

(13) 歩行者交通量調査における 属性抽出手法に関する基礎的研究

後藤 悠介¹・今井 龍一²・姜 文淵³・
山本 雄平⁴・神谷 大介⁵・中原 匡哉⁶

¹学生会員 法政大学大学院 デザイン工学研究科 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町2-33)

E-mail: yusuke.goto.5d@stu.hosei.ac.jp

²正会員 法政大学教授 デザイン工学部 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

³正会員 大阪産業大学准教授 工学部 (〒574-0013 大阪府大東市中垣内3-1-1)

E-mail: kyo@ce.osaka-sandai.ac.jp

⁴正会員 関西大学助教 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-36)

E-mail: y_yamamo@kansai-u.ac.jp

⁵正会員 琉球大学准教授 工学部 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1)

E-mail: d-kamiya@tec.u-ryukyu.ac.jp

⁶正会員 大阪電気通信大学講師 総合情報学部 (〒575-0063 大阪府四條畷市清滝1130-70)

E-mail: nakahara@oecu.jp

我が国では、まちの活性化の測定を目的として、歩行者交通量調査が実施されている。本調査は、歩行者量の目視計数に留まっており、より詳細な分析を行うためには、歩行速度などの歩行者の属性を測る手法の開発が必要である。既存研究では、歩行者量の計測を自動化する手法や歩行者の属性を抽出する手法が提案されている。しかし、これらの手法を適用するための撮影条件が互いに異なるため、まちの活性化の測定に求められる情報を網羅的に取得することは困難である。そこで、本研究では、まちの活性化の測定に資する歩行者量の計測と併用可能な歩行者属性の抽出手法を考案した。そして、実証実験から歩行速度が遅い人と走っている人の属性を抽出できる可能性が高いことを明らかにした。

Key Words: pedestrian, walking speed, traffic survey, deep learning

1. はじめに

我が国では、まちの活性化の測定を目的として、通行量や密度、滞留時間などを計測する歩行者交通量調査¹⁾が実施されている。しかし、現状では、調査員による現地調査が主流であり、膨大なコストを要することから、特定の地点において方向別、時間帯別での歩行者量の目視計数に留まっている。そのため、より詳細な分析に向け、これらの歩行者量の計数の自動化に加えて、歩行速度や性別、年代、滞在時間など、様々な属性を測る手法の開発が期待²⁾されている。

歩行者量の計測の自動化に関する既存研究²⁾では、単路を撮影したカメラ映像に深層学習を適用し、歩行者の頭部を認識して追跡すると、高精度に歩行者量を取得できることを明らかにしている。また、歩行者の属性の抽出を目的とした既存研究では、性別、年齢を取得する手

法³⁾や、挙動を認識する手法⁴⁾が提案されている。その他にも、歩行者の認識結果から、地点ごとの流出・流入量や通過・滞在時間を取得する手法⁵⁾、動線解析を行う手法⁶⁾も提案されている。これらの手法は、いずれも深層学習を用いてカメラ画像から情報を取得している。そのため、歩行者量の計測と併用できればより高度な分析の実現に寄与できる可能性が高い。しかし、それぞれの手法を適用するための撮影条件が異なることから、まちの活性化の測定に求められる情報を網羅的に取得することは困難である。

以上のことから、本研究の目的は、まちの活性化の測定に資する歩行者量の計測と併用可能な歩行者属性の抽出手法の考案とした。具体的には、歩行者の人流や属性の把握を目的とした既存手法を調査し、活性化の測定に適用した場合に想定される課題を整理する。そして、都市空間の魅力との関係が示唆⁷⁾されている歩行者の速度

を取得する手法を考案する。

2. 人流把握に関する既存手法の調査

(1) 調査目的

本章では、歩行者の人流や属性の把握を目的とした既存手法を調査し、それらの既存手法をまちの活性化の測定に適用した場合に想定される課題を明らかにする。そして、それらの課題への対応方針を考察する。

(2) 既存手法の調査

人流の把握に有用な既存手法として、断面交通量を計数する手法²⁾、メッシュで集計する手法³⁾、複数台のカメラを利用した顧客の動線解析手法⁴⁾が提案されている。断面交通量を計数する手法²⁾では、歩行者同士のオクルージョンによる計数漏れを防ぐため、断面線付近を通過する歩行者の頭部を認識して追跡する。メッシュで集計する手法³⁾では、メッシュを境界線として流出、流入した歩行者の人数だけでなく、その通過時間も取得できる。複数台のカメラを利用した顧客の動線解析手法⁴⁾では、カメラを複数利用することで、単体のカメラでは追跡できないような広域を対象とする場合や、混雑によりオクルージョンが多発する場合でも、顧客の動線を解析できる。これらの既存手法をまちの活性化の測定に適用する場合、まちなかを通過する歩行者量は把握できる。しかし、その歩行者が撮影対象のまちなかを通過するだけの歩行者か、撮影対象のまちなかを目的地として滞在し、活性化に寄与する歩行者なのかは把握できない。そのため、まちの活性化の測定に利用するには、歩行者の通行人数や軌跡だけでなく、その歩行者の属性も把握する必要がある。

そこで、画像内の人物の属性を推定する既存手法を調査した。その結果、既存手法として、顔情報に着目する手法⁵⁾、挙動に着目する手法⁶⁾が提案されていることがわかった。顔情報に着目する手法⁵⁾では、画像中から人物の顔の領域を検出し、その特徴から年齢や性別を判別できる。挙動に着目する手法⁶⁾では、身体のパーツごとに識別することで、歩行者の挙動を認識できる。ただし、まちなかの人流を把握するために設置されるビデオカメラや監視カメラは、広範囲のエリアを対象として撮影するため、高所に設置されることが多い。そのため、これらの既存手法^{5)・6)}をまちの活性化の測定に適用する場合、カメラから歩行者までの距離が遠く、顔の詳細な特徴を得ることや、歩行者の身体を詳細なパーツごとに識別することは困難であると考えられる。

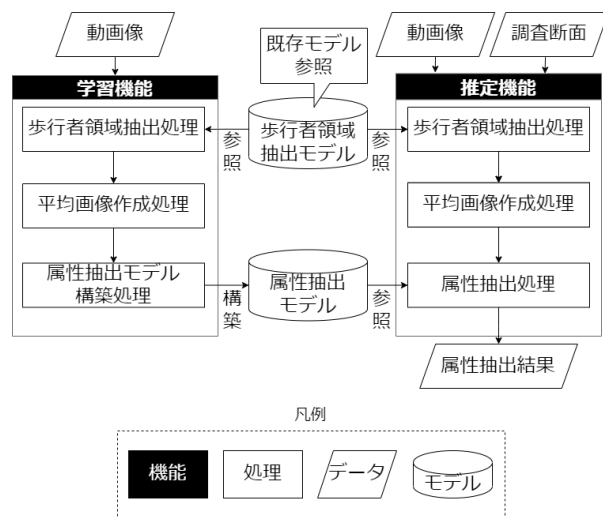


図-1 提案手法の流れ

(3) 既存研究の課題への対応方針

前節の調査結果から、まちなかの人流を把握するために設置されるビデオカメラや監視カメラでは、歩行者とカメラとの距離が遠く、既存手法では歩行者の属性の抽出が困難な課題があることがわかった。そのため、カメラからの距離に依らず、まちの活性化を測定する手法を調査した。その結果、松本ら⁷⁾の研究では、都市における街路空間の魅力が歩行速度に影響を与えることがわかった。ただし、カメラ画像を用いて正確な歩行速度を算出するためには、人手による補助が必要であり、大規模に調査することが難しい課題も示唆されていた。

そこで、本研究では、まちの活性化の測定のための歩行者の属性として、歩行速度に着目した。そのため、本研究では、既存手法の課題に対応するため、まちなかの高所に設置されたビデオカメラや監視カメラの画像を用いて、歩行速度に着目した属性抽出手法を提案する。

3. 歩行速度に着目した属性抽出手法の提案

(1) 提案手法の概要

本研究では、2章で明らかにした既存手法の課題を解消するため、歩行速度に着目した属性抽出手法を提案する。提案手法の流れを図-1に示す。提案手法は、学習機能と推定機能により構成される。入力データは、歩行者を高所から撮影した動画画像と、属性を抽出する歩行者の位置を取得するための調査断面とする。

(2) 学習機能

学習機能は、歩行者領域抽出処理、平均画像作成処理および属性抽出モデル構築処理により構成される。まず、

歩行者領域抽出処理にて、物体検出手法である YOLOv4⁸⁾を用いて動画像中から調査断面付近を通過する歩行者の領域を抽出(図-2)する。次に、平均画像作成処理にて、抽出した歩行者の連続画像(図-3)を10フレーム分取得し、それらを重畳して画素ごとに RGB 値の平均値を算出することで平均画像(図-4)を作成する。最後に、属性抽出モデル構築処理にて、歩行速度を人手で属性として付与した平均画像を学習し、属性抽出モデルを構築する。事前調査として、回帰モデルによる歩行速度の算出を試みたが、歩行速度に関する特徴を精度よく学習できず、算出が困難であることがわかった。そのため、本研究では、属性抽出モデルの構築に画像分類手法の1つである VGG19⁹⁾を用いて速度に応じて属性を分類する手法を試行する。

(3) 推定機能

推定機能は、歩行者領域抽出処理、平均画像作成処理および属性抽出処理により構成される。まず、歩行者領域抽出処理と平均画像作成処理では、学習機能と同様に抽出した歩行者の平均画像を作成する。そして、属性抽出処理では、属性抽出モデルを用いて、平均画像から歩行速度を分類し、歩行者の属性として抽出する。

4. 実証実験

(1) 実験概要

本章では、実際のまちなかにおける人の流れを撮影した動画像に、3章にて考案した手法を適用し、その属性抽出の精度を確認する。そして、動画像を用いたまちなかの活性化の測定に向けて検討すべき事項を整理する。

(2) 実験条件

本実験で評価対象とする動画像は、高さ24mの位置に設置したウェアラブルカメラで撮影した。この時、解像度は4K、フレームレートは30fpsに設定して撮影した。属性を抽出する歩行者は、撮影方向に対して目視で歩行速度を評価しやすくするため、図-5に赤線で示す断面線よりカメラに向かって手前側に向かう歩行者とした。

提案手法で抽出する歩行速度の属性は、歩行速度が遅い人、歩行速度が早い人と走っている人の3種類とした。歩行速度が遅い人は、撮影範囲内やその付近に用事がある歩行者であり、まちなかの活性化に寄与する属性と予想される。一方で、歩行速度が早い人や走っている人は、互いに動作は大きく異なるものの、出勤、通学、帰宅などのために急いで通過していると予想されるため、まちなかの活性化に大きくは寄与しない属性と考えられる。

評価対象とする歩行者は、属性ごとに10人、計30人を

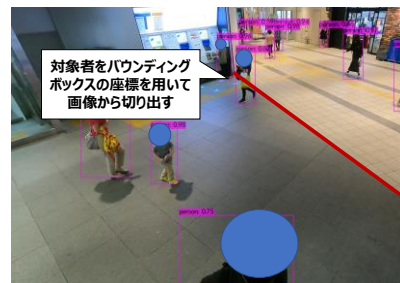


図-2 YOLOv4による検出結果の例(赤線：調査断面)



図-3 歩行者の連続画像



図-4 作成した平均画像の例



図-5 断面線の設定(赤線：調査断面)

選定した。本実験では、目視で分類した属性と提案手法により抽出した属性が一致した人数を用いて、適合率、再現率とF値を算出することで、提案手法の有用性を確認する。また、属性抽出モデルで学習する教師データは、属性ごとに30人、計90人分を評価対象とは重複しないように選定し、学習することで作成した。

(3) 実験結果と考察

実験結果を表-1に示す。表-1から、走っている人や、歩行速度が遅い人のF値は0.73以上であるのに対して、歩行速度が早い人のF値は0.55であることがわかる。これは、歩行速度が早い人の平均画像の特徴が歩行速度が遅い人と走っている人の双方の特徴に類似するためであ

表-1 実験結果

属性	教師データの 人数 (人)	評価人数 (人)	正解人数 (人)	識別人数 (人)	適合率	再現率	F 値
歩行速度が遅い人	30	10	8	12	0.67	0.80	0.73
歩行速度が早い人	30	10	6	12	0.50	0.60	0.55
走っている人	30	10	6	6	1.00	0.60	0.75



図-6 各属性の平均画像の例

ると考えられる。対象の平均画像を確認すると、走っている人は、重心が常に大きく変化し、図-6 に示すように、体全体にブレが大きく生じるため、他の属性に対する誤抽出が全くなく適合率は 1.00 であった。また、歩行速度が遅い人は、重心が安定しているため、体全体にブレが少なくなる傾向がみられる。一方、歩行速度が早い人の平均画像は、脚部のブレが走っている人と同程度であるのに対して、上半身は歩行速度が遅い人と同様にブレが少ない。このことから、歩行速度が早い人の平均画像は、走っている人と歩行速度が遅い人の双方の平均画像に類似する特徴を持つ画像であると考えられる。このことから、他の 2 つの属性よりも F 値が低下したと予想される。

以上のことから、歩行速度が遅い人と走っている人は、提案手法により属性として抽出できる可能性が高いことがわかった。今後、歩行速度が早い人の抽出精度を向上させるためには、平均画像を上下に半分に分割し、上半身と下半身のブレの大きさから、属性を抽出するように改良することで抽出精度の向上が期待できる。また、歩行者領域のバウンディングボックスの位置が歩行者に対してズレて検出されると、歩行速度が遅い人であっても体全体にブレが生じる可能性が想定される。そのため、歩行者の追跡結果から歩行者の抽出領域を補正する方法や、さらに詳細な歩行速度を算出する手法を検討することが必要である。

5. おわりに

本研究では、動画画像から歩行速度に着目して歩行者の属性を抽出する手法を提案した。そして、実証実験にて、歩行速度が遅い人や走っている人は、属性を抽出できる可能性があることを明らかにした。今後、歩行速度

が早い人であっても抽出できるようにするためには、上半身と下半身のブレの違いや歩行者領域の抽出領域のズレを考慮して提案手法を改良する必要がある。また、提案手法を高度化するため、改良とともに簡易に定量的な歩行速度を算出可能な手法も合わせて開発する。ただし、定量的な歩行速度だけでは、体格の差により生まれる歩行速度の違いを考慮できない。そのため、提案手法で抽出した歩行速度の属性と合わせて確認することで、より高度なまちの活性化の測定を目指す予定である。

謝辞：本研究にてモデルを構築する際に用いた動画画像の収集にあたっては、静岡市および昭和設計株式会社にご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：まちの活性化を測る歩行者交通量のガイドライン、従来の人手によるカウント調査、<<http://www.mlit.go.jp/common/001239908.pdf>>, (入手 2022.06.13) .
- 2) 安藤祐輝, 今井龍一, 姜文淵, 山本雄平, 神谷大介, 中原匡哉：動画画像を用いた深層学習による歩行者交通量調査に関する基礎的研究, 土木情報学シンポジウム論文集, 土木学会, Vol.46, pp.5-8, 2021.
- 3) 野地駿吾, 岸本達也：画像認識による街路空間における歩行者の年齢, 男女比, 感情, および密度の分析 - 渋谷駅周辺を主としたケーススタディ -, 都市計画論文集, 日本都市計画学会 Vol.55, No.3, 2020.
- 4) 廣兼優里, 長尾智春：パーツ間の関係性を考慮した歩行者属性分類, 全国大会論文集, 人工知能学会, Vol.29, 2015.
- 5) 高森真紀子, 大久保順一, 藤井純一郎：都市空間での人流解析における深層学習の応用, Vol.2, pp.113-120, 2021.
- 6) 株式会社アラヤ, 複数台カメラと画像認識 AI を活用した人流解析ソリューション, <<https://www.araya.org/projects/people-flow/>>, (入手 2022.06.13) .
- 7) 松本直司, 櫻木耕史, 東美緒, 伊藤美穂：街路の魅力と歩行速度の関係, 日本建築学会計画系論文集, Vol.77, No.678, pp.1831-1836, 2012.
- 8) Bochkovskiy, A., Wang, C. and Liao, H.: YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection, <<https://arxiv.org/pdf/2004.10934.pdf>>, (入手 2022.06.13) .
- 9) Karen, S. and Andrew, Z.: Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, *International Conference on Learning Representations*, 2015.