

# 分散協調システムの確率ペトリネットによる 確率的挙動解析\*

3P-9

勝間田 仁† 栗原 正仁† 大内 東† 菅澤 喜男‡

† 北海道大学工学部 ‡ 日本大学生産工学部

## 1 はじめに

近年、大規模、複雑化する計算機ネットワークシステムに対して、信頼性と耐故障性の向上が要求されている。この要求に従い、計算機ネットワークシステムのアーキテクチャは全体を一括管理する集中型から自らの規範に従って行動する部分が他の部分との協調によって自らの目的を達成する自律分散指向に基づいた自律分散システム [1] や知的制御システム [1] が提案されている。このようなシステムは、特定の待機系が存在しないので、故障した制御装置の担当していたタスクは、隣接する制御装置により分担され、装置間での協調動作によりバックアップされるので装置間の相互作用が重要となる。これまでの研究では、分散協調システムの協調動作のアルゴリズムや方式が多く提案されているが、それらがシステム性能に与える影響については十分な評価方法が確立されていない。

本稿では、システムの故障回復動作が隣接装置の協調動作によって行われる協調バックアップ方式を、確率ペトリネット (Stochastic Petri Net, 以後 SPN と記す) [2] によりモデル化し、分散協調システムの協調動作のあり方について検討する。

## 2 分散協調システム

### 2.1 分散協調システムの概念

従来の硬直的なシステムに対し、より柔軟かつ多様な運用が可能なシステムとして自律分散や知的分散システムなどが提案されている。本稿では、このようなシステムを分散協調システムとする。分散協調シス

テムは、構成要素が対象であり、あるサブシステムを管理する要素や、待機要素は存在しない。従って、システムが故障した場合、故障したシステムの要素の削除、追加などに際して全体を調整することなく部分的な範囲でのみ整合性をとればよい。

### 2.2 協調機構

分散協調システムは、中央集権の装置を持たないので、協調に必要な通信と相互作用は、個々の要素の自律的な判断で行われる。しかし、各装置が他の全装置と通信することは、制御装置数の増加とともに通信量と処理量が爆発的に増加し、制御システムのリアルタイム性に影響を与える。そこで、ある制御装置が故障した場合、その装置の機能群 (タスク) は、まず隣接装置にてバックアップされ、次の協調動作で負荷増加した隣接装置のタスクをさらに周辺隣接装置へと分散していく。この部分協調の繰り返しにより局所的な変化が全体に波及し、ついにはシステム全体が状況に適応した状態に到達する。

## 3 バックアップ方式の SPN モデル

### 3.1 SPN の概説

ペトリネット (Petri Net, 以後 PN と記す) は、非同期・同時進行性の表現に優れたモデルとして知られている。SPN は、PN の発火規則に確率変数を導入したものであり、システムの性能評価等に使われている。SPN は、次の 5 項組として与えられる。

$$SPN = (P, T, A, \mu, M_0) \quad (1)$$

ただし、P はプレースの集合、T はトランジションの集合、A はアークの集合、 $\mu$  はトランジションの発火率の集合、 $M_0$  は初期マーキングである。

\*Probabilistic Behavior of Distributed Cooperative System by Stochastic Petri Net

Masashi KATSUMATA, Masahito KURIHARA and Azuma OHUCHI  
Faculty of Engineering, Hokkaido University  
Yoshio SUGASAWA  
Faculty of Industrial Technology, Nihon University

### 3.2 バックアップ方式の SPN モデル

本稿では、三つの制御要素から構成される分散協調システムのバックアップ方式を SPN を利用してモデル化する。

図 1 に分散協調システムの故障回復動作を概念的に示す。図 1 において、制御要素 B が故障したとき、B が担当していたタスクは制御要素 A, C に実行が切り替わって継続処理される。各制御要素間のタスクの再構成は各制御要素のリマッピングスケジューラにより周期的なリマッピングポイント (Remapping Point, 以後 RP と記す) [3],[4] ごとに行われる。図 2 に分散協調システムの故障回復動作の SPN モデルを示す。

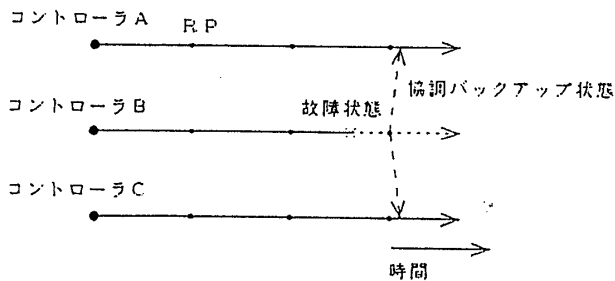


図 1 分散協調システムの故障回復動作の概念図

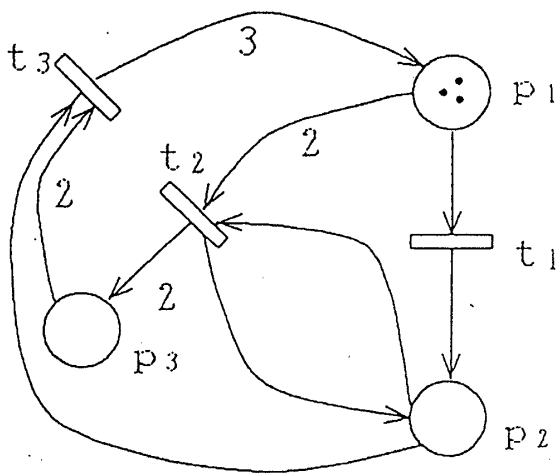


図 2 故障回復動作の SPN モデル

図 2 において、システム中の事象に対応するトランジション  $t_j$  ( $j=1,2,3$ ) および条件を表すプレース  $p_i$  ( $i=1,2,3$ ) の意味は次の通りである。

- $t_1$ : 制御要素が故障する
- $t_2$ : 協調バックアップを開始する
- $t_3$ : 協調バックアップを終了する
- $p_1$ : 制御要素が稼働している
- $p_2$ : 制御要素が故障中である
- $p_3$ : 制御要素が協調バックアップ中である

図 2 で示された SPN の到達可能グラフは連続時間マルコフ連鎖に対応することが可能である。従って、確率諸量を求め性能評価値を検討することが可能となる。

## 4 おわりに

本稿では、分散協調システムの構成要素が故障した場合のバックアップ方式を SPN によりモデル化し、システム性能に与える評価方法について検討した。今後の課題として、より詳細なモデル化を行い評価方法について検討することが考えられる。

## 参考文献

- [1] 伊東 正美: 自律分散システム研究の課題と将来, 計測と制御, Vol. 32, No.10, pp. 789-796 (1993).
- [2] 村田 忠夫: ペトリネットの解析と応用, 近代科学者 (1992).
- [3] 神余 浩夫, 竹垣 盛一: 協調分散制御システムアーキテクチャ: CODA の概念モデル, 計測自動制御学会論文集, Vol. 27, No. 4, pp.458-465, (1991).
- [4] 神余 浩夫, 竹垣 盛一: 情報制御システムにおける協調分散アーキテクチャ, 計測と制御, Vol. 31, No.7, pp. 791-794 (1993).