

令和元年6月6日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K04663

研究課題名（和文）情報科学と情報技術の観点に基づくアルゴリズム学習の評価基準の提案と実践

研究課題名（英文）Proposal and practice of evaluation criteria of algorithm learning based on information science and information technology viewpoint

研究代表者

川島 芳昭（Kawashima, Yoshiaki）

宇都宮大学・教育学部・准教授

研究者番号：70282374

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,000,000円

研究成果の概要（和文）：プログラミング教育の学習効果を評価するために、情報科学と情報技術の観点に基づいて評価基準を開発した。この評価基準の有効性を小学生を対象とした実践から検証した。また、その結果を基に評価基準の改善を行った。さらに、教員のプログラミング能力、特にアルゴリズムの構築能力を図るための指標として利用できることも実証した。

そこで、小学校における一つの単元の中で児童の評価やその結果を基にした支援が行えるかを検討するために、小学校生活科の授業（絵本づくり）を考案し、実践授業を行った。その結果、教科の評価基準と開発したアルゴリズム学習の評価基準を復号することで児童の実態を明確にできることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学習指導要領の改定に伴い、プログラミング教育が小・中・高等学校において実施されることとなった。しかし、プログラミング教育を実施するためには、プログラミング教育のカリキュラムの構築や教員の資質能力の向上など多くの課題がある。その中で、特に課題となるのがプログラミング教育を適切に評価するための評価基準の設定である。本研究では、情報科学技術教育の視点に立ち、情報科学による数理的、論理的な思考の評価と情報技術によるプログラミングを具体化する能力の二つの観点から評価するための基準を開発し、その有効性を実践的に検証した。これにより、プログラミング教育を学校教育で実施する一助となる。

研究成果の概要（英文）：In order to evaluate the learning effect of programming education, evaluation criteria were developed based on the viewpoint of information science and information technology. The effectiveness of this evaluation standard was verified from the practice for primary school. In the results, the evaluation criteria were improved. Furthermore, it was also demonstrated that it can be used as an index for planning the programming ability of teachers, especially the ability to construct algorithms.

Then, in order to examine whether the evaluation based on the evaluation of the child and the support based on the result can be performed in one unit in the elementary school, the class (making of picture book) of the elementary school life course was devised and the practice class was performed. As a result, it was found that the actual condition of the child can be clarified by decoding the evaluation criteria of the subject and the evaluation criteria of the developed algorithm learning.

研究分野：教育工学

キーワード：評価基準 情報科学 情報技術 プログラミング アルゴリズム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本の情報教育は、昭和45年に大学機関などの高等教育を対象として始まり、昭和48年には高等学校、平成元年には義務教育で実施されるようになってきた。平成元年の学習指導要領では、中学校技術・家庭科技術分野のみであったが、平成10年の学習指導要領の公示に伴い、小学校でも情報教育を扱うこととなり現在に至っている。しかし、これらの歴史的変遷から見た情報教育は、情報を適切に扱うための技術的な要素を主体とした教育や活動が中心であった。

平成25年には、英国で「National Curriculum」が公示され、これまでの技術的な立場からの情報教育が科学的な理解を目指す必要があるとして、アルゴリズム学習から応用的な問題解決に至る小・中・高等学校までの一連の指導内容が示された。さらに、平成26年には、米国で「Hour of Code」が実施され、プログラミングの学習を通して小学校からの科学的な理解を目指した学習が開始された。国内においては、平成26年に「世界最先端IT国家創造宣言」の中で初等・中等教育において段階的にプログラミング教育を行うことが示された。以上のことから、これからの情報教育に求められるのは、情報を適切に活用した情報技術を主体とした教育から、情報科学と情報技術を融合した教育に変化してきたことが分かる。

筆者はこれまで、中学校技術・家庭(技術分野)で活用できるプログラミング教材の開発(28)プログラミングへの導入学習を支援する教育用教材の開発)を行ってきた。近年は、社会背景から小学校での考え方を重視したアルゴリズム学習の評価基準の提案を行っており一定の成果を得ている¹⁾。しかし、考え方を重視する情報科学の側面からの評価基準を中心としており、考えを具現化する情報技術の側面や情報倫理、そして基礎となる情報教養を含めた評価基準について十分な提案ができていないという課題があり、研究の発展の必要性を感じている。

情報教育を情報科学と情報技術を融合させた立場から情報科学技術教育として捉えた研究がある²⁾。この研究では、知識的な側面である人間のコミュニケーションや人間の感性・倫理を情報教養として全体の基本に位置づけ、その上に情報に関わる科学(情報科学)と技術(情報技術)の二つの教育・学習内容を情報教養や情報倫理を基にバランス良く行うことが学校教育に必要であるとしている。この考え方に即した情報基礎教育としては、プログラミング教育がある。プログラミング教育は、問題解決に必要なアルゴリズムをプログラミング言語によって具現化する教育である。しかし、プログラミング教育は、学習者が情報科学の理解である考え方を習得できているかの判断をすることができないという課題がある。プログラミング教育において情報科学と情報技術の両方を評価するには、前段階であるアルゴリズム学習の中で、学習者の考え方(情報科学)と具現化(情報技術)した内容の双方を評価する基準が必要である。

<参考文献>

1) 川島芳昭, 菊地章, 小林剛大, 石川賢: 情報科学と情報技術の観点に基づくアルゴリズム学習の評価基準の提案, 日本産業技術教育学会誌, 第57巻, 第4号, pp.213-222 (2015).

2) 菊地章他: 生涯学習を考慮した学校教育における情報科学技術教育, 日本産業技術教育学会, Vol.40, No.4, pp.31-41 (1998).

2. 研究の目的

本研究は、情報科学技術教育を基盤とした情報教育に含まれるアルゴリズム学習の学習効果を情報科学と情報技術の両方から評価するための基準を提案することを目的としている。これまでのアルゴリズム学習の評価は、プログラミング教育の中で言語の記述やロボットの制御結果などの完全正答によって学習効果が議論されてきた。しかし、具体的なプログラムの記述やロボットの制御ができていない場合でも基となる考え方は習得している場合がある。そこで、問題解決に必要な処理を数理的な側面から考える能力である情報科学と自らの考えを具現化するための能力である情報技術の両方から評価基準を提案し、実践を通してその有用性を明確にする。

3. 研究の方法

本研究は、3年の期間を通してアルゴリズム学習の効果を適切に評価するための評価基準を情報科学、情報技術、情報教養の3つの観点から提案することである。さらに、将来的に導入されると推測される小学校でのアルゴリズム学習の実践や中学校で実践から評価基準の有用性や学習者理解への可能性などを整理し、アルゴリズム学習の評価基準として学校現場に還元する。

1年目: 小・中学校の教師を対象としたアルゴリズム学習の実態調査を実施する。特に評価方法の調査を行い情報科学、情報技術、情報教養の3つ観点から評価基準案を作成する。

2年目: 小学校でのアルゴリズム学習の実践を行うための授業カリキュラムを作成する。実践をととして評価基準の有用性を検証するとともに、実践結果から評価基準を改善する。

3年目: 小学校プログラミング教育に導入できるアルゴリズム学習の実践を行うための授業カリキュラムを作成する。作成した授業カリキュラムを基に、以下の3点を実施する。

アルゴリズム学習における評価基準の公開

小学校段階からのアルゴリズム学習の有用性の検討

小学校におけるプログラミング教育の実現に向けた方向性の提案

4. 研究成果

アルゴリズムとは、問題を解く、あるいは関数を計算するための具体的な手続きと一般的に定義されている。さらに、その内容は処理の効率や設計手法など多くの学習要素が含まれるものであり、短時間の学習では習得することが困難である。本研究では、小・中学生を対象としたプログラミング教育の基礎的内容としてアルゴリズムを捉えることで、アルゴリズムを順次、分岐、反復の3つの処理手順として指導することを前提に研究を行う。

アルゴリズム学習において情報技術の側面からの評価は、全ての処理が正しく記述されていることが正答の基準として扱われてきた。そのため、一カ所でも処理の記述を間違えれば誤答として評価されてしまう。一方、情報科学のように数理的な思考を伴う考え方を重視した評価を行うためには、アルゴリズムを段階的に理解する状況を反映した評価基準が必要である。そこで、順次、分岐、反復の処理ごとの特性を考慮し、具体的な評価基準を検討した。その結果、情報科学と情報技術のそれぞれの観点からみた評価項目と評価基準を開発した。開発した情報科学の観点からみた評価項目と評価基準を表1に示す。また、情報技術の観点からみた評価項目と評価基準を表2に示す。

表1 情報科学の観点からみた評価項目と評価基準

処理内容	評価項目	評価基準
順次処理 (逐次)	処理手順の方向性	開始位置から終了位置(結果)に向かう方向が正しく考えられているか
	処理手順の経路	目的達成のための道筋を最後まで考えられているか
	順次処理の考え方	目的達成に必要な1つ1つの処理の流れが論理的に考えられているか
分岐処理	分岐の考え方	条件によって後続処理の場合分けがなされることを考えられているか
	後続処理の考え方	後続処理を正しく考えられているか
	条件設定の考え方(新規)	目的に適した条件が考えられているか
	分岐の条件や判定結果等の考え方 (評価の観点の一部見直し)	分岐の条件を正しく判断し、条件と判定の整合性がとれているか 条件と判定基準(Yes/No等)、判定結果と後続処理が正しく考えられているか
反復処理	開始と終了の関係性	反復処理では開始と終了の関係が考えられているか
	反復条件の考え方	反復処理では条件指定によって繰り返されるのが考えられているか 記述された処理の流れから必然性のある条件となっているか

表2 情報技術の観点からみた評価項目と評価基準

処理内容	評価項目	評価基準
順次処理 (逐次)	方向性の記述	順次処理の方向性に従って正しく記述できているか
	経路の記述	開始から終了まで正しく記述できているか
	条件項目の記述	分岐処理の条件項目を記述できているか
分岐処理	条件の記述	分岐処理の条件を記述できているか
	後続処理(真)の記述	条件判定(真)の後続処理を記述できているか 正答でなくても方向性の記述が正しければ良い
	後続処理(偽)の記述	条件判定(偽)の後続処理を記述できているか 正答でなくても方向性の記述が正しければ良い
	開始の記述	反復処理の開始を記述できているか
反復処理	反復条件の記述	反復処理の条件を記述できているか
	終了の記述	反復処理の終了を記述できているか
	開始と終了の間に処理を記述	反復処理の開始と終了の間に適切な処理を記述できているか

この評価基準を活用して小学校におけるプログラミング教育の学習効果や教員のアルゴリズム構築能力などを調査した結果、この評価項目と評価基準の有効性を実証することができた。

<引用文献>

川島芳昭, 菊地章, 小林剛大, 石川賢: 情報科学と情報技術の観点に基づくアルゴリズム学習の評価基準の提案, 日本産業技術教育学会誌, 査読有り, 第57巻, 第4号, 2015, pp.213-222

川島芳昭, 情報科学の観点から評価した教員のアルゴリズム構築能力, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 査読無し, 4号, 2018, pp.191-194

川島芳昭, 加藤祐也, 小学校低学年を対象としたプログラミング的思考の養成方法の検討, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 査読無し, 5号, 2018, pp.15-22

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

阪東哲也, 川島芳昭, 菊地章, 加部昌凡, 森山潤, PIC-GPE組込LED発光教材を利用した小学校プログラミング教育の実践と評価方法の提案, 日本産業技術教育学会誌, 査読有り,

Vol.59, No.3, 2017, pp.187-197

川島芳昭, 情報科学の観点から評価した教員のアルゴリズム構築能力, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 査読無し, 4号, 2018, pp.191-194

川島芳昭, 加藤祐也, 小学校低学年を対象としたプログラミング的思考の養成方法の検討, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 査読無し, 5号, 2018, pp.15-22

金子舞, 川島芳昭, 「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, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 査読無し, 6号, 2019 (印刷中)

水嶋裕貴, 川島芳昭, 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, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 査読無し, 6号, 2019 (印刷中)

〔学会発表〕(計8件)

川島芳昭, 加藤祐也, 幼・小連携を図る拡張現実技術を用いた絵本教材の構想, 日本産業技術教育学会全国大会, 2016.8

川島芳昭, 菊地章, 加藤祐也, 小学校生活科における絵本作りを題材としたアルゴリズム学習の実践とその効果, 日本産業技術教育学会情報分科会, 2017.2

川島芳昭, 菊地章, 認知技能を基にしたアルゴリズム学習の実践と評価, 日本産業技術教育学会情報分科会, 2018.3

荒川美和子, 川島芳昭, 松原真理, プログラミング的思考力の育成の観点から捉えた小学校カリキュラムの検討, 日本産業技術教育学会関東支部大会, 2018.12

岡田倫明, 上岡惇一, 川島芳昭, 松原真理, 小中の繋がりを考えたプログラミング教育のカリキュラムの検討, 日本産業技術教育学会関東支部大会, 2018.12

岡田倫明, 川島芳昭, 松原真理, 系統的な学びを考慮したプログラミング教育のカリキュラムの提案 中学校技術分野の教材開発の構想, 日本産業技術教育学会情報分科会, 2019.3

荒川美和子, 川島芳昭, 系統的な学びを実現するための小・中学校のプログラミング教育に関する一考察 小学校のカリキュラムの提案を通して, 日本産業技術教育学会情報分科会, 2019.3

水嶋裕貴, 川島芳昭, 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, 日本産業技術教育学会情報分科会, 2019.3

〔図書〕(計1件)

【編者】一般社団法人日本産業技術教育学会, 小・中・高等学校プログラミング教育(仮称), 第2章, 第8章, (一財)九州大学出版会, 2019 (印刷準備中)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。