

UAV 調査における AI 画像解析及びマルチスペクトルデータの活用

株式会社エイト日本技術開発
金井度量衡株式会社
株式会社システム計画研究所
エバ・ジャパン株式会社

○ 小野秀史 藤原康正
萩野祥向 松島翔
長内涼 村瀬知彦
高良洋平 今村翔之

1 はじめに

土砂災害における緊急調査の支援を目的として、UAV を活用した調査方法について検討を行っている。本検討では、災害発生箇所・特定やハザード種別・規模の状況把握を迅速に行うための支援を開発の具体的な目標とし、現時点において適用できる要素技術の活用を考慮した。検討の進め方として、比較的成本がかからない条件から出発し、目的や要求内容に応じて要素技術を追加する方針としている。

初動調査で得る記録画像から迅速に発災情報を抽出する目的で、AI 画像解析の適用を検討した。また緊急調査における物性情報の付加を目的として、通常の光学情報（可視光領域）に加え近赤外領域データを活用する。近赤外マルチスペクトルにより、土壌・火山砕屑物等の組成識別、植生域分離、土壌水分（体積含水率）等の評価や表面流・湧水の検知が行える。これらの情報は、地形の変位・変状の直接的な情報と併せて斜面崩壊・地すべり・土石流・河道閉塞等の発生予測や拡大把握の重要な情報となる。今回の検討では、定量化に関する評価を行った。

2 AI 画像解析の活用検討

2.1 発災箇所判別における AI 画像解析

UAV 撮影画像に対する AI 画像解析の活用を検討した。災害発生時にクラウドサービスが使用できない場合を想定し、高機能なサーバを必要としないエッジ型のシステム構成を条件として検討を行った。

この条件に照らし、画像 AI システムとして（株）システム計画研究所の g-Lupe を採用した。本画像 AI エンジンのアルゴリズムはセマンティックセグメンテーション（Semantic Segmentation）を採用している。学習に際し、画像の色情報（明度/彩度/色相）だけでなく、形状やテクスチャー、隣接する画素間の連関情報等が解析情報として扱われる。本システムは、ごく限られたサンプルやラベル付けでも学習できる特長を有する。また、学習・アノテーションプロセスにおいて AI に関する専門知識がなくとも容易な操作を可能とするため、解りやすい GUI を実装した（図 1）。AI 画像解析の手順概略は、1) 教師データの準備、2) 収集した静止画による学習・アノテーションの実行、3) 学習結果の検証評価、4) 学習繰り返しによる解析精度向上である。評価モデル/テーマとして、崩壊斜面の抽出、移動土塊の判定、亀裂・断裂等の判定について改良を進行している。



図 1. AI 画像解析

（左）教師データの作成：GUI 画面
（右）学習結果

2.2 UAV 動画・静止画からの発災箇所・発災種別の抽出

UAV 撮影動画から発災情報を自動的に抽出するための支援ツールを開発した。以下の操作手順により、撮影動画から自動的に発災箇所を抽出することができる（図 2）。1) 動画から AI 画像解析の対象として使用する静止画を自動選出、2) 選出した静止画の AI 画像解析、3) 画像ファイルの自動分類、4) 分類画像リストの自動作成、5) 分類画像リストの位置情報紐づけとなる。分類画像リストに引き出された発災情報と位置情報と紐づけることにより、三次元空間上に発災箇所を投影することが可能になる。なお、位置情報は、SfM-MVS 写真測量によって算出する。

また、動画から選出した静止画は解像度が十分には高くないため、SfM-MVS 写真測量またはこれに準じた撮影方法で得た高解像度静止画を、AI 画像解析に用いることで、解析精度の向上を図ることができる。

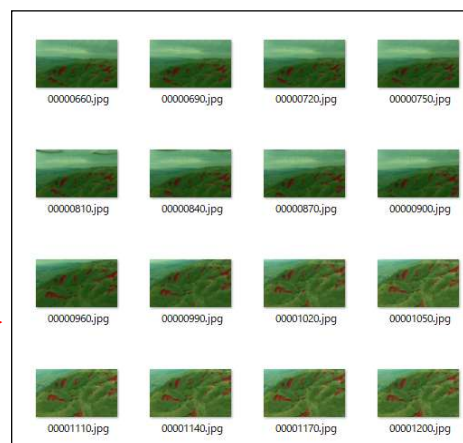


図 2. UAV 撮影動画からの発災箇所の抽出（左）出力ファイル（右）抽出データ

2.3 オルソ画像の AI 画像解析

SfM-MVS 解析によって作成された点群からオルソ画像を構築できる。このオルソ画像を対象とした AI 画像解析の検討を行った。オルソ画像のデータ容量は基本的に膨大であることから、オルソ画像全体を直接解析する場合、相

応な処理能力のシステムや時間を要する。そこで、まずオルソ画像全体を適宜な領域に自動分割し、分割領域ごとにAI画像解析を行う方法を検討した(図3)。分割領域の解析処理後に各領域を統合する。解析結果では、連続的な範囲を有する崩壊箇所や移動土塊の抽出は比較的良好であった。一方、微地形や微細な亀裂の識別は容易ではなかった。AI学習に用いる画像の解像度向上に加え、変状の特徴を十分に学習するための教師データのバリエーションやアノテーションの適切な設定が必要である。

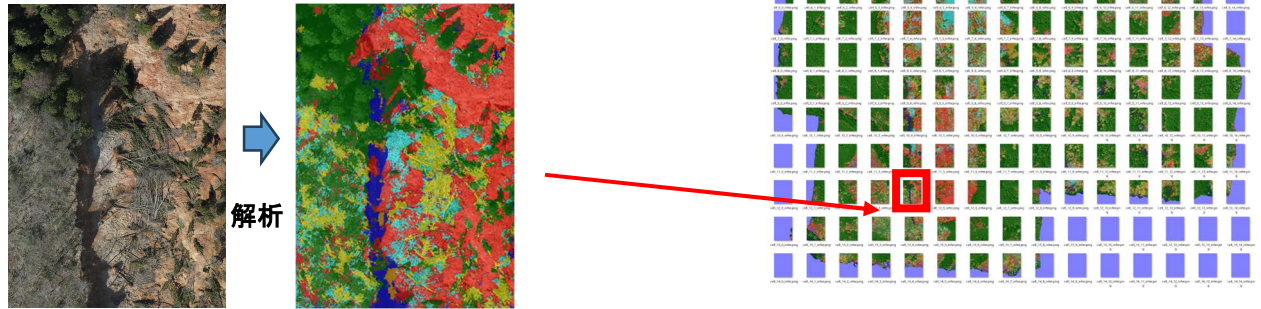


図3. 分割したオルソ画像のAI画像解析(左)と解析結果の統合(右)

3 近赤外マルチスペクトルカメラによる撮像試験・定量化の検証

マルチスペクトル・ハイパースペクトルデータの活用に関し、これまで人工調整試料や天然の火山灰試料を用いた室内試験^{1)~4)}を行い、対象物の組成や含水率とスペクトル反射強度に関して基礎的な技術データを取得した。また太陽光や大気中水分の影響を評価するため、屋外地上設置したカメラを用いた野外試験を行った⁵⁾。これらの結果に基づき要素技術の確認や野外調査における課題を整理した上で、UAV搭載マルチスペクトルカメラによる上空撮影試験を行い、対象物の組成や含水率等の定性的観測の評価について一定の成果を得た^{6)~8)}。

今回は定量的評価を目的として野外試験を実施した。マルチスペクトルカメラ撮影対象について誘電率式土壌水分計による体積含水率の計測を行い、その計測結果を標準データとした。続いて、対象箇所を近赤外マルチスペクトルカメラで撮影し、反射スペクトルデータを取得した(図4)。NDSI解析によって算出した相対反射強度比と上記の標準データの相関を整理した結果、両者の相関に高い線形性が示され、検量線法による定量計測の可能性が得られた(図5)。定量データを解析図にフィードバックすれば表層土壌水分のコンターマップの作成が可能となる。

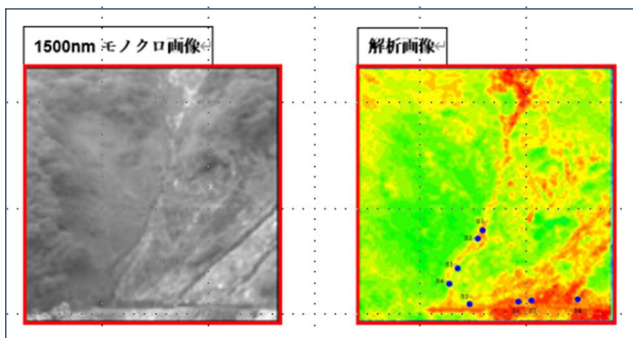


図4. マルチスペクトルカメラ撮像

(左) RAW画像 (右) 解析画像

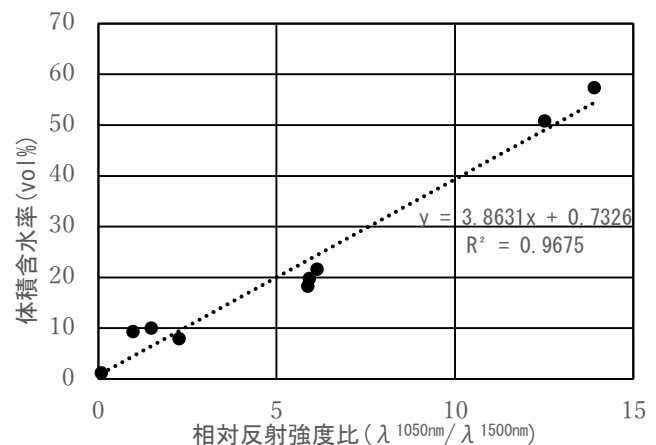


図5. 相対反射強度比と体積含水率の相関

4 おわりに

発災時の緊急調査を想定したUAV調査方法に関して検討を行い、その一部を今回報告した。AI画像解析や近赤外領域マルチスペクトルカメラは、使用方法や条件に留意すれば調査の目的に応じた有効的な活用ができる。他方、使用者を限定しないことを考慮すると、実用化に向けてまだ解決すべき課題が多い。また、本検討ではAI画像解析は基本的に二次元画像を対象としており、空中写真やSfM(DSM)解析画像のみでは、植生等の影響等もあり微地形の変化状態を補足することが難しい。今後、LiDARによるDEMデータ及びその活用を含めた評価検討を進める。

参考文献

- 1) 小野・藤原・池田：スペクトル計測による火山灰物性値の把握手法の検討, 日本応用地質学会研究発表会論文集, 2018
- 2) 小野・藤原・嶋：ハイパースペクトルカメラによる火山砕屑物の含水比同定, 砂防学会研究発表会概要集, 2019
- 3) 小野・藤原・嶋：ハイパースペクトルカメラによる火山性土壌の含水状態の把握, 日本応用地質学会研究発表会論文集, 2019
- 4) 小野・藤原・嶋：火山砕屑物の調査におけるハイパースペクトルイメージの活用, 日本火山学会講演予稿集, 2019
- 5) 小野・藤原・嶋：火山砕屑物の調査におけるハイパースペクトルイメージの活用(その2), 日本火山学会講演予稿集, 2020
- 6) 小野・高良・貝應：UAV搭載近赤外マルチスペクトルビデオカメラによる土壌水分の観測, 日本火山学会講演予稿集, 2023.
- 7) 小野ら：UAVに搭載した近赤外マルチスペクトルカメラによる土壌水分計測の有効性と課題, 砂防学会研究発表会概要集, 2023.
- 8) ONO: Measurement method of soil-moisture in the field by near-infrared multi-spectrum camera on UAV, JpGU Meeting 2023.