

数学教育の内容・活動に固有な非認知的スキルの評価法の開発 ー領域「関数」における調査結果の考察ー

Development of Methods for Assessment of Non-Cognitive Skills Specific to
Contents and Activities: Analysis on a Result of a Survey in “Functions” of
Mathematics Education

岩田耕司 宮崎樹夫 牧野智彦 藤田太郎
福岡教育大学 信州大学 宇都宮大学 エクセター大学

要 約

非認知的スキルの評価法を開発するための一つの取り組みとして、本稿では、単元「比例、反比例」の学習に焦点を当て、中学校数学科の現職教員を対象とした質問紙調査を実施し、その調査結果の意味や限界について考察した。

調査結果について探索的因子分析を行い、「比例・反比例の学習に対する主体性や粘り強さ」、「比例・反比例の学習に対する協調性や発展性」という2つの因子を特定した。また、重回帰分析を行い、6個の質問項目による決定係数0.728のモデルを作成した。これら分析結果の考察から、教科の内容・活動に固有な非認知的スキルを教員が認知し、価値づけられるようにする必要性とともに、そのような視点を身に付けることによってより多面的な評価が可能となることが示唆される。

キーワード：評価、非認知的スキル、関数、主体的に学習に取り組む態度

1. 研究の意図と本稿の目的

数学の内容・活動に固有な非認知的スキルのうち「主体的に学習に取り組む態度」はどのように評価すればよいか。この問いに答えるために、本課題研究では、教員による生徒の行動観察から評価する手法を確立することを目的とし、研究を進めている。その一つの取り組みとして、本稿では、中学校数学科の領域「関数」における単元「比例、反比例」の学習に焦点を当て、その学習における「主

体的に学習に取り組む態度」の評価について、中学校数学科の現職教員がどのような視点をもとにその評価を決定しているかを明らかにすることを目的とする。具体的には、中学校数学科の現職教員を対象とした質問紙調査を実施し、探索的因子分析を用いて「主体的に学習に取り組む態度」の評価の要因を分析するとともに、重回帰分析を用いて教員による「関心・意欲・態度」の評価を推定するモデルを構築する。そして、そのような調査結果

の分析を通して、調査結果のもつ意味や限界について考察する。

2. 研究の方法

研究の方法としては、図形の証明を対象とした宮崎ら（2018）の研究や、領域「数と式」を対象とした中川ら（2019）の研究と同様の方法で進める。

まず、単元「比例、反比例」の学習における「主体的に学習に取り組む態度」を次の非認知的スキルの種類（ α , β , γ ）に分解する。

- ・非認知的スキル α ：数学的活動の楽しさや数学のよさを実感して粘り強く考える態度
- ・非認知的スキル β ：数学を生活や学習に生かそうとする態度
- ・非認知的スキル γ ：問題解決の過程を振り返って評価・改善しようとする態度

次に、分解した非認知的スキルごとに、「主体的に学習に取り組む態度」の具体的な姿を質問紙の質問項目として書き出す。質問項目の書き出しでは、「主体的に学習に取り組む態度」を特性 5 因子に基づいて捉えるため、それぞれの具体的な姿の例を特性 5 因子ごとに想定する。この結果、質問項目は、「主体的に取り組む態度」としての非認知的スキル α , β , γ と、非認知的スキルとしての特性 5 因子である経験の開放性（O）、勤勉性（C）、外向性（E）、協調性（A）、情緒安定性（N）の 3×5 の組み合わせから成る。なお、それぞれの組み合わせでは、信頼性を考えて 4 つずつの質問項目（2 つの順項目と 2 つの反転項目）で構成する。これらの質問項目は生徒の具体的な行動を評価するものになっている。こうすることで、3 種類の非認知的スキルと特性 5 因子を「主体的に学習に取り組む態度」を捉える観測変数とし、質問紙を設計する。

このようにして設計した質問紙を用い、中学校数学科の現職教員が、それぞれ実際に指導している中学校 1 年生について、各質問項目に回答する形で調査を実施する。回答は、

回答用に特別に作成された Web ページにアクセスし、Web 上で回答をクリック（選択）する形で行う。なお、生徒ではなく教員による回答を求めたのは、学校教育で公的な評価を実際に行うのは教員だからである。最後に、このようにして得られたデータを、探索的因子分析や重回帰分析を用いて分析する。その際、評価の因子と非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ や特性 5 因子、教員の経験年数や性別との関連についても考察する。

3. 調査の実施と結果の分析

（1）調査の実施

①質問項目の作成

単元「比例、反比例」に焦点を当てた質問項目の作成では、数学教育学研究者 4 名によるチームで、対象となる単元「比例、反比例」の学習における非認知的スキルの具体的な生徒の姿を列举し、質問項目としての妥当性を吟味していった。その際、特性 5 因子による性格検査の 60 項目（村上・村上，1997）および図形の証明を対象とした質問項目（宮崎ら，2018）を参照した。また、単元内の特定の内容に偏ることなく、単元全体の内容をできる限り網羅できるように、『評価規準の作成，評価方法等の工夫改善のための参考資料（中学校数学）』（国立教育政策研究所，2011）を参考に、単元の内容を【関数関係の意味】，【比例、反比例の関係】，【比例、反比例の特徴】，【比例、反比例を用いて事象を捉え説明すること】の 4 つに分け、そのバランスを意識しながら質問項目を作成した。その結果、順に 14 個、14 個、16 個、16 個の合計 60 個の質問項目を作成した（岩田ら（2018）を参照）。

②協力者である教員の特徴

質問紙調査に協力して頂いた中学校数学科の教員は 47 名となった。教員経験年数は 6～34 年である。

③調査方法

調査は、中学 1 年生の単元「比例、反比例」

の学習が終わった直後に依頼し、実際の回答は2018年12月～2019年1月の間で行われた。具体的な手順は以下の通りである。

まず、教員は自らが指導している生徒10～12人を抽出する。その選び方は、「関心・意欲・態度」の評価がAの生徒を3名、Bの生徒を4～6名、Cの生徒を3名とし、可能な限り男女同数とする。

次に教員は、回答用に特別に作成されたWebページにアクセスし、Web上で回答を行う（回答をクリック（選択）する）。具体的には、生徒一人一人について、まずその生徒の「関心・意欲・態度」の評価を回答する。その際、A、B、Cの3つから1つの評価を選択し、Bを選択した場合にはさらにBの上位、中位、下位の3つから1つを選択する。その結果、生徒の「関心・意欲・態度」の評価は5段階に分けられることになる。続けて、一人の生徒につき、前述した60個の質問項目それぞれについて、5段階尺度（「そう思う」、「ややそう思う」、「どちらでもない」、「あまりそう思わない」、「そう思わない」）で回答する。この一連の操作を、選んだ生徒の人数分（10～12名分）繰り返す。ただし、60個の質問項目は全ての生徒で同じであるが、その発生順序はランダムになるようにした。

④調査対象となる生徒の特徴

調査の結果、調査の対象となった生徒の総数は529名となった。「関心・意欲・態度」の成績はAが157名、B上が74名、B中が106名、B下が76名、Cが116名である。

(2) 調査結果の分析

①探索的因子分析

教員が生徒の「主体的に学習に取り組む態度」の評価をどのような視点をもとに決定しているかを調べるために、探索的因子分析を行った。因子分析はSPSS version 25を用いて因子抽出法：最尤法、因子軸回転：プロマックス回転で行った。その結果、原稿末の表3

に示すように、2因子が抽出された。なお、Cronbachの α 係数（信頼性係数）は第1因子0.976、第2因子0.974であり、因子間相関は表1の通りである。

表1 因子間相関

	第1因子	第2因子
第1因子		-0.81
第2因子		

因子ごとに質問項目を見ていくと、第1因子の項目には「あきらめてしまう」や「腰を据えて取り組むことができない」、「人任せにしがち」、「利用しようとししない」といった文言があり、主体性や粘り強さに関するものが多いと考えられる。次に、第2因子の項目には「友達に話そうとする」や「友達と一緒に」、「友達と協力して」といった協調・コミュニケーションに関する文言や、「別の特徴を調べる」や「新たな問題を見出す」といった発展的に考えることに関する文言が多いと考えられる。このため、それぞれの因子名を次のようにした。

第1因子：信頼性係数0.976、項目数16

因子名「比例・反比例の学習に対する主体性や粘り強さ」

第2因子：信頼性係数0.974、項目数16

因子名「比例・反比例の学習に対する協調性や発展性」

②重回帰分析

次に、教員による「関心・意欲・態度」の評価に、どの要因がどの程度関与するかを探ることを考えた。そこで、教員による「関心・意欲・態度」の評価を推定することを考え、全質問項目を対象として重回帰分析を行った。複数の項目から推定することを意図し、重回帰分析はStepwise法を用いて行った。その結果、6つの質問項目で調整済み R^2 （調整済み決定係数）が0.728となった（表2）。原稿末の表4においてもVIFが10以下であり多重共線性の問題は無いと考えられる。

表 2 重回帰分析結果 1

R	R ²	調整 済み R ²	推定値の 標準誤差
0.855	0.731	0.728	0.796

③経験年数や性別による差異

さらに、経験年数によって「関心・意欲・態度」を評価する要因が変わるかどうかを調べるために、調査対象の教員を経験年数によって3つの群に分け、上記と同じ方法で因子分析を行った。具体的には、3つの群で教員数および生徒数が概ね同じ人数となるように、経験年数 17 年までを経験年数小群（教員数 17 名、生徒数 176 名）、18 年から 23 年を経験年数中群（教員数 15 名、生徒数 177 名）、24 年以上を経験年数大群（教員数 15 名、生徒数 175 名）の3つの群に分けた。

その結果、因子数は3群ともに2因子であり、経験年数小群と他の2群との間で因子を構成する質問項目に若干の違いが見られたものの、それ以外はさほど明確な違いは見られなかった。

・経験年数小群（2 因子）

第 1 因子：信頼性係数 0.977，項目数 18
因子名「比例・反比例の学習に対する主体性や粘り強さ，発展性」

第 2 因子：信頼性係数 0.966，項目数 12
因子名「比例・反比例の学習に対する協調性」

・経験年数中群（2 因子）

第 1 因子：信頼性係数 0.976，項目数 19
因子名「比例・反比例の学習に対する主体性や粘り強さ」

第 2 因子：信頼性係数 0.966，項目数 9
因子名「比例・反比例の学習に対する協調性や発展性」

・経験年数大群（2 因子）

第 1 因子：信頼性係数 0.969，項目数 13
因子名「比例・反比例の学習に対する協調性や発展性」

第 2 因子：信頼性係数 0.973，項目数 11
因子名「比例・反比例の学習に対する主体性や粘り強さ」

また、教員の性別で2群に分け、同様に因子分析を行った。その結果、因子数はともに2因子であり、因子を構成する質問項目にもさほど明確な違いは見られなかった。

・男性（2 因子）

第 1 因子：信頼性係数 0.972，項目数 15
因子名「比例・反比例の学習に対する協調性や発展性」

第 2 因子：信頼性係数 0.967，項目数 11
因子名「比例・反比例の学習に対する主体性や粘り強さ」

・女性（2 因子）

第 1 因子：信頼性係数 0.977，項目数 18
因子名「比例・反比例の学習に対する主体性や粘り強さ」

第 2 因子：信頼性係数 0.965，項目数 10
因子名「比例・反比例の学習に対する協調性や発展性」

4. 調査結果の考察

(1) 因子分析の結果について

因子分析によって 32 の質問項目に絞り込まれた。そして、「比例・反比例の学習に対する主体性や粘り強さ」、「比例・反比例の学習に対する協調性や発展性」という2つの因子を特定することができた。このことから、経験年数によって若干の違いがあるものの、単元「比例，反比例」において教員は、潜在的に生徒が粘り強く積極的に取り組む姿や、協働的に取り組む姿、発展的に考える姿に注目して「関心・意欲・態度」の成績をつけている可能性がある。

次に、これらの因子と特性 5 因子（経験の開放性 (O)，勤勉性 (C)，外向性 (E)，協調性 (A)，情緒安定性 (N))，非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ との関連について考察する（表 3 参照）。

特性 5 因子との関連は、第 1 因子の質問項

目は勤勉性 (C) と情緒安定性 (N) が 5 つずつで残りは分散している。第 2 因子は協調性 (A) が 6 つ、外向性 (E) が 5 つで残りは分散している。また、非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ との関連は、第 1 因子は α , β , γ に関するものがそれぞれ 6 個、6 個、4 個と分散している。第 2 因子も同様に、 α , β , γ に関するものがそれぞれ 3 個、6 個、7 個と分散している。このように、因子分析によって特定された 2 つの因子を構成する質問項目は、非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ よりも、特性 5 因子で偏りが見られる。このことから、今回の調査では、単元「比例、反比例」の学習における「主体的に学習に取り組む態度」の教員による評価について、非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ よりも、特性 5 因子による影響を測定することができた。

(2) 重回帰分析の結果について

最後に、重回帰分析を行った結果について考察する。重回帰分析では 6 個の質問項目で決定係数 0.728 のモデルが抽出された。このことは、今回調査に協力して頂いた教員による「関心・意欲・態度」の評価は、概ね 6 つの質問項目からその結果を推定できることを示している。この結果から、教員による「主体的に学習に取り組む態度」の評価は、行動観察としては一部の限られた項目から行われている可能性が示唆される。

(3) 結果から得られる示唆と限界

これらの分析や考察の結果は、対象となる教員や生徒によって変わる可能性がある。また、因子分析で削除された質問項目を見直すことで更なる知見が得られる可能性もある。しかしながら、単元「比例、反比例」における教員の「主体的に学習に取り組む態度」の評価の要因を探り、少なくとも 2 つの因子を特定できたことから、内容・活動に固有の非認知的スキルの特定につながる可能性がある。

このような結果は、次のことを示唆している。一つは、教科の内容・活動に固有な非認知的スキルを、教員が認知し、価値づけられ

るようにする必要があることである。もう一つは、教員がそのような視点を身に付けることによって、より多面的な評価ができるようになる可能性があるということである。

5. おわりに

本稿の結論は次の通りである。

- ・単元「比例、反比例」の学習における「主体的に学習に取り組む態度」の教員による評価について、「比例・反比例の学習に対する主体性や粘り強さ」、「比例・反比例の学習に対する協調性や発展性」という 2 つの因子を特定した。
- ・その因子と非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ や特性 5 因子の関連を考察したところ、単元「比例、反比例」の学習における「主体的に学習に取り組む態度」の教員による評価について、非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ よりも、特性 5 因子による影響を測定することができた。
- ・重回帰分析の結果、教員による「関心・意欲・態度」の評価について、6 個の質問項目による決定係数 0.728 のモデルを作成した。今後の課題は次の通りである。
- ・因子分析で削除された質問項目を見直すことで、質問紙を改善し、再調査を行う。
- ・特定した因子やモデルを他の領域の調査結果と比較することで、単元「比例、反比例」や領域「関数」に固有な非認知的スキルを探る。

引用・参考文献

- 岩田耕司・宮崎樹夫・牧野智彦・藤田太郎 (2018). 科学教育の内容・活動に固有な非認知的スキルの評価法の開発ー領域「関数」における質問項目の設計についてー. 日本科学教育学会第 42 回年会論文集, 167-168.
- 宮崎樹夫・中川裕之・吉川厚 (2018). 教科の内容・活動に固有な非認知的スキルを評価するー証明の学習に関する「主体的に学習

に取り組む態度」一．日本数学教育学会第 6 回春期研究大会論文集，89-94.

村上宣寛・村上千恵子（1997）．主要 5 因子性格検査の尺度構成．性格心理学研究，6（1），29-39.

中川裕之・佐々祐之・榎本哲士（印刷中）．数学教育の内容・活動に固有な非認知的スキルの評価法の開発－領域「数と式」における調査結果の考察－．日本数学教育学会第 7 回春期研究大会論文集．

付記

- ・本調査は，信州大学教育学部研究委員会における倫理審査の承認（管理番号 H30-3，6/25/2018）に基づいて実施しています．
- ・調査結果の分析は，東京工業大学の吉川厚先生にお願いし，行って頂きました．この場を借りて厚く御礼申し上げます．
- ・本研究は，JSPS 科研費（No. 16H02068，16H03057，18H01021）の助成を受けています．謹んで感謝の意を表します．

表 3 因子分析の結果

	第一因子	第二因子
[γ NR] 関数関係を表やグラフなどで表す際に，間違いを指摘されると，イライラしたりやる気をなくしたりする	0.92	0.19
[α NR] 比例や反比例の意味や関係が友達に伝わらないといらいらしてすぐにあきらめてしまう	0.92	0.08
[α CR] 比例や反比例を用いて具体的な事象を考察する問題に取り組むと，すぐに飽きてしまう	0.90	-0.04
[α NR] 変化や対応の様子を表やグラフから捉えることに腰を据えて取り組むことができない	0.86	-0.02
[β NR] 比例や反比例を用いて具体的な事象を捉え説明するときに，腰を据えて取り組むことができない	0.85	-0.04
[β NR] 比例，反比例の関係を表，式，グラフなどを用いて調べ，その特徴を見出すときに，腰を据えて取り組むことができない	0.83	-0.04
[γ CR] 比例や反比例を用いて予測した結果や過程の説明が間違っているとしても，そのままにしがちである	0.76	-0.13
[α CR] 表，式，グラフを用いても問題が解けないと，途中で解答を止めてしまう	0.75	-0.15
[α OR] 二つの数量の変化や対応の様子を新たに見いだすことに時間をかけようとししない	0.63	-0.23
[β CR] 変化や対応の様子を捉えるときに，既習事項を使いやすいように整理していない	0.63	-0.25
[γ AR] 比例や反比例を用いたよりよい予測の仕方を友達と考えるときに，人任せにしがちである	0.59	-0.32
[β CR] 日常生活の問題に取り組むときに，比例や反比例を利用しようとししない	0.59	-0.26
[γ OR] 比例や反比例以外では，伴って変わる二つの数量の関係を考えようとししない	0.59	-0.26

[α AR] みんなで比例、反比例の特徴を見つけるときに、すぐ人任せにしがちである	0.59	-0.31
[β OR] 指示されなければ、問題の解決に表やグラフを活用しようとししない	0.57	-0.31
[β ER] 比例や反比例を用いた問題解決の見通しを立てるときに、これまでの授業で友達から学んだ考えを活かそうとしていない	0.54	-0.31
[γ EF] 自分が比例や反比例の関係を式で表す際に工夫したところを友達に話そうとする	0.15	1.00
[α EF] 関数関係があると判断した理由を友達にわかってもらえるまで話そうとする	0.08	0.90
[β EF] これまでに学習した比例や反比例の特徴が、違う問題にも利用できたということ、友達に伝えている	0.03	0.87
[α AF] 友達に比例（または反比例）とみなす理由を根気よく教えてあげる	-0.06	0.84
[β AF] 比例や反比例の問題に取り組むときに、これまでに学習したことのうちどれが使えるか友達と話し合っている	-0.04	0.83
[α NF] 比例や反比例の意味や関係が友達に伝わらなくても繰り返し丁寧に伝えようとする	-0.08	0.80
[β AF] 比例（または反比例）の関係にある二つの数量を見いだした後に、同じように比例（または反比例）の関係にある二つの数量がないか、友達と一緒に考えている	-0.06	0.74
[γ AF] 友達と協力して、比例や反比例を用いたよりよい予測の仕方を考えようとする	-0.21	0.69
[γ OF] 数量の関係を一つの表現方法で表し終えた後に、別の表し方がないか考えようとする	-0.26	0.61
[γ CF] 比例や反比例の特徴を一通り調べ終わっても、さらに別の特徴がないか徹底的にチェックする	-0.23	0.59
[β OF] 問題を解決した後でも、新たな関数の問題を見いだそうとしている	-0.24	0.59
[β AR] 比例（または反比例）の関係にある二つの数量を見いだした後に、同じように比例（または反比例）の関係にある二つの数量がないかを友達が考えていても、一緒に考えようとししない	0.30	-0.58
[γ OF] 比例や反比例以外にも、伴って変わる二つの数量の関係に興味がある	-0.33	0.53
[γ EF] 比例、反比例の関係を表、式、グラフなどで表すとき、友達の表現の工夫やよさを見つけようとする	-0.36	0.52
[γ AF] 友達がわかりやすくなるように、表、式、グラフなどの中から適切な表現を使おうとする	-0.37	0.51
[β EF] これまでの授業で友達から学んだ考えを活かして、比例や反比例を用いた問題解決の見通しを立てようとしている	-0.45	0.48

表 4 重回帰分析の結果 2

モデル		非標準化 係数		標準化 係数	t 値	有意 確率	共線性の 統計量	
		B	標準 誤差	ベータ			許容 度	VIF
1	(定数)	2.693	0.328		8.222	0.000		
	[β AR] 比例や反比例の問題に取り 組むときに、これまでに学 習したことのうちどれが使 えそうかを話し合う場面 で、人任せにしがちである	-0.140	0.052	-0.133	-2.708	0.007	0.213	4.685
	[γ AF] みんなで比例、反比例の特 徴を見つけるときに粘り強 く参加しようとする	0.166	0.049	0.147	3.350	0.001	0.268	3.735
	[γ OF] 数量の関係を一つの表現方 法で表し終えた後に、別の 表し方がないか考えようと する	0.174	0.043	0.159	4.026	0.000	0.331	3.020
	[β CR] 変化や対応の様子を捉える ときに、既習事項を使いや すいように整理していない	-0.143	0.039	-0.135	-3.620	0.000	0.373	2.680
	[α AF] 友達に比例（または反比例） とみなす理由を根気よく教 えてあげる	0.209	0.046	0.187	4.490	0.000	0.297	3.362
	[α AR] みんなで比例、反比例の特 徴を見つけるときに、すぐ 人任せにしがちである	-0.222	0.050	-0.205	-4.404	0.000	0.238	4.200