

論文審査の結果の要旨および担当者

| | |
|------|---------|
| 報告番号 | ※ 甲 第 号 |
|------|---------|

氏 名 佐 藤 雅 大

論 文 題 目

An Intuitionistic Set-theoretical Model of the
Extended Calculus of Constructions
(ECC の直観主義的な集合論的モデルの構築について)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院多元数理科学研究科 教授 Ph.D.
宇 沢 達
委 員 名古屋大学大学院多元数理科学研究科 准教授 博士 (情報科学)
Jacques Garrigue
委 員 名古屋大学大学院多元数理科学研究科 准教授 博士 (学術).
久 保 仁
委 員 名古屋大学大学院多元数理科学研究科 教授 理学博士
木 村 芳 文
委 員 国立情報学研究所 教授 博士 (理学)
龍 田 真

論文審査の結果の要旨

本論文は Extended Calculus of Construction(以後 ECC と略する) の新しいモデルを構成している。Extended Calculus of Construction は Zhaohui Luo によって 1989 年に提唱された型理論の一つであり、数学基礎論、証明論、プログラミング理論に対し、表現力の高い、強力な理論として注目されている。

型理論は数学基礎論におけるラッセルの逆理に端を発し、Russell-Whitehead の”Principia Mathematica”(1910–1913) において展開された。現在ではプログラミング言語、証明支援系において大きな役割を果たすようになってきている。

計算機科学においては、構成的な数学が重要な役割を果たし、そのため論理的な基礎としては直観主義の立場が重要である。型理論のモデルの構築において、ある条件のもとで、型の解釈が2つ以上の元を持つとき、そのモデルは矛盾している、という Reynolds のパラドックスを回避する必要がある。この論文では、B. Werner 氏らの集合論的モデルの仕事(1997, 2003) をさらに発展させ、証明を表す項を一つに「潰し」たり、型 (product type) の解釈をその型によって場合分けするなどの工夫により Reynolds の逆理を回避することに成功している。

申請者は直観主義論理のモデルとして Heyting 代数、特に位相空間の開集合全体をモデルの構築に用いている。実際には、申請者のモデルは位相空間 X とその開集合系 $O(X)$ とその一点 p (reference point) の組み合わせによって決まり、それらを取り替えることによってモデルの強さを変える自由度をもった理論である。実際、本論文の手法の応用例として、排中律が成立しないモデルを構成している。このことは、排中律が ECC の枠内では導けないことをしめしている。申請者のモデルは申請者自らによって証明支援器 Coq において実装されていることも特筆に値する。証明支援器 Coq は、2012 年奇数位数の有限群は可解群であることを主張する Feit と Thompson の定理の証明に成功しており、すべてに渡るわけではないが、数学における役割が大きくなっているといえる。

申請者は計算機科学における興味深い問題に対し、独創的な貢献を行っている。なお、この論文の検討のために、外部から国立情報学研究所の龍田 真教授に参加していただき、細部までのチェックを行ったことを付記する。

申請者は、学位審査セミナーで主論文を明確に説明することができ、セミナー参加者からの質問に的確に答えることができた。以上を鑑み、審査委員会は、申請者には博士(数理学)の学位が授与される資格があるものと判断する。