

信頼性対策の効果を評価するための新たな尺度と解析法の提案

01108870 NTT *唐澤秀一 KARASAWA Shuichi
NTT 能條 哲 NOJO Satoshi

1. はじめに

信頼性解析において、複雑な挙動をするシステムの理論的解析は一般に困難である。例えば、システムの挙動を微分方程式で記述できても、方程式は積分できないことも多い。また、信頼性で対象とする現象は、非常に稀にしか起こらないため、モンテカルロシミュレーションに馴染みにくい。そのため、信頼性解析を行なう場合、理論的な扱いやすさのために、例えば

- ・修理時間分布に指数分布を仮定する、
- ・故障率や不稼働率などの平均値的な尺度だけを評価する、

といった単純化が行なわれてきた。こうした事情から、現実的な信頼性のマネジメントを行なうために必要な、信頼性対策の効果を適切に表現する尺度、あるいは、現実の保守条件等をどのようにモデル化して解析するかということは、あまり考察されていない。

そこで、ここでは信頼性対策の効果を表現する新たな尺度を提案すると共に、解析やシミュレーションの困難を回避し現実的な評価を行なうために、Computational Graphic Modeling^{[1][2]} という計算方法を提案する。本手法を用いることで、解析し易さのために現実的でない単純化を行なうことなく、システムの挙動をありのままにモデル化し計算することができる。そのため、従来のように解析方法の検討に執着せず、必要に応じて自由に尺度を定義したり、保守条件の違いをモデルにどのように取り入れるかといったことに興味を集中することが可能となる。

2. 尺度

実際に信頼性のマネジメントを行なう上では、マネジメントの対象となる期間 T ($T > 0$)、あるいは、マネジメントの対象となるシステムの数 m ($m = 1, 2, \dots$) は、信頼性対策をする／しないの判断に影響を与えるパラメータである。

しかし、従来の信頼性尺度は解析の容易さ等から単なる平均値が用いられることが多いため、これらのパラメータの影響を表現できない。また、従来の尺度は、信頼性対策の効果を陽に表現していないため、対策をする／しないの判断材料としては不十分である。このような、問題点を踏まえ、以下の様な新たな信頼性尺度を提案する。

尺度 (代打ヒット数分布)

m 個のシステムで、一定期間 T 内に現用機が故障したが予備機が働いてシステムダウンに至らなかった回数を $N(m, T)$ ($N=0, 1, 2, \dots$) とする。このとき $N(m, T)$ の確率分布 $\Pr(N(m, T) = k)$ ($k=0, 1, 2, \dots$) を尺度とし、以下代打ヒット数分布と呼ぶ。

3. Computational Graphic Modeling

ここで提案する手法は、システムの確率的な挙動を、和や積、時間遅れ、確率値を持つ状態等に対応する特定の機能を持ったグラフィックオブジェクトの組み合わせで表現し計算するものである。また、ここで行なう計算は、サンプル空間全体の時間発展を詳細に追跡するものであり、1サンプルパスを追跡する、モンテカルロシミュレーションではない。即ち、確率状態方程式が記述する系全体の時間発展を、そのまま計算機上で表現し計算するものであるともいえる。

具体的には、例えば図1に示す2並列システムの場合、各状態に、各時刻における代打ヒット数の確率をベクトルとして保持する。例えば、状態 j の中にはその i 番目の要素が、 $i-1$ 回代打ヒットした確率を表すベクトルを持たせ、予備機が働いてシステムダウンに至ることなく正常状態に戻った場合、即ち状態2から状態4に行くことなく状態1に戻った場合に、遷移確率をかけた後ベクトルの i 番目の要素を $i+1$ 番目にず

らす操作をおこなう。この操作を必要な時間まで各 Δt 毎に繰り返す。

実際の CGM における表現を図 2 に示す。

4. 数値例

故障率 $4 \times E-5$ のユニットを考える。ここでは予備機による冗長化は、同一ユニット二つからなる二並列システム (1 + 1 予備の冗長構成, 図 1) とする。ここで, $T = 8760[h]$ (1 年) とし, $m=1$ 個及び $m=128$ 個の場合の代打ヒット数分布の計算結果を示す。なお, それぞれの場合について修理時間には, 現実の測定結果を変形し構成した現実的な分布, 及び, それと同一の平均値を持つ指数分布, 2 次モーメントまで一致させた対数正規分布を仮定した結果について解析した。なお, 紙面の都合上, 対数正規分布の場合 (図 3, 図 4) だけを掲載するが, 他の場合については発表時に示す。また, 夜間保守をしないという保守条件の場合についても発表時に示す。

5. おわりに

CGM によって, 新たに提案した尺度を保守条件を含めて解析した。このように, 従来解析が困難であった複雑な尺度, 保守条件の解析が, CGM で可能になる。その結果, 信頼性解析においては, 修理時間に指数分布を仮定したり漸近的な尺度だけを扱うといった解析上の制限から解放できる。

参考文献

- [1] 唐澤, 能條, 渡辺, "太陽電池電源システムに対する信頼性解析の数値的方法", 信学技報 EMD95-67 ~ 81, pp75-80 (1996)
- [2] 唐澤, 能條, 渡辺, "太陽電池電源システムに対する信頼性解析の数値的方法 (その 2)", 信学技報 R95-1 ~ 5, pp1-6 (1996)

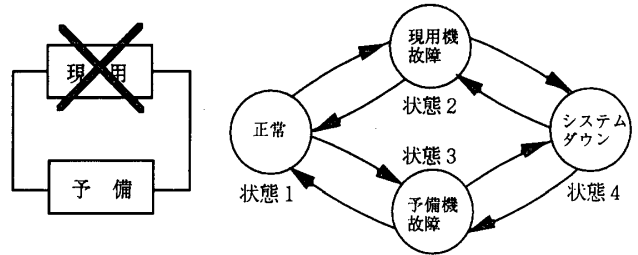


図 1. 2 並列システムとその状態遷移

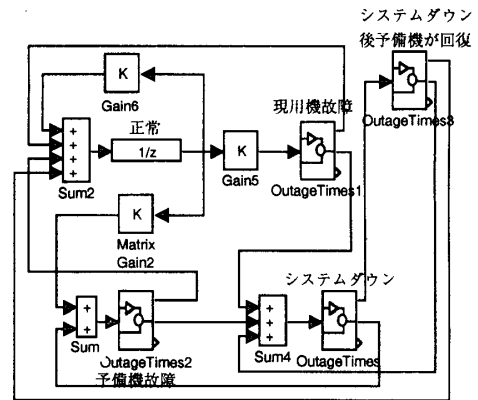


図 2. 2 並列システムの代打ヒット数分布を求めるダイアグラム

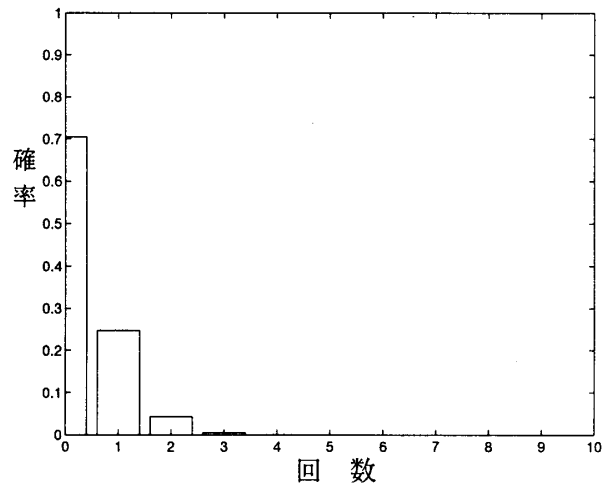


図 3. 1 システムの代打ヒット数分布

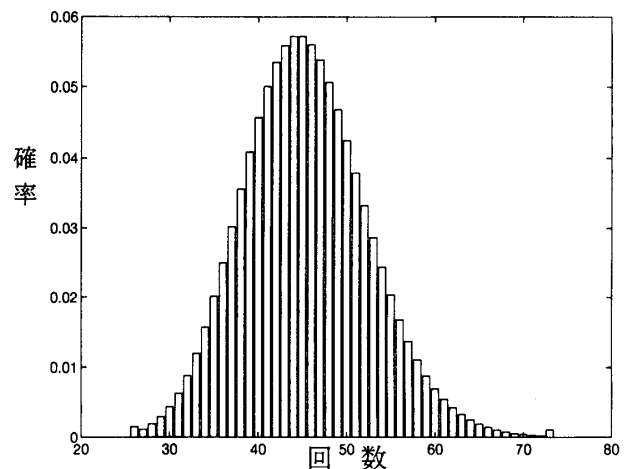


図 4. 128 システムの代打ヒット数分布