

地学の豆知識第 2 回 ～震度とマグニチュードについて～

行竹洋平（神奈川県温泉地学研究所）

はじめに

前回 60 号から、地学一般の基礎知識について、連載で解説する「地学の豆知識」が始まりました。第 2 回は、「震度とマグニチュード」をテーマとして取り上げます。

「震度」や「マグニチュード」という用語は、頻繁にテレビなどで耳にすることが多いと思います。現在では、有感地震が発生すると自動的にテレビのテロップに、各地の「震度」に関する報道がなされます。また、大きな地震が発生すれば、「マグニチュード」がいくつかの地震と

いった報道がなされます。さらに、本号の緊急地震速報に関する話題で取り上げていますが、最近技術が進歩し、大きな地震が発生すると瞬時に大きな揺れに見舞われると予想される場所に、例えば「もうすぐ震度 7 の揺れがきます」といった情報を提供できるようになりました。このように、「震度」と「マグニチュード」は、地震防災を正しく理解する上で重要な用語であると言えます。

しかしながら、この 2 つの用語について、多くの人に正しく理解がなされていないという現状があるよう

です。温泉地学研究所を見学にこられた方々から、「震度」と「マグニチュード」のちがいは何ですか？といった質問が時々されます。ここでは、この 2 つの用語について、本質的にどのような違いがあるのか、またそれぞれの値はどのように決められているのかなどについてご説明いたします。

震度とマグニチュードの関係

震度とマグニチュードとの関係を説明するのによく用いられるのが、電球を用いた例です。図 1 を参照し

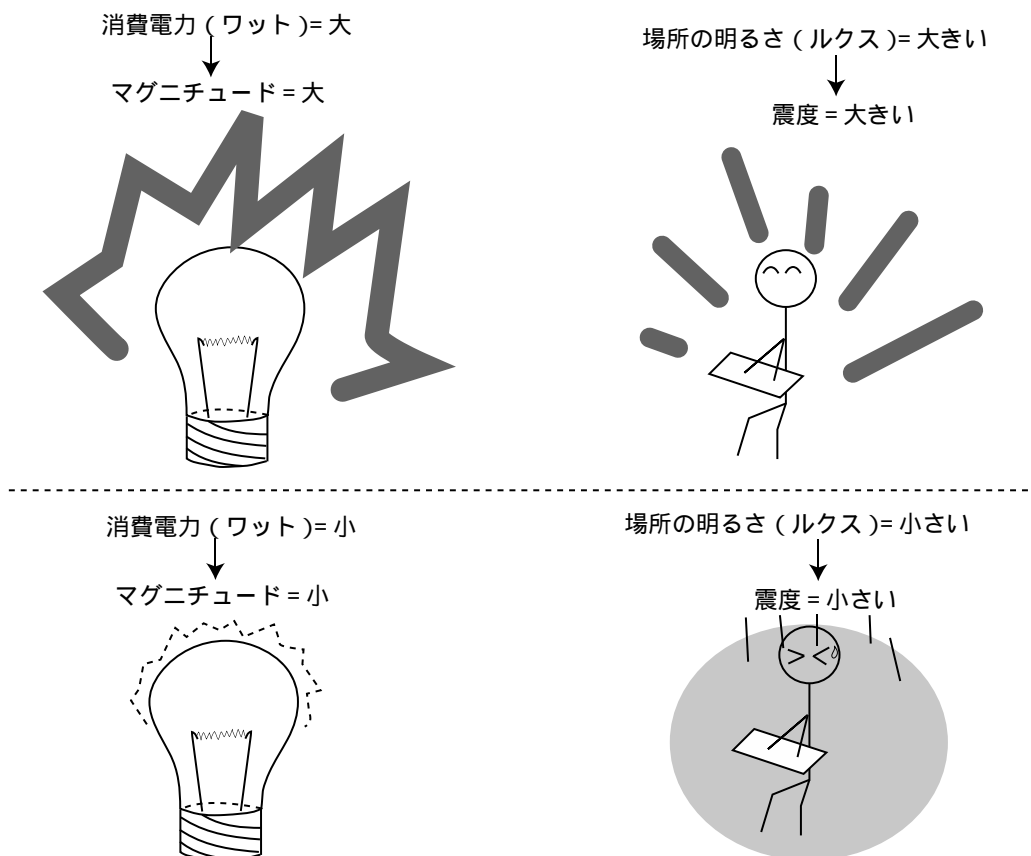


図 1 電球をもちいた例 1。電球と人がいる場所との距離が同じ場合です。

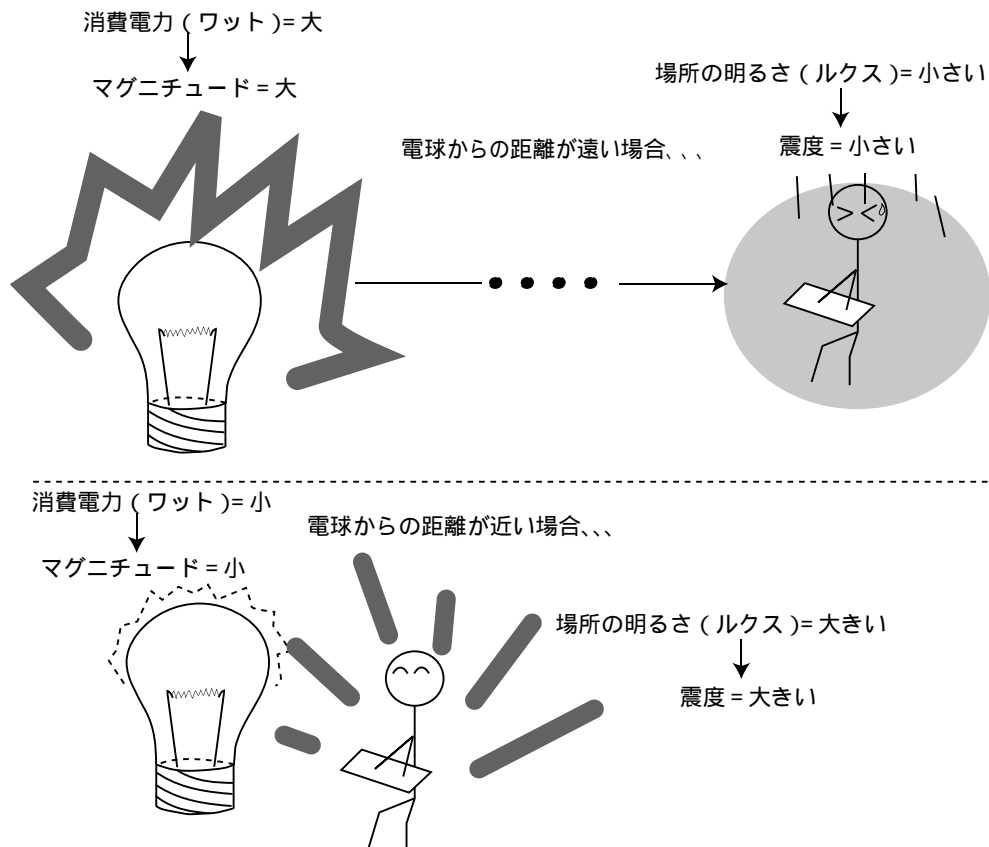


図2 電球をもちいた例2。上段は電球と人がいる場所が遠く離れており、下段はすぐ近くにいる場合です。

ながら、説明を進めていきます。電球には、電力の消費量ワット (W) という値があります。電球の種類が同じ場合、基本的にはワット数が大きい電球ほど明るく光り、ワット数が小さくなると暗くなります。図1の場合、上段はワット数が大きく明るい電球、下段はワット数が小さく暗い電球になります。一方で電球の持っている明るくする力(ワット数)とは別に、ある「地点」での明るさを表す指標があります。電球の例では、それはルクスという値になります。図1を見ますと電球とある場所(この場合、人が本を読んでいる場所)との距離が同じ場合、上段のワット数が大きい電球の方がその場所は明るくなり(ルクスが大きくなる)、下段のワット数が小さい電球ではその場所は上段と比較して暗くなります(ルクスが小さくなる)。

さて、ここで話を震度とマグニチュードとの関係に戻しましょう。上述の電球の例で、電球そのものの

明るさ(ワット数)に対応するのが地震のマグニチュード、その場所の明るさ(ルクス)に対応するのが震度となります。つまり地震のマグニチュードは地震そのものの大きさ(地震が発生した場所で放出されるエネルギー)、震度はその場所の揺れの大きさということになります。電球の例と同様に、地震の発生した場所(震源)とある地点との距離が等しい場合、基本的には地震のマグニチュードが大きければその地点の震度が大きくなり、地震のマグニチュードが小さければその地点の震度は小さくなります(後で詳しく説明しますが、距離が同じ場合でも、地震波が伝播してくる地下の構造によって、震度は大きく影響されます)。

さらに、震度とマグニチュードとの関係を深く理解するために、別の例を見てみましょう。図2では、図1と同様に電球の例が示されています。ただし、図2の場合、電球と本

を読んでいる場所との距離が異なります。上段では電球のワット数は大きいけれども、本を読んでいる場所はずっと離れている場所にあります。一方、下段では電球のワット数は小さいけれども、電球のすぐ近くで本を読んでいます。上段の場合、電球のワット数は大きいですが、電球から離れた場所では光が弱くなるため、本を読んでいる場所のルクスは小さくなります。下段の場合、電球のワット数は小さいが、電球のすぐ近くで本を読んでいるため、その場所の明るさルクスは大きくなります。地震の場合でも、これと同様なことが当てはまります。つまり、地震のマグニチュードが大きくても、震源からずっと離れた場所では、地震の波のエネルギーが減衰して、その場所の震度は小さくなります。一方で、地震のマグニチュードが小さくても、震源のすぐ近くでは地震の波のエネルギーがほとんど減衰しないため、その場所の震度は大きくな

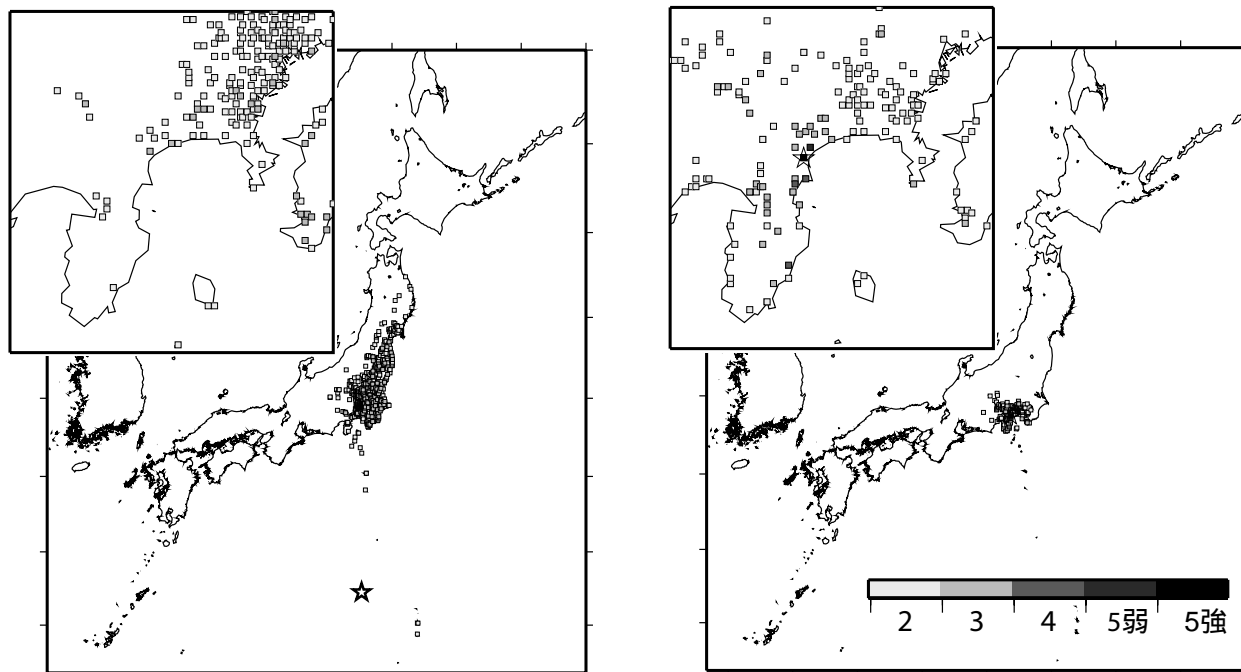


図3 震源の位置（印）と震度分布。（左）2010年11月30日小笠原諸島西方沖深さ494kmで発生したマグニチュード7.1の地震の震度分布、（右）2007年10月1日箱根湯本の下深さ15kmで発生したマグニチュード4.9の地震の震度分布。「震度2」以上が計測された場所の震度が示され、色の濃い場所ほど震度が大きいことを表しています。

ります。

図3では実際に発生した地震の震度分布を示します。左側の図は2010年11月30日小笠原西方沖の深さ494kmで発生したマグニチュード7.1の地震の震度分布、右側の図は2007年10月1日箱根湯本の下深さ15kmで発生したマグニチュード4.9の地震の震度分布を表します。地震のエネルギーの違いで見ると、小笠原西方沖のマグニチュード7.1の地震のエネルギーは、箱根湯本下深さ15kmで発生したマグニチュード4.9の地震と比較し約1000倍大きくなります。一方、震源と日本列島との距離は、小笠原西方沖の地震では約1000km離れているのに対して、箱根湯本下の地震は直上に位置する箱根湯本とは約15kmしか離れていません。図2の例との関係でいえば、小笠原西方沖の地震の場合は上段、箱根湯本の地震の場合は下段に対応します。図3左側の小笠原西方沖の地震の震度分布を見ると、地震のマグ

ニチュードは大きいものの、日本列島での震度は最大で「震度3」になります。一方、右側の箱根湯本下の地震の震度分布を見ると、マグニチュードは2以上小さいのに、直上の箱根湯本では「震度5強」が観測されています。これは、小笠原西方沖の地震は「マグニチュード」は大きいですが、日本列島との距離が離れているため地震の波のエネルギーが減衰し、「震度」は日本列島では小さくなってしまったためです。

ところで、小笠原西方沖の震度分布を見ると面白い特徴がみられます。有感になった場所が、関東から東北地方の太平洋側に限られているのです。日本列島の東側には、太平洋プレートが沈み込んでいます。小笠原西方沖の地震は、沈み込む太平洋プレートに沿って発生しました。プレートは地震波を効率よく伝える性質があります。そのため、太平洋プレートの沈み込み口に当たる関東や東北地方の太平洋側に、有感になった場所が限られるのです。この

ように、震度は地震波が伝播してくる地下の構造にも大きく影響を受けます。

震度について

震度を表現するには「震度階級」というものが用いられています。その場所の揺れの大きさを表現するものです。実は、震度階級は世界共通の尺度があるわけではありません。現在日本では、「気象庁震度階級」と呼ばれる、震度0から震度7まで存在するものが使われています。震度5と6は、「震度5弱」、「震度5強」、「震度6弱」、「震度6強」に分けられているため、全部で10の階級に区分されています。アメリカでは、「改正メルカリ震度階級」と呼ばれる12階級の震度階級が用いられています。地域に適した震度階級が用いられているようです。その場所の揺れが大きくなるにつれ、震度も大きくなります。気象庁震度階級とその場所の揺れの感じ方や建物被害などとの関係の詳しい情報は、

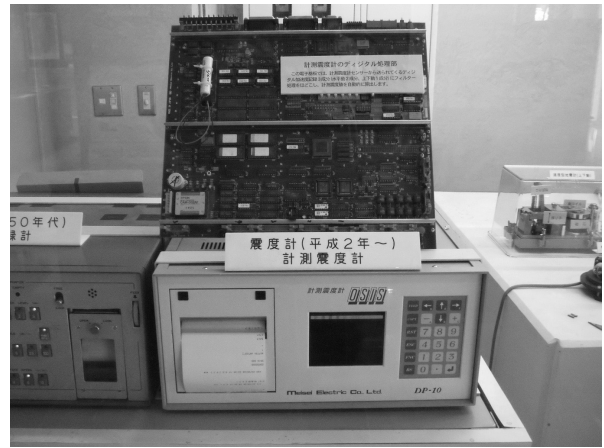


写真1 研究所に展示されている震度計。左側は地面の揺れを測定する「測定部」、右側は震度を自動計算する「計測部」

気象庁 HP (<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html>) をご参照ください。

では、その場所の震度はどのように測定するのでしょうか？現在、日本各地には震度計と呼ばれる観測機器が設置されています。これらの震度計は、平成3(1991)年から気象庁、各自治体および防災科学技術研究所によって日本各地に設置が始まり、平成22(2010)年1月の時点で約4200地点に設置されています。この震度計によって地震が発生した時、その場所の揺れの大きさを測定して、それから震度を自動的に換算して、結果をリアルタイムで気象庁に送信しています。気象庁に集められたデータは、同庁が発表する地震情報に利用されています。図3で示された震度分布は、日本全国に展開された計測震度計によって得られたものです。温泉地学研究所内の展示スペースにも、震度計が展示されています(写真1)。ただし、展示されているものは、20年前くらいに稼働していた旧式のものでした。

気象庁では平成8(1996)年4月以降、震度計による自動的な震度の計測および速報を行うようになりました。それ以前はどのように震度を計測していたのでしょうか？実は、日本各地の気象台や測候所にいる気象庁職員の方々が、体感や身の

回りの状況を観察して測っていたのです。

マグニチュードについて

電球の例で示したように、マグニチュードは地震そのものの大きさを表す指標になります。ところが、前回60号の地学の豆知識第1回「断層とは？」の図3で説明したように、地震は断層の長さが数mのものから、数百kmにもおよぶ巨大なものまで存在する現象です。微小なものと巨大なものとは、大きさが非常にかけ離れています。例えば、1923年大正関東地震のエネルギーは、箱根カルデラ内で発生する微小な地震のエネルギーの実に約350億倍になります。

これだけ大きさの異なるものを一つの指標で表すために、私たちはよく「対数スケール」というものさしを使います。「対数」といわれると、高校の数学で勉強したという方も多いかもしれませんが、簡単にいえば、例えば1000という値を $1000=10$ の3乗なので「3」という値で表現するスケールだと思ってください。対数スケールを使うおかげで、地震の大きさを一桁の値で表現できるのです。地震以外の自然現象に対しても、この対数スケールはよく使われます。例えば、天文学において星の明るさを表すのに「等級」という

値が用いられますが、これも対数スケールです。対数スケールで表現しているため、地震のマグニチュードには「ゼロ」や「マイナス」の値を持つものもあります。実際に、箱根火山で発生する地震のいくつかは、マグニチュードが、マイナスいくつといった地震も観測されます。また、原理的にはマグニチュードには上限はありません。しかし地震の断層の大きさは内陸域では活断層の長さ、プレート境界周辺ではプレートの沈み込み帯の長さなどによって制限を受けます。そのため、実際には地震のマグニチュードには上限がありません。20世紀以降に記録された世界最大の地震は1960年のチリ地震であり、その地震のマグニチュードは9.5(注)でした。

マグニチュードを決定するには、地震計で記録された地震の波形を用います。例えば、温泉地学研究所では地震が発生すると、地震計で記録された波形のなかの最大振幅値を計測し、そこから経験式を用いてマグニチュードを計算しています。

注：地震のマグニチュードには推定手法の違いなどにより様々な種類があります。ここで示された値は、モーメントマグニチュードとよばれるものです。