Ⅱ－32　数値解析からCGアニメーションまでの統合システム「TOA-INS」

東亜建設工業(株)技術研究所　　○石倉　正英
東亜建設工業(株)技術研究所　正員　ｴﾘｯｸ ｸﾙｰｽﾞ
東亜建設工業(株)技術研究所　正員　青野　利夫

1 はじめに

近年のコンピュータ技術の進化は、年単位から月単位・日単位へと、驚異的にその速度を増しているが、特にコンピュータの小型化・高性能化、および、ネットワーク技術の進歩は目をみはるものがある。これにより、昨今の数値解析を取り巻く環境は、大型コンピュータからＥＷＳ・ＰＣへと移り変わり、また、ネットワークを組むことによりそれぞれの用途に特化した異機種を接続し機能的に使い分ける、いわゆる分散コンピューティング環境を構築することが可能となっている。また、ＣＧ（コンピュータ・グラフィクス）技術の発達は、解析結果の直感的な理解を可能とし、特にＣＧによる動画処理システムは、時間発展型の方程式の表示方式として最も適している。

本報告ではＥＷＳ・ＰＣを中心とした分散コンピューティングを実現したネットワークシステムを用いて開発した、データの作成から数値解析、結果のグラフィクス化・アニメーション化までを一連のプロセスとして扱える数値解析システム「ＴＯＡ－ＩＮＳ」(TOtal Analysis and visualization - an Integrated System)の概要、適用事例について述べる。

2 システム概要

本システムは、EWS 上に構築されたメニュー・ウィンドウ・システムを中心として、立体構造物や波浪場などの各種数値解析コード、解析結果の２・３次元カラー図化出力プログラム、ＣＧアニメーション作成システムなどにより構成されている。それぞれが独立したオブジェクト指向のプログラムとして開発されているので、組み替えや追加、カスタマイズ・チューニングなどが容易に行え、かつ、汎用的なシステムにありがちな煩雑さを極力廃し、操作性を追求したものになっている。図-１、図-２に本システムの構成図を示す。

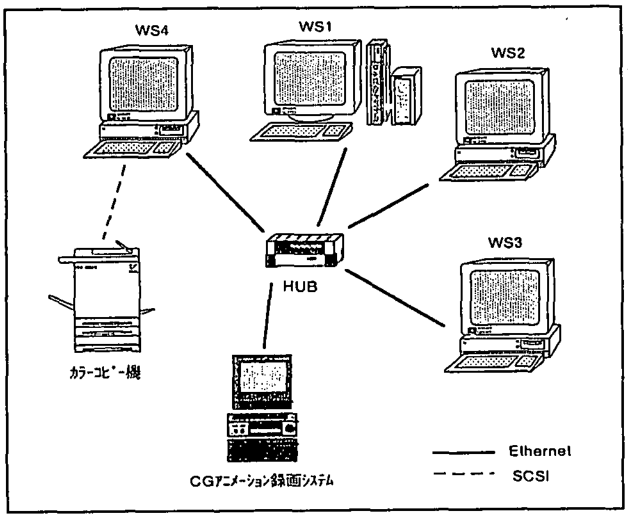

図-1　ハードウェア構成

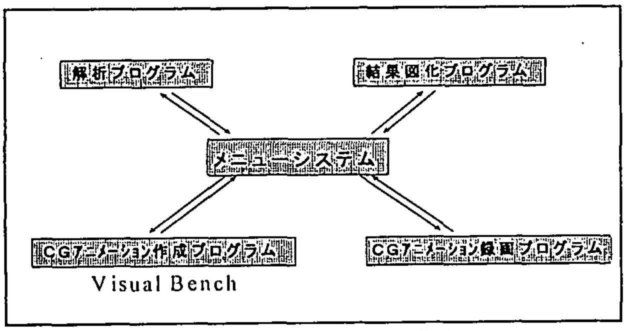

図-2　ソフトウェア構成

図-１に示すように、本システムは、４台の高速ワークステーション(HP9000-735/125,715/80)を基幹に、ＣＧアニメーション作成システム(住友金属工業株式会社：SIG1000,VisualBench)、高画質カラーグラフィクス出力のためのカラーコピー機(XEROX:A-color)からなり、それぞれがイーサネットによりネットワーク・システム化されている。

４台のワークステーションいずれにおいても、それぞれ同様の操作が可能であるが、うちWS1・WS2は数値解析などの計算用サーバマシン、WS3はＣＧアニメーションの作成用マシン、WS4はカラーグラフィクス出力サーバとして、内部的に分散コンピューティングを実現している。これにより、操作しているマシンに対し、ＣＧアニメーションを作成するという重い負荷を掛けながらも、ストレス無く数値計算を行えるようになっている。

図-2は、本システムのソフトウェア構成である。このように、メニュープログラムを中心にオブジェクト指向でシステム化されているので、バッチ処理的な流れとしてだけの操作ではなく、数値解析だけを繰り返したり、結果をまとめてアニメーション化するなど、状況に応じた操作が可能となっている。

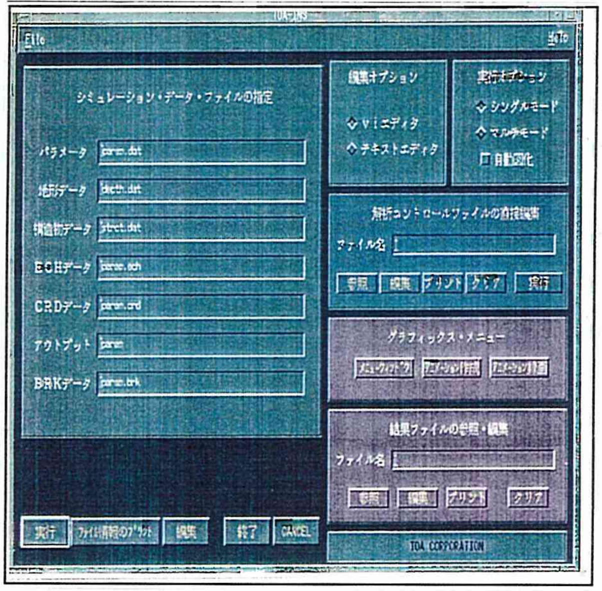

図-3　メインメニュー

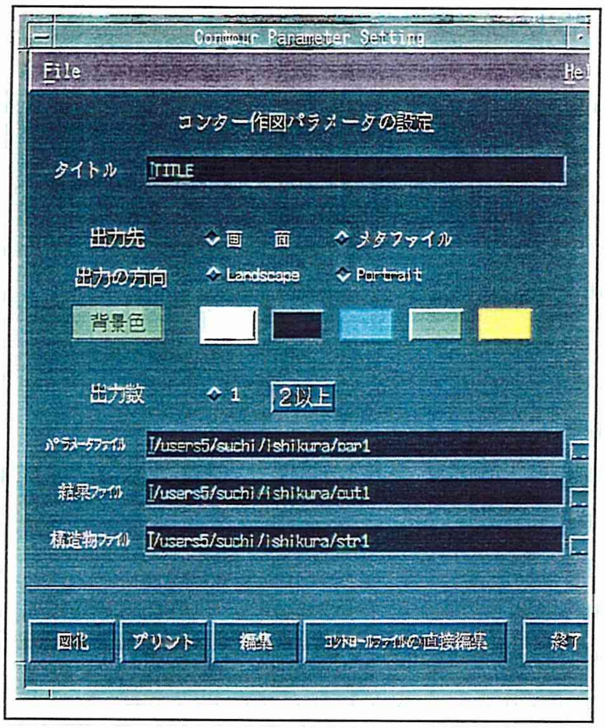

図-4　グラフィクス・サブメニュー

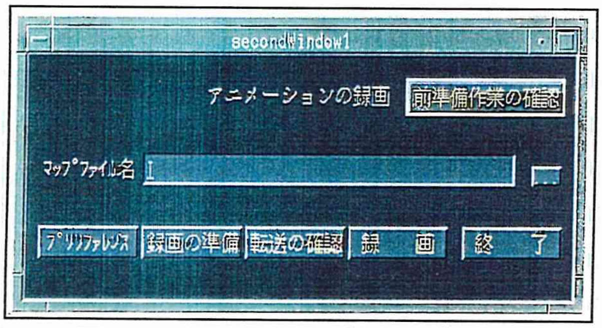

図-5　アニメーション録画サブメニュー

3　メニュー構成

本システムのメニューウィンドウ例を図-3から図-5に示す。ここでは例として、波浪場のシミュレーションプログラムに対応したメニューシステムを取り上げる。

図-3は、本システムのメインメニューである。ユーザはこのプログラムを起動することにより、解析から図化出力、アニメーション作成までを行うことができる。図-4は、メインメニューのグラフィクス・ボタンをクリックする際に現れるサブメニューウィンドウ、図-5は、メインメニューのＣＧアニメーション録画ボタンをクリックする際に現れるサブメニューウィンドウである。このメニュー構成とそれぞれのボタン・入力データ構成は、解析プログラムが違っても、基本的に同じである。

入力項目をほとんどファイル名のみとしたところが、操作性を向上させている。入力データに関しては、基本的に編集ボタンによって直接ファイルを編集することになるため、エキスパート以外のユーザは、データフォーマット・マニュアル等を携えての操作となるが、使うユーザのレベルを考えると、対話型にするよりもはるかに操作性が向上する。複雑な形状のモデルのメッシングは、ファイル編集だけではデータ作成に非常な困難を要するので、その場合に関しては、I-DEASなど市販の高性能メッシュジェネレータを用いるように設計している。また、操作履歴を残す機能を持っているため、ファイル選択に伴うディレクトリの移動などに要する手間を省いている。図-4のグラフィクスメニューに関しても、パラメータの設定はパラメータ設定ファイルを直接編集する形をとっており、指定はファイル名だけで良いため、２次元コンター図、３次元コンター図双方に対応している。図化ボタンをクリックした時点で、どちらを描くかの選択をする。

4　システムの特徴

（１）ＧＵＩによるオブジェクト指向型統合システム

本システムは、Ｍｏｔｉｆを用いたＧＵＩ（グラフィカル・ユーザ・インターフェイス）による、統合数値解析システムである。従って、ユーザはコマンド操作の煩わしさから開放され、かつ、対話形式のアクションを必

要最低限に押さえているため、ほとんど入出力ファイル名の指定だけで解析・図化が可能である。その分、入力ファイルの作成には、ある程度の知識・技術を要するが、入力ファイルのフォーマットに説明文を多用し(図-6)、モデルファイルを変更する方法をとっているので、却って操作性・効率性は上がっている。

```
Header: Tin=12.30s Hin=3.280m
Footer: SURFACE DISPLACEMENT
Xlocation:      1.00    19.50
Ylocation:       .00    18.50
Xrotation:    -30.00
Yrotation:    -10.00
Zrotation:    -20.00
XscaleFac:    .986
YscaleFac:   1.200
ZscaleFac:    .500
ZdataFac:          1.00000
Zminimum:      -1.640
Zmaximum:       4.920
XdatInter:     1
```

図-6　入力データ例

また、メインメニューさえ立ちあげれば、入力ファイルの作成から解析、結果のアニメーション化まで、一連の操作を行えるのも大きな利点である。CGアニメーション作成プログラムは、本来市販品であるため、別個の操作になりがちであるが、起動ボタンのメインメニューへの組み込み、および、結果ファイルのトランスレーション機能を付加することにより、あたかも、ひとつの機能であるかのような取り扱いができる。

さらに、オブジェクト指向のシステムであるため、解析プログラムや図化プログラムなど、それぞれパーツだけのカスタマイズが容易である。

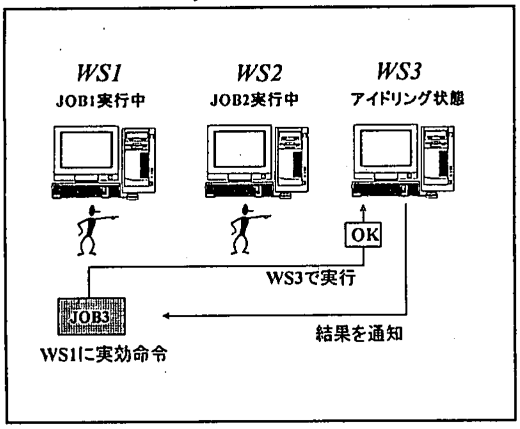

図-7　負荷分散処理

(2) 解析効率を上げる並列解析処理機能

本システムでは、UNIXネットワーク用のCPU負荷分散ツール(STERLING SOFTWARE社製)を用いて、解析ジョブの並列処理を実現している。図-7に示すように、この負荷分散ツールは、ネットワーク上のワークステーションの負荷を逐次監視し、実行ジョブをその時点でのCPU負荷やメモリ使用状況、CPUパフォーマンスなどを照らし合わせて、最も高速に処理できるワークステーションに割振る働きをする。この結果、複数の解析ケースの同時実行や、CGアニメーション作成などの別の作業との並行処理などに、絶大な威力を発揮する。表-1は、負荷分散機能を使った場合と、ひとつのマシンで連続実行させた場合の実行時間の比較である。ここで、実験を行ったマシンはHP9000-715/80(CPUｸﾛｯｸ:80MHz,ﾒﾓﾘ:96MB)で、実行プログラムの内容は、10000の配列のデータ(実数型と整数型)の読み書き、および簡単な四則演算を100回ループさせるという単純なものである。このプログラムを4回連続で実行したもの(単体処理)と、負荷分散機能を用いて4ケース同時実行したもの(並列処理)とを比較した。ここで、1ケースのみの実行時間は2分38秒であるので、このテストでは2ケース分の時間で4ケースの実行が可能であるといえる。

表-1　実行時間の比較(分:秒)

1つのﾏｼﾝで連続実行	複数のﾏｼﾝで並列実行
10:34	5:50

(3) 多方向からの解析結果の検討

3次元CGライブラリ(PHIGS)を用いて開発した2次元・3次元解析結果可視化プログラムにより、様々な角度からの解析結果の検討を実現した。さらに、CGアニメーションを組み合わせることにより、3次元の動画による検討、また、プレゼンテーションに直結した数値解析をも実現した。本システムの可視化プログラムは、パラメータ設定を極力少なくし、マニュアル化を徹底しているので、専門の技術者でなくとも高度なカラーグラフィクス・カラーアニメーションを作成することが可能となっている。

5 解析適用事例

(1) コンクリート温度応力解析

本システムを用いてコンクリートの温度応力解析を行った結果を図-8に示す。この解析プログラムは、コ

ンクリート打設後に発生する熱により、ひび割れが起こるかどうかをシミュレーションするもので、コンクリートの重ね打ち（段階的打設）を考慮したものになっている。この図は２段階にコンクリートを打設した後のある時点でのコンクリートの温度分布を表すものである。このように系時変化するタイプの解析結果の評価・プレゼンテーションにはＣＧアニメーションが非常に有効である。

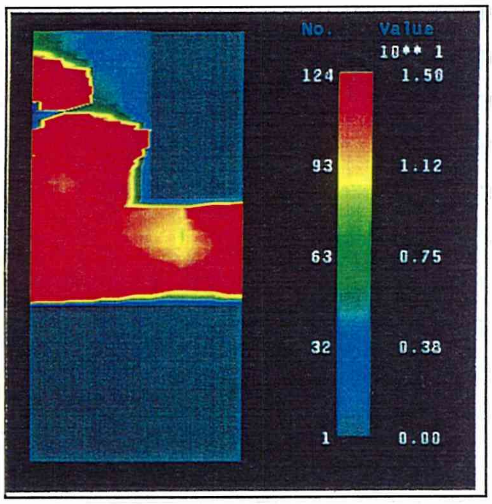

図-８　コンクリートの温度分布

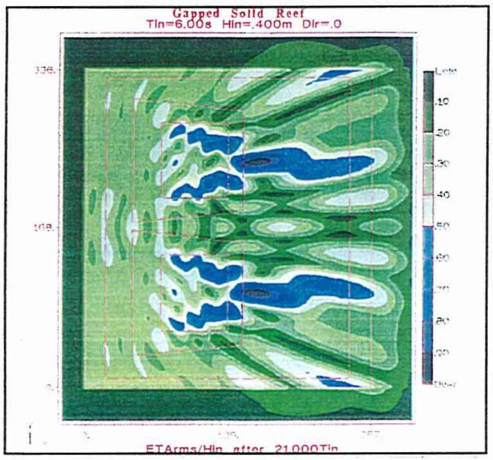

図-９　波浪場（２Ｄ図）

図-10　波浪場（３Ｄ図）

（２）波浪場の解析

本システムを用いて波浪場の解析を行った結果を図-9、図-10に示す。この解析プログラムは、構造物に作用する非線形波の解析を行うもので、波浪モデルはブーシネスク型の方程式を用いている（Cruz,1996）。この解析プログラムは、海底地形と構造物の諸元および配置が得られれば、比較的簡便に対象地点の波浪場の諸元が得られるように設計されている。また、このプログラムは、潜堤や人工リーフにも対応している。

図-9 は、２基の潜堤を配置した場合の解析を行った結果で、水面変動の標準偏差を２次元的に表している。図-10 は、構造物を配置した場合の例として、茨城県常陸那珂湾における解析を行った結果で、ある時間における水面の状態を３次元的に表したものである。ここで極端にせり出した壁のように表されているのは防波堤である。この図化プログラムでは、視点の移動や、拡大縮小がパラメータの指定により簡単に行えるので、防波堤の内外など、様々な角度からの評価が可能である。

このように３次元的な解析も、平面的に見たり、角度を変えて見たりして評価できる。また、結果が時系列データであるなら、この検討を踏まえて解析ケースの評価をし、その後プレゼンテーション用のＣＧアニメーションを作成することができるので、作業効率が向上する。

６　おわりに

ここに述べたように、本システムは、シミュレーションからプレゼンテーションまでを統合的に考えたシステムとして、相当のパフォーマンスを発揮しているといえる。現在、当社では EWS を計算サーバとし、PC をプリ・ポストとするようなネットワークシステムも構築・稼動しているが、幸い、Motif ベースのウィンドウ・プログラムをマイクロソフト・ウィンドウズ９５にコンバートするツール（CPT:Cross-Platform Toolset）も登場してきているので、EWS/PC の操作環境の統一も図りやすくなっているため、今後は、もう少し踏み込んだネットワークシステムを構築できるようになるであろう。

［参考文献］
1）Cruz,E.C.,Isobe,M.,Watanabe,A.(1996):Boussinesq equations for wave transformation on porous beds.(to appear in)Coastal Engineering.
2）HEWLETT PACKARD:HP-PHIGS Graphics Techniques,1994