

職業能力開発施設における 実践的な組込み技術者教育訓練プログラム開発の試み

—PBL 型プログラムの試作とその評価—

榮 智徳¹⁾ 香山 瑞恵²⁾ 伊東 一典²⁾

¹⁾ 信州大学大学院工学系研究科, ²⁾ 信州大学工学部

あらまし 本研究の目的は、職業能力開発施設における、組込み人材育成のための PBL 型教育訓練プログラムの開発である。本教育訓練プログラムに際しては、実践的な技術者育成を目的とし、受講者のスキル実態、社会基準としての組込み技術スキル標準、そして育成人材が登用される現場からのニーズを考慮した開発を試みた。本稿では、従来型の訓練プログラムの問題点を考察し、新たな教育訓練プログラムの提案と、その教育結果等に関して述べる。

Development of a Training Program for Acquiring Practical Embedded Technologies and Skills through Project-based Learning at Vocational Ability Development Center

Tomonori SAKAE¹⁾ Mizue KAYAMA²⁾ Kazunori ITOH²⁾

¹⁾ Graduate School of Science and Technology, Shinshu University,

²⁾ Faculty of Engineering, Shinshu University

ABSTRACT The purpose of this study is to develop a training program for embedded technologies and skill at a vocational ability development center in Japan. The feature of this program is the project-based learning, which includes the simulated experience as an embedded engineer. When we set up this training program, the ideal competency model of our center, the actual level of students' skills and techniques, the ETSS (Embedded Technology Skill Standards) by IPA-SEC (JAPAN) as an industry standard, some social needs from the related market are totally considered. In this paper, we describe the problems of past training program and our solution. Then, the tentative program and the result of its trial are shown. Finally, the improvement to this program is discussed.

1. はじめに

日本における製造業の根幹を支える需要は増大し、組込みソフトウェア開発分野の発展が日本経済の将来を支える戦略分野の一つともされている。一方で、組込みソフトウェア開発分野に関する技術者の不足は、深刻な問題となっている。また、開発現場においては、ハードウェア性能の向上や機能要求の高度化とあいまって、ソフトウェアの開発規模の増大、かつ複雑化により、品質の高いソフトウェアの開発に関する要求は非常に厳しいという現状にある。

このような社会背景を受け、文部科学省を中心として、多くの高等教育訓練機関において、組込みソフトウェア技術者不足を補い、さらなる発展を後押しする

ための取組みがなされている。また、厚生労働省においても雇用機会の創出促進を目的とし、主に同省が管轄する職業能力開発施設において、社会人を対象に組込みソフトウェア開発に関する教育訓練が広く実施されている。

本研究では、厚生労働省の管轄である職業能力開発施設：職業能力開発短期大学校において、即戦力として企業に貢献できる人材を育成するための実践的な組込み技術教育プログラムの構築を目的とする。この教育プログラムは、経済産業省と情報処理推進機構(IPA)が策定した、組込みスキル標準(以下、ETSS)に沿って構築される。

本稿では、2007 年まで実施してきた技術教育プログラムの課題、これの課題を解決するための新たな技術

教育プログラムとその実施結果および新たな課題等について考察する。以下、2章では、組込み技術教育の現状と職業能力開発施設の概要、および職業能力開発短期大学校での組込み技術教育への取り組み状況について述べる。3章では、茨城職業能力開発短期大学校(以下、本校)が2007年度まで実施してきた組込み技術教育プログラム概要と課題、さらにその課題に対応するために本校が新たに目標設定した組込み技術者の仕上がり像について示す。4章では、2008年度に本校で実施された組込み技術教育プログラムについて説明する。さらに、5章で実施した教育プログラムの結果と評価を示す。6章では、その問題点や課題と対応等について考察し、7章でまとめとする。

2. 職業能力開発施設と組込み技術教育

組込みソフトウェア開発技術者の育成の取組みは、大学や大学院のみならず、ものづくり関連職種への就業を目的としている職業能力開発施設においても積極的に展開され始めている。

2.1 組込み技術教育の現状

経済産業省の組込みソフトウェア産業実態調査によると、2008年版の主な報告概要では「組込みソフトウェア産業規模は継続して拡大中であり、依然として一定以上のレベルを持つ組込みソフトウェア技術者に人材需要が高まっている」。さらに「組込みソフトウェアの品質向上に関する関心が非常に高い」ことが浮き彫りにされた^[1]。特に近年、組込みソフトウェアの品質向上に対する要求は、ソフトウェア規模の増大や複雑さに伴い高まってきており、システム開発の工程に関する取組みが重視されている。この流れを受け、情報系の教育訓練機関においても、ソフトウェア工学に重点がおかれた技術教育が各所で実施されている^[2]。

組込み技術者育成に関する教育の具体例としては、文部科学省が進める大学等と産業界の連携による「再チャレンジ支援」や、企業等において先導的役割を担うソフトウェア技術者を大学院で育成する「先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム」などがあげられる。また、厚生労働省においても地域の雇用創出を目的とした政策や若年就業支援施策を打ち出し、組込みソフトウェア開発技術者の人材育成に対する支援に取り組んでいる。さらに、「ものづくり高度化法」に対応する人材育成として、多くの職業能力開発施設で、組込み技術者育成講座が社会人向けに開設されている。

2.2 職業能力開発施設の概要

職業能力開発施設は、職業能力開発促進法に基づいて設置されている。公共の施設は管理主体が国と都道府県とに分けられる。管理主体の違いにより、教育方

表1 訓練課程の区分

職業訓練の種類	長期間の訓練課程	短期間の訓練課程
普通職業訓練	普通課程	短期課程
高度職業訓練	専門課程 応用課程	専門短期課程 応用短期課程

針や内容に特徴が表れる。また、訓練課程および訓練内容の程度により、表1のように区分けがされている。

職業訓練の種類は、習得させようとする技能や知識の程度に応じて普通職業訓練と高度職業訓練に分けられる^[3]。さらにそれぞれは、実施期間により区分けされる。長期間の訓練課程は、1~2年間、短期間では、1年未満の訓練期間となっている。長期課程の場合は主に学卒者を対象とし、短期課程では主に社会人を対象とした職業訓練が展開されている。高度職業訓練の長期課程である職業能力開発施設は、国が職業能力開発大学校という名前で全国に10校、都道府県が職業能力開発短期大学校という名前で全国に9校設置されており、本校もここに属す。特に、都道府県における職業能力開発施設では、地元企業への就職を目的としている人材育成が行われていることから、全般的に地域ニーズ等を勘案した弾力的な職業訓練が実施されている。

いずれの職業能力開発施設でもカリキュラム開発のベースとなるのは、生産現場等における職務である。カリキュラムに占める実技・実習の割合が多く、実際の生産現場の設備が積極的に取り入れられる。すなわち、就職後に企業の即戦力となる実践的な技術者育成が強く意識された形態となっている。

2.3 職業能力開発施設における組込み技術教育

現在、学卒者向けの組込み技術教育機関としての職業能力開発大学校(国管理)では、2009年4月から10校全てで、電子情報制御システム系電子情報技術科が新設され、この中で組込み技術者の育成に取り組むこととなっている^[4]。また、職業能力開発短期大学校(都道府県管理)では、地域ニーズ等を踏まえた職業訓練が実施されていることもあり、情報系学科が設置されている一部の施設において、組込み技術教育への取組みが始められたところである。

しかし、これらの施設での訓練カリキュラムは、技術的な要素に関する教育訓練が主体であり、実践的な技術者育成に必要と思われるシステム開発工程やソフトウェアの品質向上に関する内容の拡充が求められる。

3. 従来の組込み技術教育プログラム

本章では、本校で実施してきた従来型の組込み技術教育について述べる。

表2 2007年度までに実施された組込み技術教育プログラム

科目名	時間	内容
マイクロコンピュータ基礎	72	ワンチップマイコンの仕組みや概要、ペリフェラル、割込処理に関するプログラミングを行う。
マイクロコンピュータ (コントローラ系)	72	各種モータを使い、PWM制御等による速度制御や位置決め制御などを行う。
マイクロコンピュータ (プロセッサ系)	72	DSP 内臓マイコンを教材にし、マイコンによるノイズ除去などのデジタル信号処理を行う。
ロボット工作	72	モータ駆動回路、センサ回路を作成し、マイコンにより仕様通りの動作をするロボットを製作する。
マイクロコンピュータネットワーク	36	CANプロトコルやマイコンの制御方法、CAN通信プロトコルなどについて習得する。

3.1 教育プログラムの概要

本校には、情報技術科と情報処理科の2科が設置されており、訓練期間は2年間である。1科1学年20名の計80名定員に対し、常勤指導員は12名の体制である。本校の卒業生全員が地元IT企業へ就職しており、その多くは中小企業である。

本校の教育カリキュラムは、初年度に情報に関する基礎的な知識等を学び、2年目で各専門分野について技術等を習得する構成となっている。この中で、組込み技術教育は、地域ニーズに応じた科目群として情報技術科のカリキュラムの一部で実施されており、卒業生の多くが組込みシステム開発現場へ就職している。

2007年度までに本校で実施された教育プログラムの概要(2年次展開分)を表2に示す¹。マイクロコンピュータのプログラミングの実習・実技が中心である。ここでの教育は、実技・実習が中心とされ、受講者は与えられた課題に対してプログラミングにより成果物を完成させる形態で学習を進められる²。

3.2 課題

本校では、教育訓練内容の適切性の確認のために、企業へのニーズ調査や卒業生に対する聞き取り調査を毎年実施してきた。この調査の結果において、近年、組込み系企業も含むIT企業全般から「システム開発工程に関する技術・技能」「品質を重視したシステム開発」に関する教育訓練の要望が寄せられるようになった。また、卒業生からも「学校と現場での開発作業にはギャップがあった」「仕様書をみてのテストおよびプログラミング作業から実務に入っている」といった意見が数多くあげられた。これらの要望や意見は、就職を目的とした即戦力に近い人材育成を行う職業訓練の立場から考えた場合、大きな課題である。この課題に対処するためにシステム開発工程に関する新たな科目設置の準備を始めた。この際、IPA-SECが公開して

いるETSS 2007年版³を使用し、現在のスキルと目標とするスキルとの差異を客観的に表すことにより、内容等の設定を行うこととした。

3.3 新プログラム開発に向けての目標設定

表3にETSS「教育研修基準 Ver1.1」の教育プログラムフレームワークと教育目標を示す。これまで実施してきた組込み技術教育プログラムにより習得可能な項目とそのレベルを2007年度欄に示す。教育目標は、3.2で示した課題および本校として仕上げるべき技術者像を考慮し、ETSSキャリア基準により修得すべき技術項目を洗い出した。また、それら項目のスキルレベルは、ETSSスキル基準に基づき設定した。その結果を2008年度目標欄に示す。なお、キャリア基準では、「ソフトウェアエンジニア」と「テストエンジニア」を対象とする職種とした。この理由は、本短期大学の卒業生の大半がはじめに実務でこの職種を担っていること、これら職種がキャリア基準におけるキャリアレベル¹から存在していることから、この職種に必要とする技術項目を習得させることが即戦力に最も近いと判断されたためである。さらに、スキルレベルについては、本校の大半の者がキャリアレベル²に位置づけられる基本情報技術者試験を1年次に取得済みであること、スキル基準における初級は「自律的に作業を遂行できる」中級は「支援の下に作業を遂行できる」であることを参考に設定した。

表3に示された差異を補うための教育訓練科目として、主に開発要素、管理技術、パーソナルスキルに関する新たな技術教育プログラムに取り込むこととした。なお、キャリア基準では、技術要素に関して「開発対象に必要な事項についてスキルが必要である」と示されているが、本校においては教育訓練としての見地から、項目の偏りなく習得させるよう考慮した。

¹ この教育プログラム以前の1年次において、C言語やハードウェアの基礎に関する技術教育は実施済みである。

² このような教育プログラムは、学卒者を対象とした他の短期大学校においてもほぼ同様な内容で実施されている。

³ 「情報技術に携わる者に必要な最低限の基礎的知識を有し、要求された作業について、指導を受けて遂行できる」とされる。

⁴ 「基本的知識・スキルを有し、一定程度の難易度又は要求された作業について、その一部を独力で遂行できる」とされる。

また、旧来科目の「ロボット工作」「マイクロコンピュータネットワーク」は全技術要素の中で他の科目と重複したことから、2008年度の教育プログラムから除くこととし、新たな科目として「組込みシステム開発実習」(以下、本実習)を導入し、地域ニーズや卒業生からの意見との差異を補うための教育訓練を実施することとした。

4. 提案教育プログラム

前章で述べた育成目標のもと、2008年度の組み込み技術教育プログラムを検討した。主に技術教育以外の項目のスキルを身につけさせることに重点が置かれるため、新科目「組込みシステム開発実習」では極力実務に近い環境で教育訓練を実施することとした。

4.1 プログラムの概要

本実習の位置づけは、組み込み技術教育プログラムの総まとめとなる。すなわち、「マイクロコンピュータ基礎」を学習後に、「マイクロコンピュータ(コントローラ系)」と「マイクロコンピュータ(プロセッサ系)」を並行して学習し、その後に本実習を行うのである。「マイクロコンピュータ基礎」および「マイクロコンピュータ(プロセッサ系)」は2007年度に実施した内容で展開されるが、「マイクロコンピュータ(コントローラ系)」は、後続する本実習の開発環境を考慮し、これまでのLinux上でのクロスコンパイル環境から、ルネサステクノロジ社製の統合開発環境HEW等に変更することにした。これにより、コンパイラのみではなく、テスト工程で使用することを予定しているシミュレータおよびモニタプログラムを使った実機デバッグの使用方法も含めた扱い方について学習可能となる。

4.2 組込みシステム開発実習

組込みシステム開発実習のシラバスを表4に示す。全工程を150時間で実施する。PBL形態で実習をすすめることとし、本実習終了時には実習成果の発表を行う。実務に近い環境の実習の必要性を勘案し、市販されている電気ポットを対象とした実習課題を設定した。図1に教材システムの構成を示す。電気ポットを教材に選定したのは、生活の身近にあり機能を容易にイメージできること、既習技術を生かすことの出来る機能

表5 主な使用教材

ハードウェア環境	電気ポット(マイコン制御型)、オムロン製、AKI-H8/3052F 開発キット、グラフィックLCDディスプレイ
ソフトウェア環境	統合開発環境 HEW、ライタソフト(FDT)、通信ソフト(HTERM)、Javaコンパイラ、Eclipse、MS-Project、グループウェア
その他教材	電気ポット製品カタログ、取扱説明書、H8/3052F ハードウェア仕様書、HEWユーザーマニュアル、各種ドキュメント・マツ

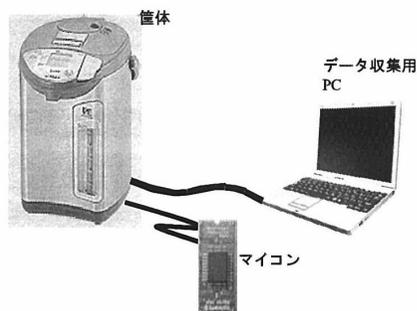


図1 課題システム構成の概要

を有していること、参考図書⁶⁾があることが理由である。本実習における主な教材を表5に示す。

受講者は1グループ4人に分け、各グループメンバーにはリーダー、操作機能担当、制御機能担当、データ収集機能担当の役割を分担させた。リーダーは実習開始時のグループ間ミーティングや作業進捗管理、状況報告などを担当する。機能別の分担者は各々が仕様書作成から各テストまで責任を受け持ち実施する体制とした。なお、開発環境は前述の通りであるが、データ収集機能担当だけはシステムの検証等のためのトレンド記録をおこなうPC側のウィンドウズアプリケーションを作成することからJava言語での開発とした。

指導スタッフは、企業プロジェクトマネージャ経験者や技術士等を含めた2~4名で担当し、各工程フェーズ毎にグループのデザインレビュー等をおこなう。なお、開発システムの要求仕様書作成等の、最も上流工程部分やハードウェア仕様書等はあらかじめ指導者が作成し、受講者はソフトウェア要求分析から取り組めるようにした。これは、キャリア基準における「ソフトウェアエンジニア」および「テストエンジニア」職種として基礎となる技術習得に専念させるためである。

5 実施結果と評価

2008年度の本実習は、6月から11月までの期間で実施された。本章ではこの実習の結果と評価を示す。

5.1 実施結果

今回の「組込みシステム開発実習」における各工程における時間数、ドキュメント数などについて以下の表6および表7に示す。

本実習の前提科目である「マイクロコンピュータ(コントローラ系)」において、シミュレータやデバッグなどの扱い方などを教えていたこともあり、本実習では、技術要素面に関して受講者たちに戸惑いは見られず、既習の知識・技術を駆使し、開発を進めていた。また、実在の家電製品を開発対象としたことにより、これまでは授業として取り上げることが困難であった

表 6 実施時間およびドキュメント数 (平均)

工 程	計画時間	実時間	ドキュメント数
分析・計画	10 hr	10 hr	30p
外部設計	26 hr	26 hr	70p
内部設計	24 hr	24 hr	100p
プログラム設計	12 hr	22 hr	75p
テスト仕様設計	22 hr	26 hr	90p
製作・実装	20 hr	22 hr	表 7 参照
単体テスト	20 hr	20 hr	結果報告 100p
システムテスト	12 hr	—	
成果発表	4 hr	—	

表 7 ソースコード規模 (平均)

区 分	サイズ (byte)	総行数	コメント率
共通機能	26,577	1,107	32.8%
操作機能	22,658	898	22.2%
制御機能	16,243	520	42.6%
データ収集	68,958	2,650	15.6%

品質マネジメントや安全性、使いやすさなどの「非機能要件」などについても理解を深めさせることができました。さらに PBL によって管理技術やパーソナルスキルも少なからず向上している様子がうかがえた。しかし、開発要素面に関しては、特にソフトウェア仕様分析や外部設計でのドキュメント作成の不慣れによる遅れや、テスト量の多さによる遅れなどにより、全般的な工程に遅れが生じ、当初予定していた最終工程までたり着けなかった。

5.2 受講者からの評価

本実習終了後に各受講者に対して、無記名の質問紙調査を実施した。質問内容は本実習を体験して難しいと感じたことや、学んだことなどについて自由記述を求めている。この調査結果の抜粋を表 8 に示す。得られた結果の中で、特に多かったのは、グループによる開発の難しさに関する意見であった。また、実習開始当初にシステム開発全体のイメージがつかめていなかったことなどに起因する開発技術面に関する意見も多数あった。グループ内での同調の程度や仕方、仕様書に基づく設計の詳細度といった実習初期の段階では想像できなかった事柄が、仕様書の不整合によるプログラム結合時のバグや前工程へ後戻りなどの原因となっていたことへの気づきも指摘されていた。そして、こうした経験自体が今回の実習における成果であるとも回答されている。

さらに今回の質問紙調査では、組込み技術教育プログラム全体を通じた習得状況についても自己評価による回答を求めた。3.3 節に示した教育プログラムフレームワークを基準にして、各項目毎に自己評価させ、3/4

表 8 質問紙調査結果 (抜粋)

技術要素面	・デバッガやシミュレータなどを開発での現場に生かす自信になった ・実践的なプログラミングについて学んだ (他 2 件)
開発技術面	・仕様書の重要さがわかった ・上流工程のモレが下流工程に大きく影響することがわかった (他 6 件)
管理技術面	・工程計画どおりに進められなかった (他 4 件)
パーソナルスキル面	・グループ作業の難しさに関する理解が深まった ・コミュニケーションの大切さを学んだ (他 8 件)

以上の人数の達成状況をもってレベル達成したものとみなした。レベル達成の有無は前述の表 3 に併せて示した。この結果から、2008 年度の目標としていた各項目におけるスキルレベルと比較し、最終のテスト工程においては未達成ではあるものの、「管理技術」や「パーソナルスキル」も含め、その他の工程については、当初目標としていたスキルレベルに到達していると感じていることがうかがえる。

しかしながら、これらの結果は受講者の自己評価であるため、必ずしも実務において相当レベルのスキルを習得できたことを表すものではない。本実習を体験したことでこれまで知識でしかなかったスキルへの自信と理解が深まったことを示しているとも考えられる。

5.3 受講者への評価

受講者に対して、以下の 4 項目を総合的に評価した。

- 1) 各工程の成果物の適正度
- 2) プロジェクト貢献度
- 3) 工程管理
- 4) 自己評価

1)は調査・計画、外部設計、内部設計、プログラム設計、テスト仕様設計、コーディング、単体テストの各工程で作成したドキュメントの適切度を、7 項目(完全性、正確性、一貫性、伝達性、追従性、必要性、実現可能性)について 3 段階(A, B, C)で評価した^[7]。2)と 3)は、職業能力評価基準による「情報処理技術者-システムエンジニアに関連する評価基準」の能力ユニット「ソフトウェア設計」、「関係者との連携による業務遂行」および「業務計画の作成と成果の追求」の職務遂行基準を評価ポイントとした^[8]。工程管理項目に対する評価基準と評価結果の例を表 9 に示す。また、4)は前節で示した習得状況の自己評価によるものとした。

1)における完全性や一貫性について指導者から低い評価を受けた受講生は、自己評価においても「上流工程のモレが下流工程に大きく影響してしまった」と、さらに「ソフトウェア要求事項の定義」技術項目欄の

表9 工程管理に対する評価基準(抜粋)と評価例

計画の作成	<ul style="list-style-type: none"> 組織での自分の役割を自覚し、指導者の助言を踏まえながら、自分の担当業務の目標や作業スケジュールを主体的に検討している。 自身の作成したスケジュール表をもとに、業務のロス・ムダの発見と除去を行っている。 毎日の作業に取り掛かる前に、1日の作業内容を把握し、業務計画を作成している。
A B C	
スケジュール管理 と自己管理の推進	<ul style="list-style-type: none"> グループ内の定められたスケジュールに沿って計画的に業務を遂行している。 トラブルや仕様変更等により計画どおり業務が進まなくなった場合には、指導者の判断を得ながら速やかな対応を行っている。
A B C	
成果へのこだわり と成果の追求	<ul style="list-style-type: none"> 組織内での自分の役割を自覚し、最後まで投げ出すことなくやり遂げている。 業務報告書等は仕事の節目節目で怠りなく提出している。
A B C	

達成度も低く評価していた。また、表9に示した評価の対象者は、自己評価においても「工程通りに進められなかった」と述べている。このように、受講生への評価と受講生からの評価との間には、習得項目とそのレベルにおいてほぼ一致した関係がみられた。

6 考察

今回実施した組込み技術教育プログラムは、ETSSに照らし合わせて開発された。これにより、2007年度まで実施してきた教育プログラムの問題点や今回実施した教育プログラムの成果を具体化することができた。この結果から、従来よりもさらに実践的な教育訓練プログラムを開発できたものと考えられる。

電気ポットという実製品を教材として用いたことは、これまでの教育訓練では教授が難しかったシステム開発における非機能要件を意識させるのに有効であった。さらに、シミュレータやデバッガなどを使用して実製品の開発工程を経験させることで、受講者自身に、これまでユニット式に習得した技術の深化を感じ取らせることができ、また実習に対する総合評価の結果からもそのことがうかがえた。さらに、グループによる開発形態という実際の現場に近い実習を体験させたことは、パーソナルスキルの向上に非常に有効であることも確認できた。

指導においては、取扱説明書やカタログを参考にできること、実製品であるためシステムにおけるハードウェアとソフトウェアの切り分けが完了されているなど授業運営面での効果も確認できた。

一方で、当初の目的の1つとしていた「テストエンジニア」が必要とするスキル項目の習得達成度が、不十分であるという結果が明確になった。このことに対しては、質問紙調査等から次の2つの要因が見いだせる。1つ目は教育訓練時間数に見合ったシステム開発規模の教材選定が適性ではなかったこと、すなわち指導者側の要因である。2つ目はシステム開発工程における次の工程作業のイメージがなかったことである。これは、受講者側の要因であると同時に指導者側の要因でもあ

る。これらについては、PBLの運営として限られた時間内に効果的な指導を施せるよう今後検討する。

7 おわりに

本稿では、職業能力開発短期大学校における組込み技術者育成のために新たに導入したPBL型教育プログラム「組込みシステム開発実習」の内容、実施、およびその評価について述べた。

提案プログラムは、本校の仕上がり目標である実践技術者の育成のため、実務に近いシステム開発工程を体験させることにより、品質を意識したソフトウェア開発技術力等を付加するとともに、ユニット単位で学んだ技術要素を実践的な技術に昇華させることを主目的としたものである。このプログラムを2008年度の約半年間にわたり実施した結果、当初スキルアップを期待していた技術分野については概ね成果を得られたことが学生への質問紙調査の結果から確認された。

一方で、目標未達成となった一部のスキル項目については、次年度に向けたプログラム改善が求められる。改善案としては、プログラムの早期段階でシステム開発のイメージを持たせることとし、事前に小規模なシステム開発を体験させる、もしくは前年度の仕様書から実装とテスト工程を実習初段に実施するなどが考えられる。また、設計様式を統一化することによる品質の向上や開発期間の短縮を目的として、UML等による設計を視野に入れ、新たなCASEツールの導入、また実習期間に見合った機能数での実習ターゲットの選択についても検討を進めている。

参考文献

- [1] 経済産業省，“2008年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書”(2008)。
- [2] 沢田篤史，小林隆志，金子伸幸，中道上，大久保弘崇，山本晋一郎：“飛行船制御を題材としたプロジェクト型ソフトウェア開発実習”，組込みシンポジウム2008論文集，pp.5-14(2008)。
- [3] 厚生労働省職業能力開発局編：“職業能力開発促進法”(2002)。
- [4] 厚生労働省令第六十一号，別表第六の十六「電子情報制御システム系」(2008)。
- [5] 独立行政法人 情報処理推進機構ソフトウェアエンジニアリングセンター，“ETSS スキル基準”(2008)。
- [6] 中央職業能力開発協会，“職業能力評価基準情報処理技術者(06) - システムエンジニア(061)に関する評価基準”(2008)。
- [7] 花田収悦：“ソフトウェアの仕様化と設計”，日科技連(1993)。
- [8] SESSAME WG2：“組込みソフトウェア開発のためのオブジェクト指向モデリング”，翔泳社(2006)。

表3 2007年度習得状況, 2008年度習得目標, 2008年度達成状況

		07年度実施		08年度目標		達成状況	
スキルカテゴリ		初級	中級	初級	中級	初級	中級
E T S S スキル基準	技術要素	通信	有線				
		情報処理	情報入力				
			データ処理				
			セキュリティ				
			情報出力				
		マルチメディア	音声				
		ユーザインタフェース	人間系入力				
			人間系出力				
		ストレージ	メディア				
		計測・制御	理化学系入力				
	理化学系出力						
	計測・制御処理						
	プラットフォーム	プロセッサ					
		基本ソフトウェア					
		支援機能					
	開発要素	ソフトウェア要求分析	ソフトウェア要求事項の定義				
			ソフトウェア要求事項の評価レビュー				
		ソフトウェア方式設計	ソフトウェア構造の決定				
			ソフトウェア構造のデザインレビュー				
		ソフトウェア詳細設計	ソフトウェアの詳細設計				
ソフトウェアの詳細設計のレビュー							
ソフトウェアコード作成とテスト		プログラムの作成とプログラムテスト項目の抽出					
		コードレビューとプログラムテスト項目のデザインレビュー					
		プログラムテストの実施					
ソフトウェア結合		ソフトウェア結合テスト仕様設計					
	ソフトウェア結合テストの実施						
ソフトウェア適格性確認テスト	ソフトウェア適格性確認テストの準備とレビュー						
	ソフトウェア適格性確認テストの実施						
システム結合	テスト項目抽出とテスト手順の決定及びレビュー						
	システム結合テストの実施						
システム適格性確認テスト	システム適格性テストの準備とレビュー						
	システム適格性確認テストの実施						
管理技術	プロジェクトマネジメント	タイムマネジメント					
		品質マネジメント					
		コミュニケーションマネジメント					
プロセスマネジメント	開発環境マネジメント						
	構成管理・変更管理						
その他のスキル	コミュニケーション	話す, 聞く, 書くなど					
	ネゴシエーション	質問, 調査, 主張など					
	リーダーシップ	能力開発, 時間管理, 動機付けなど					
	問題解決	着眼, 発想, 問題発見, 分析, 論理指向など					

表4 「組み込みシステム開発実習」シラバス

科目名称：組み込みシステム開発実習				
スキルカテゴリ		関連技術項目	時間	備考
第1階層	第2階層	(第3階層)	(分)	
技術要素	通信	有線	RS-232C シリアル通信	以下の手順で実施する ・実製品（電気ポット）を題材に、システム要求仕様書とシステム設計書（ハードウェア、ソフトウェアの機能仕様書等）を指導者側より受講者提示 ・グループ体制表、工程表等を作成（リーダーが行う） ・仕様書を元にソフトウェア要求分析 ・デザインレビュー ・分析結果を元に機能分割と役割分担 ・ソフトウェア方式設計（外部設計）仕様書作成 ・デザインレビュー ・ソフトウェア詳細設計（内部設計）仕様書作成 ・デザインレビュー ・ソフトウェアコード作成とテスト仕様書（単体・結合、ソフトウェア要求仕様との整合性）作成 ・システムテスト仕様書（システム結合、システム要求仕様との整合性）作成 ・デザインレビュー ・シミュレータによる単体テスト ・シミュレータによる結合テスト ・シミュレータによる適格性確認テスト ・テスト結果報告 ・マイコンへの実装 ・実機デバッグによるシステム結合の実機テスト ・実機デバッグによるシステム適格性の実機テスト ・結果検証、自己評価等の報告（発表）
	情報処理	情報入力	ポート入力	
		セキュリティ	安全操作設計	
		情報出力	ポート出力	
	ユーザインタフェース	人間系入力	ボタン	
		人間系出力	L E D タクトフィックLCD表示 ブザー出力	
	計測・制御	理化学系入力	温度センサ	
		計測・制御処理	A/D変換	
		理化学系出力	温度調整	
	プラットフォーム	基本ソフトウェア	スケジューラ	
支援機能		データログ収集		
開発要素	ソフトウェア要求分析	ソフトウェア要求事項の定義	構造化分析	
		ソフトウェア要求事項評価レビュー	要求仕様分析レビュー	
	ソフトウェア方式設計	ソフトウェア構造の決定	外部設計仕様書作成	
		ソフトウェア構造のレビュー	仕様書のレビュー	
	ソフトウェア詳細設計	ソフトウェアの詳細設計	内部設計仕様書作成	
		ソフトウェアの詳細設計のレビュー	仕様書のレビュー	
	ソフトウェアコード作成とテスト	プログラムの作成とプログラムテスト項目の抽出	C言語プログラミング テスト仕様書作成	
		レビューとプログラム項目のレビュー	CO, C1カハレッシン	
		プログラムのテストの実施	仕様書のレビュー	
		ソフトウェア結合	シミュレータでのテスト	
	ソフトウェア結合テストの実施	シミュレータでのテスト		
	ソフトウェア適格性確認テスト	ソフトウェア適格性確認テストの準備とレビュー ソフトウェア適格性確認テスト実施	ソフトウェア適格性確認テスト仕様書作成とレビュー シミュレータでのテスト	
	システム結合	テスト項目抽出とテスト手順の決定およびレビュー	システム結合テスト仕様書作成とレビュー	
		システム結合テストの実施	実機デバッグによるテスト	
	システム適格性確認テスト	システム適格性確認テストの準備とレビューの実施	システム適格性確認テスト仕様書作成とレビュー	
		システム適格性確認テスト	実機デバッグによるテスト	
管理技術	プロジェクトマネジメント	タイムマネジメント	工程表作成	
		品質マネジメント	エラー解析・傾向分析 保全性、保守性	
		コミュニケーションマネジメント	ドキュメント作成 ミーティング	
	プロセスマネジメント	構成管理・変更管理	レビュー議事録 変更（ハレーション）管理	
パーソナルスキル	リーダーシップ	グループ管理	グループ進捗管理	
	交渉	分析	調査	
	コミュニケーション	プレゼンテーション	成果発表	
	問題解決	連絡、報告、相談	レビュー等	
	分析、問題発見	KJ法		