

審査の結果の要旨

氏 名 徳本 晋

本論文は、産業用ソフトウェアに本質的な複雑な欠陥を検出するために、ミューテーション解析の技術を高精度、高効率化することを目的としている。産業用ソフトウェアは限られた時間とコストの中で経験・スキルの差のある多人数によって開発・保守が行われる。また品質の保証がないレガシーシステムが多く存在する。開発者の経験・スキルの不足のために、バグの根本原因でない箇所に変更が入り、結果的にバグが十分に修正しきれなかった場合、複数箇所が交絡した欠陥が生じてしまう。同様に、レガシーシステムにおいて変更が不可能な箇所にバグの原因がある場合、変更可能な箇所での変更によって対処しなければならないが、やはりバグが十分に修正しきれなければ、複数箇所が交絡した欠陥が生じてしまう。

ミューテーション解析はプログラムの要素を変異（ミューテーション）させて人為的にバグを埋め込むことで、用意されたテストがどれだけその埋め込まれたバグを検知できる能力を持っているか測定する手法である。また、高精度の欠陥局所化、プログラム自動修復など幅広く応用されている。特に、高次ミューテーション解析は複数箇所を同時に変異させるもので、複数箇所が交絡した欠陥を検出するのに大きな可能性がある技術である。しかしながら、高次ミューテーション解析は大量のミュータント（変異させたプログラム）を生成し、それらをすべてコンパイルし、テストをする必要があるため、実行時間が非常に長くなる問題がある。本論文の研究では、産業用ソフトウェアへの高次ミューテーション解析の適用を可能にすることを目標に、実行コスト改善のために高速実行手法のアプローチとミュータント最適化のアプローチが提案、実装、評価されている。

本論文の第1章では、本論文の背景と目的およびアプローチと貢献について述べられている。第2章では、特に本論文の背景であるミューテーション解析に関する詳細なレビューが行われている。第3章では、本研究の評価を行うために、産業用ソフトウェアのテストにおけるコードカバレッジに関して系統的なレビューが行われている。

第4章では、高速実行手法のアプローチが述べられている。メタミューテーション、ミューテーション用仮想機械（VM）、実行時ミューテーション適用、高次ストリーム分割実行の4つの技術により、ミューテーション解析の実行時間の改善が達成されている。

第5章では、高速ミューテーション解析の応用として、欠陥局所化技術の効率化につ

いて述べられている。実際の製品で使われているソフトウェアと実際に起こった9件の欠陥に対して局所化の評価が行われて、100位以上の高い順位において既存手法より多くの欠陥箇所が挙げられた。

第6章では、ミュータント最適化のアプローチが述べられている。ミューテーション解析中に引き起こされるエラーの種類を網羅するようなミュータントを選択することと、選択されたミュータントに重み付けをすることで、過剰なミュータント削減を防ぐ高信頼なミューテーションスコアの計測方法が提案されている。

第7章では関連研究について述べられている。第8章の結論では、本研究はミューテーション解析の速度と精度を改善する点で貢献があり、特に高次ミューテーションにおいて既存研究に対する優位性があることが述べられている。また、ミューテーション解析の欠陥局所化への応用の観点では、本研究は既存研究と比べ粒度と信頼度において優れていることが述べられている。

以上を総じて、本論文の研究は、高次ミューテーションの実行コストの大きな削減を実現し、産業用ソフトウェアにおける複数個所が交絡した欠陥の検出を可能にするものと考えられる。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。