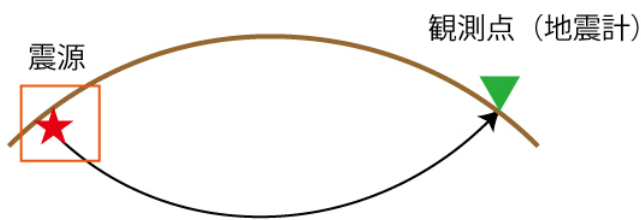
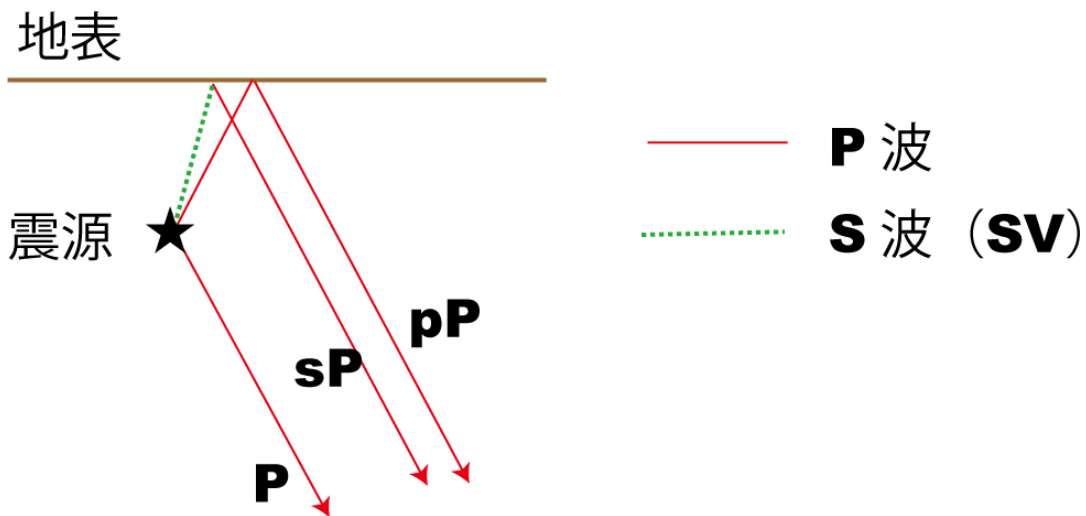


## 地表の効果：震源近傍の地表での反射波（pP）・変換波（sP）

地球には地表があり、そこで地震波が反射したり変換したりする。観測点が遠地にあり、地震の震源が浅いと、震源のそばの地表で反射したり変換したりして生じた P 波も、直接伝わる P 波とほぼ同じ波線を通して、似たような時刻に観測点に到着する。



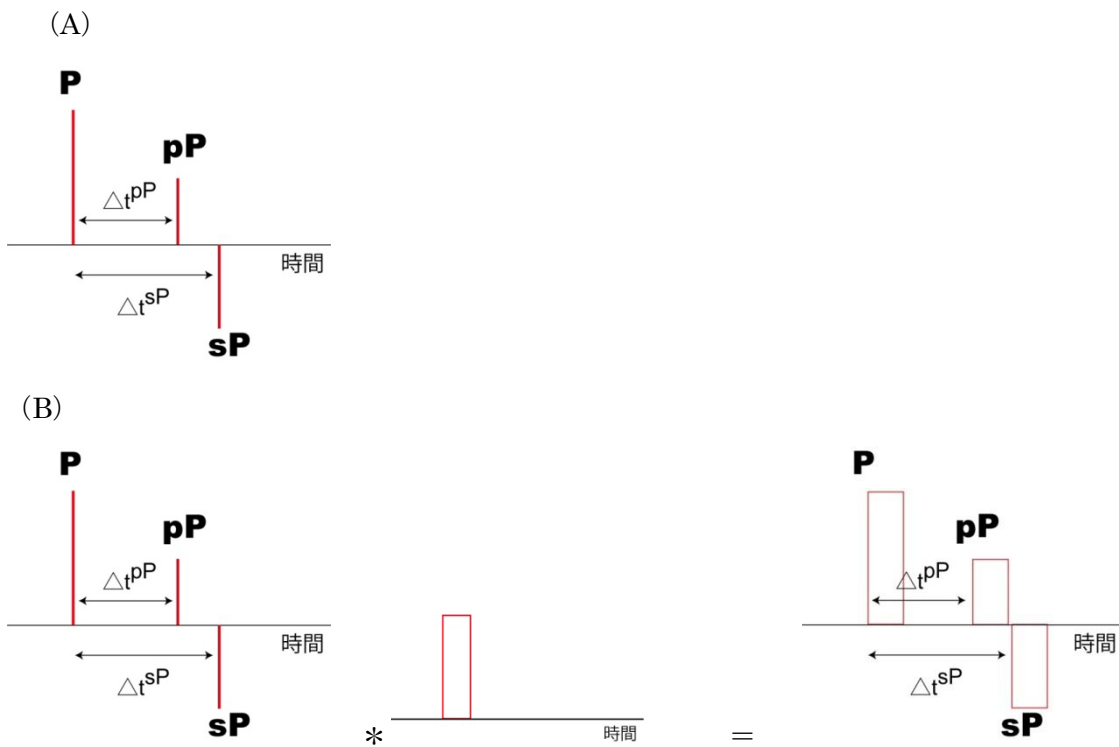
震源のまわりの四角の領域では、



下向きに直接観測点に向かう P 波（直達 P 波）のほかに、震源の上の地表で反射した pP 波と、地表で S 波から P 波に変換した sP 波が生じる。震源が浅いと、これら P、pP、sP の経路や観測点までの所要時間の違いは小さくなる。遠方の観測点では、直達 P 波が来たあとに、pP、それから sP が短い時間で到達することになる。

これらの波の到着する時間と振幅を模式的に表すと、断層でのずれが一瞬に起こる場合には下図 (A) のようになる。断層でのずれがある継続時間をもって起こったような場合には、下図 (B) のように、さらに、ずれの時間関数の微分（ここでは矩形関数）を畳み込み積分し、右の関数となる。ただし常に矩形関数を畳み込み積分するわけではなく、畳み込み積分をする時間関数は断層でのずれの時間関数や断層の大きさに依存して決まる。

$\Delta t^{pP}$  と  $\Delta t^{sP}$  は、P 波を平面波と仮定して、pP と sP がその平面波の位相からどれだけずれるかを幾何学的に考えると求められる。今回の演習では、地震の震源周辺の P 波速度を 6.15km/s、S 波速度を 3.56km/s と仮定する。震源の深さは、まずは 36km にする。



これら P、pP、sP からなる P 波群の変位の時間関数は、

$$U_{P+pP+sP} \propto$$

$$R^P(\delta, \lambda, \phi, i_h) T(t - T_0) \quad \text{P 波}$$

$$+ R^P(\delta, \lambda, \phi, 180 - i_h) PP(i_h) T(t - T_0 - \Delta t^{pP}) \quad \text{pP 波}$$

$$+ \frac{\alpha^3}{\beta^3} R^{SV}(\delta, \lambda, \phi, 180 - i_h) SP(i_h) \frac{\beta \cos i_h}{\alpha \cos i_h} T(t - T_0 - \Delta t^{sP}) \quad \text{sP 波}$$

ここで、

$T(t)$  は断層のずれの関数で決まる各波の形（時間関数）

$T_0$  は P 波の走時

$R^P$ 、 $R^{SV}$  は、P 波放射特性と SV 波放射特性

$i_h$ 、 $i'_h$  は、P 波と S 波の射出角で、スネルの法則から、 $\frac{\sin i_h}{\alpha} = \frac{\sin i'_h}{\beta}$  を満たす。

$\alpha$ 、 $\beta$  は、P 波と S 波の速度

$PP(i_h)$ 、 $SP(i'_h)$  は以下のような地表での反射係数（変位に対する係数）

■地表に P 波で入射し、P 波で反射したときの反射係数

$$PP(i_h) = \frac{-\left(\frac{1}{\beta^2} - 2p^2\right)^2 + 4p^2 \frac{\cos i_h}{\alpha} \frac{\cos i'_h}{\beta}}{\left(\frac{1}{\beta^2} - 2p^2\right)^2 + 4p^2 \frac{\cos i_h}{\alpha} \frac{\cos i'_h}{\beta}}$$

■地表に SV 波で入射し、P 波で反射したときの反射係数

$$SP(i'_h) = \frac{4p \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{1}{\beta^2} - 2p^2\right) \frac{\cos i'_h}{\beta}}{\left(\frac{1}{\beta^2} - 2p^2\right)^2 + 4p^2 \frac{\cos i_h}{\alpha} \frac{\cos i'_h}{\beta}}$$

なお、 $p = \frac{\sin i_h}{\alpha}$  (ray parameter)

注意：上記の 2 式は、下の図の太矢印のように、波が伝播する水平方向への振動を正にとっている反射係数。そのため、SV 波から P 波へ変換する場合、SV 波、P 波放射特性のときの振動の正負とずれてくる。実際には、上の SP の式に「-」をつけた式を sP の計算に使用する必要がある。PP については、そのままよい。

