

## 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13日現在

機関番号：15101  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22510150  
 研究課題名（和文）品質指向ソフトウェアマネジメントの実践強化のための品質・信頼性評価法に関する研究  
 研究課題名（英文）A Study on Quality/Reliability Assessment Methods for Quality-Oriented Software Management  
 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

研究成果の概要（和文）：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・信頼性評価技術の中に取り込み、品質指向ソフトウェアマネジメントを強化する実践的方法を議論することができた。さらに、QCD に関する計画値と実績値の差異が著しく大きい状況を未然に防止するプロセス監視活動を実施することが、効果的にプロジェクトマネジメント活動を推進する上で重要であることも分かった。

研究成果の概要（英文）：

We have discussed the practical method of intensive quality-oriented software management by incorporating the management and quality assurance factors which are significant for successful software projects into the quality/reliability assessment technologies proposed so far. Further, it is of great importance in promoting the effective project management to execute process monitoring activities for preventing the impermissible difference between scheduled and actual values in QCD performance measures.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：ソフトウェア信頼性工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：品質指向ソフトウェアマネジメント，プロセス/プロダクト品質，プロジェクトマネジメント技術，品質/信頼性評価，ソフトウェア信頼性，QCD（品質・コスト・納期），多変量解析法

### 1. 研究開始当初の背景

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は、ソフトウェアのQCDに関わる問題を含む開発プロセスを持続的に改善していくことにより、開発スケジュールを詳細に計画し、

開発プロセスの各局面での成果物をしっかりと定義し、開発プロセスの状態の是非を判定できる定量的基準を持つ必要がある。そのために、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、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提唱した。すなわち、開発プロセスの計測・制御とソフトウェア製品（成果物）品質の予測・評価をプロジェクトマネジメントの中で実践しながら、

- 製品品質向上のためのマネジメント技術の獲得
  - 獲得したマネジメント技術（プロセス品質向上のためのプロセス改善技術）の定着
  - プロジェクトの定量的評価に基づく定着したマネジメント技術の改善
- といったマネジメント技術の獲得・定着・改善のサイクルを絶えず回して行く必要があることが分かった。

## 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」を強化する定量的品質・信頼性評価技術を取り上げる。すなわち、ソフトウェア品質特性の中でも「当り前品質特性としての信頼性」を開発プロセスの中で確実に確保・実現するために、上述したこれまでの研究において、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、実践的な品質・信頼性評価技術の中に取り込み、品質指向ソフトウェアマネジメントを強化する実践的な品質・信頼性評価法を提案することを本研究の目的とする。

一方、インターネットの普及と分散コンピューティング技術の進歩に伴い、従来のウォーターフォール型開発方式に代わり、多くの開発者が協調して進めるネットワーク環境での分散ソフトウェア開発が主流になっている。社会の基幹的な役割を担うサーバ用途（Linux OS など）や組み込みシステム（情報家電、携帯電話など）等の開発では、オープンソースプロジェクトと呼ばれる形態がよく取られ、この開発方式は今後益々多用化される傾向にある。このような、開発環境の変化にもかかわらず、精度が良く現場への適用性・汎用性の高い定量的な信頼性評価法が確立されていない。本研究では、上述した新しいソフトウェア開発環境も考慮した上で、従来よりも現実的な信頼性要因を考慮して適用性・汎用性が高く評価精度の良いソフトウ

ェア信頼性モデルと、その評価結果を上述したような「品質指向ソフトウェアマネジメント」に有効に適用する方法も議論する。

## 3. 研究の方法

本研究では上述した新しいソフトウェア開発環境も考慮した上で、従来よりも現実的な信頼性要因を考慮して適用性・汎用性が高く評価精度の良いソフトウェア信頼性モデルと、その評価結果を研究目的において述べたような「品質指向ソフトウェアマネジメント」に有効に適用する方法を議論する。新しいソフトウェア開発環境におけるソフトウェア品質管理では、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、ソフトウェア品質・信頼性に影響を及ぼす開発プロセスの特性要因（マネジメント要因と品質保証要因）を抽出し、これらの開発上流工程の特性要因と、下流工程におけるテスト工程での信頼性要因を関係づけて組み込み、定量的に品質・信頼性を評価するソフトウェア信頼性モデルを新たに構築する。さらに、次世代型ソフトウェア開発手法として、オープンソースプロジェクト方式では、「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て、ソフトウェア信頼性モデルを構築する。以上を踏まえて、以下の手順で研究を進める。

- (1) ソフトウェア品質・信頼性に影響を及ぼすプロセス要因分析
- (2) ソフトウェア信頼性モデリングのための数理的アプローチ開発
- (3) 次世代型ソフトウェア品質・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実践強化のためのソフトウェア信頼性モデルの適用技術開発とそのツール開発

## 4. 研究成果

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、これまでの研究において提唱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、品質指向ソフトウェアマネジメントを

実践の中で強化するための定量的品質・信頼性評価技術について議論した。すなわち、ソフトウェア品質特性の中でも「当り前品質特性としての信頼性」を開発プロセスの中で確実に確保・実現するために、これまで本研究代表者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、多変量解析法によりソフトウェアマネジメントモデルを導出（図1参照）して実践的な品質・信頼性評価技術の中に取り込み、品質指向ソフトウェアマネジメントを強化する実践的な品質・信頼性評価法を議論することができた。

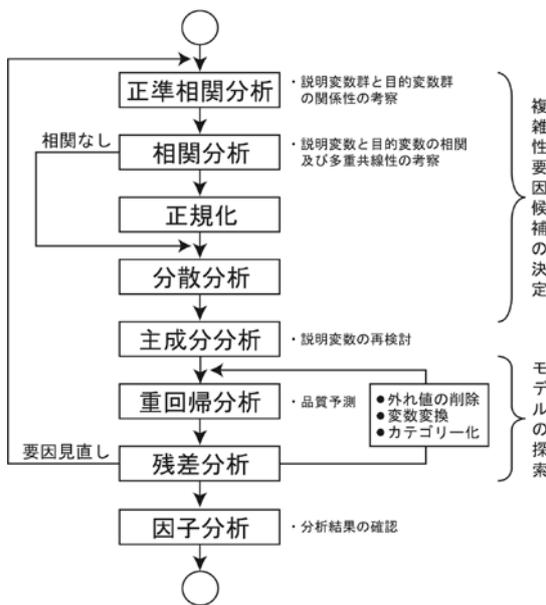


図1. ソフトウェアマネジメントモデルの導出手順

さらに、実際のソフトウェアプロジェクトの調査・分析を進めていく中で、ソフトウェアプロジェクトにおける開発課題の早期検出と、その課題に対する対策状況を第三者（例えば品質保証部門）が監視することにより、そのプロジェクトの計画と実績の差異が著しく大きい状況を未然に防止するプロセス監視（software process monitoring）活動を実施することが、効果的にプロジェクトマネジメント活動を推進する上で重要であることも分かった。特に、

○プロセス監視レビューの計画策定・実施・状況結果の広報

○課題の重要度とプロジェクトの状況を可視化するためのプロジェクトの定量的評価の2点を適切に実施することがキーポイントとなる。

このとき、プロセス監視データをソフトウ

ェアプロジェクトの時間的進捗データとして捉え、基本的なソフトウェア信頼性モデルを適用することにより、プロセス監視による課題検出数の推移状況を記述して、プロセス監視終了時の課題検出数の予測値等を推定できる定量的ソフトウェアプロジェクト評価法も提案することができた。

## 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106件）

(1) Y. Tamura and S. Yamada, “Reliability assessment based on hazard rate model for an embedded OSS porting phase,” Software Testing, Verification and Reliability, Vol. 23, No.1, pp. 77-88, 2013. (査読有) (DOI: 10.1002/stvr.455)

(2) Y. Tamura and S. Yamada, “Performability analysis considering debugging behaviors for open source solutions,” International Journal of Performability Engineering, Vol. 9, No. 1, pp. 13-21, 2012. (査読有) (<http://www.ijpe-online.com/>)

(3) S. Yamada and M. Shiomi, “Statistical software process data analysis and quantitative project evaluation,” Communications in Dependability and Quality Management, No. 15, No. 1, pp. 65-75, 2012. (査読有) (<http://scindeks.ceon.rs/journaldetails.aspx?issn=1450-7196>)

(4) Y. Tamura and S. Yamada, “Dependability analysis and optimal maintenance problem for open source cloud computing,” Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Seoul, Korea, 2012, pp. 1592-1597. (査読有) (<http://www.smc2012.org/>)

(5) N. Honda and S. Yamada, “Success factors to achieve excellent quality,” Software Quality Professional, Vol. 14, No. 4, pp. 21-32, 2012. (査読有) ([http://asq.org/pub/sqp/past/vol14\\_issue4/](http://asq.org/pub/sqp/past/vol14_issue4/))

(6) K. Tokuno and S. Yamada, “Markovian modeling for operational software reliability evaluation with systemability,” IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E95-A, No. 9, pp. 1469-1477, 2012. (査読有) (<http://search.ieice.org/bin/pdf.php?la>

ng=E&year=2012&fname=e95-a\_9\_1469)

(7) S. Yamada and J. Yamakawa, "Statistical analysis based on software process monitoring data for effective project management," *Journal of Global Perspective on Engineering Management*, Vol. 1, No. 2, pp. 44-50, 2012. (査読有) (<http://www.gp-em.org/>)

(8) S. Yamada and M. Shiomi, "Statistical analysis based on software process data and quantitative project evaluation," *Proceedings of the Eighteenth ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design*, Boston, U.S.A., 2012, pp. 278-282. (査読有) (<http://www.issatconferences.org/>)

(9) N. Honda and S. Yamada, "Defect root-cause analysis and "1+n" procedure technique to improve software quality," *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, Vol. 3, No. 2, pp. 111-121, 2012. (査読有) (DOI: 10.1007/s13198-012-0118-5)

(10) N. Honda and S. Yamada, "Empirical analysis for high quality software development," *American Journal of Operations Research*, Vol. 2, No. 1, pp. 34-42, 2012. (査読有) (DOI: 10.4236/ajor.2012.21004)

(11) Y. Tamura and S. Yamada, "Reliability analysis based on jump diffusion model for an open source software," *Journal of Computer Science and Engineering*, Vol. 11, No. 2, pp. 1-8, 2012. (査読有) (<http://www.journalcse.co.uk>)

(12) 福島利彦, 春日君夫, 山田茂, 「品質指標に基づくソフトウェア品質とプロセスの定量的評価」, *プロジェクトマネジメント学会誌*, Vol. 13, No. 6, pp. 3-8, 2011. (査読有) (<http://www.spm-hq.jp/>)

(13) S. Inoue and S. Yamada, "Software reliability growth modeling framework with change of testing-environment," *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, Vol. 18, No. 4, pp. 365-376, 2011. (査読有) (DOI: 10.1142/S0218539311004299)

(14) S. Yamada and J. Yamakawa, "An empirical study on statistical analysis based on software process monitoring data with initial project risks," *Proceedings of the Seventeenth ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design*, Vancouver, Canada, 2011, pp. 384-388. (査読有) (<http://www.issatconferences.org/>)

(15) N. Honda and S. Yamada, "Characteristic analysis of software development organizations having great success in quality improvement," *Proceedings of the Seventeenth ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design*, Vancouver, Canada, 2011, pp. 379-383. (査読有) (<http://www.issatconferences.org/>)

(16) K. Tokuno and S. Yamada, "Codesign-oriented perfrmability modeling for hardware-software systems," *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 60, No. 1, pp. 171-179, 2011. (査読有) (DOI: 10.1109/TR.2010.2103991)

(17) T. Fukushima and S. Yamada, "Software process improvement by process monitoring and quality evaluation activities," *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, Vol. 1, No. 4, pp. 284-292, 2010. (査読有) (DOI: 10.1007/s13198-011-0032-2)

(18) P. Zeephongsekul and S. Yamada, "Maximum entropy and discrete time software reliability growth models," *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, Vol. 17, No. 6, pp. 587-601, 2010. (査読有) (DOI: 10.1142/S0218539310003974)

(19) P.K. Kapur, S. Anand, S. Inoue, and S. Yamada, "A unified approach for developing software reliability growth model using infinite server queueing model," *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, Vol. 17, No. 5, pp. 401-424, 2010. (査読有) (DOI: 10.1142/S0218539310003871)

(20) A. Fukuta, S. Yamada, and A. Kawahara, "Software process monitoring data analysis based on project management activities and its application to software reliability assessment," *International Journal of Reliability and Quality Performance*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-12, 2010. (査読有) (<http://www.serialspublications.com/contentnormal.asp?jid=274&jtype=1>)

[招待講演発表] (計5件)

(1) S. Yamada, "Quantitative Project Assessment for Quality-Oriented Software Management," presented at the *International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO' 2013)*, Noida, India, January 31,

2013.

(2) S. Yamada, “Quality/Reliability Prediction with Actual Data Analysis for Quality-Oriented Software Project Management,” presented at the System Maintenance and Warranty Reserch Group Workshop of Korean Reliabilty Society, Suwon, Korea, November 24, 2012.

(3) S. Yamada, “Recent Developments in Quality/Reliability Prediction for Quality -Oriented Software Project Management,” presented at the International Conference on Quality & Reliability - Recent Trends & Future Directions - (ICQRE2011), Bangalore, India, December 21, 2011.

(4) 山田茂, 「品質指向ソフトウェアマネジメントのすすめ～高品質ソフトウェア開発のためのマネジメント技術～」, 第52回品質月間特別講演 (日本規格協会・日本科学技術連盟・日本商工会議所主催), 仙台, 2011年11月11日.

(5) S. Yamada, “Quality-Oriented Software Management Analysis Based on Process Monitoring Data and Software Reliability Assessment,” presented at the International Conference on Reliability, Infocom Technology and Optimizations (ICRITO’ 2010), Lingaya’ s University, Faridabad, November 1, 2010.

[図書] (計10件)

(1) S. Yamada, “Reliability, Infocom Technologies and Optimization - Trends and Future Directions,” Amity University, India, 2013, pp. 24-29.

(2) 江崎和博, 高根宏士, 山田茂, 高橋宗雄, 「プロジェクトマネジメント」, 共立出版, 東京, 2012, pp. 196-234.

(3) S. Yamada, “Reliability, Infocom Technology and Optimization - Trends & Future Directions,” Lingaya’ s University, India, 2010, pp. 29-36.

(4) S. Inoue and S. Yamada, “Software Engineering, Business Continuity, and Education,” Springer-Verlag, Berlin, 2010, pp. 354-361.

[その他]

<http://www.sse.tottori-u.ac.jp/hp-jouho/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

(2) 研究分担者  
( )

研究者番号：

(3) 連携研究者  
( )

研究者番号：