

# DXによる砂防事業の設計施工のシームレス化

## AIを用いた石礫の自動判読技術の開発

(株)オリエンタルコンサルタンツ  
 流域管理・保全事業部  
 副事業部長  
 井川 忠



### 砂防事業でAIが使えるのか?

#### (1)様々な場面で活躍するAI技術

近年、目覚ましく発展するAI技術により、機械が自ら学習することで人間の知能を超越する高度かつ短時間での判断、多様で複雑な作業についても自動化の補助になるなど、これまで実現不可能と思われていた社会の実現が可能になりつつある。砂防業界に着目すると工事現場では、5G技術を用いたICT施工等、自動化・無人化による建設機械の遠隔操作、AR・VR等を用いた教育・訓練等、技術の進歩は目覚ましい。また、砂防施設の計画・設計ではBIM/CIM技術の進歩により、砂防関係施設の3次元設計も着実に増加しつつある。以上、紹介した技術については、今後も各事業領域で進歩を遂げるものと想定されるが、砂防調査の場面においても革新的な技術が取り入れられるものと考えた。

#### (2)AI技術の導入により砂防現場に革新

砂防施設の調査にあたり、現行の「土石流・流木対策設計技術指針」では砂防堰堤計画地点の上下流各々200mの範囲で礫径調査を実施し、設計諸元を決定することとなっている。計測対象の溪流は、土石流の発生箇所や土砂・洪水氾濫対策を実施する河幅の広い溪流条件下では足場の悪い状況での作業、溪流数が多い場合は作業の長期化、また、溪流内に数千個の石礫が存在する場合は人の目視によるため見落としや作業誤差が発生する。さらに土石流の調査は、流域の上流は滝などの急峻斜面が存在する場合も多く、直接人が視認できない場所に石礫が分布することも想定される。近年、ドローンの活用により、直接人が視認できない場所において高解像度の写真撮影によって石礫を把握することは可能となってきたが、数多くの礫が存在する場合は、判読に労力を費やすことから計測画像の効率的な処理が課題となる。本技術は、ドローンにより撮影した高解像度の画像を用いた礫径の判読作業について、生産性向上や作業者の安全性向上の観点から、AIを用いた自動判読の適用を試みたものである。

### 教師データの取得と学習モデルの開発

礫の自動判読を行うために、AIに数多くの礫撮影画像(以下、「教師データ」)を与える必要がある。教師データは

撮影高度が高い航空機による画像では解像度が低いため直径数mの礫でなければ判読できない。従って、本研究では溪流調査に用いられることが多いUAVによる撮影画像を対象とした。撮影高度は航空法の許可が不要な150m未満のものを対象とし、撮影画像の礫質・形状・色彩・明度等が異なる条件の教師データを与えるものとした(図-1)。

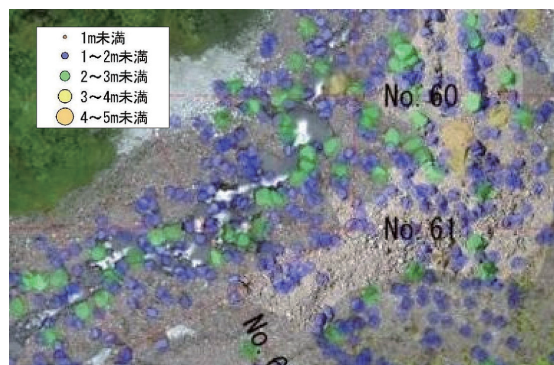


図-1 教師データの一例

AIの学習モデルは複数存在するため、石礫の自動判読に適するモデルの選定が必要となる。代表的な学習モデルは物体を矩形で囲って検出する手法である物体検出の手法を採用した。選定した物体検出の手法を用いて撮影した画像を深層学習アルゴリズムに読み込みし、モデルを生成させたのち推論の結果を出力するものとした。深層学習は与えた教師データに対して調整・反復学習を繰り返す原理であり、条件の異なる様々な教師データを用いて繰り返し演算処理を行うことで物体検出の精度が向上するという原理である。

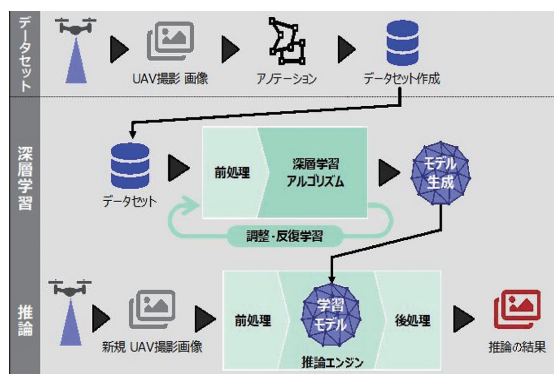


図-2 学習モデルの開発手順

従って、様々な色彩・形状が含まれたパターンの画像を認識させることが重要である。礫は様々な形状やサイズがあるため、深層学習アルゴリズムに様々なバリエーションの礫を学習させる必要がある。礫検出に適した教師画像を選定するため、撮影場所や撮影高度を変化させながら学習モデルを作成した。低解像度の教師画像から1~2m以上の大きい礫を中心に学習し、中~高解像度の教師画像から、より小さい礫も認識するよう学習させた。各学習モデルの作成にあたり学習時間が必要である。Ver.01で適切な学習時間を判定し、20~30時間程度で十分な検出能力を得られることが分かった。Ver.05で教師データを組み合わせることで大小様々な礫を認識できた。Ver.06では認識率の向上のため、教師データをVer.05と同一のまま深層学習アルゴリズムのパラメータのみを礫向けに調整した。その結果、同一の教師データから礫検出数を向上させることができた。なお、本学習モデルの検出精度は、人が数えた目視判読の礫の個数に対して判読礫径1m以上の場合、検出率70%程度となった。検出した礫をサイズごと分類し、大きい方から赤・紫・黄色・緑で表示した。その例を図-3に示す。

表-1 学習モデルの概要

学習モデル	学習モデル概要	教師画像撮影場所
Ver.01	低解像度の礫画像による学習 高度130m撮影	場所A
Ver.02	高解像度の礫画像による学習 高度40m撮影	場所B
Ver.03	高~中解像度の礫画像による学習 高度40,60,80,100m撮影	場所B
Ver.04	Ver.03にVer.01の2m以上の礫を追加	場所A+場所B
Ver.05	Ver.03にVer.01の全ての礫を追加	場所A+場所B
Ver.06	教師データはVer.05と同一 学習アルゴリズムを礫向けに調整	場所A+場所B



図-3 自動判読の抽出画像の例

## 現場での活用検証

砂防堰堤計画地点の石礫の分布を把握するため、小型無人飛行機による空中写真撮影を実施した。撮影条件は

空中写真を用いた自動判読の画像解析(解像度1cm以下)に必要な条件として、撮影高度40m以下、サイドラップ率60%以上を条件として設定した。渓床に堆積する石礫の大きさを確認する場合、石礫の長径と短径を計測することが一般的である。オルソフォトを用いて石礫の判読を行う場合、深度方向の高さを確認できないため、現地踏査による計測方法と同様に長径と短径を読み取る方法を採用した。空中写真の撮影範囲が広域である場合、写真内に撮影された石礫は数千個以上に及ぶ場合もあるため、全ての石礫を地表で実施する現地踏査と空中写真で対比するには非常に労力が必要となる。本検討は従来の方法で実施される礫径調査を簡略化し、現場での生産性を向上させることが目的であるため比較的規模の大きい代表的な石礫を地上で計測し、オルソフォトとの対比検証を行った。石礫は現地で長径と短径の2辺を計測し、オルソフォト上でどの位置に該当するか事前に確認を行った。判読対象とした石礫の大きさは工事段階で破碎処理を行う対象礫の規模を1m以上と想定し、オルソフォト内に存在する全てを抽出するものとした。空中写真判読の実施を前提としたことから写真上で客観的な評価が行えるよう赤白ポールを持つ作業者を含めて撮影を行い現地計測と空中写真の精度確認を行った。

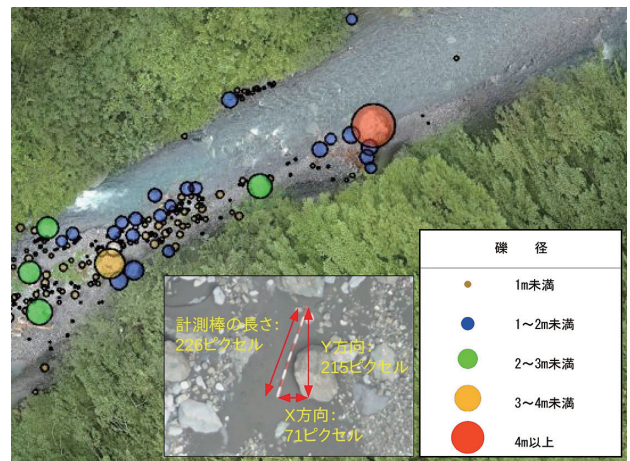


図-4 システムを用いた自動判読結果

## 今後の活用展開

土砂災害発生後の復旧にあたっては土砂移動現象の究明や砂防施設の設計・施工時の石礫調査は不可欠であり、安全かつ迅速な調査結果の確認が求められる。本システムは、ドローンを活用して計測した空中写真画像からオルソフォトを生成しAI技術によって石礫の個数や位置情報を提供できる。本システムを用いることにより常に危険と隣り合わせの土砂災害の現場で安全・迅速かつ高精度の石礫の抽出が可能となった。今後、本システムの石礫のモニタリングや河床材料調査等、砂防領域のシームレス化の技術として溪流管理という視点で幅広く活用するため、継続的に研鑽を行いたい。