

新潟県中越の中山間地域を直撃した2004年10月23日の中越地震では、確認されただけで1350を越える数の斜面崩壊が発生しこの地震被害を深刻にしたのみならず、その後の復興においても不安定な土塊の変形・移動など様々な課題への対応が講じられることになった。防災科学技術研究所は航空写真判読や現地調査を基に視認できる地すべり分布マップを作成したが、確認された地すべりが比較的少ない場所でも、トンネルや灌漑用の井戸が破壊され、地盤内部にせん断面が潜在しているとしか考えられない事例が報告されている。これらが伏在する地滑りによるものであるのなら、地域の復興のみならず住民の生活環境にも長期にわたる影響を与えかねない。本研究ではこれら伏在する地すべりなど地震で生じた地形変動の痕跡を精密に計測された地形情報から探り、その特徴と今後の対応を議論するとともに、ここで検討された手法の他地域への応用についても検討を加えている。

第1章は中越地震の地盤災害を概括し、地すべりなど斜面災害が大きな2つの塊になって分布していること、各々の塊の中でも例外的に地滑りの少ない場所があること、そしてその中の一つ（木沢地区）では道路トンネルの横断面や灌漑用の井戸が地中で横ずれを起こすなど、大きなせん断面が伏在しているとしか思えない事例があることを紹介している。そして大きなすべり面が伏在するのであればそれが長期の復興や地域の生活に潜在的な脅威となりかねないことを述べ、本研究の目的とその背景を具体的に示している。

第2章は木沢地区で被災後に行われたトンネルや町道の復旧事業にともなう諸調査や土木学会を中核期間として実施された振興調整費調査事業の結果を集約するとともに、論文提出者が現地踏査から確認した様々な変状を記述し、これらの変状を統合的に説明できるシナリオについて検討している。

上記、振興調整費調査事業の一環として、被災地地形の詳細なデジタル標高モデル（以下DEM）が地震前（1975-1976）、そして地震翌日の2004年10月24日を含む6つの異なる時期で得られていたが、第3章ではこれらを比較し地形変動の様々な要因について議論できる解析手法の提示を行っている。現地ではInSAR画像も得られていたが、Cバンドでの撮影であったために植生や斜面崩壊の影響を強く受け、画像のフリッジが解析不可能であり、結果的にDEMを使わざるを得なかった事情がある。InSAR画像にしてもDEM画像にしても空間に視点を置いたEuler座標での地形（標高）変動の記述になるので、地盤災害や伏在する

地すべりの可能性を議論するためにはLagrangian座標系での変動成分を抽出する必要がある。小長井・藤田ら（2009）は剛体的な地形が上昇・沈下あるいは併進を伴った動きを行う場合を想定し、近接するEuler座標上の3点の標高変動からこの3点に共通する地形変動のLagrangian座標成分を抽出する手法を提示し、地震の翌年に発生した魚野川中流域の冠水被害と地形変動の関連を議論している。論文提出者は基本的にこの手法を採用するとともに、(1)それぞれのDEMが異なる方法で得られているために生じる誤差を小さくすること、(2)本手法の前提となっている剛体的な地形の上下動や併進運動が成立し難い箇所を除去すること、(3)地域全体の地形変動を抽出するための移動平均法のウィンドウサイズが特徴的な褶曲周期や谷密度などを勘案して決められるべきことなどについて詳細な検討結果を提示し、この手法を潜在的な地盤の長期変動の議論に資する可能性を大きく広げている。

第4章は上記の手法を中越の被災地域に適用した結果について考察している。まず移動平均法の正方形ウィンドウサイズを1kmに設定し、地殻変動を含む地域全体の変形のパターンを抽出した。その結果得られた変位ベクトルには大きな併進方向変位のクラスターが2箇所存在し、それらが視認された斜面崩壊の分布とよく一致することを示した。さらにウィンドウサイズを200mに縮小して得られた変形パターンから前者を差し引くことで、地すべりが明瞭に視認できなかった木沢地区でも斜面下り勾配に沿う変位ベクトルが卓越して現れることを示した。この変位ベクトルは木沢地区のトンネルの変形や井戸の横ずれとも整合し、木沢地区に地すべりが伏在している可能性を示すものであることを指摘した。

第5章は本研究で得られた知見を整理し、今後の研究の発展の方向と課題をまとめている。

以上、本研究は、地震時に発生した斜面災害のみならずその後長期に亘り継続する可能性のある被災山地斜面の地形変動を、異なる時期のDEMの差分情報から抽出し、それらを読み解くための方法論を提示したものである。解析対象となった中越の中山間地の保全対策に直接的に反映できる情報を提示したにとどまらず、今後のInSARなどの計測技術の進展と相俟って、地震後の国土保全にも発展的に活用できる研究成果を含むものとして評価できる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。