

## スライスカット時の飛石の軌跡推定

大成建設株式会社 正会員 ○大杉 輔, 黒木 芳彦, 宮永 隼太郎  
廣末 龍文, 谷 卓也

### 1. はじめに

ブレイカーなどによる岩盤の破碎作業では、飛石発生による事故を防ぐため、作業エリアの立入禁止措置や防護設備の設置を要す。防護設備の位置や規模は、飛石の到達範囲や高さに対し、十分に安全を考慮した仕様とする必要がある。本稿では、長大切土におけるスライスカット施工を撮影した映像にフレーム差分解析とステレオ画像解析を適用して、飛石の運動経路や到達範囲を推定した事例について述べる。

### 2. 施工概要と掘削試験

軌跡の推定は、西日本高速道路(株)の佐世保道路下本山工事のうち、切土のスライスカット施工が計画されていたエリアで実施した。施工対象の切土に隣接して供用道路が位置しており、境界には飛石対策として仮設防護柵が設置されている。しかし、切土は供用道路よりも標高が高く、飛石が供用道路に到達することが懸念されたため、想定される飛石の軌跡について検討する必要がある。スライスカット施工時の撮影に用いた機器を写真-1に示す。三脚を取り付けたステレオキットにビデオカメラ FDR-AX700(SONY)を取り付け、ステレオカメラとして動画撮影を実施した。撮影は同一箇所でも6回実施したが、ここでは最も飛石の発生が確認された一例を示す。図-1のように、掘削地点から5mの位置に写真-1のステレオカメラを設置した。撮影は約30分で行い、終了後に室内で画像解析を行った。



写真-1 ステレオカメラ

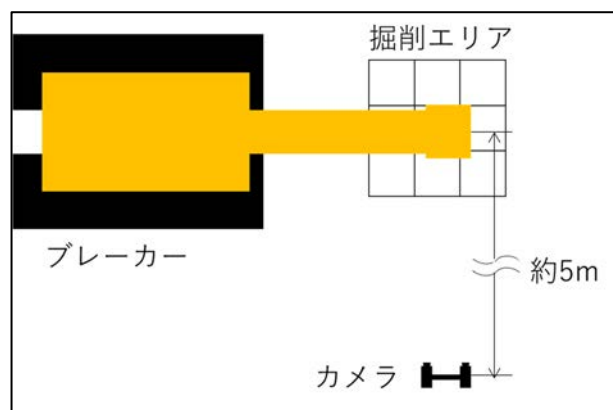


図-1 施工位置とカメラの配置



写真-2 施工状況

### 3. 画像解析手法

フレーム差分解析は連続する2枚の画像の差分を取り、移動物体を検出する手法である<sup>1)</sup> (図-2(a)(b))。ここでは2枚の画像の一致する箇所の差は黒 (=0)、一致しない箇所は白 (≠0) で示す。差分処理を連続的に実施し、連続する差分画像を合成すると移動物体の軌跡 (図-2(c)) を抽出することができる。一連の処理をスライスカット施工の撮影をした映像に適用することで、発生する飛石の軌跡を求めることができる。フレーム差分解析は飛石だけでなく、施工により発生する埃も検出するため、比較的視界が良好で飛石を識別でき、かつ飛石が多く発生している状況を捉えた映像を選んで解析した。次に、ステレオ画像解析では、左右同時に撮影した2枚の画像から画像中の任

キーワード スライスカット, 飛石, ステレオカメラ, フレーム差分

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL : 045-814-7200

意の物体の3次元位置座標を特定した<sup>2)</sup>(図-3)。フレーム差分解析で得られた特定の飛石に対し、ある時間における飛石の位置座標を算出することにより、飛石の3次元位置座標と速度の変化を求めることができ、撮影範囲外に移動した飛石の最高到達点・落下地点等を算出できる。

#### 4. 実験結果

図-4 にスライスカット施工で発生した飛石の推定落下位置を示す。ここで画像解析に用いた映像は全映像のうち約30秒間である。また、飛距離3m以上の飛石のみを図示している。掘削地点付近は無数の飛石や埃が発生しており、飛石の特定が困難であったためである。推定できた飛石の飛距離は3~8mが多いが、10m以上の結果も見られた。落下地点は $-2 < Z < 5$ の範囲に集中している。カメラ近傍を通過する飛石は撮影範囲からすぐに外れ、遠くを通過する飛石は映像上のサイズが十分でなく、フレーム差分解析で認識できなかった。図-5 に飛石が供用道路方向に運動したと仮定した場合の運動経路の推定結果を示す。図中のプロットは飛石の最高到達点の座標を示し、掘削位置と最高到達点を通る放物線を運動経路と仮定した。最高到達点の座標は飛石の鉛直上向きの速度が0となる時の掘削地点を基準とした水平距離と高さとは仮定した。図中の灰色は施工対象の切土、赤色の実線は仮設防護柵を示す。推定結果から、仮設防護柵の上を通過し、供用道路に到達する飛石が見られたことから、防護柵の増設または、飛石が発生しにくい施工方法を検討する必要があることが分かった。

#### 5. まとめ

フレーム差分解析とステレオ画像解析を用いて、スライスカット時に発生する飛石の3次元運動推定を行った。解析ができた飛石の落下地点の分布には偏りが見られたが、飛石が供用道路に影響を与える可能性を確認した。今後は本手法の精度の向上を目指すとともに、現場でリアルタイムに飛石の運動を解析する手法を確立したい。

#### 参考文献

- 1) 宮永ほか, リアルタイム写真差分解析システムを用いた自然斜面における落石の運動分析に関する研究, 第48回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp.150-155, 2022.
- 2) 織田ほか, 平面ステレオマッチング手法, 写真とリモートセンシング, 43巻3号 pp.13-21, 2004.

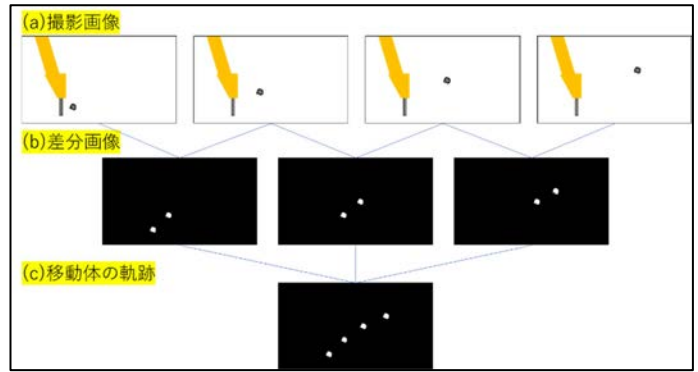


図-2 フレーム差分による飛石の抽出

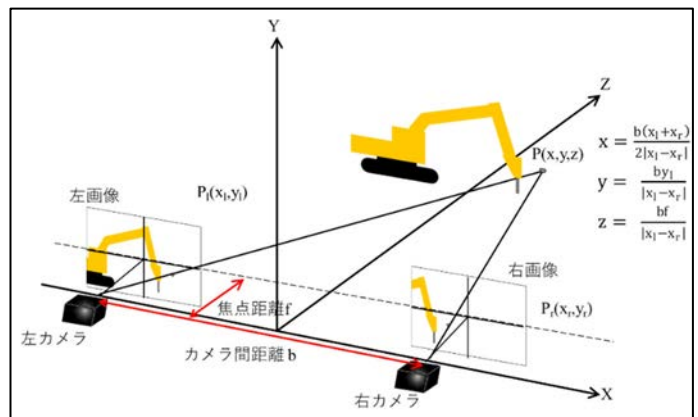


図-3 ステレオマッチングによる位置座標の特定

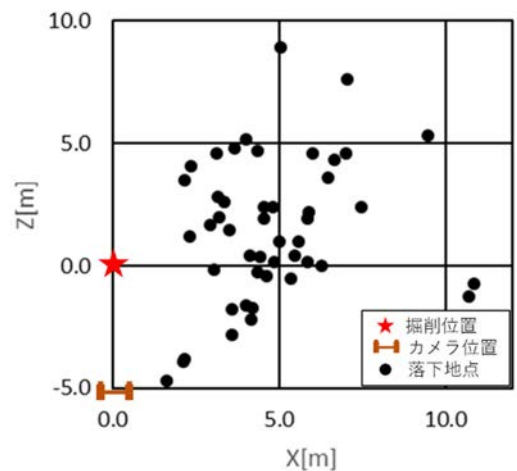


図-4 飛石の推定落下地点 (平面図)

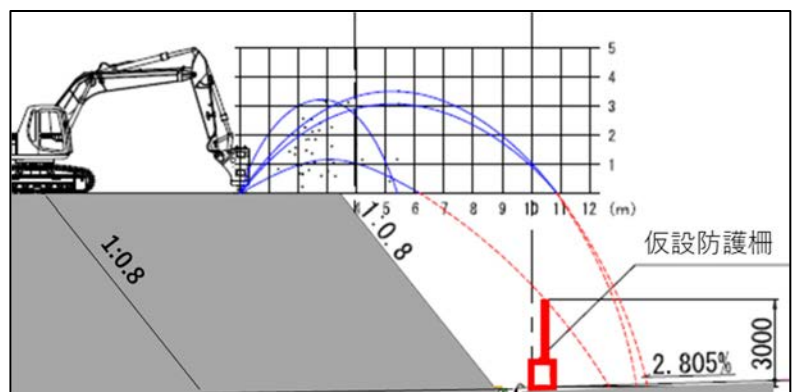


図-5 飛石の運動経路の推定結果