

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月27日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700041

 研究課題名（和文） 拡張および再利用可能な多プログラミング言語対応テストカバレッジ
測定フレームワーク

 研究課題名（英文） An Extensible and Reusable Framework for Measuring Test Coverage
Supporting Multiple Programming Languages

研究代表者

鷺崎 弘宣（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）：

テストカバレッジとはプログラムソースコードの全体に対するテストされた割合であり、テスト充分性の判断材料として様々なレベルで自動測定すべきである。さらに、プログラミング言語の更新や多様化、複数言語の併用開発の進展に伴い、多数の言語やレベルを統一的に扱え必要に応じ拡張可能な測定ツールが必要である。しかし既存のツール群は単一言語を扱い拡張性に乏しい。本研究では多数の言語間の共通性と相違を分析し、共通部分を再利用可能かつ各言語特化部分の実装や測定レベル拡張を効率的に達成可能なフレームワークを実現した。これにより多言語に対し統一的・柔軟なカバレッジ測定を実現でき、十分なテストの実施とテスト効率向上を達成した。

研究成果の概要（英文）：

Test coverage is an important indicator of whether software has been sufficiently tested. However, there are several problems with the existing measurement tools for test coverage, such as their cost of development and maintenance, inconsistency, and inflexibility in measurement. This research proposes a consistent and flexible measurement framework for test coverage. It supports multiple programming languages by extracting the commonalities from multiple programming languages using an abstract syntax tree to help in the development of the measurement tools for the test coverage of new programming languages.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェアテスト、ソフトウェア品質保証、ソフトウェア再利用、プログラミング言語

1. 研究開始当初の背景

(1) 今日のソフトウェアシステムへの信頼性

要求の高まりを受けて、テスト時のカバレッジ測定は必須であり、様々な測定ツールが提

案されつつある。しかし、再利用性の欠如、統一性の欠如、柔軟性の欠如、および、不完全な測定という問題がありテスト効率の低下や不十分なテストの要因となっている。

(2) これらの部分的な解決の試みとして、ソースコードへの測定用コード埋め込みによる複数言語対応ツールが提案されているが、新言語への対応や柔軟な測定実現の支援がない。また、アスペクト指向を応用し測定対象を柔軟に指定する手法の提案があるが、複数言語への対応がない。

2. 研究の目的

(1) 研究代表者らはこれまで、プログラム部品の再利用を考慮した特殊なカバレッジレベルとその測定の仕組みや、開発コストおよび統一性の問題を部分的に解決するカバレッジ測定フレームワークを実現してきたが、扱う言語に限られ、測定対象や範囲の指定支援も不十分であり、上述の問題全てを十分に解決するに至っていない。

(2) 本研究ではこれらの成果を統合し、以下に述べる解決策の新規適用により全問題の解決と一般公開を実現した。実現にあたり、研究代表者が実現済みの部品化再利用技術を応用して、ツールの各構成要素の部品化、および、全体として高い再利用性・拡張性を実現した。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、代表的な多数のプログラミング言語に対応し、かつ新言語や仕様変更および多様な測定対象に柔軟に対応可能な拡張かつ再利用可能なテストカバレッジ測定フレームワーク（以降、測定 FW）を実現した。これにより上述の全問題を解決した。

(2) 測定 FW を、コード埋め込み、コード実行、カバレッジ表示のサブシステムより構成した。さらに、コード埋め込みサブシステムを、AST (Abstract Syntax Tree ; 抽象構文木) 生成部, AST 整形部, AST 操作部, コード生成部の各機能要素より構成した。これらの構成に基づき、ソースコードから AST の生成、AST を介した測定用コードの埋め込み、AST からソースコードの生成、生成されたソースコードの実行と情報収集、テストカバレッジの測定結果の表示を順次実施する。測定 FW による問題解決の方針を以下(3)-(6)に示す。

(3) 再利用による新規実装/保守コスト低減: 多数の代表的言語の分析により共通性と可変性を特定し、それらを組み入れる形でオブジェクト指向フレームワークとして設計し、

サブシステム・機能要素単位の再利用および拡張・置換を可能とした(図 1)。再利用可能な言語独立処理コードの提供と、言語依存処理コードの実装を簡易化するための構造を提供できた。

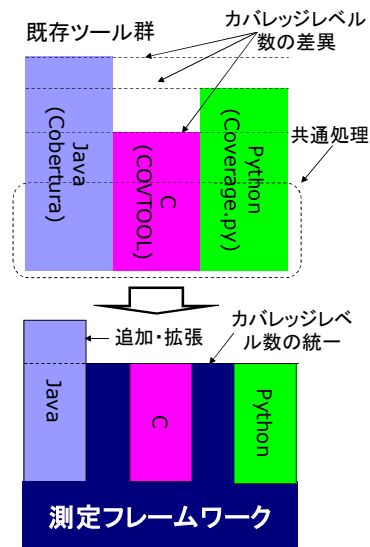


図 1: 測定 FW の効果

(4) 統一的測定: 拡張性および再利用性をもたらす設計パターンに基づいてカバレッジレベルの実装に関するスケルトンコードを準備して、扱うレベル種類数の効率的な統一化を促すことに成功した。

(5) 柔軟な測定: AST 上で測定対象をビジュアルに指定する仕組み、および、例ベースで指定する仕組みを実現し組み入れることで、柔軟な測定範囲変更や特殊なレベルの測定を支援することに成功した。

(6) 完全な測定: 測定対象のソースコードに測定用コードを埋め込み、そのプログラムを実行してテストカバレッジを測定することに成功した。埋め込む際に、コード中における測定対象要素の位置情報など測定結果として表示時に必要な情報も収集する。最適化コンパイラがデッドコードなどを削除する前に測定用コードを埋め込むため、ソースコード上の全要素を完全に測定できる。

4. 研究成果

(1) 本研究の特色を以下にまとめる。

(2) 多言語および多様な測定レベルに対し統一的かつ柔軟に拡張可能とするフレームワークを実現した。これは取り組みとしては世界初の成果となった。

(3) 再利用性および拡張性の高いフレームワーク設計を実現し、完全な測定による高い実用性を実現した。

(3)結果として測定 FW は、言語仕様の頻繁な更新や多様化、同一システムの複数言語による併用開発が進展しつつある今日において、テスト担当者の目的に合致する形で測定環境を迅速に構築可能とし、テスト効率や生産性、さらには間接的に信頼性の向上を期待できる。

(4) 研究代表者は測定 FW を一般公開し、利用者による拡張の結果を収集し継続的に再利用性・拡張性を改善して、世界中の開発者や組織におけるテスト・品質保証活動に寄与することを期待できる。

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 7 件)

- ① 坂本一憲, 大橋 昭, 太田 大地, 鷺崎弘宜, 深澤良彰, UNICOEN: 複数プログラミング言語対応のソースコード処理フレームワーク”, 情報処理学会論文誌, Vol. 54(No. 2), pp. 945-960, 2013 年 02 月, 査読有.
- ② 前澤 悠太, 鷺崎弘宜, 本位田 真一, “インタラクションに着目した Rich Internet Applications の欠陥発見の支援”, 情報処理学会論文誌, Vol. 54(No. 2), pp. 820-834, 2013 年 02 月, 査読有.
- ③ 鷺崎弘宜, 坂本一憲, 大杉直樹, 権藤克彦, 服部哲, 久保淳人, 小林隆志, 大月美佳, 丸山勝久, 榊原彰, “デザインパターンへのソフトウェア工学的取り組み”, コンピュータソフトウェア, 岩波書店, Vol. 29, No. 1, pp. 1_130-1_146, 2012, 査読有.
- ④ 坂本一憲, 大橋昭, 鷺崎弘宜, 深澤良彰, “コンピュータプレイヤーのプログラム作成を通して競い合うゲームプラットフォームの開発を支援するフレームワーク”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J95-D, No. 3, pp. 412-424, 2012, 査読有.
- ⑤ 大橋昭, 久保淳人, 水町友彦, 江口和樹, 村上真一, 高橋竜一, 鷺崎弘宜, 深澤良彰ほか, “A0JS: JavaScript のためのアスペクト指向プログラミング・フレームワーク”, コンピュータソフトウェア, 岩波書店, Vol. 28, No. 3, pp114-131, 2011, 査読有.
- ⑥ Kazunori Sakamoto, Fuyuki Ishikawa, Hironori Washizaki, and Yoshiaki Fukazawa, “Open Code Coverage Framework: A Framework for Consistent, Flexible and Complete Measurement of

Test Coverage Supporting Multiple Programming Languages,” IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E94-D, No. 12, pp. 2418-2430, 2011, 査読有.

- ⑦ 鷺崎弘宜, 深谷和宏, 久保淳人, 深澤良彰, “パターン適用前のソースコードを用いたデザインパターン検出”, コンピュータソフトウェア, Vol. 27, No. 2, pp136-141, 2010, 査読有.

[学会発表] (計 18 件)

- ① Kazunori Sakamoto, Kiyofumi Shimojo, Ryohei Takasawa, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, “OCCF: A Framework for Developing Test Coverage Measurement Tools Supporting Multiple Programming Languages,” 6th IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST 2013), Testing Tools Track, March 18-22, 2013, Luxembourg.
- ② Kazunori Sakamoto, Tomohiro Kaizu, Daigo Hamura, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, “POGen: A Test Code Generator Based on Template Variable Coverage in Gray-Box Integration Testing for Web Applications,” 16th International Conference on Fundamental Approaches to Software Engineering (FASE 2013), March 16-24, 2013, Italy.
- ③ Hiroki Itoh, Hiroyuki Tanabe, Rieko Namiki, Hironori Washizaki, and Yoshiaki Fukazawa, “Traceability Measurement between a Design Model and its Source Code,” 12th IASTED International Conference on Software Engineering (SE 2013), February 11-13, 2013, Germany.
- ④ Shota Inaga, Hironori Washizaki, Yusuke Yoshida, Kazuhiko Kakehi, Yoshiaki Fukazawa, Shoso Yamato, Masashi Okubo, Teruhiko Kume, Manabu Tamaki, Toshikazu Kanou, “Analyzing Effect of Team Composition on Education in Practical Lecture of Information Systems Development,” 6th International Conference on Project Management (ProMAC 2012), October 3-5, 2012, U. S. A.
- ⑤ Kentaro Kumaki, Ryosuke Tsuchiya, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, “Supporting Commonality and Variability Analysis of Requirements and Structural Models,” 4th International Workshop on

- Model-driven Approaches in Software Product Line Engineering (MAPLE 2012), collocated with SPLC 2012, September 4, 2012, Brazil.
- ⑥ Jonatan Hernandez, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, "Macro and Micro Patterns in the Software Design Activity," 10th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE 2012), August 23-26, 2012, Greece.
 - ⑦ Ryushi Shiohama, Hironori Washizaki, Shin Kuboaki, Kazunori Sakamoto and Yoshiaki Fukazawa, "Estimate of the appropriate iteration length in agile development by conducting simulation," Agile 2012, August 13-17, 2012, U. S. A.
 - ⑧ Reisha Humaira, Kazunori Sakamoto, Akira Ohashi, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, "Towards a Unified Source Code Measurement Framework Supporting Multiple Programming Languages," 24th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2012), July 1-3, 2012, U. S. A.
 - ⑨ Hironori Washizaki, Toshikazu Koike, Rieko Namiki, Hiroyuki Tanabe, "Reusability Metrics for Program Source Code Written in C Language and Their Evaluation," 13th International Conference on Product-Focused Software Development and Process Improvement (Profes 2012), June 13-15, 2012, Spain.
 - ⑩ Yuta Maezawa, Hironori Washizaki and Shinichi Honiden, "Extracting Interaction-Based Stateful Behavior in Rich Internet Applications", In procesings of the 16th European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR '12), March 27-30, 2012, Hungry.
 - ⑪ Akira Ohashi, Kazunori Sakamoto, Tomoyuki Kamiya, Reisha Humaira, Satoshi Arai, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, "UniAspect?: A Language-Independent Aspect-Oriented Programming Framework," 2nd Workshop on Modularity In Systems Software (MISS 2012) collocated with AOSD' 12, March 25-30, 2012.
 - ⑫ Yuto Nakamura, Kazunori Sakamoto, Kiyohisa Inoue, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, "Evaluation of Understandability of UML Class Diagrams by Using Word Similarity," The Joint Conference of the 21st International Workshop on Software Measurement (IWSM) and the 6th International Conference on Software Process and Product Measurement (Mensura), Nov. 3-4, 2011.
 - ⑬ Susumu Kariyuki, Atsuto Kubo, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, "Acceptance-Test based on the Inter-Use Case Relations," The 5th World Congress for Software Quality (5WCSQ), Oct. 31-Nov. 4, 2011, China.
 - ⑭ Jonatan Hernandez, Atsuto Kubo, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, "Selection of Metrics for Prediction of the Application of Design Patterns by Using Machine Learning," Proceedings of the 2nd Asian Conference on Pattern Languages of Programs (AsianPLOP 2011), pp. I-41-I-47, Oct. 5-8, 2011.
 - ⑮ Satoru Uchiyama, Atsuto Kubo, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, "Design Pattern Detection using Software Metrics and Machine Learning", Fifth International Workshop on Software Quality and Maintainability (SQM2011), March 1-4, 2011, Germany.
 - ⑯ Hironori Washizaki, Masayoshi Akimoto, Atsushi Hasebe, Atsuto Kubo, Yoshiaki Fukazawa, "TCD: a text-based UML class diagram notation and its model converters", 2010 International Conference on Advanced Software Engineering and Its Applications (ASEA2010), Dec. 13-15, 2010, Korea.
 - ⑰ Yuki Shiroma, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, Atsuto Kubo, Nobukazu Yoshioka, Eduardo B. Fernandez, "Model-Driven Security Patterns Application and Validation," 17th Conference on Pattern Languages of Programs (PLOP 2010), Oct. 16-18, 2010, USA.
 - ⑱ Kazunori Sakamoto, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, "Open Code Coverage Framework: A Consistent and Flexible Framework for Measuring Test Coverage Supporting Multiple Programming Languages," 10th International Conference on Quality Software (QSIC-10), July 14-15, 2010, China.

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.washi.cs.waseda.ac.jp/>

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

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

坂本 一憲 (SAKAMOTO KAZUNORI)

早稲田大学・理工学術院・助手

研究者番号：60609139