

学位論文の審査結果の要旨

本学位論文は、申請者が非同期かつ並行的な分散システムの挙動をモデル化するためのツールとして用いられるペトリネットの性質 (Petri net properties) を数学に基づく Mizar 形式化言語で記述を試み、従来の人間によるその性質の自然言語記述や説明に含まれるエラーや曖昧な表現を、機械的証明検証システム (プルーフチェッカー) を用いて、正確かつ厳密な内容に修正した取組みについて述べている。プルーフチェッカーを用いた手法では、ペトリネット理論の基盤となる諸定義の数学的形式化から始まり、モデル化されるシステムの挙動分析に関わるペトリネットの性質を定理に置き換え、その数学的論理展開の正確さと厳密さの証明をステップを省略せずに作成する必要がある。申請者は、このプルーフチェッカーを用いるアプローチで、ペトリネットの定義に必要な条件や仮定情報が不足していることを発見し、それを修正した。

また、従来 of 自然言語による定理の証明は、代表的な場合のみを検証し、必ずしも起こりうるすべての場合を考慮していないことがある。ペトリネットのモデルが小規模の時は、人間の思考力で定理が示す結果がどんな場合でも間違いなく得られることか判断出来るケースがある。しかし、対象のモデルが大規模かつ複雑であれば、すべての場合において定理が成り立つことを保証する証明が必要となる。申請者は、従来から自然言語で表現されているペトリネットの性質の定理とその証明を分析し、すべての場合が考慮されるように証明記述の穴を補完し、完全な証明の設計と構築に成功したことをプルーフチェッカーを用いて検証した。

申請論文の第1章では、ペトリネット理論の概念を従来型の自然言語のみの記述にすると、定義や定理の曖昧な表現や重要な情報の省略により、それらの意味が間違っ て解釈されることがあるため、システム設計や検証に応用される内容の形式化とライブラリ化の目的について述べている。第2章では、具体的な例としてペトリネットのサブクラスである decision free Petri nets における token boundedness property に関する定義と定理の自然言語による記述を分析し、不完全な点を紹介

している。第3章では、上記の token boundedness property の形式化と検証法について説明している。定理の形式化と証明に必要な各定義および厳密な証明設計の取組みを紹介している。

申請者は、本研究でプルーフチェッカーを用いて、自然言語記述に起こるエラーが含まれないペトリネットの性質の形式化と検証に成功し、形式化手法として有効であることを明らかにしている。本論文で紹介される検証済み内容は、国際的数学知識ライブラリー構築プロジェクトに評価され、WEB上のオープンライブラリーに登録されることとなり、学術的に十分高い評価を得ている。また、この信頼性の高い成果は、ペトリネットの概念に基づいているソフトウェアやハードウェアシステムの検証法にとって今後の系統的な発展に価値ある貢献となることが認められた。従って、本論文は、博士（工学）の学位論文に値するものと審査委員会全員一致で判断した。

公表主要論文名

- Pratima K. Shah and Pauline N. Kawamoto, “A Mechanized Formalization for the Token Invariant Properties in Subclass of Petri net called Decision Free net”, Mechanized Mathematics and Its Applications (to appear in 2014).
- Pratima K. Shah, Pauline N. Kawamoto, and Mariusz Giero, “The Formalization of Decision Free Petri Net”, Formalized Mathematics, Vol. 22, No. 1, 29-35 (2014).
- Pratima K. Shah, “An Example Demonstrating the Requirement of Fully Formal Verification Method”, Vienna Summer of Logic 2014 FWF, 31Q, 6 pages (2014).