

行動認識のための人物追跡技術の開発

磯部 翔 増田 誠

近年、駅や店舗等の施設への監視カメラの設置が増加しており、監視業務の負担軽減やPOS(Point of Sales)システムでは捉えられないマーケティングデータ収集のために、映像中の人物の行動を自動的に認識する技術への期待が高まっている。本稿では、OKIが進めている安全・快適な社会の実現に向けた行動認識への取り組み、および、行動認識を実現するために開発している隠蔽に強い人物追跡技術について紹介する。

はじめに

防犯意識の高まりを背景に、監視カメラは公共施設や商業施設をはじめとした様々な施設に導入が進んでいる。近年、監視カメラのIPカメラ（ネットワークカメラ）化に伴い、広域遠隔監視を目的として小規模な監視センターを束ねた大規模な監視センターへの集約が進んできている。その結果、監視センターのオペレーター一人あたりが監視を担当するカメラの台数が増加して、異常等の見落としリスクや長時間監視による負担が増大してきている。

オペレーターの負担を軽減するために、監視カメラ映像から自動的に人物の行動や状況を認識して、オペレーターの業務を支援するシステムが望まれている。例えば、膨大な映像の中から特定の人物を検出するブラックリスト照合や、入退室システムと連携して人物の移動経路や行動を認識し、禁止エリアへの立ち入りや異常な行動を検出するシステムなどが挙げられる。

また、商業施設等では監視や防犯目的以外にも、利用者の数や性別、年齢を認識してマーケティングに活用したいというニーズがある。特に、POSシステムでは捉えられない、商品に興味を覚えたが購入までには至らなかった利用者の行動分析について注目が集まっている。

OKIの行動認識への取り組み

OKIでは、安全で快適な社会の実現を目指し、図1に示すような用途に向けた行動認識技術の開発を進めている。

(1) マーケティング用途

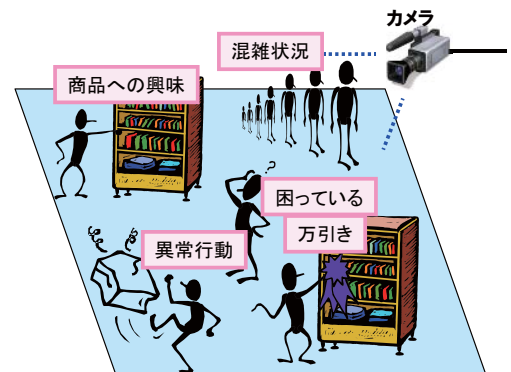
監視カメラ映像中のある領域内の人物を検出して通行量や混雑度を計測することや、商品棚の前にいる人物の視線を推定して商品に対する興味度を計測する。これらの計測結果は、レイアウトの改善や動線の最適化などの快適な施設作りに活用される。

(2) 商品販売支援用途

目的の商品や店員が見つからずに困っている人や、商品棚の前で迷っている人を認識する。これらの情報を店員へ通知することで接客サービスの品質向上に繋がる。

(3) 防犯用途

万引きの検知や、酔っ払いやケンカなどの異常行動を検知する。これらの検知結果を警備員に知らせることにより、安心・安全な環境作りに繋がる。



- (1) マーケティング用途： 通行量・混雑度・興味度計測など
- (2) 商品販売支援用途： 迷っている人の検知など
- (3) 防犯用途： 万引き、異常行動の検知など

図1 行動認識適用イメージ

行動認識を実現するためには、図2に示すように、人物追跡技術と姿勢推定技術が必要となる。

人物追跡技術は、映像から人物を検出して一人ひとり個別に追跡する技術である。一般的に広範囲での混雑状況下においては、人物同士の重なりや遮蔽物により体の大部分が隠れる程の大きな隠蔽が頻繁に発生す

るため、追跡の途切れや他の人を誤って追跡する等の課題がある。OKIでは、カメラの映像から人物を検出し特定区間を通過した人数をカウントするシステム「RESCAT」*1)を開発し商品化している¹⁾。RESCATでは、カメラの設置条件や映像中の検出対象範囲の制限などの制約条件の設定による大きな隠蔽があまり発生しない環境下において、高い人物検出・人物計測精度を実現している。

姿勢推定技術は、頭や手、足といった人体のパーツの検出や、人物の視線や顔、身体の向きを推定して、一人ひとりの姿勢を推定する技術である。

そして行動認識技術は、広範囲での人物追跡結果およびフレーム毎の姿勢推定結果を用いて、時系列での姿勢の変化から一人ひとりの行動を認識する技術である。

現在、OKIでは、人物追跡技術の高精度化に取り組んでいる。混雑状況下においても一人ひとりを追跡するために、大きな隠蔽に強い人物追跡技術の研究・開発を行っている²⁾。次節以降にてOKIにおける人物追跡技術の開発状況について紹介する。

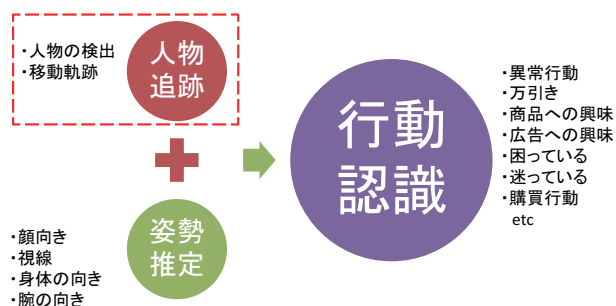


図2 行動認識を実現するための技術

人物追跡技術とこれまでの課題

映像中から人物を検出して追跡する技術は、統計学習ベースとオプティカルフローベースの大きく2つのアプローチに分けられる。

(1) 統計学習ベース

統計学習ベースの検出技術は、予め大量の人の画像から人の輪郭形状の特徴を学習し、その学習結果を用いて映像中から人を検出する技術である³⁾。テクスチャが一様でない複雑な背景においても高精度に人物検出が可能であり、RESCATにはこの技術が採用されている。ただし、大きな隠蔽には弱いという課題がある。

例として、人の上半身の輪郭形状を学習した場合を

*1) RESCATは、沖電気工業株式会社の登録商標です。

図3に示す。図3は、二人の人物がすれ違うシーンの検出結果を表したもので、(a)はすれ違い前、(b)はすれ違い時、(c)はすれ違い後を表す。また、図中の矩形は検出結果を表す。すれ違い前後(図3(a)、(c))では二人の人物を検出できているが、すれ違い時(図3(b))は奥の人物を検出できていない。これは、奥の人物の特徴(学習した人の上半身の輪郭形状)の一部が手前の人物による隠蔽により、欠落したことが原因である。

この検出方式における追跡は、現時刻の検出枠と前時刻の検出枠の位置と大きさが近い物同士に対応付けにより実現している。図3において、手前の人物は(a)、(b)、(c)で検出できているため、一人の人物として追跡を行えている。一方、奥の人物は、(a)で検出できているが、(b)で検出できていないため、追跡は途切れてしまう。(c)で改めて検出された際には、別の人物として追跡される。この様に、隠蔽による未検出は人物追跡精度に悪影響を与えることとなる。

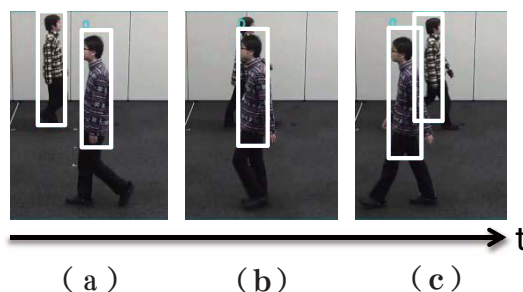


図3 統計学習ベースによる検出例

(2) オプティカルフローベース

オプティカルフローベースの検出技術は、まず、オプティカルフロー(映像内の動きを画素毎の動きベクトルで表した物、以下では単にフローと呼ぶ)を求め、時系列にフローを繋いだ画素毎の軌跡(移動軌跡)を求める。次に、類似度の高い移動軌跡をクラスタリングすることで人物を検出する技術である⁴⁾。さらに、クラスタに属する移動軌跡を統合して人物の追跡を行う。

統計学習ベースの検出技術と比較して、学習が必要ない点と、隠蔽発生時でも隠れずに残っている人体部分さえあれば引き続き検出・追跡が可能であるという点が利点として挙げられる。

図4にフローから求めた移動軌跡の例を示す。図中の線は画素毎の移動軌跡を表し、黒色から白色へ向けて移動を表す。図4は奥の人物が左から右へ移動した際の移動軌跡の一部を表している。

図4を見ると、奥の人物の頭部を追跡していた移動軌跡は、すれ違い後も奥の人物の頭部を追跡できていることがわかる。このように、隠蔽発生時でも隠れずに残っている部位の移動軌跡を求めることができる。ただし、奥の人物の胴体の移動軌跡は、すれ違い後に手前の人物の胴体を誤って追跡していることがわかる。これは、すれ違い時に手前の人物によって奥の人物が隠蔽されたことによって発生したと考えられる。一般的にフローは動体同士の重なりによる境界面で画素毎の対応付けが不安定なため、境界面の画素が誤った画素と対応付けてしまったと考えられる。移動軌跡の誤りは、人物検出および追跡結果に悪影響を与えることとなる。

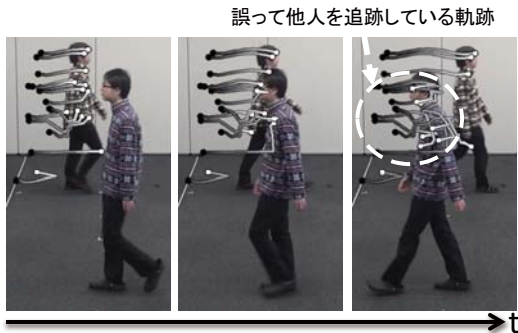


図4 オプティカルフローベースによる移動軌跡の一例

隠蔽に強い人物追跡技術の提案

前項で説明したような人物同士のすれ違い等による大きな隠蔽に強い人物追跡を実現するために、OKIで開発を進めているオプティカルフローベースの改善方式について述べる。

(1) デンスオプティカルフローの導入

一般的なオプティカルフロー算出方法では、1画素単位で対応点を求めるため、色や輝度が似ている画素が近くにあると誤って対応付けてしまう場合がある。

そこで、入力画像を様々な大きさに拡大・縮小し、それらの画像に対して、ある点とその周辺領域（パッチ領域）単位で対応点を求める方法を提案する。画像サイズによらず一定の大きさのパッチ領域で、フローを計算して、それらを平均化することで、ロバストなフローを算出することができる。

デンスオプティカルフローの算出概要を図5に示す。パッチ領域が画像に対して小さい場合は、粒度の細か

いフローが求まるが、対応付けが誤る可能性が大きい。一方、パッチ領域が画像に対して大きい場合は、粒度の粗いフローが求まるが、対応付けが誤る可能性は小さい。これらを平均化することで粒度と対応付けの精度のバランスが取れたフローを求めることができる。

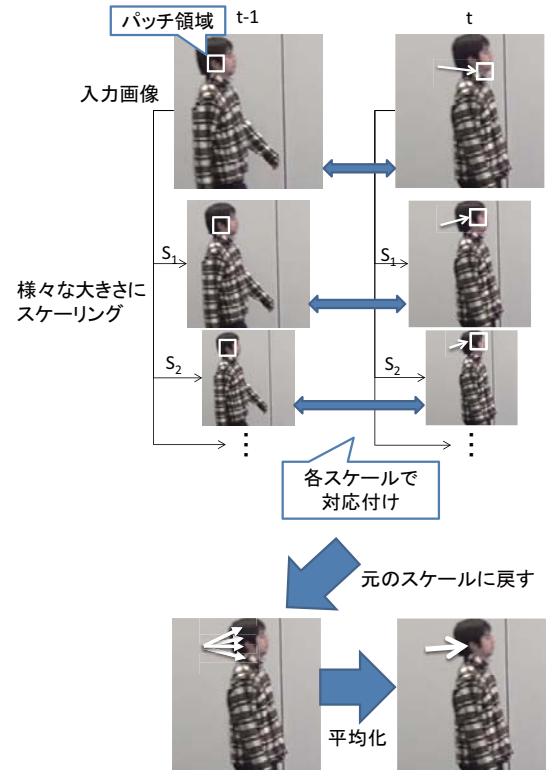


図5 デンスオプティカルフローの算出概要

(2) フローのチェック

隠蔽などで対応する点が隠れている場合、不正な対応点を選択することとなり、誤ったフローが算出されてしまう。そこで、算出されたフローの妥当性をバックフローによりチェックする。バックフローとは、時間的に前後の画像を入れ替えて逆向きに求めたフローである。隠蔽が無い場合は、フローとバックフローは正反対の動きベクトルとなる。一方、隠蔽がある場合は、フローとバックフローは正反対の動きベクトルとはならない。この関係を利用して、フローのチェックを行う。

(3) フローの補正

フローのチェックで妥当性が無いと判断された場合は、過去の移動軌跡から予測される現在位置を推定し、現在のフローとして補正を行うが、フローの補正が所定フレーム連続で続いた場合、移動軌跡の継続を終了する。

提案方式による移動軌跡算出と人物追跡結果

前項の提案方式を用いて、図4と同じデータに対して移動軌跡を求めた結果を図6に示す。図4と比較して図6は、奥の人物の移動軌跡が、すれ違い後に手前の人物に乗移っていないことがわかる。



図6 提案方式による移動軌跡の一例

本方式による人物追跡結果の一例を図7に示す。人物検出結果を楕円で表し、楕円の頂点の軌跡は人物追跡結果を表す。統計学習ベースの技術で検出できていなかった隠蔽発生時の奥の人物に対して検出ができていないことがわかる(図7(b))。その結果、すれ違い前後で奥の人物を正しく追跡できていないことがわかる。

以上のことから、大きな隠蔽が発生する場合に対する本方式の有効性を確認した。

ただし、オプティカルフローベースには、二人の人物が隣接して同じ方向へ歩く場合、移動軌跡の類似度は高くなるため、二人を一人の人物として誤検出してしまうという別の課題が存在する。そのような課題を解決するために、今後は、統計学習ベースとの融合について研究開発を進めていく。

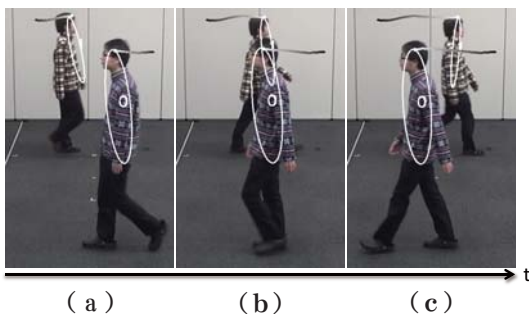


図7 提案方式による人物追跡結果例

おわりに

本稿では、OKIで取り組んでいる安全・快適な社会の実現に向けたカメラ映像からの行動認識への取り組みと、それを実現するための隠蔽に強い人物追跡技術について紹介した。従来方式では検出・追跡できなかった隠蔽のあるシーンに対して、提案方式を用いることで、検出・追跡が行えることを確認した。これにより、大きな隠蔽が頻繁に発生する混雑状況下での人数計測精度や人物追跡精度の向上が期待される。今後は統計学習ベースの技術とオプティカルフローベースの技術を併用することで、人物検出・追跡技術の更なる高精度化を目指す。また、姿勢推定技術の研究開発に着手し、行動認識技術の確立を目指していく予定である。◆◆

参考文献

- 1) 塚本明利, 他: 映像認識による広告効果測定支援システム「RESCAT」, OKIテクニカルレビュー第218号, Vol.78 No.1, p.32-35, 2011.
- 2) Phan Trong Huy, et al: Dense Optical-Flow Based Detection and Tracking of Individuals with Partial Occlusion Handling, SSII2014.
- 3) Dalal, Navneet, and Bill Triggs. "Histograms of oriented gradients for human detection". CVPR 2005.
- 4) Brostow, Gabriel J., and Roberto Cipolla. "Unsupervised bayesian detection of independent motion in crowds." Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference on. Vol. 1. IEEE, 2006.

● 筆者紹介

磯部翔: Sho Isobe. 研究開発センタ センシング技術研究開発部

増田誠: Makoto Masuda. 研究開発センタ センシング技術研究開発部