資料論文

日本の理科教育研究におけるメタ認知測定に関する現状と課題

—質問紙尺度を用いた研究に着目して—

畠中 俊暉¹
 原田 勇希²
 草場 実³

【要 約】

子どもたちのメタ認知能力の育成は理科教育において非常に重要であり、多くの研究者や教師によって研究されてきた。しかし、子どもたちのメタ認知能力を適切に評価（測定）することは困難である。質問紙尺度を用いてメタ認知を測定する off-line メソッドは、簡便だが妥当性が低いことが示された（原田・久坂・草場・鈴木, 2020）。しかし、質問紙尺度の妥当性の指標となる相関係数の解釈が研究者間で異なり、理科教育学の領域内で統一した見解が得られていない。そこで本研究は、質問紙尺度を用いて子どもたちのメタ認知能力を測定した研究を網羅的に収集し、その論文内に記載された統計量と研究者の解釈をレビューすることを目的とした。結果より、今後の理科教育学領域におけるメタ認知研究では、(1) これまでに得られている知見の概念的追試を行うこと、(2) メタ認知の測定方法についての基礎的研究を進めていくことの2点が導出された。

【キーワード】 質問紙尺度, off-line メソッド, レビュー, 統計量, 研究者の解釈

1. 問題の所在

1.1 本研究の背景

中央教育審議会（2016）は、小・中学校ともに、「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること」などの資質・能力に課題があるとした。また、平成30年度に実施された全国学力・学習状況調査（中学校理科）の結果から、実験や条件制御などにおいて、自分や他者の考えを検討して改善することや、自然の事物・現象に含まれる要因を抽出して整理し、条件を制御して実験を計画することなどに課題が見られることが示された（国立教育政策研究所, 2018）。これらのことは、メタ認知能力に課題があることを示す。

「メタ認知（metacognition）」とは、「認知についての知識と認知」とされている（Flavell, 1979）。一般に、メタ認知は「メタ認知的知識」と「メタ認知的活動」に大別され、メタ認知的活動はメタ認知的モ

ニタリング（認知についての気づき・フィーリング・予想・点検・評価など）とメタ認知的コントロール（認知についての目標設定・計画・修正など）に分けられる（Flavell, 1979；三宮, 2008）。したがって、前述した「自分や他者の考えを検討」はメタ認知的モニタリングの「気づき」や「点検」に相当する。また、「条件を制御して実験を計画すること」はメタ認知的コントロールの「計画」に、「検討し改善すること」は「修正」に相当する。そのため、前述した資質・能力における今日的課題の根源は、子どもたちのメタ認知能力の育成であると言い換えられる。

現代教育においてメタ認知能力の育成が重要視されている背景として、メタ認知が動機づけや学習方略、学業達成指標（本論文では、調査問題によって測定した学業成績や学力を「学業達成指標」と広義に扱う）と密接な関係があることが挙げられる（e.g., 市原・新井, 2006；Ohtani & Hisasaka, 2018；上淵, 2007）。市原・新井（2006）は、中学生を対象に数学学習場面において、動機づけを説明変数、学習方略を媒介変数、学習成果を目的変数とする因果モデル

¹ 高知大学大学院教育学専攻

² 秋田大学教育文化学部

³ 高知大学教育学部

(動機づけモデル)を構成し、メタ認知活動はこのモデルに調整効果を持つことを示した。Ohtani & Hisasaka (2018)は、メタ認知測定におけるメタ分析を行い、on-line メソッドで測定したメタ認知と学業達成指標には確かな中程度の相関があること ($r=.53$ [.45, .61])を示し、さらに、知能を統制した上でもメタ認知が学業達成指標を予測できることを示した。Ohtani & Hisasaka (2018)が提出した知見は、メタ認知への教育的介入が学業達成指標の向上につながることを示唆するものである。

このようにメタ認知の重要性は理科教育に限らず他教科でも同様であるため、文部科学省 (2018)は、自分の思考や行動を客観的に把握し認識するメタ認知能力を育むために教育活動の充実を図っていく必要があることを示した。前述のように今日の理科教育では、生徒のメタ認知能力の育成に課題が見られる。特に、科学的思考を働かせるためには科学的思考のプロセスのコントロール及び方略の選択が必要であり、メタ認知が科学的思考には不可欠である (湯澤, 2008)。そのため、とりわけ理科教育ではメタ認知に着目し、その能力を伸長していくことが重要である。

ところで、久坂 (2016)は、国内の理科教育におけるメタ認知研究は (1) メタ認知の発達や実態等の解明, (2) 評価と測定, (3) 他の変数の関連性の分析, (4) メタ認知促進, (5) メタ認知活性化による他の変数の促進, (6) 指導方略の理論的検討や提言, の6つのタイプに分類した。このように国内の理科教育において多角的にメタ認知研究が遂行されている現状は (e.g., 木下・松浦・角屋, 2005; 和田・熊谷・森本, 2013; 湯澤, 2008), 理科教育におけるメタ認知の重要性を裏付けるものである。例えば、和田ら (2013)は、理科学習の進捗に伴う自律的な思考・表現の質的向上は、メタ認知の活性化が連動し、課題解決につながる具体的な方略の選択を可能にすることを示した。このように、理科教育において、子どもたちのメタ認知能力を育成するための教育的介入が行われている。そのため、指導者には教育活動の成果としてのメタ認知を適切に測定・評価することが求められる。

メタ認知の測定方法は、簡便だが精度に課題のある off-line メソッド (質問紙法や面接法など) と、負担は大きいが高精度の高い on-line メソッド (行動観察法や発話思考法など) に大別される (久坂, 2016)。さらに、久坂 (2016)は、日本の理科教育において、質問紙法の割合が全体の 67.9% という結果を示した。一方で、off-line メソッドの精度に課題があることを示

した海外の文献を引用し、メタ認知の測定は on-line メソッドまたはマルチメソッドで実施することや、測定したいメタ認知の枠組みを定めることを提案している (久坂, 2016)。しかし、日本の小・中学校教員の勤務時間は OECD 加盟国等の中で最長であり (国立教育政策研究所, 2020), 多忙である教育現場の実態を考慮すると、現状では簡便な off-line メソッドに頼らざるを得ないだろう。

Ohtani & Hisasaka (2018)は、適切に測定されたメタ認知と学業達成指標の間には確かな中程度の相関があることを明らかにした。これは、質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標の相関分析を行うことによって質問紙尺度の妥当性が検討可能であることを示唆するものである。さらに、学業達成指標の他にメタ認知と確かな相関が確認された外部変数があれば、質問紙尺度の妥当性を検討する際の指標が増え、より詳細な議論が可能となる。原田・久坂・草場・鈴木 (2020)は、外部変数を用いて、理科教育におけるメタ認知の質問紙尺度の収束的妥当性と弁別的妥当性を検討し、どちらの妥当性も確認できないことを示した。これは、質問紙尺度ではメタ認知を適切に測定できていない可能性を示唆するものである。実際、off-line メソッドの妥当性の低さに言及した文献は多々あり (Craig, Hale, Grainger & Stewart, 2020; 原田ら, 2020; Veenman, Prins & Verheij, 2003; Veenman & Van Cleef, 2019), とりわけ質問紙法の使用については無批判に受け入れるべきではないと考えられている。例えば、Craig et al. (2020)は、自己報告 (self-report) でメタ認知を測定した文献をメタ分析し、off-line メソッドと on-line メソッドは弱い正の相関 ($r=.22$ [.14, .31])に留まることを示した。Veenman & Van Cleef (2019)は、2種類の on-line メソッドと3種類の off-line メソッドを用いて数学におけるメタ認知を測定し、メソッド内の相関や学業達成指標との相関に関して、on-line メソッドでは強い正の相関が確認されたが、off-line メソッドでは弱い正の相関が確認されたことを示した。Veenman et al. (2003)は、認知活動と自己調整の頻度を測定する Inventory of Learning Styles (ILS) と呼ばれる off-line メソッドと学業達成指標の相関は不十分であることや、ILS と発話思考法 (on-line メソッド) には有意な相関がほとんどなかったことを示した。また、原田ら (2020)は、本来、理科学習とは無関係なはずのパーソナリティ変数である自己愛傾向が自己のメタ認知の働きの評価に混入することや、社会的に望ましいとされる回答を選択するために妥当性の低下が生じることを示唆している。したがって、

質問紙尺度の測定値に基づく統計量 (e.g., 相関係数, 回帰係数) の積極的な解釈には課題があると言えよう。

しかし, 上述とは異なり, 質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標との間に正の相関を見出した上でその意味を積極的に解釈した研究もあり, 現在のところ理科教育学領域の研究者の中でも見解が一致しているとは言えない。例えば, 中村・松浦 (2019) は質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標である科学的思考力と条件制御能力において, Ohtani & Hisasaka (2018) が明らかにした相関係数と同程度の有意な正の相関に対して, その意味を解釈している。また, 原田ら (2020) でも, 母相関係数が0以上である確率を90%以上と見積もっていることから, 正の相関自体は複数の研究で認められていると言えよう。つまり, 文献によって得られるメタ認知と学業達成指標の相関係数の解釈が研究者によって異なり, 理科教育学の領域内で統一した見解が得られていない。そのため, これまでの研究において質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標やその他の外部変数との間にどの程度の相関が見出されているのかを網羅的に調べ, その程度を見積もるとともに, 当時の論文内の解釈をまとめた上で, 現在の科学的知見に基づき再解釈と整理をしていく必要がある。

さらに, 教育的介入によるメタ認知育成の成果を, 質問紙尺度を用いて検討した研究もあることから, これまでに理科教育学研究者が質問紙尺度で測定したメタ認知の測定値の変容を根拠として, どのような教育実践の有効性を主張してきたのかを網羅的に調べる必要がある。なぜなら, それによって再検討が必要である研究課題が見出せるからである。

そこで本研究では, 質問紙尺度を用いてメタ認知能力を測定した論文を網羅的に収集し, その論文内に記載された統計量と研究者の解釈をレビューする。

1.2 本研究の目的

本研究の目的は3点ある。1点目は, 質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標の相関の程度や, 相関係数の解釈に関する現状と課題を見出すことである。2点目は, 質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標以外の外部変数の相関の程度や, 相関係数の解釈に関する現状と課題を見出すことである。3点目は, 教育的介入によって質問紙尺度で測定したメタ認知の測定値の変容を検討した研究の成果と測定値の解釈を明らかにすることを通して, 再検討が必要な研究課題を導出することである。

2. 研究の方法

2.1 調査対象の学術誌

『理科教育学研究』, 『日本教科教育学会誌』, 『科学教育研究』の3つの学術誌を対象とし, オンラインデータベース「J-STAGE」にて検索した。対象は2002年以降の査読付き論文とし, 「J-STAGE」上で検索可能な範囲とした。

2.2 検索条件

全ての文献に語句検索を実施した。語句検索は, タイトル, サブタイトル, 要約, キーワード及び本文中を対象とした。検索方法は, 「J-STAGE」でダウンロードしたデータに検索機能を用いて語句検索をした。具体的には, 全ての文献に対し「メタ認知」, 「metacognition」と検索し, 該当する文献を抽出した。次にその中から, 「理科」, 「science」, 「生活科」, 「living environment studies」, 「life studies」のいずれかの語句を含む文献を抽出することで, 理科教育に関するメタ認知研究の文献を選別した。さらに, 該当した文献から, 質問紙尺度を用いてメタ認知を測定した文献を抽出した (図1)。検索漏れを防ぐため, この抽出過程は理科教育学を専攻する大学院生2名が独立して行った。

3. 結果と考察

日本の理科教育研究領域において, 質問紙尺度を用いてメタ認知を測定した文献を抽出したところ13件であった。

13件のうち, 質問紙尺度で測定したメタ認知と外部変数の相関分析を実施した文献は5件であり, そのうち, 質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標の相関分析を行った文献は3件, 質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標以外の外部変数の相関分析を行った文献は4件であった (両方について相関分析を行っている文献については重複を認めた)。

また, 13件のうち, 教育的介入の前後を追跡し, 質問紙尺度で測定したメタ認知の測定値の変容を検討した文献は7件であった。

そして, メタ認知を質問紙尺度で測定したが, 上記のタイプに分類されなかった文献は1件であった (草場・木下・松浦・角屋, 2009)。

以下ではそれぞれのタイプの研究についてレビューを行う。

図1 質問紙尺度を用いてメタ認知を測定した理科教育に関する文献の抽出過程

3.1 質問紙尺度で測定したメタ認知と外部変数の相関を検討した研究

質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標の相関分析を行った3件について、示されている相関係数と、相関係数に対する解釈を整理した(表1)。

原田ら(2020)は、3種類の質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標の相関係数は、どの相関係数も95%CI(credible interval: 両側確信区間)に0を含んでいることから、「確かな正の相関は確認できなかった」と述べている。さらに、質問紙尺度で測定したメタ認知は学業達成指標と.20以下の相関しかない確率が高いことから、「メタ認知尺度の収束的妥当性に疑問を投げかけるものである」と解釈している。

松浦・角屋・岡田・檜山(2002)は、質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標との間の相関係数が $r=.273$ であることをもとに、「低い値であった」と解釈している。中村・松浦(2019)は、質問紙尺度で測定したメタ認知と条件制御能力には $.18 \leq rs \leq .29$ の弱い正の相関が見られたことをもとに、「メタ認知と条件制御能力に関連がある」と解釈している。

これらの研究で示している相関係数は、質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標の間に $r < .30$ の弱い相関であるという点で一貫した結果が得られている。一方で、松浦ら(2002)と中村・松浦(2019)は同程度の相関係数に対して、異なる解釈を与えている。すなわち、これまでの研究では一貫した相関係数が得られているにも拘らず、その解釈について研究者間で合意が得られているとは言えない。

メタ認知と学業達成指標の間の相関係数についてメタ分析したOhtani & Hisasaka(2018)は、off-lineメソッドで測定したメタ認知と学業達成指標との間の相関係数($r=.23$ [.20, .26])は、on-lineメソッドで測定したメタ認知($r=.53$ [.45, .61])よりも十分に小さいことを明らかにしている。先述した3件の研究が示している相関係数はOhtani & Hisasaka(2018)が示したoff-lineメソッドの相関係数とおおよそ一致する傾向である。off-lineメソッドで測定されたメタ認知と学業達成指標との間の相関の弱さは、少なくとも部分的には質問紙尺度の妥当性の低さを反映していると考えられているため(原田ら, 2020; Veenman, Bavelaar, De Wolf & Van Haaren, 2014)、現在のところ、無批判に質問紙尺度が十分な精度でメタ認知を適切に測定できると仮定することは難しいと考えられる。そのため、質問紙尺度でメタ認知を捉え学業達成指標との相関を見出したとしても、直ちに「メタ認知と関連がある」と解釈するのではなく、その意味を多方面から慎重に考える必要がある。

次に、質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標以外の外部変数の相関分析を行った文献をレビューする。該当する文献は4件であり、論文の中で示されている相関係数とその解釈を整理した(表2)。

山田(2017)は、全ての因子間において中程度以上の相関が見られたことから、「因子同士が有機的に関連しているだけでなく、1つの因子を強化すると他の因子も向上するという相互依存の可能性を示すものである」と解釈している。中村・松浦(2019)は、相関係数に対する解釈を記載していなかった。原田・中尾・鈴木・草場(2019)は、観察・実験に対するポジティブ感情とメタ認知で正の相関があっ

表 1 質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標の相関分析結果及び相関係数の解釈

著者（発行年）／ 学術誌	測定変数／測定尺度	相関分析	相関係数の解釈
松浦・角屋・岡田・ 檜山（2002） ／科学教育研究	メタ認知	A と B ($r = .273$, $n = 146$)	低い値であった。
	変数 A 観察・実験におけるメタ認知的 技能／自己評価に関する質問紙		
	外部変数 変数 B 電磁気領域の知識・理解／調査 問題		
中村・松浦（2019） ／理科教育学研究	メタ認知	A と D ($r = .14$, $n = 124$)	メタ認知の各変数と条件制御 能力に弱い正の相関が見られ たことから、メタ認知と条件 制御能力に関連があることを 示唆している。
	変数 A 自分自身によるメタ認知／観察・ 実験活動におけるメタ認知尺度	A と E ($r = .18^*$, $n = 124$) B と D ($r = .26^{**}$, $n = 124$)	
	変数 B 友人との関わりによるメタ認知 ／観察・実験活動におけるメ タ認知尺度	B と E ($r = .26^{**}$, $n = 124$) C と D ($r = .19^*$, $n = 124$) C と E ($r = .29^{**}$, $n = 124$)	
	変数 C 教師との関わりによるメタ認知 ／観察・実験活動におけるメ タ認知尺度		
	外部変数 変数 D 科学的思考力／単元テスト		
	変数 E 条件制御能力／調査問題		
	メタ認知	A と D ($r = .024$ [-.172, .216], $n = 126$)	
	変数 A 認知的方略のメタ認知／認知的 方略のメタ認知尺度	A と E ($r = .179$ [-.022, .368], $n = 106$) B と D ($r = .017$ [-.177, .211], $n = 124$)	
原田・久坂・草場・ 鈴木（2020） ／理科教育学研究	変数 B 観察・実験活動におけるメタ認 知／観察・実験活動におけるメ タ認知尺度	B と E ($r = .139$ [-.062, .332], $n = 106$) C と D ($r = .041$ [-.153, .234], $n = 125$) C と E ($r = .149$ [-.051, .341], $n = 106$)	学業成績との間の相関係数を 確認したところ、どの尺度も 95% CI に 0 を含んでおり、 確かな正の相関は確認できな かった。そして、メタ認知尺 度は学業成績と .20 以下の相 関しか持たない確率が高いこ を意味しており、メタ認知 尺度の収束的妥当性に疑問を 投げかけるものである。
	変数 C 理科学習場面におけるメタ認知 ／理科学習場面におけるメ タ認知尺度		
	外部変数 変数 D 学力／平成 30 年度全国学力・ 学習状況調査（中学校理科）		
	変数 E 学力／平成 30 年度全国学力・ 学習状況調査（中学校理科）		
	メタ認知		
	変数 A 認知的方略のメタ認知／認知的 方略のメタ認知尺度		

注）原田ら（2020）の変数 D は公表されている正答率を、変数 E は X 中学校に通う第 2 学年の生徒（ $n = 111$ ）を対象として実施した調査問題の合計正答率を学業達成指標とした

* $p < .05$, ** $p < .01$

たことから、「この結果は理論的仮定と合致するものであり、g 因子の外的な側面の証拠が確認された」と解釈している。これらの記述をまとめると、大部分の論文において質問紙尺度で測定したメタ認知と外部変数（動機づけ変数など）の相関について、その意味を積極的に解釈していることが分かる。

一方で、メタ認知の質問紙尺度の妥当性を検討した原田ら（2020）は、妥当性が認められないことを示唆している。実際、質問紙尺度で測定したメタ認知が動機づけ変数と強い正の相関を示すことは、メタ認知の質問紙尺度の妥当性を仮定しなくとも説明できる。例えば、先行研究では増分妥当性（incremental validity；Sechrest, 1963）が十分検討されていないため、メタ認知を測定する質問紙によっ

て“動機づけそのもの”が測定されている可能性を否定できない。動機づけ変数はメタ認知を働かせることなどを含む自己調整学習の基盤であり、その結果、学業達成指標に影響すると想定されている（e.g., 鹿毛, 2013；Lens & Vansteenkiste, 2008）。そのため、メタ認知の指標は動機づけ変数の影響を統計的に統制した上でも学業達成指標の分散を説明できる必要がある。しかし、メタ認知の質問紙尺度と動機づけ変数は非常に高く相関し（e.g., 原田ら, 2019；山田, 2017）、また前述のように学業達成指標との相関は弱いため、増分妥当性には疑問が残されている。

また、メタ認知も動機づけ変数も同じ質問紙法を用いて測定していることから、黙従傾向（acquiescence）、中間回答傾向（central tendency）、社会的望ましき反

表2 質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標以外の外部変数の相関分析結果及び相関係数の解釈

著者（発行年） ／学術誌	測定変数／測定尺度	相関分析	相関係数の解釈
山田（2017） ／科学教育研究	メタ認知	AとC ($r = .818^{**}$, $n = 482$)	全ての因子間において中程度以上の相関が見られたことから、因子同士が有機的に関連しているだけでなく、1つの因子を強化すると他の因子も向上するという相互依存の可能性を示すものである。
	変数A 問題解決に必要な論理的思考／メタ認知尺度	AとD ($r = .683^{**}$, $n = 482$)	
	変数B 思考の精緻化に向けた対話的な学び／メタ認知尺度	AとE ($r = .581^{**}$, $n = 482$)	
	外部変数	AとF ($r = .795^{**}$, $n = 482$)	
		AとG ($r = .784^{**}$, $n = 482$)	
	変数C 学習内容の関連・分類／理科教育用学習方略測定尺度	BとC ($r = .781^{**}$, $n = 482$)	
	変数D 学習内容の要約／理科教育用学習方略測定尺度	BとD ($r = .642^{**}$, $n = 482$)	
	変数E 学習内容の記録・整理／理科教育用学習方略測定尺度	BとE ($r = .588^{**}$, $n = 482$)	
	変数F 意欲的な探究活動／学習意欲測定尺度	BとF ($r = .793^{**}$, $n = 482$)	
	変数G 能動的な学習態度／学習意欲測定尺度	BとG ($r = .778^{**}$, $n = 482$)	
中村・松浦（2019） ／理科教育学研究	メタ認知	AとD ($r = .29^{**}$, $n = 124$)	記載なし
	変数A 自分自身によるメタ認知／観察・実験活動におけるメタ認知尺度	AとE ($r = .41^{***}$, $n = 124$)	
	変数B 友人との関わりによるメタ認知／観察・実験活動におけるメタ認知尺度	AとF ($r = .66^{***}$, $n = 124$)	
		BとD ($r = .28^{**}$, $n = 124$)	
	変数C 教師との関わりによるメタ認知／観察・実験活動におけるメタ認知尺度	BとE ($r = .37^{***}$, $n = 124$)	
		BとF ($r = .58^{***}$, $n = 124$)	
	外部変数	CとD ($r = .26^{**}$, $n = 124$)	
		CとE ($r = .34^{**}$, $n = 124$)	
	変数F 理科における認知欲求（時点2）／理科における認知欲求尺度	CとF ($r = .61^{***}$, $n = 124$)	
原田・中尾・鈴木・草場（2019） ／理科教育学研究	メタ認知	AとB ($r = .825$ [.784, .864], $n = 398$)	g因子（ポジティブ感情）とメタ認知で正の相関があったことから、理論的仮定と合致するものであり、ポジティブ感情の外的な側面の証拠が確認されたといえる。
	変数A 観察・実験におけるメタ認知／観察・実験におけるメタ認知尺度	AとC ($r = -.222$ [-.340, -.108], $n = 398$)	
	外部変数	AとD ($r = .106$ [-.006, .216], $n = 398$)	
		AとE ($r = .250$ [.153, .346], $n = 398$)	
	変数B ポジティブ感情／観察・実験に対する興味尺度		
	変数C 体験志向／観察・実験に対する興味尺度		
	変数D 知識獲得志向／観察・実験に対する興味尺度		
原田・久坂・草場・鈴木（2020） ／理科教育学研究	メタ認知	AとD ($r = .192$ [.012, .366], $n = 125$)	メタ認知尺度と自尊心、自己愛傾向、社会的望ましき反応バイアスで確かな正の相関が認められ、偏相関係数の結果より、自己愛傾向に固有な成分とメタ認知尺度が確かな相関をもつことを示したことから、メタ認知尺度の弁別的妥当性に疑問を投げかけるものである。
	変数A 認知的方略のメタ認知／認知的方略のメタ認知尺度	AとE ($r = .298$ [.122, .462], $n = 126$)	
	変数B 観察・実験活動におけるメタ認知／観察・実験活動におけるメタ認知尺度	AとF ($r = .375$ [.204, .530], $n = 121$)	
		BとD ($r = .273$ [.095, .439], $n = 125$)	
	変数C 理科学習場面におけるメタ認知／理科学習場面におけるメタ認知尺度	BとE ($r = .370$ [.198, .521], $n = 126$)	
		BとF ($r = .351$ [.177, .508], $n = 121$)	
	外部変数	CとD ($r = .242$ [.061, .414], $n = 125$)	
		CとE ($r = .358$ [.187, .510], $n = 126$)	
	変数F 社会的望ましき反応バイアス／自己欺瞞尺度	CとF ($r = .339$ [.165, .498], $n = 121$)	

$^{**}p < .01$, $^{***}p < .001$

応バイアス (social disability bias) などの項目内容とは無関係な回答傾向 (e.g., response bias: 反応バイアス; Paulhus, 1991) による影響を共有しているために、非常に高い相関が観測されている可能性もある。その場合、メタ認知と動機づけの理論的仮定と整合的な相関パターンが観察されたとしても、収束的妥当性があると結論づけることは難しい。反応バイアスを考慮した分析方法は既に様々開発されている (e.g., 北條・岡田, 2018; King & Wand, 2007; 登張, 2007; Weijters, Schillewaert & Geuens, 2008) ため、質問紙尺度で測定し分析する際は、反応バイアスの影響を統制したり (e.g., 統制変数, 共変量として投入), 反応バイアス自体をパラメータ化し検討対象とする潜在変数と分離する方法 (北條・岡田, 2018) を用いたりすることも検討できる。

前述のように増分妥当性や反応バイアスの適切な統制手法が確立されれば、off-line メソッドによる測定の道が切り開けるかもしれない。しかし現状 on-line メソッドでは妥当な測定ができていいると考えられるので、こちらの方法論を優先した方が良いかもしれない。例えば、on-line メソッドの代表的な方法である発話思考法は、被験者に文字を読む際や自分の考えを絶えず言葉で表現させ、データを記録し分析する方法である (Veenman et al., 2014)。Veenman et al. (2014) は、メタ認知の測定方法によって学業達成指標の予測はどの程度異なるかを検討し、off-line メソッドよりも on-line メソッドで測定したメタ認知の方がより強く学業達成指標を予測していることを示した。また、コンピュータのログファイルを用いてメタ認知を測定する方法もある。この方法は、コンピュータに学習課題が表示され、被験者が操作したことが随時ログファイルに記録されるとともに、指定したコーディングスキーマに自動的に分類される方法である (Veenman et al., 2014)。Veenman et al. (2014) は、ログファイルを用いた測定方法はメタ認知を妥当に測定できることを示した。こうした知見を踏まえて、今後の研究では、質問紙尺度でメタ認知を測定し、結果を解釈をした知見に関して、妥当性のある測定方法でメタ認知を測定し直すような分析手法を洗練し、メタ認知と外部変数との関連について、より慎重に再検討を進めていくべきである。

3.2 教育的介入の前後を追跡し、質問紙尺度で測定したメタ認知の測定値の変容を検討した研究

教育的介入の前後を追跡し、質問紙尺度で測定したメタ認知の測定値の変容を検討した7件の文献について、測定値の変化量と、それに対する解釈を整

理した (表3)。どの論文でも事前に測定したメタ認知と比較して事後に測定したメタ認知の測定値の方が高いという結果を示していた。

例えば、草場・角屋・森 (2012) は、メタ認知を活性化するための観察・実験活動の実践を行い、「本研究でデザインした観察・実験活動によれば、『自分自身によるメタ認知』と『他者との関わりによるメタ認知』が活性化される」と解釈している。宮本・木下 (2018) は、生徒による主体的なメタ認知を育成するための指導法を考案・実践し、「考案した指導法は、生徒が実験方法を理解したりその方法を点検したりするモニタリングおよび行動の修正を行うコントロールに対する効果が確認できた」と解釈している。このように、どの論文もその教育的意味を積極的に解釈していた。

これらの研究で報告されていた統計量をもとに効果量 ($Hedges'g$, $Glass'Δ$) を算出した。ここで求める効果量は、標準偏差に対する平均値差の大きさを表すものであり、教育効果の指標として一般に用いられている指標である (e.g., Hattie, 2009 山森監訳 2018)。

$Hedges'g$ は以下の式で求めた。まず介入前後に共通な母分散を標本から推定する際の不偏分散 s_p^2 を以下の式で表し (s_2^2 は介入後の不偏分散, s_1^2 は介入前の不偏分散, n_2 は介入後のサンプルサイズ, n_1 は介入前のサンプルサイズ),

$$s_p^2 = \frac{(n_2 - 1)s_2^2 + (n_1 - 1)s_1^2}{n_2 + n_1 - 2}$$

正の平方根をとった以下の式によって介入前後で共通な母標準偏差の推定量 (プールした標準偏差) s_p を求めた。

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_2 - 1)s_2^2 + (n_1 - 1)s_1^2}{n_2 + n_1 - 2}}$$

そして s_p を用いて標準化し、介入後の平均値を M_2 , 介入前の平均値を M_1 として、効果量 g を以下のよう

$$g = \frac{M_2 - M_1}{s_p}$$

$Hedges'g$ は効果量の一般的な指標であるが、この指標は母標準偏差が介入の前後で等しいという強い仮定を前提としている。そこで、そのような仮定のない効果量の指標である $Glass'Δ$ も求め、併記した。 $Glass'Δ$ は、介入前の不偏分散の平方根で求められる介入前の母標準偏差の推定量 s_1 を用い、以下の式で求めた。

表 3 教育的介入によって質問紙尺度で測定したメタ認知の測定値の変容を検討した研究の成果と測定値の解釈

著者（発行年） ／学術誌	目的・介入内容	測定変数／測定尺度	介入前 Mean (SD)	介入後 Mean (SD)	Hedges' g	結果	測定値の解釈
松浦・木下 (2008) ／日本教科教育学会誌	作成した水平テストがメタ認知の 変容を測定できるか否かを確認す るために、メタ認知の育成を目的 とした実践を行った。具体的な指 導法は、①自己統制方略の教示、 ②学習計画表の提示、③問いかけ の工夫、④フラッシュカードの活 用、⑤ワークシートの工夫、の5 つであった。この指導法を用い て、教師が常に学習の振り返りを 明示した。	観察・実験活動にお けるメタ認知／観 察・実験活動にお けるメタ認知尺度	水平テストによる評価 (θ)	生徒 A : 0.113 生徒 B : -0.058 生徒 C : 1.680		事前調査でメタ認知が十分に働い ていないと判断した実験群の生徒 からランダムに抽出された3名す べての生徒において、メタ認知の 働きが高まっていることが読み取 れた。1回目の刺激再生質問紙に おいて既にメタ認知的な記述の見 られた生徒 C は、実験前・後に おいてそれぞれ生徒 A や生徒 B よ りも高い値となっており、生徒の 実態を反映した値となっていた。	本研究において作成した2 つのテストは水平テストと して有効に機能している と判断できる。
草場・湯澤・角屋・森 (2010) ／日本教科教育学会誌	メタ認知を活性化す るメタ認知の科学的知識の定着に 及ぼす効果について実践的に検討 することを目的とした。メタ認知 を活性化するための観察・実験活 動をデザインし、実践事例を開発し た。処遇授業の効果を検証すべく 比較となる授業を対照授業とした。	自分自身によるメタ 認知／観察・実験活 動におけるメタ認知 尺度	処遇群, $n = 26$ (実験前) 3.50 (0.49) (実験中) 3.31 (0.66) (実験後) 3.77 (0.69) (実験後) 3.27 (0.55) 対照群, $n = 32$ (実験前) 3.42 (0.65) (実験中) 3.30 (0.93) (実験中) 3.70 (0.83) (実験後) 3.13 (0.61)	処遇群, $n = 26$ (実験前) 3.97 (0.60) (実験前) 4.00 (0.77) (実験中) 4.10 (0.54) (実験後) 3.73 (1.04) 対照群, $n = 32$ (実験前) 3.63 (0.66) (実験前) 3.45 (0.70) (実験中) 3.79 (0.70) (実験後) 3.56 (0.91)	処遇群 $g = 0.86$ $d = 0.96$ 対照群 $g = 0.32$ $d = 0.32$	「自分自身によるメタ認知」と 「他者との関わりによるメタ認知」 のいずれも、処遇群の平均値が、 対照群のそれよりも有意に高かつ た。「実験前の自分自身によるメ タ認知」と「実験後の他者との関 わりによるメタ認知」の処遇群の 平均値が、対照群のそれより有意 に高かった。実験中の場面では、 処遇群と対照群にはメタ認知の活 性化に差異は見られなかった。	「自分自身によるメタ認知」と 「他者との関わりによるメタ認知」 のいずれも、処遇群の平均値が、 対照群のそれよりも有意に高かつ た。「実験前の自分自身によるメ タ認知」と「実験後の他者との関 わりによるメタ認知」の処遇群の 平均値が、対照群のそれより有意 に高かった。実験中の場面では、 処遇群と対照群にはメタ認知の活 性化に差異は見られなかった。
		他者との関わりによ るメタ認知／観察・ 実験活動におけるメ タ認知尺度	処遇群, $n = 26$ (実験前) 3.38 (0.52) (実験前) 3.81 (0.58) (実験中) 3.15 (0.83) (実験後) 3.22 (0.71) 対照群, $n = 32$ (実験前) 3.39 (0.53) (実験前) 3.67 (0.74) (実験中) 3.16 (0.63) (実験後) 3.30 (0.67)	処遇群, $n = 26$ (実験前) 3.82 (0.72) (実験前) 4.13 (0.73) (実験中) 3.42 (1.10) (実験後) 3.76 (0.81) 対照群, $n = 32$ (実験前) 3.53 (0.46) (実験前) 3.84 (0.67) (実験中) 3.21 (0.71) (実験後) 3.45 (0.49)	処遇群 $g = 0.70$ $d = 0.96$ 対照群 $g = 0.28$ $d = 0.32$		
草場・角屋・森 (2012) ／日本教科教育学会誌	高等学校理科において、科学的知 識を活用する観察・実験活動が、 高校生の実験観の変容に及ぼす効 果について実践的に検討すること を目的とした。メタ認知を活性化 するための観察・実験活動をデザ インし、実践事例を開発した。処 遇授業の効果を検証すべく比較と なる授業を対照授業とした。	自分自身によるメタ 認知／観察・実験活 動におけるメタ認知 尺度	処遇群, $n = 75$ (実験前) 3.50 (0.81) (実験前) 3.29 (1.04) (実験中) 3.74 (0.86) (実験後) 3.36 (1.05) 対照群, $n = 75$ (実験前) 3.67 (0.81) (実験前) 3.58 (0.97) (実験中) 3.77 (0.89) (実験後) 3.61 (1.04)	処遇群, $n = 75$ (実験前) 4.10 (0.71) (実験前) 4.08 (0.82) (実験中) 4.15 (0.72) (実験後) 4.07 (0.81) 対照群, $n = 75$ (実験前) 3.79 (0.92) (実験前) 3.57 (1.07) (実験中) 3.94 (0.92) (実験後) 3.78 (1.07)	処遇群 $g = 0.79$ $d = 0.74$ 対照群 $g = 0.14$ $d = 0.15$	処遇群の「自分自身によるメタ認 知」と「他者との関わりによるメ タ認知」の平均値が、対照群のそ れよりも有意に高かった。「実験 前と実験後の自分自身によるメタ 認知」と「実験後の他者との関 わりによるメタ認知」の処遇群の 平均値が、対照群のそれより有意 に高かった。	本研究でデザインした実験 活動によれば、「自分自身 によるメタ認知」と「他者 との関わりによるメタ認 知」が活性化される。
		他者との関わりによ るメタ認知／観察・ 実験活動におけるメ タ認知尺度	処遇群, $n = 75$ (実験前) 3.50 (0.88) (実験前) 3.74 (1.08) (実験中) 3.33 (0.99) (実験後) 3.42 (0.91) 対照群, $n = 75$ (実験前) 3.51 (0.84) (実験前) 3.70 (0.89) (実験中) 3.34 (1.14) (実験後) 3.46 (0.94)	処遇群, $n = 75$ (実験前) 4.21 (0.72) (実験前) 4.38 (0.73) (実験中) 3.97 (0.96) (実験後) 4.06 (0.81) 対照群, $n = 75$ (実験前) 3.52 (0.82) (実験前) 3.57 (1.12) (実験中) 3.37 (0.97) (実験後) 3.54 (0.79)	処遇群 $g = 0.88$ $d = 0.81$ 対照群 $g = 0.01$ $d = 0.01$	「自分自身によるメタ認知」と 「他者との関わりによるメタ認 知」の平均値が、対照群のそれ よりも有意に高かった。実験中 の場わりによるメタ認知」の処 遇群の平均値が、対照群のそれよ り有意に高かった。	

著者 (発行年) ／学術誌	目的・介入内容	測定変数／測定尺度	介入前 Mean (SD)	メタ認知 Mean (SD)	介入後 Mean (SD)	教育効果 (効果量) Hedges' g Glass' d	結果	測定値の解釈
宮本・木下・綱本 (2015) ／理科教育学研究	高等学校化学において、実験中のメタ認知を育成するための指導法を教材の工夫・改善の視点から考案し、その効果を検証することを目的とした。考案した指導法は、「実験活動が終わった段階で実験中に行なった自らの活動を振り返らせることで、モニタリングの経験を与えらる」とともにその必要性を認識させ (step 1)、次時においてこの経験をともに即時的にモニタリングを行わせる (step 2) として、これを基に実験教材を考案した。	実験方法の理解 ／メタ認知尺度	実験群, $n = 34$ 3.23 (0.98) 対照群, $n = 37$ 3.96 (0.95)	実験群, $n = 34$ 4.19 (0.68) 対照群, $n = 37$ 4.34 (0.69)	実験群 $g = 1.14$ 対照群 $g = 0.46$ $d = 0.24$	事後調査において、「実験方法の点検」については、質問紙およびワークシートの方から指導法の効果を確認することができた。「実験方法の理解」については、実験ワークシートからのみ指導法の効果を確認することができた。一方、質問紙から対照群との間に有意差がみられなかったことについては、現段階での解釈は難しく、今後の研究においてその要因や再現性の有無を検討していく必要がある。「情報の修正」「情報の収集」に関しては、効果がみられなかった。	事後調査において、「実験方法の点検」については、質問紙およびワークシートの方から指導法の効果を確認することができた。「実験方法の理解」については、実験ワークシートからのみ指導法の効果を確認することができた。一方、質問紙から対照群との間に有意差がみられなかったことについては、現段階での解釈は難しく、今後の研究においてその要因や再現性の有無を検討していく必要がある。「情報の修正」「情報の収集」に関しては、効果がみられなかった。	事後調査において、「実験方法の点検」については、質問紙およびワークシートの方から指導法の効果を確認することができた。「実験方法の理解」については、実験ワークシートからのみ指導法の効果を確認することができた。一方、質問紙から対照群との間に有意差がみられなかったことについては、現段階での解釈は難しく、今後の研究においてその要因や再現性の有無を検討していく必要がある。「情報の修正」「情報の収集」に関しては、効果がみられなかった。
		実験方法の点検 ／メタ認知尺度	実験群, $n = 34$ 3.32 (0.96) 対照群, $n = 37$ 3.90 (0.63)	実験群, $n = 34$ 4.02 (0.70) 対照群, $n = 37$ 4.03 (0.70)	実験群 $g = 0.83$ 対照群 $g = 0.20$ $d = 0.21$			
		行動の修正 ／メタ認知尺度	実験群, $n = 34$ 2.54 (0.98) 対照群, $n = 37$ 2.87 (1.03)	実験群, $n = 34$ 3.15 (0.95) 対照群, $n = 37$ 3.37 (0.98)	実験群 $g = 0.63$ 対照群 $g = 0.50$ $d = 0.49$			
		情報の収集 ／メタ認知尺度	実験群, $n = 34$ 3.79 (0.88) 対照群, $n = 37$ 3.92 (0.78)	実験群, $n = 34$ 4.18 (0.94) 対照群, $n = 37$ 4.09 (0.74)	実験群 $g = 0.43$ 対照群 $g = 0.22$ $d = 0.22$			
出口・山口・庄生・ 穂垣 (2016) ／理科教育学研究	ノー圧縮を行う際の学習者によるメタ認知の活性化について、ソフトウェア利用クラスと紙マップ利用クラスとの比較を通して明らかにする。	観察・実験活動におけるメタ認知	ソフトウェア利用, $n = 39$ 中央値: 59 四分位範囲: 54-63	ソフトウェア利用, $n = 39$ 中央値: 65 四分位範囲: 61-67	ソフトウェア利用, $n = 39$ 中央値: 65 四分位範囲: 61-67	ソフトウェア利用クラス・紙マップ利用クラスのいずれにおいても、事前テストから事後テストの得点に有意な上昇が見られた。事前テストにおいては、両クラス間に有意な差は認められなかったものの、事後テストにおいてはソフトウェア利用クラスの方が有意に高いことが示された。		
		紙マップ利用	紙マップ利用, $n = 36$ 中央値: 58 四分位範囲: 53-62	紙マップ利用, $n = 36$ 中央値: 62 四分位範囲: 57-64	紙マップ利用, $n = 36$ 中央値: 62 四分位範囲: 57-64	ソフトウェア利用クラス・紙マップ利用クラスのいずれにおいても、事前テストから事後テストの得点に有意な上昇が見られた。事前テストにおいては、両クラス間に有意な差は認められなかったものの、事後テストにおいてはソフトウェア利用クラスの方が有意に高いことが示された。		
		実験方法の理解 ／メタ認知尺度	実験群, $n = 41$ 3.51 (0.93) 対照群, $n = 40$ 3.86 (0.90)	実験群, $n = 41$ 4.18 (0.72) 対照群, $n = 40$ 3.83 (1.03)	実験群 $g = 0.81$ 対照群 $g = -0.03$ $d = -0.03$	「実験方法の理解」「実験方法の点検」「行動の修正」について、対照群よりも実験群の方が有意に高い得点であった。	「実験方法の理解」「実験方法の点検」「行動の修正」について、対照群よりも実験群の方が有意に高い得点であった。	
		実験方法の点検 ／メタ認知尺度	実験群, $n = 41$ 3.67 (0.80) 対照群, $n = 40$ 3.89 (0.64)	実験群, $n = 41$ 4.05 (0.76) 対照群, $n = 40$ 3.89 (0.93)	実験群 $g = 0.49$ 対照群 $g = 0.00$ $d = 0.00$			
宮本・木下 (2018) ／日本教科教育学会誌	高等学校化学において、生徒によるメタ認知を育成するための指導法を考案し、その効果を検証することを目的とした。考案した指導法は、「チェックシートを用いて生徒のモニタリングを活用するとともに (step 1)、他者との話し合い活動の中で自分の行った活動の振り返りを行わせ、次時での活動の改善につなげる (step 2)」とし、これを基に実験教材を考案した。	行動の修正 ／メタ認知尺度	実験群, $n = 41$ 3.21 (0.82) 対照群, $n = 40$ 3.43 (0.77)	実験群, $n = 41$ 3.70 (0.85) 対照群, $n = 40$ 3.49 (0.86)	実験群 $g = 0.59$ 対照群 $g = 0.07$ $d = 0.08$	指導法は、生徒が実験方法を理解したりその方法を点検したりするモニタリングおよび行動の修正を行うコントロールに対する効果が確認できた。	指導法は、生徒が実験方法を理解したりその方法を点検したりするモニタリングおよび行動の修正を行うコントロールに対する効果が確認できた。	
		情報の収集 ／メタ認知尺度	実験群, $n = 41$ 3.89 (0.96) 対照群, $n = 40$ 4.03 (0.94)	実験群, $n = 41$ 4.15 (0.85) 対照群, $n = 40$ 3.97 (1.03)	実験群 $g = 0.29$ 対照群 $g = -0.06$ $d = -0.06$			
		現状評価	現状評価, $n = 38$ 4.45 (0.83)	現状評価, $n = 34$ 4.82 (0.86)	現状評価 活動評価 比較 $g = 0.44$ $d = 0.45$			
		活動評価	活動評価, $n = 38$ 4.17 (0.76)	活動評価, $n = 34$ 4.82 (0.86)	活動評価 活動評価 比較 $g = 0.44$ $d = 0.45$			
田邊・高田・宮内・ 中野・鎌田 (2019) ／理科教育学研究	資質・能力の育成を直接狙っていない授業、すなわち教科内容の習得を第一義とした、いわゆる通常の授業を対象に、生徒がもつ様々な資質・能力が、授業活動によってどのように育成されるかについて検討した。質問紙調査は、単元を通じた指導の効果を測定するために、単元の開始前 (現状評価)、本時の授業終了直後 (活動評価)、単元の終了後 (伸び評価) に実施した。	理科の学びや活動の中における先を見通す力 (メタ認知的方略のプランニング)／資質・能力の尺度	現状評価, $n = 38$ 4.45 (0.83)	現状評価, $n = 34$ 4.82 (0.86)	現状評価 活動評価 比較 $g = 0.44$ $d = 0.45$	本時授業においては、自身のいつもの状態に比べ、汎用的スキルカテゴリーの資質・能力の発揮や活用が全体的に実感されていた。※「先を見通す力」は、資質・能力のうち汎用的スキルカテゴリーに位置づけられている	本時授業においては、自身のいつもの状態に比べ、汎用的スキルカテゴリーの資質・能力の発揮や活用が全体的に実感されていた。※「先を見通す力」は、資質・能力のうち汎用的スキルカテゴリーに位置づけられている	
		現状評価	現状評価, $n = 38$ 4.45 (0.83)	現状評価, $n = 34$ 4.82 (0.86)	現状評価 活動評価 比較 $g = 0.44$ $d = 0.45$			

$$\Delta = \frac{M_2 - M_1}{s_1}$$

これらの効果量を算出したところ、大きな効果量と判断される水準で測定値の向上が認められているケースが多かった。そのため、もしメタ認知の質問紙尺度に十分な妥当性があるなら、その解釈に瑕疵はない。

しかし繰り返しになるが、現在ではメタ認知の質問紙尺度の妥当性に疑問が提出されている (e.g., 原田ら, 2020)。そのため、表3に記載されている教育方法の知見を活用する前に、妥当性の高いメタ認知の測定方法を用いて再度検討する必要がある (i.e., conceptual replication: 概念的追試)。

4. 今後に向けて

本研究の目的は、①質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標の相関の程度や相関係数の解釈に関する現状と課題を見出すこと、②質問紙尺度で測定したメタ認知と学業達成指標以外の外部変数の相関の程度や相関係数の解釈に関する現状と課題を見出すこと、③教育的介入によって質問紙尺度で測定したメタ認知の変容を検討した研究の成果と測定値の解釈を明らかにすることを通し、再検討が必要な研究課題を導出することであった。

現状として、これまでの理科教育学では質問紙尺度で測定したメタ認知の指標に対して、その測定値や相関係数に積極的な意味を見出し、教育的示唆を導出しているケースが多かった。しかし、メタ認知測定法の妥当性について様々な知見 (e.g., Craig et al., 2020; 原田ら, 2020; Veenman et al., 2003; Veenman & Van Cleef, 2019) が提出されている現在では、本稿で挙げた研究成果は、尺度の構成概念妥当性の乏しさを踏まえた上で解釈する必要がある。そのため、一旦ゼロベースから再検討を進めたほうが良いかもしれない。近年ではあらゆる学問領域に「再現性の危機」と呼ばれる、学術界を揺るがしかねない大きな問題が押し寄せている (e.g., Baker, 2016; Open Science Collaboration, 2015)¹⁾。この問題の背景には様々あるが (レビューとして、池田・平石, 2016)、本研究で議論したような、尺度の構成概念妥当性の乏しさに由来するケースも想定できる (e.g., Flake, Pek & Hehman, 2017)。例えば、表3で挙げた教育実践は、もし質問紙尺度以外の妥当な方法でメタ認知を測定していたら同様の教育効果 (同程度の効果量) は得られないかもしれない。そして、もし真の教育効果に乏しい実践が有効であると誤認されていたと

したら、それを享受する児童生徒が被害を受けることとなる。特にメタ認知に関する理科教育学研究においては、学問領域全体として追試に取り組んでいくことが重要だろう。

また、それでもなお質問紙尺度を用いて研究を進めていくなれば、回答の歪みが軽減される方法を検討する研究の蓄積が重要である。Veenman (2011) は、記憶の歪みは、実際に行った活動場面とその後に記憶を遡る場面の間の時間の長さとともに増加するが、活動後すぐに回答させると、歪みは軽減できる可能性に言及している。そのため、メタ認知の質問紙尺度を用いる際は、被験者に活動直後に回答させると妥当性の低下が生じづらい可能性がある (e.g., 原田・草場, 2020)。また、現状のメタ認知の質問紙尺度の項目は、普段の観察・実験場面や学習場面のようには記憶を想起する場面の範囲が広大である。しかし、対象とする場面を限定した方が精度は高くなりやすいため、実際に観察・実験場面、または学習場面の活動中または活動直後に、その場面における項目から構成されたメタ認知の質問紙尺度に回答させると、回答の歪みが軽減する可能性がある。

まとめると、本稿によるレビューによって、今後の理科教育学領域におけるメタ認知研究では、①これまでに得られている知見 (表1~3) の概念的追試を行うこと、②メタ認知の測定方法 (off-line メソッドでは増分妥当性を含む構成概念妥当性の丁寧な検討や反応バイアスの統制法の検討、on-line メソッドでは心理学領域で成功を収めている方法論の引用) についての基礎的研究を進めていくことの2点が導出された。今後は確実にこれを実行し、メタ認知に関する科学的知見を蓄積していく必要があるだろう。

註

1) 教育研究における“再現性 (reproducibility)”について、異なる教室の異なる子どもや異なる教師による実践の中でどの程度達成可能か、また議論する必要がないのではないかという疑問も生じ得ると予想される。そのため、本論文の趣旨とは直接的に関連はしないが以下に概略を述べる。

教育研究では従属変数に効果を及ぼしうる観測不能な変数 (e.g., 経験やパーソナリティなどの教師の効果、学級レベルの社会経済的地位などの地域性の効果、学級風土による効果など) が多くあることから、特定の教育的介入法による教育効果が学級の文脈によって異なることは十分にあり得る。その意味では、独立変数の入力に対応する従属変数をただ一つに決定できるような決定論的な再現性を教育研究に求めることはできないと考えられる。

しかしながら、ある学級で得られた知見を全く他学級に一般化できないのであれば、その知見を集積する意義はない。その意味で、観測不能な変数群を確率変数とし、真の効果量の確率的変動を考慮した上での再現性の追究は教育研究では必要不可欠である。実際、メタ分析における変量効果モデル (random effects model) は、研究ごとに効果量の真値が確率的に変動することを考慮した上で、効果量の期待値 (平均効果量) を見積もるモデルである。すなわち、「ある教育的介入法による効果量は学級によって分散するものの (学級レベルの分散 $\neq 0$)、その期待値は正である ($\delta > 0$)」というように、観測不能な変数による効果量の確率的変動を考慮した上での再現性のある知見の導出は可能である (さらにメタ分析では効果量の変動に関連する変数 (moderator variables: 調整変数) を同定することも可能である)。

なお、本論文の中で言及した「再現性」は、妥当性の低い方法論 (off-line メソッド、すなわち、メタ認知の質問紙尺度など) によって得られた知見が、妥当性の高い他の方法論 (on-line メソッド、すなわち、発話思考法、行動観察法など) で同じ検討課題 (すなわち、メタ認知と他変数との関連、メタ認知に対する教育的介入の効果など) を追究した際にも再現される保証という意味で用いた (すなわち、概念的追試)。つまり、同じ方法論 (質問紙尺度) を用いる直接的追試による再現性という意味ではなく、概念的追試を行った場合の再現性の観点から、知見の頑健性を考えていく必要があるということである。

附記

本研究は令和2年度日本理科教育学会四国支部大会における発表 (畠中ら, 2020) に大幅に加筆・修正を加えたものである。

本研究は、JSPS 科研費 JP18H01017 の助成を受けた。

引用文献

- Baker, M. (2016). 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. *Nature News*, 533(7604), 452–454.
- 中央教育審議会 (2016) 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申)」 Retrieved from https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf. (accessed 2020. 11. 25)
- Craig, K., Hale, D., Grainger, C., & Stewart, M. E. (2020). Evaluating metacognitive self-reports: systematic reviews of the value of self-report in metacognitive research. *Metacognition and Learning*, 15(2), 155–213.
- 出口明子・山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲 (2016) 「コンセプトマップのノード圧縮を支援するソフトウェアの開発と実践の評価」『理科教育学研究』第57巻、第1号、35–44.
- Flake, J. K., Pek, J., & Hehman, E. (2017). Construct validation in social and personality research: Current practice and recommendations. *Social Psychological and Personality Science*, 8(4), 370–378.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911.
- 原田勇希・久坂哲也・草場実・鈴木誠 (2020) 「理科教育用メタ認知測定尺度の再考—off-line メソッドの限界と今後に向けて—」『理科教育学研究』第60巻、第3号、627–641.
- 原田勇希・草場実 (2020) 「課題遂行の直後ならば質問紙でメタ認知の働きを評価できるか」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』第18号、109.
- 原田勇希・中尾友紀・鈴木達也・草場実 (2019) 「観察・実験に対する興味と学習方略との関連の検討—因子分析による興味の構造分析を基礎として—」『理科教育学研究』第60巻、第2号、409–424.
- 畠中俊暉・原田勇希・宮崎亮介・齋藤恵介・亀山晃和・草場実 (2020) 「理科教育におけるメタ認知測定に関する現状と課題—質問紙尺度を用いた研究に着目して—」『日本理科教育学会四国支部会報』第39巻、23–24.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge. (ジョン・ハッティ 山森光陽監訳 (2018) 「教育の効果—メタ分析による学力に影響を与える要因の効果の可視化—」, 図書文化.)
- 久坂哲也 (2016) 「我が国の理科教育におけるメタ認知の研究動向」『理科教育学研究』第56巻、第4号、397–408.
- 北條大樹・岡田謙介 (2018) 「係留ビネット法による反応スタイルの分類—ヨーロッパの大規模健康調査を例に—」『行動計量学』第45巻、第1号、13–25.
- 市原学・新井邦二郎 (2006) 「数学学習場面における動機づけモデルの検討—メタ認知の調整効果—」『教育心理学研究』第54巻、第2号、199–210.
- 池田功毅・平石界 (2016) 「心理学における再現可能性危機—問題の構造と解決策—」『心理学評論』第59巻、第1号、3–14.
- 鹿毛雅治 (2013) 『学習意欲の理論：動機づけの教育心理学』金子書房.
- King, G., & Wand, J. (2007). Comparing incomparable survey responses: Evaluating and selecting anchoring vignettes. *Political Analysis*, 15(1), 46–66.
- 木下博義・松浦拓也・角屋重樹 (2005) 「観察・実験活動における生徒のメタ認知の実態に関する研究—質問紙による調査を通して—」『理科教育学研究』第46巻、第1号、25–33.
- 国立教育政策研究所 (2018) 「平成30年度全国学力・学習状況調査の結果 (概要)」 Retrieved from <https://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/18summary.pdf> (accessed

2020. 11. 25)
- 国立教育政策研究所 (2020) 「OECD 国際教員指導環境調査 (TALIS) 2018 報告書 vol. 2 のポイント」 Retrieved from <https://www.nier.go.jp/kenkyukikaku/talis/pdf/talis2018-vol2.pdf> (accessed 2020. 11. 25)
- 草場実・角屋重樹・森敏昭 (2012) 「メタ認知を活性化化する観察・実験活動が高校生の実験観の変容に及ぼす効果—高等学校化学「化学反応と量的関係」を事例として—」『日本教科教育学会誌』第 34 巻, 第 4 号, 29–38.
- 草場実・木下博義・松浦拓也・角屋重樹 (2009) 「観察・実験活動における高校生のメタ認知の実態に関する調査研究」『日本教科教育学会誌』第 32 巻, 第 1 号, 11–20.
- 草場実・湯澤正通・角屋重樹・森敏昭 (2010) 「メタ認知を活性化化する観察・実験活動が科学的知識の定着に及ぼす効果—高等学校化学「中和滴定」を事例として—」『日本教科教育学会誌』第 33 巻, 第 3 号, 31–40.
- Lens, W., & Vansteenkiste, M. (2008). Promoting self-regulated learning: A motivational analysis. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.), *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 141–168.
- 松浦拓也・角屋重樹・岡田大爾・檜山芳之 (2002) 「観察・実験活動とメタ認知的技能の関係 (2) —電磁石作成課題の事例を通して—」『科学教育研究』第 26 巻, 第 5 号, 350–357.
- 松浦拓也・木下博義 (2008) 「項目反応理論を用いたメタ認知尺度の構成に関する基礎的研究—理科学習における観察・実験活動を中心に—」『日本教科教育学会誌』第 30 巻, 第 4 号, 1–7.
- 宮本樹・木下博義 (2018) 「高等学校化学における生徒の主體的なメタ認知育成のための指導法の開発」『日本教科教育学会誌』第 41 巻, 第 1 号, 11–21.
- 宮本樹・木下博義・網本貴一 (2015) 「高等学校化学における実験中のメタ認知育成に関する研究—酢酸エチルの合成実験を用いた実践を例として—」『理科教育学研究』第 56 巻, 第 2 号, 213–224.
- 文部科学省 (2018) 『中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 総則編』学校図書株式会社.
- 中村大輝・松浦拓也 (2019) 「理科における条件制御能力に影響を及ぼす要因についての一考察」『理科教育学研究』第 60 巻, 第 2 号, 385–395.
- Ohtani, K., & Hisasaka, T. (2018). Beyond intelligence: A meta-analytic review of the relationship among metacognition, intelligence, and academic performance. *Metacognition and Learning*, 13(2), 179–212.
- Open Science Collaboration (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(6251), aac4716.
- Paulhus, D. L. (1991). Measurement and control of response bias. In J. P. Robinson, P. R. Shaver, & L. S. Wrightsman (Eds.), *Measures of personality and social psychological attitudes*. San Diego, CA: Academic Press, 17–59.
- 三宮真智子 (2008) 「第 1 章 メタ認知研究の背景と意義」三宮真智子編著『メタ認知 学習力を支える高次認知機能』北大路書房, 1–16.
- Sechrest, L. (1963). Incremental validity: A recommendation. *Educational and psychological measurement*, 23(1), 153–158.
- 田邊裕子・高田太樹・宮内卓也・中野幸夫・鎌田正裕 (2019) 「中学校理科授業における資質・能力の育成の特徴—実験計画の立案を重視した授業を例に—」『理科教育学研究』第 60 巻, 第 2 号, 317–331.
- 登張真穂 (2007) 「社会的望ましさを尺度を用いた社会的望ましさを修正法—その妥当性と有効性—」『パーソナリティ研究』第 15 巻, 第 2 号, 228–239.
- 上淵寿 (2007) 「自己制御学習とメタ認知—志向性, 自己, 及び環境の視座から—」『心理学評論』第 50 巻, 第 3 号, 227–242.
- Veenman, M. V. J. (2011). Alternative assessment of strategy use with self-report instruments: A discussion. *Metacognition and Learning*, 6(2), 205–211.
- Veenman, M. V. J., Bavelaar, L., De Wolf, L., & Van Haaren, M. G. P. (2014). The on-line assessment of metacognitive skills in a computerized learning environment. *Learning and Individual Differences*, 29, 123–130.
- Veenman, M. V. J., Prins, F. J., & Verheij, J. (2003). Learning styles: Self-reports versus thinking-aloud measures. *British Journal of Educational Psychology*, 73(3), 357–372.
- Veenman, M. V. J., & Van Cleef, D. (2019). Measuring metacognitive skills for mathematics: students' self-reports versus on-line assessment methods. *ZDM*, 51(4), 691–701.
- 和田一郎・熊谷あすか・森本信也 (2013) 「理科学習におけるメタ認知と表象機能との関連についての研究」『理科教育学研究』第 53 巻, 第 3 号, 523–534.
- Weijters, B., Schillewaert, N., & Geuens, M. (2008). Assessing response styles across modes of data collection. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 36(3), 409–422.
- 山田貴之 (2017) 「中学校理科授業における生徒の主體的な学びを構成する諸要因の因果モデル」『科学教育研究』第 41 巻, 第 3 号, 361–372.
- 湯澤正通 (2008) 「第 8 章 科学的思考と科学理論の形成におけるメタ認知」三宮真智子編著『メタ認知 学習力を支える高次認知機能』北大路書房, 131–149.

(2020 年 12 月 15 日受付, 2021 年 5 月 18 日受理)

Current Issues in Measurement of Metacognition in Science Education: With a Focus on Previous Studies Using Psychological Scales

*Toshiki HATAKENAKA*¹, *Yuki HARADA*², *Minoru KUSABA*³

¹ Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University

² Faculty of Education and Human Studies, Akita University

³ Faculty of Education, Kochi University

SUMMARY

Developing students' metacognitive ability is particularly important in science education and has been studied by many researchers and teachers. However, it is difficult to assess (measure) students' metacognitive ability correctly. The off-line method, which measures students' metacognitive ability using questionnaires employing psychological scales, can provide information in a short period of time, but the method's validity was considered to be low (e.g., Harada, Hisasaka, Kusaba & Suzuki, 2020). The purpose of this study was to collect studies that measured students' metacognitive ability in science using such scaled questionnaires, in order to review the statistics and researchers' interpretations. The results indicate that we should strive for the following two outcomes, (1) To conduct a conceptual replication of previous studies, and (2) To develop upon basic research to refine the measurement of metacognition.

<Key words> Psychological Scales, Off-Line Method, Review, Statistics, Researcher's Interpretation