

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：32608

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14340

研究課題名（和文）授業における科学のスキルと内容理解の統合的育成実態を評価するテストの開発

研究課題名（英文）Developing assesment tests to measure scientific skills that integrated with content understandings in daily classroom context

研究代表者

齊藤 萌木（SAITO, MOEGI）

共立女子大学・その他部局等・専任講師

研究者番号：60584323

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）：本研究では、生徒の科学のスキルと内容理解を統合的に活用して自然科学に関する問題に妥当性の高い解を見出す力を評価し、評価結果を基に授業改善の指針を見出すためのテストの開発に取り組んだ。中学校理科と数学を対象に、解答過程で活用する知識とスキルの全体像をふまえた3つの評価問題と生徒の解答や解答作成過程を可視化する様式（フィードバックシート）を作成し、実践現場での有用性について検証した。併せて、研究成果を普及するためのウェブアプリケーションのプロトタイプを製作し、実装に向けた検討を進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究成果の学術的意義は、これまで別個に行われてきた欧米の大規模な理論研究の成果と、日本の学校現場及び教育実践研究におけるテスト開発や実践例などの堅実な実践的成果を結びつけ、日本の実践的成果を着実に発展させると共に、欧米でテストの具体化の取組に対しても有用な知見を示した点にある。また、社会的意義は、科学のスキルと内容理解を統合的に活用して科学に関する問題に妥当性の高い解を見出す力の育成という21世紀の科学教育の課題に対して、現場で実用できる評価問題やフィードバックシートの具体像を明らかにした点にある。

研究成果の概要（英文）：This research challenged to develop new type of assessment tests that can be used in science classrooms. The test I developed consists of an assessment question and a feedback sheet. Assessment questions are collaborative performance tasks that bring out students' ability to make highly relevant solutions to natural science problems by using their scientific skills and content comprehension in an integrated manner. The feedback sheet is a format that helps teachers find ideas for improving lessons by visualizing students' answers and the process of creating answers. During the research period, three evaluation questions and a feedback sheet were prepared for junior high school science and mathematics, and their usefulness in practice was verified.

研究分野：学習科学、科学教育

キーワード：形成的評価 21世紀型スキル 指導と評価の一体化 全米科学教育スタンダード アクティブ・ラーニング

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。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

21世紀の科学教育では、科学技術に関する課題の探究や解決を行うスキル、自然科学全体の基礎となる概念や各領域の核となる内容の理解を一体的に育成し、評価することが求められていた。これに伴い、日本の初等中等教育における科学教育の目標像も、スキルと内容理解を統合し「どんなことに基づいて何ができるとよいか」という形で整理されつつあった。

こうした目標の実現には、科学のスキルと内容理解を統合的に活用して自然科学に関する問題に妥当性の高い解を見出す力を評価し、教師が授業改善に資する知見を得るためのテストを開発し、教師が日々の教育実践改善への有益なフィードバックを得られる状況を整える必要がある。しかし、実効性の高いテストがまだ実用化されていなかった。

そこで本研究では、下記2つの「問い」を柱に、実効性の高いテストの開発と実装に取り組んだ。

問1: 多様な児童生徒に、科学のスキルと内容理解を統合的に活用させる評価問題とはどのようなものか

問2: 教師がテストから授業改善の適切な手がかりを得るために、テストを受けた児童生徒の認知過程に関して、どのような情報をどのような形式でフィードバックすればよいか

本研究の背景には、米国 NGSS アセスメントプロジェクトによる大規模理論研究と、日本の学校現場及び教育実践研究におけるテスト開発や実践例などの堅実な実践的成果がある。

欧米の大規模理論研究では、科学教育と学習科学の共進化的研究成果をふまえ、求められるテストの条件が下記の3点に整理されていた。

- (1)自然科学の基礎的な概念と各領域の核となる内容の理解を関連づけて活用すると共に、科学技術に関する課題の探究や解決を行うスキル発揮する必要があるようなテスト
- (2)児童生徒がどこでつまづいているのかなど、児童生徒の認知過程についての明確な情報が得られるようなテスト
- (3)その児童生徒の次の学びの支援について、教師が手がかりを得られるようなテスト

3つの条件は、新しいテスト開発の基礎理論となりうる。しかし、欧米において、テストの具体化と実用化に向けての実践的な取組は、まだ残された課題となっていた。

他方、日本では具体的なテスト問題の開発や実践例が理論に先行して蓄積されてきた。成果には有益な示唆を含むものの、上掲のような理論的知見をふまえると課題も指摘できた。

例えば、教科教育研究分野では、育成したい力を「仮説設定能力」などの下位スキルに分割して自然科学の文脈で問う多肢選択型問題の開発が試みられていた。これらは正答率により当該スキルを評価しようとしていたが、受検者がどのようにテストを解くかの想定や検証は管見の限り行われておらず、認知過程について明確な情報を教師に提供するの難しいと考えられた。

教育方法研究の一環として科学教育におけるテストの開発と実践に取り組んだ例もあった。「パフォーマンス評価」の実践はその代表例であった。「パフォーマンス評価」とは、その単元で目標とする内容理解とスキルを統合的に使いこなすことを求める複雑なテスト問題とルブリックを各教師が自身で作成し、得られた解(パフォーマンス)を分析する手法であり、目指す力を効果的に評価した事例が示されていた。

しかし、先行研究で示された問題やルブリック例は、個々の教師の実践に特化しており、別の教室で活用することは難しい。また、評価問題やルブリックの作成は教師に高い力量と労力が要請される。従って、質の高い「パフォーマンス評価」を学校教育全体に展開するためには時間や研修体系整備等の大きなコストを要すると考えられた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、科学のスキルと内容理解を統合的に活用して自然科学に関する問題に妥当性の高い解を見出す力を評価し、教師が授業改善に資する知見を得るためのテストを開発することである。開発するテストは、「評価問題」と「教師用フィードバックシート」のセットからなるものとする。「教師用フィードバックシート」とは、「評価問題」に対する生徒の解答や解答作成の過程でのパフォーマンスの可視化、見とりのための様式を指す。

3. 研究の方法

本研究は、下記の4段階からなる方法によって進めた。(2)-(4)の段階は、研究期間内に行き来を繰り返すことで、開発したテストの実効性を高めた。

- (1) 評価問題とフィードバックシート案の開発
- (2) 評価問題及びフィードバックシートの試行（評価の実践をとおしての検証）
- (3) 評価問題及びフィードバックシートの改善とそれのための支援システム構築
- (4) 成果発表

4. 研究成果

初年度は、科学のスキルを評価する日本の既存テストを受検者の視点から検討することで問題開発のポイントを明らかにし、「運動とエネルギー」の単元における評価問題と「教師用フィードバックシート」の主要な構成要素となる「評価指標」のセットを開発し、学校外の科学教室において試行した。

既存テストの検討では、作問者の意図にかかわらず解答者によって問題の意味理解にかなり差が生じること、解答に事例に関する知識や他のスキルなど多様な要因が不可避に影響することが明らかになった。そこで、解答に活用する知識やスキルの統合的な全体像を想定し、問題と評価指標の妥当性検証を十分行うことに焦点化して開発を行った。その結果、開発した問題と「指標」セットの試用では生徒の解答と解答過程での発話について、評価者間で合意を持った妥当な評価が可能な手応えをつかむことができた。同時に、評価指標については机上での検討で精度の高いものを開発することは難しく、試用をとおした検討が重要であるという課題も見出された。

2年目は、「気体の発生と性質」の内容について、初年度に明らかにした問題開発のポイントをふまえた評価問題について、「評価指標」の例として、粒度の異なる2種の知識の構造として理解を可視化する「機能機構階層図」を活用した指標を開発した。開発した指標は、中学校1年生6人が話し合いながら評価問題を解決する過程の対話を分析した。分析結果は国内外の学会に発表した。

研究の結果、「機能機構階層図」を用いることにより、問題解決過程で一人ひとりの生徒が問題中で提示される知識をどの程度活用しているかを評価できること、問題中で提示される知識を既有知識とどのように結び付けているかを評価できること、活用と結びつけにどういった学習活動や思考が影響していたかについて解釈を提示できることが明らかになった。したがって、「機能機構階層図」は目指す活用力を的確に把握すると共に教師が次の授業デザインや指導に生かす情報を得るためのテストに用いる評価指標として有望であり、フィードバックシートにも活用できることを示唆できた。

2年目には、実践者の協力を得て「評価問題」を各教室で試行し、開発した「評価指標」を用いて目指す力の育成を的確に評価できるかを検証し、専門家からもコメントを得る予定であった。しかし、教室での試行は、新型コロナウイルス感染症対策の状況により不可能になったため、過去に同様の「評価問題」を題材として活用した授業実践等において収集した学習記録の分析を行うことで、評価問題の妥当性検証に資する知見を得、評価問題の修正・改善につなげた。

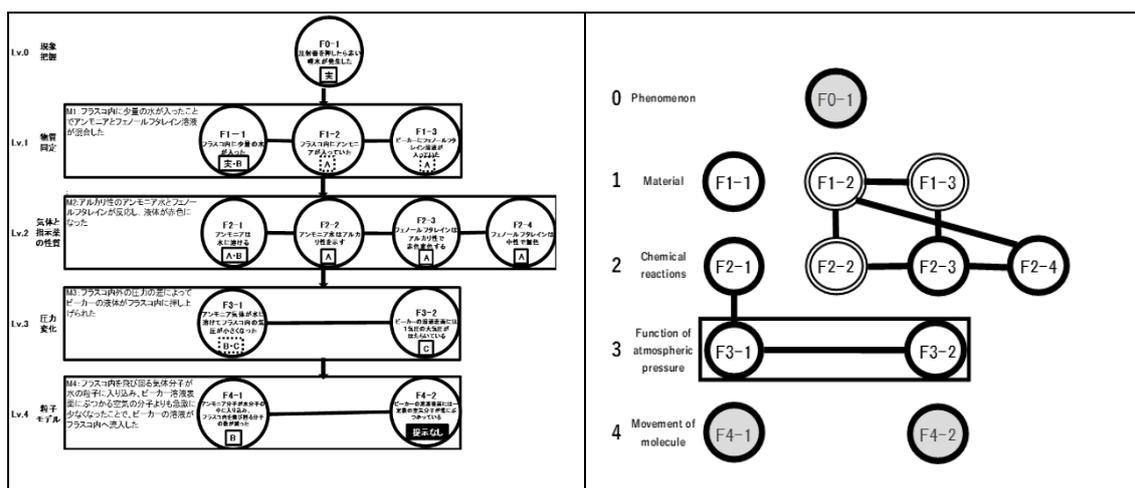


図1 「機能機構階層図」を使ったフィードバックシートの例
(1名分の「気体の発生と性質」問題の解答を評価したもの)

3年目は、「気体の発生と性質」の内容について、2年目に開発した「評価指標」の例、粒度の異なる2種の知識の構造として理解を可視化する「機能機構階層図」を活用し、中学校1年生6人が話し合いながら評価問題を解決する過程の対話を分析した結果について、国際学会論文発表や、実践現場への情報提供を行った。

研究発表をとおして、「機能機構階層図」を用いた学習プロセスの可視化が、問題解決過程で一人ひとりの生徒が問題中で提示される知識をどの程度活用しているかを評価できること、問題中で提示される知識を既有知識とどのように結び付けているかを評価できること、活用と結びつけにどういった学習活動や思考が影響していたかについて解釈を得られる点で、本研究が射程とする活用力の評価に有益であるという見通しを確認できた。

他方で、教師がテストにおいてこの評価指標を活用するためには、昨年度見出された課題である精度の高い「機能機構階層図」の開発や、指標に即した発話データの解釈の難しさといった課題に引き続き取り組む必要がある。令和3年度には、仮に小学校算数「比・割合」の事例において、「機能機構階層図」の考え方を生かしたより簡潔な指標設定による対話分析を試み、課題解決の方針も検討した。

最終年度は、外部エンジニアの協力を得て、これまでの研究から見えてきた、活用力の育成実態についての知見を授業改善に生かしやすい形で可視化すると共に、開発した評価問題や活用事例(作成済フィードバックシート)と結びつけて参照できるウェブアプリケーションの開発に

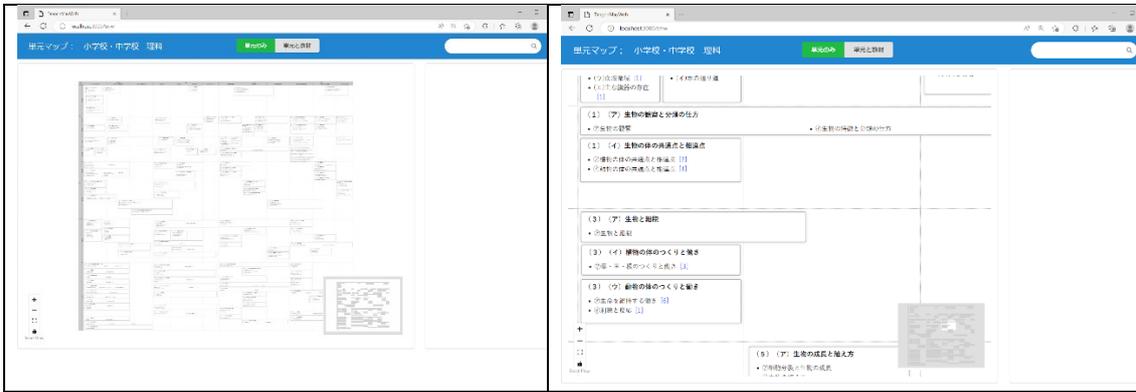


図2 評価問題&活用事例参照用のウェブアプリケーションの外観と詳細イメージ

取組んだ。更に、本アプリケーションにおいて、閲覧者によるタグの新規作成、単元を超えた教材のタグ付け、教材間の関連付け等を可能にするための機能拡張を行った。

年度末には、研究期間終了後のアプリケーション実装の指針を得るため、実践協力者や理数情報関連教科においてアクティブラーニングの授業改善に取り組む教員を対象とした研究会を実施した。研究会では理科「運動とエネルギー」、数学「微分積分入門」の題材について、開発した評価問題に協調的に取り組む生徒の学習過程の評価を実際に行ってみることで、開発したテスト問題の精度やフィードバックシートの有用性について検討した。

開発した評価問題やフィードバックシート及び事例について、当初パンフレットによる普及を計画していたが、研究期間中にGIGAスクール構想の進展等に伴い、学校現場にネットワーク環境が整ってきたことを受け、ウェブアプリケーションによる普及に計画を変更した。これにより、評価問題や活用事例をそのまま活用するだけでなく、個々の教師が自身の実践に応じて問題やフィードバックシートを工夫して活用できる形で成果を普及させられる状況を整えることができた。ただし、評価問題に用いた素材の著作権処理、活用事例(作成済フィードバックシート)の個人情報の取り扱いなど、アプリケーションの実装には多くの課題も見出されている。成果の普及・実装には、期間終了後も継続的に取り組んでいく必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 齊藤萌木	4. 巻 1260
2. 論文標題 学習科学の視点から見た「真正の学び」のプロセス：理科における「真正の学び」にせまる授業のために	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 学校教育	6. 最初と最後の頁 6-13
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 齊藤萌木，白水始	4. 巻 287
2. 論文標題 全国学力・学習状況調査に関わるデータ利活用と評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 学習情報研究	6. 最初と最後の頁 20 25
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7件（うち招待講演 2件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 齊藤 萌木 ，水谷 隆之
2. 発表標題 「比とその利用」の「知識構成型ジグソー法」授業における 児童の学習プロセスの検討
3. 学会等名 日本認知科学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齊藤萌木，飯窪真也，白水始
2. 発表標題 協調問題解決型授業におけるヒント資料の提示が生徒の理解に及ぼす影響 機能機構階層図による理解深化過程の可視化に基づいて
3. 学会等名 日本認知科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白水始, 中山隆弘, 齊藤萌木, 飯窪真也
2. 発表標題 話量は理解と相関するか? 「知識構成型ジグソー法」授業を例に
3. 学会等名 日本認知科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Saito, M., Iikubo, S., & Shirouzu, H
2. 発表標題 Reconciling Structuring Collaboration and Student Agency
3. 学会等名 The Annual Meeting of the International Society of the Learning Sciences (ISLS) 2021. Bochum, Germany: International Society of the Learning Sciences. (in press) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Saito, M., Iikubo, S., & Shirouzu, H.
2. 発表標題 Exploration of Scaffolding in Teachers' Dialogue Analysis.
3. 学会等名 13th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯窪 真也、齊藤 萌木
2. 発表標題 単元マップを活用した授業研究例
3. 学会等名 日本認知科学会第39回大会 (招待講演) (招待講演)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 齊藤萌木 (分担執筆)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 ひつじ書房	5. 総ページ数 340
3. 書名 「問う力を育てる理論と実践 第6章 学習で生まれる問い、学習を進める問い 協調問題解決をととした問いの創発」	

〔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
---------	---------