

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 19 日現在

機関番号：34406

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24700030

研究課題名(和文) 細粒度行動履歴にもとづくプロジェクトモニタリング機構を備えたクラウド型PBL支援

研究課題名(英文) PBL Support System for Fine-Grained Development Log Analysis using Cloud Computing Environment

研究代表者

井垣 宏 (Igaki, Hiroshi)

大阪工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：20403355

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトウェア開発を対象としたPBL(Project-Based Learning)は、少人数で構成される受講生グループにソフトウェア開発プロジェクトを主体的に遂行させる学習手法である。PBL型授業は、コミュニケーションやマネジメントといった総合的な学びを提供できるため、ICT人材教育の手段として良く利用されている。一方で、(S1)環境の構築、(S2)プロジェクトの進捗状況把握、(S3)受講生の評価、といった点における課題がPBL型授業の運用において存在する。本研究では、クラウドを利用したPBL型授業運用環境を構築し、受講生の開発履歴記録・評価が可能なデータ収集・分析のための仕組みを実現した。

研究成果の概要(英文)：Students can learn team software development through Project-Based Learning for Software Development. Since such PBL class provides students with chances to learn communication, management and facilitation skills etc., various institutions adopt it. In the PBL, on the other hand, there exists the following several problems (S1) Construction of PBL environments, (S2) Grasp of development progress, (S3) Evaluation of student performance. In this research, we constructed software development environment for PBL, and framework for collecting the development logs using cloud environment.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：PBL ソフトウェア工学教育 学生評価 クラウドコンピューティング

1. 研究開始当初の背景

Project-Based Learning は、受講生間のコミュニケーションやプロジェクトマネジメントといった、ソフトウェア開発プロセスの一部あるいは全部の工程の遂行に伴う総合的な知識や技術を受講生に体験させることが可能であるため、多くの高度 IT 人材教育プログラムによって実行されている。研究代表者自身がかつて関与していた、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」[1]においても、全ての拠点が教育手法の一部に PBL を採り入れている。また、実際に PBL 型授業の高い効果とその必要性が企業や受講生に対するアンケート等から得られている[2]。

一方で、PBL 型授業を進める際には、通常の講義や演習とは異なる下記のような課題が存在することが知られている。

S1. PBL 運用環境の構築

PBL 型授業を進める上では、その形態に即した開発環境やコミュニケーション支援環境、プロジェクトマネジメント支援環境等が必要となる。通常、サーバ側/クライアント側双方において、PBL 型授業を進めるための事前準備は受講生/教員どちらにとってもコストが大きい。

例えば、多くの PBL 型授業では、プロジェクト管理ツールとしての Microsoft Project やコミュニケーションツールの Skype、掲示板、ファイル共有機能を持った各種グループウェア、版管理ツールの Subversion、統合開発環境の Eclipse、NetBeans 等、非常に多様な環境が利用される[3]。その環境を受講生に利用させるためのセットアップやマニュアルの構築は、大抵の場合、非常に大きなコストをかけて教員や受講生自身が準備する必要がある。

S2. プロジェクトの進捗状況把握

PBL 型授業の進め方にもよるが、通常、受講生は自身のプロジェクトの継続的改善を、教員はプロジェクトの進捗状況に応じた適切な指導を行うことが求められる。しかしながら、プロジェクトが正常に進んでいるか、障害が発生していないか、また障害についてどのように指導を行うべきかといった判断をプロジェクトマネジメント経験の浅い教員や受講生が行うことは非常に困難である。[4]にあるような、企業からの教員を PBL に参画させるといった手段がとられることもあるが、それには非常に大きなコストがかかるため、常に行うことは難しい。

S3. 受講生の評価

PBL では、複数の受講生が 1 つのプロジェ

クトにおいて、多様な役割を果たしつつ成果物を開発する。そのため、プロジェクト終了時に受講生ごとに、PBL から得た経験の内容や度合が異なる可能性が高い。結果として、受講生個別に習得した内容の評価は非常に困難なものとなっている[5]。

IT 人材白書[2]等にもあるように、これまでよりも多くの高度な ICT 人材がユーザ/ベンダ企業を問わず必要となりつつある。そのような要求に対応するべく、多くの大学で PBL 型授業が行われるようになってきた。

本研究では、クラウドコンピューティングを利用することで、既存のサーバ環境等の低レベルな PBL 環境の再利用だけでなく、プロジェクトのモニタリング環境や受講生評価のための貢献度の定量的な可視化環境といった高レベルなサービスを構築し、再利用を可能とすることを旨とする。

2. 研究の目的

背景で述べた PBL における S1~S3 の課題の解決を目的として、本研究では、クラウドコンピューティングを利用した PBL 運用環境の構築と、その環境にもとづくプロジェクト進捗管理・評価手法を提案する。研究代表者はクラウドコンピューティングを利用した PBL 環境を実現することで、以降の 3 つのキーアイデアにもとづく課題の解決を目指す。

K1. クラウド上における PBL 環境の構築

容易に再利用・カスタマイズが可能な PBL 環境をクラウド上に構築する。クラウドを利用することで、過去に利用した教員用のサーバ環境だけでなく、受講生用の開発環境までもが再利用可能な形で利用することができる。また、単に既存のツールをクラウド化するだけでなく、プロジェクトの進捗状況把握や受講生評価のための、情報収集、分析、可視化といった処理をサービスとして提供することで、以下の K2、K3 の実現を目指す。

K2. プロジェクトのリアルタイムモニタリングを利用した進捗管理支援機構の構築

K1 で構築するクラウド上の PBL 環境を利用し、プロジェクトのリアルタイムモニタリングを行うサービスとモニタリングログの分析・可視化を行う、より汎用的なサービスを実現し、プロジェクトの進捗状況把握を支援する。

K3. プロジェクトログと成果物の細粒度版管理機能による受講生評価

K1,K2 の環境にもとづき,プロジェクトのリアルタイムモニタリングだけでなく,受講生ごとの細粒度の成果物開発履歴を収集し,受講生が得た経験の内容を定量的に評価する環境をクラウドを利用して構築する。クラウドで提供される代表的なサービスに,ファイルシステムをクラウド化し,PC上のデータを常にネットワーク上でバックアップをとりつづけるというものがある。その種類のクラウドサービスを利用することで,受講生が行った中間・最終成果物に対する開発内容・時間に関する情報をこれまでよりも詳細に取得し,受講生がプロジェクトにどの程度,どのような内容で貢献したかを正確に可視化し,評価に反映することを目指す。

3. 研究の方法

(1) 簡易クラウド環境(IaaS)の構築とサーバ側 PBL 運用環境の配備

研究目的の参考文献[6]に定義されているクラウド環境の一つ IaaS を実際に構築し,その上で研究代表者がこれまでに行ってきた PBL 運用環境の配備とその効果の分析を行う。具体的には,版管理のための Subversion や wiki 等の文書共有サービスといった,複数メンバでのプロジェクト遂行に必須であるサーバ側環境をクラウド上の仮想環境を利用して 配備する。その際, PBL 授業を行う際に必要なユーザ登録等を含む全ての設定や準備を簡単な操作で誰にでも実行できるような仕組みを構築し,実際の PBL 型授業に適用可能であるかを評価する。

(2) 受講生側 PBL 運用環境の分析

実際のソフトウェア開発を対象とした PBL 型授業では,要求分析から設計,実装,テスト,運用といった開発工程のどの段階のものを対象とするかによって,必要な PBL 運用環境が異なる。そのため,(1)や数多くの大学で実際に行われている PBL 型授業を対象として,工程ごとに必要な成果物と,受講生がそれらの成果物開発に必要なとするであろう環境を受講生側 PBL 運用環境として分析を行う。

(3) プロジェクトモニタリング環境の構築

(1)(2)では PBL 型授業におけるプロジェクトを受講生(および受講生チーム)が遂行するための PBL 運用環境の分析を行った。(3)の

段階では,これらの PBL 運用環境に加え,プロジェクトにおけるソフトウェア開発工程の進捗度合いを客観的に観測するための分析・可視化環境の構築を目指す。

ここでは,進捗を把握するための最小単位として,タスク(受講生一人が短時間に終わらせられる仕事)を定義し,タスクを利用したプロジェクトモニタリング環境の実現を目指す。プロジェクトは通常,複数のマイルストーンから構成されており,各マイルストーンは其中で遂行されるべきタスクを複数持っている。本研究課題では,タスクの遂行量だけでなく,受講生チーム内の負荷の分散度合いや受講生の空き時間の有無によるタスク割り当て効率の確認,過去の類似プロジェクトを用いた進捗状況比較等の多様なモニタリング手法を再利用可能なサービスとしてクラウド上に構築し,その有用性の評価を行う。

<引用文献>

- [1] 先端ソフトウェア工学・国際研究センター,“先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム”,
http://grace-center.jp/pri_sendo.html
- [2] 独立行政法人情報処理推進機構,“IT 人材白書 2011 未来指向の波を作れ”,独立行政法人情報処理推進機構, May, 2011.
- [3] 先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム 拠点間教材等洗練事業 PBL 教材洗練 WG,“PBL 型授業実施におけるノウハウ集”,
http://grace-center.jp/downloads/itsp/pbl_knowhow20110726.pdf
- [4] 松澤芳昭,大岩元,“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”,情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2767-2780, Aug. 2007.
- [5] (社)日本経済団体連合会 情報通信委員会,“高度情報通信人材育成の取組について”,
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2009/113.html>
- [6] 井垣 宏他,実践的ソフトウェア開発演習支援のためのグループ間比較に基づくプロセスモニタリング環境,日本教育工学会論文誌, Vol.34, No.3, pp.289-298, Dec. 2010.

4. 研究成果

本研究の成果として開発した PBL 環境及び開発環境ログ収集・分析環境及び PBL 実施時の風景を下図に示す。

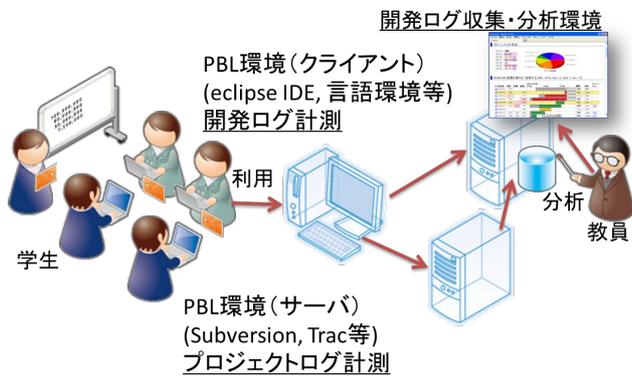


図 1 PBL 環境及びデータ収集・分析環境



図 2 PBL 実施時の風景

本研究で想定するPBLは図2で示すようにホワイトボードとテーブルにチームの学生が集まり、仕様書にもとづいて開発を進めるものである。

我々はこれまでのPBLにおける課題をふまえ、クラウドコンピューティング技術を利用したPBL環境を構築し、PBL環境を通じて得られるデータを分析するための開発ログ収集・分析環境の構築・運用を行った。一般に複数人でアプリケーションを開発するためには、以下の開発環境と開発支援環境が必要である。

開発環境

E1: アプリケーションを実装するための環境(開発言語のSDKやIDEを含む)

E2: 作成したアプリケーションを実行するための環境(ウェブサーバやアプリケーションサーバ等)

開発支援環境

S1: プロダクトの版管理機能

S2: プロジェクトのタスク管理機能

我々は国立情報学研究所のクラウドコンピューティング環境を利用し、受講生がどこからでも各自の開発環境、開発支援環境にアクセスし、開発を開始できるような仕組みを構

築した。以降では開発環境及び開発支援環境を導入した仮想マシン(VM)の詳細について説明する。

ユーザ VM

ユーザ VM はアプリケーション開発に求められる実行環境や IDE、アプリケーション実行環境と教員が開発進捗の把握に利用可能な各種ログ情報取得機能および受講生が容易にアクセス可能なネットワークインタフェースを備えている。

(1) 開発環境と開発ログ取得環境

ユーザ VM では Windows 7 が動作しており、その上に JDK, eclipse, Apache Tomcat, MongoDB といった PBL の開発環境がインストールされている。全てのユーザ VM は単一のひな形となる VM イメージをベースにコピーして作成されるため、ユーザアカウント等の個人情報以外については、全てのユーザ VM において完全に同一の開発環境となっている。

今回構築したユーザ VM では、受講生がどのような端末から開発を行う場合であってもインターネット経由で接続し開発を行うことができる。結果として受講生が複数の端末を利用していたとしても、問題なくどこからでも開発環境を利用することが可能となる。また、VM 自体はクラウド上で動作しているため、受講生の端末上に VM を展開する場合と比較して必要となる PC 性能が小さくて済むことがわかっている。

さらにユーザ VM では、開発中に VM が不慮の事故等で正常に動作しなくなることを想定し、開発中のソースコードを継続的にバックアップし続ける機能を備えている。この機能により、受講生の利用する VM が破損したようなケースでも、新しく教員が VM を作成し、その VM 上に損傷直前までの受講生の開発状況をそのまま再現することができる。結果として障害が発生した際の確認や復旧といった保守にかかるコストの削減が可能となると考えている。

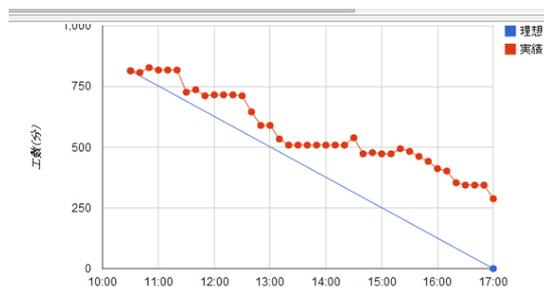


図 3 スプリントバーンダウンチャート

チーム VM

チーム VM は受講生らのチームが利用する Subversion や Trac といった開発支援環境がインストールされた VM である。各 VM は共通領域と版管理システムやタスク管理システムのログといったプロジェクトデータを保存するプロジェクト領域に分かれており、プロジェクト領域のみが定期的にバックアップされるようになっている。受講生チームが開発した Web アプリケーションを配備する環境も同様に導入されており、開発が進むごとに容易に配備が可能となっている。

チーム VM はチーム間の影響を排除するために、チームごとに異なる VM を起動し、利用させるようになっている。チーム間での認証情報等の差異についてはプロジェクト領域において設定できるようにすることで、容易に必要なチーム分の VM を構築することが可能となっている。

図 1 にも示したとおり、ここで作成したユーザ VM，チーム VM を利用することで、受講生らの詳細な開発ログを収集することが可能となった。以降では収集されたログによって分析が可能となった受講生の開発状況を紹介する。

図 3 はスプリントバーンチャートと呼ばれている、プロジェクトの残タスクを可視化して示したものである。このグラフは横軸が時刻、縦軸が残タスクの見積もり時間合計になっており、受講生らが開発しているアプリケーションを完成させるためのタスクがすべて完了すると縦軸の値が 0 になるようになっている。本システムを運用した PBL では、10:30-17:00 が開発期間となっており、その間に受講生らが見積もったタスクをどの程度予定通りに終了させることができたかを受講生や教員が容易に把握できるようになっている。



図 4 プロジェクト進捗状況

図 4 は各受講生がどのタスクを現在担当しているかや、どの種類のタスクを誰が何件担当しているかを可視化するグラフである。このグラフでは、進捗状況の詳細を知ることができるだけでなく、作業負荷が特定の学生に偏っていたり、特定の作業に過度に時間がかかっている学生がいたりしないかを容易に把握することが可能となっている。

実際の PBL における提案システムの運用を通じて、PBL 環境構築、進捗管理、受講生評価といった様々な課題において、提案システムが有効であることが確認できた。今後は提案システムの API 化やサービス化を進めていくことで、より容易に受講生の開発状況の分析やフィードバックが可能となる環境の構築を実現していくことを計画している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件) 以下すべて査読有
1. 榎原 絵里奈, 藤原賢二, 井垣 宏, 吉田 則裕, 飯田 元, “ 初学者向けプログラミング演習のための探索的プログラミング支援環境 Pockets の提案 ”, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.1, 2016

2. 井垣 宏, 福安 直樹, 佐伯 幸郎, まつ本真佑, 楠本 真二, “ アジャイルソフトウェア開発教育のためのチケットシステムを用いたプロジェクト定量的評価手法の提案 ”, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.2, pp.701-713, 2015.

3. 福安 直樹, 井垣 宏, 佐伯 幸郎, まつ本真佑, 水谷 泰治, 楠本 真二, “ チーム内の役割分担を考慮したソフトウェア開発 PBL の評価基準と状況把握支援 ”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J98-D, No.1, pp.117-129, 2015.

4. 高先 修平, 井垣 宏, 肥後 芳樹, 楠本真二, “ タスクボードとオンラインストレージを用いたソフトウェア開発 PBL のためのタスク記録支援環境の構築 ”, 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 1, pp.199-209, 2014. (情報処理学会論文誌ジャーナル/JIP 特選論文)

5. 榎原 絵里奈, 井垣 宏, 藤原 賢二, 上村 恭平, 吉田 則裕, 飯田 元, “ 初学者向けプログラミング演習における探索的プログラミングの実態調査と支援手法の提案 ”, ソフトウェア工学の基礎 XXI, 日本ソフトウェア科学会 FOSE2014, pp.123-128, 2014.

6. Takuya Inada, Hiroshi Igaki, Kosuke Ikegami, Shinsuke Matsumoto, Masahide Nakamura, and Shinji Kusumoto, “ Detecting Service Chains and Feature Interactions in Sensor-Driven Home

Network Services,” Sensors, Vol.12, No.7, pp.8447-8464, 2012.

7.堀口 悟史, 井垣 宏, 井上 亮文, 山田 誠, 星 徹, 岡田 謙一, “講義資料閲覧ログを用いたプログラミング講義進捗管理手法の提案,” 情報処理学会論文誌 Vol.53, No.1, pp.61-71, 2012.

〔学会発表〕(計 6 件)以下全て査読有

1.Atsushi Itsuda, Shin Fujiwara, Nao Yamasaki, Haruaki Tamada, Hideaki Hata, Masateru Tsunoda, Hiroshi Igaki, “Fu-Rin-Ka-Zan: Quantitative Analysis of Developers' Characteristics based on Project Historical Data,” In Proc. of the 3rd International Conference on Applied Computing & Information Technology (ACIT 2015), pp.15-20, 2015 (Okayama University(Okayama, Okayama-shi,Japan).

2.H. Igaki, N. Fukuyasu, S. Saiki, S. Matsumoto and S. Kusumoto, “Quantitative Assessment with Using Ticket Driven Development for Teaching Scrum Framework”, Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering (ICSE2014), pp.372-381, 2014 (Hyderabad, India).

3.Takuya Moriwaki, Yuki Yamanaka, Hiroshi Igaki, Norihiro Yoshida, Shinji Kusumoto, Katsuro Inoue, “Towards an Analysis of Who Creates Clone and Who Reuses it”, Proceedings of the 8th International Workshop on Software Clones (IWSC 2014), 2014(Antwerp, Belgium).

4.N. Fukuyasu, S. Saiki, H. Igaki, S. Matsumoto and S. Kusumoto, “A Case Study of Cloud-Enabled Software Development PBL”, Proc. 14th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD2013), pp.499-504, 2013(Hawaii, USA).

5.Umekawa Kohichi, Hiroshi Igaki, Yoshiki Higo, and Shinji Kusumoto, “A Study of Student Experience Metrics for Software Development PBL,” In Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel Distributed Computing (SNPD2012), pp.465 -469, 2012(Campus Plaza Kyoto(Kyoto,Kyoto-shi, Japan).

6 . 研究組織

(1)研究代表者

井垣 宏 (IGAKI, Hiroshi)

大阪工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号 : 20403355