

放射思考を用いた習熟度判定システムの開発

吉田博哉[†]

近年、学習者が自身の学習結果を振り返り、知識として定着させる仕組みとして、ポートフォリオが注目を集めている。また、ポートフォリオシステムを導入する事で、学習者毎の学習記録を統合的に管理し、学習成果を評価する事が出来る。一方、質の高い教育を実現するには、ポートフォリオを導入するのみならず、刻一刻と変化する学習状況を見極め、習熟状況を把握し、適切な指導を行う仕組みが必要である。しかし、習熟度を把握するには、膨大な学習記録を手動で分析する必要があり、多大な手間を要する。本研究では、関連キーワードを放射状に整理する放射思考支援ツールを用いて学習記録を蓄積することで、学習者の習熟度を自動的に判定するシステムを構築する。

Development on Proficiency Determination Systems using Radiation Thought

HIROYA YOSHIDA[†]

In recent years, the portfolio has been the focus of attention. Resulting from the use of the portfolio, the learner will be able to look back on the results of their own learning. As a result, the learner can be fixed knowledge. In addition, the portfolio system is able to record learning management in an integrated manner, to evaluate the learning outcomes. However, in order to achieve quality education, just the introduction of portfolio is not enough. It is necessary for teachers to grasp the situation changes from moment to moment proficiency, assess the learning situation. As a result of proper guidance to achieve, can lead to provided a quality education. However, in order for teachers to grasp the degree of proficiency, it is necessary to analyze manually record vast learning. In this study, learning to accumulate a record by using the radiation thought. And, to build a system to analyze the learning record, to determine automatically the learner's proficiency.

1. はじめに

近年、ソフトウェアやシステムインテグレーション技術は、パソコン、携帯電話、自動車、家電、産業機器等から、産業・行政・社会の基幹システムに至るまで活用され、我が国の中核技術として、産業全体、及び国家の競争力を支える存在の一つになっている。一方、情報サービス産業における高度 ICT (Information and Communication Technology) 人材の質・量の不足が深刻となっている。そのため、高等教育機関では、研究者の養成と同等に、産業界に貢献できる ICT 技術者の育成を念頭においた、実践的な教育システムの構築に着手する事が急務である。ただし、高度な専門知識を提供する教育システムを構築しても、学習者が自身の学習結果を振り返る方法がなければ、知識として定着させる事は難しい。これらの仕組みを実現する方法としてために、ポートフォリオが注目を集めている。

ポートフォリオとは、学習者が、学習の結果、得た情報、身につけた能力、経験などを一連のデジタル形式のデータとして蓄積し、加工し、まとめた学習成果物のことである。ポートフォリオを活用した仕組みは、1970 年代に始まり、欧米諸国では経験学習サイクルによる自己成長促進を目的とした自己志向型ポートフォリオ[1]や社会的評価や人事考課を目的とした他者志向型ポートフォリオ[2]が社会に広く浸透しつつある。国内の教育機関においても、学習者

の学習活動を支援するのみならず、学習過程を含めた学習成果を評価・活用を利用した組織的な教育改善に関する取組みや、教員の研究活動や教授活動の支援、ならびに教務に係わる一連のデータの整理などもできる統合型教育支援システムとして活用されている。例えば、筆者は、「学習者が自らの力によって、自主的に集めた情報をデータベースに蓄積し、編集加工および再構築して、まとめ、そして、それを学習コミュニティに公開して、相互評価を受け、新たな気付きや再発見をして、自分の成果物 (エビデンス (Evidence): 科学的根拠) にする」という新しいポートフォリオ学習サイクルを考案し、この学習サイクルでの活動を支援するポートフォリオシステムを構築した[3]。

一方、質の高い教育を実現するには、刻一刻と変化する学習状況を見極め、習熟状況を把握し、適切な指導を行う仕組みが必要である。しかし、習熟度を把握するには、膨大な学習記録を手動で分析する必要があり、多大な手間を要する。そこで、本研究では、関連キーワードを放射状に整理する放射思考支援ツールを用いて学習記録を蓄積することで、学習者の習熟度を自動的に判定するシステムを構築する。

2. 放射思考

2.1 放射思考の概要

放射思考とは、表現したい概念 (テーマ) を示すキーワードやイメージを中心に置き、そこから発想したキーワー

[†] 神戸情報大学院大学
Kobe Institute of Computing

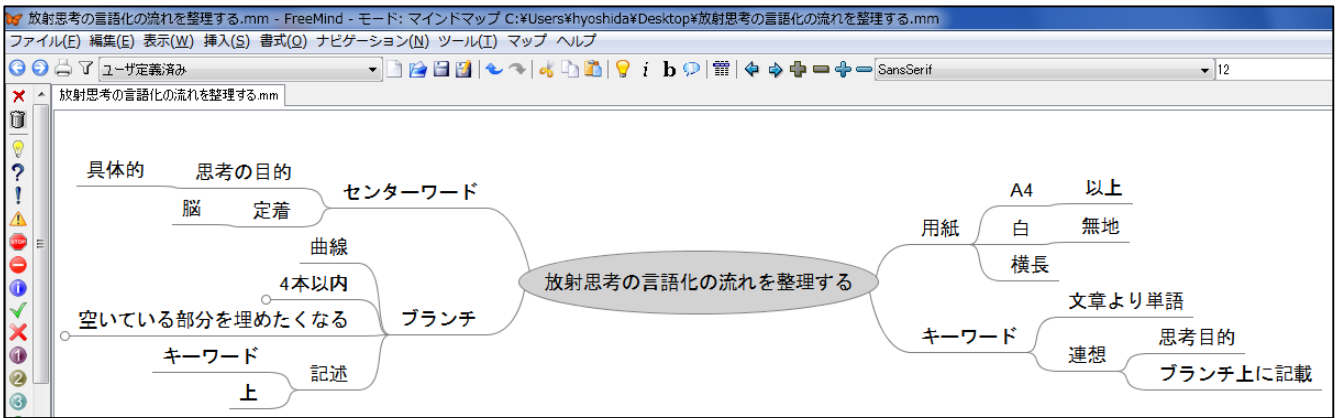


図 1 FreeMind で作成した放射思考の結果

Figure 1 Result of radiation thought that was created in FreeMind.

ドやイメージを放射状に繋げていく思考法である[4]。放射思考は、文章という体裁に囚われず、思いつくままにキーワードを連想するような発想支援で活用される他に、記憶した内容を整理する際に活用される。例えば、他者が発言した内容と、既知の情報をどこまで整理出来るか、頭の中にある知識、経験と結び付ける事が出来るか、等を言語化する際に利用出来る事から、企業内において様々な業務で活用されている[5]。放射思考を効果的に活用するには、分類と階層を使って思考を組み立てる必要がある。まず、思考テーマを中心に記述した後に、BOI (Basic Ordering Idea) を検討の上、連想の方向付けを決める。次に、思考テーマよりメインブランチを広げ、その上に BOI に相当するキーワードを記述する。その後、メインブランチ上に記述したキーワードに対し、既知の情報を連想し、メインブランチの先端に新たなブランチを広げ、その上にキーワードを記述する。この手順を繰り返し、完成した放射思考は、特定の思考テーマに対する知識量や理解度を確認する事が出来る。

2.2 放射思考支援ツール

放射思考は、基本的には紙とペンがあれば実施出来る。ただし、紙で作成した放射思考は、コンピュータ上での分析には不向きである。そこで、本研究では、放射思考支援ツールを用いる事で、放射思考をデータとして管理し、システム上で分析する仕組みを採用する。表 1 に放射思考支援ツールの一覧を示す。

表 1 放射思考支援ツール一覧

Table 1 List of support tools for radiation thought.

ソフト名	開発企業
iMindMap	ThinkBuzan
MindManager	(株) ビーイング
astah* Think!	(株) チェンジビジョン
MindMapper	チャールヘッソー (株)
XMind	XMind
Mind42	IRIAN Solutions
FreeMind	OSS (Joerg Mueller, 他)

本研究では、放射思考支援ツール自体の機能拡張性や作成したデータの移植性を考慮し、OSS (Open Source Software) として開発されている FreeMind を用いることとした。図 1 に放射思考支援ツールである FreeMind で作成した放射思考の結果を示す。図 1 では、思考テーマを「放射思考の言語化の流れを整理する」とし、BOI として検討したメインブランチ上のキーワードを「センターワード」「ブランチ」「用紙」「キーワード」として連想した結果である。

2.3 FreeMind のファイル形式

FreeMind で作成したファイルは、XML 形式のフォーマットで保存されている。図 2 に FreeMind ファイルを XML 形式で表示した結果を示す。図 2 に示す通り、FreeMind では、ルート要素として map 要素が定義されており、以下に子要素である node 要素が複数定義されている。node 要素は、子要素として node 要素を定義し、連想したキーワードの親子関係を表現している。なお、図 1 に示す放射思考の結果において、思考テーマや各ブランチ上に記載したキーワードは、node 要素内の TEXT 属性で管理されている。

本研究では、FreeMind を用いて特定のテーマに対する既知の情報を放射思考で纏めさせる事で、思考内容を言語化させる。また、作成した FreeMind のファイルをシステムに登録させる事で、個々の学生の習熟度を計測する。

3. 習熟度の判定

3.1 習熟度判定手法

習熟とは、特定の知識やスキルに対し、十分に意味を理解し、自身のものにする事である。教育現場において、授業担当教員は、授業に対する学習到達目標を掲げ、学生が目標を達成出来るように授業運営を工夫する必要がある。また、学生の達成状況を適宜把握するためにも、習熟度を計測し、その結果を踏まえて、理解度の低い指導項目に対する対策を講じる必要がある。習熟度を計測し指導に活用する例として、予め決められた学習教材を表示するのは

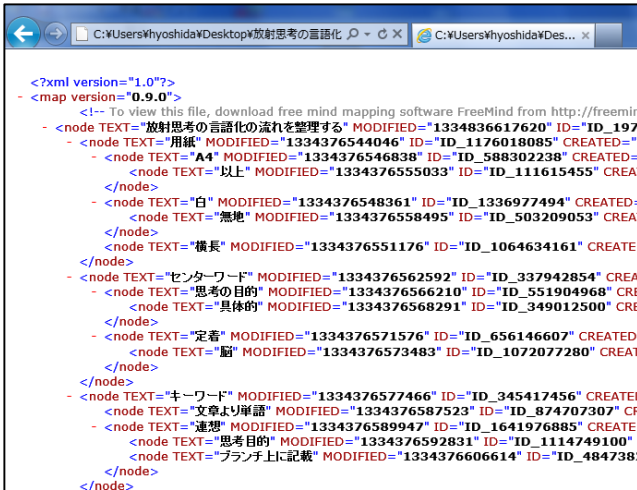


図 2 XML 形式で表示した FreeMind ファイル

Figure 2 FreeMind file that is displayed in XML format.

なく、学習者の理解度を逐次測定し、課題を動的に学習者に提示する e ラーニングが研究されている[6]。なお、習熟度を判定する方法として、教員が提示した課題を学生が解き、その回答状況から算出する方法がある。ただし、従来の習熟度判定方法は、穴埋め式や選択式など、予め決められた設問の中から選択させる方式が多く採用されており、回答の選択肢が限定されている事から、理解せずとも正答する場合が考えられる。

一方、教員が提示した課題に対し、レポートなどの文章を自由に記述させ、その内容を分析して理解度を測る方法も進められている。ただし、教員が提出されたレポートを読み解き、理解度を把握するには膨大な時間と労力を要する事から、即時性は皆無となる。これらの問題を解決するために、レポートを自動的に分析し、理解度チェック単語数によって良い考察か考察不足かを判定する研究も進められている[7]。ただ、レポートを分析して習熟度を測る場合、理解度チェック単語数のみならず、語句間の関連が頭の中で整理出来ているかどうかを把握する事が重要となる。文章より重要語句間の関連を自動抽出する場合、多くの前処理が必要となる。例えば、入力情報であるレポートの内容から、形態素解析によって形態素単位に分割し、単語単位に分ち書きした後に、各文節の係り受けを推定する事で、単語間の関連を導出する流れとなる。しかし、自動抽出の結果は、入力したレポートの内容や形態素解析エンジンの精度に依存する事から、単語間の関連を自由記述のレポートから精度よく導出する事は難しい。

本研究では、放射思考支援ツールで作成されたファイルを用いることで、前処理を不要とする習熟度判定システムを構築する。本システム利用の流れとして、習熟度を測る課題(思考テーマ)に対し、教員が FreeMind を用いて「解答ファイル」を取り纏め、事前にシステムへ登録する。その後、学生は、課題が提示された際に、既知の情報を整理し、同じく FreeMind を用いて「整理ファイル」として取り

纏め、システムに登録する。これら 2 つのファイルの類似度を検出する事で、習熟度を計測する。

3.2 類似度判定アルゴリズム

前述の通り、FreeMind で作成されたファイルは、キーワードを木構造で表現した XML 形式のデータフォーマットである。本研究では、木構造の類似度を算出する方法として、Tree Kernel という手法[8]を利用する。Tree Kernel は、2 つの木構造の類似度をそれらの木構造が共通に含む部分木の数と定義している。ただし、部分木には、

- 2 個以上の要素を持つ
- 個々の導出規則の一部だけを含んではならない

という制約がある。

なお、類似度に求められる性質は、適用分野によって異なるため、Tree Kernel が習熟度判定に適しているとは限らない。本研究では、習熟度を測るために、教員が作成した解答ファイルと学生が作成した整理ファイルの類似度を測る。ただし、ファイル全体で類似度を算出するのではなく、中心に記述した思考テーマの内容から広げた、BOI に相当するキーワードを頂点とする部分木 T 毎に計測する。なお、類似度判定のアルゴリズムとして、高橋ら[9]が提案した 3 種類の類似度のうち、共通する部分木を多く含むほど類似度が高いと仮定した類似度 $C(K_A)$ を用いる。

$$K_A(T_1, T_2) = \sum_{n_1 \in N_1} \sum_{n_2 \in N_2} C(n_1, n_2) \quad (1)$$

さらに Tree Kernel では、以下の規則に従って、 $C(n_1, n_2)$ を求めることで、効率的に計算している。

- n_1 と n_2 の子要素を導出する規則が異なる場合、 $C(n_1, n_2) = 0$
- n_1 と n_2 の導出規則が等しく、 n_1 と n_2 が共に前終端記号の場合、 $C(n_1, n_2) = 1$
- n_1 と n_2 の導出規則が等しく、 n_1 と n_2 が共に前終端記号でない場合、

$$C(n_1, n_2) = \prod_{i=1}^{nc(n_1)} (1 + C(ch(n_1, i), ch(n_2, i))) \quad (2)$$

ここで $nc(n)$ は n の子要素の数を示し、 $ch(n, i)$ は、要素 n の i 番目の子要素を示す。式 (2) では、子要素間の類似度を用いているが、各要素間の類似度を後順序で求めることで、再計算が不要となり、効率的な計算が可能となる。

4. 習熟度判定システムの開発

4.1 システム概要

前述の内容を踏まえ、習熟度判定システムを開発した。本システムは、学内ネットワークから利用出来る Web システムとして構築した。なお、本システムが動作するサーバ環境として、OS に Ubuntu を採用し、Web サーバに Apache、リレーショナルデータベースに PostgreSQL を採用した。次に、習熟度判定システムの位置付けを図 3 に示す。神戸情報大学院大学では、学内 LMS (Learning Management System) として Moodle を運用しており、各科目の授業資料の公開に利用している。そのため、基本的な授業運営は、Moodle を活用し、授業中に習熟度を判定する場合に限り、本システムの課題提出画面へ遷移するように、設定した。

4.2 システム利用の流れ

習熟度判定システムの利用の流れを図 4 に示す。本システムでは、「事前準備」、「授業準備」、「授業開始」、「課題提出前」、「課題提出後」といったフェーズに分類される。まず、事前準備の時点では、「ユーザ登録」や「コース登録」といった機能を利用し、利用者毎に科目に対するアクセス権を設定する。次に、授業準備の時点で、習熟度を計測したいタイミングを事前に計画しておき、「課題登録」および「課題解答登録」の機能を利用して、FreeMind で作成した解答ファイルをシステムに登録する。そして、授業開始と同時に、学生は、授業担当教員の指示に従って、本システムのコースを閲覧する。その後、授業担当教員は、授業を進行する中で、習熟度を計測したいタイミングで、授業準備フェーズで登録した課題内容を説明の上、学生に既知の情報を FreeMind で取り纏めさせる。その際、指導教員が作成した解答ファイルの BOI (メインランチのキーワード) を学生に伝達する。その後、学生は、FreeMind で作成した整理ファイルを「課題提出」機能を利用して、システムに登録する。なお、学生が整理ファイルに登録したタイミングで、本システムの「習熟度判定」機能が呼出され、メインランチ以下の部分木に対する類似度を判定し、その結

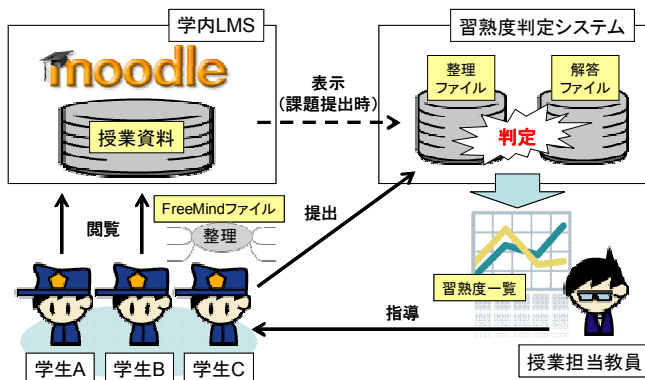


図 3 習熟度判定システムの位置付け

Figure 3 Positioning of system to determine proficiency.

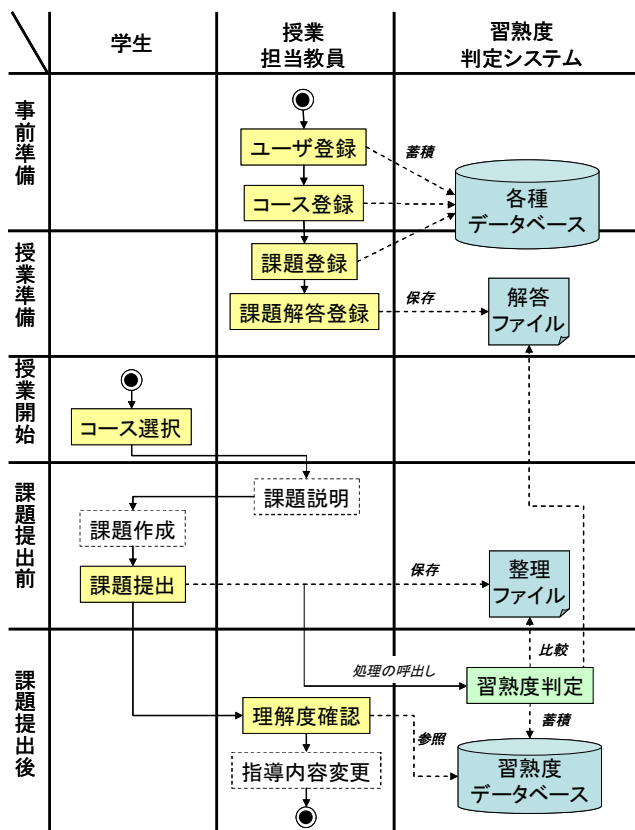


図 4 システム利用の流れ

Figure 4 To use the system flow.

果を習熟度としてデータベースに記録する。最後に、全学生が課題提出を完了した時点で、指導教員は、図 5 に示す「理解度確認」画面を表示し、学生の習熟度を確認する。図 5 に示す通り、学生一人一人の習熟度を行単位で表している。また、メインランチに設定したキーワード毎の習熟度を各列に記載された値で表している。記載された値は、パーセント表記で表現され、習熟度が高いほど値が大きくなる。なお、行単位で値を確認する事で、習熟度の低い学生を把握出来る。また、列単位で値を確認する事で、習熟度の低い項目を把握出来る。ちなみに、本画面の右端にある「表示」ボタンを選択すると、学生が提出した整理ファイルを開覧する事が出来る。そのため、指導教員は、本システムによって算出した習熟度の確認のみならず、学生自身が提出した整理ファイルをもとに、習熟状況を把握する事も出来る。その後、指導教員は、把握した習熟度を踏まえて、授業内容を検討する。

5. 実証実験と考察

5.1 実証実験

本システムの有効性を確認するために、以下の手順で実証実験を実施した。まず、神戸情報大学院大学の有志学生を対象に、放射思考の概念や言語化の流れについて講義した。次に、講義内容の習熟度を測るために、思考テーマと

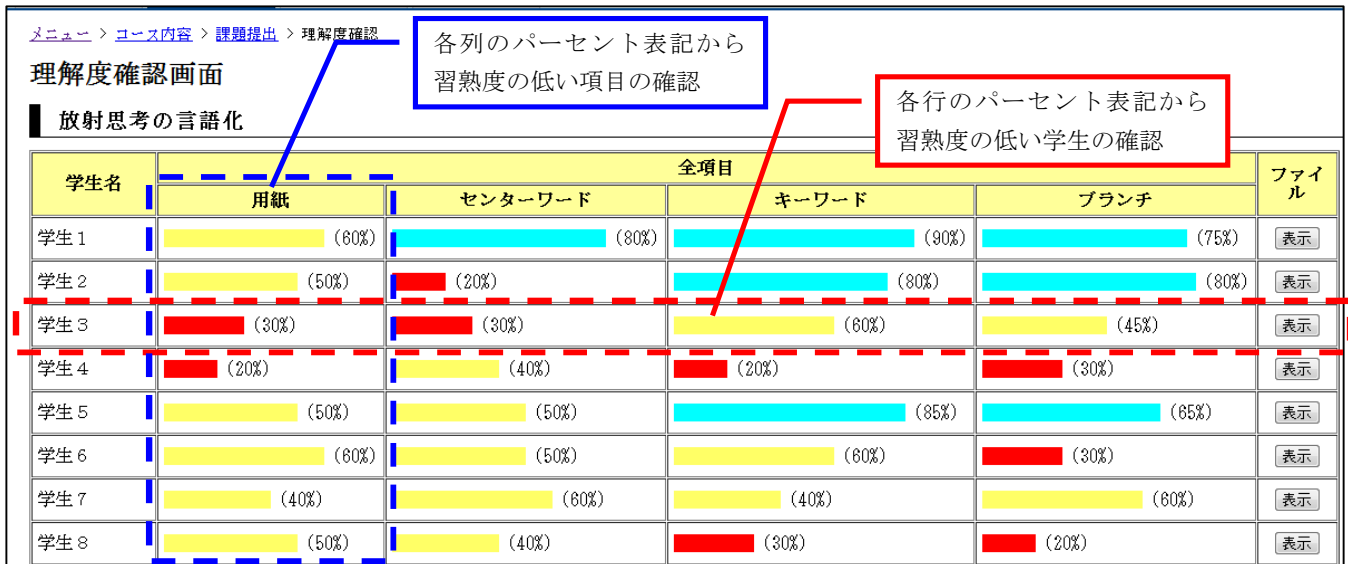


図 5 理解度確認画面

Figure 5 Screen to confirm the level of understanding.

して放射思考の言語化の流れについて、FreeMind を用いて整理させた。その後、指導教員が事前に登録しておいた解答ファイル (図 1) と学生が作成した整理ファイルの類似度を算出し、理解度確認画面 (図 5) より確認した。

なお、計測された習熟度の妥当性を確認するために、従来の習熟度判定方法である穴埋め式の設問を用意し、空欄に埋めるべきキーワードの正答率と本システムで算出した習熟度の差異を確認した。

5.2 考察

実証実験の結果、システムは正常に動作している事を確認出来た。一方、本システムで計測した習熟度よりも、穴埋め式による正答率の方が高い値を示す事が判明した。

これは、学生が FreeMind の操作方法に慣れておらず、課題 (思考のテーマ) に対して既知の情報を十分に整理しきれなかった事が原因であると考えられる。また、授業担当教員が作成した解答ファイルや、学生が作成した整理ファイルには、文章が混じる事があるため、登録されたデータを形態素解析や係り受け解析によってキーワードに分類する前処理が必要であると考えられる。他にも、習熟度判定システムの問題として、類似度を計測する際、各要素のキーワードを完全一致で処理しているため、正答率よりも低い値が算出されてしまう。本問題の解決策として、コーパスを利用して、各要素のキーワードの類似度計算を行う必要があると考えられる。

6. おわりに

本研究では、関連キーワードを放射状に整理する放射思考支援ツールを用いて学習記録を蓄積する事で、学習者の習熟度を判定するシステムを構築した。また、実証実験を

通じて、習熟度判定システムの改善課題も明らかとなった。

今後の取組みとして、前述の改善課題への対策を検討すると共に、放射思考支援ツールと習熟度判定システムの統合化し、刻一刻と変化する学習者の習熟度をリアルタイムに把握する方法を模索する。他にも、学習者の習熟度がどのように変化したかを時系列分析する仕組みも検討する。

謝辞 本研究の一部は日本学術振興会 科学研究費助成事業 若手研究 (B) (研究課題番号: 23700997) によって行われた。

参考文献

- 1) Zubizarreta, J. : The Learning Portfolio - Reflective practice for improving student learning. Bolton, Anker Publishing Company, 2004.
- 2) Tubaishat, A., Lansari, A., & Al-Rawi, A. : E-Portfolio Assessment System for an Outcomes-Based Information Technology Curriculum. Journal of Information Technology Education: Innovation in Practice, Vol.8, pp.43-54, 2009.
- 3) 田村武志, 吉田博哉, 須藤克彦 : アカデミックポートフォリオの研究開発, 秋季学術講演会, 日本 e-Learning 学会, 2009.
- 4) トニー・ブザン, バリー・ブザン : ザ・マインドマップ?~脳の力を強化する思考技術~, ダイアモンド社, 2005.
- 5) 平鍋健児 : マインドマップによるアイデア発想と整理術, 情報の科学と技術, 情報科学技術協会, Vol.59, No.10, pp.498-504, 2009.
- 6) 延原哲也, 小山嘉紀, 三宅新二, 庄司成臣, 劉渤海, 横田一正 : 学習者の理解度に対応した適応型 e ラーニングシステムの考察, 情報処理学会研究報告, 情報処理学会, Vol.72, pp.601-606, 2004.
- 7) 渡邊博之 : ニューラルネットワークを用いた実習レポート評価支援システムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告 (ET), 電子情報通信学会, Vol.108, No.146, pp.7-12, 2008.
- 8) Collins, M., Duffy, N. and Park, F. Parsing with a Single Neuron: Convolution Kernels for Natural Language Problems. Technical report UCS-CCRL-01-01, University of California at Santa Cruz, 2001.
- 9) 高橋哲朗, 乾健太郎, 松本裕治 : テキストの構文的類似度の評価方法について, 情報処理学会自然言語処理研究会, 情報処理学会, NL-150-7, 2002.