

e-Learning システムの開発

大 場 和 久

1. はじめに

情報科目では理系科目といわれている科目以上に受講生の理解度のばらつきが大きいことから、受講生を画一的に捉えての授業形態では対応しきれていないのが現状である。高等学校では学力別のクラスを編成したり、遅れている生徒に対して補習を実施するなどの対策を講じている。大学では数年前から本格的に情報教育が始まっているものの、受講生が高等学校までに受けてきた情報教育、学校や家庭での情報環境の差異などの理由で思うような教育効果が得られていないのが実情である。

大学での情報教育のあり方について研究し意見交換が行われる私立大学情報教育協会での研究発表でも、枕詞のように「受講生の理解度のばらつきが激しい」ことが指摘されている。理解度のばらつきについて考慮されていないクラスでは、低レベル層の受講生にあわせて教育を行うことが多い。この場合、高レベル層の受講生のモチベーションが下がり、全体としてボトムアップの教育となり、高レベル層の受講生への教育効果は期待できない。このような問題点はどのレベルに合わせた場合も同様に出てくる。

情報技術を用いた教育システム（以下、e-Learning システム）は企業における教育研修や欧米の大学で自学自習用のシステムとして多く用いられている。日本においても 2000 年頃から開発事例が多くなってきている^{[1]・[7]}。

信州大学のインターネット大学院などは典型的な例である^[8]。e-Learning システムについては構築したシステムの発表や意見交換がなされているものの、開発主体は単独の教育機関であるため、システムや教材をそれぞれの機関で独立に開発しているのが実情である。このような問題点を克服するために、システム開発の効率化や教材の共有を図るための組織が作られてはいるものの実用化には至っていない。

本研究では、受講生の理解度のばらつきへの対応、特別なコース管理システム（CMS: Course Management System）を必要としないオープン型 e-Learning システムの二つの側面を持つ教育システムの開発を目的としている。開発するシステムは受講生の理解度に応じた教材を提示し、

受講生の理解度を容易に講師にフィードバックできるという特徴を持つ。本システムを利用することにより、講師は受講生の理解度や課題の進捗状況、出欠状況の把握に取られる手間を省くことができ、理解の遅れている受講生のフォローなど効率的な教育が可能となる。また、理解の早い受講生に対しても進度に合わせて課題や教材が提示されるため、受講生の理解レベルに関わらず学力を延ばすことができる。

本研究では CMS や教材をオープンシステムとしてその枠組みを策定し、オープン化の際の基礎となる e-Learning システムを構築することを目的としている。提案したシステムでは、PC サーバと受講生用のクライアント PC があれば、高額なハードウェアや WebCT (カナダ・ブリティッシュコロンビア大学開発) などの特別な CMS なしに教材利用が可能となる。本システムは教材提示や講師への受講生の情報のフィードバックなど、講義内での講師の補助を目的としている。そのため、同時アクセスに耐えられる程度のサーバ負荷であることが必要条件となる。

なお、本研究では、教育に一定の流れが確立されている科目を対象とする。

2. e-Learning 研究の現状

1980 年代にコンピュータを利用した CAI (Computer Assisted Instruction) システムが開発された。CAI 研究では受講生に応じた教材を提供するために、受講生の理解状況を把握し学習者モデルを構築する論文が多く見られる。この頃のシステムはコンピュータを単体で利用するものであったが、1993 年にクリントン政権下でゴア・アメリカ副大統領により提唱された情報スーパー・ハイウェイ構想により、情報通信インフラストラクチャが急速に発展し、e-Learning システムにも情報ネットワークが利用されるようになった。

情報ネットワークを利用した e-Learning システムとしては、筆者等による教育用ネットワーク・ゲーミング・システムがある^[9]。コンピュータネットワーク上に仮想社会を構築し、受講生は各国の代表者の役割でゲームに参加することで、地球温暖化問題を体験的に学習するシステムであった。情報ネットワークを用いた教育システム研究は増加傾向にあり、私立大学情報教育協会の大会では、1998 年に 12 件のネットワーク利用の e-Learning システム開発に関わる報告がある^[11]。

文献調査により e-Learning システムはいくつかに分類されることが分かった。本研究では既存の e-Learning システムのうち講義時間内の補助システムとして利用されているものを、ネットワーク利用とフィードバック機能の有無の観点から以下のように分類した。図 1 に e-Learning システムの分類図を示す。

パーソナルコンピュータ (以下、PC) 単体利用のシステム (not (net feedback))

: 基本的には 1 台の PC を単体で使用すれば教育を完了できるもの。教材をサーバ上に置くことでネットワーク利用も有り得るが、この場合も各自の PC にインストールすることにより同じ

機能を提供できるので PC 単体を利用したシステムと考える。

ネットワーク利用のシステム (net not (feedback))

: 教材に Webpage のアドレスを付けリンクを張るなどインターネット上の情報を活用する教育。

フィードバック機能を持つシステム (not (net) feedback, net feedback)

: フィードバックには次の二つが考えられる。一つは受講生に対して自分の成績などがフィードバックされるもの (net feedback)。これはネットワークの利用なしに実現できる。もう一つは、受講生の状況が教員にフィードバックできる機能を持つもの (net feedback)。受講生の理解状況、出欠や成績などの情報が教員にフィードバックされる。同時に受講生が自分の成績を把握できる機能を持たすことができる。どちらについてもフィードバックがリアルタイムでなされることが重要な点である。

net : ネットワークを利用した e-Learning システム

feedback : フィードバックを利用した e-Learning システム

not (...): ...の否定

: 集合の積

: 集合の和

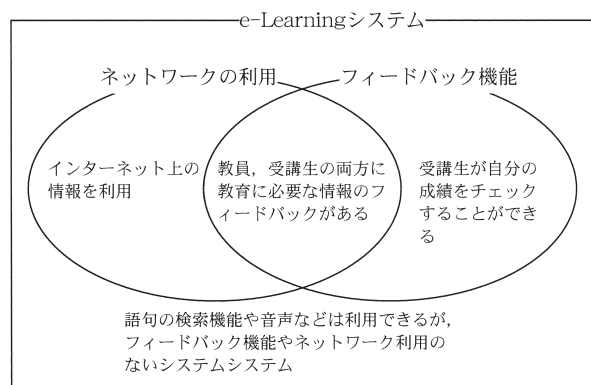


図1 e-Learning システムの分類

なお、本学においても本年度よりコース管理システムのひとつである Blackboard が導入された。基本的に Blackboard は講義内で使用するためのシステムではなく、プリントやシラバスの配付・課題の提出、理解度の確認のためのテスト、受講生と教員とのコミュニケーション、自習教材の提示などの教育利用のための機能を持つ総合的な学園生活補助ツールである。

3. オープンシステムとしての e-Learning システムの開発

現在、様々な e-Learning のシステムが考案されている。研究発表や意見交換がなされている

ものの、開発主体は単独の教育機関であるため、似たような機能や教材をそれぞれの機関で独立に開発しているのが実情である。e-Learning システムの効率的な開発のためには、それぞれの教育機関が単独で開発する形態から、共通で使用できる教材やシステムを共有する形態へと移行することが必要である。本研究はシステムや教材をオープン化するための枠組みを策定し、基礎となる e-Learning システムを構築するものである。オープンソースのシステムは UNIX 系の OS などにその思想が見られる。e-Learning においては教材の公開といったことはなされているが、システムや教材をあらゆる機関で共有し、改善するという発想で行われた研究はこれまでにない。本研究で策定し構築するシステムにより、複数の機関に所属する教育者が共同してシステムや教材の改良を行うことができるようになる。

個人の教育にかける時間コストを束ねることにより、全国的に教育システムを共有することで受講者に質の高い教育を提供できることとなる。その効果は現在の UNIX などの例を考えれば明らかである。このような観点から、高等学校や大学などでの基礎教育において本研究の成果は大いに貢献できるものである。

なお、本研究では図、表のファイルを読み込むことのできる一つの教材 HTML ファイルを「教材ページ」と呼ぶ。本システムに導入する教材ページは広く普及している Netscape や Internet Explorer などの Webpage のブラウザで閲覧可能なように HTML 言語で書くこととする。

3.1 学習計画作成支援システム

e-Learning システムのオープン化のためには、様々な教育方針に対応できるように多くの教材ページを用意する必要がある。同時に各教育方針に合わせて多くの教材から必要な教材を取捨する機能が必要となる。科目名称や教育目的が似ていても、講義にかけられる時間、受講生の知識レベルによって提示する教材を取捨しなくてはならない。これはテキストに図書を使用した講義で、指定図書の全てを始めから順に講義するのではなく、適宜、必要に応じて順番を入れ替えたり、不足分を補ったり、逆に目的や受講生のレベルに合わせて不必要だと思われる内容を省くことと同様である。また、大学ではセメスタ制の導入により、従来一つの講義で教育していた内容を I, II といった形で分割して単位取得できるようになっている。このような科目に対応するためには、教育範囲などの教育内容をカスタマイズできる機能が必要となる。

本研究ではこれらの機能提供するシステムを学習計画作成支援システムと呼ぶ。学習計画作成支援のためのアルゴリズムについては第 4 章で示す。

3.2 教材ページ作成システム

開発する e-Learning システムをオープン化するためには、教材ページ作成に一定の規則を設ける必要がある。以下に本研究で想定する規則を挙げる。

- ・独立した内容を1ページに収める

教育したい内容や課題など主要部については教材1ページで内容がまとまるように作成する。教育方針に合わせて教材ページを取捨するため、各教材ページが独立していることでシステムを単純化することができる。ヒントや解答のページは教材ページからリンクを張ることで対応する。

- ・文章と図表を使用する

教材各ページは文章、図、表などを使用して作成する。科目によってアニメーションやビデオなども考えられるが、同時アクセスに耐えられる範囲での使用に限る。将来、コンピュータの能力は向上し低価格となると期待されるが、現時点で導入可能なサーバの能力を考えるとビデオや複雑なアニメーションの利用は控えるほうが良い。

- ・背景、フォントなどは決められたフォーマットを用いる

一般にプレゼンテーションに使用するスライド、Webpageなど一定の規則を持って作成することで、受け手の理解がスムーズに行われる。e-Learning教材についても同様であり、ページの背景、文字の位置や大きさなどが決められたフォーマットに従って書かれている必要がある。また、教材ページはHTMLで記述し、画面構成はシンプルなものとする。

- ・学習計画作成のために必要なメタ情報を入力する

学習計画作成支援システムで使用するメタ情報を入力する。メタ情報として、教科ごとのキーワード、難易度、そのページを学習するのに必要な時間、教材ページの作成者などを考えている。

HTML言語に精通していなくてもWebの画面上で教材のページを作成し更新できるようにするために、教材ページ作成システムを構築する。図2は教材ページにメタ情報を入力するインタフェースである。図3は教材ページ作成システムにより作成した教材である。

The screenshot shows a web browser window titled "conv2html - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows "http://localhost/conv2html/". The main content area displays a form titled "conv2html" with the following fields:

- ページの作者: 大場和久
- ページのタイトル: 変数について
- 想定される時間: 30
- 難易度: 1
- キーワード: 変数
- ファイル: D:\e-learning\text\参照...

Below the fields is an "実行" (Execute) button and a link labeled "使い方" (Usage).

図2 メタ情報の入力システム

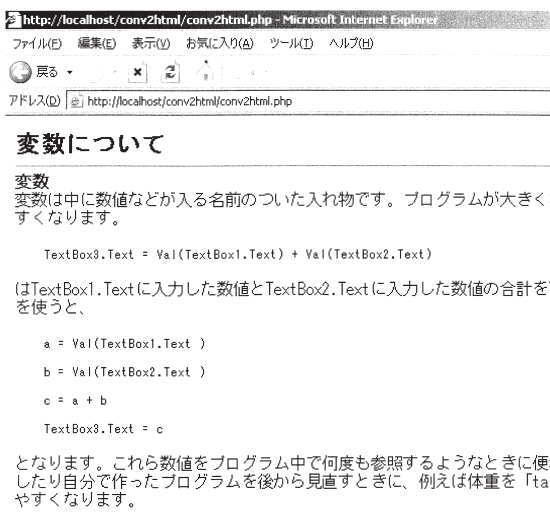


図 3 システムにより作成された教材ページ

4. 学習計画作成支援アルゴリズム

開発する e-Learning システムが広く利用されるためには、教育時間などの制約条件や教育目的に応じて学習計画を再構成する必要がある。ここで言う学習計画とは、詳細なシラバスとそれに応じて構成された教材ページである。学習計画を再構成するための学習計画作成支援方法について以下に述べる。

図 4 は学習計画の作成支援を行うための手順である。まず、教育にかけられる時間などを考慮して人手によって規範モデルとなる学習計画を作成する。つぎに、難易度や学習時間、キーワードなどのメタ情報を元に学習計画を作成するアルゴリズムを構成する。アルゴリズムから出力された学習計画が規範モデルの学習計画にマッチングするまで出力を繰り返す。マッチング時点での各単元の時間配分や各メタ情報の重みに関わるパラメータを抽出する。

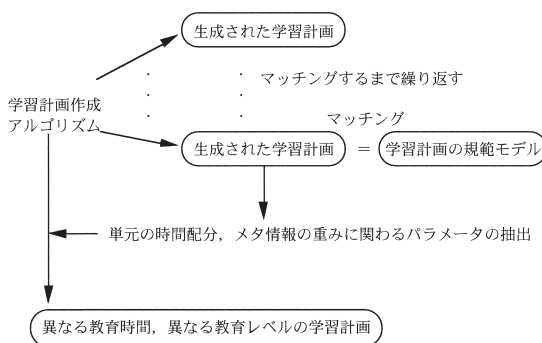


図 4 学習計画作成支援手順

プログラミング教育を例に取ると、エディタやコンパイラの使用などプログラミングの際の基本事項、変数、型、演算、条件判断、繰り返しなどの単元の重み、受講生のレベルと進行速度、受講生に与える課題のレベルアップの度合いなどが抽出パラメータに含まれる。したがって、このパラメータを利用することにより、教育の条件や受講生のレベル、教育する範囲に応じた学習計画を作成することが可能であると考えられる。さらに作成した学習計画に対して、Web ブラウザの画面から手動でパラメータ調整を行うことで簡単にカスタマイズできる機能を搭載する予定である。

5. プログラミング教育のための教材紹介

日本福祉大学情報社会科学部のプログラミング言語は2年次前期配当の必修科目で、半期14週、1回あたり3時間で行われている。プログラミング言語はC言語もしくは Visual Basic.NET (以下、VB) から選択するようになっている。

2003年度前期のプログラミング言語教育に間に合うように e-Learning 教材を作成した。プログラミング言語はVBで、日本福祉大学情報社会科学部での現在の教育内容にあわせて教材は表1のような構成とした。

表1 プログラミング教育のための e-Learning 教材の構成

章(単元)構成	内容	ページ数	課題数
VB基本	VB.NETの使い方	13	10
変数	変数の扱い方について	6	4
条件文	条件文の説明	7	4
繰り返し文	繰り返し文の説明	14	12
配列	配列の使い方	9	7
大きなプログラム	比較的大きなプログラミングの際の注意事項	11	10
演習問題	各章に対応する演習問題	8	

作成した教材を用いて2003年度前期に講義を行った。表2はシステム利用の教育への影響をまとめたものである。内容の記述、課題の与え方自体は2002年度まで行っていたプリント配布によるものと比べて媒体が異なるだけで、ネットワークを利用することのメリットは特に考えられない。プリント配布にかかる時間、配付したプリントを持ってこない受講生への対応は必要なくなったが、パスワードを忘れる受講生もいてその対応とで相殺されている。

表 2 システム利用の教育への影響

内容の記述・課題の指示	総じてプリント配布時と変わらず
小テスト	学生の理解度の即時把握が可能。
リアルタイムアンケート	進捗状況，わからない点の即時把握が可能
ログの監視	出欠確認時間の削減，さぼっている学生の発見が可能
掲示板	学生からはほとんど利用されず
システム利用説明	システム利用に関わる説明が必要

作成した e-Learning システムは教材ページだけでなく，小テストやアンケートの機能を付加している。これらの機能は受講生個人の理解度の把握に役立った。システムを利用しないときには，数名の受講生が理解できていないとクラス全体に説明を再度行っていた。本システムを利用することで内容を理解できていない受講生数に応じて個別説明と全体説明とを使い分けられるようになった。個別説明では進度の遅い受講生の進捗状況が一目で分かり，対象となる受講生の座席位置を知ることによって，漏れなく効率的にクラスを見回ることが可能となった。

これまでの講義形式と比較したシステム利用の講師側への影響を表 3 に示す。教材のページの作成については，ワープロソフトなどを使ってプリントを作成するための手間とほとんど変わらない。ただし，すでに作成したプリントを e-Learning 教材として使用するためには HTML 文書に変換しなければならない。2003 年度の講義では e-Learning 教材を使用した教育効果と可能性を調査することを主目的としたので，容易に教材をサーバにアップロードするシステムを用意しなかった。そのため，教材のアップロードは手作業となり，ページの追加には 1 時間程度の時間が必要であった。この点は改良する必要がある。システムを管理するサーバは，数万円程度の PC に Linux をインストールして構成したものである。40 人強の同時アクセスにも全く問題は見られなかったが，本格運用するためにはバックアップの体制が必要である。

表 3 システム利用の講師への影響

教材の作成	手間はプリント作成と変わらず。印刷と配付の手間は省ける。
教材のアップロード	非常に手間である
クラス管理	受講生データの入力が必要
システムの信頼性	今回はトラブルはなかったがバックアップ体制が必要である
システムへの負荷	40 人が一度にアクセスしても問題なし

プログラミングの演習科目において e-Learning 教材を作成し，講義で使用するにより問題を整理した。今回の教材では理解の速い受講生のために，必要数の 2 倍程度の課題を提示し

ていた。これにより、一つでも多くの課題をこなそうとする受講生も何人か見られた。反対に課題の多さに戸惑ってしまう受講生もいた。研究目的の一つである受講生の理解度のばらつきへの対応には、受講生の進捗状況の即時把握や多くの課題の提示により一定の指針が見いだせた。到達目標の最低ラインを全員がクリアし、余裕のある受講生についてはさらに上のステップに進ませるために、受講生の理解度に関わる情報の利用方法や教材の見せ方にも工夫が必要である

6. おわりに

受講生の理解度のばらつきへの対応、オープン型 e-Learning システムの開発を目的として研究を行い、一定の成果を得た。しかしながら、以下に挙げるような課題が残されている。

- ・学習計画作成支援アルゴリズムの作成
- ・教材の充実
- ・教材ページの提示方法の改良
- ・教材ページのアップロード方法の改良
- ・受講生の理解度情報の利用方法の工夫
- ・教育効果の客観的評価
- ・学習者モデルの構築
- ・「やる気」維持のための心理学的解析ならびにシステム改良
- ・オープン型 e-Learning システムとしてのあり方の検討

謝 辞

本研究は 2003 年度課題研究「情報のフィードバックを考えた e-ラーニングシステムの開発に関する研究」として研究補助金を受けて実施しているものである。また、本研究を行うにあたり、熱心に議論に参加していただいた長崎総合科学大学 辺見一男助教授、立命館大学 森隆知助教授、中京大学 柳本哲也講師、教材ページ作成にご協力をいただきました大場研究室学部学生諸君に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 私立大学情報教育協会第 12 回大学情報化全国大会における各研究発表 (1998)
- [2] 私立大学情報教育協会第 13 回大学情報化全国大会における各研究発表 (1999)
- [3] 私立大学情報教育協会第 14 回大学情報化全国大会における各研究発表 (2000)
- [4] 私立大学情報教育協会第 15 回大学情報化全国大会における各研究発表 (2001)
- [5] 情報教育方法研究における各研究論文, 私立大学情報教育協会 (1998)
- [6] 情報教育方法研究における各研究論文, 私立大学情報教育協会 (1999)
- [7] 情報教育方法研究における各研究論文, 私立大学情報教育協会 (2000)
- [8] 不破, 師玉, 和崎, 中村: 信州大学インターネット大学院計画について; 教育情報システム学会誌, 教育情報システム学会, Vol. 19, No. 2, pp. 112-117 (2002)

- [9] 大場, 松尾, 柳本, 福島, 井上: 地球温暖化問題におけるネットワーク型ゲーミングの教育効果 ; シミュレーション & ゲーミング, シミュレーション & ゲーミング学会, Vol. 8, No. 1, pp. 15-22 (1998)