



Title	大規模ソフトウェアの保守支援を目的とした類似性分析と費用対効果見積りの研究
Author(s)	横井, 一輝
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/101755">https://doi.org/10.18910/101755</a>
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 （ 横 井 一 輝 ）

## 論文題名

大規模ソフトウェアの保守支援を目的とした類似性分析と費用対効果見積りの研究

## 論文内容の要旨

社会におけるソフトウェアの重要性が高まってきた現在では、特に社会基盤や企業の基幹業務を支える大規模かつ複雑なソフトウェアを保守し、品質を保つことが重要である。ソフトウェア保守は、ソフトウェアの全ライフサイクルにおいて多くのコストを占めるため、その支援が必要不可欠である。また、長年にわたり保守を繰り返して老朽化したレガシーシステムでは、ソフトウェアの変更や修正に多大な時間とコストがかかり、ビジネスニーズに対応しきれなくなる。そのため、ソフトウェア保守よりも広範囲な変更を伴うモダナイゼーションを実施し、ソフトウェアシステムを進化させる必要がある。

ソフトウェア保守やモダナイゼーションを効率的に進めるには、開発者がソフトウェアの性質や振る舞いを十分に理解することが求められる。しかし、ソフトウェアの規模や複雑さが増大するにつれて、手作業による十分な理解が難しくなる。そのため、近年のコンピュータの計算能力向上を背景に、ソフトウェア保守を支援するためのソースコード静的解析が盛んに研究されている。

本論文では、ソフトウェア保守の効率を低下させる要因の1つであるコードクローンの把握を支援する目的で2つの研究を、モダナイゼーションの推進を妨げる要因の1つである費用対効果の試算を支援する目的で1つの研究を実施した。

1. コードクローンの把握を支援
  - (a) 情報検索技術に基づく細粒度ブロッククローン検出
  - (b) 情報検索技術と深層学習を用いたコード片類似性判定法の比較調査
2. モダナイゼーションの費用対効果の試算を支援
  - (a) 段階的再構築における依存関係分析を用いた費用対効果の試算

1-(a) については、構文解析によりコードブロックを抽出し、情報検索技術を利用して、意味的に処理が類似したブロッククローンの検出手法を提案した。これにより、既存のコードクローン検出手法よりも高精度でコードクローンを検出でき、さらに保守作業を行いやすいコードクローンを検出することが可能となった。また、クラスタリング手法や特徴ベクトルのデータ構造を工夫することで、既存手法よりも高速かつ低メモリ消費で検出できた。

1-(b) については、コード片の処理内容の意味的な類似性を高精度かつ高速に判定するため、情報検索技術と深層学習の効果的な組み合わせを調査した。調査の結果、情報検索技術の一種である LSI (Latent Semantic Indexing) と深層学習モデルの組み合わせが高精度で判定可能であり、さらに実行速度も最も速いことが確認された。

2-(a) については、過去に段階的再構築を実施した大規模な金融システムを対象に、依存関係分析を用いた費用対効果試算手法を適用し、その妥当性を検証した。モダナイゼーションの失敗リスクを軽減するためには、システムの一部を切り出す段階的再構築が有効とされる。しかし、段階的再構築の費用対効果を試算することは難しく、著者が所属する企業においても計画当初の見積りと実績値に乖離が生じた事例がある。そこで本研究では、システムの規模と依存関係の情報を活用し、費用として段階的再構築に必要な工数を、効果として削減可能な保守開発工数を試算し、実績値との乖離を比較した。また、プロジェクトの関係者にヒアリングを行い、適用手法の妥当性を定性評価した。評価の結果、費用試算は実績値との乖離が小さい一方で、効果試算は実績値との乖離が大きかった。関係者ヒアリングの結果では、費用試算の結果に対してはやや妥当との意見が得られたが、効果試算の結果に対しては妥当性に疑問を持つ意見が多かった。また、試算モデルに対する納得感は中立的な意見が多く、今後の適用可能性については肯定派と否定派に分かれた。

これらの研究により、大規模ソフトウェアの保守およびモダナイゼーションという社会基盤を維持するうえで欠かせない活動に対し、一定の効率化を果たすことができたと考ええる。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 横 井 一 輝 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	肥後芳樹
	副 査	教授	楠本真二
	副 査	教授	増澤利光

## 論文審査の結果の要旨

現代社会においてソフトウェアの重要性はますます高まっており、とりわけ社会基盤や企業の基幹業務を支える大規模かつ複雑なソフトウェアの保守と品質維持は極めて重要である。ソフトウェア保守は、ソフトウェアのライフサイクル全体において多大なコストを占めるため、その支援は不可欠である。また、長年にわたる保守により老朽化したレガシーシステムでは、ソフトウェアの変更や修正に膨大な時間とコストがかかり、ビジネスニーズへの対応が困難となる。そのため、単なる保守を超えて、より広範な変更を伴うモダナイゼーションを実施し、ソフトウェアシステムの進化を図ることが求められる。ソフトウェア保守やモダナイゼーションを効率的に進めるには、開発者がソフトウェアの構造や振る舞いを十分に理解することが不可欠である。しかし、ソフトウェアの規模と複雑性の増大に伴い、手作業での理解には限界が生じる。そのため、近年では、ソフトウェア保守を支援するためのソースコード静的解析に関する研究が活発に行われている。

本論文では、ソフトウェアの保守性を悪化させる要因の一つであるコードクローンの管理の支援を目的とした2つの研究（情報検索技術に基づく細粒度ブロッククローン検出、および情報検索技術と深層学習を用いたコード片類似性判定法の比較調査）と、モダナイゼーションの推進を阻害する要因の一つである費用対効果の試算を支援することを目的とした1つの研究（段階的再構築における依存関係分析を用いた費用対効果の試算）から構成される。

情報検索技術に基づく細粒度ブロッククローン検出に関しては、構文解析を用いてコードブロックを抽出し、情報検索技術を活用することで、意味的に類似したブロッククローンの検出手法を提案した。この手法により、従来のコードクローン検出手法と比較して高精度な検出が可能となり、保守作業を支援する有用なクローンの特定が容易となった。また、クラスタリング手法の改良や特徴ベクトルのデータ構造の最適化により、既存手法と比較して処理速度を向上させ、メモリ消費量を削減することにも成功した。

情報検索技術と深層学習を用いたコード片類似性判定法の比較調査では、コード片の処理内容の意味的類似性を高精度かつ高速に判定するため、情報検索技術と深層学習の組み合わせについて詳細な分析を行った。その結果、情報検索技術の一種であるLSI（Latent Semantic Indexing）と深層学習モデルの組み合わせが、最も高精度かつ高速な判定を実現することが確認された。

段階的再構築における依存関係分析を用いた費用対効果の試算に関する研究では、過去に段階的再構築を実施した大規模な金融システムを対象に、依存関係分析を活用した費用対効果試算手法を適用し、その妥当性を検証した。本研究では、システムの規模と依存関係の情報を活用し、費用として段階的再構築に必要な工数を、効果として削減可能な保守開発工数を試算し、実績値との乖離を分析した。また、プロジェクト関係者へのヒアリングを実施し、試算手法の妥当性を定性的に評価した。

本研究は、大規模ソフトウェアの保守およびモダナイゼーションの課題に対し、具体的な支援手法を提案し、その有効性を実証した点に大きな意義がある。特に、コードクローン検出に関する研究は、従来手法に比べて精度・速度の両面で優れた成果を示し、実際のソフトウェア保守作業の効率向上に寄与するものである。また、費用対効果試算に関する研究は、モダナイゼーション計画の立案において重要な指針を提供し、今後の実践的な適用に向けた基盤を築いた。本論文の成果は、ソフトウェア工学分野における保守とモダナイゼーションの研究に新たな知見をもたらし、実務への応用可能性を広げるものである。

以上のことから、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。