

携帯情報端末を用いた大人数授業改善のための p-HInTシステムの構築

尾花 将輝 花川 典子

大学の人数授業では、受講する学生が多いために個人の名前の把握が難しい、テストや出席確認の用紙の配布、回収作業に多くの時間がかかる、学生の私語が多いなどの問題がある。さらに、学生理解度の個別把握が難しいので、スピーチスタイルの一方の講義となりがちである。そこで、本学では大人数講義の授業改善のために p-HInT システムを開発し、2008 年 4 月より運用した。p-HInT システムでは、学生がニンテンドー DS^(R) 等の携帯情報端末から小テストや出席確認、また教員へ自由発言を行う。教員は着席順学生一覧で学生名を把握し、出席確認や小テストを最小労力で行うことのできるシステムである。本システム構築では、400 台の低性能端末で安定接続を実現するために、AP 配置やチューニング、通信量の削減、セッション管理等を独自に工夫した。本システムの授業への効果を確認するために、同一科目同一教員の 28 回の同一講義内容で p-HInT を利用したクラスと利用しないクラスを設定した。結果、p-HInT を利用した授業の論述試験の平均点が、p-HInT を利用しなかった授業の平均点よりも高くなった (有意水準 5% の t 検定)。さらに、学生アンケートの結果、p-HInT によって授業の集中力や理解度が向上し、本質的な講義内容の説明時間が 11% 増加し、私語が 25% 減少した。みんなのこえ機能によって大人数講義でも教員と学生の距離が近くに感じることを確認した。

We have developed an interactive education environment called “p-HInT”. A purpose of the p-HInT is improvement of speech style lectures with 200 or more attendees at non-computer classrooms. The most feature of p-HInT is usage of mobile game terminal NINTENDO DS^(R) with Opera browser. Each attendee brings a DS to a lecture. After the attendee log-ins p-HInT system through DS, a teacher can see an attendees’ list with sit-down positions. In addition, after the teacher does tests through DS, the teacher can immediately see results of the tests. By using p-HInT system with DSs, because teachers can quickly grasp attendees’ understanding levels, the teachers can improve then and there the lecture according to the attendees’ understanding levels. In developing p-HInT system, we have novel approaches for assigning access points and tuning access points, reducing communication traffic, and managing session information of clients. As a result of adapting lectures to our regular curriculum, we confirmed that results of essay-type tests in lectures using p-HInT are better than those in normal lectures (by t-test, significant level 5%). Moreover, lecture styles have been improved because of decreasing private talking of students, miscellaneous tasks. In addition, we confirmed that students feel more familiar with a teacher by using a student voice function of the p-HInT even if the number of students is 200 or more.

1 はじめに

大学の授業スタイルのひとつである受講者数が 200 名以上の大講義では様々な問題がある。例えば、出席カードや小テストの配布回収作業に時間がかかることや、大人数であるために学生個々の名前が把握できず匿名性の高い授業になることである。これによって学生は「自分は見られていない、名前が知られていない」と気が緩み、授業に集中できないケースがある [1]。更に、紙ベースの小テストでは採点に 2, 3 日必

p-HInT: A Lecture Support System for Improving Large-scale Lectures with Mobile Game Terminals. Masaki Obana, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科, Dept. of Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology. Noriko Hanakawa, 阪南大学経営情報学部, Dept. of Management Information, Hannan University. コンピュータソフトウェア, Vol.27, No.4 (2010), pp.114-132. [ソフトウェア論文] 2009 年 11 月 13 日受付.



図1 p-HInTシステムを用いた授業中のDS操作



図2 p-HInTシステムを用いた授業風景

要となるので、講義中にリアルタイムで学生理解度が把握しにくい。結果、教員は「学生が理解しているのか、集中しているのか」と疑問のまま授業を進行することが多い。

そこで、大人数講義の授業改善を目的とした授業支援システム p-HInT (portable Hannan Internet Community Tool) の開発と運用を行った [2] [3]。p-HInT は学生がニンテンドー DS^(R) (以下 DS) や Play Station Portable^(R) (以下 PSP) 等の携帯情報端末を授業に持参し、小テストや出席等に利用するシステムである。2007年10月から開発を開始し、2008年4月から第1バージョンの運用を始めた。p-HInTシステムは大人数の授業を支援する様々な機能が組み込まれている。主な機能を以下に示す。

- 着席順学生一覧 (学生名特定)
- 小テスト・ドリル機能 (瞬時集計機能付)
- 出席確認機能 (CSV 保存)
- 席替え機能 (座席指定)
- みんなのこえ機能 (学生から教員へのメッセージ)
- レッドカード機能 (教員から特定学生へのメッセージ送信)

本システムは汎用性の高い Web アプリケーションであり、通信手法として無線 LAN (IEEE802.11) を採用している。従来の技術で開発されたシステムであるが、DS や PSP 等のゲーム端末で 200 人から 400 人が同時アクセス可能なシステムとした。また学生端末を特定機種に限定しないことにより、システムの汎用性を高める狙いがある。普及率を考慮すると携帯

電話を学生端末とすることが最良だが、携帯電話はパケット料金の発生や通信量の制限等の問題がある。そのため DS や PSP 等のゲーム機をクライアントの主体とした。

本システムは 2008 年 4 月から運用を開始し、2009 年 11 月時点で、延べ 28 科目、34 クラス、受講者数 3000 人以上の運用実績がある。図 1, 2 が実際の p-HInT システムを用いた授業風景である。本システムを用いた授業で小テスト、アンケート等のデータを FD (授業改善) 活動に利用した実績もある。また、同一科目同一教員の授業で、p-HInT システムを利用したクラスと利用しないクラスにわけて成績の比較を行い、本システムの有効性を検証した。本稿では 2 章で関連研究・類似システムを紹介し、3 章で本システムの詳細を述べ、4 章で DS 等の低性能端末を安定接続するために工夫した点を紹介する。5 章で本システムを用いた場合の成績比較の計測結果を紹介し、6 章で考察を述べる。7 章で本システムの開発と運用で得られた知見を述べ、8 章でまとめと今後の課題を述べる。

2 関連研究

携帯情報端末を用いて大教室の授業改善を行うシステムは多く提案され評価されている。川島らが携帯電話を用いた出席管理やアンケートを実施し、出席率が改善され、授業参加意欲の向上を報告した [4]。植木らも携帯電話を用いた出席確認システム [5]、八尋らは授業評価を携帯電話でリアルタイムに実施した

[6]．学生の所有率が高く気楽に使える携帯電話だが、バケット料金が学生負担になる問題、通信速度の問題、小さい画面による操作性の問題、機種が多くそれぞれのブラウザへの対応が難しいなどの問題がある．

一方、ゲーム機を取り入れた大学講義も実施されている．大阪電気通信大学がニンテンドー DS プロジェクト [7] と称し「英語漬け」[8]をつかった英語授業や基礎理工学入門の 1 年次必修科目でアンケートや小テストなどが DS で実施された [9]．本プロジェクトのシステムは p-HInT と同様の双方向教育が目的であり、さらにシステム基本構成の多くに共通部分がある．また、任天堂は小中高校の授業改善のためのニンテンドー DS 教室を開発した [10]．双方向教育で児童や生徒とコミュニケーションをとり、授業改善を行うという目的は p-HInT システムと同様である．しかし、これらのシステムは数十人規模の授業を対象にしている．p-HInT システムは 200 人以上の大規模な大人数講義が対象である．大人数講義が対象であることでシステムの有効性が大幅に増加する．つまり、受講生が 40 人程度であれば、DS 等を使わなくても全員の顔と名前を覚えられ、紙ベースの小テストや出席確認も授業進行の大きな障害とはならない．しかし、200 人の受講生であると名前の把握や紙ベースの小テストなどが極端に困難になる．p-HInT はこの極端に困難な状況を改善するためのシステムであり、実際に授業で困っていることにターゲットを絞って解決した有効性の高いシステムである．また、1 教室 200 台以上同時接続できる 6 教室で DS が安定して無線接続するためのネットワーク環境やサーバのチューニングは、数十人を対象とするシステムと比べると、はるかに高度なシステム設計を要し、インフラとしての安定性もこれらのシステムとは異なる点である．

また、大人数講義を対象としたシステムにはクリッカー [11] を利用した授業支援システムが開発運用されている．クリッカーとは“A,B,C,D,E”だけの選択肢をもつ専用リモコンを学生が持ち、教員側の専用サーバ機との間で無線通信するシステムである．北海道大学などで利用され、小テストやアンケートで学生の理解度を把握でき授業改善に役立つという報告があった [12][13]．大人数をターゲットとするところは

p-HInT と同様であるが、クリッカーでは 5 つのアルファベットによる解答しかできない．p-HInT は手書き文字入力、自由記述問題、さらに自由なタイミングで発言する「みんなのこえ」などの有効性の高い機能を装備した大きく異なるシステムである．

さらに、授業の匿名性に関する研究も行われている．吉川らは匿名にすることによって有効な授業評価ができるとし、出欠情報を用いた授業評価収集システムを開発した [14]．また、匿名電子掲示板を授業に導入することで少数意見を収集でき、議論が活性化するという効果が確認できた [15]．両研究ともに匿名性を高めることで授業改善できた報告である（ただし、受講生が 40 人程度）．一方、p-HInT システムは匿名性を排除することを目的のひとつとした．大人数講義ではもともと匿名性が高い．私語や集中力の欠如など高い匿名性が大人数講義のスムーズな授業進行を妨げていると考えた．従って、匿名性に関しても p-HInT は大人数講義に特化したシステムである．

3 p-HInT システムの概要

3.1 基本コンセプト

p-HInT は大人数受講生の授業を改善するための Web ベースの授業支援システムである．本システムの設計コンセプトを以下に示す．

- (1) シンプルなシステム設計で汎用性を高める
- (2) 無線 LAN による 400 台以上の安定接続
- (3) 学生端末としてゲーム機を推奨

次項からそれぞれを説明する．

3.1.1 シンプルなシステム設計と汎用性

学生端末を限定せずに汎用性の高いクライアントを装備することが本システムの特徴であり、本システムを広く普及させることがねらいである．そのため、ブラウザ機能と無線 LAN 技術の基本だけを利用したシンプルな Web アプリケーションとしてシステム設計を行った．シンプルなシステム設計とすることで、DS や PSP 等の低性能端末から iPod touch、スマートフォン、ノートパソコンなどの高機能機種でも動作可能な汎用性の高いシステムとした．ただし、本システムは無線 LAN で自動相互通信を行っているため、無線 LAN 機能が搭載されていない携帯電話ではシス

テムの一部の機能が動作しない。

3.1.2 無線 LAN による 400 台以上の安定接続

2 つめの設計の特徴は、一般的なブラウザ機能や無線 LAN 技術を用いてゲーム機等の低性能な端末機器で 1 教室 200 台以上、同時接続 400 台以上が安定接続することである。つまり、通信やブラウザの最低限の機能しか組み込まれていない低性能携帯情報端末でも安定した通信ができるシステムを設計した点である。この特徴は、コンピュータ教室で有線にて接続されたパソコンのブラウザベースによる授業支援システムと最も異なる点である。有線接続されたコンピュータや、数十台程度の無線接続された携帯情報端末を対象としたシステム設計ではなく、設計当初から 1 教室で 200 台以上の安定接続を目指したシステム設計である。これらの詳細については 4 章で述べる。

3.1.3 ゲーム機を学生端末として推奨

本システムは DS や PSP 等のゲーム機を学生端末の主体とした。これは DS や PSP にはブラウザと無線 LAN が搭載 (または販売) されているためである。従来の授業支援システムの多くはパソコン等の高性能機器を対象に設計されている。本来ならば p-HInT システムもノートパソコンや PDA 等の高機能端末を採用し、多彩な機能を導入すべきであった。しかし、高機能なクライアントにするのではなく、敢えてゲーム機でも動作可能な Web アプリケーションとした理由は 2 つある。

1 つめは現在 DS や PSP が第 2 の携帯情報端末として所有している人が多い点である [16]。もちろん携帯電話の所有率が最も高いが、パケット料金発生や、機種によって異なる通信量制限によって表示できる画面の固定化や、教員機から学生の携帯電話への自動相互通信ができない等の問題がある。そのため大人数の授業支援システムとして使用するには不向きであると判断した。同様に高機能である PDA やノートパソコンも所有率が低いので不向きと判断した。

2 つめはバッテリーの持続性である。近年のノートパソコンのバッテリーは優れているが、それでも 3~5 時間である。またノートパソコンのバッテリーの持続時間は機種によって大きく異なるため、学生のノートパソコンを特定の機種に限定する必要があった。そ

れに対して DS は 5~19 時間 (実測で 7 時間程度) のバッテリー持続が可能である。また、乾電池等を用いた簡易充電器が多く存在する点もノートパソコンとは大きく異なる点である。1 授業が 90 分で 1 日に複数の授業を受講する学生にとって、バッテリー持続時間の長いゲーム機が最適と判断した。

さらに、前述したように低性能なゲーム機にシステム設計を合わせることによって利用できる携帯情報端末の範囲が広くなり、システムの汎用性が向上する点もゲーム機を主要クライアントとして選択した理由のひとつである。

3.2 授業支援システム p-HInT

3.2.1 大人数授業の問題点

200 人以上の大人数受講生の授業進行には問題点が多い。最も重要な問題は学生の匿名性が高いことである。匿名性が高い授業とは教員が学生の名前と顔を把握していない授業のことである。これにより、学生は教員に自分の名前が知られていないと思い、集中力が持続せず結果的に学力低下につながる [17]。また、匿名性が高い授業では学生の私語が多くなるケースがしばしば発生する。これはインターネット上の匿名性の高い掲示板での誹謗中傷や掲示板荒らしと同じ心理と考えられる。つまり、匿名性が高いので何をして先生にはわからないだろうという安易な発想である。もし教室に 200 台のコンピュータを設置し従来の PCL + [18] などの授業支援システムを導入したならば、200 人以上の授業でも学生の名前の把握は可能かもしれないが、すべての講義教室をコンピュータ教室へ変更することは非現実的である。

2 つめの問題は個々の学生の理解度を把握できないことである。紙ベースの小テストでも学生の理解度を把握することができるが、受講者が 200 人以上になると小テストをその講義中に採点することができない。採点するために 2, 3 日の時間が必要となり、採点結果を学生に提示できるのは 1 週間後の授業となる。したがって、教員は講義内容を学生が理解できているかどうか不安のまま授業を進行する。また、上記の小テスト実施や出席カードの配布回収などの雑用に費やす時間が大きくなり、本来の講義を行う時間を

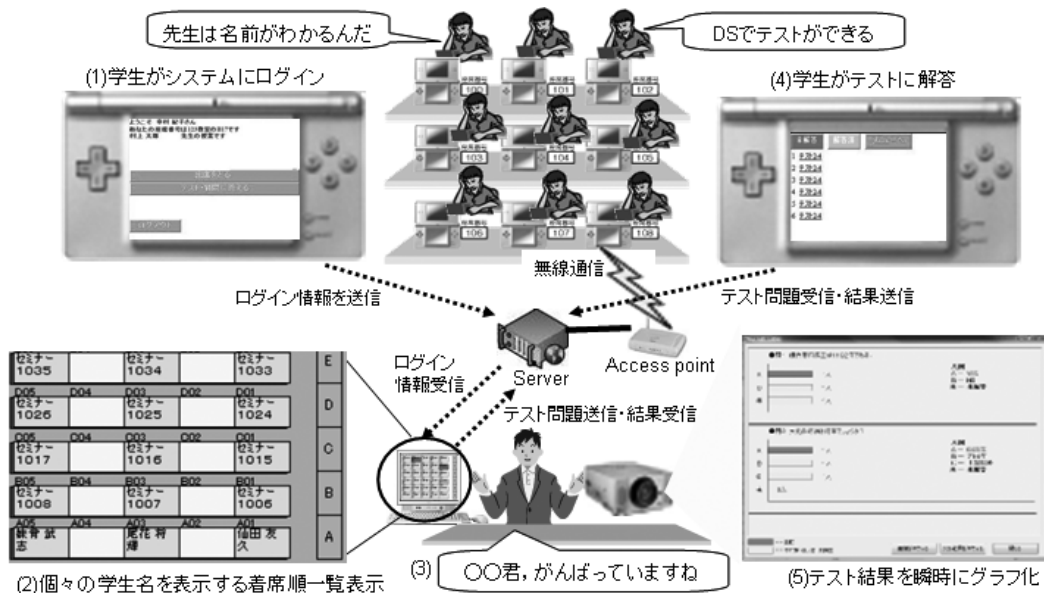


図 3 p-HInT システム利用イメージ図

圧迫するという問題もある。

これらの問題点を改善するため、p-HInT システムは着席順学生一覧、レッドカード機能、みんなのこえ機能、小テスト機能、席替え機能等を装備した。着席順学生一覧では学生の氏名、学籍番号が着席順に表示され学生の名前の把握に役立つ。レッドカード機能とみんなのこえ機能で特定学生とメッセージのやり取りが可能となり、匿名性の排除に役立つ。小テスト機能の自動採点や集計によって教員が瞬時に学生の理解度を把握することが可能となった。このように大人数講義の問題点を解決するために本システムは開発された。

3.2.2 p-HInT システム利用イメージ

本システムの利用イメージを図 3 に示す。学生は 1 人 1 台 DS 等の携帯情報端末を授業に持参する。学生は携帯情報端末にユーザ ID とパスワードと座席番号を入力し、p-HInT システムにログインする (図 3 の (1))。同時に教員機の着席順学生一覧上に着席位置にログインした学生の氏名が表示される (図 3 の (2))。これにより、匿名性の低い授業となり、授業中「君よくがんばっていますね」等の名前を特定した授業進行ができる (図 3 の (3))。逆に「君静かにしな

さい」等の特定学生を注意する事ができ、学生の授業に対する緊張感を持続させることができる。

また、教員は現在ログイン中の学生を出席管理情報として保存することができる。授業中に出席カード等を学生に配布し、出席確認を行う手間を省くことができる。更に、教員が授業中に小テストを実行すると、学生は携帯情報端末上からテストに解答する (図 3 の (4))。解答結果が瞬時に集計され、教員画面やプロジェクタに投影して、学生の理解度を把握することができる (図 3 の (5))。また、他の学生がどの程度理解しているかを知ることによって学生間の競争的教育が可能となる [19]。

3.3 p-HInT システム全体像

p-HInT システムは産学連携にて 5 バージョンのインクリメンタル開発プロセスでシステム開発を行った [20]。本学におけるシステム構成図 (ネットワーク図) を図 4 に示す。メインとなる Web サーバには IIS (Internet Information Service) を用いており (図 4 の左上点線部分)、データベースサーバには Microsoft SQL Server 2005 を用いている。

本システムのソフトウェアは、Web サーバとデー

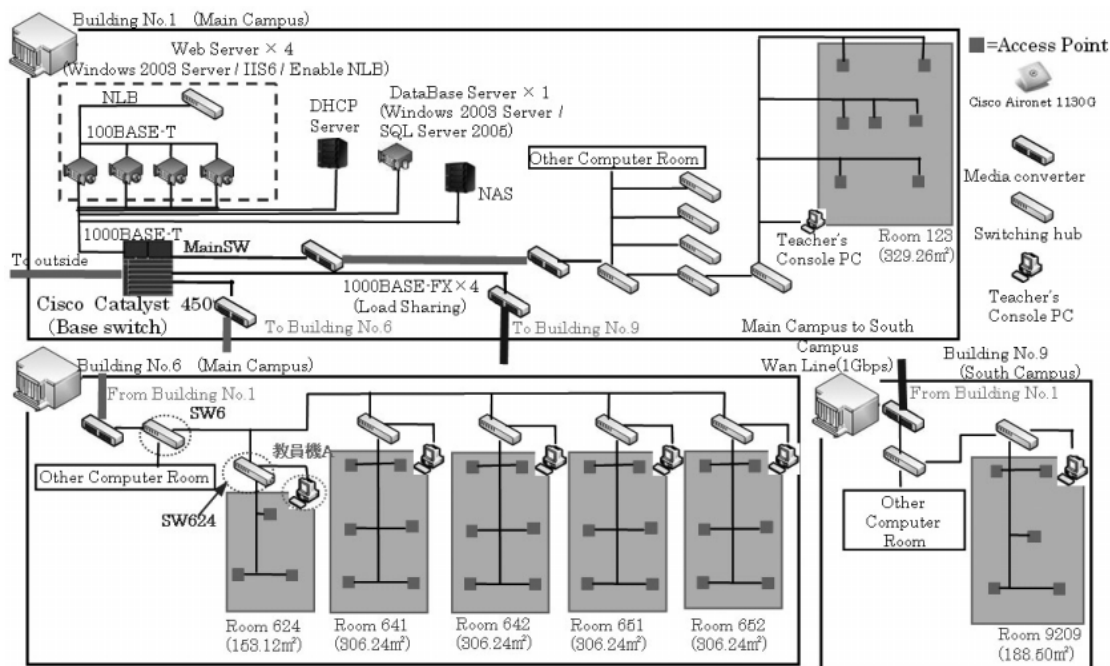


図4 本学における p-HInT システム構成図

データベースサーバを含むサーバソフトウェアと、教員が操作する教員機クライアントソフトウェア（アプリケーション）、学生が操作する学生機クライアントソフトウェア（Web アプリケーション）から構成される（図5参照）。教員機ソフトウェアはVB.NETで実装されており、小テストの問題等のデータをデータベースサーバへアップロード、学生の解答データをデータベースからダウンロードする。つまり、p-HInTシステムのサーバへアクセスし、データベース上のデータを教員機上にGUI表示・更新するソフトウェアである。学生機ソフトウェアはASP.NETとVB.NETを組み合わせたWebアプリケーションであり、携帯情報端末のブラウザに小テスト問題等を表示し解答データをサーバへ送信する。さらに出席状況や座席番号、みんなのこえの履歴をサーバよりブラウザ上に表示する。

3.4 p-HInT システム機能詳細

p-HInTシステムには授業改善を目的とした大きくわけて6つの機能が搭載されている。教員機上に表示されるp-HInTの各機能を図6に示す。

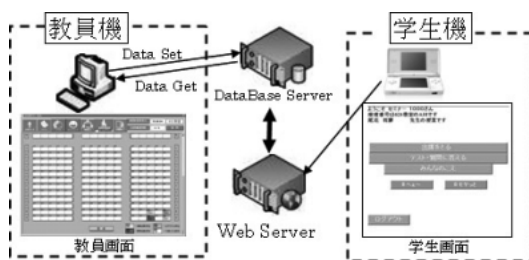


図5 p-HInT の基本システム設計

3.4.1 着席順学生一覧機能

学生がDSで座席番号とID、パスワードを入力しp-HInTシステムにログインすると、図6のように教員機の着席順学生一覧の着席位置に学生名が表示される。座席を左クリックする事で学籍番号やレッドカード機能の警告回数を参照できる。教員は教室の着席している学生の顔と着席順学生一覧の学生名を見比べながら個々の学生を名前と呼称できる。また、p-HInTにログインして正常に受講している学生は着席順学生一覧の座席が緑色で表示、ゲーム等で遊んでいる学生は赤色で表示され、一目で学生の行動が把握できる。



図 6 教員機の p-HInT メイン画面イメージ

3.4.2 出席管理機能

出席カード等の紙ベースで実施していた出席管理を DS で瞬時に出席確認，集計する．2 つの出席確認方法があり，1 つめが教員が授業中に口頭で指示した合言葉をを入力する出席確認である．これは，教室外の廊下や中庭，図書館から p-HInT へアクセスする学生を出席から排除するための方法である．2 つめが着席順学生一覧で出席確認を行う方法である．これは着席順学生一覧で緑色の座席（通常出席）で表示されている学生だけが出席扱いになる．ゲームで遊んでいる学生等を欠席扱いにするための方法である．

3.4.3 テスト・ドリル機能

大人数の学生に問題を出题，解答し，瞬時に集計する機能である．教員機のテスト出题画面イメージは図 7 の左部分に示し，学生 DS 上のテスト回答画面を図 7 の右部分に示す．テストとドリルは共に選択式，複数選択，テキスト解答，自由記述等の問題が出题可能である．テストとドリルの異なる点はテストは従来の紙で行うテスト形式であり，教員が学生の理解度を把握するために利用される．一方，ドリルは学生の反復



図 7 教員機の出題画面と学生 DS 上のテスト解答画面

学習のための機能である．学生が問題解答後，解答の正誤情報がすぐに表示され，間違った問題を何度も繰り返し解答できる問題出题方法である．

3.4.4 席替え機能

授業中の私語対策として教員から多くの要望があり，実装された機能である．教員機から座席を指定すると，学生画面に「あなたの座席番号は 〇〇 です」と表示され，学生は指定された座席に着席する．座席指定は学籍番号順，ランダム順，一列空け，前詰めなどが細かく指定できる．学生の座席位置を指定して私語



図 8 レッドカード機能による DS 上の警告

相手の友達と離すことで私語を削減する目的の機能である。

3.4.5 みんなのこえ機能

学生から教員に自由なタイミングで発言する機能である。大人数の授業において学生が教員にリアルタイムで発言することは難しい。例えば「エアコンが寒い」「先生の声が小さい」等を 200 人も目の前の前で発言することは授業進行の妨げとなり学生としては気が進まない。このような発言を DS から教員へ発言し、教員はチャットルームのような画面で学生の発言を参照する機能である（図 6 の学生メッセージ参照）。更に授業のどこに学生は興味を持っているかを把握するための「へえ～」ボタン、「モヤっと」ボタン機能も追加した。これにより、学生は教員が授業進行している最中に「へえ～」ボタンや「モヤっと」ボタンを自由なタイミングで押すと教員画面にそれぞれのボタンの押下回数累計グラフがリアルタイムで表示される。

3.4.6 レッドカード機能

着席順学生一覧の学生名を右クリックする事で個々の学生にメッセージを送信する機能である（図 6 のレッドカード機能参照）。これは授業中に特定の学生が騒ぎ、それを注意することで授業全体の雰囲気が悪くしてしまうことを避けるため、特定の学生だけを注意する機能である。学生の DS 上に図 8 のような警告メッセージが表示される。また授業をまじめに聞いている学生等には「よくがんばっているね」等の学生のやる気が向上するメッセージも送信できる。

4 400 台以上の低性能端末で安定接続するために

4.1 信頼性向上の実績

p-HInT システムは 400 台以上の低性能端末をクライアントと想定したシステムである。通常のコンピュータより低性能・低機能な端末にて安定接続・稼働を実現することは難しい。2008 年度前期の第 1 バージョンでは障害件数をカウントする体制が整っておらず正確な件数は不明だが、授業を中断する障害が頻発した。特に 2008 年度前期学期末の成績を判定するテストの実施中に障害が発生してテスト自身が無効となる大きなトラブルも発生した。2008 年度後期の第 2 バージョンでは 1 授業あたり 5.1 回の障害（全てのエラーを含む）が発生した。その後改善を進めた結果、2009 年度後期（第 4 バージョン稼働時）には 1 授業あたりの障害発生が 0.36 件となり、システムの信頼性を向上することができた。p-HInT システムの安定接続・稼働するためのシステム設計と運用の工夫を以降の節で紹介する。

4.2 教室全体をカバーするための AP 配置

ホテルや駅などの広いエリアを少ないアクセスポイント（以下 AP）で効率的に配置する方法の研究は盛んに行われている [21] [22]。しかし、本システムは教室の狭いエリアに複数の AP を配置する必要がある。本システムで採用した Cisco Aironet 1130G は最大接続台数は 255 であるが、推奨台数は 50 である。したがって、本学の最大収容人数 306 人の教室では最低でも 7 台の AP を配置する必要があった。しかし、狭いエリアに多くの AP を配置する研究やアルゴリズムが存在せず、また実践報告もなかった。そこで、性能テストを繰り返しながらトライアンドエラーで AP 配置を行った。

まず、複数の AP が狭いエリアに存在するので電波干渉の問題がある。利用できるチャンネルは 1, 6, 11 [23] の 3 つのチャンネルであり、4 台以上を設置する場合は電波干渉の問題が発生する。そこで AP の電波出力を最弱にし、さらに同じチャンネルの AP 間の距離を最大になるよう教室に配置した。図 9 に

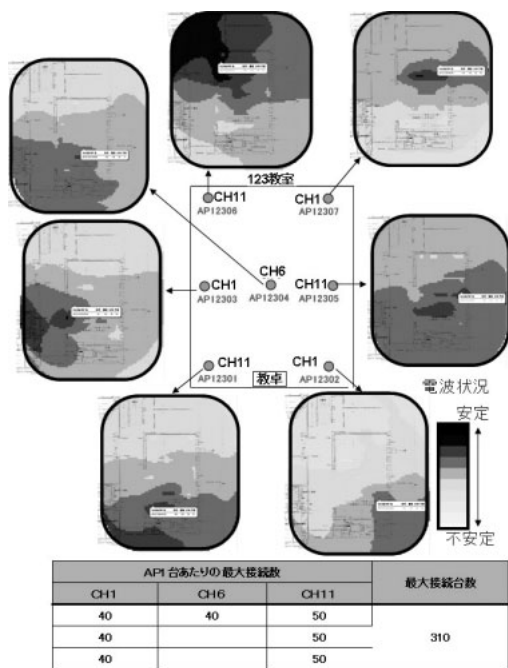


図9 123教室におけるAP配置

最大収容人数 306 人，教室面積が 329.26m²，7 つの AP を配置した時の電波状況を示す．図 9 では 1 つの AP が教室全体にどのぐらい電波を網羅しているかを示している．このように教室全体に電波が行きわたる状況を，「同じチャンネルの AP 間距離を最大」と「電波出力を最弱」の方針を基に各教室で電波状況を計測しながらトライアンドエラーで配置した．

4.3 低性能機器を考慮したシステム設計

p-HInT システムは学生の所持率が高い DS や PSP をクライアント機器として推奨している．また，無線 LAN 機能，ブラウザが搭載された様々な端末も利用可能である．しかし，機器によって性能が大きく異なる．例えば DS は詳細不明の IEEE802.11 に類似した通信規格であるのに対し，ニンテンドー DSi は IEEE802.11g である．p-HInT システムはあらゆる Web ブラウザ搭載機器をクライアントにできる汎用性の高いシステムを目指しているため，最も低性能である DS(ブラウザも含む)をターゲットにシステム設計をおこなった．DS の性能制約を以下に示す．

- 通信が遅い

- JavaScript 等に機能の制約がある
- ローミング機能が不安定
- クッキーが不安定

4.3.1 低速通信に対する工夫

DS は通信速度は実測で約 1Mbps 以下であった．また，DS のブラウザは Flash に対応しておらず，JavaScript の機能にも様々な制限があった．例えば，アラート表示は可能であるが，ページの自動更新機能は動作しない等である．さらに，HTML のタグも「b」タグや「h2」タグ等は利用できない．実際にプログラムを作成し，DS 上で調査することで得られた情報である．

しかし，最も困難な点は極端な通信速度の遅さのために発生する操作性の悪さであった．例えば，ラジオボタンを選択後にスクロールして送信ボタンを押したつもりが，キャンセルボタンを押したことになるケースである．これは ASP.NET のポストバックと呼ばれる機能が原因であり，ラジオボタン選択操作だけで IIS サーバへ問合せが発生する．通信が遅いため，問合せ結果のページをサーバから受け取る前にユーザのスクロール操作が発生する．その後，サーバからページを受け取りブラウザ上に表示するので，スクロール以前の画面でクリックしたことになり，ユーザが押したボタンとは異なるボタンを押下したことになる．これらの現象はノートパソコン等の高性能の端末ではほとんど発生しない．

そこで，ポストバック処理の細分化を行った．ポストバックではセッション管理に必要な情報をサーバへ渡す処理も含まれるため，全てのポストバックを無効にする事はできない．そこで，サーバへ問合せする必要のないポストバック機能をコントロールごとに細分化して無効に設定した．p-HInT システムで無効にしたコントロールは小テストのラジオボタン，チェックボックス，みんなのこえ機能のプルダウンリストである．ポストバック機能はサーバとの通信が頻繁に発生するが，ASP.NET のプログラミングの容易性のために装備された機能であり，主要コントロールにはデフォルトで有効とされている．本件は DS のような低性能端末でなければ起こらない低性能端末独自の問題であった．

4.3.2 低性能機器を考慮した AP チューニング

p-HInT システムは 1 つの教室に電波干渉を考慮して複数台の AP 配置を行っている．これによりノートパソコン等の IEEE802.11g 等の高性能無線 LAN が搭載されている機器は安定通信した．しかし DS 等の低性能無線 LAN では安定接続が困難であった．DS は通信に関する詳しいリファレンス等が提供されておらず，IEEE802.11 に類似しているが，正確には不明の通信規格であった．特徴を調査した結果，DS は通信速度が遅く（実測 1Mbps 以下），かつ，ローミング機能が不安定であった．そのため電波が届く AP のうち，チャンネルの若い AP へ優先的に接続した．本来電波が最も強い AP へ接続するはずだが，電波が弱いにも関わらず若いチャンネルへと接続した．この結果として電波が弱い上に若いチャンネルの AP へ負荷が集中する相乗作用にて通信エラーが続出した．

そこで AP のチューニングを実施した．p-HInT システムで利用している AP は最大接続台数が 255 台の業務用の Cisco Aironet 1130G である．開発当初は AP へのアクセス台数制限を掛けなかった．そのため DS のローミング機能が動作せず，若いチャンネルの AP へアクセスが集中してしまい，結果 AP の過負荷となり通信エラーが発生した．この時の過負荷となった AP の接続台数はおよそ 90 であった．

チューニング内容としては，AP への最大接続台数に制限をかけることで AP への過負荷を回避した．設定例を図 9 に示す．図 9 のアクセスポイント設定ではチャンネル（以下 CH）1 の AP には最大接続を 40 台とし，CH6 と CH11 の AP には 50 の最大接続台数とした．つまり，CH1 の AP に接続しようとしても上限の 40 に到達している場合，その次の CH6 へ接続を試みる．CH6 を教室の中央に配置したので教室のどの位置からも比較的接続しやすい．しかし，CH6 も上限を 50 台としていると，結果としてチャンネルの最も大きい CH11 へ接続する．このように AP への接続を分散させ負荷の均等を配慮した．ただし，この方法では遠い位置の AP に接続してしまい，電波が弱い状況になる可能性がある．しかし，電波が弱い問題よりも AP への過負荷を避けることを優先する必要があると考えたチューニング方法である．

4.3.3 機能制限の中でのセッション管理

Web アプリケーションでセッション管理をする場合，セッション情報をクライアントのクッキーに保持させる方法が一般的である．しかし，DS はクッキーを安定して保持することができず，DS 側でのセッション管理が困難であった．そこでセッション情報をサーバ側に全て保持して，DS とのセッション管理を行う必要があった．

クライアント側のクッキーを使用せずにセッション管理する方法は多く提案されているが，p-HInT システムでは IP アドレスを使ったセッション管理を採用した．セッション ID を IP アドレスと関連付けた情報をサーバで保持し，接続が切断されたとしてもサーバが IP アドレスからセッション情報を取得して，セッションが継続できる手法である．この手法による弊害としては同一機器から異なるログイン ID でログインした場合，どちらかのログイン ID が優先されてしまい，両者を識別できないことである．しかし，DS 等の多くの携帯情報端末は複数のブラウザを開くことができない点や，1 人 1 台の端末を持参することが前提であり，また，出席等の代返を防止するために本手法を採用した．

さらに本手法を IIS 上で実施する弊害として，サーバのメモリが逼迫されることである．これは，IIS の上位の ASP.NET フレームワーク中で生成されるワーカプロセスにログイン情報，操作ログ，プログラム中の変数の値，ページ遷移情報等すべての情報を蓄積するためである．結果，1 日に 200 人規模の授業が連続で 5 コマ続く場合，最後の授業で学生がログインできない障害が発生した．メモリが不足して新しいログイン情報を保持する領域が確保できなかったためである．

そこで昼休み等の授業時間帯外でワーカプロセスを自動再起動させた．つまり，IIS サーバを再起動せずワーカプロセスの再起動だけでメモリをクリアする運用である．ワーカプロセスの再起動が発生するとログイン情報も消去されるので再ログインが必要になるが，授業中ではないので学生のログイン数も少ないと判断した．また，IIS サーバは稼働しているので p-HInT 全体が停止するわけではなく，授業準備中の

教員への影響が少ない方式である。これによってサーバ機のメモリを逼迫する問題を解決した。

4.4 400人同時アクセスのためのデータベースチューニング

データベースは Microsoft SQL Server 2005(以下 SQL Server) を利用し、ストアプロシージャでデータベースにアクセスする方法を採用した。システム設計時には複数データベースサーバによる負荷分散の必要性を検討した。400人同時アクセスをスムーズに行うためには複数データベースサーバで負荷分散した方が好ましい場合がある。しかし、実際の授業中に小テストを実施する時には学生は同じ小テストテーブルの同じ問題データを参照するケースが多い。この場合、SQL Server の SELECT 文のキャッシュ機能を使うことで、1人目の問い合わせ結果をキャッシュに保持し、他の学生の同じ問い合わせはキャッシュデータを利用することができる。これによってデータベースの検索アクセス回数を大幅に削減できる。またネットワーク負荷に関して、DS の通信速度が実測で 1Mbps 以下であるため、400人が同時に同じ小テストを実施してもアクセスが分散すると考えた。さらに、更新系データベースを複数個利用すると2つのデータベースの同期を取るための処理が必要となりデータベースの負荷が増える。これらを考慮した上で、1台のデータベースサーバを利用するシステム設計とした。

さらに、一連のまとまったデータベースアクセス処理をデータベースへ登録するストアプロシージャ方式を採用した。クライアントプログラム側は1つの関数をコールするだけで一連のまとまった処理がデータベースサーバ側で実行され、結果だけをクライアントへ送信する方法である。DS の通信速度が遅いことを考慮して、ストアプロシージャを最大限に利用したデータベース設計とした。

上記のデータベース設計にて実際に400台のDSで性能テストを実施した。その結果、小テスト実施時にデータベースのデッドロックが発生した。ただし、100台程度のDSでの性能テストでは発生しなかった。原因の1つはストアプロシージャの開始時にデータベースにロックをかけ、終了時にアンロックをした

ことである。通信量を削減するためにプロシージャを大きな処理のかたまりとしたため、1回のロック時間が長くなったからである。

そこで、1つのプロシージャの中で必要に応じてロック、アンロックを細かく設定する方式へ変更した。また、SELECT等の参照系命令専用のスナップショットを作成し、更新系命令と分離して参照系命令を実行する方式を採用した。さらに、限りなくデッドロックの発生を避けるために、大きなかたまりのプロシージャをいくつか分割した。分割する際には通信量が増加しないよう、慎重に分割するプロシージャを選択し、分割する処理を検討した。これらの対策の結果、以降の400台同時接続の性能テストでも本番の授業でもデッドロックは発生していない。

4.5 Webサーバの負荷分散

大人数のユーザが1つのWebサーバにアクセスするシステムには、必ず負荷分散装置を導入する。p-HInTシステムも大人数が同時にアクセスするために負荷分散装置が必要であり、IISに標準で搭載されているNLB(Network Load Balancing)を導入した。本来ならば、Webサーバとは別のコンピュータを負荷分散装置専用とする方法が一般的である。しかし、本学は限られた予算にてシステムを構築する必要があったため、負荷分散専用のコンピュータを導入するのではなく、IISに標準で搭載されているNLBを利用することで、安価に安定した負荷分散を実現した。

4.6 教員機ソフトウェアとDSの相互通信

本システムはシンプルなWebアプリケーションソフトウェアアーキテクチャである。ただし、教員機はWebベースではない単独実行するクライアントソフトウェアである。教員自身のノートパソコン等から教員機ソフトウェアを操作したいという要望のために、教員機をWebベースのソフトウェアとすることも検討した。しかし、敢えて単独実行するクライアントソフトウェアとした。その理由は、教員機とDSの相互通信の安定稼働のためである。

図6に示す着席順学生一覧の学生の緑表示(通常出席)、赤表示(ゲームで遊ぶなどで通信切断)は、教員

機ソフトウェアから DS へ定期的に通信確立のチェックを行い通信状況から判断した結果である。さらに、DS からの返答がない場合、再度確認の通信を複数回送信する。このように 1 教室で 200 台以上の DS に対して頻繁な通信チェックを安定的に行うために教員機ソフトウェアを単独実行のクライアントソフトウェアとした。もし、教員機ソフトウェアを Web ベースとすると、Web サーバからすべての DS への通信チェックを定期的に行う必要があり、ネットワーク全体の負荷とサーバの負荷が増大する。したがって、p-HInT 全体を完全な Web アプリケーションにせず、教員機ソフトウェアを単独実行のクライアントソフトウェアとすることで安定通信を実現した。

5 p-HInT システムの授業への効果

5.1 2 クラスの成績比較

p-HInT システムの授業改善効果を明確にするために検証実験授業を設定した。対象とした科目は企業論（経営学）であり、経営情報学部の特選科目である。受講生は主に学籍番号順に 2 クラスへ割り振られている。表 1 に検証のために設定した 2 クラスの詳細を示す。2009 年前期の企業論の授業で、A クラスが p-HInT を利用した講義、B クラスが通常の

表 1 検証実験のために設定した 2 クラス

	A クラス	B クラス
p-HInT	あり	なし
科目名	企業論	企業論
担当教員	S 先生	S 先生
授業曜日	月曜日 1 限, 水曜日 3 限	月曜日 2 限, 水曜日 2 限
授業回数	28	28
受講生数	147	134
内、4 回生以上	19	3
内、3 回生	25	14
内、2 回生	103	117
講義内容	現代経済社会における企業の存立と行動に関する基本的知識習得	
出席率	78.8 %	78.1 %

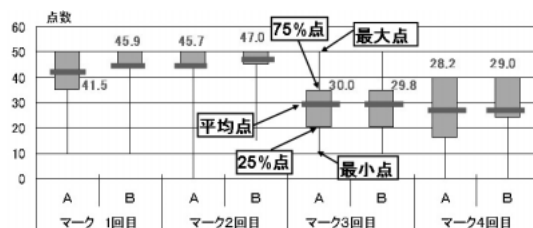


図 10 選択問題の結果

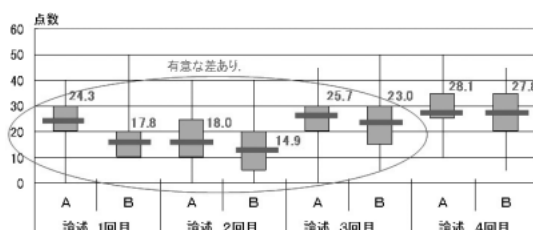


図 11 論述問題の結果

講義スタイルである。同一教員が同じ教材を使って同一内容の講義をそれぞれ 28 回実施する。企業論は週 2 コマ（月曜日と水曜日）の科目で A クラスは月曜日 1 限と水曜日 3 限、B クラスは月曜日 2 限と水曜日 2 限であり、授業実施順番による影響も排除した。受講生は経営情報学部の 2、3 回生で 4 回生以上の再履修も含まれる。受講生数は A クラスで 147 人、B クラスで 134 人であった。出席率は両クラスとも約 78 %であった。企業論は 4 回のテスト結果で成績が決められた。4 回のテストは両クラスともペーパーテストが実施され、1 回のテストにつき 5 つの選択問題と 5 つの論述問題が出題された。選択問題結果を図 10、論述問題結果を図 11 に示す。各図は箱ひげ図であり、図中の A と記載されているのは p-HInT システムを用いた A クラス、B は p-HInT を用いない B クラスを示す。箱ひげ図の箱中の縦線はクラス内の最大点、最小点を示し、箱部の上部は点数の 75%点、箱部の下部は点数の 25%点を示し、横線は平均点を示している。

検証の結果、選択問題は A クラスと B クラスの平均点に有意な差はなかった。論述問題は 1 回目、2 回目、3 回目で有意な差があり、A クラスの平均点が良

表 2 A クラスと B クラスの平均点の差の検証の
p 値と t 値

	第 1 回目		第 2 回目		第 3 回目		第 4 回目	
	選択	論述	選択	論述	選択	論述	選択	論述
t 値	-3.54	5.78	-1.34	2.54	0.15	2.38	-0.62	0.79
p 値	0.11	1.3E-8	0.18	0.012	0.88	0.018	0.54	0.43

いという結果になった (t 検定で有意水準 5%)。この時の t 検定の結果が表 2 である。つまり、選択問題は 2 クラスに大きな差がなかったが、論述問題に対して p-HInT を使った授業の受講生の方が正解に近い解答をしたことがわかった。p-HInT が成績に影響を及ぼしたと明言はできないが、今回の成績比較では p-HInT を使ったクラスの成績の方がよいという結果が導かれた。

5.2 授業への効果

5.2.1 匿名性の排除と私語の減少

匿名性の高い授業では学生の授業への集中力が低下して私語が増加する。そこで、p-HInT で匿名性を排除し、集中力が持続し、私語が減少したかを検証する。方法は教員へのインタビュー、学生アンケート、私語の量の定量的計測である。まず、成績比較を行った 2 クラスの担当教員に「論述問題で平均点に差が出た理由は？」とインタビューを行うと、「p-HInT システムで直接学生の氏名を呼ぶことで、学生は名前を知られている、自分を知られているという緊張感を持ち、教員の話聞く習慣ができた」と回答した。つまり、大人数受講生講義では、学生は「自分は大勢の中のひとり」と大人数に埋没した意識を持つことが多い。しかし、p-HInT の着席順学生一覧やみんなのこえ機能で学生個人の意見や考え、様子が特定できる。教員が授業中に数人の学生に対して、「君、よく理解できているね」と個人名で指摘することによって、「自分は見られている」という緊張感が学生に生じる。その緊張感から、授業に集中することができたのではないかと担当教員の意見であった。

次に、p-HInT を利用した A クラスの学生に「先生が受講生の名前を呼んで授業態度を注意されることに対してどう思いますか？」とのアンケートを行っ

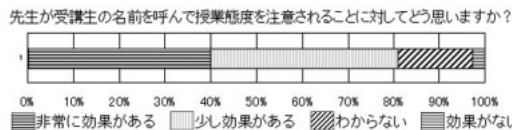


図 12 検証を行った授業のアンケート結果

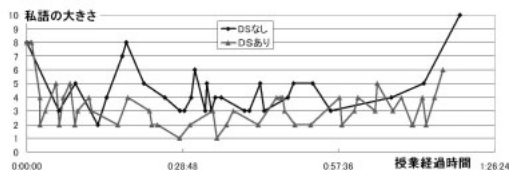


図 13 授業中の私語の大きさ

た結果、80%以上の学生が効果があると回答した (図 12 参照)。つまり教員が学生個々の名前と顔を把握することで学生が緊張感を持ち、結果として授業に集中したと考えられる。また、集中して教員の話聞くことで自然と私語が減少する。そこで、A クラスと B クラスの授業の私語の量を計測した。計測方法は研究者 2 名が両クラスの授業に参加し、研究者が私語の大きさを直接聞いて 10 段階に評価し時系列に記録した。ただし 10 段階の評価は研究者のそれぞれの主観に従った。計測結果を図 13 に示す。全体として p-HInT を用いた A クラスの授業の方が私語が少なかった。更に 5 分ごとの時系列に計測した私語の大きさ (10 段階) の総計を比較すると、p-HInT を用いた A クラスの方が p-HInT を用いない B クラスよりも私語の大きさの総計が 25% 減であった。つまり、p-HInT で匿名性を排除できたことにより、私語が減少し、教員も学生も授業に集中できたと考えられる。

5.2.2 リアルタイム復習と雑務減少

p-HInT システムの目的のひとつとして、授業中にリアルタイム復習を可能とすることである。リアルタイムで小テストの結果が表示されるので、教員はその結果に沿った授業スタイルへと変化させることができる。学生も再度小テスト内容を復習することで、自分の正誤を集中して確認できる。リアルタイム復習の効果を学生アンケートで確認した。まず、p-HInT を利用していない B クラスの学生に、「小テスト結果の正誤を即座に確認し、復習したいと思った事はあ



図 14 B クラスアンケート結果 1



図 15 B クラスアンケート結果 2

りますか？」と質問すると70%以上の学生が「したい」と回答した(図14参照)。同時に「小テストの結果をすぐにグラフ等にして、授業の重要な箇所を復習するようになってほしいですか?」の問いには、40%以上の学生から「してほしい」との回答があった(図15参照)。次にp-HInTシステムを利用したAクラスに「DSを使った小テスト結果の正誤を確認できるので、理解度は深まりましたか?」と「DSを使った小テストの結果をすぐにグラフにして、先生が提示できるようになりました。これにより授業の重要な箇所を復習することができましたか?」の両方の質問に70%以上の学生が「理解できた」「復習できた」と回答した(図16, 図17参照)。従って、もともと学生は小テストのリアルタイム復習を望んでおり、p-HInTによって小テスト結果のリアルタイム復習ができたので、学生自身も理解度の向上が実感できたとアンケート結果から導ける。

また、授業運用に対するp-HInTの影響を調査した。p-HInTシステムは大人数講義の教員の雑用労力を削減することも目的のひとつである。雑用労力とは紙媒体の教材配布時間や回収時間、出席票の配布と回収など本来の講義内容とは直接関係のない授業運用に関する作業である。調査方法は研究者が授業にAクラス(p-HInTあり)とBクラス(p-HInTなし)の第10回目の同一講義内容の授業を聴講し、分単位の教員の時系列行動を記録した。調査結果を図18に示す。Bクラス(p-HInTなし)では出席カードの配布や回収にかなりの時間を費やした。対して、Aクラ



図 16 A クラスアンケート結果 1



図 17 A クラスアンケート結果 2

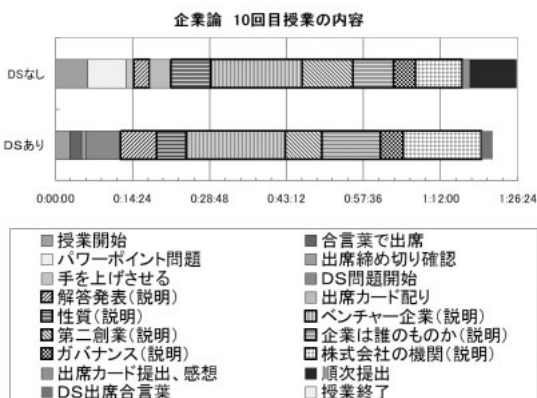


図 18 システムの有無による授業進行の時系列

ス(p-HInTあり)では出席カード配布回収時間がほとんどなく、雑務に費やす時間をかなり省略できた。

その一方で講義内容の説明時間(図18の凡例の説明)とある部分)はBクラスに比べて多く確保できている。特に「解答発表(説明)」はp-HInTの小テスト結果をリアルタイム復習している場面である。Bクラスの3分程度に比べAクラスでは10分近くリアルタイム復習に費やした。さらに小テスト結果の集計グラフを見ながらリアルタイム復習ができるので、学生の理解度向上にさらに役立ったと考えられる。授業全体をみると、Aクラスの本質的な講義時間がBクラスよりも11%増加していた。つまり、授業運用に関わる雑務時間を削減でき、小テストのリアルタイム復習に多くの時間を費やすことができた。

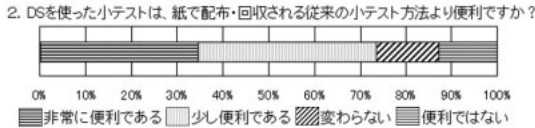


図 19 p-HInT 総アンケート結果 1

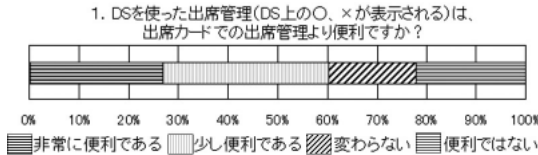


図 20 p-HInT 総アンケート結果 2

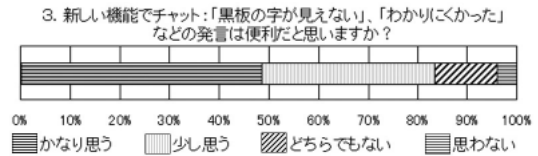


図 21 p-HInT 総アンケート結果 3

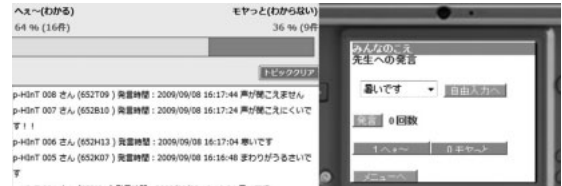


図 22 「みんなのこえ」の教員と学生の画面イメージ

6 p-HInT システムの学生への恩恵

6.1 学生個々の意見を収集した授業改善支援

本システムは大人数授業において学生の名前、理解度等を教員が把握し授業をコントロールするためのシステムである。これにより学生の集中力が向上し、論述問題の成績向上が確認できた。しかし、本システムは教員が学生を完全に管理し束縛してしまう側面がある。つまり、教員にとっては恩恵が多いシステムであるが、学生は授業中束縛されるばかりで学生にとっての恩恵が不明確になりがちなシステムである。もちろん束縛されて成績が向上すればそれで良いが、利用者のひとりである学生がシステムに関して窮屈さや不満を持つ可能性がある。

そこで、本システムの新しいバージョンの機能要件を決定する際には学生からの意見をアンケートで収集した。前年度までの p-HInT 利用学生に対して実施したアンケート結果の一部を図 19, 20 に示す。有効回答数は 468 件である。「小テストを DS で実施すると便利ですか？」の質問に対し 70%以上の学生が便利と回答した。同様に「DS をつけた出席管理が便利」と感じる学生も 60%以上であった。同時に、自由記述のアンケートでは「紙で行ったほうがいい」や「DS を使わないでほしい」等の否定的な要望も少数あったが、「楽しかった」や「意外と便利」「授業に集中できた」等の肯定的な意見が多かった。同時に、新規機能に関する質問をおこなった。「新しい機能の

ひとつとしてチャット機能を考えています。『黒板の字が見えない』『わかりにくい』『エアコンがきつい』などをいつでも先生へ発言できます。このような機能は便利だと思いますか？」の質問に対して、80%以上の学生が「思う」と回答し、強くこの機能を要望した(図 21 参照)。

学生の評価と要望に従って新しい機能として、チャット機能である「みんなのこえ」を実装した。これは学生が自由なタイミングで「へえー」ボタンや「モヤッと」ボタンを押すことができる。同時に教員画面には「へえー」と「モヤッと」のリアルタイムに変化するグラフが表示される。また自由な発言として「暑い・寒い」「声が聞こえない」「黒板の字が見えない」「ありがとうございました」等の準備された言葉の発言と、自由記述発言を用意した。これによって、授業を聞きながら学生からプッシュ形式で意見を自由に発言することができる。「みんなのこえ」機能を図 22 に示す。左が教員画面上に表示されるウィンドウで、右が学生の DS 上に表示される画面イメージである。学生の観点から窮屈さを感じさせないために取り入れた機能である。

6.2 「みんなのこえ」による授業進行改善効果

学生からの自由な発言としてチャット形式の「みんなのこえ」を 2009 年 10 月より運用稼働した。学生

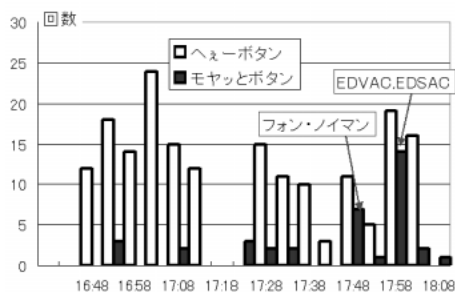


図 23 「へえー」ボタンと「モヤッと」ボタンの押下回数

の要望により実装したが、発言が明確に記録されるために学生は発言しないのではないかという危惧があった。しかし予想に反して多くの発言が寄せられた。「へえー」ボタンと「モヤッと」ボタンは1回の授業でおよそ200回から500回押下された。

これにより、本質的な授業進行問題の改善が実施できた。「みんなのこえ」機能はリアルタイムにて「へえー」ボタンと「モヤッと」ボタンが押下された回数をグラフ(図22左上帯グラフ)にて表示することができる。教員は授業を実施しながら発言変化をリアルタイムで参照できる。図23はp-HInTシステムを用いたシステム開発論の5回目の授業で「へえー」ボタンと「モヤッと」ボタンが押下された回数を5分ごとに集計した結果である。

授業の前半は「へえー」が多く順調に授業が進行していると推測できる。しかし、後半の17:48と17:58には「モヤッと」が多くなった。この時の講義内容は「フォン・ノイマン型コンピュータ」の説明と「EDVAC, EDSAC」の説明であった。つまり学生はこの部分の授業内容について理解していない可能性が高いと即座に把握できる。しかし授業終了後に担当教員にインタビューすると「授業の最終時間が迫ってきて小テストの時間も確保しなくてはならず、少々焦り気味に説明を進めたから分かりにくかったかもしれない」との話であった。つまり、フォン・ノイマンの説明が悪いというよりも、終了時間を気にして早口になったということだ。担当教員も「授業終了間際になって予定箇所まで進まない場合は、焦って説明速度を上げるよりその部分を次の授業へ回す」と次回の授

業改善を考慮した。これは、単なる説明の不十分さではなく本質的な授業進行の改善ができた例である。

6.3 「みんなのこえ」による意外な効果

「みんなのこえ」機能は実装段階では学生が「字がみえません」などの授業環境に関係する発言することが主目的であった。しかし教員によっては瞬時の理解度把握に利用したケースもあった。小テストを出題すると授業の流れをいったん途切ることになる。そこで「みんなのこえ」の自由記述をつかって、「これは正しいと思うか?」と教員の口頭質問に瞬時に答えさせることに利用している。「」や「はい」「正しい」など書き方は自由であり、採点するわけでは無いので、授業の流れを止めないで瞬時に理解度を把握できる最も良い方法となった。

また、学生との柔らかいコミュニケーションができた。柔らかいコミュニケーションとは、教員からの質問に答えるだけでなく、授業中の出来事や感想を学生から発言する意思疎通方法を指す。例えば、「先生、今日はよくわかりました、ありがとうございました」や「名前を呼ばれた時はびっくりしたけど、私の意見を取り上げてくれてうれしかったです」などである。「みんなのこえ」を利用した教員の感想は「このようなコミュニケーションは授業の雰囲気をよくするだけでなく、200人の講義であっても学生は教員を非常に近く感じる事ができたと思う」であった。また「授業中に『先生ありがとうございました』や『今日の内容は楽しかったです』等の発言があると教員もやる気ができます」という教員のモチベーション向上に関する意見もあった。成績や理解度とは無関係であるが、p-HInTによって柔らかいコミュニケーションが確立し、学生と教員の距離を近づけることも一種の授業改善であると考えられる。

7 p-HInTの構築・運用から得られた知見

p-HInTを開発、運用したことによりシステム構築の観点と教育の観点から様々な知見が得られた。まず、システム構築の観点から得られた知見を述べる。本システムは400台の低機能・低性能な携帯情報端末をクライアントとしたWebアプリケーションであ

る．通常のコンピュータをクライアントとした時に比べて安定稼働するための工夫が多く必要であった．主な 4 点を以下に示す．

- (1) 低性能端末ではクッキーを使わずに、サーバ側で IP アドレスとセッション ID にてセッション管理をする．ただし、クライアントが 1 人 1 台の専用端末であることが前提である．同じ端末から 2 人のユーザがログインすることができないという弊害があるが、出席確認時に代返ができないというメリットもある．また、Web サーバを IIS で利用する場合はワーカプロセスの再起動で安定したセッション管理が実現できる．
- (2) ローミング機能が不安定な低性能端末を教室のような狭いエリアで数百台レベルの同時接続をする場合、以下のように AP を設定、設置する．
 - (i) 同時接続 255 台が設定可能な AP でも接続上限は 50～60 とすること．
 - (ii) チャンネル 1, 6, 11 の最大接続台数をたとえば、40, 50, 60 のように、若いチャンネルを少ない値で設定すること．
 - (iii) AP を 4 台以上設置する場合、同じチャンネルの AP の距離ををなるべく離すこと．
 - (iv) AP の電波範囲を極小にして、ひとつの AP で接続できるエリアを小さくすること．
- (3) 低性能端末は Flash や JavaScript に制限があり、HTML タグにも制限がある．更に通信速度を考慮したシステム設計を必要とし、些細なサーバアクセスでも削減する必要がある．したがって、ASP.NET を用いた場合はポストバック機能をコントロールごとに有効・無効を設定する必要がある．
- (4) SQL Server をデータベースとして利用し、400 以上の同時アクセスをスムーズに処理する場合、ストアードプロシージャ中のロック・アンロックを細かく設定する．また、クライアントからの参照系アクセスのために SELECT 専用のスナップショットを利用する．

今後、様々な安価な携帯情報端末が販売されることが予想され多くの人が気軽に携帯情報端末を利用できる社会が実現すると考えられる．したがって、無線

接続する安価な携帯情報端末を組み込んだ大規模なシステム構築も増加すると予想される．大人数が参加する国際会議や展示会等のあらゆる場面で p-HInT システム、もしくは類似システムを構築・運用できる．その際には、今回得られたシステム構築上の知見は有効になると考えられる．

次に、教育の観点から得られた知見をまとめる．

- (1) 200 人以上の授業でも個人を特定（個人名を呼称する等）することで、私語が減少し、授業への集中力が高まる．
- (2) 学生からの自由な感想の発言とそれに対する教員の返答によって、大人数講義でも教員と学生の距離を縮めることができる．それによって、1 対 1 の講義のような親密感ができ、授業に集中することができる．

これらの教育上の知見は、p-HInT を構築し運用したことで定量的計測やアンケート結果から確認できた．もちろん、p-HInT を利用しない授業においてもこれらの知見を用いることで大人数講義の授業改善が実施できると考える．

8 まとめ

大人数講義の授業改善のために p-HInT システムを構築した．特徴はニンテンドー DS などのゲーム機を学生クライアントに使った授業支援システムであり、コンピュータ教室でない講義教室で 200 人以上の授業を対象とした．ゲーム機の低機能ブラウザと低性能無線 LAN を利用したシンプルな Web アプリケーションシステムである．実装した機能は着席順学生一覧、テストドリル機能、席替え機能、レッドカード機能、みんなのこえ機能であり、大人数講義に有効な機能であった．同一科目、同一教員が同一講義内容の 28 回の授業を 2 クラス実施した結果、p-HInT を使ったクラスの論述問題の結果が p-HInT を使わなかったクラスの結果よりも良いことが確認できた．アンケートやインタビューをした結果、学生の匿名性を排除したことにより学生が授業に集中し、結果として成績が向上したと考えられた．また、25 % の私語削減や 11 % の講義説明時間の増加など授業改善も確認できた．

今後は、大講義室の授業では黒板の字やプロジェク

タが後ろの座席から見えないという問題が残されている。DS 上から提示教材を参照したいという学生からの要望があるが、現在の DS 等の低機能・低性能携帯情報端末を使ったシステムでは技術的に実現できていない。カメラを黒板前に設置して DS へ拡大画像を配信する機能の実現方式を模索する予定である。

謝辞

本研究の一部は 2009 年度の文部科学省の現代的教育ニーズ取組支援プログラムから支援を受けた。また、本研究の一部は文部科学省科学研究費基盤研究(C)21500045 の補助を受けた。本システムを産学連携で開発した株式会社富士通ビジネスシステムの開発者らに感謝する。

参考文献

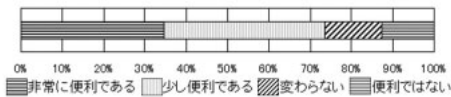
- [1] 雑古哲夫：大教室での授業を少人数教育に Web 上での授業情報公開システム，関西大学 IT センターフォーラム，No.20 (2006)，pp.3-12.
- [2] <http://www2.hannan-u.ac.jp/p-hint/index.html>
- [3] Hanakawa, N., Yamamoto, G., Tashiro, K., Tagami, H. and Hamada, S.: p-HInT: Interactive Educational environment for improving large-scale lecture with mobile game terminals, in *the 16th International Conference on Computers in Education (ICCE2008)*, 2008, pp. 629-634.
- [4] 川島高峰, 永里壮一：大教室における携帯電話を利用した授業の管理・運営の改善, 情報教育方法研究, Vol. 7, No. 1 (2004), pp. 21-25.
- [5] 植木泰博, 米坂元宏, 冬木正彦, 荒川雅裕：携帯電話を用いた出席確認システムの開発と評価, 教育システム情報学会誌, Vol. 22, No. 3 (2005), pp. 210-214.
- [6] 八尋剛規, 大塚一徳：携帯電話を利用したリアルタイム授業評価システムの開発と運用, 情報教育方法研究, Vol. 5, No. 1 (2002), pp. 28-30.
- [7] <http://www.osakac.ac.jp/ecip/ds/>
- [8] <http://www.nintendo.co.jp/ds/angj/>
- [9] <http://www.osakac.ac.jp/ecip/ds/kisorikonyumon.html>
- [10] <http://www.nintendo.co.jp/corporate/release/2009/090609.html>
- [11] <http://www.icbrains.com/socratec/index.html>
- [12] 鈴木久男, 武貞正樹, 引原俊哉, 山田邦雅, 細川敏幸, 小野寺彰：授業応答システム“クリッカー”による能動的学習授業, 北海道大学高等教育ジャーナル 高等教育と生涯学習, Vol. 16, No. 14 (2008), pp. 1-16.
- [13] 山田邦雅：自作クリッカーシステムによる授業, 北海道大学高等教育ジャーナル 高等教育と生涯学習, Vol. 16, No. 14 (2008), pp. 19-29.
- [14] 吉川歩：出欠情報を利用した匿名型授業評価収集システム, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J91-D, No. 12 (2008), pp. 2992-2994.
- [15] 長尾尚, 小林直行, 市川隆司, 黒上晴夫, 稲垣忠：授業における匿名電子掲示板の活用可能性の検討, 日本教育工学雑誌, Vol. 27 (2003), pp. 125-128.
- [16] <http://r.impressrd.jp/node/30>
- [17] 中島英博, 中井俊樹：優れた授業実践のための 7 つの原則に基づく学生用・教員用・大学用チェックリスト, 徳島大学大学教育研究ジャーナル, Vol. 2 (2005), pp. 71-80.
- [18] <http://www.technical-nitto.co.jp/pcl/products/soft.html>
- [19] 大即洋子, 坂東宏和, 加藤直樹, 中川正樹：対話型電子白板を用いたグループ間の競争による学習を支援する教育ソフトウェアの一例とその効果, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 6 (2003), pp. 1635-1644.
- [20] 尾花将輝, 花川典子：使い捨てプログラムを組み込んだインクリメンタル開発プロセスの提案と実践, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2009 (SES2009), 2009, p. 186.
- [21] Farag, T., Funabiki, N. and Nakanishi, T.: An access point allocation algorithm for indoor environments in wireless mesh networks, *IEICE Transactions on Communications*, Vol. E92-B, No. 3 (2009), pp. 784-793.
- [22] 上村香菜子, 船曳信生, 中西透：スケーラブル無線メッシュネットワークのための通信路構成最適化アルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J92-B, No. 9 (2009), pp. 1526-1537.
- [23] http://www.atmarkit.co.jp/fsys/special/005wireless_abc/wireless_abc01.html

付録 A 学生アンケートの結果 (468 件)

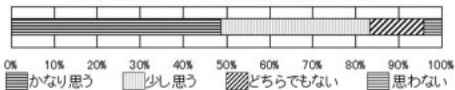
1. DSを使った出席管理(DS上の○、×が表示される)は、出席カードでの出席管理より便利ですか？



2. DSを使った小テストは、紙で配布・回収される従来の小テスト方法より便利ですか？



3. 新しい機能のひとつとしてチャット機能を考えています。「黒板の字が見えない」、「わかりにくかった」、「エアコンがきつりなどをいつでも先生へ発言できます。このような機能は便利だと思いますか？



4. DSで出席を取ることで、あなたの出席回数はふえましたか？



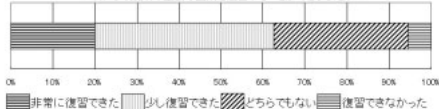
5. DSの小テストや出席管理があるので、講義を集中して聞くことができましたか？



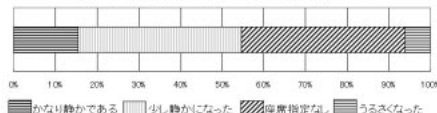
6. DSを使った小テスト、小テスト結果の正誤を確認できることで、あなたは本授業に対する理解度が深まりましたか？



7. DSを使った小テストの結果をすぐにグラフ化して、先生が提示できるようになりました。これにより授業の重要な箇所を復習することができましたか？



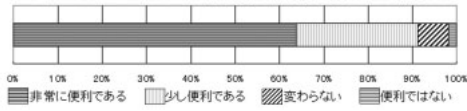
8. 本授業にてDSを使った出席指定だった学生に専めます。DSを使った出席指定を行うことで、クラス全体の私語は減少しましたか？



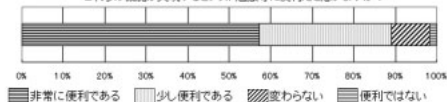
9. DSを使った授業で、先生が受講生の名前を呼んで授業態度を注意されることに対して思っていますか？



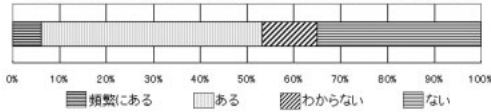
10. 出席データがHintにアップロードされ、自分の出席状況を確認できるのは便利ですか？



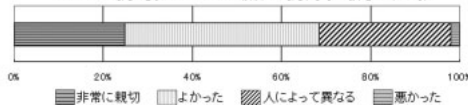
11. 次バージョンより、小テスト結果がHintにアップロードされ、いつでも小テスト結果が参照できます。これらの機能が実現するとテスト勉強等に便利だと思いますか？



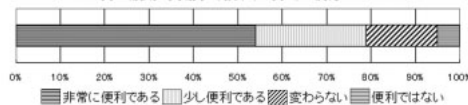
12. あなたはTAIに助言(困ったとき助けてもらう)してもらったことはありますか？



13. TAの対応は良かったですか？(素早い対応、丁寧に教えてくれる等)



14. DSの貸出(前期の長期貸出、授業中の貸出)は便利とおもいますか？



15. DSの貸出手続き(長期、授業中の両方)はスムーズに実施されているとおもいますか？

