

## Remedial Education of Embedded Software Specialists for Working People

Masaki Yamamoto Member (Information Technology Center, Nagoya University)

Nobuo Kawaguchi Member (Information Technology Center, Nagoya University)

Kiyoshi Agusa Non-member (Graduate School of Information Science, Nagoya University)

Kenji Mase Non-member (Information Technology Center, Nagoya University)

Hiroaki Takada Non-member (Graduate School of Information Science, Nagoya University)

Hiroyuki Tomiyama Non-member (Graduate School of Information Science, Nagoya University)

Shinya Honda Non-member (Information Technology Center, Nagoya University)

Nobuyuki Kaneko Non-member (Information Technology Center, Nagoya University)

**Keywords** : extension course, embedded software, e-learning, skill

Due to the ever increasing demand for the development of embedded software, it is an urgent issue to increase the number of embedded software engineers as well as to improve their skills. Since embedded software is usually developed under very limited hardware resources, specialized skills are required for the embedded software engineers. The complexity of embedded software has been growing, while the time-to-market pressure has been strengthened. Needless to say, the reliability or quality must not be compromised.

In Japan and many other countries, however, few universities provide sufficient classes on embedded software development. Students graduate from their universities without acquiring enough skills on embedded software even if they major in computer science or electronic engineering.

In October 2004, Nagoya University has started an extension program on embedded software, called NEXCESS (Nagoya university EXtension Courses for Embedded Software Specialists). NEXCESS is targeted towards embedded software engineers in industry. We have designed eight courses on embedded software and developed teaching materials for the courses.

In 2004, eight courses have been developed. The courses are classified based on the levels of technical skills as follows.

- (1) Introductory class : one course  
“Fundamentals of the embedded software development technology”
- (2) Intermediate class : two courses  
01: “Design methodology and management of embedded software”  
02: “Software design technology with a real-time OS”
- (3) Advanced class : five courses  
01: “Internal structure of a real-time OS”  
02: “C-based embedded hardware design”  
03: “System control middleware and application”  
04: “Software engineering for embedded systems”  
05: “Ubiquitous interface and embedded software programming for image processing”

Since the applications largely exceeded our capacity, we have

selected 389 persons. Out of them, 20 persons cancelled, so the number of persons who have completed their course was 369 in total.

The average numbers of applicants for the introductory, intermediate and advanced courses were 56.3, 37.7 and 27.6, respectively. Thus, applicants tend to decrease as the technical level rises. This tendency is very natural since the scope of the course inevitably narrow as its technical level arises.

The score of easiness to understand is generally lower than that of interest. We have in depth analyzed comments by those who gave a low score to easiness. The analysis reveals that the low rating is mainly due to practices of programming. If one feels difficulty in programming, he/she tends to give a low score to easiness. In general, giving a low score to easiness is not always negative because one can realize what he/she does not understand.

We requested the learners to rate the courses from 5 (highest) to 1 (lowest) in terms of interest, usefulness, easiness to understand and overall evaluation. The average score of overall evaluation is 4.5, which we think is a very high score.

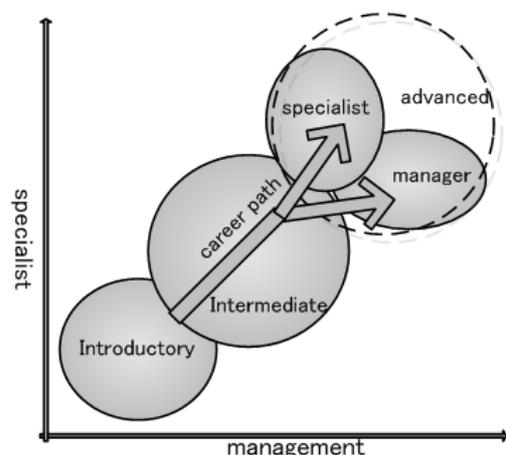


Fig. 1. Technical levels and career paths

## 社会人に対する組込みソフトウェア技術の再教育の取り組み

正員 山本 雅基\*      正員 河口 信夫\*  
 非会員 阿草 清滋\*\*      非会員 間瀬 健二\*  
 非会員 高田 広章\*\*      非会員 富山 宏之\*\*  
 非会員 本田 晋也\*      非会員 金子 伸幸\*

### Remedial Education of Embedded Software Specialists for Working People

Masaki Yamamoto\*, Member, Nobuo Kawaguchi\*, Member, Kiyoshi Agusa\*\*, Non-member,  
 Kenji Mase\*, Non-member, Hiroaki Takada\*\*, Non-member, Hiroyuki Tomiyama\*\*, Non-member,  
 Shinya Honda\*, Non-member, Nobuyuki Kaneko\*, Non-member

Recently, development of embedded software increases in the company. The need of the training embedded software engineers in the company rises, and expectation for a university is big. We carry out embedded software engineers education courses for working people in a university. The courses are short term type and are classified the type of job and the technological level. We carried out eight kinds of courses of the introductory course, the intermediate courses and the advanced courses.

キーワード：社会人教育，組込みソフトウェア，演習，スキル

**Keywords** : extension course, embedded software, workshop, skill

#### 1. はじめに

近年，組込みシステムの開発需要が増大している。組込みシステム関連企業の従業員数は，約 480 万人であり，全産業比率の 9.2%を占めている。また，その生産額は 51 兆円であり，国内総生産の 10%を占めている。そして，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という調査結果がある<sup>(1)</sup>。

組込みソフトウェアは，PC で動作するソフトウェアとは異なり，限られたハードウェア制約の下での動作やリアルタイム性や高品質が特に要求され，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。

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実態がある。また，企業においても，体系だった教育カリキュラムや教材が無く，無計画な現場主義が横行しており，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。

これらの組込みソフトウェア開発への要求を解決するために，各所で様々な取り組みが行われている。ソフトウェアエンジニアリングセンター（SEC）では，組込みソフトウェア開発力強化推進委員会を設け，エンジニアリング分野とスキル分野において包括的な取り組みを行っている<sup>(1)~(3)</sup>。大学においても，学生に対して組込みソフトウェア技術教育が実証実験として行われている<sup>(5)(6)</sup>。

このような中で，名古屋大学は社会人に対する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<sup>(4)</sup>（図 1）。本プログラムでは大学における社会人教育の実践を通じ，社会の要求に応える組込みソフトウェア技術者教育カリキュラムを，特定の企業文化に与せず開発する。これにより，企業が社内教育として人

\* 名古屋大学情報連携基盤センター  
 〒464-8601 名古屋市千種区不老町  
 Information Technology Center, Nagoya University  
 Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601

\*\* 名古屋大学大学院情報科学研究科  
 〒464-8603 名古屋市千種区不老町  
 Graduate School of Information Science, Nagoya  
 University  
 Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603

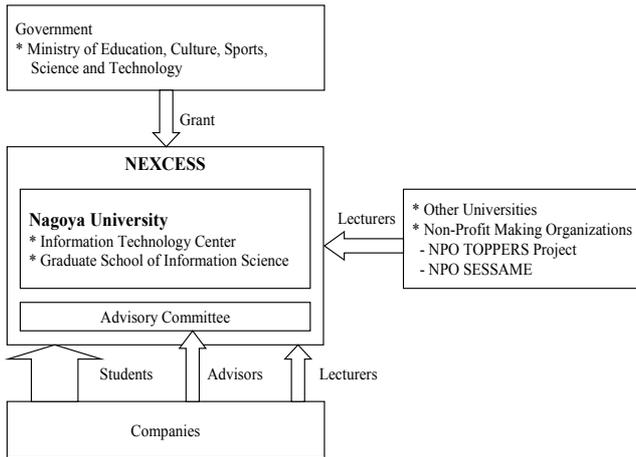


図 1 NEXCESS の組織図

Fig. 1. Organization of NEXCESS.

材養成を行う場合や、大学がエクステンション教育や学部教育などを行う場合において、参考となるカリキュラムを提供する。

以降、2章で NEXCESS において開発した教育コースを説明し、3章で社会人向けの教育実績から得た経験を分析し、4章で教育効果向上と費用低減を両立させる演習について考察し、教育の継続的発展へ繋げる。

## 2. 組込みソフトウェア教育コース開発

〈2・1〉 技術者レベルと職種による層別 NEXCESS では、ほとんどの組込みソフトウェア企業に当てはめることができると思われる抽象度の高い技術者レベルと職種を設定し、対応する教育コースを開発することとした。

技術者レベルとして、次の3種類を設定した。

- (1) 初級技術者 上司の指示に従い業務を遂行できる者。経験5年程度までの技術者を想定する。
- (2) 中級技術者 自らの判断に従い担当するプロジェクトを推進できる者。経験5年以上10年程度までの技術者を想定する。
- (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。経験10年程度以上の技術者を想定する。

ここで、経験年数は、事業範囲などにより変動するため目安値である。次に、職種として、次の2種類を設定した。

- (1) 管理職 プロジェクトや組織の管理を通じ会社事業を推進する管理者を目指す者。
- (2) 専門職 優れた技術開発を通じ会社事業を推進する技術者を目指す者。

管理職および専門職は、上級技術者において明確にその職種が定義され能力を発揮するものとし、その時点でキャリアパスが分かれるものとする。管理力と専門力により技術者レベルと職種を層別すると図2のようになる。

〈2・2〉 教育コース NEXCESS では、2004年度に以下の8つの教育コースを開発した。各コースは、各レベル

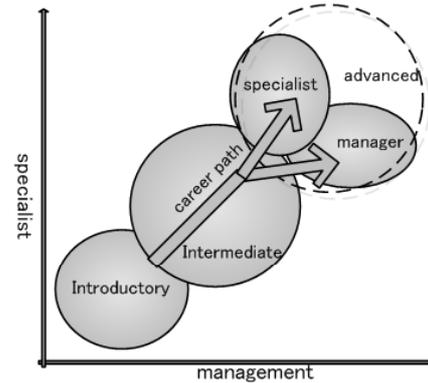


図 2 技術者レベルと職種

Fig. 2. Technical level and career.

および職種別の技術者を適切に教育するため、技術分野と技術難度で層別されている。

(1) 初級技術者向け：経験5年目程度まで

- ・組込みソフトウェア開発技術の基礎

(2) 中級技術者向け：経験10年目程度まで

- ・01：組込みソフトウェアの設計方法論と開発管理技術
- ・02：リアルタイム OS を用いたソフトウェア設計技術

(3) 上級技術者（専門職）向け：経験10年目程度以上

- ・01：リアルタイム OS の内部構造
- ・02：C 言語ベースの組込みハードウェア設計
- ・03：システム制御ミドルウェアとアプリケーション
- ・04：組込みシステムのためのソフトウェア工学
- ・05：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

SEC では、組込みソフトウェアに関するスキルを整備しており、2005年5月に ET スキル基準 Version 1.0 として公開した<sup>3)</sup>。日本のソフトウェアの競争力向上を使命とする SEC は、今後、組込みソフトウェア産業に従事する人材育成を進める際、ET スキル基準を活用していく計画がある。このため、社会人教育を行う NEXCESS は、今後、ET スキル基準に各コースをマッピングし、社会人が教育コース選定を行う際に有効な情報を提供する。

なお、教育期間は、社会人が受講しやすいように短期集中型とした。初級技術者および中級技術者向けの各教育コースは4日間であるが、2005年度の2回目の初級コースのみ6日間とした。上級技術者向けでは、上級01コースが3日間である以外、2日間である。

〈2・3〉 演習 企業の事業推進に寄与する人材を育成するためには、教育を通じて辞書的な知識を記憶させるだけではなく、実業務に適用できる発揮能力を育成しなければならない。

一般的に、身体的なあるいは感覚的な判断能力を持たない技術者は、知識を業務へ適用する際に基本的な部分での設計ミスなどを犯しがちである。このため、演習を通じ、新しく獲得した知識を体験的に理解させ、実務に適用できる発揮能力として育成する必要がある。

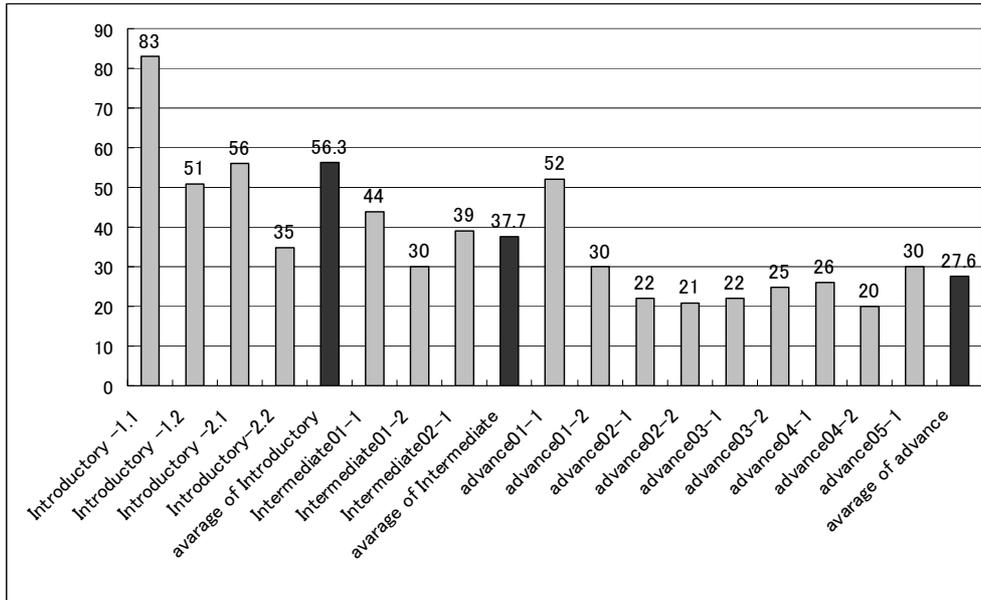


図3 受講申込者数

Fig. 3. Number of attendance request.

社会人向けの演習としては、日常の業務プロセスを模擬体験させる体験学習が最も効果的であると考えられている。組込みソフトウェア教育の場合、教育の受講者同士で開発チームを構成し、それぞれの役割を分担し、業務の開始から終了までを体験的に学習させることとなる。

しかし、一連の開発プロセスを順次体験的に学習するためには、少なくとも2週間以上のまとまった教育期間を必要とすると考えられ、社会人が受講しやすい短期集中型教育内で実施することは困難である。

そこで、NEXCESSでは、体験型学習を全ての開発プロセスに対して行なうことはせず、各クラスの技術者に対して体験学習を行う教育項目の優先度を設定し、教育期間に応じて行うこととする。例えば、初級技術者に対しては、製作工程において組込みプログラミング技術の教育に対する必要性が高いと判断し、実際にマイコンボードを用いた組込みプログラミング演習を行う。また、中級技術者の管理者基礎教育としては、要求分析やレビュー技術を特に重点的に教育すべきと考え、演習用の小規模プロジェクトを設定し、要求分析およびレビューのみをグループ演習をする。

体験学習は、8つ全てのコースに用意し、内マイコンボードを用いた演習は6つのコースに用意した。

### 3. 社会人教育の実施

NEXCESSでは、各企業から異なる技術レベルの社会人を募集し、教育を実施した。そして、社会人向けの組込みソフトウェア技術者人材養成の特色を以下のように分析した。

〈3・1〉 教育実施 2004年11月から2005年10月にかけて、初級技術者向けコースを4回、中級技術者向けコ

ースを3回、上級技術者向けコースを9回開催した。なお、6日間のコースでは3日間連続の講義を2週間、4日間のコースでは2日間連続の講義を2週間、3日間および2日間のコースではそれぞれの日数を連続して実施する短期集中型とした。各コースとも、平日の9:30-17:00に実施し、1コマ90分からなる4コマで1日を構成した。マイコンボードを用いる演習では、PCおよびボード類などを1人につき1式用意し、平均4名のTAを演習時に補佐させた。

Webを用いて社会人からの申し込みを受け付けた所、のべ586名からの受講申込があった。講義室の収容能力および演習用機材整備上の制約から、初級および中級技術者向けの各コースは定員30名、上級技術者向けの各コースは定員20名とし、次の基準により選考を行った。

- (i) 申し込み時のアンケートから、各コースの受講条件を満たしていることを確認する
- (ii) 教育の機会が少ないと思われる中小企業に配慮し、定員内に2割の中小企業枠を設け、優先的に受講できるよう配慮する
- (iii) 同一企業あるいは事業部から複数名の申し込みがある場合、高々1名に制限し、異なる企業からの受講者が選考される機会を確保する

以上の選考基準に従い、予備機材を活用するなど受講機会増に努め、389名を選考した。各コースを最後まで修了した者は369名であり、20名は業務都合などの理由で欠席した。

なお、受講生には、コース開始日から終了3日後までWeb上でアンケートの記入を求めた。アンケート用紙の提出を講義終了時に求めるよりも、自由記入欄に多くの意見が書かれた。

講義は全てデジタルビデオカメラで撮影し、PowerPoint

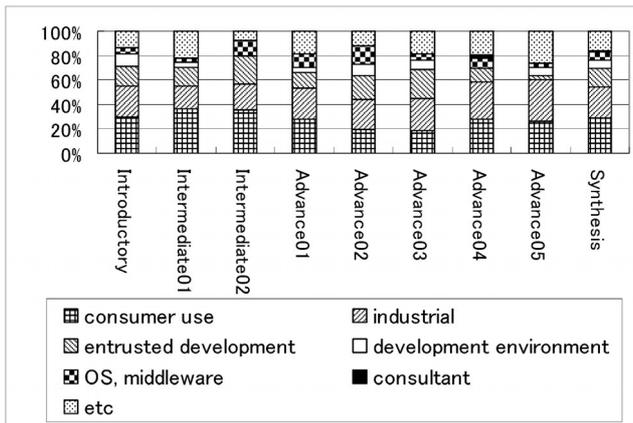


図4 申込企業分析

Fig. 4. Types of companies.

資料を同期させて記録し、e-learning コンテンツを作成し、復習用教材として受講者に対し2ヶ月間Webで配信した。

**〈3・2〉 申込者数の分析** 04年度および05年度を通して、各コースの平均申込者数は、初級が56.3名、中級が37.7名、上級が27.6名となり、技術レベルが上がるに従い申込者数が減少する傾向が観察される(図3)。講義費用は振興調整費により支払われるため、受講者の負担は初級および中級コースにおける演習機材の購入費(初級1.1万円、中級2万円)のみである。このため、申込者数の減少は受講費用が原因ではなく、初級、中級、上級の順に、専門性が高いコースとしたため、専門技術を必要とする教育対象者が減少したためである。

なお、図中において、ハイフンに続く数字は、1が04年度、2が05年度に開講したコースを示しており、ドットに続く数字は各年度内で同一コースを開講した場合の連番である。初級コース-2.2(04年度において2回目を開講した初級コース)の申込者数が35名であり他の初級コースの受講者に比べて少ない。これは、この回の初級コースのみ教育期間を6日間と長くしたため、社会人として日程調整が困難になったためであると思われる。なお、本コースを6日間とした理由は、アンケート分析により4日間では演習のための時間が足りないと評価する受講者が半数以上存在したためである。

組込みソフトウェア技術者は17.5万人であり十分な教育を受けておらず、未だ7万人が不足しているという調査結果<sup>(1)</sup>から考えると、組込みソフトウェア技術者の潜在的な受講希望者数は数万人以上存在すると考えられる。

**〈3・3〉 申込者年齢の分析** 申込者の平均年齢は、初級が28.5歳、中級が32.7歳、上級が34.7歳となり、順に年齢が高くなる傾向が観察される。入社時の年齢を24歳と仮定すると、それぞれ、入社後4.5年、8.7年、10.7年となり、最初に設計した各コースの想定受講者の経験年数とはほぼ一致する。

募集時の履修条件として、初級では「組込みプログラム開発において主に製作・テスト工程の業務を担当される経

験5年以内」としており、中級01では「組込みソフトウェア開発に従事して4年以上」としていることが影響しているが、その他のコースではプログラミング力やTCP/IPの知識などの技術力を問い特に年齢に強く関連する条件は設けていない。このことから、社会人は、年齢に応じて業務経験を積み、業務を通じて技術力を向上させ、経験年数が増えるにつれ上位の教育を受講する傾向があり、年齢と求める教育にはある程度の相関があると考えられる。

**〈3・4〉 申込企業分析** 申込者がアンケートで回答した所属企業の業種では、04年度と05年度の平均において民生用機器と産業機器が約6割を占めており、メーカーにおける教育の需要を確認できた(図4)。各コース別においてあまり顕著な差は見られないが、上級では産業用機器企業が比較的多くなる傾向があり、専門性が高い技術教育を求める傾向が強いことが分かる。

**〈3・5〉 e-learning 復習教材分析** 教育実施後に復習目的として配信したe-learningコンテンツへのアクセス者数は、初級で57%、中級で32%、上級で27%であった。

利用者の多くが1~5回程度のアクセスを行っているが、これは、復習用途として講義中に聞き逃した内容を確認する目的で利用する傾向があることを示唆し、復習用途としてe-learningが活用できることが判明した。

**〈3・6〉 受講者自身の総合評価** 受講者に対して、受講コースの関心の有無、役立ち度、分かりやすさ、総合の各評価をそれぞれ5点満点で採点させた(図5)。総合評価の平均は、4.5ポイントとなり、教育コース全般に対して高い評価を与えている。次に、各データを詳細に分析する。

**〈3・7〉 分かりやすさ分析** 全体的に関心度に比べて分かりやすさが低くなっている。中でも、初級-2.2、中級02-1、上級02-2、03-1、03-2、04-2、05-1において、分かりやすさが4ポイント以下となり落ち込みが目立つ。分かりやすさに低い評価を与えた受講者のアンケートを詳細に分析すると、自由記述欄に次の記述が観察された。

「OSを利用することにまだ慣れていないため、勉強が必要です。駆け足で進みましたので理解に苦しみました(初級)。割り込みの手順は理解できていたが、プログラムに落とすのに苦労した(中級02)。実習時間が短く、とりあえず動作させることに専念してしまい、処理の低計算化を意識したプログラミングを行うことができませんでした(上級05)。」

このように、プログラミング演習を通じ、知識では分かっていたつもりであっても、スキルとして身に付いていない自分を認識できることが分かった。演習時間を伸ばした初級-2.2が、初級-1.1、1.2、2.1に比べて分かりやすさが低下していることから、時間をかけてもプログラムを書くことができない経験を通じ、スキル不足をより多くの受講生が認識すると考えられる。しかし、分からない箇所を明確に自覚することは、今後の学習において有効であり、組込みソフトウェア技術者教育における体験型学習としてプログラミング演習の有効性が示された。

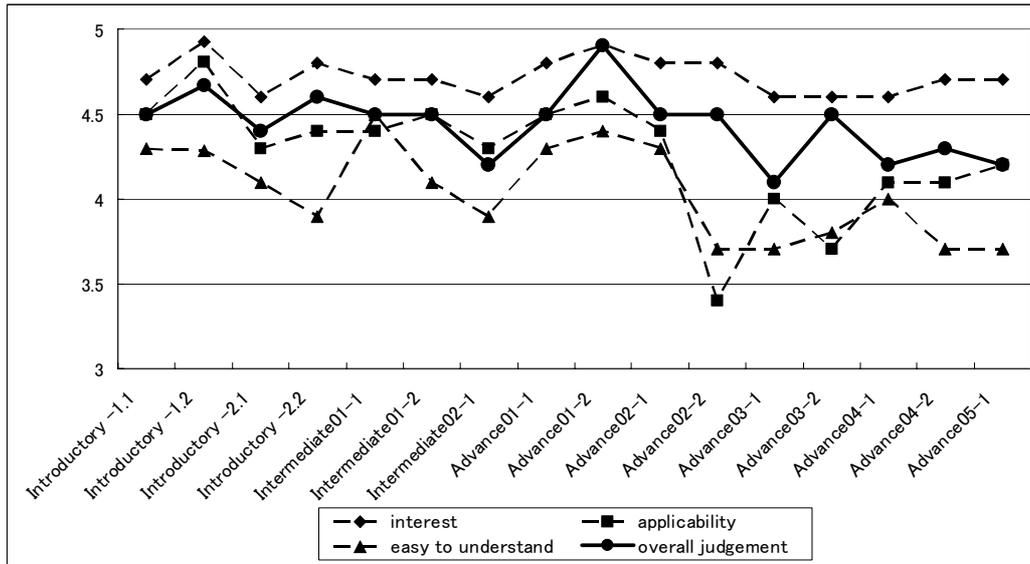


図5 受講者の自己評価  
Fig. 5. Self-opinion of students.

なお、上級 02-1, 02-2 においては、ほぼ同じ内容を講義しているが、02-2 において分かりやすさの落ち込みが目立つ。これは、都合により講師が急遽変更され、講義準備が十分でなかったことによる特殊要因であると考えられる。

〈3・8〉 仕事への適用度分析 受講内容を仕事に適用できるか問い合わせたところ、上級 02-2, 03-1, 04-1, 05-1 において、4.2 を下回る低い評価が与えられた。受講者のアンケートを詳細に分析すると、自由記述欄に次の記述が観察された。

「学術的に言われると???になってしまうことが多かった (上級 02)。cogma のシステム (アドホックネットワーク環境における組込み機器の連携動作を実現する名古屋大学が開発したミドルウェア) 自体は非常に面白いと思ったが現時点での実用性はまだわからない (上級 03)。欲を言えばもっと実践的な演習を入れて欲しかった (上級 04)。トラッキングシステムについてはわかったがそれをどのように応用していくのかがもうひとつわかりませんでした (上級 05)。」

受講者は業務への応用を意識して受講しており、仕事への適用度に対して低い評価を与えた受講者は、担当業務への直接の応用が出来ないためとしている。特に専門性が高い上級技術者教育において、教育内容と受講者の業務との距離が広がるため、その傾向が強い。一方、初級および中級技術者への教育では上級ほど低くないが、これは、教育内容が汎用的な基礎技術であり受講者の業務との距離が近いためであると考えられる。

〈3・9〉 学における教育の特徴分析 企業内で実施する一般的な社内教育に比べた本教育の特徴は、次の 2 点に集約される。

(1) 大学で実施する教育として、体系立てた教育を目指すと共に、比較的新しい研究内容に関する教育も実施する。

(2) クラスの受講生を異なる企業の出身者で構成するため、グループ演習では企業文化が異なる新しい考え方に触れる機会を得られる。

上記の特徴に関して、本教育のアンケートの自由記述欄に、以下の記述が観察された。

「学術的なアプローチをなかなかできていないので、系統だてて講義して頂ける場合は、非常に重要であると感じました (上級 04)。演習中の議論の中で、他の会社のやり方や考え方などを聞くことができたのが非常に新鮮であり、ためになりました (中級 01)。」

このことから、本教育の 2 つの特徴が受講者に評価されていることが分かる。

〈3・10〉 受講の経緯分析 本コースを知った経緯は、上司などの紹介による者が、全体の 44% であり、最多である。特に、初級においては、63% に上る。これは、本コースが平日に 2-4 日間開催するため、受講には上司の協力が必要であることを示している。特に、入社後間もない初級技術者に、その傾向が強く観察される。

また、受講者個人が本コースを知った後、約 9 割の者は、上司の許可を得て受講申し込みを行っているが、残りは上司の許可を得ずに申し込んでいる。

〈3・11〉 辞退および欠席の理由分析 各コースの申込者数は定員を超えたため、選考を行った。しかし、選考されたにも関わらず、辞退あるいは欠席をした受講者が 20 名発生した。

それらの者に対して、欠席理由をアンケート調査し、18 名から回答を得た。その結果、過半数の 14 名が、緊急業務発生などの業務上の理由をあげている。

#### 4. 演習を重視した社会人教育

社会人教育では、知識を日常の業務に活かすスキルの教

育が必要である。スキル育成には演習が効果的であると考  
えられており、NEXCESSにおいても全教育期間において、  
平均 44%の時間を演習に割り当てた。各コースにおいて実  
施した演習を次にまとめる。

#### (1) 初級技術者向け

- ・組込みソフトウェア開発技術の基礎  
時間：12.0 時間(全授業時間の 50%)  
内容：プログラミング演習

#### (2) 中級技術者向け

- ・01：組込みソフトウェアの設計方法論と開発管理技術  
時間：10.5 時間(全授業時間の 44%)  
内容：要求分析・構成管理・テスト・管理演習 (グ  
ループ演習)
- ・02：リアルタイム OS を用いたソフトウェア設計技術  
時間：12.0 時間(全授業時間の 50%)  
内容：プログラミング演習

#### (3) 上級技術者 (専門職) 向け

- ・01：リアルタイム OS の内部構造  
時間：9.0 時間(全授業時間の 50%)  
内容：マイコン開発用デバッガを用いた演習
- ・02：C 言語ベースの組込みハードウェア設計  
時間：6.0 時間(全授業時間の 50%)  
内容：プログラミング演習
- ・03：システム制御ミドルウェアとアプリケーション  
時間：6.0 時間(全授業時間の 50%)  
内容：プログラミング演習
- ・04：組込みシステムのためのソフトウェア工学  
時間：1.0 時間(全授業時間の 8%)  
内容：要求分析演習
- ・05：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  
時間：4.5 時間(全授業時間の 38%)  
内容：プログラミング演習

演習により、受講者が自らのスキル育成を意識すること  
は 3 章で述べたが、次のアンケートからもそれが分かる。

「API (Application Programming Interface) を動作さ  
せる命令を書き加えるだけの実習でも、やはり実際に  
やってみることは大切であり、実践することでさらに  
理解が深まった (初級)。」

しかし、演習を実施するためには、演習環境の整備や演  
習時間の確保などが必要になり、教育のためのコスト増の  
要因ともなる。初級ソフトウェア技術者の育成が急務であ  
るが、初級技術者は利益率への寄与が少ないため、教育を  
継続的に実施するためには、教育コストを抑える工夫が必  
要である。今回、特に初級コースの演習において、教育コ  
ストを削減する以下の工夫を行った。

〈4・1〉 **フリーソフトウェアの活用** リアルタイム  
OS を用いた教育では、オープンソースコードである  
TOPPERS/JSP を使用した。TOPPERS/JSP は、日本企業  
が最も多く使用している  $\mu$ ITRON の仕様に準拠しており、

社会人教育としても適している。

〈4・2〉 **安価な PC の活用** 実習のホスト環境として  
一般的な PC (OS: Windows) を使用した。PC は、NEXCESS  
側で準備したが、受講終了後、演習環境を各自の PC に構築  
できるように、説明資料を準備した。

〈4・3〉 **安価な演習機材の採用** 演習機材として、市  
場で購入可能な 1.1 万円のマイコンボードを採用した。

〈4・4〉 **効果的な演習** 短い演習時間で高い教育効果  
を得るため、比較的行数の短いプログラム作成問題を、段  
階的に与えることにした。初級コースでは C 言語で 400 行  
程度のカウントダウンタイマを演習題材とし、ポートから  
のスイッチの読み込みや LED の点灯などの小問題に分割し、  
段階的に演習を行うことで最終的なタイマプログラム  
を作成するようにした。その上で、演習の各段階に解答を  
用意し、途中の段階で演習問題が解けなかった受講生でも  
用意された解答を用いて最後まで演習を継続できるように  
工夫した。

しかし、結果としてプログラムを途中までしか書くこと  
ができず演習時間不足を感じる受講生が存在した。

「もう少し、理解するための時間がほしい。ペースが速  
すぎて、ただ打っているだけになってしまった。つい  
ていけませんでした。昨夜、がんばって勉強したので  
すが、力不足です (初級)。」

演習では、受講生の現有スキルと演習問題の難度との適  
切な関係が必要であり、単に小問題に分けて演習時間を管  
理するだけでは、一部の受講者に対する教育効果が上がら  
ないことが分かった。今後、マイコンプログラミング演習  
において、どの部分で受講生が躓くかを詳しく調べ、教育  
効果が上がる演習のあり方を検討する。

## 5. おわりに

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。

初級、中級、上級において 8 種類の技術者教育コースを  
開発し実施した。申込者数から初級教育が最も必要とされ  
ていること、社会人の組込みソフトウェア教育ではメーカ  
ーからの受講者が最も多いこと、理解したことをスキルと  
して発揮能力に育てる上で演習が効果的なこと、教育にお  
ける上司の役割が大きいことが分かった。

また、教育の費用対効果を高めるため、オープンソース  
および安価なボード演習機材を使用するなど、費用削減に  
留意したコース開発を行った。今後、演習を重視した社会  
人向け組込みソフトウェア技術者教育に関して、検討を進  
める。

### 謝 辞

本研究の一部は文部科学省科学技術振興調整費<sup>(9)</sup>により  
実施しました。教材の開発および講義にあたり、NPO 法人  
組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会  
(SESSAME)、NPO 法人 TOPPERS プロジェクト、立命  
館大学・大西淳教授、南山大学・野呂昌満教授、京都大学・

沢田篤史助教授, 和歌山大学・吉田敦講師, ATR メディア情報科学研究所, (株)富士通ソフトウェアテクノロジーズ, (株)ソリトンシステムズの協力を得ました。

(平成 17 年 8 月 18 日受付, 平成 17 年 12 月 2 日再受付)

## 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 (2005)
- (2) 情報処理推進機構, 組込みソフトウェアの開発力向上に向けた施策と提言 (第 1 部) (2004)
- (3) 情報処理推進機構: 組込みスキル標準 2005 年版スキル基準 (2005)
- (4) 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, <http://www.nexcess.itc.nagoya-u.ac.jp/>
- (5) 東海大学: 組込みソフトウェア技術教育訓練実証実験, [http://www.meti.go.jp/policy/it\\_policy/jinzai/sangaku/tokai.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/sangaku/tokai.pdf)
- (6) 九州産業大学: 組込みソフトウェア技術者育成実践教育プログラム, [http://www.meti.go.jp/policy/it\\_policy/jinzai/sangaku/kyusyusangyo.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/sangaku/kyusyusangyo.pdf)
- (7) 科学技術振興調整費, <http://www.jst.go.jp/shincho/>

### 山 本 雅 基



(正員) 1958 年 4 月 19 日生まれ。1981 年 3 月東京理科大学卒業。同年日本電装(株) (後の(株)デンソー) 入社。自動車燃料噴射制御装置, カーナビゲーション装置などにおける組込みソフトウェア開発に従事。2004 年より名古屋大学産学官連携研究員。組込みソフトウェア人材養成プログラム (NEXCESS) プログラムマネージャ。情報処理学会会員。

### 河 口 信 夫



(正員) 1990 年名古屋大学工学部電気工学科卒業。1995 同大学院情報工学専攻博士課程修了。同年同大学工学部助手。同大学講師, 助教授を経て, 2002 年より同大学情報連携基盤センター助教授。モバイルコミュニケーション, マルチモーダルユーザインタフェース, ユビキタスコンピューティングの研究に従事。2004 年より大学発ベンチャー企業(有)ユビグラフ取締役兼務。博士(工学)。ACM, IEEE, 情報処理学会, 電子情報通信学会, ソフトウェア科学会, 人工知能学会, 日本音響学会各会員。

### 阿 草 清 滋



(非会員) 1970 京都大学工学部電気第二学科卒。同大学院に進学。1974 年より京都大学工学部情報工学科に勤務。同助手, 助教授を経て, 1989 年より名古屋大学教授。現在, 名古屋大学大学院情報科学研究科情報システム学専攻教授。工学博士。専門はソフトウェア工学。特に要求分析, 仕様化技術, 再利用技術に関する研究に従事。現在は軟らかいソフトウェアの実現を進めている。情報処理学会, 電子情報通信学会, ソフトウェア科学会各会員。

### 間 瀬 健 二



(非会員) 1979 年名古屋大学工学部電気工学科卒業。1981 年同大学院工学研究科修士(情報)課程修了。同年日本電信電話公社(現在 NTT) 入社。1988~89 年米国 MIT メディア研究所客員研究員。1995~2002 年(株)国際電気通信基礎技術研究所研究室長。2002 年より名古屋大学情報連携基盤センター教授。コミュニケーション支援のためのインタフェースエージェントの研究を推進している。博士(工学)。人工知能学会 1999 年度論文賞受賞。IEEE, ACM, 情報処理学会, 電子情報通信学会, VR 学会, 画像電子学会会員。

### 高 田 広 章



(非会員) 名古屋大学大学院情報科学研究科教授。東京大学助手, 豊橋技術科学大学助教授などを経て, 2003 年 4 月より現職。組込みシステム開発技術の研究に従事。ITRON 仕様の標準活動に参加し,  $\mu$ ITRON4.0 仕様などの取りまとめを行なう。オープンソースの ITRON 仕様 OS などを開発する TOPPERS プロジェクトの会長をつとめる。

### 富 山 宏 之



(非会員) 1999 年 3 月九州大学大学院システム情報科学研究科博士後期課程修了。同年米国カリフォルニア大学アーバイン校客員研究員。2001 年(財)九州システム情報技術研究所研究員。2003 年名古屋大学大学院情報科学研究科講師。現在同助教授。SOC や組込みシステムの設計技術に関する研究に従事。博士(工学)。電子情報通信学会, 情報処理学会, ACM, IEEE 会員。

### 本 田 晋 也



(非会員) 名古屋大学 情報連携基盤センター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 産学官連携研究員。2002 年豊橋技術科学大学大学院情報工学専攻修士課程修了。2005 年同大学院電子・情報工学専攻博士課程修了。2005 年 4 月から現職。リアルタイム OS, ソフトウェア・ハードウェアコデザインの研究に従事, 博士(工学)。2002 年度情報処理学会論文賞受賞。

### 金 子 伸 幸



(非会員) 1980 年 1 月 4 日生まれ。2004 年 3 月, 名古屋大学大学院工学研究科博士前期課程修了。現在, 名古屋大学大学院情報科学研究科博士後期課程に在籍。2004 年より名古屋大学産学官連携研究員。ソフトウェアの再利用, 要求工学などの分野に興味を持つ。日本ソフトウェア科学会会員。