

プロジェクトベース学習における ポストモルテム支援ツールの実装と評価

湯川 高志^{†1} 西垣 裕仁^{†1,*1}

筆者らはこれまで、プロジェクトベース学習 (PBL, Project-Based Learning) におけるふり返し学習 (ポストモルテム) を支援するツールの機能を検討し、予定進捗比較や構成管理分析などの大局的な情報を提示する機能を提案してきた。本稿では、そのツールの実現手法と、それを利用した PBL の試行によるツールの評価について報告する。ツールは、ポストモルテムの際に必要な情報を重ね合わせて、Web ブラウザに表示するものとして実現した。このために、学習者の活動種別の自動分類手法を提案した。ツールの評価は、ユーザビリティと PBL の学習効果について評価した。実際に組込みソフトウェア開発の PBL を試行し、学習者へのアンケート調査および理解度テストを実施した。システムのユーザビリティは、肯定的な回答が 90%以上を占め、使い勝手は良好と評価された。学習効果については、本ツールの使用群と不使用群に分けた理解度テストにより、ツール使用群のほうが学習の理解度が高いという結果が得られた。

Implementation and Evaluation of a Postmortem Support Tool for Project-Based Learning

TAKASHI YUKAWA^{†1} and YUJI NISHIGAKI^{†1,*1}

The authors have proposed a postmortem support tool for project-based learning (PBL). Based on an analysis of the actual PBL sessions, the authors have suggested that the learners require macroscopic information for the tool. The present paper reports its implementation and evaluation of usability and effectiveness. The function of comparison between schedule and actual progress is implemented with superimposing the actual time-line on the schedule. The authors conducted a PBL session and evaluate tool's usability with questionnaire survey and learning effectiveness with the achievement test. The results showed that more than 90 percent of the learners gave positive response for usability. In addition, the results of the achievement test which assesses comprehension for development process demonstrated that the tool users got higher mark than the non-tool users.

1. はじめに

唯一つの正解が存在しないような課題に取り組むための力を身につけるためにはプロジェクトベース学習 (PBL, Project -Based Learning) と呼ばれる学習方法が効果的であることが知られている¹⁾。しかしこの PBL を実施するにあたってはいくつかの阻害要因が挙げられる。例えば、教師および学習者同士が遠隔地にいることや、学習者によって学習の時間帯がばらばらであること、等である。そのため、そういった状況下でも学習が進められるような e ラーニング・ツールが求められている。また、PBL においてはポストモルテムと呼ばれるふり返し学習の重要性が指摘されている²⁾。すなわち、学習者が自身の活動をふり返し、良かった点・悪かった点などの反省を行なうことにより PBL の学習効果が大きく高まることが知られている。

筆者らは、これまで組込みシステム開発に関する PBL をサポートする e ラーニング・ツールとしてレビュー支援システム³⁾ や共有ホワイトボードシステム⁴⁾ を開発して来たが、ポストモルテムを支援するような e ラーニング・ツールは未開発であった。そこで、PBL を実施してポストモルテムを行う際に必要あるいはあれば便利な機能について、学習行動記録の分析と学習者に対するアンケート調査を行い、予定進捗比較や構成管理分析などの大局的な情報を提示する機能を支援ツールの必要機能として提案し、報告してきた^{5),6)}。

本稿では、この提案に基づき、具体的なツールの実現手法を考案し実装したので、それについて報告する。具体的には、ラーニングマネジメントシステム (LMS) へのログイン・ログアウト時間や学習教材・講義スライドの各ページの閲覧時刻、各開発工程における設計書やソースコードなどの成果物ファイルのアップロード時刻などといった学習者の活動のログを基にして、学習者の活動内容を「レビュー」「議論」「作業」「講義」「その他」の五つに自動分類し、累積活動時間とそれらの活動内容の関係をグラフ化する手法を提案する。この手法によって提示されるグラフに予定スケジュールやファイル・フォルダ総数の推移グラフを重ね合わせることで、予定進捗比較機能や構成管理分析機能を実現している。

さらに、実現したツールのユーザビリティや PBL の学習効果を、電子温度計システムの開発を題材とした PBL の試行を通じて評価した。ユーザビリティは、試行後のアンケート

^{†1} 長岡技術科学大学
Nagaoka University of Technology

*1 現在、パナソニックエクスセルテックロジック株式会社

調査により評価した。また、学習効果は、本システムを使用した群と使用しない群に分けて理解度テストを実施することにより評価した。本稿では、それらの結果についても報告する。

2. 背景

2.1 PBL およびその実施の阻害要因

PBL はプロジェクトの形式で行われる実践的な学習形態のことである。PBL におけるプロジェクトはデザイン・問題解決・意思決定・調査を含んでおり、学習者(または学習者グループ)は長時間自立して課題に取り組む。実践的な学習により、デザイン能力や課題解決力、調査力などの能力を学習者に効果的に身につけさせることが PBL の教育の目的である。プロジェクト形式で進められる PBL の性質上、「複数名の学習者からなるチーム対教師(ファシリテータ)」という構成で実施される例が多い。このような形態は「協調型 PBL」と呼ばれる。協調型 PBL では、前述の能力に加え、チームメンバー同士で連携するためのコミュニケーション力・協調性なども養うことができる。

協調型 PBL は、教師や学習者が同一時間に教室に集合して実施されることが前提となっている。したがって、教師や学習者が互いに遠隔地にいる場合、および、学習者によって学習可能な時間帯がばらばらである場合、協調型 PBL の実施が困難となる。学習者として社会人も含めようという場合には、このことは大きな問題である。社会人は、それぞれに本業があり離れ難い生活拠点があるため、時間的にも地理的にも制約される。そこで、eラーニング技術を利用して、このような状況でも実施可能な協調型 PBL が現在求められている。

2.2 コンピュータ支援による協調学習 (CSCL)

協調型 PBL に eラーニングを導入するという研究は CSCL(Computer Supported Collaborative-Learning) の研究分野のひとつに分類される。CSCL はコンピュータを利用した共同学習であり、PBL に eラーニングツールや ICT ツールを活用するというテーマはこの CSCL に関する研究の一部であると言える。一般的な eラーニング では個別学習という形態を取ることも多いが、CSCL では学習者同士がコミュニケーションを取りながら共同で学習を進める。そのためこの分野では、学習者間の円滑なコミュニケーションを支援するためのツール等に関する研究などが盛んに行われている⁷⁾。

2.3 組み込みシステムとその開発モデル

本稿における PBL は、組み込みシステム開発を題材としている。組み込みシステムとは、家電製品、自動車、産業機械等に組み込まれているコンピュータ・システムを指す。コンピュータ・システムであるため、ハードウェアとソフトウェアの両者の開発が必要になる。組み込み

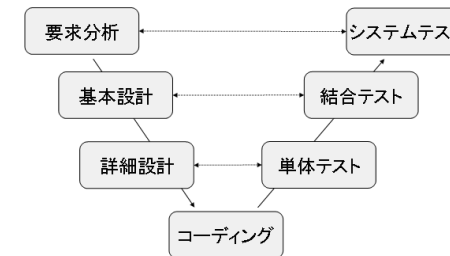


図 1 組み込みシステム開発における V 字モデル

Fig. 1 The V-shaped model for an embedded software development

システム向けソフトウェアは、計算機資源の制約や制御対象の特性などにおいて、一般のコンピュータ・システムのソフトウェアとは異なる。今後、多くの工業製品において、高度な組み込みシステムが利用されることが予測されるため、組み込みシステム向けソフトウェア開発の技術者の育成が急務となっている⁸⁾。

過去には、組み込みシステムのソフトウェア開発は、ハードウェア技術者が片手間かつ自己流で行う場合も少なくなかったが、近年ではソフトウェアの大規模化と要求高度化により、ソフトウェア工学上の開発モデルに基づくことの重要性が認識されつつある。図 1 に組み込みシステム開発における V 字モデルを示す。図において、左側の工程は設計工程であり要求分析から詳細設計にかけて徐々に設計内容が詳細化されていく。V 字モデルの底にあたる工程がコーディング・デバッグであり、設計工程での設計に基づいてソースコードの作成が行われる。また V 字モデルの右側の工程では、それぞれに対応する左側工程の仕様・設計がちゃんと実現できているかどうかをチェックするためのテストケースに沿ったテストが行われる。

2.4 ポストモルテム

前述の組み込みシステム開発の V 字モデルはあくまで開発を行うに際してのモデルであり、学習モデルではない。このモデルを PBL に用いる際には、全工程の最後(システムテスト・実装テスト終了後)にポストモルテムを行う事が重要である。すなわち、PBL が終わった後に、学習者が自身の活動の振り返りを行うことが重要である。

図 2 にポストモルテムの様子を示す。写真上部、数字が書いてある部分は活動日を表している。白黒印刷の都合上わかりにくいですが、付箋は色分けされており、例えば黄色には事実・出来事などが、青には良かった点が、赤箋には悪かった点・反省すべき点が書かれている。

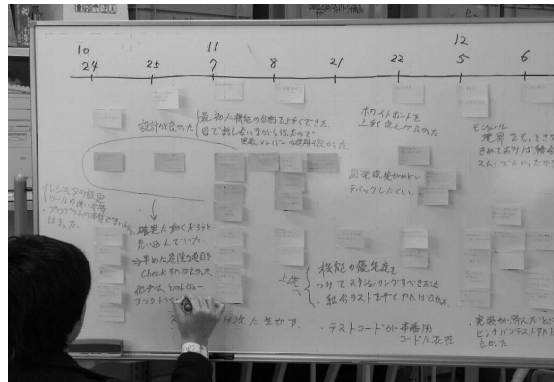


図2 ポストモルテムの様子
Fig.2 A postmortem activity

プロジェクトのチームメンバー全員がこの付箋を自由に思いっただけ作成し、それをこのように活動日ごとに並べて全体の活動の反省を行う。ポストモルテムでの具体的な議論内容の例としては、

- 進捗の遅れなどの原因について
- 成果物の管理、構成管理は適切であったか
- チーム作業で、進行についていけないメンバーがいなかったか
- メンバー全員が議論に参加できていたか

などが挙げられる。

こうした議論によって学習活動の振り返り（ポストモルテム）を行う事は、PBLで得た知識を確実に定着させること、および、PBLそのものへの理解を深めることに役立つため、PBLの学習効果をより確実にすると期待できる。

3. ポストモルテム支援ツールの必要機能

前章で述べたようにポストモルテムでは、進捗の遅れなどの原因、成果物の管理・構成管理の適切さ、チーム作業においてついていけないメンバーがいなかったか、メンバー全員が議論に参加できていたか等を主に議論する。このような議論を円滑に行うために必要な情報としては、

- スケジュールと実際の進捗の比較

表1 各チームの活動種別の累積時間比率
Table 1 Ratio of accumulated time for each activity type

活動種別	A チーム	B チーム	両チーム平均
講義	3.1%	3.4%	3.3%
議論	15.3%	13.7%	14.5%
作業	74.9%	77.3%	76.1%
レビュー	4.8%	3.8%	4.3%
その他	1.8%	1.9%	1.9%

- 議論の経過（掲示板やチャットのログ）の分析
- 成果物の管理（構成管理）に関する分析

などが考えられる。

これらの情報およびその分析機能のうち、どの機能をeラーニング・ツールを通じて提供すべきかを検討するため、実際にPBLを試行し、学習者に対するアンケート調査を実施した。その結果に基づき、ポストモルテム支援ツールに必要な機能を抽出した。詳細は、既報告⁵⁾であるが、ここでは概略を述べる。

3.1 PBL 試行と必要機能の明確化

マイコンを使った音コマンドを認識して動作するローバーシステムの開発をテーマとしたPBLを試行した。このPBLはいがた産業創造機構(NICO)主催の高度IT人材育成研修のひとつであり⁹⁾、プロジェクトは全体を通して全学習者、教師が集合して実施された。計15名の学習者が2チームに分かれ、それぞれのチームが7名と8名であった。

PBL実施後、学習者の活動記録の分析により必要と思われる機能候補を考案し、学習者へのアンケートにより、それらの必要性を調査した。

学習者の活動を「レビュー」、「作業」、「議論」、「講義」、「その他」に分類し、活動の時間的な比率を分析した結果を表1に示す。活動種別のうち「作業」は、各種設計書やソースコードの作成であり、ソフトウェア開発であるからこの種別の活動が多いのは当然である。注目すべきは「議論」も両チーム平均14.5%と比較的大きいことである。このことから、議論に関する分析を行うツール、たとえばチャットのログを後で参照する際に話題抽出・要点整理などを自動で行えるような機能があればポストモルテムの際に便利であると考えられる。

また、ポストモルテムにおける観察からは、予定したスケジュールと実際の進捗を比較できるようなツールや、共有ファイルの構成管理の記録の分析ツールなどがあれば便利であると考えられる。

以上より、必要と考えられる機能の候補として以下を考案した。

表 2 必要機能明確化のためのアンケート調査集計結果

Table 2 The results of the questionnaire survey for postmortem support functions

提案機能	必要	回答数		
		←	→	不要
1. 掲示板分析	6	5	3	1
2. チャットログ分析	4	8	1	2
3. 予定スケジュールと実際の進捗比較	9	5	1	0
4. 構成管理分析	7	8	0	0

1. 掲示板分析機能 掲示板における元記事-返信の頻度・密度などの分析，議論の質の分析
2. チャットログ分析機能 チャットログからの主要な話題の抽出，議論の質の分析
3. 予定スケジュール・進捗比較機能 予定スケジュールと実際の進捗とを容易に比較可能なように表示
4. 構成管理分析機能 総ファイル数，総フォルダ数，フォルダの階層数，誰がどのファイルをいつ作成したか，ファイル更新のタイミング等を時系列で表示

PBL 学習者にそれぞれの機能について必要か不要かを 4 段階で評価するアンケート調査を実施した。結果を表 2 に示す。アンケート結果から，1 番や 2 番の機能よりも 3 番や 4 番の機能の方が，「必要」と回答している人数が多いことがわかる。この結果とあわせて，話題抽出や議論の質などの自動分析を高精度で行なうのは困難であることを考慮すれば，より学習者のニーズの高い 3 番と 4 番のポストモルテムツールの主要な機能とすべきである。掲示板・チャットのログ分析機能については，記述内容を分析するのではなく，投稿時刻や発言時刻から投稿や発言を活動種別と関連させて表示する，という機能にとどめるのが得策と考えられる。

4. ポストモルテム支援ツールの提案と実現

前章での議論から，ポストモルテム支援ツールとしては，予定スケジュールと進捗を比較したり，ファイルの構成を分析し，それらを視覚的わかりやすくに学習者に提示できれば良いことがわかった。また，掲示板やチャットのログ分析においても，記述内容の自動分析は行わず，投稿時刻や発言時刻に基づき，投稿や発言を活動種別と関連させて表示できれば良い。

これら機能を実現するための鍵となるのは，ある時刻において学習者がどの種別の活動をしてきたかを自動的に判別する手法である。本章では，まず e ラーニングを利用して PBL を実施する際のシステム構成について述べ，LMS から得られる情報を利用した活動種別の

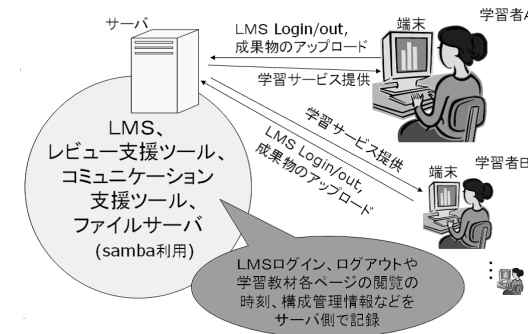


図 3 PBL 実施の際のシステム構成
Fig. 3 A system structure for PBL

自動判別手法とそれに基づく提示形態について提案する。そして，その実装について述べる。

4.1 e ラーニングを利用した PBL 実施のシステム構成

図 3 に PBL を e ラーニングで実施する際のシステム構成を示す。学習開始時に学習者は端末 PC を用いてサーバにアクセスし，LMS にログインする。LMS にログインするとシステムは学習教材を学習者に対して提供する。それらの学習を進めてもらい，学習者にはプロジェクト各段階における設計書やソースコードなどをサーバにアップロードしてもらい。サーバ側ではそれぞれの学習者のログイン・ログアウトや学習教材各ページの閲覧時刻、および構成管理情報などのログを常時記録するような仕組みとなっている。ポストモルテムの際には，学習者らの PBL 活動ログがサーバ上で管理されていることから，同サーバ上でログを分析し，学習者に情報や分析結果を提示することになる。また，学習時と同様に，端末 PC の Web ブラウザから容易に利用することができる必要があるため，Web アプリケーションの形態をとる。

4.2 PBL 学習者の活動種別の自動分類

PBL 学習システムを用いた PBL においては，学習者は学習時に LMS にログインし，プレゼンテーション・スライドとそのスライドとセットになっている講義動画を閲覧し，個別学習を進めていく。個別学習後に学習者は演習を行う。この演習がグループで設計を行うものとなっている。このため，演習においては，学習者はグループの他の学習者と議論しつつ設計作業（主として設計書の作成）を行い，設計が完了したと考えた時点で，グループの全学習者でレビューを実施する。この演習が終われば，次の工程を講義スライドに学習し，そ

の工程の演習を行う。この繰り返しは PBL の大まかな流れとなっている。

ところで、講義スライド（講義動画）を見て講義を受けている、といった活動種別を学習者自身に明示的にシステムに申告させることは、学習者にとって負担であると同時に、（申告忘れ等により）正確であるとも限らない。このため、本ツールでは「講義」、「議論」、「作業」、「レビュー」、「その他」といった作業種別を、システムがログをもとにして自動的に推定して分類する。活動種別の推定するために参考にできるログ（タイムスタンプ）は以下の通りである。

- LMS のログイン・ログアウト時刻
- 講義・演習スライドの各ページの閲覧時刻
- チャットや掲示板での発言・投稿日時
- 成果物のアップロード日時

これらは、学習者の操作により自動的にサーバに記録される情報である。本ツールではこれらのタイムスタンプを基に以下のようにして学習者の活動種別を推定する。

講義 講義スライドの閲覧開始から演習スライドの閲覧開始時刻までは、学習者は講義を受けていたもの推定する

議論 議論用のチャットおよび掲示板のログを分析し、学習者が議論していた時間帯を割り出す。チャットの場合は、基本的には学習者らの入室から退室までの時間を「議論をしていた」として活動種別を推定するが、たとえ議論用のチャットルームに入室中であっても無発言の時間（発言のインターバル）がある程度長い場合には「議論」にはしない。また、掲示板については、投稿とその頻度を見て、議論していたかそうでないかを推定する。具体的には、議論用掲示板に新規投稿があれば、その時刻から 5 分間は議論をしたものとする。5 分以内にその投稿に対する返信あるいは新規の投稿があった場合は、最初の投稿時刻をスタートとして最後の投稿時刻プラス 5 分までを「議論」に分類する。

作業 演習スライド閲覧開始から LMS ログアウト時刻まで、あるいは演習スライド閲覧開始から対象成果物アップロード時刻までの時間は、学習者は作業を行っていたものと推定する。

レビュー レビュー用のチャットおよび掲示板のログを分析し、学習者がレビューを行っていた時間を割り出す。この際のルールは「議論」を推定する場合と同様とする。

その他 LMS にはログインしているが上記のどの活動種別にも該当しない時間帯は、学習者はその他の活動を行っていたと推定する。

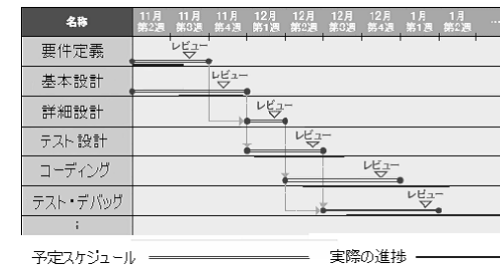


図 4 従来の進捗状況の提示形態

Fig. 4 Conventional presentation of progress

4.3 活動分析結果の提示形態

本ツールは前節に示したような活動内容自動判別ルールにより学習者の活動と累積活動時間との関係を分析し、その分析結果と予定スケジュールや、構成管理分析情報などを重ね合わせることで、ポストモルテムの際に有用な情報として提示する。

構成管理分析や予定・進捗比較として、従来は図 4 のようなグラフを提示されることが多い。しかし、この図のように単純に予定スケジュールと進捗を比較しただけでは、どのタイミングでレビューが行われたのか、各工程での実際の活動時間がどのくらいで、具体的にどのような活動をしていたのか（活動の内訳）を読み取ることができず、ポストモルテムを行う際の情報としては不十分である。

そこで、本ツールでは、前節に述べた活動種別の推定に基づいて、学習の累積活動時間と活動種別を、さらに、ファイル・フォルダ等の構成管理情報を、プロジェクトの予定と進捗に重ねあわせて提示する。本ツールの提示例を図 5 に示す。白黒印刷のためわかりにくくなっているが、グラフの背景の色分けがプロジェクトの進行予定を示している。それに対し、実際の進捗は、活動種別をプロットしている線を色分けするとともに、矢印でも示している。さらにその上に、構成管理分析情報（ファイル総数やフォルダ総数の推移）のグラフや、レビュー予定と実際のレビュー実施、マイルストーン等のイベントの情報を重ね合わせて表示している。

ここで、この図に示した活動記録分析情報をポストモルテムの際に学習者に提示することを考えた場合、グラフに多くの情報が表示されすぎていてかえって見辛いといった問題や、全体の累積活動時間の値が大きすぎて部分的な活動情報がグラフ上で圧縮されてしまい見辛いといった問題が考えられる。そこで、本ツールでは、情報を選択的に表示できる機能

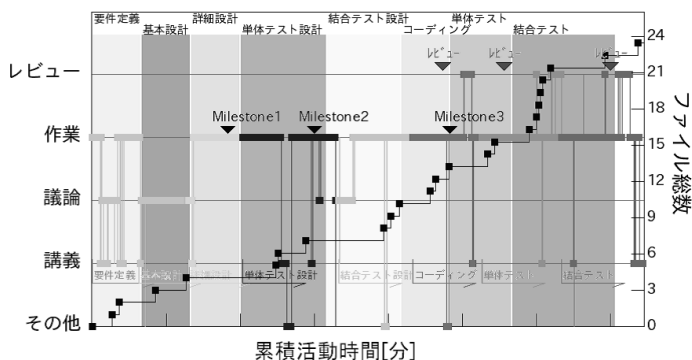


図 5 提案する進捗状況の提示形態
Fig. 5 Proposed presentation of progress

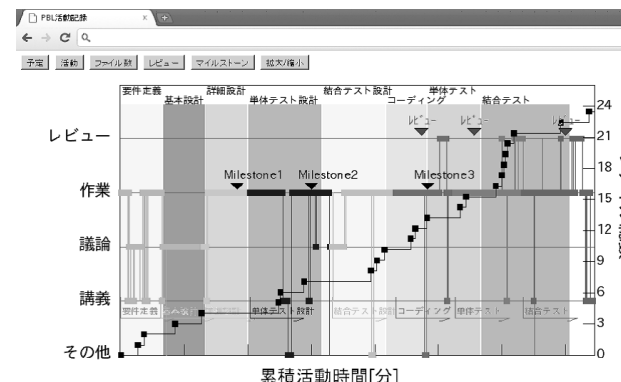


図 6 本ツールのスクリーンショット
Fig. 6 A screen shot of the tool

も持たせている。また、時間軸方向に拡大・縮小する機能も持つ。

実装においては、一般的な Web ブラウザさえあれば学習者が簡単にツールを利用することができるよう、表示部は HTML および JavaScript で記述している。図 6 に実際のインターネットブラウザで表示された本ツールのスクリーンショットを示す。図の左上の「予定」「活動」「ファイル数」「レビュー」「マイルストーン」とかかれたボタンをクリックすることにより、対応する情報の表示・非表示を切り替えることができる。また、左上の「拡大/縮小」と書かれたボタンをクリックすることにより、現在のグラフとそれを拡大したグラフの表示を切り替えることができる。

本ツールではレビュー予定や各段階におけるマイルストーンを活動記録分析グラフに重ねて表示できるため、各予定やレビューの遅延などが一目瞭然となる。また活動記録分析グラフにファイルやフォルダの総数の時系列での推移グラフを重ねて表示できるため、各工程での成果物やディレクトリがどのように増減していくかといった情報を得ることができる。さらに、図 5 の例では、結合テスト設計の段階でレビューを行うべきだったにも関わらず、それを行わずにコーディング作業に入ってしまったため、結果として以降の進行が全体的に遅れてしまっている、といった情報が容易に読み取れる。

5. 提案システムの評価

5.1 評価のための PBL の試行

提案したポストモルテム支援ツールのユーザビリティや、ツール利用による学習効果の差異について評価を行うため、電子温度計システムのソフトウェア開発を題材とした PBL を試行した。12 名の学生を学習者として、既報告のブレンド型 e ラーニングの PBL 教育プログラム³⁾ にのっとりプロジェクトをスケジューリングした。本 PBL では、学習者 12 名それぞれが設計書・ソースコードなどの成果物を作り上げていく形式の PBL であり、完全な協調型とはなっていないが、工程が進むたびにペアレビュー（相互レビュー）が、プロジェクト要所では全体集合レビュー（対面でのレビュー）が実施される。

ペアレビューが基本となるため、グループは 2 名で構成する。このため、まず学習者 12 名を 2 名ずつ 6 つのチームに分けた（A～F チーム）。このチーム分けに際し、学習者の実力をなるべく均衡化するため、プレースメントテスト（事前理解度テスト）を実施した。本ツール利用による学習効果の検証を行うことがこの PBL 試行の主な目的のひとつであるため、6 チームをツール使用組 3 チーム（A 群）、ツール不使用組 3 チーム（B 群）に分割した。

本ツールのユーザビリティについては、ユーザビリティに関するアンケート調査を学習者全員に対して実施し、その結果をもとに評価を行った。学習効果は、PBL 試行終了後に理解度テストを実施することでその差異について定量的に評価した。実際には、PBL 終了後

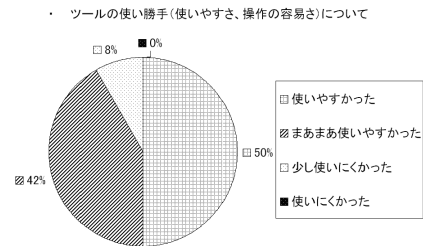


図 7 ツールの使い勝手に関する回答
Fig. 7 The result for usability of the tool

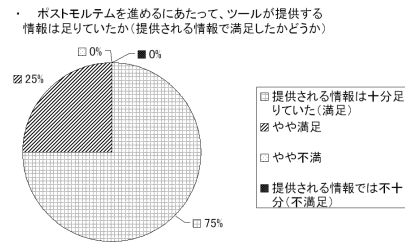


図 8 ツールが提供する情報の充足度に関する回答
Fig. 8 The result for sufficiency of information provided by the tool

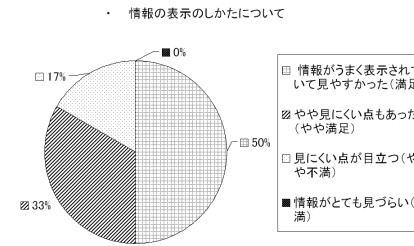


図 9 情報表示の適切さに関する回答
Fig. 9 The result for appropriateness of the information display

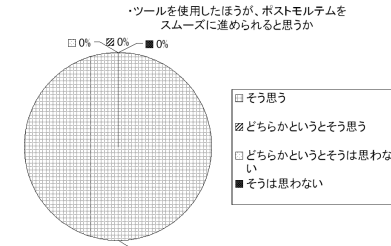


図 10 ツールの有用性に関する回答
Fig. 10 The result for effectiveness of the tool

に理解度テストを実施し、その後で B 群にもツールを利用したポストモルテムを試行させ、全学習者に対してユーザビリティに関するアンケート調査を実施した。

5.2 ユーザビリティの評価

前述の通りツールのユーザビリティ評価については、A 群 B 群に関わらず学習者全員に対してアンケート調査を実施した。

図 7 にツールの総合的な使い勝手(使いやすさ、操作の容易さ)についてのアンケート結果を示す。結果から、学習者の 50%が「使いやすいかった」、42%が「まあまあ使いやすかった」と回答しており、ツールの使い勝手については 9 割を越える学習者が肯定的な印象を持っていた。この結果より、本システムの使い勝手はおおむね良好であるといえる。シンプルで操作が簡単な本ツールの表示部は学習者から高い評価を受けた。ただし少し使いにくかったと回答している学習者から「グラフの拡大・縮小に多少時間がかかる」という意見が出ており、この点がツール表示部の実現上の課題である。

ポストモルテムを進めるにあたってツールが提供する情報は足りていたか、という質問に対しては、図 8 に示すように学習者の 75%が「提供される情報は十分足りていた(満足)」、25%が「やや満足」と回答しており、提案ツールが提供する活動記録分析情報に関して全学習者が肯定的な印象を持っていた。この結果より提案ツールが提供する活動情報記録情報に対する学習者の満足度は高く、本ツールはポストモルテム時に必要な情報を十分学習者に提供することができていると言える。

情報の表示方法が適切だったかどうか、という質問に対しては、図 9 に示すように学習者の 50%が「情報がうまく表示されていて見やすかった(満足)」、33%が「やや見にくい

点もあった(やや満足)」と回答しており、全体の 8 割を超える学習者が活動記録分析情報の表示方法について肯定的な印象を持っていた。「見にくい点が目立つ」と回答した 17%の学習者の中からは「情報が密集しすぎていて見づらい」という意見が出ており、活動記録分析グラフの拡大表示機能の仕様の見直しが課題として挙げられる。

図 10 は、ツールを使用したほうがポストモルテムをスムーズに進められると思うかという質問に対する回答の集計結果を示している。すべての学習者が「そう思う」と回答した。A 群の学習者らは本ツールを利用したポストモルテムしか行っていないが、B 群の学習者についてはツールを利用せずにポストモルテムを行った経験があるので、B 群の学習者らも含め全学習者が提案ツールの有用性に対して肯定的な回答をしているということは、本ツールのポストモルテムにおける有用性の高さの裏付けになると考えられる。

5.3 学習効果の評価

組込みシステムのソフトウェア開発プロセスに関する 15 問の問題からなる理解度テストを学習者全員に対して実施し、各問題をそれぞれ 10 点満点(部分点あり)、合計 150 点満点で採点した。その採点結果に対し、ポストモルテムの際に本ツールを使用したグループ A 群とツールを使用しなかったグループ B 群との平均点の差について、t 検定(有意水準 $\alpha = 0.05$)により検証した。

結果を表 3 に示す。t 検定に際しては、A 群のツール使用組の平均得点が B 群のツール不使用組の平均得点よりも大きくなるであろうという仮説のもと、片側検定により有意差の有無を検証した。

有意水準 0.05 で 15 問中 3 問で有意差が認められた。この結果より、傾向はあまり顕著

表 3 A 群 (ツール使用組) と B 群 (ツール不使用組) の理解度テスト得点の差異
Table 3 Difference between scores of the achievement test
for A-group and B-group

問題番号	問題の内容	P($T_1=t$) 片側	有意差の有無
1	組込ソフトウェア開発の V 字モデル	0.305	無
2	階層構造図の作成工程	0.305	無
3	イベントリストの作成工程	0.305	無
4	テスト設計書の作成工程	0.319	無
5	状態遷移図の作成工程	0.038	有
6	コンテキストダイアグラムの作成工程	0.182	無
7	データ辞書の作成工程	0.093	無
8	DFD の作成工程	0.013	有
9	ポストモルテムの実施目的	0.305	無
10	システム設計工程における設計項目	0.348	無
11	ソフトウェア設計工程における設計項目	0.319	無
12	モジュール単体テストでの試験内容	0.305	無
13	V 字モデルの左側工程	0.371	無
14	V 字モデルにおけるテスト工程の進行手順	0.182	無
15	V 字モデルにおけるテストの実施内容	0.038	有
	合計	0.159	無

とは言えないものの、本ツールを使用したグループのほうがツールを使用しなかったグループに比べて理解度が高いことが示唆される。この PBL 試行で A 群と B 群の間で顕著に理解度の差がでなかったのは、各群の人数が少ないこと、および学習者らのグループ分けの際のプレースメントテストでは判断できなかった実力差のムラによる影響などが考えられる。

6. ま と め

組み込みシステム開発の協調型 PBL を対象としたポストモルテム支援ツールの実装および学習効果の検証を行った。これまでの研究を通じ、ポストモルテムに必要な機能として、予定スケジュールと進捗を比較する機能、および、構成管理分析機能が抽出されていた。本稿では、これらの機能を実際にツールに具現化する手法および提示形態を提案した。具体的には、学習者の活動内容を提案ツール側で自動分類する手法を提案し、分類された活動内容の記録と累積活動時間の関係のグラフをポストモルテムの際に学習者に提示することで、より効果的なふり返し支援の実現を図った。また、さらに有用な活動記録分析情報を提供するために、活動内容分析グラフに予定スケジュールやアップロードされた成果物ファイル・

フォルダ総数等推移グラフを重ね合わせる表示形態も提案した。

これらをツールとして実装し、PBL を試行した後にアンケート調査および理解度テストを実施して、有用性を評価した。アンケート調査による本ツールの有用性の評価では、すべての学習者が本システムの利用はポストモルテムを行ううえで有用と回答した。学習効果の差異を検証は、学習者らをツール使用した A 群とツール不使用の B 群に分けて評価用 PBL を試行した後に、理解度テストを実施した。有意水準 $\alpha = 0.055$ として t 検定 (片側検定) を行った結果、15 問ある理解度テスト問題のうち 3 項目において A 群と B 群の学習者の採点結果平均に有意差が認められた。

これらの結果から、提案したツールは、使い勝手が良く、利用により PBL の学習効果を向上させることができると示唆された。ツールのユーザビリティの更なる向上と、より大規模な学習者群を対象とした学習効果の評価が今後の課題である。

参 考 文 献

- 1) 井上明: PBL 情報教育の学習効果の検証, 情報処理学会情報システムと社会環境研究報告 vol.25, pp.123-130 (2007).
- 2) 角 征典: アジャイルレトロスペクティブズ 強いチームを育てる「ふりかえり」の手引き, オーム社 (2007).
- 3) 岩崎友則, 湯川高志: コミュニケーション支援ツールを用いた協調型 PBL, 日本産業教育学会第 25 回情報分科会, pp.1-4 (2010).
- 4) 石田佳亮, 湯川高志, 高橋弘毅, 福村好美: 履歴再生機能を備えたオンラインホワイトボード・チャット連携システム, 情報処理学会研究報告 Vol.2010-CLE-1, No.10 (2010).
- 5) 西垣裕仁, 湯川高志: プロジェクトベース学習におけるポストモルテム支援ツールに関する提案, 日本教育工学会第 26 回全国大会, pp.331-332 (2010).
- 6) Yuji Nishigaki, Yukawa Takashi: Proposal of Postmortem Support Tools for Use in Project-based Learning, SITE Conference 2011 (2011).
- 7) 小尻智子, 香山瑞恵, 田村恭久, 原潔, 伊東幸宏: CSCL と支援技術, 教育システム情報学会誌, Vol.23, No.4, pp.209-221 (2006).
- 8) 高田広章: 組み込みシステム開発技術の現状と展望, 情報処理学会論文誌, vol.42, pp.930-938 (2001).
- 9) NICO 財団法人にいがた産業創造機構: 高度 IT 人材育成研修, <http://www.nico.or.jp/>