

(44) 深層学習を用いた模様付きヘルメットの 識別手法に関する研究

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

¹正会員 法政大学准教授 デザイン工学部 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町2丁目33番)
E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.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 大阪経済大学講師 情報社会学部 (〒533-8533 大阪府大阪市東淀川区大隅2丁目2番8号)
E-mail: h.inoue@osaka-ue.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

⁶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

⁷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人物を識別して個別に警告する方法が考えられるが、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を建設現場へ適用することは困難である。

本研究は、建設現場における作業員の装着物に着目し、深層学習を用いて模様付きヘルメットによる人物識別の手法を提案する。3桁の矩形模様をヘルメットに貼り付けた被験者を対象に2つの学習モデルを用いて人物識別を試行した結果、それぞれの識別結果を組み合わせると有効な可能性がある知見を得た。

Key Words: *construction sites, workers, moving images, human identification, deep learning*

1. はじめに

IoTの急速な普及に伴い、様々な機器によって人物の動きを解析し、産業や事業に利活用する取り組みが一般化している。この潮流を加速させるため、日本政府は科学技術基本計画にて、IoT、ロボット、人工知能やビッグデータなどの先端技術を駆使した経済発展と社会課題の解決を目指したSociety 5.0を提唱している¹⁾。超スマート社会の実現に向けた一方策として、カメラで撮影された映像中の人物を人工知能によって自動で識別・追跡し、犯罪捜査や動線分析の効率化に活用している。これらの技術動向は、建設分野における諸課題を解決し、生産性や安全管理の発展に大きく寄与することが期待できる。

そこで、著者らは、多くの作業員や建設機械（以下、建機）が混在して稼働し、様々なところで常に危険が潜在している建設現場の安全管理に着目した。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している²⁾。労働災害を防止するには、様々な技術を駆使した効果的な安全管理の追究と徹底が求められる。具体例として、建設現場を撮影した動画画像から画像処理や人工知能を用いて人物や建機などの移動体を識別し、墜落・転倒の可能性のある危険箇所への侵入、建機との異常接近などを個別に伝達できると、安全管理に貢献できる。建設現場の安全対策の既存研究・事例として、ARを用いた危険箇所の提示³⁾、超音波センサを用いた建機との接触事故

表-1 符号および模様

符号				模様		
1	D	N	X	J1K	STD	2YX
2	F	R	Y	BW2	TL1	CKF
4	H	S	-	RJ6	XFL	6BN
6	J	T	-	LNU	16T	DRJ
B	K	U	-	YXH	UHB	F2Y
C	L	W	-	4UC	KDS	HCR

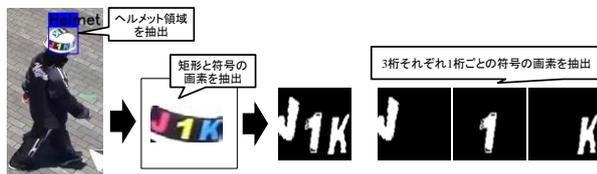


図-1 模様画像および符号画像

防止などの取り組み⁴⁾があるものの、広範囲の建設現場のリアルタイム監視は対象になっていない。

近年、人物識別に深層学習の活用が注目されているが、既存技術を建設現場に適用すると、類似した服装の作業者の識別が困難となる可能性が高い。著者らは、模様付き装着物の有無および深層学習のCNNを用いた人物識別手法の基礎技術を提案し、その効果を評価している⁵⁾。そこでは、人物識別には模様付き装着物が有効である知見を得たが、模様の形状が類似、ヘルメットと背景の特徴が類似、模様と類似色であるヘルメットのベルトによってノイズが生じるなどにおいて識別精度が低下した。

本研究では、著者らの基礎技術で得た知見を基にして、作業者の装着物の中でもヘルメットに付与した模様を対象に深層学習による人物識別の手法を提案し、建設現場の安全管理への適用可能性を明らかにする。第2章にて、人物識別の手法を提案する。第3章にて、提案手法の評価実験を実施して、人物識別の精度および建設現場への適用可能性を確認する。第4章にて本研究を総括する。

2. 提案手法

(1) 概要

本章では、前述の精度低下の要因を改善するために、模様の作成方法、抽出方法および識別方法を見直し、新たに人物識別の手法を提案する。本研究では、表-1に示す20種類の符号(数字・アルファベット)を用いて、同じ桁に同じ符号が被らないように横幅約20cmとなる3桁の矩形模様を生成し、ヘルメットの前面、左後面、右後面および上面の4箇所⁶⁾に貼り付ける。フォントは、符号の線幅が同一かつ太字となるArialを選定する。また、実現場を想定し、ヘルメットの一部が遮蔽された場合においても柔軟に対応できるように桁毎に異なる色の符号を使用する。そのため、本研究では、3桁全体を対象とした模様画像および各桁を対象とした符号画像(図-1)

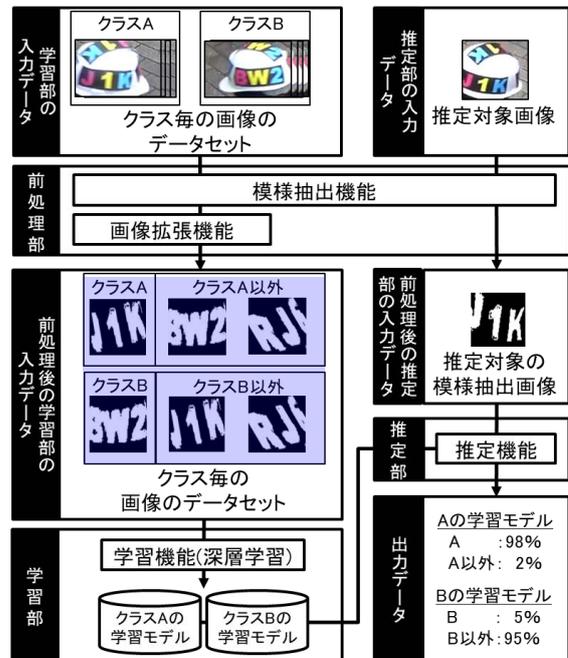


図-2 模様の学習モデルにおける処理フロー

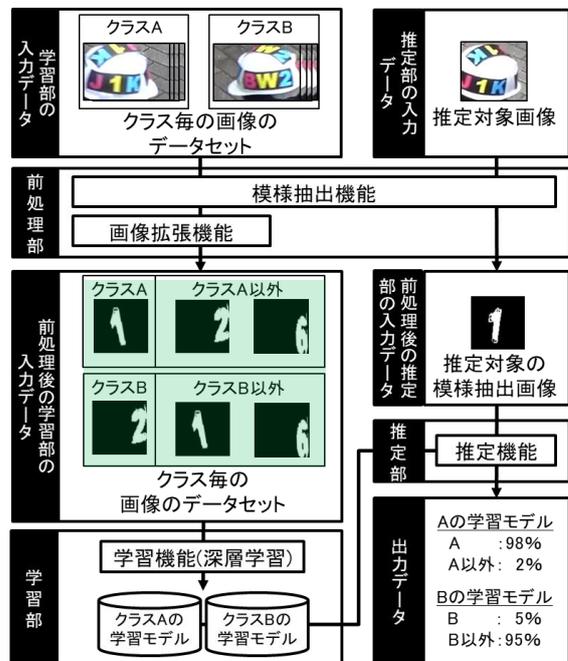


図-3 符号の学習モデルにおける処理フロー

をそれぞれ識別する。

模様および符号における提案手法の処理フローをそれぞれ図-2および図-3に示す。学習における前処理部では、学習部の入力データを用いて、模様または符号の抽出および画像拡張を行う。次に、学習部では、そのデータを用いて深層学習によりそれぞれの学習モデルを生成する。

推定における前処理部では、推定部の入力データを用いて推定対象の模様または符号を抽出した画像を生成する。次に、推定部では、そのデータと学習モデルを用いてクラスを推定し、各クラスの確率を出力する。そして、最も高確率のクラスを対象模様または対象符号とする。

(2) 前処理部

前処理部は、模様抽出機能および画像拡張機能で構成される。模様抽出機能では、装着物の模様のみを抽出する。まず、Yoloで生成したヘルメットの学習モデルを用いてヘルメット領域を抽出する。次に、ヘルメット領域に対して、矩形および符号の色の領域を抽出して膨張収縮処理や輪郭認識処理を行う。ここでは、予め抽出する色の範囲をRGBにより指定する。そして、その抽出領域において、前述の方法で予め設定した各桁の符号の色の領域を抽出する。最後に、抽出した模様を白色、それ以外を黒色として図-1に示す模様画像および桁毎の符号画像を生成する。画像拡張機能は過学習を抑える。具体的には、拡大、縮小、回転、平行移動およびせん断の変換により、画像枚数を拡張する。

(3) 学習部

本提案手法でのモデル構造は、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-16⁹⁾を用いて、模様の学習モデルおよび符号の学習モデルを生成する。入力画像は、一般的な仕様のパソコンでも学習ができるように、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) 推定部

推定部では、学習機能で生成したそれぞれの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回推定させて平均値を算出する。

3. 実証実験

(1) 実験内容

本実験では、建設現場への適用を見据え、提案手法における識別精度を検証する。被験者(表-2)は、実現場の作業着が類似することを想定して同一のジャージを着用し、普通紙およびマット紙の2種類の素材のヘルメットをそれぞれ装着する。実験場所は関西大学高槻キャンパスの屋外(図-4)とし、図-5に示す配置にカメラを設置する。撮影対象は、カメラから奥行き5~10m、水平5mの範囲とし、被験者は図-5に示す開始地点から赤線のルートに沿って反時計回りに1周する。学習部の入力データは、1人が5種類のヘルメットを装着して撮影

表-2 被験者

	人物 A JIK	人物 B BW2	人物 C RJ6	人物 D LNU	人物 E YXH
グループ a					
	人物 F 4UC	人物 G STD	人物 H TL1	人物 I CKF	人物 J F2Y
グループ b					

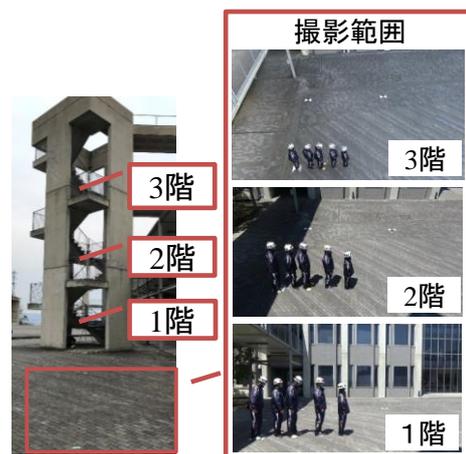


図-4 実験環境

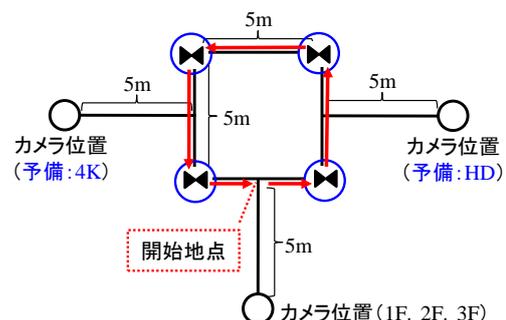


図-5 カメラ位置と撮影範囲

範囲内を自由に約 40 秒間歩行し、約 0.03 秒間隔に抽出した画像とする。また、推定部の入力データは、グループ別に 5 人ずつ整列して前述のルートを歩行し、約 0.03 秒間隔に抽出した画像とする。

本研究では、普通紙素材の模様を貼り付けたグループ a の 5 人を対象とし、実現場で想定される高さである 2

階から撮影したデータを評価する。2つの学習モデルでは、5種類の模様画像および14種類の符号画像（表-1のハッチング模様および符号）を対象に識別精度をそれぞれ評価する。なお、学習部および推定部の入力データは、元画像から3つの符号が目視で判別できる模様画像および符号画像のみを抽出する。

模様の学習モデルにおける学習部の入力データは、元画像を拡張した対象の模様 1,100枚と、対象の模様以外 1,100枚（4種類×拡張画像 275枚）の計 2,200枚×5種類のデータセットとする。推定部の入力データは、JIKが42枚、BW2が13枚、RJ6およびLNUが3枚、YXHが1枚とする。一方、符号の学習モデルにおける学習部の入力データは、模様の学習モデルで使用した模様画像に対応付く符号画像を拡張した対象の符号 1,100枚と、対象の符号以外 1,100枚（8種類×拡張画像 85枚+5種類×拡張画像 84枚）の計 2,200枚×14符号のデータセットとする。推定部の入力データは、模様の学習モデルの模様画像に対応付く符号画像とする。

(2) 実験結果と考察

模様の学習モデルおよび符号の学習モデルの結果をそれぞれ表-3および表-4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。模様の学習モデルでは、JIK、LNUおよびYXHは正しく識別できた。一方、BW2は13枚中9枚の推定画像においてRJ6と誤識別した。識別の成功例および失敗例を表-5に示す。この要因として、模様画像にノイズが含まれたことが考えられる。一方、符号の学習モデルでは、半数以上の符号のF値が0.80以上となった。この結果より、模様の形状や色の工夫により、誤識別の要因を改善できることがわかった。ただし、目視判別できる枚数はばらついたため、判別数が少ない符号はさらに検証が必要である。

4. おわりに

本研究は、建設現場における作業員の装着物に着目し、深層学習を用いて模様付きヘルメット装着時の人物識別の手法を考案した。模様および学習モデルの生成を工夫して人物識別を試行した結果、2つの学習モデルにおいて全体のF値は0.85と高いため、それぞれの識別結果を組み合わせると有効な可能性がある知見を得た。

今後は、素材が異なる場合や実現場を想定した環境下での精度検証を重ねて提案手法の洗練を図る。

謝辞：本研究を取りまとめるにあたり、関西大学社会空

表-3 模様の学習モデルの結果

模様	全数	推定数	正解数	適合率	再現率	F値
JIK	42	42	42	1.00	1.00	1.00
BW2	13	4	4	1.00	0.31	0.47
RJ6	3	12	3	0.25	1.00	0.40
LNU	3	3	3	1.00	1.00	1.00
YXH	1	1	1	1.00	1.00	1.00
合計	62	62	53	0.85	0.85	0.85

表-4 符号の学習モデルの結果

符号	全数	推定数	正解数	適合率	再現率	F値
J	42	35	35	1.00	0.83	0.91
1	42	42	42	1.00	1.00	1.00
K	42	38	38	1.00	0.90	0.95
B	13	19	10	0.53	0.77	0.63
W	13	5	5	1.00	0.38	0.56
2	13	10	10	1.00	0.77	0.87
R	3	4	2	0.50	0.67	0.57
J	3	4	3	0.75	1.00	0.86
6	3	7	3	0.43	1.00	0.60
L	3	3	3	1.00	1.00	1.00
N	3	11	3	0.27	1.00	0.43
U	3	4	3	0.75	1.00	0.86
Y	1	0	0	0.00	0.00	0.00
X	1	1	1	1.00	1.00	1.00
H	1	3	0	0.00	0.00	0.00
合計	186	186	158	0.85	0.85	0.85

表-5 BW2の識別結果の一例

識別結果	BW2 (成功)	RJ6 (失敗)
模様画像		

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。また、本研究の一部は、2018年度関西大学学術研究員研究費用によって行った。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 日本政府：科学技術基本計画，2016。
- 2) 厚生労働省：労働災害統計，<<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.htm>>，（入手 2019.6.15）。
- 3) 広兼道幸，伴場翔，大幡勝利，田邊準一：AR 技術を用いた現場における安全管理情報の共有化システムの構築，土木学会論文集 F6（安全問題），Vol.69, No.2, pp.I_165-I_170, 2013。
- 4) 竹中エンジニアリング：建設機械車両用バックセンサ - SSW-5M2，<<http://www.take-ex.co.jp/ja/products/item/463>>，（入手 2019.6.15）。
- 5) 今井龍一，神谷大介，井上晴可，田中成典，坂本一磨，藤井琢哉，菊地英一，伊藤誠：深層学習を用いた建設現場における人物識別に関する研究，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.75, No.2, pp.I_57-I_68, 2019。
- 6) Simonyan, K. and Zisserman, A. : Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, *ICLR*, the Computational and Biological Learning Society, Vol.3, No.1, 2015。