

QuadPro を目指す組み込みシステム開発教育における 学習プロセスの検討

中村 啓之 峯 恒憲 鵜林 尚靖

近年の工学教育の中で PBL を中心にしたカリキュラムを組む流れは強くなっている。この中で、PBL の成果及び、受講者の学習効果を定量的に測定することは困難である。コンピテンシーテストによって受講者の成長を測定する試みがなされているが、短期間の PBL における評価の妥当性は更に困難と言える。組み込みシステム開発教育において、Quad Pro(Product, Process, Project, Professionalism の 4 要素) を軸としたカリキュラムの実践が為されている。この 4 要素を PBL 実施中の作業日報と照らし合わせ、習熟度の測定基準として定量的に扱えないか検討を行った。本稿では、九州大学工学部電気情報工学科計算機工学課程の PBL を対象に、3 週間の作業日報を学習プロセスに沿って分析し、可視化することで学習効果を測定する手法を論ずる。

In recent years of engineering education, the trend to form a curriculum focusing on PBL is getting stronger. Among them, it is difficult to quantitatively measure the outcome of PBL and the learning effect of students. Attempts have been made to measure the growth of students through competency tests, but the validity of evaluations in short term PBLs is even more difficult. In embedded system development education, curriculum practice is carried out centered on QuadPro (Product, Process, Project, Professionalism). We examined whether these four elements can be handled quantitatively as a measurement standard of proficiency level by comparing with the work daily report under PBL implementation. In this paper, we discuss a method to measure learning effect by analyzing work daily report of 3 weeks according to the learning process and visualizing it, for PBL of computer engineering course of electric engineering department of Kyushu University.

1 はじめに

近年の大学教育は在学中に知識の習得を目指すだけでなく、より社会に出た際に経験にもとづく即戦力を身につけさせる内容を求められている。学生には、座学によって得られる知識を活用し、チームでの協調作業や問題解決力、クリエイティブな発想力といった多面的な能力が必要とされる。工学教育においては、スキルとしての技術力だけでなく、開発工程の活用力やプロジェクトの推進力といった能力の育成が対象となる。それらの能力をバランスよく修得させていくことが昨今の課題と言える。組み込みシステム開発教育に

おいては、PBL(Project/Problem Based Learning) の導入が社会的要求に対する答えとなっている。組み込みシステムは制御理論やセンシングに関する知識とプログラミングスキルといった能力が要求される。同時に実世界にシステムが構築されることから、PBL を行う上での親和性は高い。演習の結果として構築したシステムを評価することは容易だが、PBL によってどのような能力が得られたかについて客観的に評価することは難しい。本稿では、PBL によって修得される能力を測定することは困難であっても、受講者がどのような学習プロセスをたどるかを測定し、傾向を可視化した。可視化により、PBL を実施するにあたっての受講者と演習内容の関係性を定量的に計測する。同時に、PBL を受講する学生へ、どのような指導が適切か述べる。対象は、九州大学工学部電気情報工学科計算機工学課程の 3 年次前期初に行われる 3 週間の PBL 演習である。また、評価の対象として

A Study on Learning Process in Embedded System Development Education aiming at Quad Pro.

Hiroyuki Nakamura Tsunenori Mine Ubayashi Naoyasu, 九州大学大学院システム情報科学研究院, Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University.

受講者個々人の作業日報を用い、記載内容がポジティブかネガティブかを尺度として用いた。これにより、対象者の学習姿勢や、傾向が明らかになった。

2 関連研究

井上らの研究[4]では、技術革新の速いICTのような分野においては、PBLは課題の抽出力・解決力の育成に有効であると論じている。その上で、実社会のテーマを題材に企業、学生が連携してシステムを開発する事例を述べている。ここでは、1年の期間にわたり、システムの制作に取り組むが、前段階からグループ作業や自主学習を実施する。また、課題として大きなシステムを構築してしまうと、システムの実社会への投入が困難になること、また、専門的スキルに関しては別途科目が必要になると結論づけている。本稿において対象とするPBLとは規模が大きく異なる点、テーマ自体を学習者が設定する点など多くの差異はあるものの、工学教育におけるPBLの有用性は現在も変わっていないと言える。

伊藤らの研究[3]では、情報系PBL科目を実施する際提出を義務付けた週報のデータ分析を行っている。この研究では、主に学習者が残した週報の文字数と出現頻度の高い単語に着目し「学び」の評価を行った。週報に十分な内容が記載されていれば、学習者の評価に活用できるとの仮定にたった検討がなされており、記載内容を平均文字数を尺度に行っている。評価に活用するためには、個人の週報へ程度のフィードバックが必要と結論づけている。本稿における評価は日報をもとに行っているが、先行研究の週報と同種のものである。多くの学生は、日報・週報に対して、積極的なアプローチによる記述を行っていない点や、フィードバックが必要という考察は同様である。しかし、本稿における評価の基準は、日報に含まれる設問へのポジティブな反応、あるいは、ネガティブな反応をしているかを計測している。ポジティブな内容であれば、学習者の学習達成度が高いとの仮定にたち本稿を述べる。

山本らの研究[5]では、PBLの成果の定量的測定を行った。個人のコンピテンシーに関するテストをPBL実施前後に行った。テストにより、能力の向上

が明確に認められた。しかし、本稿で扱うような短期間のPBLには時間の制約が大きく実施は難しい。また、学習プロセスに沿った能力の向上傾向を計測することはできない。

3 組込みシステム開発教育とQuad Pro

2016年下期より文部科学省の取り組みとして、成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成事業[1]が学部生教育に向けて開始した。本事業は、ビッグデータ・AI分野、セキュリティ分野、組込みシステム分野[2]、ビジネスシステムデザイン分野により構成される。組込みシステム分野では、特に「4つのProで実践力のある人材を育成する」ことを目指し、4つの実践力を以下のように定義している。

- Product:システムを作る能力
- Process:開発工程の活用力
- Project:プロジェクトの推進力
- Professionalism:職業人力

組込みシステムは、日常で使用するあらゆる電気製品から産業用製品まで広く組み込まれ、それらを制御するためには不可欠である。IoTを支え、ものづくり産業の基盤となる要素のひとつであり、4つの実践力を持つ人材は、新たな価値をもつ組込みシステムを構築し社会的課題を解決できる技術者を目指せる。教育プログラムのフレームワークとして3つの科目を設定している。

- QproJ(Junior):特定技術ごとの学習教材を用意し、自己学習またE-Learning等で学習
- QproB(Basic):Quad Proを網羅した基礎学習として、PBL教科や短期集中講座で学習
- QproA(Advance):より高度なテーマに取り組む学生向けの実践教育

QuadJは学部の1,2年生を対象とし、QproBは概ね3年生を対象とする。本稿で対象とするPBL教科はQuadBにあたり学部3年生が受講する。本教科は、PBLを本格的に実践する最初の科目に相当し、Quad Proで定義した4つの実践力取得を目指す重要な段階といえる。

4 PBL教科(分散ロボットプロジェクト演

習) と実践力

現在、九州大学工学部電気情報工学科計算機工学課程3年次には、通年を通して計算機工学に関する演習科目が履修必須となっている。前期には、計算機におけるハードウェアに関する演習、後期にはソフトウェアに関する演習を行なっている。その中で前期の最初になる4月に3週間にわたり、分散ロボットプロジェクト演習を実施している。分散ロボットプロジェクト演習では、4~5名のグループに分かれローバ(ロボット)の制御を行う実習を行う。昨年までは、教材としてLego Mindstormsを用いた荷物の協調運搬をテーマとしていた。本年からは、無限軌道ローバを用いた、自動運転をライトレースによって行う新しいテーマを題材とし演習を行なった。テーマの概略を図1に示す。2台のローバを用いて、1台が走行中に衝突を起こし、もう1台が救援に向かい、最終的には2台が出発位置まで戻る動作を自動で行う。衝突のイベントに加速度センサを用い、救援車と事故車は無線通信を行い動作する、

本演習は9回にわたって実施し、1回の演習は180分行った。1回から9回の流れは下記の通りである。

- 1回：ガイダンス、班分け、担当分担
- 2回：設計(クラス図・アクティビティ図・UML等、通信モジュール)
- 3回：設計(加速度センサーモジュール)
- 4回：設計(単体コーディング、単体テスト項目作成)
- 5回：コーディング、単体テスト
- 6回：結合テスト、コーディング
- 7回：結合テスト(調整)
- 8回：結合テスト、発表準備
- 9回：PBL発表会

本演習では、学習者に対して個人別の作業日報及び、グループごとの作業日報の記述を義務付けた。グループごとの作業日報は、その回の作業内容と担当・問題点・気付き・次回の予定・時間配分を記述させた。また、個人の作業日報には学習者のその日の作業内容と次回の予定、その回の詳細な学習内容を5項目に別け記述させた。本年度の受講者は61名、12グ

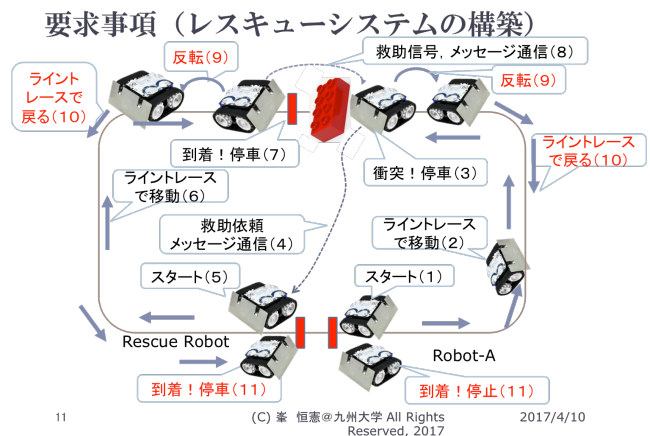


図1 PBL課題2017年度テーマ
グループに分かれて演習を行った。個人ごとに演習室のPCと開発環境を与え、1グループ毎に2台のローバを配布した。配布したローバは、Zumoと呼ばれる車体に制御用のGR PEch基板を搭載した教材である。開発環境は、True Studioを用いた。

5 評価・分析の指針

5.1 個人作業日報の評価

本稿では、enPiT2組込み分野でQuad Proと呼称する4能力の測定と修得へのプロセスに関して述べる。Quad Pro能力の測定のために、個人の作業日報の解析を行った。特に対象としたのが、個人日報に含まれる学習内容の5項目に対する学習者の回答の仕方である。日報への記述をポジティブな回答、ネガティブな回答、どちらとも受け取れない回答の3つに分類した。具体的質問と回答例を表1に示す。ポジティブな回答(P)をしている学習者は概ね、演習内容を理解できており演習に対しても積極的な姿勢を持つ傾向が見取れる。一方で、ネガティブな回答(N)をしている学習者は、演習内容が滞る場合が多い。どちらでもない回答(E)は、学習者は演習に対して積極的に取り組んでおらず、結果記述も短文で内容のないものになる傾向がある。空欄のまま提出した場合はEに含めている。5項目の回答は直接Quad Proの能力を計測するための設問にはなっていない。

回答が複文からなり、PとNが両方含まれる場合は事象の大小を考慮して判定者が主観的に測定した。

表 1 個別作業日報の分類

能力	判定	例
[コミュニケーション力] ・指示や説明が理解できたか? ・相手に伝わるように説明できたか?	P	班員とコミュニケーションを十分にとり、必要な図を作成できた
	N	相手の説明は理解したが自分から情報提示する機会がほとんど作れなかった
	E	他の班にアドバイスをもらう等した
[問題解決能力] ・説明なしに理解できたか? ・自分で発見した気づきはあったか?	P	クラス図、シーケンス図の重要性に気づいた
	N	内容は理解できたがそれを実践する力がなかった
	E	特に問題はなかった
[知識獲得力] ・理解のため、自ら調べようとしたか?	P	スライドを見直し、なるべく調べて解決しようとした
	N	できる人に頼りっきりになる場面が多々あった
	E	特になし
[組織的行動力] ・教えあい学び合うことを自分からしたか? ・ノウハウを積極的に伝えようとしたか?	P	班員内でのコミュニケーションをとる機会は多く、いい組織的行動力を示すことができた
	N	学びあうというより一方的に教わるという感じだった
	E	教えあいが必要な場面がなかった
[自己行動力] ・計画を立て沿って作業を実施したか?	P	残り時間を考え急ぐべきかじっくり作業すべきか計画した
	N	うまく計画は立てられたが、そのとおりに作業を進めることがうまくいかなかった
	E	ぎりぎりまで本番どおりの動きを再現することができた。計画通りだった

5.2 Quad Pro 能力の計測

Quad Pro の能力を定量化するためそれぞれを下記のように回答の P の出現率をもとに再定義した。

- Product:問題解決力
- Process:組織的行動力+知識獲得力
- Project:コミュニケーション力+組織的行動力
- Professionalism:自己行動力

Product はシステムを作る技術力と前述したが、全ての力の中で、個人の技術力・姿勢が表れる場面が多いことから、問題解決力と再定義した。また、演習では小規模のグループを形成しテーマに当たること、教員・TA の助力をある程度期待でき、またネットからの知識も活用できることから、Process は組織的行動力と知識獲得力の 2 つがふさわしいと判断できる。QProJ の目的として重きを置く Project(プロジェクト推進力) は対人間およびグループ内のコミュニケーションが基礎をなす。Professionalism(職業力) は自律的な行動をとることにより育成できるものと言える。

6 評価

6.1 事前評価

対象とする分散ロボットプロジェクト演習の受講者のうち言語的な問題から回答が無かった者や、毎回同じ回答をする者はサンプルから除去した。また、本個人日報は MS Word に記載を記述させたため、レイア

表 2 出席回数の集計

出席回数	人数
8	38
7	7
6	5
5	4

ウトを壊してしまい自動抽出ツールで記載を転記・集計できなかった若干名もサンプルから除去した。サンプルとして 54 名分、日報サンプルとしては、410 文書、2050 項目を目視にて P, N, E を判定した。判定者は 1 名で作業した。欠席(日報未提出及び集計不良を含む)した回数をカウントし表 2 の通り集計した。初回のガイダンス時の出欠は作業日報を取っていないことによりサンプルから除外した。

図 2 に前述した能力と P, N, E の割合を示す。P の割合が高いほどその能力が高いと判定している。

出席回数別に P, N, E の割合を算出し結果を図 3 に示す。

出席回数の多いほど E が多くなる傾向が若干ではあるが観測できた。出席回数が多い学習者の方が、作業日報が定常化し、ルーチンワークになるとの予想はあり、裏付けられた。また、出席が少ない学習者ほ

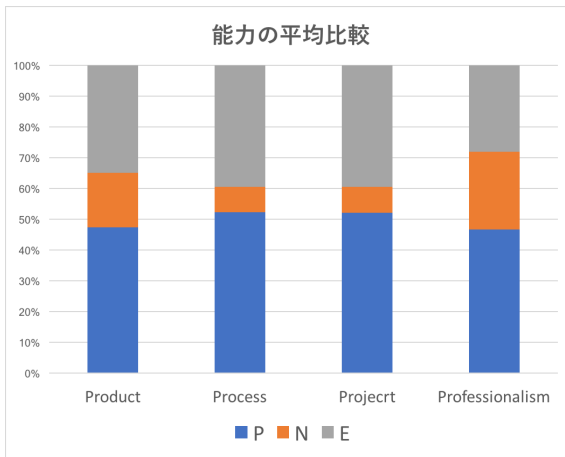


図 2 QuadPro 能力

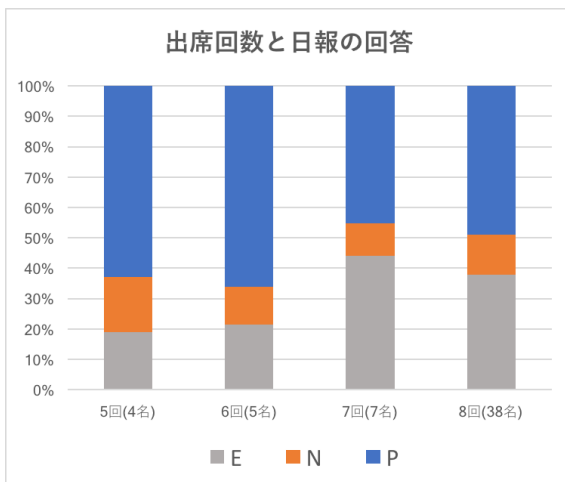


図 3 出席と日報の回答傾向
ど、積極的に作業日報を書くことで評価が下がることを
避けようとした結果と推測できる。

6.2 Quad Pro の演習時の推移

6.2.1 概略

Quad Pro の能力値を演習日毎に日報から計測し、ポジティブ・ネガティブの表現をもとにグラフ化した。Product 能力は比較的平均値近傍で推移し、Process 能力及び、Project 能力は回が進む毎に減少の傾向が表れた。一方で、Professionalism 能力は、向上の傾向が見られた。Project 能力及び、Process 能力は二つの設問の和をとっており、平均化された結果が現

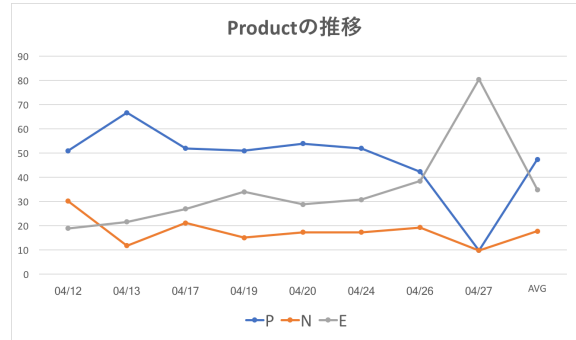


図 4 Product 能力

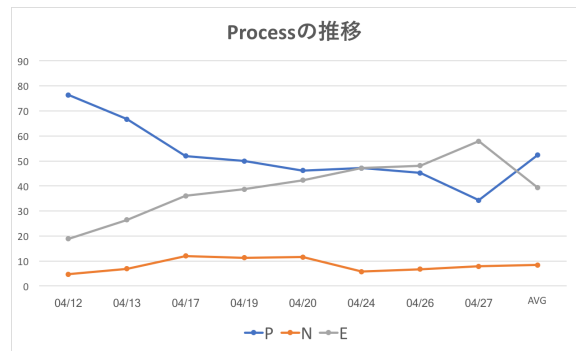


図 5 Process 能力

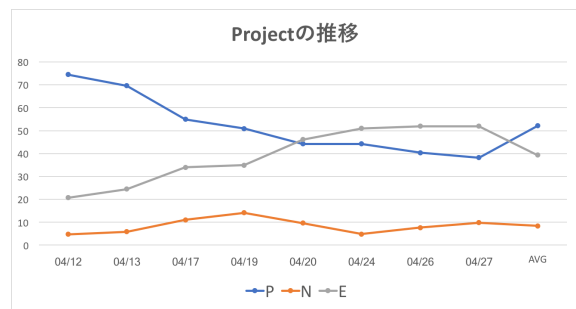


図 6 Project 能力

れたと推測できる。当初の見込みでは、演習が進行するほど日報の作成が定常化し E にあたる回答が増えることも想定していたが異なる結果が得られている。また、図 2 及び図 7 より、Professionalism 能力は、もっとも学習者にとって苦手ではあるが、伸びしろを生かし、演習によって向上したと推測できる。

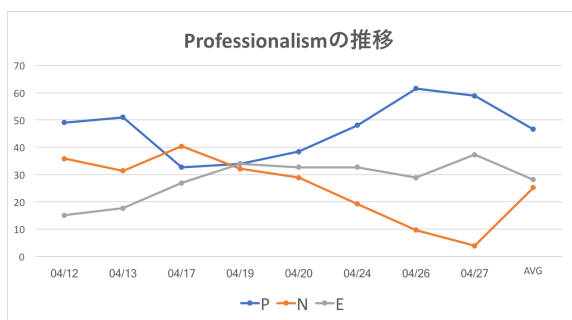


図 7 Professionalism 能力

6.3 Product 能力の詳細

Product 能力の推移を示す図 4 に特異点が最終回 4 月 27 日の日報から抽出されている。この回の演習は、最終の PBL 発表会があり、Product としては、新たに開発することがなかった事に因する。また、4 月 12 日の回は、アクティビティ図や UML といった新しい製品開発の要素が加わり、学習者にとっては分かりにくかったと考えられる。他の回は、P が 50%弱保持しており、もともと持つ個人のシステム開発の能力が発揮できたと言える。

6.4 Professionalism 能力の詳細

Professionalism は当初、N を回答する学習者が他の能力と比べて非常に多かった。しかし、回を重ねる毎に P が N を逆転する結果となり、能力の伸びがもっとも顕著である。3 年次になり始めての実機教材を用いた演習であり、開始時には戸惑いがあるが徐々に自信をつけたと見ることができる。また、プレゼンテーションの用意および PBL 発表会では、テーマをやり遂げることができ、自己行動力の向上につながっている。これらから、実経験を積むことで能力の引き上げが比較的容易といえる。

7 まとめと今後の課題

本稿では、Quad Pro と呼ぶ能力に着目し、PBL の成果の評価手法に関して述べた。組込みシステム開

発を実例と挙げたが、Quad Pro は多くの工学教育に適用可能な指標である。作業日報の記述項目を設定する際に指標とすることができる。日報による学習者の報告を 3 値に分類することで、群としての評価は可能であると結論できる。また、自律的に行動するという職業人力の向上を観測でき演習の成果を測定できた。しかし本稿では、一年分のサンプルから情報を抽出したに過ぎない。日報を次年度も蓄積し評価することで精度の比較を行いたい。日報も個人日報の 5 項目以外の活用を検討する。同時に、先行研究にもある機械的な計測手法の導入も必要である。特に、今回の測定により、3 割以上のサンプルが内容に乏しいこともわかった。作業日報の記述に重きを置かない指導のためである。また、演習に慣れてくることで作業日報作成が形骸化したことも推測できる。日報自体へのフィードバック、指導を行うことにより学習者のモチベーションを上げる必要がある。以上をもとに、Quad Pro の能力を備えた情報技術者の育成のための PBL 教科の洗練に努め、より良い評価手法の検討を行う。

謝辞 本研究は、文部科学省「成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成 (enPiT2)」事業の助成を受けた。本稿を執筆するにあたりご協力いただいた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] enPiT2: <http://www.enpit.jp/>.
- [2] enPiT2-Emb:組込み分野: <http://emb.enpit.jp/enpit2/>.
- [3] 伊藤恵, 雲井尚人, 木塚あゆみ: 情報系必修 PBL 科目の週報データの分析と考察, (2015).
- [4] 井上明, 金田重郎, ほか: 実システム開発を通じた社会連携型 PBL の提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 2(2008), pp. 930-943.
- [5] 山本雅基, 小林隆志, 宮地充子, 奥野拓, 桑野文洋, 櫻井浩子, 海上智昭, 春名修介, 井上克郎: enPiT における教育効果測定の実践と評価, コンピュータソフトウェア, Vol. 32, No. 1(2015), pp. 1-213-1-219.