

AI を用いた無人化施工技術に関する検討

(株) オリエンタルコンサルタンツ ○井川忠, 平川泰之, 松尾雅伸
 東亜コンサルタント株式会社 中濃耕司
 国土交通省九州地方整備局九州技術事務所 酒匂俊輔, 内藤博

1. はじめに

我が国は本格的な少子高齢化社会が到来しており、建設現場で従事する技能者の減少も顕著であり、特に現場経験が豊富な建設機械のオペレータなどの熟練技術者の後継者育成は喫緊の課題となっている。このような建設現場での社会的背景から、これまで以上にICT施工・無人化施工等、DXに関連する技術の向上が求められている。本検討は、砂防建設現場での課題を解決することを目的に、無人化施工の生産性向上の取り組みとして、AI技術を導入し、経験の少ないオペレータでも遠隔操作が実施できるシステムの構築を目指して実施した。本検討では、把持装置を装着したバックホウによる大型ブロックの横取・据付や岩盤・転石の破碎等の作業にあたりAI画像解析技術等を導入し、把持装置やブレーカーを目標物まで誘導・把持する等の作業を容易化・効率化するための手法を検討した。

2. AI画像解析による目標認識・誘導システム検討

火山噴火等の有事が発生した場合、コンクリートブロックの把持及び岩盤・転石破碎作業が生じる。無人化施工によるコンクリートブロックによる緊急ハード対策の構築では、まずクローラダンプへの積込作業を有人施工エリアで実施し、運搬中に無人化施工エリアに進入する(場合によっては境界地で有人運転から無人化施工に切替)。その後、作業地点近傍まで運搬されたコンクリートブロックを、把持装置を装着したバックホウにより把持し計画箇所まで移動(横取)し所定の箇所に据付を行う。ここで、把持装置に先端(把持部)をセンターホールに挿入する作業は難易度が高く、熟練を要することが課題である。また、バックホウでは移動が困難な岩盤・転石は破碎することとなるが、遠隔操作の画面上では、熟練オペレータであっても遠近感が捉えにくいことや“岩の目”等の破碎しやすい箇所を把握することの難易度が高いことが課題である。

表1 コンクリートブロック・岩の撮影に用いるカメラ条件

設置目的	コンクリートブロックのセンターホールの認識		岩の輪郭や岩の目(ひび割れ・凹み)の認識	
	センターホール(直径30cm)	センターホール(直径30cm)	岩の輪郭(直径150cm)	岩のひび割れ(1cm)
目標対象物の大きさ				
カメラ設置場所	キャビン	把持装置	キャビン	キャビン
目標	分解能 1.0cm/pixel	分解能 1.0cm/pixel	分解能 0.75cm/pixel	分解能 0.05cm/pixel
対角画角	100度	120度	100度	30度, 50度
解像度	8,154,594画素	5,484,672画素	42,177,408画素	42,177,408画素
撮影距離	20m以内	12m以内	9m以内	30度-8m以内, 50度-5m以内

これらの一連の作業の効率化と経験の少ないオペレータの対応容易性を図るため、AI画像解析等を用いて画面操作時のガイダンス機能を付加するシステム開発に着手した(図1)。

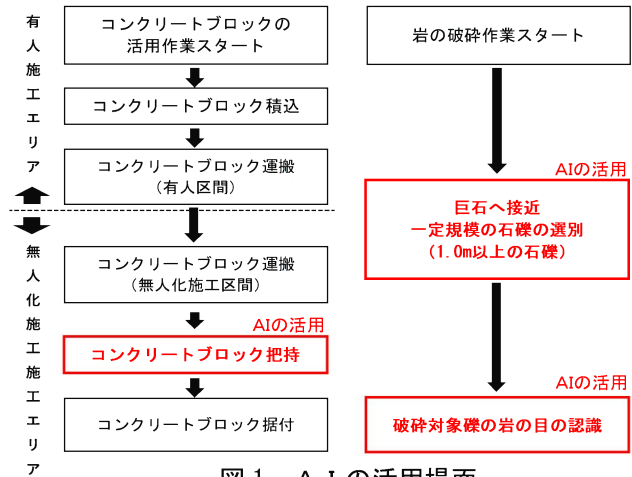


図1 AIの活用場面

3. AI画像解析に用いるカメラの検討

コンクリートブロックのセンターホールや岩の目をAI画像解析処理する場合、一定画素数の解像度を有する画像データの収集が必要となる。九州技術事務所保有の遠隔操縦式バックホウを対象として、キャビン上に設置する車載カメラの視点から、コンクリートブロックの把持装置、センターホールや破碎対象の転石等との視認距離等の情報を得るものとした。これらの情報を参考に目標物までの距離、AI画像解析に必要な画素数との関係性を検討した(表1)。必要なカメラの解像度はAI画像解析に必要な分解能(目標物の大きさ)に影響される。コンクリートブロックのセンターホールの大きさは、今回対象とするブロックの規模では直径30cm程度であるため、距離と分解能の関係性を確認し、一定の撮影距離内での必要な分解能を設定した。また、岩の輪郭や岩の目も同様に、目標対象物に対する分解能を設定した。

岩の目は1 cmをターゲットとした場合、遠方から認識できず、センターホールの認識に比べて分解能が小さくなる。よって、高解像度のカメラを採用した。A I画像解析に必要なカメラは、以上に示す内容で決定したが解析には対象物との距離も必要のため、ステレオカメラを併用して撮影するものとした。

4. 画像解析に用いるA Iの手法

無人化施工において、画像からコンクリートブロック及び転石を認識する手法を検討した。前提条件として、コンクリートブロック及び転石は静止している物体「静物」に属する。そのため、静止画である画像から静物の位置や個数を判読する手法について検討した結果、静物の抽出が行いやすい物体検出による手法を採用した。画像解析A I手法の例として、対象画像の中から岩を探し、何個の岩があるか、どの場所にあるかを判読するA Iを検討した。画像内を部分的な矩形で囲み、各々に「転石」とラベルをつけて深層学習し、学習済モデルを生成する。解析対象の画像に対し、学習済モデルを用いて判読し、画像の中に対象物の有無を判定し、発見した場合は、画像のどこに「転石」があるかを示す。図2のように、1つの画像から複数の対象物を見つけることができる。

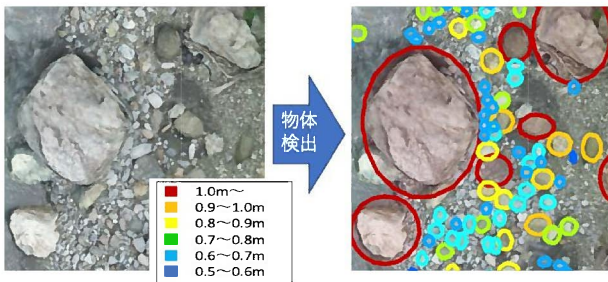


図2 A Iによる物体（石礫）の認識事例

5. A Iを活用した概略的な画像解析

本検討では、A I画像解析に必要なアノテーションデータを得るため、九州技術事務所内でコンクリートブロックの画像の撮影、桜島管内の野尻川や雲仙普賢岳の赤松谷川で転石の画像を撮影した。コンクリートブロックは、把持装置に装着したステレオカメラやキャビンに装着したカメラにより、地上に配置したコンクリートブロックに対して8方位から高さや角度を変化させ、センターホールやコンクリートブロックの外形の見え方が異なる画像を100枚以上撮影した。転石は、現場で予め破碎対象となる規模の大きな1.5m以上の転石を選定し、撮影対象物を選定した。そして、キャビンと同一目線を想定した画像取得の必要性から、高所ポールに設置したカメラにより高さ3m地点から見下ろした角度で様々な転石を100枚以上撮影した。これらの取得した画像を用いて、A I画像解析技術により目標認識が可能であるか概略的な検証を実施した。岩の輪郭認識のためのA I画像解析は、実測の計測結果と同様の値が得られA Iによる活用が期待できる（図3, 図4）。



ステレオカメラから計算した
把持装置とセンターホールまでの
距離計測結果とセンターホールの
大きさの測定



図3 把持装置に装着したステレオカメラ画像と
A I画像解析によるセンターホールの認識結果の例

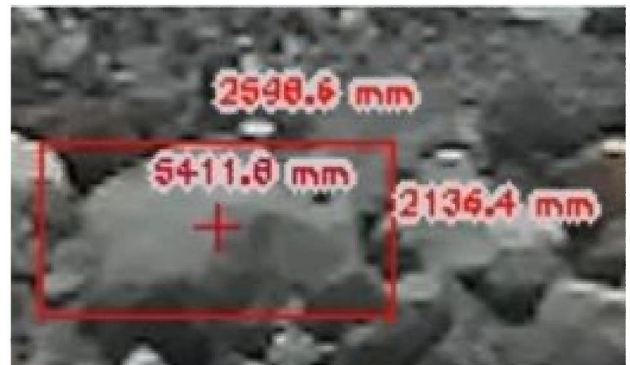


図4 A I画像解析による石礫の輪郭認識の例

岩の目は熟練オペレータにヒアリングを行い、アノテーションデータ作成の参考とした。図5の左側はアノテーションデータであり右側はA I画像解析結果である。岩の目の認識は色、形、岩の目が複雑であるため、認識が非常に難しいことが判明した。

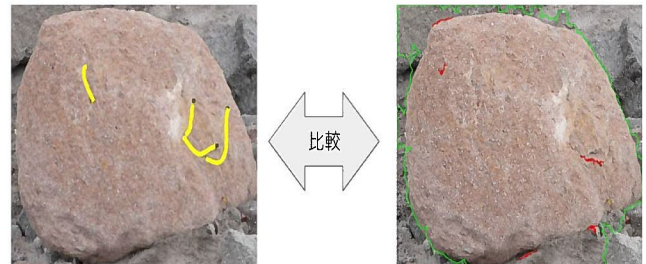


図5 岩の目のA I画像解析結果の例

6. 今後の展望

A I画像解析技術を用いた無人化施工技術の効率化検討にあたり、現時点での目指すべき技術に対してのA I画像解析技術・無人化施工技術の情報を収集し実際に活用が見込まれるバックホウや把持装置を用いて画像データを収集した。コンクリートブロックの把持や破碎対象の転石の選定での活用は期待できるが岩の目の認識は困難であることが判明した。今後、本技術の実用化に向けて、処理画像のマシガイダンスへの実装ならびに実証実験を行い、熟練オペレータに頼らない無人化施工技術の発展に努めたい。

【参考文献】令和元年度砂防学会研究発表会概要集、青山ら、A I技術を用いた礫の自動判読技術の開発 2019