

一般学習ベクトル量子化を用いた魚眼レンズ画像内の人物抽出

Human Region Extraction from Fisheye Images
using Generalized Learning Vector Quantization平川 康史†
Yasufumi Hirakawa大網 亮磨†
Ryoma Oami

1. まえがき

人物の動線情報は、人のマクロな動きを把握する上で最も基本的な情報であり、人の行動に関する様々な情報が得られる。例えば、頻繁かつ複雑に人物が移動する工場や物流倉庫の作業現場では、動線の解析により、レイアウトの妥当性など、作業効率の改善につながる情報を得られるようになる。動線情報は、映像から人物を抽出し、キャリブレーション情報を用いて実世界における位置を推定、追跡することで得られるが、この実現には、映像からの高精度かつ頑健な人物抽出が鍵となる。

そこで本稿では、物流倉庫での動線解析を目的とした、魚眼カメラと RFID を組み合わせた人物動線抽出法について述べ、その中で重要な役割を担う魚眼カメラ映像からの人物位置の抽出手法を提案する。提案手法では、まず、色と大きさに基づいて作業員の帽子の候補領域を抽出する。次に、魚眼レンズに起因する鉛直方向のずれを合わせ、レンズの中心からの距離に応じた GLVQ (一般化学学習ベクトル量子化) 識別器を用いて人物を識別する。これにより、作業員に余分な作業を強いることなく、RFID タグのついた帽子を被るだけで人物位置を抽出できる。

2. 倉庫環境での動線抽出システムの概要

物流倉庫内での作業員の動線解析を行うため、カメラによる人物抽出と RFID による個人認証を組み合わせ、人物動線を作業員別に抽出する。具体的には、特定色の RFID タグ付き帽子を作業員に被ってもらい、魚眼レンズカメラで撮影した映像から人物の位置を推定する。そして、RFID リーダで読み取った ID 情報を位置情報と対応付け[1]、作業員毎の動線を抽出する。

物の頻繁な移動によって死角がしやすい物流倉庫の特性を考慮し、カメラ、RFID リーダは、柱間の中央の天井に設置する(図1)。これは、この位置が最も物が高く積まれにくく、カメラの視界を遮る可能性が低いためである。そして、カメラは魚眼レンズを取り付けた上で下向きに設置する。これにより、死角が少なく、広範囲のエリアを撮影できるようになる。

本稿では、上述の人物動線抽出において鍵となる、魚眼レンズカメラによる人物位置抽出手法を提案する。

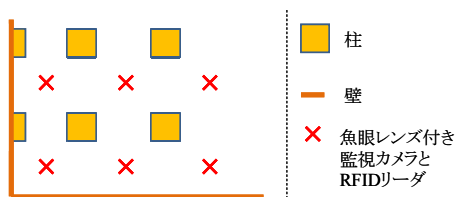


図1: 動線抽出システムのカメラと RFID リーダの配置

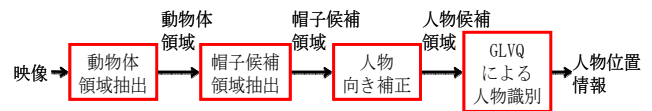


図2: 人物位置抽出処理の流れ

3. 倉庫環境での魚眼レンズカメラからの人物抽出

3.1. 提案手法の概要

提案手法では人物の位置を推定するために、動物体領域抽出、帽子候補領域抽出、人物向き補正、一般学習ベクトル量子化による人物識別の4つの処理を行う(図2)。

動物体領域抽出では、人物位置の絞込みを目的として、撮影した映像から動物体領域を抽出する。帽子候補領域抽出では、帽子の色と大きさの情報に基づいて、動物体領域から帽子候補領域を絞り込む。人物向き補正では、画面上の位置によって定まる鉛直方向を補正する回転パラメータを各帽子候補領域に対して算出する。GLVQによる人物識別では、帽子候補領域毎に人物候補領域を切り出し、回転パラメータで鉛直方向を補正した上で GLVQ により人物を識別し、その位置情報を算出する。以下の節では、それぞれの処理について詳述する。

3.2. 帽子候補領域の抽出

魚眼カメラで得た画像から、色とサイズ(面積・縦横の長さ)を評価し、帽子の候補領域を抽出する。

帽子色を用いた帽子候補領域の抽出は、各帽子色(黄・橙・黄緑・桃)が取り得る RGB 値の範囲をカメラ毎に事前に学習しておき、その範囲に含まれる色を有する領域をフレーム画像から抽出する。

同時に、カメラのキャリブレーション情報を用いて、各候補位置における、画像上における帽子サイズのとりえる範囲を求め、その範囲内の領域を帽子候補領域として抽出する。画像上での帽子サイズは、魚眼レンズの中心から離れるにつれて小さくなる。よって、帽子の高さ(170cmと仮定)の水平平面が魚眼レンズの光軸と交わる点(以後原点 O と呼ぶ)と、帽子候補領域の重心位置との実空間上での距離 D を求め、この距離に応じて画像上での帽子サイズが取り得る範囲を設定する。この際、距離 D は、カメラのキャリブレーション情報により、画像上の2次元座標を実空間上での座標に変換して算出する。

以上により抽出した帽子候補領域は、照明変動等によって帽子色が想定値からずれ、同一の帽子が過分割される可能性がある。よって、色と重心位置の両者が近い帽子候補領域同士を同一の帽子として統合する。そして、統合した帽子領域の重心を帽子候補領域の位置とする。

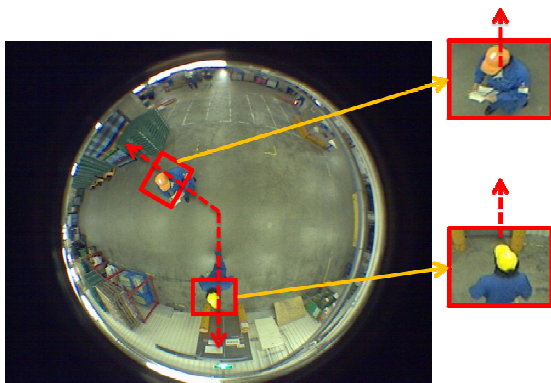


図3：人物向き補正の概要図

3.3. 魚眼カメラによって生じる人物向き補正

人物向きの補正処理では、帽子候補領域の原点 O に対する方位角に基づき、人物の向き（鉛直方向）を同じにするための回転補正のパラメータを算出する（図3）。

魚眼カメラで撮影した人物の見え方は、原点 O からの距離、および方位角によって変化する。このため、人物を高精度に識別するには、その位置に応じた識別器を設計する必要がある。しかしながら、全ての位置に対して識別器を用意することは、学習に必要な画像枚数の増大を招き、現実的ではない。そこで、鉛直方向を合わせることににより、原点 O からの距離 D のみを考慮すればよくなり、学習に必要な画像数を大幅に削減できる。

3.4. 一般学習ベクトル量子化を用いた人物識別

提案手法では、人物の識別に一般化学習ベクトル量子化（GLVQ）手法を用いる。そして、人物と識別された候補領域に対して人物の位置を算出する。

この際、前述の原点 O からの距離 D に応じた見え方の違いを考慮し、距離 D に応じて4つ構築する。すなわち、距離 D が小さいカメラの真下付近に対しては、帽子領域のみを人物候補領域と設定し、これを学習させた識別器を用いる。一方、距離 D が大きくなるにつれ、帽子領域は小さくなり、人物を識別しにくくなるため、帽子に加え、上半身も含んだ領域を人物候補領域と設定する。このように、距離 D に応じて識別用に切り出す人物候補領域を変えることにより、高精度な識別が可能となる。

識別の際には、まず、距離 D に応じて識別器を選択するとともに切り出す人物候補領域を決定し、次に、前節で求めた回転パラメータにより鉛直方向を合わせた上で識別する。なお、識別に用いる特徴量としては、人物候補領域をブロック分割した後、ブロック毎に抽出した輝度勾配ヒストグラムとカラーモーメントからなる135次元のベクトルを用いている。

4. 評価実験

4.1. 実験条件

提案方式の有効性を確認するため、実際の物流倉庫にカメラを設置し、実験を行った。カメラとしては、IPカメラ AXIS 211M に魚眼レンズを装着したものをを用いた。作業員には3.2節で述べた4色の帽子を被ってもらい、提案手法による作業員の抽出精度を求めた。GLVQの学習に

表1：人物領域抽出精度(Precision/Recall)

| 抽出した人物位置が正解である割合 (Precision) | 正解付けした人物位置が抽出された割合 (Recall) |
|------------------------------|-----------------------------|
| 80.1% (151/193) | 62.7% (121/193) |

は、計28287点の正例、負例のサンプルを集め、用いている。一方、評価用には、様々な日時・時間から収集した193例を集め、各画像に対し作業員の帽子領域を矩形で囲んだ正解情報を作成した。精度の判定では、提案手法によって算出した人物位置が正解矩形内に含まれる場合、人物位置の推定に成功したとみなし、それ以外を失敗とした。

4.2. 実験結果

表1は人物位置の抽出精度を示しており、算出した人物位置が正解である割合 (Precision) が80.1%、正解付けした人物位置が抽出されている割合 (Recall) が62.7%であった。失敗した例を分析したところ、誤抽出の典型例はダンボール箱であった。これらは人の近くに存在する上、色が帽子色に似ている場合があり、誤検出されたと考えられる。一方、未検出は、帽子候補領域の抽出において失敗している例が大半であった。これは、照明条件による色変動や作業者の姿勢変動に伴う帽子の大きさの変化に起因している。

作業者の動線を精度良く抽出するといった観点からは、人物位置の誤推定は人物動線の算出に大きな影響を与えるため、望ましくない。よって、Precisionは高いことが要求される。一方、Recallについては、映像は元来時間方向に冗長性を有するため、多少未検知があっても、ある程度人物位置を検出できれば人物の動線を算出できる。よって、本提案手法は、動線を算出する上で基本的な性能を満たしていると考え、倉庫内における作業者の動線を抽出する目的で利用できる。

5. まとめ

本稿では、物流倉庫における作業員の業務効率改善に向けた、下向きに設置した魚眼レンズカメラを用いた人物動線抽出手法を提案した。提案方式では、帽子の色とサイズに基づいて帽子候補領域抽出し、その方位角から鉛直方向を合わせるための回転変換のパラメータを求め、原点からの距離に応じてGLVQ識別器を切り替えて人物を識別し、位置を推定する。実際の物流倉庫にて、作業員の抽出精度評価を行い、Precisionが80.1%、Recallが62.7%であり、動線抽出が可能な人物抽出ができていたことを確認した。

謝辞

本活動（の一部）は、総務省の委託業務「ネットワーク統合制御システム標準化等推進事業」プロジェクトの成果である。

参考文献

- [1] 森口, 小西, 中尾, "異種センサ統合に基づく頑健で高速な動線検出方式", 電子情報通信学会技報, pp.7-14, 2011.
- [2] 佐藤, 山田, "一般学習ベクトル量子化の提案", 信学技報, NC95-60, pp.87-94, 1995.