

カメラ映像分析によるリアルタイム岩盤崩落検知技術

鹿島建設(株) 正会員 ○伊達健介 横田泰宏 宮嶋保幸 戸邊勇人 山下 慧
シンガポール国立大学 川内見作 丹野嘉信

1. はじめに

昨今、自動運転分野に代表されるように、カメラ映像をもとに道路や歩行者をリアルタイムに検出する画像認識技術が急速に発展している。このような最新の画像認識技術に着目し、筆者らはリアルタイム岩盤崩落検知技術の開発を行ってきた。今回、新たに構築したアルゴリズムを活用することで、テレビ会議で使うような廉価なカメラを用いて、現場職員が撮影した手振れを含むような映像であっても、リアルタイムに岩盤崩落を検知できるようになったので報告する。

2. リアルタイム岩盤崩落検知技術の概要

大きな落盤事故には小さな落石のような前兆があり、その前兆をリアルタイムに検知して注意喚起することは施工中の安全性を確保する上で非常に重要である。筆者らは、これまでに切羽押出し変位計測によるリアルタイムトンネル切羽変状監視システムを開発し、主に進行性の軟岩・土砂地山における切羽崩落の回避を図ってきた¹⁾。一方で、より突発的で不連続な切羽の分析にはその前兆である小さな落石監視が重要となる。その目的のためには、対象断面の細かな変化を面的に検知できるカメラ映像による解析がより適していると考えられる。カメラ映像は1秒間30枚程度の写真を撮り、それらをつなぎ合わせることで映像化している。その写真を時系列で比較し、背景差分法等の手法を用いることで、落石などによる映像に生じた変化を抽出できる。しかし、単純に適用するだけでは、手振れによる疑似の移動や、重機あるいは作業員の実際の移動も認識してしまい、上手く落石だけを抽出することが難しく、それを精度良く分析するためには重厚なハードウェアが必要であった。そこで、新たなアルゴリズムを構築し、ウェブカメラと小型PC(図-1)という手軽なハードウェアで、実際に起こりうる現象に対応できる岩盤崩落検知システムを開発した。

3. 構築したアルゴリズムの特徴

本技術に主に用いた2つのアルゴリズムについて特徴を述べる。第一は、振動除去に対応した技術である。前述のとおり、工事現場で撮影された映像は、手振れや重機振動など疑似および実際の移動の影響を常に受ける。そのため、既存の画像解析アルゴリズムでは、それらの映像のブレも落石の発生と誤認してしまう恐れがある。そこで、映像の前後の風景変化からカメラがどのように振動したのかを推定し、ブレを軽減するアルゴリズムを実装した(図-2)。スポーツなど振動が激しい対象物の撮影に特化しているアクションカメラに実装している機構と同様であるが、そのようなカメラを使用してもどのようにブレを除去したのか認識できないため、独自に実装を行った。図-2左は、意図的に大きな振動をカメラに与えながら、岩石の落下状況を撮影し



図-1 システム外観
(ウェブカメラと小型PC)

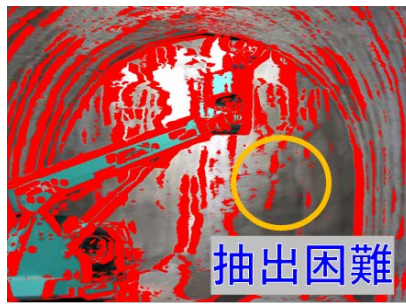


図-2 振動除去前後の比較
(10 cm角の落石検知実験)

キーワード： カメラ映像、動画、トンネル、岩盤崩落、リアルタイム

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2丁目19-1 鹿島建設(株)鹿島技術研究所 TEL 042-485-1111

た生データの分析結果である。ここで、赤色で着色した範囲は全て物体の移動を検出した領域である。落石は、高所作業車から作業員が 10cm 角の岩石を落下させることでシミュレートした。振動除去前は、落石がこれらのノイズに紛れており抽出することは困難である。一方で、図-2 右は、新たに実装したアルゴリズムを同じ映像に適用して分析した結果である。カメラの振動によって発生したノイズが適切に除去され 10cm 角の落石が明確に抽出できている。

第二は、ノイズ除去と解像度改善の技術である。両者ともに、時空間画像解析技術(Spatio-Temporal image processing)を用いた。時空間画像とは、写真を時間方向に重ねた 3 次元データである(図-3 左上)。静止した背景に移動物体があると、移動物体の軌跡を表すことができる²⁾。例えば、x 軸(空間軸)と t 軸(時間軸)に平行な断面に着目すると、画像中を移動する移動物体(歩く人)の軌跡を適切に抽出することができる。同手法から求まる移動物体の速度などを考慮することで高度なノイズ除去を実現することができた(図-3)。また、時空間画像解析後に周波数解析を施すことで、画像処理によって低下した解像度も改善することができた。

4. おわりに

図-4 は、実際の施工中に現場職員が撮影した映像から崩落の前兆となる細かい落石を高精度に検知した事例である。天端付近で小さな落石が発生した直後から落石を認識し、落下していく過程を十分に追跡できていることが確認できる。当該切羽では幸い大きな落盤の発生には至らなかったものの、このように確実に前兆を捉えることができれば、迅速な避難指示や有効な対策を講じることが可能となると考えられる。今後、現場環境における性能と耐久性能を評価し、トンネル現場において装薬中や支保工建込み中に起こりうる落盤の前兆をリアルタイムに検知できる技術として活用していく予定である。

さらに、本技術を継続的に運用することで、従来は記録に残らなかった落石情報も、落下物の形状や大きさ、個数、落下速度までデータとして記録することができる。地質ごとに多くの落石データが蓄積されれば、そのデータをもとに落盤の危険を予知できる新たなデジタル指標が定められ、より効率的で安全な掘削に寄与できるものと考えている。

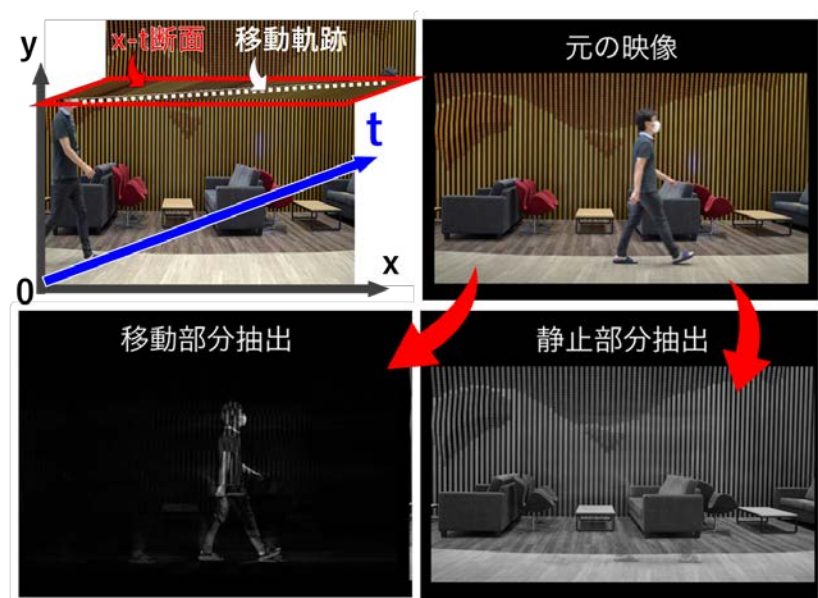


図-3 時空間画像による移動体抽出アルゴリズム検証

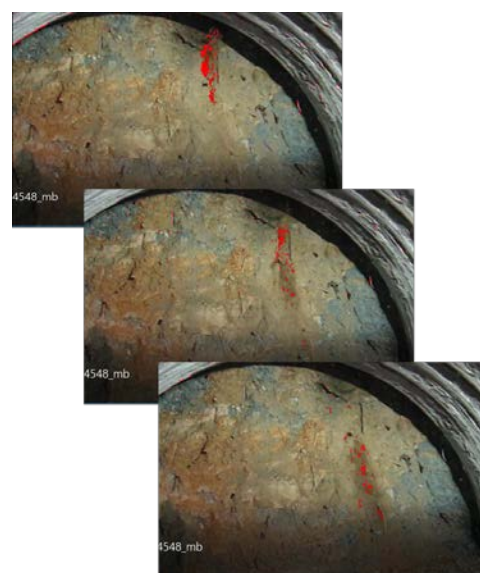


図-4 実施工中データの分析結果

参考文献

- 1) 齋藤宏樹, 成田望, 横田泰宏, 山本拓治, 伊達健介, 小泉悠: 山岳トンネル切羽変状監視システムの現場適用事例, 土木学会第 70 回年次学術講演集, VI-689, pp. 1377-1378, 2015.
- 2) 奥富正敏ほか: デジタル画像処理, 財団法人 画像情報教育振興協会, 2004.