

平成21年 5月25日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19500815  
 研究課題名（和文） 実技教育に特化したオープンソースLMSにおける時系列解析に関する研究  
 研究課題名（英文） A study of time-series analysis on Open Source LMS specialized for Practical student experiment  
 研究代表者  
 加藤 和夫  
 東北学院大学・工学部・准教授  
 研究者番号：60416609

## 研究成果の概要：

研究計画に基づき、システムの構築、教材の作製を行い、実技教育を行う授業において2年間のデータをサーバに蓄積し、時系列分析を行った。これらの内容を論文（投稿中を含む）にまとめ、国内外の学会、研究会で報告した。その結果オープンソースLMSを大規模実習室に導入することでコストを軽減できるほか、柔軟な進捗分析を行うことができ、教育支援システムとして有効であることが確認された。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：授業学習支援システム

## 1. 研究開始当初の背景

近年、学生の多様化により、学生実験における習熟度の低下が懸念されている。ことに、原理を理解する能力と実験を行う技術を同時に要求されるため、通常はグループ・ローテーション式を導入することで、互いに協力し能力を補完しあうことが期待されている。しかし、実際に実験を行うのは積極性のある特定の学生に固定されがちであり、特に実験装置が十分に無い場合は実験に携わることなく、時間をオブザーバーとして終わる学生

も多々見受けられる。期待される協調作業についても、個々の前提知識や技術力、問題意識がある一定水準に達していない場合は全く成立しない場合が多い。グループ制の問題解決作業はこれらが満たされていない場合は事実上成立しにくいと考えられる。四年時までには個々が専門分野を学習したという認識を持たせるためには学生実験のような実技を伴う実習において、実験や研究のための技術を着実に身につけることは、学習意欲の向上にもつながり、研究者やエンジニアを目指す動機を

高めることにもなる。

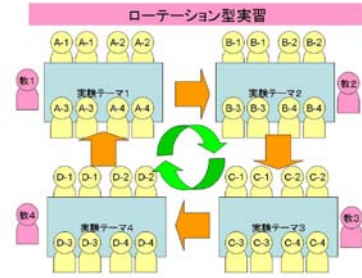


図1 ローテーション式実習

ここではこれらの課題を解決するために、本学工学部電子工学科のカリキュラム改正を機に学生実験の行い方を根本的に変更し、個人ブース方式と一斉ステップアップ方式を導入した。この学生実験改善の試みをベースに、多人数の実技教育における教育支援システムの構築を行い、ウェブを用いた指導書を導入することで、そのログを時系列解析することから学習者の行動を把握し効率のよい指導を支援することと、指導書を改善するための基礎データを得る仕組みについて研究を行った。

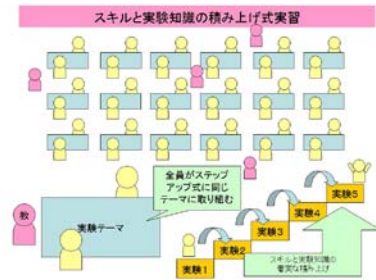


図2 ステップアップ式実習

この改善の重要な点は、以下の通りである。  
 1) 実験は個別に行える環境を提供し、自己解決能力を養うように配慮した。(個人ブースの導入)  
 2) 実験指導書と手順書を迷いなく初歩のレベルからスタートできるように配慮し、回を追うごとに実験技術が蓄積されるよう配慮した。(ステップアップ方式の導入)

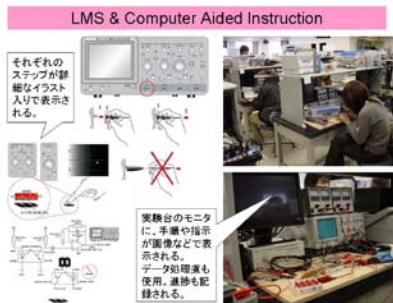


図3 学生実験ブース外観

3) 少人数の指導教員で対応する必要性と、一斉個別式実験に対する指導の効率を向上させ

るため電子手順書を導入した。(実験指導支援システムの導入)

図3に構築した学生実験の設備を示す。実験者はweb型の実験手順書を閲覧しながら実験を行う。

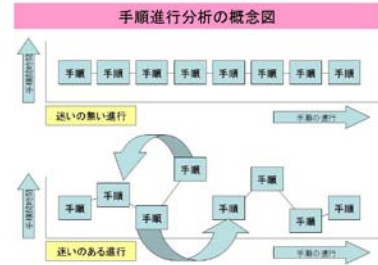


図4 web型実験手順書のアクセスパターン

このとき、手順書は順に読み進めれば効果的に学習が行えるように配慮されているが、実際は図4に示すように各ページの再閲覧など必ずしも指導者が意図した順に行われるわけではない。このパターンを解析することで、指導の効率が向上すると期待された。

## 2. 研究の目的

以上の背景から、本研究ではこれらの要件を満たす実習システムと教材 (web型実験手順書) を開発し、ログ解析を行うことで、その結果を手順書の改良や指導者へフィードバックすることで、より教育効果の高いシステムへと改良していくための分析手法を開発することを目的とした。



図5 本研究の対象となった電子工学実験風景

東北学院大学工学部電子工学科では、カリキュラムの改訂に伴い、平成19年度から新たに電子工学実験およびコンピュータ演習が開始された。従来型の学生実験の多くが数名程度のグループ方式で行われ、グループごとに取り組む実験テーマには順番が無い。一般に学生実験は講義による予備知識と十分な予習が前提となっている他、参加する学生が原則として高い学習意欲を持ち、相互協力の意思と協調性を有することが期待されている。しかし、学生の多様化が進み、実験に対するモチベーションや予備知識、実験技術などに大

差が生じているため、「積極的に取り組む学生」と「消極的な学生」の態度が明確に分離し、一部の学生のみが実験を行う様子が顕在化している。これについて、学生に対しアンケート調査を行ったところ、熱心な学生ほど個人で実験を行うことを望み、消極的な学生ほど協調性の養成などを理由にグループ型を望む傾向にあることが確認された。そこで、新カリキュラムにおける学生実験では「個別ブース方式」を採用し、一人ひとりに実験環境を個別に与え、ごく初歩の実験技術からステップアップ式に教育を行う方式が採用された。この方式では、通年で同じ実験装置を使用することで、後に装置の操作に翻弄されること無く、回を追うごとに実験教材の本質的内容に集中できるようになるという明確な狙いがある。これは、いわゆる個別ブース方式による積み上げ学習である。実験者が使用するブースは1年間固定されるため、利用に際し責任感が伴う。しかし、旧来の紙ベースのマニュアルではより緻密な大量の解説画像の導入や更新が難しく、また、進行状態の監視を行うことも難しい。これを解決するために、web 型の実験指導書を導入し、そのアクセスログ解析を行うシステムを開発することで、本学生実験の指導効率を改善し、同時に、一般的な多人数実技実験における分析手法を開発することで、組み込みなどのエンジニア教育などに幅広く応用可能な教育手法を提案することにある（図5）。

### 3. 研究の方法

#### 3-1 進捗管理システムの開発

電子工学実験をはじめ、本実験室を活用する授業ではweb教材を多用している。



The screenshot shows a web browser interface with a table titled "実験者 web 閲覧状況監視システム". The table has columns for "実験番号" (Experiment No.), "ページ" (Page), "閲覧回数" (View Count), and "滞在時間" (Stay Time). The data is organized into 10 rows of 10 columns each, showing various numerical values representing student activity across different experiments and pages.

図6 実験者web閲覧状況監視システム

特に電子工学実験は多くの学生が一斉にwebに示される手順書に従って自立して実験を進めることが多いため、進捗の監視をする必要がある。図6は各実験者が閲覧しているページを監視するシステムである。各ページの閲覧時間や回数、現在のページの滞在時間が把握できるため、実験者が停滞しているページを検知することが可能となる。

#### 3-2 web型実験手順書の開発

各科目の実験・実習を行うにあたってはより詳細な「手順」の説明が必要となる。装置の使用法の習得が実験技術の本質的な修得の妨げにならないように配慮する必要があることは、研究者が新規の装置に望むときに実感する事実からも十分理解できる。実験指導書は「実験書」と「手順書」の二つから構成される。いずれもカラーイラストを用いて作成されている。実験書はA4サイズで2枚以内に限定し、見開きで内容が把握できるように配慮された。また、複雑な理論計算は講義に任せることし、テーマの概要を理解し、実験技術の習熟に専念するよう配慮された。この実験書は事前に予習用として配布される。写真是最小限におさえ、重要な箇所が明確に理解できるイラスト1000枚程度を作製し、この組み合わせで実験書を作成した。ダイアルの位置など、すべて変更できるベクトル画像で保存し、リアル性を重視した（図7）。過剰に詳細な手順の提示について、学生の応用力や思考力の減退につながることを懸念された面もあるが、徐々にイラストの数を減らし、最終的に専門的な実験書のみで自立して行えるように誘導するよう工夫されている。

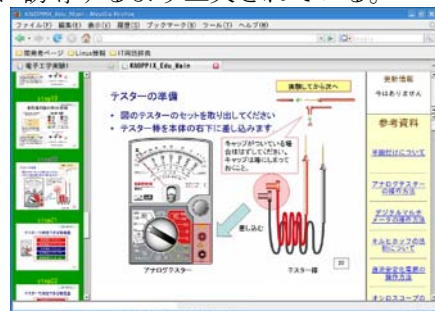


図7 開発されたweb型実験手順書

実験手順書の詳細を読まず、理解せずに作業のみ進行する学生に熟読を促すため、小テスト（図8）に合格しなければ次の手順に進むことができない仕組みも開発した。

従来、多くの教材は汎用性を高めるため、実験装置の機種等に依存しないように記載されてきた。計測装置などの基本的機能はほぼ共通しているため、応用力のある学生はこれを理解することができるが、一般に初学者にとってはスイッチの位置が異なるだけで理解が困難になる場合が多い。

このことを考慮し、すべての実験装置、道具に対し、実機に忠実なイラストを十分に用いることでこれを解決し、可能な限り実物に近い画像を独自に作成し、これらを用いることとした。





図8 実験手順書内の小テストシステム

これらの手順書は実験室内に設置した web サーバから配信される。受講者は科目ごとのページに移動し、その日の手順書を閲覧する。手順書は圧縮ファイルとしてまとめられており、復習用に持ち帰ることも可能なものとした。

なお、各ブースに導入されたオシロスコープや波形発声器などは教育効果を考慮し、すべてアナログ式のものを導入したが、教材の開発・作製においては波形の記録が必要であったため、デジタル式の機種（テクトロニクス社製）も導入して行う必要があった。また、のちにこれらの実験を経験した学生にデジタル式の機種を使用させると基本概念を理解しているため、抵抗なく使用できることを確認している。

### 3-3 実験室の汎用性

設置されている装置は工学系実験設備としては汎用性の高いものであるため、電子工学実験のみならず、コンピュータ演習など広く活用することが可能である。また、Network Access Server を介し、外部 LAN に接続可能としたことから、現在のところ1室体制としては工学部内最大規模の情報演習室としても使用可能である。ソフトウェアの最適化など行うことで、事実上学生の使用頻度の高いブラウザ、Officeなどを最新の状態で提供可能であり、管理更新などの作業もきわめて簡便であることが特長である。これらの装置は設備としては他の学科、カリキュラム、講習会などに使用することも十分可能であり、それぞれの講義にあわせたスライドを数枚作製することで比較的簡単に流用することができるが、人的問題を含め、維持管理体制の問題は解決する必要が認められた。

## 4. 研究成果

はじめに、システム導入の評価をアンケートなどで行った結果について延べ、次にログ解析結果などについてまとめる。

### 4-1 実習指導体制と評価

平成 19 年度における学生実験は教員 4 名 TA 3 名で行われた。また、本年度が初年度となることと、毎週実験テーマが変わることから TA（大学院生）については補助的な役割を担うこととなった。今後の指導教員減少などを考慮して構築されたシステムであることから、最低 2 名程度の教員で運用が可能であるが、実験終盤に学生へ個別のディスカッションを行う必要があるため、この効果を確保するためには、最低 5 名程度の教員の割り当てが必要と考えられるが、平成 20 年度は 2 名程度の教員で運用される計画であり、指導補助システム性能のさらなる向上が必要と考えられる。いずれにせよ、従来 6, 7 名の教員が指導にあたっていたことを考えると、人的コスト削減がなされていることは明確である。アンケートにより教員一人当たりの指導負担は従来と変わらないとされていることからこのことが確認できる。

### 4-2 一人で行うことによる協調性の向上

個別実験と協調性は相反するように思えるが、個々が取り組み、解決すべき問題点を明確にすることでより活発な協調学習が可能となっている。この場合、依存型の協力体制に陥ることは無い。いくつかの実験においては、前半の 90 分における相談を禁止し、後半のみ周囲とのディスカッションを認める形を採用した。これによって、十分に問題点を理解し、共通の知識を得た後に効果の高い協調作業が可能となる様子が確認された。従来のように実験に参加しない学生は存在しなくなった。

### 4-3 学生による評価

電子工学実験 I, II において、大学で行われる授業評価アンケートとは別に受講者 85 名に対し、独自のアンケート調査を行った。実験室のブース設置された PC を用いて web 形式で入力・集計が行われ、結果は学生にも即時公開される（図 9）。以下は、「学生実験の内容は自分の知識や技術として定着していると思いますか？」の問いに対する回答である（図 10 (A)）。これによると、電子工学実験 I において「非常に定着している」が 4 名「やや定着している」52 名であったのに対し、電子工学実験 II では、前者が 8 名、後者が 52 名と、「非常に定着している」と感じている学生の数が増加していることが確認された。また、一人で最後まで行う個別方式の長所としては、「自分でやり抜く自身がつく、自分のペースで行えることが長所である（67 名）」（図 10 (B)）とする一方で、個別方式の短所とし

て「自分でやりぬく自信が無い(19名)」、

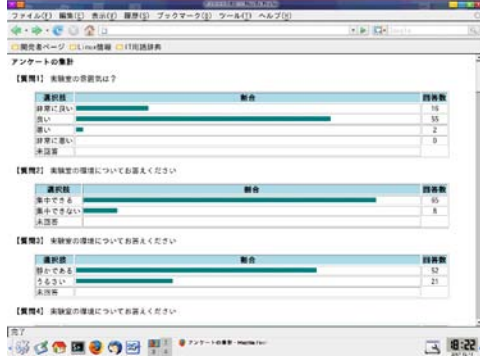


図9 アンケート集計システム

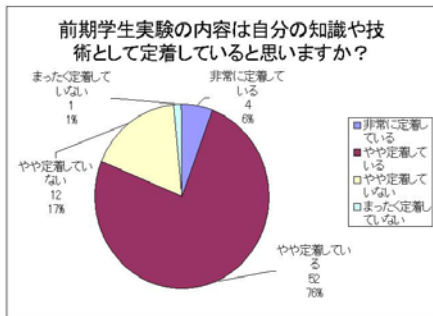


図10 (A) アンケート結果1

「時間内に終われない(52名)」との回答もあるが、徐々に難易度が上昇していることにも一因があると考えられる。

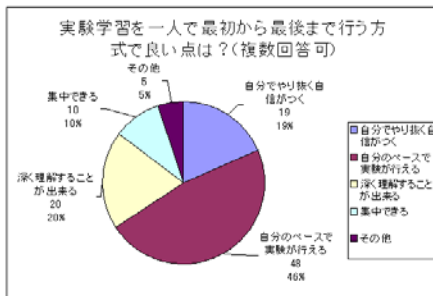


図10 (B) アンケート結果2

#### 4-4 教員による評価

担当教員に対するアンケート調査では、以下の結論が得られている。

- 1) 以前と比して知識や技術は定着した。
  - 2) 以前と比して実験に望む姿勢は良い
  - 3) 指導負担は(指導者の減少に関わらず)変化しない
  - 4) 以前と比べてやる気は向上している
  - 5) 実験に参加しない学生は全く居ない
- いずれも、個別方式、積み上げ方式の効果が高く現れているという評価が得られた。

#### 4-5 アクセスログの時系列解析結果

図11にweb型手順書のアクセスログについて、横軸に時間、縦軸にアクセスしたページをプロットしたチャートを示す。

ここに示す結果によると、この実験者は比較的こちらの意図した手順で実験書を閲覧していることを示している。

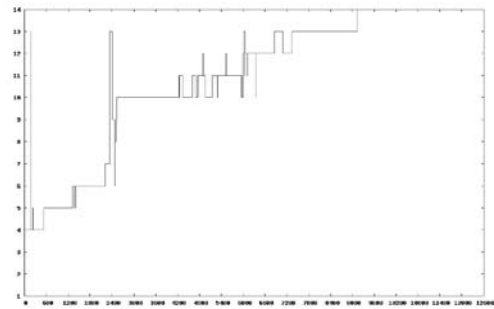


図11 各ページ間の移動

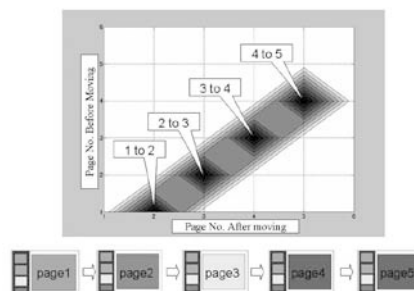


図12 ページ間移動のシミュレーション1つまり、以前のページへの戻りなどが比較的少ないアクセスパターンを示しているといえる。このアクセスパターンを独自のチャートとして表示した場合の例を示す。すべての閲覧者のアクセス行動を重ね合わせてチャート化する手法である。

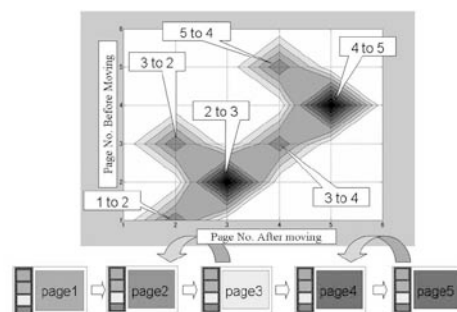


図13 ページ間移動のシミュレーション2 図12は手順書のページに対して戻りが全く無く、順に進行した場合のシミュレーション結果を示している。縦軸は移動前のページを、横軸は移動後のページを示している。一方、図13に示すシミュレーションは多少の戻り移動がみられる場合である。2ページから3ページへの移動に対して、3ページから2ページへの移動が多く観察される場合である。

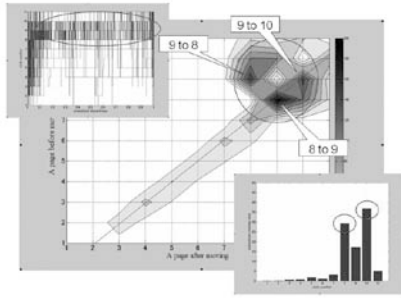


図 1 4 実測結果 2

これらのシミュレーション結果をもとに、実際のアクセスについて分析を行った。

図 1 4 にその結果を示す。

図 1 4 の結果からは、後半に閲覧者の往復移動が集中し、前半ではほとんど読まれずに素通りされている可能性が読み取れる。これらの表示手法によれば、閲覧者がどの程度指導者の意図したアクセスパターンから逸脱した行動をとっているかを可視化することができ、不要な戻りが多く生じている場合などは、それらの結果に従って、実験指導書の改善を行うことが可能であると考えられた。このようなアクセスパターン分析を行うことで、教育指導書の改善を客観的に行うことができると考えられる。従来の紙ベースの手順書では、閲覧者がどの段階でどのページや図式を閲覧しているかを知ることができなかったことと比較して、web 型の指導書を導入する、より高い利点が確認されたと言える。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 志子田 有光, 加藤 和夫, 山田 顕, 女川 淳, 星 善元, 荒川 雄介, 竹川 真人: “個別ブース方式を用いた学生実習の積み上げ教育に関する研究” 東北学院大学工学部研究報告, 第 42 巻, 第 1~2 号, pp. 17 - 22, 2008 査読有
- ② I E E E Special Issue of Computer Science and Education Soc. “Development and Evaluation of a Picture-Based Teaching Material Distribution System Based on Access Pattern and Content Correlation Analysis”, Arimitsu Shikoda, Kazuo Kato, and Hitoshi Sasaki (査読中)

[学会発表] (計 4 件)

- ① 荒川 雄介, 竹川 真人, 加藤 和夫, 佐々木 整, 志子田 有光: “個別実験を指向した学生実験支援システムの開発とその実践” 電子情報通信学会技術研究報告,

Vol. 107, No391, pp. 75-80. (2007)

- ② 高山 壽則, 加藤 和夫, 佐々木 整, 志子田 有光: “ウェブアクセスログを利用した工学実験進捗管理システムの運用と評価” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 108, No. 146, pp. 63-66 (2008).
- ③ 竹川真人, 荒川雄介, 加藤和夫, 佐々木 整, 志子田有光: “ウェブアクセスログを利用した工学実験習熟度評価システムの開発” 教育システム情報学会 第 32 回全国大会講演論文集, pp. 52-54 (2007).
- ④ Arimitsu Shikoda, Kazuo Kato, Jun Onagawa, Hitoshi Sasaki: “Development and Evaluation of a Web Based Teaching Support System for Practical Engineering Experiment Class” E-Learn Conference 2008, Las Vegas, Nevada, USA, November, 17-21 (2008)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

(平成 19 年度)

志子田有光 (SHIKODA ARIMITSU)

東北学院大学 工学部電子工学科・准教授

研究者番号: 00215972

(平成 20 年度)

加藤和夫 (KATO KAZUO)

東北学院大学 工学部電子工学科・准教授

研究者番号: 60416609

### (2) 研究分担者

(平成 19 年度)

加藤和夫 (KATO KAZUO)

東北学院大学 工学部電子工学科・准教授

研究者番号: 60416609

佐々木整 (SASAKI HITOSHI)

拓殖大学 工学部電気工学科・准教授

研究者番号: 80276675

### (3) 連携研究者

(平成 19 年度)

佐々木整 (SASAKI HITOSHI)

拓殖大学 工学部電気工学科・准教授

研究者番号: 80276675