛星通信システム, 開口面アンテナの研究開発に従事。1990 年より高知工業高等専門学校電気工学科。現在, 電気工学科准教授。HCI, 人間とコンピュータとのコミュニケーション支援システムの研究に従事。電子情報通信学会, ヒューマンインタフェース学会, IEEE 各会員。



藤原憲一郎

1970 年高知工業高等専門学校電気工学科卒業。1987 年ミズーリ大学 MSEE 修了。博士(工学, 長岡技術科学大学, 2000 年)。1970 年(株)日立製作所入社。1974 年 9 月高知工業高等専門学校助手。現在, 電気工学科教授。パワーエレクトロニクス, 画像処理の研究に従事。IEEE, 電気学会, 制御情報システム学会, パワーエレクトロニクス学会各会員。