

# 学 位 論 文 要 旨

## 題 目

リモートセンシングデータによる斜面の土壤水分変動域の抽出に関する基礎的研究

氏 名 福田 真也

近年、地球温暖化の影響や異常気象によって局所的な豪雨が頻発するようになり、毎年のように全国各地で斜面崩壊などの土砂災害が発生している。このような災害は、人命にかかわるような大事故や、長期の交通止めとなったりして社会的に混乱をさせるなど、安全に安心して生活するための深刻な問題となっている。斜面崩壊が発生するには素因と誘因があり、地質の条件、地下水、斜面の構造、時間的降雨強度や総雨量等とされているが、その発生プロセスは複雑で、いまだ斜面崩壊地点の事前予測には至っていないのが現状である。そこで本研究は、斜面崩壊の素因の一つである斜面の土壤水分に着目し、リモートセンシングにより土壤水分変動域の抽出に関する研究を行った。

リモートセンシングは、離れた所から直接触れずに対象物を同定あるいは計測し、またはその性質を分析する技術であり、緑地・植生の変化監視や森林減少など地球スケールの環境変動の面的把握や農作物の生育・品質推定のモデル構築等に多く利用されている。リモートセンシングの解析に用いるデータは、リモートセンシングデータの特性である①空間分解能、②波長分解能と③時間分解能（観測周期）に加えて④データ取得の利便性（期間および価格）等を考慮する必要がある。本研究では、データ取得上の利便性を満たした上で各種分解能の異なる、①航空写真、②Landsat-5/TM 及び③ALOS/AVNIR-2 衛星画像データ、そして④地上撮影したデジタルカメラ画像を用い、スタジイ (*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*) の分光反射特性と樹冠部の葉内含水率の関係を利用して土壤水分変動域の抽出を試みた。

## I : 航空写真データ

航空写真データは一般に 3,000m 程度の高度で撮影するため、人工衛星データに比して空間分解能が優れ、しかもデータの取得が任意に可能である特徴を有する。しかしながら、観測波長領域は一般には可視領域に限られる。実際に斜面崩壊が発生した鹿児島県出水市針原地区の航空写真のカラー画像を用いて土壤水分変動域の抽出の検討を行い、以下の結果を得た。

- 1.スタジイの分光反射特性による樹冠部の葉内含水率の推定指標の検討において、近赤外を有しない可視域の航空写真データでは、G（緑色域）と R（赤色域）との波長帯の比を用いた RI が有効であることを示した。
- 2.実際に発生した土砂災害後の撮影データを用いて、WCF 指標を適用し土壤変動域画像を作成することで、土壤水分変動の少ない箇所抽出の可能性が示唆された。
- 3.今回用いた航空写真データは土砂災害後に取得したデータであるため、土砂災害発生箇所以外の箇所において、土壤水分変動域の抽出から斜面崩壊の危険性のある箇所を抽出し、

同じ土地被覆の条件において抽出の可能性が示唆された。

- 4.航空写真データにおいて、中域のモニタリングとして利点はあるが、コスト面で頻繁にデータ取得は困難であり、またオルソ処理の手間やまたモザイク処理した場合の画像間の色調が解析結果に現れる可能性がある。

## II：人工衛星データ

入手が容易なデータとして Landsat-5/TM と ALOS/AVNIR-2 がある。これらのデータは可視域から近赤外域を観測し、しかも観測幅はほとんど同じであるが、空間分解能が異なる特性を有している。実際に斜面崩壊が発生した鹿児島県大隅半島を対象に土壤水分変動域の抽出の検討を行い、以下の結果を得た。

- 1.近赤外域の観測帯を有している人工衛星データの Landsat-5/TM 及び ALOS/AVNIR-2 データにおいて、葉内含水率の推定指標には、クロロフィルの光吸収スペクトルである赤の波長域 Band3 と赤外域の Band4 を用いた NDVI が有効であった。
- 2.Landsat-5/TM では ALOS/AVNIR-2 より回帰性がよく、データ数として 3 時期を考慮した土壤水分変動域の抽出の解析によって、土壤水分の変動が少ない箇所での抽出の判読性の向上には一定の効果が示された。
- 3.Landsat-5/TM 及び ALOS/AVNIR-2 データにおいて、実際に発生した土砂災害箇所にて土壤水分変動域が少ない箇所が含まれており、ALOS/AVNIR-2 データにおいては、詳細に抽出された。
- 4.Landsat-5/TM の土壤水分変動域の抽出の解析結果として、雲の影響や土地被覆分類によっては、斜面崩壊の対象地ではない箇所も誤抽出される結果となった。
- 5.ALOS/AVNIR-2 データの土壤水分変動域の抽出の解析結果として、常葉樹の土地被覆エリアにおいて、部分的には雲の影響も考えられるが、Landsat-5/TM では抽出されなかった箇所が集中している箇所が見られた。
- 6.これらの人工衛星データでは、広域のモニタリングが可能であり、近赤外域を有しているため NDVI を用いた解析が可能となるが、回帰性に加え雲などの影響により使用できるデータに制限があり、また空間分解能によりミクセル状態での解析結果も考えられた。
- 7.人工衛星データを用いた土壤水分変動域の抽出は、広域な範囲における危険箇所の抽出に有効であると考えられるが、斜面崩壊の危険性が高い箇所を特定するには、雲などの大気の影響を受けず頻繁にデータ取得が可能な手法によりさらに解析を行う必要性を示した。

## III：デジタルカメラによる分光画像と分解画像

航空写真ならびに Landsat-5/TM や ALOS/AVNIR-2 のような人工衛星データを用いると一定の条件下で土壤水分変動域の抽出が可能であることを明らかにした。それらに対し簡易的な手法としてデジタルカメラを利用し、波長分解能が異なる分解画像と分光画像解析について、異なる対象地及び気象条件の違いを踏まえ、土壤水分変動域の抽出について検討を行い以下の結果を得た。

- 1.デジタルカメラを利用した地上リモートセンシングにおける葉内含水率の推定指標には、分解画像では R と G、分光画像では BP の 520nm、660nm を用いた、RI が有効であることを示した。
- 2.土壤水分変動域の画像において、分解画像と分光画像の波長域の違いにより、抽出精度が

異なることを示した。また、分光画像においては、撮影時の BP の装着等が画像の解析結果に影響を及ぼすことを示した。

3. 斜面の側面部は、撮影角度により取得した反射エネルギーが過小評価され、その結果土壌水分変動が実際より小さくなっている可能性があり、土壌水分変動域の誤抽出の可能性が示唆された。
4. 撮影条件について、土壌水分が大きく変動する時期を考慮することで、平時より水分供給がされている土壌水分変動域の抽出が行え、すなわち斜面崩壊の危険性がより高い箇所の抽出には有効であることを示した。
5. デジタルカメラを用いた地上リモートセンシングでは、中広域モニタリングに対して、実際に植生に覆われた斜面を対象として土壌水分変動域の抽出を行うことで、空間分解能に優れた詳細な解析に有効であることを示した。

#### IV：今後の展望

近年、GNSS (Global Navigation Satellite System) や IMU (Inertial Measurement Unit) を搭載した無人航空機の UAV (Unmanned Aerial Vehicle) の製品開発が進み、活用事例が増えている。リモートセンシングとして UAV にセンサーを装着することにより、安価でしかも空間分解能に優れたデータの取得が可能となっている。本研究により得られた手法ならびに成果は、将来 UAV による空撮データにも適用可能であり、衛星データ等の解析結果を併用することにより、斜面崩壊の危険性の高い箇所のより詳細な把握ならびに実用への一助となることが期待される。