

令和 6 年 5 月 26 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01720

研究課題名（和文）算数・数学における「深い学び」を促進する授業実践・評価の統合的システムの開発

研究課題名（英文）Research and Development study of the comprehensive system for evaluating and elaborating students' deeper learning in the course of mathematics.

研究代表者

光永 悠彦（Mitsunaga, Haruhiko）

名古屋大学・教育発達科学研究科・准教授

研究者番号：70742295

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：近年日本において「認知診断モデル」に基づく分析手法を用いた学習の様態把握が行われるようになってきている。本研究では算数・数学を題材に「学びの深さ」に関する評価観点を「アトリビュート」として定め、アトリビュートの有無を問う多数の問題を児童生徒に出題する。得られた正誤データから、児童生徒ごとの各アトリビュートの習得度、すなわち学びの深さの度合いを判断する。本研究を通じて、児童生徒に対し単に学びの深さ指標を数値の形で返すだけではなく、出題した問題の内容から教員がアトリビュートの意味を理解し、授業改善に活かすための方法を探ることで、より深い活用ができ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

本研究は、これまでクラスルーム単位で行われてきた「小テスト」のような達成度確認テストにおいて、新たな観点からテスト実施の方法を提案している。本研究の提案手法により、クラスルームや学校間で共通の「学びの深さ」を測るためのテストを用いて、結果の評価手法を含めて標準化された手順で学びの深さを探ることが期待される。あわせて、従来、教員の主観によることが多かった「学びの深さ」の判断において、ある程度の大まかさで定量的評価を行おうとした研究であり、日本の教育測定分野における先駆的な研究である。また「主体的・対話的で深い学び」の実現を目指す教員に対して一つの手掛かりを提供するものである。

研究成果の概要（英文）：In recent years, many practices to reveal students' achievement of certain fields using "Cognitive Diagnostic Model (CDM)" have been carried out in Japan. This study aims to apply CDM analysis to classroom test data on the mathematical course in elementary school, and to illustrate students' "depth of learning", which is mentioned in the field of cognitive psychology. Through the study including administrations of classroom tests and interaction with teachers, we discuss the way of interpreting indices of CDM achievement and how to use these indices to make their classroom better. Results show that it is necessary for teachers who want to enhance their classroom activity to use not only achievement indices by CDM analysis but also consideration of what the test items aim to measure in the aspects of students' mathematical competency.

研究分野：教育測定学

キーワード：認知診断モデル 深い学び 授業改善 算数教育 クラスルームテスト

1. 研究開始当初の背景

現在の日本における教科教育のなかでは、「主体的・対話的で深い学び」が重視されるようになってきている。「学びの深さ」をどのようにとらえ、どのように「深い学び」を実現し、学習効果を高めるかは、従来、教壇に立つ教員個人の授業経験や、教員と児童生徒とのやり取りを通じて、教員が個別に判断していくことが多く行われてきた。しかし、学びの深さがどの程度なのかについて定量的にとらえる方法が十分検討されておらず、深い学びを実現する方法そのものの検討も十分に検討されてこなかった。

2017年に公示された学習指導要領においては、学びが浅いか深いかは、児童生徒（学習者）が日々の授業において、学習した内容を単に覚えるのではなく、概念間の相互関係を学習者自ら結び付けて理解しようとしたり、情報の精査により概念を精緻化したり、学習者自身が課題を発見し解決を図ったりといった学習によって特徴づけられる（小学校学習指導要領より）。「深い学び」「浅い学び」の違いをとらえるためには、それぞれに対応した問題項目を授業内の小テスト等で提示し、それらを分析することで、学習者ごとの学びの深さを推測することが期待された。

2. 研究の目的

以上の背景から、本研究課題では小学校を中心とした教科教育場面を題材とし、多数の問題項目を学習者に提示して「学びの深さ」に関する指標を提供するための仕組みを作り、さらにその指標を用いた授業のあり方を検討することを、主たる目的とした。

本研究では「深い学び」がより明確に特徴づけられる教科として「算数・数学」を取り上げた。同教科は多くの児童生徒にとって「積み上げ式」の構造をもっているだけでなく、四則演算、数の概念の理解といったスキルベースで単元が組み立てられ、学習者の理解が浅いか深いかを判断するために問題を作りやすいという特徴がある。また「単元ごとで求められるスキルを高めるために、より深い理解をさせる」という意識がなじみやすい教科であることから、その後の授業改善方略をたてやすいといった特徴もある。

分析枠組みとしては、認知診断モデル（Cognitive Diagnostic Model, CDM）と呼ばれる、計量心理学で用いられるモデルを用いる（活用事例については Leighton & Gierl, 2007 等を参照）。CDMによる分析のためには、問題一問一問について、正答するためにはどのような素養（アトリビュート）が求められるかをあらかじめ「Q 行列」と呼ばれる外的基準によって定義しておく。その上で問題を児童生徒に出題し、得られた正誤反応データと Q 行列から、児童生徒ごとのアトリビュート習得状況を推定する（図 1）。本研究においては「深い理解」「浅い理解」といったアトリビュートを設定することで、「学びの深さ」に関する指標を得ることを目的とする。より確からしい Q 行列を定めるために、教科教育に精通した教員に依頼して問題ごとの詳細な検討を行う。

本研究は大きく分けて 2 つの段階からなる。1 つは、教科書会社が保有する問題項目セットをそのまま流用し、問題に対して Q 行列を設定し、学びの深さを検討する枠組みが有効であるかを検討する（調査 1）。もう 1 つは、同じ問題項目セットと Q 行列を用いて学校で新たなデータを収集し、データ収集にあたった教員とともに指標の活用方法を探る（調査 2）。

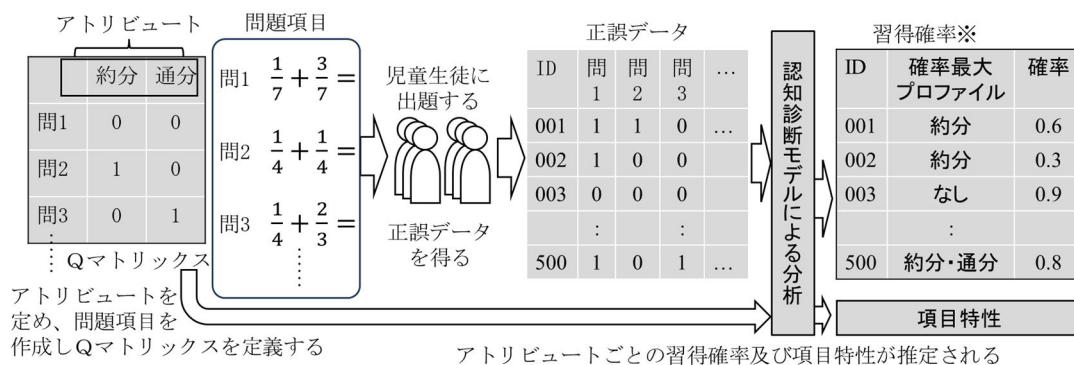


図 1 CDM による分析手続きの流れ。

3. 研究の方法

調査 1 は、民間の教科書会社が保有する学力調査データと問題冊子を用いて実施した。児童・生徒 関東地方に所在する A 市の児童生徒のうち、2 年生から 6 年生まで一貫して同一学校に在籍している 1158 名を対象とした。データは 2018 年から 2022 年まで追跡できるものをすべて利用した。

問題冊子 民間の教科書会社が実施している「標準学力調査」2 年生向けから 6 年生向けの問題冊子のうち、現行の教育課程に合致した項目を用いた。

データ分析 算数・数学の教科教育の専門家 2 名の合議により Q 行列を定めた。Q 行列は学年単位の問題冊子ごとに定めた。仮定されたアトリビュートは「手続きの深い理解」「手続きの浅

い理解」「用語の深い理解」「用語の浅い理解」「計算力」の5種であった。DINAモデル、DINOモデル、ACDM及びGDINA1モデルの間でモデル探索を行った。

調査2は、調査1の結果得られたQ行列と問題項目セットを用いて分析を行った。

児童・生徒 関東地方、近畿地方に所在する5つの小学校における2年生から6年生を対象とした。

問題冊子 調査1と同様とした。

実施方法 もともとの問題冊子は紙と鉛筆を用いて実施する形式であったが、新型コロナウイルス感染症の拡大の時期(2020年・2021年)に調査を実施したため、調査項目をタブレット端末で提示し、結果を電子的に収集する仕組みを導入した。

データ分析 調査1と同様とした。

4. 研究成果

本稿では調査1及び2の結果をまとめ、本研究で得られた知見を中心に以下のとおり記した。アトリビュートごとの習得確率の傾向 小3から小6について、アトリビュートごとの習得確率を「学力レベル」ごとに示したものを図2に示した。ここでの「学力レベル」とは、児童生徒における「学年をまたいだ解釈が可能な、学力の絶対的な大きさを表す値」であり、「小2学年相当」から「小6学年相当」で表示されるものである。調査1において、小2から小6のそれぞれの時点における学力レベルが「在籍時学年よりも大きい」か「在籍時学年よりも小さい」かで7群に分類した場合に、各群におけるアトリビュートごとの習得度合いを図2に示した。

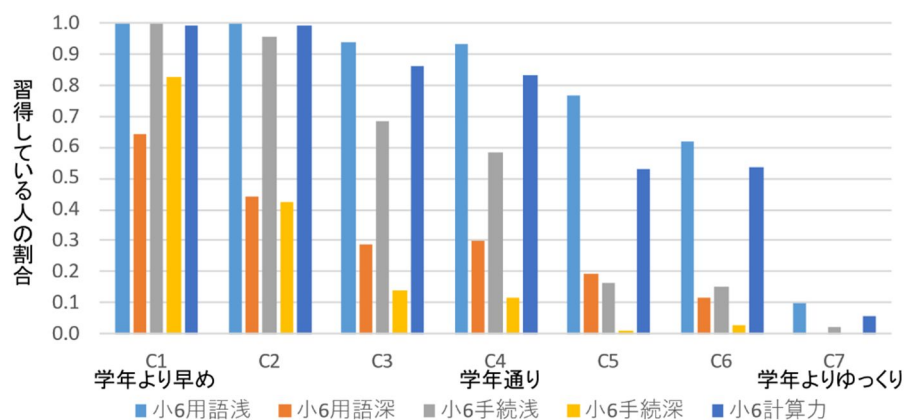


図2から、在籍学年時よりも学習のペースが先行している児童においては、それ以外の児童に比べて「深い理解」のアトリビュートの習得度合いが高い傾向にあることが示された。この結果から、算数の学習の促進のためには児童生徒に一律なアプロ

図2 学力レベル別のアトリビュート習得状況

ーチをするのではなく、学習の進捗状況に応じた「個別最適化された学び」ができるような取り組みが必要であることが示唆された。

児童生徒に対するフィードバック資料 「個別最適化された学び」を進めていく上で重要な点として、学習者に対してどのような資料を提供すれば、学習者にとって有益な情報であるかを検討することが挙げられる。また同時に、教員も同じ資料を共有するだけではなく、教員に対して「クラスルーム全体におけるアトリビュート習得状況の分布」を示すことで、よりきめ細かく学習の進捗状況をイメージすることが期待できる。学習者向けにフィードバックをする資料としては「総合的な学力レベル」とともに「学習が必要なアトリビュート」についてフィードバックすることが必要である。一方、これらの情報をクラスルームごとに集計した表を教員向けに作成し、出題した問題項目とともにアトリビュートの習得状況を検討することで、教員の側においても「学びの深さ」に着目した授業実践に向けた示唆を得ることが期待される。

「学びの深さ」というアトリビュート 従来のCDM研究においては、たとえば「分数の計算」のように、問題を解くために求められるアトリビュートの意味するところが狭い適用場面が多く、スキルベースでの設定が主流であった。教科全体にわたるより幅広いスキルの習得状況を知りたい場合は、アトリビュートを多数設定するか、アトリビュートの意味を拡大解釈してより広い意味をもつアトリビュートを設定すべきであるが、前者の場合はアトリビュート間の関係性が薄いとき、後者の場合は意味の拡大解釈の幅が大きかった場合に、それぞれ結果の再現性に疑問が生じることとなる。

本研究で設定されたアトリビュートは、そのようなスキルベースのものではなく、あくまで「学びの深さ」の大小に的を絞ったものであり、研究当初、その一般性の確保の方法や、設定されたアトリビュートの解釈の一般化可能性に課題があるものと考えられた。しかし、本研究の結果から、学年をまたいで同様のモデルが採択されたことや、どの学年においても結果の解釈可能性に差がなかったことから、「理解の深さ」をアトリビュートと設定することが有効であることが示唆された。

引用文献

Leighton, J., Gierl, M. (eds.) (2007). Cognitive Diagnostic Assessment for Education Theory and Applications. Cambridge University Press.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7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 佐宗 駿、岡 元紀、植阪 友理	4. 巻 30
2. 論文標題 認知診断モデルを活用した理解の深さの診断と定期テストへの応用：定性的・定量的なQ行列の設定とモデルの実践的有用性の検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 515～530
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11225/cs.2023.057	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 Yamaguchi Kazuhiro	4. 巻 48
2. 論文標題 Bayesian Analysis Methods for Two-Level Diagnosis Classification Models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Educational and Behavioral Statistics	6. 最初と最後の頁 773～809
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3102/10769986231173594	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 Yamaguchi Kazuhiro、Martinez Alfonso J.	4. 巻 77
2. 論文標題 Variational Bayes inference for hidden Markov diagnostic classification models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 British Journal of Mathematical and Statistical Psychology	6. 最初と最後の頁 55～79
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/bmsp.12308	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 Yamaguchi Kazuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 On the boundary problems in diagnostic classification models	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Behaviormetrika	6. 最初と最後の頁 399～429
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s41237-022-00187-7	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 鈴木雅之	4. 巻 67(9)
2. 論文標題 メタ認知と学力の関係	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 指導と評価	6. 最初と最後の頁 6-8
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 Yamaguchi Kazuhiro, Templin Jonathan	4. 巻 39
2. 論文標題 A Gibbs Sampling Algorithm with Monotonicity Constraints for Diagnostic Classification Models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Classification	6. 最初と最後の頁 24 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00357-021-09392-7	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 Yamaguchi Kazuhiro	4. 巻 47
2. 論文標題 Variational Bayesian inference for the multiple-choice DINA model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Behaviormetrika	6. 最初と最後の頁 159 ~ 187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41237-020-00104-w	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 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Shaik, T., Tao, X., Li, L., Dann, C., Sun, Y. and Sun, Yi
2. 発表標題 Advancing Educational Content Classification via Reinforcement Learning-Integrated Bloom's Taxonomy
3. 学会等名 the 3rd International Conference on Digital Society and Intelligent Systems (DSinS 2023), Chengdu, China (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yuan Sun
2. 発表標題 Adaptive Learning in Digital Age: Some Key Technologies
3. 学会等名 2nd International Conference on Artificial Intelligence in Education Technology (AIET 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Saso, S., Oka, M., & Uesaka, Y.
2. 発表標題 How can we statistically gauge students' deep understanding from high school regular tests?
3. 学会等名 Junior Researchers of European Association for Research on Learning and Instruction (JURE) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Oka, M., Saso, S., & Okada, K.
2. 発表標題 Parallelized variational Bayesian algorithm for the polytomous-attribute saturated diagnostic classification model.
3. 学会等名 World Meeting of the International Society for Bayesian Analysis (ISBA) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋澤武志・植阪友理・佐宗駿
2. 発表標題 「主体的に学習に取り組む態度」をいかにして育成し、評価するか:高校数学における定期試験のフィードバック方法に着目して
3. 学会等名 日本教育工学会2021年秋季全国大会 (第39回大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐宗駿・岡元紀・植阪友理(2021)
2. 発表標題 深い学びの評価方法の提案と定期テストへの応用 認知診断モデルの応用可能性と教師の反応
3. 学会等名 日本教育工学会2021年春全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐宗駿・植阪友理・秋澤武志
2. 発表標題 図表活用力を定期試験から定量的に捉えるには? - 認知診断モデルを用いた資質・能力の実証的解析 -
3. 学会等名 日本教育心理学会第63回総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐宗駿・岡元紀・植阪友理
2. 発表標題 認知診断モデルを通じた深い理解の実証的解析 - 大規模学力調査を用いた分析と従来の観点との比較 -
3. 学会等名 日本テスト学会第19回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 光永悠彦	4. 発行年 2022年
2. 出版社 ナカニシヤ出版	5. 総ページ数 240
3. 書名 テストは何のためにあるのか 項目反応理論から入試制度を考える	

1. 著者名 鈴木雅之	4. 発行年 2021年
2. 出版社 北大路書房	5. 総ページ数 17
3. 書名 学校現場で役立つ 教育心理学 教師をめざす人のために	

〔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	孫 媛 (Sun Yuan) (00249939)	国立情報学研究所・情報社会相関研究系・教授 (62615)	
研究分担者	鈴木 雅之 (Suzuki Masayuki) (00708703)	横浜国立大学・教育学部・准教授 (12701)	
研究分担者	山口 一大 (Yamaguchi Kazuhiro) (50826675)	筑波大学・人間系・助教 (12102)	
研究分担者	植阪 友理 (Uesaka Yuri) (60610219)	東京大学・大学院教育学研究科(教育学部)・准教授 (12601)	

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