

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：32629

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04188

研究課題名(和文) 防犯カメラ人物映像解析：歩行・走行・自転車運転人物の認証・認識技術開発

研究課題名(英文) Surveillance Camera Image Analysis for Person Understanding: Development of Recognition and Authentication Technology for Walking, Running, and Cycling Individuals

研究代表者

村松 大吾 (Muramatsu, Daigo)

成蹊大学・理工学部・教授

研究者番号：00386624

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、歩く人物、走る人物、自転車に乗車し移動する人物の認証・認識手法の研究を実施した。主な研究成果は以下の3つになる。1) 歩行、走行、自転車乗車の異なる行動における人物認証用データベースの構築、2) 自転車乗車人物認証アルゴリズムの構築、3) 要因抑制学習アルゴリズムの提案、である。

1) については屋内において50人以上の被験者から、人物認証用データを取得した。人物IDとともに年齢や性別、性格ラベルなどもあわせて取得している。また屋外におけるデータセットの構築も行った。2) では、シルエットセットを用いた自転車乗車人物認証手法を構築した。3) では、歩容年齢推定により有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の防犯カメラ映像に対する人物認証は歩いている人物のみ、あるいは一部の走っている人物のみを対象とする研究であった。実際の防犯カメラ映像では、自転車で移動する人物なども多く映っており、犯罪捜査においても自転車で移動する人物が対象となりうる。しかし、これまで自転車で移動している人物同士の認証手法は研究がなされておらず、またそれを実施するためのデータセットも構築されていない。本研究課題は、自転車で乗車する人物を認証する初めての試みであり、また研究に必要でデータベースの構築も行った。構築データベースは、自転車乗車、歩き、走行のデータも同時に取得しており、異なる移動行動間での認証研究にも利用できる。

研究成果の概要(英文)：We focus on the task of person recognition from images of individuals walking, running, and cycling. The main contributions of this research are threefold: 1) Construction of a multi-modal person recognition dataset that includes images of individuals walking, running, and cycling; 2) Development of an algorithm for recognizing cycling individuals; and 3) Development of a factor suppression learning framework.

For the dataset construction (1), we collected data of 50 subjects walking, running, and riding bicycles, along with labels for ID, age, gender, and personality information in an indoor environment. Outdoor data were also collected. For the algorithm development (2), a silhouette-based method was implemented. For the framework development (3), the efficiency of the developed framework was confirmed using a gait-based age estimation task.

研究分野：バイオメトリクス

キーワード：バイオメトリクス 人物映像解析

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

街中の多くの場所で防犯カメラが設置されており、これらのカメラは日々映像を撮影している。防犯カメラは文字通り犯罪を防止、抑止する目的で設置されることが多いが、犯罪などが発生した場合には、犯罪捜査における重要な証拠となりうる。防犯カメラは、画角に入るエリアにいる人物をとらえているが、そこにとどまっている人物のみならず、画角に入るエリアを通過する人物も映像にとらえる。つまり、移動している人物も映っている。移動手段としては、歩きや走り、自転車やバイクなどが考えられる。これらの移動人物を認識する場合には、顔などが鮮明に映っている場合には、顔認証により人物を認識することが可能となる。しかし、人物が小さい場合や、暗すぎる場合などは顔が映っていても認識が難しい。また、移動方向の関係で顔が確認できない場合、ヘルメット等を着用して顔が確認できない場合などもある。犯罪捜査の観点からは、これらの場合においても人物を認識できる手法が望まれる。

上記の場合においても人物を認識できる手法として歩容認証がある。歩容認証は歩いている人物の体型や動き特徴を用いて個人を認識する技術であり、映像内の人物が小さい場合や、顔が確認できない場合でも適用が可能である。実際歩容認証はコンビニエンスストアの強盗犯逮捕の証拠としても採用された実績がある。ただし、歩容認証は、その人物が歩いていること前提としている。走っている人物を認識するよう拡張されているが、それでも、歩いているあるいは走っている人物のみに限定されており、自転車に乗車している人物は対象としていない。日常生活をみると、自転車による移動は、歩行や走行と同じく一般的であるにも関わらず、これまで自転車に乗車する人物を認識する手法は提案されておらず、またそれらの研究に必要なデータセット等も構築されていなかった。

また認証分野においては、学習データの偏りによる精度バイアスが問題となっていた。認証・認識のモデルを構築する際に利用する学習データに偏りがあると、偏りのある属性のデータの精度が劣化してしまう問題である。偏りのない学習データを集めることが一つの解決策となるが、そのようなデータの収集は容易ではなく現実的には困難であるため、データに偏りがある学習データの下でも、その偏りに起因する精度ばらつきを小さくできるアルゴリズムの構築も望まれていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、防犯カメラ映像に映る移動人物の認識・認証技術を構築することである。移動人物として、歩いている人物、走っている人物、自転車に乗車している人物を対象とし、人物認識手法の実現を、モデルの構築、学習手法の提案及びデータセットの構築、を通して目指す。また、学習データの偏りの問題にも着目し、データ偏りによる精度バイアスを緩和する手法の構築も目指す。

3. 研究の方法

歩いている人物の認識・認証を行うための研究用データセットは複数構築されており、利用可能な公開データベースも存在する。そのため歩いている人物を対象とした研究においては大阪大学が保有し公開しているデータベース OU-MVLP 等を用いて研究を進める。

その一方で、自転車に乗車している人物を対象としたデータベースは報告者の知る限り存在していない。そのため、本研究においては、まず同一被験者による、歩行、走行、自転車乗車のデータベースの構築を行う。データベースの構築においては、歩容データベースの構築方法を参考とした。大阪大学のデータベースは現在数万人規模の大規模なデータベースも構築されているが、歩容認証研究の初期では、トレッドミル上を歩く人物の映像を撮影することで、様々な共変量の影響を排除し、歩きの特性を評価するためのデータセットが構築されていた。自転車乗車人物の認証技術は、これまで実施されていない、初期段階の研究となることより、これにならい、屋内環境下において自転車をローラー台に固定し、複数カメラから映像を撮影する方法にてデータセットを構築した。視点が固定され、また背景等を管理することで、対象となる自転車乗車動作の特性を検討することができる。ただその一方で実用化を検討するためには、実環境におけるデータの収集も不可欠である。そのため、本研究では屋外環境下におけるデータも収集する。データの収集においては、研究参加に同意した被験者のみを対象として映像データを撮影するとともに、属性ラベルも取得した。属性ラベルは年齢や性別に加え、ビッグファイブによる性格特性も被験者同意のもと取得をした。

認識手法の構築方法としては、シルエットに基づく認識を対象とした。シルエットを対象とした理由は、顔特徴や服装などのテクスチャ情報に依存しない手法を構築するためである。取得映像に対しセグメンテーション手法を適用することで、シルエット画像系列を作成し、研究に利用した。

認証・認識手法の構築においては、画像を対象とする深層学習を利用し、学習に利用するデータを工夫したり、学習時に最適化をする評価関数などを工夫したりすることで、認識・認証の高精度化を目指す。データ偏りに頑健な手法の構築においては、学習時に利用可能な属性に関わる情報をうまく利用することで、精度偏りの抑制に努めた。

4. 研究成果

データセットの構築

歩行・走行・自転車乗車の異なる動作からなる 50 人の被験者映像データセットの構築を行った。構築したデータセットにおいては、各被験者が、屋内環境下で、歩行、走行、自転車乗車をそれぞれ行っており、それらの各行動を 5 台のカメラにより異なる視点から撮影している。歩行と走行においては、それぞれトレッドミル上で 2 回の動作を行ってもらい、それを撮影した。自転車乗車においては、2 台の異なる自転車を準備し、それぞれの自転車において、自然な乗車（通常ペダリング）を 2 回、急ぎを意識した乗車（急ぎペダリング）を 1 回行ってもらい撮影した。これにより、歩行、走行、自転車乗車それぞれの動作における認証課題に利用できるデータセットとなっており、歩容認証においても重要な課題となっている視点の違い、も評価できるデータとなっている（図 1 に取得画像サンプルを示す）。自転車乗車の認証課題においては、通常のペダリング間での認証課題のみならず、通常ペダリング-急ぎペダリング間での異なるモード間での認証課題にも利用でき、さらに異なる自転車間での認証にも利用できるデータセットとなっている。つまり自転車乗車人物認証においては、視点、自転車種類、ペダリングモードの違いを評価できるデータセットとなっている。さらに、同一人物から歩行、走行、自転車乗車映像を撮影したことより、歩行-自転車間、歩行-走行間、走行-自転車間の異なる動作間での認証課題にも利用可能なデータセットとなっている。

また、より現実的な環境における評価が可能となるよう、屋外データセットの構築も進めた。こちらのデータセットでは、屋内データセットとは異なり、複数の日に、異なる場所において、複数のカメラ視点により映像の撮影を行った。このデータにおいても、歩行、走行、自転車乗車のデータを撮影している。自転車乗車においては、ミニベロ、シティサイクル、ロードバイク等種類の異なる自転車を各日 5 台程度用意し、各被験者には複数台の自転車に乗車してもらいデータの撮影を行った（図 2 データ収集に利用した異なる種類の自転車）。異なる日に撮影したデータにおいては、服装の違いの人物映像も含まれるデータである。

カメラ 1 カメラ 2 カメラ 3 カメラ 4 カメラ 5
0度 45度 90度 135度 180度

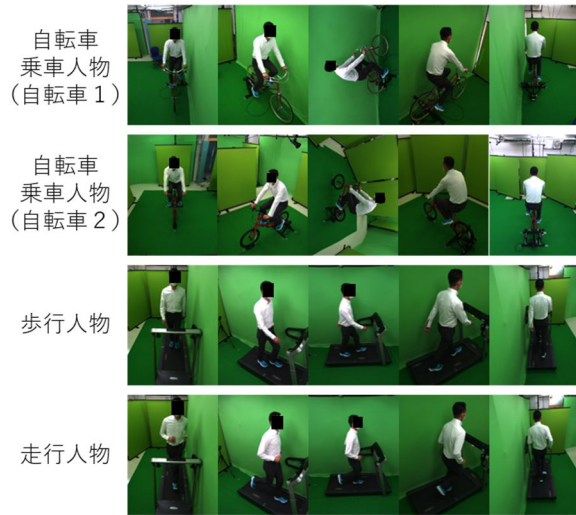


図 1 取得画像サンプル



図 2 データ収集に利用した異なる種類の自転車

要因抑制アルゴリズムの構築

異なる動作間での認証・認識や、学習データの偏りに基づく精度バイアスの問題を解決する一つのフレームワークとして、要因抑制アルゴリズムを考案した。このアルゴリズムは、認識や認証を行うにあたり、特定の属性に着目し、その属性の影響を取り除きつつ有効な特徴を抽出する手法である。要因抑制学習においては、主課題と副課題の二つの課題を設定し、学習を行っていく。複数課題を設定する課題においては、マルチタスク学習がある。マルチタスク学習は、二つの課題を同時に解くようにモデルの構築を行うが、要因抑制学習は、主課題を解きつつ、副課題を解けないように学習していくのが大きな長特長であり、その学習を敵対的学習の枠組みを利用して実現していく。例えば、主課題として歩行年齢推定を考え、副課題として観測角度推定を考える。この場合、要因抑制学習においては、年齢推定ができる特徴で、かつ観測角度推定ができない特徴を抽出できるように学習を行う。ポイントとなるのは、どんなに強い観測角度推定器をもってしても観測角度推定ができないような特徴抽出器を作ること、特徴自身から角度情報

を取り除こうとすることであり、観測角度推定器学習と、年齢推定器学習 + 観測角度推定できない学習を繰り返すことで実現していく。提案手法においては、観測角度推定できない学習では、個々のデータにラベルを付与し評価するのではなく、同一の属性データ内の統計量を評価することで、観測角度推定できない学習を実現した。提案する要因抑制学習アルゴリズムの有効性を評価するために、複数視点からの歩容特徴を対象として年齢推定課題で評価を行った。評価では14の観測角度（視点）から撮影されたOU-MVLP歩容データセットを利用し、学習データには特定の観測角度のデータを排除したものを準備し学習を行った。図3は、学習データから観測角度30、45、60、210、225、240度のデータを抜き、評価データには全ての観測角度を用いた年齢推定の精度である。縦軸は平均絶対誤差であるため、値が大きいほど精度が悪いものとなっている。図3では、提案手法が要因抑制学習を用いた手法であり、シングルタスクとマルチタスクが比較手法になる。図3に示すよう、マルチタスク学習等では、学習データから排除された観測視点（30、45、60、210、225、240度）の年齢推定精度が、学習に含まれている観測視点の年齢推定精度より大幅に劣化しているがわかる。一方で、要因抑制学習アルゴリズムを用いた手法においては、その劣化を大きく抑えることに成功している。これは学習データの偏りに対して頑健な手法を構築できたことを示している。

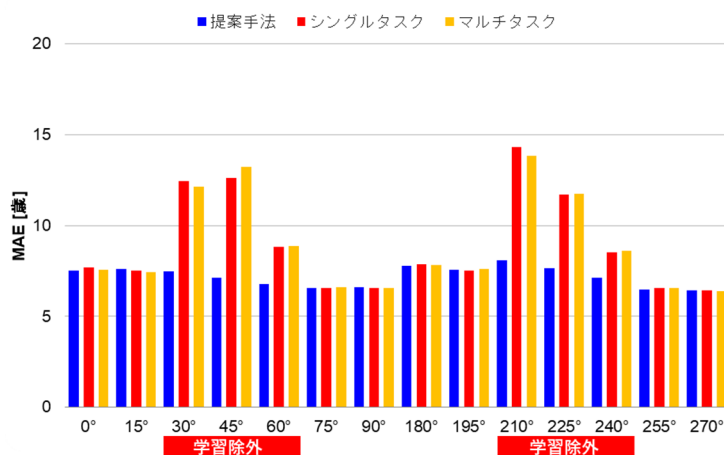


図3 要因抑制学習による歩容年齢推定における精度改善

自転車乗車人物認証手法の構築

自転車による移動は、歩きの移動と大きく異なる点がある。歩行は足を止めると移動も止まるが、自転車は、ペダリングを止めても自転車は移動し続けるし、移動中に逆方向にペダリングをしても、進み続ける点である。そのため、自転車乗車人物の認証では、歩容認証ほどデータの並びに意味がない、と考え、シルエット系列を利用するのではなく、シルエット集合を利用する手法を採用することとし、歩容認証で提案されているGaitSet手法を活用して手法を構築した。

図4は、今回利用した自転車乗車人物のシルエット集合であり、2人の被験者の通常ペダリング (Normal) と急ぎペダリング (Rush) を示している。

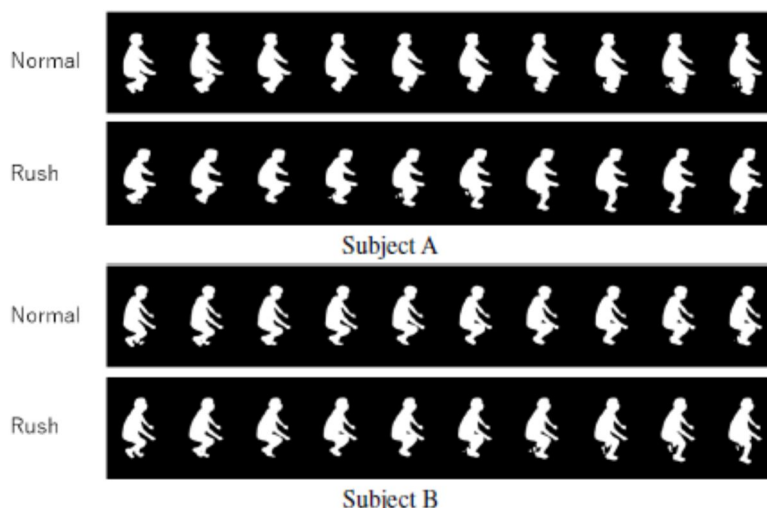


図4 通常ペダリングと急ぎペダリング時のシルエット比較

Reprinted with permission from IEEE ref [1].

表1は、構築した手法を屋内データセットのサブセットで評価した結果である。この実験結果は1秒間の通常ペダリング自転車乗車映像(30フレームのシルエット集合)を登録しておき、1秒間の通常ペダリングあるいは急ぎペダリングをプローブとして行った一位認識率の結果(ギャラリー数19)である。同一観測視点、同一モード(Normal-Normal)であれば非常に高い精度で認識できていることが確認できる。一方で、異なる観測角度においてはまだまだ改善の余地がある結果となった。異なるモード間(Rush-Normal)の認識でも、同一観測視点間であれば80%以上の精度を実現できており、自転車乗車人物認証を実現できる可能性を示した結果であると考えられる。

表1 自転車乗車人物の一位認識率 [%]
Reprinted with permission from IEEE ref [1].

Probe		Gallery view [degree], mode=Normal					Average
Mode	View	0	45	90	135	180	
Normal	0	99.29	59.50	36.82	45.42	37.66	55.74
	45	59.24	99.47	67.55	61.87	25.66	62.76
	90	37.16	67.66	99.42	68.42	24.29	59.39
	135	43.05	59.15	68.76	99.87	41.45	62.46
	180	33.92	27.95	29.10	46.71	96.03	46.74
Rush	0	86.47	53.97	33.34	41.84	30.79	49.29
	45	48.74	87.74	59.87	48.31	22.03	53.34
	90	33.32	55.92	88.40	60.80	22.82	52.25
	135	41.68	54.63	57.34	88.11	35.26	55.41
	180	27.95	20.61	20.11	36.34	83.68	37.74

[今後の課題]

本研究課題において、要因抑制学習を提案し、歩容年齢推定課題においてその効果を検証した。本手法は学習データの属性に極端な偏りのある状況下での精度改善を実現している。そのため、学習データ内に属性による偏りが存在する場合には、それらの属性情報に対し抑制するように学習することで、偏りによる精度ばらつきを抑える効果が期待できる。その適用は今後実施していきたいと考えている。

自転車乗車人物認証においては、自転車乗車映像から人物を認証できる可能性を示すことができたと考えている。ただし、観測視点異なる場合には精度改善の余地がまだまだある。また、自転車乗車人物認証の場合、歩容認証と比較して、乗車する自転車の違いが、自転車乗車人物の姿勢に大きな影響を与えるため、自転車が異なる場合、サドルの高さが異なる場合、などの検討が必要である。また歩容認証で検討されている荷物所持の影響等も今後検討する必要がある。自転車は歩行移動と比較し、速度が速いため、認証時に利用できるフレーム数の制約が歩容認証よりも厳しい。それらを踏まえた自転車乗車人物認証の検討も今後の課題である。

本研究課題では歩行・走行・自転車乗車の異なる行動のデータセットを構築した。このデータセットを用いることで、異なる行動(歩行-自転車乗車、走行-自転車乗車)間での認証評価も可能である。本研究課題期間において、歩行-自転車乗車間の人物認証課題にも取り組んだが、まだ十分な精度が得られていない。歩行と自転車乗車は、行動自体が異なるため、映像から、体型に関する特徴、姿勢に関する特徴、くせに関する特徴、動作固有の特徴などを分離した上で認証を行うことが必要であると考えが、そこまで到達できなかった。そのため、それらの分離手法の構築及び異なる移動行動間での人物認証技術の構築は今後の課題としたい。

構築したデータセットについては、複数のベースライン手法での評価結果とともに段階的に研究者向けに公開をしていく予定である。現在屋内環境下の自転車乗車人物認証用データセットを第一段として公開予定である。

[1] E. Makishima, F. Shinmura and D. Muramatsu, "Cyclist Recognition from a Silhouette Set," 2023 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG), Darmstadt, Germany, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/BIOSIG58226.2023.10345980.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1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 0件）

1. 著者名 山野 広大、村松 大吾、武村 紀子、八木 康史	4. 巻 J105-A
2. 論文標題 撮影角度抑制学習を用いた歩容に基づく年齢推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子電子情報通信学会論文誌A 基礎・境界	6. 最初と最後の頁 146 ~ 155
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14923/transfunj.2022BAP0002	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 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 中村龍乃助，新村文郷，村松大吾
2. 発表標題 移動人物画像拡張における GAN の有効性検討
3. 学会等名 CVIM2024年5月研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 一村慎之助，新村文郷，村松大吾
2. 発表標題 シルエット画像を用いた歩行と自転車乗車間の人物認証
3. 学会等名 CVIM2024年5月研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 上條元彌，新村文郷，村松大吾，内田薫
2. 発表標題 歩行周期間におけるゆらぎ画像列を用いた歩行者年齢推定
3. 学会等名 2024年暗号と情報セキュリティシンポジウム
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Eijiro Makishima, Fumito Shinmura, Daigo Muramatsu
2. 発表標題 Cyclist Recognition from a Silhouette Set
3. 学会等名 2023 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 巻島英二郎, 新村文郷, 村松大吾
2. 発表標題 シルエットセットによる自転車乗車人物認証
3. 学会等名 第13回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Daigo Muramatsu, Kousuke Moriwaki, Yoshiki Maruya, Noriko Takemura, Yasushi Yagi
2. 発表標題 Incorporation of Extra Pseudo Labels for CNN-based Gait Recognition
3. 学会等名 2022 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 巻島英二郎, 新村文郷, 村松大吾
2. 発表標題 平均シルエットを用いた自転車乗車人物認証
3. 学会等名 第12回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新村文郷, 巻島英二朗, 村松大吾
2. 発表標題 マルチモーダル移動人物認証のためのデータベースの構築
3. 学会等名 第12回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山野広大, 村松大吾, 武村紀子, 八木康史
2. 発表標題 撮影角度抑制学習を用いた歩容に基づく年齢推定
3. 学会等名 第12回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 仁礼悦治, 新村文郷, 村松大吾
2. 発表標題 歩容からの性格特性の推定
3. 学会等名 バイオメトリクス研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山野広大, 村松大吾, 武村紀子, 八木康史
2. 発表標題 偏りのある学習データ下における要因抑制学習を用いた歩容年齢推定
3. 学会等名 第25回画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山野広大, 村松大吾, 武村紀子, 八木康史
2. 発表標題 観測角度抑制学習を用いた歩容に基づく年齢推定
3. 学会等名 バイオメトリクス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古谷峻, 新村文郷, 村松大吾
2. 発表標題 自転車乗車人物の認証にむけて
3. 学会等名 第11回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム
4. 発表年 2021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