

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17786

研究課題名（和文）プログラミングを用いた協調学習支援手法の開発

研究課題名（英文）Development of a scaffolding method for collaborative learning using programming

研究代表者

遠山 紗矢香 (Tohyama, Sayaka)

静岡大学・情報学部・助教

研究者番号：80749664

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、協調学習における表現手段としてプログラミングを活用することで、協調学習の中で学習者が理解を深めるメカニズムとしての「建設的相互作用」の発現可能性が高まることを検証することであった。その中でも本研究では、2020年から一新される学習指導要領の一部としてプログラミング教育が開始されることを踏まえ、小学生程度の学習者を対象とした。研究期間を通じて、小学校での算数や理科の教科の中で、協調的なプログラミング教育が児童の学習を支援することが示された。これら実践の成果は論文だけでなく、シンポジウム等を通じて広く公表することで実践者と議論を行う機会とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の社会的意義は、2020年から一新される学習指導要領にてプログラミング教育が始まることを見据えて、小学校の授業ですぐに活用できる実践例を評価法とともに提案したことである。また、本研究の学術的意義は、提案した実践例に対して先行研究で効果が示されている前後理解比較法等の評価手法を組み合わせ、プログラミング教育における評価の一例を示したことや、先行研究で示されてきた協調学習の利点とプログラミングの利点を統合することが可能であることを示した点にある。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to examine how programming contribute to increase the frequency of constructive interaction as a mechanism of students' deepening understanding in collaborative learning. In the context of the renewal of Japanese curriculum standard from 2020, and the newer curriculum standard includes programming education in elementary school curriculum, we selected elementary school children as research target in this research. During the research period, we discovered that collaborative programming education enhanced children's learning in mathematics and science. We published these results via journals, and held symposium to discuss the results with practitioners.

研究分野：教育工学，認知科学

キーワード：プログラミング教育 小学校 協調学習

1. 研究開始当初の背景

アクティブ・ラーニングの一手法として日本の新小学校学習指導要領(2020年4月より実施)にも重要性が示されているように、協調学習は近年、世界的にその効果が認知されつつある(Hmelo-Silver *et al.*, 2013)。2020年4月から全面実施される小学校学習指導要領では、小学校の算数や理科といった既存教科にてプログラミングを導入するために具体例が示されている。しかし、プログラミングという新奇コンテンツを導入するコストの高さから、極めて多忙な現場からの反応は好ましいとは限らなかった。また、2020年4月から全面実施される小学校学習指導要領では「主体的・対話的で深い学び」の重要性が示されていることから、プログラミング教育も対話的な学びの中に位置づけることが期待される。先行研究ではペアプログラミングの有効性を示唆するものがあるが(Webb, 1984; Webb, 1986; 平井・井上, 2012)、対話過程でどのような認知の変容が起こったのか、例えば対話がどのような気づきを促し、どのような理解深化を引き起こしたのかをプログラミングの領域固有性の中で説明した先行研究は限られている。

プログラミングと協調学習とを互いの利点を活かしながら形で統合するためには、どのような協調学習を引き起こす必要があるかを検討することが求められる。先行研究によれば、協調学習では、参加者一人ひとりが自分にはない見方を持つ他者と意見を交わすことで自分の考えの見直し、考えをより良く作り変える「建設的相互作用」(Miyake, 1986)が起こる場合がある。建設的相互作用を引き起こすためには、以下の特徴2点がそろったときだと考えられている(三宅, 2000)。

- (1) 相手の考えが互いに見えやすい
- (2) 相手の考えの正誤をひと目では判断しづらい

(1)は、自分の考えを相手に表現することが必要不可欠であることを示している。したがって、言語的な説明が困難な学習者同士の場合は、建設的相互作用が起こり難いと考えられる。

(2)は、正解に至る道筋が多様にある問題を解いているときに、自分と相手の解き方の違いを発見できる必要性が示されている。したがって、文章のように解釈のための認知的な負荷が高い表現手法では、自分と相手の考えの差異を発見することが困難になると考えられる。

(1)、(2)の支援として、先行研究ではツールを用いた支援がなされてきた。(1)の支援としてあげられる「Knowledge Forum」(Scardamalia & Bereiter, 2014)では、「私の考えは...」「考えの根拠は...」といった「書き出し文」を学習者に示すことで、学習者に考えを表現させる手助けを行っていた。しかし、後続の作文は学習者に委ねられるため、文章生成が不得意な者には困難が残った。(2)の支援としては、概念地図化ツールによって、キーワードや短文といった文章化未達の断片的な言葉の間を「リンク」でつなぐことで、学習者の考えを図的に表現させた研究が挙げられる(Roschelle *et al.*, 2007)。しかし、学習者が作成したものは複雑になりがちのため、自分と他者の概念地図の部品や、部品の関連性といった差異の発見を行うことが困難だった。

ワークショップなどの実践で学習者がどのような活動をしていたのかを観察した結果から、プログラミングには次の特長があると推測された。

特長1: 何度でも間違えることができるため、何度でも表現し直せる

特長2: 実行結果が即時フィードバックされる

これら2つの特長によって学習者は、互いのプログラムと実行結果を何度も比較する(図1)ことが可能になる。このことが、(1)、(2)を満たす話し合いを繰り返し起こすことへと発展するのではないかと考えられる。

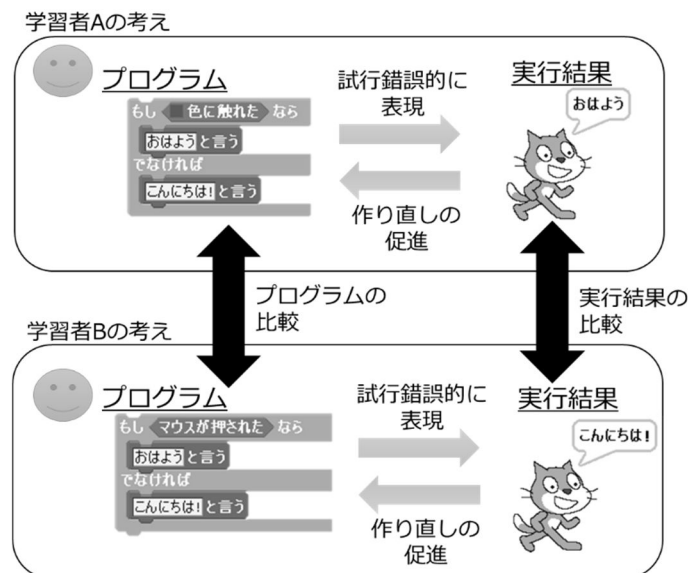


図1 プログラミングを用いた参加者間の対話を支える思考の外化

## 2. 研究の目的

本研究では、建設的相互作用の発現率を高める手段としてプログラミングを位置付ける。この際、学習者が考えをより良く作り変えることが、プログラミングによってどのように促されたかを調べることで、学習成果を学習プロセスで説明することを目指す。

また、ある1つの教科の授業で効果が見られたプログラミングの活用方法を、別な教科の授業にも適用して効果を検証することで、学習者が考えをより良く作り変えることを促すプログラミングの効果を学習プロセスの特徴として示す。

## 3. 研究の方法

プログラミングを用いた授業を実施している先行事例の調査、小学校にてプログラミングを用いた協調学習型の授業を実施・評価、得られた知見をシステムで公開、という三段階で進める。1年目は、プログラミングを用いた授業が行われている複数のフィールドにて、プログラミングの活用方法を調査する。2年目は、1年目の結果を用いて、複数の小学校教諭と連携してプログラミングを用いた授業を実施し、プログラミングと建設的相互作用の関係性や建設的相互作用の発現の特徴について整理する。3年目は、2年目までに得た、協調学習でのプログラミング活用事例を集約して、プログラミングと協調学習の関係性について取りまとめ、公表する。

## 4. 研究成果

1年目は子ども向けプログラミング教育や協調学習の国内外の先行事例を対象とした調査研究、及び小学校での教育課程内での実施を志向した主体的・対話的で深い学びを促すためのプログラミング教育の実践開発を行った。2年目は、2020年4月から全面実施されている小学校学習指導要領で例示されたプログラミング教育の具体的な指導案を複数提案したこと、および論文によってその成果を報告した。3年目は、2年目までの成果を踏まえて、研究者・実践者・企業関係者等多様な背景のプログラミング教育関係者を対象として幅広く成果を公表するとともに、議論の機会を設けた。また、研究期間を通じて、論文5件、国際会議4件ほかの研究発表を行った。

また、上記の実践研究を通じて、プログラミングは建設的な試行錯誤を引き起こすことができる可能性が示された。プログラミングの中でも特にブロックプログラミングは、予め選択肢としてブロックが示されている中から必要なものを選び、それらを組み合わせることでプログラムを作成する。こうした環境は初学者にとって敷居が低い一方で、手探りでブロックを選ぶ「探索的な試行錯誤」を引き起こすことがある。もちろん、こうした手探りは各ブロックの機能を学習者が把握するうえで有効だが、手探りのみで活動が終始することは好ましくない。プログラミングは本来、実現したい事柄に対してどのようなプログラムへ置き換えればよいのかについて仮説を立て、その仮説に沿うプログラムを実装し実行して検証するという、仮説検証型の活動である。仮説検証活動の中に位置づけられた試行錯誤については問題ないが、探索的な試行錯誤が主たる活動となり仮説検証が伴っていない場合は、学習者が何らかの学習障壁に直面している可能性も否定できない。つまり、学習者の行動から観察される試行錯誤は多様な意味を有しているため、試行錯誤そのもののみから学習過程の好ましさを判断することは難しい可能性がある。

以上を踏まえて本研究では、試行錯誤が起こっている際に図2のような認知プロセスが見られるのであれば、その試行錯誤は学習の深まりに寄与する可能性があることを整理した。今後はこうした認知過程の説明モデルをプログラミングに即してさらに整理していく予定である。

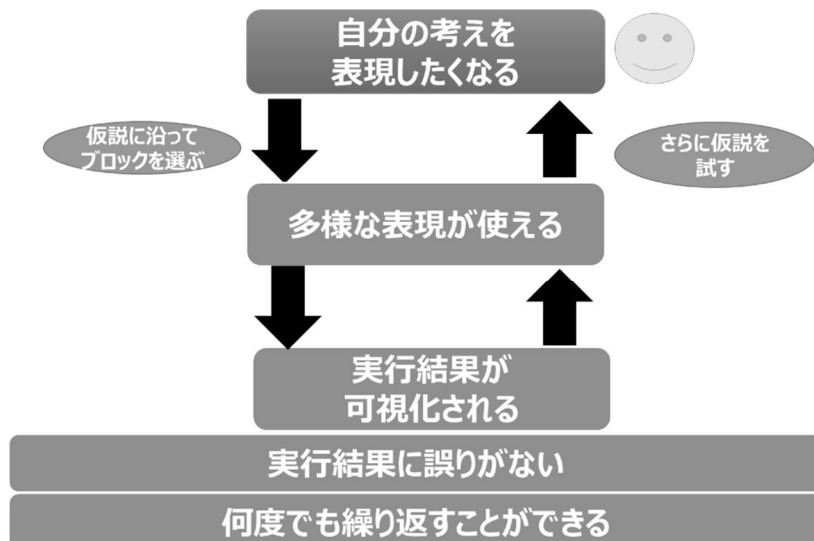


図2 建設的な試行錯誤の認知プロセス

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 遠山紗矢香・竹内勇剛	4. 巻 20
2. 論文標題 STEAM教育としての協調的な音楽創作活動とその評価の提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 397～412
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.11184/his.20.4_397">https://doi.org/10.11184/his.20.4_397</a>	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 遠山紗矢香・白水始	4. 巻 24(4)
2. 論文標題 協調的問題解決能力をいかに評価するか-協調問題解決過程の対話データを用いた横断的分析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 494-517
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 遠山紗矢香	4. 巻 60(10)
2. 論文標題 協調学習の中でのプログラミング	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理	6. 最初と最後の頁 1008-1012
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 遠山紗矢香・Vaya Viora Novitasari・竹内勇剛	4. 巻 J103-D/3
2. 論文標題 参加者全員の貢献を促す協調問題解決場面の構築 - Uno Stackoの課題特性に注目して -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌（D）	6. 最初と最後の頁 72-81
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14923/transinfj.2019HAP0015	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 -

1. 著者名 山田雅之・遠山紗矢香	4. 巻 42/Suppl
2. 論文標題 可視化システムを用いた協調学習での身体動作と理解レベルの関係性の検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 93-96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.15077/jjet.S42049">https://doi.org/10.15077/jjet.S42049</a>	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 -

[学会発表] 計19件(うち招待講演 2件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Tohyama, S. & Takeuchi, Y.
2. 発表標題 Collaborative Creative Music Activity with ICT: A Case Study for Children in Grade Five
3. 学会等名 Constructionism 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tohyama, S. & Takeuchi, Y.
2. 発表標題 How to Improve Children's Understanding of Code?: A Preliminary Study using Jigsaw Method for Computer Programming in Elementary School
3. 学会等名 OCCE 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊地寛・遠山紗矢香・中川一史
2. 発表標題 小学校4年における理科と総合的な学習を連携させたプログラミング教育の単元開発
3. 学会等名 日本STEM教育学会拡大研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 micro:bitを用いた小学校理科の協調的なプログラミング学習
3. 学会等名 情報処理学会コンピュータと教育研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大村勝久・遠山紗矢香
2. 発表標題 大学入試に資する学びを目指した 高等学校数学科の協調学習の実践と遅延評価方法の検討
3. 学会等名 日本認知科学会第35回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tohyama, S., Matsuzawa, Y., Yokoyama, S., Koguchi, T., Takeuchi, Y.
2. 発表標題 Constructive Interaction on Collaborative Programming: Case Study for Grade 6 Students Group
3. 学会等名 World conference on Computing in Education ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 プログラミング教育の目的および実践形態とその背景理論の検討 シンガポール・マレーシアを例に
3. 学会等名 日本教育工学会第33回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 建設的な相互作用を促す手段としてのプログラミング活用方法の検討
3. 学会等名 日本認知科学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 プログラミングがつなぐ情報学部と小学校
3. 学会等名 静岡大学情報学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 遠山紗矢香・竹内勇剛
2. 発表標題 プログラミングにおける協調学習の影響 - 小学生を対象とした事例分析 -
3. 学会等名 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 プログラミングワークショップシリーズを対象とした小学生の作品の分析
3. 学会等名 日本教育工学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 音楽科におけるプログラミング的な協調創作活動の効果-自己肯定感に注目して-
3. 学会等名 情報処理学会研究会 コンピュータと教育
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 小学校におけるプログラミング教育での理解深化過程の発話分析
3. 学会等名 日本教育工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 パネルディスカッション：小学校プログラミング教育の立場から
3. 学会等名 全教連課題研究シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 向江理奈・遠山紗矢香・菊地寛
2. 発表標題 算数に対する児童の苦手意識を低減するための効果的なプログラミング使用方法の調査
3. 学会等名 静岡大学情報学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 初学者のプログラミングと認知科学
3. 学会等名 認知科学会 「学習と対話」研究分科会 第56回「プログラミング教育と認知科学」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 向江理奈・菊地寛・遠山紗矢香
2. 発表標題 小学生同士の協調的なプログラミング学習場面設計を目指した児童の多様性の調査
3. 学会等名 第44回教育システム情報学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 小学校のプログラミング教育
3. 学会等名 日本学術会議公開シンポジウム「情報教育の参照基準」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tohyama, S., Mukae, R. & Takeuchi, Y.
2. 発表標題 How to Use Programming as New Media: Based on an Investigation of Elementary School Children
3. 学会等名 15th ITS Asia-Pacific Conference (ITS Bangkok 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

## 〔図書〕 計2件

1. 著者名 Tohyama, S., Matsuzawa, Y., Yokoyama, S., Koguchi, T., Takeuchi, Y.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 670
3. 書名 Tomorrow's Learning: Involving Everyone: Learning with and about Technologies and Computing.	

1. 著者名 郷式徹・西垣順子・山懸宏美・遠山紗矢香・安藤花恵・伊田勝憲・石井恒生・古見文一・滝口圭子・石王敦子・伊丹昌一	4. 発行年 2019年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 215
3. 書名 公認心理師の基本を学ぶテキスト8 学習・言語心理学	

## 〔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