

第 32 章 開発中のソフトウェアの残存欠陥数の推定

残存欠陥の定義

この章では、開発中のソフトウェア全体での残存欠陥数の推定方法について議論したい。

テストが終了し、ソフトウェアの本番稼働を開始するに当たって、まだソフトウェアの中に残存している欠陥（バグ）、つまりそのソフトウェアの開発期間中にレビューやテストで取り切れなかった欠陥を、「残存欠陥」と呼ぶ。これらの欠陥は不幸なことに、本番稼働中にヒョッコと顔をのぞかせることがある。

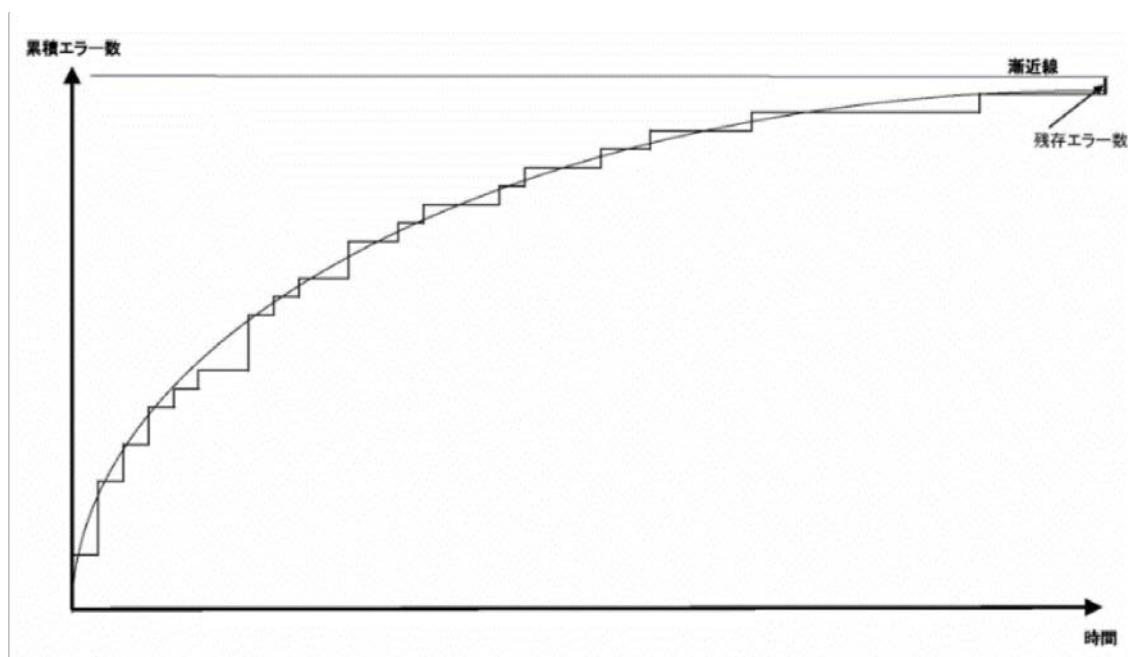
建前をいえば、これはゼロであるべきである。しかしこれをゼロにすることは至難であり、「シックス・シグマ」を標榜する超高信頼性ソフトウェアでも、プログラムのソース・プログラム百万ステートメントの中に、まだ数個の欠陥が残存しているのが現実の姿である。

このような視点から、残存欠陥数はソフトウェアの品質（信頼性）の領域で非常に重要な指標となっている。ここで、この推定方法の 1 つを紹介したい¹。

残存欠陥数推定の準備

システムテストのように、今開発しているソフトウェア全体を対象にしている様々な角度からのテストを遂行する時が、この残存欠陥数を推定するための良い機会となる。

このテストに当たって、テスト開始から発見した欠陥の累計を、発見した日付を X 軸上にとって、順次記録してゆく。この例を、図表 32-1 に示す。



図表 32-1 残存欠陥数の推定方法

テスト開始当初は、比較的容易に欠陥を発見することができる。しかしテストが進むにしたがって、発見が易しい欠陥は取り尽くされ、発見が難しい欠陥が残ってくる。別の言葉で表現

¹ 残存欠陥数の別の推定方法については、第 18 章で述べた。

すると、テスト開始からまだ間がない頃は 1 日に多くの欠陥を発見することができる。しかしそのうちに、1 日に発見できる欠陥数は徐々に減少してゆく。その結果として、これを記録したものは図表 32-1 に示すように、右の方に行くほど勾配の緩やかな階段状の図形となる

このグラフが、残存欠陥数を推定するための基本の図形となる。

曲線の当てはめ

この階段状の図形に、ロジスティック曲線、又はゴンペルツ曲線を当てはめる。当てはめる曲線は、どちらでも良い。

この 2 つの曲線は、X 軸の数値が増えるとその値が単調に増加し、X 軸の数値が無限大になると X 軸と平行になるという性格を持っている。図表 32-1 上に記した曲線が、ロジスティック曲線、又はゴンペルツ曲線を示している。

ここで、当てはめた曲線の式に、x の値を無限大にして数値を得る。この数値が、発見したのものも含めた全体の欠陥の数の推定値となる。したがって、ここからすでに発見した欠陥の数を引くことで、まだ発見されずに残っていると思われる欠陥の数、つまり残存欠陥数の推定値を得ることができる[YAM07]。

推定に当たっての留意事項

この推定作業そのものは、比較的簡単である。これを行うためのソフトウェアは日本 IBM あたりのシステム・ベンダーが保有しており、そこから借りてくることができるだろう。またインターネットから、Excel を使って推定するためのマクロを入手することもできる。

しかしこの推定を行うに当たって、いくつかの留意事項がある。

まず推定は、ソフトウェア全体からのバグの発見が落ち着いてから行うことが重要である。まだバグがどんどん発見されている時点、つまり階段状の図形が十分に寝ていない時点の推定は誤差が大きく、注意が必要である。

テストは、対象のソフトウェア全体に対して行われなければならない。一部だけを対象にしたテストでは、バグの推定もその範囲のものだけに限定されている。

最後にどちらの曲線が妥当かということだが、これについては答えがない。ここでは、何度か当てを行ってみて、良い結果が出た曲線を使用する方法を提案したい。またここで得たデータを蓄積して、単位開発量あたりのバグ件数等についての標準値を持っておくということも重要である。

ロジスティック曲線

座標の中で S 字型の曲線を描くものを、シグモイド曲線と呼ぶ。

シグモイド曲線はジャンルによって使用上の目的が違うので、例えば成長曲線、需要曲線、微生物増殖曲線、死亡率曲線、サイフサイクル曲線などと、いろいろの名前で呼ばれている。

同じ S 字でも適用する関数式がいくつかあるが、次の 3 種がよく使われている[ISH05]。

- 累積正規分布曲線
- ロジスティック曲線
- ゴンペルツ曲線

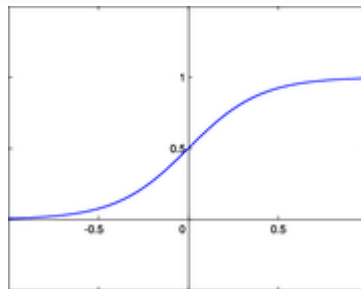
ロジスティック式は、1838年にベルギーの数学者ピエール・ベルハルスト (Pierre Verhulst) が人口増加を説明するモデルとして、この式を考案した。彼は兵站学(ロジスティクス)の教官であったため、この式をロジスティックと命名したといわれている[WIK08b]。

通常、親が作る子孫の数は、ほぼ一定であるから、増加率を r とすれば、個体数 N の個体群における時間に対する（絶対）増加率は

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

で表される。しかしこれは指数曲線になって、あっという間に人口爆発を引き起こすことになる。現実の生物は、ある特定の環境下で生活しており、そこに生活できる個体数には上限があると見るのが自然である。つまり、個体数が多くなると、その増加にブレーキがかかるものと考えられる。そこで、そのような、現実の個体数変化を説明するためには、次のような性質の式が必要になる。

- 個体数 $N=0$ では、増加率が 0 になる。
- 個体数が増加するにつれ、増加率は減少する。
- 環境の収容可能個体数に限度があるから、その数を K とすれば、 $N=K$ のとき増加率は 0 になる。



図表 32-2 ロジスティック曲線

上記の考え方を織り込んだロジスティック式は、次の式である。

$$\frac{dN}{dt} = r(K - N)N$$

ここで、 K は環境収容力、つまり、その環境における個体数の定員である。 r は（相対）内的増加率で、その生物が実現する可能性のある、最大の増加率である。実際の増加率は N が K に近づくにつれて減少し、 $N=K$ ならば増加率は 0 である。

これをグラフに表すと、図表 32-2 のようになる。残存欠陥数の推定では、このグラフの右半分の部分を使用することになり、環境許容力を表す数値（ K ）が今求めようとする全体の欠陥数ということになる[WIK08b]。

ゴンペルツ曲線

ゴンペルツ曲線も、前述のシグモイド曲線の 1 つである。

この曲線は、次の式で表される[FUN08]。

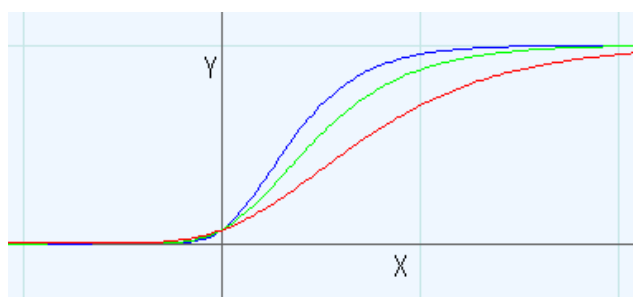
$$Y=c*\exp\{-\exp(a-b*X)\}$$

またパラメータの一部を変更したこの曲線のグラフは、図表付 5-3 のようになる。

この式はイギリスの数学者ベンジャミン・ゴンペルツ (Benjamin Gompertz) が 1825 年に提唱したもので、元の数式は次の形をしている[WIK08a]。

$$N'(t) = rN(t) \log \left(\frac{K}{N(t)} \right)$$

つまりこの曲線の変化率 ($N'(t)$) は、その個体の数 ($N(t)$) が小さいときは小さく、同時にある数 (この数式では K で表されている) に近づくとやはり小さくなるという性格をもっている。この部分をロジスティック式は $(K-N)$ で表し、ゴンペルツ式はここに対数を使って $(\log(k/n(t)))$ で表しているという違いがある。



図表 32-3 ゴンペルツ曲線

キーワード

残存欠陥数、シックス・シグマ、ロジスティック曲線、ゴンペルツ曲線

人名

ピエール・ベルハルスト (Pierre Verhulst) 、ベンジャミン・ゴンペルツ (Benjamin Gompertz)

参考文献とリンク先

[FUN08] 船津好明著、「グラフィックスの目次 (方程式とグラフ) ゴンペルツ曲線」

この資料は、以下の URL からダウンロードできる (確認日: 2017 年 (平成 29 年) 1 月 26 日)。

<http://www.wvq.jp/advanced6/gompertz1.htm>

[ISH05] 石田秀人著、「タコでもわかる主成分分析 第 6 章 シグモイド曲線を求めよう」

この資料は、以下の URL からダウンロードできる (確認日: 2017 年 (平成 29 年) 1 月 26 日)。

<http://home.a02.itscom.net/coffee/tako06.html>

[WIK08a] "Benjamin Gompertz", Wikipedia より

この資料は、以下の URL からダウンロードできる (確認日: 2017 年 (平成 29 年) 1 月 26 日)。

http://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Gompertz

[WIK08b] 「ロジスティック式」、ウィキペディアより

この資料は、以下の URL からダウンロードできる (確認日: 2017 年 (平成 29 年) 1 月 26 日)。

日)。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AD%E3%82%B8%E3%82%B9%E3%83%86%E3%82%A3%E3%83%83%E3%82%AF%E5%BC%8F>

[YAM07] 山田茂、福島利彦著、「品質指向ソフトウェアマネジメント 高品質ソフトウェア開発のためのプロジェクトマネジメント」、森北出版、2007年.

(2008年(平成20年)4月29日作成)

