

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330091

研究課題名(和文)多プログラミング言語対応の拡張可能なアスペクト指向プログラミングフレームワーク

研究課題名(英文)An Aspect-Oriented Programming Framework addressing Many Programming Languages

研究代表者

鷲崎 弘宜 (Washizaki, Hironori)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：70350494

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：効率的な高信頼プログラムの開発には、ログ記録やアクセス制御といったあちこちに処理の散らばる横断的関心事を他から分離し自動合成できることが望ましい。アスペクト指向プログラミングはその達成に寄与するが、既存処理系は特定プログラミング言語に依存している。本研究では、複数言語に対する横断的関心事をモジュール化可能な統一フレームワークUniAspectを実装し、Webに代表される多プログラミング言語時代の保守性や生産性向上を達成した。試作済みの複数言語対応ソースコード処理フレームワークを対応言語について増強し、多言語に共通して有効な横断的関心事の分離記述方法を定めたいえソースコードの合成処理を実現した。

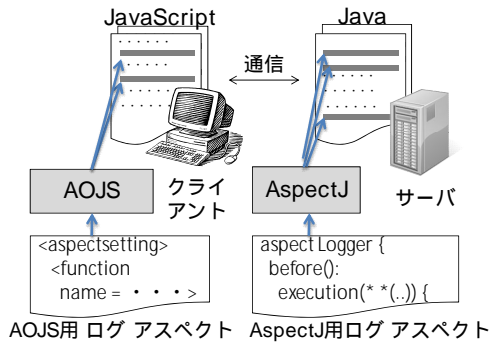
研究成果の概要(英文)：Most existing Aspect-Oriented Programming (AOP) environments cannot deal with cross-cutting concerns, which are scattered on many modules implemented in two or more languages. The modularization of such cross-cutting concerns is necessary to achieve efficient and reliable software development involving multiple programming languages. This research realized a novel language-independent AOP framework named UniAspect; which translates programs written in various languages into common representations of source code. It achieves the modularization of scattered cross-cutting concerns in multiple languages by weaving aspects.

研究分野：ソフトウェアエンジニアリング

キーワード：アスペクト指向プログラミング ソフトウェアモジュール 横断的関心事 プログラミング言語

1. 研究開始当初の背景

(1) 一定規模のプログラミングではしばしば特定の要求を実現する処理が複数のモジュールに散らばり、他の処理と混在して見通しが悪く変更漏れが発生しやすいなど保守性が低下し、結果として種々の品質の効率的な組み入れも困難となる。例えば下の図のように、保守性向上のためのログ出力コードや、セキュリティのためアクセス制御コードは大抵プログラムのあちこちに散らばる。このような横断的関心事と呼ばれる処理を AOP はアスペクトと呼ばれるモジュールに分離し、コンパイル時や実行時に、指定される複数箇所に合成する。処理系として Java 言語用の AspectJ や、代表者らが開発した JavaScript 言語用の AOJS などがあるが特定言語に依存している。



(2) 近年の言語数の増大と計算機環境の多様化を受けて、開発者によってはプロジェクトあたり 4 以上の言語を扱うことがあり、同時併用しなくとも要求に応じ多言語を使い分ける必要がある多言語時代では、既存 AOP 処理系は言語横断性の欠如、統一性の欠如、および拡張性の欠如という問題を抱えている。

2. 研究の目的

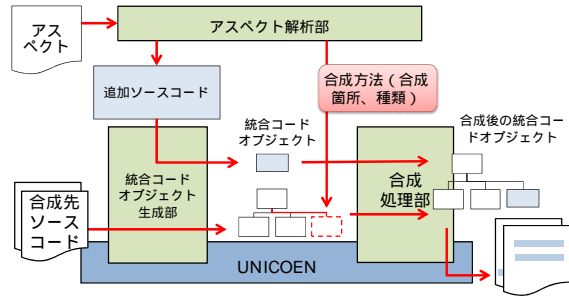
(1) 本研究では、多くの代表的なプログラミング言語に対応し、かつ、新たな言語へと容易に追加可能であり合成箇所の指定方法や合成処理方法を柔軟に拡張可能な統一 AOP フレームワーク UniAspect を実現した。当該フレームワークにより、Web に代表される多プログラミング言語時代の保守性や生産性向上を達成することができる。

(2) 実装にあたり、試作済みの複数言語対応ソースコード処理フレームワークを対応言語について増強し、多言語に共通して有効な横断的関心事の分離記述方法を定めたいソースコードの合成処理を実現した。最終的に有用性実証のうえで UniAspect を公開した。

3. 研究の方法

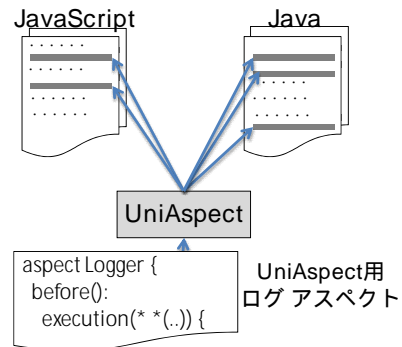
(1) UniAspect の全体像と処理の流れの構想を図に示す。(a)各種ソースコードの共通表

現(統合コードオブジェクトと呼ぶ)の生成部、(b)アスペクトの解析部、(c)合成処理部より構成する。この構成に基づき、(1)ソースコードとアスペクトファイルの入力、(2)アスペクトファイルからコード片と合成箇所指定情報の抽出、(3)ソースコードと抽出コード片の統合コードオブジェクトの生成、(4)統合コードオブジェクト上でソースコードへコード片の合成、(5)統合コードオブジェクトを逆変換しアスペクト合成済みソースコードの出力、を順次実施する。



(2) UniAspect による問題解決の方針を以下(3)(4)に示す。

(3) 共通要素の識別による言語横断性・統一性: 様々な言語で記述されたソースコード群を、対応言語を増強した UNICOEN により統合コードオブジェクトという共通表現に変換し、その上でアスペクトの合成処理を行うことで、言語横断性を実現した。各言語に共通な要素を分離合成の対象とすることで、言語によらず統一的形式で合成箇所を指定でき、下の図のように複数言語のコード群に対する追加コード片の合成箇所や合成方法を 1 つのアスペクトとして記述できる。また、個々の対応言語に対する共通の AOP 処理系としても利用できる。



(4) 部品化再利用による拡張性: 代表者が実現済みの部品化再利用技術を適用して、処理系の各構成要素(a)-(c)を独立性の高いソフトウェア構成単位として構成し、各要素単位を柔軟に拡張可能として全体の拡張性を高めた。

4. 研究成果

(1) 言語の差異を吸収する統合コードオブジェクト上でコード片を合成することで、世界初の複数言語対応のコード片の統一的記述と合成を達成する点が独創的である。例えばクライアント・サーバ型アプリケーションのような複数言語開発で横断的関心事をまとめて記述でき、生産性や保守性の向上およびセキュリティに代表される各種品質の効率的な作り込みを達成する。

(2) また UniAspect のみで複数の主要言語に AOP 処理が可能のため、処理系のラーニングコストを低減する。UniAspect をオープンソースの形で公開し、利用者の拡張結果を収集し継続的に対応言語拡充や拡張性改善を行うことで、世界中の開発者や組織での効率的かつ保守性の高いソフトウェア開発活動に寄与することを期待できる。同時に、AOP や関心事分離に関する今後の研究に対し、設計方針や UniAspect 自体が言語横断性や拡張性に関する基盤を与える。

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)

Ryosuke Tsuchiya, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, Tadahisa Kato, Masumi Kawakami and Kentaro Yoshimura, Recovering Traceability Links between Requirements and Source Code using the Configuration Management Log, "IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.98-D, No.4, pp.852-862, 2015, 査読有

DOI: 10.1587/transinf.2014edp7199

Frederik Nakstad, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, "Finding and Emulating Keyboard, Mouse, and Touch Interactions and Gestures while Crawling RIAs," International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering (IJSEKE), Volume 25, Issue 9-10, pp.1777-1781, November & December 2015, 査読有

DOI: 10.1142/s0218194015710163

青井翔平, 坂本 一憲, 鷲崎 弘宜, 深澤良彰, "DePoT Web アプリケーションテストにおけるテストコード自動生成テストフレームワーク", 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.3, pp.835-846, 2015, 査読有

Satoru Uchiyama, Atsuto Kubo, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, "Detecting Design Patterns in Object-Oriented Program Source Code by using Metrics and Machine Learning", Special Issue on Design Patterns, Journal of Software Engineering and

Applications, Vol.7, No.12, pp.983-998, 2014, 査読有

DOI: 10.4236/jsea.2014.712086

Takanori Kobashi, Nobukazu Yoshioka, Haruhiko Kaiya, Hironori Washizaki, Takao Okubo, Yoshiaki Fukazawa, "Validating Security Design Pattern Applications by Testing Design Models," International Journal of Secure Software Engineering, Vol. 5, Issue 4, pp.1-30, 2014, 査読有

DOI: 10.4018/ijssse.2014100101

伊藤弘毅, 志水理哉, 田邊浩之, 波木理恵子, 鷲崎 弘宜, 深澤良彰, "トレーサビリティリンク回復を通じたトレーサビリティ測定と改善支援", コンピュータソフトウェア, Vol.30, No.3, pp.3_123-3_129, 2013, 査読有

神谷知行, 坂本 一憲, 鷲崎 弘宜, 深澤良彰, "Refactoring Script: 再利用可能なリファクタリングスクリプトと処理系", 情報処理学会論文誌プログラミング(PRO), Vol.6, No.3, pp.33-45, 2013, 査読有

[学会発表](計 18 件)

Yiyang Hao, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, "A third-party extension support framework using patterns," Proceedings of the 22nd Asia Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2015), New Delhi, India, Dec 1-4, 2015.

Daisuke Saito, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, "A Comparison of Programming Way: Illustration-based Programming and Text-based Programming," IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE 2015), Work-in-Progress paper, 10-12 December 2015, United International College, Zhuhai, China

Kazuki Nishikawa, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, Keishi Ohshima, Ryota Mibe, "Recovering Transitive Traceability Links among Software Artifacts," Proceedings of the 31st IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME 2015), ERA Track, Sep 29 - Oct 1, 2015, Bremen, Germany.

Ryosuke Tsuchiya, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, Keishi Ohshima, and Ryota Mibe, "Interactive Recovery of Requirements Traceability Links Using User Feedback and Configuration Management Logs," Proceedings of 27th International Conference on Advanced Information Systems Engineering

(CAiSE 2015), 8-12 June 2015 in Stockholm, Sweden

Satoshi Arai, Kazunori Sakamoto, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, "A Gamified Tool for Motivating Developers to Remove Warnings of Bug Pattern Tools," 6th International Workshop on Empirical Software Engineering in Practice (IWESEP 2014), Osaka, Japan, November 12-13, 2014.

Yujiang Yang, Kazunori Sakamoto, Hironori Washizaki, and Yoshiaki Fukazawa, "A Tool to Suggest Similar Program Element Modifications," 21st Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2014), Jeju, Korea, December 1-4, 2014.

Hironori Washizaki, "Future of SEKE, Software Engineering and Knowledge-Engineering", short talk at panel session, SEKE 2014.

Hironori Washizaki, "Introduction to Patterns", Keynote at miniPLoP@Taipei, Taipei, 29th May, 2014.

Jonatan Hernandez, Hironori Washizaki, and Yoshiaki Fukazawa, "Using an Automatic Collection Method to Identify Patterns during Design Activity," Proceedings of 11TH Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE 2014), 17-20, September, Volgograd, Russia
Masatoshi Yoshizawa, Takanori Kobashi, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, Takao Okubo, Haruhiko Kaiya and Nobukazu Yoshioka, "Verification of Implementing Security Design Patterns Using a Test Template," Proceedings of 9th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES2014), pp.178-183, Fribourg, Switzerland, 8th-12th September 2014.

Linchao Yang, Tomoyuki Kamiya, Kazunori Sakamoto, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, "RefactoringScript: A Script and Its Processor for Composite Refactoring," Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2014), Vancouver, Canada, July 1-3, 2014.

Junichi Kobayashi, Kazunori Sakamoto, Hironori Washizaki, and Yoshiaki Fukazawa, "The construction technique of a unique abstract syntax tree for two or more programming

languages," The 76th National Convention of IPSJ, March 11-13, Tokyo, 2014.

鷺崎 弘宜, 大河原 洸太, 原 章浩, 深澤 良彰, "アスペクト指向プログラミングによる高性能・低消費電力化", 電子情報通信学会ソフトウェアサイエンス研究会 2014年1月, IEICE SIGSS, 2014.

坂本 一憲, 鷺崎 弘宜, 深澤 良彰, "プログラミング初学者向けコンテストシステム", 日本ソフトウェア科学会 第30回大会, 東京大学本郷キャンパス, 2013年9月10-13日

高澤 亮平, 坂本 一憲, 鷺崎 弘宜, 深澤 良彰, "メトリクス測定に基づくオープンソースプロジェクトにおける実証的研究", 第20回 ソフトウェア工学の基礎ワークショップ FOSE 2013 in 加賀, 石川県加賀市山代温泉, 2013年11月28-30日

Kazunori Sakamoto, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, "Extended Design Patterns in New Object-Oriented Programming Languages," Proceedings of 24th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2013), pp.600-605, Hyatt Harborside at Logan Int'l Airport, Boston, June 27-29, 2013.

Kazunori Sakamoto, Hiroaki Hosono, Seiji Sato, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, "Goal-Oriented Requirements Analysis and an Extended Design Pattern using Scala for Artificial Intelligence Programming Contests," Proceedings of 3rd International Workshop on Games and Software Engineering (GAS 2013), conjunction with ICSE 2013, pp.32-35, San Francisco, May 18, 2013.

Fumiya Kato, Kazunori Sakamoto, Hironori Washizaki, and Yoshiaki Fukazawa, "Comparative Evaluation of Programming Paradigm: Separation of Concerns with Object-, Aspect-, and Context-Oriented Programming," Proceedings of 24th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2013), pp.594-599, Hyatt Harborside at Logan Int'l Airport, Boston, June 27-29, 2013.

[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
UniAspect,
<http://www.unicoen.net/application/uniaspect.html>

UniCoen, <http://www.unicoen.net/>

Reliable Software Engineering,
Washizaki Laboratory,
<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・教授
研究者番号：70350494

(2) 研究分担者

坂本 一憲 (SAKAMOTO KAZUNORI)
国立情報学研究所・大学共同利用機関等の
部局等・助教
研究者番号：60609139

(3) 連携研究者