

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

1. 申請者氏名	長谷川 卓也
2. 審査委員	主 査： (鳴門教育大学教授) 伊 藤 陽 介 副主査： (滋賀大学教授) 岳 野 公 人 委 員： (鳴門教育大学教授) 宮 本 賢 治 委 員： (上越教育大学教授) 東 原 貴 志 委 員： (鳴門教育大学准教授) 阪 東 哲 也
3. 論文題目	プログラミング教育支援システムの開発とコーディングログの分析による学習支援に関する研究
4. 審査結果の要旨	教科教育実践学専攻生活・健康系教育連合講座 長谷川 卓也 から申請のあった学位論文について、兵庫教育大学学位規則第16条に基づき、下記のとおり審査を行った。 論文審査日時： 令和7年8月2日(土) 15時00分～15時30分 場 所： オンライン 1. 学位論文の構成と概要 本研究の目的は、高等学校におけるテキスト型プログラミング言語を用いたプログラミング教育において、生徒のプログラミング過程を明らかにすることで、効果的な学習支援を行うための知見を得ることである。 第1章では、本研究の背景と目的、学位論文の構成について述べている。高等学校学習指導要領(平成30年告示)では「情報Ⅰ」が必修科目となり、プログラミング教育の機会が大幅に拡大した。まず、プログラミング学習と関連学習の習熟度の関係性に着目した分析を実施した。その結果、プログラミング教育を円滑に導入するための事前学習について示唆が得られたが、生徒のプログラミング過程そのものを対象としない分析方法の限界が課題として示された。 第2章では、プログラミング教育支援システムの設計・開発から同システムの運用テスト結果について述べている。同システムは、主に生徒に操作が容易なプログラミング環境を提供する機能及び生徒のプログラミング過程を記録し教師に提示する機能を備えるように設計され、Webサーバ上で稼働するように開発された。同システムの運用テストにおいて両機能が正常に動作することを確認した。

第3章では、プログラミング教育支援システムの授業における利用実績及び運用を通じた評価について述べている。生徒に対するユーザビリティ調査によって操作性を検証し、概ね高い評価が得られていることを示した。また、授業で得られたコーディングログの内容を目視によって検証し、正常にプログラミング過程が記録されていることを確認した。

第4章では、プログラムの類似度と習熟度の関係性の時系列分析について述べている。情報科の単元「探索のプログラム」においてプログラム作成を伴う授業を実施した。プログラミング教育支援システムを用いて生徒のプログラミング過程をコーディングログとして記録した。次に、コーディングログを用いて生徒が作成したプログラムと模範解答プログラムとの類似度を時系列的に抽出した。ここで、ユニグラムを用いたコサイン類似度、バイグラムを用いたコサイン類似度、及びレーベンシュタイン距離に基づく類似度の3種類を適用し、各類似度と習熟度の関係を分析した。比較のため、プログラミング過程における操作数、プログラムの文字数と習熟度の関係についても分析した。その結果、いずれの類似度も、操作数や文字数よりも強い相関を示し、特に、バイグラムを用いたコサイン類似度と習熟度の相関が強いことが明らかとなった。また、プログラム作成における初期段階から相関が強くなっていることが分かり、類似度に着目することで早期に習熟度を予測できる可能性が示唆された。

第5章では、機械学習による習熟度の下位群の検出と、プログラムにおける記述が不完全な箇所の可視化について述べている。生徒が作成したプログラムの最小構成単位となる字句であるトークンの出現数に基づき、下位群を検出するための分類モデルを5種類の機械学習の手法を用いて構築した。最も高い識別性能を示した手法は勾配ブースティングを用いた分類モデルであり、再現率と適合率はそれぞれ0.77、0.78であり、操作数や文字数に基づき構築した分類モデルよりも高い識別性能を示した。さらに、非下位群と比べて下位群で充足率が低かったトークンを特定し、そのトークンが模範解答プログラムの中で記述されている位置を、下位群のプログラムにおける記述の不完全な箇所として可視化した。これにより、重点的に指導すべき内容を明確にするための根拠を得ることができた。

第6章では、本研究の成果と課題について述べている。コーディングログの分析で得られた主要な知見として、①類似度に着目することにより、プログラミング過程の初期段階で習熟度を予測できる可能性があること、②プログラムを構成するトークンに着目することにより、習熟度の低迷が予想される生徒を検出するとともに、指導すべき学習内容を明確化するための根拠が得られることを示した。今後の課題として、教師がコーディングログを活用しやすい仕組みの構築、コーディングログによる分析手法の汎用性の検証及び①の類似度と②の機械学習と可視化の手法を統合した、より有用性の高い分析手法の開発が挙げられる。

2. 審査経過

本研究の審査は、つぎの観点について行った。

1) 研究目的の妥当性と論文構成の整合性について

本研究は、主に高等学校におけるプログラミング教育において効果的な学習支援を行うためのものであり、生徒のプログラミング過程を捉えるために、新たに設計・開発したプログラミ

ング教育支援システムを用いて収集したコーディングログを分析することで学習支援のための知見を得ており、全国の中学校や高等学校におけるプログラミング教育の実践において期待される内容である。連合大学院における教科教育実践への寄与ならびに学校教育におけるプログラミング教育への今後の展開という点から研究目的の妥当性が認められた。

論文構成に関しては、まず、高等学校におけるプログラミング学習と関連学習の習熟度の関係性に着目した分析結果から、生徒のプログラミング過程であるコーディングログに基づく学習支援の必要性を示し、プログラミング教育支援システムを設計・開発した。同システムの運用テスト及び利用者によるユーザビリティを評価し、その有用性を確認している。授業実践で収集されたコーディングログを時系列分析するとともに、機械学習による成績の下位群を検出し、プログラミング教育において指導すべき学習内容を明確化する手法について論述しており、研究目的と論文構成に整合性が認められた。

2) 研究の独創性と発展性について

本研究では、コーディングログの分析に基づき、プログラムの類似度からプログラミング過程の初期段階で習熟度を予測できる可能性があること、プログラムを構成するトークンから習熟度の低迷が予想される生徒を検出して指導すべき学習内容を明確化するための根拠が得られた点に独創性がある。さらに、各学習者のプログラミング過程をコーディングログとして収集するために開発したプログラミング教育支援システムは、他に類をみないWebアプリとして構成されている点にも特徴がある。

中学校や高等学校におけるプログラミング教育において、学習者のコーディングログに基づいて効果的な学習支援を今後展開できることに期待でき、本研究の発展性を確認できた。

3) 教育実践への貢献について

本研究で得られた成果は、高等学校情報科のみならず中学校技術・家庭科技術分野のプログラミング教育にも応用できると期待され、教育実践への貢献度は高いと考えられる。特に、客観性の高いコーディングログの分析結果に基づいてプログラミング教育において効果的な学習支援を行える可能性を示唆している点において実践的な研究成果として高い貢献が認められる。

3. 審査結果

以上により、本審査委員会は 長谷川 卓也 の提出した学位論文が博士（学校教育学）の学位を授与するにふさわしい内容であると判断し、全員一致で合格と判定した。