

レーザスキャナによる歩行者追跡法を用いた駅旅客の施設利用状況調査

株式会社国土情報技術研究所 正会員 ○石間 計夫 高田 知典
ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社 鈴木 尚毅
東日本旅客鉄道株式会社 J R 東日本研究開発センター 佐藤 隆
東京大学 空間情報科学研究センター 正会員 中村 克行 趙 卉菁 柴崎 亮介

1. 背景と目的

駅施設の管理や改善，またはその効果を把握するために，駅構内の旅客を対象とした利用状況が調査されている．調査項目の1つとして，駅構内を移動する旅客の起点と終点（以下，旅客起終点）の調査が挙げられるが，広範囲の旅客を効率よく計測できる手法は少ない．また近年では，駅構内での施設の多様化もすすみ，乗車以外のサービス（食事・買い物など）も考慮する必要があることから，旅客の複雑な移動経路にも対応することが求められている．

表1は，旅客起終点の調査に必要となる，主な歩行者追跡手法を整理したものである．東京大学 空間情報科学研究センターが開発したマルチレーザスキャナによる歩行者追跡システム（以下，歩行者追跡システム）は，複数のレーザスキャナを用いることにより，広範囲の歩行者を追跡することが可能である．本システムは，利用者の多い駅において高精度の計測が可能であることが示されている．

本稿では，歩行者追跡システムによって得られた軌跡データから，旅客起終点を特定するための検討と駅構内を対象とした調査を行ったので，その内容を報告する．

2. 方法

2－1. 駅構内の旅客追跡

駅構内の旅客追跡手法には，上述したマルチレーザスキャナによる歩行者追跡システムを用いる．この手法は，レーザスキャナ（写真1）を地上に据え置くことにより，歩行者の足首付近のレンジデータを取得，その歩行リズムを検知して追跡を行うものである．レンジデータのクラスタリングによる足首抽出，グルーピングによる歩行者検出，動きベクトル（軌跡シード）推定，運動モデルを考慮した拡張カルマンフィルタによる軌跡トラッキングの機能で構成され，対象人数が一定数以下であれば実時間追跡が可能である．また，遮蔽に対する頑健性を確保するために，センサを複数台連携利用（マルチレーザスキャナ）して計測を行う．より詳細な情報は，文献[1]を参照にされたい．

2－2. 旅客起終点の抽出手順

得られた歩行軌跡から旅客の起終点調査を行うためには，(1)部分的に寸断された軌跡をつなぎ合わせるための「軌跡接合」プロセス，(2)駅構内で，起点（終点）を認識するための「起終点枠設定」プロセスの2つの処理が必要となる．

表 1 歩行者追跡手法の一例

手法・名称	特 徴
マルチレーザスキャナによる歩行者追跡手法	広範囲・高密度で移動する，歩行者の追跡が可能
画像認識手法による歩行者追跡手法	室内など限られた範囲で，歩行者の追跡が可能
アクティブ型 RFID タグを用いた歩行者追跡手法	RFID タグを持っている歩行者に限り，広範囲での追跡が可能



写真1 レーザスキャナ

キーワード マルチレーザスキャナ，歩行者追跡手法，起終点調査，駅
連絡先 〒150-0002 東京都渋谷区渋谷1丁目16-14 渋谷地下鉄ビル ㈱国土情報技術研究所 T E L 03-3409-8174

- (1)軌跡接合プロセスでは、歩行軌跡の始点もしくは終点が、駅構内の起点（終点）として設定した枠外に存在していた場合に、それらを「起終点不明軌跡」として抽出する．本調査では、軌跡データに含まれる始点・終点の座標と時間を基に、以下の①～⑤に示す条件を設定して接合を行った．
- ① 起終点不明軌跡の終点から 0.1 秒 50cm 以内の始点データが一つの場合は、軌跡を接合する．
 - ② 起終点不明軌跡の終点から 1 秒 1m 以内の始点データが一つの場合は、軌跡を接合する．
 - ③ 起終点不明軌跡の終点から 3 秒 3m 以内の始点データが一つの場合は、軌跡を接合する．
 - ④ 起終点不明軌跡の終点から 5 秒 5m 以内の始点データが一つの場合は、軌跡を接合する．
 - ⑤ 起終点不明軌跡の終点から 5 秒 5m 以内の始点データの中で、一番近い軌跡を接合する．
- (2)起終点枠設定プロセスでは、旅客の起点（終点）とする範囲（枠）を設定する．“（1）”のプロセスを経た歩行軌跡の始点（終点）が、枠内に入っている場合、起点（終点）としてカウントする．なお、枠外の始点（終点）は、不明としてカウントする．本調査では、起終点枠を図1に示すように設定した．

3. 旅客起終点調査結果

先に示した方法を用いて、A駅構内の旅客を対象とした起終点調査を行った．調査範囲は、横幅がおよそ60m、縦幅がおよそ20mであり、レーザスキャナは、調査範囲を取り囲むように8台設置した．（図1参照）それぞれのレーザスキャナは、ノートPCで制御されており、各PC間は無線LANによって接続されている．

歩行者追跡システムにより20分間計測をしたデータを基に、旅客の起終点調査を行った．その結果、調査範囲内の旅客739人中、338人の起終点特定（特定率：45.74%）に成功した．その内訳を表2に記載する．

本手法により、最大50m以上にわたって旅客を追跡して、起終点を特定できることが判明したほか、歩行軌跡、起点通過時間、終点通過時間などの有用性の高いデータも得ることができた．また、入口幅2m、入口の間隔2mの隣接かつ間口の狭い起終点枠が設定されていたが、2つの入口を混同することなく特定できている．

しかしその一方で、旅客の起点もしくは終点が特定できないことがあることも判明した．起点もしくは終点が特定されていない歩行軌跡の検証を行った結果、歩行軌跡の密度が高い領域において、多くの軌跡が途切れていることが判明した．このことから、先に示した軌跡接合プロセスの①～④に示す接合条件は、歩行軌跡の密度が高い領域の接合に寄与していないことが考えられる．

4. 結論

本稿では、歩行者追跡システムによって得られた歩行軌跡を基に、旅客の起終点を特定するための検討を行い、A駅において調査を実施した．その結果、旅客739人中、338人の起終点を特定（特定率：45.74%）でき、歩行軌跡、起点通過時間、終点通過時間などの有用性の高いデータも得られることが示された．なお本調査は、歩行者計測システムの機器設置、計測、撤去、および解析作業を作業員3名で実施した．

今後は、歩行者軌跡の密度が高くなる領域での、軌跡接合を向上させるための手法や新たな機能追加を検討し、多くの実績を重ねていくとともに、駅構内に限らず、より実用性の高い分野での適用も視野に入れて検討を行っていきたい．

参考文献

[1] H.Zhao and R.Shibasaki: “A novel system for tracking pedestrians using multiple single-row laser range scanners,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics –part A, 35, 2, pp. 283—291 (2005).

表2 旅客の起終点調査結果

目的地点	改札	施設A 入り口1	施設A 入り口2	南改札 連絡通路	ホームA (階段1)	ホームA (階段2)	ホームA (階段3)	ホームA (階段4)	ホームB	店舗A	合計
改札											
施設A・入り口1	1				13	12	13	26	19	10	95
施設A・入り口2	4				2		2		11	3	19
南口連絡通路	10		6		1		5	6	3	8	40
ホームA(階段1)	7			4		1			2	9	23
ホームA(階段2)	2			3	2				4	6	17
ホームA(階段3)	6			8	1				1	4	21
ホームA(階段4)	12	1	3	1					2	5	24
ホームB	12	3	16	1	5	2	2			1	46
店舗A	22			6	6	3	1	5	5		48
合 計	76	4	26	26	28	19	23	42	50	44	338

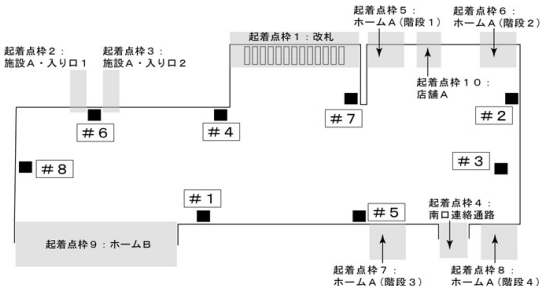


図1 レーザスキャナ・起終点枠の配置図