

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K02837

研究課題名（和文）中学校技術科と工業高校を架橋するプログラミング教育の開発

研究課題名（英文）Development of Programming Education to Connect Junior High School with a Technical High School.

研究代表者

室伏 春樹（MUROFUSHI, Haruki）

静岡大学・教育学部・講師

研究者番号：30609293

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：初等中等教育段階における系統的なプログラミング教育の実現に向けて、プログラミング教育の実態調査および計測・制御の内容を中心とした教授方略の開発を行った。プログラミング教育の実態調査では、小学校に導入されたプログラミング教育の実施レポートを分析し、実施される教科や形態、利用教具等の実態を明らかにした。計測・制御の内容を中心とした教授方略では3つの指導原則を提案するとともに、理科から技術科を志向する扇風機題材と、技術科から理科を志向する自動車題材の2種類を開発し、各題材を2種類の計測・制御基板により実装した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2020年度に小学校プログラミング教育が必修化し、2025年度に大学入学共通テストで情報が追加される。学校現場はGIGAスクール構想の前倒しにより1人1台端末が実現するようになった。一方で、これまでもプログラミングを含む体系的な情報教育の必要性は主張されてきたが、学校現場の急速なICT化は、その系統性を担保できていなかった。本研究では、そのような実態を文部科学省に報告された内容から明らかにするとともに、校種を越えた系統的なプログラミング教育を実現するための教授方略を3つの原則にまとめている。また、具体的な題材および教具を提示している。よって系統的なプログラミング教育の実現に資するものである。

研究成果の概要（英文）：In order to achieve systematic programming education in elementary and secondary schools in Japan, we conducted a survey on the current status of programming education and developed teaching strategies focusing on measurement and control content. In the survey, we analysed the implementation reports of programming education introduced in elementary schools and clarified the subjects, forms and teaching tools used. For the teaching strategies focusing on measurement and control content, we proposed three teaching principles. In addition, we developed two types of teaching materials: one focusing on science and technology education using a fan model, and another focusing on technology and science education using a car model. Both types were implemented using two different measurement and control boards.

研究分野：技術教育

キーワード：プログラミング教育 情報教育 計測・制御 系統的 教授方略

1. 研究開始当初の背景

2020年度より小学校でプログラミング教育が必修化となることから、これまで中学校技術科で扱ってきたプログラミングに関する指導内容の早期化が予想される。これに伴い、工業高校で扱われてきたプログラミングに関する指導内容についても同様の早期化が予見された。したがって、技術科と工業高校で扱うプログラミング教育の質を高めていく必要があると考えた。体系的な情報教育の実現に資するため技術科と工業高校との接続を検討し、技術科で2次元の移動を伴う車輪型移動ロボット、工業高校で3次元の移動を伴う無人航空機を利用するプログラミング教育の着想に至った。異なる校種において共通の計測・制御基板を利用することで、生徒のプログラミングに対する理解や操作の習熟に有効と考えたが、COVID-19による感染症拡大や航空法の改正による無人航空機の教材利用が困難となる状況を踏まえ、研究内容の再検討が必要となった。そこで研究代表者は、小学校プログラミング教育の実施状況の調査から小学校と技術科のプログラミング教育の接続が検討されておらず、系統性が担保されていない実態を明らかにした上で、系統的なプログラミング教育を実現するための教授方略を開発し、提案することとした。小学校と技術科の系統的なプログラミング教育に向けた教授方略を提案することは、本研究題目である技術科と工業高校を架橋するプログラミング教育の実現に向けた基盤であり、本研究の成果を踏まえて初等中等教育段階を架橋するプログラミング教育の検討に資するものといえる。

2. 研究の目的

小学校プログラミング教育の実施状況を概観し、中学校技術科との系統性について検討を行うこととした。その結果、校種を越えた系統的なプログラミング教育については報告がなく、体系的な情報教育の実現は困難な状況にあることが分かった。この問題に対して、系統的なプログラミング教育を実施するための教授方略が皆無である点に着目した。教授方略とは、教授目標を達成するための構成要素と手順の計画であり、効果的で効率的な学習活動を実現するための戦略である(日本教育工学会・教育工学辞典2000)。そこで、2017年に告示された学習指導要領解説を踏まえた教授方略を提案することとした。合わせて、教授方略を実現するための具体的な題材を開発し、実効性の担保を図ることとした。

3. 研究の方法

小学校プログラミング教育の実施状況については、小学校を中心としたプログラミング教育ポータルが公開している「学校における小学校プログラミング教育の実施レポート」を対象に分析を行うこととした。この実施レポートは、各学校の取組の充実と向上に資することを目的に収集・掲載されているもので、47都道府県の教育委員会や小学校から任意に提出されたものである。この実施レポートから実施学年、実施教科、実施形態を抽出し、実態を明らかにする。

教授方略については、技術科の計測・制御学習の指導における問題点を整理し、この問題点の解消を図る系統的な教授方略を提案する。そして、教授方略の実現に向けて具体的な題材を小学校理科からのアプローチと、中学校技術からのアプローチの2種類を検討するとともに、汎用性を示すため異なる計測・制御基板による実装を図る。また、教授方略の有用性を検証するため、現職の技術科教員に対して2種類の題材による指導順序に差があるか検討を行う。

4. 研究成果

研究に着手した時点での実施レポート603件を対象に、集計および分析を行った。

実施学年については第5学年(194件・26.6%)と第6学年(196件・26.8%)が主であり、学習指導要領に準拠した実践が中心であることが明らかとなった。一方で、少数ながら第1学年(45件・6.2%)での実践も見られ、学校による実施体制の差がうかがえた。なお、実施レポートには複数学年の報告も含まれているため、母数は730件である。

実施教科については、実施学年と同様に学習指導要領に準拠した実践がなされており、算数(127件・20.1%)、総合的な学習の時間(83件・13.1%)、理科(69件・11.1%)の結果が得られた。なお、実施レポートには複数教科の報告や教科の明示がないものも含まれているため、母数は633件である。

実施形態については、プログラミング教育には含まれない情報活用能力に関する報告(33件・5.3%)、画面上のプログラミング(385件・61.7%)、教具を利用したプログラミング(206件・33.0%)に分類された。なお、実施レポートには複数の実施形態での報告も含まれているため、母数は624件である。ここで、画面上のプログラミングとはパソコン上で利用するソフトウェアを利用するものであり、教具を利用したプログラミングとは計測・制御基板等のハードウェアを利用する物である。画面上のプログラミングで最も利用が多かったのはScratch(195件・49.0%)であり、次いでViscuit(108件・27.1%)であった。教具を利用したプログラミングのうち、移動を伴わないもので件数が多かったのは基板単体(95件・16.6%)であり、その中で最も利用が多かったのはmicro:bit(35件・36.8%)、次いでMESH(27件・28.4%)であった。また、移動を伴うもので件数

が多かったのは車型ロボット(78件・12.5%)であり、その中で最も利用が多かったのは mBot(19件・24.4%)、次いでアーテックロボ(15件・19.2%)であった。

これらの結果を踏まえ、算数はソフトウェア利用志向、理科は教具利用志向が形成されていることが示唆され、各教科で実施する単元を限定的にしていることから実践内容の硬直が懸念された。

教授方略について、菊地(2019)は問題解決の複雑さを増やす意味でアクチュエータやセンサの個数や種類を増やすこと(複雑化)、高等専門学校ではデジタル入出力をアナログ入出力に発展させて問題解決の高度化を図ること(高度化)を提案しているが、実施レポートの調査結果からは、このような系統的な指導を見出すことはできなかった。また、先行研究として和歌山県教育委員会が示す「きのくに ICT 教育」では、小中学校で共通の車輪移動型ロボットを利用して複雑化を図っている一方、高度化には対応していなかった。また、葉山(2019)の開発するロボット教材はライトレース型から二足歩行型に変形するロボットを開発しているが、2つの形態におけるセンサの個数や種類に系統性が見られなかった。そこで、菊地のいう複雑化と高度化の観点で次の3つの原則を教授方略として提案した。

- (1) 処理結果を動作として確認するため、出力から入力の方に指導する。
- (2) 計測・制御システムの構成を意識させるため、出力と入力の組み合わせを拡張・発展させて指導する。
- (3) 計測結果を用いた分岐処理の難易度を考え、2値(デジタル)から多値(アナログ)を扱うよう指導する。

そして提案した教授方略の汎用性を示すため、2種類の計測・制御基板(micro:bit・ESPr® Developer)と共通で利用する部品を選定した。共通で利用する部品はDCモータ(デジタル・アクチュエータ)、タクトスイッチ(デジタル・センサ)、サーボモータ(アナログ・アクチュエータ)、測距センサ(アナログ・センサ)である。これらを用いる題材として、扇風機題材と自動車題材の2種類の題材を開発した。扇風機題材は日常的に利用される機器である扇風機を対象に、理科から技術科を志向し、機能要素を付加していく流れで題材の検討を行った。アクチュエータとしてDCモータで羽根を駆動し、サーボモータは首振り機能を実現する。センサの機能としてタクトスイッチは動作切り替えに利用し、測距センサは挟み込み防止機能を実現する。自動車題材は生活に身近な自動車を対象に、技術から理科を志向し、機能要素を分解していく流れで題材の検討を行った。アクチュエータとしてDCモータで前後進の駆動、サーボモータで操舵機能を実現する。センサの機能としてタクトスイッチは動作切り替えに利用し、測距センサは衝突防止機能を実現する。

提案した教授方略の有用性を検討するため、現職の技術科教員を対象に扇風機題材と自動車題材を提示し、アクチュエータとセンサの名称と役割から指導順序を問う調査を行った。集計の結果、扇風機題材は開発した教授方略と同一の順となり、個別の回答でも11名中4名の教員がしたが、自動車題材では集計でも個別の回答でも開発した教授方略と同一の順にならなかった。また、2つの題材の指導順序の差を検討するため Friedman 検定を実施したところ、扇風機題材では指導順序におけるアクチュエータとセンサの関連が示唆された($\chi^2(3)=8.02, p=0.04564$)が、多重比較の補正を Bonferroni 法で実施したところ個別のアクチュエータとセンサに有意な差は認められなかった。一方、自動車題材でも指導順序におけるアクチュエータとセンサの関連が示唆され($\chi^2(3)=12.3, p=0.006423$)、他準比較の補正を実施したところ DC モータとサーボモータ($p=0.034$)および DC モータと測距センサ($p=0.050$)で有意な差が認められた。このことから、アクチュエータとセンサの指導順序は指導者が意識的に選択しており、題材となる製品が有する機能を踏まえて変わること、同一題材でも指導者間で異なることが明らかとなり、教授方略の必要性を裏付けることができた。

さらに、教員の指導順序の回答と教授方略の原則との対応を検討すると、原則1については題材を問わず DC モータから指導する教員が多いこと、原則3についても題材を問わず測距センサを指導する教員が多いことから妥当であると判断できた。一方、原則2については扇風機題材では妥当であるが自動車題材では妥当と言えない結果となったため、開発した教授方略を広く周知する必要があることが示唆された。

本研究で開発した教授方略については技術科の学習内容を中心に検討しているため、小学校との情報共有や合意形成が必要である。また、本研究の当初の背景にある高等学校との接続についても継続した検討が必要である。しかし、初等中等教育段階における系統的なプログラミング教育のために開発した教授方略は、体系的な情報教育の実現に資するものとして有用な成果として位置づけることができる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2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 1件）

1. 著者名 室伏 春樹	4. 巻 32
2. 論文標題 小学校プログラミング教育の現状分析と課題	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 静岡大学教育実践総合センター紀要	6. 最初と最後の頁 119～126
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14945/00028697	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 室伏春樹・吉川宗汰	4. 巻 65
2. 論文標題 小中学校を対象とした計測・制御学習における系統的な教授方略の提案	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会誌	6. 最初と最後の頁 309～317
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6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉川宗汰・室伏春樹
2. 発表標題 系統的に計測・制御教材を利用するプログラミング教育の開発
3. 学会等名 第39回 日本産業技術教育学会 東海支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川宗汰・室伏春樹
2. 発表標題 系統的なロボットプログラミング教育に向けた計測・制御教材の開発
3. 学会等名 一般社団法人日本産業技術教育学会第64回 全国大会（札幌）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川宗汰・室伏春樹
2. 発表標題 系統的なプログラミング教育に対応する計測・制御教材の提案
3. 学会等名 第38回 日本産業技術教育学会 東海支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福井由佳・室伏春樹
2. 発表標題 ライントレース教材を利用した習熟度別学習方法の提案
3. 学会等名 第63回 日本産業技術教育学会 全国大会（千葉）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 室伏春樹
2. 発表標題 プログラミング教材としてのドローンの教育的意義の検討
3. 学会等名 第63回 日本産業技術教育学会 全国大会（千葉）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 室伏春樹・福井由佳
2. 発表標題 カラーセンサを利用したライントレースロボットによる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 情報分科会
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
--	---------------------------	-----------------------	----

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