

物理的教室と複合した仮想教室環境の開発

成 凱[†] 廣田 豊彦[†] 牛島 和夫[†]

[†]九州産業大学情報科学部 〒813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1

E-mail: [†] {chengk, hirota, ushijima}@is.kyusan-u.ac.jp

あらまし データベースと Web[情報配信技術の発達にともない、高度情報環境を活かした新しい教育環境が実現可能となる一方、物理的な教室における教育活動は如何にサポートし、より快適な教育環境を実現するのか、まだいくつかの問題点が残されている。これらの問題を解決するために、我々は教室を中心とした対面教育を支援するための Web 情報管理システム WTS (Web based Teaching Support System) を開発してきた。本稿では、これまでの開発経験及び運用実績に踏まえて、システムの特徴と有用性を示す。

キーワード e-ラーニング, 仮想教室, データベース

Development of a Virtual Classroom Environment Overlaid with Physical Classroom

Kai CHENG[†] Toyohiko Hirota[†] and Kazuo Ushijima[†]

[†] Faculty of Information Science, Kyushu Sangyo University

3-1, Matukadai 2-chome, Higashi-ku, Fukuoka, 813-8503

E-mail: [†] {chengk, hirota, ushijima}@is.kyusan-u.ac.jp

Abstract The advance of database and web-based content delivery technology has been bringing about revolution in college education. As classroom based lectures are the most important part of residential college education it is critical to implement detailed information management so as to support effective student-instructor communications for the classroom environment. To this end, in this paper, we describe a web-based classroom environment, called WTS (Web-based Teaching Support System). One of the salient features of the proposed system is that it allows sharing of a classroom view between teachers and students. With this feature, students can experience the presence in a classroom later and teachers become easy to distinguish the names and faces of their students, which is important for them to establish good relationship with students.

Keyword e-Learning, Virtual Classroom, Database

1. はじめに

近年、少子化による 18 歳人口の減少、国立大学独立行政法人化等の影響で、高等教育機関を取り巻く状況はますます厳しくなりつつある。激しい競争の中で勝ち残すため、各大学は様々な対策を講じ始めており、とりわけ、情報通信技術を活用した新しい教育環境を構築し、より学生や保護者に満足できる教育を提供する必要性が高まっている。我々の学部では、社会の時代的ニーズに応える教育を達成するため、様々な努力を重ねてきた。まず、学生全員に対してノート型パソコンを無料で貸与し、パソコンを持ち込めば、学部内のどの教室でも「コンピュータ実験室」となる (図 1)。教室のすべての座

席に情報コンセントが付けられており、いつでもインターネットを利用することができる。

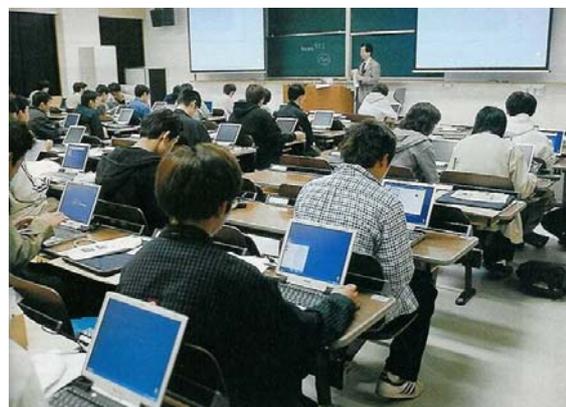


図 1. 物理的教室における講義を行う風景

一方、対面教育を特徴とする通学制大学においては、教育活動を行う主要な場所として、教室は大きな役割を果たしており、より快適な教育環境を作るために、教室を中心とした教育環境の整備は重要だと考えられる。しかしながら、従来の教室における対面教育は、次のような問題点が指摘されている。

第一に、学生教員の信頼関係を構築しにくい。教員は学生の名前や顔を覚えることは学生との信頼関係を築くに最も重要だと考えられるが、学生の人数によって、そう簡単にできない場合が多い。科目ごとに履修する学生も違うし、授業以外で学生との接触も少ないため、限られた時間内に学生全員の顔や名前を覚えるのは大変大きな負担と考えられる。

次に、学生にきめ細かな指導を与えるために、各学生の学習状況に関する詳しい情報を収集・管理する必要がある。学生一人ひとりの出席状況、テスト成績、講義に対する意見や要望を直ちに把握することも言うまでもなく大事と思われるが、クラスが大きくなるとなるほど、扱うべき情報が大量となり、手作業で処理しきれなくなる。最後に、毎年繰り返し行う講義スケジュールリング、講義資料の準備と公開など、できるかぎり自動的に行えるとよい。

これらの問題を解決するために、我々は対面教育を支援するための、物理的教室をベースとした仮想教室環境 WTS (Web-based Teaching Support) を開発してきた。このシステムの大きな特徴は教室という物理的な空間だけでなく、物理的教室における人々の相互関係も Web 化する。物理的な教室にないきめ細かな情報を管理する機能を提供した上、「教室」という物理的な空間を電子化することによって、受講生はあとも臨場感を確認でき、授業時の出来事を思い出すのに助ける。これによって、教員の教育活動をサポートしながら、学生が楽しく授業に参加できるような機能を実現している。

2. システム概要

学生の修学状況を速やかに把握し、それぞれの学生にきめ細かな指導を与えるのは質の高い教育に求められるものである。我々のシステムは、学生の修学状況に関する細かな情報を統括的に管理すると共に、学生にとっても教員にとっても親しみを感じる教育環境を目指している。このシステムは主に次の機能が実現されている。

- (1) Web による出席登録機能
- (2) 座席レイアウトにおける出席状況確認機能
- (3) 講義自動スケジュールリング機能
- (4) 修学状況の確認と個別開示機能
- (5) 講義情報の集計分析機能
- (6) オンライン実験室



図 2. 物理的教室と複合した仮想教室環境

2.1. 出席登録機能

学生は講義中にパソコンを持ち込めば、配布された ID とパスワードを入力することでシステムにログインする。学籍番号は ID と関連しているため、座席番号を登録するだけで、出席登録ができる。登録時刻や IP アドレスなどを認識できるので、不正登録を防ぐことができる。現時点では、パソコンを使う実習・演習のある授業に限られているが、これから、携帯電話などからも登録できるように拡張していきたい。

2.2. 座席レイアウト確認機能

ID とパスワードでログインすると、学生は個人所有のトップページに入る。そこに自分を表す写真をアップロードすれば、その写真は各自のトップページに表示することになる。出席登録をすればその写真は座席レイアウト上で登録した座席に視覚的に確認できる。

写真付き座席レイアウトにより、学生は授業が終わっても教室の雰囲気を感じられ、教員も学生の顔や名前を覚えやすくなる。また、本人が欠席して友達に登録してもらっても、レイア

ウトから本人がいないことが確認できる。また、授業が終わる前に教室を出る学生の対策の一つとしても有用である。

図 2 をみれば分かるように、正式に運用ではないため、学生は自らの顔写真ではなく、いろいろな写真を使っている。写真登録がなければ、デフォルトな写真を使うことになる。

2.3. 講義スケジュールリング機能

学年暦(カレンダー)、時間割表、シラバスデータを入力するだけで、講義計画を自動的に生成できる。そのとき、祝日や祭日を自動的に判別し、その日に講義が当たらないように設定する。講義計画は後で変更できるので、休講や補講も柔軟に対応できる。また、カレンダー機能や手帳機能などで、教育以外の活動に対してもスケジュールリングできる。

2.4. 修学状況の確認と個別開示機能

教員ないしは保護者は学生の出席状況、レポート提出状況等の修学状況を即座に確認できる。学生はIDとパスワードより個別に出席状況やテストの成績を確認できる。出席登録がシステムに行っているため、ほとんどミスがないと思われるが、万が一あったとしてもすぐに発見でき、早いうちに訂正ができる。

2.5. 講義情報集計分析機能

講義情報がデータベースで集中的に管理されているので、様々なデータを集計でき、学生の学習状況が直ちに把握できる。例えば、ある科目に出席が悪かった学生について、その科目だけなのか、すべての科目に出席が思わしくなかったか、その状況を即座に調べることができる。

2.6. オンライン実験室機能

このシステムは最初からデータベースの授業においてデータベース操作の実験環境を構築するために既存のオープンソースソフトを改造したものである。データベース授業をサポートするための実験環境としても用いられている。将来的に、他のプログラミング実験もこのシステムで実現できるように拡張していきたい。

3. システムの実装

W T S はオープンソースの DBMS ー

PostgreSQL を使ってデータベースを構築し、Apache+PHP によってアプリケーションが開発されている。本章では、まず、このシステムの中核となるデータベースの概念設計を説明する。それから、概念設計の結果となる概念モデルにふまえて、前章に説明した各種の機能の実現について述べる。

3.1. データベース概念設計

これまで述べた機能を実現するため、必要な情報をデータベースにおいてまとめて管理する必要がある。図 3 は概念設計の結果となる概念モデルのコアの部分を表わす実体関連図である。主な実体集合は下記のとおりである。それぞれの実体の属性には、下線部はプライマリ・キーを表わしている。

- (1) **学生**：学籍番号，氏名，クラス，学科
- (2) **教員**：教員番号，氏名，所属学科
- (3) **科目**：科目番号，科目名，年次，単位数，区分(必修，選択)
- (7) **時間割表**：時間割コード，曜日，時限，教室番号，教員番号，科目番号，クラス
- (8) **教室**：教室番号，教室名，机の最大行数，机の最大列数，収容定員
- (9) **座席**(弱実体集合，owner:教室)：教室番号，座席番号，机の行，机の列，机上の位置(左，中，右)
- (10) **講義内容**(弱実体集合，owner:科目)：科目番号，回数，テーマ，内容

実体集合の中で、一番注目すべきなのは、「時間割表」を関連集合ではなくて、実体集合として扱うことである。本来、時間割は「科目」、担当「教員」、「教室」などにより決められるもので、関連集合として扱うべきである。しかし、現実的に時間割コードを用いて履修登録を行っているし、同じ科目は違う教員が多少異なる内容や進め方で講義をしているので、履修登録や、学習履歴など細かな情報は、独立した実体と関連する必要がある。実際に「時間割表」を実体集合とすることによって、ほとんどの問合せが簡単にできるようになった。

それと、弱実体集合はできる限りさけるべきであるが、座席レイアウトと各回の講義内容のような詳細な情報を扱う必要があるため、「座席」と「講義内容」を弱実体集合として扱っている。図 3 では二重線で示している。

各教室のレイアウトを次のように決める。教

室に複数の机があり、各机に同じ数の座席をもっている。従って、座席の場所は机の所在場所（行、列）と机上の順番で決められる。図3で示すように、(1,2,1)は第1行第2列の机の一番左の座席を表わす。これにより教室番号と座席番号がわかれば、座席の座標も分かる。

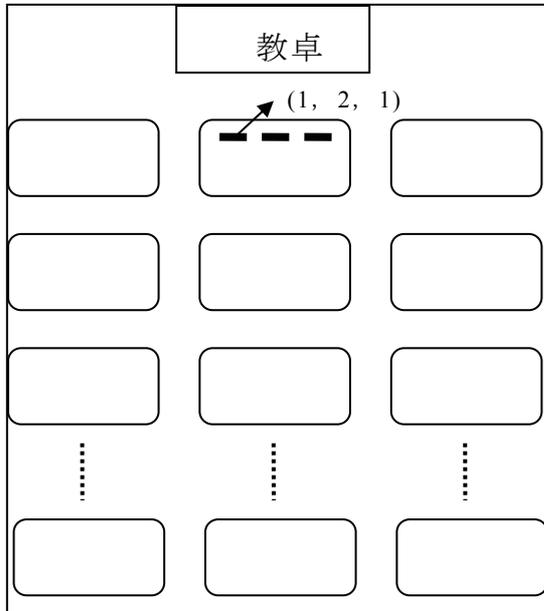


図3. 机の位置と座席の位置の座標による座席特定

次に、関連集合を考える。概念的に図3のように四つの関連集合を扱うべきである。前に述べたように、同じ科目が教員の間で異なるために、「講義計画」、「学習履歴」、「履修登録」が「科目」に依存することではなく、「時間割表」に依存するべきである。

- (1) **履修登録**：年度，時間割コード，学籍番号
- (2) **講義計画**：時間割コード，回数，日付
- (3) **学習履歴**：年度，時間割コード，回数，学籍番号，座席番号，登録時刻，IPアドレス，成績

履修登録に登録「年度」を入れたのは再履修を含む同じ授業が複数回履修することに備えるためである。時間割コードは、科目、担当教員、担当クラスによって異なるので、**講義計画**、**学習履歴**というようなきめ細かな修学状況を記録することができる。

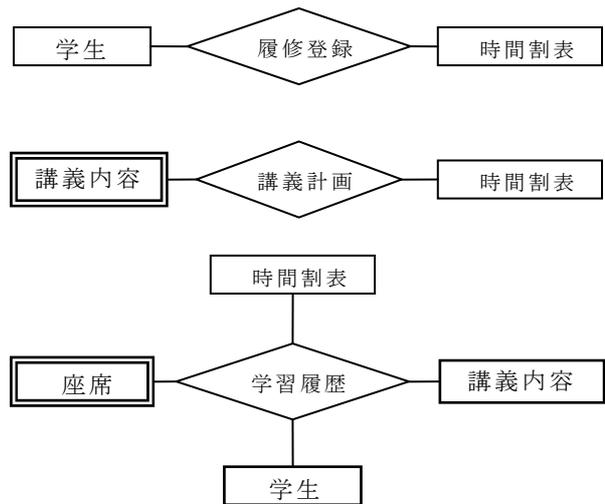


図4. WTSデータベースの概念モデル

3.2. 各種機能の実現

本システムはスクリプト言語 PHP によって開発されている。PHP からデータベースに接続し、データベースへ問合せを送ったり、送り返された結果を受け取ったり、動的に Web ページを作成する仕組みである。

これから、手順を記述するには PHP のソースコードに近い文法を使うことにする。特に、ドル記号\$が始まる文字列は変数である。例えば、\$date. 変数に続く '[' と ']' で囲まれた量は配列の要素の添え字を表わす。例えば、\$holidays[\$date].

3.2.1. 講義情報選択画面

利用者がシステムにログインしてから、講義の科目、クラスを選ぶことが必要となる。これらの情報がなければ、時間割コードが特定できない。時間割コードがなければ、履修に関する情報を検出できないため、関連機能は利用できない(メニューに現れない)。年度(例えば、2005)、科目(例えば、'データベース')、クラス(例えば、'B')を特定できれば、次のように時間割コードを検出する。

```
SELECT 時間割コード FROM 時間割表
WHERE 年度=2005 AND 科目名='データベース'
AND クラス='B'
```

図 5. 講義情報選択画面

もし更に回数が指定された場合は、「講義計画」テから、その回の講義の開講日や、時限、講義内容まで調べることができる。

3.2.2. 自動講義スケジューリング機能

講義スケジューリングとは、時間割表(曜日、時限)に従って休日を避けて、講義内容を適切な日に振り当てることである。祝日、祭日、大学のイベント、学期進行の日程を含む学年暦、そして時間割表、講義内容に基づいて、講義計画を自動的に行うことができる。

- (1) 学年暦から、後期授業開始日 \$date1、後期授業終了日 \$date2 を調べる
- (2) \$date1 と \$date2 の間で金曜日が休日 \$date である日を特定し、配列 \$sholidays に格納する

$$\text{\$sholidays}[\text{\$date}] = \text{'休日名'};$$
- (3) \$date1 から \$date2 まで、金曜日で休日でない日に一回の講義内容ずつ埋めて、講義計画を制定する。

3.2.3. 出席登録とセッション情報の記録

上記の情報が分かると、出席登録を行える。実際に出席するまで、システムがいろいろ調べまわして、正しい時間、正しい場所、正しい受講者だけ、登録させる対策をとっている。

- (1) 「履修登録」データから、その科目の登録者であるかどうかを調べる。
- (2) 登録者に対して、更に講義日、講義時間中であるかを確認する。時間前であれば、「未開講」とメッセージを返す。時間後であれば、「欠席」や「登録済」と表示する。
- (3) 以上の確認がすべて通ったなら、入力された座席番号と共に、次のセッション情報も記録しておく

登録時刻、クライアントの IP アドレス、ホスト名

問題点としては、遅刻者の判断が難しいことである。講義開始時間に集中して登録させると、システムが込み合ってしまうことがある。現在、講義開始から最初の十数分で小テストを行い、後で、講義時間中に登録すればよい。小テストが受けていない出席登録者は「遅刻」と認める。

3.2.4. 座席レイアウト画面

時間割コードと講義の回数を用いて、その回の講義を行う教室の座席レイアウトを確認できる。出席者がいた場合は、出席者が使っている写真を座席表に表示する。学生は写真をアップロードし入れ換えることができるが、現状は顔写真を使った人はなかったため、顔写真から本人を確認する機能はできていない。ただ、名前や、学籍番号を出てくるので、本人と照らしながら名前を覚えることが簡単だと思われる。学生は漫画のキャラクターなど好きな画像を使ったりしている。この機能は次のように実現する。

- (1) 出席者(学籍番号 \$sid、氏名 \$sname)が登録した座席番号(\$seatno)を調べ、配列 \$seated に一時保存する。

$$\text{\$seated}[\text{\$seatno}] = \text{'\$sid\#\$sname'};$$
- (2) データベースから該当教室(例えば、'12')の机を調べ、座席の座標を抽出しておく。

$$\text{SELECT 行, 列, 座席位置, 座席番号}$$

$$\text{FROM 座席 WHERE 教室番号='12'}$$

$$\text{ORDER BY 行, 列, 座席位置}$$
- (3) 机を一行ずつ描いていく。各机に付いている座席番号 \$seatno を調べ、(1)の配列の添え字として、その席に座っている学生がいれば、学籍番号、氏名などの情報を検出する。
- (4) 学籍番号より、学生の写真ファイルを見つける。写真と共に、学籍番号、氏名を画面に表示する。

このアルゴリズムを実現するプログラムの概要は次のようになる。

```
drawLayout($layout,$seated,
    $maxrow,$maxcol,$desksize){
    for ($i=1; $i<=$maxrow; $i++){ //row
        beginNewRow()
```

```

for ($j=1; $j<=$maxcol; $j++){
  beginNewDesk();
  for ($k=1; $k<=$desksize;$k++){
    beginNewSeat()
    if (empty($layout[$i][$j][$k])
        continue;
    $seatno = $layout[$i][$j][$k];
    if (empty($seated[$i][$j][$k])
        drawSeat($seatno,null);
    else{
      $ssid = $seated[$i][$j][$k];
      drawSeat($seatno,$ssid);
    }
  }
  endNewSeat();
}
endNewDesk();
}
endNewRow();
}
)

```

4. システム評価

本システムは、教育現場でフィードバックを聞きながら、開発・運用を重ねて行ってきた。しかし、学習教育活動を支援する市販のソフトやシェアウェアなどが多くあるが、どうして開発の必要があるかと言う疑問がでてくるかもしれない。

これは、大学や学生の特性に適応しにくく、情報科学を学ぶ学生は、開発者の立場から情報システムを作る楽しさを実感できないため、学生と一緒に自ら開発すること自体がよい勉強になるからである。

システム最初のバージョンができてから、三つの科目と400人近くの学生に実際に使われている。出席管理がしっかりできるようになる。教員の負担を軽減でき、更に多くの授業に広げて欲しいという要望が出てきた。これまでの運用実績から見て、少なくとも以下のメリットを確認できている。

- (1) 学習履歴から学生の座る座席と成績との関連性を把握することができる。
- (2) 学生の授業参加の意欲を高め出席率の改善に役立てる。

クラス A		クラス B		クラス C	
行	平均点	行	平均点	行	平均点
1	77.5	1	83.0	3	78.0
2	77.0	2	85.5	4	71.5
3	68.0	3	77.5	5	70.0
4	65.5	4	61.5	6	72.5
5	72.5	5	75.5	7	66.0
6	64.0	6	75.5	8	61.0
7	69.5	7	74.0	9	72.5
8	69.5	8	79.0	10	74.5
9	69.5	9	72.0	11	72.0
10	66.0	10	74.5	12	73.0
11	67.5	11	74.5	13	69.5

表 1. 座席の場所とテスト成績の関連性

4.1. 座席と成績との関連性

WTSシステムを用いることによって、学生の授業に参加する履歴が詳しく記録されるようになった。この履歴から、学生の座る座席の場所と、その学生の学習意欲とどのように関連しているか調べてみた。その結果は表 1 に示されている。

まず、黒字で示されているように、最初の1~2行の席に座る学生は平均点が最も高い。三クラスとも、これらの組の平均点は他の組より明らかに高くなっている。この原因は前に座る学生は学習の意欲が高いのではなかと思う。しかし、逆に推論することができない。

表 1 を見れば分かるように、成績の最も悪い組は最後の席ではなく、真ん中に近い行に座ることが多いようである。例えば、クラス A では、平均点 64 点が一番低い。これは 6 行目に相当する。C クラスも同じく、最低平均点は 61 点で 8 行にある。学生がどこの席に座るか自由であることを前提に、なるべく真ん中に座る学生を詳しく指導するようにしたほうがよいのではないかと思う。

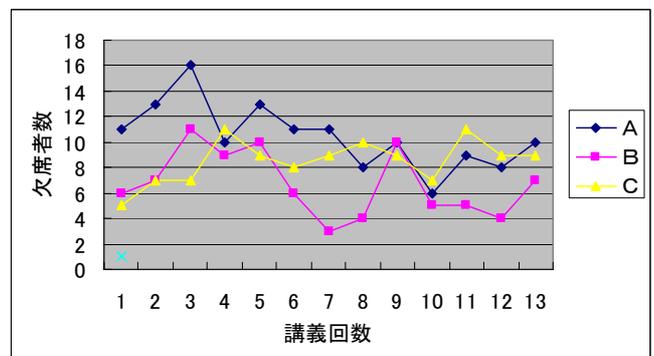


図 5. システム導入による欠席者減少

4.2. システム導入前後の出席率変化

本システムを運用することによって、授業の出席率を改善できるかどうかについて調べた。同じ科目PはF1とF2二人の教員がそれぞれ二クラスを担当している。F1はCクラスを担当して、13回の授業は最初から本システムを使っている。一方、F2はA、Bクラスを担当して、6回目から途中でシステムを採用した。

図5で示されるように、A、Bクラスともシステム導入後に欠席者数が減少している。Aクラスは5回目までの平均欠席者数は13に対して、6回目からシステム導入後の平均欠席者数は9となる。Bクラスにおいても導入前の8人あまりから、6人まで少なくなった。

出席率には他の影響もあるので、すべてシステム導入の効果とはいえない。システムを導入することで、学生が本当に授業に参加しなくなったのか、学生に聞いてみた。複数の学生から、座席番号を登録するだけで、座席のレイアウトより自らの所在を確認でき楽しいとか、出席したらその場で出席状況を確認できてよかったとかとあって、システムの導入により、学生が授業に参加する意欲が高まったことがわかった。

一方、Cクラスが最初からシステムを使っているので、そのような変化が見られなかった。したがって、システムが導入することと欠席者減少に貢献できるのではないと思われる。

回数	クラスA	クラスB	クラスC
1	11	6	5
2	13	7	7
3	16	11	7
4	10	9	11
5	13	10	9
平均	13	9	8
6	11	6	8
7	11	3	9
8	8	4	10
9	10	10	9
10	6	5	7
11	9	5	11
12	8	4	9
13	10	7	9
平均増減	-4	-3	+1

表2 システム導入による欠席者数減少

A Bクラスは途中（6回目）からシステムを導入する

5. 終わりに

本稿では、全員貸与パソコンに基づいた講義支援システムWTSについて紹介した。システムの主な機能、データベース設計及び運用実績によるシステムの評価の結果について述べた。

このシステムは来年度から更に運用を拡大していく予定である。これからも、学生や教員からのフィードバックのもとで、システムの機能の充実や、効率の向上を図りたい

文 献

- [1] Jeffrey D. Ullman: Improving the Efficiency of Database-System Teaching. Proc. 2003 SIGMOD Conference, pp.1-3
- [2] phpPgAdmin, <http://phppgadmin.sourceforge.net/>