

能力成熟度モデル統合に基づいた PBL における定量的学習評価手法の提案

日戸 直紘 伊藤 恵 大場 みち子

Project Based Learning (PBL) は、高等教育機関を始め多くの場で学習の有効性が多数報告されており、様々な“学び”を得ることができる。一方で、PBL の学習評価を実施することは困難などの報告も多数あり、特に定量的評価手法は確立されていない。PBL における学習評価は、主に成果物への評価や出席率、個人報告書などから行われている。しかし、これらを用いた学習評価には、定量性あるいは客観性に欠けることや、PBL の“学び”ではなく成果物などの結果を中心とした評価であるなどの問題点があった。以上の背景から本研究では、PBL における定量的な学習評価手法の提案を目的とする。ここでは、PBL の“学び”の定量的な把握が課題であり、これを解決するためにプロジェクトの各プロセスを評価し改善するモデルである能力成熟度モデル統合 (CMMI) を導入する。本稿では、能力成熟度モデル統合に基づいた定量的学習評価手法を提案し、その有効性の見通しについて述べる。

A lot of effectiveness of the learning are reported at many places including a higher education system, and Project Based Learning (PBL) can get various learning. On the other hand, it is a lot of reports such as the difficulty to carry out a learning evaluation of PBL particularly, particularly quantitative evaluation technique is not established. Mainly, the learning evaluation in PBL is carried out from an evaluation and the attendance to works, personal reports. However, for the learning evaluation using them, there were the problems that it was the evaluation mainly on the results such as works not quantifiability or being lacking in objectivity and learning of PBL. This research aims for suggestion of quantitative learning evaluation technique in PBL in this study from the above-mentioned background. Quantitative grasp of the learning of PBL is a problem and to solve the problem, here, we introduces ability maturity degree model unification (CMMI) that is a model to evaluate each process of the project, and to improve. This report suggests quantitative learning evaluation technique based on ability maturity degree model unification and speaks a prospect of the effectiveness.

1 はじめに

近年、文部科学省は「IT を高度に活用し、社会の具体的な課題を解決することのできる人材育成」は日本の極めて重要な課題であるとしている [11]。また、IT 需要の拡大にもかかわらず、IT 人材の不足が今後一層深刻化する可能性が高いとの見解も示している [11]。このような背景から、高等教育機関において高度 IT 人材の育成が求められるなかで、PBL (Project Based Learning) が注目されている。PBL とは課題

解決型学習を指し、学習者が課題解決に向け主体的 (あるいは能動的) に取り組む実践的な授業法であり、座学等で学んだ体系的知識の定着と利活用の効果なども期待されている。しかし、PBL の学習評価を実施することは困難であるとの報告も多数あり [10]、特に定量的に PBL の評価を実施することは非常に難しい問題である。また、PBL の“学び”が得られるプロセスではなく成果物等の結果を中心とした評価になっていることや、出席率など PBL の内容とは直接関係無い項目のみにより評価を行うなどの問題が生じている。これらの問題を解決するため、PBL の評価について研究が盛んに行われてきた。

例えば、原ら (2010) は、チーム共通の成果物への評価点と個人の貢献度への評価点を切り離して考え成績が求められる仕組みを、井垣ら (2015) は、アジャ

Suggestion of the Quantitative Evaluation Technique Based on Ability Maturity Degree Model Unification in Project Based Learning

Naohiro Hinoto, 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科, School of Systems Information Science, Future University Hakodate..

イルソフトウェア開発を行う PBL においてチケットシステムを用いた定量的評価手法をそれぞれ提案している [4] [7]。チーム貢献度合いによる評価や PBL 学習者による相互評価、オリジナルのルーブリックを活用した評価等多数の手法が提案されている [3] [8] [9]。PBL の評価手法に関しては数多くの研究が行われてきたが、定量的評価手法は確立されておらず、PBL の“学び”が含まれるプロセスに着目した学習評価手法やフレームワークは、ほとんど提案されていない。

PBL において、準備にかかるコストや、学生からの講義時間外の対応も行うなど様々な面において教員の負担増加が問題視されている。河西 (2010) らは、PBL を実施している理学療法士養成校におけるアンケート調査において、PBL 実施における課題ならびに問題点の項目で「教員負担の増加」という回答が多く見られたと述べている [5]。

ソフトウェア開発を行う PBL では、ソフトウェア開発プロセスに準拠または一部準拠するなどして、より実社会に近い学習を行っている PBL が多く存在する。しかし、実社会で行われる品質や生産性の向上を狙ったプロセス改善を行っている PBL は、極めて少ない。プロセス改善を行うことで品質や生産性の向上だけでなく、実社会で行われるプロセス改善について学べるなど、より多くの“学び”が得られる可能性は非常に高い。しかし、プロセス改善を行うことは難しく、PBL のプロセス改善を行うためのシステム・手法などによる支援が必要だが、ほとんど提案されていないのが現状である。

本研究では、PBL における定量的な学習評価手法を提案する。ここでの学習評価は、教員または PBL 学習者自らが、各プロセスの現状を評価し、その結果を指導や学習支援、プロセス改善に活かし、より良いプロセスを目指すための評価のことである。

PBL の定量的評価が難しい、“学び”が結果のみで評価されている、実社会により近い形で学習する PBL で、実社会で行われているプロセス改善が行われていないという課題に着目した。そのため、本研究では、PBL のプロセスを定量的に評価し改善までを提案する、能力成熟度モデル統合 (CMMI:Capability Maturity Mode Integration) を活用することで、こ

れらの課題解決を試みる。

PBL のプロセスを定量的に評価し、問題のあるプロセスや、より改善できるプロセスを明確にする。それにより、教員のメンタリングに貢献し教員負担軽減の一助とするほか、PBL 学習者自らがプロセス評価・改善を行うことで、より多くの“学び”を得る助けとなることを期待する。本評価手法により、より多くの“学び”を得られるきっかけを与え、同時に PBL の定量的な評価を行える評価手法の実現を本研究の目的として、その有効性を明らかにする。

本論文では以下、2 章では CMMI を概説し、用いられる評価指標について説明する。3 章では、提案する手法、対象プロセス領域と評価項目について述べる。4 章では提案手法による予備実験結果を述べ、考察する。5 章では、本研究の結論と今後の課題について述べる。

2 CMMI

本評価手法は、PBL のプロセスを定量的に評価し、改善までを提案するため、CMMI と呼ばれるプロセス改善モデルを利用する。本章では、CMMI の概要を「CMMI for Development, Version1.3(CMMI-DEV, V1.3)」 [1] および邦訳版「開発のための CMMI1.3 版 (CMMI-DEV, V1.3)」 [2] を参照し、概要を述べる。

2.1 CMMI の概要

CMMI とは、システム開発を行う組織がプロセスを管理・評価・改善するためのプロセス改善モデルである。現在、ソフトウェアの品質や生産性の向上を目的とするプロセス改善が注目され、品質管理や進捗管理などの改善・効率化のためのフレームワークとして、多くの組織において取り入れられ、実践・改善が進められている。

日本では、2001 年、官公庁における入札問題を契機に設置されたソフトウェア開発・調達プロセス改善協議会の報告において [6]、CMM/CMMI が取り上げられ、一時、官公庁調達の基準に採用する動きが出たことから、注目されることとなった。

本研究では、PBL のプロセスを定量的に評価したい。そのためプロセスを定量的に評価する CMMI を

活用していく。CMMIは、定量的評価だけでなく、プロセス改善を提案していることや、様々な開発・生産業務に対応している。そのため、評価だけでなく改善策を提案することで多くの“学び”を得られることや、様々なPBLへの適用が期待できることからCMMIを選択した。

2.2 CMMIの評価指標

CMMIには、組織の現在の成熟度を表す指標として、2つの表現方法がある。段階型表現(成熟度レベル)が組織全体を判定するのに対して、連続型表現(能力度レベル)は、プロセス領域ごとにレベルを判定する。また、段階型表現では成熟度レベルが「1～5」の5段階、連続型表現では能力度レベルが「0～3」の4段階という点も異なる。CMMIを用いたプロセス改善では、組織の目的によって、段階型表現または連続型表現のどちらかを選択する。

段階型表現では、図1のような構造で、組織全体のプロセス成熟度を5段階で表現する。領域が確立されるため、改善方法が理解しやすいなどのメリットが考えられるが指定されたプロセス領域に従わなければならないという制約もある。

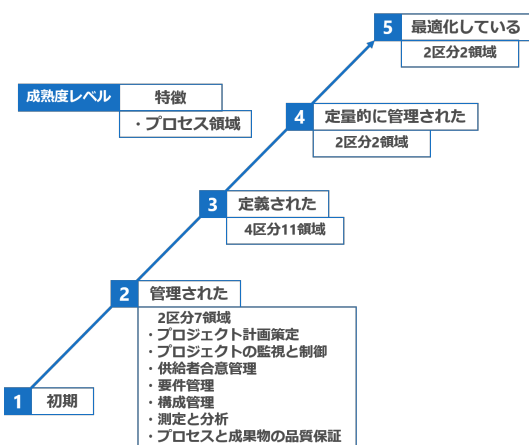


図1 CMMI 段階型表現の構造

連続型表現では、図2のような構造で、4区分全25個のプロセス領域それぞれに能力度レベルを判定していく。領域を自由に選択することができ、組織の成熟

度レベルに依存しない。これにより特に問題のあるプロセスや、その組織の目標と関連の強い領域など、特定のプロセス領域において顕著な改善を期待できる。

本評価手法では、組織の成熟度レベルを判定するのではなく、特に問題や改善の余地のあるプロセス領域を示したいこと、今後プロセス領域を拡張していく可能性があることから、連続型表現を選択する。

区分	プロセス領域	
プロセス管理	組織プロセス重視	プロセス領域 能力度レベル：特徴
	組織プロセス定義	
	組織トレーニング	
	組織プロセス実績	
	組織改革と展開	
プロジェクト管理	プロジェクト計画策定	プロジェクト計画策定 3：定義された 2：管理された 1：実施された 0：不完全な
	プロジェクトの監視と制御	
	供給者合意管理	
	要件管理	
	リスク管理	
エンジニアリング	統合プロジェクト管理	測定と分析 3：定義された 2：管理された 1：実施された 0：不完全な
	定量的プロジェクト管理	
	要件開発	
	技術解	
	検証	
支援	妥当性確認	
	成果物統合	
	構成管理	
	測定と分析	
	プロセスと成果物の品質保証	
	決定分析と解決	
	原因分析と解決	

図2 CMMI 連続型表現の構造

3 提案する評価手法

CMMIを活用することで、学習者自らがPBLのプロセスを定量的に評価し、プロセス改善を行える手法を提案する。

しかし、CMMIをそのままPBLに適用するだけでは、適さないプロセス領域も含まれるほか、CMMIの評価項目・基準に含まれる専門的な知識が必要となり、評価を行うための学習コストが発生する。評価者によって評価項目の捉え方の違いや評価基準の差などが生じる問題も発生し、学習評価手法として適切ではない。

そこで、本評価手法では、PBLにより関連性の高いプロセス領域を選択、独自の評価項目・基準を設定し、ルーブリックを活用することで、これらの問題解決を試みる。

以下本章では、対象とするプロセス領域や評価項目、評価を実施する流れなどについて解説していく。

3.1 対象プロセス領域

PBL のプロセス改善に直接的に効果を示せると考え、プロジェクト管理に重点が置かれている成熟度レベル 2 に含まれる、7 つのプロセス領域を対象とした。図 3 は、7 プロセス領域の名称と概要を示したものである。

No.	プロセス領域名	概要
1	プロジェクト計画策定	プロジェクトに必要な活動の洗い出しと、成果物のボリュームや、作成の難易度を考慮した工数の見積もりの実施
2	プロジェクトの監視と制御	プロジェクト計画に照らしてプロジェクトの進捗及び実績が管理されている
3	供給者合意管理	供給者との合意は、確立され保守される
4	要件管理	要件が管理され、プロジェクト計画および作業成果物との不整合が特定されている
5	構成管理	特定された作業成果物のベースラインが確立されている
6	測定と分析	測定の目標および活動は、特定された情報ニーズおよび目標と整合されている
7	プロセスと成果物の品質保証	実施されたプロセス及び関連する作業成果物の忠実さは、適用されるプロセス記述、標準及び手順に対して、客観的に評価されている

図 3 成熟度レベル 2 のプロセス領域名と概要

これらプロセス領域は、プロセス領域の名前が示す活動に関連した固有ゴールと固有プラクティスの集合である。固有ゴールとはプロセス領域の活動目的を達成するためのもの、固有プラクティスは固有ゴールを達成するための具体的な作業である。

図 4 は、成熟度レベル 2 のプロセス領域の 1 つであるプロジェクト計画策定の固有ゴールと固有プラクティスの一覧化したものを例としてあげている。図 4 の例では、各固有プラクティスである作業を実施し、3 つの固有ゴールの達成不達成により、プロセス領域の能力度レベルを決定する。

3.2 評価項目と評価基準

CMMI は、非常に多くの専門知識や単語が含まれている。学習評価を行う教員の負担を減らすことはもちろんのこと、PBL 学習者である学生にも評価を行ってもらうため、出来る限り CMMI の知識に頼らない評価手法であることが望ましい。そのため、評価項目と評価基準を、ルーブリックを用いて示した。

固有ゴール	固有プラクティス
SG1 見積もりを確立する	SP1.1 プロジェクトの範囲を見積もる
	SP1.2 作業成果物とタスクの属性の見積もりを確立する
	SP1.3 プロジェクトライフサイクルフェーズを定義する
	SP1.4 工数と費用を見積もる
SG2 プロジェクト計画を策定する	SP2.1 予算とスケジュールを確立する
	SP2.2 プロジェクトリスクを特定する
	SP2.3 データ管理を計画する
	SP2.4 プロジェクトの資源を計画する
	SP2.5 必要なスキルと知識を計画する
	SP2.6 ステークホルダーの関与を計画する
	SP2.7 プロジェクト計画を確立する
SG3 計画に対するコミットメントを獲得する	SP3.1 プロジェクトに影響を与える計画をレビューする
	SP3.2 作業レベルと資源レベルの隔たりを解消する
	SP3.3 計画コミットメントを獲得する

図 4 プロジェクト計画策定の固有ゴールとプラクティス

ルーブリックとは、成績評価方法のひとつで、評価指標 (具体的な到達目標等) と、評価指標に即した評価基準 (どの程度達成できればどの評点を与えるかの記述) のマトリクスで示される配点表のことである。初・中等教育で広く用いられており、高等教育への活用も期待され、導入の提案・報告も行われている [12]。

本来 CMMI での評価は、各固有ゴールやプラクティスの達成度を数値で表さない。しかし本学習評価手法では、各固有プラクティスに対して、Level 0 ~ 3 の 4 段階で評価を行い、Level 0 を達成率 0 %、Level 3 を達成率 100 % として、各固有ゴールを評価していき、それら固有ゴールの平均達成率によりプロセス領域の評価を決定する方法を提案する。これは評価者が CMMI の知識を持たない教員や学生であることを踏まえ、ルーブリックでの評価を実現し、評価を行いやすくするためである。また、固有ゴールごとに定量的に評価することにより、評価結果や改善策が明確に提示できると考えた。

3.3 評価の流れ

本評価手法の流れは次のとおりである。

1. PBL の中間時点もしくは、スプリントなどの区切り、最終評価を行う際に、チームまたはプロジェクトごとに集合
2. 本評価項目それぞれに対し、自分たちのプロセスはどうだったかを議論・ふりかえりを行いながら、評価 (レベル判定) を行う

3. 全項目の評価が終了次第、数値およびプロセス改善アドバイスである評価結果が表示される
4. 評価結果を自らのプロセスを評価・改善する一助とするほか、最終的な学習評価として用いる

4 評価に関する予備実験

4.1 予備実験準備

関連する CMMI のプロセス領域の評価指標と評価基準を記載したルーブリックを作成した。図 5 は予備実験を行う為に、Excel ファイル形式で開発したルーブリックの一部を抜粋したものである。項目名・項目概要と Level 0~3 の評価基準を用意した。項目概要と Level 0 の間にある、Level 判定の項目に数値 (0~3) を入力することで評価できるようになっている。各項目のレベルによって、プロセス領域を 0~100 % で評価することができ、7 プロセス領域の平均達成率も表示できるようにした。

予備実験では、学部 3 年次実施の通年必修科目である PBL(科目名称：システム情報科学実習) の 1 つであり 2016 年度実施された、「ミライケータイプロジェクト 2016」に参加していた学生に協力を依頼した。ミライケータイプロジェクト 2016 では、プロジェクトを 3 チームに分割しており、それぞれをチーム A、チーム B、チーム C とする。

結果、チーム A の学生 3 名、チーム B の学生 2 名の計 5 名の協力が得られた。そのため、ここではチーム C は考えないものとする。

4.2 予備実験方法

CMMI に基づいた評価手法 (項目) の有効性と、ルーブリックにより CMMI の知識が無くとも評価できるかを検証するため、予備実験を行った。

本予備実験は、前節で述べた Excel ファイルを用いて、本評価システムの評価の流れに従い、実験を行った。予備実験では、最後に予備実験の目的を確認するため、評価項目やルーブリックの内容、評価結果などに関するアンケートを追加で実施した。

アンケート項目は以下の 4 題である。

1. CMMI に基づいた評価項目と判定基準をルーブリックを用いることで理解し、評価できたか

2. PBL の活動中 (スプリント終了時などの区切りの良い時期) に本評価を実施することで、PBL の活動に活かすなどプロセス改善が出来ると思うか
3. 7 プロセス領域の中で、PBL の評価や改善を行う評価項目として、適切だと感じた項目はどれか (複数選択可)
4. 7 プロセス領域の中で、PBL の評価や改善を行う評価項目として、不適切だと感じた項目はどれか (複数選択可)

4.3 予備実験の結果

表 1 は、予備実験の評価結果を各プロセス領域の達成率、全 7 プロセス領域の平均達成率をチーム A、B ごとに比較したものである。

平均達成率では、チーム間で、16 ポイント以上の差が出る結果となった。

表 1 予備実験結果

プロセス領域	達成率	
	チーム A	チーム B
要件管理	86.67%	73.33%
プロジェクト計画策定	75.00%	76.19%
プロジェクトの監視と制御	100.00%	63.33%
供給者合意管理	73.33%	0.00%
測定と分析	42.86%	70.83%
プロセスと成果物の品質保証	58.33%	66.67%
構成管理	93.33%	66.67%
平均達成率	75.65%	59.57%

4.4 予備実験結果の考察

基本的に、2 チームとも 7 プロセス領域全てのプロセス評価を行うことができた。これはルーブリックにより Level 0~3 の評価基準が明確になっており、CMMI の知識が無くともおおむね評価可能であることがわかる。アンケートの 1 つ目の項目において、全ての回答者が理解できたと回答したことが評価できたことを裏付けている。しかし、一部のプロセス領域において、ルーブリック内の単語や評価基準が理解しづらい項目があったため、筆者の補足説明を行った部

測定と分析

プロジェクト活動の進捗・テスト/検証の網羅性、データの収集分析などの測定能力を開発する項目

No.	項目名	項目概要	Level判定	Level. 0	Level. 1	Level. 2	Level. 3
SP1.1	測定目標を確立する	プロジェクトがどのような測定データが必要で、どう利用するか明確にする		実施していない	プロジェクトで測定しなければいけないデータが明確になっている	プロジェクトで測定しなければいけないデータを明確にしており、その活用目的が明確になっている	プロジェクトで測定しなければいけないデータを明確にしており、その活用目的が明確になっており、文書化されている
SP1.2	尺度を明記する	どのような観点からデータを見ていくかを定める		実施していない	各測定するデータに対して、尺度(単位などのこと)を明確にしている	各測定するデータに対して、尺度(単位などのこと)を明確になっており、文書化や共有が行われている	各測定するデータに対して、尺度(単位などのこと)を明確になっており、文書化や共有が行われており、それらは定量的に信頼できる
SP1.3	データの収集手順と格納手順を明記する	測定データの収集方法とそれらを格納する場所等を明確にする		実施していない	データをどのように収集し、それらをどこに記録するかが明確になっている	データをどのように収集し、それらをどこに記録するかが明確になっており、文書化や共有が行われている	データをどのように収集し、それらをどこに記録するかが明確になっており、文書化や共有が行われており、それらは信頼できるデータである

図 5 開発したルーブリック (一部抜粋)

分があった。それらが良く理解できたと回答していない理由だと推測する。

チーム A, B が PBL を実施していた際、チーム B に比べチーム A の方が、開発の実績工数が多かったことや、発生した問題数が少なかった。7 プロセス領域の平均達成率に差が生じたのは、本学習評価手法の有効性が高いことを示している可能性が高い。

アンケートの評価、PBL の定量的評価手法において、CMMI の項目を用いた評価を行うことに対し、PBL にかなり活かせる・活かせる (改善や、より良くする助けとなる) と回答した人がほとんどだった。そのことから、CMMI の評価項目は PBL のプロセス改善を行う有効な手段である見通しを確認することができたと考えられる。

5 おわりに

本論文では、PBL の学習評価を定量的に算出できる手法について検討した。PBL の“学び”を評価するために、プロセスに着目し、プロセスを定量的に評価・改善するモデルである、CMMI を用いた手法を提案した。

予備実験の結果から、本学習評価手法の有効性が見通しを確認することが出来た。また、学習者・評価者 (教員) の双方が評価できる実現性を、ルーブリッ

クを採用することで CMMI の知識に頼らない評価手法を示すことができた。

今後は、予備実験結果やアンケート結果から評価項目の見直し、ルーブリックの修正を行い、PBL のプロセスを定量的に評価し、改善プロセスを表示できるシステムの開発を行っていく。プロセス領域の追加検討や、評価者がその PBL に適した評価を行えるように、自由にプロセス領域を選択できる手法の検討なども行っていく。

参考文献

- [1] CMU/SEI: CMMI for Development, Version 1.3, Vol. 1.3(2010).
- [2] CMU/SEI and V1.3 翻訳研究会, 日.: 開発のための CMMI 1.3 版, Vol. 1.3(2010).
- [3] Terhi, K. and Hammouda Imed, Amine, C. M.: Teaching collaborative software development: A case study, (2012), pp. 1165–1174.
- [4] 井垣宏, 福安直樹, 佐伯幸郎, 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(2015), pp. 701–713.
- [5] 河西理恵, 丸山仁司: 教員アンケート調査からみた理学療法教育における PBL テュートリアル の現状と課題, No. 25(5)(2010), pp. 747–754.
- [6] 経済産業省商務情報政策局情報処理振興課: 情報システムに係る政府調達の見直しについて, (2001).
- [7] 原令奈, 八重樫理人, 橋浦弘明, 古宮誠一: PBL 参加者の成績の評価方法 – 課題達成への貢献度を反映した, 参加者ごとに異なる成績を導く方法の提案 –, 研究報告

- コンピュータと教育 (CE) , Vol. 2010, No. 19(2010), pp. 1-8.
- [8] 小方博之: プロジェクト型学習における相互評価とその妥当性の検証, 日本ロボット学会誌, Vol. 31, No. 2(2013), pp. 140-146.
- [9] 青木秀幸, 鎌田元弘, 西崎泰, 山上登久: 建築まちづくり実践教育におけるルーブリックを活用した学習評価手法の有効性, 工学教育, Vol. 59, No. 2(2011), pp. 58-65.
- [10] 大隅智春, 鴻巣努, 関哲朗, 新井浩志, 西尾雅年: プロジェクトベース教育の効果に関する考察, プロジェクトマネジメント学科研究発表大会予稿集, (1999), pp. 179-180.
- [11] 文部科学省: 平成 29 年度大学教育再生戦略推進費「成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成(enPiT)」公募要領, (2017), pp. 2.
- [12] 沖裕貴: 大学におけるルーブリック評価導入の実際, 立命館高等教育研究, Vol. 14(2014), pp. 71-90.