

2 - 1 東北地方の地殻変動

Crustal Movements in the Tohoku District

国土地理院
Geographical Survey Institute

第1図は、岩手山周辺のGPS連続観測結果である。第1図(2)~(5)は、臨時に設置したものも含め、2周波受信機で岩手山周辺において実施しているGPS連続観測結果である。第1図(1)は観測点の配点図である。1998年3月頃から岩手山周辺の定常GPS連続観測点に変動が現れ始めたため、6月から臨時観測点を設置して観測を強化した。観測点名の前にMがついている点が臨時観測点である。3月から8月頃にかけて岩手山が南北に拡張するセンスの基線長の変化が続いていたが、9月3日に岩手県内陸北部地震が発生し、いくつかの基線にコサイスマミックな変動が現れた。最近では、多くの基線で変化が停止したように見えるが、3.玉山-M寄木、6.M西山-M田沢湖等、岩手山の西側において、量的には小さいながらも変動が継続している基線がある。

第2図(2)~(3)は、岩手山周辺に配置した一波のGPS観測結果である。これらの点では、太陽電池と風力発電を装備し、衛星通信を利用して観測データの転送する独立運用型のGPS連続観測装置(1波)により観測を行っている。これらのうち第2図(1)に表示した基線の距離変化を示す。標高の高い点に設置していること、1波であること、日照の少ない期間は動作が停止することなどから、通常の連続観測に比べると、解析結果のばらつきがやや大きい。

第3図(2)~(4)は、第3図(1)に示すように岩手山の尾根沿いに設置した光波自動辺長観測装置(APS)の観測結果である。冬季間は積雪、天候不良等のためほとんど欠測となったものの、3月以降はデータが取得されている。積雪、強風等により観測機材が傾斜した疑いもあるが、9月3日(M6.1)の地震後も基線の伸張が続いているように見える。これは、第1図のGPS連続観測結果に現れている岩手山西側の地殻変動の継続とも調和的である。

第4図は、地球資源衛星「ふよう-1号」(JERS-1)の合成開口レーダー観測結果の解析による岩手山の地殻変動に関するものである。1998年の一連の活動に伴う岩手山周辺の地殻変動検出を目的として、実施した宇宙開発事業団地球資源衛星「ふよう-1号」(JERS-1)の合成開口レーダー観測データの干渉処理をおこなった。それらの解析結果を総合して報告する。

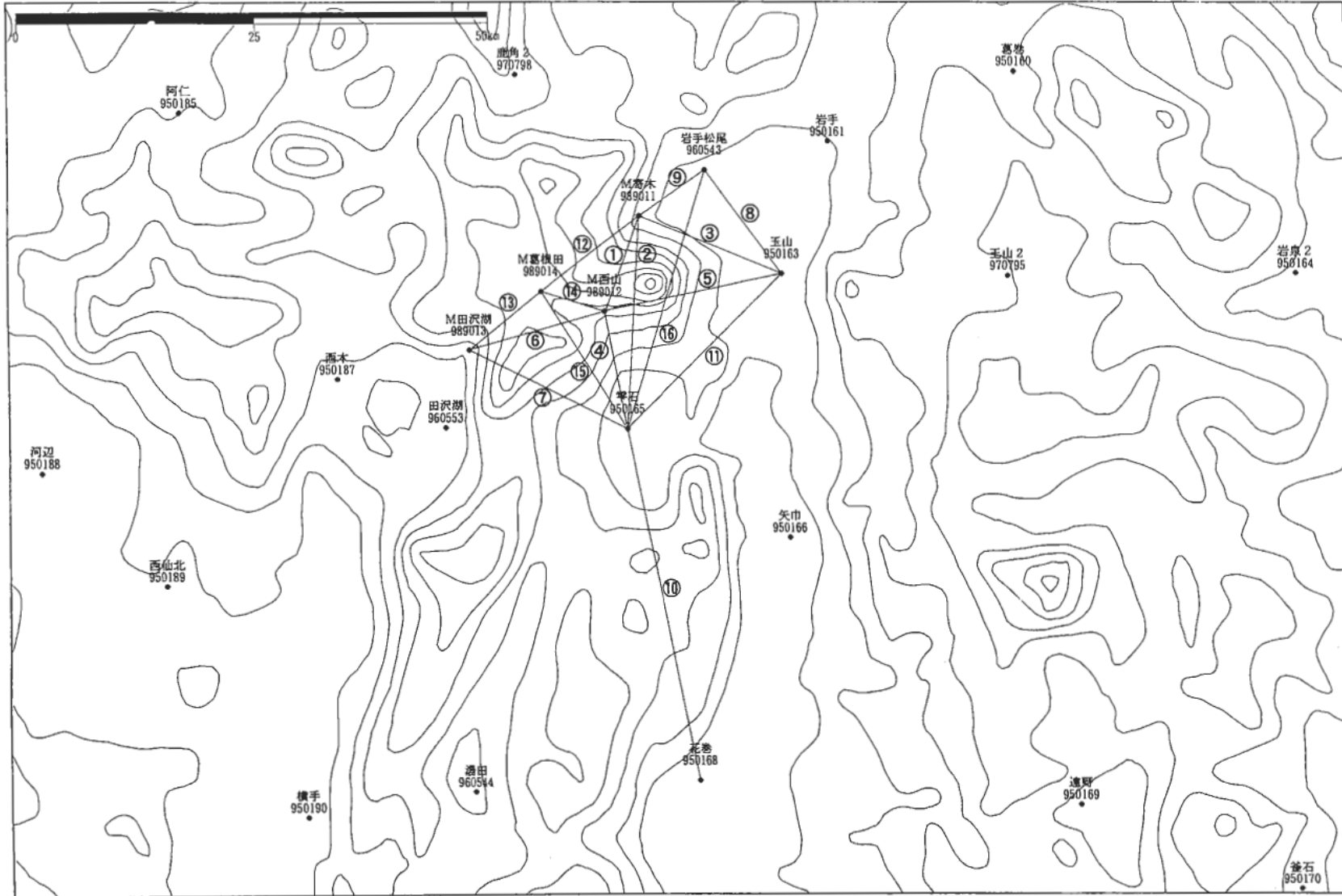
第4図(1)は、JERS-1 SAR干渉処理による1997/11/05-1998/09/09間の岩手山周辺の地殻変動である。左に観測結果である干渉図を、右に観測に基づき構築したモデルによるシミュレーション画像を示す。いずれも、上記観測期間(約1年弱)に発生した、地殻変動の全てに対応するものである。モデルの構築においては、1.震源断層、2.その東側に平行に走り、地表でのラプチャーを伴う副次的な断層、3.岩手山西方約10km、地下約8kmの茂木モデルを仮定した。画像には、上の3つの地殻変動が重畳して反映されているとし、それらの位置、すべり量、および膨張量等のパラメータをインバージョンによって決定した。茂木モデルの位置、格子が決定された断層の位置をそれぞれ示す。

第4図(2)は、上のモデル構築によって決定された茂木モデル的な膨張源が、1998/09/03のM6.1地震を加速または停滞させるセンスの CFF である。加速する向きの変化量が大きい箇所では、地震がすべり始めている(図の が震央)。CFF の変化量は、報告されている地震による応力降下量の約10%である。この結果により、M6.1の地震が、岩手山西側において6月頃から始まった、茂木モデル的な膨張によってトリガーをはずされ発生したことが強く示唆される。

第4図(3)は、東西両方向から観測された衛星データを同時に用いることによって明らかとなった、東西方向の断面に投影された地表変動ベクトルの詳細分布である。断面4及び5では、西根断層群の延長部付近において近接して2つの変動不連続面があることが明瞭に現れている。多方向からの干渉 SAR による観測データを用いて、変動の向きを分離した解析は、これまで世界的にも余り例がない。

第4図(4)は、干渉 SAR による、岩手山周辺の地殻変動の時系列である。それぞれ、衛星が観測した全域の画像を示している。本資料の最初の画像は、本図下段右端の画像である 97/11/05-98/09/09の地殻変動量を用いてモデル構築を行い、山頂西側に茂木モデルを推定したが、それとは全く独立の観測である 98/04/30-98/07/27(下段中央：南行軌道)および 98/04/14-98/07/11(上段左端：北行軌道)の両観測においても、ほぼ同じ場所に茂木モデル的な膨張のパターンと調和的な地殻変動を表すフリンジが現れている。このように茂木モデルの存在は独立の観測からも支持される。また、1998/4-6月の画像に地殻変動が現れていないことから、この膨張は6月以降9月にかけて発生したものである。

第5図は、岩手山周辺における地磁気連続観測の結果である。9/3日の地震の約1ヶ月前頃から地磁気に変化が現れ始め、地震時をピークとして現在は元に戻りつつある。

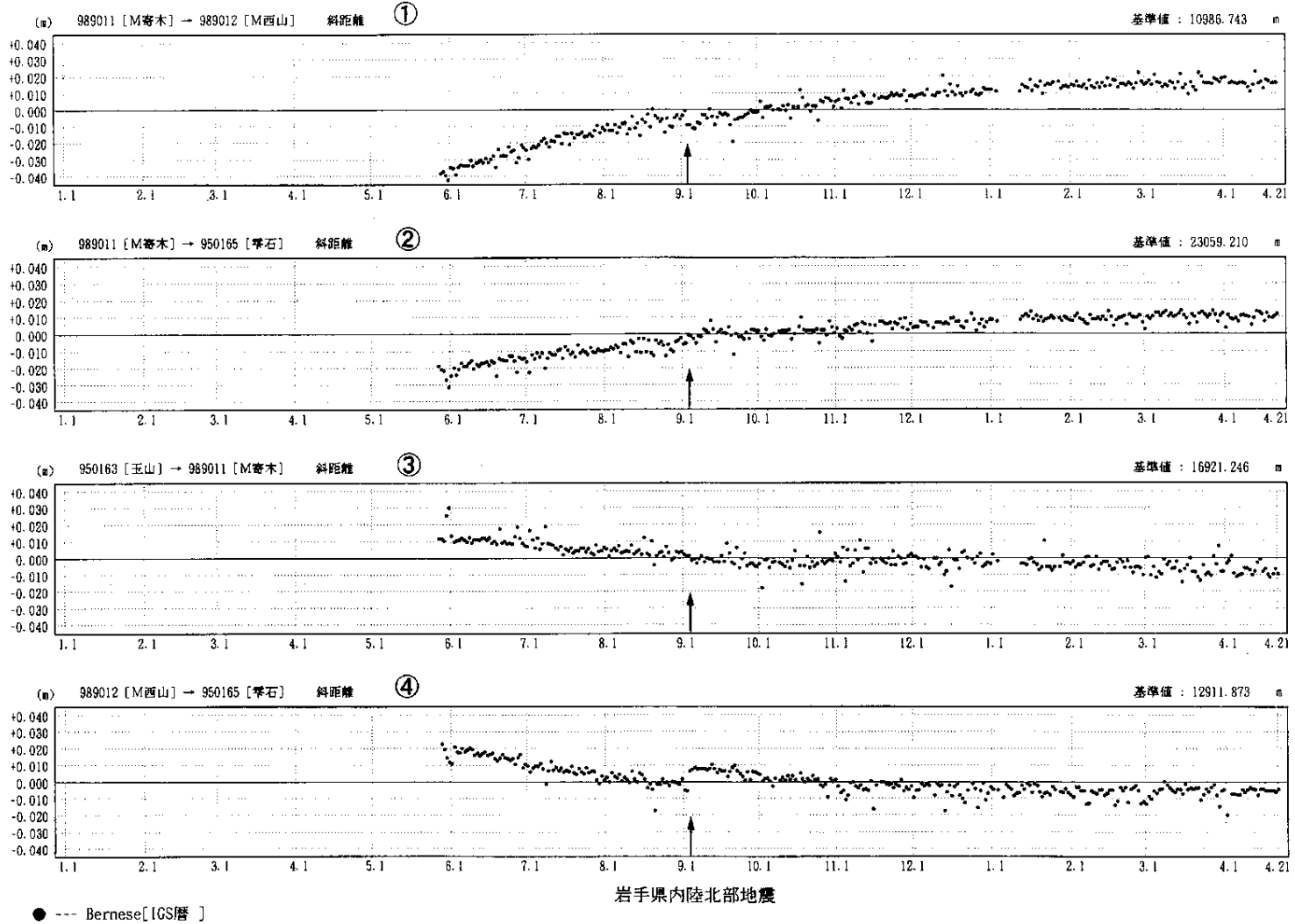


第 1 図(1) 岩手山周辺 GPS 連続観測結果 (1):配点図

Fig.1(1) Baseline length changes derived from continuous GPS measurements around Mt. Iwate (1 of 5):Site Location Map.

期間: 1998年1月1日 ~ 1999年4月21日
座標系: WGS84

基線長変化グラフ

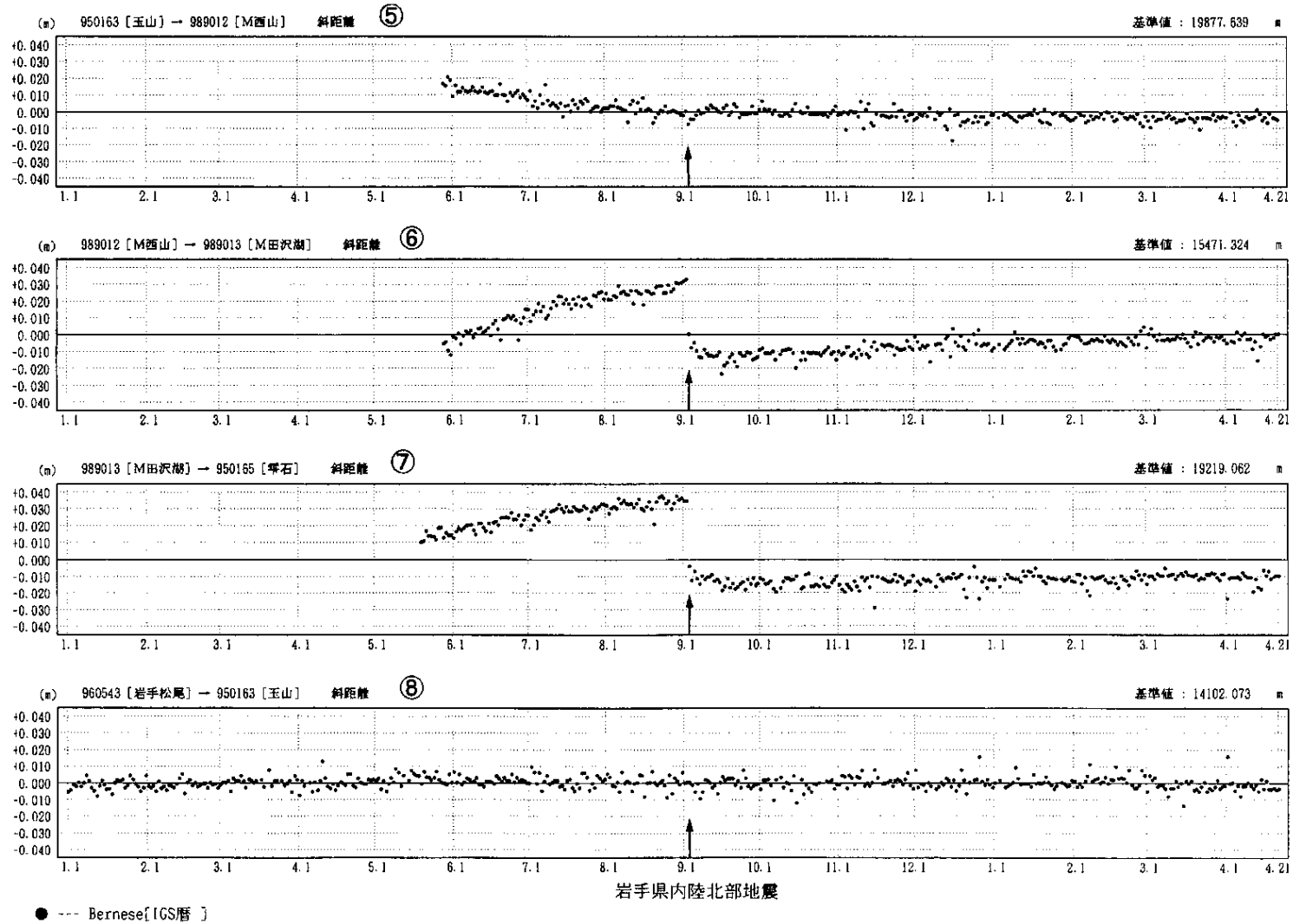


第1図(2) 岩手山周辺 GPS 連続観測結果 (2)

Fig.1(2) Baseline length changes derived from continuous GPS measurements around Mt. Iwate (2 of 5).

期 間：1998年1月1日 ~ 1999年4月21日

基線長変化グラフ

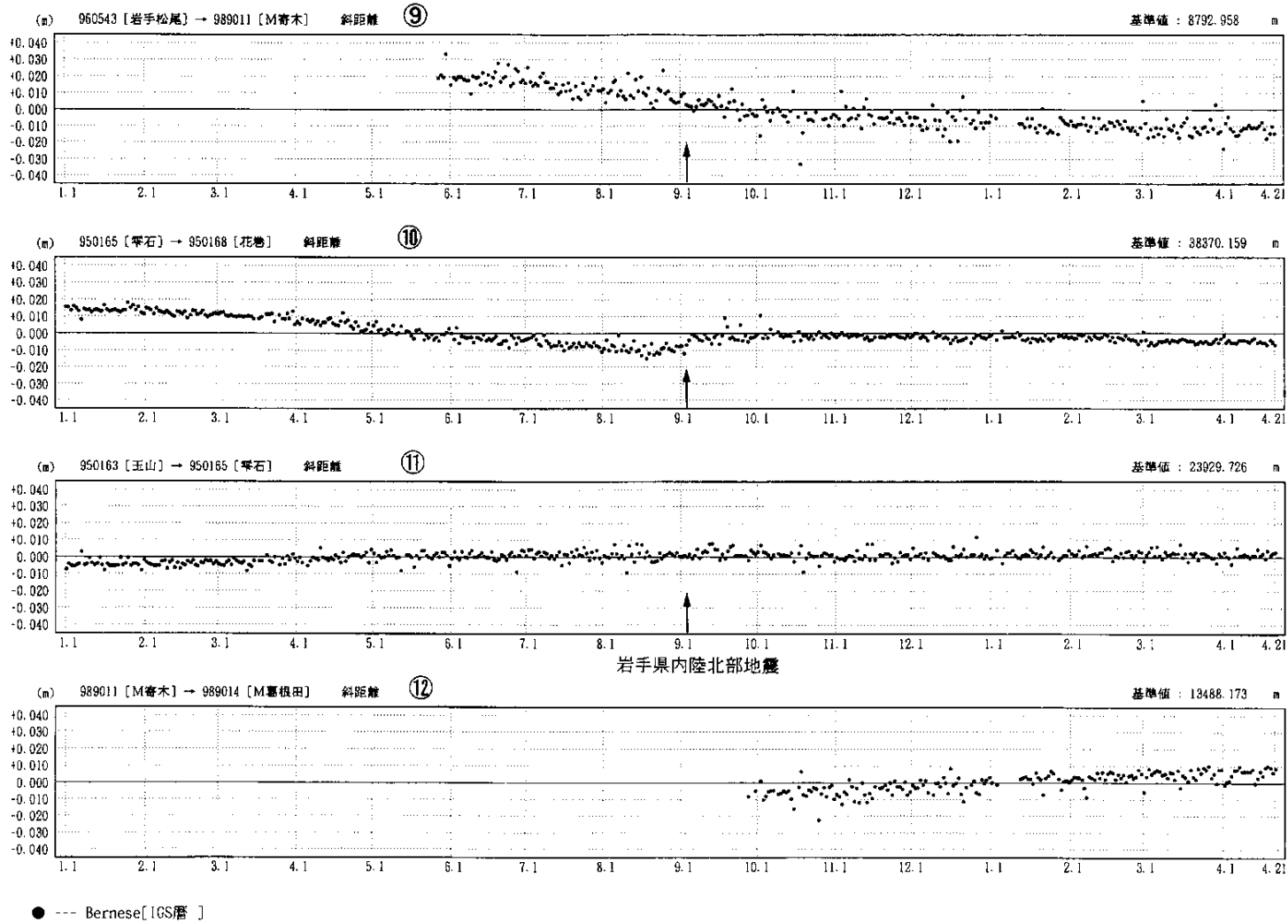


第 1 図(3) 岩手山周辺 GPS 連続観測結果 (3)

Fig.1(3) Baseline length changes derived from continuous GPS measurements around Mt. Iwate (3 of 5).

期 間: 1998年1月1日 ~ 1999年4月21日

基線長変化グラフ

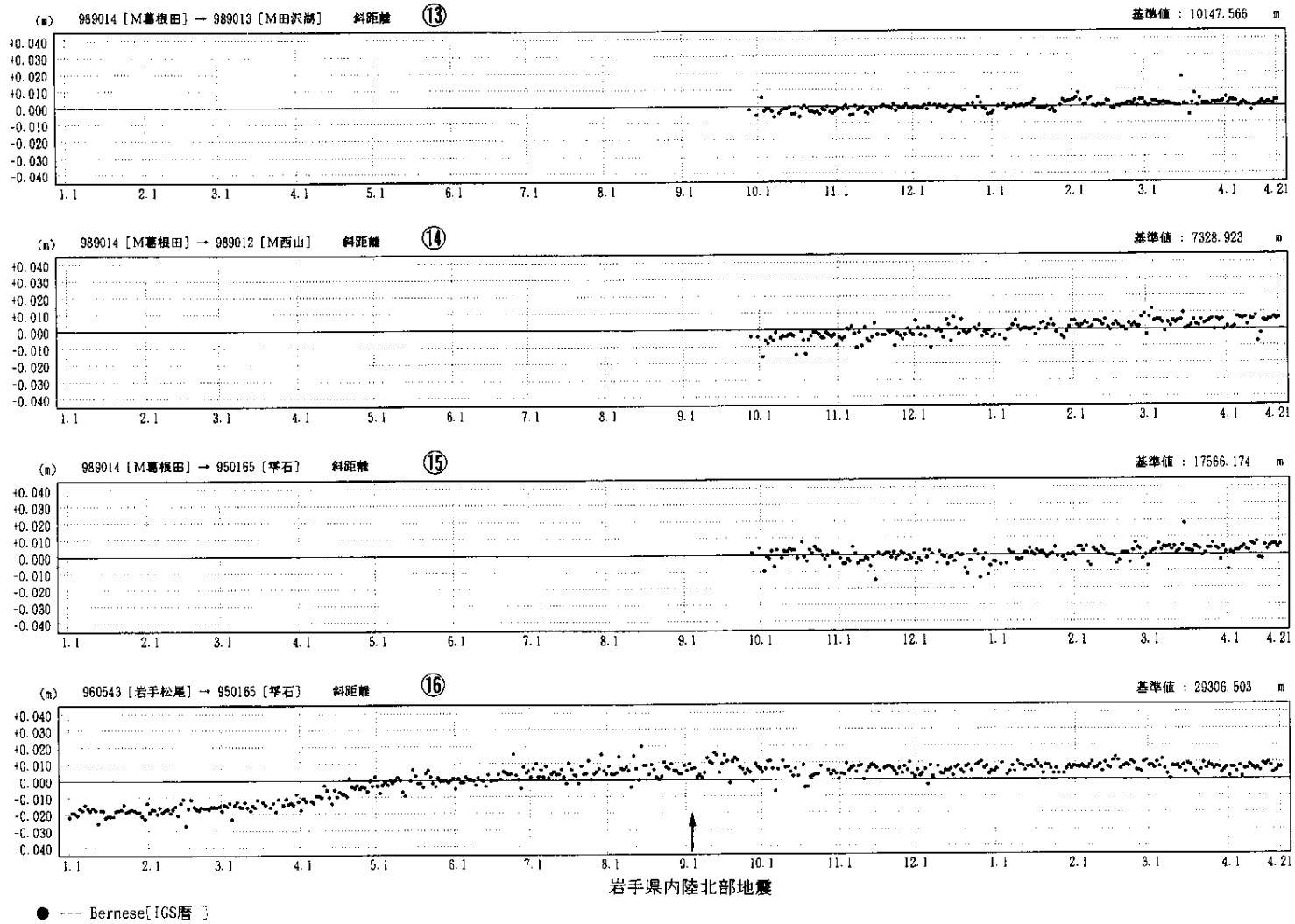


第1図(4) 岩手山周辺 GPS 連続観測結果 (4)

Fig.1(4) Baseline length changes derived from continuous GPS measurements around Mt. Iwate (4 of 5).

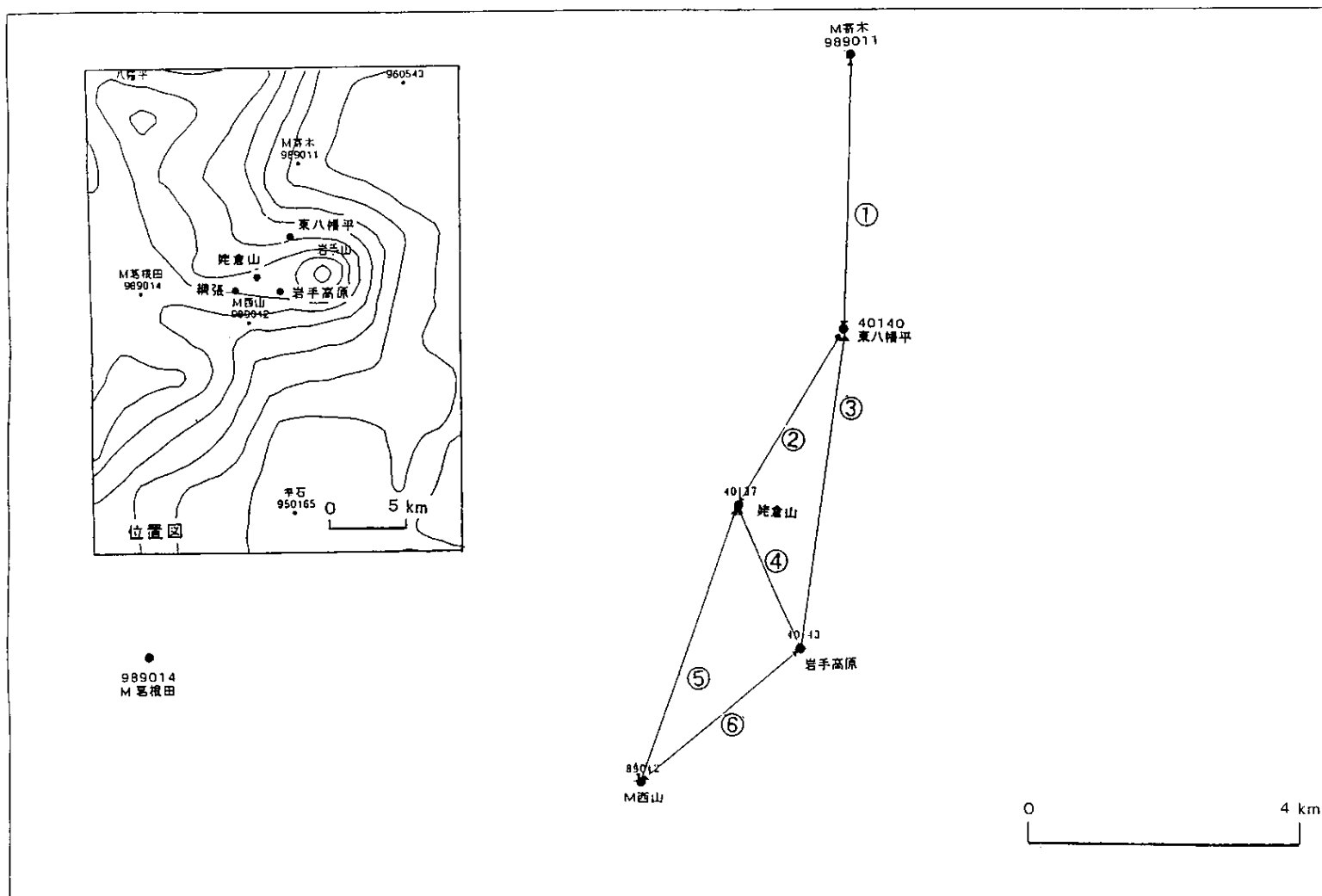
期 間: 1998年1月1日 ~ 1999年4月21日

基線長変化グラフ



第 1 図(5) 岩手山周辺 GPS 連続観測結果 (5)

Fig. 1(5) Baseline length changes derived from continuous GPS measurements around Mt. Iwate (5 of 5).

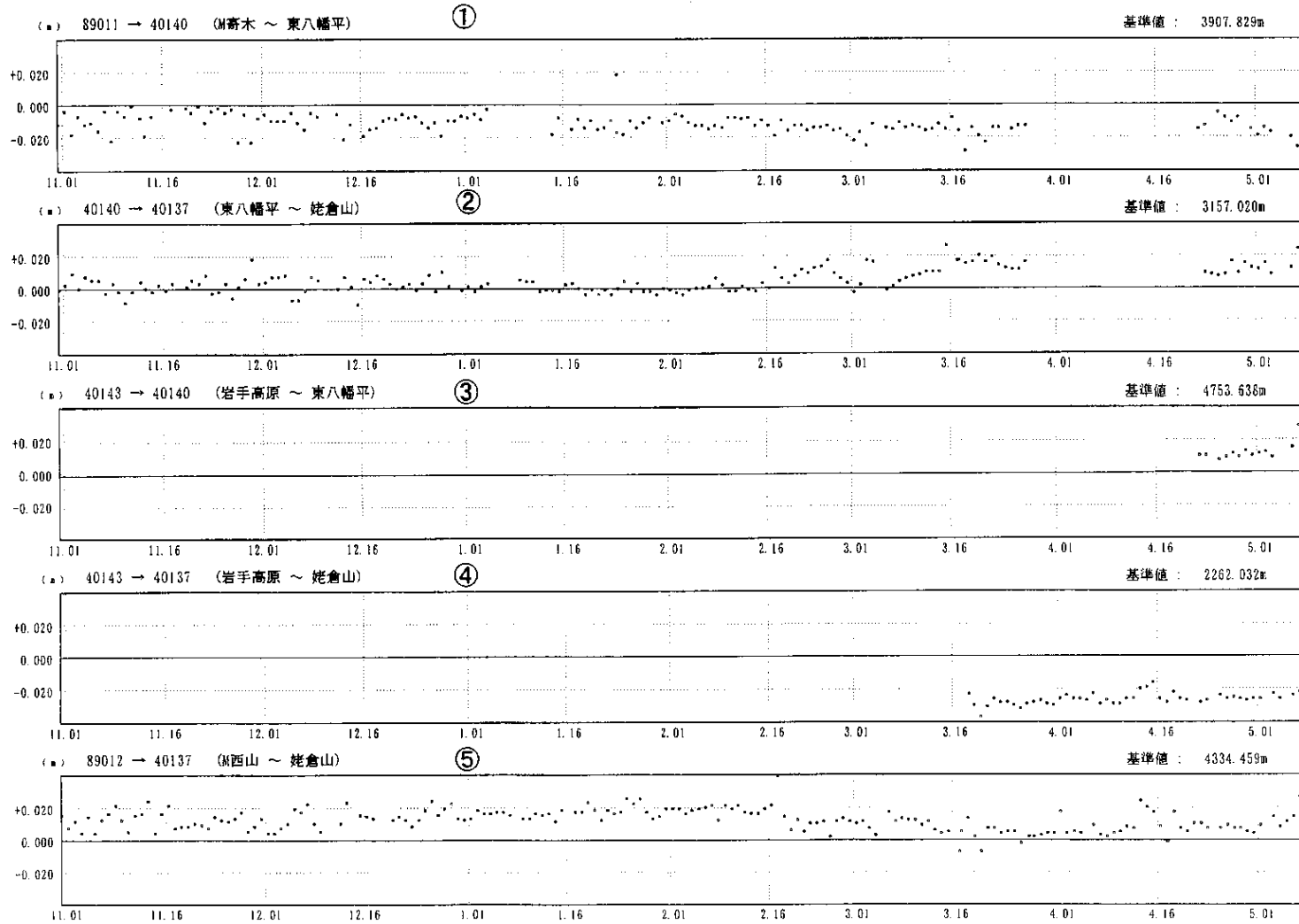


第 2 図(1) 岩手山周辺自立 GPS 連続観測 (1 波) 結果 (1)

Fig. 2(1) Results of GPS(single frequency) measurements around Mt. Iwate using self-supporting data acquisition system with solar panels ,windmill generator and satellite communication capability (1 of 3).

基線長変化

放送暦 1999年 5月 9日

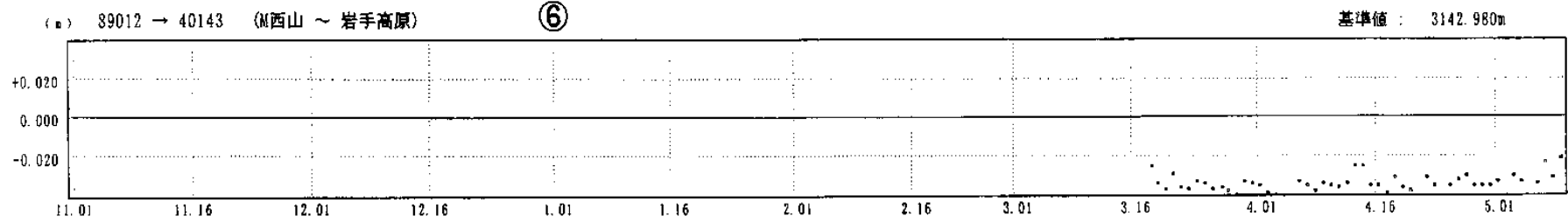


第2図(2) 岩手山周辺自立 GPS 連続観測 (1波) 結果 (2)

Fig. 2(2) Results of GPS(single frequency) measurements around Mt. Iwate using self-supporting data acquisition system with solar panels ,windmill generator and satellite communication capability (2 of 3).

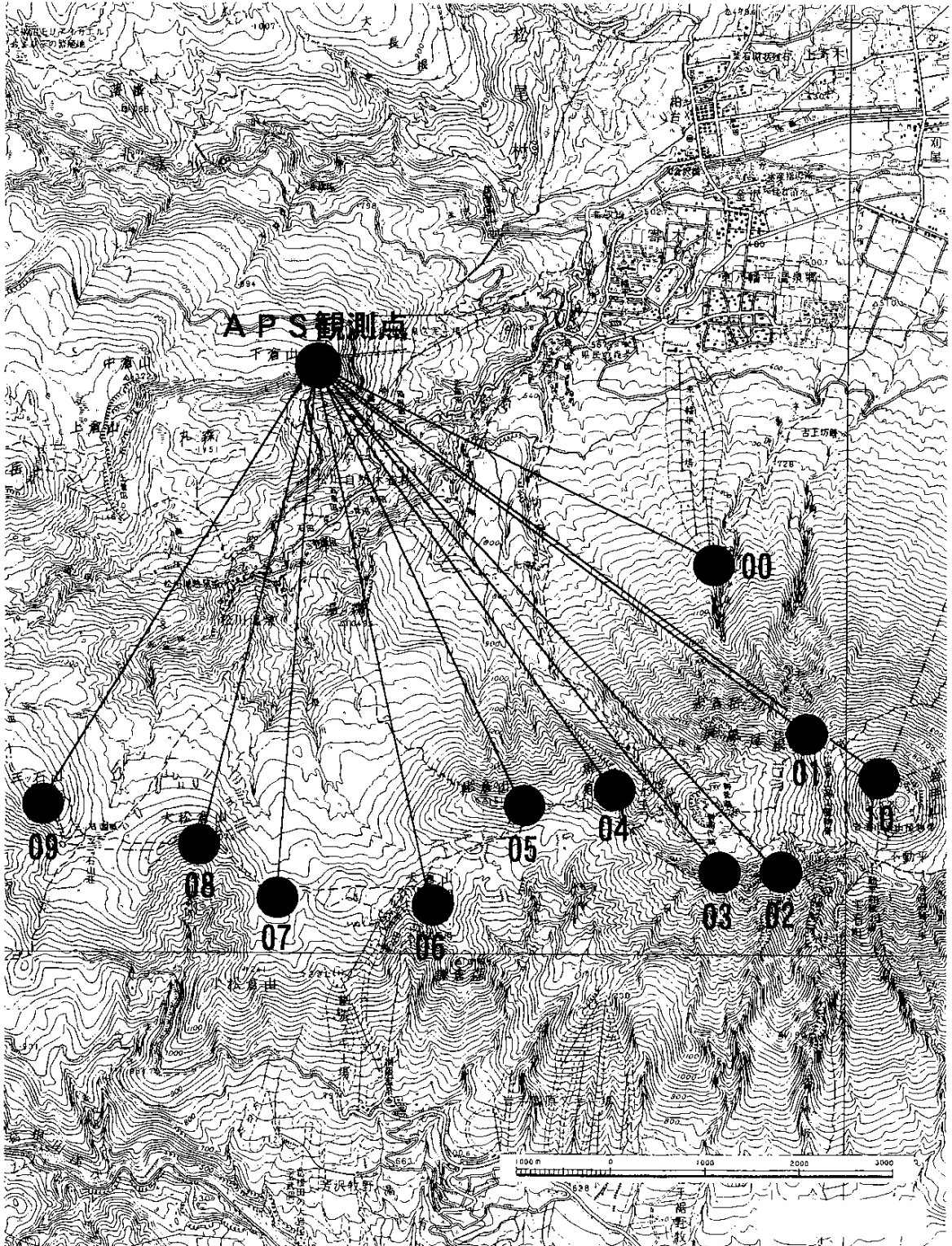
基線長變化

放送曆 1999年 5月 9日



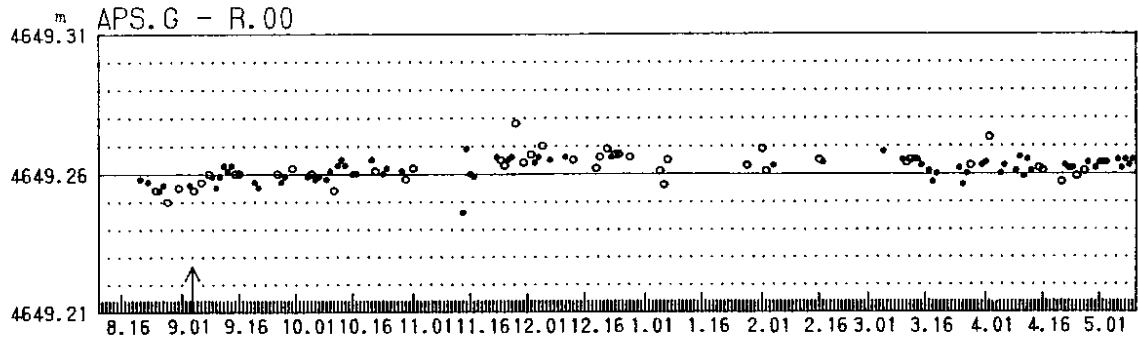
第 2 図(3) 岩手山周辺自立 GPS 連続観測 (1 波) 結果 (3)

Fig. 2(3) Results of GPS(single frequency) measurements around Mt. Iwate using self-supporting data acquisition system with solar panels ,windmill generator and satellite communication capability (3 of 3).

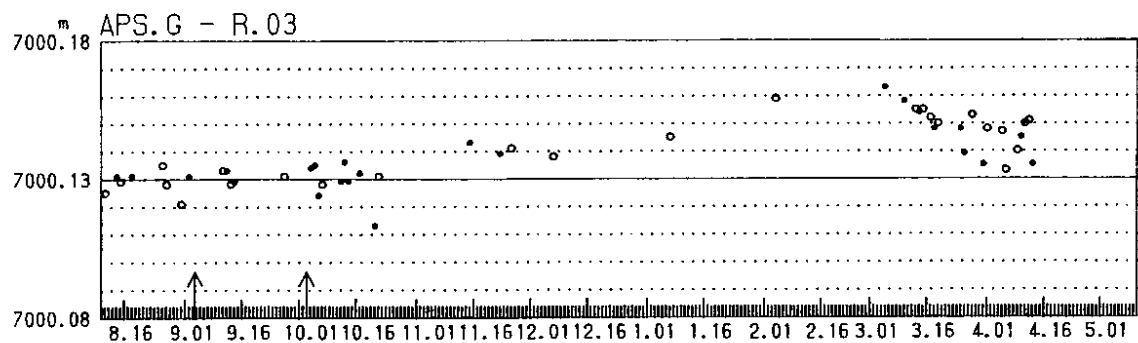
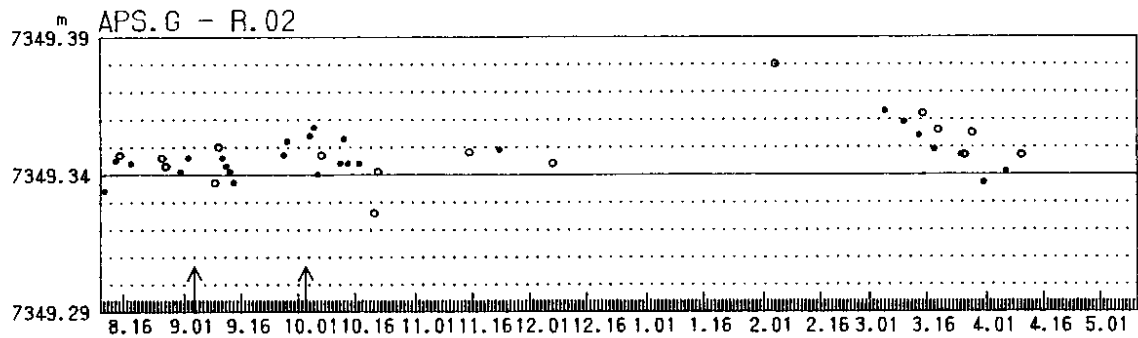
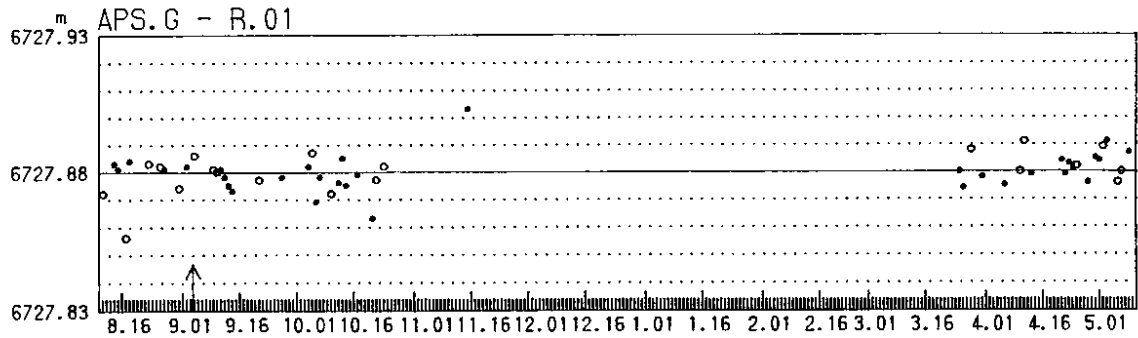


第3図(1) 岩手山周辺における自動辺長観測装置 (APS) の観測結果 (2)
 Fig. 3(1) Results of automated distance measurement system (APS) around Mt. Iwate (1 of 4).

期間 98/08/10-99/05/10



岩手県内陸北部地震



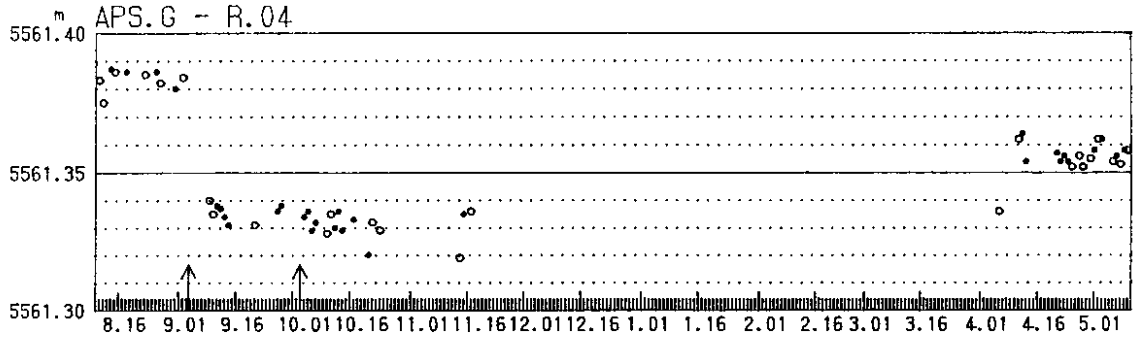
反射点変更

1日5回(20,22,0,2,4時)のうち
●…3回以上の平均 ○…2回以下の平均

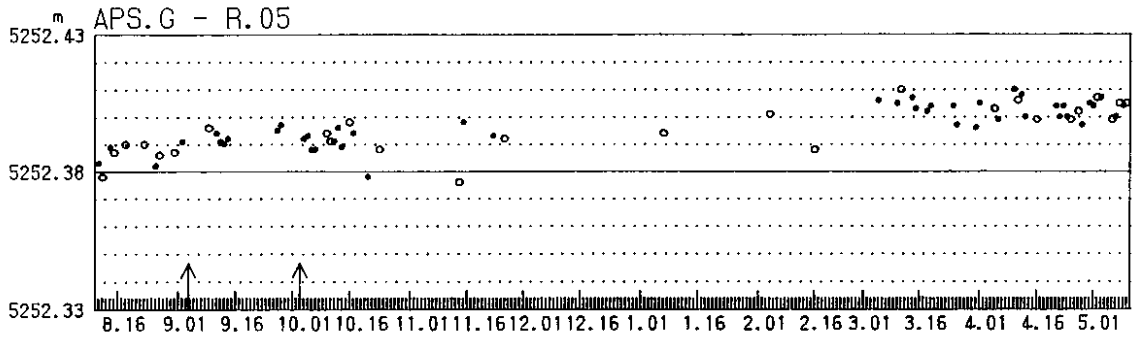
第3図(2) 岩手山周辺における自動辺長観測装置(APS)の観測結果(2)

Fig. 3(2) Results of automated distance measurement system (APS) around Mt. Iwate (2of 4).

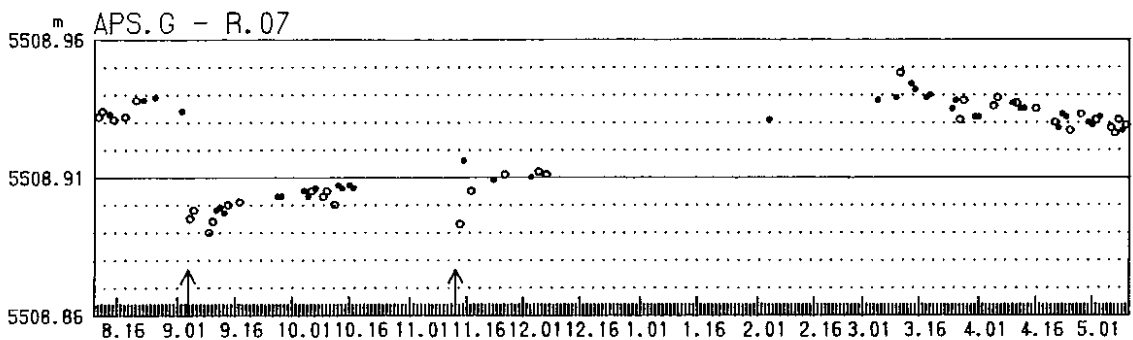
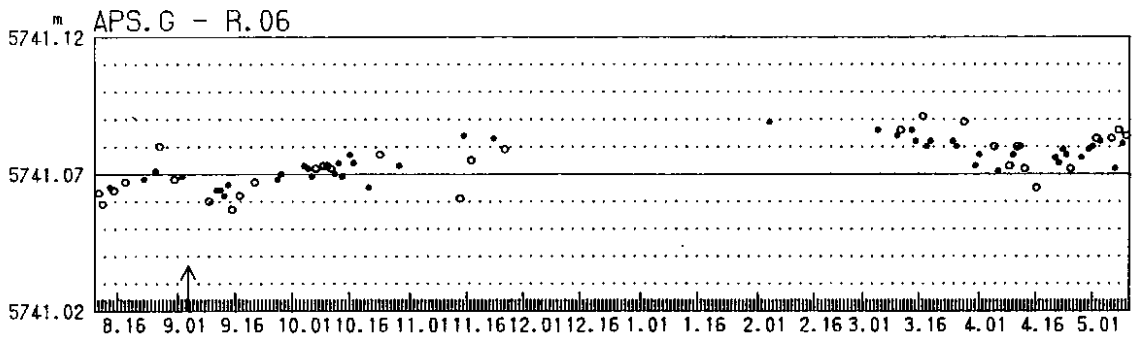
期間 98/08/10-99/05/10



岩手県内陸北部地震



反射点変更



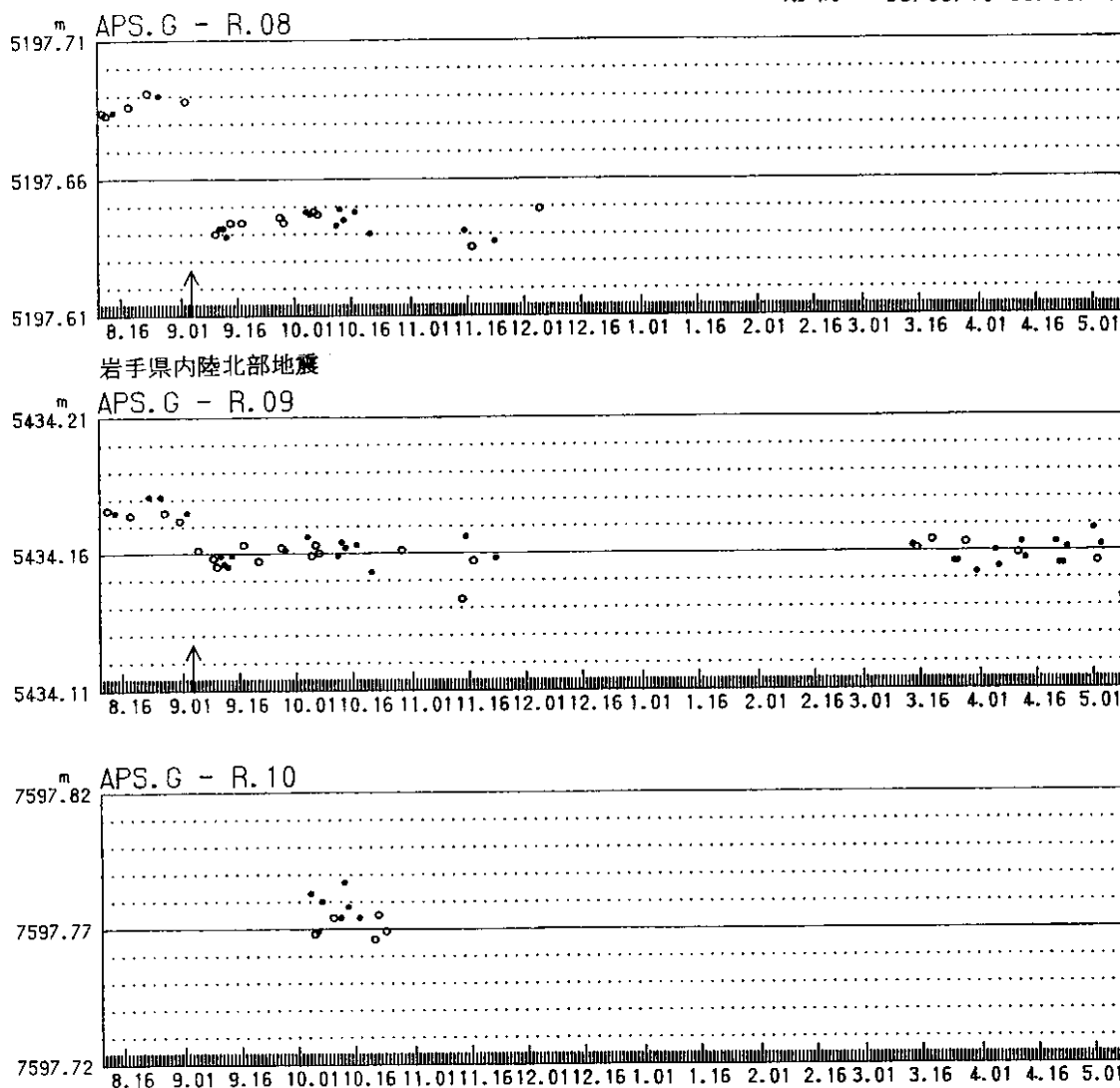
反射点変更

1日5回(20,22,0,2,4時)のうち
●…3回以上の平均 ○…2回以下の平均

第3図(3) 岩手山周辺における自動辺長観測装置(APS)の観測結果 (3)

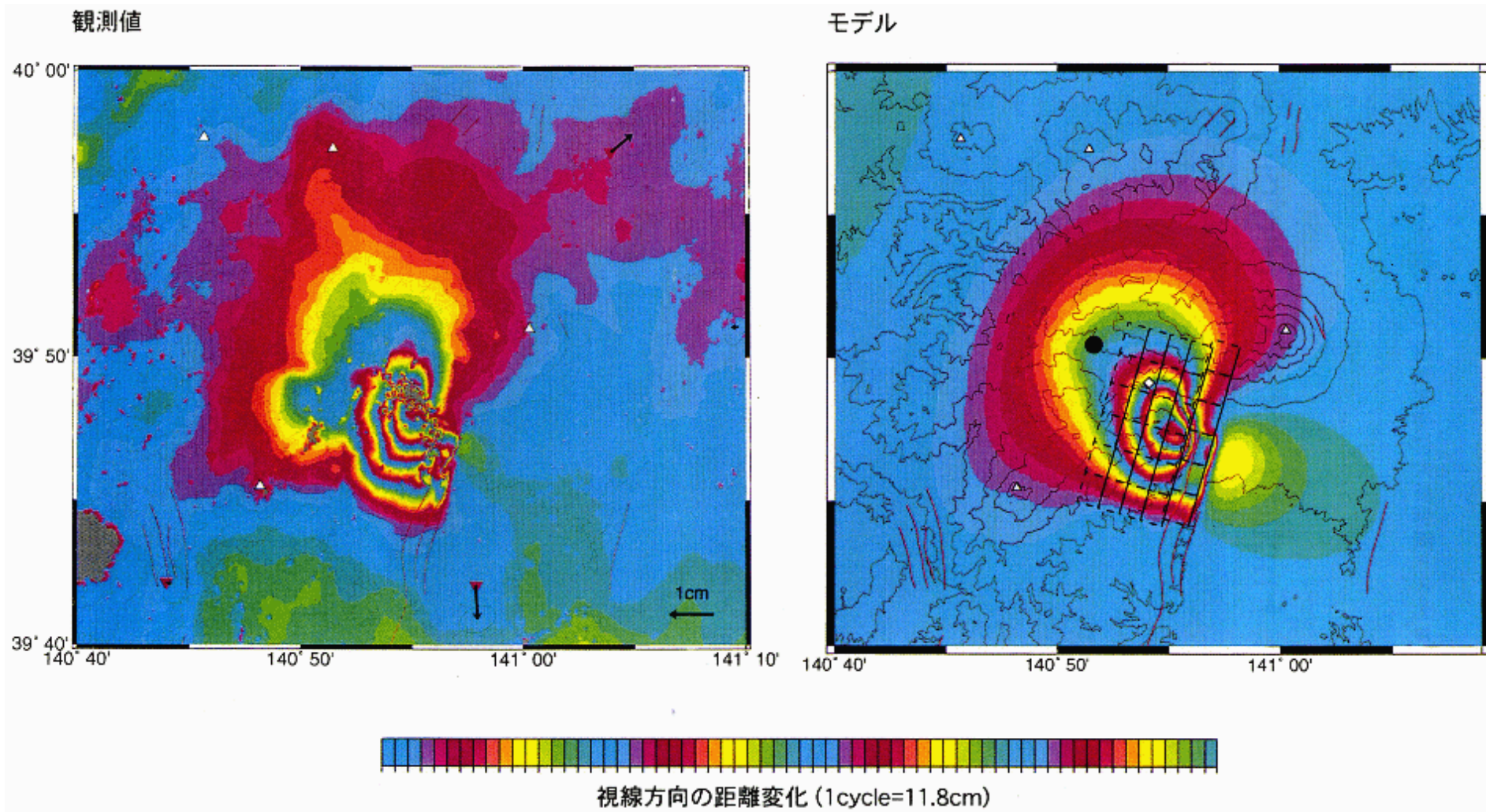
Fig. 3(3) Results of automated distance measurement system (APS) around Mt. Iwate (3 of 4).

期間 98/08/10-99/05/10



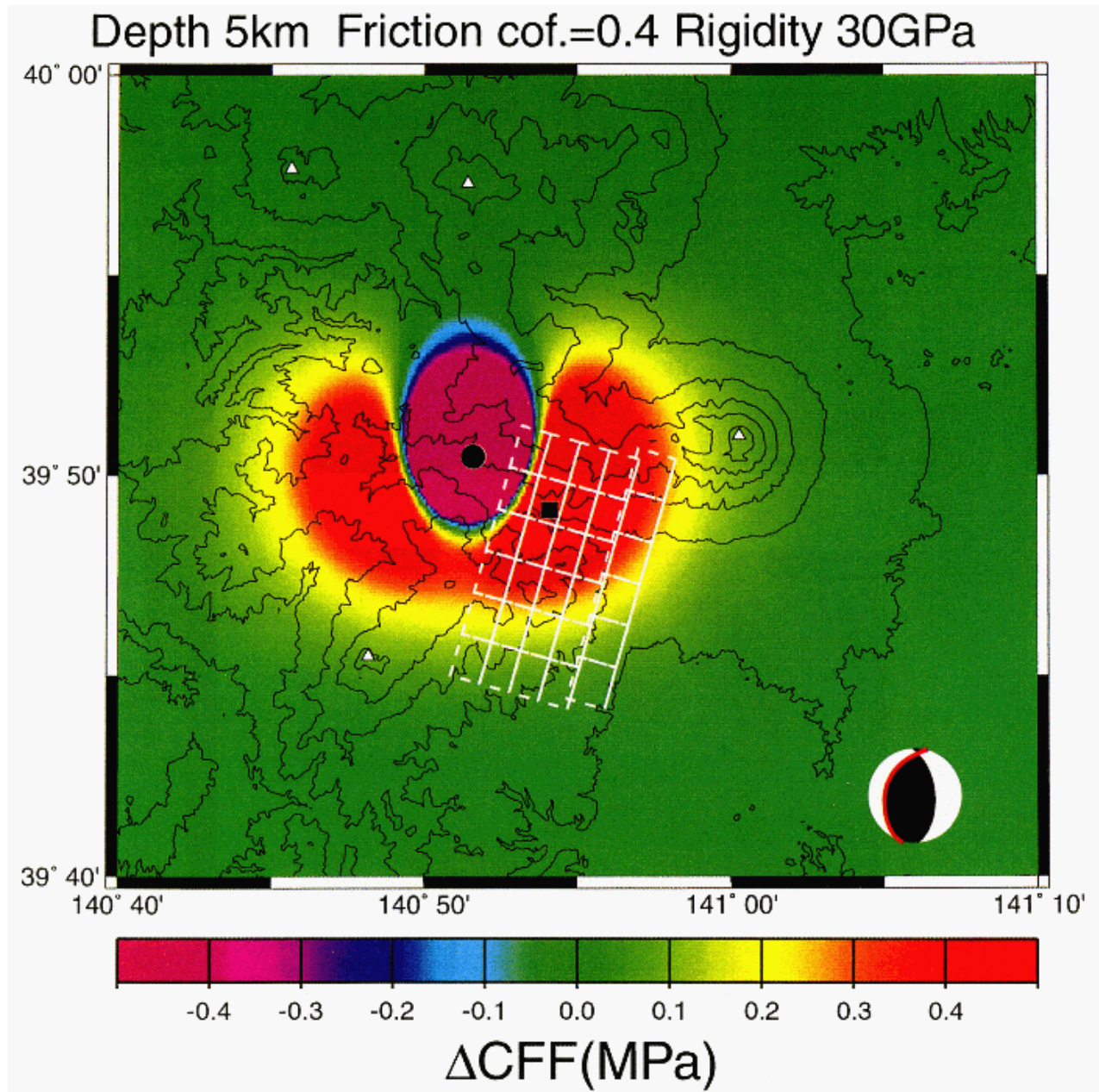
1日5回(20,22,0,2,4時)のうち
●…3回以上の平均 ○…2回以下の平均

第3図(4) 岩手山周辺における自動辺長観測装置(APS)の観測結果 (4)
Fig. 3(4) Results of automated distance measurement system (APS) around Mt. Iwate (4 of 4).



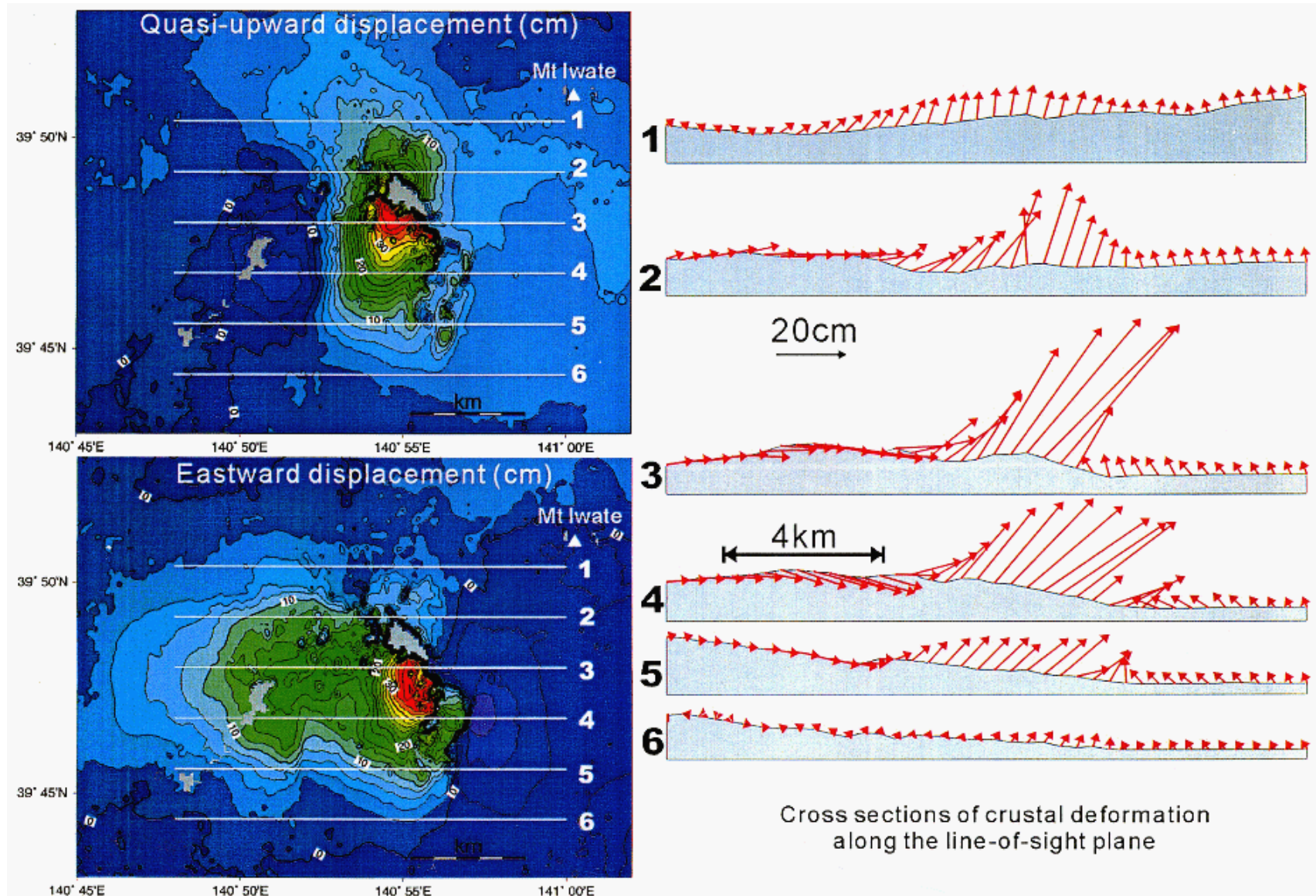
第4図(1) JERS-1 SAR 干渉処理 による岩手山周辺の地殻変動 (1997/11/05- 1998/09/09)観測による干渉図 (左) およびモデルによるシミュレーション画像 (右)

Fig. 4(1) Interferogram derived from JERS-1 SAR data on 1997/11/05 and 1998/09/09. Observation interferogram (left) and simulated interferogram (right) assuming a causative fault of 1998/9/3 earthquake (M6.1) and an inflation source.



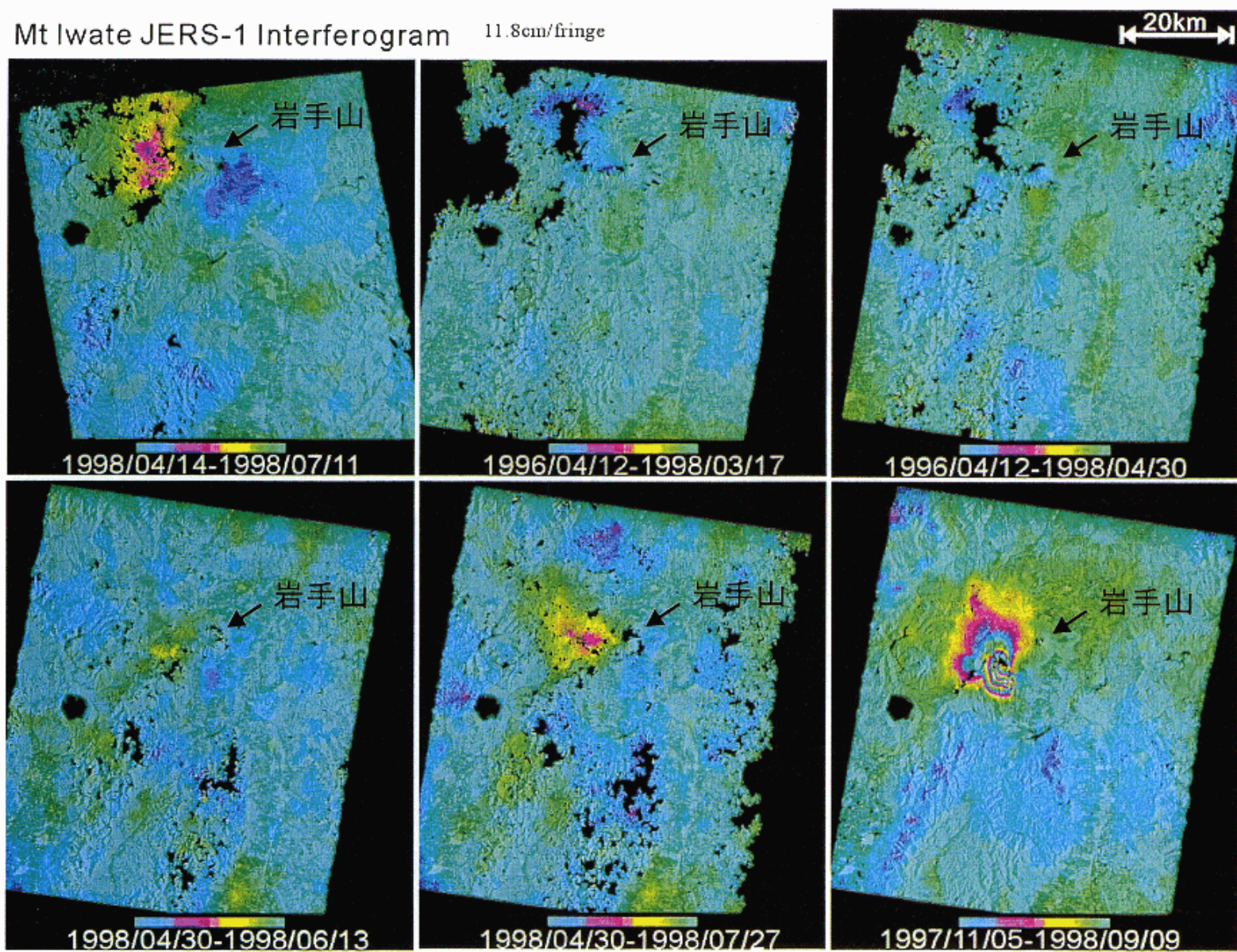
第 4 図(2) 岩手県内陸北部地震のメカニズムに対して膨張源がもたらす CFF

Fig. 4(2) ΔCFF for the fault mechanism of North Inland Iwate Pref. Earthquake (Sept 3, 1998) induced by the Mogi inflation source.



第4図(3) JERS-1の南行軌道(Descending)および北行軌道(Ascending)を利用したCo-seismic変動の詳細分布解析結果

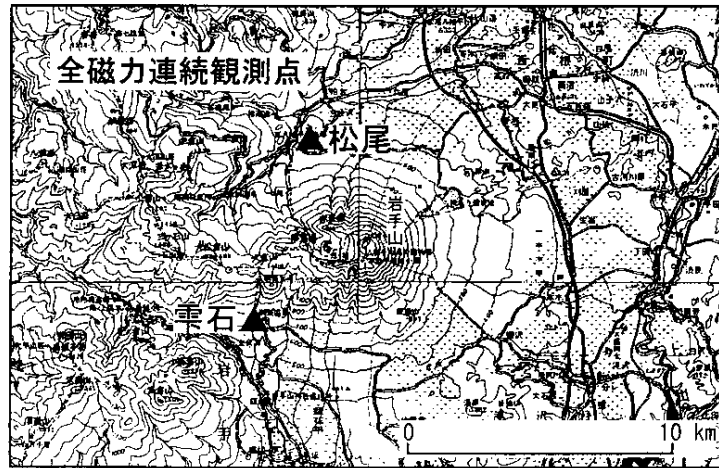
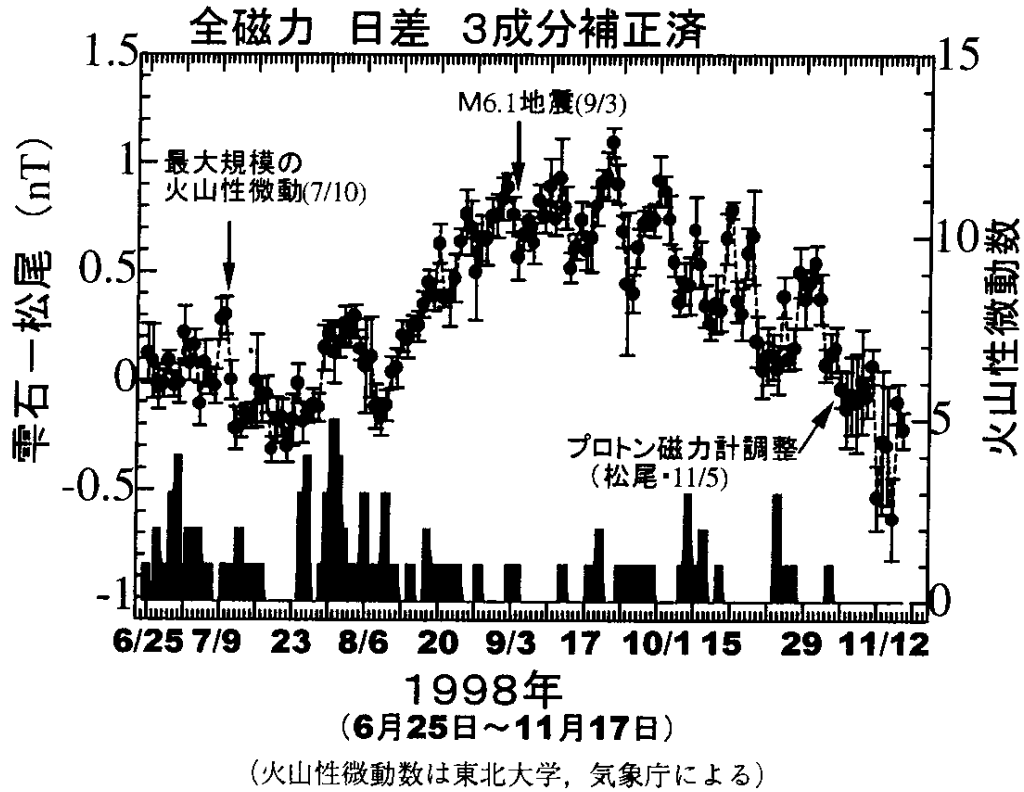
Fig. 4(3) 2-dimensional representation of co-seismic crustal deformations in E-W vertical planes derived by decomposition of descending and ascending measurements of JERS InSAR.



第4図(4) JERS-1 干渉 SAR による岩手山周辺の地殻変動の時系列

Fig. 4(4) Time series of spatial distribution of crustal deformations during 1997-1998 period derived from JERS-1 InSAR.

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。



第5図 岩手山周辺の地磁気変化

Fig. 5 Change of geomagnetism around Mt. Iwate