

令和 4 年 9 月 20 日現在

機関番号：12604
 研究種目：基盤研究(C) (一般)
 研究期間：2018～2021
 課題番号：18K02930
 研究課題名(和文) 教科の学びへのプログラミング体験の具体化とそれを元にしたカリキュラムモデルの開発

研究課題名(英文) Design of a programming experience in learning of subjects and development of a curriculum model based on it

研究代表者
 加藤 直樹 (Kato, Naoki)

東京学芸大学・ICTセンター・教授

研究者番号：00313297

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では“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、小学生の発達段階で育成できることに考慮しつつ、教科教育の観点から、その力の育成を教科の学びに位置付けたプログラミング体験として具体化し、それを系統性のあるカリキュラムとしてまとめた。また、それを元に、教員研修用教材、教員養成用カリキュラムと教科書を開発した。加えて、成果の普及活動として研修会講師や研究授業指導講評を行なった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、教科教育の中で系統的に実施することができるプログラミング教育のカリキュラムを開発した。本カリキュラムを構成する各プログラミング活動については、その教材、及び教員用の研修教材も共に開発したため、プログラミング教育の経験が少ない学校でも、取り組みを始める最初の資料として活用することができる。また、系統性と各教科で実施することを第一に開発を進めたものとなっており、今後のプログラミング教育の方向性を議論・検討する一つの題材・指針となりうると考えている。

研究成果の概要(英文)：In this research, "the logical thinking ability necessary to make a computer perform the intended processing" was embodied as a programming experience positioned in the of subject learning. At this time, we considered whether or not it could be nurtured at the developmental stage of elementary school students. Then, they were summarized as a systematic curriculum.

And, based on these results, we have developed teaching materials for teacher training, curriculum for teacher training, and textbooks. In addition, as an activity to disseminate the results, we gave lectures at workshops and commentary on research class guidance.

研究分野：人間情報学, 科学教育

キーワード：プログラミング教育 情報活用能力 論理的思考 小学校 教科等教育 カリキュラム 教員研修 教員養成

1. 研究開始当初の背景

情報通信技術の発展と社会への浸透に伴い、情報化やグローバル化が進み、予測が不可能な、加速度的に進展し続ける社会になりつつある。そのような中、内閣に設置されている IT 総合戦略本部では、情報通信技術に関する高度人材を育てるのはもとより、あらゆる国民層に対して情報通信技術に係る能力を醸成することを国家戦略として打ち出した。

これを受けて、次期学習指導要領では、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用する情報活用能力を、学習の基盤となる資質・能力として明示しその育成を掲げ、教育内容も大きく変化させた。高校普通教科情報は、学習指導要領策定の基本となる答申において、情報の科学的な理解に裏打ちされた情報活用能力を育むことが重要であるとし、“社会と情報”と“情報の科学”からの選択制だったものを、“情報の科学”の後継的な内容の“情報 I”を必修とする提案をしている。中学校技術・家庭技術分野では、これまでの計測・制御プログラミングに加え、ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングを必修内容として追加した。そして、小学校では“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”を教科横断型で計画的に実施することと“プログラミング教育”を必須化した。

小学校の次期学習指導要領は、周知・徹底期間と移行期間を経て 2020 年度から実施されるが、プログラミング教育については現状混迷を極めている。その要因としてあげられる点が、ほとんどの小学校教員がプログラミングの知識も経験もないにも関わらず、何をどのように学ばせるかが全く定められていないことにある。学習指導要領解説では小学校でのプログラミング教育で育む力として“プログラミング的思考”を定義しているが、具体的な内容と方法は示していない。さらに難しい課題として、算数や理科などの各教科等の学びの中でプログラミング教育を実施し、プログラミング教育によって教科等の学びを深めるという点がある。この点によって、高等教育や職業教育におけるプログラミングの教育内容や方法が転用できない、まったく新しい教育として開発が求められている。加えて、国外の初等教育段階のプログラミング教育は、イングランドをはじめ各国で既に必修の授業として行われている。しかし、日本の小学校におけるプログラミング教育は、教科等教育の中で行うという特徴から、国外の特に教育方法は適用することができない問題がある。

また、国内では、論理的思考力育成という面では、プログラミング力と論理的思考力の関係を探求する研究*1や、企業によるプログラミング的思考の構成要素の提案、そして諸外国における情報教育のカリキュラム開発*2などが行われているが、小学校教育課程全体に展開する研究はほぼ行われておらず、本研究は新しい取り組みとして位置付けられる。

小学校のプログラミング教育は、論理的思考力の育成という側面もあるが、中学技術・家庭の技術分野、高校普通教科情報でのプログラミング教育の土台としての位置付けもあり、この教育をきちんと実施することなしには、改革された中等教育以降の情報科学教育が成り立たなくなるため、小学校におけるプログラミング教育の確実な実施は非常に重要な教育課題である。

*1 大場他：プログラミング力と論理的思考力との相関に関する分析，情報処理学会研究報告，vol.2015-DD-97, No.2, pp.1-4 (2015)

*2 太田他：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，日本教育工学会論文誌，Vol.40(3), pp.197-208 (2016)

2. 研究の目的

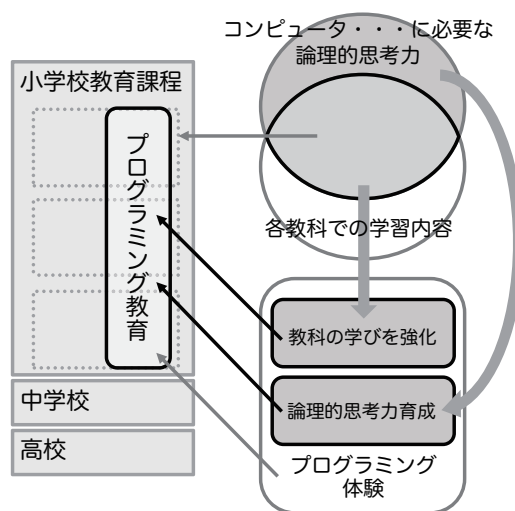
本研究では、小学校におけるプログラミング教育のカリキュラムモデルを、小学校での授業実践によ

る検証を通して開発し、教育現場に普及させることを目指す。

研究開始当時に行われているプログラミング教育の試行的実践は、単なるプログラミングの体験に留まるものと、コンピュータを使わないアンプラグド活動でプログラミング的思考を育むもうとしているものに二極化していた。そして共に、教科教育の目標とのすり合わせや、プログラミング教育で育成すべき力との関係を十分に検討していないものが多かった。この状況は、現在もあまり変わっていない。

本研究では“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、小学生の発達段階で育成できることに考慮しつつ、教科教育の観点から、その力の育成を教科の学びに位置付けたプログラミング体験として具体化することを目的とする。具体化したプログラミング体験を実際のカリキュラムに落とし込む際は、ある体験をするために必要な力がその時点で未習得とならないようにする点を考慮した。

なお、“プログラミング体験”の具体化では、プログラミングは想像したものを具体化できる手段であること、試行錯誤を容易に繰り返せる手段であること、その試行錯誤自体が論理的思考力の育成に効果があることを生かす。加えて、学習指導要領解説にある、社会が情報技術によって支えられていることに気付いて、コンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこうとする態度を育む目的にも配慮する。現在行われているプログラミング教育の試行ではこれらの点が抜け落ちているものが多い。本研究ではこれらプログラミング体験の意義（良さ）を生かすことも重視する。



3. 研究の方法

上記目的を達成するために、本研究では下記の研究を実施した。

- プログラミング的思考を構成する要素を検討する。
- 小学校各教科等の学習内容から、プログラミング活動と親和性が高く、その活動によって教科の学びを強化できるものを抽出し、その内容に適応させたプログラミング体験を設計する。
- 上記で設計したプログラミング活動で必要となる論理的思考力やアルゴリズム的思考等を抽出するとともに、実践を通して実施可能性を検証する。
- 上記の成果をもとに、系統的な学びを達成するコアカリキュラム、及びオプションカリキュラムを開発する。

4. 研究成果

4.1 理科におけるワンボードマイコンを用いるプログラミング活動の開発

準備研究から引き続き、小学校理科におけるワンボードマイコンを用いるプログラミング教育のモデルカリキュラムを提案した。電気の利用での創造的なプログラミング活動を目指し、理科の学びの目標から導いたプログラミング教育の適用方策への合致とワンボードマイコンの利用が適す単位として、太陽と地面の様子、電流の働き、天気の変化、電流が作る磁力、人の体のつくりと働き、てこの規則性、電気の利用を選択し、プログラミング活動を系統性に配慮して組み込んだ。本研究からは、理科にプログラミング教育を適用する方策、理科におけるプログラミング教育はプログラミング体験の初期に位置づけ、系統的な学びを設計することで教科横断の学びの実現、創造的なプログラミングへの展開が可能

であることを示した。この成果は情報処理学会コンピュータと教育研究会[1]、及び AI 時代の教育学会論文誌[2]で報告した。また、この成果から小学校理科の教科書のプログラミング教育の部分の監修[3]、及び指導書の執筆を行なった。

- [1] 加藤直樹, 保浦良太, 野沢朝輝, 松田孝, 上野朝大, 濱田大地: 理科における学びの教材作りを中心としたプログラミング教育の実践, 情報処理学会研究報告, Vol.2019-CE-149, No.12, pp.1-8 (2019)
<https://blog.bmoon.jp/papers/naokikato201903a.pdf>
- [2] 加藤直樹, 松田孝, 上野朝大, 濱田大地: 小学校理科におけるワンボードマイコンを用いるプログラミング教育の提案, AI 時代の教育学会論文誌, vol.1, pp.37-42 (2020)
<https://blog.bmoon.jp/papers/naokikato202001a.pdf>
- [3] たのしい理科 3年~6年, 大日本図書(令和二年度版文部科学省検定教科書), 2020年
- [4] たのしい理科 6年指導書研究編, 執筆部分: 理科におけるプログラミング p.143, プログラミング教材を使った授業例 p.144, 大日本図書, 2020年

4.2 算数における変数と不等号の取り扱いの考察

プログラミング教育を見据えた算数科指導の指針を得ることを目標に、算数科教育とプログラミング教育における変数と不等号の扱い方や考え方の相違点を考察した。その結果、算数科においては、不等号を具体的な数同士の大小比較の表記でしか扱っていない、内包的記法によって数の集合の性質を表現することを扱っている単元が存在しない、プログラミングで求められる式に役割を持たせるための立式を扱っている単元が存在しないため、プログラミング教育で用いられる算数科に関する概念が従来の算数教育では扱われていない可能性が示唆され、これらの問題を解決することができる算数科の単元の特定と指導方法の考案が課題であることが導かれた。この成果は日本教育工学会全国大会で報告した[5]。

- [5] 近藤一貴, 加藤直樹: 小学校プログラミング教育を見据えた算数科指導の指針を得るための一考察, 日本教育工学会 2020 年秋季全国大会論文集, pp.315-316 (2020)
<https://blog.bmoon.jp/papers/kazukikondo202009a.pdf>

4.3 カリキュラム開発

前節 4.1 の研究を皮切りに、算数における Scratch を用いるプログラミング活動, Viscuit を用いるプログラミング活動, ロボットカーを用いるプログラミング活動, 理科以外でワンボードマイコンを用いるプログラミング活動の開発を行い、それらをまとめたカリキュラムを開発した[6]。また、これをベースにした教員研修用教材(短時間版)[7]を開発した。さらに、教員養成用講義用教材[8]を開発した。

- [6] 小学校におけるプログラミング教育モデルカリキュラム 2021 年度開発版
<https://scrapbox.io/IML-Lab/CPEES2021>
- [7] プログラミング教育の実践に向けて~はじめの一步~ (90分版)
<https://speakerdeck.com/naokikato/pees-1st>
- [8] 小学校におけるプログラミング教育
<https://scrapbox.io/IML-Lab/ProgrammingEES> (研究終了後も更新継続)

4.4 普及活動

上記の成果を元に次の普及活動を行なった。

書籍執筆

- 小学校におけるプログラミング教育の理論と実践，共著：加藤直樹，北澤武，南葉宗弘，樋山淳雄，宮寺庸造（執筆部分：第5章 pp.65-81），学文社，2019年

教材開発

- プログラミングワークシート（多角形と円，整数の性質），金ROM付属DVDに収録，日本標準，2020年

講演・研修会講師・研究授業指導講評

- 2018年度 研修会講師 8件，研究授業指導講評 11件
- 2019年度 講演 5件，研修会講師 12件，研究授業指導講評 24件
- 2020年度 講演 3件，研修会講師 4件，研究授業指導講評 11件
- 2021年度 研修会講師 7件，研究授業指導講評 6件

詳細は次のwebページにまとめてある。

<https://scrapbox.io/IML-Lab/講演・研修会等予定／実績一覧>

メディア掲載

- 大日本図書発行誌 INPUT/OUTPUT，プログラミング教育の意義，No.3（2018年4月）
- 毎日新聞，教育の窓：プログラミング、どう教える 岐阜大の取り組み（2019年3月25日東京朝刊）
- 教育新聞，重要な小学校プログラミング教育，第3709号（2019年8月12日）
- DreamNavi，「論理的課題解決力」を伸ばす：家庭でのプログラミング教育の実践例，2021年1月号（2020年11月18日）
- 東洋経済 ONLINE education×ICT，独学？習う？プログラミング授業の準備と現実（2020年12月）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 加藤直樹, 松田孝, 上野朝大, 濱田大地	4. 巻 1
2. 論文標題 小学校理科におけるワンボードマイコンを用いるプログラミング教育の提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AI時代の教育論文誌	6. 最初と最後の頁 37-42
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 加藤直樹, 保浦良太, 野沢朝輝, 松田孝, 上野朝大, 濱田大地	4. 巻 2019-CE-149(12)
2. 論文標題 理科における学びの教材作りを中心としたプログラミング教育の実践	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-8
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 無
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1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 近藤 一貴, 加藤 直樹
2. 発表標題 小学校プログラミング教育を見据えた算数科指導の指針を得るための一考察
3. 学会等名 日本教育工学会2020年秋季全国大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 加藤直樹, 北澤武, 南葉宗弘, 樫山淳雄, 宮寺庸造	4. 発行年 2019年
2. 出版社 学文社	5. 総ページ数 144
3. 書名 小学校におけるプログラミング教育の理論と実践	

〔産業財産権〕

〔その他〕

・小学校におけるプログラミング教育モデルカリキュラム 2021年度開発版
<https://scrapbox.io/IML-Lab/CPEES2021>
 ・教員研修用教材：プログラミング教育の実践に向けて はじめの一步 (90分版)
<https://speakerdeck.com/naokikato/pees-1st>
 ・教員養成用教材：小学校におけるプログラミング教育
<https://scrapbox.io/IML-Lab/ProgrammingEES>

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
研究協力者	中西 史 (Nakanishi Fumi) (30293004)	東京学芸大学・教育学部・准教授 (12604)	
研究協力者	萬羽 郁子 (Banba Ikuko) (20465470)	東京学芸大学・教育学部・准教授 (12604)	

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