

## 報告

# 「組み込みソフトウェア技術者育成実践教育プログラム」実施報告

## 産学協同実践的 IT 教育訓練支援事業

有田 五次郎  
Itsujiro ARITA

九州産業大学 情報科学部 知能情報学科  
Department of Intelligent Informatics, Faculty of Information Science, Kyushu Sangyo University  
arita@is.kyusan-u.ac.jp, <http://www.is.kyusan-u.ac.jp/~arita/>

### 1. はじめに

九州産業大学情報科学部は、平成 16 年度に、経済産業省の産学協同実践的 IT 教育訓練支援事業として「組み込みソフトウェア技術者育成実践教育プログラム」を実施した。

これは、情報化社会を支える組み込みソフトウェア技術者を育成する実践的カリキュラムを、大学と産業界とが連携して開発、実施しようとするものである。

連携機関として、本学部が実施してきた「産学懇談会」を通じて本学部の教育に強い関心を持っていただいた株式会社 福岡 CSK (以下 FCSK) と、公的機関で公正な評価ができる立場の財団法人九州システム情報技術研究所 (以下 ISIT) の参加を得た。

本稿は、この事業の「成果報告書」に基づく実施報告である。なお、本事業は全国 35 件の応募の中から 9 件選ばれたものである。

### 2. 背景と目的

情報化社会では、情報家電、モバイル端末、カーナビなどの情報機器だけでなく、輸送機械、産業機械、オフィス機器、医療・介護機器など、すべての機械器具の情報化・知能化が進められる。これらはマイクロプロセッサを含む組み込みシステムとして実現され、組み込みシステム技術は情報化社会のキーテクノロジーの一つである。従来の組み込みシステムは「組み込みマイコン」の延長上であったが、今後は SoC (システム・オン・チップ) のようなハードウェア・ソフトウェア一体型のシステムが主流になる。また、携帯電話に象徴されるようにユーザの要求が多様化・高度化し製品のライフサイクルも短くなる。

情報化社会における組み込みソフトウェア技術者には、オブジェクト指向設計など新しいソフトウェア開発技術の習得のみならず、最新のハードウェア設計技術を体験、理解した上でソフトウェアを設計する技術に加え、実際の業務を行う上で重要となる品質・納期・コスト管理等プロジェクト運営の知識等、エンジニアリングとしての

組み込みソフトウェア開発技術の修得が必要不可欠となっている。

本事業では、まず産業界における組み込みソフトウェア技術者育成のニーズと問題点を調査し、組み込みソフトウェア技術者育成に必要な要求要件を見いだした。

次に、これに基づいて九州産業大学情報科学部が進めてきた「ハードウェアを怖がらない」ソフトウェア技術者の育成カリキュラムに、「ハードウェア・ソフトウェア協調設計の概念を持ったシステムレベル設計の演習」と、プロジェクト運営に多数の経験とノウハウをもつ IT 企業との連携による「組み込みシステム開発におけるプロジェクト運営に関する演習」を新たに付加し、実践的なカリキュラムによる教育訓練を行った。

その上で、「ハードウェアを含めた商品のコンセプトや全体感を理解し、その中でソフトウェアの役割を正しく認識して、最適なソフトウェアの構成を提言出来る組み込みソフトウェア技術者の育成」を目的とした組み込みソフトウェア技術者育成のモデルカリキュラムとしての有効性を検証した。

組み込みソフトウェア技術者育成の観点から大学の教育課程を見ると、ハードウェア・ソフトウェアのバランスの取れた教育ができていないか、プロジェクト管理など大規模システム開発の技術に関する教育ができていないか、「ものづくり」の感覚を教え科目を履修する動機付けを与える教育ができていないか、などの問題に到達する。

しかし大学には大学であるための制約条件があり、これを独自に解決することは困難である。大学、企業がそれぞれの特長を生かして協力することにより、組み込みソフトウェア技術者育成のためのいっそう優れた教育が実現できる。

本事業は「教育における産学連携」モデルの構築とその有効性の実証も目的としている。

### 3. 組み込みソフトウェア技術者教育における問題点とニーズ調査

組み込みソフトウェア技術者育成における問題点とニーズ調査は ISIT が担当した。

調査は、経済産業省「2004年版組み込みソフトウェア産業実態調査報告書(平成16年6月)、大学のシラバス等の文献調査、および福岡地域に立地している組み込みソフトウェアに関わる企業10社(大手:7社、中小/ベンチャー:3社)、インタビュー者15名(技術者:12名、教育研修担当者:1名、経営者:2名)に対して聞き取り調査(インタビュー形式)により行った。その結果を以下に示す。

#### 3.1 人材育成に関する組み込みソフトウェア産業の抱える問題点

- ① 組み込みソフトウェアの開発では、ハードウェアの知識・技術が必要であるが、現在の大学における情報学部では、学生がハードウェアに触れる機会がほとんど皆無であり、組み込みソフトウェアの開発技術者は圧倒的に不足している。
- ② 組み込みソフトウェアの開発に必要な知識や技術を習得するためには、座学では限界があり、実践教育が必要であるが、カリキュラム編成、教官の数、設備・機器などの現在の教育システムの制約が大きい。
- ③ 今日の組み込みソフトウェアの開発においては、分析、実装、テストなど、専門的な知識・技術に加えて要件定義、仕様変更への対応等、顧客との柔軟な対応やプロジェクト運営などに高度な論理的思考、コミュニケーション能力、さらには人間的な魅力といった総合力が求められるようになってきている。しかしながら、現状はその教育体制が不備で、特にPM(プロジェクトマネージャ)については、育成方針さえ見いだせていない。

#### 3.2 組み込みソフトウェア産業の人材ニーズ

- ① 情報科学基礎およびソフトウェア開発に関する人材ニーズ
  - ・情報科学/情報技術の基礎を習得していること。
  - ・仕様書作成・変更が重要で、これに的確に対応するためには、基礎学力、総合力が求められる。
  - ・顧客に満足してもらうためには、専門知識とともに柔軟な思考力、論理的な思考力、協調性、責任感及びコミュニケーション能力が重要。
- ② 組み込みソフトウェア開発に関する人材ニーズ
  - ・一般に要求仕様が曖昧な場合が多く、組み込みソフトウェアの場合はハードウェアに大きく影響され、手戻りが生じることも多い。機能追加、納期前倒し、コスト削減など設計変更時の対応能力が必要。

- ・組み込みソフトウェア開発では、リアルタイム性の理解が重要で、物理現象、自然現象(特に電子/論理回路)の基礎知識等、ハードウェアに関する知識、経験が必要。
- ・オブジェクト指向概念、C言語などの習得が必要。
- ・重要なスキルは分析、テストができること。
- ・即戦力が欲しい。新卒者には望めないため、中途採用が多い。技術者、管理者の育成、職人芸には頼らない組み込みソフトウェア技術者の育成システムを早急に構築する必要がある。
- ・中小ベンチャーは、飛び抜けた才能を持った技術者を求めている。

#### ③ プロジェクト運営に関する人材ニーズ

- ・プロジェクト運営に関する知識や経験が必要。
- ・ITアーキテクト、プロジェクトマネージャが重要であるが、人材が不足し、育成手法が課題。
- ・効率的なソフトウェアの開発、再利用が必要。
- ・即戦力となるような実践的教育を行ってほしい。

#### 3.3 本教育プログラムに対する意見・感想

- ・プロジェクト運営の経験は重要で、物が動いた時の喜びを体験させることは有意義である。大学でこのような経験を積めば、企業内研修はさらに進んだものにできる。
- ・計画どおりにいかない場合の対応などを織り込むことは効果的である。
- ・企業で開発経験のある指導者が指導するのは効果的である。
- ・ハードウェアを理解させるために電子錠の制御やいろいろな演習をやることは良いこと。
- ・学生が企業の立場に立って真剣にプロジェクト運営に取り組めるかどうか不明。
- ・新しい技術の習得以前に、情報科学基礎や論理的思考力を習得させてほしい。

#### 3.4 現状の教育訓練システムの制約及び課題

- ① 優れたテキスト、良質な演習/実験の事例が少ない、若しくは皆無
- ② カリキュラムは、通常全学的に編成されるため、技術進展に即応した変更が困難
- ③ 企業における開発経験や知識の豊富な指導者、インストラクタの不足
- ④ 職業意識のない受講生への問題意識を持たせることの困難性
- ⑤ 組み込みソフトウェアは、ブラックボックス化しているのでハードウェアに触れる経験が欠如
- ⑥ 基礎科目が重要であり、実践教育に割ける講義時間に限度がある
- ⑦ 実験環境の整備に経費的な問題
- ⑧ わが国においては、依然として長期雇用が多く、

## 九州産業大学組み込みソフトウェア技術者育成実践教育訓練システム (全体)

(目的) ハードウェア設計教育の強化、プロジェクト運営の実践教育  
 (期待する効果) 組み込みソフトウェア開発におけるハードウェア技術の重要性、プロジェクト管理の重要性の理解

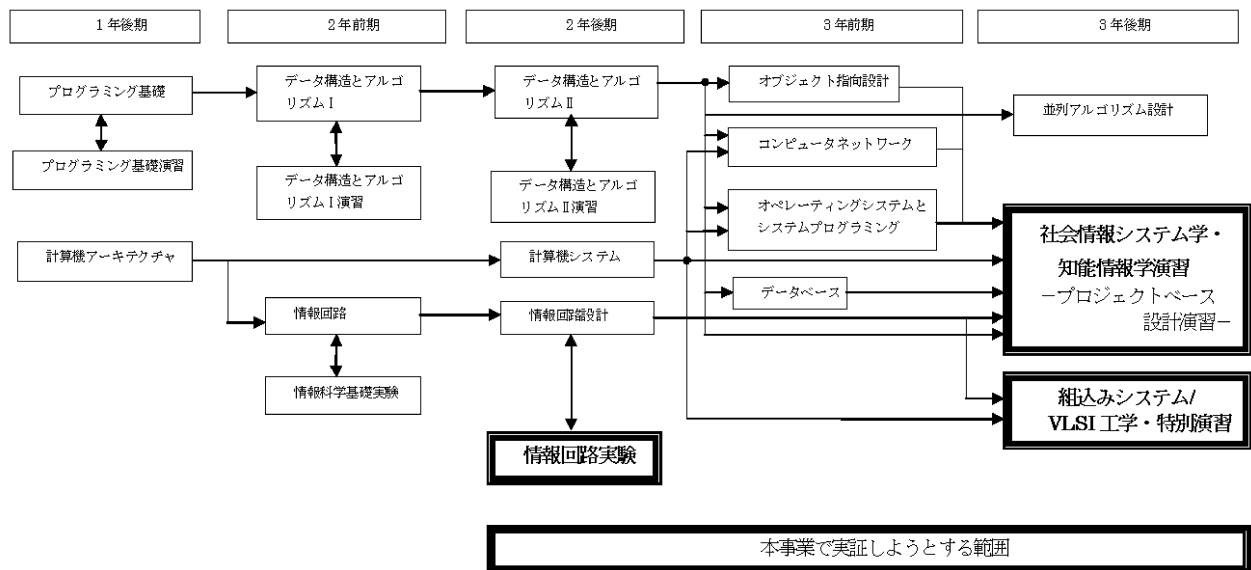


図 1 教育訓練システムの全体像と今回事業の関係

基礎的学力を優先する企業が多い

#### 4. 教育訓練システムの設計と実施

以上の調査研究の結果をまとめると、組み込みソフトウェア技術者育成実践的教育プログラムに対する要求要件は以下のとおりになる。

- ① 組み込みソフトウェア開発を含むソフトウェア開発の基礎教育が必要である
- ② 情報関連科目の企業実務に対する意味付けが必要である
- ③ ソフトウェア、ハードウェアを統合したシステムレベルでの設計概念の理解が必要である
- ④ 一過性の流行に左右されないプロジェクト運営体験によるサービス開発の基礎的な実務スキル、職業意識の涵養、それによる専門教育モチベーションの高揚が必要である
- ⑤ 組み込みソフトウェアに関するハードウェア技術に触れる体験が必要である
- ⑥ 論理的思考、オブジェクト指向概念の習熟、コミュニケーション能力のアップが必要である

特に、②については、教育プログラム全体にいえることであり、講義・演習内容が企業の実務とどう関わっているかを念頭に、なぜそれを勉強しなければならないのか、この知識は現場でどのように使われるのか、などといった視点から情報関連科目の授業を行い、職業意識、職業観を醸成することが重要である。

九州産業大学情報科学部のカリキュラムは組み込みソフトウェア技術者育成を意識したものになっているが、②、④に関する教育は十分でない。本教育プログラムでは特にこの点に配慮し、現有カリキュラムを強化した。

九州産業大学情報科学部のカリキュラムのうち、組み込みソフトウェア技術者育成に関連する授業科目および、本教育プログラムで強化した授業科目を図 1 に示す。

また、今回設計開発した教育訓練システムの概要を表 1 に、実施内容を表 2.1 ~ 表 2.3 に示す。

#### 5. 評価

評価は ISIT が担当し、評価計画および総合評価については、下記の有識者による評価委員会を設置し、大局的立場から評価できるようにした。評価委員会は 3 回開催された。

評価委員会委員

- ・ 牛島和夫：九州産業大学情報科学部長
- ・ 福田 晃：九州大学大学院システム情報科学研究院教授
- ・ 山本真司：河合塾 教育情報部
- ・ 森光武則：九州システム情報技術研究所 次長

評価は多面的な視点から行われた。評価の視点とその結果を以下に示す。

##### 5.1 産業界による評価 (産学懇談会による評価)

産学懇談会については、地域における組み込みソフトウェア関連企業の方々に集まって頂き、2 回の産学懇談会を

表 1 教育訓練システムの概要

	情報回路実験	組み込みシステム / VLSI 工学・特別演習	プロジェクトベース設計演習
講座の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>最新のハードウェア設計技術を体験し、ハードウェアを含めた製品のコンセプトや全体感を理解する能力を涵養する。</li> <li>IC を用いた従来型設計 (IC 実験と称する) と最新の CAD システムによる設計・実機制御 (CAD 演習と称する) を経験し、Verilog-HDL によるハードウェア設計の技術を習得する。</li> <li>実験においては、モデル自動販売機や電子錠の制御など具体的な機器制御を体験させ、日常生活における LSI の役割を実感させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハードウェアを含めた製品のコンセプトや全体感を理解する能力を涵養する。</li> <li>ハードウェアとソフトウェアを一体として設計・検証するシステムレベル設計について学習し、実機による検証を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>組み込みシステム開発の実際についての理解と、品質・納期・コスト管理等プロジェクト運営に関する知識の習得を目的とする。</li> <li>企業技術者による講義・演習指導により、企業現場におけるシステム開発を模擬体験し、座学だけでは得られないプロジェクト運営についての理解を深めることが出来る。また、従来の学部教育では不十分な、ドキュメントの作成、テストの重要性などについても学ぶことが出来る。</li> </ul>
修得できるスキル	<ul style="list-style-type: none"> <li>真理値表、状態遷移図から論理関数を求め、それにもとづいて回路図を描き、回路を組み立ててテストを行うハードウェア設計の基礎技術</li> <li>ハードウェア記述言語 Verilog-HDL を用いて複雑なシステムを設計し、シミュレーションで動作検証をした上で、FPGA に実装し動作させるシステム設計技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SystemC によるハードウェアモジュールとソフトウェアモジュールの協調動作の記述方法、チャンネルの概念を用いたモジュール間のインタフェース設計などシステムレベル設計技術とシミュレーションによる機能検証技術</li> <li>ハードウェア向き記述、HDL への変換、FPGA への実装などハードウェア設計・実装の基礎技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要求仕様からの機能仕様書、プログラム設計仕様書、テスト仕様書などの作成、C 言語による実装とテストなどの製品設計技術</li> <li>プロジェクトマネージャ、設計者、プログラマ、品質管理者、スケジュール管理者の業務内容などのプロジェクト管理技術</li> </ul>
到達目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>IC 実験では、4 状態程度の順序回路を自由に設計し、製作できるようにする。</li> <li>CAD 演習では、メモリ制御回路、コンソール制御回路、簡単な CPU が設計でき、これらを組み合わせて、計算機システムを設計・実装できるようにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visual Elite を用いて複数モジュールからなるシステムを記述し、動作検証が行えること。</li> <li>制御用 PC、FPGA、DSP の上で協調動作する簡単なアプリケーションを記述し、実機に実装し動作検証する技術を修得する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>組み込みシステム開発のための基礎的技術の理解と習得。</li> <li>具体的には MindStorm によるライントレースシステムの開発を通じて、簡単なセンサ系の処理、駆動系の制御などの実時間タスクの作成、複数タスクの制御などが C 言語を用いて実装・テスト出来るようにする。</li> <li>機能仕様書、プログラム設計仕様書、テスト仕様書などのドキュメントを作成する技術を修得する。</li> </ul>
実施形態	<ul style="list-style-type: none"> <li>正規授業として実施し、2 単位を与える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正規授業に加え授業時間外の特別演習を行う。正規授業の 2 単位を与える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正規授業「社会情報システム学・知能情報学演習」の共通選択テーマとして実施し、2 単位を与える。</li> </ul>
教材	<ul style="list-style-type: none"> <li>講師が作成した独自教材</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>講師が作成した独自教材</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>講師が作成した独自教材</li> </ul>
演習環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>IC トレーナ、FPGA 実装環境 KERNEL、CAD ツール</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FPGA・DSP 実装環境 RYUOH、SystemC 設計ツール Visual Elite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>REGO MindStorm</li> </ul>
担当者	<ul style="list-style-type: none"> <li>講師：九州産業大学 澤田 直 助教授</li> <li>インストラクタ：実習助手 (大学院博士後期課程学生) 4 名 SA(学部 3 年次生) 11 名</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>講師：九州産業大学 有田 五次郎 教授 九州工業大学 田中 康一郎 助手</li> <li>インストラクタ：実習助手 (大学院博士後期課程学生) 2 名</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大学側講師・インストラクタ：九州産業大学 花野井 歳弘 助教授 実習助手 (大学院博士後期課程学生) 1 名</li> <li>企業側講師・インストラクタ：福岡 CSK 吉元 健次 氏 他 10 名</li> </ul>

表 2.1 情報回路実験

回数	コマ数	講義 / 演習	講義・演習内容
1	2	実験演習	・シンクロナイザ (IC 実験) : 非同期入力信号をクロックに同期した 1 クロック幅のパルス信号にするシンクロナイザの設計、IC を用いた製作。
2	2	実験演習	・シンクロナイザ (CAD 演習) : シンクロナイザの CAD による設計、シミュレーション、実装ボード KERNEL の FPGA への実装。
3	2	実験演習	・自動販売機制御 (IC 実験) : コインを 3 個の自動販売機の制御回路の設計、IC を用いて製作、モデル自動販売機でのテスト。
4	2	実験演習	・自動販売機制御 (CAD 演習) : 自動販売機の設計、シミュレーション、実装
5	2	実験演習	・電子錠制御 (IC 実験) : 簡単なパスワード (0、1、SET) によって解錠する電子錠の制御回路の設計、IC を用いた製作。
6	2	実験演習	・電子錠制御 (CAD 演習) : 電子錠制御回路の設計、シミュレーション、実装
7	2	実験演習	・Sender-Receiver (CAD 演習) : ハンドシェークによって送受信する機能モジュール send と rciv 作成、シミュレーションによる動作を検証。
8	2	実験演習	・Memory (CAD 演習) : 16 ビット 1024 ワードのメモリを作成、シミュレーションによる動作を検証。
9	2	実験演習	・Sram (CAD 演習) : 実装ボード KERNEL に搭載されているメモリモジュール sram の解析、シミュレーションによる動作確認。
10	2	実験演習	・電子錠制御 (CAD 演習) : ドアオープン、キーロック、キーアンロックの状態信号を持つ電子錠の制御回路の CAD によって設計、シミュレーション、実装、実機での動作検証。
11	2	実験演習	・Console (CAD 演習) : 実装ボード KERNEL のコンソールモジュール console の解析、シミュレーションによる動作確認、sram による実装、実機動作検証。
12	2	実験演習	・CPU_v0 (CAD 演習) : Nop、Wait、Jump、Halt の 4 命令を持つ簡易 CPU の作成、シミュレーション、console、sram を用いた実機での動作検証。
13	2	実験演習	・IO、CPU_v1 (CAD 演習) : スイッチから 16 ビットのデータを読み込み、LCD に 16 ビットデータを出力する io モジュールの作成。Load、Store、Add、Sub、Jump、Skip、Io、Halt の 8 命令を持つ CPU の作成、シミュレーション、実機での動作検証。

表 2.2 組込みシステム / VLSI 工学・特別演習

回数	コマ数	講義 / 演習	講義・演習内容
1	1	講義	・組込みシステムとは ・e-Japan 戦略・ユビキタス社会と組込みシステム
2	1	講義	・システム LSI とその特性 ・システムレベル設計概説
3	1	講義	・組込みシステム実装プラットフォーム RYUOH
4	1	講義	・SystemC のダウンロードと開発環境整備
5	1	講義	・sample (checker-alu) の解説とシミュレーションによる動作確認
6	1	講義	・SystemC 文法解説
7	2	演習	・Visual Elite 演習 ・ツールの使用法 1 ・d - FF の設計
8	1	講義	・Sample (checker-alu) の作成と動作検証 1
9	2	演習	・Visual Elite 演習 ・ツールの使用法 2 ・チャンネルによる複数モジュールの結合
10	1	講義	・例題 (checker-alu) の作成と動作検証 2
11	2	演習	・Visual Elite 演習 ・alu の設計 ・シミュレーションによる動作検証
12	1	講義	・ハードウェア設計向き記述 ・THREAD と METHOD ・sample の書き換え
13	2	演習	・Visual Elite 演習 ・課題説明 ・制御モジュール作成

14	1	講義	・並列伝送チャネル ・sample の書き換え
15	2	演習	・Visual Elite 演習 ・DSP モジュール作成 ・シミュレーション、デバッグ
16	1	演習	・Visual Elite 演習 ・FPGA モジュール作成 ・シミュレーション、デバッグ
17	1	演習	・Visual Elite 演習 ・実装用コード作成
18	1	演習	・Visual Elite 演習 ・実装、動作検証

表 2.3 プロジェクトベース設計演習

回数	コマ数	講義 / 演習	講義・演習内容
1	1	講義	・組込みシステムの概要
2	1	講義	・プロジェクト管理
3	1	講義	・プロジェクトのリスク管理
4	1	演習	・プロジェクトベース設計演習 開発フェーズの説明 ・カリキュラム概要 ・システム開発技法 ・組込みソフトウェア開発の基礎 リアルタイム処理、マルチタスク、割り込み
5	1	演習	・開発演習課題概要 ・開発演習体制説明 ・開発演習内容説明 ・作業の進め方 ・役割毎の責務 ・成果物 ・外注化のルール ・スケジュール作成
6	1	演習	・設計技法説明 ・タスク構成図、フローチャートなど ・タスク構成図、フローチャート作成 ・設計レビュー ・日報作成
7	1	演習	・進捗ミーティング (vs 顧客) ・モータテスト ・センサテスト ・単体テスト仕様書の作成
8	1	演習	・プログラムのコーディング実装およびデバッグテスト ・日報作成
9	1	演習	・推進ミーティング (vs 顧客) ・駆動制御タスク (メイン) ・センサ監視タスク、 モータ制御タスク ・総合テスト仕様書の作成
10	1	演習	・プログラムのコーディング実装およびデバッグテスト ・日報作成
11	1	演習	・推進ミーティング (vs 顧客) ・総合デバッグテスト ・ドキュメント作成
12	1	演習	・顧客検収 ・通常動作確認 ・スペシャルコース動作検証 ・成果物確認 ・日報作成
13	1	演習	・推進ミーティング (vs 顧客) ・追加機能案件の説明 ・追加機能案件の設計 ・動作仕様討議、決定 ・コーディング実装、デバッグテスト
14	1	演習	・追加案件のデバッグテスト ・ドキュメント作成 ・日報作成
15	1	演習	・追加機能案件の検収・納品 ・通常動作確認 ・スペシャルコース動作検証 ・成果物確認 ・発表資料の作成
16	1	演習	・各グループ 発表・質疑応答 15 分 ・発表内容講評

実施した。第1回目と第2回目も、まず、最初に九産大から今回の教育訓練システムへの提案の動機や経緯と教育訓練システムの目的/概要について、また、福岡 CSK からプロジェクト運営に関する説明を行った。

第1回目の懇談会では、今回の教育訓練システムの主旨や内容について概ね理解されたようである。プロジェクト運営等の実践教育についての期待感も感じられた。

第2回目の懇談会では、今回の教育訓練システムについては、九州で実施することに疑問を持たれた意見もあったが、基本的には大学に対する人材育成、特に即戦力養成への強い要望が感じられた。

## 5.2 受講生による評価(中立的機関によるアンケート評価)

3つの演習科目それぞれについて授業終了後に、受講生に対しアンケート調査を実施した。評価の視点を以下に示す

### ① 教育訓練システムに求められる要件に照らした有効性評価

3つの実践教育にそれぞれ求められる要件に対する達成感を調査

### ② 実践教育実施上の評価

現場で実践教育を行う上での効率性に関する評価であって、テキストや機材等3つのプログラムにほぼ共通の内容の調査

### ③ 全体総括

この教育プログラムに参加することで、組み込みソフトウェア産業界への就職を含めた親近感が芽生えたかどうかを含めた総括的な調査

以下、実施3科目の学生によるアンケート評価の分析結果を示す。

#### 情報回路実験

### ① 教育訓練システムに求められる要件に照らした有効性評価

自分で設計した電子錠を実際に制御したことで、ハードウェアを含むソフトウェア設計の楽しさも実感しており、実践教育の要件の中の「組み込みソフトウェアに関するハードウェアに触れる体験」、「組み込みソフトウェア開発を含むソフトウェア開発基礎」については、ある程度達成できたといえる。

しかしながら、情報関連科目が産業界でどのような位置付けにあるかとか、それを勉強しなければならない理由などの理解、すなわち「基礎的な実務スキル、職業意識の涵養、それによる専門教育のモチベーションの高揚」と「情報関連科目の企業実務に対する意味付け」については、理解が不十分であった。

### ② 実践教育実施上の評価

約200名という受講者の人数は、今回の実験・演習を伴う実践教育では多すぎたようである。計算機アーキテクチャ、論理回路、情報科学基礎実験を履修済み、また

計算機システムと情報回路設計を履修中の知識や経験では、内容が難しかったようである。

1年次及び2年次前期で履修した内容についても、その理解度を把握した上で、実践教育の内容や計画やテキスト及び実験機材等を準備する必要があると思われる。説明が速すぎる内容が多すぎるなどの受講生の感想は、このような事情を反映したものであろう。

特にCADについては、その使い方の知識や経験がなく、苦労していたようである。これについては、まとまった時間をとって説明する場が必要と感じられた。

このため、いろいろな場面でSAに頼らざるを得なかったが、SAの数のみならずSAへの期待内容は大きなものとなっていた。

### ③ 全体総括

実践教育の進め方については、上記②に記したようにいろいろな問題点も挙げてきたが、組み込みソフトウェアに関するハードウェアの設計を行って、電子錠等を実際に制御する試みは、大変重要で方向性は間違っていない。何気なく使っている自動販売機のなかにあんなに複雑なプログラムが組み込まれていることに驚きと興味を持った受講生もいた。

大学の低学年のうちに職業意識を持たせる意味で2年次の実践教育となっているが、その実施に関する課題や問題点については、実施年次、受講人数、必修科目が選択科目か、実験の難易度と内容、テキストと実験機材、サポート体制などを総合的に検討する必要がある。今回は特にCADの知識は事前に習得させておく必要があったように感じられた。

大学卒業後の進路については、インターネットビジネスが最も多く46名、ついでゲームソフトウェア開発41名となっており、多分にフィーリングで選んでいるようにも伺える。しかしながら、組み込みソフトウェア開発の仕事をしたとする受講生は34名(複数選択)もあり、業務用ソフトウェア開発23名よりも多かった。このことは、今回の実践教育の大きな成果だといってよい。

#### 組み込みシステム/VLSI工学・特別演習

### ① 教育訓練システムに求められる要件に照らした有効性評価

「組み込みソフトウェアに関するハードウェアに触れる体験」、「組み込みソフトウェア開発を含むソフトウェア開発基礎」については、パソコン、FPGA、DSPと接続してハードウェアを動作させるという教材を使って、実践教育を実施したことである程度達成できたといえる。

ただし、パソコン、FPGA、DSPと接続してシステムレベルの設計を行い、ハードウェアを動作させる仕組みを理解できたかどうかについては、やや難しかったようである。「ソフトウェア、ハードウェアを統合したシステムレベルでの設計概念の理解」という要件については、道半ばというところか。

また、情報関連科目が産業界でどのような位置付けに

あるかということについては、「情報回路実験」電子錠の受講生と同様にアンケート調査では、理解できたことを確認するには至らなかった。しかしながら、この結果は、あくまで受講生の自己認識であり、受講しなかった学生に比べれば、理解度が進んだことは確実と思われる。

そして、情報科学関連科目を勉強しなければならない理由などの理解や関心度など、すなわち「基礎的な実務スキル、職業意識の涵養、それによる専門教育のモチベーションの高揚」と「情報関連科目の企業実務に対する意味付け」については、「情報回路実験」電子錠の受講生とは異なり、明らかに理解の度合いが高かった。これは、選択科目であり、受講生が 12 名と少なかったこととそれだけに彼らが優秀で意欲的であったことによるものと思われる。

## ② 実践教育実施上の評価

この演習は、最初から 3 年次の受講生にとって少し高度すぎるのではないかと危惧はあったが、そのことはアンケート結果にも現れている。

パソコン、FPGA、DSP と接続してハードウェアを動作させるという演習の内容、演習教材「RYUOH」ともに難しかったようである。しかしながら、組込みソフトウェアの開発スキルを習得するためには、非常によく開発された教材であり、この実践教育を習得した受講生は自信を持っていいと思われる。

実践教育の時間の短さと実習助手の有用性については、ここでも指摘されたが、この演習は、まだ今期継続されるので今後の進展に期待したい。

## ③ 全体総括

アンケートの意見欄にも見られるように、この「組込みシステム / VLSI 工学・特別演習」の実践教育は、難しかったにも関わらず、教育訓練システムは充実したものと評価し、参加してよかったとしている。また、その他の記入式の意見としても、建設的なものが多かった。このため、大学卒業後の進路についても、組込みソフトウェア開発関係が最も多かったのは、驚きでさえあった。

今後、必修科目として全員に受講させることは困難だとしても、テキストやサポート体制等を整え、受講生が増えることを期待したい。

また、講師、受講生ともに時間の不足を訴える意見もあった。

### プロジェクトベース設計演習

#### ① 教育訓練システムに求められる要件に照らした有効性評価

このプログラムは、テキスト、MindStorm という実験教材、及び講義・指導を産 (福岡 CSK) で担当し、実践教育は学 (九州産業大学) で実施するという文字通り産学連携の実践教育システムである。このプログラムでは、ハードウェアに触れる機会やその他の要件に加えて、特に次の 2 つの要件、すなわち「一過性の流行に左右されないプロジェクト運営体験によるサービス開発の基礎的な

スキル、職業意識の涵養、それによる専門教育モチベーションの高揚」と「論理的思考、オブジェクト指向概念の習熟、コミュニケーション能力のアップ」を満たすべく設計したものである。

プロジェクトによる組込みソフトウェア開発の失敗事例を説明したのは、プロジェクト運営の重要性と問題意識を喚起するのに有効であった。次に、顧客に喜んでもらえるように開発すること、他人に分かりやすく説明すること及び品質、納期、コストに関する管理の重要性については、受講生全員がほぼ理解できていた。

さらに、プロジェクトで開発する難しさ楽しさ、コミュニケーションの難しさ重要性、物作りの楽しさは、十分に達成できた。このことは、アンケート調査のみならず、この演習の発表会の発表態度、内容、雰囲気からも感じられた。

情報関連科目の知識が産業界でどのように使われるか、それらを勉強しなければならない理由、これからの勉強に対する関心度の向上など、「職業意識の涵養、それによる専門教育モチベーションの高揚」についても、十分な理解が得られた。

ただし、プロジェクト運営を構成する要件定義、仕様書作成、設計、プログラミング、テストの中で、受講生のプログラミング能力が不足していたようで、多くの時間をそのために割かれてしまった。このため、一番実感して欲しかった要件定義やテストの重要性については、それをよく理解するまでには至らなかったようである。

## ② 実践教育実施上の評価

当初、MindStorm の制御は、チームの中にプログラミングのできる受講生が 1 人くらいいるだろうから難しくないだろうとの感想もあったが、それまでの情報関連科目の履修では難しかったようである。

しかしながら、テキストや企業 (福岡 CSK) の講師による指導でこれを解決でき、この十分に配慮されたサポート体制は大変好評であった。

## ③ 全体総括

組込みソフトウェア開発の関連企業へのニーズ調査では、今回のプロジェクト運営の演習については、簡単すぎてプロジェクト運営の本質を理解できないのではないかなどの疑問や心配をされる向きも多かったが、結果的に杞憂であった。受講生は組込みソフトウェア開発の醍醐味や面白さを実感でき、情報科学に対する興味、関心、学習意欲の向上といった極めて重要な目標としていた要件を満たすことができた。

大学卒業後の進路についても、プロジェクト運営プログラムに参加したことで、組込みソフトウェア開発の仕事に就きたくなったというものが多く、組込みソフトウェア実践教育訓練システムの関係者として喜ばしい限りの結果となっている。また、アンケートの意見欄にもみられるように、今回の受講者の意識の高さ、プロジェクト運営に参加したことの喜びと充実感、満足感がよく伺える。

今後のプロジェクト実践教育プログラムに対しては、課題も見つかった。受講生のプログラミングの技術レベルとプロジェクト運営プログラムの実施時期との折り合いをどうするかということである。もう少しプログラミングの技術レベルを高めて実施すべきと感じられる。また、今回の演習の成功は、産業界の参加が大きかった。これを継続的に実施するためには大学に閉じたシステムでは限界があり、幅広い産業界からの参加・協力が必要と感じた。

時間が足りないことで納期を守るというプロジェクト運営の難しさは体験できたが、運営の知識や貴重な経験を真に実のあるものにするためには、もう少し時間がほしいところである。

### 5.3 講師・インストラクタによる評価(「プロジェクトベース設計演習」の評価)

「プロジェクトベース設計演習」を担当した講師・インストラクタによる評価は以下のとおりである。

この教育で直接的に何かを得るといよりもむしろ今後の授業において、どうしてこの勉強をしているのか、就職してどんなことにつながっていくのか、どんなことを学ぶ必要があるのかなど、これから先の授業のモチベーションの向上や理解度の向上を主眼として教育を実施した。

その結果、以下のような成果が得られた。

- ・ソフトウェア開発における達成感を伝えられたこと
- ・プロジェクト運営の困難さを体験させることができたこと
- ・プロジェクトの基礎知識を教えることができたこと

### 5.4 評価委員会委員による学生へのインタビュー

プロジェクトベース設計演習に参加した学生のプロフィールを知るために、情報科学部を選択した理由、重要科目(離散数学、データ構造とアルゴリズムなど)についての感想、将来の希望などについて、学生13人に対しインタビューを行った(担当:評価委員会山本委員)。

### 5.5 評価委員会委員による現行教育システムの評価

今回の教育訓練システムの前提となる現行カリキュラムを含む教育システムを評価し、今回の教育訓練システムの位置付けを明らかにした(担当:評価委員会山本委員)。

5.4、5.5については大変興味深い内容なので別稿で報告する。

### 5.6 評価委員会による総括

評価委員会については、以下のとおり3回実施し、教育訓練ニーズの調査・分析に基づいた本事業の有効性について検討、審議を行い、成果報告書としてとりまとめた。

- ・第1回:平成16年11月26日(金)17時~19時(九州産業大学)

- ・第2回:平成16年11月26日(火)17時30分~19時30分(九州産業大学)
- ・第3回:平成17年1月28日(金)16時~18時(九州産業大学)

## 6. おわりに

今回「組込みソフトウェア技術者育成実践教育プログラム」を実施した結果得られた知見を以下に示す。

- (1) 組込みソフトウェア技術者実践教育システムを実施するには、テキスト、実験教材、機材、設備、サポート体制など多くの稼働や環境を必要とし、大学外部とりわけ産業界の協力が必要である。
- (2) 実践教育システムにおいて知識の習得と演習や実験による体験、技術の習得の両方を狙うには幾多の困難が伴う。大学の早い時期に職業意識や勉強の意味付け、モチベーションを涵養させるために実践教育を行うことは重要であるが、必修科目として、大人数の受講生を対象とする場合には、特に受講生の知識レベルに照らして無理のない計画や準備が不可欠である。
- (3) 十分な計画やサポート体制を整えた実践教育は、ハードウェアが実空間で実際に動かす、すなわちコントロールすることができるという素朴な喜びや楽しさを実感することができ、またチームワークという、忘れかけているグループへの参加意識と自己の存在感、責任感を自覚することができるなど、いろいろな点で教育効果も大きかった。
- (4) 一方では、実践教育の場合、受講生内での意識や学習意欲などの個人差の問題が顕在化しやすいということも感じられた。実際の企業でも生じ得ることであり、プロジェクト運営の課題として検討・研究していく必要があると考えられる。
- (5) 「ハードウェアを怖がらない」ソフトウェア技術者の育成カリキュラムに、講義記録システムを教員同士のFDに利用し授業改善に役立てたり、福岡地区の産業界との意見交換や授業公開によって得られた意見を教育内容の改善に反映したりと、自らの改革のあり方を模索していくという基盤があったことも、産学協同で今回の教育訓練システムの強化に取り組むことができた要因であるといえる。
- (6) 今回の実践教育は、初めての試みであり、いろいろな課題も見出せた。これらのプログラムが定着、完成するまでには改善、改良が必要であるが、そのためには多くの経験を積む必要がある。今回は1大学、1企業の協力による産学連携実践教育であり、相互の意思疎通、信頼関係のもとに円滑にすすめられ実り多いものとなったが、1大学、1企業の連携協力だけでなく、多くの大学と多くの企業が協力し合って、いいものを育てていくという土壌を構築する



ことが望まれる。

本プロジェクトは次のように形で広く地域企業に報告された。

「組込みソフトウェア技術者育成実践教育プログラム」  
 成果報告会  
 日時：平成 17 年 4 月 26 日 ( 火 ) 14:00  
 場所：福岡建設会館 8 階大ホール  
 出席者：41 社 57 名 学生 26 名 教員 9 名 合計 92 名  
 主催：九州産業大学情報科学部  
 協賛：(株)福岡 CSK (財)九州システム情報技術研究所

プログラム		開始	終了
開会の辞			
来賓挨拶 経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課係長 平山利幸 氏		14:00	14:10
(1)	プロジェクトの経緯 ：九州産業大学情報科学部長 牛島和夫	14:10	14:25
(2)	ニーズ調査とその結果 ：(財)九州システム情報技術研究所 プロジェクト推進部長 内野省一 氏	14:25	14:40
(3)	情報回路実験と組込みシステム V L S I 工学特別演習 ：九州産業大学情報科学部 知能情報学科教授 有田五次郎	14:40	15:05
(4)	プロジェクトベース設計演習 ：(株)福岡 CSK 開発部 第 1 グループ課長 稲津文明 氏	15:05	15:30
(5)	質疑・討論	15:30	15:45
休憩 ( 15:45 ~ 15:55 )			
(6)	評価 ( 1 ) ：(財)九州システム情報技術研究所 次長 森光武則 氏	15:55	16:15
(7)	評価 ( 2 ) ：学校法人河合塾進学事業本部教育情報部 情報企画チーム 山本真司 氏	16:15	16:40
(8)	教育における産学連携 ：(株)福岡 CSK 代表取締役専務 西岡雅敏 氏	16:40	16:50
(9)	質疑・討論	16:50	17:00
閉会			

最後に、本プロジェクトの結果を踏まえ、平成 17 年度もこの教育プログラムを継続することを付記しておく。

## 謝 辞

本稿を終わるにあたり、本プロジェクト実施に関係した経済産業省、福岡 CSK、九州システム情報科学研究所、本学のすべての関係者に謝意を表する。