

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510189

研究課題名(和文)品質指向ソフトウェア開発プロセスを支援する統計分析手法の開発と改善

研究課題名(英文)Development and improvement of statistical methods supporting quality software processes

研究代表者

木村 光宏(KIMURA, Mitsuhiro)

法政大学・理工学部・教授

研究者番号：20263486

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトウェア開発の上流工程で得られる情報を、下流工程のテスト工程におけるソフトウェアの信頼性評価に盛り込むための統計手法の開発を行った。従来法の多変量解析モデルでは表現しきれなかった部分について、構造方程式モデル、GMDH、ニューラルネットワークの適用によってある程度克服できた。また、ソフトウェア開発支援ツールのSafeManに対して、ブートストラップ法による新しい評価法を盛り込むことができた。一方、コンピュータに基づく新しいモデルの開発にも着手することができ、これは今後の進展が見込める。

研究成果の概要(英文)：We developed statistical methods supporting the quality software construction processes. Our methods can introduce useful information obtained from the upper process of software development into software reliability assessment based on the testing phase, which is the last process of the software development. This helps to improve the accuracy of the reliability assessment. In the literature, it is known that the multiple regression models can be used to treat such multivariate information from the upper process, but from our results, SEM (structure equation models), GMDH (group method of data handling), and neural network approach could show the better reliability assessment based on the real data analysis. In particular, the neural network approach is the best method in our investigation. Also, a new bootstrap method for software reliability assessment was proposed and implemented to the software reliability tool SafeMan.

研究分野：複合新領域

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：ソフトウェア開発支援 ツール GMDH コピュラ ソフトウェア品質 ソフトウェアテスト進捗管理 多変量解析 構造方程式モデル

1. 研究開始当初の背景

本研究の狙いの一つは、ソフトウェアの製造において計測可能ないくつかの变量に基づいて、ソフトウェアの出荷直前あるいはソフトウェアテストの開始前において当該ソフトウェアの品質や信頼性を予測するという統計数理モデルの開発であったが、背景としてはとりもなおさず、組込系 (embedded system) を含めた大規模なソフトウェアの開発と品質管理において、なんらかの有用な定量的評価手法が求められていることにある。この状況への一助となるべく、本研究を行った。

2. 研究の目的

上記の様に、多変量を扱うソフトウェア品質・信頼性評価モデルの改善を行うことを目的とした。従来では多変量解析の古典的手法である、重回帰分析などを研究の取りかかりとして開始したが、データとモデルとの適合性、特に、モデルから導出される品質予測値が、実際のものとあまりよく適合しないという点を改善すべく、モデルの開発と予測適合性評価を繰り返し、いわゆるPDCAサイクルを回すことにより改善を図ることを目的とした。

また、これに加えて関連する重要な研究課題2件についても研究した。1件目は、不完全なテスト作業の存在の指摘と、それに対処したテスト手法の提案、ならびにそこから得られるデータセットの確率解析による信頼性評価法を示すことを目的とした。2件目は依存性をもつ複数変量の時系列データの解析手法として、コンピュータによるものを考案し、ソフトウェア信頼性、テスト工程の進捗度評価モデルとして構築することを目指した。以下では、以上3点((1),(2),(3)と付番する)について逐次述べるが、全研究期間に渡って調べた研究は、これらのうちの(1)である。

3. 研究の方法

(1)ソフトウェアの製造において計測可能ないくつかの变量とは、たとえば、ソフトウェアの開発プロセスの上流工程から中流工程で蓄積される、様々なドキュメントのサイズ(量)、仕様変更の頻度やプログラムの規模(コード行数など)、レビューの実施結果などと言った、開発プロジェクトの良し悪しに影響を与えているような変数を取り上げることとした。これらがいわゆる多変量解析における説明変数の候補であり、一方、目的変数は、そのソフトウェアが実際に運用に供された場合の、あるいはテスト工程最終盤において観測される品質の指標である、発見バグ数を採用した。つまり、これらの説明変数、目的変数の組を用いてモデルを推定したあと、開発途上にあるソフトウェアの、上流工程から得られる実データを用いることで、まだテストを開始していない時期にそのソフ

トウェアが内包しているバグの数を予測することが期待できる。そのようなモデル候補をいくつか検討し、性能の良いものを順次調べることとした。

(2)不完全なソフトウェアテストの可能性と、それに対処した新しいソフトウェアテスト方式を提案したうえで、実測データを解析することを目的とした。データセットは特殊なものであるが、実測されており、本研究の課題としてはそれをうまく記述する確率モデルを構築することであった。また、モデルパラメータの推定法も示す必要があった。

(3)多変量をもつデータは主に上述(1)の研究課題で扱ったが、それらは一般には時系列データではない。しかしながら、いくつかのケースとして、このようなデータが、開発作業時間の経過とともに時系列として与えられる場合もある。これについては、従来法では多変量間の依存関係を明示的に扱ったものがなかったこともあり、本研究では、金融工学でよく適用される、コンピュータ(接合関数)を用いた新しいモデル化を目指した。

4. 研究成果

(1)主要な研究成果について、各手法ごとに述べる。

重回帰分析によるもの

上記の目的と手段で述べたように、まず多変量解析としては、典型的な重回帰分析を取り上げた。既存のデータセットは、ある企業において実測された、合計19組のソフトウェアプロジェクトのものであり、重回帰分析による予測モデルの推定と、実測データとの比較を行った。結果としては、データセットにより予測精度のばらつきが多く、あまり実用的ではないことが判明したが、これがそもそも本研究の動機であったことを付記する。

SEM(構造方程式モデル)

重回帰分析ではうまくいかないケースが見受けられたため、説明変数間の因果関係、あるいは相関関係を明示的に取り込むことを意図して、SEMを採用した。単純な重回帰分析では捉えられなかった変数間の相関関係を取り込むことで、若干の精度向上が見られた。

GMDH(group method of data handling)

GMDHはグデネンコにより示された、非線形な、かつ階層構造をもつ多変量解析手法と言える。この手法の適用に必要な計算も比較的容易であり、適用しやすい利点がある。結果は重回帰分析に対してかなりよい精度を示した。しかし、あるデータセットについては、おそらく残りの18データセットと異質な部分があると思われる(その異質な部分は数値の並びを観察しても判明しないものであり)、その解析にはうまく利用することができなかった。その点で前述のSEMと同程度の性能と言える。

階層型ニューラルネットワーク

変量間に非線形な依存関係があることが判明したため、古典的な線形モデルによる統計解析には限界があるとし、関数近似のアプローチをとることとした。ただし、これは前項のGMDHにも言えることである。入力が3変数、出力を1変数とし、隠れ層が1層、あるいは2層、さらに隠れ層のモジュールが5個というモデルを作成してパラメータ推定を行った。結果はこれまでに試みた手法の中では最も良好な成績であった。

まとめ

ニューラルネットワークが万能、つまりどのようなデータセットについても良好である、ということを理論的に示すことは不可能であり、その意味ではこのモデルが最良とは限らない。つまり、今後考えられる手法としては、ニューラルネットワークを含めた、いくつかの「かなり性能の良い手法」を同時に適用して推定結果を得、(工夫は必要であるが)その加重平均などを利用する、いわゆるハイブリッド方式がよい結果を常に与える可能性がある。今後はこの点について研究を進める予定である。

(2) 不完全テストのための2チームによるソフトウェアテストと、そのデータセットの解析モデルを構築し、信頼性評価手法を確立した。モデルは比較的簡単なものであり、2項分布をベースとしたものである。このような特殊な、2チームによるテスト手法は一般にはコストの観点から行われぬが、信頼性を高めるための有力手段であることが示された。しかし、この解析のために構築した確率モデルには改良の余地があるため、これは今後継続して行うことが必要である。

(3) ソフトウェアの信頼性にかかわるデータが、多変量であり、かつ時系列で与えられる場合について、コンピュータが有効であることが示された。特に2つのモデルについて検討した。前者は離散型周辺分布(ポアソン分布)をもつFGM(Farlie-Gumbel-Morgenstern)コピュラ、後者は対数正規分布を周辺分布とした正規コピュラである。周辺分布に対する実測データの当てはまりが非常に良いこともあり、結果は良好であった。特に、後者のモデルでは3変量の依存関係を取り込んだものであり、ソフトウェアテストの進捗度評価に用いることができることが示された。

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 2件)

T. Fujiwara and M. Kimura, A New Analysis Concept in Applying Software

Reliability Growth Models and Tool Implementation: The SafeMan, Journal of Software Engineering and Applications, Vol. 7, No. 5, 査読有, 2014, 396-405, DOI: 10.4236/jsea.2014.75036.

M. Kimura and T. Fujiwara, A Note on Software Reliability Monitoring By Moving-average Method Based on A Bootstrap Scheme, International Journal of Systems Assurance Engineering and Management, Vol. 1, 査読有, 2012, 293-298, DOI: 10.1007/s13198-011-0033-1.

〔学会発表〕(計 20件)

太田修平, 影山孝夫, 木村光宏, 2素子並列システムのカスケード故障に関するコンピュータ解析, 電子情報通信学会 2014 年度総合大会 2014 年 3 月 18 日 新潟大学(新潟県).

影山孝夫, 太田修平, 木村光宏, コピュラによる2素子並列システムの従属故障モデルに関する一考察, 電子情報通信学会信頼性研究会, 2013 年 12 月 13 日, 機械振興会館(東京都).

T. Morita, K. Esaki, M. Kimura, A Note on Modeling of Quality Evaluation Based on Large Data Sets in Software Development Projects, 14th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS2013), 2013 年 12 月 5 日, Radisson Blu Hotel (セブ島, フィリピン).

M. Kimura and K. Kimpara, A Study on Estimating the Critical Stress Level of Explosives by Cumulative Shock Models, 17th International Conference on Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice (IJIE2013), 2013 年 10 月 7 日, Busan National University (Busan, Korea).

M. Kimura, T. Sakaue, and T. Fujiwara, A Bivariate Discrete Software Reliability Model by Farlie-Gumbel-Morgenstern Copula, 8th International Conference on Mathematical Methods in Reliability (MMR2013), 2013 年 7 月 1 日, Protea Hotel (Stellenbosch, South Africa).

秦直道, 木村光宏, 藤原隆次, 2チームによる2段階ソフトウェアテストに基づくテストスキルレベルと信頼性の評価法に関する考察, 電子情報通信学会信頼性研究会, 2013 年 5 月 17 日, グリーンヒルホテル尾道(広島県).

坂上敏樹, 木村光宏, 藤原隆次, 離散FGMコピュラを用いたソフトウェアテスト管理図, 電子情報通信学会総合大会, 2013 年 3 月 22 日, 岐阜大学(岐阜県).

嶋田遼平, 木村光宏, ソフトウェア開発プロジェクトデータによる信頼性予測 - コネクションストアアプローチ, 電子情報通信学会総合大会, 2013 年 3 月 22 日, 岐阜大学(岐

卓県).

M. Kimura and R. Shimada, A Note on Static Software Reliability Models by GMDH: Comparison with a Multiple Regression Model, Proceedings of 18th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC2012), 2012年11月19日, Niigata Convention Center (新潟県).

嶋田遼平, 木村光宏, ソフトウェア開発属性データを用いたニューラルネットワークによる潜在フォールト数の予測, 電子情報通信学会技術研究報告(信学技報), Vol. R2012-11, pp. 1-6, 2012年11月15日, 大阪中央電気倶楽部(大阪府).

M. Kimura, T. Fujiwara, and N. Yasunobu, A Static Software Reliability Model Considering Different Debugging Abilities for Two-Stage Testing By Two Teams, Proceedings of 5th Asia-Pacific International Symposium (APARM2012), 2012年11月2日, Nanjing Hotel (Nanjing, China).

木村光宏, 藤原隆次, 2段階ソフトウェアテストに基づくソフトウェア信頼性評価法について - 静的モデルと動的モデルの併用 -, 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会, 2012年9月12日, ウィンクあいち(愛知県).

嶋田遼平, 木村光宏, 開発属性データを用いたGMDHによるソフトウェアの信頼性予測に関する一考察, 電子情報通信学会信頼性研究会, 2012年5月25日, 出雲グリーンホテルモリス(島根県).

T. Fujiwara, M. Kimura, Y. Satoh, S. Yamada, A Method of Calculating Safety Integrity Level for IEC 61508 Conformity Software, Proceedings of 2011 17th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC2011), 2011年12月13日, Pasadena, (California, USA).

M. Kimura and T. Fujiwara, A Note on Two-Stage Software Testing By Two Teams, Proceedings of 2011 International Conference on Advanced Software Engineering & Its Applications (ASEA2011), 2011年12月9日 (Jeju Island, Korea).

N. Hirai and M. Kimura, Yet Another Development Risk of Quality Software Utilizing OSS: From the view point of in-house lawyer, 22nd International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE2011), Supplemental Proceedings, 2011年11月29日, 広島国際会議場(広島県).

M. Kimura, T. Fujiwara and S. Yamada, A Note on Structure Equation Modeling for Software Reliability Assessment Based on Review-Related Data, Proceedings of 17th

ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, 2011年8月6日 (Vancouver, Canada).

木村光宏, 福本聡, 爆薬に関する落槌感度試験における臨界ストレス値の浸透理論に基づく推定モデル, 電子情報通信学会信頼性研究会, 2011年7月29日, 根室グランドホテル(北海道).

S. Fukumoto and M. Kimura, Optimal Replication Node Assignment in File Versioning Protocol to Assure Low Access Costs for Read Clients, Proceedings of 7th International Conference on Mathematical Methods in Reliability: Theory, Methods and Applications (MMR2011), 2011年6月22日 (Beijing, China).

M. Kimura and S. Fukumoto, Statistical Estimation of Critical Stress Level of Explosive Materials Based on Percolation Theory, Proceedings of 7th International Conference on Mathematical Methods in Reliability: Theory, Methods and Applications (MMR2011), 2011年6月22日 (Beijing, China).

〔図書〕(計 2件)

木村光宏, 藤原隆次, 日科技連出版社, ソフトウェアの信頼性, 2011, 225(1-56, 133-176).

木村光宏, 他多数(分担執筆), IPA/SEC, 高信頼化ソフトウェアのための開発手法ガイドブック, 2011, 273(146-149).

6. 研究組織

(1)研究代表者

木村 光宏 (KIMURA, Mitsuhiro)

法政大学・理工学部・教授

研究者番号: 20263486