ユーザの間欠使用および環境係数を考慮したシステムのサービス指向型可用性解析に関する研究

経営システム研究室　頼本 広大

1. はじめに

あるシステムの稼働状態について，実際の利用者の立場から見ると，システムを使用しているときにシステム故障が発生するか，あるいはシステムの修復中に使用要求が起こった時点で，システム故障の発生が認知される．本研究では，上述の状況を考慮したサービス可用性評価尺度の導出を試みる．また，試験環境と運用環境におけるシステム故障特性の差異を考慮するための環境係数を導入する．

2. モデルの記述

ユーザの使用要求が発生するまでの時間間隔 X，ユーザの使用の保持時間 Y，システムの動作時間 Z，およびシステムの不動作時間 T は，それぞれパラメータ θ，η，λ，および μ の指数分布に従うものとする．

時刻 t におけるシステムの状態を表す確率過程 $\{X(t), t \geq 0\}$ を導入し，その状態空間 (W, U, R) を以下のように定義する．

W : システムは稼働中で，ユーザは使用していない．

U : システムは稼働中で，ユーザは使用している．

R : システムは修復中で，ユーザは使用できない．

また，運用段階におけるシステムの動作時間 Z^o および不動作時間 T^o と，試験段階におけるそれら Z および T は，それぞれ

$$Z^o = \alpha Z(\alpha > 0), \quad T^o = \beta T(\beta > 0), \tag{1}$$

の関係が成立するものとする．ここで α，β を環境係数と呼び，$0 < \alpha < 1$（$\alpha > 1$）の場合，運用（試験）段階の方がシステム故障発生時間間隔が短く，$0 < \beta < 1$（$\beta > 1$）の場合，運用（試験）段階の方が修復作業時間が短くなる傾向がある場合を反映している．

3. 状態占有確率

システムが時刻 $t = 0$ で状態 W にいる条件の下で，時刻 t で状態 W，U，R にいる状態占有確率は，それぞれ

$$P_W(t) = \frac{\mu'(\eta + \lambda')}{(\lambda' + \mu')(\theta + \eta + \lambda')} + \frac{e^{-(\lambda'+\mu')t}\lambda'(\eta - \mu')}{(\lambda' + \mu')(\theta + \eta - \mu')} + \frac{e^{-(\theta+\eta+\lambda')t}\theta(\theta + \eta + \lambda' - \mu')}{(\theta + \eta + \lambda')(\theta + \eta - \mu')}, \tag{2}$$

$$P_U(t) = \theta\left[\frac{\mu'}{(\lambda' + \mu')(\theta + \eta + \lambda')} + \frac{e^{-(\lambda'+\mu')t}\lambda'}{(\lambda' + \mu')(\theta + \eta - \mu')} - \frac{e^{-(\theta+\eta+\lambda')t}(\theta + \eta + \lambda' - \mu')}{(\theta + \eta + \lambda')(\theta + \eta - \mu')}\right], \tag{3}$$

$$P_R(t) = \frac{\lambda'}{\lambda' + \mu'}\left[1 - e^{-(\lambda'+\mu')t}\right], \tag{4}$$

と得られる．ただし，$\lambda' = \dfrac{\lambda}{\alpha}$，$\mu' = \dfrac{\mu}{\beta}$ である．

4. サービス可用性評価尺度

任意の時刻 t から計測したシステム故障発生時間を表す確率変数を Z_t とする．ここで，時刻 t でユーザがシステムを使用しており，かつその後システム故障が発生しユーザの使用が中断される確率を，故障発生による失望確率と呼び，これは，

$$H_{fo}(t) \equiv \Pr\{Z_t < Y, X(t) \in U\} = \frac{\lambda' P_U(t)}{\eta + \lambda'}, \tag{5}$$

と与えられる．

任意の時刻 t から計測したシステムの修復作業時間を表す確率変数を T_t とする．ここで，時刻 t でシステムの修復作業を行っており，かつその修復作業により，システムがユーザの使用要求に応えられない確率を，使用要求拒絶による失望確率と呼び，これは，

$$H_{dr}(t) \equiv \Pr\{X < T_t, X(t) \in R\} = \frac{\theta P_R(t)}{\theta + \mu'}, \tag{6}$$

と与えられる．

5. 数値例

$\alpha = m\alpha_0$，$\beta = m\beta_0$，$\alpha_0 = \beta_0 = 0.5$ とおくときの m と $H_{fo}(t)$ の関係を図 1 に示す．この図が示すように，m の値が小さくなる（運用段階の方が動作時間および不動作時間が共に短い傾向にある）ほど，ユーザの使用が中断される確率が高くなる．

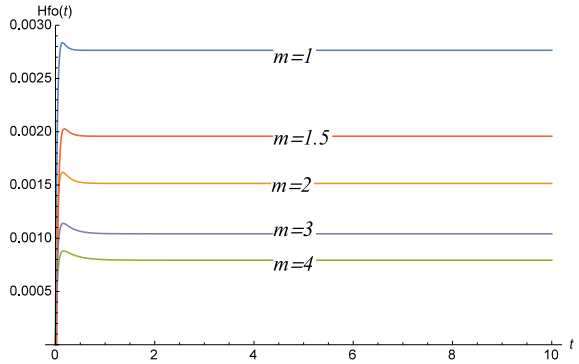

図 1: m と $H_{fo}(t)$ の関係（$\theta = 1, \eta = 24, \lambda = 1.2, \mu = 6$）