

平成22年 6月21日現在

研究種目：若手研究（B）
研究期間：2007～2009
課題番号：19700036
研究課題名（和文） 再利用可能かつ高精度なプログラムソースコード品質評価枠組みの実現
研究課題名（英文） Realization of A Reusable and High-Precision Framework
for Evaluating Program Source Code Quality
研究代表者
鷲崎 弘宜（WASHIZAKI HIRONORI）
早稲田大学・理工学術院・准教授
研究者番号：70350494

研究成果の概要（和文）：

プログラムソースコードの品質を測定し評価する様々な手法が提案されているが、網羅性や再利用性を欠くといった問題を持ち、十分に活用されていない。そこで本研究では、C言語に代表される種々のプログラムソースコードを対象として、品質の測定と評価を網羅的かつ高精度に実施する再利用可能な枠組みの構築と適用実験を通じた継続的高精度化、およびその構築や運用におけるノウハウのパターン化や得られたパターン集合の再利用支援環境の構築を実現した。

研究成果の概要（英文）：

Many metrics have been proposed for measuring software quality, but none have been able to provide a comprehensive evaluation, nor have they been used widely. This research realized a practical and reusable framework which achieves effective measurement and evaluation of program source code quality, solves many of the problems of earlier frameworks, and applies to programs in the C programming language. Moreover software patterns capturing know-how in developing and maintaining the framework have been captured and utilized with a newly developed reuse support system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	0	1,700,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	420,000	3,520,000

研究分野：ソフトウェア工学

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：ソフトウェア品質保証、ソフトウェア品質測定、部品化再利用、ソフトウェアメトリクス

1. 研究開始当初の背景

社会の隅々までソフトウェアシステムによって制御される今日において、品質を高精度に測定/評価し、システム改善/保守や次のシステム開発へと役立てる技術体系の必要性が増大している。特に、開発において最終的かつ直接的な成果物であるプログラムソースコードの品質は、システム全体の性能や開発・保守コストに支配的影響をもたらす。

従って、その品質を高精度で測定/評価し、問題箇所や改善すべき品質特性の特定を実現する実用的技術が必要である。

2. 研究の目的

これまで種々の品質測定法が提案されているが、以下にあげる問題を持ち、測定法や測定結果が十分に活用されていない。

(1) 網羅性の低さ: 開発は異なる品質特性間のトレードオフを伴うため、複数の品質特性を同時かつ多面的に測定/評価できることが望ましい。しかし、既存の枠組みの大多数はソースコード以外の入力が必要とする。また、ソースコード上で測定/評価可能な品質特性は限られている。

(2) 分解性の欠如: ソースコードは論理的/物理的モジュール間の包含関係によって構成されるため、評価者の立場や目的に応じて全体から個々のモジュールまで任意の単位で品質測定/評価できることが望ましい。しかし、全体から部分まで任意の単位で一貫して測定可能な枠組みは存在しない。

(3) 再利用性の低さ: ソースコードが有する特徴には、プログラミング言語や実装環境および問題領域に依存する特徴と、依存しない独立/共通の特徴がある。しかし、既存の枠組みは全ての特徴を一様に扱うため、言語や環境/問題領域に非依存の特徴に対応付けられた測定法や測定結果を特定し再利用することは難しい。

(4) 精度向上機構の不在: 既存の枠組みは、測定結果を品質の観点から評価する際の評価基準（いわゆる閾値）を決めうちで静的に設定し、測定と実運用の繰り返しにおいて評価基準を改善する仕組みを有さない。さらに、用いる測定法集合のうちで環境/問題領域の変化に応じて冗長な測定法を削除、あるいは必要な測定法を追加する仕組みを有さない。

研究代表者はプログラム部品（コンポーネント）の再利用性測定の仕組みや、分解性および網羅性の問題を部分的に解決するソースコード品質評価枠組みを実現してきたが、上述の問題全てをソースコードレベルで解決するに至っていない。

そこで本研究ではこれらの成果を統合し、C言語に代表される種々のプログラムソースコードを対象として、セキュリティを含む種々の品質の測定/評価を網羅的かつ高精度

に実施する再利用可能な枠組みを実現し、上述の全問題の解決を図った。さらには、協力者より入手可能な実プログラム集合への適用実験により、枠組みがソースコードの品質を多面的かつ高精度に測定/評価可能かつ改善に他のノウハウやパターンとの併用も考慮して活用なことを確認し、拡張/再利用可能な形で一般公開し、利用者による測定結果の集積により継続的に発展させることを目的とした。

3. 研究の方法

C言語を代表とする種々の代表的プログラミング言語記述ソースコードを対象として、効率よく高精度に品質を測定/評価する実用的枠組みを図1に示す形で構築することで、既存の取り組みが抱える全問題を解決することを試みた。各構成要素(1)~(3)の詳細と統合方法(4)を以下に述べる。

(1) スイート: 国際標準 ISO9126-1 に基づき網羅性の高い品質モデルを採用し、品質モデル上の品質特性と対応付けて品質上の解釈方法が定められた測定法の集合（スイート）を構築することで「網羅性の低さ」問題を解決する。対応付けにあたり、品質特性、プログラミング言語や実装環境に非依存な抽象化された特徴、依存するように具体化された特徴、その依存する特徴を扱う測定法と段階的に詳細化し、非依存/依存部分を明確とすることで言語や環境/問題領域に応じた部分的再利用を可能とし「再利用性の低さ」問題を解決する。測定には、主にスイートが定める測定法を扱い可能な既存の測定ツールを転用するが、既存の測定ツールが扱わない特徴の定量化が必要な場合には独自の単独測定ツールを実装して用いる。

(2) 評価基準導出ツール: 品質上の改善が施される前後のソースコード群を用いて統計的に評価基準を導出する仕組みを実現する。具体的には改善前後の各ソースコード群の測定値の分布に統計上有意な差が見られる場合に、該当測定法を採用し、改善後のソースコード群の75%が収まる範囲を品質上受け入れ可能な区間（評価基準）として設定する。また、この評価基準の導出作業を測定対象コードの蓄積に応じて繰り返すことにより、冗長な測定法の特定と削除/修正、および、より適切な評価基準の導出を実現し、「精度向上機構の不在」問題を解決する。

(3) 集計/可視化ツール: スイート中の全測定法の測定値について評価基準に従って0~100の得点に正規化する方法、および、得点をモジュール単位で段階的に集計/集約する仕組みを実現し、「分解性の欠如」問題を解決する。得点化にあたり、標準では評価基準値を100点、統計上の特異値を0点に写像する線形グラフを用いる。ソースコードのコン

パイル後のプログラムを搭載した実システムの振る舞いを測定可能な場合は、その測定値（例えば処理時間）を枠組みのさらなる入力とし、ソースコードの測定値との相関性を検証して、最適なグラフ形状を採用する。この仕組みにより「精度向上機構の不在」問題を解決する。可視化ツールは、集計後の得点を直感的に分かりやすい評価レポートに変換する。

(4)各要素のコンポーネント化と組み立て統合：各構成要素(1)～(3)を、データ交換および操作についての共通規格に従ったコンポーネント（部品）としてそれぞれ実装し、その組み立てによって品質測定/評価を自動化する枠組み全体を実現する。これにより枠組みの構成要素を環境に応じて、コンポーネントの単位で独立して修正/置換が可能となり、「再利用性の低さ」問題を解決する。

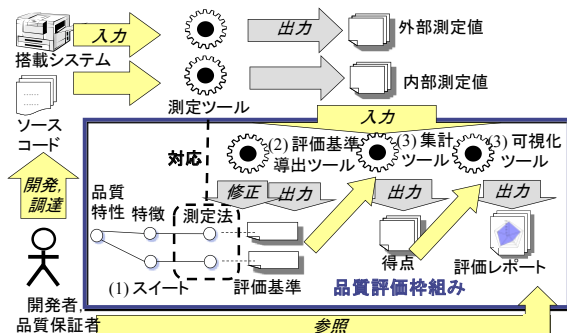


図 1: 枠組みの全体像

枠組みの実現にあたり、応募者と協力関係にある企業の研究協力者が入手可能な品質改善前後の実プログラム群を用いる。枠組みを構築した後は、一般に枠組みを公開して不特定多数の利用者によるプログラム測定および測定結果の集積により、構成する測定法および評価基準の修正を継続的に実施する。

4. 研究成果

(1)研究代表者が実現済みのスイートの網羅性を高めるため、効率性、信頼性に代表される品質特性を予測するために活用可能なプログラム上の特徴と測定方法を洗い出した。さらに、スイートを構成する全ての測定法に関係するプログラム上の特徴について、プログラミング言語や環境への独立性を調査し、スイートの内部を、品質特性、プログラミング言語や環境に非依存な抽象化された特徴、依存する特徴、依存する測定法の4段階に明確に分けて、内部の変異性と共通性を明確とし、スイート全体の再利用性を高めることに成功した。

(2)実装したスイートを含む各要素・ツールを統合し、測定から評価基準導出、品質上

の評価および結果の可視化までを全て自動化する枠組みとして実装した。・統合構築した枠組みを用いて多数の現実の品質改善前後プログラム群に対する品質の測定および評価を実施し、得られた結果を用いて、測定値の分布傾向に基づく適切な評価基準の設定、および、測定法の冗長性の検討に基づくスイートの再構築を行い、枠組みの測定・評価精度の向上に成功した。さらに、元のプログラム開発者へのヒアリング結果やシステム振る舞い測定値との相関性検証/利用実験により、枠組み全体の有効性を確認した。

(3)枠組みの構築、測定評価、結果に基づく評価精度の改善の各活動における設計実装や運用上のノウハウを部分的にパターン化すると同時に、パターンの再利用支援環境の整備を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 雁行進夢, 久保淳人, 鈴木三紀夫, 鷺崎弘宜, 深澤良彰, “ユースケース間の関係を考慮した網羅的な受け入れテストの支援”, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No.12, 2009, pp.3052-3073, 査読有
- ② 中山弘之, 久保淳人, 鷺崎弘宜, 深澤良彰: “重要度算出に基づくソフトウェアパターン検索システム” コンピュータソフトウェア vol.25 NO.2. 114-134 (2008), 査読有
- ③ 吉岡信和, 鷺崎弘宜, 丸山勝久: “A survey on security patterns” Progress in Informatics 5. 35-47 (2008), 査読有

[学会発表] (計24件)

- ① E. B. Fernandez, N. Yoshioka, H. Washizaki, M. VanHilst, “Measuring the level of security introduced by security patterns”, 4th International Workshop on Secure systems methodologies using patterns (SPattern 2010), February, 15 2010, Krakow, Poland, 査読有
- ② Kazunori Sakamoto, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, “A Framework for Measuring Test Coverage Supporting Multiple Programming Languages”, First Software Engineering Postgraduates Workshop (SEPoW 2009), 30 November 2009, Penang, Malaysia, 査読有
- ③ Kazunori Sakamoto, Hironori Washizaki,

- Yoshiaki Fukazawa, "Reporting the Implementation of a Framework for Measuring Test Coverage based on Design Patterns", 3rd International Workshop on Software Patterns and Quality (SPAQu'09), October 25, 2009, Orlando, Florida, USA, 査読有
- ④ Eduardo B. Fernandez, Nobukazu Yoshioka, Hironori Washizaki, "Security patterns and quality", 3rd International Workshop on Software Patterns and Quality (SPAQu'09), October 25, 2009, Orlando, Florida, USA, 査読有
- ⑤ E. Fernandez, H. Washizaki, N. Yoshioka: "Abstract security patterns" 2nd PLoP Workshop on Software Patterns and Quality (SPAQu'08). (20081020). Nashville, Tennessee, USA, 査読有
- ⑥ Y. Yu, H. Kaiya, H. Washizaki, Y. Xiong, Z. Hu, N. Yoshioka: "Enforcing a security pattern in stakeholder goal models" 4th ACM Workshop on Quality of Protection (OPP' 08). (20081027). Alexandria VA. USA, 査読有
- ⑦ E. B. Fernandez, J. Jurjens, N. Yoshioka, H. Washizaki: "Incorporating Database Systems into a Secure Software Development Methodology" Second International Workshop on Secure Systems Methodologies Using Patterns-SPattern' 08. (20080901-05). Turin, Italy, 査読有
- ⑧ E. Fernandez, H. Washizaki, N. Yoshioka, A. Kubo, Y. Fukazawa: "Classifying security patterns" 10th Asia Pacific Web Conference (APWeb2008). (20080426-28). Shenyang, China, 査読有
- ⑨ Atsuto Kubo, Hiroyuki Nakayama, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa: "PatternRank : A Software-Pattern Search System Based on Mutual Reference Importance" 15th Pattern Languages of Programming (PLoP2008). (20081018-20). Nashville, USA, 査読有
- ⑩ Hironori Washizaki, Hiroki Hiraguchi and Yoshiaki Fukazawa: "A Metrics Suite for Measuring Quality Characteristics of JavaBeans Components" 9th International Conference on Product-Focused Software Process Improvement (Profes 2008). (20080624). Rome, Italy, 査読有

- 有
- ⑪ 鷺崎弘宜, 安達孝夫, 深澤良彰: "Generating Wizards for Initializing Software Components" IEEE 7th International Conference on Computer and Information Technology. (20071016). 会津大学(福島県), 査読有
- ⑫ 鷺崎弘宜, 波木理恵子, 福岡呂之, 原田陽子, 渡辺博之: "A Framework for Measuring and Evaluating Program Source Code Quality" 8th International Conference on Product Focused Software Development and Process Improvement (PROFES 2007). (20070704). ラトビア大学(リガ、ラトビア), 査読有

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鷺崎 弘宜 (WASHIZAKI HIRONORI)
早稲田大学・理工学術院・准教授
研究者番号：70350494