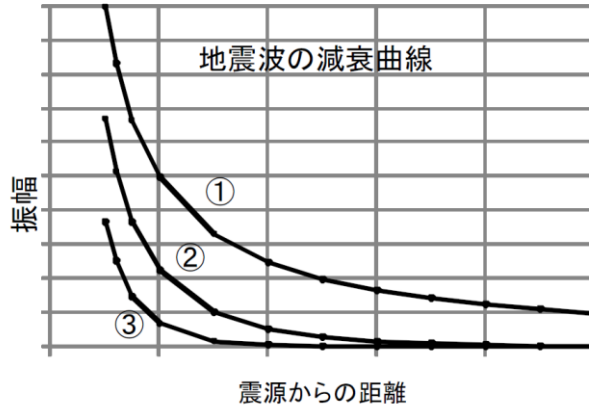


## 1. マグニチュード

地震による「揺れの大きさ」は昔から記述があったようだが、「地震（そのもの）の大きさ」を定義したのは、アメリカの地震学者 R. リヒターで、1935年のことである。彼の定義は「震源から 100km 離れた地点に設置された 2800 倍の地震計が記録した最大振幅をミクロンで表し、その常用対数をとったもの」となっている。振幅が 1mm なら 1000 ミクロンだから、その常用対数は 3（0 が 3 つ、3 桁）だから、マグニチュードは 3（M3）、振幅が 1 cm だったら 10000 ミクロンなので 4 ケタだから M4 という具合である。

倍率 2800 倍の地震計というのは、当時カリフォルニアで使われていたウッド・アンダソンという地震計だが、他の人がもし 1000 倍の地震計で観測していたら、2800 倍に換算する必要がある。2800/1000、つまり 2.8 倍すればウッド・アンダソン地震計の倍率になる。倍率の換算は簡単だが、問題は「震源から 100km 離れた地点」のほうである。常にその距離に地震計があるとは限らない。むしろちょうど 100km のところに地震計があるほうが少ないだろう。そうすればこれも換算する必要がある。が、これは簡単ではない。

図 1 地震波の減衰



地震の波が距離と共に小さくなっていく具合（「地震波の減衰」という）は図1のように曲線的である。しかも地域によって減衰の具合が異なる。リヒター達のいたカリフォルニアでは②の曲線だとすると、カナダやロシアのような安定大陸では減衰の仕方が小さく①のようであり、日本のように火山がたくさんあるような変動帯では減衰は大きく、③のようである。つまり震源距離 100km に換算する際、用いる曲線、すなわち換算式が地域によって異なるのである。そうすると算出するマグニチュードも地域によって少し（たぶん 0.5 ~ 1.0 くらい）異なってくる。地震の大きさはだれが求めても同じはずだが、実際にはこうした事情で地域（国）によって少し違っている。日本の気象庁は震源距離の異なった複数

の地震計で記録した最大振幅からマグニチュードを算出し、それらの平均値を採用している。気象庁が決めたマグニチュードを他のそれと区別するときは  $M_{JMA}$  (エム ジェイエム エイ) とマグニチュードの  $M$  の下付き文字に Japan Meteorological Agency の頭文字を付けている。

さらに最大振幅と言っても P 波とか S 波が最大振幅になる時もある。もっと後のほうの波が最大になることもある。これらはいずれ別の機会にお話しするとして、リヒターのマグニチュードは、定義はシンプルだったが、物理的な単位もないし、問題点も多いのが実情である。「ローカルマグニチュード」あるいは「リヒタースケール」と限定的に呼ばれることもある。そこで新たに登場するのがモーメントマグニチュードである。

## 2. モーメントマグニチュード

モーメントの話から始めたい。モーメント (moment) を英和辞書で見ると、瞬間とか瞬時に、といった和訳が出てくるが、ずっと後ろのほうに理工学用語として「回転能」とか「偶力 (ぐうりょく)」という訳語が出てくる。図 2 に白い矢印で示したように、自動車のハンドルを回す時には反対方向のふたつの力を掛ける。こういう力を物理学では「偶力」と呼んでいる。

図 2 偶力

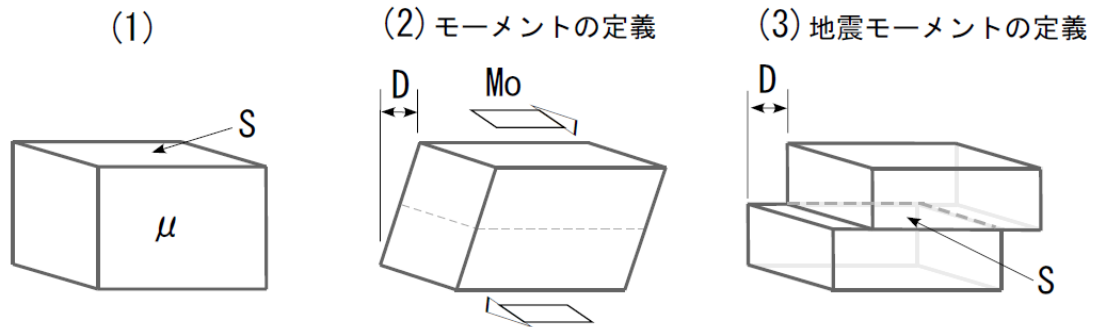


図 3 の (1) は四角の物体である。物体はゴムのような柔らかいものでもよいし、すごく固い (剛い) 岩石を想像してもらってもよい。剛さは「剛性」または「剛性率」といい、剛性 (率) を表すのに、ギリシャ文字の  $\mu$  (ミュー) が使われる。この物体に同図 (2) で示したような白矢印の力 (偶力)  $M_0$  を掛けたとき、 $D$  だけ歪んだとする。

ゴムは剛性 ( $\mu$ ) が小さいので小さな力 ( $M_0$ ) で歪ませることができるが、岩石だったら剛性 ( $\mu$ ) が大きいので、同じ  $D$  だけ歪ませるのに大きな力が必要である。また同じ物体でも  $D$  を 2 倍歪ませるには 2 倍の偶力が必要だし、 $D$  は同じでも面積  $S$  が 2 倍になれば、これも掛ける力は 2 倍必要になる。つまり掛ける力 (偶力  $M_0$ ) は剛性率 ( $\mu$ ) と歪みの程度 ( $D$ ) と面積 ( $S$ ) の 3 つの積になる。式で書くと  $M_0 = \mu SD$  (ミュー・エス・デー) である。ここまでは物理学の教科書にある剛性率 ( $\mu$ ) の定義である。教科書では  $M_0$  ではなく、力 (Force) の頭文字  $F$  と書いてあることが多い。

偶力によって歪んだ結果、同図 (3) のように物体がふたつに引き裂かれてしまったと

図3 剛性率とモーメント



する。この状態，すなわち裂けた面を地震断層と見立てれば  $D$  は断層のずれであり， $S$  は断層の面積に対応する。そうするとここで改めて定義される  $M_0 (= \mu SD)$  は単なるモーメントではなく「地震モーメント」である。当然のことながら地震モーメントの剛性率は地震の起こる地殻の剛性率である。いろいろな実験から地殻の剛性率は  $3 \sim 4 \times 10^{10} \text{N/m}^2$  (ニュートン/平方メートル) または  $30 \sim 40 \text{GPa}$  (ギガパスカル) とされている。

例えば，断層の長さ  $40 \text{km}$ ，幅  $20 \text{km}$  (面積  $S = 800 \text{km}^2$ ) が  $2 \text{m}$  ずれたとする。剛性率  $3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$  を採用すると，地震モーメント  $M_0$  は  $5.6 \times 10^{19} \text{N} \cdot \text{m}$  (ニュートンメートル) となる。リヒターのマグニチュードでは最大振幅を使ったが，その代わりに  $M_0$  を採れば新しいマグニチュードを定義することができる。ただこのマグニチュードを別途に定義してしまうと別種類の尺度ができてしまう。

金森 (1977) は地震モーメントを，エネルギーを仲介して従来の (リヒターの) マグニチュードと結びつけた。こうして従来のマグニチュード  $M$  とも繋がりのあるモーメントマグニチュード ( $M_w$ ) が生まれた。 $M_w$  では図1のような距離の換算をする必要は無い。断層の長さや幅，ずれを求める時に計算済だからである。しかし一方ではそれらを求めるのに多少手間がかかる。毎日夥しく起こっている小さな地震まで断層の長さや幅，ずれを求めるのは現実的でなく，気象庁でも日常的には従来の方法，すなわち最大振幅からマグニチュードを決めている。