

数学教育の内容・活動に固有な非認知的スキルに対する教師による評価：「比例・反比例」に関する調査結果の考察

Teacher's Assessment of Non-Cognitive Skills Specific to Contents and Activities in Mathematics Education: An Analysis of the Survey Results on "Direct and Inverse Proportion"

岩田耕司 宮崎樹夫 牧野智彦
福岡教育大学 信州大学 宇都宮大学

要 約

中学校数学科の単元「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」の評価を，教員が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，質問紙調査を実施し，調査結果を分析した．

探索的因子分析の結果，「比例・反比例の学習における根気強さや知的好奇心」，「比例・反比例の学習における協調性や積極性」という2つの因子を特定した．また，経験年数が増えるに従って，比例・反比例の学習における安定性を重視する傾向や，女性教員ほど知的好奇心を持って取り組む生徒の姿に着目している可能性が示唆された．さらに，重回帰分析を行い，11個の質問項目で重決定係数 0.683 のモデルを作成した．特に，今回調査に協力して下さった教員は，非認知的スキル α に注目して評価を付けている可能性が示唆された．

キーワード：評価，非認知的スキル，比例・反比例，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．その問いに答える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「主体的に学習に取り組む態度」の評価を推定するモデルを構築する．また，教員の経験年数や性別との関連についても考察し，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

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。その際、

「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。その結果、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 の組合せから成る。なお、それぞれの組合せでは、信頼性を考慮し 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。

最後に、設計した質問紙を用いて調査を実施し、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、「主体的に学習に取り組む態度」の評価と非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ 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、前述の設計方針に基づき、2018 年 3 月に第一版が作成され (岩田ほか、

2018), 2018 年 12 月から 2019 年 1 月の間に第一版を用いた調査が行われた (岩田ほか、2019)。また、得られたデータを因子分析や重回帰分析を用いて分析した結果、「主体的に学習に取り組む態度」との相関があまりないものや反転項目として機能していないものがあったため、2019 年 2 月に、質問項目の妥当性を再度吟味し、質問項目の修正を行った。今回の調査はその修正された質問項目 (第二版) によるものである。

②協力者である教員の特徴

調査に協力して頂いた中学校数学科の教員は 63 名 (男性 48 名, 女性 15 名) であった。教員経験年数は 2~31 年である。

③調査方法

調査は、中学第 1 学年の単元「比例、反比例」の学習が終わった後に実施するよう依頼し、実際の回答は 2019 年 12 月に行われた。具体的な手順は次の通りである。まず、教員に、自らが教えている生徒 15 人を抽出してもらう。生徒の選び方は「主体的に学習に取り組む態度」の評価が A の生徒を 2~4 名, B の生徒を 7~11 名, C の生徒を 2~4 名とした。

次に、選んだ生徒の「主体的に学習に取り組む態度」の評価について A, B, C の 3 つから 1 つを選択して回答してもらう。ただし、B を選択した場合については、さらに B の上位, B の中位, B の下位の 3 つから 1 つを選択してもらうため、生徒の「主体的に学習に取り組む態度」の評価は、結果的に 5 段階に分けられることになる。そして、60 個の質問項目それぞれに対し、5 段階 (「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」) の中から 1 つを選択して回答してもらうことにした。

④調査対象となる生徒の特徴

調査の対象となった生徒の総数は 930 名となった。「主体的に学習に取り組む態度」の成績は A が 264 名, B 上が 203 名, B 中が 199 名, B 下が 128 名, C が 136 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：Kaiser の正規化を伴うプロマックス法で行った。その結果，原稿末の表 6 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 0.974，第 2 因子 0.950 であり，項目数はそれぞれ 19，10 であった。また，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		0.776
第 2 因子		

さらに，それぞれの因子を構成する質問項目の因子負荷量の割合について，非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ と特性 5 因子 OCEAN とでクロス集計した結果が表 2 と表 3 である。

表 2 因子負荷量のクロス集計（因子 1）

因子 1	α	β	γ	計
開放性	11.6%	11.4%	9.9%	32.9%
勤勉性	12.6%	9.7%	11.0%	33.3%
外向性	3.4%	3.6%	0.0%	7.1%
協調性	5.2%	0.0%	4.8%	10.0%
安定性	0.0%	11.4%	5.4%	16.8%
計	32.7%	36.1%	31.2%	100.0%

表 3 因子負荷量のクロス集計（因子 2）

因子 2	α	β	γ	計
開放性	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
勤勉性	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
外向性	7.1%	10.9%	20.9%	38.9%
協調性	8.8%	24.9%	18.5%	52.2%
安定性	8.8%	0.0%	0.0%	8.8%
計	24.7%	35.8%	39.4%	100.0%

表 2，表 3 とともに，非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ よりも，特性 5 因子において偏りが見られる。

因子 1 では，特性 5 因子のうち，特に開放性や勤勉性の影響が強く，実際に質問項目を見てみると，「～しようとししない」や「腰を据えて取り組むことができない」，「人任せにしがち」といった主体性や根気強さに関する文言や，「新たな関数の問題」や「別の特徴」，「別の表し方」を考えようとししないといった知的好奇心に関わる文言が多い。また，因子 2 では，特性 5 因子のうち，特に外向性や協調性の影響が強く，実際に質問項目を見てみると，「友達と一緒に」や「友達に話そうとする」，「友達と協力して」といった協調性や積極性に関する文言が多い。さらに，因子 1，因子 2 とともに，比例・反比例のある特定の学習場面というよりは，学習全般に渡る内容のように思われた。それゆえ，それぞれの因子名を次のように命名した。

第 1 因子：信頼性係数 0.974，項目数 19

因子名「比例・反比例の学習における根気強さや知的好奇心」

第 2 因子：信頼性係数 0.950，項目数 10

因子名「比例・反比例の学習における協調性や積極性」

②重回帰分析

次に，教員による「主体的に学習に取り組む態度」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「主体的に学習に取り組む態度」の評価を目的変数，因子を構成する質問項目を説明変数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，11 の質問項目で調整済み R^2 （調整済み重決定係数）が 0.683 となった（表 4，表 7）。

表 4 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
0.829	0.687	0.683	0.787

③経験年数や性別による差異

さらに、経験年数によって「主体的に学習に取り組む態度」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つの群で教員数が概ね同じ人数となるように、経験年数 11 年までを経験年数小群（教員数 20 名）、12 年から 20 年を経験年数中群（教員数 21 名）、21 年以上を経験年数大群（教員数 22 名）の3つの群に分けた。

その結果、因子数は3群ともに3因子であり、全体的な傾向としては、全ての教員を対象として抽出された2因子のうち、第1因子が2つに分かれる形となった。また、興味深い傾向として、経験年数が増えるに従い、比例・反比例の学習における安定性を重視する傾向が窺えた。具体的には、経験年数中群の第3因子と経験年数大群の第1因子を構成する質問項目において、「自分のペースで取り組んでいる」や「自分のペースで対処することができる」、「自分のペースで見直すことができる」といった文言が多く見られた。このような文言を含む質問項目は、経験年数小群の因子を構成する質問項目では一切見られず、代わりに経験年数小群の第1因子では「～しようとしなない」や「人任せにしがち」といった主体性や根気強さに関する文言が目立った。

経験年数小群（3 因子）

- 第1因子：信頼性係数 0.972，項目数 16
因子名「比例・反比例の学習における主体性や根気強さ」
- 第2因子：信頼性係数 0.959，項目数 12
因子名「比例・反比例の学習における協調性や積極性」
- 第3因子：信頼性係数 0.936，項目数 4
因子名「比例・反比例の学習における知的
好奇心」

経験年数中群（3 因子）

- 第1因子：信頼性係数 0.948，項目数 9

因子名「比例・反比例の学習における協調性や積極性」

- 第2因子：信頼性係数 0.938，項目数 6

因子名「比例・反比例の学習における知的
好奇心」

- 第3因子：信頼性係数 0.905，項目数 5

因子名「比例・反比例の学習における安定性」

経験年数大群（3 因子）

- 第1因子：信頼性係数 0.965，項目数 13

因子名「比例・反比例の学習における安定性や根気強さ」

- 第2因子：信頼性係数 0.945，項目数 7

因子名「比例・反比例の学習における知的
好奇心」

- 第3因子：信頼性係数 0.939，項目数 6

因子名「比例・反比例の学習における協調性や積極性」

また、教員の性別で2群に分け（男性48名，女性15名），同様に因子分析を行った。その結果，第1因子と第2因子についてはほぼ同様の傾向であったが，知的的好奇心に関する因子が女性教員でのみ抽出された。なお，この因子を構成する質問項目は，男性教員の第1因子と第2因子を構成する質問項目には含まれていなかった。

男性教員（2 因子）

- 第1因子：信頼性係数 0.972，項目数 18

因子名「比例・反比例の学習における主体性や根気強さ」

- 第2因子：信頼性係数 0.951，項目数 11

因子名「比例・反比例の学習における協調性や積極性」

女性教員（3 因子）

- 第1因子：信頼性係数 0.979，項目数 16

因子名「比例・反比例の学習における主体性や根気強さ」

- 第2因子：信頼性係数 0.953，項目数 7

因子名「比例・反比例の学習における協調性や積極性」

第3因子：信頼性係数 0.943，項目数 4
因子名「比例・反比例の学習における知的
好奇心」

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 29 の質問項目に絞り込まれた。そして、「比例・反比例の学習における根気強さや知的的好奇心」、「比例・反比例の学習における協調性や積極性」という 2 つの因子を特定することができた。単純な比較はできないけれども、この結果は、第一版を用いた昨年度の調査（岩田ほか，2019）とほぼ同様の結果であった。例えば、原稿末の表 6 において、昨年度の調査と比べ、因子を構成する質問項目が全く同じ項目には（*）を、文言が修正されているものの項目としては同じ項目には（**）をそれぞれ付した。結果として、第 1 因子では 19 項目中（*）が 11 個、（**）が 3 個であり、第 2 因子では 10 項目中（*）が 6 個、（**）が 2 個であった。この結果から、単元「比例，反比例」において教員は、潜在的に生徒が根気強く取り組む姿や、協働的に取り組む姿、知的的好奇心を持って取り組む姿に注目して「主体的に学習に取り組む態度」の成績をつけている可能性がある。

また、昨年度の調査では、経験年数や性別による傾向の違いはあまり見られなかったが、今回の調査では、それぞれ傾向の違いが見られた。例えば、経験年数については、経験年数が増えるに従い、比例・反比例の学習における安定性を重視する傾向が窺えた。つまり、経験年数が多い教員ほど、自分のペースで落ち着いて取り組む生徒の姿に注目して「主体的に学習に取り組む態度」の成績をつけている可能性がある。また、教員の性別については、知的的好奇心に関する因子が女性教員でのみ抽出されたことから、女性教員ほど、生徒の知的的好奇心を持って取り組む姿に注目して「主体的に学習に取り組む態度」の成績をつ

けている可能性がある。

(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 11 個の質問項目で重決定係数 0.683 のモデルが抽出された。このことは、今回調査に協力して下さった教員による「主体的に学習に取り組む態度」の評価は、概ね 11 個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。また、昨年度の調査では、6 個の質問項目で決定係数 0.728 のモデルが抽出されたが（岩田ほか，2019）、モデルを構成する質問項目を比べたところ、全く同じ項目（*）は 3 個のみであった（文言が修正されているものの項目としては同じ項目はなかった）。さらに、それぞれのモデルを構成する質問項目を、非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ と特性 5 因子 OCEAN とでクロス集計した結果が表 5 である。この結果から、今回調査に協力して下さった教員による「主体的に学習に取り組む態度」の評価は、非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ の中でも、特に 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）に注目して付けられている可能性がある。

表 5 項目数のクロス集計（重回帰分析）

前回	α	β	γ	今回	α	β	γ
開放性			1	開放性	1	2	
勤勉性		1		勤勉性	2	1	1
外向性				外向性	1		
協調性	2	1	1	協調性	2		
安定性				安定性	1		

(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。

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・反比例の学習における根気強さや知的好奇心」，「比例・反比例の学習における協調性や積極性」という 2 つの因子を特定した。これは昨年度調査の結果とほぼ同様の結果であった。
 - ・ 経験年数や教員の性別によって，因子分析の結果が異なることを明らかにした。例えば，経験年数が増えるに従い，比例・反比例の学習における安定性を重視する傾向が窺えた。また，女性教員ほど，生徒の知的好奇心を持って取り組む姿に着目している可能性が示唆された。
 - ・ 重回帰分析の結果，教員による「主体的に学習に取り組む態度」の評価について，11 個の質問項目による重決定係数 0.683 のモデルを作成した。また，今回調査に協力して下さった教員は，非認知的スキル $\alpha\beta\gamma$ の中でも，特に α に注目して評価を付けている可能性が示唆された。
- 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」に固有な非認知的スキルを探る。

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. 16H02068，16H03057，18H01021，20H00098，20H01675）の助成を受けています。謹んで感謝の意を表します。

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－領域「関数」における質問項目の設計について－．日本科学教育学会第 42 回年会論文集，167-168.
- 岩田耕司・宮崎樹夫・牧野智彦・藤田太郎（2019）．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「関数」における調査結果の考察－．第 7 回春期研究大会論文集，179-186.

表 6 因子分析の結果

	第一因子	第二因子
[αC]* 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	0.90	-0.04
[αO] 比例，反比例の関係を式で表すのが難しいと，工夫して解こうとしない	0.88	0.03
[αC]* 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	0.87	-0.04
[βN]* 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	0.84	0.02
[βO]** 指示されなければ，表やグラフを活用して，いろいろな問題を解こうとしない	0.83	0.03

[γ C]** 比例や反比例を用いて予測した結果や過程が間違っている、そのままにしがちである	0.78	0.07
[β O] 問題を解決した後に、新たな関数の問題を見いだそうとしない	0.78	0.05
[γ C] 比例や反比例の特徴を一通り調べ終わったら、ほったらかしにして別の特徴を調べようとする	0.77	-0.00
[γ N]* 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	0.77	-0.11
[β N]* 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	0.76	-0.03
[α O]* 二つの数量の変化や対応の特徴を新たに見いだすことに時間をかけようとする	0.76	0.09
[α A]* 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	0.73	0.16
[β C]** 日常生活の問題の解決に、比例や反比例を利用できないか考えようとする	0.72	0.13
[γ O] 数量の関係を一つの表現方法で表し終えた後に、指示されなければ別の表し方をしようとする	0.72	0.08
[γ O]* 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する	0.70	0.16
[γ A]* 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	0.68	0.20
[β C]* 変化や対応の特徴を捉えるときに、既習事項を使いやすいように整理していない	0.66	0.18
[β E]* 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	0.51	0.35
[α E] 友達が比例（または反比例）と判断した理由を深く知ろうとする	0.49	0.36
[β A]** 二つの数量の間に比例（または反比例）の関係がないかを友達と一緒に考えようとしている	0.18	-0.96
[γ E]* 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	0.07	-0.90
[β A]* 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を友達と話し合っている	0.08	-0.88
[β E]* 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のを、友達に伝えている	-0.01	-0.81
[γ A] 友達と相談しながら、表、式、グラフなどをうまく使おうとする	-0.15	-0.72
[γ A]* 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	-0.65
[α N]* 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	-0.22	-0.65
[α A]* 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	-0.21	-0.65
[γ E]** 比例、反比例の関係を表、式、グラフなどで表すとき、友達がどんな工夫をしているか見つけようとする	-0.18	-0.65
[α E] 友達が比例（または反比例）と判断した理由をできる限り理解しようとする	-0.28	-0.52

表 7 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)	3.877	0.238		16.305	0		
	[α O] 比例, 反比例の関係を式で表すのが難しいと, 工夫して解こうとしない	-0.09	0.039	-0.09	-2.278	0.023	0.219	4.57
	[α A]* 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	-0.104	0.034	-0.105	-3.036	0.002	0.287	3.479
	[β C]* 変化や対応の特徴を捉えるときに, 既習事項を使いやすいように整理していない	-0.109	0.03	-0.109	-3.607	0	0.372	2.689
	[α A]* 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	0.111	0.037	0.102	3.025	0.003	0.298	3.357
	[α C] 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	-0.104	0.035	-0.108	-2.97	0.003	0.257	3.896
	[α E] 友達が比例 (または反比例) と判断した理由をできる限り理解しようとする	0.128	0.036	0.094	3.581	0	0.491	2.035
	[β O] 問題を解決した後に, 新たな関数の問題を見いだそうとしない	-0.083	0.031	-0.083	-2.638	0.008	0.345	2.897
	[α C] 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	-0.084	0.034	-0.08	-2.498	0.013	0.336	2.975
	[α N] 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	0.088	0.037	0.08	2.342	0.019	0.294	3.402
	[β O] 指示されなければ, 表やグラフを活用して, いろいろな問題を解こうとしない	-0.07	0.033	-0.074	-2.098	0.036	0.277	3.609
	[γ C] 比例や反比例を用いて予測した結果や過程が間違っている, そのままにしがちである	-0.068	0.033	-0.067	2.035	0.042	0.313	3.195