

シミュレーションによる 情報ネットワークシステムの性能評価

相澤 りえ子, 石田 和徳

1. はじめに

マルチメディアネットワークや広域高機能通信サービスといった最新情報交換手段の実現のため、情報ネットワーク基盤整備が広がっている。しかし、情報ネットワークシステム自体のテクノロジーが急速に発展しているため、その性能を保障することは非常に困難である。新規ネットワークの導入時には、ある程度先を見越した余裕のあるスペックで設計をしたとしても、稼働後のトラフィックの伸びに対しどの程度まで許容できるかの正確な予測はなかなかできない。また、運用時にはネットワーク管理現場では、トラフィックの増加によるネットワーク上の異常の原因究明や解決策の検討が難しく、将来のトラフィックの増加等による未然の問題の対応に関しては後追いになっている。

従来から、ネットワーク導入時には、ベンチマークテストや、待ち行列モデルを用いて [1] トラフィック分析にもとづく性能評価が行われてきたが、情報ネットワークがこのように進化し複雑化してくると、正確な解析的なアプローチは困難であり、一方、簡略化された解析解は余りに多くの誤差を含むようになっていく。

そこで、ダイナミックに変化するネットワーク内の状況を可能な限り正確に分析できる手法として分散型シミュレーション（以後シミュレーションと呼ぶ）による検討アプローチの適用を試みた。

本稿では、今までの性能評価の方法と問題点に簡単に触れ、新しいアプローチとしてのシミュレーションの適用の仕方と適応事例について報告し、今後の情報ネットワークシステムへのシミュレーションの適用の

課題と解決策について考察する。

2. 従来の評価方法と問題点

従来の汎用機を中心とした情報システムの場合は設計段階における性能評価が効果をあげてきた。最近のクライアント・サーバシステムに対する評価方式はその延長である。

その評価方式ではトラフィック制限と遅延時間といった2つの評価尺度を用いてシステム全体を評価している。システム性能の判断は以下のように行われる。

- ①想定されるトラフィック量がネットワークの許容トラフィックの範囲に収まっているか。
- ②リモート接続時、該当回線速度で生じる最大遅延時間が端末の応答監視タイマー値の範囲内に収まっているか。

トラフィック量は、まず各アプリケーションの平均情報量の調査をもとに、1日当たりのトラフィック量、ピーク時の情報量を割り出し、将来的な情報量の増加率の予測を行うことで求める。許容トラフィックの範囲は経験値であることが多い。

最大遅延時間は、各装置の能力から決まる伝送時間に、待ち時間として待ち行列理論のM/M/1モデルで単一の装置待ちを算出し足し合わせた値を、1装置の遅延時間とし、伝送経路内にある装置の遅延時間を積算したものを1アプリケーションの遅延時間としている。

しかし、最近のシステムは汎用機を中心としたシステムとはかなり変わってきており、トラフィック量や遅延時間を正確に求めるのが難しくなっている。その理由として、汎用機を中心としたシステムは情報の発生源が汎用機に限定されており、その中の情報のやり取りは決められたポイント間で行われているが、最近のクライアント・サーバシステムは、クライアントが情報の発生源となることから不特定なポイント間

あいざわ りえ子 (株)構造計画研究所 数理技術部
いしだ かずのり 富士通(株) ネットワークビジネス本部

の情報交換が行われるといった違いがあげられる。さらに、マルチメディアや大量のデータを高速に送る手段として、最新の機器やプロトコルが続々出回ってきている等、ネットワークを構成する個々の構成要素の変化も一因である。

このようにシステム自体の変化に伴い、多様化したシステム特性を従来の手法でモデル化することに無理が生じ、情報交換の方式やシステム構成の複数のバリエーションをすべて比較評価することが非常に困難になった。

3. シミュレーションの適用

3.1 シミュレーションによる性能評価とその難しさ

情報ネットワークシステムのように複雑なシステムの挙動を正確に把握するためには、シミュレーションによる分析のアプローチが、現在では実用的な唯一の方法である。情報ネットワークシステムはバッファ内に待ちが生じ、その待ちによりシステムの性能が左右されるシステムであるので、シミュレーションの適用がよく合っている。また、経験値による許容トラフィック量に押さえるといった判断を必要とはせず、実際にシミュレーションの実験によりシステムの性能限界を求めることができるので経験的な値にしばられることが少なくなる。

しかし、シミュレーション分析を行うためには以下のようないくつもの工程を踏むことになる。[2]

- ①問題の明確化
- ②分析対象のシステム境界と詳細度の決定とシステムの制御ロジックの明確化
- ③データの収集
- ④モデル作成と正当性の検証
- ⑤妥当性の検証
- ⑥実験計画と結果の分析

特に情報ネットワークシステムの分析においては膨大なトラフィックのデータを収集する必要があり、ネットワークそのものの分析検討を行うまでにかかなりの労力を払わなければならない。

シミュレーションモデルを構築する際、汎用シミュレーション言語 [3] 等で構築するのが一般的であるが、複雑なシステムのシミュレーションモデルを構築するには膨大な工数が必要となる。また、シミュレーションモデルは、そのモデルを構築する分析者の技量でかなり形が変わるものであり、そのモデルの信頼性を計るための検証といった作業も必要である。ここで

正当性の検証と妥当性の検証と2段階の検証工程があるが、正当性の検証とはモデルが作成者の意図した通りに動くかをチェックすることで、妥当性の検証とはモデルが分析目的に照らして対象のシステムを的確に捉えているかの検証である。複雑なモデルの場合、モデル構築をシミュレーション分析の専門家に依頼することが多いが、分析者が実際のシステムの評価者ではない場合は妥当性の検証が難しくなる。

システム評価者が実践的に個々の設計業務でシミュレーション分析を行うためには、シミュレーション分析の各工程のこれらの問題点が解消される必要がある。

3.2 シミュレーション適用の要件

システムの評価者が、シミュレーションを情報ネットワークシステムに適用するためには次の要件を満たしている必要がある。

- ①ネットワークを設計する技術者が、シミュレーションモデルを簡単に構築できること
- ②トラフィック状況を簡単にモデルに取り込めること
- ③誰が作っても同じようなモデルができ、評価も一貫性があること
- ④許容時間内に多数の代替案を比較検討できること
- ⑤ネットワーク内のダイナミックに変化する状況に応じた評価ができること

これらの条件は、シミュレーションプロジェクトの環境を整備するツールを提供することで満たすことができると考えた。

シミュレーションは長い歴史を持つが、標準的な評価手法としてシミュレーション手法が現在一番定着している分野としては製造業における生産・物流システムの性能評価があげられる。

これは、ここ5年間ぐらいの間に生産・物流システムを対象とした能力評価専用のシミュレーションツール [4] が世に出回ったことによるものである。

3.3 ネットワーク性能評価専用シミュレーションツール

今回採用した専用シミュレーションツールはネットワーク評価専用として相澤らが開発した SeeNET [6] である。SeeNET は、LAN/WAN 等のモデルのモジュール群を利用したモデル化の GUI、シミュレーション実行、結果の表示、モデルや結果の管理等をトータルにサポートするツールである。シミュレーションエ

エンジンは米国 Pritsker 社の汎用シミュレーション言語 SLAM II [2], [5] を用いている。

SeeNET の特徴は以下のとおりである。

- ① ネットワークの構成は、画面上に図を描くことで設定が可能である。ネットワーク設計技術者のイメージを記述することでモデルの構成要素を定義できる。
- ② ネットワーク内の呼の流れを、決められたノードを使いフローで記述する。フローの独自のフレームワークの中で流れを記述するので、決まったパターンを記述することになる。
- ③ 負荷条件等は確率分布を指定する。
- ④ パラメータ化された設定値を変更させることにより複数の代替案ができ、シミュレーションされた結果は、比較グラフ等で表示される。さらに実行条件やモデル、出力結果をツールが管理する。
- ⑤ 標準的に必要な評価値は自動的に算出される。

表 1 に SeeNET のネットワークモデルが指定可能なネットワーク構成要素、表 2 に出力される統計情報を示す。

表 1 ネットワーク構成要素

項目	構成要素
装置	ワークステーション, ホストコンピュータ, パソコン, ファイルサーバ, プリンタサーバ, 端末 etc.
中継装置	リピータ, ブリッジ, ルータ, ゲートウェイ etc.
LAN 方式	CSMA/CD, トークンリング, FDDI, ATM etc.
WAN 方式	ISDN, フレームリレー, ATM, 電話網 etc.

表 2 出力される統計情報

項目	内容
装置・中継装置	使用率, 待ち行列長 etc.
LAN 情報	送信呼数, 完了呼数, 最大トラフィック衝突回数, 呼損数, 再送回数 伝送路使用率, 伝送完了時間 etc.

4. 適用事例

4.1 対象システムと問題の提起

現在、A 社では本店、支店、工場の 3 拠点をクライアント・サーバ/イントラネット型の LAN~WAN ネットワークで結んでいる。そのネットワークの利用目的の主なものとして、ホストへの照会業務や電子メールによる情報交換といったものが挙げられる。本社、支店、工場の 3 拠点のホストへの照会 (A~C)、メール

の送受信 (D~G) というトラフィックは表 3 のとおり流れている。

さらに、A 社ではこのネットワーク上で、WWW サーバへの情報照会を行うことに決定したことで、ネットワークへの適切な増強計画 (WAN 回線の容量を増やす等) の立案が要望されている。

しかし、このシステムに新たに WWW サーバを導入する場合、そのサーバに対するトラフィックが、既存業務のレスポンスの悪化を引き起こすことが予想される。当然、「ホストへの照会業務のレスポンスを 3 秒以内に抑えたい」というような要望が出てくることが考えられる。

今回は、この問題を解決するために SeeNET を用いて、ネットワークモデル (図 1) を作成し、クライアント/WWW サーバ間のトラフィック (H~J) と、ホスト照会業務のトラフィック (A~C) のレスポンスタイムの関係をシミュレーションにより求め、ネットワークの状況把握と、要望を満たすための案の検討を行った。

ホスト照会業務、電子メールはそれぞれトランザクションの発生頻度、処理量ともに傾向が把握できるため、シミュレーションを行うにあたって統計パラメータを与えることができる。表 4 にトラフィック量を示す。

しかし、WWW サーバへの情報照会の発生頻度は予測が難しいため、発生頻度を変化させてシミュレーションを実行することとした。

表 4 の数値は発生頻度がポアソン分布、処理量が指数分布のパラメータ (期待値) である。

シミュレーションは 60 分×10 回行い、レスポンスタイムの平均値を評価の対象とした。実行は S-7/7000U (Ultra Sparc) 上で行った。実行時間は約 30 秒/回であった。

4.2 シミュレーション結果

シミュレーションの結果を図 2 に示す。このグラフより、それぞれのクライアント/WWW サーバ間のトラフィックの増加に対するレスポンスタイムの増加傾向がわかる。

レスポンス時間が一番長いのは本社/支店間のトラフィックである。これより、すべてのホスト照会業務のネットワーク上のレスポンスの平均値を 3 秒以内に抑えたいという要求には、WWW サーバへのアクセス頻度がクライアント 1 台あたり 2.5 回/時間くらいまで

表3 各ノード間のトラフィックの流れ

パターン名	トラフィックの流れ
A	本社のクライアント (CLIENT1) ↔ 本社ホスト (HOST1)
B	工場のクライアント (CLIENT2) ↔ 本社ホスト (HOST1)
C	支店のクライアント (CLIENT3) ↔ 本社ホスト (HOST1)
D	本社のクライアント (CLIENT1) ↔ 本社メールサーバ (MAIL-S1)
E	支店のクライアント (CLIENT3) ↔ 本社メールサーバ (MAIL-S1)
F	工場のクライアント (CLIENT2) ↔ 工場メールサーバ (MAIL-S2)
G	工場のクライアント (MAIL-S2) ↔ 本社メールサーバ (MAIL-S1)
H	本社のクライアント (CLIENT1) ↔ 本社 WWW サーバホスト (WWW-S1)
I	工場のクライアント (CLIENT2) ↔ 本社 WWW サーバホスト (WWW-S1)
J	支店のクライアント (CLIENT3) ↔ 本社 WWW サーバホスト (WWW-S1)

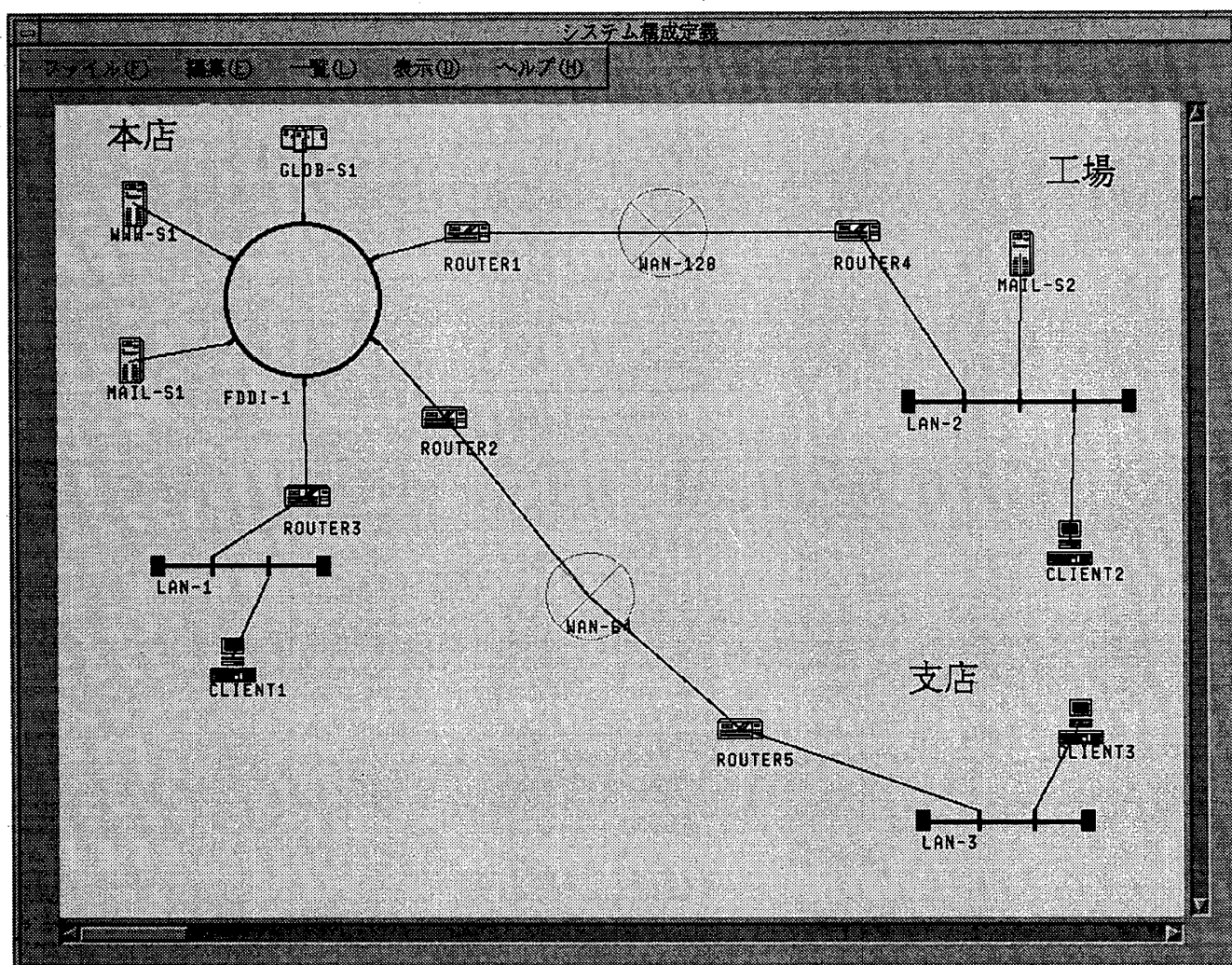


図1 対象システムのネットワーク

表4 トラフィック量

パターン名	発生頻度 (回/h)	処理量 (kbyte)	
	(クライアント1台あたり)	往 (→)	復 (←)
A~C	60	1	2
D~F	2	1	2
G	12	2	2
H~J	0~6	1	100

WAN64K

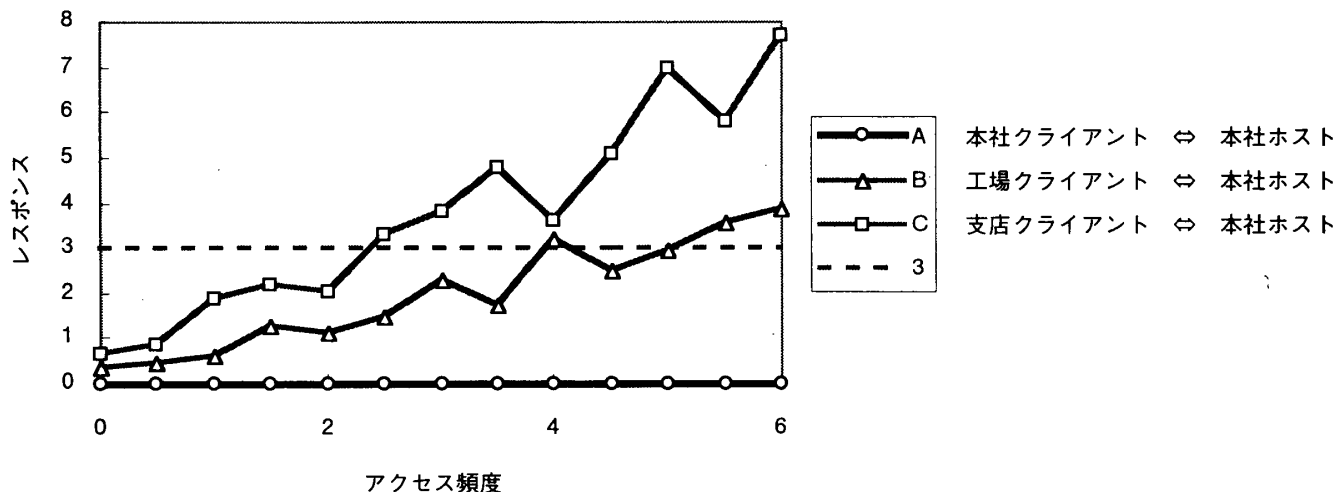


図2 レスポンスタイム (結果1)

は現状のネットワークでも問題は無いが、それ以上の頻度が予想される場合、回線容量の見直し等が必要であることがわかる。

そこで、回線容量の見直し案として、本社/支店間 WAN 回線 (64Kbps) を128Kbpsに変更した場合のシ

ミュレーションも同様に行ってみた。その結果を図3に示す。回線速度変更に伴い、本社/支店間のレスポンス時間は短縮されており、同一アクセス頻度における最長レスポンス時間は、本社/工場間のトラフィックのものとなっている。

WAN128K

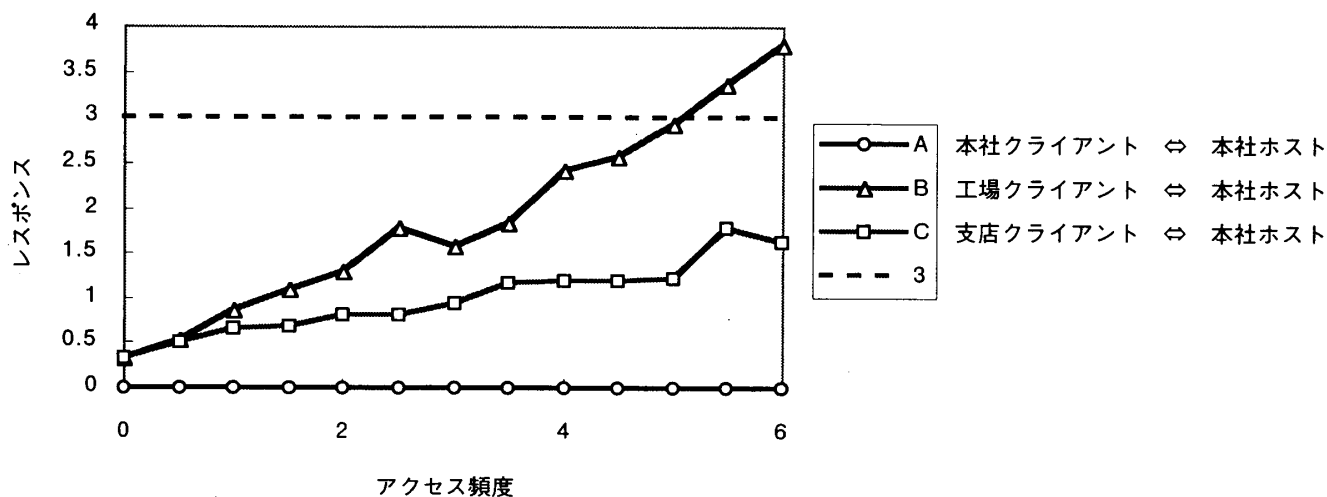


図3 レスポンスタイム (結果2)

ホスト照会業務のレスポンスの平均値3秒を満たすWWWサーバへのアクセス頻度の許容範囲は5回/時間まで増加しているが、それ以上の頻度が予想される場合は、本社/支店間だけでなく本社/工場間のWANの回線速度も見直す必要があることがわかる。

シミュレーションツールを使うことにより、これらの定量的な情報を容易に得ることができ、短時間で複数の案を検討することが可能となる。

5. 課題

5.1 実用上の問題点

シミュレーションツールを適用した結果、実用の面から以下の問題が出た。

- ①トラフィックデータ収集の手間は、従来の評価の時と変わらない。さらに、従来の手法に比較してモデルや入力条件が精密になっており、データ収集に関する作業工数がかえって増えてしまう。
- ②部分的なモデル化はツールで用意された枠組みを使うことである程度標準化されるが、それらのつながりの記述に関しては汎用シミュレーション言語を使用したモデル化と同じように個人差が出てしまう。

さらに、実際のネットワークの中のデータはパケットに分割され、プロトコルに従い送信されるが、たとえばデータベースの処理方式等のようにブラックボックス化されているものなどは、処理手順をツールの枠組みの中で記述することが不可能な場合もある。この場合は実験等によってデータを収集、分析しフローとして記述する必要がある。

5.2 問題の解決に向けて

実用上の問題点は、やはりモデル化の難しさとデータ収集の困難さに集約される。

一方、実際に運用されているLAN/WANシステム自体の機能を考えると、保守管理の標準化がなされ、ネットワーク内のトラフィック状況の把握が比較的容易になっている。マルチベンダ環境、マルチプロトコル環境においてさえもSNMP (Simple Network Management Protocol) といったネットワーク管理のプロトコルが規定されており、ルータ、ハブといったネットワーク機器のネットワーク管理情報を管理システムに送るプロトコルとして採用されている。さらに、その管理情報の構造とそのデータベースもMIB (Management Information Base) として標準化さ

れている。このように、現実システムではネットワークの情報を収集する環境が整いつつある。また、管理システムといった大がかりなシステムがなくとも監視ツールによって実際のトラフィックをモニタリングする仕組みは普及している。

そこで、シミュレーションの環境の中にデータ収集の機構を取り入れることができれば、シミュレーションモデルであるネットワーク構成や、トラフィックデータを自動的に取り込むことが可能になるだろう。

運用されている情報ネットワークの改善であれば、現場で収集したデータそのものをベースとして改善案を検討することが可能であるし、新規のネットワークであっても、他の同一業種の似たようなシステムの例をベースとすることもできる。シミュレーションのモデル構築部に監視ソフトから出力されるデータのインターフェース部をつけ、モデルジェネレートを行うことでこの環境ができるであろう。このシステム構成のイメージを図4に示す。

相澤らは現在、監視ツールを取り込んだシミュレーション環境の再構築に取り組もうとしている。

6. おわりに

インターネット、イントラネットと今や情報の交換手段は変化している。

最新技術が生み出す利便性は、我々の生活に瞬く間に浸透してしまう。その技術になれてしまうと、今まで伝達していなかった情報や仕組みまでがネットワーク上を行き交うことになる。情報ネットワーク基盤整備の今の時期にこそ将来に向けて、フレキシブルに評価改善できる環境作りを必要としており、性能評価手段の確立が急務であろう。

本稿執筆に当たり、富士通株式会社の大澤達蔵氏、石田健司氏、株式会社富士通システム総研の大西真人氏、株式会社構造計画研究所の太田洋二郎氏、太田一樹氏には、多大なるご支援をいただいたことを心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 紀 一誠：情報処理システムの性能評価(1)~(3)；オペレーションズ・リサーチ (1995年6, 7, 8月号)
- [2] 森戸 晋, 中野 一夫, 相澤 りえ子：SLAM「によるシステム・シミュレーション入門」；構造計画研究所, 1993年
- [3] 梅田 茂樹：離散系シミュレーションの基礎技術と

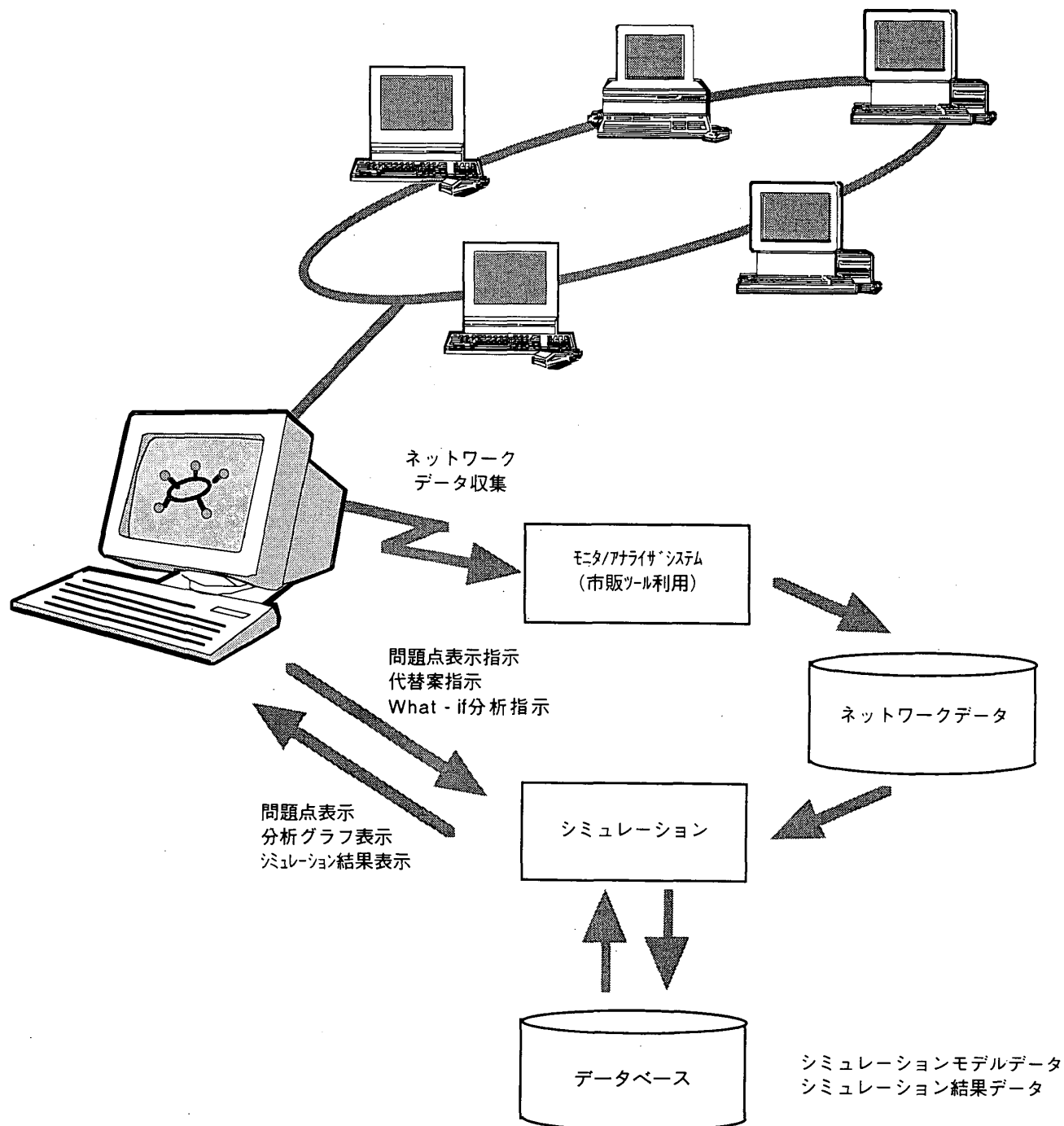


図4 システム構成図のイメージ

利用状況, 平成8年度第1回ORセミナー-分散系シミュレーションの応用テキスト

[4] 日経メカニカル; バーチャルファクトリの“実体”探る Part 2 ラインシミュレータ pp.53~55, 1996.1.8] 471

[5] 相澤 りえ子: 分散型・連続型記述言語 SLAM II 「情報処理」; pp.254~260, 1996年第3号

[6] LAN 評価シミュレータ SeeNET 使用手引書; 構造計画研究所, 1994年