

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 山田 晃久

論 文 題 目 The Weighted Path Order for Termination of
Term Rewriting

(項書換え系の停止性のための重み付経路順序)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 坂部 俊樹

名古屋大学教授 酒井 正彦

名古屋大学准教授 西田 直樹

岐阜大学教授 草刈 圭一朗

山田晃久氏提出の学位論文「The Weighted Path Order for Termination of Term Rewriting」（項書換え系の停止性のための重み付経路順序）は、項書換え系と呼ばれる項の書換えを計算ステップとする計算モデルの停止性を保証する新たな手法を提案し、提案手法と多数の既存手法との関係を理論的に分析するとともに実装・実験により実用性を評価したものであり、全9章で構成される。

第1章は序論であり、研究の動機、関連研究の歴史と、論文の構成を述べている。

第2章は必要となる諸定義をまとめている。

第3章では、項書換え系の停止性を保証するための古典的な順序である Knuth- Bendix 順序 (KBO) の拡張について議論している。まず、一般化 KBO という既存の拡張に修正を加えた新たな一般化を提案している。次に提案手法が既存の他の KBO の拡張を包含していることを示している。

第4章では、前章の議論を発展させ、より一般的な順序である Weighted Path Order (WPO) を提案している。WPO と既存の順序との比較も行い、多くの既存の順序を包含することを証明し、かつ真に強力になっていることを示す例を与えている。

第5章では、現在の停止性証明ツールで広く採用されている「依存対フレームワーク」に前章で提案した WPO を組み込むための拡張を提案し、その正当性の厳密な証明を与えている。また依存対フレームワーク上で提案された既存手法との関係を明らかにしている。

第6章は、項書換え系の停止性を保証する WPO を発見する問題を算術論理上の充足可能性問題 (SMT 問題) に帰着させる方法を与えている。

第7章は提案手法を実装した停止性証明ツール Nagoya Termination Tool (NaTT) について述べ、提案手法の実験的評価を行っている。また SMT ソルバとの連携による効率化手法を提案している。さらに停止性証明ツールの世界競技会 Termination Competition (full-run 2013) に参加した結果を報告している。その結果は提案手法が項書換え系の停止性の研究分野にインパクトを与えるものであることを示している。

第8章では、KBO に対する結合律と交換律に対応した拡張を議論している。これまで誤っていると考えられていた既存手法の正当性を再証明し、一方これまで正しいとされてきた既存研究に誤りがあることを示すとともに、後者を正しい順序に修正し、より洗練された順序である AC-KBO を提案し、これらの正当性の証明を与えている。さらに計算量の解析を行い、実験による能力比較を行っている。

第9章は本論文の総括であり、本研究で得られた結果をまとめるとともに、今後の課題について述べている。

以上のように、本論文は、項書き換え系の停止性を保証するために使われる新たな順序を提案し、多くの既存の順序を包含することを証明している。また、提案手法を

実装した停止性判定ツールは停止性判定競技会において優れた結果を得ている。これらの一連の成果は、項書き換えを基本ステップとする計算モデルの停止性のみならず、定理自動証明やプログラム検証の技術の発展に貢献するものであり、情報科学の学術上、技術上の寄与が大きい。よって、本論文提出者 山田晃久氏は博士（情報科学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。