

不確実性を含む信頼性成長モデル

本田 澄^{†1} 鷺崎 弘宜^{†1} 深澤 良彰^{†1}

欠陥の発見におけるソフトウェア信頼性モデルについて、確率過程を用いた一般化されたモデルを提案する。開発での様々な不確実要素と開発の時間変化をモデルに組み込み、定量的に開発工程を扱えるようにする。これにより、開発の時間変化や不確実要素を考慮した開発の予測が行える。特に多くの既存モデルでは扱えない、時間変化に関して複数のタイプと、実際の開発で考えられる不確実な要素を考慮したシミュレーションを行う。

Software Reliability Growth Model with Uncertainties

KIYOSHI HONDA,^{†1} HIRONORI WASHIZAKI^{†1}
and YOSHIKI FUKAZAWA^{†1}

Development environment changes have led to difficulties in controlling the development activities and predicting an end of a developing project. In order to assess recent software developing projects, we propose a generalized software reliability model based on a stochastic process, and simulate developments that include uncertainties and dynamics. Using the values of uncertainties and dynamics obtained from our model, we can evaluate developing projects in a quantitative manner.

1. はじめに

ソフトウェア開発において開発の見積もりや工数の予測については、経験や勘といった属人的要素をもって判断材料とすることがほとんどである。そこでは、開発の終了をどのようにして決定していいかどうか、明確な基準がない。従来の研究において、こうした課題に対していくつかの提案がなされてきた。一つは、開発を始めるにあたってどれだけの規模のソフトウェアになるか見積もることである。過去の開発実績に基づき新たに開発するソフトウェアに対して、工数やLOCを見積もる、デルファイ法やCOCOMOなどが挙げられる¹⁾。また、開発する規模に応じてどれだけのテストを実施し、どれだけの欠陥を発見すれば開発を終了とみなせるかどうか、総欠陥数がどれだけあるのかを予測することである。この、欠陥の予測について様々な手法が提案されており、特に欠陥の発見をソフトウェアの信頼性成長過程とみなすソフトウェア信頼性成長モデルが有名である²⁾。このソフトウェア信頼性成長モデルにおいても様々な解析手法が提案されている。一つとして、実際の開発から得られた発見された欠陥数と時間の関係を統計的に解析するモデルと

して、ゴンペルツ曲線モデルやロジスティック曲線モデルがあげられるこの方法では実際のデータに対して近似を行うものであり、欠陥の発見に原因を考慮したものではない。

2. 信頼性モデル

我々は一つのモデルで、様々な開発の環境について適用可能な一般化されたモデルを提案する。まず、我々が仮定することを次にあげる。(I) 単位時間当たりに発見できる欠陥の数は、残存欠陥数と発見できた欠陥数の積に比例する。(II) テストに割ける時間は一定ではなく、時間変化を持つ。(III) 単位時間当たりに発見できる欠陥の数は、不確実な要素を持つ。仮定 (I) については、欠陥が発見されないテスト初期の段階と、残る欠陥が少ないテスト終了の段階では、単位時間当たりに発見できる欠陥は少ないことを考慮している。この仮定から、一般的なロジスティック方程式を出発点とする。具体的には許容力として、発見された欠陥数が全欠陥数に近づくにつれて残存欠陥数が少なくなることを考慮する項を用いた以下の微分方程式とする。

$$dN(t)/dt = (a + \beta N(t))N(t) \quad (1)$$

a は単位時間あたりに発見できる欠陥の数を示す。 β は許容力を示しており、全欠陥数に近づくにつれて発見できる欠陥の量が減少するように働く。つまり $\beta N(t)$

^{†1} 早稲田大学
Waseda University

表 1 時間変化 $\alpha(t)$ と不確実要素 $dw(t)$ による組み合わせ

	$\gamma(t) = N(t)\sigma dw(t)$	$\gamma(t) = \sigma dw(t)$	$\gamma(t) = 1/N(t)\sigma dw(t)$
$\alpha_1(t) = a_1(\text{const.})$	単位時間当たりに発見できる欠陥数が一定であり、発見された欠陥の累積数が増えれば不確実な影響が大きくなる。(Model 1-1)	単位時間当たりに発見できる欠陥数が一定であり、不確実な影響が常に一定。(Model 1-2)	単位時間当たりに発見できる欠陥数が一定であり、発見された欠陥の累積数が増えれば不確実な影響が小さくなる。(e.g. 開発チームが成熟する)(Model 1-3)
$\alpha_2(t) = a_2(t < t_1)$ $\alpha_2(t) = a_3(t \geq t_1)$	単位時間当たりに発見できる欠陥数が t_1 で変化し、発見された欠陥の累積数が増えれば不確実な影響が大きくなる。(e.g. 新しいメンバーが t_1 で加わる)(Model 2-1)	単位時間当たりに発見できる欠陥数が t_1 で変化し、不確実な影響が常に一定。(Model 2-2)	単位時間当たりに発見できる欠陥数が t_1 で変化し、発見された欠陥の累積数が増えれば不確実な影響が小さくなる。(Model 2-3)
$\alpha_3(t) \propto t$	単位時間当たりに発見できる欠陥数と、不確実性の影響が発見された欠陥の累積数が増えれば大きくなる。(e.g. 時間とともに開発メンバーが増える)(Model 3-1)	単位時間当たりに発見できる欠陥数が時間とともに増加し、不確実な影響が常に一定。(Model 3-2)	単位時間当たりに発見できる欠陥数が時間とともに増加し、発見された欠陥の累積数が増えれば不確実な影響が小さくなる。(Model 3-3)

は $N(t)$ が大きくなるにつれて、増加量を減少させるように働く。ここで、仮定より a に対して以下の時間依存と不確実性を含む式を導入する。

$$a = \alpha(t) + \sigma dw(t) \quad (2)$$

$\alpha(t)$ は時間に依存した項である。 σ は不確実性に起因するばらつきであり、 $\sigma dw(t)$ は確率分布である正規分布(ガウシアンホワイトノイズ)である。この式を確率微分方程式に変換した式(1)に代入し、整理すると以下の式となる³⁾。

$$dN(t) = (\alpha(t) + \frac{\sigma^2}{2} + \sigma dw(t))N(t)dt + \beta N^2(t)dt \quad (3)$$

この式に対して、 $\alpha(t)$ と $dw(t)$ に関するランダム項を、表 1 に示すようにそれぞれ 3 タイプに分けて対応する開発の環境を示す。

3. 結果と考察

前章で示した式(3)を用いて、表 1 に示す Model 1-1, Model 2-1, Model 3-1 についてのシミュレーション結果を図 1 に示す。これらの Model では発見された欠陥数が大きいほど、不確実な要素による影響が大きくなるため、不連続な値となっていることがわかる。Model 1-1 については発見できる欠陥の数は一定であり、ロジスティック曲線へのフィッティングがよいことがわかる。Model 2-1 については発見できる欠陥数が t_1 で変化するため、 t_1 で急激に増加していることが見て取れる。Model 3-1 については発見できる欠陥数が時間とともに増加するため、非線形項の影響が大きくなり、発見された欠陥の累積数が小さくなったと考えられる。

これらの結果は時間依存と不確実性を含まない他の信頼性モデルを用いては得ることは簡単ではない。つ

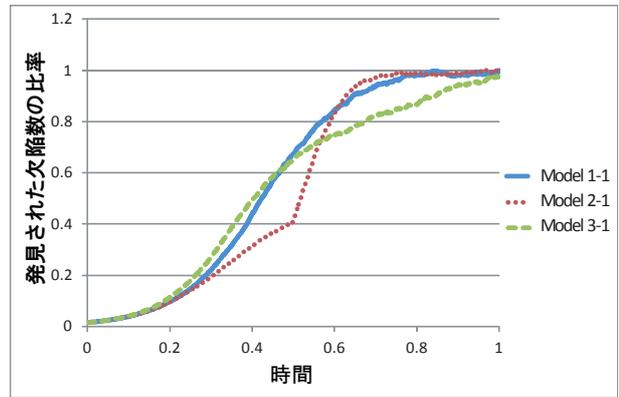


図 1 Model 1-1, Model 2-1, Model 3-1 のグラフ
縦軸に発見された欠陥数を総欠陥数で割った比率を示し、横軸に時間を示す。単位として $t_{max} = 1$ 、値として $t_1 = 0.5$ をもちいた。

まり、我々のモデルでは時間変化と不確実性を含むシミュレーションが行えるため、実際の開発に即したシミュレーションが行えることが期待できる。また、実際の開発から α や γ を計算し、開発計画について最適な計画を算出できることが期待できる。また、ドメインによるタイプの傾向も今後行う予定である。

参考文献

- 1) ライルド, M, リンダ・ブレナン, M, キャロル, 野中誠・鷲崎弘直 訳: 演習で学ぶソフトウェアメトリクス基礎【ソフトウェアの測定と見積りの正しい作法】, 日経 BP 社 (2009)
- 2) 山田 茂: ソフトウェア信頼性の基礎 - モデリングアプローチ, 共立出版株式会社 (2011)
- 3) Kiyoshi, H., et al. : A Generalized Software Reliability Model Considering Uncertainty and Dynamics in Development. PROFES 2013(2013)