

An aerial photograph of a waterfall cascading down a rocky stream in a dense, lush green forest. The water is white and frothy as it falls over several large, dark rocks. The surrounding vegetation is thick and vibrant green, with various types of trees and ferns visible. The overall scene is serene and natural.

平成18年度 地球観測実習 構造探査実験

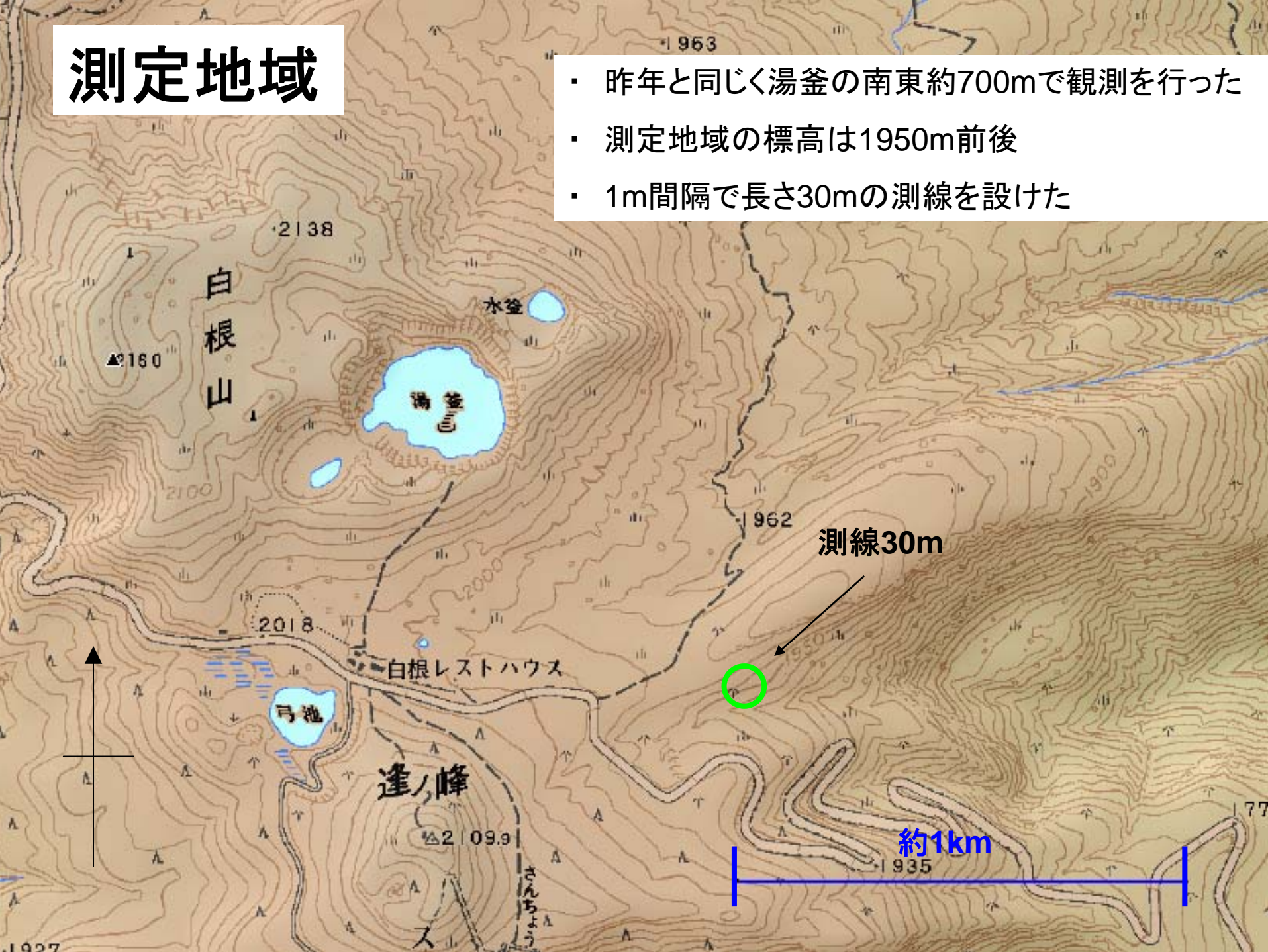
山谷崇・草葉陽子・野寺朋泰
教官：平田直・森田裕一 他

目的

- 構造探査実験の基本的な方法を学ぶ
- 得られたデータを用いて構造解析を行い、探査域浅部の地震波速度構造を求める

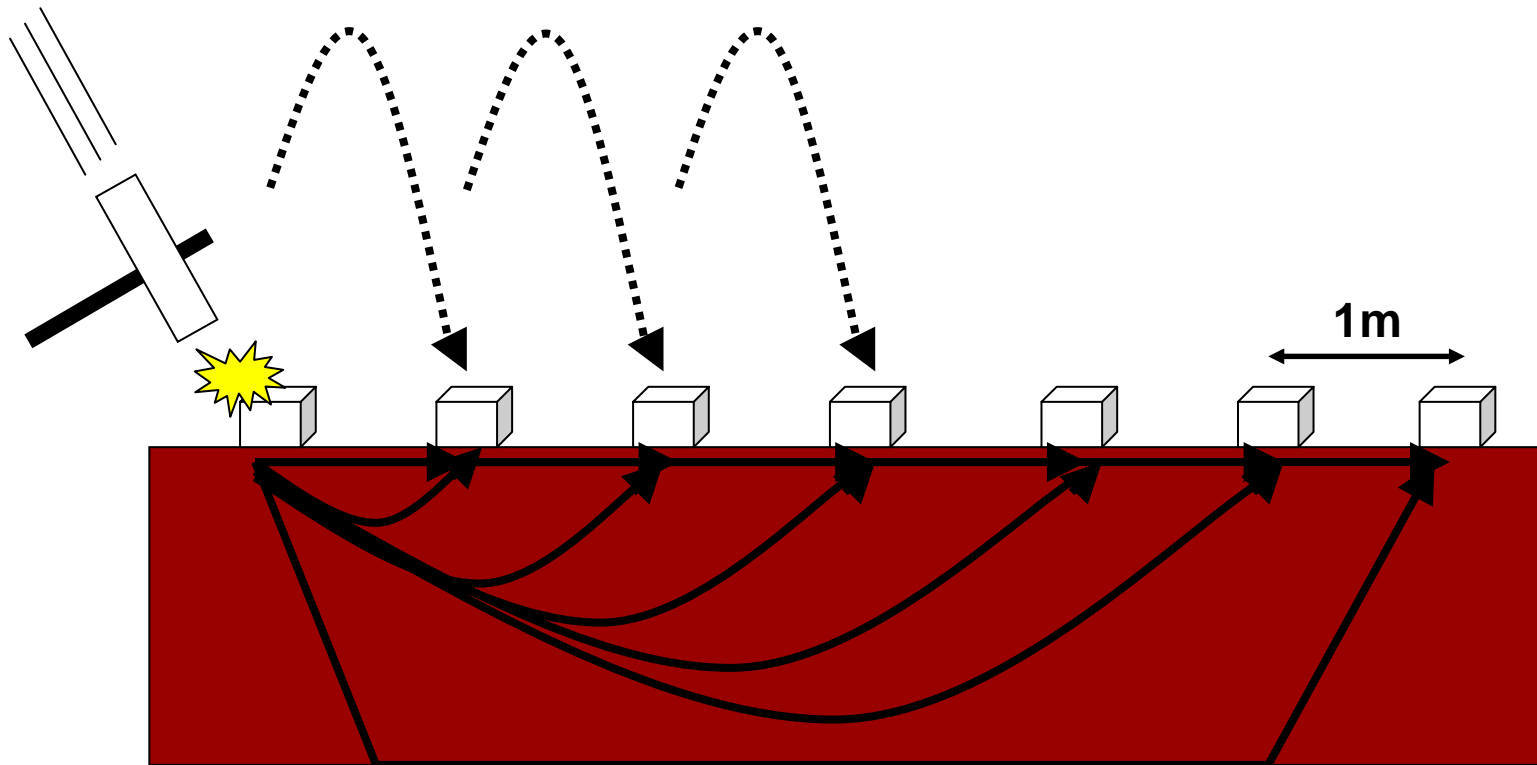
測定地域

- ・ 昨年と同じく湯釜の南東約700mで観測を行った
- ・ 測定地域の標高は1950m前後
- ・ 1m間隔で長さ30mの測線を設けた



観測手法

- 地震波記録装置を等間隔(1m)に配置する
- 各地点に円盤をセットし、ハンマーで叩いて人工地震を発生させる
- 各地震計で地震波を測定する
- 地震計とデータを回収し、室内にてデータ処理を行う



地震波記録装置の設定

- 全ての地震計を同時に動かすため、あらかじめ測定開始時刻を設定する必要がある
- 記録装置に電池を入れて動作確認
- GPSから衛星を通じて取得した時刻(精度 10^{-11})を30個の記録装置全てに送る
- 地震計のサンプリング周波数は1kHz(1msec/sample)

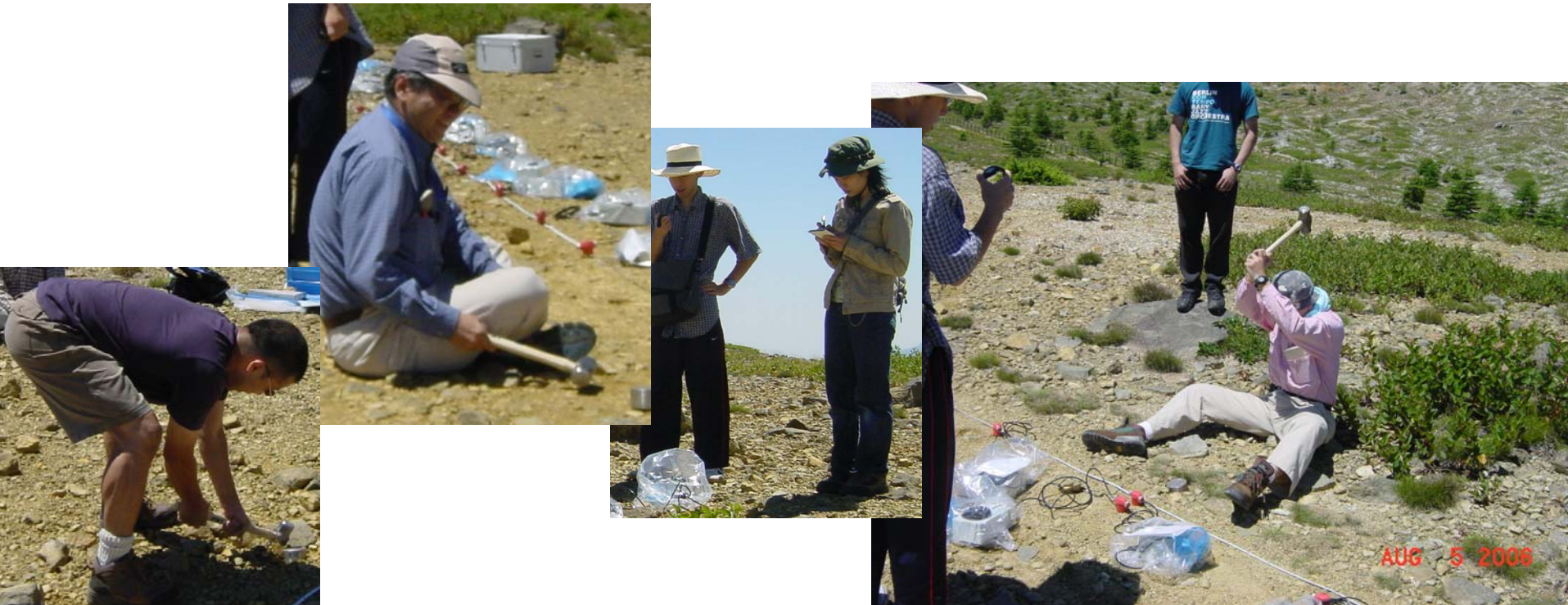
地震計の設置

- なるべく水平な面に、できるだけ直線になるように30mの測線をとる
- 測線上に1m間隔で30個の地震計・記録装置・GPSを設置した



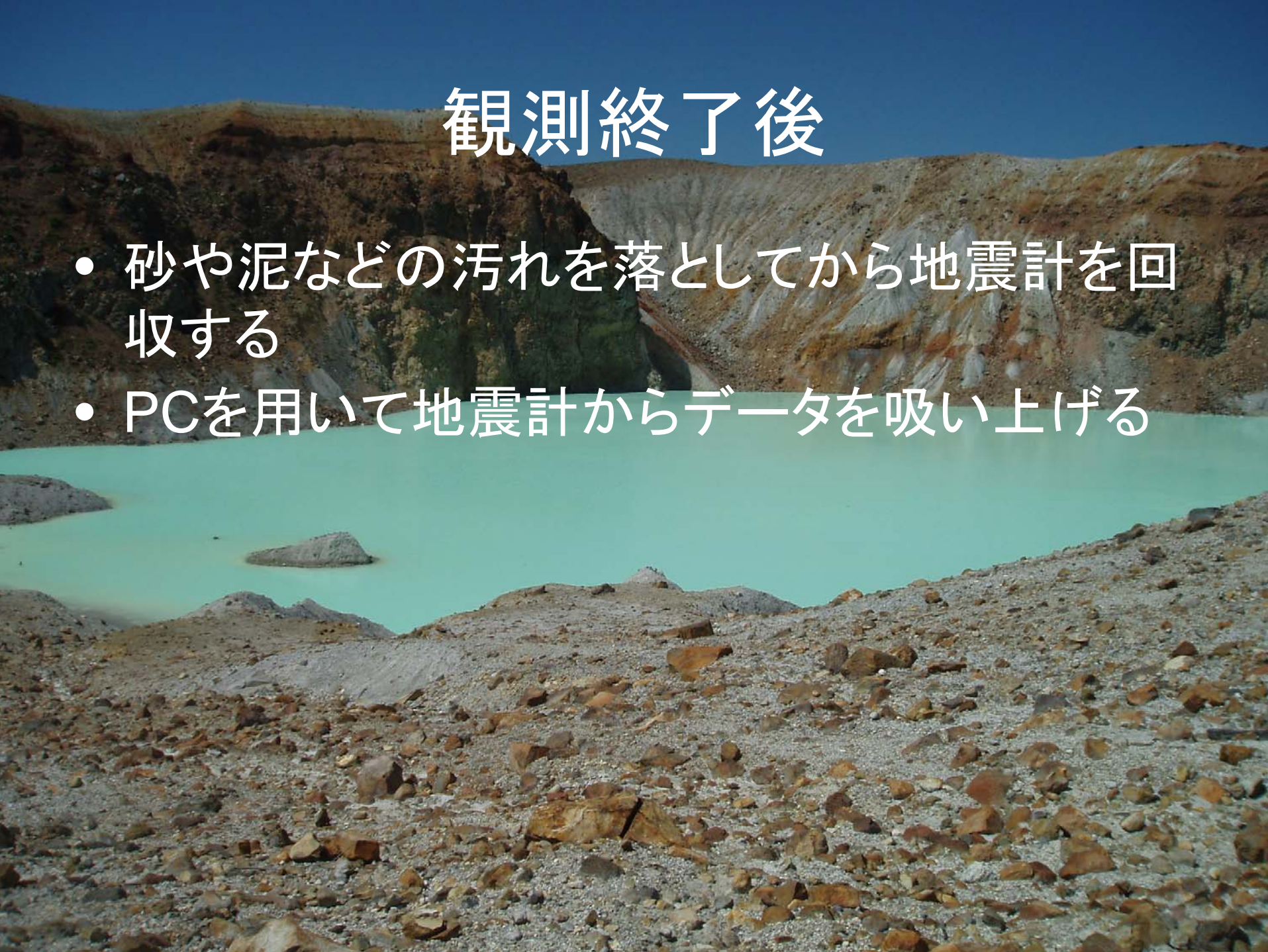
人工地震の発生

- 地震計の脇に円盤を設置
- あらかじめ決めた時間間隔でハンマーで打つ
- 各地点の打つ回数は10回
- その際、shottime(腕時計による)を記録しておく



観測終了後

- 砂や泥などの汚れを落としてから地震計を回収する
- PCを用いて地震計からデータを吸い上げる

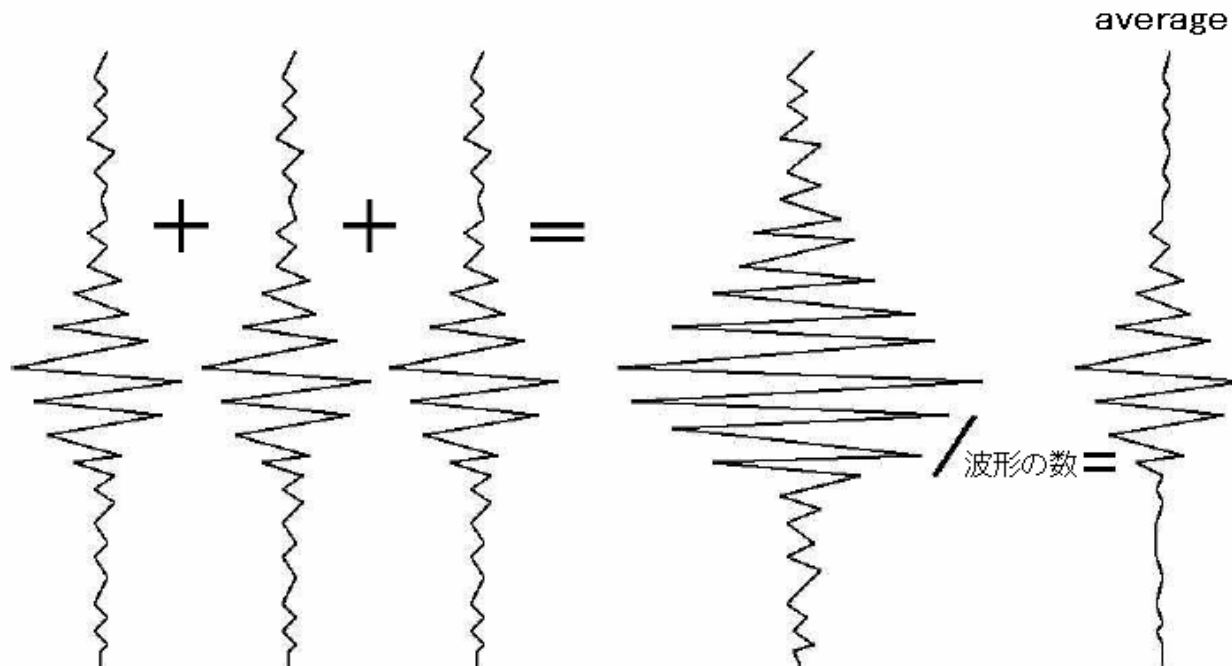


データ処理手順

- 地震計に記録された波形とフィールドノートの記録を照合し、人工地震発生時間を1/1000secの精度で決定する
- データを切り出して地震計の番号ごとに整理し、地震波の初動を決定する
- S/Nを向上させるためにスタック処理を行う
- shottimeから1.0秒後までの全ての地震計の波形を読み取り、平行に並べる→走時曲線
- 走時曲線を読み取り地震波速度構造を計算する

スタック処理

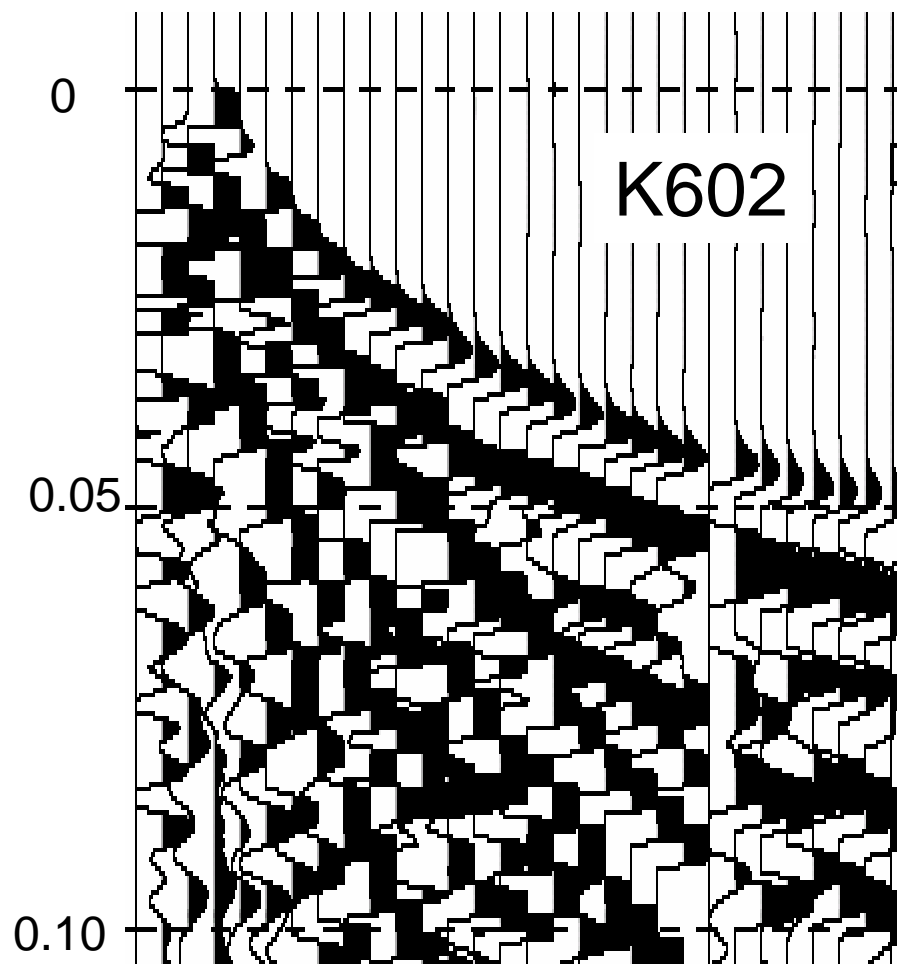
- 同じ地震計、震源ごとのデータの平均をとる
- 位相が同じであれば増幅され、異なれば減衰するのでS/N比が向上する
- この処理によって機器固有のノイズと人為的ノイズが消えて初動を見つけやすくなる



速度が徐々に速くなる？
3層を仮定して解析

水平距離(m)

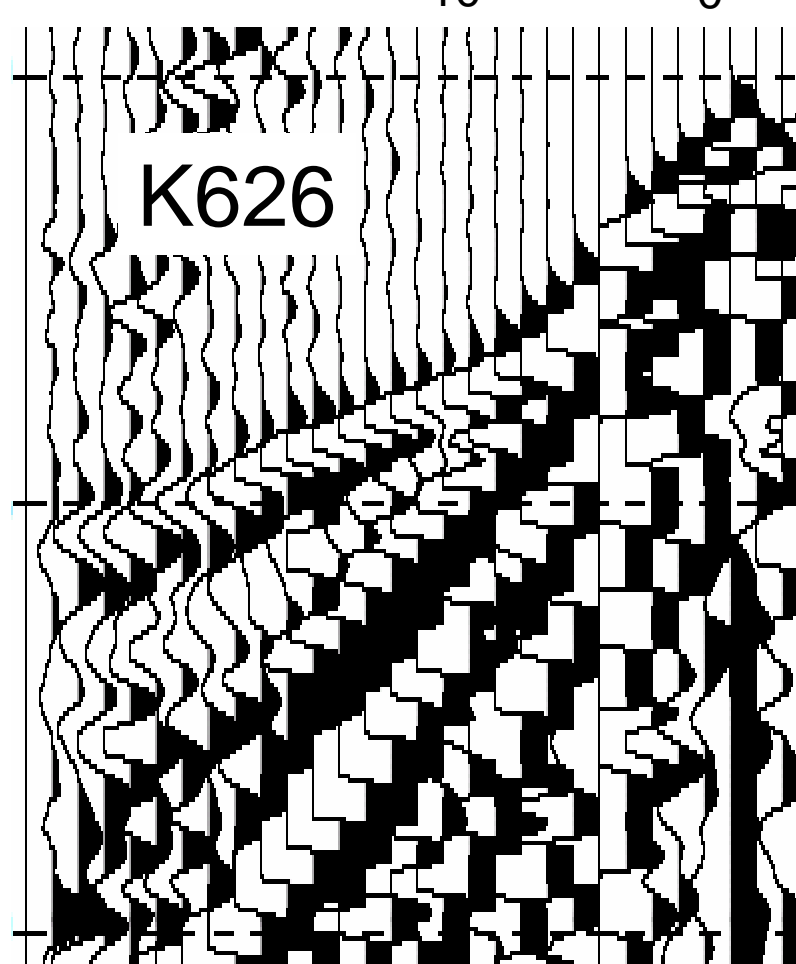
0 10 20



2層を仮定できる記録

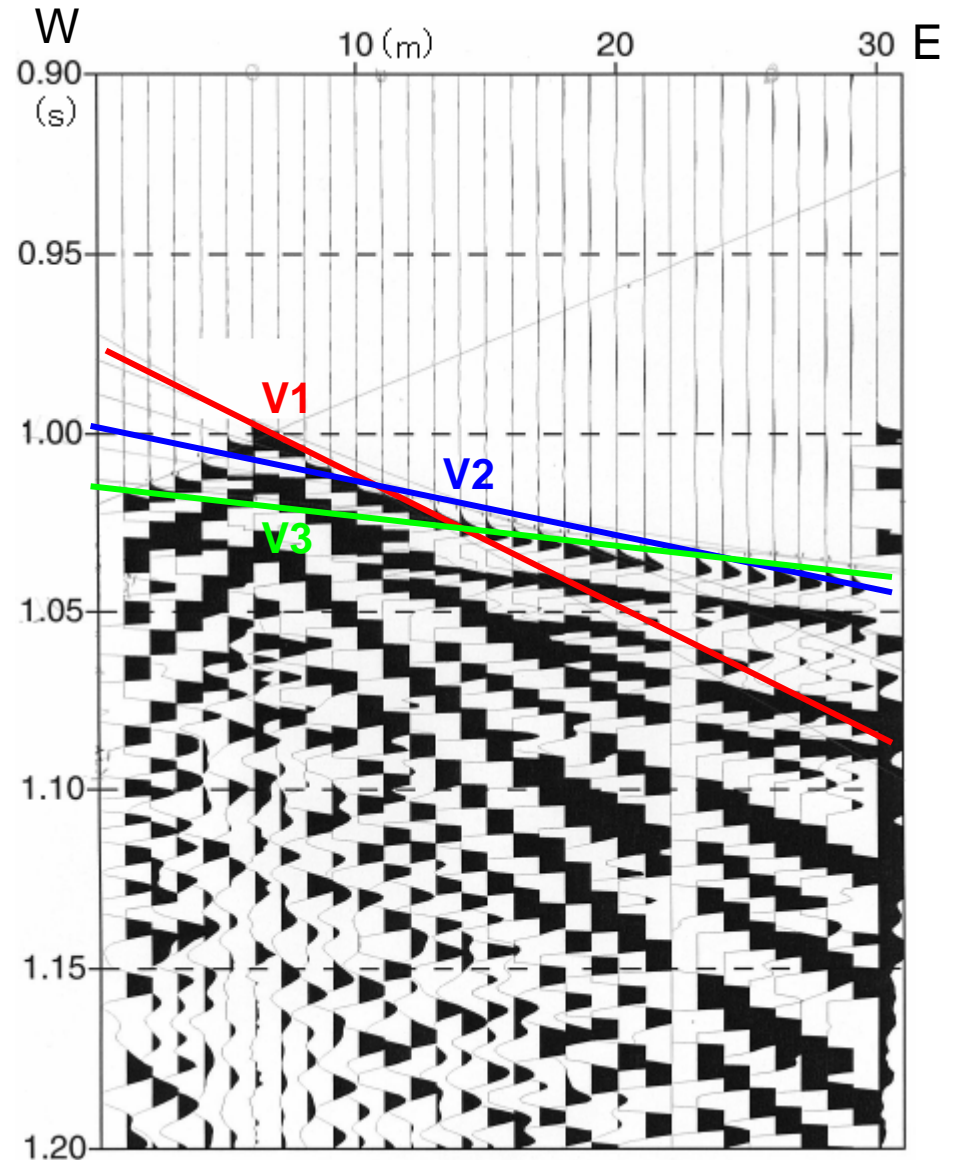
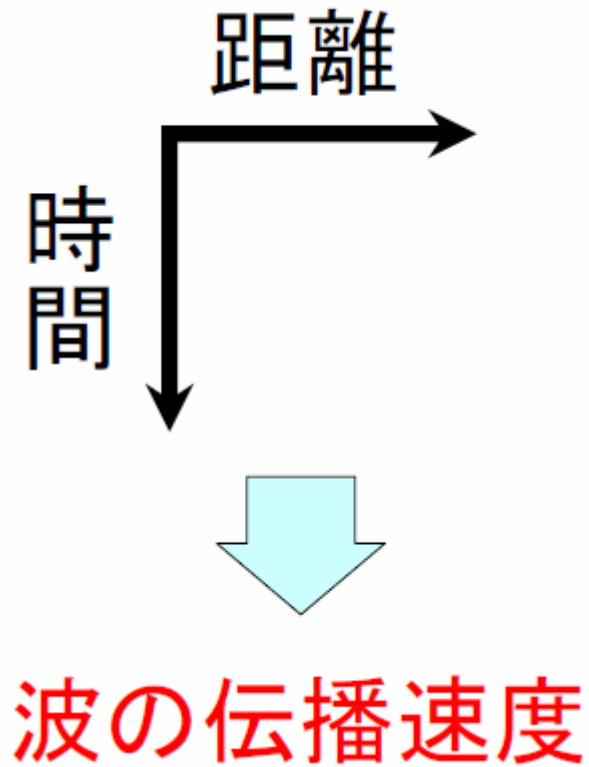
水平距離(m)

20 10 0



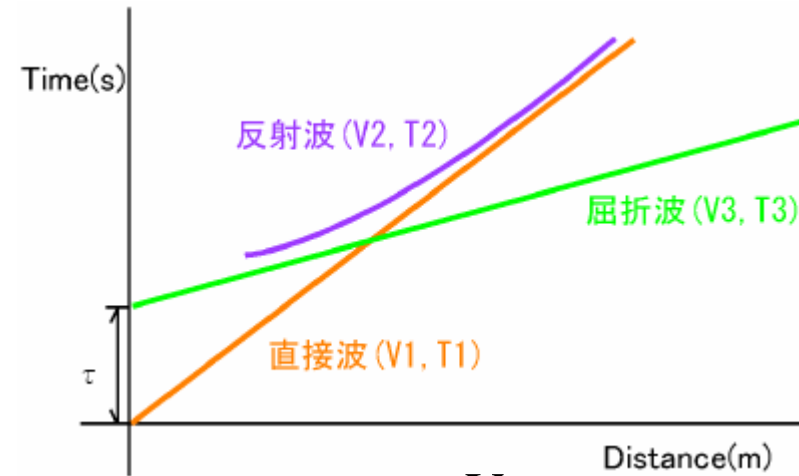
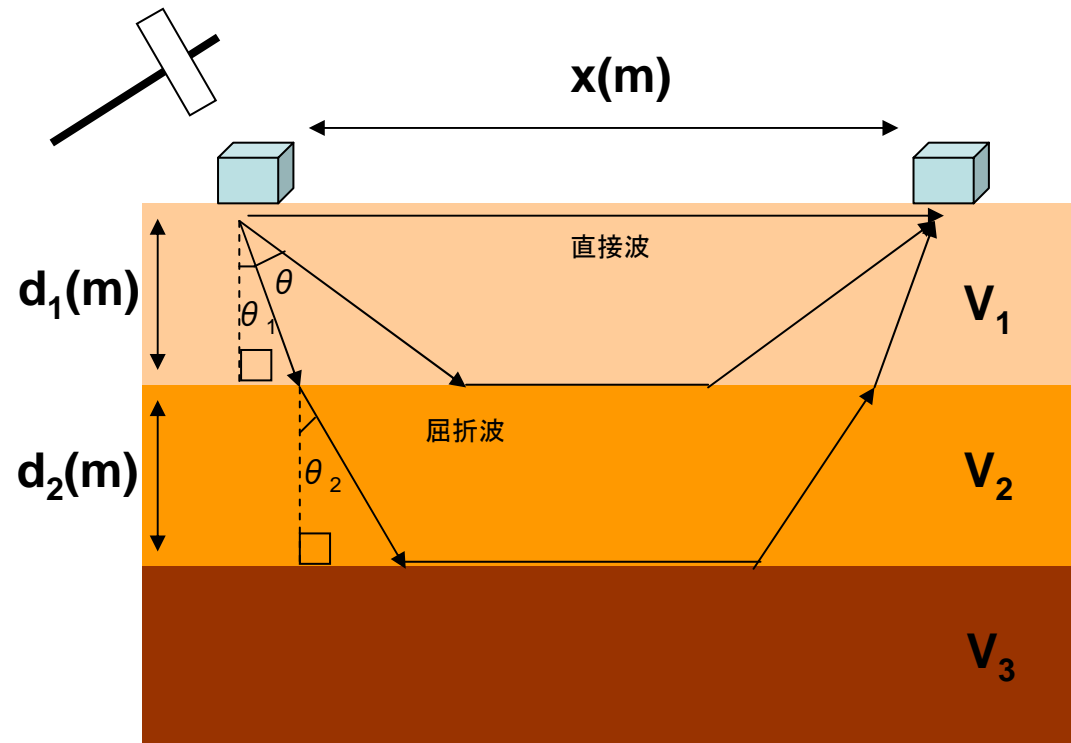
(s)

走時曲線の作成



地震波速度構造

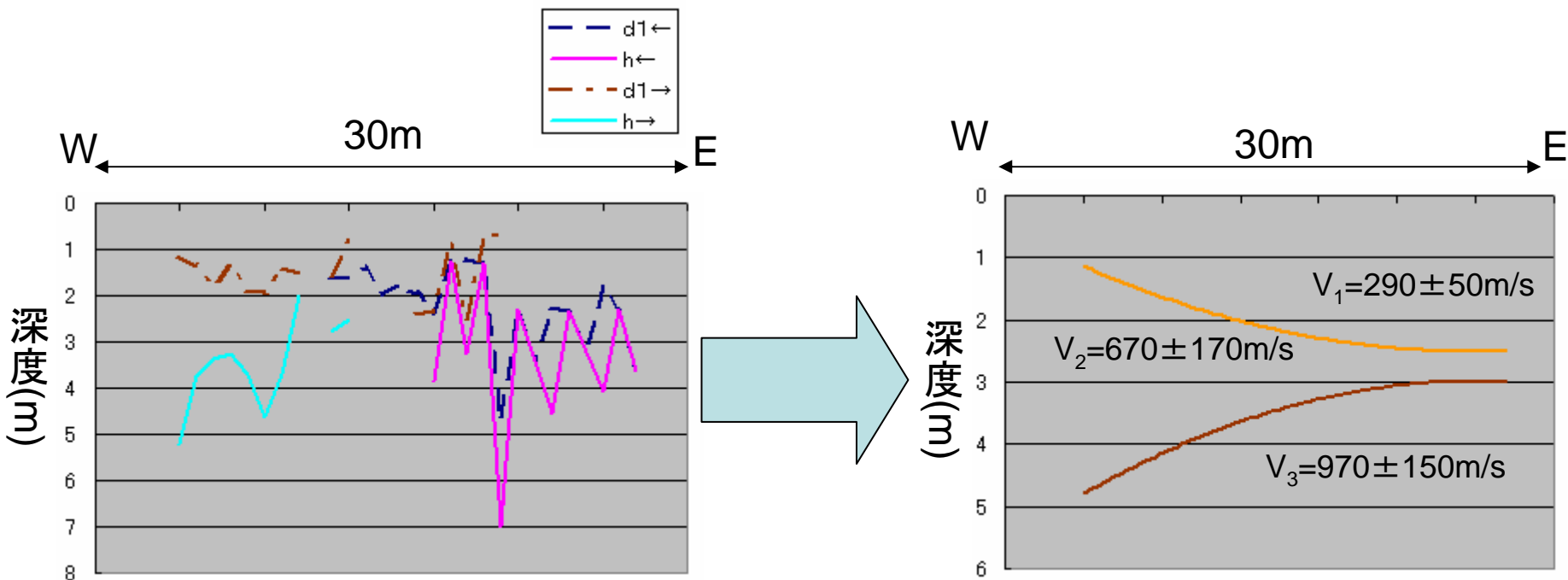
- 水平3層構造、および傾斜2層構造と仮定して地震波速度と層厚を求める
- 走時曲線の傾き($1/v_1, 1/v_2, 1/v_3$)とy切片(τ, τ')から地震波速度(V_1, V_2, V_3)と層厚(d_1, d_2)を求める



$$d_1 = \frac{\tau V_1}{2\sqrt{1 - (V_1^2 / V_2^2)}}$$

$$d_2 = \frac{(\tau' - \tau)V_2}{2\sqrt{1 - \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2}}$$

推定断面図(3層構造と仮定)

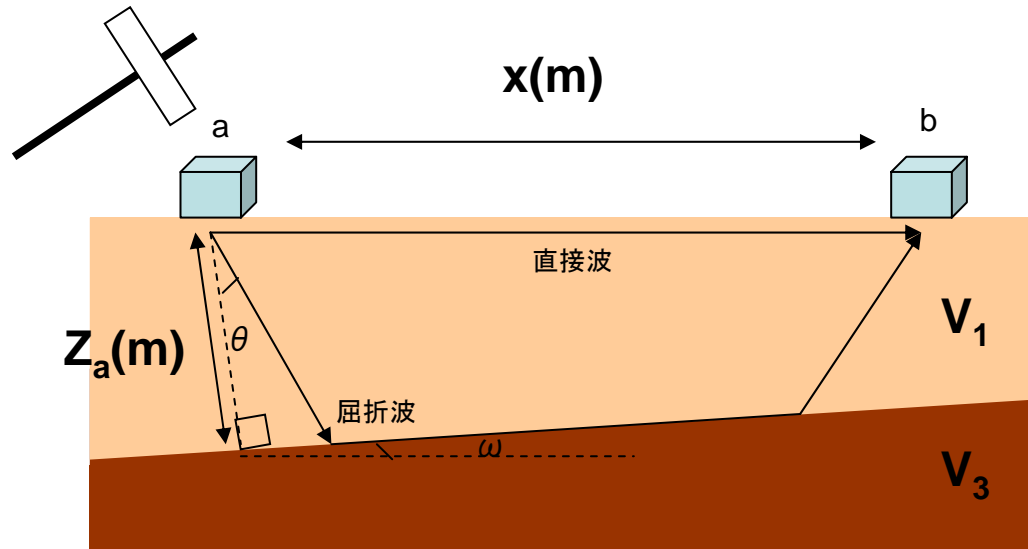


第1層と第2層の境界線は右肩下がりのグラフとなり、第2層と第3層の境界線は右肩上がりのグラフとなるので、速度構造は大体右図のようになる。

層の境界線が系統的に右肩下がりであり、水平ではない→モデルと矛盾

西向き $V_2 >$ 東向き V_2 なので層の境界線が傾斜している可能性→傾斜2層構造を仮定

- 傾斜2構造



V_a, V_b は見かけの速度

$$\theta = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} \frac{V_1}{V_a} + \sin^{-1} \frac{V_1}{V_b} \right)$$

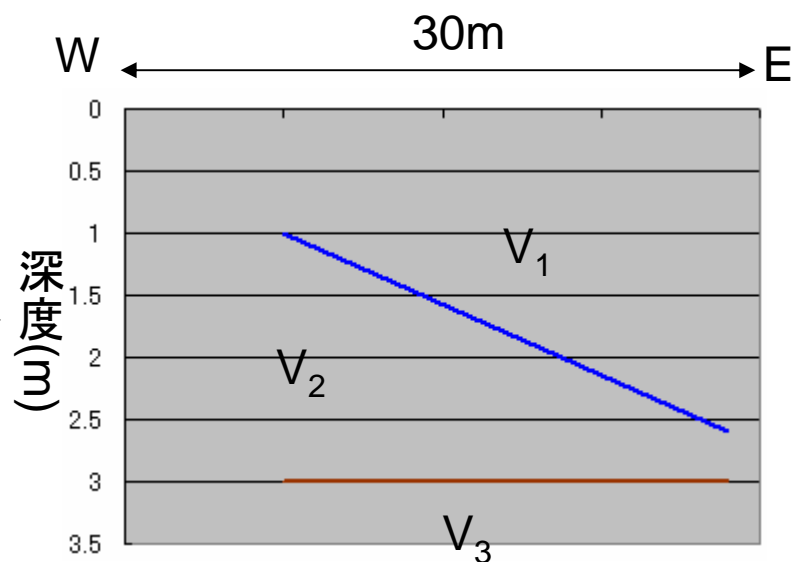
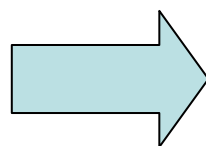
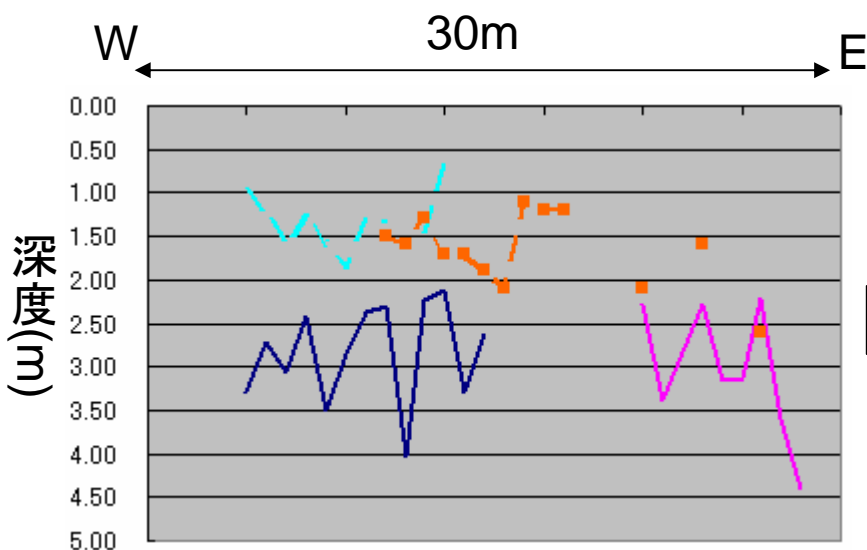
$$\omega = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} \frac{V_1}{V_b} - \sin^{-1} \frac{V_1}{V_a} \right)$$

$$Z_a = \frac{\tau_a V_1}{2 \cos \theta}$$

推定断面図(傾斜2層構造と仮定)

点線: V_1 と V_2 による推定

実線: V_1 と V_3 による推定



2つの速度の組み合わせで傾斜2層構造と仮定して解析を行った。

V_1 と下の層の境界は約2.5度東傾斜である。

考察・まとめ

- 上手く叩けないとノイズが発生するが、スタック処理によって無視できるレベルまで小さくすることができた
- 各地点で速度に有意な差がある
(V_1 : $\pm 17\%$, V_2 : $\pm 25\%$, V_3 : $\pm 15\%$)
 - 場所によって構成物質が異なる、他に V_2 に関しては読み取り誤差が大きいことが考えられる
- 測定地域は傾斜3層構造
- 走時曲線の読み取りが困難
 - 印刷した走時曲線を定規で長さを読み取って値に変換するため、読み取り誤差が大きい(τ を0.5mm大きく読むと約10cm差が出る)。
 - 特に走時曲線からの速度の読み取りに大きく個人差が出る(深度の計算値に1m強の差が出る)。