

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 28 日現在

機関番号：50101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25381285

研究課題名(和文) 数学学習を取り入れたプログラミング学習支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of a programming learning support system incorporating mathematic study

研究代表者

下郡 啓夫 (SHIMOGOORI, Akio)

函館工業高等専門学校・一般科目理数系・准教授

研究者番号：00636392

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)： 数学的思考力を研くことにより、論理的思考力を仲介してプログラミング能力を高めることができるとの着想、またそれが論理的文章作成力にもつながるのではないかという仮説から、数学、プログラミング、論理的文章作成の3つに共通の論理的思考の性質を探った。
その結果、順接・逆接などのさまざまな接続関係や接続の構造、議論の組み立てといった、論理構造における接続関係が関係しているのではないかと、この分析結果を得た。

研究成果の概要(英文)：The researcher explored what are common logical ways of thinking in mathematics, programming and logical writing, based not only on the idea that the competence of programming could be promoted through logical thinking by practicing mathematical thinking but also on the hypothesis that the idea could enhance the ability of logical writing.
The result of the analysis showed the relation of connection in logical structures such as resultative and contradictory conjunction was closely related.

研究分野：教育工学

キーワード：数学能力 プログラミング能力 論理的文章作成力 論理的思考力 接続関係

1. 研究開始当初の背景

(1) これまでの典型的な初等プログラミング教育では、教授者がプログラミングの演習問題を提示し、それを学習者が取り組むという形で進むことがほとんどであった。

研究分担者が所属する、コンピュータの単科大学である公立はこだて未来大学では、プログラミング力と数学的思考力には関係があると想定し、数学教育を重視している。一方、研究代表者は、高等学校での数学教員の立場から、従来の教授法から脱却する1つのアプローチとして、数学思考力を研くことでプログラミング力が向上できるのではないかとこの着想を得た。

(2) プログラム作成を支える潜在的な資質の1つとして、論理的思考力がある。さらに、「数学学力が同じ場合であっても、数学の知識構造化の程度が異なっている場合、論理的思考力が異なっており、学習内容を技能レベルではなく思考レベルで構造化することができれば、より一般的レベルでの思考へ転移する可能性がある。」との研究成果がある(岡本真彦(大阪府立大学)【研究課題番号15020254】数学的思考から論理的思考への転移を導く教授プログラムの開発)。

これらのことから、数学学習によって論理的思考力を高め、プログラムの資質開発を行うことができるとの着想を得た。

2. 研究の目的

(1) まだ解明されていない、論理的思考力が仲介した、プログラミング力と数学力との関係を明らかにする。

(2) プログラミング能力向上だけでなく、数学的思考の論理的思考への転移によって、その効果を他分野の学習に応用できる可能性を見出す。

(3) プログラミング能力を高める数学学習材の開発や効果的な自学自習支援システムの構築を行う。

3. 研究の方法

(1) Processing 言語の学習をしている公立はこだて未来大学1学年について、授業時の小テストの問題正答率から、関数定義、配列の定着率が低いことを見出した。また、上述の学生に対し、中学段階の数学的基礎を問う数学テストを実施し、正答率による相関及び誤答分析を行った。さらに、野矢茂樹の論理能力に関する「接続」「論証」「分析」3分類について問う論理テストを実施した。

(2) 公立はこだて未来大学2年生に課題レポート2件の論理的文章作成力を、論理力及び言語能力について評価した点数と、初年次プログラミング教育科目(主にC言語を学習)の期末試験の点数結果との相関分析を行っ

た。

一方、函館工業高等専門学校1学年の学生に、野矢の論理的思考能力の3分類「接続」「論証」「分析」に関する論理テスト及び中学段階の基礎知識を問う数学テストを実施し、点数の相関分析を行った。

(3) ブレンディッド形式で実施しているプログラミング科目に「クイズ」「メモ」「吹き出し」を導入することによって、受講者の思考の見える化とそれに伴う理解の深化を目指し、その導入の試みと分析結果を行った。

4. 研究成果

(1) Processing 言語を学習する学生の授業時の小テストの正答率と数学小テストの正答率の比較から、関数の低学力層は方程式分野が、また関数定義、配列の低学力層両者に共通して、関数分野、図形分野の学力が低い傾向にあることを見出した。

また、誤答分析から、数学的活動による媒介化、すなわち源問題と関連しているが、新たな内容を持つ問題への取り組みの少ない傾向が見られた。さらに、反省化の取組機会が少ない傾向を見出した。論理テストについては、配列の低学力層は接続表現に関する問題の正答率が低く、言葉と言葉の関係性の理解能力が落ちる傾向にあることを見出した。全体的に、今回の数学の誤答は、情報処理のプランニングに起因する学習上の問題であると推測された。

これらのことは、Processing 言語における配列の主な内容が、同じ型に関連のあるデータが複数あるときに、それらのデータへ変数名に添え字をつけることによりアクセス可能とするものであることを考えると、配列の低得点層は、その1つ1つのつながりを理解できずに自分のプログラミング処理内容がメタ認知できていない可能性があると考えている。またプログラミング作成時の思考過程に着目すれば、上記特徴は、部分的全体的点検過程はもちろん、フローチャート等でプログラムの流れを考えるなどの、機能構成過程にも反映されている可能性があるであろう。

(2) 公立はこだて未来大学のプログラミング教育科目の成績について、A~Dの4分類(A:80点以上、B:70点以上80点未満、C:60点以上70点未満、D:60点未満)と論理力、言語能力について、それぞれWelchの検定を行った結果、論理力については、プログラミング力の高いA群と低いD群について、有意水準1%で有意な差があることが分かった(図1)。

論理力 A群とD群

	A群	D群
平均	5.44	3.85
分散	0.528	1.50
観測値	9	20
<hr/>		
有意水準	$\alpha = 0.01$	
t値	4.36	
P(T<=t) 両側	9.80212E-05	
t境界値 両側	2.79	

図1 論理力とプログラミング能力A・D群の検定

また、言語能力については、有意水準 5% で有意な差があることが分かった。

一方、函館工業高等専門学校1学年の学生について、中学段階の基礎学力の知識を問う問題の正答率が高い学生群と低い学生群の点数と、野矢の論理的思考能力の3分類「接続」「論証」「分析」に関する論理テストのそれぞれの点数について相関分析を行った結果、数学能力と接続の論理とのかなり強い相関が見られた。

(3) PC 使用中心のプログラミング演習科目に導入されている紙のメモ用紙上の自習クイズに吹き出し形式のクイズを導入した。メモ用紙や自習クイズの効用や使われ方は分かっていたものの、吹き出し形式を用いたことの効果は明らかに出来なかった。メモ用紙の効果については、意欲のある受講生にとっては自習テストが PC から離れて考えることのきっかけとなり、メモ用紙の活用や成績につながった可能性がある。

また、数学文章解決過程とプログラミング解決過程の類似性に着目、数式処理に柔軟に対応した Moodle と STACK の機能を利用し、STACK の機能の1つであるポテンシャル・レスポンス・ツリーを用いて判断し、学習者にフィードバックを返すことを提案した。

数学的思考力を研くことで、論理的思考力を仲介して、プログラミング能力の育成を図るときの留意点としては、数学テストの誤答分析から、同類項をまとめるなどの計算操作はできていたが、頭にマイナスがついた式の計算処理や係数計算のミスといった、数学的情報の形式的処理に関わるもの、方程式と文字式の数学的スキーマの混同が基本的に起こっていないこと、分数の四則演算に関して、(分数÷整数)及び(分数×分数)の数学的スキーマの定着率は高かったが、異分母の加・減の数学的スキーマについては低い傾向が、プログラミング能力の低い層の傾向として表れていた。

この傾向を Processing 言語の関数の学習内容から見ると、関数宣言と引数の関係を混

同するといった関係の場合分け、関数の名前の重複に対する不注意などが理解を妨げている可能性がある。また、void 型関数といった、関数の中から別の関数を呼び出すものに関して、その関係性を理解できていないと推測する。

また、先の媒介化、反省化の不足を考えれば、プログラミング作成時の思考過程に着目すれば、コンパイル前のプログラムの流れの確認といった部分的点検過程や実行後に自分の考えた処理の流れが課題条件を満たしているのかといった、全体的点検過程で反映されている可能性がある。そこで、フィボナッチ数列といった再帰性を問う問題などから数学的理解がどこまで行きついているのかを判断することと合わせて、低学力層のプログラミング内容の理解状況の分析が必要である。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計9件)

下郡啓夫、伊藤恵、大場みち子、配列・関数に着目したプログラミング能力と数学学力の相関分析、2013年教育システム情報学会第6回研究会、2014年3月15日、名古屋学院大学(愛知県、名古屋市)

伊藤恵、大場みち子、下郡啓夫、プログラミング教育における紙使用による学習者の思考促進と調査の試み、2013年教育システム情報学会第6回研究会、2014年3月15日、名古屋学院大学(愛知県、名古屋市)

伊藤恵、杉本識吏、大場みち子、下郡啓夫、動画を用いたプログラミング自学自習の試み、情報処理学会コンピュータと教育研究会128回研究発表会、2015年2月15日、大阪学院大学(大阪府、吹田市)

下郡啓夫、大場みち子、伊藤恵、問題解決能力育成のためのプログラム作成に向けた学習法の提案、平成26年度第4回日本科学教育学会研究会、2015年2月28日、信州大学教育学部(長野県、長野市)

下郡啓夫、木元利歩、倉山めぐみ、大場みち子、伊藤恵、Moodleのレスポンスツリーを活用したプログラミング能力育成法の提案、2014年教育システム情報学会第6回研究会、2015年3月21日、香川大学幸町キャンパス(香川県、高松市)

大場みち子、伊藤恵、下郡啓夫、プログラミング力と論理的思考力の相関関係に関する分析、情報処理学会デジタルドキュメント第97回研究会、2015年3月30日、東洋大学白山キャンパス(東京都、文京区)

大場みち子、伊藤恵、下郡啓夫、薦田憲久、論理的な文章作成力とプログラミングとの

関係の分析、情報処理学会コンピュータと教育研究会 132 回研究発表会、2015 年 12 月 5 日、福井市地域交流プラザ(福井県、福井市)

伊藤恵、椿本弥生、プログラミング教育における吹き出し導入の試みと分析、教育システム情報学会 2015 年度第 5 回研究会、2016 年 1 月 30 日、関西大学(大阪府、吹田市)

下郡啓夫、伊藤恵、大場みち子、数学能力と論理的思考力との関係の分析、教育システム情報学会 2015 年度第 6 回研究会、2016 年 3 月 19 日、東京工芸大学(東京都、中野区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

下郡 啓夫 (SHIMOGOORI, Akio)
函館工業高等専門学校・一般科目理数系・准教授

研究者番号：00636392

(2) 研究分担者

伊藤 恵 (ITO, Kei)
公立はこだて未来大学・システム情報科学部・准教授

研究者番号：30303324

大場 みち子 (OBA, Michiko)
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：30588223