

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：平成19年度 ～ 平成21年度
 課題番号：19500822
 研究課題名(和文) ロボット教材を用いた可視化による組込みシステム教育環境の開発と評価
 研究課題名(英文) Development and Evaluation of Visualization based Embedded System Learning Environment Using Robot Materials
 研究代表者
 早川 栄一 (HAYAKAWA EIICHI)
 拓殖大学・工学部・准教授
 研究者番号：40262240

研究成果の概要(和文)：

本研究は、ロボット教材を用いた可視化による組込みシステムの学習教育の開発および評価を行ったものである。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教育環境の開発を行うこと、およびその有効性を評価することである。研究の成果としては、仮想マシンによる安全かつ実用的な学習支援環境の開発を行ったこと、ロボット教材および対応 OS を増やしユーザインタフェースの改良を行ったこと、および工業高校で利用評価を行い、本システムモデルが有効であることを確認したことである。

研究成果の概要(英文)：

This research is development and evaluation of visualization based embedded system learning environment using robot materials. The purpose of this study is to develop a comprehensive education environment to learn from concept to implementation about real-time OS and embedded systems, to evaluate the effectiveness of that environment and to prove the effectiveness of the system model and supporting learning environment based on robot and visualization.

The results of the research are following: (1) development of the secure and practical environment by refactoring and packaging the "Minato" system and implementing virtual machine environment, (2) supporting other robot materials and operating systems, (3) improvement of the user interface, (4) to prove the effectiveness of the system model through the evaluation in technical high school classes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成19年度	900,000	0	900,000
平成20年度	800,000	240,000	1,040,000
平成21年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	450,000	2,850,000

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: 授業学習支援システム, 組込みシステム, 情報教育, 可視化, リアルタイム OS, ロボット教材

1. 研究開始当初の背景

これまで組込みシステムのための教育環境としては多くの研究があり, システムの開発が行われてきた. シミュレータベースのもの(DIRTOS), 評価ボードを中心とした実機ベースのシステム(徳山高専, 雑誌の付録などで添付されているボードベースのもの), Mindstorms を用いたもの (brickOS, 京都大学) などが存在する. また, Robotics の一貫として教育を行うもの (CMU) や, 国内外でのロボットベースのコンテストなども数多く開催されている (RoboCup, ET ロボコン, MDD チャレンジなど). 申請者も演習・実験野中でロボットやシミュレータを用いて教育を行ってきた. しかし, これらの経験から既存のシステムには次の問題があることが明らかとなった.

- (1) 多くの教材が単体のハードウェア, ソフトウェア環境として存在していて, 系統的, 連続的な学習に適していない.
- (2) ロボットを用いた場合, ハードウェアそのものの作成に興味集中しがちで, ソフトウェアが軽視されやすい.
- (3) 可視化教材などの学習支援環境が存在していない.

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, リアルタイム OS や制御プログラミングなどの組込みシステム概念から実装までを, 可視化をベースとしたより理解しやすい学習環境および学習教材の開発を行うこと, さらに, それらを実際の現場で評価することである. これによって, ロボットと可視化に基づく学習環境モデルとそれをサポートするシステムの有効性を明らかにすることである.

3. 研究の方法

研究は次の3フェーズに分けて遂行した.

(1) フェーズ 1

- ・ これまでに開発したツール群を見直し
- ・ 試験評価に必要な環境の開発
- ・ 予備実験に必要な環境の試作

(2) フェーズ 2

- ・ 学習者および教授者が導入しやすい教材環

境の開発

- ・ 仮想マシン環境による安全なシステムトレース環境の提供
- ・ 可視化教材の整備
- ・ 工業高校における評価実験の実施

(3) フェーズ 3 :

- ・ フェーズ 2 での評価実験を元にしたシステムおよび教材の再検討
- ・ 教現場での再評価
- ・ 研究成果の公表
- ・ ドキュメントや教材類の整備

4. 研究成果

各フェーズにおいて, 次の成果を得た.

(1) フェーズ 1

- ・ ツール群の見直しおよび再構成を行い, システムのパッケージ化, および 1CD/1USB 化をして, 導入を容易にした.
- ・ ユーザインタフェースについて再考を行った. 特に, 操作性や画面レイアウトについて, システム全体で一貫した形式を導入して, 学習者の負担を減らした. アンケートベースの利用者評価を行い, 改善した UI の効果を検証した.
- ・ 新しい OS 教材として Nachos を導入した.
- ・ データロギングについてのロボットや基盤への依存性を減らすために, 組込みをターゲットとした分散オブジェクトシステムを開発した.

(2) フェーズ 2

- ・ LEGO Mindstorms NXT をロボット教材として導入した. システム全体を見直して, ロボット依存部分を独立させ, 多様なロボット環境に対応できるようにした.
- ・ 従来のロボット上で動作する仮想マシン環境を提供し, OS の安全な実行およびハードウェアの単純化による学習が容易な環境を導入した.
- ・ 教授者の作成を支援する学習教材を執筆, 提供した. 概念の説明および演習から構成し, 学習環境と連動して動作できるようにした.
- ・ 工業高校において NXT 環境を用いた比較実験を行った. 従来の RoboLab と比較して, 本システムが概念理解に有効であることを実証した.

(3) フェーズ 3

- ・学習者により興味を持ってもらうために、搭乘可能なサイズの学習教材を開発した。
- ・対象 OS に Linux を追加して、より幅広い学習に対応できるようにした。
- ・コードのリファクタリングを行い、システムの拡張性を確保した。
- ・ユーザインタフェースについてさらなる改良を行い、学習者の負荷を減らした。
- ・可視化教材としてファイルシステムを追加した。

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 4 件)

- (1) 早川栄一, 青山誠一, 西野洋介, 「システムソフトウェア教育支援環境「港」のシステムソフトウェア」, 先進的基盤ソフトウェア (JSASS2009), 無, 3 巻 1 号, 2009, pp.155-173
 - (2) Yosuke Nishino, Eiichi Hayakawa, 「Minato: Integrated Visualization Environment for Embedded Systems Learning」, Lecture Notes in Computer Science, 有, Vol.5618, 2009, pp.325-333
 - (3) 青山誠一, 早川栄一, 「組込みシステム学習支援環境を対象とした仮想マシンマネージャの開発」, 組込みシステムシンポジウム論文集, 有, Vol.2008, No.9, 2008, pp.183-190
 - (4) 西野洋介, 青山誠一, 本橋大樹, 早川栄一, 「工業高校におけるロボットによる組込みシステム学習支援環境の実践と一考察」, 情報処理学会・コンピュータと教育研究会情報教育シンポジウム論文集, 有, 2008, No.6, 2008, pp.47-54
 - (5) 早川栄一, 西野洋介, 田中裕樹, 川口貴弘, 幸坂晋, 青山誠一, 「ロボットを用いた組込みオペレーティングシステム学習環境の開発と評価」, 拓殖大学理工学研究報告, 有, Vol.10, No.1, 2007, pp.33-40
- [学会発表] (計 22 件)
- (1) 本橋大樹, 西野洋介, 早川栄一, システム学習支援環境「港」における Linux プロセス可視化環境の開発, 組込みシステムとネットワークに関するワークショップ ETNET2010, 2010/03/19, 八丈島
 - (2) 本橋大樹, 小島勇人, 西野洋介, 早川栄一, システム学習支援環境「港」における Linux の可視化環境の開発, 情報処理学会組込みシステムシンポジウム 2009/10/21, 東京
 - (3) 早川栄一, 組込みシステムのプログラムインタフェース, 夏のプログラミングシンポジウム, 2009/08/31, 那須塩原
 - (4) 西野洋介, 早川栄一, 工業高校におけるロボット組込みシステム学習支援環境の実践, SWEST11, 2009/08/29, 加賀温泉
 - (5) 鈴木政親, 早川栄一, ログ変更履歴を用いた協調型サーバ管理ツールの開発, 情報処理学会第 71 回全国大会, 2009/03/12, 立命館大学
 - (6) 本橋大樹, 青山誠一, 西野洋介, 早川栄一, 計算機システム学習支援環境「港」における OS 可視化ツールの開発, 情報処理学会第 71 回全国大会, 2009/03/12, 立命館大学
 - (7) 小久保勇太, 早川栄一, コンテンツ管理システムにおける柔軟なグループ管理機構の開発, 情報処理学会第 71 回全国大会, 2009/03/11, 立命館大学
 - (8) 田邊伸一郎, 外川大輔, 青山誠一, 西野洋介, 早川栄一, 組込みシステム学習支援環境「港」における LEGO Mindstorms NXT 教材の開発, 情報処理学会第 71 回全国大会, 2009/03/10, 立命館大学
 - (9) 外川大輔, 田邊伸一郎, 青山誠一, 西野洋介, 早川栄一, OS 学習支援教材「港」におけるロボット遠隔操作教材の開発, 情報処理学会第 71 回全国大会, 2009/03/10, 立命館大学
 - (10) 林亮介, 早川栄一, 組込みシステムを指向した構造化モデリング支援システムの開発, 情報処理学会第 71 回全国大会, 2009/03/10, 立命館大学
 - (11) 早川栄一, 高橋丈博, 青嵐健一, 情報系工学科におけるロボットを用いた組込みシステム教育の実践, 情報処理学会コンピュータと教育研究会, 2009/02/20, 電気通信大学
 - (12) 黒井崇史, 早川栄一, 動作記録を用いたスケジューラ切替え機構の開発, 情報処理学会組込みシステム研究会, 2008/11/20, 京都
 - (13) 本橋大樹, 早川栄一, 学習支援環境「港」における Nachos を用いた OS 可視化ツールの開発, 情報処理学会第 70 回全国大会, 2008/03/15, 筑波大学

(14) 青山誠一, 早川栄一, 組込みシステム学習環境を対象とした仮想マシンマネージャの開発, 情報処理学会第 70 回全国大会, 2008/03/15, 筑波大学

(15) 郡司雅彦, 早川栄一, 組込みシステム向け性能監視システムの開発, 情報処理学会第 70 回全国大会, 2008/03/15, 筑波大学

(16) 黒井崇史, 早川栄一, リアルタイムスケジューラ実験基盤を用いた OS の実時間性の向上, 情報処理学会第 70 回全国大会, 2008/03/15, 筑波大学

(17) 坂本祐紀, 早川栄一, OS 学習支援環境「港」の学習教材におけるユーザインタフェースに関する検討, 情報処理学会第 70 回全国大会, 2008/03/14, 筑波大学

(18) 西野洋介, 早川栄一, 他, ロボットによる組込みシステム学習環境の 1CD 化と導入コストに関する一考察, 情報処理学会コンピュータと教育研究会, 2008/02/16, 東京農工大学

(19) 川口貴弘, 早川栄一, 他, ロボットを用いた組込みシステム学習支援環境「港 Ver.R」におけるシミュレータの開発, 情報処理学会コンピュータと教育研究会, 2007/12/08, 那覇市 IT 創造館

(20) 谷田貝純, 早川栄一, 動的再構成可能な組込みシステム向け分散オブジェクトシステムの開発, 情報処理学会組込みシステム研究会, 2007/12/04, 名古屋大学

(21) 青山誠一, 八巻和磨, 早川栄一, 組込みシステムを指向した仮想マシンマネージャの開発, SWEST9, 2007/08/30, 浜松

(22) Eiichi Hayakawa, Yosuke Nishino, et al, Minato: Visualization based e-Learning System for Embedded systems, HCI International 2007 No.97, 2007/07/27, Beijing

[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・准教授

研究者番号: 40262240

