

理科における認知欲求に関する基礎的研究

Need for Cognition in Science

雲財寛*¹, 中村大輝*²

UNZAI, Hiroshi, NAKAMURA Daiki

*¹ 日本体育大学大学院教育学研究科, *² 町田市立七国山小学校*¹ Graduate School of Education, Nippon Sports Science University*² Machida Municipal Nanakuniyama Elementary School

【要約】本研究の目的は、理科における認知欲求尺度を開発し、子どもの実態を把握することである。調査の結果、項目反応理論を用いて、妥当性・信頼性が確認された理科における認知欲求尺度を開発することができた。また、子どもの実態として、理科における認知欲求は、小学校高学年の児童の方が中学生よりも高いことを明らかにした。

【キーワード】理科教育, 認知欲求, 項目反応理論

I. 研究の背景

近年、学校教育において認知能力の育成が重要視されている。一方、非認知能力の長期的な影響を実証的に論じたジェームズ・ヘックマンの一連の研究（例えば、ヘックマン, 2015）によって、非認知能力についてもあらためて着目されることになった。非認知能力には様々な概念が包括されており、その中の一つに「認知欲求」がある。認知欲求とは、努力を要する認知活動に従事し、それを楽しむ内発的な傾向である（Cacioppo & Petty, 1982）。この認知欲求には、認知能力（例えば、合理的思考）との間に正の相関が確認されている（Macpherson & Stanovich, 2007）。このことから、認知欲求は認知能力を育成する上で重要な要素の一つであるといえる。

しかしながら、学校教育の領域においては、認知欲求に着目した研究はほとんどみられず、子どもの実態は明らかにされていない。平成 29 年 3 月に公示された新学習指導要領において、学力の三要素の一つとして「学びに向かう力・人間性」が明記されたように、学校教育においても非認知能力の重要性がますます高まっていくことは明らかである。このため、非認知能力の一つである認知欲求の評価や育成方法について研究を蓄積していく必要があると考える。

一方、心理学の領域において認知欲求の尺度はすでに開発されている。その尺度は「いろいろな問題

の新しい解決方法を考えることは楽しい」、「一生懸命に物事を考えれば、自分の人生の目標は達成できると思う」といった一般的な文脈における尺度である（神山・藤原, 1991）。また、小川・元吉・廣岡・山中・吉田（1999）や、田中・砂山（2013）の認知欲求に関する研究は、あくまで一般的な認知能力との相関を明らかにしたものであり、各教科の文脈に合わせたものではない。学校教育においてこれまでに評価されてきた非認知能力の一つである学習意欲は、教科固有であることが示唆されている（櫻井, 1997）。そのため、学校教育において、非認知能力の一つである認知欲求に着目した研究を行うためには、各教科の文脈に合わせた尺度開発が重要となる。そこで、本研究では、各教科の文脈に合わせた認知欲求の尺度開発の第一段階として理科に着目することとした。理科に着目した理由は、理科授業に固有の学習活動である「観察・実験をともなった一連の問題解決活動」が認知欲求の「努力を要する認知活動」に相当し、認知欲求を高める教科の一つになりうると思ったからである。

II. 研究の目的

以上のことから、本研究の目的を次の 2 点に設定した。第一に、理科における認知欲求尺度を開発する。第二に、理科における認知欲求の子どもの実態を把握する。

Ⅲ. 研究の方法

1. 理科における認知欲求の規定

前述したように、認知欲求とは、努力を要する認知活動に従事し、それを楽しむ内発的な傾向である (Cacioppo & Petty, 1982)。理科授業において、「努力を要する認知活動」とは、問題を認識し、問題に対する仮説を考え、その仮説を検証する観察・実験を計画・実行し、その結果について考察する問題解決活動 (神津, 2002; 角屋, 2013) に相当するといえる。このため、理科における認知欲求を「観察・実験を通した一連の問題解決に自ら取り組み、それを楽しむ内発的な傾向」と規定した。

2. 質問紙の作成

前述の規定を踏まえ、質問項目を作成した。作成にあたっては、神山・藤原 (1991) の質問項目を参考に 15 項目を作成した (質問項目の内容は Appendix 1 を参照)。回答は 5 件法 (1: “まったくあてはまらない” から 5: “とてもよくあてはまる”) で求めた。このほか、開発する理科における認知欲求尺度の収束的妥当性を確認するために、理科における批判的思考尺度 (木下・山中, 2014) の 23 項目、知的好奇心尺度 (西川・雨宮, 2015) の 12 項目を用いることにした。

3. 調査対象者及び手続き

2017 年 6 月～9 月に公立小学校の児童 346 名 (A 小学校: 第 5 学年 86 名, 第 6 学年 91 名, B 小学校: 第 5 学年 86 名, 第 6 学年 83 名), 公立中学校の生徒 971 名 (C 中学校: 第 1 学年 156 名, 第 2 学年 179 名, 第 3 学年 187 名, D 中学校: 第 1 学年 143 名, 第 2 学年 157 名, 第 3 学年 149 名) を対象に、作成した質問紙を用いて調査を行った。調査は無記名で行い、実施にあたっては「以下の項目はあなたにどの程度あてはまりますか。もっともあてはまるものを 1, 2, 3, 4, 5 のうちから 1 つ選び、番号に○をつけてください。」と教示し、回答を求めた。

4. 分析の方法

はじめに、順序尺度である 5 件法の尺度を統計的分析の簡便化のため、選択肢 1～5 を 1 点～5 点というように得点化し間隔尺度に変換した。そして、基礎集計として、各項目の平均値、標準偏差、点双

列相関係数を算出した。

次に、尺度構成を検討するために、項目反応理論 (Item Response Theory: IRT) の 1 モデルである段階反応モデル (Graded Response Model: GRM) の適応を検討した。IRT に基づく分析を行ったのは、当該手法が質問項目の特性や尺度の測定精度をきめ細かく観察できる点で従来の因子分析に基づく手法よりも優れていること、無作為抽出が必要でないことによる。IRT では、適用の前提条件として、項目群の一次元性、局所独立性、単調性が求められる (土屋, 2015; 豊田, 2013)。そこで、これらの前提条件が満たされているかを確認したうえで、GRM によるパラメータの推定を行った。

次に、テスト情報量や各被験者の特性値、妥当性係数の算出を通して、本尺度の信頼性や妥当性を検討した。最後に、理科における認知欲求の実態として、学年間の差を検討した。

なお、本研究では量的分析におけるパラメータの推定とその評価に際して、頻度論ではなくベイズ統計に基づく方法を主に用いた。これは、有意性検定の誤用による再現性の低下を指摘した一連の研究結果 (藤島・樋口, 2016; 池田・平石, 2016) に加え、パラメータの確率的範囲が直接解釈可能なベイズ統計の方が、推定結果を適切に解釈できると判断したためである。

量的分析にあたっては、ソフトウェアとして、RStudio (ver. 1.0.153) を使用した。また、追加のパッケージとして、構造方程式モデリングに際しては psych (ver. 1.7.8), lavaan (ver. 0.5-23.1097), GPArotation (ver. 2014.11-1), IRT に基づく分析に際しては mirt (ver. 1.25), mokken (ver. 2.87), ベイズ推定に際しては rstan (ver. 2.16.2) を追加で使用した。

Ⅳ. 結果

1. 基礎集計

はじめに、基礎集計として、各項目の平均値、標準偏差、点双列相関係数を算出した。平均値、標準偏差、点双列相関係数を表 1 に示す。

表 1 より、平均値および標準偏差の値から、天井効果や床効果が見られないことを確認した。また、点双列相関の値は 0.57-0.75 であり、高い正の相関を示していた。

ここで、質問項目 5 と 7 の点双列相関が相対的に低くなっていること、当該項目の質問内容に似た表現が複数箇所あったことから、同一内容であると判断し、質問項目 5 を除外して分析を進めることとした。

表 1 基礎集計

	平均値	標準偏差	点双列相関係数
Q1	3.17	1.11	0.71
Q2	3.11	1.14	0.64
Q3	3.64	1.13	0.65
Q4	2.97	1.14	0.66
Q5	3.27	1.20	0.59
Q6	3.31	1.15	0.74
Q7	3.24	1.23	0.59
Q8	2.83	1.22	0.73
Q9	3.08	1.17	0.73
Q10	3.41	1.21	0.66
Q11	3.18	1.18	0.62
Q12	3.68	1.23	0.57
Q13	2.98	1.15	0.75
Q14	2.91	1.14	0.74
Q15	3.20	1.24	0.65

2. 前提条件の確認

本研究では、項目反応理論 (IRT) の 1 モデルである段階反応モデル (GRM) に基づく尺度構成を念頭に置いている。そこで、IRT 適用の前提条件となる、「一次元性」を構造方程式モデリングによる確認的因子分析、「局所独立性」を Yen の Q3 統計量、「潜在単調性」を Mokken の尺度分析法によって確認し、前提条件を満たしていると判断した。

3. GRM に基づく分析

はじめに、GRM によって各項目に対する識別力パラメータ (a)、困難度パラメータ (b1~b4) をベイズ推定により算出した。ベイズ推定に際しては、長さ 21000 のチェーンを 5 つ発生させ、バーンイン期間を 1000 とし、HMC 法によって得られた 100000 個の乱数で事後分布、予測分布を近似した。なお、事前分布については豊田 (2017) を参考に、識別力パラメータでは平均 0、標準偏差 $1/\sqrt{2}$ の対数正規分布を、困難度パラメータでは平均 0、標準偏差 2 の正規分布を用いた。収束判定指標 Rhat はすべてのパラメータにおいて $Rhat < 1.1$ であり、母数・生成量の全てに関して有効標本数が 16330 個以上

と十分な数であったことから、各パラメータは事後分布・予測分布からの乱数の近似と判断した。項目パラメータの EAP 推定値を表 2 に示す。

表 2 では、識別力パラメータの値が大きいほど理科における認知欲求の特性値を識別する力が強いことを、困難度パラメータが大きいほど、あてはまると答えにくいことを表す。また、識別力パラメータの値は 0.01 から 0.34 が“非常に低い”，0.35 から 0.64 が“低い”，0.65 から 1.34 が“中程度”，1.35 から 1.69 が“高い”，1.70 以上が“非常に高い”と解釈できる (Baker, 2001)。

識別力パラメータに関して、項目 7 と項目 12 を除くすべての項目が 1.70 以上、項目 7 と項目 12 については 1.35 以上であった。Baker (2001) の基準から判断すると、項目 7 と項目 12 は識別力が高い項目、その他の項目は識別力が非常に高い項目と解釈できる。

4. 信頼性の検討

IRT では、特性値 θ に対応した情報量を算出することで、尺度の信頼性 (精度) を明らかにすることができる。尺度全体のテスト情報曲線を図 1 に、特性値に対応した標準誤差を図 2 に示す。

図 1 について情報量の合計は、79.28 であり、特性値 $\theta = -3.0 \sim 3.0$ の範囲に 75.27 (94.95%) が存在している。これらの特性値の範囲では、測定の標準誤差も低く抑えられている。図 1・2 より、本尺度は幅広い特性値の被験者を精度よく測定可能できると解釈できる。

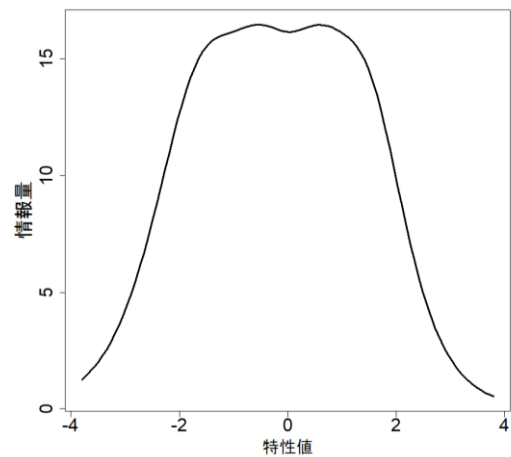


図 1 テスト情報曲線

表2 GRMによる項目パラメータのEAP推定値

	b1	b2	b3	b4	a
Q1	-1.93	-0.73	0.38	1.40	2.21
Q2	-1.89	-0.64	0.44	1.61	1.86
Q3	-2.37	-1.25	-0.28	0.88	1.87
Q4	-1.66	-0.58	0.62	1.85	1.77
Q6	-1.87	-0.80	0.19	1.11	2.49
Q7	-2.09	-0.79	0.21	1.51	1.35
Q8	-1.22	-0.25	0.71	1.51	2.31
Q9	-1.55	-0.55	0.43	1.37	2.49
Q10	-1.99	-0.90	0.07	0.96	1.95
Q11	-1.86	-0.78	0.36	1.47	1.72
Q12	-2.35	-1.35	-0.43	0.74	1.38
Q13	-1.48	-0.49	0.60	1.47	2.46
Q14	-1.38	-0.42	0.64	1.54	2.71
Q15	-1.71	-0.67	0.29	1.28	1.82

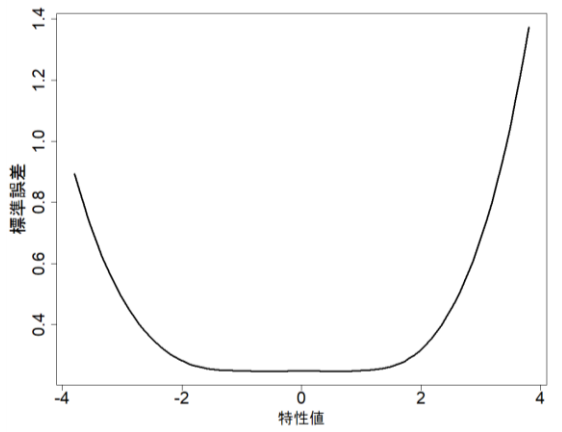


図2 標準誤差

5. 妥当性の検討

構成概念妥当性を検討するために、本尺度と既存の尺度（理科における批判的思考、知的好奇心）の妥当性係数を算出した。妥当性係数は、因子間の相関で表され、予想される相関が確認された場合、収束的妥当性を主張できる。

本研究では、次の手順で妥当性係数を算出した。まず、被験者の特性値 θ をベイズ推定により算出した。ベイズ推定に際しては、長さ 21000 のチェーンを 5 つ発生させ、バーンイン期間を 1000 とし、HMC 法によって得られた 100000 個の乱数で事後分布、予測分布を近似した。なお、事前分布には平均 0、標準偏差 1 の正規分布を用いた。収束判定指標 R_{hat} はすべてのパラメータにおいて $R_{hat} < 1.1$ であり、母数・生成量の全てに関して有効標本数が

59453 個以上と十分な数であったことから、各パラメータは事後分布・予測分布からの乱数の近似と判断した。推定された特性値の分布を図 3 に示す。

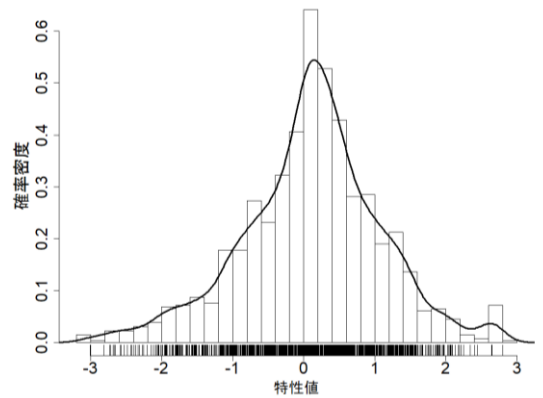


図3 特性値の分布

図 3 より、特性値の分布は正規分布に近いことがわかる。また、特性値の平均値は 0.11、標準偏差は 0.98 であり、GRM が仮定する標準正規分布に近い分布になっている。

次に、算出した特性値と既存の尺度の因子との妥当性係数をベイズ推定により算出した。ベイズ推定に際しては、長さ 21000 のチェーンを 5 つ発生させ、バーンイン期間を 1000 とし、HMC 法によって得られた 100000 個の乱数で事後分布、予測分布を近似した。なお、事前分布には多変量正規分布を用いた。収束判定指標 R_{hat} はすべてのパラメータにおいて $R_{hat} < 1.1$ であり、母数・生成量の全てに関し

て有効標本数が 68287 個以上と十分な数であったことから、各パラメータは事後分布・予測分布からの乱数の近似と判断した。推定された妥当性係数の EAP 推定値を表 3 に示す。

表 3 妥当性係数の EAP 推定値

尺度	下位尺度	妥当性 係数
知的好奇心	拡散好奇心	0.62
	特殊好奇心	0.62
理科における 批判的思考	探究的・合理的な思考	0.67
	多面的な思考	0.56
	反省的な思考	0.56
	健全な懐疑心	0.09

表 3 より、理科における認知欲求尺度としての収束的妥当性は、知的好奇心尺度の両下位尺度および理科における批判的思考尺度の 4 つの下位尺度のうちの 3 つの下位尺度（探究的・合理的な思考、多面的な思考、反省的な思考）について、中程度の正の関連によって確認された。

6. 学年差の実態

本項では、理科における認知欲求の実態として、特性値の学年差を検討する。検討に際しては、まず、母集団における各学年の特性値の EAP 推定値を算出した。推定に際しては、長さ 21000 のチェーンを 5 つ発生させ、バーンイン期間を 1000 とし、HMC 法によって得られた 100000 個の乱数で事後分布、予測分布を近似した。なお、事前分布には一様分布を用いた。収束判定指標 Rhat はすべてのパラメータにおいて $Rhat < 1.1$ であり、母数・生成量の全てに関して有効標本数が 80032 個以上と十分な数であったことから、各パラメータは事後分布・予測分布からの乱数の近似と判断した。次に、任意の 2 つの学年において、学年 A が学年 B よりも平均値が高い確率を算出した。結果を表 4、表 5 に示す。

表 4 より、小学校第 5・6 学年の特性値が相対的に大きいことが見て取れる。また、表 5 より、小学校においては、第 5 学年が第 6 学年より特性値が高い確率は 97% であることが分かる。「小学校高学年の児童は中学生より特性値が高い」という連言命題

を検討したところ、その確率は 100% であった。また、特性値について「小 5 > 小 6 > 中 3 > 中 1, 中 2」という連言命題が成り立つ確率は 97% であった。

表 4 母数の推定結果

	EAP	p.sd	2.5%	50.0%	97.5%
小 5	0.69	0.07	0.55	0.69	0.83
小 6	0.50	0.07	0.36	0.50	0.64
中 1	-0.23	0.05	-0.34	-0.23	-0.13
中 2	-0.16	0.05	-0.26	-0.16	-0.06
中 3	0.19	0.05	0.10	0.19	0.29

表 5 行の学年が列の学年より大きい確率

学年	小 5	小 6	中 1	中 2	中 3
小 5	0.00	0.97	1.00	1.00	1.00
小 6	0.03	0.00	1.00	1.00	1.00
中 1	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00
中 2	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00
中 3	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00

V. 考察

本項では、本尺度の信頼性および妥当性、理科における認知欲求の実態の 2 点について考察する。

まず、本尺度の信頼性および妥当性については、図 1・2 より、本尺度は $\theta = -3.0 \sim 3.0$ と幅広い特性値の被験者を精度よく測定可能であることがわかる。このことから、本尺度は、理科における認知欲求が高い者にも低い者にも用いることができる信頼性の高い尺度であるといえる。また、図 3 に示した特性値の分布が標準正規分布に近い形を示したことは、推定の妥当性を示している（豊田, 2002）。また、妥当性係数についても高い値を示していることから、既存の尺度を外的基準とした場合でも、本尺度の妥当性はあると判断できる。

次に、理科における認知欲求の実態として、特性値の学年差を検討する。「小学校高学年の児童は中学生より特性値が高い」という連言命題を検討したところ、その確率は 100% であったことから、理科における認知欲求について、小学校高学年の児童は中学生よりも高いことが明らかになった。さらに、表 5 に示す結果より、理科における認知欲求は小 5 を

ピークに下がり続け、中3で回復する傾向にあることが明らかになった。

今後は、この尺度を用いて、さらに調査対象の校種（例えば、高校生）を広げて、理科における認知欲求の実態を横断的に明らかにするとともに、理科における認知欲求に着目した指導法について考案する必要があると考える。

引用文献

Baker, F. B.: The Basics of Item Response Theory. (2nd. Ed.) ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, 42-44, 2001

Cacioppo, J. T. & Petty, R. E.: The Need for Cognition, *Journal of Personality and Social Psychology*, 42(1), 116-131, 1982

藤島喜嗣・樋口匡貴：社会心理学における”p-hacking”の実践例，心理学評論，59(1)，84-97, 2016

ヘックマン, J. J. : 幼児教育の経済学，東洋経済新報社，2015

池田功毅・平石界：心理学における再現可能性危機：問題の構造，現状と解決策，心理学評論，59(1)，3-14，2016

角屋重樹：なぜ、理科を教えるのか ー理科教育がわかる教科書一，30-34，文溪堂，2013

木下博義・山中真悟：理科学習における中学生の批判的思考に関する調査研究，63，15-21，2014

神山貴弥・藤原武弘：認知欲求尺度に関する基礎的研究，社会心理学研究，6(3)，184-192，1991

神津弘之：理科授業の構造，柴一実編，初等理科教育学，77-91，共同出版，2002

Macpherson, R. & Stanovich, K. E.: Cognitive ability, thinking dispositions, and instructional set as predictors of critical thinking, *Learning and Individual Differences*, 17(2), 115-127, 2007

西川一二・雨宮俊彦：知的好奇心尺度の作成ー拡散的好奇心と特殊的好奇心，教育心理学研究，63，412-425，2015

小川一美・元吉忠寛・廣岡秀一・山中一英・吉田俊和：大学生の適応過程に関する研究（3），日本教育心理学会総会発表論文集，41(0)，254，1999

櫻井茂男：学習意欲の心理学 自ら学ぶ子どもを育てる，誠信書房，1997

田中俊也・砂山琴美：ライティングの力を構成するさまざまな能力，関西大学高等教育研究，4，1-8，2013

豊田秀樹：項目反応理論 [事例編]，朝倉書店，2002

豊田秀樹：項目反応理論 [中級編]，189-202，朝倉書店，2013

豊田秀樹：実践ベイズモデリングー解析技法と認知モデル，95-105，朝倉書店，2017

土屋政雄：項目反応理論，Retrieved from https://researchmap.jp/muvwnplcp-32070/#_32070 (最終閲覧日 2017年11月23日)，2015

Appendix 1 質問項目一覧

番号	質問項目
Q1	理科の知識を使って、自然現象を説明していくことは楽しい。
Q2	実験結果について考察する時間が好きである。
Q3	自分の考えが合っていたかどうかを実験で確かめることが好きである。
Q4	理科の知識を日常生活につなげるようにしている。
Q5	日常生活の様々な場面で自然現象に対する疑問を持つことが多い。
Q6	自分の考えを確かめていく過程は楽しい。
Q7	身の回りの自然現象に対して疑問を持つ方だ。
Q8	ふしぎな自然現象に対して説明を考えていくことが好きだ。
Q9	問題を追究していく過程を楽しむことができる。
Q10	自分の考えをもとに計画していく実験は楽しい。
Q11	実験は、予想・仮説をしっかりと考えてから取り組むたい。
Q12	ふしぎな自然現象に出会うとワクワクする。
Q13	自然現象のきまりを考えることが好きである。
Q14	予想・仮説を確かめる方法について考えることは楽しい。
Q15	自然現象に対して自分なりの説明ができると満足を感じる。