

論文審査の結果の要旨

氏名 中村克行

セキュリティの維持や公共空間における群集運動のコントロールなどのために、群集の中を歩行する人々の動きをリアルタイムにトラッキングし、そのなかから他とは異なる行動（要注目行動）を行う個人を抽出したいという社会的な要望は大変強い。従来こうした目的のためには監視カメラが多く利用されてきた。しかし、監視カメラから要注目行動を行う個人を人間オペレータが抽出することは労力のかかる作業であり、カメラの台数が増加すると現実的ではない。一方、隠蔽部の多い群集画像から個人個人をロバストに追跡することは容易ではなく、従来の追跡自動化手法も群集をなさず移動する少数の人間のトラッキングには成功しているものの、群衆内の個人のトラッキングには成功していない。こうした背景から、本論文は床面に設置されたレーザスキャナからレーザビームを水平に走査して歩行者をトラッキングする手法を開発すること、さらに CCD 画像センサを組み合わせることで個々の人間の識別も可能にすること、また追跡結果を利用して周辺の歩行者と異なる動作（要注目行動）を行う歩行者を自動抽出する手法を開発することを目的としている。本論文は 7 章からなっている。

第 1 章：序論

第 2 章：マルチレーザスキャナを用いた群集における歩行者追跡

第 3 章：レーザスキャナと画像センサの併用によるハイブリッド群集計測

第 4 章：群集における要注目行動の統計的認識

第 5 章：空間的行動特性の学習に基づく適応的行動認識

第 6 章：駅構内における群集流動解析への応用

第 7 章：結論

第 1 章は序論であり、研究の背景、既往研究の問題点、研究目的をまとめている。

第 2 章はマルチレーザスキャナを用いた群集における歩行者追跡であり、床面に設置された多数のレーザスキャナを水平に走査させることで、歩行者の足の位置を 10～30Hz 程度の時間間隔でリアルタイムに計測し、その計測結果をもとに群集の中の個別歩行者の移動を追跡する手法を提案している。具体的には近傍にあるレーザポイントを集約す

ることで足を抽出し、2足歩行モデルを基にしたカルマンフィルターを適用することで歩行者を連続的にトラッキングする。

第3章はレーザスキャナと画像センサの併用によるハイブリッド群集計測について説明している。これはレーザスキャナから抽出される個別歩行者の位置を画像に重畳し、さらにその移動速度・方向から歩行者がカメラをむいて歩いているシーンを同定し、歩行者の画像を切り出すものである。これにより各歩行者のいわゆるベストショットを自動的に抽出、アーカイブでき、レーザスキャナデータのみからでは困難な個人の外見の識別が可能となった。

第4章は群集における要注目行動の統計的認識であり、歩行者の歩行行動を軌跡と歩容により特徴付け、その特徴量をシングルクラス SVM により機械学習することで、教師データがなくても、要注目行動（その場における歩行者の一般的な特徴から逸脱した行動）を抽出する方法を開発した。

第5章は空間的行動特性の学習に基づく適応的行動認識である。前章で提案した機械学習の方法では通常行動と要注目行動との閾値は、学習の結果、対象地域全体で一定となる。しかし、駅などの公共空間においては行動の特徴は場所により異なる。たとえば直線通路では直線運動をするものが多いものの、改札口周辺では急な方向転換も多く見られる。そのため場所の特徴を抽出してクラスタリングすることにより、異なる行動特徴が発生するゾーンを時間的・空間的に同定し、そのゾーンごとに要注目行動の閾値を決定する手法を開発した。

第6章は駅構内における群集流動解析への応用であり、大規模駅コンコースにおいて実施された検証実験の結果をまとめている。群集中の個別歩行者の抽出、追跡精度、要注目行動の抽出精度などを検証し、高い精度を有していることを示した。

第7章は結論であり、結論と今後の課題を述べている。

以上まとめると本論文はレーザスキャナという新しいタイプのセンサを群集中の歩行者の追跡にきわめて有効に利用できること、さらに要注目行動を行う歩行者の自動識別が十分な精度で可能となることを、大規模な駅での実証実験を通じて明らかにした研究であり、新規性は極めて高く、さらに実利用への適用性も十分有している。このように空間情報科学への貢献は極めて大であり、博士（環境学）の学位を授与できると認める。