

令和元年6月24日現在

機関番号：50101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K04798

研究課題名（和文）汎用的論理思考力を基盤とした、メタ認知能育成のための教材・教授法の開発

研究課題名（英文）Development of teaching materials and teaching methods for developing meta-cognitive abilities based on general-purpose logical thinking skills

研究代表者

下郡 啓夫（Shimogoori, Akio）

函館工業高等専門学校・一般系・教授

研究者番号：00636392

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：数学・国語・プログラミング等に共通で用いられる論理力、汎用的論理思考力として、分節化された言葉を意味や連関によりつなげる、情報処理的オペレーションにあることが特定された。そのプロセスをメタ認知しながら育成するために、汎用的論理思考力を基盤として、論理の接続により、制約を超える創造性の育成方法、およびその可視化について、芸術の表現の教授法などから検討をした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

論理的思考を批判的思考を形成する1つの思考とすれば、創造性と批判的思考という力量について共通認識（言語）を構築する契機となるとともに、有効な教育方法的知見を示すことができるかを検討する上で、汎用性をもつ教授法のモデル化を進めることにつながる。その延長上で、段階的力量形成モデルの構築とともに、創造性と批判的思考の形成において鍵となる要素・概念や効果的な教育的介入の方法の整理などが期待できる。

研究成果の概要（英文）：It was identified that logical power and general-purpose logical thinking power, which are commonly used in mathematics, Japanese language, and programming, are in information processing operations that connect segmented words by meaning and linkage. In order to develop the process while metacognitive, we examined how to develop creativity beyond constraints by connecting logic and how to visualize it based on general-purpose logical thinking.

研究分野：教育工学

キーワード：汎用的論理思考 メタ認知 創造性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者及び共同研究者は、下郡啓夫(函館工業高等専門学校【研究課題番号 25381285】) 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にて、数学的思考から論理的思考への転移を導く数学学習材を開発し、プログラミング能力の育成を図ってきた。その中で、プログラミングと数学の相関性ととも、両者に論理的思考の必要性を見出した。さらに、プログラミング思考過程での「論理的思考力」と国語の文章理解における「論理的思考力」の類似性を得た。このことから、プログラミングと数学、国語の「論理的思考力」に共通の性質があるとの仮説を得た(ここでは、これを「汎用的論理思考力」と呼ぶ)。その相関を整理したものが図1である。一方、適切なメタ認知を行うために必要な自らの能力や方略に関する知識を得るためには論理的能力が必要であるとの考えから、汎用的論理思考力からメタ認知能力を育成することができるとの着想を得た。

### 2. 研究の目的

本研究では汎用的論理思考力の精緻化を行う。さらに精緻化された汎用的論理思考力の構成要素からメタ認知能力を育成する教材・教授法を開発し、その効果測定を行う。一方で、汎用的論理思考力と人間の「才能」との相関分析を行うとともに、汎用的論理思考力を持つ傾向が強い「才能」について、その育成法を検討する。

### 3. 研究の方法

プログラミングスキルと論理的な文章を作成するスキルとの関係性を、それぞれのスキルのアウトプットに焦点を当てて論じる。プログラミング力判定の指標としての大学初年次プログラミング教育科目の成績評価点および期末試験の素点を利用し、レポート課題に対する「論理力」と「言語能力」それぞれの評価点合計との相関を分析した。大学生85人を対象に評価した結果、プログラミング力と論理的な文章作成力のうち「論理力」との間で強い相関が認められた。一方、プログラミング力と「言語能力」の間には部分的に弱い相関が認められた。数学と国語の論理的思考力との関係については、まず専門性の違う函館高専の学生群(高校3年生に相当)について、知識問題(数学的な事実、概念、道具、手順を基にした知識に関すること)と応用問題(知識や概念的理解を問題場面に応用すること)を実施した。あわせて・阿部、井田(2010)の成人用メタ認知尺度3因子28項目を実施した。小テストの結果からは、工学的専門性による数学の理解度の差がないことを確認した。またメタ認知と数学の関係では、知識得点とメタ認知尺度の相関の方が、応用得点よりも相関が高く出ていることを確認した。インタビューと誤答分析から、数学的事実等理解しているものは、計算アルゴリズムなどその論理性をメタ認知しながら確認を行っている傾向があることが分かった。また、国語と数学の論理性を確認する論理的思考テストとして、2013年に国立教育政策研究所で作成、実施された『特定の課題に対する調査(論理的な思考)』を用いた。結果、国語における関係性の洞察と数学における必要な情報の抽出と分析に関係性があることが分かった(相関係数0.64)。これらのことと本科研究費以前に確認していたプログラミングと数学との相関から、国語、数学、プログラミングとの汎用的論理能力の1つとして、接続の論理に関係があると判断した。

汎用的論理思考力を基盤とした、メタ認知能力育成のための教授法開発については、公立はこだて未来大学システム情報学部初年次教育として実施されている必修のプログラミング演習科目において、課題プログラミングの思考の可視化と促進を意図したプログラミング教授方法を検討した。従来のプログラミング演習科目においては、統合開発環境等のPC上の開発ツールの支援機能の豊富さなどから、学習者が十分に思考せずに、表面的な理解だけでプログラム作成を行う傾向が見受けられていた。そのため、プログラミング学習における思考の整理と促進を意図した紙の使用に注目し、紙のメモ用紙の導入、メモ用紙上への自習クイズの掲載、メモ用紙上へのふき出しの導入などを行い、思考の可視化とメタ認知を促していた。ただ、日常的に紙のノートの使用頻度が少ないことや、PC中心の授業における紙の使用の特殊性等を踏まえ、今回は紙の代わりに電子ペーパーを導入し、電子ペーパー上に配布したPDFをメモ用紙代わりに使用させることを試みたものである。これにより運用性は向上したが、現在さらにメモの利用率向上を促しながら、思考の可視化とメタ認知育成の仕組みを整えている状況である。一方、教材・教授法の検討を行う上で、プログラミング的思考のモデル化を行った。具体的には、情報を関連づけ、解決策を探索する創造的思考と、そこから情報を抽出、吟味しながら、論理的に組み立て表現しながら、解決策を評価し解決へと導くプログラミング的思考を基盤に、その思考をコーディングといったコンピュータサイエンスの技術的知識を生かして課題解決していくという階層構造である。さらに、創造的思考およびプログラミング的思考については、英国のナショナルカリキュラムをより詳細化した学習内容体系である、Computing Progression Pathwaysを元に、コンピテンシーとその概要を整理した。また、思考の論理性から創造性を高める方法論についても検討、強制的発想法及びその論理的推論(演繹的推論、帰納的推論、アブダクション)による創造性の可視化について現在その方法論の研究を進めている。

### 4. 研究成果

論理的思考力について、井上(2002)は意味用法として少なくとも(1)形式論理学の諸規則に

かなった推理のこと、(2)筋道の通った思考、つまりある文章や話が論証の形式(前提 結論、または主張 理由・根拠という骨組み)を整えていること、(3)直観やイメージによる思考に対して、分析、総合、抽象、比較、関係づけなどの概念的思考一般のこと、の3つの用法があると指摘している。加えて井上は数学教育などでは、(1)の形式的推論という意味に限定して使われることが多いと指摘している。本研究では、汎用論理的思考力を数学の(1)の観点から数学・国語・プログラミングの3つの相互の相関から、接続の論理との関係性を改めて確認した。一方、接続の論理からメタ認知を育成する方法を検討する場合、メタ認知の確認方法として、記憶とその再生が1つの鍵となる。記憶形成では、事象の属性だけでなく、随伴的情報も付加される。それを確認する切り口の1つに、過去体験を構造化した認知的枠組とその再生を確認することで、学んだ知識の再構成が捉えられる。しかし、再生には文脈依存性の問題がある。文脈依存性とは、同じ問題であっても異なる状況下では異なった回答をするという現象である。ここでいう文脈は、文章を正しく理解する上での前後の文脈のことだけでなく、周囲の状況なども含む。文脈効果を想定してメタ認知を育成することから、本研究では、集団創造性をテーマに、その育成法及び効果測定の方法を検討した。前者については、D. ショーンの実践的省察とハワード・ガードナーの多重知能理論及びEntry Pointsの概念からワークショップの方法論のモデルを提示した。後者については、松下(2012)の高次の能力検討する上でのモデル、すなわち<質的評価>-<量的調査>、<直接評価-間接評価>の2軸でできる4象限のそれぞれのデータの相関を探る方法のモデルを提示した。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 2件)

- 大場みち子、山口琢、プログラミング行動の測定と分析に関する一考察、情報処理学会研究報告、CE-140、査読有、2017、pp. 1-6  
大場みち子、伊藤恵、下郡啓夫、薦田憲久、論理的文章作成力とプログラミング力との関係分析、情報処理学会研究報告、CE-140、査読有、pp. 8-15

### 〔学会発表〕(計 14件)

- 伊藤恵、椿本弥生、白石陽、奥野拓、プログラミング教育のためのメモ用紙活用における電子ペーパー利用の試み、教育システム情報学会 2016 年度第 5 回研究会、2017  
下郡啓夫、伊藤恵、大場みち子、プログラミング的思考の一考察、日本教育メディア学会 2016 年度第 2 回研究会、2017  
下郡啓夫、山本けい子、グループによる創造性についての一考察、平成 29 年度工学教育研究講演会講、2017  
下郡啓夫、山本けい子、グループ学習に関する数理的分析方法の一考察、教育システム情報学会 2017 年度 第 1 回研究会、2017  
下郡啓夫、イノベーション人材育成における「問い」の重要性、イノベーション教育学会 第 5 回年次大会、2017  
下郡啓夫、吉永早苗、有賀三夏、音感受と多重知能理論：環境、人とコミュニケーションの在り方と創造性、日本ビジネスコミュニケーション学会、2017  
下郡啓夫、横井浩子、渡邊一弘、創造性と5つの思考回路 - 『世界算数』から思考力評価テスト開発へ -、日本アクティブラーニング学会、2017  
下郡啓夫、坪田康、数学を基盤とした創造性の開発に関する一考察、電子情報通信学会思考と言語研究会、2018  
下郡啓夫、大場みち子、数学と国語の論理的思考力との関係の分析、電子情報通信学会思考と言語研究会、2018  
Akio Shimogoori、COMPUTATIONAL THINKING FOR ELEMENTARY SCHOOL IN JAPAN AND ART THINKING、The 13th International Conference on Knowledge、Information and Creativity Support (国際学会)、2018  
下郡啓夫、上條雅雄、有賀三夏、芸術表現の教授法開発の一考察、情報コミュニケーション学会第 16 回全国大会、2018  
下郡啓夫、高専におけるイノベーション人材育成について、第 25 回大学教育研究フォーラム、2018  
Akio Shimogoori、A Study on Evaluation of STEAM Learning【招待講演】、JAIST STEAM SYMPOSIUM -International Symposium on STEAM Learning、2019  
下郡啓夫、白川隆朋、山田悠貴、鈴木恵二、大場みち子、学習評価の4つのタイプに着目した、キャリア意識と思考力の総合評価、教育システム情報学会 2019 年度第 1 回研究会、2019

### 〔図書〕(計 件)

### 〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：伊藤 恵  
ローマ字氏名：Kei ITO  
所属研究機関名：公立はこだて未来大学  
部局名：システム情報科学部  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：30303324  
研究分担者氏名：大場 みちこ  
ローマ字氏名：Michiko Oba  
所属研究機関名：公立はこだて未来大学  
部局名：システム情報科学部  
職名：教授  
研究者番号（8桁）：30588223

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。