

〈評論〉

武道・スポーツにおける科学的方法に対する誤解と理論研究の重要性 II : 科学における客観性とは？

坂井伸之¹⁾

竹田隆一²⁾ 柴田一浩³⁾ 井上あみ⁴⁾

Some misunderstandings on scientific method and the importance of theoretical study in budo and sports II: what is objectivity in science?

Nobuyuki SAKAI¹⁾

Ryuichi TAKEDA²⁾ Kazuhiro SHIBATA³⁾ Ami INOUE⁴⁾

Abstract

Many researchers in societies related to budo and sports believe that subjectivity should be excluded in scientific research and quantification is always necessary for objective research. We point out that this idea is based on some misunderstandings on subjectivity and objectivity in science, and discuss several problems caused by the misunderstandings.

Key words : Scientific method, Theoretical study, Objectivity, Subjectivity

キーワード : 科学的方法, 理論研究, 客観性, 主観性

I はじめに

著者の1人の元々の専門は理論物理学であるが、剣道をはじめとするスポーツの運動についても物理学に基づいた研究を行っている。スポーツ科学でも従来から物理学の方程式が用いられているが、文献を読んだり研究発表したりする中で、研究手法や考え方が物理学と大きく異なることに気付かされてきた。初めに学会発表した際⁷⁾や論文を投稿した際には、「自然科学研究とは実験データに基づくべきものである。理論は仮説に過ぎないので実験で検証しなければ科学的論文とは言えない。」という趣旨の意見や、「理論研究としてはシミュレーション研究が既にあり、それで十分である。解析的に計算する意味が見いだせない。」という趣旨の意見が複数の方からあり、理論研究の意義は中々受け入れられなかった。そこで我々は、学会発表³⁾と評論論文⁴⁾において、自然科学の方法論に対して多くの人が誤解しがちな点を指摘し、実験研究の限界や、理論研究と数値実験(シミュレーション)の違いを述べ、スポーツ研究においてなぜ理論研究が必要かを論じた。その結果、理論研究の意義がある程度理解されるようになり、本学会等で剣道に関する研究成果を発表できるようになった^{5), 6), 8), 9)}。

しかしその後、著者達の研究に対する意見だけでなく、他の研究者同士の議論において、「それは主観的ではないか？」というようなコメントがしばしば発せされることに気付いた。これ

¹⁾ 山口大学 理学部, 〒753-8512 山口市吉田 1677-1, TEL:083-933-5672, FAX:083-933-5273,

E-mail: nsakai@yamaguchi-u.ac.jp, Faculty of Science, Yamaguchi University, Yamaguchi 753-8512, Japan

²⁾ 山形大学 地域教育文化学部, Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University

³⁾ 流通経済大学 スポーツ健康科学部, Faculty of Sports and Health Science, Ryutsu Keizai University

⁴⁾ 船橋市立田喜野井小学校, Funabashi Municipal Takinoi Elementary School

もまた、少なくとも物理学研究では耳にしないコメントである。というのは、主観なしに科学研究が成り立たないことは周知の事実だからである。例えば、「...と考えるのが最も自然である」「これはもっともらしい仮説である」という表現はしばしば用いられる。一方、体育系研究者の多くは、「自然である」「もっともらしい」という主観的な言葉は使うべきではないと考えられているようである。そして、実験結果を数値化し、数値に基づいて議論することが客観的と考えられているようである。

本稿では、自然科学における客観性について説明し、体育系研究者に広く認識されている客観性との意味の違いについて議論する。

II 主観なしに科学研究は成り立つか？

科学は客観的真実を探求するものである。しかし、実際の研究活動において主観を排除することが可能だろうか。自然科学研究の有名な事例を挙げて考えよう。

2008年に南部陽一郎・小林誠・益川敏英の3氏が「素粒子論における対称性の破れの発見」に対してノーベル物理学賞を受賞した。このうち、1973年に発表された小林・益川理論の内容を一言で言えば、物質を構成する素粒子であるクォークの構造を 3×3 行列で表現したモデルの提案である。このモデルの主な予言は、発表当時はクォークが3種類しか確認されていなかったにも関わらず、クォークが6種類存在することである。そして、6つめのクォークが実験で確認されて理論の正しさが証明されたのが、発表から23年後の1995年である。理論研究とは、その時点で正しいとされている理論や実験事実を下に、未知の領域を予想する作業と言っても良いだろう。その過程において主観を完全に排除することは可能であろうか。

1915年にアインシュタインが提案した一般相対論は、ある意味主観に基づいて構築された理論の最たるものである。弱重力場でニュートンの重力理論と矛盾しないという条件以外は実験事実依存せず、自身の哲学的思想とそれに適した数学に基づいて、強重力場に適用できる重力理論を構築した。発表当時は仮説の1つに過ぎなかったが、水星の精密な軌道、宇宙膨張の発見、ブラックホールの存在等、一般相対論の予言が不思議なほどの的中し、とどめは2015年の「重力波の発見」である。重力波の発見には、2017年ノーベル物理学賞が授与された。更に、主観から生まれた一般相対論によって現在我々が利用しているGPSが実現したという事実も注目に値する。

では、数学研究はどうだろうか。数学は論理によって構築されているので、主観が入る余地がないように思われるかもしれない。しかし、これも基本的には物理学研究と同じである。数学には、リーマン予想やABC予想など、未証明のまま発表された「予想」が幾つもある。ABC予想は近年望月新一によって証明されたが、リーマン予想はリーマンが1859年に発表してから150年経過してもまだ解決されていない。予想は推測であり、当然主観が含まれている。

物理学や数学の研究において、主観を含む予想は不可欠である、体育系学会のように「それは主観的ではないか、スペキュレーションに過ぎないのではないか」などと言って否定していたら、科学は成り立たない。

一方、実験研究はどうだろうか。実験で何かを測定して数値を得れば、それは客観的事実と言

えるだろうか。確かに数値そのものは客観的であるように思われるが、大抵の科学実験では成功に至るまでに多くの失敗があり、発表されないデータがある。論文に書かれていなくても、初めに予想があり、それから大きく外れたデータは「失敗」として捨て去られる。つまり、大抵は論文に明示されないが、実験研究もまた無数の仮定や予想に基づき、それに適合するデータのみが発表されることが多い。

また、実験データそのものが信頼できると仮定しても、それに対する科学的評価を客観的に与えることは難しく、主観を排除することはできない。例を挙げよう。2015年のノーベル物理学賞は「遠方の超新星の観測を通じた宇宙の加速膨張の発見」に対してアメリカ人の3氏に受賞された。この対象論文は、発表された1998年の時点で大きなインパクトがあり、超新星の観測データの信頼性を疑う声は少なかったが、観測データから宇宙が加速膨張していると結論づけられるかどうかについては様々な意見があった。結局その17年後に、「宇宙の加速膨張の発見」としてノーベル賞が授与されたわけだが、実は、宇宙の加速膨張以外の可能性が完全に否定されたわけではない。例えば宇宙が大域的に非一様であれば、同じ観測データを宇宙の加速膨張なしに説明することができる。しかし、多くの研究者による独立な検証と相互の議論により、次第に「宇宙が加速膨張しているという考え方が最も自然である」という考えが支配的になってきた。その結果としてノーベル賞が授与されたのである。

このように、科学は客観的真実を探究するものであるが、実際の研究活動においても、発表された研究に対する評価においても、主観を排除することは不可能である。完全に客観的な事実など、実はどこにもない。このことを如実に表した言葉が、デカルト¹⁾の「我思う、故に我有り」ではないだろうか。

III 科学における客観性とは？

科学において主観を排除することはできない。できないことをできると仮定して議論するとおかしいことになる。できないことはできないと認めた上で、客観的真実に近づくために現実的に何ができるかを考えることが重要である。

前章で紹介した事例に限らず、科学的真実と認められている学説・研究成果は次の条件を満たしている。

1. 複数の研究グループによる独立な実験によって検証されている。
2. 確立されている法則・理論に矛盾しないことが確かめられている。
3. 1,2の実験的・理論的検証は、数値から自動的に判定されるとは限らない。大多数の研究者の考えが一致したものが、その時代の科学的事実とされる。したがって、国際学会に限らず様々な場において徹底的に議論され、多くの研究者の合意が形成されることが不可欠である。

論文発表時に高い評価を得ても、後で結果が否定される例は少なくない。2014年に発表されたSTAP細胞発見の論文がその一例である。同年1月にNatureに掲載された際には論文は注目を集めたが、その後不正が認定されると7月に論文は取り下げられ、更に理化学研究所は数ヶ月検証実験を行った結果、当該論文の方法ではSTAP細胞が出現しないことを結論づけた。世界の様々な研究機関でも独立な検証実験が行われたが、STAP細胞は確認できなかった。

この事例は、科学における現実的な意味での客観性とは何かを示している。論文の科学的評価は有名な学術誌に掲載されるかどうかで決まるものではない。評価は論文が掲載された後に始まる。多くの研究者による独立な検証と相互の議論を重ねることによって、評価は少しずつ形成されていくものである。いくら論文の内容や表現に隙がなく「客観的に正しい」印象を与えるものであったとしても、意図的かどうかに関わらず誤った情報が含まれていたらおしまいである。

つまり、ある研究成果の客観性が認められるためには、多数の研究者による独立な検証と相互の議論が必要であり、そのためにはそれなりの年月がかかるものである。個別の研究、個別の論文を取り上げて「主観的ではないか？」などと批判することは、実に意味のないことではないだろうか。

IV なぜ理論研究が進展しなかったか？

スポーツ科学において理論研究論文ほとんど発表されてこなかった理由について、前著⁴⁾では次のように分析した。

- ・ 実験がほぼ唯一の研究手段である生物医学系の考え方に基づいている。
- ・ 特に、国際的な生物医学雑誌や Archives of Budo の投稿規定において、そもそも理論のみの研究を認めていないような記述がある。

これらの理由と必ずしも独立ではないが、前章までに述べた科学の客観性に対する誤解もまた大きな理由ではないかと思う。

II 章で述べたように、実験結果を導く過程においても様々な予想や仮定が含まれているが、一般にそれは明示されないため、それが問題にされることはほとんどない。一方、理論では仮定が明示されているため、「それは主観的ではないか？」「その仮定の正しさは検証されたのか？」などと批判しようと思えばいくらでも批判できる。その結果として、批判を受けにくい実験研究に偏ってきたのではないだろうか。

また、体育系学術誌の実験論文を読むと、考察にはデータを見ればわかる当たり障りのないことばかり書いてあるものが多い。科学的真実とはデータそのものではなく、データの背後にある普遍的事実である。考察とは文字通り「考え」であるから、当然主観を含む議論があっても良い。考察で踏み込んだ議論少ない一因も、「主観的ではないか？」という誤った批判にあるのではないかと推測される。

より正確に言うと、「主観的ではないか？」という批判自体が悪いわけではない。それもまた主観的意見の1つとして述べることは自由である。しかし、問題はそのような批判が論文の審査報告書にもしばしば見られ、論文を棄却する理由になっていることである。したがって、この問題は論文審査制度と密接に関係する問題である。そこで、論文審査制度の問題についてはVI 章で改めて議論する。

V 実験研究は数値化しなければ検証できないのか？

III 章では、客観的な科学的研究方法というものは存在せず、それは実験にも当てはまることを説明した。それでもなお、実験研究においては数値化しなければ科学的評価ができないと考え

る研究者も少なくないかもしれない。

確かに、自然科学においてもスポーツ科学においても実験結果を数値化することが重要な場合は多い。しかし、あくまで数値化は手段の1つに過ぎず、目的や状況によっては数値化する必要がないことも認識しておく必要がある。そこを誤解すると、必要のない場面で数値化したり、逆に数値化すればそれで科学的と思い込んだりと、本末転倒になる危険性がある。実験において数値化する必要がない場合として、例えば次の3つが考えられる。

1. 検証したい理論が定性的現象を予測する場合。
2. 検証したい理論が定量的な予測をするが、数値を見なくても明らかな場合。
3. 何を数値化することに意味があるかが明らかではない場合。

まず、1の具体例を挙げよう。著者達は、面打ちの打突直前において、竹刀に対して左手・右手が連続的にブレーキを働かせることによって先端が加速する「二段階ブレーキ効果」を理論的に導き、実際に多くの熟練者の動作にそれが見られることを確認した^{5),6)}。学会発表⁵⁾では批判的な意見はなかったが、数値に関する質問が多く、多くの研究者が数値を最も重視していることが感じられた。しかし、この研究でもっとも重要なのは、「二段階ブレーキ効果によって先端が加速する」という定性的結論である。このような定性的特徴を検証する目的で実験する場合、観察で十分であり、数値化する必要はない。

次に、2の具体例を挙げよう。文献^{8),9)}では剛体棒モデルから、剣道面打ちにおいて例えば次の点が重要であることを理論的に導いている。

- A) 始動で左足首を緩める。
- B) 左脚が前傾してから右足を上げる。
- C) 上肢はほぼ鉛直な姿勢を保つ。

熟練者と初心者の動作を観察すると、この3点について明確な違いがあることを確認できる。その例が図1であり、熟練者がA)～C)を満たしていることは明白である。左足首の角度などそれぞれ数値化して比較することは可能ではあるが、観察によって明らかな結果に対して数値化する意味はあるだろうか。

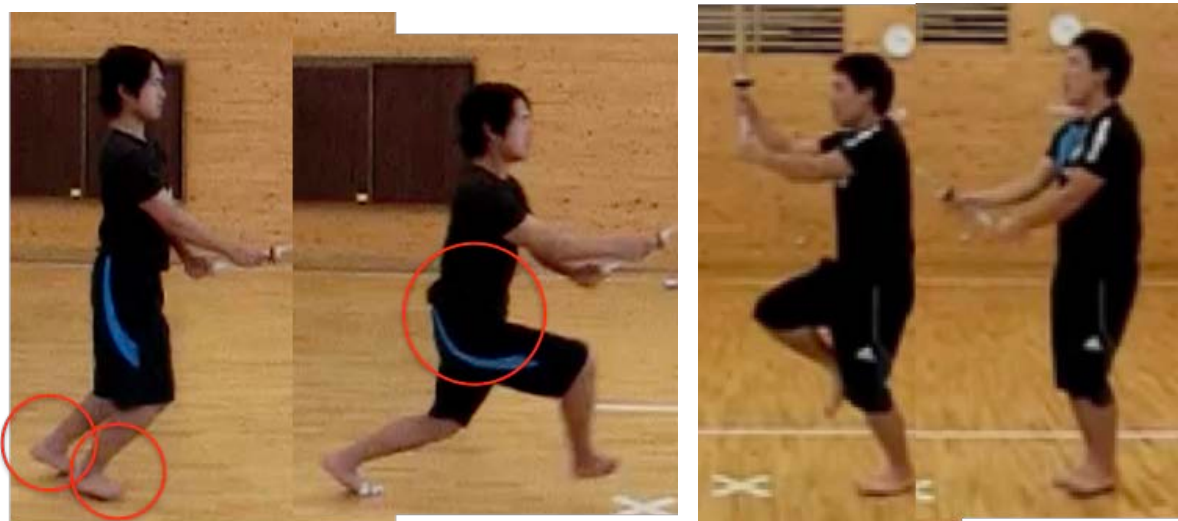


図1：熟練者（左図）と初心者（右図）の面打ち。熟練者がA)～C)を満たしていることは、画像を見れば明らかである。

それは、研究目的による。著者達の研究目的は精密な数値を求めることでなく、科学的に得られた知見を学校等の教育現場で活用することである。その場合、学習者の動作を見て判断できる形の知見が必要であり、かつ十分である。何らかの理由で観察を超えた数値の測定が必要になったら、その時に数値を測定すれば良い。盲目的にまず数値の測定ありきと考えると、木を見て森を見ずということになりかねないだろう。

3の例としては、良い動作と悪い動作の基準がはっきりしない場合、指導の効果があつたかどうかの基準がはっきりしない場合、或いはそれらの基準自体を議論するような場合が挙げられる。また、被験者に対するアンケート調査にも当てはまる。数値化できる項目を作って統計的処理をすればそれで客観的と見なされる風潮があるように思えるが、より重要なのは何を数値化するかをしっかりと議論することである。

VI 論文審査における客観性とは？

学会の最も重要な任務は論文審査と言っても過言でない。と言うのは、大部分の研究者は論文を発表することを当面の目標として研究するため、審査の方法や基準によって研究の方向性が左右されるからである。そこで、この章では論文審査における客観性について議論する。

前章までに述べたように、個別の研究活動において主観性を排除することは不可能であり、客観性が保証される研究方法など存在しない。科学論文の客観的な評価は、多くの研究者の独立な検証と相互の議論によって時間をかけて形成されるものである。したがって、審査員（査読者）もまた1人の研究者に過ぎないので、その判断において主観を排除することはできない。

それを踏まえた上で、論文審査のあり方を議論する必要がある。掲載可とした論文の間違いが後で発見されることは、大した問題ではない。それは科学研究ではよくあることであると共に、発表された論文の全責任は著者にあり、著者はそれを承知の上で発表しているからである。一方、検討に値すべき論文が棄却されたとすれば、それは学術的に重大な損失であると共に、編集委員会の責任である。従って、特に審査員の主観によって論文が却下されることにならないようにチェックする機能が不可欠である。

国際的な自然科学系学術誌においては、そのチェック機能が備わっている。と言うより、初めからレフェリー（審査員）に決定権はない。レフェリーの審査報告書を参考資料として、エディター（編集委員）が採否を決定するのである。そして、掲載不可と判定された場合でも、著者が審査員に対する反論を述べることも、審査員を交代して再審査することを要求することもできる。エディターは、審査員と著者双方の意見を聴いて対応を決めるが、時には著者の反論を支持し、再審査することなく掲載不可から掲載可に変更することもある。ある国際誌の編集委員長経験者が述べた「良く感じたことは、エディターというのは、検察と弁護人の間に挟まれた裁判官のような存在ではないかということです。論文の採否は、エディターが決めることで、レフェリーの決めることではないのです。」²⁾という言葉が、編集委員と審査員の関係を明確に表している。

一方、本誌に限らず国内の体育系学術誌では、審査員の判定結果によって自動的に掲載可否が決定される制度になっている。また、著者が審査員に直接反論や質問を述べる機会も与えられていない。つまり、審査員の主観で採否が決定されうる制度になっているのである。これは、自然科学系学術誌のスタンダードとは対照的であり、裁判制度で言えば、検察の主張だけで一方的に

判決を下すようものである。このような審査制度では、審査員の考え方に合致した同じような研究方法の論文ばかりが掲載され、新規性の高い論文が掲載されにくいのではないだろうか。この問題点については 2014 年の本学会大会³⁾等でも指摘しているが、未だに真剣に検討されていないようである。

VII おわりに

体育系学会の多くの研究者は、客観的な科学研究方法というものが存在し、その必要条件が数値化することと考えられているようである。しかし、数値化は手段の 1 つであって、いつもそれが必要とは限らないし、数値化したからと言って客観性が保証されるわけではない。また、理論にせよ実験にせよ、個別の研究活動において主観を排除することは不可能であり、完全に客観的な事実は存在しない。ある学説について多くの研究者が独立に検証し相互に議論した結果、これは確からしいという意見が形成されていくとき、それが科学的事実とみなされる。それが、科学研究における現実的な意味での客観性である。

国内の体育系学術誌の論文審査制度は、自然科学系学術誌のスタンダードとは異なり、レフェリーの判断で決定され、著者が審査員に直接反論や質問を述べる機会が与えられていない。これもまた、上で述べた科学における客観性に対する誤解に基づいていると思われる。というのは、客観的な科学研究方法というものが存在し、それは然るべき人（審査員）が見れば判断できるという考えが前提になれば、現状の論文審査制度に成りえないからである。

このように、体育系学会のスポーツ科学において自然科学とは相反する考え方が根付いているのはなぜだろうか。体育系研究者の多くはスポーツ競技経験者や競技団体関係者であるため、その文化と密接に関係しているのではないかと思われる。スポーツ競技団体においては次のことが規範とされる。

- A) ルールを遵守する。
- B) 審判の判定を尊重する。
- C) 指導者や先輩を敬う。

A)のルールを遵守することは、スポーツでは当然である。B)の審判の判定については、実際には誤審があっても、競技進行の都合上審判に絶対的権限を与える必要がある。ただし、最近はこの考え方も若干緩和され、チャレンジ（リプレー検証要求）を認める競技が増えている。C)の指導者や先輩を敬うことも、それ自体は重要なことである。ただし、行き過ぎた上下関係による暴力事件やハラスメントが今なおスポーツ競技団体で頻発することも事実である。

このように、上記の 3 つの規範はスポーツ競技では基本的に重要なものである。しかし、科学研究とは本来、これらの規範とは相反するものではないかと思われる。科学研究において A)～C)に対応する規範があるだろうか。まず、科学的方法に関するルールはない。研究分野ごとに、こうしたらうまくいったという経験則は蓄積されていくが、社会通念上及び研究倫理上の規範に抵触しない限り、このような方法をとってはいけないというルールはない。次に、スポーツ競技の審判のように絶対的権限を持つ者はいないし、あえて作る必要はない。スポーツでは審判が瞬時に判定を下さなければならないが、科学研究では結論を急ぐ必要はないからである。論文に掲載されることは勝負に「勝つ」（評価される）ことではなく「土俵に乗る」ことであり、そこ

から長い年月に渡る検証と評価が始まるのである。C)については、スポーツ競技団体においては指導者や先輩に対する敬意の延長で、指導者や先輩の教えを守ること、更には伝統と慣例を守ることが重視される。これは、科学の考え方と正反対である。科学は、常識や定説を疑うことから始まる。教科書に書いていることや偉大な科学者が言ったことでも盲目的に受け入れてはならない。科学者は、それまでの学説や常識を覆すために研究をしていると言っても言い過ぎではないだろう。

科学とは本来自由なものである。様々なアイディアを土俵に載せて議論し、その大部分は淘汰されながら、そのごく一部が新しい科学的真実となる。常識（多数派の意見）に捕らわれていては、絶対に革新的な発見は生まれない。体育系学会では、新しいアイディアを出せば「それは主観的ではないか？」と批判して議論の土俵から下ろし、結局同じような考え方、同じような方法による研究だけが続く傾向にあるのではないだろうか。

スポーツ科学にはスポーツ科学の考え方があり、自然科学の考え方を踏襲する必要はない、という反論もあるかもしれない。様々な意見があると思うが、本稿が科学的研究方法や論文審査制度について改めて議論するきっかけになれば幸いである。

謝辞

株式会社トラスティ代表取締役の福田昭典氏には、研究施設を提供して頂いたことに感謝する。本研究は科学研究費挑戦的萌芽研究（No. 22654043）によって実施された。

参考文献

- 1) デカルト (谷川多佳子訳)：方法序説, 岩波書店, 1997.
- 2) 上出洋介：国際誌エディターが教えるアクセプトされる論文の書きかた, 丸善出版, 2014.
- 3) 坂井伸之：自然科学的研究方法に対する誤解と武道における理論研究の必要性, 武道学研究 第 47(付), 31, 2014.
- 4) 坂井伸之・竹田隆一：武道・スポーツにおける科学的方法に対する誤解と理論研究の重要性, 武道学研究 48(1), 35-41, 2015.
- 5) 坂井伸之・竹田隆一：棒の力学に基づく「押し手引き手」「手の内」の考察, 武道学研究 49(別), 89, 2016.
- 6) 坂井伸之・竹田隆一・井上あみ・柴田一浩：実戦的面打ちを習得するために基本打ちの練習は必要か?, 武道学研究 51(1), in press, 2018.
- 7) 坂井伸之・竹田隆一・金義信：剛体力学モデルによる面打ち足さばきの理論的研究, 武道学研究 49(付), 329, 2012.
- 8) 坂井伸之・牧琢弥・竹田隆一：武道・スポーツの基礎となる棒の力学：特に慣性力の重要性, 武道学研究 49(1), 1-13, 2016.
- 9) 竹田隆一・坂井伸之 (2016) 剣道における「面打ち」運動の力学的研究, ゼミナール剣道 18, 25-36, 2016.