

# 深層学習を用いた建設機械の作業状態判定に関する研究

井上晴可<sup>†</sup> 梅原喜政<sup>‡</sup> 今井龍一<sup>†‡</sup> 神谷大介<sup>††</sup>

田中成典<sup>†††</sup> 清水則一<sup>†††</sup> 中畑光貴<sup>††††</sup> 小島倬史<sup>†††</sup>

大阪経済大学情報社会学部<sup>†</sup> 摂南大学経営学部<sup>‡</sup> 法政大学デザイン工学部<sup>††</sup>

琉球大学工学部<sup>††</sup> 関西大学総合情報学部<sup>†††</sup> 関西大学先端科学技術推進機構<sup>†††</sup>

関西大学大学院総合情報学研究科<sup>††††</sup>

## 1. はじめに

建設業は、他業種に比べて事故数が多い傾向 [1]があり、特に建設機械（以下、建機）と作業員の接触事故が多発している。そのため、ICT を活用した作業員の安全管理を支援する技術の導入が求められている。既存研究 [2]では、動画像から建機と作業員を検出し、それらが接近した場合に危険として検知する手法が提案されている。しかし、建機の状態を考慮していないため、本来危険ではない停止中の建機に接近した場合においても危険と判定される課題がある。そこで、本研究では、作業中に建機の部位が動作する点に着目し、深層学習を用いてその部位の動作の変化を検出することで、移動中、停止中、作業中の3つの状態を判定する手法を提案する。なお、本研究では、特に死亡事故数が多い油圧ショベル（以下、ショベル） [3]を対象とする。

## 2. 研究概要

提案手法の処理フローを図 1 に示す。本システムは、建機検出機能、位置座標算出機能および作業状態判定機能により構成される。入力データはショベルを撮影した動画像、出力データはショベルの状態判定結果とする。

### 2.1 建機検出機能

本機能では、物体認識手法である YOLOv4 [4]

Research for Estimating Work Status on Construction Machine using Deep Learning

† Haruka Inoue

Faculty of Information Technology and Social Sciences,  
Osaka University of Economics

‡ Yoshimasa Umehara

Faculty of Business Administration, Setsunan University

†† Ryuichi Imai

Faculty of Engineering and Design, Hosei University

††† Daisuke Kamiya

Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

†††† Shigenori Tanaka and Atsushi Kojima

Faculty of Informatics, Kansai University

††††† Norikazu Shimizu

Organization for Research and Development of  
Innovative Science and Technology, Kansai University

†††††† Koki Nakahata

Graduate School of Informatics, Kansai University

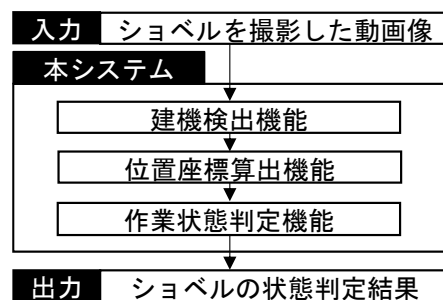


図1 処理フロー



赤枠: 建機の領域 緑枠: 可動部の領域  
黄枠: 車体の領域 青丸: ショベルの位置座標

図2 検出する領域の例

を用いて、ショベルを撮影した動画像から建機の領域（図 2 赤枠）、車体の領域（図 2 黄枠）および可動部の領域（図 2 緑枠）を検出する。

### 2.2 位置座標算出機能

本機能では、車体の領域の下辺の midpoint（図 2 青丸）をショベルの位置座標とし、既存研究 [2]と同様に、地面に設置した 4 つの基準点を元に中心座標を射影変換する。

### 2.3 作業状態判定機能

本機能では、射影変換後の位置座標と可動部の領域からショベルの状態を判定する。まず、車速が遅いショベルであっても一定距離移動できる 10 秒間を対象に、現在と 10 秒前のショベルの位置座標を比較し、一定距離以上は移動中と判定する。次に、一定距離未満であった移動中以外を対象に、フレーム間差分法を用いて可動部の領域の差分を検出し、その領域に対する差分の画素の割合が閾値以上であれば作業中、閾値未満であれば停止中と判定する。

### 3. 実証実験

本実験では、大阪経済大学内の実現場にて、ショベルを撮影した動画像に対して提案手法を適用することで、その有用性を確認する。

#### 3.1 実験内容

本実験では、高さ 17m の位置にビデオカメラ (Sony / FDR-AX45) を設置し、ショベルが作業する風景 (図 3) を撮影する。次に、移動中 40 秒間、停止中と作業中のそれぞれ 60 秒間の動画像を 30fps で切り出す。そして、それらの動画像に提案手法を適用して出力した状態判定結果と人手により作成した正解データを比較し、適合率、再現率および F 値により評価する。なお、学習モデルは評価に使用するデータと異なる画像を用いて構築した。建機検出モデルは 8,789 枚、建機部位検出モデルは 2,059 枚の画像を用いた。

#### 3.2 結果と考察

実験結果を表 1 に示す。各状態の F 値を確認すると、移動中は 0.857、停止中は 0.992、作業中は 0.945、全体は 0.938 であることから、提案手法により高精度に状態を判定できることがわかった。特に、停止中と作業中の再現率はともに 1.000 であり、移動中と比較して高精度に判定することができた。これは、表 2 に示すとおり、停止中は可動部が動作せず検出される差分が少ないのに対して、作業中は常時可動部が動作して差分が多くなることで、2 つの状態を区別しやすかったためである。しかし、移動中の再現率を確認すると、0.750 と他の状態と比較して大きく低下した。これは、表 3 に示すとおり、方向転換により車体の速度が一時的に低下し、移動距離が閾値を下回ったことで、停止中として判定されたためである。そのため、今後は、移動中として判定する閾値を調整するとともに、停止中として判定された場合は、前後の判定結果を用いて判定結果を補正することで精度向上を図る。

#### 4. おわりに

本研究では、動画像からショベルの車体の移動や可動部の動作の変化を検出することで、移動中、停止中、作業中の 3 つの状態を判定する手法を提案した。そして、実証実験を通じて、ショベルの状態を高精度に判定可能であることを確認した。今後は、本実験で明らかになった課題を解消することで、さらなる精度向上を目指す。

#### 参考文献

[1] 厚生労働省：労働災害統計，入手先 (https://anzeninf.o.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.html) (参照 2023-1-12) .



図 3 撮影風景

表 1 ショベルの状態判定精度

状態	適合率	再現率	F 値
移動中	1.000	0.750	0.857
停止中	0.984	1.000	0.992
作業中	0.896	1.000	0.945
全体	0.938	0.938	0.938

表 2 フレーム間差分法による画像例

状態	t フレーム目	t+30 フレーム目	差分
停止中			
作業中			

表 3 移動速度が低下した例

状態	t フレーム目	t+300 フレーム目
移動中		

[2] 井上晴可, 梅原喜政, 今井龍一, 神谷大介, 田中成典, 中畑光貴, 山村遼: 建設現場を想定した人物と建設機械の危険検知に関する研究, 全国大会講演論文集, Vol.84, No.1, pp.625-626 (2022) .

[3] 吉川直孝, 伊藤和也, 堀智仁, 清水尚憲, 濱島京子, 梅崎重夫, 豊澤康男: ドラグ・ショベルに係る死亡災害の詳細分析と再発防止対策の検討, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.70, No.2, pp.I-107-I-114 (2014) .

[4] Bochkovskiy, A., Wang, Y. and Liao, M.: YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection, arXiv (online), available from (https://arxiv.org/pdf/2004.10934.pdf) (accessed 2023-1-12).