

令和 6 年 5 月 4 日現在

機関番号：17601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K20215

研究課題名（和文）理科学習者の個人特性に応じた条件制御の効果的な指導法の開発

研究課題名（英文）Developing Effective Instructional Methods for Control Variable Strategies
According to the Individual Characteristics of Science Learners

研究代表者

中村 大輝（Nakamura, Daiki）

宮崎大学・教育学部・講師

研究者番号：90839094

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、研究間で比較可能な条件制御能力の測定方法を開発した上で、条件制御の指導介入と効果検証を行った。については、アメリカ科学振興協会（AAAS）によって開発された調査項目（21項目）と新規開発した項目（1項目）を用いて条件制御能力を測定する調査冊子を構成し、中学生416名を対象とした調査の結果に基づきコンピューター適応型テストを開発した。については、中学生を対象とした介入研究の結果、条件が制御されていない実験を制御されている実験をデモンストレーションすることが条件制御能力の育成に有効であることが明らかになった。また、学習者の個人特性によって適切な指導が異なることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の意義は主に次の2点である。第1に、項目反応理論に基づくコンピューター適応型テストを開発したことである。これまでの条件制御に関する介入研究の効果指標が研究間で比較できなかったのに対して、本研究では項目反応理論に基づき研究間で比較可能な条件制御能力の測定方法を提案している。第2に、学習者の特性に応じた指導法を提案したことである。このような交互作用効果を検討することは先行研究にはない学術的独自性・創造性を持つだけでなく、個別最適な学びの実現を志向する近年の我が国の教育改革の方向性とも一致するものである。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a method for measuring variable control skills that can be compared across research, and conducted guidance interventions and efficacy testing for variable control. To develop the measurement method, we created a survey booklet to measure variable control skills using 21 items developed by the American Association for the Advancement of Science (AAAS) and one newly developed item. Based on the survey results of 416 middle school students, we developed a computer-adaptive test. Regarding the development of teaching methods, results from an intervention study with middle school students showed that demonstrating controlled experiments, as opposed to uncontrolled ones, was effective in fostering variable control skills. It was also suggested that appropriate instruction differs depending on the individual characteristics of the students.

研究分野：科学教育

キーワード：科学的リテラシー 条件制御 科学的推論

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

科学的実験を行う上では、独立変数の条件を1つだけ変えて、従属変数に与える影響を評価する。その際、残りの独立変数(統制変数)については実験間で一定にそろえる必要がある。このような条件の統制は条件制御(Control Variable)と呼ばれ、条件制御能力の育成は理科教育における重要な目標の1つとなっている。

かつては、ピアジェを中心とする認知発達に関する研究成果より、子供は思春期に達するまで条件制御を行うことが困難だと考えられていた(e.g., Inhelder & Piaget, 1958)。しかし、近年の研究では、課題が学習者の信念や事前知識と一致する場合は幼児や小学生でさえ条件制御が可能なが示され(e.g., Chen & Klahr, 1999; van der Graaf, Segers, & Verhoeven, 2015)。現在では日本を含む多くの国家カリキュラムにおいて条件制御能力の育成が初等教育段階に組み込まれている(e.g., 文部科学省, 2018)。一方、課題が信念や事前知識と一致しない場合には、大学生や成人であっても条件制御は難しいことも明らかになっており、条件制御能力の育成の難しさを物語っている(Croker & Buchanan, 2011; Tschirgi, 1980)。

条件制御の困難さを踏まえ、どのような指導を行えばよいかを多くの研究者が検討してきた(e.g., Ross, 1988)。条件制御の指導に関する72の先行研究をレビューしたSchwchow et al. (2016)は、当該能力の育成に有意な効果が認められた指導法として「デモンストレーションの実施」を挙げている。これは、条件が制御された実験と制御されていない実験を教師が実際に演示する指導を指し、その後の研究でも一定の効果が認められている(Lorch et al., 2017)。他方で、「条件制御が必要となる実験を体験させる指導法」の有効性は認められないことも示されている(Schwchow et al., 2016)。

Schwchowらの広範なレビューによって先行研究の成果が整理された一方で、新たな課題も指摘されている。1点目の課題は、条件制御能力の測定方法が確立されておらず、研究間で用いられる手法が異なることである。2点目は、指導法と学習者の特性の交互作用が検討されておらず、学習者の学力などの個人特性に応じた適切な指導法が明らかになっていないことである。3点目は、これまでの条件制御に関する先行研究のほとんどが欧米で実施されており、東アジアで行われた研究は1%以下と不足していることである。これらの課題は相互に関連しており、妥当性の高い条件制御能力の測定方法が開発されなければ指導法の効果を検討することはできず、国を超えた比較を行うことが難しくなる。条件制御能力の測定方法を確立した上で、指導法と個人特性の交互作用を検討していく必要がある。

ところで、近年、教育測定分野では多くの技術的進展があり、かつての古典的テスト理論が抱えていたいくつかの測定上の問題を克服している。特に、現代的なテスト理論の1つである項目反応理論(Item Response Theory)は、教育測定の集団依存性や項目依存性といったこれまでの問題を解決している(豊田, 2012)。また、項目反応理論に基づくテストをコンピューター上で実装するコンピューター適応型テスト(Computer Adaptive Test)は、能力を精度よく測定することに貢献している。これらの教育測定に関する先端技術を用いて条件制御能力の測定方法を開発することで、本研究課題の核心的な問いである「学習者の特性に応じた条件制御の効果的な指導法」を検討することが可能となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、学習者の特性に応じた条件制御の効果的な指導法を明らかにすることである。研究の目的を達成するために、項目反応理論に基づく条件制御能力の測定方法を開発した上で、条件制御の指導介入と効果検証を行った。指導介入においては、介入前後で条件制御能力と学習者の個人特性(理科学力、学習意欲)の測定を行い、条件制御能力の変化に対する指導法と個人特性の交互作用効果を分析した。

3. 研究の方法

本研究では、項目反応理論に基づく条件制御能力の測定方法を開発した上で(1年目)、条件制御の指導介入と効果検証を行った(2年目)。

段階では、欧米の先行研究で開発された条件制御能力の調査項目(e.g., Gegos & DeBoer, 2007)の翻訳と、新規作成項目を併せて21項目の調査項目を作成した。作成した調査項目を用いて中学生416名(中1:136名, 中2:140名, 中3:140名)を対象としたオンラインモニター調査を実施した。次に得られたデータに対して、項目反応モデルの1つである2パラメータ・ロジスティックモデルを当てはめ、周辺最尤推定法によって項目パラメータを推定した。このような手続きで得られた項目パラメータに基づき、コンピューター適応型テストを構築した。開発したテストはオンライン上に誰もがアクセスできる形で実装した。

段階では、小学校第5学年と中学校第2学年の複数の学級を対象に、図に示す4つのパターンの指導法のいずれかを実践し、条件制御能力の育成に関する効果を検証した。実践後の分析においては、条件制御能力の変化量を従属変数、指導法(デモンストレーション、実験活動)と個人特性(理科学力、学習意欲)を独立変数とする回帰分析を行った。回帰分析を通して、条件制

御能力の育成に有効な指導法の効果が再現されるかどうかと（主効果）、学習者の個人特性によって適切な指導が異なるかどうか（交互作用効果）を検討した。また、指導中の様子をビデオカメラで録画し、主効果や交互作用効果が見られた場合にはその詳細なメカニズムを質的にも分析した。

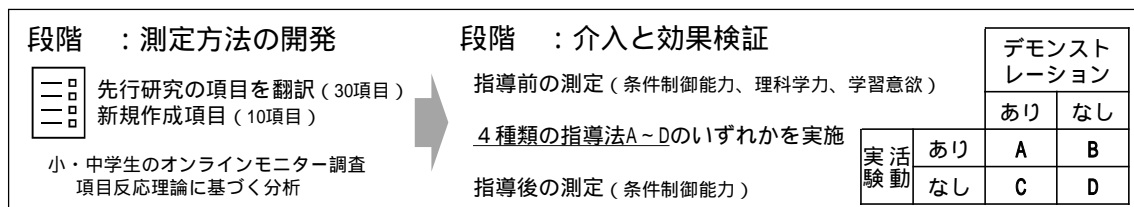


図 研究手続きの概略

4. 研究成果

中学生を対象としたオンラインモニター調査の分析を通して、各調査項目の数理的な特性が明らかになり、コンピューター適応型テスト (Computer-Adaptive Testing; CAT) の開発を実現した。開発したテストはオンライン上に誰もがアクセスできる形で実装した。また、得られたデータから条件制御能力は4つの領域 (Plan, Identify, Interpret, Understand) に分類できることが支持され、各領域について異なる指導介入が必要であることが示唆された。

指導法の開発に関しては、実践研究の結果、条件が制御されていない実験を制御されている実験をデモンストレーションすることが条件制御能力の育成に有効であることが明らかになった。また、学習者の個人特性によって適切な指導が異なることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1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 中村大輝, 佐久間直也	4. 巻 63
2. 論文標題 複数事象の比較を通した仮説設定の段階的指導法の効果	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 理科教育学研究	6. 最初と最後の頁 357 ~ 371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11639/sjst.B21016	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 中村大輝	4. 巻 101
2. 論文標題 科学的推論能力の育成における領域固有スキルの影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 宮崎大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 22 ~ 37
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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中村大輝
2. 発表標題 科学教育における機械学習を用いた評価方法の現状と課題
3. 学会等名 日本科学教育学会2022年度第4回研究会 (若手活性化委員会開催)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村大輝
2. 発表標題 条件制御能力を測定するコンピュータ適応型テストの開発
3. 学会等名 日本教科教育学会第49回全国大会 (弘前大会)
4. 発表年 2023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
---------	---------