

次の「直下型地震」への対応

I. 地震の基礎知識

はじめに

今年(2018年)の夏以降、日本列島は地震・風水害などの自然災害に続けざまに襲われました。6月18日朝に起こった大阪北部地震・7月初旬の岡山県と広島県両県の豪雨災害、梅雨が明けると全国的な猛暑で40度を越える記録的暑さが現れる地域もみられる期間が続きました。近畿地方では8月23日に台風20号・続いて9月4日には台風21号が来襲。さらに9月6日未明に北海道胆振東部地震が発生しました。

これらの災害により各地で数多くの犠牲者がいました。あらためてこれら犠牲者の皆様のご冥福をお祈りいたします。とともに被災された皆様にお見舞い申し上げます。

-地震の基礎知識-

今回の講座では、地震予知が不可能な現在、過去に起こった地震と地震災害を冷静に観察、これから起こるかも知れない地震災害を想定し、地震災害から身を守るため、事前に対応法を考える一助にしようと、地震動を受ける側の状況をスケールの大きさを3つに分け解説させていただきます。

本題に入る前に、「地震とはどんな現象か」という地震についての基礎的なことがらをこの冊子にまとめました。

阪神・淡路大震災後の調査によって判明した地質学的成果を活用し、これから起こるかもしれない直下型地震への対応策の提案(Ak法)は、この冊子とは別の冊子「II. 直下型地震に対する対応－地震被害想定の提案－」を準備しました。

2018年10月

解説と資料編集：秋元 宏（吹田地学会前会長）

地震の基礎知識

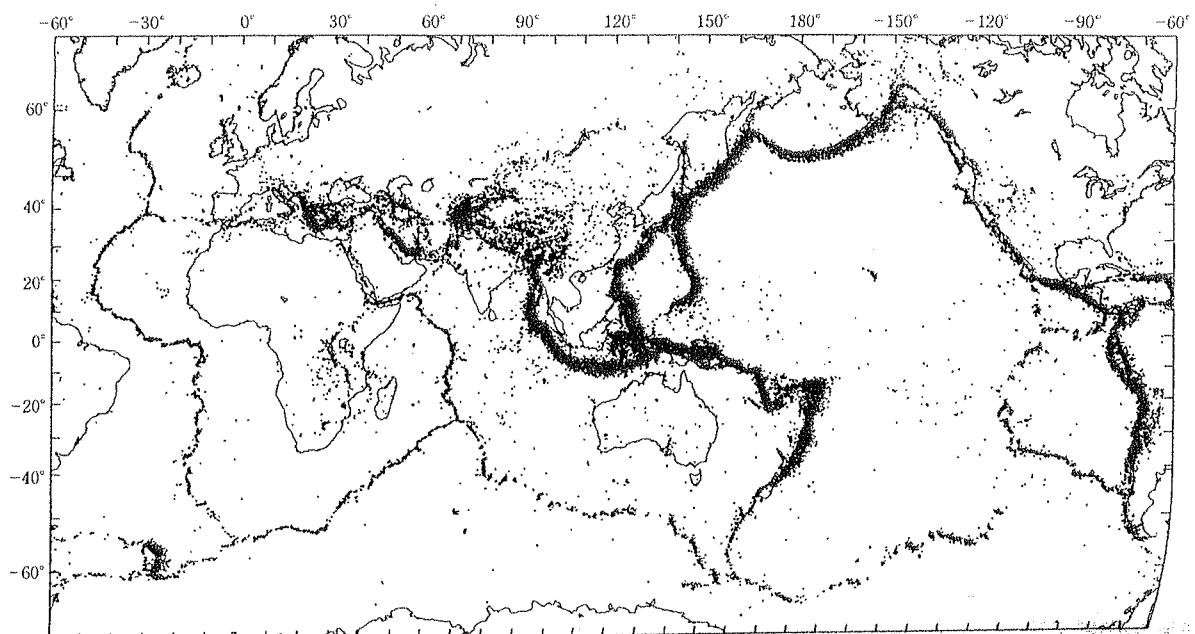
-地震と地球の層構造-

1. 地震はどこで起こる

これまでに世界で起こった地震の震源の分布を見ると(1図)、地球上の特定の場所に震源が集まっていることがわかる。地震は地球の表層部をつくる岩盤が破壊される際に起こる現象で、その破壊場所から伝わる振動が地震動である。

地震の震源分布

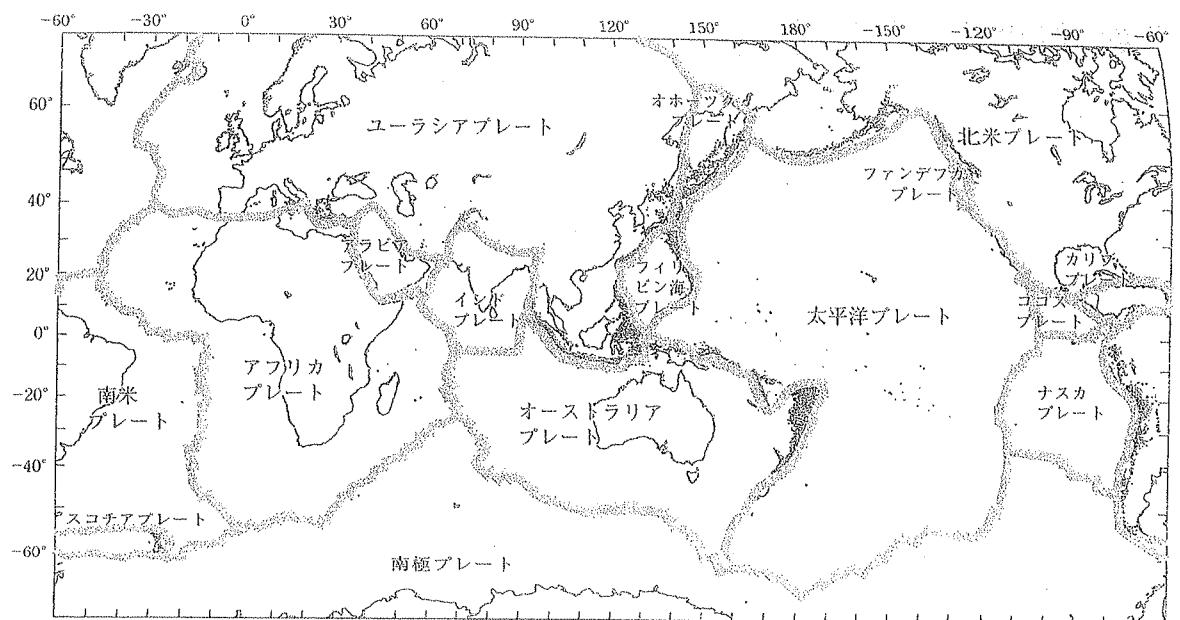
1図は世界で起こった地震(震源の深さ100km以下)の震源分布図である。これを見ると地震は地球表面に均等に分布するのではなく、地球表面を巡る帯状地域に集中して分布していることがわかる。地震が集まるこの帯状地域の一部に日本列島も含まれている。



1図 世界の浅い震源の地震($M=マグニチュード=4.0$ 以上、深さ100km以下、1991～2010年)の分布図（国立天文台編：理科年表 平成29年より）

2図は地球表層部をつくるプレート^{*}の境界と深い地震(深さ100km以上)の震源分布を示した図である。浅い地震の震源分布(1図)が2図のプレート境界と重なっていることがわかる。つまり浅い地震はプレートとプレートの境界付近で数多く起こっている。

※第3項参照

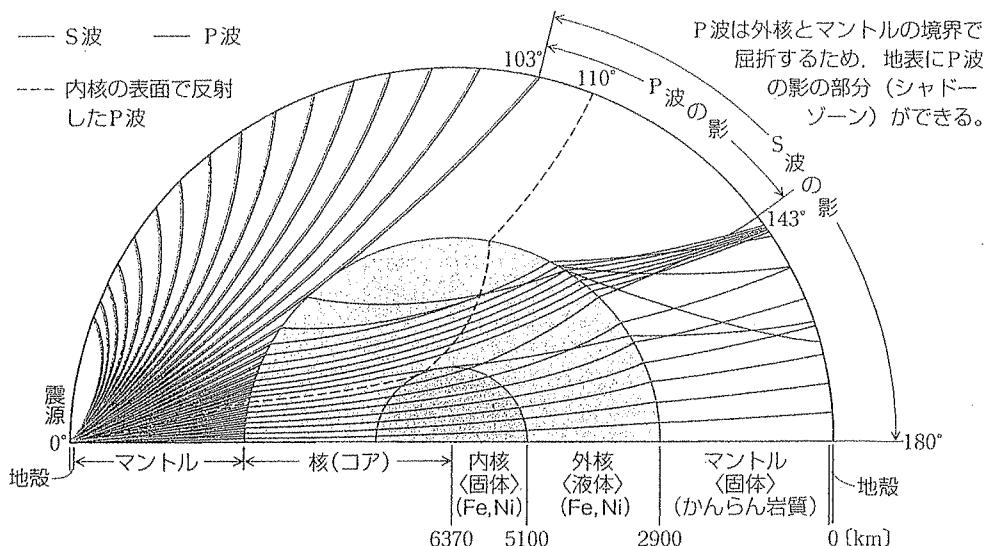


(国際地震センター ISC の資料による)

2図 世界のプレート境界と深い震源の地震($M=マグニチュード=4.0$ 以上、深さ100km以上、1991~2010年)の分布図。浅い震源の分布もその大部分がプレート境界付近に集まる。(国立天文台編:理科年表 平成29年より)

2. 地球の内部－地震波でわかる地球内部－

地震で発生した地震波の速さは、これを伝える物質の状態や種類によって変わる。地球内部を伝わる地震波の様子から、地球内部は3図のように外側から地殻(じかく)・マントル・核(コア)の層構造になっていることがわかる。核(コア)はさらに外核と内核に分けられる。



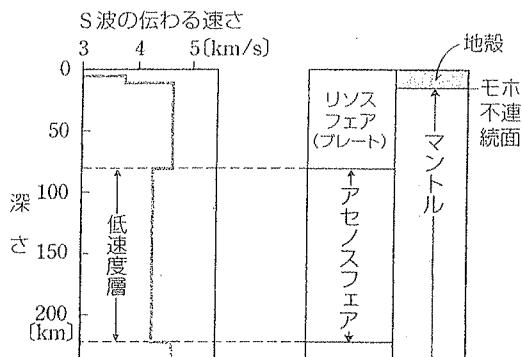
3図 地震波の伝わり方と地球内部の層構造：地震波のP波は固体・液体の双方を伝わるが、S波は液体中を伝わらない。図は震央距離を地球中心からの角度で示している。地表の震央距離103°以遠にはS波が伝わらないこと(S波の影)や、103°～143°にP波が伝わらない(P波の影)ができるることから、深さ約2900kmより内側が液体であることがわかる。

3. プレートとは

前項で紹介した地球の地殻とマントルの上層部の深さ 約300kmよりも浅い部分について、少し詳しく見てみよう。

上記の部分の地震波の伝わり方から、この部分は表層のかたい部分のリソスフェア(lithosphere)とその下にある地震波速度のやや遅いアセノスフェア(asthenosphere=低速度層=)に分けられる。両者の境界は、物質が異なる境界ではなく、温度差などによるマントル物質のかたさ(やわらかさ)が変化する境界と考えられている(第4図)。

プレート(plate)とはリソスフェアのことで、その厚さは海洋地域で数十～100km程度、大陸地域で100km～250km程度である。プレートの下のアセノスフェア(低速度層)の厚さは約150km程度で、この上にあるプレートは年間約数cmから十cm程度の速さで滑り動いている。

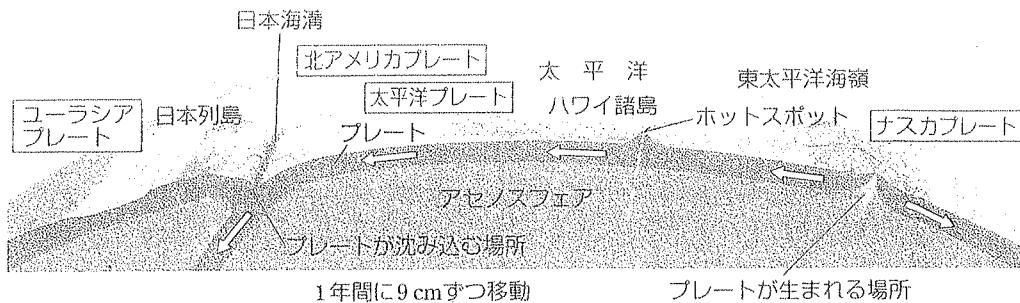


4図 地殻とマントル上層部の地震波速度とリソスフェア(プレート)とアセノスフェア(低速度層)。プレート部分をつくる岩石はかたく、アセノスフェアはやわらかいためS波が伝わる速度が小さいと考えられる。

4. プレートが生まれる場所と潜没する場所（プレート境界）

大西洋の中央部や東太平洋などの海洋底には、海底からの高さが約3km。その幅1000km。長さは10000kmを越える海底の大山脈があり(2図・5図参照)それらは 海嶺 とよばれている。

海嶺はプレートが生まれ拡大する境界にできる海底大地形の大山脈である。ここで生まれたプレートは数千万年～数億年という地質時代を通じて移動していく。移動していったプレートはやがて2つのプレートが出会い境界に近く。一方の海洋プレートが相手の陸側プレートの下に潜り込むとき、そこには 海溝 ができる。陸側には海溝に並行して火山列(火山弧)ができる。東北日本沖の日本海溝はこのような2つプレートが出会い太平洋プレートが潜没するプレート境界の典型的な例である(第5図)。



5図 プレートが生まれる場所(海嶺)と移動してきたプレートが陸側プレートの下に潜没する場所(海溝)の様子をそれらの断面を含めて示した図。
東太平洋海嶺で生まれた太平洋プレートは、年間数センチという速さで西へ移動し、やがて一部は日本海溝に達し、大陸プレートである北アメリカプレートやユーラシアプレートの下へ潜り込んでいく。(3・4・5図は磯崎行雄 他 著編「地学」高等学校検定教科書2013年版 啓林館より)

5. 日本列島の位置と地震—プレート境界型巨大地震と直下型地震—

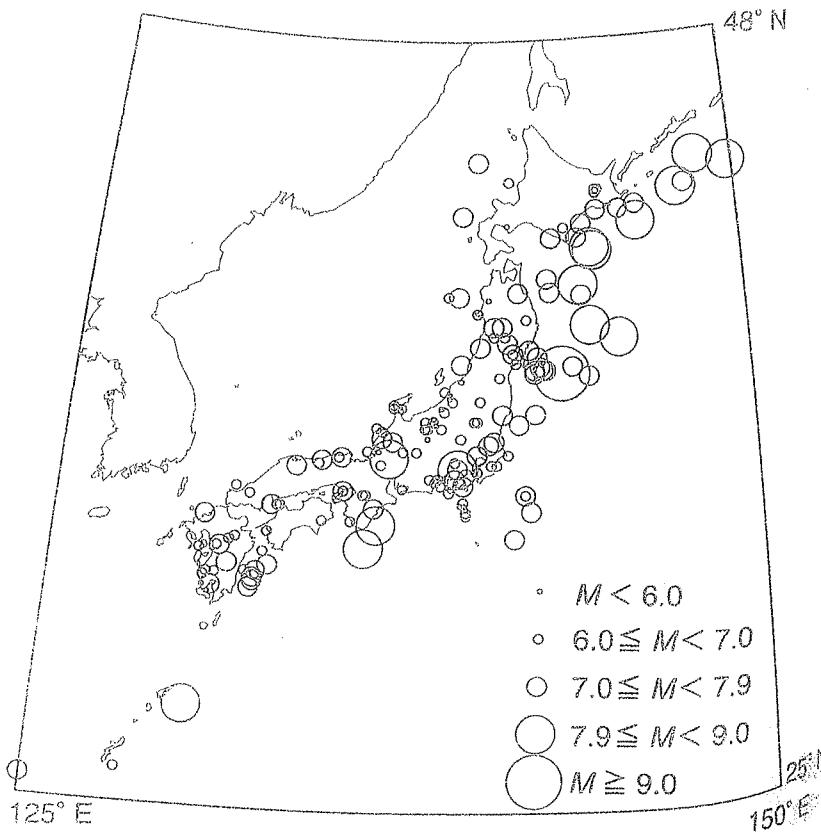
日本列島は1図にもあるように、大陸プレートの下へ海洋プレートが潜り込む海溝に並行したプレート境界に近い位置にあって、そこは多くの地震が起こる地帯であり、火山活動も活発である。

6図は1885年以降に日本列島とその付近で起こった被害地震($M=7.9$ が大きい地震ほど大きい円で表されている)の震央の分布図である。 M が7.9以上の巨大地震はプレート境界である海溝に沿って発生してきたことがわかる。2011年3月11日に三陸沖を震央として発生した「東北地方太平洋沖地震」($M=9.0$)は大津波を伴って21,000人以上の死者・行方不明者が出て典型的なプレート境界型巨大地震であった。

プレート境界型地震に対して、陸側のプレートが海洋プレートに押され水平方向に圧縮力を受け、プレート上層部が破壊される際に発生する地震はプレート内地震と呼ばれる。その中でも都市の直下で起こった地震は大きな被害を出すので 直下型地震 と呼ばれる。このような地震でできた破壊面が地表や地表付近に現れたものを 断層 という。言わば断層は過去に起こった地震の“傷跡”である。そのような断層は過去数十万年の間に地震活動によりくりかえし動いた形跡があり、これからも動く可能性があるので 活断層 と呼ばれる。

1995年1月17日の早朝に阪神・淡路大震災を起こした「兵庫県南部地震」は、活断層に沿って発生した大きな($M=7.3$)直下型地震の例である。この地震後にいろいろ明らかになったことがらについては第Ⅱ部で説明する。

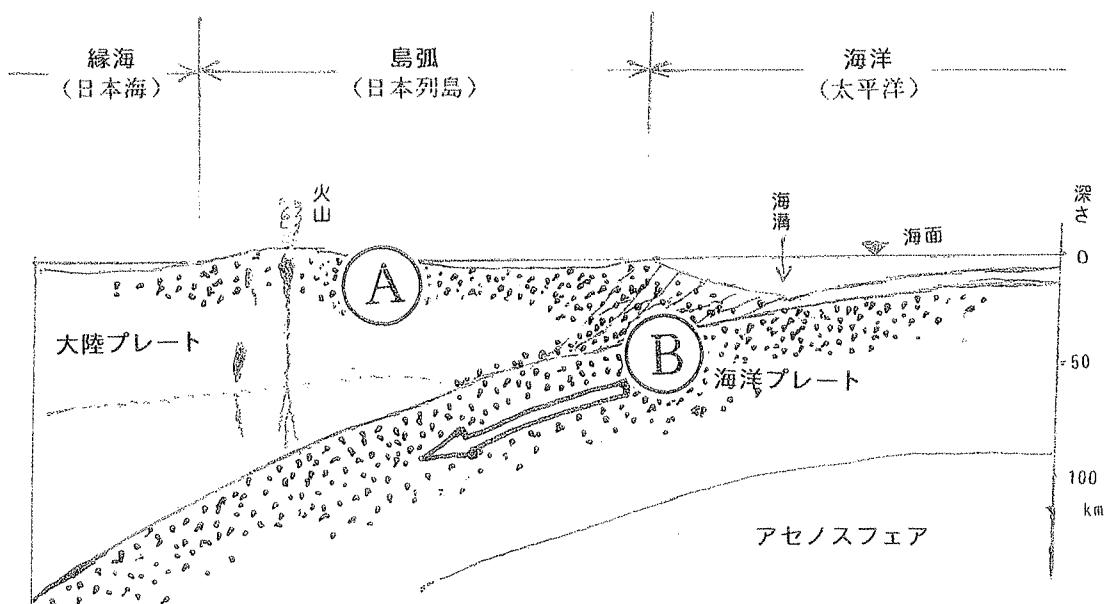
地第30図



6図 日本付近のおもな被害地震の震央分布(1885年以降)

$M < 6.0$ の小さな地震の数はもっと多いが、図では省略してある。

(国立天文台編：理科年表 平成29年より)



7図 日本列島付近の模式断面と震源分布域

震源分布域

地震波とは

地震動を起こす地震波とは弾性波と云って、これは気体や液体中を伝わる音(音波)と同じ現象である。気体・液体中では弾性波はP波(縦波)のみが伝わり、S波(横波)は伝わらない。だから私たちが耳にする“音”はP波である。地震波は地中(固体)を伝わるのでS波(主要動)をともなう。地震計が捕らえる最初の波がP波(Primary Wave)、続いてS波(Secondary Wave)がやって来る。つまり震源(岩盤が最初に壊れ始める点)を同時に出了した最初のP・S両波が、時間が経つにつれ伝わる速度の大きいP波がS波との差をつける。地震計のある観測所では、最初のP波が到着したあと最初のS波がやって来るまでの時刻差(初期微動継続時間)を観測して震源までの距離を求めるわけである。そして3箇所以上の観測所のデータによって震源(最初に破壊が起った場所)の位置が推定されることになる。

波(波動)は、それが伝わる媒体によって伝わる速さが異なる。弾性波(地震波)も伝わる媒体(地層や岩体)の種類や状態によってそれぞれ伝わる速さが異なる。深さ100kmまでの地球表層部ではP波は8.0km/秒以下、S波は4.5km/秒以下であるが、より浅い深さ数km以下ではP波で約5~6km/秒・S波が約4km/秒程度である。伝わる速さが異なる地層や岩体の境界があると、そこで波動である地震波の進行方向が折れ曲がる現象(屈折)が起こる。

地震の震度とマグニチュード(Magnitude)Mについて

地震の震度とは:

地震が起ったとき、ある地点での地震動の激しさを表す数値のことで、気象庁により地震動の大きい方から、震度は7・6強・6弱・5強・5弱・4・3・2・1・0の10段階に区分されている。

地震のマグニチュード(M)とは:

1回の地震の規模(エネルギーの大きさ)を表す指数のことで、マグニチュードMが2大きくなる毎にエネルギーは1000倍(1大きくなると $\sqrt{1000} \approx 30$ 倍)になる対数目盛りの上で等間隔な数値で示される。

ちなみに2018年6月18日に発生した大阪北部地震のMは6.1、1995年1月17日の阪神・淡路大震災を発生させた「兵庫県南部地震」のMは7.3であった。これより前者は後者の約1/80程度の規模の地震であったことが示される。

また2011年3月11日東日本大震災を発生させた「東北地方太平洋沖地震」のMは9.0であった。これは「兵庫県南部地震」とのMの値の差が1.7になるので、プレート境界型大地震「東北地方太平洋沖地震」は直下型地震「兵庫県南部地震」の約400倍の規模であったことがマグニチュードMで示される。

一般的に地震のマグニチュードMは $M = \log_{10} A + B(\Delta, h)$ の式で表される。

A: ある観測地点での振幅、Bは震央距離 Δ や震源の深さによって決まる補正値。

2018年10月

資料①基礎編

※ 本資料についての連絡先 : ☎/Fax : 06-6831-3115 E-mail : akimoto.hiroshi@cream.plala.or.jp
資料印刷 : 第1刷 2018年10月9日 第2刷 : 2018年11月12日