

氏名	中田アレサンドラ真由美		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第7724号		
学位授与年月日	平成28年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Evaluation of wide-area landslide hazard using depth-integrated particle method and GIS (深さ方向積分粒子法およびGISを用いた広域斜面災害評価)		
主査	筑波大学 教授	博士(工学)	松島 亘志
副査	筑波大学 名誉教授	工学博士	山田 恭央
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	庄司 学
副査	筑波大学 助教	博士(工学)	山本 亨輔
副査	筑波大学 講師	博士(理学)	八反地 剛

## 論文の要旨

近年の異常気象に起因する土砂災害の増加は、全世界的な傾向であり、この対策は急務である。本論文は、衛星画像から得られる情報および深さ方向積分粒子法(Depth-integrated Particle Method)と呼ばれる数値解析法を用いて、豪雨による広域土砂災害(斜面崩壊災害)の影響範囲を推定する手法を提案したものである。具体的には、衛星画像として、全地球のデータベースが得られているALOSのPRISM画像を用い、そこから立体視処理により取得した5mメッシュ標高データを作成する。そのうえで、設定した崩壊斜面勾配 $i_f$ 以上の斜面を抽出し、崩壊土砂層を設定する。そして、深さ方向積分粒子法により斜面流動解析を行い、崩壊土砂が通過した領域を、災害の影響範囲とする。既往の実験的研究などにより、土砂流動形態は斜面を構成する土砂物性や含水量、流動中の侵食・堆積などによって複雑に変化することが知られている。しかしながら、広域対象領域に対して、そのような詳細情報を災害前に取得することが困難であることから、本研究では、流動特性を決める物性パラメータとして、前述の崩壊斜面勾配 $i_f$ に加え、流動時の底面せん断応力を規定するManningの粗度係数 $n$ 、および流動が停止する限界勾配 $i_d$ という3つの力学パラメータのみに着目している。2011年のブラジル・リオデジャネイロの広域土砂災害、および2009年の山口県防府地域の広域土砂災害を対象として、上述のパラメトリックスタディーを行い、パラメータの範囲同定、可能な推定精度などについて検討したところ、 $i_f$ は、1次元斜面を仮定し、地盤材料の粘着力、内部摩擦角、地下水面深さなどの範囲からおおよその推定が可能であること、 $n$ は、0.04ないし0.1程度の値をとり、災害前の降雨量と相関が見られること、 $i_d$ の影響は小さく、0として構わないこと、などの結果を得た。これらは、本手法の実務への適用を可能とする、工学的に重要な結果である。

## 審査の要旨

### 【批評】

我が国では 2000 年に土砂災害防止法が制定され、各自治体が土砂災害危険箇所の指定をすることが定められたが、その指定箇所は、過去の災害履歴などから決められたものであり、精度の議論はきちんと行われていない。また、土砂災害警報は、主に降雨履歴のみから定められており、どの地域がどの程度危険であるのかの評価を行うことは難しいのが現状である。

一方、学術的には、コンピュータの性能向上と相まって、様々な土砂流動解析手法が提案されてきている。しかしながら、現状では単一斜面崩壊の事後解析の検討に留まっていることがほとんどである。これは、解析に必要な地盤物性が、崩壊後の現地調査でしか得られないためであり、このような現状のままでは、災害前の被害予測を行うことはできない。既往の土砂流動の実験では、土砂の物性や含水量によって、流動形態が複雑に変化することが知られている。しかし、このような実験を詳細に再現することは、必ずしも前述の被害予測の実現につながらないのではという疑問がある。

本研究は、そのような問題意識のもと、きわめて単純化した土砂モデルを用いて、フルパラメトリックスタディーを行い、地域の土砂パラメータを逆同定しようという試みを行っている。具体的には、ブラジルと日本における 2 つの広域土砂災害を対象として、提案する手法の適用性、精度検証、パラメータの範囲同定などを検討している。得られた知見は前項に記載されているとおりである。これらは、本手法を将来の土砂災害推定に適用する際に必要な、多くの有用な知見であると評価できる。本手法は、現状のデータベースのみから土砂災害危険箇所の広域での推定を可能にする手法であり、発展途上国などでも同様に適用できることから、工学的・社会的価値の高いものと判断できる。

一方で、本研究では ALOS の Prism 画像から 5m メッシュを再構成して用いているが、再現できる精度がメッシュサイズに規定されるという結果も示唆された。Prism 画像は元々 2.5m メッシュであるが、これで解析を行うと、一度に解析できる範囲が小さくなってしまい、という問題がある。どの程度のメッシュが最もコストパフォーマンスが高いのかの検討は、今後の検討課題である。また、より詳細なメッシュを用いれば精度が上がるのであれば、その情報は、我が国の今後の光学衛星の必要スペックを議論する際にも重要であると考えられる。

### 【最終試験の結果】

平成 28 年 2 月 5 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。