

5-10 地殻変動観測データで見る伊豆東部火山群のマグマシステムについて Magma system monitoring by the crustal deformation observation data in Eastern Izu peninsula volcanoes

国土地理院
Geographical Survey Institute

過去の地殻変動データを再検討した結果、伊豆東部火山群の地下約10km付近には、おそらくシル状のマグマ溜まりが存在し、水準測量データで確認できる1970年代には既に活動をしていたと思われるところが分かった。

第1図は、1999年4月～2006年4月の伊豆半島東部における電子基準点間の基線長変化であるが、2002年5月、2003年6月、2004年4月、2006年3,4月の地震活動があった時期の短期間に集中した基線長の変化が見られる。これらの地震活動は、ダイク状のマグマが浅部に貫入することにより発生し、地殻変動もそれに対応して観測されているものと考えられる。しかし、地震活動がない時期にも地殻変動は観測されている。例えば第2図は、2005年1月～2006年3月までの時系列であるが、2005年12月から2006年2月にかけての緩やかな伸びが観測されている。第3図は、緩やかな伸びが観測された時期の水平変動パターンと群発地震が活性化した時期の水平変動パターンを比較したものである。第4図は、緩やかな膨張期の変動をモデル化したものであるが、深さ10km付近での水平なマグマ溜まり(シル)あるいは球状圧力源の膨張で説明され、群発地震活動期のダイクの貫入とは異なったパターンであることが分かる。

群発地震の発生していない時期にみられる緩やかな変動に対応する各種の観測データを比較したものが第5図である。1997年、1998年の地震活動を含む時期、2001年末から2005年秋頃にかけて伊東八幡野一中伊豆基線の緩やかな伸び、および中伊豆観測点の隆起が見られ、これらが地殻変動として深部でのマグマ供給を見る上での指標と考えられる。地震数と地殻変動のデータからみても1999年から2002年にかけてはマグマの供給も休止期であったと推測される。

深部でのマグマの供給が続いた後、浅部への貫入が起きるというシナリオを想定して伊東八幡野一小室山、伊東八幡野一中伊豆の基線の変化を検討したものが第6図である。基線変化が停滞あるいはわずかな縮みである状態から基線長が伸びに転じる時期が丸囲みしてあるが、これらがその後発生する群発地震活動と関連している可能性がある。第7図は、前兆的な基線の伸びから地震活動の活発化を予測するひとつの試験的な手法を説明するものである。ここでは、「基線長の15日間移動平均値が、60日前の移動平均値と比較して閾値とした2.5mm以上伸びた場合、群発地震活動がその後60日以内に始まる可能性が高い」と判定することにする。実際にこの手法で、過去に遡り1999年以降の地震活動発生可能性を判定すると、7回の活動や閾値を超えたイベントのうち3回は判定が正とされた時期に実際に地震活動が発生したことを見出す。これを事前に行っていれば、約50%の確率で地震活動発生予測が可能であったことになる。

さて、最近の活動から推定した伊豆東部のマグマモデル、すなわち、より深部から10km程

度の深さのシルへの緩やかなマグマ供給がまず最初に発生し、その後浅部への急激なダイク貫入が起きるという過程で、過去の水準測量結果が説明できるか試みたのが第9図から第13図である。伊豆半島東部での水準測量は1980年代から頻繁に行われており、地震活動が活発な時期には顕著な変動を検出している。第9図ではGEONETデータについての解析を行った時期を四角く囲ってあるが、むしろこの期間は活動の沈静化が見られた期間であり、地殻活動が最も活発だった時期の主要な地殻変動情報は水準測量から得られる。場所によって時間変動パターンが若干異なるが、伊豆半島東部一帯が激しく隆起している。

第10図は、伊豆半島東部における地震活動の発生域を活動時期毎に図示したものである。1980年代は川奈崎の南東沖合でも活動があったが、90年代には活動域が北側の川奈崎周辺、西北西-東南東の帶に限られていることが分かる。このことは、隆起の時間変動パターンの違いとなって、水準測量結果に反映している可能性がある。第11図は、3つの地殻変動源と、それぞれの影響を受けやすい3つの水準点について変動の時系列を示し、活動期の違いを確認したものである。伊東市付近のBM9335は、1989年の手石海丘噴火を含む時期に大きく変動しており、緑で示された領域のダイクの活動に対応している。それより南の城ヶ崎付近BM9339は、1980年代の初期の活動（青で示されている）に対応して隆起速度が速かった。これらの、主要な隆起時期の違いは、地震活動域の変遷と対応していると考えられる。その一方で、冷川峠付近の48-003-010は、1970年代後半から1990年代半ばまで定常に隆起していた。第12図は各時期の隆起の中心を示したものであるが、特に地震活動がなかった1993-94年でも冷川峠周辺の隆起が継続していたことが注目される。これは、地震活動に常に付随するダイク性の地殻変動では説明できず、少なくとも別種の力源を想定することが必要であり、ここで紹介するモデルでは、10km程度の深さのシルとしてその変動をモデル化している。第13図は、冷川峠の地下にある膨張源は、球状よりもシル状の方が地殻変動パターンをよく説明できることを示した図である。これらのことから、現在だけでなく、過去からこのシルが活動的であったことが推察される。

ダイクの貫入に先だってシルへのマグマ供給があることが推定されることを示したが、ダイクへの貫入マグマがシルから供給されたとすると、シル自体は収縮するはずである。もし、ダイクに貫入した体積に見合うだけの収縮を起こしたとすると、大きな沈降がシル上の地表で見られるはずであるが、そのような沈降は実際には観測されていないことを第14図では示している。このことから、ダイクへのマグマ供給は、より深部から直接行われていることが示唆される。なお、その際シルを経由することはあるかもしれない。

第15図、第16図は、1989年以降の地震活動における震源分布を示している。しばらく静穏であった地震活動が2006年に再活発化した。今回の活動も含めて、1990年代以降のダイクの貫入場所は想定されるシルの北端付近からであり、シルの場所と活動に今後も注目していくことで、伊豆半島東部の地震活動を監視していくことが重要であると考える。

参考文献

- 1) 国土地理院, 1990, 伊豆半島の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 43, 227-252.
- 2) 国土地理院, 1994, 伊豆半島およびその周辺の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 52, 272-290

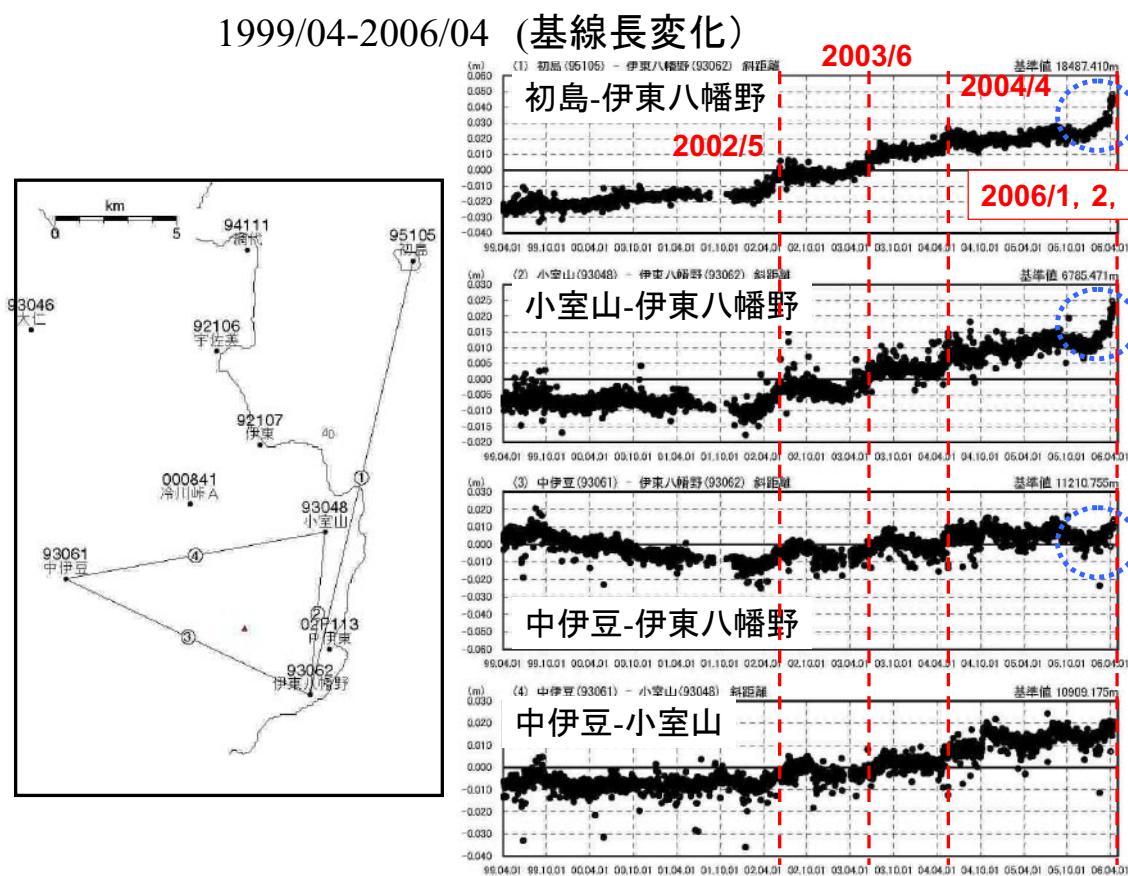
- 3) 国土地理院, 1997, 伊豆半島およびその周辺の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 58, 290-311
- 4) 国土地理院, 1999, 伊豆半島およびその周辺の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 61, 239-262
- 5) 国土地理院, 2005, 伊豆半島の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 74, 176-200

伊豆東部火山群の マグマシステムの今後の観測の課題

国土地理院 村上 亮

報告の骨子

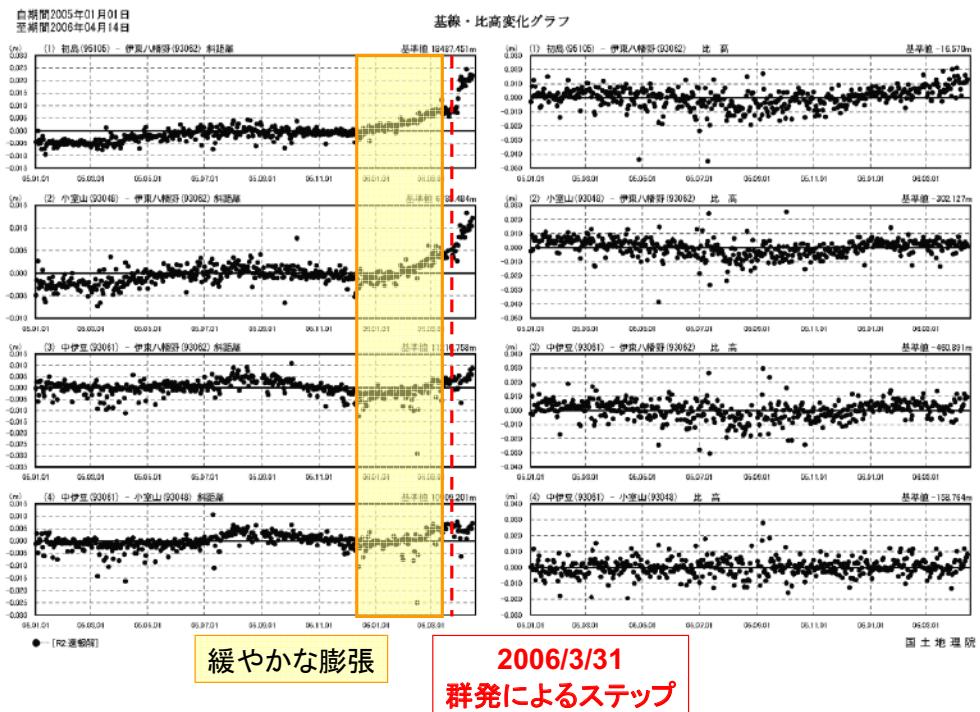
- ・伊豆東部火山群の地下約10km付近にマグマ溜まり(おそらくシル状)があり、少なくとも1970年代から活動していた。
- ・2002年以降の群発では、発生の約1ヶ月前頃からマグマ溜りが膨らむ性質がある。
- ・群発発生時のマグマはシル状マグマ溜りからの供給だけでは足りない(より深部から上昇している)。
- ・2005年12月頃からシル状マグマ溜りは膨張を続けており4月末の群発後も継続している可能性がある。



第1図 伊豆半島東部の電子基準点間の基線長変化(1999年4月～2006年4月)

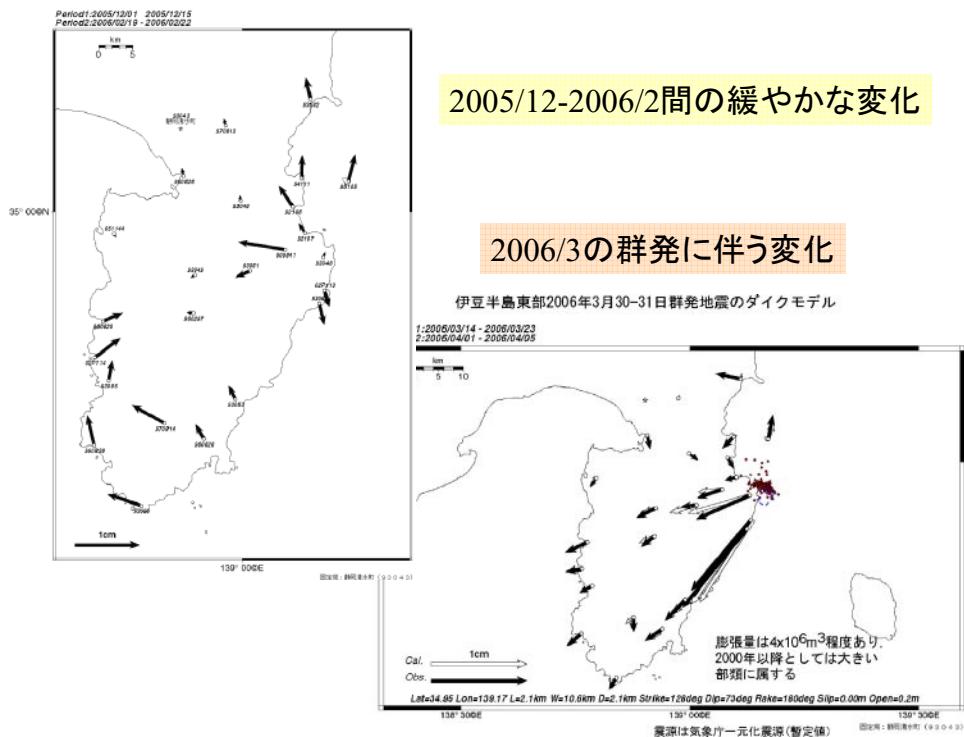
Fig.1 Time series of the base line length between the GEONET sites in eastern Izu Peninsula (from April 1999 to April 2006)

2005/01-2006/04



第2図 伊豆半島東部の電子基準点間の基線長変化(2005年1月～2006年4月)

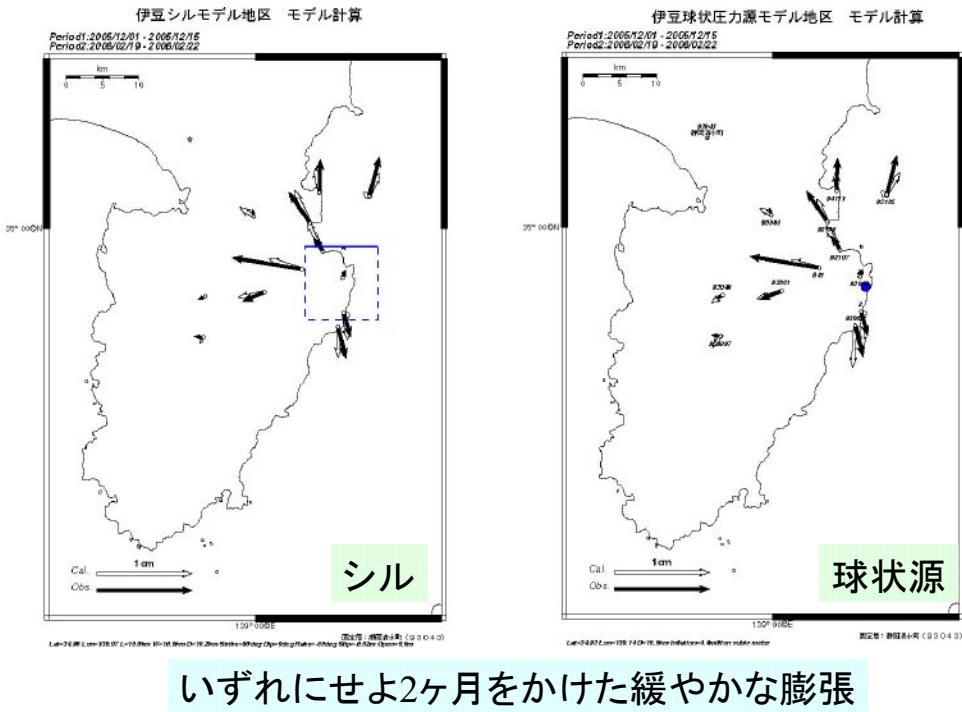
Fig.2 Time series of the base line length between the GEONET sites in eastern Izu Peninsula
(from January 2005 to April 2006)



第3図 伊豆半島東部の電子基準点間の水平変動(左図・2005年12月～2006年2月，右図・2006年3月)

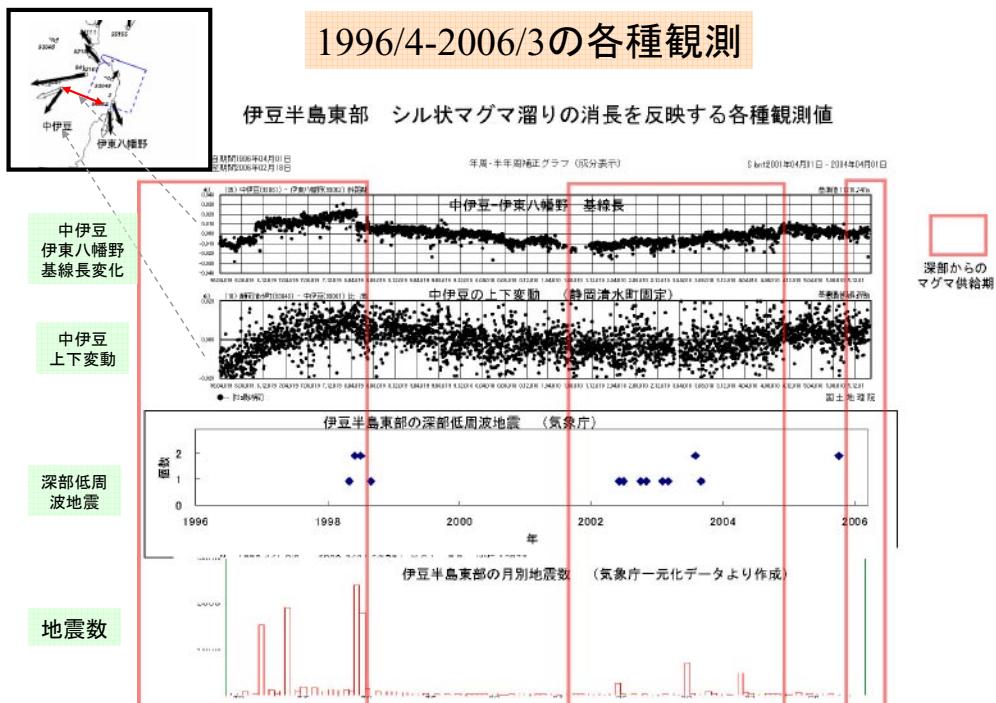
Fig.3 Horizontal crustal movement in eastern Izu Peninsula observed by GEONET (Left / January to February 2006, Right / March 2006)

2005/12-2006/2間の変動のモデル



第4図 伊豆半島東部の地殻変動の変動源モデル(左図・シル場の変動源を仮定、右図・球状の変動源を仮定)

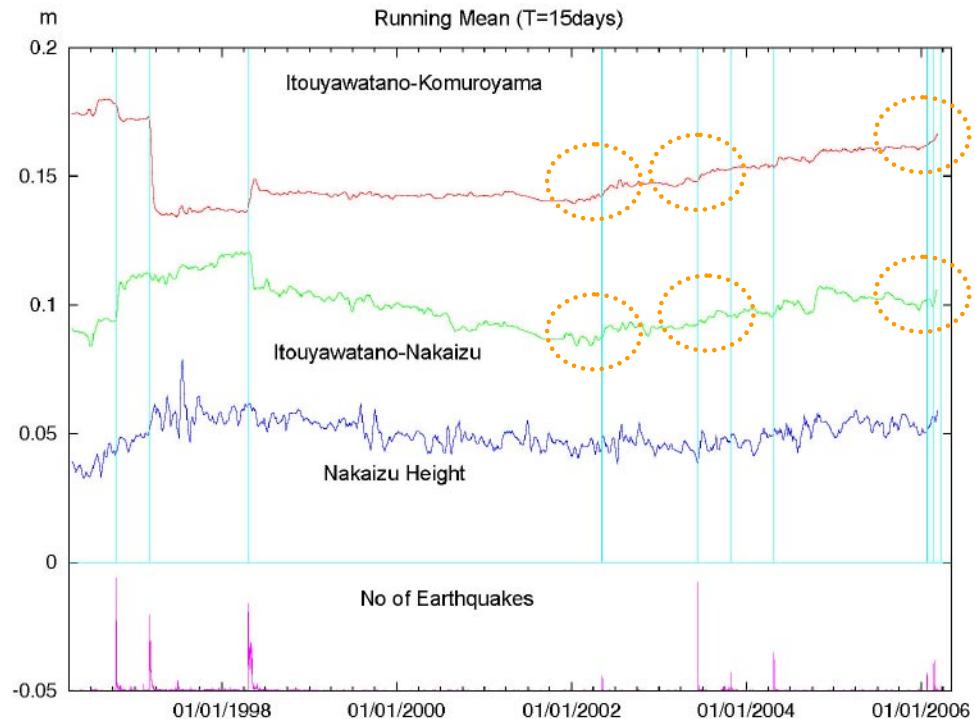
Fig.4 Source model for the crustal movement in eastern Izu Peninsula observed by GEONET
(Left / Sill model, Right / Mogi-source model)



第5図 伊豆半島東部の深部マグマ溜まりの消長を反映する各種観測値

Fig.5 Various observation data suggesting the activity of deep magma chamber in eastern Izu Peninsula

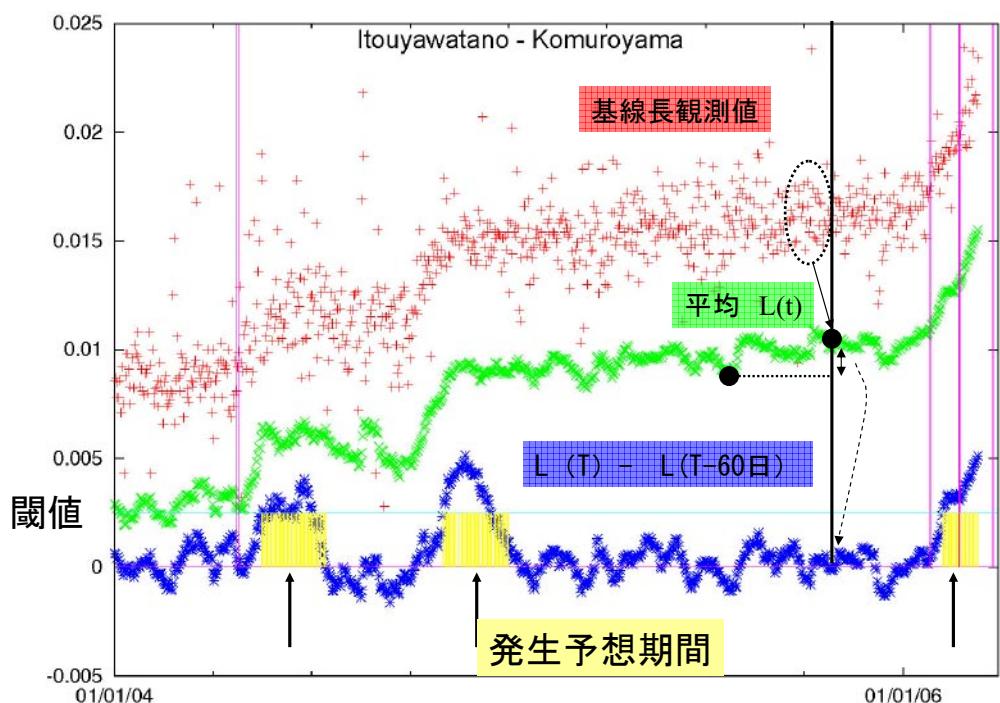
地震活動に先行して現れる地殻変動



第6図 伊豆半島東部の地震活動に先行して現れる地殻変動；電子基準点間の基線長の伸張

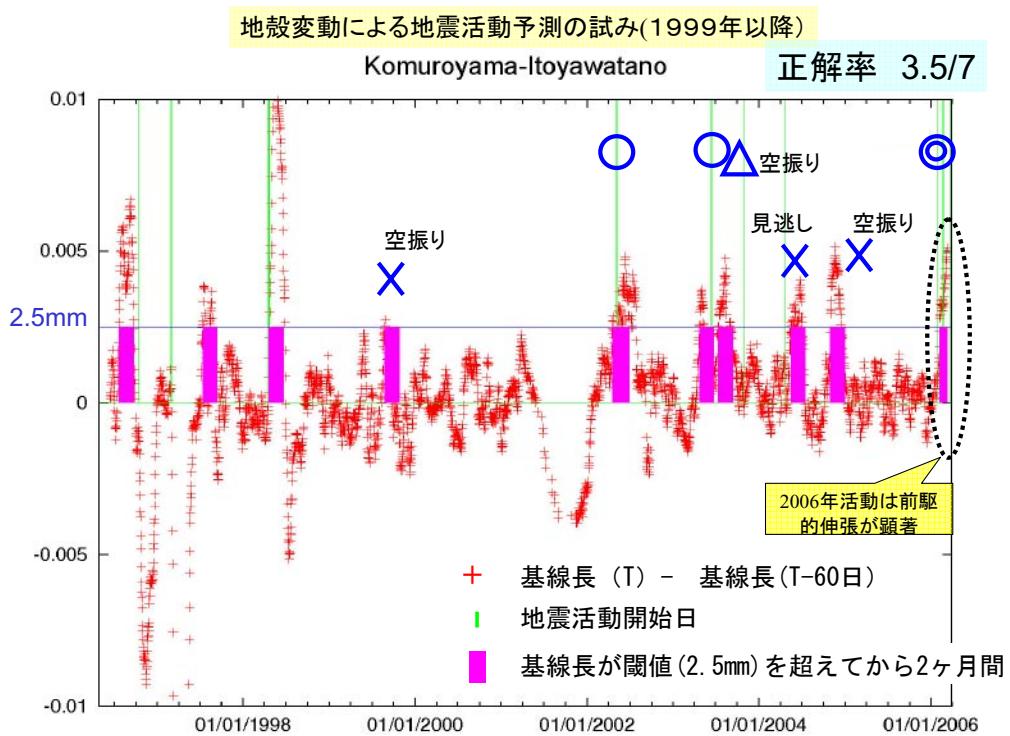
Fig.6 Crustal deformation appearing before the seismic activity in eastern Izu Peninsula; the extension of the baseline length between GEONET sites

地殻変動による地震活動開始予知の試み



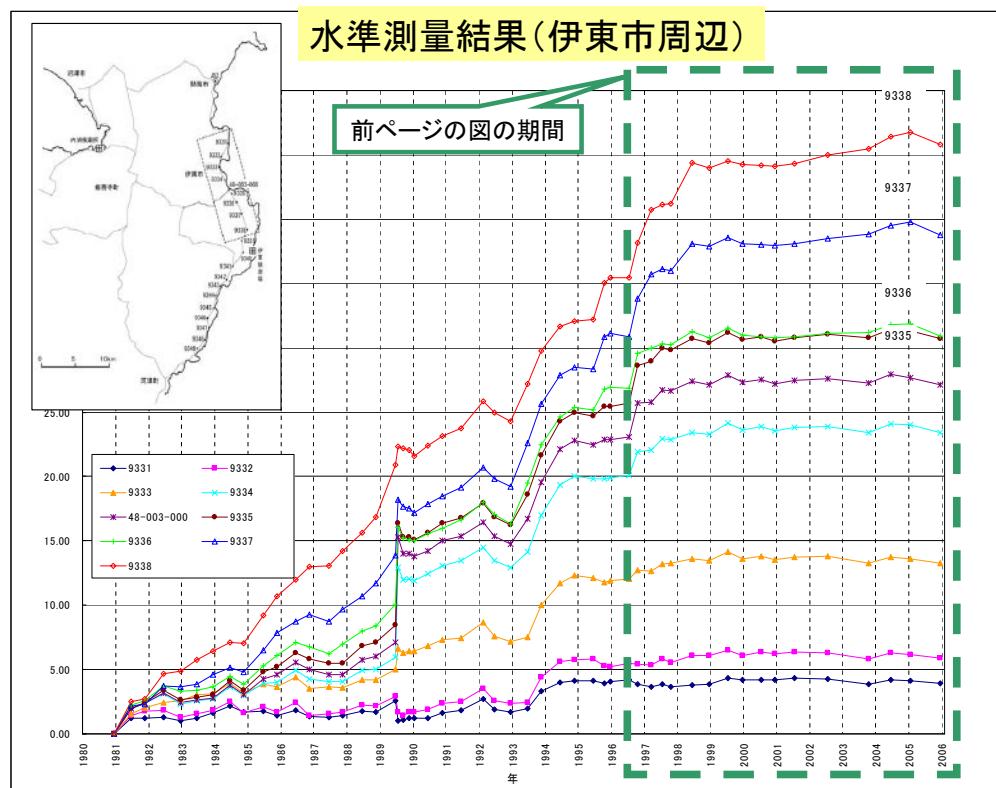
第7図 地殻変動による伊豆半島東部における地震活動開始の予測・試験的手法

Fig.7 An experimental prediction method for the seismic activity by the crustal deformation observation in eastern Izu Peninsula



第8図 地殻変動による伊豆半島東部における地震活動開始の予測・試験的手法の適用例

Fig.8 An example of the result of the experimental prediction method for the seismic activity by the crustal deformation observation in eastern Izu Peninsula



第9図 伊豆半島東部の水準点における上下変動時系列

Fig.9 Time series of the height change at the bench marks on the leveling route along the eastern coast of Izu Peninsula

地震活動の発生域のタイプ

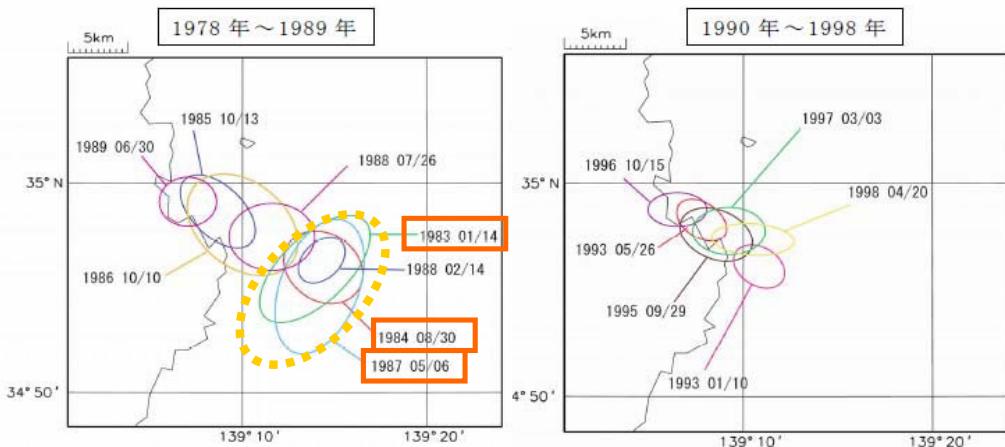
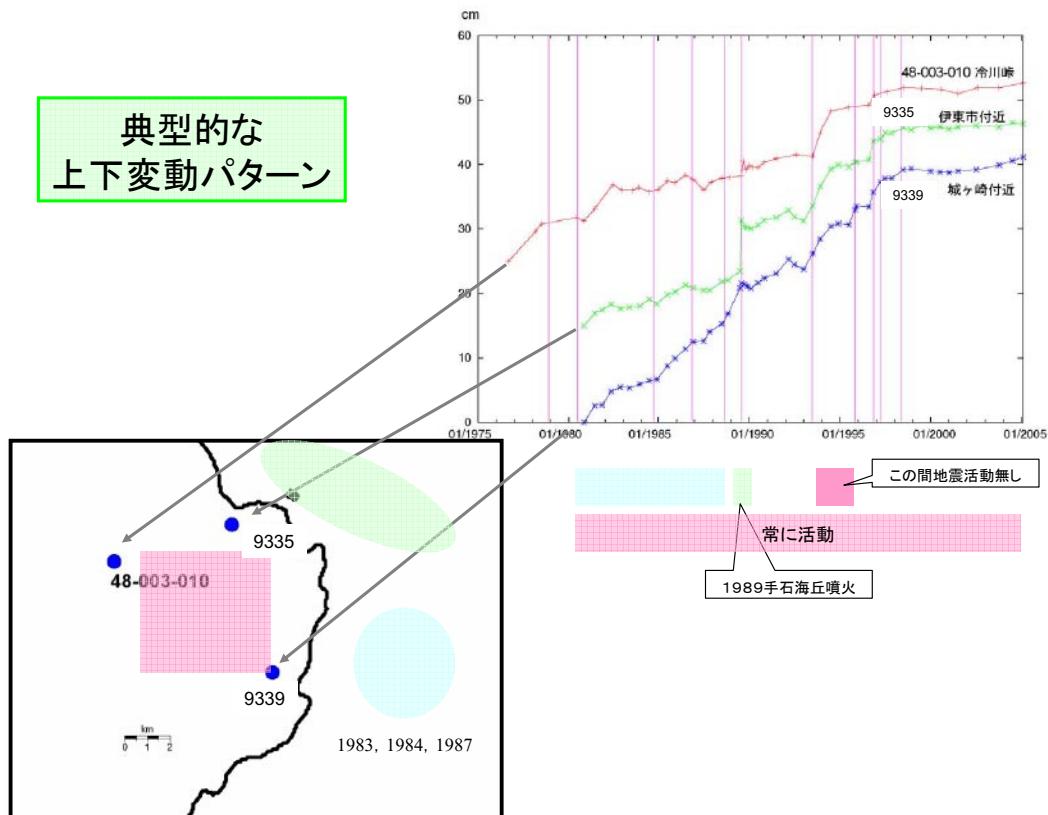


図 55-2 1978 年～1998 年の群發地震初期(活動開始後 5 日程度)の活動域の比較

日本活火山総覧(第3版)

第10図 発生年度別に表示した伊豆半島東部における群發地震の発生域(左図・1978年～1989年, 右図・1990年～1998年)

Fig.10 The location of seismic swarm activity area for each year in eastern Izu Peninsula
(Left/1978-1989, Right 1990-1998)

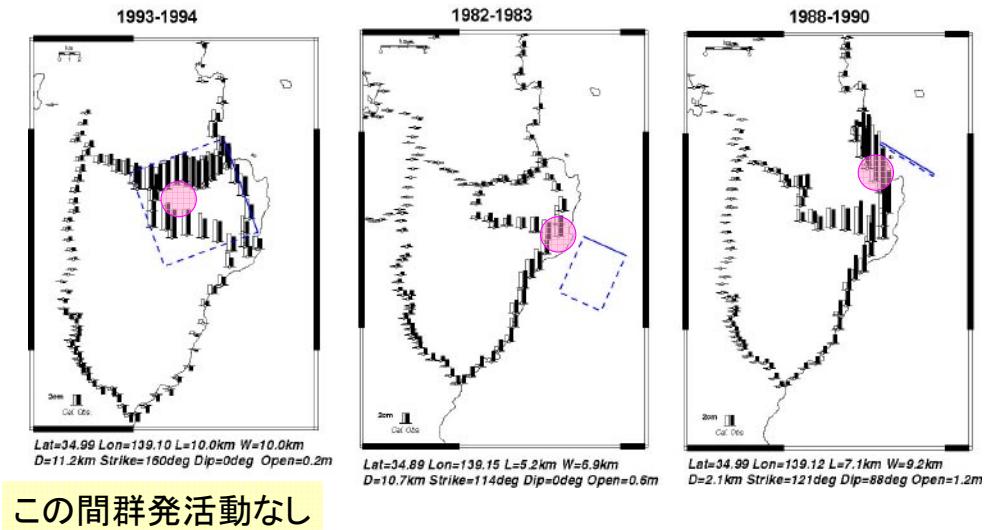


第11図 地震活動域と変動源に対応した伊豆半島東部の水準点における上下変動時系列

Fig.11 Time series of the height change at the bench marks relating to the source area of seismic activity and crustal deformation in eastern Izu Peninsula

典型的な上下変動パターン

● 隆起中心

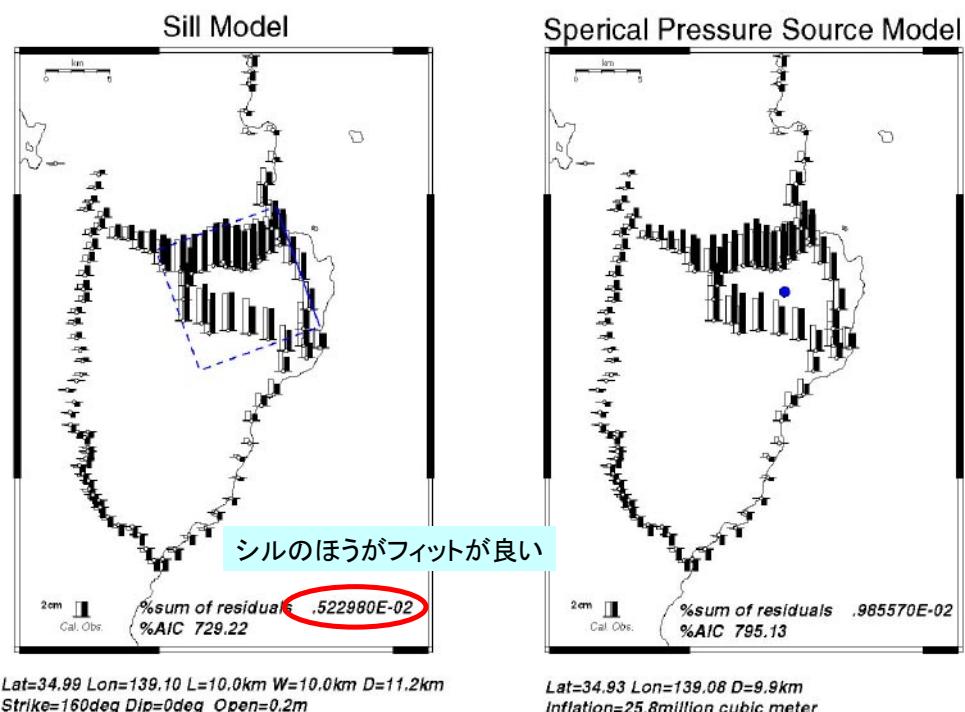


第12図 地震活動域と変動源に対応した伊豆半島東部の水準点における上下変動空間分布

Fig.12 Spatial pattern of the height change at the bench marks relating to the source area of seismic activity and crustal deformation in eastern Izu Peninsula

シルと等方圧力源の比較

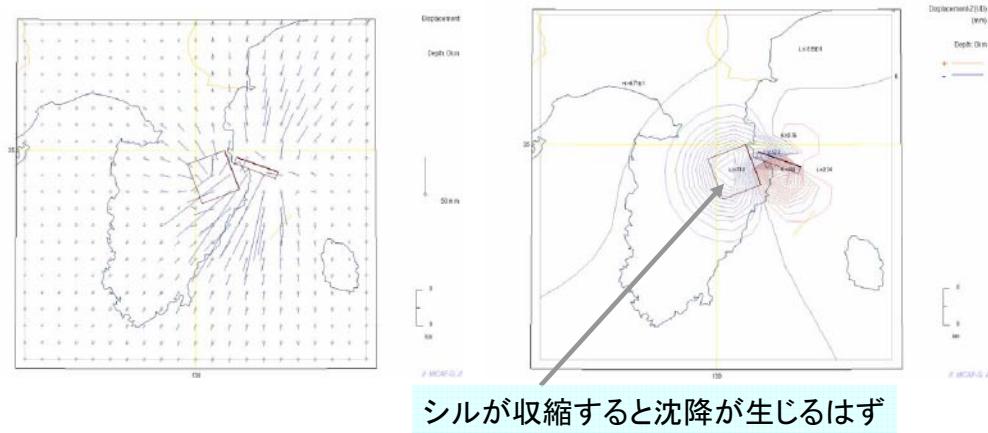
1993-1994 Vertical Displacements by Levelling



第13図 水準測量による伊豆半島東部の地殻上下変動と変動源モデル(左図・シル場の変動源を仮定, 右図・球状の変動源を仮定)

Fig.13 Vertical crustal movement in eastern Izu Peninsula observed by leveling survey and its source model (Left / Sill model, Right / Mogi-source model)

大規模な地震活動時の変動はシルからのダイクへの 供給だけでは地殻変動が説明できない

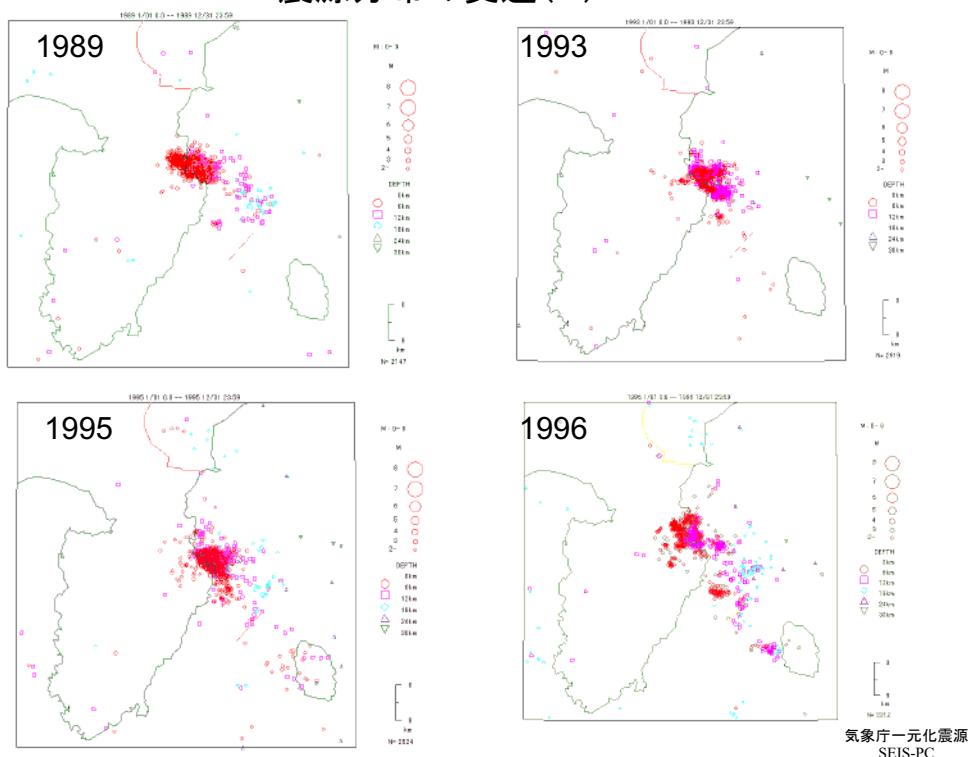


実際には沈降は観測されないので、ダイク貫入と同時に
深部からの供給が行われる。また、目立った先行現象もない。

第14図 ダイク貫入時の地殻変動とシルの収縮の関係

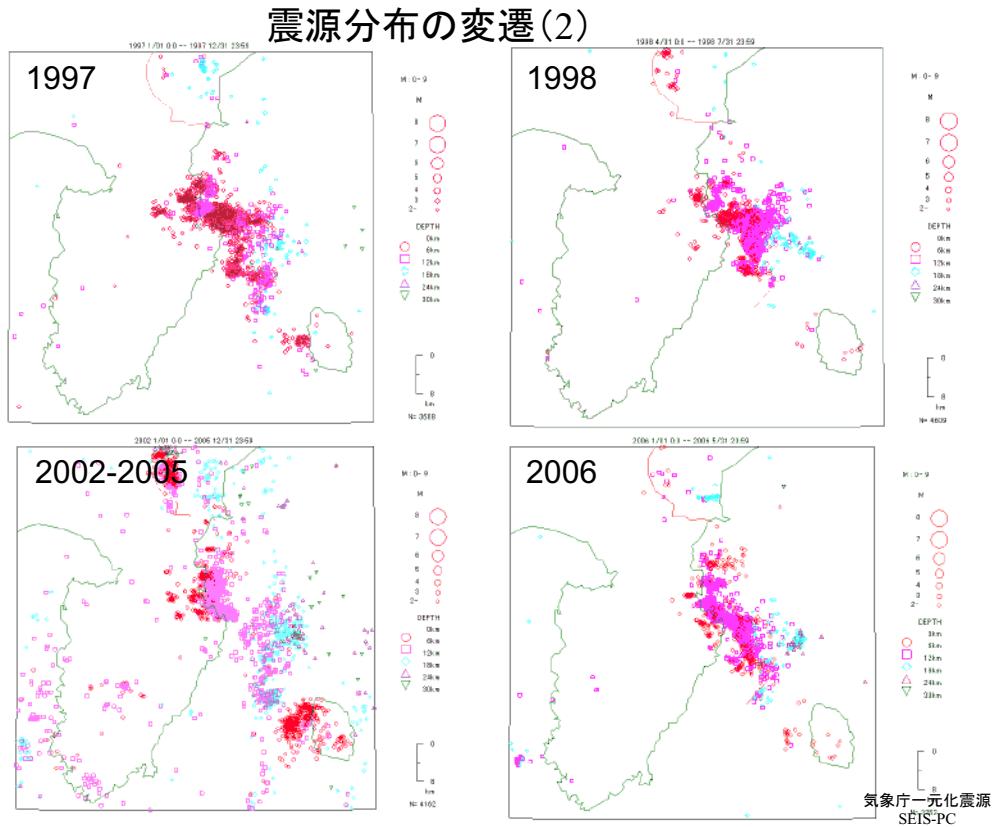
Fig.14 Crustal deformation model for the dyke intrusion and sill deflation by the upward movement of magma in eastern Izu Peninsula;

震源分布の変遷(1)



第15図、第16図 伊豆半島東部における群発地震の発生域の変遷図

Fig.15-16 The location change of seismic swarm activity area for each year's activity in eastern Izu Peninsula



第15図、第16図 伊豆半島東部における群発地震の発生域の変遷図

Fig.15-16 The location change of seismic swarm activity area for each year's activity in eastern Izu Peninsula

まとめと今後の課題(順不同)

- ・ 伊豆東部は1998の活動を最後に静穩化していたが、マグマ活動が再活性化しつつある可能性がある
- ・ 本格的なダイク貫入時は短期の事前予知はおそらく困難
- ・ 1989年海底噴火時には群発開始から手石海丘噴火まで2週間程度あった。GPS連続観測の役割は、この間のダイクの成長や動向を追跡し、陸上噴火の可能性を判断することではないか？
- ・ 宇佐美、湯川、伊東市北部の地震の意味
- ・ さらに深部(20km以深)のマグマ溜りは何処にあるか？

連続地殻変動観測のターゲット (地震など他種の観測と協力して) -噴火予知の観点から-

- 長期的な活性度の把握
- 1カ月程度の先行的変動の検知
- 活動開始後はダイクの成長の進展を追跡
- 陸上部の地下へのダイクの進展の有無を監視
1989年手石海丘噴火では群発開始から約2週間を経て噴火した

