

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：12601
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2010 ～ 2012
 課題番号：22760401
 研究課題名（和文） 多様なモデルを統合した群集内における人物の動態認識手法の開発
 研究課題名（英文） Development of multiple human tracking technique under complex situations by integrating various models
 研究代表者
 布施 孝志（FUSE TAKASHI）
 東京大学・大学院工学系研究科・准教授
 研究者番号：80361525

研究成果の概要（和文）：本研究では、複雑な状況における複数人物の動態認識手法の構築を行った。ステレオビデオカメラにより同時取得された色情報と距離情報に対して、それぞれの確率モデルを導入することにより、人物抽出・追跡手法を開発した。さらに、歩行者挙動の予測シミュレーション手法を離散選択モデルに基づき構築した。これらを、一般状態空間モデルの枠組みにおいて確率的に統合し、逐次的処理による追跡手法を構築した。提案手法を駅改札付近における実観測データに適用し、その有効性を確認した。

研究成果の概要（英文）：We propose a new method of multiple human tracking under the complex situations. By using color and range information acquired by stereo video cameras, stochastic models for human extraction and tracking are developed. Additionally, simulation model of pedestrian behavior is also developed based on a discrete choice model. According to the above models, we develop a method as a stochastic process, integrating them on the framework of general state space model. We apply the proposed method to the data acquired at the ticket gate of the railway station and confirm the high performance of the method.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

キーワード：モニタリング、画像認識、計測工学、交通工学・国土計画、シミュレーション工学

1. 研究開始当初の背景

駅構内、駅前広場、横断歩道といった公共空間での人物の動きの解析、それらの結果に基づく施設設計や流動制御への応用、商業施設における顧客動線の取得によるマーケティング分析、監視・防犯システム等、多岐に

わたる分野において、群集内における詳細な人物の動きの把握に対する需要が高まっている。例えば、横断歩道における人物の流れの解析においては、群集における個人の動きを把握することにより、群集の密度と個人の動きや群集化との関係性を議論することが

可能となり、より効率的に人物の流れを制御するための方策への貢献が期待される。これらの応用対象は、いずれも複数人物が存在している状況において、個人の動きを認識しなければならない。また、近年のセンシング技術の発展からも、詳細な人物の動きの自動観測手法の構築への要請が高まっている。

比較的狭域において、複数人物が存在している状況での個々人の動きを観測するために、従来は一般的に、ビデオカメラによる観測が行われてきた。ビデオカメラによる観測では、低コスト、目視判定の容易さが利点である一方、人物相互の遮蔽（オクルージョン）が発生した場合には、自動追跡が非常に困難となる。オクルージョンの問題に対する画像認識手法は、現在もチャレンジングな課題となっている。オクルージョンの問題に対処するために、レーザースキャナを用いた距離情報による人物抽出手法も開発されている。レーザースキャナによれば、混雑時においても安定的に人物の抽出が可能であるが、人物の外観を把握することはできないため、同一人物を同定することが困難となる。そのため、両者を補完する手法が望まれる。

一方で、詳細な人物の動きを考慮した計画を策定するために、歩行者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も行われている。近年、歩行者シミュレーションモデルの進展は著しく、蓄積も進んできたところである。上記の観測手法に加え、これらのシミュレーションを統合することにより、より安定した人物の動態認識手法へとつながることが考えられる。さらには、シミュレーションや観測手法の発展が期待される。

2. 研究の目的

公共空間における施設設計や流動制御のために、群集内における詳細な人物の動きの把握に対する需要が高まっている。詳細な人物の動きを把握するために、従来は一般的に、ビデオカメラによる観測が行われてきた。ビデオカメラによる観測では、低コスト、多数の設置可能性、目視判定の容易さが利点である一方、複数人物の存在する状況下で、個々人の動きを自動認識することは、未だ困難な課題となっている。

本研究では、画像の色情報に加え、ステレオビデオカメラなどで取得される距離情報を用いて、色の変化や人物の形状をモデル化し、さらには、歩行者挙動のシミュレーションモデルも付加し、各モデルを時系列モデルの中で統合することによる、群集内での人物の動態認識手法を構築することを目的とする。さらに、広域のサンプリングデータに対し、局所領域での観測データを用いることにより、人の分布状況推定法を検討する。

3. 研究の方法

群集内での詳細な人物の動態認識手法は、基本的には、各種モデルにより構成される人物位置の確からしさ（尤度）を統合した複数人物抽出・追跡手法となる。

モデル構成の前提となる動画像情報と距離情報の同時取得手法を開発し、動画像情報、距離情報それぞれを用いた人物位置の尤度をモデル化する。それらのモデルを統合し、単一人物から複数人物の抽出・追跡へ拡張した手法を構築する。さらに、安定的な追跡を実現するために、シミュレーションモデルの導入を行う。具体的には、以下の通りである。

(1) 動画像情報と距離情報の同時取得手法の開発

距離情報を取得する方法としては、ステレオビデオカメラなどによる方法が挙げられる。動画像から3次元計測を行うため、ステレオマッチング手法が必要となる。人物の動態認識への適用要件を整理し、動画像および距離情報の同時取得手法を構築する。

(2) 動画像情報と距離情報による人物モデルの比較分析

動画像・距離情報を用いて、ある時刻における人物位置の確からしさ（尤度）をモデル化することにより、人物追跡手法を開発する。動画像情報からは、前フレームの人物位置における色分布から、着目フレームの色分布の類似度をモデル化する。このモデルに対しては、オクルージョンの問題等も考慮し、ヒストグラムマッチングやブロックマッチング等の比較を行う。距離情報からは、前フレームの人物位置における人物形状から、着目フレームの人物形状の類似度をモデル化する。ここでは、人物の形状を簡便な形状で仮定することにより、その形状を比較する。

(3) 動画像情報と距離情報を統合した人物追跡手法の構築

(2)で分析したモデルを、時系列分析において用いられる一般状態空間モデルの中で統合することにより、人物追跡手法を構築する。まず、一つのモデルを一人に対応させて適用する基礎的な分析を行い、その結果を踏まえて、複数人物の追跡を同時に行うモデルへ拡張する。

(4) 人物の出現に対応した手法の拡張

観測領域における人物の出現に対応した手法への拡張を行う。画像縁辺部における人物出現のモデル化とともに、適宜距離情報を用いることにより、認識の安定化を図る。この人物出現モデルを、追跡手法の初期値決定問題と位置づけ、全体の枠組みと整合した手法への改良を行う。

(5) 人物挙動特性を考慮したシミュレーションモデルの開発

人物の相互作用等、その挙動特性を導入するために、シミュレーションモデルを導入する。最初に、セルオートマトンや離散選択モデル等の比較分析を行う。比較分析の結果を踏まえ、(3)で構築した手法にシミュレーションモデルの導入手法を開発する。本手法を、基礎実験を通じて課題を明確化し、特に、従来考慮されていない、複雑な状況下における逐次追跡のために、適切なシミュレーションモデルへの改良を行う。

(6) 複雑な状況における適用実験および応用可能性の検討

これまで開発・改良を行った手法を全て統合し、群集内における人物の動態認識手法を構築し、複雑状況下での適用実験を行う。ここでは、駅構内等での、人物の動きが錯綜する状況を想定し、構築手法の有効性の検証を行う。検証には、実データを用い、その適用可能性の評価を行うものとする。さらに、認識結果を用いた現象分析の応用を試行し、その実現可能性を検討する。ここでは、広域におけるサンプリングデータである人の分布状況に対し、局所的な観測であるデータの統合手法もあわせて検討する。

4. 研究成果

本研究では、動画像の色情報に加え、距離情報を用いて、色の変化や人物の形状をモデル化し、歩行者挙動のシミュレーションモデルも付加し、各モデルを時系列モデルの中で統合することにより、群集内での人物の動態認識手法を構築した。

具体的には、ステレオビデオカメラにより、動画像から距離情報を取得するため、ステレオマッチング手法の整理・実装を行った。ステレオビデオカメラによれば、色情報と距離情報を同時に取得することができる。そのため、両情報に対する前フレームと現フレームのマッチング手法のレビューを行い、人物の動態認識手法への要件を整理した。要件に従って、色分布の類似度と形状モデルと距離情報の類似度をモデル化した。色分布の類似度として、カラーヒストグラムマッチングを用いた。また、形状モデルとして楕円体モデルを採用し、この楕円体と観測距離情報の形状の近さから類似度を定義した。本モデルの特性を基礎実験により確認し、モデルの改良を行った。例えば、人物を表現する楕円体モデルへの投影方法、および観測情報の識別手法を開発した。このモデルを、時系列分析において用いられる一般状態空間モデルに尤度として導入した。

追跡に加えて、初期フレームにおける人物

の出現モデル、自動抽出手法を検討した。開発に先立ち、物体認識手法のレビューを行った。その結果に基づき、色・距離情報から人物の存在を確率的に表現する手法を開発した。人物存在確率推定を、これまでに構築した追跡手法の初期値決定問題と位置づけ、抽出・追跡手法の統合を行った。抽出手法においては、主に距離情報に基づいた事前確率を設定し、さらに色・距離情報を考慮することにより確率更新して事後確率を推定し、その更新結果を初期確率分布とするものである。また、追跡初期段階において誤認識を識別し、抽出・追跡精度の向上をはかった。

さらに、人物挙動特性を考慮したシミュレーションモデルのレビュー・整理を行った。ここでは、離散選択モデル、エージェントシミュレーション、セルオートマトンモデル、物理法則を応用したモデルを比較した。特に、公共空間で適用可能性に着目し、人物の相互作用等をも考慮した離散選択モデルの適用可能性を評価し、モデルの改良を行った。この改良においては、従来のモデルにおいて導入していた人物の目的地の項目が取得困難なことから、目的地を含まないモデルを構築した。特に、周囲の歩行者の流れへの同調、付近の歩行者の回避、前を進む歩行者の減速に対する回避の項を導入することにより改良を行った。モデルパラメータを推定した結果、速度変更は、回避行動により一時的に低下した速度を復元する加速行動であること、周囲の歩行者の流れへの同調に関する項が支配的であることを確認した。

以上を最終的に統合し、人物の動態観測手法として構築した。提案手法を、駅構内で撮影した実動画像に適用した。適用対象は、朝ラッシュ時の人物の動きが錯綜する状況である。その結果、十分な追跡が可能であることを確認した。また、応用可能性の検討とあわせて、広域サンプリングデータである人の分布状況に対する局所詳細データを用いた空間内挿手法の可能性を確認した。

本研究の成果は、今後の詳細観測の進展と、マイクロなシミュレーションの発展、さらには、両者の協調的な進歩に貢献するものと位置付けられる。例えば、シミュレーションモデルの開発のためには、モデルのキャリブレーションや再現性評価のため、人物の動きの観測結果が必要不可欠となる。詳細な観測データがシミュレーションモデルの精緻化を促進するとともに、シミュレーションモデルの精緻化が、認識手法の精度向上に寄与するといった、観測手法とシミュレーション手法の融合による、正のスパイラルも期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計9件)

- ① 布施孝志、中西航、歩行者挙動モデルを統合した人物自動追跡手法の構築、土木学会論文集 D3、査読有、Vol. 68、No. 2、2012、92-104
- ② Wataru Nakanishi、Takashi Fuse、Multiple Human Tracking in Complex Situation by Data Assimilation with Pedestrian Behavior Model、The International Archives of the Photogrammetry、Remote Sensing and Spatial Information Sciences、査読無、Vol. 39-B3、2012、409-414
- ③ Takashi Fuse、Shoya Nishikawa、Yuki Fukunishi、Verification of Image Based Augmented Reality for Urban Visualization、The International Archives of the Photogrammetry、Remote Sensing and Spatial Information Sciences、査読無、Vol. 39-B4、2012、183-188
- ④ 布施孝志、交通事故・渋滞をとめる、日本機械学会誌、査読無、Vol. 115、No. 1123、2012、36-37
- ⑤ 中西航、布施孝志、観測モデルと事後確率を用いた人物抽出手法、日本写真測量学会平成24年度秋季学術講演会発表論文集、査読無、2012、71-74
- ⑥ 中西航、布施孝志、シミュレーションモデルを導入した複数人物の自動追跡、日本写真測量学会平成23年度年次学術講演会発表論文集、査読無、2011、59-62
- ⑦ 中西航、布施孝志、歩行者挙動モデルの人物自動追跡への応用可能性、土木計画学研究・講演集、査読無、Vol. 43、2011、CD-ROM
- ⑧ 布施孝志、多様な観測手法による人の動態把握、測量、査読無、Vol. 61、No. 1、2011、8-13
- ⑨ Takashi Fuse、Kazuhiko Makimura、Toshiyuki Nakamura、Observation of Travel Behavior by IC Card Data and Application to Transportation Planning、International Archives of the Photogrammetry、Remote Sensing and Spatial Information Sciences、査読無、Vol. 38、Part4、2010、CD-ROM

[学会発表] (計6件)

- ① Wataru Nakanishi、Takashi Fuse、Multiple Human Tracking in Complex Situation by Data Assimilation with Pedestrian Behavior Model、The XXII Congress of the International Society

for Photogrammetry and Remote Sensing、2012年8月25日-2012年9月1日、Melbourne、Australia

- ② Takashi Fuse、Shoya Nishikawa、Yuki Fukunishi、Verification of Image Based Augmented Reality for Urban Visualization、The XXII Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing、2012年8月25日-2012年9月1日、Melbourne、Australia
- ③ 中西航、布施孝志、観測モデルと事後確率を用いた人物抽出手法、日本写真測量学会平成24年度秋季学術講演会、2012年11月1日-2012年11月2日、秋田アトリオン、秋田県
- ④ 中西航、布施孝志、シミュレーションモデルを導入した複数人物の自動追跡、日本写真測量学会平成23年度年次学術講演会、2011年5月23日-2011年5月24日、東京大学生産技術研究所、東京都
- ⑤ 中西航、布施孝志、歩行者挙動モデルの人物自動追跡への応用可能性、第43回土木計画学研究発表会、2011年5月28日-2011年5月29日、筑波大学、茨城県
- ⑥ Takashi Fuse、Kazuhiko Makimura、Toshiyuki Nakamura、Observation of Travel Behavior by IC Card Data and Application to Transportation Planning、Special Joint Symposium of ISPRS Technical Commission IV and AutoCarto 2010、2010年11月15日-2010年11月19日、Orlando、Florida、USA.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

布施 孝志 (FUSE TAKASHI)
東京大学・大学院工学系研究科・准教授
研究者番号：80361525

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：