

スロー・スリップ・イベントの地震予知への意義

Slow slip events and its implication to deterministic prediction

川崎 一朗[1]

Ichiro Kawasaki[1]

[1] 京大・防災研・予知セ

[1] RCEP, DPRI

<http://www.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/~kawasaki/>

1. 遷移帯はサイレント地震の貯水池

最近数年の間に、南関東や西南日本で、10個弱のサイレント地震が見出された。これらの共通点をまとめると、(1) プレート境界面上深さ30km前後の、固着域と安定すべり域の遷移帯に発生。現在までに発見された限りでは、日本でも、カスケード、アラスカ、メキシコでも、共通して遷移帯周辺で起こった。(2) 等価マグニチュードは7以下、時定数は「日」から「年」、すべり量は20cm以下。一方、巨大地震は30km以浅に分布、すべり量は>3m。(3) 地震活動をほとんど伴わない。(4) 通常の地震との間には、時定数でもモーメント速度でも4桁以上のギャップがある。

2. 残された問題

残された問題は、サイレント地震はどのような物理現象なのか？ (4)のギャップを埋める「等価マグニチュードがMw7以上、時定数「時」のやや高速スロー地震」は自然界に存在するのか？ 地震予知に向けて、そのようなスロー地震をリアルタイムで発見し、成長過程をモニターする観測体制にあるのか？ GEONETや、防災科技研によって展開されたHi-netの傾斜計によって、ほぼほイエスになりつつあると思われる。観測を基にして、地震発生時刻やサイズを予測することが出来るか？であろう。

3. サイレント地震はどのような物理現象か？

サイレント地震が室内すべり実験で見出される震源核と物理的に同様の性質を持つものかどうか。明確な答えはないが、すべり弱化的性質が卓越しているように見える、応力解放のプロセスであるという2点で、共通の性質を持っているとは言えそうである。

吉田・加藤(2002)は、適当な仮定と単純化の元、摩擦の物理法則に基づく数値シミュレーションを試みた。その結果を単純に解釈すると、「大地震の起こる前には、安定すべり領域と固着域の遷移帯でサイレント地震が繰り返しおこり、そのうち、固着域の大地震に至る」らしい。加藤(2002)は、「すべり面上に、小さなアスペリティと大きなアスペリティが、そのサイズくらいの近傍に位置している場合」の数値シミュレーションを試みた。そのシミュレーションでは、最初は小さなアスペリティが滑り出すのだが、サイズが小さいと動的破壊に至る前にすべりはアスペリティの境界に達して止まってしまう。

サイレント地震とは何かについて、2つの可能性が示された。(1) 安定すべり領域と固着域の遷移帯で繰り返し起こる間欠的ゆっくりすべり、(2) 固着度が大きい割にサイズが小さなアスペリティのすべりが、動的破壊に至る前に停止したもの。いずれの場合も、サイレント地震とは、広い意味での大地震の先駆的イベントである。もちろん、サイレント地震が起こったからと言って直ちに大地震につながる訳ではない。

4. 発生時刻の予測の展望はあるのか？

増大する地殻変動を見ながら、実験や破壊の物理に基づいた「実際的な発生時間予測の物差し」は存在するのだろうか？

Ohnaka and Shen (1999) は、室内すべり実験を行い、震源核のサイズ L_n をすべり面の粗さを表すパラメーター S_c で規格化すると、拡大速度 V_n との間に、すべり面が粗い場合でも滑らかな場合でも統一的に成り立つ、「震源核のモーメントの時間に関する単一のべき状態」になることを示した。幾つかの適当な仮定を導入すると、そのべき状態から、震源核のサイズ $Mon(t)$ が時間のほぼ $1/2$ 乗に逆比例して増大する $MON(t) = C / (t_E - t)^{1/2}$ の成長曲線がもとまる(川崎・岡田、2001)。ただし、 t = 現時刻、 t_E = 地震発生時刻、 C 比例常数。もちろん、この式で精度の高い予測は出来るとは思えないが、10日前に3日ほどの幅で、3日前に1日程度の幅で予測出来るようにでもなれば、被害削減のためには役に立つであろう。

5. 中期的課題

断層破壊の伝搬様式の一方向のエンドメンバーは、自己組織化された臨界現象であろう。他方向のエンドメンバーは、無限に広がる均質な(同じ摩擦係数)の断層面上を(2)式に従って加速する震源核であろう。現実の破壊現象は、この2つのエンドメンバーの間で起こるのである。その間のどの辺で起こるかを決めるのは、プレート境界面の摩擦の不均質分布であろう。そのために、中期的課題として、サイレント地震や地震アスペリティをマッピングすることが重要性である。