

令和 5 年 5 月 10 日現在

機関番号：34414

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03125

研究課題名（和文）幼小中接続を考慮した演繹的論理を中心とした論理教育における教材開発と評価の研究

研究課題名（英文）A Study of Educational Materials and Evaluation in Logic Education Focusing on Deductive Logic: in Consideration of the Link between Preschool and School Education

研究代表者

竹歳 賢一（TAKETOSHI, Kenichi）

大阪大谷大学・教育学部・准教授

研究者番号：20712334

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、論理的思考力を高めることができるプログラミング的思考を活かした各発達段階に適した論理教育の教材開発を目指した。研究の結果、幼児・小学生・中学生を対象に論理的思考力が高められる教育内容・方法の開発に関する一方法を見出した。具体的には、構造方程式モデルを利用した認識調査の分析、中学生の論証嫌いへの改善策、幼・小で有効なプログラミング教材の選定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小学校において「論理」を直接対象とした教育はなされておらず、帰納、類推、演繹を教師が意識して間接的に指導しているが、系統性に欠けている。プログラミング的思考を梃子としたLEGOロボットを利用したロボット型プログラミング学習を提案して論理的思考力における「論理的思考態度」を高められることが明らかになった。中学生にとって「論証幾何」は理解困難な内容となっている。論証教材として「推論規則」を基本として教育内容を設定することの有用性が明らかとなった。また、幼児教育において「プログラミングあそび」として、アンブライド型、ソフトウェア型、ロボット型の教材を系統的に利用可能であることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to develop teaching materials for logic education suitable for each developmental stage, making use of programming thinking that can enhance logical thinking ability. As a result of the research, we found a way to develop educational contents and methods that can improve logical thinking ability for preschoolers, elementary school students, and junior high school students. Concretely, it is the analysis of recognition survey using the structural equation model, improvement measures for junior high school students' dislike of argumentation, and selection of effective programming teaching materials for kindergarten and elementary school.

研究分野：教科教育学（数学）

キーワード：論理教育 数学教育 プログラミング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

PISA、TIMSS などの国際学力調査の結果によると、日本の子どもは「論理的に考えたり、筋道立てて考えを表現したりする力が弱い」など「論理的思考力」に課題があるとの報告がある。このような現状から、体系的な論理教育の構築が喫緊の課題であると考えられる。「論理的思考力」に関する研究では、松尾ら(1977)の O'Brien (1972) が提唱した Math. Logic と Child 's Logic (裏と逆の誤った認識)の研究をもとに演繹的推論に関する小学生を対象とした調査研究、渡邊(1999)の小学校を対象とした推論形式に着目した実践研究などがある。特に、守屋・太田(2007)が提案した小学校における体系的な論理カリキュラム試案は幼小中接続を考慮した論理教育カリキュラムを作成する上で有益な視座を与えようとする。

小学校におけるプログラミング教育の必修化は、具体的かつ体系的に「論理的思考力」を養成するための契機になり得る。「プログラミング的思考」と、幼児期の「あそび」および算数・数学科で身に付ける「論理的な思考」とを関連付けるなどの活動において教育効果が期待される。ところで、プログラミング教育の実践研究(利根川ら 2017)の報告は増加しているが、どのような「論理的思考力」を子どもが習得して、どのような教育効果が具体的に明らかになったのかをエビデンスをもとに論じた研究は少ない。本研究は、認識調査、教育実験などから得られたエビデンスをもとに研究を進める。

子どもには発達段階があるが、幼小中の区があっても連続的に発達していく。従って、子どもの発達を一連の事実として捉え体系的に教育していくことが重要である。また「学習指導要領算数科」においては、「論理的思考力」の定義が狭義であり汎用性のある定義に捉え直す必要がある。さらに、プログラミング教育における評価内容・方法についての先行研究は多くはない。

以上の観点から、学術的な「問い」として次の3点を本研究で明らかにする。体系的な論理教育とは何か？ 子どもにとって現在そして将来必要な「論理的思考力」(定義)とは何か？ プログラミング的思考の教育における評価はどうあるべきか？

引用文献：

松尾吉知, 栗原幹夫, 味八木徹, 田島稔(1977)日常論理の様相について, 日本数学教育学会誌, 数学教育学論究, 31: 1-33

Thomas C. O'Brien(1972), Logical thinking in adolescents, Educational Studies in Mathematics Vol.4, 401-428

守屋誠司, 太田直樹(2007)論理のカリキュラム試案と実践例, 日・中数学教育研究会論文集: 49-56

利根川裕太, 佐藤智(2017), 先生のための小学校プログラミング教育がよくわかる本, 翔泳社, 126-136

2. 研究の目的

PISA、TIMSS などの国際学力調査の結果によると、日本の子どもは「論理的に考えたり、筋道立てて考えを表現したりする力が弱い」など「論理的思考力」に課題があるとの報告がある。このような現状から、体系的な論理教育の構築が喫緊の課題であると考えられる。その理由として、小学校では論理を体系的に直接的に教育できていないなどが挙げられる。その打開策として、本研究では、プログラミング的思考を活かした各発達段階に適した演繹的論理における論理教育の教材開発と評価方法を提案することを研究目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、幼児・小学生・中学生を対象におこなう。下記の具体的な研究目的を設定して数学教育学の視点から目的の達成を図る。

- ・「論理的思考力」の発展様相を演繹的推論に着目して幼児から小学生について、今までの研究成果を精緻化して整理し特徴を明らかにする。また、中学生については「論理的思考力」について認識調査をおこない特徴を明らかにする。
- ・幼小中接続を考慮した体系的な論理教育の教材・カリキュラムを開発する。

4. 研究成果

中学生を対象とした論理を用いる数学問題と日常問題についての認識調査を実施して、数学論理の各4因子(本命題・裏命題・逆命題・対偶命題)と日常論理の各4因子(本命題・裏命題・逆命題・対偶命題)の正答の関連について、構造方程式モデルにより分析した。その結果として、数学の逆命題と裏命題ができていない生徒ほど、日常の裏命題と逆命題もできていないこと、数学の本命題の得点は、日常の逆命題の得点に負の影響があることを明らかとし、以下の(1)で公とした。また、同様にして、大学1年生と中学2年生の演繹論理を中心とした論理的思考力の認識調査をおこない、構造方程式モデルにより分析をおこなった。その結果、中学生と大学生ともに、数学逆命題を正解していると日常逆命題も正解していることがわかった。また、数学逆命題ができていないと日常逆命題もできていないことがわかった。以上のことから、逆命題の論理構造以外の論理的思考力については十分な教育が必要であることが明らかとなり、論理教育の視点と

して有意義な知見を得ることができ、(2)で公としている。

中学校における論理教育カリキュラムを構築するために、「記号論理」を梃子として、「日常論理」と「数学論理」の接続を図り、論理的思考力を養成することを目的とした「論理の学習水準」モデルを設定した教育実践の分析より、論理教育カリキュラムを構築するために必要な観点を明らかにした。研究内容は先行研究を踏まえ、「記号論理」を扱い、有効な推論形式が恒真命題であることの根拠について、「推論規則」と「真理表」を利用した教育実践の成果を比較考察した。結果から次のことが明らかになった。1) 「真理表」、「推論規則」による証明の理解においては顕著な差は無かった。2) 演繹推論を「推論図」を利用して行おうとする生徒が、「真理表」群、「推論規則」群ともに学習前の2倍になり、思考を論理的に進めようとする意識が増えた。3) 約7割の生徒が推論規則を用い推論の連鎖を意識して推論図を利用する傾向が見られ「日常論理」と「数学論理」の関連が意識できるようになった。以上の教育実践の結果を総合すると、論理教育カリキュラム作成の方針として、「推論規則」を基本として教育内容を吟味して教育を行うことが可能であることを明らかとし、以下の(3)で公とした。

小学校における論理教育については、プログラミング教育および論理的思考力の発展様相における先行研究より、論理的思考力を高めるためにプログラミング学習が有効である知見を得た。この知見を利用して、本研究における小学校での論理教育においてプログラミング学習の有効性を検証するための教育実験をおこなった。教育実験においては、人が近づいたら回り、離れたら自動で止まる「自動扇風機」をLEGO WeDo2.0を利用して製作しプログラミングする内容を扱った。この内容は「プログラミング的思考」を手順と見なしたとき「自動扇風機」のプログラムがわかりやすく対応することが明らかとなった。また、事前・事後アンケート調査結果の分析および行動観察から、「論理的思考態度」が高められたことが明らかになった。この「論理的思考態度」アンケートは、プログラミング学習において論理的思考力の一端を評価するのに有効であることもわかった。これらの結果より、小学校における論理教育でプログラミングを取り入れた授業デザインを策定するための有意義な知見であり、(4)で公とした。さらに「SCRATCH Jr」でオリジナルアニメーションを制作する教育実験をおこない「論理的思考態度」アンケートを利用して評価した結果は、この教育実験で設定した教育内容、指導法はプログラミング活動において全般的に「論理的思考態度」を高める効果があることが明らかになり、(5)で公とした。

幼児教育における論理教育については、幼児期は論理語(not, and, or)が重要であり、推論の連鎖を利用することで論理的思考力の基礎を育成できることが先行研究からわかった。これらの知見をもとに幼稚園年長を対象に全6時間の「プログラミングあそび」として教育実践をおこない子どもの行動の様子の見取り、作品のでき具合などを評価し教育内容・方法の妥当性を検証して論理カリキュラムを提案した。教材として、アンプラグド型(歯みがき, ダンス, 虫取り), ソフトウェア型(SCRATCH JRでアニメーション作成, VISCUITで水族館づくり) ロボット型(LEGOで自動扇風機づくり, MESHで魔法のぼうしづくり)である。特に「VISCUITで水族館づくり」は各クラスで水族館をつくり、それを記録した動画(7)を展覧会で展示し子ども保護者とも楽しく鑑賞していた。

今後の課題として、論理的思考力について従来の日常論理と数学論理を結びつける演繹論理を中心とした論理のみならず、拡張的な推論(帰納推論, アブダクション, データ科学推論)を取り入れたAI時代の論理に対応した新たな論理的思考力についての研究も進めていく必要がある(6)。

- (1)竹歳賢一, 安田傑(2020) 中学生における演繹論理の認識調査をもとにした論理教育の基礎研究, 数学教育学会, 「数学教育学会 2020 年度春季年会予稿集」, 73-75
- (2)竹歳賢一・安田傑(2022) 演繹論理を中心とした論理教育の基礎研究() - 中学生と大学生の認識調査結果の比較検討 -, 数学教育学会, 「数学教育学会 2022 年度春季年会予稿集」, 140-142
- (3)竹歳賢一(2020) 中学校における論理カリキュラムの構築(1)~推論規則と真理表を利用した教育実践を通して~, 数学教育学会, 「数学教育学会 2020 年度秋季例会予稿集」, 24-26
- (4)竹歳賢一(2021) LEGO 教材を利用したプログラミング教育導入期における授業デザインの提案と STEAM 教育の動向, 「大阪大谷大学 STEAM Lab 紀要 第1巻」, 大阪大谷大学 STEAM Lab, 45-51
- (5)竹歳賢一(2022) 小学生を対象としたプログラミング教材を活用した数学的活動に関する実践研究 ~文字・文字式から関数へのコンパクトな数学の利用~, 数学教育学会, 「数学教育学会 2022 年度秋季例会予稿集」, 121-123
- (6)竹歳賢一 (2023) 「STEAM モデリング・チャレンジ」プログラム開発における実践研究(), 数学教育学会, 「数学教育学会 2023 年度春季年会予稿集」, 172-174
- (7)展覧会で展示した動画を YouTube で公開: <https://youtu.be/movDt3qQcvk> (2023 年 5 月 5 日確認)

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 2件）

1. 著者名 竹歳賢一・安田傑	4. 巻 春季
2. 論文標題 演繹論理を中心とした論理教育の基礎研究（ ） - 中学生と大学生の認識調査結果の比較検討 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 数学教育学会 2022年度春季年会予稿集	6. 最初と最後の頁 140-142
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 金川弘希・竹歳賢一	4. 巻 第2号
2. 論文標題 教職課程の学生に対するプログラミング授業の有効性 プログラミング教育を通して STEAM 教育に親しむ	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 大阪大谷大学STEAM Lab紀要	6. 最初と最後の頁 35-40
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 -
1. 著者名 竹歳賢一	4. 巻 第2号
2. 論文標題 基礎ゼミ 「科学・技術ゾーン」における STEAM 実践報告	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 大阪大谷大学STEAM Lab紀要	6. 最初と最後の頁 55-59
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 -
1. 著者名 竹歳賢一	4. 巻 1
2. 論文標題 LEGO教材を利用したプログラミング教育導入期における授業デザインの提案とSTEAM教育の動向	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 大阪大谷大学STEAM Lab紀要	6. 最初と最後の頁 45-51
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 竹歳賢一	4. 巻 1
2. 論文標題 2020年度プログラミング教育における社会貢献活動に関する報告	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 大阪大谷大学STEAM Lab紀要	6. 最初と最後の頁 61-65
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 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 竹歳賢一・安田傑
2. 発表標題 演繹論理を中心とした論理教育の基礎研究 () - 中学生と大学生の認識調査結果の比較検討 -
3. 学会等名 数学教育学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹歳賢一
2. 発表標題 数学的モデリングにおける教育実践 - 中学校数学を事例として -
3. 学会等名 数学教育学会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹歳賢一
2. 発表標題 中学校における論理カリキュラムの構築(1) ~ 推論規則と真理表を利用した教育実践を通して ~
3. 学会等名 数学教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹歳賢一・安田傑
2. 発表標題 中学生における演繹論理の認識調査をもとにした論理教育の基礎研究
3. 学会等名 数学教育学会
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
研究分担者	安田 傑 (YASUDA Masaru) (40631966)	大阪大谷大学・人間社会学部・准教授 (34414)	

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