

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00231

研究課題名(和文) 集団行動解析のための時空間統計モデリング法の展開

研究課題名(英文) Spatiotemporal modeling for group behavior analysis

研究代表者

川本 一彦 (Kawamoto, Kazuhiko)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：30345376

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ビデオ映像を用いた集団行動解析のための時空間統計モデリング法を開発している。位置情報だけでなく行動情報も扱える統計モデルおよび推定法を開発し、行動解析に必要な人物間あるいは人物・環境間に内在する近接関係をデータに基づいて推定する方法を構築している。監視カメラ映像に対する人物移動予測および一人称カメラ映像からの行動認識に適用し、提案手法の有効性を示している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

時空間統計学は、地下資源の埋蔵量推定や土地価格の予測・内挿推定等を目的に、地球統計学や空間計量経済学の分野で独自に発展しており、従来の統計学に対して「位置情報」を明示的に扱うという点で特色がある。本研究は、このような理論研究とコンピュータビジョン分野で発展しているビデオ解析・認識技術を組み合わせるための方法を研究し、複数人物の移動予測に適用した。このような研究は、カメラを用いた安全・安心のための基礎技術として応用することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we develop a spatio-temporal statistical method for group behavior analysis using videos. The proposed method estimates proximity relationships between people or between people and their environment using not only location information but also attribute information. We show that the effectiveness of the proposed method by applying our method to two applications: people movement prediction using surveillance camera images and first-person activity recognition from wearable camera images.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：集団行動解析 時空間統計モデル 人物移動予測 行動認識

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

「個人から集団」へと人物行動解析のターゲットがこの10年で大きく変化している。その背景には、単一人物に対する検出・追跡の技術が飛躍的に向上し研究対象から外れてきていること、現実の応用では単一人物よりも複数人物あるいは集団を対象にする必要があること、集団特有の難しさがあり学術・技術的にもチャレンジングであること、などが挙げられる。個人から広範囲にデータを収集できる環境が整いつつある現代において、集団行動解析の高度化は今後ますます重要になっていくと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、ビデオ映像を用いた集団行動解析のための統計モデリング法を系統的に開発するための方法を確立し、その有用性を工学的に実証する。本研究の特色は、「位置情報」および「行動情報（人物に付与されるラベル等）」を統計モデルに組み込み、集団行動の記述に必要な人物間あるいは人物-環境間に内在する近接関係をデータに基づいて推定する仕組みを構築することにある。そのために、地球統計学や空間計量経済学で独自に発展してきた時空間統計学を理論基盤としつつ、集団行動解析のための時空間統計モデリング法を展開する。この展開により、コンピュータビジョンで開発されてきた要素技術（人物検出や行動認識等）を集団行動解析に向けて統合することができ、コンピュータビジョン技術をより深化させることができる。

3. 研究の方法

本研究では、クリギングとよばれる統計的空間予測・補間法を導入し、複数の人物移動軌跡の間にある空間相関を扱える空間統計モデルを開発し、人物移動予測タスクに応用する。クリギングでは、観測値が与えられていれば任意の非観測地点において信頼区間を持った推定が可能である。本手法では事前に対象空間における人物の移動履歴から空間相関を学習し、構築したモデルに基づいて人物移動予測を行う。予測は線型方程式を解くだけで実現できる。実験では時空間相関を取り入れた場合の予測、対象空間に非定常性を仮定した場合の予測、ピクセル座標系での予測、座標取得間隔を変えた場合の予測など様々な条件下で行い、クリギングの予測性能を検証する。

さらに、人物移動データに行動属性を与えるために、ウェアラブルカメラを用いた一人称視点映像からの行動認識のための深層モデルも開発した。一人称行動認識では深層学習モデルを十分に学習するためのデータセットを収集することは一般に困難であることから、物体認識と動作認識のタスクを同時に解くマルチタスク学習を導入した。マルチタスク学習とはある1つの学習モデルで複数のタスクを解くように学習することであり、簡単なタスクが複雑なタスクを補助するように学習が進むため、擬似的なデータ拡張や特徴選択の働きをもたらす。さらに、深層学習モデルの学習のためのデータ拡張についても取り組み、CG画像合成やデータ補間法によるデータ拡張法を提案している。

4. 研究成果

クリギングによる人物移動予測に対して、図1（上段）で示す実動画のデータセットを用いて提案手法を評価した。これらのデータセットはインターネット上に公開されている。

図1（下段）に示すのは、それぞれのデータセットの人物移動軌跡群から、提案する時空間統計モデルによって予測した人流予測をHSV色空間上で可視化したものである。画像中の矢印は、格子上の位置での人流を表したものである。

提案モデルは、複数人物に対する予測成功率で評価した。ここで予測成功とは、ある人物移動の実測値と予測値の誤差がある時刻でしきい値以内として定義した。実験結果では、数秒程度の予測であれば100人から200人の人物移動に対して90%以上の予測成功率を達成した。

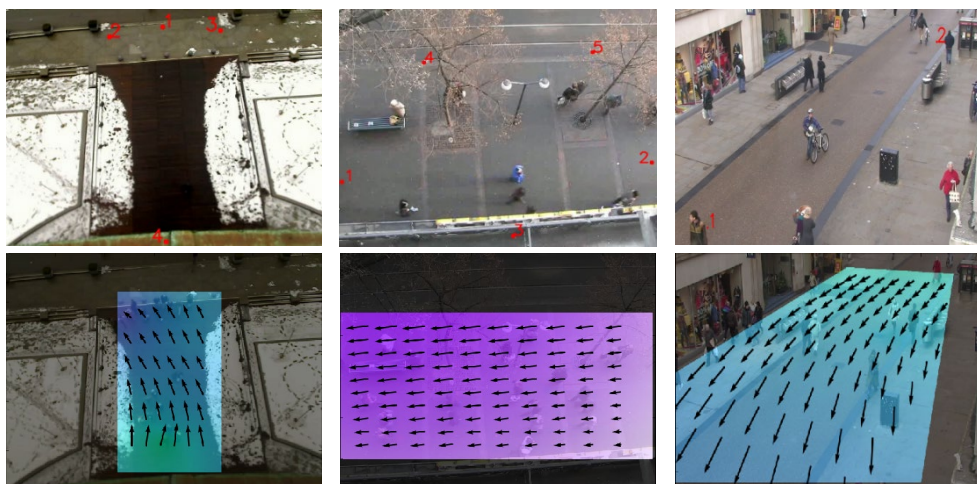


図1 評価用画像例（上段）、クリギングによる人流予測（下段）

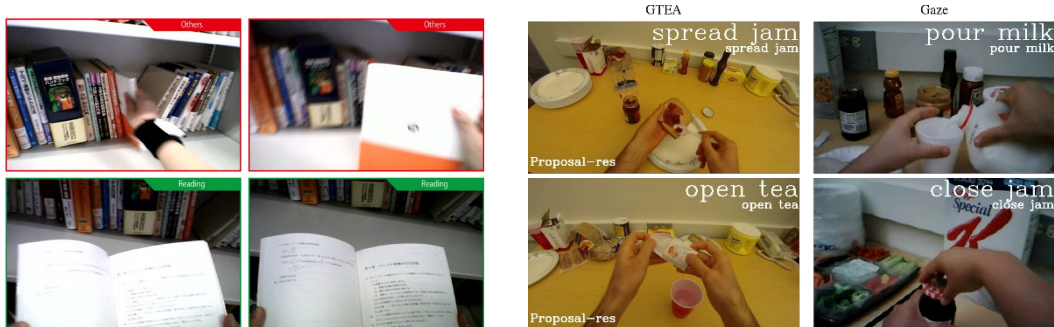


図2 一人称行動認識の結果例

人物移動予測と並行して開発を進めた一人称行動認識については、それ自体の性能を評価し、条件によっては、従来手法と同等あるいは上回る結果が得られた。図2には、一人称行動認識の結果例を示す。図2の左側は立ち読みビデオの例で、読書をしているかいないかについて認識している。図2の右側は料理ビデオで、料理動作と対象物を同時に認識している。このようなシステムを開発することによって、個人に行動ラベルを与えることができるようになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Segawa Yuta, Kawamoto Kazuhiko, Okamoto Kazushi	4. 巻 2018
2. 論文標題 First-person reading activity recognition by deep learning with synthetically generated images	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 EURASIP Journal on Image and Video Processing	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s13640-018-0272-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yuki Nakahira, Kazuhiko Kawamoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Generative adversarial networks for generating RGB-D videos	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of Asia-Pacific Signal and Information Processing, Association Annual Summit and Conference	6. 最初と最後の頁 1276-1281
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.23919/APSIPA.2018.8659648	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Shunpei Kobayashi, Kazuhiko Kawamoto	4. 巻 -
2. 論文標題 First-Person Activity Recognition by Deep Multi-task Network with Hand Segmentation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of ISCIIA&ITCA	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kazuhiko Kawamoto, Yoshiyuki Tomura, Kazushi Okamoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Kriging-based prediction and interpolation for modeling pedestrian dynamics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/IFSA-SCIS.2017.8023264	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kazushi Okamoto and Kazuhiko Kawamoto	4. 巻 29
2. 論文標題 First Person Vision Based Prediction of Information Seeking and Use behavior in Library	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 574-578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://doi.org/10.3156/jsoft.29.2_574	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計19件(うち招待講演 1件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 中平有樹, 川本一彦
2. 発表標題 デブスからカラーへのドメイン変換を用いたGANによる動画生成
3. 学会等名 情報処理学会CVIM研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野曜平, 川本一彦
2. 発表標題 条件付きGANによるクラス間補間画像を用いたデータ拡張
3. 学会等名 第21回画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村伊吹, 川本一彦
2. 発表標題 一人称行動認識のための深層マルチタスクモデルアーキテクチャ
3. 学会等名 第21回画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中平有樹, 川本一彦
2. 発表標題 RGB-D動画生成のためのGAN
3. 学会等名 情報処理学会CVIM研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 斎藤恭兵, 川本一彦
2. 発表標題 マルチドメイン学習による複数物体追跡
3. 学会等名 情報処理学会CVIM研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryosuke NAKAISHI, Kazuhiko KAWAMOTO
2. 発表標題 Data Assimilation for Pedestrian Tracking Using Deep Convolutional Neural Network
3. 学会等名 5th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuhiko Kawamoto
2. 発表標題 Vision with Deep Learning for Data Assimilation,
3. 学会等名 the 5th international workshop on frontier of science and technology and the 5th international workshop on advanced computational intelligence and intelligent informatics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川上倫人, 川本一彦
2. 発表標題 モーションキャプチャデータとcGANを用いた人物動作ビデオの生成
3. 学会等名 第32回信号処理シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中石涼介, 川本一彦
2. 発表標題 DCNNを用いた人物追跡のためのデータ同化
3. 学会等名 第20回画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河野曜平, 川本一彦
2. 発表標題 GANを用いたデータ拡張
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 Vol. 2017-CVIM-207, No.14
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村伊吹, 川本一彦, 岡本一志
2. 発表標題 一人称視点行動認識のためのニューラルネットワークの小型化
3. 学会等名 情報処理学会研究報告, Vol. 2017-CVIM-207, No.9
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuta Segawa, Kazuhiko Kawamoto, and Kazushi Okamoto
2. 発表標題 First-Person Activity Recognition by Image Classification
3. 学会等名 Int. Symposium Computational Intelligence and Industrial Applications (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 戸村恵之, 川本一彦, 岡本一志
2. 発表標題 クリギングに基づく人物移動予測
3. 学会等名 第26回インテリジェント・システム・シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 瀬川雄太, 川本一彦, 岡本一志
2. 発表標題 画像分類を用いた一人称行動認識
3. 学会等名 情報処理学会CVIM研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中石涼介, 川本一彦
2. 発表標題 Plan-Action モデルに基づく人物追跡
3. 学会等名 第32回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 瀬川雄太, 川本一彦, 岡本 一志
2. 発表標題 画像分類を用いた一人称行動認識
3. 学会等名 第19回画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 戸村恵之, 川本一彦, 岡本 一志
2. 発表標題 時空間クリギングを用いた人物移動予測
3. 学会等名 第19回画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 林悠司, 川本一彦
2. 発表標題 歩行者追跡のためのサブゴール推定
3. 学会等名 第19回画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazuhiko Kawamoto, Yoshiyuki Tomura, Kazushi Okamoto
2. 発表標題 Learning pedestrian dynamics with kriging
3. 学会等名 15th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	岡本 一志 (Okamoto Kazushi) (10615032)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授 (12612)	