

## 地形量図を用いた機械学習による落石発生源抽出の検討

岡山大学大学院 学生会員 ○崎田 晃基

岡山大学大学院 正会員 西山 哲

(株)J-POWER 設計コンサルタント 正会員 菊地 輝行

### 1. 背景・目的

近年の激甚化する斜面災害に対しては、対策事業の重要性が増加しており、適切な対策・対応が必要となっている。落石を対象とした道路防災点検では、落石の元となる落石発生源を防災カルテや航空写真などの図面を元に机上調査の段階で抽出し、その後、現地調査を実施する。しかしながら現状の点検手法では、点検箇所を抽出のための情報が図面に不足していることや、抽出の基準が点検技術者の勘や経験に依存するなどの原因により、現地調査時の見落としや見逃しが発生している。このような課題に対して、情報化技術の活用が期待される。特に航空レーザ測量のデータを元に作成する地形量図は、地表面の微地形を高精細に表現することができ、机上調査のみならず現地調査においてもその有用性を発揮するものである。また、近年の人員不足に対してAI(Artificial Intelligence)を活用した研究の取り組みが増えており、作業の効率化や定量化など様々な効果が期待される。

そこで、本研究では、落石発生源を対象とした道路防災点検において、点検箇所の机上抽出を機械学習手法の導入により自動化し、見落としのない点検の確立に向けた机上抽出手法を提案する。具体的には、SVM(Support Vector Machines)と呼ばれる機械学習の1手法を用いて地形量図で落石発生源を抽出し、その適応性について言及するものである。

### 2. 提案手法

#### 2-1 ウェーブレット解析図

本研究では、点検用図面として地形量図の1手法であるウェーブレット解析図<sup>1)</sup>を用いることとした。この図面は、地表面の凹凸を強調するように設計された図面の1種であり、既往の研究で落石発生源の抽出において有用性があることを示した<sup>2)</sup>。ここで、図面作成のためのウェーブレット解析を式-1に示す。式-1では、航空レーザ測量データの標高値 $z(x,y)$ と式-2示す凸型

の関数 $\psi(x,y)$ との畳み込み積分からウェーブレット係数 $C(s,a,b)$ を算出する。その後、算出された $C(s,a,b)$ に色を割り当てることで図面作成する。ここで図面の例として、図-1に同一箇所の空中写真とウェーブレット解析図を示す。なお、図は式-1の $s=1$ で作成した。

$$C(s,a,b) = \frac{1}{s} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} z(x,y) \psi\left(\frac{x-a}{s}, \frac{y-b}{s}\right) dx dy \quad (\text{式-1})$$

$$\psi(x,y) = (2 - x^2 - y^2) \exp\left\{-\frac{1}{2}(x^2 + y^2)\right\} \quad (\text{式-2})$$

#### 2-2 SVMによる物体検出

SVMは、教師あり学習の一種としてあげられ、2クラスの分類を行うための機械学習手法の1つである。SVMによる分類問題は、分離する2クラスの境界線を求めることで識別を行う。これを応用し、①ウェーブレット解析図を連続した小領域に分割した後、②各領域に対して学習済みのSVMモデルで分類を実施することで、③SVMによる物体検出を行う(図-2)。



図-1 空中写真とウェーブレット解析図の比較

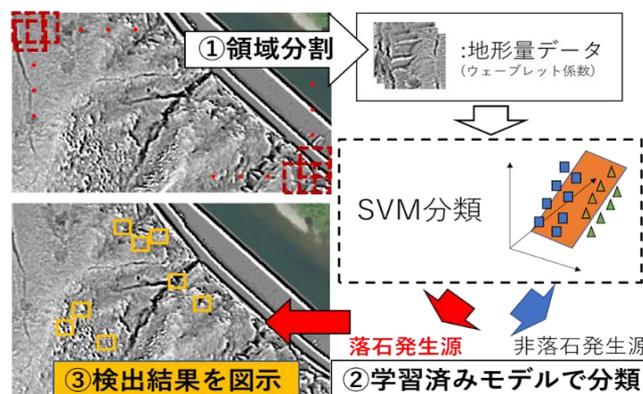


図-2 SVMを応用した物体検出の概要図

キーワード 道路防災点検 落石 地形量図 ウェーブレット解析図 AI サポートベクターマシン

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中3-1-1 環境理工学部棟 TEL 080-7835-0107

### 3. 実験概要

本研究では、岡山県一般国道 53 号線の草生地区を調査地とした。当該地区は大雨による落石の危険性から事前交通規制区間に指定されている。既往の研究<sup>2)</sup>では調査箇所を 3 つに分け、それぞれのエリアで現地調査を実施した。図-3 は既往の調査結果を整理し、0.5m グリッドで作成したウェーブレット解析図上に落石発生源箇所を赤色で、その他の微地形や平坦斜面を含む非落石発生源箇所を青色で示したものである。これら事前情報を元に学習用データセットを作成し、SVM を用いて学習を行う。学習では SVM 分類の汎化性能に関わるパラメータ C のチューニングを行い、精度向上を試みた。その後、図-2 のフローに従い、物体検出を実施する。なお、今回は 10~30pix 範囲で 20 回ランダムに領域サイズを選択し、縦横のスライド幅は 5pix として領域分割を行った。

### 4. 解析結果及び考察

物体検出の実施結果を図-4 に示す。図には落石発生源箇所の抽出領域を黄枠で示している。さらに、図内には学習に用いた微地形箇所と物体検出の抽出結果から、微地形の抽出数を表に示した。この結果、提案手法では学習させた落石発生源箇所の 32 箇所すべてを抽出していることが確認された。これに対して、非落石発生源箇所は、全体 60 箇所のうち 14 箇所を落石発生源箇所として抽出した。これらの誤抽出した 14 箇所は、窪地や図-3 の①に示すような段差形状を持つ微地形であった。次に、Area1~3 外の抽出結果について確認する。既往の研究成果<sup>2)</sup>では、C(s,a,b)が隣り合った狭い範囲で負値→正值へと変化している箇所が落石発生源であることを示した。この情報を元にする、図-3 の画像左下

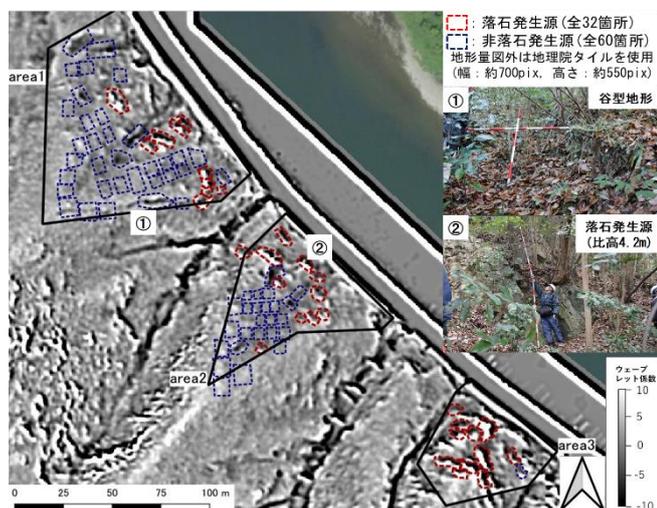


図-3 解析対象区間の既往点検結果

に落石発生源を示す色の変化箇所が密集している箇所があり、図-4 ではその区域一帯を検出していることが確認できる。対して、Area2 に隣接する南側一帯は落石発生源を示す特徴がない平坦斜面であり、この一帯は抽出から外れている。また、Area 間の太く発達した線状の微地形が、微地形に沿うように抽出されていることがわかる。この微地形は浸食により形成された谷であり、谷側方に遷急線箇所が存在する。このような遷急線箇所が落石発生源として誤抽出されたと考えられる。

### 5. まとめ

本研究では、見落としのない点検手法の確立を目的に、既往の調査結果を元に作成した教師データを使って SVM による物体検出を実施し、落石発生源箇所の抽出手法としての適応性について検討した。解析結果は、過抽出傾向であるものの落石発生源の抽出手法として高い抽出性能を示した。実際の点検では、机上抽出後に現地調査を実施し、対象物の有無や危険性を確認することになる。そのため、見落としのない抽出結果であることは効果的な点検を実施する上では有用な要素であり、本研究で提案する手法は落石発生源の机上調査手法において適応性があると考えられる。今後の課題としては、点検の優先順位決定のためのプロセスを検討することや、異なる地形量図との比較や組み合わせに対して物体検出を活用し適応性の検証を行い、点検手法としての確立を目指すことが重要である。

### 参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所地すべりチーム：地すべり地における航空レーザ測量データ解析マニュアル(案)，2009
- 2) 崎田晃基，菊地輝行，西山哲，ウェーブレット解析を用いた落石発生源の調査に適した図化手法の高度化，土木情報学シンポジウム講演集 Vol.45，pp.69-72，2020

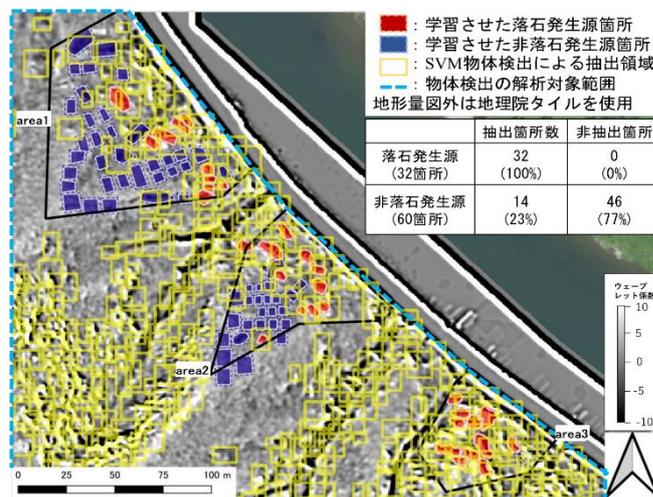


図-4 解析対象区間での解析結果