

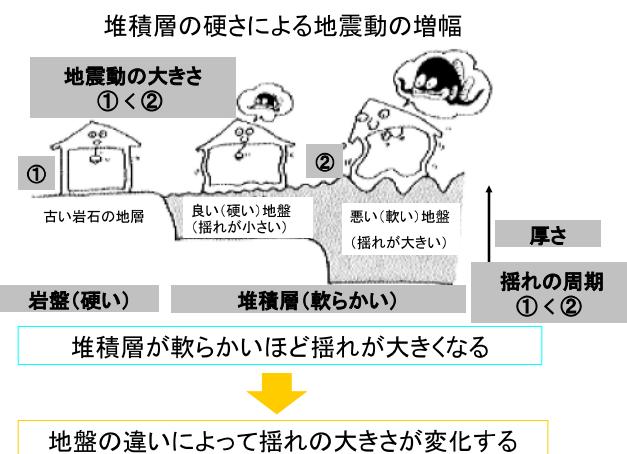
# 微動探査による地震動評価のための地盤構造調査 —鳥取県中部地域の例—

鳥取大学 工学研究科 社会基盤工学専攻  
野口竜也

## はじめに

- 鳥取県では、1983年鳥取県中部地震、2000年鳥取県西部地震、2002年鳥取中西部地震等の、近年になって被害地震が発生しており、地盤構造の影響により被害が拡大した事例が報告されている。
- 国や自治体等で地震災害軽減のために地震動評価に基づく被害想定が行われているが、その基礎情報として地盤構造の情報は必要不可欠である。近年、地震動評価のための地盤構造調査として微動探査法が用いられている。
- この探査法では高感度の地震計を用い微少な地動（常時微動）を測定・解析することで、地盤の震動特性や地震波伝搬速度を決めることができる。常時微動は地盤上のあらゆる場所で時間と問わず存在するため人工震源が不要であり、測定も容易である。
- 本報告では微動探査法の概要と鳥取県中部地域の調査事例を紹介する。この地域では既往の調査より、地震被害に大きく影響を与えるような軟弱地盤の広範囲での存在が確認されている。
- 微動探査で得られた結果とボーリングデータ、重力探査などの他の探査結果を総合的に解釈することで、地形・地質との関連性の把握、より深部の地盤構造の推定もなされている。

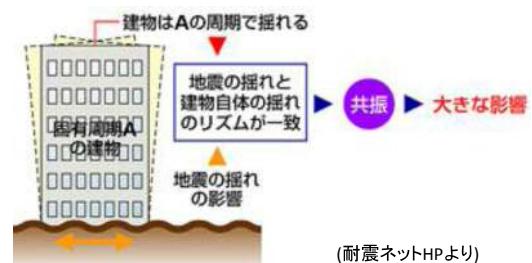
## 地盤と地震時の揺れの大きさの関係



## 共振：建物の固有周期と地盤の卓越周期

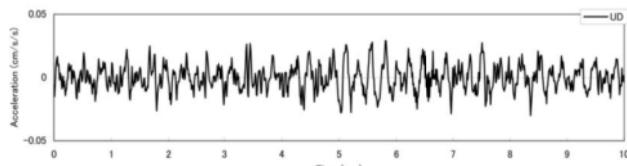
建物には、それぞれ揆れやすい周期（固有周期）がある。建物の固有周期に合った地震動を受けると、建物は共振して大きく揆れる。

地盤の卓越周期では、地震動が大きくなる。



## (常時) 微動とは

地震の無い時でも地面は常に揆れている。常時微動は一見ランダムなノイズだが、伝播している地盤の情報を含んでいる。



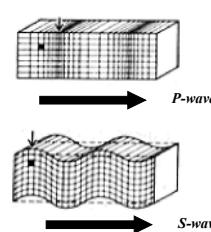
様々な振動源から生じた波が常時微動を構成している。



その震動源は、自然現象（長周期）、人間活動による人工ノイズ（短周期）と考えられる。

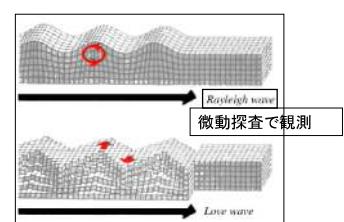
## 弾性波（実体波と表面波）

実体波：弾性体中を伝わる波



P波は波の進む方向と同じ方向に振動する縦波であり、S波は波の進む方向と垂直に振動する横波である。

表面波：弾性体の表面を伝わる波

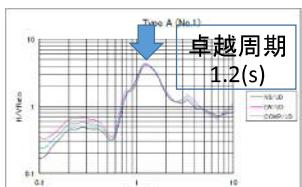


(上)レイリー波：進行方向（黒矢印）に対して鉛直面内で逆回転の運動（赤矢印）が伝わっていく。

(下)ラブ波：進行方向（黒矢印）に対して垂直な水平面内での運動（赤矢印）が伝わっていく。

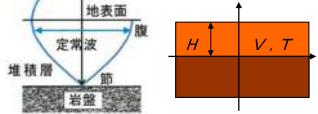
## 卓越周期の読み取り

### H/Vスペクトルのピークの周期を読み取る



- H/Vスペクトル: 3成分それぞれのフーリエスペクトルを求め、上下成分に対する水平成分のスペクトル比をH/Vスペクトルとする。
- 卓越周期: 地盤の揺れやすい周期

$$\text{卓越周期} \propto \frac{\text{堆積層の層厚}}{\text{堆積層の伝播速度}}$$



1/4波長則 :

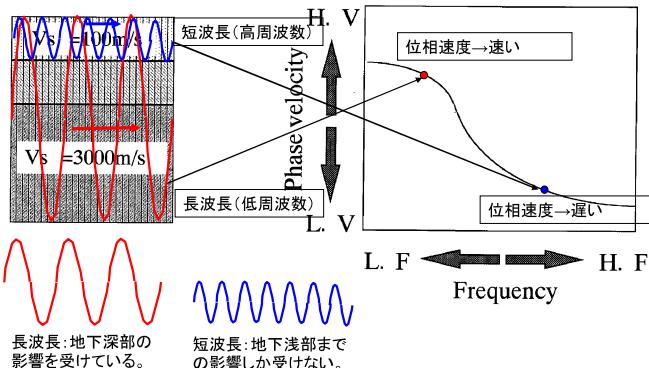
$$\text{層厚} = \text{S波速度} \times \text{卓越周期} / 4$$

$$H(m) = V_s(m/s) \cdot T(s) / 4$$

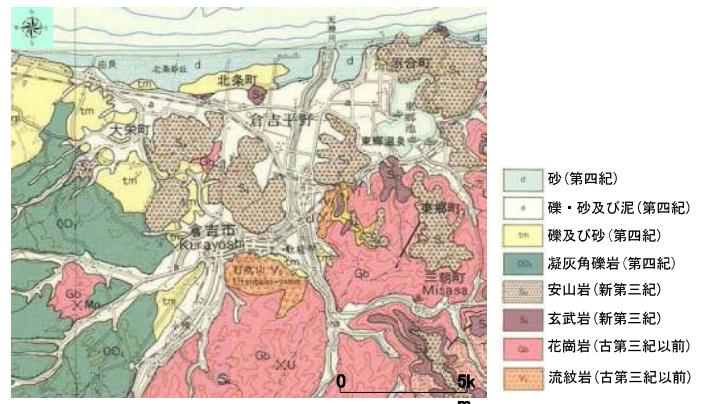
## 分散曲線の特徴

### Point1

分散曲線は高周波数から低周波数にかけてその位相速度は速くなる。(位相速度の正分散)



## 表層地質



## 観測の概要

### 3成分単点観測

- 観測点数: 400点
  - 2002年度: 194点, 11年度: 83点, 12年度: 65点, 2013年度: 58点
- 観測装置(3成分加速度計、レコーダー一体型): GPL6A3P, JU215
- 観測時間: 10~15分
- サンプリング周波数: 100Hz

### アレイ観測

- 観測点数: 32点
  - 2002年度: 4点(小アレイ), 11年度: 5点(小アレイ3点, 大アレイ2点), 12年度: 5点(小アレイ4点, 大アレイ1点), 13年度: 18点(小アレイ15点, 大アレイ3点)
- 観測装置
  - センサー+アンプ(SA16)+レコーダー(es8): PK110(速度計), HS1(速度計)
  - レコーダー一体型: JU215(加速度計)
- アレイ半径: 小アレイ(半径0.6~30m), 大アレイ(半径60~500m)
- 観測時間: 小アレイ: 10~15分, 大アレイ: 30~60分
- サンプリング周波数: 100~500Hz

## 微動記録の解析手順

### 3成分単点観測記録

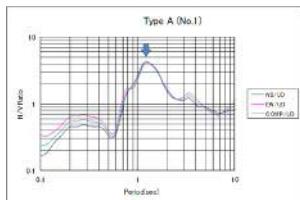
- 20.48秒の区間を10~15区間選択
- Parzenウィンドウ; 0.3Hzもしくは, Logフィルター; 係数20による平滑化
- 水平動と上下動のスペクトル比(H/V)を算出
- H/Vから卓越周期を読み取る。
  - 複数のピークがみられる場合はピーク値の大きいものを読み取る

### アレイ観測記録

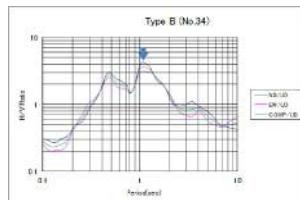
- CCA法, SPAC法により位相速度を算出
- レイリー波基本モードによる理論値を用いて、位相速度分散曲線とH/Vのピーク周波数が一致するように、地盤構造(S波速度構造)モデルを推定

### 3成分観測解析結果 H/Vの例

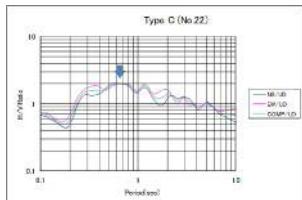
Aタイプ(単一の明瞭なピークがある)



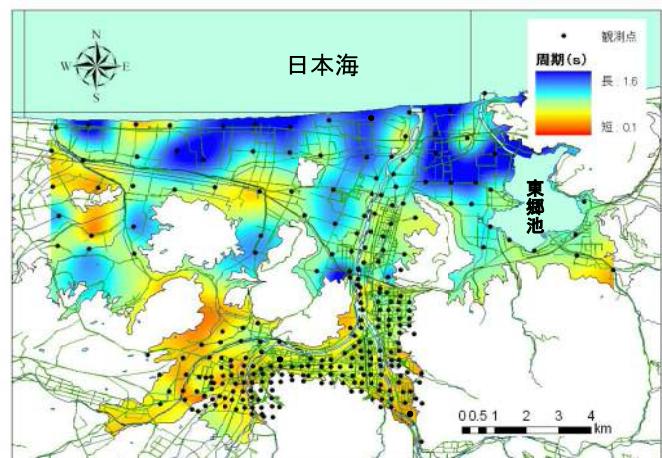
Bタイプ(同じようなピークが複数ある)



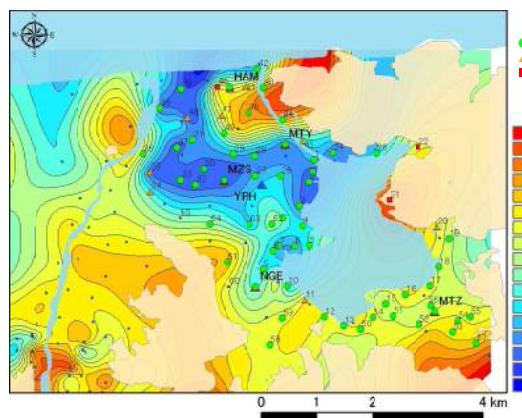
Cタイプ(明瞭なピークがない)



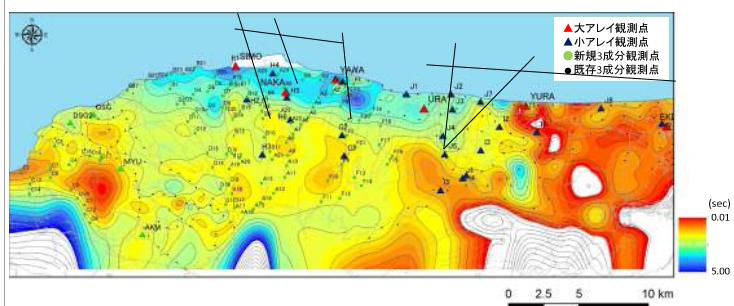
### 卓越周期分布 (2002年度:倉吉市, 2011年度:北栄町・湯梨浜町)



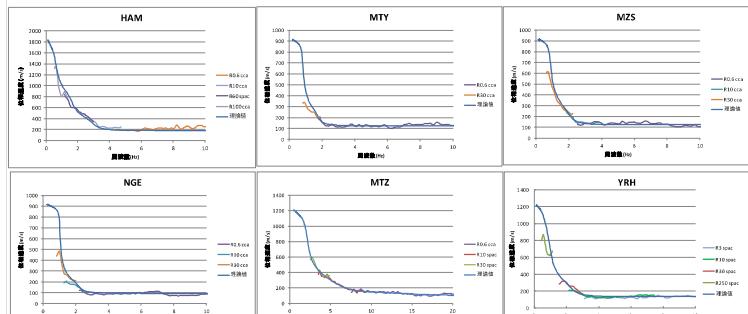
### 卓越周期分布 (2012年度:湯梨浜町)



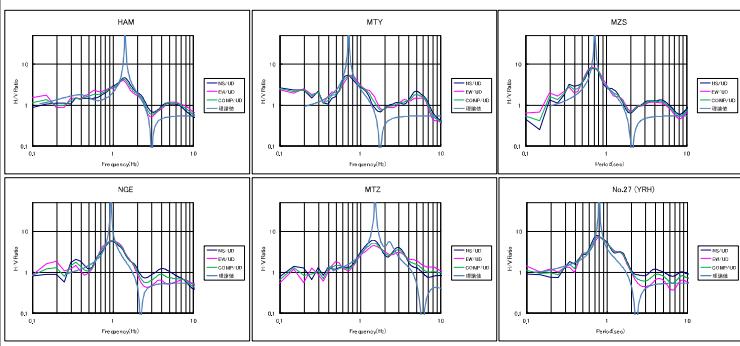
### 卓越周期分布 (2013年度:大山町, 琴浦町)



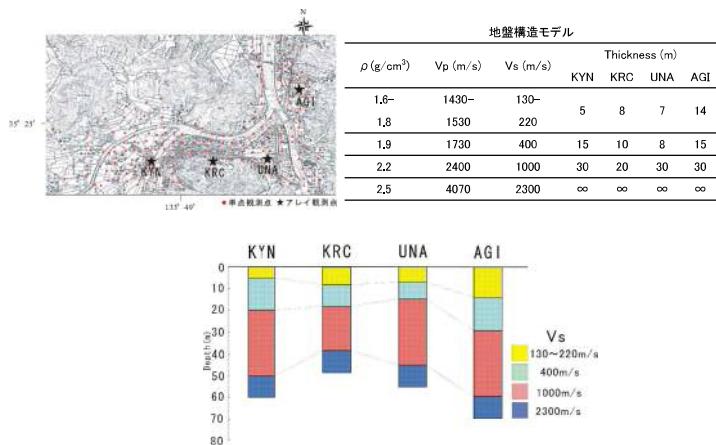
### 位相速度の分散曲線 (2013年度:湯梨浜町)



### アレイ中心のH/V (2013年度:湯梨浜町)



## 地盤構造モデル(2002年度:倉吉市)



## S波速度構造の柱状団(2013年度:大山町, 琴浦町)

