

# PBL を対象としたインフォーマルラーニング環境の構築

安永航<sup>†1</sup> 大場みち子<sup>†2</sup> 奥野拓<sup>†2</sup> 伊藤恵<sup>†2</sup> 山口琢<sup>†1</sup>

近年、工業系大学では産業界が求める実践的な ICT 人材育成が急務になっている。そこで、学生がプロジェクトを組み、ソフトウェア開発の全工程を体験する PBL の実施が ICT 人材育成に対して効果を上げている。この PBL に参加する学生の多くがソフトウェア開発を初めて行なうことが多い。そのため、ソフトウェア開発の経験が少ない学生は成果物作成と並行して様々な教育コンテンツを利用し、学習している。しかし、この学習は成果物を作成するための部分的な学習に留まりソフトウェア開発の全工程を把握することは困難であり、教育者が学習過程から指導することは難しいという問題がある。そこで、本論文は学生がソフトウェア開発の全工程を把握ができ、また、教育者が学習過程から指導出来る学習環境の提案し、実験により有効性を評価する。

## Construction of Informal Learning for PBL

Wataru Yasunaga<sup>†1</sup> Michiko Oba<sup>†2</sup> Taku Okuno<sup>†2</sup> Kei Ito<sup>†2</sup>  
Taku Yamaguchi<sup>†1</sup>

Industry expects engineering graduates with highly practically skilled in ICT. Therefore the software development by a project unit called PBL attracts attention. Many of participants have not performed software development. So they have developed the software while learning. However, this learning cannot understand all the processes of software development, and teachers cannot instruct students. In this paper, we propose a learning environment to support for students understand all processes of software development, and teachers instruct students.

### 1. はじめに

近年、工学系の大学では産業界が求める実践的な ICT(Information and Communication Technology)人材育成が急務になっている。この問題に対し、プロジェクトを組み、ソフトウェア開発の全工程を体験する PBL(Project based Learning)の実施が ICT 人材育成に対して効果を上げている [1]。しかし、ソフトウェア開発 PBL(以下 PBL と略す)を実施する上で UML(Unified Modeling Language)などの前提知識を持たない学生は履修の継続が難しく、履修を断念する学生も少なくない [2]。そのため、前提知識を養う講義だけでなく、不足する知識を補うための反復学習や自習環境などの学習支援がである。しかし、現在、自由に学習できる PBL 向けの教材は公開されていない [3]。

PBL に参加する学生は講義や演習を通じてソフトウェア開発の知識を獲得しているが実際のソフトウェア開発の経験が浅いため知識が不足していることが多い。そこで講義資料や Web コンテンツなど様々な教育コンテンツを利用して反復学習や自習をしている。しかし、この学習は成果物を作成するための部分的な学習に留まっており、ソフトウェア開発の全工程を把握できていない。そのため、設計工程の成果物が試験工程の入力となるなど工程間での対応関係まで学習できていない。また、どのような反復学習や自習をしているかを教員が把握できないため指導が困難である。そこで、PBL を進めていく中で学生の学習状況や開

発プロセスを分析し、PBL を対象とした学習環境を提供する必要があると考えられる。

我々はこれまで高度 ICT 人材育成のためのドキュメンテーション基盤の構築を目的に再利用性の高い講義資料作成手法や講義資料を再利用した反復学習コンテンツ作成などを提案、検証してきた [4][5]。これらの研究は PBL を進めていく上で必要な前提知識を獲得するための教育コンテンツ作成を対象としていた。本論文では PBL での利用を対象とした反復学習や自習が可能な学習環境の構築することで ICT 人材育成のための総合的なドキュメンテーション基盤の構築を目指す。

本論文では第 2 章に PBL を実施する高等教育機関でカリキュラムが異なっているため本論文の対象とする PBL について述べる。第 3 章では講義などの前提知識獲得を目的とした学習と不足する知識を自主的に学習する学習形態に分類し、教育コンテンツの問題点を分析する。その分析より、現状の PBL を進めていく上での学習状況の課題も分析する。第 4 章では現状の PBL を進めていくプロセスに対して分析する。第 5 章では第 3 章と第 4 章の課題からアプローチを提案する。第 6 章では実験と考察について述べる。

### 2. 研究対象 PBL について

本章では本論文の対象とする PBL について述べる。本論文ではプロジェクトリーダーを中心に開発のスケジュールや作成する成果物を話し合っ決定していき、ソフトウェア開発の全工程を実施する PBL を研究対象とする。教員や外部講師、TA(Teaching Assistant)として参加している

<sup>†1</sup> 公立はこだて未来大学大学院  
Graduate School of Future University Hakodate  
<sup>†2</sup> 公立はこだて未来大学  
Future University Hakodate

上級生はプロジェクトメンバーに対し、レビューやプロジェクト管理等に対するアドバイスを実施したり、相談に乗ったりして学生を支援する。しかし、教育的視点からソフトウェア開発に関して明確な指示はしない。

本論文の分析対象は公立はこだて未来大学の実践型教育を実施する高度 ICT コース教員が指導する本年度の PBL プロジェクトとする。本プロジェクトは学部 3 年生 15 名のメンバーから構成され、本年度前期は 3 チームに分かれて教員を想定顧客とした模擬開発を実施した。この模擬開発の実施プロセスから PBL での学習状況を分析していく。

### 3. PBL を進めて行く上での学習状況の分析

本章では PBL を受講する学生がどのような学習をしてプロジェクトを進めているのか、また利用される教育コンテンツについて分析する。

本論文ではソフトウェア開発に重要とされる UML などの前提知識を獲得するための学習形態をフォーマルラーニング、不足する知識を自ら学習していく学習形態をインフォーマルラーニングと定義する。それぞれ詳細を 3.1 節と 3.2 節で述べる。つぎに PBL におけるフォーマル/インフォーマルラーニングのコンテンツの関係と PBL での学習状況を分析する。

#### 3.1 フォーマルラーニング

フォーマルラーニングは一般的に企業における教育担当部署の主催するセミナーなどに学習者が受講していく形式の学びとされている[6]。この学習形態では教育担当部署やセミナー主催者が学習者に学習させたい知識をコントロールしながら習得させることが可能である。

本論文では教員が講義計画を立て、それを基に実施する講義や演習などを学生が受講していく学習形態をフォーマルラーニングと定義する。教員はソフトウェア開発で重要とされる UML などの前提知識をフォーマルラーニングで学生に習得させている。フォーマルラーニングで利用される教育コンテンツは講義を担当する教員毎が作成した講義資料と教科書がある。

#### 3.2 インフォーマルラーニング

インフォーマルラーニングは学習者が課題に直面した際、必要とされる知識を自ら学習する学習形態である。一般的にインフォーマルラーニングは広義に解釈されることが多く、フォーマルラーニング以外の学習をインフォーマルラーニングとすることもある[6]。これまで、フォーマルラーニングは受け身な学習と言われていたことに対し、インフォーマルラーニングは主体性の高い学習とされている。

本論文でのインフォーマルラーニングは PBL を進めて

行く上で不足する知識がある場合に学生が自主的に行なう学習と定義する。インフォーマルラーニングで利用されるコンテンツは講義資料や Web コンテンツ、書籍など学生によって異なっている。

PBL は教員の指導のもと実施される学習形態のため、フォーマルラーニングに属する。一方で、PBL に参加する学生はソフトウェア開発の経験が浅いため課題に直面することが多く、不足する知識を獲得するためインフォーマルラーニングを行なう機会が多い。本論文ではインフォーマルラーニングを研究対象とする。

### 3.3 フォーマル/インフォーマルラーニングのコンテンツの関係

図 1 に PBL で利用されるフォーマル/インフォーマルラーニングコンテンツの関係を示す。

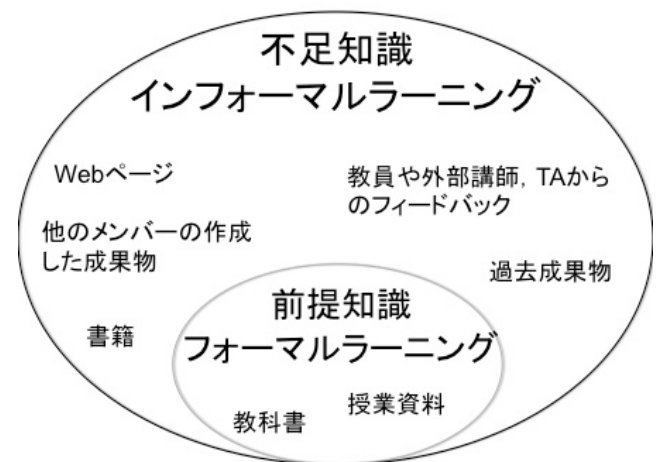


図 1. フォーマル/インフォーマルラーニングのコンテンツの関係

Figure 1 Relation of formal and informal learning contents

それぞれの教育コンテンツの関係は互いに独立しているのではなくインフォーマルラーニングがフォーマルラーニングの教育コンテンツを包括している関係にある。これはフォーマルラーニングコンテンツである講義資料や教科書をインフォーマルラーニングに用いることが出来るためである。しかし、インフォーマルラーニングにおけるフォーマルラーニングコンテンツ利用には次のような 2 つの問題がある。

#### (1) 欲しい情報を見つけにくい

講義資料を利用したインフォーマルラーニングでは学生が複数ある科目の中から必要とする情報が掲載された講義資料を探し出す必要がある。同様に教科書や参考書など膨大な書籍の中から必要な知識を効率的に探し出すことが難しい。

## (2) 概要の説明や実例不足

フォーモラルラーニングでは教員が口頭で補足説明をするため講義資料は概要やエッセンスに留まるケースが多い。PBLを進めて行く上で、学生の求める情報の多くがUMLを記述するための方法論など実践的な知識である。そのため、フォーモラルラーニングコンテンツでは情報量や実例が不足しがちである。

この2点の問題点から多くの学生がインフォーマルラーニングを行なう際、キーワードで求める情報を容易に検索可能で実例や解説が豊富なWebコンテンツを利用している。しかし、Webを用いた学習には、デメリットが2点挙げられる。

### (1) 必要な情報をWebから検索する能力が必要とされる

Web検索を用いることで容易にキーワードを含む情報を得ることが出来るが膨大な情報量の中から有益な情報を得るには検索能力を必要とされる。この検索能力とは欲しい情報を検索結果として取り出すためのキーワードの策定や複数サイトから情報を収集し、有益な情報を選び出すことが必要とされる能力のことである。検索能力の低い学生はWebコンテンツで取り上げられた例の解釈を誤り、十分な品質の成果物を作成できていない。

また、前提知識をWeb検索の入力であるキーワードにしているため、前提知識に含まれていない成果物はWebを用いた学習の入力にならないため作成されにくい。そのため、十分な設計が行なわれず一部の仕様が曖昧なまま実装工程には入り、実装と並行して仕様を確定していくことがある。

### (2) 系統的かつ効果的な学習が出来ない

Webを用いた学習は検索キーワード含む情報を収集する点に優れているが、そのキーワードに関連する情報やソフトウェア開発の全体像の中での位置づけまで得ることは容易ではない。ソフトウェア開発は提案や設計、実装、試験などの工程に分かれている。これらの工程は独立した関係ではなく、設計工程での成果物が試験工程の入力となるなど対応関係がある。また、成果物間でも工程と同様に入出力の関係があり、それぞれが独立して完結するものではない。しかし、Webを用いた学習では、前述した検索キーワードの関連やソフトウェア開発の全体像の中での位置づけを把握することが困難なためキーワード単位の局所的な学習になっている。

## 4. PBLのプロセスに対する分析

本章では分析対象プロジェクトが模擬開発を進めてい

ったプロセスについて分析する。つぎに、その分析から従来研究でのアプローチが有効かを検討する。

### 4.1 PBLを進めていったプロセスの分析

まず、模擬開発では前提知識に基づくプロジェクト計画を立てた。つぎに、作成する成果物に対して不足する知識を授業資料やWebコンテンツなどを利用して学習し、成果物を作成していく。作成した成果物を教員や外部講師、TAがレビューをして、その指摘を受けて再度学習し、修正、レビューを繰り返して成果物の完成を目指している。

レビューした結果、成果物が完成した後、次の作成する成果物も同様に学習をして作成、レビュー、再度学習した後、修正を繰り返してプロジェクトを進めている。

以上のことから、プロジェクトを進めていく上で課題は2点挙げられる。

第1に成果物を作成するため学習が成果物単位に留まっており、成果物間の関連やソフトウェア開発の全工程を把握することができていない。また、前提知識に含まれていない成果物は作成されにくい。模擬開発では前提知識として獲得しきれなかった内部設計が十分に行なわれず実装工程に取りかかっていた。そのため、実装と並行してデータベースの設計をメンバー内で話し合い決定していた。

第2にソフトウェア開発を進めて行く上で、教員や外部講師、TAから学生への指導が困難である。学生がどのようなインフォーマルラーニングを行なっているかわからないため第1版の成果物レビューの際に初めて指導する状況にある。学生の検索能力が低いため、第1版の成果物は品質のあまり高い状況にない。そのため、第2版を作成する際、レビューを基に成果物の修正をする前に再度学習する必要があり、提案と設計工程が見積りより大幅に遅延が生じた。

### 4.2 従来研究

本節ではこれまで挙げた課題に対し、製造業や自治体業務を対象として熟練者の知識を新人に伝承する研究からPBLに有効なアプローチを分析する[7]。この研究では設計業務や事務業務などのプロセスをワークフローで記述し、そこへマニュアルなどのドキュメントを関連づけ管理する方式をとっている。この方式をPBLにおけるインフォーマルラーニングに適応する場合のメリットとしては3点挙げられる。

第1に膨大な資料の中から情報を検索する必要がない。そのため、学習者はWebを利用する際に必要とされる検索能力やフォーモラルラーニングコンテンツから求める情報を発見できないという課題を解決できる。そのため、指導者が教育したことを新人に学ばせることができる。

第2にワークフローで業務プロセスが記述され必要なドキュメントが関連付けられているため学習者は次に何を

実施するべきかわかる。また、残りの業務に何があるのかを把握することも容易になる。そのため、PBLを進めていく上で成果物単位での学習に陥りやすく全体像の把握が困難である課題に対して今後作成する成果物を学生に理解させることができるので有効であると考えられる。

第3に指導者が学習者の困難に感じている部分への指導が容易になるメリットがある。インフォーマルラーニングでは学習者がどのような学習をしてどういったことにつまずいているのかを把握できない。従来研究ではアクティビティ毎に教育コンテンツを提示し、学習をさせており、学習者がつまづいている部分の指導が容易になる。

しかし、ワークフローで記述されたプロセスに対応してアクティビティ毎に作成すべきドキュメントを関連づけて管理に対応するためには膨大な教育コンテンツを作成する必要がある。現在、PBLで利用できるオープンな教材は作成されておらず、PBLを実施する高等教育機関毎に教育コンテンツを作成しなければならない。プロジェクト毎に作成する成果物が異なっている上、PBLでのソフトウェア開発モデルもウォーターフォール型と一意に定義できない。そのため、アクティビティ毎に必要な教育コンテンツを作成する必要があり、ソフトウェア開発モデル毎のワークフローを作成しなければならない。以上より、関連研究をPBLにそのまま適用することは難しい。

## 5. 提案アプローチ

本章では第3章と第4章でまとめた課題に対して解決アプローチを提案する。

### 5.1 提案方式

これまでPBLを進めていく上での学習とプロジェクトを進めていくプロセスについて分析し、従来研究の課題について述べてきた。これらからわかる課題に対し、本節では本論文の提案方式を述べる。まず、成果物毎に学習に留まっているため、成果物間の関連やソフトウェア開発の全体像が把握できない、また、前提知識に含まれていない成果物は作成しきれにくいという課題に対し、ソフトウェア開発の全体像の可視化した学習環境を提案する。つぎに、インフォーマルラーニングを行なう学習を指導できないという課題を解決するための提案をする。

#### (1) ソフトウェア開発の全体像の可視化

4.1節で述べた従来研究が取り組んだワークフローでのドキュメント管理はインフォーマルラーニングに有効であると考えられるが、PBLに適用するには教育コンテンツ作成コストに問題がある。そこで、講義資料を再利用した木構造での成果物単位の教育コンテンツを提示する学習環境を提案する。図3は、本論文の提案する木構造の例である。

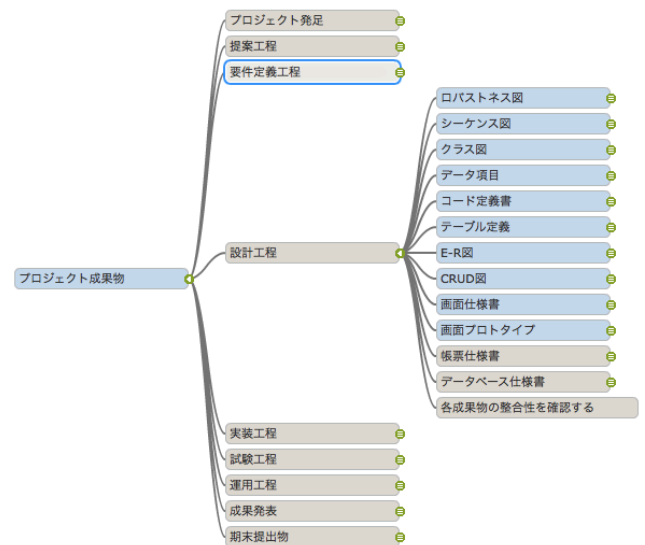


図3. 木構造での教育コンテンツ提示

Figure 3 Educational contents presentation by a tree structure

図3の例ではプロジェクト成果物という根に対して提案工程、要件定義工程、設計工程、実装工程、試験工程を子に持つ木構造で構成されている。さらに、提案工程の下にはプロジェクト計画書、システム提案書、ステークホルダーリストなどの成果物に対する教育コンテンツが管理してある。

この木構造は枝の追加や削除などの変更が可能のため、各工程で教員が作成すべきであると考えられる成果物の教育コンテンツで構成することが出来る。そのため、プロジェクト毎に作成する成果物が異なる場合でも対応が可能である。また、プロジェクトで作成する成果物が不十分だと判断した際に木構造に教育コンテンツを追加することで学生の前提知識に含まれていない成果物を作成させることができる。

この学習環境で利用される教育コンテンツはこれまで我々が取り組んできた再利用の高い教育コンテンツを利用することで、作成コストの軽減を図る[8]。図4に教育コンテンツ再利用の概要を示す。

教育コンテンツをトピックという情報の最小限の単位で作成・管理する。このトピックをコンテキストに依存しない粒度で管理しており、マップという構成定義で組み合わせアウトプットを構成する。本提案の木構造では成果物に関係するトピックを管理しており、授業資料から再利用することで作成コストを抑えることが出来る。

しかし、講義資料を再利用するには第3章で述べた概念レベルでの説明や実例が不足しているという教育コンテンツの問題がある。そこで、不足した説明や実例に対してWebを用いた学習をさせて本提案する学習環境へ再度、誘導することを提案する。これはWebを用いた学習は局所的な学習に陥ることが多いため、本学習環境へ再度誘導する



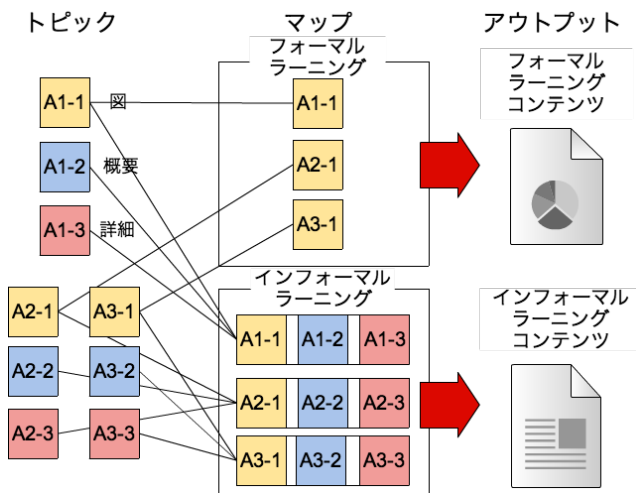


図4. 教育コンテンツの再利用方式

Figure 4 The reusable method of educational contents

ことで学生が閲覧している Web コンテンツの内容がソフトウェア開発のどの工程で、どういった成果物と関係があるのかを再確認させるためである。

以上のように、各工程にどのような成果物があり、その成果物に対する教育コンテンツを管理することでソフトウェア開発の全体像を可視化する学習環境を構築する。

## (2) インフォーマルラーニングにおける指導

インフォーマルラーニングを行なう際、学生への指導が困難であるという課題に対してそれぞれの成果物へ学習の過程から指導していくことを提案する。本論文の利用する教育コンテンツには学生からコメントを残すことを可能にしている。学生は成果物に対して学習した内容をコメントしていく。このコメントが成果物に対して誤った解釈をしていた場合に指摘や学習を深めるためのアドバイスを教員やTAが行なうことで学習過程から指導が可能になる。

## 5.2 提案方式の実現方式

本節では 5.1 節で述べた提案方式を導入した学習環境の実現方式の詳細を述べる。

本論文が木構造で教育コンテンツを提示する学習環境としてオープンな CMS(Content Management System)である Drupal を利用する[9]。Drupal は PHP で記述されたモジュラー式のフレームワークであり、用途に応じたカスタマイズができる拡張性の高さに特徴がある。本研究が提案する木構造での教育コンテンツ提供のために Graphmind モジュールを利用する[10]。学生はこの学習環境を利用して木構造で提示された教育コンテンツを基に学習していく。

また、Web を用いた学習から本提案の学習環境へ誘導する方法として Google Chrome の拡張機能を利用する。閲覧中の Web ページのタグをサーバーへ送り、提案学習環境の RSS(RDF Site Summary)[1]内のキーワードが一致した場合、

学習環境内の教育コンテンツを Google Chrome 上から推薦する。この RSS のキーワードは、教育コンテンツ作成時に付加することが可能になっている。

## 6. 実験と考察

本章では本論文の提案するソフトウェア開発の全体像把握と学習過程から指導が PBL において有効であるかを実験、考察する。

### 6.1 実験方法

実験の方法は、まず、本論文での提案学習環境を利用せず第 2 章で述べたプロジェクトを対象に WBS (Work Breakdown Structure)[12]を作成させ、その後、提案学習環境を利用して WBS を作成させた。

WBS を作成させる理由としてソフトウェア開発の計画段階からどのような成果物を作成していくかを決定する必要があるため、ソフトウェア開発の全体像把握が検証可能と考えたからである。

また、被験者の利用するノートパソコン内の Google Chrome へ拡張機能をインストールして Web コンテンツ閲覧中に拡張機能の利用も依頼した。

提案学習環境を利用する前に被験者へ実験の依頼内容と提案学習環境のマニュアルを配布した。実験の依頼内容は次の 4 点である。

- 1 WBS を作成する際、提案学習環境の木構造で提供する教育コンテンツを基に成果物に関して学習をすること。ただし、提案学習環境で提供する教育コンテンツだけで理解できない場合、Web 検索や書籍を利用して学習を深めること。
- 2 1 で学習した結果を成果物に関する教育コンテンツへコメントを残すこと
- 3 残したコメントに対して TA が返信するので確認すること
- 4 Web コンテンツで学習していく際、Google Chrome の拡張機能を利用すること

依頼内容 1 は提案学習環境で提供する木構造での教育コンテンツ利用を促すためである。

依頼内容 2 は学習の結果を残すコメントことで学習過程から指導を可能にするためである。またコメントを残すよう促すことを目的とした図 5 の資料を被験者に提示した。

図 5 で示すように学習の過程に残すコメントはどういった成果物であるか、なぜ必要なのかを記述するよう依頼した。これは WBS を作成する際に成果物に対する学習を深めることを意図している。

依頼内容 3 で被験者の残したコメントに対して TA が返信する理由としてプロジェクトを進めていく上で指導者の中で最も学生と交流があり、被験者がコメントをしやすい状況を作るためである。

依頼内容 4 は Google Chrome の拡張機能を利用すること

### 学生がシーケンス図の学習を行なった場合のコメント例

- ・シーケンス図を用いるメリットとして、各メソッドの処理内容(入出力など)と時系列に記述して行くことでシステムの振る舞いを決定することが出来る。そのため仕様決定を行なう際に必要不可欠な成果物と考え、今回のプロジェクトでは作成対象とする。(コメントした学生の氏名)

### コメントに残してほしいこと

- ・どういった成果物なのか、なぜ必要なのか、だれがコメントを行なったかをコメントしてください

Copyright(c) Yasunaga Wataru All Right Reserved.

16

図 5. 実験依頼資料の例

Figure 5 For example, request data for experiment

で提案学習環境へ誘導することを目的としている。

また、実験に対して WBS 作成に明確な期間を今回は設けず、被験者が完成したと TA へレビューを依頼した第 1 版をそれぞれ比較対象とする。これは PBL を行なっている被験者がプロジェクト以外の講義やアルバイト、夏期休講などの外的要因の影響を極力考慮しないためである。

## 6.2 評価方法

提案した木構造での教育コンテンツ提示と学習の過程からの指導に対して、提案学習環境の利用前後での WBS に対して TA が行なった指摘の中から成果物に関する指摘を比較する。WBS に対する指摘を次の 3 つに分類する。

第 1 に作成する成果物が不足していることに関する指摘とする。提案学習環境の利用前に作成した WBS でこの指摘が行なわれた場合、被験者の前提知識が不足していることが判明する。そして、提案学習環境の利用後に同様の指摘が行なわれた場合、木構造で教育コンテンツを提供することで前提知識に含まれていない成果物が作成される仮説が誤っていることが判明するためである。

第 2 に成果物に対して学習が不十分であった指摘とする。提案学習環境の利用前後で作成した WBS に共通する指摘が行なわれた場合、学習過程からの指導が有効でないことが判明するためである。

第 3 に成果物間の関連に関する指摘とする。提案学習環境の利用前後で作成した WBS に共通する指摘が行なわれた場合、木構造での教育コンテンツ提示では成果物間の関連を学習できないことが判明するためである。

また、TA の指摘から評価する理由として、PBL を行なう際に被験者と交流頻度が高く、本提案を指導者の中で最も利用すると考えたからである。

Google Chrome の拡張機能を用いた提案学習環境への再誘導を被験者が提案学習環境を訪問した参照先のアクセス

を解析し、分析する。

## 6.3 実験結果

本節では、WBS 作成に対する TA が行なった指摘中から成果物に関する指摘をシステムの利用前後で比較を行なう。

提案学習環境を利用する前に作成した WBS の指摘は 10 件あり、成果物に対する指摘はつぎの 4 点である。

- 1 要件定義書を何を盛り込むかをもう一段掘り下げて記述する
- 2 実装の中身をデータベースの構築なのか、内部処理なのか、画面作成なのかをきちんと書く
- 3 画面遷移図と UC 記述の作成順番を考え直すべき
- 4 クラス図やシーケンス図の input/output 関係を明確し、作成の順番を再考するべき

成果物が不足している指摘は 0 件であった。成果物に対して学習が不十分であった指摘は 1 と 2 の 2 件が挙げられた。成果物間の関連に関する指摘は 3 と 4 の 2 件が挙げられた。

提案学習環境を利用後の WBS に対する指摘は 6 件あり、そのうち成果物に対する指摘は以下の 1 点が挙げられた。

- 1 システム提案書作成の前にやることのあるのでは(システム概要や機能一覧はどこから出てくるかを考えてみてください)

成果物が不足している指摘は 0 件であった。成果物に対して学習が不十分であった指摘は 0 件であった。成果物間の関連に関する指摘は 1 の 1 件が挙げられた。

提案学習環境を利用することで WBS 作成時の成果物に関する指摘件数は今回の実験で減少することが判明した。

アクセス解析の結果、Web コンテンツを閲覧しているページから Google Chrome の拡張機能を利用して提案学習環境へ訪問する被験者はいなかった。これは、提案学習環境を基点とした学習をしており、成果物に対する学習成果を閲覧中の Web ページからではなく直接、提案学習環境へ戻ってきていたためである。

## 6.4 考察

6.3 節の実験結果に対し、提案した木構造での教育コンテンツの提示と学習過程からの指導、提案学習環境への再誘導が有効であったかを考察する。

提案学習環境を利用前後で指摘の多くが WBS 作成に関するものであり成果物に関する指摘はほとんど得られなかった。これは被験者が WBS 作成に関して十分な知識を得ていなかったからだと考えられる。今後、WBS 作成に関するマニュアルを実験前に配布することで解決が可能である。

提案学習環境の利用前後で成果物が不足している指摘は共に 0 件であった。これは、WBS を作成した被験者が模擬開発を通じて必要最低限の作成するべき成果物を理解していたからだと考えられる。しかし、提案学習環境を利用

前後で作成された WBS では作成する成果物が異なり、CRUD 図やコード定義書が追加されていた。ヒアリングを行なってみると提案学習環境の利用後に追加された成果物は前提知識に含まれていない物であり提案学習環境がきっかけになったことが判明した。

提案学習環境を利用前後で成果物に関する学習が不十分であった指摘は減少した。これは学習過程から指導を行なうことが有効であったからだと考えられる。しかし、被験者が成果物に対する学習成果として残したコメントの一部に実験前提示した資料で依頼内容と異なるコメントや教育コンテンツに対する要望があった。この要望に対するヒアリングを行なった結果、実験のため学習していたことが判明した。そのため、提案学習環境はインフォーマルラーニング環境でありながら、一部の被験者には依頼内容された学びとなり、自主的な学習ではなく、モチベーションも高くなかった。

提案学習環境を利用前後で成果物間の関連に関する指摘は異なるものが挙げられた。分析のため提案学習環境をどのように利用していたかをヒアリングを行なった。その結果 WBS 作成時、木構造で提供した教育コンテンツをプロジェクト内で分担し、学習していた。この理由として、提供した教育コンテンツが 20 を越えており、別の被験者が残したコメントを見ることで学習可能と考えていたからである。しかし、一部の被験者が低いモチベーションでコメントを残していたため、担当を割り振って学習を行っていたが他の被験者が学びを得られず、成果物間の関連を学ぶまでに至らないことがあると判明した。このことから、提案方式の有効性を検証するには実験と称して被験者へ利用を促すのではなく TA とのコミュニケーションの場として利用させるなど被験者が高いモチベーションで利用できる環境として継続的利用を観察する必要があると考える。

提案学習環境を利用した WBS 作成時のミーティングを観察した際、学習した成果物に関して積極的に発言を行なう被験者がいた。これは、提案学習環境の利用前には見られない行為であった。

アクセス解析の結果、提案学習環境への誘導は WBS 作成時には有効性を検証することはできなかった。今後、誘導する学習環境が複数ある場合や後期での本開発実施での教員や TA が指導する際に用いた場合などから学習環境への誘導が有効であるかを検証する必要がある。

## 7. おわりに

本論文はソフトウェア開発 PBL を進めていく上で開発プロセスの全体像が把握できない課題に対し、木構造で教育コンテンツを提示する学習環境と閲覧中の Web コンテンツと関連する教育コンテンツの推薦を提案し、構築した。また、インフォーマルラーニングは指導が困難である課題

に対し、学生が学習過程を教育コンテンツに残すことで教員や TA が指導することを提案した。実験の結果、WBS の指摘件数の減少と前提知識に含まれていない成果物の学習に効果があった。しかし、提案学習環境を利用した学生がインフォーマルラーニングではなくやらされる学習と感じていたため十分な検証を行なうことが出来なかった。今後、学生のモチベーションを高く維持しつつ利用できるような環境を検討し直し、ルーブリックを用いたパフォーマンス評価から長期利用を観察することで有効性の検証を行っていく [11][12]。

**謝辞** 本論文は科研費(23591158)の助成を受けたものである。

## 参考文献

- 1) 井上明: PBL 情報教育の学習効果の検証, 情報処理学会研究報告(IS), 2007-IS-99, pp.123-130, 2007.
- 2) 松浦佐江子: 実践的ソフトウェア開発実習によるソフトウェア工学教育, 情報処理学会論文誌 48(8), pp.2578-2595, 2007-08-15.
- 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(Project Based Learning)型実施におけるノウハウ集(2011年7月改定案)』.
- 4) 安永航, 大場みち子, 山口琢: 再利用性を高める教材共有環境の構築, 第 74 回情報処理学会全国大会講演論文集, (2012)
- 5) 安永航, 大場みち子, 山口琢: ICT 人材育成におけるドキュメンテーション方式, 電気学会電子・情報・システム部門大会(2012)
- 6) 寺田佳子: 人材育成の新たな可能性 “インフォーマルラーニング”の基礎と実践, e-Learning Conference 2010 Winter, 2010-12-6.
- 7) 安藤英幸, 大和裕幸, 伊藤康太郎, 内藤紀彦, 稗方和夫, 中澤崇: ワークフローの作成と共有ソフトウェアによる設計知識獲得手法に関する研究, 日本機械学会第 15 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, pp.324-325, 2005.
- 8) 安永航, 大場みち子, 奥野拓, 伊藤恵, 山口琢, 高橋慈子, 関根哲也: DITA を用いた教育コンテンツ管理手法の検討, 情報処理学会研究報告(DD), 2013-DD-88(7), pp.1-7, 2013-01-11
- 9) Drupal – Open Source CMS | drupal.org, <http://drupal.org/>, Drupal, 2013 年 9 月
- 10) Graphmind – Open Source CMS | drupal.org, <https://drupal.org/node/1175392>, Drupal, 2013 年 9 月
- 11) RDF Site Summary 1.0, <http://web.resource.org/rss/1.0/>, 2013 年 9 月
- 12) 岡村正司(2009): プロジェクトコスト見積入門: ファンクション・ポイント, COCOMO II, WBS によるソフトウェア開発コストの導き方, 日経 BP 社
- 13) 高浦勝義(2004), 武馬久仁裕: 絶対評価とルーブリックの理論と実際, 黎明書房
- 14) ダイアン・ハート著, 田中耕治訳(2012): パフォーマンス評価入門, ミネルヴァ書房