

## 論文の内容の要旨

論文題目 災害・環境解析のためのリモートセンシング能動型センサの応用

氏名 岡谷 隆基

### 1. 本研究を実施した背景と目的

我が国は主要なプレート境界に位置し、モンスーンの影響を強く受け、温泉の湧出や豊富な降水量などによる恩恵がもたらされている反面、地震、火山噴火、洪水、斜面災害などの多様な自然災害が世界的にみても数多く発生する。他方、地球は固体地球（地圏）と水圏、気圏、生物圏によって構成されており（大森ほか, 2005）、自然環境学は、これら地圏、水圏、気圏、生物圏における自然事象を対象として、人間活動との関係を扱うものと解される。自然災害は、自然事象が人間活動に被害を与えるため「災害」であり、関連する事象は自然環境学が扱う範囲に広くあてはまるため、自然災害を扱う研究は自然環境学において重要な位置を占める。

災害についての的確に把握、分析を行うためには、災害をもたらす自然事象が地形に規定されるとともに地形の変化を伴うことから、地形の形状及びその変化を把握することがきわめて重要である。これらを踏まえ、本研究は地形の把握を中心に論じることとし、「災害」（以下、「自然災害」について単に「災害」という。）及びこれに関連する「環境」について扱うこととした。

災害が発生する場としての地形を把握するには、関連した情報を収集しなければならない。しかし、地形モデルを作成しようとするれば、視界の範囲内の測量だけでも膨大な量のデータの取得作業を要する。そのため、空中写真による情報取得など、直接的に対象物に触れることなく対象物に関する情報を取得する「リモートセンシング」（測量用語辞典編集委員会, 2011）が活用されてきた。

リモートセンシング分野では、空中写真を用いた写真測量技術による地形計測などの研究成果が戦前から蓄積されてきた。その後、光学センサ、SAR（Synthetic Aperture Radar: 合成開口レーダー）、航空レーザ、地上レーザ、MMS（Mobile Mapping System: モービルマッピングシステム）などが登場し、地形の把握や解析に関わる多くの研究に活用された。なかでも、レーザやレーダーを能動的に対象地域に照射し反射波を観測する、SAR や航空レーザなどの能動型センサは、地形の把握や解析に不可欠である。また、能動型センサは観測データの蓄積が急速に進んでおり、その活用が期待できる。

一方で、多様な能動型センサを広く地形の把握に適用した研究は少なく、能動型センサの応用に関する研究はまだ発展の途上にあると考える。これらを踏まえ、自然災害に対する地形の把握と解析を中心に、リモートセンシング能動型センサの応用を発展させるために、以下の3つを目的として本研究を実施する。

- 1) SAR や航空レーザなどに代表される能動型センサの2つの主領域「レーダー」「レーザ」について、SAR、航空レーザ、地上レーザ、MMSなどの多様なセンサをカバーする形で検討を行い、それぞれにおける結果を評価する。

2) 「基礎的地形データ作成」と「地形データを用いた応用」の観点をとともに含む形で研究テーマを設定し、それぞれについて事例研究を行う。

3) 数百 m 四方の範囲で数cmの高度差が注目されるマイクロなスケールから、高さ精度は相対的に低くても全球レベルを扱うようなマクロなスケールまで、多様な分解能・スケールを含む形で研究テーマを設定し、それぞれについて事例研究を行う。

さらに、地形の把握と解析が自然災害研究や自然環境学の全般に与える波及効果についても考察し、災害・環境解析に対するリモートセンシング能動型センサの応用の発展について検討する。

## 2. 個別研究成果の概要

### ① レーダーを用いた地形の把握と解析

ア：衛星 SAR-DEM による地形の把握 及び イ：航空機 SAR-DEM による地形の把握  
急峻な火山などでも一般的な地形図作成の精度に準ずる DEM が作成できることを示した。この成果は、災害発生時等における地形モデルの構築に関する基礎と位置づけられ、火山噴火時における火口内の地形成長の把握などの研究への発展につながる。

ウ：衛星 SAR による地すべりの解析

衛星 SAR と航空レーザの組合せによる地すべりの解析は、地震の研究等で行われてきた地形変化の面的な把握から一歩進んで、個々の地すべりブロックと地形変化量の対応付けを可能としたものであり、地すべりの発生メカニズムの解明につながる。

### ② レーザを用いた地形の把握と解析

ア：地上レーザによる地表地震断層の把握

極めて詳細な地形変化を把握できることを示しており、地震活動に伴う破壊活動の解明につながる。

イ：MMS による津波被害の把握

津波の浸水深の把握は、広域の津波の被害分布が把握できることを示したものであり、津波の浸水シミュレーションにおける検証用データの整備に役立つ。

ウ：航空レーザによる森林の形状と斜面安定性の解析

航空レーザ測量データの解析で、斜面安定性の評価の精度の向上につながる森林の 3 次元要素に関する指標が得られることを示したものであり、傾斜量や凹凸度など地形を中心とした従来の斜面安定性の評価の精度を向上させた。

## 3. 考察

本研究で示した一連の成果から、レーダーやレーザなどの多様な能動型センサを用いて得られたデータは、地震、津波、火山噴火、地すべり、斜面崩壊などの様々な災害をもたらす自然事象の把握、災害の発生メカニズムの解析、今後の災害発生の予測シミュレーションなどに寄与することが分かった。また、本研究は、「基礎的地形データの作成」「地形データを用いた応用」の双方の多くの部分に関連し、既存研究成果の発展に貢献している。さらに、スケールの観点でも、

本研究は数百 m 四方を対象とした地上レーザから全球規模を対象とした地球地図データまで、多様な範囲をカバーした (図 1)。これらのことから、先に設定した 3つの目的を満たしたといえる。

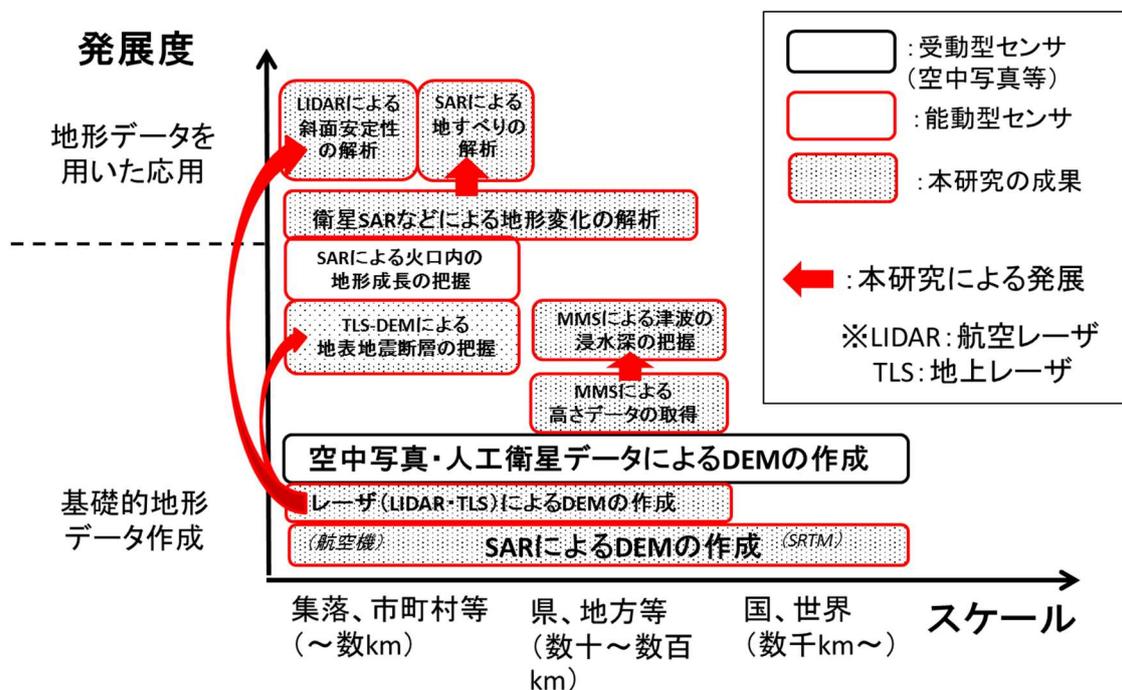


図 1 地形研究に関連したリモートセンシング技術の活用における本研究の成果の位置づけ

本研究で示した、地すべりの解析および森林の形状と斜面安定性の解析の事例では、センサやプロダクトを複合的に組み合わせることで、干渉 SAR による成果と現地の地表状態との結びつけや、斜面安定性に関する多面的な寄与因子の推定を可能とした。能動型センサによる観測データを組み合わせて解析を行うと、コストや手間が増大する。例えば、SAR とレーザを組み合わせるには、それぞれのデータを取得するためのコストと、データを処理するための知識・技術、さらには大量のデータを処理できるコンピュータ等が必要である。このため、能動型センサやそのプロダクトを複合的に扱う研究は、従前は試みるのが困難であった。一方、本研究では、近年の能動型センサを用いたデータ取得の機会の増加や、コンピュータ技術の進展などが可能とした、センサやプロダクトを組み合わせた「複合的な地形把握・解析手法」の意義を提示した。単一のセンサ・プロダクトのみを用いた検討には限界があり、複数のセンサ・プロダクトの組合せが有効である。このような組合せに基づく研究について、今後のあるべき姿を含めて図 2 にまとめた。

能動型センサの応用により地形の把握や解析を行う研究は、地圏、水圏、生物圏に幅広く関わる自然災害のほか、森林、氷河、海岸・河川などの様々な対象について行われている。本研究が示した、地形の把握や解析に関する能動型センサデータの応用に関する成果は、自然環境学の今

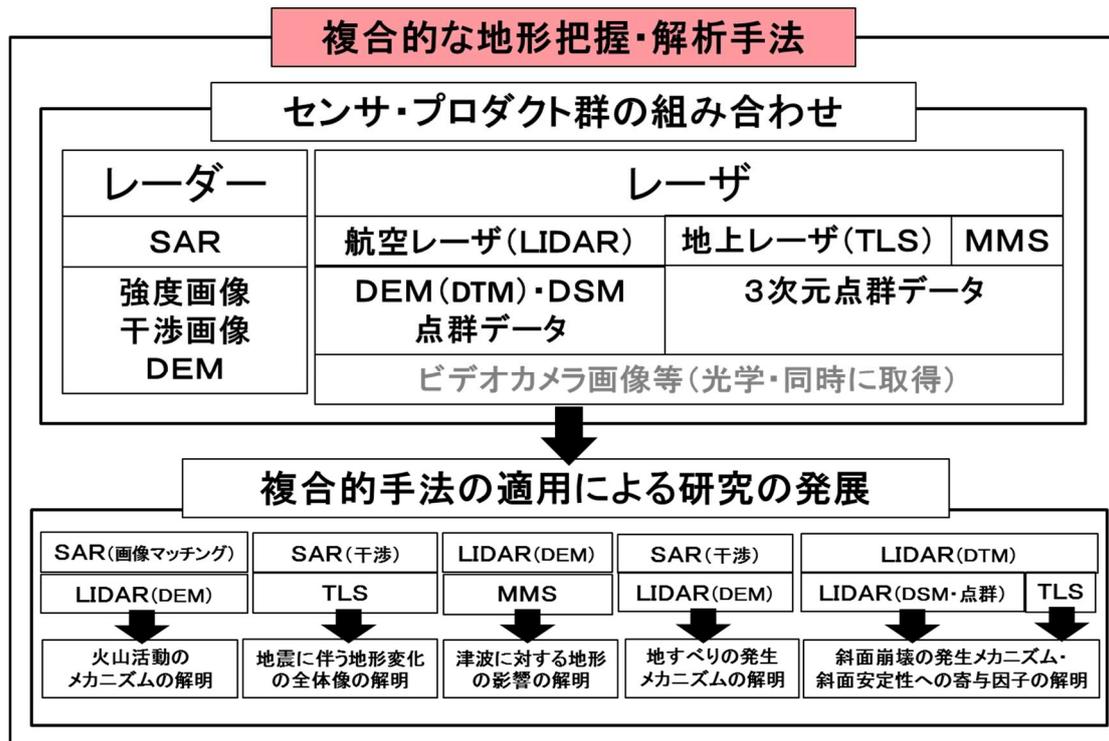


図2 複合的な地形把握・解析手法の適用による研究の発展

後の発展に広く寄与すると考える。環境学では、自然環境のメカニズム解明などの真理探究型の研究も相変わらず重要だが、近年これに加えて問題解決型の研究も重要となっている(京都大学で環境学を考える研究者たち, 2014; 東樋口, 2015 など)。また、自然環境学の新たな方向性として、市民との協働も重視されるようになってきている(東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学研究系, 2011)。本研究で提示した「複合的な地形把握・解析手法」は、このような適切な評価に貢献するものであり、自然災害に対する人間活動の在り方に関する判断材料を充実させ、自然環境学が目指す人々と協働する学問の実現につながると考える。

UAVのような新たな技術との組合せで、能動型センサデータによる地形の把握と、その成果を活用した地形の解析と災害研究への応用が、今後も発展し続けるだろう。

参考文献:

- 京都大学で環境学を考える研究者たち編(2014): 環境学—21世紀の教養—. 朝倉書店, 137p.  
 大森博雄・大澤雅彦・熊谷洋一・梶幹男編(2005): 自然環境の評価と育成. 東京大学出版会, 288p.  
 測量用語辞典編集委員会編(2011): 測量用語事典. 東洋書店, 393p.  
 東樋口護(2015): 地球環境学入門. 丸善出版, 186p.  
 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学研究系編(2011): 自然環境学の創る世界. 朝倉書店, 216p.