

Dec. 19th, 2021

Paper presented in a tutorial session for early career researchers in Japan Society for Science Education (JSSE)

Why conduct science education research?

From a high school mathematics teacher's standpoint

Yusuke UEGATANI

Hiroshima University High School, Fukuyama

Abstract

In this essay, the author argues the importance of conducting science (and mathematics) education research from a high school mathematics teacher's standpoint as a suggestion to early career researchers in science and mathematics education. Since the author holds a Ph.D., he also attempts to adopt an empathic attitude toward educational researchers while discussing this topic. The main argument of this article is as follows. First, the impact of a research article on the research community correlates with its impact on practitioners. Second, even a case study can influence a teacher's decision-making if it shows a considerable phenomenon, specifically, an extremely beneficial (or detrimental) example of classroom episodes, while the validation of trivial phenomena in educational settings requires quantitative empirical evidence from large samples. Third, it is necessary to thoroughly read existing literature to know what is impactful in our own fields. Fourth, we should consider our research questions when we discuss methodologies. We should not superficially imitate a scientific methodology suggested with a philosophy of science, which may view physics and chemistry as an exemplar of science. Rather, the author proposes that biology (taxonomy in particular) can be a model of science and mathematics education research. Fifth, the first step of writing an academic article is merely writing its introduction rather than reading existing literature. Through this trial, we can determine what we should know for writing an article.

なぜ科学教育研究をするのか？

中学校・高等学校の数学教師の視点から

上ヶ谷 友佑

広島大学附属福山中・高等学校

1. はじめに

この度は、若手研究者向けのチュートリアルでの登壇という大役を仰せつかった。まずは、このような機会をいただけたことに謝意を示したい。筆者にご依頼くださった若手活性化委員会の先生方の意図を十分に汲み取れているかどうか、あまり自信はないが、少しでもお役に立てたらとの想いで筆を執ることにした。

委員長の 大谷洋貴先生の趣意説明でも取り上げられていたように、若手活性化委員会からは、次の 4 つを本企画の中心的なテーマとして挙げていただいた。

- [1] Research Question をどのようにたてるのか？
- [2] 研究方法論やデザインをどのように設定するのか？
- [3] どのように研究(と執筆)を進めるのか？
- [4] 自身の研究分野と共通する点はあるか？

本稿では、これらについて筆者なりの見解をお示しすることになるが、筆者は、数学教育研究で博士号を取得してはいるものの(上ヶ谷, 2017), 所属をご覧いただければわかるように、いわゆる「現場の教員」であり、職業として「プロの研究者」ではない。この点については、ご留意いただきたい。

研究方法論的な観点で分類するとすれば、筆者は、量的研究・実践的研究・理論的研究・メタ研究、いずれにも関心がある。例えば、最近のものでは、

- コロナ禍の Twitter 上での確率の言葉遣いに関する量的研究 (Uegatani et al., 2021)
- 数学の授業におけるユーモアや笑いの役割についての実践的研究 (Uegatani et al., 2021;

服部 & 上ヶ谷, 2020)

- 推論主義と呼ばれる哲学が数学教育に与える示唆に関する理論的研究 (Uegatani & Otani, 2021; 上ヶ谷 et al., 2021; 上ヶ谷 & 大谷, 2019)
- 数学教育研究や教科教育研究の在り方に関するメタ研究 (上ヶ谷, 2021; 上ヶ谷 & 大谷, 2020)

などに取り組んでいる。また筆者は、現場の教員でありながら、数学の生涯学習の研究に 10 年近く携わっており(最近のものとしては、上ヶ谷, 2020), 研究関心は学校教育に限定されていない。JSSE の若手会員を読者として筆を執るにあたっては、この点も強調しておきたい。

しかし、そんな研究関心の筆者ではあるが、今のところ、自身のアイデンティティとして「研究者」であるという自負は微塵もない。学会や学術論文を通じて筆者をご存知の先生方には意外に感じられるかもしれないが、事実として筆者は毎日、その大半の時間を学校教員として過ごしており、日々、「学校の先生」としてのアイデンティティを培っている。最近では、教育実習生に対して、教師として何を学ぶべきかを偉そうに講釈してしまうこともあるのだが、若手研究者に対して何を学ぶべきかを伝えられるかといえ、微妙なところである。

そういうわけで、若手研究者向けのチュートリアルとはいえ、残念ながら本稿は、研究者としてのキャリア形成には全く寄与できない。より具体的には、若手研究者(early career researcher)が感じているであろう「研

研究成果に対するプレッシャー」を解消する術は一切提供できない。筆者自身、博士後期課程在籍時は思うように研究成果が出せず、結局5年近くも在籍していたから、そうしたプレッシャーは痛いほど理解できるのだが、「どうやって科学教育研究を進めたらいいのだろう？」という不安感を和らげてあげることができない。しかし、逆に言えば、現場の教員として、プロの研究者とは少し違った視点を提供することなら、できるかもしれない。

本稿では、具体的に次の読者を想定している。

- 科学教育研究をどのように進めていくかについてお悩みをお持ちの若手研究者 (early career researcher), または、現場の教員。
- 科学教育研究をどのように進めていくかについて課題意識をお持ちの方, メタ研究的関心のある研究者。
- 現場の教員の科学教育研究に対する考え方を知りたい研究者。

こうした方々は、大半が、JSSE を始めとした教育系の学会に参加されている方々であろうから、こうした方々の周りには、きっとプロの研究者がたくさんいるはずである。そういう意味で、どのように科学教育研究を進めていくかについて、プロの見解を聞くことができる状況にもあると思われる。したがって、本稿では、プロの研究者ではない筆者だからこそこら見えるモノを大事にしながら、上で挙げた想定される読者の方々の研究活動に貢献できたらと思う。

なお、最初に一点だけお断りしておくと、以下、科学教育研究、数学教育研究、教育研究という語が、ほとんど同意語のように使用される。そのようにしか語ることができなかつたので、そのような語の使い方になってしまっている。筆者なりに、「教育研究コ科学教育研究コ数学教育研究」の順に包摂関係にあるという前提で、どの程度の一般性を持って成り立つかということ意識しながら、これらの3つの語の使い分けを試みたが、筆者の感覚に誤りがあり、過度に一般的な主張をした部分も多分にあると思われる。本稿はあく

までも、プロの研究者ではない筆者の視点から、若手研究者に対して1つの視点を提供できればという想いで執筆されたものであるため、それぞれの主張の一般性の妥当性について十分検証がなされていない点については、ご容赦いただけたらと思う。

2. 教師の意思決定と教育研究の成果

本稿では、まずは、現場の教員の感覚をお伝えするところから始めたい。このことを具体的に論じるため、まずは科学教育ではなくて、筆者の普通の学校教員としての経験を取り上げてみたい。

学校教員の仕事は、授業に限定されるわけではない。筆者の勤務校では、学級担任は定期的にクラスの生徒全員に対して個別面談の機会を設けることにしており、休み時間や放課後を利用して、最近の様子を聞き取ったり、相談を受けたりする。この個別面談を機に人間関係のトラブルが表面化することもあり、生徒理解に努める上で重要な役割を果たしている。

筆者の経験が浅かった頃、ある生徒から、「人間関係で困っている」と相談を受けたことがあった。なかなか自分の言いたいことを要領よくまとめて話せる生徒ではなかつたので、断片的なエピソードを、時間をかけて丁寧に聞き取ったところ、要するに、友人の一人が自分のやることなすことにいちいちダメ出しをしてきて、精神的にしんどい、ということのようであった。登校しにくくなる契機になるかもしれないと思い、筆者は、「そっか、それはしんどいね。何か先生が役に立てることはあるかな？」と問うてみた。しかし、その生徒は、少し考えて次のように述べた。「いや～、別にないです」と。そして、その生徒は、手短かに礼を述べて、すたすたと帰っていった。

筆者はしばらく、聞き取りが下手だったせいで、その生徒の信頼を損ねるようなことをしてしまったのだろうかと考えていた。しかし、このことを先輩教員に相談したところ、当時の筆者には目が点になるような回答が返ってきた。先輩曰く、「ただ愚痴りたかっただけなんじゃない？」と。

愚痴りたかっただけ——これを聞いて、反射的にい

くつもの問いが頭の中を駆け巡った。「愚痴ったところで、何の解決にもならないのでは?」、「そもそも、友達でなくて教師に愚痴の意味があるのか?」、「仮にそれに意味があるとして、教師が友達と同じような役割に成り下がっていいのか?」などなど。しかし、少し考えて、筆者は、「なるほど、その可能性は思いつきませんでした」と納得することにした。その生徒が筆者に明示的に助けを求めて来なかったのは、(本人に自覚があるかどうかはともかくとして) 愚痴りたかっただけだと考えれば納得が行くし、その生徒の表情からは、そこまで精神的な追い込まれ具合が逼迫しているとは考え難かった。生徒同士の人間関係に、無理に大人が割って入ったせいでややこしくなるということもあり得る。今回の面談は、自分の抱えているモヤモヤを大人の力を借りて言語化し、整理する1つの機会になったと肯定的に解釈することもできるし、その結果として、当の本人が自分で大丈夫だと判断したのなら、しばらくはそれを少し遠くから見守るというのもまた、大人の仕事であろう。そう判断した。

ちなみに、一ヶ月後、再びその生徒に個別面談の順番が回ってきた際、一ヶ月前の話を心配している旨を伝えたところ、上手くやりくりできるようになり、今は問題ないという返事であった。生徒の自力解決を見守るということは、悪くない対応だったようだ。

このエピソードは、教師の意思決定がしばしば、一般的言明の真実性ではなくて、特殊状況の蓋然性に依拠していることを示している。すなわち、「一般的に言明 P が成り立つから、行動 A を選択する」という形式ではなく、「目の前の状況は、可能性として S_1 かもしれないし、 S_2 かもしれないし、 S_3 かもしれないが、 S_1 の可能性が高そうなので、行動 A を選択する」という形式を取る。上の例で言えば、「友人関係で悩んでいる生徒は、愚痴らせておけば自己解決できる」という真なる一般的言明が存在するわけでもなければ、そうした言明に基づいて教師が意思決定しているというわけでもなくて、「いろんな可能性は考えられるが、今回のこの生徒については、この判断でよいだろう」という、すべては個別事例の問題として意思決定している。

こうした考え方は、教師の意思決定の在り方として一定の合理性を有する。なぜなら、一般的言明から次の行動を演繹することは、ひとえに偏見や決めつけに基づく意思決定となる可能性があるからである。例えば、「女子だから数学が苦手だろう」とか「もう中学生なのだから分数計算くらいできるだろう」とか、「数学の成績がいい生徒は物理の成績もいいだろう」など、すべて偏見である。もしかすると、統計をきちんと取ると、女子の方が男子よりも数学が苦手な割合が多かったり、中学生は分数計算がきちんとできる割合が高かったり、数学と物理の成績には相関があったり、ということがあるかもしれない。しかし、仮にそうした統計的傾向があったとしても、「数学が得意な女子もそれなりにたくさんいるはずだ」、「中学生でも分数計算がままならない生徒がいるかもしれない」、「数学が得意なのに物理が苦手な生徒がいるかもしれない」といった反対の可能性を常に念頭に置いて指導に当たらなければ、生徒一人ひとりを尊重した指導をすることはできない。このことは、たとえ一斉授業中の意思決定であったとしても同じである。

そのため、例えば、「属性 C を有する生徒に対しては、指導法 X が確率 99% で成功的学習をもたらす」という真なる一般的言明が科学的に得られたとしても、教師は常に目の前の特定の生徒 S が、(属性 C を有するにもかかわらず指導法 X が有効でない) 残りの 1% に該当する可能性を考えながら、1つ1つの意思決定を行わなければならない。仮に属性 C が「高校1年生」だとしたら、1%という割合は、2~3クラスに1人存在する割合であるから、高校教師にとっては無視できないパーセンテージである。また、まかり間違っても、そうした1%の生徒達に対して、「属性 C を有するにもかかわらず、指導法 X が有効でないなんて異常だ」などとは言えない。属性 C は、この一般的言明を定式化する上で人為的に選ばれた属性であるから、1%の生徒達は、自然法則によって統計的な外れ値になったのではなくて、人為的なバイアスによって外れ値になったのである。彼らは、言明の定式化が少し異なれば多数派の生徒であったかもしれない。

もちろん、教師として人間であるため、多かれ少なかれ偏見を有している。筆者自身、生徒一人ひとりを真に平等に扱えているのかと問われれば、まったくできていないというのが実情であろう。しかし、だからこそ重要なことは、より公正で、個々の生徒により適した意思決定をするために、自身の有するバイアスを少しでも多く自覚していくことである。そして、そのために必要なことが、様々な可能性について見識を広げていくということである。教師は、このために常に研鑽を続けるのである。

したがって、ある教育研究がある教師にとってどの程度有用であるかは、その研究の成果が、その教師の先入観をどの程度覆すことができるかに依存している。例えば、古典的な例であるが、 $0.234 > 0.4$ と判断してしまう小学生を例に取ろう。イスラエルの小学校 6 年生においては、実に 35%がこの種の誤判断をされると言われており、文字列として長い方が大きい数であったという自然数の性質を、小数へ過剰一般化することによって生じると言われている (Nesher, 1987)。日本の小学校 6 年生が同じ誤判断をするかどうかについて、どの程度正確な統計があるのか、筆者は存じ上げないが、イスラエルで 36%もあるのであれば、日本においてもそれなりに発生する可能性のある問題である。中学校の数学教師は、これに備える必要がある。小学校 6 年生がまさかそんな不合理な誤りを犯すはずがない、と思っている教師にとって、この量的研究の成果は、その教師の先入観を覆すことになり、有用であろう。

別の例としては、小数の超準コンセプトという研究がある (Ely, 2010)。 $0.999\ldots < 1$ という判断は、これまで小数のミスコンセプトに依るものだと思われていた(正しくは、 $0.999\ldots = 1$)のだが、一人の大学生に対するインタビュー調査に基づいて明らかにされたところによれば、 $0.999\ldots < 1$ という判断は、実数体を超実数体のような数体系として捉えていることに依る可能性がある、というのである。超実数体とは、大学数学の中でも特に超準解析で用いられる考え方であり (坪井, 2012)、表現の仕方を制限すれば、超実

数体と実数体は区別がつかない。そして、「…」という表現は、少なくとも学校数学においては明確に定義されない。したがって、現行の小数に関連するカリキュラムや指導法では、 $0.999\ldots = 1$ と判断できる概念構成と、 $0.999\ldots < 1$ と判断してしまう概念構成の少なくとも 2 通りがあり得ることになり、教師は、これに備えなければならない。これは、あくまでも一事例から得られた示唆であるが、 $0.999\ldots < 1$ という誤判断がカリキュラムや指導法のせいかもしれないという意味で、備えるに値する問題であり、教師にとって有用である。

また、インパクトさえあるのであれば、そもそも経験的研究 (empirical study) である必要さえない。筆者が最近、感嘆した研究としては、ヴィゴツキーがスピノザの影響を受けていたとするヴィゴツキー解釈を提示した Derry (2013) である。そこでは、人間が生まれたときから自由意志に基づいて行動できるわけではなく、知識が増えるに連れ、その行動の自由度が増していくという人間観が示されており、大きな衝撃を受けた。教育哲学なので、経験的研究ではない。理論的研究、あるいは、文献解釈研究とでもいえるであろうか。Derry (2013) を読んだところで、直ちに実践が大きく変化するわけではないし、具体的に何がどう変わるのか、今の段階で何が言えるわけではないが、おそらくは 10 年後振り返ってみたときに、筆者の実践や研究に莫大な影響を与えることになると思われる。論文の価値は、なにはともあれ、結論のインパクトが握っている。

これらの例が示すように、ある知見が量的研究によって得られたものであるか質的研究によって得られたものであるかという問題は、教師にとってはそれほど重要ではなく、その知見が、その教師の先入観を覆し、教師に「備える必要性」を示唆するかどうかのみが重要である。つまり、重要な指標は「期待値」である。たとえ大したことでなくとも、発生確率が高い事象には備えるし、たとえ発生確率が低くとも、重大な事象には備える。したがって、「それだったら数事例報告されたところで驚かないよ。だって時々あるもの、そういうこと」となるのであれば、量的研究によって、感覚的に予想

されるよりも相当多く発生する事象であることを示さないと、インパクトが低い。一方、「え、そんなことがこの世界で発生するのん!？」となるようなインパクトの高い事象であれば、一事例で十分である。これが基本となる。また、理論的にのみ示されたことであったとしても、それが将来の教育実践や教育研究を大きく変化させる可能性を秘めているならば、それは重要な研究成果である。

3. 教育研究の目的論

前節では、教師にとって有用な教育研究の成果とは、当該の教師の先入観を覆し得るインパクトのある成果であるという点を指摘した。そして、このことは、研究者にとっても概ね同じであると思われる。

教育研究が示す知見の一般性は、実に多様である。たとえ事例的であったとしても、それが考察に値する現象であるならば、そうした事例の報告は、今まで知られていなかった現象の「存在証明」であり、発見法 (heuristics) としての価値がある (Schoenfeld, 2008)。例えば、普通の学校で数理哲学的に模範的な算数の授業実践が実現できるという、ある種の存在証明を与えた Lampert (1990) は、秋田喜代美氏による邦訳が佐伯胖・藤田英典・佐藤学編『学びへの誘い』(東京大学出版会) にも収録されているので、数学教育以外の教育関係者にも有名であろう。論文の結論が、可謬的で修正の余地のあるアイデアであっても、それらが学習過程に対する洞察や理解を与えたり、そうした学習過程の実現を支援する手段を与えたりするならば、正当化され得るのである (Cobb, 2007)。

研究成果の妥当性がインパクトという人間的な要素によって左右されるということに対して、非科学的であると考えられる向きもあると思われる。事例研究の成果は探索的研究であり、類似の事例が蓄積されたあかつきには、一般化が志向されるべきであるという見方もあるかもしれない。しかし筆者は、教育研究に限って言えば、一般化を志向することは難しいのではないかと考えている。

Clair (2008) は、本質的に予期し得ない要素

(superunknown) の存在によって、教育実践の再現性が論理的に支持され得ないことを指摘する。現場の教員の感覚としては、まさにその通りであると思う。関連する変数を統制した実験室での実験と異なり、実際の学校現場で生じる教育現象は、どんな変数の影響を受けて結果が変化しているかが原理的に特定できない。例えば、水泳や持久走の授業のあとに良い指導法で教えることよりも、生徒達が疲れていないときにいつも通りに授業をした方が、効果が高いかもしれない。文化祭の前日は、生徒達の気分が浮ついていて、普段より集中力を欠いているかもしれない。どんなに厚く記述された事例研究であったとしても、ありのままの状況を正確に記述することはできない。2つの研究論文で報告された状況が同一であるかどうかの判断は、論文の読者に委ねられているのである (Clair, 2008)。

これは、教育研究の目的論に関わる問題である。純粹にこの世界の本性を解明したくてなされる科学もあれば、何かに応用されることを期待してなされる科学もある。それは目的の違いであり、どちらか一方が否定されるべきものではない。ただ一点、問題があるとすれば、教育研究という領域は、この両方の目的論が混在した領域だということである。個々の研究者がどちらの目的を持って研究をしているかという問題もあるし、一人の研究者の中で両方の目的が混在していることもあるであろう。いっそのこと割り切って、現場の役に立ったり将来の教育実践に影響を与えたりしたいという願望を捨て去り、ただひたすら純粹に、人間という生き物の教育・学習の本性を解明したいという目的で教育研究をする研究者ばかりだったとしたら、状況はもう少しシンプルだったと思う。しかし、現実はそのようなものではない。教育研究を通じて、将来の教育実践に影響を与え得る知見を生み出したいという想いが多かれ少なかれある以上、研究成果が妥当であるかどうかには、(それがすべてではないにせよ) 常にインパクトの大きさが関わっている。

4. インパクトを高めるために: 先行研究とリサーチ・ク

エッショ

インパクトの大きさなどという、そのような主観的な尺度で研究成果の妥当性が変化してしまうことに問題を感じる向きもあるかもしれない。しかし、査読付き論文を出版していきたいという前提に立つならば、きちんと科学的な手続きに則ってさえいけば査読に通るわけではないという現実にも向き合う必要がある。「査読とは何か?」という問いは、簡単に答えられる問いではないが、一般的には科学的妥当性のみならず、ある種の価値判断が合わせて行われるのが通例である。

例えば、*Educational Studies in Mathematics* 誌と *Journal for Research in Mathematics Education* 誌は、数学教育研究で、様々なジャーナル・ランキングでハイランク誌として評価される 2 大雑誌であるが (Toerner & Arzarello, 2012; Williams & Leatham, 2017), どちらの雑誌においても、若手研究者向けの指南書において、リジェクトされやすい論文の傾向として、リサーチ・クエッション (RQ) の問題が指摘されている (Cai, Hwang, et al., 2019; Goos, 2019)。研究領域を前進させる問いであるか、研究のモチベーションが明確であるか、などが問われているのである。もちろん、雑誌をランク付けすることの是非というのも考えるべき問題ではあるが、取り急ぎ事実として、ハイランク誌は、当該の研究領域においてインパクトのある研究成果を希求している。そして逆に言えば、インパクトがそこまで大きくない研究成果については、ハイランク誌での出版は諦めなければならない。

もし仮に「査読」が、研究手続きの妥当性を評価するだけのプロセスであれば、それほどたくさんの学術誌は必要ない。また、価値付けをしなくてもよいのであれば、論文を学術誌で公表せずとも、個人のブログや SNS で公表すればよい。

そういうわけで、査読に通るためには、目指す学術誌のレベルにも依存するが、研究成果に相応のインパクトが必要となる。そのため、誤解を恐れずに言えば、我々は、自身の研究成果のインパクトをどのように高めるかが、研究活動の大きな一部分を占めていると

いう認識を持つべきである。同じ事実 (データ) であっても、プレゼンの仕方一つでその価値が変動する。

そこで、先にも示したように、研究領域の知識を前進させるような RQ が重要になってくる。そうであるならば、まずもって重要なことは、徹底した先行研究のリサーチである。科学教育研究の領域において、既に何が知られていて、まだ何が知られていないのかを、明瞭に把握しなければならない。そして、先行研究の成果に対する合理的批判に基づいて、RQ を導出しなければならない。

筆者の投稿者として経験に照らして考えてみると、筆者は、この RQ の導出が一番難しいと感じている。Cai et al. (2019) や Goos (2019) が指摘する通り、筆者は、RQ の導出に関わる問題点を指摘され、投稿論文がリジェクトされる経験が多い。また、RQ それ自体に価値を感じてもらえた場合においても、RQ 導出の論理構成が甘かったために、査読者から多数の先行研究を紹介されることもしばしばである。筆者の査読者としての限られた経験に照らして考えてみても、やはりこの RQ の合理的導出が一番重要だと感じる。特に RQ としての焦点化が不十分である場合は、どんなに投稿者に寄り添って論文を読もうとしても、投稿者が何を問題視して研究をしたいと思っているのかが理解できない。研究方法論の妥当性や結果の考察の妥当性は、すべてこの RQ の妥当性と依存関係にある。ここが伝わらないことには、話が始まらないのである。

この点に関連して、筆者は、院生の頃に年配の先生方からしばしば頂戴した「お勉強ではなく研究をしろなさい」というご忠言を最近よく思い返している。論文や本をたくさん読み、真面目に学ぶ姿勢を持っているという意味で、学部生だったら、お勉強をする姿勢も褒められるものであったかもしれない。しかし、大学院生としては、それではいけない。新しい研究成果を挙げようという姿勢を持ちなさい——そういう意味で、若手研究者を窘める言葉であったと理解している。しかし、今改めてこのフレーズを思い返してみても、筆者は次のように思う。「まずはきちんとお勉強しなければならないな」と。お勉強がきちんと済んでいる前提でしか、

上のご忠言は意味をなさない。先行研究を徹底的に学ぶこと——それが良い研究をする上での必要条件である。

5. ようやく本題

ここまで述べたところで、ようやく本題へ向かおう。委員長からいただいた問いは、以下の4つであった。

- [1] Research Question をどのようにたてるのか？
- [2] 研究方法論やデザインをどのように設定するのか？
- [3] どのように研究(と執筆)を進めるのか？
- [4] 自身の研究分野と共通する点はあるか？

以下、それぞれについて筆者なりに答えていこう。

(1) Research Question をどのようにたてるのか？

筆者は、科学研究において「RQ を立てる」という言い方をあえて採用するのは、なかなか興味深いことだと感じている。というのも、仮説 H を実証することを目指す研究であれば、RQ は、「仮説 H は正しいか？」の一択しかないように思われるからである。そうであるにもかかわらず、わざわざ RQ を重視する理由については、筆者は個人的に、「一旦は無闇な決定実験から距離を置く研究ストラテジーを採用せよ」というメッセージだと捉えている。

数学教育研究の歴史を方法論的観点から振り返った Schoenfeld (2008) は、「1人の学者の生涯の間に、その領域[数学教育研究の領域]は、制御された実験室研究が単純な認知的現象を探究するために必要であった地点から、複雑な社会的環境における思考と学習の詳細なモデリングが可能となる地点へと進展した」(p. 513, []内筆者) と述べた上で、数学教育研究における2つの困難として、次を挙げる。

- 初期の研究の多くが深刻な問題を抱えているということが明らかになった。明示的に述べられていない理論的なバイアスや認識されていない方法論的困難が、それがなされたときには完全に合理的であるように思われたかなりの研究の信頼性を弱体化させた。

- 少なくともアメリカ合衆国においては、「科学」の名において、そして、ランダム化比較試験の「ゴールド・スタンダード」の旗印の下、科学主義への回帰という深刻なリスクがある。

ランダム化比較試験それ自体は有効な科学的手法であるため、正しく使うことができるなら、高い威力を発揮すると思われる。ただし、Clair (2008) の指摘した superunknown の問題により、教育現場においてランダム化比較試験を運用することは実質的に不可能である。つまり、「新薬 M が疾病 S に有効か否か」を決定する実験と同じような形で、教育現場において「指導法 X は属性 C を有する生徒に有効か否か」を決定する実験を実施することができない。また、よしんばできたところで、本稿前半で論じたように、得られた知見によって教師の意思決定に影響を与えることは難しい。そして、この状況はもう少し一般化することができ、仮説演繹的に特定の仮説の真偽をテストする形式の科学研究は、統計的一般化ができるような形で実施することが難しいと言える。教育現場においては、教科書通りの統計的一般化ができるようなランダム・サンプリングが現実的でないからである。

もちろん、これらの研究方法論を積極的に使おうとすることは悪いことではない。正しく使うことが「難しい」だけであって、不可能なわけではないから、使い所があるならば、積極的に使われて然るべきであると思う。また、限定された形ではあっても、ランダム化比較試験やランダム・サンプリングを積極的に用いようとする研究者がいたとしてもよいと筆者は考えている。ただし、1点だけ押さえておかなければいけないことがある。それは、それらが限定された形でしか使われていない場合においては、研究成果として得られた結論のインパクトが低下してしまうということである。

そこで、RQ への着目である。RQ が、YES/NO で答えられるタイプの間いである場合、その RQ は、回答にあたって本来的に決定実験を必要とする RQ である可能性が高い。そして、その決定実験は、とりわけ個人の研究者の力では、現実的に設計することが困難である。したがって、発想を転換して、YES/NO で答え

られない RQ を立てるといことを考える。仮説をテストするタイプの研究の場合、そもそも RQ の形で述べる必要がなく、仮説を述べればそれで意味が通じるはずである。そのため筆者は、RQ の形をわざわざ重視する理由を「教育研究で安易に決定実験が設計できると思うなかれ」という警鐘だと理解することになっている。

教育現場にとって有用な知見を産出したいという想いから、我々はいついつい「〇〇が有効だ」というタイプの仮説を立て、その妥当性を研究したいと感じてしまう。しかも科学教育を研究する身として、やはりその実証は、科学的であるべきだと強く感じてしまう。ところが、科学教育研究という領域においては、研究対象の現象をモデル化するにあたって、モデルに組み込むべき変数と無視してよい変数を正確に峻別できるほど、まだ十分な知見が得られていない。

例えば、数学教育研究においては、Piaget をベースとした構成主義研究が主流だった頃（例えば、Confrey, 1991; von Glasersfeld, 1995）から、徐々に Vygotsky をベースとした社会的構成主義研究へと移行してきた（例えば、Cobb, 1994; Ernest, 1998, 1994）経緯があるが、こうした経緯には、1980 年代の構成主義研究では、社会や文化といったファクターが、現象に大きな影響を与える変数として、まだ十分に認識されていなかった点に依るところが多かれ少なかれあるように思われる。とりわけ、教育研究においては、現象に影響を与える重要な変数が、素朴な認識のままではしばしば「見えない」ので、きちんとその変数を捉えられるようにするために、理論的枠組を明確に精緻化する必要がある（例えば、Cai, Morris, et al., 2019b; Cai & Hwang, 2019）。そして、こうした新しい対象の概念化は「存在論的革命」と呼ばれ、かねてより重視されてきたのである（diSessa & Cobb, 2004; 山口, 2008）。

そういうわけで、科学教育研究全般に一般化して論じてよいかはわからないが、筆者の印象では、少なくとも数学教育研究においてインパクトのある研究は、しばしば what や how といった疑問詞を伴う RQ を立てている。例えば、「1 人 1 台のタブレットを持っている

中学生達は、1 次関数の概念を（従前のタブレットがなかった場合と比較して）どのように（how）学ぶのか？」といった具合である。タブレットの学習効果云々の前に、そもそも同じ学習が成立しているのかどうか不明であるため、その点の検証が最優先である。

例えば、新しい指導法と従前の指導法を比較する場合は、プリテストとポストテストの差を比較するだけでなく、指導過程の内実を比較することも重要である。そして、仮にプリテストとポストテストの差が示されたとしても、指導法の差によって効果が得られたと拙速な結論を下すべきではない。効果が低いと目される従前の指導法を実施することに対する倫理的な懸念もあるが、それ以上に、プリテストとポストテストの比較によって、量的な比較ができていないわけではないという点が問題である。学習を個人主義的に捉えている間は、生徒一人ひとりが 1 つのサンプルに見えるかもしれないが、現場の人間と感覚としては、授業の参加者が一人違うと雰囲気の違いの違う授業になってしまうので、一授業で 1 サンプルという捉え方が妥当であるように感じる。新しい指導法と従前の指導法の比較は、一授業ずつしか実施していないのならば、その授業に何人の生徒が参加しようとするか、やっていることは 1 サンプル対 1 サンプルの比較でしかない。現場の人間としては、統計的情報だけでなく、実際に授業で何が起こったかについての詳細な情報を知りたいと感じる次第である。

「〇〇が有効だ」と主張するタイプの研究は、先行研究に関連する難しさもある。なぜなら、そういうタイプの研究は、次の 2 つのどちらかに陥りがちだからである。

- 1) 既にその〇〇の有効性を主張した先行研究と限界を主張した先行研究の両方が存在し、単に真似ただけでは、目新しいことが何も得られない。
- 2) そもそも〇〇に注目している研究者がおらず、RQ の重要性の説明が難しい。

この〇〇が、自分で思いついた指導法の場合は、大

抵の場合が 2) のケースとなる。もちろん、このタイプの研究が重要であることは間違いないが、このタイプの研究にどうしても取り組みたいという強い意志がある場合は、上記の問題を乗り越えなければならないという点に自覚が必要であろう。

1) と 2), いずれの場合においても、これらを乗り越える最も建設的な方法は、とにかく先行研究を勉強すること。これに尽きる。実際にパイロット・スタディを走らせながらでないと当該の現象に対する理解が深まらないこともあるので、ただただ机上で勉強すればいいというものではなく、様々な研究活動に試行錯誤的に挑む中で並行して勉強を続ける必要があるが、先にも述べたように、RQ の合理的導出が、研究論文の出発点である。ハイランク誌での掲載を目指せば目指すほど、そもそものこの出発点に立つことが絶望的なまでに難しく、筆者自身もなかなか思うように研究成果が上がらない。しかし、それだけにこの RQ の重要性は、どれだけキャリアを積んでも、常に肝に銘じて置かなければならないことなのかもしれないと感じている。

(2) 研究方法論やデザインをどのように設定するのか？

筆者は、「研究方法論」を過度に重視する風潮には、一定の警戒をしておくべきだと考えている。例えば、「統計的に一般化されていない主張は、科学的に妥当ではないから、質的研究法ではダメだ」とか、「統計情報だけでは学習者の実像に迫ることができないから、量的研究ではダメだ」などといった、自分の採用する研究方法論とは異なる研究方法論を重視する立場を批判することは、いまひとつ生産的でない。

そもそも、なぜ科学教育研究は研究方法論を必要とするのか？ 科学論文の雛形として、誰もが一度は耳にする IMRAD とは、何の略称であったか？ 一般的には、Introduction, Method, Result And Discussion である。そう、Method (方法) であって Methodology (方法論) ではない。その意味で、科学的研究を遂行して論文化する上で、方法論は本質的な構成要素ではない。個別の研究論文には、個別の RQ があり、その RQ の探究に最適な個別の方法がある。ただそれ

だけのことである。

それでいて「方法論」に着目する合理性があるのであれば、それは、個別の研究論文で個別に研究方法の妥当性をいちいち正当化しては論文が冗長になるという点にある。すなわち、よく使われる研究方法については一般化して予め方法単体で正当化しておけば、個別の研究論文で研究方法の仔細をいちいち正当化する必要がなくなる。ここに利点がある。

したがって、研究デザインについて原理・原則を言うならば、探究するに値する RQ がまずあって、それに対して最適な研究方法を考える、という一点に尽きると思われる。RQ の内容に依存して、既存の研究方法をそのまま適用することが最適な場合もあれば、既存の研究方法を内容に即してアレンジした研究方法を採用することが最適の場合もあるだろうし、完全に一から新しい研究方法を開発することが最適な場合もあるであろう。探究するに値する RQ があって初めて研究方法論の議論が意味をなす。そういう意味で、筆者は、何を研究したいのかを棚上げにしたまま研究方法論を過度に重視することには反対である。

ただし、これは、論文上での論理構成という観点から見た原理・原則である。現実的な話をするならば、正当化のしやすさを鑑みて、既存の研究方法論の枠組の中で研究可能な RQ を考えるということも、当然必要である。数学教育研究においては、近年、研究可能な RQ をどのように立てていくかについての考察も展開されており、そこでは、関心のある現象に影響し得るすべての潜在的要因を説明に入れる研究デザインの難しさが指摘されている (Stylianides & Stylianides, 2020)。例えば、同じ「証明」という研究テーマを掲げるにしても、その「証明」のどのような側面に関心を持つのかを RQ で明確にし、それに即した方法を 1 つ 1 つ個別に考えていくしかない。

ちなみに、この「どのような側面に関心を持つか」の部分は扱いが難しく、関心を持つ側面を定式化する枠組として、昨今の数学教育研究では、「理論的枠組」の重要性が指摘されることが多い (例えば、Cai, Morris, et al., 2019b; Cai & Hwang, 2019; Cobb, 2007)。

しかし、その一方で、そうした理論負荷性の危険性も指摘されている。なぜなら、我々の観察対象が本来は備えていないはずの性質を、その対象があたかも備えているかのように錯覚してしまうリスクをはらんでいるからである (Dawkins & Karunakaran, 2016)。

本稿では「理論的枠組とは何か」の仔細に立ち入ることは難しいが、RQ を合理的に設定する上で理論的枠組の果たす役割はしばしば大きい。理論的枠組の役割が、いつでも大きいわけではないという点が、我々の研究領域の難しいところではあるのだが、本稿では、「理論的枠組」が、RQ と研究方法の関係性を考える上では念頭に置いておくべきキーワードであるという点を紹介しておきたい。

さて、研究方法論に話を戻そう。ここからは、筆者がどのように研究をデザインし、研究方法を選択しているかについての経験則を述べたいと思う。

筆者自身は現場の教員であるため、日本科学教育学会においては、授業実践をベースにした研究を発表することが多いのだが (例えば、服部 & 上ヶ谷, 2020; 石橋 & 上ヶ谷, 2019), 「採用している研究方法論は何か?」と問われると、少し困惑する。これらは、数量的な調査をしているわけでもなければ、グラウンデッド・セオリー・アプローチのような名のある質的研究方法論を採用しているわけでもないからである。

そういう意味で筆者は、基本的に自身の研究において「方法論」などという大層なものを採用しているつもりはない。本稿第 3 節でも述べたように、今まで知られていなかった現象の「存在証明」 (Schoenfeld, 2008) をしているだけのつもりである。

研究方法論の問題は、教育研究をどのようなアナロジーで理解するかにも関わってくる問題である。一面的には、教育研究は、医療研究との比較で考えると理解しやすい。学習に困難を抱える生徒 (患者) がいて、ある特定の教授法 (治療・投薬) が、その生徒 (患者) の学習状況 (病状) をどの程度改善するかについて、エヴィデンスを与える——こういうストーリー構成である。しかし、これが、ある種の教育研究を理解するためのアナロジーの 1 つに過ぎないという点を

自覚することは重要である。

このアナロジーそれ自身に問題点は何もないのだが、このアナロジーで説明できるものが教育研究のすべてであると誤解してしまうことには問題がある。この点について、若手研究者には特にご注意いただきたい。医療研究とのアナロジーに固執してしまうと、「〇〇が有効だ」と主張するタイプの研究以外の研究に着手できなくなり、研究の幅がグッと狭くなってしまからである。

そこで筆者がオススメしたいアナロジーは、生物学である。いや、筆者自身、医学にせよ生物学にせよ、その方面に教養があるわけではないので、医学や生物学が実際にどのような過程で営まれているかを知っているわけではない点をご容赦いただきたい。ただ、数学教育研究を長きに渡って牽引し続けてきた構成主義が、人間の認識を説明するために生物学のアナロジーを用いていたこともあり (von Glasersfeld, 1995 参照), 筆者は生物学 (だと筆者が思うアプローチ) とのアナロジーがわかりやすいと考えている。

最近の新聞記事から生物学の発展の一例を引用しよう。2021 年 11 月 30 日付の朝日新聞夕刊によると、4 歳の少年が新種のヨコエビを発見したのだという。少年が偶然見つけた 1 個体を写真に撮り、専門家に相談したところ、実物を送ってほしいということになった。その段階で少年とその父親は、そのヨコエビが何の生物に付着していたのかがわからなかったが、同じ海岸を再び調べてみたところ、2 個体目が見つかり、チゴケムシに付着していることがわかった。これを契機に、最終的に二人はその日、10 個体を見つけるに至ったのだという (朝日新聞 夕刊, 2021)。論文として公表し、新種であることを示したのは専門家であったが、この少年の新種発見の過程は、数学教育研究における新しい現象の存在証明にとってもよく似ている。

別の例を挙げよう。2017 年 5 月 20 日付の朝日新聞朝刊によると、日本のサザエが中国のサザエと混同されており、これまで学名のない生物であったということが、ごく最近になって明らかになった。この混同は、1786 年から今日まで続いており、そのことが文献の精

査によって立証された (朝日新聞 朝刊, 2017). この文献精査の過程は, 数学教育研究における理論的研究の過程ととてもよく似ている.

これらの生物学 (特に分類学) の発展の経緯になぞらえて, 教育研究の過程を示すなら, 次のようになるであろう. 要するに我々は, 見慣れた授業 (海岸) で学習する生徒達 (生息する生物達) について, まだあまり詳しくない. 見慣れた光景の中に, 未発見の現象が隠れているのである. 新種のヨコエビは, これまで幾度となく釣り人達に目撃されてきたかもしれないが, たまたま 4 歳の少年がスポット・ライトを当てるまでは, 誰もそれが新種の生物だとは気付かなかった. 同様に, ある種の数学的思考を働かせる生徒は, 幾度となく現場の教員達に目撃されてきたかもしれないが, 何らかの形で誰かがスポット・ライトを当てるまでは, そして, きちんと学術的な形で報告されるまでは, 誰も価値ある新しい数学的思考であると気付かないかもしれない. 最初は, 生徒 A 一人 (ヨコエビ 1 個体) しか見つけられないかもしれないが, 類似の授業場面 (海岸) を探究することで, そのような思考をする生徒 (ヨコエビ) は, 出題した問題の構造や教師の介入と関係がある (チゴケムシと関係がある) ということが徐々にわかってくる. それが望ましい思考 (有益な生物) なら, 大量に発見するにはどうすればいいかを考えることになり, それが望ましくない思考 (有害な生物) なら, どうやって発生を抑えればいいかを考えることになる.

また, これまでは生徒 A と生徒 B のよく似た数学的思考 (日本のサザエと中国のサザエ) は, 学術上, 同種の思考 (同種のサザエ) だと思われていたかもしれないが, 表層的な類似性に惑わされず, その数学的思考の機能や構造 (サザエの生態や体の構造) に着目して整理し直すと, 明確に区別すべきものだということが, 後になってわかることがある.

取り急ぎ, 教室場面を念頭に置いて上のように述べたが, 研究対象が博物館における利用者の振る舞いになったとしても, 学校現場の教員の振る舞いになったとしても, 事情は同じであろう. ある程度の部分まで

は, 生物学のアナロジーで語ることはできるはずである.

現代の生物学は, 学問レベルでは方法論的に相応の整備がなされているかもしれないが, 仮にそうだととしても, それは論文化する段階の話である. 新種の生物に出会ったら, 先の 4 歳の少年と同じように, まずは写真を撮ったり, 同じ場所をもう一度探してみたり, 観察を繰り返したり, と, まずはその生物に対する個人的な理解を深めるために, あの手この手で「調べる」であろう. 筆者は, 教育研究においても, これが重要であると考えている. ヨコエビやサザエであれば, 好きなときに同じ場所を探索に行けばよいかもしれないが, 教育研究は, 通常のエデュケーションを営みながらデータ収集をすることが多いため, いつでもというわけにはいかない. 研究者の都合のいい時間帯に被験者を集めることのできる実験室心理学ともまた, 事情は異なる. 決定的なことは, 教育研究においてはデータがとても貴重だということである. そうなると, 予想とは異なるデータが得られた場合であっても, 発見としては大きな意味を持つ.

生物学において新種発見がどの程度の頻度で起こるのかは存じ上げないが, 教育研究は, まだまだこの手の「新発見」が続発する分野である. しかし, だからといって, 簡単に新発見だと断定できるわけではない. 毎日世界中で何時間も繰り返されている授業の場面だからこそ, たまたま遭遇した一事例を新発見だと断定するのも, 先入観で同一視されていたものを改めて新種だと判断し直すのも, どちらにも相応の理論整備が必要である. 理論的研究だけが理論整備を行うのではなく, (少なくとも) 数学教育研究は, 純粋な理論的研究以外の研究も, 理論整備に一定の貢献をなす. 実際, 数学教育研究においては, 「理論とは何か?」という問いそれ自体が, 研究の対象であり, 理論に対する理解それ自体が, 絶えず発展し続けている (例えば, Cai, Morris, et al., 2019a; diSessa & Cobb, 2004; Mason & Waywood, 1996; Niss, 2019; Prediger et al., 2008; Radford, 2008).

科学哲学的な議論は, しばしば物理学や化学が事

例に出される。生物学の哲学が、本稿の提起した視点にどのように応答し得るのかについては、筆者の教養では答えることはできないが、少なくとも筆者は、物理学を科学の模範とするような科学哲学にほだされて、安易にそうした科学観だけが、科学教育研究の科学観だと考えることには慎重になるべきであると思う。

ちなみに、人間の振る舞いを考察対象の一部とした教育研究に対して、生物学のアナロジーを導入することは、もしかしたら、「人間と動物を同一視するな」、「人間はモルモットではない」というお叱りを頂戴するかもしれない。しかし、この問題は結構難しい問題なので、慎重な検討が必要であると感じている。というのも、これらの非難は、逆に言えば、モルモットであれば非人道的な扱いをしてもよいかのような響きがするからである。そんなことはなかろう。考察の対象が人間の振る舞いであれ動物の振る舞いであれ、相応の倫理的検討を経た上で実験・調査が必要なことには変わらない。動物も人間と同じように丁寧に接しなければならぬのだから、上記の非難によって生物学とのアナロジーが崩れるわけではない。

(3) どのように研究(と執筆)を進めるのか？

この問いに答えるのは、おそらく一番難しい。これまで述べてきたように、YES/NO で答えられる RQ でインパクトの高い成果を挙げることは難しく、なかなか個人では着手できない。筆者の経験では、特に生徒達を観察する場合の研究においては、当初の想定通りに生徒達が振る舞ってくれることは、まず稀である。生徒達が予想を超える反応をしてくれることもあれば、生徒達の振る舞いから理論的前提の不備に気付かされることもある。数学教育研究において仮説的学習軌道論を展開したことで著名な Martin A. Simon の次の言葉が、筆者は個人的に気に入っているのだが、「指導において予測可能な唯一のことは、教室での活動が、予測した通りには進まないであろうということである」(Simon, 1995, p. 133)。

科学教育研究における「再現性」をどのように理解するかという問題とも関連するが、再現されたと判断する基準を厳しく設定すると、その分だけ、教室での

活動を予想通りに展開したり、異なる教室で同じ活動を再現したりすることが難しくなる。端的に言えば、収集するデータを少なくすれば、表面的には再現性が担保されるかもしれないが、同じ指導案に基づいた授業であっても、1 つとして完全に同じ授業は再現され得ない。学習者の主体性が高く発揮される授業であれば、なおさらである。

教育研究の倫理としては、そもそも他人（この場合は学習者）の振る舞いをコントロールできるという前提が妥当ではない (Ernest, 2012)。正統的周辺参加論 (Lave & Wenger, 1991) を持ち出すまでもなく、教授と学習は区別されるべきものであり、教師が教えようとしていることと、実際に学習者が学んでいることとの間にはギャップがある。

ここまでのことを念頭に置いた上で、どのように研究と執筆を進めるのかについて考えていこう。項目として、取り急ぎ次の 7 つを設定しよう。

- ① 先行研究のリサーチ
- ② RQ の設定
- ③ 研究方法 (データ収集方法) の検討
- ④ (必要なら) 検討した研究方法に沿ったデータの収集
- ⑤ (必要なら) データの分析
- ⑥ 分析結果の考察／結論の導出
- ⑦ 論文の執筆

このうち、①～②は、論文の Introduction, ③～④は Method, ⑤は Result, ⑥は Discussion に対応していると考えることができ、ここで用意した項目は、概ね論文の節構成とそのまま対応する。

このように 7 つの手順を考えたとき、筆者がまず初めに取り組むべきだと思う部分は、⑦である。RQ がなくとも、データがなくとも、そんなことは気にせずに、とにかくにも、論文を書き始めるべきだと思う。何も無い状態でいきなり何を書き始めるのかと思われるかもしれないが、それが重要である。今の自分の知識で、何が書いて何が書けないのかを自覚すること——それがすべてのスタートである。

そして、本当にゼロから書き始めるとすれば、論文の Introduction から書き始めることをオススメしたい。いろいろな先生方から、しばしば「Introduction は最後に書くのだ」というアドバイスを頂戴する。結論が明確になったら、その結論に最適な Introduction を執筆する、というアプローチである。実際の執筆活動は、行きつ戻りつになるため、結果的にこのアプローチを取ってしまうことはあるかもしれないが、筆者は、最初から Introduction を最後に書く想定で研究を始めることはあまりオススメしない。なぜなら、そのアプローチは、自分の得たデータや結論の価値付けを、データを得た後で行うということになるからである。よほど筆力に自信があるのならよいけれど、見込みがはずれて、「今の自分の力では、どんなに頑張っても Introduction を書いたとしても、今手元にあるデータは魅力的なデータには見えないかもしれない……」なんてことになったら、どうするのか？ それは、リスクでしかない。先に Introduction が書き上がっていて、この問題意識でデータ収集をすれば、分析の結果が A になろうと B になろうと、どちらでも魅力的な論文になりそうだ——こういう見込みが立った状態で、データ収集に行く方が安心である。

読者の視点に立って考えると、読者は、まず論文のタイトルとアブストラクトに出会う。この 2 つだけを読んで、「もしかしたら、この論文は読んでみる価値があるかも？」となる。その読者が、次に読むところが、Introduction になるか Conclusion になるかは、好みが変わるところかもしれないが、いずれにせよ Introduction は、「読む価値があるかも？」と「？」がついている読者に対して、「なるほど、これはちゃんと読んだ方が良さそうだ！」と思わせるためのパートである。その論文に直接関係する知識が乏しい状態から読み始めても、ある程度の専門的なトレーニングを受けた人であれば、設定された RQ の価値が理解できるようには、工夫して書かなければならない。だからこそ、逆に言えば、知識が乏しい状態から書き始めても、「どんな書き出しで始まる論文だったら、自分は読みたいと思うだろうか？」という視点で考えれば、何か書

けるはずである。

もちろん、あてもなく書き始めたら、RQ の設定に行き着くまでに筆が止まってしまうであろう。しかし、だからこそ、その経験を大事にしたい。RQ の設定に行き着くまでに筆が止まるのなら、4 節において口を酸っぱくして述べたように、ひとえに勉強不足である。その知識量では、意味のある研究計画を立てることはできない。研究計画の見通しが立てられるようになるまで、自分の関心のあるキーワードが含まれる論文を、片っ端から読んでいくしかない。そうした地道な先行研究の批判的吟味の末に、RQ は立てられるのである。

(4) 自身の研究分野と共通する点はあるか？

筆者は、この問いについては、「他のご登壇の先生方の研究分野と、筆者の研究分野に共通点があるか？」ということ、登壇したその日に答えてほしい、という趣旨の問いであると理解している。本稿執筆時点では、他にご登壇の先生方がどのようなお話をされるのかわからないので、この問いに今直接答えることはできない。しかし、今の段階でも、答えは「YES. ほとんど同じだ」にしかならないと思う。研究のあるべき姿に、研究分野間に差異が生じるとは思えない。研究分野間に差異があるとすれば、それは、「どんな RQ にどのように答えを与えるのが面白いと感じられるか」という、ある種の価値観だと思われる。

6. おわりに

本稿は、若手活性化委員会からいただいた問いに対して、「なぜ科学教育研究を行うのか」という包括的な問いを上を被せる形で回答することを試みた。筆者としては、博士号保持者として研究者の感覚に理解を示しながらも、根本の部分においては、現場の教員の感覚をベースに回答することを試みたつもりである。

本稿の主張をまとめると、次のようになる。まず前提として重要なことは、教師の意思決定に与えるインパクトの大きさが、研究のインパクトの大きさに繋がる。そして、インパクトの指標として重要なのは、期待値である。ケース・スタディであっても、起こった際の影響が大きいものの報告についてはインパクトが大きいし、あ

りふれた現象については、相応の量的なエビデンスがなければインパクトに繋がらない。

何がハイ・インパクトであるかを知るためには、研究以前に、徹底した勉強が必要である。そうでなければ、自身の立てた RQ の価値を合理的に説明することができない。研究方法論は、この RQ との関連の下で妥当性が決まる。筆者個人の想いとしては、物理学や医学を模範として研究方法論を議論するよりはむしろ、生物学における新種発見をアナロジーとして何をどのように研究すべきかを一件一件丁寧に考えることが、より建設的な研究に通じると感じる。

研究を始める第一歩として重要なことは、とにもかくにも、まずは論文を書き始めることである。先行研究のリリースも、実験計画の立案も済んでいない状況下で、一体何が書けるのか、と思われるであろうけれど、何がわかっているか、何がわかっているのかを明確化し、何を知ることによって価値があるのか（すなわち、何が合理的な RQ か）を決定するためには、無謀を承知で論文の Introduction を書き始めてみるのが効果的である。

本稿は、科学教育研究に関わる若手研究者であればどんな読者層にとっても、相応に関心を持てるように構成することを意識したため、具体的なノウハウとして言及できたことは、せいぜい Introduction を書き始めるという点に限定されている。実際、そこから先は、研究領域ごとに個別の戦略があると思われる。本来であれば、筆者自身のこれまでの研究を少し俯瞰して語ることができれば、その方がよかったのかもしれないが、残念ながら、プロの研究者ではない筆者には、これぞ自分の専門だと自信を持って答えることのできる専門領域があるわけではない。若手研究者へ向けて、専門領域に特化した助言ができるほど研鑽を積んでいるわけではないので、本稿は、最大公約数的な部分を検討するに留まってしまった。筆者自身、博士後期課程入学から起算して、ようやく研究歴 10 年になるという程度の若輩者である。ご依頼いただいた光栄さから、つつい身に余る大役を引き受けてしまったが、若輩者が大きなテーマに対して筆を取って

しまったこともあり、若手もベテランも、本稿の内容について多数の異論を持たれたのではないかと思う。筆者自身は、今まで以上によりよい研究と実践を続けていきたいと考えているので、ぜひともそうした異論については参考にさせていただきたい。読者諸氏の忌憚のないご意見を乞うて、本稿の締め括りとした。

参考文献

- 朝日新聞 夕刊. (2021, November 30). 「新種ヨコエビ、4 歳の大発見」.
- 朝日新聞 朝刊. (2017, May 20). 「日本の「サザエ」実は新種」.
- Cai, J., & Hwang, S. (2019). Constructing and employing theoretical frameworks in (mathematics)education research. *For the Learning of Mathematics*, 39(3), 45–47.
- Cai, J., Hwang, S., & Robison, V. (2019). Journal for Research in Mathematics Education: Practical Guides for Promoting and Disseminating Significant Research in Mathematics Education. In G. Kaiser & N. Presmeg (Eds.), *Compendium for Early Career Researchers in Mathematics Education* (pp. 425–442). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7_21
- Cai, J., Morris, A., Hohensee, C., Hwang, S., Robison, V., Cirillo, M., Kramer, S. L., & Hiebert, J. (2019a). So What? Justifying Conclusions and Interpretations of Data. *Journal for Research in Mathematics Education*, 50(5), 470–477. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.50.5.0470>
- Cai, J., Morris, A., Hohensee, C., Hwang, S., Robison, V., Cirillo, M., Kramer, S. L., & Hiebert, J. (2019b). Theoretical Framing as Justifying. *Journal for Research in Mathematics Education*, 50(3), 218–224. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.50.3.0218>
- Clair, R. S. (2008). Similarity and Superunknowns: An

- Essay on the Challenges of Educational Research. *Harvard Educational Review*, 75(4), 435–453. <https://doi.org/10.17763/haer.75.4.a263u5q535658h41>
- Cobb, P. (1994). Where Is the Mind? Constructivist and Sociocultural Perspectives on Mathematical Development. *Educational Researcher*, 23(7), 13–20. <https://doi.org/10.3102/0013189X023007013>
- Cobb, P. (2007). Putting philosophy to work: Coping with multiple theoretical perspective. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (Vol. 1, pp. 3–38). Information Age Publishing.
- Confrey, J. (1991). Learning to Listen: A Student's Understanding of Powers of Ten. In E. von Glasersfeld (Ed.), *Radical Constructivism in Mathematics Education* (pp. 111–138). Kluwer Academic Publishers.
- Dawkins, P. C., & Karunakaran, S. S. (2016). Why research on proof-oriented mathematical behavior should attend to the role of particular mathematical content. *The Journal of Mathematical Behavior*, 44, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2016.10.003>
- Derry, J. (2013). *Vygotsky: Philosophy and Education*. John Wiley & Sons.
- diSessa, A. A., & Cobb, P. (2004). Ontological Innovation and the Role of Theory in Design Experiments. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 77–103. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_4
- Ely, R. (2010). Nonstandard student conceptions about infinitesimals. *Journal for Research in Mathematics Education*, 41(2), 117–146.
- Ernest, P. (1998). *Social Constructivism as a Philosophy of Mathematics*. SUNY Press.
- Ernest, P. (2012). What is our first philosophy in mathematics education? *For the Learning of Mathematics*, 32(3), 8–14.
- Ernest, P. (1994). What is social constructivism in the psychology of mathematics education? In J. P. da Ponte & J. F. Matos (Eds.), *Proceedings of the 18th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education: Vol. II* (pp. 304–311).
- Goos, M. (2019). Educational Studies in Mathematics: Shaping the Field. In G. Kaiser & N. Presmeg (Eds.), *Compendium for Early Career Researchers in Mathematics Education* (pp. 377–391). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7_18
- 服部裕一郎, & 上ヶ谷友佑. (2020). 「数学的活動を真正にするためのユーモアの認知的役割—多角形の内角の和の求め方の拡張に注目して—」. 日本科学教育学会誌『科学教育研究』, 44(4), 261–270. <https://doi.org/10.14935/jssej.44.261>
- 石橋一昂, & 上ヶ谷友佑. (2019). 「数学的モデル化の観点から見た学習者の解の吟味を支援する教材の条件: 方程式の文章題を中学2年生が解決する過程の分析を通じて」. 日本科学教育学会誌『科学教育研究』, 43(4), 333–344.
- Lampert, M. (1990). When the Problem Is Not the Question and the Solution Is Not the Answer: Mathematical Knowing and Teaching. *American Educational Research Journal*, 27(1), 29–63. <https://doi.org/10.3102/00028312027001029>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.
- Mason, J., & Waywood, A. (1996). The Role of Theory in Mathematics Education and Research. In A. J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & C. Laborde (Eds.), *International Handbook of Mathematics Education: Part 1* (pp. 1055–1089). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978->

- Nesher, P. (1987). Towards an instructional theory: The role of student's misconceptions. *For the Learning of Mathematics*, 7(3), 33–40.
- Niss, M. (2019). The very multi-faceted nature of mathematics education research. *For the Learning of Mathematics*, 39(2), 2–7.
- Prediger, S., Bikner-Ahsbahs, A., & Arzarello, F. (2008). Networking strategies and methods for connecting theoretical approaches: First steps towards a conceptual framework. *ZDM*, 40(2), 165–178. <https://doi.org/10.1007/s11858-008-0086-z>
- Radford, L. (2008). Connecting theories in mathematics education: Challenges and possibilities. *ZDM*, 40(2), 317–327. <https://doi.org/10.1007/s11858-008-0090-3>
- Schoenfeld, A. H. (2008). Research Methods in (Mathematics) Education. In L. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (2nd ed., pp. 467–519). Routledge.
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing Mathematics Pedagogy from a Constructivist Perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114–145.
- Stylianides, G. J., & Stylianides, A. J. (2020). Posing New Researchable Questions as a Dynamic Process in Educational Research. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 83–98. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10067-9>
- Toerner, G., & Arzarello, F. (2012). Grading mathematics education research journals. *Newsletter of the European Mathematical Society*, 86, 52–54.
- 坪井明人. (2012). 『数理論理学の基礎・基本』. 牧野書店.
- 上ヶ谷友佑. (2017). 『真正な数学的活動を実現するための哲学に関する研究』, [未公刊, 学位論文, 広島大学]. <http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00043542>
- 上ヶ谷友佑. (2020). 「数学の生涯学習において多様な数学観を考察するための理論的視座」. 日本数学教育学会『第 8 回春期研究大会論文集』, 63–70.
- 上ヶ谷友佑. (2021). 「学会誌『数学教育学研究』の論文観を問う —エッセイ調のメタ研究的論考の一層の充実へ向けて—」. 全国数学教育学会 第 54 回研究発表会 発表資料.
- 上ヶ谷友佑, & 大谷洋貴. (2019). 「数学教育における推論主義の可能性: 学力調査で求められる実践的知識としての統計的概念に関する批判的考察」. 全国数学教育学会誌『数学教育学研究』, 25(1), 67–76.
- 上ヶ谷友佑, & 大谷洋貴. (2020). 「創造的で洞察に富んだプロセスとしての教科教育研究—国際的な数学教育研究観の変遷から見る新しい学問領域観の提案—」. 『日本教科教育学会誌』, 43(2), 49–62.
- 上ヶ谷友佑, 白川晋太郎, 伊藤遼, & 大谷洋貴. (2021). 「推論主義に基づく数学的タスクデザインの原理の開発: 複素数係数の 2 次方程式に関する数学的タスクを具体例として」. 『日本科学教育学会第 45 回年会論文集』, 535-538.
- Uegatani, Y., Ishibashi, I., & Hattori, Y. (2021). Japanese use of probabilistic language about diagnosis tests for COVID-19: An analysis of Twitter data. *Philosophy of Mathematics Education Journal*, 37. <http://socialsciences.exeter.ac.uk/education/research/centres/stem/publications/pmej/pome37/index.html>
- Uegatani, Y., Nakawa, N., Kimura, M., Fukuda, H., & Otani, H. (2021). The Ad Lib Music Session as a Metaphor for Mathematics Classroom Activities in the Theory of Objectification: A Phonetic Analysis

of Laughter. *Proceedings of the 44th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 169-176). PME, Khon Kaen, Thailand.

Uegatani, Y., & Otani, H. (2021). A new ontology of reasons for inferentialism: Redefining the notion of conceptualization and proposing an observer effect on assessment. *Mathematics Education Research Journal*, 33, 183–199. <https://doi.org/10.1007/s13394-019-00289-8>

von Glasersfeld, E. (1995). *Radical Constructivism: A Way of Knowing and Learning*. The Flamer Press.

Williams, S. R., & Leatham, K. R. (2017). Journal Quality in Mathematics Education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 48(4), 369–396.

山口悦司. (2008). 「教育実践の理論化の視点としての「存在論的革新」に関する一考察」. 日本教育方法学会紀要『教育方法学研究』, 33, 73–84. https://doi.org/10.18971/nasemjournal.33.0_73