

[共通セッション] 土木分野におけるAIの活用

2024年9月5日(木) 13:00 ~ 14:20 第2講義室(経済学部)(川内南キャンパス文科系総合講義棟)

土木分野におけるAIの活用 (その3)

座長：伊東 広敏 (エイト日本技術開発)

13:10 ~ 13:20

[CS14-16] 画像認識AIによる床版配筋検査システムの改良に向けた検証

*柿市 拓巳¹、天羽 健太郎¹、中野 隆¹、角木 啓太² (1. JFEエンジニアリング株式会社、2. 株式会社 ACES)

キーワード：配筋検査、物体検出、ディープラーニング、ドローン、省力化

新設橋梁工事における鋼コンクリート合成床版工の配筋検査では、鉄筋間隔の測定の省力化と検査品質の向上を目的に、ドローンと画像認識AIを用いた配筋検査システムが開発され、実工事で適用されている。一方で、カメラを搭載した大型産業用ドローンのハンドリングの悪さや、日射による鉄筋の誤検出を手作業で除去する工数の多さが課題となっている。本稿では、汎用小型ドローンの使用と、鉄筋の規則的な配置に着目して誤検出を除去するアルゴリズムの適用を検証した。その結果、鉄筋間隔の測定誤差5mm以内を達成しつつ、従来と比べて、ドローン撮影の作業時間を約60%、誤検出の除外に要する工数を約75%削減できることを確認した。

画像認識 AI による床版配筋検査システムの改良に向けた検証

JFE エンジニアリング株式会社 正会員 ○柿市 拓巳
 JFE エンジニアリング株式会社 非会員 天羽 健太郎
 JFE エンジニアリング株式会社 正会員 中野 隆
 株式会社 ACES 非会員 角木 啓太

1. はじめに

新設橋梁工事における床版工の配筋検査では、土木工事施工管理基準及び規格値(案)¹⁾に基づき、手計測により鉄筋間隔を測定しているが、測定に時間を要することや、測定範囲外の出来形を管理できないことが課題となっている。そこで著者らは、ドローンを用いて広範囲の床版配筋を一括で撮影した後、画像認識 AI により鉄筋を検出し、鉄筋間隔を自動で算出するシステム(以下、配筋検査 AI システムと呼ぶ)を開発した²⁾。本システムは既に複数の合成床版工事で導入され、検査の省力化や、信頼性の向上に寄与している。一方で、①高解像度の配筋画像を撮影するため、デジタル一眼カメラを搭載できる大型の産業用ドローンを用いる必要があり現場でのハンドリングが大変であること、②日射等の影響により鉄筋全体の 10%程度が誤検出され、これらを手作業で除去する必要があることが本システムの課題となっている。

上記の課題に対してそれぞれ、①汎用小型ドローン(DJI : Mavic3PRO)、②鉄筋の直線性や、鉄筋が縦・横方向に一定間隔で配置される特徴(以下、床版配筋の等方性と呼ぶ)に着目し、誤検出の可能性が高い鉄筋を自動で除外するアルゴリズムにより解決を試みた。本稿ではそれらの検証結果を報告する。

2. 配筋検査 AI システムの課題解決に向けた試行

(1) 配筋検査 AI システムの概要

本システムの流れは以下の通りである。まず、ドローンにカメラを搭載して、床版の上空 15m まで上昇させ、橋軸方向に移動させながら一定間隔で床版配筋を撮影する(図 1)。画像を web アプリにアップロードすると、学習済みの物体検出モデル(YOLOX)により、鉄筋交点に挟まれた縦・横方向鉄筋(以下、鉄筋素片と呼ぶ)が検出され、鉄筋交点のピクセル座標が算出される。同時に、床版に設置している 1 辺 150mm の汎用マーカーから、ピクセル単位長さが算出され、これを交点間のピクセル数に乗じることで、鉄筋間隔が算出される(図 2)。



図 1 ドローンを用いた床版配筋の撮影

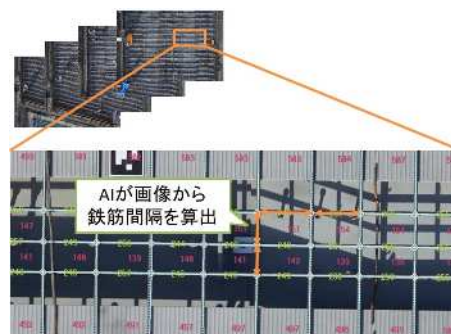


図 2 画像認識 AI による鉄筋間隔の算出

本システムによる測定精度は、床版と壁高欄の鉄筋が錯綜する壁高欄付近等の例外箇所を除き、縦・横方向の鉄筋間隔共に 5mm 以内となっている²⁾。

(2) 小型ドローンの中望遠カメラによる撮影

配筋 AI システムはこれまで、デジタル一眼カメラ(Sony 社: α 7R IV)を、産業用ドローン(Sony: Airpeak S1)に搭載して撮影を行っていた。これを Mavic3PRO の中望遠カメラで代替可能か検証した。機体・カメラの仕様を表 1 に示す。Mavic3PRO の飛行高度は、Airpeak による撮影と同程度の解像度となる 25m とした。

(3) 誤検出鉄筋を除外するアルゴリズム

以下のアルゴリズムを開発し、その効果を検証した。

- 鉄筋の直線性に着目する。具体的には、複数の交点が近傍に存在する場合、これらの交点と、前後左右 N 個の交点を結んだ直線との距離を算出する。これが最も小さい交点以外を誤検出として除外する。

キーワード 配筋検査, 物体検出, ディープラーニング, ドローン, 省力化

連絡先 〒230-8611 神奈川県横浜市鶴見区末広町 2-1 JFE エンジニアリング株式会社 TEL 045-505-7555

表1 ドローン・カメラ使用の比較

	Airpeak S1 α 7R IV	Mavic3PRO 中望遠カメラ
サイズ	527x592x512 (mm)	231x98x95 (mm)
重量	約 3.8kg	958g
最大飛行時間	約 20 分	43 分
センサー	35mm フルサイズ	1/1.3 インチ
画素数	9504x5344 (16:9)	8064x4536 (16:9)

2. 配筋の等方性に着目する。具体的には、検出された鉄筋素片同士の距離（密度）に基づき、各々の鉄筋素片が誤検出されたものである確率を算出する。これが閾値以上の鉄筋素片を誤検出として除外する。

3. 検証結果と考察

(1) Airpeak, Mavic3PRO による撮影の比較

それぞれのドローンで本システムを使用し、以下の観点から比較した。

1. 作業時間の比較

Mavic3PRO を用いた場合、橋長 165m、幅員 16m の床版全体の撮影にかかる時間は Airpeak と比べて約 60%減少した（図 3）。特にバッテリー持続時間が長くなるため飛行回数は 4 回から 1 回に減少した。Airpeak は操作難易度が高く、操縦と撮影を 2 人で分担していたが、Mavic3PRO は操縦と撮影の 1 人操作が容易なため、作業人数は監視者を含め 3 人から 2 人に削減された。一方、縦方向の画素数がやや少なく（表 1）、橋軸方向の撮影範囲は 9.1m から 7.2m に減少し、画像枚数は 40 枚から 55 枚に増加した。

2. 汎用マーカの検出精度の比較

同じ日射条件・背景で計 40 個の汎用マーカを各ドローンで撮影したところ、Airpeak では 40 個、Mavic3PRO では 36 個検出された。検出率はやや低下するが、1 枚の画像当たり 5 個以上はマーカが検出できる。検出されたマーカを比較すると、Mavic3PRO では多少の輪郭のぼやけが見られるが、輪郭は適切に検出していた（図 4）。Mavic3PRO の中望遠カメラは α 7R IV と比べてセンサーサイズに対する画素数の比率が大きく、画質が低下するが、ピクセル単位長さの測定精度には大きく影響しないことが分かった。また、Mavic3PRO で撮影した画像のコントラストと明るさを調整することで、マーカ一検出率が向上する例が見られた。

(3) 鉄筋間隔の測定精度の比較

各ドローンの画像から算出した鉄筋間隔と、実測値

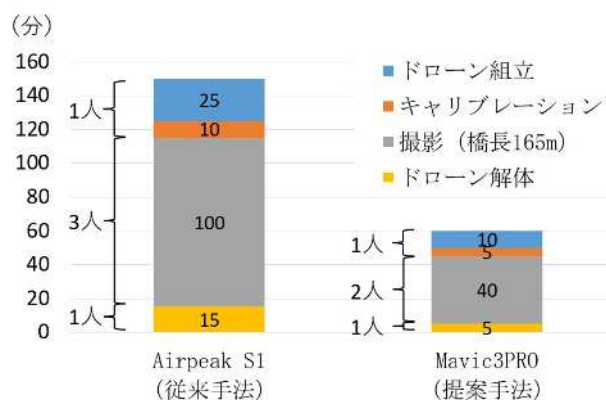


図 3 作業時間の比較

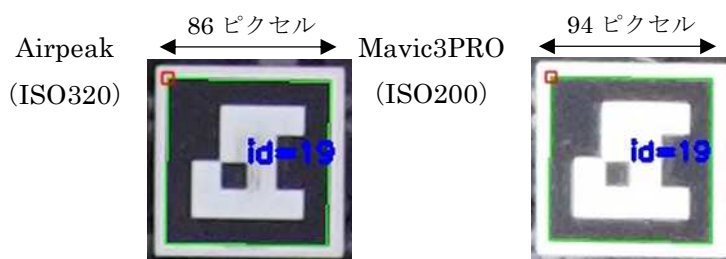


図 4 検出された汎用マーカの比較

から測定誤差を算出し比較した。Airpeak の平均 3.7mm に対して、Mavic3PRO では平均 4.6mm であり、目標とする 5mm 以内に収まった。今後は、中望遠レンズの歪曲収差の補正などによりさらなる精度向上を目指す。

(2) 開発アルゴリズムの効果の検証

業務上発生する工数に注目し、人手による修正操作は過検出の削除・未検出の追加の 2 操作からなるため、過検出数+未検出数を評価指標として定義した（以下、修正回数と呼ぶ）。4 枚の画像で、開発アルゴリズムの適用前後で比較した結果、修正回数は 2392 件から 603 件（74.8%の削減）まで低減できた。今後は、業務オペレーションを詳細化しつつそれに合わせアルゴリズムを改良することで、更なる精度向上を目指す。

4. おわりに

本検証では、①小型ドローン（Mavic3PRO）の中望遠カメラを用いることで、鉄筋間隔の測定精度を大きく低減することなく作業時間が約 60%削減できた。また、②鉄筋の直線性や床版配筋の等方性に着目して誤検出鉄筋を排除するアルゴリズムを適用することで、手作業による修正操作を約 75%削減できた。

参考文献

- 国土交通省：土木工事施工管理基準及び規格値(案), 2018
- 中野隆ほか：画像認識 AI 技術を用いたコンクリート構造物の配筋検査高度化, 土木学会第 2 回 AI・データサイエンスシンポジウム, 2019, 1-9.