



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                                                                             |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | An Investigation Into Addition of Classical Negation to First-Order and Generalized Intuitionistic Logic [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review] |
| Author(s)           | 豊岡, 正庸                                                                                                                                                                      |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                                                                       |
| Degree Name         | 博士(文学)                                                                                                                                                                      |
| Dissertation Number | 甲第16062号                                                                                                                                                                    |
| Issue Date          | 2024-06-28                                                                                                                                                                  |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/92947">https://hdl.handle.net/2115/92947</a>                                                                                           |
| Rights(URL)         | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>                                                                     |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                                                                             |
| File Information    | Masanobu_Toyooka_review.pdf, 審査の要旨                                                                                                                                          |



# 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（文学）

氏名： 豊岡正庸

|      |    |     |           |
|------|----|-----|-----------|
| 審査委員 | 主査 | 教授  | 佐野勝彦      |
|      | 副査 | 准教授 | 宮園健吾      |
|      | 副査 | 教授  | 佐藤知己      |
|      | 副査 | 准教授 | 大森仁（東北大学） |

## 学位論文題名

### An Investigation Into Addition of Classical Negation to First-Order and Generalized Intuitionistic Logic

（一階および一般化された直観主義論理に対する古典的否定の追加に関する探究）

#### ・当該研究領域における本論文の研究成果

本論文の第一の成果は、Popper (1948) で指摘された難点を回避する形で、オーソドックな否定としての古典的否定と直観主義論理が一階述語論理レベルで組み合わせ可能であることを明らかにした点である（第3章）。学位申請者は、この組み合わせに対して、帰結関係を推論単位とする推件計算を与え、その推件計算において、仮言三段論法の一般化であるカット規則が不要であることを主張するカット除去定理、また、推件計算での定理概念が意味論で定められる妥当性概念を十全に捉えられることを主張する完全性定理、を示している。この二つの定理は、古典論理・直観主義論理の双方で成立する定理であり、提案された組み合わせ方においても、論理的に望ましい性質が保たれることとなる。また、学位申請者は、命題論理レベルに関心を制限したとき、この組み合わせ方の先行研究である del Cerro and Herzig (1996) が与えた公理系について、完全性定理が成立しない瑕疵があることを数学的に証明している。この先行研究はこれまでに数多く引用されているため、瑕疵の指摘は学術的価値が高い、といえる。

本論文第二の成果は、オーソドックな否定としての古典的否定と直観主義命題論理の組み合わせに対して、証明により論理式の意味を与える、という意味の使用説を発展させた分析を提供している点である（第4章）。Restall (2005)は、個別の論理（古典論理・直観主義論理）に対して、推論が規範的制約を与えることを、「主張・否認」の二つの言語行為により説明を与え、さらに、モデル理論的な意味が如何に無矛盾な推論の連鎖から構成されるかを明らかにしている。豊岡氏は Restall (2005)による分析を、Quine (1985) による異なる論理を採用する論者間の論争は異なる主題に関するものだ、という論点を援用し、組み合わせ論理に対して適用している。その際、Restall による推論規則と真理条件との対応関係を高野(2018)による論理学的成果を使って改良し、さらに組み合わせ論理の場合は、言語行為として「主張」のみを採用しても十分であることを明らかにしている。

本論文第三の成果は、オーソドックスな否定と経験的否定の双方の追加に対して、直観主義一階述語論理を定領域公理で強めた論理、さらに、その含意概念を弱めた下位の論理群（下位直観主義論理）に対しても、ヒルベルト式公理系で定められる「仮定からの演繹」と意味論で定められる「意味論的帰結関係」とが一致する、完全性定理を確立している点である。これにより、定領域公理を加える、という制限は付くものの、古典的否定を加える二つの仕方について、直観主義論理のもつどのような論理的原理がそれぞれの組み合わせ方に対して、より本質的であるのかを明らかにしている（第5章）。さらに、命題論理レベルに限れば、先行研究に依拠しながらも、下位直観主義論理のさらに下位の論理に対して、経験的否定の追加に適した意味論的帰結関係が十全に定義できるこ

とを明らかにしている（第 6 章）。

なお、本論文第 3 章の内容は、査読付国際学術誌 *Studia Logica, the Australasian Journal of Logic* に採録されており、本論文第 4 章の内容は、査読付き国際会議論文として出版されている。また、本論文第 5 章、第 6 章の内容は査読付国際学会で発表済みである。こういった事実は、学位申請者の研究が関連国際学会において一定の評価を得ていることを示している。

#### ・学位授与に関する委員会の所見

審査委員会では、本論文の論理学的成果の正確さ、豊富さについて高い評価がなされた。一方で、自身の研究成果を説明する際に非専門家向けに表現がやや不明瞭になっている点のほか、組み合わせ論理自体と組み合わせ論理に対して意味の証明論的分析を行う論点とが同じ Quine 的論証によってどのように正当化されるのか、下位直観主義論理のさらに下位に位置する含意概念を考えることの、他の論理と比較した場合の動機は何か、といった指摘がなされた。口頭試問においては、こういった指摘のいずれに対しても、学位申請者から適切な説明がなされた。その他の疑問点についても、本論文の学術論文としての価値を本質的に損なうものではないと本委員会では判断した。

以上の審査の結果、審査委員会は全員一致して、学位申請者に博士（文学）の学位を授与することが妥当であるとの結論に達した。