

2.3 伊豆大島

2.3.1 伊豆大島における研究観測

火山活動評価手法を実際に観測されたデータへ適用するために、伊豆大島火山において GPS 及び光波を用いた精密地殻変動観測を行った。GPS 観測は1998年から、光波測距観測（以下、EDM 観測と略すことがある）は1997年から開始し、噴火活動準備期における連続的な地殻変動を検出した。その観測データに基づく解析結果の詳細は2.3.2を参照されたい。

ここでは、伊豆大島における地殻変動観測の詳細を報告する。

2.3.1.1 GPS 観測

伊豆大島における GPS 観測は、1998年に島内に高密度の繰り返し観測網を展開したことに始まる。その後、時間的な分解能を高めるために、連続観測方式への切り替え、あるいは新設を行った。

ここでは、繰り返し観測と連続観測について述べる。

2.3.1.1.1 GPS 繰り返し観測

伊豆大島における GPS 繰り返し観測網を整備するため、1998年11月に島内の25箇所にベンチマークを設営した。一部は既設の繰り返し EDM 観測のためのベンチマーク（2.3.1.2参照）を利用している。繰り返し観測の第1回目を1998年11月に実施し、その後1年間に3回程度の頻度で、2006年5月までに25回の観測を実施した。GPS 観測装置は古野電気社製 GPS である MG2110を用いた。これは1周波型であるが、アンテナ部と受信機の一体型で軽量小型、省電力であるため、キャンペーン観測に適している。観測点配置を Fig. 2.3.1.1に示す。このうち、G9、G10、G12、G18、G19、G20、G21、G22、G23、G24は EDM 観測のための反射鏡を兼ね備えており、EDM 観測網の中ではそれぞれ T9、T8、T10、T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T0と称する。このうち、

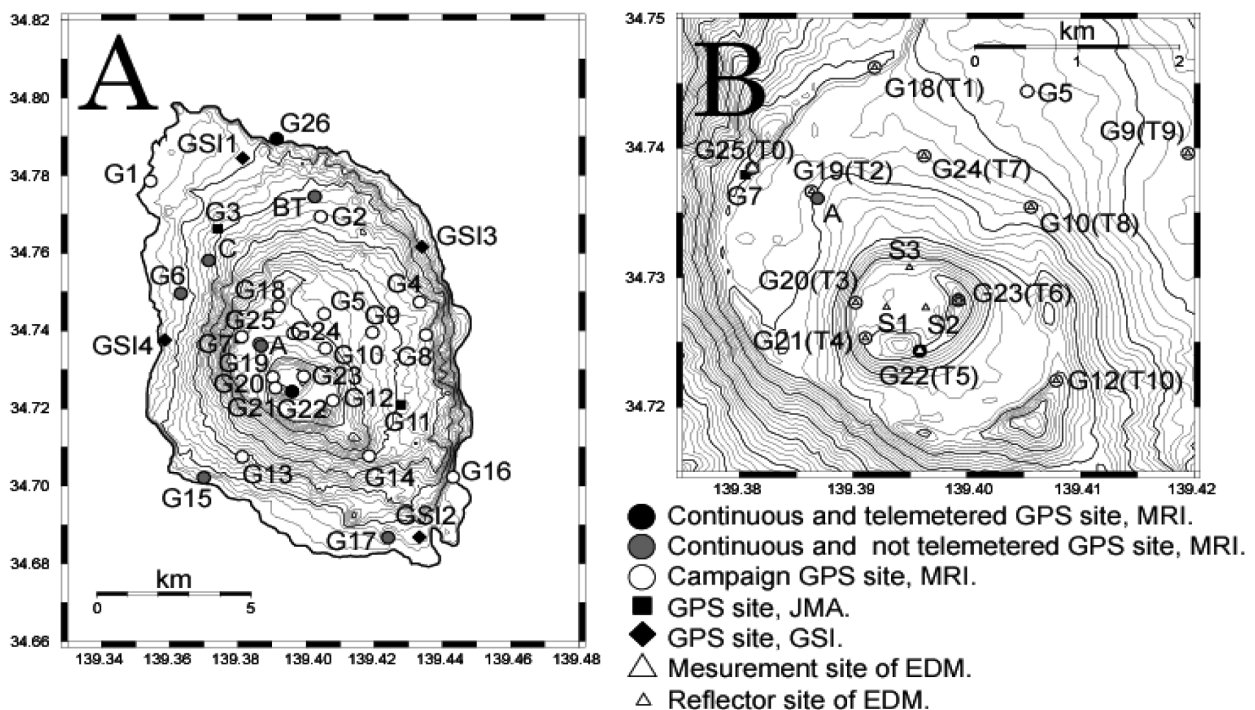


Fig. 2.3.1.1 GPS and EDM observation network on Izu-Oshima Island. The open circles designate campaign GPS observation sites, and the closed symbols designate continuous observation GPS sites. The gray symbols indicate continuous and non-telemetering sites. The circles indicate MRI; the squares indicate JMA; and the diamonds indicate GSI.

Table 2.3.1.1 Locations of GPS observation points.

Station code	Site	Latitude [Deg.]	Longitude [Deg.]	Height [m]	Note
G1	飛行場南	34.77856N	139.35433E	24	Temporary point.
G2	峠配水池	34.76941N	139.40430E	270	Temporary point.
G3	測候所跡	34.76628N	139.37414E	188	Temporary point until Mar. 2001, and then telemetering point managed by JMA.
G4	奥山砂漠	34.74738N	139.43332E	326	Temporary point.
G5	裏砂漠北東	34.74439N	139.40531E	481	Temporary point combined with reflectors.
G6	元町	34.74961N	139.36329E	76	Temporary point until Mar. 2006, and then non-telemetering permanent point.
G7	御神火茶屋	34.73796N	139.38049E	556	Temporary point until Mar. 2001, and then telemetering point managed by JMA.
G8	ふる里村	34.73891N	139.43516E	336	Temporary point.
G9	裏砂漠東	34.73959N	139.41946E	437	Temporary point combined with reflectors.
G10	櫛形山北	34.73543N	139.40565E	536	Temporary point combined with reflectors.
G11	奥山	34.72094N	139.42782E	399	Temporary point until Mar. 2001, and then telemetering point managed by JMA.
G12	白石山	34.72203N	139.40785E	664	Temporary point combined with reflectors.
G13	間伏林道	34.70754N	139.38125E	180	Temporary point.
G14	二子山	34.70774N	139.41851E	416	Temporary point.
G15	野増	34.70217N	139.36999E	31	Temporary point until Mar. 2005, and then non-telemetering permanent point.
G16	筆島	34.70229N	139.44310E	36	Temporary point.
G17	差木地	34.68666N	139.42407E	42	Temporary point until Mar. 2005, and then non-telemetering permanent point.
G18	鎧端	34.74624N	139.39189E	554	Temporary point combined with reflectors.
G19	表砂漠	34.73665N	139.38634E	549	Temporary point combined with reflectors.
G20	三原神社	34.72805N	139.39022E	677	Temporary point combined with reflectors.
G21	三原新山	34.72532N	139.39108E	703	Temporary point combined with reflectors.
G22	三原火孔南	34.72432N	139.39585E	701	Temporary point until Feb. 2003, and then telemetering point. Combined with reflectors.
G23	剣ガ峰	34.72823N	139.39928E	749	Temporary point combined with reflectors.
G24	B火口東	34.73939N	139.39624E	531	Temporary point combined with reflectors.
G25	御神火展望台	34.73845N	139.38114E	555	Temporary point. Reference point for EDM.
G26	岡田港	34.78941N	139.39132E	4	Double-frequency-type GPS telemetering point.
G27	A点	34.73612N	139.38685E	553	Non-telemetering point installed Mar. 2005.
G28	BT点	34.77455N	139.40251E	224	Non-telemetering point installed Mar. 2005.
G29	C点	34.75813N	139.37147E	167	Non-telemetering point installed Mar. 2005.

G23は EDM 観測の機械点も兼ねる。また G25は EDM 観測の機械点を兼ね、T 0 と称する。

GPS 繰り返し観測点のうち、G 3（旧測候所）、G 6（元町）、G 7（御神火茶屋）、G11（奥山差木地）、G15（D 点）、G17（E 点）、G22（三原火孔南）は連続観測点に移行した（2.3.1.1.2参照）。このうち、G 3、G 7、G11 は火山センターが2001年3月に構築した連続観測点として引き継がれている。Table 2.3.1.1に観測点の詳細を示す。また、Fig. 2.3.1.2に観測履歴を示す。

基線解析は G 7（御神火茶屋）を基準点として、連続観測点（火山センターも含む）のデータ、及び国土地理院の4観測点のデータも同時に用いて処理した。繰り返し観測点である G 1～G25について、G10を固定点とした東西、南北、上下成分の変位の時系列を Fig. 2.3.1.3に示す。1998年11月～2006年5月までの期間の25回の観測結果である。また、水平変位の軌跡を Fig. 2.3.1.4に示す。Fig. 2.3.1.4A は島内全体、Fig. 2.3.1.4B は山頂火口周辺図を拡大したものである。観測結果の時間分解能は1年あたり3回程度ではあるが、各図からは、変位時系列に年周変動が重畳していることがわかる。この年周変動は、対流圏の水蒸気に起因する影響を補正しきれていないノイズと考えられ、特に上下成分のノイズ振幅が大きい。この観測データはより適切に対流圏補正すべきであるが、補正に必要な詳細な気象データを持ち得ていない。また、観測頻度が低く統計的定量的な検討は困難である。しかし観測期間中、ノイズの振幅量を上回るような不連続は認められないため、各観測点の変位速度はほぼ一定であると推定できる。

これらの空間変位パターンの特徴は、以下のとおりである。

- ・大局的には島内は膨張する水平変動をしている。
- ・水平変位量は東北東－西南西の成分は大きく、それに直交する北北西－南南東の成分は小さい。
- ・三原山火口は局所的に収縮・沈降している。
- ・島内の中央部の北北西－南南東に軸を持つ領域は相対的に沈降している。

2.3.1.1.2 GPS 連続観測

2006年5月現在、伊豆大島で行っている GPS 連続観測点は11点である。これらのうちいくつかの点は繰り返し

Year

1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006

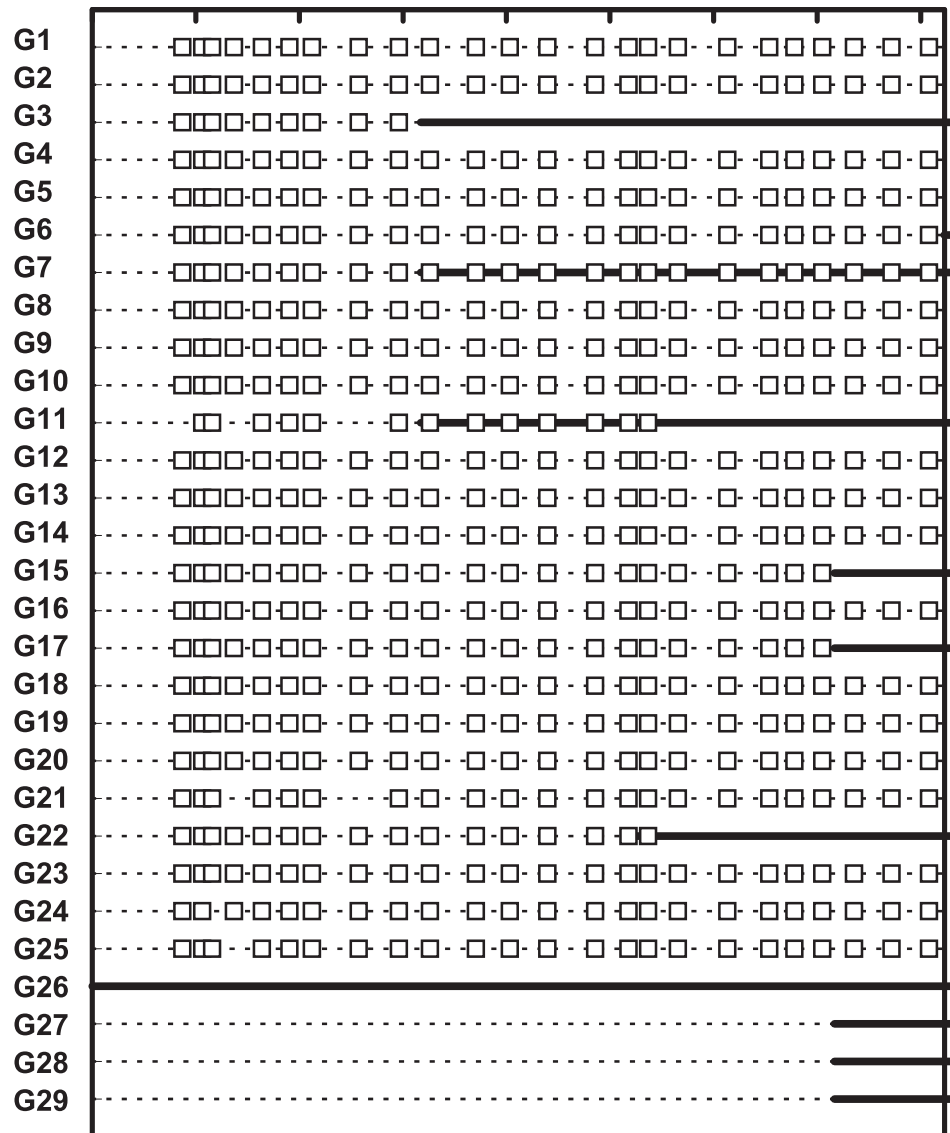


Fig. 2.3.1.2 Historical table of GPS observation in Izu-Oshima Island. Every open square indicates a campaign observation. The solid line indicates continuous observation.

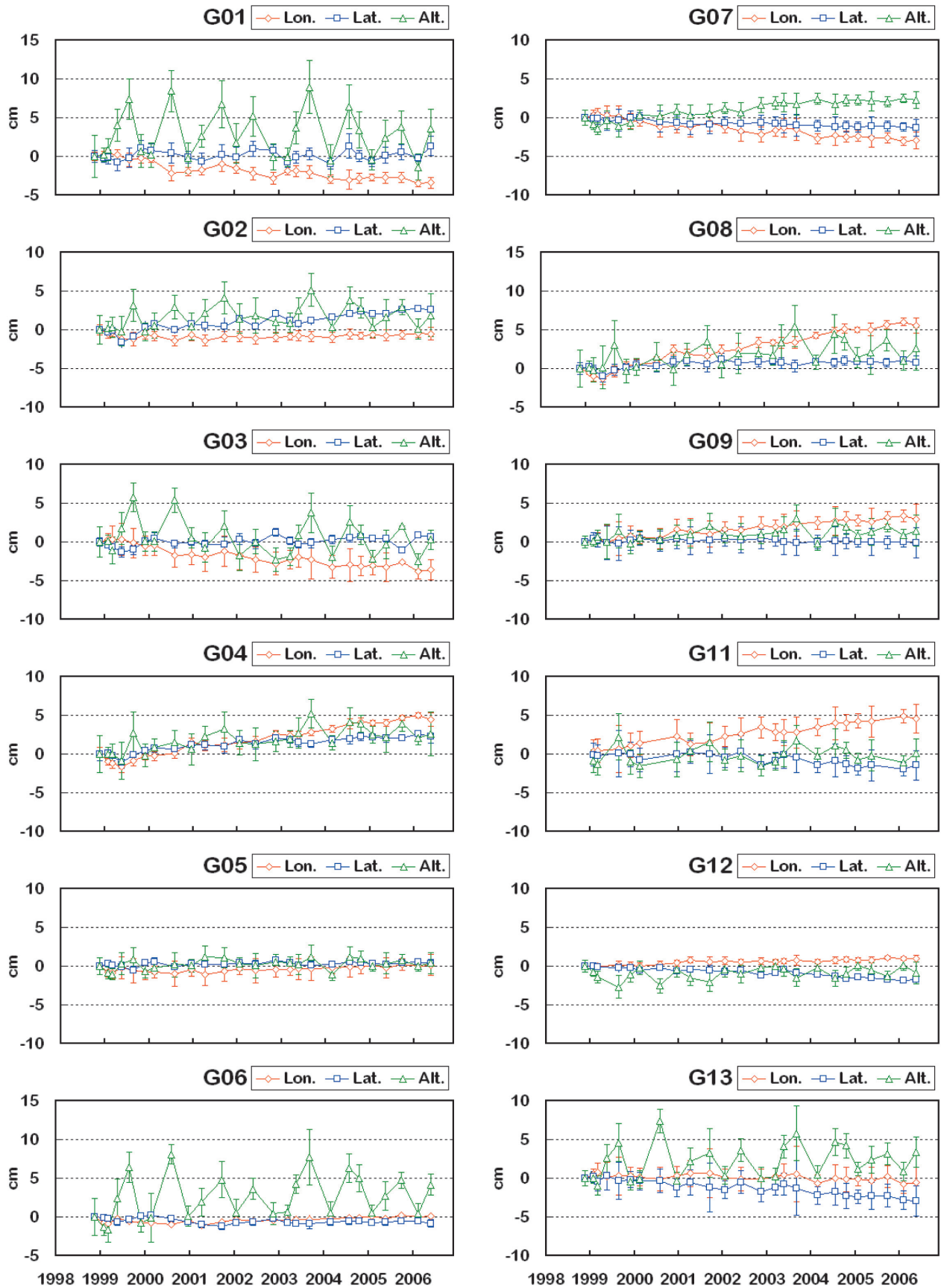


Fig. 2.3.1.3 Coordinate variation of GPS sites G1 - G13.

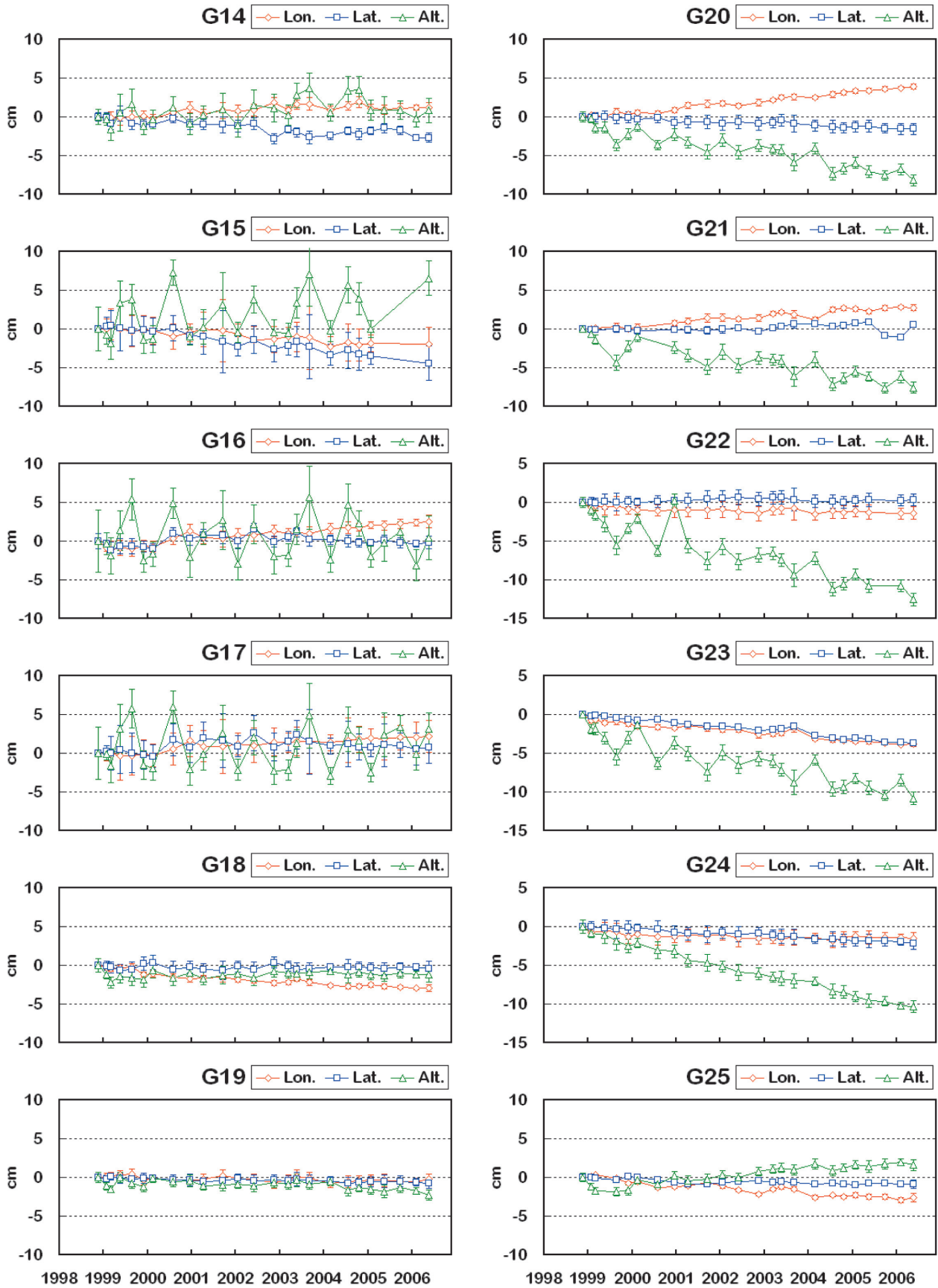


Fig. 2.3.1.3 (Continued) Coordinate variation of GPS sites G14 - G25.

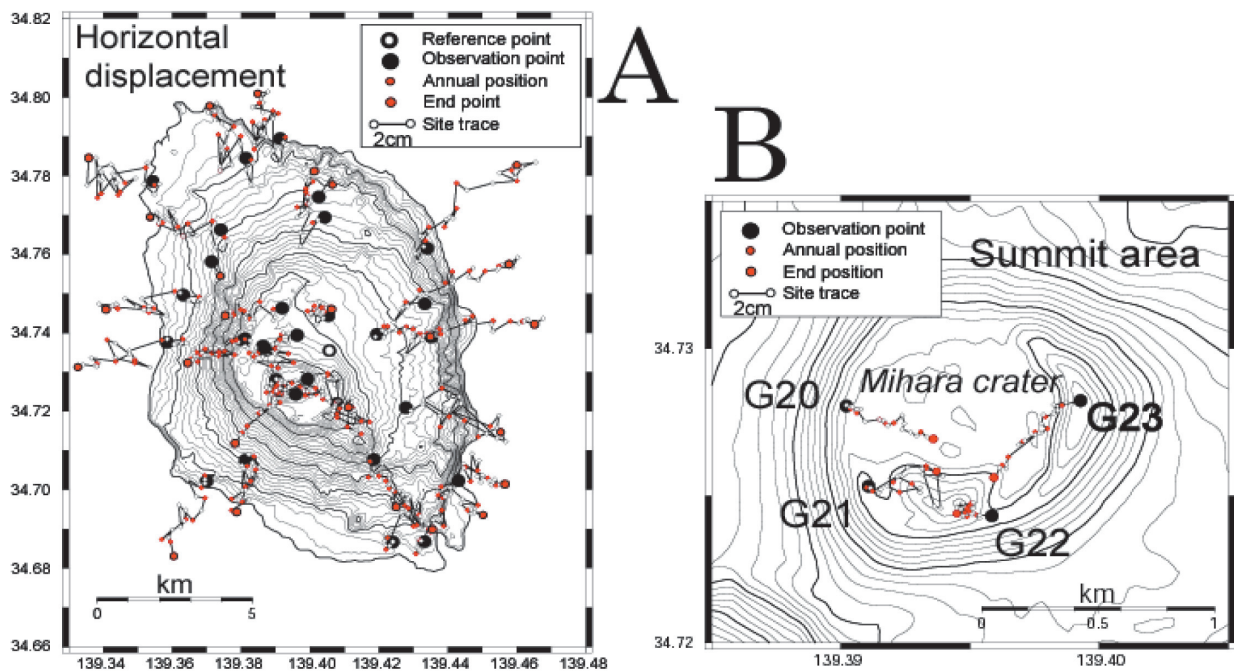


Fig. 2.3.1.4 Distribution of horizontal displacement on Izu-Oshima Island by GPS campaign measurement. A: Izu-Oshima Island area. B: Summit area.

し観測点を連続観測点に移行したものである。また、気象庁火山監視・情報センターが連続観測網を展開する際に、これまで繰り返し観測を実施していた地点を提供したものもある。

まず、南関東地域の地殻活動の研究（特別研究「南関東地域における応力場と地震活動予測に関する研究」）のため1996年から岡田港の気象庁検潮施設（G26）でGPS連続観測が開始され、データテレメータ（公衆回線）された。次に、1998年から繰り返し観測を実施していたG3（旧測候所）、G7（御神火茶屋）、G11（奥山差木地）の3点の場所あるいはその近傍に、2001年3月から火山センターが連続観測点を設営し、連続観測・テレメータ方式に移行した。2003年2月には山頂部にあたる三原火孔南（G22）を連続観測テレメータ化した。火山監視・情報センターの3点（G3、G7、G11）はNTTアナログ回線によるデータ電送、G22は携帯電話によるデータ伝送、G26はNTTアナログ回線によるデータ電送を行っている。データ回収は1日あたり1～8回行われる。G22では太陽電池パネルによって電力を確保しているが、それ以外は商用電源を用いている。G7、G26は2周波型のGPSであり、G7はTrimble社製、G26はTrimble社製4000-SSEである。この2点以外は1周波型GPS観測装置、古野電気社製MG2110である。

さらに、観測の時間分解能と空間分解能を高めるために、現地収録方式による連続観測が強化された。まず2005年3月に地震計A点（G27）、傾斜計BT点（G28）、地震計C点（G29）、地震計D点（G15）、地震計E点（G17）で、さらに2006年3月に測候所（G6）で連続観測を開始した。G6、G15、G17の3点は既設の繰り返し観測点であり、G27、G28、G29の3点は新設である。これらは、供給電力の事情から、地震計小屋のように電力が確保できる地点を選定している。また、観測データのサンプリング周期はいずれも30秒であり、メモリーカードに保管される。年3回程度の繰り返し観測時に回収している。

Fig. 2.3.1.5は、2003年2月～2006年5月のG22を参照点にした各連続観測点の基線長と南北成分、東西成分、上下成分の変化を示す。標高差が大きい基線では、特に上下成分で水蒸気起因の年周ノイズが重畳している。これを考慮した上で長期的な傾向を見ると、各基線はほぼ一定の変化率で変動しており、島内の膨張変動あるいは山頂部の局所的な収縮変動が、緩やかに継続していることを示している。

2.3.1.2 光波測距観測

カルデラ内の変動を把握するために、GPS観測に先行して光波測距の繰り返し観測を1997年9月から開始し

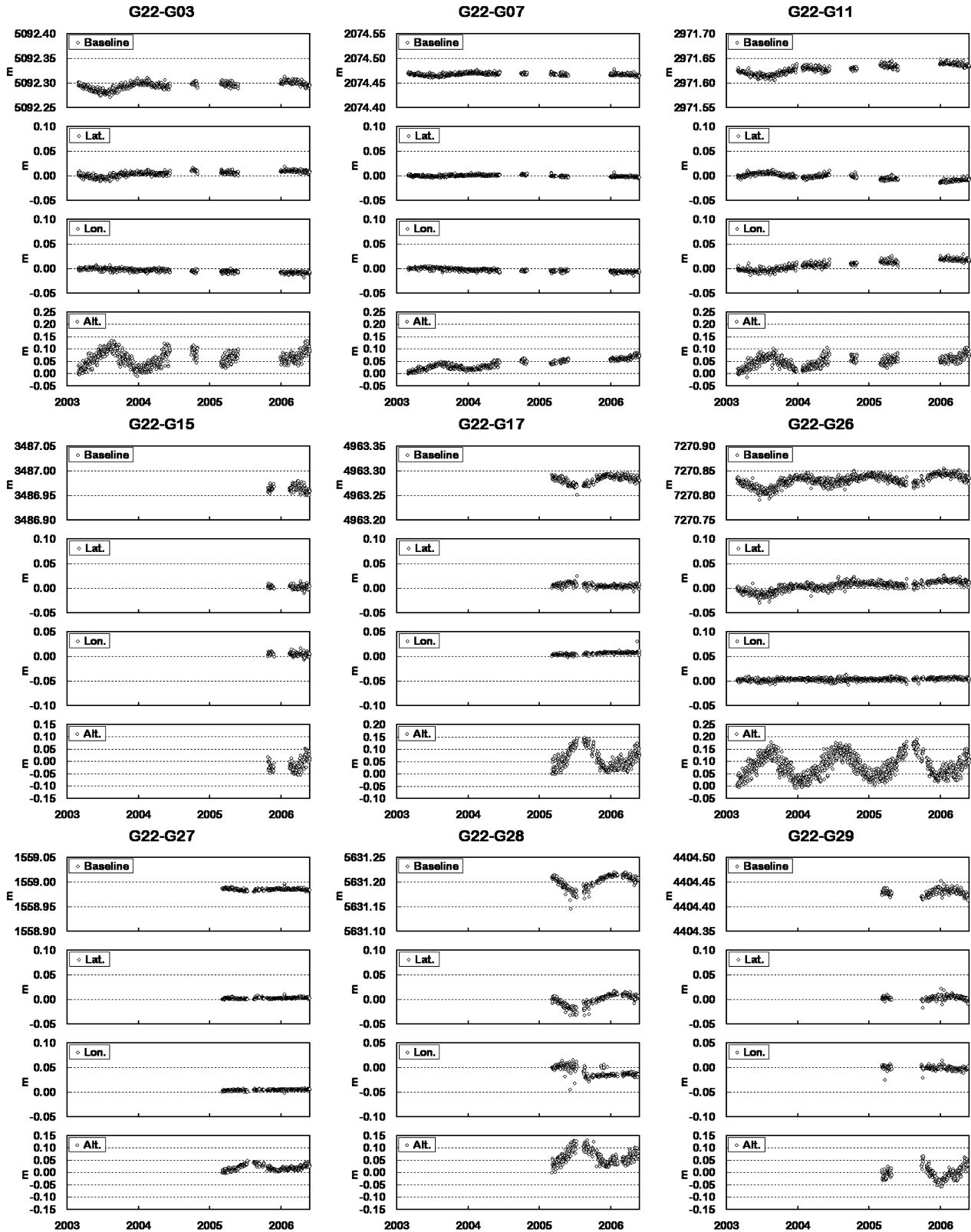


Fig. 2.3.1.5 Slope distance and coordinate variation of the continuous observation sites. These are presented as the relative variation fixed by G22.

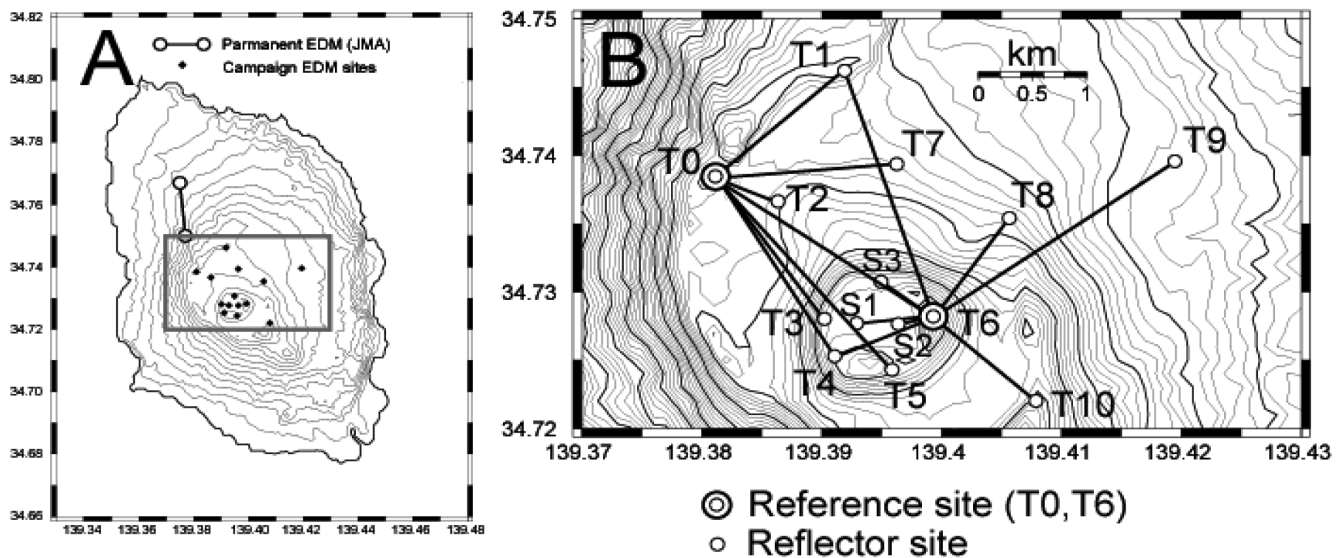


Fig. 2.3.1.6 EDM network on Izu-Oshima Island.

た。観測点配置を Fig. 2. 3. 1. 6 に示す。まず、機械点として西部カルデラ縁に位置する御神火展望台に標柱を設置した (T0)。これはその後に開始する GPS 繰り返し観測網の G25 と一致する。T0 からカルデラ内の 7 箇所反射点を設置し (T1 ~ T7)、測距した。反射点 T3 ~ T6 は山頂火口である三原山火口縁上にあり、GPS 観測網の G20 ~ G23 に一致する。これらの斜距離は 510 ~ 2070 m である。また、これらの反射点のうち T6 を機械点とし、反射点 T1, T4, T8, T9, T10, S1 ~ S3 までの斜距離も観測した。これらの斜距離は 490 ~ 2250 m である。S1 ~ S2 は三原火口内のテラス上に、S3 は火口縁上に設置されている。T6 から反射点 T1, T8, T9, T10 の測距は 2000 年 5 月以降に開始した。カルデラ内の変動をより詳細に把握する目的で、このように 13 箇所の反射点と 2 箇所の機械点からなる 15 基線の斜距離を年 3 ~ 5 回程度繰り返し観測することにより、GPS 観測網を補完している。観測機器はジオジメーター社の 140 型を使用した。測定はできるだけ天候のよい日を選び、おもに大島測候所の職員が行った。反射点のプリズム数は 1 ~ 3 素子である。三原山山頂部はとりわけ冬季には風が強く、細礫 (おもにスコリア) による鏡面の磨耗が著しいため、一部の反射点では、測距時にのみ反射鏡を設置し、磨耗による劣化を軽減した。機械点および反射点の詳細を Table 2. 3. 1. 2 に示す。

各測線の斜距離変化を Fig. 2. 3. 1. 7 に示す。三原山山頂火口を横切る測線の斜距離は定常的に短縮が継続していることがわかり、それは 1998 年以降観測している GPS 観測網と調和的である。一方、三原山山頂火口を横断していない測線は、いずれも伸張傾向である。これら各基線の変化を線形近似して 1 年あたりの変動量を求めると、火口を横切る基線の変化率は $-0.7 \sim -11.2 \text{ mm/y}$ であり、それ以外の基線では $0.2 \sim 6.6 \text{ mm/y}$ であった。線歪みの変化率に換算すると、それぞれ $-0.8 \sim -13.7 \mu \text{ strain/y}$ と $0.1 \sim 13.8 \mu \text{ strain/y}$ になる。GPS で観測された島内全体の歪み率が最大で $3 \mu \text{ strain/y}$ 程度であったことを考えると、この歪み量は顕著な変化量であることがわかる。Table 2. 3. 1. 3 に各基線の斜距離、変化率、歪み率、及び測定期間を示す。また、Fig. 2. 3. 1. 8 に歪み率の分布を示す。

(高木朗充)

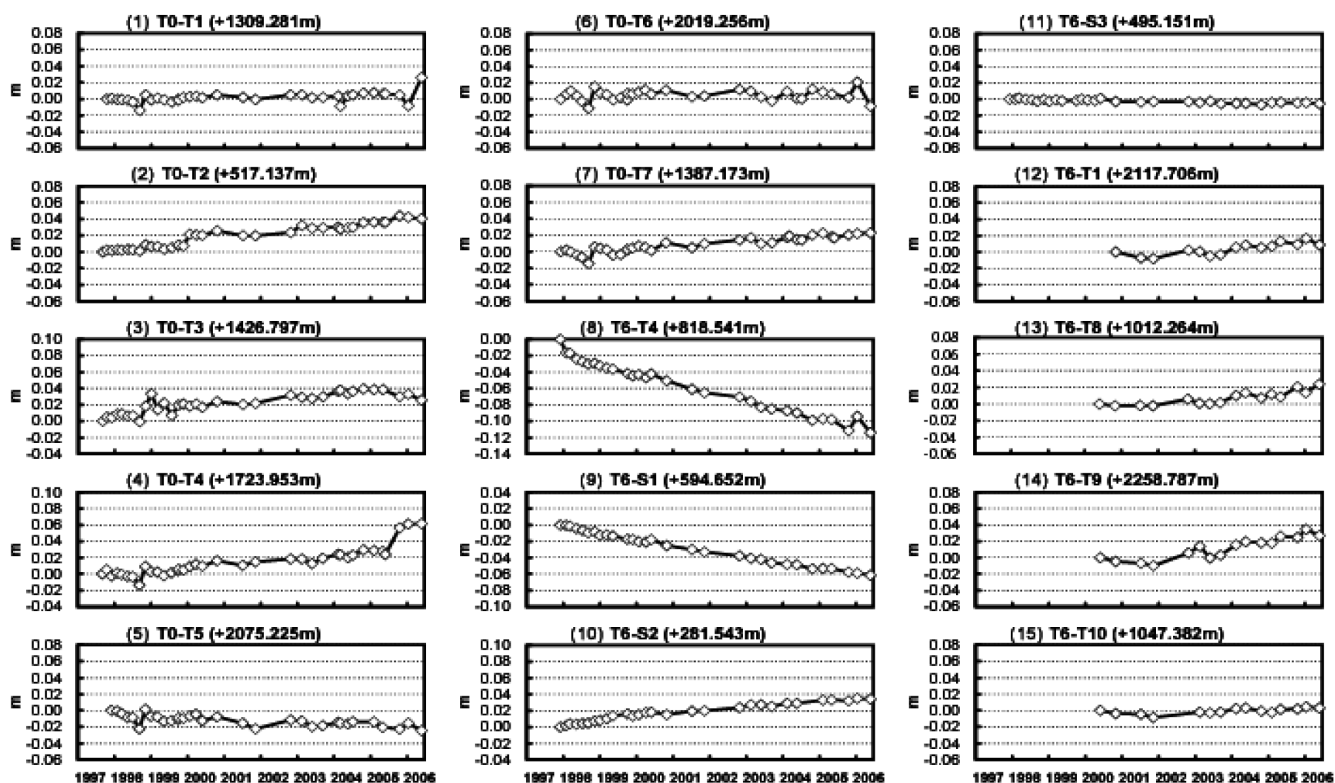


Fig. 2.3.1.7 Time series of the slope distance, 1997 - 2006.

Table 2.3.1.2 Locations of EDM observation points.

Station code	Site	Latitude [Deg.]	Longitude [Deg.]	Height [m]	Note
T0	御神火展望台	34.73845N	139.38114E	555	Reference point. G25.
T1	鎧端	34.74622N	139.39190E	554	Reflector point. G18.
T2	表砂漠	34.73663N	139.38636E	549	Reflector point. G19.
T3	三原神社	34.72803N	139.39023E	677	Reflector point. G20.
T4	三原新山	34.72530N	139.39109E	703	Reflector point. G21.
T5	三原火孔南	34.72431N	139.39589E	701	Reflector point. G22.
T6	剣ヶ峰	34.72822N	139.39929E	749	Reference and reflector point. G23.
T7	B火口東	34.73938N	139.39626E	531	Reflector point. G24.
T8	櫛形山北	34.73542N	139.40567E	536	Reflector point. G10.
T9	裏砂漠東	34.73957N	139.41947E	437	Reflector point. G09.
T10	白石山	34.72201N	139.40787E	664	Reflector point. G12.
S1	火口西	34.72769N	139.39292E	675	Reflector point.
S2	火口東	34.72767N	139.39639E	686	Reflector point.
S3	火口北	34.73075N	139.39494E	677	Reflector point.

Table 2.3.1.3 Variation of slope distance by EDM.

NO.	Line	Slope distance [m]	Rate of change [mm/ y]	Strain rate [10^{-6} Strain/ y]	Period [year]
(1)	T0 - T1	1309.280	1.0	0.76	8.62
(2)	T0 - T2	517.135	4.8	9.24	8.74
(3)	T0 - T3	1426.797	3.6	2.54	8.74
(4)	T0 - T4	1723.953	5.3	3.06	8.74
(5)	T0 - T5	2075.224	-1.7	-0.84	8.48
(6)	T0 - T6	2019.256	0.2	0.11	8.48
(7)	T0 - T7	1387.173	3.1	2.23	8.48
(8)	T6 - T4	818.541	-11.2	-13.66	8.48
(9)	T6 - S1	594.651	-7.1	-11.99	8.48
(10)	T6 - S2	281.543	3.9	13.75	8.48
(11)	T6 - S3	495.151	-0.7	-1.33	8.48
(12)	T6 - T1	2117.706	3.5	1.67	5.58
(13)	T6 - T8	1012.264	3.8	3.72	6.00
(14)	T6 - T9	2258.787	6.6	2.90	6.00
(15)	T6 - T10	1047.382	1.2	1.17	6.00

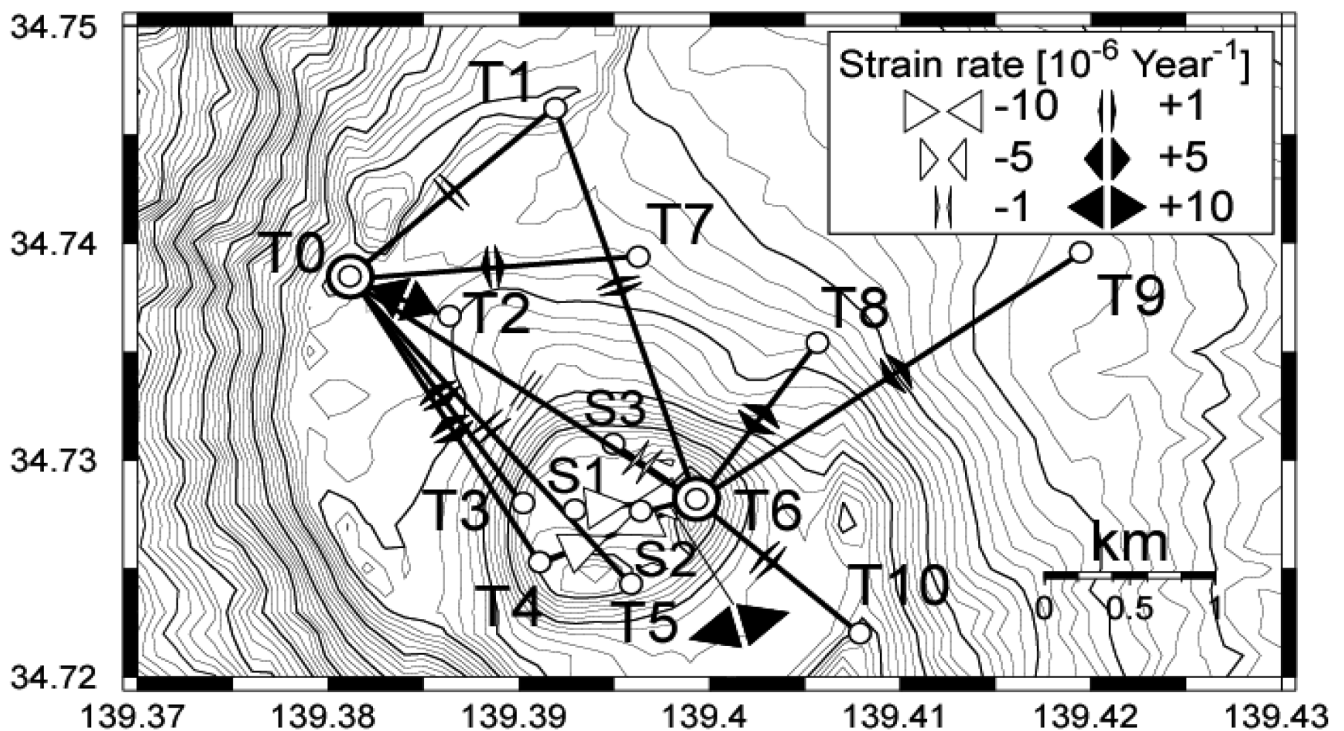


Fig. 2.3.1.8 Distribution of the strain rate estimated by EDM on and around Mihara summit.