

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 仙 田 涼 摩

論 文 題 目

A Study on Computational Models with Registers
and their Application to Software Construction
(レジスタを持つ計算モデルとそのソフトウェア構築への
応用に関する研究)

論文審査担当者

主 査	名 古 屋 大 学 教 授	関 浩 之
委 員	名 古 屋 大 学 教 授	結 縁 祥 治
委 員	名 古 屋 大 学 教 授	楫 勇 一
委 員	高 知 工 科 大 学 准 教 授	高 田 喜 朗

計算機プログラムは整数等のデータ値を扱うが、プログラムの数値モデルである有限状態遷移系にデータ値を扱う能力を加えると容易にチューリング等価となり、プログラムの信頼性保証に関わる基本的問題が決定不能となる。一方、基本問題の決定可能性を保ちつつデータ値を限定的に操作する能力を有限状態モデルに加えたレジスタ計算モデルが知られている。近年、構造化文書処理の進展等に伴い、レジスタ計算モデルが再び注目されているが、最も単純なレジスタオートマトン(RA)以外のレジスタ計算モデルについてはその数理的性質やソフトウェア検証・自動合成への可能性については明らかではなかった。このような背景のもと、本論文ではレジスタ文脈自由文法等、RAを一般化した種々のレジスタ計算モデルの理論的性質を明らかにするとともに、それらのモデルに基づくソフトウェア自動検証法、自動合成法について論じている。本論文は以下の5部からなる。

第1部では、研究の背景としてレジスタ計算モデルの研究の必要性和既存研究の概要が述べられた後、本研究の目的、得られた成果の概要、関連研究、並びに本研究の成果がもたらす応用面での利点が述べられている。

第2部では、いくつかのレジスタ計算モデルについて、その理論的性質を明らかにしている。まず、レジスタ文脈自由文法(RCFG)に着目し、所属問題と空問題の計算量を明らかにしている。例えば、一般のRCFGに対する所属問題は指数時間完全であること、また、部分クラスである ϵ -規則なしRCFG、成長的RCFGに対する所属問題はそれぞれPSPACE完全、NP完全であることを示している。続いて、RCFGにおいて生成規則のガード式の機能を拡張した一般化RCFG(GRCFG)を導入し、GRCFGに対する所属問題、空問題が決定不能であること、および、決定可能性を保持するための有効な十分条件を示している。

第3部では、ソフトウェア検証への応用について論じている。任意の正則言語に対して変換 T を適用して得られる言語が正則であるとき、 T は正則保存であるという。ここではまず、再帰プログラムの標準的モデルであるプッシュダウン系(PDS)にレジスタを加えたレジスタPDS(RPDS)を導入し、与えられたRPDS P に対し、任意の正則データ言語(RAによって認識される言語)の P による後方閉包が常に正則データ言語となることを示している。次に、仕様として線形時相論理式 ϕ 、モデルとしてRPDS P が与えられたとき、モデル検査問題(P が ϕ を満たすかどうか)が決定可能であること、およびその計算量を明らかにしている。

第4部では、ソフトウェア自動合成への応用について論じている。本論文では、仕様がプッシュダウンオートマトン(PDA)、実現プログラムがプッシュダウン変換器(PDT)の場合の自動合成問題の決定可能性について論じた後、仕様がレジスタPDA(RPDA)、実現プログラムがレジスタPDTの場合について自動合成問題の決定可能性を考察し、仕様が決定性可視RPDAで与えられる場合は本問題が二重指数時間可解であることを示している。

第5部では、本論文の総括ならびに今後の研究課題について述べられている。

以上の通り、本論文は種々のレジスタ計算モデルについてその理論的性質を明らかにするとともに、それらのモデルに基づくソフトウェア自動検証法ならびに自動合成法を目指した自動化基本原理を示しており、提出者の仙田 涼摩氏は博士(情報学)の学位を受けるのにふさわしいと判断する。