

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501224

研究課題名(和文)ポートフォリオを用いた意欲向上度とコストを最適化するプログラミング指導環境

研究課題名(英文)Programming Supervision Environment to optimize motivation and cost with portfolios

研究代表者

島川 博光(Shimakawa, Hiromitsu)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：70351327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本提案では、プログラムを作成する演習授業で、クラス全体が意欲的に演習課題に取り組むように、許される指導コストの範囲内で、動機づけにより学習者の目的意識を定量的に向上させていく手法を確立した。本提案では、プログラムを作成する演習授業で、クラス全体の学習者を少数のグループに分割した。このグループ内では、学習者は同じ動機づけ要因を持っているものとする。各グループが、意欲的に演習課題に取り組むように、各グループの動機づけ要因を刺激する教育上のサービスを利用して、許される指導コストの範囲内で、学習者を動機づける手法を提案し、その有効性を検証した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have established a method to improve motivation of learners quantitatively within allowable supervision costs, aiming at making whole students in a class willingly engage in programming exercises. In the method, we divid whole students in a class into a small number of clusters, each of which is a group of students similar with each other in terms of motivation factors. To make each cluster willingly engage in programming, we select educational services stimulating motivation factors of each cluster. We have confirmed a specific combination of educational services is effective to motivate whole students in a class.

研究分野：教育学

キーワード：ポートフォリオ NMF 動機づけ要因 学習方略

1. 研究開始当初の背景

2011年に情報処理推進機構がまとめた「IT人材白書2011」によると、IT人材の「量」が不足している企業はここ4年で90.3%から48.9%に減少したのに対し、「質」の不足を嘆く企業は調査開始以来8割を超えており、2010年でも85.8%に上る。同白書は、質の高い技術者を単独で問題を解決できるものとしている。今後、大学では、解が与えられるのを待つのではなく、進んで問題に取り組み解決するように学習者を導く必要がある。

これまで、学習支援のために、Bayesian NetworkやFussy logicなどを使い学習者をモデル化する研究がなされてきたが、これらはすべて、直接的観測が困難な理解度に焦点を当てており、定量的モデルを構築するには膨大な計算が必要になってしまう。また、これらの研究では指導者にかかる負担が考慮されていない。大学ごとに異なる教育資源に合わせ、許されるコスト内で指導計画を作成する必要がある。

2. 研究の目的

本提案では、プログラムを作成する演習授業で、クラス全体が意欲的に演習課題に取り組むように、許される指導コストの範囲内で、動機づけにより学習者の目的意識を定量的に向上させていく手法を確立する。

提案者らは、直接的に観測可能な、学習者が試行錯誤する過程や、学習時間や指導内容などの学習上のふるまいを記録したポートフォリオに着目した。本提案では、試行錯誤の過程と学習上のふるまいを学習者ごとのポートフォリオとして収集し、そこから導出される、学習者の目的意識、行き詰まりの種類に合わせ、各大学の特性を考慮して、各場合に最適化された指導法を同定する手法を確立する。

3. 研究の方法

図1に示すように、本研究では個々の学習者のふるまいを細かく収集したポートフォリオを分析することにより、意欲の高さ、指導コストを定量表現し、許されるコスト内でもっとも意欲を高めることができる教育サービスの組合せを計画する手法を提案する。

立命館大学にて毎年、前期に開講され約500名が受講するプログラミング演習の実授業に本手法を適用し、評価と改良を繰り返す授業を学習者へのサービスの集合と捉え、学習者に再設計する。学習者がとる「ふるまい」を細粒度で収集し作成したポートフォリオから意欲の高さ、指導コストを学習者ごとに定量的に算出する。それをもとに学習者を目的意識によりグループ分けする。目的意識ごとのグループに最適と考えられる指導法を突き止め実授業で適用する。また、フレームワークのライブラリ関数の呼び出し履歴を記録し、学習者が課題を解くさいの試行錯誤の過程を分析する。ふるまいの記録から、指

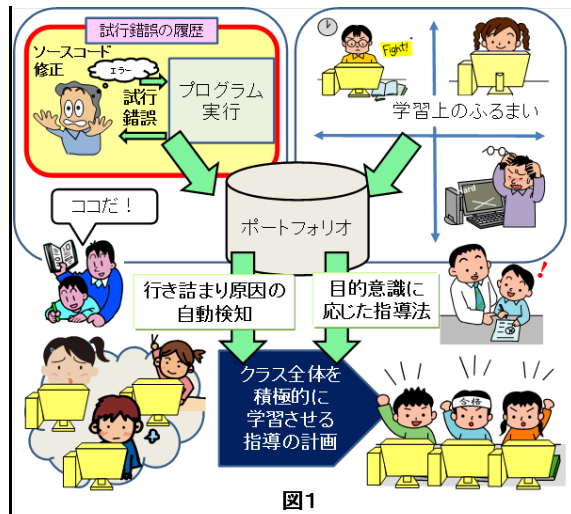


図1

導法の効果を定量的に確認でき、学習意欲の向上度と指導のコストを数式で表現する。さらにポートフォリオ内を走査し、試行錯誤の過程で学習者がどのように考えてきたかをもとに行き詰まりの原因を同定する。

4. 研究成果

(1) ポートフォリオ作成: (発表論文 10, 11)

論文 10, 11 では、Web を介して演習の出題や資料提示を実施することにより、Web 2.0 の技術を用いて、学習者のふるまいを Web ページに対するクリックという形で収集できるツールについて論じた。

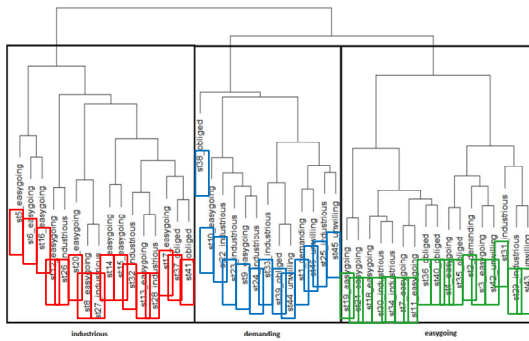
(2) 意欲の高さ、指導コストの定量表現: (発表論文 3, 7, 13)

実授業を終了した約 60 名の学生に 3 年間インタビュー調査を実施したことによって、1 クラスの学生が、共通の学習意欲要因をもつ少数のグループに分類できることがわかった。このグループのことを、本研究ではペルソナと読んでいます。論文 13 はペルソナについて報告している。また、論文 7 は、プログラミングが理解できず技術の習得を諦めてしまう学生を指導するために、ペルソナを使うことの有効性を示し、そのコストについて論じている。この成果に基づき、論文 3 は、クラス内の学生がどのペルソナへの重みをもっているかを定量的に計算する方法を示した。各学生のさまざまなふるまいを示す行列を、学生がもつペルソナへの重みを示す行列と、各ペルソナが影響を与えるふるまいへの関連性を示す行列の積に分解する方法を論文 3 は示している。

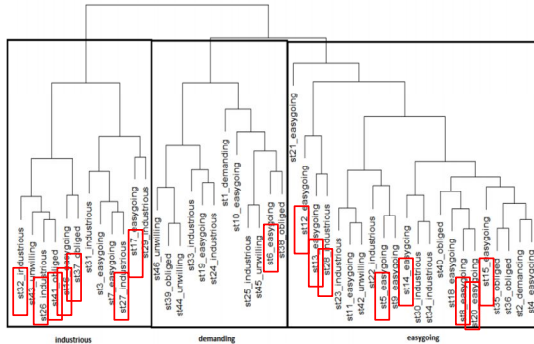
(3) 学習者の目的意識によるグループ分け: (発表論文 6, 12)

論文 6 は、Ward 法に基づいて学生をペルソナへ分割する手法について論じている。また、論文 12 は Contextual Inquiry 法を用いてペルソナに分割する方法について報告している。

学習意欲の要因にはさまざまなものがある。自律的に学習しようとする要因や、外部から



(a) 第7週でのクラス



(b) 第8週でのクラス
図2

の評価による意欲もある。ペルソナは、これらの要因ごとに、その強さが共通する複数の学生をグループとして切り出したものであると言える。論文6においては、図2(a)(b)の2つの店ドログラムが示すように、特定の学生がひとつのペルソナに永続的に属するという事はまれで、むしろ、各学習者は、外部からの刺激に応じて学習意欲の要因の強さを変化させており、1セメスター中でも勤勉なペルソナ、楽観的なペルソナなどに遷移しつつ勉学を進めていることが明らかになった。

(4) 目的意識に応じた指導法: (発表論文 2,4)
論文2では、学習者の書いたソースコードと例題コードとの類似性を単語単位で比べ、

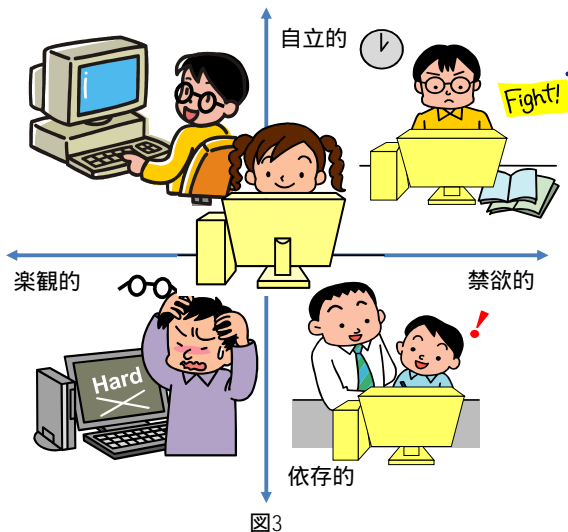


図3

類似性が低いコードを記述している学生は我流の解き方をしていると判断し、その間違いを指摘する手法を提案した。

論文4では、意欲と学習方略をもとに学習者をクラスタリングする。たとえば、図3に示したように、学習に対する意欲が高い場合、自ら課題に取り組みようとするため自立性が高くなる。一方で、学習に対して楽観的に取り組むのか禁欲的に取り組むかの学習方略は学習者により異なる。これらの学習者のグループのすべてに有効な刺激となる教育サービスを用意することにより、論文4は提案手法が対象とする500人以上の学習者の平均点を2012年と2013年の2年間で連続して向上させた。

(5) 行き詰まりの原因を同定: (発表論文 1, 5,8,9)

申請者らは、学習者のプログラミング中のふるまいをポートフォリオに記録し、それを分析することによって、学習者の行き詰まりの原因を分析する手法を考案した。

論文1では、事前に複数の例題プログラムを学習者に写させておき、後にその中のひとつの類題を学習者に解かせる。事前に学習した例題のうち、適切なものを参照しているかどうかで、その学習者が使うべき論理やアルゴリズムに理解し、別の問題に展開して見通しをもって課題に取り組んでいるかを調べる方法を提案し、その有効性を実験で示した。

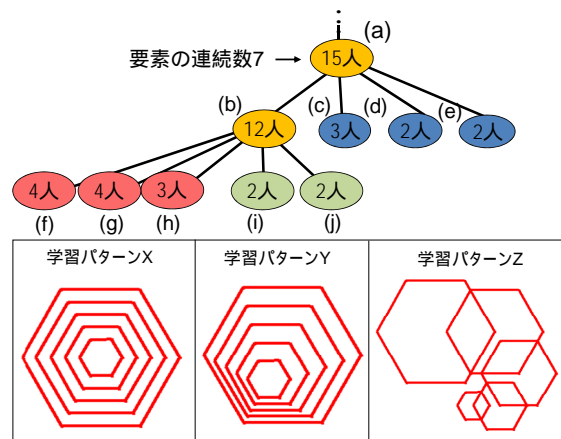


図4

論文5では、タートル・グラフィックスを学ぶフレームワーク用ライブラリを実装し、図4のパターンXのような入れ子状の六角形を描く課題について、学習者のライブラリ関数呼び出しを記録した。図4で木のノードは、同じ順序で関数を呼び出した学習者の、のべ人数を表す。ノード(a)まではほとんどの学習者が同じ順序で関数を呼び出したが、このノードで多くの学習者が異なる呼び出し方をした。さらに関数が呼び出されると、(f),(g),(h)の呼び出し順序の学習者は正解Xを描画したが、(i),(j)の順序の学習者は誤った図形Yを描画した。このように分岐が多いノードは学習者が間違いに陥

る岐路と考えられる。また、描画図形はX,Y,Zの少数のパターンに落ち着くこともわかった。調査したところ、ほとんどの場合で、関数の意味の思い違いが間違いの原因で、それを理解させることで全員が正解に辿りついた。この考察を敷衍すると、学習者は同じ思い違いをしやすい、関数呼び出しのログを見れば、その思い違いを推定できるといえる。

論文8では、ひとつの課題のC言語ソースコードのうち、一部分を関数として与え、それ以外の部分を学習者に作成させる手法を提案した。関数として与えた部分を次のステップでは、また、一部、学習者に作成させる。これにより、どの部分で学習者が躓いているかがわかるようになる。

論文9では、学習者が問題文を正しく読解できているかどうかを判定する方法を提案した。問題文から擬似コードをグラフィカルに作成できるツールを開発し、学習者の読解力を測った。その後、穴埋め問題を解かせ、行き詰まりの原因を特定し、効率的な指導を見つける方法を示した。

これらの論文で提案したすべてのツールにおいて、学習時の学習者のふるまいをきめ細かく収集するポートフォリオ上のデータを分析した。

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5件)

1. Yoko Itado, Phuong Dinh Dong, Yusuke Kajiwara, Hiromitsu Shimakawa Programming Prospects of Learners Derived from Reference History to Estimate Design Ability, International Journal of Engineering Innovations and Research, Volume 4, Issue 1, pp.164-171, 2015, 査読あり.
2. Wataru Nishimoto, Dinh Thi Dong Phuong and Hiromitsu Shimakawa. Detecting Backward Students from Code Similarity in Context of Teaching Units, International Journal of Engineering Innovations and Research, Volume 4 Issue 1, pp.140-146, 2015, 査読あり
3. Phuong Dinh Thi Dong and Hiromitsu Shimakawa, Analyzing Learning Behavior of Student Persona toward Non-Negative Matrix Factorization, International Journal of Information and Education Technologies, Vol.5, No.5, pp.826-831, 2014, 査読あり.
4. Dinh Thi Dong Phuong, Fumiko Harada and Hiromitsu Shimakawa, Directing All Learners to Course Goal with Enforcement

of Discipline Utilizing Persona Motivation, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E96-D, No.6, pp.1332-1343, Jun. 2013, 査読あり.

5. 谷川紘平, ディン ドン フォン, 原田史子, 島川博光, C言語関数呼び出しの記録を用いた演習過程での習得項目の把握, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J95-D, No.12, pp.2079-2089, Dec 2012, 査読あり.

[学会発表](計8件)

1. Phuong Dinh Thi Dong and Hiromitsu Shimakawa, Analyzing Transitions of Motivation and Learning Strategy with Ward Hierarchical Clustering, The 3rd International Conference on Industrial Application Engineering 2015, Kitakyushu, International Conference Center, Fukuoka, March, 30, 2015
2. Wataru Takahashi, Dinh Dong Phuong, and Hiromitsu Shimakawa, Grasping Student Desperation from Motivation Factors through Behavioral Data, International Conference on Social, Education and Management Engineering (SEME2014), May 20, 2014, Macao, China.
3. Wataru Nishimoto, Fumiko Harada, and Hiromitsu Shimakawa, Exhibiting Learning Situation of Students during Stepwise Refinement of Source Codes, 12th WSEAS International Conference on Telecommunications and Informatics (TELE-INFO '13) September 19, 2013, Baltimore, USA.
4. Yoko Itado, Yusuke Kajiwara, Fumiko Harada, and Hiromitsu Shimakawa, Judgment of Learner Ability from Exercise Sentence Sorting and Corresponding Coding, 12th WSEAS International Conference on Telecommunications and Informatics (TELE-INFO '13) September 19, 2013, Baltimore, USA.
5. Dinh Dong Phuong and Hiromitsu Shimakawa, Estimating Student Persona through Factorization of Learning Portfolio, IEEE Region10 Humanitarian Technology Conference 2013(R10-HTC2012) August 28, 2013, Tohoku University, Miyagi.
6. Dinh Dong Phuong and Hiromitsu Shimakawa, Derivation of Effective Learning Style from Portfolio, Society for Information Technology & Teacher

Education International Conference (SITE 2013) March 25, 2013, New Orleans, USA.

7. Wataru Takahashi, Takahiro Koyama, Fumiko Harada and Hiromitsu Shimakawa, Extracting Student Motivation Factors in Education with Contextual Inquiry, International Conference on Intelligent and Automation Systems (ICIAS 2013), Ho Chi Minh City, Vietnam, February 23, 2013
8. 高橋 渉, 小山 昂 紘, 原田 史子, 島川 博光, Contextual Inquiry 法を用いた学習への動機づけ要因抽出, 電子情報通信学会/情報処理学会, September 5, 2012, 法政大学, 東京都

〔その他〕

ホームページ等

グラフィカル・プログラミング課題
(この課題を使いポートフォリオを分析)
<http://www.de.is.ritsumei.ac.jp/lecture/programming/RitsPenForLinux/RitsPenManual/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島川 博光, (Shimakawa, Hiromitsu)
立命館大学・情報理工学部・教授
研究者番号：70351327

(2) 研究分担者

原田 史子 (Harada, Fumiko)
立命館大学 情報理工学部・講師
研究者番号：30454515

(3) 連携研究者

該当なし