

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K12180

研究課題名（和文）文献データベース調査に基づく科学的实在論論争の再構築

研究課題名（英文）Reconstruction of Scientific Realistic Debate Based on Literature Database Survey

研究代表者

野内 玲（Nouchi, Rei）

信州大学・医学部・助教（特定雇用）

研究者番号：60757780

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000円

研究成果の概要（和文）：科学の発展段階では様々な形で研究対象に関するデータを取得し、対象の理解を深め、その实在性が議論される。その際、観察自体は成功していても、思うように対象の理解が進まない「局所最適」や、観察や理論化の過程で誤った成果を受け入れてしまう「擬似成功」が生じうる。これらの問題を考察すべく、本研究では「ブラックホール・シャドウの観察成功」という事例に焦点を当てた。当該事例から、科学者は連携する中で研究対象の理解を相互に共有するロジックを取り入れ、局所最適や擬似成功を回避しているという知見が得られた。このことは、チャクラパティの科学的半实在論が克服すべき問題点に対する重要な視点であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年では観察技術の発展に伴って、原理的に取得できない情報を計算によって補完し、研究対象を観察したと報告する研究も見られる。本研究では、そうした情報補完が研究を進展させているという事実を理解するとともに、そもそも補完された情報によって形作られた研究対象のイメージがその対象の实在性とどのように関連しているかの科学哲学の観点から明らかにした。

研究成果の概要（英文）：In the developmental stage of science, data on the research object is obtained in various ways, the understanding of the object is deepened, and its reality is discussed. In this process, there can be "local optimums" where the understanding of the object does not progress as expected even though the observation itself is successful, and "pseudo-successes" where wrong results are accepted in the process of observation and theorizing. In order to examine these problems, this study focuses on the case of successful observation of a black hole shadow. From this case study, I found that scientists avoid local optimization and pseudo-success by adopting a logic of mutually sharing their understanding of the research object in collaboration. This was found to be an important perspective on the problems that Chakravartty's scientific semi-realism needs to overcome.

研究分野：科学哲学

キーワード：科学的实在論 科学的半实在論

## 1. 研究開始当初の背景

近年の科学的实在論の論争では、チャクラバティの半实在論による「観察・観測手法の発展に応じて、肉眼で観察不可能な対象の实在の根拠を流動的に擁護する」路線が注目されている。

本研究では同路線の「観察・観測手法の継続的発展」という前提に対する批判を検討するために、科学計量学の手法を用いて自然科学の論文等の研究成果から科学研究の実態に接近し、観察・観測が継続的に発展し得ない「擬似成功」「局所最適」という状態に陥ることを実証的に示す。また、この調査成果に基づき、これらの状態にあっても实在へのアプローチが可能な立場を、真理の認識的解釈を発展させて構築する。

この研究によって、「科学研究の実施における現実的問題」が「实在の解釈という哲学的問題」にどのような影響を及ぼしているかを明らかにすることができ、科学的实在論論争の新たな展開を切り開くことが可能になる。

## 2. 研究の目的

科学的实在論の論争は、人間がそのままでは観察できない素粒子等の微視的存在物について科学理論は真なる記述を与えているとみなせるかが争点となる。この論争は人間が自然科学によって何をどこまで知り得るのか、そして实在として正当化できる科学的対象は何か、という哲学の根本である認識論的・存在論的問題をめぐる現代的論争と言える。

科学的实在論と反实在論はそれぞれ「奇跡論法 (Putnam 1975)」と科学的反实在論の議論「悲観的帰納法 (Laudan 1983)」を基本的な対立議論としている。

科学的实在論： 奇跡論法	科学が实在を捉えていると考えなければ、現代科学のこれほどの成功は奇跡でしか説明できない。だが科学は奇跡などではない。ゆえに、科学は实在を捉えている（真なる知識を与えている）。
科学的反实在論： 悲観的帰納法	科学には現象の経験的説明には成功していても、後に観察によって非存在が証明された理論の対象が多い（例：フロギストン）。それゆえ、現在の科学理論もまた否定される可能性がある。科学が真理を捉えている保証はない。

これまで科学的实在論が悲観的帰納法に対して示したのは、実体实在論 (Hacking 1983; Cartwright 1983)、認識的構造实在論 (Worrall 1989)、存在的構造实在論 (Ladyman 1998) など、多様な实在論的立場の提案に基づく反論である。これらはそれぞれ別の対象について奇跡論法を用いて实在を保証するが、全ての立場を統合する形でチャクラバティが半实在論 semi-realism (Chakravartty 1998, 2007) を提唱した。この立場は、現在、科学的实在論側が提示する最も有力な立場と目されている。

半实在論は理論的对象が持つ性質について、方程式の中で理想的・仮想的に用いられる補助性質と、実際に観察・観測装置によって検出できる検出性質を区別する。そして検出性質のみ实在性を認めるが、補助性質であっても科学の進展に応じて検出性質になりうることを主張する。具体的手続きによって確認された検出性質を伴う理論的对象物を含む理論等は奇跡ではない。すなわち、半实在論は实在性の基準を科学の進展に委ねるのである。

確かに科学者は仮説を実験にて裏付け、理論を発展させていく。半实在論はこうした科学の営みの根本を汲み取っていると言える。しかしながら、観察・観測手法が継続的に発展することを前提として検出性質の实在性を主張していることに大きな難点があると考えられる。現実には、科学研究の過程には次に例示する場合もあり得るからである。

擬似成功	科学コミュニティにおいて実験結果に基づきつつも誤った方向に理論が進展した場合、誤った信号を検出の証拠とみなしてそれ以上の観察を行わなくなる場合、研究成果を誤って受容し続けた場合等
局所最適	観測データを継続して獲得できる制度が確立され、その成果が一定の成功を納め、当該分野にそれ以上の深化がなくとも学問的に問題ない場合等

これらの状態を想定すると「観察・観測手法の発展や成功は、必ずしも理論的な対象物の真理性を保証しない」ことになるため、半实在論にとって大きな困難となる。

科学的实在論の論争では科学の事例をもとに議論が行われるのが一般的であるが、本研究では既存の科学哲学・科学史研究の文献調査に加え、科学計量学の手法を用いて、ある研究分野に

おける実際の研究論文数、研究キーワード、論文の被引用数、技術的応用の展開などから、観察・観測に関わる科学研究の発展状態を分析する。特に、前述した観察・観測の「擬似成功」「局所最適」状態を中心に、半実在論にとって反例となる事例を探索し、網羅的に分析する。そしてこれらの成果から、科学的実在論論争で現在重要な立場と目される半実在論が抱える問題点を考察する。

こうした実証的分析によって、「擬似成功」「局所最適」といったこれまで明らかにされていない科学研究の実態を汲み取り、科学的実在論論争の新たな側面を照らし出すことが可能となる。例えば「擬似成功」のケースは、「説明としても観察としても成功裏だったが、理論から排除された」事例を用いるものだと理解できる。すなわち、従来の悲観的帰納法の事例には見られなかった、新たな問題枠組みを提示することになる。

この作業を通して、半実在論にとっての反例を実証的に示したのち、本研究では Ellis (1985) や Jardine (1986) らによる真理の認識的解釈を半実在論に導入し、「擬似成功」「局所最適」といった状態で獲得される情報が、その後の真なる知識の獲得を保證するというモデルの検討を行う。

### 3. 研究の方法

本研究は以下の方法を段階的にすすめる形で実施した。

#### 平成 30 年度：論文データベースと先行研究を用いた科学研究の実態調査

本研究の基盤となる作業として、自然科学領域の論文数・論文内容・被引用数等の時系列的变化から、「擬似成功」「局所最適」の事例を調査する。データベース調査の対象としては、20 世紀以前の研究は *Philosophical Transactions* の web 目録を、20 世紀以降の研究はトムソン・ロイター社の Web of Science と google Scholar を用いて被引用数検索に基づく調査を実施した。調査はこれまでの研究との関連から、物理学、地球惑星科学の分野を中心に下記の 2 点に着目して検討を行った。また、採択時には着目していなかった調査として、研究資金の獲得状況から研究の成功や発展性を調査するという手法の検討を行った（研究資金の継続性という観点から科学的実践を検討することの利点は、研究開発提案書の審査はピアレビューによって行われるため、申請した科学者の提唱する研究内容が業界でどれくらい受容されているかを判断することができるという点にある）。その他、自然科学分野のレビュー論文などを参照しながら、具体的事例となる研究の検討を継続した。

また、Juha Saatsi による *The Routledge Handbook of Scientific Realism* (2018) という、科学的実在論論争の新局面を示す論文集が出版されたこともあり、当該論争の現状を改めて再検討する作業を並行して実施した。特に、当該論文集には、高エネルギー物理学、原始宇宙論、歴史科学、認知科学など、諸科学分野により接近した研究論文が多数収録されており、本研究課題に関連する事例調査の情報を多数得ることができた。

#### 令和元年度：調査結果に基づく事例の検討

初年度の成果に基づき、収集した事例とチャクラバティの半実在論での前提「観察・観測手法の継続的発展」との関連を検討した。その具体的な事例を最終的に決定する中、当年 4 月に発表されたイベント・ホライズン・テレスコープというプロジェクトによるブラックホール・シャドウの撮影成功という事例は、新たな観察・観測手法の構築によってブラックホールという理論的対象の存在を視覚的に描きうるものであり、本課題が扱うべき好例かと思われた。そのため、当該事例の検討にも着手し、それ以外の事例と並行して分析を進めた。

#### 令和 2 年度：事例に基づく半実在論への批判的検討

「ブラックホール・シャドウの撮影成功」という事例をもとに、チャクラバティの科学的半実在論への批判を検討した。その際、科学研究における新規な観察手法の構築に際した技術的側面の理解を深めることに着手した。とりわけ、ブラックホール・シャドウに直接的に関わりうると思われる、天体観察における数学的アルゴリズムや観察におけるモデル化の実態を文献等の調査によって明らかにした。この調査の結果を踏まえ、チャクラバティの半実在論において強く主張されている、補助性質と検出性質の違いの妥当性について検討した。

### 4. 研究成果

### 平成 30 年度：

本研究課題に関連する科学の実践例をより捉えつつ、科学的实在論論争を振り返るために、2018 年度科学基礎論学会秋の例会において、“On the Diversity of the Scientific Realism Debate”と題したワークショップを開催し、司会を担当した（注：科研費 18H00604 の研究に基づくワークショップである）。このワークショップでは、「3. 研究の方法」で取り上げた Juha Saatsi 氏を招き、国内外の研究者と共に、量子論、ディープラーニング、光学に関する事例を用いた提題を検討した。

### 令和元年度：

2019 年 8 月には、ブラックホール・シャドウを中心的に取り上げた論考を発表した。チャクラバティの「検出性質」と「補助性質」の区別と、シェイピアが提唱した「直接観察の定義」を踏まえて、天体画像データの再構成による視覚化の認識論的意義を考察するものである（「天体観察画像の視覚化における認識論」『現代思想』2019 年 8 月号特集、青土社）。科学研究においては、理論的対象を起源とする物理的相互作用によって得られた特定の結果をもって、当該対象の観察・検出に成功したとみなす場合がある。今回のブラックホール・シャドウの画像作成においても、コンピュータ上のデータ解析手続きやアルゴリズムの学習を経て最終結果が描写されている。このように得られた画像は、实在の像なのか、それとも人間によって構築されたものにすぎないのか。こうした点において、当該論考ではシェイピアの見解を踏まえ、「観察」概念の拡張を提案することを目指した。また、シェイピアは科学的探求を指して「自然について学ぶための能力の増加」が重要であると考えたが、この考え方はチャクラバティの半实在論を検討する際の重要な観点になりうるものであるという成果を得た。

### 令和 2 年度：

ブラックホール・シャドウの観察事例そのものの内実には迫る分析を実施した。科学的实在論において、観察された理論的対象物がどのように实在としての身分を確立するかは重要な問題である。ブラックホール・シャドウの事例においては、複数の独立したチームが同じデータを分析し、その結論の収束によって理論的予測を支持するものと見做している。これは、誤って観察が成功したと解釈してしまうことを回避するための手続きと言える（疑似成功の回避）。また、同観察においてはブラックホール・シャドウという 1 つのターゲットではなく、ブラックホールから噴き出すとされているジェットについての分析や、ブラックホール周辺の三日月影の理論的予言を同時に進めるなど、理論的分析の更なる発展を進めている（局所最適の回避）。これらブラックホールシャドウそれ自体と関連する事項の理論的理解を通して、科学者はブラックホールの実在をより真なるものとして受け入れるに至ったと考えられる。従来の科学的探求においても、他の研究者の結果を同時代もしくは後の時代の研究者が追試・再現することで、より科学的結論の説得力が増すことはある。本事例からは、それを同時に、かつ数理モデルにおいて実施するという点に認識論的な最適化がなされているという洞察を得た。

本研究全体を総括すれば、「局所最適」「疑似成功」の事例を実証的に示すという目的は達成できなかったが、「ブラックホール・シャドウの観察成功」という特定の事例を深掘りすることに集中し、成果をあげた。当該事例から、科学者は連携する中で研究対象の理解を相互に共有するロジックを取り入れ、局所最適や疑似成功を回避しているという知見が得られた。このことは、本研究が当初想定していた「事例を通して、チャクラバティの科学的半实在論に対する批判を検討する」という計画の真逆にあるものである。また、真理の認識的解釈の発展モデルを構築するという計画は中途に終わった。しかし、科学的实在論論争自体を掘り下げる重要な視座を明らかにできたため、計画期間終了後も引き続き、この事例を通じて、論争の検討を継続する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 野内玲	4. 巻 8月号
2. 論文標題 天体観察画像の視覚化における認識論	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 現代思想	6. 最初と最後の頁 115-123
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野内玲	4. 巻 1
2. 論文標題 科学の頑健性の分析による科学的实在論の擁護	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 名古屋大学哲学論集 田村均先生ご退職記念特別号	6. 最初と最後の頁 89-103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Rei Nouchi
2. 発表標題 On the Diversity of the Scientific Realism Debate (Introduction of Workshop)
3. 学会等名 2018 Autumn meeting the Japan Association for Philosophy of Science
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------