

## シャドーゾーンと地球深部の構造

### 1 目的

中国南東部で発生した四川地震は地球全体を揺るがし、その地震波は広範囲で観測された。その中で比較的明瞭にP波、S波が観測されたデータを使い、地球の内部構造を調べてみよう。

### 2 準備するもの

定規、コンパス、赤・青のペン（鉛筆）

### 3 予備知識

図1のように、地球全体にわたる観測の場合には、震源距離のかわりに、震源、地球中心、そして観測点を結ぶ角度で距離を表す。これを角距離とよび、これと観測点に地震波が到着するまでの時間（走時）の関係を調べると、地震波が地球内部を伝わっていく様子がわかる。

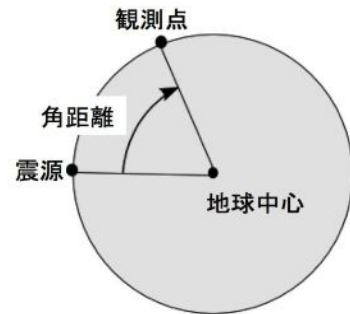


図1 角距離とは

### 4 実習

#### A 地震波から地球内部を考える

(1) 図3「地球の断面図」の上半

分で、地震波が観測された地点に印をつける。表1でP波が観測された地点は青、S波が観測された地点は赤で点を打つ（したがって、両方が観測された地点では内側・外側に少しずらして青と赤の点を両方とも打つ）。

(2) 角距離が大きくなるとS波が届かなくなり、P波も一定の角距離範囲で届かなくなる。最も遠いところまで届いたS波が震源から直進したと仮定し、この伝搬コースに内接する円を書いてみよう。

#### ※ 観測データの見方

たとえば、2行目のJOWという観測点は、角距離が22°で、P波が到達するまで4.9[分]かかり、S波は9.0[分]かかっている。表中に－が書かれているのは、P波とS波が分離できなかった地点(1 TAT)、観測できなかった地点(22~34)である。

(3) このことから想像される地球内部の構造を考えてみよう。推定される外核の大きさはどのくらいか。

|    | 観測点<br>USGSコード | 角距離<br>[°] | P波走時<br>[分] | S波走時<br>[分] | P波速度<br>[km/s] | S波速度<br>[km/s] |
|----|----------------|------------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| 1  | TAT            | 17         | 4.0         | —           | 7.9            | —              |
| 2  | JOW            | 22         | 4.9         | 9.0         | 8.3            | 4.5            |
| 3  | MJAR           | 29         | 6.0         | 11.1        | 9.0            | 4.9            |
| 4  | DAV            | 32         | 6.3         | 11.5        | 9.1            | 5.0            |
| 5  | BVAR           | 33         | 6.4         | 11.8        | 9.2            | 5.1            |
| 6  | KAPI           | 39         | 7.4         | 13.4        | 9.6            | 5.3            |
| 7  | ASF            | 56         | 9.6         | 17.4        | 10.4           | 5.7            |
| 8  | AKAS           | 57         | 9.7         | 17.8        | 10.5           | 5.7            |
| 9  | WRA            | 59         | 9.9         | 17.8        | 10.5           | 5.9            |
| 10 | ATD            | 59         | 9.9         | 17.9        | 10.5           | 5.8            |
| 11 | MLR            | 60         | 10.1        | 18.4        | 10.5           | 5.8            |
| 12 | ASAR           | 62         | 10.2        | 18.7        | 10.6           | 5.8            |
| 13 | IDI            | 64         | 10.5        | 19.1        | 10.7           | 5.9            |
| 14 | VRAC           | 65         | 10.6        | 19.3        | 10.8           | 5.9            |
| 15 | CTA            | 65         | 10.7        | 19.4        | 10.8           | 5.9            |
| 16 | JMIC           | 68         | 10.9        | 20.0        | 10.9           | 5.9            |
| 17 | DAVA           | 70         | 11.2        | 20.4        | 10.9           | 6.0            |
| 18 | VAE            | 71         | 11.3        | 20.6        | 10.9           | 6.0            |
| 19 | FRB            | 85         | 12.6        | 23.0        | 11.5           | 6.3            |
| 20 | BBB            | 86         | 12.6        | 23.0        | 11.5           | 6.3            |
| 21 | AFI            | 93         | 13.2        | 23.5        | 11.7           | 6.6            |
| 22 | WPW            | 93         | 13.2        | —           | 11.6           | —              |
| 23 | VTHM           | 94         | 13.4        | —           | 11.7           | —              |
| 24 | RAO            | 96         | 13.4        | —           | 11.8           | —              |
| 25 | CCAN           | 98         | 13.6        | —           | 11.8           | —              |
| 26 | CHIE           | 99         | 13.7        | —           | 11.8           | —              |
| 27 | PDAR           | 101        | 13.8        | —           | 11.9           | —              |
| 28 | SUR            | 100        | 13.8        | —           | 11.9           | —              |
| 29 | NVAR           | 101        | 13.8        | —           | 11.9           | —              |
| 30 | USHA           | 156        | 19.9        | —           | 10.5           | —              |
| 31 | SIV            | 159        | 19.9        | —           | 10.5           | —              |
| 32 | CPUP           | 162        | 20.0        | —           | 10.5           | —              |
| 33 | LVC            | 169        | 20.1        | —           | 10.5           | —              |
| 34 | CFAA           | 173        | 20.1        | —           | 10.6           | —              |

平成20年05月12日15時55分発表



凡例 X 震央

図2 四川大地震（2008 Wenchuan Earthquake）気象庁 HP より  
発生 2008年5月12日 06時28分01.55秒（世界時）  
マグニチュード 7.9 震源の深さ 19.0 [km]  
震央位置 北緯 = 30.988° 東経 = 103.322°

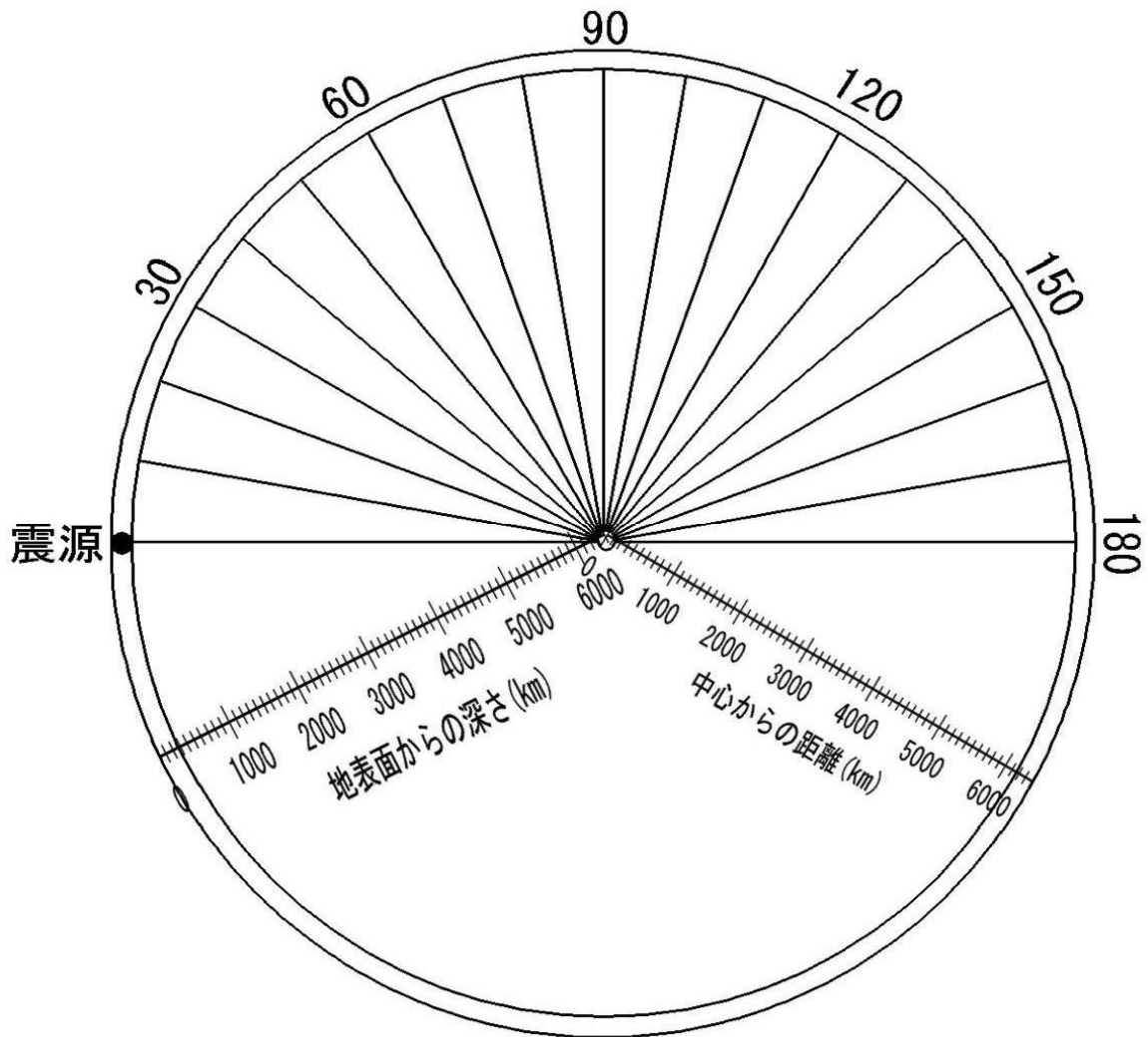


図3 地球の断面図

B P波、S波の走時曲線を描いて、その傾きの変化を調べる

(1) 表1を用いて、図6にP波を青、S波を赤で記入し、グラフを書きなさい。

(2) P波、S波の走時曲線の特徴からどんなことがわかるか。① 角距離による違い、② P波とS波の違い、などに注目して考えなさい。

C P波、S波の速度の変化を調べる

(1) 表1を用いて、図7にP波を青、S波を赤で記入し、グラフを書きなさい。

(2) P波、S波の速度はどのように変化しているか。

図4のように震源から観測地までを結んだ直線は「弦」である。表1のP波とS波の速度データは、この弦に沿って地震波が伝わったと考えて平均の速度を求めたものである。

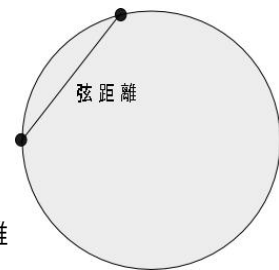


図4 弦距離

[発展] 実習B・Cからわかったことを使って、地球の内部構造をもう一度考える

実習B、Cで明らかになったように、地球内部を通る地震波ほど速度は速くなっている。これは内部ほど物質の密度が大きくなるからである。このような時、波は屈折しながら進んでいく。地震波（P波、S波）も同じで、屈折により震源から観測点までカーブを描いて進んでいく（図5）。また、物質の状態が固体、液体などの違いによっても速度は変化し、屈折が起こる。

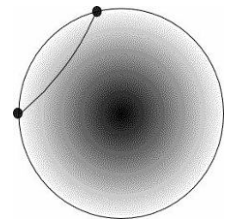


図5 地震波の屈折

(1) 図5を参考に地震波の屈折を考慮し、実習A(2)で書いたS波の伝播コースを修正しなさい。また、外核内を通るP波が屈折して伝播する様子を書きなさい。

(2) P波、S波の伝播の様子から、外核の状態について考えなさい。

## 5 感想

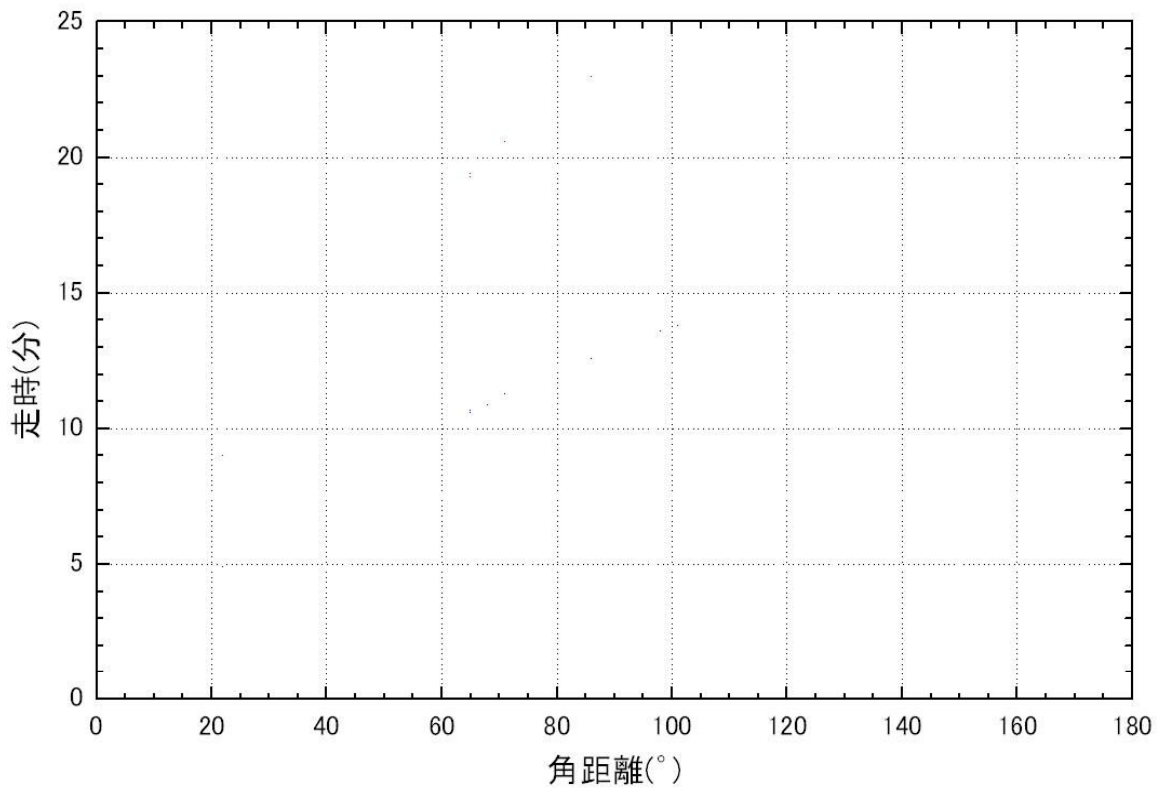


図6 P波、S波の走時曲線

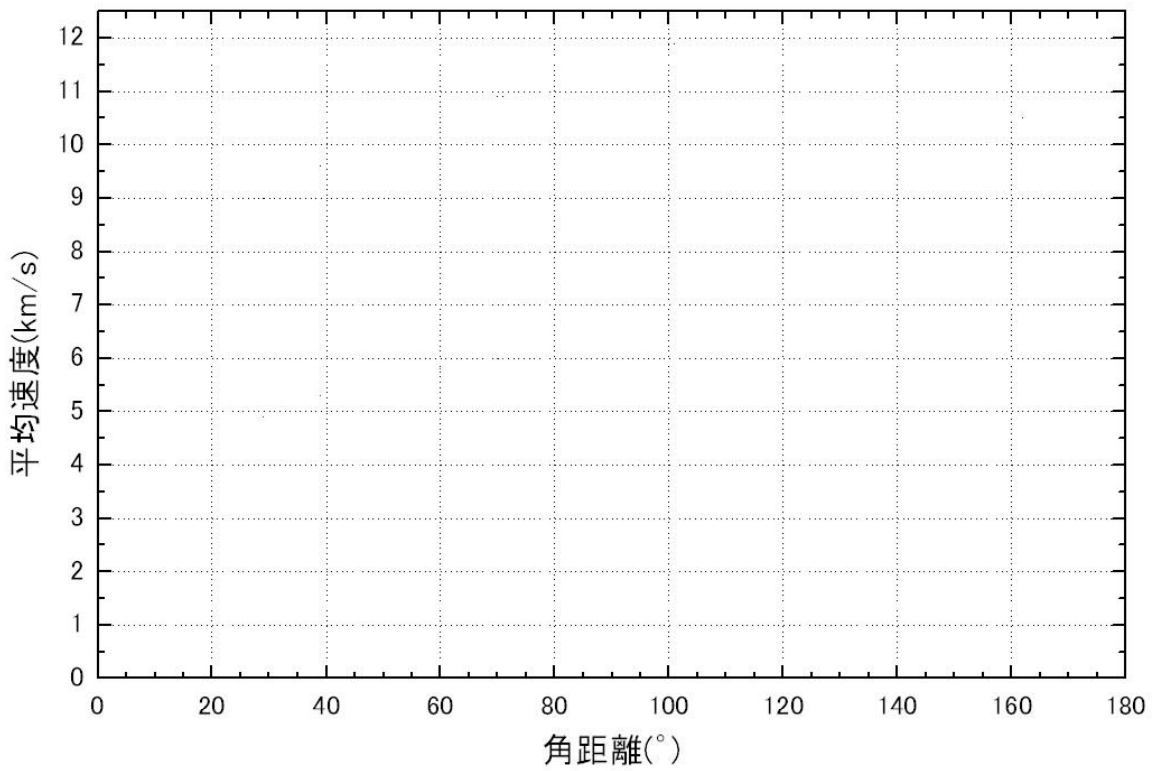


図7 P波、S波の速度変化