

11 - 7 ふたつのブロックモデルにおける間欠的すべり

Episodic slip in two degree-of-freedom block-spring model

東京大学地震研究所 吉田真吾・加藤尚之
Earthquake Research Institute, University of Tokyo

1. はじめに

国土地理院GPSで検出された東海域の異常地殻変動はプレート境界での非地震性すべりが原因であると考えられており、また、過去にもそのような非地震性すべりが起こっていた可能性が指摘されている¹⁾。本報告では単純なふたつのブロックモデルを用いて間欠的ゆっくりすべりがいったいどのような物理現象であるのか、ひとつの解釈を試みる。

ふたつのブロックとドライバー、及びそのふたつのブロック間をバネで連結し、ドライバーをゆっくり動かしていくモデルを考える(第1図)。ブロックの底面には rate and state dependent friction law に従う摩擦が働くと仮定し、運動方程式を数値的に解いてこのシステムの挙動を求める。

ひとつのブロックのみのモデルの場合、 $a-b>0$ なら常に安定であり、 $a-b<0$ なら $(b-a) \tau_0/L$ とバネ定数の大小によって不安定すべりが起こったり、安定すべりが起こることがわかっている。但し、 τ_0 は法線応力、 L は臨界すべり量である。ここでは、バネ定数の値を固定し、摩擦パラメータ a, b, L の値を、ブロック1は不安定、ブロック2は安定になるように設定し、パラメータの値によってどのような挙動を示すか調べた。

2. 間欠的すべり

ブロック2が安定・不安定の境界付近にあるとき、間欠的すべりを起こすことがわかった。ブロック1の剪断応力が強度に達し動的すべりを起こすと、それにトリガーされブロック2もほぼ同時に動的すべりを起こす。動的すべりにより応力が低下した後は、しばらくは固着しているが、応力があるレベルまで蓄積するとブロック2はゆっくりすべり始め、そのすべり速度と応力は、平衡値の周りで周期的に変動する(第2図)。変動の振幅はしだいに減衰し、一定応力、一定速度ですべる平衡状態に収束していく。平衡値より速い速度ですべているときを間欠的すべりとみなすことができるだろう。そのすべり量は臨界すべり量 L に比例する。第3図に、臨界すべり量 L を一定にし、ブロック2の $(b-a) \tau_0$ を変化させた場合の挙動を示す。パラメータが安定・不安定の境界付近に近づくとつれ、間欠的すべりが顕著になることがわかる。第4図は $(b-a) \tau_0$ を一定に保ち、 L を変化させた場合で、 L が大きくなるにつれ安定・不安定の境界付近に近づき間欠的すべりが現れるようになる。

詳細な挙動はモデルに依存しているが、ふたつのブロックモデルではなく連続体であって、仮に rate and state dependent law に厳密に従わなくても、(1) 摩擦がすべり変位とすべり速度の関数で、(2) 平衡状態が存在し、(3) 安定・不安定境界付近にあり、(4) 擾乱を受けて平衡状態から遠ざけられることがあれば、平衡状態に収束していく過程で間欠的すべりが起こりうると推察される。なお、ブロック2ですべり速度の周期的変動は起こっているときにはブロック1からの影響を受けていないが、ブロック2単独の場合は、しだいに平衡状態に収束し一定速度ですべり続けるだけになってしまう。ブロック1は、動的すべりによりブロック2を平衡状態から遠ざける役割を果たしている。

平衡点に収束するとき振動が起こるのは、多くの現象に見られることである。また、現実のプレート境界には、地震が起こる不安定領域や、定常すべりを起こす安定領域が存在するのだから、安定・不安定境界付近のパラメータをもつ領域が存在しても不思議はないだろう。東海地域における間欠的すべりは、平衡状態に収束していく過程での減衰振動という解釈ができるかもしれない。

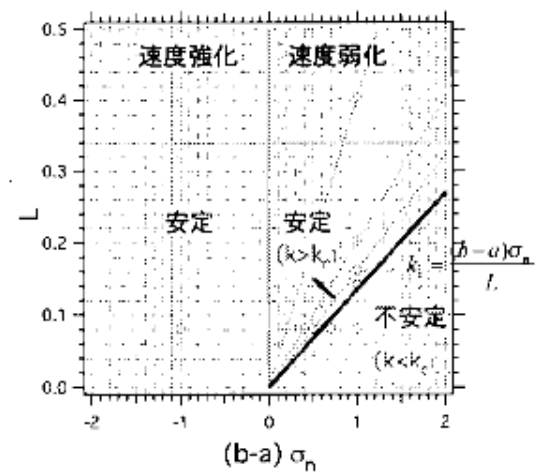
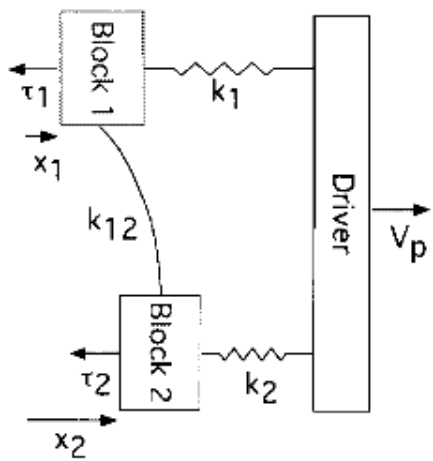
3. 余効すべり

ブロック2のパラメータが $a-b>0$ である場合、動的すべりのとき粘性抵抗のような挙動を示して応力があがり、その後、余効すべりが発生する(第5図)。

以上のように、 a, b, L の値によって、動的すべりを主な応力解放プロセスとするアスペリティ領域、間欠的すべりを起こす領域、地震間に非地震性すべりを起こす領域、余効すべりを起こす領域に分類されるだろう(第6図)。なお、どの領域においても隣接する領域で動的すべりが発生すれば、動的すべりがトリガーされることがある。

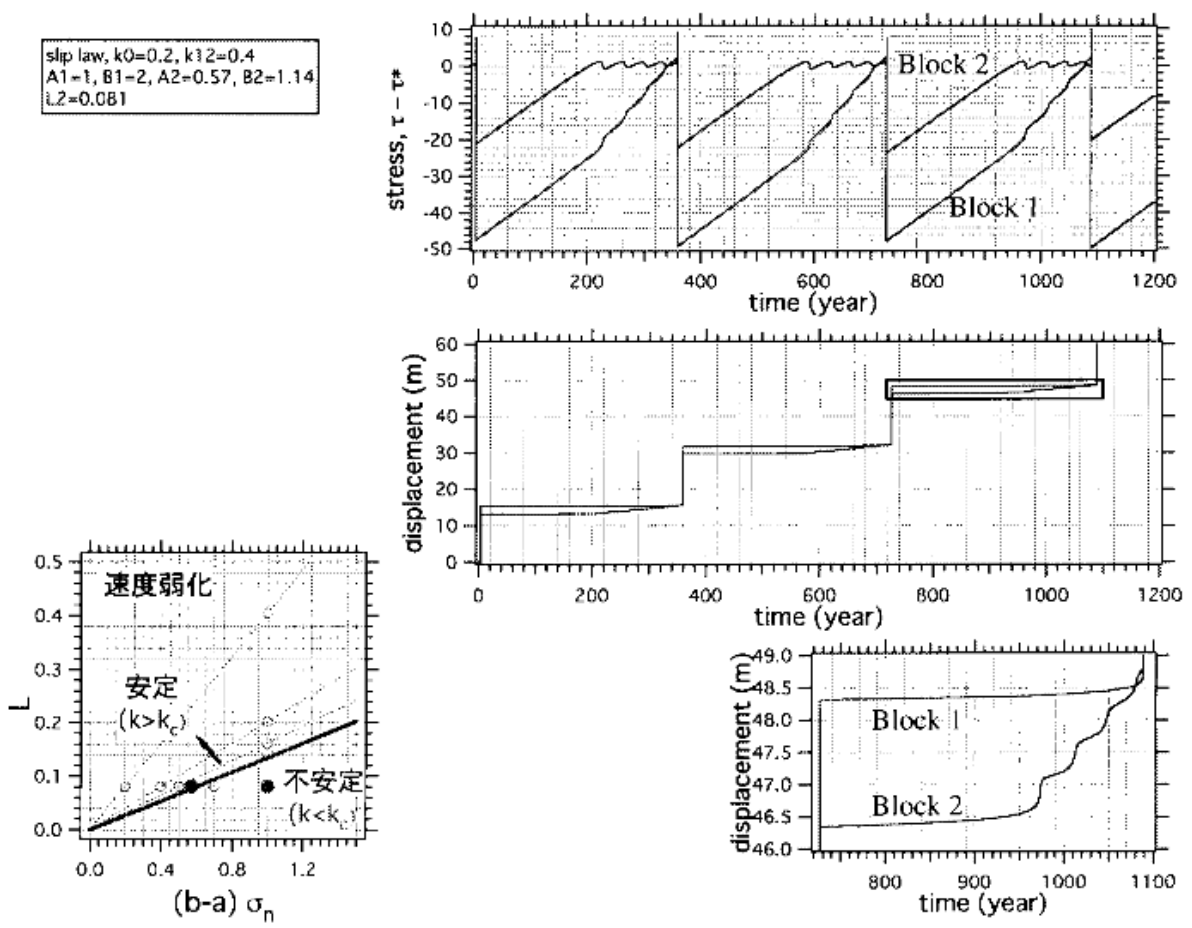
参 考 文 献

- 1) 木股文昭・藤井直之・平原和郎，上下変動と辺長変化から推定する 1987 年東海スロースリップ，日本地震学会講演予稿集，2001 年度秋季，A41。



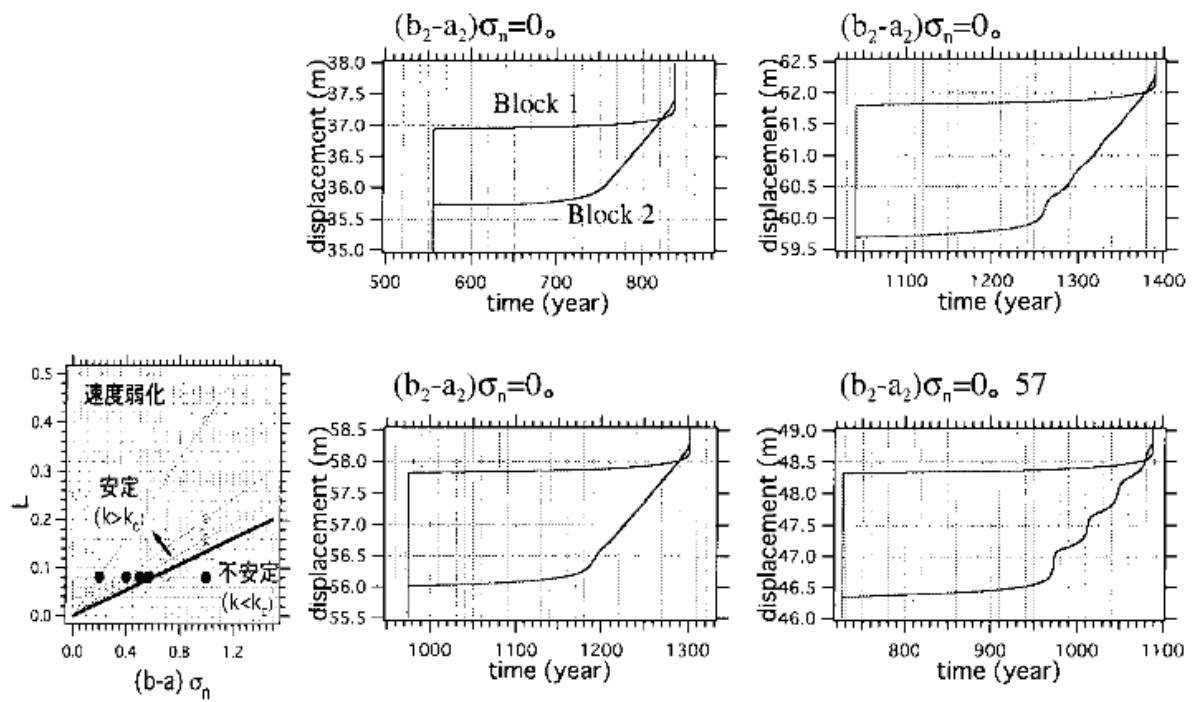
第1図 ふたつのブロックモデル。ばね定数を一定にし、摩擦パラメータの値を変化させてブロックの挙動の変化を調べた。

Fig.1 Two degree-of-freedom block-spring model.



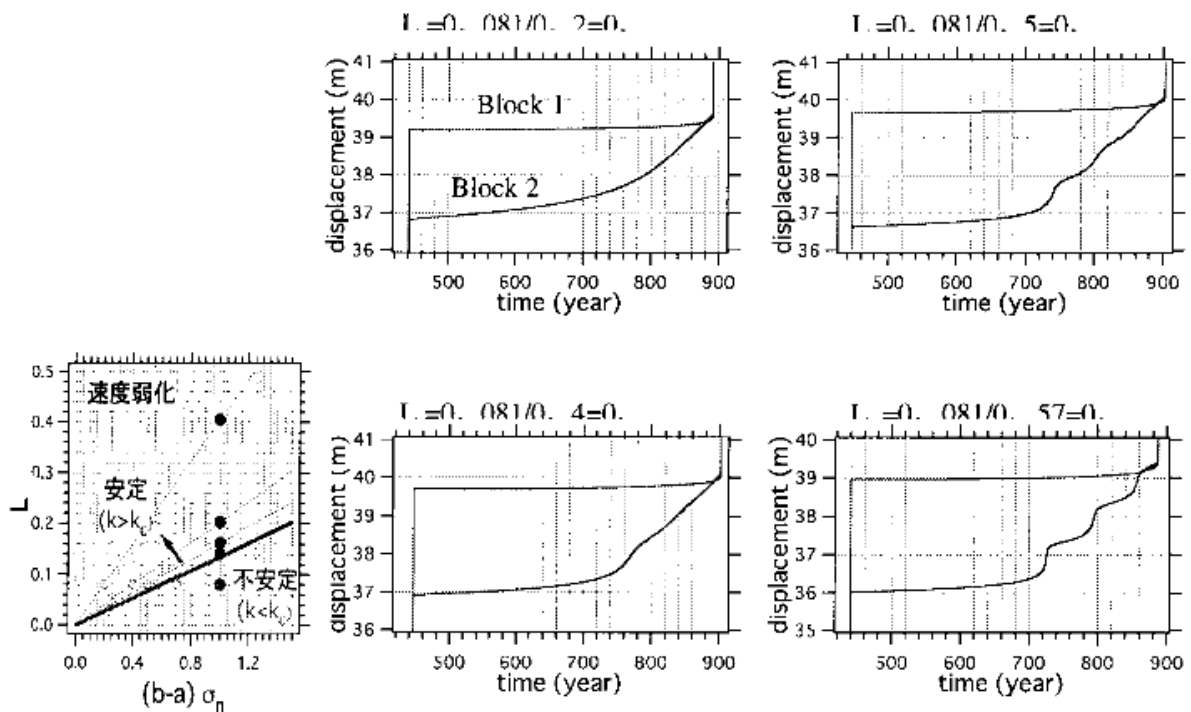
第2図 ブロック2が安定・不安定の境界付近にあるとき、間欠的すべりを起こす。応力があるレベルまで蓄積するとブロック2はゆっくりすべり始め、そのすべり速度と応力は平衡値の周りで周期的に変動する。

Fig.2 Episodic slow slip occurs when the friction parameters of Block 2 are near the stability transition.



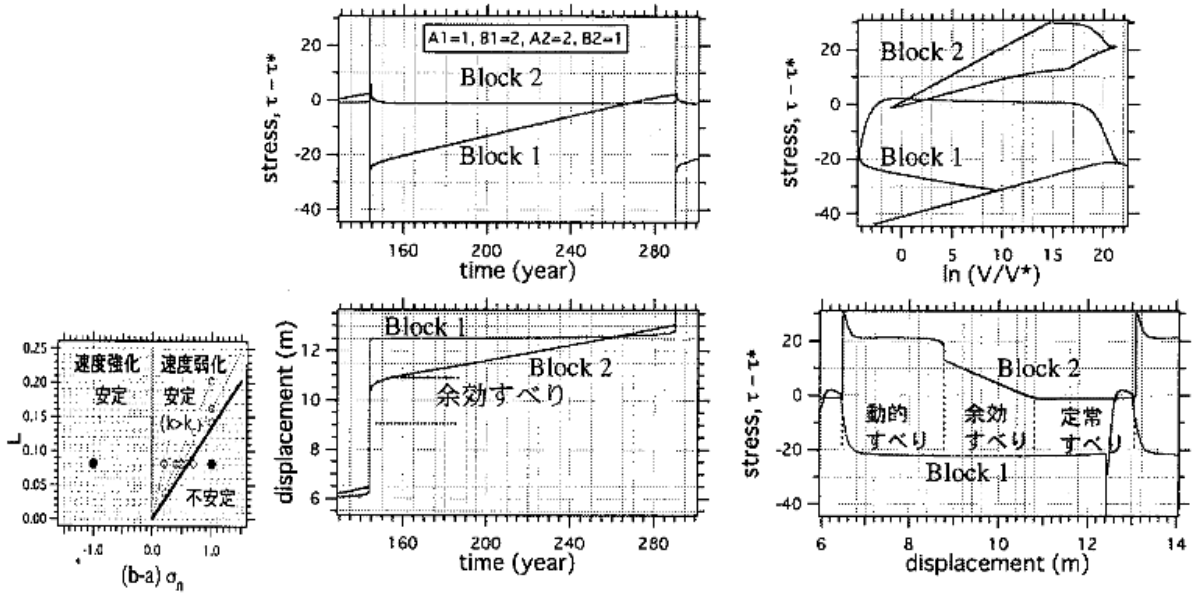
第3図 臨界すべり量 L を一定にし、ブロック2の $(b-a)_n$ を変化させたときの挙動。パラメータが安定・不安定の境界付近に近づくにつれ、間欠的すべりが顕著になる。

Fig.3 Slip variations when $(b-a)_n$ is changed with a fixed L .



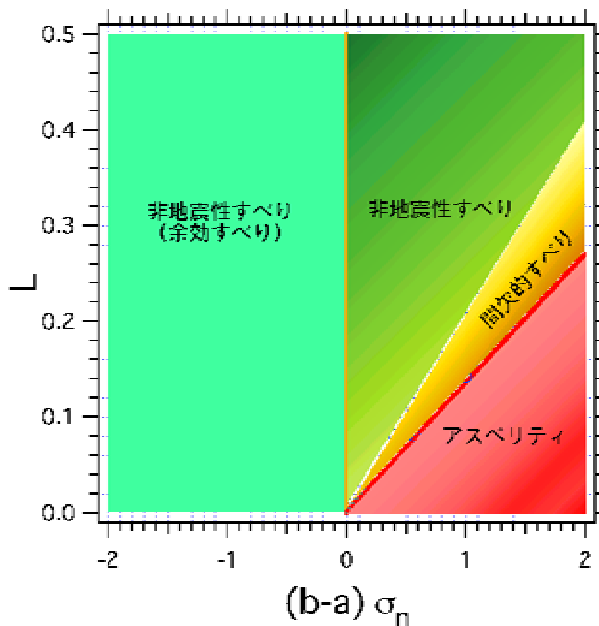
第4図 $(b-a)_n$ を一定にし、ブロック2の L を変化させたときの挙動。

Fig.4 Slip variations when L is changed with a fixed $(b-a)_n$.



第5図 ブロック2のパラメータが $a-b > 0$ である場合、動的すべりのとき粘性抵抗のような挙動を示して応力があがり、その後、余効すべりが発生する。

Fig.5 Large postseismic slip occurs when $a-b > 0$.



第6図 摩擦パラメータによるすべりの多様性。
Fig.6 Slip properties dependent on frictional parameters.