学習習熟度を用いた PBL 向け自主学習支援システムの構築

花田洋貴[†1]　大場みち子[†2]

概要：近年，実践的な ICT 人材の育成に PBL(Project Based Learning)を実施する高等教育機関が増えている．PBL における自主学習は効率的におこなえていない．これは，学生が，自身の学習習熟度に適した学習資料をタイムリーに選択できていないことが理由である．本研究では，PBL における自主学習の効率化を目指す．目的を達成するために学習習熟度を考慮した学習コンテンツの推薦・提示システムを提案する．実験によって提案システムの有用性を評価する．

キーワード：PBL，自主学習，学習習熟度，推薦，統計分析

Development of A Self Learning Assistant System Considering Learning Level for PBL

HIROTAKA HANADA[†1]　MICHIKO OBA[†2]

Abstract: Recently, higher education institutions bring up ICT human resources using PBL (Project Based Learning). Self learning is not efficient because students can't determine accurate information timely. Our purpose is to be efficient of knowledge acquisition by self learning in PBL. In order to achieve the purpose, we propose a recommendation system of learning contents based on the learning level of each student. We show the effectiveness of the proposed system by experiments.

Keywords: PBL，self learning，learning level，recommendation，Statistical analysis

1. はじめに

近年，情報系の高等教育機関において実践的な ICT 人材の育成にシステム開発型 PBL(Project Based Learning, 以下，システム開発型の PBL を単に PBL と記す)が実施されている[1]. 座学の講義で得た知識のみで PBL を実施することは難しい．学生は，不足する知識を PBL 実施前や実施中の必要なタイミングで自主学習によって補っている．自主学習の際に，学生は Web ページや講義資料，書籍等(以下，これらを総称して学習コンテンツと記す)をもとに学習をしている．しかし，学習コンテンツが膨大で，自身にあった学習資料を見つけることには多くの時間を要する．その結果，効率的な自主学習ができていない．特に，専門知識の有無といった学生の学習習熟度によって適切な学習コンテンツが異なり，学生が自身の学習に適した資料をタイムリーに選択できないという問題がある．この問題の解決を目指し，本研究の目的を PBL における自主学習の効率化とする．目的を達成するために，学習習熟度の違いを考慮した自主学習支援システムを構築し，実験をもとに有用性を検証する．

本論文ではまず，筆者らが提案した学習習熟度推定アルゴリズムについて述べる．次に，アルゴリズムを反映した自主学習支援システムについて説明する．その後，有用性検証のための，前述したシステムを利用した実験方法について述べる．最後に，実験結果とその考察，今後の研究方針について述べる．

2. 学習習熟度推定アルゴリズム

筆者らは，PBL における自主学習の効率化を目的に，閲覧中の Web ページ情報から学生の学習習熟度推定を行うアルゴリズムを提案している[2]．提案アルゴリズムでは，難易度の高い Web ページを閲覧していた際は学生の習熟度は高いと推定し，難易度が低いページを閲覧していた際は習熟度が低いと推定する．提案アルゴリズムの構成要素の 1 つである Web ページの難易度推定には情報専門学科カリキュラム標準である J07[3]を利用している．J07 には，各学年で学習するべき授業科目に，その科目でどのような IT 知識を学ぶ事ができるかが書かれたトピックというものが関連付けられている．J07 の，どの学年で学ぶべき授業科目なのかという情報とその科目のトピックを利用し，表 1 に示す 3 つの区分を策定している．現段階では推定された難易度 1-3 をそのまま学習習熟度とする．Web ページの難易度区分には，情報処理技術者試験のシラバス[4]を利用する方法も検討していた．しかし，学生の自主学習を支援するという目的に対して親和性の高い J07 を利用することとした. 学生が閲覧している Web ページが 3 つの区分のうちどれに該当するかを判定するために統計分析を用いる．当

†1 公立はこだて未来大学 大学院
Graduate School of Future University Hakodate
†2 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

©2016 Information Processing Society of Japan

初は重回帰分析を用いた判定手法を検討していたが，推定精度が高くないことが判明した．筆者らは，標本データの散らばりを考慮できる判別分析を用いることで推定精度が向上すると仮説を立てた．この仮説の検証を行うために予備実験を実施した．

表 1 Web ページの難易度区分

Table 1 Difficulty Level of Web Pages

習熟度	難易度区分	対応するトピック
1	情報系大学１年生が閲覧するレベル	１年次の科目
2	情報系大学２年生が閲覧するレベル	２年次の科目
3	情報系大学３年生以上が閲覧するレベル	３年次の科目

3. 予備実験

3.1 実験概要

まず，重回帰分析，判別分析において Web ページの難易度を推定するための計算式を導く標本データを用意した．標本データには Web ページ難易度 1，2，3 だと筆者らが判断した Web ページ各 10 ページ分(計 30 ページ)を用いた．分析手法ごとに導かれた計算式を用いて，標本データとは異なる実験データに対して難易度推定を実施した．推定された難易度区分と，筆者らが独自で判断した実験データの難易度区分とを比較し，どれだけ一致するかで精度を求めた．実験データは各難易度区分 5 ページ分(計 15 ページ)を用いた．

3.2 実験結果

実験結果を以下の表 2 に示す．重回帰分析を利用するよりも判別分析を利用した方が推薦制度を向上させることができたため，提案アルゴリズムでは判別分析を採用している．

表 2 予備実験結果

Table 2 Summary of The Preliminary Experiment

	重回帰分析	判別分析
難易度1	1/5ページ	4/5ページ
難易度2	5/5ページ	5/5ページ
難易度3	2/5ページ	3/5ページ

4. PBL 向け自主学習支援システム

本研究では学習習熟度推定アルゴリズムを取り込んで PBL 向け自主学習支援システム（以下、提案システム）を構築する。提案システムは，Web ページ難易度推定サブシステムと，コンテンツ推薦・提示サブシステムから構成する．本システムの構成を図 1 に示す．

Web ページ難易度推定部では，学生が閲覧している Web ページの文書と筆者らが定義した用語辞書，あらかじめ定義した Web ページ難易度区分をもとに，閲覧している Web ページの難易度を推定する．その後，提案アルゴリズムと同じく，推定された難易度をそのまま学生の学習習熟度として利用している．用語辞書とは，IT に関係する用語とその用語がどの程度の難易度かを MeCab[5]の用語辞書として定義したものである．用語の難易度は，情報系の大学に通う 1 年生が学習するレベル，2 年生が学習するレベル，3 年生以上が学習するレベルの 3 段階に分けている．Web ページ内にある文書の中で用語辞書内にある用語と一致するものを自動的に検索する．ページ内の全てを検索し終わると，ページ内に出現する各用語の難易度の割合を求めることができる．この各用語の難易度の割合をもとにページ全体の難易度を推定する．

推薦コンテンツ決定部では，判定した学生の学習習熟度と，学習コンテンツをもとにして推薦するべき学習コンテンツを決定している．本研究で推薦する学習コンテンツは，Web ページと，PBL に関係した講義スライドである．自主学習にふさわしいと筆者らが判断した講義スライドはあらかじめスライド 1 ページ単位に分割し，CMS 上で閲覧できる形にする．それぞれの学習コンテンツにメタデータを付与する．メタデータは整数の 1-3 の範囲とし，それぞれを Web ページ難易度区分の 1-3 に対応した形で定義する．これにより，判定された学習習熟度と等しいレベルのメタデータが付与されている学習コンテンツを推薦することができる．

推薦コンテンツ提示部では，推薦された学習コンテンツを提示する．学習コンテンツの提示方法については藤原らが提案した手法[6]を用いる．図 2 に，学習コンテンツ推薦時の Web ページ例を示す．閲覧している Web ページ中の IT 用語に関して学生に推薦すべき学習コンテンツがあった場合そのページへのリンクを表示できるようにする．

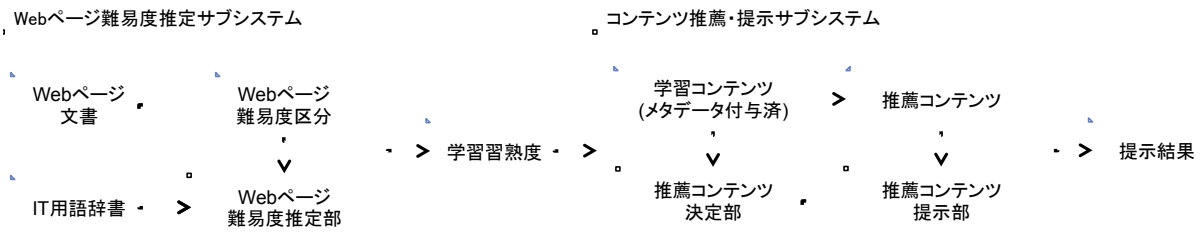

図 1 システム構成図

Figure.1 System Configuration Diagram

©2016 Information Processing Society of Japan

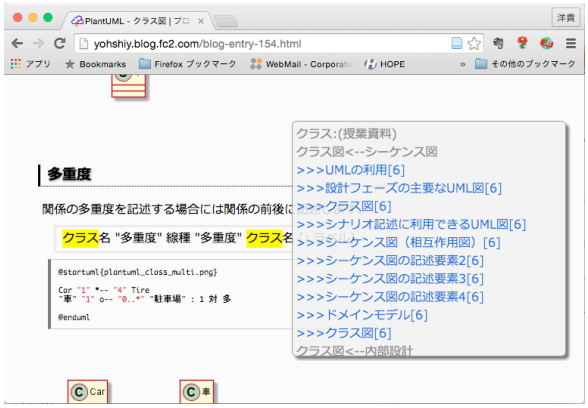

図 2 推薦時の Web ページ例

Figure 2 Example of the Recommended Web Page

5. 実験と結果の考察

提案システムを用いた実験をおこなうことで有用性を検証する．

5.1 実験概要

他の自主学習環境と比較し，提案システムを利用することで必要な情報に早く到達したか，自身の習熟度にあった情報が推薦されたかを評価する．比較に用いたシステムは，藤原らが構築した旧システム(通称 Lesson Reviewer)である．尚，この旧システムは提案システムとは Web ページの推薦方法のみが異なる．提案システムは学習習熟度をもとに推薦する Web ページを決定する．一方，旧システムでは学生が現在着手している開発工程やタスクを入力してもらうことで推薦する Web ページを決定している．

被験者はシステム開発型プロジェクトの経験がある学部 2 年(B2)，学部 4 年(B4)，修士 1 年(M1)と 2 年(M2)の学生で，各学年 2 名ずつとする．実験では，あるシステムの業務フロー図をもとに，20 分でユースケース図を作成してもらうという課題を与える[7]．提案システムの処理フロー図を図 3 に示す．学生には，課題を作成する際に，必要であれば Web ページをもとに自主学習をしてもらう．その際に，提案システムを用いた場合は処理フロー図の 1-6 のフローで学生に必要な学習コンテンツを推薦・提示する．同じ学年の学生 2 名にはそれぞれ提案システムと旧システムを利用してもらうことで前述した評価項目を比較する．図の完成度の評価は，正しくアクターやサブジェクトを扱えているか，汎化や拡張といった発展的な内容を利用できているかを定量的に判断し得点化することで行う．

前述した評価項目の比較だけでなく，アンケートによっても評価する．アンケートは，インタビュー形式で行う．以下の 3 点を基本的な設問とし，回答者の答えによってさらに深掘りしていく半構造化インタビューを採用している．

1. 自身が作成した図の概要を説明してください
2. 自身の学習習熟度に適した Web ページがシステムによって推薦されたと思いますか
3. 作成した図は完成し，さらに詳細化できていると思いますか

図 3 処理フロー図

Figure 3 Processing Flow Diagram

5.2 実験結果

実験結果を表 3 に示す．多くの学年で Web ページの閲覧時間に大きな差異は見られなかった．アンケートより，推薦・提示された学習コンテンツが自身の習熟度に適切ではないという意見がいくつかあった．PBL の経験年数が長い学生の数名はそもそも両システムをほぼ利用していなかった．

図を評価した結果，汎化や拡張等を利用していない基本的な図が多く見られ，図の完成度にも差異が無いことが分かった．また，B2 の学生は両名とも 20 分という作業時間内で図を完成できなかった．

5.3 考察

5.3.1 アルゴリズムに関する考察

提案システムにより適切な Web ページを推薦・提示でき

表 3 実験結果

Table 3 Summary of The Experiment

	Lesson Reviewer利用				提案システム利用			
学年	B2	B4	M1	M2	B2	B4	M1	M2
PBL経験年数(年)	1.5	3	4	5	1	3	4	4.5
図の完成度（点）	9	１９	１７	３４	3	２１	２０	２２
Webページの閲覧時間	5分43秒	７分２３秒	６分０秒	３分	６分３０秒	６分４３秒	５分５０秒	５分２秒

©2016 Information Processing Society of Japan

れば，それだけ多くの Web ページを探しまわる必要がないため Web ページの閲覧時間が減ると考えていた．しかし，差異は無かった．アンケート結果から，なぜ差異が見られないかを調べた．その結果，本研究の学習習熟度を更新するアルゴリズムに問題があることが判明した．提案システムを利用した学生に，「Web ページごとに現在の自身の学習習熟度がわかるようになっているが，Web ページを遷移するごとに習熟度が変わっているように見える」と指摘された。この指摘通り提案システムでは，ある Web ページから別の Web ページに遷移すると，その都度学習習熟度が更新されるようになっていた．しかし，前述した更新方法では，学生の習熟度が一意に定まらない．一意に定まらないということは適切な学習コンテンツを推薦･提示できない．そのために，自身にあった Web ページを自力で調べる必要があり，従来の自主学習と同じ手間が生じたと考えられる．この更新アルゴリズムの影響で，アンケート結果どおり適切な推薦・提示が行えていなかったと推察する．

5.3.2 提案システムに関する考察

「習熟度にあった Web ページにたどりついても，得た知識を活用することができていなかった．そのため汎化や拡張を図に反映できなかった.」というアンケート結果があった．得た知識を，活用できる技術に昇華させなければ，さらなる自主学習の効率化は見込めない．知識を，実際に活用できるレベルの技術に昇華させるしくみを検討し，提案システムに反映させる必要がある．

5.3.3 実験方法に関する考察

各システムをあまり利用しなかった学生は，2 パターンに分類できる．1 つ目のパターンは，実験課題であるユースケース図の作成に精通しており，各システムを利用して詳細を学習する必要が無かった学生である．旧システムを利用した M2 がこのパターンに該当する．このパターンの学生は，本実験の被験者として不適切だった．2 つ目のパターンは，自主学習方法について自身の学習ルーチンが決まっておりそのルーチンを変えなかった学生である．例えば，ある学生は画像検索をもとに実験課題と類似するユースケース図を探していた．PBL の経験年数が高くなれば，自身にあった学習方法を自分で見出している可能性も高い．実験の前提条件として各システムを必ず利用するよう明言する必要があった．

20 分という制限時間内で課題をおこなうという性質上，PBL の経験年数が短い学生は図の完成ができなかった．PBL の経験年数が長い学生は,「図の完成を優先した結果，内容を詳細化しなかった.」と述べていた．図の完成度や完成するまでの時間を比較することは提案システムの有用性の検証に必要である．制限時間を設けない等，実験方法については再考する必要がある．

6. おわりに

PBL における自主学習の効率化を目的とし，学生ごとの学習習熟度を考慮に入れた自主学習支援システムを提案した．学習習熟度を自動で判定するために，既提案の Web ページの難易度推定を利用した．提案システムを構築し，学生に対して実験をおこなうことで有用性の検証を行った．その結果，学習習熟度の更新アルゴリズムに問題があると分かった．また，必要な知識にたどり着いても知識を利活用することができないという意見があった．

今後は，学習習熟度の更新アルゴリズムを再検討するとともに，得た知識を技術として実際の PBL にて利用できるレベルに昇華させる仕組みづくりをおこなう．その後，実験によって有用性の検証をする．

参考文献

1) 喜多一：大学教育とプロジェクトマネジメント”，国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会 2006 年度春季研究発表大会予稿集, pp.103-108, 2006.
2) 花田洋貴，大場みち子：PBL における学習習熟度を考慮した自主学習システムの提案，情報処理学会コンピュータと教育研究会 132 回研究発表会，2015.
3) 情報処理学会情報処理委員会 J07 プロジェクト連絡委員会編，”J07-SE”，(2010).
4) 情報処理技術者試験 試験区分一覧 https://www.jitec.ipa.go.jp/1_11seido/seido_gaiyo.html
5) MeCab: Yet Another Part-of-Speech and Morphological Analyzer http://taku910.github.io/mecab/
6) 藤原哲，大場みち子，山口琢，奥野拓，伊藤恵：RDF とユーザプロファイルを用いた PBL 向け情報推薦手法，日本ソフトウェア科学会第 31 回大会講演論文集，(2014).
7) 児玉公信：UML モデリング入門，日経 BP 社，2008.

付録

付録として実験におけるユースケース図の得点基準を示す．

付録 A.1 ユースケース図の得点基準

概要	加点数
アクターの数が適切	+1
ユースケースが適切	(正しいユースケース) ×1
依存関係が適切	(正しい依存関係) × 1
正しく汎化・拡張が扱えている	(正しい汎化・拡張) × 1

©2016 Information Processing Society of Japan