

enPiT-Emb(名古屋大学) OJL による実践的組込みシステム教育

館 伸幸^{†1,a} 山本雅基^{†1} 高嶋博之^{†1} 松原豊^{†1}
本田晋也^{†1} 高田広章^{†1}

産業界は、情報系学生に対して主体的に活動できる能力を要求している。この要求に応えるために、我々は PBL (Project-Based Learning) を発展させた OJL (On the Job Learning) 教育手法で、大学院生を対象に組込みシステム教育を実施している。この教育は、大学で学んだ知識や技能を、社会で、実践的に活用し行動できる人材の育成を目標とする。OJL は、仮定の技術課題ではなく、企業の持つ実際の開発テーマを題材にして、ソフトウェア開発プロジェクトを体験学習させる。学生は、単に最終成果物を作るだけでなく、「開発計画の立案から考え、開発要件の問題を明らかにし、解決方法である開発プロセスを自ら考案し、そして実行すること」を実践し学ぶ。これにより、開発課題をどのように解決するかと言う、メタ開発力の獲得を目標とする。本稿では、OJL による実践的組込みシステム教育の現状と課題について述べる。

1. はじめに

高齢化やエネルギー問題などの社会的課題に対し、情報技術を高度に活用して解決することのできる人材の育成が、国の喫緊な課題となっている[1]。これに対し、2012年より大阪大学を中心に15大学が連携して「分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク」、通称 enPiT (Education Network for Practical Information Technologies) と呼ぶ文部科学省の事業を開始した[2]。これは、クラウド・コンピューティング、セキュリティ、組込みシステム、ビジネス・アプリケーションの、情報技術に関する4分野について、上記15大学の連携校(文部科学省に対し enPiT 事業推進について責務を負っている大学)を中心に、参加校(連携校の呼びかけに賛同し参加する大学)や参加企業(enPiT 事業に協力して下さる企業)と教育ネットワークを作り、課題解決型学習(PBL)を中心とした短期集中合宿や、分散PBLを柱とした教育プログラムを実施するものである。名古屋大学では、上記4分野のうちの「組込みシステム分野」を担当しており、enPiT に、組込みの英語表記である Embedded の頭文字3文字を付加して、enPiT-Emb (エンピット・エンブ) という事業名称で活動を行っている。

名古屋大学ではこの enPiT に先立ち、文部科学省による「先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム」[3]を実施してきた。これは、一般的な PBL にインターンシップや OJT のように実際の業務を体験することによる実務訓練を融合し、産学連携でより実践的な教育を行うことのできる、プロジェクト参加型の教育プログラムである[4][5]。実際の仕事をテーマに学ぶことから、On the Job Learning と称している。図1に概略を示す。大学からは教員と学生が参画し、企業側からは管理者(指導者)と開発担当者が参画する。教員は学術的立場から学生を指導し、企業側は、実際のシステム開発課題を提供するとともに、実践的な開発手法や

管理手法の指導を行う。この教育は、OCEAN (On the Job Centered Education for Advances engiNeers) という事業名称で、3大学6企業と共同で推進し、2006年度から2011年度にかけ実施した。



図1 On the Job Learning の概要

今回の enPiT では、この OCEAN の手法を発展的に継承した「発展型 OJL」(以下、本論文では、特に区別が必要な場合を除き、発展型 OJL を OJL と呼称する)によって、enPiT の教育目標である情報技術の実践力を持った人材の育成に取り組んでいる。本論文では、教育目標に対する従来型 PBL の問題点を示し、OJL による具体的指導内容の一部について説明する。

以下、まず2.で従来の PBL の問題点を示し、OJL の教育目標と教育フレームワークでの対応について説明する。次に3.で、OJL における具体的指導内容を説明する。4.では2013年度の実績について説明し、5.で本稿をまとめる。

なお、本研究は実践的情報教育協働ネットワーク enPiT の一環として実施した[6]。

2. OJL : On the Job Learning

2.1 PBL の課題

従来のソフトウェア開発の PBL について、2つの課題を挙げる。まず一つ目は、プロジェクトとして見た PBL の課題である。

現状、多くの教育現場が PBL の名のもとにプロジェクト型の学習カリキュラムを導入している。プロジェクト・マネジメントに関する知識体系である PMBOK[7]は、プロジ

†1 名古屋大学 大学院情報科学研究科
Nagoya University Graduate School of Information Science
† a n-tachi@nces.is.nagoya-u.ac.jp

ェクトについて「独自の製品、サービス、所産を創造するために実施される有期性の業務」と定義している。有期性とは、言い換えれば納期があるということであり、開発業務ではその有限の時間内で設計や製造のプロセスを実行する必要がある。また、期待するアウトプットを得るためには、必要なインプットが必要である。一般にこれを開発リソースと呼び、ヒト、モノ、カネ、また最近はこの加えて情報といったものを指す。更に企業では製品品質が重大事項であり、これらの管理項目を QCD (品質:Quality/コスト:Cost/納期:Delivery) という略称で扱う。これは、物作りにおける基本項目である。

学校では、到達した学習結果に対して成績の優劣が付くだけであるが、社会では QCD すべてに対して、顧客から要求された水準に達する開発を完遂することが必須である。しかし、教育のための仮想的な課題で行う PBL では、QCD を扱うことは希有である。つまり、実践的学習方法とされる PBL といえども、作業環境が整えられた予定調和的な学習カリキュラムでは、以上述べたような現実社会での要件を習得することは困難と言える。そればかりか、仮想課題を解決することで、自分たちは開発業務ができるといった、誤った自信を与えてしまうことにもなりかねない。

二つ目の課題は、主体性についてである。経済産業省による「大学生の『社会人観』の把握と『社会人基礎力』の認知度向上実証に関する調査」[8]によれば、企業の採用担当者が学生に対し最も不足しているとしている能力は主体性であった。しかし、学生は不足しているとは認識しておらず、差異が大きい。一般に主体性は内面的基本能力問題とされているが、それだけだろうか。もし個人の性質や性格的な問題であるならば、もっと自覚できてこれほどの差異は生まれないのではないかと。

IT 人材白書 2011[9]では、卒業後、企業での実務に役立っている教育機関の実践的 IT 教育内容は、「システム開発手法や開発プロセスに関する知識経験」という回答が最も多かった。これは言い換えれば、開発(仕事)の全体像を把握することと、その進め方に関する能力が最も役に立ったと言うことである。仕事の進め方を身につけていなければ、個別の技術力を発揮すること、言い換えれば主体的な活動を行えないのは自明である。

この、開発プロセスに関する問題は、PBL の実践現場でも一定の認識が広がっていることが、いくつかの報告から読みとれる。

例えば安永らは、PBL 型の開発カリキュラムを進める中で、「成果物を作成するため学習が成果物単位に留まっており、成果物間の関連やソフトウェア開発の全工程を把握することができていない。また、前提知識に含まれていない成果物は作成されにくい」と述べ、ソフトウェア開発の全体像を可視化した学習環境という対策を行っている[10]。

また松澤らは、ソフトウェア開発 PBL において、ウォー

ターフォール型を基本としながら、反復プロセスを導入する試みを実施している[11]。学生の感想として、「設計、実装、テストの小さな流れから体験できたのはよかった」と、個別技術ではなく開発の進め方に関する学生のポジティブな反応が紹介されている。

沢田らも同様に、ソフトウェア開発実習において開発プロセスを強く意識させるカリキュラムを用いており、学生の成果発表などから読みとれた結果として「ソフトウェア開発プロジェクトで行うべき作業内容に対する理解が深まっていることが分かる」と述べている[12]。

これら一部の例からも、単に個別の設計や製作技術を訓練するだけでなく、学習者に開発プロセスを体感、理解させ、成果物やリソースを強く意識させることが重要であると考えられる。

一方、enPiT-Emb で扱う組込みソフトウェアは、さまざまな装置や機器に組み込まれて動作する。このため、開発課題は多種多様であり、最適な開発プロセスもそれぞれ異なる。そのため、社会での多彩な要求に対応する能力を修得するには、単に特定の課題を特定の開発プロセスに沿って実習するのではなく、開発プロセスそのものを考えるところから学習する必要がある。

まとめると、従来の PBL には、
[課題 1]物作りの基本である QCD を意識した開発を学ぶ
[課題 2]課題解決のために、最適な開発プロセスから考えることを学ぶ
という 2 つの学習課題へのさらなる取り組みが必要である
と考える。

2.2 OJL の教育目標

enPiT における教育目標は「情報技術の実践力」である。名古屋大学が担当する組込み分野に関するスキルについては、経済産業省が、組込みスキル標準 ETSS[13]を公開しており、参考とした。内容は大きく、(1)技術要素、(2)開発技術、(3)管理技術、(4)パーソナルスキルに大別される。これらについて OJL では、企業の課題に沿った開発を行うことでテーマ固有の(1)技術要素と、最適な(2)開発技術を学ぶ。また、管理者によるマネジメントを通じて、(3)管理技術について体感する。さらには教員だけでなく、企業管理者や企業担当者とのレビューや、プロジェクトの管理者による日常管理を通し、コミュニケーションなどの(4)パーソナルスキルの向上も目指している。

前節 2.1 で述べた PBL における 2 つの課題は、いずれも「(2)開発技術」に関し、本稿では主にこの内容について述べる。OJL では、企業の持つ実際の開発案件を開発課題とすることで、明確に QCD を扱う。そして、単に技術課題をこなすだけでなく、自ら開発計画を立案し運用できるスキルを修得させることを、目的のひとつと定めた。これにより、社会での多彩な問題について、解決方法から考え、

主体的に実行できる、メタ開発力を修得させることを目標としている。

2.3 OJL の教育フレームワーク

図2に、今回の enPiT-Emb での OJL の概要を示す。従来の OCEAN での OJL と比較して、大きく2つの改善点がある。ひとつは、プロジェクトに複数の参加企業や参加大学が参画できるようにしたことである。これは、enPiT で求められている教育ネットワークづくりへの対応を実現するために、より柔軟なプロジェクトチーム構築ができるしくみとするためである。

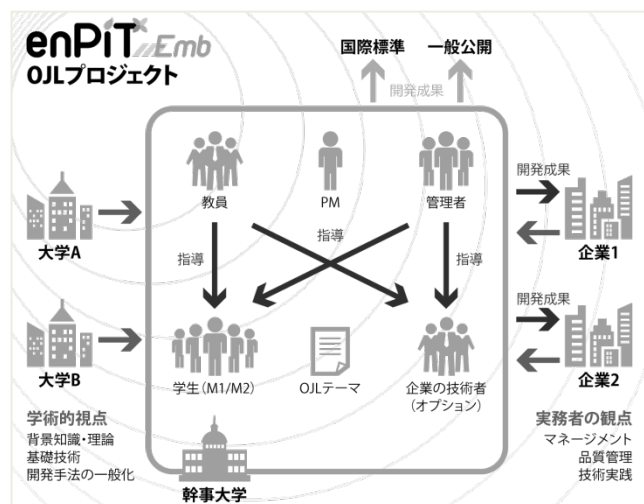


図2 enPiT-Emb での OJL の概要

いまひとつは、プロジェクトのマネジメントに、専任の PM (Project Manager) を導入したことである。これは、OCEAN において、プロジェクトの管理を企業管理者に依頼したため、次の2つの課題が明らかになったことによる。

[課題1] 企業の管理者の負担が大きい

企業の管理者は、もともと自社業務で手一杯であり、教育への協力はオーバーワークとなりがちだった。

[課題2] プロジェクトごとの推進の質にばらつきが出る

管理手法や学生への関わり方は、企業の管理者へのヒト依存になってしまう。このため、プロジェクトごとの教育の質にばらつきが出てしまっていた。

PM は、主に企業経験者からなる大学教員が専任で担当する。PM 同士は、チームとして活動し、情報を共有しつつ、一人の PM が複数のプロジェクトを担当する。これにより、OCEAN での課題であった企業担当者の負担や、各プロジェクト推進の質のばらつきを減らすことができた。

図3に2013年度のスケジュール(実施実績)を示す。OJL は、基本コース(図3上側)と発展コース(図3下側)で構成している。基本コースは、はじめて OJL に参加する学生向けであり、主に修士1年生を対象としている。一方発展コースは、基本コースを終了した、主に修士2年生の

学生を対象としており、基本コースで学んだことの定着を目的としている。2013年度においては、発展コースは試行としている。

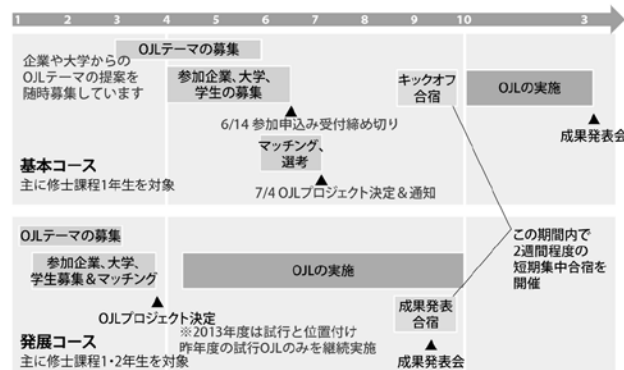


図3 2013年度スケジュール

3. OJL における指導内容

OJL では、2.2節で述べた開発内容の把握、開発プロセスの設計と運用を修得させるため、ツールを導入して教育を行った。業務の把握については開発計画書を、設計についてはプロセス・フロー図を、そしてスケジュール運用はガントチャートを用いることとした。それぞれについて以下に説明する。

3.1 開発内容の把握

次節で述べる「開発に必要なプロセスを考える」ためには、開発案件の全体像をできるだけ詳細に把握することが必要である。そこで、学生にはまず、開発計画書を作成させることとした。企業においては、通常はプロジェクト・マネージャが作成することが多い。しかし、一担当者であっても、プロジェクト全体を俯瞰することは必要である。また、本 OJL の学習者は大学院生であることから、社会に出て数年程度で主任・係長といったリーダーとしての活躍が期待される。あるいは、小規模な組織や、起業を目指す場合は、自分で計画を立てなければならない。従って、このような開発計画の立案能力を学ぶことは重要である。内容は、実際に企業で使用しているものに基づいているが、詳細についてはここでは割愛する。

OJL では、2013年9月に26名の参加学生を対象に合宿形式で開発計画立案の指導を実施した。PowerPoint によるテンプレートを提供し、各項目についての説明を30分実施、あとは疑問点に個別質疑で答えるという方法で進めた。計画書作成演習は10時間を割り当て、未達分は宿題として OJL を推進する中で継続することとした。

計画書作成において、学生が行き詰まる部分には共通性が見られた。代表的なものは、次のようなものである。

- a. システムやソフトウェアの構成図を書けない
- b. 開発にどのようなリソースが必要かわからない

a は、どのような物を作るのかを明確にイメージできないまま作業に入る（あるいは作業に入れずに指示待ちしてしまう）といった、まさに主体性を欠いた状態が如実に表れていると言える。b は、必要な時になってから、あれがないこれがないと慌てる、あるいは先生が用意してくれているはずといった、学生や新入社員によく見られる受け身の行動の原因が見て取れる。つまり、このような計画を立案させることで、単に帳票作成スキルが上がるのではなく、実開発を主体的に進める能力を向上させることが期待できると考えられる。

3.2 プロセス・フローの作成

分析を終えた課題を解決するためには、必要なプロセスを考え、解決のための作戦を立案する必要がある。

産業界における開発組織では、多くにおいて CMMI（能力成熟度モデル統合）[14]による組織の能力把握を行っている。5段階の成熟度において、プロセスが導入されていない組織活動はレベル1の最低ランクであり、場当たりの混沌とした活動と定義される。標準的プロセスが定義され運用されているのはレベル3以上であり、特に信頼性や安全性を重視する分野では、これ未満の組織に業務を依頼することはありえない。このような現状からも、高度な IT 人材の育成においては、プロセスすなわち仕事の進め方という考え方を教育することが重要であると考えられる。清水は、組織のひとりひとりがプロセスを自在に設計できるスキルは CMMI レベル4~5の組織に不可欠なスキルと述べている[15]

業務を詳細なプロセスやタスクに細分化する方法は、WBS（Work Breakdown Structure）など多くの方法が存在する。今回は、清水が提唱している PFD（Process Flow Diagram）[15]を採用した。代表的な4つの理由を次に示す。

- ・ DFD（Data Flow Diagram）をベースにしており、情報技術を学んだ者にとって受け入れやすい
- ・ 基本的に、プロセスとドキュメントと、それらをつなぐフローという3つの記号のみで書くので、導入がしやすい
- ・ プロセスとプロセスをドキュメントでつなぐことを必須としており、工程成果物への意識付けや、成果物管理に欠かせない
- ・ 市販の描画ツールで書くことができる

OJL では、2012年10月~2013年3月に基本コース（試行）を実施した。その時に学生に書かせた PFD のイメージを図4に示す。

この例では、1つのシートにプロジェクト全体のプロセス・フローを記述している。本来であれば DFD 同様に階層化を行い、1シートあたりのアイテム数を7個前後にするべきであるが、初めて書く学生にはややハードルが高い。逆に本例のように1シートに全体を書くことで、開発案件の規模感を把握しやすいというメリットもある。実際にこ

れを書いた学生は、テーマとしては OS に特定の機能を組み込んで評価するものであり、当初は「小さなプログラムを書いて、動作させて、論文を書いて、終わり」程度の認識しかなかった。しかし、PFD を書くことで実際に実施しなければならない仕事の量を自覚することができ、「限られた期間でとてもこれだけの内容を完了することはできません」という発言に至っている。これは、仕事の規模を正確に認識するとともに、自分の処理可能量、つまり工数見積もりもしないとできない発言である。PFD を書くことによって、一般企業における新人やジュニアクラス（入社3年以下）の社員より上の水準のスキルや考え方を修得できたと言える。

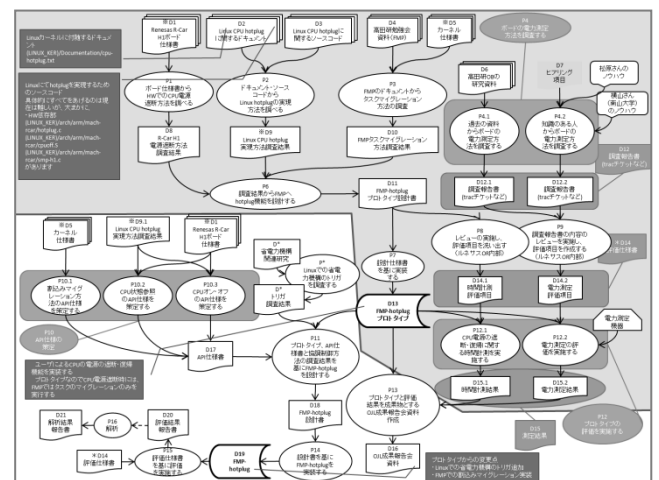


図4 学生が書いた PFD のイメージ

この学生に、どこまでならできると約束できるかという問いかけをした結果、学生が線引きをしたのが図7の右上の領域（下地の色の濃い部分）である。これをもとに、学生自ら担当教員や企業担当者に自ら説明し、交渉し、業務範囲について合意するところまで実施することができている。これは企業における、リーダークラス（グループ長、主任、係長）の働きに相当する。

この好結果を受けて、前節で述べた開発計画書同様に2013年度の OJL 受講生にも PFD によるプロセス設計を指導した。今回18プロジェクトのうち、前述の試行時同様に企業側と交渉が必要な案件が4プロジェクトあった。そのすべてで学生自らが PFD や計画書をもとに教員や企業の管理者に説明や交渉をして合意を得るという行動ができていた。

3.3 開発スケジュールの作成と運用

PFD は、業務に必要なプロセスの関係を表すだけでなく、その順序やタイミングは定義しない。従って、別途時間軸で表現する方法が必要である。OJL では、ガントチャートを使うこととした。図5に、実際に学生が作成したガント

チャートの例を示す。

ガントチャートを作成するにあたって、学生が最も苦勞する点は、自分自身の生産性が不明という点である。実際、これは社会人の技術者でも難しい。重要なポイントは、工数の絶対値ではなく、それを算出した根拠を説明させることにある。例えば、中間成果物としてのドキュメント作成の場合、まずその規模を推定させる。次に、1日何ページくらい書けそうかを見積もらせる。大学院生の場合、学部の卒業研究を経験しているので、誰もがそれを根拠に比較的妥当な数値を出してくる。この規模と処理能力から、必要な日数を算出させる。これをくり返して時間軸上にプロットすれば、ガントチャートを作成できる。



図5 ガントチャートの例

OJLでは、学生にプロジェクトの定期的な進捗報告を求めており、進捗報告はミーティング時の口頭だけでなく、週報によって文章で報告をさせている。週報は、予定欄と実績欄を設け、内容と工数、生産量をそれぞれ記述するようになっている。予定と実績を比較して見ることができるので、報告者（学生）自身が、その差分を実感し、自身で予実管理をすることができる。

OJLはPBLとは異なり、事前に解が設定されていないため、通常はガントチャート（計画）通りには進捗しない。そこで、差異について分析させ、それをもとにガントチャートを修正させる。これをくり返すことにより、学生は自身の生産性を認識でき、同時にガントチャート上の計画はより正確さを増していく。この活動は、一種のPDCA(Plan Do Check Action)サイクルと言える。OJLは、通常は実質的におよそ5ヶ月程度の開発期間を持つ。この期間内で、週に1回の頻度でPMと学生とのミーティングを実施し、フィードバックを実施する。これにより、学生はOJL期間中に最大で20回PDCAサイクルを回す体験をする。この作業によって見積もり精度は向上していき、着実にゴールに接近することを実感するので、学生はこの活動を有意なものとして体感し修得できる。

4. 2013年度の実績

4.1 実施したOJLプロジェクト

2013年度OJLにおいて、発展コースはまだ試行段階であ

るため、基本コースについてのみ実績を示す。

図6は、2013年度に実施した基本コースにおけるOJLプロジェクトの一覧である。名大公募とあるのは、名古屋大学でテーマを設定して参加学生を公募したプロジェクトである。独自とあるのは、参加大学が独自テーマでOJLに参加したプロジェクトである。全18プロジェクトを名古屋大学のPM4名が担当した。

OJLプロジェクトテーマ名	
名大公募	Mindstorm EV3用プラットフォーム構築
名大公募	RoboCar 1/10による車載ソフトウェアプラットフォームの実証実験
名大公募	mrubyベースのロボット制御プラットフォームの開発
名大公募	eDSMS可視化システム開発
名大公募	組込みシステム向け仮想化を用いたロボット制御プラットフォームの研究開発
名大公募	TECS機能拡張開発
独自1	歩行者安全支援アプリケーション開発
独自3	カスタマイズ可能なコーディングチェッカによるセキュアコーディング
独自5	制御向けコンピュータモニタリングツールの開発
独自6	TECSを用いたCLOUDIA通信モジュールの研究開発
独自7	クラウドとデバイス両方の開発技術構築
独自8	モデルコンパイラ:Cloocalに対する教育向け機能拡張
独自9	MEMS加速度センサを内蔵した人間動作解析用計測機器の評価
独自10	ネットワークプロトコルの基本原理の学習用教材の開発
独自11	公共空間における人流認識システムの研究開発
独自12	FAコントローラおよびプログラミング環境の開発
独自13	カストリ線の自動挿入アルゴリズムの検討
独自14	2足歩行ロボット用モーション作成インターフェースの開発

図6 2013年度OJL基本コース・プロジェクト一覧

また、基本コースの参加学生数は図7の通りであった。その他、参加大学は13大学、参加企業は27社であった。

B4	M1	M2
3名	27名	1名

図7 参加学生数

4.2 アンケート結果と課題

基本コース参加した学生へのアンケート結果を示す。図8は、夏期合宿にて実施した「開発計画書とPFDの作成演習」に関するアンケート結果の一部である。

- 対象者：enPiT-Embの夏季合宿受講学生
- 調査期間：2013年9月17日（火） - 9月20日（金）
- 調査方法：Web（HTTPSで保護）
- 回答項目：全17項目から以下2項目を提示

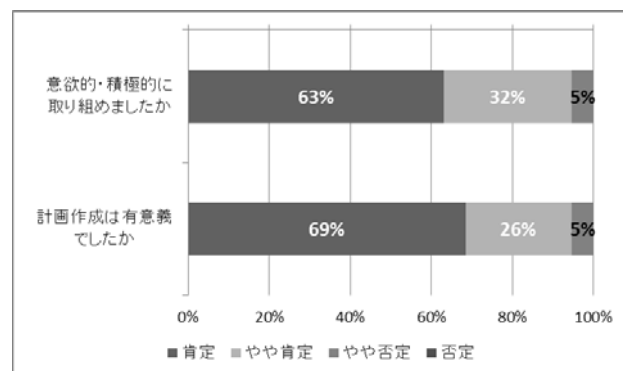


図8 開発計画書とPDFの作成演習アンケート結果

夏季合宿参加者 26 名中、19 名からの回答を得た。質問は「開発計画書作成は有意義だったか」、「意欲的・積極的に取り組めたか」であり、回答はそれぞれ、肯定、やや肯定、やや否定、否定の 4 肢選択とした。結果、どちらの質問においても、95%の学生が肯定的回答であった。

図 11 は学生にとって OJL が有益であると感じられたかに関する質問群の結果である。2013 年度基本コースの参加学生 31 名中、23 名から回答を得た。

- ・対象者：enPiT-Emb OJL の基本コース参加学生
- ・調査期間：2013 年 9 月 17 日（火）－ 9 月 20 日（金）
- ・調査方法：Web（HTTPS で保護）
- ・回答項目：全 11 項目から以下 4 項目を提示

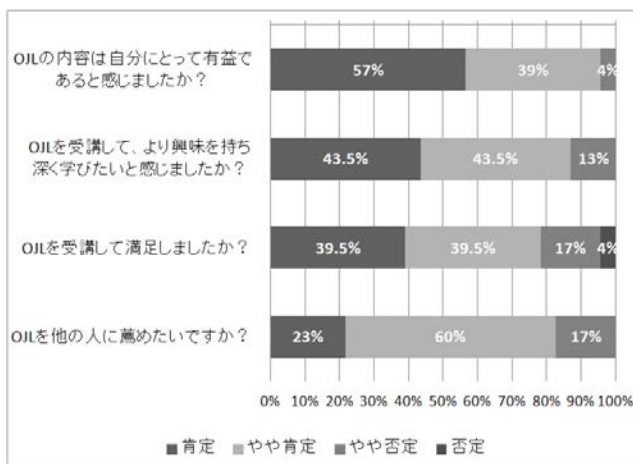


図 11 2013 年度 OJL 受講生アンケート

「OJL 内容が有益であったか」は 96%、「より深く学びたいか」に関しては 87%の学生が肯定している。一方で、満足度についての肯定意見は 78%であった。やや否定意見の理由としては、以下の意見が見られた。

- ・修士論文テーマと別テーマだったので負担が大きかった
- ・(ある大学では) 単位に直結しない扱いだった

「他の人にも薦めたいか」については、83%が肯定意見ながら、その内 60%が「やや肯定」であった。これについては、修士論文や就職活動など院生が多忙であることが、他人へ強く薦めにくい背景として意見が見られた。

5. まとめと今後の課題

基本コースの参加者 31 名中 27 名が、開発課題を理解し、計画を立て、プロセス・フローを考え、スケジュールに沿って実行することを継続的にできている。また、企業の開発案件を請け負うことで、学生は QCD という物作りの基本を体感して学ぶこともできている。アンケートからは学生の満足度も高いことが読みとれ、当初の目的に合致した活動ができていると考えている。

一方で、次のような問題が顕在化した。

1. 本稿では詳細を割愛したが、PM は、プロジェクト推進にあたり、単にスケジュール管理だけでなく、ドキュメントやプログラムなどの中間および最終成果物指導も行う必要がある。また、複数の異なる技術課題のプロジェクトを担当する。そのため、複数の専門技術、文書作成技術、および管理技術に一定の能力を持った人材が必要である。OJL の発展的継続には、このような教員を育成していく必要がある。
2. OJL 受講学生の能力向上や、就職後の社会での能力発揮状況を調査し評価するしくみが必要である。
3. 修士論文のテーマと OJL のテーマが異なる場合、学生への負担が大きい。

これらの問題について、1 は FD(Faculty Development)として、2 は評価問題として、enPiT のワーキング・グループなどで対策を検討中である。3については、次回 2014 年度からテーマ設定時に考慮することとしている。

参考文献

- 1) 文部科学省：“情報技術人材育成のための実践教育ネットワーク形成事業の概要”,2012
- 2) 文部科学省：“分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク” www.enpit.jp,2012
- 3) 文部科学省：“先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム概要”,2006
- 4) 阿草清滋, 小林隆志：“OJL：産学連携による新しい人材育成の試み” 情報処理 Vol.52 No.10 Oct 2011
- 5) 小林隆志, 沢田篤史, 山本晋一郎, 野呂昌満, 阿草清滋：“On the Job Learning:産学連携による新しいソフトウェア工学教育手法” 信学技報 SS2009-28(2009-8)
- 6) 井上克郎, 楠本真二, 後藤厚宏, 鶴林尚靖, 北川博之, “ペタ語義：実践的情報教育協働ネットワーク enPiT”, 情報処理, Vol.55, No.2, pp. 194-197(2014)
- 7) PMBOK" A Guide to the Project Management Body of Knowledge" Project Management Institute(PMI)
- 8) 経済産業省：“大学生の『社会人観』の把握と『社会人基礎力』の認知度向上実証に関する調査”平成 22 年 6 月
- 9) IPA：“IT 白書 2011” 2011 年 5 月 20 日
- 10) 安永航, 大場みち子, 奥野拓, 伊藤恵, 山口琢” PBL を対象としたインフォーマルラーニング環境の構築” 情報処理学会研究報告 IPSJ SIG Technical Report Vol.2013-CE-121 No.10 2013/10/13
- 11) 松澤芳昭, 塩見彰睦, 秋川友宏, 酒井三四郎 “ソフトウェア開発の教員主導型 PBL における反復プロセスと EVM 導入の効果” 情報処理学会研究報告 IPSJ SIG Technical Report Vol.2009-CE-99 No.9 2009/5/23
- 12) 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” 情報処理学会論文誌 Vol. 50 No. 11 2677-2689 (Nov. 2009)
- 13) 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 “組込みソフトウェア開発のための ETSS 標準ガイドブック” 2006, ISBN4-8222-0257-7
- 14) Chrissis, Mary Beth; Konrad, Mike, Shrum, Sandy (2003). CMMI : Guidelines for Process Integration and Product Improvement. Addison-Wesley Professional. ISBN 0-321-15496-7.
- 15) 清水吉男” 派生開発” を成功させるプロセス改善の技術と極意” 2007 ISBN-13: 978-4774132495