

(37) 建設現場の安全管理に向けた人物識別の試行に関する研究

今井 龍一¹・神谷 大介²・井上 晴可³・田中 成典⁴・櫻井 淳⁵・
坂本 一磨⁵・藤井 琢哉⁶・三村 健太郎⁷・伊藤 誠⁸

¹正会員 東京都市大学准教授 工学部 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目28番1号)
E-mail:imair@tcu.ac.jp

²正会員 琉球大学准教授 工学部 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地)
E-mail:d-kamiya@tec.u-ryukyu.ac.jp

³正会員 関西大学特命助教 先端科学技術推進機構 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)
E-mail:h.inoue@kansai-u.ac.jp

⁴正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)
E-mail:tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

⁵学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)
E-mail:k400448@kansai-u.ac.jp, k245159@kansai-u.ac.jp

⁶正会員 株式会社ケー・シー・エス (〒112-0002 東京都文京区小石川1-1-17 とみん日生春日町ビル)
E-mail:t-fujii@kcsweb.co.jp

⁷非会員 株式会社長大 (〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町一丁目20番4号)
E-mail:mimura-k@chodai.co.jp

⁸正会員 東急建設株式会社 (〒150-8340 東京都渋谷区渋谷1-16-14 渋谷地下鉄ビル)
E-mail:itou.makoto@tokyu-cnst.co.jp

建設現場における労働災害をゼロにするには、効果的な安全管理の対策の徹底が肝要である。その対策として、ビデオカメラを用いて、危険箇所への侵入や建機との接触の恐れがある人物を識別して警告する方法が考えられる。既存研究では、街中や商業施設の監視カメラを対象に、深層学習を用いて同一人物を特定する技術が開発されている。しかし、建設現場では、作業者の服装が類似することや建設機械の識別が必要であるため、既存技術をそのまま適用できない可能性がある。そこで、本研究では、建設現場の安全管理を目指した基礎研究として、深層学習を用いた人物識別を試行し、適用可能性のある示唆を得た。

Key Words : construction site, camera, deep learning, person identification

1. はじめに

建設現場では、多くの作業員や建設機械（以下、建機）が混在し、各々がそれぞれの役割に基づいて作業することから常に危険が潜在している。近年、労働災害は減少傾向にあるが、墜落・転倒、交通事故や資材の飛来・落下などの事故が依然として多く発生¹⁾しており、さらなる効果的な安全管理の追究と徹底が求められる。現場の安全対策として、危険箇所を取りまとめたハザードマップを作成し、作業員に周知する取り組み²⁾が行われている。これは、事故の抑止効果はあるものの、外部

からの警告と比較すると効果は劣る。また、建機と作業員との接触事故防止のために、建機後部に超音波センサを設置し障害物を検知する方法³⁾があるものの、計測範囲が限定される課題がある。これらの解決策として、ビデオカメラを用いて時々刻々と変化する現場状況を監視し、危険箇所への侵入や建機と接触する恐れのある作業員をリアルタイムに識別して警告する方法が考えられる。既存研究⁴⁾では、街中や商業施設の監視カメラを対象に、深層学習を用いて複数カメラ間の同一人物を特定し追跡する技術が開発されている。しかし、建設現場においては、作業員の服装が類似し、建機の識別も必要など、こ

の技術をそのまま適用できない可能性がある。

近年、人工知能の1つである深層学習が注目を集め、画像認識や画像分類などの分野において、従来の機械学習よりも高精度な成果を得られることが期待される。そこで、本研究では、建設現場の安全管理を目指した基礎研究として、深層学習を用いた人物識別の適用可能性を検証する。本稿は第2章で人物識別手法を提案し、第3章で建設現場の条件を整理する。そして、第4章で建設現場を想定した人物識別を試行する。

2. 深層学習を用いた人物識別手法の提案

(1) 提案手法の概要

本研究では、深層学習を用いた画像のクラス分類により人物を識別する手法を提案する。提案手法の処理フローを図-1に示す。まず、学習部の入力データとして、識別対象の人数分のクラスを設定し、クラス毎に複数枚の人物画像のデータセットを作成する。次に、学習部において、作成したデータセットの深層学習を行い、学習モデルを生成する。そして、推定部において推定する人物を撮影した画像を入力し、生成した学習モデルを用いたクラス推定により、各クラスの確率を出力する。最後に、最も確率の高いクラスをその人物と判定する。

(2) 学習部の入力データの作成方法

建設現場の作業者が自由方向に移動することを考慮し、図-2に示す手順で学習部の入力データを作成する。

STEP1：人物の全身が撮影範囲に入るようにカメラを固定する。その場で回転しながら10秒間の歩行運動を撮影する。0.1秒間隔のフレーム画像を抽出し、1人当たり100枚の画像を作成する。ここで、画像サイズは、人物全体が入る大きさに調整する。

STEP2：学習時のデータ量を増やして過学習を抑えるため、STEP1で作成した画像に対して、拡大、縮小、回転、平行移動、せん断の変換を行ってデータを拡張する。ここで、変換パラメータを変えて枚数を何倍にも増加できるが、学習時間がかかるため、本研究では画像1枚に対して1回の画像変換とする。

以上より、STEP1の元画像100枚とSTEP2の変換画像100枚の計200枚×人数分の画像を入力データとする。

(3) 学習機能

本機能では、深層学習の畳み込みニューラルネットワークを用いて学習する。モデル構造は、深層学習によるクラス分類の競技会（ILSVRC）で高評価を得た畳み込み層13層と全結合層3層の計16層から構成されるVGG-16（図-3）を使用する。入力画像は、一般的なPCのス

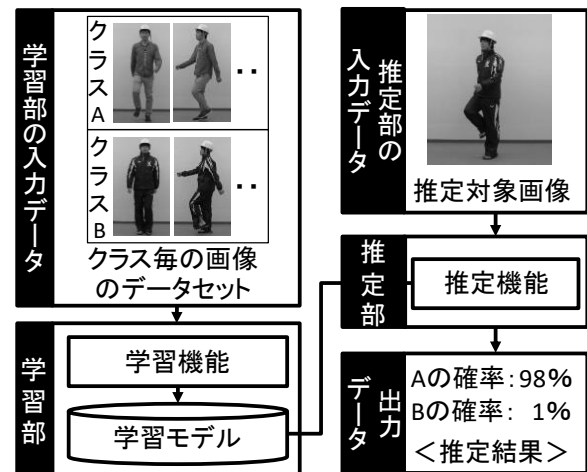


図-1 提案手法の処理フロー



図-2 学習部の入力データの作成方法

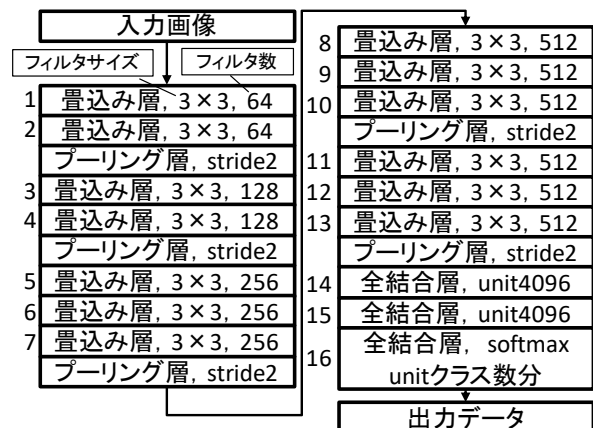


図-3 深層学習のモデル構造（VGG-16）

ペックでも学習が行えるように、224×224ピクセルのサイズで3チャンネルに設定する。その他の構成として、畳み込み層と全結合層の活性化関数は、それぞれReLUとLeakyReLUを使用する。ただし、最後の全結合層はSoftmaxを用いる。また、重み更新は確率的勾配法、損失関数はクロスエントロピーを使用する。

(4) 推定機能

本機能では、学習機能で生成した学習モデルを用いて、推定画像に対する各クラスの確率を算出する。推定結果にばらつきが発生するため、1画像に対して10回の推定を行い、その平均値を算出する。

3. 建設現場の計測環境と作業者の状態の整理

(1) 整理内容

深層学習を用いた人物識別において、学習に用いる画像は識別精度に大きく影響する。特に建設現場では、計測環境や作業者の状態がその時々で変化するため、それらの条件を考慮して画像を作成する必要がある。そこで、本研究では、建設現場における人物の識別精度に影響を及ぼす可能性のある条件を整理する。条件の一覧を表-1に示す。これらの詳細を次に記述する。

(2) 計測環境

計測環境は、時間帯、天候、場所およびカメラ位置の4種類が挙げられる。「時間帯」は、日中と夜間に分類できる。日中は、太陽で照らされて明るい場所と建物の陰に隠れて暗い場所がある。また、夜間は、照明機材の有無により、カメラに映る人物の見え方が異なる。

「天候」は、晴れ、曇り、雨に分類できる。晴れの場合は日照により画像が全体的に白くなる。また、雨の場合は服装が濡れたり、現場に水溜まりができるなどして、人物と現場の映り方が変化する。

「場所」は、屋内外に分類できる。屋外では日照や天候、屋内では室内照明の影響を受ける。

「カメラ位置」は、現場のカメラの設置位置として、横視点と俯瞰視点が考えられる。横視点は、人物の顔が映るように高さ1～2m付近に設置する。これにより、人物の識別精度が向上すると考えられるが、現場によっては建機などの進行の妨げとなり設置できない場合が考えられる。一方、俯瞰視点は、建物の上階やポールにカメラを設置して2m以上の位置から撮影する。人物の顔が映らないが、様々な場所に設置できる利点がある。

(3) 作業者の状態

作業者の状態は、服装、頭装着物、顔装着物、行動および荷物の5種類が挙げられる。「服装」は、建設現場では作業服を着ることが一般的である。そのため、色や模様にも多少の違いはあるが、全員の服装が類似することが考えられる。

「頭装着物」は、原則として全員がヘルメットを装着する。「顔装着物」は、マスクや防護メガネを装着する場合が考えられる。これは、日や時間帯によって装着の有無が異なることに留意する必要がある。

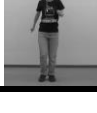
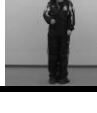
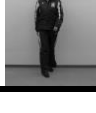
「行動」は、歩行、静止、しゃがみや寝そべりの4種類に大別できる。これらの行動の違いにより、カメラに映る人物の状態や部位が異なる。

「荷物」は、手ぶらと荷物を抱えた状態に分類できる。建設現場では資材を運ぶ場面が多々発生するため、様々な状態で荷物を抱えることを考慮する必要がある。

表-1 建設現場の計測環境と作業者の状態の整理

分類	条件	パターン
計測環境	時間帯	日中、夜間
	天候	晴れ、曇り、雨
	場所	屋外、屋内
	カメラ位置	横視点、俯瞰視点
作業者の状態	服装	作業服
	頭の装着物	ヘルメット着用
	顔の装着物	無し、マスク、サングラス
	行動	歩行、静止、しゃがみ、寝そべり
	荷物	手ぶら、荷物を抱えた状態

表-2 被験者の服装

人物	異なる服装	同じ服装	人物	異なる服装	同じ服装
人物 A			人物 F		
人物 B			人物 G		
人物 C			人物 H		
人物 D			人物 I		
人物 E			人物 J		

4. 提案手法による人物識別の実験

本章では、第3章で整理した条件を考慮して、提案手法の深層学習を用いた人物識別の精度を評価する。そして、建設現場への適用可能性を確認する。

(1) 調査項目

本実験では、第3章で整理した条件の中で、服装の違いによる影響を調査する。被験者は、10名を対象として、表-2に示すように、異なる服装と同じ服装を着用することとする。異なる服装では、比較対象として街中の一般人を識別することを想定し、被験者それぞれが異なる私服を着用する。また、同じ服装は、建設現場の作業服を着た人物を識別することを想定し、被験者全員が同じ紺色のジャージを着用する。なお、同じ服装と異なる服装の場合において、服装以外は同一条件で実験を実施した。

(2) 実験環境

実験場所は、学習時に人物以外の影響を無くするために背景が白い壁の室内とした。被験者は壁から約50cm手前に立ち、カメラは被験者から水平方向に5mの位置に約1mの高さで固定設置した。また、本実験で利用したPCのスペックと実行環境を表-3に示す。

(3) 学習方法

本実験では、第2章の作成方法に従い、被験者10名を対象に回転歩行時の200枚の画像を作成し、学習を行う。ここで、学習回数であるエポック数は、実用性を考慮した500回に設定する。本環境では約17.5時間で処理が完了し、異なる服装および同じ服装にて、学習時の評価指標である正解率がほぼ100%に収束することを確認した。

(4) 推定画像と評価方法

推定対象の画像は、学習時の回転歩行とは別に前後左右の4方向の歩行状態を撮影し、1人あたり4枚の画像とする。また、評価方法は、適合率、再現率とF値を用いる。適合率は推定数に対する正解数の割合、再現率は全数に対する正解数の割合、F値は適合率と再現率の調和平均の値を示す。

(5) 評価結果

異なる服装と同じ服装の評価結果をそれぞれ表-4と表-5に示す。表中の全数は対象クラスのデータ数、推定数はシステムによる対象クラスの推定結果の数、正解数は全数に対して推定結果でクラスが一致した数を示す。F値の平均に着目すると、異なる服装と同じ服装で0.13の差があり、服装の模様や色の違いが識別精度に影響していると考えられる。しかし、同じ服装でも0.80の精度であるため、顔や体格の違いから識別できる可能性がある。

以上より、人物の服装の特徴が異なる場合は、深層学習を用いると高精度に人物識別が可能になった。ただし、本実験で学習と推定に使用した画像は、計測環境や作業者の状態が類似しているため、これらの条件が異なる場合の影響を明らかにする必要がある。また、同じ服装の場合は識別精度が低下するため、精度向上のために計測方法や学習方法を改良する必要がある。

5. おわりに

本研究では、建設現場の安全管理を目指した基礎研究として、深層学習を用いた人物識別の適用可能性を検証した。その結果、人物の服装が同じ場合においても約80%の精度で人物を識別できることを確認した。今後は、実現場への適用に向けて、識別精度の向上を目指す。

表-3 PCスペックと実行環境

項目	内容
PCスペック	プロセッサ Intel® Core™ i7-6850K CPU @ 3.60GHz 3.60GHz
	実装メモリ 128GB
	GPU NVIDIA GeForce TX 1080
	OS Windows10 Pro
実行環境	Python 2.0, Theano 0.9.0, Keras 1.0.8

表-4 異なる服装の評価結果

人物	全数	推定数	正解数	適合率	再現率	F 値
A	4	4	4	1.00	1.00	1.00
B	4	3	3	1.00	0.75	0.86
C	4	3	3	1.00	0.75	0.86
D	4	5	4	0.80	1.00	0.89
E	4	4	4	1.00	1.00	1.00
F	4	3	3	1.00	0.75	0.86
G	4	6	4	0.67	1.00	0.80
H	4	4	4	1.00	1.00	1.00
I	4	4	4	1.00	1.00	1.00
J	4	4	4	1.00	1.00	1.00
合計	40	40	37	0.93	0.93	0.93

表-5 同じ服装の評価結果

人物	全数	推定数	正解数	適合率	再現率	F 値
A	4	2	2	1.00	0.50	0.67
B	4	2	2	1.00	0.50	0.67
C	4	2	2	1.00	0.50	0.67
D	4	5	3	0.60	0.75	0.67
E	4	6	4	0.67	1.00	0.80
F	4	3	3	1.00	0.75	0.86
G	4	4	4	1.00	1.00	1.00
H	4	5	4	0.80	1.00	0.89
I	4	5	4	0.80	1.00	0.89
J	4	6	4	0.67	1.00	0.80
合計	40	40	30	0.80	0.80	0.80

謝辞：本研究を取りまとめるにあたり、関西大学社会空間情報科学研究センターの参画企業から多大なるご尽力を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 厚生労働省：労働災害統計、<<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.htm>>、（入手 2018.06.05）。
- 2) 近畿地区建設工事安全対策推進協議会：工事等事故防止対策における 好事例集、2015。
- 3) 竹中エンジニアリング：建設機械車両用バックセンサーS SW-5M2、<<http://www.take-ex.co.jp/ja/products/item/463>>、（入手 2018.06.05）。
- 4) Su, C. Yang, F., Zhang, S., Tian, Q., Davis, L., and Gao, W. : Multi-Task Learning with Low Rank Attribute Embedding for Multi-Camera Person Re-Identification, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, IEEE, Vol.40, No.5, pp.1167-1181, 2018.