

【基盤研究(S)】

総合系 (情報学)



研究課題名 高階モデル検査の深化と発展

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授

こばやし なおき
小林 直樹

研究課題番号：15H05706 研究者番号：00262155

研究分野：情報学基礎理論

キーワード：プログラム理論、仕様記述・検証

【研究の背景・目的】

交通や金融システムなどの様々な重要な社会基盤が計算機によって制御されている今日、計算機システム、とりわけソフトウェアの信頼性の担保が重要な課題である。本課題で扱う高階モデル検査は、システム検証手法として最も有望視されている手法の一つであるモデル検査の一般化であり、従来の有限状態モデル検査よりも強力で大きな可能性を秘めている。

我々はすでに、世界初の高階モデル検査器を実現するとともに、その上に関数型プログラムの全自動検証器を構築し、その有用性を示している。また、データをそれを生成するプログラムの形に圧縮することにより、高階モデル検査の理論を用いて、圧縮したままの形で検索などの様々な操作を施せることも示している。本課題では、これらの成果をさらに飛躍的に発展させ、高階モデル検査の理論的基盤を確固たるものにするとともに、自動検証できるプログラムの規模、高階モデル検査に基づくデータ圧縮の性能などを飛躍的に増大させることを目指す。

【研究の方法】

以下の4つの柱を設け、それらについて並行して研究を進める。

(1) 高階モデル検査の理論の整備

高階モデル検査とは、高階再帰スキームと呼ばれる木文法によって生成される無限木の性質を判定する問題であるが、この木文法について重要な未解決問題が残っており、その解決に取り組む。また、高階モデル検査問題が一般には多重指数完全という計算量理論的には手に負えない問題のクラスに属しながらも、多くの入力に対して現実的な時間で解けることについて、理論的な保証を与えることを目指す。また、それらの理論的結果を基に、高階モデル検査アルゴリズムのさらなる高速化を目指す。

(2) 関数型プログラムの自動検証への応用

関数型プログラムの様々な検証問題を高階モデル検査問題に帰着することにより、関数型プログラムの全自動検証器を構築することができる。我々はすでにそのような検証器 MoChI を構築済みだが、これをさらに改良し、扱えるプログラムのサイズや機能、検証する性質を拡げる。

(3) 拡張高階モデル検査とオブジェクト指向・

並行プログラムの検証への応用

高階モデル検査をさらに拡張した、拡張高階モデル検査のための効率のよい手法を考案し、それを基にオブジェクト指向プログラムや並行プログラムの全自動検証器を構築する。

(4) データ圧縮への応用

研究目的の項で述べたとおり、高階モデル検査の理論を用いることにより、プログラム形式で圧縮されたデータを、解凍することなく、様々な操作を施すことができる。この考え方に基づいたデータの圧縮・変換器のプロトタイプは作成済みだが、本課題ではこれをさらに改良し、実用的なレベルの圧縮・変換器を作成するとともに、その知識発見などへの応用を目指す。

【期待される成果と意義】

本研究の遂行を通じて、ソフトウェアの高信頼化、ひいてはそれによって制御されている社会基盤の信頼性向上に貢献することができる。また、データ圧縮への応用を通して、近年の情報の爆発的増加の問題への一解決策を提供することができる。

学問的には、本研究課題はプログラム理論、形式言語理論、型理論、計算量理論など理論計算機科学の多岐にわたる分野を横断するものであり、研究遂行を通して理論計算機科学全体に対する大きな波及効果が期待できる。また、データ圧縮への応用を通じて、自然言語処理、ゲノム解析などの他の学問分野への波及効果も期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Naoki Kobayashi, Model Checking Higher-Order Programs, Journal of the ACM, 60(3), 62 pages, 2013.
- Naoki Kobayashi, Kazutaka Matsuda, Ayumi Shinohara, Kazuya Yaguchi, Functional Programs as Compressed Data, Higher-Order and Symbolic Computation, 25(1), pp.39-84, 2012.

【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度 149,200千円

【ホームページ等】

<http://www-kb.is.s.u-tokyo.ac.jp/~koba/hmc/>