

原著 (Article)

国語・数学の領域ごとでのプログラミング的思考との相関関係

Correlation between Computational Thinking and Areas of School Subjects: Japanese Language and Mathematics

深谷 和義*

FUKAYA, Kazuyoshi*

委文 美佳**

SHIDORI, Mika**

摘 要

プログラミング的思考におけるプログラム設計に関する思考、プログラム作成に関する思考という2種類の思考の問題に対して、国語3領域、数学4領域における問題との正答率の関連性を調査し、教科のすべての領域で共通なのか、領域によって異なるのかを検討した。関連性は相関係数で求めた。その結果、国語は3領域の中で「読むこと」のみで設計問題との弱い相関がみられた。数学では、「数と式」「データの活用」において流れ図問題との弱い相関がみられた一方で、文章を読ませる問題を扱った「関数」では国語と同様に設計問題との弱い相関がみられた。教科としては、流れ図問題、設計問題のいずれとも弱い相関がみられた。プログラミング的思考における2種類の思考は、教科の領域によって関連性が異なると考えられ、プログラミング的思考の育成と各教科等での学びをより確実なものとするために、教科領域によって適切にプログラミング的思考のねらいを立てる必要がある。

キーワード：プログラミング的思考、教科領域、国語、数学、相関

Key words : computational thinking, areas of school subjects, Japanese language, mathematics, correlation

1. はじめに

2020年度から、日本の小学校ではプログラミング教育が必修となっており、小学校学習指導要領解説総則編において、「プログラミングの体験」として「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」を実施するとしている¹⁾。その際、プログラミング教育で育成するプログラミング的思考は他教科と連携して実施するものとして位置づけられている。それは、プログラミング教育のねらいの一つに各教科等での学びをより確実なものとする事が挙げられているからである²⁾。教科の一つとしてプログラミングを教育している諸外国と比べて、日本では教科ではなく、教科の中に

* 椋山女学園大学教育学部

** 椋山女学園大学教育学部 (2020年3月卒業)

プログラミング教育を含めていることが特徴的である³⁾。

小学校学習指導要領では、「算数科，理科，総合的な学習の時間において，児童がプログラミングを体験しながら，論理的思考力を身に付けるための学習活動を取り上げる内容やその取扱いについて例示している」¹⁾。赤堀は，プログラミング的思考が目指す論理的な思考とは何かを明らかにするために，国語，算数の他，理科や社会を含めて教科との関連性を調査した研究（以下，先行研究）を行っている⁴⁾。プログラミング的思考を評価するために，目的を設定し問題を分析，抽象化，一般化していくプログラムの設計における論理的思考（以下，プログラム設計に関する思考），及び目的に応じて試行錯誤し，流れ図等での組み合わせ等で手続きを考えるプログラムの作成における論理的思考（以下，プログラム作成に関する思考）に対して，教科との関連性をそれぞれ明らかにした。研究の結果，プログラム設計に関する思考は，国語（読むこと）や社会（地理）と関連性があり，プログラム作成に関する思考は，数学（数と式）や理科（地球）と関連性があることを示している。すなわち，教科によって関連性のあるプログラミング的思考が異なるとしている。他にも，大場らは，国語において文章を作成するには論理的な思考が必要であると述べている⁵⁾。

しかし，先行研究では，各教科で一つの領域のみを取り上げた調査結果であり，一つの教科領域とプログラミング的思考の関連を明らかにしたものの，各教科の他の領域における検討をしていない。プログラミング教育を幅広く教科と連携して行うためには，プログラミング的思考が様々な教科領域とどのような関係にあるのか，その詳細を明らかにする必要がある。領域ごとの関連性を調査することにより，プログラミング的思考を教科の中で育成する際，具体的にプログラミング的思考のねらいを立てることができるようになる。

そこで，本研究では，プログラミング的思考と教科内の複数の領域との関連性を調査し，その関連性が教科のすべての領域で同じであり教科として共通なのか，教科領域によって異なるものなのかを明らかにすることを目的とする。扱う教科は，小中学校での全国学力・学習状況調査で毎年調査対象となっている国語と数学の2教科とする。

2. プログラミング的思考

プログラミング的思考は，2016年に「小学校段階における論理的思考力や創造性，問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議」による「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」において，「自分が意図する一連の活動を実現するために，どのような動きの組み合わせが必要であり，一つ一つの動きに対応した記号を，どのように組み合わせたらいいのか，記号の組み合わせをどのように改善していけば，より意図した活動に近づくのか，といったことを論理的に考えていく力」と定義されている⁶⁾。プログラミング的思考の

定義から、武藤は内容で二つの部分に分けている⁷⁾。前半がプログラム設計に関する思考が中心であり、後半がプログラム作成に関する思考が中心であると言える。プログラミング的思考の定義のプログラム設計に関する思考、プログラム作成に関する思考を書き加えた模式図を図1に示す。

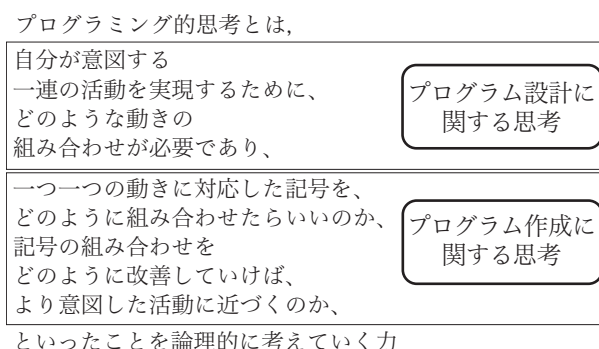


図1 プログラミング的思考の定義の模式図

3. 実験

本研究では、プログラミング的思考を評価する問題の得点と教科の領域を評価する問題の得点の相関を求めることで両者の関連性を調査する。1章で述べたように、教科は国語と数学とを扱うこととする。先行研究と同様に、佐々木らが小学校におけるプログラミング教育において分類した中から、プログラム設計とプログラム作成を取り上げる⁸⁾。したがって、プログラミング的思考を評価する問題（以下、プログラミング問題）として、プログラム設計に関する思考の問題（以下、設計問題）とプログラム作成に関する思考の問題（以下、流れ図問題）の2種類の思考の問題を扱うこととする。教科の領域に関する思考を評価する問題（以下、教科領域問題）として、中学校学習指導要領に合わせて国語3領域と数学4領域の問題を扱う。2種類の思考のプログラミング問題の得点と3領域または4領域の教科領域問題の得点の相関をそれぞれ求めることで教科領域ごとでのプログラミング的思考との関連性を明らかにする。

プログラミング問題、教科領域問題のいずれも問題の難易度や解答時間を妥当なものにするため、事前に聞き取りや予備調査をS大学教育学部の大学4年生6人に対して行った。そのうえで、同じ大学の3,4年生30名を本実験の被験者とした。本実験で扱った問題や解答時間等は次の通りである。

まず、プログラミング問題では、設計問題と流れ図問題において、それぞれ大問を3問ずつ出題する。設計問題では先行研究で用いた大問2問に1問加え、流れ図問題では先行研究の1問に2問加えることで、問題の特性をより一般的に評価できるようにした。設計問題、流れ図問題で加えた問題は、それぞれ文献9)、文献10)を参考に作成している。なお、先行研究の設計問題は記述問題であったが、解答を導き出す

表1 出題した問題の概要

		問題概要
プログラミング問題	設計問題	駅の自動券売機において、入力操作で切り替わる4つの購入画面の一部空欄を完成させる表示を求める。
		駅の自動券売機を使って、入力操作で切り替わる4つの購入画面において安く乗車券を購入できる操作手順を求める。
		5人の小学生の学年や得意なスポーツに関する説明文から一人ひとりの学年と得意なスポーツを求める。
	流れ図問題	前進、後退、回転を組み合わせた飛行機の動きを順次処理のみで求める。
		前進、後退、回転を組み合わせた飛行機の動きを順次処理と繰り返し処理の組み合わせで求める。
		スーパーでの果物の買い物の流れを、二つの分岐処理を含んだ流れ図で求める。
国語	話すこと・聞くこと	相手に分かりやすく伝わる表現について理解しているかどうかをみる。
		話合いの話題や方向性を捉えて自分の考えを持つことができているかどうかをみる。
	書くこと	書こうとする事項のまとまりや順序を考えて文章を構成することができるかどうかをみる。
	読むこと	目的に応じて文章を読み、内容を整理して書くことができるかどうかをみる。
		文章とグラフとの関係を考えながら内容を捉えることができるかどうかをみる。
数学	数と式	四則計算の結果の特徴を的確に捉え、数の集合と四則計算の可能性について理解していることができるかどうかをみる。
		簡単な連立二元一次方程式を方針に基づいて解くことができるかどうかをみる。
	図形	グラフ上の点Pのy座標と点Qのy座標の差を、事象に即して解釈することができるかどうかをみる。
		事象を数学的に解釈し、問題解決の方法を数学的に説明することができるかどうかをみる。
	関数	証明の根拠として用いられている三角形の合同条件を理解しているかどうかをみる。
		結論が成り立つための前提を考え、新たな事柄を見だし、説明することができるかどうかをみる。
	データの活用	資料を整理した表から最頻値を読み取ることができるかどうかをみる。
		資料の傾向を的確に捉え、判断の理由を数学的な表現を用いて説明することができるかどうかをみる。

ことが困難で正答率が低すぎると判断したため、正解が得られやすいように出題方法を選択問題に変更している。

また、教科領域問題は、学習指導要領解説での記載に合わせて、国語「話すこと・聞くこと」「書くこと」「読むこと」の3領域¹¹⁾、数学「数と式」「図形」「関数」「データの活用」¹²⁾の4領域¹²⁾から、各領域において2問ずつを出題している。その際、問題を多様にすることや解答時間による被験者の負担等を考慮して、1問は記号か短い言葉での解答をする問題で、もう1問は文章で説明したり、式を導いたりする問題とする。問題は、中学3年生を対象とした複数年度の全国学力・学習状況調査の出題内容から領域ごとに抜粋している。なお、国語の問題の一つが「書くこと」と「読むこと」の二つの領域にまたがる内容であったため、その問題はそれぞれの領域に含まれる問題として扱っている。本研究において出題した問題の概要を表1に示す。概要の説明は、プログラミング問題は筆者らが問題を踏まえて記載し、国語と数学は全国学力・学習状況調査の「解説資料」における「出題の趣旨」を踏まえて記載している。

問題の配点は、設計問題と流れ図問題に関しては、すべての大問を同じ配分としている。国語、数学の各領域の問題は、記号か短い言葉での解答問題に対して、文章または式を導く問題を2倍の配点となるように配分した。

解答時間は、プログラミング問題で20分、教科領域問題で40分とした。プログラミング問題では、プログラミング的思考が効率よく活用されたものでなければ、教科領域の中で活用できる力とは言えないため、あまり十分でない制限時間を設ける。ただし、すべての被験者が設計問題と流れ図問題とでの時間配分に同様の片寄りをしないように、半数の被験者には設計問題から先に解かせ、残る半数には流れ図問題から先に解かせた。

4. 結果と考察

4.1. 問題に対する正答率

本実験を行った被験者30名分の解答を採点した結果を図2に示す。プログラミング問題の設計問題、流れ図問題、国語の3領域、数学の4領域のいずれも10点満点で採点した30名の得点の平均及び標準偏差の結果である。国語の「全体」、数学の「全体」の点数は、それぞれ3領域または4領域の点数の平均点である。

国語は領域によって点数が異なり、一番低い「読むこと」の6.4点から一番高い「話すこと・聞くこと」の8.8点までの違いがある。数学も同様に、一番低い「関数」の6.3点から一番高い「数と式」の8.0点までとなっている。プログラミング問題に関しては、設計問題が7.8点、流れ図問題が7.7点と近い点数で、国語の「全体」7.4点、数学の「全体」7.1点を含めて比較的近い値であった。

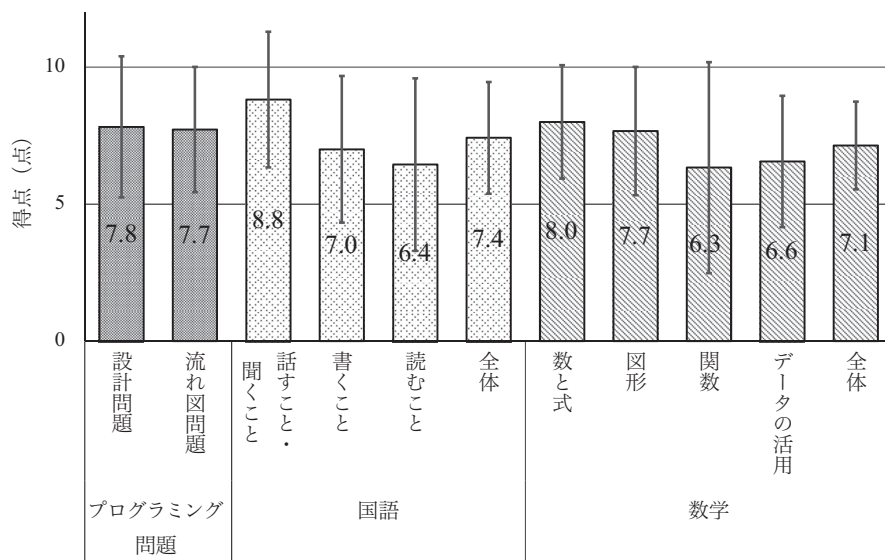


図2 問題に対する種類・領域ごとの得点

4.2. プログラミング問題と教科領域問題との相関

被験者30名におけるプログラミング問題の設計問題，流れ図問題に対する，国語の3領域，数学の4領域の得点の関連性を明らかにするための散布図を図3から図12に示す。それぞれ，相関係数も記載している。

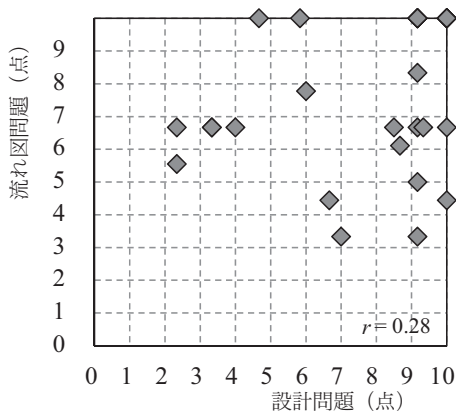


図3 設計問題と流れ図問題

まず，図3においては，プログラミング問題における設計問題と流れ図問題との散布図である。相関係数 r は0.28で弱い相関があった。先行研究での相関係数0.46よりは弱いものの両者に相関がみられたことは同様であった。

次に，図4から図7においては，国語の3領域及び「全体」に対して，設計問題との散布図と流れ図問題との散布図をそれぞれ同じ図に記載している。これらの中で，設計問題と「読むこと」，設計

問題と「全体」においてのみ，それぞれ相関係数 r_d が0.39，0.34で弱い相関がみられた。先行研究での国語は「読むこと」のみで実験しており，そこでも0.16ではあるが設計問題との相関係数の方が大きな値を示しており，本実験においても同様の結果が得られたと言える。しかし，本実験でのみ行った国語の他の2領域においては，設計問題，流れ図問題のいずれに対しても相関がみられなかった。すなわち，国語に関しては，領域「読むこと」のみでプログラミング的思考の一つであるプログラム設計に関する思考が関係していることになる。これは，「読むこと」が，問題文の中から目

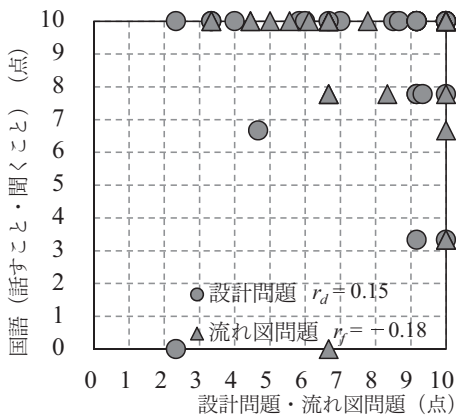


図4 国語（話すこと・聞くこと）

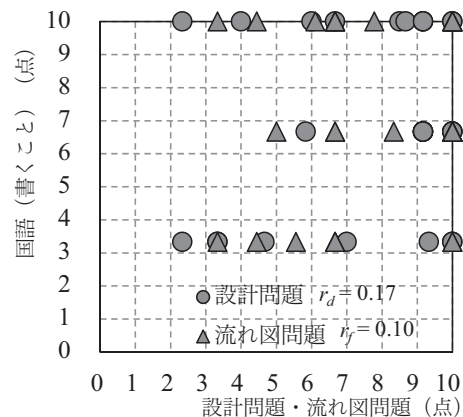


図5 国語（書くこと）

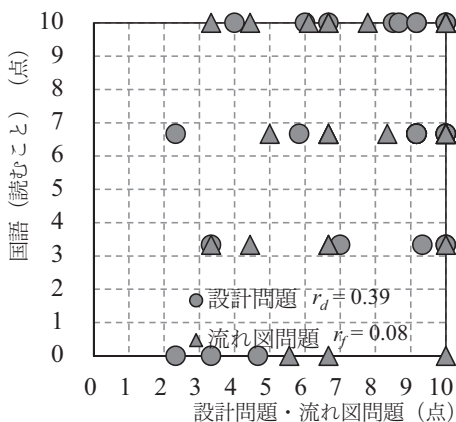


図6 国語（読むこと）

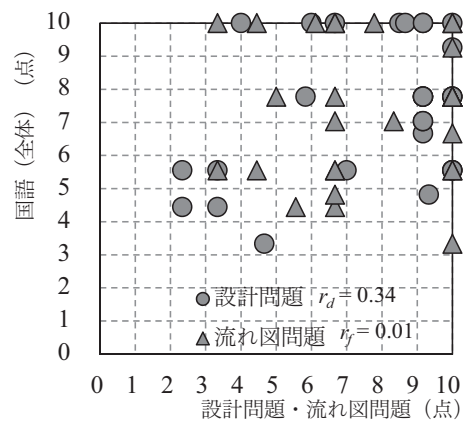


図7 国語（全体）

的に応じた内容を取り出したり、抽象化や一般化したりすることで解答を導けることから、プログラム設計に関する思考が問題を解くのに必要なためであると考えられる。

更に、図8から図12においては、数学の4領域及び「全体」に対して、設計問題との散布図と流れ図問題との散布図をそれぞれ同じ図に記載している。ここでは、「数と式」と流れ図問題で相関係数 r_f が0.23、「データの活用」と流れ図問題では相関係数 r_f が0.33といずれも弱い相関があった。一方、「関数」と設計問題においても相関係数 r_d が0.38で弱い相関があった。また、「全体」とは、流れ図問題の相関係数 r_f が0.31、設計問題の相関係数 r_d が0.20といずれも弱い相関があった。先行研究においては「数と式」のみ実験しており、本実験同様で流れ図問題とだけ弱い相関があり、相関係数は0.24であった。流れ図問題は実際にプログラミングを行う学習に近い問題であるため、数学で相関がみられることは予想されたことである。その中で、「関数」では、出題した問題が文章を理解したうえでの解答を必要としたため、国語の「読むこと」と似た結果になったと考えられる。したがって、数学においても国語と同様の力が必要な場合があると言える。

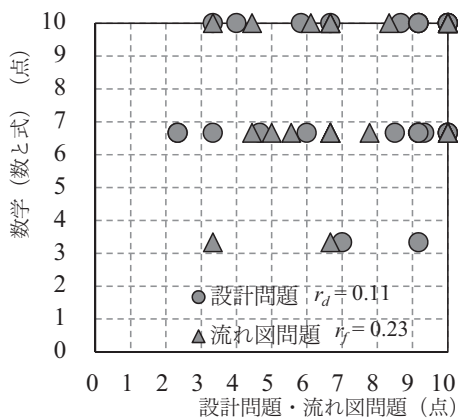


図8 数学 (数と式)

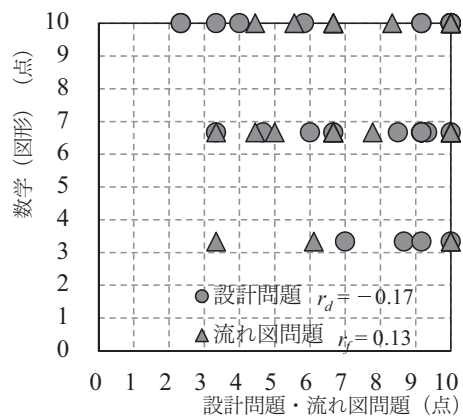


図9 数学 (図形)

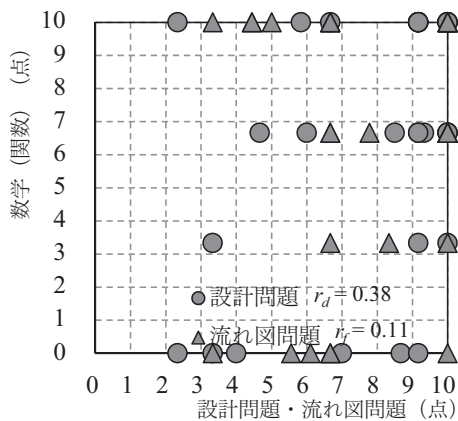


図10 数学 (関数)

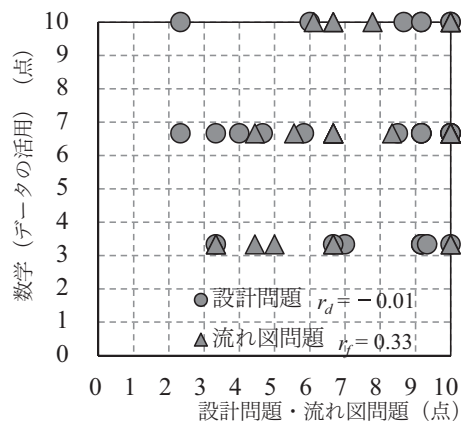


図11 数学 (データの活用)

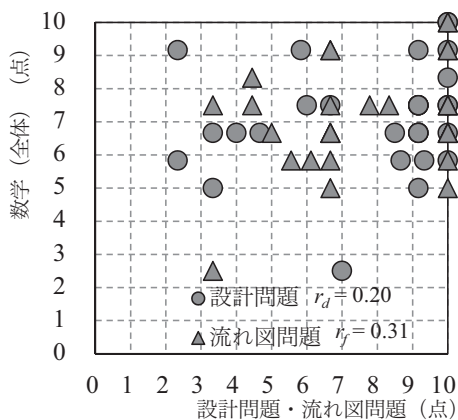


図12 数学 (全体)

5. まとめ

プログラミング問題における設計問題と流れ図問題を扱って、国語の3領域、数学の4領域との問題との相関を調査するための実験を、大学生30名を対象に行った。その結果、国語では、3領域の中で「読むこと」のみで設計問題との弱い相関がみられた。また、教科全体としても同様であった。一方、数学では、「数と式」「データの活用」において流れ図問題との弱い相関がみられた。また、文章を読ませる問題を扱った「関数」では国語と同様に設計問題との弱い相関がみられた。教科としては、流れ図問題、設計問題のいずれとも弱い相関がみられた。

本実験により、プログラム設計に関する思考、プログラム作成に関する思考は、教科領域ごとに関連性が異なる場合があると示唆された。プログラミング的思考の育成と各教科等での学びをより確実なものとするために、教科領域によって適切にプログラミング的思考のねらいを立てる必要がある。

付 記

本論文の一部は、教育システム情報学会2019年度学生研究発表会（2020年2月27日、大阪府）で発表した¹³⁾。

■注

- 1 出題した問題として選んだ全国学力・学習状況調査においては改訂前の学習指導要領に基づいていたため「資料の活用」として出題されていたが、本論文においては文献12)での新学習指導要領における「データの活用」に統一して記載している。

■参考文献

- 1) 文部科学省，“小学校学習指導要領解説 総則編”，東洋館出版社（2018）
- 2) 文部科学省，“小学校プログラミング教育の手引（第三版）”，https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf（参照日2020.9.1）
- 3) 太田剛，森本容介，加藤浩，“諸外国のプログラミング教育を含む情報教育カリキュラムに関する調査—英国，オーストラリア，米国を中心として—”，日本教育工学会論文誌，vol. 40，no. 3，pp. 197-208（2016）
- 4) 赤堀侃司，“プログラミング教育における論理的な思考とは何か”，学習情報研究論文誌，vol. 261，no. 4，pp. 56-61（2018）
- 5) 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”，情報処理学会論文誌教育とコンピュータ（TCE），vol. 4，no. 1，pp. 8-15（2018）
- 6) 小学校段階における論理的思考力や創造性，問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議，“小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）”，https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm（参照日2020.9.1）
- 7) 武藤良弘，“プログラミング教育で育むもの—子どもたちが，考える楽しさ，学びを社会に生かす楽しさを実感するために—”，理数啓林，no. 19，pp. 1-5（2018）
- 8) 佐々木綾菜，鷺崎弘宣，齋藤大輔，深澤良彰，武藤優介，西澤利治，“小学校におけるプログラ

- ミング教育において活用可能なルーブリックの提案”，日本デジタル教科書学会年次大会発表原稿集，vol. 6，pp. 33-34（2017）
- 9）宮本哲也，“算数と国語を同時に伸ばすパズル 上級編”，小学館（2015）
- 10）島袋舞子，兼宗進，“ドリルの王様 5，6年の楽しいプログラミング 新学習指導要領対応”，新興出版社（2019）
- 11）文部科学省，“中学校学習指導要領解説 国語編”，東洋館出版社（2018）
- 12）文部科学省，“中学校学習指導要領解説 数学編”，日本文教出版大阪（2018）
- 13）委文美佳，深谷和義，“プログラミング的思考に対する教科領域ごとでの関連性”，2019年度教育システム情報学会学生研究発表会，pp. 135-136（2020）