

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25330186

研究課題名(和文) 屋内環境における集団行動解析のための時空間データマイニング

研究課題名(英文) Spatiotemporal data mining for group behavior analysis in indoors

研究代表者

川本 一彦 (Kawamoto, Kazuhiko)

千葉大学・統合情報センター・准教授

研究者番号：30345376

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、セキュリティ応用など今後需要が見込まれるカメラを用いた屋内人物行動解析に関する技術開発を実施した。複雑な人物行動を解析するための計算基盤として、コンピュータシミュレーションと実際の人物移動データを融合する手法を開発し、人物移動予測や追跡に応用した。さらに、要素技術として、カメラを用いた人物検出、人物位置推定、および人物行動認識の開発も並行して実施した。

研究成果の概要(英文)：We developed a vision-based method for analyzing people group behavior in indoors. Such methods are widely required due to the increased demands in several applications such as security. To analyze complex people group behavior, we introduced a data assimilation framework, which is used to estimate and update the parameters and state of numerical simulation models, and applied it to people tracking. In addition, we developed associated vision-based technologies such as pedestrian detection, position estimation, and activity recognition.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：データ同化 人物追跡 行動認識

## 1. 研究開始当初の背景

カメラを用いた人物行動の自動解析は、セキュリティ応用をはじめ今後多くの需要があると見込まれている。現実的な状況では、一人の人物だけが行動しているよりも複数の人物が互いに影響を与えながら行動しているのが常である。しかし、このような相互作用をどのように表現し、さらにどのように計算するかという基本的な課題に対して、確立された方法があるわけではない。行動解析技術の高度化のためには、人物間あるいは人物と環境の間の相互作用を考慮したアプローチを検討する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、このような相互作用を持つ人物移動モデルおよびこのモデルを決定するためのパラメータ推定法を開発し、集団行動解析のための計算基盤を構築することを目的とする。さらに、そのための要素技術（例えば、画像からの人物検出）も併せて開発する。

## 3. 研究の方法

人物移動モデルとして、集団シミュレーション分野で開発されているモデルを調査し、計算効率や柔軟さの観点から局所的なルールで人物移動を記述できる確率的セルオートマトンに基づくモデルを採用した。このモデルが実際の人物移動データをよく説明できるようにするために、人物移動データから局所的な確率ルールを推定する方法を検討した。我々のグループでは数値シミュレーションモデルに実際のデータを適応させるデータ同化とよばれる技術の開発経験があったこともあり、本研究でもデータ同化を用いたアプローチを採用した。

これらの研究と並行して、画像からの人物検出や人物行動認識の手法の開発も進めた。これらはカメラを用いた人物行動解析に向けたもっとも基本的な前処理である。すでに多くの先行研究もあるため、我々が独自に収集した検証用の動画に対して評価したうえで、もし十分な性能が出ないときに新たな手法を開発することにした。

## 4. 研究成果

(1) 人物検出：我々が実証研究用に用いた全方位カメラの画像に適用したところ十分な検出精度が出なかったため、深層畳み込みニューラルネットワークを用いた人物検出器を開発した。一般に深層学習では大量の学習サンプルが必要になるが、十分な学習サン

ルを用意することが困難であった。そこで手元にある少数の学習サンプルを幾何変形によって拡張し、さらにその拡張サンプルを背景画像と合成する方法を開発し、従来手法と比較してより高精度な検出を実現した。

(2) 人物位置推定：監視カメラのような俯瞰視点での映像解析だけでなく、一人称視点（ウェアラブルカメラを用いた個人視点）の画像から収集できるデータも活用することを想定して、一人称視点カメラを用いた屋内での人物位置推定法を開発した。

(3) 人物行動認識：さらに、一人称視点カメラを用いた行動認識の手法も開発した。人物検出と同様に少数の学習サンプルを画像合成技術によってデータ拡張する方法を提案し、従来手法と比較してより高い識別率を達成することを確認した。

(4) 人物配置パターンの解析法：動的に変化していく人物配置の解析を検討する前に、ある時刻での静止した人物配置パターンを解析するためのクラスタリング手法を開発した。これにより頻出する人物配置パターンを自動的に見つけることが可能になった。

(5) 確率的セルオートマトンモデルの事前学習：相互作用項を持つ複数人物移動モデルとして採用した確率的セルオートマトンに含まれるパラメータ（局所的な確率推移ルール）を動画から得た人物移動データから事前学習する方法を提案し実装した。空間全体を覆うほどの十分な人物移動データを得ることは困難であったため、自然言語処理の分野などで利用されるディリクレ平滑法を導入し、問題の解決を図った。

(6) 確率的セルオートマトンモデルを用いたデータ同化と人物追跡への応用：事前学習した確率的セルオートマトンモデルを用いたデータ同化を提案し、人物追跡へ応用した。従来手法と比較して、追跡精度を向上させることができた。この成果は、集団行動シミュレーションモデルと画像解析手法を統合するための枠組みの一つを提供できたといえる。

## 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2件)

① 川本一彦, 古閑 勇祐, 岡本一志, 複数人物追跡のための確率的セルオートマトンの学習, 知能と情報, vol.28, no.6, pp.932-941, 2016, 査読有.

DOI: <http://doi.org/10.3156/jssoft.28.932>

② 浅沼 仁, 岡本一志, 川本一彦, 特徴学習による全方位画像からの人検出, 知能と情報, vol.27, no.5, pp.813-825, 2015, 査読有.  
DOI: <http://doi.org/10.3156/jsoft.28.932>

[学会発表] (計 36 件)

① Yuta Segawa, Kazuhiko Kawamoto, and Kazushi Okamoto, First-Person Activity Recognition by Image Classification, Proc. Int. Symposium Computational Intelligence and Industrial Applications, pp.1-6, 2016/11/4, Beijing(China).

② Kazuhiko Kawamoto, Learning Pedestrian Dynamics with Kriging, the 1st IU-CU Workshop for Computer Science and Biomedical Engineering, 2016/6/14, Ho Chi Minh(Vietnam).

③ 古閑勇祐, 川本一彦, 岡本一志, 人物移動軌跡データを用いた確率的セルオートマトンの構築とその人物追跡への応用, 情報処理学会研究報告. Vol. 2016-CVIM-200, No. 37, pp.1-6, 2016/01/22, 大阪大学吹田キャンパス (大阪府・吹田市).

④ Kazushi Okamoto and Kazuhiko Kawamoto, Kernel Parameter Evaluation of Convolutional Neural Networks for Omnidirectional Images, In Proc. 4th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, pp.142-145, 2015/10/24, Wuhan(China).

⑤ 古閑勇祐, 川本一彦, 岡本一志, 粒子フィルタを用いたフロアフィールドモデルに基づく人物追跡, 第 18 回画像の認識・理解シンポジウム講演論文集, 2015/7/29, ホテル阪急エキスポパーク (大阪府・吹田市).

⑥ 川本一彦, 複数人物間の位置関係を考慮した人物移動モデル, 自動車技術会ヒューマンファクター部門委員会公開委員会「状態推定法の意図心理推定への応用可能性」, 2015/06/19, 筑波大学東京キャンパス (東京都・文京区).

⑦ 瀬川雄太, 川本一彦, 岡本一志, 文書領域検出のための人工生成サンプルを用いた教師あり学習, 情報処理学会研究報告. Vol. 2015-CVIM-197, No. 13, pp.1-6, 2015/05/19, 日本科学未来館 (東京都・江東区).

⑧ 浅沼仁, 川本一彦, 岡本一志, Deep Convolutional Neural Network による全方位画像からの人検出, 情報処理学会研究報告. Vol. 2015-CVIM-195, No. 59, pp.1-4, 2015/

01/23, 奈良先端科学技術大学 (奈良県・生駒市).

⑨ Kazushi Okamoto, Hitoshi Asanuma, and Kazuhiko Kawamoto, A Graph Based Data Mining Method for Collaborative Learning Space in Learning Commons, Proceedings of World Automation Congress 2014, IFMIP, pp.415-420, 2014/8/6. Hawaii(USA).

⑩ 古閑勇祐, 川本一彦, 岡本一志, 疎な人物移動軌跡からの確率的セルオートマトンの構築とその予測への応用, 情報処理学会研究報告. Vol. 2014-CVIM-192, No. 27, pp.1-7, 2014/05/16, 近畿大学東大阪キャンパス (大阪府・東大阪市).

⑪ 堀内麻由, 川本一彦, 岡本一志, 一人称視点カメラと加速度センサを用いた情報利用行動の識別, HCG シンポジウム講演論文集, pp.282-285, 2013/12/19, 松山市総合コミュニティセンター (愛媛県・松山市).

⑫ Kazuhiko Kawamoto, Hikaru Kazama, Kazushi Okamoto, Visual Localization using Voting based Image Retrieval and Particle Filtering in Indoor Scenes, the 2nd International Conference on Robot, Vision and Signal Processing, pp.1-4, 2013/12/10, 北九州国際会議場 (福岡県・北九州市).

⑬ Kazushi Okamoto, Mayu Horiuchi, Kazuhiko Kawamoto, Prediction of Information Seeking and Use Behavior in Library Based on Naive-Bayes Nearest-Neighbor, Proc. 14th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, pp. 1-11, 2013/11/14, Daejeon(Korea).

⑭ 浅沼仁, 川本一彦, 岡本一志, グラフマイニングのための空間配置のグラフ構造表現, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-CVIM-187, No.32, pp.1-8, 2013/05/31, 東京農工大学 (東京都・小金井市).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川本 一彦 (KAWAMOTO, Kazuhiko)  
千葉大学・統合情報センター・准教授  
研究者番号：30345376

### (2) 研究分担者

岡本 一志 (OKAMOTO Kazushi)  
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・  
助教  
研究者番号：30345376