

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H01049

研究課題名(和文) 児童がプログラミングで育む思考力の科学的検証とそれに基づく波及ネットワークの構築

研究課題名(英文) Survey of Thinking Skills Developed by Children in Programming Learning and Ripple Effects

研究代表者

栗山 直子 (Naoko, Kuriyama)

東京工業大学・リベラルアーツ研究教育院・助教

研究者番号：90361782

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の成果は大きく分けて3つある。1つめは、プログラミング教育に関する児童への調査、教員への調査、保護者への調査を通じて多角的に、プログラミング教育で育つ思考力やプログラミング教育への期待などを検証したことである。2つめは、小学校での実践と調査を通じて発達段階に応じたカリキュラムの在り方を検討し、提案したことである。3つめは、波及効果である。広い波及効果ネットワークの構築を目指していたがコロナ禍のため小学校での実践研究にも制約のある中、大学からの地域貢献として、大学院生によるインターンシップの科目を新設し実践したことである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の研究成果の学術的意義は、初等教育におけるプログラミング教育の現状を児童への調査のみならずオンラインでの教員調査、保護者調査を行い多角的に把握し、カリキュラム開発、小学校の現場での実践、調査、それに基づく改善というサイクルの中で、発達段階に基づいたカリキュラムの在り方、プログラミング教育によって身につく思考力について明らかにしたことである。本研究の社会的意義は、これらのカリキュラムや実践を波及させるために、大学に大学院生のインターンシップの授業を設置し、現場の教諭と一緒にカリキュラムを考えインターンシップとして実践するような仕組みを検討したことであると考えられる。

研究成果の概要(英文)：There are three major outcomes of this study.

The first is that we conducted a multifaceted study of programming education for elementary school students through a survey of children, a survey of teachers, and a survey of parents. We examined the abilities that can be fostered through programming education and the expectations for programming education. Second, through the practice and survey of programming classes at elementary schools, we proposed a curriculum that is appropriate for the developmental stage of students. Third, as a contribution to the local community from the university, we conducted an internship training program for graduate students.

研究分野：教育工学

キーワード：プログラミング教育 プログラミング的思考 思考力 批判的思考 プログラミング学習

1. 研究開始当初の背景

2020年からの小学校でのプログラミング教育の必修化を受け、児童へのプログラミング教育の展開が加速している。近い将来にプログラミングや情報技術が基礎的スキルになるとの判断、そしてICTやデータ活用等の能力を有する人材育成が必要であるという社会のニーズが合致した結果である。

さらに初中等教育においては、より基礎的な能力として複雑化した社会で生きるための論理的思考や問題解決力の育成が期待されている。例えば文部科学省(2015)の「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究」によれば、情報技術の活用に関する知識や技術の習得とともに、21世紀型スキルにも掲げられている論理的思考能力の育成が、プログラミング教育を導入する目的であるとされている。

2. 研究の目的

本研究は、これまでの長期間の実践を活かして大規模な実践授業と調査研究とを実施し、初等教育においてプログラミング学習を通じて育成される児童の能力を科学的に検証すること、そして効果的な波及ネットワークの構築を行うことを目的とする。

プログラミング学習と能力との関係について、学術的には、大学生を対象にプログラミングの成績と文章作成力との間に関係があることを証明した研究(例えば大場ら(2015))などがあるが、小学生を対象として能力との関係を扱った研究は、申請者のグループによるプログラミングの理解と批判的思考との関係(伊藤ら 2016)に見られる程度である。他にも、小学生を対象に自由な発想で作る拡散的思考との関係に焦点を当てた研究(森ら 2011等)や、教科教育に活かすことを目的に児童のプログラミング教育を開発している研究(栗山ら 2016等)はあるが、これらは小集団を対象とした事例研究であって大規模に科学的な検証をした事例はほとんどなく、本研究を実施する意義がある。

3. 研究の方法

児童のプログラミング学習/教育の実践、調査、検証として、次の6つの段階を踏むことにより、PDCAサイクルに基づく小学校のプログラミング学習・教育のシステムを確立し、大規模データを用いたプログラミング学習・教育の児童の思考力への影響を明らかにする。さらに、継続的な実践を通じて、学校、教育委員会、地域社会を巻き込んだ効果の波及ネットワークを構築し、社会的効果を最大化するために以下の6点を実行する。

(1)、文献調査や小学校教諭へのインタビュー

文献調査

先行研究及び、近年のプログラミング学習に関する実践事例等の文献調査を行う。プログラミング学習によって初等教育段階で獲得されると予測される様々な能力・思考力を洗い出す。さらに、それらを研究者と小学校教諭等の実務かを含めた数名で、分類の観点や視点について精査・議論しながら分類を行う。

小学校教諭へのインタビュー調査

協力いただける小学校教諭に、「初等教育におけるプログラミング学習導入についての考え」「導入されるとしてどのような形態が望ましいか」「導入によって児童にどのような学習を行いたいのか」「導入における困難であると考えていること」などについて、インタビュー調査を実施する。

(2)発達段階やクラスの状態を考慮したプログラミング学習・教授法の検討

プログラミング学習を通じて育成される思考力の検討

栗山・齊藤・森・西原(2015, 2016)などにおいて実施、検討してきたプログラミング教育のカリキュラムや教授法などを、様々な観点から精査する。思考力の検討については、(1)Aの文献調査で分類・精査された思考力に関連する尺度や、児童用の批判的思考尺度(楠見・村瀬・武田 2016)、さらに(1)Bの教員インタビュー結果から望まれる児童の思考力など(予備的調査では「一つずつ試す」「試行錯誤する」等)を加味した初等教育における総合的思考力の測定尺度を構成して用いる。加えて、思考力に影響を及ぼす可能性のある様々な属性(学年、性別、興味関心、学習の動機づけ、学習スタイル等)の検討を行う。

プログラミング学習教授方法の検討

プログラミング学習による思考力育成を基礎とする教授方法を開発する。学習を「プログラムが書ける」「プログラミングの体験をする」というレベルにとどめることのないよう、『課題解決型学習を通じてプログラミング的思考を身につけられるような教授方法の在り方』という視点で内容に関する検討を行う。今までの実践から、獲得できる思考力として「試行錯誤を通じて目標に近づくために条件を操作すること(その過程を容易にたどるという学習ができる)」「目標を再現するために細部の条件、順序、関係を明確にしなければならないこと(条件の吟味、条件間

の関係を明確にする学習ができる)」「プログラミングで再現したものでシミュレーションを行うことで未知のことを予測する体験ができる」等が明らかになっている(齊藤ら 2014, 栗山ら 2015, 2016, 伊藤ら 2016)。このようなプログラミング学習による思考力の育成のためには、課題解決型の授業設計が必須である。また、我々の研究から、高学年においては批判的思考能力のタイプの違いが「条件の判断」の理解に差があることが明らかになっており(伊藤ら 2016)。どのような思考力を高めることで「条件の判断」の理解がなされるのか、さらに思考力の発達という観点においてどの学年においてどのような内容を含むプログラミング学習が最適であるのかについて、プログラミング学習の授業実践を通じた検証を行う。

(3) 児童の思考力の定着の検証

(1)と(2)の調査設計、教材開発の段階で明らかになった事柄をもとに、教育実践によってデータを蓄積し、児童の発達段階、教育内容や方法、その他要因を踏まえた分析を行うことにより、児童がプログラミング学習において獲得される思考力を包括的に理解する。思考力を規定する要因の効果を科学的に検証するため、各種要因を配置したプログラミング学習の実践計画を立てる。

(4) 発達段階に応じた思考力を育成するプログラミング学習 / 教育の指導法の開発実施

(3)の検証結果に基づいて、発達段階に応じた思考力の育成を目指したカリキュラムになるよう毎年度の開発と実践を行う。

(5) PDCA サイクルに基づく実践と改善のシステムの構築

PDCA サイクル(計画(Plan)、実践(Do)、検証(Check)、改善(Act))に基づく、小学校におけるプログラミング学習・教育のシステムの確立を行う。特に、実践と検証の段階においては、現場の小学校、小学校教諭、さらに学校を中心とするチームとしての保護者、地域との意見交換や研修等の機会を設け、効果を伝達するための体制を構築する。

(6) 小学校、教育委員会、地域社会を巻き込んだ波及ネットワークを構築し、プログラミング学習 / 教育の展開による社会的効果を解明

毎年の実践、参加、意見交換、検証を通じて、小学校、保護者、地域社会、教育委員会を巻き込んだ波及ネットワークを構築する。プログラミング学習は、塾のような一部の児童が関わるものではなく、公教育を中心とすることで経済格差を吸収し、誰もが発達の機会を得られることが重要であるとの信念のもと、その社会的効果を事業評価の観点から明らかにする。

4. 研究成果

計画において6つの掲げた研究方法に従って、どのような研究生が得られたかを記述する。

ただし、2020年のコロナ禍の影響で、小学校をフィールドとした研究の実践が自由にはできなくなったことから、研究計画の変更(研究実施・研究対象の縮小、対面調査をオンライン調査に変更、)余儀なくされたことも含む。

(1) 文献調査や小学校教諭へのインタビュー

先行研究及び、近年のプログラミング学習に関する実践事例等の文献調査とインタビュー、さらに、2020年からのコロナ禍の影響でオンラインでの教員調査、保護者調査などに変更をして、現状について検討を行うこととした。オンライン調査に変更することで全国から各500名の教員・保護者に回答を得られたことから客観的な知見が得られたと考える。

オンラインで行った教員調査からは、プログラミング教育の思考力育成への期待(例:順序や因果関係などの論理的思考ができるようになる)の5件法の肯定回答率は、4年間で、約5割から7割に上昇した。さらに、プログラミングに直接関わる能力育成への期待(例:パソコンなどの情報機器に慣れる)の方がより肯定回答率が高く、約7割から約8割へと上昇した。これらのプログラミング教育の効果への期待は、プログラミング教育に関わりたいという意欲を高めていた。一方、2023年調査では、問題点として「機器の操作が中心となってしまう、思考力の育成に結びついていない」(76%)、「パソコンを使わないでプログラムの思考を教えるという発想がない」(47%)の肯定回答率が高いことが明らかになった。保護者調査からは、小学生保護者に対する調査を、2019年、2022年、2023年に実施した(楠見他, 2020, 2023)。その結果、プログラミング教育の思考力育成効果への期待の肯定回答率は、4年間で、約6割から9割に大きく上昇した。一方、プログラミングに直接関わる能力育成への期待の肯定回答率は約8割から9割に上昇した。教員とは異なり、プログラミング教育の思考力育成への期待は、プログラミング関連知識習得への期待と同レベルに上昇した。また、プログラミング教育の思考力育成への期待は母親が父親よりも大きかった。また、自分の子どもがどのような能力が、学校での教育によって3年間で伸びたかを尋ねたところ、2023年調査では、コンピュータの操作に必要な能力(46%)に比べて、プログラミングにかかわる能力(身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題

解決に必要な手順の理解など) (35%)はやや低いことが明らかになった。

オンライン教員調査については以下の論文において公表されている。

楠見 孝,西川一二, 齊藤貴浩, 栗山直子 (2020)
プログラミング教育の授業実践に対する小中学校教員の期待と意欲,
教育工学雑誌 Vol44 No.2,p265-275

(2)発達段階やクラスの状態を考慮したプログラミング学習・教授法の検討

小学校段階でプログラミング学習に苦手意識を持たせないため、児童のプログラミング学習に対する動機に注目し、調査を行った。教科教育でプログラミングを用いることで児童が何を理解できたかを把握するとともに、動機と論理的思考力やジェネリックスキルを測定するために児童版批判的思考尺度を用い、動機と批判的思考の関係について検証を行った。

結果から、発達段階に応じた思考力について低学年では、動物の足の動きの簡単なプログラミング(アニメーション)で再現することにより、再現後足が動く「仕組み」についてより詳しい観察が自発的に促されることがわかった。中高学年では、プログラミングの基本である「順序処理」「繰り返し」などを用いたカリキュラムを展開し、もしも思った通りに動かない場合はどこが間違っているかを確認し、そこを修正するというサイクルを繰り返すことによって、試行錯誤と失敗からの学習がメタ学習につなげること、高学年においては科学的な見方を見据え、見えないものを表現するための「モデル化」、予測のための「シミュレーション」なども取り入れていくことが、小学校の学びから中学への学習への接続の役目も果たすのではないかと考えている(栗山他,2021)。

(3)児童の思考力の定着の検証

(1)と(2)の調査設計、教材開発の段階で明らかになった事柄をもとに児童の思考力定着の検証を行いたいと考えていたが、2020年・2021年と緊急事態宣言が出されたり、小学校に外部者が実践を行ったり調査に行ったりとなかなかできなくなってしまったため、罹患者が少ない時期に実践できた出前授業の調査の結果から、主にカリキュラム開発することを目指した。

(2)(3)に関わる成果については、一部以下の論文や国際学会で公表済みである。

栗山直子, 森秀樹, 齊藤貴浩, 西原明法 (2021)
小学校のプログラミング教育の効果の検証
コンピュータ&エデュケーション(コンピュータ利用教育学会) vol.50,p 27 - 32

SAITO Takahiro, KURIYAMA Naoko, MORI Hideki, NISHIHARA Akinori (2019)
Trial of Programming Education for Junior High-school Students by Using Bipedal Robots,
The 4th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed 2019)

またこれらを踏まえて、児童用のプログラミング的思考に関する本(ワーク)を執筆し刊行した。

栗山直子, 森秀樹, 齊藤貴浩, 西原明法 (2021)
6さいからはじめる プログラミングの考え方
株式会社アルク

(4)発達段階に応じた思考力を育成するプログラミング学習/教育の指導法の開発実施

(2)(3)の検証結果に基づいて、発達段階に応じた思考力の育成を目指したカリキュラムになるよう毎年度の開発と実践を行った。低学年向け(操作の練習:自分だけの水族館を作ろう、アニメーション:ゾウ・キリンの歩き方を再現しよう)、中学年向け(基本操作の理解とシミュレーション:星座のシミュレーション、関節の動きの再現)、高学年向けのカリキュラム(基本操作の理解:ゲームを作ろう、モデル化・シミュレーション:電流(電子)の流れ方、太陽系のみシミュレーション、レゴロボットでミッションをクリアしよう、マイクロビットのセンサーを使ったプログラミング)の実践をしながら何度も精査を重ねた。

(5)PDCAサイクルに基づく実践と改善のシステムの構築

本研究は総じて、PDCAサイクル(計画(Plan)、実践(Do)、検証(Check)、改善(Act))に基づく、小学校におけるプログラミング学習・教育のシステムの確立を行った。このサイクルについては、2020年になる前はおおむね計画どおりの実践、調査対象数を確保できていたが、2020年以降は、コロナ禍の影響で小学校の現場での実践や検証を行うことが制限された。しかし、限られた実践と調査に基づいて、PDCAサイクルに基づいた計画、実践と検証、改善をおこなった。

(6)小学校、教育委員会、地域社会を巻き込んだ波及ネットワークを構築し、プログラミング学習/教育の展開による社会的効果を解明

現場の小学校、小学校教諭、さらに学校を中心とするチームとしての保護者、地域との連携も予定していたが、こちらもコロナ禍で実施できなくなったため、制約のある中、大学として地域社会にできることを検討することに変更し、代表者のいる東京工業大学の大学院教職科目に「教育インターンシップ」という科目を新設し、大学生に教育現場に行き児童のプログラミングの学びや、小学校教諭の準備などをサポートするようなインターンシップを実施した。2020年度と2021年度は、履修学生・小学校教諭・大学教員とでカリキュラム作成までは行ったが、実施予定時に履修学生を小学校に派遣するのはコロナ感染拡大を懸念し中断した、最終年度2022年度は、履修している大学院生が同様のやり方で小学校の現場のインターンシップとして、プログラミング教育を実践することができた。

また、目黒区の小中学生のプログラミング教育の教員研修を1回、オンラインで奈良県吉野町の小学校に対する教員研修1回、目黒区小学校におけるICT部会の研究授業と討論会に計5回参加し、本研究で得られた知見やカリキュラムを紹介した。

コロナ禍の中、本研究の後半は計画変更を余儀なくされた側面もあったが、制約がある状況の中で、当初の目的を果たすために工夫しながら実施を行ってきた。実践数は予定より少なく、波及効果については、教育委員会、保護者までには広げられなかったが、大学からできることとして、インターンシップの科目を新設した。波及効果は、大学から地域への波及ということにとどまったが、それ以外はおおむね当初予定したことは達成できたと考えている。

以下、主な本研究における成果（既に発表を認められた発表予定も含む）である。

・論文

楠見 孝,西川一二, 齊藤貴浩, 栗山直子 (2020)

プログラミング教育の授業実践に対する小中学校教員の期待と意欲,

教育工学雑誌 Vol44 No.2,p265-275

栗山直子, 森秀樹, 齊藤貴浩, 西原明法 (2021)

小学校のプログラミング教育の効果の検証

コンピュータ&エデュケーション (コンピュータ利用教育学会) vol.50,p 27 - 32

・著書 (分担)

栗山直子, 森秀樹, 齊藤貴浩, 西原明法. 6さいからはじめる プログラミングの考え方, 株式会社アルク, July 2021.

栗山直子分担執筆 (武田 明典,村瀬 公胤 監修). 教師と学生が知っておくべき教育方法論・ICT活用 (11・12・13章担当: ICT活用、理論と歴史、実勢と事例、1人1台端末時代に向けて), 北樹出版, Apr. 2022.

・学会発表

楠見 孝, 西川一二, 齊藤貴浩, 栗山直子. プログラミング教育に対する小中学校教員の期待と意欲, 日本教育工学会 第35回全国大会, Sept. 2019.

楠見孝, 西川一二, 齊藤貴浩, 栗山直子. プログラミング教育に対する小学生保護者の期待, 日本発達心理学会第31回大会, Mar. 2020.

楠見 孝, 西川一二, 齊藤貴浩, 栗山直子. プログラミング教育に対する小学生保護者の期待 (2): 2時点調査に基づく父親と母親の差の検討, 日本発達心理学会第34回大会, 2023.

栗山直子. 小学生のプログラミング学習における発達段階を考慮した思考支援の可能性, 日本教育工学会研究報告集, 日本教育工学会, Volume 2023, Issue 1, pp. 9-12, 2023.

・シンポジウム

日本教育心理学会 第65回 (2023年8月10日~9月10日オンライン開催)

企画シンポジウム

「小学生のプログラミング教育における思考力の育成とその取り巻く環境の現状

部門:教授・学習・認知 キーワード:プログラミング教育・プログラミング的思考・思考力」

企画 話題提供 栗山 直子・楠見 孝

企画 司会 齊藤 貴浩 企画 西原 明法 #

話題提供 長谷川 大和 #・森 秀樹 #

指定討論 無藤 隆

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 楠見 孝, 西川 一二, 齊藤 貴浩, 栗山 直子	4. 巻 44巻2号
2. 論文標題 プログラミング教育の授業実践に対する小中学校教員の期待と意欲	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 265-275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.44077	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 栗山 直子, 齊藤 貴浩, 森 秀樹, 西原 明法	4. 巻 51
2. 論文標題 小学校のプログラミング教育の効果の検証	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンピュータ&エデュケーション	6. 最初と最後の頁 27~32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14949/konpyutar iyoukyouiku.51.27	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 栗山 直子	4. 巻 2023
2. 論文標題 小学生のプログラミング学習における発達段階を考慮した思考支援の可能性	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本教育工学会研究報告集	6. 最初と最後の頁 9~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jsetstudy.2023.1_9	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 楠見 孝・西川一二・齊藤貴浩・栗山直子
2. 発表標題 プログラミング教育に対する小中学校教員の期待と意欲
3. 学会等名 日本教育工学会 第35回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro, KURIYAMA Naoko, MORI Hideki, NISHIHARA Akinori
2. 発表標題 Trial of Programming Education for Junior High-school Students by Using Bipedal Robots, The 4th International STEM Education Conference
3. 学会等名 The 4th International STEM Education 2019 Proceedings, pp. 312-318, July 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗山 直子, 森 秀樹, 齊藤 貴浩, 前川 眞一, 西原明法, 安東 幸治, 宮川 拓也, 門脇 哲太郎, 塩澤 駿, 宮北 幸典, 山崎成歩, 川原田 康文.
2. 発表標題 プログラミング的思考力テスト(小学生版 Ver.1)の開発と検証-Pepper プログラミング教育における効果検証-
3. 学会等名 日本教育工学会 第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齊藤 貴浩, 栗山 直子, 森 秀樹, 西原 明法, 前川 眞一, 安東 幸治, 宮川 拓也, 門脇 哲太郎, 塩澤 駿, 宮北 幸典, 山崎成歩, 川原田 康文.
2. 発表標題 Pepper を用いたプログラミング教育の教員への影響-Pepper プログラミング教育における効果検証-
3. 学会等名 日本教育工学会 第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 楠見 孝・西川一二・齊藤貴浩・栗山直子
2. 発表標題 プログラミング教育に対する小学生保護者の期待
3. 学会等名 日本発達心理学会第31回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 楠見 孝・西川一二・齊藤貴浩・栗山直子
2. 発表標題 プログラミング教育に対する小学生保護者の期待(2)：2時点調査に基づく父親と母親の差の検討
3. 学会等名 日本発達心理学会第32回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 栗山直子
2. 発表標題 小学生のプログラミング学習における発達段階を考慮した思考支援の可能性
3. 学会等名 日本教育工学会研究報告集
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 栗山直子・森秀樹・齊藤貴浩(監修：西原明法)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 株式会社アルク	5. 総ページ数 103
3. 書名 6さいからはじめる プログラミングの考え方	

1. 著者名 武田 明典、村瀬 公胤(分担執筆：栗山直子)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 北樹出版	5. 総ページ数 148
3. 書名 教師と学生が知っておくべき教育方法論・ICT活用(第11・12・13章)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	森 秀樹 (Mori Hideki) (30527776)	昭和女子大学・人間社会学部・准教授 (32623)	
研究分担者	齊藤 貴浩 (Saito Takahiro) (50302972)	大阪大学・経営企画オフィス・教授 (14401)	
研究分担者	楠見 孝 (Kusumi Takashi) (70195444)	京都大学・教育学研究科・教授 (14301)	
研究分担者	西原 明法 (Nishihara Akinori) (90114884)	東京工業大学・工学院・特任教授 (12608)	

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1件

国際研究集会 IEEE Region Ten Conference (TENCON)	開催年 2018年～2018年
---	--------------------

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