

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K02751

研究課題名(和文) 小学校プログラミング教育を支援する教授フレームワークに関する実証的研究

研究課題名(英文) Empirical research on teaching frameworks to support elementary programming education

研究代表者

川島 芳昭 (Kawasima, Yoshiaki)

宇都宮大学・共同教育学部・教授

研究者番号：70282374

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、小学校プログラミング教育を段階的に指導するための枠組みを目標分析や達成感から検討した教授フレームワーク(学習の枠組み)を提案することを目的としている。特徴は、児童の実態に応じた難易度の課題を設定、課題解決に必要な目標を細分化し、段階的かつ系統的に児童に提示、協働学習を促す学習環境の構築の3つを含めた枠組みとするところにある。これにより、児童の課題解決能力の向上、論理的思考力の向上が図れると考えた。この学習の枠組みの有効性を検証した結果、段階的な課題解決による達成感や協働学習による学習支援、プログラミングによる体験的な試行錯誤する活動に対して児童の認識が高まることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小学校プログラミング教育を実施するには、プログラミング教育の経験を有する教員が授業設計を行わなければならない。しかし、教員の多くはプログラミング教育の経験が少ないという課題がある。その課題を解決するためには、誰でもプログラミング教育の授業設計が行える枠組みが必要である。本研究で提案する教授フレームワークは、教員が学習者にプログラミングによって実現させたい目的を決め、それを段階的に小さな課題に変換していくことで達成することを目指した。特に、各段階の内容を明確にすることで、プログラミング教育の経験が少ない教員でもプログラミング教区の授業設計が行え、小学校プログラミング教育の充実に繋がると言える。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to propose a teaching framework (learning framework) that examines the framework for step-by-step instruction in elementary school programming education from the viewpoint of goal analysis and sense of accomplishment. The characteristics are (1) setting tasks of difficulty according to the actual situation of the child, (2) subdividing the goals necessary for solving the task, and presenting them to the child step by step and systematically, and (3) building a learning environment that encourages collaborative learning. It is a framework that includes one. We thought that this would improve children's problem-solving abilities and logical thinking abilities. As a result of verifying the effectiveness of this learning framework, it was clarified that children's awareness of achievement through step-by-step problem solving, learning support through collaborative learning, and experiential trial and error activities through programming will increase.

研究分野：学校教育学, 教育工学

キーワード：プログラミング教育 小学校 授業設計 目標分析 課題解決

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2020年度から小学校で施行される新しい学習指導要領において、プログラミング教育の必修化が明示された。内容は、プログラミング的思考力の育成をコンピュータを使った具体的な活動を踏まえて指導することが求められている。しかし、現在の教員の多くは、プログラミングに関する教育の経験がなく、新たに修得しなければならない知識や技能という位置づけになっている。これに対し、各都道府県や市町村教育委員会では、教員研修を行うための準備が進められていることが調査結果から明らかにされている(2018年度文科省委託事業「教育委員会等における小学校プログラミング教育に関する取組状況等について」)<sup>1)</sup>。一方、小学校プログラミング教育を進めるための課題としては、「具体的な取組事例や教員研修、分かりやすい教材の提示等」についても指摘されており、今後のプログラミング教育に向けた事例や教材の開発が重要であることが示されている。

小学校におけるプログラミング教育に対しては、制度的な課題や実践上の課題なども研究されている。制度上の課題では、中等教育・高等教育においてコンピュータ・サイエンス(CS)を踏まえて技術リテラシーの育成を目指した情報教育が行われているのに対し、初等教育においては軽視されている傾向にあり教育制度の在り方の検討が必要だと指摘されている(阪東他(2017)「我が国の初等中等教育におけるプログラミング教育の制度化に関する批判的検討」)<sup>2)</sup>。また、実践上の課題では、小学校プログラミング教育の導入によって教科内容の理解を深化できるかが重要であるにも関わらず、導入することで学習内容の目的意識が教科内容の理解とプログラミング的思考の両方が混在することから起こる混乱が懸念されることが指摘されている(尾崎他(2017)「小学校におけるプログラミング教育実践上の課題」)<sup>3)</sup>。

2. 研究の目的

本研究は、小学校プログラミング教育を支援するカリキュラムの検討を行い、プログラミング的思考と具体化を実現する教授フレームワークを構築するとともに実証実験からその有効性を検証することを目的としている。

2018年3月に公開された「小学校プログラミング教育の手引き(第一版)」では、プログラミング教育の実践例として図1のように示されている。図1に示すように、教科と単元の対応を示すことがこれからの小学校プログラミング教育を実践するために有益な手段だと考える。しかし、その例示されている内容は再検討する必要がある。具体的には、算数科の事例として「正多角形の作図」があるが、小学校では内角の学習はするが外角については中学校で扱う内容である。また、小学校で定規、コンパス、分度器などを利用した作図とプログラミングによる作図と並列に捉えて指導した場合、学習者を混乱させる要因になる可能性もある(尾崎他(2017))。また、小学校プログラミング教育は、プログラミング的思考力を具体的にコンピュータに命令を与える活動を含めて養成することが求められている。そのため、実践場面の明確化、プログラミング教育を支援する授受フレームワークの開発は、これからの小学校プログラミング教育にとって早急に対応しなければならない課題であり、本研究の学術的独自性と創造性となる。

3. 研究の方法

(1) 2019年度計画

2019年度は、研究代表者、研究分担者、協力教員(小学校教員4~5名)の教員コンソーシアムを設置する。研究分担者は、小学校教員経験が豊富でかつプログラミング教育への実践的な研究に従事している大学教員とする。協力教員は、研究代表者との共同研究の経験を有し、プログラミング教育への関心の高い小学校教員とする。研究代表者は、研究目的、方法等を研究分担者及び協力教員に説明するとともに、研究遂行に向けた研究全体の管理・運営と教員コンソーシアムの議事進行を行い、研究目的達成に努める。

教員コンソーシアムの役割は、教科書、学習指導要領、学習指導要領解説などを基に、小学校における教科ごとのカリキュラムの検討、教授フレームワークの検討・開発、評価方法の検討・開発である。教員コンソーシアムの会議は、年2回開催し、情報の共有化を図り、2020年度の実践授業に向けての準備を行う。

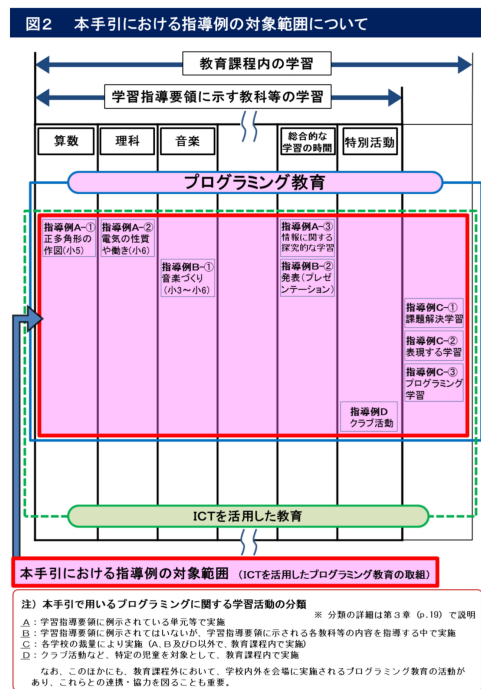


図1 出典 小学校プログラミング教育の手引き(第一版)2018.3

【1 研究目的、研究方法など（つづき）】

（2）2020 年度以降の計画

2020 年度以降は、協力教員による実践授業とその成果の分析及び小学校における年間指導計画の作成に向けた研究を実施する。研究分担者は、実践授業の支援と評価分析作業を担う。協力教員は、実践授業の実施とデータの収集に努める。実践授業によって得られたデータは、研究代表者と研究分担者によってその効果を定量的・定性的に分析する。分析した結果は、教員コンソーシアムの中で共有化を図り、教授フレームワークの改善、評価方法の改善に繋ぐことに努める。さらに、授業実践の評価分析によって成果の得られた実践は、教科の年間指導計画に含め、教授フレームワークとともに公開する。なお、実証授業は、宇都宮大学の『ヒトを対象とする研究に関する倫理規程』に基づく承認を得て、被験者である児童の安全管理に十分に配慮して実施する。

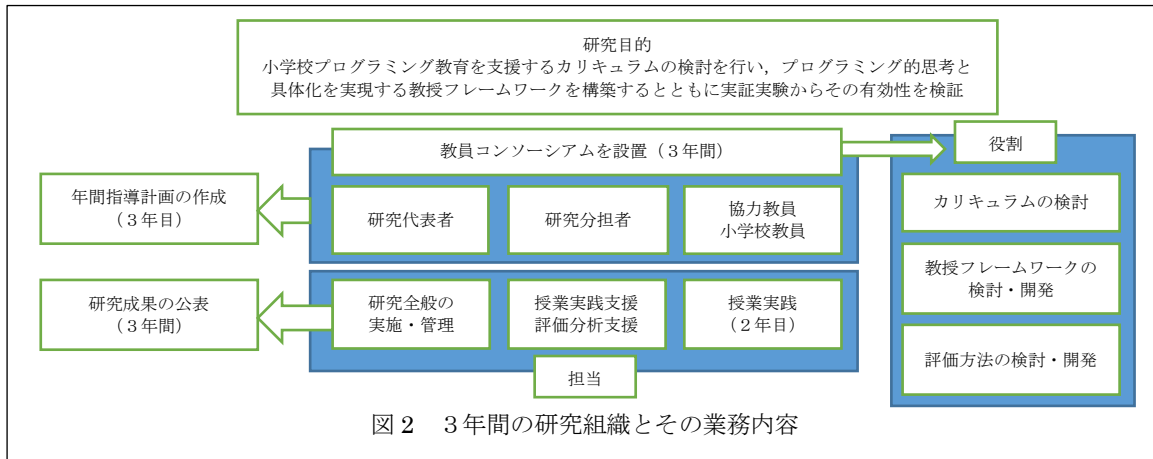


図2 3年間の研究組織とその業務内容

4. 研究成果

（1）フレームワークの基本構造

図3に本研究で提案するフレームワークの基本構造を示す。図3に示すように、本研究では、小学校プログラミング教育の授業を設計するために必要な枠組みを整理した。小学校プログラミング教育において求められているのは、プログラミング的思考力を育成することである。そのためには、児童の「興味・関心」を引き出す必要がある。そのため、まず、児童が必然性やゲーム性を持つ題材を設定する必要がある。特にゲーム性は、児童の興味・関心を喚起する効果があることは多くの研究によっても報告されている。しかし、必然性やゲーム性を持つプログラムを教師が自ら開発する必要はなく、オンライン上にある多くのサンプルプログラムから選択することも可能である。次に、児童の実態に応じた難易度の設定が求められる。対象となる児童のプログラミングの習熟度に応じた適切な課題を検討しなければならない。この興味・関心や難易度を元に、学習目標や課題が設定される。最後に、設定した学習目標や課題の目標分析を行う必要がある。これにより、目標の明確化や細分化をすることで、授業ごとの目標、段階的な学習設計に繋がると言える。また、細分化した目標に従って段階的に課題を解決することは、論理的思考力や課題解決能力の育成にも繋がると考えられる。

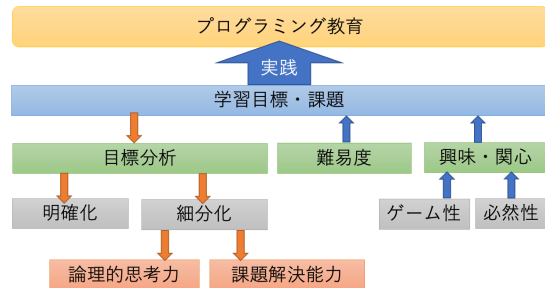


図3 フレームワークの基本構造

このフレームワークの基本構造を元に、ゲーム性による授業設計の例を表1に示す。表1に示す例は、micro:bit上で動作するゲームを想定したものである。ここでは、「興味・関心」としてゲーム性とした。また、表1に提示した例では、難易度ごとに三種類の例を示した。「的当て」は、micro:bitのLED画面上を左右に移動する光を、特定の位置に来たときにタイミング良くボタンを押すゲームである。タイミングが合えば繰り返し何度でも行えるが合わなければ終了となる。「逃走」は、5x5のマスを移動するLEDの光にぶつからないように自分のLEDを傾きセンサを使って操作するゲームである。最後の「シューティング」は、5x5のLED画面の上部を移動する敵機を自機が発射する弾で撃ち落とすゲームである。ここでは、シューティングを例に目標分析、内容の細分化・明確化について述べる。図4に目標分析の階層構造を示す。図4に示すように、本研究の目標分析では、大目標、中目標、小目標の三段階から分析することを想定している。

目標分析の第1段階としてとしては、シューティングゲーム（大目標）を構成する各要素を作成する目標（中目標）を検討することとなる。具体的には、自機の作成、敵機の作成、点数の加算、表示となり、これが中目標としてそれぞれ位置付くこととなる。次に、この中目標を達成するため

【1 研究目的、研究方法など (つづき)】

表1 フレームワークの例

興味 関心	難易 度	学習目標 課題	目標分析	内容の細分化・明確化
ゲーム性	低	的当て	的の表示 的の左右移動 (自動) ボタン操作 当たり判定	LED点灯, 座標制御 反復処理, 時間制御 ボタン制御 条件分岐
	中	逃走	自機の作成 ・表示 ・移動 (傾きセンサ) 敵機の作成 ・表示 ・移動 (児童) 当たり判定	LED点灯, 座標制御 傾きセンサ制御, 座標制御, 時間制御  LED点灯, 座標制御 反復処理, 座標制御, 時間制御 条件分岐
	高	シューティング	自機の作成 ・表示 ・移動 (ボタン操作) ・攻撃 (ボタン操作) 敵機の作成 ・表示 ・移動 (自動) ・攻撃 (自動) 点数の加算, 表示	LED点灯, 座標制御 ボタン制御 LED点灯 (弾), 座標制御, ボタン制御, 反復処理, 時間制御  LED点灯, 座標制御 座標制御, 反復処理, 時間制御 LED点灯 (弾), 座標制御, 反復処理, 時間制御 変数, 演算, 代入式, 画面出力

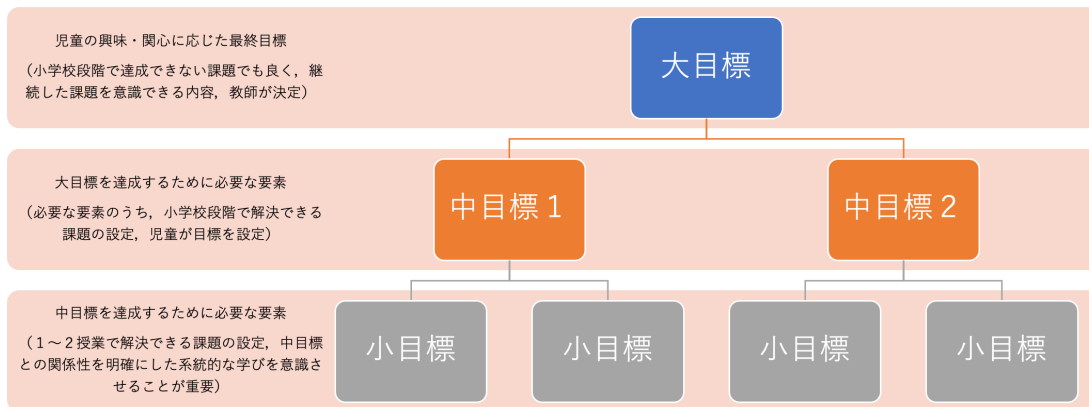


図4 目標分析の階層構造

の小目標を検討する必要がある。例えば、自機の作成では「表示」「移動」「攻撃」の三つの小目標が考えられる。そして、この三つの小目標を達成するための具体的な内容を明確化したり、細分化したりすることとなる。すなわち、「表示」では、micro:bit 上の特定の位置に自機となる LED を点灯させる必要がある。そのため、LED を点灯するプログラム、位置を決める座標制御 (X, Y 座標) のプログラムを学習することとなる。同様に、「移動」では、点灯させた自機の LED をボタン操作により左右に移動させる必要がある。ここまでの学習で、LED 点灯、座標制御、ボタン制御のプログラムを作成する方法について児童が知ったことになる。次に「攻撃」であるが、表 1 に示した細分化した内容を見ると新たな素材である弾を表す LED の点灯、座標制御、ボタン制御があることが分かる。これは、自機で学習したこれまでの内容と同じである。そこで、前の学習を振り返り、児童自身に作成させる小課題として与えることが可能となる。その後、新たな学習として、弾が下から上に自動的に移動するためのプログラムについて学ぶ展開となる。具体的には、反復処理を使った座標制御や移動速度を決める時間制御などのプログラムとなる。

次に敵機の作成では、自機の作成で学んだプログラムを活用することで、さらに内容理解に繋がる。自機と異なる箇所は、自動的に移動すること、一定時間毎に弾を発射するところである。自機が移動するには、ボタン操作を用いたが、敵機は自動的に移動するために反復処理、左右のどちらの方向に移動するかを決定する条件分岐が新たに学ぶ内容となる。このことは、児童にとってゲームを作成する必然性のある学びになる。

以上のように、本研究で提案するフレームワークの基本構造に従って指導するプログラムを分析することは、プログラミング教育の授業設計に有用であると考えられる。

(2) 実践結果

本研究による実践は、2020 年 12 月、2022 年 1 月の 2 回実施した。2020 年 12 月の実践では、T 県 U 市立 I 小学校の 4 年生の児童 28 名を対象に行った<sup>4)</sup>。うちプログラミングの経験を持つ児童は 24 名であった。使用した教材は、アーテック社の ArtecRobo2.0 (10 台) と Studuino Software を使ったブロックプログラミング環境によって行った。授業設計は、提案する教授フレームワークに従うために、大目標を「ぶつからない車を作る」、中目標を「車を動かす」、「障害物を検知する」、「障害物をよける」の三つとし、それに即した小目標を設定した。例えば「車を動かす」では、DC モータの制御による前進・後進・停止を行うプログラム作りが該当することとなる。これらの各目

【1 研究目的、研究方法など (つづき)】

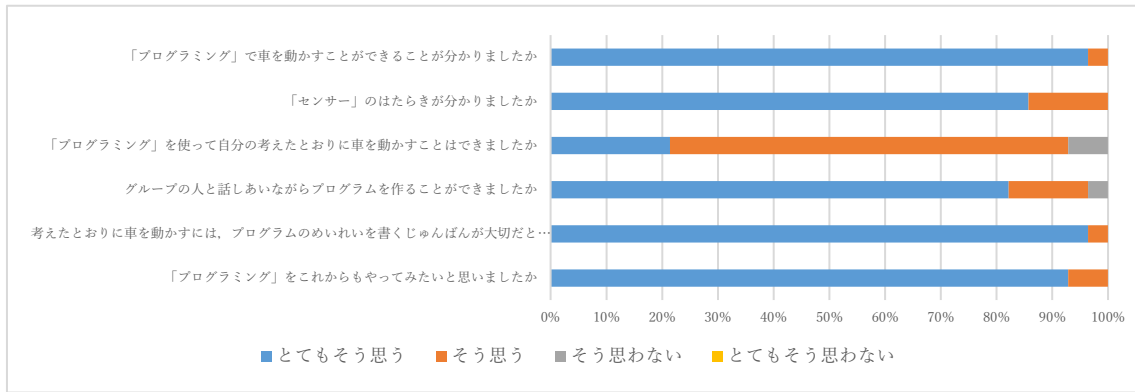


図5 授業後の児童の意識

標を達成するために8時間の授業計画をたて実践を行った。その結果を児童の意識から評価するために、授業前後にアンケート調査を実施した。その結果を図5に示す。

図5に示すように、プログラミングによって行えることやセンサー、さらには課題解決の手順の重要性などについては、85.7%以上の児童が「とてもそう思う」と強い肯定感を持っていることが分かった。また、グループ学習によって協働してプログラムを作成することに対し82.1%の児童が強い肯定感を示していることが分かった。これらの結果は、最終的なゴールとしての大目標、中目標を達成するために必要な小目標を分析し、段階的に指導した結果だと考えられる。特に、小学生では難しいセンサーの働きや課題解決の手順の重要性に対して肯定的な意識を持っている児童は、100%であり、一つ一つの課題を解決する学びが有用であったと推察できる。

次に、「「プログラミング」をこれからもやってみたいと思いましたか」については、100%の児童が肯定していることが分かった。この理由として、実際に自分で考えたプログラムによって、自分が考えた通りの動きをしてくれた時に大きな達成感があったと回答する児童が多かった。

一方、「難しかったこと」や「困ったこと」について自由記述で回答を求めた結果や授業時の児童の様子から困難な点を推察すると次のようになる。最後の課題「障害物を迂回する車」は4年生の児童には難易度が高く、児童だけでは解決できないグループもあった、特にプログラムが長くなることにより、命令を記述する順番が分からなくなる児童もいた。このことから、課題の難易度の見直しを検討する必要があることが分かった。

次に、2022年1月の実践では、T県U市立S小学校1年生38名、T県N市立H小学校6年生61名に対して行った。使用した機器は、Micro:bitとし、1年生の題材は「的当て」、6年生の題材は「シューティングゲーム」といずれもゲーム性のあるプログラミング教育を行うこととした。そして、各学年4時間の授業計画を立案し、授業実践を開始した。しかし、授業実践の開始直後にCOVID-19による蔓延防止等措置が発令され、最後まで授業実践を行うことができなかったため、その成果を分析するだけのデータを取得することができなかった。そこで、2022年6月、7月にT県N市立H小学校4年生64名に対し、Micro:bitを用いた「シューティングゲーム」を作成するプログラミング教育を実施する。その結果を分析し、提案する教授フレームワークの有用性を検証する予定である。また、同時に教員に対して、教授フレームワークを用いた授業設計の実践を行い、プログラミング教育の経験が少ない教員でもプログラミング教育の授業設計が行えることを証明する予定である。

参考文献

- 1) NTTラーニングシステムズ(株):「文部科学省委託事業 次世代の教育情報化推進事業『平成30年度教育委員会等における小学校プログラミング教育に関する取組状況等について』の調査 [https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/05/28/1417283\\_002.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/05/28/1417283_002.pdf) (最終閲覧日 2022.6.3)
- 2) 阪東哲也, 黒田昌克, 福井昌則, 森山潤:「我が国の初等中等教育におけるプログラミング教育の制度化に関する批判的検討」, 兵庫教育大学学校教育学研究, 第30巻, pp.173-184(2017)
- 3) 尾崎光, 伊藤陽介:「小学校におけるプログラミング教育実践上の課題」, 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, No.15(1), pp.31-35(2017)
- 4) 川島芳昭, 大山真治, 小林竜大, 岩本恭哉:「目標分析や達成感を考慮した小学校プログラミング教育の枠組みに関する研究」, 宇都宮大学共同教育学部研究紀要, 第72号, 第2部, pp.597-610(2021)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 佐井貴紀, 川島芳昭	4. 巻 7
2. 論文標題 学びと実践の往還型プログラミング教育のためのカリキュラム開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 宇都宮大学教育学部教育実践紀要	6. 最初と最後の頁 139-146
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 岡田倫明, 川島芳昭, 坂本弘志, 松原真理	4. 巻 7
2. 論文標題 中学3年生を対象にしたプログラミングの授業実践	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 宇都宮大学教育学部教育実践紀要	6. 最初と最後の頁 503-506
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 金子舞, 川島芳昭	4. 巻 6
2. 論文標題 「思考, 判断, 表現」の学習活動を重視した授業方法に関する研究 -小学校2年生の音楽づくりの授業を通して-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 宇都宮大学教育学部実践紀要	6. 最初と最後の頁 3-10
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 水嶋裕貴, 川島芳昭	4. 巻 6
2. 論文標題 教科指導におけるプログラミング教育の役割とその効果 -小学校社会科の授業実践を通して-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 宇都宮大学教育学部実践紀要	6. 最初と最後の頁 15-22
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 岡田倫明, 川島芳昭, 松原真理	4. 巻 6
2. 論文標題 小中学校教員に対するプログラミングの授業実践	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 宇都宮大学教育学部実践紀要	6. 最初と最後の頁 539-542
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 川島芳昭, 高山裕一, 金子舞, 水嶋裕貴
2. 発表標題 小学校プログラミング教育を支援するテキスト型教材の開発
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第63回全国大会 (千葉)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松原真理, 岡田倫明, 川島芳昭, 坂本弘志
2. 発表標題 中学校技術科におけるプログラミングの授業実践
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第63回全国大会 (千葉)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金山晴彦, 川島芳昭
2. 発表標題 技術科教育のための統合型教材の構想
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第32回関東支部大会 (東京)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安納駿, 川島芳昭, 松原真理
2. 発表標題 教育学部学生を対象にしたプログラミングの授業実践
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第32回関東支部大会(東京)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川島芳昭, 高山裕一, 水嶋裕貴, 金子舞
2. 発表標題 小学校プログラミング教育のためのフレームワークに関する研究
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第36回情報分科会(高知)研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川島芳昭, 金子舞, 水嶋裕貴
2. 発表標題 小学校教科指導におけるプログラミング教育の方向性と指導方法の提案
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会(静岡)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐井貴紀, 川島芳昭
2. 発表標題 学びと実践の往還型プログラミング教育の提案
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第35回情報分科会(高知)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 宇梶拓登, 川島芳昭
2. 発表標題 小学校プログラミング教育に関するカリキュラムの一提案
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第35回情報分科会(高知)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	高山 裕一  (Takayama Yuichi)  (00802571)	作新学院大学・人間文化学部・特任教授    (32205)	

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
---------	---------