

大規模分散システムの効率的運用管理を目指す システム管理情報の処理方式

地 引 昌 弘†
NEC ネットワーキング技術研究所

大規模分散システムの運用管理における諸問題のうち、システム管理情報の氾濫に関する問題に関して議論を行なう。大規模分散システムにおけるシステム管理情報の管理/処理に対して、従来の分散システムと同様の方式を当てはめた場合、情報の洪水により、システムの運用管理自体に重大な支障を来してしまう。本論文では、定型的な利用形態を持つ大規模分散システムの効率的な運用管理を目指すために、システム管理情報に対して、用途/管理ノードによる分類を試みる。続いて、実際の大規模分散システムで収集したシステム管理情報の解析を行ない、これらをもとに、情報の洪水を避け効率的な運用管理を行なう方式を考察する。

System Management Information Processing for Efficient Management of Large-Scale Distributed Systems

MASAHIRO JIBIKI
NEC NETWORKING SYSTEMS LABORATORIES

In this paper, I propose a way of processing system management information. An usual way has many problems in management of large-scale distributed systems, because system management information are too much to be efficiently processed in such systems. For efficient management, I try to classify these information by uses and management nodes. Next, I analysis information from real large-scale distributed systems, and consider an efficient management way of avoiding system management information floods.

1. はじめに

近年のインターネット利用技術の進歩やそれに伴うオープン化の流れにより、汎用機と複数の端末を組み合わせた従来の情報処理システムは、ワークステーションやパソコンを、LAN/WANで結合した分散システムへと変貌を遂げた。さらに最近では、ホストの台数にして1万台を越え、またネットワークの規模としても公衆回線等を用いて日本全国に広がる巨大な規模の分散システムが、多く現れている。このような大規模分散システム*では、数台から数十台のホストをイーサネット等を用いたLANで結合した分散システムとは異なる管理上の問題が発生してくる¹⁾²⁾。

分散システムの管理における諸問題のうち、特に大規模分散システムにおいて顕著なものは、システム管理情報**の氾濫に関する問題である³⁾。大規模分散システムにおけるシステム管理情報に対して、従来の分散システムと同様の管理/処理方式を当てはめた場合、単純にホスト数が大きくなっていることだけを取り上げても、情報の洪水により、効率的な分散システムの運用管理に重大な支障を来してしまう。

本論文では、定型的な利用形態を持つ大規模分散システムの効率的な運用管理を目指すために、システム管理情報に對

して以下のような分類を試みる。

- 用途による分類
- 管理ノードによる分類***

上記の分類に続いて、実際の大規模分散システムで収集したシステム管理情報の解析を行ない、これらをもとに、情報の洪水を避け効率的な大規模分散システムの運用管理を行なう方式を考察する。

2. 大規模分散システム

本章では、本論文で扱う大規模分散システムを定義し、また、大規模分散システムの運用管理を行なう上で必要となる機能や問題点について述べる。

2.1 大規模分散システムの特徴

従来は、主に以下のような構成からなる分散システムが、一般的であった。

ホスト： 数台～数百台

回線： イーサネット等を用いた高速LAN

規模： 複数建物内あるいは構内レベル

これに対して、1章でも述べた通り、最近の分散システムでは、マシン価格の低下やネットワーク技術の発達により、以下のような極めて大規模なものが実現されている⁴⁾。

ホスト： 数千台以上

† jibiki@ccs.mt.nec.co.jp

* 大規模分散システムの定義については、2.1節を参照

** システム管理情報の定義については、3.1節を参照

*** 管理ノードの定義については、3.1節を参照

回線： 公衆回線等の低速回線

規模： 地域レベル以上^{*)}

本論文では、上記のような分散システムのうち、主に企業内における末端のデータ処理等の定型業務を目的として構築されたシステムを大規模分散システムと定義し、以後これらの分散システムについて述べる。

大規模分散システムでは、以下の理由により、図1のような階層的な管理構成をなし、階層の上位に専属保守員を配置するという形態を取ることが多い。

- 末端利用者の大半が初心者であり、自己のホストを自らが管理することは期待できない。
- 実業務に携わるシステムであり、コスト的に効率的な運用管理が望まれる。

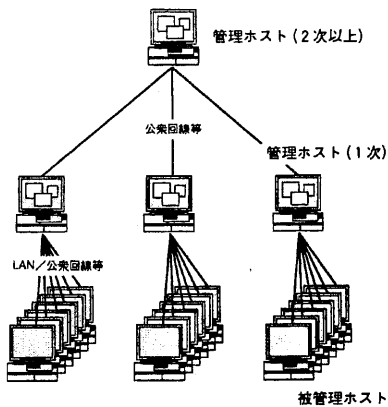


図1 定型業務を目的とした大規模分散システムの構成例

このような大規模分散システムで障害が発生した場合、前述の理由により障害対処を素早く行なう必要があるが、対処を行なう保守員を迅速に派遣することは困難であり、また、リモートからの対処にも限界がある。よって、大規模分散システムの運用管理では、システムの恒常性を保つために、以下のような機能の必要性が指摘されている⁵⁾。

自動監視 / 診断

各被管理ホストは、常時、自分自身の監視を行ない、障害の発生 / 予兆を監視 / 診断する。

自動対処

障害を検出した場合、各被管理ホスト自身で可能な限り自動的に対処を行なう。

自動通報

障害の自動対処が不可能な場合は、管理ホストに通報する。また、管理ホストで障害の予兆を検出するために、各被管理ホストのシステム状態も定期的に通報する。

自動ファイル配布 / 交換

管理ホストから各被管理ホストへ、ファイルの自動配布

を行なう。配布されたファイルは、外部へ影響を与えないように^{*)}自動的に交換される。

本論文では、以上の各機能を被管理ホスト上で提供するプロセスを、自律管理プロセスと呼ぶことにする。

2.2 大規模分散システムにおける問題点

2.1節で述べた自律管理の枠組では、幾つかの問題点が指摘されている⁶⁾。これらの諸問題のうち、自動通報に関する問題は、ホスト数が増加するとそれに伴って自動通報も増大するため、大規模分散システムでは特に深刻な問題となる。

ここで、通報されたシステム管理情報の処理に対する待ち行列モデルを考えてみる。それぞれのシステム管理情報が、以下の確率密度 (ポアソン分布) に従うと仮定する。

システム管理情報の通報時間間隔に対する

$$\text{密度関数: } \lambda e^{-\lambda t} \quad (\lambda: \text{通報率})$$

保守員の処理時間に対する

$$\text{密度関数: } \mu e^{-\mu t} \quad (\mu: \text{処理率})$$

また、

$P_n(T)$: 時刻 T の時点で、処理中 / 処理待ちのシステム管理情報が n 個ある確率

とする。

上記のもとで、システム管理情報の増減がたかだか ± 1 でしかないような、非常に短い時間 h が経過した後の $P_n(T+h)$ を考え^{*)}、 $h \rightarrow 0$ とすると、 $P_n(T)$ についての以下の微分方程式が得られる。

$$\frac{dP_n}{dT} = \lambda P_{n-1}(T) - (\lambda + \mu) P_n(T) + \mu P_{n+1}(T)$$

定常運用時においては、処理中 / 処理待ちのシステム管理情報の個数は、時刻 T と相関関係を持たないと仮定すると、 $\frac{dP_n}{dT} = 0$ と考えることができる。よって、 $T \rightarrow \infty$ とした場合の $P_n(T)$ が収束する極限値を P_n とすると、 $\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$

を用いて

$$P_n = (1 - \rho) \rho^n \quad (\text{ただし、} \rho = \frac{\lambda}{\mu})$$

となる^{*)}。これは、新たなシステム管理情報が管理ホストに送信されたとき、管理ホストに、それ以前に送信されたシステム管理情報が n 個残っている確率に等しい。

以上より、通報されたものの保守員の処理が間に合わず、対応が遅れてしまうシステム管理情報の個数は、

$$E = 0 \cdot P_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (n-1) P_n = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \quad \text{**}$$

となる。この運用管理モデルでは、例えば、保守員が1日で

^{*)} 例えば、関係のあるプロセスを、自動的に全て一時停止させる等

^{**)} $P_n(T+h) = (\lambda h)(1-\mu h)P_{n-1}(T) + (1-\lambda h)(1-\mu h)P_n(T) + (\lambda h)(\mu h)P_n(T) + (1-\lambda h)(\mu h)P_{n+1}(T)$

^{***)} 以下の差分方程式より P_n を求める

$$\lambda P_{n-1} - (\lambda + \mu) P_n + \mu P_{n+1} = 0 \quad (n \geq 1)$$
$$-\lambda P_0 + \mu P_1 = 0 \quad (n = 0)$$

^{****)} $E = \sum_{n=0}^{\infty} n P_n = \sum_{n=1}^{\infty} P_n = \frac{\rho}{1-\rho} - (1 - P_0)$

^{*)} 例えば、日本全国の支店を統合するような分散システム等

処理できる通報を50個と仮定し、処理の間に合わない通報を3個以下にしようとする、発生する障害の数は約40個/日以下に抑えなくてはならない。

自動通報されるシステム管理情報の増大に伴う問題として、一般的に以下のことが挙げられる。

- 保守員の人数は限られており、障害発生時等のパースト的に通報されるシステム管理情報を把握し切れない。
- ネットワーク上の通信が高価につく場合が多いので**、経費が高くなる。

これらのうち、通信コストに関する問題は、送信する1通報のデータサイズを小さくすることや、回線の契約を適宜変更すること等である程度解決することはできるが、システム管理情報の流量規制については、効果的な対策は難しい。

保守員が効率的にシステム管理情報を処理できる方式としては、通報する情報を選択し、また、通報された情報の処理を自動化することが本質的な解ではあるが、以下のような問題点が挙げられる。

- そもそも自動対処できるような障害については、各被管理ホストで既に一度自動対処が行なわれており、通報されるシステム管理情報は、本質的に自動対処できない障害に関する場合が多い。
- どのシステム管理情報を対処すべき障害として通報するかを判断することは、システムの運用を開始しないと判断できない場合が多い。

以下の章では、システム管理情報の分類を試み、通報される情報の処理を、管理ホストにおいて保守員が適切な運用管理を行なえるレベルまで自動化する方式を考える。

3. システム管理情報

本章では、大規模分散システムの運用管理においてやり取りされるシステム管理情報を定義し、その用途や処理を行なう管理ノードに応じて分類することを試みる。システム管理情報を分類することは、大量のシステム管理情報から保守員に必要な情報を抽出し、通報される情報の処理を自動化する手助けとなる。

3.1 システム管理情報の定義

一般に、分散システムの運用管理を行なう上で必要なシステム自身に関する情報として、以下の4種類を挙げることができる。

- システム構成情報： OS / ソフトウェアの構成
- システム性能情報： パフォーマンス
- システム資源情報： 各資源の使用状況
- システム稼働情報： プロセス等の稼働状況

上記の各情報のうち、システム構成情報を除く3つは、シス

テムの稼働状況に応じて、動的に変化する情報である。大規模分散システムの運用管理では、被管理ホストにおける障害の予防 / 対処を、効率良く迅速に行なうことを目的としており、よって本論文では、上記の各情報のうち、システム性能情報 / システム資源情報 / システム稼働情報の3つをシステム管理情報と呼ぶことにする。

システム管理情報は、管理ホストの保守員だけが必要としているわけではない。例えば、2.1節で述べた自律管理では、自律管理プロセスに対してこれらの情報が必要であり、開発部門の障害解析では、開発部門のに対してこれらの情報が必要となる。ここで、保守員 / 自律管理プロセス / 開発部門等、システム管理情報を必要とし、実際にこれらの情報の処理を行なう人間やプロセスを、システム管理情報を処理する管理ノードと呼ぶことにする。

また、管理ノードや処理を行なうタイミング、あるいはどの時点のシステム管理情報が必要となるかといったことは、障害の状況によって大いに変化する。障害がいつ発生するかを予測できないことから、どのようなタイミングでこれらの情報が必要となるかを前もって予測することはできない。よって、実際のシステムでは、必要となった時点で必要な時刻のシステム管理情報を取得できるよう、稼働状況等を一定時間毎に常時収集し保存する(保存した情報のことをログと呼ぶ)といった手法が採られている。

3.2 用途に応じた分類

通常の運用管理において、どのような場合にシステム管理情報を利用しているかに着目し、その用途に応じた分類を考える。

システム管理情報は、大規模分散システムの運用管理における、あらゆる局面で利用される情報であるが、各被管理ホスト内での自律管理に必要な情報は、管理ホストまで送信する必要はない。よって、ネットワークを介して管理ホストまで送られるシステム管理情報は、以下の3種類に分類することができる。

緊急情報

自動対処が望めないようなシステムの緊急状態を報告し、保守員により、システムの致命的状態を回避するための情報。異常と判断された事象に関するシステム管理情報が該当する。

予防保守情報

一定時間以内に予め対処を行なうことで、障害の発生確率を下げるための情報。現時点では異常ではないが、このままでは将来、障害が発生する確率が高まると判断された事象に関するシステム管理情報が該当する。

解析情報

障害の原因が不明であり、開発部門等による障害の解析を行なうための情報。定常的に蓄積しているシステム管理情報(ログ)が該当する。

* 1万台からなる大規模分散システムで、各被管理ホストに1ヶ月に1回の割合で障害が発生すると、システムは崩壊してしまう

** 大規模分散システムでは、公衆回線等の従量課金である回線を利用して多くの場合が多い

以上の3種類の情報のうち、予防保守情報は、現時点で障害自身は発生していないことから、迅速な対処がそれ程要求されない。また、解析情報は開発部門が対象であり、保守員は基本的に無関係である。よって、システム管理情報のうち、保守員による迅速な対処が要求され、効率的な運用管理を圧迫するものは、緊急情報として分類される情報だといえる。

3.3 管理ノードに応じた分類

システムの障害発生時において、実際にシステム管理情報の処理を行なう管理ノードに応じた分類を考える。

リモートにある被管理ホストで発生した障害の対処を行なう管理ノードに着目すると、障害発生時に通報されるシステム管理情報は、以下の3種類に分類することができる。

自律管理情報

緊急度の高い障害に対し、リアルタイムに自動対処を行なうために、各被管理ホストの自律管理プロセスが利用する情報。

保守員情報

自律管理プロセスでは対処ができず、保守員が、管理ホスト上でリモートに障害の対処を行なうために利用する情報。

開発部門情報

障害の原因が不明であり、開発部門が、その原因を解析して対処を行なうために利用する情報。

各管理ノードは、被管理ホストに対して、図2に示すような時間的/地理(ネットワーク)的關係を持つ。被管理ホストに近い管理ノード程、より緊急度の高い障害の対処を行なう。

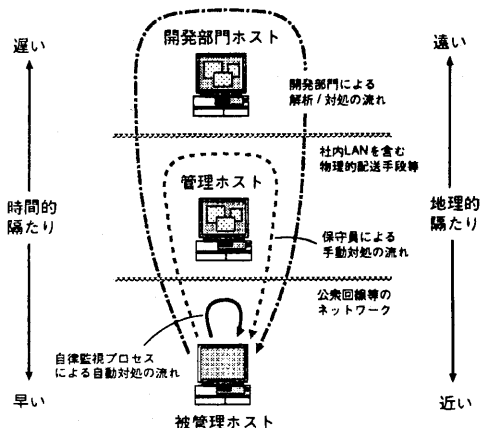


図2 システム管理情報の管理ノード

4. 大規模分散システムの運用管理例

本章では、実際の大規模分散システムで発生した各障害に関連して通報されたシステム管理情報(緊急情報)に対し、障

害原因および管理ノードに応じた分類を行なう。

以下のような大規模分散システムより、データの取得を行なった。

OS: UNIX
 規模: 日本全国(約5000台)
 回線: 公衆回線(ISDN)上のPPP, X.25

各被管理ホストは実業務に携わるホストであり、主に以下のような定型的処理が行なわれている。

- GUI / 公衆回線 / RS232C を介してデータを受信
- 定型的なデータ処理を行ない、結果に応じて画面を描画 / 中央ホストに報告

上記の大規模分散システムの各被管理ホストのうち、164ホストに対して5週間の統計を取った^{*)}。この期間は、システムの導入時と重なり、安定運用時と比べて障害の多い期間であった。以下では、これらのホストにおいて発生した障害や収集されたシステム管理情報に関して解析を行なう。

4.1 障害原因の分類

システム管理情報から自動的に明確な障害の原因を特定することは、一般的に、次の理由により非常に困難である⁷⁾。例えば、ファイルアクセスのエラーが報告された場合を考えてみると、この障害に対しては、少なくとも見積もっても以下のような原因を挙げるができる。

- OS 自身に障害が発生している
- ファイルシステムに障害が発生している
- ハードウェアに障害が発生している
- アプリケーションにバグがある
- 環境設定 / 操作ミス

これらのうち、どれが該当する原因であるかを特定するには、さらに、上記のそれぞれについてのシステム管理情報が、その収集した時刻と共に必要であり、その後これらをもとにAIの処理を行なわねばならない。

自らが新たに開発したアプリケーションであれば、エラーメッセージやシステム管理情報の取り方等を注意深く決定することで、ある程度の効果を上げることができるが、OSや他で開発されたプログラムについては、これらを期待することはまず不可能である。

よって、本論文では、大規模分散システムにおいては、システム管理情報から自動的に明確な障害の原因を特定することは、事実上不可能であるという観点に立ち、収集した情報を直接に各障害原因へ分類することとした。分類した結果(累計および全体に対する割合)は、以下の通りであった。

障害の種類	情報数	%
ファイルシステム関連 ・ファイルシステムの溢れ	1	0.0

^{*)} 処理を行なうデータには、音声や画像等も含まれる

^{**)} 延べ日数にして4151日分、延べ数にして131682個のシステム管理情報が収集された

・ファイルの消失	5	0.1
・ファイルアクセスの失敗	493	10.9
プロセス関連(異常終了/暴走)		
・バグ	46	1.0
・環境設定/操作ミス	171	3.8
・システムに原因のあるもの	147	3.2
・原因不明	2178	48.0
ハードウェア関連		
・故障	48	1.1
・環境設定/操作ミス	25	0.6
通信関連		
・ローカル通信 [*] のタイムアウト	7	0.2
・ローカル通信の通信エラー	57	1.3
・ネットワーク ^{**} 通信の通信エラー	123	2.7
・ネットワーク通信のタイムアウト	111	2.4
・ネットワーク回線のビジー	752	16.6
OS 関連		
・上記以外のシステムコールの失敗	341	7.5
・OSのパニック/ストール	37	0.8
合 計 (164 ホスト / 5 週間)	4542	100

この他に、稼働ログとして、127140 個のシステム管理情報(解析情報等)を収集していた。

4.2 管理ノードに応じた分類

本節では、収集したシステム管理情報に対して、4.1 節で行なった障害の原因に応じた分類をもとに、3.3 節で定義した管理ノードに応じた分類を行なう。

ファイルシステムに関連する障害

ファイルシステムに関連する障害は、基本的に保守員による対処が必要な障害であり、自律管理プロセスだけで対処することは難しい。

プロセスに関連する障害

プロセスに関連する障害のうち、バグによる障害は、開発部門による解析/対処が必要な障害であり、環境設定/操作ミスによる障害は、保守員による対処が必要な障害である。また、システムに原因のある障害は、システムの早急な復旧のために、保守員や開発部門による迅速な解析/対処が必要な障害である。

また、原因不明の異常終了/暴走は、何の痕跡も残さず突然プロセスが異常終了/暴走してしまった場合であり、保守員や開発部門による効率的な解析/対処が期待できない障害である。効率的な運用管理の枠組みでは、これは通常、自律管理プロセスによる自動対処の対象とされる。

ハードウェアに関連する障害

ハードウェアに関連する障害は、保守員による対処が必要

^{*} シグナル/パイプ/ファイルといった通信手段を含む

^{**} 公衆回線 (ISDN) を用いた、TCP/IP 以外のプロトコルを含む

な障害であり、自律管理プロセスだけで対処することはできない。

通信に関連する障害

通信に関連する障害のうち、ネットワークを介した通信のエラーは、公衆回線のような低速/低信頼の回線を利用した場合、多発することが予想される。これらの障害は、アプリケーション側でリトライを行なうことで、対処できる障害であり、基本的に保守員による対処は必要ない。

これら以外の、ローカル通信のエラーは、不安定なネットワークを介さずよりプリミティブな手段を用いていることから、システムの異常/アプリケーションのバグが予想され、保守員や開発部門による解析/対処が必要な障害である。

OS に関連する障害

OS に関連する障害のうち、システムコールの失敗による障害は、開発部門による解析/対処が必要な障害である。また、OS のパニック/ストールによる障害の場合は、システムの早急な復旧のために、保守員による迅速な対処が必要な障害である。

5. 考 察

本章では、4 章で分類を行なった、実際の大規模分散システムより採取したデータをもとに、大規模分散システムの運用管理を効率化するために、通報するシステム管理情報を選択する規準や、その自動処理化に関して考察する。

4.1 節および 4.2 節の表より、全システム管理情報(全緊急情報)に対して、管理ノードに着目して分類した結果は、以下の通りであった(期間: 5 週間)。

管理ノード	情報数	%
自律管理プロセス	3171	70
保守員	984	22
開発部門	387	8

これより、障害として収集された全システム管理情報(緊急情報)のうち、管理ホストへ通報され、保守員による迅速な対処が必要なものは 22% であり、その詳細は以下の通りであった。

障害の種類	情報数	%
ファイルシステム関連		
・ファイルシステムの溢れ	1	0.1
・ファイルの消失	5	0.5
・ファイルアクセスの失敗	493	50.1
プロセス関連(異常終了/暴走)		
・環境設定/操作ミス	171	17.3
・システムに原因のあるもの	147	14.9
ハードウェア関連		
・故障	48	4.9

・環境設定 / 操作ミス	25	2.5
通信関連		
・ローカル通信の通信エラー	57	5.8
OS 関連		
・OS のパニック / ストール	37	3.8
合 計 (164 ホスト / 5 週間)	984	100

最も多い障害は、ファイルアクセスの失敗に関する障害であるが、これらは主に、必要なファイルが存在しない / ファイルモードの不正といった事象が原因であった。また、環境設定ミスや操作ミスといった障害の比率も高いが、データを取った期間がシステム導入時であったこと、複数の被管理ホストで同一の障害が発生していることから、これらの障害は、システム導入に伴う初期障害であると予想される。初期障害は、複数のホストで一斉に顕在化する障害ではあるが、その単純な原因を取り除くことで、同様に一斉に沈黙化するという性質を持つ。よって、システムの運用に伴い急激に減少して行く障害であり、長期間に渡って保守員の運用管理を圧迫することはない。

従って、上記の分類表より、通報されるシステム管理情報を減らし、効率的な運用管理を行なうためには、

- システムに原因のあるプロセスの異常終了 / 暴走
- ローカル通信の通信エラー
- OS のパニック / ストール

といった障害に対する対処を自動化する必要がある。しかし、これらの障害に関しては、4.1 節で述べたように、自動的にそれらの明確な原因を特定することは、事実上不可能である。ここで、2.1 節で述べた大規模分散システムの定義に立ち返って考えてみると、大規模分散システムは主に実業務に携わるシステムであり、その運用管理における最も強い要求は、障害原因の究明ではなく迅速な障害対処である。つまり、原因の究明は、障害の対処と比べて時間的制約を緩くできると言える。

よって、本論文では、以下の方式を提案する。つまり、保守員の作業を圧迫し効率的な運用管理を妨げる障害*に対しては、障害の解析と対処を地理的 / 時間的に切り離し、保守員の管理から外す。これにより、例えば、以下のように処理を自動化することが可能となり、保守員を、その作業から解放することが可能となる。

原因解明： ログを開発部門に送信

障害対処： リポート / プロセスの再起動

この方針に沿った運用管理を行なう場合、最終的に保守員が対処を行なわねばならない障害(システム管理情報)は、前記の表より

- ファイルシステムの溢れ
- ファイルの消失
- ハードウェアの故障

* 障害原因を短時間で明確化できない障害

であり(計 54 件)、この例においては 47 件 / 日**となる。これは、2.2 節の運用管理モデルにおいて、十分効率的な運用管理が行なえる範囲に収まっていると言える。

6. ま と め

本論文では、定型的な利用形態を持つ大規模分散システムにおいて、システム管理情報の洪水を避け、効率的な運用管理を行なう方式について述べた。

システム管理情報を、まずその用途に着目して分類することで、迅速な対処が必要な情報(緊急情報)を抽出し、続いてその管理ノードに着目して分類することで、効率的な運用管理を行なうために、システム管理情報を選択する規準について述べた。

また、効率的な運用管理を目指す上で、システム管理情報から自動的に明確な障害の原因を特定することは、事実上不可能であるという観点に立ち、効率的な運用管理を妨げる障害に対しては、障害の解析と対処を地理的 / 時間的に切り離し、保守員の管理から外す方式を提案した。

しかし、今回提案した方式では、障害対処の速度に重点を置き、原因の特定を後に回すことから、根本的な障害対処を行なうわけではなく、障害の再発する可能性が指摘される。今後の課題として、この方式を採用した場合に、障害の発生曲線が収束する過程にどの程度影響を与えるか、実データを元にその影響度を調べる必要がある。

7. 謝 辞

NEC ネットワーキング技術研究所の皆さん、並びに流通・サービス業システム開発本部の皆さんに感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 上林 弥彦: 「分散処理技術の基本的課題」 情報処理学会誌 Vol.28 No.4 pp.377-386 (1987)
- 2) 橋本 明浩, 小澤 清二: 「大規模 UNIX の運用管理の問題と解決」 分散システム運用技術研究グループ資料 DSM-9405002, 情報処理学会 (1994)
- 3) 萩原 洋一, 佐藤 克己: 「大規模分散システムの構築と利用状況」 分散システム運用技術研究グループ資料 DSM-9505034, 情報処理学会 (1995)
- 4) 上林 憲行: 「分散ネットワーク環境とそのコミュニティ」 情報処理学会誌 Vol.28 No.4 pp.463-471 (1987)
- 5) A.S. Tanenbaum and R. van Renesse: "Distributed Operating Systems" ACM Computing Surveys Vol.17 No.4 pp.419-470 (1985)
- 6) 坂田 和久 他: 「自律分散システム構築のプラットフォーム」 第 52 回情報処理学会全国大会講演論文集 (4) pp.365-366 (1996)
- 7) 高原 智夫, 柳澤 俊行, 渡辺 俊典: 「TAMPOPO 学習機構を用いた自律化ネットワーク・オペレータ ANATA の適応能力の検証」 情報処理学会論文誌 Vol.35 No.10 pp.2090-2103 (1994)

** 5000 台のホストから 164 台を 5 週間サンプリングしたので、
 $\frac{54}{36} \text{ (件 / 日)} \times \frac{5000}{164} \approx 47.0$