

審査の結果の要旨

氏名 柳場 庄一郎

地表面の形態や変動を高分解能で地図化し、地表面が変化するプロセスやメカニズムを解明することは、自然環境の将来予測、自然災害の軽減、自然資源の持続的利用を図るうえで重要である。本論文は、近年発展著しい無人航空機（UAV: Unmanned aerial vehicle）と SfM 多視点ステレオ写真測量（SfM: Structure from Motion）（以降、UAV-SfM）さらに GNSS（全球測位衛星システム）を統合した手法を活用し、既存の観測手法では対象とし難かった植生や積雪に覆われた場所や、土砂災害直後の地表面形状を高分解能で地図化し、それらの変化を定量化した先駆的な研究である。地圏、気水圏、生物圏を対象に、従来認知されていなかった地表環境変動現象を発見し、その環境学的意義を論じるとともに、新手法を他地域へ適用する道筋をも示した。

本論文は 7 章で構成されている。第 1 章では、本研究の背景と目的が述べられている。まず、既存の地表環境変動の観測手法を、対象からの距離に応じて、人工衛星、航空機、現地踏査に整理し、UAV 観測を航空機と現地調査のギャップを埋める新手法と位置づけ、それが任意のタイミングで実施できる高分解能な写真測量手法であるという点で、既存手法にない有利な特性を有していることを指摘している。さらに第 2 章では、日進月歩のセンシング技術を中心とした観測手法の現状と課題をレビューしている。とくに UAV-SfM に GNSS を統合することによって、絶対座標系での繰り返し測量が cm オーダーの空間精度で可能となったことを、自らの先駆的な成果を含めて紹介している。

3 章から 5 章は、それぞれに変化の時間スケールが異なる、土石流、雪崩、マングローブ林の大規模倒木現象、を対象とした事例研究にあてられている。3 章は、平成 26 年 8 月の豪雨により発生した広島県広島市の土石流災害を対象として、土砂量の計測と被害の実態把握を行っている。その結果、以下の 3 点を明らかにした。すなわち、1) 人的被害および建物被害は、谷出口から平均で 122 m の範囲内に集中したこと、2) 上流側ほど土石流の侵食・破壊エネルギーが大きく、被害は流路沿いに生じたこと、3) 基盤地図情報数値標高モデル 5 m メッシュ（国土地理院）から算出した落水線が、土石流の主流路となったこと。

4章は、平成29年3月27日に栃木県那須町で発生した雪崩災害を対象として、ササの被覆域以外では雪崩発生から6日後の積雪深分布を10cmの精度で示している。また、これまで着目されてこなかった、積雪表面に存在する微小な形態のマッピングに成功し、積雪深が急減する領域を発生区として認定し、雪崩範囲を推定している。

5章は、沖縄県竹富町の西表島にある仲間川マングローブ林における大規模な倒木現象を対象として、いくつもの新知見を得ている。すなわち、現在のマングローブ林は、第二次大戦頃の間伐により、最盛期と比して樹木密度で77%の森林が破壊され、その後の約60年間で、立地と樹勢を回復した再生林であったこと、2006年9月の台風を契機として大規模な倒木が始まったこと、以降、少なくとも3度の強大な台風が調査地の直上や近傍を通過し、倒木範囲が拡大したこと、現時点で回復の傾向は見られないことを明らかにしている。

6章は、上記の3つの事例研究の成果をもたらしたUAV-SfMの特性を以下の5つに整理している。1) 適時性：必要なタイミングで観測ができる性質、2) 連続性：繰り返しの観測により、現象の変化を細分化して記録できる性質、3) 高分解能性：面的に高精細な観測ができる性質、4) 三次元情報：地物の高さを計測できる情報、5) 非代替性：UAV-SfMにより上記4つの要素を兼ね備えた高品質な観測データを得られること、および手法のコストと実用性が既存の手法に勝ることにより、他の手法では代替が難しいこと、の5つである。UAV-SfMの持つこれらの特性は、旧来の人工衛星、航空機、現地踏査といった観測手法の体系にはない性質であることから、UAV-SfMを人工衛星・航空機と現地踏査との間を埋める、新しい手法としての地位を確立しつつあると位置づけている。

本研究で示された、高い空間分解能によって地物の形態と属性を判別できる観測技術は、多圏間プロセスに関する情報を複合的に取得可能であることを意味する。これまで各分野で個別に扱ってきたフィールド情報を、数値モデルとして統合化する先鞭となる成果である。今後、高分解能で取り回しのよいUAV-SfMによる地域の自然環境に関する基盤地図の提供が、研究と社会の知見の総合に活用され、課題解決の糸口の一つとして貢献することが期待される。

このように、本研究は、UAV-SfMを活用して、地域の自然環境動態を高精度で解明することに成功しており、防災や環境保全、生態系サービスなどに応用することで、さらに大きな成果を得られると期待される。よって、博士(環境学)に十分値すると判断した。