群馬大学大学院理工学府

電子情報部門 藤田研究室

URL：http://www.cs.gunma-u.ac.jp/~fujita

■研究テーマ
●プログラムの基礎理論、プログラミング言語
●モデル検査・定理証明器を活用した検証

■キーワード
計算理論、プログラム理論、数理論理学、定理証明器、モデル検査

藤田憲悦 准教授

連 絡 先
情報科学コース　藤田憲悦
TEL：0277-30-1829　FAX：0277-30-1801
e-mail：fujita@comp.cs.gunma-u.ac.jp

研究概要

名前と逆のハードな作業
ソフトウエア・システム検証

◆

ソフトウェアのミスでロケットが爆発ーこれは、1996年6月4日に実際に起こった出来事です。ヨーロッパの無人ロケットAriane5号は、ソフトウェアのミスにより制御不能に陥り、打ち上げ後約40秒で爆発してしまった。32ビット浮動点小数から16ビットへの変換に失敗して、さらにエラー処理がきちんと行われなかったことが原因と報告されています。また、2001年にも、携帯電話のソフトウェアの欠陥により50万台以上の携帯電話が回収されました。

私たちの研究室の大きな目的は、このような不具合が起こらないシステムやソフトウェアの開発を支援する技術を確立することです。研究室のセミナーでは、モデル検査技法に関する最新の研究論文や関数型プログラミング言語、定理証明システムに関する専門書を、大学院生と４年生が互いに切磋琢磨し勉強しています（写真）。

特徴と強み

定理証明器とモデル検査の組合わせで
複雑な仕組みの確認・修正を

◆◆

私たちの身の回りのものは便利になり多くの機能を持っています。反面その仕組みは大変複雑になってきています。要求どおりに作られ、きちんと動作することを確認する作業は想像以上に手間がかかるものです。ソフトウェアの場合も同様で、“ソフト”という言葉から受けるイメージとは相反して、その確認や修正は極めてハードな作業です。

現在のところ最も厳密である検証方法は、定理証明器を利用する技法と、モデル検査と呼ばれる技法です。どちらの技法も論理学に基づいており、それらの理論の基礎は数学的に確固としたものです。

定理証明器を活用した例として、電子財布の中で使われているJavaカードプログラムの検証事例が挙げられます（Breunesse et al. *Science of Computer Programming*, 2005）。Purseアプレットの中でお金の計算をするJavaプログラムとその仕様をまとめたものが図１にあります。

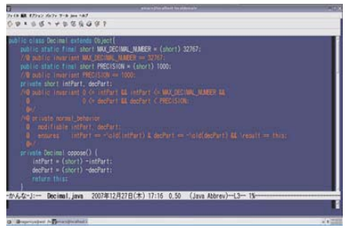

図1　JavaプログラムとJML仕様

ここで、計算機に実装されている定理証明器を利用して、プログラムが仕様を満たしていることを一つずつ証明していく（図２）ことによって、このプログラムの要求どおりの動作を保障します。

図2　プログラムが仕様を満足していることの証明

次に、モデル検査の技法（PRISM）を使った例として、ネットワーク上のパケット転送システムの検証が挙げられます。図３は、パケット転送システムをモデル化したもので、状態遷移系（クリプキモデル）またはオートマトンと呼ばれています。

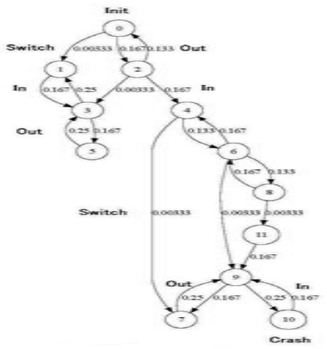

図3　パケット転送システムのモデル

このモデルにおいて、計算機の力を借りることにより、システムのとりうる全状態を網羅的に検査することができます。

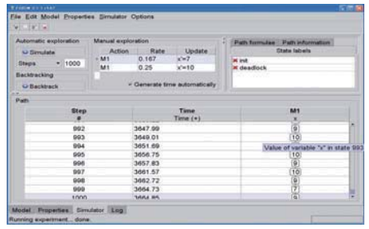

図4　パケット転送システムの動作の模倣

例えば、転送システムの動作を模倣（図４）することができます。また、システムがダウン（Crash）する確率などを評価して（図５）、その設計に反映させることもできます。モデル検査技法により、IEEEの標準プロトコルの誤りやあいまいさが発見されて、改善された実例も報告されています。

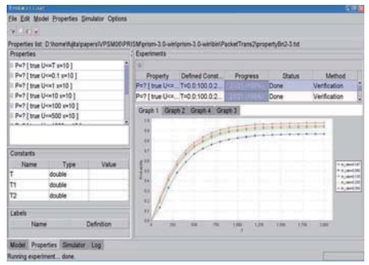

図5　パケット転送システムがダウンする確率の計算

さらにこの技法は繊維芽細胞増殖因子(FGF/FGFR)に関する生化学反応（図６）など、情報分野に限らず物理・化学現象の解析にも広く応用されています。

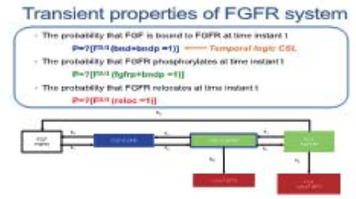

図6　FGF/FGFR生化学反応とその過渡特性の解析

今後の展開

数理的技法を駆使して安全な情報社会を支える

◆◆◆

このような数理的技法を駆使し、情報社会で不可欠であるシステムやソフトウェアの信頼性、安全性を保障することを目指して、研究室のメンバーが力を合わせて研究を行っています。

4u 2018