

1.3.3 マグニチュード

マグニチュード(M)は、単一の地震によって放出されたエネルギー量を対数的に表わしたもので、通常、地震計で測定された地震動の振幅を用いて算出する。最初は1935年リヒターによって定義され、1945年にはグーテンベルグが表面波の振幅から定める提案をした。一般には、P波の最大振幅を用いるグーテンベルグーリヒターの定義がよく使用される。

日本では、独自の研究の流れもあり、気象庁のマグニチュードが使われている。現在のものは2003年9月25日に改訂されたもので、これは以下の式を用いて、可能な限り多数の観測点につき M を求めて平均をとる。

(1) 変位振幅による場合

$$M_D = 0.5 \times \log(A_N^2 + A_E^2) + B_D(\Delta, H) + C_D \quad \text{注}^1$$

(2) 速度振幅による場合

$$M_V = 1/0.85 \times \log A_Z + B_V(\Delta, H) + C_V$$

ここで、各パラメータは以下のものである。

A_N : 南北方向の水平振動の変位振幅(10^{-6}m)

A_E : 東西方向の水平振動の変位振幅(10^{-6}m)

A_z : 上下動の最大地動速度の振幅(10^{-5}m/s)

なお、 β_D 、 β_V は震央距離 $\Delta(10^3\text{m})$ と深さ $H(10^3\text{m})$ の関数(距離減衰項)であり、 C_D 、 C_V は補正係数である。

注1 変位振幅によるマグニチュードの式の第1項は、以前は水平二方向の波形を合成したものの最大振幅を用いて表されていた。

データの一貫性を保つように、この方式により1994年以降のデータをすべて見直すことになったが、主要な地震について記すと表1.1のようになる。

表1.1 近年発生した主な地震のマグニチュード

発生年	地震名	マグニチュード	発生年	地震名	マグニチュード
1994年	北海道東方沖	8.2	2000年	鳥取県西部	7.3
	三陸はるか沖	7.6	2001年	芸予	6.7
1995年	岩手県沖	7.2	2003年	十勝沖	8.0
	兵庫県南部	7.3	2004年	新潟県中越	6.8
1996年	福島県東方沖	6.8	2005年	福岡県西方沖	7.0
	日向灘(10月19日)	6.9		宮城県南部	7.2
	日向灘(12月3日)	6.7	2007年	能登半島	6.9
1997年	山口県北部	6.6		新潟県中越沖	6.8
1999年	種子島付近	6.6	2008年	岩手・宮城内陸	7.2
2000年	根室半島南東沖	7.0		岩手県沿岸北部	6.8

1.3.4 気象庁震度階級

気象庁の震度階級は、1948年の福井地震以降、0(無感)から7(激震)に至る8段階の震度階級が使われていた。これらの階級は体感や家屋の倒壊の度合など周囲の状況から、気象庁が定めていた。

1996年2月に改定された現在の震度階級は、気象庁が定めた規格による震度計で測定された「計測震度」^{注2}を基に定められたものであり、表1.2のように0から4まで5弱、5強、6弱、6強および7の10段階で表されることになった。気象庁は、新しい震度階級について示していた関連解説表を、2008年の岩手・宮城内陸地震などその後の地震被害をもとに、2009年3月、表1.3のようなより実態に近いものに改正した。

注2 小数点以下1桁の数字で表される。

(注) 計測震度は、震度計内部で以下のようなデジタル処理によって計算される。

1. デジタル加速度記録3成分（水平動2成分、上下動1成分）のそれぞれに、フーリエ変換・フィルター処理・逆フーリエ変換の手順で、図1.1示す特性のフィルターを掛ける。
2. 得られたフィルター処理済みの記録3成分から、ベクトル波形を合成する。
3. ベクトル波形の絶対値がある値 a 以上となる時間の合計を計算したとき、これがちょうど0.3秒となるような a を求める。
4. この a から $I = 2 \log a + 0.94$ により計測震度 I を計算する。

表1.2 震度階級と計測震度

震度階級	計測震度
0	0.5未満
1	0.5以上1.5未満
2	1.5以上2.5未満
3	2.5以上3.5未満
4	3.5以上4.5未満
5弱	4.5以上5.0未満
5強	5.0以上5.5未満
6弱	5.5以上6.0未満
6強	6.0以上6.5未満
7	6.5以上

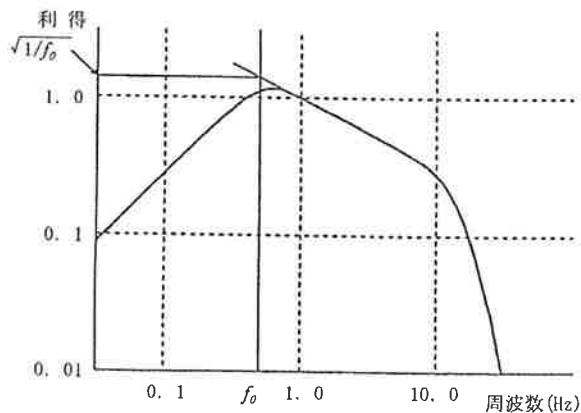


図1.1 計測震度算出に使用するフィルターの総合特性

表1.3 気象庁震度階級関連解説表(平成21年3月31日改正)

人の体感・行動、屋内の状況、屋外の状況

震度階級	人の体感・行動	屋内の状況	屋外の状況
0	人は揺れを感じないが、地震計には記録される。	—	—
1	屋内で静かにしている人の中には、揺れをわずかに感じる人がいる。	—	—
2	屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる。眠っている人の中には、目を覚ます人もいる。	電灯などのつり下げ物が、わずかに揺れる。	—
3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。歩いている人の中には、揺れを感じる人もいる。眠っている人の大半が、目を覚ます。	棚にある食器類が音を立てることがある。	電線が少し揺れる。
4	ほとんどの人が驚く。歩いている人のほとんどが、揺れを感じる。眠っている人のほとんどが、目を覚ます。	電灯などのつり下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類は音を立てる。座りの悪い置物が、倒れることがある。	電線が大きく揺れる。自動車を運転していて、揺れに気付く人がいる。
5弱	大半の人が、恐怖を覚え、物につかまりたいと感じる。	電灯などのつり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の大半が倒れる。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。	まれに窓ガラスが割れて落ちることがある。電柱が揺れるのがわかる。道路に被害が生じることがある。
5強	大半の人が、物につかまらないうまく歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	棚にある食器類や書棚の本で、落ちるものが増える。テレビが台から落ちることがある。固定していない家具が倒れることがある。	窓ガラスが割れて落ちることがある。補強されていないブロック塀が崩れることがある。据付けが不十分な自動販売機が倒れることがある。自動車の運転が困難となり、停止する車もある。
6弱	立っていることが困難になる。	固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。ドアが開かなくなることがある。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下することがある。
6強	立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされ、動くこともできず、飛ばされることもある。	固定していない家具のほとんどが移動し、倒れるものが増える。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物が増える。補強されていないブロック塀のほとんどが崩れる。
7		固定していない家具のほとんどが移動したり倒れたりし、飛ぶこともある。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物がさらに増える。補強されているブロック塀も破損するものがある。

木造建物(住宅)の状況

震度階級	木造建物(住宅)	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5弱	—	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。
5強	—	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。
6弱	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などのひび割れ・亀裂が増える。 壁などに大きなひび割れ・亀裂が入ることがある。 瓦が落下したり、建物が傾いたりすることがある。倒れるものもある。
6強	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などに大きなひび割れ・亀裂が入るものが増える。 傾くものや、倒れるものが増える。
7	壁などのひび割れ・亀裂が増える。 まれに傾くことがある。	傾くものや、倒れるものがさらに増える

鉄筋コンクリート造建物の状況

震度階級	鉄筋コンクリート造建物	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5強	—	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。
6弱	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。
6強	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めやX状のひび割れ・亀裂がみられることがある。 1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものがある。
7	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂がさらに多くなる。 1階あるいは中間階が変形し、まれに傾くものがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めやX状のひび割れ・亀裂が多くなる。 1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものが多くなる。

地盤・斜面等の状況

震度階級	地盤の状況	斜面等の状況
5弱	亀裂や液状化が生じることがある。	落石やがけ崩れが発生することがある。
5強		
6弱	地割れが生じることがある。	がけ崩れや地すべりが発生することがある。
6強	大きな地割れが生じることがある。	がけ崩れが多発し、大規模な地すべりや山体の崩壊が発生することがある。
7		

ライフライン・インフラ等への影響

ガス供給の停止	安全装置のあるガスメーター(マイコンメーター)では震度5弱程度以上の揺れで遮断装置が作動し、ガスの供給を停止する。 さらに揺れが強い場合には、安全のため地域ブロック単位でガス供給が止まる可能性がある。
断水、停電の発生	震度5弱程度以上の揺れがあった地域では、断水、停電が発生することがある。
鉄道の停止、高速道路の規制等	震度4程度以上の揺れがあった場合には、鉄道、高速道路などで、安全確認のため、運転見合わせ、速度規制、通行規制が、各事業者の判断によって行われる。(安全確認のための基準は、事業者や地域によって異なる。)
電話等通信の障害	地震災害の発生時、揺れの強い地域やその周辺の地域において、電話・インターネット等による安否確認、見舞い、問合せが増加し、電話等がつながりにくい状況(ふくそう)が起こることがある。そのための対策として、震度6弱程度以上の揺れがあった地震などの災害の発生時に、通信事業者により災害用伝言ダイヤルや災害用伝言板などの提供が行われる。
エレベーターの停止	地震管制装置付きのエレベーターは、震度5弱程度以上の揺れがあった場合、安全のため自動停止する。運転再開には、安全確認などのため、時間がかかることがある。

大規模構造物への影響

長周期地震動※による超高層ビルの揺れ	超高層ビルは固有周期が長いと、固有周期が短い一般の鉄筋コンクリート造建物に比べて地震時に作用する力が相対的に小さくなる性質を持っている。しかし、長周期地震動に対しては、ゆっくりとした揺れが長く続き、揺れが大きい場合には、固定の弱いOA機器などが大きく移動し、人も固定しているものにつかまらなると、同じ場所にいられない状況となる可能性がある。
石油タンクのスロッシング	長周期地震動により石油タンクのスロッシング(タンク内溶液の液面が大きく揺れる現象)が発生し、石油がタンクから溢れ出たり、火災などが発生したりすることがある。
大規模空間を有する施設の天井等の破損、脱落	体育館、屋内プールなど大規模空間を有する施設では、建物の柱、壁など構造自体に大きな被害を生じない程度の地震動でも、天井等が大きく揺れたりして、破損、脱落することがある。

