

地震記録の調べ方 (その1)

—記録を読みとるための基本的事項—

室 井 勲*

1. はじめに

地震という現象を調べるためには、地震発生後、直ちにその現場に行って、被害状況を調査するというのも一つの方法ではあるが、被害を生じない小さな地震も含めて、その発生の原因やメカニズムなどを詳しく調べるには、何といても、地震計の書き残した記録が最も重要な資料となる。

地震記録の調べ方については、すでにいろいろな書物に記載されているが、ここでは多少書き方を変え、できるだけ実際の記録を使って、演習をやるような形式で表現するようにしたい。今回はその前段ということで、地震に関する基本的事項について述べる。地震波として特徴的にみられるP波とS波を中心に、これらの性質と記録の見方などについてふれることにする。本稿ではこれまでの研修で行ってきた内容の一部を紹介したい。

2. 地震とは

ほとんどの地震は、地下の岩盤のある部分に圧縮応力が集中して歪が蓄積し、その岩盤の強度の限界を越えたときの急激な破壊によって発生する。このときの破壊はその歪を受けた部分を含む面に沿ってのずれ、いわゆる、断層である。この断層によって地震波が発生する現象を地震とっている。断層といっても、すでに出来ている断層がさらにずれる場合と新たに出来る場合とがある。この断層が最初に始まった点が震源であり、発生した地震波によって、地表あるいは地中を伝播する振動を地震動とっている。この地震と地震動とはあまり区別されずに使われていることが多い。このときの地震動を検出して拡大し、記録するのが地震計であるが、ここでは省略する。

当センターで行う実際の研修では、最初からこの

ような定義を述べるのではなく、これより前に実施する野外実習で観察した露頭でのいろいろな現象を思い出しもらい、とくに、節理や断層を強調しながら述べるようにしている。

3. 地震波の性質と呼び方

地震のときのゆれ(地震動)は、まず、小さなゆれが来て、次に大きなゆれがやって来るというのが普通である。この最初の小さなゆれを初期微動といい、体にはガタガタとかゴトゴトという建物のゆれの音で感じる事が多い。また、その次にやって来る大きなゆれを主要動といい、初期微動よりも、ゆっくり(周期が長い)していて、しかも、大きなゆれ(振幅が大きい)である(図1)。

このように2種類の違ったゆれが伝わって来るが、これらを地震波として扱うとき、初期微動と主要動に対して、いずれも3つずつの呼び方がある。これについて説明しておきたい。

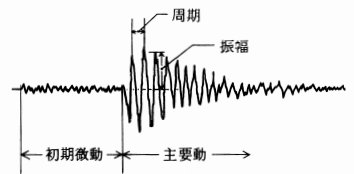


図1 地震のゆれ方と波の用語

(1) P波とS波

上述の初期微動と主要動という2つのゆれは、震源では同時に発生するが、前者の方が後者よりも速く伝わるために、どの観測点でも、前者の方が早く到着して記録されることになる。このことから、初期微動をPrimary wave(第1番目の波)、また、主要動をSecondary wave(第2番目の波)と呼ばれ、これらの横文字の頭文字をとり、P波およびS波と縮めていわれるようになった。波の到着順番からつけられた呼び方である。

* 大阪府科学教育センター

この地震波の記録で「S波のゆれが始まるのは、P波のゆれが丁度終わったときからなのですか」という質問をされることがある。確かに、P波とS波とは、その振幅も周期も異なっているので、そう考えるのは当然かもしれない。しかし、実際にはそうではない。まず、P波がやって来て、このゆれが続いている間に、S波が到着して、先のP波のゆれにかさなったものが記録されるのである。

いま仮りに、地震の記録でP波とS波とが、分離できたとすると図2のようになる。この図は、正確

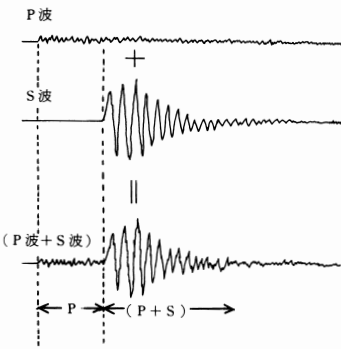


図2 S波にはP波が重畳している。そのときの地震の

規模、深さ、震源までの距離などによって、P波がおさまってから、S波が到着することもあるが、その判別は必ずしも容易ではない。

(2) 縦波と横波

初期微動と主要動は、また、それぞれ縦波および横波とも呼ばれており、地震波として、ごく素直な波の性質をもっている。縦波は、図3に示すように、例えば、岩石の棒の一端をハンマーで長い方向にたたいたときに発生する振動をいっている(笠原¹⁾)。たたいた瞬間、この部分は圧縮されて、同図の(a)のように、方眼目盛の間隔がせまくなる。次の瞬間をみると、(b)のように、間隔がせまくなった部分は左の方に移り、そのすぐ後部はむしろ広がっている。さらに、そとつぎの瞬間には、(c)のように圧縮された部分はさらに左の方に進み、その後部は広がり、その後はまたせまい部分が……と縮みの部分と広く伸びた部分が、交互にくり返しながらか、左の方に移動していく。このときの縮みと伸びとのくり返しが、振動であり、これが左の方に進んでいく、すなわち、進行方向は左の方向である。このこ

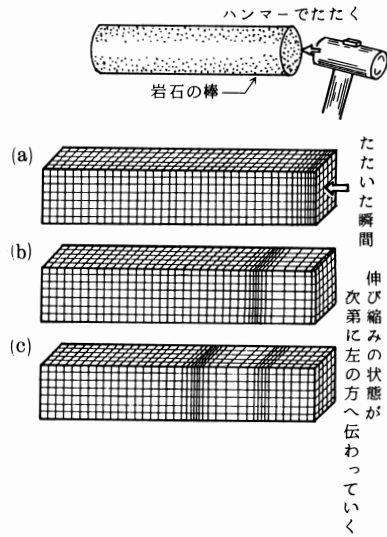


図3 岩石の棒をたたいたときの縦波の伝わり方
笠原(1959)より一部修正して引用

とは、岩石という波の媒質の粒子の振動方向と波の伝播方向(ここでは左の方)とが一致していることになり、このような波を縦波といっている。

これに対して横波の方は、図4に示すように、例えば、岩石の棒の一端に、短い突起をつけて、ここをハンマーでたたき、この棒をねじるように力を加えたときに発生するねじれの振動である。このときのねじれの方向とこのねじれがどの方向に伝わっていくかを示すのが、同図の下の(a)と(b)である。(a)の岩石の棒の内部の一つの断面OABO'がねじられて、まず、ねじれた断面OA'B'O'になる。これが次の瞬間には、その下の(b)の内部の断面OA''B''O''のように、逆に戻ったようにねじれるが、これはA点がねじられて、A'点に移動するが、次の瞬間にはこのねじれが左の方に進み、今度はB点がねじられてB''点に移ることを表わしている。

図4では、岩石の円柱をねじったときのねじれの伝わり方を描いたが、ねじれによるずれを側面からみて、一つの成分(ここでは上下のずれ)を表わしたものが図5である。媒質の粒子の各部分が上下に動き、同図の(a)、(b)、(c)の順に波としてのずれは左の方に進んでいる(笠原¹⁾)。波の振動は上下方向で、その進行方向(この場合は左の方)と直角をなしている。これより、ねじれによる波を横波とい

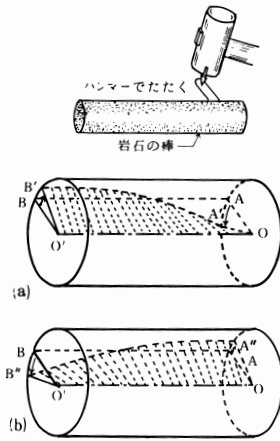


図4 岩石の棒をねじったときのねじれ方

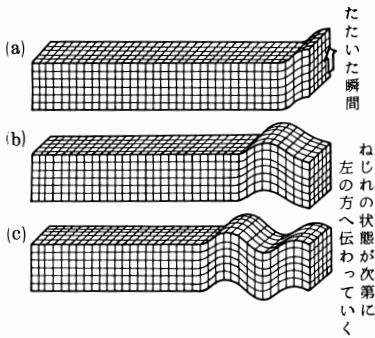


図5 横波の伝わり方（上下成分のみ表わす）
笠原（1959）より一部修正して引用

っている。地震計では、後述の図6に示すように、南北、東西、上下の3成分だけを観測している。

以上のように、波の振動方向と進向方向との違いから、縦波および横波という呼び方がされ、波の一般的な定義にもとずいている。

(3) 粗密波とねじれ波

この呼び方については、(2)でも少しふれているので、くり返しになる箇所もあるが、説明を加えておく。

縦波の振動の様子は、図3の(a)、(b)、(c)でわかるように、岩石の縮みと伸びをそれぞれ、方眼目盛を密にしたり、粗にしたりして表わしている。すなわち、地震波としての縦波の振動は、岩石の収縮（媒質が密になる）と膨張（媒質が粗になる）とのくり返しということが出来る。この面からつけら

れたのが粗密波である。

また、横波は岩石をねじったときに発生する波で、すでに(2)で述べてあるので、説明は省略するが、横波につけられた別の呼び方がねじれ波である。

このように、岩石という媒質の振動様式からつけられた呼び名が粗密波およびねじれ波である。

以上のように、最初に述べた初期微動と主要動という2種類のゆれには、いずれも、3つずつの呼び方があり、その場に応じて使われている。この稿の中では、これらのうち、P波とS波という呼び方を使っていくことにする。

ここで、このP波とS波の速さの式について、求め方は省略するが、少し説明しておく。

いま、地震波を伝える媒質の非圧縮率を K 、ねじれ剛性率（ねじれに対する抵抗のようなもの）を μ 、密度を ρ とするとき、P波の速さ V_P とS波の速さ V_S は

$$V_P = \sqrt{\frac{K + \frac{3}{4}\mu}{\rho}} \quad (1)$$

$$V_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2)$$

これら(1)と(2)からわかることは、

- a. K, μ, ρ は、いずれも、正の値であるので、 $V_P > V_S$ である。これは実際の記録にも表れている。
- b. 両方とも μ が入っているが、気体や液体では、この μ はゼロである。従って、 $V_P = \sqrt{K/\rho}, V_S = 0$ 、すなわち、気体や液体では、S波は伝わらないことがわかる（地震波では、気体は対象としていないが）。

これまで述べた地震波について、まとめてみると次の表のようになる。

表 地震波の呼び方と性質

ゆれの大きさと到着順番	到着順番	振動方向と進行方向	振動様式	性質	
				速さ	媒質
初期微動	P波	縦波	粗密波	速い	固体・液体・(気体)
主要動	S波	横波	ねじれ波	遅い	固体のみ

地震波の中には、表面波というものもあるが、震源で発生するのは、上述の2種類の波だけなので、このP波とS波を、以降の話題の中心にして、わかりやすく、順序だてて、話を進めていくことにする。

4. 地震記録の見方

全国の各管区気象台，地方気象台，測候所などでは，倍率が丁度100倍の59型という変位型地震計（地盤のゆれの大きさそのものを観測するもので，他に速度型や加速度型の地震計もある）を設置しているところが多い。各観測所ごとに，この変位の3成分（南北N-S，東西E-W，上下U-D）が記録できるように，3台の地震計を置き，観測を続けている。ここで，比較的よくとれた地震記録の例を示そう。この記録は，1977年9月8日，18時13分に徳島・高知の県境に発生した地震である。震源の深さは20km，マグニチュード $M=4.6$ 。徳島地方気象台で観測したものを，大阪管区気象台がテレメーターで受けて記録したものである（図6）。

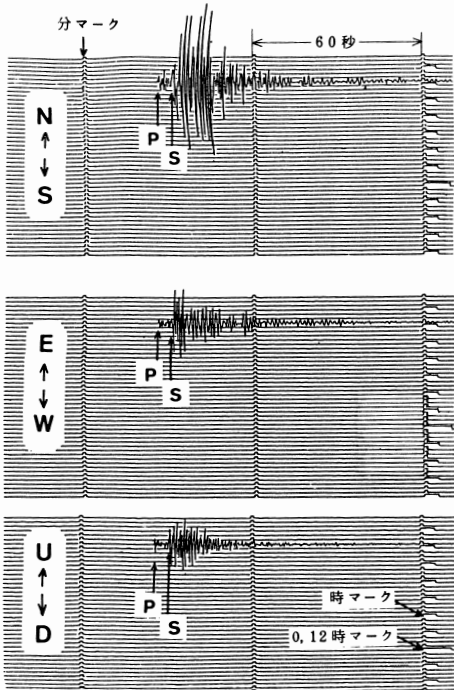


図6 地震記録の例 上から，南北（N-S），東西（E-W），上下（U-D）の各成分（資料は大阪管区気象台提供）

この図6の記録のとり方を含めて，見方の基礎的なことを簡単に説明する。

(1) 記録方法

図6の記録は地震のゆれの3成分が一枚の記録紙に描かれたものである。この記録紙は記録用のドラ

ム（直径28.6cm，長さ50cm）に1回だけ巻かれ，この記録紙上に，3台の地震計からのゆれを同時に描かすことができるように，3本のペンを等間隔に離してセットされている。ペン先は細いほどよい。ドラムの回転はモーターで行い，ドラムの回転軸に切ったねじのピッチ幅で記録線の間隔はきまってくる（図6の原記録では1.5mmになっている）。

(2) タイムマーク

地震記録をとる場合は，記録紙にリアルタイムのマークが入っていることが必要である。これがないとP波やS波の到着時刻がきめられないからである。図6では，分マークのパルス（ μ ，原記録で1mm幅）記号が等間隔に入っており，この分マークの間隔は原記録で丁度60mmである。従って，この記録紙の速さは毎秒1mmである。また，時マークは分マークよりも幅の広いパルス（原記録で5mm）で，4回転に1つの割合で入っている。これより，ドラムは15分に1回転していることがわかる。さらに，0時と12時には，もっと幅の広いパルス（原記録で10mm）で表わし，時刻の読み間違いのないように工夫されている。この記録紙には，12時が入っていることがわかる。

(3) 倍率

地震による地盤のゆれは，多くの場合かなり小さいので，地震計には何らかの拡大する装置がつけられている。出力として最終的に記録されたときの増幅度を倍率としている。図6の記録は，この倍率が丁度100倍である。従って，同図からゆれの振幅を読みとり，この値を100で割るとこの観測点の地盤の実際のゆれの大きさが求められることになる。ただし，普通に見られる記録には，この倍率が記入されていないことが多い。

5. まとめ

地震記録を読みとるに際しての基本的事項についての最小限のことを述べてみた。図6の記録を含めた地震資料についての見方や使い方については，次回から始めることにする。

引用文献

- 1) 笠原慶一：地震の科学（恒星社厚生閣，1959）p.32,33.