2-3 根室半島沖の地震活動の静穏化と活発化 Seismic Quiescence and Activation around the Nemuro peninsula

北海道大学 地震火山研究観測センター Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

1. データと解析

1994年1月1日から2004年6月30日までの期間において、北海道大学大学院理学研究科附属地 震火山研究観測センターの定常観測で決定されたM3以上の地震約8000個を,波形に立ち戻って全 て再検測し,時間的に均質な地震カタログを作成した(勝俣・笠原,2004).再検測は1994年以降観 測条件がほとんど変化していない17観測点を用いて行った.P波,S波到着時を読み取る組み合わせ は固定した.Mを計算するために最大振幅を測定する観測点の組み合わせも固定した.再検測作業は 全て同一人が行ったので,検測者の違いによる影響はない.このようにして作成したカタログから, Katsumata et al. (2003)を参照して,太平洋プレート上面付近およびプレート内部に発生したM3.3以上 の地震を選択した(第1図).領域全体の地震活動度は変化していない(第2図).またM3.3以上の地 震は,ほぼ全て検知されている(第3図).余震や群発地震を取り除くためデクラスタリング処理を行っ た後,地震活動度をZMAP(Wiemer and Wyss, 1994)を使用して図化した(第4図).ただし,2003年十 勝沖地震の余震は,震央位置と震源の深さを一つ一つ判断することによって手動で取り除いた.格子 間隔は緯度方向0.1度、経度方向0.1度,各格子点の周囲から100個の地震を選んで積算度数分布曲線 を作成し,LTA 関数を用いてZ値を計算した.

2. 結果

第4図の各図の上部の年月は、時間ウインドウの始まりの年月であり、1999年1月から2000年5月 までを2か月毎に示している。時間ウインドウの幅Tは4年である。この4年間とバックグランドの 地震活動度を比較して、減少していればZ値は正、増加していればZ値は負の値をとる。紙面の制約上、 図4には示していないが、実際には1994年以降、1か月毎に同様な図を作成し、活動度が顕著に変化 したエリアを探索した。その結果を第5図に示す。Z値が2.7以上または-2.7以下のエリアは9か所見 つかった。各エリア毎の積算度数とZ値は、第6図に示した。注目すべき点を以下に挙げる。

- (1) 2003年十勝沖地震のアスペリティ付近(エリア2)では1998年11月頃から静穏化が見られた.
 この静穏化は2003年1月頃まで継続した.エリア2の静穏化とほぼ同時に,エリア7とエリア 9で活動が活発化し,2003年1月頃まで継続した.エリア2の静穏化と時間的に同期して変化 しているように見える.エリア7の地震の深さは120~270km,エリア9の地震の深さは240 ~340kmである.
- (2) エリア3では1999年7月頃から静穏化が始まった.エリア3は1993年釧路沖地震の余震域と ほぼ一致している.
- (3) エリア1とエリア5では2000年3月頃から静穏化が始まった.それとほぼ同時にエリア6とエリア8で活動が活発化した.エリア6の地震の深さは110~250 km,エリア8の地震の深さは220~360 kmである.さらにエリア4でも活動が活発化した.

3. 考察

(1) 人為的な要因について

気象庁一元化, Hi-net や観測点の新設・廃止などによって地震活動が見かけ上変化することが考え

られるが、本報告の場合は再検測を行っているのでその可能性はほとんどない、

(2) 活動変化が偶然生じる可能性について

地震が時間・空間的に全くランダムに発生していると仮定した場合,本報告にあるような地震活動度の変化が観測される確率を大雑把に見積もった.2003年十勝沖地震のアスペリティ付近(エリア2)の静穏化は,Z値が3.1で4年間継続した.Z値が3程度で4年間継続する場合,発生確率は1/1000のオーダーであり,日本全国で観測していると数10年に1度程度観測される可能性がある. また,北海道東部のエリア1で静穏化,エリア4で活発化が同時に4年以上継続している.この確率は大きく見積もって,日本全国で観測していて数10年に1度あるかないかという程度である.これらの確率をどう見るかに依存するが,偶然の可能性はかなり低いと考えられる.

(3) 地震活動変化の原因について

人為的要因・偶然の可能性が両方とも低いので、地震活動変化が地学的要因によって生じている と推測される.しかし、その物理的メカニズムはほとんど未解明である.本震発生前に地震活動が 静穏化したという報告は少なからずあるが、逆に静穏化が本震に結びつかなかった事例も存在する.

4. 結論

根室半島周辺では 2000 年 3 月頃から地震活動の静穏化と活発化がほぼ同時に始まり,2004 年 6 月 現在継続している.この変化は人為的なものではない.また偶然発生する確率は,最大限見積もって, 日本全国で数 10 年に 1 度程度である.この活動度の変化は地学的な要因で生じている可能性が高いが, その物理的メカニズムは不明である.

(参考文献)

勝俣・笠原, 2004, 北海道大学地球物理研究報告, No.67, 1-9. Katsumata et al., 2003, JGR, 108(B12), 2565, doi:10.1029/2002JB002175. Wiemer and Wyss, 1994, BSSA, 84, 900-916.

(解析方法の補足)

対象領域に 0.1 度× 0.1 度の格子点を 2231 個設定し,各格子点から半径 R km の円を描き,その円内 に地震が N=100 個含まれるまで R を増加させて地震を選択する.その 100 個の地震に対して 14 日毎に 積算度数を計測して,積算度数分布曲線を作成する.そして,以下の式で定義される Z 値を計算する.

$$Z = (R_1 - R_2) / (S_1 / N_1 + S_2 / N_2)^{1/2},$$

Rは各タイムウインドウでの平均的な1年当りの地震発生数を示す. SとNは分散とサンプル数である. Z値はタイムウインドウの取り方によっていくつか種類があるが,本報告ではLTA 関数を用いた. LTA 関数は,観測期間全体の平均的な地震発生レートと,ある特定の短い期間の発生レートを比較するためのものである.本報告では、タイムウインドウ1を観測期間全体,すなわち1994年1月から2004年6月30日までの期間とした.またタイムウインドウ2は,1994年1月から1998年1月までの4年間,1994年2月から1998年2月までの4年間,・・・,2000年6月から2004年6月までの4年間,というように1か月ごとに78 個設定した.タイムウインドウ2の長さは4年に固定した.そして各タイムウインドウに対して,Z値を計算し,78 個のZ値,Z₁,・・・,Z₇₈を得た.ここでZ₁は1994年1月, Z₂は1994年2月,・・・,Z₇₈は2000年6月におけるZ値であると定義する.設定した2231個全ての格子点に関して,Z₁,・・・,Z₇₈を計算する.このようにして得られたZ値を2か月毎に地図上にプロットしたのが第4図である.



第1図 ZMAP の作成に使用した地震の分布. Fig.1 Earthquakes used for making ZMAP in this study.







- 第 4 図 地震活動度の ZMAP 表示. Z 値が正は静穏化, 負は活発化を示す. コンターは 2003 年十勝 沖地震 1973 年根室半島沖地震のアスペリティの位置を示す (Yamanaka and Kikuchi, 2003).
- Fig.4. Temporal change in seismicity. Positive and negative Z-values indicate seismic quiescence and activation, respectively. Asperities of the 2003 Tokachi-Oki earthquake and the 1973 Nemuro-Oki earthquake are shown in contour (Yamanaka and Kikuchi, 2003).





第5図 1994年以降顕著な地震活動度変化を起こした8つのエリア. Fig.5 Eight areas where significant change in seismicity occurred after 1994.





100

(ploq) (ploq)

60-

40-

20

0

1995

2000 Year

Cumulative Number

1 Jan 1994 - 30 June 2004 At 42.83N 144.11E (Area 3) Within Plate N=100 M>=3.3 ISV, Katsumata contain

42

42

<u>h</u>

42

1/1/



4

46

42

142

-2

-3

-4

--5

2005





146



LTA Function Tw=4.0year Zmax=3.79 at 1999.58

10.8/y











第6図 各エリアの震央分布,積算度数分布およびZ値. Fig.6 Epicenters, cumulative number curves and Z-values in each area.