

Web-Learning の構築と教育効果に関する実証研究

— 練習問題のランダムの出題の有効性 —

出 川 淳

1. はじめに

近年、パソコンやインターネット、Web を用いた教育支援システムが注目を集めている。既に米国では高度な発展を遂げており、設計・構築の手順も方法論化されつつある¹⁾と同時に、ゲーム要素を取り込むことなどによって学習者を惹きつけ、飽きさせない工夫も種々研究されている²⁾。日本でも各メーカーや大学で色々な取り組みが行われている。

このようなシステムの主たる目的は遠隔地の学習者の勉学支援や従来型教室授業の教育効果の向上、企業においては必要とされる技能や知識の従業員による効率的な獲得等であり、このための取り組みはパソコン登場以前から、郵便やテレビ・ラジオ等を用いて行われている。しかしパソコンが登場し普及すると、スタンドアロンタイプの学習支援ソフトの開発が開始され（このようなものは、CR-ROM 等におさめられたパッケージソフトとして提供されている）、その後、電子メールの普及とともにメーリングリストなどによるネット上のディスカッションが学習者の知識向上等に用いられるようになった。さらに Web が本格的に普及すると、Web ページ上に教育・学習支援システムが構築されるようになってきたのである。これらのシステムに対する呼称は、遠隔教育 (Distance Education)、通信教育 (Correspondence Education)、E-Learning、WBT (Web-Based Training) 等、色々存在している。

1) William Horton, 『Designing Web-Based Training』, WILEY, 2002

2) Mark Prensky, 『Digital Game-Based Learning』, McGrawHill, 2001

最近では E-Learning や WBT と言った呼称が使われる事が多いようであるが、Learning (学習) と Training (訓練) の概念の包含関係は主張が分かれているようである。ただし傾向として、E-Learning という呼称 (Learning は Training を含む概念である³⁾とする呼称) は、大学のような教育機関で多く使われているようであり、WBT という呼称 (Training を通じて知識吸収などの Learning が効率的に行われるとする呼称) は、どちらかという、必要となときに必要な知識と技能の学習 (On Demand Learning) を必要とする企業等で多く使われているようである。

用語の使い方関する絶対的な是非の議論にさほど意味はないと考えられるが、本稿では Web 上に構築される教育・学習支援システムの構築および教育効果に関する実証研究を目標とするので、対象システムを Web-ラーニングシステムと呼称することとする。

本稿では、Web-ラーニングシステムの構築の効率化と具体的な Web 上での機能や情報提供の方法に関する実証研究の結果を示す。いうまでもなく、本稿で述べる内容で理想的な Web-ラーニングシステムの構築・運営のあり方を明確に提示できるわけではないが、本稿の研究に至った背景には、次章で述べる問題意識が存在している。

2. 問題意識

(1) 教育者と Web 専門家のジレンマ

今日では、殆どのワードプロセッサソフトに HTML 変換機能がついている。また、ホームページ作成支援ソフトも充実しており、色々な形態の情報 (写真や動画、アニメーション等を含む) を提供できるホームページを殆どの人が作成可能である。したがって、不特定多数に対する単なる教材提供や情報発信のためのホームページであれば誰でもが作れる。しかし、今日求められている教

3) Mark J. Rosenberg, 『e-Learning』, McGrawHill, 2001

育・学習支援システムとしての Web-ラーニングシステムをこのような形態で実現することは不可能と考えられる。

教育はユーザの立場からみると学習となる。今後は、教育者中心の教育ではなく、ユーザである学習者中心の学習としてとらえるべきとする論は、広義の顧客尊重主義の潮流において自然であり、既に多く表明されている（例えば、根元による“オープン学習コミュニティ戦略”⁴⁾）と考えられる。しかし、だからといって、“学習者による主体的学習”だけで片付けることはできないのも事実である。つまり、全てを学習者の意欲や自主性に委ねるようなシステムは優れたシステムとはなりえない。

視点を“教育”から“学習”へ転換させる事は自然であるが、実態として学習者の学習意欲に基づく主体性は、大学進学率等が低かった昔の方が強かったことは間違いのないであろう。少子化や大学全入時代をむかえつつある現代における教育・学習支援システムには、学習者の主体的な活動を支援するための機能こそが不可欠である。したがって、前述した支援ソフト等で生成される一方向的な単なるホームページによる教材提供では、学習が実を結ぶ可能性は極めて低いと考えられるのだ。この支援機能は、心理学・交流分析でいうところのストロークの教育者から学習者へ提供ともいえる。ストロークとは、“その人(相手)の存在や価値を認めるための言動は働きかけ”と交流分析では定義されている⁵⁾。この機能を Web 上で実現するためには、主体者となる学習者を個別に認識し、特定にフィードバックを戻すことが必須条件となる。

Web 上のシステムがユーザに対して固有の情報を提供することは可能である。しかし、単なる HTML の機能だけでは実現できない。実現するためには、Web サーバー上で当該ユーザの情報を個別にファイル等で管理しなければならないからである。具体的には、Perl による CGI や ASP などを用いたプログラミングが必要となる。しかし、一般的に教育者はプログラミングの専門家ではないので、殆どの場合、教育者はそのような機能を持ったホームページを

4) 根本 隆, 『e-ラーニング』, 中央経済社, 2001

5) 桂 戴作, 杉田峰康, 白井幸子, 『交流分析入門』, チーム医療, 1984

制作することはできない。制作できるのは Web の専門家である。ところが、学習者に効果的なフィードバックを与えられるのは言うまでもなく教育者である。このジレンマとも言うべき課題がひとつ目の問題意識である。

(2) 適切な機能の見極め

現在の Web 上のホームページでは、実に様々な形態で情報をユーザに提供することが可能となっている。また、前節で述べたようなプログラミング機能を用いれば、色々な情報処理や制御が可能となる。学習者の主体性を支援するためには、学習者が身につけるべき内容や知識をわかりやすく適切な形態の情報として提供することが必要となる。また、学習に悪影響を及ぼす学習者の Web 使用上の不正行為 (cheating, 必ずしもカンニングと呼べるほど悪質なものをばかりではない) を抑止することも可能となる。

いずれにせよ、Web-ラーニングシステムの教育効果を高めるためには、どのような情報をどのように提供すればよいか、あるいは、どのような不正防止などの機能を実装するのが教育効果を高めるのか、といったことを明らかにしていく必要がある。この点が、二つ目の問題意識である。

3. 教育者と Web 専門家のジレンマを解決するための方策と実証結果

(1) 解決のための方策と前提機能等

前章で述べた教育者と Web 専門家のジレンマを解決するための方策としては、Web サーバー上で管理されている学習者個人情報との I/O や各種の処理機能を一般化したテンプレートあるいはテンプレート的なシステムを構築し、そこに別途のファイルあるいはデータベース等で管理された教育・学習支援のためのコンテンツを焼べる方式が一般的と考えられる。いうまでもなく、テンプレートシステムを開発するのが Web 専門家であり、コンテンツを作成するのが教育者である。

どのような処理機能を一般化してテンプレートとすべきか自体が、重要な課

題でありこれ自体が実証研究の対象となるが、これについては次章で述べる。

本章では、表1に示した処理機能を前提として、テンプレートシステムとして実現し、表2に示す形態のコンテンツをテンプレートに組み込むことによる作業の効率化や難易度などについて考察する。

表1. テンプレートシステムに実装した処理機能

	機 能	説 明
①	ログイン機能	ユーザ（学習者）が、ユーザIDとパスワードを入力してログインする機能。ユーザIDとパスワードは、ユーザの氏名や学生番号とともに、データベースの一テーブルとして管理される。
②	ウェルカムメッセージ機能	当該ページにログインした際に表示されるウェルカムメッセージを表示する機能である。メッセージは、曜日毎に設定することが可能である。
③	見出し表示機能	当該ページのタイトルや、以降で述べるテキストや練習問題、ビデオなどの見出しを表示する機能である。
④	テキスト表示機能	ワードプロセッサによるHTMLファイルをクリックによって表示する機能。なお、このファイルは複数でもかまわない。
⑤	練習問題起動機能	データベースに管理された選択式の練習問題を起動し、それぞれの問題の結果（正解か否か）および正答や解説を示すとともに、当該問題の全ユーザの実施結果の平均正答率などを表示する。また、所定の設定した合格点（80%の正答率）を基準として過去の最も高い点数と合否の状態を色で示す機能も有する。なお、全ての結果はデータベース中の所定のテーブルに保存され、以下の管理者機能を通して参照することもできる。
⑥	キーワード検索機能	④の複数の教材ファイルを対象として、キーワード検索をする機能である。
⑦	ビデオ表示機能	講師（教育者）による授業の様子などをビデオ撮影し、所定のファイルフォーマットにデジタル変換したファイルを動画表示する機能である。なお、ビデオ毎に、内容に関する概略などを説明としてつけることもできる。
⑧	管理者機能	講師のみに提供される機能で、受講生のクイズの実施状況や合格水準に達しているか否かを一覧する機能。
⑨	カウンタ機能	当該ページをアクセスしたユーザの累計カウント数を管理し、アクセスの都度更新し、表示する機能である。

表 2. コンテンツの形態

	コンテンツの種類	説 明
①	パスワードデータ	データベースにユーザ（学習者、受講生）のユーザ ID、パスワード、氏名、学生番号等を登録したものである。
②	教材ファイル	ワードプロセッサの変換機能で作成された HTML ファイルである。
③	練習問題	所定のテーブルを持つデータベースに登録された練習問題である。
④	ビデオファイル	所定のフォーマットにデジタル変換された動画ファイルである。

(2) コンテンツ作成作業

コンテンツの作成は原則的に教育者の仕事であるが、本稿の実証における具体的な作業は以下の表 3 のとおりである。なお、本実証においてデータベース、ワードプロセッサともにマイクロソフト社の Access および Word を使用し、データベースに関しては所定のテーブル構造などを有するテンプレートデータベースの存在を前提とした。ワードプロセッサによるテキストファイルは、単なる HTML ファイルへの変換保存なのでこのようなワープロ用のテンプレートファイルの存在は前提としない。また、ビデオ作成においても、マイクロソフト社の MovieMaker による *.WMV 形式のファイルを使用し、これもその都度新たに作成する形態を想定した。

表 3. コンテンツ作成作業

	コンテンツの種類	必要となる作業内容
①	パスワードデータ	所定の構造をもつデータベースの所定のテーブルに、学生番号、氏名、ユーザ ID、パスワード等を入力しなければならない。学生番号と氏名は、履修者データを用いることも可能であるが、ユーザ ID およびパスワードは、予め受講生（ユーザ）に設定させ、個別に入力する作業が必要となる。ただし、これらの作業は 1 回だけである。

②	教材ファイル	<p>教材あるいはテキストをワードプロセッサで作成し、HTML 変換して保存する。ワードプロセッサの文書ファイル中に貼り付けられる図やテーブルはそのまま、HTML 化されるので特段の配慮は不必要である。ただし、脚注についてはHTML 化すると削除されてしまうので用いないように心がける必要がある。</p> <p>ファイルは以降に示す組み込み作業（表4. 参照）で、テンプレートファイルに組み込まなければならないが、その数に制限はない。なお、ファイルのサイズは任意となるが、これはファイル単位で表1⑥に示したキーワード検索機能の検索対象となるので、個々のファイルを小さめにし、ファイル数を多くした方が、使い勝手は良くなると考えられる。</p>
③	練習問題	<p>所定の構造を持つデータベースの専用フォームを通じて、練習問題を登録することができる（図1. 参照）。複数の練習問題（例えば小問題が10問入っている練習問題）を複数作成し、組み込むことは可能である。ただし、それぞれの練習問題における小問題数の上限は30に制限した。</p>
④	ビデオファイル	<p>教材として Web 上で表示する動画はデジタルビデオカメラで撮影するか、デジタルビデオカメラに取り込む必要がある。これは、デジタルビデオカメラのアナログからデジタルへの変換機能を用いて、パソコン上の動画ファイルとするためである。</p>

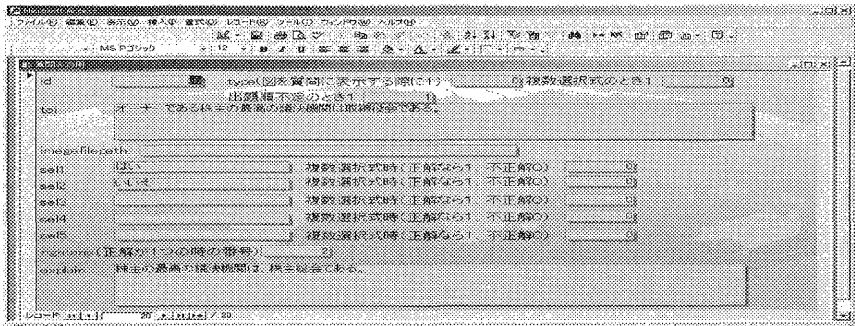


図1. データベースへの練習問題の登録画面

(3) コンテンツの組み込み作業

表3に示した作業を経て作成されたコンテンツは、それぞれ表4に示す作業によって、テンプレートシステムへ組み込まれる。なお、表4に示した作業以外に、

- 当該ページのメインタイトルの組み込み
- ウェルカムメッセージの変更
- カウンタファイルの設定

などの作業も必要となる。

表4. コンテンツ組み込み作業

	コンテンツの種類	組 み 込 み 作 業
①	パスワードデータ	Web サーバー上の所定ディレクトリにデータベースファイル毎のコピーし、当該データベースファイルの名前を、テンプレートシステムにプログラムの一部として設定する。
②	教材ファイル	Web サーバー上の所定ディレクトリにHTML ファイルをコピーする。ただし、マイクロソフト社の Word の場合、元々の文書ファイル内の画像や図が自動的に作成される別ディレクトリ内に保存されるので、これらも自動生成されたディレクトリごと、Web サーバー上の所定ディレクトリ直下にコピーしなければならない点に注意する必要がある。なお、所定ディレクトリにコピーしたのち、テンプレートシステムにプログラムの一部として、それぞれの教材の見出しと起動ファイルの設定を行う必要がある。
③	練習問題	Web サーバー上の所定のディレクトリにデータベースをコピーする。そして、それぞれの練習問題用のデータベースごとに、見出しをつけ起動ファイルの作成と、その起動ファイルの指定を見出しの設定とともに、テンプレートシステムにプログラムの一部として組み込む。
④	ビデオファイル	Web サーバー上の所定のディレクトリにデジタル変換した動画ファイルをコピーする。その上で、それぞれの動画ファイルを起動するためのファイル（メタファイル）を作成し、そのメタファイルの指定を見出しの設定とともに、テンプレートシステムにプログラムの一部として組み込む。

(4) 考 察

上述してきたテンプレートシステムとコンテンツを分離した形態で、筆者は実際の講義用の Web-ラーニングシステムを構築したが、コンテンツをテンプレートシステムに組み込むための作業は、殆どが機械的作業であり、少なくともプログラミングの知識は必要としないものであった。したがって、Web に関する専門知識を持たない教育者であってもコンテンツの組み込みを実施することは可能と考えられる。また、教育内容に関する知識を持たない Web の専門家であっても、所定の情報（具体的には、起動する教材ファイルやビデオファイル等の見出しや説明文等）が揃っていれば、組み込みを正確に実施することできると考えられる。なお、今回、実際の講義用に作成したコンテンツファイルの数量は、表5の通りであった。これらを全てテンプレートに組み込むための累計時間は概ね3～4時間程度であったと考えられるが、これは、筆者がビデオファイルをそれぞれ5～10分程度の長さ単位に小分けにしたため、ファイル総数が94という数になってしまったためである。いずれのコンテンツもテンプレートシステムに組み込むために必要となる時間は、慣れてしまえば1コンテンツファイルあたり1～2分程度と考えられる。

表5. 実際の授業用に作成したコンテンツのファイル数

	コンテンツの種類	ファイル数
①	パスワードデータ	1
②	教材ファイル	19
③	練習問題	19
④	ビデオファイル	94

コア機能をテンプレートとしてコンテンツから分離することによって、教育者と Web 専門家（あるいは、インストラクターと Web デザイナー）の明確な役割分担ができ、また、優れたテンプレートを作る事さえできれば、Web-ラーニングシステムを効率的に多くの講義に展開することが可能と考えられる。

4. 個別機能の教育効果に関する実証研究

(1) 個別機能の実証研究の概要

筆者は前章で述べた Web-ラーニングシステムを、2002年度に同じ内容で2度つまり昼間コース用と夜間主コース用に開講された同一科目に適用して、個別機能の実証研究を行った。当該科目は半期2単位の科目であり、昼間コース用講義は前期、夜間主コース用は後期に開講されたものである。

まず、前期開講となった昼間コース用講義において Web-ラーニングシステムを用い、システムで実現した主な機能は教材（テキスト）提供と練習問題であったが、これは、授業内容あるいは教材（テキスト）に記述されている内容の記憶と理解を深めるための練習問題である。実際に、定期試験を受ける前に練習問題の実施と80%以上の正答結果を出すことを義務づけたため、ほぼ全員がこの要件を満たした。にもかかわらず、定期試験結果は芳しくなかったのである。定期試験の構成は、練習問題と同じ内容の選択式の問題を60題、および計算の仕方や考え方の理解を必要とする計算問題（大問として1題、小問が7題）であった。

前期定期試験終了後に、システムに残されたログ（受講者が練習問題の小問それぞれに回答した時刻（秒まで）と結果に関する記録）を分析した。その結果、比較的多くの学生が、あまり練習問題の内容を考える時間も必要とせず正解を回答していたことが明らかとなった。つまり、練習問題は20～30程度の小問題で構成されておりそれを順番に答えていくのであるが、それぞれの回答時刻に基づいてある小問題を答えてから次の小問題を答えるまでの時間が、極端に短い（数秒）ばかりでなく、最初から全て正解する学生が目立ったのである。十分に教材を読み、授業を注意深く聞き、勉強したあとで練習問題を行えばこのような事は起こりうるが、にも関わらず定期試験では結果が芳しくないのであれば、練習問題の段階で何等かの不正（例えば、友だちに教えてもらいながら実施したり、あるいは、それぞれの練習問題毎に正解集が出回るなど）が行われたと想像される。定期試験での不正ではないため、いわゆるカンニングと

いほど重大な問題ではないと思われるが、学習支援システムとしては防ぐための機能が必要とされることは言うまでもない。

そこで、前期講義で使用した練習問題では出題順序が一定であったものを、後期授業用のシステムでは、乱数によってその都度変動させる仕組みをテンプレートシステムに組み入れた。

また、計算問題の定期試験結果は選択問題よりも出来ていなかったもので、単なる記憶ではなく考え方等の理解を促進させるために、講義の様子をビデオに録画し、動画ファイルとして Web システムから提供する仕組みを新たに後期授業用のシステムには組み込んだ。

それ以外の後期授業の運営は、ほぼ前期と同様に行い、定期試験前には練習問題の実施を義務付けたうえで、定期試験を行い、その結果から、新たに組み

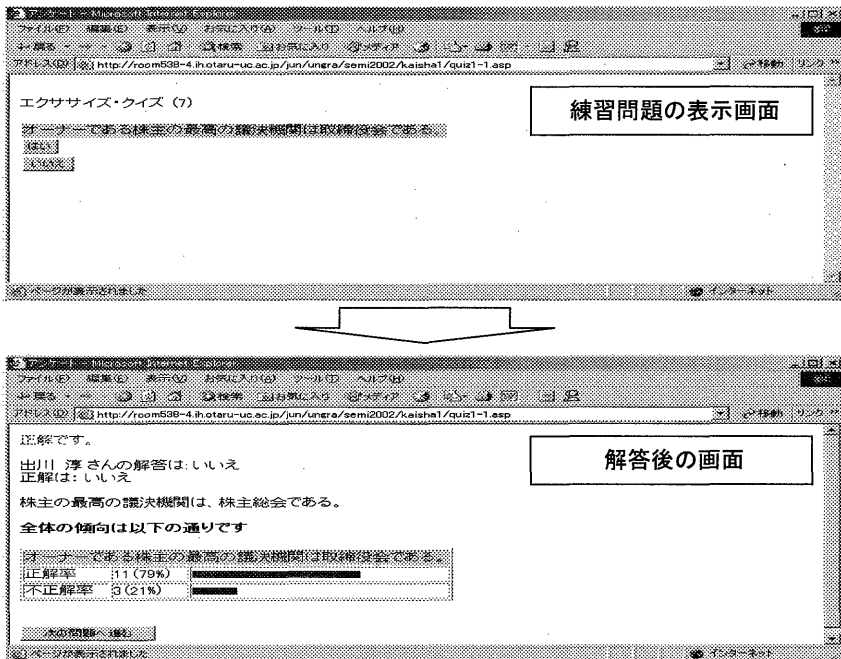


図 2. 練習問題の画面イメージ

込んだ機能の有効性に関する検証を試みたのである。詳細な結果は次節に示すが、乱数による出題順序の変更は、明らかな一定の教育効果をもたらしたようである。

なお、実際の Web 上での練習問題の画面イメージは図 2 のようである。

(2) 検証結果

前節でも述べたように、学生が練習問題を行った際、その結果（正否）と時刻（秒単位まで）をログとして記録している。このデータから、各練習問題に存在する 20～30 程度の小問題のうち、第 1 問目の回答に要する時間を除いた時間を集計し、さらに 19 ある練習問題（表 5 参照）の全てに要した時間（ただし、全て第 1 問目の所要時間は除かれる）を、学生毎に累計することができる。この際、正答となった練習問題に要した時間と、誤答となった練習問題に要した時間、さらにこれらの合計時間という 3 種類の時間を集計した。

これらの集計時間と、定期試験で実施した選択肢問題および計算問題の結果の相関関係、および、学生の授業への出席状況（データとしては出席回数）と定期試験結果の相関関係を前期授業（改善前）と後期授業（改善後）の学生について求めた。この際、それぞれのサンプル数はともに定期試験受験者数とし、前期授業 109 名、後期授業 32 名であった。なお、定期試験では前期、後期とも同じ試験を実施したが、前期は昼間コースであり後期は夜間主コースであり、さらに、定期試験は問題用紙に解答を記入する形態として問題ごと回収しているため、定期試験問題に関する情報が前期学生から後期学生に漏れることはなかったと考えられる。結果を表 6、表 7 に示す。また、選択肢問題結果との相関係数の前期と後期の比較をグラフ 1、計算問題の結果との相関係数の前期と後期の比較をグラフ 2 に示す。

表 6. 前期授業 (改善前) における相関計数および棄却有意確率

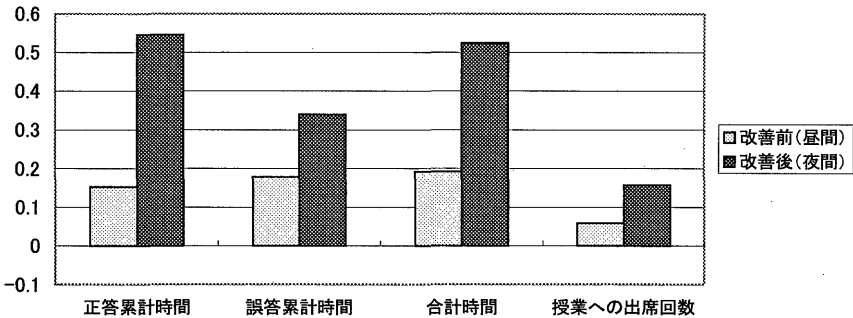
	選択肢問題の結果		計算問題の結果	
	相関係数	棄却有意確率	相関係数	棄却有意確率
正答累計時間	0.152	0.114	0.086	0.373
誤答累計時間	0.178	0.065*	-0.052	0.591
合計時間	0.191	0.046*	0.046	0.635
授業への出席回数	0.059	0.540	0.064	0.506

* : 棄却確率10%未満の有効性, ** : 棄却確率1%未満の有効性

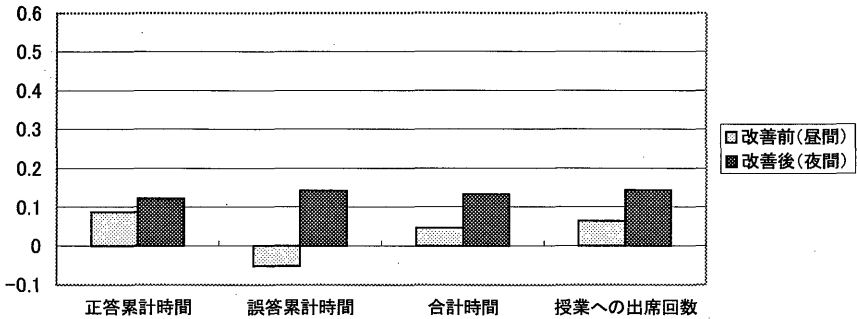
表 7. 後期授業 (改善後) における相関計数および棄却有意確率

	選択肢問題の結果		計算問題の結果	
	相関係数	棄却有意確率	相関係数	棄却有意確率
正答累計時間	0.546	0.001**	0.123	0.502
誤答累計時間	0.340	0.057*	0.142	0.437
合計時間	0.524	0.002**	0.133	0.469
授業への出席回数	0.157	0.390	0.144	0.432

* : 棄却確率10%未満の有効性, ** : 棄却確率1%未満の有効性



グラフ 1. 選択肢問題の結果との相関係数の比較



グラフ2. 計算問題の結果との相関係数の比較

これらの結果から、改善後の授業（後期授業）においては、選択肢問題の結果と練習問題に費やした時間は明らかな相関を示していると言える。つまり、練習問題を実施する際の不正を防止する方策として、出題順序をその都度乱数によって変更することによって、学生不正が防止されるだけでなく、否応なく練習問題の内容について考えざるえなくなる効果が現れるのではないかと推察される。

十分な理解を必要とする計算問題では、残念ながら統計的に明らかな相関を示しているとは言い難いが、改善前と改善後の相関係数の値の比較においては、相関が強まる傾向があると考えられる（グラフ2参照）。

なお、前期授業受講生および後期授業受講生の練習問題に費やした時間の平均は表8の通りであり、後期授業の受講生の方が少し長くなっており、この点からも、後期授業受講生は、練習問題実施時に、前期授業受講生よりも考えざ

表8. 前期授業受講生と後期授業受講生の練習問題に費やした累計時間の平均

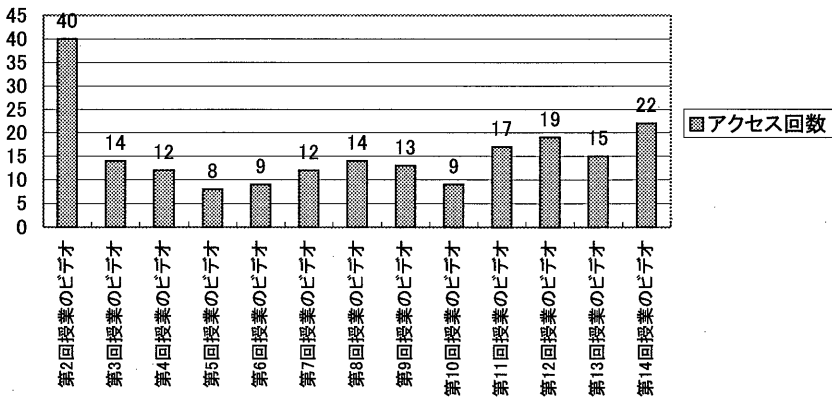
	前期授業受講生	後期受講受講生
平均正答累計時間	1時45分19秒	2時05分05秒
平均誤答累計時間	0時27分39秒	0時27分45秒
平均合計時間	2時12分57秒	2時32分49秒

注意：平均合計時間が正答と誤答の合計にならないのは丸め誤差のためである

るをえなかったことが推察される。

学生の理解をより深めるために後期システムに組み込んだビデオについては、練習問題ほど細かなログデータを残さなかったため、その効果を分析できないが、それぞれ対応する授業ごとのアクセス数は以下のグラフ3の通りである。後期授業の履修者総数が44人（ただし、定期試験受験者は33人）であったことに鑑みると、決して多いアクセス回数とは言えない。参考までに、後期授業用の Web ページが後期定期試験実施日までにアクセスされたトータル回数は2000回を超えていた。この2000回以上のアクセスの主たる目的は、教材参照および実施を義務付けた練習問題を行うためと考えられる。

ビデオについては、受講生がビデオを見ようとする（あるいは見ざるをえない）インセンティブを与える仕組みが欠落していたと言える。ただし、毎回欠かさずビデオを参照して、復習をしていた受講生も、一部にいたようである。



グラフ3. 授業ビデオへのアクセス回数

これまでの分析には用いなかったデータであるが、定期試験受験者の最終評価点（定期試験の結果だけでなく出席等を配慮した最終評価点）の平均は表9の通りであり、後期の方がやや良い結果となっている。なお、いうまでもなく前期と後期の評価基準は全く同じである。

表9. 定期試験受験者の最終評価点の平均点

	最終評価点の平均点
前期授業	73点
後期授業	76点

5. まとめと今後の課題

本稿では、Web-ラーニングシステムの構築において、テンプレートシステムの制作とコンテンツの制作をそれぞれ Web 専門家（あるいは Web デザイナー）と教育者（あるいはインストラクター）に分担する方法の可能性を明らかにするとともに、テンプレートシステムとして具備すべき機能として、練習問題における出題順序のランダム化の有効性を実証的に示した。しかし、既に述べたように、テンプレートシステムとして実現される機能は、Web-ラーニングシステムのコア機能であるため、教育・学習効果を高める機能が盛り込まなければならない。この際、どのような機能が教育・学習効果をどの程度高めるのかという、根本的な問題の解決のためには、根気強い試行錯誤が必要であることは明らかであり、今後も様々な実証等が必要となる。

We-ラーニングシステムは、教育機関だけでなく企業等の組織においても、従業員や職員の知識や技能レベルを向上させ、人材開発を進めるために、現在の各種の組織を取り巻く運営環境や経営環境の激変に鑑みると、今後その重要性は増すばかりであろう。したがって、根気強い試行錯誤が必要となるわけだが、それを実施していくためには、組織内の体制整備はもちろん、組織の垣根を超えた複数の組織による協力も重要と考えられる。