

緊急寄稿

# 1995年5月27日サハリン北部地震

## —そのテクトニックな背景—

瀬野 徹 三<sup>1)</sup>

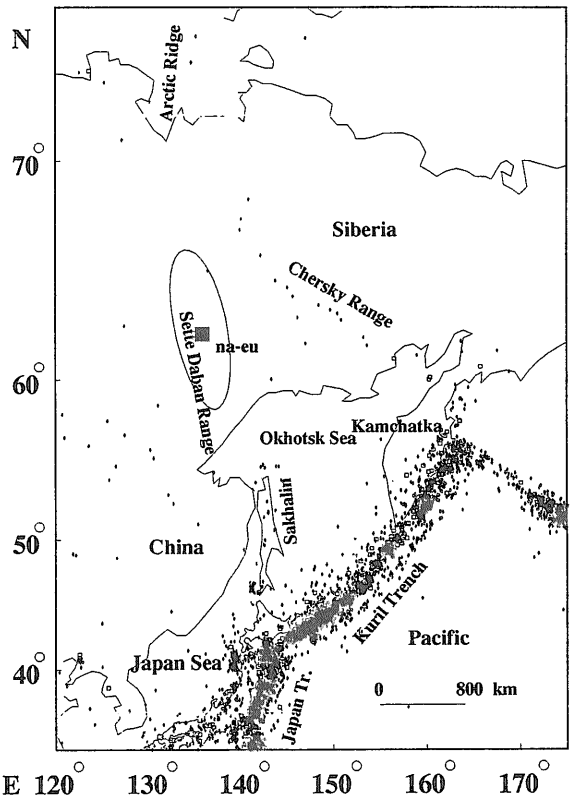
### 1. はじめに

5月27日13時4分(世界標準時, 日本時間22時すぎ)サハリン北東部で大地震が起きた。USGSの表面波マグニチュードは7.6, 東京大学地震研究所とハーバード大学のモーメントマグニチュードはそれぞれ6.8, 7.0であった。震源地の近くネフチェゴルスクではアパートの倒壊により死者2000名近くを出し, 今年1月17日の兵庫県南部地震のような地震の再来かと思わせた。東大とハーバード大学のCMT解や菊地(1995)の実体波解は, 横ずれ断層を示しており, 北米プレートの中の活断層が動いたものとする研究者の解説も目立った。しかし本当にそう考えてよいのだろうか? プレートの相対運動をあらわすプレート間地震であろうという筆者の考えをいくつかの地学的根拠をもとに述べてみたい。

### 2. プレート境界

まずサハリン地域のプレート境界はどこを通過しているのだろうか? 第1図は, 極東部地域の地震活動を示したものである。日本海東縁の地震活動がサハリン南端西岸沖の活動を経てサハリン内陸部へ続いている。サハリン内陸部では, 活動は狭い意味での線状ではなくやや幅をもっているが, プレート境界はサハリンの中南部から陸上を通過していることは間違いないであろう。サハリンから北海道中軸部にかけては古第三紀にオホーツク地塊とユーラシアが衝突した縫合線である(例えば, Den and Hotta, 1973; Kimura et al., 1983)。第2図にサハリン内陸部の新第三紀の構造を示す(Fournier et al.,

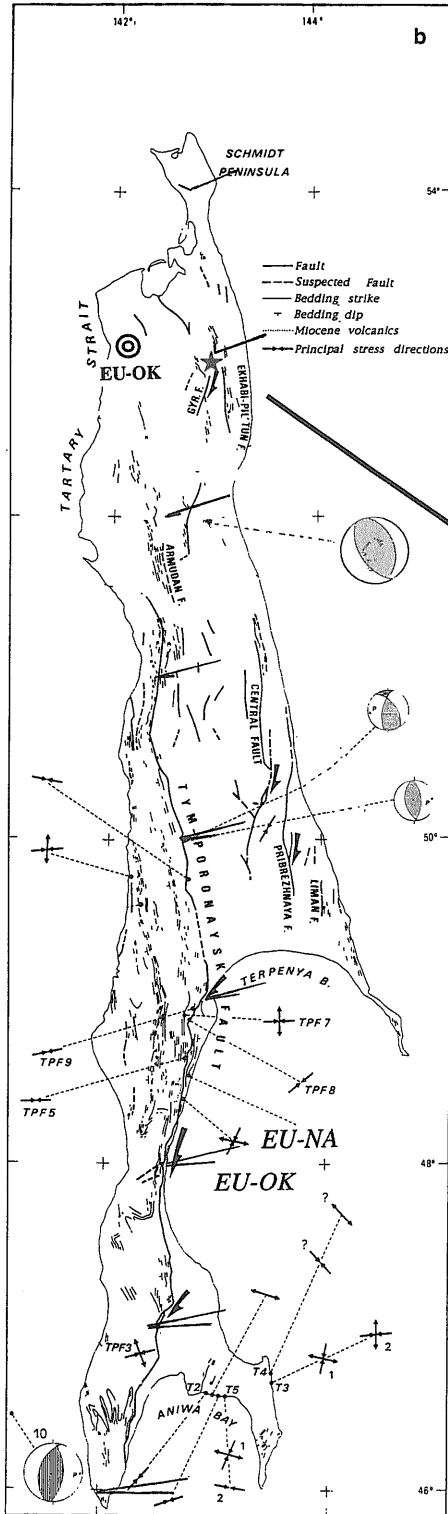
1994)。中部から南部にかけて中央部に Tym-Poronays 断層が走っており, 東部や北部にも断層がある。これらの活動が最も激しかったのは後期中新世—鮮新世である(Kimura et al., 1983)。地震はこれらの断層にはほぼ沿っているので, 現在も活動的であると言える。したがってプレート境界は新第三紀にはかつての縫合線が用いられていたが, プレ



第1図 極東地域の地震活動(Seno et al., 1995)。データはISC, 1964-1987, mb>4.4, depth<60 kmである。NA-EUの極と1σ誤差楕円はNUVEL-1。

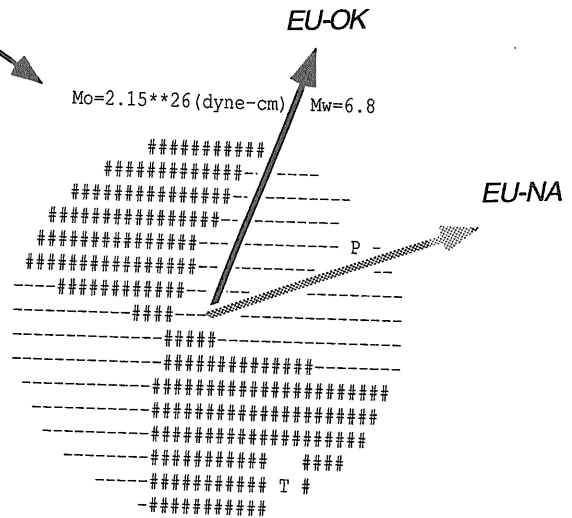
1) 東京大学地震研究所: 〒113 東京都文京区弥生1-1-1

キーワード: サハリン地震, オホーツクプレート, プレート運動, プレート境界, プレート内地震, プレート間地震



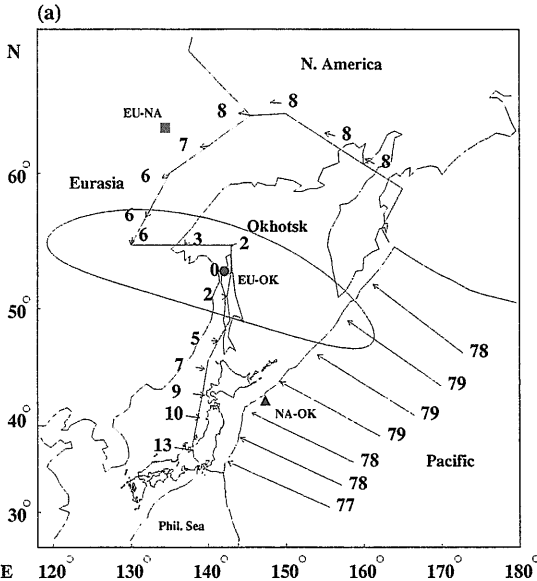
ート境界の北海道中軸部から日本海東縁への遷移にともなってサハリン南端では海域にシフトしたものの、ほとんどの部分ではやはり縫合線に沿っているのであろう。

サハリンの北では地震はぱったりと無くなる(第1図)。そこからユーラシア大陸へ西へむかって活動は連続するように見える。一方カムチャッカ半島の付け根からシベリア中部へのびる活動があり、4でのべるオホーツクプレートの存在の根拠の一つとなっている。

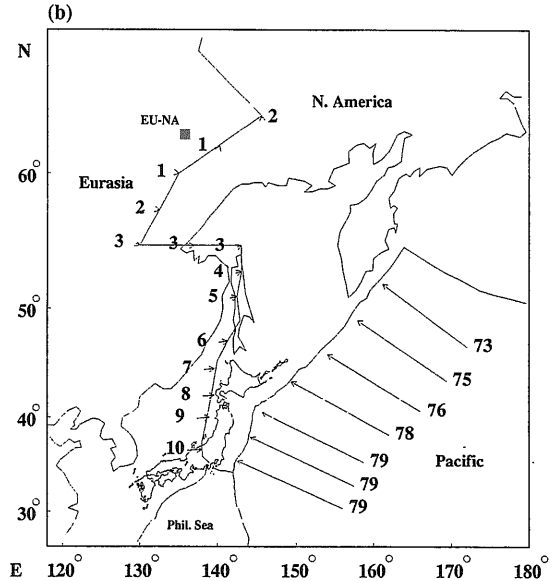


第2図 サハリンの新第三紀の構造と地震メカニズム (Fournier et al., 1994)とプレート相対運動。メカニズムは北部のもの: Chapman and Solomon (1976), 中部の二つ: ハーバード大学 CMT, 南端西岸沖: Fukao and Furumoto (1975)。今回の地震の震源(笠原稔私信)と CMT 解(東大地震研)も示した。プレート相対運動は EU-NA は NUVEL-1A (DeMets et al., 1994), EU-OK は Seno et al. (1995)にもとづく。

5 mm/yr



第3図 a オホーツクプレートの周りのプレート相対運動 (Seno et al., 1995). EU-OK, NA-OK, PA-OK の相対速度と回転極がプロットされている。数字の単位は mm/yr. EU-OK の極はサハリン北西端にある。



第3図 b オホーツクブロックが北米プレートとした時のプレート相対運動。NUVEL-1A (DeMets et al., 1994) にもとづく。EU-NA, PA-NA の相対速度と回転極がプロットされている。

### 3. 変動様式

Tym-Poronaysk 断層の第三紀における活動様式は、右横ずれ成分をともなった逆断層運動であった (Kimura et al., 1983; Fournier et al., 1994)。断層より西側の白亜紀—新第三紀の堆積物が北北西に軸をもつ褶曲構造を示し、断層はところどころステップしているからである (第2図)。これはオホーツクプレートとユーラシアプレートとの斜め収束によるとされている (Kimura et al., 1983; Fournier et al., 1994)。それでは現在の変動様式はどうであろうか？ 第2図には信頼できる地震のメカニズムがプロットしてある。これからはほぼ東西圧縮のスラストであることがわかる。

同じ図には今回の地震の震源位置 (★, 笠原稔私信) とそのメカニズム (地震研究所の CMT 解による best double couple) が示してあるが、横ずれ断層運動を示し、南部のスラストと好対照である。現地の活断層調査や余震観測 (笠原稔, 嶋本利彦私信) によると北北東走向、約 4 m の右横ずれをもつ長さ約 30 km の断層がネフチェゴルスクの南にあらわれた。菊地 (1995) の解析は破壊が北へ伝播したことを示している。したがって地表断層はメカニズムと

調和的で、西側のブロックが東側に対して北北東へ動いたことになる。これは南部のスラストとは違うので、プレート内地震という一部のマスコミで報道された解釈はそこから出てきたものと思われる。南海トラフ巨大地震のスラストに対する兵庫県南部地震の横ずれと同じというわけである。しかしこの解釈には困難があることを最後に示そう。

### 4. プレート運動

プレート境界の大体の位置とその付近での変動様式がわかったとして、プレート相対運動はどうなっているのだろうか？ 東北日本や北海道、オホーツク海 (これらをまとめて仮にオホーツクブロックと呼ぶことにする) は、北米プレート (NA) であるという説が常識となっているが、筆者を含めてオホーツクプレート (OK) が存在すると主張する研究者も少なくない。筆者ら (Seno et al., 1995) はユーラシアプレート (EU) とオホーツクブロックの相対運動を表わす日本海東縁—サハリンの地震のスリップベクトルは、EU-NA から有意にずれることから、オホーツクプレートが独立に存在することを示し、その運動を求めた。第3図 a には EU-OK の運動を

NA-OK, PA-OK と共に示した. EU-OK の回転極はサハリン北西端にあり, OK は EU に対して時計回りに回転している. サハリン北部は回転極に近いので速度が急減し, 方向も急変する. 一方オホーツクブロックを北米プレートであるとした場合の EU-NA, PA-NA (NUVEL-1A) を第3図bに示した. 日本海東縁からサハリンに至るまではほぼ東西収束で速度は次第に減少するが, サハリン北部で不連続になることはない. 日本海東縁での EU-NA はやや東北東方向であり, 一方地震のスリップベクトルは東南東であるので EU-NA はスリップベクトルを説明しない. EU-OK は当然のことながらスリップベクトルを説明する. もしオホーツクプレートに接するプレートがアムールプレート (AM) であっても同様な AM-OK の回転極が求まる (Wei and Seno, 1995). ただし回転速度が50%大きくなる.

第2図には, EU-OK の回転極(◎)が示してある. またプレート境界付近でのプレート相対運動, EU-OK, EU-NA がプロットしてある. 短い方が EU-OK である. EU-OK はサハリン中央部—南部では東西であるが, 震源位置で北北東を向く. 右のメカニズムにこの方向をプロットした. メカニズムから決まるすべり方向 (スリップベクトル) とはほぼ平行になっている. これはハーバード大学の CMT 解でも同じである. したがってオホーツクプレート説に立てば, 今回の地震はプレート境界, しかも横ずれのトランスフォーム断層で起きたことになる. 回転極の近くで横ずれで, それから南方で収束, 北方で拡大となる. 一方 EU-NA も同じメカニズムにプロットしてあるが, こちらは P-軸に沿っている. すなわち北米プレート説ではこの地震はプレート内地震であり, 相対運動の方向にプレート縁辺が押されたためということになる.

今回の地震はプレート境界付近に起きていても, プレート境界そのもので起きたのか, プレート境界近くのプレート内で起きたのかはわからない. したがってどちらの説が有利なのかはこれだけからは決められない. ただサハリン北部でもプレート境界で収束ならば, そういう地震がないのにプレート内で地震が起きるのは奇妙であるといえなくもない.

どちらがよいかはこの地域のプレート内応力場を考えるとわかる. この地域のそれは最近のハーバ-

ード大学 CMT 解をプロットするといくつか逆断層が分布することからわかるように逆断層の卓越する場である. 東西方向に x 軸, 南北方向に y 軸をとると,  $\sigma_{xx}-\sigma_{zz}$ ,  $\sigma_{yy}-\sigma_{zz}$  とともに正ということになる.  $\sigma_{xx}-\sigma_{zz}$  が正になるのは東西方向にプレートが衝突しているから当然である.  $\sigma_{yy}-\sigma_{zz}$  が正になるのは次のように理解できる. オホーツク海の南縁を限る千島海溝から太平洋プレートが沈み込んでいる. 海溝での太平洋プレートのリッジ押し力とスラブ引っぱり力を足したものが千島弧前弧での差応力 ( $\sigma_{yy}-\sigma_{zz}$ ) (実際には力) とつりあっている (瀬野, 1992). ここでリッジ押し力は正であり, スラブの上端でのスラブ引っぱり力も南千島では正である (Yamanka, 1993). これは南千島スラブ上部が down-dip tension であることからわかる. したがって  $\sigma_{yy}-\sigma_{zz}$  は正とならざるを得ない. 背弧へ行くとき地殻が厚くなるので  $\sigma_{yy}-\sigma_{zz}$  は数百 bars 減少するが, それはリッジ押し力による正 (500 bars) を打ち消すには足りない. したがって  $\sigma_{yy}-\sigma_{zz}$  は内陸でも正となる. だとすると横ずれ断層はプレート内変形としてはサハリンではあらわれないはずである. 神戸で横ずれがあらわれたのは, 南海トラフでフィリピン海プレートのリッジ押し力が小さく, スラブは down-dip compression なので,  $\sigma_{yy}-\sigma_{zz}$  が前弧でほぼ 0, 背弧でしたがって負となるためである (瀬野, 1995). すなわちサハリン北部で横ずれが現れたのは, プレート相対運動そのものと考えざるを得ない. そしてそれは, 上に述べたようにオホーツクプレートが独立に存在するという考えと完全に調和的なのである. 相対速度 EU-OK は震源付近で 0.43 mm/yr となる. AM-OK だと 0.85 mm/yr 程度である. 今回の地震のすべり量が 3 m であったとすると 6500-3500 年に一回の地震であったことになる.

#### 文 献

- DeMets, C., R. G. Gordon, D. F. Argus, and S. Stein (1994): Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of the current plate motions. *Geophys. Res. Lett.*, **21**, 2191-2194.
- Den, N., and H. Hotta (1973): Seismic refraction and reflection evidence supporting plate tectonics in Hokkaido. *Pap. Meteor. Geophys.*, **24**, 31-54.
- Fournier, M., L. Jolivet, P. Huchon, K. F. Sergeev and L. S. Osorbin (1994): Neogene strike-slip faulting in Sakhalin and the Japan Sea opening. *J. Geophys. Res.*, **99**, 2701-2725.

- Fukao, Y., and M. Furumoto (1975): Mechanism of large earthquakes along the eastern margin of the Japan Sea. *Tectonophysics*, **25**, 247-266.
- 菊地正幸(1995): 5月27日サハリン地震のメカニズム解析(暫定版). YCU地震学レポート, **41**, May 29.
- Kimura, G., Miyashita, S., and S. Miyasaka (1983): Collision tectonics in Hokkaido and Sakhalin. *Accretion Tectonics in the Circum-Pacific Regions*, ed. by M. Hashimoto and S. Uyeda, 123-134.
- 瀬野徹三(1992): スラブが決める弧の応力. 月刊地球, **14**, 332-334.
- Seno, T., T. Sakurai, and S. Stein (1995): Can the Okhotsk plate be discriminated from the North American plate?. *J. Geophys. Res.* (submitted).
- Wei D. and T. Seno (1995): Determination of the Amurian plate motions. *Geodynam. Series*, in preparation.
- Wei, D. and T. Seno (1995): Determination of the Amurian plate motions. *Geodynam. Series*, in preparation.
- 瀬野徹三(1995): 中部—西南日本の応力場—なぜ東西圧縮なのか?—, 地震, 準備中.
- Yamanaka, Y. (1993): A unified model of the stress state in subducting slab, Ph. D. Thesis, Univ. of Tokyo.
- 
- SENO Tetsuzo (1995): The northern Sakhalin earthquake of May 27, 1995—from tectonic viewpoint—.
- 
- 〈受付: 1995年6月13日〉

## 兵庫県南部地震に対する日本学術会議の対応

兵庫県南部地震については、これまでに極めて多様な報道や報告がされている。日本に限らず、世界中の新聞・TVが大々的に取り上げ、通常のニュースや紙面だけでなく速報や特集を組み、中には震災に関係するニュースをまとめた縮刷版を出している社もある。新聞・TVは言うに及ばず、内外の週刊誌が特集を組み、あるいは緊急増刊の類を発行している。

学術的な世界でも反応は速かった。地質調査所を始め、国土地理院・防災科学研究所・気象庁などすぐ調査と解析に乗り出した。文部省は緊急プロジェクトを組んだ。各学会も報告会やシンポジウムの類を次々と開催した。機関誌に特集を掲載したところも少なくなく、巻頭にカラー口絵を出したところも多い。この地質ニュースも2月号に緊急小特集を組んだ。

日本学術会議では、1月30日に開かれた運営審議会で、総合的な検討をしようという機運が起きた。その後3月27日の運営審議会で臨時(特別)委員会を設けることが合意され、4月19日の第121回総会で「阪神・淡路大震災調査特別委員会」の設置が正式に認められた。これは、この大震災が提起した問題を、自然科学分野だけでなく、人文社会科学分野も含めて総合的に検討することを目的とし、第5部(工学)の伊藤学会員が委員長になっている。その後、この委員長がどのような活動をしているか、筆

者はあまりよく知らない。

初めに書いたように、この地震活動に関する報道・報告は無数とっていいほど多い。また報告のもとになっている調査も、おそらく多数にのぼるに違いない。しかし、調査やその結果の公表は全く個々別々に行われ、混乱状態とっていいほどで、通覧したくてもなにかから手をつけたいか分からない。今度の地震と災害に関して、人々はどこでどういう調査が行われ、その報告はどこで入手できるか、さらにはどれが科学的な批判に耐える調査結果であるか、よく分からないのが実状である。

そこで、第4部の地質学研究連絡委員会では、このような実状を少しでも改善するのに役立てるため、錯綜する情報をまとめて一覧表を作ることにした。できれば8月一杯には第1次の調査・報告リストを作って公表できるようにしたい。現在手に入るところからデータベースを作りつつあるが、読者諸氏でお気づきのものがあつたら、タイトル・日時・参加者名など下記の委員にご連絡頂ければ幸いである。

〒156 世田谷区櫻上水3-25-40 日本大学文理学部応用地学科小坂和夫(Fax: 03-3303-9899)または〒270-01 流山市東初石3-126-55-403 佐藤正(Fax: 0471-52-6844)。

佐藤 正(地質研連委員長)