

## 11 - 2 地震破壊伝播のシミュレーション Dynamic Rupture Propagation of Earthquake

防災科学技術研究所 福山英一

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

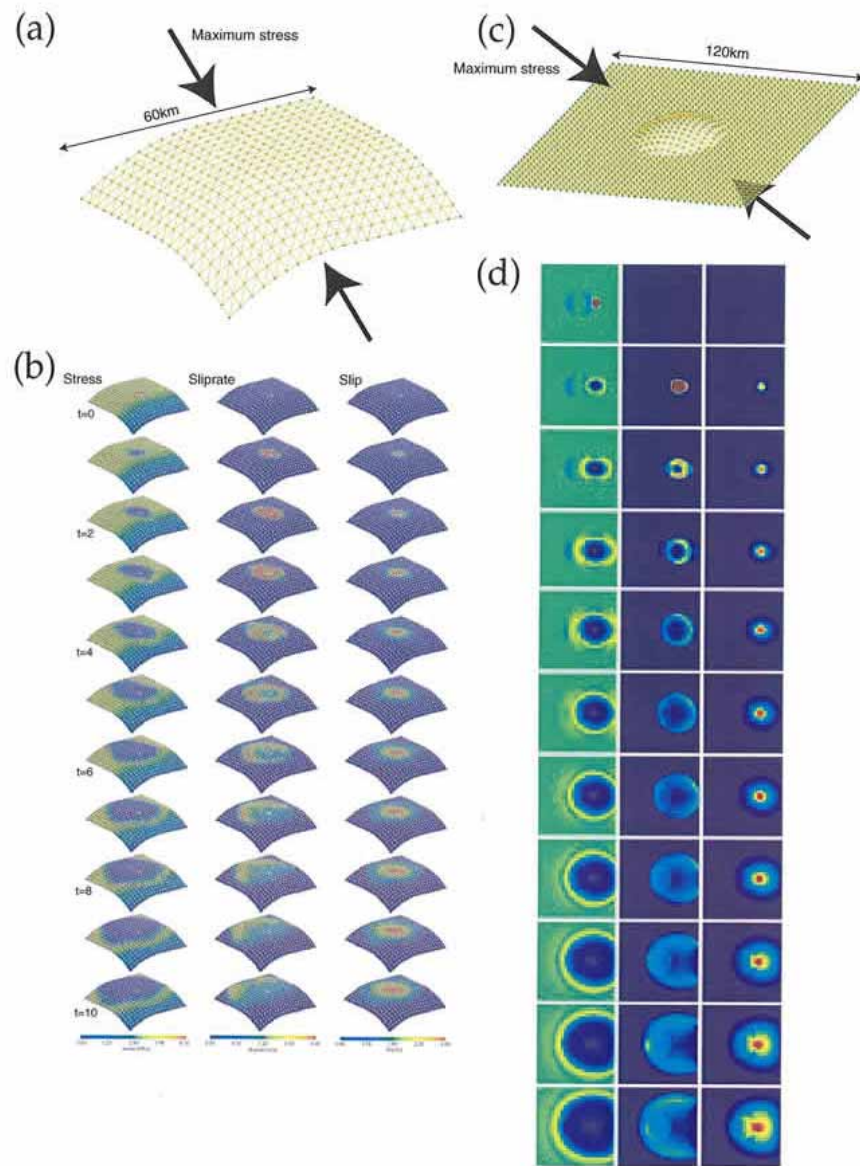
地震の動的破壊過程の精度よいモデル化のためには、断層面の形状・断層破壊構成則・初期応力の分布といった3つの要素が十分な精度で事前に十分な精度で推定されている必要がある。形状と構成則は断層運動を記述する方程式に対する境界条件を与え、初期応力はその初期条件を与える。つまり、地震の動的破壊過程をいかにうまくモデル化するかは、これら境界条件・初期条件をいかにうまく与えるかにかかっている。たとえば、断層の屈曲・分岐・地表面での breakout などが破壊の進展に大きな影響を与えることが知らせている(Aochi et al., 2000ab)。断層構成則によってコントロールされる破壊伝播中に消費する破壊エネルギーが破壊伝播速度を決定する(Fukuyama and Madariaga, 2000)。初期応力分布は、断層面上での最終すべり量をコントロールする(Fukuyama and Madariaga, 2000)、といった具合である。

では、これらのパラメータをどうやって推定すればよいのであろうか？内陸地震とプレート間地震では若干アプローチが異なる。内陸地震の場合、断層形状は、背景となる地震活動・地殻構造・地質構造から推定することになる。構成則は断層掘削によって得られたコアの解析から有効な情報が得られるかもしれない。また、初期応力は地震のメカニズム解を用いた応力テンソルインバージョンや断層掘削による応力の直接推定が有効であろう。しかしながら、プレート境界地震の場合には形状はプレート形状から予測できるものの、他の2つのパラメータに関しては、測定データをうまく得ることは今のところ期待できない。そこで、準静的な地震発生サイクルのシミュレーション(Hashimoto and Matsu'ura, 2002)を行い、GPS・測量・重力異常などの観測データを同化させながら、構成則や初期応力といった各種のパラメータを推定し、地震発生直前の各種パラメータの数値的な予測を行う。動的破壊のシミュレーションはその準静的なシミュレーション結果を用い、動的破壊後の応力状態を準静的なシミュレーションにフィードバックする(Fukuyama et al., 2002)。

実際、動的破壊伝播計算のプログラムはすでに実用段階に達しており(Aochi and Fukuyama, 2002, 福山・他, 2002)断層形状は3角形要素のつなぎあわせとして表現することができる(Tada et al., 2000)。また、任意の断層構成則を用いることができる(Fukuyama et al., 2002)。断層面上での初期応力の分布も任意に与えることができる。つまり、上記の3要素がうまく推定できれば、地震断層の動的破壊のシミュレーションは、現実に非常に近い形で行うことが可能となっている。もっとも、大規模な計算を行おうとすると大規模な計算資源を必要とするが、「地球シミュレータ」の運用が開始されたことにより、これまで不可能とされていた規模の計算がいと簡単にできるようになった。

## 参 考 文 献

- 1) Aochi, H., E. Fukuyama, and M. Matsu'ura (2000a) PAGEOPH, 157, 2003-2027.
- 2) Aochi, H., E. Fukuyama, and M. Matsu'ura (2000b) Geophys. Res., Lett., 27, 3635-3638.
- 3) Aochi, H. and E. Fukuyama (2002) J. Geophys. Res., 102(2), 10.1029/2000JB000061
- 4) Fukuyama, E. and R. Madariaga (1998) Bull. Seismol. Soc. Am., 88, 1-17.
- 5) Fukuyama, E. and R. Madariaga (2000) PAGEOPH, 157, 1959-1979.
- 6) Fukuyama, E., C. Hashimoto, and M. Matsu'ura (2002) PAGEOPH, 159, 2057-2066.
- 7) 福山英一, 多田卓, 芝崎文一郎 (2002) 地球惑星関連合同大会 S040-P008 .
- 8) Hashimoto, C. and M. Matsu'ura (2002) PAGEOPH, 159, 2175-2200.
- 9) Tada, T., E. Fukuyama, and R. Madariaga (2000) Comp. Mech. 25, 613-626



第 1 図 (a) 沈み込むプレートを想定した断層モデル．2 方向に断層面が 屈曲している．初期応力分布は矢印の方向に最大主圧縮軸が向くような均質な応力場を想定している．(b)(a) のモデルを用いた動的破壊伝播の 計算例．1 秒ごとの等時間間隔の応力(左側)，すべり速度(中央)，すべり(右側)のスナップショットである．(c)海山の沈み込みを想定した断層中央部にこぶがあるモデル．初期応力場は(a)と同様に均質な 3 軸圧縮の応力場を想定している．(d)(c)のモデルを用いた動的破壊伝播の計算例．2 秒後との等時間間隔の応力(左側)，すべり速度(中央)，すべり(右側)のスナップショットである．

Fig 1 (a) A model suitable for subducting plate. Fault plane is curved along both strike and dip directions. Initial stress field is assumed to be homogeneous in space and maximum principal stress direction is shown as arrows. (b) The result of dynamic rupture propagation using the model in (a). Snapshots every 1 second are shown. Left, center, and right columns correspond to stress, sliprate and slip, respectively. (c) A model suitable for the seamount subduction. At the center of the fault there is a bump. Stress field is assumed to be the same as in (a). (d) The result of dynamic rupture propagation using the model in (c). Snapshots are plotted every 2 seconds. Left, center, and right columns correspond to stress, sliprate and slip, respectively.