

## 論文内容の要旨

博士論文題目 ソフトウェアテストにおける静的コード解析ツールの段階的適用による不具合修正作業の効率化

氏名 鶴田 雅明

本論文では、ソフトウェアテスト工程において、静的コード解析ツールを段階的に適用することで、不具合修正作業を効率化する手法を提案する。同ツールは、ソースコードの全体的な構造や特性に加え、コードを構成する命令の特性や命令間の関係等も解析し、不具合につながる可能性の高い状態、及び、不具合が潜むと推測されるコード断片を指摘（警告）する。ただし、テスト初期段階（単体テストや一次結合テスト）では、ソースコードに多くの不具合が含まれ、また、不完全なコード断片も存在することから、詳細な解析が阻まれ、多数の偽陽性警告が出力される傾向にある。不具合修正工数の低減が期待されるツールであるが、従来は、ソフトウェアがある程度安定して動作するテスト工程の後半（二次結合テスト以降）のみに適用されるなど、その利用と効果は限定的であった。

提案手法では、コード解析に用いるメトリクスの種類や数を、テスト工程の進捗に合わせ段階的に増やしていく。更に、「局所的には正しいがコード全体から見ると必ずしも正しくない」、「情報が欠落している」、「改良の余地のある」といった不完全なコード断片を指摘し、開発者にその除去を促すソフトウェアインタフェース SCA Wrapper を静的コード解析ツールと併用することで、偽陽性警告数の発生を抑制し、テスト初期段階からの同ツールの適用を可能とする。

商用の静的コード解析ツールの一つである QAC 向けに SCA Wrapper を実装した上で、民生用音響・映像機器向け組み込みソフトウェアを開発する 95 プロジェクトにおいて、提案手法に従い QAC を適用した。その結果、従来は同ツールの適用そのものが困難とされた一次結合テストにおける偽陽性警告率が 4.0%、二次結合テストにおいても 10.1%と、従来法による偽陽性警告率 15~35%を大幅に下回った。テスト初期段階での不具合発見と相まって、不具合 1 件あたりの平均修正工数は、4.5 人日から 1.5 人日と大幅に低減された。また、「リリース後に利用者への告知や製品の回収を伴うようなソフトウェアの重大な不具合」がテスト工程で見逃されることもなくなった。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、ソフトウェアテスト工程において、静的コード解析ツールを段階的に適用することで、不具合修正作業を効率化することを目的としている。静的コード解析ツールは、不具合修正工数の低減に大きく貢献するとされる一方で、特に、テスト初期段階（単体テストや一次結合テスト）では、不具合に関する偽陽性警告が多数出力されるため、その利用と効果は限定的であった。これに対し、本論文では、コード解析に用いるメトリクスの種類や数を、テスト作業（工程）の進捗に合わせ段階的に増やしていくと共に、不完全なコード断片を指摘し、開発者にその除去を促すことで、偽陽性警告数の発生を抑制し、テスト初期段階からの同ツールの適用を可能とする具体的な手法を示している。また、民生用音響・映像機器向け組み込みソフトウェアを開発する 95 プロジェクトにおいて、商用の静的コード解析ツールの一つである QAC を同手法に基づいて適用し、その有用性、妥当性を明らかにしている。

コード解析に用いるメトリクス数は、ソフトウェアテストの各工程の目的や特性に基づき選定されている。QAC を例にとると、単体テストで 8、一次結合テストで 24、二次結合テストで 36、システムテストで 52、である。また、不完全なコード断片の除去を開発者に促すためのソフトウェアインタフェース SCA Wrapper を実装することで、当該断片の除去の徹底を図っている。その結果、従来は同ツールの適用そのものが困難とされた一次結合テストにおいても偽陽性警告率が低減し、テスト初期段階での不具合発見と相まって、不具合 1 件あたりの平均修正工数が大幅に低減されることが適用実験で確認された。

以上のとおり、本論文は、ソフトウェアテストの初期段階においても静的コード解析ツールを適用可能とすることで、不具合の早期発見を促し、不具合修正工数をテスト工程全体として大幅に低減するものである。企業における実プロジェクトにおける適用実験の結果は、その有用性や妥当性を示すものであり、研究と実践の両面において、静的コード解析ツールの改良や普及を促進することになる。不具合修正工数の低減は、工数超過や納期遅延といった開発上のリスクの回避はもちろん、ソフトウェア品質の向上に資するテストやレビューといった作業の拡充にもつながる大変重要な技術であり、当該領域の学術研究の発展にも大きく貢献することから、博士（工学）論文として価値あるものと認める。