

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 18 日現在

機関番号：	34529
研究種目：	若手研究(B)
研究期間：	2011 ～ 2012
課題番号：	23700997
研究課題名（和文）	学習記録の時系列分析による習熟プロセス階層モデルの可視化
研究課題名（英文）	Visualization of proficiency process hierarchy model using time series analysis of student records
研究代表者	
	吉田 博哉（YOSHIDA HIROYA）
	神戸情報大学院大学・システム情報工学研究科・講師
	研究者番号： 00461153

### 研究成果の概要（和文）：

教育現場において、教員は、学生の達成状況を適宜把握し、習熟度の低い指導項目に対する対策を講じる必要がある。しかし、学習記録から理解度を把握するには、膨大な時間と労力を要する。そのため、理解度を即時に把握し、授業改善に活用出来る仕組みが必要である。本研究では、放射思考を用いて学習記録を提出させる事で、システム上で習熟度を判定すると共に時系列分析が可能な授業支援システムを開発し、その有効性を確認した。

### 研究成果の概要（英文）：

In the field of education, teachers are appropriately understand the status of achievement of students, and it is necessary to take measures against the entry of low skilled leadership. However, in order to grasp the degree of understanding of student records by the report, it takes an enormous amount of time and effort. Therefore, there is a need for a mechanism which can be used to improve the understanding that immediately grasped. In this study, we have developed a system that supports the education as well as time-series analysis that can determine the level of proficiency on the system by instantaneously to submit student records using radiation thought.

### 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野： 教育工学（1602）

科研費の分科・細目： なし

キーワード： 可視化, 習熟度判定, 放射思考, 授業改善, 時系列分析

### 1. 研究開始当初の背景

#### (1) 社会的背景

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。し

かし、現在、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が急務である。特に、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。

## (2) 国内外の研究動向

学習者の習熟状況を把握する仕組みとして、ポートフォリオを活用する方法が挙げられる。ポートフォリオは、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が社会に広く浸透しつつある。

一方、国内の教育機関においては、学習者の記録をもとに、学習過程を含めた学習成果を評価・活用する仕組みを利用した組織的な教育改善に関する取組みが進められている。ただし、本取組みは、ポートフォリオに関する認識が社会全般に浸透していないことから、授業改善やFD (Faculty Development) を目的とした自己志向型ポートフォリオの利用に留まっている。この原因として、1) 学習成果の証拠 (Evidence) を示せない、または説明できない (学習者の問題)、2) 学習成果を公開する仕組みが確立していない (教育機関の問題)、3) 学習成果を評価する仕組みが確立していない (社会の問題)、といった問題が考えられる。

## (3) 着想に至った経緯

申請者は、IT 専門職大学院にて、高度 ICT 人材を養成する傍ら、シミュレータによるネットワーク教育や、プログラミング言語教育における未熟者を支援する学習環境など、教育支援に関する研究システムの開発に従事していた。その後、平成 19 年度文部科学省「専門職大学院教育推進プログラム」にて採択された「教育の質を保証する効果的な FD の取組」において、ポートフォリオに関する取組みに着目し、前述した問題点 1) 2) を解決する仕組みを検討した。具体的には、学習者が記録した学習実績 (Learning Portfolio) と、教員が記録した日々の教育・研究実績 (Teaching Portfolio) を統合管理し、成果である証拠 (Evidence) を広く一般に公開するアカデミック・ポートフォリオを開発した。ただし、先行研究では、学習者が蓄積した学習成果を示せたとしても、その内容を具体的に説明出来ないという問題が顕在化した。これは、1) IT 知識・スキルは複合的であり、学習者に初期段階から学習成果を意識させる事が難しい、2) 学習成果を意識せずに作成したポートフォリオは、時系列に保存された学習記録であり、学習成果に至る習熟状況を振り返るための記録として使用出来ない、という原因が考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、習記録を時系列に分析し、刻一刻と変化する学習者の習熟状況を可視化する事で、質の高い教育支援を実現する事を目的とする。国内の教育機関では、ポートフォリオシステムを活用する事で、学習記録を蓄積し、学習過程を含めた学習成果を評価・活用する仕組みが検討されている。しかし、学習成果を意識せずに作成したポートフォリオは、時系列に保存された学習記録でしかなく、学習成果に至る習熟状況の振り返りに活用出来ない。そこで本研究では、学習者が入力する学習記録から習熟度を判定すると共に、習熟度を時系列に分析する事で習熟プロセスを可視化し、学習成果に対する達成度を意識付けると共に、きめ細やかな指導を行う仕組みを開発し、その有効性を確認する。

## 3. 研究の方法

### (1) 放射思考の活用

学習記録をワープロなどの自由記述形式で作成した場合、習熟状況を分析するために、構文解析や意味解析などの前処理が必要となり、精度の高い習熟データを作成出来ない可能性がある。そこで本研究では、放射思考を用いて学習記録を作成する。

放射思考とは、表現したい概念 (テーマ) を示すキーワードを中心に記述し、そこから発想したキーワードやイメージを放射状に繋げていく思考法である。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。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、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。

なお、本研究では、放射思考支援ツールとしてFreeMindを利用し、開発システムに登録する事で、構文解析や意味解析といった前処理の簡便化を図る。

### (2) 研究実施計画

#### ① 平成 23 年度計画

平成 23 年度は、「調査」「設計」「実装」「検証」の 4 フェーズに分けて研究を進める。

まず、調査フェーズでは、既研究や文献、既製品、等の調査を行う。この結果、ポート

フォリオや習熟度把握に関する問題点の把握し、原因分析及び対策立案を検討する。

次に、設計フェーズでは、調査フェーズで検討した対策をもとに、習熟度把握に関する方法を検討の上、各種データモデルの定義及び習熟状況の把握方法、データモデルの可視化手法について、設計する。同時に、本手法を動作させるポートフォリオシステムの適用箇所やシステム化範囲を検討の上、システム全体設計を行う。

その後、実装フェーズでは、設計フェーズで設計した開発範囲について実装する。ただし、本研究の目的は、時系列に刻一刻と変化する習熟度を把握するためのモデル定義及び可視化であり、ポートフォリオシステム自体の開発では無い。そこで、研究者は、当該項目の実装に限定し、既存ポートフォリオシステムの拡張や統合に関する作業については、外注する。

最後に、検証フェーズでは、システムの動作検証を行う。動作検証は、機能毎に実施する単体テストと、統合化したシステム全体に対し実施する結合テストの2種を行う。また、本期間内に実証実験を執り行い、現時点におけるシステムの有効性を確認する。

## ② 平成 24 年度計画

平成 24 年度は、前年度の実績を踏まえて、「調査」「設計」「実装・検証」「報告」の 5 フェーズに分けて研究を進める。

まず、調査フェーズでは、前年度検証フェーズにおける実証実験の結果を踏まえ、当初の目的に未到達の項目について、その原因分析を行う。本フェーズでは、論文や文献を調査する事で、対策立案を検討する。

次に、設計フェーズでは、調査フェーズで検討した対策に対し、実現可能性を考慮の上、各種データモデルやシステムの設計を改良する。

その後、実装・検証フェーズでは、設計フェーズで改良した項目について、本システムを拡張すると共に、その実現状況を検証する。

なお、本研究では、反復型開発プロセスを採用する。反復型開発プロセスは、調査・設計・実装・検証といった一連の研究プロセスを段階的に繰り返す手法である。本研究では、1 回の反復プロセスを 3 ヶ月程度とし、複数回繰り返す事で、開発リスクを軽減すると共に、習熟状況の可視化手法を改善する。

最後に、報告フェーズでは、本研究で得た知見を広く公表するため、成果を取り纏める。

## 4. 研究成果

### (1) 授業支援システムの開発

#### ① 授業支援システムの全体像

本研究では、放射思考によって作成された学習記録から習熟度を判定する授業支援シ

ステムを開発する。授業支援システムの全体像を図 1 に示す。本研究で開発する授業支援システムは、「授業設計 (Plan)」「授業運営 (Do)」「授業改善 (Check/Act)」の 3 つのフェーズで利用される。

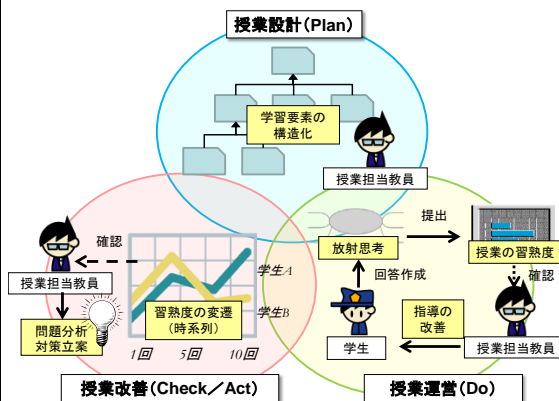


図 1 授業支援システムの全体像

#### ② 授業設計フェーズ

授業設計フェーズでは、担当科目における学習目標を整理の上、学習要素の構造化を定義するフェーズである。本フェーズでは、本システムの「学習要素構造化」機能を利用して、本授業として設定した学習要素を整理し、相互関係を明らかにする。なお、学習要素の構造化には、ISM (Interpretive Structural Modeling) 法を利用し、思考支援ツールである IdeaFlagment2 を用いて構造化ファイルを作成の上、システムに登録する。その後、構造化した学習要素に対し、習熟度を測る課題を検討の上、その模範解答を作成する。なお、授業担当教員は、模範解答データを放射思考で作成の上、本システムに登録する。

#### ③ 授業運営フェーズ

授業運営フェーズでは、授業運営を通じて学生の習熟度を計測するフェーズである。本フェーズでは、授業担当教員が「課題設計」フェーズにおいて準備した課題を学生に説明する。説明を受けた学生は、課題として提示された内容 (既知の情報) を放射思考で取り纏め、本システムに提出する。なお、学生が学習記録を提出したタイミングで、「習熟度判定」処理が呼出され、模範解答データと提出データの比較から、習熟度を判定の上、データベースに蓄積する。授業担当教員は、全学生の課題提出が完了した時点で「理解度確認」機能を利用し、学生の習熟度を確認の上、習熟度の低い項目を把握して指導の改善に努める。

#### ④ 授業改善フェーズ

授業改善フェーズでは、授業運営フェーズで判定した習熟度を時系列に分析し、授業運営の問題を把握するフェーズである。本フェ

ーズでは、授業設計フェーズにおける「学習要素構造化」機能で登録した学習要素の相互関係と、学習要素に関連付けられた課題の習熟度をもとに、図2に示す画面より、各授業回における習熟度の変化を確認できる。習熟度の変化は、「習熟履歴確認」機能によって確認し、学習目標に対する到達度が低い場合の原因を分析し、対策立案を検討する。

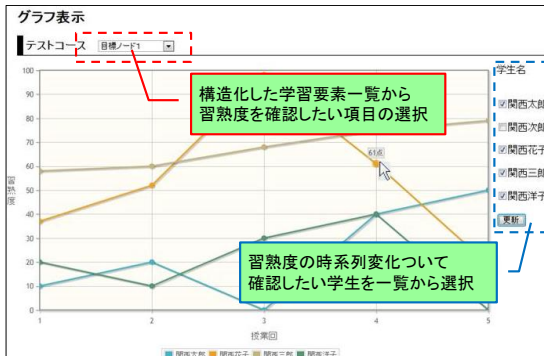


図2 時系列分析画面

## (2) 習熟度の判定

### ① 習熟度判定手法

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の仕組みを構築する。本システム利用の流れとして、習熟度を測りたい内容（思考のテーマ）に対し、授業担当教員がFreeMindを用いて「模範解答データ」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「学習記録データ」として取り纏め、システムに登録する。これら2つのデータにおける類似度を計測する事で、習熟度を判定する。

### ② 類似度判定

FreeMindで作成されたファイルは、XML形式のフォーマットで表現される。XML形式のファイルに対し、類似度を算出する方法には、木構造の類似度を算出するTree Kernelという手法がある。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。

本研究では、習熟度を判定するために、教員が作成した解答データと学生が作成した整理データの類似度を測る。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から広げたキーワード(BOI)を頂点とする部分木毎にキーワード適合率及び親子ノード適合率により計測する。なお、類似度の評価項目であるキーワード適合率は、解答データの部分木に含まれるキーワード群を抽出し、それらが整理データの部分木に含まれている割合から算出する。また、親子ノード適合率では、解答デー

タの部分木に含まれる親子ノードのキーワード群を抽出し、それらが整理データの部分木に含まれる割合から算出する。最後に、適合率の算出方法であるが、入力情報が自由記述であるため、表記揺れが発生する事から、キーワード間の完全一致で評価すると、精度が低くなる。そこで、本研究では、適合率を2gramによる類似性から判定する。

## (3) 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、本学の学生を対象に、放射思考の概念や言語化の流れについての講義を実施した。次に、講義内容の習熟度を測るために、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、授業担当教員が事前に登録しておいた模範解答データと学生が作成した学習記録データの類似度を算出した。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（キーワード適合率）の差を確認した。

## (4) 実験結果と考察

本実証実験の結果として、穴埋め問題の正答率とキーワード適合率の相関を図3に示す。

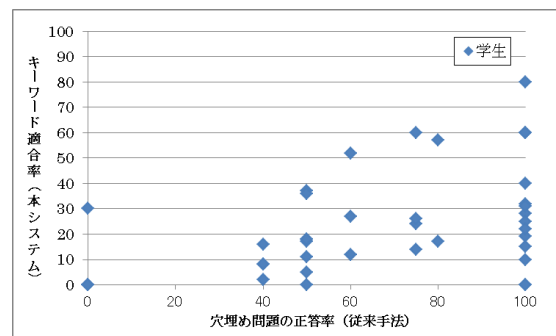


図3 穴埋め問題の正答率とキーワード適合率の相関

実証実験では、図3に示す通り、従来手法である穴埋め式による習熟度判定と比べ、提案手法である放射思考を用いた習熟度の判定結果の方が低い結果となった。また、穴埋め問題の正答率とキーワード適合率に相関関係は見られなかった。これらの原因として、1) 学生が放射思考や外部ツール(FreeMind)の操作方法に慣れていない事から、既知の情報を十分に整理しきれない点、2) 授業担当教員や学生が作成した放射思考データには、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点、3) 穴埋め式設問の場合、空欄以外の問題文から回答すべきキーワードを連想する際、問題

文によっては、必要以上のヒントを与える事となり、習熟度の判定結果が高い値を示す傾向がある点、といった3点が考えられる。

一方で、放射思考を用いた習熟度の判定は、自由記述による回答と同様に、1) 設問に対してキーワードを連想出来たか、2) 連想したキーワード間を関連付け出来たか、といった2つの指標で評価する事が出来た。これらの指標は、前者を本システムによって算出したキーワード適合率によって評価し、後者を親子ノード適合率によって評価した。よって、従来手法である穴埋め問題と較べて、習熟度が低い値を示す結果となったものの、より詳細な習熟度を即時提示出来たことから、システムの有効性が確認出来たと言える。

#### (5) 研究成果と今後の展望

本研究では、学習要素に関連付けした課題に対し、放射思考によって作成された学習記録データから習熟度を判定する事で、授業運営フェーズ及び授業設計フェーズの問題点を分析出来る授業支援システムを開発した。また、実証実験を通じて、授業改善に繋がる情報が提示出来た事から、本システムの有効性を確認出来た。一方で、本検証を通じて授業改善に繋がる情報が提示出来たものの、一科目に対する長期的な運用には至っていない。そのため、平成25年度以降の展望として、実授業への適用を目指す。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

(1) 吉田博哉 : 放射思考を用いた習熟度判定による授業改善システムの提案、情報処理学会情報教育シンポジウム、査読有、Vol.2012、2012、pp.97-104

[学会発表] (計 3 件)

(1) 吉田博哉 : 放射思考を用いた習熟度判定による授業支援システムの開発、電子情報通信学会教育工学(ET)研究会、2013

(2) 吉田博哉 : 放射思考を用いた教育支援システムの提案、2013年電子情報通信学会総合大会、2013

(3) 吉田博哉 : 放射思考を用いた習熟度判定システムの開発、情報処理学会第7回CLE研究会、2013

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等 (平成25年6月末公開予定)  
<http://hyoshida.kic.ac.jp/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

吉田 博哉 (YOSHIDA HIROYA)  
神戸情報大学院大学・システム情報工学研究科・講師  
研究者番号: 00461153

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

なし