

令和 4 年 5 月 31 日現在

機関番号：82401

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K18070

研究課題名（和文）時空間データドロップアウトに基づく広域人物追跡

研究課題名（英文）Person tracking in a wide area via spatio-temporal data dropout

研究代表者

川西 康友（Yasutomo, Kawanishi）

国立研究開発法人理化学研究所・情報統合本部・チームリーダー

研究者番号：50755147

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、広域を多数の固定カメラで観測しているシーンにおける、カメラ視野内及びカメラ視野間にわたる人物追跡を精度良く行うための手法を開発した。追跡における新しい概念である「時空間データドロップアウト」を提案し、それによって得られる多数の追跡結果をアンサンブル学習とのアナロジーから「弱追跡結果」とみなして統合する。これにより、カメラ視野内/カメラ視野間の人物追跡における重大な問題である、照明変化や他の物体による遮蔽などにより一時的に見えの変化が起こり、追跡が途切れてしまう問題に対処した、広域にわたる人物追跡手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今や監視カメラはあらゆるところに設置されつつある。監視カメラ映像中の人物がどこから来てどこへ行ったのかを集計するためには、人物を多数のカメラ視野間にわたって追跡する必要があるが、精度良く人物の移動軌跡を得ることは困難である。本研究では、一時的な見えの変化による追跡の失敗を改善することができる手法を提案した。本研究が取り組んだ広域の人物追跡は、防犯やマーケティングなど、様々な分野での利用価値がある。

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed a method for accurately tracking persons within and across camera views in a scene where a large number of fixed cameras are observing a wide area. We propose a new concept in tracking, "spatio-temporal data dropout," and integrate a large number of tracking results obtained by this method by considering them as "weak tracking results" based on the analogy with ensemble learning. This proposed method for tracking a person over a wide area addresses a critical problem in tracking a person within/camera views, which is that the person is temporarily obscured by changes in illumination or other objects, causing the tracking to be interrupted.

研究分野：画像認識

キーワード：人物追跡 時空間データドロップアウト 広域監視 人物照合 アンサンブル学習

1. 研究開始当初の背景

多数の人物の移動履歴が得られれば、ショッピングモール等における不審な人物の発見や、移動履歴に基づく商品や店舗の配置の改善など様々な用途に活用できると考えられる。この移動履歴の獲得には、街のいたるところに設置された防犯カメラなどの固定カメラの活用が考えられる。ここで移動履歴とは、各カメラの視野内で人々がどのように移動したかの座標系列、及び、各カメラ視野間をどのように移動したかの移動順序を表す。この背景から、自動的に多人数を多数のカメラ視野内及び視野間にわたって追跡し続けることにより、移動履歴を獲得する手法に期待が集まっている。

一般に人物追跡は、カメラ視野内でもカメラ視野間でも、人物の見えの特徴に基づく類似度比較により行われる。しかし、人物の見えの特徴は、カメラ視野内の照明環境や、カメラと人物の位置関係によって大きく変わりうる。カメラ視野内の照明環境や、カメラの設置方向は様々であるため、同一人物であっても、撮影されるカメラによって特徴が変化する。そのため、こうした類似度比較に基づく多人数追跡処理では、カメラの設置環境や向きの違いなどによる人物の一時的な見えの変化によって、追跡が途切れたり、追跡が別人物に切り替わったりすることが多々ある。そのため人物のカメラ視野内及びカメラ視野間にわたる継続的な追跡は非常に難しく、未だ完全な手法は存在しない。

2. 研究の目的

本研究課題では、広域の人物移動履歴の自動獲得のために、カメラ視野内及びカメラ視野間で、見えの変化に頑健な人物追跡手法の実現を目的とした。

3. 研究の方法

パターン認識の分野では、クラス分類において、1つの優秀な分類器を構築するのではなく、あまり優秀でない「弱分類器」を多数構築し、複数の「弱分類結果」を統合することで、高精度な分類結果が得られる、アンサンブル学習という手法が提案されている。本研究課題では、追跡における新しい概念である「時空間データドロップアウト」を提案し、それによって得られる多数の追跡結果をアンサンブル学習とのアナロジーから「弱追跡結果」とみなして統合することで、人物の継続的な追跡を可能にする枠組みを提案した。

具体的には、【研究1】カメラ間の人物追跡において、Camera Dropout という、ランダムにカメラ視野をスキップして、カメラ視野間の人物対応付けを頑健にする手法を提案した。また、【研究2】カメラ視野内の人物追跡において、Frame Dropout という、ランダムに映像フレームをスキップして、フレーム間の人物対応付けを頑健にする手法を提案した。

【研究1】については、既存の人物照合用広域映像データセットを用いた実験を行った。シミュレーションにより、様々な移動パターンを生成した上で、シミュレーション中の各人物に実際の画像を割当て、実験データを生成して評価した。

【研究2】については、公開データセットであるMOT20データセットを用い、Frame Dropoutによって得られる画像列に対し、既存の人物追跡手法を適用した上で、その結果をアンサンブルで統合する手法を検討し、評価した。

4. 研究成果

【研究1】カメラ間の人物追跡において、Camera Dropout という、ランダムにカメラ視野をスキップして、カメラ視野間の人物対応付けを頑健にする手法を提案した。

本研究では、カメラネットワークをグラフ構造として捉える。あるシーンのカメラネットワークから幾つかのカメラを削除する(図1)ことで、基本的には時空間制約を用いて隣接した2つのカメラ視野間での追跡をしつつ、部分的には絞り込みを緩めて追跡をすることが可能となる(図2)。しかし、どのカメラを削除すればよいかは事前にはわからないため、本提案では、「複数回、カメラを無作為に削除(Camera Dropout)して追跡を行い、その追跡結果を統合する」ことにより、一時的な見えの変化によるカメラ視野間人物追跡の失敗に対処し、精度の良いカメラ視野間の人物の継続的な追跡を実現した。

この研究において、電子情報通信学会論文誌に掲載された[3]。(なお、本研究計画の計画段階において、コンピュータビジョン・パターン認識のトップカンファレンスであるCVPRのWorkshop (1st Workshop on Target Re-Identification and Multi-Target Multi-Camera Tracking)で本研究計画の基礎となるアイデアを口頭発表した[6].)カメラ間の対応付け方法の検討として、国際会議IW-FCV2018[5]及び2019年の国内会議[4]で発表し、論文誌IEEJ Transaction on

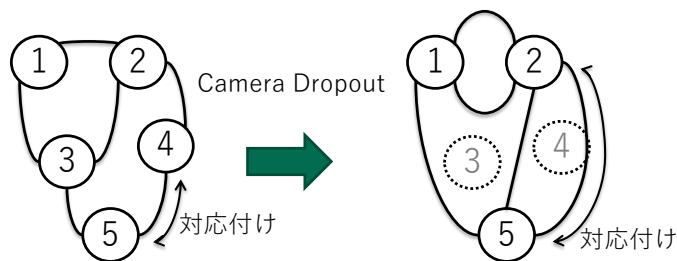


図 1 Camera Dropout によるカメラネットワークの構造変化



図 2 Camera Dropout によるカメラをスキップした対応付け

【研究 2】カメラ視野内の人物追跡では、近年の人物検出手法の精度向上により、検出に基づく追跡(Tracking by Detection)が主流となっている。検出に基づく追跡では、まず人物検出を行い、検出対象を隣接フレーム間で対応付けることにより、追跡を実現する。この場合も、照明変化や他の物体による遮蔽の影響で、そもそも検出ができなかったり、対応付けに失敗したりすることが多々ある。この場合も、隣接フレーム間だけでなく、数フレーム前後との対応付けをすれば継続的な追跡ができる可能性があるが、誤追跡が増加する。

この問題に対し、映像中から幾つかのフレームを削除することで、基本的には隣接フレーム間での対応付けをしつつ、部分的には数フレーム前後までみた対応付けをすることが可能となる。しかし、どのフレームを削除すればよいかは事前にはわからないため、本研究課題では、「複数回、映像中のフレームを無作為に削除 (Frame Dropout) して追跡を行い、その追跡結果を統合する」ことにより、一時的な見えの変化によるカメラ視野内人物追跡の失敗に対処し、継続的な追跡を実現した (図 3)。

この研究の成果は、パターン認識の伝統的な国際会議である ICPR2022 に採択された[1].

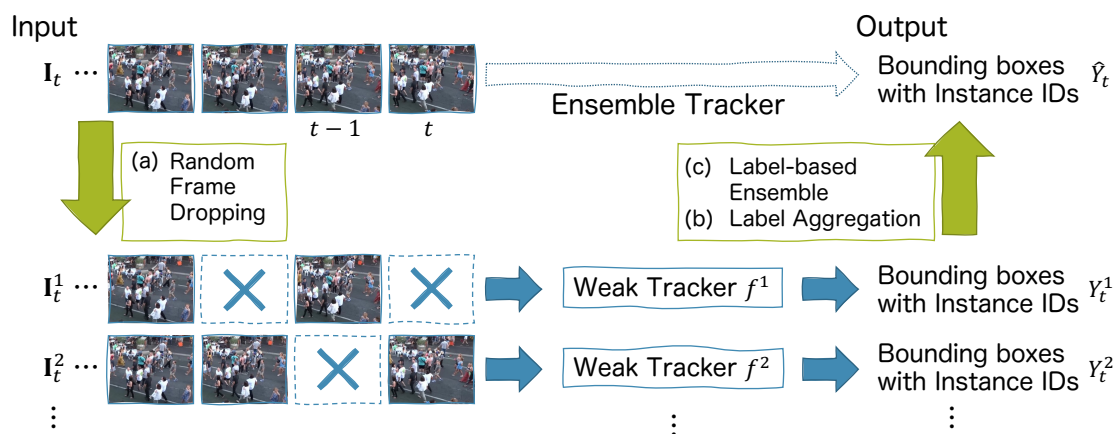


図 3 Frame Dropout による複数系列の生成とアンサンブルによる統合

5. 主な発表論文等

- [1] 【査読付き国際会議】 Yasutomo Kawanishi, "Label-based Multiple Object Ensemble Tracking with Randomized Frame Dropping," in Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 2022.
- [2] 【査読付き論文誌】 Nik Mohd Zarifie Hashim, Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Simultaneous Image Matching for Person Re-identification via the Stable Marriage Algorithm," IEEJ TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING, vol.15, pp.909-917, 2020.
- [3] 【査読付き論文誌】 川西 康友, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, "Camera Dropout と Trajectory Ensemble による多カメラ間複数人物追跡", 電子情報通信学会論文誌 D Vol. J101-D No. 8 pp. 1079-1088, 2018.
- [4] Nik Mohd Zarifie Hashim, Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "An Analysis of Simultaneous Image Matching on Various Datasets for Person Re-identification," 令和元年度 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2019年.
- [5] 【査読付き国際会議】 Nik Mohd Zarifie Hashim, Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide and Hiroshi Murase, "A Preliminary Study on Optimizing Person Re-identification using Stable Marriage Algorithm," in Proceedings of the International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV), p.1-6, 2018.
- [6] 【査読付き国際会議】 Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Trajectory Ensemble: Multiple Persons Consensus Tracking across Non-overlapping Multiple Cameras over Randomly Dropped Camera Networks," in Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2017.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hashim Nik Mohd Zarifie, Kawanishi Yasutomo, Deguchi Daisuke, Ide Ichiro, Murase Hiroshi	4. 巻 15
2. 論文標題 Simultaneous image matching for person re identification via the stable marriage algorithm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 909 ~ 917
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23133	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 川西 康友、出口 大輔、井手 一郎、村瀬 洋	4. 巻 J101-D
2. 論文標題 Camera DropoutとTrajectory Ensembleによる多カメラ間複数人物追跡	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 1079 ~ 1088
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2017IUP0010	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Nik Mohd Zarifie Hashim, Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide and Hiroshi Murase
2. 発表標題 A Preliminary Study on Optimizing Person Re-identification using Stable Marriage Algorithm
3. 学会等名 International Workshop on Frontiers of Computer Vision (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nik Mohd Zarifie Hashim, Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase
2. 発表標題 An Analysis of Simultaneous Image Matching on Various Datasets for Person Re-identification
3. 学会等名 令和元年度 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasutomo Kawanishi
2. 発表標題 Label-based Multiple Object Ensemble Tracking with Randomized Frame Dropping
3. 学会等名 International Conference on Pattern Recognition (国際学会)
4. 発表年 2022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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関