

シールド発進立坑内でのセマンティックセグメンテーション及びキーポイント検出を用いた危険作業の検知

大日本土木株式会社
Pacific Spatial Solutions株式会社
正会員 ○白井 佑 中谷 登
今木 洋大 丹羽 誠 クリストファー ケイド

1. はじめに

建設業界では少子高齢化による労働人口や熟練工の減少等から生産性・安全性向上を目指して様々な技術が開発されている。AI(Artificial Intelligence:人工知能)の活用もその中の一つである。筆者らはシールド発進立坑に設置した定点カメラの映像から、動体認識AIを用いた作業員の危険作業の検知について検討を行っている。

本稿では、シールド発進立坑内の定点カメラの映像に、対象物の形状を正確に検出可能なセマンティックセグメンテーションや、作業員の姿勢をモデル化できるキーポイント検出を適用して、危険作業の検知能力の向上を図るべく検討した結果について報告する。

2. 過年度の検討結果

対象となる動画は、立坑内に設置した定点カメラ(HD画質:1280px×720px, 30fps)で撮影した(図1)。過年度の検討¹⁾では、動体認識AIとしてYOLOを使用して危険作業の検知を行った。主な認識対象物は「作業員」、「セグメント」、「バッテリー機関車」、「台車」であり、バウンディングボックスと呼ばれる矩形枠でモデル化した(図2)。各々のバウンディングボックスの相対位置や移動速度、移動方向の解析によって、以下の3種の危険作業を検知することができた。

- ①バッテリー機関車と作業員の接触
- ②バッテリー機関車と作業員の衝突予測
- ③吊荷直下への立ち入り

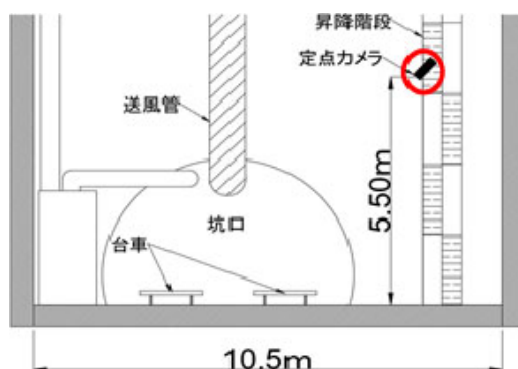


図1 立坑内概要図

3. 過年度の検討の問題点

バウンディングボックスによるモデル化にはいくつかの問題点があった。

第一に、対象物が斜めに撮影される画像では、実際の対象物より大きな範囲のモデルとなることである。つまりバウンディングボックスとの間に大きな空白が生じる(図2黄着色部)。たとえば、上記①のバッテリー機関車と作業員の接触は、相互のバウンディングボックスが交差することで表現されるが、空白部分のために過度に安全側の検知となることがあった。

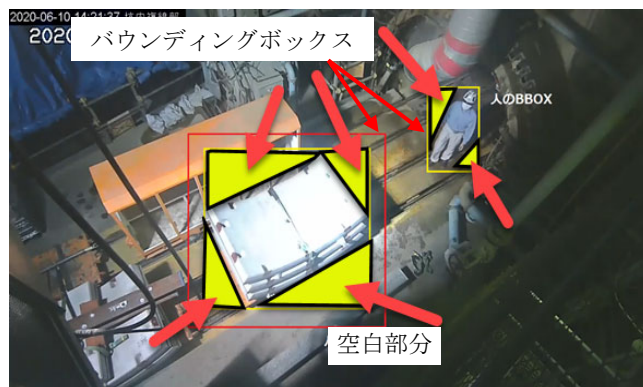


図2 バウンディングボックスと認識対象物との間の空白

また、バウンディングボックスによるモデル化では、作業員の姿勢が判定できないため、不適切な姿勢による危険作業を検知できないことも問題であった。

4. 問題点の解消方法

上記の問題点解消のために、深層学習による画像処理の種類として、セマンティックセグメンテーションとキーポイント検出を使用し、危険検知をより高精度で行えるように検討した。動体認識AIはYOLOに変えてDetectron2(<https://github.com/facebookresearch/detectron2>)を使用した。Detectron2はFacebook社(現Meta社)が開発した深層学習のためのライブラリである。

キーワード 施工管理, AI, 危険作業の検知, セマンティックセグメンテーション, キーポイント検出

連絡先 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-16-6 大日本土木株式会社 TEL 03-5326-3939

5. 対象物の認識

5.1 セマンティックセグメンテーション

セマンティックセグメンテーションによるモデル化のため、教師データとして805枚の画像を学習させた。

認識精度を表1に示す。対象物の平均正解率が87.7%であり、高い精度で認識できている。図3のように、対象物（コンクリートセグメント）の形状にほぼ合致するように認識していることがわかる。

5.2 キーポイント検出

キーポイントとして、作業員の「頭部」、「左右両腕の肘」「同手」、「腰」、「左右両足の膝」、「同足先」の合計10か所を対象とした。学習には200枚の画像を使用した。

10箇所のキーポイントで表された作業員のモデルの例を図4に示す。

6. 危険作業の検知結果

6.1 吊荷直下への立ち入りの検知精度の向上

図5はセグメント荷役作業の画像である。バウンディングボックスによるモデル化では吊荷直下への立ち入りを、降下中の吊荷のバウンディングボックスと作業員のバウンディングボックスの交差によって判定している。この方法では空白部分（図2参照）のために吊荷直下立ち入りと誤判定されてしまう。

一方、セマンティックセグメンテーションとキーポイント検出によるモデル化では上下の位置関係を正確に判定でき、過度に安全側の判定となることを回避できている。

6.2 キーポイント検出による作業員の姿勢の認識

図6はキーポイント検出によって、バッテリー機関車の運転手の姿勢を認識した事例である。左写真（座席に座って運転）と右写真（着座せず立ったまま運転）の差異が判定でき、不適正な姿勢による危険行動（右写真）と判定することができた。

7. まとめ

セマンティックセグメンテーションとキーポイント検出によって、より正確により多種の危険作業を検知できることを確認した。

今後は、危険行動を検出次第、リアルタイムに警報を発令する安全管理支援システムとして実装を図っていく計画である。

【参考文献】

1) 白井佑, 中谷登, シールド発進立坑における動体認識 AI を用いた危険作業の検出, 令和3年度 土木学会 全国大会 第76回年次学術講演会

表1 セマンティックセグメンテーションの認識精度

認識対象	正解率 (%)	平均正解率 (%)
作業員	75.2	87.7
セグメント	93.8	
バッテリー機関車	93.9	
台車	88.0	

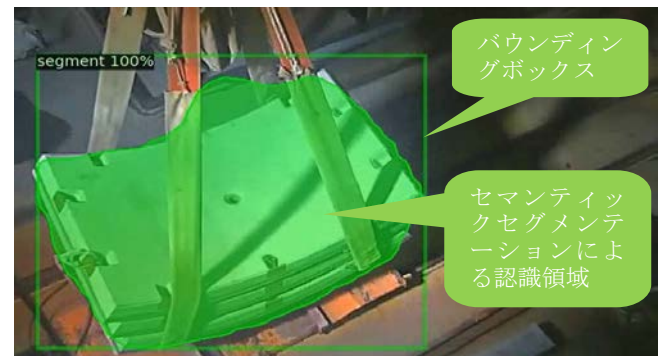


図3 セマンティックセグメンテーションによる認識領域

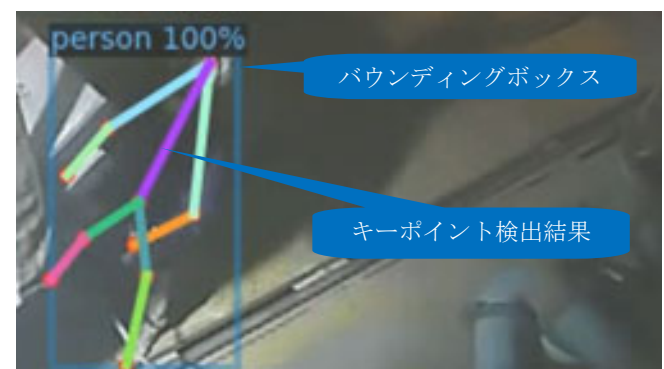


図4 キーポイントの検出結果

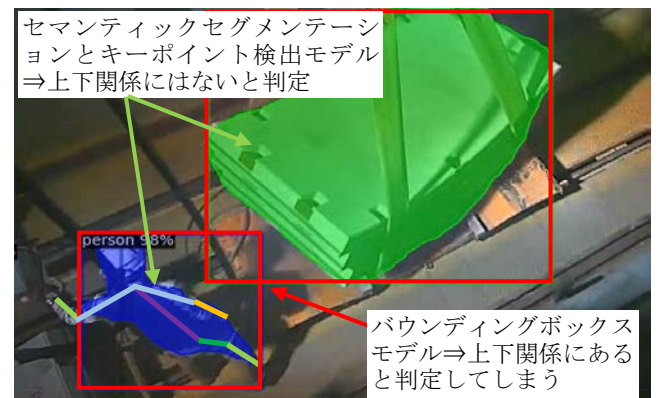


図5 吊荷直下への立ち入りの判定事例



図6 作業員の姿勢による危険作業の判定事例