

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 山崎 徹郎

本論文は「A study of protocol-checking and memory-management techniques for assisting library development (ライブラリ開発を支援するためのプロトコル検査およびメモリ管理技術の研究)」と題し、英文6章より構成される。本論文は、現在のソフトウェア開発の基盤ともいえるプログラム・ライブラリを開発するための基礎技術を2つのアプローチから3つの技術を提案している。どの技術も、支援するのはアプリケーション・ソフトウェアを開発するアプリケーション開発者ではない。アプリケーション開発者を支援するためにライブラリを開発するライブラリ開発者を支援する技術である。ライブラリ開発者を支援することで間接的に広範囲のアプリケーション開発者を支援することにつながる。

第1章「Introduction」では、本論文の提案の概要およびその動機を述べている。さらに本論文の学術的な貢献を概観している。

第2章「Background」では、ライブラリ開発を支援する様々な既存技術を概観している。さらに本論文の研究の2つのアプローチの動機となる問題を議論している。1つ目のアプローチは、プロトコル検査機能を備えたライブラリを開発するライブラリ開発者を支援するアプローチである。このアプローチでは、プログラムのコンパイル時の型検査の際に LR 構文解析を応用したプロトコル検査をおこなう技術が知られているが実行効率の点で問題があると指摘している。2つ目のアプローチは、異なるプログラミング言語で書かれたライブラリを呼び出す機構 (FFI, Foreign Function Interface) を提供するアプローチである。FFI があれば、ライブラリ開発者は他言語で書かれた既存ライブラリを再利用して開発ができる。しかし FFI によって異なる言語間にまたがる循環参照が生じることがあり、正しいガベージコレクションのためには FFI で呼び出す先の言語のガベージコレクタの改造が必要であることが問題であると指摘している。

第3章「Check Complex Protocols of Fluent APIs」は、1つ目のアプローチについて、LR 構文解析によるプロトコル検査を効率よく実現する技術を提案している。また、それを用いてプロトコルの仕様からライブラリのプログラムのひな形を生成するソフトウェアを開発している。提案技術では、メソッド呼び出しの連鎖の順序の正しさをプロトコルと考え、正しい順序を LR 文法で定める。そしてメソッド呼び出しの連鎖の順序がこの文法を満たしているかを LR 構文解析を型システムで実施することでコンパ

イル時に判定する。満たしていればプロトコルも満たしている。この方式を実現するために LR オートマトンを独自の形式言語 Fluent で表現される単一状態非実時間決定性 push-down オートマトンに変換し、それを各言語に備わる型システムの機能を用いて各言語のプログラムに最終的に変換する。Scala, Haskell, C++ の3つの言語で提案技術が利用できることを実証し、既存手法よりも実行効率が改善していることを実験的に確かめている。

第4章「Collecting Cross-Language Cyclic Garbage References」は、2つ目のアプローチについて、FFI によって生じた異なる言語間にまたがる循環参照も正しく回収できるガベージコレクションの技術を提案している。提案技術では bloom filter を用いたデータ圧縮により、FFI で呼び出す先の言語のガベージコレクタの改造を不要にしつつ実用的な性能を実現しているのが優れた点である。また提案技術を Ruby から JavaScript への FFI として実装し、主張を実験的に確かめている。

第5章「Self-Reflective Garbage Collection for Customizing Garbage Collectors」は既存のガベージコレクタの改造をライブラリから可能にする技術を提案している。第4章で提案した技術でも FFI の呼び出し元の言語のガベージコレクタの改造は必要である。そのような改造をライブラリからおこなうことを可能にする、ガベージコレクタの自己反映的なプログラミングインタフェースとそれを支えるガベージコレクションの技術を提案している。これによりライブラリ開発者はより容易にガベージコレクタの改造を実施できるようになる。

第6章「Conclusion」は本論文をまとめている。本論文の研究の貢献とその現状における限界について述べている。

以上のように本論文は、ライブラリ開発者を支援する3つの技術を2つのアプローチから提案している。また実際に提案する方式にしたがって動作するソフトウェアを作成し、その有用性を評価している。本論文の研究は、情報理工学に関する研究的意義と共に、情報理工学における創造的実践に関し価値が認められる。よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。