

# 1. 北海道に被害をあたえる地震

北海道大学理学部  
地震予知観測地域センター 本谷 義信

## 1. はじめに

地震といえば自分の所がどの程度揺れるかが問題ですから、まずは揺れの話から始めます。揺れが大きくなると被害が出て社会問題にもなりますから北海道に被害をあたえる地震の話へ進み、最後に地震予知の問題を考えることにします。

## 2. 地震による地面の揺れ

### (1) 震度

地震は地下深くの岩石が破壊して地震波を出す自然現象です。地震で地面が揺れることを地震動と言いますが、我々が日常生活で地震と言っているときは地震動の意味で使っている場合がほとんどです。ある場所での揺れの程度を、人体感覚、周囲の物体、構造物、自然界が受ける影響の大小などによって、いくつかの階級に分けて表示したものが震度です。

日本で初めて震度階級を定めたのは1884年です。この時の震度の階級分けは、微・弱・強・烈の4階級でした。その後、震度観測の基準となる「気象庁震度階級」が作られました。最初は震度0から6までの7階級でしたが、1948年に起きた福井地震では震度6を越える激しい揺れがありましたので、1949年に震度7が追加されました。しかし、その後震度7が実際に適用された地震はなかったのですが、1995年兵庫県南部地震で初めて震度7を記録したわけです。

日本では気象台の担当者が揺れを感じた時、この震度階級表に従って震度を判定して発表することになっています。これが地震の公式な震度の記録ということになりますが、皆さんも地震の時の

状況を震度階級表に当てはめて自分の所の震度を決めてみてはどうですか。

### (2) 震度とマグニチュード

ところで、震度は地震の大きさを表すものではないことに注意してください。地震は岩石の破壊現象ですから、破壊の規模の大小で地震の大きさを定義します。地震の大きさを表す単位をマグニチュードと言ひ、記号Mで書かれるのが普通です。地下で岩石が壊れた所から出た地震波はだんだん弱まりながら遠くへ伝わって行きます。静かな池に石を投げ込んで波紋がひろがって行く様子を思い浮かべてみてください。震度はある場所がどのくらい揺れるかですから、どんなにMの大きい地震でも地震の起きた場所から離れるにつれて震度は小さくなり、最後は震度0(人は揺れを感じない、無感)になってしまいます。したがって、場所の指定がない震度という言葉は意味をなしません。一つの地震には一つのMの値しかありませんが、震度は場所によって0から始まって7までの値をとることがあります。一つの地震で各地の震度の値がいくつも出てくることはテレビや新聞の地震情報でおなじみのことでしょう。ただし、人が揺れを感じない所はどこでも震度0ですから、震度0の地名が発表されることはありません。

### (3) 科学的にも役に立つ震度

震度は人が決めるものですから、ある程度のあいまいさを避けることは出来ません。しかし、震度は日常の地震情報としてだけではなく、科学的にも役に立つものです。

#### a 地震史料

地震を地震計で観測出来るようになったのは、

たかだか100年前のことですから、それ以前の地震のことは古い記録に書き残されている地震の時の被害の様子などから推測するしかありません。

古文書には震度いくつなどとは書いてありませんが、どこでどの程度の大きさの地震があったかをかなり詳しく知ることが出来ます。

1927年11月29日19時02分 石狩川河口付近  
N43°12' E 141°24' H極浅 M4.8 SMO

- 3. 札幌・札幌村・篠路・生振・広島・長沼・下手稲・琴似・茨戸
- 2. 豊平・篠津・江別・花畔・千歳
- 1. 小樽・旭川・岩見沢・石狩・当別・厚田・幌内・由仁・新篠津  
恵庭・銭函・塩谷・美幌・浜益・大江

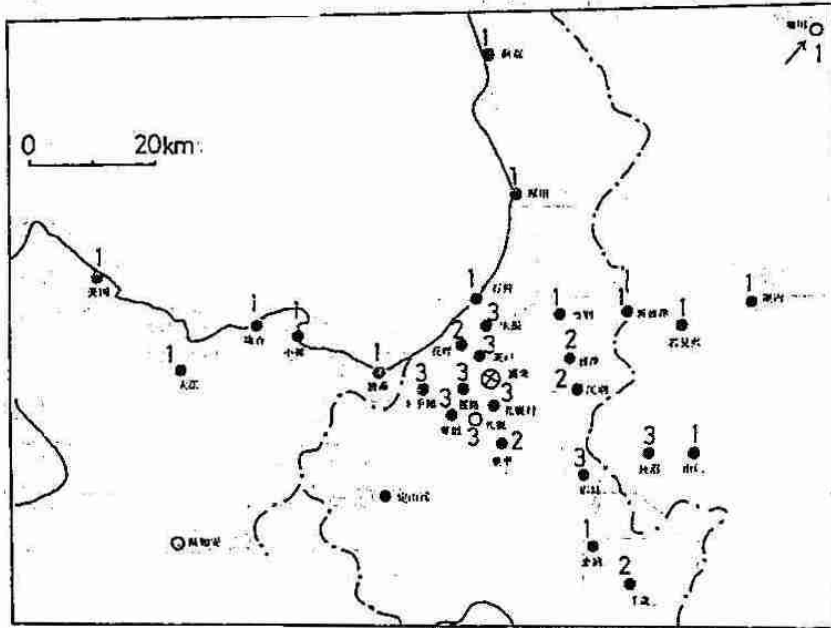


図1. 震度分布から地震が起きた場所がわかる。震央(⊗)の直下で5×2kmの断層面が5cm動いてこの地震を起こしたと推定される(札幌管区気象台の資料)。

b 地震の起きた場所を決める

日本の地震観測は気象庁が行っていますが、1960年代までは地震計の数が少なく性能もあまり良くなかったので、地震計による観測で地震の起きている場所を精度良く決めることはむずかしかったのです。とくに、北海道は広いので局地的に人が感じる地震があってもどこの地震計にも記録されないこともあったのです。そこで札幌管区気象台では、各地の人に依頼して地震の揺れを感じたらその報告をしてもらう体制を作りました。この民間委託の震度観測点是最盛期には道内で300地点を越えました。これだけの観測点がある

と、小さな地震でも多くの地点からの報告が集まり、その震度分布から地震の起きた場所をかなり良く決めることが出来ます。図1にその例を示します。この震度観測の結果は北海道の内陸に起きた小さな地震を調べるための貴重な資料になっています。

(4) 震度を器械で測る

じつは、ここまで述べてきた震度を決める話は古くなってしまいました。1996年から震度を器械で測ることになったのです。これは震度観測にとっては革命的ともいえる大変化です。

気象庁震度階級の定義では、震度5までは担当

者がその場で震度を決めることができますが、震度6以上では家屋が倒壊した割合を調べてからでないと震度を決められないようになっています。先頃の阪神淡路大震災の時に気象庁で調査が終わってから震度7の所があったことを発表したのはこのためです。しかし、大地震の時に震度がすぐわからないのはいかにも困ったことです。被害にむすびついている震度の情報が即座に入手できれば、救援活動に大変役に立つはずですが、人が震度を判定することはやめて器械にやらせれば大震災で混乱している時でも震度の情報が得られるはずですが。

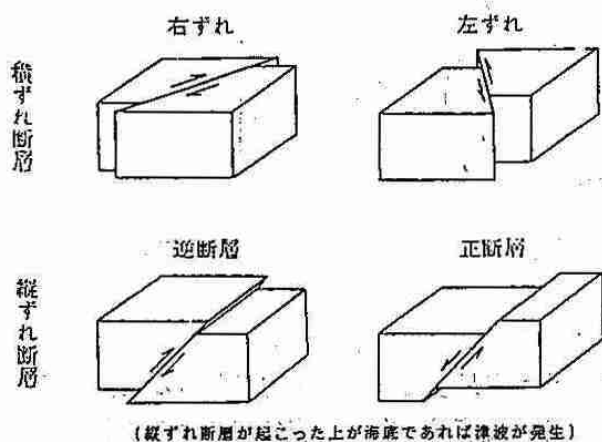
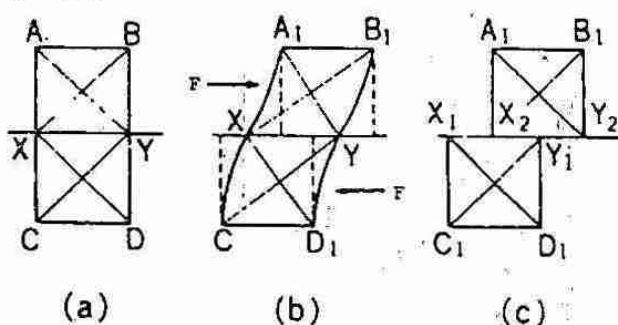


図2 地震は地下の断層(ずれ)運動。ある面XYを境にして反対向きの力Fが働き続けると岩石は歪んでゆき、ついに耐えきれなくなるとXY面に沿って急激にずれて歪みが解放され変位 $X_1X_2$ が生じる。これが断層運動でこの時に地震波を出す。

ところで、地震の時に揺れを感じるのは当り前のようですが、人間の揺れの感覚はどのようにして生じるのでしょうか。物理的には地震動から受ける力、すなわち加速度を感じていることは確か

です。しかし、加速度の大小だけではなく、地震動の周期、強い地震動が継続する時間の長さなども人間の感覚に影響をあたえます。また、身の回りの物が振動する音を聞いたり、倒れるのを見たりすることも揺れる感じを増幅させると考えられます。このように複雑な感覚に依存する震度を器械で測ることが出来るのでしょうか。とにかく、これまでの震度となるべく同じ値が得られるように試行錯誤し、いろいろと工夫をして、器械を使うことにしたのです。この器械はある種の地震計ですが、計測震度計と言います。そして計測震度計で得られた値を計測震度とするのです。普通は計測を省略してたんに震度と言っています。このことによって人が震度を決めるあいまいさをなくするとともに、情報化時代の要請に応える震度情報を迅速に提供出来ることになりました。

これまでは気象庁の担当者が震度を決めていましたから、震度を発表出来る地点は担当者の居る所、すなわち測候所など気象官署のある所に限られていたのですが、これからは計測震度計さえ配備しておけばどこからでも震度情報を出せることになったのです。最近の地震情報にこれまで見かけたことのない地名がたくさん並んでいるのに気がついた人もあるかと思います。

もう一つ変更したこと、震度5と震度6の取り扱いがあります。震度5以上の揺れから被害が始めます。これまで震度5と震度6にされていた揺れの程度には幅があり過ぎて、同じ震度でも被害などに大きな差があることがわかってきました。そこで、震度5と震度6をそれぞれ2つに分けて、震度5弱、震度5強、震度6弱、震度6強とすることになりました。この結果、これまでの震度の8階級が10階級になったこととなります。きめ細かい震度情報を救援活動に有効に利用することがそのねらいです。

### 3. 北海道に被害をあたえる地震

#### (1) 地震は地下の断層運動

地下深くの岩石に力が働いて歪みが増加し、歪みが限界に達すると岩石が破壊して歪みエネルギー

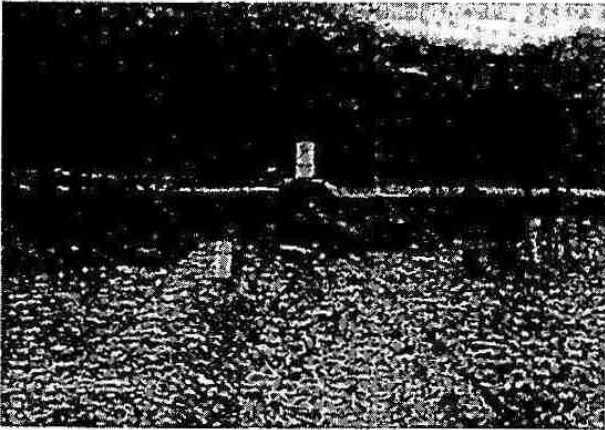


図3 1995年兵庫県南部地震を起こした地震断層が地表へ現れた。淡路島北淡町平林地区の写真であぜのずれが見られる。右横ずれ断層であるが、上下方向にも変位していることがわかる。

ギーを急激に解放する現象が地震です。破壊すると言ってもバラバラに壊れるのではなく、図2に示すように、ある面に沿ってずれを生じます。このようなずれを断層といい、力の加わり方でいろいろな断層が生じます。地震は地下深くで起きますから、地表に断層が現れることは稀ですが、阪

神淡路大震災をひき起こした1995年兵庫県南部地震では淡路島に断層が顔を出し、「地震の正体見つけたり」ということになったわけです(図3)。

(2) プレート運動と地震

ところで、岩石にはどうして力が働くのでしょうか。力の根源はプレート運動にあると考えられています。図4にプレート運動の概念を示します。地球の表面は何枚かの厚さ数10~100kmの巨大な板状(プレート)の破片に分割されていて、各プレートは動いていて、プレートの境界では押し合いへし合いして力を及ぼし合っているのです。

図5に北海道とその周辺のプレート境界を示します。プレート境界に沿って楕円が並んでいますが、各々が地震=断層運動の時に動いた広がりを表しています。マグニチュード8の大地震では50×200km程度の広い領域で数mのずれが生じます。したがって、歪みエネルギーを解放した領域として、大地震をこのように表現するのは的を得たことなのです。太平洋と日本海のプレート境界から力が伝わってきて、北海道の内陸部でも地震が発生します。

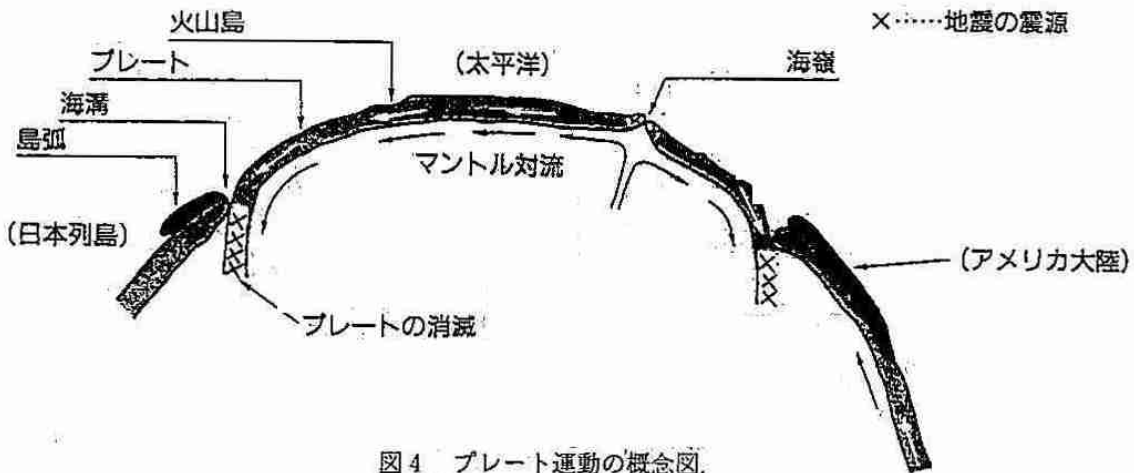


図4 プレート運動の概念図

(3) 北海道に被害をあたえる地震

a 太平洋のプレート境界の地震

北海道の太平洋沖合いではこれまで何回も大地震が発生し地震動と津波で被害を受けてきました。大きな地震が起きると各地でどのくらい揺れたかを調査するのが普通です。図6は1968年十勝沖地

震の時の札幌の震度分布です。札幌はおおむね震度4ですが、3から5にわたっていることがわかります。地震の起きた場所からほぼ同じ距離でも揺れの程度に大きな差があり、札幌市内でも震度にすると2程度の違いがあることがあります。この原因は主として地下の浅い所の地下構造の違い

にあります。やわらかい堆積層が厚い所では堅い岩盤の所より揺れが大きくなるのが普通です。これからも同じような大地震は起きるでしょうが、どこでどの程度揺れるかはわかっているといえま

すから、防災計画も立てやすいはずです。津波がある場合には気象庁から津波警報が出されて、津波が海岸に到達するまでに避難をする時間の余裕があると考えてよいでしょう。

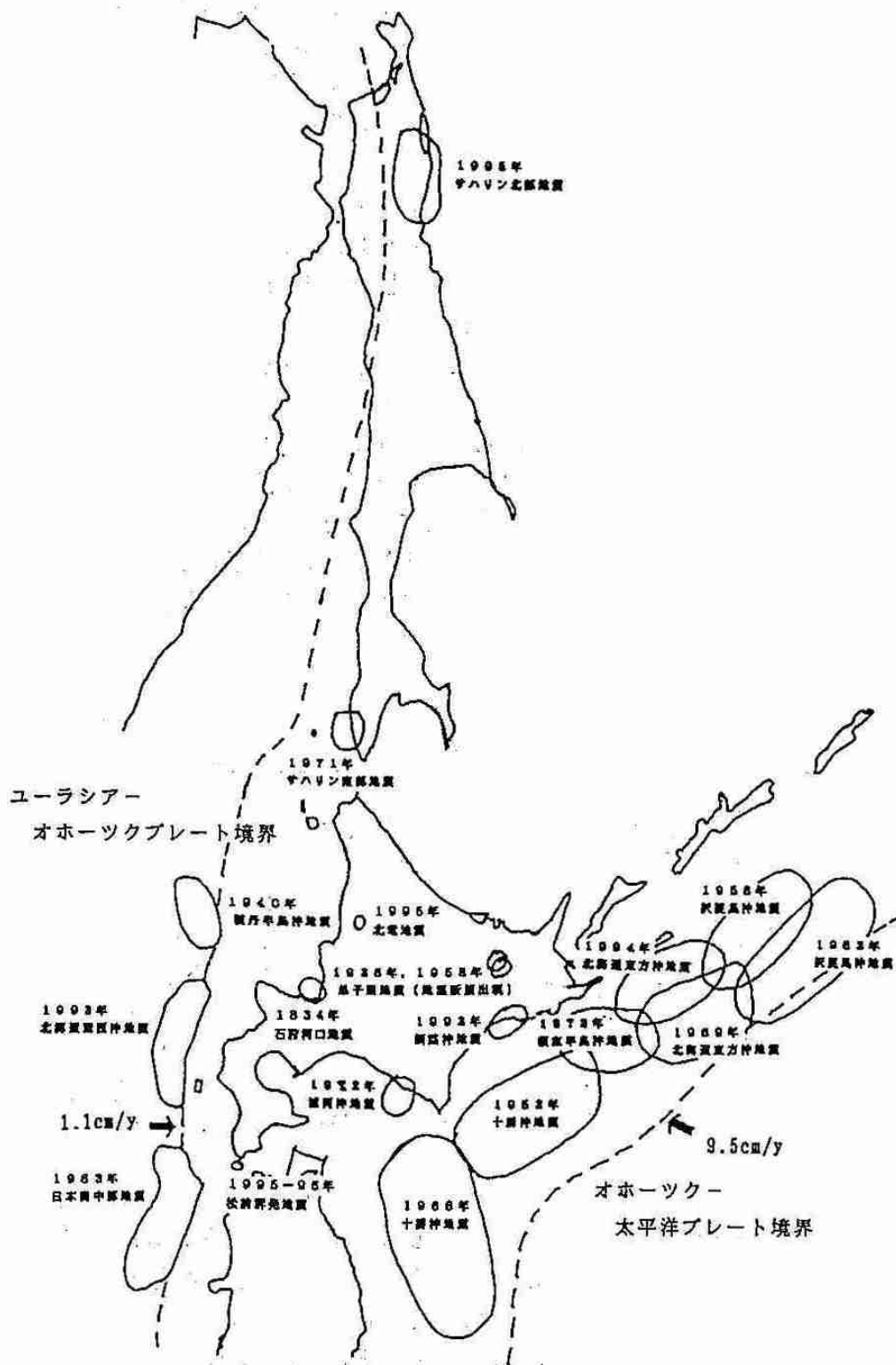
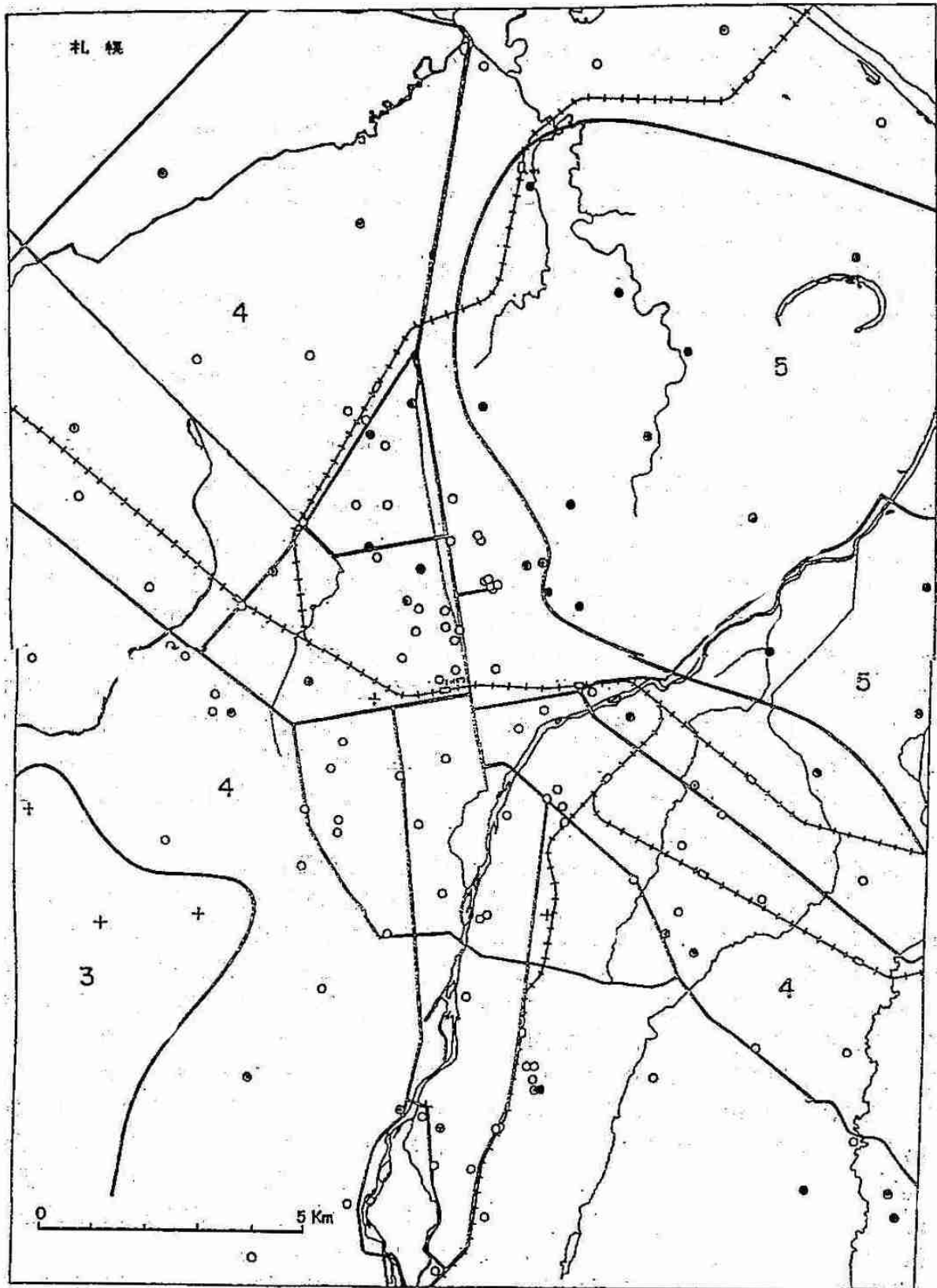


図5 北海道・北方圏のプレート境界と主な地震。



【6】震度分布図(札幌市南部)

図6 1968年十勝地震(M7.9)による札幌市の詳細震度分布. 地震が起きた場所から札幌までの距離は320km (北海道大学理学部地球物理学教室の調査資料).

## b 日本海東縁の地震

日本海には大地震は少ないのですが、1993年に奥尻島付近で大地震が発生して多数の人命が奪われ大きな被害を出したのは大変不幸なことでした。ここでのプレート境界は太平洋プレートの境界よりも陸地に近い所にあるばかりでなく、近くに人が定住している島があることに注意する必要があります。1993年の地震では地震が起きてから数分後には大津波が奥尻島を襲っています。これからも津波警報が間に合わないことがあると覚悟して、大きく揺れたらまず避難して様子を見るようにしてほしいと思います。

## c 北海道内陸の地震

1995年5月23日に北空知の北竜町でM5.7の地震があって小被害が出たことを記憶しておられる方もあるかと思いますが、このように、北海道内陸部でも1つの町村くらいの広がりでは被害の出る地震は時々発生しています。これまでのところ規模の小さい地震ばかりですが、大地震が起きないというわけではありません。

このタイプの大地震としては1834年の石狩河口付近の地震(M6.5)が知られています。まだ人がほとんどいない頃ですから被害らしい被害もなく済みましたが、北海道大学の農場を掘ると液状化・噴砂の跡が出てきますから激しく揺れたことは間違いありません。この地震がいま起きたら札幌圏はどうなるのでしょうか。神戸の地震でどのようなことになるか、ある程度想像がつく部分もあるかと思いますが、本当には経験のないことです。神戸の震災から教訓を得ると同時に、都市環境、自然環境を考慮した防災対策にとりくむことが必要です。とくに、北海道では冬の厳寒積雪期に大地震が起きる場合のことを考えておかななくてはけません。

## d 群発地震

内陸ではまた、1日に何回も地震を感じる日が続くことがあります。たいへん局地的な現象で、一瞬の急激な振動で終わったり、音がすることもありますから、何が起きているのかわからず、不安が高まって騒ぎになることもあります。しかし、

群発地震で大きな災害になることはまずありません。最近では1995年10月から始めて半年以上も続いた松前沖の群発地震がこの例です。幸いもう終わりましたが、桜の時期に重なっていれば観光客の入り込みが減ることで被害を受けることになったかもしれません。

## 4. 地震予知について

地震の本質は破壊現象ですからその予知は不可能だと言う人もいます。棒の両端に力を加えてたわませていった時、いつ棒がどの位置で折れるかをあらかじめ知ることが出来るでしょうか。しかし、たわみが次第に大きくなってくると、そろそろここで折れそうだとか、かなり確実に予想がつくことも確かです。この意味では実用上役に立つ予知も充分あり得ると考えています。そもそも相当広い領域(体積)に突然歪みエネルギーがたまるとは考えられず、必ず歪みの蓄積過程があるはずで、この歪みの蓄積過程を反映した現象を観測しようと努力を続けていますが、まだ成功していません。とはいえ、これまでの観測、研究で地震の発生する場所と大きさについては、ある程度わかるようになってきました。問題はいつ起きるかです。

## (1) 大地震の発生履歴

自分の住んでいる所でこれまでにどのような地震が起きてきたかを知っておくことは大切なことです。北海道大学構内を掘って行われた遺跡調査で、過去2千数百年間に3回の大規模古地震が発生したことがわかりました。最新の地震が1834年の石狩地震で、他の2つの地震は2000年よりやや古い時代と10世紀以降(今から約900年から208年前の間)に起きました。どこで起きた地震かわかっているのは石狩地震だけですが、札幌周辺を大きく揺らす大地震が3回あったことは確実です。

## (2) 内陸の地震の予測

一度ずれて地震を発生させた断層面は長い時間の間には固着してしまいます。しかし、力が働いて歪みが蓄積されると、新しい所に断層ができるよりは、いわば古傷である一度ずれた断層が再び

ずれる場合が多いのです。これが活断層といわれるもので、同じ断層から繰り返し地震が発生することになります。

もし大地震が等間隔で発生すると仮定できるなら、札幌周辺は1834年石狩地震以降約1000年間、すなわち今後8百数十年は大地震にみわかれることはないと予測できることになります。しかし、札幌市に液状化跡を残した古地震が同一の活断層から発生したのかどうかもわからない現状では、この予測は現実的なものとは言えません。

場所の予測のためには、大地震発生の候補地になる可能性のある活断層がどこにあるかを調べる必要があります。活断層を掘削して、その断層がいつどの程度の規模で動いたかがわかれば、次ぎの地震の規模と発生時期の予測をすることが出来ます。しかし、この発生時期の予測は100年単位より良くなることはないでしょう。明らかに人の一生よりは長いので、こんな予測をどう考えるか

はその人の自然観、人生観にかかっているといえます。

(3) プレート境界の大地震の予測

太平洋側のプレート境界の地震については、ある程度の予測が可能になってきました。太平洋プレートは年に約10cmずつオホーツクプレートの下に潜り込んでいますから100年で10m潜り込むことになります。大地震の時に数mずれて、それまでに蓄積されていた歪みを解放しますから、50～100年毎に同じ場所で大地震が発生する見当になります。しかし、1つ大地震が起きるとそのまわりの領域が刺激されて、地震が発生しやすくなり、プレート境界全体ではもっと短い時間間隔で大地震が連続することがあります。1952年十勝沖地震に続く20年間はこのような地震活動期であったと考えられています。図7に示すように、この活動期の最後の1973年根室半島沖地震の発生は予測されていたといえます。

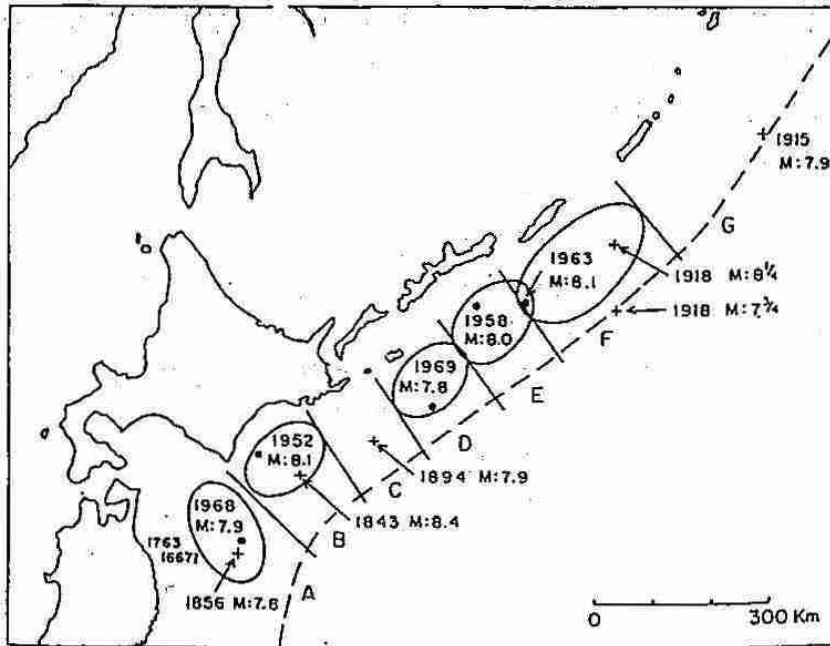


図7 北海道周辺のM8級の大地震の震源域(楕円)とその震央(黒丸)。震源域は地震断層面の大きさに相当し、震央は断層がずれ始めた(=地震が起り始めた)場所の真上の点である。この図は宇津徳治が1972年に作成したもので、1973年根室半島沖地震を予測したものとして有名なものである。

日本海東縁のプレート運動の相対速度は年に約1cmです。太平洋のプレート境界より活動度は低いので、大地震の繰り返し間隔も長く500年程度

と考えられています。1993年の奥尻の地震がこんなに早く起こるとは予想していませんでした。しかし、10年前の1983年に秋田県沖で大地震があっ



たのですから、その隣の領域は警戒しておくべきであったのです。

(4) 直前予知

大きな地震の前に小さな地震が発生することがあり、これを前震と言います。神戸の地震には12時間前から前震がありました。事前にはどこにもこのことは知らされませんでした。現在のところ、いくつかの地震が起きた時それらが大地震の前震かどうかを判定する確実な手法はないので、やむを得ないことであったと思いますが残念なことです。図8に示すように、1982年浦河沖地震の前震と神戸の前震はとてもよく似ていたのです。

前震は直前予知にたいへん有効ですが、残念なことに前震が観測される場合は大地震全体の数%に過ぎません。しかし、数%でも可能性のあるものは追求すべきです。

5. おわりに

地震予知が出来たとしても壊れるものは壊れるから役に立たないという人もいますが、とくに直前予知が出来れば人的被害を大幅に少なくできるはず。確実に予知出来るまで何も言わないのではなく、役にたちそうな情報は提供すべきです。しかし、情報が誤解されてデマが広がり社会不安を起こしては困ります。そうならないためにも地震のことを正しく知って、情報の扱いになれた社会を目指したいものです。これはいずれは越えなくてはならないハードルです。このことが地震学界と社会の信頼関係を強め、将来の防災に大きく貢献することになるに違いありません。

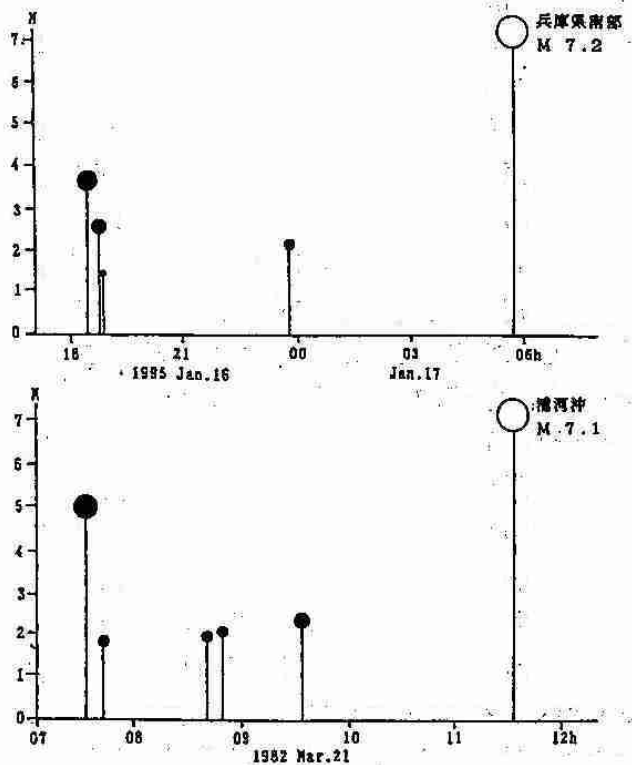


図8 1995年兵庫県南部地震と1982年浦河沖地震の前震はよく似ていた。最初の前震から大地震までの時間で規格化して並べてある。

参考文献

震度階級が変わります、1996、気象庁パンフレット  
改訂版気象ハンドブック、1996、NHK放送文化研究所。