

# 産学協同の Project-based Learning による ソフトウェア技術者教育の試みと成果

松澤 芳昭<sup>†</sup> 大岩 元<sup>††</sup>

人間と調和する情報システムを構築できる創造的な技術者が求められている。我々は、そのような人材を育成する環境として、産学が協同してソフトウェア開発 PBL (Project-Based Learning) を遂行する「コラボレイティブ・マネジメント型情報教育」を提案している。この教育環境は、1) 学生プロジェクトの PM (Project Manager) を若手企業人が務め、企業人もプロジェクトマネジメントの学習をする、2) 実際の顧客・エンドユーザを設定し、実用に耐える製品の開発を目標とする、3) 多様なプロジェクトを並行して進め、成果を共有する、4) 学生が反復して履修できる、5) 成果を産学の第三者が評価する、という特徴を持つ。我々はこの教育環境を大学学部生を対象として構築し、2005 年度秋学期に 1 回目を試行し、その成果と課題をふまえて 2006 年度春学期に 2 回目を試行した。筆者らはアクションリサーチとしてプロジェクトに介入し、その過程で環境の改善を試みた。その結果、a) 企業人 PM のマネジメントが学生プロジェクトの足場組みとして機能すること、b) 顧客満足度を最終評価とすることが重要であること、c) 反復履修が可能なことによって学生は失敗経験とその克服ができ、螺旋的に学習が進んでいくことが分かった。

## A Result of Trial Education for Software Engineers through University-Industry Collaboration and Project-based Learning

YOSHIAKI MATSUZAWA<sup>†</sup> and HAJIME OHIWA<sup>††</sup>

We need creative software engineers who can develop information systems that harmonize with system users and other relevant persons. To develop such engineers, we proposed a PBL (Project-Based Learning) course named "Software Development through Collaborative Management", where university students and young engineers in industry collaboratively learn construction of information systems. This course has following characteristics: (1) an undergraduate students' project is managed by an IT company's engineer who also acquires project management skills through this experience, (2) this project tries to develop a tiny information system for real customers and users, (3) different projects run at the same time in the course, (4) students can take the course repeatedly, (5) projects are evaluated by leaders of IT industry and academia. We have tried the course twice in our university. As a result of an action research, we have found the following three things: (a) a project manager from an IT company scaffolds a students' project, (b) the final evaluation of the project is best done by monitoring customer-satisfaction, (c) students can learn engineering processes spirally, because they can take an opportunity to overcome failures made in the previous project of repeated study.

### 1. はじめに

情報技術を応用して、人間と調和する情報システム、人間を幸せにするソフトウェアを開発できる技術者が求められている。情報処理学会情報処理教育委員会が昨年発表した「日本の情報教育・情報処理教育に関する提言 2005」<sup>1)</sup> においては、「手順的な自動処理の構

築」を全国民に体験的に理解させるとともに、高等教育や社会人に対しても、「手順的な自動処理の構築」の理解に基づく高度な ICT 教育をし、人材を供給する必要がある、としている。

提言された「手順的な自動処理の構築」は、単なるプログラミングスキルではない。先の文献を引用すれば「課題を分析し、系統的に解決策を考え、コンピュータに実行可能な形で明示的に表現し、実行結果を検討し必要なら反復改良する」プロセスである。コンピュータが利用されるのは上記のうち、解決策を表現する部分、実行結果を得る部分のみであり、課題を分析したり、結果を検討したりする部分は現実世界 (real world)

<sup>†</sup> 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科  
Graduate School of Media and Governance, Keio University

<sup>††</sup> 慶應義塾大学環境情報学部  
Faculty of Environmental Information, Keio University

における問題発見・解決能力が問われる。ICT 技術者には、現実世界を理解し、技術を理解し、それらを適切に応用する総合的な問題解決力が求められている。

このような問題発見・解決能力を育てるために、現在、情報系の大学では、実際のソフトウェア（システム）開発経験に基づく教育が行われている。従来の授業・演習方式の教育ではなく、実際に経験し、実際の問題を発見・解決していく中で知識を身に付けていくこのタイプの教育/学習方法は、PBL (Project-Based Learning)<sup>2),3)</sup>と呼ばれている。

PBL は問題解決にともなう対象の深い理解とコミュニケーション力が養われることを特徴としている。教師は先生ではなく、ファシリテータ（補助する人）と呼ばれる。知識の伝達は最小限にとどめられ、学習対象者は自ら問題を発見し、分析し、設計をし、問題を解決して結果報告の発表を行う。

しかしながら、大学生の場合、学生だけでプロジェクトをマネジメントすることは難しい<sup>4)</sup>。Batatia<sup>5)</sup>によれば、PBL は「内容 (subject-matter) の学習」と「マネジメントの学習」の 2 つの側面を持っており、双方とも学習対象とするカテゴリ 4 の PBL は最も難易度が高いとされる。役割分担がうまくいかずに誰かが 1 人で作業をすることになったり、一夜漬けになったりしてしまうことは、PBL ではよくみられる現象である<sup>6)</sup>。

こうした問題の解決のために、我々は大学学部生が行う PBL に PM (Project Manager) を配置し、問題の改善をしてきた<sup>6)</sup>。2005 年度秋学期からは、産業界の企業人が当該 PBL の PM を行う環境を構築して内容をより実践的なものとしたところ、PM の教育としても効果があることを見出した<sup>7)</sup>。

筆頭著者は当該教育のファシリテータ兼アクションリサーチを務め、2005 年度秋学期の反省をふまえて、2006 年度春学期に 2 回目の試行を行った。本論文では、その成果を学生のソフトウェア技術者教育という観点から述べる。

## 2. 教育環境

本章では、提案している教育環境<sup>7)</sup>を学生教育の視点から述べる。

### 2.1 教育環境の概要

提案している産学協同の技術者教育環境の全体像を図 1 に示す。この教育環境は、学部学生のソフトウェア（システム）開発プロジェクト（PBL）に企業の若手技術者が PM として参加して、協同でプロジェクト

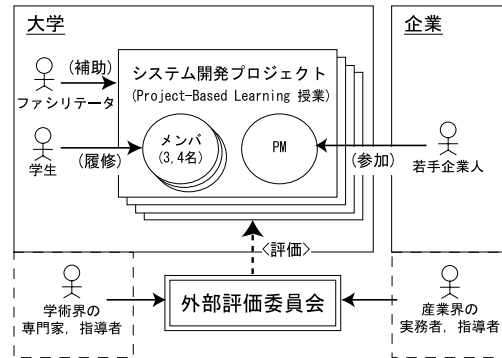


図 1 教育環境の全体像 (先行論文<sup>7)</sup>より)

Fig. 1 Overview of the proposed educational environment.

を遂行する。プロジェクトはメンバが 3、4 名の規模である。プロジェクトでは、限られた開発資源の制約のもとで実際の顧客・エンドユーザ（以下、ユーザ）のいるソフトウェアを開発する。

この教育環境には、産業界、および学外を含む学術界の有識者（十数名）から構成される外部評価委員会が設けられており、ここでは各プロジェクトと教育環境が評価される。産学のような視点から、教育環境を評価し、改善を行う。

上記の環境を我々は「コラボレイティブ・マネジメント型情報教育」と名付けた。コラボレイティブ・マネジメント型情報教育は、実践的な PBL の授業の運営と教育の評価改善を産学協同で行う試みである。

本教育環境は、学生の教育、PM の教育の二面性を持つ。しかし、本論文では焦点を絞るため、PM の教育効果については言及せず、学生の教育という側面から PM の役割を論ずる。PM の具体的な活動内容と教育効果については先行論文<sup>7)</sup>を参照されたい。

### 2.2 教育目的

一般に、産学連携の実践的教育では、即戦力を育てることが目的ととらえられがちであるが、この教育環境における教育目的は、「創造性のある未来のソフトウェア技術者」を育てることである。企業人が PM として協同作業することで、プロジェクトは実践的な内容となる。しかしながら、実践的すぎる枝葉末節の知識を教えることは、大学教育としてふさわしくない。プロジェクトメンバとしての大学生（以下、学生）はプロジェクトの経験によって、情報システム開発の基本的なスキルと、コラボレーションの実際を学習する。

本論文では、特に指定のない限り「メンバ」とは PM 以外のプロジェクト員をさす。

実践的な環境にすることの目的は、学生が体験から気づきを得ること、基本的な学習の根源的な動機付けを得ることである。

この環境では、複数の企業が参加し、異なる価値観でプロジェクトのマネジメントが行われる。異なるマネジメントプロセスは全体で共有され、相互に評価・討論が行われる。この環境では多様な価値観を認め、その相互作用を促進する。学生は、様々な種類のプロジェクトを体験し、比較して分析することによって、プロジェクトの抽象的なモデルを構築することができる。

### 2.3 社会との相互作用とプロジェクトの評価

本教育環境では、社会との相互作用を積極的に活用する。各プロジェクトのテーマは、「人（第三者）に使ってもらえるソフトウェア」を作成し、実際に使ってもらって評価することである。成果目標はメンバーの能力を考慮してプロジェクトが任意に設定できる。しかしながら、2005年度秋学期の試行においては、この成果目標が明らかでなく、成果物目標と学習目標、これらの相反する可能性のある目標を両立しつつ、明確に目標を定める必要があるということが課題となった<sup>7)</sup>。そのため、我々（ファシリテータ）は2006年度春学期の試行において「顧客」という概念を明確にし、PMには、成果物は顧客満足度で評価し、学習成果とのバランスが必要である旨を事前に伝えた。毎週行われるPMミーティングでPMと目標を確認し、プロジェクトは「プロジェクト提案書」（表4を参照）による顧客との契約手続きを行うようにした。

このプロセスで明らかになった教育環境と社会の関係を図2に示す。この模式図を学生の視点から見れば、様々なレベルの社会があり、相互作用が行われることが分かる。PMは、プロジェクト内部に存在するが、大学からみれば社会の人間という特殊な位置に存在する。このPMの存在が産学協同の架け橋となる。

プロジェクトの評価は、「成果物」、「プロセス」、「学習成果」の3つの視点から行う。顧客は成果物が要求を満たしているかを判断する。これは筆者らの経験から、表1に示す6つの段階で評価できる。ファシリテータと評価委員は、成果物の品質とともにプロセスと学習成果を評価する。開発方法論・プロセスはプロジェクトの裁量で決めることができるが、顧客満足という最終目標の達成に際して、適切な方法が用いられてい

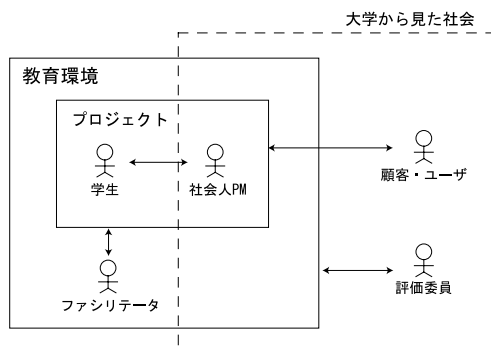


図2 教育環境と社会の相互作用モデル

Fig. 2 Interaction model of the proposed educational environment.

表1 成果物評価の規準

Table 1 Criterion for judging product's quality.

ランク	評価規準
A	ユーザテストに合格し、継続的に運用された。（運用中である）
B	ユーザテストに合格し、限定的であるが運用された。
C	ユーザテストを実施し、第三者の使用に耐えた（運用はできなかった）
D	ユーザテストを実施したが、目標の方向性の誤り、品質不良などの理由により第三者の使用に耐えられなかった。
E	動作する製品は完成したが、ユーザテストを実施できなかった（最終発表会でデモはできた）
F	動作する製品が完成しなかった。

るかどうかを評価の対象とする。学習成果は成功・失敗を問わず、自らが考えて行動した結果が分析されているかどうかを問い、形成的な評価を行う。学生に明示した学習目標を表2に示す。

### 2.4 ファシリテータと研究の方法

試行実験（3, 4章を参照）においては、ファシリテータを筆頭著者が務めた。ファシリテーションに際しては、基本的にプロジェクト員の考え方を尊重し、産学の方法論や価値観のバランスをとることに留意した。新しい挑戦を奨励し、「自らの失敗体験の中から方法論そのものを模索する」<sup>8)</sup>ことを奨励した。

また、ファシリテータを教育環境全体の評価改善のためのアクションリサーチと位置づけし、学生、お

顧客は実際にニーズのある地域の商店や非IT系研究室などがボランティアで参加する。ほとんどの顧客は情報システム発注経験のない素人である。顧客が見つからない場合はやむをえず自らを仮想顧客にするが、その場合もユーザに使ってもらって自分たちの満足度を評価しなければならない。

先行論文<sup>7)</sup>においては、産学連携の観点から「コーディネータ」という用語を使用した。本論文では教育用語である「ファシリテータ」を同一の意味で使用する。筆頭著者は大学の教育研究者という立場であり、博士課程の学生である。若輩ながらも学部生時代からITベンチャー企業に勤務し、小規模ながらも数々の実ソフトウェア開発と失敗の経験がある。

表 2 学習目標

Table 2 Learning objectives of the course.

プロジェクト遂行についての学習目標
・ソフトウェア開発プロジェクトの全体像を把握する．
・主体的に物事を考え行動できるようになる．
・チームで協調して行動できるようになる．
技術的な学習目標
・基本的な技術力を身に付ける．
・机上の空論だけでなく、実践的な技術力を身に付ける．
・技術を濫用するのではなく、適切な応用ができるように理解する．

および PM と関わりながら、学習効果の向上のためのアクションリサーチ<sup>9)~11)</sup>を行った。評価に関しては、メンバの視点、PM の視点、ファシリテータの視点、顧客の視点および外部評価委員の視点からの評価を総合することで結果の妥当性と信憑性が得られるように配慮した。

### 3. 試行実験の環境およびカリキュラム

2章で述べた教育環境を、我々の所属する大学において構築し、試行実験を行った。本章では、2006年度春学期版のカリキュラムを2005年度からの改良点とともに述べる。

#### 3.1 授業の環境

試行実験は、研究プロジェクトの一環として行われた。2005年度は週1コマの2単位であったが、改善提案を反映して2006年度から週2コマの4単位となった。環境の概要を表3に示す。

この授業は反復して履修できることが重要な特徴である。失敗を恐れず挑戦し、その経験を次の機会に活かす場を与えることによって螺旋型の学習を促進する。新参者と古参者を区別することなく織り交ぜてチームとすることで、正統的周辺参加<sup>12)</sup>による学習が期待される。

#### 3.2 カリキュラム

##### 3.2.1 授業と報告会

この授業は週2コマの授業時間を確保しているが、いわゆる「講義」はしない。授業の時間では、1コマ目に週次報告会を行い、2コマ目はプロジェクトごとのミーティングの時間とする。その他のプロジェクト活動は授業外活動として行う。

企業人 PM は企業に勤めながら PM を務める。週1回出校し、週次報告会、プロジェクトミーティング、PM ミーティングに参加する。PM ミーティングは PM

表 3 試行実験の環境

Table 3 Learning environment of the course.

対象	大学学部 1-4 年生
期間	1 セメスター (約 15 週間)
コマ数と単位	週 2 コマ (180 分), 4 単位
学生の前提知識	プログラミングおよび設計の基礎知識
PM の前提知識	情報システム開発の基本的な知識と経験 (PM 経験は問わない)

表 4 プロジェクト共通の成果物

Table 4 Common products produced by a project.

名称	説明
学習目標の記述	プロジェクトの始めに、各個人、およびプロジェクトとしての学習目標を記述する。
プロジェクト提案書	プロジェクトが立ち上がり、要件が定義され、最終成果目標を決め、明確に記述する。
製品・最終ドキュメント	プロジェクトが完了したら、製品を提出する。成果物、中間成果物 (要件定義書、設計書、テスト結果など) をまとめて最終ドキュメントとする。
振り返りレポート	プロジェクトが完了したら、各個人ごとに学習成果をまとめ、レポートを提出する。

とファシリテータだけの週次報告会である。2005年度の反省点をふまえ、PM ミーティングでは PM の基礎的な学習の方向性を指示し、プロジェクトの目標を討論した。PM 非出校日は、電子メールや Wiki などを利用してメンバとのコミュニケーションをとりながらプロジェクトを進める。

週次報告会においては、並行するすべてのプロジェクトの学生、PM が集合し、その週の成果を発表し、討論会を行う。このうち、中間成果報告会、最終成果報告会の2回については評価委員も参加し、アドバイスと評価をする。また、2006年度からは顧客をできるかぎり成果報告会に招聘するようにした。

##### 3.2.2 成果物

チームによってプロジェクト員の能力が異なるため、成果目標に関しては、プロジェクトの裁量で決めることができる。各プロジェクト共通に定められた成果物を表4に示す。

##### 3.3 プロジェクトの発足 (およびテーマの選定)

プロジェクトチームの結成に関しては、様々なパターンがある。基本的には学生の意思を尊重し、PM、学生、顧客の話し合いと調整により、学生に不満が残らないことに留意している。2006年度春学期においては、下記の方法を採用した。

- (1) 指導者、学生、PM がテーマ (顧客) の候補を選出。

いわゆる文科系の「ゼミ」と考えてよいが、理科系のように学生が研究室に配属されるというわけではなく、授業の一環として行われる。1年生から履修可能である。

2005年度秋学期には、無理にチームごとの技術力が均一化するような調整を行ったため、不満が残りに、モチベーションを維持できなかった学生がいた。

- (2) 学生の投票により 5 つのテーマを決定, PM を配置 .
- (3) PM がリソース調達のための説明会を開催 . 学生はエントリーシートを持参して面接をする .
- (4) 学生の投票と PM 間の調整によってプロジェクトチームを結成 .

### 3.4 学習補助体制

PM が補助しきれない技術的な学習の補助は当該研究室の大学院生が担当している . たとえば, 設計レビューやソースコードのインスペクション, サーバ設定補助, 勉強会の開催などを, PM の要請に応じて行っている .

## 4. 試行実験の結果

本章では, 試行実験の結果を, 1) 実践結果の概要, 2) プロジェクトの活動内容と学習成果, 3) 企業人 PM によるリソースマネジメントの効果, の順に述べ, 教育成果を検討する .

### 4.1 実践結果の概要

授業が実施された両学期ともに, 1 プロジェクトにつき PM1 名, 学生 3~4 名から構成される 5 つのプロジェクトが実施された . 参加した学生の数, および構成を表 5 に示す .

次に, 実施されたプロジェクトの概要を表 6 に示す . テーマやプロセスが任意であるので, そのプロフィールはプロジェクトによって大きく異なっている . 表 6 中, 開発規模は改版開発の場合, 差分ステップ数を表す「-」は未測定を示す . 成果物の評価とは, 前掲表 1 の規準で成果物を評価したものである .

### 4.2 プロジェクトの活動内容と学習成果

本節では, 実際のプロジェクトの活動内容と, それによる学習成果について, 2 つの例を用いて質的に分析する . 分析に用いるポートフォリオは, 学生の学習目標の記述, 成果物, プロジェクト活動の様々な視点からの評価, ファシリテータの記録を用いる .

#### 4.2.1 プロジェクト反復経験と学習効果

1 つ目の例として, Project 1C と Project 2C の比較によって, 学習の効果を分析する . 2 つのプロジェクトのプロセスと成果を比較することで, 学生が 1 つ目のプロジェクトの経験によって得られた知見を実際

表 5 履修学生の構成

Table 5 Number and profile of students.

履修回数	05 秋		06 春	
	学年	05 秋	06 春	
I 期	8	3	1 年	0
II 期	5	9	2 年	7
III 期~	3	5	3 年	7
			4 年	2

に活かされたかどうかを評価することができる .

2 つのプロジェクトの状況を比較できるよう表 7 にまとめた . この例の選定においては, テーマが類似していることと, メンバ 3 名が同じ学生で構成されたこと, 学習効果が顕著に現れていることを考慮した . PM は異なる 2 名が担当した .

全体の成果として, プロジェクト成果物の評価が 1 ランク向上している . これはソフトウェアの規模 (表 6 を参照) が倍増していることを考慮すれば, 大きな成果である . 当初設定した目標のソフトウェアができあがり, 品質も第三者の使用に耐えるものとなった .

しかしながら, ユーザテストによって当初契約外の機能が必要だと分かった . いわゆる「要求漏れ」である . 要求漏れの原因について, 顧客は「添削システム」に当然含まれる機能であるとユーザテスト後の開発チームに話した . しかしながら, 学生は契約時に当該機能をスコープ外とすることを幾度かにわたって顧客に確認している . PM も, 自分がヒアリングを行っても同様の結果となっただろうとコメントしている . 顧客がシステム発注した経験がなかったために, 相互理解が達成されなかったコミュニケーション不足の典型例である .

以下, このような結果となった原因を「経験と反省を活かした目標設定」「自律的判断とアドバイスの利用法」「目的の意識と創意工夫」の観点から分析する .

#### (1) 経験と反省を活かした目標設定

反復履修によって, 学生が変化をとげた要因の 1 つに, 経験と反省を活かした目標設定があげられる . Project 2C では, プロジェクト開始時にチーム共通の目標を作成し, 共有している . その目標, および理由と対策を抜粋して表 8 にまとめる .

#### (2) 自律的判断とアドバイスの利用法

表 8 中, 目標 A, B が立案されたのは, 2 つのプロジェクトに参加した 3 名にとって 1 回目のプロジェクト (Project 1C) の活動中, 要件定義の際にプロジェクト内外で論争が起きた事件に由来している . PM は汎用のパッケージシステムを作成するという, スコープを拡大する方針を示したのに対して, ファシリテータは, 当初の予定どおり特定の店舗に絞って調査をす

表 5 中, I 期, II 期... と記述されているのは学年ではなく, 反復履修による, プロジェクトの経験回数を示す . 2005 年度秋学期以前にも PBL が行われており, 経験回数はそれらのものも含んでいる . 2005 年度秋学期の時点ですでに II 期以上の学生が履修しているのはそのためである . なお, 両学期を通じて継続して履修した学生は 13 名であった .

表 6 実施されたプロジェクトの概要

Table 6 List of projects carried out in the course.

プロジェクト名	学生数	顧客	ユーザ	ソフトウェアの種類	新規/改版	開発言語	プロセス (反復回数)	規模 S (Step) L (Line)	工数 (人時)	成果物の評価
2005 年度秋学期に実施されたプロジェクト										
Project 1A	3	企業	社員	Web アプリケーション	新規	Java	滝型	1363 S	225	D
Project 1B	3	企業	社員	Web アプリケーション	新規	Java/VBA	滝型	1206 S	-	E
Project 1C	3	商店	顧客/学生	Web アプリケーション	新規	Java	滝型	440 S	-	D
Project 1D	4	先生	学生	Web アプリケーション	改版	PHP	反復 (2)	1541 S	-	B
Project 1E	3	自ら	学生	Client アプリケーション	改版	Java	RUP(3)	20985 S	420	B
2006 年度春学期に実施されたプロジェクト										
Project 2A	3	自ら	学生	Web アプリケーション	新規	Java	反復 (1)	5258 S	-	E
Project 2B	3	教授	研究者	Client アプリケーション	新規	Java	反復 (2)	1329 S	314	E
Project 2C	3	教授	顧客/学生	Web アプリケーション	新規	PHP	反復 (2)	1251 L	294	C
Project 2D	4	企業	視覚障害者	スタンドアロンゲーム	新規	C++	反復 (2)	6500 L	535	C
Project 2E	4	教授	学生	Server-Client	新規	Java/Flash	RUP(1)	-	480	C

表 7 2つのプロジェクトの特徴比較

Table 7 Comparison of characteristics for two projects.

比較項目	Project 1C (2005 年度秋学期)	Project 2C (2006 年度春学期)
テーマ	ある定食屋のメニュー評価フィードバックシステム (新規開発)	中国語テストの添削支援システム (新規開発)
顧客	定食屋の主人	大学教授
ユーザ	学生, 顧客自身	学生, 顧客自身
PM	PM 経験あり (企業 A) (ただし, 業務多忙により十分な時間貢献できなかった)	PM 経験なし (企業 B)
学生 (期, 学年)	学生 A (IV, 4), 学生 B (I, 2), 学生 C (I, 2)	学生 A (V, 4), 学生 B (II, 3), 学生 C (II, 3)
プロセスと成果物の評価	要求分析においては顧客のヒアリングを何度か行ったが, 要求を汲み取れなかった. PM とファシリテータのコミュニケーション不足から, PM は顧客満足度が成果物の評価基準であることを理解せず, メンバの作りたいものが定義される. スケジュール遅延を理由に規模を大幅に縮小し, 学生利用部分のみ製造し, ユーザテストを実施した. しかしながらソフトウェアの方向性の誤りのため, 評価されなかった (評価 D)	初期に綿密なヒアリングを実施した. ヒアリングに際しては, 顧客に理解しやすいよう設計図を工夫し, 様々な視点から記述した複数の図を用いて顧客とコミュニケーションを行い, 顧客とシステム仕様を合意した. スケジュールどおり実装し, 2 回にわたるユーザテストを実施. 契約部分に関しては実用に耐えるシステムとなった. しかしながら, ユーザテストによって当初契約外の機能が必要だと分かった (評価 C)
実装言語	Java	PHP
作成した文書	コースケース図 コースケース文書  画面遷移図  クラス図 (DB を記述したもの) シーケンス図  決定表 (ディシジョンテーブル)  マニュアル	要件定義書 システム概要図 ( ) (図 3) 業務フロー図 ( フローチャートを参考に ) 画面遷移図 画面モックアップ DB 図 ( ER 図を参考に ) 処理機能記述書 (モジュールごとの IPO を記述したもの) 結合テスト結果書 ( 結合テストの項目と結果が記述されたもの ) マニュアル ( は学生が書式を工夫しているもの )
学習目標	技術力とその応用をつける. PM の観察をする (学生 A) システム開発の学び方を学ぶ (学生 B)  UML, Java が使えるようになる (学生 C)	仲間と楽しく, 最後まで真剣にソフトウェア開発に取り組む (学生 A) 要求分析, 基本設計, 詳細設計, 実装, テストの各工程を細かく意識してプロジェクトを進める (学生 B) 設計・実装に積極的に参加する (学生 C)

るべきであるとのアドバイスをした. これは, PM とファシリテータのコミュニケーション不足, カリキュラムの不備により, 顧客満足度が成果物の評価基準であることを共有できなかったことが原因である. 他のプロジェクトの PM や評価委員からも同様のアドバ

イスがあった. 最終的には PM の意見が優先され, プロジェクトは進行した.

学生たちがその結果とプロセスから学習したのは, 顧客の要求を最優先にすることと, それに基づきアドバイスを聞き, その意味を自律的に判断して

表 8 学生が立案した Project 2C の目標、および理由と対策  
Table 8 Objectives and its reason planed by students on Project 2C.

目標	理由と対策
A. 顧客が本当に欲しているものを制作すること	前は、自分たちの作りたいシステムを強引に顧客に押し付ける形になってしまった。今回は要求をうまく引き出し、問題の本質を解決するシステムを作る。
B. 周りのアドバイスを鵜呑みにせず、自分たちの考えを重視すること	前は、いろいろな人のレビューをいただいたが、本当の意図を理解できず、鵜呑みにしていた。レビューを慎重に聞いて、活かせるものを活かすようにする。
C. スケジュールにあわせるために妥協をしないこと	前は、設計をしなければならぬので分析を切り上げたことや、ドキュメントが間に合わないので実装する機能を絞ってしまった。今回は要求調査と実装を優先し、スケジュールは変更しない。
D. 1 つ 1 つの作業の目的を考え、必要最低限の作業をしっかりとやること	前は、必要のない設計図まで用意し、時間を無駄に費やしてしまった。今回は、目的を議論して、必要だと思うものだけを作る。

プロジェクトを進めなければ、ユーザに使われるシステムは開発できないということである。2 回目のプロジェクト (Project 2C) においては、顧客とのコミュニケーション量を増やし、質においても様々な視点でシステムを記述する図面を使い、その書式も工夫して何度もシステム仕様を確認するプロセスを取り入れていた。

### (3) 目的の意識と創意工夫

Project 1C で用いられた設計文書 (表 7) のうち、上流に UML が採用されたのは、学生が使ってみたかったからという理由による。下流に決定表が利用されたのは、PM の提案による。UML に関しては、実装にほとんど利用されなかった。決定表に関しては、一応作成はしてみたという状況であり、目的はよく理解されなかった。これが表 8 中、目標 D の立案につながった。

Project 2C においては、PM と各文書の目的を討論して「設計文書の目的は顧客およびメンバ同士で意識を共有することにある」との結論に至り、目的に沿わない文書は作成しない方針としている。結果として、設計文書の構成はかなり変更されている (表 7)。書式を工夫している設計書も増えている (1 つの例を図 3 に示す)。PM はカリキュラムの意図を理解し、学生の意思を尊重し、意味が不明確な点や別の視点が必要な箇所のみ適切にアドバイスを加え、図の追加・修正を依頼していた。

#### 4.2.2 単一プロジェクトにおける討論と学習効果

2 つ目の例として、Project 2A を取り上げ、単一プロジェクト内で起こる問題と討論、学習効果について分析する。Project 2A は、全員 II 期目以上の学生で構成されたプロジェクトであったが、プロジェクト当初から数々の問題が起こり、PM とファシリテータが協力して問題の発見と解決の討論を行った。

Project 2A で起こった主要な問題の状況とその後の経過をまとめて表 9 に示す。ファシリテータは、設

### project システム概要図

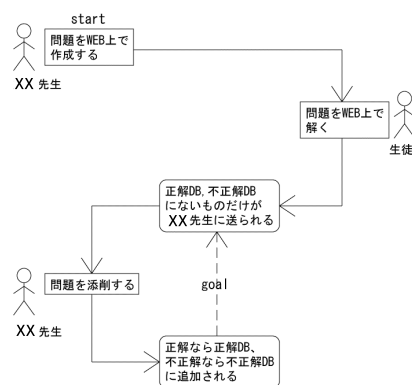


図 3 学生が製作したシステム構成図

Fig. 3 The diagram of the system's structure represented by students.

計をはじめとするすべての下流工程を、顧客満足度を得るために必要な作業としてとらえるように、各工程の方法論を選択した理由と目的を問うた。PM は時間的な制約がある中、成果目標と学習目標とのバランスを考慮しながら、学生と対立・協調し、粘り強く討論を行って、問題を解決しようと試みている。

結果として、Project 2A は、成果物の顧客満足度という観点から評価すれば、あまり良い成果はあげられなかった (評価 E)。しかしながら、学生全員が「顧客満足度を得るために有効な選択だったか」という視点で振り返りレポートに以下のように記述していた。

- 提案型のソフトウェア開発は初めてで、「作りたいものを作る」という方向性で発進してしまったために、「人に使われるものを作る」という授業の目的から逸脱してしまった (学生 D)。
- シーケンス図やロバストネス図は実装の際に参照されることはほとんどなく、あまり役に立たなかった。逆に状態遷移図と ER 図は (作らなかったが) 必要だった (学生 E)。

表 9 Project 2A における討論と結果  
Table 9 Discussion and results on Project 2A.

フェーズ	状況	きっかけ (ファシリテータの発問)	結果とその後の経過
テーマ選定	「スケジュール」というタイトルだけが決まっておらず、詳細が決まらない。	目的・ユーザが明確でないのでは？	PM と学生の 5 週間の討論の末「予定あわせ支援ツール」と決まった。
プロセス選定	なんとなくウォーターフォール型に決まっていた。	プロセスの選択理由は？ 前回のプロジェクトは、反復で成功していたようだけど。	学生が反復型に挑戦したいと主張。PM は受け入れた。しかしながら、上流工程の遅延により、反復は実現しなかった。
要求分析	要求分析をせず、現行物理モデルをそのままシステムにしようとしている。	前回プロジェクトが失敗していたので、シナリオ分析を行い、論理モデルを作ったらどうか。	PM に要求分析の経験がなかったため、PM と学生が協力して勉強、分析を行い、要件定義書を完成させた。
設計方針	明確な目的がなく、UML の図をすべて描くという方針であった。	全部の図を描く必要性はあるか？	PM は全部の図を描く必要性はないと主張。学生はすべての図を描きたいと主張。PM は条件付きで承諾したが、スケジュールが遅延した。実装の際、クラス図以外の設計はほとんど使わなかったと学生は後悔した。
実装言語	なんとなく使ったことがあるという理由で Java/Struts に決まっていた	システムの特徴を考慮すると、PHP を選択してもよいのではないかと？	PM は議論の末、判断を学生に委ねた。学生は当初の予定どおり Java/Struts で実装したが、Java/Struts の理解不足により、実装が難航した。学生はこの判断を後に悔いた。

- I 期目はあまり分析・設計に時間をかけず、丁寧にやらなかったので使えないものを作ってしまった。II 期目は分析・設計に時間をかけたものの、反復する時間が足りなくなって（品質が上がらず）やはり使えるものは作れなかった（学生 F）。

このように失敗の理由と原因を考察していることから、教育成果はあったと考える。これは 1 つ 1 つの解決案を討論したうえで決定するというプロセスを採用したことにより、意思決定の理由が明確に意識されていることの効果と考えられる。

#### 4.3 企業人 PM によるリソースマネジメントの効果

本節では、企業人 PM によるリソースマネジメントの効果について、1 章で学生プロジェクトの問題点としてあげた「スケジューリング」、「役割分担」の 2 つの観点から述べる。PM の作業内容や学生とのやりとりの詳細に関しては先行論文<sup>7)</sup>もあわせて参照されたい。

##### 4.3.1 スケジューリング

4.2 節で取り上げたプロジェクトの開発計画と実績を表 10 に示す（工程の分類方法は先行論文<sup>7)</sup>と同様である）。Project 2C はスケジュールの遅延がほとんどなく、各工程にバランス良く時間を配分することができている。これに関しては、4.2.1 項で述べたように、学生が以前のプロジェクト（Project 1C）におけるスケジュール遅延を反省し、スケジュールを守って実装に時間をかけるという目標（表 8 中、目標 C）を

表 10 開発計画と実績（単位：週）  
Table 10 Developing plans and results (Unit: weeks).

プロジェクト	1C		2C		2A	
	予定/実績	予	実	予	実	予
立ち上げ・分析	5	10	4	5	4	7
設計	4	2	3	2.5	1	3
実装	3	2	4	5	5	2
テスト・評価	2	0.5	1	1.5	1	2
まとめ	0	1	1	0.5	1	0.5
その他	4	1	1.5	0	2.5	0

立案しており、スケジュールを厳守する意識があったことが大きな要因と考えられる。このプロジェクトのあるメンバは「PMのおかげでスムーズなスケジューリングができた」とコメントしている。これらのことから、学生と PM の意思疎通がはかれることによって、学生プロジェクトの納期は守られるようになるといえよう。

逆に、Project 1C と Project 2A に関しては、要求分析におけるスケジュール遅延により、下流工程に時間をさくことができなくなっている。これらのプロジェクトにおいては、最終段階で製品を完成させるための徹夜作業が行われており、製品、評価、最終ドキュメントの品質の低下がみられる。このように、納期が守られるかどうかは、PM が学生のモチベーションを高め、適切な計画を立案し、計画を共有するコミュニケーションのマネジメントができるかどうかで決まる。2006 年度春学期においては、PM の資格を持つ企業人がマネジメントを行った Project 2D では納期が守



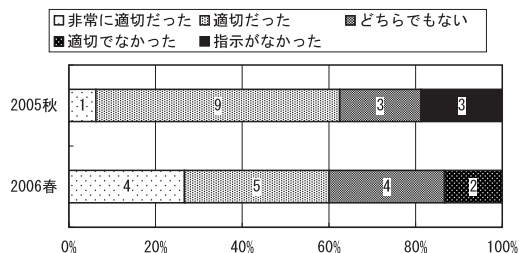


図 4 PM の役割分担の指示は適切でしたか

Fig. 4 Result of questionnaire for "division of work" by students.

られている。

#### 4.3.2 役割分担

図 4 に、プロジェクト終了後に学生を対象として行ったアンケート中「PM の役割分担の指示は適切でしたか」という設問の結果を示す。この結果は、企業人 PM が一定の役割を果たしていることを示している。「やりたい仕事をまわしてくれてありがたかった」というコメントもあった。たとえば Project 2D では、PM が学生個々の作業時間を報告しており、学生 1 人あたりのプロジェクトへの貢献時間は 121 時間～150 時間の間に収まっている。他のプロジェクトにおいても同様に観察されることから、誰かが 1 人で作業するという事は完全になくなり、バランスの良い役割分担がなされるようになったといつてよい。

しかしながら、4 割の学生が「どちらでもない」以下の回答をしていることは、この問題が完全に解決されているわけではないことを示している。この中にはコメント欄に「自分たち（学生自ら）で行ったため」と述べている学生もいるので、「どちらでもない」という回答が即不満を示すものではないが、不満を持っている学生がいることは推測される。

### 5. 教育環境の評価

本章では、2006 年度春学期の試行実験を学生、PM、および外部評価委員が評価した結果を述べる。

#### 5.1 学生の評価

2006 年度春学期の授業終了後、学生を対象に行った教育環境に対する無記名（プロジェクト名は記入）アンケート調査の結果を図 5 に示す。

2005 年度秋学期の結果<sup>7)</sup>に引き続き、学生の授業に対する満足度は良好である。ただし、2006 年度春学期の結果においては、結果が芳しくないプロジェクトの評価は全体的に低くなっている傾向が若干みられた。なお、授業、プロジェクトを途中で放棄する学生は 0 名であった。

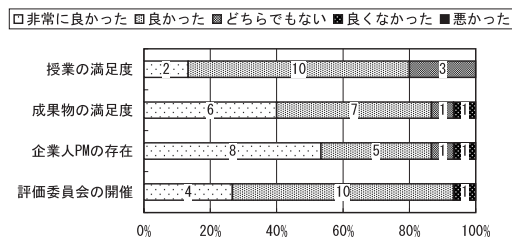


図 5 学生の評価結果

Fig. 5 Result of questionnaire by students.

自由記述欄においては、「顧客がいることで、プロジェクト開発の醍醐味を味わえるようになった」と評価されている。

#### 5.2 PM の評価

2006 年度春学期の試行実験に参加した 5 名の PM が、学生の教育についてコメントをした。結果良い点として、

- （学生が）顧客に満足してもらおうという大事な視点が得られる。
- （基礎学習）勉強会の効果が早期に顕在化し、プロジェクトに好影響を与えた。
- 学生自身が目的を考えて資料を作ることは素晴らしい。
- 前半の要求分析に失敗したが、失敗に気づいてからは目的意識を持ってヒアリングできた。

などが具体的にあげられ、悪い点はあげられなかった。

#### 5.3 第三者評価委員の評価

第三者評価として、評価委員会（企業関係者 8 名、大学関係者 4 名から構成）による教育環境の評価が行われた。評価委員は、最終報告会に出席し、学生によるプロジェクト成果の発表を見学し、教育環境について 5 段階（5-良い、1-悪い）の評価を行った。結果を図 6 に示す。

「学生の教育に対する評価」「教育環境の総合評価」においてはすべて 4 点以上、「PM の教育に対する評価」もほぼ 4 点であり、良い評価が得られたといつてよいだろう。自由記述では、「顧客を評価委員会に招聘したのは良かった」と評価された。

またアドバイスとして、

- 経験に基づく知識に偏りすぎないように、体系的な知識の学習が必要である。
- 上達したスキルの定量的な評価が必要である。
- 各人の学習成果（学習プロセス）の発表と評価基準が必要である。
- プロジェクトによる教育効果の差を減らすよう努力すべきである。
- 失敗の経験から、開発範囲を早期に狭めてしまっ

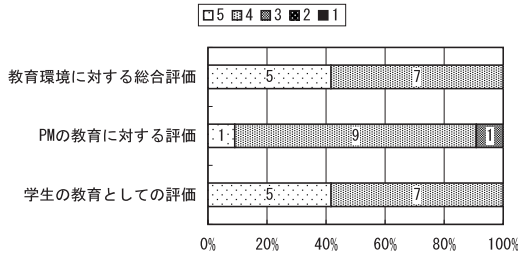


Fig. 6 Result of evaluation by leaders of the IT industry and academia.

ている印象をうけるので、もう少し挑戦すべきではないか、といったコメントも得られた。これらは次回の実践に反映する必要がある。

6. 考 察

本章では、4、5章の結果を分析し、学生の教育という視点から、試行実験の成果を考察する。

6.1 反復履修による螺旋型学習

本教育環境の特徴の1つに、反復履修による螺旋型学習がある。4.2.1項においては、反復履修による学習成果を確認できた。このことは、他のプロジェクトにも同様にみられる。I期目の学生が立案した学習目標とII期目以降の学生が立案した学習目標を表11、表12に示す(なお、学生は複数の学習目標を立案する。数はそれらの合計である)。

I期目の学生は、プロジェクトの経験もチーム開発の経験もない。「要求分析」などの上流工程の用語は知らないか、授業で知識として習ったことがある、もしくは聞いたことがあるという程度である。したがって、I期目の学生はプロジェクトを経験し、プロジェクトで使われる用語の基本的な意味を理解することが目標である。I期目の学生が立案した目標は、授業に参加する学生のニーズを反映したものとも考えられる。

II期目以降の学生は、プロジェクトを経験し、それらの経験から得られた反省点を分析しII期目の目標を立案する。I期目では関わらなかった分析、設計などの上流工程に関わろうとする。目標はチームワークやプロジェクトマネジメントなど広範囲にわたり、具体的な用語を用いて記述されるようになる。

これらの目標意識の変化は、履修者が学習していることの証拠であるとともに、指導者やPMが対応を変容させていかなければならないことを示している。特に、目標は過去の経験(特に失敗)に強く影響される傾向がみられるから、なぜその目標を持ったのかと

表 11 学生の立案した学習目標 (I期)

Table 11 Learning objectives planned by students (term I).

目標	数
一貫したプロジェクトを経験する	6
チームでの共同作業を経験する	5
(新しい)設計言語を習得する	3
実務的な経験をする	2
人に使ってもらえるものを作る	1
プログラムを完成させる	1
設計スキルの向上	1
実装スキルの向上	1
(新しい)プログラミング言語を習得する	1
WEBアプリケーション作りを経験する	1
プロジェクト管理手法を学ぶ	1
WBSについて理解する	1
品質向上の方法を知る	1
他のメンバが読めるソースコードを書く	1
チームワーク良くプロジェクトを進める	1
システム開発スキルの学び方を学ぶ	1

表 12 学生の立案した学習目標 (II期~)

Table 12 Learning objectives planned by students (term II~).

目標	数
人に使ってもらえる(完成度の)ものを作る	6
要求分析にかかわる	5
設計にかかわる	5
人に使ってもらえる(仕様の)ものを作る	4
PMの振舞いを観察する	3
他のメンバが読めるソースコードを書く	3
新規開発を経験する	2
実装スキルの向上	2
プログラミング言語を習得する	2
WEBアプリケーションを作りを経験する	2
プロジェクト管理手法を学ぶ	2
スケジュールを守る	2
要求分析の精度向上	2
テストの技法を学ぶ	2
チームワーク良くプロジェクトを進める	2
メンタとして後輩の指導をする	2
教訓を見つけ出す	2
自分の適性を知る	2
チームでの共同作業を経験する	1
設計スキルの向上	1
設計言語を習得する	1
新しい技術に挑戦する	1
仕様書作成の精度向上	1
設計の精度向上	1
生産性の向上	1
コミュニケーション能力の向上	1
楽しく取り組む	1

いうことを把握しておくことが必要である。

6.2 社会との相互作用と学習

本教育環境は、プロジェクトの活動と評価が社会と密な関係を持つように設計されている。学生と企業人PMが協同作業する環境によって、企業の価値観がブ

プロジェクトに取り込まれる。実施されるプロジェクトにおいては顧客とユーザを設定し、顧客満足度を得ることを目標としている。さらには、第三者評価委員会によって、産学の様々な視点からプロジェクト活動を総合評価する(図2)。

それらの価値観の異なる評価をどのようにプロジェクトに反映し、活動を進めていくかは最終的に学生の判断に任されている。4.2.1 項の例においては、学生が1回目のプロジェクト経験で、それら様々な評価を、吟味することなく取り入れようとした結果、中途半端な成果物ができあがってしまったことを後悔している。2回目のプロジェクトではその反省を活かし、「顧客が本当に欲しいもの」を「周りのアドバイスを鵜呑みにしない」で「妥協しない」で作成することを目標としている。そしてそれが、分析や設計作業の目的をとらえなおすことにつながり、成果物の品質向上に導いている。

第三者の様々な視点からプロジェクトの活動を評価するという事は重要なことであるが、学生がそれらの評価がどのような意図であるかを汲み取ることは難しい。したがって、顧客およびユーザの評価を最終的な評価基準とする必要がある。この絶対的な評価は、様々な第三者の評価を1つにまとめあげる機能を持つ。こうして、学習者は原点に戻って活動の意味をとらえなおすことができる。こうした評価を活動に反映させ、結果を自分自身で評価する過程で学習が起こる。2006年度春学期の試行においては、顧客およびユーザによる良い評価を得ることを最終目標とすることをPMと学生に確認しながらプロジェクトを進め、双方から良い評価が得られ、彼らのニーズに合致していることが確認できた。

### 6.3 企業人PMが学生の学習に及ぼす効果

本教育環境において、企業人PMは2つの重要な役割を担う。

1つ目の役割は、学生プロジェクトの足場組み(scaffolding<sup>13)</sup>)としての役割である。PMはプロジェクト経験のない学生と一緒にプロジェクトの目標を立案し、達成するためのプロセスとスケジュールを示す。4.2.1 項の例においては、Project 1CのPMはまず企業で利用されている言葉を使い、文書を使って、プロジェクトの考え方や進め方を教えた。学生はPMの指示に従って作業を進め、ひととりの作業プロセスを理解することまではできた。Project 2Cでは、学生は企業で利用されている言葉を使ってPMと議論できた。PMは基本的には自身の企業の方法論を利用しつつ、学生の1回目の経験を理解し、文書を作る目的

を議論してプロセスを方向修正した。こうして、学生は内容の学習に集中することができた。

2.3 節で述べたように、2006年度春学期の試行においては、「顧客」という概念を明確にし、PMには、成果物は顧客満足度で評価し、学習成果とのバランスが必要である旨を事前に伝えた。このことによって、「要求分析」という作業の目的が議論されて、「顧客に本当に使ってもらえるもの」を定義するための工程として認識され始めた。こうして、顧客とのコミュニケーションが始まり、2005年度秋学期においては散見されたプロジェクトの方向性の誤りは解消した。その一方で、コミュニケーション不足による要求漏れ、優先順位の認識違いなど、新たな高次の問題が顕在化するようになった。学習成果とのバランスに関しても、多くのプロジェクトで、4.2.2 項の例にみられるように、顧客満足度を目標としつつ、目標達成のための方法論を吟味していくような議論が展開されるようになった。

2つ目の役割は、学术界と産業界との架け橋としての役割である。本教育環境では、異なる複数の企業の企業人が、学生プロジェクトに社会の言葉と方法論を持ち込む。ソフトウェア工学はまだ確立された分野ではないため、企業によって用語の定義や方法論は大きく異なる。企業人PM同士の討論においてさえ、話が噛み合わないこともある。

学生プロジェクトでは企業プロジェクトとは異なり、PMは業務命令でメンバを動かすことはできない。学生を動機付けるものは課題そのものに対する興味とわずかな単位のみである。マネジメントやエンジニアリングの方法論を表層的に適用するときには、その問題が浮かび上がってくる。4.2.1 項、4.2.2 項で取り上げた例においては、学生と企業人が方法論を表層的に使うのではなく、その方法論の本質的な意味を議論している。II期履修し終えた学生が「マネジメント方法がPMによって大きく異なるというのは驚きだった」とコメントしている。企業人PMも「方法論を議論することは初めてだった」、「目的を問うことの重要性を再確認した」とコメントしており、異なる価値観や方法論を抽象化し、討論することを楽しんでいる。我々は、このような討論が創造的なソフトウェア技術者を育成すると考える。

### 6.4 他の教育と比較して

経済産業省の調査<sup>14)</sup>によれば、大学における産学連携情報処理教育において、企業出身の教員を採用する場合の問題点として、「実務の知識・経験をどう授業に展開するかが難しい」が1位の43.6%を占め、産学との連携における課題(自由記述)においては、「時代

の流れに関係のない原理・原則をどう教えるか」「基礎理論と応用技術のバランス」「基礎になる理論と実務的な実例とのつながりを学生自身が考えられるようにする教育」があげられており、基礎的な知識と実践的な知識の調和が求められている。花野井ら<sup>15)</sup>は、大学では実践的な教育が行われず、逆に企業では基礎的な知識が不足しているという問題を指摘し、双方の教育を試みている。我々の試みは企業人と学生が別々に学習するのではなく、企業人 PM の存在によって、産学が共通の目的を持ってプロジェクトを遂行し、成果を検討することが特徴である。

金田ら<sup>16)</sup>は、「PBL の題材が実システムの開発であって、発注者も本気にならなければ学生が情熱を失う」ことを指摘している。我々も、シミュレーションやロールプレイングではなく、open-ended で実際の社会で評価されるシステムを題材にするということが重要であると考えている。こうした点において、前掲の試み<sup>15)</sup> や産学協同実践的 IT 教育促進事業<sup>17)</sup> の各試みは、特定の企業の方法論を適用して、効果を確認するという、従来の演習を発展させる形の授業形態となっている。PBL は how to 主体から、what to 主体の教育へ転換しようとする試みでもある<sup>18)</sup>。我々はこの目的のために、PBL は学習者が実社会との相互作用から気づきを得て問題を発見し、鈴木ら<sup>8)</sup>の試みのように、解決方法を試行錯誤するように設計されなければならないと考える。生の題材を扱う前の足場組みとして、与えられた題材を扱う教育が効果的という考え方もある<sup>2)</sup> ので、我々はシナリオが与えられた PBL を批判するわけではない。しかし、学習者が得られるものは少なからず異なると思う。「ものづくり」の喜びを知ることとはとても大切であるが、自己満足で終わる場合もある。社会で求められているのは「人に使ってもらえる」ということを喜び、顧客満足のために技術を使える技術者である。

こうした技術者を育成するために、本論文で提案するのは、いかに小さくても顧客満足度の評価までが問われるプロジェクトを反復して行い、開発プロセスの質を上げながら螺旋型に学習していく学習システムである。我々はこの学習システムを効果的にするために、1) プロジェクトに企業人の PM を配置して、方法論の決定の先導をしてもらうことで非シナリオ型の欠点であるプロジェクト遂行の足場組みをすること、2) プロジェクトの最上位目的を顧客満足の追求とし、その手段として方法論の妥当性とそもそもの目的を問うこと 3) 挑戦を奨励し、社会（顧客、ユーザ、評価委員）から評価を受けて成果を振り返り、反復履修によって

再挑戦し、課題を克服していくようにすることの 3 つの方法を組み合わせることを提案する。

本論文では、上記の考えに基づいて設計した学習システムにおいて、学生が問題を発見・解決していく例を示した。教育学者の佐伯は「何かが分かるということは、分からないところが分かるということ」<sup>19)</sup>であるという。したがって、試行錯誤によってプロセスが改善された結果、高次の新たな問題が発見されたことは、学習者の理解が深まったことの証拠である。畑村は『失敗学のすすめ』<sup>20)</sup>で、「目的を持った行動の結果として生じる失敗は学習者に知識の受け入れの素地をつくり、その後の経験と思考、学習によって真の理解がなされ、それが創造的なプロフェッショナルを育てる」と主張している。顧客満足度を追求して試行錯誤した経験を持つ学生がマネジメントやソフトウェア工学などの体系的な知識を学習するとき、その効果はまったく異なることが期待される。

この学習システムの欠点は、4.3 節で述べ、5.3 節での評価委員の指摘にもあるように、企業人 PM の能力によってプロジェクトの成果、学習効果に差が出てしまうことである。これは、この教育システムの宿命であるかもしれない。PM の能力や、テーマの種類や難易度を均一化することで評価が容易になる。そのようにして教育の質の最低保障をするべきという考え方はもっともではある。しかし、それでもなお我々は、ただ目の前のプロジェクトを成功させたという成果だけでなく、プロジェクトは独自性<sup>21)</sup>を持ち、問題の種類も、解法の種類も様々なものがあるということを理解することも教育的であると考え。この環境においては、様々な種類のプロジェクトが並行し、そこでは先行論文<sup>7)</sup>にも示したように、「要件が決まらない」、「メンバー間のコミュニケーションギャップ」、「要員の急な入院」、「能力の差」、「スケジュール遅延」、「低品質」、「当初目的を満足できない成果物」、「要件に興味がないときとあるときの要員のモチベーションの差」など、ソフトウェア開発における様々な問題の発生が実社会を反映している。これらの問題を間近に見ることは、企業人 PM の育成に有効なだけでなく、学生にとっても貴重な場である。評価委員も評価を通して学習をしている。並行するプロジェクト全体を高い視野から眺めることによって、授業参加者、評価者全員が共同体としての成果を得ることができる。

#### 6.5 課題と今後の展開

2006 年度春学期は 2005 年度秋学期と比較して、顧客の満足度を意識してプロジェクトを進めることができた。しかしながら、実際に利用されるレベルに到達

したプロジェクトはなかったので、体系的な知識の学習の環境整備とともに、さらなるレベル向上が必要である。また、顧客満足度はニーズ型開発には適用できるが、新しいシステムを提案するようなシーズ型開発には、別の評価尺度が必要である。

次に、成果物目標と教育目標のバランスに関して、PMに事前に伝える点は改良したものの、教育目標の設定と評価には曖昧性が残っているため、さらなる改良が必要である。特に、5.3節で評価委員が指摘している「上達したスキルの定量的な評価」「各人の学習成果の発表とポートフォリオの整備」などが必要である。特に挑戦して失敗したものに関しては、積極的に評価できるような評価方法が必要である。

最後に、普及の方策が必要である。試行実験では文部科学省現代的教育ニーズ取り組み支援プログラムの支援を受けることができたので、現在は企業人PMの派遣に謝金を支出している。自律的に運営するためには、企業の支援が必要である。第三者の評価委員や顧客も重要な役割を果たしている。そのためにはボランティアの協力が必要で、広範囲に本教育環境を認知させる必要がある。

## 7. ま と め

本論文では、学生のPBLに企業人PMを配置し、産学協同でソフトウェア開発プロジェクトを行い、ソフトウェア技術者の教育を行うコラボレイティブ・マネジメント型情報教育の試行実験と成果について述べた。2005年度の試行の結果をふまえて、2006年度春学期の試行においては、「顧客」という概念を明確にし、ファシリテータ(図2)はPMに「成果物は顧客満足度で評価し、成果目標と学習目標とのバランスが必要である」ことをはじめとする改善案を伝えた。この結果、

- (1) 企業人PMのマネジメントによって実践的な開発方法論の提案や指示がなされることが学生プロジェクトの足場組みとして機能すること、
- (2) 選択した開発方法論が適切であったかどうかを問うために、顧客満足度を最終評価とすることが重要であり、これは学生のニーズとも合致していること、
- (3) 反復履修が可能なことによって、挑戦が失敗に終わったとしても次の機会の改善目標となり、その目標が達成されるとさらに高次の問題が発見される、というように学生が螺旋型の学習を行っていることが分かった。産学でソフトウェア開発方法論と教育についての対話が始まっており、我々は、これが創造的

なソフトウェア技術者育成につながると考える。

謝辞 試行教育に参加いただいた学生の皆様、およびPMの皆様、あたたかい助言と評価をいただいた評価委員の皆様へ感謝する。熊坂賢次教授には社会科学の視点から「コラボレイティブ・マネジメント」の命名をしていただいたことに感謝する。ピアレビューとアドバイスしてくれた杉浦学君をはじめとする研究室の方々に感謝する。数々の有益な指摘とコメントをしていただいた査読者にも感謝する。本論文に記した試行実験は、平成17、18年度文部科学省現代的教育ニーズ取り組み支援プログラムの一環として取り組まれた。尽力下さった関係各位に感謝する。

## 参 考 文 献

- 1) 情報処理学会情報処理教育委員会：日本の情報教育・情報処理教育に関する提言 2005 (2005).
- 2) Barron, B.J.S.: Doing With Understanding: Lessons From Research on Problem- and Project-Based Learning, *THE JOURNAL OF THE LEARNING SCIENCES*, Vol.7, pp.271-311 (1998).
- 3) Thomas, J.W.: A REVIEW OF RESEARCH ON PROJECT-BASED LEARNING (2000).
- 4) 松田直浩, 喜多 一: Project based learning 型授業のためのプロジェクト目標マネジメント支援システムの提案, *Proc. MYCOM2006* (2006).
- 5) Batatia, H.: A model for an innovative project-based learning management system for engineering education, *CALIE 2001 — Computer Aided Learning in Engineering Education* (2001).
- 6) 松澤芳昭, 武田林太郎, 大岩 元: 学生主体のプロジェクトベース・ソフトウェア開発実践教育—「教育的プロジェクトマネージャ」の導入と成果, 情報教育シンポジウム予稿集 2005, pp.37-42 (2005).
- 7) 松澤芳昭, 大岩 元: 産学協同によるプロジェクトマネージャ育成システムの提案と実証実験, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.976-987 (2007).
- 8) 鈴木直義, 堀口貴光, 渋沢良太, 旗持静香, 青山知靖, 湯瀬裕昭: 民産官学協働ソフトウェア開発による大学低学年教育の試み—ソフト・イノベーションの視点から, 情報教育シンポジウム予稿集 2006, pp.45-52 (2006).
- 9) Mansell, G.: Action research in information systems development, *Journal of Information Systems*, pp.29-40 (1991).
- 10) 神沼靖子, 佐藤 敬: アクションリサーチとソフトシステム方法論, 情報処理, Vol.36, No.10, pp.941-946 (1995).
- 11) 秋田喜代美: 教育研究のメソドロジー 学校参加

- 型マインドへのいざない, 東京大学出版会 (2005).
- 12) Lave, J. and Wenger, E.: *Situated learning: Legitimate peripheral participation*, Cambridge University Press (1991). 佐伯 胖 (訳): 「状況に埋め込まれた学習 正統的周辺参加」, 産業図書 (1993).
- 13) Wood, D., Bruner, J. and Ross, G.: The role of tutoring in problem solving, *Journal of child psychology and psychiatry*, Vol.17, pp.89-100 (1976).
- 14) 経済産業省: 大学における産学連携情報処理教育の現状に関する調査報告書 (2004).
- 15) 花野井歳弘, 有田五次郎, 澤田 直, 牛島和夫, 吉元健次, 牧園幸司: 双方向型産学連携実践教育, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.2, pp.832-845 (2007).
- 16) 金田重郎, 井上 明, 新谷公朗: 実 IT システム開発・導入に基づく PBL (Problem Based Learning), 第 3 回情報科学技術フォーラム予稿集, pp.381-382 (2004).
- 17) 経済産業省: 平成 17 年度産学協同実践的 IT 教育促進事業報告書 (2006).
- 18) 福田収一, 福崎昭伸, Kostov, V.: スタンフォード大学との遠隔実験授業の経験から, 日本機械学会第 9 回設計工学・システム部門講演会講演論文集 (1999).
- 19) 佐伯 胖: 「学び」の構造, 東洋館 (1975).
- 20) 畑村洋太郎: 失敗学のすすめ, 講談社 (2000).
- 21) Inc. Project Management Institute: PMBOK Guide - Third Edition, Project Management Institute, Inc. (2004). PMBOK ガイド, 第 3 版.

(平成 18 年 11 月 30 日受付)

(平成 19 年 5 月 9 日採録)



松澤 芳昭 (学生会員)

2000 年慶應義塾大学環境情報学部卒業. 2002 年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士課程修了. 現在, 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士課程, 2003 年より千葉商科大学政策情報学部非常勤講師, 2004 年より慶應義塾大学環境情報学部非常勤講師兼任. オブジェクト指向技術を応用したソフトウェアの設計と開発, および情報システム開発教育, プログラミング教育の方法論の研究に従事. コンピュータと人間, および教育との関係に関心を持つ. 所属学会: 日本教育工学会.



大岩 元 (正会員)

1965 年東京大学理学部物理学科卒業. 1971 年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了. 理学博士. 東京大学理学部助手, 豊橋技術科学大学講師, 同助教授, 同教授を経て 1992 年慶應義塾大学環境情報学部教授. キー入力訓練法と日本語入力方式の開発, KJ 法支援, 都市景観設計支援, ソフトウェア技術者育成法の開発, 情報教育の理念と方法, 等の研究に従事している. 所属学会: CIEC (Council for Improvement of Education through Computers), 日本ソフトウェア科学会, 電子情報通信学会, 教育システム情報学会, 日本教育工学会, 日本オペレーションズリサーチ学会, 人工知能学会.