HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	広域土砂災害の被害状況把握手法に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	林, 真一郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	乙第7035号
Issue Date	2017-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/67686
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Shinichiro_Hayashi_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博　士（農学）　　氏名　　林　真一郎

広域土砂災害の被害状況把握手法に関する研究

我が国では近年，東日本大震災や紀伊半島大水害に代表される広域土砂災害（影響範囲：約4,000km^2 以上）が発生し甚大な被害が生じている。災害発生時には，交通・情報網の途絶のため被害状況の把握が困難な状況の下，河道閉塞や土石流の同時多発等の甚大な人的・物的被害を生じる現象が含まれ，最悪の事態に備えるためには，迅速かつ精度の高い被害状況把握が重要である。広域土砂災害に対する災害初動対応時においては，国土交通省による土砂災害防止法の緊急調査，TEC-FORCE による自治体支援等，制度・運用に関する取組が進められている。一方で，災害対応の基礎となる情報である，崩壊による河道閉塞や土石流の発生実態・被害状況把握の遅れが制度・運用の支障の一つとなっている。広域土砂災害の被害状況把握に関する既往研究は，航空レーザ測量や無人飛行機等の個別の調査技術に関する研究が多くみられるものの，被害状況把握全体の課題や改善に着目した研究はほとんど報告されていない。本研究では，広域土砂災害の対応事例の調査から，①最大被害を推定する指標の作成，②河道閉塞や土石流の発生実態調査の時間短縮及び精度向上の二つが大きな課題であることを示し，①及び②を解決し，調査時間を短縮し最大被害を推定する手法を提示することを目的とした。

①については，既往の対応事例においては，死者・行方不明者，崩壊土砂量等の個別の災害に特徴的な指標を過去の災害事例と比較することにより評価が行われており，被害状況の把握が進み特徴的な指標が決まるまで，最大被害を推定することが困難であるという課題があった。この課題の解決のため，災害の現象的特徴に依存せず比較可能な指標の作成が最大被害の推定に必要であると考えられた。また，②については，ヘリコプター，人工衛星等の複数の調査技術の調査可能な面積・悪天候時と夜間の調査の可否・調査対象等の特徴について比較・整理した事例はほとんど報告されておらず，対応事例の調査から人工衛星 SAR について，河道閉塞や土石流の発生実態調査の時間短縮及び客観性・再現性の高い調査手法を検討し精度向上を図ることが，広域土砂災害の被害状況把握において有効であると考えられた。

①の最大被害を推定する指標の作成に関する研究では，まず，土砂災害が多様な土砂移動現象の形態をとるという特徴を有すること，対象とする範囲によって被害の大きさが異なること，保全対象との位置関係等の土砂移動の発生位置に被害の大きさが依存することを指摘し，土砂移動と被害の両方の評価に基づく指標の作成が重要であること示した。これらを踏まえ，土砂移動の規模を示す指標として「土砂移動マグニチュード」を横軸に，人的・物的被害を示す指標として「被害レベル」を縦軸に組み合わせ，両指標の組み合わせを 5 段階のカテゴリー（Ⅰ～Ⅴ）に区分して土砂災害の規模を評価する手法「土砂災害スケール」を提案した。過去の日本・アジア地域での災害事例について，本研究で提案する手法の妥当性を確認したところ，評価結果に特定の偏りが見られず，土砂移動現象の形態・対象とする範囲に依らず土砂災害の規模を評価可能であること，土砂移動の発生位置に偏らずに評価が行えることが示され，手法の妥当性が確認された。また，土砂災害スケールの区分毎の土砂災害の特徴に着目することにより，カテゴリーⅢ以上に分類される災害が広域土砂災害に特徴的な土砂移動形態を有していることを明らかにし，定量的に広域土砂災害を区分可能な手法を提案することができた。

②の河道閉塞や土石流の発生実態調査の時間短縮及び精度向上に関する研究では，日本の陸域観測衛星 ALOS（だいち）の SAR 画像を用いて，平成 20 年岩手宮城内陸地震（以下、岩手宮城内陸地震）及び平成 21 年山口県防府市土石流災害（以下、山口災害）を対象に，広域を短時間に調査可能であると考えられた相関係数差分解析及び NDPI 差分解析の二つの崩壊地抽出手法について適用性の確認を行った。また，甚大な被害を引き起こすと考えられる面積 10,000m^2 以上の崩壊

地を抽出可能であるかについても評価を行った。両解析手法ともに，ほぼ同程度の抽出精度を有しており，航空写真判読結果から得られた崩壊地を正とした場合の認識率は，面積 10,000m^2 以上の崩壊地で 60～80%程度（誤認識率 20～40%程度），面積 40,000m^2 以上の崩壊地で 80%程度～100%（誤認識率 0～20%程度）であった。一方，過抽出の影響を評価するため，SAR 画像解析による抽出結果の崩壊地認識率は，面積 10,000m^2 以上の崩壊地で 20～40%程度（誤認識率 60～80%程度），面積 40,000m^2 以上の崩壊地で 40～80%程度（誤認識率 20～60%程度）であった。また，本手法により、人工衛星 SAR 画像 1 シーンの約 300km^2 の範囲を悪天候時・夜間に関わらず 11.5 時間程度で調査可能となり，調査の時間短縮及び客観性・再現性を高め、精度向上を可能とする成果を得た。

加えて，②に関し，今後の災害対応での活用のため，紀伊半島大水害時に発生した河道閉塞箇所を対象として，高分解能人工衛星 SAR 画像判読の客観性・再現性を高めるための標準的な判読手法の確立，画像の撮影条件について検討を行った。まず，紀伊半島大水害の災害対応に従事した判読技術者にヒアリングを実施し，実際の判読手順に沿い，湛水池・崩壊地といった河道閉塞の地形的特徴を判断項目とする，標準的な判読基準となるチェックリストを作成した。また、チェックリストを用いて，現在運用中の高分解能 SAR 衛星の画像（TerraSAR-X、COSMO-SkyMed，RADARSAT-2）に対し，河道閉塞箇所の視認性の判断を行った。その結果，画像取得時の入射角は概ね 35° ～50° 程度，画像の分解能は 3m 以下であることが望ましいという撮影条件が明らかとなった。また，高分解能 SAR 衛星 TerraSAR-X のみならず，COSMO-SkyMed，RADARSAT-2 の画像においても，河道閉塞箇所の抽出は可能であることが明らかとなった。上記の衛星が活用可能な撮影条件を示すことにより，調査可能な人工衛星は 6 機となり，調査頻度は 6 倍程度に増えることから，調査の時間短縮及び精度向上を可能とする成果を得た。

最後に，①，②の手法を組み合わせ，人工衛星 SAR を用いた崩壊地抽出・判読によって得られた崩壊地位置・面積の情報から，土砂移動マグニチュードを算出し，最大被害を推定する手法（以下，提案手法）を示した。さらに，岩手宮城内陸地震，山口災害，紀伊半島大水害の災害実績と提案手法により算出された土砂移動マグニチュードの比較を行い，提案手法の妥当性の確認を行った。岩手宮城内陸地震のように，荒砥沢地すべり（土砂移動量約 7,000 万 m^3）のような巨大な崩壊を調査範囲に含む場合には，提案手法は過小評価となる可能性はあるものの，山口災害，紀伊半島大水害では比較結果が概ね一致し，提案手法の妥当性が確認された。また，調査時間の観点からも，従来の調査技術との比較の結果，提案手法は有利であることが示された。

以上の結果より，本研究では，広域土砂災害の被害状況把握に係る①最大被害を推定する指標の作成，②河道閉塞や土石流の発生実態調査の時間短縮及び精度向上の二つの課題を解決するとともに，それらの研究結果から，人工衛星 SAR を用いた崩壊地抽出・判読手法と最大被害を推定する指標「土砂災害スケール」を組み合わせることにより，広域土砂災害に対し，短時間に最大被害を推定する被害状況把握手法を示した。