

「再現性の危機」に科学哲学は理論的基盤を与えられるか

Popper の再現性概念の検討と拡張の可能性

東京大学大学院学際情報学府 山銅康弘

序

再現性は科学を科学たらしめる要素の一つであると考えている科学者は多い。しかし近年、統計学を用いた科学の現場において「再現性の危機」(1)と呼ばれる問題が生じている。元の研究で得られた結果を再び得ることができない、そのような再現性のない研究が多く存在することが生物医学や心理学といった分野を中心に明らかになった(Open Science Collaboration, 2015; Begley & Ellis, 2012)。「再現性の危機」は、研究方法論的、統計学的、制度的な要因の相互作用の結果だと考えられている。具体的に述べると、統計的に有意な結果のみが公表され、有意でないものは研究室の引き出しにしまわれてしまうという「ファイル・ドロワー問題[file drawer problem]」(Rosenthal 1979)。統計的有意差を出そうと分析を繰り返し行い都合の良い結果を求める「問題のある研究実践(QRPs: Questionable Research Practices)」(John et al., 2012)。有意かそうでないかという2値判断を行う帰無仮説検定そのものに対する批判(Trafimow, 2014)、ひいてはそれらの統計手法の総称である頻度主義統計自体の批判(言い換えればベイズ主義統計の活用の奨励)(Wagenmakers et al., 2011)。以上のような統計的有意性、より一般的には発見を重視し、確認を軽視するという科学研究のインセンティブ構造(Romero, 2017)など、限りなく記述することができる。

このように問題が多層化している理由として、「再現性」という用語の多元性が挙げられる。先ほど再現性を「元の研究で得られた結果を再び得ること」と表現したが、これは最大公約数的なものである。再び得るとはどのようにしてか(既に収集されたデータを再解析するのか、新たに実験を行ってデータを取りなおすのか。また、実験方法や分析方法は元の研究のものと全く同一か、部分的な改変は容認されるか等)、繰り返すのは誰なのか(元の研究を行った研究者か、別の研究者か、研究者以外の非専門家か等)、といった詳細については一切触れていない。

概念が曖昧であるならば、再現性のある研究を行うという目標自体が方向性を失ってしまう。ただ多くの科学者たちが再現性に関する研究を行う際、たびたび参照されるのは科学哲学者である Karl Popper の議論である(例えば Casadevall & Fang, 2010; Open Science Collaboration, 2012)。しかし実際試しにいくつかの論文を取り上げてみると、科学者は Popper をある種の

おまじないとして、というのも再現性について議論を行う際には、そもそも再現性が重要であることを明示する必要があるため、文脈を考慮せずに Popper を参照するきらいがある。実際 Derksen(2019)は、過去に生化学者達を対象に科学の現場における Popper の議論の参照のされ方を社会学的に分析した Mulkay & Gilbert(1981)を念頭に置きながら、現代の「再現性の危機」における Popper の議論の参照のされ方についてブログの記事などを用いて分析したところ、一部の研究者を除いてほとんどが、Popper の『科学的発見の論理』(Popper, 1968)において展開された反証主義や確率論といった中心的な議論を全面的に受け入れているわけではないことを明らかにしている。

そこで本稿は、果たして Popper の再現性概念が現代の「再現性の危機」においても適用可能なのか、また単純な適用ができないのだとしたらどのような哲学的課題を「再現性の危機」に直面する科学者達が抱えていることになるのか、という点を明らかにする。

具体的に第 1 節では主に国里(2020)を元にして「再現性の危機」で求められている再現性概念を整理し、第 2 節では Popper の議論を具体的に引用しながら再現性概念を再構成し、比較検討する。第 3 節では Popper が何故そのような再現性概念を採用したのかについて、反証主義の立場から明らかにし、第 4 節では Lakatos の議論を用いて Popper の再現性概念の拡張を試みる。

1. 「再現性の危機」で求められている再現性概念

再現性の概念にはいくつかのバリエーションが存在する。用語法についてのコンセンサスは国内外含めてなく、分野外だけでなく分野内においても用語の不統一による混乱が存在するが、ここでは心理学における国里(2020)のまとめ方を踏襲する。理由としては、「再現性の危機」を受けとめ、具体的な改善が議論され、実際に試みられている心理学は取り上げる価値があり、国里(2020)は概念の混乱に自覚的で、複数の研究を参照しながら再現性概念の整理、翻訳案を提出しており、科学者の立場からの整理として信頼できると考えられるからである。

再現性を英訳した場合、reproducibility や replicability といった候補がある。国里は両者を別の概念として峻別し、reproducibility を「再解析による再生可能性」と呼び、replicability を「追試による再現可能性」と呼び表す。なお本稿では「再解析による再生可能性」と、「追試による再現可能性」を含めた概念を表す言葉として、単に「再現性」を用いる。再解析による再生可能性とは、追試対象となる研究において既に収集されたデータを用いて、元

の研究と同じ分析を行った際に、元の研究と同じ結果が得られることをいう。対して追試による再現可能性とは、新たにデータを収集し分析を行った時に、元の研究と同じ結果が得られることをいう。その際、データの取得方法や分析方法について、元の研究と同じにするのか変更を加えるのかによって異なる追試と見なし、元の研究と同じ方法に従うことを「直接的追試 [direct replication]」、方法について何らかの変更を加えることを「概念的追試 [conceptual replication]」と呼ぶ(2)。従って追試による再現可能性は、「直接的追試による再現可能性」と「概念的追試による再現可能性」という二つの下位分類があるといえる(3)。

なお本稿では再解析による再生可能性については議論の対象外とする。再解析による再生可能性は確かに「再現性の危機」において重要な問題の一つだと考えられているものの、この問題はどのように研究者コミュニティに対して、発表された研究結果を導くために必要なデータや統計解析を行うのに必要なソースコードを共有すれば良いかという多分に制度的、技術的な問題であり、考慮すべきは金銭的なコストとのトレードオフといった観点であるため、本稿で考えるような科学哲学的な問題関心とは異なるように思われるからである。

直接的追試と概念的追試についてさらなる記述を加えておくと、「再現性の危機」において特に問題となっているのは直接的追試による再現可能性である。「再現性の危機」の背景には、そもそも直接的追試がほとんど行われてこなかったという実情がある。それゆえ直接的追試が行われることを念頭に置いた研究が行われておらず、追試を行うのに不十分な実験報告や、上述したような実験結果を統計的有意に見せるための問題のある研究実践が行われてきたため、実際に直接的追試を行うと再現に失敗するのだと考えられている(Makel et al., 2012)。他方概念的追試自体は「再現性の危機」以前から行われていたと考えられている。異なるデータ収集方法や分析方法を用いることは、元の研究において提出された理論を検証ないし反証するという機能を持ち(4)、そのような概念的追試を通じた理論の検証と反証を繰り返して心理学（ひいては科学）は進歩してきた、と考えられている(Stroebe & Strack, 2014)。

以上は、追試実験を「どのように」行うかという観点から再現性を分類したものだということができる。次に、追試実験を「誰が」行うかという別の点からの分類についても着目しておく。「再現性の危機」においては明確に用語で分けられることはないものの、この観点は重要である。なぜならある研究結果の再現性があるか否かという論争が生じた際に、研究者自身が所属す

る研究室では再現ができるのだから，他の研究室で再現できないのは実験技術が足りていないからだと主張されるケースがあるからである(5)。

これは、「再現性の危機」において追試対象の実験を行った研究者（以下「元の研究者」）が再現できないということだけが問題になっているのではなく，他の研究者によっても再現できないことが問題になっている，ということを示している．現に，「再現性の危機」の問題から立ち上げられることとなった大規模追試プロジェクトの一つに“Many Labs”プロジェクト(Klein et al., 2013)というものがあり，名前からも分かる通り複数の研究室において追試実験を行うということが念頭に置かれていることが分かるであろう．

他にも，研究者が行うのか素人が行うのかで再現性を分類するという提案(Radder, 1992)や，新規な発見を行う探索的研究を行う研究者と追試研究を行うことで確証的研究を行う研究者というように研究者を再構成すべきだという議論(Romero, 2018)も存在するが，これらは主要な論点として共有されているといえるほど議論が蓄積されているわけではないため，本稿では割愛する．

本節のまとめとして，再現性といっても複数の下位分類が存在するということが明らかになった．各概念の分類関係について，図1に示した(6)．要約すると，「再現性の危機」において要請されている再現性とは，他の研究者が，実際に実験を繰り返すことで新たなデータを集め，データ収集方法や分析方法は変えない直接的追試による再現可能性のことである．次節では果たしてPopperが同様なものとして再現性について議論し，その重要性を指摘してい

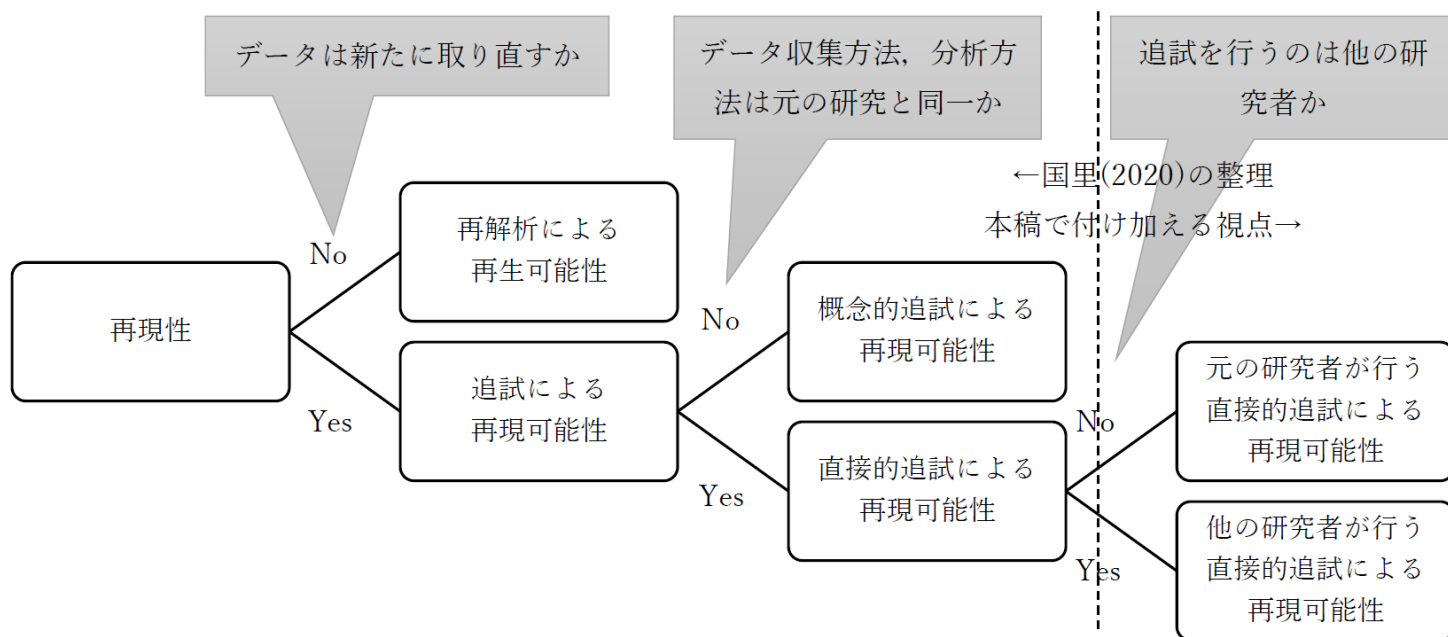


図1 科学者による再現性の分類

るのかについて検討する。

2. Popper の再現性概念との比較

Popper(1968)の中でも、おそらく「再現性の危機」に直面する科学者が最も引用していると思われる部分(例えば Crandall & Sherman, 2016; Earp & Trafimow, 2015; Schmidt, 2009)を本稿でもまず引用する。

ある出来事が規則または定規性にしたがって再発ないし再現できる——反復して行える実験でのような——場合にだけ、われわれ自身の行った観察は、誰によっても——原則上——テストされうる。われわれは自分自身の観察でさえも、それが反復的な観察によってテストされるまでは、本当にまじめにとりあげたり、科学的観察として受容れたりはしない。そのような反復によってのみわれわれは、たんなる一時の偶然的な「併発」を取り扱っているのではなくて、その規則性と再現可能性のゆえに、原則的に相互主観的にテスト可能な出来事をつかっているのだと確信できるのである。(Popper, 1968 大内 & 森訳, 1971, p.55)

上の記述から分かるのは、再現性とは元の研究者だけではなく他の研究者によっても再現できる場合に満たされる性質だということである。「再現性の危機」に直面する科学者達と同様、元の研究者による再現と、他の研究者による再現を区別していることは、他の部分を見ても分かる。

すべての実験物理学者は、自分の実験室でしばらくのうちは再現できさえするものの、ついには跡形もなく消え去ってしまうような驚くべき、そして説明のつかないはっきりした「結果」を知っている。もちろん、このような場合、どの物理学者も自分が科学的発見をしたとはいうまい(そのような結果を再現可能にさせるために自分の実験を再調整しようと努めるではあろうが)。実に科学的に有意義な物理的結果とは、指定された仕方で適切な実験をする誰によっても規則正しく再現できるもの、と定義されよう。まじめな学者なら誰でも、自分の指示によって再現させえないような、かかる「奇妙な結果」(と私がよぼうと思うもの)を、科学的発見として公表しようとはしまい。そのような「発見」なるものは、それをテストしようと試みても否定的な結果になるというただこの一事によって、すぐに馬鹿げた妄想的なものとして拒否されるだけであらう。(同, pp.55-56)

Popper はこれらの記述をひとまとまりの議論だと捉えているようであるが、前節で見てきたような観点からは、大きく3つのブロックに分けることができる。第一に、元の研究者自身によって再現できるかどうかという論点であり、実際に再現できるものについて、それが「科学的発見」だということができるという議論。第二に、「科学的に有意義な結果」とは誰によっても再現できるものだという議論。最後に、研究者自身では再現できるが、研究者自身による「指示[instruction]」があるにも関わらず他の研究者によって再現できないものは「奇妙な結果」であり、公表するようなものではないという議論がなされていることが分かる。

ここで、「再現性の危機」においては必ずしも注目されていない再現性の側面が語られている。Popper は元の研究者が結果を実際に再現できていることについては要求するものの、他の研究者によって実際に追試実験が行われている必要はなく、再現するための指示さえ十分に書かれていれば科学的に意味がある、ということ述べている。

実際に再現が行われる必要がない場合があるという点については、以下で明瞭に書かれている。

ある結果が「再現可能な結果」（あるいは「発見」）であるためには、どれほどしばしば実際に再現されるべきなのか、と。答は、ある場合には一度だって再生されない、である。もし私がニューヨーク動物園には白いカラスがいると主張すれば、私は原理上テストできるある事を主張しているのである。もし誰かがそれをテストしようとし、現場に行って、白いカラスの一群は死んだとか、そんなものは聞いたこともないとかいう情報を得るならば、私の反証基礎言明を受容れる、あるいは拒否することは彼にまかされる。通常、彼は目撃者や記録などを調べることによって、つまり他の相互主観的にテスト可能な・再現できる諸事実に訴えて、判定をください手段をもつであろう。（同、p.106）

ここで新たな情報が付け加わる。再現の方法は一つではない。元の研究者は何らかの方法を用いてある主張——ここでは「ニューヨーク動物園には白いカラスがいる」——に達し、それを公表する。何故公表する価値があるのかと問われれば、どのようにこの主張をテストすることが可能かは明らかで、潜在的に再現が可能であるから、と答えることができる。ただしテストの方法については目撃者に聞くのか、記録を探すのか複数の選択肢が存在し、一

意的には決まらない。

以上、Popperの再現性概念を再構成した結果についても図示を試みる(図2)。Popperは再現性概念の下位分類を示してはいない。従ってここでは、図1と同様のものを書き、言及されている箇所については「○」、言及されていない箇所については「—」と書く。また図1に書かれている分類基準に加えて、「実際に追試が行われている必要があるか」という新たな分類基準が示されていることに注意されたい。

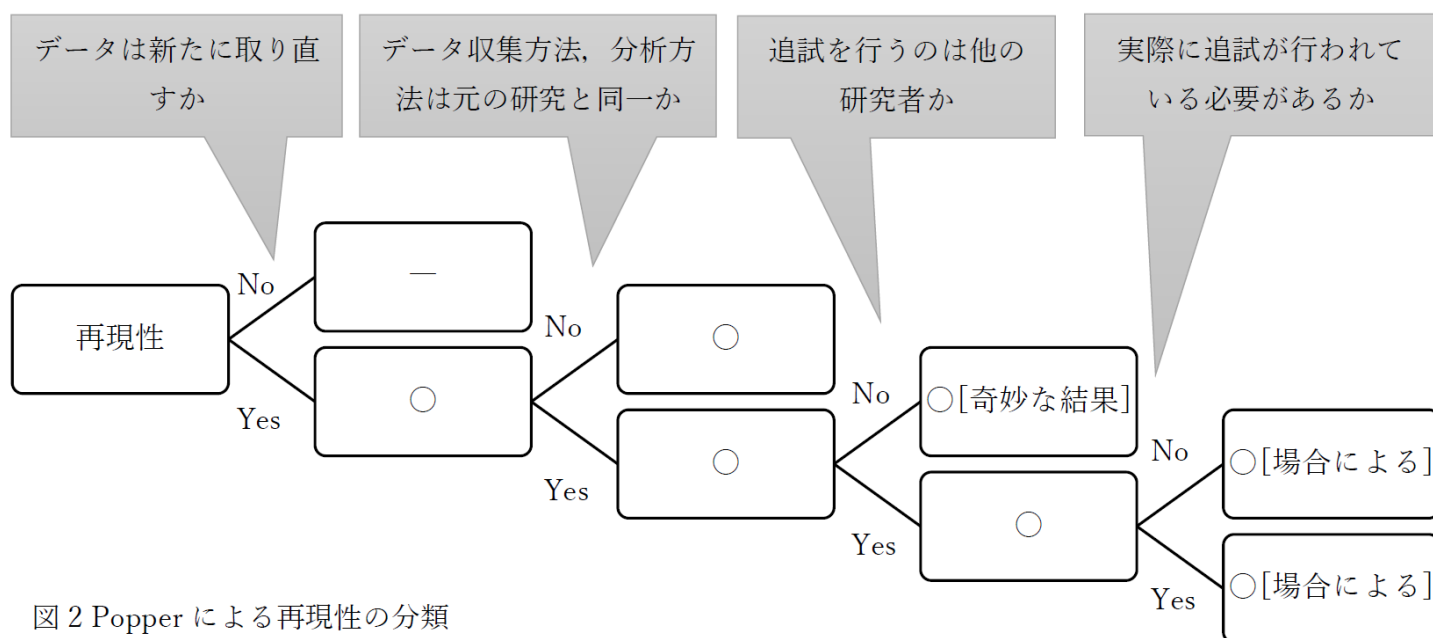


図2 Popperによる再現性の分類

「再現性の危機」で要請されている再現性概念と比較することで何が見えてくるだろうか。まず、Popperは同じデータを用いる再解析による再生可能性ではなく、新たに実験や観察を行うことでデータを収集する追試による再現可能性について論じており、本稿で扱う再現性の範囲と一致している。さらに、他の研究者によっても再現できるかということの問題としている点については、Popperは元の研究者だけが再現できる結果を「奇妙な結果」と呼んで重要視していないものの、両者を区別している点では「再現性の危機」に直面する科学者達の考えと一致している。

ただし、「再現性の危機」における再現性概念は実際に再現を行うことを念頭に置いているのに対し、Popperは再現を実際に行う必要はなく、誰でも再現を試みようとするれば実行可能であるような、十分な「指示」がありさえすれば公表すべき科学的発見と呼ぶに値する、というものであった。しかしこの相違点はあまり重要ではないと考えられる。なぜなら、Popperはあくまで「公表」に注目して論じている点に着目すると、本質的には「再現性の危機」での論点と変わりはないからである。「再現性の危機」に直面する科学者達は、

なにも他の研究室においても再現が成功したときにはじめて元の研究が公表されるべきだとは考えていない。そこで構想されているのは、まず一つの研究室で何らかの実験結果が得られ公表に至り、その後追試実験が系統的に行われるような制度設計、研究慣行の定着である(例えば Munafò et al., 2017)。元の研究が公表される際に求められる要件は何か、それは Popper が述べているように、後の追試実験が可能になる十分な「指示」を記載していること、と解釈することができるであろう。

しかしながら、上記の論点については対処できたとしても、Popper の再現性概念と「再現性の危機」における再現性概念の間には、重大な相違点の一つ存在することが明らかになった。Popper は再現の方法については限定しておらず、概念的追試による再現可能性も許容しているのに対して、「再現性の危機」においては直接的追試による再現可能性を明確に区別して必要としているのであった。Popper が真に概念的追試と直接的追試を区別していないのであれば、「再現性の危機」に直面する科学者達が理論的基盤として Popper を使用することは不適切ということになる。

ところで、そもそも『科学的発見の論理』において再現性に関する議論は断片的に論じられるのみで中心的なテーマとはいえず、あくまで反証主義についての議論を展開するに差し当たり必要とされている再現性について言及しているのに過ぎない。次節ではこれを踏まえた上でさらなる比較を行うために、反証主義と再現性についての関係を検討した上で比較を行うことで、Popper が何故図 2 で示したような再現性概念を考えたのかを明らかにしていく。

3. 再現性概念に対する機能的アプローチ

図 1 及び図 2 において記述した分類基準を取り上げることで、詳しい検討を加えていく。具体的には「データ収集方法、分析方法は元の研究と同一か」という点が、「再現性の危機」における再現性と Popper の再現性の相違点であった(7)。検討の際、Popper の反証主義と再現性の関係について見ていくわけだが、これは前節までが再現を「どのように」、「誰が」行うのかという記述的アプローチからの再現性概念の整理・比較であったといえるのに対し、本節ではそのような再現性が満たされることが何を意味するのか、という機能的アプローチからの再現性概念の整理・比較ということができる。

比較のためにもまず、「再現性の危機」における概念である直接的追試による再現可能性と概念的追試による再現可能性の機能について述べておこう。国里(2020)では両者の機能については述べられていない。もともと直接的追

試、概念的追試という用語は Schmidt(2009)に由来するものと考えられ (Fidler & Wilcox, 2018), Schmidt によれば直接的追試にはサンプリングエラーを制御することで、現象を確認するという機能があるのに対し、概念的追試は理論の適用範囲を調べる、ないし理論を拡張するという機能があるとしている。ただし、それでは概念的追試には現象を確認するという機能が全くないかと言うとそうではない。実験が成功した場合には現象が確認できたと言っても、失敗した場合にはその理由が、現象が存在しないことを意味しているのか、理論が間違っているのかを決定できず、現象を確認する、という目的の上では概念的追試は直接的追試よりも弱い、ということが出来る (Freese & Peterson 2017)。これは、記述的アプローチによる分類と機能的アプローチによる分類は完全に一致するわけではなく、記述的アプローチでは直接的追試と概念的追試が明確に区別できるのに対し、機能的アプローチでは両者を明確に区別することができないことを意味している。このことから、直接的追試と概念的追試を明確に区別しようとする「再現性の危機」に直面する科学者達は、機能的アプローチよりも記述的アプローチによる分類を重視している、と捉えることができるであろう。

それでは Popper は「現象を確認する」や「理論の適用範囲を調べる、ないし理論を拡張する」といったことに関して、どのように捉えていたと考えられるのか。ここでは Popper の理論と観測に対する態度に注目する。『推測と反駁』(Popper, 1965)から次の文章を引用する。

つまり、わたくしが科学的知識の成長について語るとき心に描いているのは、観察結果の蓄積のことではなくて、科学理論を次々とくつがえし、よりよい、より満足できる理論で置き換えることなのだ、ということである。(Popper, 1965 藤本他訳, 2002, pp.362-363)

Popper は科学において観察結果が蓄積されていくという事態を重要視していない。観察を知識の究極的根源だと考える立場を「観察主義」と呼び、批判する。概略を述べると、観察による基礎づけは、ある観察を根拠づけるためにはさらなる別の観察を必要とし、さらにはその観察を根拠づけるために新たな観察を必要としていくため、無限後退に陥る、というのが Popper による批判である。

Popper の反証主義において重要なのは、理論が反証によって置き換わっていくというプロセスであり、観察は理論の反証を目的として行われる。従ってここでは、何を観察するかは常に理論から導出されるという前後関係があ

り、理論と無関係な観察は議論の対象ではない、ということになる。

ここで話題を再現性に戻すと、「再現性の危機」で求められる直接的追試の機能とは主に現象を確認することであった。従って直接的追試は理論とは独立に行うことができるものと捉えられており、Popper の用いる再現性概念では直接的追試による再現可能性を救いとることができない、ということになる。

前節において Popper の再現性概念が、複数の再現性の下位分類を区別しておらず奇妙に思われるのは、「再現性の危機」に直面する科学者達が重視するような記述的アプローチによる分類から見てしまうことに起因しており、機能的アプローチによる分類から見れば、重要なのは実験が理論の反証を目的として行われているかどうかという観点であり、データの収集方法や分析方法が同一か否かという観点はさしあたって重要ではない、ということが分かるであろう。

Popper のテキストから読み取ることができる素朴な帰結としては、もし「再現性の危機」に直面する科学者達が Popper のように機能的アプローチによる分類に力点を置いた再現性概念を採用するのであれば、Popper の反証主義も同時に受け入れる必要があり、その場合データの収集方法や分析方法が同一か否かという論点を強調することには意味がなく、「再現性の危機」という問題をとらえ損ねているといえる。

次節では、少なくともテキストからは Popper の再現性議論が「再現性の危機」で求めるような区別が無いとはいえ、果たして反証主義において直接的追試による再現可能性を認めることができないとまで言えるのか、という点について議論する。

4. Popper の再現性概念の拡充

反証主義の下では、理論の反証としての観察というものを考え、理論と観察が矛盾するとき、理論が反証されたとみなされる。ただし一回限りの観察によって理論が反証されるとまで Popper は言っておらず、複数の観察を通じて、「現象を確認」という機能を有する再現性概念、すなわち機能的アプローチからみた直接的追試による再現可能性を、Popper の反証主義の下でも認めることができそうである。ここで直接的追試による再現可能性が得られないことを、反証という言葉を用いて表現するならば、元の実験結果と直接的追試の結果が矛盾するとき、元の実験結果が反証される、ということができる。

しかしその場合、ある観察の反証に十分な観察とはいかなる観察なのであ

ろうか。理論の反証については、「再現可能な観察」だけが理論を反証することができるということによって観察の性質を記述し、その性質についての分析をいったん括弧に入れることで論じることができたわけだが、ある観察の反証に必要な観察の性質として「再現可能な観察」を当てはめてしまえば、論点先取になってしまう。ここで問題になっているのは、どのようなときにある観察が元の観察の反証事例となり、ある時には反証事例とならない（無視される）のか、ということである。

この問題意識の持ち方は、Lakatos が理論の反証としての観察に対して抱いた疑問と同じ構造を有している。Lakatos は、Popper の反証主義的な科学が実際の科学においては見られず、理論と矛盾する観察が即座に理論を棄却することにはならないという事実を踏まえて、「研究プログラム」という新たな概念を創出した。理論と矛盾する観察結果が提出されたときに、理論の修正を行い、結果として新たな予測を生み出すのであれば、そのような変則事例は反証事例として受容られ、「前進的プログラム」と表現される。それに対して単なるアドホックな修正にとどまる場合には「退行的プログラム」と呼ばれるが、それでも説明が難しい場合には一時的に無視という判断を取る (Lakatos, 1978 村上他訳, 1986, pp.6-9)。

Lakatos はあくまでこの考えを理論と観察の関係に留めたが、これをある観察と別の観察の関係にも適用することができるであろう。ただしその場合、Lakatos の「科学哲学は科学者にとってよりも科学史家にとっての指針である」(同, p.223)という記述を真剣に受け止める必要が出てくる。というのも、研究プログラムの枠組みを採用した場合、あるプログラムが前進的か、退行的かを判断しなければならなくなるわけだが、それではどのようなタイミングで決定を下せばよいのか。Lakatos は長い時間がかかるというだけで、明確な基準は示せていない。Lakatos はそれゆえに科学に対する規範ではなく、長い時間がたった後に研究が開始される科学史に対する規範を論じるという問題移動をしているが故にこのように述べたのである。

そうすると、決定実験との類比が想起される。以下を引用しよう。

ポパーのいう意味での「決定実験」は存在しない。これはたかだか、事件の後だいたい経ってから、つまりある研究プログラムが別のプログラムによって打倒されてしまったときに、ある変則事例に贈られる敬称にすぎないのである。ポパーにとって、決定実験は、ある理論と不斉合な基礎言明の受容を意味する。私としては、いかなる受容された基礎言明もそれだけでは理論を棄却する権利をわれわれに与えてくれないと主張し

たい。(同, p.218)

ある理論と矛盾するような実験で、その実験によって理論が棄却されるとき、その実験を「決定実験」と呼ぶ。Popper においてはまさに今行われた反証実験を「決定実験」と呼ぶことができるが、Lakatos の議論から帰結することは、「決定実験」は長い時間を経て、後知恵的に認定されるものであり、科学史的な概念として用いられるということになる。

再現性も同様であろう。ある元の研究について矛盾する直接的追試の実験結果が得られたからといって、すぐさま現象が確認できず、再現性がない、ということが決定づけられるわけではない。ある研究結果が再現できたか否かは、科学史によって明らかになるのであり、再現性の有無は科学者が日常的に判断することはできない、ということが帰結する。

以上、Lakatos の議論からの拡張を行うことで、「現象を確認する」という機能を持った再現性を反証主義のもとでも認めることができることが明らかになったが、同時に科学者達は、ある追試実験の結果から即座に再現性の有無を判断できるわけではない、ということが示された。

結

まとめよう。「再現性の危機」において Popper の再現性概念が理論的後盾として採用されてきた。しかし検討の結果、Popper の再現性概念は「再現性の危機」がもとめるような概念とは異なり、単純な援用は不適切であるといえる。そこで、Popper の議論を洗練させたとされる Lakatos の議論を踏まえると、再現性概念が科学史的な概念となってしまう、「再現性の危機」における一部の科学者達が考えるような、ある実験結果の再現性の有無に関する単純な判断は認められない、ということが明らかになった。

注

- (1) 「再現性の危機[replication crisis, reproducibility crisis, replicability crisis]」という言葉が一般的なのは、*Perspectives on Psychological Science* 誌で再現性特集が組まれた際に用いられていた(例えば Pashler & Harris, 2012)ということと、*Nature* 誌で再現性の危機があるかどうかアンケート調査を行った Baker(2016)などから定着したのだと考えられる。他の用語としては「統計的危機[statistical crisis]」(Gelman & Loken, 2014), 「科学の危機[science's crisis]」(Saltelli & Funtowicz, 2017), 「信頼性革命[credibility revolution]」(Vazire, 2018)などが存在す

- る。
- (2) 本稿では「再現」と「追試」を全く同一のものとして捉えており，慣例によって使い分けている。実際両者を異なる概念として用いている例は見当たらない。
 - (3) 国里(2020)はこの後別の分類として，Goodman et al.(2016)を参照し，「方法の再現可能性」，「結果の再現可能性」，「推論の再現可能性」という3つの概念を紹介しているが，この分類が現時点では広まっているとは思われないため，本稿では割愛した。
 - (4) 再現性の機能については後述。第3節を参照。
 - (5) 実例としては Schnall et al.(2008)の研究を巡る論争がある。Bohannon(2014)や Derksen(2019)を参照。
 - (6) 注意点として，例えば「再解析による再生可能性」についても「分析方法を元の研究と同一にするか否か」という視点から新たな下位概念を創出することが可能だが，ここでは本稿で言及している概念のみを図に書き表している。
 - (7) 他の相違点として，「再現性の危機」では再解析による再生可能性を一つの再現性の下位概念として明確に区別している，という点を挙げるができるが，これは本稿 p.3 における記述と同様 Popper も科学哲学的な関心に限定し，議論の対象としなかったのだと考えられる。

参考文献

- Baker, M. (2016). "1,500 scientists lift the lid on reproducibility". *Nature*, 533(7604), 452-454.
- Begley, C. G., & Ellis, L. M. (2012). "Raise standards for preclinical cancer research". *Nature*, 483(7391), 531-533.
- Bohannon, J. (2014). "Replication effort provokes praise—and 'bullying' charges". *Science*, 344(6186), 788.
- Casadevall, A., & Fang, F. C. (2010). "Reproducible science". *Infection and Immunity*, 78(12), 4972-4975.
- Crandall, C. S., & Sherman, J. W. (2016). "On the scientific superiority of conceptual replications for scientific progress". *Journal of Experimental Social Psychology*, 66, 93-99.
- Derksen, M. (2019). "Putting Popper to work". *Theory & Psychology*, 29(4), 449-465.
- Earp, B., & Trafimow, D. (2015). "Replication, falsification, and the crisis

- of confidence in social psychology”. *Frontiers in Psychology*, 6, 1-11.
- Freese, J., & Peterson, D. (2017). “Replication in social science”. *Annual Review of Sociology*, 43(1), 147-165.
- Fidler, F., & Wilcox, J. (2018). “Reproducibility of scientific results”. In Edward N. Zalta (Ed.), *The stanford encyclopedia of philosophy (Winter 2018 ed.,)* Metaphysics Research Lab, Stanford University.
- Gelman, A., & Loken, E. (2014). “The statistical crisis in science”. *American Scientist*, 102, 460.
- Goodman, S. N., Fanelli, D., & Ioannidis, J. P. A. (2016). “What does research reproducibility mean?”. *Science Translational Medicine*, 8(341), 341ps12.
- John, L., Loewenstein, G., & Prelec, D. (2012). “Measuring the prevalence of questionable research practices with incentives for truth telling”. *Psychological Science*, 23, 524-32.
- Klein, R., Ratliff, K., Vianello, M., Jr, R., Bahník, Š, Bernstein, M., et al. (2013). “Investigating variation in replicability A "many labs" replication project”. *Social Psychology*, 45.
- Lakatos, I. (1978). *The methodology of scientific research programmes*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press. (村上, 陽一郎, 井山, 弘幸, 小林, 傳司, & 横山, 輝雄訳. (1986). 『方法の擁護 : 科学的研究プログラムの方法論』. 東京: 新曜社.)
- Makel, M., Plucker, J., & Hegarty, B. (2012). “Replications in psychology research how often do they really occur?”. *Perspectives on Psychological Science*, 7, 537-542.
- Mulkay, M., & Gilbert, G. N. (1981). “Putting philosophy to work: Karl popper's influence on scientific practice”. *Philosophy of the Social Sciences*, 11(3), 389-407.
- Munafò, M. R., Nosek, B. A., Bishop, D. V. M., Button, K. S., Chambers, C. D., Percie du Sert, N., et al. (2017). “A manifesto for reproducible science”. *Nature Human Behaviour*, 1(1), 0021.
- Open Science Collaboration. (2012). “An open, large-scale, collaborative effort to estimate the reproducibility of psychological science”. *Perspectives on Psychological Science*, 7(6), 657-660.
- Open Science Collaboration, (2015). “Estimating the reproducibility of psychological science”. *Science*, 349(6251), aac4716.

- Pashler, H., & Harris, C. (2012). "Is the replicability crisis overblown? three arguments examined". *Perspectives on Psychological Science*, 7, 531-536.
- Popper, K. R. (1965). *Conjectures and refutations : The growth of scientific knowledge (2nd ed.)*. London: Routledge & Kegan Paul. (藤本, 隆, 石垣, 壽, & 森, 博訳. (2009). 『推測と反駁:科学的知識の発展』. 東京: 法政大学出版局.)
- Popper, K. R. (1968). *The logic of scientific discovery Third edition (revised)*. London : Hutchinson, (1968). (大内, 義一 & 森, 博訳. 1971. 『科学的発見の論理』. 東京: 恒星社厚生閣.)
- Radder, H. (1992). "Experimental reproducibility and the experimenters' regress". *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1992, 63-73.
- Romero, F. (2017). "Novelty versus replicability: Virtues and vices in the reward system of science". *Philosophy of Science*, 84(5), 1031-1043.
- Romero, F. (2018). "Who should do replication labor?". *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 1(4), 516-537.
- Rosenthal, R. (1979). "The file drawer problem and tolerance for null results". *Psychological Bulletin*, 86(3), 638-641.
- Saltelli, A., & Funtowicz, S. (2017). "What is science's crisis really about?". *Futures*, 91, 5-11.
- Schmidt, S. (2009). "Shall we really do it again? the powerful concept of replication is neglected in the social sciences". *Review of General Psychology*, 13, 90-100.
- Schnall, S., Benton, J., & Harvey, S. (2008). "With a clean conscience: Cleanliness reduces the severity of moral judgments. *Psychological Science*, 19(12), 1219-1222.
- Stroebe, W., & Strack, F. (2014). "The alleged crisis and the illusion of exact replication". *Perspectives on Psychological Science*, 9, 59-71.
- Trafimow, D. (2014). "Editorial". *Basic and Applied Social Psychology*, 36(1), 1-2.
- Vazire, S. (2018). "Implications of the credibility revolution for productivity, creativity, and progress". *Perspectives on Psychological Science*, 13(4), 411-417.
- Wagenmakers, E., Wetzels, R., Borsboom, D., & van der Maas, Han L. J.

(2011). “Why psychologists must change the way they analyze their data: The case of psi: Comment on bem (2011)”. *Journal of Personality and Social Psychology*, 100(3), 426-432.

国里，愛彦.(2020). 「再現可能な心理学研究入門」. 『専修人間科学論集.心理学篇』, 10, 21-33.