

(16) 歩行者交通量調査の自動化に向けた 中心市街地における試行

安藤 祐輝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: yuki.ando.5w@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 3-3-35)
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 大阪府四条畷市清瀧 1130-70)
E-mail: nakahara@oecu.jp

現在、我が国の歩行者交通量調査の多くは、人海戦術による現地調査で歩行者を計数している。そのため、近年では、調査費の制約や調査員の労力の改善策として、情報通信技術を活用した新道路交通調査体系の検討が進められている。しかし、多数の人が往来する環境では、頻発するオクルージョンにより、歩行者の計数精度が低下する課題が顕在化しており、解決策の確立には至っていない。そこで、著者らは、オクルージョンによる認識精度の低下を改善するため、頭部に着目した歩行者計数システムを考案した。

本研究では、歩行者交通量調査の実施が想定される場面において、歩行者計数システムの汎用性を検証し、実用化に向けた課題を明らかにした。結果として、撮影地点の環境および動画内の頭部の大きさが計数精度に影響を与えることが示された。

Key Words: pedestrian traffic survey, head detection, image analysis, deep learning

1. はじめに

我が国の歩行者交通量調査の多くは、人海戦術による現地調査および動画の目視判断で計数している。そのため、調査費の制約や調査員の労力を考慮し、調査日、時間帯および調査地点数を限定して実施されている。また、ヒューマンエラーによる誤計数や屋外での長時間計測による熱中症の危険性があるため、更なる省力化や省人化が求められている。

これらの背景の下、国土交通省では、情報通信技術を活用した新道路交通調査体系の検討¹⁾が進められている。具体的には、令和3年度に実施された全国道路・街路交通情勢調査において、国が担当する区間内の人手の観測を廃止し、CCTV画像を活用した画像解析技術を適

用している事例²⁾がある。また、歩行者交通量調査も同様に、ビデオカメラで撮影した動画から人物を認識する技術を適用し、歩行者を計数する手法が検討³⁾されている。一例として、対馬³⁾は、鉄道駅構内に設置された防犯カメラの動画を用いて、歩行者の断面交通量の自動計数を試行している。しかし、オクルージョンの発生時に計数精度が低下する課題が残されている。そこで著者らは、当該技術の典型的な課題であるオクルージョンによる人物認識精度の低下を改善するため、頭部に着目した歩行者計数システム⁴⁾(以下、「本システム」という。)を考案した。ただし、既存研究では、限定された環境のみを検証対象としているため、現場検証を重ねて実用性を高める必要がある。

また、近年では、ストリートデザインガイドライン⁵⁾

で示されるように、まちなかをウォークアブルな空間とすることで、人中心のストリートへ転換する取組が注目されている。また、まちなかの居心地の良さを測る指標(案)⁹⁾では、「空間の快適性・魅力」や「人々の行動の多様性」を評価している。以上より、まちなかの活性化を可視化するうえで、定量的に評価できる歩行者交通量は今後も重視される評価項目の一つといえる。

本研究では、本システムを用いて多様な調査断面の位置や撮影条件で歩行者交通量を計数することで、本システムの汎用性を確認する。そして、本システムの実現場への適用にあたって検討すべき課題を体系化し、解決に向けて手法の改善を試みる。第2章では、既存研究で考案した本システムの概要を説明する。第3章では、実現場を想定した複数の地点を対象に本システムを適用し、汎用性を確認しつつ、実用化に向けて検討すべき課題を整理する。第4章では、整理した課題を解決するべく、改善策を2種類考案し、試行する。最後に、第5章では、本研究を総括し、今後の展望を述べる。

2. 頭部に着目した歩行者計数システムの概要

本システム⁴⁾は、**図-1**に示す頭部認識機能、頭部追跡機能および歩行者計数機能により構成される。本システムの入力データは動画および歩行者を計数する断面線とし、出力データは方向別の通過人数とする。

(1) 頭部認識機能

本機能では、高精度に歩行者を認識するため、オクルージョンが発生する頻度が低い頭部を動画から検出する。頭部の検出には、既存研究と同様にYOLOv4⁷⁾を用いる。

(2) 頭部追跡機能

本機能では、**図-2**に示すように、前節の認識結果を用いて頭部を追跡し、調査断面を通過した歩行者を計数する。まず、対象とする動画および計数を実行する断面線を入力する。次に、認識された頭部を用いて、画面内の歩行者の位置を推定する。最後に、フレームごとに推定された各頭部を最近傍法を用いて追跡する。

(3) 歩行者計数機能

本機能では、頭部追跡機能の結果に基づき、調査断面を通過した歩行者を進行方向別に計数する。計数の際には、歩行者の軌跡が重複することによる過剰計数を防ぐために、一度調査断面を通過した場合にはフラグを立てて計数の重複を防止する。

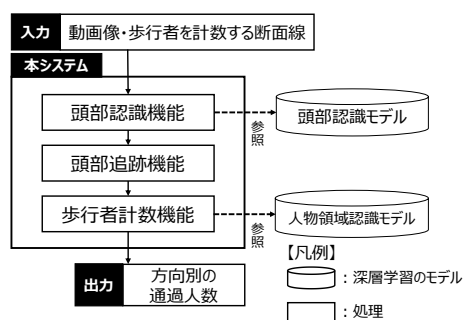


図-1 歩行者計数システムの流れ

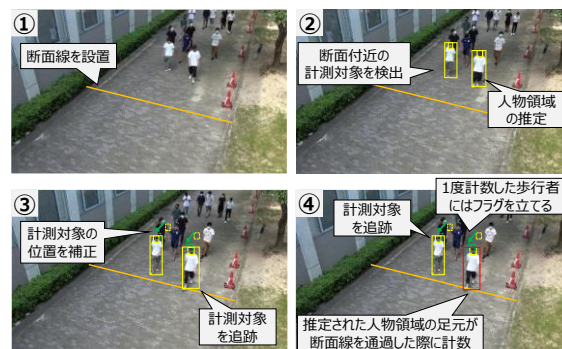


図-2 歩行者の追跡と計数手法のアルゴリズム



図-3 歩行者計数の対象地点

3. 複数地点における考案手法の有用性の検証

(1) 検証概要

本研究では、実務を想定した歩行者交通量の調査箇所として、**図-3**に示す6地点を選定した。これらの現場を対象に、市販のビデオカメラ(地点②はJVC社のGZ-RY980-A、その他地点はSony社のFDR-AX45を使用)を用いて4K解像度で撮影した。撮影角度は、既存研究⁴⁾で頭部認識モデルの認識精度が最も高かった45度とした。本実験では、撮影条件として、撮影高さ、屋内外の撮影地点の環境およびカメラと断面線の位置関係の条件を変えた。そして、目視計数の結果と比較し評価した。

(2) 検証結果

各地点の計数結果を**表-1**に示す。地点①～③では、既存研究⁴⁾で示されている推計値と目視計数の正解値との誤差が±5%以内という基準に収まっている。一方、地点④～⑥では、正解率は8割を上回っているものの、**図-4**

に示すような、頭部と背景の境目が目視でも判別が困難な場面で、計数に失敗する傾向がみられた。失敗の原因を明らかにするため、頭部認識モデルが検出した頭部の座標値データから矩形の大きさを面積で算出し、全物体の平均値の平方根を頭部の大きさと定義したものを集計した。以上より明らかとなった課題を次に詳述する。

a) 撮影環境による精度への影響

表-1 より、屋内外等の撮影地点の環境の違いによる精度への大きな影響はみられなかった。一方で、横並びで複数人が固まっている歩行者や日陰などの背景が変化する場面で頭部の認識精度が低下する例がみられた。これらは、背景色が認識対象に影響するオクルージョンの一種であり、画像解析技術の典型的な課題である。

b) 頭部ピクセル数と計数結果の関係性

表-1 より、断面線上で 80~180 ピクセル程度の頭部であれば、計数誤差が±5%以内となり高精度に計数できることがわかった。一方で、地点④のように、頭部のピクセル数が比較的小さく映る場面では、頭部を安定して認識することが困難であるとわかった。

表-1 各地点の撮影条件と計数結果

地点名	撮影高さ (m)	撮影中心距離 (m)	屋内外	カメラと断面線の関係	断面上の頭部ピクセル数 (pixel)	進行方向	正解値 (人)	推計値 (人)	正解率
地点①	7.0	7.0	屋内	平行	129×129	正面	41	41	100%
						背面	34	34	100%
地点②	7.0	7.0	屋外	平行	84×84	正面	48	47	98%
						背面	21	20	95%
地点③	2.5	2.5	屋内	斜め	188×188	正面	37	37	100%
						背面	38	38	100%
地点④	12.0	12.0	屋外	斜め	52×52	正面	38	30	79%
						背面	32	29	91%
地点⑤	2.5	2.5	屋内	垂直	320×320	右方向	38	35	92%
						左方向	35	29	83%
地点⑥	6.0	6.0	屋外	垂直	62×62	右方向	88	87	99%
						左方向	15	14	93%



図-4 計測に失敗した例

4. 考案手法の高度化への試行

前章の検証結果より、地点①~③では、目標値とした±5%以内の精度で計測できることがわかった。一方、地点④のように、横並びの歩行者同士が重なる場面や頭部のピクセル数が小さく映る場面において、頭部の認識が困難となる傾向があり、計数精度の低下につながるということがわかった。より多くのまちなかで定量的な歩行者交通量を取得するためには改善が必要であるといえる。本章では、前章の課題を鑑みて、頭部の認識精度の改善に、カメラ設置位置と断面線の設定位置の見直しおよび動画像の一部を拡大することが有効であるかを試行する。



図-5 撮影地点の環境



図-6 撮影環境と計数する断面線の関係

(1) カメラ設置位置と断面線との関係

本節では、まちなかで多くみられる横並びの歩行者の計数を想定して、カメラ設置位置と歩行者を計数する断面線の位置との関係が精度に与える影響を検証する。撮影環境を図-5に示す。なお、自然体の横並びの歩行者を再現するべく、被験者には動線上を自由に歩行してもらい、撮影を実施した。カメラは、高さ 2.2m の天井付近に設置した。また、設置位置は、図-6に示すように、歩行者の動線に対して垂直と斜めの 2 パターンを試行した。さらに、対象となる歩行者の全身が映るように画角を調節し、撮影角度を 20 度に設定した。撮影にはビデオカメラ (JVC 社の GZ-RY980-A) を用いて 4K 解像度で撮影した。断面線の位置は、中央、対角線上、左端 (奥側) および右端 (手前側) の 4 パターンを試行した。

表-2 各条件の計数結果

カメラと動線の関係：垂直				カメラと動線の関係：斜め			
断面線の位置	進行方向	推計値 (人)	正解率	断面線の位置	進行方向	推計値 (人)	正解率
中央 (断面Ⅰ)	右方向	16	80%	中央 (断面Ⅰ)	正面	19	95%
	左方向	16	80%		背面	19	95%
対角線上 (断面Ⅱ)	右方向	17	85%	対角線上 (断面Ⅱ)	正面	18	90%
	左方向	15	75%		背面	19	95%
左端 (断面Ⅲ)	右方向	14	70%	画面奥 (断面Ⅲ)	正面	20	100%
	左方向	20	100%		背面	18	90%
右端 (断面Ⅳ)	右方向	18	90%	画面手前 (断面Ⅳ)	正面	14	70%
	左方向	18	90%		背面	13	65%

※正解人数
正面・背面：20人、右・左方向：20人

計数結果を表-2に示す。まず、カメラと歩行者の動線との関係が垂直よりも斜めである方が、より正解人数に近い計数が可能であることが示された。また、横並びの

歩行者を計数する際に、カメラに近い歩行者のオクルージョンにより、奥側の歩行者の頭部まで隠れる場面が多くみられた。一方、カメラと歩行者の動線との関係を斜めにすることによって、カメラに近い歩行者によるオクルージョンの発生頻度を低減できるため、より正確に歩行者を計数可能となった。次に、断面線の位置を確認すると、動画像の中心部よりも画面の端付近に設定する方が、多くの歩行者を計数できた。これは、動線に対して角度を付けることにより、カメラの近くを通過する歩行者のオクルージョンが低減したためである。

これらより、オクルージョンの発生頻度を低下させるためには、歩行者の動線に対してカメラを斜めに設置することや、計数する断面線の位置をカメラの正面方向に対して角度をつけるように設定(図-7)することが効果的であるといえる。以上より、本システムをそのまま適用した場合でも、撮影方法や断面線の設置位置を最適化することで、更なる計数精度の向上が期待できる。

(2) 画像拡大による計数精度の変化

前章の検証結果より、本研究で用いた頭部認識モデルでは、80~180ピクセル程度であれば、頭部を認識できることが明らかとなった。そこで、地点④の動画像の一部をトリミングして拡大し、頭部のピクセル数を大きくすることで、計数精度を向上可能かを試行する。

計数結果の向上がみられた場面の一例を図-8に示す。画像編集ソフトを用いて動画像の一部分を拡大することで、断面線上の平均値で74x74ピクセルの大きさととなり、各辺約20ピクセルの拡大を確認できた。このことから、拡大することで、頭部のピクセル数が増加し、認識しやすくなったため精度が向上したと考えられる。

以上より、元の動画像に映る歩行者の頭部ピクセル数が小さく、頭部の認識が困難な場合であっても、動画像の一部を拡大してから処理することで、歩行者の計数精度の向上に寄与できることがわかった。

5. おわりに

本研究では、既存研究で考案した頭部に着目した歩行者交通量調査手法を既存研究⁴⁾とは異なる複数の撮影条件下で検証した。また、実験により撮影地点の環境および頭部の大きさが計数精度に影響を与えることを明らかにし、汎用性の向上に向けて検討すべき課題を整理した。そして、カメラ設置位置と断面線の設定位置の最適化や画像拡大の処理を試行した結果、計数精度の向上が確認できた。今後は、本システムを改良しつつ、撮影方法や断面線の設定位置の最適化を図ることで、他地点における汎用性を確認する。また、昼夜の照度の変化等に

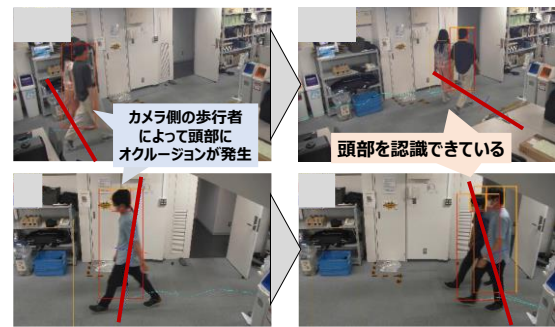


図-7 断面線の設置位置による計数結果の違い

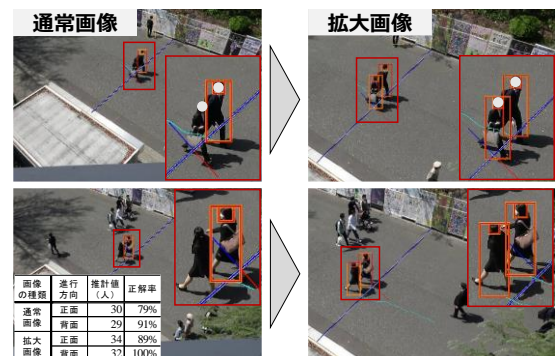


図-8 計数結果と改善例

も対応するべく、本システムの適用限界を調査する。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり、関西大学総合情報学部の田中成典教授の研究室の皆様には交通量調査の動画像撮影に多大なるご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：ICTを活用した新道路交通調査体系検討会，<<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/ict/index.html>>，(入手2022.6.13)。
- 2) 国土交通省：CCTVカメラ(AI解析)の精度に関する報告，<<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/ict/pdf/05/02.pdf>>，(入手2022.6.13)。
- 3) 対馬銀河，石突光隆，柴田宗典：鉄道駅構内における断面交通量の自動計測に関する基礎検討，土木計画学研究発表会論文集，Vol.62，No.17-01，2020。
- 4) 今井龍一，山本雄平，姜文淵，神谷大介，中原匡哉，安藤祐輝：頭部に着目した歩行者交通量調査に関する研究，土木学会論文集F3(土木情報学)，Vol.78，No.2，pp.I-82-I-92，2022。
- 5) 国土交通省：ストリートデザインガイドライン，<https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_gairo_fr_000055.html>，(入手2022.6.13)。
- 6) 国土交通省：まちなかの居心地の良さを測る指標(案)，<https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_machi_fr_000009.html>，(入手2022.6.13)。
- 7) Bochkovskiy, A., Wang, C. and Liao, H.: YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection, <<https://arxiv.org/pdf/2004.10934.pdf>>，(入手2022.6.13)。