

審査の結果の要旨

氏名 中西航

公共空間の設計や流動制御をはじめとする様々な分野において人物挙動の詳細な把握が必要とされており、その自動観測手法構築への要請が高まっている。従来、人物追跡は主として動画像処理の一分野として行われてきたが、自動追跡は今もチャレンジングな課題である。人物追跡の難しさは、人物の色合いや形状などの観測データが時々刻々と変化することや、オクルージョンにより見えが変化する点にある。そのため、観測データからの人物位置抽出は不確実性を伴う問題である。一方、詳細な人物の動きを考慮した計画を策定するために、交通工学の分野で人物の挙動特性をモデル化したシミュレーションモデルの開発が行われている。しかし、歩行者挙動は加減速や方向転換などの自由度が高くモデル化は容易でないため、挙動を予測するモデルも不確実なものとならざるを得ない。このような不確実性の高い問題へのアプローチとして、数十年来、予測モデルと観測モデルを確率的に統合する理論が有効な手法として進展してきた。この理論は、予測モデルの性能を改善するとともに観測の誤差を修正することができるため、人物追跡手法との適合性が高いと考えられる。以上の背景の下、本論文は、色・距離情報を用いた観測モデルに対して歩行者挙動の予測モデルを統合し、複雑な状況下での新たな人物追跡手法を構築することを目的とするものである。

本論文では、人物追跡手法を、歩行者挙動を表す予測モデルとセンサから取得されるデータを用いた観測モデルとを統合して、人物位置を逐次推定していく枠組みとして定式化している。まず、予測モデルと観測モデルとを統合するデータ同化の枠組みを提示し、フィルタリング理論やベイズ統計との関連を踏まえながら理論的な整理を行っている。その結果を踏まえ、人物追跡手法の構築にあたって一般状態空間モデルの利用を検討し、同モデルの構成要素の設定方法、状態推定の方法、構成したモデルの評価方法および実装のための計算手法について検討している。その上で、一般状態空間モデルを本研究において人物追跡手法に適用する枠組みを示している。

この枠組みに基づき、基礎手法として人物挙動が従うシステムが時間・空間的に変化しない場合、拡張手法として人物挙動が従うシステムが時間・空間的に変化する場合の人物追跡手法をそれぞれ開発している。

基礎手法においては、一般状態空間モデルにおいてモデル化する必要がある構成要素に求められる要件を整理し、3つのモデルを構築した。これらモデルを統合したものが基礎手法となる。第一に、初期分布設定手法(人物抽出手法)を、事後分布を用いる新たな手法として開発した。第二に、システムモデル(歩行者挙動モデル)を、ミクロな行動特性を変数として組み込むとともに、逐次追跡を念頭に目的地を事前に外生的に与えないモデルとして構築した。第三に、観測モデルを、既往の画像処理手法の適用可能性を検証した上で構築した。

拡張手法においては、基礎手法において不変と想定したシステムモデルを逐次推定する手法を、一般状態空間モデルの枠組みにおいて開発している。モデル構造の候補の中からモデルを逐次選択する手法と、モデル構造が決定された状態でパラメータを逐次最適化する手法とを検証し、両手法を基礎手法に統合することにより拡張手法とした。色・距離情報に基づき人物を自動追跡し動線データを取得するとともに、その動線データを用いて予測モデルとパラメータを逐次推定し、人物挙動モデルを最適化する手法となる。開発した拡張手法を実データに適用し、その有効性を確認している。また、適用結果から推察される人物の行動特性について、実データにおける状況との比較を通し、歩行空間設計時や人物挙動観測時に着目すべき観点を示唆として示している。

以上の通り、本論文では、人物挙動の詳細把握に向けた新たな人物追跡手法を開発した。ミクロスケールにおいて人物挙動の予測・観測の両手法を統合する枠組みを構築し、実データへの適用を通して、人物挙動が時間・空間によって異なる特徴を示す場合にも人物自動追跡手法が有効に機能することを示した。また、適用結果からは、今後の空間設計や流動制御に対する示唆が得られた。以上の成果より、提案手法は歩行空間のより詳細な評価・分析に資するものであるといえる。さらに、提案手法における予測モデル・観測モデルの両手法を統合する枠組みは、構成要素として定義される複数の確率モデルを組み合わせるという汎用性の高いものである。従って、提案手法を用いれば、今後の両手法の進展によって人物挙動に関するさらなる知見の蓄積が可能となるなど、様々な評価・分析対象における詳細な人物挙動把握手法への展開に貢献することも期待される。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。