

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：20103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03098

研究課題名（和文）教育ビッグデータを活用したプログラミング演習支援環境の構築と効果的な運用

研究課題名（英文）Construction and Actual Usage of Support Environment for Programming Practice with Big Data in Education

研究代表者

伊藤 恵（Ito, Kei）

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：30303324

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：多くの教育機関でLMS等が導入され様々な教育データが蓄積されている。このような教育BIGDATAを活用し、その分析結果を教育現場にフィードバックすることは質の高い教育提供に有用である。本研究課題では主にプログラミング教育を対象とし、これまで蓄積されたデータを分析、モデル化し、これに基づく支援システム構築を行って、実際の授業での運用を試みた。また、授業以外でのプログラミング機会増とPBL受講前のシステム開発体験の提供を踏まえ、学内ハッカソン等を毎年実施し、その参加学生等へのインタビューから通常の授業では得られない非認知能力向上が見られることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

蓄積された教育BIGDATAから教育現場へのフィードバックを行うため、BIGDATAの分析とモデル化、それに基づく学習支援システムの構築の一例を示した。これは、さまざまな教育機関等において過去データからや教育現場へのフィードバックを行う一例となり、さまざまな教育の実践化や質の向上に役立つ一要素となり得る。

研究成果の概要（英文）：Many educational institutions have introduced LMSs, etc. and are accumulating a variety of educational data. It is useful to provide high-quality education by utilizing such educational BIGDATA and feeding back the analysis results to the educational field. In this research project, we mainly target programming education, analyze and model the data accumulated so far, construct a support system based on this data, and attempt to use the system in actual classes. In addition, based on the increase in programming opportunities outside of class and the provision of system development experience prior to PBL courses, we have conducted an annual on-campus hackathon and other events, and interviews with participating students have revealed that they have improved their non-cognitive abilities that cannot be obtained in regular classes.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：プログラミング教育 教育支援 教育ビッグデータ 学習尺度

1. 研究開始当初の背景

近年、IR(Institutional Research. 大学内の様々な情報を収集し、数値化・可視化し、評価指標として管理し、その分析結果を教育・研究・学生支援・経営等に活用すること)が注目されている。IRにもとづくサービスやアプリケーションを構築するために必要な大量・多様な学習データセットの確保が課題になっている。先行研究の多くは収集や分析でとどまっており、結果の活用までにはいたっていない。本研究では、過去4~5年分×約200名のプログラミング学習に関するデータを活用し、IR指向のプログラミング演習支援環境の構築と効果的な運用を目的とする。取り組む課題は、(1)教育の質的資源・量的資源を取得・分析すること、(2)それらを情報的な観点でモデル化すること、(3)モデルを活用した学習環境を構築することである。

2. 研究の目的

申請者らは本学学部1年生および2年生が受講するProcessing演習・Java演習における学習データ(過去5年分×約200名)・プログラミング学習尺度調査データ(過去4年分)を保有している。本研究では、これらのデータを活用したIR指向のプログラミング演習支援環境の構築と効果的な運用を目的とする。また、本申請は学内競争的資金による研究成果を束ね、発展させた以下の研究課題に意欲的に取り組む。

- (1) 教育の質的資源・量的資源の取得・分析
- (2) 教育の質的資源・量的資源の情報的な観点でのモデル化
- (3) モデルの効果的な活用方法

3. 研究の方法

(1) 教育の質的資源・量的資源を取得・分析

LMSに長年データが蓄積されているJava演習を対象に、演習前の予習クイズの受験傾向や、演習中に課題を解く傾向をデータ収集し、それらと定期試験や成績との関連を分析する。その結果から、Java演習の授業担当教員へ、受講中の学生に関する情報提供を行う。

Java演習以外にも、LMSを介して学生にスライドを提供している授業を対象に、教員と学生それぞれのスライド閲覧データの取得方法を検討し、データ収集と分析を試みる。

また、2018年度から実施している育成型ハッカソンのデータと、それらの学生のプログラミング等の授業成績との関連分析、ハッカソン参加者へのインタビューによる質的分析を可能な範囲で行い、プログラミング授業あるいはPBLへの情報提供を試みる。

(2) 教育の質的資源・量的資源を情報的な観点でモデル化

取得および分析した質的・量的資源を用いて学生モデルを構築する。学生モデルは、学習する学生の持つ性質、特徴、動作などを模擬するエージェントである。学生モデルは、基礎知識量、勉強時間、学習効率などの基礎指標と、構想・設計センス、デバッグ得意度、文法知識、積極性、プログラミング得意度などの行動的指標を持つ。これら指標を内部変数として持つ各エージェントは、学習に従事することで基礎指標が増減し、基礎指標の変化が行動的指標に反映される。成績が外部から観測される事象であり、内部の指標が隠れ変数であり、過去に学生が獲得した成績を訓練データとして学生モデルを学習させる。

(3) モデルの効果的な活用方法

効果的かつ効率的に教授および学習を推進できる学習環境を構築する。学生の理解度に応じた最適な学習コンテンツの生成および推薦、グループワークにおける学生マッチング推薦、メタ学習ラボへの紹介状(問診票)自動生成、TA雇用支援などが考えられる。単一のプログラミング演習科目に閉じたツールやアプリケーションの提案ではなく、他プログラミング演習科目やメタ学習ラボなど科目および組織を横断する学習支援環境の構築をめざす。また、1年次数学必修科目の単元とプログラミング演習科目の単元との関連性を明確化し、本研究プロジェクトの一環として構築されている複数演習を横断するプログラミング学習単元ネットワークに組み込むことをめざす。

4. 研究成果

講義、研究、PBL、ハッカソンなどの活動をBIG DATAとして活用したプログラミング演習環

境の構築を目指して、主に以下の4つの研究活動を行ってきた。

- (1) プログラミング演習科目内の理解度確認テストのデータを用いて成績近似モデルを作成し、合格に到達する週を予測し、これを踏まえたプログラミング演習成績管理ビューを開発した。

修学に問題のある学生を早期に予測することは、教育分野の課題の1つである。修学に問題のある学生に適切な支援策を講じるために、学習関連データから学生の成績を正しく予測することが重要である。そこで、本学で開講されているプログラミング演習を対象に、講義内で実施される理解度確認テストの達成度の推移に関する近似モデルを提案した。具体的には、エージェント集合モデル (Agent Based Model:ABM) を用いて、近似モデルを構築する。なお、本研究で用いる ABM は、標準的なマルチエージェントシミュレーションが持つエージェント間の相互作用を考慮せず、単純化している。そして、ABM によるシミュレーション結果と正解データの平均正答率と分散を比較し、提案モデルの妥当性の検証と近似精度を評価する。その結果、提案モデルの決定係数は 0.89 であり、高い近似精度を得ることができた。

合格週予測モデルの推定結果の可視化機能をもつ成績管理アプリケーションを開発した。提案アプリケーションを用いたユーザスタディを実施し、単位不認定学生の特定精度の向上が観測され、PoC(Proof of Concept)レベルにおける検証は完了した。本成果は1件の学術論文誌(査読あり)[1]に掲載された。また、1件の国際会議(査読あり)[3]で発表した。加えて、理解度確認テストの達成度の推移に関する近似モデルを提案した本成果は1件の学術論文誌(査読あり)[3]に掲載された。

[1] 山本茉奈, 富樫北斗, 大西花恋, 竹川佳成, 平田圭二, “理解度確認テスト合格週推定結果に対応する成績管理アプリケーションの設計と実装,” コンピュータソフトウェア(日本ソフトウェア科学会論文誌), 39 巻 3 号 p. 3_60-3_66 (2022).

[2] Yamamoto, M., Togashi, H., Onishi, K., Takegawa, Y., and Hirata, K., “Grade Management Application for Handling Comprehension Test Results and Comprehension Test Pass Week Prediction Results,” Proceeding of World Conference on Educational Media and Technology (EdMedia2021), pp. 1--10 (June 2021).

[3] 菅原 淳, 竹川佳成, 平田圭二, “マルチエージェントシミュレーションによる理解度確認テストの成績近似モデル,” コンピュータソフトウェア(日本ソフトウェア科学会論文誌), 39 巻 2 号 p. 2_19-2_28 (2022).

- (2) また、プログラミング演習内のグループワークのため、グループ編成のための学生間のマッチングアルゴリズムの構築を行った。さらにオンライン時の協同学習の効果向上のために、意見交換を促すナッジを提示し、プログラミング課題の相互コメント活動への参加意欲向上を図った。

授業法のひとつとして相互作用授業が注目されている。従来のような教員から一方的に知識を与えられる一方通行型授業とは異なり、ワークショップやピア・インストラクション(教え合い)など、相互作用に着目して講義を展開する。学習者同士でグループを組み、相互的に学習を教え合うことで誤った考えの修正や、知識の深化が可能である。

そこで、過去のテストデータなど、学習者の成績を用いてグループを編成し、ピア・インストラクションを誘発させることにより、グループワークの学習効果を向上させられると仮定し、プログラミング演習における学習者のデータを用いて、最善なグループを編成するマッチングアルゴリズムの構築し、ピア・インストラクションの効率をあげ、知識定着率を向上させることを目指した。

今回の実験では、マッチングアルゴリズムへの入力データを学力のみとした。マッチングを適用する前と後で大きな変化が確認できず、原因としてメンバーとの友好度や、性差などによるグループワークの行いづらさが挙げられた。そのため、今後の予定として、認識度と学力を入力データとしたマッチングアルゴリズムの作成を目指す。今後の予定として、実験の再設定/実施と、認識度の考慮と学力差の考慮のバランスを調整しながらマッチングアルゴリズムを作成することが挙げられる。

- (3) 以前に構築したプログラミング学習尺度を数学学習に応用し、「知識・能力」と「学習態度・意識」に関する数学学習尺度の因子間の関係を確認した。今後データ数を増やすことでより詳細に数学学習に関わる因子とそれらの関係を明らかにできる可能性が見いだせた。

数学教育の現場では、小学生・中学生・高校生と一貫して数学の基本的な概念や原理・法則の理解を目指している中で、事象を数学的に解釈する能力や表現・処理する能力、数学的な問題解決に必要な知識が求められている。しかし、小学生・中学生・高校生と長い期間において算数・数学を学習し、上記の能力を身につけてきているにも関わらず、苦手意識を持っている人は多くいるように見られる。

作成した「知識・能力」と「学習態度・意識」に関する数学学習尺度を用い、これら因子間の関係を確認した。両調査に参加した参加者の数が少ないことから、本学以外の18歳以上の数学を学習する機会がある学生を対象としたWeb調査を合わせて分析を実施した。未来大生を対象とした両数学学習尺度を用いた調査実験を引き続き実施しデータ数を増やすことで、より詳細に本学での数学(特に解析学)学習に関わる因子とそれらの関係を明らかにできると考えている。

- (4) さらに、授業以外でのプログラミング機会増と PBL 受講前のシステム開発体験の提供を踏まえ、学内プログラミングイベントや学内ハッカソンを毎年実施した。これらの参加者および運営側学生として関わった学生にインタビューを行った結果、ハッカソン参加前後のプログラミング学習の状況変化やハッカソン経験によるプログラミング以外にも含めた学びなどがわかってきた[4]。参加者は正規課程授業を知識・スキルのインプットの場にとらえ、学内ハッカソンはインプットしたものを発揮する、実践の場にとらえていた。ハッカソンからの学びは、プログラミングスキルだけでなく、チーム開発のノウハウ、ユーザーを意識した開発、他者に伝えるためのプレゼン力、他チームや企業の人との交流、意欲の向上等、多岐にわたっていた。これらのイベントでは、通常の授業では得られない非認知能力向上が見られることが分かった。引き続き、このような学びの場の定常的な提供と継続的な分析が必要とされる。

[4] 富永敦子, 伊藤恵 (2021) ``学内におけるハッカソン参加経験に関する質的分析の試み'', 教育システム情報学会第 46 回全国大会論文集, 271-272.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 山本茉奈, 富樫北斗, 大西花恋, 竹川佳成, 平田圭二	4. 巻 39 巻 3 号
2. 論文標題 理解度確認テスト合格週推定結果に対応する成績管理アプリケーションの設計と実装	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンピュータソフトウェア(日本ソフトウェア科学会論文誌)	6. 最初と最後の頁 3_60-3_66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 菅原 淳, 竹川佳成, 平田圭二	4. 巻 39 巻 2 号
2. 論文標題 マルチエージェントシミュレーションによる理解度確認テストの成績近似モデル	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンピュータソフトウェア(日本ソフトウェア科学会論文誌)	6. 最初と最後の頁 2_19-2_28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yamamoto, M., Togashi, H., Onishi, K., Takegawa, Y., and Hirata, K.
2. 発表標題 Grade Management Application for Handling Comprehension Test Results and Comprehension Test Pass Week Prediction Results
3. 学会等名 Proceeding of World Conference on Educational Media and Technology (EdMedia2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富永敦子, 伊藤恵
2. 発表標題 学内におけるハッカソン参加経験に関する質的分析の試み
3. 学会等名 教育システム情報学会第46回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅原 淳, 竹川佳成, 平田圭二
2. 発表標題 マルチエージェントシミュレーションによる理解度確認テストの成績予測モデルの改良と構築
3. 学会等名 情報処理学会北海道シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 研, 竹川佳成, 平田圭二
2. 発表標題 オンライン授業における解説動画の視聴履歴と学生の成績との関係構築
3. 学会等名 情報処理学会北海道シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富樫北斗, 山本茉奈, 大西花恋, 竹川佳成, 平田圭二
2. 発表標題 理解度確認テストの不合格者早期発見に向けた合格予測モデルのアプリケーションの評価
3. 学会等名 情報処理学会北海道シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本茉奈, 富樫北斗, 大西花恋, 竹川佳成, 平田圭二
2. 発表標題 理解度確認テスト結果および理解度確認テスト合格予測結果に対応する成績管理アプリケーション
3. 学会等名 第7回実践的IT教育シンポジウム (rePiT2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅原 淳, 竹川佳成, 平田圭二
2. 発表標題 マルチエージェントシミュレーションによる理解度確認テストの 成績予測モデルの構築
3. 学会等名 第7回実践的IT教育シンポジウム (rePiT2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 研, 竹川佳成, 平田圭二
2. 発表標題 教育者と受講者間の関係性が解説動画視聴選好に与える影響の調 査
3. 学会等名 第7回実践的IT教育シンポジウム (rePiT2021)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	竹川 佳成 (Takegawa Yoshinari) (60467678)	公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授 (20103)	
研究分担者	平田 圭二 (Hirata Keiji) (30396121)	公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授 (20103)	
研究分担者	富永 敦子 (Tominaga Atsuko) (60571958)	公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授 (20103)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	寺井 あすか (Terai Asuka) (70422540)	公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授 (20103)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関