

3.4.2 動的モデルの強震動シミュレーションへの応用 すべり速度時間関数の近似式の提案

宮武 隆（東大地震研）

(1) 研究の背景と目的

断層近傍の強震動シミュレーションでは、対象地点が震源に非常に近いために、地震波は震源の動きに大きく支配される。震源の動きは不均質な場の震源物理に支配されているので、震源モデルは物理的にも妥当なものであるべきである。またこのようにすることで強震動シミュレーションを適切に行うことができる。例えば想定活断層での強震動シミュレーションのように未知の震源に対し断層運動を決める際にも、このような指針は有効である。

震源物理を取り入れるには、以下のような2つの方法がある。

動力学モデルによる断層破壊と強震動の同時シミュレーション。動力学モデルによる断層破壊シミュレーションを差分法や有限要素法などの領域解法を使って行くと、計算領域に対象地点が含まれていれば、地震波は計算されている。このようにして強震動を得る（島田ほか、1997）。

動力学モデルによるすべり速度時間関数、又はその近似式を求め、これを広く流通している運動学的震源モデルによる波動計算コードに取り込んで計算する（中村・宮武、2000）。すべり弱型摩擦則（例えば、大中・松浦、2002）が作用する断層運動の2次元および3次元数値シミュレーションからすべり速度時間関数を得て、これを数学的に簡単な表現式で近似することは中村・宮武（2000）により提案されている（図1）。立ち上がりからピークに達するまでは、断層摩擦構成則により支配され、ピークに達するまでの時間は、すべり弱型モデルの場合には、臨界すべり量 D_c の影響を受ける。その後は、Kostrov 型の関数とした。最後の部分はライズタイムによる減速と停止を線形関数で近似した。すべり速度の最大値 V_{max} は $V_{max} = \frac{\Delta\sigma}{\mu} \sqrt{2f_{max} Wv}$ と表される。

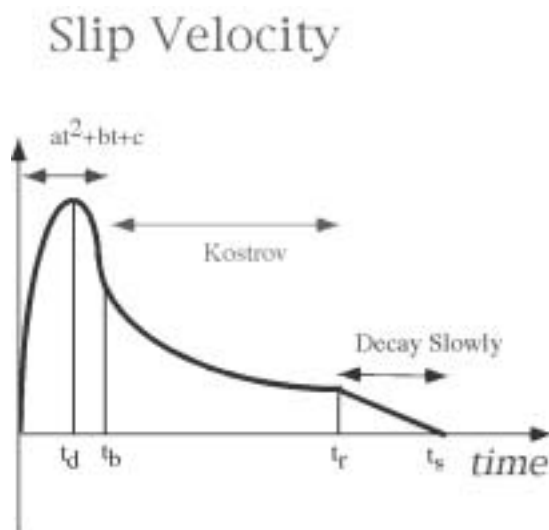


図1 中村・宮武（2000）の近似式

動力学モデル研究グループは主に の立場をとる。しかし適切な強震動シミュレーションを普及させるためには、 が望ましい。本研究グループは の研究を進める。そこで上記 の中村・宮武(2000)の近似式を、答えのわかっているいくつかのモデルに応用して、その妥当性を検証し、必要に応じて、近似式を訂正して精度を高めることにする。

(2) 近似式の妥当性と問題点の検討

中村・宮武(2000)近似式には以下の問題点がある。

近似式は簡単のためアスペリティ内では同じであると仮定されている。

近似式は細長い断層でのユニラテラル破壊伝播の十分成長した場合の数値解を元に作成されている。

(3) 近似式の妥当性を検討するための震源過程

計算の簡単のため20km x 10kmの浅い横ずれ断層に設定した。上記の問題点などを検討するために、以下の場合を考えた(図2)。

アスペリティが1つだけ存在する場合

アスペリティが3つ存在する場合を不均質なケースとして扱う。

正方形の断層(破壊は正方形の角の1つから円状に伝播)

細長い断層でないケース。

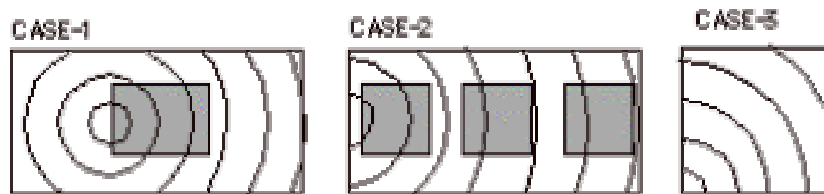


図2 計算した断層モデル

(4) 震源パラメーター

上記震源モデルでのパラメーターは以下の通りである。

破壊伝播速度は地震の平均的な値であるS波の80%とする。

アスペリティの応力降下量は、浅い地震での典型的な値として10MPaを仮定した。

アスペリティ周辺の応力降下量はゼロと仮定した。

断層上端は1km。

断層面上にはすべり弱化摩擦モデルが加わり、臨界すべり量は27cm。

(なお、これによる地震波へのカットオフ周波数は8Hzに相当する。Ohnaka and Yamashita, 1989)

(4) 計算法

(a) 動力学モデルでの計算法

計算は空間に関して4次精度、時間に関して2次精度の3次元 Staggered Grid を用いた差分法 (Graves, 1996) を用いる。差分格子の間隔は 100m、時間間隔は 0.005 秒とした。断層運動は応力降下域が時間とともに増加するとして、時間依存型境界条件とした。なお応力降下量はすべり弱摩擦モデルにより決まる。

(b) 近似式を用いた計算法

(a) と同じ差分法を用いるが、震源モデルは、Graves(1996) に従って差分格子にダブルカップル力源として与える。

(5) すべり時間関数

図3においてCASE-2、CASE-3のすべり時間関数を近似式と比較すると、破壊開始点付近で、一致が悪いことがわかる。

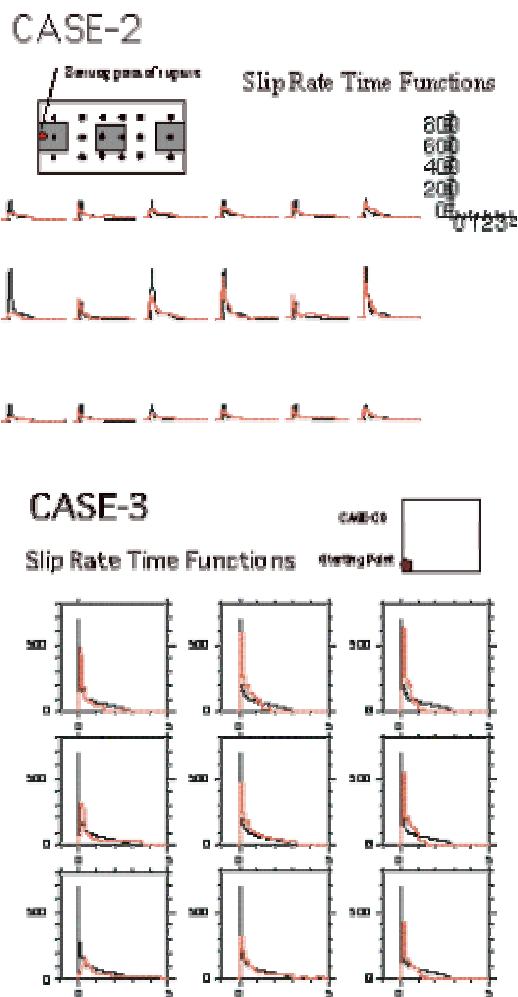


図3 CASE-2,CASE-3 でのすべり速度時間関数の比較

(5) 近似式の改善と断層近傍の速度地震波形

破壊開始点付近ではまだ十分にすべり速度が大きくなっていない、これを Day(1982)の破壊初期の場合を使って破壊が断層幅にまで達する程度の時間までは下記を使うことにする。