

ソフトウェア信頼性技術(3)

5K-5

- 遅延S字形NHPPモデルの最適化の一手法 -

阿部 勝徳¹ 樋口 潔² 大戸 昭英³ 上村 松男² 寺本 雅則²

1 日本電気マイクロコンピュータ(株) 2 日本電気(株) 3 (株)ソフトサイエンス

1 はじめに

ソフトウェア受注活動においては、要求機能・品質のほかに、納期(出荷時期)とコストが決められる。

このソフトウェアの出荷時期の決定問題に関しては、従来より多くの研究がなされているものの、まだまだ実用に至っていない[1]のが現状である。

本稿では、検査段階におけるエラー発見数をもとにして、製品ソフトウェアの出荷判定を行なうために、ソフトウェア信頼度成長モデルに基づく、最適化の方法について議論した。

分析には、ソフトウェア信頼度評価システム(SOREM: Software Reliability Evaluation Methods)[2]を用いた。

ここでいう最適化とは、モデルから求めた信頼度と、環境を考慮しながら、出荷判定と時期を決定する方法をいう。

2 SOREMの最適化

SOREMの最適化は、信頼度成長モデルのパラメータを操作して決定される。

本稿では、S字形を示す遅延S字形NHPP(Non-Homogeneous Poisson Process)モデル[3]を後述する分析例として使用した。このモデルは、

$$M(t) = a\{1 - (1 + bt)\exp[-bt]\} \quad (a > 0, b > 0) \quad (1)$$

で表わされる。

ここで、未知パラメータ a, b はエラー発見過程から最尤法により決定される。

推定されたパラメータの意味として、 a は潜在総エラー数で、検査の量的側面を指標化したものであるから、「テスト網羅度」を反映するものと考えられる。

テスト網羅度は、テストによってソフトウェアに潜在するエラーを、どの程度の確実さで検出しているかを示している。例えば、ソフトウェアの特性や、構造を網羅するようなテストケースと、テスト項目の設定方法や、テスト技法およびテストプログラムツールの整備状況などが、網羅度に影響を与える。(ソフトウェア故障の発生や現象を観測する過程: 発見過程)

もう一つのパラメータ b は、期待発見率で、検査の質的側面を指標化したもので、「テスト精度」を反映している。

テスト精度とは、テストによって発見可能なエラーのうち、リリースまでに、どの程度の精度で発見できるかの検出(探知)能力を示している。例えば検査環境のソフトウェア特性や構造、テスト技法・ツールの技術的知識や、検査の習熟度、検査の計画・管理能力などが精度に影響を与える。(エラー分析を行なってソフトウェア故障の原因究明までの過程: 認知過程)

図1は、基準となる $M(t)$ をもとに、パラメータ a, b を操作したときの、モデルの変化を示したものである。

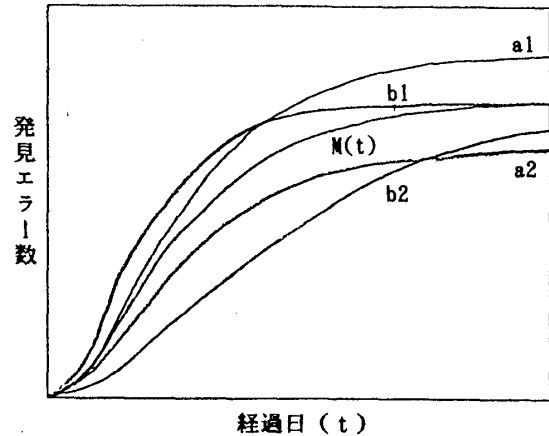


図1 遅延S字形NHPPモデルのパラメータ a, b の特性

SOREMの最適化機能は、①エラーデータがない場合(モデル化)、②エラーデータのみある場合(データモデル化)、③モデル生成機能[2]によって、モデルが生成されている場合(モデル最適化)④推定機能[2]によって、ソフトウェア信頼度(以下、たんに信頼度という)[3]が求められている場合(推定最適化)、など4つの方法で実現している。

以上、このようなパラメータに基づく最適化により、次に示す効果が期待できる。

(1) 時系列的变化に伴ったエラー累積数にもっともよく符合(近似)するように、直接パラメータを操作して、確率論的、または決定論的信頼度成長モデルを決定できる。

(2) 一定品質を保証する信頼度水準を設定して、製品ソフトウェアの、出荷時点が決定できる。

3 信頼度を考慮した出荷時期の決定

ソフトウェア出荷問題について、議論するとき考慮しなければならない点は、潜在するソフトウェアエラー数により評価される信頼度と、エラーを発見して修正・除去するために費やされた時間、および修正コストである。SOREMの最適化は、目標となる信頼度水準を設定し、達成される信頼度と出荷時期の関係から、プロジェクト管理者が、総合的に判断して決定する方式をとっている。

つまり、目標信頼度を満足しながら、時間やコストを最小化することが理想である。その理由としては、信頼度は実施される検査技術や、ツールあるいは検査要員の習熟度など、検査時間に依存した複雑な要因の交互作用が考えられるからである。

以下に、遅延S字形NHPPモデルを使った最適化の適用について議論する。

分析には、図2で示すCコンパイラの発見エラーデータ（プロット点）を用いて、推定最適化を行なった。

このデータを使って、生成したモデル $M1(t)$ から推定してみると、潜在総エラー数は約 607個、現時点での残存エラー数は約67個であった。また、期待発見率は約0.0036、信頼度は信頼度区間を3日として推定すると56.22%が得られた。このとき出荷可能な目標信頼度水準を80%とした時、最適リリース日 $RL1$ までは残り340日あることがわかる。

そこで、このモデルをもとに”目標信頼度を満たすべき出荷時期を約100日早める”ことを条件として、最適化を行なう。

方法としては、潜在総エラー数を一定として、期待発見率を操作する。このような操作を繰り返した結果、期待発見率を約0.004として生成したモデル $M2(t)$ において、現時点での残存エラー数が約50個、信頼度が62%となった。この結果、最終的に最適リリース日 $RL2$ を求めると、現時点からあと250日という値が得られた。

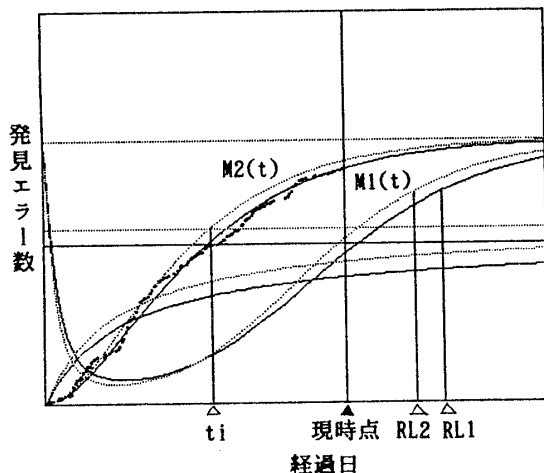


図2 遅延S字形NHPPモデルによるCコンパイラの最適化事例

以上の結果から、検査がほぼ中間にさしかかっている時（モデルに着目した場合は、ほぼ安定化状態に入っている [4]）、出荷時期の最適化は、検査要因の強化で、信頼度を満たした出荷時期を、予測することが出来ることがわかった。

このような最適化は、すべてのソフトウェアについてうまくいく保証は得られていないが、成功する確率の高い方法は、当然のことではあるが検査の早い時点で行なうことである。

例えば、 t_i 時点の $M2(t)$ とエラーデータの差、つまり検査努力が検査能力の限界を越える場合や、 t_i 時点がリリース直前の状態の場合、その時点ではほとんどエラーが出尽くしており、下手に検査方法を見直すと、ますます出荷時期を遅らせてしまうといったことがその理由である。

また、別の事例では、残存エラー数を減らす施策においても、同様な効果が得られた。

先の例は、ソフトウェア開発工程の、検査段階における最適化の事例を示したものであるが、このほかに新規システムについても、最適化を適用することは有益である。例えば、モデル化により過去の類似ソフトウェアの開発結果から得られたデータをもとにして、パラメータを設定する場合や、未知パラメータに解が存在しない場合など、有効であることがわかっている。

4 おわりに

本稿では、SOREMの最適化法と出荷判定について議論した。

今後の課題として、さらに、多くのデータによる精査と種々のソフトウェアへの適用を通して、モデルのパラメータの意味を定義し、品質機能展開への導入を図る。さらに、信頼度に波及する環境要素に関する研究の継続が今後とも必要である。

謝辞

NHPPモデルに関する基礎理論と実際に際して、直接ご指導いただいた広島大学工学部教授尾崎俊治博士と同学部助教授山田茂博士に心から感謝いたします。

参考文献

- [1] 山田：“ソフトウェアの信頼性評価法”、ソフト・リサーチ・センター、(1985)。
- [2] 上村、青木、藤野：“ソフトウェア信頼性技術(1) - 信頼度評価メトリックス -”、情報処理学会第35回全国大会論文集(II)、(1987)。
- [3] 山田、尾崎：“ソフトウェアエラー発見過程に関する信頼性モデル”、情報処理学会論文誌 Vol.24, No.3、(1983)。
- [4] 樋口、阿部、上村、寺本：“ソフトウェア信頼性技術(2) - 遅延S字形NHPPモデルの安定化 -”、情報処理学会第37回全国大会論文集、(1988)。