

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25日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21300010

研究課題名（和文） ソフトウェアプロダクトラインの構築・保守方式の確立に関する研究

研究課題名（英文） Research on development and maintenance of software product lines

研究代表者

深澤 良彰（FUKAZAWA YOSHIAKI）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：30120934

研究成果の概要（和文）：ソフトウェア開発の生産性の向上、品質の安定、開発のリードタイムの短縮のために、同一ドメインの製品ファミリーを対象にした、プロダクトライン型のアプローチが注目されている。プロダクトライン方式のソフトウェア開発とは、大規模かつシステムティックなソフトウェア部品の再利用方式である。本研究では、どのような組織においても、一定の以上の品質をしたプロダクトラインを、定められた方法論に従って構築し、利用できるようにすることを、その目的とした。特に、最適なコアアセットの表現法、明確なスコーピング手法の確立、コアアセットの選択法などについての研究を行い、その問題点を指摘し、対応策を提示し、その有効性を検証した。さらに、開発が終了したコアアセットの保守法に対しても、新たな方式を提案した。本研究によって、構築されたプロダクトラインを利用して、高い生産性で、高い信頼性のアプリケーションを容易に開発できるようになることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In order to improve productivity of software development, to improve stability of quality and to shorten the lead time of software development, product line development of software is attention whose target is a product family in the same domain. The software product line development is a method of large-scale reusing software components systematically. The purpose of this research was to develop a qualified software product lines by the given methodology, and to utilize it. In particular, our research target is optimal representation method of core assets, establishment of a clear scoping technique, and selection method of core asset. For these purposes, we pointed out some problems, presented countermeasures, and verify its effectiveness. In addition, we suggested a new maintenance method of core asset was proposed. It will be possible that the application of the product line in this research makes the application developments easy for high reliability with high productivity.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2009年度 | 3,300,000 | 990,000 | 4,290,000 |
| 2010年度 | 2,700,000 | 810,000 | 3,510,000 |
| 2011年度 | 2,600,000 | 780,000 | 3,380,000 |
| 2012年度 | 2,900,000 | 870,000 | 3,770,000 |
| 年度 | | | |
| 総計 | 11,500,000 | 3,450,000 | 14,950,000 |

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

キーワード：ソフトウェア工学、ソフトウェアプロダクトライン開発

1. 研究開始当初の背景

ソフトウェア開発の生産性の向上、品質の安定、開発のリードタイムの短縮のために、同一ドメインの製品ファミリーを対象にした、プロダクトライン型のアプローチが注目されていた。我が国においても、全社的にプロダクトライン型のソフトウェア開発を導入しようという試みも出てきていた。

プロダクトライン型の開発では、製品の開発ロードマップを描いた上で、コアアセットと呼ばれる対象製品向けのソフトウェア開発の資産をあらかじめ整備し、このコアアセットを利用し、製品を開発する。コアアセットの要素としては、アーキテクチャ、コンポーネント、仕様書、テストケース、ツールなど、ソフトウェア開発のライフサイクルで作成または利用される、あらゆる成果物が候補になる。

最適なコアアセットを定義するには、コアアセットの候補から、企業全体のゴール、組織の条件、製品のねらい、製品のスコープ等に基づいて、要素を選択することになる。

プロダクトライン型のソフトウェア開発は、携帯電話用、プリンタ用等の組込みソフトウェアにおいて、開発効率、信頼性など大きな向上得られたことが報告されていた。しかし、プロダクトラインの適用は、組込みソフトウェアに限定されるべきではなく、大量に開発が行われているビジネスアプリケーションに対しても、その効果が期待されると考え、本研究の対象としては、組込みソフトウェアだけでなく、ビジネスアプリケーションをもその対象とした。

2. 研究の目的

プロダクトラインの開発およびそれを利用したアプリケーションの開発においては、次のような問題点があり、現実的な解決策が求められていた。

(1) コアアセットの候補となるソフトウェアライフサイクルに関わるあらゆる成果物をどのように表現しておけば、その活用が容易になるのかが明確ではない。

(2) どのような範囲をプロダクトラインの対象とするかというスコーピング技術はまだ確立されていない。

(3) (2) で決まったスコープにおいて、どのようなコアアセットを蓄積するか、それらの中からいかに良いものを選択するのかの基準が明確でない。これは、コアアセットの品質特性が明確ではなく、それらからなるプロダクトラインに対しても明確な品質特

性がないことによる。

(4) プロダクトラインが対象にしている市場、利用技術、組織は、時間の経過と共に変化する。また、コアアセットを利用した製品開発を通して、コアアセットへの修正や拡張の要望も蓄積される。すなわち、プロダクトラインは固定されたものではなく、進化させていく必要がある。しかし、どのように進化を図ればよいのか明確ではない。

本研究では、これらの諸点を明らかにし、どのような組織においても、一定の以上の品質をしたプロダクトラインを、定められた方法論に従って構築し、利用できるにすることを、その目的とする。本研究が一定の成果を収めれば、このように構築されたプロダクトラインを利用して、高い生産性で、高い信頼性のアプリケーションを容易に開発できるようになることが期待される。

3. 研究の方法

プロダクトライン開発に関するこれまでの研究は、その要素技術を中心に行われてきた。しかし、本研究における目標を達成するためには、各要素技術が単体として優れたものであるだけでなく、それらを統合的に扱うことが必要となる。この統合性が本研究における大きな特徴である。また、前記(1)～(4)に対して、現時点で、次に述べるようなアプローチをしていく予定である。これらの各要素技術においても、研究として十分な独創性がある。

(1) コアアセットの表現について

(2) スコーピングについて

(3) コアアセット選択について

(4) プロダクトラインの進化について

本研究において重要な視点の一つは、上記の提案をどのようにして検証していくかである。この検証には、複数の実用規模のプロダクトラインを用意する必要がある。そこで、これまで我々が開発してきた障がい者支援のアプリケーションをプロダクトライン化する。障がい者を支援するシステムは、障がいの程度によって、さまざまに機能を変更させる、すなわち、多くのバージョンを持つ必要がある。よって、プロダクトラインとして、最適なアプリケーションの一つであると考えられる。この障がい者支援プロダクトラインを開発すること自体にも、大きな研究的意義と実際的な価値があるものと考えた。

4. 研究成果

前記の(1)～(4)および障がい者支援プロダクトラインの研究・開発という5つの視点から、研究成果について述べる。

(1) コアアセットの表現について

これについては、一覧性の優れた図表を用意し、それを参照することで、コアアセットの抜けが防げるとともに、利用が容易になると考えた。そこで、この図表として、ソフトウェアを含むシステム開発のライフサイクルで作成する成果物の分類の代表的な考え方である Zachman Framework[5]を適用し、ソフトウェア開発のライフサイクルで作成されるあらゆる成果物の全体像を表現した。

Zachman Framework で定義した各セルに対応させて、必要とするコアアセットを明確にした。この時、UML で表現可能な要素に対しては、UML によるモデルの表現形態を用いることに統一した。これ以外にも、機能一覧、検証仕様、検証環境、開発支援ツール等、アプリケーション開発に必要な成果物を含めることが重要であった。そのような要素も候補とした成果物の全体像を定義した。

(2) スコーピングについて

プロダクトラインのスコープ定義においては、経営トップに限らず、企画営業部門、開発部門等の様々な役割の関係者からの意見を取り入れることがリスク回避のためにも重要である。しかし、プロダクトラインの対象市場、利用技術、開発組織が様々な状況や条件にある中で、あらゆる観点からスコープ定義が可能な手法が提供されている状態には到っていなかった。

このために、様々な利害関係者がスコープを把握しやすく、かつ、簡便に鳥瞰できる手法とし、スコープ定義のメトリクスを定義し、コアアセットの状態を可視化し、適切なプロダクトラインの開発計画の立案に貢献する方策に対して研究を行った。このメトリクスにおいては、以下のような要件が重要であることがわかった。

- ・量と質の観点からスコープを計測するメトリクスの導入。
- ・、利用技術、製品特性、組織に固有の条件に強く依存しないメトリクスの導入。
- ・簡便な方法で計測できるメトリクスの提案。

(3) コアアセット選択について

コアアセットとしては、アーキテクチャ、コンポーネント、仕様書、テストケース、ツールなど、ソフトウェア開発のライフサイクルで作成または利用されるあらゆる成果物が候補となる。これらの内で、どのような要素をコアアセットとして選択すべきかについてのメトリクスが必要であった。プログラムのメトリクス、テストのメトリクスに関しては、多くの研究が行われているので、ここ

では研究の対象としなかった。

我々は、すでに、コンポーネント、パターン、フレームワークに対して、各々メトリクスを提案し、その有用性を検証してきている。これらを、さらに多くの種類のコアアセットに広げるとともに、それらから構成されるプロダクトラインのメトリクスを提案した。

(4) プロダクトラインの進化について

コアアセットの使いやすさや再利用性の向上には、さまざまな変化や要望に対応し、コアアセットを改善し、進化させることが重要である。

複数の事業を扱うソフトウェア開発企業は、複数のプロダクトラインを保持している。このような企業は、新規にプロダクトラインを構築しながら、既に利用中のプロダクトラインを進化させることになり、特にコアアセットの進化・改善の方針の共有が重要である。なぜならば、既存のプロダクトラインの技術や要求が変化したために、予想外にプロダクトラインの進化のコストが必要となれば、新規のプロダクトラインへの投資に影響を与え、組織全体のゴールをスムーズに達成できないリスクが高まるためである。よって、企業内でコアアセットの進化・改善の手法を標準として定め、共有することが重要であった。

本研究では、プロダクトライン型開発の経験に基づき、組織全体の最適化を考慮した、コアアセットの改善手法を提案する。我々の手法では、望ましい改善のノウハウを組織の標準として定義し、同標準に基づき、コアアセットの改善計画を立案し、改善を試行した。標準は、コアアセットの状態を計測するメトリクスと、同メトリクスによるコアアセットのタイプの定義、改善ノウハウを示した改善パターン、継続的な改善を定義したプロセスから構成した。

改善パターンは、組織のねらいとコアアセットの状況を考慮した、コアアセットの改善方法の経験的な知識である。改善プロセスは、コアアセットの改善の手順である。組織の標準により、コアアセットの改善ノウハウを共有しても、時間の経過により、ノウハウの価値が変化する場合があるため、ノウハウそのものも継続的な改善が必要である。そこで、改善プロセスにより、実際の活動で得たノウハウを標準にフィードバックし、コアアセットと標準の双方を改善した。現時点で3種類のパターンを提案してきている、しかし、まだ、パターンとしては不十分であり、これをさらに充実していく必要がある。

(5) 障がい者支援プロダクトラインの研究・開発

実用規模のプロダクトラインとして開発する障がい者支援プロダクトラインも重要

である。たとえば、聴覚障がい者に対しても、視覚障がい者に対しても、障がいの程度によって、さまざまな機能を有した多くのバージョンを持つ必要がある。我々は、これまでに、視覚障がい者のために、大量の数値データ（一般的には、Web上でグラフ表現されているようなもの）を音声表現して示すシステムや、Webで読み上げを行うaltタグの有無の識別や欠落している場合の自動的な補完に関する研究を進めてきている。これらを充実させるとともに、プロダクトラインとして完成させた。

さらに、大規模なプロダクトラインを複数評価の対象としていくためには、製品輸送に関するプロダクトラインや学習管理システムを学習者にあわせるためのプロダクトラインを、企業の協力を得ながら、構築した。

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 17 件)

1. Hajime Iwata, Naofumi Kobayashi, Kenji Tachibana, Junko Shirogane and Yoshiaki Fukazawa "Web Accessibility Support for Visually Impaired Users Using Link Content Analysis", Springer Plus, 2:116 (18 March 2013) 査読有

2. 伊藤 弘毅、田邊 浩之、波木 理恵子、鷺崎 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 (2013) 査読有

3. 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

4. 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, 特集「ソフトウェア工学」, Vol. 54, No. 2, pp. 945-960, 2013 年 02 月、査読有

5. Takako Nakatani, Narihito Kondo, Junko Shirogane, Haruhiko Kaiya, Shozo Hori, Keiichi Katamine "Toward the Decision Tree for Inferring Requirements Maturation Types", IEICE Transactions on Information and Systems Vol. E95-D No. 4, pp. 1021-1030, April 2012. 査読有

6. 高橋 竜一、石川 冬樹、本位田 真一、深澤

良彰、"メタデータ制約を用いた協調プロトコルの自動合成手法" 情報処理学会論文誌「分散処理とネットワークサービス」特集, Vol. 53, No. 2, pp. 683-697, 2012 年 2 月、査読有

7. 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

8. 鷺崎 弘宜、"ソフトウェアパターン概観", 情報処理, 情報処理学会, Vol. 52, No. 9, pp. 1119-1126, 2011. 査読有

9. 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、鹿糠秀行、小高敏裕、杉本信秀、永井洋一、山本里枝子、吉岡信和、石川冬樹、碓尚史、"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, Vol. 28 (2011), No. 3, pp. 1-15, 2011. 査読有

10. 鄭 顕志、中里 彦俊、深澤 良彰、本位田 真一、"無線センサネットワークにおける対象追跡の分解能を調整可能なセンサモデル" 電子情報通信学会論文誌, Vol. J94-B(No. 10), pp. 1351-1362, 2011 年 10 月、査読有

11. 大高 浩、深澤 良彰、"大問題プロジェクトのステークホルダー分析" プロジェクトマネジメント学会論文誌, Vol. 13-No. 3, pp. 19-25, 2011 年 6 月、査読有

12. 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, 2010. 査読有

13. Hiroshi Ohtaka, Koichiro Oshika, Masashi Gotou, Tsutomu Yoshitani and Yoshiaki Fukazawa, "A Model for a Manageable Dependability of IT Services Associated with Social and Economic Infrastructures", International Journal of Information Processing and Management, Vol. 1, No. 1, July 2010, pp. 15-24. 査読有

14. Junko Shirogane, Takashi Mori, Hajime Iwata, Yoshiaki Fukazawa, "Accessibility Evaluation for GUI Software Using Source Programs and Its Evaluation", IEICE

Transactions on Information and Systems, Vol. E93-D No. 4, April 2010. 査読有

15. Hiroshi Ohtaka and Yoshiaki Fukazawa, "Managing Risk Symptom: A Method to Identify Major Risks of Serious Problem Projects in SI Environment Using Cyclic Causal Model", Project Management Journal, Volume 41 Issue 1, March 2010. 査読有

16. 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. 査読有

17. 高橋竜一, 鄭顕志, 石川冬樹, 本位田真一, 深澤良彰, マルチエージェントシステムにおけるメタデータを用いた協調プロトコル合成手法, 電子情報通信学会, ソフトウェアエージェントとその応用特集号, Vol. J92-D, No. 11 pp. 1827-1839, 2009年11月. 査読有

[学会発表] (計 39 件)
以下抜粋 17 件

1. Kazunori Sakamoto, Kaizu Tomohiro, Daigo Hamura, Hironori Washizaki, 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), Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software (ETAPS 2013), pp. 343-358, Rome, Italy, March 16-24, 2013.

2. 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, pp. 1-8, Luxembourg, Luxembourg, March 20, 2013.

3. Kazuya Sugiuchi, Junko Shirogane, Hajime Iwata and Yoshiaki Fukazawa, "GUI Generation Based on User Interface Guidelines", IADIS International Conference Information Systems 2013, Lisbon, Portugal, 13-15 March 2013.

4. 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), pp. 1-6, Innsbruck, Austria, February 11-13, 2013.

5. Yuta Maezawa, Hironori Washizaki and Shinichi Honiden, "Extracting Interaction-Based Stateful Behavior in Rich Internet Applications", 16th European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR '12), pp. 423-428, 2012

6. 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), pp. 1-8, Honolulu, USA, October 3-5, 2012.

7. 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, pp. 115-118, Salvador, Brazil, September 4, 2012.

8. Hajime Iwata, Naofumi Kobayashi, Kenji Tachibana, Junko Shirogane and Yoshiaki Fukazawa "Evaluation of End User Accessibility Support Using Link Content Analysis" Proceedings of 10th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering, August 23-26, 2012, Rhodes-Greece.

9. Junko Shirogane, Seitaro Shirai, Hajime Iwata and Yoshiaki Fukazawa "Consistent GUI Arrangements by Analyzing Existing Windows" Proceedings of 10th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering, August 23-26, 2012, Rhodes-Greece.

10. 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), pp.298-302, Rhodes, Greece, August 23-26, 2012.

11. 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, pp. 41-50, Dallas, USA, August 13-17, 2012.

12. Reisha Humaira, Kazunori Sakamoto, Akira Ohashi, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, "Towards a Unified Source Code Measurement Framework Supporting Multiple Programming Languages," 24th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2012), pp.480-485, California, USA, July 1-3, 2012.

13. Atsushi Watanabe, Fuyuki Ishikawa, Yoshiaki Fukazawa, Shinichi Honiden "Web Service Selection Algorithm using Vickrey Auction" The 10th International Conference on Web Services (ICWS 2012) (Application & Experience Track), Honolulu, Hawaii, USA, June 24-29 2012

14. 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), pp.89-103, June 13-15, 2012.

15. Ryo Shimizu, Kenji Tei, Yoshiaki Fukazawa, Shinichi Honiden: "Case Studies on the Development of Wireless Sensor Network Applications using Multiple Abstraction Levels", 3rd International Workshop on Software Engineering for Sensor Network Applications (SESENA '12), in conjunction with ICSE, Zurich, Switzerland, June 2-9, 2012.

16. Seitaro Shirai, Junko Shirogane, Hajime Iwata and Yoshiaki Fukazawa, "Automatic Generation of Consistent GUI by Analyzing Developed

Windows", IADIS International Conference Information Systems 2012, Berlin, Germany, 10-12 March 2012

17. Eduardo B. Fernandez, Nobukazu Yoshioka, and Hironori Washizaki, "Two patterns for distributed systems: Enterprise Service Bus (ESB) and Distributed Publish / Subscribe," 18th Conference on Pattern Languages of Programs (PLOP 2011), pp.1-15, 2011.

[図書] (計 3 件)

1. E.B. Fernandez, N. Yoshioka, H. Washizaki, J. Jurjens, M. VanHilst and G. Pernul, "Using security patterns to develop secure systems", in "Software Engineering for Secure Systems", IGI Global, pp16-31, 2010.

2. A. Nhlabatsi, A. Bandara, S. Hayashi, C.B. Haley, J. Jurjens, H. Kaiya, A. Kubo, R. Laney, H. Mouratidis, B. Nuseibeh, Y. Tahara, T.T. Tun, H. Washizaki, N. Yoshioka and Y. Yu, "Security Patterns: Comparing Modeling Approaches", in "Software Engineering for Secure Systems", pp75-111, IGI Global, 2010

3. 妻木俊彦、白銀純子「要求工学概論」トップエスイー基礎講座 2、近代科学社 (2009.9)

[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.fuka.info.waseda.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

深澤 良彰 (FUKAZAWA YOSHIAKI)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：3 0 1 2 0 9 3 4

(2) 研究分担者

白銀 純子 (SHIROGANE JUNKO)

東京女子大学・現代教養学部・准教授

研究者番号：0 0 3 2 9 1 6 1

鷲崎 弘宜 (WASHIZAKI HIRONORI)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：7 0 3 5 0 4 9 4