

## 12 - 18 房総半島沖スロースリップイベントと深部底付け作用 Slow slip events and deep underplating off the Boso Peninsula

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

フィリピン海プレートの沈みこみに伴い、房総半島沖では巨大地震、スロースリップイベント、および相似地震と様々なタイプのプレート境界すべり現象が発生する（第1図）。スロースリップイベントは、地震性の高速すべりと非地震性の準静的すべりの中間的性質を有する。これらの現象が発生している背景としての地下構造を理解することは、的確なモニタリングおよびシミュレーションにおいて重要である。そこで房総沖におけるスロースリップイベントと地下構造との関わり合いについてこれまでの成果をまとめる。

関東地方下にはフィリピン海プレートが沈み込み、関東南部で1923年に関東地震（M7.9）が発生し、その翌日に房総半島沖で最大余震（Mw7.5）が発生した<sup>1)</sup>。最大余震の震源域の深い側ではスロースリップイベントが発生し、スロースリップイベント震源域の深い側を縁どるように相似地震のパッチが分布する<sup>2)</sup>。相似地震とはプレート境界上の安定すべり域に分布した微小なアスペリティにおける破壊の繰り返しと考えられ、プレート運動の指標として利用可能である<sup>2)</sup>。

房総沖スロースリップイベントは平均6年間隔で繰り返し発生し、最新のイベントは2007年8月に発生した<sup>3),4)</sup>。このスロースリップイベントによる地殻変動は多数の防災科学技術研究所 Hi-net に併設された傾斜計および国土地理院によるGPS観測点でとらえられた。これらのデータを元に断層モデルの推定解析が行われている<sup>3),4)</sup>。西南日本のスロースリップは微動を伴うのに対し、房総沖スロースリップイベントは通常の地震を伴うことが特徴である<sup>5)</sup>。南北方向に投影した時空間分布（第2図右側）を見ると、傾斜観測点で顕著な地殻変動が見られた期間（グレーのライン）に同期して地震が多発した。鉛直断面を見ると、断層モデル（第3図、青点線）の深さは相似地震の分布と調和的である。また、房総沖スロースリップイベントに伴った相似地震でも周囲のプレート境界すべりがとらえられた（第4図）。以上のことから、房総沖スロースリップイベントは、西南日本のスロースリップイベントと同様、プレート境界のすべり現象と考えられる。

房総半島沖の様々なプレート境界すべり現象発生域を通る反射構造探査データを解析し、相似地震と比較したところ、深部底付け作用が進行していることが明らかとなった（Kimura et al., 2010）<sup>6)</sup>。底付け作用とは、沈み込むプレートの最上部がはがれ上盤側に付加される現象で、地殻が成長する場に相当する。未固結の海底堆積物は浅部ではぎとられ付加されるのに対し（“はぎとり付加”と呼ばれる）、地殻の引きはがしは深部ではじめて発生することが知られている。プレート沈みこみに伴う物質の移動を第5図に模式的に示す。Kimura et al. (2010)<sup>6)</sup>による成果の概要をまとめると以下ようになる。房総半島沖の深部反射法構造探査のデータを解析したところ、フィリピン海プレート最上部にシート状の構造がイメージされ、周辺の構造探査との比較により伊豆・小笠原島弧の海底火山より噴出された火山性砕屑物および火山岩からなる層（以後、VCR層とする）に対応することが明らかとなった。この層の厚さは九十九里浜沖では3.1 - 3.6 kmと推定された。同様の構造は伊豆・小笠原島弧に広く分布する。反射断面においてVCR層の上下境界が強い反射面をなすことから、ここに強い不連続が示唆され、このような境界では自然地震の波が変換されることが期待される。そこで、1979年から2003年の房総半島沖の地震について、防災科学技術研究

所により蓄積された地震波形データを調べたところ、相似地震より深い地震で、PとSの間に動経成分に富んだ明瞭な後続位相が見られた。この位相の極性・走時を詳しく調べたところ、VCR層下面でのPS変換波であることが明らかとなった。こうした変換波は、変換面と地震との相対位置を精度よく決定するために利用できる。そこで、高精度震源決定の結果と組み合わせ、相似地震の震源位置を詳細に特定したところ、VCR層下面より1.6 km以内に分布することが明らかとなった。関東地方の相似地震はプレート運動を表すことから、これはフィリピン海プレートの表層部が現在切れていることを示している。切れてはがれた物質は必然的に取り残され蓄積すると期待される。底付け作用の進行に伴ってはがれ物質が蓄積すると Duplex 構造と呼ばれる特徴的な構造が形成されることが知られている。反射断面を見ると、房総半島沖の相似地震発生場の深い側で、上盤側地殻の底部に Duplex 構造に類似した複数の反射波からなる反射帯がイメージングされている。これは底付け物質の蓄積を示唆するものである。

次に、房総半島沖の地下構造とプレート境界すべり現象の関係についてまとめる。相似地震はVCR層下面に沿って分布することが明らかとなっている<sup>6)</sup>。ここにVCR層が存在することから、沈み込み直後はVCR層上面に沿ってプレート間すべりが発生すると考えられる(第5図も参照)。これは巨大地震発生域に相当する。両者の中で、現在活動的なプレート境界がVCR層の上面から下面に移ると期待される。これは房総沖スロースリップイベント発生域に相当する。このように、プレート境界すべり現象と深部底付け作用が密接に関連している可能性がある。房総沖のスロースリップイベントは、平均6年間隔で繰り返し発生することから、底付け作用の進行が間欠的であることが示唆される。これはスロースリップイベントの発生メカニズムを解明する上で重要な知見を与える。

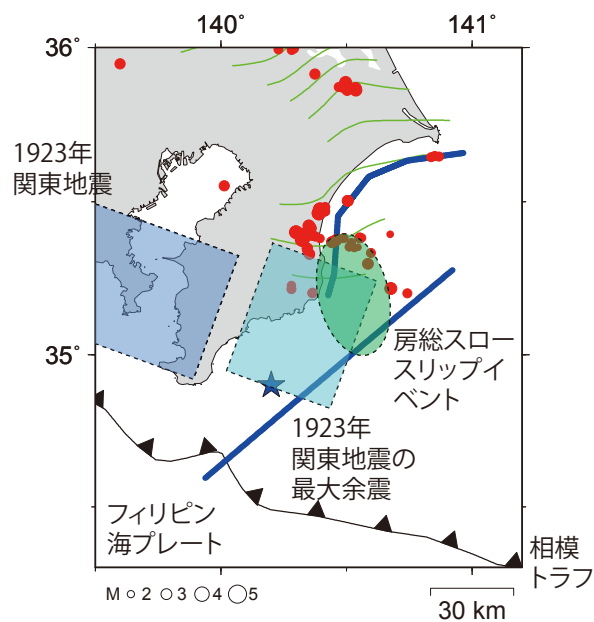
(木村尚紀)

Hisanori Kimura

#### 参 考 文 献

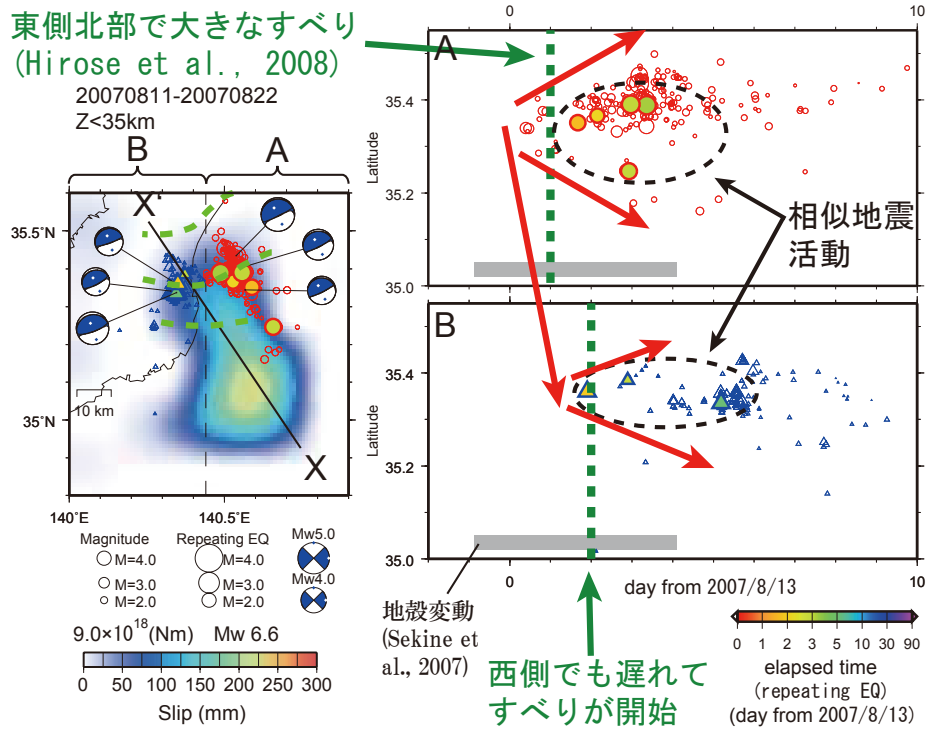
- 1) Kimura, H., K. Kasahara, and T. Takeda (2009) Subduction process of the Philippine Sea plate off the Kanto district, central Japan, as revealed by plate structure and repeating earthquakes, *Tectonophysics*, 472, 18-27, doi:10.1016/j.tecto.2008.05.012.
- 2) Kimura, H., K. Kasahara, T. Igarashi, and N. Hirata (2006) Repeating earthquake activities associated with the Philippine Sea plate subduction in the Kanto district, central Japan: A new plate configuration revealed by interplate aseismic slips, *Tectonophysics*, 417, 101-118, doi:10.1016/j.tecto.2005.06.013.
- 3) Sekine, S., H. Hirose, H. Kimura, and K. Obara (2007) The 2007 Boso Slow Slip Event and the associated earthquake swarm, *Eos Trans. AGU*, 88(52), Fall Meet. Suppl., T21A-0363.
- 4) Hirose, H., S. Sekine, H. Kimura, and K. Obara (2008) Source process of the Boso slow slip event with an earthquake swarm from tiltmeter data, 7th General Assembly of Asian Seismological Commission and Seismological Society of Japan, 2008 Fall meeting, Y4-203.
- 5) 木村尚紀 (2010) 関東地方の相似地震, 連絡会報, 83, 596-608.

- 6) Kimura, H., Takeda, T., Obara, K., and Kasahara, K. (2010) Seismic Evidence for Active Underplating Below the Megathrust Earthquake Zone in Japan, *Science*, 329, 210-212.
- 7) 松村稔・伊藤喜宏・木村尚紀・小原一成・関口渉次・堀貞喜・笠原敬司 (2006) 高精度即時震源パラメータ解析システム (AQUA) の開発, *地震*, 59, 167-184.



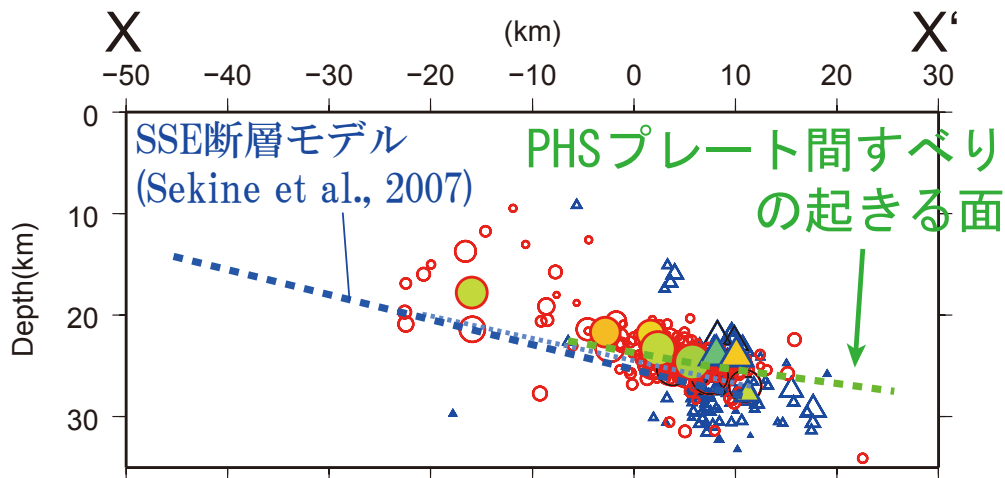
第1図 房総半島沖で発生するプレート境界現象の分布. 1923年関東地震 (M7.9)<sup>1)</sup>, その最大余震 (Mw7.5)<sup>1)</sup>, 房総沖スロースリップイベント<sup>3), 4)</sup>, およびフィリピン海プレートの相似地震 (赤丸)<sup>1), 2)</sup> の分布を示す. 青線は深部反射法構造探査の測線を示す.

Fig. 1 Distribution of interplate phenomena off the Boso Peninsula. The 1923 great Kanto earthquake (M7.9)<sup>1)</sup>, its largest aftershock (Mw7.5)<sup>1)</sup>, Boso slow slip event<sup>3), 4)</sup>, and repeating earthquakes (red circles)<sup>1), 2)</sup> are shown. Blue lines denote survey lines of deep reflection surveys.



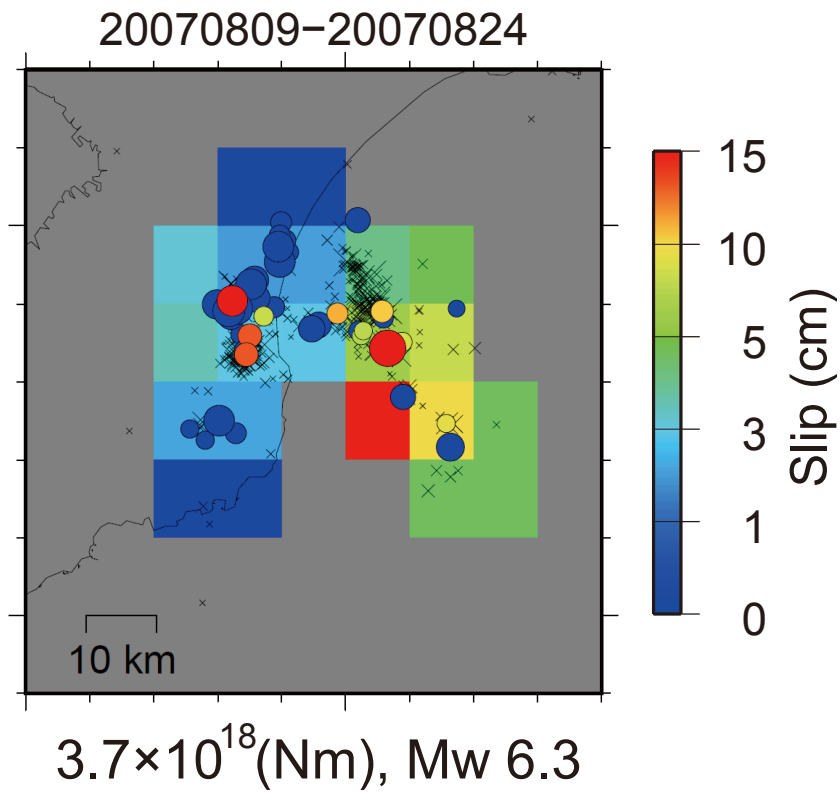
第2図 2007年房総沖スロースリップイベントに同期した群発地震活動の震央分布(左)および南北方向に投影した時空間分布(右)<sup>5)</sup>。色つきシンボルは相似地震を示しカラーは経過時間を表す。時空間分布は領域A・Bについて示す。太灰線は大きな地殻変動の見られた時期を表す<sup>3)</sup>。震央分布図に測地データから推定したすべり分布<sup>4)</sup>および主要イベントのメカニズム解(AQUA-CMT)<sup>7)</sup>をあわせて示す。緑破線はKimura et al. (2006)<sup>2)</sup>によるフィリピン海プレートのプレート間すべりの起きる面としての形状モデルを示す。時空間分布図の縦の緑破線は測地データからそれぞれの領域で大きなすべりの起き始めた時期を示す。

Fig. 2 Epicentral distribution of seismic swarms associated with the 2007 Boso slow slip events (left) and space time plots projected to N-S direction (right)<sup>5)</sup>. Solid symbols denote repeating earthquakes and color of solid symbol denotes the elapsed time from the beginning of the seismic swarm activity. Space time plots are shown for regions A and B, respectively. Thick gray line denotes a period when large crustal deformations were observed<sup>3)</sup>. Slip distributions estimated from geodetic data<sup>4)</sup> and focal mechanisms of major events (AQUA-CMT)<sup>7)</sup> are also shown in the map. Green dashed lines in the map show configuration model of the Philippine Sea plate along which relative plate motion occurs<sup>2)</sup>. Green vertical dashed line in the space time plot represents a time when the large slip started to occur at each region.

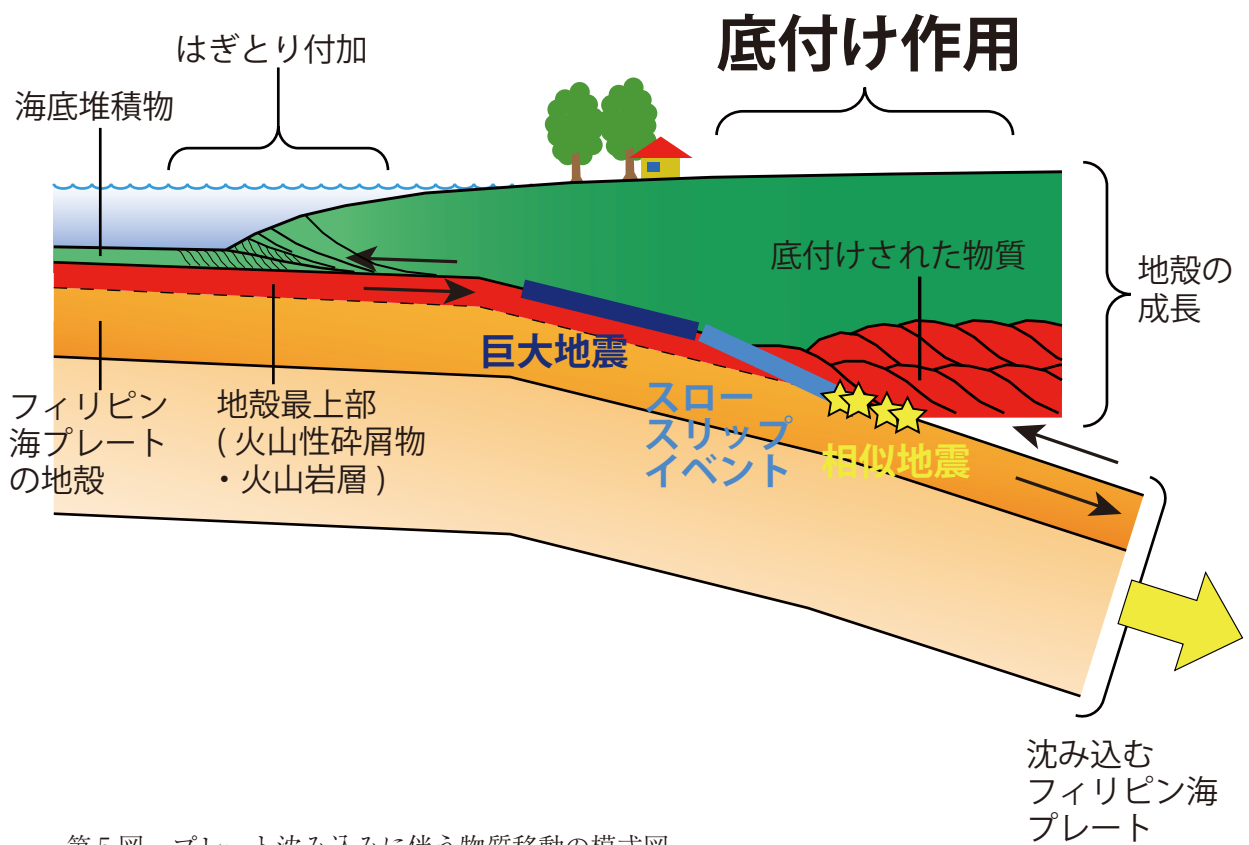


第3図 第2図 X-X' に沿った鉛直断面<sup>5)</sup>。

Fig. 3 Vertical cross section<sup>5)</sup> along a line X-X' in Fig. 2.



第4図 相似地震から推定した2007年房総沖スロースリップイベントのすべり分布<sup>5)</sup>.  
 Fig. 4 Slip distribution of the 2007 Boso slow slip events estimated from repeating earthquakes<sup>5)</sup>.



第5図 プレート沈み込みに伴う物質移動の模式図.  
 Fig. 5 Schematic illustration of movements of materials in association with plate subduction.