

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01736

研究課題名（和文）統計学的観点を加味した科学哲学による「科学的推論」教育プログラムの構築

研究課題名（英文）Construction of scientific inference program based on philosophy of science and of statistics

研究代表者

松王 政浩（Matsuo, Masahiro）

北海道大学・理学研究院・教授

研究者番号：60333499

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 7,860,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の課題は数理モデルや統計モデルと科学哲学の議論の接点を見出し、モデル評価に利する科学哲学的視点を明らかにするとともに、教育的効果のあるプログラムを作ることにある。本研究による成果は主に次の4つである。伝統的な科学哲学的課題と統計学との接点を探った『科学哲学からのメッセージ』の出版。尤度原理やベイズ/頻度主義の対立に関する統計哲学に関する特集論文の掲載。LSEのR. フリッグラを招いた国際科学哲学シンポジウム「科学とモデル」の開催と、科学哲学モデル論とアートとの接点に関するサイエンスカフェの実施。世界科学哲学会（CLMPST）における科学モデル論の統合に向けたシンポジウムの実施。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来科学哲学において積極的に論じられることのなかった統計学との接点、あるいは実際の科学で用いられる数理モデルや統計モデルと哲学的議論の接点について多くを明らかにすることができた。これは、当初の狙いである、「科学において欠如していると思われる方法論への批判的視点」の構築に資するものであると考える。また、こうした議論を教育プログラムとして構築する上で、科学モデル論構築における想像力の働きと、アート作品における作品における想像力の働きを比較するという新たな視点を得てサイエンスカフェとして実施したが、これにより今後、科学教育の一環としてモデル論を教育プログラムとして構築する重要な手がかりが得られた。

研究成果の概要（英文）：The goal of this research is to discover the points of contact between mathematical and statistical models and discussions in the philosophy of science, to clarify the philosophical viewpoints of science that are useful for model evaluation, and to create educationally effective programs. The results of this research are mainly as follow. Publishing "Messages from the Philosophy of Science," which explores the connections between traditional scientific philosophical issues and statistics. Special feature papers on statistical philosophy regarding the likelihood principle and the conflict between Bayesianism and frequentism. Holding an international symposium on the philosophy of science "Science and Models" inviting R. Frigg of LSE and others, and holding a science cafe on the points of contact between model theory in the philosophy of science and art. Holding a symposium aimed at integrating scientific model theory at the World Philosophy of Science Society (CLMPST).

研究分野：科学哲学

キーワード：科学哲学 モデル論 統計モデル 科学教育

1. 研究開始当初の背景

昨今、自然科学分野および心理学を含む社会科学分野において、学術誌に掲載された論文の実験に再現性が確認できないという問題が、大きな問題となっている。このような問題の背景には、科学者が自らの研究方法を客観的、批判的に捉え、方法論上の問題を探るといった姿勢の欠如が考えられる。こうした方法論的批判精神の欠如の重要な一因は、科学教育において批判的精神を育成する機会がこれまで十分ではなかったという点にあると考えられる。

一方、科学哲学分野においては、科学の方法をつねに批判的に捉え、より確かな科学的方法が満たすべき条件は何かがつねに問われてきた。しかし科学哲学は大きくは哲学の伝統の中にあり、研究手法としては概念的な分析が中心となる。そのため、これまで議論の多くは科学哲学内部に留まり、科学と接点を持つ機会は、生物哲学や物理哲学などの個別科学哲学を除いては、きわめて限られており、現在の科学の方法論的課題に直接コミットする糸口をなかなか見出せていない。

2. 研究の目的

本研究では、こうした状況において、科学哲学において蓄積されてきた議論を、うまく科学分野における方法論的改善に役立てるようなプログラム（教育に応用できるプログラム）を構築することを目的とする。その際、両者を隔てる「壁」が、科学において多用される統計解析（統計モデル）や数理解析（数理モデル）、数値解析（数値計算モデル）と哲学的な概念との隔たりによって作られてきたことに注目する。このような、概念的議論と数理・統計モデルの間に接続の道筋が見出せれば、科学の問題が科学哲学的視点で改善する可能性が大いにある。こうした架橋を行うことが本研究の目的である。

3. 研究の方法

研究の方法は大きく二つの方法に分けられる。一つは、(a) 科学哲学の伝統的な議論である、因果性、実在性、科学における価値判断等のテーマに対して、改めて概念の掘って立つ根拠を探り、統計学や数理モデルとの具体的な接点を見出すという方法。もう一つは、(b) 科学において用いられる統計モデルや数理モデルの成り立ちを吟味し、そこに認められる基礎概念（哲学と接続する概念）を探るといった方法である。それぞれ、科学哲学者と統計学者、科学者との対話を通じて行う。

4. 研究成果

(1) 研究代表者の松王による『科学哲学からのメッセージ』（森北出版）の出版：(a) による成果の一つ。本書では、これまで統計モデルとの関係がほとんど論じられてこなかった科学哲学の主要な三つのテーマ、因果性、実在性（科学的実在論、反実在論）、科学的判断と価値判断について、統計モデル（および統計学的概念）との関係を詳しく論じた。特に積極的に論じたのは実在性、価値判断に関してである。実在論については、まず、実在論の中心的な議論であるシロスの「分割統治」と呼ばれる考え方が、ベイズ主義的な確証理論とパラレルに論じられること、およびベイズ主義と同じ課題を抱えることを示した。また、気候変動科学における IPCC の基本的な考え方がシロスに準じるものであり、したがってベイズ主義的問題を抱えることを同時に示した。加えて実在論／反実在論の論争に対する一つの解として、基本的には反実在論の「現象中心」の戦略をとりながらも、頻度主義統計学者 D. メイヨアの「漸近的方法」(piecemeal approach) を組み合わせることで、実在論の主張に近づけるという方法を提示した。価値判断のテーマについては、これまで「認識的判断」「非認識的判断」、つまり真理探究に関わるか否かを中心に価値判断と科学的判断の関係が論じられてきたが、価値負荷説と価値中立説の論争の原点に統計学論争があることを明らかにし、そうした論争が今日の論争を考える上でも非常に有効であることを論じた。

(2) 学術誌 *Annals of Japan Association for Philosophy of Science* における統計哲学特集論文の掲載：(b) に関する成果の一つである。統計学に関する哲学的アプローチの研究は、日本ではほとんどなされてこなかったが、本研究では定期的に開催した統計哲学関連研究会での議論を踏まえ（生態学者らをゲストに招いた研究会や、分担者森元を中心とした E. ソーバー著 *Occam's Razor* の翻訳に関する議論なども含む）、5つの観点で統計哲学の今後の発展可能性を論文にまとめた。具体的には、松王（代表者）は歴史的な「尤度原理」（ベイズ主義と頻度主義の論争の原点となった原理）を改めて解題し、「弱い尤度原理」を提唱してこれを新たな科学の指針とする可能性について論じた。島谷（分担者）は、科学的推論全体の中で統計的推論がどう位置づけられるかを論じた。統計的手法は現在ではほぼパッケージ的に用いられることが多いが、島谷はこの手法にどのような推論過程が介在し、それが推論全体にどのような意味をもつかを、科学哲学におけるポパーの推論の議論などを参照しながら明らかにした。森元（分担者）は、頻度主義統計学における伝統的な二つの見方の対立（フィッシャーとネイマン／ピアソンの対立）について、丹念な文献学的調査をもとに根本となる概念的対立を明らかにし、なおかつそう

した概念的明晰化を通じて、今日の統計学的検定の使用における様々な「誤用」について論じた。大久保（分担者）は、従来の頻度主義とベイズ主義の対立について、それぞれの伝統的な課題とされてきた問題（頻度主義の「停止規則問題」、ベイズ主義の「キャッチオール仮説問題」など）を改めて丁寧に論じることを通じて、一つの融合手続きを提唱した。尾崎（協力者）は、具体的な科学として認識科学を例にとり、その原点にあるヘルムホルツの意識科学がベイズ主義的な考え方に基づくことから、これに科学哲学で論じられてきたベイズ主義の問題（たとえば「古い証拠の問題」と呼ばれるもの）を適用して、いかに哲学的概念的な探求が科学的探求とも接点をもたらうかを示した。

(3) R. フリッグ（ロンドンスクールオブエコノミクス）、K. マクリン（テンプル大学）を招聘した国際科学哲学シンポジウム「科学とモデル」の開催：(a)および(b)の成果の一つである。フリッグは、現在の科学哲学における「モデル論」の第一人者であり、「フィクション説」と呼ばれる考え方を発展的に論じている科学哲学者である。一方、マクリンはベイズ主義が科学的推論においていかに有効かを積極的に論じる統計学者である。両者を中心として、科学とモデルの関係に関する国際シンポジウムを開き、科学モデル（数理モデル）と統計モデルがいかに哲学的視点で分析できるか、また伝統的な哲学的問題（たとえば認識における主観／客観問題）が数理モデルや統計モデルと結びつくかを議論した。特に、人の想像力という認識作用と数理モデルを結びつけるフリッグのDEKI説については、本研究の研究会で事前に入念に検討し、中でも中心となる「Key」と呼ばれる概念について、今後の発展可能性と新たな課題がシンポジウムの討議を通じて明らかになった点は大きな収穫である。

また、北海道大学 CoSTEP の協力により、招聘したフリッグおよびアーティストの平川紀道とともにサイエンスカフェ「アートと科学哲学からの想像力をめぐる対話」を実施した（研究代表者松王はコメンテーターとして参加）。これは、本研究の課題である「数理モデルと科学哲学をつなぐ」ことが、いかに教育的プログラムとして展開できるかを、実践形式で検証しようとするものである。フリッグの提唱する「想像力」による科学とモデルの媒介は、科学におけるモデルを哲学的視点で捉える上で非常に重要な視点であるが、同じく想像力が重要な役割を果たすアート作品制作とどこが同じでどこが違うかを考えることは、モデルに関する教育的プログラム構築においてもたいへん有用であると考えられる。このサイエンスカフェでは両者の対話を中心に、松王がコメントを入れるなかでこうした点を参加者とともに考えるという趣旨で実施したが、様々なバックグラウンドの参加者からは、いずれも興味深い、新しい試みであると好評価を得ることができた。

(4) 世界科学哲学会議（CLMPST）におけるシンポジウム開催、および日本科学哲学学会大会におけるワークショップ開催：主に(b)に関する成果の一つである。上記(3)のシンポジウム成果を下敷きに、さらに科学モデルや統計モデルに関する哲学的分析を進め、その成果をシンポジウムおよびワークショップの形で発表した。CLMPST シンポジウムは、「科学モデル論の統合に向けて」をテーマとし、それぞれ以下のような内容で発表を行った。松王（代表者）は、フリッグの DEKI 説と、対立関係にあると思われるクヌーティアの人工物説（モデルを一種の人工物として扱い、想像力を排除する説）とについて、モデリングのプロトタイプを新たに考えることで両者が包含できる可能性を提唱した。島谷（分担者）は生物学の哲学で論じられたモデルの考え方が、いかに生物学（生態学）で受容されるか、また受容の条件は何かを詳細に分析した。森元（分担者）は、統計力学におけるモデル構築のプロセスを詳細に分析にするなかで、主観性がモデル構築においてどのような働きをするかを論じた。大久保（分担者）は、モデル選択理論を「予測主義」に立つ考え方と位置づけ、これが科学哲学モデル論における「表象主義」の考え方とどのような関係にあるのかを論じた。高橋（協力者）は、モデル論の出発点となる科学理論の統語論と意味論の対立について、近年の議論を参照しながら、本質的な差異が解消しうる可能性について独自の視点で論じた。尾崎（協力者）は人間の知覚に関する統計モデルで、知覚の曖昧さがいかに捉えられているかを分析、問題点を指摘し、そこに哲学的議論がいかに寄与しうるかを示した。このシンポジウムでの発表およびその後の討議をもとに、さらに各自の視点を発展させ、モデル論を「プラグマティズム論」の一つと位置づけて、今後のモデル論においてどのような展開が可能かを、日本科学哲学学会で発表した。

科学哲学シンポジウム
「科学とモデル」 (Science and Model)

近年、科学的学術の社会的責任とも絡み合って、「科学におけるモデルとは何か」という問いが大きな関心を集められるようになった。しかし、モデルの重要性を認識することは、その難しさばかりではない。本シンポジウムでは、最新の科学哲学専攻から、フィクション論から独自の視点を提供する科学哲学者、ローマン・フリッグ氏、ロンドンスクールオブエコノミクス（LSE）のベイズ主義の専門家である統計学者、マクリン博士（テンプル大学）をお招きし、科学とモデルの関係について考えるセッションを行います。

「科学におけるモデルとは何か」に関心を抱く方のみならず、ぜひご参加ください。

●日時：2023年2月22日(水)10:00～17:00
●場所：北海道大学 学術交流会館 第1会議室
(現地開催のみで、オンラインへの配信はありません。)

言語：英語
司会：松王 松王 (北海道大学理学部研究員)

●プログラム
第1部 科学とモデル～科学哲学の視点から(10:00～12:00)
Roman Frigg: (Keynote Lecture) Understanding Scientific Representation.
第2部 科学とモデル～科学、統計学の視点から(13:00～17:00)
Kenichiro McClint: (Invited Lecture) Bayesianism, Rationalism, and Predictive Surprises.
Kenichiro Shimozaki: Does Philosophical Discussion about Ecological Modelling Contribute to the Development of Ecological Studies?
Ryota Morimoto: Subjectivity and Scientific Modelling.
Yusaku Ohkubo: The Frequentist Strategies of Model Representations: Its Strength and Weakness.

●参加方法：参加をご希望の方はQRコードより
2月17日(金) までにご登録ください。

主催：科学研究科（環境研究）「超科学的視点を拓いた科学哲学による「科学的発見」創発プログラム推進室」 | 協賛：理研（〒2040-730）
共催：理研（〒2040-730） | 協賛：理研（〒2040-730）
お問い合わせ：北海道大学 学術交流会館 (Science@ipc.hokudai.ac.jp)

参加無料 | 事前申込不要 | 日本語訳あり | オンライン配信あり

第121回
サイエンス・カフェ札幌

アートと科学哲学からの
想像力をめぐる対話

2023
2.24 金
18:00-20:00
札幌市図書・情報館

司会：松王 松王 (北海道大学理学部研究員) | 協賛：理研 (〒2040-730) | 協賛：理研 (〒2040-730)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Masahiro Matsuo	4. 巻 2
2. 論文標題 Seismology and Value Judgment Argument: Old and New Problem Posed in the L' Aquila Trial	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Linkage	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50824/linkage.2.0_1	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 MATSUO Masahiro	4. 巻 30
2. 論文標題 Editorial Note on the Special Issue	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of the Japan Association for Philosophy of Science	6. 最初と最後の頁 1~3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4288/jafpos.30.0_1	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 SHIMATANI Kenichiro	4. 巻 30
2. 論文標題 Philosophy of Statistical Sciences: The Roles of Mathematics and Statistical Models in Estimation and Other Inductive Inferences	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of the Japan Association for Philosophy of Science	6. 最初と最後の頁 5~22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4288/jafpos.30.0_5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 OHKUBO Yusaku	4. 巻 30
2. 論文標題 Revisiting the Two Predominant Statistical Problems: The Stopping-rule Problem and the Catch-all Hypothesis Problem	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of the Japan Association for Philosophy of Science	6. 最初と最後の頁 23~41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4288/jafpos.30.0_23	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 MORIMOTO Ryota	4. 巻 30
2. 論文標題 Stop and Think About p-Value Statistics: Fisher, Neyman, and E. Pearson Revisited	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of the Japan Association for Philosophy of Science	6. 最初と最後の頁 43～65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4288/jafpos.30.0_43	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 MATSUO Masahiro	4. 巻 30
2. 論文標題 Revisit to the Likelihood Principle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of the Japan Association for Philosophy of Science	6. 最初と最後の頁 67～84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4288/jafpos.30.0_67	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 OZAKI Yuki	4. 巻 30
2. 論文標題 A Philosophical Analysis of the Updating Rule in a Bayesian Perceptual Learning Model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of the Japan Association for Philosophy of Science	6. 最初と最後の頁 85～98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4288/jafpos.30.0_85	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masahiro Matsuo	4. 巻 1
2. 論文標題 Categorical Pluralism of Causality	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Linkage	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50824/linkage.1.0_1	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 島谷健一郎	4. 巻 1
2. 論文標題 推定目的の統計モデルを用いる帰納推論における数学・演繹の位置づけと役割	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Linkage	6. 最初と最後の頁 32-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50824/linkage.1.0_32	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高橋和孝	4. 巻 1
2. 論文標題 帰納論理とベイズ統計	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Linkage	6. 最初と最後の頁 26-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50824/linkage.1.0_26	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計8件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Roman Frigg
2. 発表標題 Understanding Scientific Representation
3. 学会等名 Symposium on Science and Model (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenichiro McAlinn
2. 発表標題 Bayesianism, Fictionalism, and Predictive Synthesis
3. 学会等名 Symposium on Science and Model (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenichiro Shimatani
2. 発表標題 Does Philosophical Discussion about Ecological Modelling Contribute to the Developments of Ecological Studies?
3. 学会等名 Symposium on Science and Model (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryota Morimoto
2. 発表標題 Subjectivity and Scientific Modelling
3. 学会等名 Symposium on Science and Model (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusaku Ohkubo
2. 発表標題 The Frequentists Strategies of Model Representations: Its Diversity and Status
3. 学会等名 Symposium on Science and Model (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松王政浩
2. 発表標題 科学の不確実性と価値判断
3. 学会等名 司法研修所研修会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 島谷健一郎
2. 発表標題 科学哲学という統計学への第3の入り口
3. 学会等名 日本統計学会統計教育委員会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森元良太
2. 発表標題 統計を使うと何が言えるか～科学哲学からの統計学再入門
3. 学会等名 数理統計研究所医療健康データ科学センター（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 松王政浩	4. 発行年 2020年
2. 出版社 森北出版	5. 総ページ数 384
3. 書名 科学哲学からのメッセージ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>科学哲学者R. フリッグ、アーティスト平川紀道を招き、北海道大学CoSTEPの協力で第128回サイエンス・カフェ札幌「アートと科学哲学からの、想像力をめぐる対話」を実施した（2023年2月24日、札幌市図書・情報館）。</p>
--

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
研究分担者	大久保 祐作 (Ohkubo Yusaku) (60871100)	岡山大学・環境生命自然科学学域・講師 (15301)	
研究分担者	島谷 健一郎 (Shimatani Kennichiro) (70332129)	統計数理研究所・データ科学研究系・准教授 (62603)	
研究分担者	森元 良太 (Morimoto Ryota) (70648500)	北海道医療大学・リハビリテーション科学部・准教授 (30110)	
研究分担者	川本 思心 (Kawamoto Shishin) (90593046)	北海道大学・理学研究院・准教授 (10101)	

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1件

国際研究集会 Symposium on Science and Model	開催年 2022年～2022年
--	--------------------

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