

# 北海道周辺の地震活動

笠 原 稔

## 1. はじめに

(北海道大学理学部地震予知観測地域センター)

地震は「なぜ」、「どこで」起きるかは、観測を通じて良くわかるようになってきた。しかしながら、「いつ」かを精度良く予測することが難しく、そのための努力を（地震予知の研究）続いているところである。今のところ確実に言えることは、ある地域の次の地震の長期予測だけである。ただし、必ず起きることは確かなのである。そのために、地震災害の軽減をはかる努力を行う必要があり、そのために、「地震を良く知ること」も、その一つと言える。これまでにわかっている地震像を簡単に紹介し、最後に北海道周辺の地震活動について触れる。

## 2. 地震とは何か

もしも、地球内部が力学的に平衡状態にあるのであれば、地震は起こらない。内部応力状態は、3つの異なる方向の主応力（内部では圧縮力）を考えれば良く、平衡にないのであるから、それらは最大>中間>最小の値をとる。最大と最小の主応力を含む面内で、両者の差応力が岩石の破壊強度を越えたときに、地殻はずれ破壊を起こし、応力を解放する。このときのずれ破壊が断層であり、そのときに地震波を発生するのである。

われわれが住む地表面を基準に考えたとき、図1に示すような、

- (1) 最大主応力が水平面内にあり、最小主応力が垂直面にある場合
- (2) (1) とまったく逆の場合、
- (3) 両方が水平面内にある場合

の、3通りの組み合わせが有り得る。（1）の場合は、水平方向に大きく圧縮されているわけで、結果的には、地殻の短縮をもたらす。このときに生成される断層が逆断層と呼ばれる。（2）の場合は、（1）とまったく逆のことが起きる。つまり、地殻の伸張があり、正断層を生じる。（3）の場合は、横ずれ断層が生じる。断層の走向と最大主応力の方向との関係で、右横ずれか、左横ずれかが決まる。

図2には、地震の“大きさ”を表現してい3つの指標を示してある。

そもそも地震は、地殻内部の力学的不安定を解消するために、断層を生成するもので、その絶対的大きさの指標は、断層運動の大きさ = (断層面積) X (滑りの大きさ) である。これが、マグニチュードである。つまり、地震とは大きさを持つものである。そのために、壊れ初めの点から出た地震波から決められた震源地と共に、その拡がりにも注意が必要である。実際の被害の拡がりや津波の波源域は震源地からの拡がりに關係する。

次に、良く出てくる、震度とは、ある点での揺れの大きさを示すものである。これは、震源からの距離とその点の地盤条件にも関係するから、1点の震度からでは地震そのものの大きさはきまらない。けれども、その震度分布図を見るとその地震の大体の状況がわかり、社会的影響の程度も推測できる。過去（機械観測以前）の地震のについては、古文書に記された被害状況や揺れの記述から震度分布図を作ってマグニチュードを推定することができる。

また、もう一つ「震災度」と言うものを考えることが必要である。これは、ある地震により、どのような被害を受けたかを示すものである。これは、人為的要因が強いものであり、被害の99%は人為的なものといえるだけに、いかに震災度を小さくできる環境を作るかが問題であり、努力すればできる点である。

マグニチュードとそれを引き起こす地震断層の大きさとの関係を以下に記す。  
Mは、マグニチュード、Lは、断層の長さ、Dは、滑り量、Tfは、震源形成時間

M	L	D	Tf
3	0.5km	1.6cm	0.16sec
4	1.6	5.0	0.50
5	5.0	16	1.6
6	16	50	5.0
7	50	1.6m	16
8	160	5	50
9	500	16	160
9.5	890km	28m	280sec

(これまでの最大の地震、1960年チリ地震)

Mが2違うと、断層サイズは1桁異なる。1994年北海道東方沖地震(M8.2)と1995年兵庫県南部地震(M7.2)とはMで1の違いしかないが、そのサイズと変位量の違いはそれぞれ数倍におよび、詳しい解析結果からは、エネルギー的には100倍の違いがあった。にもかかわらず、その被害の程度、震災度、においては大きな違いがあり、逆転している。これは、もちろん、震源とそれを受け止めた場所との距離が関係するわけであるが、それとともに、環境があつたことも重要な点である。

震度6以上であれば、その地域ではなんらかの被害が生じる。マグニチュード5の地震でも、もしも、それが自分の近く(数km以内)で起きれば、震度6相当の揺れになることがある。マグニチュードが大きくなればその範囲が広がるだけのことであり、直下型の地震が怖いのは、それが近いところで起きるからなのである。

### 3. 地震の起きる場所とプレートテクトニクス

今では誰にもよく知られているプレートテクトニクスの考えが出てきた1つの大きな事実は、図3に示した地球上で発生している地震の分布にあった。図に見るよに地震の起きる場所は限定されている。地震が描く「帯」で地球を分割できることが見て取れる。さらに、地震が断層運動であるという理論に基づき、これらの地震のメカニズムを求めれば、その場所の応力の状態、断層運動の形態、滑りの方向などが決まり、分割された「ブロック」が相対的にぶつかったり、離れたりしていくことが示された。ブロックの水平的な拡がりに比べて厚さがそれほどないことがわかっているので、「プレート：板」の「テクトニクス：相互作用による運動現象(=地殻内部応力の不均衡を作る)」が地震の原因であると言うわけである。

図4には、その1例を示して見る。北海道南方沖に発生する地震のメカニズムを示した。上段に示すように、地震断層モデル解は見事に同じ形、低角逆断層、を示す。この場所は太平洋プレートがN60°E方向に進行してきて、北海道の下へもぐりこんで行くところである。そのために、地殻の圧縮を起こすように、逆断層の地震が発生し、断層の角度は太平洋プレートの潜り込む角度を示す。下段は、ここで発生する地震の断層の滑りの方向を示しているが、太平洋プレートの進行方向と見事に一致する。この地震活動は、さらに深く続き、サハリンの下で700kmに達している。これが、太平洋プレートの実態である。

最近では、宇宙から来る電波を利用した超長距離の測定が高精度で可能になっており、実際に太平洋プレートの乗っているハワイが日本にたいして、年間10cmの速度で近づいていること、すなわちプレートの運動そのものも検証されている。

#### 4. 北海道周辺の地震活動と活断層

図5は北海道周辺の地震環境を示す概念図である。北海道は、オホーツクプレート上に位置しており、東には太平洋プレートとの境界があり、西にはユーラシアプレートとの境界がある。上の図は、北大の観測網で最近10年間に震源の決められた地震をすべてプロットしたものである。プレート境界域の活動が活発であるとともに、内陸部でも（ここには、深い地震もあるけれど）地震は発生している。これは、基本的には、2つのプレートによる東西圧縮力によっている。断面図（下）で示すと、古い太平洋プレートは北海道の下に潜り込、新しいプレート境界のユーラシアプレートは衝突している状態である。こうした環境のもとで、非常に古くから地震は起き続けている。

図6は、歴史に残された（1600年以降）津波をともなった地震の津波波源域を示した。2つのプレート境界域で、大きな地震の発生があり、それに伴い津波を発生している。その原因是、地震による断層運動により、地殻の上下変動が生じ、海水の急激な変化を引き起こすからである。津波の大きさは、震源域の拡がり、断層運動の形態、断層の深さ、さらには破壊の進行の速度などが影響し複雑である。決して震度だけでは決まらないので、感覚的な自己判断は危険である。

北海道では、内陸部には、M7の地震は知られていないが、歴史が浅いことにもよる。前にも述べたように、直下で起きるM6の地震でも大きな被害が発生する。歴史的にも、開発が進むにつれて被害地震の記載が増えており、被害の範囲は狭いけれども、M5～6の内陸の地震は注意が必要である。

最近10年間の北大の観測網で決定した40kmより浅い微小地震の分布と活断層分布図と比べて見ると両者の対応の良いことがわかる。つまり、活断層は、応力集中中の起き易いところに対応しており、地震発生の可能性があることを示している。地震の起きている場所は、応力集中の起きているところ、起き易いところといえる。しかし、活断層の認められていないところでも地震活動が見られところは、潜在的活断層があるものと考えらる。

活断層とは、最近の地質時代（200万年前～現在）に繰り返し活動し、将来も活動することが推定される断層をいう。その可能性が現実にあることを微小地震の

発生が教えている。北海道で確認されている活断層の場合、ほとんどが逆断層で、活動度はB（変位速度：1~0.1 mm/y）、長さ30 km以内である。長さ30 kmの断層のすべてが動くとして、1 mの変位を示す地震（M~6.5）が、1,000~10,000年に1回発生してきたことを意味している。

### 5. 最近の北海道周辺の地震活動

図7に、最近北海道周辺で発生した3つの大地震の地震記録を示す。上より1993年釧路沖地震、1993年北海道南西沖地震、1994年北海道東方沖地震である。いずれも、北大広尾観測点に設置してある、速度型強震計による5分間の記録である。それぞれの地震の特徴を良く示している。釧路沖地震は、深い地震で、単純なものであるが、大きな加速度が現われていることがわかる（短周期成分に富む）。南西沖地震は複雑な断層運動が長時間続いたことを示している。東方沖は、両者の中間的な波形を示すがやはり、そのような断層運動であった。特に、釧路沖地震と東方沖地震はプレート内地震であり、これまでの常識を破る大きなものであった。海溝沿いに発生するプレート境界型の大地震のメカニズムとは異なり、これまでの簡単なモデルによる繰り返し発生を見直すきっかけを作った。これらの地震の発生とプレート境界型の大地震との関係は良くわからないが、周辺のプレート運動に大きな影響を及ぼしていることは間違いない、今後の周辺の地震活動については、注意する必要がある。

図8は、釧路沖地震の余震の震央分布（上段）である。釧路沖の本震周辺の余震活動のほかに、厚岸沖にも1群の余震活動が見られた。それぞれを海溝に直交する断面に投影して見たものが、中断と下段である。白丸は釧路沖地震以前の10年間の地震活動である。いずれにも斜めに深くなる2つの地震帯が見られる。上が、潜り込む太平洋プレートの上面であり、下が、プレート内部の地震活動である。釧路沖地震は、潜り込むプレートの内部の破壊で、ほぼ水平な断層を生じている。厚岸沖の余震群は、明らかに、プレート上面、下面の地震帯の活潑化であることがわかる。この深さでのM7.8までの大きさの地震が発生することは考えられていなかった。この点が、釧路沖地震の教訓である。

図9は、東方沖地震の余震震央分布とその震源断面投影図である。この地震は、平面的には、1969年の大地震とほとんど重なりっている。しかし、その深さ分布に見られるように、プレート上面、下面の地震活動とその間を断ち切るような余震とが発生している。本震直後の余震活動は、この垂直に近い活動が主であり、最大余震を含んで3日目以降、余震域は拡大して行った。この地震もプレート内地震であるから、海溝沿いの大地震系列から離して考えることもできるが、プレート内変形がこれだけの大きな地震を発生させ得ることを示した点で重要である。今後の、大地震の可能性の中に考慮する必要を示した。

### 6. おわりに

これまで述べてきたように、地震の被害は、それを受ける側に大きな比重を持つ問題である。われわれのすむ地域の地震環境を正しく理解し、そのことを考えた社会環境の整備、生活の在り方などを、個人のレベルから考えることが大事であるといえる。

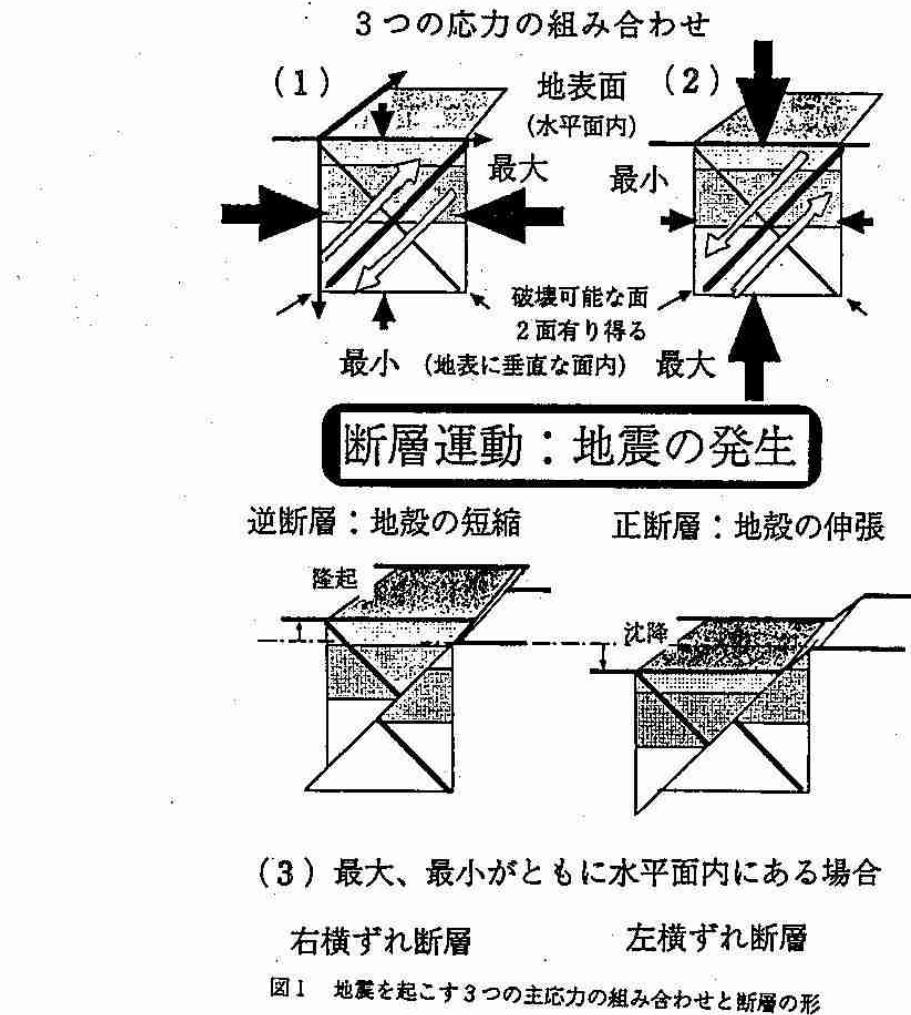


図1 地震を起こす3つの主応力の組み合わせと断層の形

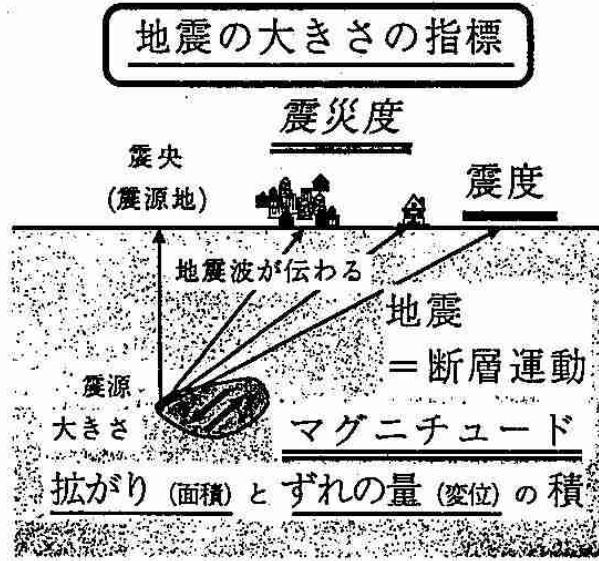
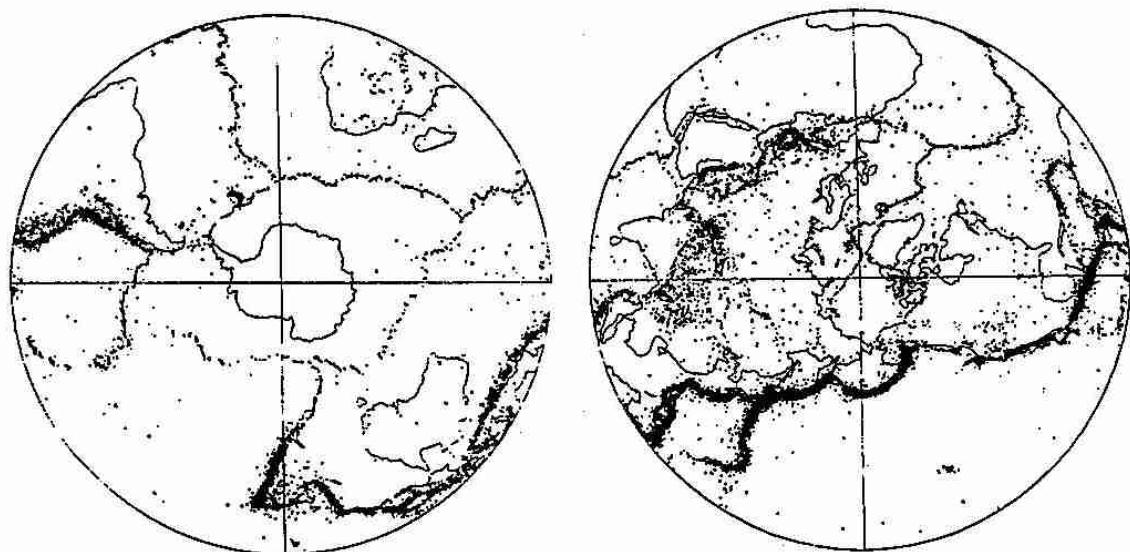


図2 地震の大きさの3つの指標



ISCが決定した震央の分布。南半球,  $m_0 > 4.0$ , 深さ 100 km 以後, 1964~1982 年 (T.Y.)

図3. 地球で発生している 100 km より浅い地震の震央分布、ISC決定震源  
南半球(左)と北半球(右)。期間: 1964-1982、(吉井, 1990による)

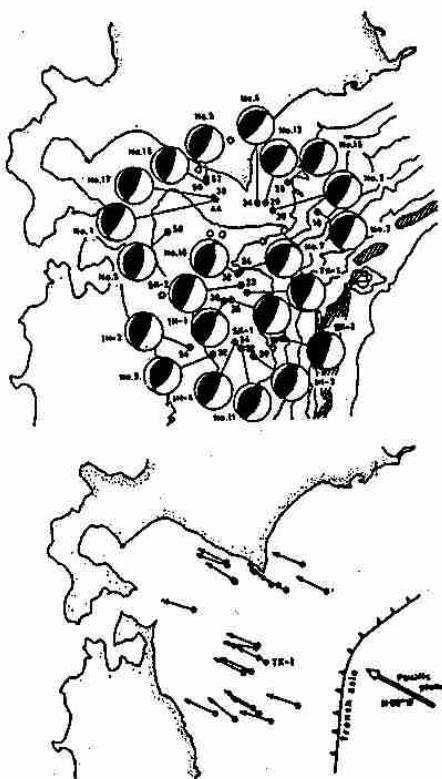


図4. (上) 日高沖、青森県東方沖に発生する地震のメカニズム  
(下) 矢印の方向が、地震メカニズムから推定された断層面下盤の動きを示す。白矢印が  
太平洋プレートの進む方向。(宮村・笹谷 1988)

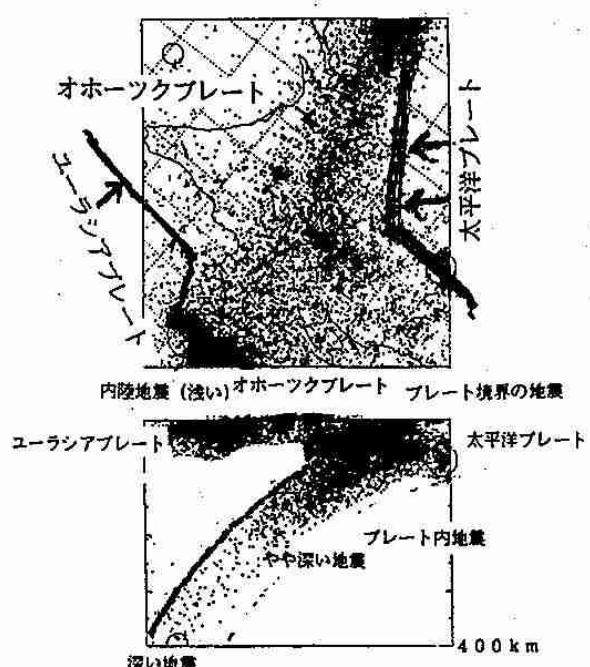


図5 北海道周辺の地震活動の概念図

図6 北海道周辺で発生した地震による津波の波源域  
(1961-1995)

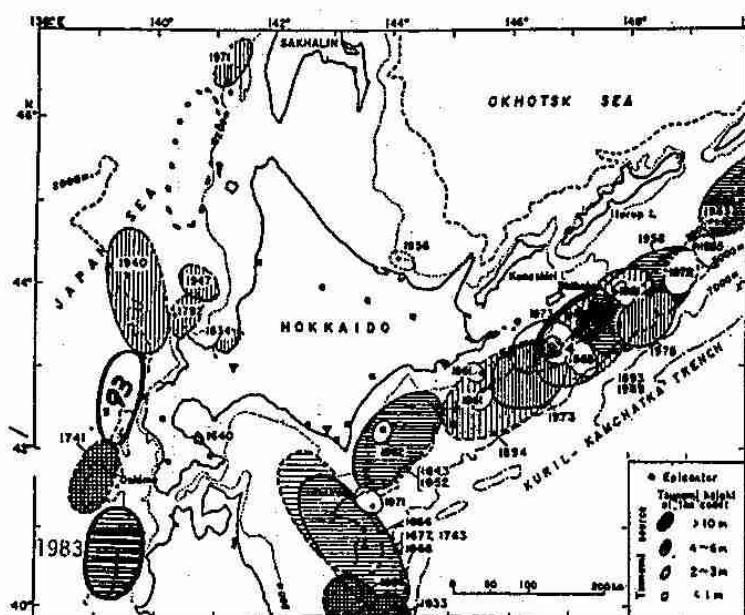
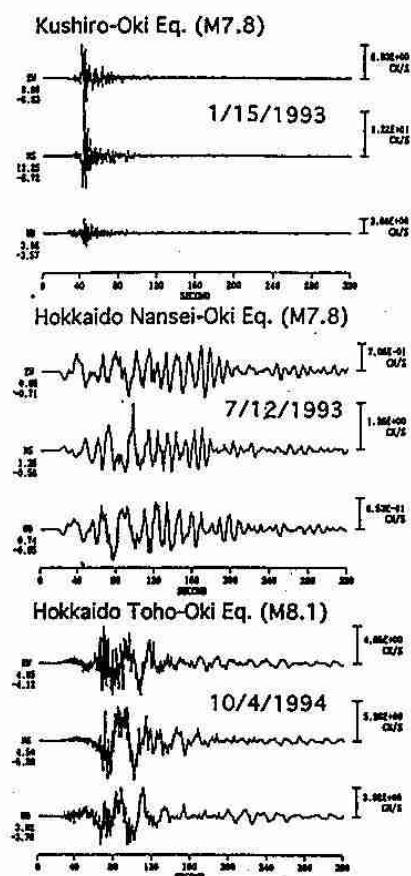


図7 北海道周辺で最近発生した3つの大地震の記録(5分間)  
北海道大学広尾観測点速度型強震計による3成分  
(上) 1993年釧路沖地震  
(中) 1993年北海道南西沖地震  
(下) 1994年北海道東方沖地震



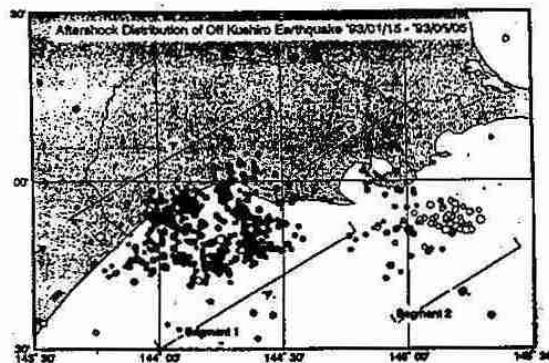
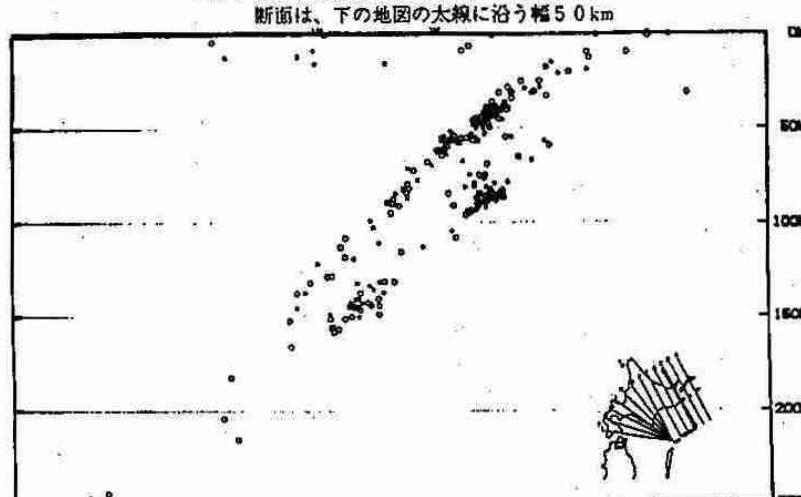
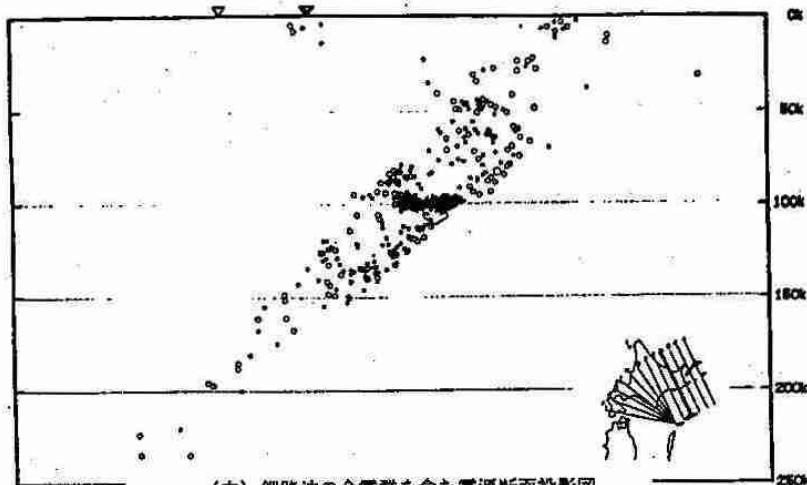


図8 (上) 1993年釧路沖地震の余震震央分布



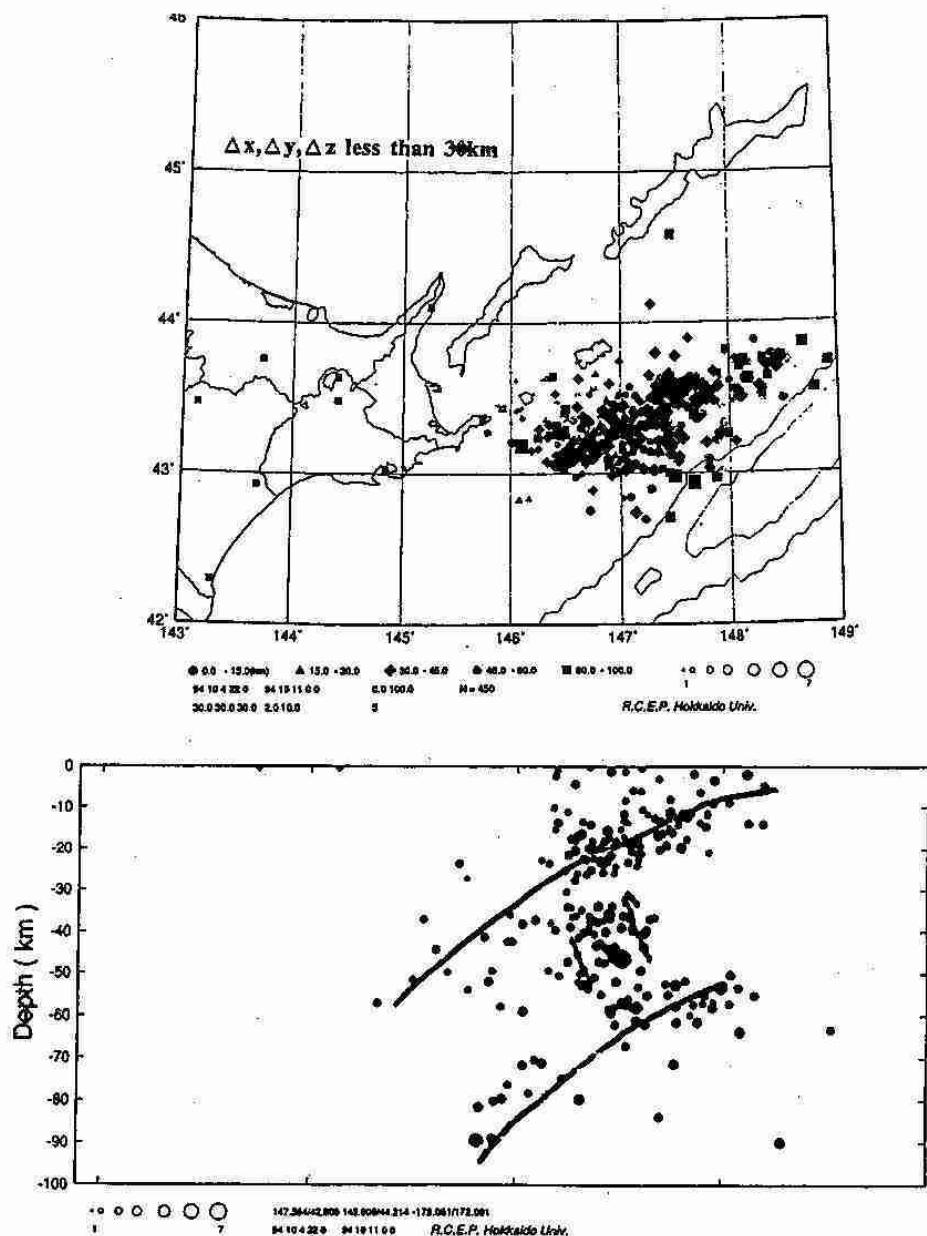


図9 (上) 1994年北海道東方沖地震の余震震央分布  
(下) 海溝に直交する断面への震源投影図