

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：47121

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K00993

研究課題名(和文) 小学校におけるプログラミング教育のためのカリキュラムの開発

研究課題名(英文) Development of curriculum for programming education in elementary school in Japan

研究代表者

石塚 丈晴 (Ishizuka, Takeharu)

福岡工業大学短期大学部・情報メディア学科・教授

研究者番号：70293602

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：2020年度からプログラミング教育が小学校で始まった。カリキュラムは本来各学校が作成するものであるが、プログラミング教育は我が国で初めて導入される内容であることもあり、全学年を通してのモデルや具体的な教材などについて苦慮している小学校が多い。

本研究では、小学校プログラミング教育に関するカリキュラムを作成する際に参考となる指針の策定と教材を開発した。特にプログラミング教育の目標であるプログラミング的思考の育成に関して、中高学年で体験する実際のプログラミングとの接続をスムーズに行うために、これまでの教科等での学習内容とプログラミング的思考を接続する低学年から可能な学習の策定と教材を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、小学5年生の算数でプログラミング体験が学習指導要領に例示されており、また、そのためには小学4年生頃にプログラミングの基礎を学習することが望ましいと小学校プログラミング教育の手引きなどでは示されているが、既存の低学年からの学習に含まれるプログラミング的思考の概念をプログラミングと結びつけるための学習を低学年から発達段階に応じて提案できたところにある。また、社会的意義としては、GIGAスクール構想に対応した教材開発も併せて行った結果、小学校現場に導入しやすく、かつ実施した学校の教員の評価や児童の意識の向上がみられる学習内容及び教材を開発し、提供できる様にした点があげられる。

研究成果の概要(英文)：Programming education in elementary school of Japan have started in 2020. In Japan, the curriculum is originally created by each school according to the curriculum guidelines by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan. However, programming education is the first time for most of elementary schools in Japan, many elementary schools have difficulty in creating curriculum on it.

In this study, guidelines and teaching materials that can be used as a reference when making a curriculum for elementary school programming education were developed. In particular, learning materials and teaching materials that can be used from the lower grades to connect the contents of subjects' learning with programming thinking were developed. Therefore, it is expected that children can smoothly connect to the actual coding experience in the middle and upper grades in elementary school.

研究分野：情報教育

キーワード：小学校プログラミング教育 プログラミング的思考

1. 研究開始当初の背景

2020年度から小学校におけるプログラミング教育が開始されることが、研究開始当初の2017年に文部科学省により告示された。それに伴い、文部科学省では「小学校プログラミング教育の手引き」などを発行し、プログラミング体験の授業例の例示などの情報を発信した。しかし、小学校におけるプログラミング教育は我が国では初めての導入であり、それまでに試験的に研究を行ってきた一部の小学校以外では、どの学年で、どのような教育内容を、どのような教材を用いて、どのようなカリキュラムで実施すればよいのかということの見当がほとんど付かない状態であった。

研究代表者及び研究分担者は、2014年からイングランドの公立小学校で開始された必修教科「Computing」全般について、継続的に調査・研究を行ってきた。その過程で2017年前後よりイングランドでの実施状況について学校間の格差が表れてきたことから、その要因を分析し、成功している学校の要因として、校長先生のリーダーシップ、端末の整備、全教員による授業担当などがあると考えていた。

研究開始当初に、イングランドで「Computing」が成功していた小学校での端末の整備状況は、学校内はWi-Fiが整備され、高学年は一人一台(Chromebookが多かった)が実現しており、低学年でも二クラスにクラス分全員が利用できるタブレット端末が整備されていた。しかし研究開始当初の小学校における端末整備については、ほとんどの小学校でパソコン室にPCが置いてある程度で、2020年度に向けての整備計画のある自治体もあったが、上述のような状態には程遠い状態であった。

2. 研究の目的

イングランドにおける教科「Computing」の目的はコーディングそのものではなく「Computational Thinking」の育成である。したがって「Computing」におけるコーディングに関する内容は、全体の1/6程度であり、その他には情報機器を活用した情報活用能力の育成や情報モラル教育などが含まれている。我が国におけるプログラミング教育の目的はプログラミングそのものではなく、情報活用能力の育成の中でのプログラミング的思考の育成である。従って、イングランドの教科「Computing」を参考にしながら、我が国のこれまでの教育課程との整合性を保つカリキュラムを設計することが良いのではないかと考えた。

そこで本研究では、イングランドにおける教科「Computing」を参考にしながら、

1. 2020年度から始まる我が国での小学校プログラミング教育に対して、小学校におけるカリキュラムを設計するうえで、どのような目的で、どの学年で、どの内容を、どの教材を使用して実施するかを示す
2. 2020年は教科「Computing」の完成年度となるため、その評価を行い、目的1に活かす
3. 開発した教材などを2020年度から小学校で実際に使用した実証実験を行い評価する

ことを通して、実際の小学校現場で利用可能なものを作成することを目的とした。

3. 研究の方法

まず最初に小学校におけるプログラミング教育のカリキュラム案を設計するにあたり、「小学校学習指導要領」及び「小学校プログラミング教育の手引き」を参考にして、小学校におけるプログラミング教育の目的を明確にし、その目的に合わせた学習内容は何か、何学年で実施すべきかを、既存の教科学習による学習内容や発達段階に応じて明らかにする。

そのうえで、先行研究も含めて他の研究であまり行われていない部分について優先順位を設定し、授業例や教材の開発等も行う。開発された教材は2018年中までには学校外での試行実験により評価・改善を行い、2019年度中にいくつかの小学校での試行実験を行う。2020年度からを目標に小学校での実践研究を通して評価を行い、その後は中学校への接続も考慮したカリキュラム案や学習内容、教材などを提案する。

4. 研究成果

小学校学習指導要領の総則では「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「各教科の特質に応じて計画的に実行すること」と示されている。実際に例示されているのは、5 学年算数での正多角形の単元、6 学年理科での電気の性質の単元、及び総合的な学習の活動である。新学習指導要領での例示は少ないが、文部科学省は「小学校プログラミング教育の手引き(第三版)」で、小学校段階のプログラミングに関する学習活動を表1に示すAからFに分類し、AからD分類での他の教科等での指導例を示している。

表1 小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類

A	学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの
B	学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの
C	教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
D	クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するもの
E	学校を会場とするが、教育課程外のもの
F	学校外でのプログラミングの学習機会

表2は「小学校プログラミング教育の手引き(第三版)」において、AからD分類での学習活動を学年と実施する教科等で分類したものである。なお、C分類については学年が明示されていないため表2ではC*と表記した。

表2 例示されているプログラミングに関する学習活動の学年と実施する教科等

学年	1	2	3	4	5	6
社会				B		
算数					A	
理科						A
音楽			B	B	B	B
家庭						B
総合			A, B	A, B	A, B	A, B
クラブ				D	D	D
	C*	C*	C*	C*	C*	C*

また、表3はType_T(とにかくやってみる プログラミング教育 ティーチーズ)による小学校におけるプログラミング授業の実践事例を『手引き』における分類で示したものである。例えば2 学年国語の「作り方の説明」で「順序」を、2 学年音楽の「リズムを作る」で「反復」を使用した授業を行っている。

表2及び表3より「小学校プログラミング教育の手引き(第三版)」におけるA分類及びB分類を中心に実践事例が多く示されているが、C、D、E分類については実践事例があまり見られないことが分かった。

そこで、本研究では主にC分類やD分類、E分類についての学習内容や教材の開発を行い、全体を通したカリキュラム案を設計することとした。

小学校におけるプログラミング教育の目的の一つは、プログラミング的思考の育成である。「小学校プログラミング教育の手引き」では、「意図した一連の活動の実現」のためにプログラミング的思考を働かせて、「問題の解決」を図ると示されている。また、「動きに対応した命令(記号)」は、プログラミングで使用される「順序」「分岐」「反復」処理などを示し

ている。プログラミング的思考はプログラミング体験を通して身に付けることが適当である。「小学校プログラミング教育の手引き」では、A、B分類での学習活動の前にC分類でプログラミング言語やプログラミングの技能の基礎について学習することが望ましいと述べている。

表3 小学校におけるプログラミング授業の実践事例

	1・2学年	3・4学年	5・6学年
国語	B		
社会			B
算数		B	A, B
理科		B	A, A
音楽	B		
図画工作	B, D	C	B
その他の教科・総合	B, D	B, C	A, B

そこで、本研究ではまず最初に、プログラミング的思考の中の要素の一部である「順序」「分岐」「反復」という言語的な概念を、体験からプログラミングと結び付けて身に付ける学習をC分類で実施することを提案し、その学習内容や教材の開発を行うこととした。

プログラミング的思考の要素の一部である「順序」「分岐」「反復」という概念を、既存の教科の学習の中で初めて学ぶのはどこかを調べたところ、1学年国語の「説明の順に気を付けて読む」で「順序」を、1学年算数の「かたち」で「分岐」を、2学年算数の「2位数の足し算」で「反復」の概念を学んでいることが分かった。また、「順序」と「分岐」の概念は同じ1学年で学習する。しかし、「順序」と「分岐」を比較すると「分岐」は「順序」よりも言語的な要素が強く難易度は高いと考えられる。従って、児童が学習する順番としては「順序」の学習の次に「分岐」の学習とすることが望ましいと考えられる。

以上より、小学校低学年からプログラミング的思考を継続的に育成する学習案を表4に示している。

表4 小学校におけるプログラミング学習の提案

学年	1	2	3	4	5	6
C分類	「順序」の学習					
	「分岐」の学習					
	「反復」の学習					
	プログラミングの基礎 (Scratchなどで)					
A,B分類	全教科を対象としてプログラミングで教科の内容を学ぶ (Viscuitなどのルール(宣言)記述による言語で)					
	(Scratchなどの手続き記述による言語で)					
D(,E,F)分類	より高度なプログラミング					

まず、プログラミング的思考の要素の一つである「順序」処理を理解し身に付けることに特化したプログラミング学習については、1学年の国語で順序の概念を学習していることから、1学年以上で行う(C分類)。ただし、1学年の児童に対して実施した場合は、定着のために2学年や3学年でも難易度をやや上げた内容で再度実施することも必要であると考えられる。

「分岐(実際には分岐+順序も可)」処理を理解し身に付けることに特化したプログラミング学習については、2学年以上で実施可能であると考えられる(C分類)。

「反復(実際には反復+順序も可)」処理を理解し身に付けることに特化したプログラミング学習については3学年以上で実施可能であると考えられる(C分類)。

ローマ字による日本語のキーボード入力練習については、学習指導要領第2章第1節第3の2の(1)のウにおいて「第3学年におけるローマ字の指導に当たっては、第5章総合的な学習の時間の第3の2の(3)に示す、コンピュータで文字を入力するなどの学習の基盤として必要となる情報手段の基本的な操作を習得」させることと示されている。従って3学年以上の国語や総合的な学習の時間などで行うことが適当であると考えられる（A、B分類）。

4学年から6学年では、まず「順序」「分岐」「反復」を用いたプログラミング言語やプログラミングの技能の基礎の学習を行う（C分類）。その上で、各教科等の授業においてプログラミング体験を取り入れたプログラミング学習も行う（A、B分類）。

また、クラブ活動などで、興味を持った児童を対象に更に高度なプログラミング学習を行うことも大切であると考えられる（D、E、F分類）。特に、クラブ活動でプログラミングに理解を深めた児童は、A、B、C分類での授業時に他の児童に教えたり、プログラミング体験を行う授業でのリード役を担ったりすることなどが期待される。

更に本研究では、プログラミング的思考の要素の一部である「順序」「分岐」「反復」を学ぶための教材（アンラグドとアプリ）を開発した（図1）。

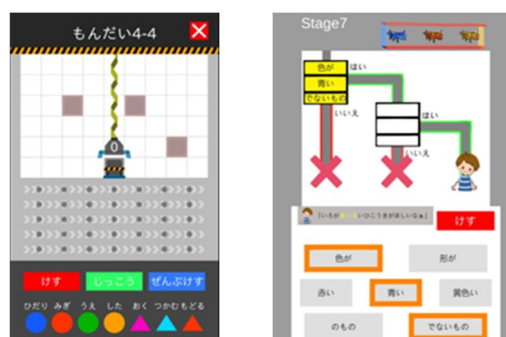


図1 「順序」「分岐」を学ぶための教材アプリ画面例

本教材は2019年度後半に、いくつかの小学校で実験的に学習してもらい評価を行う予定であったが、COVID-19の影響で中止となった。一方で、研究開始当初の小学校における端末及びWi-Fi環境を想定してUSDで起動するアプリを開発していたが、2019年度に発表されたGIGAスクール構想により、一人一台の端末環境が実現したため、Webベースで利用できるようアプリの改修を行った。

これらの教材を2020年度からいくつかの小学校の授業で実施する計画を立案したが、やはりCOVID-19の影響でごく一部での実施となった。そこで、引き続き2021年度も小学校での実践研究の計画をし、途中でCOVID-19の影響もあったものの約2,500名の児童に利用してもらうことができた。また、COVID-19の影響も鑑み、データ収集は2022年5月31日まで行ったため、これらのデータ分析については、今後も引き続き行い、学会発表などで成果を報告していく予定である。尚、上記の教材のサンプルは<https://www.cot.world/>で公開をしている。

次に、表4におけるD、E分類におけるより高度なプログラミングを学習する教材については、2019年度中に試作物を作成した。しかし、COVID-19の感染拡大のため、小学校でのクラブ活動への外部人材の関与が停止されたまま研究最終年度の2021年度末を迎えたため、実際の小学校における実践研究は実施されていない。しかし、本研究において試作物は作成されているので、今後、感染状況が改善され次第、小学校での実践研究を行い、結果等をも含めて公表していきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 石塚丈晴、弘中 大介、堀田 龍也	4. 巻 SSS2020
2. 論文標題 小学校低学年からを対象としたプログラミングの基本処理を身に付ける教材及びアプリの開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会情報教育シンポジウム	6. 最初と最後の頁 164-169
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 Takeharu Ishizuka, Daisuke Hironaka, Tatsuya Horita	4. 巻 -
2. 論文標題 Design for Curriculum on Programming Education in Primary Schools of Japan from 2020	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Local Proceedings of ISSEP 2019	6. 最初と最後の頁 99-101
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 石塚丈晴、弘中 大介、堀田 龍也	4. 巻 14-1
2. 論文標題 小学校プログラミング教育カリキュラム設計のための指針の提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本情報科教育学会誌	6. 最初と最後の頁 47-53
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3件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石塚丈晴
2. 発表標題 小学校における情報科学教育の可能性
3. 学会等名 小学校プログラミング教育フォーラム（日本教育工学会SIG連携フォーラム）、鹿児島大学（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石塚丈晴
2. 発表標題 小学校におけるプログラミング教育
3. 学会等名 小学校プログラミング教育フォーラム（日本教育工学会SIG連携フォーラム）、熊本市（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石塚丈晴・弘中大介・堀田龍也
2. 発表標題 小学校低学年向けプログラミング学習実践の設計
3. 学会等名 第43回 全日本教育工学研究協議会全国大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 堀田龍也、佐藤和紀編著、石塚丈晴他著	4. 発行年 2019年
2. 出版社 三省堂	5. 総ページ数 256(16頁担当)
3. 書名 情報社会を支える教師になるための教育の方法と技術（第13章「プログラミング教育」執筆）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>夏休み小学生向けプログラミング教室「プログラミングって何だろう？」を開催しました！ https://www.fit.ac.jp/news/archives/2610</p>

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	堀田 龍也 (Horita Tatsuya) (50247508)	東北大学・情報科学研究科・教授 (11301)	

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