

沈み込み帯のブロックスライダーモデル

Block slider model in subduction zone

坂口 有人[1]

Arito Sakaguchi[1]

[1] JAMSTEC

[1] JAMSTEC

<http://www.arito.jp>

南海・東南海地震に代表されるような海溝型巨大地震帯である南海トラフには、付加体が発達しており、この未固結海溝堆積物が徐々に岩石化し、地下数 km の深さで岩石化し、断層は固着して、地震を発生させるようになる。そしてより深部では高温環境に伴う結晶塑性機構によってクリープ変形するようになる。このような沈み込み帯における震源システムを単純なアナログモデルで再現してみると、固着領域がインターサイスミックに完全にロックするという一般的な仮定は、不適切であることが明らかになった。

ブロックスライダーモデルは、断層の歪みの蓄積とが不安定に解放されるメカニズムをシンプルに表現できる力学モデルとして有名である。アナログ実験でこれを行う場合、ブロックの重さやバネの剛性それに摩擦面の材料を変えることで、断層にかかる垂直応力、スティスネス、そして断層表面の状態に置き換えて表現することができる。例えば複数のブロックを組み合わせて、ブロックの重さと摩擦面の材料を適宜用いることで、断層深部の高温でクリープする領域、やや浅部の固着する震源領域、そして表層付近の未固結で固着しない領域までの震源断層の摩擦すべりを連続したブロックスライダーで表現する事もできる。

これを沈み込み帯に用いると、プレートの上にブロックを列車のように直列に配列し、各車両（ブロック）は押しバネで連結する。先頭車両は陸側プレートのバックストップによって押し返され、プレートは車両とバックストップの下をくぐり抜けて沈み込んで進んでいくようにする。そして付加体は陸側ほど厚くなるので、先頭車両ほど重いおもりを載せる。車両とプレートとの境界は、先頭も最後尾の車両もクリープする材料を用いる。これは震源断層深部が高温のために塑性変形すること、そして付加体先端は未固結堆積物であることを表現している。中間の車両にはプレートと固着する材料を用いて、震源領域だけは不安定すべりを起こすように配置する。

この状態で、プレートを動かすと、中間の車両はプレートに固着しているので、プレートと共に陸側へ移動する。先頭車両はクリープする材料によってプレートと接しているため、プレートだけがクリープしながらくぐり抜けて行く。しかし固着領域の車両が近付いてくるのでバックストップから固着領域までの間のバネが歪む。一方、固着領域より海側の車両はクリープする材料でプレートと接しているとはいえ、プレートの移動速度を超えて能動的に海側、もしくは陸側へ移動する事は無いので、プレートと同じ速度で陸側へ移動する事になる。すなわち固着領域の車両と、それより海側の車両との間の相対速度はゼロとなり各バネは歪まない。

この単純なモデルだと、インターサイスミックには塑性領域しか歪まなく、付加プリズム先端の変形は全てコサイスミックの一時期に生じることになる。しかし実際の南海トラフでは、付加体先端の未固結領域においても定常的な微小地震が観測されるし、四万十帯で見られる付加体の変形等も、長期間に渡る未固結変形の痕跡が明らかであることから、付加体の変形がコサイスミックにできるというモデルは受け入れ難い。しかし、もし固着領域がインターサイスミックに若干ながらもクリープし、歪みを浅い伝播するならば、付加体がインターサイスミックに変形することが可能であろう。

そのメカニズムとしては、比較的低温の領域であってもクリープ変形を起こしうる圧力溶解機構が挙げられる。付加体ではそもそも流体に富み、圧力溶解の痕跡は普遍的に見られるし、四国四万十帯西部の興津メランジュの震源断層でも、シュードタキライトと圧力溶解変形が多産することで特徴付けられるので、固着領域には剪断応力が集中し、そこでは圧力溶解作用でクリープするという本提案はそれほど突飛なものではないだろう。また、このモデルでは歪みが集中すると圧力溶解が進行するため、塑性脆性境界領域に集中することなく、固着領域全体に分担させることを意味するという点で、横ずれ断層のモデルと大きく異なる。下の図では単純な 1 次元の力学モデルだが、これを 2 次元に拡大して、より不均質な断層の状態を仮定しても、よりいっそうの歪みの分散が生じるため、断層深部に歪みが集中しないという事態は変わらないと予想される。

これはすなわち逆断層では深部に歪みが集中する必然性がないので、固着領域のどこでもが地震発生帯となる可能性を意味する。