

レーザー技術によるホームの 旅客流動の調査研究



尾住 秀樹*



坂本 圭司*

駅コンコース、ホームなど混雑した箇所における旅客の流動特性を定量的に把握することは、駅計画を考慮する上できわめて重要なことである。当研究所では、駅において広範囲に旅客流動を計測するため、レーザー技術を用いた旅客流動計測システムの開発を行ってきた。駅コンコースについては床置き式センサーを設置して計測をしてきたが、設置場所が限られるなどの理由から、ホーム上での計測実績はなかった。今回、ホーム上方にレーザーセンサーを設置し、計測・解析を行うことにより、旅客流動変化を把握する手法を開発し、恵比寿駅のホームドア設置前後で計測した。解析の結果、朝ラッシュ時の旅客の混雑箇所、混雑度、密度の時系列変化、混雑収束までの時間を把握することができた。

●キーワード：旅客流動、レーザーセンサー、ホームドア、ホーム上の混雑度変化

1. はじめに

お客さまに安心して快適に駅をご利用いただくことを実現するために、駅コンコースのレイアウト変更やバリアフリー設備の整備、エキナカ開発などの施策が実施されている。またより安全にホームをご利用いただけるように、ホームドア設置計画が進められ、今年度、山手線恵比寿駅、目黒駅に先行設置されている。

これらの整備計画を進め、施策の評価・検証を行ううえで、旅客の流動を定量的に把握し、見える化を実施することは不可欠である。

当研究所では、広範囲にわたる高精度な旅客流動を計測する方式として、レーザーセンサーを用いた計測システムを開発し、混雑したコンコースや自由通路などでの計測を通して、評価・検証をおこなってきた。しかし、ホーム上の測定については、複数台の床置き式レーザーセンサーで計測する方式の場合（二次元式）、①計測時の旅客を阻害するおそれがある、②設置場所が限られる、③混雑度の高い箇所では旅客同士により、遮蔽が発生する可能性が高まる、などの理由から、これまで実施しなかった。

今回、先述のホームドア設置前後の旅客流動解析をめざし、新しい計測手法の開発に取り組んだ。

2. レーザーセンサーを用いた計測システム開発の概要

2.1 レーザーセンサーの特徴

駅コンコースやホームでは、ラッシュ時を中心に極めて混雑した状況が発生する。従来、このような状況下では、手動

での断面通行量測定や静止画像による旅客密度（混雑度）分析をおこなっていた。これらの手法では、断面的な旅客数の把握は可能であるが、駅全体を見渡しての旅客の流れや行動特性、混雑度変化を把握するのは困難であった。

本研究では、上記の状況下で、旅客の位置・人数、混雑度、旅客の軌跡（時系列で取得したデータから個々の旅客を追跡し、軌跡をつなげる。進行方向・速度の把握が可能）を定量的に把握し、旅客流動を高精度に解析することを目標としてスタートし、その要素技術としてレーザーセンサーを用いることとした。

レーザーセンサーを用いた理由は、以下の点である。

①広範囲の計測が可能

レーザー光は拡散性が低く、波長・周波数が単一で減衰性がきわめて低いため、広範囲に存在する物体の位置を正確に検知可能。

②旅客の抽出がデータとして取得可能

データとして解析がしやすい。また、画像に比べてデータが軽い。

レーザーセンサーを用い、駅ホームにおける広範囲の旅客流動を把握するシステムの開発経緯を以下に述べる。

2.2 レーザーセンサーを用いた計測システムの開発経緯

床置き式センサー（二次元式）では前述のようにホーム上では設置場所が限定されるなどのデメリットがあったため、今回、混雑しているホーム上で計測を実施するにあたり、ホーム上方にレーザーセンサー（三次元式）を設置し、三次元情報を取得することにより、二次元データを補完するシステムを開発した（図1）。

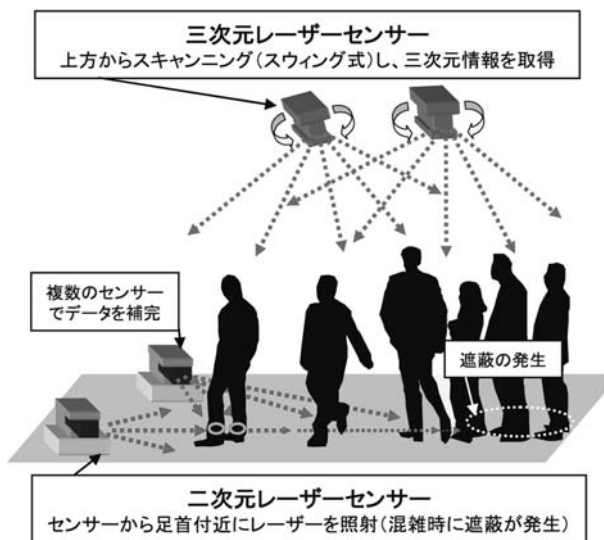


図1 レーザーシステム研究概念図

3. 駅ホームでの旅客流動計測システムの開発

3.1 駅ホームにおける旅客流動測定、解析

(1) 駅ホームでの計測の流れ

今回、開発した三次元式レーザーシステムでは、以下の流れで計測、データの記録をおこなった。(図2)

- ①ホーム上部にレーザーセンサーを設置し、モーターで40度～100度、周期0.6秒～2.0秒でスウィングさせながらスキャンニングをおこない、ホーム上の旅客のシェイプ(形状)の三次元情報を取得。
- ②複数のセンサーの時刻同期を実施。
- ③取得した旅客などの位置情報、回転角度の情報、時刻情報をPCに記録、取得したデータの解析の実施につなげる。

また、測定 の角度、周期については、計測対象範囲、センサーの設置高さを配慮し、より効率的にデータを取得できるように調整し、計測を実施した。

(2) 取得したデータ解析の流れ

記録したデータについては、以下の手順で解析を実施した。(図3)

- ①初電前に計測し、背景(ホーム面、柱、階段の高欄など動かない部分)を抽出する。
- ②①で抽出した背景以外の動体を認識し、旅客を抽出する。
- ③抽出した旅客個体の形状から個別の旅客を認識し、ナンバリングをおこなう。
- ④複数のセンサーで計測した場合、ホーム面や動かない柱の位置などを調整することによりデータ統合をおこない、複数のレーザーで抽出された旅客について統合をおこなう。

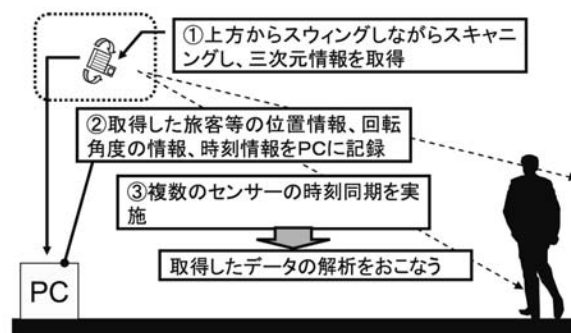


図2 三次元式レーザー計測概念図

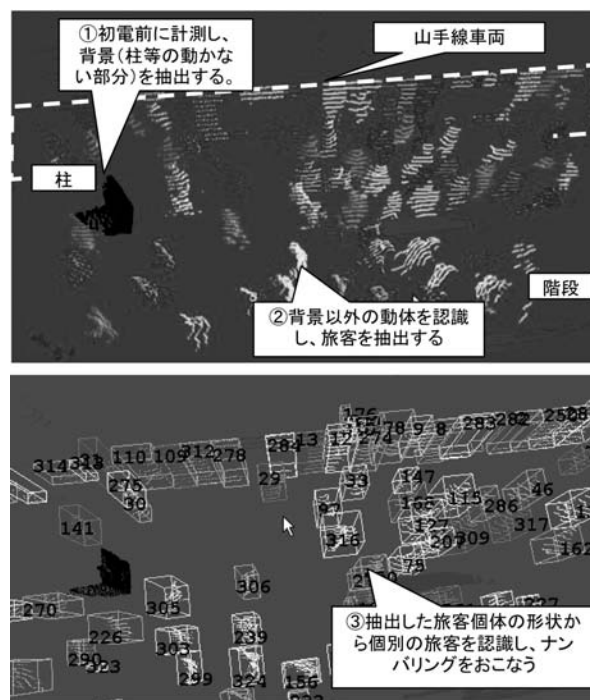


図3 三次元データ解析概念図

4. ホームドア設置前後における旅客流動測定

4.1 恵比寿駅ホーム上での測定概要

これまで開発した計測システムを用いて、山手線恵比寿駅において、ホームドア設置前後の旅客流動測定をそれぞれ平日2日間実施した。

図4.5のように、ホーム上部に三次元レーザーセンサーを6台設置し、スウィングさせて旅客をスキャンニングした。朝ラッシュ時は計測エリアを6つに分け、6台のセンサーを角度55°周期1.0秒でスウィングさせ計測をおこなった。また、ホーム上に床置き式の二次元レーザーセンサーを6ヶ所設置し、ホーム上部には検証用のカメラを設置した。

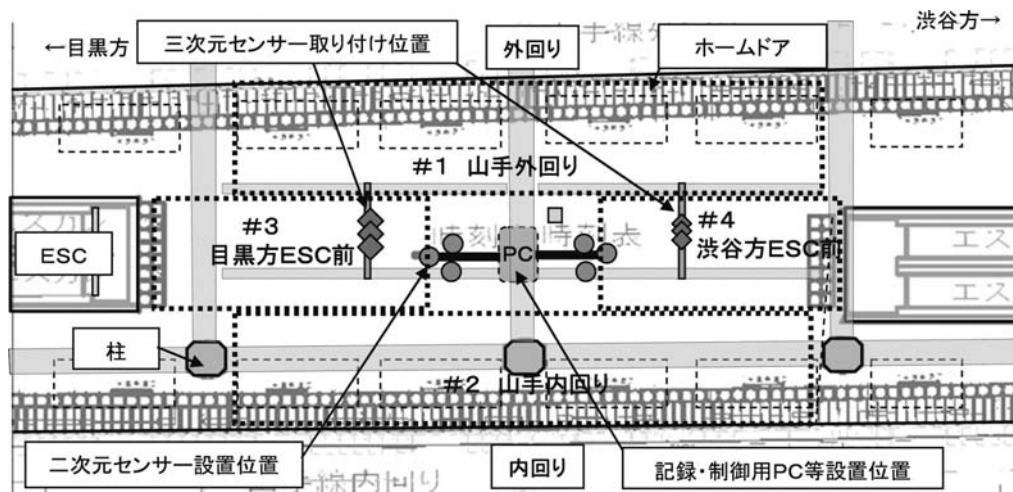


図4 恵比寿駅山手線ホーム旅客流動測定概要



図5 恵比寿駅計測状況

4.2 三次元データの解析結果

恵比寿駅で計測したデータより、ホームドア設置前2010年3月3日（水）、ホームドア設置後7月14日（水）朝ラッシュ時の解析を実施した。

(1) ホーム上の旅客の抽出と混雑度の時系列変化

一例として、3月3日8:37～8:40の解析結果を図6.7に示す。この解析結果から内、外回りホーム、目黒方、渋谷方のエスカレーター前、それぞれにおける混雑度変化をグラフで示したものが図8である。

内回りホーム乗降口付近（図6#2の範囲）は列車到着後、18秒後に混雑度がピークに達し、徐々にエスカレーター（図中で「ESC」と表記）前に旅客が移動していく様子が確認できる（図6.8）。36秒後に内回りホーム乗降口付近の混雑はおおむね収まり、エスカレーター前に長い列が形成される（図7.8）。その後、エスカレーター前の混雑も徐々に解消してゆく状況が確認できる。7月14日8:37～8:40も同様に解析を実施した（図9）。

こちらも、3月3日のデータと同様の傾向が確認できた。なお、両日も同時時間帯に輸送障害などの特殊要素はなく、8:30～

9:00の自動改札機通過データを確認したところ、通過人数は両日ともほぼ同じであったため、同時時間帯の旅客人数自体に大きな差はないと思われる。

(2) ホームドア導入前後の旅客流動変化比較

(1)の結果より、3月3日8:37:20到着内回り列車と、7月14日8:37:28到着内回り列車について、恵比寿駅到着時刻（グラフ中で0:00と設定）からの、内回りホーム乗降口付近の到着時刻からの混雑度時系列変化を比較したところ、列車到着後、おおむね同じ時間で混雑のピークを迎え、収束する状況が確認できた（図10）。今後、より長いスパンの分析を実施し、ホームドア導入前後での旅客流動変化の評価をおこなう計画としている。

4.3 今後の検証、開発について

旅客の軌跡については、今回、解析したデータは、三次元センサーのスウィングスピードが1.0秒であったため、混雑時は個々の旅客を抽出したデータを追跡し、軌跡を抽出することが困難であった。今後、スウィングの周期や計測範囲を変化させたデータと、二次元計測データを組み合わせて、軌跡の抽出の可能性を見出す計画としている。

5. おわりに

駅をスムーズにご利用いただくためには、駅計画の際に、旅客の流動を考慮し、また施策実施前後の検証をおこなったうえで、次の施策に反映していくことが重要である。駅コンコース、ホームの旅客流動を把握し、見える化を実施する手段として、今回開発した測定システムは効果的な手法であると考えられる。今後、より広範囲の旅客流動を把握し、さまざまな計測手法のメリットを生かし、効果的に組み合わせることにより、駅全体の旅客の混雑度、移動、滞留特性の把握をめざす。

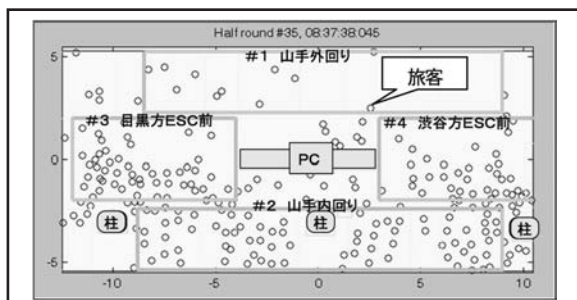


図6 8:37:38 山手線内回りホーム混雑時
→内回りホーム乗降口付近 (#2) が降車客で混雑し、ESC前への旅客の移動が見られる

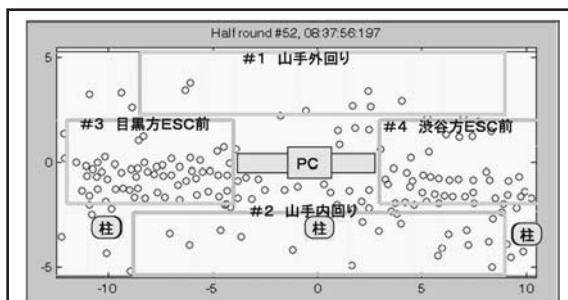


図7 8:37:56 山手線内回りホーム混雑収束時
→内回りホーム乗降口付近 (#2) の混雑が収束し、ESC前に長い列が形成されている。



※エリアごとの人数
上記#1～#4のエリアにいる旅客の人数変化を示す

図8 ホームドア導入前 混雑度変化 (2010年3月3日 8:37～8:40 恵比寿駅山手線ホーム)

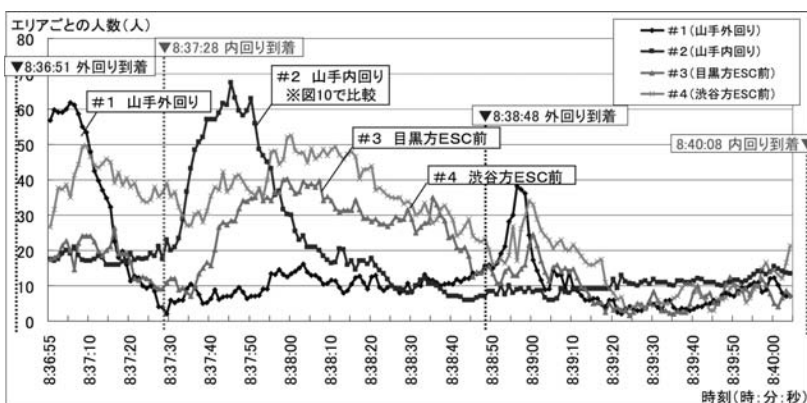


図9 ホームドア導入後 混雑度変化 (2010年7月14日 8:37～8:40 恵比寿駅山手線ホーム)



図10 ホームドア導入前後「#2 山手内回り」エリア混雑度変化比較 (恵比寿駅山手線ホーム)