



構造探査・人工地震班

高橋大和・山谷里奈・馬場慧

指導教員：塩原肇・酒井慎一・望月公廣・竹尾明子

地球観測実習 発表

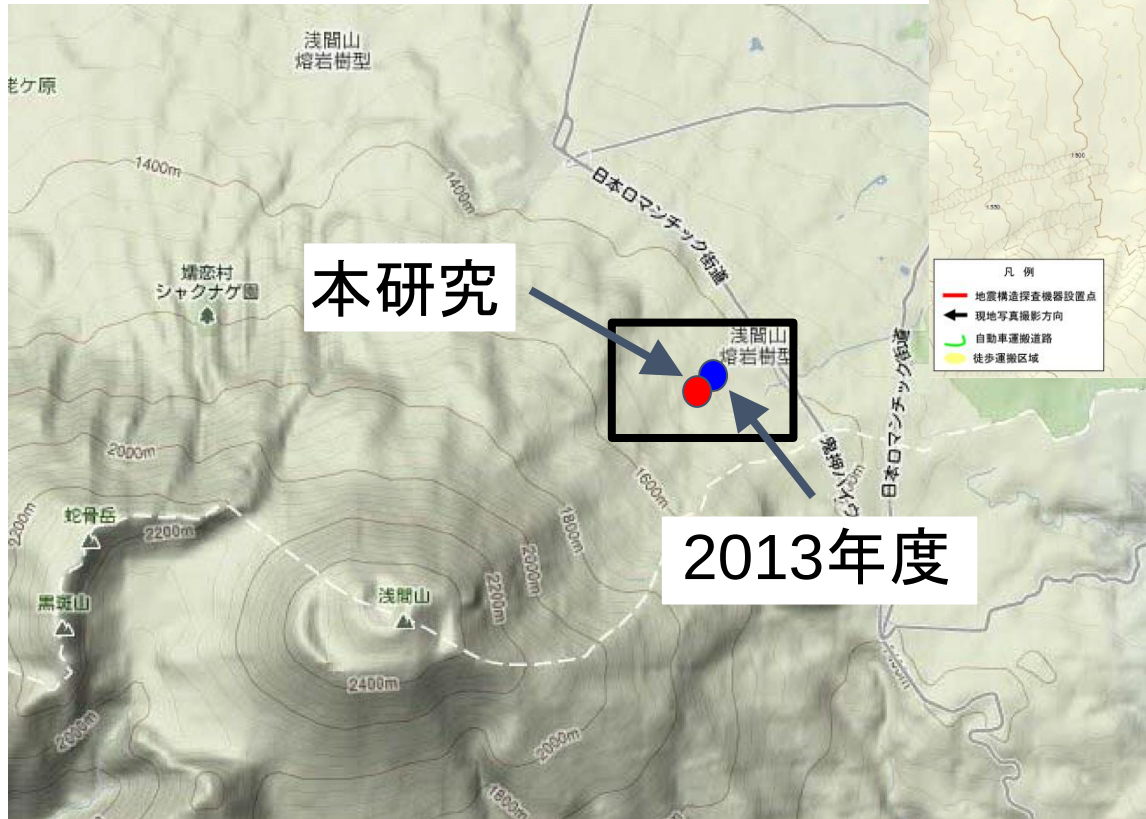
目的

- ・実際に地震計を設置し、ハンマーで人工地震を発生させることで、観測手法を実地で学ぶ
- ・発生させた人工地震の波形から、走時曲線を推定し、火山地帯のP波速度構造を求める
 - 屈折法→1次元速度構造
 - Travel time inversion→2次元速度構造
- ・観測や解析を通して、地震学的地下構造探査法についての理解を深める

観測

1. 調査地点
2. 観測点の展開
3. 人工地震の発生

調査地点



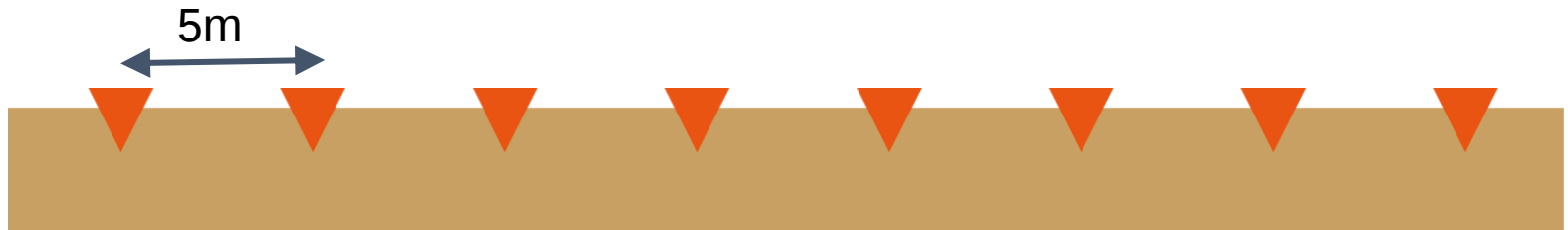
測線: W-E 145m、N-S 100m

地震計の設置間隔: 5m

人工地震班はW-Eの側線を使用した。

観測点の展開

- ・ ジオフォンを5mおきに地中に埋める
- ・ ジオフォンの近くにGPSアンテナを接続したデータ記録装置を設置する
- ・ 地震計のサンプリング周波数：500Hz



人工地震の発生

- ・金属円柱を10秒おきに30回ハンマーで叩く
- ・人工地震の発生は10m間隔で行う

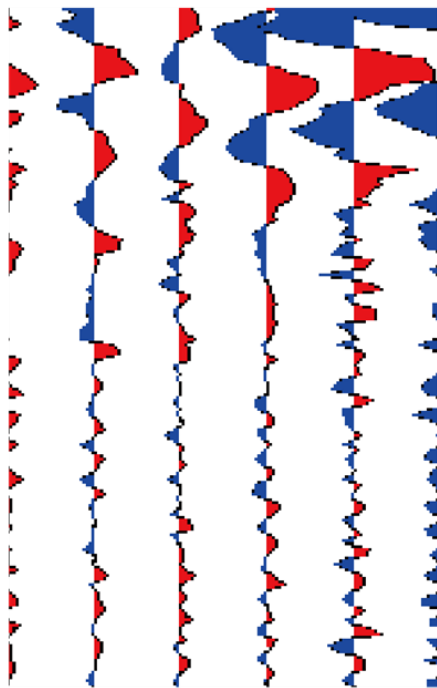


解析

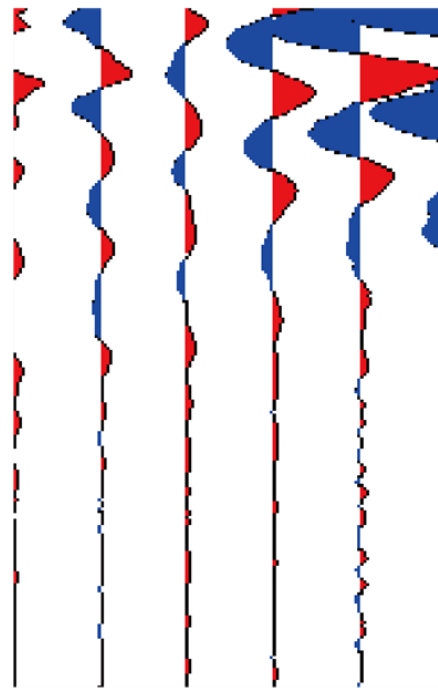
- 0. stacking ・ AGC処理
- 1. 地震波速度の読み取り
- 2. 1次元構造の推定
- 3. Travel time inversion

0. Stacking ・ AGC処理

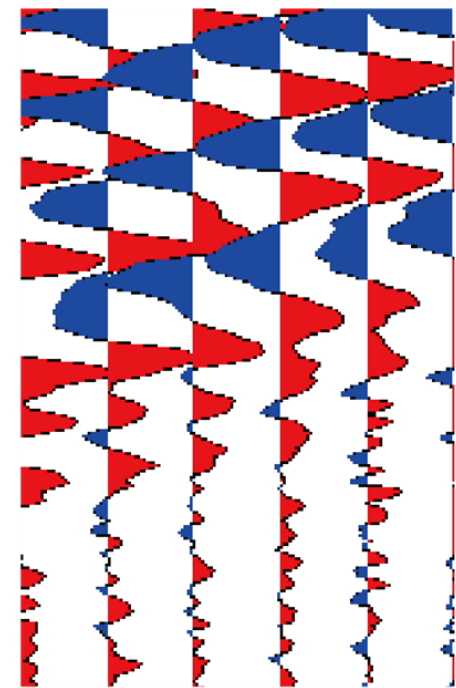
Stacking : 時刻を揃えて観測波形を重ね合わせる
AGC : 観測波形の振幅に応じて波形を増幅する
→初動が読み取りやすい！



なし



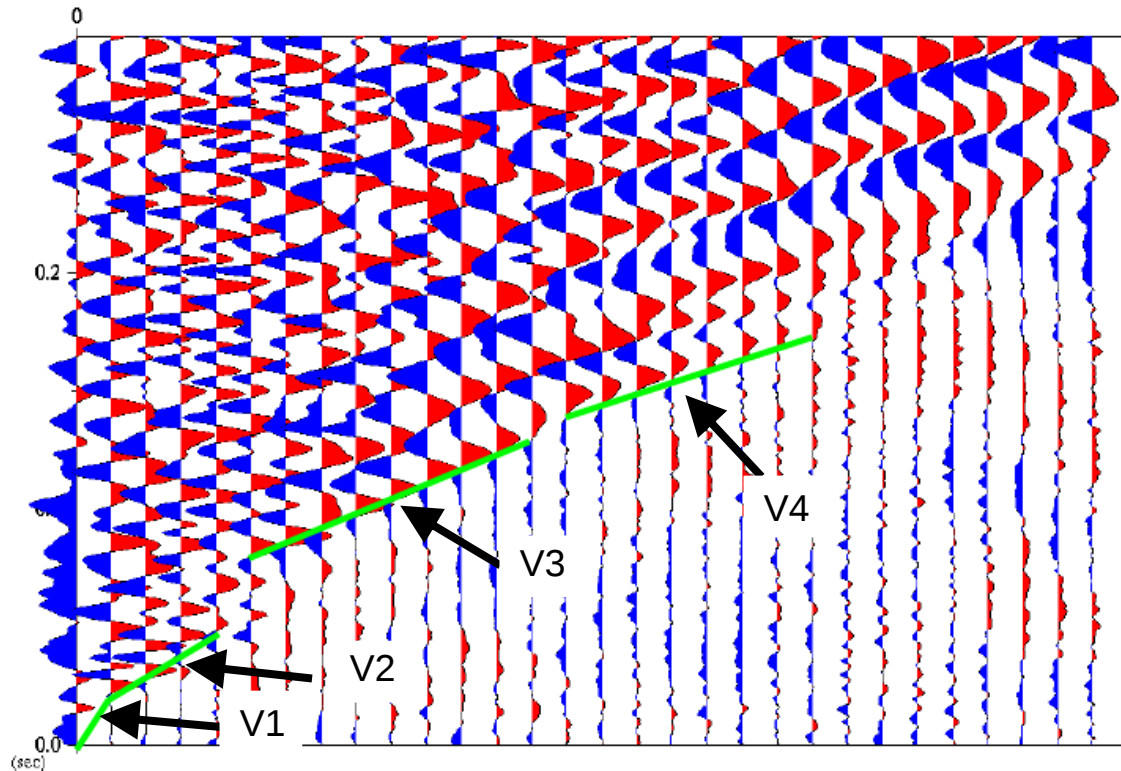
Stacking



AGC→Stacking

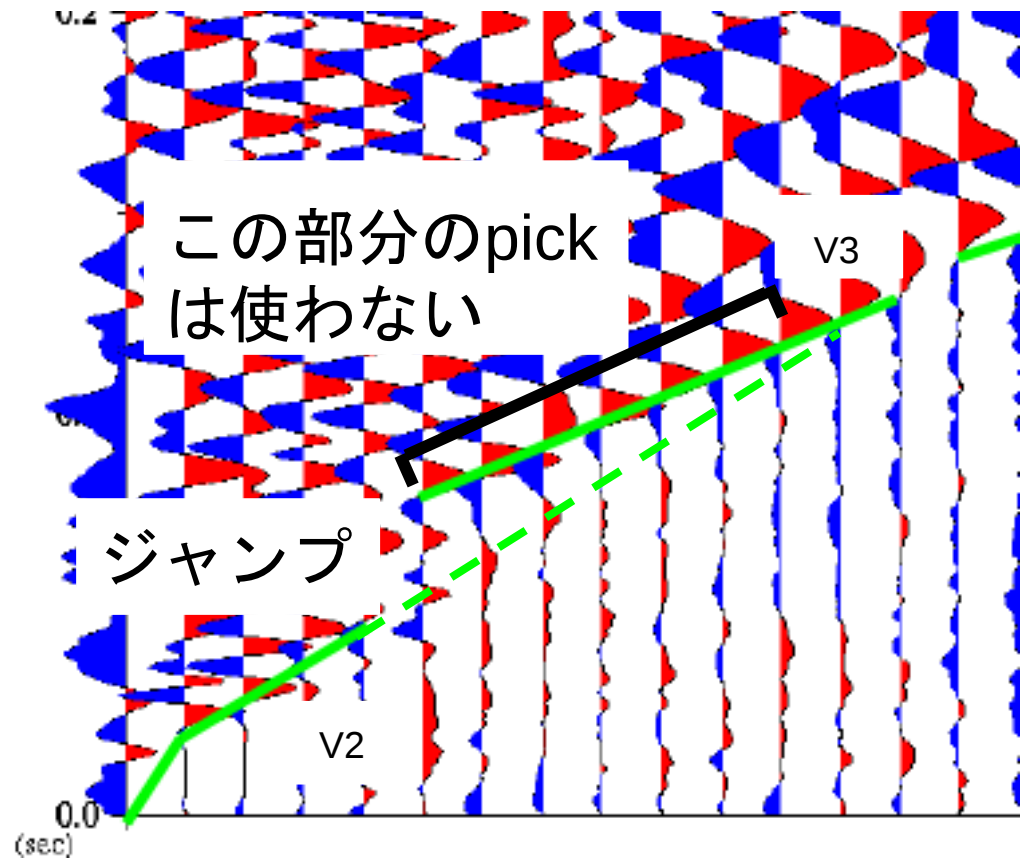
1. 地震波速度の読み取り

- a. 波形から初動を読み取る
- b. 初動の読み取り値を繋ぎ、走時曲線を作成
- c. 走時曲線の傾きから地震波の速度を読み取る
(浅い層の速度から順に、 $V1$ 、 $V2$ …)



1-2. Pickの選別

- ・各々初動をpickし、合致したpickのみ使用
- ・図で囲んだ領域のpickは使用しない
(V2・V3間の速度ジャンプは反射波由来であり、pickは初動ではないと判断)



2. 一次元構造の推定(屈折法)

- ・地下の構造を水平な構造と仮定

$$Z = \frac{t_2 V_1}{2 \cos i}$$

- ・3層目以下の厚さも同様に決定

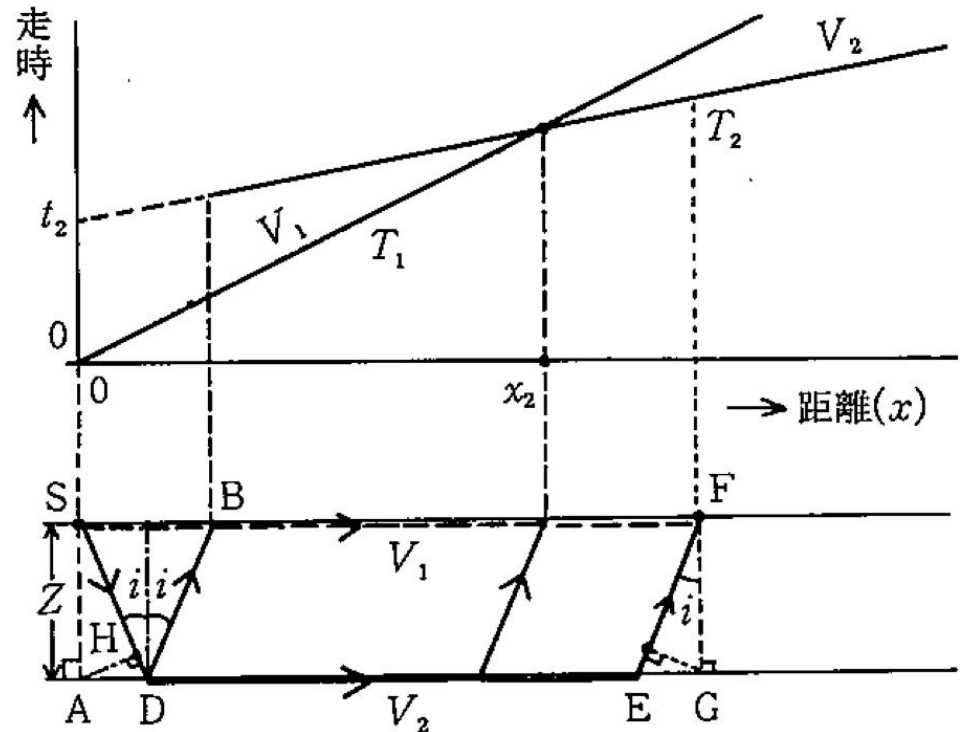
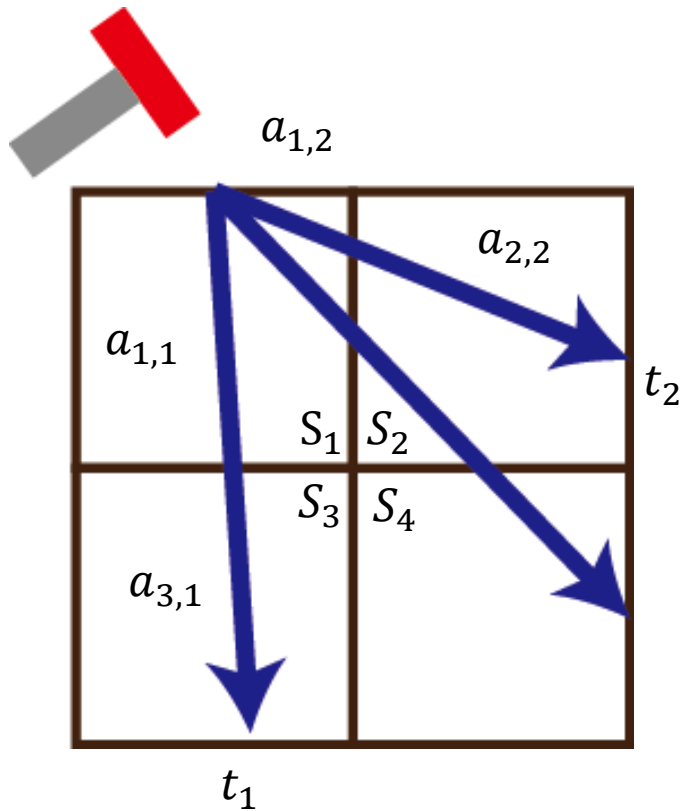


図 6-16 水平 2 層構造の場合の屈折法走時曲線.

3. Travel time inversion

- 速度構造をboxcellに区切り、逆推定を行う



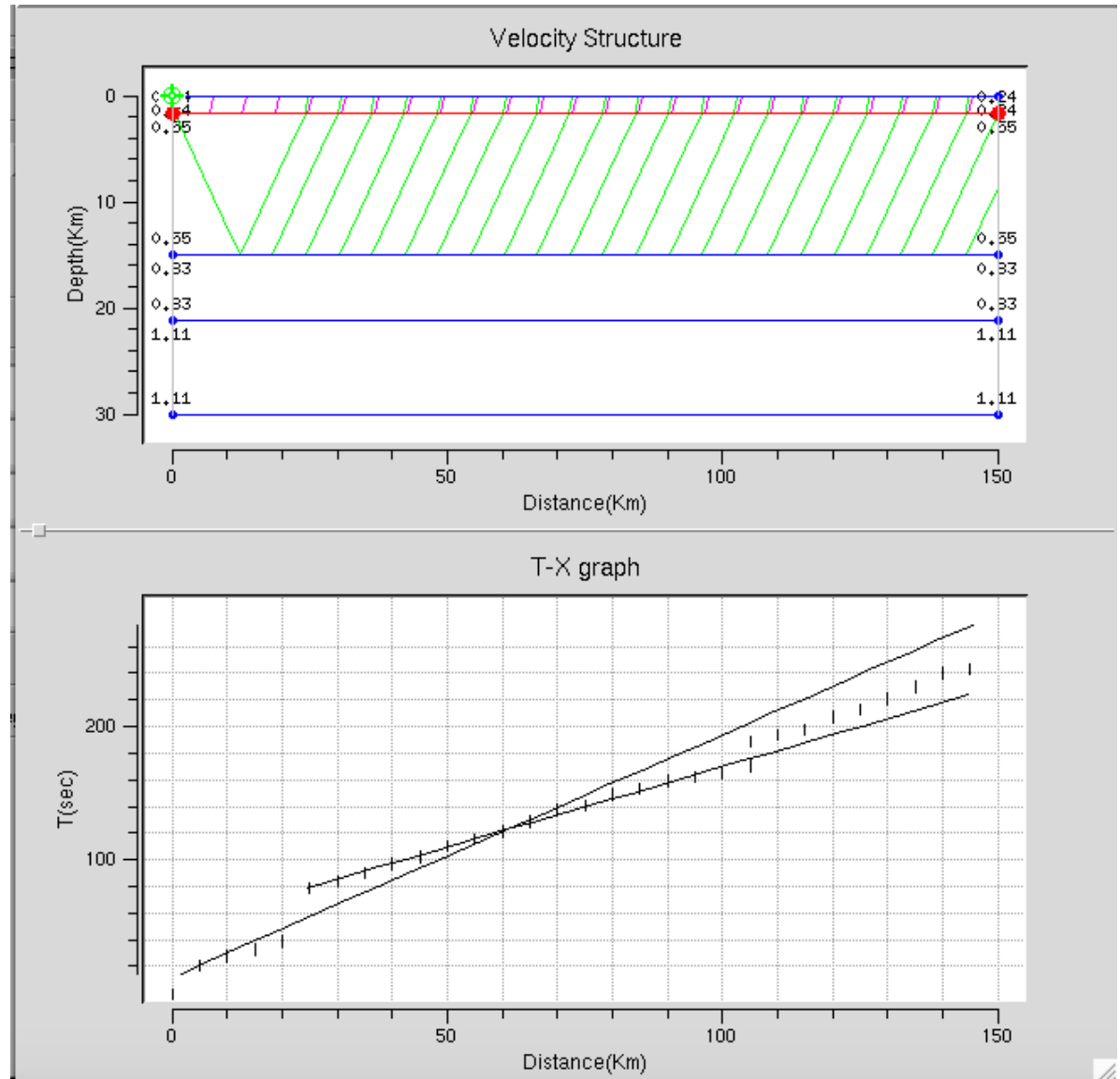
$$\begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{l,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1,n} & \cdots & a_{l,n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1 \\ \vdots \\ S_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_1 \\ \vdots \\ t_n \end{pmatrix}$$

a : 波線が通る距離
 S : スローネスベクトル
(速度の逆数)
 t : 走時

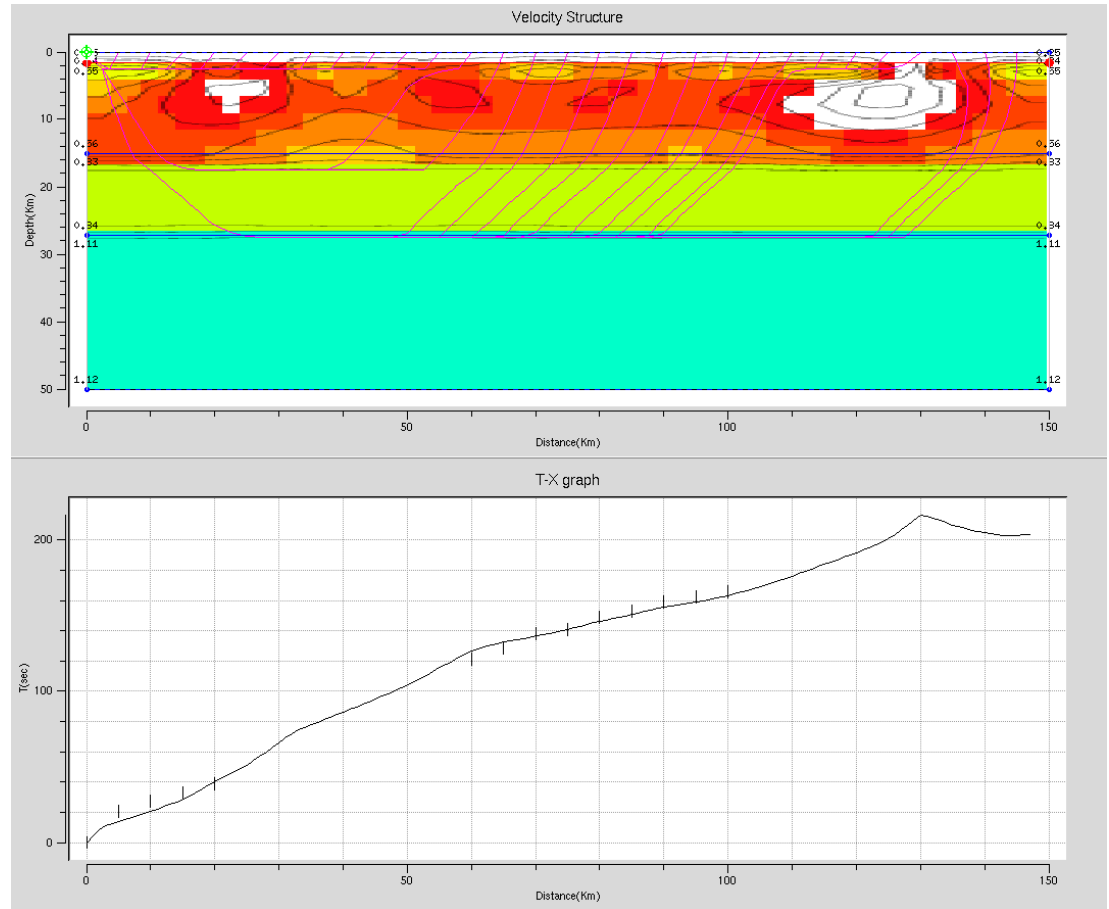
結果

1次元速度構造(屈折法)

V1	0.24 km/s
V2	0.55 km/s
V3	0.83 km/s
V4	1.11 km/s ?



2次元速度構造 (travel time inversion)



RMS残差

1次元: 4.89 msec

2次元: 4.72 msec



考察

解釈

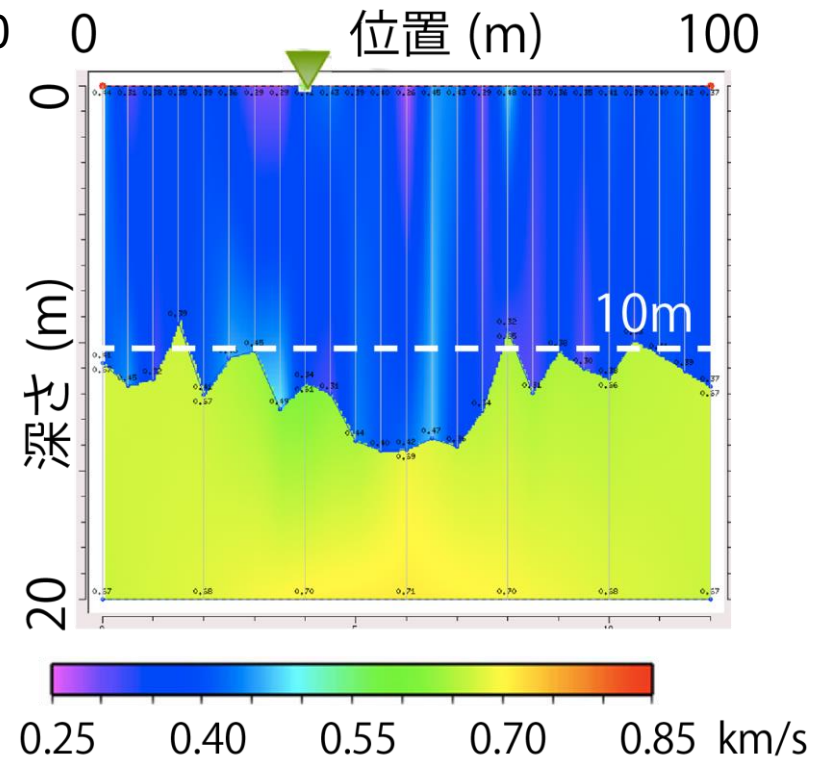
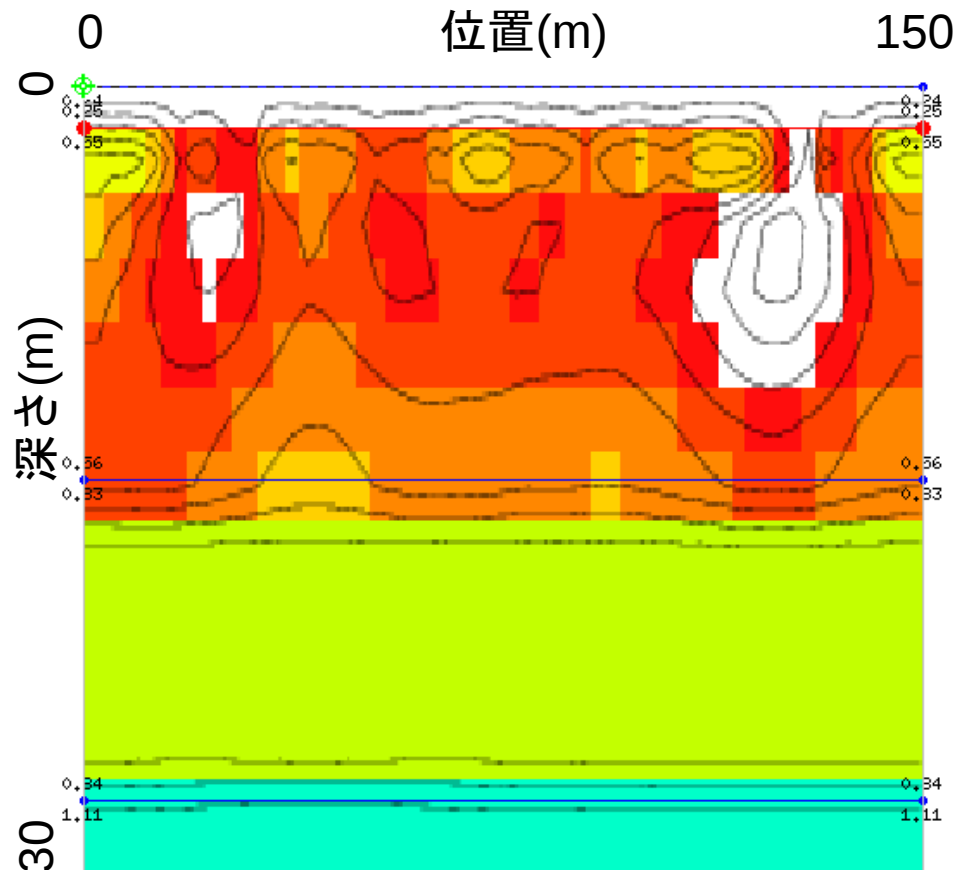
地質図から対象地域の層序は、
おおまかに表層に吾妻火砕流
堆積物(M7)があり、その下層に
降下火砕物堆積層が分布して
いる



- 1層: 吾妻火砕流(1.6m)
- 2層: 追分火砕流など?
- 3層: ??

浅間火山の本体 ASAMA VOLCANO PROPER		
Maekakeyama Stage 前掛山・釜山噴出物 Recent ejecta of Maekakeyama and Kamayama	鬼押出溶岩 Onioshidashi Lava	E 火山灰・火山礫?・火山岩塊 (A) ¹⁾ Ash, lapilli, and block (A)
	鎌原火砕流によって破壊された地域 Area blasted by Kambara Pyroclastic Flow	M10 溶岩流 (A) Lava flow (A)
	鎌原火砕流/岩屑流堆積物 Kambara Pyroclastic Flow/Debris Avalanche Deposit	M9 破砕された古い堆積物 Shattered materials of older deposits
	吾妻火砕流堆積物 Agatsuma Pyroclastic Flow Deposit	M8 固結していない火山灰・火山礫・火山岩塊等 Loose ash, lapilli, block, etc.
	スコリア流堆積物 Scoria Flow Deposit	M7 溶結した本質火山灰・火山礫・火山岩塊 (A) Welded deposit of essential ash, lapilli, and block (A)
	降下火砕物堆積物 (1783年のものを含む) Air Fall Pyroclastic Deposit (including that of 1783)	M6 軽度溶結または溶結していない本質火山灰・火山礫・火山岩塊 (A) Slightly to non-welded deposit of essential ash, lapilli, and block (A)
	1108 (?) 噴出物 "B" スコリア流堆積物 "B" Scoria Flow Deposit	M5 火山灰・火山礫・火山岩塊; 大部分軽石質 (A) Ash, lapilli, and block; mostly pumiceous (A)
		M4 溶結した本質火山灰・火山礫・火山岩塊 (A) Welded deposit of essential ash, lapilli, and block (A)

2013年度との比較



左:今年度
右:2013年度

2013年度の観測との比較

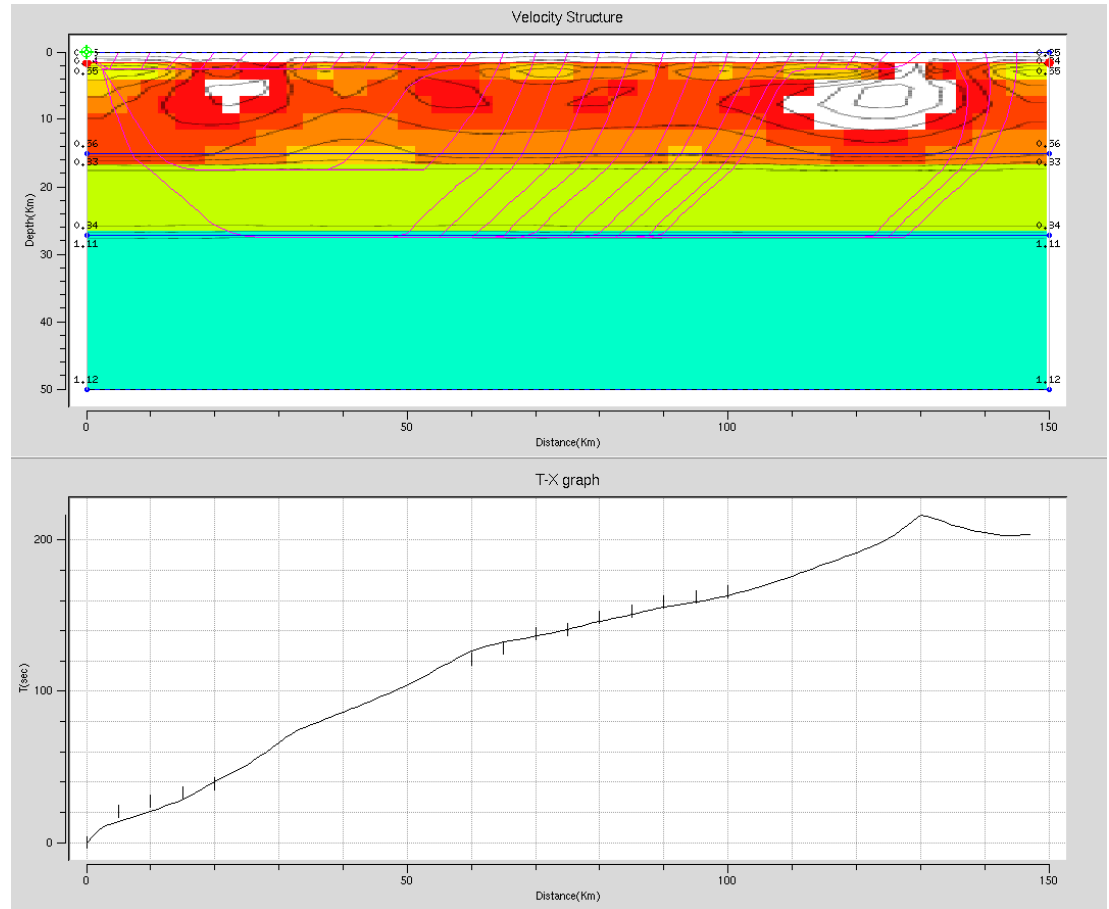
	今年度	2013年度
pickの選別	厳しい	行っていない
測線	150m	100m
人工地震の発生 間隔	10m	5m

- ・長い測線を用いたことで深さ方向に大きく解像できた
- ・人工地震の発生間隔が広がったことで、解像度が落ちた

今後の展望

- ・ 土壌の硬さが十分でないのでジオフォンとのカップリングが悪く、地動を忠実に記録できていなかった可能性がある
- ・ 波形の立ち上がりが判別しづらい可能性を考慮しつつpickを行う必要がある
→ 反射波も見ながらpickを行う
- ・ 減衰率が予想よりも大きかった
→ より高エネルギーな震源が必要

2次元速度構造 (travel time inversion)



RMS残差

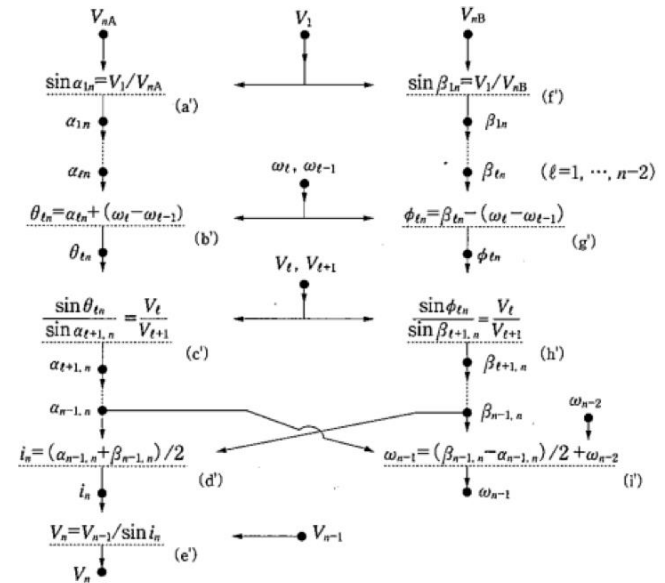
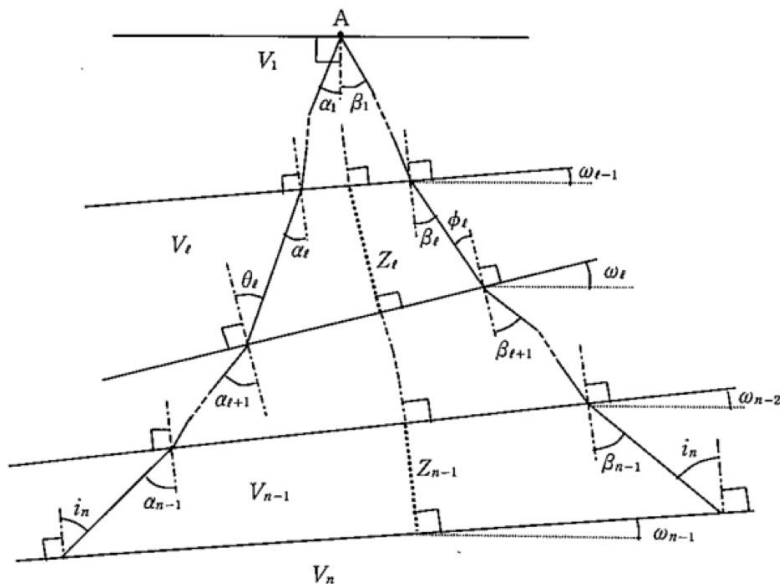
1次元: 4.89 msec

2次元: 4.72 msec

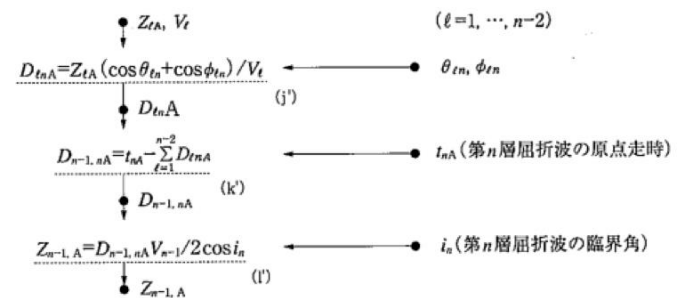


一次元構造の推定 (3 層以上)

- ・ 上の層から順に厚さを求める
- ・ 各層の地震波速度は走時曲線から求める



(a) 見かけ速度からの層の速度と角度パラメータの算出.



(b) 第 $n-1$ 層法線層厚の算出. (添字 A は A 点の意. B 点ではこれを B に換える.)

