

前橋工科大学建設工学科 学生会員 ○小池 輝明
前橋工科大学建設工学科 正会員 濱島 良吉

1. はじめに

地球表面がいくつかのプレートにより覆われているというプレートテクトニクスは、地震の発生メカニズムを考える上での重要な基本原理であり、日本列島は更に小さなブロック構造により分割されていると考えられる。地殻変動解析を行うにあたっては、ブロック構造モデル内部の変形や、ブロック間のすべり、剥離などを考慮した解析手法が必要となる。これは基本的には結晶構造の変形・破壊シミュレーションを行うことと同じになる。

解析に関しては、これまで不連続体解析 FESM (Finite Element Spring Model) を開発してきた。この解析手法は、困難とされてきた複雑な形状を有する 3次元結晶構造に対しての変形・破壊を扱うものであり、要素内の弾性、塑性、粘弾性変形状態に加え、結晶粒界での引張破壊、せん断破壊によって生ずる剥離、滑りを考慮することが可能な解析手法である。しかし、この解析結果のみからモデルの変形等を判断するのは困難であり、結晶構造内部の破壊状態を可視化することが不可欠となる¹⁾。

可視画像化のプログラムは既に存在するが、まだ十分とはいえない。そこで詳細にプログラムを見直すとプログラム上の処理で重要な分岐がいくつか抜けていることが分かった。そこで本研究では、プログラムに不足する部分についての修正を行った。また既存する機能に追加すべき機能があり、その追加も行った。

2. 可視画像化プログラムの構成¹⁾

データの読み込みおよび画像描画に必要なデータの作成

ここでは、FESM で解析を行う際に必要となる情報を持つインプットデータと解析により得られたアウトプットデータを読み込む。またそれに加え、画像描画に必要なデータを作成するもので Visual Basic により作成されている。

画像描画機能

画像描画機能は DirectX7 の機能の中の Direct3D-RM の機能により作成されている。この機能を使うことにより、陰線処理、アニメーションを含めて比較的容易に行うことができる。

画像描画機能の種類を以下に示す。

- 1) フラット表示・線画表示機能
- 2) 破損面表示・透明表示機能
- 3) 断面カット機能
- 4) 切断面表示機能

アニメーション機能

Visual Basic のタイマーコントロールを用いて、アニメーションを作成する。ここではモデルを x 軸、 y 軸、そして z 軸回りに回転させ、さらに、同時に 2 軸以上の回転をさせることもできるものとした。

3. 研究内容

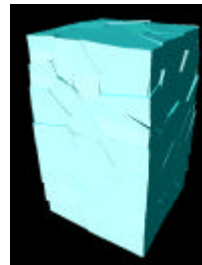


図1 解析後のモデル

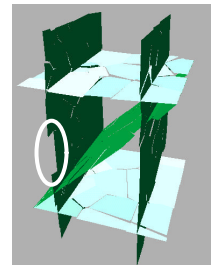


図2 切断面表示機能

研究を進めるにあたってプログラムのチェックを行った結果、画像描画機能の 1 つである切断面表示機能において、描画する際の微妙な位置関係により、要素の欠落部分が発生することが判明した(図 2)。

切断面表示機能とはモデルを任意の位置で切断し、その位置での切断面を表示させる機能である。描画方法としてはモデル上で切断したい位置を 3 点(P_1, P_2, P_3)指定することでモデル上に平面を定義する(図 4)。そしてその平面とその平面が切断する各要素との交点を求め、切断面を描画させるものである。

そこでプログラムを徹底的に見直し、判定条件で抜

キーワード：可視画像化，結晶構造，FESM(Finite Element Spring Model)，単位法線ベクトル

連絡先：〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 TEL：027-265-7361 FAX：027-265-7361

けている部分があることを明らかにした．判定条件の不足する部分については，切断面表示機能のアルゴリズムを元にベクトル解析により検証した．その結果，切断面と各要素との交点を求める場合にそのうちのいくつかが抜けていることが分かった(図3)．

図3は切断面と要素の関係について示したもので，(a)から(f)に示すのはモデル内におけるそれぞれの要素であり，色の濃い部分は切断面を表している．図の(a)，(b)，(c)の場合については既にプログラム上で処理がなされており，今回は新たに(d)，(e)，(f)の場合について処理を追加した．

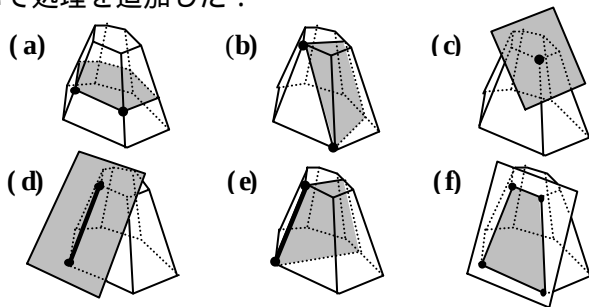


図3 切断面と要素の関係¹⁾

これらの場合，要素を構成する面または面を構成する辺と切断面とが重なり合う．このとき辺ごとに交点の判定を行う際に，辺上に無限個の交点が存在することになる．そのため切断面と要素の面または面を構成する辺とが重なった場合には，要素を構成する面の頂点を交点として格納するように処理を行った．

また，その際の計算には切断面の単位法線ベクトルが必要となる．しかし，既存のプログラム上の処理では単位法線ベクトルに $|A \times B|$ が乗じられていた．そこでその部分についてプログラムの修正を行った．図4に n で示すのが単位法線ベクトルであり 左図の A, B は切断面の方向ベクトル， v は切断面上の任意の点，右図の d は辺 $r_1 r_2$ の方向ベクトル ($r_2 - r_1$)， r は辺 $r_1 r_2$ 上の交点の位置ベクトルである ($r = r_1 + \mu d$ ($0 \leq \mu \leq 1$))．これらを用いてベクトル方程式により交点の判定を行っている．

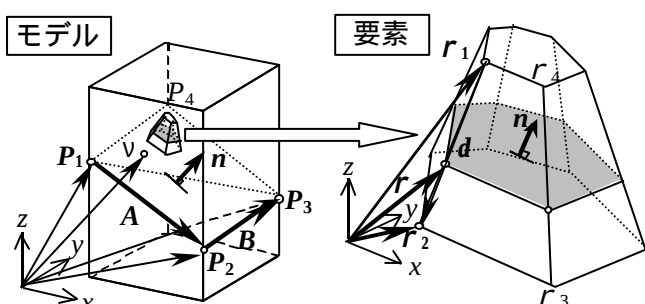


図4 切断面表示のアルゴリズム

4．断面カット機能への追加機能

この機能は，個々の要素形状を視覚的にとらえるために作成された機能である．描画方法は，描画させたい部分を $0.0 \sim 1.0$ の範囲で指定し，その範囲内に重心のある要素を描画させるというものである．

既存する断面カット機能では各面に平行に要素を分断することしかできなかった．そこで任意の位置(斜めの位置)でモデルを分断できる機能を追加した(図5)．

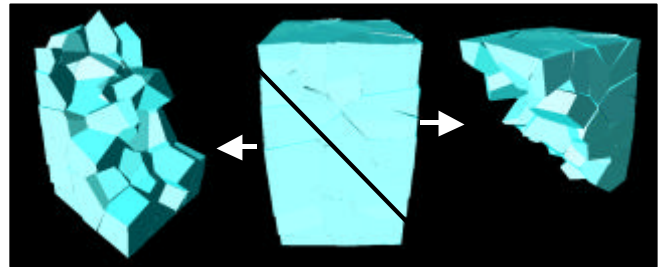


図5 断面カット機能への追加機能

5．結果と考察

切断面表示のプログラムにおいて，切断面と各要素との交点を求める際に不足していた判定条件を追加することによって，それが原因で要素が欠落していた部分を表示することが可能となった．しかし，それでもまだ表示されない部分があったが，単位法線ベクトルを修正したことにより，判定条件追加後も要素の欠落が見られる部分においても切断面を描画することが可能となった．

また，断面カット機能に任意の位置でモデルを分断できる機能を追加したことにより，モデルのどの部分においても個々の要素形状を見ることができるようになった．

6．おわりに

現在，地球シミュレータプロジェクトの中で列島規模の地殻変動解析を行っている．ここで日本列島に潜り込むプレートの形状(曲面形状)が地震発生メカニズムに大きな影響を与えることが指摘され，モデル化等において多くの検討の余地があることが判明した．そこで今後はプレートの潜り込み，内陸部の断層を組み込んだ詳細なモデルの構築を行っていく．

参考文献

- 1) 荻原 律，濱島良吉，元島三明，結晶構造の変形・破壊現象に関する可視画像化，第7回分子動力学シンポジウム講演論文集(日本材料学会)，88-93(2002)