

中学数学の関数領域における縦断的認知診断モデルの適用

小島 楓

問題と目的

中学校での数学教育は高校以降の数学を理解する上で重要である。関数の重要性を受け、教育の場では関数理解を促進するための工夫がなされている。そのような教育実践に加えて確認テストが実施されているものの、学習改善のためのテスト活用は不十分であるとされている。認知診断モデル (Cognitive Diagnosis Model, CDM) は、個人の学習上の強みや弱みの推定が可能であり、テストの有効活用に資するテストモデルである。CDM 研究では、CDM を活用して学習者にフィードバックを行った実践的な研究の不足が指摘できる。

本研究では、中学校における数学教育や関数教育においてテストを有効に活用するために、CDM の応用を見越したテスト作成からフィードバックまでを包括的に実施し、CDM を用いた教育改善について実証的な知見を蓄積することを目的とした。さらに、中学数学の関数領域において3時点に渡るテストを縦断的 CDM により分析することで、CDM に基づくフィードバックによる学習者の能力や、テスト項目の正答に要求される認知的要素であるアトリビュートの習得における効果と、CDM を実践する上での現状の困難を検討した。

予備的検討

CDM に基づくテストを開発する際、アトリビュートの設定とテスト項目の作成は、分析結果の解釈の妥当性を高めるために重要な段階である。そこで、まず本研究で使用するアトリビュートと問題項目を作成し、その手続きについて考察した。

方法 アトリビュート作成のために文献調査および専門家等2名との協議を実施した。テスト問題作成のために専門家等4名との協議を実施した。

結果 文献調査を通して9個のアトリビュート候補が作成され、専門家等との協議を通して3個のアトリビュート (A1:代数的手続きの理解, A2:関数的思考の理解, A3:直交座標上での表現の理解) に抽象された。問題項目候補は16個作成され、専門家等との協議を通して選択、修正され、14個の問題項目が作成された。

研究 1

研究1ではテスト1の結果に対して横断的な CDM を適用し、作成したアトリビュート内容とテスト項目の内容や難易度、およびそれらと各種パラメタとの関連について検討した。

方法 中学生61名(2年生24名, 3年生37名)が14項目からなるテスト1に解答した。CDM に基づく分析には HO-DINA (higher order DINA) モデルを使用した。パラメタの推定には JAGS によるベイズ推定を使用した。分析後にはフィードバックコンテンツを作成して配布した。

結果 平均正答数は4.52問であった。正答率の低い項目((10):3.3%, (9):6.6%, (3):9.8%)で、項目が要求するアトリビュートを習得しているにもかかわらず項目に誤答する確率を表す slipping パラメタが高く推定された ($s_{10} = .919 (.049)$, $s_9 = .857 (.065)$, $s_3 = .791 (.092)$, 括弧内は事後標準偏差 (SD), $range_s = [.071, .919]$)。

考察 テスト全体の難易度が高かった要因として、分数混じりの項目や未習事項への知識の応用を要求する項目を設定したことが考えられた。slipping パラメタの高い項目の正答には、設

定したアトリビュートの他に問題文を読むための「読解力」や「論理的に解答方略をつなげる力」が必要であった可能性を考察できた。正答率の低い項目で slipping パラメタが高く推定されたことから、実際に測定されたアトリビュートの内容に、正答率の低い項目が測定していた要素が含まれなかったことが示唆された。定義されたアトリビュートよりも測定されたアトリビュートの内容の難易度が低くなっていた可能性があった。

研究 2

研究2ではテスト2とテスト3のそれぞれに対して縦断的 CDM を適用し、CDM に基づくフィードバックによる学習者の能力やアトリビュート習得における効果を検討した。

方法 テスト2には中学生48名(2年生20名, 3年生28名)が解答し、テスト3には中学生42名(2年生18名, 3年生24名)が解答した。テスト項目はそれぞれテスト1の類題から構成した。CDM に基づく分析には縦断的 HO-DINA モデルを使用した。それぞれのテストの分析後にはフィードバックコンテンツを作成して配布した。

結果 テスト2の平均正答数は5.56問、テスト3の平均正答数は6.33問であった。個人の総合的な能力を表す θ パラメタの事前分布の平均パラメタ μ_θ の時点間の変化量を表す δ パラメタは、 $\delta_2 = 0.10 (0.09)$, $\delta_3 = 0.11 (0.09)$ (括弧内は SD) と推定された。

考察 3回のテストを通して、平均正答数や生徒の能力の全体的な大きな向上は認められなかった。アトリビュート習得確率や、各アトリビュートの習得の有無を表すアトリビュート習得パターンについても、テスト間での大きな変化は認められなかった。テスト間でこれらの個人パラメタに大きな変化が認められなかったことは、本研究の目的に照らして成果であり、CDM 実践における課題であると考えられた。CDM 実践において、フィードバックコンテンツを配布するだけでは、生徒の能力やアトリビュート習得の大きな向上は見込めないことを示唆することができた。

総合考察

本研究の分析から、42名の参加者、14項目のテストの現実的な CDM の利用状況下において、参加者数や項目数の寡少による情報量不足を要因としていくつかの困難が生じた。情報量不足の状況では、実際に測定されるアトリビュートの内容は各種パラメタやテストの受験者層と密接に関連し、分析結果があらゆる分析設定に敏感であることが示唆された。そのため、実際に測定されるアトリビュート内容を意図通りに構成することは難しいことが示唆された。この課題に対して、教育機関内でデータやノウハウを蓄積すること、実践研究を通して質の高い問題項目プールを構築することを展望した。

全体的な能力向上が認められなかった一方で、本研究の CDM 適用から得た情報は有用なフィードバックに寄与すると考えられた。フィードバックコンテンツの配布に終始せず、他の教育実践との併用の必要性を確認した。本研究は CDM 実践研究の一つとして、CDM 実践において生じ得る困難を示した。今後も実践研究を重ねることで困難の解消を目指し、CDM を実践段階へと引き上げる必要がある。