

Web ベース e-learning の教育評価の検証

松坂知行*・岩沼隆之**・栗原伸夫*
尾崎康弘*

Assessments on Teaching Ability of a Web Based E-learning System

Tomoyuki MATSUZAKA*, Takayuki IWANUMA**, Nobuo KURIHARA*
and Yasuhiro OZAKI*

Abstract

Many e-learning systems are now prevailing in universities or industries. However, assessments on engineering education with such systems are not always clarified so far. For this purpose, we developed an original e-learning system, and made assessments on teaching ability of the system, and found its usefulness.

Keywords: e-learning, teaching ability, education evaluation, engineering education

1. ま え が き

近年、情報技術の社会への浸透に伴い、教育現場でも情報化による変化が起こり遠隔講義やWBT (Web Based Training) が普及しつつある。遠隔教育に関しては、大学審議会が大学設置基準の改正に向けて検討が行われ、平成10年には、「対面授業による習得が必要だった30単位のうち10単位について遠隔授業による習得に代替できるものとする」という改正案であったが、平成11年3月改正では、遠隔講義により習得できる単位数が60単位まで可能になった。また平成13年3月からは同時性・双方向性がなくても、対面講義と同等の学習成果を確保されると評価される場合には、遠隔講義として単位を認定できるようになったため、現在多くの教育システムと教材が開発されている¹⁾。さらに、

平成19年にはすべての講義をインターネットで行う日本初の通信制大学「サイバー大学」が開校されるなど大きな変化がみられ、社会的にも注目されている²⁾。このような動向の背後には、平成13年1月に発表された日本政府の「e-Japan 戦略」も大きな影響を与えたと考えられる³⁾。

以上のような法制面の整備とともに、e-learningを導入する大学が増えてきたが、これまでのe-learningの実施例を見ると高価な機器や施設を導入した事例が多く、遠隔講義やWBTなどのe-learningシステムによる教育効果の具体的な検証が乏しいのが現状である。また、教育コンテンツも多数供給されるようになったが、すべての教育機関に適合したコンテンツは皆無であり、それぞれの教育機関の要求レベルと内容に即したコンテンツの開発が望まれている。そこで、本論文では独自にe-learningシステムを構築することから始め、e-learningに必要な学習管理システム(LMS: Learning Management System)の構築を行い、教育

平成19年1月5日受理

* システム情報工学科・教授

** 大学院工学研究科電気電子工学専攻博士前期課程・2年

効果の検証を行った。システム構築の基本構想は「低コストで柔軟なシステムの構築」, 「学科単位で導入可能なシステムの構築」を目指して行った。また, コンテンツに関しては「学科の教育目標に合わせた学習内容」を目指している。そして, 実際にシステム情報工学科の学生約80名に対し試験運用を行い, e-learning システムの評価と教育効果の検証をしたところ, 最終的に, 41名の学生について平均約16点の向上が確認された。

本論文は構築した e-learning システムと教育効果の検証について述べたものである。

2. e-learning システム

2.1 e-learning の定義⁴⁾

前述のように, e-learning は大学教育の一手段として認められつつある。ここではまず e-learning の定義について説明する。現在のところ e-learning の明確な定義はないが, 日本政府の e-learning 白書 (2005/2006 年度版)⁴⁾ によると, その定義は固定的なものではなく, WBT に代表される非同期型・オンライン型を想定した「狭義」のものと, 情報技術を使っているものすべてを e-learning とする「広義」で捉える場合とがある。従来は, WBT に代表されるオンライン教育など狭義を想定して語られることが多かったが, e-learning のツールが技術革新し, さまざまな機能が搭載されるようになる一方で, ビデオ・オンデマンド, テレビ会議システム, 衛星配信などが登場し, これらと集合教育を連携・併用した「ブレンディッド・ラーニング (Blended Learning)」が一般化してきたので, 広義の捉え方で語られることが一般的になった。しかし, 本論文で述べる Web based e-learning は, ネットワークを用いた遠隔教育を意味しており, 狭義の意味で用いていることを明確にしておく。

表1 e-learning 実施中の日本の大学

事例番号	名称	対象
①	早稲田大学	人間科学部
②	東京工業大学	学内外の連携 (とくに, アジア)
③	東北大学	全学
④	玉川大学	全学
⑤	阪南大学	全学
⑥	阪大フロンティア研究機構	主に企業人
⑦	八洲学園大学	全学
⑧	東京海洋大学	学部英語教育
⑨	青山学院大学	理工学部
⑩	中小企業大学校 (東京校)	通信教育 (中小企業)

2.2 高等教育における e-learning の現状

e ラーニング白書 (2005/2006)⁴⁾ によると e-learning を実施している日本の大学は表1の通りである。資料には掲載されていないが, 実際に実施している大学はこの他にも相当数あると考えられる。これらの大学での経験によると, 「対面授業との組み合わせが必要」, 「授業以外の学習支援が必要」, 「教材の作成が容易でない」と考えている人が多い。一方, 「社会人学生が増加」, 「高等教育の活性化につながる」, 「最先端の情報を収集できる教育ができる」という新たな期待も高いようである。

2.3 e-learning 実施上の課題^{5),6)}

(1) 導入費用

現在さまざまな e-learning システムが開発されており, また, いろいろな大学で導入されている。しかし, これらのシステムは大掛かりで高価なものが多く, 本格的な導入には専門的なスタッフを必要とする。一方, e-learning の教育効果については評価が分かれており, 費用対効果が不明なシステムの導入に当初から多額の費用を投入することは得策ではない。そこで,

本研究では、費用のかからない独自の e-learning システムを構築し、教育評価の検証に注力することにした。

(2) コンテンツ作成の労力

一般に e-learning のコンテンツ作成には多大の労力と時間を必要とする。e-learning システムの導入を行っても、コンテンツ作成に教員の時間をとられるので実施が円滑に進まないとも云われている。大学に必要なコンテンツを大別すると遠隔講義型と WBT 型に分けることができよう。遠隔講義型に関しては、教授者がパワーポイント送りながら講演すれば自動的に遠隔講義教材が出来上がる便利なツールも現れており、この型のコンテンツの作成は容易になっており、専門的な知識と支援スタッフは不要である。しかし、WBT 型のコンテンツに関しては、e-learning のコンテンツ作成を意識した学習内容と演習課題を準備する必要がある。つまり、各 15 回の講義に対する完結した講義テキストと演習課題を完成させる必要があるが、この準備があれば WBT 型のコンテンツ作成も特に問題はない。テキストは、数式、図、表を含んで Word 文書であれば対応できる。

本研究では、すでに完成している独自の講義テキストを基に演習課題を作成し、WBT 型のコンテンツを作成した。

(3) 対面講義との連携

能力の高い受講者にとっては、e-learning のコンテンツを学習しただけで演習課題を解き、自分で前に進むことは容易である。しかし、能力の低い受講者にとっては、自力だけで学習することは困難であろう。そこで、e-learning と対面講義との連携が必要になる。講義の進捗に合わせた学習内容と演習課題、期末試験などに合わせた内容を周到に準備することにより、教育効果が上がることが本研究の過程で明らかになった。さらに、e-learning では、各段階を追って演習課題が与えられるので、対面講義だけでは得られない学習の促進強化が行われることも分かった。また、e-learning では BBS などによ

り、学生からの反応を考慮しながら授業を進めることができ、工夫の仕方によっては対面授業で実現できない教育機能ももっていると考えられる。

(4) 著作権⁷⁾

著作権法第 35 条によれば、教育機関の教室で行われる講義については、出版物を複製して配布することが著作権上許されている。しかし、コンテンツをサーバに搭載しネットワークを介して講義を行う場合には、著作権の問題が発生する。したがって最低限引用を明確にすることが必要であり、大幅な引用を行う場合には、著者、出版社の許諾を得る必要がある。e-learning 教材を作成する場合は、以上のような著作権を意識する必要がある。

2.4 e-learning システムの仕様

すでに述べたような考えから、本研究では、市販の e-learning システムを利用するのではなく、本学科に適したシステムを独自に構築していくことにした。システム構築の基本構想は「低コストで柔軟なシステムの構築」、「学科単位で導入可能なシステムの構築」を目指して行った。また、コンテンツに関しては「学科に合わせた学習内容」を目指している。システムを独自に構築することにより、コストを大きく削減することができる。また、システム全体を把握しているためシステムの拡張、追加、運用に対しても対応が迅速になる。全体として、独自システムを構築するため、教育効果が得られた場合、費用対効果は非常に大きくなる。コンテンツに関しても、データを収集しながら更新していくことにより、本学科に合った教材の提供が可能になる。

システム構築に用いた言語は Visual BASIC.NET である⁸⁾。また、文書やデータの構造などを記述する言語としては、XML (Extended Markup Language) を用いている^{9),10)}。XML を用いた理由は、SQL などの本格的なデータベース言語は会得するまで相当な期

間を要するので、限られた時間内でシステム構築するのが容易であるためである。

2.4.1 e-learning システムに要求される機能

e-learning システムを構築する場合に要求される機能である学習管理システム (LMS: Learning Management System) はログイン機能、ユーザ管理機能、学習機能、問題提示・採点機能、成績管理機能、双方向性を持った質問機能、出欠管理機能などがある。以下それぞれの機能について説明する。

(1) ログイン機能

ログイン機能は、会員限定のサービス(コンテンツの閲覧、ダウンロード、メールサービス等)を利用する際にユーザを識別し認証する機能である。Web上のサービスだけでなく、コンピュータやネットワークシステムを利用する際にも利用される。

(2) ユーザ管理機能

ユーザ管理機能は、一人一人のユーザを区別することによって最適な環境を提供するための機能である。管理項目内用はID、PW(パスワード)、ログイン履歴、接続時間、学習履歴、成績などの項目を管理しており、ユーザごとに異なる難易度の教材を提供する情報にもなる。また、各課題の成績から得意・不得意分野が管理者・ユーザ問わず把握できる機能になり得る。

(3) 問題提示・採点機能

問題提示機能は、教材における課題の出題を行う機能である。課題を実行する場合、DB(データベース)にアクセスし、選択された課題の情報を抽出し出題する機能である。主にテキスト、静止画で表示される。採点機能は問題提示機能により抽出された情報を用い採点を行う機能である。

(4) 成績管理機能

成績管理機能は、ユーザ情報管理内の成績管理で行う。主に課題に対する得点、得意不得意分野の傾向などの情報を管理する機能である。

(5) 方向性を持った質問機能

双方向性を持った質問機能にはチャット(コンピュータネットワークを通じてリアルタイムに文字ベースの会話を行うシステム)、BBS(電子掲示板)を利用したQ&A(Question and Answer)を行う機能である。チャットを利用した場合、講師とリアルタイムにコミュニケーションを取ることが可能であり、ユーザが理解していない内容に関してユーザのレベルで質問していくことができる。しかし、講師が常駐していなければならない、複数のユーザが同時にチャットを利用したい場合など講師に大きな負担となる。したがって、チャットを利用するならユーザ間同士がメインとなるであろう。そこで、BBSも同時に利用した方がよいと考えられる。なぜなら、BBSでQ&Sを行った場合は、同様の質問があったときに再度講師が質問されるという手間が省けるためである。この他、ユーザのフィードバックにも利用できる。このように理解を深めるようにコンテンツを改善するためにも双方向性を持った質問機能も必要不可欠である。

(6) 出欠管理機能

出欠管理機能は、ユーザ管理機能とログイン機能と連動して出欠情報を管理する機能である。この機能を利用することで出席状況を自動的に更新し、情報を閲覧するだけで出欠状況を把握できるようになる。出席状況やテストの得点から単位を認定するための情報になり得る。

以上の機能を考慮してe-learningシステムを構築した。

2.4.2 e-learning システムの構成^{11),12)}

前節でe-learningシステムに要求される機能について述べた。そこで、本研究で構築すべきe-learningシステムについてまとめた。出欠管理機能に関しては本大学の学務システムと重複するので除外することにした。

(1) 本研究で構築すべき最低限必要な機能

本研究で構築すべき最低限必要な機能の一覧と利用目的を以下の表2に示す。

表2 構築した機能の一覧

e-learning の機能一覧	利用目的
ログイン機能	IDを発行したユーザにのみコンテンツを閲覧する権利を与えるために利用
ユーザ管理機能	受講者ID, 受講者名, 受講者PW, コース情報, セクション情報, 日付, IPアドレス, 閲覧状況以上8項目の管理のために利用
学習機能	学習コンテンツ閲覧のために利用
問題提示機能	課題を出題するために利用
採点機能	課題の採点とユーザ情報の更新に利用
成績管理機能	成績からデータを収集することに利用
双方向性を持った質問機能	BBSを利用し, 講師, ユーザ間のコミュニケーションツールとして利用

表3 開発のハードウェア環境

	サーバPC	開発兼クライアントPC (動作チェック用)
CPU	Intel Pentium4 1.7 GHz	PentiumR4 CPU 3.2 GHz
メモリ容量	512 MB	1.5 GB
ハードディスク	100 GB	150 GB

(2) 開発環境

サーバPCと開発兼クライアントPCのハードウェアの構成を以下表3に示す。

(3) ソフトウェア

サーバPCとクライアントPCのソフトウェアの構成を表4に示す。

(4) クライアントPCのネットワーク環境

現在我々は, 当サイトの学習コンテンツを学内専用として想定しているため, 学外からのアクセスを禁止している。しかし, 本大学内のネットワーク環境であればどのPCからも問題なく

表4 ソフトウェア構成

	サーバPC	クライアントPC
OS (動作確認済)	Windows 2000 Server	Windows 2000, XP
開発環境	VB.NET 2003	—
ブラウザ等	Webブラウザ (Internet Explorer)	Webブラウザ (Internet Explorer, unDonut での 動作確認済み)

アクセス可能なことが確認できている。今後, 著作権などの問題を伴わないコンテンツが制作された場合は, 学外からのアクセスも可能としたいと考えている。その場合, 通信速度 384 kbps 以上の回線を推奨しており, ADSL 以上なら問題ない。

3. e-learning システムの構築

図1は, システム全体の構成である。サーバのOSはWindows 2000を用いており, この中にe-learningシステムを搭載している。利用者はネットワークを介してサーバにアクセスする。e-learningに要求される機能は, ユーザ管理, 学習機能, 問題提示機能, 成績管理機能, 双方向性をもった質問機能などである。他に出席管理なども考えられるが, 前述のように学務シ

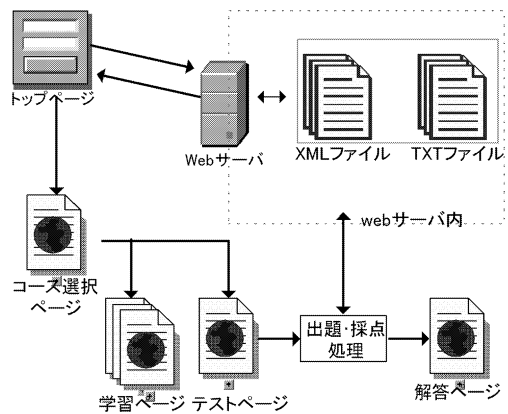


図1 システム全体の構成

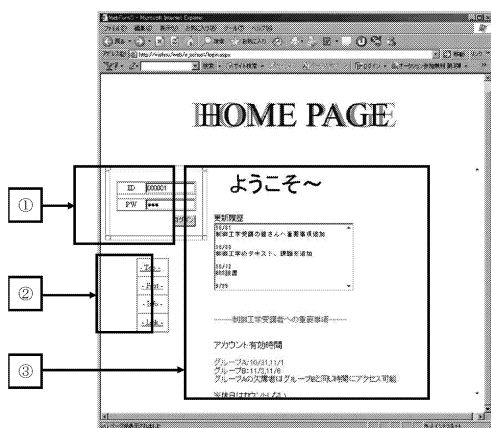


図2 トップページ (ログイン画面)

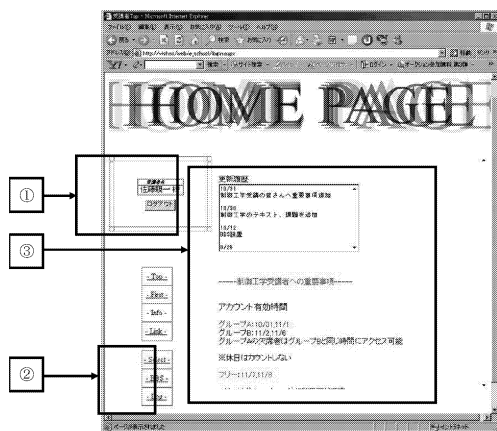


図3 受講者専用トップページ

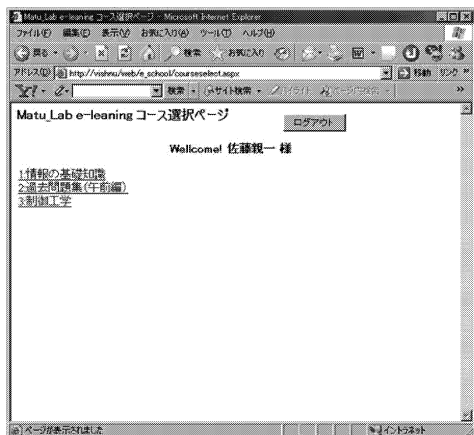


図4 コース選択画面

システムと重複するので機能から除いた。

システム構築に用いた言語は Visual BASIC.NET である。また、文書やデータの構造などを記述する言語としては、XML (Extended Markup Language) を用いている。XML を用いた理由は、SQL などの本格的なデータベース言語は会得するまで相当な期間を要するので、限られた時間内でシステム構築するのが容易であるためである。図2～図7は構築したシステムのログイン画面、受講者専用トップページ、コース選択画面、セクション画面、学習画面、出題画面などを示す。なお、こ

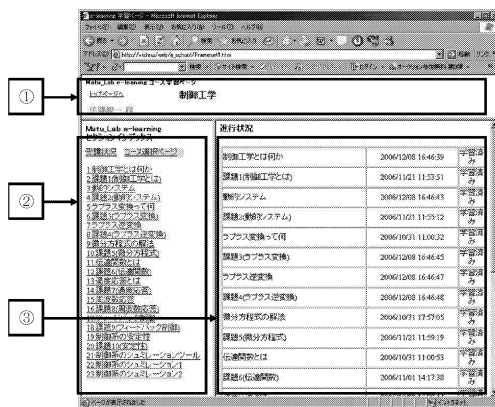


図5 セクション画面

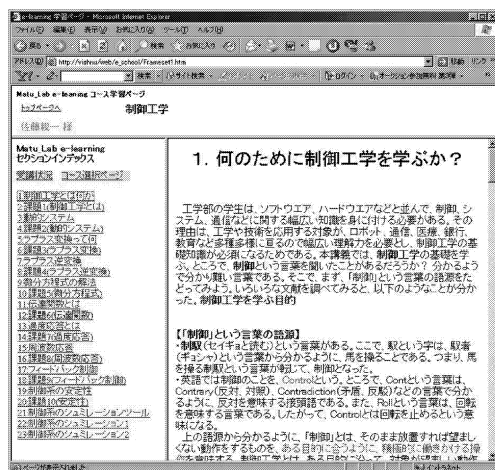


図6 学習画面



図7 出題画面

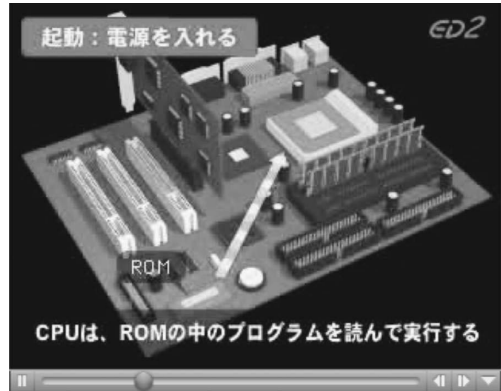


図9 動画によるCPUの説明

2.2 コンピュータの基本構成

コンピュータのハードウェアの基本構成は、図2のように演算装置、制御装置、主記憶装置、入力装置、出力装置から成る。これら5つの基本構成要素を呼ぶ。このうち、演算装置、制御装置、主記憶装置がコンピュータ本体であり、入力装置、出力装置、補助記憶装置などが周辺装置と分けられる。

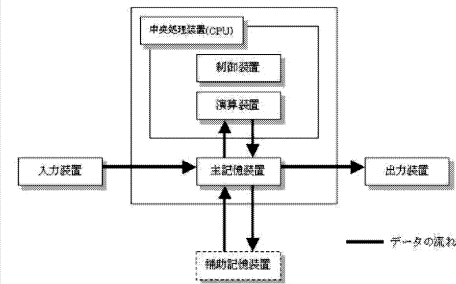


図2 コンピュータの5つの基本構成要素

2.2.1 中央処理装置 (CPU)

中央処理装置(CPU:Central Processing Unit)は、コンピュータの中核、人間の脳にあたる部分で、演算装置、制御装置、レジスタ群からなる。

図8 コンピュータの構成を示す学習コンテンツ

これらの詳細な説明は省略する。

コンテンツの学習画面では、テキスト、表、図を用いて説明しているが、たとえば、図8のようなコンピュータの構成を説明する場合¹³⁾、データの流れなどは動画で説明した方が訴求力が大きい。そこでリンクボタンを随所に設け、図9のように動画による説明を加えるようにした。このようにテキスト、表、図の他に動画を用いている点が通常の教科書にはないe-learn-

ingの大きな特徴である。

4. e-learning の教育効果の検証

本節では、e-learning システムによる運用結果とその教育効果について述べる。まず、教育効果を検討するに先立ち、試験運用により、e-learning システムの運用上の課題を抽出した。この結果、いくつかの問題点が浮かび上がってきた。特に、予想されたことではあるがe-learning だけでは学習が強制されず、講義との連携が重要であることが改めて明らかになった。そこで、授業方法を、講義とe-learning を連携する方法に改め、e-learning の教育効果を考察した。

4.1 e-learning の学習コンテンツの問題点

構築したe-learning システムの試験運用結果から

- (1) 強制力の欠如
- (2) 問題数が多すぎる
- (3) 集中力が持続しない
- (4) 学習時間が確保できていない
- (5) 難易度が高すぎる

などの問題点が指摘された。そこで、本節では「制御工学」の講義と連携を取り強制力を持たせることにした。この講義は本学科の必修科目で

あること、定期試験が直後(2週間後)に控えているため強制力を持たせることが可能であると考えた。(2)～(5)の対応策としては、単元ごとに問題を精選して数を絞り、学習内容と同レベルの問題を用意した。各課題はそれぞれ約10問ほどで、1問当たり5分から10分程度で解答できるような難易度としている。

4.2 教育効果の検証に用いた科目¹⁴⁾

テスト科目として選択したのは、制御工学である。e-learningシステムの「強制力の欠如」を補うため本学科の必修科目である講義との連携を取りながら教育効果の評価を行うことにした。表5は制御工学の学習内容である。

4.3 被験者

本学科の制御工学の講義を今回の試験運用で採用したため、被験者となる学生は2年生と再

履修者である。対象となる学生数は約80名であるが、この内e-learning学習前のテスト、e-learningによる学習、e-learning学習後のテストをすべて受験した41名の学生を教育評価の対象とした。これらの学生にIDとパスワードを付与し、ネットワーク環境でアクセスできるようにした。

4.4 運用期間

今回の運用期間は4日である。この期間は少し短いと考えられるかも知れないが必修科目での実施であること、定期試験を2週間後に控えているなど学習への動機づけを考えると短期でも効果が得られるものと考えたためである。

4.5 テスト方法

筆記試験の配点は100点満点で、内80点が計算問題、20点が語彙問題である。

まず、学生41名に定期試験レベルの筆記試験を受験させ現在の得点状況を把握する。その後、e-learningを4日間受講させ、同様レベルの筆記試験を受験させる。この時のe-learning受講前後の得点差をデータとして収集する。また、その他に学習履歴、課題実施回数もデータとして収集する。なお、比較の方法としては、2つのグループに分けて比較するという方法も考えられる。しかし、この場合、学習前の2グループの平均点、分散などの母集団データを合わせる必要があり、これを実現するのが通常困難であるため今回はこの方法を止め、学習前後の点数差から教育効果を検討する方法を用いた。

なお、e-learning受講前後の筆記試験の間は10日間であり、この間e-learning以外の自己学習の効果も存在すると考えられるが、e-learningの学習量が多いため、自己学習に割りあてる勉強時間は少ないと考えている。したがって、得点差は主としてe-learningによる教育効果と考えることとした。

表5 制御工学の学習コンテンツ

制御工学とは何か	制御工学の起源と制御の目的
動的システムとは	動的システムの微分方程式表現
ラプラス変換とは	ラプラス変換の目的、変換の方法
ラプラス逆変換	ラプラス変換と逆変換、逆変換の方法
微分方程式の解法	ラプラス変換・逆変換による微分方程式の解法
伝達関数とは	伝達関数の概念と求め方
過度応答とは	過渡応答の概念と求め方
周波数応答とは	周波数応答の概念と求め方
フィードバック制御	フィードバック制御と特長
制御系の安定性	安定性の概念と判定法
制御系のシミュレーションツール	シミュレーションツールの使い方と実習
制御系のシミュレーション(1)	MatlabとSimulinkによるシミュレーション(1)
制御系のシミュレーション(2)	MatlabとSimulinkによるシミュレーション(2)

4.6 得点の比較

4.6.1 学習前後の得点の比較

まず、学習以前と学習後の平均点を比較するにあたり、把握を容易にするため、図を用いて視覚的にそれぞれの状況を説明する。

(1) e-learning 学習以前

図 10 は e-learning 学習以前の初期試験の得点分布である。学習以前の得点分布は 30 点未満が多く見られ、高得点者が少なく平均 24.6 点となっていた。また、語彙問題の平均点は 10.6 点、計算問題の平均点は 14.0 点となり、平均点の 43% が語彙問題、57% は計算問題という結果となった。

(2) e-learning 学習以後

図 11 は e-learning による学習後の筆記試験の得点分布である。学習以後の得点分布は 30 点以上 40 点未満が多く見られ、満点の学生も出るなど高得点者が 6 人となり学習効果があると思われるデータである。平均点は 41.0 点で大きく伸びており、その内、語彙問題の平均点は 15.8

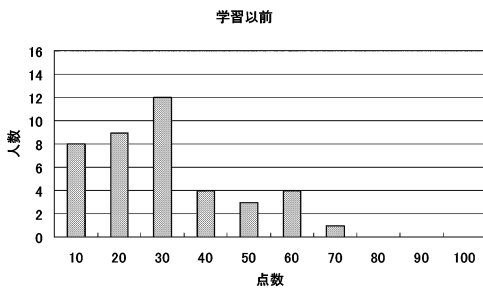


図 10 学習以前の試験の得点分布

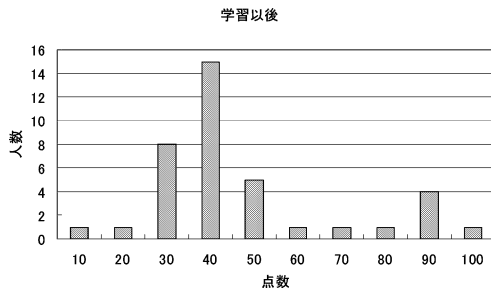


図 11 学習後の試験の得点分布

点、計算問題の平均点は 25.2 点である。平均点の 38.5% が語彙問題、61.5% は計算問題であり、e-learning 学習以前に比べて計算問題の得点向上が若干認められる結果となった。

(3) 個々の学生の得点向上

図 12 は初期得点と e-learning による学習後の最終試験との得点差を示したものである。この図から分かるように多数の学生の得点が向上していることが分かる。均等に得点が向上しているのは語彙問題である。つぎに、得点が減少している学生も見られるが、このケースでは計算問題が多いことが分かった。つまり、計算問題の内容がよく理解できていないことに起因すると考えられる。また、60 点以上も得点が向上している学生がいる反面、10 点程度しか伸びていない学生もあり、二極化の様相も見られる。

4.6.2 平均点の差の統計的検定

前節で約 16 点の得点向上がみられることが確認できた。そこで、得られた学習前、学習後の異なる 2 つの集団に統計的な平均点の差があるのかという有意差の検証を行った。

まず、帰無仮説 H_0 を次のように設定する。

H_0 : 学習前後の平均点には差がない

これを有意水準 5% で両側検定することとした。表 6 は差の検定に使用する統計量を示したものである。

母平均の異なる 2 つの学習前の添字を a とし、学習後を b とする。母集団から表 4.13 を参照し、標本の大きさ $n_a = n_b = 41$ 、標本平均 $\bar{X}_a = 24.6$ 、 $\bar{X}_b = 41.0$ 、分散 $S_a^2 = 247.12$ 、 $S_b^2 =$

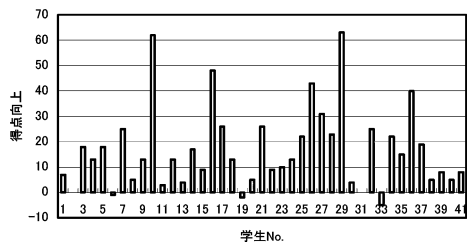


図 12 個々の学生の得点向上の分布

表6 学習前後の統計量

統計量	学習前	学習後
標本の大きさ	41	41
平均点	24.6	41
標準偏差	15.72	21.77
分散	247.12	473.93

473.93 となるので以下に示す式 (4.1), (4.2) の検定の式に代入し Excel で計算すると表7 のようになる。

$$t = \frac{\bar{X}_a - \bar{X}_b}{\sqrt{\left(\frac{S_a^2}{n_a} + \frac{S_b^2}{n_b}\right)}} \quad (4.1)$$

$$\nu = \frac{\left(\frac{S_a^2}{n_a} + \frac{S_b^2}{n_b}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_a^2}{n_a}\right)^2}{n_a - 1} + \frac{\left(\frac{S_b^2}{n_b}\right)^2}{n_b - 1}} \quad (4.2)$$

次に、表7で得られた結果を元に t の値を有意水準 5% で両側検定を行う。表8は有意水準 5% で両側検定を行った結果である。

有意水準 5% の両側検定では、 t の絶対値が 1.99 以上であれば帰無仮説 H_0 は棄却できる。この場合 t は -3.91 であるため棄却できる。よって、データから「学習前後の平均点には差がない」という帰無仮説 H_0 は棄却され、「学習

表7 計算結果

統計量	数値
$t =$	-3.91
自由度 $\nu =$	144.19
ν に近い整数 =	144

表8 有意水準 5% で両側検定を行った結果

有意水準	5%
棄却域 $ t \geq$	1.98

前後の平均点に差がある」という統計的結論に至る。

統計的結論から、今回の試験運用で得られた平均点約 16 点の向上は、統計的誤差ではなく、e-learning 実施による学習効果の表れと言える。したがって差の検定からも学習効果が確認され、e-learning の有効性が確認できた。

5. 結 論

以上開発した e-learning システムを実際に運用し、教育効果の評価を行った。その結果をまとめると

(1) システム記述言語として Visual BASIC を用い、テキストとデータベース機能に XML を用いた独自の e-learning システムを構築した。

(2) この e-learning システムを試験運用したところ、e-learning においては強制力をもたせる運用が有効であることが分かった。

(3) e-learning の効果を引き出すためには、対面講義との連携が有効である。これは(2)で述べた強制力をもたせる運用にもつながる。

(4) 教育効果の評価を行う科目として制御工学を取り上げて、コンテンツを制作し、e-learning 受講前後の試験を行った結果、平均約 16 点の向上が見られ有効性を確認できた。

(5) e-learning により得点の伸びる学生と伸びない学生が存在する。今回の結果では、計算問題に関しては、約 30% の学生は得点が伸びているが、残り 70% の学生の得点はあまり伸びていない。ただし、語彙問題に関しては、ほとんどの学生の得点が伸びており e-learning の効果が認められる。したがって今後計算問題に対するよりきめ細かいコンテンツの提供が必要である。

(6) e-learning の利点は、システムが自動的に採点するので、学生自ら自分の弱点、長所が分かり、意欲のある学生は益々自分の力を伸ばすことができる。また、教師側は採点の負担

無しに学生の達成度を把握できるので、双方向での講義が可能である。

以上の結果から今後以下のような改良が必要と思われる。

(7) ヒント機能の充実

計算問題の得点を上げるためには課題の解説をていねいに行う必要がある。このためには、

- (a) 該当する課題の解説位置にリンクを貼り、学習者が容易に解説場所を探せるようにする。
- (b) 該当する課題の解説位置にリンクを貼り動画による解説を加える。

が有効であると考ええる。

(8) 講義と歩調を合わせる

今回の e-learning の実施では、単元毎の講義内容と e-learning の課題の歩調を合わせなかったが、より講義との連携を生かすためには、e-learning と単元毎の講義と歩調を合わせることが必要である。

さいごに本研究は八戸工業大学プロジェクト研究の支援を頂いたものであり、ここに謝意を表する次第である。

7. 参考文献

1) 文部科学省 Web ページ [http://www.mext.](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/)

- 2) 毎日新聞: 「サイバー大学」来春開校(平成 18 年 11 月 28 日)
- 3) 総務省: 「平成 13 年版 情報通信白書」(<http://www.soumu.go.jp/hakusyo/tsushin/h13/index.htm>)
- 4) 経済産業省商務情報政策局情報処理振興課編: e ラーニング白書(2005/2006 年版), オーム社
- 5) 吉田 文, 田口 真奈, 中原 淳編: 大学 e ラーニングの経営戦略, 東京電機大学出版局
- 6) 日本イーラーニングコンソシアム(編): e ラーニング導入ガイド, 東京電機大学出版局
- 7) 独立行政法人メディア教育開発センター: IT 活用教育と著作権
- 8) 佐藤 親一: VB.NET で作る Web ベース トレーニングシステム, オーム社
- 9) 池田 実, 小野寺尚希: まるごと図解 XML がわかる, p. 14-124, 技術評論社
- 10) エリザベス・カストロ, (株)日本ユニテック(監修), トップスタジオ(訳): クイックスタートガイド, p. 4-46, エムディエヌコーポレーション
- 11) 岩沼隆之, 松坂知行: Web ベース e-learning システム構築に関する検討, 情報処理学会東北支部研究会, 平成 18 年 2 月
- 12) Takayuki IWANUMA, Tomoyuki MATSUZAKA: Web Based Education Method on Wind Energy Using an E-Learning System, Proc. of Renewable Energy 2006, Makuhari Messe, Chiba, JAPAN, 2006
- 13) 宮内ミナミ, 森本喜一郎: 情報科学の基礎知識, (株)昭晃堂
- 14) 松坂知行: 制御工学テキスト, 八戸工業大学システム情報工学科