

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 5月15日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500837

研究課題名（和文） オープンウェア活用に向けた工学教育における学習検証のための学生実験の開発

研究課題名（英文） Development of a laboratory experiment checking achievement for engineering education with Open-Ware system design

研究代表者

鈴木 貢 (SUZUKI MITSUGU)

島根大学・総合理工学部・准教授

研究者番号：50272753

研究成果の概要（和文）：

オープンソース資源を活用できる人材の育成を目的とした工学教育における、学習成果の検証のための学生実験の実装を行った。当初はハードウェア、システムソフトウェア、そしてアプリケーションのすべてを網羅する統合的なものを目指したが、学部生のレベルでは実施が難しいことがわかり、その前段階のレベルのものになった。

研究成果の概要（英文）：

We developed a laboratory experiment that checks students' achievement of engineering education that brings up their ability for open-source design. On the start point of this project, we assume that the experiment should integrate hardware, system software, and applications. But our preliminary investigation showed that in the level of under-graduated students, such experiment would be too hard for them, and we changed the level of the experiment to be basic.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2009年度 | 2,100,000 | 630,000 | 2,730,000 |
| 2010年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2011年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,600,000 | 1,080,000 | 4,680,000 |

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，科学教育

キーワード：工学教育

1. 研究開始当初の背景

新規技術の開発や有料ライセンスを主軸に置いた従前の製品開発のスタイルに代わって、産業界においてはオープンソース資源の活用が一般化してきた。この潮流は映像機器から情報通信機器に至る、我が国のお家芸的な製品に波及しており、特に電気機器産業を支える重要な柱となっている。その理由は、オープンソース資源の活用により、製品の高度化や開発コスト

の大幅な削減が可能になるためである。

一方で、我が国における産業の空洞化は解消しなければならない問題の一つであり、大学における工学教育にもその責任の一端があるといえる。従前の工学教育におけるゴールは基本動作原理を理解させることであり、多面的な知識を総動員してある程度の複雑さを有するシステムを構成するといった教育は、卒業研究や就職後のOJT(On the Job Training)に任されていた。学

習の度合いを検証するための学生実験も、個々の項目について個別に検証する内容に留まっていることが多かった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ハードウェア開発におけるオープン IP (Intellectual Property) から、ソフトウェア開発におけるオープンソースソフトウェアを含む公開資源(以下オープンウェアと呼ぶ。)を駆使できる人材を育成する工学教育の開発の一環として、学習効果を増強し、検証するための学生実験の開発を行うことである。

オープンウェアを活用できる人材の育成では、従前の情報系工学教育に加えて、以下の点がカバーされているべきである。

- r1 オープンウェアの実装では、多様な記述言語がつかわれているので、それらについての知識や経験
- r2 プログラムをゼロから作り上げる能力に加えて、他人が書いた多様なソースコードを解読・理解する能力
- r3 オープンウェアは様々な Unix 派生ツール群を用いて構成されているので、それらを使いこなす能力や経験
- r4 英語のドキュメントを的確に理解し必要な情報を取り出せる語学力
- r5 著作権等に関する法的な側面に対する理解

これらを総括して、ある程度の複雑さと実用性を有するシステムを構築させる実験で、学部3年生後学期の学生を対象にしたものを設計・実装することを目標とした。

具体的には、「市販の FPGA 評価ボード上で、オープンウェアを応用して、ネットワークコンピュータシステムを構成する。」という目標を達成する学生実験(以下 OW 実験と呼ぶ)を実装する。

3. 研究の方法

主には、学生に適切な課題を与え、それをオープンウェアを用いて解決するプロセスを観察し、必要事項を抽出したり、学生の弱点等を調査する手法を用いた。以下、年度毎に実施内容を述べる。

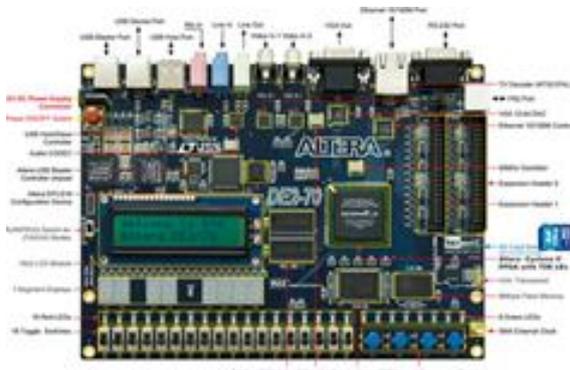


図1:DE2-70

2009年度は、研究代表者の部署の被験者として雇用した学部2年生2名と、研究代表者の研究室の卒業研究の学生の協力を得て、学生がどこまでオープンウェアに対応できるかを検証した。

(1-1) 既存の小規模な C 言語のサブセットのコンパイラ(TinyC)を拡張し、任意の精度の演算を筆算と同様の手法で実施できる言語処理系を構成する課題を、2年生の学生に与えて観察した。

(1-2) 既存の計算機シミュレータを拡張し、ネットワーク越しに協調動作するように再構成する課題を、2年生の学生に与えて観察した。

(1-3) 卒業研究の学生の3人には、予定した学生実験と同様の課題を与えて観察し、3年を終了した時点の学生において、OW 実験を遂行するのに不足している事項を洗い出した。

(1-4) 卒業研究の学生の1人には、オープンウェアを活用して新言語を実装する課題を与えて観察し、OW 実験における言語処理系の実装や改良を課題とする可能性を模索した。

(1-5) OW 実験を実現するために必要な事項を実現するために必要と思われる事項を盛り込んだ、学生実験や授業を実施した。そのために、OW 実験の実施に備え、OW 実験で使える程度の規模、つまり、MIPS 命令セットアーキテクチャのプロセッサやメモリインタフェースを構築するのに十分な容量の FPGA や、ネットワークインタフェース、オペレーティングシステムを稼働させるのに十分な容量の主記憶を有する TERAASIC 社製 DE2-70(図1)を選択した。

2010年度は、2009年度の調査の結果を踏まえて以下を実施した。

(2-1) (1-5)の結果を踏まえ、改良を行った。

(2-2) 卒業研究の学生の協力を得て、プロセッサの命令セットアーキテクチャとそれに連携するマイクロアーキテクチャの拡張を課題とした卒業研究を実施し、OW 実験におけるハードウェアレベルでの拡張を課題とする可能性を模索した。

(2-3) 卒業研究の学生の協力を得て、オープンウェアを応用した新言語の実装を課題とした卒業研究を実施し、目標の学生実験におけるハードウェアレベルでの拡張を課題とする可能性を模索した。

2011年度は、再びアプリケーションレベルでの目標の学生実験における課題の可能性を模索した。

(3-1) 教育支援システムの構築を題材として、オープンウェア活用の可能性を模索した。この試行では、ソースとして公開されているものだけでなく、文書や設計図に対する理解能力も試された。

(3-2) OW 実験において、ハードウェアの部分未完成である場合のシミュレーション環境やソフトウェア開発環境の構築を行わせる課題の可能

性を模索した。

(3-3) (2-1)の結果を踏まえ、改良を行った。

4. 研究成果

(1-3)の結果は学会発表[7]で公表した。また、(1-4)の結果は学会発表[4][5]に、(2-2)の結果は学会発表[6]に、(2-3)の結果は学会発表[3]に、(3-1)の結果は学会発表[2]に、(3-2)の結果は学会発表[1]に含まれている。

(1-5)に関しては、まず「計算機工学実験」の内容の見直しを行った。TTL IC を用いて簡単な論理回路を組み立てる程度に終わっていたものを、目的とする実験と同じ DE2-70 を用いて、さらにハードウェア記述言語 Verilog-HDL を用いて設計させることで、比較的複雑な順序回路を構成するものに変更した。この結果は学生実験のテキストとして Web ページで公開しており、学生の意見等を踏まえながら改良を続けている。また、コンピュータのマイクロアーキテクチャや、MIPS 命令セット、ハードウェア記述言語、そしてマイクロアーキテクチャ等の話題をカバーしながら、分かり易く解説した適切な教科書(図書[1])の翻訳を上梓した。

(1-1), (1-2), (1-3)の結果からわかったことは、大学における一般的な情報系カリキュラムの編成では、r1~r4 の能力が不十分であるということであった。そこで、r1~r3 の補強のために、2011 年度から開始した授業「言語処理系」にこれらの事項を補強する内容を盛り込んだ。また、r4 の能力を補強するために、ゼミ形式の授業「コンピュータサイエンス基礎」では、英語圏の大学のコンピュータリテラシーで使われている教科書を用いて、口語表現等が混じった英文を、大づかみで短時間に理解するトレーニングを行うように提案し、実現した。

(1-4)を担当した学生は、特に語学能力とプログラミング能力が卓越した学生であったので、目標とする学生実験で与えることが可能な課題の上界を知ることができた。また、(2-3)で同様の内容の研究を行った学生は平均的な能力を備える学生であったが、十分に時間をかけ、うまく興味を誘導すれば、学会発表に耐え得る程度の結果にまで達することができることが判った。その過程は、JABEE 対応の学習記録簿に記録されており、OW 実験の組み立ての参考にする予定である。

(2-1)では、論理設計の授業科目と連携するために、ハードウェア記述言語として VHDL を用いるように改版した。これによって、実験内容からハードウェア記述言語の解説を省くことができ、実験内容のさらなる高度化が可能になった。

(2-2)では、既存のオープンコアと呼ばれるプロセッサ実現でさえも、機種(FPGA のアーキテクチャ)依存性があり、実働するプロセッサ等の実現という目標に 1 学期の期間で到達するには、対象とする FPGA ボードでの稼働実績がある実装を見つけてくることが重要であることが判った。

OW 実験の指導では、学生が間違った方向に嵌らないための半強制的な指導が必要であると考えられる。

(3-1)では、オペレーティングシステムの準備における学生の問題解決の過程を観察することができた。その中で注目すべきは、学生はなるべくパッケージを流用して問題解決しようとするのであるが、これが、研究組織のメンバーによる試行では、ソースからビルドすれば簡単に解決することが判っている問題を複雑にしていた。この点は、目的とする学生実験での指導で、注意すべきポイントの 1 つであると考えられる。

(3-2)を担当した学生も相当高い能力を備えていたが、研究組織のメンバーがリハーサルし想定したよりも、細部での調整に多くの時間を費やしてしまった。OW 実験の実現では、この種の調整も学生に体験させたいが、それなりのヒントを与えておかないと計画を完遂できないと考えられる。

(2-2)と(3-2)は 1 学年違いの先輩と後輩の間での共同作業として実施されたが、各々がそれぞれハードウェア設計と言語処理系を専門としていて、良好な協調作業になった。このような良好な関係を OW 実験で実現するのは難しいと考えられるが、事前のインタビュー等で得手不得手を調査し、担当部分をアドバイスするといった配慮が必要であると考えられる。

2011 年度に開講された授業「論理回路と CAD」では、履修者を意欲が高い学生 10 名程度に絞って、OW 実験を実施する予定であったが、カリキュラム再編前の授業科目を流用したものであったので、大学の要請により 70 名を超える学生を対象としなくてはならなくなり、シラバスのような一般論の授業に縮退せざるを得なかった。

3 年間に渡って本研究課題を実施した結果として、当初目標とした OW 実験は、そのまま実現するのは困難であるが、指導教員の適切なアドバイスや介入があれば、多少目標を低くした形ならば実現可能であるという感触を得た。そして、学生にとっては未知だが創造性を感じさせる課題とすることで、オープンウェアの活用への経験と自信を獲得できると想像される。

このような学生実験は、メカトロニクス分野における「ロボットコンテスト」と同様の効果があると考えられるが、ロボットコンテストでは通常 1 年間の準備期間が必要である。しかしながら、本研究での経験等を参考にして、適切に授業計画を練ることで、1 学期間の 180 分×15 講で完遂可能なオープンウェア志向の学生実験を構成できるというのではないかと考えられる。

2012 年度では、履修制限を課して意欲が高い学生に限定し、(1-3)の成果を踏まえて目的の学生実験になるべく近づけた形で実施し、研究会や論文にて結果を報告する予定である。

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)

[学会発表](計7件)

[1] 黒田 和宏, 安仁屋 宗石, 鈴木 貢: “SIMD 並列表引き参照命令向けコンパイラ最適化”, 第 87 回 情報処理学会プログラミング研究会, 2012.1.23-24, 沖縄県久米島町.

[2] 川上 孔明, 鈴木 貢: “多機能教育用応答システム端末と対応する Moodle プラグインについて”, 情報処理学会 コンピュータと教育研究会 112 回研究発表会(信学技報, Vol.111, No.363, pp57-60 に掲載)2011.12.17-18, 島根大学松江キャンパス.

[3] 片桐 国建, 鈴木 貢: “Web ブラウザでの探索・マッシュアップの機能拡張を支援する言語の設計と実装”, 信学技報, Vol.111, No.70, pp7-12, 2011.5.26, 関西学院大学丸の内キャンパス.

[4] M. Ito and M. Suzuki: “Design and Implementation of a Facility for Wandering and Manipulating the Structure of On-Line data”, IEEE 2011 Int. Conf. on Information Science and Applications, 2011.4.26-29, 大韓民国済州島.

[5] M. Ito and M. Suzuki: “Design and Implementation of a Language for Web Exploring and Mashup”, 9th IEEE/ACIS Int. Conf. on Computer and Information Science, pp503-508 2010. 8.18-20, 山形県上市市.

[6] 安仁屋 宗石, 黒田 和宏, 鈴木 貢: “AES 暗号を高速化する SIMD 拡張命令セット”, 第 12 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, 2010.11.6-7, 島根大学松江キャンパス. (優秀研究賞)

[7] 庄司 和春, 松田 章利, 植本 真吾, 鈴木 貢: “オープンソースの設計と市販 FPGA ボードを組み合わせた計算機システム実現による協調設計教育のための必要事項調査”, 第 12 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, 2009-11.21-22, 山口大学工学部常盤キャンパス.

[図書](計1件)

[1] 天野 英晴, 鈴木 貢, 中條 拓伯, 永松 礼夫(訳), デイビッド・マナー・ハリス, サラ・L. ハリス(著): “デジタル回路設計とコンピュータアーキテクチャ”, 翔泳社, 2009.8.

[その他]

ホームページ等

計算機工学実験の Web ページ:

<http://www.cis.shimane-u.ac.jp/~suzuki/cee/>
「言語処理系」のシラバス:

http://gakumuweb.shimane-u.ac.jp/shinwa/campus?func=function.syllabus.refer.nocheck&endo=2011&j_s_cd=04&j_cd=T342802

「コンピュータサイエンス基礎」のシラバス:

http://gakumuweb1.jn.shimane-u.ac.jp/shinwa/campus?func=function.syllabus.refer.nocheck&endo=2012&j_s_cd=04&j_cd=T381721

「論理設計と CAD」のシラバス:

http://gakumuweb.shimane-u.ac.jp/shinwa/campus?func=function.syllabus.refer.nocheck&endo=2011&j_s_cd=04&j_cd=T341602

6. 研究組織

(1)研究代表者

鈴木 貢 (SUZUKI MITSUGU)
島根大学・総合理工学部・准教授
研究者番号: 50272753

(2)研究分担者

森本 武資 (MORIMOTO TAKESHI)
島根大学・総合理工学部・助教
研究者番号: 80455477
(2009~2009)

齊藤 智也 (SAITOU TOMOYA)
島根大学・総合理工学部・教務職員
研究者番号: 00413831
(2009~2009)