

3. 島原半島の地震活動

①地震活動

長崎県島原半島の雲仙・普賢岳は、1990年11月17日に198年ぶりに噴火活動を開始した。1991年5月20日には、山頂部での群発地震活動とともに地獄跡火口に溶岩ドームが出現し、以降1994年5月現在まで溶岩ドームの成長と溶岩の崩落に伴う火砕流の発生が続いている。

島原半島はまた、地震活動もたいへん活発な地域であり、被害地震の記録も多く残されている。1920年以降大きな被害を伴った地震としては、1922年12月8日の島原地震(M6.9, M6.5)があげられる(図II-3-1)。最近では1984年の島原半島西岸付近の地震(M5.7)がある。特に、半島西岸から橘湾(千々石湾とも呼ばれる)にかけては、しばしば群発地震活動がみられる(図II-3-2, 3)。

島原半島周辺の地震活動は、1986年以降やや低調な状態が続いたが、噴火約1年前の1989年11月から再び活発化し1990年11月の噴火に至った。図II-3-4に1989年11月～1992年10月の雲仙火山周辺の震源分布と地震の時空間分布を示す。1989年11月の群発地震(Mmax3.7)は島原半島西方の橘湾を震源域とし、活発な活動は約1ヶ月続いた。その後、島原半島西岸から半島内に地震活動の中心が移り、1990年7月には普賢岳直下で孤立型の火山性微動が初めて観測された。地震の震源の深さは、橘湾で10～15kmであり、普賢岳に向かって浅くなっている。したがって、噴火前約1年間で地震活動の中心は、西(橘湾)から東(普賢岳)へしだいに浅くなりながら移動したことになる(たとえば、Umakoshi et al., 1993)。

観測点の組み合わせを固定し、且つ初動の立ち上がりの明瞭な地震を選んで震源再決定を行った結果を図II-3-5に示す。橘湾の地震は円弧状に配列し、橘湾下に想定されるカルデラの縁に沿って発生したと考えられる。島原半島西部については、ほぼ東西方向に2～3列の地震の並びがみえる。地震列の東方延長は普賢岳山頂に至っている。東西断面図を見ると、震源が東に向かって浅くなる特徴は変らないが、震源域の深さの下限がシャープで直線的であることが明らかになった。噴火後の地殻変動から推定される圧力源(減圧中心)の位置もほぼ震源の下限付近にあり(たとえば、石原, 1993)、震源域の下に噴火をもたらしたマグマが存在する可能性が高い。これらの地震の発震機構はほとんどが正断層型または横ずれ断層型である。発震機構より求まる張力(T)軸はいずれもほぼ水平面内において南北方向が卓越しており、広域応力場と調和的である。一方、圧縮力(P)軸は鉛直成分と東西成分を有するものが多い。溶岩ドーム出現以前に活発であった半島内の地震に注目すると、P軸は普賢岳の西3～6km、深さ7～10kmのあたりを向いているようにみえる(図II-3-6)。この位置は、地殻変動から推定される溶岩ドーム出現以後の減圧中心の1つにほぼ一致する。

1990年11月の噴火開始以降の地震活動で注目されるのは、火山性微動の発生開始頃より活発化した島原半島西部の地震活動が、溶岩ドームが成長を始めた1991年6月になって急激に低下したことである(図II-3-4参照)。おそらく、溶岩の流出により、地殻内のマグマ余剰圧が低下したためと考えられる。一方、普賢岳山頂部の極浅所では、溶岩ドーム出現の直前から群発地震活動が始まった。この山頂部の地震活動は、第2溶岩ローブが順調に成長するようになるといっ

たん低下したが、その後の新ローブ出現時（溶岩湧き出し口の移動時）には再び活発化した。また、溶岩ドームが内成的に成長する場合にも、地震活動は活発化した。一連の地震群の波形は互いに相似であることが多く、多発時には発生間隔も揃ってくる傾向がある。これらの山頂地震はいずれも火口（溶岩ドーム）近傍で発生しており（図Ⅱ-3-7）、低周波（2～3 Hz）が卓越することが多い。P波初動分布のみで山頂地震の発震機構を特定することはできないが、初動の押し引きは混在している。溶岩ドーム近傍で実施した広帯域地震観測によると、初動付近の波形は正断層型のメカニズムで説明できることが示された。以上の特徴から、山頂地震は、湧き出し口近傍における溶岩の押し出しによるスティックスリップであると推定される。

②地殻変動と地殻構造

国土地理院の測地測量によると九州地方は南北伸張場にあり、その拡大軸は別府-島原地溝帯であると推定されている（多田, 1985）。島原半島中央部を東西に走る雲仙地溝は別府-島原地溝帯の中軸の一つであり、活発な地溝形成活動が続いている（図Ⅱ-3-8）。また最近では、雲仙火山の噴火活動にともなう島原半島において顕著な地殻変動が観測されている（図Ⅱ-3-9～14）。たとえば水準測量によると、溶岩ドーム出現以降は、溶岩の流出にともなう普賢岳西山腹を中心に地盤の沈降がみられる。これらの地殻上下変動から求められた減圧中心は雲仙火山の西山腹～西山麓の地下数km～10kmであり、同地域の震源分布の下限にほぼ一致する。地殻水平変動としては、溶岩ドーム出現の前後で普賢岳山頂部がマグマの貫入・上昇によって西方へ移動したことが確認されている。また、潮位変動観測によると、ゆるやかに隆起していた島原半島が溶岩ドーム出現頃を境に沈降に転じており、これも溶岩流出にともなう火山深部の圧力低下を反映していると考えられる。このように、島原半島の地殻変動は、テクトニックな変動（南北伸張場による地溝形成活動）と雲仙火山の噴火活動にともなう変動（マグマ活動）が重畳していると考えられる。

島原半島の地殻構造についても詳細な調査研究がなされ、雲仙火山や群発地震の成因に関連すると思われるいくつかの特徴が明らかになってきた。図Ⅱ-3-15は Ohmi and Lees (1994) によるP波速度構造のインバージョン結果である。島原半島を北西-南東に横断する形で低速度域があり、低速度域は北西で浅く南東で深い。雲仙火山もこの低速度域の上部に位置する。海上保安庁水路部の資料によると、島原半島周辺の海域では地溝構造が認められるほか、橘湾にはカルデラの存在を示唆する負の重力異常がある（図Ⅱ-3-16）。また、磁気異常分布と見かけ比抵抗分布からは、島原半島中央部の雲仙地溝内部に南北方向の構造境界が存在すると推定されるなど（図Ⅱ-3-17～19）、島原半島およびその周辺海域の複雑な地殻構造の詳細が明らかになりつつある。

[清水 洋]

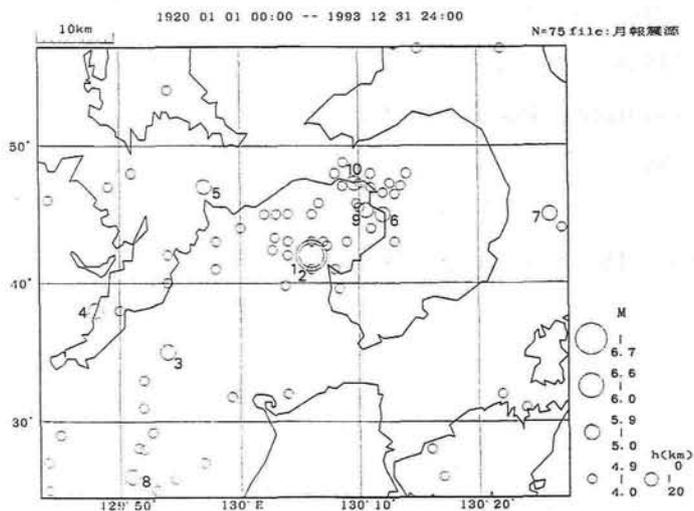
参 考 文 献

注：代表的かつ個人的な論文のみ掲載。予知連会報等は引用文献に含めていない。

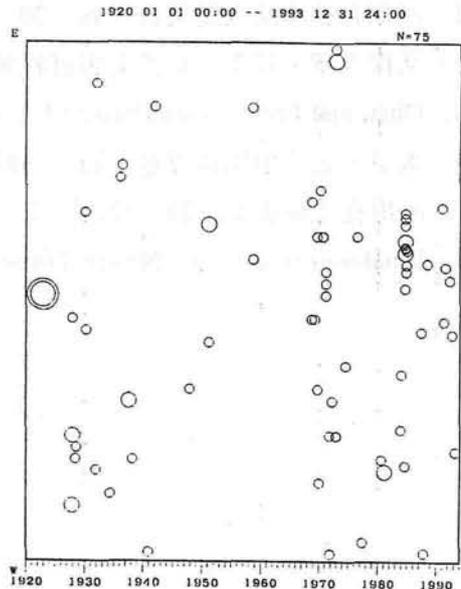
ただし、図の説明文には出典（機関名等）を明記した。

- 1) 石原和弘：京大防災研年報，36（1993），219-230.
- 2) 久保寺章・ほか：自然災害資料解析，3（1976），45-53.
- 3) Ohmi and Lees：submitted to J. Volcanol. Geotherm. Res.，（1994）.
- 4) 太田一也：地団研専報，33（1987），71-85.
- 5) 多田堯：地震2，38（1985），1-12.
- 6) Umakoshi et al.：J. Natural Disaster Science，15（1993），63-77.

(a)

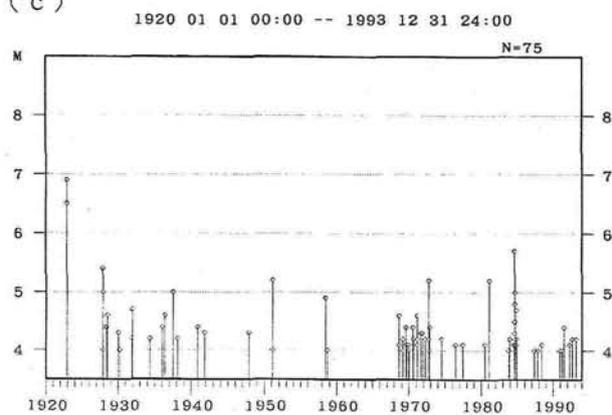


(b)

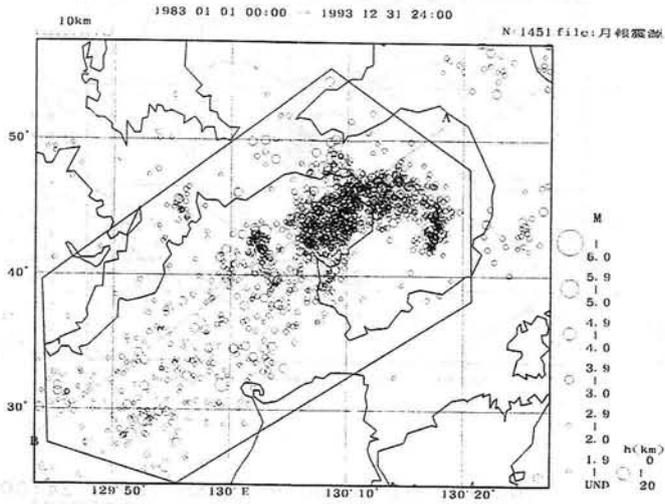


番号	年	月	日	時分	緯度	経度	深さ	M	震央地名
1	1922	12	08	01:50	32° N42.0'	130° E 6.0'	10	6.9	雲仙岳付近
2	1922	12	08	11:02	32° N42.0'	130° E 6.0'	10	6.5	雲仙岳付近
3	1927	12	04	12:53	32° N35.0'	129° E54.0'	0	5.0	天草諸島西方沖
4	1927	12	04	21:18	32° N38.0'	129° E48.0'	0	5.4	雲仙岳付近
5	1937	07	09	13:08	32° N47.0'	129° E57.0'	0	5.0	長崎県
6	1951	02	15	16:11	32° N45.0'	130° E12.0'	0	5.2	雲仙岳付近
7	1972	09	06	20:42	32° N45.0'	130° E26.0'	10	5.2	熊本県北西部
8	1981	01	30	06:19	32° N26.0'	129° E51.0'	0	5.2	天草諸島西方沖
9	1984	08	06	17:30	32° N45.3'	130° E10.6'	7	5.7	雲仙岳付近
10	1984	08	06	17:38	32° N47.3'	130° E 9.6'	11	5.0	雲仙岳付近

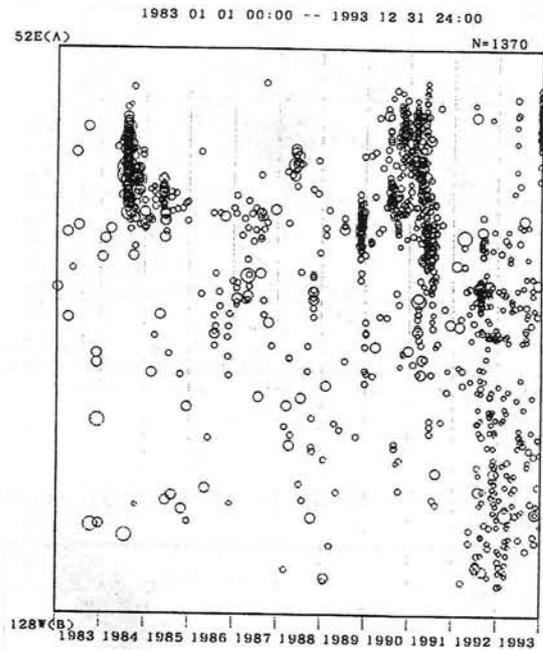
(c)



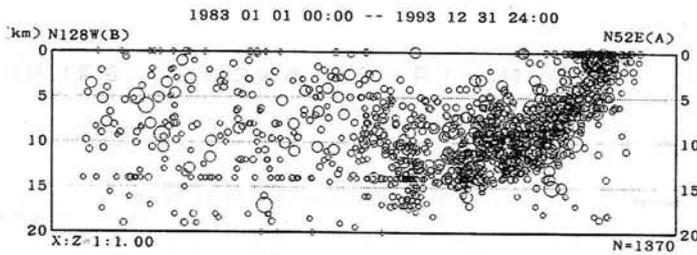
図Ⅱ-3-1 1920年以降の M 4 以上の地震活動と M 5 以上の地震の表 (気象庁による)
 (a)震央分布図, (b)時空間分布図, (c)M-T図。



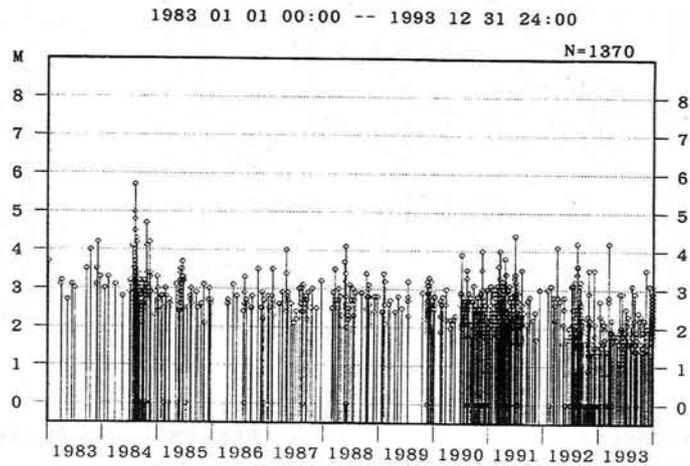
(A)



(B)



(C)



(D)

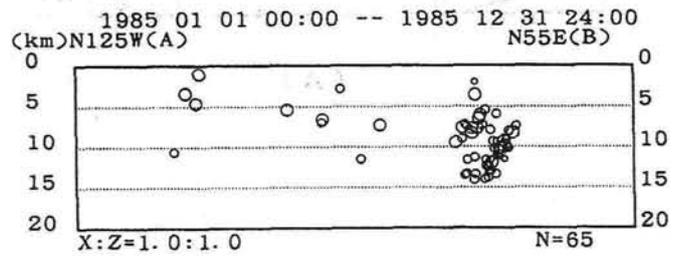
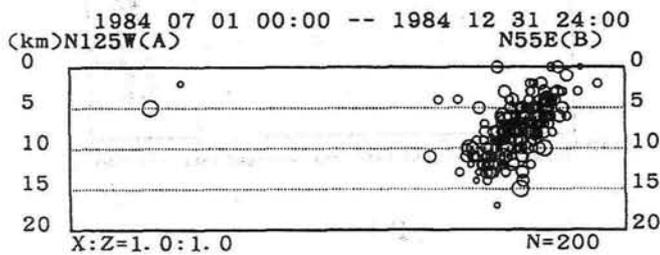
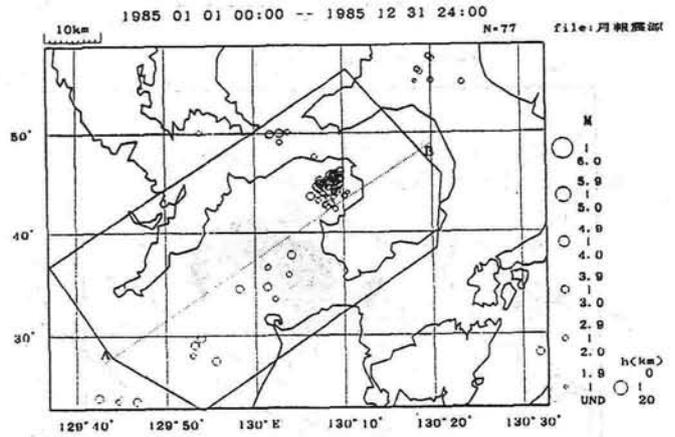
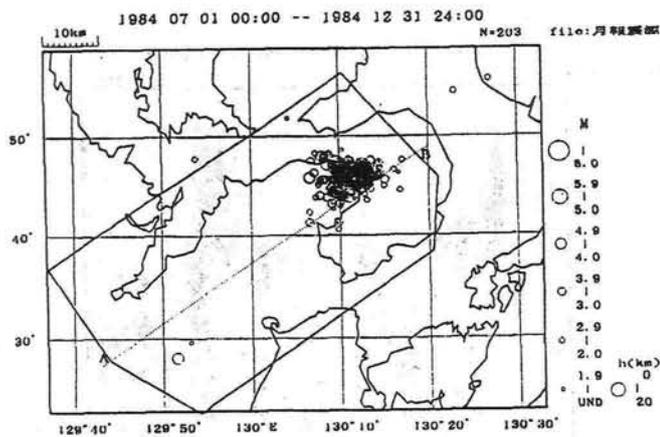
図 II - 3 - 2 1983年以降の島原半島・橘湾の地震活動 (気象庁による)

(A) 震央分布図

(B) 時空間分布図

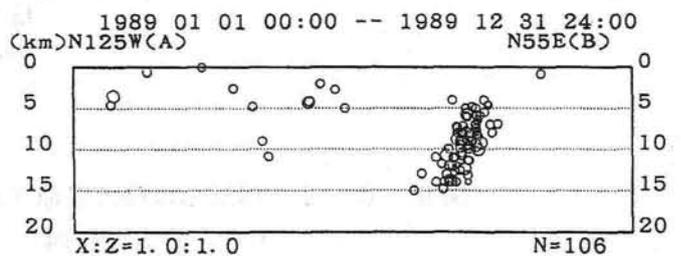
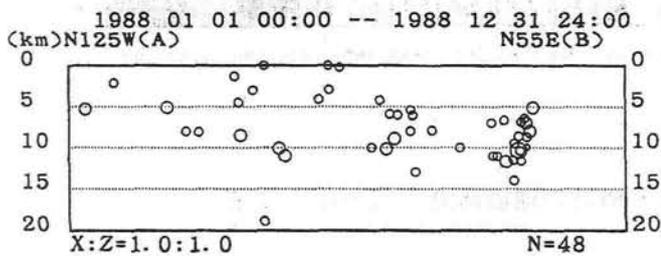
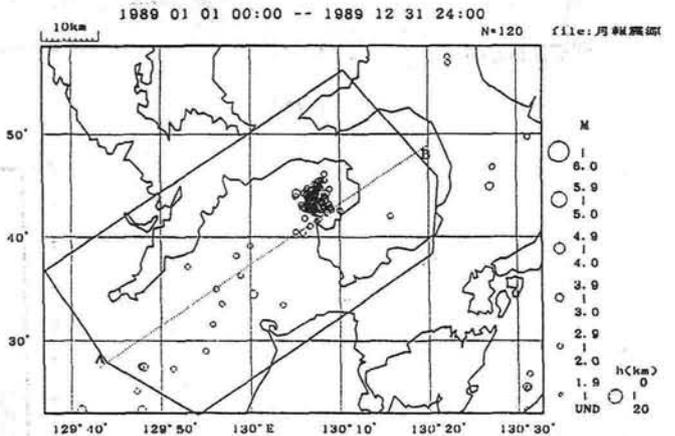
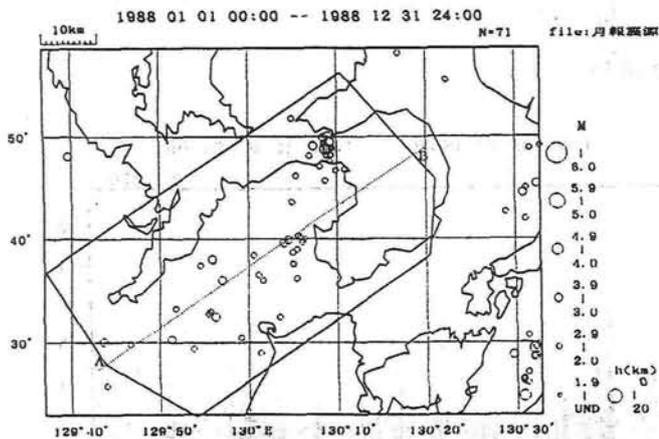
(C) 断面図 (北東-南西方向)

(D) M - T 図



① 1984年7月～12月 最大のM=5.7 (8月6日)

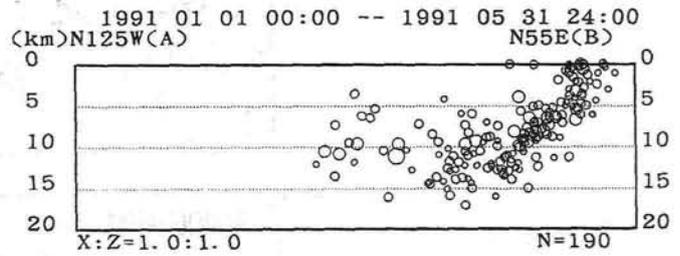
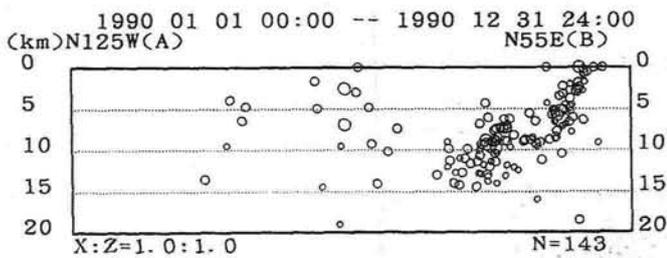
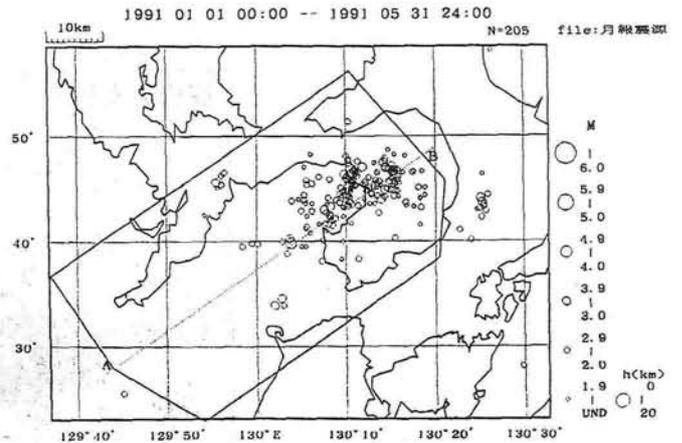
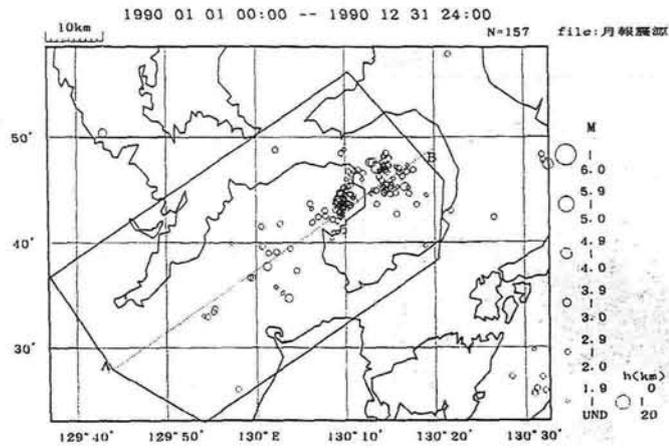
② 1985年1月～12月 最大のM=3.7 (6月17日)



③ 1988年1月～12月 最大のM=4.1 (5月26日)

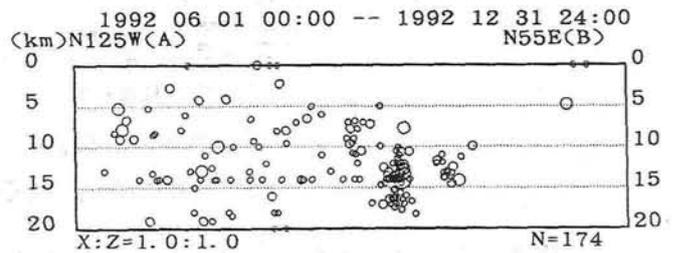
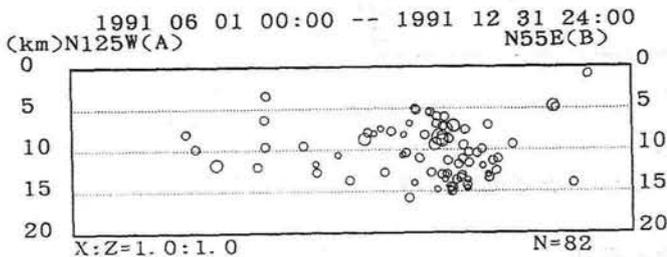
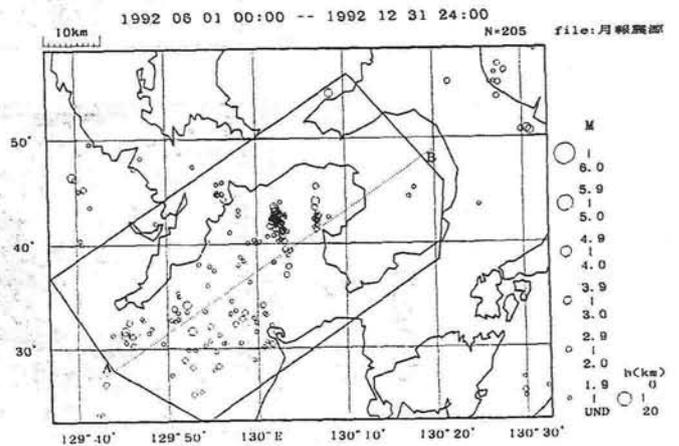
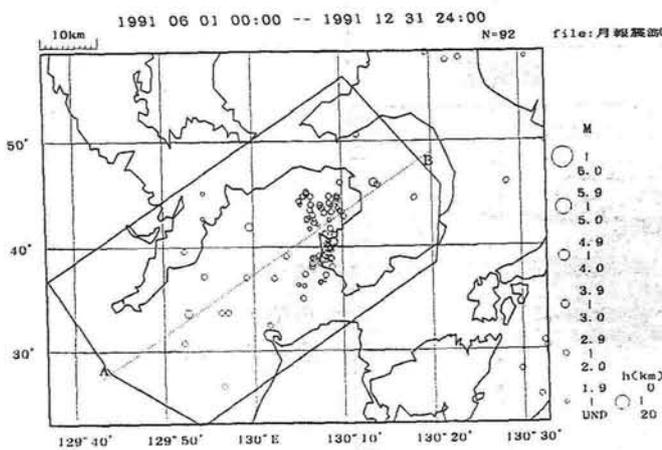
④ 1989年1月～12月 最大のM=3.3 (11月30日)

図Ⅱ-3-3 1983年以降の主な地震活動(1~8) (気象庁による)



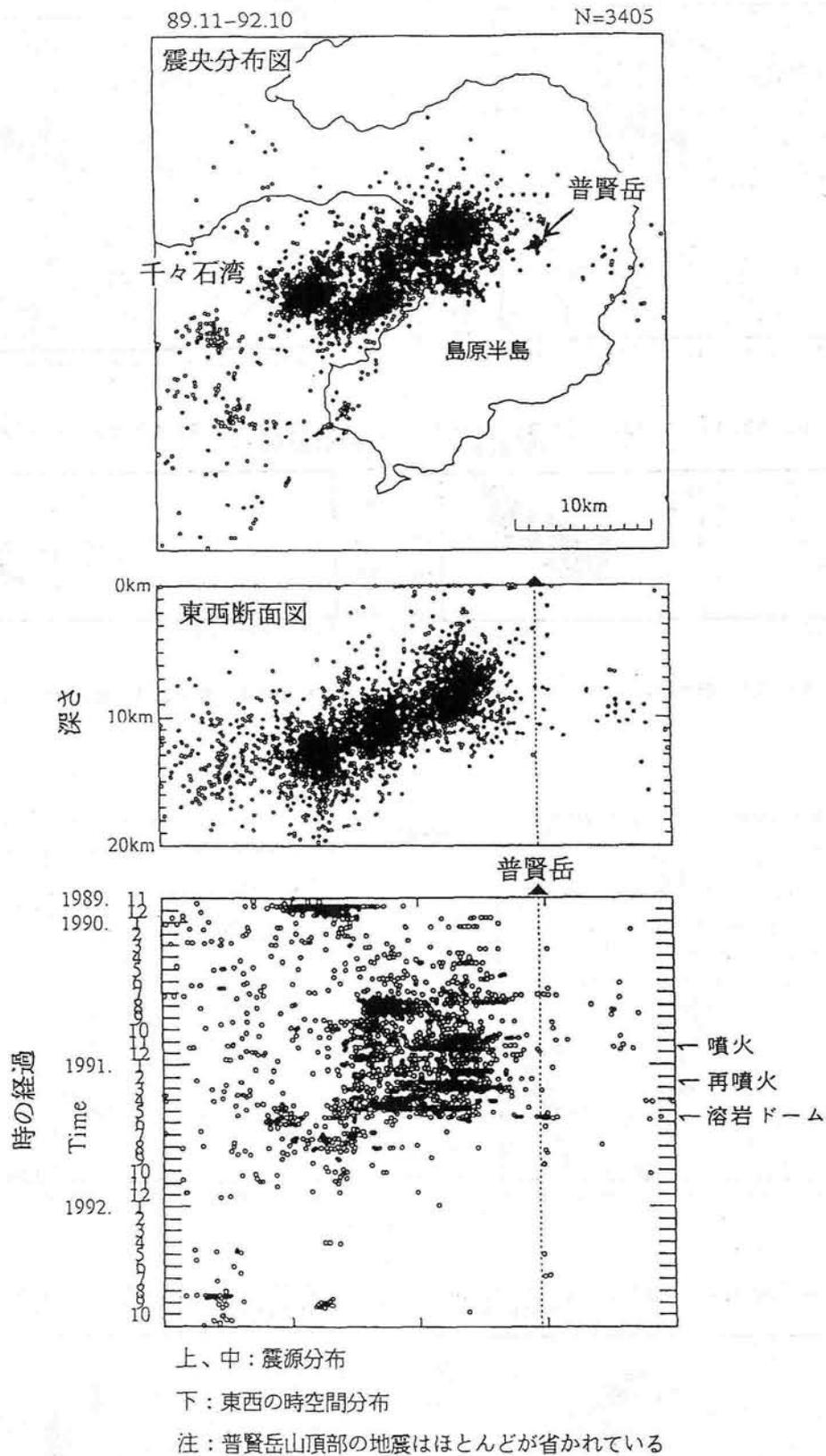
㊦ 1990年1月～12月 最大のM=4.0 (11月20日)

㊧ 1991年1月～5月 最大のM=4.0 (3月17日)



㊨ 1991年6月～12月 最大のM=4.4 (6月27日)

㊩ 1992年6月～12月 最大のM=4.2 (8月13日)

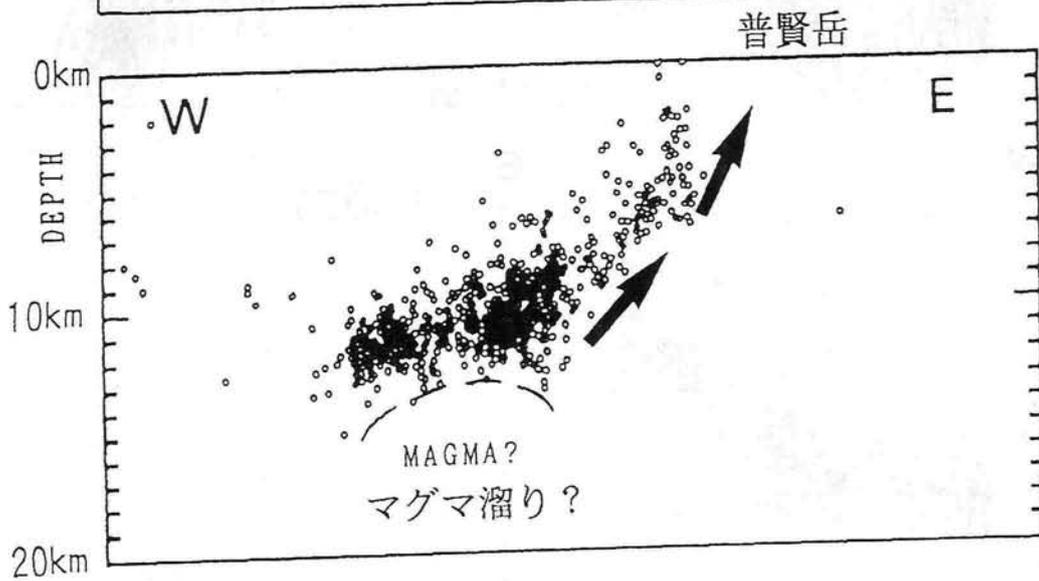
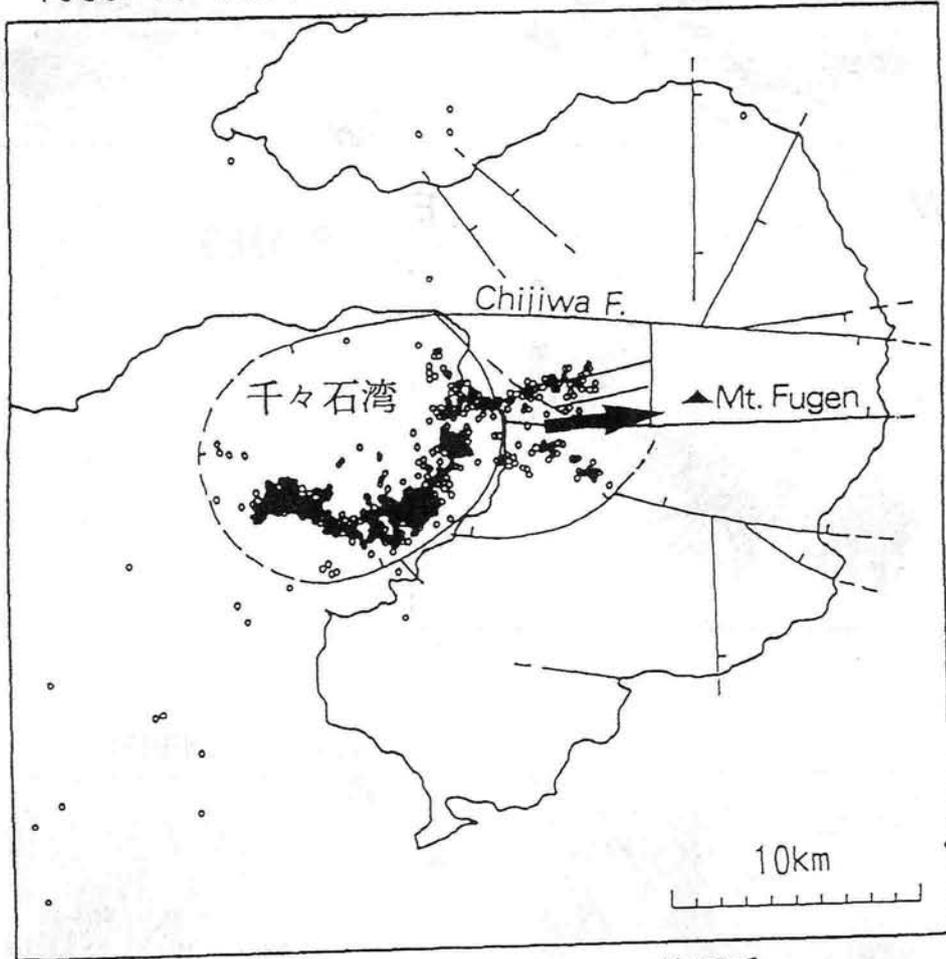


図Ⅱ-3-4 雲仙火山噴火前後の地震活動の推移

噴火約1年前から、震源域は橘湾（千々石湾）から普賢岳へ向かって移動し、しだいに浅くなった。溶岩ドーム出現後、島原半島内の地震活動は急激に低下した（九州大学理学部による）。

1989. 11-1991. 5

N=804



図Ⅱ-3-5 溶岩ドーム出現以前の震源分布
推定されるマグマ上昇経路を矢印で示す(九州大学理学部による)。

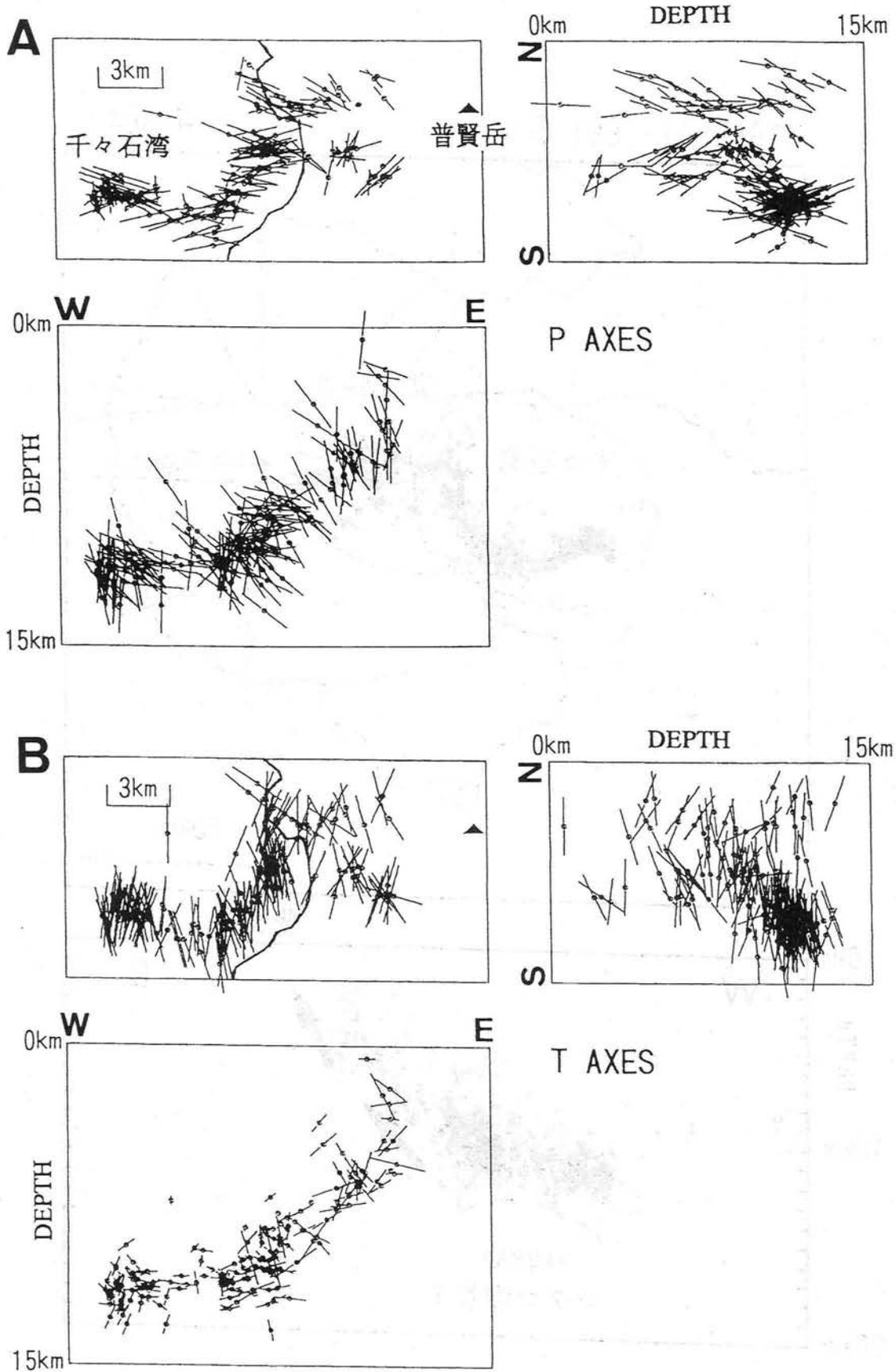


図 II - 3 - 6 発震機構解の P・T 軸分布 (九州大学理学部による)

(A) P 軸分布

(B) T 軸分布

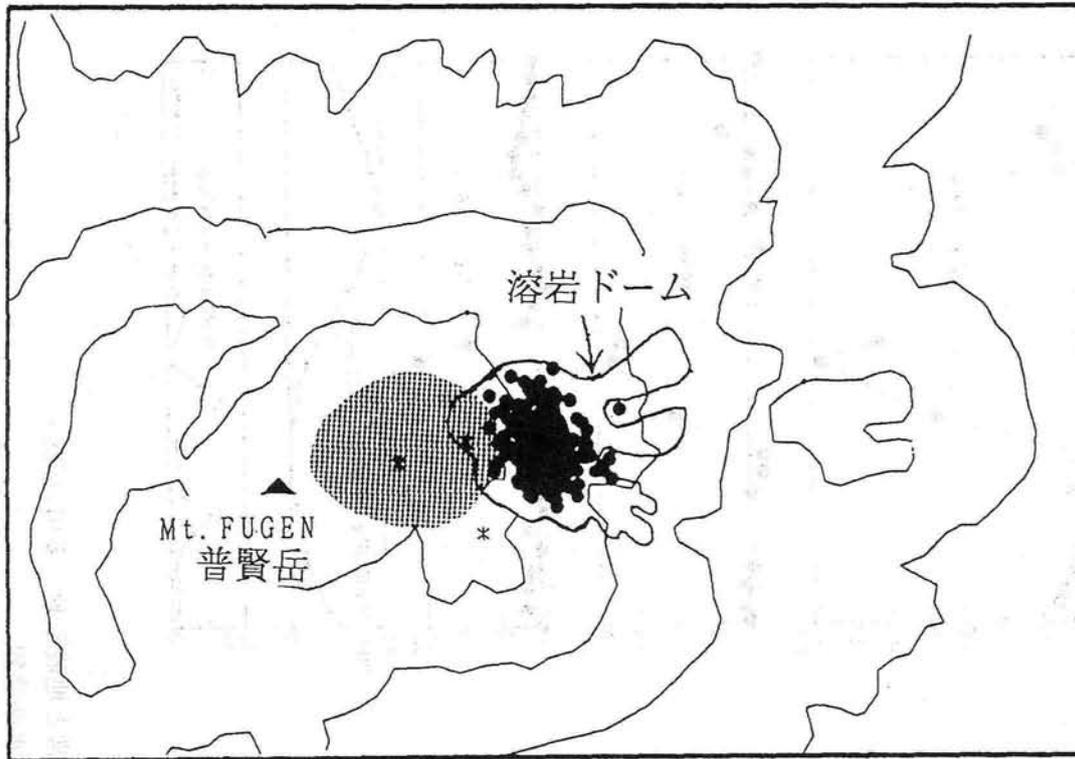
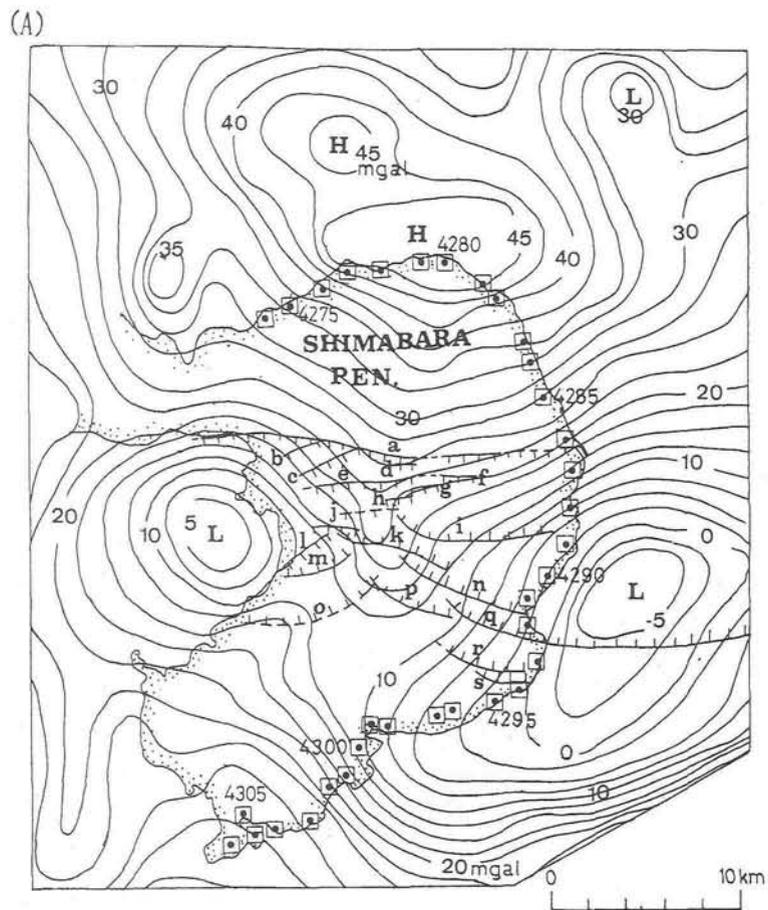


図 II - 3 - 7 普賢岳山頂部の震源分布

孤立型微動の主な活動期間は、溶岩ドーム出現以前。

低周波地震の主な活動期間は、溶岩ドーム出現以後。

(九州大学理学部による)



- | | |
|---------------------|------------------|
| a:CHIJIWA FAULT | o:KANAHAMA FAULT |
| p:TAKAIWAYAMA FAULT | q:FUTSU FAULT |
| r:YANAGIHARA FAULT | s:OOZONO FAULT |

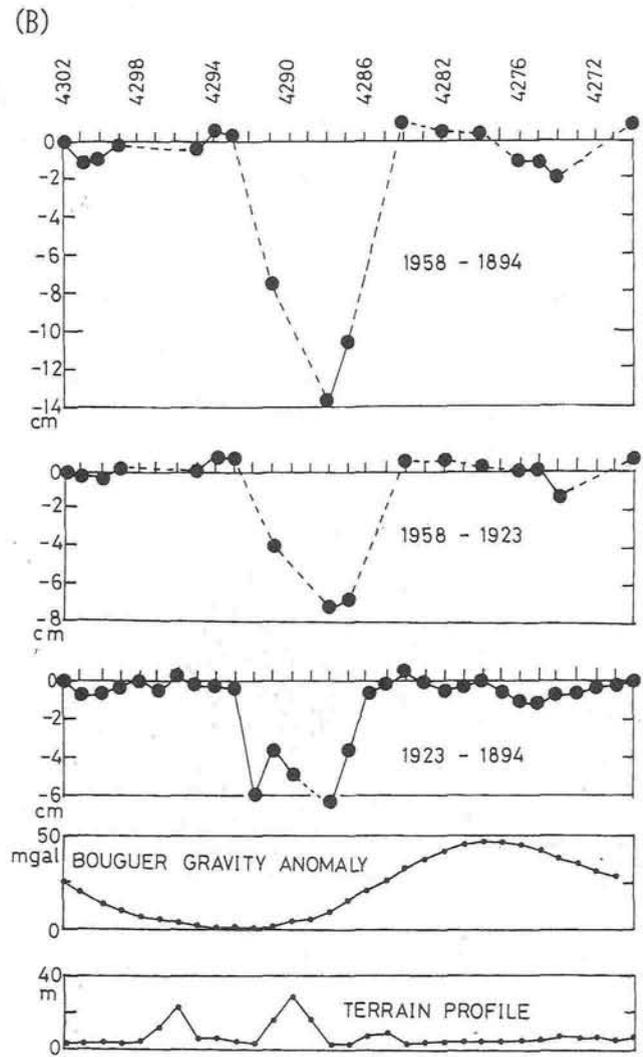
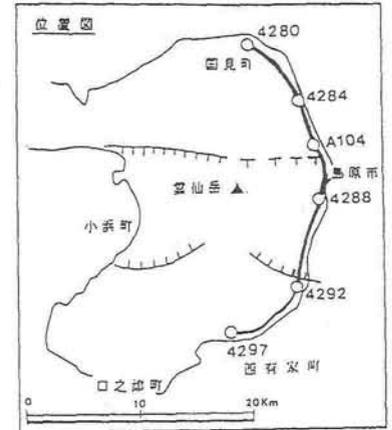
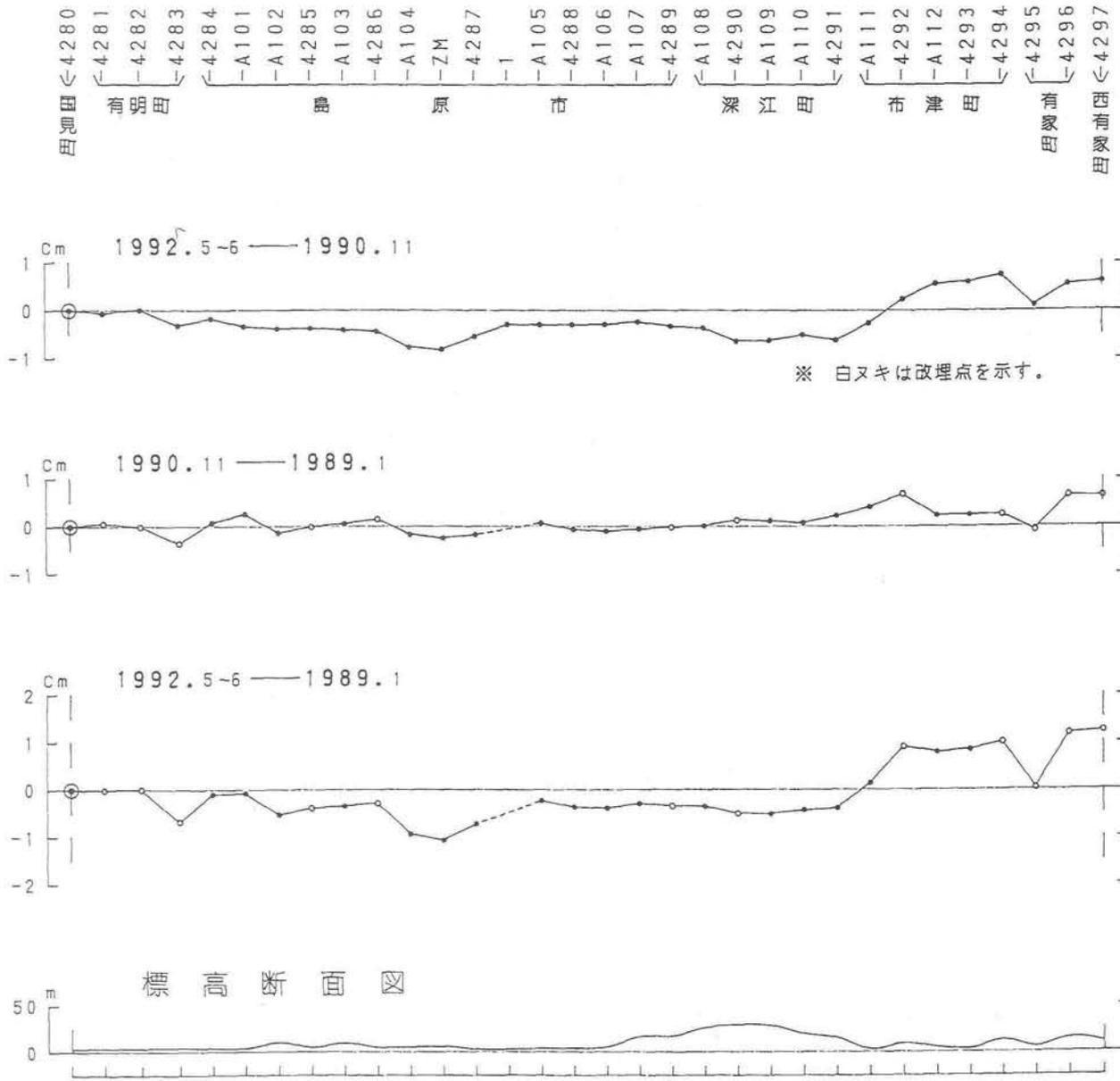


図 II - 3 - 8 島原半島のブーゲー異常と地殻変動 (多田, 1985)

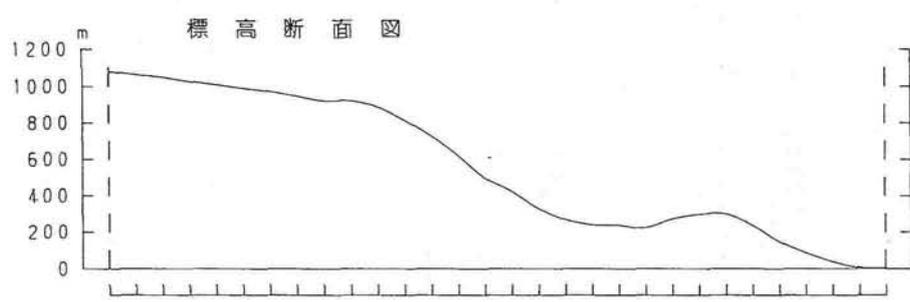
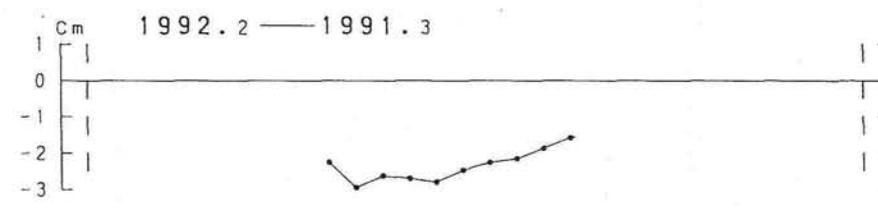
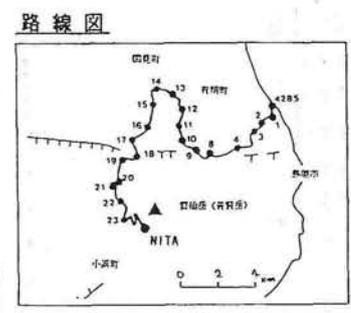
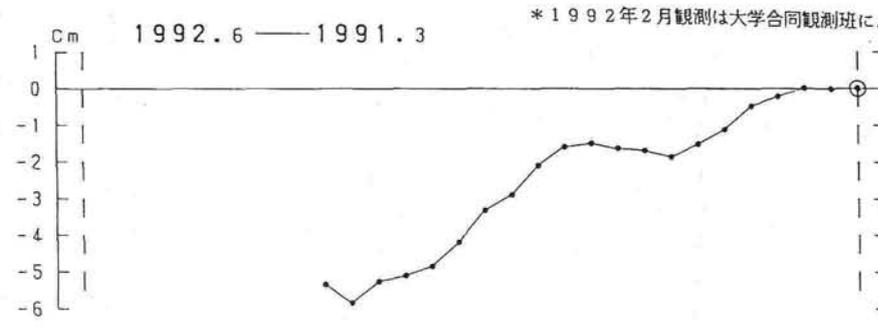
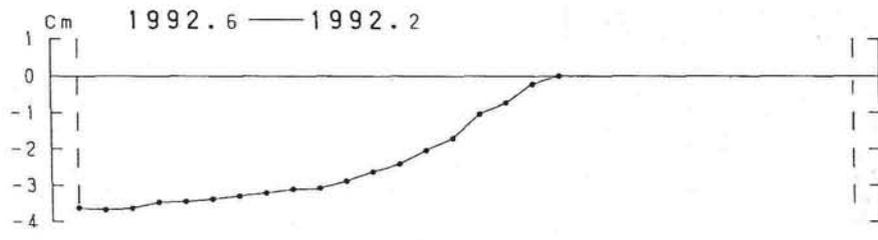
(A) ブーゲー異常, 活断層分布と水準路線
 ブーゲー異常図は久保寺・ほか (1976) による。
 (B) 地殻上下変動 (1894年~1958年)



図II-3-9 島原半島東岸の地殻上下変動（国土地理院による）

NITA
 N.4
 N.5
 N.6
 N.7
 N.8
 N.9
 N.10
 N.11
 NO.23
 NO.22
 NO.21
 NO.20
 NO.19
 NO.18
 NO.17
 NO.16
 NO.15
 NO.14
 NO.13
 NO.12
 NO.11
 NO.10
 NO.9
 NO.8
 NO.4
 NO.3
 NO.2
 NO.1
 4285

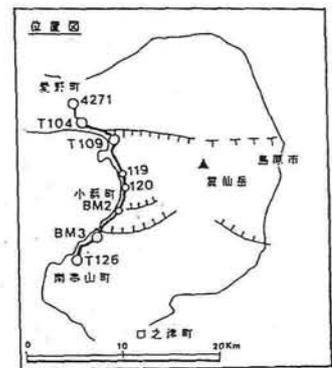
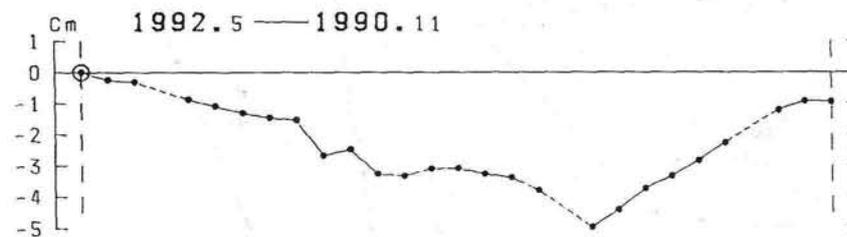
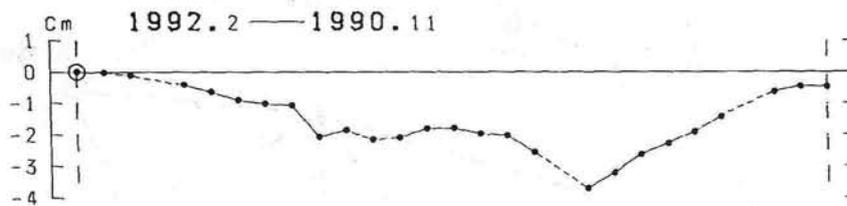
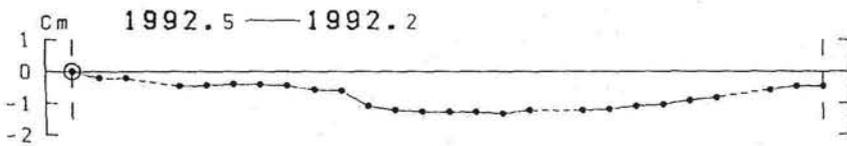
小浜町 国見町 有明町 島原市



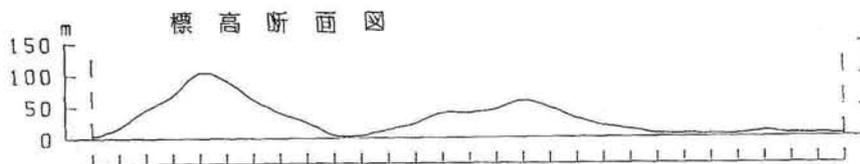
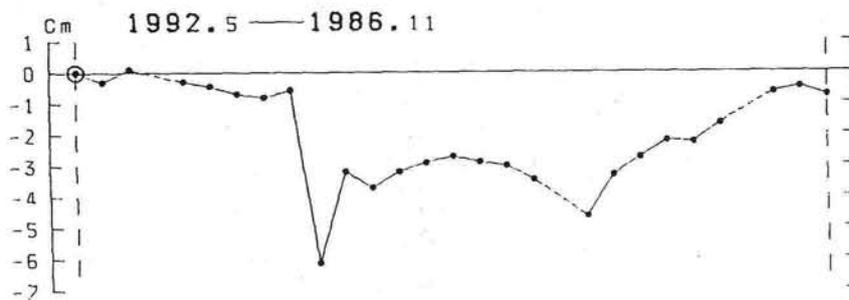
図Ⅱ-3-10 雲仙火山山腹の地殻上下変動 (国土地理院による)

4271
 T101
 T102
 T103
 T104
 T105
 T106
 T107
 T108
 T109
 T110
 T111
 T112
 T113
 T114
 T115
 T116
 T117
 T118
 T119
 T120
 T121
 BM2
 T122
 T123
 BM3
 T124
 T125
 T126

愛野町 千々石町 小浜町 南串山町



※ 1986年11月観測は京都大学校島・九州大学島原観測所による。
 1992年2月観測は大学合同観測班による。



図Ⅱ-3-11 島原半島西岸の地殻上下変動 (国土地理院による)

1992.09 — 1990.11

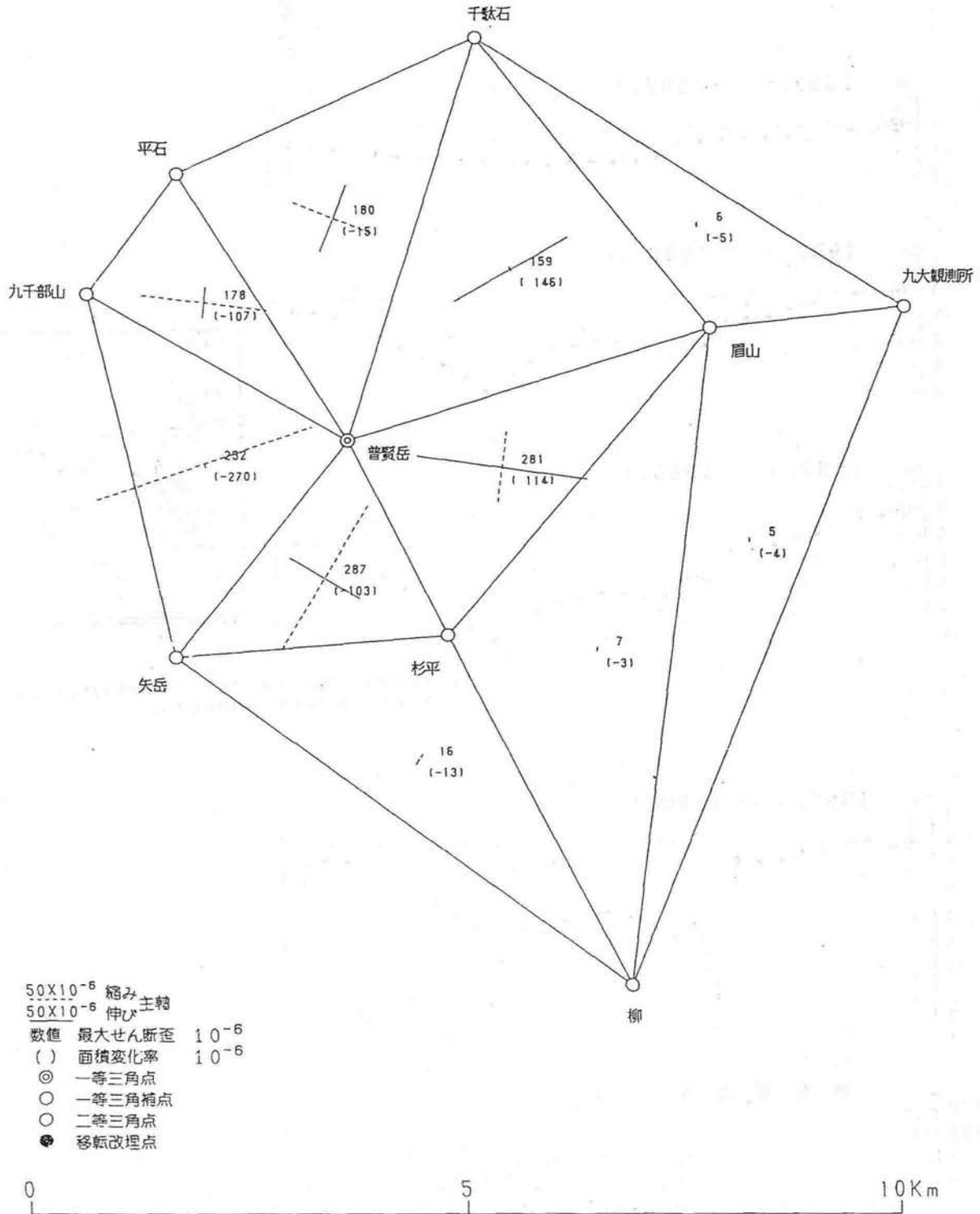
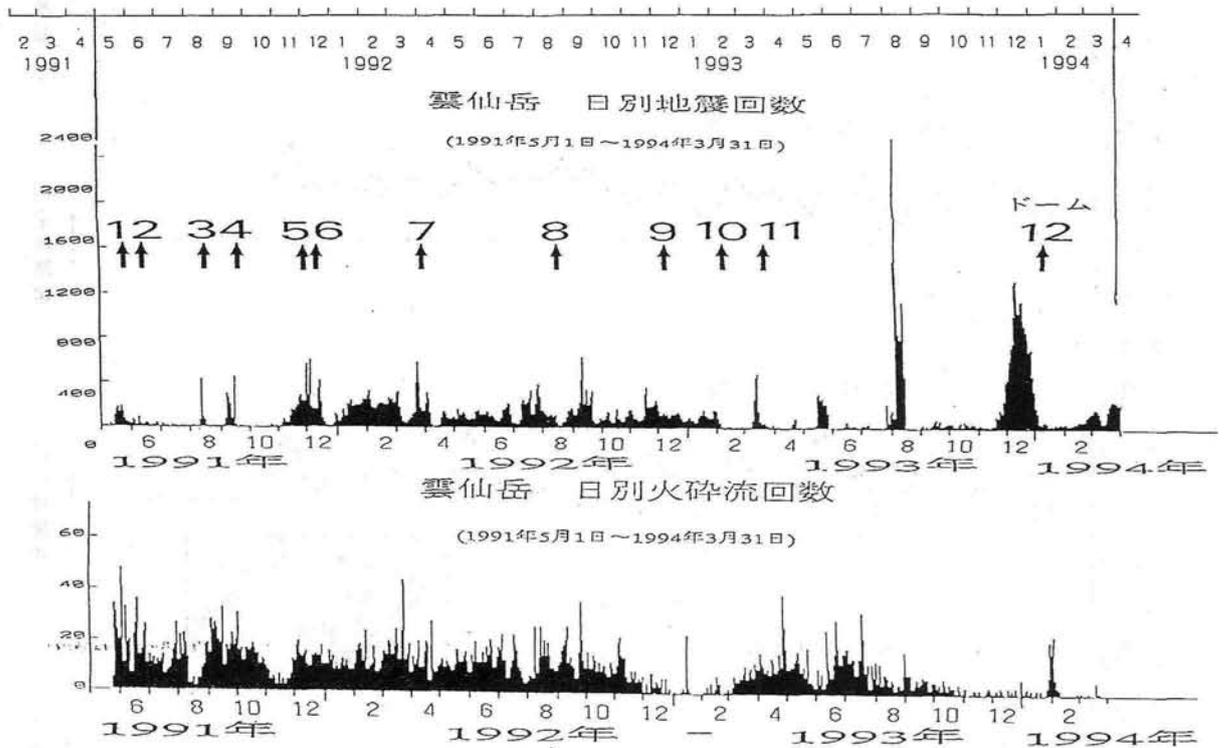
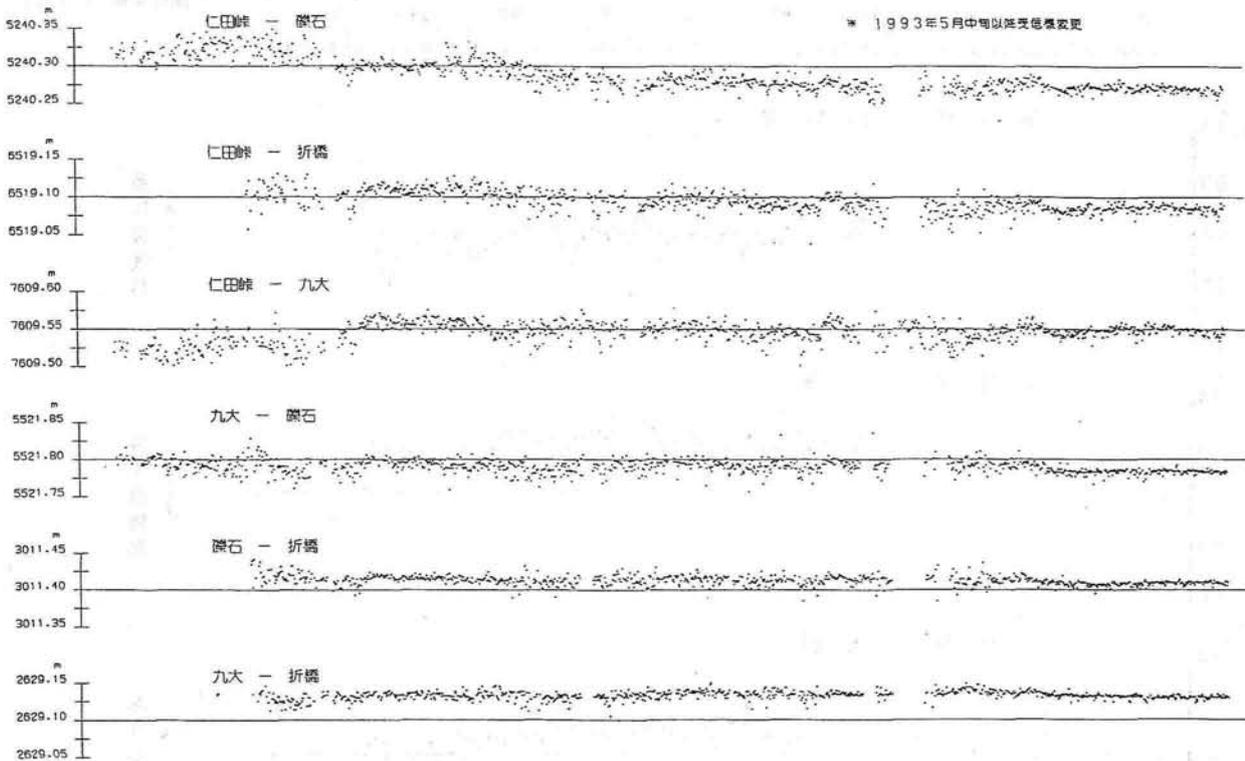


図 II - 3 - 12 雲仙火山の地殻水平歪 (1990年11月~1992年9月) (国土地理院による)



図Ⅱ-3-13 GPS観測による辺長変化(国土地理院による)
下段は、気象庁による地震および火砕流の発生回数。

沿岸昇降検知センター
「潮位年報」による。

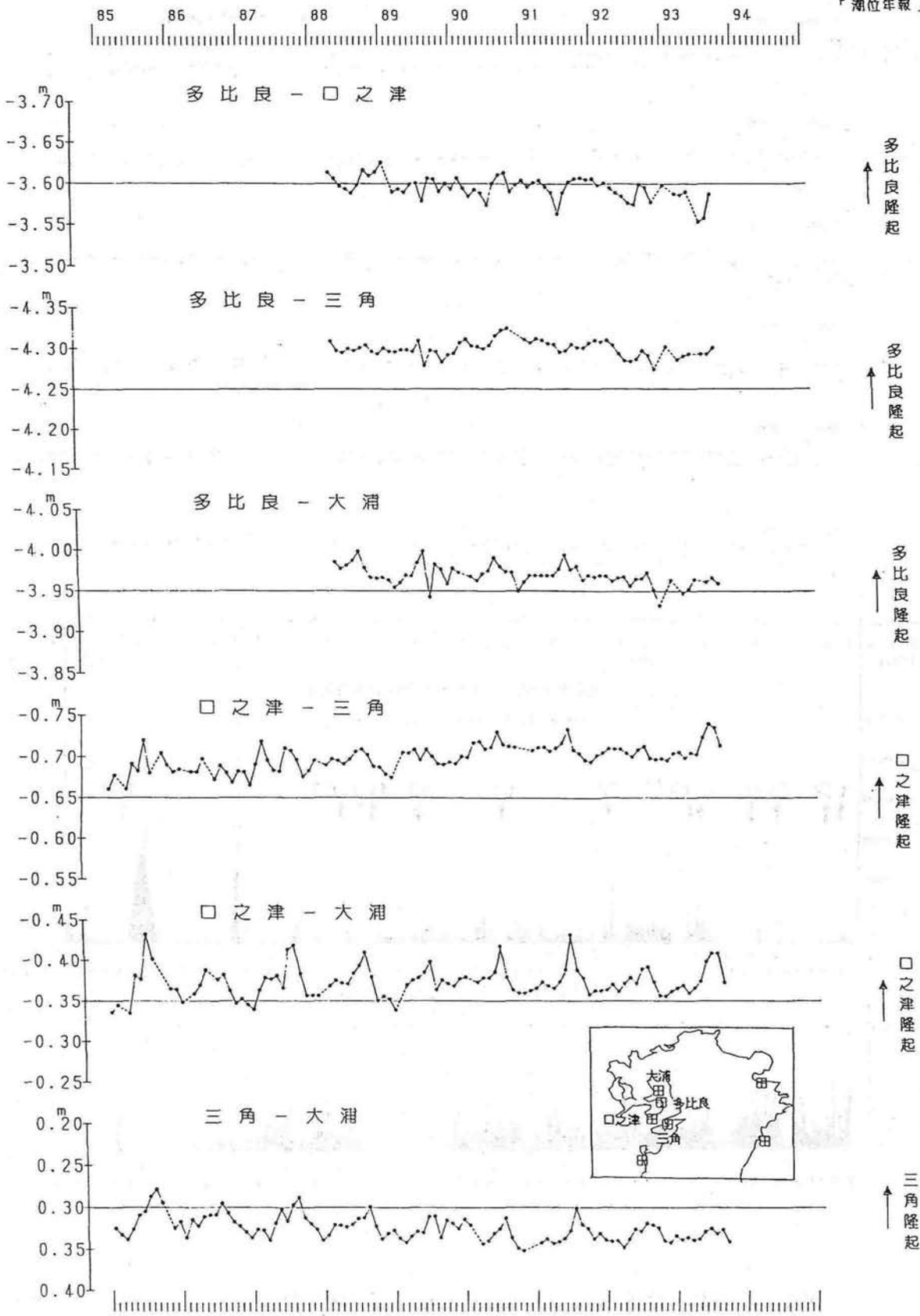


図 II - 3 - 14 島原半島周辺の潮位変動 (国土地理院による)

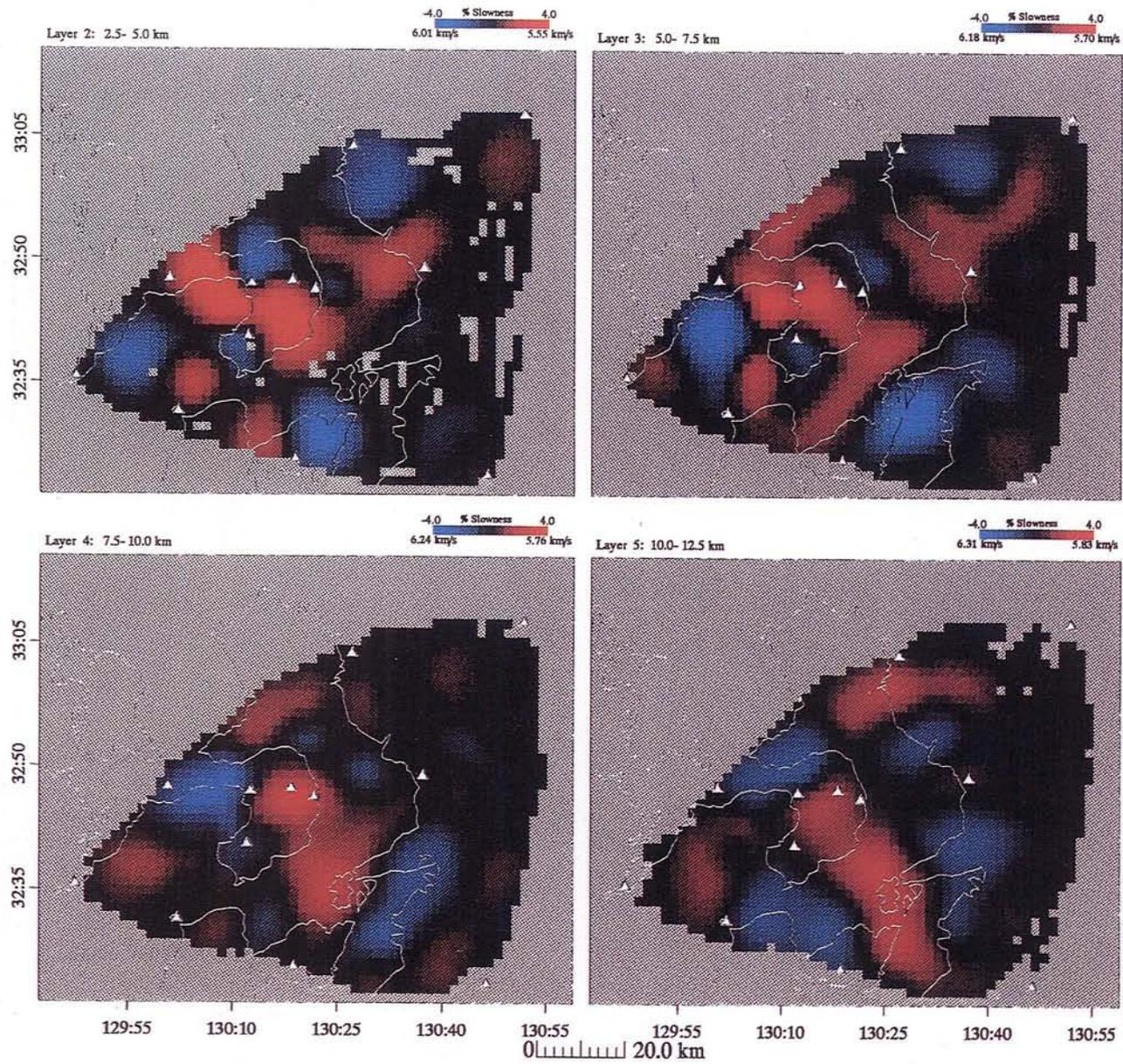
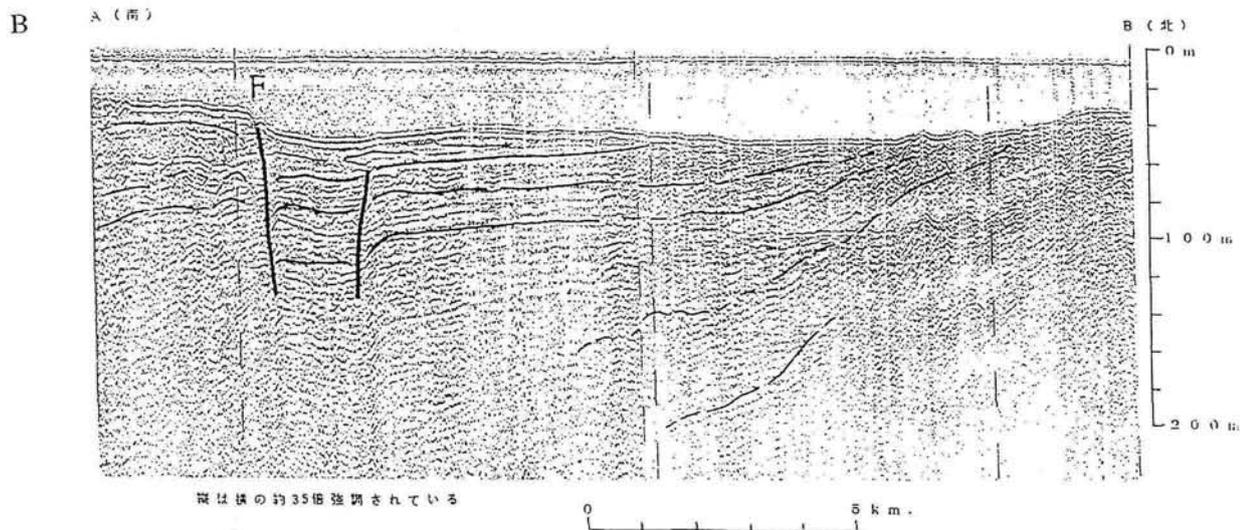
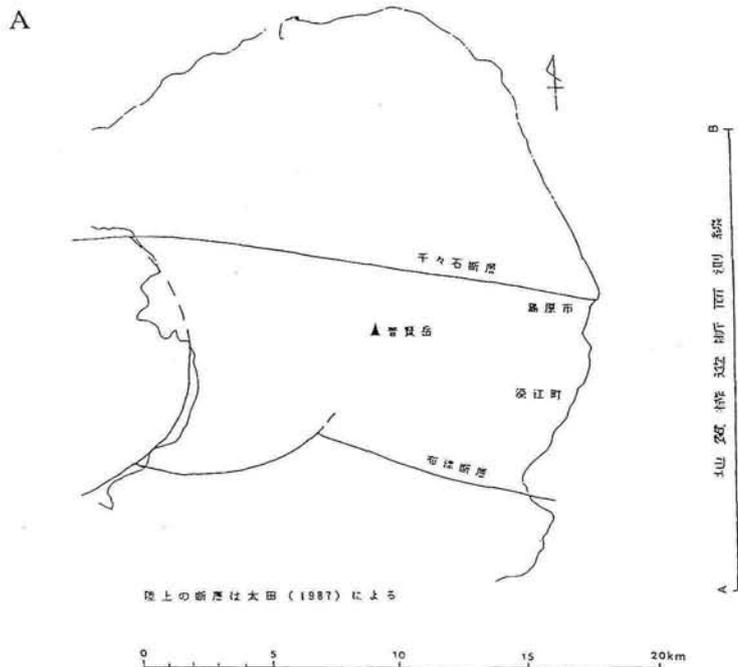
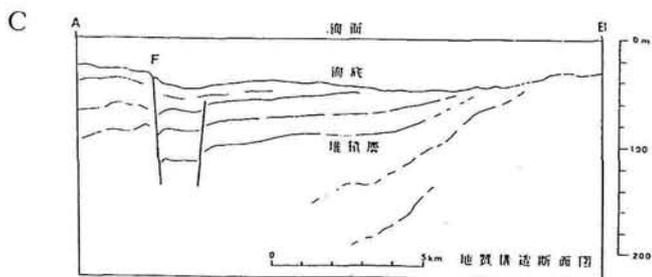


図 II - 3 - 15 島原半島周辺の速度構造インバージョンの結果 (Ohmi and Lees, 1994)

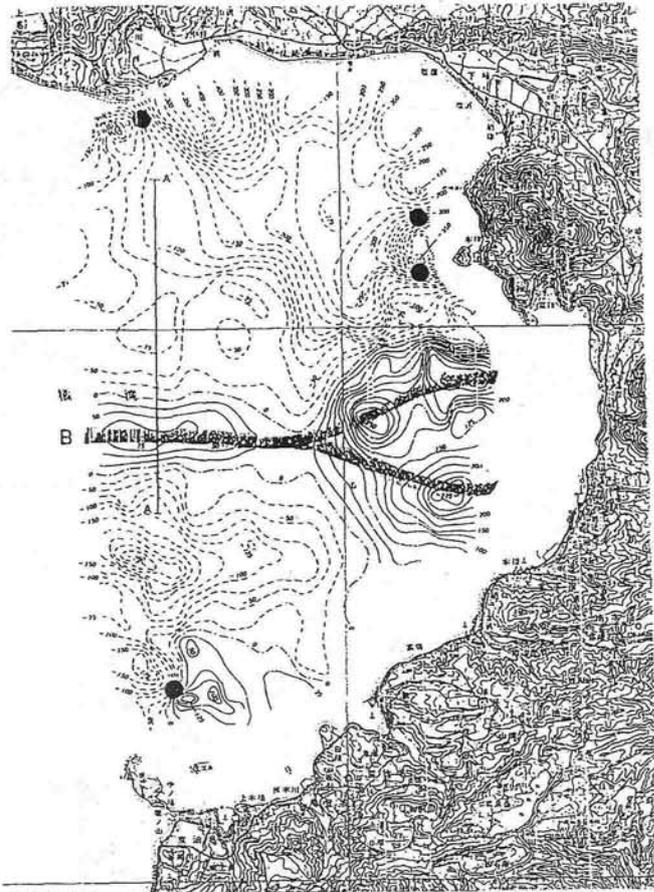


- A : 島原湾の地下構造調査測線,
A-B : 音波探査測線, 陸上の断層は太田(1987)による。
- B : 島原湾のスピーカーによる音波探査記録, v. e. = 35
- C : Bの解釈図, 島原湾の堆積層は南に向かって厚さを増し, 布津断層の海域延長部(F)断層が認められた。



図Ⅱ-3-16 島原湾および橘湾の海底地殻構造 (海上保安庁水路部による)

D



D : 橘湾の地磁気全磁力異常図
等値線は25nT 間隔, 実線
は正, 破線は負の領域。橘
湾の地磁気異常は非常に複
雑であり, 橘湾下に火成岩
体の貫入が考えられる。

E : 橘湾のフリーエア重力異常
図等値線は2mgal 間隔, 実
線は正, 破線は負の領域。

F, G : A - A' および B -
B' のフリーエア重力異常
断面と海底地形断面
橘湾の断層分布図橘湾には
中央部が-5mgal の極値を
もつ楕円形の負異常が認め
られ, 橘湾のカルデラの存
在を支持するものと考えら
れる。

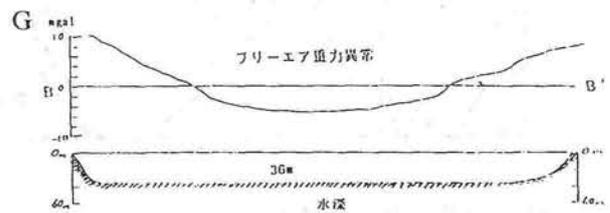
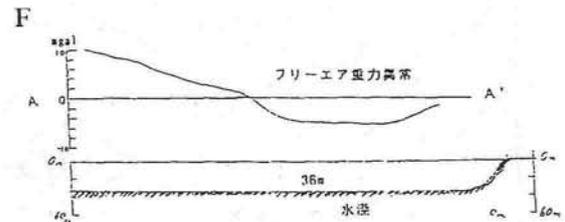
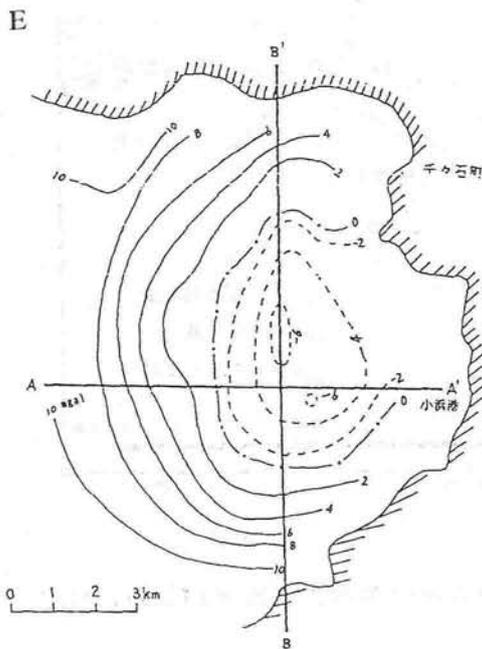
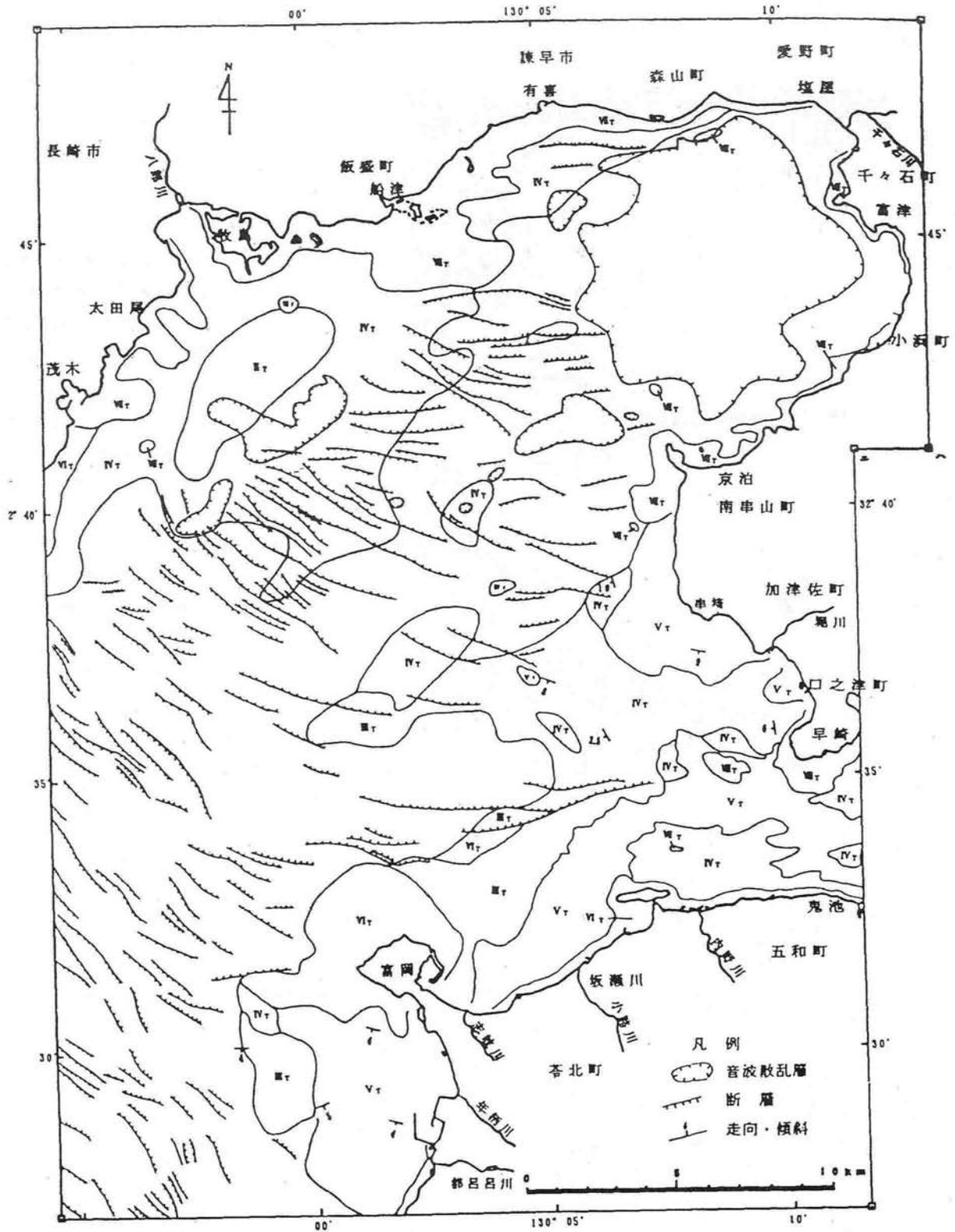


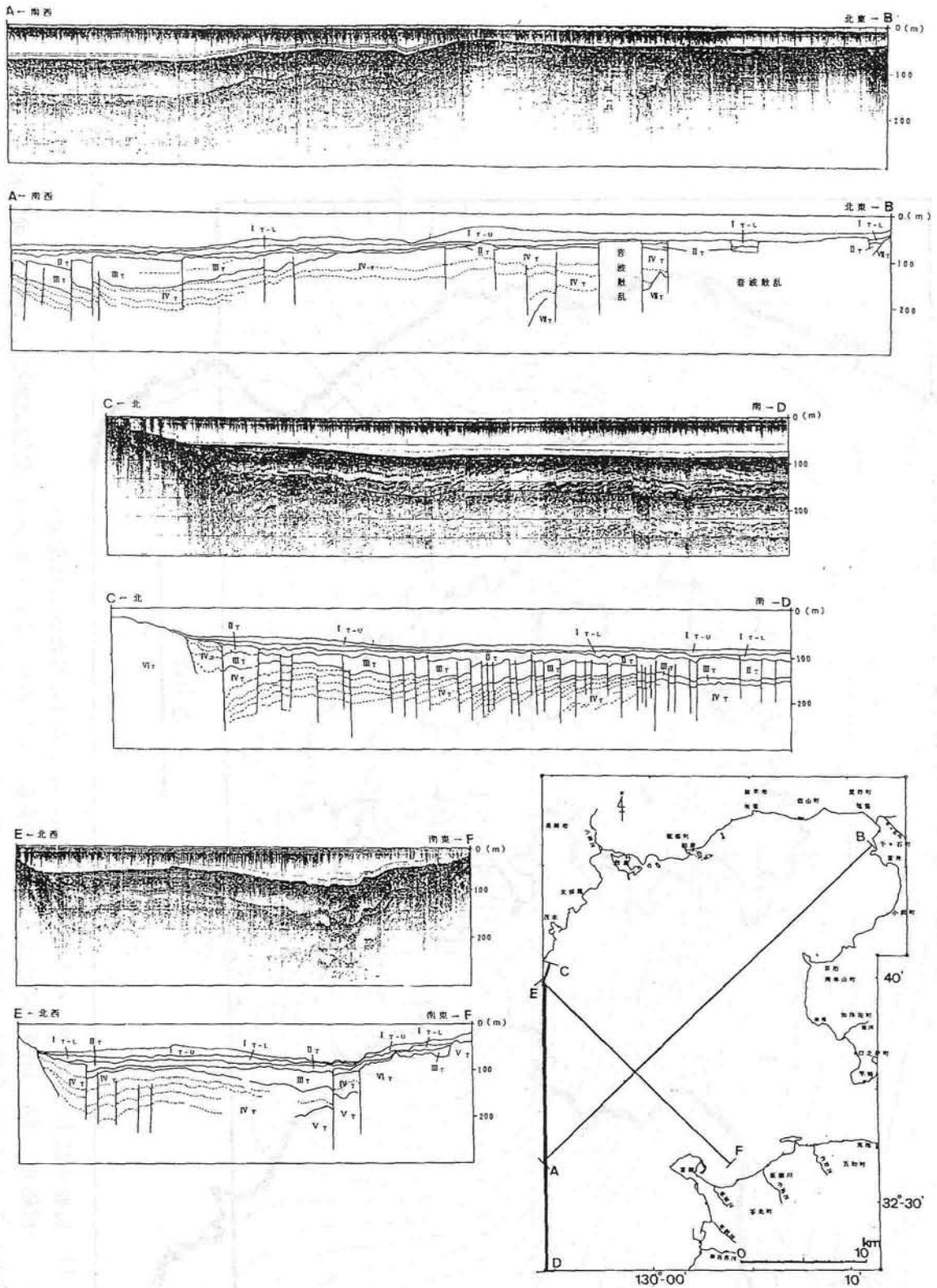
図 II - 3 - 16 つづき



H : 橘湾の断層分布図

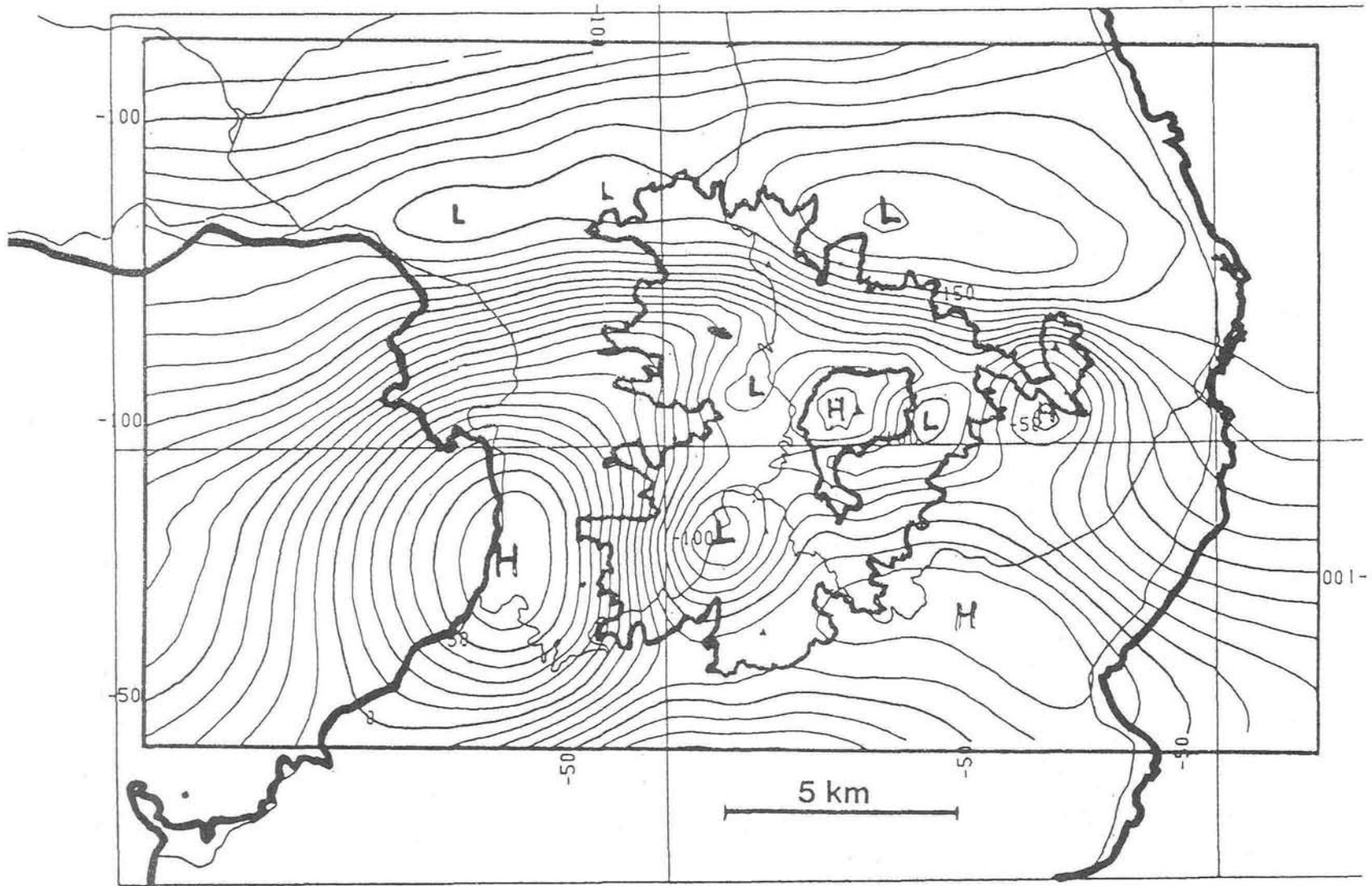
橘湾の南西沖海域には、東西から北西-南東の走向の多数の正断層が認められた。

図 II - 3 - 16 つづき

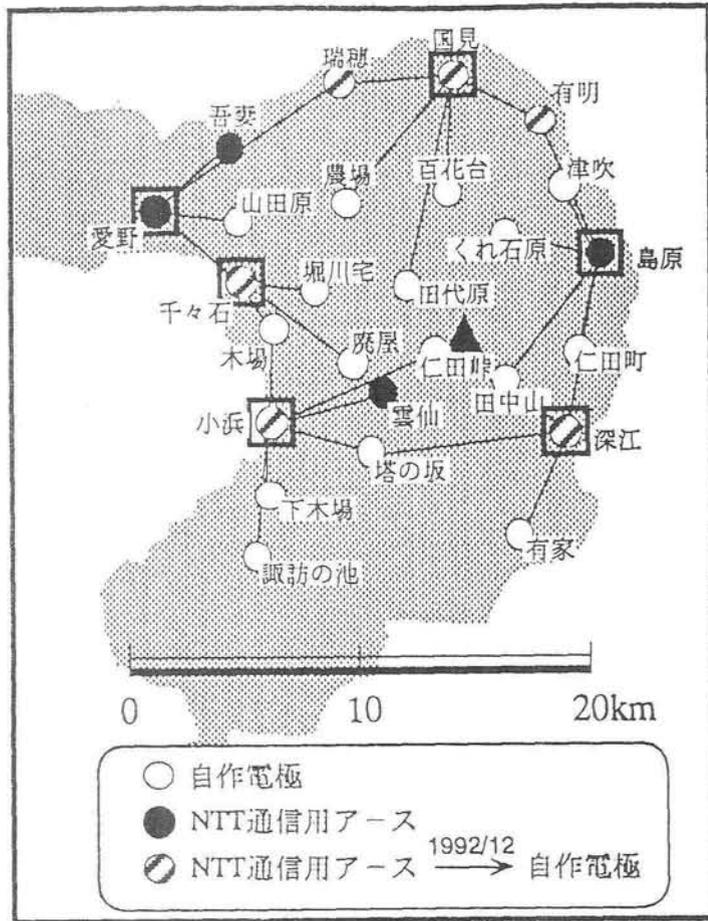


I : 橘湾のウォーターガンによる音波探査記録とその解釈図
多くの正断層が認められる。

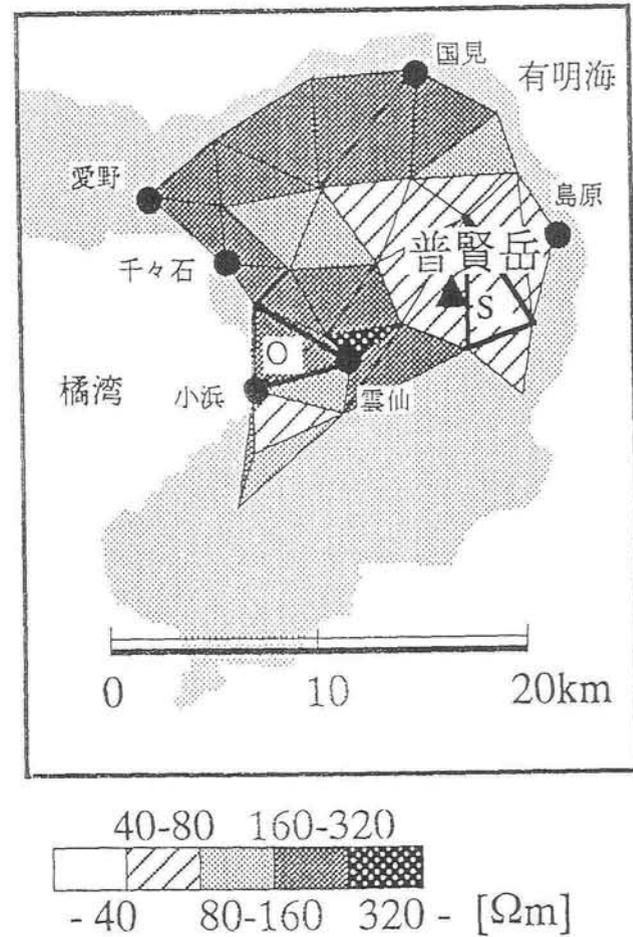
図 II - 3 - 16 つづき



図Ⅱ-3-17 島原半島上空7500フィートでの空中磁気探査から得られた磁気異常分布
ただし、一様磁化(2.9A/m)モデルによる地形効果を除去してある。この分布から、島原地溝帯には磁化の強い岩石が分布していること、島原半島中央部に(雲仙温泉付近の経度を中心として)南北方向の構造境界が存在するらしいことがみてとれる(中塚 正による)。



図Ⅱ-3-18 島原半島におけるネットワークMTの測点分布
 ネットワークMTにおいては、NTT通信回線を利用して長基線地電位差を測定し、磁場参照データ（今の場合は気象庁鹿屋地磁気観測所のデータ）と組み合わせて見かけ比抵抗を算出する。電極としては自作のもの及びNTT通信用アースを使うことができ、測定器は四角で囲まれたNTT交換局内に設置している（上嶋 誠による）。



図Ⅱ-3-19 周期64分の地磁気地電位変化から算定した見かけ比抵抗の分布 図Ⅱ-3-16の磁気異常と同様の特徴が見られる。つまり、島原地溝帯の内部で、しかも島原半島中央部（雲仙温泉付近の経度を中心として）を境に、南北方向の構造境界が存在するらしいことがみてとれる。この境界の東部は比較的低い比抵抗となっている（上嶋 誠による）。