

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23520036

研究課題名(和文) 論理哲学の学際研究—直観主義論理の推論・証明理論を中心として

研究課題名(英文) Interdisciplinary Study in Philosophy of Logic - With a special focus on theory of inferences and proofs of intuitionistic logic

研究代表者

岡田 光弘 (Okada, Mitsuhiro)

慶應義塾大学・文学部・教授

研究者番号：30224025

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：論理哲学の学際研究を行い成果をあげた。直観主義論理に関する20世紀初頭以来のこの分野の主要問題の一つと考えられてきたが、これまでの先行研究では論理的手法や数学基礎論手法などの伝統的なものに限られていた。本研究では、認知科学推論研究手法やフッサール現象学論理手法なども取り入れた新しい学際研究手法を構築して、本研究に取り組み、新しい成果をあげた。

研究成果の概要(英文)：We produced fruitful results on our interdisciplinary research on philosophy of logic. The issue on intuitionistic logic has been considered one of the important issues in philosophy of logic and philosophy of mathematics. Although the former work had used the traditional logical and mathematical methodologies only, with this research project we introduced new methodologies such as cognitive scientific inference study and Husserlian phenomenological logic, and we gave a new view on this issue.

研究分野：論理学

キーワード：哲学 論理学 直観主義論理 論理推論研究 フッサール論理学 論理哲学 図形推論 証明論

1. 研究開始当初の背景

直観主義論理及び構成的論理の展開は 20 世紀論理学・論理哲学を語るうえで欠かせないものである。これを単に 20 世紀の論理学・論理哲学の文脈の中で考察するのではなく、21 世紀の現代的観点から見直すことが重要である。特に、算術体系の構成的証明概念に関する先駆的論理哲学研究を構成数学、形式主義・有限主義学派などとの関係のもとに捉え、それらの論理学・論理哲学上の現代的意義を考察することが望まれる。一方、1970 年代後半以降の認知推論研究には 20 世紀前半の論理哲学論争に並行した論争がみられる。(例えば、言語的構文論をもとにした Mental Logic の立場と空間表象的モデル論をもとにした Mental Model の立場の論争などがそれにあたる。しかし、認知心理学などで行われていた認知推論研究は現代論理学的にみると必ずしも論理学の成果を反映しているとは言えないものが多かった。特に証明論的観点が充分ではなかったように見える。理論的手法と被験者実験手法とを組み合わせた論理推論の研究手法を構築し、言語的論理推論と図的論理推論の関係や、論理的合理性と意思決定課題における合理性との関係などに向けた研究が期待される。

2. 研究の目的

(1) 直観主義論理などの構成的証明概念を現代的視点で捉える目的で、20 世紀初めの論理哲学における構成的証明概念を見直す。

(2) 論理構造の構成的基礎として直観主義論理および(線形論理を中心とする)部分構造論理が提案されてきた。これらの共通の基盤となる論理構造を取り出し、その意味論的特性を明らかにするとともに、伝統的論理がこの基盤的論理からどのように構文論的に生成されるかを(構文論的解釈を通じて)明確化することを目指す。

(3) 言語的論理推論と空間表象的・図的論理推論の比較、論理推論と合理的意思決定の関係、図的提示法の判断への影響などの理論の検討と、被験者実験とを行い、これまでの論理学研究に新しい視点を与える。

3. 研究の方法

(1) 論理哲学史的方法。Hilbert や Hankel の立場とゲッチングン時代の Husserl の立場の比較を通じて、形式算術概念および構成的算術概念の新しい側面を捉えることを目指す。特にこのことにより、直観主義論理およびこれと深いかわりをもつ現象学的論理学における構成的証明概念を検討する。また、中期ウイトゲンシュタインの算術証明論を中心として、ヒルベルト、スコレームらの算術証明概念、グッドシュタインらの構成数学派の証明概念などを比較検討する。これらにより、構成的証明概念の現代的見直しを行

う。

(2) 理論的方法。直観主義論理および(線形論理を中心とする)部分構造論理の共通の基盤となる論理構造としての単純論理(Simple Logic)の構造を取り出す。その論理的意味論の単純さを明らかにする。伝統的論理とこの単純論理論理の関係を2つのゲーデル解釈などで定式化する。

(3) 学際的-実証的方法。言語的論理推論とオイラー図的論理推論の比較についての理論と被験者実験を行う。論理推論と合理的意思決定の関係の理論研究と被験者事件での検証を行う。(特に、双生児被験者も含め、この関係についての遺伝要因と環境要因の相関についても調査する)図的提示法の判断への影響について理論研究と被験者実験(特にアイトラッカーを用いた実験)を行う。

4. 研究成果

(1) ゲッチングン草稿を中心としたフッサールの算術体系に関する研究が、現代の等号論理の計算論とどのように関係しているかを指摘した。構成的多様体論の役割を明らかにするとともに、完全性概念に対するフッサールとヒルベルトの捉え方の相違点を論理哲学的観点から明らかにした。フッサールの構成的多様体概念の哲学全体の現代的意義を検討した。成果の一部は第24回 RTA 国際会議招待講演などで公開した。また、ウイトゲンシュタインの数学の哲学の構成的証明概念を彼の中期著作を基に明らかにした。特に、ウイトゲンシュタインによるヒルベルト、スコレーム、チューリングなどの証明構成概念との比較を考察した。グッドスタインの構成数学との関係についても考察した。また、成果の一部は2つの学術誌で発表するとともに、いくつかの国際会議の招待講演の形で発表した。

(2) 直観主義論理・構成的論理に関わる論理学論争を新しい観点から検討した。特に、直観主義論理や古典論理や線形論理を統一的に構成する基礎的論理の研究を行った。先行研究では、線形論理の直観主義バージョンが古典線形論理と本質的に同等であることが指摘されてきた。古典線形論理は、この意味ですでにそれ自体構成的な論理であるといえる。線形論理に対する真の直観主義的論理を構成し、ゲーデル・コルモゴロフ解釈でそこから古典線形論理や直観主義線形論理が自然に導出されるような証明論的・意味論的構造を検討した。そしてその解決の基礎を明らかにした。成果の一部をローマ大学哲学科・数学科集中講義などで公開した。また、直観主義論理の可能世界意味論の変形を通じて得られる強制法的意味論解釈の応用として、communication protocol security の計算論的モデル論を与え、成果を公開した。

(3) 認知科学手法、論理手法および心理学手法を融合し、オイラー図推論についての証明論を与えた。被験者調査を含めて図的論理の研究を進めた。図や表による外的視覚表現の提示の仕方が推論や判断にどのような影響を与えるかについてアイトラッカーを用いて調査した。成果は国際誌や国際ワークショップで公開された。(後者は Best Paper Award を受賞した。) また、論理推論能力と合理的判断能力との関係について調査した。我々の作成した論理推論課題をもとに、これと認知課題、意思決定課題、パーソナリティ調査を組み合わせて被験者実験を行った。非合理的意思決定が報告されている標準的課題について、非合理性と論理的推論能力との関係について成果が得られた。特に、プロスペクト理論などにより非合理的意思決定が強調されてきた Allais 課題に対して、我々の成果は合理性の側面の重要性を示唆するものであった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Mitsuhiro Okada, “Intuitive evidence and formal evidence in proof-formation” (Invited Article), *Journal of International Philosophy*, 査読無, No. 2, Toyo University, pp. 238-245, 2013. URL: https://toyo.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=5434&file_id=22&file_no=1
 - ② Janna Hastings, Colin R. Batchelor, and Mitsuhiro Okada, “Shape Perception in Chemistry” In *Proceedings of the Second Interdisciplinary Workshop The Shape of Things, Rio de Janeiro, Brazil*, 査読有, pp. 83-94, 2013. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1007/paper6.pdf>
 - ③ Juko Ando *et al.* 26 co-authors. (Mitsuhiro Okada as the sub-leader of the Logic-Baroco-Decision Making subprojects) “Two cohort and three independent anonymous twin projects at the Keio Twin Research Center (KoTReC)”, *Twin Research and Human Genetics*, 査読有, 16(01): pp. 202-216, 2013, DOI: 10.1017/thg.2012.131.
 - ④ Koji Mineshima, Mitsuhiro Okada and Ryo Takemura. “generalized syllogistic inference system based on inclusion and exclusion relations.” *Studia Logica* (Special issue, Logic and Natural Language) 査読有, 100-issue 4. pp. 753--785, 2012, DOI: 10.1007/s11225-012-9428-5
 - ⑤ Mathieu Marion and Mitsuhiro Okada, “Wittgenstein et le lien entre la signification d’ enonce mathematique et sa preuve,” 査読無, *Philosophiques*, vol. 39, n° 1, pp. 101-124, 2012. DOI: 10.7202/1011612ar
 - ⑥ Koji Mineshima, Yuri Sato, Ryo Takemura, and Mitsuhiro Okada, “On the cognitive efficacy of Euler diagrams in syllogistic reasoning: a relational perspective” Best Paper Award, 査読有, *Proceedings of 3rd International Workshop on Euler Diagrams, CEUR Workshop Proceedings Vol. 854*, pp. 17-31, 2012. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-854/paper2.pdf>
- [学会発表] (計 9 件)
- ① Mathieu Marion and Mitsuhiro Okada: “Goodstein and Wittgenstein”, The Legacy of Reuben Goodstein (招待講演), (2012年12月14日-15日), University of Leicester, Leicester (UK).
 - ② Mitsuhiro Okada, “What is Logic?”, The Kick-off Symposium of the Global Research Center for Logic and Sensibility, (2012年9月12日-13日). Keio University, (Minato-ku, Tokyo)
 - ③ Mitsuhiro Okada, “Proof Theory for some diagrammatic logical proofs” (招待講演), The Deducteam Seminar, (2012年8月3日), Place d’Italie, INRIA, Paris (France).
 - ④ Mitsuhiro Okada, Shikishima Chizuru *et al.*: “Genetics of decision making: A Japanese twin study using the Allais problem (Poster Presentation)” International Behavioral Genetics Meeting. (2012年6月26日-29日), Edinburgh (UK).
 - ⑤ Yuri Sato, Koji Mineshima, Ryo Takemura and Mitsuhiro Okada, “On the cognitive efficacy of Euler diagrams in syllogistic reasoning: a relational perspective” (Best Paper Award), The 3rd international Euler Workshop, (2012年6月7日), Canterbury (UK).
 - ⑥ Mitsuhiro Okada, “Proof Theory for Euler Diagrammatic Inferences” (Invited Talk), The Workshop of INRIA-Beijing Research Center on Software Science. (2012年5月25日-26日). INRIA-China Lab (LIAMA), Beijing (China).
 - ⑦ Sacha Bourgeois-Gironde, Juko Ando, Mitsuhiro Okada, Chizuru Shikishima, “How deep are decision-theoretical paradoxes biologically wired?” (Invited talk) Biology of decision Making, (2012年5月10日-12日). Paris (France) .

- ⑧ 佐藤有理、峯島宏次、竹村亮、岡田光弘：“図形を用いた演繹的推論の認知プロセス” 2011年度日本認知科学会第28回大会、(2011年9月23日)、東京大学(東京都文京区)
- ⑨ 岡田光弘：“Some Sources of Term Rewriting Logic and Diagrammatic Logic in the Husserl-Hilbert Interaction and In Euler” The 18th International Workshop on Logic, Language and Computation (Special Session Honoring M. Kanovich on the Occasion of His 65th Birthday), (2011年5月20日), Philadelphia (USA) .

[図書] (計1件)

- ① Mathieu Maron and Mitsuhiro Okada (Chapter co-authors), editors: C. Chauvire and s. Plaud: “*Lectures de Wittgenstein* (Chapter title: La philosophie des mathématiques de Wittgenstein)” Ellipses, 432 (pp.79-104), 2012.

[産業財産権]

○出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

岡田 光弘 (OKADA, Mitsuhiro)
慶應義塾大学・文学部・教授
研究者番号:30224025

(2)研究分担

()

研究者番号:

(3)連携研究者

()

研究者番号: