

## 浅間山における人工地震探査: 探査の概要と初動の走時について

青木陽介<sup>1)\*</sup>・武尾 実<sup>1)</sup>・辻 浩<sup>2)</sup>・小山悦郎<sup>3)</sup>・青山 裕<sup>4)</sup>・藤松 淳<sup>5)</sup>・松本 聡<sup>6)</sup>・宮町 宏樹<sup>7)</sup>・中道治久<sup>8)</sup>・大倉敬宏<sup>9)</sup>・大湊隆雄<sup>1)</sup>・及川 純<sup>1)</sup>・棚田理絵<sup>5)</sup>・筒井智樹<sup>10)</sup>・山本圭吾<sup>11)</sup>・山本 希<sup>12)</sup>・山里 平<sup>13)</sup>・山脇輝夫<sup>14)</sup>・市原美恵<sup>1)</sup>・井本良子<sup>1)</sup>・風間卓仁<sup>1)</sup>・小山崇夫<sup>1)</sup>・前田裕太<sup>15)</sup>・前野 深<sup>1)</sup>・森田裕一<sup>1)</sup>・中田節也<sup>1)</sup>・中村 祥<sup>1)</sup>・長田 昇<sup>1)</sup>・渡辺秀文<sup>1)</sup>・P.K.B. Alanis<sup>7)</sup>・T. Anggono<sup>12)</sup>・藤原善明<sup>5)</sup>・福山由朗<sup>16)</sup>・萩原慎太郎<sup>7)</sup>・橋本武志<sup>4)</sup>・平野舟一郎<sup>17)</sup>・堀口桂香<sup>18)</sup>・飯島 聖<sup>19)</sup>・石原吉明<sup>18)</sup>・石川溪太<sup>8)</sup>・石坂和之<sup>20)</sup>・北脇裕太<sup>21)</sup>・黒木英州<sup>13)</sup>・草野富二雄<sup>5)</sup>・前川徳光<sup>22)</sup>・増田与志郎<sup>23)</sup>・松村智之<sup>19)</sup>・中元真美<sup>21)</sup>・西村太志<sup>12)</sup>・野上健治<sup>14)</sup>・奥田 隆<sup>8)</sup>・坂井孝之<sup>13)</sup>・佐藤正良<sup>10)</sup>・鈴木敦生<sup>4)</sup>・丹下 豪<sup>24)</sup>・植木貞人<sup>18)</sup>・渡邊篤志<sup>6)</sup>・八木原寛<sup>17)</sup>・山崎友也<sup>11)</sup>・吉川 慎<sup>9)</sup>

<sup>1)</sup> 東京大学地震研究所・<sup>2)</sup> 東京大学地震研究所小諸火山化学研究施設・<sup>3)</sup> 東京大学地震研究所浅間火山観測所・<sup>4)</sup> 北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター・<sup>5)</sup> 気象庁地震火山部・<sup>6)</sup> 九州大学大学院理学研究院地震火山観測研究センター・<sup>7)</sup> 鹿児島大学理学部地球環境科学科・<sup>8)</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科地震火山・防災研究センター・<sup>9)</sup> 京都大学大学院理学研究科地球熱学研究施設火山研究センター・<sup>10)</sup> 秋田大学工学資源学部・<sup>11)</sup> 京都大学防災研究所火山活動研究センター・<sup>12)</sup> 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻・<sup>13)</sup> 気象研究所地震火山研究部・<sup>14)</sup> 東京工業大学火山流体研究センター・<sup>15)</sup> 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻・<sup>16)</sup> 気象庁札幌管区気象台・<sup>17)</sup> 鹿児島大学理学部附属南西島弧地震火山観測所・<sup>18)</sup> 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター・<sup>19)</sup> 気象庁軽井沢測候所・<sup>20)</sup> 熊本大学理学部地球環境科学科・<sup>21)</sup> 九州大学理学府地球惑星科学科・<sup>22)</sup> 北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター有珠火山観測所・<sup>23)</sup> 気象庁福岡管区気象台・<sup>24)</sup> 気象庁仙台管区気象台

## Active Source Seismic Experiment in Asama Volcano, Japan: The Outline of the Experiment and First Arrival Times

Y. Aoki<sup>1)\*</sup>, M. Takeo<sup>1)</sup>, H. Tsuji<sup>2)</sup>, E. Koyama<sup>3)</sup>, H. Aoyama<sup>4)</sup>, J. Fujimatsu<sup>5)</sup>, S. Matsumoto<sup>6)</sup>, H. Miyamachi<sup>7)</sup>, H. Nakamichi<sup>8)</sup>, T. Ohkura<sup>9)</sup>, T. Ohminato<sup>1)</sup>, J. Oikawa<sup>1)</sup>, R. Tanada<sup>5)</sup>, T. Tsutsui<sup>10)</sup>, K. Yamamoto<sup>11)</sup>, M. Yamamoto<sup>12)</sup>, H. Yamasato<sup>13)</sup>, T. Yamawaki<sup>14)</sup>, M. Ichihara<sup>1)</sup>, Y. Imoto<sup>1)</sup>, T. Kazama<sup>1)</sup>, T. Koyama<sup>1)</sup>, Y. Maeda<sup>15)</sup>, F. Maeno<sup>1)</sup>, Y. Morita<sup>1)</sup>, S. Nakada<sup>1)</sup>, S. Nakamura<sup>1)</sup>, N. Osada<sup>1)</sup>, H. Watanabe<sup>1)</sup>, P.K.B. Alanis<sup>7)</sup>, T. Anggono<sup>12)</sup>, Y. Fujiwara<sup>5)</sup>, Y. Fukuyama<sup>16)</sup>, S. Hagiwara<sup>7)</sup>, T. Hashimoto<sup>4)</sup>, S. Hirano<sup>17)</sup>, K. Horiguchi<sup>18)</sup>, S. Iijima<sup>19)</sup>, Y. Ishihara<sup>18)</sup>, K. Ishikawa<sup>8)</sup>, K. Ishizaka<sup>20)</sup>, Y. Kitawaki<sup>21)</sup>, H. Kuroki<sup>13)</sup>, F. Kusano<sup>5)</sup>, T. Maekawa<sup>22)</sup>, Y. Masuda<sup>23)</sup>, T. Matsumura<sup>19)</sup>, M. Nakamoto<sup>21)</sup>, T. Nishimura<sup>12)</sup>, K. Nogami<sup>14)</sup>, T. Okuda<sup>8)</sup>, T. Sakai<sup>13)</sup>, M. Sato<sup>10)</sup>, A. Suzuki<sup>4)</sup>, G. Tange<sup>24)</sup>, S. Ueki<sup>18)</sup>, A. Watanabe<sup>6)</sup>, H. Yakiwara<sup>17)</sup>, Y. Yamazaki<sup>11)</sup>, S. Yoshikawa<sup>9)</sup>

<sup>1)</sup> Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2)</sup> Komoro Observatory of Volcano-Chemistry, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>3)</sup> Asama Volcano Observatory of Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>4)</sup> Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, <sup>5)</sup> Seismological and Volcanological Department, Japan Meteorological Agency, <sup>6)</sup> Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu University, <sup>7)</sup> Department of Earth and Environmental Sciences, Kagoshima University, <sup>8)</sup> Research Center for Seismology, Volcanology, and Disas-

\* e-mail: yaoki@eri.u-tokyo.ac.jp (〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1)

ter Mitigation, Nagoya University, <sup>9)</sup> Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, <sup>10)</sup> Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, <sup>11)</sup> Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, <sup>12)</sup> Department of Geophysics, Tohoku University, <sup>13)</sup> Seismology and Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute, <sup>14)</sup> Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology, <sup>15)</sup> Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, <sup>16)</sup> Sapporo District Meteorological Observatory, Japan Meteorological Agency, <sup>17)</sup> Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University, <sup>18)</sup> Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Tohoku University <sup>19)</sup> Karuizawa Weather Station, Japan Meteorological Agency, <sup>20)</sup> Department of Earth Sciences, Kumamoto University, <sup>21)</sup> Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, <sup>22)</sup> Usu Volcano Observatory, Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, <sup>23)</sup> Fukuoka District Meteorological Observatory, Japan Meteorological Agency, <sup>24)</sup> Sendai District Meteorological Observatory, Japan Meteorological Agency

## Abstract

In order to investigate the subsurface seismic structure beneath Asama Volcano, Japan, an active seismic experiment was conducted in October, 2006 with 60 participants from nine national universities and Japan Meteorological Agency as the 12 th joint experiment under the National Project for Prediction of Volcanic Eruptions. The experiment was conducted by recording seismic waves exerted from five dynamite shots with charges of 250.300 kg. The seismic waves were recorded by 464 seismometers with a natural frequency of 2 Hz and 210 seismometers with a natural frequency of 4.5 Hz and data loggers temporally deployed around Asama Volcano. To reveal the P-wave velocity structure, 1839 useful arrival times were picked from the seismograms. Observed data suggests that the subsurface structure is likely to be highly heterogeneous and seems to be consistent with previous geophysical and geological studies.

**Key words:** Asama Volcano, Seismic exploration, Seismic velocity structure, National Project for Prediction of Volcanic Eruption

## 1. はじめに

浅間火山は長野・群馬県境に位置し、太平洋プレートの東からの沈み込みにとまなう島弧火山のひとつである。浅間山周辺においては、第四紀火山群が東西に配列しており、西端に最も古い烏帽子火山群、東端に浅間山が位置している (Fig. 1)。最も古い烏帽子火山群は 0.8–1.0 Ma および 0.3–0.4 Ma に、主に安山岩を放出する火山活動が発生し、0.4 Ma から 0.8 Ma までの活動は低調であった (高橋, 2004)。0.4 Ma 以降、活動の中心は黒斑山 (Fig. 1) へと移動した。この時期以降の活動史については Aramaki (1963) に詳しく報告されている。黒斑山は、約 22,000 年前の噴火によって東側が山体崩壊を起こした。その後、活動の中心は黒斑山の東約 2 km へと移動し、約 15,000 年前まで仏岩溶岩 (Fig. 1) を放出した。現在の浅間山の位置では、約 15,000 年前から現在まで活動が継続している。歴史時代において、浅間火山では、1108 年と 1783 年に大規模噴火が発生し、20 世紀に入り 1960 年代までは活発な噴火活動を繰り返してきた (下

鶴・他, 1975, 宮崎, 2003) が、その後 1973, 1982, 1983, 2004 年の中規模噴火活動を除いて、比較的静穏な時期が継続している。

近年の様々な種類の地球物理観測によって、浅間山におけるマグマ供給系が明らかになってきている。Takeo *et al.* (2006) は 2004 年噴火前後に発生した地震の震源を精密に決定し、それを全地球観測システム (GPS) データと組み合わせることによって、マグマが山頂西側の海面下 1 km 付近に供給され、その後山頂直下に移動して垂直に火口まで上昇するというモデルを提示した。また、Ogawa *et al.* (2006) は、山頂西側の海面下 1 から数 km の深さに低比抵抗領域を発見した。これは、青木・他 (2005) や村上 (2005) が GPS データから提案したダイク貫入の場所と調和的である。さらに、Ogawa *et al.* (2006) は、山頂西側の深さ 10 km 付近にも低比抵抗領域を観測しており、これはさらに深部でのマグマ供給源と考えられる。

山体浅部においては、比較的火山活動が静穏な時期に

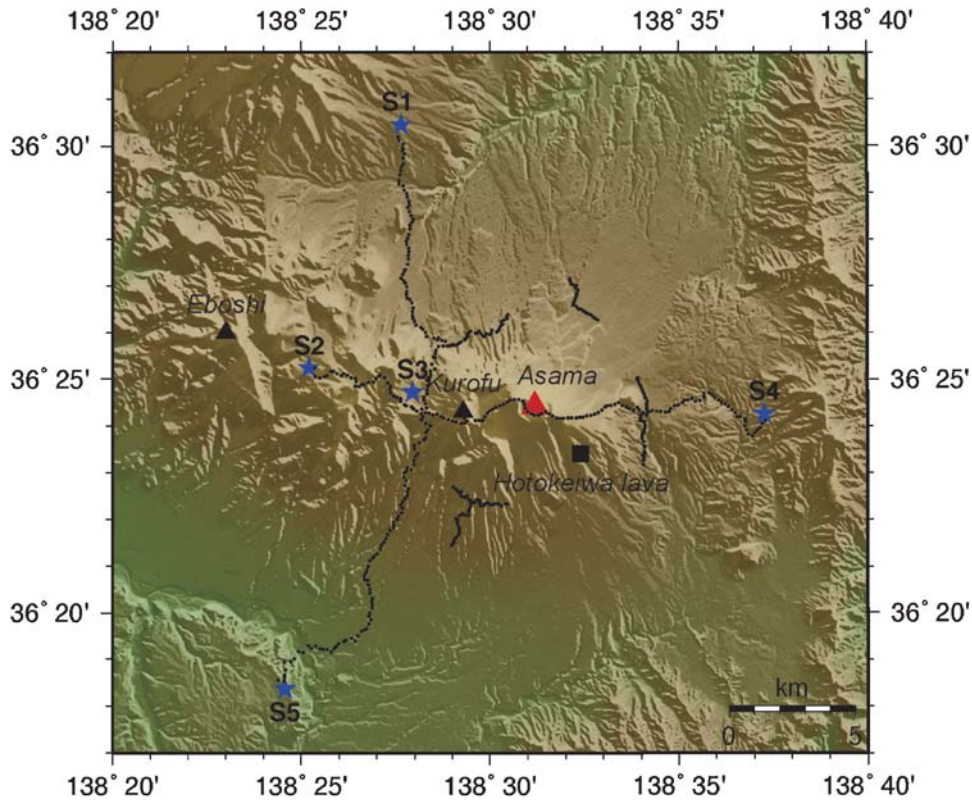


Fig. 1. Locations of shots (stars) and temporal seismic sites (dots). The red triangle represents the location of Asama Volcano. Black triangles and the square denote Eboshi Volcano Group, Kurofu Volcano, and the Hotokeiwa lava, respectively.

も、山頂直下においてマグマの何らかの動きを反映すると思われる火山性地震が観測されてきた（たとえば Sawada, 1994, Fujita and Ida, 1999, Aoyama and Takeo, 2001）。さらに近年、山頂付近の稠密な地震観測網を背景に、山本・他（2005）は、2004年噴火に先行する特異な長周期地震活動を観測した。観測された長周期地震活動は、火道浅部での膨張を示唆するパルス型、長周期減衰型、継続時間が100秒から300秒と長い微動型の3種類に分類される。

上に示したような火山活動の本質をより深く理解するための一つの手段として、火山周辺の地震波速度構造を理解することを通して、それらがどのような場で発生しているのかを知ることがある。観測される火山活動に、地下構造がどのように寄与しているかを知ることにより、地下におけるマグマの運動様式や、予想される噴火様式への理解が深まることが期待される。

浅間山においては、過去に Minakami *et al.* (1970) や 沢田・他 (1983) により P 波速度構造が求められたが、地下構造が火山活動にどのように寄与しているかを論じるには空間分解能が不足している。そこで、本研究では

人工震源と密に配置された臨時地震観測点を用いて、浅間山および周辺の地震学的構造を高い空間分解能で求めるための探査を行った。本稿では、探査の概要、波形記録や観測点・発破点の座標などの基礎資料、P 波速度構造解析へ向けて作成した初動到達時刻データのリストを示す。データから読み取れる特徴の解釈については、ここでは定性的な議論にとどめ、より詳細な議論は他の機会に報告する。

## 2. 観測

Fig. 1 に人工地震探査のために配置した地震観測点の位置を示す。観測点は、浅間山西側を通る南北測線、山頂付近を横切る東西測線、および山体周辺の観測点から構成される。南北測線は、地震観測や地殻変動観測から、浅間山頂西側の海面下1-数 km に貫入していると推定される (Takeo *et al.*, 2006) ダイクの形状を詳細に明らかにすることを意図している。東西測線は、浅間山山頂直下において発生する、マグマの何らかの動きを反映していると思われる火山性地震（たとえば Aoyama and Takeo, 2001, 山本・他, 2005）がどのような場で発生し

ているかを明らかにすることに主眼をおいている。南北測線と東西測線においては、観測点間隔は約 150 m である。その他に、山体を囲むように T 字もしくは L 字アレイを配置したが、これらは山体もしくは山頂西側のダイク貫入域からの散乱波を観測し、より高分解能の地下構造を求めることを目的としている。これらのアレイにおいては、東西・南北測線よりやや密に（観測点間隔約 100 m）観測点を配置した。

本観測において使用した地震計は Mark Products 社製 L-22D 型（固有周波数 2 Hz, コイル抵抗 2 k $\Omega$ ）であり、ダンピング定数は 0.7 とした。地震波形は白山工業社製 DataMark LS-8000SH データロガー（森田・浜口, 1996）により、サンプリング間隔 4 ms (250 Hz), 分解能 16 bit で収録された。収録の際、震央距離に応じた増幅を行い、上下動成分は 2 チャンネルを使って同一信号を高利得、低利得で記録した。観測点座標はハンドヘルド型 GPS を用いて、単独測位により決定した。位置決定精度は 5-10 m 程度であると考えられる。Table 1 に各観測点の座標、観測した地震動の成分および特記事項を示す。全観測点数は 464（うち 394 点は鉛直 1 成分、70 点は 3 成分）である。

また、これとは別に、貫入したダイクの形状を反射法的解析により高分解能で明らかにするという観点から、南北測線の S3 を挟んだ約 8 km 区間において、観測点間隔約 30 m の高密度観測を実施した。使用した地震計は Geo Space 社製 GS-11D 型（固有周波数 4.5 Hz, コイル抵抗 4 k $\Omega$ ）であり、地震波形は白山工業製 LS-8200 データロガー（蔵下・他, 2006）により、サンプリング間隔 4 ms (250 Hz), 分解能 24 bit で収録された。観測点座標は GPS ラピッドスタティック測量により決定した。位置決定精度は 0.1-0.5 m 程度であると考えられる。全観測点数は 210（すべて鉛直 1 成分）である。なお、この高密度観測の詳細は他に発表し（筒井・他, 2008）、本稿では取り扱わない。

発破点は東西・南北測線の両端および両測線の交点付近に計 5 点を配置した (Fig. 1, Table 2)。発破孔の掘削および発破作業は応用地質株式会社の請負により行われた。発破孔の口径は 146 mm, 深さは S3 は 50 m, その他の発破点では 60 m である。掘削後には発破孔保護のために外径 114.3 mm, 肉厚 4.5 mm の鋼管を孔底まで挿入した。発破は 2006 年 10 月 13 日午前 1 時 2 分から 1 時 22 分まで 5 分間隔でダイナマイト 250 kg (S3) もしくは 300 kg (その他) を用いて行われた (Table 2)。各発破点では、ショットマーク信号を 1 ms (1 kHz) サンプリングで収録し、発破時刻を読み取った。発破点の位置はハ

ンドヘルド型 GPS による単独測位により決定し、薬頭までの深度は検尺により決定した。各発破点の位置座標（高度は薬頭の標高）、掘削深度、爆破時刻、および薬量を Table 2 に示す。

### 3. 観測結果

Fig. 2, 3, 4 に S1, S3, S5 発破に対する南北測線の観測点で取得された波形を、Fig. 5, 6, 7 に S2, S3, S4 発破に対する東西測線の観測点で取得された波形を、それぞれ示す。これらの波形記録は、発破時刻を 0 秒とし、見かけ速度 6 km/s で減じている。フィルターはかけていない。また、それぞれの波形は、その最大振幅で規格化されている。また、波形不良が認められる観測点の波形は除いた。S3, S4, S5 に関しては、探査領域のほぼ全域において初動の確認が可能であった。S1, S2 に関しては、初動が同定できた観測点は、爆破点から約 12 km ほどの範囲に限定された。S3 (250 kg) 以外は薬量が同じ (300 kg) であることを考えると、この違いは、帯水層の存在など、爆破点付近の地質の違いによるものと考えられる。

波形を見ると、Takeo *et al.* (2006) により推定されたマグマ供給路を通過しない地震波は初動の振幅が最も大きい。通過した地震波は、初動よりも後続波に大きなエネルギーを持ち、波形が複雑になる。たとえば、Fig. 2 の震源距離 12 km 以遠や Fig. 6 の震源距離 8 km 以遠において、初動よりも後続波に大きなエネルギーを持っていることが見られる。これは、マグマ供給路を通った地震波が散乱しているためと考えられる。

浅部 P 波速度構造を推定するために、これらの記録から初動到達時刻を読み取りデータリストを作成した。この作業は実験参加者の有志による解析委員が行った。まず各委員が個別に全波形の初動到達時刻を読み取り、これらの値を持ち寄って全委員の検討により最終値を決定した。読み取りには到達時刻とその読み取り精度に応じたランク・極性の情報を付加している。読み取り精度のランクは、 $\pm 10$  ms 以内で初動を確定できたものを A ランク、以下  $\pm 10$ - $\pm 30$  ms,  $\pm 30$ - $\pm 100$  ms,  $\pm 100$ - $\pm 200$  ms で確定できたものを、それぞれ B, C, D ランクとし、極性が確認できないものを L ランクとした（鍵山・他, 1995, 筒井・他, 1996）。A, B, C, D ランクで決定された初動到達時刻の数はそれぞれ 495 個, 652 個, 463 個, 229 個であり、総数 1,839 個の読み取り値が得られた。これらをまとめたものを Table 3 に示す。

すべての発破による人工地震の走時を Fig. 8 に示す。この図から、震央距離 10-12 km 程度まではおおよそ上

浅間山における人工地震探査: 探査の概要と初動の走時について

Table 1. Site codes and coordinates. Latitude and longitude are based on the WGS84 reference frame. In the Component column, U, E, and N stand for the vertical, east-west, and north-south components, respectively. In the Line column, NS and EW show that the site is on the north-south line and east-west line, respectively.

Code	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Comp.	Line	Remarks
A01	36.50328	138.45933	1224	U	NS	
A02	36.50192	138.45992	1217	U	NS	
A03	36.50067	138.46169	1194	U	NS	
A04	36.49919	138.46139	1182	U	NS	
A05	36.49828	138.46144	1178	UNE	NS	
A06	36.49706	138.46239	1163	U	NS	
A07	36.49558	138.46161	1155	U	NS	
A08	36.49367	138.46167	1141	U	NS	
A09	36.49253	138.46092	1132	U	NS	
A10	36.49117	138.46061	1119	U	NS	
A11	36.48981	138.46039	1114	U	NS	
A12	36.48764	138.45981	1105	U	NS	
A13	36.48644	138.45997	1102	U	NS	
A14	36.48589	138.46167	1110	U	NS	
A15	36.48422	138.46211	1118	U	NS	
A16	36.48306	138.46336	1138	U	NS	
A17	36.48175	138.46364	1151	U	NS	
A18	36.48033	138.46436	1154	U	NS	
A19	36.47922	138.46436	1161	U	NS	
A20	36.47803	138.46389	1171	UNE	NS	
A21	36.47656	138.46458	1179	U	NS	
A22	36.47497	138.46508	1195	U	NS	
A23	36.47391	138.46619	1207	U	NS	
A24	36.47281	138.46586	1195	U	NS	
A25	36.47169	138.46478	1195	U	NS	
B01	36.47042	138.46469	1196	U	NS	
B02	36.46844	138.46433	1195	U	NS	
B03	36.46700	138.46378	1205	U	NS	
B04	36.46597	138.46311	1212	U	NS	
B05	36.46481	138.46336	1222	UNE	NS	
B06	36.46347	138.46417	1231	U	NS	
B07	36.46219	138.46433	1240	U	NS	
B08	36.46097	138.46411	1254	U	NS	
B09	36.45958	138.46397	1270	U	NS	
B10	36.45778	138.46367	1286	U	NS	
B11	36.45597	138.46256	1306	U	NS	
B12	36.45514	138.46214	1315	U	NS	
B13	36.45411	138.46147	1329	U	NS	
B14	36.45269	138.46086	1343	U	NS	
B15	36.45178	138.46194	1348	U	NS	
B16	36.45100	138.46272	1351	U	NS	
B17	36.44978	138.46325	1362	U	NS	
B18	36.44817	138.46325	1375	U	NS	
B19	36.44697	138.46303	1386	U	NS	
B20	36.44569	138.46361	1394	UNE	NS	
B21	36.44506	138.46475	1399	U	NS	Sensor failure
B22	36.44406	138.46550	1404	U	NS	
B23	36.44217	138.46611	1410	U	NS	
B24	36.44078	138.46581	1426	U	NS	
B25	36.43961	138.46586	1422	U	NS	

Table 1. (Continue)

Code	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Comp.	Line	Remarks
C01	36.42855	138.47931	1591	U	NS	
C02	36.42836	138.47731	1608	U	NS	
C03	36.42710	138.47621	1660	U	NS	
C04	36.42605	138.47603	1696	U	NS	
C05	36.42476	138.47499	1699	U	NS	
C06	36.42430	138.47581	1729	U	NS	
C07	36.42213	138.47423	1775	U	NS	
C08	36.42044	138.47580	1835	U	NS	
C09	36.41964	138.47395	1843	U	NS	
C10	36.41834	138.47377	1857	U	NS	
C11	36.41727	138.47305	1866	U	NS	
C12	36.41626	138.47220	1873	U	NS	
C13	36.41457	138.47247	1885	U	NS	
C14	36.41307	138.47218	1895	U	NS	
C15	36.41153	138.47223	1903	UNE	NS	
C16	36.41043	138.47093	1914	UNE	NS	
C17	36.40928	138.47084	1918	UNE	NS	
C18	36.40794	138.47166	1930	UNE	NS	
C19	36.40655	138.47200	1948	UNE	NS	
C20	36.40614	138.46989	1954	U	NS	
D01	36.41736	138.45331	1944	U	EW	
D02	36.41825	138.45158	1959	U	EW	
D03	36.41783	138.45078	1975	U	EW	
D04	36.41683	138.44978	1978	U	EW	
D05	36.41583	138.44864	1985	U	EW	
D06	36.41569	138.44636	2014	U	EW	
D07	36.41494	138.44450	2028	U	EW	
D08	36.41492	138.44319	2029	U	EW	
D09	36.41419	138.44233	2044	U	EW	
D10	36.41433	138.44058	2052	U	EW	
D11	36.41592	138.44108	2033	U	EW	
D12	36.41706	138.44042	2019	U	EW	
D13	36.41722	138.43875	2005	U	EW	
D14	36.41828	138.43711	1989	U	EW	
D15	36.41872	138.43550	1972	U	EW	
D16	36.41803	138.43431	1956	U	EW	
D17	36.41875	138.43256	1941	U	EW	
D18	36.41956	138.43092	1929	U	EW	
D19	36.41953	138.42978	1916	U	EW	
D20	36.41800	138.42803	1891	U	EW	
D21	36.41769	138.42694	1865	U	EW	
D22	36.41733	138.42500	1833	U	EW	
D23	36.41756	138.42286	1816	U	EW	
D24	36.41775	138.42289	1817	U	EW	
D25	36.42089	138.42267	1791	U	EW	
E01	36.41537	138.45486	1935	U	EW	
E02	36.41422	138.45614	1929	U	EW	Sensor failure
E03	36.41336	138.45603	1930	U	EW	
E04	36.41194	138.45606	1939	U	EW	
E05	36.41081	138.45750	1941	U	EW	Sensor failure
E06	36.41044	138.45883	1942	U	EW	
E07	36.40978	138.46056	1943	U	EW	

浅間山における人工地震探査: 探査の概要と初動の走時について

Table 1. (Continue)

Code	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Comp.	Line	Remarks
E08	36.40900	138.46042	1943	U	EW	
E09	36.40758	138.46233	1956	U	EW	
E10	36.40719	138.46311	1963	U	EW	
E11	36.40683	138.46525	1968	U	EW	Sensor failure
E12	36.40614	138.46636	1971	U	EW	
E13	36.40533	138.46764	1977	U	NS, EW	
E14	36.40436	138.46967	1973	U	NS, EW	
E15	36.40339	138.47033	1943	UNE	NS	
E16	36.40219	138.46975	1876	UNE	NS	Sensor failure
E17	36.40092	138.47169	1860	UNE	NS	
E18	36.40025	138.47361	1846	UNE	NS	
E19	36.39878	138.47256	1814	UNE	NS	
E20	36.39767	138.47189	1807	U	NS	
E21	36.39589	138.47158	1786	U	NS	Sensor failure
E22	36.39522	138.47078	1744	U	NS	Sensor failure
E23	36.39403	138.46872	1679	U	NS	Sensor failure
E24	36.39306	138.46658	1629	U	NS	Sensor failure
E25	36.39189	138.46683	1609	U	NS	Sensor failure
F01	36.39017	138.46803	1587	U	NS	
F02	36.38914	138.46708	1539	U	NS	
F03	36.38767	138.46642	1487	U	NS	
F04	36.38631	138.46656	1476	U	NS	
F05	36.38436	138.46544	1447	UNE	NS	
F06	36.38519	138.46358	1432	U	NS	
F07	36.38381	138.46311	1404	U	NS	
F08	36.38331	138.46222	1383	U	NS	
F09	36.38172	138.46200	1365	U	NS	
F10	36.38067	138.46308	1360	U	NS	
F11	36.37886	138.46253	1333	U	NS	
F12	36.37775	138.46386	1274	U	NS	
F13	36.37650	138.46339	1252	U	NS	
F14	36.37525	138.46353	1241	U	NS	
F15	36.37425	138.46267	1219	U	NS	
F16	36.37314	138.46150	1200	U	NS	
F17	36.37189	138.46064	1188	U	NS	
F18	36.37069	138.46108	1164	U	NS	
F19	36.36922	138.46097	1156	U	NS	
F20	36.36789	138.45964	1139	UNE	NS	
F21	36.36672	138.45908	1127	U	NS	
F22	36.36567	138.45719	1077	U	NS	
F23	36.36478	138.45758	1069	U	NS	
F24	36.36378	138.45742	1052	U	NS	
F25	36.36286	138.45583	1037	U	NS	
F26	36.36133	138.45469	1024	U	NS	
G01	36.35992	138.45400	1013	U	NS	
G02	36.35861	138.45308	1007	U	NS	Sensor failure
G03	36.35753	138.45211	998	U	NS	
G04	36.35619	138.45164	997	U	NS	
G05	36.35456	138.45008	987	UNE	NS	
G06	36.35361	138.44886	976	U	NS	
G07	36.35283	138.44814	968	U	NS	
G08	36.35192	138.44686	956	U	NS	

Table 1. (Continue)

Code	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Comp.	Line	Remarks
G09	36.34986	138.44633	943	U	NS	
G10	36.34861	138.44567	934	U	NS	
G11	36.34756	138.44511	924	U	NS	
G12	36.34653	138.44444	914	U	NS	
G13	36.34517	138.44444	902	U	NS	
G14	36.34503	138.44597	909	U	NS	
G15	36.34336	138.44636	903	U	NS	
G16	36.34178	138.44692	907	U	NS	
G17	36.34031	138.44703	895	U	NS	
G18	36.33844	138.44808	888	U	NS	
G19	36.33733	138.44786	868	U	NS	
G20	36.33650	138.44797	861	UNE	NS	
G21	36.33522	138.44797	850	U	NS	
G22	36.33330	138.44697	829	U	NS	
G23	36.33211	138.44656	813	U	NS	
G24	36.33097	138.44736	813	U	NS	
G25	36.32941	138.44656	801	U	NS	
G26	36.32778	138.44567	787	U	NS	
H01	36.32728	138.44464	782	U	NS	
H02	36.32672	138.44336	771	U	NS	Reversed polarity
H03	36.32519	138.44172	758	U	NS	
H04	36.32322	138.44061	755	U	NS	
H05	36.32444	138.43881	745	UNE	NS	
H06	36.32364	138.43639	722	U	NS	
H07	36.32311	138.43556	718	U	NS	
H08	36.32239	138.43306	699	U	NS	
H09	36.32122	138.43206	689	U	NS	
H10	36.32056	138.43111	681	U	NS	
H11	36.31936	138.42997	673	U	NS	
H12	36.32028	138.42811	669	U	NS	
H13	36.32031	138.42633	655	U	NS	
H14	36.32050	138.42481	644	U	NS	
H15	36.32133	138.42308	630	U	NS	
H16	36.32072	138.42111	616	U	NS	
H17	36.32167	138.41981	632	U	NS	
H18	36.31922	138.41758	593	U	NS	
H19	36.31947	138.41553	579	U	NS	
H20	36.31692	138.41367	647	UNE	NS	
H21	36.31608	138.41197	645	U	NS	
H22	36.31575	138.40925	677	U	NS	
H23	36.31300	138.40975	764	U	NS	
H24	36.31119	138.40939	786	U	NS	
H25	36.31022	138.40933	801	U	NS	
H26	36.30889	138.40908	818	U	NS	
H27	36.30933	138.40647	810	U	NS	
I01	36.40478	138.47150	1992	UNE	EW	
I02	36.40469	138.47319	2018	UNE	EW	
I03	36.40406	138.47469	2052	UNE	EW	
I04	36.40425	138.47672	2021	UNE	EW	
I05	36.40356	138.47836	2066	UNE	EW	
I06	36.40294	138.47958	2131	U	EW	
I07	36.40233	138.48158	2159	U	EW	



浅間山における人工地震探査: 探査の概要と初動の走時について

Table 1. (Continue)

Code	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Comp.	Line	Remarks
I08	36.40192	138.48347	2185	U	EW	
I09	36.40150	138.48506	2208	U	EW	
I10	36.40083	138.48725	2272	U	EW	
I11	36.40108	138.48881	2267	U	EW	
I12	36.40175	138.48992	2299	U	EW	
I13	36.40289	138.48883	2335	U	EW	
J01	36.40408	138.56933	1405	U	EW	
J02	36.40469	138.56767	1413	UNE	EW	1 second delay
J03	36.40564	138.56597	1434	UNE	EW	1 second delay
J04	36.40664	138.56511	1448	UNE	EW	1 second delay
J05	36.40569	138.56339	1474	UNE	EW	
J06	36.40619	138.56172	1496	UNE	EW	1 second delay
J07	36.40681	138.56019	1520	U	EW	
J08	36.40742	138.55833	1547	U	EW	
J09	36.40819	138.55675	1583	U	EW	
J10	36.40767	138.55514	1638	U	EW	
J11	36.40739	138.55342	1681	U	EW	
J12	36.40717	138.55178	1733	U	EW	
J13	36.40675	138.55086	1761	U	EW	
J14	36.40561	138.54956	1797	U	EW	
J15	36.40478	138.54789	1832	U	EW	1 second delay
J16	36.40425	138.54628	1871	U	EW	
J17	36.40383	138.54464	1921	U	EW	
J18	36.40356	138.54281	1981	U	EW	
J19	36.40311	138.54111	2032	U	EW	
J20	36.40308	138.53981	2072	U	EW	
J21	36.40300	138.53817	2116	U	EW	
J22	36.40289	138.53614	2155	U	EW	
J23	36.40294	138.53447	2195	U	EW	
J24	36.40278	138.53253	2262	U	EW	
J25	36.40264	138.53111	2309	U	EW	
J26	36.40294	138.52939	2366	U	EW	
K01	36.41681	138.56494	1398	U		
K02	36.41719	138.56525	1397	U		
K03	36.41622	138.56561	1394	U		
K04	36.41536	138.56589	1391	U		
K05	36.41436	138.56647	1385	U		
K06	36.41369	138.56689	1382	U		
K07	36.41264	138.56736	1384	U		
K08	36.41172	138.56775	1389	U		
K09	36.41072	138.56828	1390	U		
K10	36.40997	138.56883	1388	U		
K11	36.40900	138.56942	1389	U		
K12	36.40797	138.56925	1395	U		
K13	36.40700	138.56919	1393	U		
K14	36.40608	138.56917	1396	U		
K15	36.40519	138.56936	1399	U		
K16	36.40503	138.57036	1398	U	EW	
K17	36.40542	138.57178	1392	U	EW	
K18	36.40522	138.57367	1382	U	EW	
K19	36.40517	138.57539	1370	U	EW	
K20	36.40500	138.57756	1369	U	EW	

Table 1. (Continue)

Code	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Comp.	Line	Remarks
K21	36.40511	138.57917	1367	U	EW	
K22	36.40614	138.57983	1358	U	EW	
K23	36.40706	138.58158	1356	U	EW	
K24	36.40744	138.58331	1345	U	EW	
K25	36.40826	138.58500	1333	U	EW	
K26	36.40919	138.58589	1321	U	EW	
L01	36.40911	138.58742	1313	U	EW	
L02	36.40967	138.58922	1292	U		Sensor failure
L03	36.40883	138.59094	1297	U		
L04	36.40900	138.59272	1268	U		
L05	36.41036	138.59458	1256	U		Sensor failure
L06	36.41150	138.59453	1243	U		
L07	36.41178	138.59681	1229	U		
L08	36.41103	138.59811	1229	U		
L09	36.41000	138.59944	1231	U		
L10	36.40908	138.60089	1212	U		
L11	36.40839	138.60239	1206	U		
L12	36.40781	138.60397	1203	U		
L13	36.40697	138.60531	1203	U		
L14	36.40586	138.60694	1190	U		
L15	36.40475	138.60822	1188	U		
L16	36.40344	138.60922	1188	U		
L17	36.40325	138.61064	1175	U		
L18	36.40264	138.61256	1168	U		
L19	36.40147	138.61289	1158	U		
L20	36.39997	138.61264	1156	U		
L21	36.39853	138.61342	1145	U		
L22	36.39703	138.61408	1140	U		
L23	36.39650	138.61583	1144	U		
L24	36.39764	138.61692	1157	U		
L25	36.39858	138.61822	1169	U		
L26	36.39936	138.61933	1182	U		
L27	36.40094	138.62031	1195	U		
L28	36.40186	138.62156	1196	U		
M01	36.43784	138.54766	1343	U		
M02	36.43837	138.54664	1347	U		
M03	36.43881	138.54573	1348	U		
M04	36.43942	138.54487	1346	U		
M05	36.43979	138.54395	1346	UNE		
M06	36.44028	138.54294	1345	U		
M07	36.44082	138.54200	1345	UNE		
M08	36.44123	138.54110	1346	U		
M09	36.44166	138.54026	1347	UNE		
M10	36.44178	138.53909	1346	U		Sensor failure
M11	36.44266	138.53828	1337	UNE		Sensor failure
M12	36.44326	138.53688	1330	UNE		Sensor failure
N01	36.44415	138.53718	1323	UNE		
N02	36.44487	138.53748	1318	UNE		
N03	36.44572	138.53784	1306	U		
N04	36.44657	138.53835	1299	UNE		
N05	36.44737	138.53844	1288	U		
N06	36.44844	138.53893	1278	UNE		

浅間山における人工地震探査: 探査の概要と初動の走時について

Table 1. (Continue)

Code	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Comp.	Line	Remarks
N07	36.44921	138.53784	1249	U		
N08	36.45018	138.53829	1246	UNE		
N09	36.45027	138.53716	1244	U		
N10	36.45064	138.53586	1240	U		
N11	36.45170	138.53559	1230	U		
N12	36.45254	138.53530	1219	U		Time calibration failure
O01	36.43842	138.46603	1434	U	NS	Sensor failure
O02	36.43725	138.46683	1440	U	NS	
O03	36.43594	138.46750	1455	U	NS	
O04	36.43522	138.46958	1462	U	NS	
O05	36.43447	138.47050	1471	UNE	NS	
O06	36.43336	138.47167	1476	U	NS	
O07	36.43192	138.47211	1493	U	NS	Sensor failure
O08	36.43164	138.47722	1517	U	NS	
O09	36.43131	138.47536	1522	U	NS	
O10	36.43089	138.47686	1536	U	NS	
O11	36.43061	138.47867	1546	U	NS	
O12	36.43028	138.48042	1560	U	NS	
O13	36.42861	138.48122	1575	U	NS	
O14	36.42869	138.48250	1571	U		
O15	36.42894	138.48358	1560	U		
O16	36.42892	138.48431	1555	U		
O17	36.42900	138.48533	1554	U		
O18	36.42956	138.48633	1543	U		
O19	36.43000	138.48717	1538	U		
O20	36.43083	138.48875	1523	U		
P01	36.43139	138.48942	1520	U		
P02	36.43194	138.49014	1510	U		
P03	36.43247	138.49006	1519	U		
P04	36.43336	138.49075	1519	U		
P05	36.43392	138.49153	1522	U		
P06	36.43389	138.49528	1521	U		
P07	36.43331	138.49358	1522	U		
P08	36.43325	138.49464	1531	U		
P09	36.43281	138.49611	1541	U		
P10	36.43200	138.49700	1550	U		
P11	36.43225	138.49806	1554	U		
P12	36.43311	138.49850	1551	U		
P13	36.43269	138.49975	1536	U		
P14	36.43297	138.50050	1528	U		
P15	36.43414	138.50103	1524	U		
P16	36.43361	138.50306	1513	U		
P17	36.43442	138.50406	1496	U		
P18	36.43531	138.50453	1483	U		
P19	36.43608	138.50525	1471	U		
P20	36.43639	138.50567	1466	U		
P21	36.43728	138.50522	1450	U		
P22	36.43783	138.50631	1437	U		
P23	36.43833	138.50758	1416	U		
P24	36.43903	138.50747	1410	U		
P25	36.43981	138.50800	1397	U		
Q01	36.40381	138.56644	1385	UNE		

Table 1. (Continue)

Code	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Comp.	Line	Remarks
Q02	36.40283	138.56678	1377	UNE		
Q03	36.40200	138.56614	1382	U		
Q04	36.40175	138.56731	1376	UNE		
Q05	36.40153	138.56833	1368	UNE		Sensor failure
Q06	36.40022	138.56847	1351	UNE		
Q07	36.39931	138.56853	1352	U		
Q08	36.39839	138.56800	1347	U		
Q09	36.39742	138.56753	1328	U		
Q10	36.39675	138.56706	1318	U		
Q11	36.39559	138.56725	1315	U		
Q12	36.39461	138.56786	1306	U		
Q13	36.39303	138.56800	1300	U		
Q14	36.39239	138.56844	1296	U		
Q15	36.39086	138.56811	1294	U		
Q16	36.38997	138.56858	1293	U		
Q17	36.38956	138.56739	1296	U		
Q18	36.38853	138.56797	1293	U		
Q19	36.38758	138.56783	1298	U		Time calibration failure
Q20	36.38611	138.56781	1290	U		
R01	36.37206	138.50786	1449	UNE		
R02	36.37222	138.50664	1462	U		
R03	36.37153	138.50503	1473	UNE		
R04	36.37225	138.50378	1484	U		
R05	36.37225	138.50242	1486	UNE		
R06	36.37200	138.50119	1486	U		
R07	36.37189	138.50003	1490	UNE		
R08	36.37258	138.49914	1489	U		
R09	36.37233	138.49778	1481	UNE		
R10	36.37161	138.49717	1479	U		
R11	36.37153	138.49583	1483	UNE		
R12	36.37267	138.49550	1489	UNE		
R13	36.37347	138.49536	1491	UNE		
S01	36.37225	138.49144	1469	UNE		
S02	36.37100	138.49119	1452	UNE		
S03	36.37025	138.49083	1439	UNE		
S04	36.36928	138.49069	1421	UNE		
S05	36.36800	138.49025	1390	UNE		
S06	36.36817	138.48881	1379	UNE		
S07	36.36875	138.48783	1358	UNE		
S08	36.36806	138.48667	1347	U		
S09	36.36700	138.48503	1331	UNE		
S10	36.36661	138.48581	1312	U		
S11	36.36553	138.48558	1299	UNE		
S12	36.36472	138.48572	1289	U		
S13	36.36383	138.48636	1274	UNE		
S14	36.36281	138.48647	1264	U		
S15	36.36186	138.48650	1244	UNE		
S16	36.36111	138.48597	1229	U		
S17	36.36017	138.48511	1211	U		
S18	36.35942	138.48414	1195	U		
S19	36.35850	138.48425	1174	U		
S20	36.35806	138.48344	1163	U		

浅間山における人工地震探査: 探査の概要と初動の走時について

Table 1. (Continue)

Code	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Comp.	Line	Remarks
S21	36.35736	138.48292	1149	U		
T01	36.37381	138.49417	1481	U		
T02	36.37283	138.49333	1477	UNE		
T03	36.37281	138.49231	1492	U		
T04	36.37350	138.49128	1498	UNE		
T05	36.37386	138.49050	1502	U		
T06	36.37508	138.49000	1509	UNE		
T07	36.37461	138.48867	1507	U		
T08	36.37486	138.48747	1516	UNE		
T09	36.37586	138.48703	1513	U		
T10	36.37681	138.48739	1524	UNE		
T11	36.37656	138.48575	1521	U		
T12	36.37750	138.48517	1524	U		
T13	36.37819	138.48378	1527	U		
U01	36.40364	138.52767	2433	U		
U02	36.40450	138.52608	2418	U		
U03	36.40522	138.52456	2482	U		
U04	36.40442	138.52278	2502	U		
U05	36.40386	138.52144	2497	U		
U06	36.40383	138.51969	2498	U		
U07	36.40444	138.51811	2498	U		
U08	36.40519	138.51664	2480	U		1 second delay
U09	36.40642	138.51558	2449	U		
U10	36.40772	138.51514	2449	U		
U11	36.40881	138.51442	2433	U		
U12	36.40939	138.51264	2381	U		
U13	36.40953	138.51083	2312	U		
U14	36.40925	138.50900	2250	U		Time calibration failure
U15	36.40847	138.50767	2220	U		
U16	36.40783	138.50606	2180	U		
U17	36.40719	138.50447	2139	U		
U18	36.40667	138.50269	2099	U		1 second delay
U19	36.40594	138.50122	2072	U		
U20	36.40536	138.49992	2053	U		
U21	36.40464	138.49886	2041	U		
U22	36.40336	138.49764	2024	U		
U23	36.40208	138.49681	2012	U		
U24	36.40194	138.49517	2023	U		
U25	36.40194	138.49364	2051	U		

Table 2. Locations, times, and sizes of explosions. Latitude and Longitude are based on the WGS-84 reference frame. Shot times are based on Japanese Standard Time.

Shot	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Alt. (m)	Dep. (m)	Date	Time	Charge (kg)
S1	36.50761	138.46083	1210	60	Oct. 13, 2006	01:01:59.988	300
S2	36.42072	138.42000	1730	60	Oct. 13, 2006	01:07:00.294	300
S3	36.41211	138.46589	1847	50	Oct. 13, 2006	01:12:00.626	250
S4	36.40431	138.62117	1171	60	Oct. 13, 2006	01:17:00.191	300
S5	36.30626	138.40955	781	60	Oct. 13, 2006	01:22:00.565	300

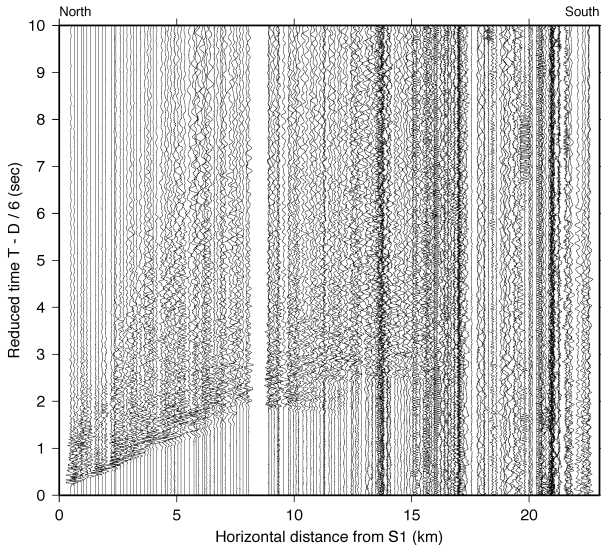


Fig. 2. Record sections on the NS line for S1. Each trace is normalized by its maximum amplitude and reduced by 6 km/s. The horizontal and vertical axis represents the reduced time from the shot time and the horizontal distance from each shot point, respectively.

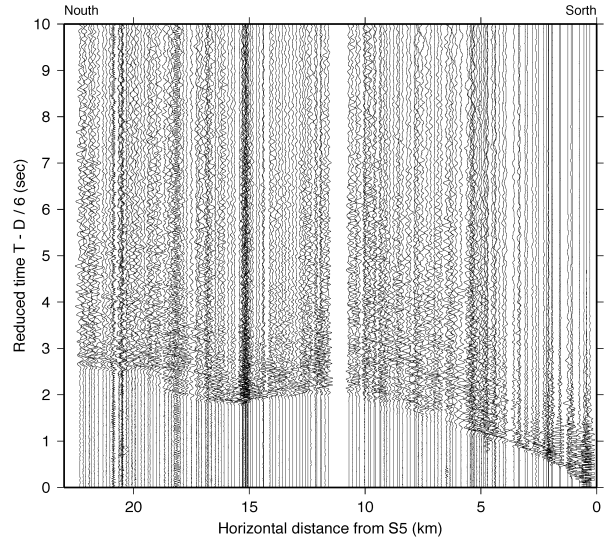


Fig. 4. Unfiltered record sections on the NS line for S5. Each trace is normalized by its maximum amplitude and reduced by 6 km/s. The horizontal and vertical axis represents the reduced time from the shot time and the horizontal distance from each shot point, respectively.

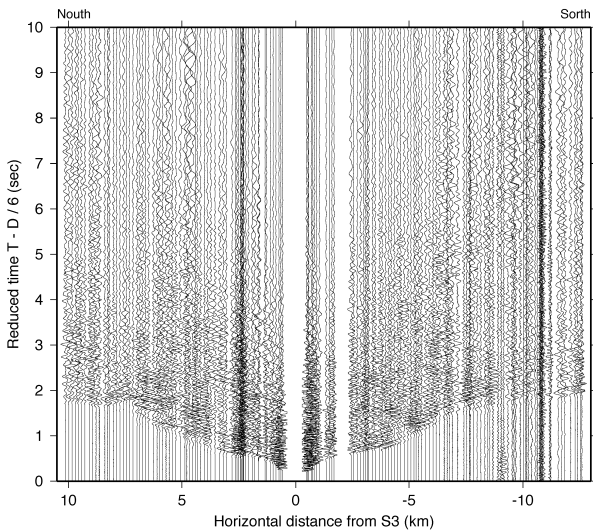


Fig. 3. Unfiltered record sections on the NS line for S3. Each trace is normalized by its maximum amplitude and reduced by 6 km/s. The horizontal and vertical axis represents the reduced time from the shot time and the horizontal distance from each shot point, respectively.

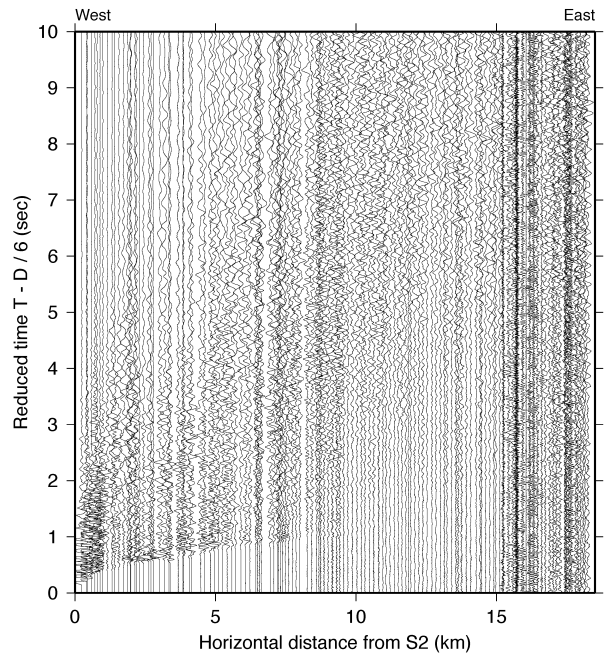


Fig. 5. Unfiltered record sections on the EW line for S2. Each trace is normalized by its maximum amplitude and reduced by 6 km/s. The horizontal and vertical axis represents the reduced time from the shot time and the horizontal distance from each shot point, respectively.

に凸の曲線で深さ方向への速度勾配を示唆しており、より遠方ではほぼ直線で近似でき、速度勾配の小さい基盤内を屈折波として到達したことが読み取れる。震央距離 10-12 km 以上の直線の傾きからは、基盤での P 波速度は約 5.5-6 km/s と推定される。

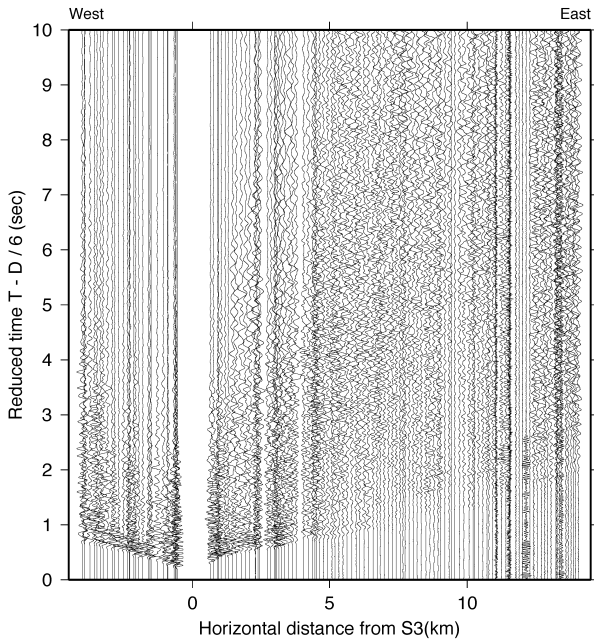


Fig. 6. Unfiltered record sections on the EW line for S3. Each trace is normalized by its maximum amplitude and reduced by 6 km/s. The horizontal and vertical axis represents the reduced time from the shot time and the horizontal distance from each shot point, respectively.

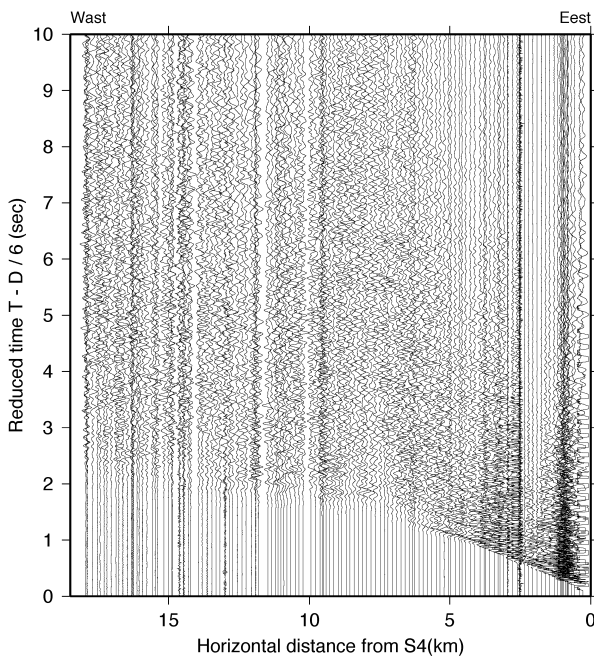


Fig. 7. Unfiltered record sections on the EW line for S4. Each trace is normalized by its maximum amplitude and reduced by 6 km/s. The horizontal and vertical axis represents the reduced time from the shot time and the horizontal distance from each shot point, respectively.

各発破に対する走時プロットを Fig. 9 に示す。震源距離約 5 km 以上ではどの発破についても走時は大きくばらついており、このことは、地下構造が不均質であることを示唆する。一方、震源距離 5 km 未満の走時からは、発破点付近の表層速度の地域性が読み取れる。浅間山の山体から離れた S1, S4, S5 発破点付近の見かけ速度は約 2 km/s であるが、広義の浅間山山体にある S2, S3 発破点付近の見かけ速度は震源距離 2 km 未満では 2 km/s 以下であるが、それ以上では約 3 km/s となり、S1, S4, S5 発破点付近のそれよりも速くなる。このことは、S2, S3 発破点付近のごく表層部における過去の火山噴出物の存在、およびそれ以深における固結した貫入マグマの存在を示唆している。

#### 4. まとめ

2006 年 10 月に浅間山において人工地震による構造探査を行った。浅間山およびその周辺に展開された臨時観測点において、発破による地震波形を成功裏に記録することができた。この波形記録から浅部 P 波速度構造解明を目的とした初動到達時刻の読み取りを行い、リストを作成した。測線上での波形記録や走時データからは、本地域の地質構造を反映した特徴が認められた。このデータを用いた詳細な速度構造解析の結果については別の機会に報告する。

#### 謝 辞

今回の実験は地元の皆様の絶大なるご理解・ご協力により実施することが出来ました。心より感謝申し上げます。

本実験を遂行するにあたり以下の機関の方々に便宜をはかっていただきました。小諸市、嬭恋村、東御市、軽井沢町、御代田町、長野県、群馬県、中部地方環境事務所、長野自然環境事務所、東信森林管理署、吾妻森林管理署、嬭恋土地改良区、万座自然保護官事務所、Asama 2000 パーク、湯の丸高原ホテル、軽井沢千が滝温泉ホテル、株式会社プリンスホテル、草軽交通株式会社、依田久子氏、応用地質株式会社、白山工業株式会社。

本調査は火山噴火予知研究経費「火山体構造探査」および気象庁の協力により行われた。

なお、初動解析にあたった探査参加者は青木陽介・青山裕・藤松淳・松本聡・宮町宏樹・中道治久・大倉敬宏・大湊隆雄・及川純・棚田理絵・筒井智樹・山本圭吾・山本希・山里平・山脇輝夫の 15 名である。

匿名査読者と蔵下英司氏（編集担当）のコメントにより、原稿が改善されました。

Table 3. Travel times and polarities of first arrivals for each shot. Code represents the station code. T represents the arrival time. P represents the polarization of each first arrival; + indicates the upward motion of the first arrival. R represents the precision of the first arrival picks; A, B, C, and D correspond to an arrival time uncertainty of less than 10 ms, between 10 and 30 ms, between 30 and 100 ms, and between 100 and 200 ms, respectively, and L corresponds to an arrival with uncertain polarity.

Code	S1			S2			S3			S4			S5		
	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R
A01	0.212	+	A	3.183	+	B	3.287	+	C	4.648	+	A	6.203	+	D
A02	0.253	+	A	3.177	+	B	3.271	+	C	4.657	+	B	6.209	+	D
A03	0.308	+	A	3.171	+	B	3.248	+	D	4.657	+	A	6.203	+	D
A04	0.372	+	A	3.145	+	B	3.209	+	C	4.632	+	A	6.164	+	D
A05	0.410	+	A	3.125	+	C	3.164		L	4.622	+	A	6.158	+	D
A06	0.450	+	A	3.100	+	C	3.103		L	4.641	+	A	6.145	+	D
A07	0.511	+	A	3.048	+	C	3.045	+	D	4.612	+	A	6.112	+	D
A08	0.603	+	A	3.016	+	B	2.984	+	D	4.632	+	A	6.074	+	D
A09	0.642	+	A	2.971	+	B	2.926	+	D	4.599	+	A	5.900	+	C
A10	0.689	+	A	2.919	+	B	2.880	+	D	4.596	+	A	5.893	+	C
A11	0.743	+	B	2.900	+	C			X	4.580	+	B	5.867	+	C
A12	0.813	+	A	2.848	+	C	2.755	+	D	4.564	+	B	5.783	+	C
A13	0.848	+	A	2.783	+	C	2.706	+	D	4.570	+	B	5.900		L
A14	0.871	+	A	2.809	+	C	2.703	+	D	4.528	+	B	5.603	+	D
A15	0.969	+	B	2.841	+	D	2.856		L	4.509	+	B	5.990		L
A16	1.012	+	A	2.765	+	B	2.635	+	D	4.506	+	A	5.558	+	C
A17	1.056	+	A	2.706	+	C	2.584	+	D	4.496	+	A	5.519	+	C
A18	1.128	+	A	2.674	+	C	2.400	+	C	4.480	+	A	5.532	+	C
A19	1.149	+	A	2.609	+	C	2.309	+	C	4.509	+	A	5.454	+	C
A20	1.170	+	A	2.558	+	C	2.261	+	C	4.477	+	A	5.441	+	C
A21	1.226	+	A	2.519	+	C	2.245	+	C	4.457	+	A	5.416	+	C
A22	1.272	+	A	2.487	+	C	2.200	+	C	4.454	+	B	5.245	+	C
A23	1.322	+	A	2.480	+	C	2.168	+	C	4.474	+	A	5.219	+	C
A24	1.376	+	B	2.422	+	C	2.113	+	C	4.499	+	B	5.174	+	B
A25	1.470	+	C	2.364	+	C	2.080	+	C	4.496	+	B	5.148	+	B
B01	1.522	+	B	2.319	+	C	2.013	+	C	4.474	+	A	5.116	+	C
B02	1.589	+	B	2.216	+	C	1.948	+	C	4.406	+	A	5.051	+	C
B03	1.629	+	B	2.177	+	C	1.868	+	C	4.390	+	A	5.003	+	C
B04	1.681	+	B	2.132	+	C	1.813	+	C	4.386	+	A	4.980	+	C
B05	1.715	+	C	2.112	+	C	1.771	+	B	4.396	+	A	4.954	+	B
B06	1.752	+	D	2.087	+	D	1.716	+	B	4.399	+	B	5.006		L
B07	1.804	+	B	2.016	+	C	1.680	+	B	4.393	+	A	4.909	+	A
B08	1.839	+	B	1.971	+	C	1.639	+	C	4.377	+	A	4.874	+	A
B09	1.922	+	B	1.919	+	C	1.619	+	B	4.380	+	A	4.851	+	A
B10	1.988	+	B	1.874	+	C	1.551	+	B	4.364	+	A	4.787	+	A
B11	2.033	+	B	1.822	+	B	1.506	+	A	4.377	+	B	4.722	+	B
B12	2.065	+	B	1.800	+	B	1.487	+	A	4.322	+	B	4.700	+	A
B13	2.112	+	B	1.761	+	B	1.458	+	A	4.293	+	B	4.670	+	A
B14	2.117	+	B	1.716	+	B	1.413	+	A	4.267	+	B	4.629	+	A
B15	2.175	+	C	1.719	+	C	1.400	+	B	4.232	+	B	4.635	+	B
B16	2.231	+	B	1.719	+	B	1.351	+	B	4.212	+	B	4.622	+	A
B17	2.252	+	B	1.703	+	B	1.319	+	B	4.161	+	C	4.593	+	B
B18	2.296	+	D	1.677	+	C	1.274	+	B	4.170	+	C	4.587	+	A
B19	2.343	+	B	1.641	+	B	1.221	+	A	4.122	+	C	4.519	+	A



Table 3. (Continue)

Code	S1			S2			S3			S4			S5		
	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R
B20	2.410	+	B	1.596	+	B	1.168	+	B	4.067	+	B	4.480	+	A
B21							Sensor failure								
B22	2.480	+	B	1.619	+	A	1.127	+	B	3.970	+	B	4.470	+	A
B23	2.521	+	B	1.577	+	B	1.059	+	B	3.967	+	B	4.422	+	B
B24	2.502	+	B	1.525	+	B	1.019	+	B	3.970	+	C	4.377	+	A
B25	2.590	+	B	1.519	+	B	0.985	+	B	3.944	+	D	4.358	+	A
C01	3.042	+	B	1.690	+	B	0.880	+	B	3.632	+	B	4.329	+	A
C02	3.062	+	B	1.648	+	A	0.827	+	A	3.551	+	B	4.319	+	A
C03	3.146	+	D	1.619	+	B	0.795	+	A	3.583	+	B	4.303	+	A
C04	3.138	+	B	1.606	+	A	0.761	+	B	3.599	+	C	4.280	+	A
C05	3.191	+	B	1.548	+	A	0.687	+	A	3.603	+	C	4.232	+	A
C06	3.246	+	C	1.593	+	B	0.721	+	A	3.603	+	C	4.280	+	A
C07	3.320	+	B	1.545	+	B	0.640	+	A	3.577	+	C	4.241	+	A
C08	3.316	+	B	1.580	+	B	0.592	+	A	3.544	+	C	4.216	+	A
C09	3.375	+	B	1.558	+	A	0.571	+	A	3.532	+	C	4.209	+	B
C10	3.388	+	B	1.538	+	B	0.522	+	A	3.509	+	C	4.180	+	A
C11	3.397	+	B	1.509	+	A	0.477	+	B	3.544	+	C	4.161	+	A
C12	3.404	+	B	1.483	+	A	0.409	+	B	3.580	+	C	4.125	+	A
C13	3.423	+	B	1.483	+	A	0.371	+	A	3.541	+	C	4.109	+	A
C14	3.438	+	B	1.480	+	A	0.324	+	A	3.512	+	C	4.093	+	A
C15	3.452	+	B	1.487	+	B	0.300	+	A	3.467	+	C	4.048	+	A
C16	3.510	+	B	1.493	+	A	0.271	+	A	3.544	+	B	4.054	+	A
C17	3.533	+	B	1.493	+	B	0.326	+	A	3.615	+	C	4.058	+	A
C18	3.570	+	B	1.529	+	B	0.406	+	A	3.554	+	C	4.048	+	A
C19	3.580	+	B	1.532	+	B	0.447	+	A	3.554	+	C	3.993	+	A
C20	3.522	+	B	1.474	+	A	0.437	+	A	3.674	+	C	3.951	+	A
D01	3.231	+	C	1.062	+	B	0.506	+	A	3.951	+	C	3.890	+	A
D02							No data								
D03	3.221	+	B	1.007	+	A	0.592	+	A	4.003	+	C	3.858	+	A
D04	3.257	+	B	0.991	+	A	0.585	+	A	3.912	+	C	3.841	+	A
D05	3.245	+	B	0.966	+	A	0.605	+	A	3.886	+	C	3.835	+	A
D06	3.221	+	B	0.898	+	A	0.648	+	A	3.848	+	C	3.819	+	A
D07	3.221	+	B	0.873	+	A	0.659	+	A	3.925	+	C	3.803	+	A
D08	3.287	+	B	0.847	+	A	0.727	+	B	3.990	+	C	3.816	+	A
D09	3.281	+	B	0.825	+	A	0.745	+	A	4.015	+	C	3.780	+	A
D10	3.353	+	B	0.793	+	A	0.835	+	A	4.041	+	D	3.864	+	B
D11	3.321	+	B	0.793	+	A	0.830	+	A	4.099	+	C	3.877	+	A
D12	3.320	+	B	0.760	+	A	0.861	+	A	4.138	+	D	3.893	+	A
D13	3.284	+	B	0.703	+	A	0.892	+	A	4.170	+	C	3.906	+	A
D14	3.256	+	B	0.648	+	A	0.922	+	B	4.138	+	C	3.893	+	B
D15	3.236	+	C	0.616	+	A	0.964	+	A	4.306	+	D	3.893	+	A
D16	3.228	+	B	0.575	+	A	0.977	+	A	4.325	+	C	3.848	+	A
D17	3.246	+	B	0.555	+	A	1.029	+	A	4.377	+	C	3.861	+	B
D18	3.260	+	C	0.522	+	A	1.087	+	A	4.383	+	C	3.874	+	B
D19	3.256	+	B	0.491	+	A	1.119	+	B	4.409	+	C	3.890	+	B
D20	3.303	+	B	0.459	+	A	1.164	+	A	4.493	+	C	3.890	+	C
D21	3.333	+	B	0.434	+	A	1.189	+	B	4.512	+	C	3.893	+	C
D22	3.320	+	B	0.363	+	A	1.213	+	A	4.532	+	C	3.822	+	B
D23	3.342	+	B	0.323	+	A	1.268	+	A	4.564	+	C	3.848	+	B
D24	3.332	+	B	0.238	+	A	1.292	+	A	4.544	+	C	3.854	+	B
D25	3.299	+	B	0.169	+	A	1.290	+	A	4.544	+	C	3.890	+	C
E01	3.280	+	B	1.084	+	A	0.435	+	A	3.906	+	B	3.893	+	A

Table 3. (Continue)

Code	S1			S2			S3			S4			S5		
	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R
E02							Sensor failure								
E03	3.272	+	B	1.094	+	A	0.380	+	A	3.893	+	C	3.854	+	A
E04	3.260	+	B	1.071	+	A	0.339	+	A	3.867	+	C	3.800	+	B
E05							Sensor failure								
E06	3.294	+	D	1.180	+	B	0.305	+	B	4.396		L	3.941	+	B
E07	3.292	+	D	1.222	+	B	0.268	+	A	3.828	+	C	3.864	+	A
E08	3.305	+	B	1.232	+	A	0.280	+	A	3.751	+	C	3.851	+	A
E09	3.324	+	B	1.264	+	A	0.319	+	A	3.680	+	C	3.825	+	A
E10	3.303	+	B	1.283	+	A	0.311	+	A	3.661	+	C	3.829	+	A
E11							Sensor failure								
E12	3.458	+	B	1.366	+	A	0.364	+	A	3.654	+	C	3.880	+	B
E13	3.503	+	B	1.430	+	A	0.432	+	A	3.706	+	C	3.912	+	B
E14	3.538	+	C	1.485	+	B	0.509	+	A	3.712	+	D	3.954	+	C
E15	3.554	+	B	1.504	+	A	0.535	+	A	3.635	+	B	3.909	+	A
E16							Sensor failure								
E17	3.550	+	B	1.530	+	A	0.635	+	A	3.619	+	B	3.870	+	A
E18	3.583	+	B	1.575	+	B	0.677	+	A	3.551	+	C	3.858	+	A
E19	3.588	+	B	1.581	+	A	0.700	+	A	3.606	+	C	3.858	+	A
E20	3.604	+	B	1.591	+	A	0.742	+	B	3.551	+	C	3.841	+	A
E21							Sensor failure								
E22							Sensor failure								
E23							Sensor failure								
E24							Sensor failure								
E25							Sensor failure								
F01	3.811	+	C	1.631	+	A	0.958	+	A	3.793	+	C	3.583	+	B
F02	3.826	+	C	1.651	+	A	0.989	+	A	3.799	+	C	3.558	+	B
F03	3.848	+	C	1.635	+	A	1.016	+	A	3.793	+	B	3.454	+	A
F04	3.869	+	C	1.661	+	B	1.058	+	A	3.874	+	A	3.412	+	B
F05	3.915	+	C	1.696	+	A	1.127	+	A	3.915	+	C	3.374	+	B
F06	3.948	+	C	1.638	+	B	1.103	+	A	3.919	+	C	3.345	+	B
F07	3.996	+	C	1.638	+	B	1.139	+	B	3.935	+	C	3.319	+	A
F08	3.935	+	D	1.609	+	B	1.151	+	B	3.928	+	C	3.290	+	A
F09	4.076	+	D	1.641	+	B	1.197	+	B	3.938	+	C	3.245	+	B
F10			X	1.680	+	B	1.222	+	A	3.932	+	C	3.248	+	B
F11			X	1.738	+	C	1.284	+	B	3.983	+	C	3.180	+	B
F12	4.394		L	1.716	+	C	1.271	+	A	3.877	+	C	3.132	+	B
F13			X	1.755	+	C	1.324	+	A	3.977	+	D	3.100	+	C
F14	4.376		L	1.797	+	D	1.371	+	A	3.986	+	D	3.083	+	C
F15	4.429		L	1.826	+	D	1.397	+	A	3.996	+	D	3.045	+	B
F16	4.534		L	1.842	+	D	1.439	+	A	4.006	+	C	2.985	+	B
F17	4.661		L	1.865	+	D	1.477	+	B	4.067	+	C	2.961	+	B
F18	4.641		L	1.911		L	1.526	+	B	4.086	+	D	2.935	+	C
F19	4.654		L	1.940		L	1.559	+	A	4.099	+	C	2.893	+	A
F20	4.706		L	1.959		L	1.548	+	B	4.138	+	C	2.854	+	A
F21	4.650		L	1.982		L	1.619	+	B	4.115	+	C	2.845	+	A
F22	4.576	+	D	1.982		L	1.684	+	C	4.212	+	D	2.722	+	A
F23	4.645		L	2.050		L	1.751	+	B	4.215	+	C	2.693	+	A
F24	4.712		L	2.064		L	1.777	+	C	4.244	+	D	2.664	+	C
F25			X	2.077		L	1.784	+	C	4.264	+	D	2.648	+	C
F26	4.996		L	2.087		L	1.809	+	C	4.290	+	D	2.551	+	C
G01	4.983		L	2.145		L	1.842	+	C	4.332	+	D	2.538	+	B
G02			X	2.209		L	2.026	+	C			X	2.429	+	C

浅間山における人工地震探査: 探査の概要と初動の走時について

Table 3. (Continue)

Code	S1			S2			S3			S4			S5		
	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R
G03	5.047		L	2.241		L	1.948	+	C	4.386	+	C	2.406	+	B
G04	5.100		L	2.429		L	1.989	+	C	4.474	+	D	2.377	+	B
G05			X			X	2.227		L	4.638	+	D	2.316	+	C
G06			X			X	2.288		L	4.703	+	D	2.267	+	C
G07	5.202		L	2.616		L	2.374	+	D	4.754	+	B	2.241	+	B
G08			X	2.654		L	2.377	+	D	4.748	+	C	2.220	+	B
G09			X	2.732		L	2.464	+	D	4.790	+	D	2.125	+	B
G10							No data								
G11			X	2.816		L	2.564	+	D	4.774	+	B	2.029	+	B
G12			X	2.848		L	2.629	+	D	4.803	+	D	1.970	+	B
G13			X	2.900		L	2.609	+	D	4.815	+	D	1.948	+	B
G14			X	3.027		L	2.606	+	D	4.822	+	D	1.977	+	B
G15			X	3.116		L	2.655	+	D	4.832	+	C	1.961	+	B
G16			X	2.885		L	2.564	+	D	4.854	+	C	1.925	+	B
G17			X			X	2.645	+	D	4.832	+	B	1.893	+	B
G18			X			X	2.716	+	D	4.815	+	C	1.887	+	B
G19			X			X	2.755	+	D	4.815	+	C	1.835	+	B
G20			X			X	2.764	+	D	4.803	+	C	1.812	+	B
G21			X			X	2.909		L	4.861	+	D	1.790	+	B
G22			X			X			X			X	1.725	+	B
G23			X			X			X			X	1.690	+	B
G24			X			X			X			X	1.680	+	B
G25			X	3.591		L	3.013	+	D	4.886	+	C	1.645	+	B
G26			X	3.642		L	3.013	+	D	4.870	+	D	1.593	+	A
H01			X	3.591		L	3.061	+	D	4.909	+	C	1.564	+	A
H02			X	3.411		L	3.109	+	D	4.906	+	C	1.516	+	A
H03			X	3.377		L	3.187	+	D	4.906	+	C	1.438	+	A
H04			X			X	3.235	+	D	4.909	+	D	1.396	+	B
H05			X			X	3.260	+	D	4.909	+	D	1.303	+	B
H06			X			X	3.308		L				1.251	+	B
H07			X			X	3.278	+	D				1.245	+	C
H08			X			X	3.320	+	D	5.070	+	D	1.103	+	A
H09			X			X	3.278	+	D	5.083	+	D	1.077	+	A
H10			X			X	3.278		L	5.109	+	D	1.025	+	A
H11							No data								
H12			X	3.539		L	3.308	+	D	5.099	+	C	0.945	+	B
H13			X			X	3.386		L				0.919	+	B
H14			X	3.527		L	3.386	+	D	5.180	+	D	0.874	+	A
H15			X	3.514		L	3.392	+	D	5.254	+	D	0.861	+	A
H16			X	3.538		L	3.199		L	5.290	+	D	0.777	+	A
H17			X	3.532		L			X	5.322	+	D	0.748	+	A
H18			X	3.551		L	3.513	+	D	5.335	+	D	0.651	+	A
H19			X	3.551		L	3.519	+	D	5.370	+	C	0.587	+	A
H20			X	3.635		L	3.597	+	D	5.393	+	C	0.477	+	A
H21			X	3.674		L	3.633	+	D	5.444	+	C	0.412	+	A
H22			X	3.661		L	3.663	+	D	5.470	+	C	0.332	+	A
H23			X	3.738		L	3.772	+	D	5.506	+	B	0.267	+	A
H24			X	3.751		L	3.844	+	D	5.486	+	B	0.177	+	A
H25			X	3.771		L	3.868	+	D	5.496	+	B	0.164	+	A
H26			X	3.874		L	3.910	+	D	5.515	+	B	0.151	+	A
H27			X	3.945		L	3.952	+	D	5.564	+	B	0.035	+	A
I01	3.577	+	B	1.546	+	A	0.537	+	A	3.709	+	C	3.983	+	A

Table 3. (Continue)

Code	S1			S2			S3			S4			S5		
	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R
I02	3.590	+	B	1.591	+	A	0.584	+	A	3.628	+	B	3.990	+	A
I03	3.602	+	B	1.616	+	A	0.632	+	A	3.606	+	B	4.003	+	A
I04	3.567	+	C	1.600	+	B	0.600	+	A	3.551	+	C	3.990	+	A
I05	3.595	+	C	1.668	+	A	0.661	+	A	3.503	+	C	4.006	+	A
I06	3.615	+	C	1.712	+	A	0.694	+	A	3.551	+	C	4.032	+	A
I07	3.579	+	B	1.728	+	B	0.725	+	A	3.509	+	B	4.048	+	A
I08	3.594	+	D	1.793	+	A	0.783	+	A	3.496	+	C	4.048	+	B
I09	3.583	+	C	1.812	+	B	0.810	+	A	3.480	+	C	4.051	+	B
I10	3.623	+	C	1.863	+	B	0.861	+	A	3.467	+	C	4.061	+	B
I11	3.633	+	C	1.914	+	B	0.908	+	A	3.451	+	C	4.122	+	A
I12	3.631	+	B	1.943	+	B	0.902	+	A	3.403	+	B	4.148	+	A
I13	3.627	+	D	1.950	+	C	0.889	+	B	3.448	+	C	4.206	+	B
J01	4.546	+	B	3.959		L	2.507	+	D	1.722	+	A	5.306	+	C
J02	4.550	+	B	3.592		L	2.419	+	D	1.738	+	A	5.332	+	D
J03	4.507	+	B	3.491		L	2.428	+	D	1.790	+	A	5.251	+	C
J04	4.498	+	B	3.731		L	2.434	+	D	1.815	+	A	5.170	+	B
J05	4.499	+	B	4.073		L	2.428		L	1.864	+	A	5.212	+	C
J06	4.439	+	B	3.833		L	2.365	+	D	1.919	+	A	5.093	+	C
J07	4.412	+	B	3.744		L	2.281	+	C	1.938	+	A	5.090	+	C
J08	4.375	+	B	3.719		L	2.241	+	D	1.977	+	A	5.016	+	C
J09	4.368	+	B	3.630		L	2.190	+	C	1.993	+	A	5.019	+	B
J10	4.368	+	B	3.541		L	2.163	+	C	2.067	+	A	4.974	+	C
J11	4.382	+	B	3.428		L	2.116	+	C	2.115	+	A	4.938	+	B
J12	4.324	+	B	3.364		L	2.086	+	C	2.138	+	B	4.922	+	B
J13	4.328	+	B	3.263		L	2.075	+	B	2.093	+	A	4.900	+	B
J14	4.270	+	B	3.200		L	2.062	+	B	2.125	+	B	4.874	+	B
J15	4.318	+	B	3.149		L	2.090	+	B	2.296	+	B	4.964	+	C
J16	4.228	+	C	3.086		L	1.994	+	B	2.277	+	A	4.825	+	C
J17	4.219	+	D	3.073		L	1.970	+	B	2.348	+	B	4.800	+	B
J18	4.199	+	C	3.060		L	1.958	+	B	2.432	+	A	4.777	+	B
J19	4.257	+	C	2.972		L	1.938	+	B	2.480	+	A	4.748	+	C
J20	4.288	+	D	2.959		L	1.925	+	B	2.493	+	A	4.770	+	C
J21	4.249	+	C	2.896		L	1.920	+	B	2.551	+	A	4.770	+	C
J22	4.220	+	C	2.782		L	1.911	+	B	2.638	+	A	4.706	+	C
J23	4.233	+	C	2.703	+	C	1.860	+	B	2.690	+	A	4.664	+	B
J24	4.215	+	D	2.674	+	C	1.802	+	C	2.770	+	A	4.670	+	B
J25	4.222	+	D	2.649	+	C	1.781	+	B	2.825	+	A	4.622	+	C
J26	4.189	+	D	2.617	+	C	1.714	+	B	2.851	+	A	4.609	+	C
K01	4.307	+	B	3.693		L	2.735		L	1.838	+	A	5.287	+	A
K02	4.317	+	B	3.681		L	2.591		L	1.838	+	A	5.303	+	A
K03	4.331	+	B	3.693		L	2.651		L	1.838	+	A	5.293	+	A
K04	4.341	+	B	3.757		L	2.651		L	1.832	+	A	5.280	+	B
K05	4.360	+	B	3.782		L	2.458		L	1.803	+	A	5.283	+	B
K06	4.397	+	B	3.744		L				1.799	+	A	5.280	+	B
K07	4.387	+	B	3.782		L	2.567		L	1.761	+	A	5.293	+	B
K08	4.397	+	B	3.769		L	2.555		L	1.744	+	A	5.261	+	B
K09	4.428	+	B	3.769		L	2.588		L	1.709	+	A	5.293	+	B
K10	4.443	+	B	3.807		L	2.534		L	1.706	+	A	5.264	+	B
K11	4.469	+	B	3.795		L	2.497		L	1.683	+	A	5.280	+	C
K12	4.483	+	B	3.782		L	2.485		L	1.674	+	A	5.387	+	D
K13	4.504	+	B	3.757		L	2.443		L	1.680	+	A	5.348	+	C
K14	4.528	+	B	3.782		L	2.485	+	D	1.670	+	B	5.361	+	D

Table 3. (Continue)

Code	S1			S2			S3			S4			S5		
	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R
K15	4.531	+	B	3.883		L	2.494	+	D	1.690	+	B	5.380	+	D
K16	4.558	+	B	3.883		L	2.525	+	D	1.674	+	A	5.406	+	D
K17	4.588	+	B	3.871		L	2.573	+	D	1.615	+	A	5.416	+	D
K18	4.581	+	B	3.997		L	2.669	+	D	1.574	+	A	5.393	+	B
K19	4.597	+	B	3.997		L	2.784		L	1.480	+	B	5.393	+	A
K20	4.605	+	B	4.035		L	2.772	+	D	1.474	+	B	5.403	+	B
K21	4.616	+	C	4.086		L	2.838	+	D	1.383	+	B	5.400	+	B
K22	4.597	+	C	4.136		L	2.862	+	D	1.370	+	A	5.419	+	A
K23	4.583	+	C	4.111		L	2.946	+	D	1.344	+	A	5.445	+	B
K24	4.563	+	C	4.086		L	2.976	+	L	1.235	+	A	5.445	+	A
K25	4.559	+	C	4.162		L	2.970	+	D	1.209	+	A	5.454	+	A
K26	4.552	+	C	4.187		L	3.007	+	D	1.157	+	B	5.470	+	B
L01	4.570	+	C			X	3.049	+	D	1.109	+	B	5.503	+	A
L02							Sensor failure								
L03	4.909	+	D			X	3.139		L	0.983	+	B	5.496	+	C
L04			X			X	3.211	+	D	0.944	+	B	5.496	+	B
L05							Sensor failure								
L06			X			X			X	0.893	+	A	5.545	+	D
L07			X			X	3.350		L	0.828	+	A	5.570	+	D
L08			X			X	3.404		L	0.786	+	A	5.580	+	D
L09			X			X	3.464		L	0.744	+	A	5.522	+	D
L10			X			X			X	0.693	+	A	5.583	+	C
L11			X			X	3.482	+	D	0.651	+	A	5.541	+	B
L12			X			X	3.543	+	D	0.632	+	A	5.580	+	B
L13	5.018	+	D			X	3.494	+	D	0.606	+	A	5.574	+	B
L14	4.931	+	D			X	3.513	+	D	0.554	+	A	5.587	+	B
L15	5.113		L			X	3.549	+	D	0.499	+	A	5.561	+	B
L16	5.154		L			X	3.615	+	D	0.490	+	A	5.558	+	D
L17	5.236		L			X	3.711	+	D	0.428	+	A	5.577	+	C
L18	5.264		L			X	3.735	+	D	0.377	+	A	5.564	+	C
L19	5.341		L			X	3.790	+	D	0.357	+	A	5.574	+	C
L20	5.445	+	D			X	3.868	+	D			X	5.538	+	C
L21	5.621		L			X	3.802	+	D	0.403	+	A	5.529	+	C
L22			X			X			X	0.426	+	A	5.616	+	D
L23	5.458		L			X	3.874		L	0.433	+	A	5.538	+	C
L24	5.028		L			X	3.898		L	0.393	+	A	5.574	+	C
L25	4.977	+	D			X	3.988	+	D	0.329	+	A	5.606	+	C
L26	4.737	+	D			X	4.007		L	0.272	+	A	5.619	+	A
L27	4.743	+	D			X	4.037		L	0.175	+	A	5.651	+	A
L28	4.788	+	D			X	3.964		L	0.131	+	A	5.674	+	A
M01	3.655	+	B	3.352	+	C	2.317	+	B	2.478	+	A	5.274	+	A
M02	3.646	+	B	3.339	+	C	2.311	+	B	2.501	+	A	5.238	+	A
M03	3.641	+	B	3.333	+	C	2.230	+	B	2.530	+	B	5.261	+	A
M04	3.614	+	B	3.288	+	C	2.323	+	A	2.578	+	A	5.251	+	B
M05	3.596	+	B	3.276	+	C	2.269	+	B	2.591	+	B	5.251	+	A
M06	3.528	+	B	3.269	+	C	2.235	+	B	2.617	+	A	5.232	+	A
M07	3.515	+	B	3.219	+	C	2.220	+	B	2.654	+	B	5.241	+	A
M08	3.506	+	B	3.219	+	D	2.223	+	C	2.680	+	A	5.229	+	A
M09	3.475	+	B	3.155	+	D	2.202	+	B	2.704	+	A	5.225	+	A
M10							Sensor failure								
M11							Sensor failure								
M12							Sensor failure								

Table 3. (Continue)

Code	S1			S2			S3			S4			S5		
	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R
N01	3.413	+	B	3.212	+	C	2.193	+	C	2.803	+	B	5.222	+	B
N02	3.393	+	B	3.219	+	C	2.235	+	C	2.835	+	C	5.274	+	C
N03			X			X	2.290	+	C	2.848	+	C			X
N04	3.385	+	B	3.288	+	D	2.308	+	C	2.844	+	C	5.322	+	C
N05	3.348	+	B	3.307	+	D	2.344	+	C	2.838	+	B	5.348	+	C
N06	3.348	+	B	3.333	+	C	2.353	+	C	2.844	+	B	5.380	+	B
N07	3.256	+	B	3.276	+	C	2.260	+	B	2.857	+	B	5.322	+	A
N08	3.235	+	B	3.295	+	C	2.335	+	C	2.857	+	C	5.367	+	C
N09	3.221	+	B	3.257	+	C	2.287	+	B	2.861	+	B	5.348	+	B
N10	3.179	+	C	3.238	+	C	2.269	+	B	2.886	+	B	5.312	+	B
N11	3.162	+	C	3.238	+	C	2.284	+	B	2.906	+	B	5.338	+	B
N12	3.433	+	C	3.586	+	C	2.642	+	B	3.264	+	B	5.670	+	B
O01							Sensor failure								
O02	2.667	+	B	1.477	+	C	0.927	+	B	3.906	+	C	4.306	+	A
O03	2.746	+	B	1.477	+	C	0.880	+	B	3.870	+	C	4.283	+	A
O04	2.797	+	B	1.503	+	B	0.911	+	B	3.864	+	C	4.319	+	A
O05	2.826	+	B	1.496	+	A	0.889	+	A	3.799	+	C	4.293	+	A
O06	2.842	+	B	1.519	+	B	0.869	+	B	3.754	+	C	4.287	+	B
O07							Sensor failure								
O08	2.920	+	B	1.541	+	B	0.850	+	B	3.654	+	D	4.280	+	B
O09	2.946	+	B	1.603	+	C	0.887	+	A	3.696	+	C	4.309	+	A
O10	2.938	+	B	1.616	+	C	0.918	+	A	3.622	+	C	4.335	+	A
O11	2.944	+	B	1.680	+	B	0.922	+	B	3.606	+	B	4.325	+	A
O12	3.001	+	B	1.729	+	B	0.930	+	B	3.590	+	B	4.354	+	A
O13	3.039	+	B	1.725	+	A	0.903	+	B	3.615	+	B	4.312	+	A
O14	3.067	+	B	1.771	+	A	0.940	+	A	3.586	+	B	4.325	+	A
O15	3.050	+	B	1.790	+	B	0.956	+	A	3.554	+	C	4.306	+	A
O16	3.043	+	B	1.800	+	A	0.959	+	A	3.590	+	C	4.309	+	A
O17	3.052	+	B	1.809	+	B	0.958	+	A	3.557	+	C	4.322	+	A
O18	3.052	+	B	1.854	+	B	0.998	+	A	3.525	+	C	4.345	+	A
O19	3.036	+	B	1.880	+	B	1.032	+	A	3.532	+	C	4.348	+	A
O20	3.054	+	B	1.916	+	B	1.072	+	A	3.470	+	C	4.374	+	A
P01	3.002	+	B	1.938	+	B	1.097	+	B	3.435	+	C	4.390	+	A
P02	2.980	+	B	1.951	+	B	1.114	+	A	3.425	+	B	4.377	+	A
P03	2.959	+	B	1.958	+	B	1.126	+	A	3.441	+	C	4.403	+	A
P04	2.916	+	B	1.980	+	C	1.169	+	A	3.470	+	C	4.425	+	A
P05	2.918	+	B	2.016	+	C	1.214	+	B	3.474	+	D	4.458	+	A
P06	2.937	+	B	2.051	+	B	1.232	+	A	3.541	+	C	4.470	+	A
P07	3.012	+	B	2.071	+	A	1.239	+	A	3.522	+	C	4.470	+	A
P08	3.049	+	C	2.103	+	B	1.248	+	A	3.474	+	B	4.477	+	A
P09	3.067	+	B	2.138	+	B	1.264	+	A	3.444	+	C	4.483	+	B
P10	3.122	+	C	2.158	+	B	1.242	+	B	3.415	+	C	4.483	+	A
P11	3.109	+	B	2.171	+	B	1.253	+	A	3.370	+	B	4.483	+	A
P12	3.099	+	B	2.180	+	A	1.274	+	B	3.390	+	C	4.516	+	B
P13	3.101	+	B	2.188	+	B	1.258	+	B	3.351	+	C	4.480	+	A
P14	3.107	+	B	2.222	+	C	1.295	+	A	3.367	+	C	4.522	+	B
P15	3.088	+	B	2.254	+	B	1.345	+	A	3.374	+	A	4.538	+	A
P16	3.117	+	B	2.280	+	B	1.353	+	A	3.322	+	B	4.532	+	A
P17	3.098	+	C	2.293	+	B	1.361	+	B	3.306	+	B	4.564	+	A
P18	3.091	+	B	2.319	+	C	1.380	+	B	3.322	+	C	4.590	+	B
P19	3.074	+	B	2.345	+	B	1.406	+	B	3.309	+	A	4.609	+	B
P20	3.083	+	B	2.364	+	C	1.426	+	A	3.299	+	A	4.619	+	A

Table 3. (Continue)

Code	S1			S2			S3			S4			S5		
	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R
P21	3.044	+	B	2.358	+	C	1.445	+	A	3.315	+	A	4.638	+	A
P22	3.018	+	C	2.383	+	C	1.461	+	B	3.309	+	A	4.667	+	A
P23	3.054	+	B	2.358	+	C	1.490	+	B	3.277	+	A	4.670	+	A
P24	3.015	+	B	2.371	+	C	1.484	+	A	3.283	+	A	4.677	+	A
P25	3.018	+	B	2.409	+	C	1.539	+	B	3.280	+	C	4.712	+	A
Q01	4.462	+	B	3.883		L	2.398	+	D	1.719	+	A	5.161	+	B
Q02	4.509	+	B	3.972		L	2.398	+	D	1.741	+	A	5.248	+	B
Q03	4.543	+	B	3.972		L	2.410	+	D	1.735	+	B	5.200	+	B
Q04	4.584	+	B	3.896		L	2.410	+	D	1.696	+	B	5.196	+	B
Q05			X			X	2.494	+	D	1.696	+	B	5.316		L
Q06	4.634	+	C	3.947		L	2.458	+	D	1.719	+	A	5.238	+	C
Q07	4.620	+	B	3.909		L	2.422	+	D	1.641	+	B	5.193	+	B
Q08	4.614	+	B	3.769		L	2.404	+	D	1.638	+	B	5.151	+	A
Q09	4.616	+	B	3.681		L	2.380	+	D	1.661	+	B	5.109	+	A
Q10							No data								
Q11	4.626	+	B	3.592		L	2.326	+	D	1.685	+	A	5.093	+	A
Q12	4.633	+	B	3.541		L	2.362	+	D	1.672	+	A	5.070	+	A
Q13	4.661	+	B	3.541		L	2.374	+	D	1.693	+	A	5.061	+	A
Q14	4.685	+	B	3.630		L	2.368	+	D	1.696	+	A	5.051	+	A
Q15	4.707	+	B	3.630		L	2.398	+	D	1.714	+	A	5.006	+	A
Q16	4.722	+	B	3.795		L	2.416	+	D	1.709	+	A	5.022	+	A
Q17	4.740	+	B	3.959		L	2.428	+	D	1.727	+	A	4.983	+	A
Q18	4.751	+	B	4.048		L	2.494	+	D	1.728	+	A	4.961	+	A
Q19	5.129	+	B			X	2.856	+	D	2.099	+	A	5.358	+	A
Q20	4.794	+	B	4.086		L	2.482	+	D	1.761	+	A	4.954	+	A
R01	4.366	+	D	2.681	+	C	1.754	+	B	3.332	+	C	3.745	+	B
R02	4.313	+	D	2.655		L	1.733	+	B	3.357	+	B	3.758	+	B
R03	4.317	+	D	2.643		L	1.763	+	B	3.425	+	B	3.745	+	B
R04	4.300	+	D	2.611	+	C	1.724	+	B	3.438	+	B	3.783	+	C
R05	4.299	+	D	2.598	+	C	1.724	+	B	3.451	+	B	3.732	+	B
R06	4.270	+	D	2.567	+	C	1.716	+	B	3.474	+	C	3.725	+	C
R07	4.259	+	D	2.548	+	C	1.728	+	B	3.496	+	B	3.680	+	D
R08	4.198	+	D	2.516	+	C	1.680	+	B	3.554	+	B	3.706	+	B
R09	4.207	+	D	2.497		L	1.688	+	B	3.577	+	B	3.693	+	B
R10	4.251	+	D	2.535		L	1.736	+	B	3.609	+	C	3.693	+	C
R11	4.265	+	D	2.522		L	1.722	+	B	3.651	+	C	3.696	+	C
R12	4.230	+	D	2.472	+	C	1.645	+	B	3.615	+	B	3.683	+	B
R13	4.235	+	D	2.465	+	C	1.639	+	A	3.657	+	B	3.693	+	B
S01	4.345	+	C	2.402	+	C	1.630	+	B	3.667	+	B	3.625	+	C
S02	4.321	+	C	2.428		L	1.691	+	A	3.667	+	C	3.609	+	C
S03	4.383	+	D				1.721	+	B	3.712	+	B	3.606	+	C
S04	4.469	+	D	2.472		L	1.716	+	B	3.751	+	C	3.580	+	C
S05	4.472	+	D	2.503		L	1.754	+	B	3.764	+	B	3.461	+	C
S06	4.469	+	D	2.447		L	1.753	+	B	3.783	+	C	3.303	+	C
S07	4.488	+	D	2.396	+	C	1.739	+	A	3.757	+	C	3.380	+	C
S08	4.486	+	D	2.377	+	C	1.733	+	A	3.770	+	C	3.348	+	C
S09	4.452	+	D	2.402	+	C	1.748	+	A	3.812	+	B	3.280	+	C
S10	4.568	+	D	2.428	+	C	1.766	+	B	3.822	+	C	3.267	+	C
S11	4.566	+	D	2.447	+	C	1.757	+	B	3.844	+	B	3.248	+	D
S12	4.571	+	D	2.453	+	D	1.784	+	B	3.835	+	B	3.212	+	C
S13	4.641	+	D	2.516	+	D	1.819	+	B	3.854	+	B	3.190	+	C
S14	4.681	+	D	2.548	+	D	1.873	+	B	3.883	+	B	3.138	+	C

Table 3. (Continue)

Code	S1			S2			S3			S4			S5		
	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R	T (sec)	P	R
S15	4.693	+	D	2.592	+	C	1.922	+	B	3.867	+	C	3.290	+	C
S16	4.698	+	D	2.605	+	D	1.925	+	B	3.741	+	C	3.112	+	C
S17	4.735	+	D	2.636	+	C	1.952	+	B	3.764	+	C	3.061	+	C
S18	4.805	+	D	2.662	+	D	2.009	+	B	3.783	+	C	3.029	+	D
S19	4.845	+	D	2.687	+	C	2.011	+	B	3.832	+	C	3.029	+	D
S20	4.871	+	D	2.668	+	C	2.027	+	B	3.851	+	C	2.964	+	B
S21	4.852	+	D	2.668	+	D	2.044	+	B	3.899	+	C	2.932	+	B
T01	4.237	+	C	2.440	+	C	1.579	+	B	3.648	+	B	3.609	+	C
T02	4.249	+	C	2.453	+	C	1.655	+	B	3.809	+	B	3.658	+	D
T03	4.270	+	C	2.434	+	C	1.633	+	B	3.644	+	B	3.648	+	C
T04	4.251	+	C	2.390	+	C	1.603	+	B	3.635	+	B	3.616	+	C
T05	4.237	+	C	2.383	+	C	1.591	+	B	3.651	+	B	3.654	+	C
T06	4.214	+	C	2.314	+	C	1.534	+	B	3.635	+	C	3.625	+	C
T07	4.158	+	C	2.326	+	C	1.549	+	B	3.603	+	C	3.625	+	C
T08	4.134	+	C	2.295	+	C	1.519	+	B	3.580	+	C	3.609	+	C
T09	4.139	+	C	2.250	+	C	1.464	+	B	3.567	+	C	3.609	+	C
T10	4.111	+	C	2.225	+	C	1.458	+	B	3.577	+	C	3.564	+	C
T11	4.132	+	C	2.244	+	C	1.482	+	B	3.586	+	C	3.625	+	C
T12	4.129	+	C	2.219	+	C	1.443	+	B	3.586	+	C	3.503	+	C
T13	4.158	+	C	2.168	+	C	1.407	+	A	3.609	+	C	3.522	+	C
U01	4.191	+	D	2.598		L	1.669	+	B	2.896	+	A	4.564	+	C
U02	4.238	+	D	2.541	+	C	1.612	+	B	2.848	+	A	4.480	+	B
U03	4.169	+	C	2.529	+	C	1.552	+	B	2.874	+	B	4.483	+	C
U04	3.985	+	C	2.472	+	C	1.501	+	B	2.870	+	B	4.464	+	C
U05	3.917	+	C	2.447	+	C	1.507	+	B	2.903	+	B	4.454	+	B
U06	3.910	+	C	2.396	+	C	1.467	+	B	2.899	+	B	4.454	+	B
U07	3.877	+	C	2.402	+	C	1.449	+	B	2.925	+	B	4.435	+	C
U08	3.876	+	C	2.382	+	C	1.422	+	B	2.932	+	B	4.432	+	C
U09	3.893	+	C	2.373	+	C	1.383	+	B	2.970	+	B	4.390	+	C
U10	3.853	+	B	2.385	+	C	1.392	+	B	2.974	+	B	4.406	+	B
U11	3.857	+	B	2.401	+	C	1.404	+	A	2.977	+	B	4.390	+	A
U12	3.897	+	B	2.398	+	C	1.419	+	A	3.048	+	B	4.432	+	A
U13	3.850	+	B	2.354	+	B	1.362	+	B	3.138	+	B	4.406	+	A
U14	4.166	+	B	2.614	+	C	1.645	+	A	3.441	+	B	4.693	+	A
U15	3.770	+	B	2.211	+	B	1.250	+	B	3.122	+	B	4.312	+	A
U16	3.748	+	B	2.179	+	B	1.217	+	A	3.174	+	B	4.264	+	A
U17	3.715	+	B	2.138	+	B	1.178	+	A	3.196	+	B	4.229	+	A
U18	3.685	+	B	2.081	+	C	1.122	+	A	3.222	+	B	4.193	+	A
U19	3.636	+	B	2.049	+	B	1.090	+	A	3.277	+	C	4.196	+	A
U20	3.606	+	B	2.027	+	B	1.047	+	B	3.228	+	C	4.112	+	A
U21	3.615	+	B	2.017	+	B	1.041	+	A	3.257	+	C	4.141	+	A
U22	3.610	+	B	2.004	+	B	1.023	+	A	3.244	+	C	4.145	+	A
U23	3.625	+	B	2.014	+	B	1.024	+	A	3.309	+	C	4.132	+	A
U24	3.632	+	B	2.008	+	B	0.977	+	B	3.309	+	C	4.141	+	A
U25	3.634	+	B	1.960	+	B	0.953	+	A	3.319	+	C	4.116	+	A



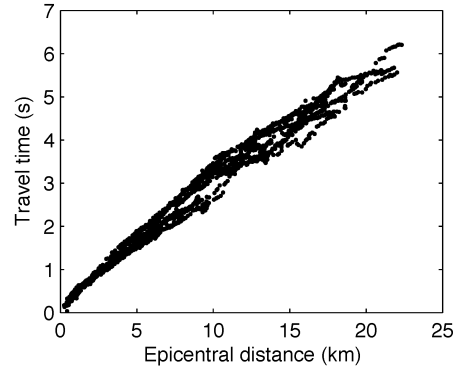


Fig. 8. Travel times for all shots.

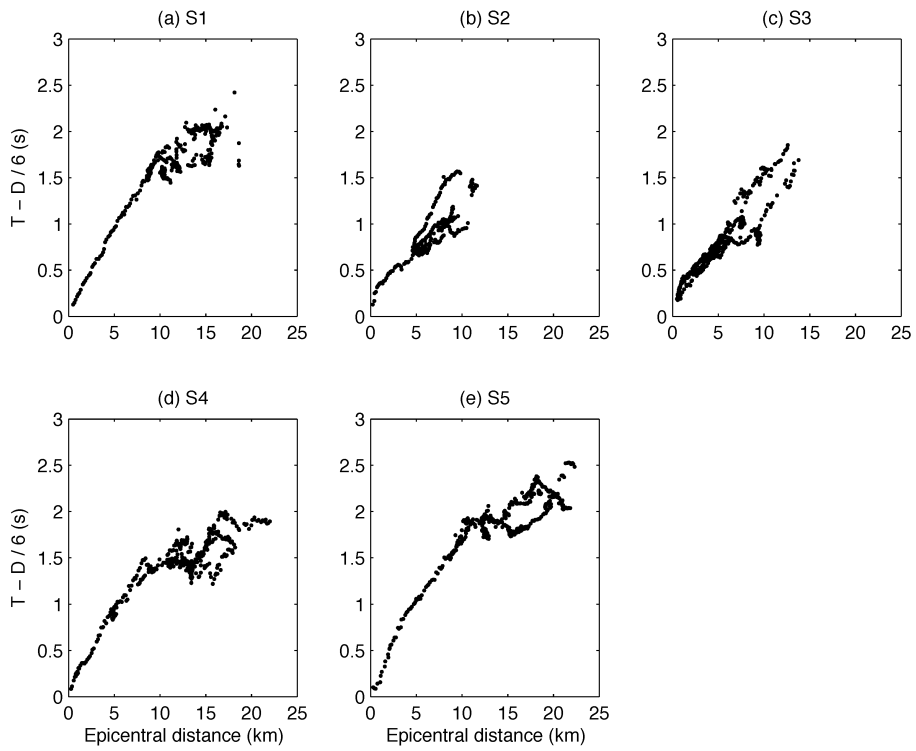


Fig. 9. Travel time plots for (a) S1, (b) S2, (c) S3, (d) S4, and (e) S5. Travel times are reduced by 6 km/s.

## 参考文献

- 青木陽介・渡辺秀文・小山悦郎・森田裕一・及川 純, 2005, 2004-2005年浅間山火山活動に伴う地殻変動, *火山*, **50**, 575-584.
- Aoyama, H. and M. Takeo, 2001, Wave properties and focal mechanisms of N-type earthquakes at Asama volcano, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **105**, 163-182.
- Aramaki, S., 1963, Geology of Asama Volcano, *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, sec. II*, **14**, 229-443.
- Fujita, E. and Y. Ida, 1999, Low attenuation resonance of a spherical magma chamber: source mechanism of monotonic volcanic tremor at Asama Volcano, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 3221-3224.
- 鍵山恒臣・他, 1995, 霧島火山群における人工地震探査, *地震研究所彙報*, **70**, 32-59.
- 蔵下英司・平田 直・森田裕一・結城 昇, 2006, 高機能小型オフラインデータロガーを用いた高密度地震観測システム, *地震*, **59**, 107-116.
- 宮崎 努, 2003, 浅間山火山活動記録の再調査, *地震研究所彙報*, **78**, 283-463.
- 森田裕一・浜口博之, 1996, 火山体構造探査のための高精度小型データロガーの開発, *火山*, **41**, 127-139.
- Minakami, T., S. Utibori, S. Hiraga, T. Miyazaki, N. Gyoda and T. Utsunomiya, 1970, Seismometrical studies of volcano Asama Part 2. Anomalous distribution of the P arrival times and some information of the velocity of the P wave propagating through the volcano, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **48**, 431-489.
- 村上 亮, 2005, GPS 連続観測結果が示唆する浅間火山のマグマ供給系, *火山*, **50**, 347-361.
- Ogawa, Y., K. Aizawa, T. Hashimoto, T. Koyama and Asama Volcano EM field experiment group, 2006, Resistivity structure across the dyke intrusion of Asama volcano, *18th Electromagnetic Induction Workshop*, El Vendrell, Spain.
- Sawada, M., 1994, B-type and explosion earthquakes observed at Asama volcano, central Japan, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **63**, 111-128.
- 沢田宗久・行田紀也・長田 昇・小山悦郎・辻 浩・鍵山恒臣・宮崎 努, 1983, 浅間山のP波速度構造, *火山*, **28**, 301-304.
- 下鶴大輔・内堀貞雄・行田紀也・小山悦郎・宮崎 努・松本時子・長田 昇・寺尾弘子, 1975, 1973年の浅間山噴火活動について, *地震研究所彙報*, **50**, 115-151.
- 高橋 康, 2004, 長野県北東部烏帽子岳とその周辺の地質と火山形成史, *火山*, **49**, 83-102.
- Takeo, M., Y. Aoki, T. Ohminato and M. Yamamoto, 2006, Magma supply path beneath Mt. Asama volcano, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L15310, doi: 10.1029/2006GL026247.
- 筒井智樹・他, 1996, 人工地震探査による霧島火山群の地震波速度構造—はぎとり法による解析—, *火山*, **41**, 227-241.
- 筒井智樹・森田裕一・中田節也・長田 昇・小山悦郎・佐藤正良, 2008, 浅間山における人工地震探査: 車坂峠周辺における高密度観測の概要, *地震研究所彙報*, **83**, 27-41.
- 山本真紀・武尾 実・大湊隆雄・及川 純・青木陽介・植田寛子・中村 祥・辻 浩・小山悦郎・長田 昇・ト部卓, 2005, 2004年浅間山噴火に先行する特異な長周期地震活動, *火山*, **50**, 393-400.

(Received June 18, 2007)

(Accepted January 7, 2008)