

P波とS波の伝搬を考慮した地震波動模型の開発

長谷川研究室
01312057 佐久間 勇気

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震（阪神大震災）以降、日本は地震活動期に入ったと言われている。昨今でも熊本地震など、内陸直下型地震により多くの被害が発生している。ここでは防災教育の観点から、地震波動のP波とS波について、その波動伝搬を視覚的に認識して体験できる地震波動模型の開発を試みた。

2. 地震波動におけるP波とS波の概要

まず、地盤構造と地震波動の模式図を図1に示す。これは断層が破壊され、その衝撃が地震波となって岩盤内を伝搬し、これが地層での反射・屈折を繰り返して地表に到達する様相を模式的に描いたものである。地震波動は表面波と実体波に分離されるが、このうち実体波は図2のようにP波とS波で伝搬する¹⁾。ここで、P波（Primary wave）とは、波の進行方向に粒子が振動する波動で、縦波または疎密波とも呼ばれる。一方、S波（Secondary wave）とは、波の進行方向と直交方向に粒子が振動する波動で、その意味から横波またはせん断波とも呼ばれる。

一般に、P波は疎密波であるため、S波に比べると伝搬速度が大きい。したがって、地震波の中でも最初に到達する。図1にあるように、地震波形の初期微動を形成するのはP波である。また、地震の到来を感知するのもこのP波による。一方、S波は伝搬速度が遅いため、P波の後に到来するが、振幅が大きいので地震波形の主要動を形成する。建物に地震被害をもたらすのはこのS波による。

表1には、代表的な地層・地質におけるP波速度 V_p とS波速度 V_s の概略値を示した。一般に、P波・S波とも地盤が軟弱なほど伝搬速度は小さい。なお、ここでは弾性論より算定したが、通常は地下水の影響があるため、P波速度は表中の V_p よりもかなり大きい。気象庁が発表する緊急地震速報²⁾は、この V_p と V_s の速度差を利用している（図3参照）。

3. 地震波動模型の開発と実演

(1) 開発コンセプト

地震波動模型の開発事例は比較的少ない^{例え3)}。ここでは、以下のコンセプトのもとで開発を進めた。

- ①同一模型でP波とS波の両者が発震できる。
- ②地盤構造による伝搬速度の違いを考慮できる。
- ③教材としての活用を考慮して簡易な模型とする。

(2) 制作方法

フレームを用意し、これにワイヤーで金属球（60g）を多数吊り下げ、これらを弦巻ばね（ばね定数： $k=1000, 2000, 4000\text{dyn/cm}$ の3種類）で連結することによって、弾性波動のP波またはS波が伝搬するモデルを考案した。このような簡易な模型であるが、弦巻ばねの交換によって地盤の硬軟が、設置位置によって波動振幅が可変となる。

(3) 実演方法

P波の伝搬を写真1に示す。これより、P波の発震は金属球をその並び方向に引いて離すことで、疎密波としての粒子軌跡を確認できる。同様に、S波の伝搬を写真2に示す。この場合は金属球の並びと直交方向に金属球を引いて離すことで、せん断波としての粒子軌跡を確認できる。最後に、P波とS波の伝搬速度の比較を写真3に示す。同モデルを並列配置して同時に発震することで、P波とS波の到達時間の差異が実演可能である。

4. まとめ

地震波動を視覚的に認識して体験できる地震波動模型を開発した。同模型を用いると、P波とS波の波動を簡単に実演できることから、今後は防災教材や学習教材としての活用が期待できる。

【参考文献】

- 1) 地震の事典, 三省堂, 1983 (第1刷)
- 2) 気象庁HP: 震度速報, <http://www.jma.go.jp/jp/quake/>
- 3) 名古屋大学減災連携センターHP: 減災館について, http://www.gensai.nagoya-u.ac.jp/?page_id=2427

表 1 : 代表的な地層・地質における P 波速度と S 波速度

地層	地質	湿潤密度 $\rho(t/m^3)$	ポアソン比 ν	P波速度 $V_p(m/s)$	S波速度 $V_s(m/s)$	関係諸式 ^{注)}
沖積層	砂	1.8	0.3	130	80	$V_p = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ E: 地盤の弾性係数(ヤング率) $V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$ G: 地盤のせん断弾性係数 $E = 2(1+\nu)G$
	粘土	1.5	0.5	180	100	
洪積層	砂	1.8	0.3	320	200	
	粘土	1.5	0.5	450	250	
第四紀層	軟岩	2.0	0.25	800	500	
第三紀層	硬岩	2.5	0.2	1600以上	1000以上	

注) P波は弾性体の土柱として算定。ただし、地下水の影響は考慮せず、水中での波動伝搬は無視する。

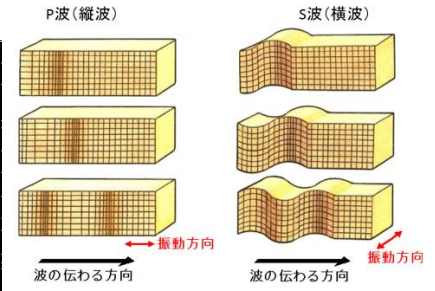


図 2 : P 波と S 波の伝搬¹⁾

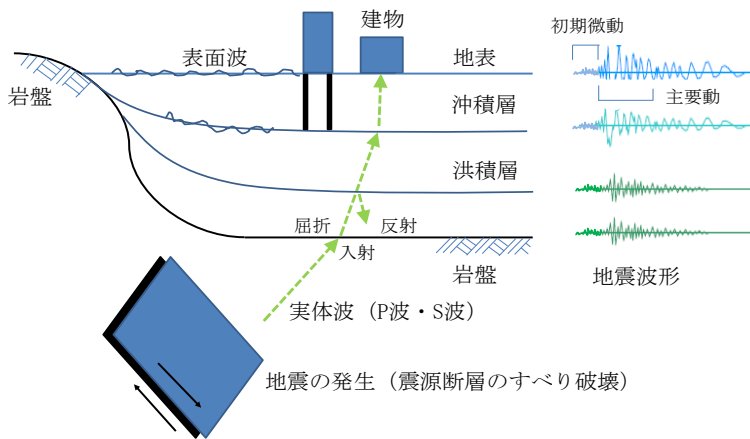


図 1 : 地盤構造と地震波動の模式図

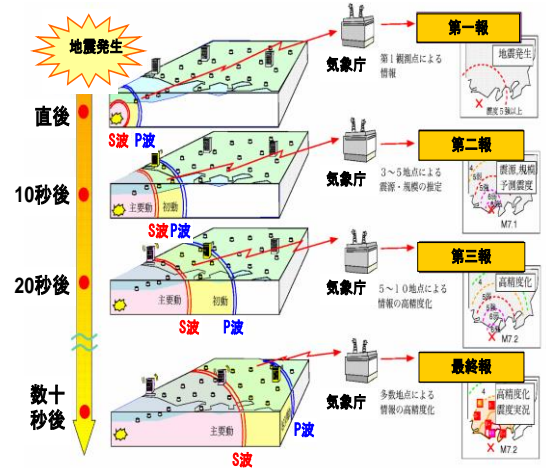


図 3 : 緊急地震速報への適用²⁾

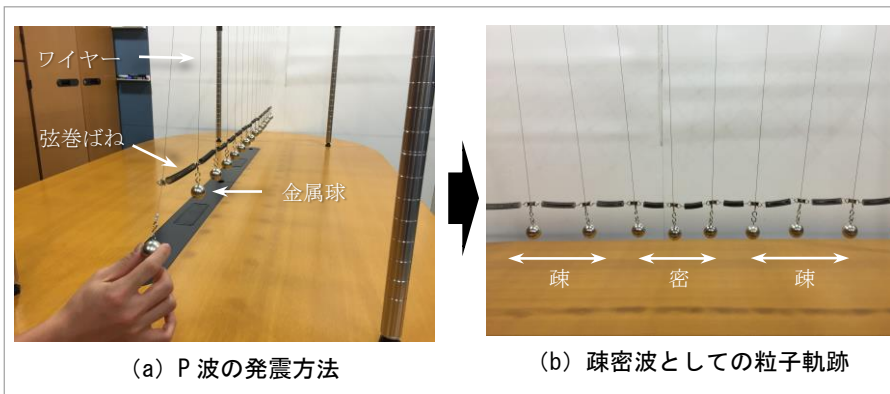


写真 1 : 地震波動模型と P 波の伝搬

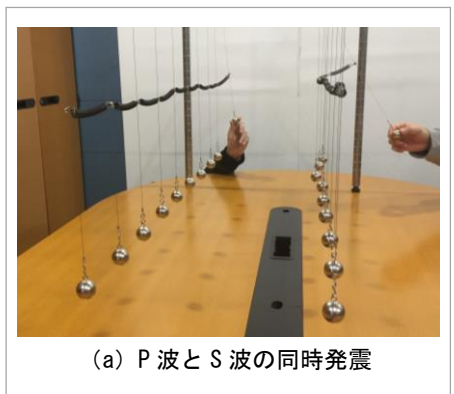


写真 3 : P 波と S 波の伝搬速度の比較

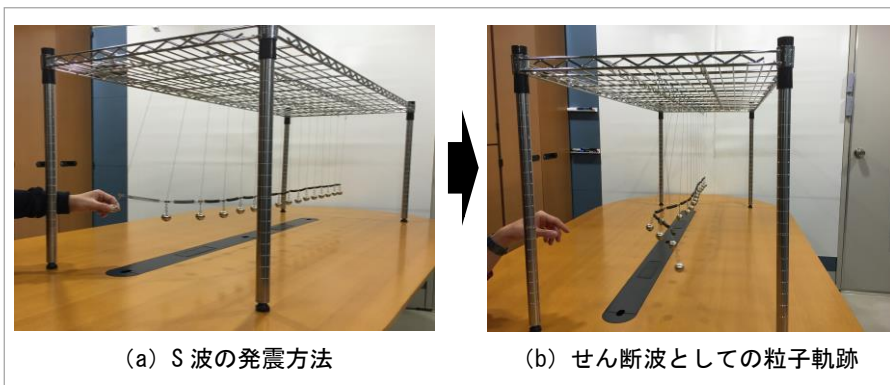


写真 2 : 地震波動模型と S 波の伝搬