

画像解析による動体追跡技術の土砂移動検知への適用

株式会社ブレインズ

○井深真治・福田昌宏

国立研究開発法人土木研究所

水谷佑・高原晃宙・木下篤彦・水野秀明

1. 緒論

土砂移動検知・監視において、対象箇所を撮影した動画をリアルタイムで解析して土砂移動を検知できれば、非接触で面的・連続的な監視が可能となると考えられる。例えば、柳原ら¹⁾は PIV (PTV) 法を斜面崩壊に適用し崩壊土砂の面的な移動状況の観察や速度分布の計測を行い、画像解析による土砂移動現象の詳細な表現と分析が実現する可能性を見出した。また、解析に用いる画像に関する課題や解析手法の課題、事例蓄積の必要性を指摘している。

一方で、交通・防犯等の分野では、走行する自動車のナンバーの認識と文字情報への変換をはじめ、高速道路に侵入した動物、不審な挙動を示す人物、空港近辺で飛翔する鳥等の検出及び追跡等が可能となっている。このような高度な技術を用いて土砂移動現象の動画を解析し、適用可能性や撮影条件、画像処理・解析手順を整理することで、画像解析による土砂移動検知技術の高度化・実用化が期待できる。

本研究では、解析の高速化（計算コスト低減）と検知精度の向上を目的とし、カーネル法²⁾を用いた物体追跡技術を用いて斜面崩壊動画を解析し、その適用性について検討した。

2. 方法

本研究で使用した動画は平成 18 年に発生した東横山地すべりの崩壊映像で、国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所ウェブサイト³⁾で公開されている。解析対象とした映像は崩壊斜面に正対する位置から撮影された 3 動画で、ウェブサイト上では「地すべり崩壊映像 Camera1」として掲載されている。ウェブサイト上の動画ファイルは画像解析に適した解像度・形式ではなかったため、(社団)全国治水砂防協会発行の DVD「土砂動態 2009.12」⁴⁾に収録された同映像（以降、対象動画という）の動画ファイルを利用し、対象動画を解像度720×480ピクセル、YUV420の Mpeg4 ストリームに変換してカーネル法を用いた物体追跡技術で解析した。

対象動画の中央に48×48ピクセルのメッシュ領域を 40 (8×5) 領域作成してメッシュ内の土砂移動を検出し、メッシュを追跡させた。メッシュ領域に対する物体追跡時間は 2 秒間 (60 フレーム) とし、2 秒毎に再度メッシュ領域を自動生成するという動作を繰り返すように表示した土砂移動検知映像を同解像度の avi 形式で出力した。

物体追跡技術は画像から得られる形状的特徴により対象物体を認識し、画像内で移動する対象物体を探索・追跡する技術であるが、土砂移動検知へ適用する場合には対象物体を認識する必要はなく、特定領域（本研究ではメッシュに相当する）の画像自体を追跡対象として設定し、当該画像領域が次の時刻の画像中で位置する場所を特定することで土砂（より正確には画像として認識される表面構造）の移動を検出できると考えられる。

移動後の領域探索には、元画像（学習画像）と次の時刻の画像（評価画像）との類似性評価（マッチング）が必要となる。PIV 法では 2 画像間の相互相関を計算し、その相関が最大となる点を移動後の領域とする手法が一般的である。相互相関は畳み込み積分計算により得られるため、高速フーリエ変換 (FFT) による高速演算が可能であるが、照明条件の変化等へのロバスト性に欠ける。また、線形分離を基本とするため、相互相関に複数のピークが発生することも考えられ、マッチング精度への影響が懸念される。

そこで本研究では、近年物体追跡技術で利用され始めたカーネル法によるマッチングアルゴリズムを利用した²⁾。ガウシア

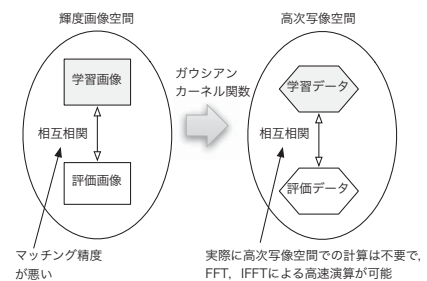


図-1 カーネル法によるマッチングの概略

ンカーネルにより高次空間へ写像した画像に対して正規化相互相関を計算することにより、マッチング精度の向上を図るものである（図-1）。さらに、学習画像と評価画像の大部分がオーバーラップする場合、カーネル行列が巡回行列となることが証明されており⁵⁾、通常の相互相関計算と同様にFFTによる高計算が可能となる。 $n \times n$ 画素の画像に適用した場合、通常必要とされる n^4 オーダーの計算コストに対し、本方式では $n^2 \cdot \log n$ オーダーで処理が可能であり、リアルタイムでの処理が求められる土砂移動検知に適していると考えられる²⁾。

3. 結果

解析結果を出力した動画の一部を図-2に示す。地表面が移動している場合には、形状変化を有する移動であるにも関わらず、適切にその移動を追跡することに成功した（図-2(a)）。これは特定のトレーサを利用するPTV法¹⁾と異なり、画像領域全体の類似性を評価する本手法の有効性を示している。また、風や照明条件の変化による微小な変化に対する誤検知も発生しなかった（図-2(b)）。一方、移動している樹木の影などが画像内の輝度変化が小さい箇所に写り込んだ場合、領域の移動として解析し誤検知が発生した（図-3）。

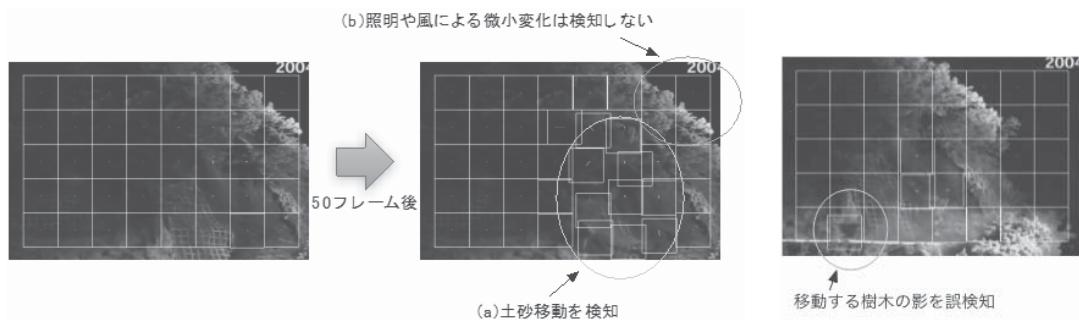


図-2 検知結果の例

図-3 誤検知の例

4. 結論と課題

本研究によって、他分野で活用されている動体追跡技術を斜面崩壊動画に適用し、リアルタイムで高精度な検知技術として応用する可能性を示すことができた。検知精度の向上・誤検知低減や検知時の発報・伝送を含めた「検知装置」の実現に向けて、以下の課題が挙げられる。

- ①解析事例の蓄積による、本方式の汎用性検証および検証結果に対する定量的評価法の確立
- ②HOG や SIFT などの局所特徴を用いた解析によりマッチング精度の向上が実現できると報告されており⁵⁾、それらを用いた検出アルゴリズムの開発・検証・改良
- ③野外使用を前提とし、「検知装置」としてのシステム（発報・伝送・ロギング等のソフト、サイズ・重量・堅牢性等のハード）開発と、組み込み装置内における高速動作が可能なアルゴリズムの開発
- ④照明条件や撮影機材などシステム実現のための必要条件、土砂移動発生判定条件等の整理

【参考文献】

- 1) 柳原ら：粒子画像流速測定法（PIV）を用いた崩壊の動画解析，砂防学会誌，Vol.57, No.1, p.33-38, 2004
- 2) J. F. Henriques, et al., Exploiting the Circulant Structure of Tracking-by-detection with Kernels, ECCV 2012 Vol.7575, p. 702-715, 2012
- 3) 国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所ウェブサイト
： http://www.cbr.mlit.go.jp/etsumi/archive/rekishi/h18_report2.html, 2016年3月30日閲覧
- 4) (社団) 全国治水砂防協会：土砂動態 2009.12, 2009
- 5) J. F. Henriques, et al., High-Speed Tracking with Kernelized Correlation Filters, IEEE Trans. on Pattern, Vol.37, Issue3, p. 583-596, 2015