



平成16年度 地球観測実習 構造探査班

鈴木彩子・山口飛鳥・川西圭景

教官：平田 直・森田裕一・篠原雅尚・塩原 肇

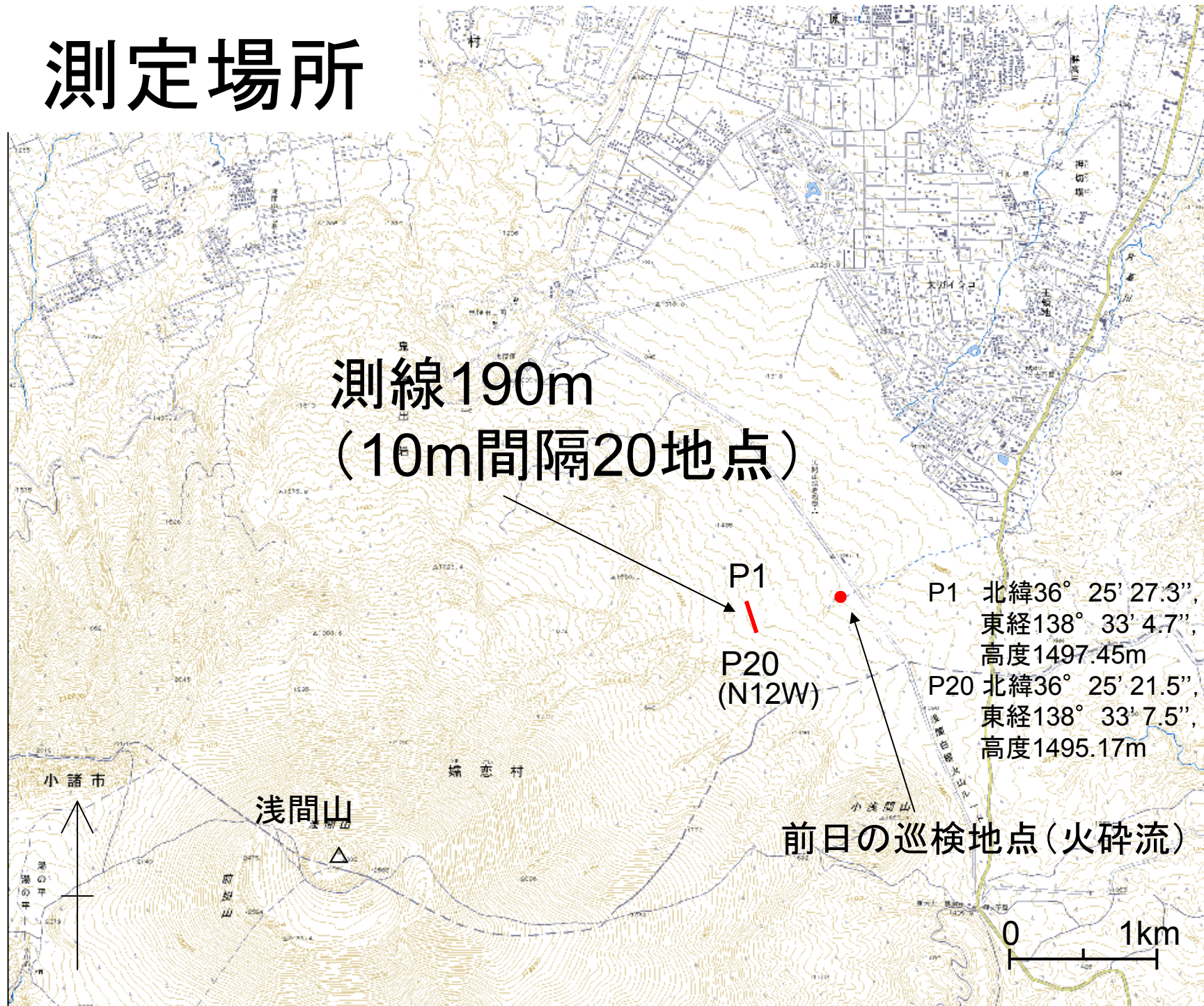
目次

- はじめに
- 観測
- データ処理
- 結果
- 考察
- まとめ
- 課題

目的

- 地震波構造探査実験を通して、構造探査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.

測定場所



地質概略

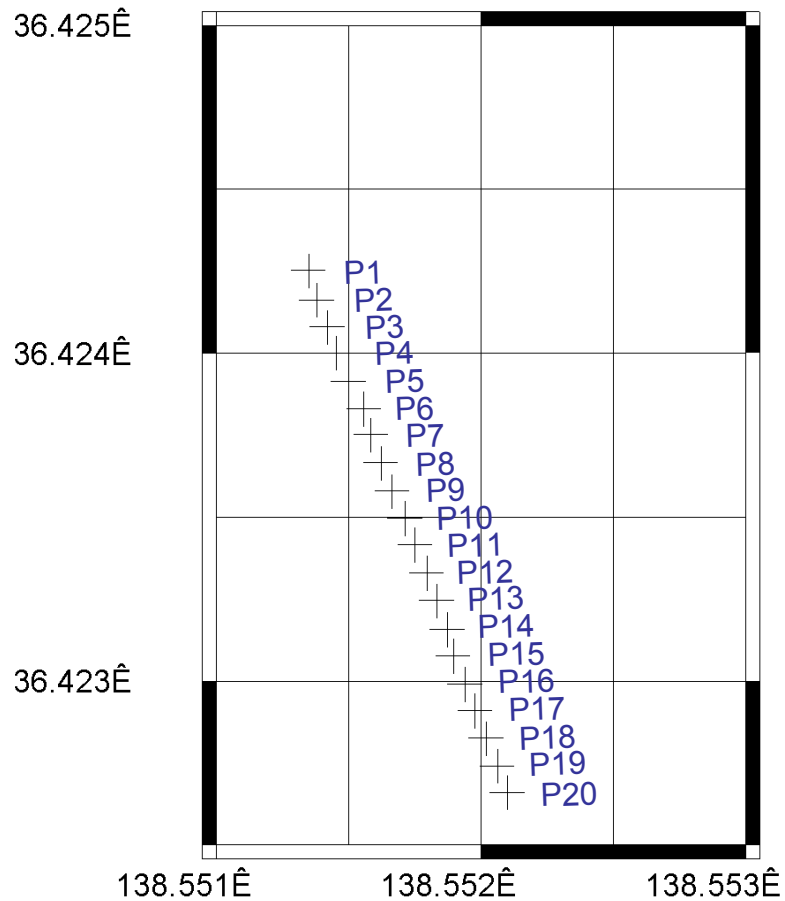
- 昨年の測定地点とほぼ同じ場所
- 天明(1783年AD)噴火時の吾妻火砕流堆積物の上に位置する



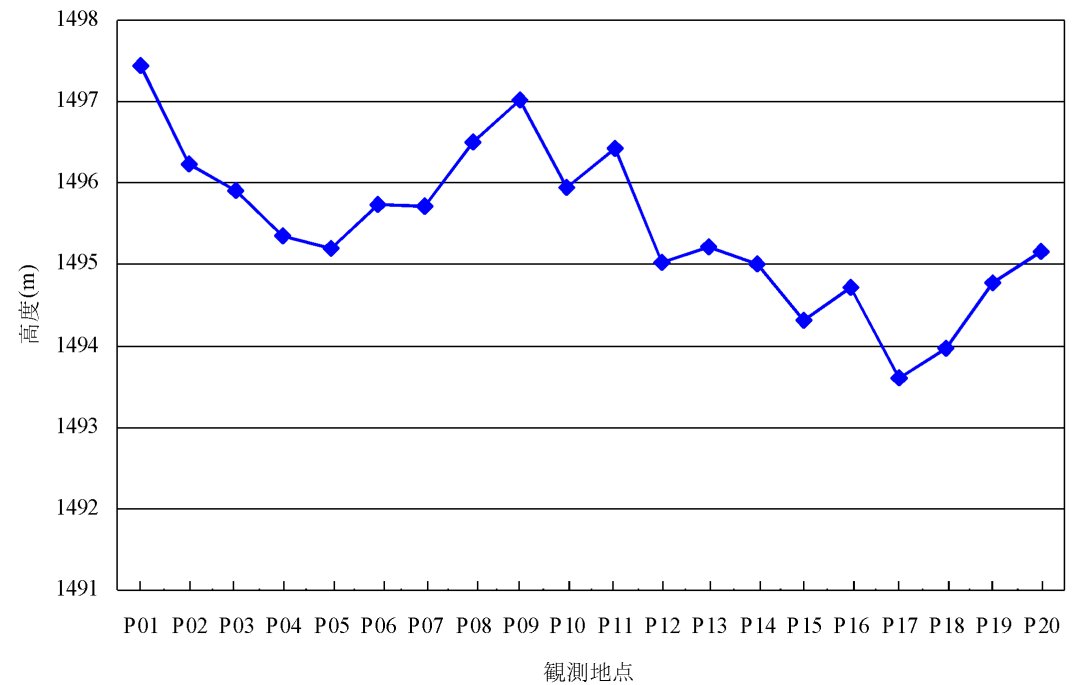
高橋,2003

GPSによる位置の測定

- ・全観測地点で位置(北緯・東経・高度)を測定

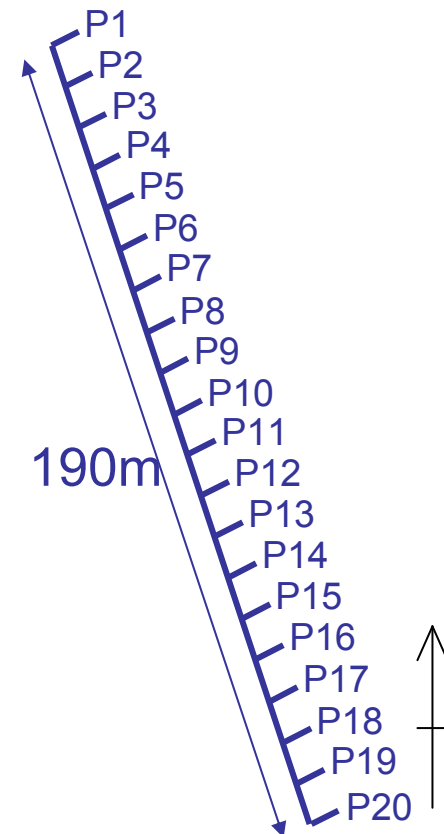
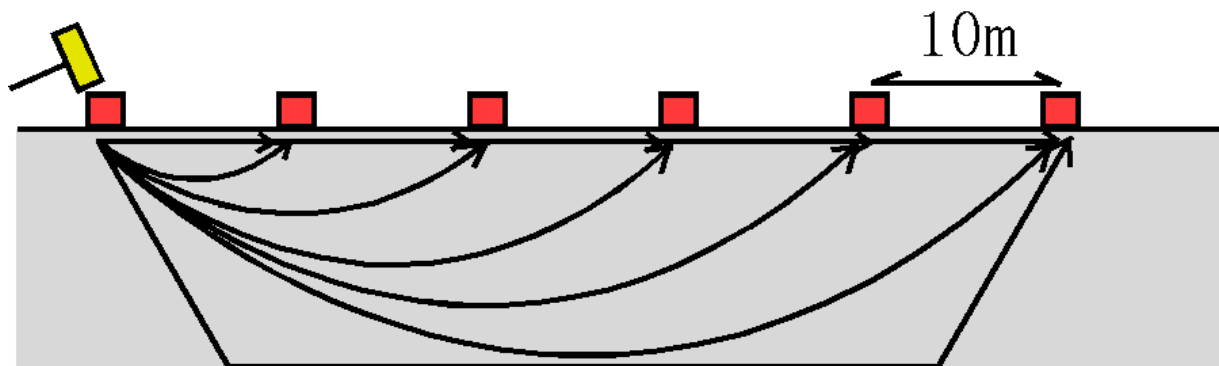


高度の変化 (GPS測定)



観測手順

- 1: 地震波記録装置20個の設定合わせ(GPS時刻)
- 2: 地震計を10m間隔で設置→測線190m
- 3: 各地点にて鉄杭をハンマーで打ち、地震波を発生させる
このとき、各観測地点で地震波を記録
- 4: GPSにて各地点の位置を測る
- 5: 地震計の撤収・データの回収
(→室内にてデータ処理へ)



手順1: 記録装置の設定合わせ

- 記録装置に電池を入れる
AD変換分解能24bit (1Vが 2^{23} bit)
- GPSから時刻情報(精度 10^{-11})取り込み,
20個の記録装置全てに時刻データを送る
- 地震計のサンプリング周波数: 1kHz,
変位速度: 1×10^{-19} m/s / LSB



手順2: 地震計の設置

- ・できるだけ水平に, 190mの測線をとる
- ・10m間隔, 20箇所の観測地点
- ・各地点に地震計・記録装置・GPS(時刻合わせ用)を設置



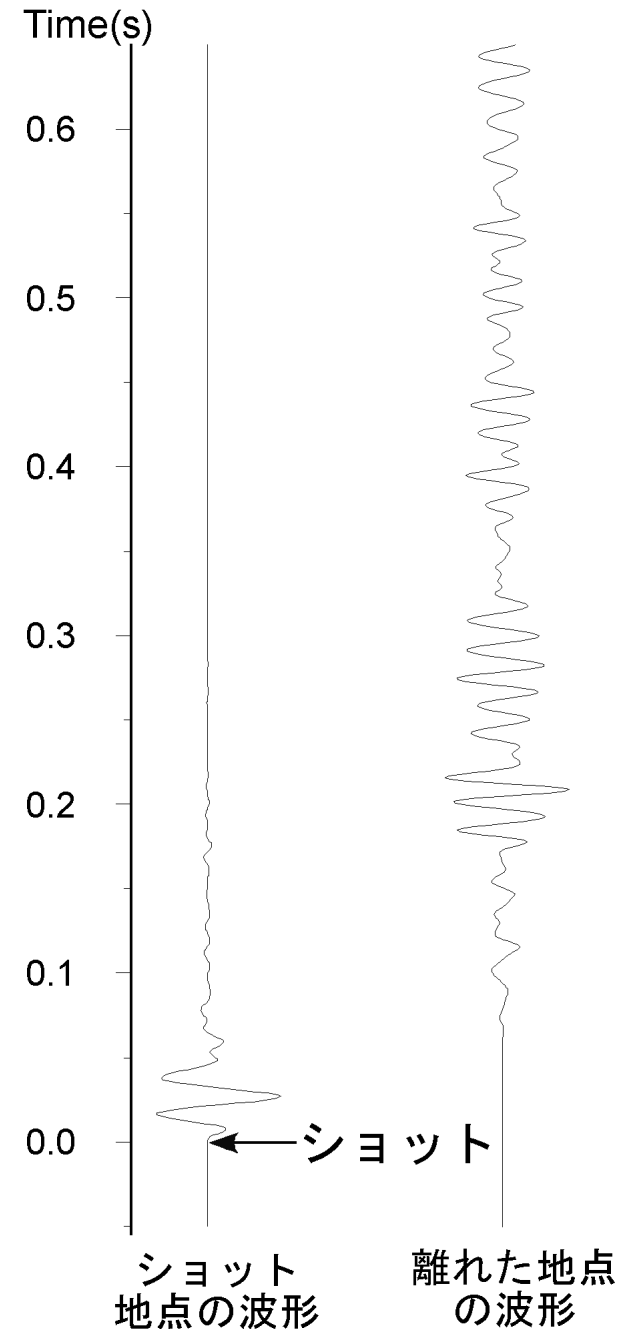
手順3: 地震波の発生

- 地震計の脇に鉄杭を設置
- 4kg鉄ハンマーで、
30秒に1回鉄杭を打つ
- 各地点で5～20回×20地点
- 測定時刻(腕時計)を記録しておく



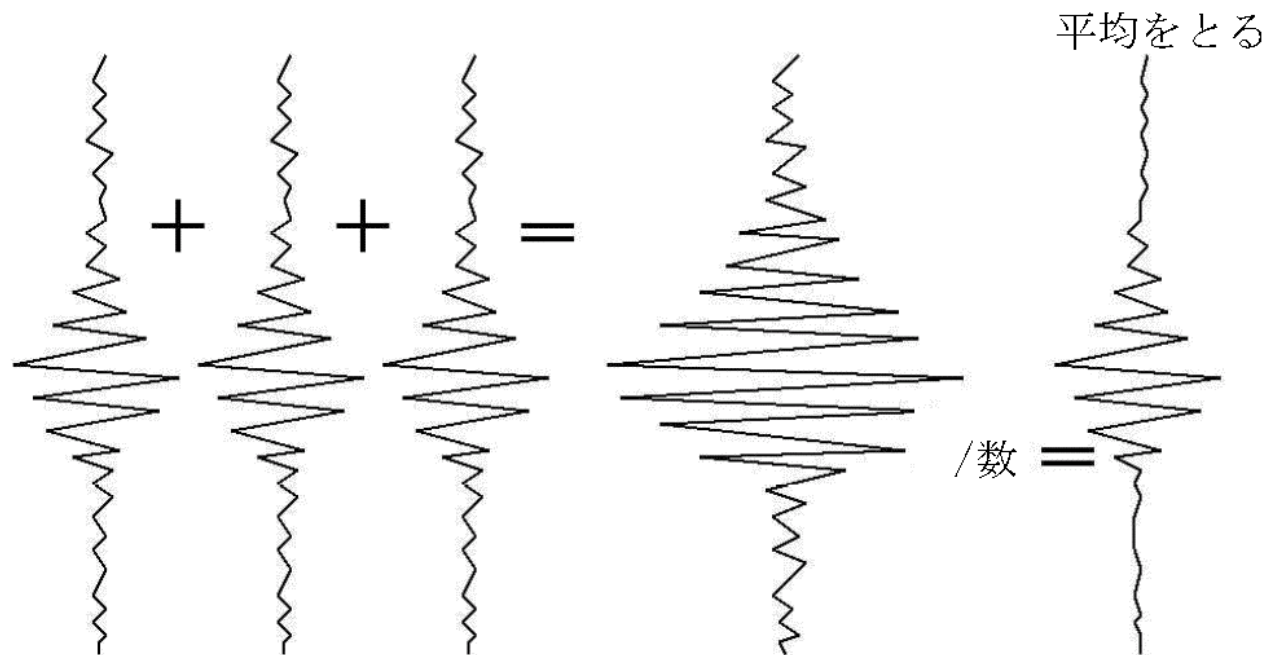
データ処理

- 1: 人工地震発生時間の特定
 - 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
- 2: データの切り出し
 - 各ショットの0.1秒前から約3秒間のデータを抜粋する
- 3: スタック処理
 - S/N比を向上させる
- 4: paste upして走時曲線を作成
(→走時曲線から構造解析へ)



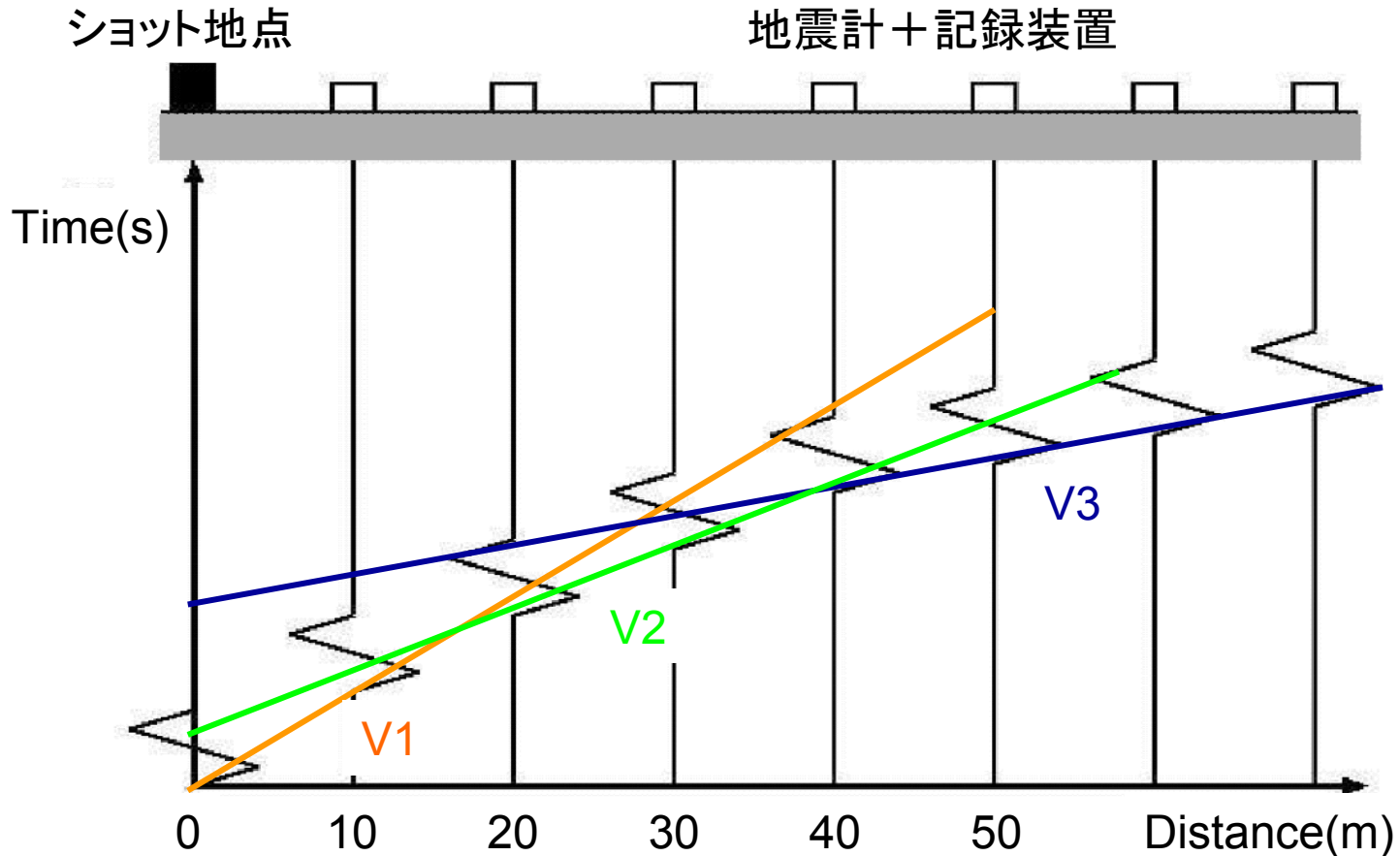
処理3: スタック処理

- 同じ地震計, 震源ごとにデータを加算する
- データ数で割って平均を出す
- 位相が同じだと増幅され, 異なれば減衰するので波形の共通部分が増幅され, S/N比(=signal/noise)が向上する



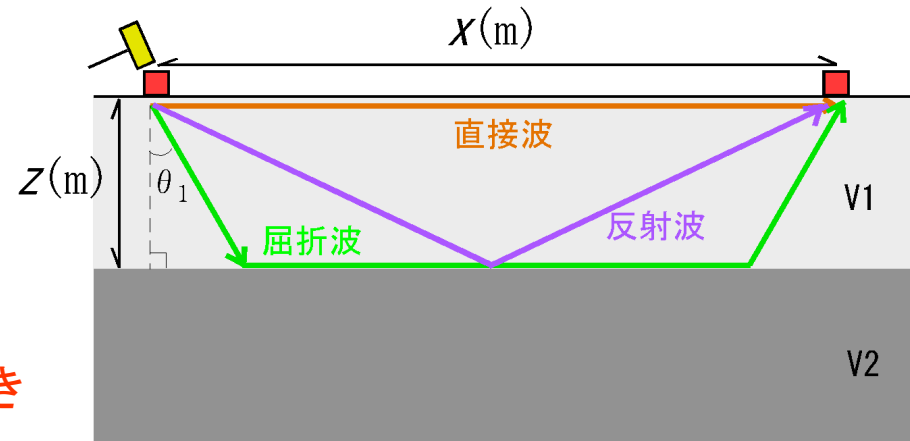
処理4: 走時曲線の作成

- 発信源を時刻0として, 各観測点の波形を並べる



走時曲線から地下構造解析(1)

- 大局的に水平2層構造と仮定
- 走時曲線の傾きとy切片から、地震波速度と層厚を求める



$$T_1 = \frac{x}{V_1}$$

∴ V1=1/直接波の傾き

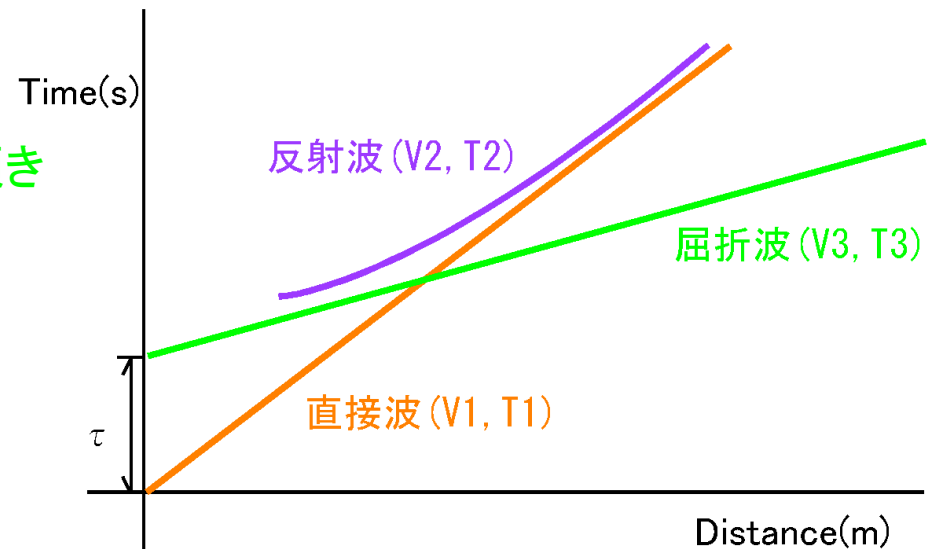
$$T_2 = \frac{\sqrt{(2z)^2 + x^2}}{V_1}$$

$$T_3 = \frac{x}{V_2} + \frac{2z \cos \theta_1}{V_1}$$

∴ V2=1/屈折波の傾き

$$\tau = \frac{2z \cos \theta_1}{V_1} = \frac{2z \sqrt{1 - (V_1^2 / V_2^2)}}{V_1} \text{ より}$$

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



走時曲線から地下構造解析(2)

- 水平3層構造の場合

水平2層構造と同様

- 傾斜2層構造の場合

$$T_1 = \frac{x}{V_1} \quad \therefore V_1 = 1 / \text{直接波の傾き}$$

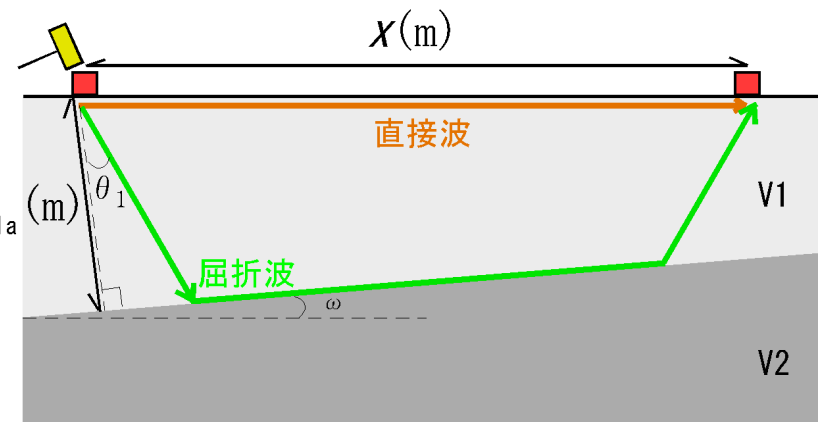
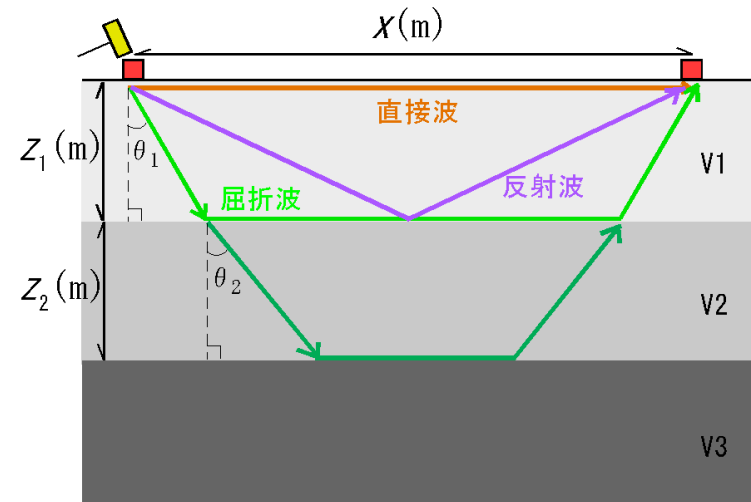
$$T_3 = \frac{\sin(\theta_1 - \omega)}{V_2} x + \frac{2z_{1a} \cos \theta_1}{V_1}$$

$$\tau_a = \frac{2z_{1a} \cos \theta_1}{V_1}$$

$$\text{逆側線の } T_{3b} = \frac{\sin(\theta_1 + \omega)}{V_2} x + \frac{2z_{1b} \cos \theta_1}{V_1} \text{ より}$$

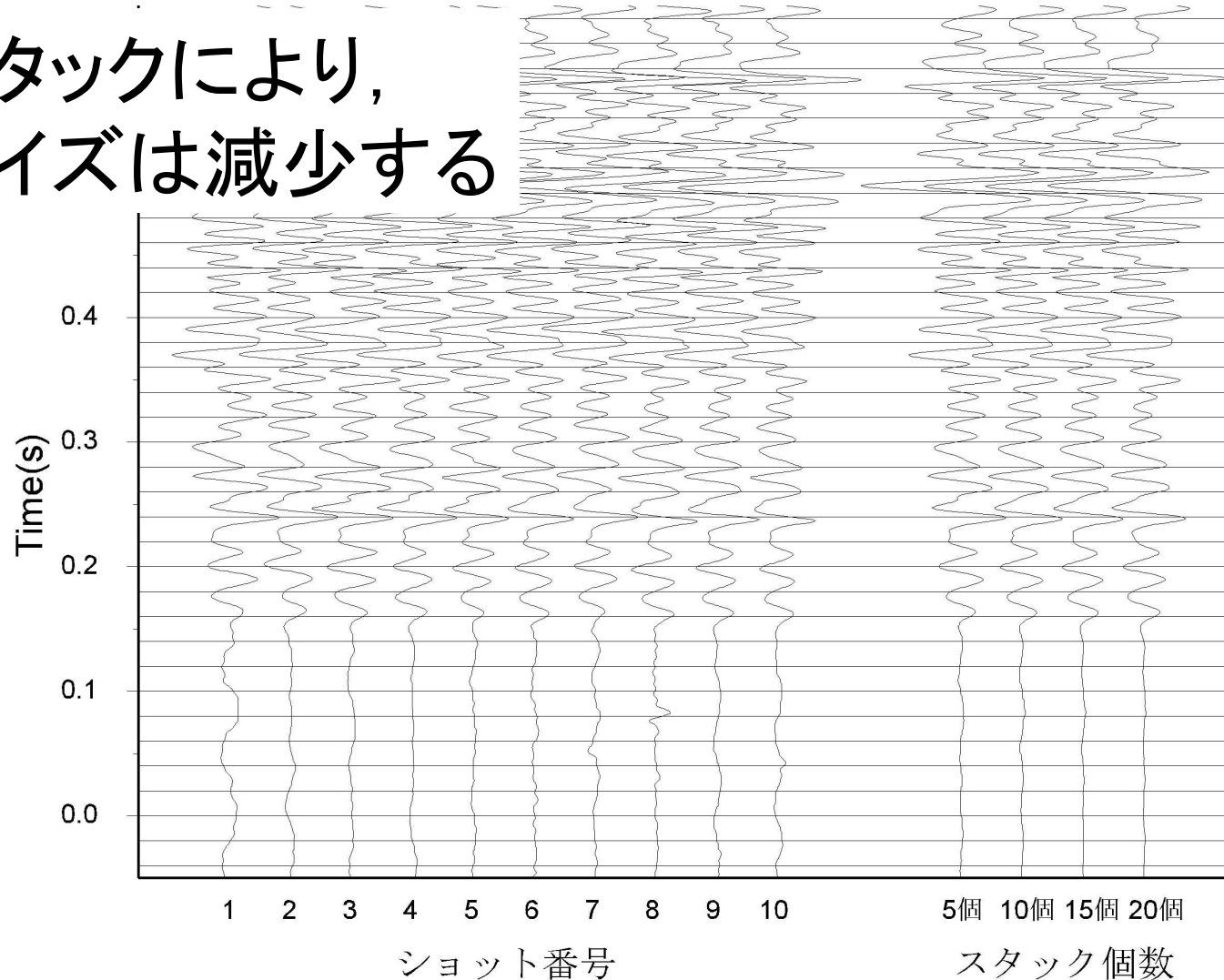
θ, ω を求める $\therefore V_2 = \sin(\theta - \omega) / \text{屈折波の傾き}$

$$z_{1a} = \frac{\tau_a V_1}{2 \cos \theta_1}$$



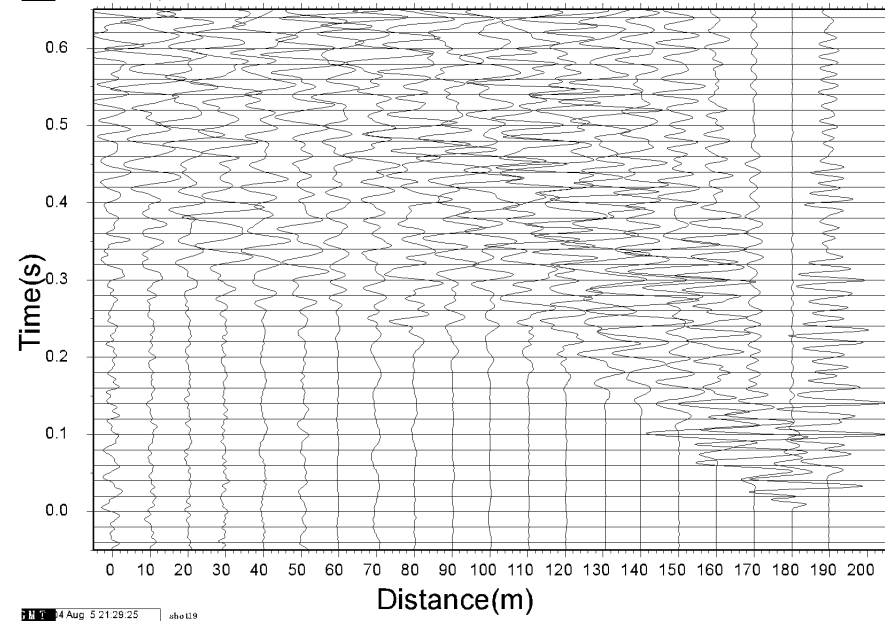
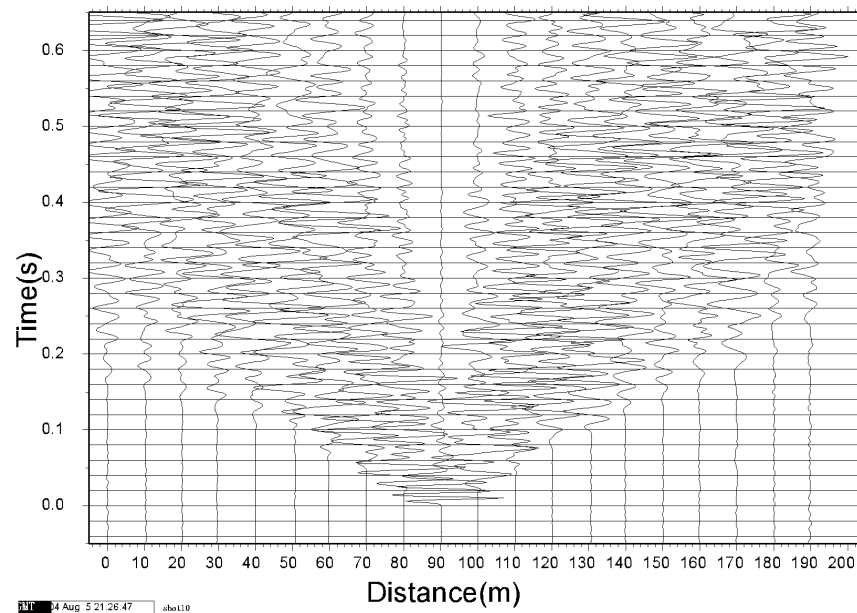
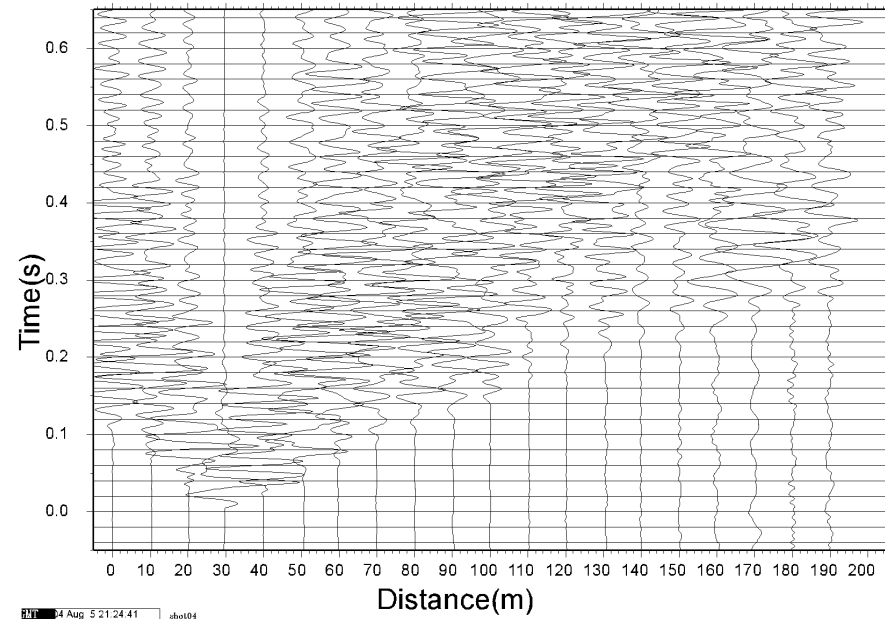
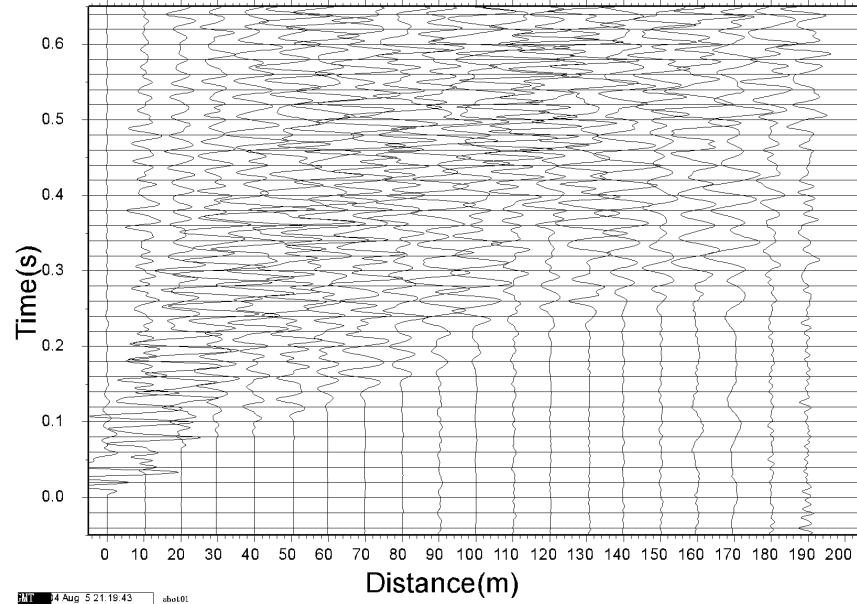
結果1:スタック処理

- ・スタックにより,
ノイズは減少する

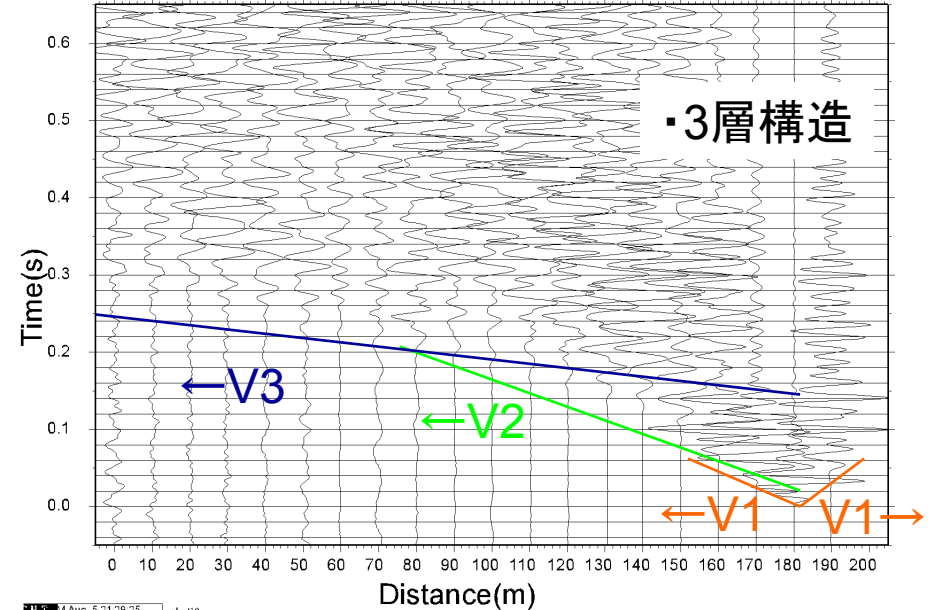
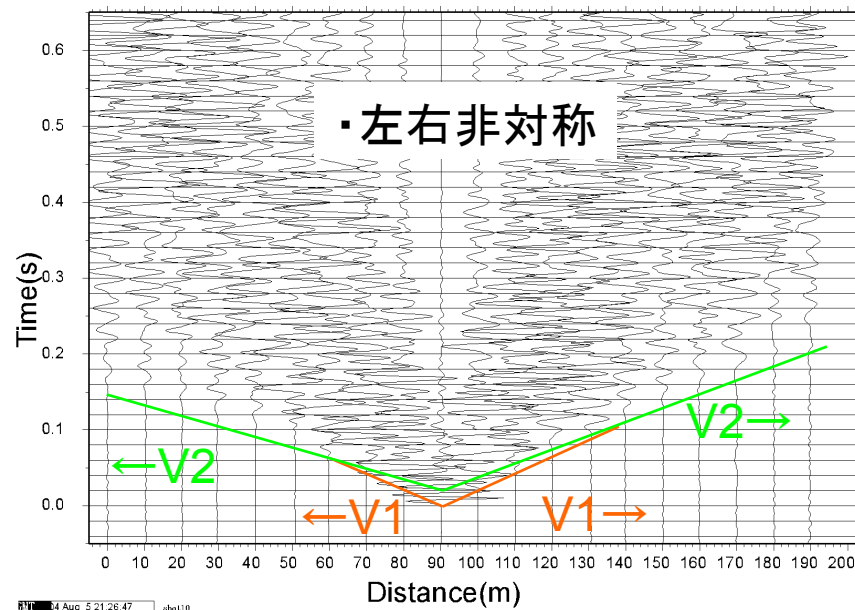
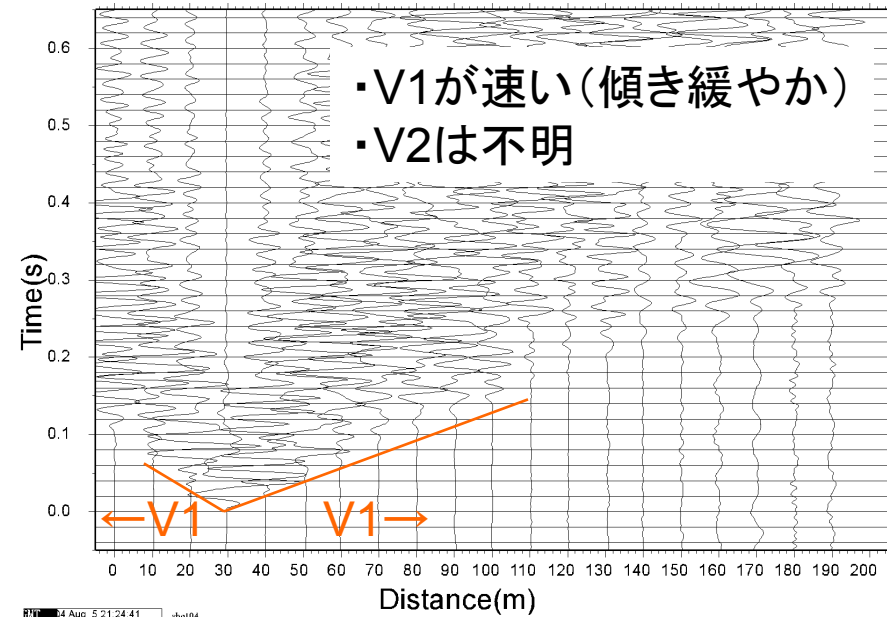
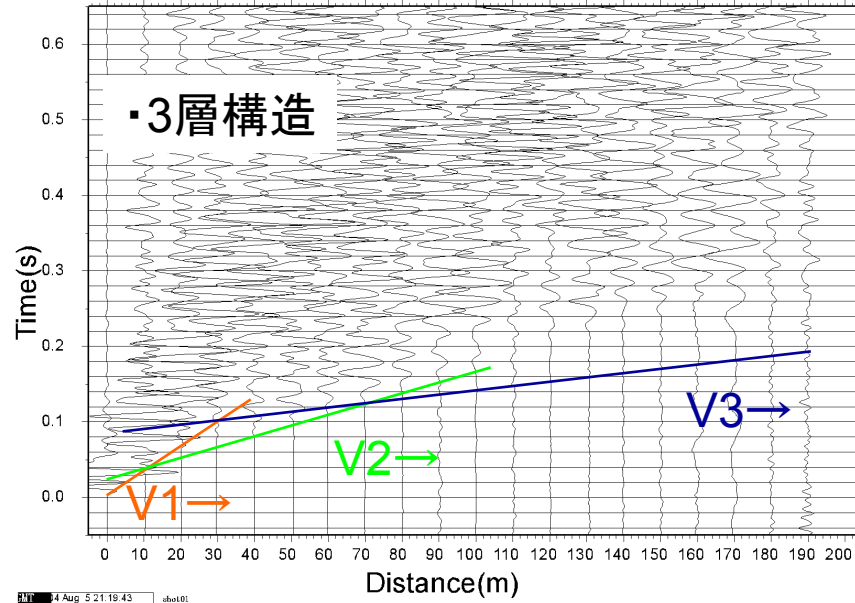


(ショット地点P1, 観測地点P9)

結果2: 走時曲線

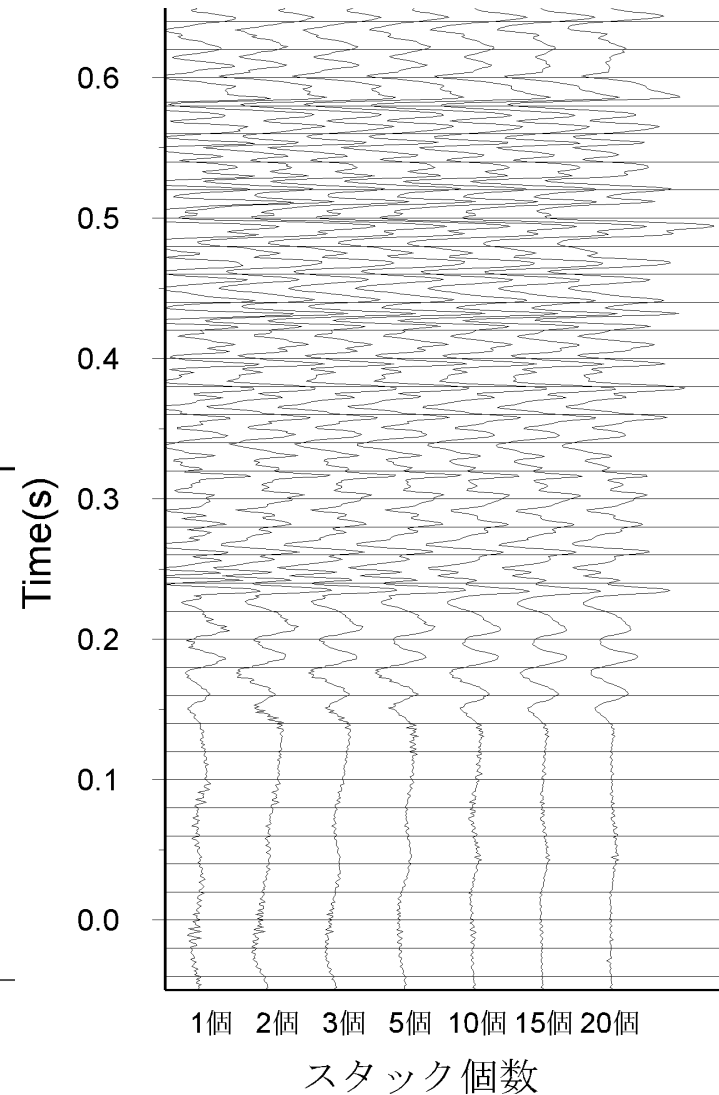
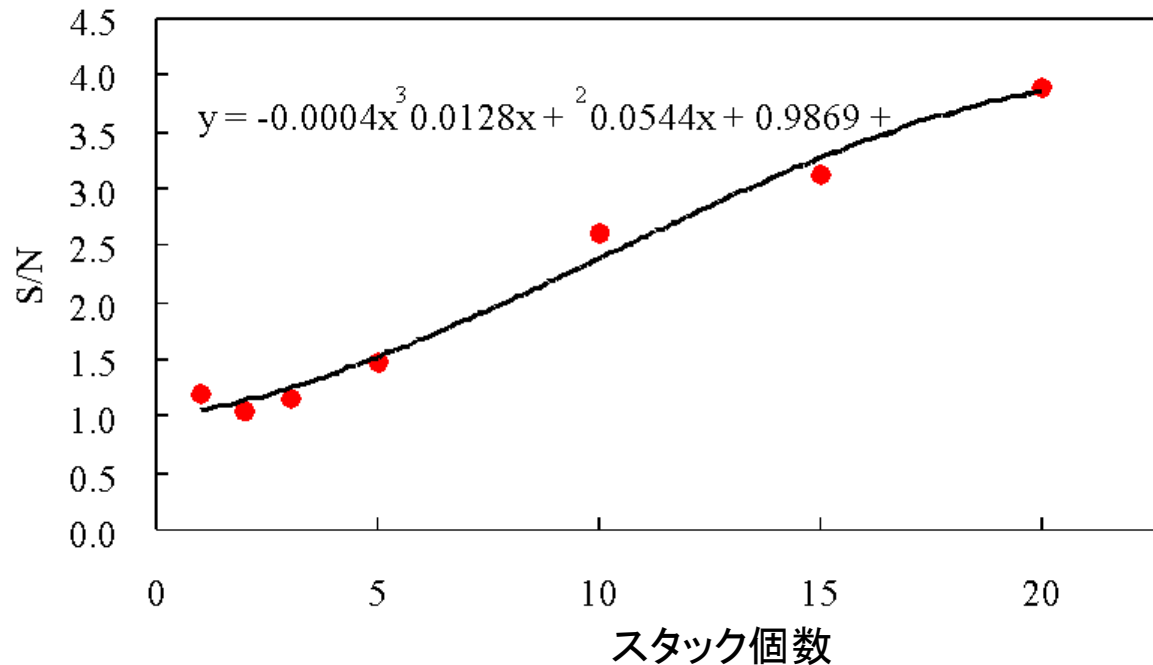


結果3: 走時曲線の読み取り



考察1: スタック効果の評価

- スタック数の増加に伴い, S/N比は向上する
- 初動を読み取るためにはスタック数5回以上でも可



考察2: 大局的な構造(3層構造)

水平3層と仮定してそれぞれの速度を求めると

$$V1 = 300\sim 600\text{m/s}$$

$$V2 = 600\sim 900\text{m/s}$$

$$V3 = 1300\sim 1700\text{m/s}$$

V1
V2
V3

$$V3 > V2 > V1$$

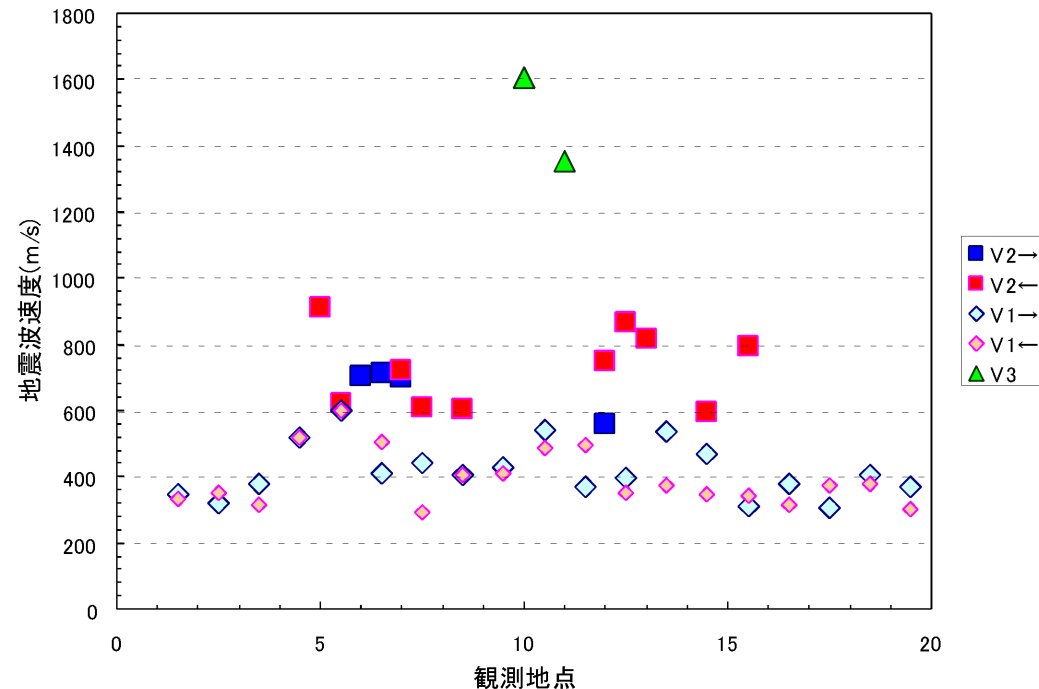
V1とV2の値は近接,
V3は明瞭に区分される

V1: 土壌・降下軽石

V2: 吾妻火砕流?

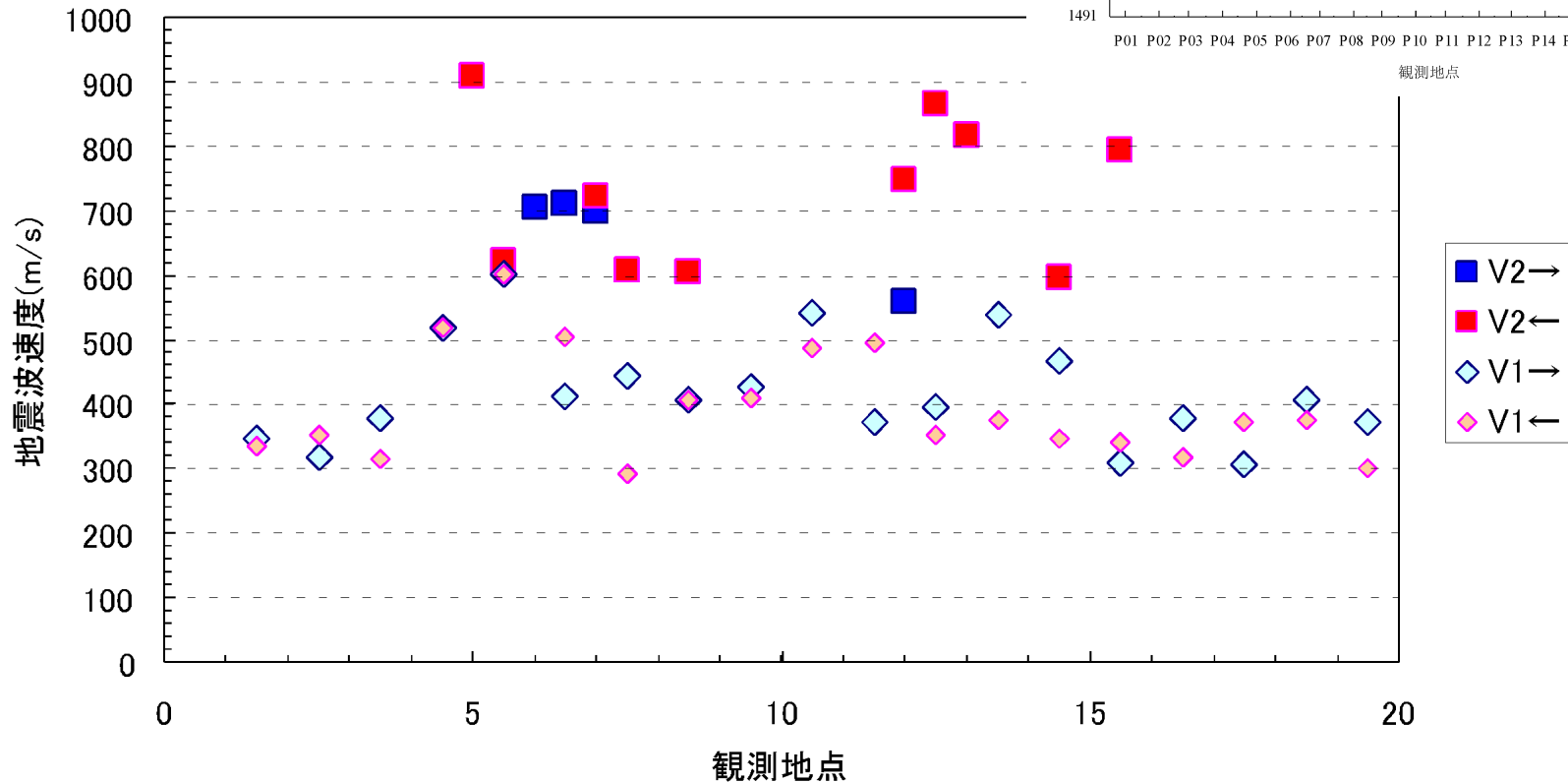
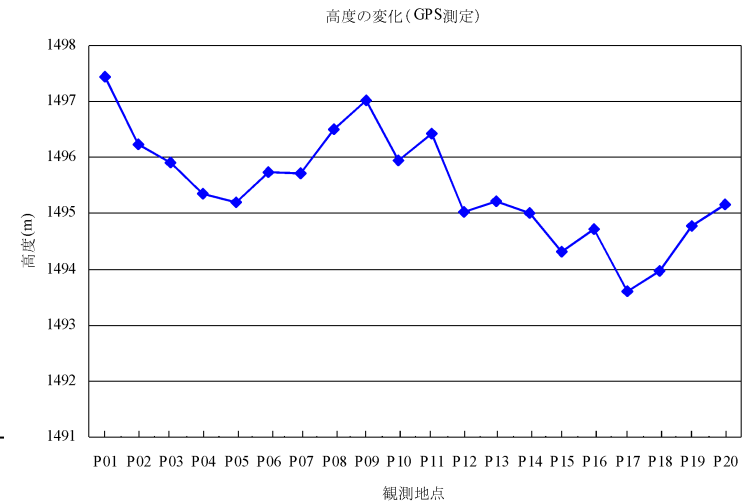
V3: 基盤?

または水の層?



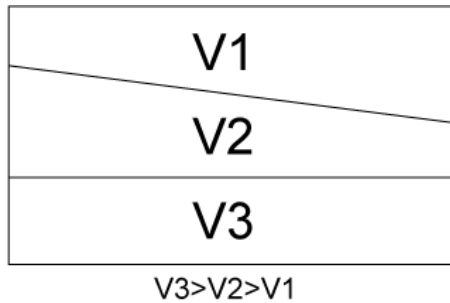
考察3: 不均質なV1

- V1は地点4~6で速くなり(500~600m/s), V2に近い値をとる
- V1高速度域は谷地形と対応
→削剥され露出?

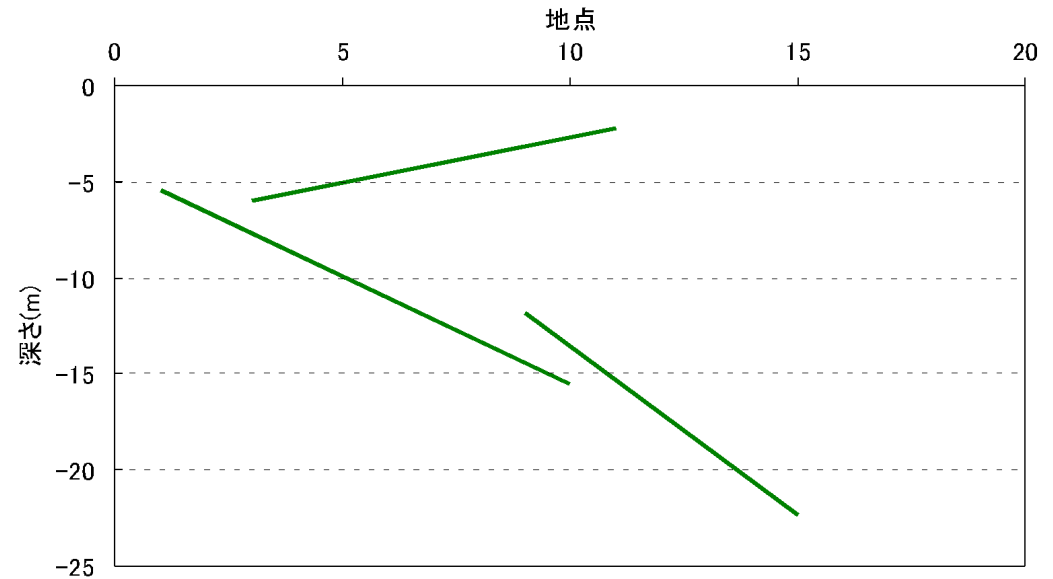


考察4: 深さの変化

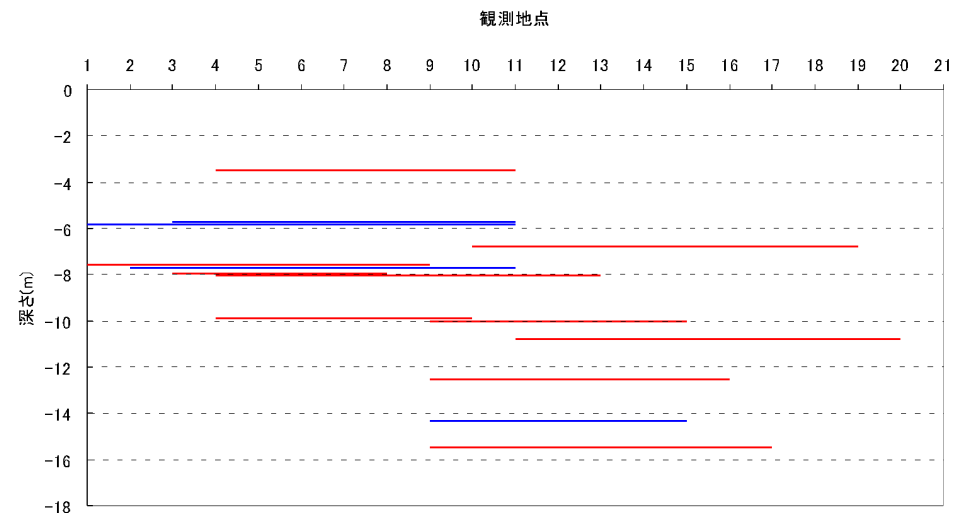
- 1層目と2層目の境界は傾斜, 2層目と3層目の境界は水平と仮定



- 2層目は南に傾く
深さ2m(北部)
~23m(南部)
- 3層目は深さ34~40m



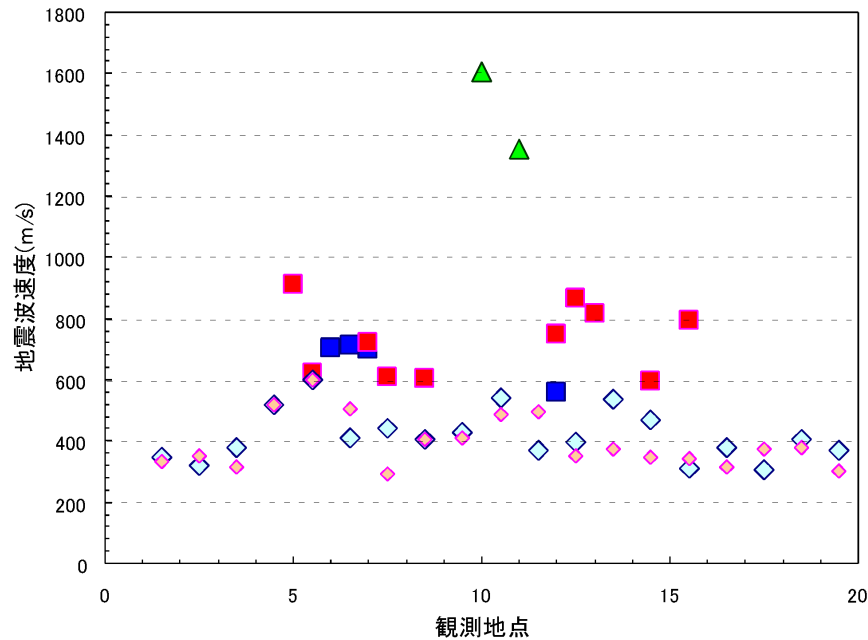
2層目の深さ(2点間傾斜2層)



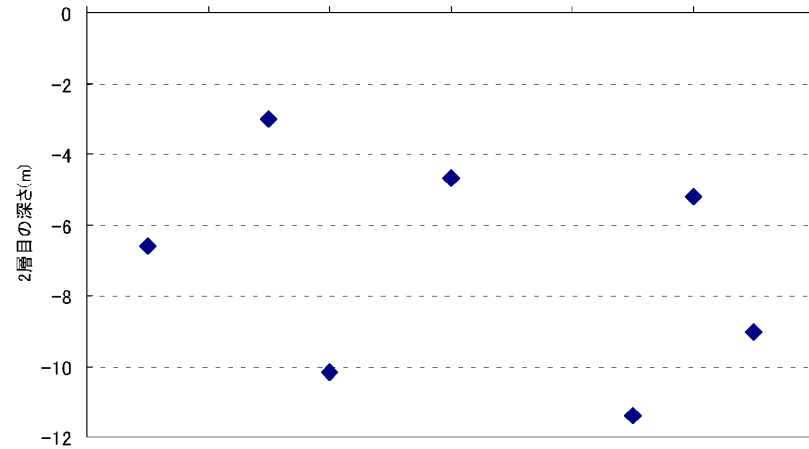
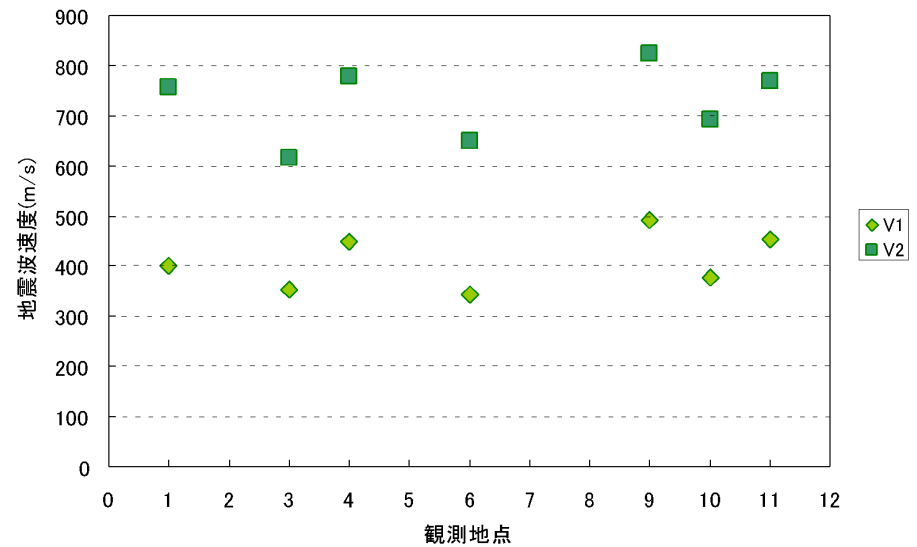
水平2層を仮定した時の2層目の深さ

考察5: 昨年との比較

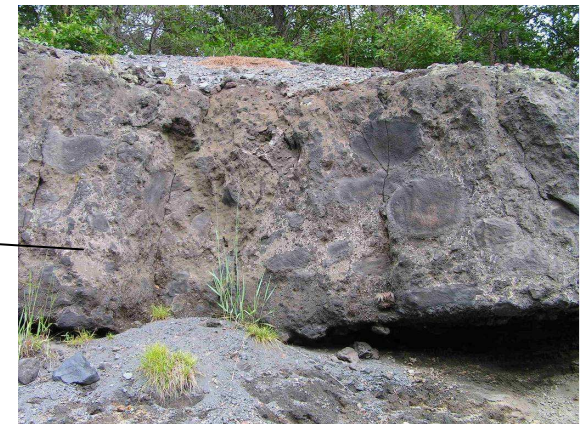
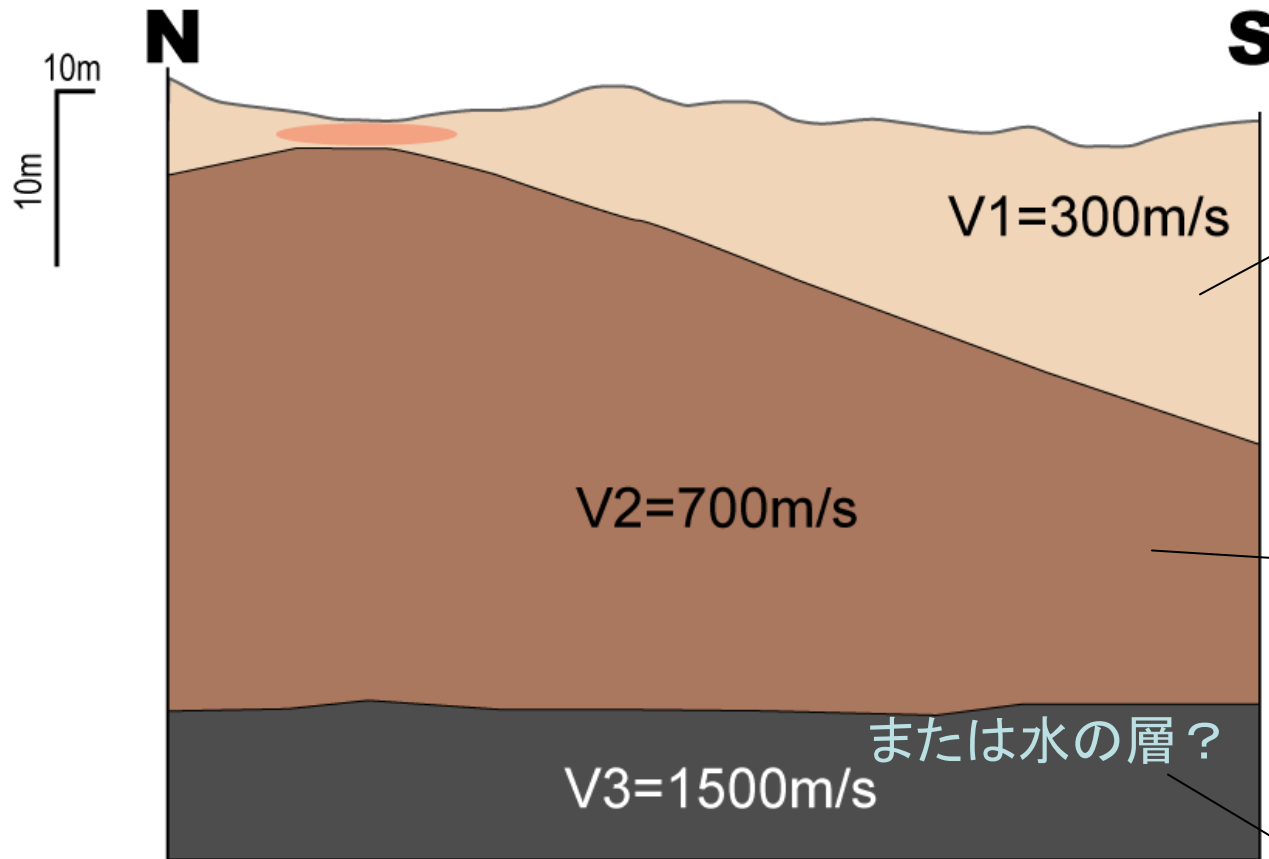
- V1, V2の速度は大差なし
→ 見ているものは同じ
- 測線長を倍に伸ばした
→ 傾斜構造・V1不均一を検出, V3を検出



▽ 昨年の結果



考察6: 推定断面図



今後の課題

- 走時曲線の読み取りが困難
- 読み取り誤差が大きい(0.002sで50m/sの違い)
- 表層のV1の違いを検知できた
→各地点ごとの表層構成物質を見ておく必要