1998年度日本オペレーションズ・リサーチ学会
春季研究発表会

単体テストと結合テストでのテスト労力の配分

01007584　大阪工業大学　一森 哲男　ICHIMORI Tetsuo

1　はじめに

プログラム開発費の大部分はソフトウェアのテストに費やされている．そのためテスト労力を効率良く使うことは大切である．ソフトウェアのテスト過程では，単体テスト，結合テスト，総合テストが連続して行われる．テスト過程では各テストをどのように実行すれば効率良くフォールトを発見することができるかを議論してきた．しかし，その議論のあとには必ずどれだけのテスト労力を投入するのが適当かという議論が伴った．実際，それはソフトウェアの信頼度の達成具合から投入テスト労力量が定められてきた．しかしながら，その量の決定はそれぞれのテストに対して独立に行われてきた．

この研究では，単体テストと結合テストの２つを同時に考慮にいれて，与えられたテスト労力をどのように配分するのが最適であるかを議論する．単体テストでは m 個のモジュールが存在し，モジュール j に対し，テスト開始前に p_j 個のフォールトが期待値的に存在すると仮定する．さらに，単位テスト労力当たりのフォールトの発見率を a_j とする．一方，結合テストでは m 個のモジュールのインターフェイス部分全体に q_0 個のフォールトが含まれると仮定する．単体テスト同様，単位テスト労力当たりのフォールトの発見率を a_0 とする．

単体テストではモジュール j に対し，x_j 単位のテスト労力が投入されるとし，結合テストではソフトウェア全体に (m 個のモジュールからなる) x_0 単位の結合テスト労力が投入されるとする．単体テストと結合テストの両方に割り当てられたテスト労力量の上限を Q とすると，我々の問題は以下のように定式化できる．

$$(P) \qquad \min \left\{ \sum_{j=1}^{m} \left(p_j e^{-a_j x_j} \right) + p_0 \right\} e^{-a_0 x_0}$$

$$s.t. \qquad \sum_{j=0}^{m} x_j \leq Q$$

$$x_j \geq 0 \qquad (j = 0, \ldots, m)$$

ここで定数 $p_j > 0, \quad a_j > 0 \quad (j = 0, \ldots, m)$ とする．また，$0 < Q < \infty$ とする．

問題 (P) は閉凸集合上の凸関数の最小化問題であるので，この問題は必ず最適解を持つ．この問題 (P) は非線形計画問題であるので，非線形計画法の適当なアルゴリズムを用いれば解けるが，ここでは組合せ最適化の手法を利用してより効率的に解く方法を考える．

2　解法

新しい変数 $z \geq 0$ を導入して $\sum_{j=1}^{m} x_j \leq z$ と置き，つぎの問題 (SP) を考える．

$$(SP) \qquad f(z) = \min_{x_1,\dots,x_m} \sum_{j=1}^{m} p_j e^{-a_j x_j}$$

$$s.t. \qquad \sum_{j=1}^{m} x_j \leq z$$

$$x_j \geq 0, \quad (j = 1, \dots, m)$$

この問題は容易に解くことが可能で，関数 $f(z)$ も陽に (explicitly) 表現できる．関数 $f(z)$ は狭義減少で狭義凸の滑らかな関数である．問題 (P) に含まれる添え字 0 を略すると，この問題はつぎのように書くことが出来る．

$$(P') \qquad \min\,(f(z) + p)\,e^{-ax}$$

$$s.t. \qquad z + x \leq Q$$

$$z \geq 0,\ x \geq 0.$$

ここで，目的関数 $(f(z)+p)e^{-ax}$ は凸関数であることが言えるので，クーン-タッカー条件を満足する変数の値が問題 (P') の最適解であることがわかる．

最適性の条件　　問題 (P') の実行可能解 (z, x) が最適解となるための条件はつぎの関係を満足する $\lambda \geq 0$ が存在することである．

i)　$z > 0$　ならば $\lambda = -f'(z)e^{-ax}$,

ii)　$z = 0$　ならば $\lambda \geq -f'(0)e^{-ax}$,

iii)　$x > 0$　ならば $\lambda = a(f(z)+p)e^{-ax}$,

iv)　$x = 0$　ならば $\lambda \geq a(f(z)+p)$.

このことを利用して効率的な解法を考える．