

## 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 25 年 5 月 13 日現在

機関番号：32638  
 研究種目：基盤研究(C)  
 研究期間：平成 22 年度 ～ 平成 24 年度  
 課題番号：22500936  
 研究課題名(和文) ロボットを用いた組込みシステム学習支援環境における教材開発システムの研究  
 研究課題名(英文) Research on a Material Development System for Embedded System Learning Environment using Robot  
 研究代表者  
 早川 栄一 (EIICHI HAYAKAWA)  
 拓殖大学・工学部・教授  
 研究者番号：40262240

## 研究成果の概要(和文)：

本研究は、ロボットなどの制御教材を扱う組込みシステム学習支援環境において、可視化を中心とした教材開発および配信のシステムに関する研究である。本研究の目的は、高校生・大学生を対象とした組込みシステムの学習支援環境において不足している教材の開発、管理を支援する環境およびその上で動作する教材の開発を行うことである。研究の成果としては、ロボットなどの組込みシステムで用いられる Android を対象として、管理が容易なブラウザベースの可視化環境を構築したこと、および動作を把握するためのロギング環境を構築したこと、配信のためのクラウド管理機構の構築を行った。教材としてはスケジューリングに関するコードおよびセットの提供、さらにゲームによる動作概念の理解支援を行った。

## 研究成果の概要(英文)：

This research is about a teaching material development and delivering system for embedded system learning environment with control devices. The objective of the research is building the environment to support and manage materials that is insufficient in the learning environment for high school or university students. The results of the research are following: (1) building the browser based visualizing environment to easily manage the materials for Android, (2) building the logging environment to grasp the system behavior, (3) development of the cloud management system to deliver materials to the classroom. Process scheduling models and mechanism, game systems to learn the scheduling concepts are developed as learning materials.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 22 年度	800,000	240,000	1,040,000
平成 23 年度	600,000	180,000	780,000
平成 24 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：組込みシステム，可視化環境，情報教育，ロボット，オペレーティングシステム，

## クラウドシステム, Android, 組込み OS

### 1. 研究開始当初の背景

近年の産業界, 教育界における「ものづくり」の重視により, 学校の技術家庭における制御・組込み科目の導入や, 高等学校におけるロボットを用いた組込み教材の導入, 工業高校などにおけるロボット制御のコンテスト, さらに大学においては組込みシステムコースの設置, 講義演習におけるロボットや制御システムの導入などが開始されている。

教育現場においても, ロボットでは MYU ロボや各種二足歩行ロボット, ワンボードコンピュータ類, Mindstorms (京都大学, Afrel 他), SunSPOT (Sun, 九工大), 開発環境としては Dolittle (兼宗), Robotics Studio (マイクロソフト), またイベントとしても MDD チャレンジ, ET ロボコンなど各種イベントが開催されている。

申請者も, ロボット教材を用いた可視化による組込みシステム学習支援環境である「港」システムの開発評価, ロボットおよび可視化の有効性を明らかにしてきた。これは, 組込みシステムで特に問題となる, ソフトウェアの動作と各種デバイス, ロボット動作との連動を理解しやすくするための, 動画を用いた可視化環境の提供を行っている。実際に, 大学および工業高校において講義演習で運用評価を行い, 学生の理解度の向上に有効であるという結果を得ている。

その一方で, この評価実験を通して, 組込みシステムの学習支援環境をより多くの教育機関で用いる場合には, 次の問題があることが分かった。

- (1) 固定化された学習支援環境では, 実際の教育現場では利用が難しいこと。
- (2) 学習者・教授者双方により使いやすいユーザインタフェースが必要であること。
- (3) 教材管理が行いやすいソフトウェア構成であること。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は, 高校生・大学生を対象として, 組込み・制御システム概念, 実装の学習を支援する教育環境における, 教授者による容易なカスタマイズや運用が可能な機構, およびそのためのユーザインタフェース(UI)についての研究である。特に, ロボットや可視化を用いた教育環境において, 多忙な教員・教授者が, 各自で容易に授業の進捗に合わせた組込みシステム学習教材を開発するための機構および UI の構築法について, 開発および評価を通して明らかにしていく。

### 3. 研究の方法

本研究では, 申請期間の3年間を, 次の3つのフェーズに分割して行う。

フェーズ I : 現状の学習支援環境の見直しと, UI プロトタイプ作成

フェーズ II : プロトタイプシステムの評価と UI についてのフィードバック. 教室内クラウドシステムの試作

フェーズ III : 評価結果および試作を元にしたシステムの再構築・評価と公開に向けてのリファインメント

また, これまで開発したシステムを活かして, それを拡張していく手法を採る。また, 研究協力者として西野洋介 (東京都立八王子桑志高等学校教諭) の協力を仰ぎ, 具体的な問題や事例について検討を行っていく。

### 4. 研究成果

フェーズ I :

#### (1) ツールの実践における評価

まずこれまでに開発したツールの実践評価を行った。具体的には, 工業高校において本システムを実際に用いて, 学習支援環境の評価実験を行い, 有効性を明らかにした。

#### (2) 可視化環境のブラウザ上での再構築

これらの評価で明らかになった, 教材提供の容易な環境を構築するために, 可視化環境をブラウザ上で動作可能にした。具体的には, 従来の Java ベースの環境から, HTML+Javascript ベースの環境に移行した。教材の管理や拡張を容易にするために, jQuery をベースとしたプラグインとして実装を行った。可視化環境としては, プロセスを対象としてプロセスの状態遷移や内部状態を可視化する教材を作成した。さらに, 対象 OS として組込みシステムで用いられつつある Android をターゲットに加え, Android のプロセスの可視化環境を構築した。

#### (3) 仮想マシンによるモニタリング環境の構築

また, 組込みシステムでのハードウェアモニタリングを可能にするために, KVM 仮想マシンベースのログ環境を実現した。

#### (4) クラウドベースでの動作環境基盤の構築

教室において Web ベースの可視化教材を利用可能にするためにクラウドベースの環境構築を行った。システムモニタリングなどの管理機構を構築し, クラウド上での教材提供を容易にする環

境を構築した。

フェーズ II :

(1) Web環境での可視化環境プラットフォームの構築

組込みシステム, 特にOSについて, その動作をWeb環境で可視化を行うツールのプラットフォームを開発した。これは, Javascriptで開発し, ブラウザ上で動作する環境である。これによって, 学習支援教材をインストールすることなく, 学習者が利用することが可能になった。

(2) 組込みAndroidを対象とした低負荷ロギング環境の構築

組込みシステムの基盤として用いられているAndroidを対象として, ロボットなどを制御するマルチタスク環境で重要となるタスクのスケジューリングを低負荷で取得する機構を実装した。これについては, ロギングを支援するサーバを同時に実装し, ログデータの管理を容易にした。

(3) 教材提供用のクラウド環境の構築

これらの提供基盤としてクラウド環境を構築し, その動作状況をモニタリングする環境を開発した。これによって, 実行の監視を教授者や管理者が容易に行うことが可能になった。

(4) ゲームベースのスケジューリング学習教材の構築

学習教材の一環として, ゲームをベースとした教材を試作し, 学習者が興味を失わずに, 組込みシステムの動作を理解できるようにした。

フェーズ III

(1) 組込みシステムで用いられているAndroidや組込みOSを対象としてOSの動作を可視化する環境の構築

Androidのプロセスについて組込みOSから動作情報を, 動作への影響を減らして取得する環境を構築した。また多くの学習者のログを管理するサーバ環境を構築した。また, ログを学習者が容易に把握できるように, ログの可視化ツールキットおよびツールを構築した。これはブラウザベースで動作することで教室内でのセットアップの手間を低減することを可能にした。また, 組込みOSのメモリ管理についても可視化環境の開発を行った。

(2) 教材配信に必要なとなるクラウド環境について容易に管理, 利用かが可能になる環境の

構築

教材配信をスケーラブルに可能とするクラウドサーバ群を容易に管理できる環境を構築した。これは教員の管理負荷を低減するために, 教育向けのハイブリッドクラウド環境を想定し, システムの負荷やエラーを容易にモニタリングできる環境を構築した。

(3) ゲームフィクションを取り入れたブラウザベースのシステム学習環境の構築

OSのスケジューリングを学習者が楽しみながら構築できるように, ブラウザベースのゲームとして開発した。これらはenchant.jsをベースとして, ラウンドロビンおよび優先度スケジューリングおよびリアルタイムスケジューリングについて, ゲームによって, その動作を学ぶことを可能にする環境を構築した。

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) Praween Amontamavut, Eiichi Hayakawa, Separated Linux Process Logging Mechanism for Embedded Systems, Proc. of RTCSA2012, 査読有, Vol.1, 2012, pp.411-414  
DOI: 10.1109/RTCSA.2012.64

(2) Eiichi Hayakawa, Yuuki Nakagawa, Hideharu Ochiai, Masahiko Fuji, Yosuke Nishino, Visualization Framework for Computer System Learning, Lecture Notes in Compute Science, 査読有, Vol. 6764, 2011, 22-26

DOI : 10.1007/978-3-642-21619-0\_3

(3) 西野洋介, 早川栄一, 工業高校におけるロボットを用いた組込みシステム学習支援環境の実践, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.51, No.12, 2010, 2261-2272

[学会発表] (計22件)

(1) 中川裕貴, Praween Amontamavut, 西野洋介, 早川栄一, AndroidにおけるOS可視化環境の開発, 情報処理学会組込みシステム研究会, 2013年3月14日, 対馬市交流センター

(2) 落合秀晴, 早川栄一, クラウドシステム管理のための可視化ツールの開発, 情報処理学会組込みシステム研究会, 2013年3月14日, 対馬市交流センター

(3) 藤正彦, 早川栄一, ブラウザゲームを用いたスケジューリング学習ツールの開発, 情報処理学会全国大会, 2013年3月8日, 東北大学

(4) 金森一真, 茂木高宏, 早川栄一, メモリ管理機構可視化ツールの開発, 情報処理学会全国大会, 2013年3月6日, 東北大学

(5) 茂木高宏, 岩澤京子, 早川栄一, 複数のポリシー/メカニズムを搭載した学習向け組込みOSの実装, JSASS2012, 2012年9月10日, 東京農工大学

(6) 中川裕貴, 早川栄一, AndroidOSにおけるプロセス可視化環境の開発, JSASS2012, 2012年9月10日, 東京農工大学

(7) 落合秀晴, 早川栄一, クラウドシステムにおける管理支援を目的とした可視化ツールの開発, JSASS2012, 2012年9月10日, 東京農工大学

(8) Praween Amontamavut, Eiichi Hayakawa, 組込みシステムを指向した分離Linuxプロセスロギング機構, JSASS2012, 2012年9月10日, 東京農工大学

(9) Praween Amontamavut, Eiichi Hayakawa, 組込みシステムを指向したLinuxプロセスログ取得機構, SWEST14, 2012年8月30日, 岐阜県下呂

(10) 茂木高宏, 早川栄一, 岩澤京子, 複数のポリシー/メカニズムの学習を容易にする組込みOSの実装, SWEST14, 2012年8月30日, 岐阜県下呂

(11) 藤正彦, 早川栄一, ゲームを用いたスケジューリング学習ツールの開発, 情報処理学会全国大会, 2012年3月8日, 名古屋工業大学

(12) 中川裕貴, 早川栄一, 西野洋介, プラウイーン・アモーンタマアウト, AndroidにおけるOS可視化環境の開発, 情報処理学会全国大会, 2012年3月7日, 名古屋工業大学

(13) 落合秀晴, 早川栄一, クラウドシステムにおける管理支援可視化ツールの開発, 情報処理学会全国大会, 2012年3月6日, 名古屋工業大学

(14) Praween Amontamavut, 中川裕貴, 早川栄一, 組込みシステムを指向したLinuxプロセスログ取得機構, 情報処理学会組込みシステム研究会, 2011年11月29日, 立命館大学

(15) Yosuke Nishino, Eiichi Hayakawa, Evaluation of Robot Based Embedded System Study Environment in Technical High School, HCI International 2011, 2011年7月12日, Orlando, Florida

(16) 中川裕貴, 早川栄一, 西野洋介, AndroidにおけるOSプロセス可視化環境の開発, 情報処理学会組込みシステム研究会研究報告, 2011年5月18日, 早稲田大学

(17) 藤正彦, 早川栄一, KVMを用いたオペレーティングシステム学習環境の開発, 情報処理学会全国大会, 2011年3月3日, 東京工業大学

(18) 落合秀晴, 早川栄一, Eucalyptusにおける仮想環境可視化ツールの開発, 情報処理学会全国大会, 2011年3月3日, 東京工業大学

(19) 中川裕貴, 早川栄一, 西野洋介, Androidにおけるプロセス可視化環境の開発, 情報処理学会全国大会, 2011年3月2日, 東京工業大学

(20) 藤正彦, 早川栄一, 学習環境向け仮想マシンマネージャの開発, SWEST12, 2010年9月2日, 愛知県豊橋市

(21) 中川裕貴, 西野洋介, 早川栄一, Android可視化環境の開発, SWEST12, 2010年9月2日, 愛知県豊橋市

(22) 西野洋介, 兼宗進, 早川栄一, 高等学校産業科における3学年同時のドリトルによるプログラミング実習, 情報教育シンポジウム 2010年8月18日, 2010, 渋川市伊香保

[その他]  
ホームページ等  
<http://www.cs.takushoku-u.ac.jp/os/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

早川 栄一 (HAYAKAWA EIICHI)

拓殖大学・工学部・教授

研究者番号: 40262240