NEXCESS : 社会人組込みソフトウェア技術者教育におけるスキル育成

NEXCESS : Education for Embedded Software Specialists – Enhance Worker's Skill –

山 本 雅 基 ^{※1} Masaki YAMAMOTO	阿 草 清 滋 ^{※1} Kiyoshi AGUSA	間 瀬 健 二 ^{※2} Kenji MASE	高 田 広 章 ^{※1} Hiroaki TAKADA
河 口 信 夫 ^{※3} Nobuo KAWAGUCHI	冨 山 宏 之 ^{※1} Hiroyuki TOMIYAMA	本 田 晋 也 ^{※1} Shinya HONDA	金 子 伸 幸 ^{※1} Nobuyuki KANEKO

The development of embedded software has recently been increasing among many companies. This situation carries the need for training of more embedded software engineers. The Nagoya University provides reeducation of embedded software engineers in the working world. We divide the engineer into four classes by technical capabilities and a career. We developed nine educational courses. These extension courses are short intensive courses on training embedded software engineers. The manager is demanding not only theory but skill training strongly in a subordinate's education. We are tackling many exercises, in order to improve an embedded software engineer's skill. We record the number of times of key operation which students performs into exercises, and analyze exercises.

Keywords : Engineer education, Adult education, Embedded software, Skill, Educational effect
キーワード : 技術者教育, 社会人教育, 組込みソフトウェア, スキル, 教育効果

1. はじめに

近年, わが国の製造業の根幹を支える組込みシステムの開発需要が増大している。組込みシステムでは, 製品の競争力を高めるために, ハードウェアの差別化に加え, 組込みソフトウェアにより実現される機能により製品の差別化を狙う傾向が顕著である。このため, 組込みソフトウェアの開発が増大している。2005年度の経済産業省の調査では, 組込みシステムの開発費の内, 組込みソフトウェア開発費が約41%を占めており, 組込みソフトウェア開発の割合が極めて高くなっている。組込みソフトウェア開発に従事する技術者は, 約17万5千人であるが, 7万人が不足している¹⁾。

組込みソフトウェアは, 限られたハードウェア制約の下での開発が要求され, 高度で専門的な技術者が必要である。また, 開発規模が拡大する一方で開発期間が短縮する傾向が近年顕著であり, 技術者には, 以前に増して高い生産性が要求されている。加えて, 組込みシステムとしての高い信頼性を実現するために, 高品質なソフトウェア開発を行う技術力を有する技術者が要求されている。

しかし, 現在, 大学における組込みソフトウェア技術に関する教育カリキュラムや教材が不足しており, 十分な教育を受けないまま卒業し, 企業で組込みソフトウェア開発の業務をしている。また, 企業においても, 企業内での教育をする体制や要員が不十分であるという意見も多数あり, 大学などの教育機関に対する大きな期待がある。

組込みシステム技術者には様々な知識が必要であるため, 基礎教育を行う大学では複数のコースを組み合わせで実施されることが多い²⁾。しかし, 教育時間が限られる社会人教育では, 特定の目的を設けた教育を特定の技術者に対して的確に実施する必要がある。また, 知識教育だけではなく業務遂行能力を教育する必要がある。

このような中で, 名古屋大学は社会人向けの組込みソフトウェア技術者人材養成プログラムNEXCESS(ネクセス)を実施している³⁾。NEXCESSでは, 大学の強みである理論の教育だけではなく, 社会人教育に強く要求されるスキル育成を達成するために, 教育コースの体系化, 育成スキルの明確化, 学習者のスキル育成への取り組み姿勢の評価を行っている。

以降, 2章でNEXCESSにおいて開発した教育コースを説明し, 3章で社会人教育として必要なスキル育成への取り組み方法を示し, 4章では教育実績から得

平成18年5月19日受付

※1名古屋大学大学院情報科学研究科

※2名古屋大学情報連携基盤センター

※3名古屋大学大学院工学研究科

た経験を分析し、5章でまとめを述べる。

2. 教育コース体系

組込みソフトウェア技術者教育では、受講前のスキルを定め、キャリアに適合した教育コースを提供し、受講後の獲得スキルを明示することが推奨されている⁷⁾。NEXCESSでは、それに倣い、技術レベルとキャリアにより受講者のクラスを分類し、それぞれのクラスに適合した教育コースを提供した⁴⁾。

2. 1 技術レベル

社会人教育では、学歴・所属部署・知識・年齢などが異なるため、受講者のスキルを揃える工夫が必要となる。ETSS (Embedded Technology Skill Standards) では、スキルフレームワークを用いてスキルを定義し、技術者のスキルレベルを位置づけている⁵⁾。同様にNEXCESSでは、どの企業でも当てはまるように技術者を技術レベルにより次の3つの層に分類した。

(1) 初級技術者

独力だけでは業務遂行をできる技術力が無く、上司の指示により業務遂行する技術者。おおむね、経験年数が5年未満相当である。

(2) 中級技術者

自らの判断により業務遂行できる技術力を有する技術者。おおむね、経験年数が5年から10年未満相当である。

(3) 上級技術者

卓越した能力により、会社をリードし会社の事業推進に積極的に寄与する者。おおむね、経験年数が10年以上である。

2. 2 キャリア

企業規模や業種により、企業内で分類される業務種類は大きく異なる。しかし、企業規模や業種に関係なく、ほとんどの企業において、次のキャリアが存在すると考え、3種類に分類した。

(1) 一般技術職

ソフトウェア製品の生産活動に直接従事する技術者。この層の技術者により、売り上げに直結する生産活動が行われる。初級技術者および中級技術者が当該キャリアに相当する。

本キャリアは、ソフトウェア開発プロセスの全工程を遂行する。ただし、初級技術者と中級技術者において、担当工程が異なるものと定義する。初級技術者は、V字モデルの製作工程を中心に担当するものとし、中級技術者は、要求分析や外部テストなどより高い技術を必要とする工程を担当するものとする(図1)。

(2) 専門職

直接生産活動には従事せず、高度な専門技術能力を有し、新製品への技術適用などの面で貢献する技術者。上級技術者の一部がこの職に就く。

図1 V字モデルにおける技術者分類

図2 クラス分類

(3) 管理職

直接生産活動には従事せず、高度な管理能力を有し、プロジェクト管理や経営などの面で貢献する管理者。上級技術者の一部がこの職に就く。

2. 3 クラス分類

技術レベルおよびキャリアにより技術者を分類し、教育コースを設計する上で基本とする次の4つのクラスを設けた(図2)。

(1) 初級クラス

上司の指示を受けながら、主としてソフトウェア開発の製作工程に従事する技術者のクラス。プログラミング技術の習得が要求される。

(2) 中級クラス

自らの判断で、主としてソフトウェア開発の上流工程に従事する技術者のクラス。高度な設計力や他の技術者と共同作業する能力が要求される。

(3) 上級クラス

特定の技術に関して高度な能力が要求される技術者のクラス。管理能力ではなく、技術力が要求される。

(4) 指導者養成クラス

部下の技術者を指導育成する能力を要求されるクラス。技術力だけでなく、部下を指導育成する管理能力が要求される。

なお、NEXCESSは技術者教育を目的とするため、管理能力のみを取り扱う管理者クラスを設けない。

2. 4 教育コース

技術レベルとキャリアによりクラスを分類した。このため、各クラスでは、図2に示すように、技術者の基本的なスキルとキャリアが揃っている。そこで、教育コースを各クラスに対応付けて体系化することにより、ETSSが推奨するように、受講前のスキルを合わせて、かつ、キャリアに即した教育が可能となる。

初級クラスは、図1に示す技術者を対象とするため、製作工程を中心とした教育内容とした。中級クラスでは、より上位の設計やテストに関して、2つのコースを提供した。上級クラスでは、専門職としての専門的な技術を5つのコースで提供した。指導者養成クラスでは、指導技術を教育するコースを提供した。

(1) 初級：組込みソフトウェア開発技術の基礎

(2) 中級：組込みソフトウェアの技術リーダー

(3) 中級：リアルタイムOSを用いたソフトウェア設計技

(4) 上級：リアルタイムOSの内部構造

(5) 上級：C言語ベースの組込みハードウェア設計

(6) 上級：ユビキタス環境を実現するネットワークミドルウェアとその応用

(7) 上級：組込みシステムのためのソフトウェア工学

(8) 上級：ユビキタスインタフェースと画像処理組込みプログラミング

(9) 指導者養成：組込みソフトウェア初級技術者の指導技術

3. スキル育成への取り組み

3. 1 ETSSとの関連付け

学校教育では学問や技術の知識に関する理解を深める知識教育が伝統的に行われる傾向がある。一方、社会人教育では、業務遂行能力を育成するスキル教育が重要視される。スキルは、業務遂行時に発揮能力として発現する能力であり、プログラミング能力などがそれに当たる。知識に裏打ちされたスキルは、複雑な問題の解決や新製品の創出などを行うことができ、企業の技術者に普遍的に求められる。

IPA（独立行政法人情報処理推進機構）はSEC（ソフトウェア・エンジニアリング・センター）において、ETSS（組み込みスキル標準）を定めている⁵⁾。ETSSは、スキル基準、キャリア基準、教育カリキュラムから構成される。スキル基準により、会社が必要とするスキルの抽出および個人のスキル評価を行う。キャリア基準により、会社におけるキャリアパスを定義する。教育カリキュラムにより、組込みソフトウェア教育を体系化する。

NEXCESS各コースの教育項目をETSSスキル基準に従って整理した。初級コースの例を表1に示す。こ

表1 初級コーススキル標準

ス キ ル 粒 度			
技術要素	情報処理	情報入力	ポート入力
		データ処理	時間計測
		情報出力	ポート出力
	UI	人間系入力	SW操作
		人間系出力	LED点滅
	プラットフォーム	プロセッサ	M30262F8
		基本ソフト	μITRON
		支援機能	統合開発環境
開発技術	要求分析	要求定義	構造化分析
	方式設計	構造決定	タスク分割
	詳細設計	詳細設計	構造化設計
	ソフトウェアコード作成とテスト	プログラム作成、テスト項目抽出	C言語
			境界値テスト
			カバレッジ
		レビュー	C言語
			テスト
	ソフトウェア結合	テスト実施	ROM書込み
			タスクモニタ
		テスト仕様	仕様書作成
		テスト実施	テスト
管理技術	開発プロセス管理	マネージメント	V字プロセス

のように、教育項目をETSSスキル基準に従って示すことにより、社会人の受講者は自らのスキルアップに必要なとする教育コースの選択が容易となる。

3. 2 体験型学習の体系化

スキル育成においては、座学の講義を受講するだけではなく、自ら演習に参加しスキルを体験的に学習する体験型学習が重要であると言われている。

組込みソフトウェア教育において行われる体験型学習を、座学発展型、シミュレーション型、プロジェクト型の3つの型に分類した（図3）。

座学発展型としては、実機演習や討議演習が行われる。これらは、座学講義の延長線上に実施される演習であり、比較的短時間で多数の受講生に対して十分な管理の元で演習を行うことができるため、従来から多く実施されてきた。

シミュレーション型としては、ロールプレイ演習と事例研究が主として行われる。これらの教育は、過去に行われた実際のプロジェクトを教材として仕立て、追体験をさせることが特徴である。

プロジェクト型としては、PBL（Project Based Learning）とOJT（On-the-Job Training）が行われる。PBLでは、教育用に用意されたプロジェクトにおいて、学習者が一連の工程を体験し、ソフトウェア開発演習を行う。教育効果は高いといわれているが、最低でも2週間程度の教育期間を要するため、新入社員教育など特定の教育でのみ行われる場合が多い。

図3 体験型学習の分類

短期集中型教育コースを提供するNEXCESSでは、短い教育時間が可能である座学発展型の演習を全教育コースにおいて実施した。マイコンボードを用いたプログラミング演習や、テスト仕様書を作成するドキュメント演習や、共同作業により要求分析を行うグループ演習などの演習時間を、全教育時間の44%実施し、スキル育成を狙った。

3. 3 キー操作の計測

組込みソフトウェア教育では、ソフトウェア開発を実施する技術者の育成が求められている。特に、初級および中級技術者には、プログラミングスキルの育成が求められている。ソフトウェア生産現場では、常にソフトウェアを生産することが求められており、単に知識のみを有するだけでは不十分である。

プログラミングスキルを向上するためには、体験型学習が必要であると考えられている。従来から、教室内の授業過程として教師と生徒の対話を記録分析し、授業と学習の効果を高める取り組みがされてきた⁶⁾。しかし、組込みソフトウェアプログラミング演習に関しては、従来、調査がされていなかった。そこで、我々は、組込みソフトウェア技術教育において、教室内で行われる体験型学習の記録方法を検討することとした。

組込みソフトウェア教育では、プログラミングやドキュメンテーションなどの演習をPC上で行うケースが多い。そこで、組込みソフトウェア教育における体験型学習の記録方法として、受講者のキータイプ操作に着目することとした。

学習者が演習を行う際、誤りを犯す個所や回数など学習者により異なる。しかし、演習を体験すること自体が学習者にとっても効果があると考えた。つまり、プログラミング演習では、実際に手を動かしキータイプをしてプログラミングを行うことに価値があるものとみなし、キー操作をせずに漫然と資料を調査してい

図4 キーの記録

るだけでは演習の効果が出ないものと考えた。

そこで、我々は、組込みソフトウェア教育におけるキー操作を記録するために、UAL (User Activity Logger) アプリケーションを開発した(図4)。UALは、Windowsのグローバルフック機能を用い、ユーザのキー操作を記録するWindowsアプリケーションである。

4. 評価

4. 1 養成者数実績

2004年10月から2005年3月まで延べ20回の教育コースを開講した。定員480名を上回る716名の受講申し込みがあり演習機材の追加手配などをし、506名を選考した。全日出席し修了レポートを提出し評価を受け修了認定した者が、459名であった。

申込者の約6割は東海地区(愛知、岐阜、三重、静岡)からであり、関東および関西は、それぞれ約2割であった。関東地区の組込みソフトウェア技術者数は、東海地区の数倍多いと考えられており、潜在的な社会人組込みソフトウェア教育へのニーズは、きわめて高いことが確認できた。

4. 2 受講者平均年齢

図2で示したように、初級クラスから順に経験年数を経るごとに技術者は成長すると考えた。また、上級クラスは技術専門力が高く、指導者養成クラスは管理

図5 プログラミング演習時のキー入力総数

図6 演習正答者群と誤答者群のキー操作回

図7 キー入力回数群別の演習正答率

能力が高いと設定した。実際の受講生の平均年齢は、初級が28.5歳、中級が32.9歳、上級が33.7歳、指導者養成が41歳であった。

上級の受講年齢の平均が中級の受講年齢とあまり変わらないことから、組込みソフトウェア産業において、高度な技術力の学習は、比較的若い段階から行われることがわかった。また、管理力は年齢に応じて身に付く傾向があることが確認できた。

4. 3 受講者総合評価

受講者に対してアンケートを実施した。その結果、NEXCESSの教育コースに対する総合評価は5点満点中4.3点であり、受講生から社会人教育として十分高い評価を受けていることがわかった。特に、演習を重視したカリキュラムに関して、アンケートの自由記載欄には次の記述があり、高い評価を受けていることが確認できた。

- ・プログラムを実装して動作を確認することで理解が深まった。
- ・ボードを使うことで、実際の業務に近い教育を受けることができた。

4. 4 上司評価

社会人教育における上司の役割は大きい。そのため、教育の終了後、上司に対してアンケートを実施した。その結果、上司の67%が部下の技術力が向上し、58%が部

下の業務への取り組み姿勢が良くなったと判断していることが分かり、教育コースの的確性が確認できた。上司のコメントとして、次のようなものがあり、教育の目的であるスキル育成が達成できていることを確認した。

- ・今回の受講により短時間でスキルアップを図ることはできたと感じます。
- ・わかる事の楽しさが身につき、ひとつひとつの業務の追求や理解が深くなった。

4. 5 プログラミング演習の記録

初級コースのプログラミング演習時のキー操作を、UALを用いて記録した。

初級コース第4日目の第1時限(90分間)の受講者のキー入力回数を図5に示す。縦軸は、90分間のキー入力総数であり、横軸は受講者を示している。受講者によってキー操作回数に差があり、最多回数は1,939回、最小回数は646回、平均回数は1,048回であった。

次に、演習問題の正答者14名と誤答者10名のキー操作回数の平均値を求めると、図6のように、1,094回と974回となり、それほど差が無いことが分かった。また、キー入力回数の多い者から4名を過多入力者、少ないものから4名を過少入力者、その他を中庸入力者としてグループ分けし、それぞれの演習問題の正答

率を求めると、図7のようになった。過多入力者は、全員、正答していた。また、過少入力者も4名中3名が正答していた。しかし、中庸入力者は、正答率が44%となり、過半数の者が演習問題を正しく解けていないことが分かった。

当初、演習時間中のキー操作過少入力者は、演習をサボタージュしており、教育効果が上がっていないものと考えていた。しかし、過少入力者は、効率的に演習を解いていることがわかった。

過多入力者は、試行錯誤を繰り返すために入力回数が増加する者が4名中3名であったが、他の1名はプログラムのコメント文を詳細に記入するために入力回数が増加していた。

また、中庸入力者を含めて演習が正答しない者は、演習時間が終了する前の時点で演習問題を解くことができなくなり、キー操作が停止していた。

以上から、キー操作回数が少ないことを理由に、演習への取り組み姿勢が悪く学習効果が上がらないと断定してはいけないことが分かった。また、演習ができない状況は、キー操作回数を時系列的に観察していれば判別する可能性があることが分かった。今後、アンケート分析や成績分析などを行い、体験型学習の有効性を高める取り組み方法を検討する。これにより、プログラム演習中に適切な指導を行うタイミングを検出し演習効果を向上する指導を行う仕組みを求める。

5. まとめ

本稿では、大学における社会人向けの組込みソフトウェア技術者人材養成の取り組みを示した。社会人技術者を、技術レベルとキャリアにより分類し、教育コースを体系化した。また、スキル育成を行う体験型学習を体系化し、実施した。アンケートからは、スキル育成を目指す教育コースの有効性が確認できた。また、体験型学習の過程を記録する手法として、キー操作の記録を提案し、授業においてデータを記録した。その結果、プログラミング演習では、受講者によりキー操作回数が大きくばらつくことが分かった。しかし、学習効果は、短絡的にキー操作回数と結びつかないことが分かった。今後、体験型学習の有効性を高める検

討を継続実施する。

謝 辞

本研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費の助成により実施した。加えて、本研究の一部は経済産業省「平成17年度産業技術研究開発（ソフトウェアエンジニアリングの実践強化に関する調査研究）」の一環として、IPAソフトウェア・エンジニアリング・センターとの共同研究により実施した。

参 考 文 献

- 1) 経済産業省商務情報制作局情報政策ユニット情報処理振興課：2005年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書，経済産業省，2005
- 2) Alberto Luigi et al.：Embedded System Education A New Paradigm for Engineering Schools?, SIGBED Review, 2-4, 2005. 10
- 3) 名古屋大学：名古屋大学組込みソフトウェア技術者人材養成プログラム平成16年度活動報告，<http://www.nexcess.itc.nagoya-u.ac.jp/>，2005
- 4) 山本雅基ほか：社会人に対する組込みソフトウェア技術者の再教育の取り組み，電気学会論文誌A, 126-7, 2006（掲載予定）
- 5) ソフトウェアエンジニアリングセンター：組込みスキル標準2005スキル標準，経済産業省，2005
- 6) 佐藤学：教育方法学，岩波書店，1996
- 7) ソフトウェアエンジニアリングセンター：教育研修基準，経済産業省，2006

.....

著 者 紹 介

山本 雅基

名古屋大学大学院情報科学研究科附属組込みシステム研究センター 研究員
〒464-8063 名古屋市中種区不老町