

## VI-198

## 個別要素法の解析結果可視化システムの開発

佐藤工業（株） 正会員 吉田直人、吉田望

## 1. はじめに

技術計算結果のCGによる可視化は、FEMについてはよく行われている。DEM（個別要素法）については、変位を追跡するものは幾つかあるが<sup>1)2)</sup>、解析結果の把握という観点からはこれだけでは充分とは言えず、例えば応力分布やひずみ分布などは必要なものの一つであろう。しかし、DEMではこれらは要素を繋ぐばねについて定義されているのみであり、一般的な意味での応力やひずみとは異なっている。

筆者らは、個別要素法の解析結果を動画表示できる可視化システムを開発したので報告する。

## 2. 可視化システムの概要

個別要素法は、時間経緯に伴う各々の要素のミクロ的な挙動や応力状態を元に、モデル全体のマクロ的な挙動現象を解析・検討するものである。このため、ある時間断面における結果の評価だけでなく、全体の時間経緯の中での現象の変化課程を評価することも重要であり、現象の流れを追うことができる可視化システムが必要となる。既往のFEM解析用の可視化システムや図化ライブラリは個別要素法からのデータ入力に対応しておらず、また静止画出力が中心であるなどから、筆者らが意図する出力への適用が難しい。AVS<sup>3)</sup>は汎用の可視化システムであり、各種の複雑な数値データをノンプログラミングで高度に可視化処理し、動画出力にも対応できることから、これを利用して新たに個別要素法(DEM)の解析結果を動画表示するシステムを開発した。

DEM解析結果をAVSへ入力するため、解析結果を書式変換（整形）するためのI/Fプログラムと、DEMプログラムのデータ取込み用のAVS I/Fモジュールを作成した。これらのプログラムは、現在、次項に示すプログラムについて作られており、個々のDEMプログラムに対応して作る必要がある。なお、2つのI/Fプログラムを用意したのは、解析結果が複数（例えば計算ステップごと）出力されること、これに対応したAVSの標準データ取込みモジュールが存在しないこと、またVTRのこま撮り制御や表示対象データの選択、表示方法の制御などを対話的に処理するためである。これらのI/Fプログラムを組合わせ、解析結果データをAVS上に取込み動画表示を行った。解析から表示までの一連の流れの概略フローを図-1に、各I/Fプログラムの機能を表-1に示す。

## 3. 可視化実施事例

可視化の具体例として、基礎の押し込み問題の結果を紹介する。DEMプログラムDEMS<sup>4)</sup>により、矩形領域内にランダムに土粒子要素を配置し、次に徐々に重力を加えて堆積（パッキング）させる初期自重解析を行なった。その後、矩形領域の一部の境界を土粒子中に降下させ、境界の貫入によって生ずる土粒子の動きと応力の発生状況をステップ毎に解析・出力した。この結果を今回作成した2つのI/Fプログラムを用いて変換、AVS上に取り込むことで、可視化処理・表示を行っている。なお表示画像は、画面出力の他、VTRでもこま撮り録画している。

図-2は、AVS上での可視化処理ネットワークの構成例である。図-3,4は出力画像の例で、図-3は要素を一定幅に色分けし、要素の挙動を追跡したもの、図-4は要素に働く応力（軸ばね力の合力）の値に応じて、各要素に色付けを行ったものである。なお、CG画面上での色付けは、応力値の低い方から高い方へ、青から赤へのカラーグラデーションを標準的に割り当てて行っているが、本報告では白黒の表示として示している。

図-4では、応力が下方に行くにしたがって広がって行くこと、また、応力が特定の要素を伝わって伝播し、その間に応力をあまり受けない要素のブロックがあることなどが容易に理解することができ、その意味で本システムは所定の目的を達していると判断できる。

## 4. まとめと展望

個別要素法は様々な分野への適用が期待されるが、本可視化システムにより、その解析結果を一連の動画表示として評価できるようになった。本システムでは、計算終了後に動画を作成するので計算結果を途中で確認できない、結果出力のための大容量ディスクが必要である、データ取込みや表示出力に時間が掛かるのでリアルタイム表示が困難である等の問題点がある。今後の改良目標としたい。

- 参考文献 1) Utagawa,N., Kondo,I., Yoshida,N., Itoh,M. and Yoshida,N. , Simulation of Demolition of Reinforced Concrete Buildings by Controlled Explosion, Microcomputers in Civil Engineering, pp.151-159, 1992 2) 目黒公郎、伯野元彦、東原紘道、拡張個別要素法による構造物の崩壊予測シミュレーション、土木学会第 46回年次講演会論文集、pp.18-19、1991 3) AVSユーザーズ・ガイド、クボタコンピュータ、1991 4) 沢田純男、個別要素法プログラムDEMS説明書、1991

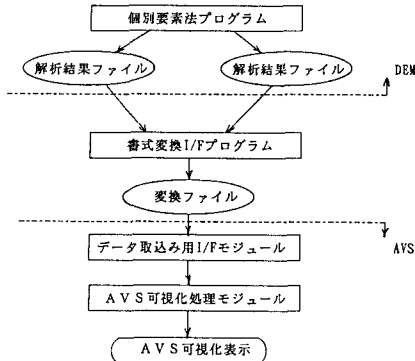
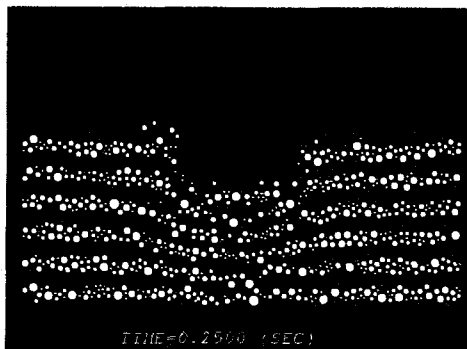


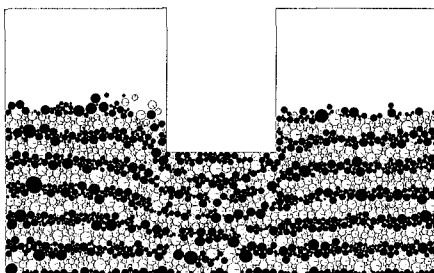
図-1 可視化までの概略フロー

表-1 I/Fプログラムの機能概要

|              |                                                                                                  |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| trprog       | 個別要素法プログラムから出力される解析結果ファイルのデータを統合し、解析ステップ毎の要素位置と各要素に働く力の時系列変化を出力するための書式変換用I/Fプログラム。               |
| DEMS-animate | trprog で変換処理されたファイルからデータを取り込み、AVSの標準可視化処理モジュールにデータを受け渡すための AVS I/Fモジュール。VTRのごまくり制御や表示方法の制御なども行う。 |



(a) AVS表示



(b) プロッター出力（参考）

図-3 AVSでの可視化画像出力例  
（要素位置変化の表示）

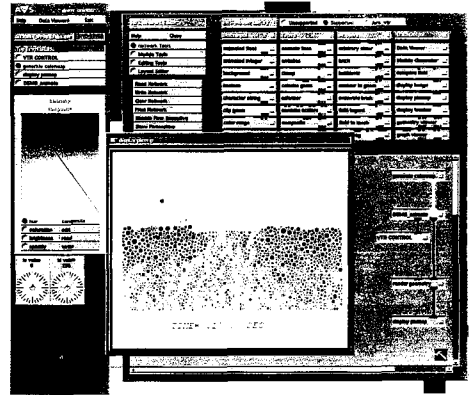
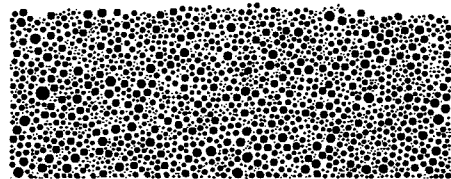
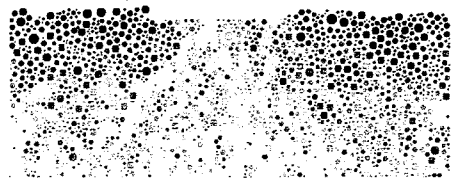


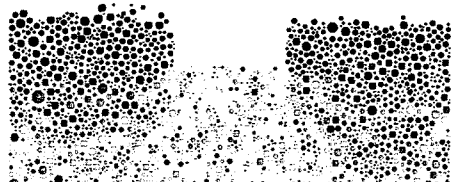
図-2 AVSでの可視化処理ネットワーク例



(a) TIME=0.0000 (SEC)



(b) TIME=0.1000 (SEC)



(c) TIME=0.2500 (SEC)

図-4 AVSでの可視化画像出力例  
（応力値に応じた色付け表示）