

### 3-35 SAR 干渉解析による東北地方太平洋沖地震に関する地殻変動

#### Crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake by SAR interferometry

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に関する地殻変動の調査を目的として、防災利用実証実験・地震WGからの要求に基づき、陸域観測技術衛星「だいち」に搭載されている合成開口レーダー（SAR（センサ名：PALSAR））による緊急観測が実施された。本解析においては、これらの緊急観測データと地震前に観測されたPALSARデータのペアにSAR干渉法を適用し、地殻変動を検出した。ここでは、その解析結果について報告する。

2パス差分SAR干渉法を適用して得られた北行軌道に関する干渉画像を第1図(a)、南行軌道に関する干渉画像を第1図(b)に示す。北行軌道の干渉画像においては、おおまかに震央付近を中心とするような半円形の干渉縞が求まった。これは震央に近づくにつれてスラントレンジの伸長量が大きくなることを示しており、三沢市付近に対する牡鹿半島のスラントレンジ変化量は+4mに達している。一方、南行軌道に関する干渉画像においては、牡鹿半島付近を中心とした半円形の干渉縞が求まった。これは牡鹿半島に近づくにつれてスラントレンジの短縮量が大きくなることを示しており、三沢市付近に対する牡鹿半島のスラントレンジ変化量は-2mと求まった。これらは、国土地理院の日本全国GPS観測網（GEONET）による地殻変動と概ね整合している。

次に、SAR干渉解析により得られた地殻変動から、断層すべり分布の推定を試みた。この推定においては、断層形状がおおよそプレート境界の形状と整合するように断層小セグメントを配置し、それぞれの小セグメントにおけるすべりベクトルを岡田モデル<sup>1)</sup>の逆解析から推定した。また、同時に、衛星軌道誤差成分も推定した。推定された断層すべり分布を第2図に示す。第3図（シミュレート画像）、第4図（残差画像）に示すように、推定されたモデルは観測された地殻変動を良く説明している。推定された断層すべりは逆断層方向のすべりが卓越していたことを示しており、最大すべり量（18m）は震央付近の小セグメントで求まった。モーメントマグニチュードは9.0と求まり、地震観測によるモーメントマグニチュードと調和的である。また、大きなすべりが生じた領域の縁辺部で多くの余震が発生しているように見えることが特徴の一つである。

残差画像（第4図）に着目すると、内陸で発生した地震に伴う地殻変動を明瞭に見ることが出来る。例えば、2011/3/19に発生した茨城県北部の地震については、明瞭なスラントレンジ伸長の変化が見られる（第5図(a),(b)）。その北東端付近にスラントレンジ変化の不連続が見られることから、断層が地表近くに達していると考えられる。また、断層は南西に傾斜していると考えられる。2011/3/23に茨城県北部で発生した地震の震央付近にもスラントレンジ変化の不連続が見られることから、この地震に関する断層も地表近くに達していると考えられる（第5図(b)）。また、スラントレンジ変化が見られた領域の東端に位置していることから、断層は西向きに傾斜していると考えられる。2011/3/2に長野県北部で発生した地震については、北西側にスラントレンジ伸長、南東側にスラントレンジ短縮の変化が見られ、南東側の短縮変化のほうが大きいことから、断層は南東に傾斜していると考えられる（第5図(c)）。また、その南側に、西に傾斜する断層を伴っていることを示す変化も見られる。2011/4/11に福島県東部で発生した地震については、1mを超え

る明瞭なスラントレンジ伸長が見られた(第5図(d)). 特に, 湯ノ岳断層および井戸沢断層に沿ってスラントレンジ変化の不連続が見られることから, 本地震はそれらの断層において発生したものと考えられる.

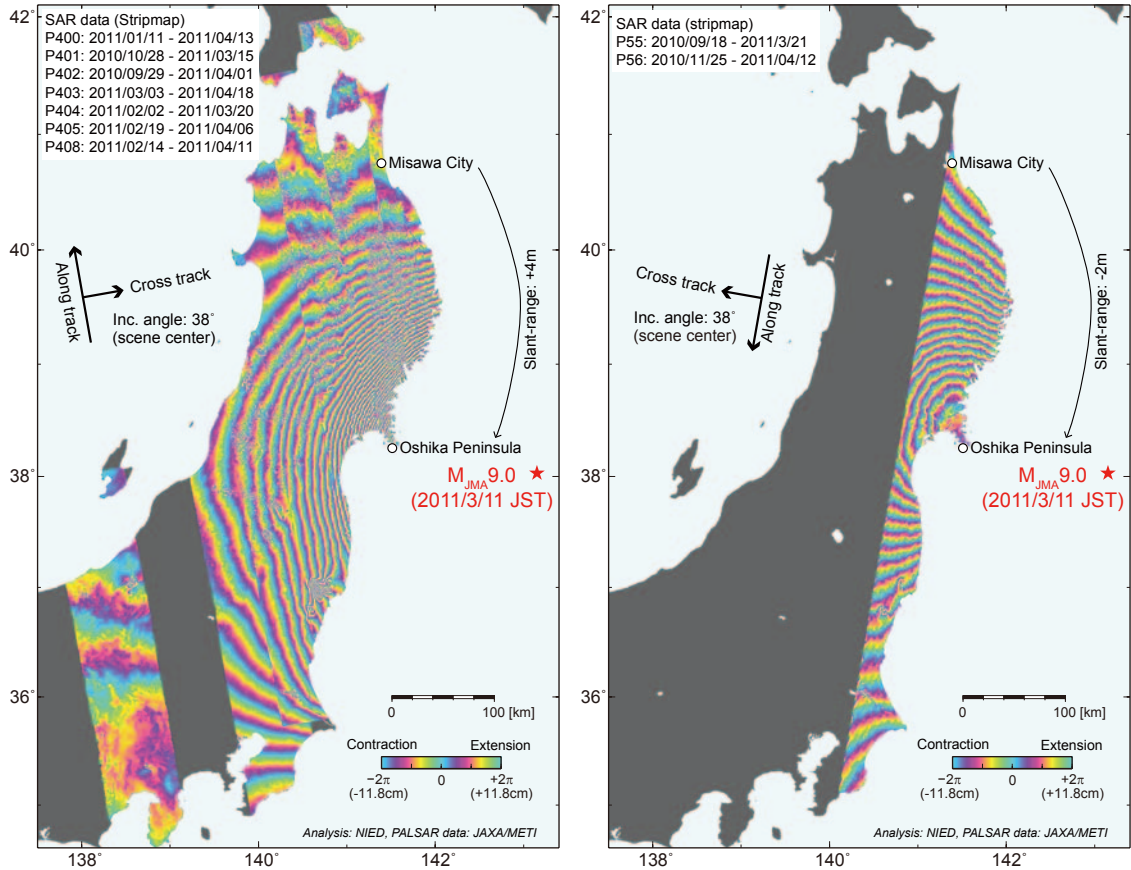
秋田駒ヶ岳付近, 栗駒山付近, 蔵王山付近, 吾妻山付近, 那須岳付近においてラントレンジが伸長する変化が見られた(第6図). この付近において, 干渉ペアの間に大きな地震は発生していない. このような変化は, 大気電波伝搬遅延によって生じる場合もあるが, 異なる観測日のデータからも, 同様の変化が見られることから, 実際の地殻変動を示す可能性が高いと考える. 今後, 他の観測データと合わせたより詳細な調査が必要である.

解析で用いた PALSAR データは, 防災利用実証実験地震 WG (事務局: 国土地理院) からの観測要求に基づいて取得・提供されたものである. PALSAR 原初データの所有権は宇宙航空研究開発機構および経済産業省にある. 図の作成においては, 国土地理院の基盤地図情報 10m メッシュ標高を使用した. また, 気象庁一元化震源データを使用した.

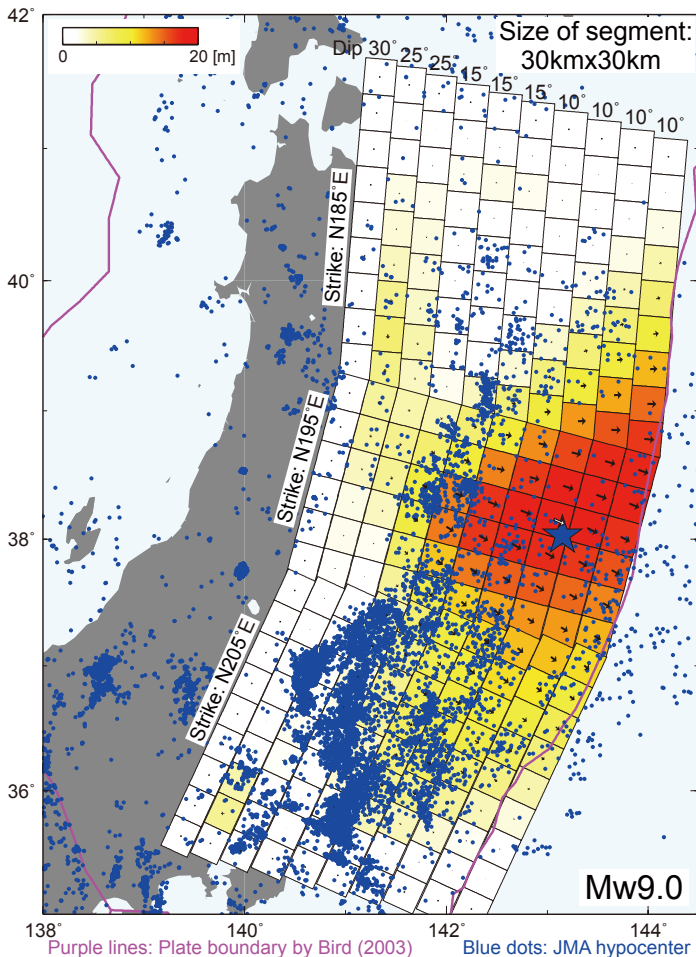
(小澤 拓)

#### 参 考 文 献

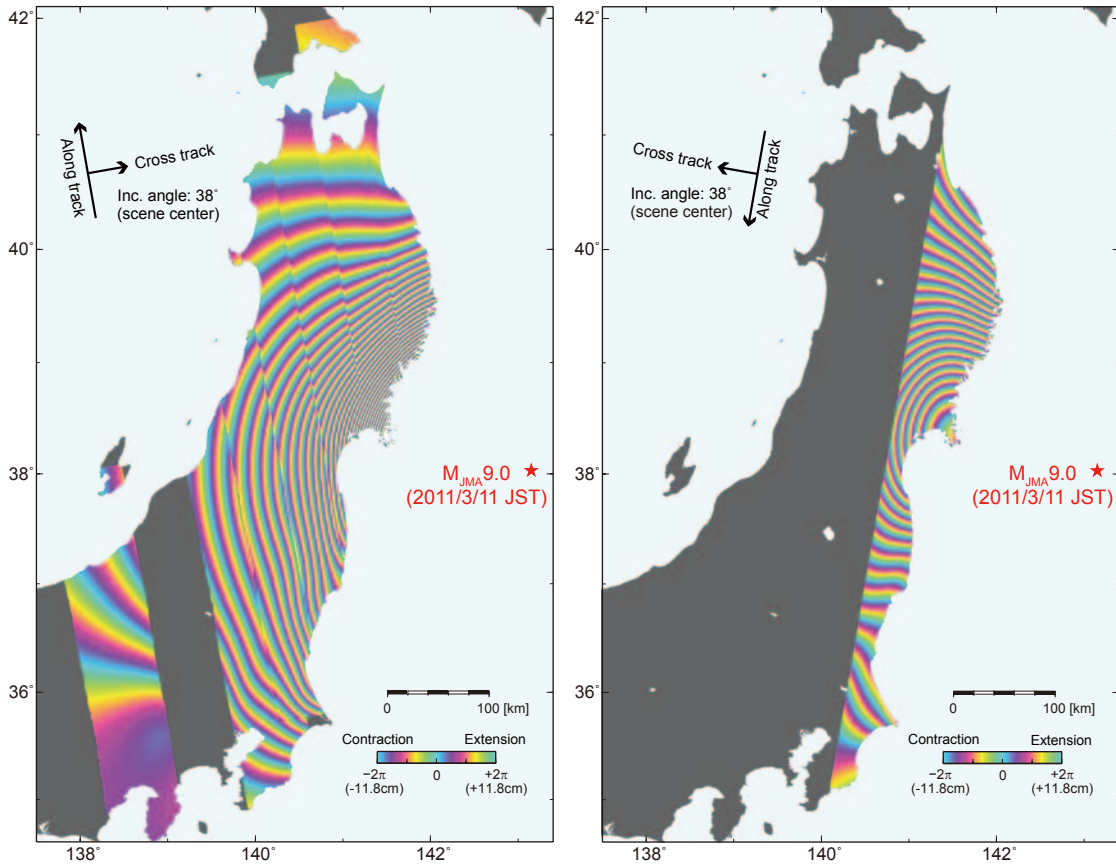
- 1) Okada, Y., Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bull. Seism. Soc. Am., 75, 1135-1154, 1985.
- 2) Bird, P., An updated digital model of plate boundaries, Geochem. Geophys. Geosyst., 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252, 2003.



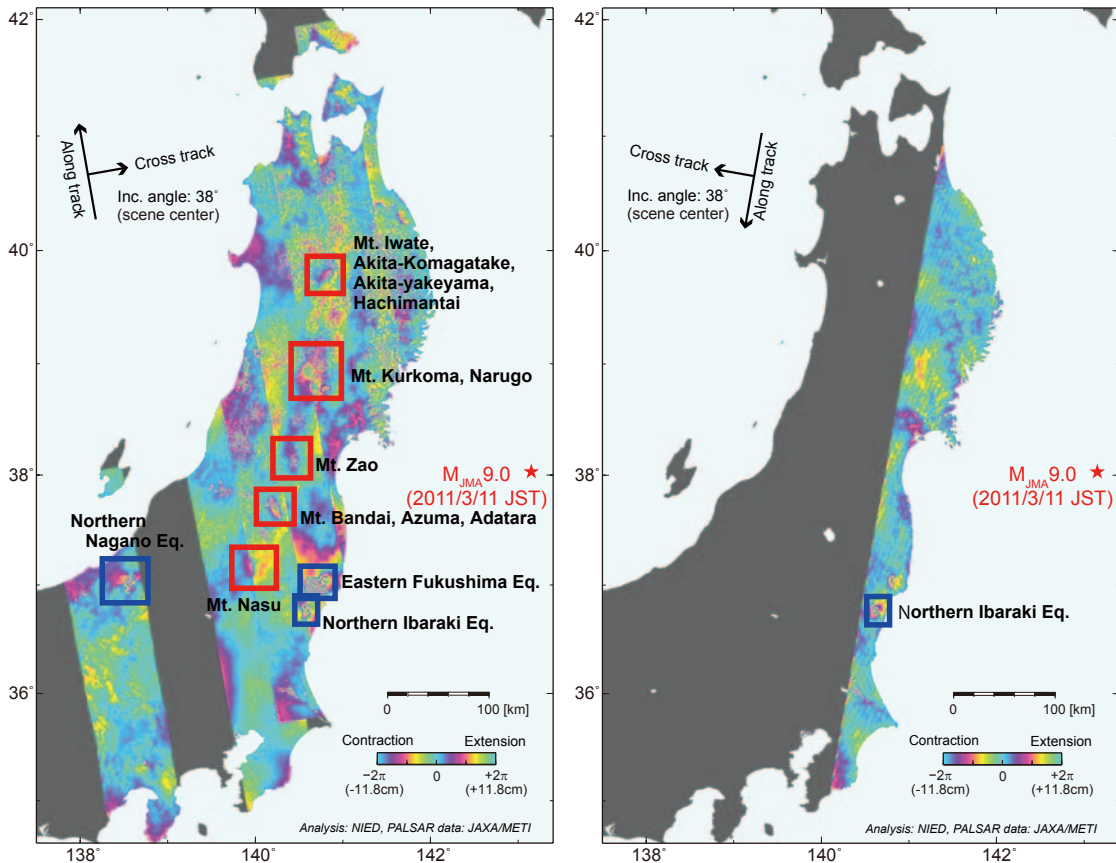
第1図 PALSAR データに2パス差分 SAR 干渉法を適用して得られた干渉画像。図中に示す日付は、使用した PALSAR データの観測日を示す。(a) 北行軌道の干渉画像。(b) 南行軌道の干渉画像。  
 Fig.1 Interferograms obtained from 2-pass differential InSAR using PALSAR data. Observation dates of PALSAR data used in this analysis are shown in each figure. (a) Ascending interferogram. (b) Descending interferogram.



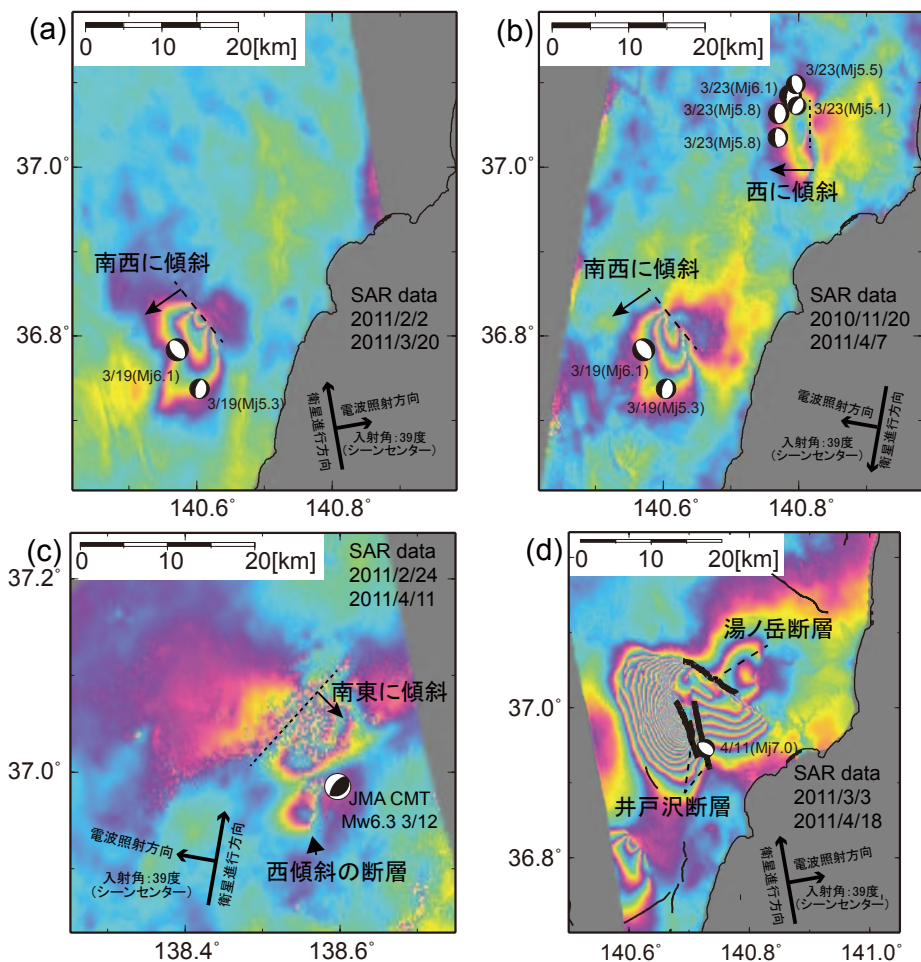
第2図 推定された断層すべり分布。青点は気象庁一元化震源データに基づく震央を示す。紫線は Bird (2003)<sup>2)</sup> によるプレート境界を示す。  
 Fig.2 Estimated fault slip distribution. Blue dots show epicenters depicted from JMA hypocenter data. Purple lines show plate boundaries by Bird (2003)<sup>2)</sup>.



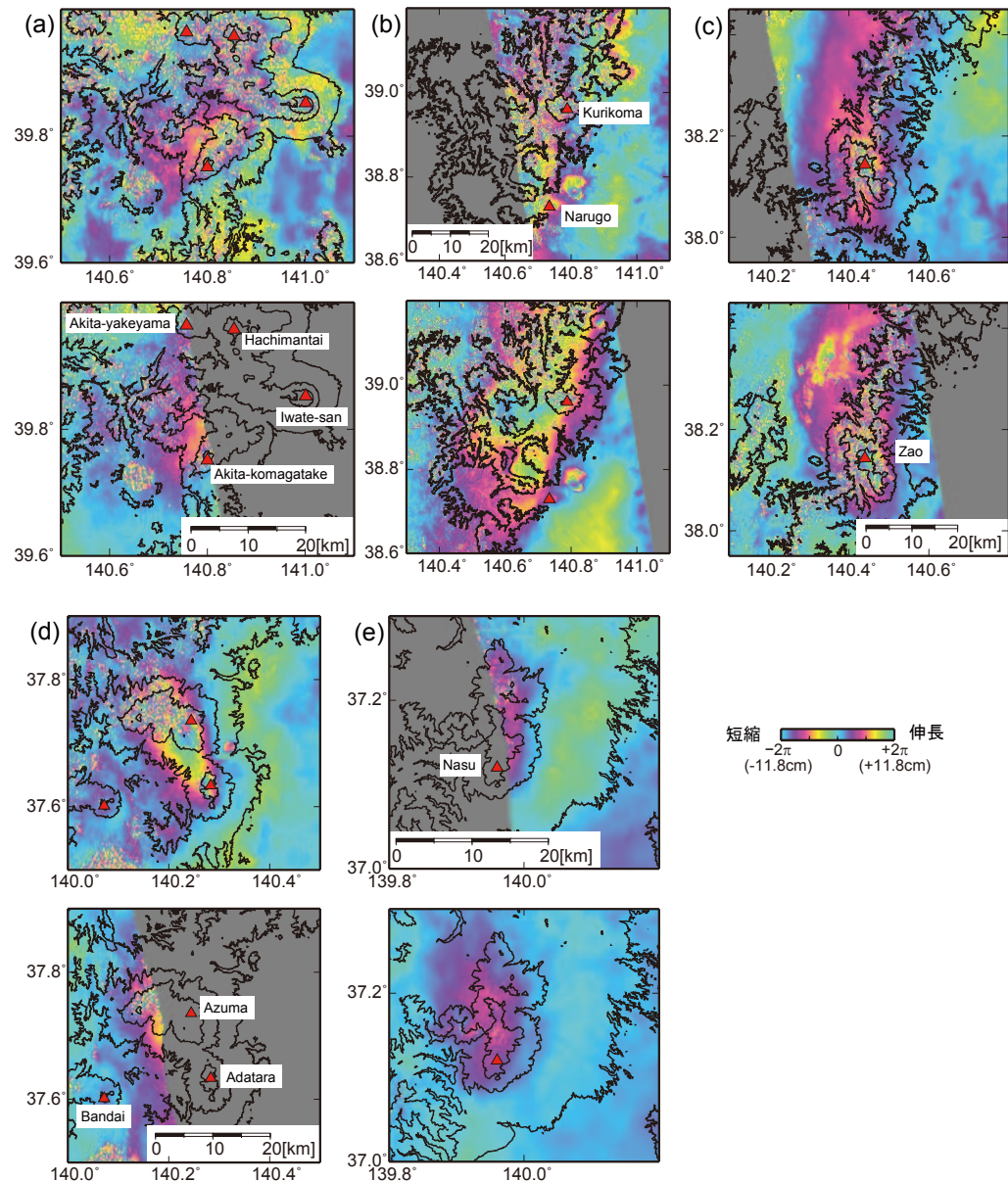
第3図 Fig.3 推定された断層すべり分布からシミュレートした干渉画像. (a) 北行軌道の干渉画像. (b) 南行軌道の干渉画像.  
Interferograms simulated from the estimated fault slip distribution. (a) Ascending interferogram. (b) Descending interferogram.



第4図 Fig.4 残差画像 (観測画像-シミュレート画像). (a) 北行軌道の干渉画像. (b) 南行軌道の干渉画像.  
Residuals between observed and simulated interferograms. (a) Ascending interferogram. (b) Descending interferogram.



第5図 内陸地震発生成域周辺の残差画像の拡大図。(a)茨城県北部(北行軌道)。(b)茨城県北部(南行軌道)。(c)長野県西部。(d)福島県東部。  
 Fig.5 Enlarged residual images around epicenters of inland earthquakes. (a) Northern Nagano Prefecture. (b) Northern Ibaraki Prefecture (ascending). (c) Northern Ibaraki Prefecture (descending). (d) Eastern Fukushima Prefecture.



第6図 火山周辺における残差画像拡大図。(a)秋田駒ヶ岳付近。(b)栗駒山付近。(c)蔵王山付近。(d)吾妻山付近。(e)那須岳付近。  
 Fig.6 Enlarged residual images around volcanoes. (a) Akita-Komgatake. (b) Kurkoma-yama. (c) Zao-zan. (d) Azuma-yama. (e) Nasu-dake.