システマビリティを導入したサービス信頼性評価法に関する研究

経営システム研究室　佐藤　覚彦

1. はじめに

本研究では,「運用環境の不確定性・変動性を考慮した信頼度特性」と定義されるシステマビリティの考え方を導入した，サービス運用期間におけるサービスシステムの信頼性評価法について議論する．具体的には，サービス運用環境の差異を考慮するための環境係数の分布特性がガンマ分布に従うものとし，本手法の有効性について考察する．

2. モデルの記述

サービスシステムが内包する独立な N 個のサービス不具合が順次発生し，取り除かれ，サービス信頼性は向上するものとする．各不具合の発生時間は独立で, 指数分布 $(1-e^{-\lambda t})$ に従う．また，時刻 t で k 個 $(k=0,1,2,\ldots,N)$ の不具合が発生した時点のサービス信頼度を $e^{-(N-k)\mu t}$ と定義する．このとき，t_1 を試験期間，t を試験期間終了後から計測される運用期間とすると，サービス信頼度は,

$$R(t,t_1)=\left\{1-e^{-\lambda(t+t_1)}+e^{-(\lambda+\mu)(t+t_1)}\right\}^N, \quad (1)$$

と与えられる．

3. 環境係数の導入

試験期間とサービスの運用期間におけるサービス不具合発生特性の差異を記述するために，環境係数を導入する．すなわち，運用期間における λ^O および μ^O と試験期間における λ および μ の関係は，環境係数 η_λ および η_μ を用いて，以下の関係で記述できるものとする．

$$\lambda^O=\eta_\lambda\cdot\lambda \qquad (\eta_\lambda>0), \quad (2)$$

$$\mu^O=\eta_\mu\cdot\mu \qquad (\eta_\mu>0). \quad (3)$$

ここで，η_λ,η_μ ともに，1 より小さい (大きい) ときはサービス運用期間 (試験期間) の方が実行環境が厳しく，サービス不具合が発生しやすい状況を反映しており，$\eta_\lambda=1(\eta_\mu=1)$ のときは，サービスの運用期間と試験期間の実行環境が同等である状況を反映している．

4. システマビリティの考慮

運用環境の不確定性・変動性を考慮するために，環境係数を確率変数として捉える．これにより，試験期間で得られた信頼性評価結果を，サービスの運用期間における信頼性評価結果に反映することができる．このとき，

$$\mathrm{E}\left[e^{-\eta_\lambda\lambda t}\right]=\int_{\eta_\lambda}e^{-\eta_\lambda\lambda t}\mathrm{d}G(\eta_\lambda), \quad (4)$$

$$\mathrm{E}\left[e^{-\eta_\mu\mu t}\right]=\int_{\eta_\mu}e^{-\eta_\mu\mu t}\mathrm{d}G(\eta_\mu), \quad (5)$$

である．ここで，$G(x)$ は環境係数の分布関数を表す．例えば，環境係数 η_λ および η_μ の分布の様子がそれぞれ以下の確率密度関数

$$g_{\eta_\lambda}(x)=\frac{\beta_\lambda^{\alpha_\lambda}x^{\alpha_\lambda-1}e^{-\beta_\lambda x}}{\Gamma(\alpha_\lambda)}$$

$$(x>0,\alpha_\lambda>0,\beta_\lambda>0), \quad (6)$$

$$g_{\eta_\mu}(x)=\frac{\beta_\mu^{\alpha_\mu}x^{\alpha_\mu-1}e^{-\beta_\mu x}}{\Gamma(\alpha_\mu)}$$

$$(x>0,\alpha_\mu>0,\beta_\mu>0), \quad (7)$$

をもつガンマ分布に従う場合，システマビリティを考慮したサービス信頼度は,

$$R_s(t,t_1)=\left\{1-e^{-\lambda t_1}\cdot\left[\frac{\beta_\lambda}{\beta_\lambda+\lambda t}\right]^{\alpha_\lambda}\right.$$

$$\left.+e^{-(\lambda+\mu)t_1}\cdot\left[\frac{\beta_\lambda}{\beta_\lambda+\lambda t}\right]^{\alpha_\lambda}\cdot\left[\frac{\beta_\mu}{\beta_\mu+\mu t}\right]^{\alpha_\mu}\right\}^N, \quad (8)$$

で与えられる．ただし，$\alpha_\lambda,\alpha_\mu>0$ および $\beta_\lambda,\beta_\mu>0$ は，それぞれ形状パラメータおよび尺度パラメータ，$\Gamma(\alpha_\lambda)\equiv\int_0^\infty x^{\alpha_\lambda-1}e^{-x}\mathrm{d}x$ はガンマ関数を表す．

5. 数値例と考察

図 1 に，$\alpha_\lambda=k_\lambda\alpha_{\lambda0}$ および $\beta_\lambda=k_\lambda\beta_{\lambda0}(k_\lambda>0)$ とおくときの k_λ と式 (8) の $R_s(t,t_1)$ の関係を示す．この図より，k_λ の値が大きいほど，すなわち η_λ に関する確信度合が大きいほど，楽観的な評価結果を与えている．

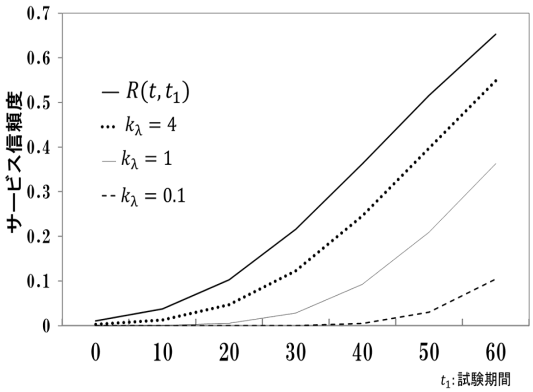

図 1: $R_s(t,t_1)$ と k_λ の関係 $(\lambda=0.1,\mu=0.01,\alpha_\lambda=\beta_\lambda=4,\alpha_\mu=\beta_\mu=4,t=40,N=100)$