

## 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

2010年6月26日  
南山大学情報理工学部  
沢田篤史



### 背景

- 高度ソフトウェア人材の不足
  - 効果的な人材育成方法が求められる
  - 単なる個々のスキル(手順)教育では不十分
- ソフトウェア工学教育
  - 個別の座学+演習の限界
  - 開発プロセス全体を通じた“演習”の必要性
- プロジェクト参加型教育
  - 開発を実践し知識+スキル+ノウハウを獲得
  - 個々の知識・技術間の関係を把握

### プロジェクト参加型教育 ( 1 of 2 )

- OJT
  - 実務担当者の活動を“見て”学ぶ
  - ドメイン知識, (組織固有の)開発手順の獲得
  - 必要に応じて不足知識を指導
- PBL
  - 教育担当者が計画したプロジェクトを運用
  - 指導する知識・技術をあらかじめ想定
  - 実開発を課題にするケースもある
- インターンシップ
  - 短期間のOJT or PBLを実施
  - 就業体験 が主目的

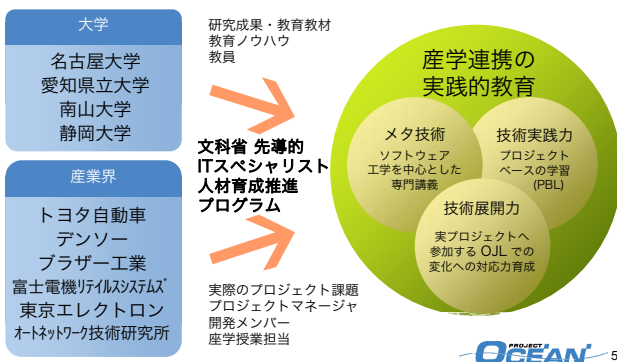


### プロジェクト参加型教育 ( 2 of 2 )

- 仮想課題の限界
  - 現実問題を対象にし, 問題の理解, 代替案とあわせた技術解の検討が重要
- 実開発を題材にするPBL
  - メルボルン大, 九州大 など国内外に多数
  - メルボルン大学の事例 (学部 3-4年)
    - ・ 指導者: 若手教員 or 修士学生
    - ・ 題材: 企業から請負
- 指導者役の資質に大きく左右される
  - 背景知識と関連技術を教育する 教育能力
  - 実課題を解く 技術力
  - プロジェクトを遂行する 管理能力

### OCEANの概要

On the job learning Centered Education for Advanced engiNeers



### OCEANのねらい

(目指す人材像)

- 技術革新に取り残されない真の技術力を持つ人材
  - 技術と技能の背景にある概念, 理論, 手法も深く理解
  - 技術を新たな対象へ展開する能力を身につけている

(教育方針)

- メタ技術の観点からソフトウェア工学を教授  
ベースとなる知識・技術の教授以外にも
  - 「技術を実用できる力」= 技術実践力
  - 「新たな問題に対応できる力」= 技術展開力
 の育成をPBLとOJLにより実施

## メタ技術



メタ技術：  
基底技術に対する深い理解に基づき、基底技術を選択・統合することで  
直面する開発問題に適した専用の手法を生み出す技術

## メタ技術と目指す人材像

### ●メタ技術

– 世界最高水準のIT技術者に求められる素養

直面する問題が抱えている、開発上の様々な制約や要件を  
満たしながら、ベース技術を適材適所に活用できる能力

### アーキテクト

– システムおよびソフトウェアの  
基本構造を決定

### プロジェクトマネージャ

– 開発を継続的に管理  
– 開発プロセスの改善

## 教育カリキュラム概要

- 講義 (M1前期・後期 15科目30単位)
  - ソフトウェア工学と関連技術をメタ技術の観点から整理
    - ・ 表層的知識だけでなく、背景知識や適用制約を教授
  - 大学教員と企業講師が連携して授業を担当
    - ・ 企業の現場でどのように技術が適用されているかを解説
- PBL (M1後期 2単位)
  - 模範的な答えが用意されたチーム開発課題
    - ・ OJLの予備的段階としてプロジェクト開発を経験
- OJL (M1後期, M2通年 8単位)
  - 製品レベルの実開発プロジェクトに参画
    - ・ 講義等で習得した技術を実開発問題に適用
    - ・ 教員と企業PMが連携し技術展開力を涵養

## 教育カリキュラム設計

### ● 基本要件 = 34単位

– 通常の大学院カリキュラムより多くの講義  
– 各大学でさらに個別の追加要件あり

・ [名大] 専攻科目を加えた40単位(実質 50単位)  
・ [南山大] ソフトウェア工学概論を加えて36単位

### ● 講義科目 15科目30単位 (認定要件 24単位以上)

### ● PBL科目 1科目2単位 (認定要件: 必修)

### ● OJL科目 1科目8単位 (認定要件: 必修)

## カリキュラム紹介 講義 (座学)

- 基礎科目 (認定要件: 4科目8単位以上)
  - IT技術倫理と社会, ITネットワーク
  - ソフトウェア構築, ソフトウェア保守
- ソフトウェア工学科目 (認定要件: 6科目12単位以上)
  - ソフトウェア要求工学\*, ソフトウェアアーキテクチャ,  
ソフトウェア設計技術\*, ソフトウェアモジュール化技術\*,  
正当性検証と妥当性確認\*, ソフトウェアプロジェクト管理\*
- 要素技術科目 (認定要件: 4科目8単位以上)
  - 組み込みシステム開発技術 I, II,  
分散システム開発技術, 情報システム開発技術,  
実践的ソフトウェア開発技術\*

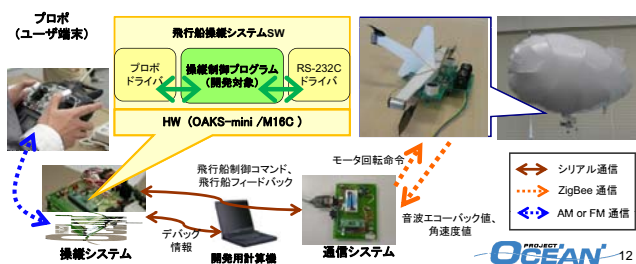
※印の科目では企業講師を招聘・大学教員と連携して授業

基本的に一箇所でも対面形式で授業 @ 南山大学高岳サテライト

(リモート拠点へは遠隔講義システムで配信)

## カリキュラム紹介 PBL

- チームによる開発プロジェクトの経験 (半期・2コマ/週)
  - ソフトウェアプロセス, 検証, 構成・版管理, プロジェクト管理などの知識と技術を習得
- テーマ: 飛行船操縦システムの開発

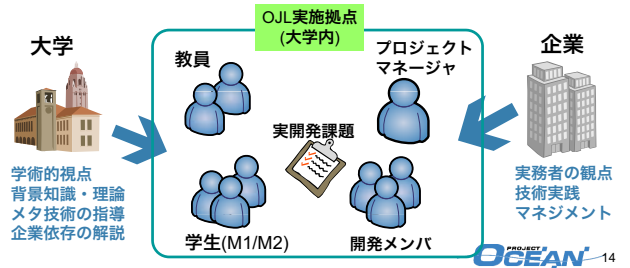


## カリキュラム紹介 PBL 実施風景



## カリキュラム紹介 OJL

- OJL: On the Job Learning (M1後期～M2)
  - 企業の実際の開発に参加することで、技術だけでなく、メタ技術も実践し、**変化への適応力**を育成
  - 学生の教育だけでなく、社会人教育も



## カリキュラム紹介 OJLと他の教育方法の違い

PBL(Project Based Learning) を基礎として  
OJT(On the Job Training) を改善した**新しい教育スタイル**

	受講者	指導者	題材	期間	規模	目的
OJT	社員	業務担当者	現実の業務	～2ヶ月	小	社内業務への適応
インターンシップ	学生	業務担当者	現実の業務	～1ヶ月	小	ジョブマッチング
PBL	社員、学生	教育担当者	教育用プロジェクト	～6ヶ月	中	専門的スキルの伝授
OJL	社員、学生	業務担当者と教育担当者が協力	現実規模のプロジェクト	～1.5年	中	専門的スキルの伝授と <b>変化への対応力の育成</b>

- 構造化されていない問題を対象
- 実際規模のソフトウェアを対象
- 開発工程とともに最終製品の品質を重視
- 手戻りの経験
- 複数チーム間の技術交換

- **教育目標の設定**
- **シラバスの設定**
- **教育責任の担保**

## カリキュラム紹介 OJLのテーマ

- **開発形態による分類**
  - 新規開発型：
    - ・先行開発・試作 → 要求工学，設計，検証
  - 既存資産改良型：
    - ・品質改善 → リエンジニアリング，検証
- **管理形態による分類**
  - 請負型：顧客・元請け → 開発計画・管理
  - 共同開発型：プロジェクト管理 → 構成管理
- **課題内容**
  - 企業の実製品/試作品，社内アプリ
  - 先行開発，新技術適用，再開発

## カリキュラム紹介 OJL実施の特徴 (修論・共同研究との違い)

- 企業PMのプロジェクト管理
- 専用の作業室 (機密管理のため)
- 週例ミーティングで進捗管理
- ドキュメント作成(週報，各種開発成果物等)
- 品質管理活動(テスト/レビュー)
- 半年ごとに全OJLテーマの発表会



## カリキュラム紹介 OJL実施によるメリット

- **企業側**
  - 大学側の理論・技術を共有 → 共同研究
  - 企業視点での“教育”を実施 → 採用活動
  - プロジェクトマネージャ育成
  - メンバーのリカレント教育
- **大学側**
  - 実課題への研究成果適用 → 共同研究
  - 実際に近い就業体験 → ジョブマッチング
  - マネージメント学習
  - 社会人修士・博士獲得の可能性

## カリキュラムの評価

- ソフトウェア人材に必要な知識を教育しているかを下記の2つと比較
- ソフトウェア工学に関する知識体系SWEBOK
  - ソフトウェア工学に関する理論や方法論、ノウハウ、そのほかの各種知識を体系的にまとめたもの
  - IEEE (米国電気電子技術者協会) と ACM (米国計算機学会) が共同で作成
- 教育カリキュラムCCSE2004 SEEK
  - SEEK: Software Engineering Education Knowledge
  - 計算機に関するカリキュラムの検討委員会CCSE※が策定した学部教育用カリキュラム
  - ※ IEEE/ACM Computing Curricula2001/Software Engineering Steering Committee

## カリキュラムの評価 SWEBOKとの関係

		要求	設計	構築	テスト	保守	開発管理	プロセス	品質	専門領域知識
基礎科目	IT技術倫理と社会									△
	ITネットワーク									△
	ソフトウェア構築				○					○
	ソフトウェア保守					○				○
実践技術科目	組込みシステム開発技術Ⅰ			○						△
	組込みシステム開発技術Ⅱ			△						○
	情報システム開発技術	○	△						△	○
	分散システム開発技術			△						○
	実践的ソフトウェア開発技術	△	△		△	△	△	△	△	○
専攻科目	ソフトウェア要求工学	◎								○
	ソフトウェアアーキテクチャ	○	○					○		○
	ソフトウェア設計技術	◎								○
	ソフトウェアモジュール化技術			○						○
	正当性検証と妥当性確認			◎						○
	ソフトウェアプロジェクト管理						○	◎		○
	ソフトウェア工学応用演習	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PBL科目	ソフトウェア工学実践研究	○	○	○	○	○	○	○	○	○
OJL科目	ソフトウェア工学実践研究	○	○	○	○	○	○	○	○	○

## カリキュラムの評価 CCSE2004 SEEKとの対応

	Professional Practice	Software Modeling & Analysis	Software Design	Software V & V	Software Evolution	Software Process	Software Quality	Software Management	Systems & Application Specialities
IT技術倫理と社会	◎								net
ITネットワーク				○	△				
ソフトウェア構築				△	○			○	
ソフトウェア保守		△	△	△				○	
組込みシステム開発技術Ⅰ							△		emb
組込みシステム開発技術Ⅱ							△		emb
情報システム開発技術		○	○			△	△	△	fin
実践的ソフトウェア開発技術	△	△	△		△	△	△	△	emb, fin
ソフトウェア要求工学		◎							
ソフトウェアアーキテクチャ		○	○			○	○		
ソフトウェア設計技術			○						
ソフトウェアモジュール化技術			○	○					
正当性検証と妥当性確認				◎					
ソフトウェアプロジェクト管理					○	○	◎		
PBL		○	○	○	○	○	○	○	emb
OJL	○	○	○	○	○	○	○	○	inf, emb, av, ind

\* net: network-centric systems, inf: information systems and data processing, emb: embedded and real-time systems, av: avionics and vehicular systems, fin: financial and e-commerce systems, ind: industrial process control systems

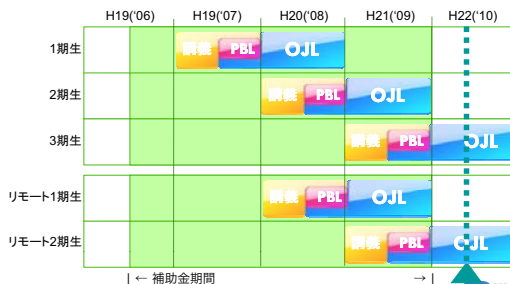


## 実施の記録



## 教育実績

- 1期生：25名受講， OJL実施21名中20名修了
- 2期生：36名受講（リモート1期生の5名含む） OJL 32名実施
- 3期生：27名受講（リモート2期生の6名含む）



## 開発した教材など

- 座学講義スライド教材を作成
  - 順次印刷製本：2007年度(5科目)，2008年度(11科目)，2009年度(13科目)
  - NIIポータルでの公開準備中
- 飛行船を題材としたPBL教材を開発
  - 指導要領付きの演習教材として作成
  - 仕様書，ソースコード，評価方法などを含む
- OJL実施要領，知財ガイドラインを整備
  - テーマの選定～実施指針～成績評価方法
  - 契約書雛型，実施例

## OJL 実施したテーマ (※印は 連携6社以外からのテーマ)

テーマ名	連携企業	実施大学
システム構成管理技術の研究	トヨタ自動車株式会社	名古屋大学 愛知県立大学
ラベルライターへの外国語向けソフトウェア開発 (他1件)	ブラザー工業株式会社	名古屋大学 愛知県立大学
次世代運転支援システムの情報表示系機能を検証するツールの開発 (他2件)	株式会社デンソー	名古屋大学 南山大学
次世代LANプログラム開発	株式会社オートネットワーク技術研究所	名古屋大学
半導体製造装置のFA通信ソフトウェア開発	東京エレクトロソフトウェア・テクノロジーズ株式会社	南山大学
自動販売機制御ソフトウェアの再開発	富士電機リテイルシステムズ株式会社	南山大学
組み込みソフトウェアに向くコンポーネント仕様の研究	アイシン精機株式会社※	名古屋大学
JavaソースコードのCDI(Code Inspection)の開発	(株)キャナリーサーチ※	南山大学
X線画像処理システムの開発	富士フイルム イメージテック(株)※	静岡大学
Optimized Link State Routing and Localizationの開発	三菱電機(株)※	静岡大学
多軸制御装置のためのNC言語コンパイラの開発	(株)エヌエスティー※	静岡大学
Multicore対応リアルタイムOSの開発	大学主導	名古屋大学
大学事務システムの開発	大学主導	南山大学

## 特筆すべき成果・教育効果

- OJLで開発したソフトウェアに対する高い評価 (製品品質に近いソフトウェア開発を達成)
  - 産学共同研究教育用に問い合わせ多数 (トヨタ自動車OJL)
  - Toppersにて公開, IPSJ山下記念研究賞(RTOS-OJL)
  - 作成ツールを社内展開, SES2009学生奨励賞 (アイシンOJL)
  - 特許化検討中(ブラザー工業OJL, トヨタOJL)
  - Javaコードインスペクションツールを市販製品化 (キャナリーOJL; <http://www.canaly.co.jp/jci/>)
- 修了生に対する教育効果
  - 学会等における受賞 (SES2009, FOSE2009) (アイシンOJL)
  - 南山大学数理情報研究センター優秀論文賞(富士電機OJL, キャナリーOJL)

## 教育成果の評価 (知識レベル調査)

### ● 知識レベル調査

- 2期生を対象に自己申告制の知識調査を実施
  - ・ SWEBOK・SEEKを参考に項目を設計
  - ・ 合計60問

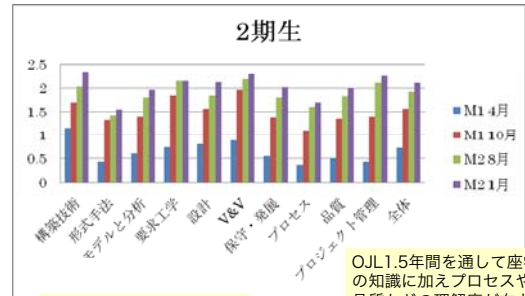
調査項目 (一部)

設計	0	1	2	3	4
情報隠ぺい・強度(複雑度)・結合度					
アーキテクチャと品質特性					
コンポーネント設計					
HCI設計					
標準化分析設計					

レベル0: 全く知らない  
 レベル1: 教科書や講義などで見聞きしたことがあり、関連する資料を調べることができる  
 レベル2: 言葉の意味を理解しており、説明することができる  
 レベル3: 言葉に関する技術・技法をソフトウェアやシステムの開発に利用することができる  
 レベル4: 技術の背景にある制約や特性について理解し、特定の課題に対する向き/不向きを比較評価できる

## 知識調査 (2期生 36名 自己認識アンケート結果)

それぞれの分野の知識項目について、0から4の5段階で回答



M1 4月 → M1 10月  
 産学半年分の効果が伺える

OJL1.5年間を通して座学の知識に加えプロセスや品質などの理解度が向上

## 教員側から見たOJLの教育効果

- 実課題を扱うことの効果
  - 現場技術者の品質意識は座学だけでは伝わらない
    - ・ 「失敗すると人が死ぬかも」 → 意識の変化
  - 「座学で習ったことって使えるんですね」
    - ・ 自発的な復習と知識/技術の定着
    - ※ ただし、教員の指摘が必要なケースが多い
- 企業PMのマネージメントによる効果
  - 週報を提出しレビューされることの効果
    - ・ 進捗管理能力/文章作成能力
  - OJT(見て盗む)としての効果も高い
    - ・ 若手教員への教育効果もある
- 手順+ノウハウの“教育”ができてきているか?
  - 定期的な振り返りが鍵 → 情報交換会/報告書

## 教育成果の評価 (産業界からのコメント)

- 連携企業からのコメント (抜粋)
  - 「修士を対象とした教育カリキュラムとしては、**想定し得る最高レベルの教育**を目指す挑戦的な取り組みである」
  - 「インターンシップでは、企業側ができる範囲で作業をしてもらうことになる。それに対し、OJLでは、**教員がともに参加し、教員からの知見を反映しながら実施するので企業としても、大変やりがいがある**」
- OJLプロジェクトマネージャからのコメント (抜粋)
  - 「OJLで、完結性の高いテーマを設定したが、学生は**当初の予想よりも高度な理解をし開発を進めている**。大学との連携的な研究的な要素も入れた、より高度なテーマも可能ではないか」
  - 「学生が対象ということで、OJLテーマのレベルを心配していたが、基礎知識があり、**学習意欲が高く順調にプロジェクトを実施することができている**」

## 産業界からの評価

### ● 就職先上司からのコメント (1期生)

(同期社員と比べての評価を依頼)

- 企業の場合はチーム、グループの開発がそのほとんどを占めており、チーム開発におけるイロハ（ノウハウ）を修得してもらうために多くの時間を必要としますが、そのあたりもスムーズなのは少々不思議に思っていました。ソフト技術者としてのポテンシャルの育成に関しては、ある程度の成果ありの取り組みではないかと考えている次第です。
- 近年の技術系新人の中でも 知識や発言力、実践力などとても優れていると感じます。欲を言うならば、ソフトウェア品質、多人数開発等の知識をもう少し備えていると即戦力として更に強くなるのではと感じます。
- 評価作業中でのソースプログラムへの問題提起等に能力の一端が見えていられると思われま。ソフトウェアの基礎となる考え方、手法については、しっかり身につける機会が少ないため、このようなカリキュラムでの育成に期待しています。
- 弊社では新入社員も半年で配属され業務につくので、このような基礎力向上の取り組みは効果的だと思います。フィードバックを重ね、必要な能力を身に付けた学生の輩出を期待しています。

## 産業界側からの評価

アンケート項目	1 (傑出)	2 (特優)	3 (優)	4 (普通)	5 (劣)	6 (不明)
ソフトウェア開発技術 (要求分析, 設計, 実装, 検証, 保守など) の知識	1	3	2	2		1
ソフトウェア開発技術 (要求分析, 設計, 実装, 検証, 保守など) の実践力		2	4	2		1
ソフトウェア管理技術 (プロジェクト管理, 品質管理など) の知識		2	1	5		1
ソフトウェア管理技術 (プロジェクト管理, 品質管理など) の実践力			3	5		1
問題分析能力		1	5	2		1
技術コミュニケーション能力 (口頭)		2	4	3		
技術コミュニケーション能力 (文書作成)		3	4	2		
個人での作業遂行能力		1	4	3		
グループにおける作業遂行能力		1	4	4		
仕事に対するモチベーション・自発性		5	1	3		
新技術等に対する知的好奇心	1	3	2	3		
リーダーシップ			3	4	1	1

## 遠隔拠点への教育スキーム移転

### ● 遠隔拠点への教育スキーム移転を開始

- 2年の教育実施のノウハウ蓄積
- 独自のPBLおよびOJLの準備
- 本年度は座学講義を遠隔配信
  - ・ 移転に向けた座学講義体系を設計中
    - 講義内容等の精査
    - 単位互換制度の利用等

## おわりに

- OJLを中心としたIT技術教育の**新しい試み**=OCEAN
  - ソフトウェア工学を中心とした講義
    - ・ 表層的技術 (スキル) だけでなく、背景知識や適用制約を教授
    - ・ 企業講師と大学教員とが連携した講義
    - ・ 対面式授業により教育効果の偏りを抑制
  - OJLとPBL
    - ・ 大学・企業の密接な連携による実プロジェクト指向演習
    - ・ プロジェクト毎の教育効果の偏りを抑制
    - ・ 講義等で学習した技術を実問題に適用
- 産学、学学との連携により3年間の教育を実施
  - 具体的な教育成果が現れた

OCEAN Webサイト

<http://www.ocean.is.nagoya-u.ac.jp/>