

口永良部島火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—

井口正人・山本圭吾・橋本武志*・筒井智樹**・田中 聡***・鬼澤真也****
青木陽介*****・渡辺俊樹*****・大倉敬宏*****・清水 洋*****・八木原寛*****
宮町宏樹*****・平松秀行*****・為栗 健・高山鉄朗・福嶋麻沙代
Hetty TRIASTUTY・石原和弘・大島弘光*・鈴木敦生*・前川徳光*・梶井達矢**
渡辺義明**・荻原庸平***・野上健治****・及川光弘****・平林順一****・辻 浩*****
平田安廣*****・奥田 隆*****・伊藤 拓*****・吉川 慎*****・井上寛之*****
池田さや香*****・堀 美緒*****・斎藤政城*****・平野舟一郎*****
上釜友大*****・井口元治*****・竹下孝弘*****・森 健彦*****

* 北海道大学大学院理学研究科, ** 秋田大学資源工学部, *** 東北大学大学院理学研究科
**** 東京工業大学火山流体研究センター, ***** 東京大学地震研究所
***** 名古屋大学大学院理学研究科, ***** 京都大学大学院理学研究科
***** 九州大学大学院理学研究院, ***** 鹿児島大学理学部, ***** 気象庁

要 旨

口永良部島火山の浅部構造を明らかにすることを目的として人工地震探査を2004年11月に行った。183点の地震観測点（内3成分75点）を設置し、19点において爆破を行った。初動の読み取りを行った結果、2955個の検測値が得られ、そのうち2187個はAおよびBランクの精度のよいものであった。発破点付近の見かけ速度は近傍の地質構造を強く反映したものであるが、発破点から距離5km付近からは見かけ速度5km/sの屈折波が観測された。新岳・古岳の山体では走時が早い傾向が認められるとともに強い散乱波が観測された。

キーワード：口永良部島火山，人工地震探査，地震波速度構造，火山噴火予知計画

1. はじめに

口永良部島火山は、屋久島の西方14kmにある主に安山岩質の活火山島である。島の中心には新岳、古岳などの中央火口丘を有する。記録に残されている最古の噴火は1841年5月23日（天保12年4月3日）であり、それ以降の噴火は新岳火口あるいはその東の割れ目から発生した。天保年間の噴火では、新岳の西山麓にある集落が焼失したとされている。桜島の大

正噴火の直後にも鳴動が聞かれている。口永良部島は昭和の初期に活動的であり、1931年、1932年、1933年から1934年にかけて比較的規模の大きい噴火が発生した（本間，1934；田中館，1935）。特に1933年12月24日から翌年1月11日までの爆発では新岳南東の距離1.9kmにある七釜集落が噴石によって全滅し、死者8名、負傷者26名の被害をもたらした。その後、口永良部島火山では1945年にも爆発が発生した。1966年11月21日の噴火では、新岳の北から東北東に

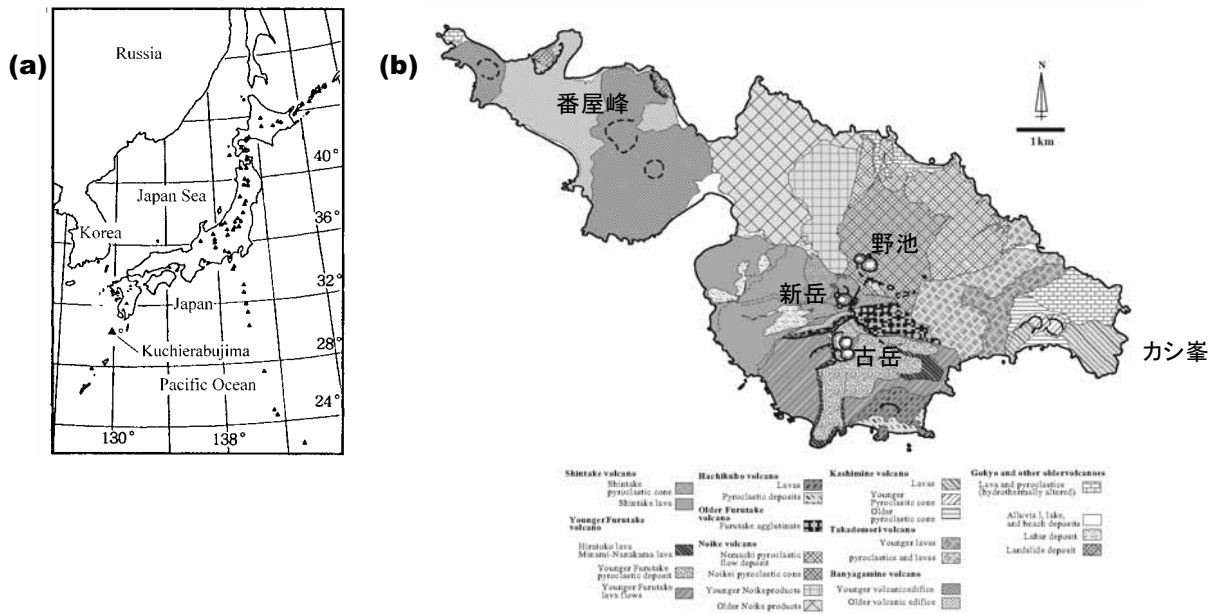


Fig. 1 Location of Kuchierabujima volcano (a) and geological map by Geshi and Kobayashi (2004) (b)

かけて噴石が飛散し、3kmの距離に達した（鹿児島地方気象台・屋久島測候所，1967）。1980年にも新岳の東に形成されていた割れ目から爆発が発生する（京都大学防災研究所・他，1981）など、口永良部島は頻繁に水蒸気爆発を繰り返してきた。

一方、口永良部島は離島であるために、火山観測・調査は十分に行われているとはいいがたい。1966年11月22日の噴火の3ヶ月前には地震観測が行われたが、火山性地震はほとんど観測されなかった(吉川・他，1968)。1969年から鹿児島県地震火山協議会による地震の連続観測が始まったが（角田，1970），火口からの距離が遠いために、微小火山性地震の検出が困難であった。また、1980年の噴火の7ヶ月前に実施された臨時観測でもA型地震は観測されたものの、新岳火口直下では活発な地震活動は検知されなかった（京都大学防災研究所，1980）。京都大学防災研究所桜島火山観測所（現：火山活動研究センター）は、火口近傍において連続観測を行うため、1991年12月の新岳の噴気異常を契機に、新岳火口の西方0.4kmの地点において地震計を設置し、火山性地震の常時観測を行ってきた（京都大学防災研究所，1992，1995，1996）。新岳山腹の地震観測点から山麓まで無線テレメータにより地震の信号を伝送し、パソコンを用いたトリガー方式により地震波形を記録した後、桜島火山観測所まで加入回線を用いて波形を伝送した(Iguchi, 1991)。1996年3～6月，1999年8月～12月に火山性地震活動の活発化が見られた。最近では2001年4月ごろから発生回数が増加し始め2004年2月には月間227回に達した。

2000年に実施された集中総合観測では、地盤変動

観測（井口・他，2003）や空中地磁気観測（宇津木・他，2002）により新岳の浅部にある熱水溜りの存在が推定されている。第7次火山噴火予知計画の初年度にあたる2004年度では、近年、口永良部島の新岳において地震活動が活発化していることを考慮し、推定されている熱水溜りとその周辺の破碎体を確認することを目的として人工震源を用いた火山体構造探査を実施した。本稿では人工地震探査の目的と探査の概要について報告する。

2. 地質構造

口永良部島の火山地質は古くは松本(1934)や本間(1934)によって調査が行われ、最近では下司・小林(2004)によって取りまとめられている。Fig.1に、下司・小林(2004)による口永良部島の地質図を示す。西部にある番屋峰火山が最も古い山体とされており、東部にあるカシ峯火山、南部にある鉢窪火山なども古い時代に形成されたと考えられている。現在は、番屋峰火山、カシ峯火山、鉢窪火山ではほとんど溶岩流が残されているのみである。島の中央部には野池火山があり、その南側に新岳・古岳などの新しい山体が形成されている。野池火山の北および北東麓は厚い火砕流で覆われている。古岳の南及び東には平床および南七釜溶岩流がある。また、新岳の西麓には新岳から流出したと考えられる溶岩流が広がり、8世紀後半または11世紀ごろという古地磁気年代が得られている（味喜・他，2002）

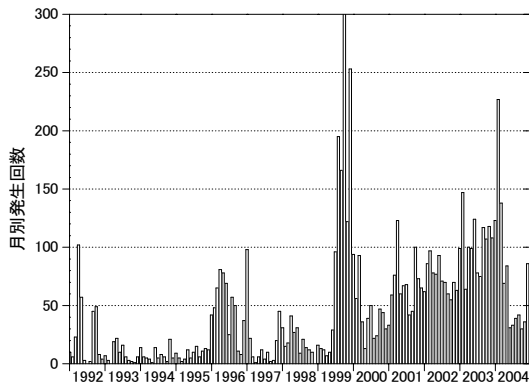


Fig. 2 Monthly numbers of volcanic earthquakes at Kuchierabujima volcano

3. 最近の口永良部島火山の火山活動からみた浅部熱水系の構造

Fig.2に1992年以降の口永良部島の新岳火口から0.4km西にある観測点において $10 \mu \text{ m/s}$ 以上の振幅に達した火山性地震の月別の発生回数を示す。1992年から1995年までは月別発生回数は30個以下であり、火山性地震の活動は低調であったが、1996年3月から6月までは月別の発生回数が80回以上に達した。その後、やや低調な活動が続いたが、1999年7月ごろから発生頻度が増加し、10月には300回の火山性地震が観測された。2000年2月には一旦減少したもののその後、再び徐々に増加し、2004年2月には227回の地震が発生した。1995年以前と比較すると明らかに火山性地震の発生頻度が増加していることがみてとれる。

口永良部島において発生している火山性地震はその多くが卓越周波数8Hz以上の高周波地震である。2000年に実施された集中総合観測により、その震源の位置は新岳火口の西～南西部の深さ100-500m程度のきわめて浅い場所にあることがわかった(井口・他, 2002)。また、高周波地震の初動分布は4象限型の押し引き分布をもち、東西伸長の正断層型であると推定された(井口・他, 2002)。

京都大学防災研究所では1995年から口永良部島の13点においてGPSによる地盤変動の繰り返し観測を行ってきた。1995/96年から2000年12月までの水平変位ベクトルは、新岳の火口を中心として放射状に外側へ2~4cm変位したことを示しており、新岳周辺の地盤が伸長したことを示す。開口割れ目モデルを適用すると、その力源の位置は新岳東の割れ目の下、海面下1km付近に求められた。また、開口割れ目の走行はほぼ南北であり、鉛直から60度傾いている(井口・他, 2003)。同時期に行われた空中磁気測定によってほぼ同じ位置、新岳火口のやや東よりの深さ

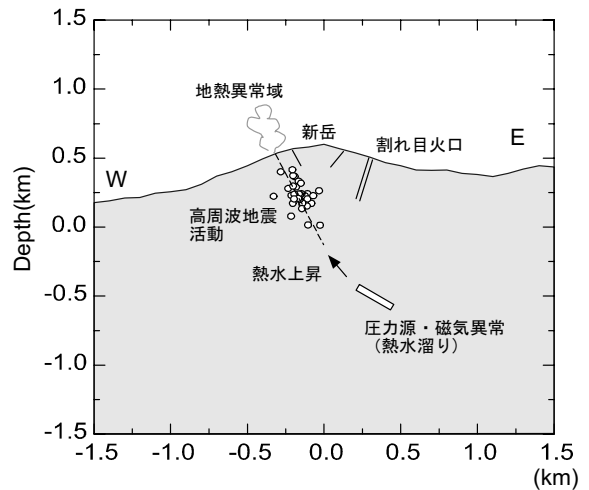


Fig. 3 Underground structure at a shallow part beneath Shindake, revealed by geophysical observations

1kmに磁気強度の弱い部分が検出されており(宇津木・他, 2002)、浅部熱水溜りに対応すると考えられている(Fig.3)。京都大学防災研究所では全磁力の連続観測も実施しているが、2001年4月ごろから新岳火口浅部における蓄熱現象に対応すると思われる顕著な全磁力変化が検出されている(神田・藤井, 2003)。新岳の地熱および噴気活動は火口の西から南にかけての縁において活発であることが知られている(井口・鍵山, 2002)。これらの観測結果をあわせて考えると新岳の東の深さ1km付近に熱水溜りがあり、そこから西側上方へ伸びる火山性地震の発生領域を経て、火口西～南の噴気地帯に至る熱水の上昇経路が推定される(Fig.3)。2001年以降火山性地震の発生頻度が徐々に増加し、新岳火口底での蓄熱現象も進行している。熱水溜りが膨張することにより、熱水が新岳に向かって上昇し、その結果、火口浅部において熱が蓄積され、火山性地震の活動も活発化したものと解釈される。

4. 観測

Fig.4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。口永良部島の島自体が東西12km、南北7kmと小さいため、屈折法による探査深度は海面下深さ1km程度と推定される。島の西端の小野崎から東端のクブイに至る距離13kmの東西測線(測線A-L-G-C)と、北の寝待から南の平床に至る距離6kmの南北測線(測線B-E-I)を設置した。また、新岳、古岳、野池などの中央火口丘を取り囲む測線(B, C, D)およびこれらの山体を稠密に覆うための測線(E-L)を設置した。地震計の間隔は島の西部の番屋

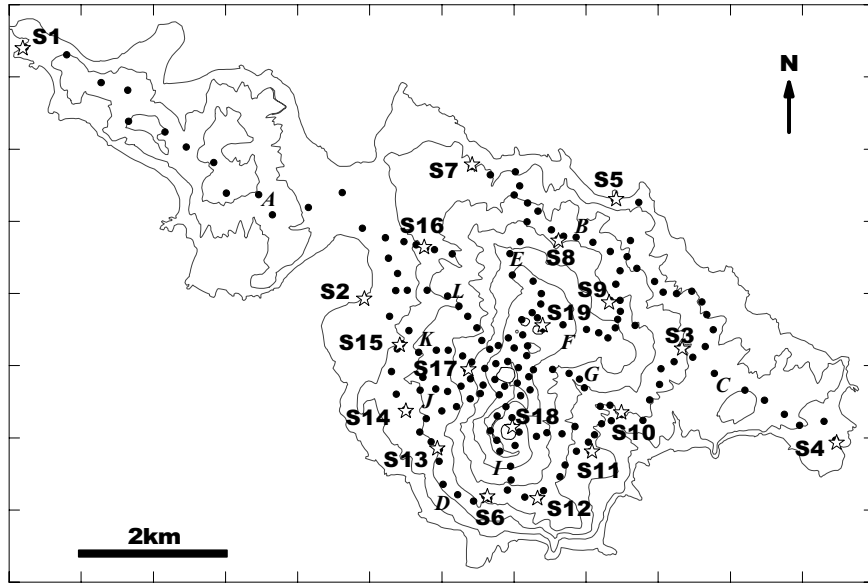


Fig. 4 Shot points and temporal seismic stations. Stars and dots represent shot points and seismic stations, respectively. Alphabets denote lines of seismic stations. Shots S18 and S19 are located in craters of Furudake and Noike craters, respectively. Shindake crater is located 400 m east of Shot S17. Contour interval is 100 m.

峰および東部のカシ峯火山域では400~500mと広いが、中央火口丘域では100~200mと密に地震計を設置した。地震観測点数は183点で、そのうち3成分観測点は75点である。3成分観測点は、東西測線および南北測線に集中的に配置した。使用した地震計はMark Product社製L-22D型（固有周波数2Hz，コイル

抵抗2kΩ）であり，ダンピング定数は0.7とした。地震波形はGPS刻時装置付火山体構造探査用データロガー（白山工業株式会社製DATAMARK LS-8000SH；森田・浜口，1996）に分解能16bitで収録した。サンプリング間隔は4msとしたが，爆破点直近の観測点のみ1msで収録した。上下動地震計からの信号

Table 2 Shot locations, times and charge sizes for 19 explosions in the experiment

Shot	Latitude			Longitude			Altitude m	Depth m	Date	Time JST	Charge kg
	°	'	"	°	'	"					
S1	30	29	10.75	130	8	42.45	-27.9	72.33	Nov. 3, 2004	21h02m00.458s	115
S2	30	27	18.78	130	11	41.28	-9.3	15.57	Nov. 4, 2004	14h52m00.310s	30
S3	30	26	56.52	130	14	26.61	197.9	21.18	Nov. 4, 2004	18h02m00.235s	50
S4	30	26	14.57	130	15	47.32	-2.2	72.10	Nov. 3, 2004	21h07m00.203s	110
S5	30	28	3.37	130	13	51.71	-8.2	24.20	Nov. 3, 2004	21h12m00.232s	50
S6	30	25	51.00	130	12	46.52	303.7	18.15	Nov. 4, 2004	16h42m00.234s	30
S7	30	28	18.77	130	12	36.61	103.7	20.73	Nov. 3, 2004	21h17m00.139s	40
S8	30	27	44.46	130	13	21.75	262.0	13.10	Nov. 3, 2004	21h22m00.181s	10
S9	30	27	17.23	130	13	48.47	292.0	13.13	Nov. 3, 2004	21h27m00.800s	20
S10	30	26	28.12	130	13	55.35	175.1	13.23	Nov. 4, 2004	16h32m00.354s	15
S11	30	26	10.64	130	13	40.16	234.2	13.34	Nov. 4, 2004	14h32m00.262s	20
S12	30	25	49.71	130	13	11.98	353.4	13.23	Nov. 4, 2004	13h02m00.392s	15
S13	30	26	11.93	130	12	19.79	181.1	13.16	Nov. 4, 2004	14h42m00.316s	20
S14	30	26	28.75	130	12	3.25	152.9	13.17	Nov. 4, 2004	13h12m00.313s	15
S15	30	26	58.23	130	11	59.82	102.9	13.09	Nov. 4, 2004	16h52m00.068s	20
S16	30	27	41.88	130	12	11.99	104.7	13.06	Nov. 4, 2004	13h22m00.500s	15
S17	30	26	47.25	130	12	35.55	372	2.5	Nov. 4, 2004	15h21m59.719s	10
S18	30	26	21.57	130	12	58.85	530	2.9	Nov. 4, 2004	15h12m00.050s	15
S19	30	27	6.95	130	13	13.93	549	2.9	Nov. 4, 2004	15h01m59.369s	15

The coordinates are based on WGS84. The altitudes are head level of the dynamites.

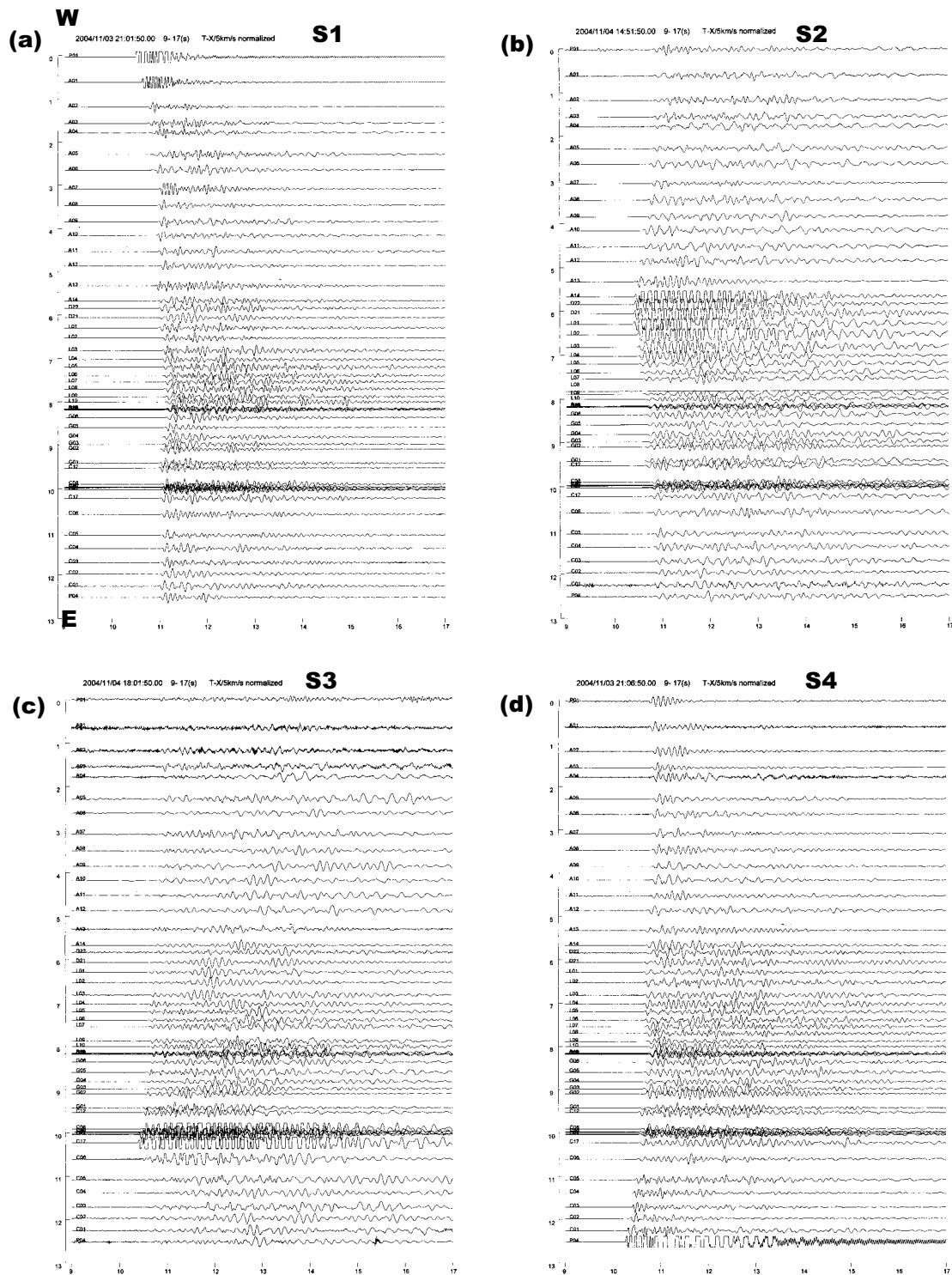


Fig. 5 Record sections of seismograms on EW line for (a) Shot S1, (b) Shot S2, (c) Shot S3 and (d) Shot S4. Amplitude of each trace is normalized by the maximum value. The reduction velocity is 5.0 km/s.

は、高倍率、低倍率の2チャンネルに分配して収録した。島の東西両端の爆破点からの地震波のみ、爆破点からの距離に応じたアンプ倍率を設定したが、それ以外はすべて高倍率を300倍、低倍率を30倍とした。観測点の座標は高度計付簡易GPS装置により測定した。高度計は測定前に海岸において検定した。測定

精度は水平位置については7~10m程度、標高は10m程度である。Table 1に観測点の座標と特記事項をまとめた。

爆破点は東西測線の両端 (S1およびS4) , 中央火口丘の山麓(S2~S3, S5~S16)および中央火口丘の山頂(S17~S19)の合計19点に設置した。発破孔の孔径

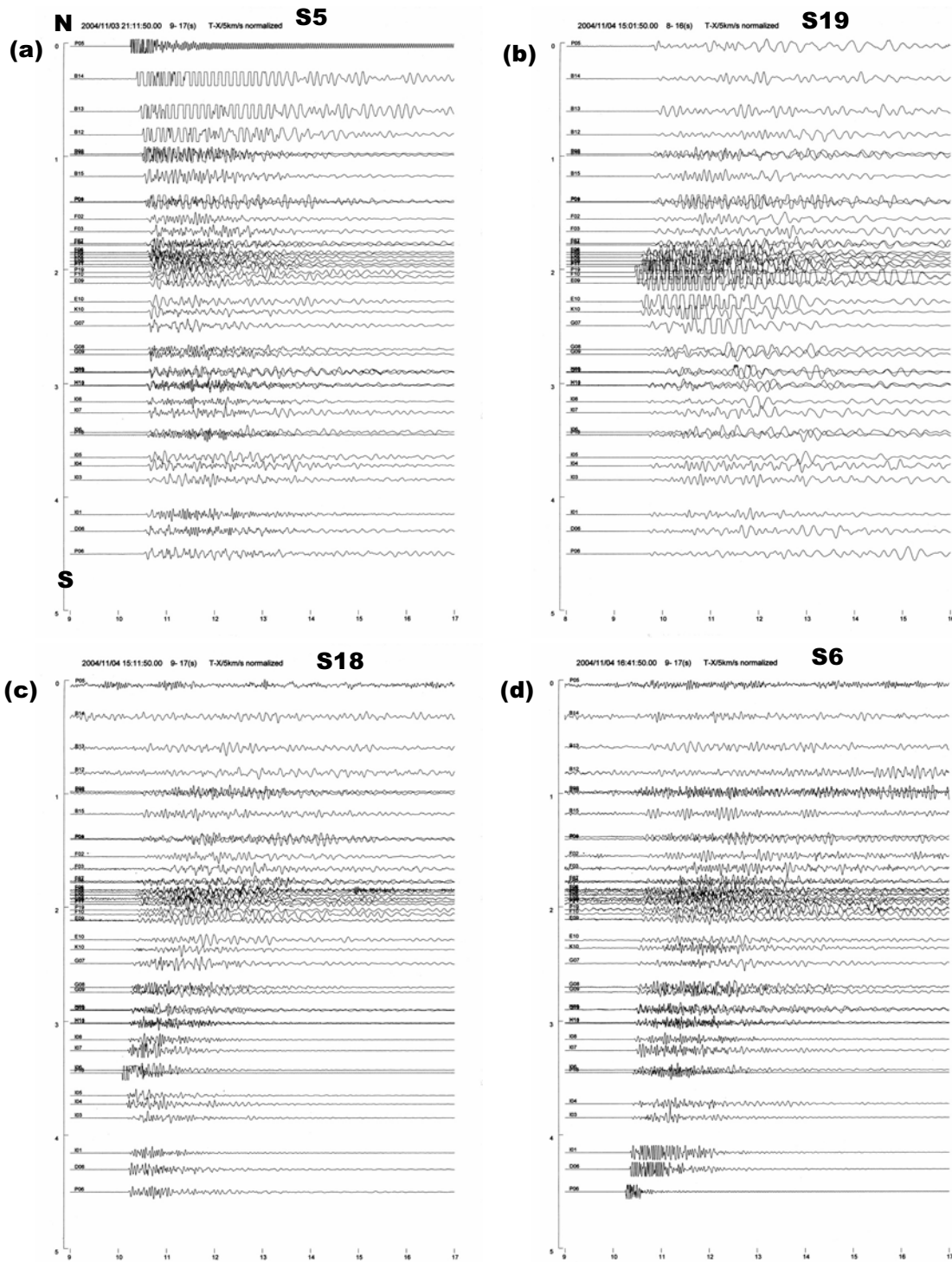


Fig. 6 Record sections of seismograms on NS line for (a) Shot S5, (b) Shot S19, (c) Shot S18, (d) Shot S6. Amplitude of each trace is normalized by the maximum value. The reduction velocity is 5.0 km/s.

は146mm、掘削深度は13~72mである。掘削後には発破孔保護のために外径114mm、肉厚4.5mmの鋼管を孔底まで挿入した。なお、山頂部のS17~S19は、人力による掘削であり、掘削深度は1.6~2.9mと浅い。発破孔を保護するために100mmの塩化ビニールパイプを挿入したが、爆破時は抜管した。発破は2004年

11月3日の21時02分から27分まで5分間隔でS1, S4, S5, S7-S9の6点において爆破し、翌11月4日の13時02分から18時02分にかけて残りの13点の爆破を行った。東西測線の両端にあたるS4およびS1ではそれぞれ110kg, 115kgのダイナマイトを装填したが、それ以外の爆破点におけるダイナマイトの装填量は10~

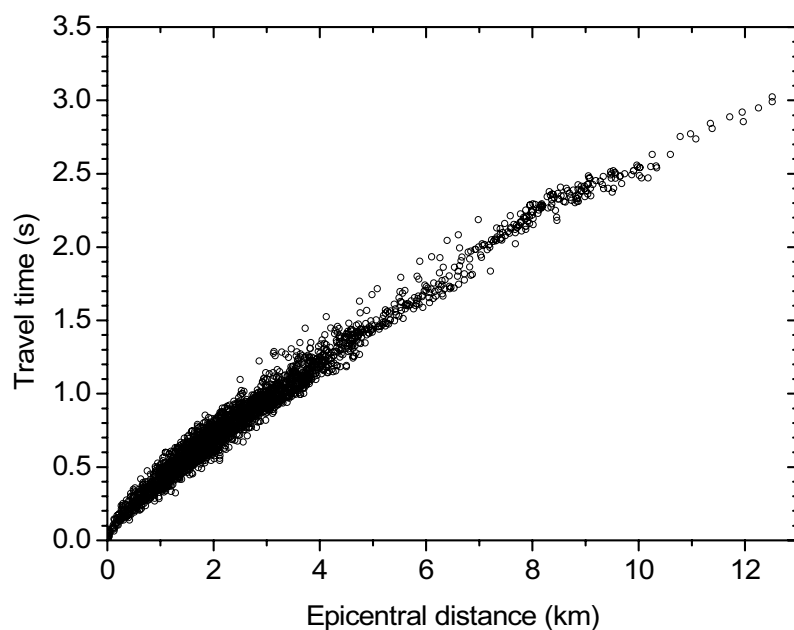


Fig. 7 Travel times for all the shots

50kgである。爆破点ではショットマーク信号を1msのサンプリング間隔でデータロガーに収録した。S1～S16の爆破点の位置はGPSラビッドスタティック測量により決定し、薬頭までの深度は検尺により決定した。各爆破点の位置座標、掘削深度、爆破時刻、薬量をTable 2にまとめて示した。

5. 観測結果

Fig.5に東西測線上において観測された爆破S1, S2, S3およびS4に対する地震波形を示す。また, Fig.6に南北測線上において観測された爆破S5, S19, S18およびS6に対する地震波形を示す。これらの波形記録の時刻は見かけ速度5km/sでreduceしている。また, 波形の振幅は, それぞれ最大振幅で規格化されている。Fig.5およびFig.6に示した爆破点S1, S2, S3, S4, S5, S19に加えS9におけるショットでは, ほぼ全観測点において初動を同定することができた。一方, 新岳および古岳の山体に位置する爆破点S6およびS10～S18では, 初動が同定できた観測点は, 爆破点から4kmほどの範囲に限られた。薬量や爆破点と帯水層との関係がありいちはいえないが, S1～S5, S9, S19など口永良部島の古い山体に位置する爆破点でのショットは初動の読み取りが容易であるが, 新岳・古岳など新しい山体に位置する爆破点から励起された地震波は新岳・古岳山体の外側領域では初動の同定が困難な傾向がある。

島の西および東端に位置するS1およびS4の波形をみるといずれも島の西部および東部の観測点では比

較的単純な波形であるが, 新岳の山体にある観測点ではコーダ波が長く複雑な波形となっている。一方, 山頂におけるショットS18およびS19ではすべての観測点においてコーダ波が長い複雑な波形となっている。この長いコーダ波が散乱により励起されるとすれば, 散乱体は新岳などの中央火口丘の浅い場所にあることになる。

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中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±10ms以内で初動を確定できたものをAランク, 以下, ±10ms～±30ms, ±30ms～±100msで確定できたものをそれぞれB, Cランクとし, 極性が判定できないものをLランクとした(鍵山・他, 1995, 筒井・他, 1996)。また初動を確認できないものに関してはXランクとした。A, B, C, Lランクで決定された初動到達時刻の数はそれぞれ1097個, 1090個, 509個, 259個であり, 総数2955個の読み取り値が得られた。全読み取り値に対するAおよびBランクの割合は62.8%であった。これらをまとめたものをTable 3～6に示す。

すべての発破による人工地震の走時をFig. 7にプロットした。この図から震央距離2km程度まではおおよそ上に凸の曲線で探さ方向への速度勾配を示唆しており, 2kmから5km, 5kmより遠方の走時はそれ

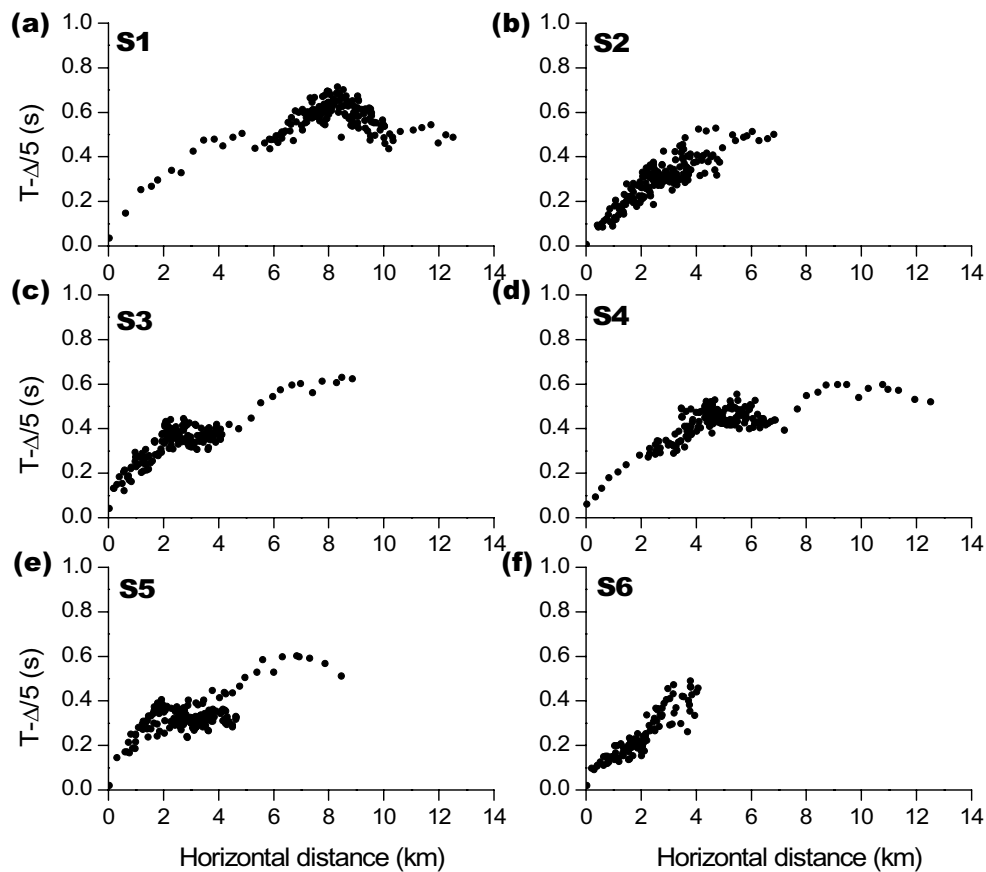


Fig. 8 Plots of travel times for (a) Shot S1, (b) Shot S2, (c) Shot S3, (d) Shot S4, (e) Shot S5 and (f) Shot S6. The reduction velocity is 5.0 km/s.

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5km以遠の直線の傾きからは屈折波が伝播した層でのP波速度は約5km/sと推定される。各発破に対する走時をFigs. 8, 9, 10に示す。Figs. 5, 6と同様に見掛け速度5km/sでreduceしている。震央距離約1km未満の走時からは発破点近傍における表層付近の速度の地域性がみとれる。S5, S8, S9, S10, S19などでは見かけ速度が1.3km/s~2.3km/sと低速である。S1, S2, S4, S6, S11では、2.6, 2.9, 2.8, 3.0, 2.6 km/sと3km/sに近い。新岳や古岳の新しい山体における見かけ速度は2.4~2.5km/sと両者の中間の値が得られた。

プロットした点が多数集まっている部分が口永良部島中心部の中央火口丘群および山麓の走時に相当するが、いずれの発破でも走時のばらつきは0.2~0.3sと大きく、震央距離や方位角の違いによってP波速度が不均質であることによるものと思われる。新岳や古岳の山頂近くでは観測点の間の高低差が大きいため、P波速度を2.5km/sとして標高の補正を行ったものをFig. 11に示す。同様に見掛け速度5km/sで

reduceしてある。概ね、距離5kmまでは3.3km/s程度、5km以遠では5.0km/s程度の見かけ速度であることがわかる。それでも中央火口丘群山体における走時のばらつきは0.2s程度に達する。山麓の観測点（A~D測線）と山頂近くの観測点（E~L）に分けてプロットしてあるが、概して山頂近くの観測点の方が走時が早く、山体内にP波速度が速い部分があることが示唆される。

6. 議論

これまでの構造探査では、上部地殻のP波速度に相当する見かけ速度約6km/sの屈折波が多くの場合、得られている（例えば、鬼澤・他、2003）。今回の探査では測線長が最大でも13kmと短いために、上部地殻に達したと思われる地震波が観測されなかった。5km/sの速度で到達した屈折波は口永良部島火山の基盤に相当する層を伝播した可能性が高い。

山本・他(1997)は口永良部島内の碎石発破（本調査のS2発破点の極近傍）によって励起された地震波を用いて約4kmの測線から浅部のP波速度を3.3km/s

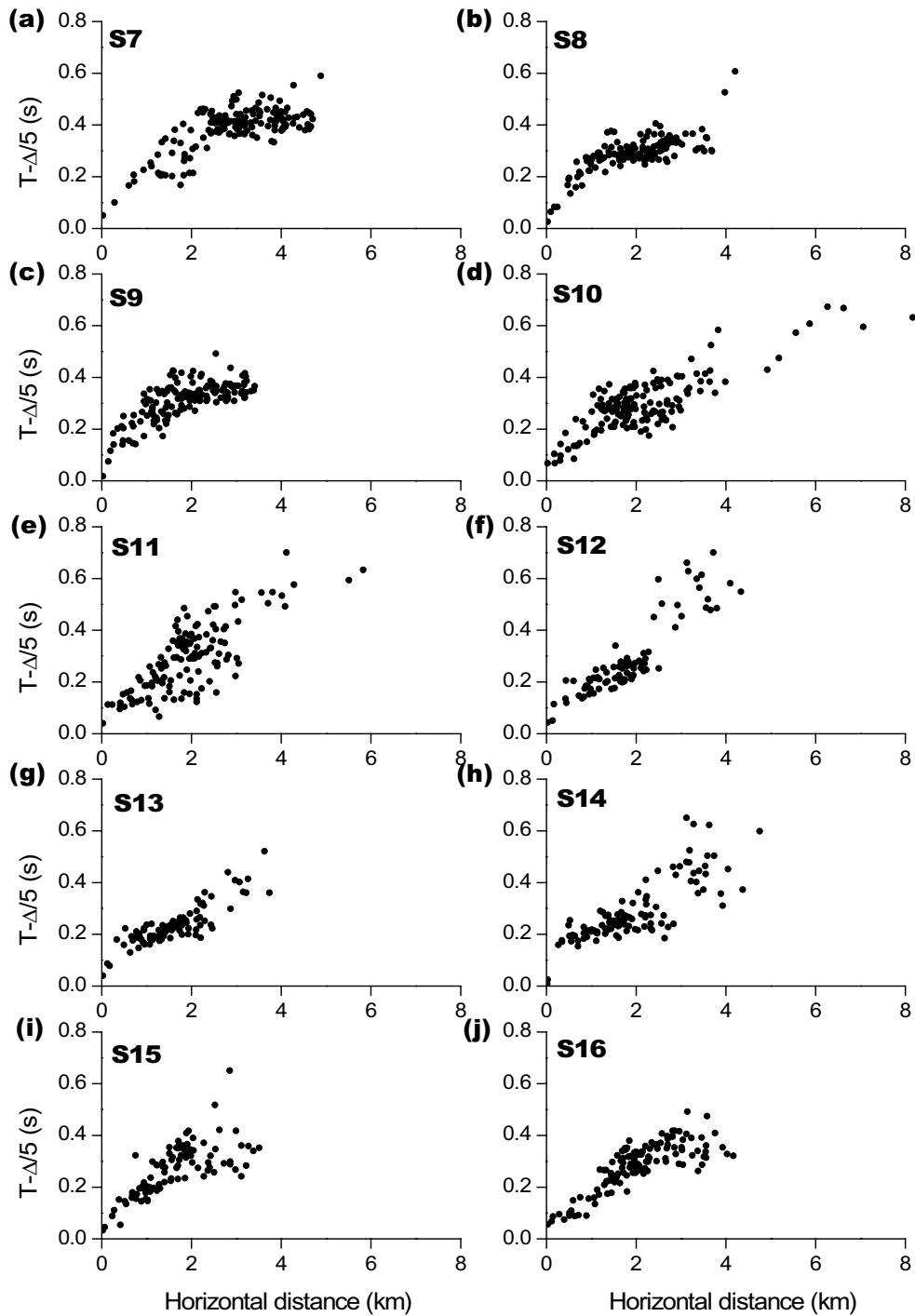


Fig. 9 Plots of travel times for the shots at the flank of Kuchierabujima. (a) Shot S7, (b) Shot S8, (c) Shot S9, (d) Shot S10, (e) Shot S11, (f) Shot S12, (g) Shot S13, (h) Shot S14, (i) Shot S15 and (j) Shot S16. The reduction velocity is 5.0 km/s.

と推定している。また、新岳の山頂付近については震源決定の精度から2.0~2.2km/sの速度が妥当であるとしている。今回の探査で震央距離2km~4kmにおいては3.3km/s前後の見かけ速度が現われており、ほぼ同様の結果が得られた。S17やS18など山頂付近の発破による地震波の見かけ速度は2.4~2.5km/sであり、新岳や古岳の海面より上部の新しい山体の速度

は2km/s前半と推定される。

爆破点近傍(1km以内)の見かけ速度を検討した結果、見かけ速度は、爆破点近傍の表層の地質と対応していることがわかる。S5, S8, S9, S10, S19など野池火山山頂からその北麓では見かけ速度が1.3km/s~2.3km/sと低速である。これは、野池火山から噴出された火砕流が厚く堆積している場所に相当

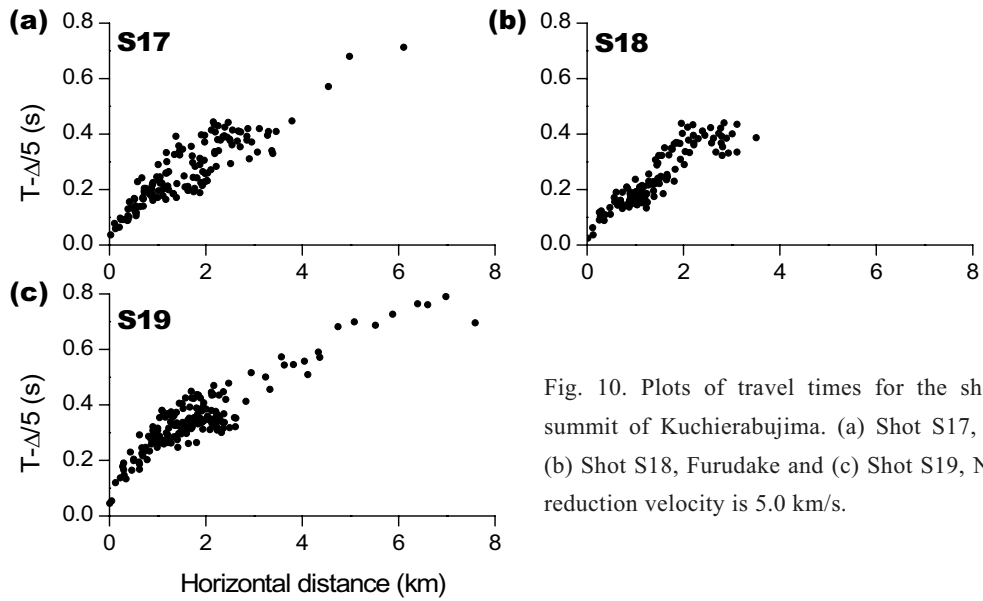


Fig. 10. Plots of travel times for the shots at the summit of Kuchierabujima. (a) Shot S17, Shindake, (b) Shot S18, Furudake and (c) Shot S19, Noike. The reduction velocity is 5.0 km/s.

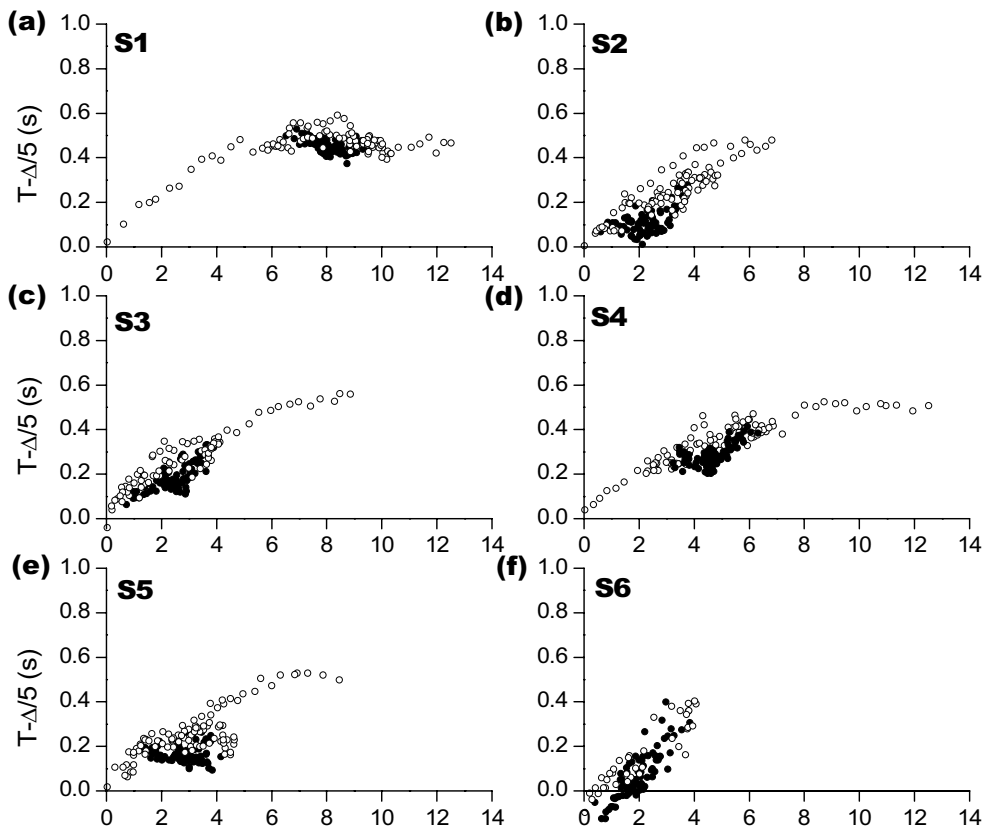


Fig. 11 Plots of travel times for (a) Shot S1, (b) Shot S2, (c) Shot S3, (d) Shot S4, (e) Shot S5, (f) Shot S6. Open and solid circles indicate travel times of stations at the flank (Line A-D) and near the summits (Line E-L), respectively. The reduction velocity is 5.0 km/s. Elevation correction is made on travel times.

する(Fig.12)。一方、溶岩流が表面まで現われている場所では見かけ速度が高速となっている。例えば、平床溶岩流上のS6、七釜南溶岩流上のS11、新岳溶岩流のS2では、それぞれ3.0、2.6、2.9km/sに達している。古い時代の溶岩流でも同様で、番屋峯溶岩流

にあるS1では2.6km/s、また、カシ峯火山の溶岩流に位置するS4では2.8km/sとなっている。また、表層が土壌におおわれていても地質学的には野池火山の溶岩流が広くひろがっている部分に位置するS7およびS16でも見かけ速度が高速である。逆に、溶岩流の分

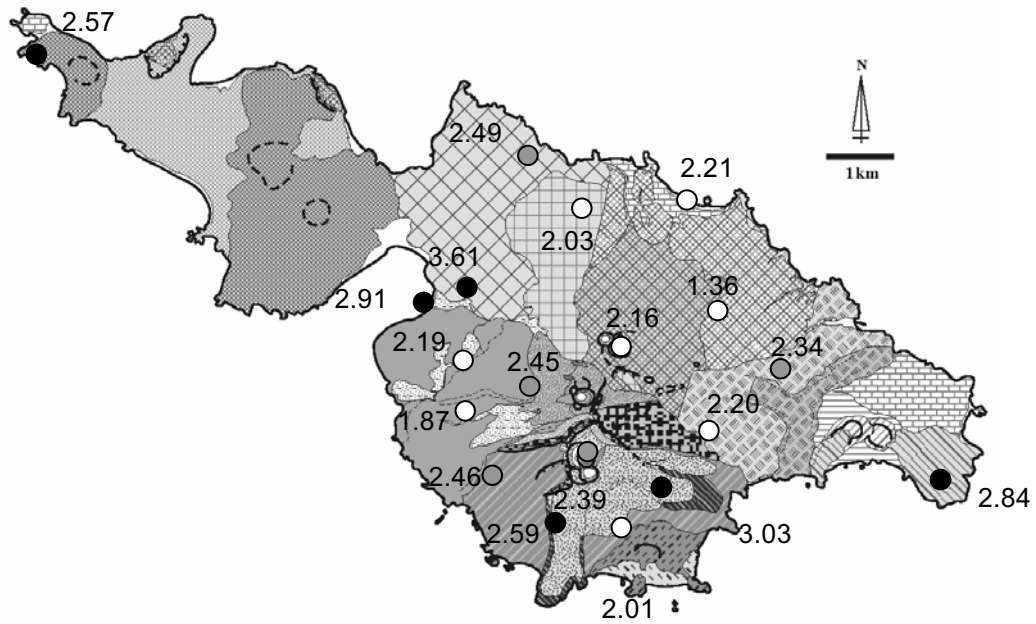


Fig. 12 Distribution of apparent P-wave velocities near the shot points. Open, gray and solid circles represent apparent P-wave velocities of $<2.3\text{km/s}$, $2.3\text{-}2.5\text{km/s}$ and $>2.5\text{km/s}$, respectively.

布域とされている地域でも見かけ速度が低速な場合もある。S14とS15はいずれも新岳溶岩流の範囲にあるが、それぞれ 1.9km/s および 2.2km/s と低速である。S14の場合、周辺には土石流の堆積物が堆積している。新岳溶岩流は3枚の溶岩流からなるとされており(荒牧, 1969), S15はそのうちの1枚の溶岩流の先端に位置し、溶岩流先端の崖錐が堆積しているために低速となっている可能性がある。

7. 結論

2004年11月に口永良部島火山において人工地震による構造探査を行った。口永良部島のほぼ全島域に設置された183点の地震計によって、19箇所の爆破点において励起された地震波を約63%の割合で良好に観測することができた。この波形記録からP波初動着震時の読み取りを行った。波形記録や走時から口永良部島における地質構造を反映した特徴が認められた。詳細な解析については別の報告書に述べる。

謝 辞

今回の探査実験は口永良部島島民の方々のご絶大なご理解・御協力によって達成することができました。上屋久町役場口永良部島出張所の川東久志さん、上屋久町立金岳小中学校、(有)南国砂利、日本製紙株式会社、(有)新村牧場、藍染建設には観測の

実施に当たり多くの便宜を図っていただきました。また、宿泊に関しましては、野元旅館、民宿わたなべ、民宿富田、民宿恵文、民宿くちえらぶじまの皆様には大変お世話になりました。特に、貴船庄二・裕子さん御夫妻にはボーリング掘削中から長期間に渡りお世話になりました。また、山口正行・真木さんには探査関連の行事を行うにあたり、お手数をおかけしました。

鹿児島県消防防災課、上屋久町役場、屋久島警察署など関係機関には実験実施にあたり土地の使用、認可関係の便宜を図っていただきました。応用地質株式会社札幌支店には爆破孔の掘削・爆破作業を請け負っていただき、計画の立案の段階からお世話になりました。西日本地質調査所には困難な掘削を請け負っていただきました。白山工業株式会社にはロガーの使用に関する助言だけでなく、観測点の設置についても御支援いただきました。以上、口永良部島の探査が成功裏に終わらせることができましたのは皆様のご協力とご理解のおかげであり、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

本調査は火山噴火予知計画経費「火山体構造探査」および科学研究費特定領域研究(2)「火山爆発のダイナミクス」(研究代表者井田善明)のうち、「火山爆発の発生場と発生過程」(No.14080205)および「火山爆発にともなう地表現象に対する新研究手法の開発と適用」(No.14080205)、防災研究所リーダーシップ支援経費を用いて実施された。

Table 1 Locations of seismic stations. The coordinates are based on WGS84.

Stn. code	Logger number	Latitude			Longitude			Alt. m	Comp.	Remarks
		°	'	"	°	'	"			
A01	L401	30	29	7.83	130	9	5.43	121	V1, H2	
A02	L402	30	28	55.41	130	9	23.45	164	V1, H2	
A03	L403	30	28	51.97	130	9	37.29	180	V1, H2	
A04	L404	30	28	38.05	130	9	37.88	211	V1, H2	
A05	L405	30	28	33.32	130	9	56.88	200	V1, H2	
A06	L056	30	28	26.69	130	10	7.96	148	V1, H2	
A07	L057	30	28	19.73	130	10	22.37	204	V1, H2	NS illegal
A08	L058	30	28	6.09	130	10	29.07	213	V1, H2	
A09	L059	30	28	5.41	130	10	45.76	182	V1, H2	
A10	L060	30	27	56.36	130	10	53.12	155	V1, H2	
A11	L061	30	27	59.63	130	11	11.72	102	V1, H2	NS illegal (area 13-33 OK)
A12	L062	30	28	6.25	130	11	29.34	61	V1, H2	
A13	L063	30	27	50.30	130	11	39.93	34	V1, H2	
A14	L064	30	27	46.08	130	11	51.82	56	V1, H2	
A15	L065	30	27	44.41	130	12	1.57	82	V1	
A16	L066	30	27	43.04	130	12	7.89	106	V1	
A17	L067	30	27	40.81	130	12	17.46	160	V1	
A18	L068	30	27	38.95	130	12	26.63	184	V1	
B01	L001	30	28	14.27	130	12	46.24	114	V1	
B02	L002	30	28	15.63	130	12	59.22	118	V1	
B03	L003	30	28	9.27	130	13	1.44	173	V1	
B04	L004	30	28	5.18	130	12	58.68	217	V1	
B05	L005	30	28	1.65	130	13	5.60	225	V1	
B06	L006	30	27	58.03	130	13	11.05	238	V1, H2	
B07	L007	30	27	49.61	130	13	18.12	259	V1, H2	Low gain abnormal
B08	L008	30	27	46.83	130	13	24.61	268	V1, H2	
B09	L009	30	27	46.46	130	13	31.02	274	V1, H2	
B10	L010	30	27	44.10	130	13	39.81	262	V1, H2	
B11	L011	30	27	40.00	130	13	48.80	252	V1, H2	
B12	L012	30	27	37.67	130	13	57.63	199	V1, H2	
B13	L013	30	27	44.95	130	13	59.38	169	V1, H2	
B14	L014	30	28	1.89	130	14	3.45	98	V1, H2	
B15	L015	30	27	25.39	130	13	51.88	257	V1	
B16	L016	30	27	31.38	130	13	53.97	227	V1	
B17	L017	30	27	32.47	130	14	2.78	200	V1	
B18	L018	30	27	26.56	130	14	11.99	177	V1	
B19	L019	30	27	21.80	130	14	16.44	152	V1	
B20	L020	30	27	21.20	130	14	23.42	129	V1	
B21	L021	30	27	22.27	130	14	31.37	113	V1	
B22	L022	30	27	17.45	130	14	36.72	98	V1	
C01	L848	30	26	24.08	130	15	40.62	78	V1, H2	
C02	L849	30	26	22.40	130	15	27.93	104	V1, H2	
C03	L850	30	26	27.31	130	15	19.94	139	V1, H2	
C04	L851	30	26	33.51	130	15	9.62	180	V1, H2	
C05	L852	30	26	38.01	130	14	59.48	191	V1, H2	
C06	L853	30	26	45.49	130	14	43.55	168	V1, H2	
C07	L854	30	26	50.71	130	14	22.45	243	V1, H2	
C08	L855	30	26	47.54	130	14	15.74	247	V1, H2	
C09	L856	30	26	40.63	130	14	15.02	246	V1, H2	
C10	L857	30	26	33.73	130	14	10.02	227	V1, H2	
C11	L858	30	26	24.49	130	14	6.50	194	V1, H2	
C12	L859	30	26	31.39	130	13	49.40	176	V1, H2	
C13	L860	30	26	24.36	130	13	50.04	203	V1	
C14	L861	30	26	23.00	130	13	44.93	223	V1	
C15	L862	30	26	18.14	130	13	41.39	237	V1	
C16	L863	30	26	14.85	130	13	38.30	253	V1	
C17	L864	30	26	52.81	130	14	32.10	192	V1	
C18	L865	30	26	57.55	130	14	38.56	176	V1	
C19	L866	30	27	5.00	130	14	42.75	136	V1	
C20	L867	30	27	11.74	130	14	39.25	113	V1	
D01	L086	30	26	10.79	130	13	32.03	267	V1	1s late
D02	L087	30	26	4.60	130	13	26.31	297	V1	
D03	L088	30	25	59.38	130	13	23.69	313	V1	
D04	L089	30	25	53.1	130	13	15.2	360	V1	
D05	L090	30	25	50.33	130	13	5.53	356	V1	

Stn. code	Logger number	Latitude			Longitude			Alt. m	Comp.	Remarks
		°	'	''	°	'	''			
D06	L091	30	25	53.42	130	12	56.47	339	V1, H2	
D07	L092	30	25	49.78	130	12	46.85	315	V1, H2	Time calibration failure
D08	L093	30	25	48.48	130	12	38.89	280	V1	
D09	L094	30	25	51.33	130	12	30.54	253	V1	
D10	L095	30	25	56.01	130	12	22.88	233	V1	
D11	L096	30	26	6.25	130	12	20.77	202	V1	
D12	L097	30	26	14.95	130	12	16.60	179	V1	
D13	L098	30	26	19.37	130	12	10.58	170	V1	
D14	L099	30	26	29.36	130	12	2.93	156	V1	
D15	L100	30	26	36.28	130	11	58.23	145	V1	
D16	L101	30	26	46.41	130	11	55.55	133	V1	
D17	L102	30	26	56.48	130	11	58.47	111	V1	
D18	L103	30	27	4.71	130	12	4.50	100	V1	
D19	L104	30	27	11.02	130	11	54.47	80	V1	
D20	L105	30	27	22.48	130	11	57.51	35	V1	
D21	L921	30	27	30.19	130	11	58.44	43	V1, H2	
D22	L922	30	27	36.96	130	11	53.54	59	V1, H2	EW illegal
E01	L221	30	27	53.24	130	13	5.37	311	V1, H2	
E02	L222	30	27	44.37	130	13	1.79	378	V1, H2	
E03	L223	30	27	39.01	130	12	56.66	428	V1, H2	
E04	L224	30	27	29.50	130	12	58.03	496	V1, H2	
E05	L225	30	27	26.79	130	13	8.81	507	V1, H2	
E06	L226	30	27	21.11	130	13	13.20	528	V1, H2	
E07	L227	30	27	16.53	130	13	12.97	553	V1, H2	
E08	L228	30	27	12.71	130	13	8.58	585	V1, H2	
E09	L229	30	27	9.52	130	13	3.13	578	V1, H2	
E10	L230	30	27	2.71	130	13	3.69	591	V1, H2	
F01	L844	30	27	18.18	130	13	54.11	314	V1	
F02	L845	30	27	13.25	130	13	54.40	398	V1	
F03	L846	30	27	9.67	130	13	52.94	423	V1	
F04	L847	30	27	5.83	130	13	51.67	447	V1	
F05	L841	30	27	3.63	130	13	43.25	460	V1	
F06	L842	30	27	5.25	130	13	36.83	521	V1	
F07	L843	30	27	6.9	130	14	2.0	325	V1	
F08	L837	30	27	7.18	130	13	24.54	524	V1	
F09	L838	30	27	1.4	130	13	48.0	478	V1	
F10	L839	30	27	5.39	130	13	14.19	553	V1	
F11	L840	30	27	10.34	130	13	11.24	580	V1	
G01	L819	30	26	30.76	130	13	44.29	188	V1, H2	
G02	L820	30	26	39.10	130	13	35.90	273	V1, H2	
G03	L821	30	26	42.98	130	13	33.42	319	V1, H2	
G04	L822	30	26	45.58	130	13	28.05	345	V1, H2	
G05	L823	30	26	47.33	130	13	19.37	407	V1, H2	
G06	L824	30	26	47.22	130	13	9.45	509	V1, H2	
G07	L826	30	26	53.5	130	13	5.9	551	V1, H2	
G08	L825	30	26	48.1	130	13	1.6	583	V1, H2	
G09	L827	30	26	44.08	130	13	6.99	537	V1	
G10	L828	30	26	38.11	130	13	7.68	582	V1	
H01	N101	30	26	21.74	130	13	31.22	299	V1	
H02	N102	30	26	18.56	130	13	24.62	368	V1	
H03	N103	30	26	19.02	130	13	16.58	406	V1	
H04	N104	30	26	17.41	130	13	11.20	463	V1	
H05	N105	30	26	13.36	130	13	0.26	576	V1	
H06	N106	30	26	19.33	130	13	2.25	572	V1	
H07	N107	30	26	25.70	130	12	58.52	547	V1	
H08	N108	30	26	35.53	130	13	2.88	633	V1	Seismometer down
H09	N109	30	26	41.11	130	13	1.08	613	V1	
H10	N110	30	26	39.78	130	12	54.58	556	V1	
H11	N111	30	26	42.8	130	12	49.4	547	V1	
I01	L026	30	25	57.86	130	12	58.23	408	V1, H2	
I02	L027	30	26	4.10	130	12	57.95	503	V1, H2	V Seismometer down
I03	L028	30	26	10.72	130	12	52.26	608	V1, H2	
I04	L029	30	26	15.67	130	12	50.66	633	V1, H2	
I05	L030	30	26	19.92	130	12	47.33	591	V1, H2	
I06	L031	30	26	26.53	130	12	50.71	605	V1, H2	NS Seismometer down
I07	L032	30	26	30.70	130	12	55.20	602	V1, H2	
I08	L033	30	26	35.94	130	12	51.67	522	V1	

Stn. code	Logger number	Latitude			Longitude			Alt. m	Comp.	Remarks
		°	'	"	°	'	"			
I09	L034	30	26	36.48	130	12	41.92	410	V1	
I10	L035	30	26	34.23	130	12	36.72	346	V1	
J01	L106	30	26	25.36	130	12	13.91	203	V1	Data logger trouble
J02	L107	30	26	28.82	130	12	21.94	226	V1	Time calibration failure
J03	L108	30	26	30.71	130	12	29.64	272	V1	
J04	L109	30	26	38.01	130	12	10.67	194	V1	
J05	L110	30	26	38.63	130	12	18.73	217	V1	
J06	L111	30	26	37.44	130	12	24.87	249	V1	
J07	L112	30	26	39.80	130	12	31.91	302	V1	
J08	L113	30	26	43.11	130	12	36.78	371	V1	
J09	L114	30	26	40.34	130	12	43.36	445	V1	
J10	L115	30	26	43.80	130	12	12.07	251	V1	
K01	L041	30	26	54.97	130	12	9.61	185	V1	
K02	L042	30	26	55.95	130	12	18.90	228	V1	
K03	L043	30	26	55.93	130	12	25.03	273	V1	
K04	L044	30	26	53.27	130	12	32.46	335	V1	
K05	L045	30	26	50.56	130	12	37.25	392	V1	
K06	L046	30	26	47.77	130	12	44.17	498	V1	
K07	L047	30	26	58.01	130	12	51.09	478	V1	
K08	L048	30	27	1.42	130	12	56.21	526	V1	
K09	L049	30	26	56.83	130	12	59.27	543	V1	
K10	L050	30	26	57.80	130	13	6.24	583	V1, H2	
L01	L801	30	27	22.63	130	12	3.55	48	V1, H2	
L02	L802	30	27	22.65	130	12	13.87	146	V1, H2	
L03	L803	30	27	20.04	130	12	24.42	183	V1, H2	
L04	L804	30	27	15.59	130	12	30.44	213	V1, H2	
L05	L805	30	27	11.10	130	12	35.09	249	V1, H2	
L06	L806	30	27	5.81	130	12	39.88	283	V1, H2	Large time correction value
L07	L807	30	27	0.30	130	12	42.38	344	V1, H2	
L08	L808	30	26	56.30	130	12	46.55	434	V1, H2	Seismometer down area17-
L09	L809	30	26	49.86	130	12	49.93	551	V1, H2	
L10	L810	30	26	50.92	130	12	56.07	571	V1, H2	
S1P	L069	30	29	11.1	130	8	43.8	36	V1	
S2P	L906	30	27	19.1	130	11	41.4	6	V1	
S3P	L051	30	26	57.35	130	14	25.78	217	V1	
S4P	L052	30	26	15.8	130	15	46.8	56	V1	
S5P	L423	30	28	3.29	130	13	50.68	6	V1	
S6P	L907	30	25	50.62	130	12	44.80	307	V1	
S7P	L424	30	28	17.95	130	12	36.28	120	V1	
S8P	L425	30	27	45.56	130	13	21.50	259	V1	
S9P	L426	30	27	18.11	130	13	49.07	285	V1	
S10P	L053	30	26	27.10	130	13	55.66	192	V1	
S11P	L054	30	26	10.60	130	13	39.17	249	V1	
S12P	L910	30	25	50.17	130	13	12.96	362	V1	
S13P	L923	30	26	11.53	130	12	20.82	184	V1	
S14P	L924	30	26	28.63	130	12	4.19	160	V1	
S15P	L925	30	26	58.81	130	12	0.83	107	V1	Seismometer down
S16P	L070	30	27	41.5	130	12	12.8	118	V1	
S17P	L911	30	26	47.17	130	12	34.63	379	V1	
S18P	L130	30	26	22.0	130	12	59.2	536	V1	
S19P	L129	30	27	7.1	130	13	13.7	551	V1	

Prefix of logger number "N" : National Institute for Polar Research

Table 3 Arrival times and polarities of the first motions for shots S1 to S6

Stn.	S1			S2			S3			S4			S5			S6			
	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	
	21:02			14:52			18:02			21:07			21:12			16:42			
A01	0.729	U	A	1.874	U	C		X	X	3.123	U	B	2.374	U	C			X	X
A02	0.948	U	A	1.784	U	A	2.629	U	C	3.045	U	C	2.287	U	B			X	X
A03	1.039	U	A	1.700	U	A	2.561	U	C	2.974	U	B	2.216	U	B			X	X
A04	1.110	U	A	1.652	U	B	2.500	U	C	2.955	U	B	2.203	U	B			X	X
A05	1.255	U	A	1.516	U	A	2.403	U	C	2.835	U	B	2.094	U	B			X	X
A06	1.316	U	A	1.381	U	A	2.281	U	C	2.723	U	C	1.961	U	B			X	X
A07	1.500	U	A	1.297	U	A	2.235	U	C	2.694	U	A	1.935	U	B			X	X
A08	1.626	U	A	1.158	U	A	2.165	U	B	2.629	U	B	1.842	U	B			X	X
A09	1.706	U	A	1.052	U	B	2.058	U	B	2.542	U	A	1.729	U	B			X	X
A10	1.739	U	A	0.935	U	A	1.974	U	B	2.452	U	A	1.652	U	B			X	X
A11	1.852	U	A	0.884	U	A	1.858	U	B	2.355	U	B	1.516	U	C			X	X
A12	1.935	U	A	0.832	U	A	1.719	U	C	2.226	U	B	1.355	U	C			X	X
A13	1.961	U	A	0.594	U	A	1.581	U	C	2.039	U	B	1.226	U	B			X	X
A14	2.055	U	A	0.597	U	A	1.532	U	B	2.016	U	B	1.194	U	B			X	X
A15	2.119	U	A	0.606	U	A	1.435	U	C	1.948	U	B	1.139	U	B	1.942			L
A16	2.171	U	A	0.645	U	A	1.403	U	B	1.919	U	B	1.110	U	B			X	X
A17	2.235	U	A	0.684	U	B	1.348	U	B	1.868	U	A	1.068	U	B	1.355		U	C
A18	2.294	U	B	0.726	U	B	1.300	U	C	1.790	U	B	1.003	U	B			X	X
B01	2.274	U	A	0.987	U	B	1.306	U	B	1.823	U	A	0.829	U	B			X	X
B02	2.387	U	B	1.129	U	B	1.310	U	B	1.816	U	B	0.797	U	B			X	X
B03	2.439	U	B	1.152	U	B	1.287	U	B	1.816	U	B	0.803	U	A			X	X
B04		X	X	1.103	U	A	1.284	U	B	1.803	U	B	0.826	U	B			X	X
B05	2.500	U	B	1.126	U	B	1.248	U	B	1.781	U	B	0.774	U	A			X	X
B06	2.535	U	A	1.168	U	B	1.223	U	B	1.752	U	A	0.732	U	A			X	X
B07	2.606	U	B	1.223	U	B	1.132	U	B	1.658	U	B	0.647	U	B			X	X
B08	2.665	U	A	1.223	U	B	1.045	U	B	1.610	U	B	0.597	U	A	1.368		U	C
B09	2.687	U	A	1.271	U	A	1.029	U	C	1.581	U	B	0.552	U	B	1.458		U	C
B10	2.729	U	B	1.348	U	B	0.913	U	C	1.600	U	B	0.539	U	A	1.458		U	B
B11	2.765	U	A	1.423	U	B	0.861		L	1.455	U	B	0.592	U	A	1.484		U	C
B12	2.810	U	A	1.452	U	B	0.868		L	1.419	U	B	0.645	U	A			X	X
B13	2.768	U	B	1.465	U	B	0.910	U	C	1.477	U	A	0.523	U	A	1.503		U	C
B14	2.761	U	C	1.523	U	C	1.042	U	B	1.565	U	B	0.439	U	B			X	X
B15	2.787	U	B	1.400	U	B	0.735	U	B	1.329	U	B	0.745	U	A	1.219		U	C
B16	2.790	U	B	1.394	U	B	0.752	U	B	1.348	U	A	0.677	U	A			X	X
B17	2.819	U	A	1.481	U	B	0.739	U	B	1.348	U	A	0.681	U	B			X	X
B18	2.855	U	B	1.494	U	C	0.665	U	A	1.265	U	A	0.755	U	A	1.342		U	B
B19	2.832	U	A	1.452	U	B	0.563	U	A	1.161	U	A	0.758	U	A	1.381		U	B
B20	2.890	U	B	1.500	U	B	0.558	U	A	1.145	U	A	0.816	U	A			X	X
B21	2.952	U	B	1.616	U	B	0.616	U	B	1.132	U	A	0.861	U	B			X	X
B22	2.929	U	B	1.587	U	B	0.558	U	A	1.055	U	A	0.865	U	B	1.477		U	C
C01	3.406	U	B	2.110	U	C	1.006		L	0.365	U	A	1.513	U	B			X	X
C02	3.313	U	B	2.039	U	C	0.965	U	C	0.448	U	A	1.452	U	B			X	X
C03	3.345	U	B	2.029	U	B	0.910	U	C	0.548	U	A	1.435	U	B			X	X
C04	3.265	U	A	1.942	U	B	0.771	U	C	0.639	U	A	1.329	U	A			X	X
C05	3.194	U	B	1.868	U	B	0.694		L	0.732	U	B	1.261	U	A			X	X
C06	3.090	U	B	1.742	U	B	0.553	U	A	0.873	U	A	1.145	U	A	1.826			L
C07	3.000	U	A	1.603	U	A	0.410	U	A	1.035	U	A	1.032	U	B	1.345		U	C
C08	2.977	U	A	1.555	U	B	0.500	U	A	1.074	U	A	1.010	U	B	1.416			L
C09	3.003	U	B	1.568	U	B	0.565	U	A	1.065	U	A	1.074	U	B	1.210			L
C10	3.016	U	B	1.545	U	B	0.629	U	B	1.042	U	A	1.119	U	B	1.135			L
C11	3.000	U	B	1.535	U	B	0.735	U	A	1.035	U	A	1.174	U	A	0.990			L
C12	2.858	U	A	1.348	U	B	0.697	U	A	1.129	U	A	1.043	U	A	0.832		U	B
C13	2.942	U	A	1.413	U	B	0.787	U	A	1.158	U	A	1.123	U	A	0.790		U	C
C14	2.926	U	B	1.387	U	B	0.787	U	A	1.177	U	A	1.123	U	A	0.797		U	B
C15	2.955	U	B	1.368	U	C	0.858	U	B	1.213	U	B	1.184	U	B	0.729		U	C
C16	2.965	U	B	1.397	U	B	0.890	U	B	1.235	U	A	1.206	U	B	0.690		U	A
C17	3.006	U	A	1.642	U	A	0.403	U	A	0.955	U	B	1.029	U	B			X	X
C18	3.010	U	B	1.652	U	B	0.448	U	A	0.926	U	A	1.010	U	B			X	X
C19	2.997	U	B	1.655	U	B	0.490	U	A	0.977	U	B	0.990	U	B			X	X
C20	2.929	U	A	1.577	U	A	0.471	U	A	0.994	U	B	0.894	U	B	1.359		U	C
D01	3.932	U	B	2.335	U	B	1.952	U	B	2.277	U	B	2.248	U	B	1.645		U	A
D02	2.926	U	B	1.316	U	B	1.019	U	B	1.355	U	B	1.310	U	B	0.610		U	A
D03	2.977	U	A	1.368	U	C	1.087	U	B	1.403	U	B	1.371	U	A	0.642		U	A
D04	2.971	U	A	1.394	U	C	1.187	U	B	1.500	U	B	1.426	U	B	0.542		U	A
D05	2.939	U	B	1.339	U	B	1.197	U	B	1.542	U	B	1.423	U	A	0.463		U	A

Stn.	S1			S2			S3			S4			S5			S6		
	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R
D06	2.858	U	B	1.245	U	C	1.174	U	C	1.545	U	B	1.387	U	A	0.384	U	A
D07	2.871	U	A	2.155	U	B	2.139	U	B	1.603	U	B	1.416	U	A	1.145	U	A
D08	2.881	U	B	1.268	U	C	1.345	U	B	1.658	U	C	1.474	U	B	0.371	U	A
D09	2.858	U	C	1.229	U	C	1.352	U	B	1.752	U	C	1.487	U	B	0.426	U	A
D10	2.816	U	B	1.177	U	C	1.348	U	B	1.855	U	C	1.487	U	B	0.510	U	A
D11	2.726	U	B	1.077	U	C	1.327	U	A	1.832	U	A	1.415	U	A	0.526	U	A
D12	2.652	U	B	1.003	U	C	1.339	U	B	1.810	U	C	1.397	U	B	0.616	U	A
D13	2.613	U	B	0.971	U	C	1.377	U	B	1.858	U	C	1.435	U	A	0.694	U	A
D14	2.510	U	B	0.894	U	B	1.439	U	B	1.906	U	B	1.410	U	A	0.784	U	C
D15	2.481	U	A	0.819	U	A		X	X	1.958	U	B	1.390	U	B	0.861	U	L
D16	2.423	U	B	0.729	U	B		X	X	1.939		L	1.377		L		X	X
D17	2.365	U	B	0.616	U	A	1.413	U	C	1.913	U	B	1.300	U	B	0.917		L
D18	2.329	U	B	0.581	U	A	1.358	U	B	1.852	U	B	1.216	U	B	1.110	U	B
D19	2.229	U	B	0.487	U	A	1.448	U	C	1.935	U	B	1.261	U	B	1.861		L
D20	2.155	U	B	0.484	U	A	1.400	U	C	1.926	U	B	1.190	U	B		X	X
D21	2.148	U	A	0.526	U	A	1.403	U	B	1.923	U	B	1.155	U	B	1.877		L
D22	2.106	U	A	0.552	U	A		X	X	1.977	U	C	1.190	U	C		X	X
E01	2.545	U	B	1.135	U	B	1.200	U	B	1.765	U	B	0.797	U	B	1.429	U	C
E02	2.581	U	B	1.081	U	B	1.187	U	B	1.735	U	B	0.855	U	B	1.365	U	B
E03	2.587	U	B	1.042	U	A	1.226	U	B	1.774	U	B	0.913	U	A		X	X
E04	2.619	U	B	1.035	U	A	1.135	U	B	1.706	U	A	0.945	U	B		X	X
E05	2.684	U	A	1.135	U	A	1.090	U	B	1.642	U	B	0.897	U	B	1.135	U	C
E06	2.742	U	B	1.165	U	A	1.084	U	B	1.639	U	A	0.939	U	A		X	X
E07	2.752	U	A	1.174	U	B	1.065	U	B	1.629	U	B	0.981	U	B	1.155	U	C
E08	2.745	U	A	1.139	U	B	1.081	U	A	1.639	U	B	1.006	U	B	1.123	U	C
E09	2.710	U	B	1.100	U	A	1.126	U	B	1.668	U	B	1.032	U	A	1.055	U	B
E10	2.700	U	B	1.100	U	B	1.081	U	A	1.629	U	A	1.055	U	A	0.981	U	A
F01	2.800	U	B	1.410	U	B	0.694	U	A	1.332	U	A	0.826	U	A	1.258	U	A
F02	2.887	U	A	1.455	U	A	0.706	U	A	1.355	U	B	0.874	U	B	1.297	U	B
F03	2.929	U	A	1.468	U	B	0.684	U	A	1.352	U	B	0.923	U	A	1.252	U	C
F04	2.926	U	A	1.448	U	B	0.723	U	A	1.387	U	A	0.955	U	B	1.226	U	B
F05	2.839	U	B	1.290	U	C	0.739	U	A	1.406	U	A	0.984	U	A	1.113	U	B
F06	2.777	U	B	1.252	U	B	0.813	U	B	1.452	U	B	0.945	U	B	1.110	U	B
F07	2.884	U	A	1.468	U	A	0.568	U	B	1.226	U	B	0.881	U	A	1.155	U	B
F08	2.794	U	B	1.229	U	B	0.916	U	B	1.500	U	B	0.971	U	B	1.113	U	C
F09	2.942	U	B	1.442	U	C	0.719	U	B	1.387	U	A	1.023	U	B	1.123	U	C
F10	2.739	U	B	1.148	U	A	0.997	U	B	1.584	U	A	1.003	U	B	1.029	U	B
F11	2.748	U	A	1.155	U	B	1.055	U	A	1.610	U	A	1.010	U	B	1.058	U	B
G01	2.858	U	B	1.329	U	B	0.726	U	B	1.168	U	B	1.042	U	B	0.845	U	C
G02	2.806	U	A	1.255	U	B	0.745	U	A	1.235	U	A	1.032	U	A	0.810	U	B
G03	2.855	U	B	1.290	U	B	0.810	U	A	1.326	U	A	1.068	U	B	0.855	U	A
G04	2.800	U	A	1.216	U	A	0.810	D	A	1.342	U	A	1.029	U	B	0.839	U	A
G05	2.768	U	B	1.177	U	B	0.877	U	A	1.423	U	A	1.052	U	A	0.816	U	A
G06	2.752	U	A	1.106	U	B	0.997	U	A	1.516	U	A	1.106	U	A	0.832	U	A
G07	2.732	U	B	1.094	U	B	1.042	U	A	1.587	U	B	1.103	U	B	0.855	U	A
G08	2.752	U	A	1.084	U	B	1.081	U	A	1.610	U	A	1.135	U	B	0.823	U	A
G09	2.781	U	A	1.129	U	B	1.042	U	A	1.558	U	A	1.148	U	B	0.813	U	A
G10	2.823	U	A	1.165	U	B	1.058	U	A	1.552	U	B	1.216	U	A	0.784	U	A
H01	2.906	U	A	1.290	U	B	0.887	U	C	1.295	U	A	1.174	U	A	0.681	U	A
H02	2.910	U	B	1.281	U	C	0.977	U	C	1.374	U	A	1.232	U	B	0.658	U	A
H03	2.842	U	A	1.187	U	B	0.987	U	C	1.397	U	A	1.213	U	A	0.603	U	A
H04	2.839	U	A	1.206	U	B	1.016	U	B	1.439	U	A	1.242	U	A	0.594	U	A
H05	2.845	U	B	1.187	U	C	1.110	U	C	1.548	U	B	1.313	U	A	0.523	U	A
H06	2.826	U	B	1.165	U	B	1.094	U	C	1.513	U	B	1.274	U	A	0.581	U	A
H07	2.784	U	A	1.106	U	B	1.074	U	B	1.526	U	B	1.239	U	A	0.600	U	A
H08		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
H09	2.800	U	B	1.094	U	B	1.094	U	B	1.584	U	C	1.190	U	A	0.784	U	A
H10	2.739	U	B	1.032	U	B	1.090	U	B	1.590	U	B	1.158	U	A	0.735	U	A
H11	2.674	U	A	0.955	U	B	1.106	U	B	1.623	U	A	1.145	U	A	0.755	U	A
I01	2.884	U	B	1.258	U	C	1.181		L	1.545	U	B	1.374	U	B	0.419	U	A
I02		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X	0.448		L
I03	2.842	U	B	1.190	U	A	1.171	U	B	1.594	U	A	1.329	U	B	0.474	U	A
I04	2.865	U	B	1.158	U	B	1.161	U	B	1.600	U	A	1.323	U	B	0.510	U	A
I05	2.819	U	B	1.145	U	A	1.181	U	B	1.639	U	B	1.319	U	A	0.561	U	A
I06	2.835	U	B	1.123	U	A	1.174	U	B	1.623	U	C	1.306	U	A	0.658	U	A
I07	2.810	U	B	1.097	U	B	1.126	U	B	1.561	U	C	1.265	U	A	0.694	U	A
I08	2.726	U	A	1.016	U	B	1.110	U	B	1.594	U	B	1.194	U	A	0.697	U	A

Stn.	S1			S2			S3			S4			S5			S6		
	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R
I09	2.619	U	B	0.939	U	A	1.142	U	B	1.623	U	B	1.190	U	B	0.706	U	A
I10	2.600	U	B	0.923	U	A	1.155	U	B	1.642	U	B	1.200	U	B	0.694	U	A
J01		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
J02	2.555	U	B	0.958	U	A	1.261	U	B	1.732	U	B	1.300	U	B	0.668	U	A
J03	2.568	U	B	0.897	U	B	1.187	U	B	1.677	U	B	1.226	U	A	0.652	U	A
J04	2.497	U	A	0.810	U	A	1.358	U	C	1.835	U	B	1.313	U	A	0.787	U	B
J05	2.519	U	B	0.845	U	B	1.294	U	B	1.781	U	B	1.274	U	A	0.771	U	A
J06	2.552	U	B	0.868	U	A	1.239	U	B	1.739	U	A	1.255	U	A	0.745	U	A
J07	2.577	U	B	0.865	U	B	1.194	U	B	1.684	U	A	1.210	U	A	0.745	U	A
J08	2.590	U	B	0.855	U	A	1.158	U	B	1.665	U	A	1.158	U	B	0.752	U	A
J09	2.635	U	B	0.942	U	B	1.145	U	B	1.648	U	B	1.168	U	B	0.732	U	A
J10	2.471	U	B	0.735	U	A	1.265	U	B	1.803	U	B	1.226	U	A	0.861	U	A
K01	2.442	U	A	0.700	U	A	1.368	U	B	1.874	U	A	1.258	U	A	1.013	U	B
K02	2.474	U	A	0.719	U	A	1.281	U	B	1.806	U	A	1.200	U	A	0.903	U	A
K03	2.506	U	B	0.771	U	B	1.252	U	B	1.771	U	A	1.158	U	B	0.894	U	A
K04	2.558	U	B	0.829	U	A	1.181	U	B	1.706	U	A	1.145	U	A	0.845	U	A
K05	2.590	U	B	0.855	U	B	1.142	U	B	1.674	U	A	1.135	U	A	0.810	U	A
K06	2.632	U	B	0.919	U	B	1.139	U	B	1.671	U	A	1.152	U	A	0.797	U	A
K07	2.623	U	A	0.990	U	A	1.103	U	B	1.642	U	A	1.081	U	B	0.865	U	B
K08	2.661	U	A	1.035	U	A	1.097	U	B	1.642	U	A	1.071	U	A	0.900	U	A
K09	2.697	U	A	1.061	U	A	1.077	U	A	1.613	U	A	1.097	U	A	0.894	U	A
K10	2.710	U	B	1.100	U	A	1.026	U	B	1.594	U	A	1.068	U	A	0.897	U	A
L01	2.200	U	B	0.516	U	A	1.352	U	B	1.868	U	A	1.139	U	B		X	X
L02	2.319	U	B	0.652	U	A	1.345	U	B	1.858	U	B	1.132	U	B	1.284	U	C
L03	2.377	U	A	0.719	U	A	1.271	U	B	1.781	U	B	1.081	U	B	1.187	U	A
L04	2.403	U	A	0.748	U	A	1.203	U	B	1.716	U	B	1.045	U	A	1.052	U	B
L05	2.455	U	A	0.787	U	A	1.177	U	B	1.700	U	B	1.039	U	A	1.003	U	B
L06	2.510	U	A	0.855	U	A	1.152	U	B	1.690	U	A	1.065	U	A	0.968	U	A
L07	2.561	U	A	0.897	U	A	1.135	U	B	1.661	U	C	1.090	U	A	0.910	U	A
L08	2.606	U	A		X	X		X	X	1.639	U	B	1.087	U	A		X	X
L09	2.665	U	A	0.977	U	B	1.113	U	A	1.639	U	B	1.135	U	A	0.810	U	A
L10	2.697	U	A	1.026	U	A	1.094	U	B	1.623	U	A	1.123	U	A	0.813	U	A
S1P	0.500	U	A	1.974	U	B	2.745		L	3.226	U	C	2.435	U	C		X	X
S2P	2.068	U	B	0.319	U	A	1.513		L	2.010	U	B	1.290	U	B		X	X
S3P	2.945	U	A	1.574	U	A	0.284	U	A	1.010	U	A	0.958	U	B		X	X
S4P	3.448	U	A	2.174	U	B	1.139		L	0.271	U	A	1.571	U	B		X	X
S5P	2.639	U	B	1.377	U	B	1.006	U	C	1.497	U	B	0.258	U	A		X	X
S6P	2.871	U	A	1.232	U	B	1.261	U	A	1.613	U	C	1.423	U	A	0.261	U	A
S7P	2.261	U	B	1.006	U	A	1.419		L	1.916	U	B	0.955	U	A		X	X
S8P	2.577	U	B	1.165	U	A	1.045	U	B	1.590	U	B	0.613	U	A	1.235	U	C
S9P	2.768	U	B	1.345	U	A	0.677	U	A	1.297	U	A	0.787	U	A	1.219	U	A
S10P	2.958	U	B	1.465	U	B	0.771	U	B	1.129	U	B	1.129	U	A	0.923	U	C
S11P	2.939	U	B	1.403	U	B	0.926	U	B	1.229	U	A	1.232	U	B	0.716	U	B
S12P	2.958	U	A	1.384	U	B	1.223	U	B	1.519	U	B	1.439	U	A	0.529	U	A
S13P	2.652	U	B	1.016	U	B	1.279	U	B	1.790	U	C	1.381	U	A	0.568	U	A
S14P	2.526	U	B	0.900	U	A	1.416	U	B	1.903	U	A	1.413	U	B	0.768	U	A
S15P		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
S16P	2.203	U	B	0.648	U	A	1.365	U	B	1.884	U	A	1.071	U	A		X	X
S17P	2.581	U	A	0.848	U	B	1.165	U	B	1.665	U	A	1.155	U	A	0.787	U	A
S18P	2.806	U	B	1.142	U	C	1.090	U	C	1.510	U	C	1.255	U	B	0.577	U	A
S19P	2.745	U	A	1.152	U	B	1.006	U	B	1.581	U	B	0.987	U	B	1.006	U	B

T: arrival time, P: polarity (U: upward motion, X: no identification of polarity), R: picking quality rank indicating accuracy of the arrival time, Rank A:<10ms, B:<30ms and C:<100ms. Ranks L means that polarity is not identified. Rank X: no first motion identified.

Table 4 Arrival times and polarities of the first motions for shots S7 to S12

Stn.	S7			S8			S9			S10			S11			S12			
	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	
	21:17			21:22			21:27			16:32			14:32			13:02			
A01		X	X		X	X		X	X	2.903		L		X	X		X	X	
A02	1.787		L		X	X		X	X	2.703	U	C		X	X		X	X	
A03	1.706	U	C		X	X	2.939		.	L	2.619	U	C		X	X		X	X
A04	1.690		L		X	X			X	X	2.697		L		X	X		X	X
A05	1.548	U	C		X	X			X	X	2.510		L		X	X		X	X
A06	1.426	U	C		X	X	2.600			L	2.363	U	C	2.404		L		X	X
A07	1.371	U	B	1.790		L	2.600			L	2.347	U	C		X	X		X	X
A08	1.290	U	B	1.690		L	2.545			L	2.280	U	C		X	X		X	X
A09	1.129	U	B	1.629	U	C	2.410			L	2.135	U	C	2.062	U	C		X	X
A10	1.074	U	B	1.503	U	C	2.313			L	2.039	U	C	1.957	U	C		X	X
A11	0.919	U	C		X	X	2.226			L	1.865	U	C	2.460		L		X	X
A12	0.768	U	B		X	X		X	X	1.768	U	C		X	X		X	X	
A13	0.658	U	B	1.052		L		X	X	1.890		L		X	X		X	X	
A14	0.655	U	B	0.977	U	C	1.832	U	C	1.923	U	C	1.786	U	C		X	X	
A15	0.629	U	A	0.884	U	B	1.761	U	C	1.703	U	C	1.857		L		X	X	
A16	0.619	U	A	0.847	U	B	1.700	U	C	1.613	U	C	1.914		L		X	X	
A17	0.605	U	A	0.816	U	B	1.648	U	B	1.387	U	C	1.617		L		X	X	
A18	0.606	U	C	0.729	U	B	1.648		L		X	X		X	X		X	X	
B01	0.297	U	A	0.661	U	B	1.648	U	B	1.445	U	A	1.571	U	C		X	X	
B02	0.426	U	A	0.687		L	1.658	U	B	1.465	U	B	1.599	U	C		X	X	
B03	0.465	U	A	0.639	U	B	1.632	U	B	1.426	U	A	1.571	U	C	1.808	U	C	
B04	0.490	U	A	0.632	U	B	1.600	U	B	1.439	U	C	1.509	U	C		X	X	
B05	0.552	U	B	0.574	U	C	1.574	U	B	1.348	U	B	1.519	U	C	1.792	U	B	
B06	0.602	U	A	0.471	U	C	1.545	U	B	1.361	U	B		X	X	1.757		L	
B07	0.771	U	B	0.300	U	B	1.487	.	L	1.286	U	B	1.404	U	C	1.837	U	B	
B08	0.800	U	B	0.265	U	A	1.290	U	B	1.257	U	A	1.155	U	C	1.701		L	
B09	0.819	U	B	0.313	U	B	1.255	U	C	1.241	U	A	1.404	U	B	1.602	U	C	
B10	0.916	U	B	0.445	U	A	1.203	U	B	1.257	U	C	1.617		L	1.614		L	
B11	1.039	U	B	0.545	U	B	1.152	U	B	1.151	U	B	1.106	U	C	1.591	U	C	
B12	1.068	U	B	0.642	U	C	1.158	U	A	1.113	U	C	1.161	U	C		X	X	
B13	1.035	U	B	0.645	U	C	1.248	U	B	1.209	U	B	1.354	U	C	1.637	U	C	
B14	1.000		L		X	X	1.432		L	1.344	U	C		X	X		X	X	
B15	1.087	U	B	0.626	U	B	0.994	U	A	1.026	U	A	1.677		L	1.651	U	C	
B16	1.071	U	B	0.594	U	B	1.032	U	A	1.042	U	A	1.261	U	C	1.661	U	C	
B17	1.094	U	C	0.703	U	B	1.077	U	B	1.085	U	B	1.112		L		X	X	
B18	1.181	U	B	0.784	U	B	1.084	U	B	1.045	U	A	1.255	U	C	1.638	U	C	
B19	1.139	U	B	0.781	U	B	1.094	U	B	0.974	U	A	1.075	U	C		X	X	
B20	1.200	U	B	0.855	U	C	1.161	U	B	1.023	U	B	1.180	U	C		X	X	
B21	1.297	U	C	0.884	U	C	1.284	U	B	1.100	U	A	1.323		L		X	X	
B22	1.277	U	C	0.952	U	C	1.261	U	B	1.051	U	A	1.050	U	C		X	X	
C01		X	X		X	X		X	X	1.658		L		X	X		X	X	
C02		X	X		X	X	1.835	U	C	1.241	U	A		X	X		X	X	
C03	1.745		L		X	X	1.813	U	C	1.310		L		X	X		X	X	
C04		X	X		X	X	1.800	U	C	1.119	U	A	1.383		L		X	X	
C05		X	X		X	X	1.597		L	1.003	U	C	1.370		L		X	X	
C06		X	X		X	X	1.426	U	B	0.932	U	A	0.963	U	C		X	X	
C07	1.358	U	C	1.019	.	L	1.287	U	B	0.823	U	A	0.951	U	C	1.472		L	
C08	1.358	U	B	1.010	U	B	1.265	U	B	0.746	U	A	0.888	U	C	1.902		L	
C09	1.392	U	B	1.074	U	B	1.335	U	B	0.723	U	A	0.820	U	C		X	X	
C10	1.406	U	B	1.084	U	B	1.394	U	B	0.624	U	A	0.736	U	C	1.154		L	
C11	1.397	U	B	1.090	U	B	1.458	U	B	0.559	U	A	0.644	U	A		X	X	
C12	1.239	U	A	0.947	U	A	1.316	U	A	0.460	U	A	0.514	U	A	0.930	U	A	
C13	1.329	U	B	1.026	U	B	1.390	U	B	0.495	U	A	0.467	U	A	0.954		L	
C14	1.319	U	B	1.013	U	B	1.394	U	A	0.514	U	A	0.437	U	A	0.865	U	B	
C15	1.361	U	B	1.068	U	B	1.448	U	A	0.572	U	A	0.421	U	A	0.839	U	B	
C16	1.400	U	B	1.077	U	B	1.477	U	B	0.611	U	A	0.402	U	A	0.819	U	A	
C17	1.361	U	C	1.052		L	1.335	U	B	0.878	U	A	1.099	U	C		X	X	
C18	1.352	U	B	0.948		L	1.329	U	A	0.916	U	A	1.112	U	C	1.680	U	B	
C19	1.371	U	C	1.013		L	1.352	U	B	1.039	U	C	1.211	U	C		X	X	
C20	1.290	U	B	0.942	U	C	1.245	U	B	1.010	U	A	1.118	U	C	1.698	U	C	
D01	2.416	U	B	2.132	U	B	2.500	U	B	1.653	U	A	1.368	U	A	1.765	U	A	
D02	1.442	U	B	1.168	U	B	1.594	U	B	0.746	U	A	0.464	U	A	0.716	U	A	
D03	1.477	U	B	1.200	U	C	1.658	U	B	0.820	U	A	0.533	U	A	0.685	U	A	
D04	1.510	U	B	1.258	U	B	1.729	U	B	0.942	U	A	0.641	U	A	0.469	U	A	
D05	1.465	U	C	1.245	U	C	1.748	U	B	0.942	U	A	0.669	U	A	0.540	U	A	

Stn.	S7			S8			S9			S10			S11			S12		
	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R
D06	1.426	U	B	1.184	U	B	1.700	U	B	0.945	U	B	0.585	U	B	0.613	U	A
D07	1.448	U	C	1.219	U	C	1.758	U	B	1.881	U	A	1.605	U	C	1.568	U	A
D08	1.513	U	C	1.277		L	1.813	U	B	1.103	U	A	0.752	U	C	0.754	U	B
D09	1.506	U	C	1.281		L	1.829	U	A	1.119	U	B	0.807	U	C	0.860	U	A
D10	1.500		L		X	X	1.848	U	C	1.122	U	A	0.807	U	C	0.854	U	B
D11	1.432	U	C	1.187	U	C	1.787	U	B	1.123	U	A	0.839	U	B	0.856	U	B
D12	1.381	U	C	1.145		L	1.774	U	B	1.122	U	A	0.882	U	B	0.919		L
D13	1.400	U	C	1.200		L	1.816	U	B	1.123	U	C	0.944	U	C	1.030	U	B
D14	1.277	U	C		X	X	1.855	U	C	1.226	U	C	1.148	U	C	1.112		L
D15	1.265	U	B		X	X	1.845	U	C	1.329	U	B	1.130	U	C	1.322		L
D16		X	X		X	X		X	X	1.510		L		X	X		X	X
D17	1.090		L	1.039	U	C	1.790		L	1.471	U	C	1.143	U	C		X	X
D18	1.003	U	B	0.948	U	B	1.700	U	B	1.323	U	C	1.304	U	C		X	X
D19	0.997	U	B	1.026	D	C	1.777	U	C		X	X	1.994		L		X	X
D20	0.761	U	C	0.919	U	C	1.735	U	C		X	X	2.075		L		X	X
D21	0.710	U	C	0.906	U	B	1.742		L	1.510	U	C	2.161		L		X	X
D22	0.671		L		X	X	1.790		L	2.006		L		X	X		X	X
E01	0.613	U	B	0.477	U	B	1.545	U	B	1.347	U	C	1.647		L	1.651		L
E02	0.674	U	A	0.423	U	B	1.458	U	B	1.283	U	B		X	X	1.571		L
E03	0.739	U	B	0.519	U	B	1.516	U	C	1.190	U	B	1.520		L		X	X
E04	0.845	U	B	0.506	U	A	1.416	U	A	1.199	U	B	1.201		L		X	X
E05	0.906	U	B	0.471	U	A	1.329	U	B	1.164	U	A	1.286		L	1.447	U	B
E06	0.984		L	0.545	U	B	1.297	U	B	1.129	U	B	1.149		L		X	X
E07	1.016	U	C	0.623	U	A	1.326	U	A	1.093	U	B		X	X		X	X
E08	1.042	U	B	0.671	U	B	1.368	U	B	1.084	U	A	1.096	U	B	1.408	U	C
E09	1.052	U	C	0.703	U	B	1.400	U	B	1.090	U	B	1.043	U	B	1.241		L
E10	1.084	U	A	0.742	U	B	1.400	U	C	1.042	U	A	0.994	U	B	1.163	U	C
F01	1.116	U	C	0.710	U	B	0.906	U	A	0.981	U	B	1.022	U	C	1.413		L
F02	1.190	U	B	0.758	U	B	0.955	U	A	1.006	U	A	1.009	U	C	1.559		L
F03	1.239	U	C	0.824	U	B	1.035	U	A	0.958	U	A	1.022	U	C	1.937		L
F04	1.239	U	B	0.845	U	B	1.074	U	A	0.945	U	B	0.978	U	C		X	X
F05	1.216	U	C	0.755	U	B	1.100	U	A	0.875	U	A	1.006	U	C	1.495		L
F06	1.100	U	C	0.710	U	B	1.100	U	A	0.897	U	A	1.040	U	C		X	X
F07	1.197	U	B	0.829	U	B	1.052	U	A	0.913	U	A	1.115	U	A		X	X
F08	1.068	U	C	0.706	U	B	1.197	U	A	0.961	U	B	0.978	U	B	1.393		L
F09	1.274	U	B	0.855	U	B	1.148	U	A	0.897	U	A	0.938	U	C		X	X
F10	1.065	U	B	0.697	U	B	1.294	U	A	0.971	U	A	0.954	U	B	1.261		L
F11	1.061	U	C	0.681	U	B	1.319	U	A	1.061	U	A	1.046	U	C	1.489	U	C
G01	1.235	U	C	0.942	U	B	1.310	U	B	0.492	U	A	0.526	U	B	1.040	U	C
G02	1.181	U	B	0.881	U	B	1.281	U	A	0.563	U	A	0.570	U	B	1.003	U	B
G03	1.213	U	B	0.890	U	B	1.313	U	A	0.646	U	A	0.653	U	C	1.018	U	B
G04	1.174	U	A	0.839	U	A	1.290	U	A	0.685	U	A	0.684	U	B	1.011	U	C
G05	1.148	U	A	0.823	U	B	1.345	U	A	0.775	U	A	0.718	U	C	0.987	U	B
G06	1.145	U	B	0.832	U	B	1.416	U	A	0.865	U	A	0.759	U	C	1.025	U	B
G07	1.126	U	B	0.819	U	B	1.419	U	A	0.939	U	A	0.876	U	C	1.061	U	B
G08	1.129	U	B	0.861	U	C	1.471	U	A	0.972	U	A	0.777	U	C	1.035	U	B
G09	1.165	U	B	0.881	U	B	1.461	U	A	0.907	U	A	0.728	U	C	0.982	U	B
G10	1.239	U	C	0.965	U	B	1.526	U	A	0.884	U	A	0.718	U	B	0.950	U	B
H01	1.335	U	B	1.035	U	B	1.448	U	A	0.624	U	A	0.455	U	A	0.829	U	B
H02	1.374	U	C	1.061	U	B	1.513	U	A	0.736	U	A	0.510	U	B	0.795	U	A
H03	1.306	U	B	1.039	U	B	1.523	U	B	0.759	U	A	0.527	U	A	0.758	U	A
H04	1.326	U	B	1.055	U	B	1.548	U	A	0.794	U	A	0.544	U	B	0.738	U	A
H05	1.371	U	C	1.110	U	B	1.642	U	B	0.891	U	B	0.591	U	C	0.687	U	B
H06	1.310	U	B	1.052	U	C	1.587	U	B	0.852	U	B	0.607	U	C	0.735	U	B
H07	1.255	U	B	0.987	U	B	1.555	U	B	0.878	U	A	0.594	U	C	0.799	U	B
H08		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
H09	1.200	U	C		X	X	1.519	U	B	0.936	U	A	0.678	U	C	0.974	U	B
H10	1.174	U	B	0.923	U	B	1.516	U	A	0.936	U	A	0.746	U	C	0.942	U	B
H11	1.132	U	B	0.881	U	B	1.506	U	B	0.961	U	A	0.892	U	B	0.951	U	B
I01	1.410	U	B	1.165	U	B	1.687	U	B	0.916	U	B	0.721	U	A	0.600	U	B
I02		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
I03	1.368	U	B	1.110	U	B	1.677	U	B	0.949	U	A	0.786	U	A	0.701	U	B
I04	1.355	U	B	1.090	U	C	1.674	U	A	0.942	U	A	0.780	U	A	0.761	U	A
I05	1.339	U	B	1.087	U	B	1.671	U	B	0.977	U	A	0.811	U	A	0.838	U	A
I06	1.326	U	B	1.061	U	B	1.645	U	A	0.981	U	A	0.817	U	A	0.900	U	A
I07	1.258	U	B	1.026	U	B	1.587	U	A	0.932	U	A	0.737	U	B	0.898	U	A
I08	1.190	U	B	0.929	U	C	1.535	U	A	0.913	U	A	0.724	U	B	0.912	U	A

Stn.	S7			S8			S9			S10			S11			S12		
	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R
I09	1.142	U	B	0.942	U	B	1.558	U	B	0.958	U	A	0.836	U	C	0.924	U	C
I10	1.165	U	C	0.948	U	B	1.577	U	A	0.965	U	A	0.789	U	C	0.939	U	B
J01		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
J02	1.242	U	B	1.032	U	C	1.684	U	B	1.071	U	A	0.932	U	C	1.043	U	C
J03	1.171	U	B	0.977	U	B	1.616	U	B	0.987	U	A	0.863	U	B	0.929	U	B
J04	1.210	U	B		X	X	1.745	U	B	1.206	U	A	1.043	U	C	1.124	U	B
J05	1.168	U	B	1.023	U	B	1.687	U	B	1.139	U	A	1.043	U	B	1.087	U	B
J06	1.168	U	B	1.003	U	B	1.658	U	A	1.107	U	A	0.994	U	B	1.001	U	B
J07	1.119	U	B	0.958	U	B	1.587	U	B	1.039	U	A	0.957	U	B	0.992	U	B
J08	1.090	U	B	0.906	U	B	1.548	U	A	1.016	U	A	0.944	U	B	0.982	U	A
J09	1.132	U	B	0.916	U	B	1.552	U	B	0.971	U	A	0.901	U	B	0.942	U	B
J10	1.126	U	C	0.981	U	B	1.665	U	A	1.180	U	B	0.932	U	C	1.117		L
K01	1.084	U	C	0.997	U	B	1.710	U	B	1.527		L	1.230	U	C	1.248		L
K02	1.032	U	C	0.942	U	B	1.645	U	B	1.193	U	C	1.037	U	C	1.248		L
K03	1.039	U	C	0.913	U	C	1.623	U	A	1.129	U	B	1.081	U	C	1.232		L
K04	1.048	U	C	0.877	U	C	1.548	U	B	1.080	U	A	1.019	U	B	1.084	U	C
K05	1.071	U	B	0.865	U	B	1.539	U	A	1.055	U	B	0.988	U	B	1.037		L
K06	1.113	U	B	0.874	U	B	1.529	U	A	1.029	U	A	0.957	U	C	1.006	U	B
K07	1.052	U	B	0.800	U	B	1.471	U	A	1.032	U	A	1.000	U	B	1.100	U	C
K08	1.039	U	B	0.771	U	B	1.452	U	A	1.006	U	B	1.031	U	B	1.206		L
K09	1.071	U	B	0.787	U	B	1.439	U	A	0.974	U	A	0.988	U	B	1.067	U	A
K10	1.100	U	B	0.771	U	B	1.394	U	A	0.965	U	A	1.000	U	C	1.087	U	B
L01	0.745	U	B	0.868	U	B	1.674	U	B		X	X	1.658		L		X	X
L02	0.781	U	B	0.832	U	B	1.645	U	B	1.373		L		X	X		X	X
L03	0.797	U	B	0.790	U	B	1.581	U	B	1.251	U	A	1.472		L		X	X
L04	0.803	U	B	0.752	U	A	1.527	U	A	1.203	U	A	1.211	U	B	1.377	U	B
L05	0.874	U	B	0.771	U	A	1.503	U	A	1.154	U	A	1.174	U	C	1.248		L
L06	0.942	U	B	0.790	U	B	1.510	U	A	1.119	U	A	1.112	U	B	1.144	U	C
L07	0.994	U	B	0.813	U	B	1.494	U	A	1.077	U	A	1.068	U	C	1.106		L
L08	1.026	U	B	0.813	U	B	1.474	U	A		X	X		X	X	1.067	U	B
L09	1.103	U	B	0.855	U	B	1.490	U	A	1.010	U	A	0.957	U	C	1.034	U	B
L10	1.100	U	B	0.839	U	B	1.474	U	A	0.981	U	A	0.944	U	C	0.990		L
S1P	2.110		L		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
S2P	0.935		L		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
S3P	1.323	U	B	0.984	U	C	1.252	U	A	0.877	U	A	0.888	U	C		X	X
S4P	1.816		L		X	X		X	X	1.535		L		X	X		X	X
S5P	0.852	U	B	0.597	U	B	1.368	U	B	1.232	U	C		X	X		X	X
S6P	1.461	U	C	1.219	U	B	1.761	U	B	0.997	U	A	0.714	U	C	0.683	U	A
S7P	0.194	U	A		X	X	1.739		L	1.535	U	C	1.696	U	C		X	X
S8P	0.745	U	A	0.213	U	A	1.303	U	B	1.232	U	A	1.081	U	B	1.632	U	C
S9P	1.077	U	B	0.635	U	A	0.823	U	A	0.942	U	A	0.988	U	C	1.474	U	B
S10P	1.335	U	B	1.058	U	A	1.400	U	A	0.428	U	A	0.559	U	B	1.022		L
S11P	1.426	U	B	1.103	U	B	1.487	U	C	0.630	U	A	0.307	U	A	0.791	U	A
S12P	1.503	U	B	1.245	U	C	1.748	U	B	0.939	U	A	0.640	U	A	0.441	U	A
S13P	1.358	U	C	1.148	U	C	1.761	U	C	1.106	U	A	0.820	U	B	0.872	U	B
S14P	1.294	U	C		X	X	1.806	U	B	1.257	U	A	1.093	U	C	1.135	U	C
S15P		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
S16P	0.608	U	A	0.824	U	A	1.652	U	B	1.477	U	C		X	X		X	X
S17P	1.071	U	B	0.881	U	B	1.548	U	A	1.045	U	A	0.969	U	B	1.000		L
S18P	1.277		L	1.003		L	1.584	U	B	0.865	U	B	0.727	U	C	0.758	U	B
S19P	1.065	U	C	0.681	U	A	1.294	U	A	1.006	U	A	0.981	U	C	1.322	U	C

Refer to Table 3 for abbreviations T, P and R

Table 5 Arrival times and polarities of the first motions for shots S13 to S18

Stn.	S13		S14		S15		S16		S17		S18					
	T(s)	P R	T(s)	P R	T(s)	P R	T(s)	P R	T(s)	P R	T(s)	P R				
	14:42		13:12		16:52		13:22		15:21		15:12					
A01		X X		X X		X X		X X		X X		X X				
A02		X X		X X		X X		X X		X X		X X				
A03		X X		X X		X X	2.003		L	61.652	U C	2.133	L			
A04		X X		X X		X X		X X		X X		X X				
A05		X X		X X	1.645		L	1.829		L		X X				
A06		X X	1.864	U B	1.471		L	1.690	U C	61.394	U C	1.853	L			
A07		X X	1.887		L	X X	1.619	U C	61.200	U C	1.920	L				
A08		X X		X X		X X		X X		X X		1.827	L			
A09		X X	1.661	U C	1.290	U C	1.345	U B	60.923	U C	1.781	L				
A10		X X	1.596	U A	1.090	U C	1.268	U B	60.819	U C	1.583	L				
A11		X X	1.588	U B	1.135		L	1.113	U B		X X	X X				
A12		X X		X X		X X	0.994	U B		X X		X X				
A13		X X		X X		X X	0.768	U A		X X		X X				
A14		X X		X X		X X	0.719	U A	60.594	U C	1.450	L				
A15		X X	1.313		L	0.542		L	0.653	U A	60.487	U C	1.477	L		
A16		X X		X X	0.529		L	0.590	U B	60.406	U B	1.387	L			
A17		X X	1.364		L	0.568	U C	0.616	U A	60.384	U B	0.980	L			
A18		X X		X X		X X	0.655	U A		X X		X X				
B01		X X	1.358		L	0.919		L	0.947	U A	60.616	U C	1.139	U B		
B02		X X	1.377		L		X X	1.045	U B		X X		X X			
B03		X X		X X	0.974		L	1.058	U A		X X		X X			
B04		X X		X X	0.968		L	1.042	U A	60.600	U C	1.219	L			
B05		X X		X X		X X	X X	1.048	U A	60.597	U B	1.106	U C			
B06	1.949		L	1.616		L	0.958		L	1.132	U A	60.623	U B	1.053	U B	
B07		X X		X X	0.948		L	1.203	U B	60.548	U C	0.974	U C			
B08	1.410		L	1.551		L	0.942		L	1.211	U A	60.513	U B	1.000	U C	
B09		X X		X X	0.939	U C	1.258	U B	60.581	U B	1.026	U C				
B10	1.487		L		X X		X X	1.342	U B	60.655	U B		X X			
B11	1.564	U A	1.535	U C	1.010		L	1.423	U B	60.645	U B		X X			
B12	1.425	U B	1.564	U C	1.084	U B	1.481	U B	60.668	U B		X X				
B13	1.500		L		X X	1.123	U C	1.490	U B	60.713	U C	1.152	L			
B14		X X		X X		X X	1.490	U B		X X		X X				
B15	1.358		L	1.438	U C	0.932	U C	1.429	U B	60.581	U B	0.934	U B			
B16	1.438		L	1.455	U C	0.994	U C	1.440	U A	60.597	U B	0.960	U B			
B17	1.474		L		X X	1.003		L	1.508	U A	60.671	U B	1.000	U C		
B18	1.403		L	1.447	U C	1.035		L	1.535	U B	60.668	U B	0.967	U B		
B19	1.384		L	1.410	U C		X X	1.515	U B	60.610	U C	0.934	U A			
B20	1.393		L	1.555		L	1.074		L	1.573	U B	60.668	U C	0.967	U C	
B21		X X		X X		X X	X X	1.661	U B	60.771	U C	1.066	L			
B22		X X	1.891		L	1.132		L	1.639	U B	60.732	U C	1.033	L		
C01		X X		X X		X X		X X		X X		X X		X X		
C02		X X		X X		X X		X X		X X		X X		X X		
C03		X X		X X		X X		X X		X X		X X		X X		
C04		X X		X X		X X		X X		X X		X X	1.513	L		
C05		X X		X X		X X		X X		X X		X X	1.160	L		
C06	1.487		L		X X		X X		X X		X X		X X	0.993	L	
C07	1.340		L		X X	1.110		L		X X	60.681	U A	0.921	L		
C08	1.378		L	1.419		L	1.077		L	1.635		L	60.665	U C	0.854	U C
C09	1.134		L	1.484	U C		X X	1.648		L	60.626	U B	0.808	U C		
C10	1.219		L	1.348	U C	1.048		L	X X	60.590	U B	0.748	U A			
C11	1.189	U C		X X	1.042		L	1.623		L	60.516	U B	0.642	U C		
C12	1.032	U B	1.119	U C	0.932		L	1.439	U C	60.355	U A	0.503	U A			
C13	1.040	U B	1.248		L	0.916		L	X X	60.410	U B	0.543	U C			
C14	1.027	U B	1.084	U B	0.952		L	1.481	U C	60.374	U B	0.430	U A			
C15	1.019	U C	1.025	U C		X X	1.519	U C	60.419	U B	0.430	U A				
C16	0.932	U A	1.068	U B	0.926		L	1.526	U C	60.371	U A	0.417	U A			
C17		X X	1.574	U C	1.103		L	1.668		L	60.761	U C	1.106	L		
C18		X X		X X		X X		X X		X X	60.787	U C	1.013	U C		
C19	1.506		L		X X		X X	1.655	U C		X X	1.291	L			
C20	1.474		L	1.561	U C	1.132		L	1.634	U B	60.726	U C	1.007	U C		
D01	1.879	U B	2.037	U B		X X	2.490		L	61.268	U A	1.384	U A			
D02	0.872	U B	1.002	U B	0.910		L		X X	60.284	U A	0.377	U A			
D03	0.898	U A	1.019	U B	0.935		L	1.561		L	60.332	U C	0.411	U A		
D04	0.853	U C	1.027	U C	0.945		L		X X	60.342	U B	0.397	U C			
D05	0.792	U A	0.935	D A	0.906	U C			X X	60.319	U B	0.404	U C			

Stn.	S13			S14			S15			S16			S17			S18		
	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R
D06	0.720	U	A	0.882	U	A	0.826	U	C	1.526	U	C	60.261	U	A	0.361	U	A
D07	1.571	U	A	1.737	U	B	1.723		L	2.419	U	C	61.190	U	A	1.318	U	A
D08	0.672	U	A	0.821	U	A		X	X	1.597		L	60.326	U	A	0.444	U	A
D09	0.632	U	A	0.801	U	A	0.932		L	1.584	U	C	60.310	U	A	0.470	U	A
D10	0.575	U	A	0.744	U	A	0.855		L	1.503		L	60.255	U	B	0.483	U	A
D11	0.429	D	A	0.662	U	A	0.639	U	C	1.490		L	60.171	U	B	0.450	U	A
D12	0.428	U	A	0.597	U	A	0.626	U	C		X	X	60.145	U	A	0.490	U	A
D13	0.562	U	A	0.559	U	A	0.600	U	B		X	X	60.161	U	A	0.536	U	A
D14	0.646	U	A	0.325	U	A	0.445	U	A	1.252	U	C	60.158	U	A	0.589	U	A
D15	0.721	U	A	0.526	U	A	0.384	U	A	1.197	U	C	60.158	U	A	0.629	U	A
D16	0.792		L	0.626	U	A	0.297	U	A		X	X		X	X	0.788	U	C
D17	0.982		L	0.696	U	B	0.126	U	A	0.968	U	B	60.119	U	C	0.801	U	B
D18	1.008		L	0.710	U	B	0.203	U	A	0.905	U	A	60.161	U	C	0.880	U	C
D19	1.147		L	0.800		L	0.206	U	B	0.873	U	A		X	X	0.920		L
D20	1.329		L	0.977		L	0.542	U	C	0.735	U	A		X	X		X	X
D21	1.461		L	1.069		L		X	X	0.692	U	A		X	X	1.013		L
D22		X	X		X	X		X	X	0.703	U	A		X	X		X	X
E01		X	X		X	X		X	X	1.090	U	A	60.566	U	A	1.060	U	C
E02		X	X	1.339	U	B	0.816		L	1.032	U	B	60.497	U	A	0.987	U	C
E03		X	X	1.577		L	0.810	U	C	1.006	U	A	60.416	U	A	0.940	U	C
E04	1.242		L	1.206		L	0.781	U	C	1.023	U	A	60.365	U	A	0.848	U	B
E05	1.252		L	1.397		L	0.819	U	C	1.139	U	A	60.368	U	B	0.795	U	B
E06	1.293		L	1.255	U	C	0.832		L	1.200	U	A	60.335	U	B	0.795	U	A
E07	1.242		L	1.419		L	0.865	U	C	1.211	U	B	60.316	U	A	0.748	U	A
E08	1.138	U	A	1.167	U	C	0.855	U	C	1.194	U	B	60.290	U	A	0.722	U	A
E09	1.077	U	C	1.084	U	B	0.781	U	C	1.177	U	A	60.211	U	A	0.672	U	A
E10	0.989	U	A	1.021	U	B	0.787	U	C	1.184	U	A	60.116	U	A	0.563	U	A
F01	1.382	U	B	1.384	U	B	1.052	U	C	1.458	U	C	60.558	U	B	0.894	U	B
F02		X	X	1.406	U	C	1.061		L	1.477		L	60.600	U	C	0.921	U	B
F03	1.332	U	B	1.477	U	C	1.081		L	1.519		L	60.590	U	C	0.892	U	C
F04	1.321	U	B	1.416	U	C	1.084	U	C	1.497		L	60.555	U	A	0.848	U	C
F05	1.200		L	1.320	U	B	1.081		L	1.437	U	C	60.384	U	B	0.748	U	C
F06		X	X	1.290		L	0.939		L		X	X	60.361	U	C	0.715	U	C
F07	1.322	U	C	1.316		L	1.081	U	C	1.529	U	C	60.590	U	A	0.885	U	C
F08	1.152	U	C	1.348		L	0.894	U	C	1.300	U	C	60.345	U	A	0.550	U	C
F09	1.319	U	C	1.371	U	B	1.090		L		X	X	60.510	U	C	0.775	U	C
F10	1.076	U	C	1.090	U	C	0.810	U	C	1.237	U	A	60.213	U	B	0.642	U	A
F11	1.083	U	B	1.106	U	C	0.874	U	C	1.250	U	A	60.258	U	A	0.682	U	A
G01	0.990		L		X	X	1.010		L		X	X	60.323	U	C	0.454	U	C
G02	0.944	U	A	1.040		L	1.013	U	B	1.381	U	B	60.240	U	A	0.430	U	A
G03	0.990	U	B	1.108	U	B	0.923	U	C	1.400		L	60.277	U	A	0.493	U	A
G04	0.955	U	B	1.053	U	B	0.839	U	C	1.331	U	C	60.219	U	A	0.454	U	A
G05	0.927	U	A	1.014	U	A	0.771	U	C	1.292	U	B	60.158	U	A	0.430	U	A
G06	0.910	U	A	0.948	U	B	0.771	U	C	1.265	U	A	60.081	U	A	0.424	U	A
G07	0.909	U	B	0.948	U	C	0.745	U	C	1.240	U	A	60.068	U	A	0.444	U	A
G08	0.884	U	A	0.932	U	B	0.755	U	C	1.250	U	A	60.029	U	A	0.424	U	A
G09	0.875	U	B	0.937	U	B	0.797	U	C	1.310	U	B	60.090	U	A	0.387	U	A
G10	0.854	U	B	0.933	U	B	0.816	U	B	1.358	U	A	60.116	U	A	0.334	U	A
H01	0.903	U	A	1.000	U	C	0.861		L	1.473	U	B	60.371		L	0.374	U	A
H02	0.878	U	B	0.981	U	B	0.842		L	1.471		L	60.242	U	A	0.351	U	A
H03	0.807	U	A	0.927	U	B	0.806	U	C	1.385		L	60.168	U	A	0.258	U	A
H04	0.786	U	A	0.913	U	B	0.765	U	C	1.397	U	B	60.168	U	A	0.209	U	A
H05	0.725	U	B	0.885	U	A	0.765		L	1.448	U	C	60.165	U	A	0.192	U	A
H06	0.734	U	B	0.864	U	C	0.723		L	1.403	U	C	60.119	U	B	0.136	U	A
H07	0.727	U	A	0.850	U	A	0.674	U	C	1.342	U	A	60.061	U	A	0.113	U	A
H08		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
H09	0.830	U	A	0.908	U	A	0.761	U	C	1.271	U	A	60.000	U	A	0.361	U	A
H10	0.786	U	B	0.844	U	A	0.687	U	C	1.244	U	B	59.948	U	A	0.321	U	A
H11	0.751	U	A	0.777	U	B	0.606	U	C	1.184	U	B	59.887	U	A	0.351	U	A
I01	0.720	U	A	0.900	U	B	0.874	U	C	1.487		L	60.245	U	A	0.328	U	B
I02		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
I03	0.672	U	A	0.851	U	B	0.768	U	C	1.456	U	B	60.174	U	A	0.235	U	A
I04	0.685	U	A	0.848	U	B	0.758	U	C	1.426	U	A	60.152	U	A	0.209	U	A
I05	0.681	U	A	0.843	U	A	0.719	U	C	1.405	U	B	60.123	U	A	0.222	U	A
I06	0.728	U	A	0.850	U	A	0.677	U	C	1.381	U	A	60.074	U	A	0.219	U	A
I07	0.779	U	A	0.866	U	B	0.690	U	C	1.344	U	A	60.068	U	A	0.232	U	A
I08	0.731	U	B	0.799	U	B	0.600	U	C	1.271	U	B	59.935	U	A	0.281	U	A

Stn.	S13			S14			S15			S16			S17			S18		
	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R	T(s)	P	R
I09	0.670	U	A	0.739	U	A	0.523	U	C	1.187	U	A	59.882	U	A	0.321	U	A
I10	0.629	U	A	0.684	U	A	0.500	U	B	1.211	U	A	59.900	U	A	0.341	U	A
J01		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
J02	0.644	U	A	0.647	U	A	0.484	U	B	1.274	U	B	60.097	U	A	0.487	U	A
J03	0.573	U	A	0.608	U	A	0.497	U	B	1.213	U	B	59.948	U	A	0.358	U	A
J04	0.677	U	A	0.553	U	B	0.377	U	A	1.174	U	B	60.058	U	A	0.553	U	A
J05	0.671	U	A	0.609	U	A	0.397	U	B	1.173	U	B	59.990	U	B	0.497	U	A
J06	0.663	U	A	0.634	U	A	0.448	U	B	1.194	U	B	59.958	U	B	0.447	U	A
J07	0.669	U	A	0.684	U	A	0.419	U	B	1.155	U	B	59.861	U	A	0.404	U	A
J08	0.691	U	A	0.725	U	A	0.468	U	B	1.142	U	A	59.803	U	B	0.387	U	A
J09	0.716	U	A	0.748	U	B	0.535	U	C	1.182	U	A	59.871	U	A	0.344	U	A
J10	0.754	U	A	0.671	U	A	0.313	U	B	1.042	U	B	59.984	U	A	0.553	U	A
K01	0.823	U	A	0.707	U	A	0.234	U	A	1.032	U	A	60.055	U	A	0.636	U	B
K02	0.789	U	B	0.715	U	A	0.315	U	A	1.013	U	A	59.990	U	A	0.570	U	A
K03	0.801	U	B	0.735	U	B	0.361	U	A	1.042	U	B	59.926	U	A	0.523	U	A
K04	0.762	U	A	0.740	U	A	0.390	U	B	1.071	U	A	59.823	U	A	0.457	U	A
K05	0.770	U	A	0.748	U	B	0.423	U	B	1.100	U	A	59.819	U	A	0.430	U	A
K06	0.749	U	B	0.796	U	A	0.600	U	B	1.165	U	A	59.861	U	A	0.414	U	A
K07	0.876	U	B	0.868	U	B	0.639	U	C	1.135	U	A	59.968	U	A	0.474	U	A
K08	0.944	U	B	0.924	U	C	0.723	U	C	1.155	U	A	60.026	U	B	0.513		L
K09	0.930	U	B	0.915	U	B	0.700	U	C	1.194	U	A	60.026	U	B	0.477	U	A
K10	0.939	U	B	0.955	U	B	0.719		L	1.216	U	A	60.068	U	A	0.483	U	A
L01		X	X	0.903	U	B	0.377	U	C	0.716	U	A	60.387	U	C	0.831		L
L02		X	X		X	X	0.432	U	B	0.768	U	A	60.229	U	B	0.818		L
L03	0.997	U	C	0.979	U	C	0.474	U	B	0.811	U	A	60.174	U	B	0.745	U	A
L04	1.006		L	0.874	U	B	0.442	U	C	0.845	U	A	60.097	U	B	0.689	U	A
L05	0.947	U	B	0.864	U	B	0.474	U	C	0.916	U	A	60.058	U	A	0.616	U	A
L06	0.917	U	C	0.853	U	C	0.523	U	C	0.990	U	B	60.065	U	A	0.629	U	A
L07	0.889	U	B	0.835	U	B	0.594	U	B	1.023	U	B	59.940	U	A	0.520	U	A
L08		X	X	0.823	U	A		X	X		X	X		X	X		X	X
L09	0.812	U	B	0.839	U	A	0.619	U	B	1.168	U	A	59.903	U	A	0.421	U	A
L10	0.860	U	A	0.880	U	B	0.700	U	C	1.197	U	A	59.945	U	B	0.417	U	A
S1P		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
S2P		X	X	0.948		L		X	X	0.852	U	C		X	X		X	X
S3P	1.468		L		X	X	1.106		L		X	X	60.681	U	B	0.934	U	C
S4P		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X
S5P		X	X		X	X		X	X	1.326		L		X	X		X	X
S6P	0.671	U	A	0.823	U	C	0.826	U	C	1.547	U	C	60.277	U	A	0.401	U	A
S7P		X	X	1.387	U	C		X	X	0.968	U	B		X	X		X	X
S8P		X	X	1.426	U	B	0.865		L	1.148	U	B	60.494	U	C	0.921	U	C
S9P	1.312	U	A	1.364	U	C	0.932	U	C	1.387	U	B	60.487	U	A	0.861	U	A
S10P		X	X	1.200		L		X	X	1.468		L	60.445	U	B	0.603	U	B
S11P	1.030	U	A	1.108	U	C	0.926		L		X	X	60.384	U	C	0.437	U	B
S12P	0.845	U	B	1.020	U	B	0.929	U	C	1.619		L	60.355	U	A	0.404	U	B
S13P	0.361	U	A	0.629	U	A	0.611	U	C		X	X	60.119	U	B	0.430	U	A
S14P	0.639	U	A	0.342	U	A	0.458	U	A	1.271	U	C	60.161	U	A	0.583	U	A
S15P		X	X		X	X	0.108	U	A		X	X		X	X		X	X
S16P		X	X		X	X	0.552		L	0.561	U	A	60.358	U	C	0.914		L
S17P	0.742	U	B	0.735	U	A	0.419	U	C	1.103	U	B	59.761	U	A	0.424	U	A
S18P	0.715	U	A	0.866	U	C		X	X		X	X	60.090	U	B	0.078	U	A
S19P	1.085	U	B	1.075	U	C	0.787	U	C	1.224	U	A	60.216	U	A	0.639	U	A

Refer to Table 3 for abbreviations T, P and R

Table 6 Arrival times and polarities of the first motions for shot S19

Stn.	S19 T(s)	P	R	Stn.	S19 T(s)	P	R	Stn.	S19 T(s)	P	R
	15:01			D02	60.103	U	A	H11	59.816	U	A
A01	61.581	U	C	D03	60.139	U	A	I01	60.129	U	A
A02	61.555	U	C	D04	60.181	U	A	I02		X	X
A03	61.452	U	A	D05	60.184	U	A	I03	60.068	U	A
A04	61.413	U	B	D06	60.135	U	A	I04	60.048	U	A
A05	61.271	U	C	D07	61.081	U	A	I05	60.039	U	A
A06	61.161	U	A	D08	60.213	U	A	I06	59.984	U	A
A07	61.084	U	C	D09	60.245	U	B	I07	59.932	U	A
A08	61.000	U	C	D10	60.242	U	C	I08	59.855	U	A
A09	60.826	U	C	D11	60.158	U	A	I09	59.887	U	A
A10	60.735	U	A	D12	60.155	U	B	I10	59.900	U	A
A11	60.639	U	C	D13	60.174	U	A	J01		X	X
A12	60.490	U	C	D14	60.171	U	A	J02	60.100	U	A
A13	60.348	U	C	D15	60.126	U	A	J03	59.958	U	A
A14	60.413		L	D16	60.490		L	J04	60.090	U	A
A15	60.174	U	B	D17	60.135	U	B	J05	60.032	U	A
A16	60.129	U	B	D18	60.077	U	A	J06	59.987	U	A
A17	60.084	U	A	D19	60.174	U	C	J07	59.926	U	A
A18	60.000	U	B	D20	60.097	U	B	J08	59.887	U	A
B01	60.187	U	A	D21	60.129	U	A	J09	59.874	U	A
B02	60.239	U	B	D22	60.174	U	C	J10	59.994	U	A
B03	60.168	U	B	E01	60.065	U	A	K01	60.075	U	A
B04	60.174	U	B	E02	59.977	U	A	K02	60.000	U	A
B05	60.135	U	B	E03	59.968	U	A	K03	59.965	U	A
B06	60.110	U	A	E04	59.819	U	A	K04	59.881	U	A
B07	60.003	U	A	E05	59.787	U	A	K05	59.852	U	A
B08	59.961	U	A	E06	59.687	U	A	K06	59.832	U	A
B09	60.000	U	A	E07	59.619	U	A	K07	59.748	U	A
B10	60.000	U	A	E08	59.552	U	A	K08	59.674	U	A
B11	60.019	U	B	E09	59.594	U	A	K09	59.668	U	A
B12	60.074	U	A	E10	59.577	U	A	K10	59.571	U	A
B13	60.158	U	A	F01	59.965	U	A	L01	60.068	U	A
B14	60.271	U	B	F02	59.968	U	A	L02	60.048	U	A
B15	59.958	U	A	F03	59.932	U	A	L03	59.971	U	A
B16	59.987	U	A	F04	59.877	U	A	L04	59.906	U	A
B17	60.061	U	A	F05	59.729	U	A	L05	59.865	U	A
B18	60.094	U	A	F06	59.684	U	A	L06	59.858	U	A
B19	60.052	U	A	F07	60.000	U	A	L07	59.819	U	A
B20	60.100	U	A	F08	59.603	U	A	L08		X	X
B21	60.239	U	B	F09	59.832	U	A	L09	59.768	U	A
B22	60.181	U	B	F10	59.432	U	A	L10	59.723	U	A
C01	60.703	U	C	F11	59.513	U	A	S1P		X	X
C02	60.677	U	C	G01	59.929	U	A	S2P	60.406		L
C03	60.655	U	B	G02	59.861	U	A	S3P	60.148	U	A
C04	60.519	U	B	G03	59.871	U	A	S4P	60.813	U	C
C05	60.474	U	A	G04	59.768	U	A	S5P	60.155	U	B
C06	60.342	U	A	G05	59.681	U	A	S6P	60.187	U	A
C07	60.171	U	A	G06	59.661	U	A	S7P	60.271	U	B
C08	60.142	U	A	G07	59.626	U	A	S8P	59.903	U	A
C09	60.168	U	A	G08	59.729	U	A	S9P	59.884	U	A
C10	60.119	U	A	G09	59.748	U	A	S10P	60.052	U	A
C11	60.129	U	A	G10	59.842	U	A	S11P	60.097	U	A
C12	59.955	U	A	H01	59.984	U	A	S12P	60.213	U	A
C13	60.019	U	A	H02	60.010	U	A	S13P	60.135	U	B
C14	60.000	U	A	H03	59.961	U	A	S14P	60.171	U	A
C15	60.045	U	A	H04	59.981	U	A	S15P		X	X
C16	60.055	U	A	H05	60.024	U	A	S16P	60.097	U	B
C17	60.229	U	A	H06	59.988	U	A	S17P	59.877	U	A
C18	60.258	U	B	H07	59.923	U	A	S18P	59.955	U	B
C19	60.290	U	B	H08		X	X	S19P	59.416	U	A
C20	60.184	U	A	H09	59.803	U	A				
D01	61.058	U	A	H10	59.829	U	A				

Refer to Table 3 for abbreviations T, P and R

なお、初動解析にあたった探査参加者は、橋本武志、筒井智樹、田中 聡、鬼澤真也、青木陽介、渡辺俊樹、大倉敬宏、清水 洋、八木原寛、宮町宏樹、平松秀行、山本圭吾、井口正人の13名である。産業技術総合研究所の下司信夫博士には口永良部島の地質に関する情報をいただき、地質図の使用について快諾をいただいた。

参考文献

- 荒牧重雄(1969): 口永良部島地質調査報告, 火山, 第14巻, pp. 127-132.
- 本間不二男(1934): 口永良部島の火山地質と火山活動, 火山第1集, 第2巻, pp. 20-39.
- 下司信夫・小林哲夫(2004): 口永良部島火山の最近約10000年間の噴火活動とその噴出物. 地球惑星科学関連学会2004年合同大会予稿集, V055-P036.
- 井口正人・鍵山恒臣(2002): 口永良部島火山における空中赤外熱測定, 薩摩硫黄島火山・口永良部島火山の集中総合観測, pp. 137-142.
- 井口正人・山本圭吾・高山鉄朗・前川徳光・西村太志・橋野弘憲・八木原寛・平野舟一郎(2002): 口永良部島火山における火山性地震の特性, 京都大学防災研究所年報, 第44号B-1, pp. 317-326.
- 井口正人・山本圭吾・味喜大介・高山鉄朗・寺石真弘・園田保美・藤木繁男・鬼澤真也・鈴木敦生・八木原寛・平野舟一郎(2003): 口永良部島火山における最近の地盤変動—1995年～2001年—, 京都大学防災研究所年報, 第45号B, pp. 601-608.
- 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, 第70巻, pp. 32-59.
- 鹿児島地方気象台・屋久島測候所 (1967): 昭和41年11月22日の口永良部島新岳の爆発, 福岡管区気象台要報, 第22号, pp. 79-98.
- 角田寿喜(1970): 口永良部島の火山活動—活動の特徴と1969年の地震観測, 鹿児島県の地震・火山活動, 昭和45年3月, pp. 24-31.
- 神田径・藤井郁子(2003): カルマンフィルターによる火山性磁場変動検出の試み, 京都大学防災研究所年報, 第46号B, pp. 797-803.
- 京都大学防災研究所(1980): 口永良部島火山における地震観測, 火山噴火予知連絡会会報, 第19号, pp. 42-46.
- 京都大学防災研究所(1992): 薩南諸島における火山活動 (1991年1月～1992年5月), 火山噴火予知連絡会会報, 第53号, pp. 101-107.
- 京都大学防災研究所(1995): 薩南諸島における火山活動 (1992年6月～1995年5月), 火山噴火予知連絡会会報, 第62号, pp. 62-64.
- 京都大学防災研究所(1996): 薩南諸島における火山活動 (1995年5月～1996年5月) — 口永良部島火山の地震活動の活発化 —, 火山噴火予知連絡会会報, 第65号, pp. 123-127.
- 京都大学防災研究所・東京工業大学工学部・鹿児島大学理学部(1981): 1980年(9月28日)の口永良部島新岳の噴火(概報), 火山噴火予知連絡会会報, 第20号, pp. 1-9.
- 松本唯一(1934): 口永良部島の地質に就いて, 火山第1集, 第2巻, pp. 20-39.
- 味喜大介・井口正人・江頭庸夫・Solihin, A.(2002): 口永良部島新岳の溶岩流の古地磁気学的年代推定, 薩摩硫黄島火山・口永良部島火山の集中総合観測, pp. 159-168.
- 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, 第41巻, pp. 127-139.
- 鬼澤真也・他(2003): 有珠山における人工地震探査—観測および初動の読み取り—, 地震研究所彙報, 第78巻, pp. 121-143.
- 田中館秀三(1935): 口永良部島新岳噴火と火口の形態及び向江浜の山津波, 火山第1集, 第2巻, pp. 339-354.
- 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—はざとり法による解析—, 火山, 第41巻, pp. 227-241.
- 宇津木充・田中良和・神田径(2002): 口永良部島火山における空中磁気測量, 薩摩硫黄島火山・口永良部島火山の集中総合観測, pp. 121-127.
- 山本圭吾・井口正人・高山鉄朗・石原和弘:(1997)1996年口永良部島火山の地震活動の活発化について, 京都大学防災研究所年報, 第40号B-1, pp. 39-47.
- 吉川圭三・江頭庸夫・西 潔(1968): 口永良部島の地球物理学的調査, 京都大学防災研究所年報, 第11号A, pp. 133-140.
- Iguchi, M. (1991): Geophysical data collection using an interactive personal computer system (part 1) -Experimental monitoring at Suwanosejima volcano-, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol. 36, pp. 335-343.

Seismic Exploration by Using Active Sources at Kuchierabujima Volcano, Southwest Japan

Masato IGUCHI, Keigo YAMAMOTO, Takeshi HASHIMOTO*, Tomoki TSUTSUI**
Satoru TANAKA***, Shin'ya ONIZAWA****, Yosuke AOKI*****, Toshiki WATANABE*****
Takahiro OHKURA*****, Hiroshi SHIMIZU*****, Hiroshi YAKIWARA*****
Hiroki MIYAMACHI*****, Hideyuki HIRAMATSU*****, Takeshi TAMEGURI
Tetsuro TAKAYAMA, Masayo FUKUSHIMA, Hetty TRIASTUTY, Kazuhiro ISHIHARA
Hiromitsu OSHIMA*, Atsuo SUZUKI*, Tokumitsu MAEKAWA*, Tatsuya KAJII**
Yoshiaki WATANABE*, Yohei OGIWARA**, Kenji NOGAMI****, Mitsuhiro OIKAWA****
Jun-ichi HIRABAYASHI****, Hiroshi TSUJI****, Yasuhiro HIRATA****, Takashi OKUDA****
Taku ITOH****, Shin YOSHIKAWA****, Hiroyuki INOUE****, Sayaka IKEDA****
Mio HORI****, Masaki SAITO****, Shuichiro HIRANO****, Yudai UEKAMA****
Motoharu IGUCHI****, Takahiro TAKESHITA**** and Takehiko MORI****

*Graduate School of Science, Hokkaido University

** Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University

*** Graduate School of Science, Tohoku University

**** Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

***** Earthquake Research Institute, University of Tokyo

***** Graduate School of Science, Nagoya University

***** Graduate School of Science, Kyoto University

***** Graduate School of Science, Kyushu University

***** Faculty of Science, Kagoshima University

***** Japan Meteorological Agency

Synopsis

Seismic exploration using artificial sources was conducted at Kuchierabujima volcano, southwest Japan in November 2004 to investigate subsurface seismic structure. A total of 183 temporal stations equipped with a 2Hz vertical component seismometer (including 75 3-component seismometers) and a portable data logger were deployed. Dynamite shots with charges of 10-115kg were detonated at 19 locations. To reveal shallow structure of the volcano, 2955 arrival times of the first motion were picked from the seismograms and 2187 were classified into ranks A and B. Refracted waves of 5km/s were observed at stations >5 km apart from the shot points. Apparent velocities near the shot points depend on surface geology around the shots. P-wave arrived earlier at stations near the summits. Strongly scattered waves were observed near the summits.

Keywords: Kuchierabujima volcano, seismic exploration, seismic velocity structure, National Project for Volcanic Eruption Prediction

