

機関番号：15101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656248

研究課題名(和文) 混雑下にある変形移動体の確率モデルに基づく大規模流れ計算に関する研究

研究課題名(英文) Research on Computing Based on Stochastic Model of Motion Flows in Crowded Scenes

研究代表者

近藤 克哉 (KONDO, Katsuya)

鳥取大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00295750

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円、(間接経費) 540,000円

研究成果の概要(和文)：大規模な数の人や生物の動きを解析することで種々の新たな知見が得られると期待されているが、混雑場面下での移動体の流れの解析は、相互近接、接触下での高度な個々の区別、頻繁に発生する隠蔽など解決すべき課題が多い。そこで本課題では、動きを確率モデルを用いて時空間で解析し、また物体の形状や輝度分布に着目することで、混雑下で大規模流れの推定解析できる新たなシステムを提案した。理論と実験から、混雑して存在する変形移動体の高精度な検出、追跡および挙動評価できることを示した。

研究成果の概要(英文)：Motion analysis of huge number of living objects in crowded scenes provides a new insight to us. However, it is generally difficult to detect and track moving objects in such scenes, and a analysis of object's flows is a very challenging task. In this research, we focused on stochastic model of motion flows, object's shape and intensity distribution. And we proposed a system for individually tracking many objects in crowded scenes. This method applies Dirichlet Process Hidden Markov Model to the optical flows of moving objects. Each object is detected by calculating quadratic form of adaptive ring filter output and it is classified by support vector machine. The principal and experimental results showed that the huge flows can be analyzed, and each object can be individually tracked in such scenes.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・システム工学

キーワード：システム情報処理 動線解析 ベイズ理論 階層ディリクレ過程

1. 研究開始当初の背景

大規模な数の人や生物などの動きや行動を解析することが近年注目されているが、大規模な数・群集の場合には、疎な環境とは異なり、相互近接、接触下での高度な個々の区別、頻繁に発生する隠蔽などの課題に対処する必要がある。これらの課題を解決できる精度の高い自動解析が望まれている。近接・接触・変形を伴う大規模な数の移動体評価を、人手によらずに高精度に計算機自動処理によって達成することは、バイオ分野への応用、安全社会の実現など世界的なこれからの高い Quality of Life の実現のため有用である。

2. 研究の目的

本課題ではラッシュ時の駅構内やイベント会場など混雑下における人物、魚や鳥の群れ、幹細胞の成長過程を記録した動画像のように混雑下にある人や生物の数と動きを推定するための手法を提案する。

動きは次の大きく2つに分類される。第一は集団がローカルには共通の方向に動いており、その動きが短い時間では大きく変化しない場合で、鰯の魚群や一部の細胞の振る舞いにも、この動きが見られる。図1(a)はマラソンでの人の動きで、組織化され一様である。

第二は集団の動く方向が異なり、時間経過とともに動く方向が変化する場合である。図1(b)はスクランブル交差点での人混みの動きで、一部に、動きが組織化されず非一様な領域を含んでいる。

さらに、他と異なる動きの検出や、同じ動き・流れの特徴分析を行い、移動体の特徴記述を用いて検出・追跡のための計算機自動解析処理を行う。また、提案した手法を用いて、流れの分析、渋滞の態様分析などへ展開する。



図1(a) マラソンでの人の動き



図1(b) 交差点での人の動き

3. 研究の方法

本課題では、ディリクレ隠れマルコフモデル

による確率的モデル化を行い、場面の動き情報を推定する。とくに大規模な数の変形移動体を含む場面を設定するため、混雑下での相互近接や頻繁に発生する隠蔽を解決する必要がある。このため、変形移動体の形状やその二次元輝度分布の外形特徴像を用いて、近接・接触下においても高度に個々を区別して精度の高い検出を行う。またサポートベクターマシンの分類技術を用いて、定義する特徴記述に基づく分類処理を行う。提案手法を図2に示す。

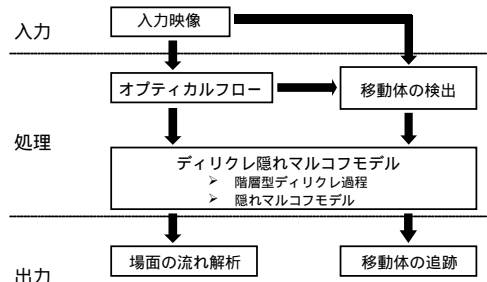


図2 提案手法

大まかな手順は以下のとおりである。

(1) 確率的モデルによる場面の流れの解析

場面全体におけるオプティカルフローから、図3のディリクレ隠れマルコフモデルを用いて、混雑下における大規模流れの解析を行い場面の流れを得る。

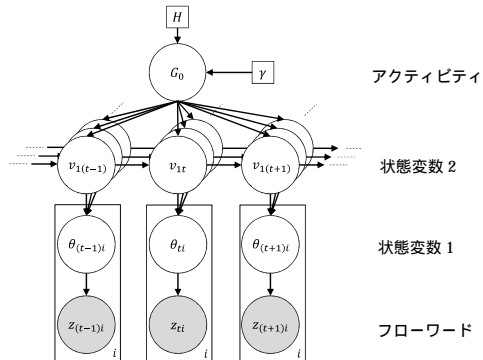


図3 ディリクレ隠れマルコフモデル

ディリクレ隠れマルコフモデルに入力するフローワードを場面から作成する。オプティカルフローは、コードブックによりベクトル量子化し、数秒単位の時間クリップにまとめフローワードとする。同じ時間クリップで共起しているフローワードを、アクティビティとしてモデル化する。アクティビティは空間的な流れのパターンを表現する(図4)。

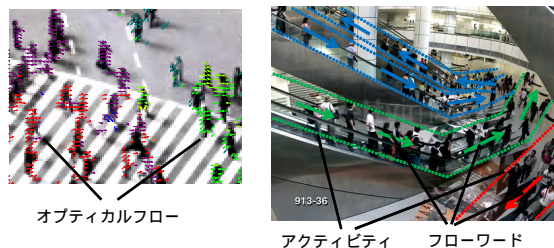
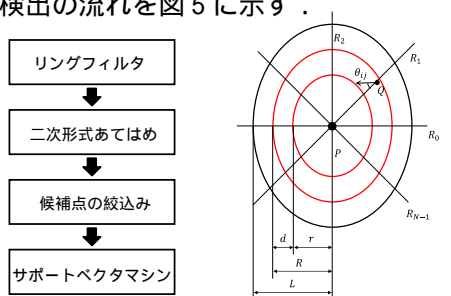


図4 アクティビティ

図3のディリクレ隠れマルコフモデルは、隠れマルコフモデル(HMM)を階層ディリクレ過程の中に組み込んだモデルであって、HMMが階層ディリクレ過程に並列した構造をもつ。このモデルは、階層ディリクレ過程の出力に基づいて、自動的にHMMの数と状態を求めることができ、アクティビティの時空間的な依存性を知ることができ、揺らぎを吸収して処理できる特徴を持っている。

(2)変形移動体への対処

変形移動体は近似的には楕円形状と考え、これを二次形式にあてはめることで、形状を近似表現する。とくに楕円長軸、短軸、さらに各候補点を持つ極値と曲率の最大値、曲率の最小値を用いて、これらの特徴量をサポートベクターマシンに入力することで分類する。検出の流れを図5に示す。



(a) 識別手順 (b) リングフィルタ
図5 二次形式近似による識別

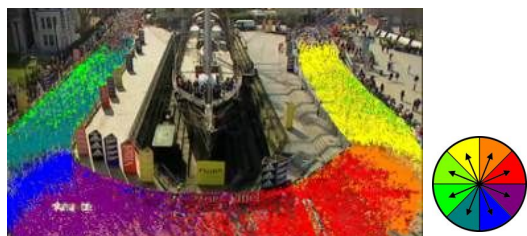
(3)移動体個々の追跡

(2)で得られた結果とオプティカルフローの対応付けから、個々の動きベクトルを決定する。動きベクトルは、ディリクレ隠れマルコフモデルに入力され、移動体個々の動線が得られる。

(4)規則的な動きを持つ混雑場面の解析例

規則的な動きを持つ混雑場面として図6のマラソン映像を解析した。ディリクレ隠れマルコフモデルによって得られた場面の流れの解析結果を図6(a)に示す。この映像では人が左上から左下に動き、次に右下、最後に右上に動く規則的な流れが発生しており、各動き方向毎に分かれていることがわかる。

個々の追跡結果を図6(b)(その拡大を図6(c)-(e))に示す。これから隠蔽や近接などに対しロバストに追跡できており、コースを順方向に走る人だけでなく、逆走している人がいることがわかる(図6(d))。



(a) 場面の流れ解析 (右図は動き方向)

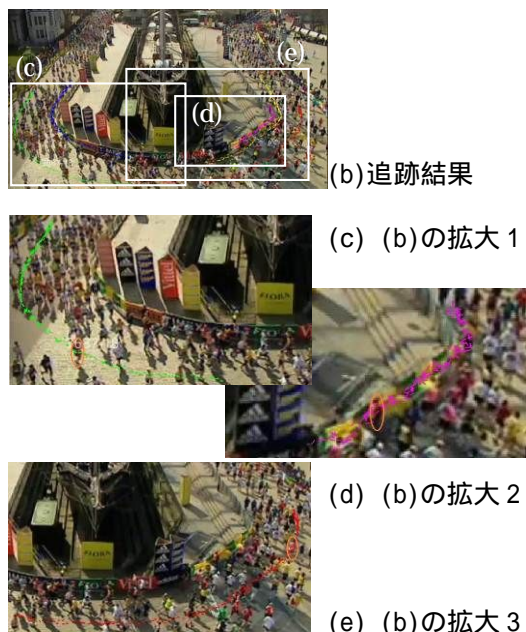
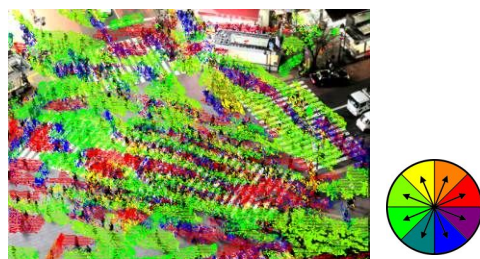


図6 規則的な動きの追跡

(5) 不規則な動きを持つ混雑場面の解析例

不規則な動きを含む混雑場面として横断歩道映像を解析した。ディリクレ隠れマルコフモデルによって、時間経過で変化する流れは、大まかには3つに分類された(図7(a))。そして個々の追跡結果は、図7(b)(その拡大を図7(c), (d))に示されるように、非常に密な混雑状況下においても移動体個々の動線が描かれていることがわかる。



(a) 場面の流れ解析 (右図は動き方向)



(b) 追跡結果



(c) (b)の拡大1 (d) (b)の拡大2

図7 不規則な動きの追跡

(6) 挙動評価への展開

大規模流れ解析を用いた態様分析の一例として混雑状況を分析した。混雑の程度は、向きの異なる流れの衝突、前方の動きよりも後方の動きが大きいなどの移動体の動きの状況を分析評価することで得られる。この手法では移動体個々の静的な密度ではなく動きの大きさと方向に基づいて混雑の有無を計算できる点が特徴である。例えば密度が高くても、集団のなかの個々の動きが相互に同じであれば、混雑していないと判定する。

マラソンレースの分析結果(図8)から、混雑は直線コースではあまり発生せず、カーブの場所で多く発生していることが確認できる。このことから、提案手法がよく機能していることがわかる。



図8 混雑分析(白の領域:混雑箇所)

4. 研究成果

(1) 2012年~2013年度の期間全体を通じ、課題目的である混雑した環境下における近接・接触・変形を伴う移動体の流れを推定解析できる新たなシステムを構築し、その有効性を示した。これにより、一般に困難といわれる非常に密な環境下において個々の追跡を精度よく実現した。提案手法では、とくに相互近接や隠蔽などの問題を解決するため、以下の構成として課題目的を達成した。

階層型ディリクレ過程と隠れマルコフモデルを結合した確率的モデリング

移動体の特徴記述(形状・輝度分布)に基づく精度の高いターゲット候補の抽出と選別

二次形式当てはめによる変形移動体への対処

個々の挙動評価への展開

(2) 主な具体的成果は以下のとおりである。

階層型ディリクレ過程自体は空間的な状態遷移のみを表現するため、階層型ディリクレ過程を隠れマルコフモデルの中に統合したディリクレ隠れマルコフモデルを用いて、時間的な遷移も同時に表現した。これにより混雑下にある個々の各時刻での動きを求め、個々の軌跡表現を達成した。輝度画像にリングフィルタ処理を適用することによりターゲット候補を抽出し、抽出された候補個々の特徴記述を二次形式表現によって、輝度分布に基づく曲率を求め、個々の外形的特徴を合理的に表現し、変形移動体を対象にした流れ計算に成功した。

で求められた個々の特徴記述からサポートベクターマシンを用いて候補の中に含まれるノイズを除去してターゲットのみの精度の高い選別を可能にした。

そして変形移動体の動線を捉えられることを明らかにし、混雑の状況なども分析評価できることを示した。

(3) 今後の展開

提案した大規模な流れの解析手法は、その原理から解析対象を限定するものでなく、適用範囲は広い。近年とくに活発な国内外のバイオ情報学分野などをはじめ、大規模な数の人や生物を対象にした動きの解析評価に強い関心が集まっている。この解析から新たな知見が種々得られると期待されているが、従来、難しい問題を含んでいた。本成果は人の動線解析や細胞の系譜情報獲得のための有用な手段となり得るため、計算時間短縮なども含め、さらに展開したいと考えている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

近藤克哉, 岡本拓也, 混雑下にある移動体の依存ディリクレHidden Markov Modelによる追跡, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, vol.113, No.467, pp.27-30, 2014.

岡本拓也, 近藤克哉, 依存ディリクレHMMを用いた混雑下における大規模流れの検出, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, vol.112, no.207, pp.23-28, 2012.

Takuya Okamoto, Katsuya Kondo, Huge Flow Analysis in Unstructured Crowded Scenes using Dependent Dirichlet Process HMM, Proceedings of International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, 査読有, E-T3-02 (4 pages), 2012.

[学会発表](計2件)

近藤克哉, 鼻息検査装置など画像解析技術の医療・バイオ応用, 平成26年度山陰(鳥取・島根)発新技術説明会(科学技術振興機構, 鳥取大学等主催), 2014年7月4日, 大阪商工会議所.

近藤克哉, 依存ディリクレ隠れマルコフモデルによる変形移動体の大規模流れ計算, バイオイメージ・インフォマティクスワークショップ2014, 2014年6月9日~10日, 愛知県岡崎コンファレンスセンター.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

近藤 克哉 (KONDO, Katsuya)

鳥取大学・工学研究科・教授

研究者番号: 00295750