

富士通エフ・アイ・ピー(株) 塩見和利  
 富士通エフ・アイ・ピー(株) ○佐々木浩人  
 富士通エフ・アイ・ピー(株) 本城稔洋

【抄録】本論文では、3次元的地層分布を考慮した断層破壊に伴う地震動の解析を行うための支援システムとして、断層パラメータの設定、複雑な3次元的地層のモデル化などの入力作業の軽減、及び波形分析やアニメーションによるシミュレーション補助機能を備えた、Windows®95/NT®用の3次元データ作成システムを提案する。

【キーワード】シミュレーション、CAD

## 1. はじめに

阪神大震災における土木構造物の被害は甚大なものとなり、設計指針の見直しが行われた。入力地震動については、大規模な直下型地震の観測データが少なく、今後の観測データの蓄積が望まれているところである。

しかしながら、近年の高速なコンピュータの普及や活断層の調査により、3次元的地層分布を考慮した断層破壊に伴う地震動（理論的地震動）の解析も可能である。

一方、断層パラメータなど工学者にとっては不慣れたパラメータ、複雑な3次元的地層のモデル化、解析結果図の作成やビジュアル化がシミュレーションを行う上での障害になっている。

そこで本報告では、理論的地震動の中で、離散化波数法<sup>1)</sup>と3次元FE-BE法<sup>2)</sup>についての支援システムとして、断層パラメータや、複雑な3次元的地層のモデル化などを、リアルタイムに表現しながらCAD操作による入力により、効率的かつ正確なプレ処理と、任意地点での波形分析機能と、地表面を伝播する地震波アニメーション機能によるポスト処理の作成をWindows®95/NT®で行った。

本論文では、神縄・国府津-松田断層<sup>3)</sup>に関するシミュレーションを例に挙げながら、本研究の概要について報告する。

## 2. プレ処理

### 2.1 地層のモデル化

複雑な地層を表現するためのモデル化は、地層境界を表現する曲面メッシュを作成し、これを組み合わせて地層を定義する。曲面メッシュの作成手順を以下に示す。

- ①地層境界の代表的な位置で2次元領域を定義
- ②他の境界と接する境界上の点を定義
- ③深度既知な点のZ座標を定義
- ④Z座標を考慮（補間）したメッシュ作成

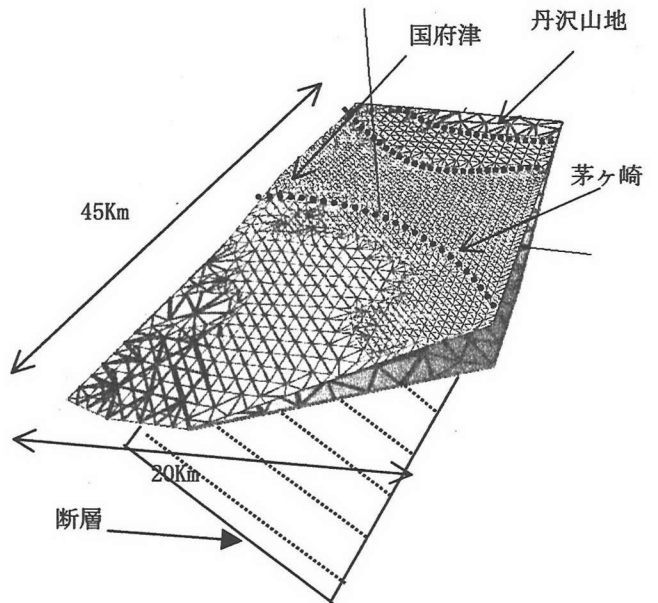


図1. 神縄・国府津-松田断層モデル

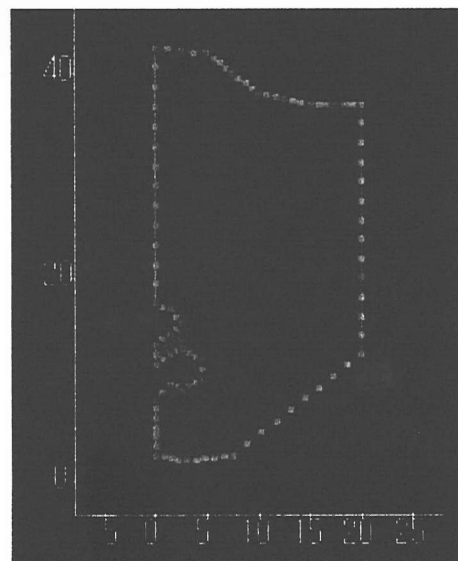


図2. 曲面メッシュ分割前の第2層境界面

ここで、①から③はCAD操作と画面からの数値入力を併用しており、設定は即座にモデル表示画面に反映されるので、入力ミスなどの誤操作を防ぎ、効率の良いモデル化を行える。④のメッシュ分割と

しては、デローニー三角分割法<sup>4)</sup>を用いた。また、分割方法として、節点数指定分割とメッシュ密度要素分割の2種類を用意した。

次に、曲面メッシュを組み合わせることで地層を定義し、材料定数として、P波速度・S波速度を定義する。

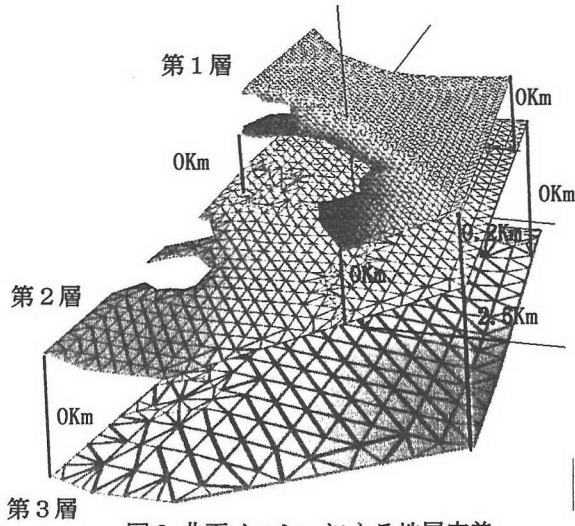


図3. 曲面メッシュによる地層定義

## 2.2 断層のモデル化

画面より、断層の幅・高さ・分割数・開始位置や傾斜角、rake、破壊伝播速度など必要なパラメータを設定する。断層モデルは、地層モデルと同一画面に表示するので、地層と断層の位置関係も確認できる。

## 3. ポスト処理

ブレ作業終了後、地表面のメッシュ節点から解析結果抽出点を選択して解析を行うと、その点に関する結果が得られる。

### 3.1 波形分析

抽出点に関する結果として、地震記録、フーリエスペクトル、応答スペクトル、自己相関、周期-頻度分布の波形分析が、簡単な画面操作で出力できる。

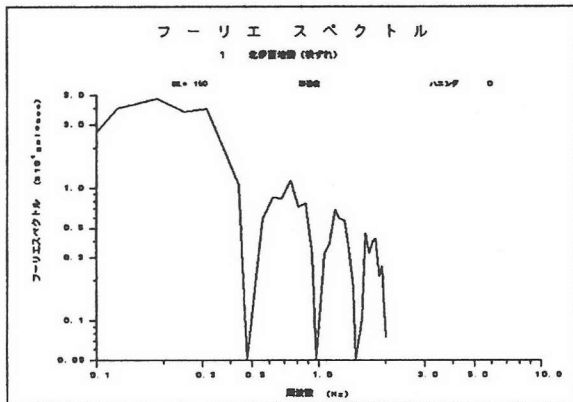


図4. 抽出点のフーリエスペクトル図

## 3.2 アニメーション

複数の抽出点に関する結果から、各時刻の分布ファイルを作成すると、地表面を伝播する地震波をアニメーションとして表現できる。

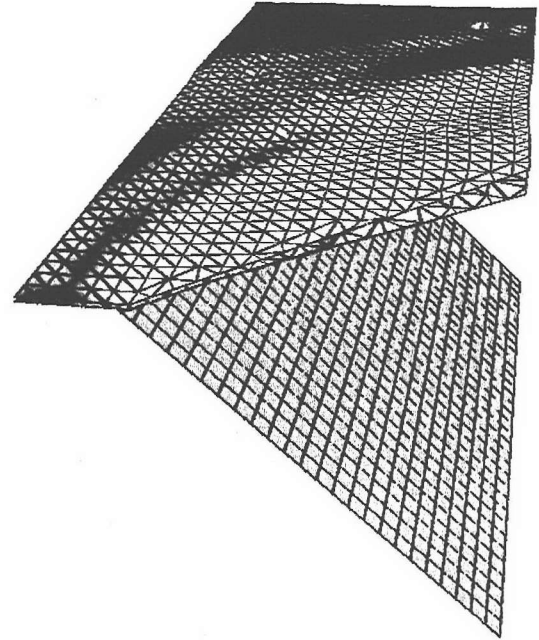


図5. アニメーションで見る地層と断層

## 4. あとがき

本報告では、3次元FEM法については、解析処理はスーパーコンピュータで行っている。汎用的に地震動作成を行うために、解析処理の高速化が急務となっている。

今後は、経験的、半経験的、理論的のそれぞれの手法を同一システムで扱えるように、システムの統合化を推進する。

最後に、本システムの開発にあたり、東京工業大学 大学院総合理工学研究科 大町達夫教授、翠川三郎教授、年縄巧助教授から多大なるご指導、ご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 大町達夫、茂木秀則、中村洋一：3次元離散化波数法による震源近傍の地盤歪の解析、第9回日本地震工学シンポジウム、pp. 529-534、1994
- 2) 片岡正次郎、大町達夫：震源近傍の不整形地盤における地震動の三次元シミュレーション、土木学会論文集、No556/I-38、139-149、1997
- 3) 佐藤良輔、阿部勝征、岡田義光、島崎邦彦、鈴木保典：日本の地震断層パラメータ・ハンドブック、鹿島出版会、1997
- 4) 谷口健男：FEMのための要素自動分割—デローニー三角分割法の利用、森北出版、1992