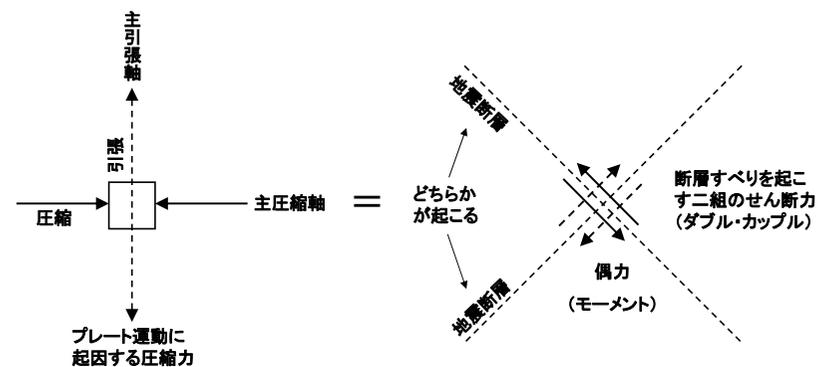


# 防災工学概論

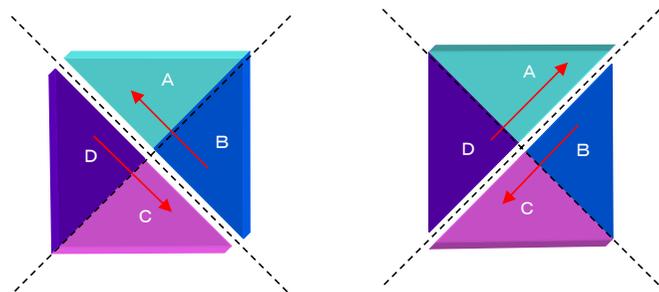
## 第4回 地震工学の基礎①

鈴木 猛康

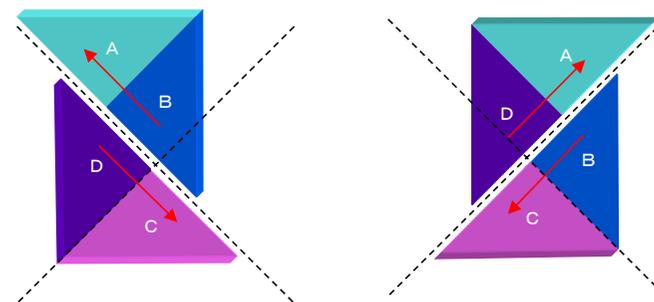
### 地震は断層破壊で発生する



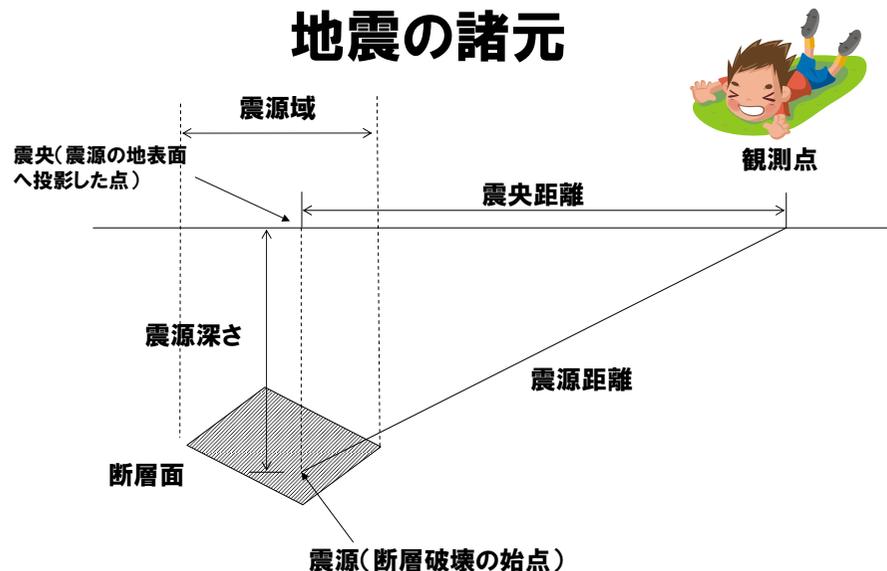
### どちらかの断層すべりが発生する



### どちらかの断層すべりが発生する



# 地震の諸元



# マグニチュードと震度

○マグニチュード:地震の規模(エネルギー)を表す尺度  
Gutenberg-Richterの式

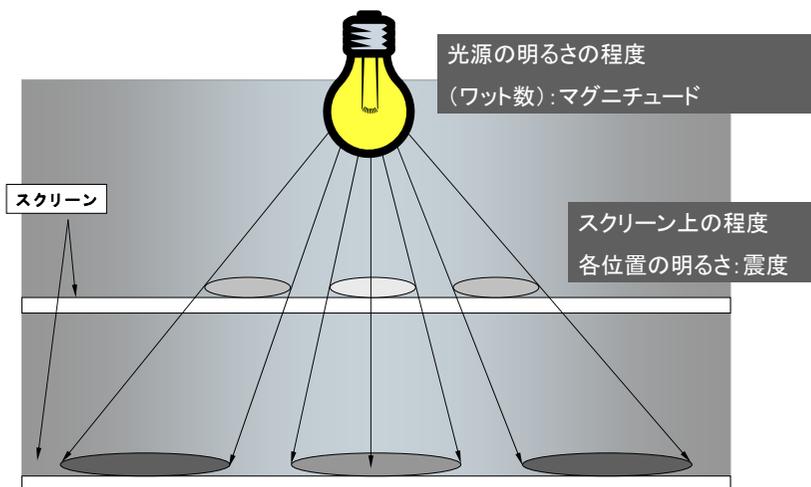
$$\log_{10} E = 11.8 + 1.5M$$

地震のエネルギーはMが1増えると $10^{1.5} = 32$ 倍, 2増えると $10^3 = 1000$ 倍となる.

○震度:各地点の揺れの強さを表す尺度  
地震計で観測した揺れから算定される(10階級:0, 1, 2, 3, 4, 5弱, 5強, 6弱, 6強, 7, 表4.1を参照).

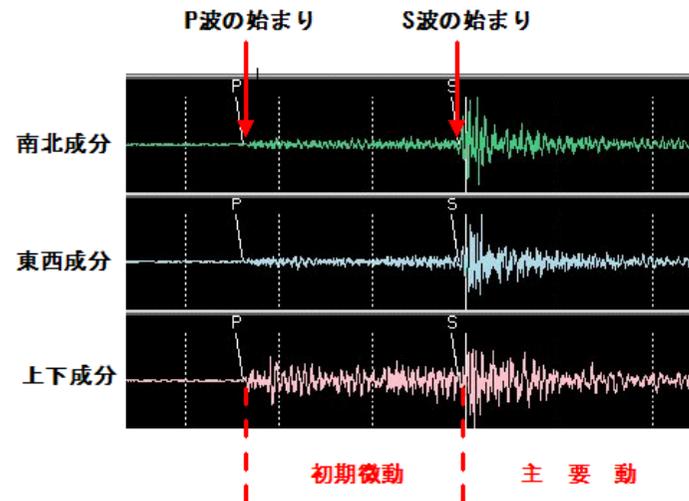
# マグニチュードと震度の関係

光源:電源

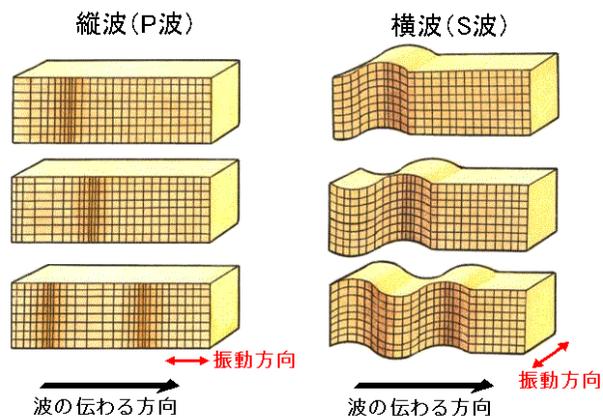


# 地震動記録におけるP波とS波

P波の速度はS波の約1.7倍

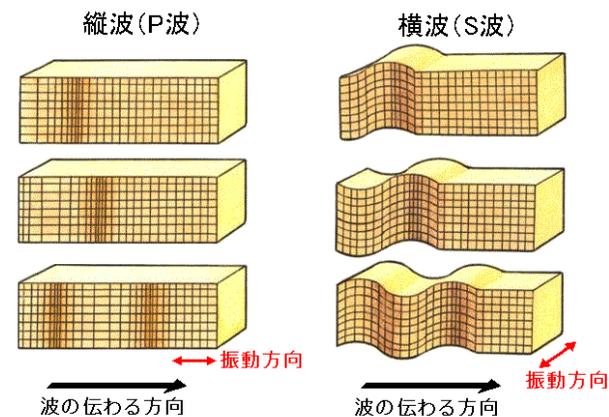


## P波とS波



P波: Primary wave (第一波) または Compressional wave (疎密波) という。進行方向に平行に振動する弾性波。固体・液体・気体を伝わる。速度は岩盤中で5~7km/秒、地震発生時最初に到達する地震波で、初期微動を起こす。

## P波とS波



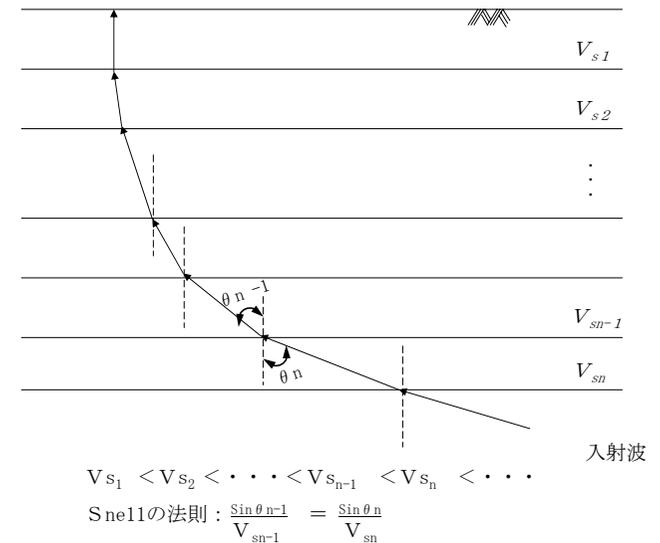
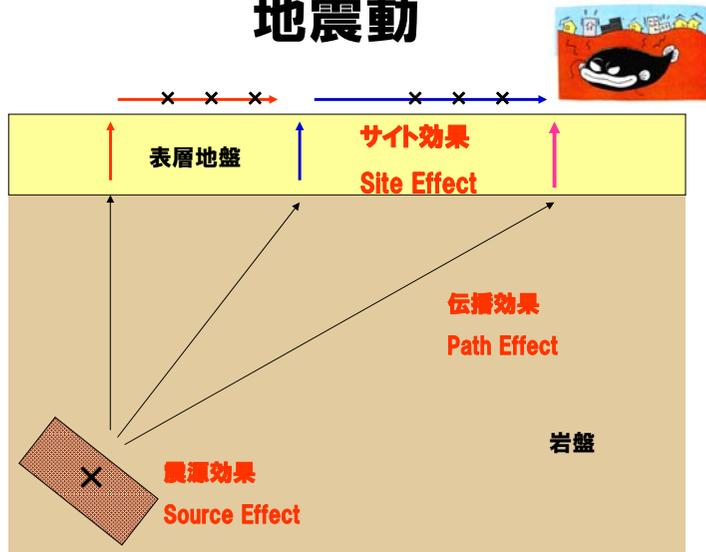
S波: Secondary wave (第二波) または Shear wave (せん断波) という。進行方向と直角に振動する弾性波。固体を伝わる。速度は岩盤中で3~4km/秒、P波に続いて到達し、主要動(しゅうどう)と呼ばれる大きな揺れを起こす。

## 表面波

地球の表面を伝わる表面波。P波・S波が、岩盤中を伝わるため実体波と呼ばれるのに対して、固体と気体(または液体)の境界のみを伝わるため、境界波とも呼ばれる。周期が長く、振動幅も大きい。また、P波・S波と比べて減衰しにくい。伝播機構により、レイリー波・ラブ波の区別がある。伝わる速度は、S波と同程度かやや遅い。

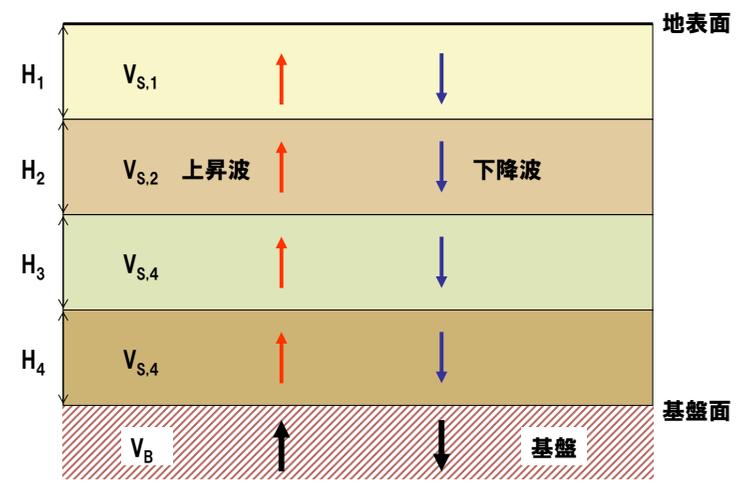
## 地震動の伝播と増幅

# 地震動

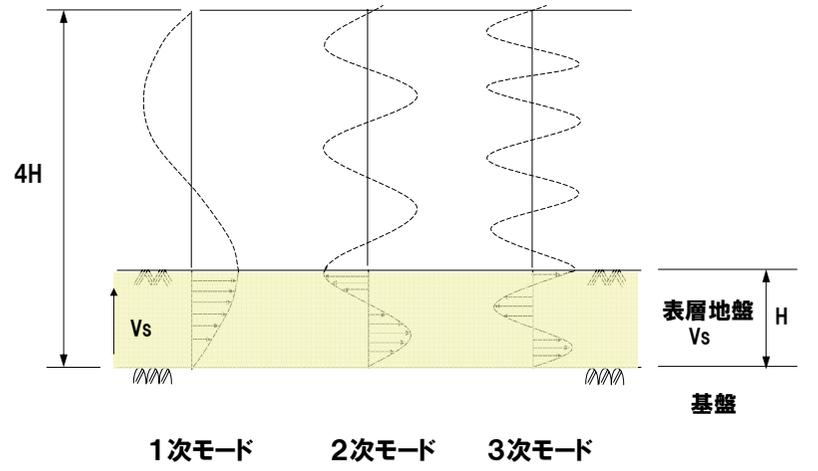


実体波の入射角の変化

# 地震動の増幅(重複反射)

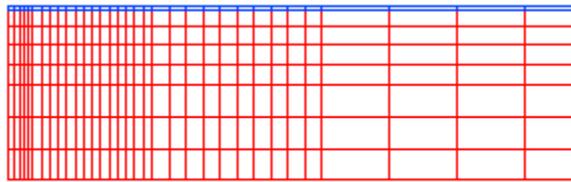


# せん断波の鉛直方向伝播と振動モード

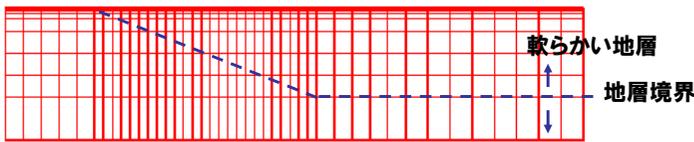


Vs:せん断波速度(m/s)

# 表層地盤の揺れ方



水平成層地盤



不整形地盤

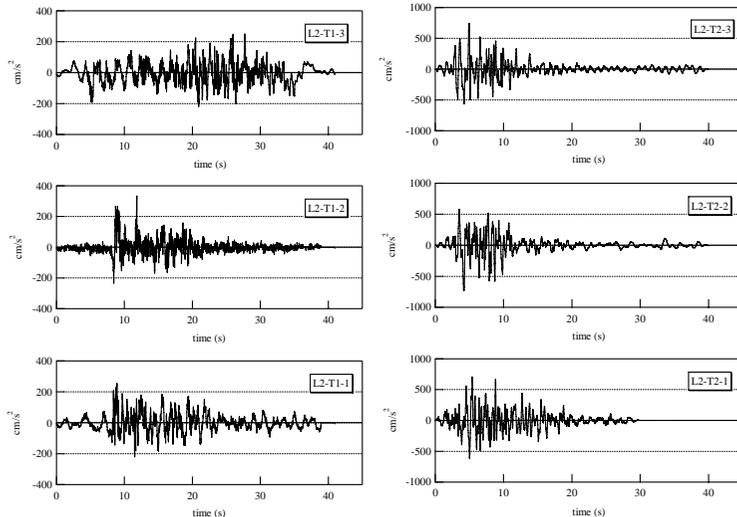
# 地盤の固有周期, $T(\text{sec})$

$$T = 4 \sum_i \frac{H_i}{V_{S,i}}$$

$V_{S,i}$ : 地表から*i*番目の土層のせん断波速度 (m/sec)

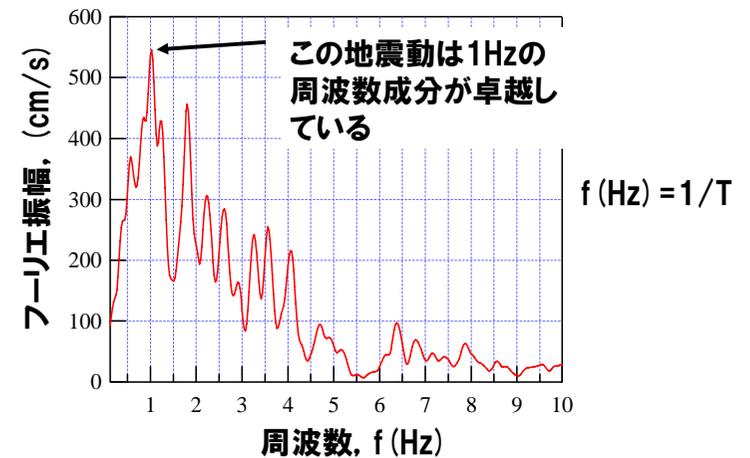
$H_i$ : 地表から*i*番目の土層の高さ (m)

# 様々な地震動

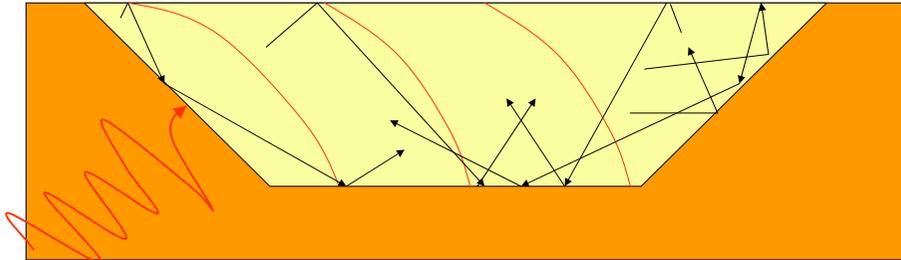


加速度の時刻歴. 時間間隔0.01秒程度

# 地震動の周波数特性

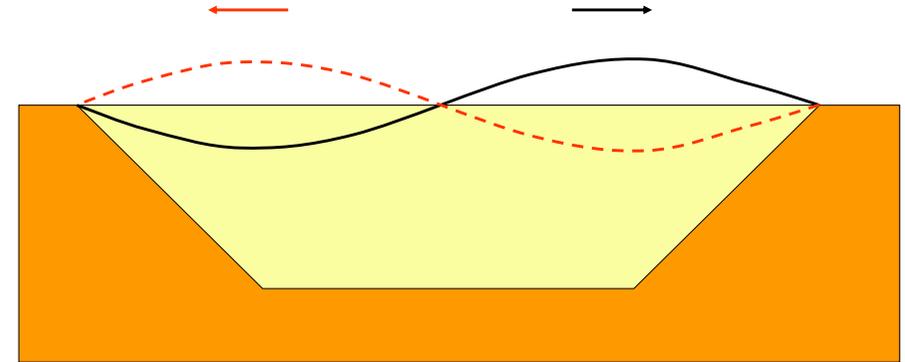


# ローカルサイトエフェクト Local Site Effect 盆地内地震動の増幅



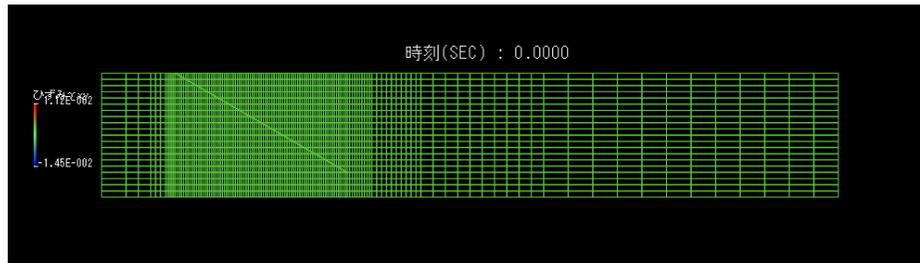
盆地内に一旦入った地震波は、地表面と基盤境界で反射され、エネルギーが盆地内に蓄積される

# 盆地内地震動

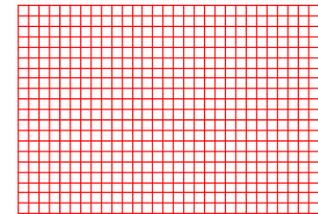


盆地固有の周期の比較的長い地震動が長時間継続し、盆地内の構造物に被害を与える

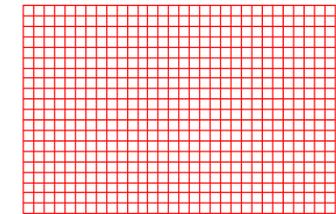
# 不整形地盤構造の地震動



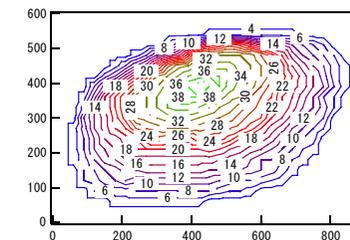
# 擬似3次元地盤モデルによるシミュレーション例



1次モード



7次モード



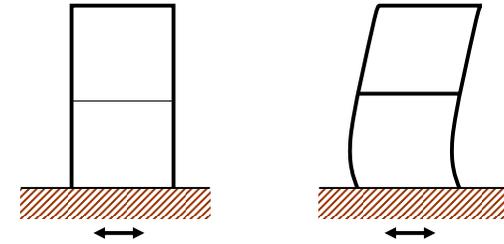
表層厚の分布

## 建造物の揺れ方

- 小型振動台を用いた振動実験で、建造物の揺れ方を確認

## 建造物の揺れ

$$= \boxed{\text{地震動の周期特性}} \times \boxed{\text{建造物の揺れやすさの周期特性}}$$



## 本日の講義のまとめ

- 表層地盤にも建造物にも揺れやすい周期（固有周期）と揺れの形（振動モード）がある。
- 表層地盤や建造物が、それぞれの固有周期を有する地震波で揺らされると、表層地盤や建造物は大きく振動する。