

## I-15 リモート数値解析システムの実務利用に向けた検証

## INVESTIGATION FOR THE PRACTICAL USE OF THE REMOTE NUMERICAL ANALYSIS SYSTEM

石倉 正英<sup>1</sup>                      高鷹 重之<sup>2</sup>                      青野 利夫<sup>3</sup>  
 Masahide Ishikura              Shigeyuki Kotaka              Toshio Aono

【抄録】Webなどのインターネット技術を利用して、Webブラウザ上で解析の実行から可視化までトータルで行える数値解析システムを開発した。この方式を用いることにより、クライアント資源の有効利用や、アプリケーションの一元管理、操作性の簡易化などの利点が得られる。本社-支店-現場間の既存のネットワーク環境に即した現実的利用法として、ネットワークタイプと、クライアントマシン・スタンドアロンタイプの開発、および統合化を試み、検証実験を行った。その結果、特にLANにおいては、十分実務に耐えうるシステムであると評価することができた。

【Abstract】 Network analysis system on the web which include pre-post process and various analysis tools such as FEM were developed. The clients PC in this system were able to carry out a numerical analysis by using a web browser. The advantages of this system were easy resource control and easy operation. To apply the existing network resource, standalone type system were developed, and integrate with numerical analysis system on the web. Integrated numerical analysis system, which called hybrid type system, was investigated by using the existing LAN resource. The results show enough faculties to calculate the FEM analysis.

【キーワード】 インターネット、イントラネット、Web、JAVA、VRML、FEM

【Keywords】 Internet, Intranet, Web, Java, VRML, FEM

## 1. はじめに

近年のインターネットの爆発的な普及は、インターネット技術の大幅な躍進をもたらした。特に、インターネットで用いられている技術の大きな特徴は、そのスケーラビリティとアーキテクチャニュートラルにある。即ち、ネットワーク規模に左右されず、そのまま新しい技術を小規模LANにも適用できるとともに、様々なコンピュータ上で同じ動作をさせることが可能となることを意味する。

ここ数年の建設工事は、コストの削減をどのようにするかが重要な問題となっており、そのための方法の1つとして数値解析ツール、技術情報等の各種のデータベースを、全社的に共有することがあげられる。インターネットに関わる技術はそのような問

題に対して、最も有力な手法であると思われる。

著者らは2年前より、従来の汎用機をベースとしたTSSに取って代わる高性能数値解析システムを実現しようと、インターネット技術を用いたリモート数値解析システム<sup>1)</sup>を開発してきた。その具体的な目的を以下に述べる。

- ・数値解析ツールによらない共通の操作感、操作性の簡便化。
- ・クライアントマシンの性能に左右されない解析規模、高度な計算を可能にすること。
- ・技術的な陳腐化を防ぐためのバージョン管理、クライアント設定の容易化。
- ・結果のマルチメディア的可視化。
- ・各種のコストの削減

\*1 正会員 東亜建設工業株式会社技術研究所数値解析研究室

\*2 正会員 東亜建設工業株式会社技術研究所構造研究室

\*3 正会員 東亜建設工業株式会社技術研究所数値解析研究室室長

表-1 主なインターネット技術

名称	説明	本システムでの用い方
Webブラウザ	HTMLファイル閲覧用ソフトウェア。MS-Internet Explorer、Netscape Navigatorなどが有名。	GUI(Graphical User Interface)として用いている他、ヘルプの表示など、システムの根幹を成す。本システムではIE4を用いている。
CGI	Common Gateway Interfaceの略。WebページとHTTPサーバ内のプログラムのインターフェースの役割を果たす。 <sup>2)</sup>	Perlで構築したCGIプログラムを用いて、プロセス管理、他のサーバとのやりとりを行っている。ネットワーク型システムでのみ用いている。
Java	1995年にSun Microsystemsが発表した、アーキテクチャニュートラルなオブジェクト思考プログラミング言語。 <sup>3)</sup>	現バージョンではJavaScriptのみしか用いていない。将来的に、解析プログラムなどをJava化していく計画。
VRML	Virtual Reality Modeling Language の略で、3次元空間を作成できる記述言語。Ver2.0では音声・動画のサポートもなされた。 <sup>4)</sup>	解析結果の可視化に用いている。各解析ステップにおける温度分布、応力分布の表示。
Active-X	異なる言語で書かれたソフトウェアコンポーネントをネットワーク環境の中で協調動作させることが可能な、特定の言語に依存しない相互運用テクノロジーのセット。 <sup>5)</sup>	スタンドアロン型において、GUI機能、プロセス管理、メッシュのプレビューなどに用いている。Visual Basicにより開発。

一方、既存のネットワーク資源を用いてこのような数値解析システムを運用する場合、ネットワークの能力が十分実用に耐えるのかを検証する必要がある。

本研究では、リモート数値解析システム上にコンクリートの温度応力解析等の実用解析プログラムを適用した場合の問題点を検討し、実務利用に向けた検証を行った。ネットワーク資源の有効利用という点から、解析処理や可視化処理を専用のサーバ・ワークステーションに行わせるネットワーク型と、PCクライアントマシンに全ての処理を行わせるスタンドアロン型との2種類のシステムを検討した。さらに実務に適用させるため、それらの長所を統合したハイブリッド型のシステムを開発して、実用面での適用性を検討した。

2. リモート数値解析システム

本システムに関係のある主なインターネット技術をまとめると表-1のようになる。

本研究では、リモート数値解析システムに4種類のコンクリート温度応力解析プログラムを搭載し解析を実行できるようにしている。本システムでは、ユーザインターフェースにWebブラウザを用いることにより、ホームページの閲覧と同等の操作で、入力データの作成から解析計算、結果の可視化までをトータルに、かつ、解析の場を意識せず、クライアントマシン上で様々な規模の解析が行えるようになっている。

2-1 コンクリート温度応力解析プログラム<sup>6)</sup>

本システムの対象としたコンクリート温度応力解析プログラムは、次の4種である。

- ① 擬似3次元FEM温度解析プログラム
- ② 擬似3次元FEM 応力解析プログラム
- ③ 2次元FEM温度解析、およびCP法によるFEM 応力解析プログラム
- ④ 2次元ラーメンモデルFEM 応力解析プログラム

これら4種類の解析プログラムを組み合わせることで、次のようなシミュレーションが可能である。

1) 擬似3次元FEM解析法

使用プログラム：①②

壁構造モデルの場合に適用する。①を用いて熱放散の影響を受けやすい断面において、2次元FEM温度解析を行い、その結果(温度データ)を各要素に取り込み、②を用いて温度解析断面と直行する軸方向断面において2次元FEM応力解析を行う。

(図-1 参照)

2) 2次元FEM温度解析およびCP法による応力解析(JCI法)

使用プログラム：③

壁構造モデルの場合に適用する。熱放散の影響を受けやすい断面において2次元FEM温度解析を行い、温度解析断面と同断面において、CP法によって応力解析を行う。この方法は、解析断面が1断面で容易に解析結果を得ることが出来る。(図-1 参照)

3) 2次元FEM温度応力解析法

使用プログラム：③

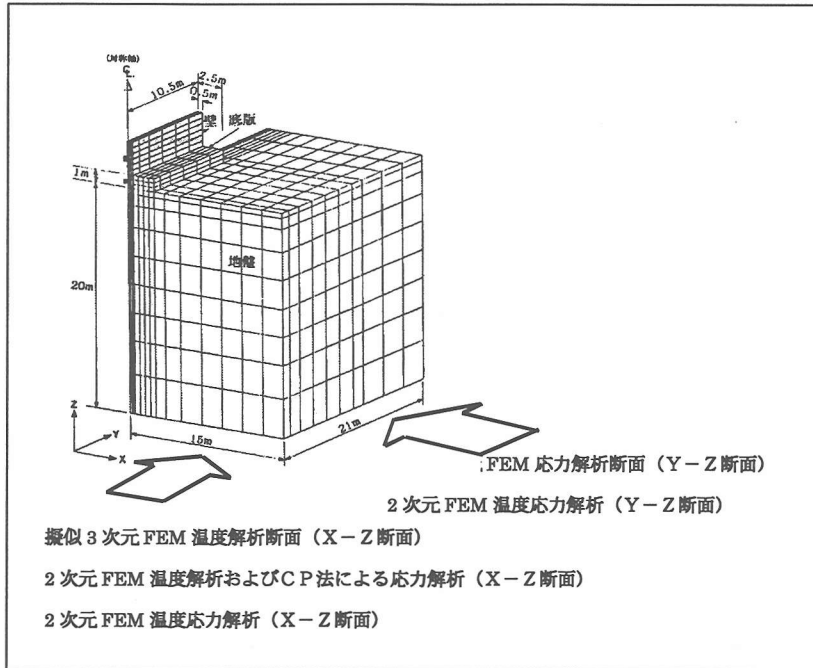


図-1 温度応力解析モデル図

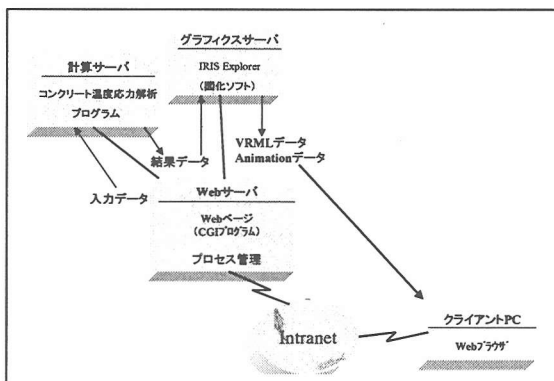


図-2 ネットワーク型システム構成

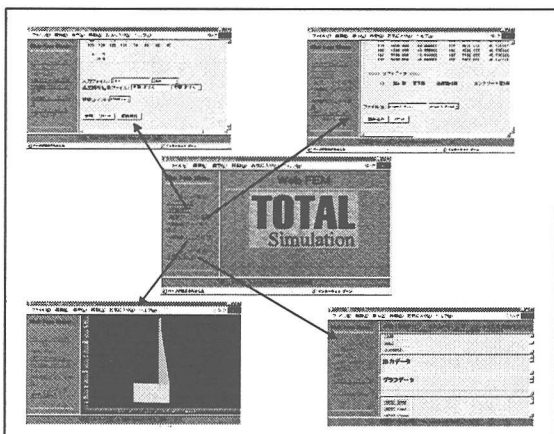


図-3 ネットワーク型のメニュー構成

壁構造モデルの場合に適用する。ある断面におい

て2次元FEM温度解析を行い、温度解析と同断面において2次元FEM応力解析を行う。本解析は、温度解析断面において発生する応力が、その断面に直行する軸方向断面に発生する応力より大きくなる場合にのみ適用される。(図-1 参照)

4) ラーメン構造モデルの温度応力解析

使用プログラム：①④

ラーメン構造モデルの場合に適用する。①を用いて梁・柱の断面にて温度解析を行い、その解析結果をもとに④を用いて応力解析を行う。

2-2 ネットワーク型

大規模な解析モデル計算のためのシステムとして、ネットワーク型解析システムがある。以下にこのシステムについて説明する。

1) システム構成

ネットワーク型システムの構成を図-2 に示す。

WWWサーバ、計算サーバ、グラフィックスワークステーションを連携させたシステムとなっている。このため、図化処理や同時計算などによる他処理への影響が少なく、大規模な解析や、並列的解析に威力を発揮する。

2) メニュー構成

メニュー構成 (Web 遷移) を図-3 に示す。このように、3つのフレームにより構成され、左フレーム

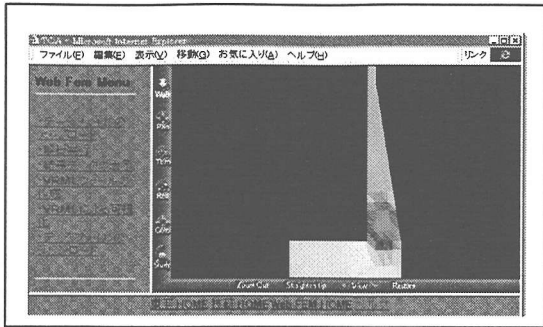


図-4 アウトプット例

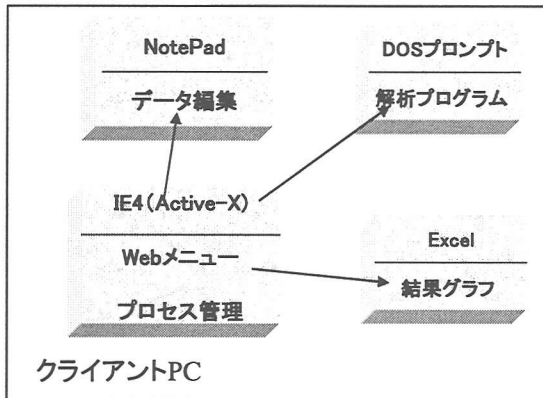


図-5 スタンドアロン型システム構成

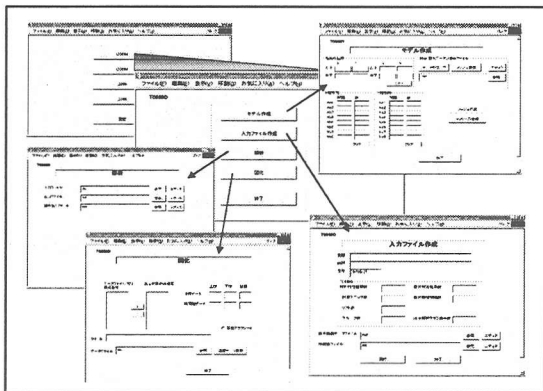


図-6 スタンドアロン型のメニュー構成

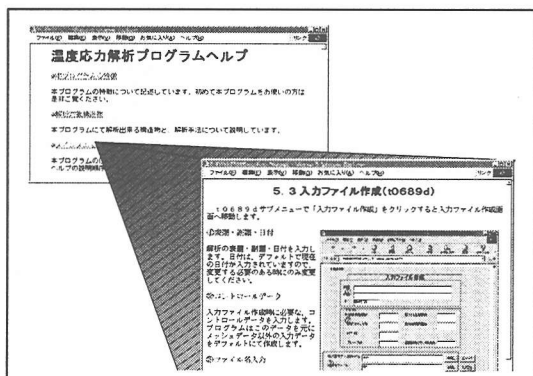


図-7 ヘルプ機能

のメニューを選択することで様々な処理を行うことが可能である。

ネットワークを通じての操作となるため、入力データ作成のハンドリングは、スタンドアロン型に比べて若干低下する。メッシュのプレビュー機能では、VRMLを用いているので、拡大・縮小が自在である。

### 3) アウトプット例

グラフィックスワークステーションを用いて可視化を行っているため、高解像度の可視化ファイルの作成が可能である。一例を図-4に示す。

### 2-3 スタンドアロン型

WAN への展開を考えた場合、既存のネットワーク資源では、全ての解析をネットワークで行うことは必ずしも合理的ではない。比較的小規模なモデルや、時間の制約をあまり受けたくないような解析に対しては、最近のPCのハード的ソフト的進化に伴い、高性能マシンが安価に入手可能になったことを考慮すると、むしろクライアント PC 上で稼動するスタンドアロン型のシステムが有効である。

以下にこのシステムについて説明する。

#### 1) システム構成

スタンドアロン型システムの構成を図-5に示す。

Windows95/98のクライアントPC上で全ての処理が完結したシステムである。解析計算プログラム、Web ユーザインターフェース、及び、解析結果の時系列変化を見るためのグラフツールとして Excel、コントロールデータの編集に用いるエディタ（例えば NotePad など）から構成される。

Active-X コントロール部分は、MS-VisualBasicを用いて開発した。基本的に IE4.0 以上が問題無く動く計算機であれば動作に問題はない。

#### 2) メニュー構成

図-6にユーザインターフェースのメニュー構成を示す。このように、1つのフレームからなり、4種のプログラムについて同様の操作感で作られているので、ユーザのシステム慣れが早い。

ヘルプ機能も HTML 形式になっているため、入力データの作成など、作成例を見ながら作成することができる（図-7参照）。Web の特性を活かし、不具合や問題点などをメールによって管理者あるいは開発者に即座に送ることができる。また、プレビュー機能により、メッシュの形状を即座に確認することができ

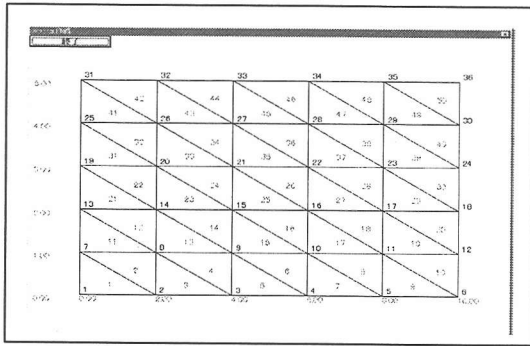


図-8 メッシュプレビュー例

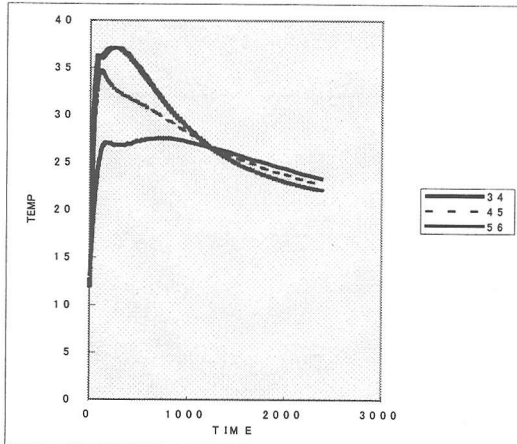


図-9 アウトプット例

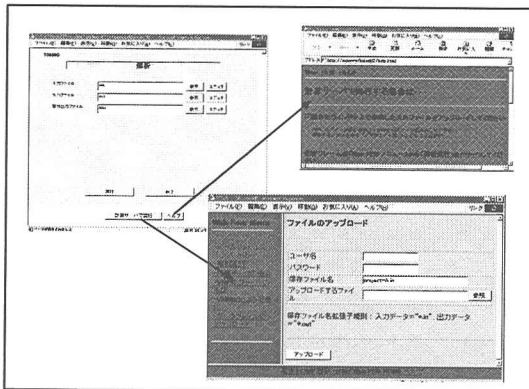


図-10 ハイブリッド型システムメニュー

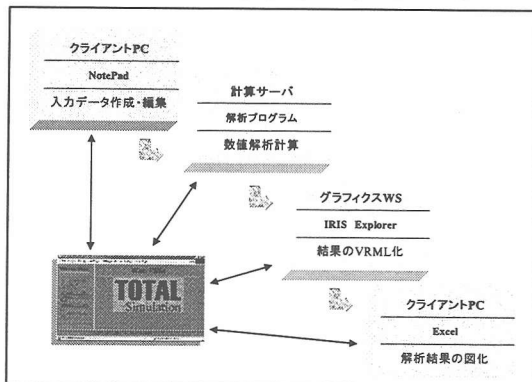


図-11 操作の流れ

る。一例を図-8に示す。

### 3) アウトプット例

結果の可視化に関しては、報告書などへの適用のしやすさを考え、時系列変化グラフをExcelを用いて作成できるようになっている。一例を図-9に示す。Excelを用いることにより、Word文書への挿入や、グラフの加工が容易である。

### 2-4 ハイブリッド型

スタンドアロン型とネットワーク型のシステムを統合することにより、スタンドアロン型をプリ・ポストプロセッサとして利用することが出来るとともに、解析規模に応じた使い方ができ、両者の長所を併せ持つシステムとなっている。図-10にハイブリッド型のメニュー画面を示す。このタイプが、現状、もっとも実務利用向きのシステムであると考えられる。操作の流れを図-11に示す。このように、スタンドアロン型のシステムをプリ・ポスト処理に用いることで、データ編集や図化におけるレスポンス速度を向上させ、解析計算をバックグラウンドでサーバに行わせることで、計算時の処理能力の低下を防げるとともに、大規模解析を可能にする。

基本的にリンクを張り替えるという作業をすることでシステムの組換えが可能であり、クライアント側も、あくまでもWebブラウザ上での操作になるため、実際の実行の場が、どこにあるのか意識せず操作が可能である。

## 3. 実務利用に向けた検証実験

### 3-1 計算機

検証を行った計算機の能力値を表-2に示す。

スタンドアロン型の検証は、計算機の種類を平均的レベルのものと、比較的新型・高性能のものに分けて行った。

### 3-2. 実験項目とその結果

今回は次に示す3項目について検証実験を行った。

- ①モデルの規模による処理時間の比較
- ②ジョブ数による処理時間の比較
- ③クライアント数による処理時間の比較

検証に用いた解析モデルを表-3、図-12に示す。

各実験は、計算規模の異なる解析モデルについてそれぞれ行った。その解析時間と実行時間に着目し比較検証した結果を次に示す。ここで、解析時間と

表-2 検証計算機スペック一覧

種類	タイプ	メーカー	モデル	CPU	メモリ
クライアントPC	PC	Gateway2000	G6-266	Pentium II - 266MHz	128MB
	PC	Gateway2000	GP6-400	Pentium II - 400MHz	128MB
WWWサーバ	WS	SUN	SS-5	Micro SPARC-II	128MB
計算サーバ	WS	HP	J2240	PA8200	1GB
グラフィクスWS	WS	SGI	INDIGO2	MIPS R4400	128MB

表-3 検証解析モデル

	温度解析		応力解析		ステップ数
	節点数	要素数	節点数	要素数	
大モデル	238	398	453	812	188
小モデル	143	240	247	432	69

は、純粋に解析計算に要する時間を、実行時間とは、ジョブを投入してから結果が通知されるまでのレスポンスタイムを表す。

このように、検証項目を実行時間・処理時間に絞ったのは、実務での利用上、解析結果精度とともに、もつとも重量視される項目であるとともに、システムの操作性を判断する上でも重要な因子になるためである。なお、解析結果の精度については、全システム問題なく一致が見られたので、結果の評価からは割愛した。

### 1) モデル規模による比較

スタンドアロン型とネットワーク型、双方のシステムにおいて、表-3に示す規模の違う2つのモデルの解析を行った際の、解析時間、実行時間の比較を図-13に示す。

スタンドアロン型で実行時間と解析時間の開きがほとんどないのに比べ、ネットワーク型のシステムにおいては、実行時間が解析時間のほぼ三倍となっている。今回の実験は、所内の平均規模のネットワーク経路を用い、通常のネットワーク負荷において行ったが、この開きの大きな理由としては、ネットワーク負荷の他に、CGIプログラムによる回線の占有状態、結果データの圧縮やサーバ間の転送処理によるものがあげられるであろう。レスポンス時間を考えると、この規模のモデルでは、高性能のPCを用いたスタンドアロン型のシステムの方が実用的であるといえる。しかし、モデル規模の増大による処理時間の増加率は、明らかにスタンドアロン型の方が大きくなっているため、規模が増すごとにパフォーマンスが低下することは否めない。従って、使用者は解析モデルの規模により、使い方を選択して行く

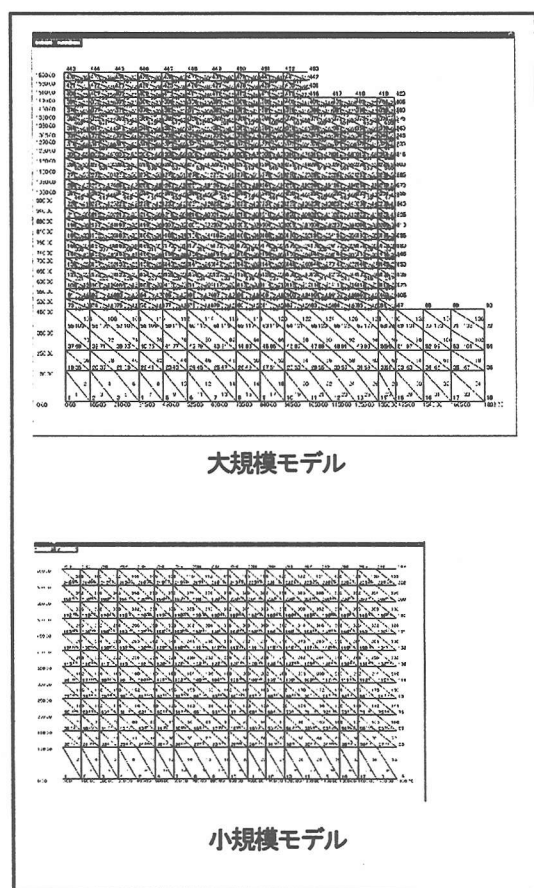


図-12 検証解析モデルメッシュ図

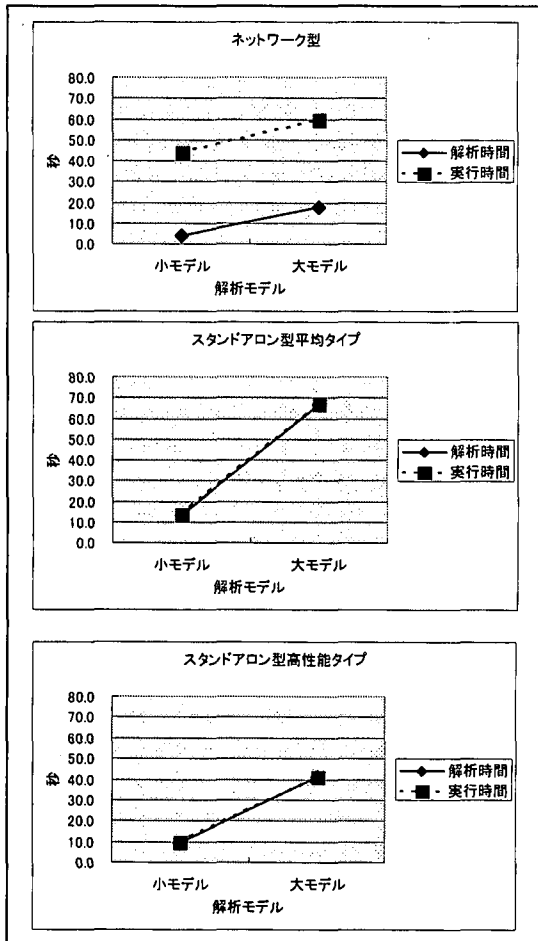


図-13 モデル規模による比較

必要がある。

### 2) ジョブ数による処理時間の比較

ネットワーク型のシステムにおいて、表-3 に示す2つのモデルの複数解析同時処理を行った結果を図-14 に示す。

解析時間の比較を見ると、2ジョブから4ジョブへの勾配が高くなっている。これは、計算サーバのマルチCPU特性によるものと考えられる。今回用いた計算サーバは、2CPUの構成で、1ジョブに1CPUを割り当て、重なったジョブは他方のCPUに割り当てるといった特性を持っている。即ち、2つまでのジョブに対しては1つのジョブと同等の処理性能が約束されているのである。したがってこのような傾向を示していると考えられる。

一方、実行時間にその傾向が現れないのは、図-13で示したように、ネットワーク型においては、無条件でかかっているネットワーク負荷や結果データの圧縮・転送処理などにかかる時間が大きすぎる為で

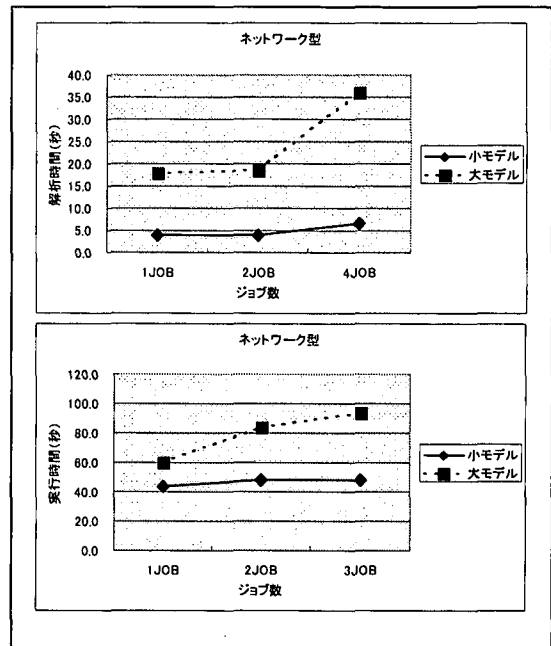


図-14 ジョブ数による比較

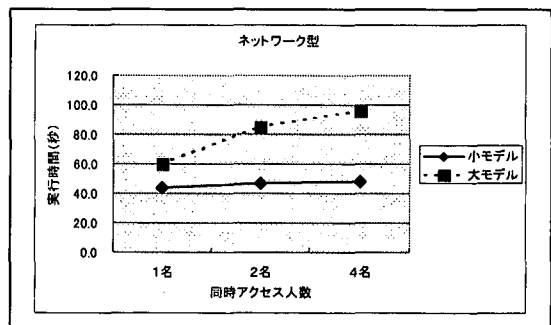


図-15 アクセス数による比較

あると考えられる。

### 3) クライアント数による処理時間の比較

ネットワーク型のシステムにおいて、複数のクライアントが同時にアクセスした場合の実行時間の比較を図-15 に示す。

この結果を見ると、数値レベル的にも、傾向的にも図-14の実行時間の比較グラフとほぼ変わらないといえる。ただし、若干数値的にはマルチクライアント実行時間の方が多く、また、ばらつきが目だった。このばらつきや数値的な差異は、多分にネットワーク状態によるものと考えられる。

### 3-3. 総合評価

この様に各種検証実験を行った結果を総合的に見ると、PCの処理性能の向上により、高性能なPCの場合、単一ジョブであれば、ネットワークを介する

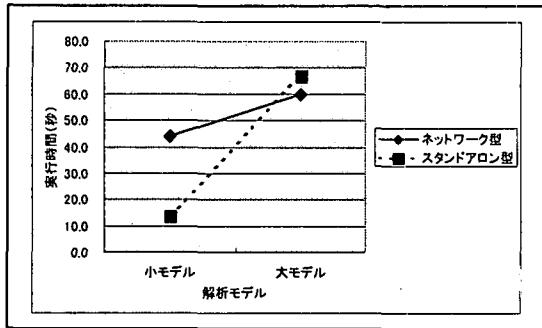


図-16 平均レベルPCとネットワーク型の比較

分、計算サーバに処理させるよりも実行時間としては早いという結果が出ている。しかし、使用クライアントPCを平均レベルとして考えると、図-16に示すように、解析モデルの規模の増大により逆転現象が起きる。また、複数ジョブの処理や、解析モデルの規模が増した場合の処理にはネットワーク型のシステムが適していると考えられる。

現時点ではハイブリッド型をモデルの規模や、ジョブの数により使い分けることにより、スタンドアロン型、ネットワーク型双方の長所を利用できるため、処理能力の大幅な向上が得られ、実務に十分適用可能であると評価できる。

#### 4. 問題点と今後の方針

今回の検証実験において明らかにされた問題点と今後の方針を次に述べる。

ネットワーク型システムにおいては、まず解析時間に比した実行時間の遅さの問題が挙げられる。これはネットワークインフラ、及び、その時のネットワーク負荷などの状態の影響をダイレクトに受けるものである。現状のハイブリッド型のシステムでは、小規模モデル、単一ケースの計算にはレスポンスの早いスタンドアロン型を用いることで回避できているが、今後このシステムにおけるネットワーク規模が拡大するにつれ、無視できない問題に発展することは自明である。今後、プロセス管理などのインターフェース部分をJavaを用いて作り込んで行くなどして、ネットワーク負荷を低減させる工夫が必要であると考えられる。この問題に関しては、今後、ネットワーク規模を拡大した検証を行って行き、更にデータを集めて行く方針である。

一方、スタンドアロン型のシステムにおいては、

レスポンス、操作性どちらもかなりのパフォーマンスを見せており、そのあたりの問題は特にないと言えるが、解析規模の制約と、結果の可視化が貧弱であるという問題が挙げられる。両者とも、現状はハイブリッド型として解決しているが、今後、Windows98などの特性を生かした可視化も図って行くべきであると考えられる。

#### 5. おわりに

今回はネットワーク型、スタンドアロン型、ハイブリッド型の3タイプのリモート数値解析システムの実用性について各種の検討を行った。この結果、3タイプのシステムについて、それぞれの利点や問題点などが検証できたとともに、これらのシステムの実務利用における可能性や発展性を確認することができた。

#### 6. 参考文献

- 1) 石倉、クルーズ、青野：「Java, VRML を利用したリモート数値解析システムの開発」、第22回土木情報システムシンポジウム講演集、pp.187-190、1997。
- 2) CGI Programing for Microsoft Personal Web Server : <http://www.argus.ne.jp/hsp/setup/pwscgi.html>
- 3) 武田圭史：Java プログラミングハンドブック「Java 使いへの道」、ソフトバンク、1995。
- 4) About VRML2.0 : <http://www.din.or.jp/~y-shiba/yyuuta>
- 5) Msdn Online 用語集 : <http://www.microsoft.com/japan/developer/visualtools/glossary.asp>
- 6) 東亜建設工業(株)技術研究所 材料構造研究室編：「温度応力解析プログラムマニュアル」、1999。
- 7) (社)日本コンクリート工学協会：マスコンクリート温度応力研究委員会報告書「外部拘束係数の見なおしとCP法の適用範囲拡大」、1998。