

パキスタン北部地震に関する地殻変動と地震被害に関する研究

実施期間	平成 17 年度
地理地殻活動研究センター	
地理地殻活動研究センター長	熊木 洋太
研究管理課	宇根 寛
地殻変動研究室	小沢 慎三郎
宇宙測地研究室	飛田 幹男
地理情報解析研究室	小荒井 衛 佐藤 浩
測地部宇宙測地課	藤原 智

1. はじめに

ヒマラヤ北西部のカシミール地方で 2005 年 10 月 8 日、パキスタン北部地震 (Mw7.6) が発生した。パキスタン政府によると、2005 年 11 月 8 日現在、地震によって 87,350 人が死亡した。

本地震は、首都から遠隔の、しかも情報網が密でない山中で発生したうえに、斜面崩壊で道路が寸断され、どこがどれだけ被害にあったのかをほとんど把握できない状況が続いた。衛星画像等を活用して地震による地殻変動や斜面崩壊の分布が判れば、断層の運動や、斜面崩壊分布の局在性を知ることができ、被害場所の推定や発災後の防災対策の基礎資料となる。

2. 研究概要

震源を中心として、ENVISAT/SAR データを用いてパキスタン北部地震に伴う面的な地殻変動を求め、それから断層モデルを推定した。また、IKONOS の 1 m 解像度のカラー単画像と SPOT5 の 2.5 m 解像度パングロステレオ画像から詳細な斜面崩壊発生状況を求めた。また、変動地形や建物被害等の状況の把握に取り組むと共に、各画像の災害状況判読特性を比較した。さらに、断層変位と斜面崩壊分布を現地で確認した。

3. 平成 17 年度実施内容

3. 1 面的な地殻変動の検出

変動量の小さい地域は地殻変動を詳細に求める SAR 干渉法を、変動量の大きい地域は SAR 画像マッチング法を、それぞれ用いて変動量を求めた。地震前後に撮影された 3 対の SAR 画像 (2005 年 9 月 17 日と 10 月 22 日、2005 年 9 月 19 日と 10 月 24 日、2005 年 9 月 3 日と 11 月 12 日) の中の約 7 万点でのずれ量計測値から、大誤差を除去し、経緯度を付加した後、Kernel Smoothing と最小二乗法により、上下成分、東西成分、南北成分の変動量を計算した。

3. 2 断層モデルの推定

半無限の均質な弾性体を仮定した断層モデル計算を行った。モデル断層面を、すべり量が均一な 3 つの矩形に分割し、最小二乗法を適用した繰り返し計算でモデル断層の深さ、長さ、幅、傾斜、すべり量などの変数を推定した。

3. 3 斜面崩壊の分布の検出と画像による災害判読特性の比較

Web 上 (<http://www.spaceimaging.com/gallery/asiaEQViewer.htm>) で公開されている IONOS の地震前後の単画像を比較して、ムザファラバードを中心とする 11km×10km の範囲の斜面崩壊を判読した。また、

地震前の2004年3月2日の単画像と、地震後の2005年10月20日と27日に撮影されたステレオペア画像を比較して、より広域の55km×51kmについても同様に判読した。同様に変動地形や建物被害等の判読も試み、各画像の災害判読特性を比較した。

4. 得られた成果

図-1に、ENVISAT/SAR データから得られた上下成分の変動量を示す。変動量が1m以上になる地域は震源の北西から南東にかけて帯状に約90kmつながっていることが判った。Nakata et al. (1991)は、地震前から既に、コロナ衛星画像を用いて北東側隆起、右横ずれの活動を示す北西-南東方向に延びる活断層の存在を指摘していた。図-1には、地震後に中田・熊原(私信)が改めて判読した2本の活断層を示す。今回の地震は、バラコット-ガルヒ断層の逆断層運動によりその北東部が隆起しており、最大の隆起量は、甚大な被害が発生したムザファラバード北部の約6mであった。

図-2には、推定されたモデル断層面を示す(併載の断層は、バラコット-ガルヒ断層)。計算の結果、この活断層が最大約9mすべったことが判った。

IKONOS 画像の判読では、約100箇所の斜面崩壊が判読され、大規模な斜面崩壊は活断層の北東側すなわち隆起側(逆断層の上盤側)に集中していることが判った。また、SPOT 画像を用いたより広域な判読では、図-1に重ね合わせたように、2,424箇所の斜面崩壊を認定した。2,424箇所の1/3超がバラコット-ガルヒ断層から1km以内の狭い範囲で発生したこと等が判った。

IKONOS は単画像であるために網羅的な建物被害の判読は困難であったが、ムザファラバード北部の直線上に続く壊滅的な被害のエリアは容易に判読できた。これらの箇所は、SPOT5 のステレオ画像により、地表地震断層に伴う撓曲崖と斜面崩壊が存在することが判読され、活断層の位置と建物被害との関連が深いこと、災害状況の判読にステレオ画像が有効であることを示した。

5. まとめ

活断層を事前に調査しておくことが、今後の地震発生危険度を推定するのに有効であることが改めて理解された。2006年1月24日には、宇宙航空研究開発機構(JAXA)によって、SAR搭載の人工衛星のALOSが打ち上げられた。ALOSをはじめとする人工衛星データが頻繁に手に入れられるようになれば、衛星データから迅速に地殻変動・斜面崩壊の分布を求めることができ、応急活動等に役立つことが期待される。

参考文献

Nakata T, Tsutsumi H, Khan SH, Lawrence RD (1991) : Active faults of Pakistan, 141pp. Research Center for Regional Geography, Hiroshima University, Japan.

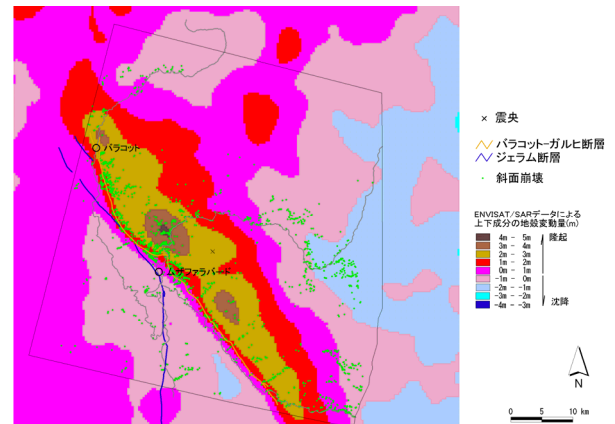


図-1 パキスタン北部地震に伴う地殻変動(2005年9月~11月)

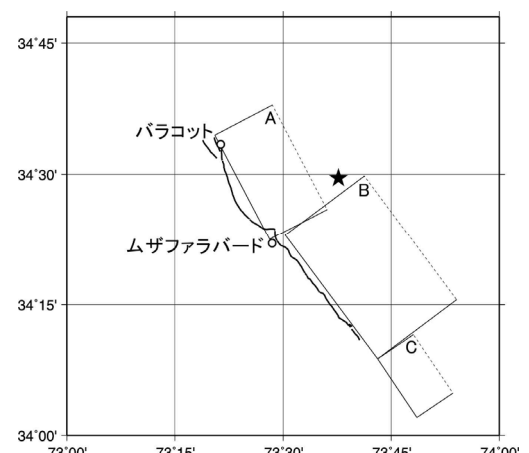


図-2 モデルシミュレーションによって求めた断層面位置