

岩手山とその周辺地域の地殻変動*

Crustal deformation at Mt. Iwate and its surrounding area

国土地理院

Geographical Survey Institute

1998年3月頃から岩手山とその周辺地域を震源域とする火山性の地震活動が活発になったため、国土地理院では観測を強化する目的で、岩手山の山腹と周辺に臨時のGPS連続観測点を6月及び10月に設置し、その後、11月からは、山頂周辺に1波受信機による独立運用型の連続観測装置を配置して、総合的な観測を実施している。また、光波測距儀による自動観測装置(APS)も設置し8月から観測を続けている。さらに、宇宙開発事業団より地球資源衛星「ふよう1号」(JERS-1)の観測データの提供を受け、干渉合成開口レーダー手法(InSAR)による地殻変動解析も実施した。

第1-1図から第1-4図は、GPS連続観測(2波)による基線長の時系列、第2-1図から第2-2図は、1波によるGPS観測結果の時系列、第3-1図から第3-3図は9月3日の地震後、約9ヶ月、10ヶ月、及び12ヶ月間の地殻変動を表すベクトル図である。また、第4-1図から第4-3図はAPS観測結果である。さらに、第5図は全磁力観測結果、第6図は合成開口レーダーの解析結果である。

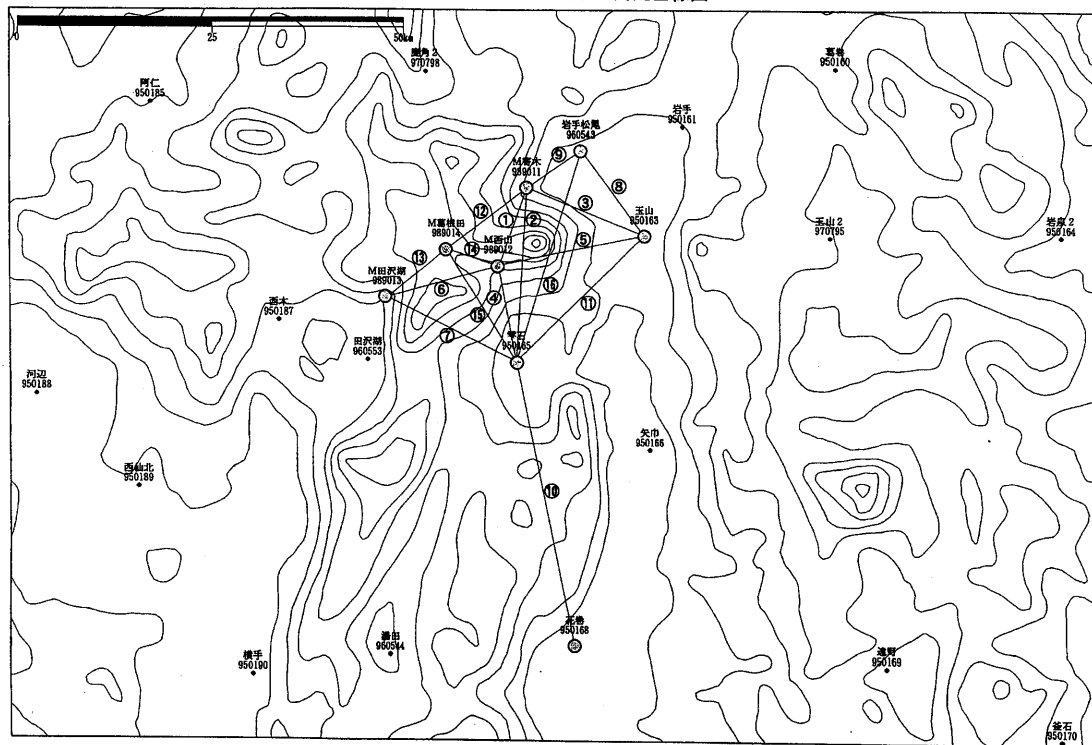
岩手山周辺では、1998年3月頃から火山性地震活動が活発になったが、周辺のGPS連続観測の地殻変動を示す変化は2月頃から始まり、顕著な変動が半年ほど続いた後、9月3日、岩手山の南西を震源とするM6.1の地震が発生した。

GPSやAPSのいくつかの基線において、地震に伴うco-seismicな変動が捉えられており、これらは基本的に南北走向、東西圧縮の逆断層のメカニズムと調和的である。第1図の一連の時系列からわかるように、地震を境として、⑦M田沢湖-雫石、⑩雫石-花巻、⑯岩手松尾-雫石等の基線において基線長の変化が停止したように見えるものの、①M寄木-M西山、②M寄木-雫石、④M西山-雫石等、岩手山の西側の観測点を含む基線においては、微小ではあるが、まだ変化が継続しているように見える。岩手山の西側において地殻変動が継続していることが示唆される。

第5図および第6図は、岩手山における地磁気観測および合成開口レーダー解析結果である。詳細はそれぞれの図に付属の説明を参照されたい。

*Received 2 Feb., 2000

GPS連続観測 岩手山周辺基線図



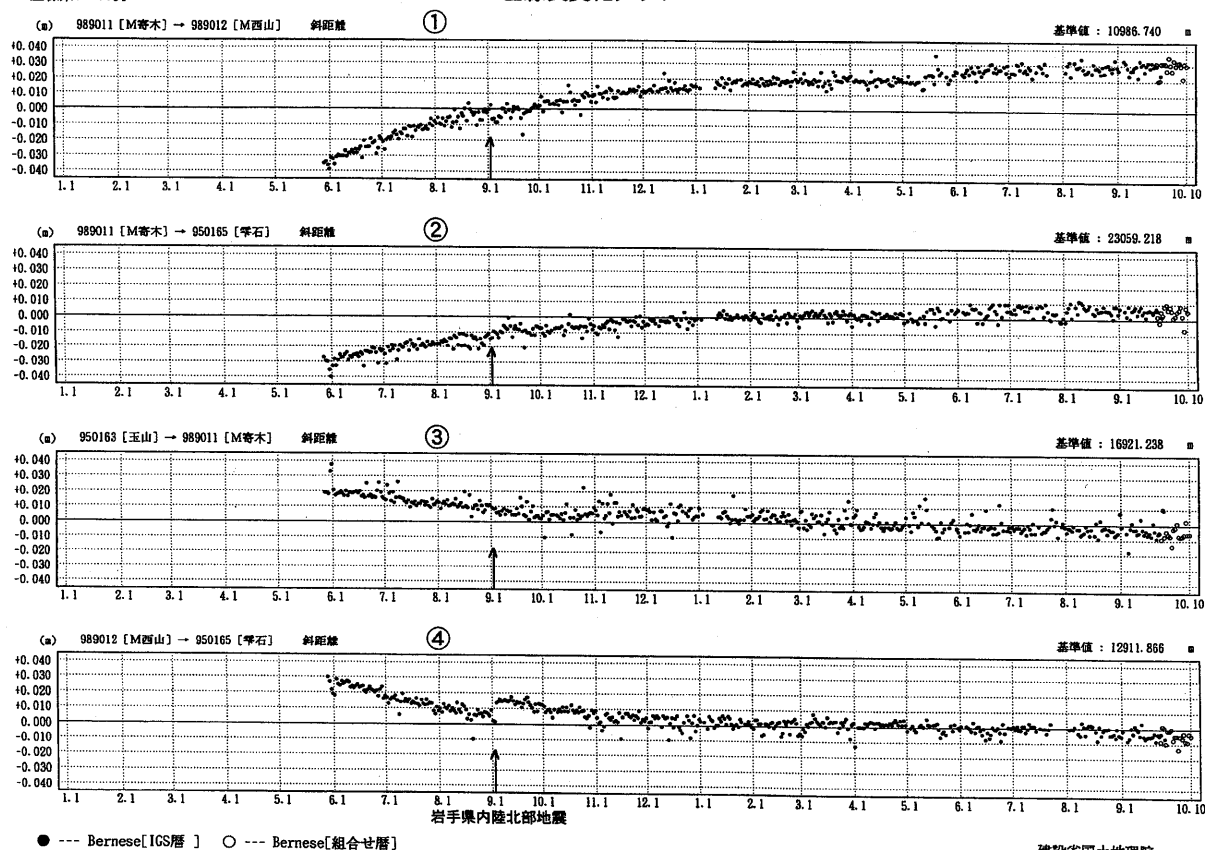
第1-1図 岩手山周辺のGPS連続観測点配置(2周波)

Fig.1-1 Map showing the continuous GPS observation points (dual frequency) around Mt. Iwate.

期間: 1998年1月1日 ~ 1999年10月10日
座標系: WGS84

基線長変化グラフ

(1/4)



岩手県内陸北部地震

● --- Bernese[IGS層] ○ --- Bernese[組合せ層]

建設省国土地理院

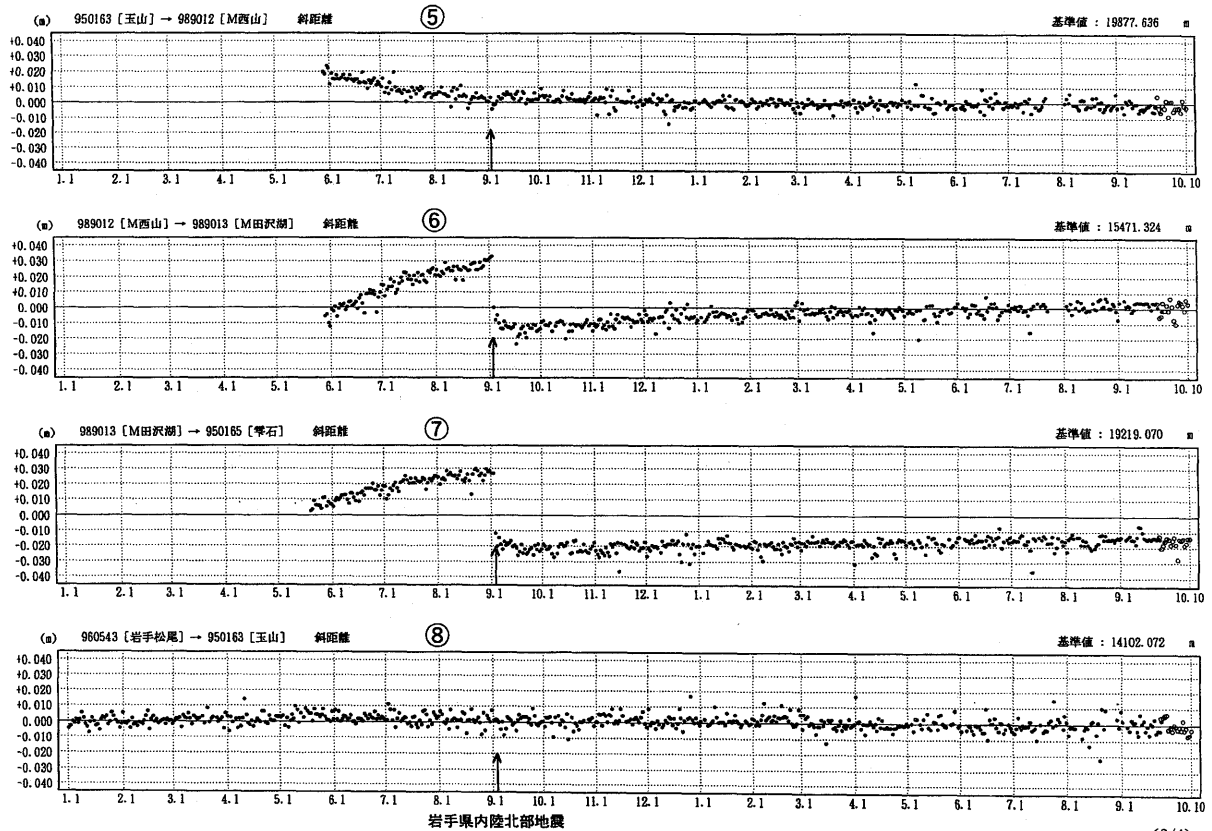
第1-2図 岩手山周辺各GPS観測点間の基線長変化 1998年1月-1999年10月

Fig.1-2 Time series plots of distance by the GPS measurements (dual frequency) around Mt. Iwate. 1998 January-1999 October.

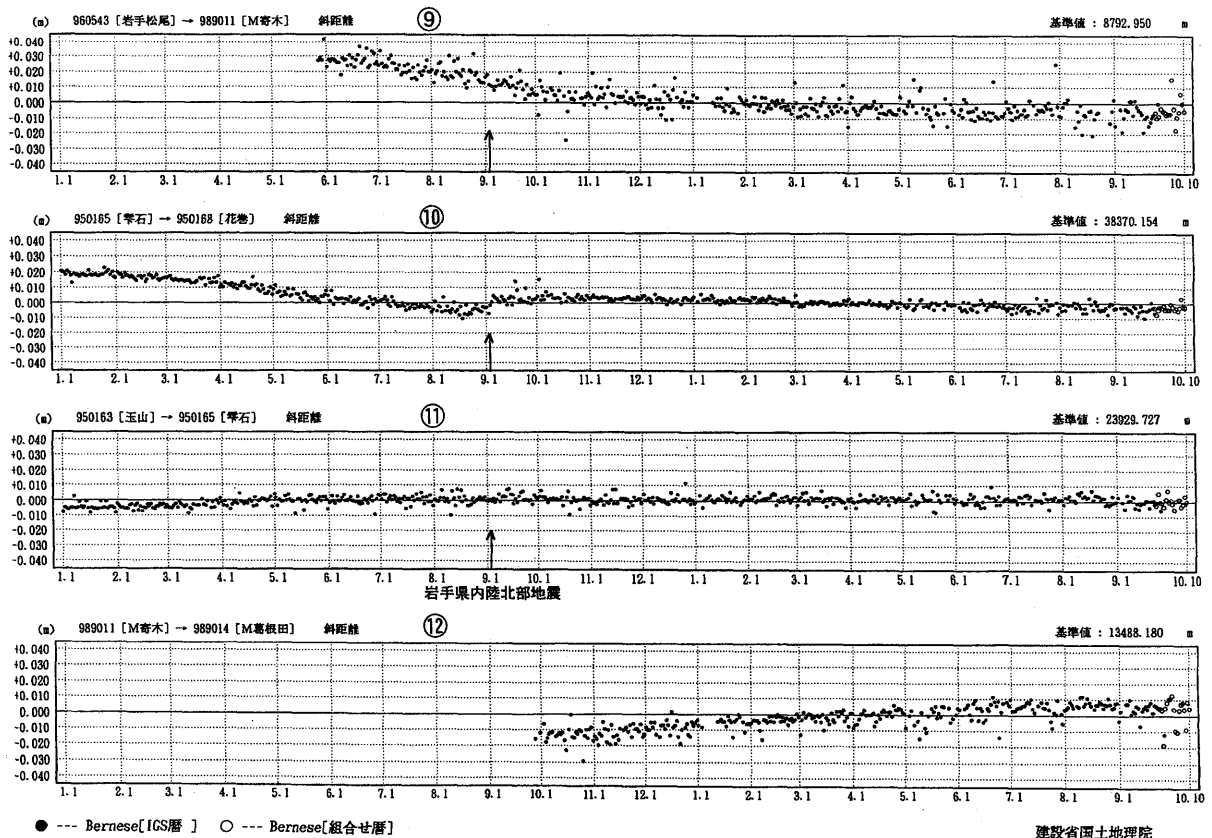
期 間：1998年1月1日 ~ 1999年10月10日

基線長変化グラフ

(2/4)



(3/4)



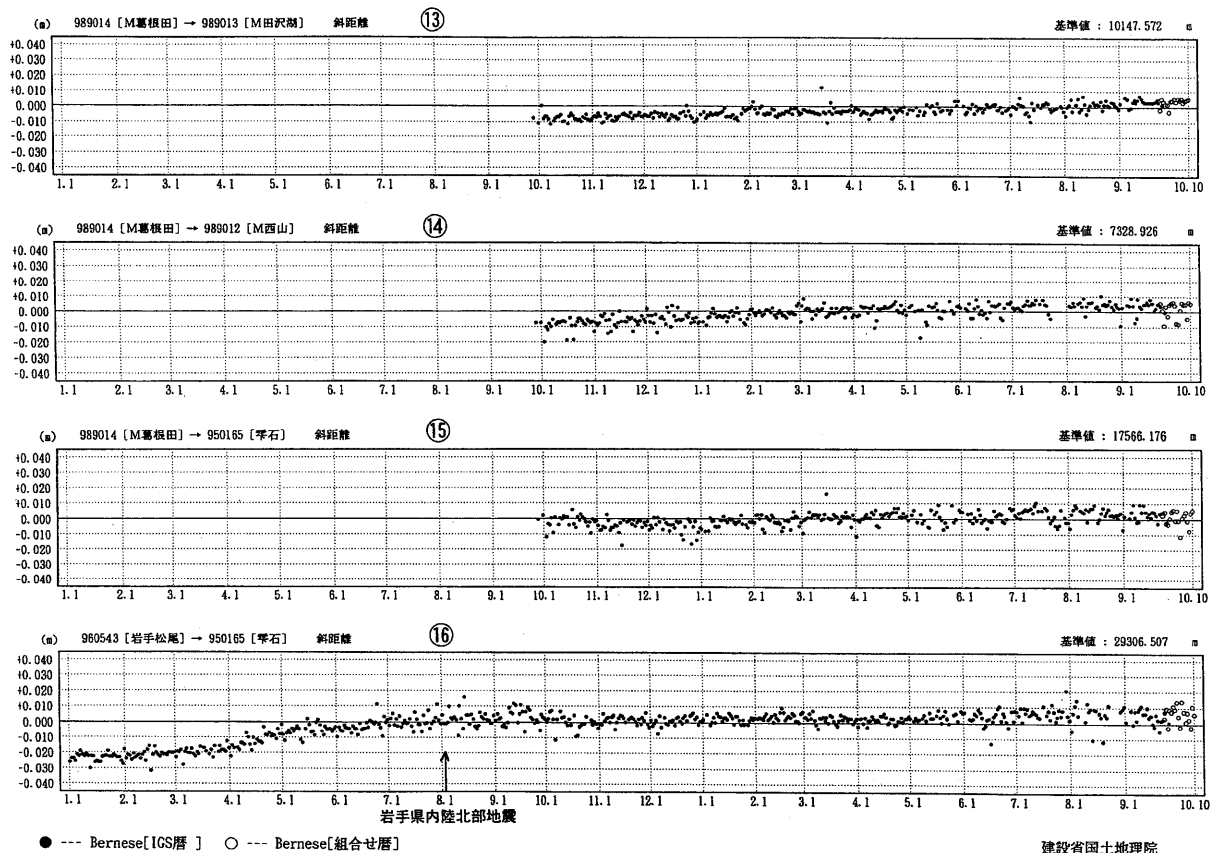
第1 - 3 図 岩手山周辺各GPS観測点間の基線長変化 1998年1月 - 1999年10月

Fig. 1 - 3 Time series plots of distance by the GPS measurements (dual frequency) around Mt. Iwate. 1998 January - 1999 October.

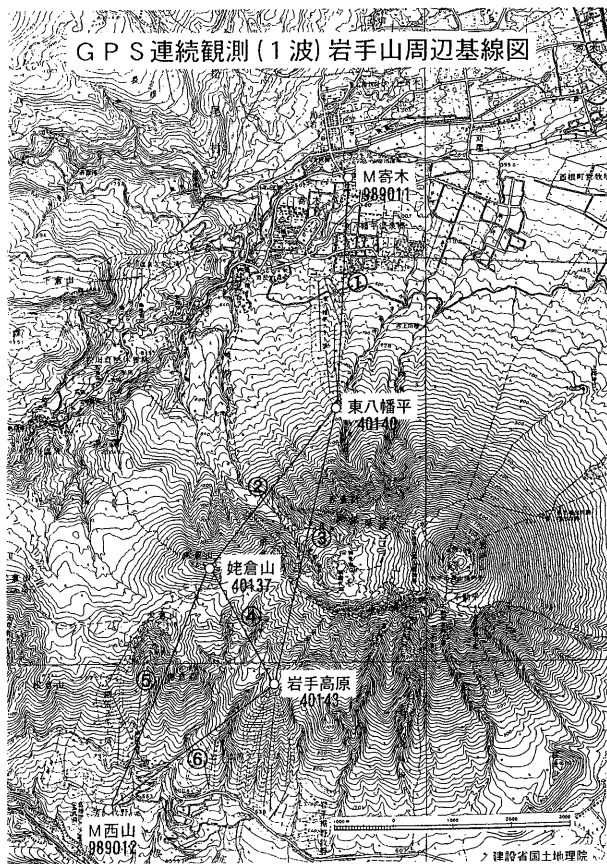
期 間：1998年1月1日 ～ 1999年10月10日

基線長変化グラフ

(4/4)



第1-4図 岩手山周辺各GPS観測点間の基線長変化 1998年1月-1999年10月
Fig. 1-4 Time series plots of distance by the GPS measurements (dual frequency) around Mt. Iwate. 1998 January-1999 October.

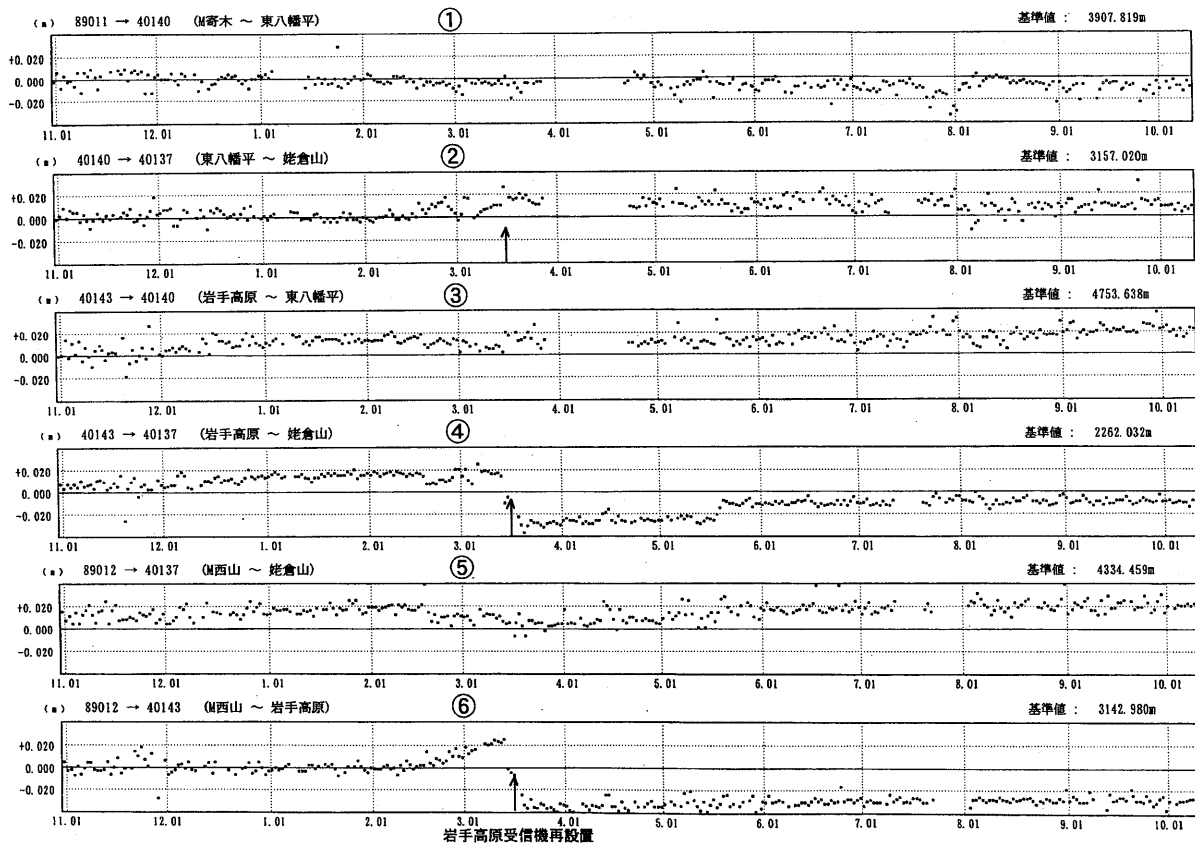


第 2 - 1 図 岩手山周辺の G P S 連続観測点配置 (1 周波)

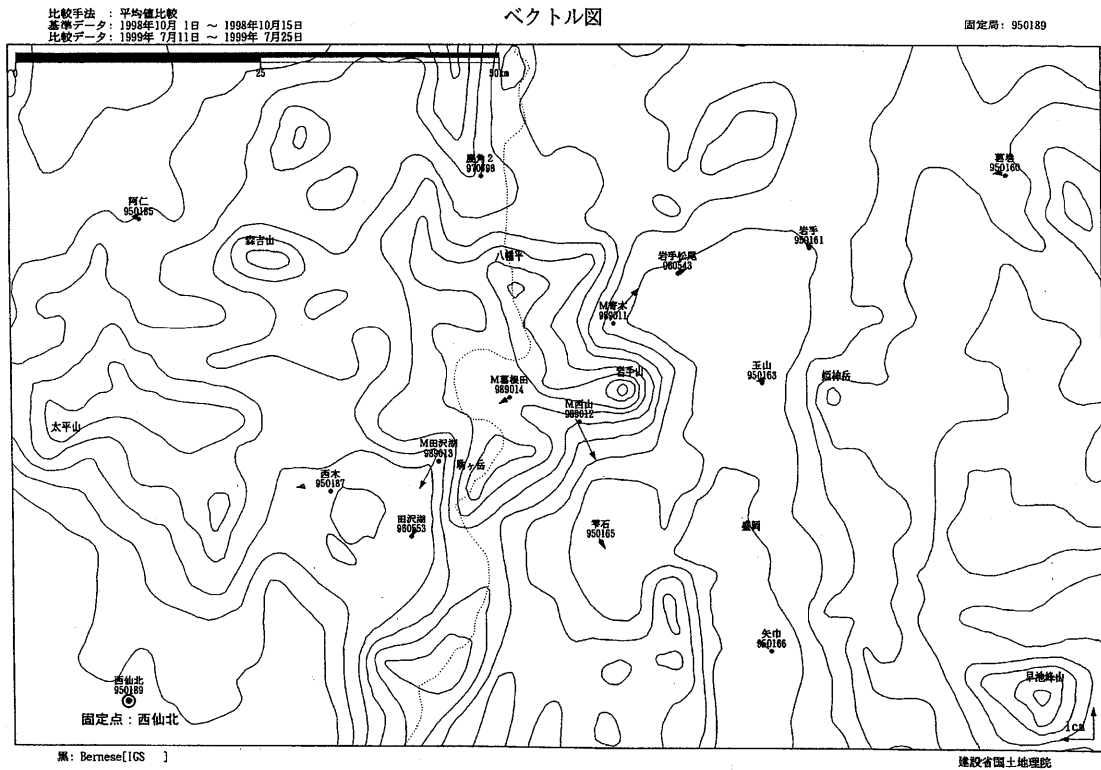
Fig. 2 - 1 Map showing the stand-alone continuous GPS observation points (single frequency) around Mt. Iwate.

基線長変化

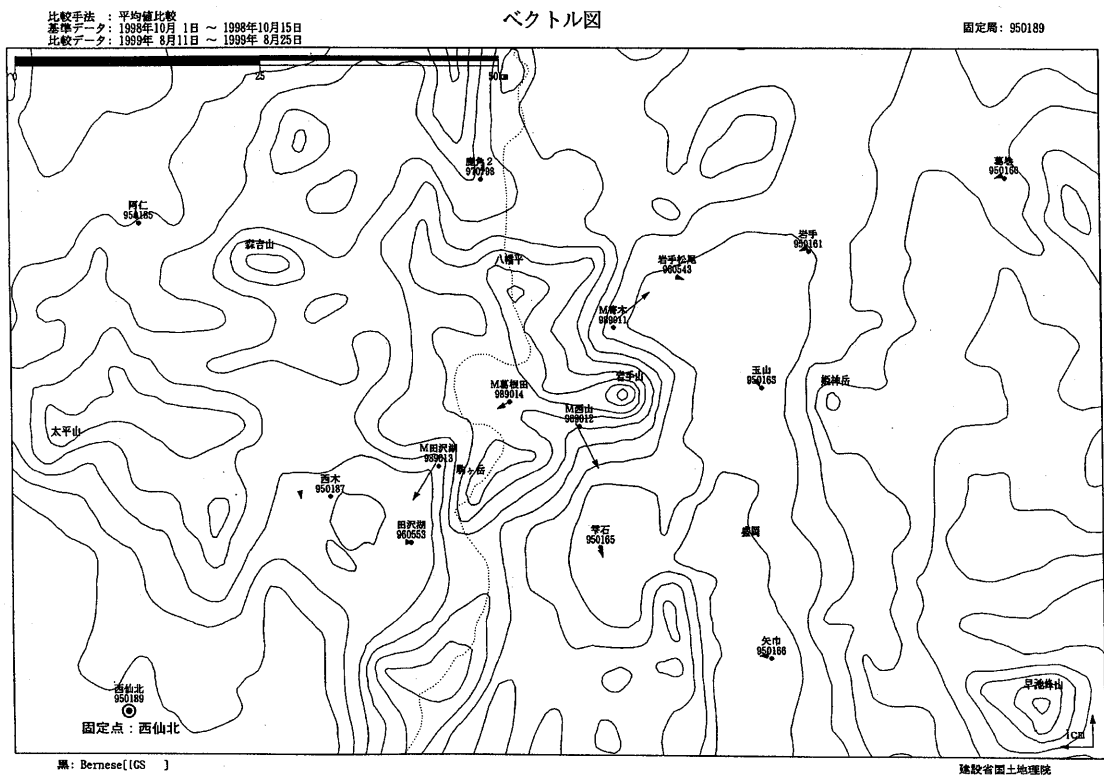
1999年10月10日



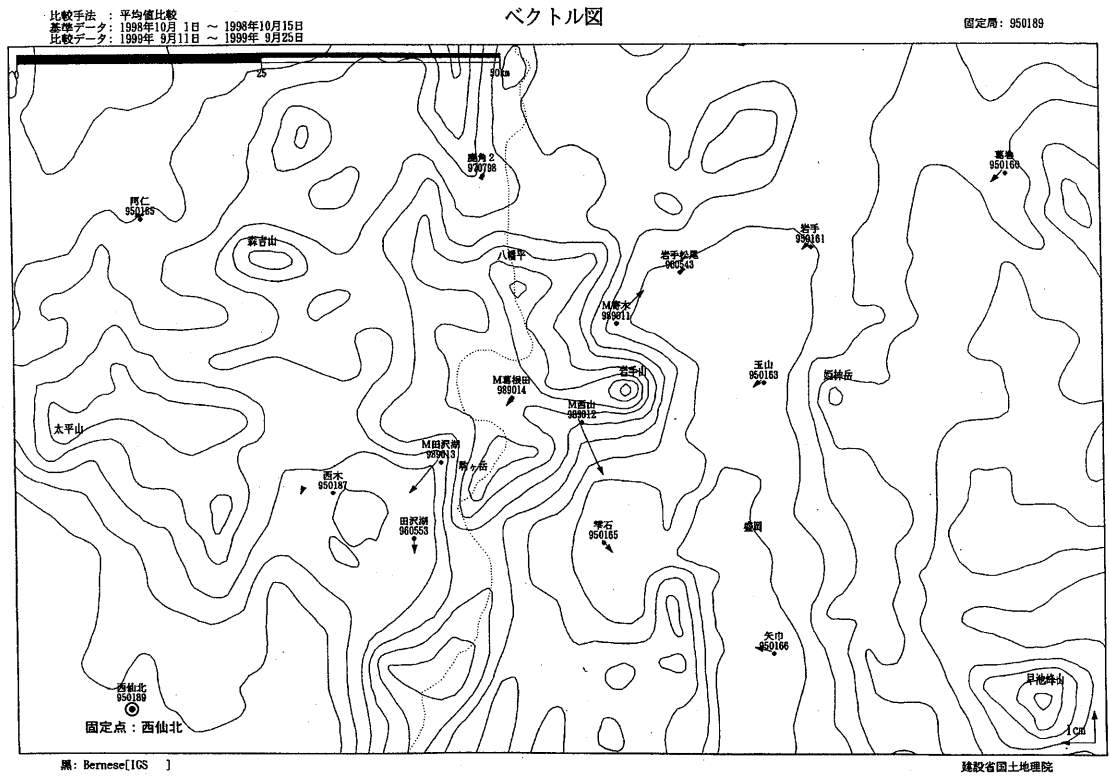
第 2 - 2 図 岩手山周辺各 G P S 観測点間の基線長変化 (1 周波) 1998年11月 - 1999年10月
 Fig. 2 - 2 Time series plots of distance by the GPS measurement (single frequency) around Mt. Iwate. 1998 November - 1999 October.



第 3 - 1 図 岩手山周辺の水平地殻変動 期間 : 1998年10月~1999年 7月 固定点 : 西仙北
 Fig. 3 - 1 Horizontal crustal displacement around Mt. Iwate during the period from October, 1998 to July, 1999. Fixed point is Nishisenboku (indicated by a double circle).

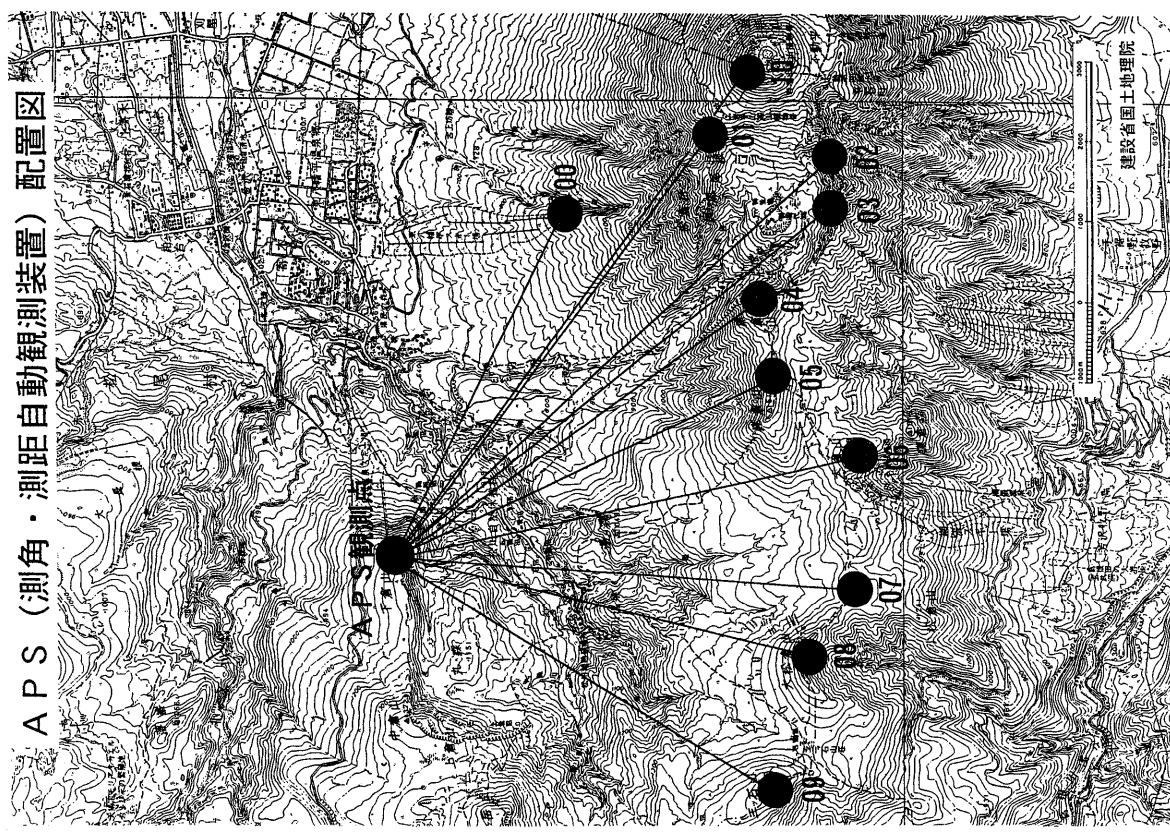


第 3 - 2 図 岩手山周辺の水平地殻変動 期間 : 1998年10月~1999年 8月 固定点 : 西仙北
 Fig. 3 - 2 Horizontal crustal displacement around Mt. Iwate during the period from October, 1998 to Augst, 1999. Fixed point is Nishisenboku (indicated by a double circle).



第3-3図 岩手山周辺の水平地殻変動 期間：1998年10月～1999年9月 固定点：西仙北
 Fig. 3-3 Horizontal crustal displacement around Mt. Iwate during the period from October, 1998 to latter half of September, 1999. Fixed point is Nishisenboku (indicated by a double circle).

APS (測角・測距自動観測装置) 配置図



第4-1図 若手山周辺の自動辺長連続観測 (APS) 配点図
 Fig. 4-1 Map showing the stand-alone continuous EDM observation (APS) points
 (one Transmitter site and nine Reflector sites) around Mt. Iwate.

若手山連続観測 (辺長) 日平均結果

建設省国土地理院

期間 98/08/10-99/10/11

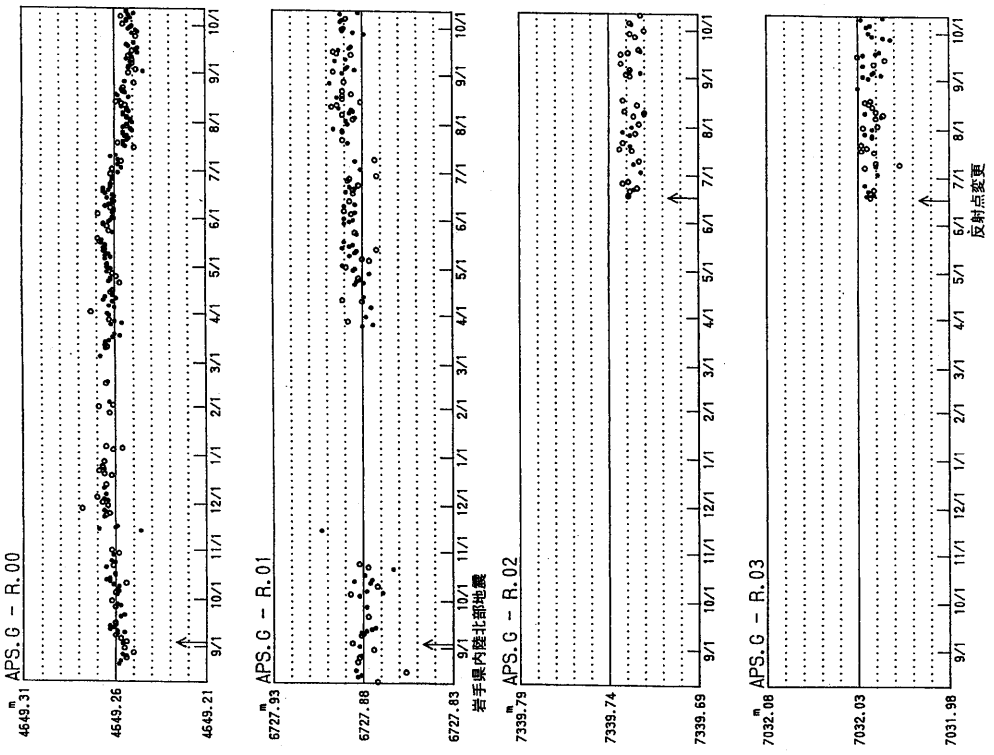
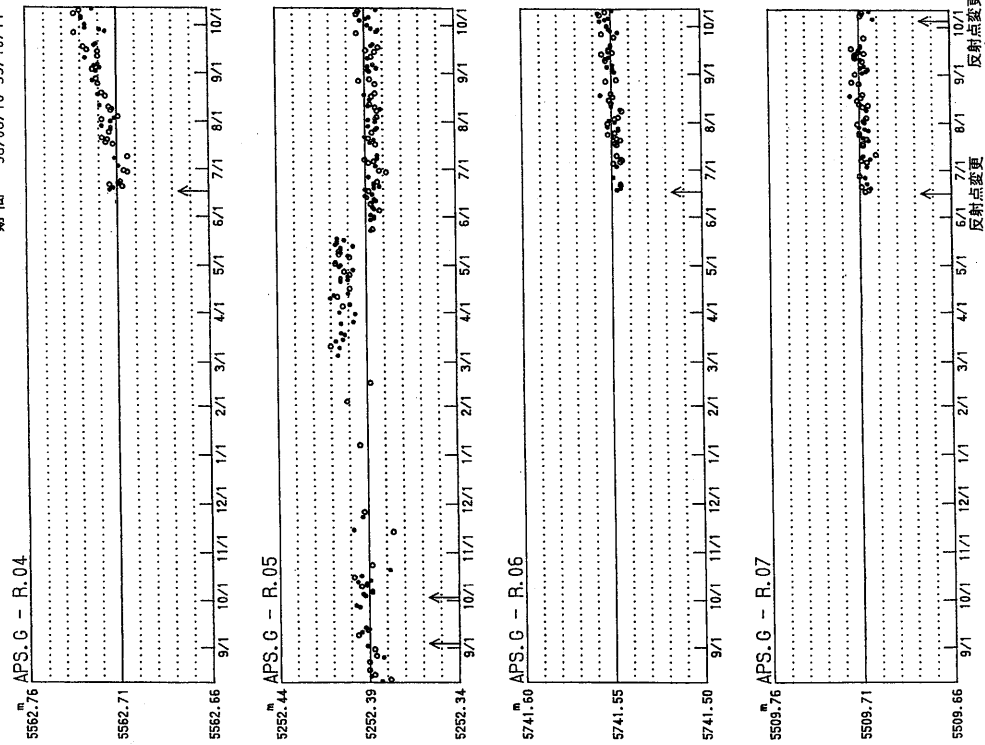


図4-2図 若手山周辺各APS観測点間の基線長変化
 1998年8月-1999年10月
 Fig. 4-2 Time Series of observed distances by APS around
 Mt. Iwate. 1998 August-1999 October.

岩手山連続観測（辺長）日平均結果

建設省国土地理院

期間 98/08/10-99/10/11



岩手山連続観測（辺長）日平均結果

建設省国土地理院

期間 98/08/10-99/10/11

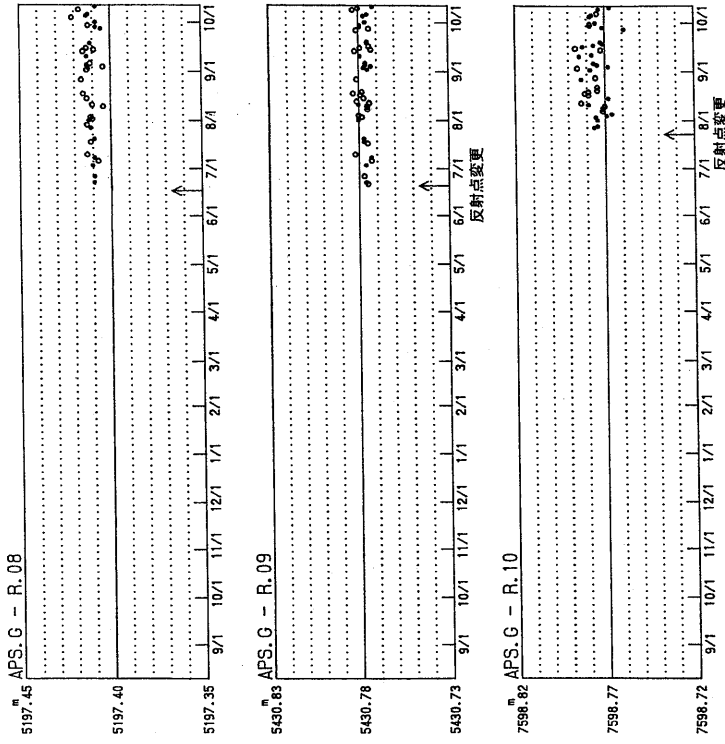
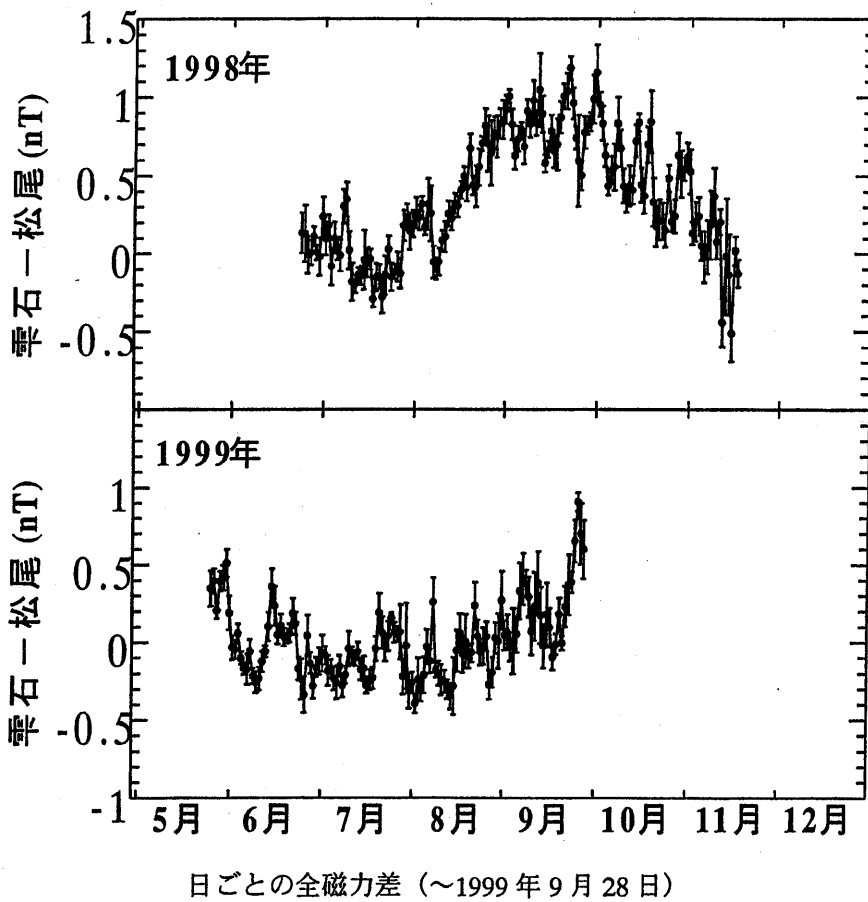


図 4-3 図 岩手山周辺各APS観測点間の基線長変化
1998年8月—1999年10月

Fig. 4-3 Time Series of observed distances by APS around
Mt. Iwate. 1998 Augst-1999 October.

岩手山麓における全磁力連続観測について（～1999年9月28日）

岩手山の火山活動監視のために、岩手山北側の松尾村（岩手山頂の北北西約5 km）と南側の雫石町（岩手山頂の南西約6 km）で実施している全磁力連続観測による日平均値の差を下図に示す。単純差では、磁気嵐による見かけ上の擾乱が含まれるために、水沢測地観測所の地磁気3成分観測値を使った補正後の値を示してある。



一般に火山活動の活発化に伴い、岩石の熱消磁が生じると、熱消磁地域の南側で負、北側で正の磁気異常が生じる（図では全磁力差の減少となって現れる）。また、マグマ溜まりなどで茂木モデル的な圧力上昇が生ずれば、ピエゾ磁気効果によって熱消磁とは逆のパターンが見られる可能性がある。

また、地磁気が距離の3乗で減少する性質より、観測点のごく近くの影響で変化する可能性もある。この検証のため、雫石測点の西南西約1 kmの地点に連続観測点を1999年7月末に設置し、比較観測を行っている。これによれば、1999年9月末の値の上昇は雫石観測点近傍に起因することが分かった。雫石観測点近くでは、9月末にかけて工事が行われており、この影響も考えられる。

なお、詳細については、今後も観測を継続し、他のデータとつきあわせることが必要である。

第5図 岩手山における地磁気測定結果
Fig. 5 Results of Geomagnetism Measurements around Mt. Iwate.

干渉SARによる1998年9月3日岩手県内陸北部の地震に伴う微小断層変位検出

国土地理院

岩手山では1998年4月末に急激に火山性地震数が増加し、顕著な地殻変動がGPSなどによって観測された。また、1998年9月3日には岩手山の南西部にあたる葛根田川付近を震源とする岩手県内陸北部の地震(M6.1)が発生した。こうした火山活動や地震活動の詳細を調べるためにJERS-1の干渉SAR画像を使用して地殻変動を求めた。

1996年4月から1998年10月までの複数のデータを使用し、地殻変動の時系列を得た。一般に干渉SARは衛星-地表間の視線方向のみの変動が得られるが、今回の解析ではdescending(東からの観測)とascending(西からの観測)の異なる軌道からの観測データが得られている。そこで、異なる方向からの観測の2つの視線方向を含む面上の変動ベクトルを合成し、上方向と東西方向の変動に分離した。2次元平面上の各点についてそれぞれ2次元変動をとらえたことになり、ここでは2.5次元変動と呼ぶことにする。

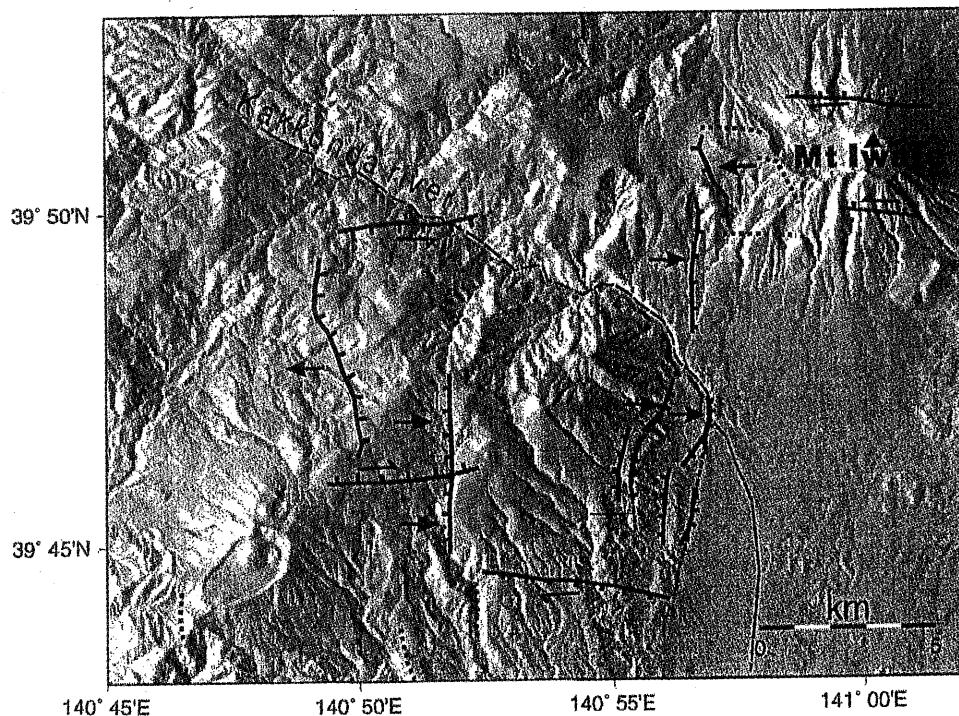
(1) 地震前の火山性地殻変動

1998年4月以降岩手山の西方の三ツ石山付近を中心とする地殻変動が干渉SAR、GPSともに観測された。干渉SARからは、変動の中心から四方に広がる、風船を膨らませるような等方的な変動が観測された(最大約10cm)。これは、地下深部のマグマ等が茂木モデル的に膨らんだとしたとして説明できる。

(2) 地震による地殻変動

1998年9月3日岩手県内陸北部の地震によるコサイスマミックな変動の2.5次元変動をとらえた。たとえば、主断層として、平行する既存の西根従属断層と晴山沢断層の北端部が数10cm動いたことがはっきりとわかった。また、こうした主断層以外にも同時もしくは余震活動の一部として動いた微小な断層が複数あることがわかった(下図参照)。その動きは主断層の ΔCFF のプラスと一致しており、主地震によって引き起こされたものであろう。これに加えて、これらの微小断層は変動自体と地形に相関があることから、過去に地震とともに繰り返し変動してきた活断層であると推定される。

また、この地震には直接関連せず、岩手山の火山活動により変動したと思われる微小な断層も見つかった。



第6図 干渉SARによる1998年9月3日岩手県内陸北部の地震に伴う微小断層変位検出

Fig. 6 Lineaments in JERS1 SAR interferogram (1997-1998): Possible micro faults movements associated with 1998/09/03 Earthquake (M6.1) near Mt. Iwate.