

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 15 日現在

機関番号：31302

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500951

研究課題名（和文） 多人数教育に特化した組込み装置開発教育支援システムの時系列解析に関する研究

研究課題名（英文） A study of time-series log analysis on embedded computer programming teaching support system specialized for practical student experiment

研究代表者

志子田 有光 (SHIKODA ARIMITSU)

東北学院大学 工学部 准教授

研究者番号：00215972

研究成果の概要（和文）：

本研究では多人数を対象とした組込みソフトウェア開発教育に特化した教育支援システムの開発を行った。このシステムは、100名を超える学習者を対象としてネットワークで共有したユニークな組み込み教材を用い、そのプログラミングにおけるコンパイラの実行ログをサーバにおける時系列解析による教材評価を行う。また、多様なネットワーク共有教材を開発するとともに、大学の教育現場に実践導入し、評価を行った。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we developed a teaching support system for embedded programming class utilizing shared teaching materials by a network. This system enables to collect and analyze logs from a compiler to evaluate teaching materials in time sequence. Furthermore, several embedded teaching materials are developed and practically introduced in university education.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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：e-ラーニング、時系列解析、実技教育支援システム

## 1. 研究開始当初の背景

我々はこれまで、少人数の指導者で、100名を超える多人数を対象とした実技教育を行う際の教育支援システムを開発することであり、新たな実技教材を開発し、評価する方法について検討を行ってきた。特に電気・電子工学の基礎技術を学ぶ学生実験は、授業で学んだ理論を実験で確認する上でも重要な象徴的な科目である。しかし近年、大学に

おいても電気電子系離れが顕著となる上、学生の多様化も著しくなり、従来多く採用されてきた共同作業を行うようなグループ型の実習では十分な学習環境を提供することが困難となってきた。これを改善するためには、実技を伴う実習を一人ひとりが個別に行う実験方式に変更し、個々の要求に応える必要がある。また複雑な実習を支援するため、従来

の紙面による指導書では困難であったより詳細な図（イラスト）や確認問題機能などを実装した web 型実験指導書を導入し、さらにそのアクセスログを解析することで、学習の進捗状況を確認する手法についても検討を行ってきた。

一方、実技を伴う授業として、マイコンボードなどを用いた組み込みプログラミング実習は実践的導入が多く報告されている。しかし、入出力の乏しいマイコンボード教材は単調であるため、学習意欲を維持するために、駆動部を実装する、より複雑な教材を開発実装することが望ましい。しかし、多人数教育においてこのような教材を十分な個数準備することは難しいため、教材のネットワークによる共有はひとつの解決策として挙げられる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は主に以下の3点である。はじめに100名以上を対象とした組み込み学習支援システムと閲覧用教材をOSS (Open Source Software) ベースで開発する。次に、多様な組み込み装置開発教育用教材を開発すると同時に、ネットワークを介した教材共有によるプログラムの開発と学習者が作成したプログラムが仕様適合するかを自動評価システムを開発する。最後に、コンパイルエラーなどのログの時系列解析を視覚化するための手法を検討し、その結果から教材そのものの評価も行うための基礎データを得る手法を検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 学習支援システムの構築と評価

128名を対象とした組み込み学習支援システムを構築する。従来の電子工学実験系教材に加え、組み込み開発環境を整備する。これらは汎用性と普及を考慮し、オープンソースソフトウェア (Ubuntu Linux) をベースに起動する。また、災害時の復旧作業の経験から、安価で容易な再構築が可能である方式を採用する。

### (2) web 型教材の評価法の検討

母集団（学習者の学年、年度）の異なる学習者に対し、web 型教材の閲覧状況を分析することで、教材が学習者の行動に与える影響について分析を行う。これを踏まえ、組み込み開発指導用 web 型教材（実験指導書）を開発する。

### (3) ログ収集・解析システムの開発と評価 コンパイル時のログをサーバに収集・保

存・解析するためのシステムを開発する。

### (4) 組み込み教材の開発と評価

学習用オリジナルマイコンボードに加え、鹿威し（ししおどし）、水ポンプローターエンコーダ、ソレノイドエンジン、水天秤などの駆動系を持つ、ユニークでやや複雑な教材開発を行う。また、一部教材のネットワーク共有化及び自動評価システムなどの開発を行う。

## 4. 研究成果

### (1) 学習支援システムの構築と評価

図1に学習支援システム及び演習の実践風景を示す。個人ブースには各種実験装置の他、オリジナルマイコンボードやプログラミング用クライアントPCが実装されている。クライアントPCに実装された教育支援システムはUbuntu (Linux) のisoイメージから起動する方式を採用しており、DVDから起動するか、サーバからisoイメージを配信することで容易に全クライアントPCの更新や復旧が可能となる。これらのシステムはすべてOSS（オープンソースソフトウェア）で開発されている。サーバはシステムの更新に用いられる他、web型教材の配信、コンパイルログの収集分析などを行うために用いられる。



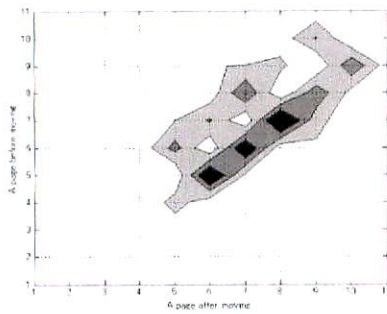
図1 学習支援システム全景

本システムはisoイメージをHDDから起動するため、学習者の安易な再起動やリセットに対し、故障の少ない安定したシステムを実現した。また、3度に渡るバージョンアップ作業も極めて短時間で実現可能であった。

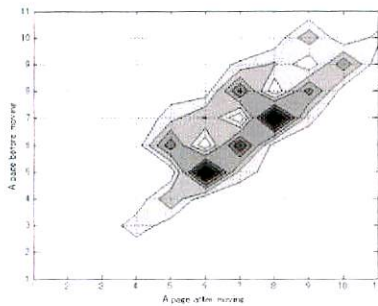
### (2) web 型教材の評価法の検討

組み込み教材の開発を行うため、web型実験手順書が学習者の行動に与える影響について、年度が異なる母集団を対象に評価を行った。これによると、実験指導書が同一の場合、学習者の閲覧行動（ページ間移動）は母集団が異なってもほぼ同じ傾向を示すことが確認された（図2）。このような分析は紙面による実験指導書では確認が困難な情報であり、web

型実験指導書の優位性を示すものであると考えられる。



(a) 平成20年度



(b) 平成21年

図2 異なる母集団のページ移動比較

このことから、組み込み教材においても同様の手法で教材開発を行った(図3)。

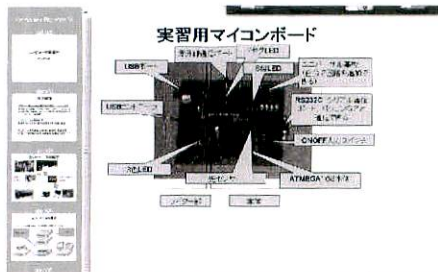


図3 組み込み開発用web型教材例

(3) ログ収集・解析システムの開発と評価  
コンパイルログ収集システムの概念図を図4に示す。

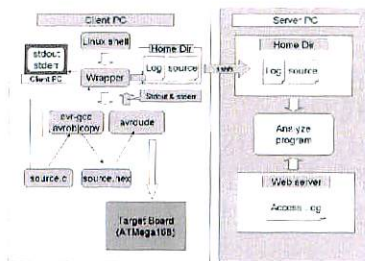


図4 コンパイルログ収集システム概念図

学習者がクライアントPCにおいてコンパイルやプログラムの転送命令を実行すると、wrapperが各コマンドを仲介して実行すると同時に、出力されるコンパイルログやエラーログをSSH経由でサーバに保存する。

図5の結果はコンパイル数とエラー発生数の比をとったものである。この結果から、時間とともに初期に高い値を示したエラー発生率が後半で比較的減少していることが確認できる。より詳細な解析を行うためには、分析目的に合わせた教材(課題)が必要であり、多年度に及ぶ実証実験を行う必要があると考えられる。

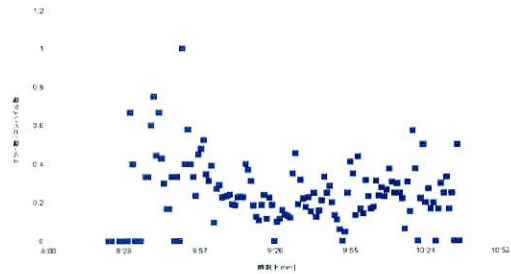


図5 ログの時系列解析結果例

(4) 組み込み教材の開発と評価

本研究において開発した組み込み教材の例を図2に示す(a:ソレノイドエンジン、b:水ポンプロータリエンコーダ、c:水天秤)。

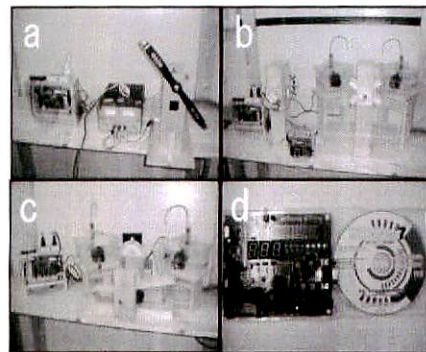


図6 組み込み教材例

この教材はすべて図6(d)に示すオリジナルマイコンボードで動作する(ATmega168を実装)。ネットワークによって共有したモデル(鹿威し)を図7及び8に示す。

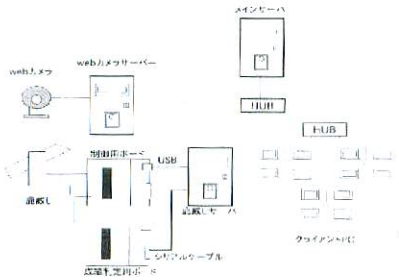


図7 組み込み教材のネットワーク共有

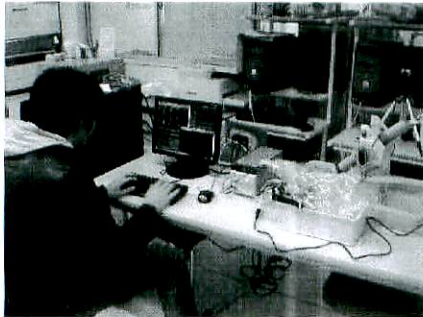


図8 プログラム評価サーバ



図9 配信される採点結果と動画

各クライアントにおいて開発されたプログラムはコンパイル確認後にサーバに転送される。転送されたサーバはキューに入り順に組み込み教材に実装される。組み込み教材評価サーバは組み込み教材の動作状態（動作回数や実行時間など）を評価し、与えられた条件により近いものから順位付けを行い、その動作状況と順位などを各クライアントに配信する（図9）。本システムにより、より複雑な教材を多数の学習者で共有することが可能となった。また、順位付けなどを行うことは開発意欲を向上させる効果が望めると考えられる。

### 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5件）

①遠藤拓海、熊谷薫、加藤和夫、志子田有光、

佐々木整、実験手順書配信サーバにおけるウェブアクセスの視覚化に関する研究、（査読なし）、信学技報、109(335)、127-130、2009

②熊谷薫、遠藤拓海、加藤和夫、志子田有光、佐々木整、学生実験におけるウェブベースの教材のためのログ分析技術に関する研究、（査読なし）、信学技報、109(193)、19-22、2009

③Arimitsu Shikoda, Kazuo Kato and Hitoshi Sasaki, A Click Stream Visualization Technique for Page Relevance Analysis on a Fully Illustrated Teaching Material Distribution System, INFORMATION AND SYSTEMS IN EDUCATION, Vol18, No.1 2009（査読有り）

〔学会発表〕（計6件）

①相澤和浩、加藤和夫、千葉哲治、佐々木整、志子田有光、多人数教育のためのネットワークを用いたビット制御学習教材の共有システムの開発と評価、電子情報通信学会教育工学研究会、2011年3月、徳島大学、147-150

②北村健太郎、加藤和夫、小野孝、佐々木整、志子田有光、オープンソースソフトウェアを用いた組み込みシステム学習教材の開発と評価、電子情報通信学会教育工学研究会、2011年3月、徳島大学、143-146

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

志子田 有光 (SHIKODA ARIMITSU)

東北学院大学 工学部 准教授

研究者番号：00215972

(2) 研究分担者

加藤 和夫 (KATO KAZUO)

東北学院大学 工学部 准教授

研究者番号：60416609