2-3 時空間非定常 BPT モデルによる北日本太平洋沖沈み込み帯の小繰り返し地震(1993.7.15-2011.3.10)の解析例(2)一特に主要地震の前と後の変化についてー
Nonstationary space-time BPT model, and statistical analysis of repeating earthquakes on the upper surface of the subducting Pacific Plate from July 15, 1993 till March 10, 2011, on emphasis of before and

after major earthquakes.

統計数理研究所 The Institute of Statistical Mathematics 東北大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Tohoku University

前回(第198回)の地震予知連絡会で,Brownian Passage Time (BPT)更新過程を拡張 して非定常時空間階層ベイズモデルを開発<sup>1)</sup>し,応力蓄積率の時空間的変化の推定結果の 第一報を報告した.北日本太平洋沖のプレート境界における1993年7月15日から2011年3月11 日までの繰り返し地震(670系列)に上記モデルを適用しすべり速度分布の推定を行った. 繰り返し地震のマグニチュードと発生間隔からNadeau and Johnsonの関係式<sup>2)</sup>を用いてす べり速度へと変換を行っている.モデルにおいて3次元B-スプライン関数で場所と時間によ る連続的な応力の変化を表現し,過剰な適合を避けるために,時間変動や空間変動の平滑性 について制約を設定し,赤池ベイズ情報量規準(ABIC)の最小化に従った.

前回の予知連に提出された結果との違いは,繰り返し地震活動を大きく変化させた主要 地震,すなわち1994年三陸はるか沖地震(<u>M</u>7.6),2003年9月十勝沖地震(M8.0),2004 年11月釧路沖地震(M7.1),2008年茨城県沖地震(M7.0),東北沖 M9地震の2011年3 月9日最大前震(M7.3)について,その直前約1年間のslip-rateを別途分離して推定した 点である.そのため,主要地震前のslip-rateが地震後のslip-rateに引っ張られるという現 象は回避されている.

その結果示唆された主要地震前後のすべり速度の変化の特徴は以下のとおりである. (1) 三陸はるか沖地震前に震源域,深部や浦河沖に加速が見られ,本震直前に震源域全体で急減速している.震源域東側は西側(深部)に比べて早くすべり速度が低下している. 2000年に原因不明の加速が見られる.(2) 十勝沖地震震源域では,本震前の西方深部プレート境界(浦河沖)にすべりの加速が見られる.本震後少し遅れてすべりが急加速し, それらは沖合の方で規模が大きい.これらのすべりは釧路沖地震を契機に急減速している が1年かけて回復している.2008年9月の地震(M7.1)を契機に繰り返し地震が多数トリ ガーされて,2003年の本震前よりも高いすべりレートが続いていたが,2011年東北沖地震 前にトレンチ寄りですべり急加速がみられる.(3) 釧路沖震源域と周辺においては十勝 沖地震後やや遅れてすべり速度増えた後に2004年11月釧路沖地震(M7.1) 直前で減速している.本震後大規模なすべりがあり,1年かけて減少している.(4) 2005年8月16日 宮城県沖地震(M7.2)の余効すべりは遅れて加速している.(5) 福島県はるか沖では宮 城県はるか東方の1998年5月31日の地震(M6.3)を契機として加速が見られる<sup>4)</sup>.福島 県はるか沖地域の2003年10月(M6.8) および2008年07月(M6.9)の地震を契機に繰り 返し地震が多数トリガーされている.(6) 2008 年 1 月以降,茨城県沖地震の当該領域 や周辺領域において,2009 年末までの長期間,北関東沖から宮城沖にかけての広範囲で顕 著なすべり加速が起こっている.(7)2011 年 3 月 11 日東北太平洋沖地震(M9.0)震源 の周辺領域では,2010 年後半より震源のやや北を基点として加速しはじめ,活動が徐々に 南下して最終的に 3 月 9 日の最大前震(M7.3)および本震に繋がっている.同時に福島県 沖の深部プレート境界や十勝沖震源域浅部で加速している.

(野村俊一,内田直希,尾形良彦)

## 参考文献

- 1) 野村俊一 (2012) 総合研究大学院大学博士学位論文.
- 2) Nadeau and Johnson (1998) Bull. Seismol. Soc. Amer., 88, 790-814
- 3) Uchida, N. et al. (2009). Earth Planet. Sci. Lett., 283, 111-121.
- 4) Uchida, N. et al. (2003).. Geophys. Res. Lett., 30, 1801, doi:10.1029/203GL017452.



第1図. 1993 年7月から 2011 年東北地方太平洋沖地震までの3ヶ月ごとの時空間ストレ ス蓄積率のスナップショット.カラーテーブルはすべり速度の cm/年の単位.

Fig. 1. Snapshots of space-time loading rate at every three months from July 1993 till the 2011Tohoku earthquake. Color table in bottom right shows slip-rate with unit of cm/year.



- 第2図. すべてのパネルで灰色及び色の付いた丸印は繰り返し相似地震を示す(上段地図)注目した領域. 星印は 主要大地震の震央. 注目した A-F の矩形領域で赤から青のグラデーションをつけた色の丸印と曲線は各繰 り返し地震の空間位置でのすべり速度の時間経過(上部パネル)と発生時の系列(下部パネル)を示す. 黒い関数は各領域内の繰り返し地震時をすべて重ね合わせた系列の発生間隔の逆数に比例したもの. 縦の 点線は主要大地震の発生時で,その上で緑の縦線は当該領域ないし近傍領域のものを示す.
- Fig. 2. Gray and colored circles indicate the repeating earthquakes throughout all panels. Stars in the map of top panel represent epicenter of the major earthquake. Their occurrence times are shown by dotted and colored vertical line segments in the rest panels. Curve and circles with gradated colors from red to blue within each rectangular area of the A-F indicate time sequence of the repeating events and the corresponding time variation of the slip velocity, respectively, at each spatial position of repeating earthquakes in the rectangular regions A-F. Black curve represents reciprocal of interval lengths between consecutive occurrence times of the superposed repeating earthquakes in each region. Vertical dotted lines indicate occurrence of major earthquakes in whole region, and green vertical line indicate those in each region or the vicinity.