

論文内容の要旨

博士論文題目 ソフトウェアモジュールの信頼性予測の精度向上に関する研究

氏名 亀井 靖高

ソフトウェアテストでは、限られたリソースで信頼性を確保するために、ソフトウェア中の各モジュールの信頼性 (fault の有無) を予測し、fault を含むと判断されたモジュールにテスト工数を重点的に割り当てることが求められる。その手段として、従来、モジュールの特性を表すメトリクス値の集合から fault の有無を判別するモデル (fault-prone モジュール判別モデル) が数多く提案されてきた。

本論文では、fault-prone モジュール判別モデルの性能向上を目的とし、(1) モデル構築用データ(フィットデータ)の偏りを解消するサンプリング法の適用と評価、(2) モデル自体の表現能力の限界を補うハイブリッド方式の提案、を行った。これによって、多くのテスト現場において、モデル構築に適したフィットデータの準備が容易になるとともに、fault の有無の判別精度が向上することで、より効果的なテストが行えることが見込まれる。本論文の具体的な成果は次のとおりである。

(1) 従来、フィットデータに偏りがある、すなわち、fault を含むモジュールの個数が著しく少ない場合に、性能のよい判別モデルが構築できないということが課題であった。本論文ではフィットデータにサンプリング法を適用し、fault を含むモジュールの個数を制御することで、フィットデータの偏りを解消した。本論文では、主要な4種類のサンプリング法 (ROS, SMOTE, RUS, ONESS) 適用の効果を、4種類の判別モデル (線形判別分析, ロジスティック回帰分析, ニューラルネット, 分類木) について実験的に評価し、明らかにした。

(2) Fault-prone モジュール判別モデルは、それぞれモデル式の表現形式が決まっており、それらの表現上の制約のために、fault の有無を正しく判別できるモジュールは限られている。本論文では、fault の混入という事象を (一つのモデル式ではなく) 多数のルールの集合として捉えるルールベース判別に着目し、ルールベース判別と既存のモデルベース判別の組み合わせ方法を提案した。提案手法では、与えられたモジュールに対し、重要なルール (支持度, 信頼度, または、リフト値の大きなルール) が存在する場合は相関ルール分析によって判別し、そうでない場合は、ロジスティック回帰分析によって判別する。複数の重要なルールが存在する場合には、判別結果の多数決を行う。提案手法の判別性能を評価するために、3つの代表的な fault-prone 判別モデル (ロジスティック回帰分析, 線形判別分析, 分類木) の性能と提案手法の性能を比較する実験を行い、提案手法の有用性を示した。

(論文審査結果の要旨)

本論文では、モジュールのメトリクス値から **fault** の有無を判別する **fault-prone** モジュール判別モデルの性能を向上することを目的とし、(1) フィットデータの偏りを解消するサンプリング法の適用と評価、および、(2) モデル自体の表現能力の限界を補うためのルールベース判別との組み合わせ方法の提案を行っている。

1. フィットデータの偏りを解消するサンプリング法の適用

2 群のケース数の偏りを解消するためにサンプリング法を用いた場合の効果を実験的に評価している。実験では、ソフトウェア開発企業で開発された大規模レガシーソフトウェアを題材とし、4 つの **fault-prone** モジュール判別モデル (線形判別分析, ロジスティック回帰分析, ニューラルネット, 分類木) に対して、4 種類のサンプリング法 (ROS, SMOTE, RUS, ONESS) を適用している。実験の結果、線形判別分析とロジスティック回帰分析に対して ONESS 以外のサンプリング法を適用した場合、F1 値は最小 0.078, 最大 0.224, 平均 0.125 で向上していた。サンプリング法の適用は、多くのテスト現場において、モデル構築に適したフィットデータの準備を容易にするという点で有用性が高いだけでなく、判別モデル自体を改良せずに精度向上を実現している点で新規性も高い。

2. モデル自体の表現能力の限界を補うハイブリッド方式の提案

相関ルール分析とロジスティック回帰分析を組み合わせた **fault-prone** モジュール判別手法を提案し、その性能を実験的に評価している。実験では、NASA/WVU の公開しているデータセットと、Eclipse プロジェクトから収集したデータセットを用いて、提案手法の判別精度を従来手法 (線形判別分析, ロジスティック回帰分析, 分類木) と比較対照している。その結果、重要とみなすルールの選択には、リフト値が適しており、一方、支持度と信頼度は適していないことを明らかにしている。具体的には、リフト値に閾値を設けてルールを選定することで、提案手法の F1 値は従来手法と比較して 0.163 向上していた。提案方法は、相関ルール分析とロジスティック回帰分析を組み合わせることで、高精度での **fault-prone** モジュール判別を実現しており、新規性、有用性ともに大である。

以上のとおり、どちらの方法も、研究の位置づけが明確にされた上で、全体にわたって十分具体的に記述されている。実験により定量的評価がなされており、信頼性も高い。これらの研究成果は、**fault-prone** モジュール判別モデルの学術研究の発展に貢献すると共に、ソフトウェアテスト技術の発展に貢献するものであり、本論文は博士 (工学) 論文として価値あるものと認める。