

大地震の発生メカニズム

山岡耕春 YAMAOKA Koshun

理博

名古屋大学大学院助教授 環境学研究所 地震火山観測研究センター

地震の発生

われわれが地表で感じる地震のゆれは地下深部で岩石が破壊したことによって生ずる。地下で岩石が破壊する際には、破壊はその場所の応力テンソルに規定された平面に沿ったすべりになることが知られている。この面を地震の断層面と言うが、この地震が断層運動によって起きるという性質は地震の大小にかかわらず共通であり、地震のメカニズムを考えるうえでの基本となっている。

地震の規模はマグニチュード(M)という数字で表わされるが、これは地震の時に破壊する断層面の大きさやすべり量に関係している。例えばマグニチュード6(M6)の地震の場合、破壊する断層面の大きさは約10kmの広がりをもち、すべり量は50cm程度となる。マグニチュードが1増えると、すべり量で約3倍、面積で約10倍、エネルギーで約30倍となる。つまりM7の地震では広がり30km、すべり量は1.5mとなる。M8となると、広がり100km、すべり量5mとなる。つまりマグニチュードが大きくなるに従い、断層面のそれぞれの場所から発生する震動が強くなると同時に、震動を発生する面積も広くなる。地震の際には、このような断層面全体から震動を発生する。この断層面は震源域とよばれることもあり、気象庁の発表する震源とは学問的な意味だけでなく防災上からも区別して理解する必要がある。

震源とは震源域の中で最初に破壊する場所である(図-1)。この破壊開始点は、地震計で観測される地震波形の始まりの部分を作り出すため、発生場所の特定が容易であり、震源として発表される。しかし、断層面上の破壊は震源から高速で広がっていき、最終的には震源域全体が破壊される。したがって震源からは遠い場所であっても、震源域に近ければゆれが大きくなるため、防災上は震源域が重要であることがわかる。1995年兵庫県南部地震では明石海峡の

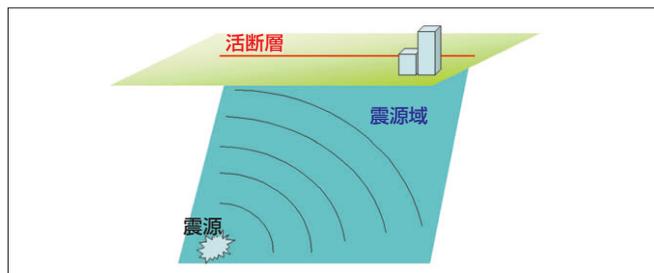


図-1 震源と震源域

地下が震源であったが、淡路島から神戸にかけて鉛直断面内で破壊が拡がり、震源に近い明石市よりも震源から遠い芦屋や西宮のほうが被害が大きかった。これは淡路島から神戸にかけての50kmにもわたる地域の地下が震源域となったためである。

日本列島の地震

地球の表面はプレートとよばれる厚さ100km程度の複数の岩盤に分けられることはよく知られている。一枚一枚のプレートは近似的に剛体としてふるまい、ゆっくりと移動している。プレートは海嶺で生産され、海溝から地球の中へ沈み込んでいく。日本列島はプレートの沈み込み境界に位置し、海底のプレートが日本列島の下に年間5~10cm程度の速度で沈み込んでいる。そこで起きる地震は、沈み込むプレートと陸側プレートとの接触面で起きる海溝型地震と、陸側プレートの内部で起きる内陸(直下)型地震とに分けることができる。海溝型地震の例としては、1923年の関東地震(M7.9)、1933年三陸地震(M8.1)、1944年の南海地震(M7.9)など多くの地震が知られている。一方、内陸型の地震の多くは内陸活断層に沿って起きる地震であり、1995年の兵庫県南部地震(M7.2)がその典型的な例である。なお1891年に発生した濃尾地震(M8.0)は内陸型の地震としては最大級の地震であり、福井県から愛知県にかけての根尾谷断層がずれることによって発生した。一般に内陸型の地震は海溝型の地震に比べてマグニチュードは小さいものの、直下で発生するためゆれが大きく、相対的に被害が大きいのが特徴である。

海溝型地震

海底のプレートが地球の中にもぐり込む場所で起きる地震を海溝型の地震とよんでいる。海溝型地震は沈み込む海底プレートと陸側プレートとの間の接触面が急激にすべる時に発生する(図-2)。プレート間は、ふだんは強く固着して下盤側のプレートが沈み込むのに伴って上盤側プレートも引きずり込まれていく。しかし、沈み込みが進行するにしたがって上盤側のひずみが蓄積し、ひずみによる反発力が接触面での摩擦力に打ち勝った時に急激なすべりが発生し、地震が起きる。このとき上盤側の変形は元に戻るが、プレートの沈み込みは一定速度で進行しているため、再びひずみが蓄積していく。プレートが沈み込む海溝ではこのようにして周期的に地震が発生することが多い。その典型的な場所は駿河湾から四国沖にかけての南海トラフで、100~150年周期で地震が発生している。この南海トラフ沿いでは、駿河湾から遠州灘にかけての地域(東海地震の震源域)、伊勢湾沖から熊野灘にかけての地域(東南海地震の震源域)、紀伊水道沖から四国沖にかけての地域(南海地震

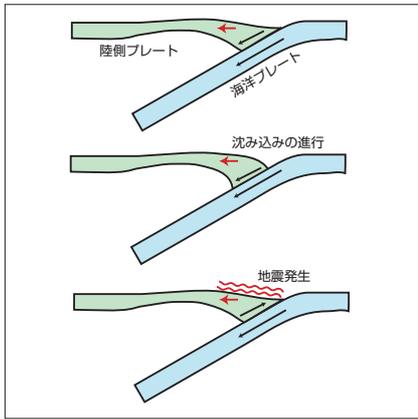


図-2 プレーートの沈み込みによる海溝型地震の発生メカニズム

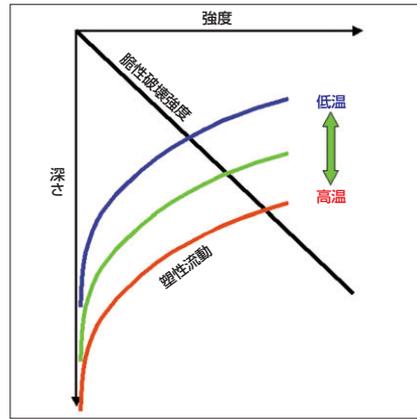


図-3 地殻強度の深さ分布の概念図

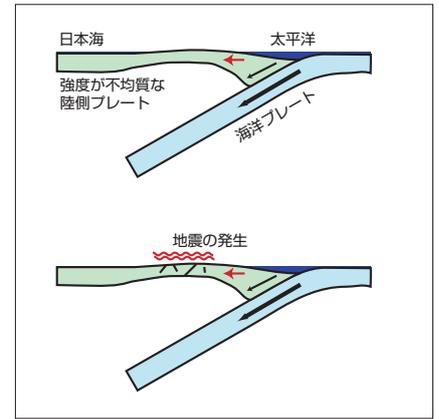


図-4 内陸地震の発生メカニズム

の震源域)の3か所に地震発生域があり、それぞれの場所を単位とした組合せで地震が発生している。北海道・東北や九州では地震発生の単位がやや小さいものの、組合さって地震が発生しているらしいことが最近わかってきた。

内陸型地震

もともと違う場所にあったプレート同士がふれ合う場所で発生する海溝型地震に対し、プレート内部では地殻の破壊によって地震が発生する。これが内陸型の地震である。日本列島などのようにプレートの縁に位置する地域ではプレートの沈み込みによる力が強く作用し、地殻の強度の小さい場所で破壊が起きる。地殻の強度に最も影響を与えるのは地下の温度分布である。一般に、地殻を構成する岩石の強度は浅い部分と深い部分で異なるメカニズムに支配されている(図-3)。浅い部分は脆性破壊による強度、深い部分は塑性流動による強度が支配する。浅い部分の強度を支配する脆性破壊強度は摩擦則によって決まり、圧力(深さ)に強く依存する。それに対し深い部分の強度を支配する塑性流動は温度に強く依存し、地下深部ほど高温であるため、深くなるにしたがって小さくなる。それぞれの場所の強度は、上記2種類の強度のうち小さいものが支配することになる。したがって地温勾配の大きな場所では、より浅い部分で塑性流動が起きるため、深さ方向に積分した地殻全体としての強度が小さくなる。

日本列島全体を眺めると、海溝付近では冷たいプレート

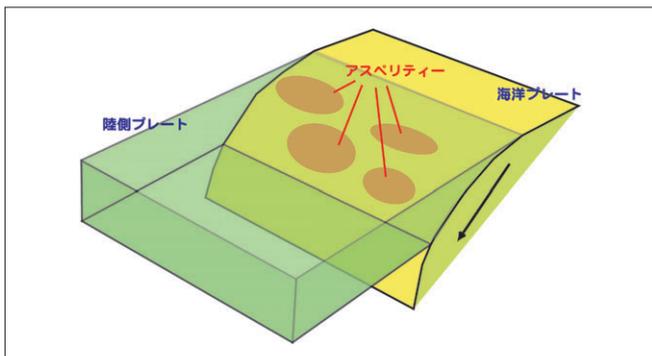


図-5 沈み込みにおけるアスペリティーの概念図

が沈み込むため地温勾配が小さく地殻全体としての強度が大きい。したがって内陸型地震は海溝から少し離れた内陸で起きやすくなる。いったん破壊した場所は地殻の傷となり周辺よりは強度が小さくなるため、繰り返し破壊され明瞭な断層として地表に残される。古傷である断層が地表に顔を出しているものが活断層であり、内陸での地震発生頻度の高い場所となっている(図-4)。

アスペリティー

地震発生の研究が進むにつれて、震源域でのすべりや震動発生が一様でないことがはっきりしてきた(図-5)。すべりや発生する震動の大きな場所をアスペリティーと言っているが、この言葉は地震学の中でも分野によって使い方が異なるので注意する必要がある。地震の発生メカニズムを研究する分野では、地震発生時に大きくすべる部分(くいちがい変位の大きな部分)をアスペリティーとよんでいる。大きくすべる部分は、地震発生前の準備段階では固着が強い、つまり摩擦強度が大きい場所であると考えられている。固着の弱い場所では定常的に、あるいは間欠的にゆっくりすべり、固着の強い場所に応力が集中していくと考えられている。最終的に固着の強い場所がすべることにより震源域全体が急激にすべり、地震が発生する。一方、強震動を研究する分野では、震源域のうち加速度の大きな震動を発生させる部分をアスペリティーとよんでいる。加速度の発生強度も、すべりの大きさと同様にかなりむらがあると考えられている。ところが、強震動を発生する場所と、地震時のすべりが大きな場所とは必ずしも一致しない。例えば1999年に台湾で起きた集集地震は震源域の北部でのすべり量が大きく、場所によっては10mに達した場所もあった。しかしながら強震動による大きな被害は南部に集中し、発生した加速度も南部の方が大きかったことがわかっていく。すべり量の大きかった北部ではなめらかにすべり、すべり量の小さかった南部ではぎくしゃくすべったためにこのような違いが現われたのであろう。しかし、このようなすべり方の違いの原因はよくわかっていない。

