

平成 **15**年度 地球観測実習 構造探査実験

ヤニス パナヨトプロス, 内藤和也

教官：篠原雅尚, 塩原肇 他

1-1. 目的

1. はじめに

実習のねらい

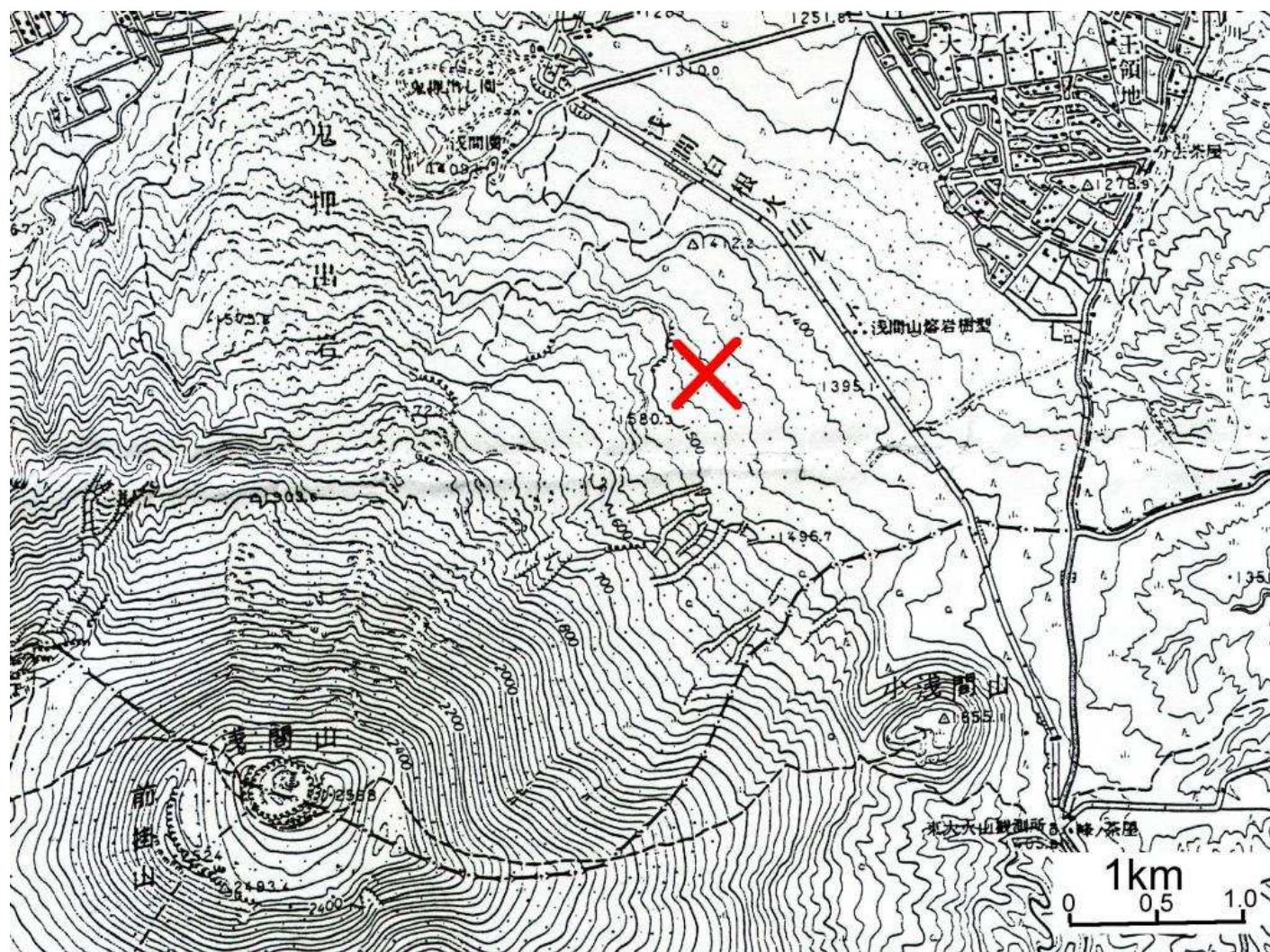
- 構造探査実験の基本的な方法を学ぶ
- 得られたデータを用いて地震波速度構造を求める

選択の理由 (学生の目的)

- ヤニス
 - 地震波探査の手法を学ぶ
 - 地震学の専門用語を勉強する
- 内藤
 - 地震波探査について学ぶため
 - 学会等で地震関連トピックも面白そうだと思ったから

1-2. 実験実施地域

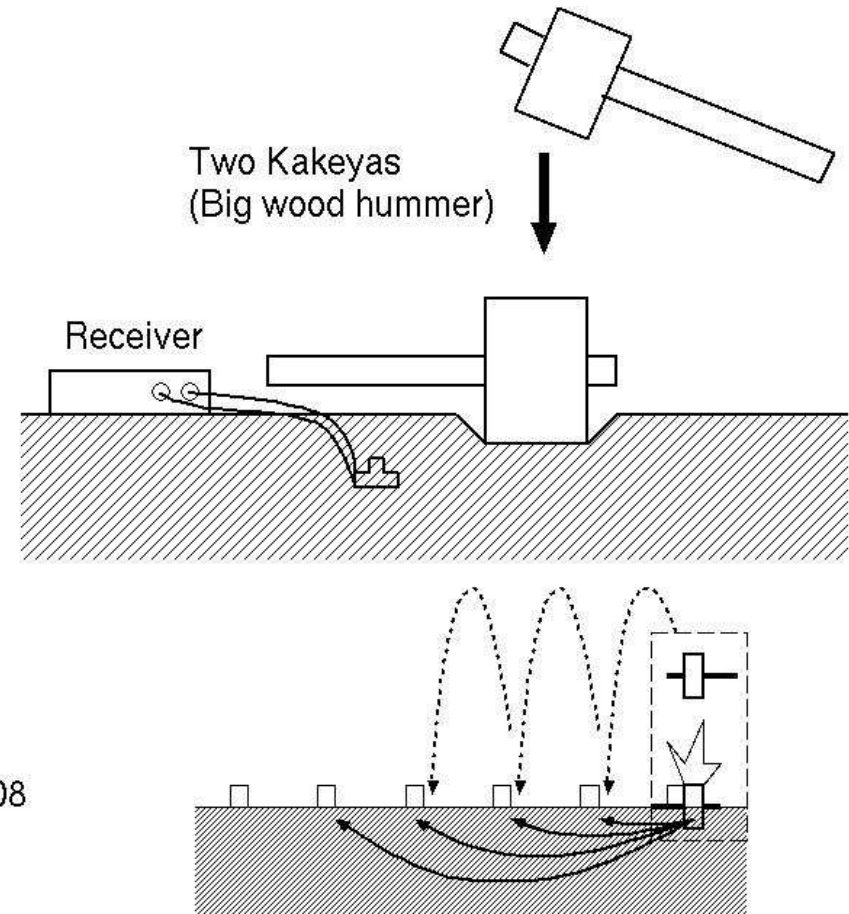
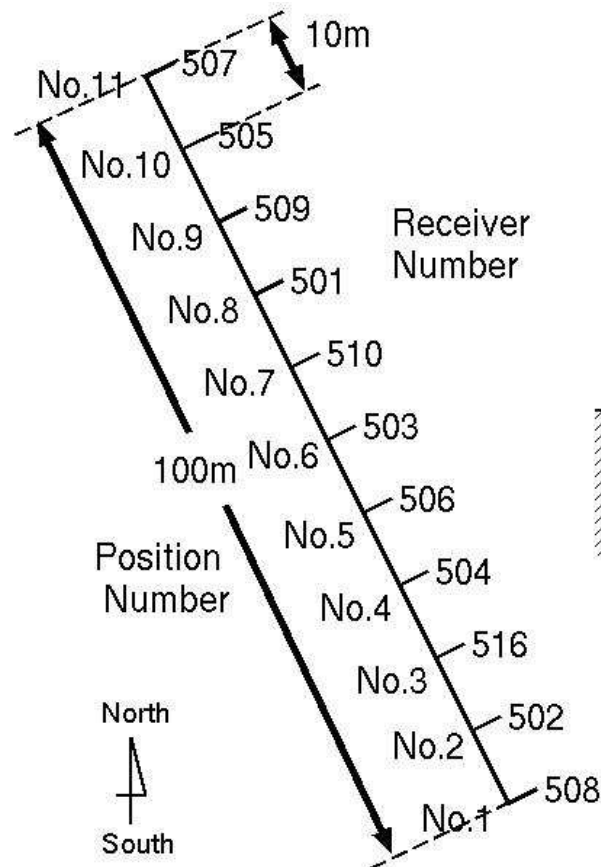
- 浅間山火口の北東約 3.5km 地点で観測を行った
- 測定地域の標高は 1470m 前後
- NW-SE 方向に長さ 100m の測線を設けた



2-1. 観測手法

2. 観測

- 地震計を等間隔に配置する
- 地面をハンマーで叩き、人工地震波を発生させる
- 各地震計で地震波を測定する



2-2. 観測手順

地震計を設定

- 全ての地震計を同時に稼働させるため、あらかじめ観測時間を決め、地震計に記憶させておく
- **GPS** を用いて時計を合わせる
 - **GPS** が位置を計測するために用いる、衛星からの時刻 (10^{-11} の精度) を用いる
 - 地震計内時間の精度は 10^{-6} なので、**30min.(1800sec.)** で数 msec. ずれる
 - サンプルリング周波数が **1kHz : 1msec/サンプル**
 - **30min.** ごとに **GPS** を使って時刻を合わせる
- 測定時刻を **30分** で区切り、**25分測定→5分時刻合わせ**を1セットとした
- **ピエゾ**をチェックし、コードを接続しておく

地震計のセットアップ (於：浅間山観測所)



地震計の設置

- なるべく水平な面に長さ 100m の測線を設ける
- 測線上に 10m 間隔ごとに計 11 個の地震計を置いた
- 当初、地震計の間隔を 20m、測線長を 200m にする予定だったが、霧のため短くした



人工地震の発生

- 測定者の時計をできる限り正確に合わせておく
- 設定した観測時刻まで待つ
- かけや (大型の木づち) で地面をたたき、叩いた時刻を記録しておく
 - かけやを地面に固定し、かけやで打つ
 - 数分を一単位とし、数秒間隔で数十回地面を打つ
 - すみやかに震源を移動する
- 時刻合わせの時間になったら休憩する



人工地震の発生

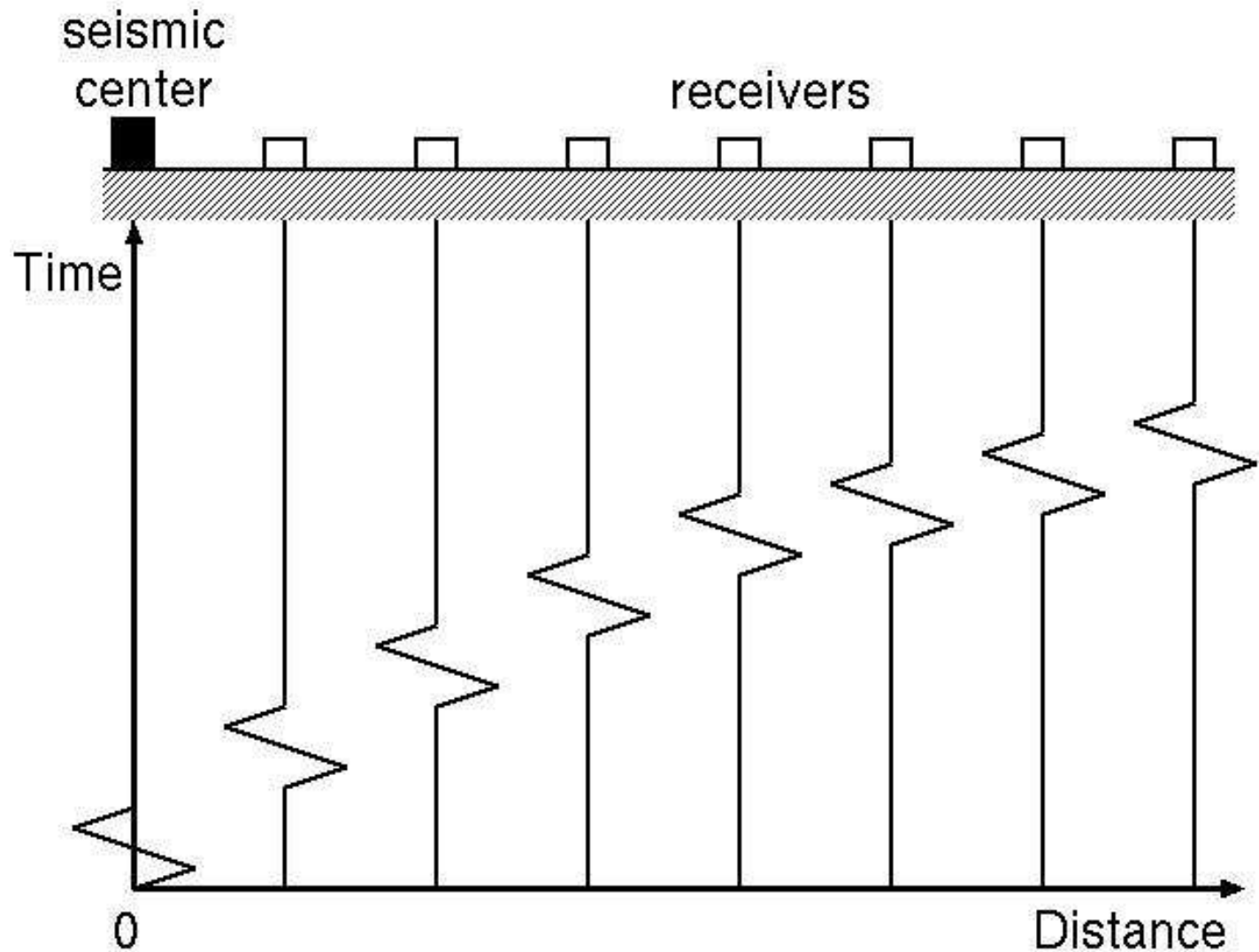


観測終了

- 砂や泥を落して地震計を回収する
- 地震計から PC へデータを取り込む
(於：草津セミナーハウス)

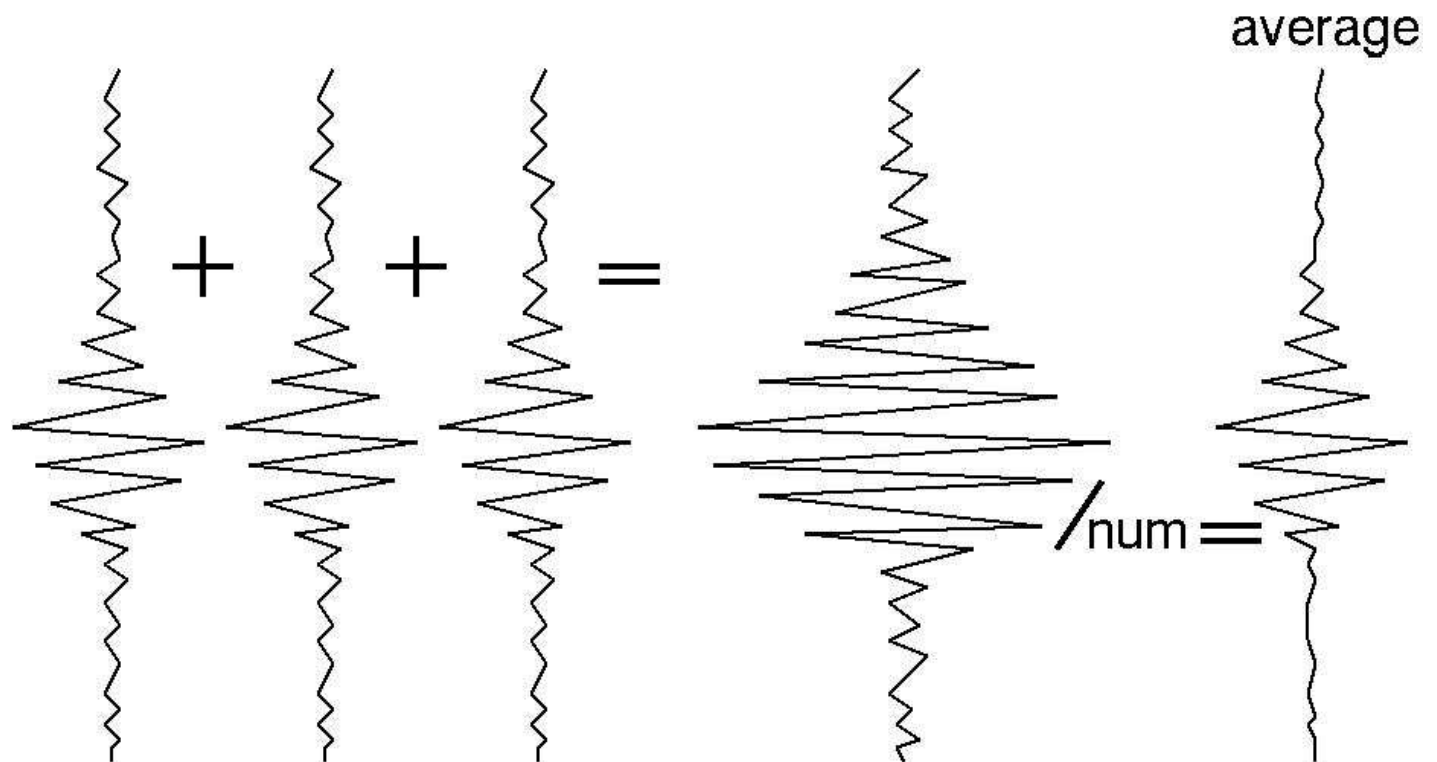


Paste up record section



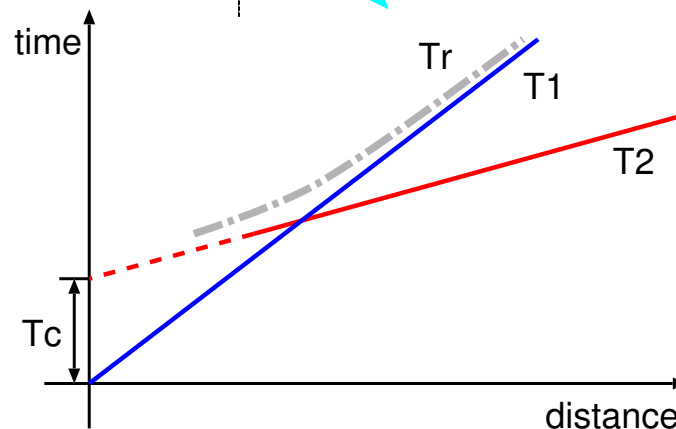
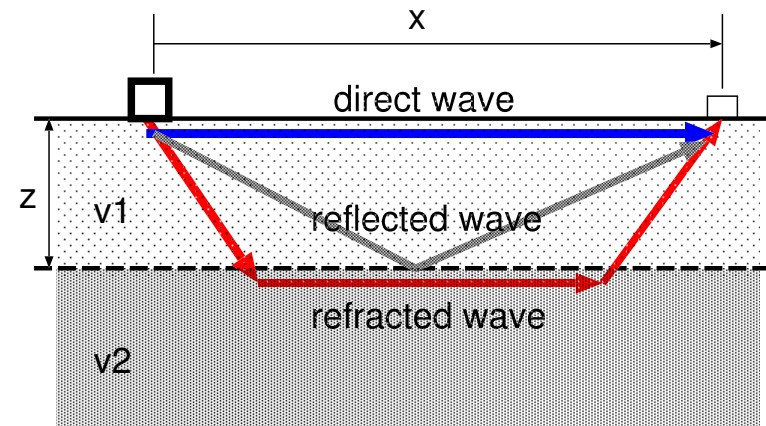
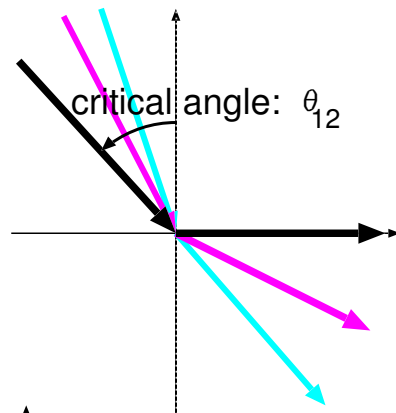
スタック処理

- 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
- 位相が同じであれば増幅され、異なれば減衰する
- 波形の共通部分が増幅され、**S/N** 比が向上する



地震波速度構造

- 地下構造を水平2層断面と仮定し、地震波速度と層厚を求める



$$\text{direct wave : } T_1 = \frac{x}{v_1}$$

$$\text{refracted wave : } T_2 = \frac{x}{v_2} + \frac{2z \cos \theta_{12}}{v_1}$$

$$\text{reflected wave : } T_r = \frac{\sqrt{(2z)^2 + x^2}}{v_1}$$

$$T_c = \frac{2z \cos \theta_{12}}{v_1} = \frac{2z \sqrt{1 - (v_1/v_2)^2}}{v_1} \therefore z = \frac{v_1 v_2 T_c}{2 \sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$$

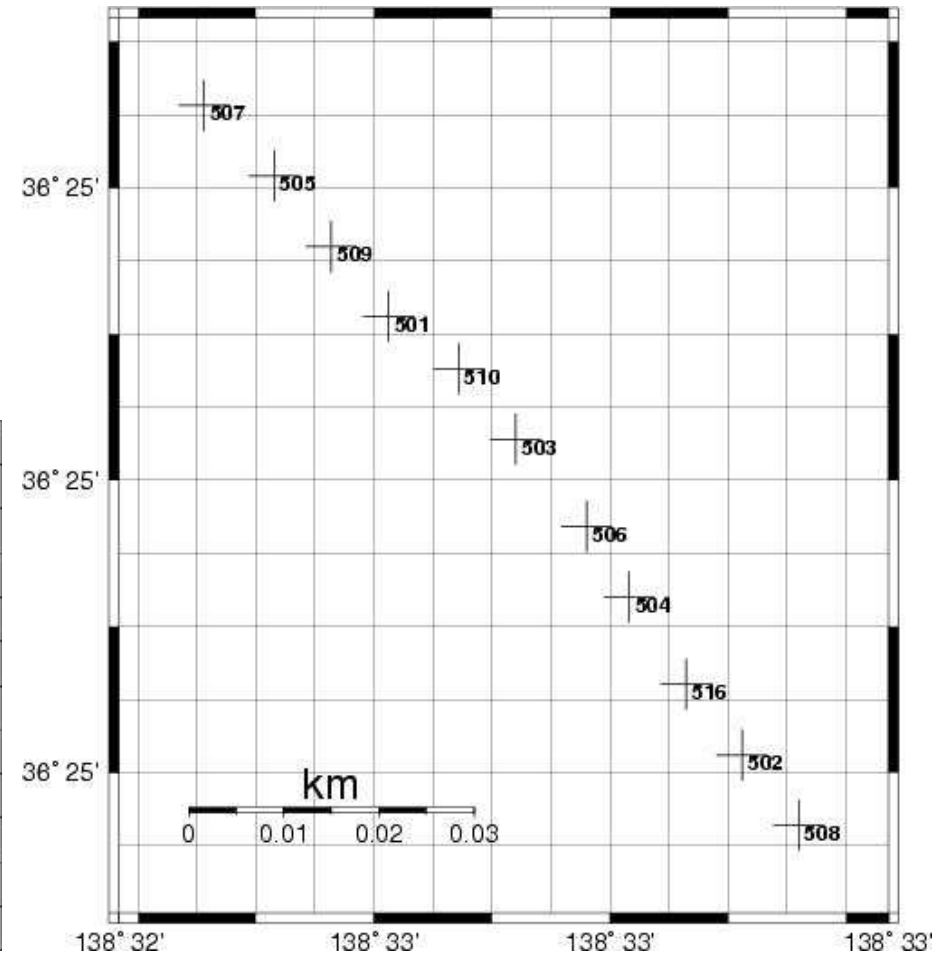
3-2. データ処理手順

- 波形と時刻から震源を割り出す
- データを切り出し、地震計番号・震源番号ごとに整理する
- コンピュータでスタック処理を行う
- スタックしたデータで **pasteup record section** を作成する
- **paste up record** より走時曲線を読み取る
- 地震波の式より、地震波速度構造を計算する

4-1. 観測結果

人工震源位置・観測点

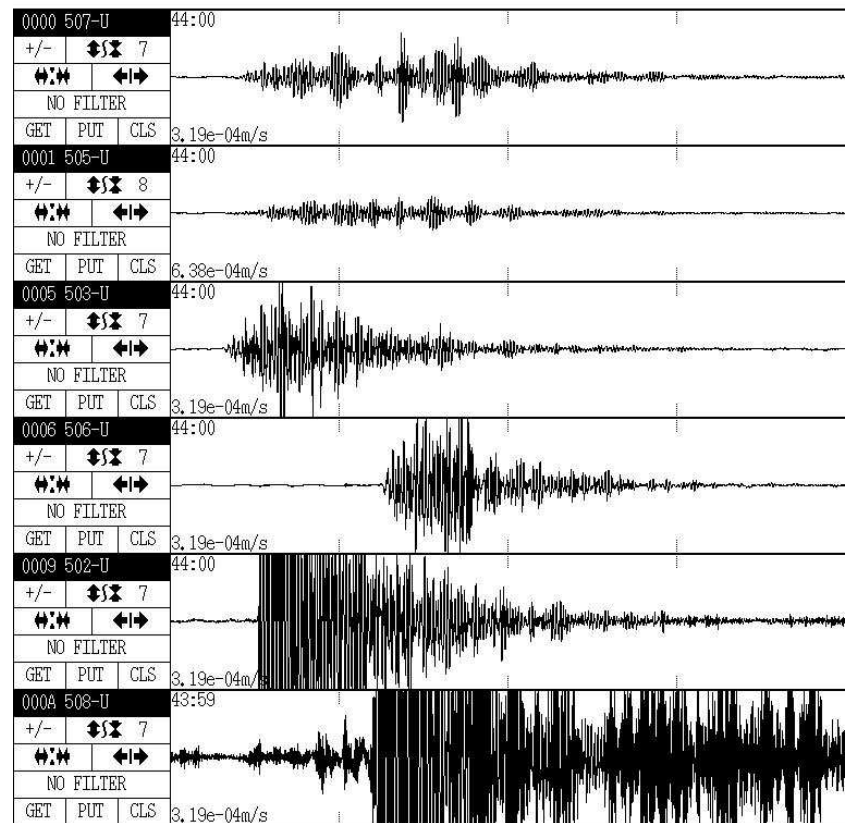
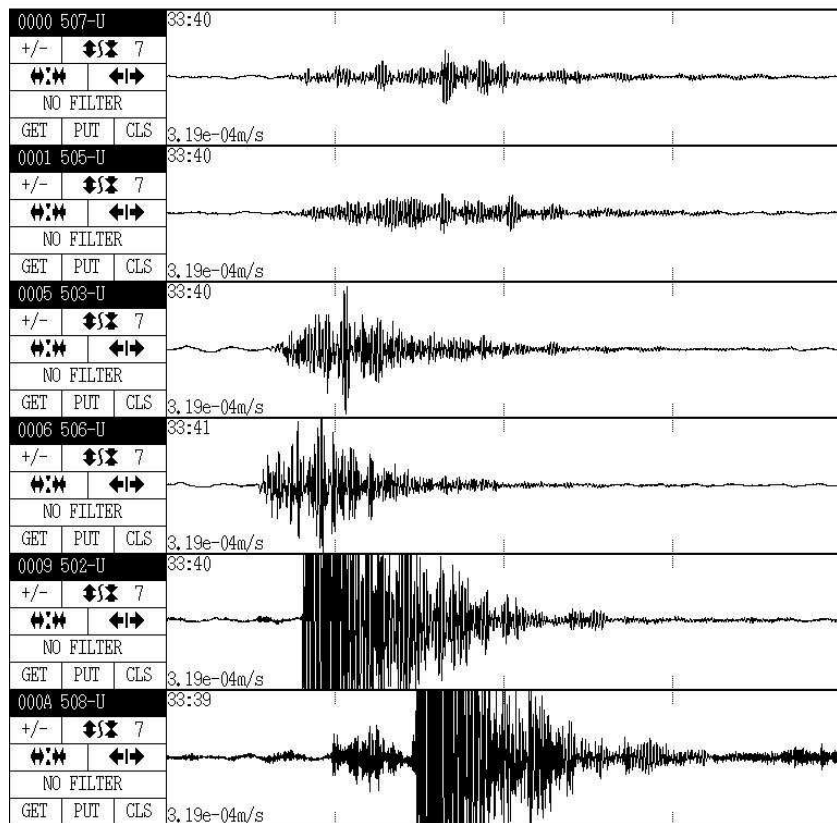
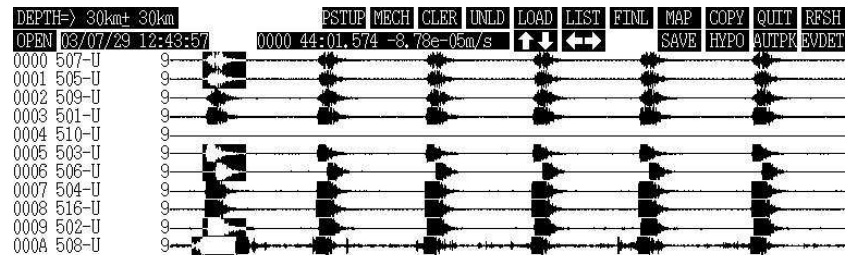
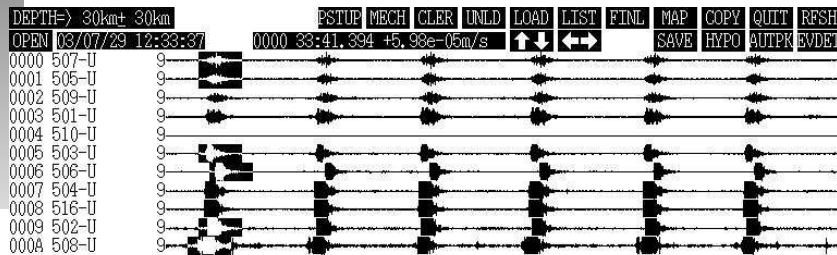
No.	receiver	latitude (N)	longitude (E)	altitude (m)
11	507	36.423967	138.549800	1466
10	505	36.423900	138.549883	1468
9	509	36.423833	138.549950	1469
8	501	36.423767	138.550017	1471
7	510	36.423717	138.550100	1472
6	503	36.423650	138.550167	1473
5	506	36.423567	138.550250	1470
4	504	36.423500	138.550300	1467
3	516	36.423417	138.550367	1464
2	502	36.423350	138.550433	1463
1	508	36.423283	138.550500	1461



地震波波形 (地点 No.1 で shot)

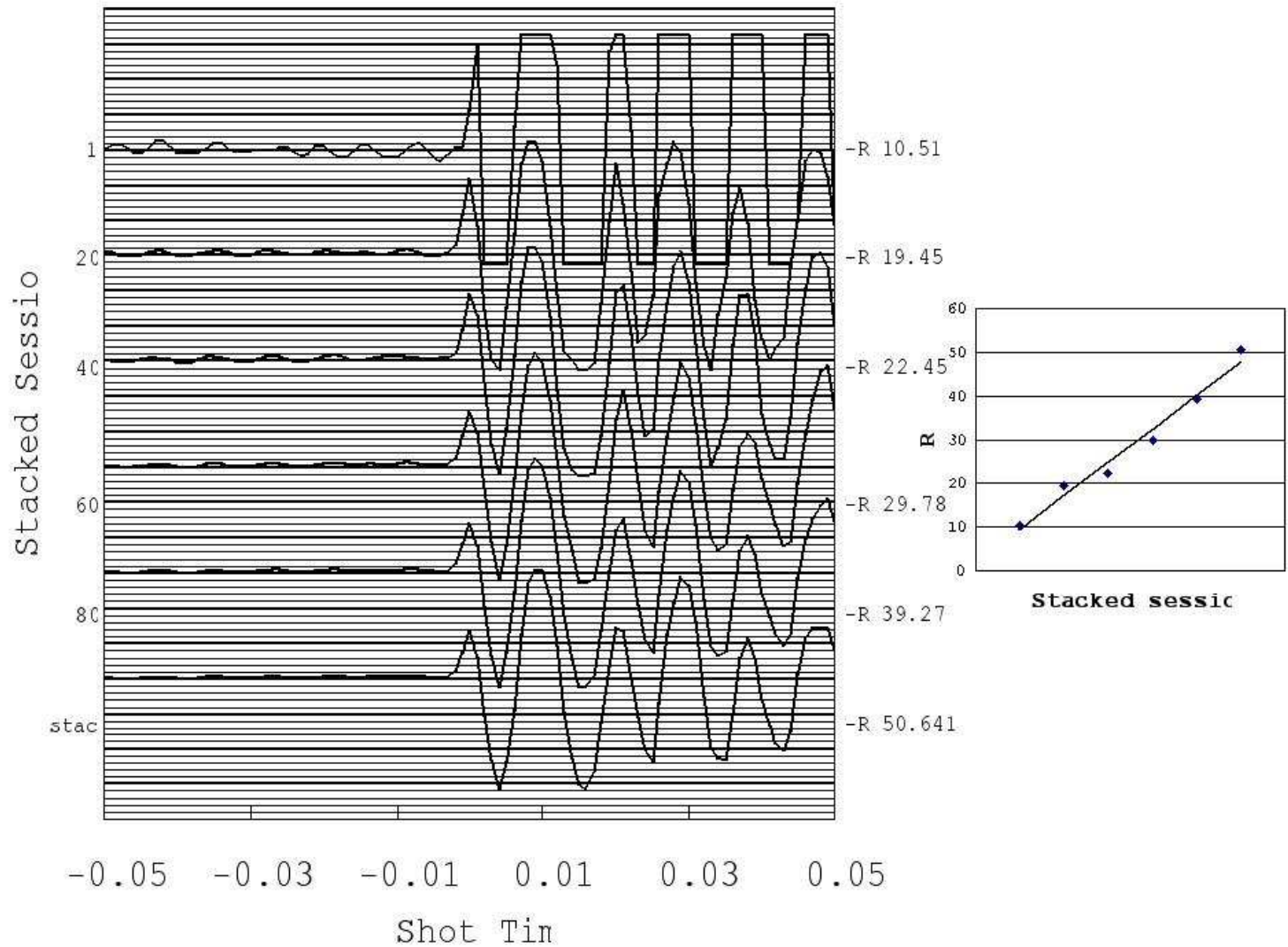
杭×かけや

かけや×かけや

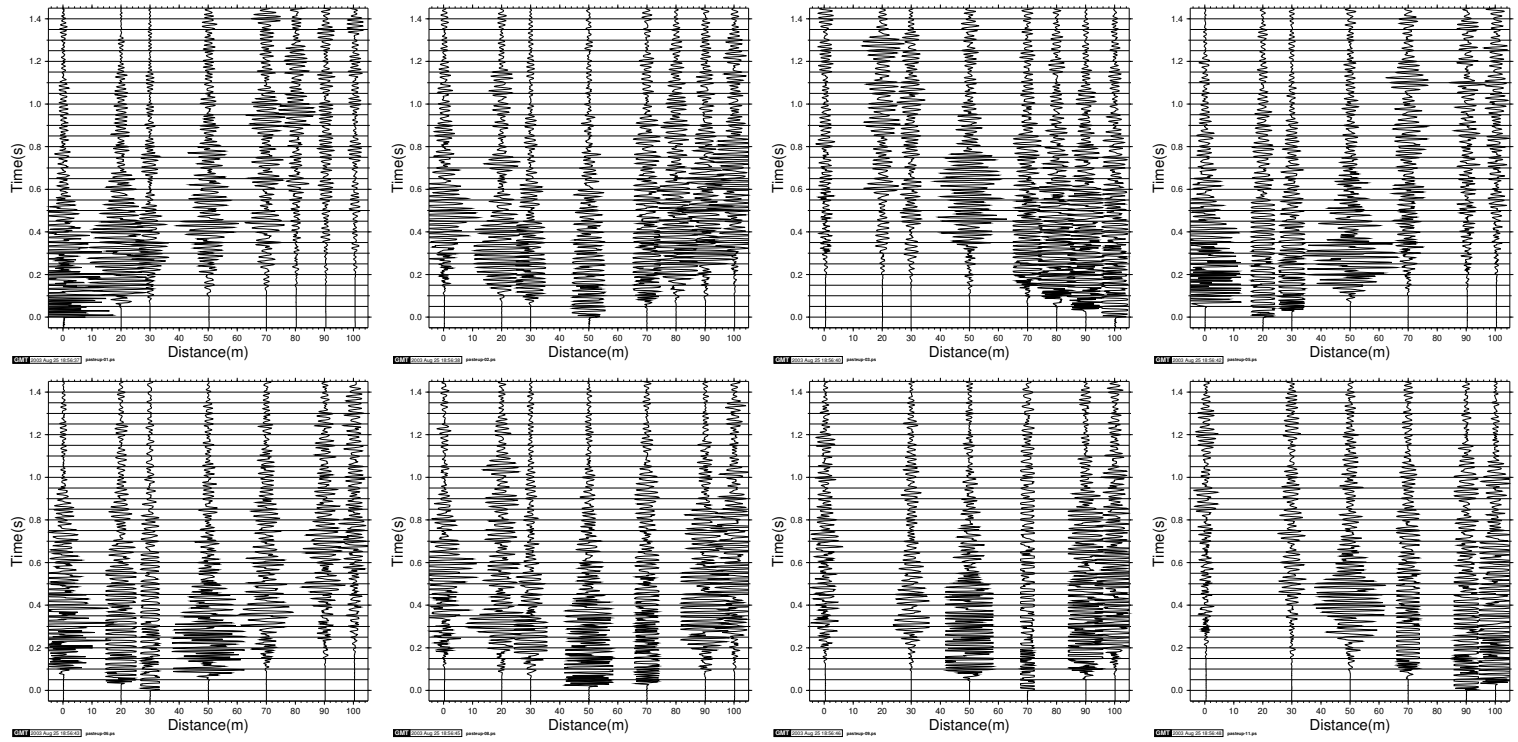


4-2. データ処理結果

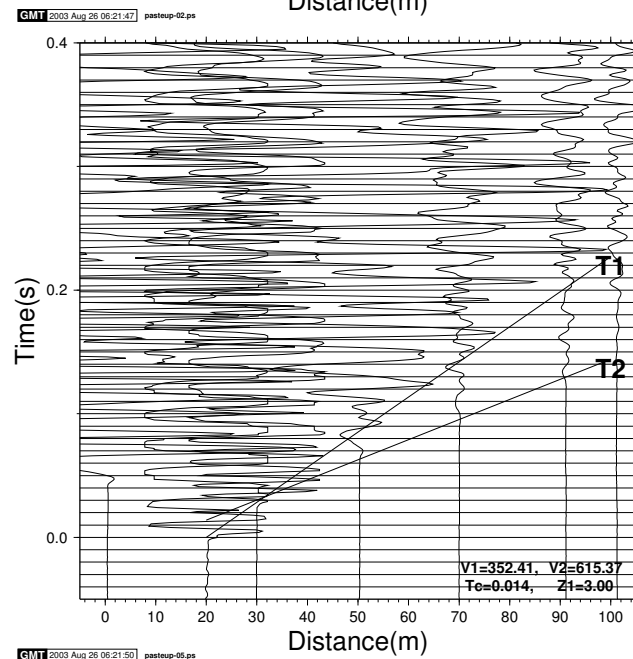
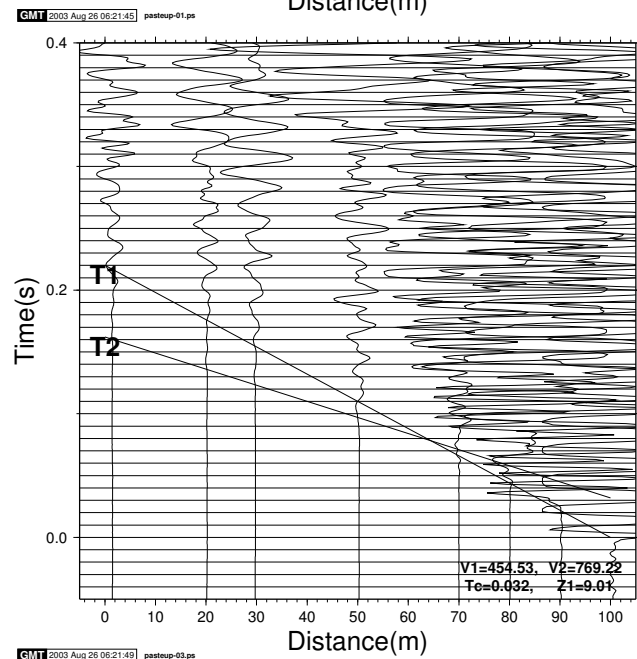
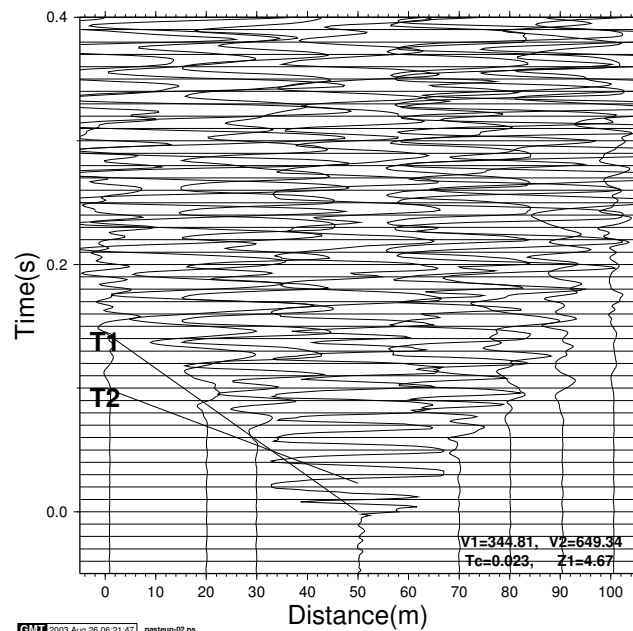
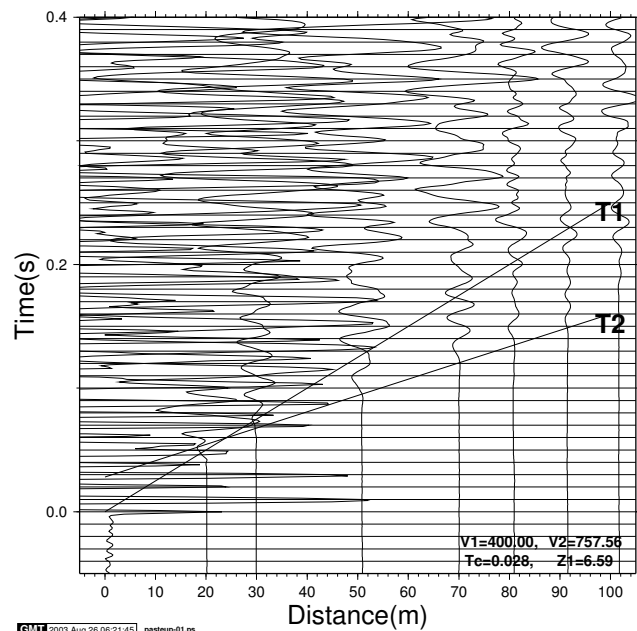
スタッキングの効果



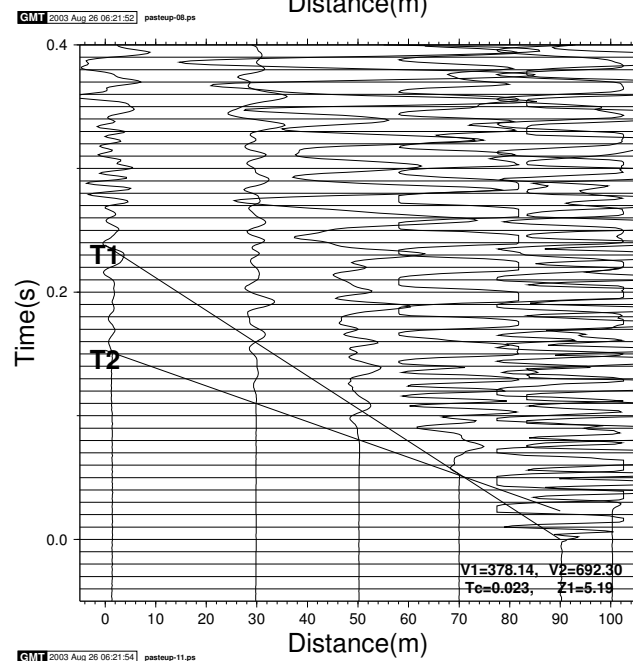
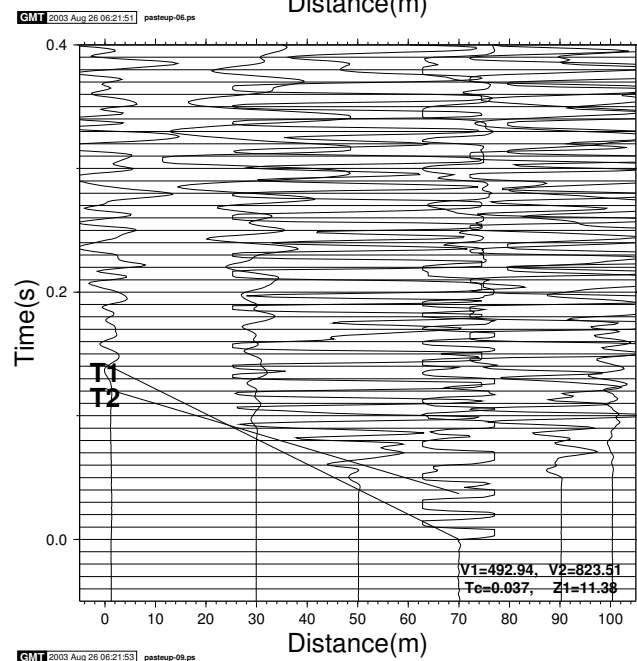
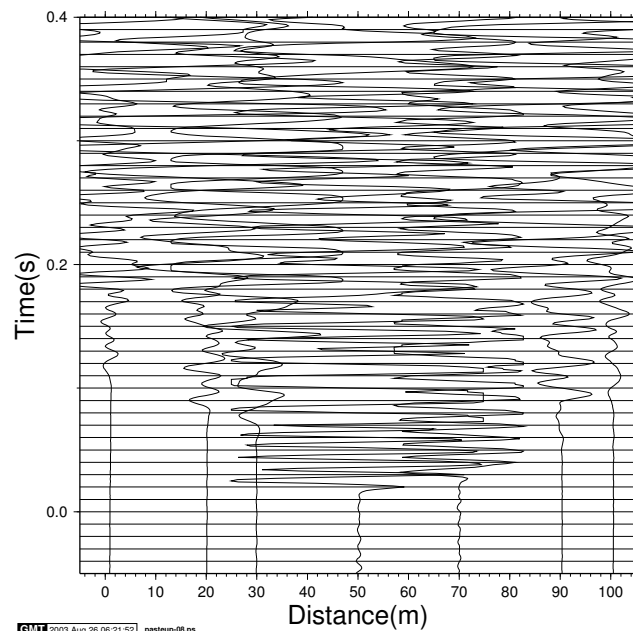
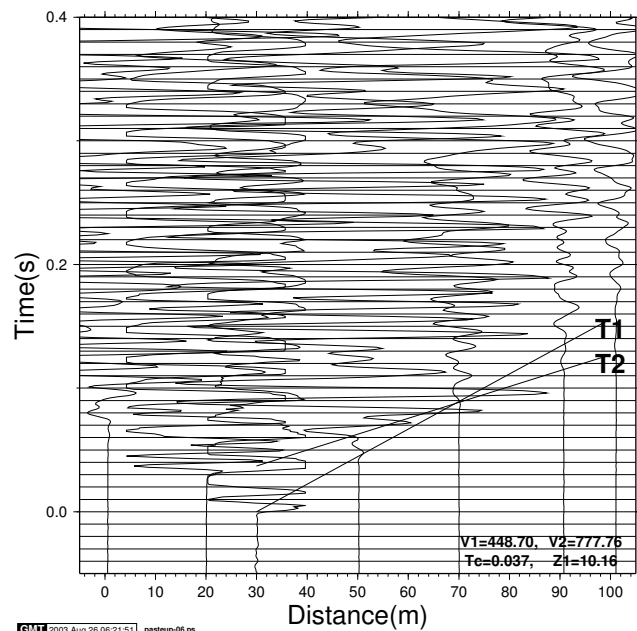
Pasteup record section



走時曲線 1



走時曲線 2



人工地震発生方法

- 杭よりかけやを叩き台とした方が効率がよい
- 今回の測線距離では、叩き台は杭でも十分

スタッキングによる効果

- スタッキング処理により、明らかな **S/N** 比の向上が見られた
- $R = 0.40N + 10$ (**R** : **S/N** 比, **N** : スタック回数)
→理論値と異なる結果となった

(追記 : **S/N** 比が理論値から大きくずれたのは、検証用にサンプリングした波形がクリップしていたためである。これを防ぐには、震源から比較的遠い場所で観測された波形を使う必要がある。)

速度構造

shot point	altitude	V1(m/sec)	V2(m/sec)	Tc(sec)	Z1(m)
No.11	1466	454.53	769.22	0.032	9.01
No.10	1468	378.14	692.30	0.023	5.19
No.09	1469	492.94	823.51	0.037	11.38
No.06	1473	344.81	649.34	0.023	4.67
No.04	1467	448.70	777.76	0.037	10.16
No.03	1464	352.41	615.37	0.014	3.00
No.01	1461	400.00	757.56	0.028	6.59

- 南端 (No.01) と北端 (No.11) の結果はよく一致する
→大局的には水平 2 層の構造をもつと考えられる
- 地震波速度から、測定したのは火砕流堆積物の速度構造であったと考えられる
- 地下数 m までは新しく、それ以深は古い火砕流堆積物であると考えられる

感想・課題

課題

- 十分に振動は伝わるので、地震計の間隔をもっとひろげるべき
- unix を使ったデータ処理の経験がないと難しい
→手順の蓄積が必要

感想

- 霧が深くて大変だった
- 考えていたよりかなり寒かった
- とてもためになった