

令和 6 年 6 月 15 日現在

機関番号：34404

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K00032

研究課題名（和文）図形推論の観点からのライプニッツ数理哲学の総合的解釈

研究課題名（英文）The comprehensive study of Leibniz's philosophy of mathematics from the viewpoint of diagrammatic reasoning

研究代表者

稲岡 大志 (Inaoka, Hiroyuki)

大阪経済大学・経営学部・准教授

研究者番号：40536116

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、とりわけパリ期のライプニッツの数学研究において幾何図形が果たしている機能について、無限、抽象、空間といったライプニッツ数理哲学の主要概念との関連に着目しつつ、また、手稿も参照しながら、現代の図形推論研究の知見を参照した分析を試みた。ライプニッツが先行する数学者たちの研究を取り入れて、図形の対象表示機能に依拠しつつ、求積手続きを視覚化する媒体としても図形を活用していたことを明らかにした。その結果、今後ライプニッツの無限小幾何学研究を数学史と哲学史に位置づけるための枠組みを構築することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、近代化を遂げる17世紀のヨーロッパ数学、とりわけ無限小幾何学の展開において、ライプニッツの数学研究が果たした役割を明らかにすることを目指している。研究に際しては、ライプニッツが影響を受けた数学者の研究についても参照し、現代の数学の哲学研究の成果も活用し、さらに、ライプニッツ自身の手稿も検討することで、ライプニッツの数学研究において幾何図形が果たした役割をできる限り歴史的にも厳密なかたちで明らかにすることを試みた。歴史的観点と現代的観点をバランスを取りながら研究を進める本研究は、我が国ではまだ十分根付いたとは言い難い数理哲学研究のモデルを提供することができる。

研究成果の概要（英文）：This study attempts to analyze the function played by geometric diagrams in Leibniz's mathematical research, particularly in Paris period, focusing on their relation to the main concepts of Leibniz's philosophy of mathematics, such as the concept of infinity, abstraction, and space, while also referring to manuscripts and based on some results in the contemporary study of diagrammatic reasoning. We claim that Leibniz, considering the work of preceding mathematicians, clarified that, while relying on the function of diagram representing geometrical objects, utilized diagrams as a medium for visualizing quadrature procedures. As a result, we were able to construct a framework for placing Leibniz's study on infinitesimal geometry in the history of mathematics and philosophy.

研究分野：哲学

キーワード：ライプニッツ 数学の哲学 無限小幾何学 図形推論 不可分者

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、過去の数学者の論文や著書を、現代の数学の哲学の成果を活かして検討するタイプの哲学研究が登場しており、数学者による数学的実践をより詳細に理解できる見通しが高まっている。本研究課題の代表者はこうした研究潮流を踏まえつつライプニッツ研究を進めているが、これまでの研究により、ライプニッツは、図形を用いた推論と代数的計算を巧みに使い分けて当時の未解決問題を解決したこと、および、数学記号としての図形の性質を無限論や空間論や幾何学研究と関連づけて捉えていたことが判明した。そこで本研究課題では、図形推論の観点から全集未収録の幾何学研究関連の遺稿を中心に検討することでこの解釈を発展させ、従来の研究では十分に解明されていないライプニッツ数理哲学での無限小解析と幾何学の関連を明らかにすることを旨とする。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ライプニッツが数学研究において図形の発見的機能を巧みに用いていたことを解明した申請者を含むこれまでのライプニッツ研究に基づき、ライプニッツが同時代の数学を学び、独自の数学を構築し、当時の未解決問題を解いたパリ時代の数学関連の遺稿や、ライプニッツ文書館に保管されている幾何学関連の遺稿を、現代の図形推論研究の知見を活用して読解することで、無限小解析の分野でライプニッツが問題解決のためにいかに図形を活用していたか、ライプニッツは図形についてどのような哲学的分析をおこなったか、そうした分析が数学研究にどう影響したか、を明らかにし、無限小解析と幾何学の関連をライプニッツ数理哲学に位置づけることにある。これにより、現代的観点を踏まえつつも歴史研究としても厳密なライプニッツ数理哲学の解釈を構築することを目指した。

3. 研究の方法

(1) パリ時代の数学研究における図形の機能分析

パリ時代のライプニッツの数学研究の遺稿を、図形がどう使われているかという観点から検討した。具体的には、パリ時代の数学研究の集大成とも言える 1676 年の『算術的求積』について、各定理の証明を検討して、ライプニッツが求積を行う際に図形をどのように活用していたのかを明らかにすることを試みた。依拠した一次資料はアカデミー版全集だが、並行して手稿も参考にして、ライプニッツの着想をより綿密に明らかにすることに務めた。

(2) 幾何学研究関連の未公刊資料の研究

ライプニッツが図形についてどのような考察を行っていたのかを解明するために、アカデミー版全集に未収録で、現在電子版が公開されている数学部門の遺稿を検討する研究を行った。必要に応じて手稿も参照しつつ、ライプニッツのユークリッド『原論』研究の詳細を明らかにすることを試みた。

(3) ライプニッツの無限小幾何学研究の歴史的立場づけについての研究

ライプニッツの数学的実践をより広い時代的視野に位置づけるために、17 世紀の数学者にとっての共通課題の一つであったサイクロイドの求積をモデルケースとして、ロベルヴァル、パスカル、デカルト、ライプニッツの求積を検討し、個々の証明において図形がどのように活用されているかを明らかにする研究も行った。

(4) その他

上記の研究に加えて、ライプニッツの時間論に関して無限小概念を用いた解釈を検討する研究や、ライプニッツの無限小についての有限主義的解釈を検討する研究も行った。

4. 研究成果

本研究の成果は以下の 4 点である。

(1) パリ時代の数学研究における図形の機能分析

ライプニッツが図形を対象の表示の媒体と証明手続きの視覚化の手段という二通りに用いており、そのことが無限小幾何学の展開に際して重要な役割を担っていたと考えられることを明らかにした。具体的には、パリ時代の数学研究の集大成である『算術的求積』の証明を検討し、とりわけ命題 11 では、有限ではない領域の面積を求めるに際して、ライプニッツが連続律に依拠するのではなく、無限小線分と無限の線分との間に比例中項の関係が成り立つことから非有限領域の面積が計算可能であることをまず示していることを明らかにすることができた。さらに、その際、図形が推論を導くトリガーとしての役割を担っていると考えられることを、手稿の

訂正箇所などを踏まえることで実証することができた。これまで検討を進めた命題 1 から 11 は求積の一般的手続きを確立するものであるが、本研究によって、無限小幾何学が計算アルゴリズムに展開する直前の時期に書かれた著作である『算術的求積』がライプニッツ数学研究において有する重要性を、図形の活用という観点を取り入れることで、より明確にすることができた。

また、『算術的求積』の手稿の検討により、ライプニッツが、求積のために再帰的な手法を用いる際に、インデックスを巧みに活用していた可能性があることも指摘することができた。この点はあるくまでも可能性にとどまっているため、今後の研究で広く資料を参照することで裏付ける必要がある。

(2)ライプニッツの幾何学研究の展開について

ライプニッツのユークリッド幾何学批判の根幹部分は比較的初期のうちに登場していたのではないかという見通しを得ることができた。くわえて、『ユークリッドの公理に含まれる定義について』や『『原論』の幾何学の図形分析の範例』といった重要度の高い遺稿については日本語訳も作成した。

(3)ライプニッツの数学研究の歴史的位置づけ

サイクロイドの求積を検討することで、ライプニッツの手法の特徴を歴史的に位置づけることができた。具体的には、しばしばライプニッツは先行数学者の手法を一般化したと位置づけられるが、本研究では、特定の曲線の求積を一般の曲線の求積に拡張したという求積対象に関する一般化ではなく、問題を図形でアイコン的に表現した上での推論と、有限の手続きを無限回続ける操作を図形を用いてシンボリックに表現することを組み合わせることで問題を解くという、ロベルヴァルやデカルトのような手法を継承しつつも、シンボリック機能を最小限に用いる手法として統合しているという意味であることを明らかにした。

(4)その他

ライプニッツの時間構成理論についても研究を行い、有限主義的な無限小解釈のもとで、「瞬間」から現実的時間を構成する手続きを再構成できることを明らかにした。

さらに、ライプニッツの無限小について、現代のスタンダードとも言える有限主義的解釈を提示した Hide Ishiguro による一連の研究を批判的に検討し、Ishiguro 自身の認識とは異なり、有限主義的解釈はフレーゲの文脈原理からは導出されないこと、色や熱、数詞、無限小といった対象について、ライプニッツが統一した言語哲学と認識論を持っていたということを示そうとしていたことを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 稲岡大志	4. 巻 32
2. 論文標題 同時・瞬間・現実 ライブニッツの時間構成論	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 愛知	6. 最初と最後の頁 32-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24546/81013380	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 稲岡大志	4. 巻 6
2. 論文標題 推論の媒体と証明手続きの視覚化としての図形 - 『算術的求積』命題6の証明の分析 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ライブニッツ研究	6. 最初と最後の頁 1-22
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 有
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 稲岡大志	4. 巻 6-1
2. 論文標題 モナドとしての哲学史研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 フィルカル	6. 最初と最後の頁 188-208
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 Hiroyuki Inaoka	4. 巻 2
2. 論文標題 Calculating the Infinity without Continuity: Proofs and Diagrams in De Quadratura Arithmetica	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Vortrage des XI. Internationalen Leibniz-Kongresses	6. 最初と最後の頁 188 - 201
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 有
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 稲岡大志	4. 巻 7月号
2. 論文標題 一七世紀ヨーロッパの数学者の図形活用法 サイクロイドを事例として	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 現代思想	6. 最初と最後の頁 211 - 224
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11件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 稲岡大志
2. 発表標題 初期近代の数学者における図形活用法 サイクロイドを事例として
3. 学会等名 第8回日本ライプニッツ協会春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲岡大志
2. 発表標題 涼宮ハルヒの数理哲学
3. 学会等名 中村大介『数理と哲学ーカヴァイエスとエピステモロジーの系譜』合評会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲岡大志
2. 発表標題 現実的時間の存在論
3. 学会等名 松田毅『虹と夢の存在論：身体・現実・時間を生きる』合評会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲岡大志
2. 発表標題 「他の方法ではできない (non aliter fieri potest)」 『算術的求積』 命題8から命題11までの検討
3. 学会等名 第7回日本ライブニッツ協会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲岡大志
2. 発表標題 1680年代のライブニッツによるユークリッド『原論』研究について
3. 学会等名 日本ライブニッツ協会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲岡大志
2. 発表標題 提題者による応答
3. 学会等名 稲岡大志『ライブニッツの数理哲学 空間・幾何学・実体をめぐって』台評会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲岡大志
2. 発表標題 ライブニッツ『算術的求積』命題6の証明の分析
3. 学会等名 エピステモロジー・ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroyuki Inaoka
2. 発表標題 Calculating the Infinity without Continuity: Proofs and Diagrams in De Quadratura Arithmetica
3. 学会等名 Vortrage des XI. Internationalen Leibniz-Kongresses (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroyuki Inaoka
2. 発表標題 Ishiguro on Leibniz: The Context Principle and the Infinitesimal in Leibniz's Philosophy
3. 学会等名 Vortrage des XI. Internationalen Leibniz-Kongresses (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲岡大志
2. 発表標題 文脈原理と混雑した観念 ライブニッツの無限小に関する石黒説を再考する
3. 学会等名 日本ライブニッツ協会第9回春季大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 稲岡大志
2. 発表標題 あなたの知らないライブニッツ研究の世界
3. 学会等名 日本ライブニッツ協会第9回春季大会シンポジウム「英・米・独・仏ほか諸国におけるライブニッツ研究の現在」
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Hiroyuki Inaoka's Website
<https://sites.google.com/view/hiroyuki-inaoka/home>

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
---------	---------