

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 筒井 健

近年、異常気象や大規模地震が多発し、さらには人口増加による無秩序な宅地造成等によって世界各地で自然災害が深刻な問題となっている。とりわけ我が国が属するアジア地域は、地形特性の一つとして急峻な山地が多く、地震や豪雨に伴う地すべり、崩壊、土石流等の斜面における地質災害の発生が増加している。従来、災害発生時には、復旧等の計画策定のため、現地測量や航空写真を用いた局所的な地形調査が行われてきた。しかしながら、大地震や台風に伴う大規模災害では、全体を網羅するために多大な時間と費用が必要であり、また、急峻な山地や海外では調査の実施そのものが困難な場合も多い。それらの解決のため、本研究は、従来、2次元に留まっていたデータ解析技術を、立体視を基盤とする3次元計測技術に脱皮させることによって、防災分野における実用的な衛星リモートセンシングの実現をめざしたものである。

まず、本論文では、高解像度衛星画像からの斜面と植生に対応した高精度 DEM (Digital Elevation Model: デジタル標高データ) の抽出手法を提案している。これは広域の3次元地形データを高精度で導出可能にする方法であり、災害発生箇所の検出、被害規模の定量評価、地形特徴の分析等に威力を発揮するものである。斜面への対応では、初期地形モデルに基づく画像探索と地形連続性の条件化により、従来、急斜面で発生していた DEM の高さ誤差を減少させ、さらに平均樹高と画像分類に基づく樹高補正により森林地での地盤高さ推定を可能にしている。そして、DEM の精度を、3種類の最新計測機器と比較して評価している。2.5m 解像度の SPOT-5 衛星画像を用いた場合、平地での精度は精密 GPS との比較によって約 2m、斜面崩壊地での実効精度は地上レーザ計測との比較によって約 5m であることを検証している。また、森林山地での実効精度は航空機レーザ計測と比較して約 5m であったことも報告している。これらの結果、提案手法は山地斜面においても充分適用可能であることを示して

いる。

次に、高精度 DEM を用いた斜面災害に伴う地形変化検出手法を提案している。これは、2 時期の高精度 DEM の差分に基づき標高変化を自動的に検出する方法であり、DEM の差分結果の誤差領域を相関係数と面積によって正誤判定して、誤検出を低減する機能に大きな特徴がある。そして、高さ変化の検出精度は、斜面傾斜角に依存し、傾斜角が上がるにつれて精度が低下する傾向を明らかにしている。これらの傾向を踏まえて、提案手法を地震に伴う斜面災害（新潟県中越地震）と豪雨に伴う斜面災害（台湾中部のミドリ台風豪雨）へ実証的に適用している。その結果、両地域共に、大規模災害に伴う地形変化が精度良く検出され、災害発生箇所も的確に検出されたことを示している。

さらに、地形変化検出結果に基づく、地形崩壊体積の定量評価を試み、その結果、崩壊体積は約 $100 \times 10^3 \text{ m}^3$ の精度で推定可能であることを示し、実用性の高さを実証している。

一方、土石流災害を例に、定量評価を災害要因に関連する地形特徴分析へ応用している。これは、土石流規模と河床勾配の関係に着目して、侵食と堆積の境となる地形勾配、大規模土石流の堆積が多発した地形勾配の特徴を抽出したものである。この抽出結果は検証値と良く整合し、提案手法の災害要因究明への応用可能性を示している。

以上を総合し、高解像度衛星画像からの高精度 DEM 抽出手法と DEM を用いた斜面における地質災害の定量評価手法を統合化し、システム化することにより、遠隔からの大規模災害の定量的かつ網羅的な事後評価を精度良く行うことが可能であると結論している。

これら一連の研究を通じ、本論文は衛星データによる高精度 DEM 作成及び地質災害の定量評価に関する技術的発展に多大な貢献をしたと考えられる。

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。