

## (42) 深層学習を用いたビブス着用時における 人物識別の精度検証に関する研究

今井 龍一<sup>1</sup>・神谷 大介<sup>2</sup>・井上 晴可<sup>3</sup>・田中 成典<sup>4</sup>・  
坂本 一磨<sup>5</sup>・藤井 琢哉<sup>6</sup>・菊地 英一<sup>7</sup>・伊藤 誠<sup>8</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>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

<sup>3</sup>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

<sup>4</sup>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

<sup>5</sup>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: k245159@kansai-u.ac.jp

<sup>6</sup>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

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

<sup>8</sup>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設機械との接触の恐れの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、建設現場における作業者の装着物に着目し、深層学習を用いた人物識別手法を提案する。今回は、ビブスを建設現場の安全ベストと見立てて人物識別を試行した結果、適用可能性のある示唆を得た。

**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 **Society5.0** を提唱している<sup>1)</sup>。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り自動で識別・追跡することで、犯罪捜査や動線分析の効率化が期待されている。具体例として、街中や商業施設では、監視カメラの台数

が着実に増加しており、犯罪発生時などの犯人の特定や追跡の手がかりに加え、昨今は交通流動解析にも活用されている<sup>2)</sup>。

この技術動向は、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<sup>3)</sup>。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、墜落や転倒の可能性が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<sup>4)</sup>、超音波センサを用いた建機との接触事故防止などの取り組み<sup>5)</sup>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おり、歩容認証や人物同定は従来の画像処理よりも深層学習の方が高精度な成果を得られることが報告されている。具体例として、歩容認証<sup>6)</sup>は、一定の歩行方向の動画画像から歩容画像を生成し、畳み込みニューラルネットワーク(CNN: Convolutional Neural Network)などの学習により歩容から人物を識別する。この手法は、人物の服装や装着物の影響を受けないが、同じ角度の歩行画像群が必要なので、多方向・交錯する歩行空間に適用すると識別精度に影響する可能性がある。

次に、人物同定<sup>7)</sup>は、深層学習を用いて複数カメラ間の画像照合により同一人物を同定する。この手法は、人物の特徴を捉えて複数カメラ間で同一人物を同定する。しかし、人物は識別していないため、特定の人物に警告する用途には適さない。本研究の調査結果に基づく、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。解決策としては、体格や歩容などの人物の特徴の違いや、人物に付けた装着物の違いなどに着目して識別する必要がある。

そこで、筆者らは、人物識別の特徴として、建設現場の作業者が着用する安全ベスト（以下、ビブス）やヘルメットなどに識別用の模様を付けることに着目した。そして、本研究では、作業者の装着物の中でもビブスに付与した模様を対象に、深層学習による人物識別手法を提案し、建設現場の安全管理への適用可能性を明らかにした。まず、第2章にて、人物識別手法を提案する。次に、第3章にて、複数色および複数人を対象に評価実験を実施し、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。そして、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、CNNを用いた人物識別手法を提案する。提案手法の処理フローを図-1に示す。学習における前処理部では、図-1左の学習部の入力データを用いて、模様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を行い、学習モデルを生成する。推定における前処理部では、図-1右の推定部の入力

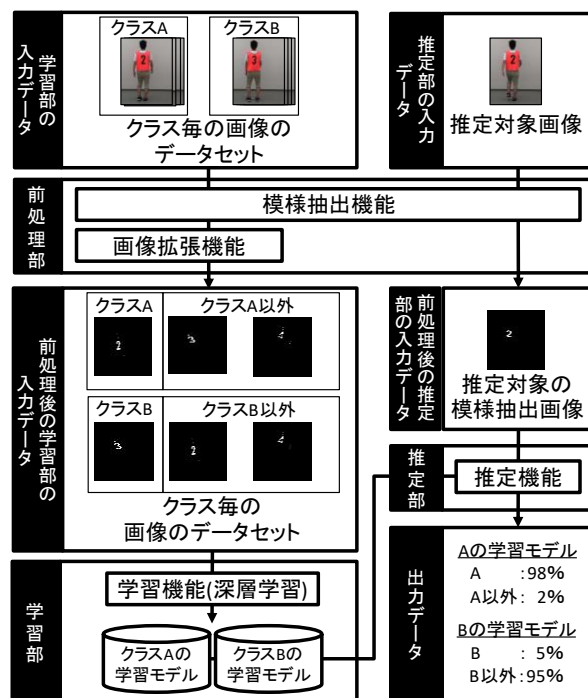


図-1 処理フロー



図-2 模様抽出画像

データを用いて推定対象の模様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人物と判定する。

### (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。具体的には、まず、元画像に対して、装着物の色の領域を抽出する。ここでは、予め抽出する色の範囲をRGBにより指定する。次に、抽出領域に対して、膨張収縮処理や輪郭認識処理により、装着物の範囲を認識する。そして、その範囲内において、前述の方法で予め設定した模様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-2に示す模様抽出画像を生成する。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-16(図-3)を使用する<sup>8)</sup>。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、 $224 \times 224$  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、建設現場の作業者の服に模様を付けることを想定し、番号付きビブスを装着した場合における人物識別の精度を検証する。ビブスは、画像処理で抽出しやすい単色を対象とし、表-1に示す橙、青、黄、白、赤および紫の6色とした。被験者3名(図-4)は、前後に番号が付いているビブスを装着する。実験場所は室内とし、約2mの高さにカメラを設置する。撮影時はカメラから5m離れた位置で20秒間の回転歩行を実施し、学習部および推定部の入力データとしてそれぞれ10秒間ずつ使用する。人物識別の精度検証では、模様、ビブスの色およびデザイン、人物が異なる場合の影響を確認するため、実験Ⅰ～Ⅲを実施する。実験Ⅰでは、模様による識別の精度を確認するため、被験者1名を対象に、番号2～11の橙ビブスを着用した識別の精度を評価する。実験Ⅱでは、色およびデザインによる識別の精度を確認するため、被験者1名を対象に、番号2の6色のビブスを装着した識別の精度を評価する。なお、橙、青、黄と白、赤と紫はそれぞれ同じデザインである。実験Ⅲでは、人物識別の精度を確認するため、被験者3名を対象に、番号2の橙ビブスを着用した識別の精度を評価する。

#### (2) 入力データの作成方法

学習部の入力データは、回転歩行10秒間の動画像から0.1秒間隔で抽出したフレーム画像とし、1模様当たり100枚の画像とする。ただし、回転歩行時の角度によって模様が隠れる画像が混在したため、前処理部では、目視で模様が認識できる画像のみを対象とした。模様抽出機能で生成した模様抽出画像の一例を表-2に示す。学習部の入力データは、元画像から生成した模様抽出画像を画像拡張し、対象番号900枚および対象番号以外900枚(9種類×拡張画像100枚)とする。また、推定部の入



図-3 深層学習のモデル構造 (VGG-16)

表-1 ビブスの種類

|        | 橙 | 青 | 黄 | 白 | 赤 | 紫 |
|--------|---|---|---|---|---|---|
| 画像     |   |   |   |   |   |   |
| 模様抽出画像 |   |   |   |   |   |   |



図-4 被験者3名

表-2 橙ビブスの模様抽出画像の一例

|        | 2, 3 | 4, 5 | 6, 7 | 8, 9 | 10, 11 |
|--------|------|------|------|------|--------|
| 画像     |      |      |      |      |        |
| 模様抽出画像 |      |      |      |      |        |

カデータは、学習に使用していない回転歩行10秒間の動画像から0.1秒間隔でフレーム画像を抽出した画像から目視で模様が識別できる10枚とする。

#### (3) 実験結果

実験Ⅰの結果を表-3に示す。表-3より、全体のF値に着目すると、0.98と高い精度で識別できており、ビブスの模様毎の特徴を正確に学習できている。識別結果が番

号2となった推定画像の一例を表-4に示す。成功例と失敗例の模様抽出画像を比較すると、模様の大きさが異なり、成功例と類似する画像が学習画像の大半を占めていた。これは、画像拡張機能で拡大や縮小などの変換により拡張した画像に偏りがあったことが要因と考えられる。そのため、様々な距離かつ角度から撮影した画像を学習して精度向上を図る必要がある。

実験Ⅱの結果を表-5に示す。全体のF値に着目すると0.48となり、実験Ⅰに比べて低い結果になった。正解数が0の赤と紫は、その他4色とデザインが異なるビブスであった。ここでは、模様抽出画像の数字のデザインが異なること、模様と同系色の服がノイズとして抽出されたことが識別の精度が低下した要因と考えられる。そのため、色が異なるビブスであってもデザインを統一することで精度向上を図る必要がある。

実験Ⅲの結果を表-6に示す。全体のF値に着目すると0.93となり、人物が異なっても高い精度で識別できることがわかった。また、番号2は実験Ⅰでは誤識別（表-3）があったが、人物BやCでは正しく識別できた。

以上より、模様、ビブスの色、デザインや人物が異なる場合でも模様を識別できることを明らかにした。ただし、建設現場へ適用するためには、模様の色やデザインの統一が必要である。

#### 4. おわりに

本研究は、建設現場における作業者の装着物に着目し、深層学習を用いた人物識別手法を考案した。ビブスを建設現場の安全ベストと見立てて人物識別試行した結果、模様、ビブスの色、デザインや人物が異なる場合でも適用可能性のある示唆を得た。今後は、実現現場を想定した環境下において、精度検証を重ねることにより、提案手法の洗練を図る。

**謝辞：**本研究の遂行にあたっては、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) 日本政府：科学技術基本計画，2016。
- 2) 日本電機：群衆行動解析，<<https://jpn.nec.com/rd/technologies/crowd/index.html>>，（入手 2019.6.15）。
- 3) 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）。
- 4) 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），土木学会，Vol.69，No.2，pp.I\_165-I\_170，2013。

表-3 複数の模様を対象とした実験Ⅰの実験結果

| 番号 | 全数  | 推定数 | 正解数 | 適合率  | 再現率  | F 値  |
|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 2  | 10  | 8   | 8   | 1.00 | 0.80 | 0.89 |
| 3  | 10  | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 4  | 10  | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 5  | 10  | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 6  | 10  | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 7  | 10  | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 8  | 10  | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 9  | 10  | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 10  | 12  | 10  | 0.83 | 1.00 | 0.91 |
| 11 | 10  | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 合計 | 100 | 100 | 98  | 0.98 | 0.98 | 0.98 |

表-4 識別結果が番号2となった推定画像の一例

| 識別 | 推定画像 |   |   |   | 識別結果 |
|----|------|---|---|---|------|
| 成功 | 2    | 2 | 2 | 2 | 2    |
| 失敗 |      | 2 | 2 |   | 10   |

表-5 複数色、デザインを対象とした実験Ⅱの実験結果

| 色  | 全数 | 推定数 | 正解数 | 適合率  | 再現率  | F 値  |
|----|----|-----|-----|------|------|------|
| 橙  | 10 | 10  | 8   | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| 青  | 10 | 10  | 7   | 0.70 | 0.70 | 0.70 |
| 黄  | 10 | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 白  | 10 | 10  | 4   | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| 赤  | 10 | 10  | 0   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 紫  | 10 | 10  | 0   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 合計 | 60 | 60  | 29  | 0.48 | 0.48 | 0.48 |

表-6 複数の人物を対象とした実験Ⅲの実験結果

| 人物 | 全数 | 推定数 | 正解数 | 適合率  | 再現率  | F 値  |
|----|----|-----|-----|------|------|------|
| A  | 10 | 10  | 8   | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| B  | 10 | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| C  | 10 | 10  | 10  | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 合計 | 30 | 30  | 28  | 0.93 | 0.93 | 0.93 |

- 5) 竹中エンジニアリング：建設機械車両用バックセンサーSSW-5M2，<<http://www.takex-eng.co.jp/ja/products/item/463>>，（入手 2019.6.15）。
- 6) 武村紀子，白神康平，槇原靖，村松大吾，八木康史，越後富夫：深層学習による高精度歩容認証，画像ラボ，日本工業出版，Vol.29，No.1，pp.40-48，2018。
- 7) 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。
- 8) 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。