

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 15 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501177

研究課題名(和文)組み込み技術者教育用体験型演習システムの開発

研究課題名(英文)Development of Experience-based Teaching Materials for Embedded System Engineer Education

研究代表者

兵頭 和人 (HYODO, Kazuhito)

神奈川工科大学・創造工学部・教授

研究者番号：10271371

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：様々な分野の知識を融合させてシステムの構築を行う組み込み技術者を育成する教育課程においては体験型実習科目や創成科目が非常に重要である。また、創成科目の効果を高めるためには、座学において実際の機器を用いた体験型演習を行い、創成科目と座学との連携を深める必要がある。

体験型演習を実施するための多様な演習用機材を短期間に構築するための再構成可能な計測・制御システム教材の開発を行った。開発した教材は、無線LAN搭載小型Linuxボードと再構成可能な多目的I/Oボードから構成されており、同一のハードウェアで様々な科目に対応する教材を短期間に構築することを可能とした。

研究成果の概要(英文)：In the education process for training embedded-system engineers, who construct systems by melding knowledge incorporated from various fields, experience-based training and creative research coursework have become extremely valuable.

In order to bring out the creative ingenuity in students, it is necessary to implement experience-based training using actual equipment and devices during classroom lectures as a way to strengthen collaboration between creative coursework and classroom lectures.

We have developed a learning environment for embedded system design. The learning environment consists of a multi-purpose controller and terminal devices. The controller consists of main processor (arm) and a multi-core microprocessor (Propeller). The main processor provides the software development environment. In addition, the Propeller chip provides a reconfigurable peripheral module. This feature is very useful for the development of educational materials.

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：教育工学 教材情報システム 制御工学 高速プロトタイピング

1. 研究開始当初の背景

情報処理推進機構 (IPA) による「組込みスキル標準」の策定及び、組込みシステム技術協会 (JASA) による「組込みソフトウェア技術者試験」の開始に見られるように、組込み技術者の養成は社会的な要請となっている。特に様々な分野の知識を融合させてシステムの構築を行う組み込み技術者を育成する教育課程においては、体験型実習科目や創成科目が非常に重要である。学生の創意工夫を引き出すためには、科目の目的や対象とする学生の年次、修得知識に合わせた教材を開発する必要がある。1年次から4年次までの各年次に学修進捗状況に対して適切な創成型科目が配当されることが理想的であるが、リソース (人的、設備面) の制約から実現が困難である。この状況を補うためには、座学において実際の機器を用いた体験型演習を行い、創成型科目と座学との連携を深める必要がある。

これまでも様々なメカトロニクス教材が開発されてきているが、パーソナルコンピュータ (PC) を利用することが前提のシステムであり、一般教室で行われる座学中の体験型演習には適していない。また、全教室への PC を設置や全学生がノートパソコンを所有することは、コストの問題があるため実現が容易ではない。そのため通常の教室で体験型演習を行うためのシステムを開発する必要がある。

また、「座学において得た知識を定着させ活用する力」を身につけるためには、座学において実際の機器を用いた体験型演習を行うことや自宅での簡易実験を行うことによる自習環境が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、様々な場所 (教室、実験室、自宅) において組み込みシステム演習を行うことを目的とした体験演習システム (教材ハードウェア、ソフトウェア開発環境) の開発を行う。

システムの汎用性を高め、他大学でのシステム構築にかかる労力を軽減するために、教材は携帯端末と再構成可能な周辺回路によって構成し、周辺回路を変更することによって様々な科目に対応可能な教材を実現する。

3. 研究の方法

座学において実際の機器を用いた体験型演習を行うことを可能にするために、パソコン教室や実習室に設置されているような特別な設備を用いることなく、多様な計測・制御実習を実現できる必要がある。

本研究では、まず多様な実習用システムを実現する再構成可能な計測・制御システム教材の開発を行う。次に PC を用いることなく計測・制御に関わる情報処理演習を行うためのプログラミング環境の開発を行う。

受講者 50 名程度の選択科目、受講者 80 名

程度の必修科目での実施試験を通じて、学習効果の評価を行う。

4. 研究成果

座学中の体験型演習を実現するための学習環境は、下記の制約のもと開発を行った。多様な端末 (PC, スマートフォン, 携帯型ゲーム機) から利用可能とする。

端末に標準で備わっている機能のみで実現可能なこと。

演習用システムは再構成可能であること。シリアルポートや USB 等を利用して、端末と演習用システム間の通信を行うシステム構成を選択した場合、利用可能な端末が限定されてしまうため、本システムでは無線通信を採用した。

また、特定のソフトウェアに依存したシステム構成である場合、インストールに伴うトラブルのため座学中の体験型演習が阻害されてしまうため、端末に標準で備わっているソフトウェアをユーザインターフェースとして演習を実施するシステムである必要がある。

これらの条件を満足するために、端末と演習用システムとは無線 LAN を使用して通信を行い、Web ブラウザーをユーザインターフェースとして演習を実施する形態とした。

さらに、再構成可能な演習用システムを開発することにより、同一ハードウェアを用いて多様な演習を実施することが出来ると共に、実施結果を踏まえた修正を迅速に行うことが可能となる。

対応するプラットフォーム及びブラウザを把握するために、下記のアンケート調査を行った。表 1 と表 2 にアンケートの結果を示す。

設問 1: 所有している情報端末は?

(複数回答可)

- (a) ノート PC
- (b) iOS (iPhone, iPod touch, iPad)
- (c) Android
- (d) Nintendo DS
- (e) PlayStation Portable

設問 2: 利用可能なブラウザは?

(複数回答可)

- (a) Internet Explorer
- (b) FireFox
- (c) Safari
- (d) Chrome
- (e) Opera

表 1 設問 1 結果

ノート PC	100%
iOS	38%
Android	30%
Nintendo DS	67%
PlayStation Portable	76%

表2 設問2 結果

ノート PC	100%
Internet Explorer	38%
FireFox	54%
Safari	41%
Chrome	40%
Opera	71%

アンケート結果をふまえ、下記のプラットフォーム及びブラウザへの対応を開発要件として設定した。

(a)プラットフォーム

- note PC (windows , Mac OS)
- iOS (iPhone , iPod touch , iPad)
- Android
- Nintendo DS
- PlayStation Portable

(b)ブラウザ

- Internet Explorer
- FireFox
- Safari , Mobile Safari
- Chrome
- Opera , DSi Browser

また、下記の科目での使用を前提とし、各科目で必要となる機能を選択可能であることを再構成可能な演習用システムの設計要件とした。

(a)メカトロニクス, ロボット工学関連科目

- 用途: コントローラ
- 必要機能: PWM, Enc, A/D

(b)アナログ回路関連科目

- 用途: オシロスコープ, ファンクションジェネレータ
- 必要機能: A/D, D/A

(c) デジタル回路関連科目

- 用途: ロジックアナライザ, パルス・ジェネレータ
- 必要機能: PIO

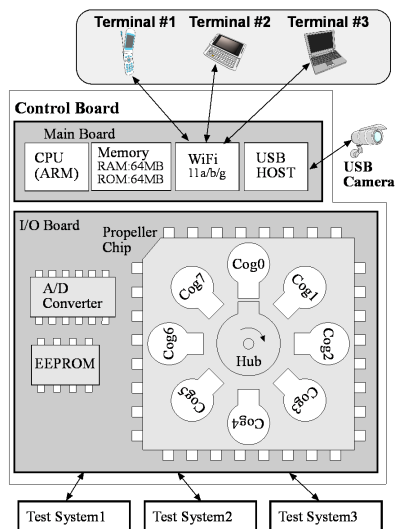


図1 学修環境システム構成

開発した学習環境の構成を図1に、コントロールボードの外観を図2に示す。開発した

学習環境はインターフェース用端末(ノートPC、スマートフォン、携帯型ゲーム機)とコントロールボードから構成される。



図2 コントロールボード外観

コントロールボードは、Linux ボード(Main Board)と再構成可能な多目的I/O ボードから構成されている。

I/O ボードの主要部品である Propeller チップは8個の並列動作する32ビットCPUコア(Cog)と共有リソース(I/O ピン、メモリ)によって構成されており、ソフトウェア(assembler、Spin 言語)によって仮想的な周辺回路(PWM、UART 等)を実現することが可能である。

先に述べた科目における演習を実施するために表3に示す機能モジュールの開発を行った。これらの機能モジュールの組み合わせを変更することにより同一のハードウェアで様々な演習環境を提供する。

表3 機能モジュール

モジュール名	機能
Enc	エンコーダ カウンタ
RC Servo	RC サーボ用 PWM
PWM	PWM 信号生成(2相)
MCP3208	A/D 変換 IC 用 インターフェース
DAC	式 D/A 変換
ICS	シリアルコマンド型 サーボ用インターフェース
UART	シリアル通信
CORDIC	三角関数処理

例えば、エンコーダカウンタ(2ch)とDCモータ用PWM(2ch)を有するシステムを2セット構成することにより、2名の学生に対して2自由度ロボットアームに関する演習環境を提供可能である(図3-(a))。

同様に、シリアルコマンド型サーボ用インターフェース(ICS)を4個、三角関数演算モジュール(CORDIC)を組み込んだ構成にすることにより4足歩行ロボット等を用いた演習環境も提供可能である(図3-(b))。

1枚のボードを使用して複数人の学生が同時に演習を行うことも可能であることから、使用状況に応じて小規模な演習環境から大規模な演習環境までをカバーすることが可

能であり、資産の有効活用にも寄与する。

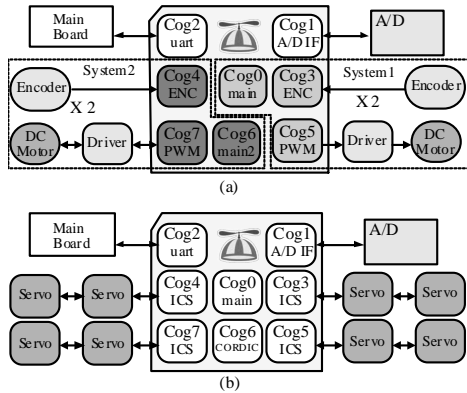


図3 再構成可能な教材の例

端末の機種依存性を低減するため、本学習環境では Web ブラウザをユーザー・インターフェースとして用いる構成とした。また、ソフトウェア開発も含んだ演習を実施するためには言語処理系が必要となるが、本システムではハードウェアアクセス用の機能拡張を行う際の柔軟性の高さから Node.js を採用した。

図4に学習環境のソフトウェア構成、図5に開発環境の外観を示す。本システムでは、Web ブラウザ経由で端末から送信された JavaScript のソースコードをコントロールボード上の Node.js 実行エンジンによりプログラムの実行を行っている。

利用者は、図5のテキスト編集領域内のプログラムの修正を行った後、ソースコードをコントロールボードへ送信し、プログラムの実行を行う。ユーザプログラム中の print 文の出力は図5のテキスト出力領域に表示され、plot 文の出力は同図中のグラフ表示領域にプロットされる。

単純な HTTP 通信では、ブラウザが要求した処理が終了した段階で、サーバからの応答がブラウザに表示される(図6-(a))。この方式では途中経過を利用者が把握することが出来ず、リアルタイム性に欠けるものになってしまう。そのため、本システムでは WebSocket を用いることにより、サーバ側で実行した JavaScript プログラムの実行結果を逐次ブラウザ側で表示する構成としている(図6-(b))。

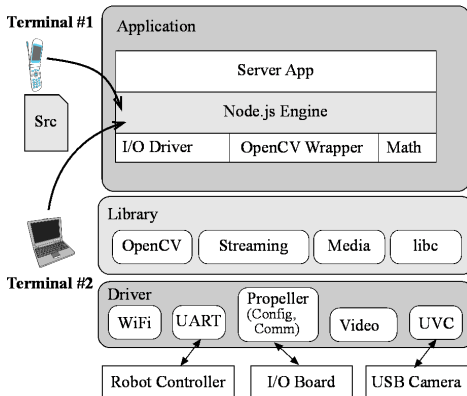


図4 学習環境のソフトウェア構成

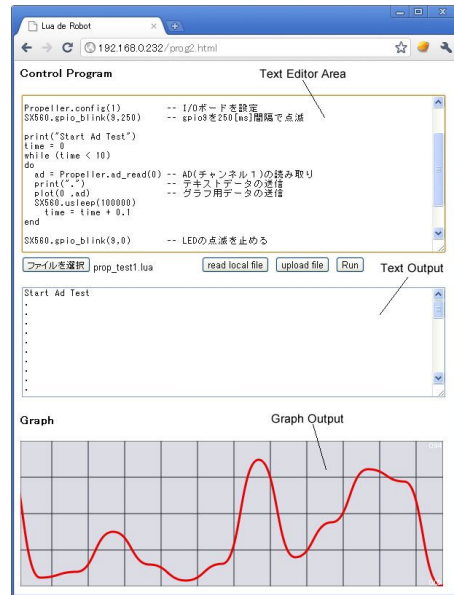


図5 開発環境の外観

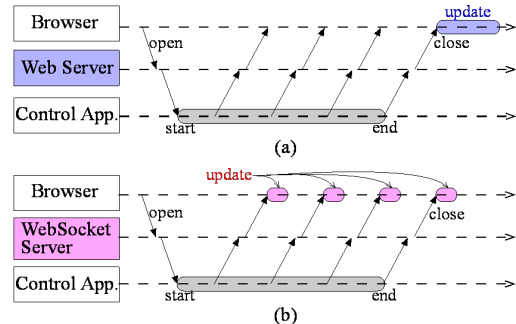
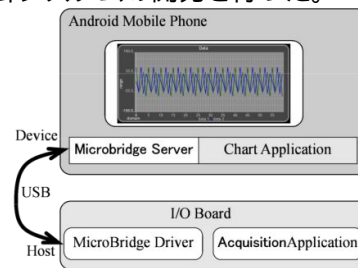


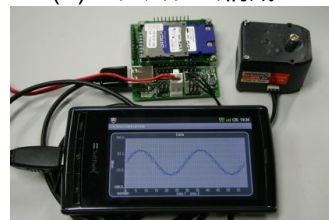
図6 メッセージ転送シーケンス

ブラウザごとに WebSocket の実装状況が異なるため、端末からのハンドシェイク要求時のメッセージを元にブラウザを特定し、ブラウザ自体が WebSocket に対応していない場合は、プラグインを使用することによりブラウザ/サーバ間の通信を実現している。

自宅等で事前/事後学習を行う際には無線 LAN 環境が整っていない場合もある。本システムの活用範囲を拡大するために、簡易計測・制御システムの開発を行った。



(a) システム構成



(b) 外観

図7 簡易計測・制御システム

簡易計測・制御システムは、図 7(a)に示す様に Android 端末とコントロールボードが ADB(Android Debug Bridge)を使用して通信を行うことで、無線 LAN が利用できない環境下での計測・制御演習教材を構成している。

開発した簡易計測・制御システムを用いることにより、自宅等で事前/事後学習においても実際の機器を使用した課題を課すことが可能となった。

教材の評価を行うため、教材を使用した学生(164 名)に対して、以下のアンケートを行った。

設問 1:教材は使いやすいですか？

- (a)とても使いやすい
- (b)やや使いやすい
- (c)普通
- (d)やや使いにくい
- (e)とても使いにくい

設問 2:講義で聞いた内容を実際の装置で

体験してみて、理解度は変わりましたか？

- (a)かなり理解できるようになった
- (b)すこし理解できるようになった
- (c)変わらない
- (d)かえって分からなくなった

集計結果は表 4 と表 5 の通りであった。集計結果より、大半の学生が今回開発したシステムを「使いやすい」と感じ、本学習環境によって「理解が深まった」と感じていることが分かる。

ただし、理解度が深まっていない学生もいることから、演習の内容及び利用マニュアルの改良を行う必要がある。

表 4 設問 1 集計結果

とても使いやすい	44%
やや使いやすい	36%
普通	14%
やや使いにくい	6%
とても使いにくい	0%

表 5 設問 2 集計結果

かなり理解できるようになった	29%
すこし理解できるようになった	49%
変わらない	17%
かえって分からなくなった	5%

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 1 件)

Kazuhiro Hyodo, Hirokazu Noborisaka, and Takashi Yada, Development of Mechatronics Teaching Materials for Embedded System Engineer Education, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.23, No.5, 2011, 611-617, (査読有)

〔学会発表〕(計 4 件)

兵頭和人、登坂博和、矢田孝志、組込技術者教育のためのメカトロニクス教材の開発 (第 2 報)、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 '11、2011 年 5 月

兵頭和人、登坂博和、矢田孝志、ロボット制御システム学習環境の開発 (第 4 報)、第 12 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2011 年 12 月

兵頭和人、登坂博和、矢田孝志、組込技術者教育のためのメカトロニクス教材の開発 (第 3 報)、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 '12、2012 年 5 月

兵頭和人、登坂博和、矢田孝志、ロボット制御システム学習環境の開発 (第 5 報)、第 14 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2013 年 12 月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

兵頭 和人 (HYODO Kazuhito)
神奈川工科大学・創造工学部・教授
研究者番号：10271371

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：