

氏名(本籍)	川井宏弥(大阪府)		
学位の種類	理学博士		
学位記番号	博乙第592号		
学位授与年月日	平成2年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当		
審査研究科	数学研究科		
学位論文題目	Studies on Temporal Logic and Its Application to Parallel Programs (時間の論理とその並列プログラムへの応用に関する研究)		
主査	筑波大学教授	理学博士	西村敏男
副査	筑波大学教授	理学博士	松村睦豪
副査	筑波大学教授	理学博士	中川良祐
副査	筑波大学教授	理学博士	本橋信義

論文の要旨

プログラムには Debug がつきものであるが、すべての場合をもれなく検証することは困難であり、誤動作が見落とされることも多い。そこで、プログラムの実行を数学的対象としてとらえ、その正常な動作を、数学的に証明しようという研究が行われてきている。計算機が、複数のプログラムやプロセスを並行処理する際には、プログラムの構造は、論理的に更に複雑になり、相互排除、停止性、deadlock といったさまざまな厄介な問題を生ずる。本論文で川井氏は、並行処理での、与えられたプログラムやプロセスが、deadlock に入ることなく正常に動き、また、一定の条件の下では必ず停止する等のことを数学的に証明をする、という問題を研究している。第1章は、検証システムの数学的定式化の基盤となる論理体系の研究である。ここで川井氏は、Kröger によって不完全のまま提唱されていたある種の「時間の論理」を、無限長の論理式と、それに対する推論規則の導入により拡張した論理体系を構成し、その中で、検証システムを形式化した。さらにこの体系のいくつかの異なった形の形式的体系 $T\omega$, $LT\omega$, $LT\omega$ を与え、それらの同等性、完全性を、更に Gentzen 型に形式化された $LT\omega$ については、推論規則 cut の除去が可能であるという定理を証明している。さらにそれを拡張して、'必然性'、'可能性'といった様相を導入した体系 $\Box T\omega$ を与え、これの無矛盾性、完全性を証明し、これらの論理体系の数学的意味を明確にしている。また、これらの論理体系は、川井氏が実例をもって示しているように、並列プログラムの検証と数学的形式化に、有効な手段を提供するものである。第2章においては、並列プログラムを数学的対象として扱うための公理化を行い、また、並列プログラムにおける、正当性、停止性、相互排除といった基本概念、また、'deadlock に入ることなく正常に動く'といった概念の数学的な定義を与え、プログラムの検証の数学化に

一つの方法を与えた。そして、こうした定義に基づいて、よく知られたいくつかのプログラムについて、正当性、停止性、deadlock free といった諸性質を証明した。ここで用いられる基本的なアイデアは、非決定的な計算過程を、決定的なものに還元することである。これに関連して、川井氏は、並列プログラムの格子モデルという新しい方法を提唱している。

審 査 の 要 旨

プログラム検証を理論的に研究しようという試みが、近年さかに行われている。しかし、十分な数学的根拠をもったものは少ない。川井氏の研究は、「時間の論理」の体系化から出発し、その中の定式化においても、プログラムの動きの時間的経過も明確に表現されていて、数学的に曖昧さがない。この論理体系の形式化と、その数学的意味の明確化は、数理論理の立場からも評価できる。また、並列処理を扱うオペレーティング・システム等で問題となる論理的諸問題の数学的定式化は明確であり、また、諸性質の証明にも、格子モデルの導入、非決定的な計算過程の決定的なものへの還元など、新しい手法が導入されている。プログラム検証の数学的定式化に寄与する点が大きいと評価できる。また、ここに与えられた成果は、国際的にも高く評価されている。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。