

機関番号：15501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700044

研究課題名(和文) 組込みオープンソースソフトウェアのための動的解析に基づく  
信頼性評価法の開発研究課題名(英文) A Method of Dynamic Reliability Assessment for  
an Embedded Open Source Software

研究代表者

田村 慶信 (TAMURA YOSHINOBU)

山口大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：20368608

研究成果の概要(和文)：

本研究課題では、企業組織において開発された組込みシステムにオープンソースソフトウェアを導入する際における移植工程を対象としたコンポーネント指向の信頼性評価法を提案するとともに、種々のソフトウェア信頼性評価尺度を導出した。また、移植作業工程における総期待ソフトウェアコストを定式化することにより、最適な組込みシステムのリリース時刻の推定法を提案した。さらに、提案された信頼性評価法をソフトウェアツールとして実装した。

研究成果の概要(英文)：

In this research project, we have proposed a method of software reliability assessment based on a flexible hazard rate model for embedded OSS. Also, we have derived several reliability assessment measures. Moreover, we have proposed the optimal software release problems minimizing the total expected software cost. Furthermore, we have developed the software reliability/portability assessment tool for the porting-phase of embedded system development. Especially, we have developed the tool considering the optimal release problems based on our hazard rate model for the embedded open source software.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：ソフトウェア工学

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：組込みソフトウェア，オープンソースソフトウェア，信頼性

## 1. 研究開始当初の背景

セキュリティ向上，単一ベンダ依存回避，コスト削減，相互運用性の確保，透明性の確保といった点から，オープンソースソフトウェア(Open Source Software, 以下OSSと略す)普及の動きが活発である。特に，アプリケーションおよびサーバ用途としてのOSSの利用は急速に伸びており，その代表的な成功例としてはFirefoxやApache HTTPサーバが

挙げられる。また，オペレーティングシステムとしては，Linuxのデスクトップ用途での採用にも注目が集まっている。特に，組込みシステムにおいては，ITRON, RTLinux, BusyBox, さらにはAndroidのように，今後ますますOSS採用の動きが活発化するものと考えられ，組込み製品のプラットフォームとしてOSSの採用が普及する前に，その信頼性評価技術を確認しておくことは重要な要素

の1つであると考える。

## 2. 研究の目的

既存のOSSに対する信頼性評価法は、主にアプリケーションソフトウェアを対象としたものであった。しかしながら、組込みOSSの信頼性評価について考えた場合、システム全体の信頼性に対するハードウェア依存コンポーネントの影響は、アプリケーション・サーバ系のOSSに比べて極端に大きくなる。本研究課題では、Kernelのようなハードウェアに依存したコンポーネントと、それ以外のコンポーネントとの相互作用を包括したシステム全体に対する信頼性評価法を提案する。

## 3. 研究の方法

組込みソフトウェアの要素を機能別に分類し、各構成要素の重要度に基づいたソフトウェア信頼度成長モデルを提案するとともに、未知パラメータの推定結果に基づき、システム全体の信頼性評価尺度および移植性評価尺度を導出する。また、総期待ソフトウェアコストを定式化し、最適リリース時刻の推定法を提案する。さらに、提案された信頼性評価法をソフトウェアツールとして実装する。

## 4. 研究成果

本研究課題では、組込みOSSの移植作業工程に対する信頼性評価法を提案した。また、実際のOSSのバグトラッキングシステムに登録されているフォールトデータに対して、信頼性評価尺度に関する数値例を示した。組込みOSSを利用した組込みシステム開発においては、移植作業が成功するかどうか、組込み製品が出荷できるかどうかに関与してくることから、組込みシステムの開発工程の中でも移植工程を適切に管理することは非常に重要となる。特に、組込みOSSの故障発生時間間隔データに関しては、多くのフォールトが発見されるにつれてMTBFが増加するという傾向があるものとそうでないものが存在するため、それに応じた適切なハザードレートモデルを選択する必要がある。本研究課題では、組込みOSSとデバイスドライバのようなコンポーネントを想定したハザードレートモデルを提案した。さらに、組込みシステム開発の移植作業工程において、ある程度目安となるような適切な移植作業期間を推定することは、リリース後の信頼性維持や進捗度管理に役立つと考えられる。移植作業工程における最適リリース問題として総期待ソフトウェアコストを定式化することにより、最適な移植作業期間の推定法を提案した。

組込みOSSが急速に普及し始めている現在、組込みOSSの信頼性に関する指標を提示することが重要であると考える。また、組込みOSS

の普及の流れを阻害する要因として、サポートや品質上の問題が挙げられる。このような問題を解決するために、本研究課題で提案した信頼性評価手法を適用することにより、より高品質な組込みOSSの開発に結びつくものと考える。

また、本研究課題の数値例等で取り上げたAndroidおよびBusyBoxは、機器のネットワーク化、開発コスト削減、オープンソースといった点から組込みOSとして近年注目されている。今後もオープンソースプロジェクトに基づく開発形態は国内外を問わず急速に発展するものと考えられることから、こうした組込みOSSの信頼性および移植性評価法として利用できるものと考える。

さらに本研究課題では、提案された信頼性評価法を、組込みシステムに対する信頼性評価ツールとして実装した。これにより、数値モデル等に関する知識がなくとも、組込みシステム開発者が容易に信頼性を評価できるツールを提供することが可能となるものと考える。組込みオープンソースソフトウェアに対する信頼性/移植性評価ツールのメイン画面を図1に示す。さらに、信頼性評価の一例として、推定されたソフトウェア故障発生時間間隔(MTBF)および予測相対誤差の推定結果を図2および図3に示す。

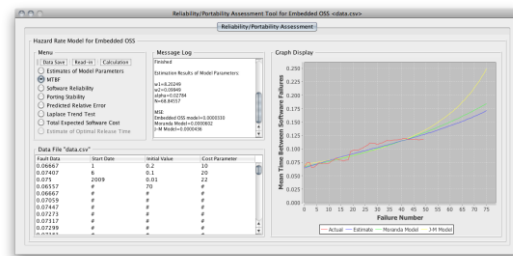


図1: ソフトウェアツールのメイン画面。

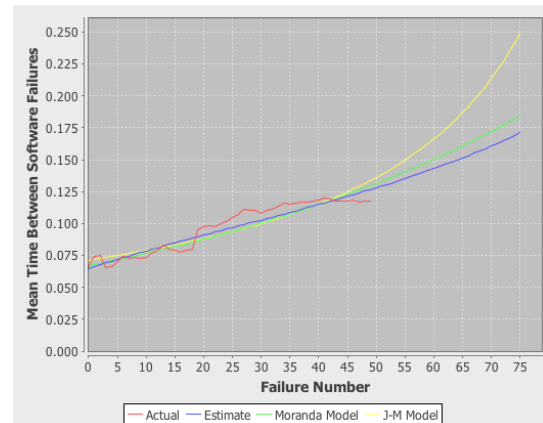


図2: 推定されたMTBF。

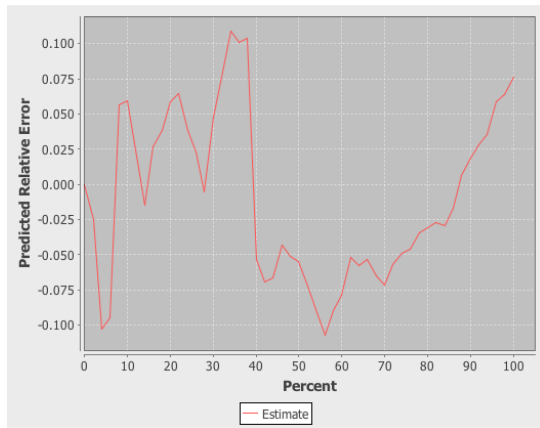


図 3：予測相対誤差の推定結果。

### 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 20 件)

- ① 中道徹, 田村慶信, 山田茂, 「組み込み OSS に対する信頼性/移植性評価ツールによる最適ソフトウェアリリース問題」, 京都大学数理解析研究所講究録「不確実性下における意思決定問題」研究集会講究録, No. 1734, pp. 272-279, 2011 年 3 月. (査読無)
- ② 吉田祐貴, 田村慶信, 山田茂, 「組み込み OSS に対する一般化ハザードレートモデルに基づく開発コスト削減量に関する比較」, 京都大学数理解析研究所講究録「不確実性下における意思決定問題」研究集会講究録, No. 1734, pp. 280-287, 2011 年 3 月. (査読無)
- ③ Y. Tamura and S. Yamada, “Reliability assessment based on hazard rate model for an embedded OSS porting phase,” Journal of Software Testing, Verification and Reliability, 2011, to be published. (査読有)
- ④ Y. Tamura, T. Nakamichi, Y. Yoshida and S. Yamada, “Reliability/portability assessment tool considering optimal release problem for an embedded open source software,” Proceedings of the 4th Asia-Pacific International Symposium on Advanced Reliability and Maintenance Modeling, Wellington, New Zealand, December 2-4, 2010, pp. 656-663. (査読有)
- ⑤ Y. Tamura and S. Yamada, “Software reliability analysis with optimal release problems based on hazard rate model for an embedded OSS,” Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Istanbul, Turkey, October 10-13, 2010, pp. 720-726. (査読有)
- ⑥ Y. Tamura and S. Yamada, “Component-oriented optimal release problems based on hazard rate model and AHP for an embedded OSS,” Proceedings of the Ninth International Symposium on Industrial Management, Beijing, China, September 16-18, 2010, pp. 201-206. (査読有)
- ⑦ H. Kato, Y. Tamura and S. Yamada, “Optimal release problem and reliability analysis for the OSS porting phase of embedded system development,” Proceedings of the 16th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Washington, D. C., USA, August 5-7, 2010, pp. 85-89. (査読有)
- ⑧ Y. Tamura and S. Yamada, “Reliability analysis based on hazard rates considering several components for the embedded OSS,” Proceedings of the 16th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Washington, D. C., USA, August 5-7, 2010, pp. 253-257. (査読有)
- ⑨ Y. Tamura and S. Yamada, “Reliability analysis and optimal release problem considering maintenance time of software components for an embedded OSS porting phase,” Proceedings of the 2nd International Conference on Advanced Science and Technology, Communications in Computer and Information Science, Vol. 74, pp. 113-124, Springer-Verlag, Miyazaki, Japan, June 23-25, 2010. (査読有)
- ⑩ 田村慶信, 山田茂, 「組み込みオープンソースソフトウェアに対するハザードレートモデルに基づく移植性評価法」, 京都大学数理解析研究所講究録「不確実・不確実性下での意思決定過程」研究集会講究録, No. 1682, pp. 209-216, 2010 年 4 月. (査読無)
- ⑪ 田村慶信, 山田茂, 「OSS に対する最適バージョンアップ時刻の推定とソフトウェア開発労力の信頼区間に関する一考察」, 統計数理研究所共同研究レポート「最適化: モデリングとアルゴリズム 23」, pp. 64-72, 2010 年 3 月. (査読無)
- ⑫ Y. Tamura and S. Yamada, “Open source software reliability analysis with

their comparison of goodness-of-fit and optimal bug fix release problem” Asia-pacific Journal of Industrial Management, Vol. 2, Issue 2, pp. 36-43, 2009. (査読有)

- ⑬ Y. Tamura and S. Yamada, “Reliability analysis methods for an open source software with their comparison of goodness-of-fit,” Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Kowloon, Hong Kong, December 8-11, 2009, pp. 208-212. (査読有)
- ⑭ Y. Tamura and S. Yamada, “An embedded OSS reliability and optimization analysis incorporating imperfect debugging” Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, World Scientific, Singapore, Vol. 16, No. 4, pp. 371-384, Nov., 2009. (査読有)
- ⑮ Y. Tamura and S. Yamada, “Reliability modeling with imperfect debugging based on stochastic differential equation for an open source software” Proceedings of the 15th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, San Francisco, California, USA, August 6-8, 2009, pp. 85-89. (査読有)
- ⑯ H. Takehara, Y. Tamura and S. Yamada, “A method of reliability assessment based on bayesian network for an embedded open source software,” Proceedings of the 15th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, San Francisco, California, USA, August 6-8, 2009, pp. 387-391. (査読有)

[学会発表] (計 20 件)

- ① (Invited Lecture) Y. Tamura and S. Yamada, “Quality problems and its solutions for an open source software: past and present,” The Workshop on the Third Japan-Korea Software Management Symposium, Yonago, Tottori, Japan, YonagoConventionCenter “Big Ship” pp. 13-23, November 22, 2010.
- ② H. Katoh, Y. Tamura, and S. Yamada, “Optimal release problem and reliability analysis for the OSS porting phase of embedded system development,” The Workshop on the

Third Japan-Korea Software Management Symposium, Yonago, Tottori, Japan, YonagoConventionCenter “Big Ship” pp. 54-57, 22 November, 2010.

- ③ 吉田祐貴, 田村慶信, 山田茂, 「組込み OSS 移植工程に対する一般化ハザードレートモデルとその性能評価」, 第 12 回 IEEE 広島支部 学生シンポジウム論文集, 島根, 島根大学 松江キャンパス, (D)-17, 2010 年 11 月 6-7 日.
- ④ 中道徹, 田村慶信, 山田茂, 「統計言語 R を使用した組込み OSS の移植工程に対する信頼性/移植性評価ツールの開発」, 第 12 回 IEEE 広島支部 学生シンポジウム論文集, 島根, 島根大学 松江キャンパス, (D)-19, 2010 年 11 月 6-7 日.
- ⑤ 加藤宏樹, 田村慶信, 山田茂, 「組込み OSS に対する信頼度を考慮した最適リリース問題」, 第 12 回 IEEE 広島支部 学生シンポジウム論文集, 島根, 島根大学 松江キャンパス, (D)-40, 2010 年 11 月 6-7 日.
- ⑥ 加藤宏樹, 田村慶信, 山田茂, 「組込み OSS に対する最適リリース問題とその性能評価」, 電気・情報関連学会中国支部第 61 回連合大会講演論文集, 岡山, 岡山県立大学, p. 406, 2010 年 10 月 23 日.
- ⑦ 中道徹, 田村慶信, 山田茂, 「組込みオープンソースソフトウェアの移植工程に対する信頼性評価ツールの開発と性能評価」, FIT2010 第 9 回情報科学技術フォーラム, 福岡, 九州大学 伊都キャンパス, pp. 263-269, 2010 年 9 月 7-9 日.
- ⑧ 吉田祐貴, 田村慶信, 山田茂, 「組込みシステムのオープンソースソフトウェア移植工程に対する信頼性評価のための一般化ハザードレートモデルと適合性評価」, FIT2010 第 9 回情報科学技術フォーラム, 福岡, 九州大学 伊都キャンパス, pp. 271-276, 2010 年 9 月 7-9 日.
- ⑨ 田村慶信, 山田茂, 「組込み OSS の移植工程に対する最適リリース問題とコスト削減に関する有効性評価」, 情報処理学会第 169 回ソフトウェア工学研究発表会, 福岡, 北九州テレワークセンター, Vol. 2010-SE-169, No. 4, pp. 1-8, 2010 年 7 月 22-23 日.
- ⑩ 田村慶信, 山田茂, 「組込み OSS 移植工程に対するコンポーネント重要度を考慮した信頼性評価法と最適リリース問題への応用」, 電子情報通信学会技術研究報告[信頼性], 鳥取, 放送大学鳥取学習センター, Vol. 110, No. 62, pp.

- 19-24, 2010年5月28日.
- ⑪ 田村慶信, 山田茂, 「OSSを利用した組込みシステム開発移植工程における最適リリース時刻の推定に関する一考察」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会平成22年春季研究発表会アブストラクト集, 東京, 首都大学東京 南大沢キャンパス, pp. 44-45, 2010年3月4-5日.
  - ⑫ (Invited Lecture) Y. Tamura and S. Yamada, “Optimal release problem based on flexible hazard rates for an embedded OSS development,” The 4th International Conference on Quality, Reliability and Infocom Technology, Conference Centre, University of Delhi, India, December 18-20, 2009.
  - ⑬ 竹原英秀, 田村慶信, 山田茂, 「組込みOSSに対するハザードレートモデルに基づく移植性評価と最適リリース問題への応用」, 第11回 IEEE 広島支部 学生シンポジウム論文集, 山口, 山口大学工学部, pp. 255-257, 2009年11月21-22日.
  - ⑭ 田村慶信, 山田茂, 「組込みオープンソースソフトウェアに対するハザードレートモデルに基づく信頼性評価に関する一考察」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会平成21年秋季研究発表会アブストラクト集, 長崎, 長崎大学 文教キャンパス, pp. 12-13, 2009年9月9-10日.
  - ⑮ 田村慶信, 山田茂, 「組込みOSSに対する信頼性評価へのハザードレートモデルの適用に関する一考察」, 電子情報通信学会技術研究報告[信頼性], 北海道, 藤田観光ワシントンホテル旭川, Vol. 109, No. 161, pp. 23-28, 2009年7月31日.
  - ⑯ 田村慶信, 竹原英秀, 山田茂, 「組込みオープンソースソフトウェアに対する移植性評価法に関する一考察」, 電子情報通信学会技術研究報告[信頼性], 広島, 広島修道大学, Vol. 109, No. 67, pp. 13-17, 2009年5月29日.

[図書] (計2件)

- ① Y. Tamura and S. Yamada, “Reliability Analysis Methods for an Embedded Open Source Software,” Mechatronic Systems, Simulation, Modelling and Control, IN-TECH, Vienna Austria, European Union, March, 2010, pp. 239-254.
- ② Y. Tamura and S. Yamada, “Flexible stochastic differential equation modeling for open-source-software

reliability assessment,” Recent Advances in Stochastic Operations Research II, World Scientific, Singapore, April, 2009, pp. 285-300.

[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://sourceforge.net/projects/rpatforeoss/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 慶信 (TAMURA YOSHINOBU)  
山口大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号: 20368608

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし