

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：30108

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501143

研究課題名(和文)電気・電子回路学習のための座学・実験・eラーニングによる連携教育システムの開発

研究課題名(英文) Development of a learning system for electrical and electronic circuits using traditional classrooms, experiments, and e-learning

研究代表者

真田 博文 (Sanada, Hirofumi)

北海道科学大学・工学部・教授

研究者番号：80250512

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：座学・実験・eラーニング連携の核となるMoodleについて電気電子回路系授業での利用法を検討した。続いて、HTML5とJavaScriptを用いた回路学習ソフトウェアを開発した。さらに、電気電子回路基礎実験およびマイコンを利用した回路、ネットワーク、プログラミングを関連付けて学習できる教材を開発した。教材を実際に授業で利用し、その効果をについて評価を行った。また、関連する科目をMoodleを利用して行い、教材の体系化を進めた。結果として電気電子回路分野の教育にIT支援型のアプローチを可能とするための基本的成果が得られた。この成果をもとにさらに教材コンテンツの充実と体系化を進める必要がある。

研究成果の概要(英文)：Moodle is an open-source learning platform that brings together traditional classrooms, experiments, and e-learning. In this research, we first investigated how we could use Moodle in classes related to electrical and electronic circuits. Next, we developed software for simulating circuits with HTML5 and JavaScript as well as educational resources that allow students to learn using personal computers and basic experiments on electrical and electronic circuits in conjunction with circuits, networks, and programming. We then evaluated the results of introducing these teaching materials to an actual class. Finally, we proceeded to standardize our teaching materials to allow Moodle to be expanded into related subjects. As a result, we were able to make a basic IT-supported approach to education possible in the field of electrical and electronic circuits. We must now build on these results to move towards the completion and standardization of the educational content we have developed.

研究分野：回路システム工学

キーワード：eラーニング 電気回路 電子回路 Moodle マイコン

## 1. 研究開始当初の背景

電気回路・電子回路に関する知識と経験は、電気系、電子系さらには機械系、情報系学科においても共通基盤として身に付けることが期待されている。なぜなら、我々の身の周りにはテレビ、パソコン、携帯電話、ビデオ、時計、エアコンなど数限りない電化製品が存在し、それらは必ず電気・電子回路を内蔵しており、関係する分野のエンジニアとなるためには必須の知識と考えられるためである。また、各種の測定器や実験機器の制御、インターフェイスなどは、電気・電子回路なくしては成り立たないと考えられ、様々な分野を支える重要な技術となっている。

ところで、近年、例えば電気・電子系学科に入学する学生であっても、入学段階では電気・電子回路を学ぶために必要な数学的知識と計算力を持たない場合が見受けられる。また、実際の電気・電子回路に触れた経験は工業高校出身者など一部を除いては皆無に等しい。このような学生に対しては、入学後、早い段階から継続的に「数学的知識の習得・活用」「電気・電子回路理論に関する知識の習得・活用」「学習した知識を利用した実験」など、数多くの学習・実験カリキュラムを準備し、限られた時間内で効率的に実行する必要がある。

このような状況に対応するために、座学や実験科目の内容の充実と自学自習を援助する方策が必要である。また、座学・実験科目・自学自習の連携を緊密にして、「学び、試し、身に付ける」過程を何度でも繰り返せる環境が必要である。申請者は、所属機関において電気回路系科目を担当しており、これまでも、電気回路の仕組みについて視覚的理解を助けるためのソフトウェアの開発、計算力強化のための反復計算演習、コンピュータ援用学習による理解度把握と個別指導の試みなどを行ってきた。しかしながら、教育内容の更なる充実の必要性、課題採点や自学自習状況の確認効率化、多くの学生を相手にどのように細やかな指導を実現するか、などいくつかの問題を抱えており、これを解決するために近年発達した著しい IT をより積極的に活用するための計画を推進する必要性を感じた。

## 2. 研究の目的

1. で述べた背景の下、本研究では、電気回路・電子回路分野を対象とした、座学・実験・e-ラーニング連携型教育教材の開発を目的とした。この目的を達成するために、(1) 電気・電子回路学習用シミュレーションソフトウェア開発、(2) 実験で利用する電気・電子回路学習教材の開発、(3) モバイル端末を利用した自学自習支援システムの開発、(4) コンテンツマネージメントシステムとして Moodle を利用した教材体系化を行うことを計画した。

具体的には、研究期間に上記(1)～(4)に

関して以下の実現を目指した。

### (1) 電気・電子回路学習用シミュレーションソフトウェア開発

電気・電子回路学習で利用するシミュレーションソフトウェアの開発を行う。シミュレーションソフトウェアとしては、既存の SPICE ベースのソフトウェアを利用することも考えられるが、その操作方法は初学者に理解しやすいとは言えない。本研究では、学生が中学時代、高校時代から親しんでいると考えられる表計算ソフトウェアを用いて、座学のカリキュラムに沿った学習用シミュレーションソフトウェアを作成する。表計算ソフトウェアを用いることにより、シミュレーションの前処理、後処理を容易に行えるので、その特徴を活かし、操作が簡便で視覚的に学習内容・シミュレーション結果を理解できるソフトウェアの実現を目指す。

### (2) 実験で利用する電気・電子回路学習教材の開発

電圧、電流などは目に見えないので、電気回路・電子回路の動作は座学での学習だけではなかなか理解できない。そのために学んだ知識を活用し、手で触れて動かして理解するための実験教材を開発する。まず、電気回路・電子回路の基本動作を理解するための基礎実験を行う指導用テキストとキットの開発を行う。更に、基本素子が組み合わさってできているマイコンボードを利用した学習を行うための指導用テキストとキットの開発を行う。

### (3) タブレット端末と Moodle を利用した自学自習支援システムの開発

学習した内容を自分自身の知識として定着させるためには、自学自習を中心とした反復学習が必要である。しかしながらこの時、学生が学習上の困難に遭遇すると、理解の不足や学習意欲の低下・喪失につながる恐れがある。そこで、必要なときに教員やティーチングアシスタントとコンタクトできる環境を、学生にタブレット端末を所有させることで実現する。ラーニングマネージメントシステム(LMS)として世界中で実績のある Moodle を利用し、必要な情報共有を教員と学生の間で行えるようにする。タブレット端末には高解像度のカメラが内蔵されているので、計算過程に関する質問なども、手書きの答案を撮影してサーバにアップロードすることにより可能となる。また、Moodle を数式処理システムと連携し、回路計算に必要な計算問題の反復訓練を行える環境を実現する。

### (4) LMS として Moodle を利用した教材体系化

既に述べたように、本研究では LMS として Moodle を利用する Moodle を中心として、座学、実験、自学自習を連携させ、全体として一つの教材・学習過程として体系化を行う。

構築した連携学習支援環境を利用し、実際に電気・電子回路教育を行う。その結果をフィードバックして、ソフトウェア、LMS、教材の改善を進める。

電気回路・電子回路分野の教育に関しては、多くの教育者によって様々な努力が行われている。しかしながら、座学・実験・自学自習の支援を、LMS を中心として連携させて行うという観点からの試みは申請者の知る限り多くはない。それは、電気・電子回路分野が e-ラーニング的学習に必ずしも適した分野ではないことが理由の一つであったと考えられる。本研究では、電気・電子回路学習用シミュレーションソフトウェアの開発並びに実験教材の充実、数式処理システムと LMS を利用した計算力向上のための e-ラーニング教材の開発、タブレット端末と LMS による自学自習支援システム開発を行い、電気回路・電子回路分野の教育に IT 支援型のアプローチを可能とする点に特色がある。

本研究によって構築される連携学習支援環境の有効性が示されれば、他の高等教育機関においても同様のアプローチを取ることにより、日本における該当分野の学生のレベル向上に寄与するものと考えられる。また、従来、IT 活用が必ずしも適していないと考えられていた分野において、どのようなアプローチが可能であるのかを指し示す指標となると考えられる。

### 3. 研究の方法

学習支援システムとして Moodle を利用し、電気・電子回路分野の授業、実験、自学自習の体系化を行うために必要なコンテンツを開発する。平成 24 年度は、主として (A) Moodle 環境の構築、(B) 学習用シミュレーションソフトウェアの開発、(C) 実験で利用する電気・電子回路学習教材の開発を行う。平成 25 年度から実際の授業における利用を本格化し、その結果をフィードバックしながら学習支援環境や教材の追加開発、改良を行う。また、平成 24 年度に予備的な検討を行った後、平成 25 年度に、(D) タブレット端末を利用した自学自習支援システムの運用に関して実験を行う。(A) ~ (D) の結果を踏まえ、最終年度に Moodle 上での教材体系化を完了し、運用実験並びにソフトウェアや教材の改良を行って計画を完了する。

#### (A) Moodle 環境の構築

LMS として利用する Moodle 環境の準備を行う。最大で 150 人程度の同時利用が可能な処理能力とし、サーバ障害に強い構成とするためメインサーバ及びバックアップサーバの 2 台態勢で構築する。また数式処理システムである maxima (フリーソフト) との連携を行い、電気・電子回路の学習に適したウェブ型テストを実現可能とする。さらに、もともと PC での利用を前提としたユーザインタ

ーフェイスを持つ Moodle を、スマートフォンサイズを含むタブレット端末から利用しやすいように、必要な追加ソフトウェアの導入やインターフェイスの改造を行う。

#### (B) 学習用シミュレーションソフトウェアの開発

電気・電子回路学習用シミュレーションソフトウェアの開発を行う。開発のベースは Microsoft Excel とし、初学者に扱いやすいソフトウェアとする。例えば、電気回路学習用として、オームの法則、キルヒホッフの法則、交流回路の周波数特性などを回路構造や回路素子値を変更しながらシミュレーションでき、結果が視覚的に表示されるようにする。アナログ電子回路、デジタル電子回路に関しても同様な機能を持ったソフトウェアとする。また、マイコンの基本的動作をシミュレートするソフトウェアも開発する。

#### (C) 実験で利用する電気・電子回路学習教材の開発

座学とシミュレーションで学習した内容を、手で触れて、動かして理解するための学習教材を開発する。回路の動作を確認するための実験は、動作の理解に主眼を置いて、回路素子、ブレッドボード、ジャンパ線を用いて半田付けなしで行う教材とする。更に実態配線図を準備して回路の配線が理解しやすいように工夫をする。また、Arduino と呼ばれるマイコンボードを利用し、組込システム開発を意識した、簡単なプログラミングも含む教材を開発する。

#### (D) タブレット端末を利用した自学自習支援システムの運用

タブレット端末を利用した自学自習支援システムについて検討を進める。学生がモバイル端末を利用して課題の提出やウェブ型テストへの解答を行えるようにする。この際、Moodle が数式処理ソフトウェアと連携することにより、電気・電子回路分野により適したテストや課題を行うことを可能とする。また、タブレット端末に内蔵されたカメラを利用して、手書きの解答を提出できるようにし、計算力の強化を狙った課題の提出・採点が効率的にできる仕組みを構築する。

#### (E) Moodle 上での教材体系化と運用実験

ここまでの成果を利用し、Moodle 上で教材の体系化を行う。教材のレベルを考慮した学習順序の決定を行い、予備的運用実験を経た後、実際の授業での利用を行う。

#### (F) 学習用シミュレーションソフトウェアの改良

開発したシミュレーションソフトウェアを実際に授業で利用し、機能や使い勝手、理解の助けとなったかなど学生にアンケートをとり、その結果をもとにしてソフトウ

ウェアの改良や新たなソフトウェアの追加開発を行う。

#### (G) 電気電子回路実験教材を用いた実験の実施と改良

開発した実験教材を実際に授業で利用し、機能や使い勝手、理解の助けになったかなど学生にアンケートをとり、その結果を基にして実験内容の修正・変更・追加・削除などを行う。

#### 4. 研究成果

(1) Moodle 環境の構築と動作運用試験を行った。Moodle は研究段階で最新であった Ver.2.3 を用いた。Ver.2.3 の Moodle では、PC、大画面タブレットでの利用の他、小型タブレット、スマートフォンでの利用についても対応が可能であることがわかった。続いて電気回路の授業において Moodle を活用するための方法について検討を行った。授業の理解度把握のためのアンケートや小テストとそれらの授業へのフィードバック、予習復習支援のための授業動画・追加解説動画の提供、HTML5 を利用した電子教材の開発、モバイル端末のカメラを利用した手書き解答の電子化、学習状況の蓄積と活用について提案・検討した。提案・検討した方法は、教員が Moodle の機能を利用して個人レベルで実行可能であり、より充実した授業を効率的に行うために有用となることを示した。これらの成果は主として雑誌論文(3)で発表している。また、研究期間終了後も Moodle を利用した電気・電子回路系科目の授業を継続し、授業方法等についてさらに改良を進めている。

(2) IT に携わる技術者を目指す学生にとって、ソフトウェア、ハードウェア、ネットワーク、プログラミングの各分野をバランスよく学ぶことが重要である。そのため、これらの4分野を関連付けて学ぶことができる教材を開発し、実際に1年生向け授業で利用した。教材は、マイコンボードである Arduino を中心として構成し、プログラミングの基礎からセンサネットワークの構成、サーバ構築とネットワークを学べる内容とした。この教材で学習した結果、各分野をバランスよく学ぶことの必要性の認識度、今後の学習を進めていく上での動機付けに関し、向上が見られた。これらの成果は主として雑誌論文(1)、学会発表(5)、(6)、(7)で発表している。

#### (3) シミュレーションソフトウェアの開発

電気回路などの回路系科目を学ぶ場合、テキストに記載された数式や図表のみだけでなく、仮想実験を行い、現象を観察しながら学習を進めることができれば理解に役立つと考えられる。従来から様々な工学分野でコンピュータ支援型学習が試みられているが、学生にとって PC やタブレット端末の所有が一般的になり、高等教育分野でのそれらの利

著者らのこれまでの教育経験から、学生たちは単体のテーマを扱うことの多い「実験」「演習」と、それまでに学んだ知識と技術を総合的に利用する必要のある PBL や卒業研究などの間の難易度の差に戸惑ってしまうことが多いと感じられた。そのため両者の中間的な性格を持つ実験・演習を充実させ 1)-3)、各学生のレベルに合わせて段階的に学習を進められる環境を整備する必要があると考えた。本研究では情報系学科の学生を対象に、センサネットワーク構築を題材とし、サーバネットワーク、プログラミング、センサ、マイコン等、それまでに学習した知識と技術を活用して要求されたシステムの試作を迅速に行うシステム開発演習を計画し実践した。

(4) 研究者のこれまでの教育経験から、学生たちは単体のテーマを扱うことの多い「実験」「演習」と、それまでに学んだ知識と技術を総合的に利用する必要のある PBL や卒業研究などの間の難易度の差に戸惑ってしまうことが多いと感じられた。そのため両者の中間的な性格を持つ実験・演習を充実させ、各学生のレベルに合わせて段階的に学習を進められる環境を整備する必要があると考えた。本研究では情報系学科の学生を対象に、センサネットワーク構築を題材とし、サーバネットワーク、プログラミング、センサ、マイコン等、それまでに学習した知識と技術を活用して要求されたシステムの試作を迅速に行うシステム開発演習を計画し、本学情報系学科3年生を対象に実践した。その結果、学生による授業評価アンケートでは、「新しい知識や技術の習得」、「視野の広がり」、「総合的満足度」で高い評価を得た。また、多様なレベルの学生に対応するきめ細やかな学習コンテンツとそれを利用する学習支援環境の整備が必要と感じられ、今後の課題となった。これらの成果は主として学会発表(1)、(2)、(8)で発表している。また、研究終了後も継続して教材の開発を行っている。

#### 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 3件)

- (1) 真田博文、松崎博季、竹沢恵、上野健治  
“マイコンボードを利用した情報系学生のための ICT 入門教育”、「工学教育」、日本工学教育協会、vol.63, no.2, pp.22-27, (2015.3)、査読有
- (2) 真田博文、福田一輝、松崎博季、三田村保、“HTML5 と JavaScript を用いた電気回路仮想実験環境の構築”、教育システム情報学会、JSiSE Research Report, vol.28, no.6, pp.135-138 (2014.3) 査読無
- (3) 真田博文、竹沢恵、松崎博季、三田村保、“電気回路の授業における学習支援システムの積極的活用に関する一検

討” ,教育システム情報学会, JSiSE  
Research Report, vol.27, no.6,  
pp.211-216 (2013.3), 査読無

〔学会発表〕(計 9件)

- (1)干川温, 田川理也, 松崎博季, 真田博文,  
“センサネットワークを題材としたシス  
テム開発演習”,平成26年度 IEICE 北  
海道支部学生会 インターネットシンポ  
ジウム,111-6,インターネット上での発  
表,2015/2/9-2015/2/17
- (2)杉谷涼一, 棕木嵐, 松崎博季, 真田博  
文,“NUI を用いた家電制御デモンスト  
レーション環境の構築”,平成26年度  
IEICE 北海道支部学生会 インターネッ  
トシンポジウム,111-7,インターネット  
上での発表,2015/2/9-2015/2/17
- (3)真田博文, 松崎 博季, 竹沢 恵, 上野 健  
治,“HTML5 を用いた電気回路仮想実験ソ  
フトウェア”,平成26年度工学教育研  
究講演会講演論文集,2B22, pp.204-205,  
広島大学工学部(東広島市),  
2014/8/28-8/30
- (4)福田一輝, 真田博文, 竹沢恵, 松崎博季,  
“HTML5 とJavaScript による FDTD シミュ  
レーション”,PC カンファレンス北海道  
2013 分科会,A-4, 北海道工業大学(札幌  
市),2013/11/3-2013/11/4
- (5)松崎 博季, 真田博文,“エフェクター  
「ディストーション」を用いた高大連携  
授業”,平成25年度 電気・情報関係学  
会 北海道支部連合大会,155,室蘭工業  
大学(室蘭市),2013/10/19-2013/10/20
- (6)松崎 博季, 真田 博文,“エレキギターと  
アナログ・エフェクターを用いた高大連  
携授業における音響教育”,平成25年度  
工学教育研究講演会 講演論文集 4-231,  
新潟大学(新潟市),2013/8/29-2013/8/31
- (7)真田 博文,松崎 博季,竹沢 恵,上野 健  
治,“Arduino を利用した情報系学生向け  
ICT 入門教育の試み”,平成25年度 工  
学教育研究講演会 講演論文集 5-226,  
新潟大学(新潟市),2013/8/29-2013/8/31
- (8)齋藤 一生, 真田博文, 竹沢 恵, 松崎博  
季,“Kinect センサを用いた腕差し方向認  
識と簡易インテリジェントルームの構  
築”,平成24年度電子情報通信学会北海  
道支部学生会 インターネットシンポジ  
ウム,105-8,インターネット上での発表,  
2014/2/12-2014/2/18
- (9)真田博文, 三田村保, 太田佳樹, 岡崎哲  
夫,“北海道工業大学における ICT 活用の  
試み”,平成24年度工学教育研究講演  
会講演論文集 1-106,日本工学教育協会,  
芝浦工業大学(東京都),  
2012/8/22-2012/8/24

〔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〕

<http://labs.hus.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

真田 博文(HIROFUMI SANADA)  
北海道科学大学・工学部・情報工学科・教  
授, 研究者番号:80250512

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし