

学生証番号 _____

氏名 _____

地殻の厚さを調べるには、浅いところで発生した地震の走時曲線にみられる折れ曲がりに注目するとよい。これについて、以下の問に答えよ。

1. 走時曲線が折れ曲がる地点の震央距離 x_{cr} と、地殻およびマントルでの地震波の速度をそれぞれ v_1 、 v_2 とするとき、地殻の厚さ d を x_{cr} 、 v_1 、 v_2 を使って表わせ。なお簡単のため、地震は地表面 (深さ 0 km) で起こるものとする。

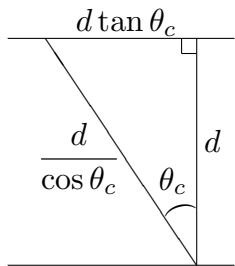
[答] この条件下では、臨界屈折角 θ_c は以下の関係式を満たす。

$$\frac{\sin \theta_c}{v_1} = \frac{\sin 90^\circ}{v_2} = \frac{1}{v_2} \quad \text{すなわち} \quad \sin \theta_c = \frac{v_1}{v_2}$$

これより、以下の関係式も得られる。

$$\cos \theta_c = \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c} = \frac{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}{v_2} \quad \text{かつ} \quad \tan \theta_c = \frac{\sin \theta_c}{\cos \theta_c} = \frac{v_1}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$$

いっぽう、震央距離 x の地点に直達波が伝わるのに要する時間 $T_D(x)$ は $T_D(x) = x/v_1$ (式 (2.21)) であり、ヘッドウェイブが伝わるのに要する時間 $T_H(x)$ は



$$\begin{aligned} T_H(x) &= 2 \times \underbrace{\frac{d / \cos \theta_c}{v_1}}_{\text{地殻の中}} + \underbrace{\frac{x - 2 \times d \tan \theta_c}{v_2}}_{\text{境界面沿い}} = \frac{x}{v_2} + 2d \left(\frac{1}{v_1 \cos \theta_c} - \frac{\tan \theta_c}{v_2} \right) \\ &= \frac{x}{v_2} + 2d \sqrt{\frac{1}{v_1^2} - \frac{1}{v_2^2}} \quad (2.22) \end{aligned}$$

である。 $x = x_{cr}$ の地点でこの 2 つが等しくなる ($T_D(x_{cr}) = T_H(x_{cr})$) から

$$\frac{x_{cr}}{v_1} = \frac{x_{cr}}{v_2} + 2d \sqrt{\frac{1}{v_1^2} - \frac{1}{v_2^2}} = \frac{x_{cr}}{v_2} + 2d \frac{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}{v_1 v_2}$$

この関係式を d について解くと、以下の表式が得られる。

$$d = \frac{x_{cr}}{2} \frac{v_2 - v_1}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}} = \frac{x_{cr}}{2} \frac{\sqrt{(v_2 - v_1)^2}}{\sqrt{(v_2 + v_1)(v_2 - v_1)}} = \frac{x_{cr}}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} \quad (2.23)$$

2. 走時曲線の折れ曲がりが震央距離 $x_{cr} = 240$ km の地点でみられたとすると、地殻の厚さ d は何 km か。ただし、地殻およびマントルでの地震波の速度はそれぞれ $v_1 = 7$ km/s、 $v_2 = 8$ km/s として計算せよ。

[答]

前問で導出した公式 (2.23) に値を代入すると、

$$d = \frac{240 \text{ [km]}}{2} \sqrt{\frac{8 \text{ [km/s]} - 7 \text{ [km/s]}}{8 \text{ [km/s]} + 7 \text{ [km/s]}}} = 8\sqrt{15} \text{ [km]} \approx 31 \text{ [km]}$$