

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 26 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350445

研究課題名(和文)品質指向ソフトウェアマネジメントの定着化と定量的プロジェクト評価法に関する研究

研究課題名(英文)A Study on Establishing Firm Quality-Oriented Software Management and Quantitative Project Assessment Methods

研究代表者

山田 茂(YAMADA, SHIGERU)

鳥取大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50166708

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：品質を重視したプロジェクトマネジメントを徹底し、その技術の持続的向上を図っていくために、実際のソフトウェアプロジェクトが有する問題を踏まえて品質指向ソフトウェアマネジメントを運用するための方法論を議論した。また、実際のソフトウェア開発現場において、マネジメント技術の向上を図る基本ガイドラインに品質指向ソフトウェアマネジメントの考え方が組み込まれて、高品質・高信頼性ソフトウェア製品の生産につながることを切望して、品質指向ソフトウェアマネジメントを実践において強化・定着化するための定量的品質・信頼性評価技術、および次世代型ソフトウェア開発形態に対するプロジェクト評価法に関する基礎研究を推進した。

研究成果の概要(英文)：Based on the problems experienced in actual software projects, we have discussed the method for operating quality-oriented software management to keep a quality-focused project management well and to successively improve it. We have also developed the quantitative quality/reliability assessment technologies for strengthening and firmly establishing the quality-oriented software management, which is incorporated in the basic guideline to improve the management technologies and connected to highly quality and reliable software production. Further, the elementary methods of project assessment have been studied for next generation software development paradigms, i.e., OSS (open source software) and agile software developments.

研究分野：ソフトウェア信頼性工学

キーワード：品質管理システム ソフトウェア開発効率化・安定化 ソフトウェア信頼性モデル 管理図法

1. 研究開始当初の背景

高度情報化社会におけるソフトウェアの重要性が増し、社会基盤を支えるシステムの運用をソフトウェアが中心的に担うようになった現在、出荷後の品質・信頼性の高いソフトウェアを開発することは社会からの基本的な要求事項と言える。しかし、ソフトウェアを供給するベンダがそれを達成するのは容易なことではない。一方で、ソフトウェア品質を向上するための開発技術や管理技術は、様々なものが提案されてきている。残念ながら、ソフトウェア開発現場の品質問題は、それほど解決してきているとは言えない。

経済産業省の2010年版組込みソフトウェア開発産業実態調査報告書によると、組込みソフトウェア開発における課題の第1位は、品質を作り込む開発の上流工程である設計品質の向上である。また、品質問題を中心とする実際のソフトウェア開発現場が抱える問題点を調査すると、

各工程で開発状況をモニターしているにも係らず、後工程で品質問題が顕在化する

外注発注時において、進捗遅れが発生したり、受入テストで品質問題が頻発する。

品質問題だけでなく、コスト超過や進捗遅れとなる失敗プロジェクトを早期に検出できない。

ユーザの要求事項のうち、特に暗黙の要求の把握が難しい。

等が挙げられる。これらを見ると、現場で適用している品質管理/品質保証技術は進展しているように思われるが、その進展に見合う成果や問題の質の変化を推察することはできない。

ソフトウェアの開発プロジェクトを科学的管理の下で推進していくには、品質第一主義によりプロセス指向の源流管理（出来

るだけ前工程で問題を解決し次工程に未解決問題を持ち越さない）を徹底することがプロジェクトマネジメントの要諦であり、それが結果的にはコスト低減と納期遅延の防止、最終的には生産性向上にもつながることはよく知られているところである。

したがって、品質の高いソフトウェアを開発出来るようにプロジェクトを確実に成功させるために、本研究代表者および企業の実践的研究者を含む共同研究グループでは、ソフトウェア品質の持続的向上という課題に取り組む中で、有効なプロジェクトマネジメント技術を導入して、その効果の評価と検証を行ってきた。このような実践的研究を踏まえて導き出したのが品質指向ソフトウェアマネジメントの考え方であり、品質を重視したプロジェクトマネジメントを徹底し、その技術の持続的向上を図っていくことを研究してきた。

2. 研究の目的

実際のソフトウェア開発現場において、マネジメント技術の向上を図る基本ガイドラインに上述した品質指向ソフトウェアマネジメントの考え方が組み込まれて、高品質・高信頼性ソフトウェア製品の生産につながることを切望して、本研究ではこの品質指向ソフトウェアマネジメントを定着させるのに有効な方法として品質管理/品質保証技術を取り上げた。すなわち、研究代表者と企業側研究協力者とのこれまでの共同研究により明らかになった以下の諸要因に焦点を当てる。

- (1) 早期段階でのレビューによるフォールト検出や開発上の課題の指摘
- (2) 的確なテスト完了判断基準
- (3) データに基づく速攻のフェイスツーフェイスマネジメント（現場主義）
- (4) 開発プロセス全体に渡る品質保証システムの整備

- (5) 3現主義（現場・現物・現実）の実践
- (6) 専門部署による組織共通課題の抽出と解決
- (7) マネジメント技術に基づく問題解決
- (8) 継続的プロセス改善の推進

ここで重要なのは、以上の要因は互いに密接に関連しているため、総合的な取り組みが必要であるということである。特に、(3)～(8)の要因は、品質指向ソフトウェアマネジメントの定着化のために必要不可欠である。(1)と(2)の取り組みの効果を出すには、タイムリーかつ的確に現場の状況を把握できる(3)や(4)のしくみがなければ困難であるし、(5)～(8)の組織的基盤がなければこれらの施策を継続することも不可能となる。実際のソフトウェア開発では、顧客に対して「品質が作り込まれたことを、確かな根拠をもって説明する」ことが求められる。このような思想の下に開発された品質管理技法の1つが NEC 社で開発された「品質会計技法」であり、最初に述べた開発現場が抱える問題点を打開するためにも、本研究では、企業側研究協力者との議論とこのような実践的技法の考え方も取り入れたソフトウェアプロジェクトのマネジメント技術を議論する。

さらに、上述した品質問題を中心とするソフトウェア開発現場での課題解決を果たすためには、ソフトウェアプロジェクトの品質の高いプロセスから品質の高いプロダクトを産出するための科学的管理法として、精度が良く現場への適用性・汎用性の高い定量的プロジェクト評価法も確立する必要がある。これまでの品質指向ソフトウェアマネジメントの実践強化の研究において、プロジェクトを成功裡に導くのに有意な要因として考察したマネジメント要因および品質保証要因を品質管理/品質保証技術の立場から、これを高品質ソフトウェア開発のために確実に定着させる必要がある。た

だ単にプロセスとプロダクトの定量的品質・信頼性評価技術にとどまらず、品質指向ソフトウェアマネジメントを効率的かつ効果的に実践する定量的プロジェクト評価法を提案することも本研究の目的とする。

3. 研究の方法

研究目的において述べたように、高度情報化社会の中核であるコンピュータシステムのソフトウェアの高品質化・高信頼性が求められているにもかかわらず、ソフトウェア開発現場ではそれを実現する要因が定まらず、後工程での品質問題の顕在化、外注発注における進捗遅れ、失敗プロジェクトの把握遅延、ユーザの要求把握の困難性、等の問題点を常時抱えているのが実情である。一方で、ソフトウェアプロジェクトにおけるソフトウェア品質の向上につながるような、定量的プロジェクト評価技術や最終製品のソフトウェア品質評価技術が確立していないのも事実である。

これまでの品質を重視したプロジェクトマネジメントを徹底し、その技術の持続的向上を図っていくために、既に品質指向ソフトウェアマネジメントを研究代表者は提唱し、これに関する実践的研究成果を、研究代表者は公表した。これを踏まえて、実際のソフトウェア開発現場において、マネジメント技術の向上を図る基本ガイドラインに品質指向ソフトウェアマネジメントの考え方が組込まれて、高品質・高信頼性ソフトウェア製品の生産につながる品質指向ソフトウェアマネジメントを、実践において強化するための定量的品質・信頼性評価技術に関する基礎研究も推進し、品質指向ソフトウェアマネジメントを開発現場に定着化させるのに有効な方法を議論した。

近年、オープンソースソフトウェア開発やアジャイルソフトウェア開発のような新しいソフトウェア開発環境において、効果

的なプロジェクトマネジメントが必要となってきた。ここでは、ソフトウェア障害の原因となるバグの量や作業工数などの管理データやその分析方法は、基本的には従来のウォーターフォール型開発方式と変わりはないものの、収集データを報告・管理するのに、電子メールやネットニュースなどのコミュニケーションツールを有効利用することが多い。そこで、このような状況を考慮に入れて、まず、プロダクトの品質・信頼性に影響を及ぼす開発プロセスの特性要因を抽出した。これらのプロセス要因とQCD(Quality, Cost, Delivery)指標との関係、および検出フォールト数と有効なプロセスメトリクスに関する開発サイクルの中での関係を、定量的に評価する数理モデルを構築した。ここでは、経験データに確率統計論や多変量解析法を適用したソフトウェアマネジメントモデルを考察した。

さらに、オープンソースソフトウェア開発では、「ユーザの使用による不具合報告とバグトラッキングシステムへの登録、ソースコードの修正、修正されたオープンソースソフトウェアの再公表・再配布」の開発サイクルにおける品質・信頼性要因を考慮した。その上で、オープンソースプロジェクトの定量的評価法としてソフトウェア品質・信頼性評価モデルを構築した。一方、アジャイルソフトウェア開発では、イテレーションと呼ばれる短い開発プロセスを繰り返して、機能追加しながら製品規模を大きくし、優先順位の高い要求仕様から1～4週間程度のイテレーション期間内に開発する。そこで観測されるイテレーション回数、イテレーション開発終了後の統合システムにおけるテストケース数、累積開発規模、累積開発工数、および統合テストにおける検出フォールト数等のメトリクスを用いてソフトウェア品質・信頼性評価モデルを導出した。

以上を踏まえて本研究目的を遂行するために、次の4つのステップを踏んで研究を進めた。

- (1) プロセスとプロダクトの品質に影響を及ぼすV&V (Verification & Validation, 確認と検証)視点からの要因分析
- (2) 高品質ソフトウェア開発のための総合的品質保証システムの考察
- (3) 次世代型ソフトウェアプロジェクト評価法(品質・信頼性評価技術)の提案
- (4) 品質指向ソフトウェアマネジメントの定着化のための定量的プロジェクト評価法の提案とツール構築

4. 研究成果

本研究では、実際のソフトウェア開発現場において、マネジメント技術の向上を図る基本ガイドラインに、この品質指向ソフトウェアマネジメントの考え方が組込まれて、高品質・高信頼性ソフトウェア製品の生産につながる**品質指向ソフトウェアマネジメント**を定着化させるのに有効な方法について議論した。特に、データに基づく統計的プロセス品質分析、プロジェクトマネジメント技術による問題解決、継続的プロセス改善の推進、組織共通課題の抽出と解決策の水平展開、3現主義の実践、などの品質管理/品質保証技術を取り上げた。ここで、プロセス品質要因と最終製品品質をはじめとするプロジェクト評価尺度QCDとを関係づけるソフトウェアマネジメントモデルを、図1に示すような従来とは異なる改良された手順に従って導出した。

実際のソフトウェア開発では、顧客に対して「品質が作り込まれたことを、確かな根拠をもって説明する」ことが求められる。このような思想の下に開発された品質管理技法の1つがNEC社で開発された「品質会計技法」(雑誌論文(2)参照)であり、最

初に述べた開発現場が抱える問題点を打開するためにも、このような実践的技法の考え方も取り入れたソフトウェアプロジェクトのマネジメント技術を議論した。そこで、品質指向ソフトウェアマネジメントの定着化のためには、品質の高いプロセスから品質の高いプロダクトを産出するためのソフトウェアプロジェクトの科学的管理法として、精度が良く現場への適用性・汎用性の高い定量的プロジェクト評価法が必要である。このために、一般工業製品の統計的品質管理手法として多用される管理図法と、ソフトウェア信頼度成長モデルに基づくプロジェクト進捗管理法が効果的であることも分かった。

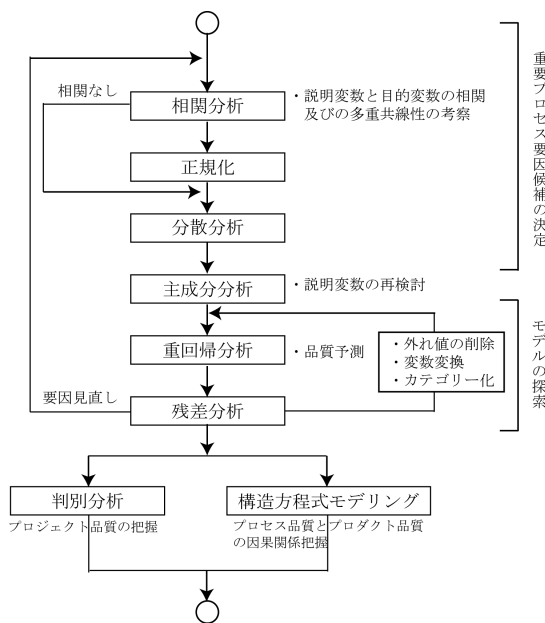


図1. 改良したソフトウェアマネジメントモデルの導出手順

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87件)

(1) T. Sato and S. Yamada, “Software quality analysis practice and verification,” Proceedings of the 9th International Conference on Project Management, Sapporo, Japan, October 14-17, 2015, pp. 380-386. (査読有) (<http://www.spm-hq.jp>)
 (2) S. Inoue and S. Yamada, “Software reliability assessment with multiple

change of testing-environments,” IEICE Transactions on Fundamentals, Vol. E98-A, No. 10, pp. 2031-2041 (2015). (査読有) (<http://www.ieice.org>)

(3) Y. Minamino, S. Inoue, and S. Yamada, “Multi-attribute utility theory for estimation of optimal release time and change point,” International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 1550019 (13 pages) (2015). (査読有) (DOI:10.1142/S0218539315500199)

(4) S. Yamada and R. Kii, “Software quality assessment modeling for agile development,” Proceedings of the 21st ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A., August 6-8, 2015, pp. 198-202. (査読有) (<http://www.issatconferences.org>)

(5) Y. Tamura and S. Yamada, “Reliability analysis based on jump diffusion model with two-Wiener process for cloud computing with big data,” Entropy (MDPI), Vol. 17, No. 7, pp. 4533-4546 (2015). (査読有) (DOI: 10.3390/e17074533)

(6) Y. Tamura and S. Yamada, “AIR application for reliability analysis considering debugging process and network traffic in mobile clouds,” Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 50, No. 1, pp. 165-175 (2015). (査読有) (DOI: 10.1016/j.simpat.2014.03.010)

(7) S. Yamada and T. Nishikawa, “Quantitative assessment for software safety integrity level with functional safety standards and risk costs,” International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 21, No. 6, pp. 1450030 (25 pages) (2014). (査読有) (DOI:10.1142/S0218539314500302)

(8) S. Yamada, Y. Fujita, and T. Nishikawa, “Quantitative assessment for software safety integrity level based on optimal software release policies with risk cost,” Proceedings of the 20th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Seattle, Washington, U.S.A., August 7-9, 2014, pp. 188-192. (査読有) (<http://www.issatconferences.org>)

(9) T. Kametani and S. Yamada, “Statistical quality prediction based on project data with software metrics and process review,” Proceedings of the 20th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Seattle, Washington, U.S.A., August 7-9, 2014, pp. 114-118. (査読有) (<http://www.issatconferences.org>)

(10) S. Yamada, I. Nakashima, and M. Shiomi, "Statistical software project assessment based on control chart and multivariate analysis," Proceedings of the 20th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Seattle, Washington, U.S.A., August 7-9, 2014, pp. 109-113. (査 読 有) (<http://www.issatconferences.org>)

(11) Y. Tamura and S. Yamada, "Optimization analysis based on stochastic differential equation model for cloud computing," International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 21, No. 4, pp. 1450020 (12 pages) (2014). (査 読 有) (DOI:10.1142/S021853931450020X)

(12) Y. Tamura and S. Yamada, "Reliability analysis considering the component collision behavior for a large-scale open source solution," Quality and Reliability Engineering International, Vol. 30, No. 7, pp.669-680 (2014) (査 読 有) (DOI:10.1002/qre1519)

(13) S. Inoue, S. Yamada, and H. Matsuno, "Nonparametric bootstrap interval estimation of software reliability and its application to optimal release problem based on a discrete model," International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 20, No. 5, pp. 1350019 (14 pages) (2013). (査 読 有) (DOI:10.1142/S0218539313500198)

(14) S. Yamada, "Quantitative project management assessment for quality-oriented software management," International Journal of Computer Applications, Special Issue on International Conference on Reliability, Infocom Technology and Optimization (ICRITO), pp. 14-20 (2013). (査 読 有) (<http://www.ijcaonline.org>)

(15) Y. Tamura and S. Yamada, "Software optimal release problem considering the environment for usage of mobile device," International Journal of Performability Engineering, Vol. 9, No. 4, pp. 367-374 (2013). (査 読 有) (<http://www.ijpe-online.com>)

(16) P.K. Kapur, S. Yamada, A.G. Aggarwal, and A.K. Shrivastava, "Optimal price and release time of a software under warranty," International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 20, No. 3, pp. 1340004 (14 pages) (2013). (査 読 有) (DOI:10.1142/S0218539313400044)

(17) 菅田直美, 山田茂, 「ソフトウェア品質会計による高品質ソフトウェア開発の実現」, 日本ソフトウェア科学会誌 (コンピュータソフトウェア), Vol. 30, No. 2, pp. 66-82 (2013).

(査 読 有) (<http://www.jsst.or.jp>)

(18) 田村慶信, 山田茂, 「ソフトウェア・サービス性能評価モデルに基づくオープンソースソリューションのための品質評価法」, 日本経営工学会論文誌, Vol. 64, No. 1, pp. 21-27 (2013). (査 読 有) (<http://www.jimanet.jp>)

〔学会発表〕(計53件)

〔招待講演発表〕(計6件)

(1) S. Yamada, "Software Quality Analysis for Agile Development," presented at the International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO'2015), Noida, India, September 2, 2015.

(2) S. Yamada, "Software Reliability: Modeling and Its Applications," presented at the International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Applications (ICIMSA 2015), Tokyo, Japan, May 27, 2015.

(3) S. Yamada, "Quantitative Assessment for Software Safety Integrity Level with Functional Safety Standards and Cost Factors," presented at the 3rd International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO 2014), Noida, India, October 8, 2014.

〔図書〕(計7件)

(1) S. Yamada, *Software Reliability Modeling: Fundamentals and Applications*, Springer-Verlag, Tokyo/Heidelberg (2014). (英文全90頁)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.sse.tottori-u.ac.jp/hp-jouhou/hpsubmit/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 茂 (YAMADA SHIGERU)

鳥取大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：50166708