



Title	ソフトウェア再利用開発支援のための要求トレーサビリティと自動不具合検出に関する研究
Author(s)	徳本, 修一
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/103167
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 （ 徳本 修一 ）

論文題名

ソフトウェア再利用開発支援のための要求トレーサビリティと自動不具合検出に関する研究

論文内容の要旨

ソフトウェア開発では、品質と生産性の向上を目的として、過去に開発された設計書やソースコードなどのソフトウェア資産を再利用する再利用開発の導入が進んでいる。再利用により開発工数や期間の削減、品質の平準化といった効果が期待される一方で、実際の開発現場では、再利用資産の理解不足や不適切な変更、試験不足により、不具合や性能劣化のリスクが避けられない。このような課題に対して、単なる再利用ではなく、既存のソフトウェア資産をいかに適切に理解・評価・制御しながら活用できるかが、品質向上の成否を大きく左右する。

本研究では、再利用開発における「変更の影響範囲の把握の困難さ」や「再利用資産の信頼性評価の不確実性」といった課題に着目し、「要求」と「ソースコード」という異なるソフトウェア成果物を対象とする2つの技術的アプローチを提案・検証した。

第1のアプローチは、ソフトウェア成果物間の対応関係を構造的に記述・追跡する「要求トレーサビリティ」の実現方法の確立である。従来の手法では、トレーサビリティリンクの設定や維持に手間がかかり、影響範囲の特定も困難であった。これに対して本研究では、既存のドキュメントの作成プロセス、環境を変更せずに導入可能な「構造化タグ方式」を提案し、ソフトウェア成果物に挿入されたタグをもとに、要求と設計・実装・試験との関連付けを構築・管理できる仕組みを実現した。さらに、要求トレーサビリティリンク構築支援ツール「SRTracer」を開発し、要求仕様書から試験成績書までのソフトウェア成果物の要求トレーサビリティを可視化するとともに、カバレッジ分析や変更影響分析を実施した。その結果、実際のソフトウェア開発において、設計変更の影響範囲の可視化や要求の実現状況の把握など、品質保証の支援に有効であることを示した。

第2のアプローチは、再利用資産であるソースコードの品質を開発初期に自動的に判定するため、深層学習を用いた不具合判定モデルを構築するものである。企業での実運用を想定し、(1)ローカル環境での運用、(2)学習データの調達容易さ、(3)正解率80%以上の実用的精度、という3つの条件を満たすよう設計、実装した。実験では、OSSの修正実績のデータおよび企業内の不具合付きソースコードを用いて学習・評価を行った。その結果、企業データを用いたモデルでは、開発対象のドメインや構造の安定性が判定精度に影響を及ぼすことが確認され、「ドメイン整合性」の重要性が示唆された。

以上の取り組みにより、本研究は再利用開発における生産性と品質向上のための実践的な技術を提示し、その有効性をツールとモデルの両面から実証的に示した。今後は、トレーサビリティリンクの自動生成や不具合判定モデルの説明性向上など、さらなる実用性の向上を目指す。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (徳本修一)			
	(職)		氏 名
論文審査担当者	主 査	教授	楠本真二
	副 査	教授	肥後芳樹
	副 査	教授	土屋達弘

論文審査の結果の要旨

既存の仕様書やソースコード等のソフトウェア資産の再利用は、開発工数削減、開発期間短縮、品質平準化などを目的として、広く実践されてきた手法である。しかし開発現場では、開発者の知識不足により、再利用ソフトウェアに対して既存アーキテクチャを損なうような変更の追加、不十分な試験による予期せぬ不具合や性能劣化等の問題が発生している。単なる既存資産の再利用にとどまらず、それらを適切に理解・評価・制御することが、生産性や品質向上の成否を左右する重要な要素となる。

本論文では、「変更による影響範囲の把握の困難さ」と「再利用資産の品質評価の不確実性」という二つの課題に対し、「要求」と「ソースコード」に着目した実践的な評価および制御手法を提案している。一つ目は、「要求トレーサビリティ」に基づく構造的なリンク管理と変更影響分析の実現による影響範囲の把握を支援する手法である。二つ目は、ソースコードの自動不具合判定により、再利用資産の品質評価を自動化する手法である。更に、これらの手法について、ソフトウェア開発現場での適用を想定し、検証を行っている。

一つ目の成果は、構造化タグ方式による要求トレーサビリティリンク構築技術の確立である。要求トレーサビリティは、ソフトウェア成果物の整合性確保や変更要求への対応において有効な手法であるが、既存手法では、リンクの設定・維持や影響箇所を抽出するための追跡機能が不十分であった。この課題に対し、開発現場で作成される成果物に対して既存プロセスを変更せずに導入可能な「構造化タグ方式」を提案している。本方式では、タグの識別子とその付与位置の情報をを用いることで、要求と設計・実装・試験との関係を構造的かつ柔軟に記述・追跡できる。各成果物へのタグの追記のみで関連付けが可能となり、トレーサビリティの実現を支援する。また、本方式を実装した支援ツール「SRTracer」を開発している。SRTracerは、成果物に付与されたタグを抽出し、トレーサビリティリンクを構築する機能を備えている。構築されたリンクからは、トレーサビリティマトリクスを自動生成でき、要求の詳細化や設計・実装・試験への展開の妥当性を確認することが可能である。SRTracerの有効性は、本ツール自体の継続的な再利用開発の事例で評価している。この事例では7回の改修が行われ、多くの要求の追加・変更、設計の拡張、試験項目の増加が発生したが、構造化タグによる再利用箇所の変更追跡および影響範囲の可視化への効果が確認されている。更に、現場プロジェクトへの導入事例でも、非機能要求の整理や設計の抜け漏れ確認に活用され、さまざまな種類のソフトウェア開発における品質保証支援として有効であることが示されている。

二つ目の成果は、再利用対象となるソースコードの品質を自動的に判定することを目的とした、深層学習を用いた不具合判定モデルの構築である。企業でのソフトウェア開発への適用を想定し、以下の3点をモデル構築の条件としている。1)セキュリティ要求を満たしたローカル環境での運用が可能、2)学習データの準備が容易、3)実環境で実用可能な精度（正解率80%以上）を有する。1) および 2) を満たす体制を構築した上でモデルの開発を行い、評価実験を実施している。モデルの学習と評価には、オープンソースソフトウェア（OSS）に加えて企業内で収集したソースコードが用いられている。その結果、目標としていた正解率を達成した。また、OSSを用いて構築したモデルは実プロジェクトへ適用が難しいこと、開発環境やソフトウェア構造の安定性が高精度な判定モデルの構築に寄与することを確認した。これにより、ドメイン整合性の重要性を明らかにしている。

本論文の成果は、ソフトウェア再利用開発における品質保証を支援する実践的な技術を提示し、提案手法の有効性をツールおよびモデルの両面から実証的に示すことで、実際の現場における再利用開発の効率化に寄与するものである。以上より、本論文は博士（情報科学）の学位論文として十分に価値のあるものと認める。