



Title	Robust Pedestrian Tracking in Crowded Situation Using 3D Point Clouds
Author(s)	右京, 莉規
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/101763">https://hdl.handle.net/11094/101763</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏名(右京莉規)	
論文題名	Robust Pedestrian Tracking in Crowded Situation Using 3D Point Clouds (3次元点群による混雑した環境下のオクルージョンに対して堅牢な歩行者トラッキング)
論文内容の要旨	
<p>近年、公共施設や商業空間、その他人々が行き交う場所において、人流の計測に対する需要が高まっている。現在、施設訪問者の数や位置を把握するために、RGB映像を撮影可能な監視カメラを用いる手法が一般的である。RGB映像から歩行者やその他の物体を検出し、その位置を特定する研究が多数行われており、これが現時点で最も広く利用されている手法である。</p> <p>しかし、RGB映像にはいくつかの制約が存在する。直射日光や光の反射により露出過多となり、歩行者の認識が困難になる場合がある。同様に、夜間の屋外など低照度環境では、歩行者の検出精度が低下することがある。</p> <p>この課題を解決するため、深度センサーやLiDARセンサーを用いて取得される深度データおよび3D点群データが注目を集めている。深度データおよび3D点群データは、赤外線センシングを用いてセンサーと対象物間の距離を測定することにより得られる情報を表している。RGB映像とは異なり、これらのデータは光の強度変化の影響を受けず、環境要因による歩行者未検出の事例を低減することが可能である。</p> <p>さらに、顔などの個人情報を直接取得する視覚ベースの追跡手法は、検出および解析後に即座に情報を消去したとしても、プライバシーに関する懸念が生じることが多い。通行人のプライバシーに関する懸念は、収集したデータを使用後直ちに廃棄する場合であっても、完全に払拭することは困難である。これに対し、深度データおよび3D点群データは個人の識別が困難であり、RGB映像と比較してプライバシーに配慮した代替手段となり得る。</p> <p>現在、3D点群を用いた歩行者検出および追跡手法は、自動運転用途として車両に搭載された単一のLiDARセンサーから得られる点群データに基づくものが主流である。この方法では、車両から視認可能な歩行者の検出と追跡が可能である。しかし、歩行者密度が高く、人々が自由な経路を移動する状況では、一人の歩行者がセンサーと他の歩行者との間の視界を遮ることで遮蔽（オクルージョン）が頻繁に発生する。</p> <p>本研究では、歩行者密度が高く、遮蔽が頻発する環境において、深度データおよび3D点群データを活用した歩行者追跡手法を提案する。本手法は、施設訪問者の数、位置、および移動経路をより正確に特定するアプローチを確立している。</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　(　右京　莉規　)		
	(職)	氏　名
論文審査担当者	主　查	教授　山口 弘純
	副　查	教授　村田 正幸
	副　查	教授　渡辺 尚
	副　查	教授　下西 英之

### 論文審査の結果の要旨

本論文の研究成果は、実環境における歩行者の追跡精度を向上させるための点群ベースの手法を提案し、多様な環境下での有効性を実証した点にある。特に、遮蔽や混雑、動的イベントなど、実環境で頻繁に発生する課題に対し、新たな追跡技術を開発し、複雑な環境下でも高精度な歩行者追跡が可能であることを示した。以下に、3つの主要な研究成果について述べる。

第一の研究成果は、遮蔽によって一時的に視認が困難となる状況でも、歩行者の位置情報を正確に補完し、追跡の中止を最小限に抑える手法を開発した点にある。遮蔽が発生すると、複数の歩行者の動きが視界から消えたり、誤って統合されたりすることが多い。本研究では、前フレームの動的情報や、遮蔽発生直前の歩行者の軌跡データに基づき、遮蔽中の位置を補完する手法を提案している。また、分割・統合イベントが発生した際には、適切な再識別プロセスを適用することで、追跡の継続性が大幅に向かうことが確認された。大学のキャンパスや商業施設などで取得した多様なデータセットを用いた実験において、MOTA (Multiple Object Tracking Accuracy) 指標が0.914に達し、遮蔽や動的イベントが多発する状況でも高い追跡精度を示した。

第二の研究成果は、混雑した環境下で複数の歩行者が物理的に近接し、追跡の難易度が大きく増加する状況における効果的な追跡手法を提案した点にある。歩行者の群集が高密度になると、複数の個体が単一のセグメントとして認識され、正確な位置特定が困難となる。この問題を解決するため、本研究では、まず2D CNNを用いてセグメント内の歩行者の人数を推定した後、k-meansクラスタリングを活用し、セグメント内の各歩行者の位置を特定する手法を提案している。特に、各歩行者の動きの一貫性や歩行のパターンを考慮することで、高精度な追跡が可能となっている。大学キャンパス内での混雑状況をシミュレーションした実験では、MOTAスコアが0.977に達し、セグメント結合による悪影響を抑制できることが確認された。またこの手法は、異なる混雑レベル環境にも適応可能であることが示された。

第三の研究成果は、実環境での複数LiDARセンサを用いた高精度追跡技術の確立である。LiDARセンサから得られる3次元点群データを活用し、異なる視点から歩行者の位置を統合することで、動的環境下でも正確な位置情報の取得を可能にしている。また、複数のセンサからの情報をリアルタイムで融合し、遮蔽や混雑による追跡困難な状況に対しても高い耐性を示すことができた。具体的には、阪急梅田駅付近の混雑した歩行者のデータや、大学キャンパス入口での群集データを用いた検証において、MOTAスコアが0.85に達し、従来手法と比較して0.18の改善が見られた。さらに、従来の追跡アルゴリズムが失敗するケースでも、安定した追跡性能を維持することができた。本手法の拡張性により、異なる環境やユースケースに対しても柔軟に対応可能である点も、本研究の重要な成果の一つである。

以上のように、本研究では、遮蔽、混雑、動的イベントといった課題に対処するための、三次元点群に基づく革新的な追跡手法を提案し、多様な実環境においてその有効性を示した。これにより、歩行者密度が高い都市環境や、リアルタイムな群集管理を必要とするシステムに対する適用可能性が示され、今後のさらなる応用展開も期待される。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。