

## S5-7. レーザレンジスキャナによる旅客流動解析技術の基礎開発

○坂本 圭司 (JR 東日本研究開発センター)

中村 克行, 趙 卉菁, 柴崎 亮介 (東京大学空間情報科学研究センター)

大鋸 朋生 (アジア航測株式会社)

鈴川 尚毅 (ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社)

Fundamental Development of Passenger Flow Analyzer by applying Laser Range Scanners

Kiyoshi Sakamoto, (Research and Development Center of JR East Group)

Katsuyuki Nakamura, Huijing Zhao, Ryosuke Shibasaki (Center for Spatial

Information Science, The University of Tokyo)

Tomowo Ooga (Asia Air Survey Co., Ltd)

Naoki Suzukawa (JR East Consultants Company)

To plan railway stations, comprehending the passenger flow is one of the fundamental elements for railway companies. However, data practical in planning has not been available, for detecting passengers through the concourse has accompanied with considerable difficulties. Recently we have initiated the fundamental development of a new system that is to comprehend the passenger flow through the concourse, by applying laser range scanners. This paper is to report 1) the outline of the new system, 2) the brief of experimental practice of the system in a railway station, and its result with the data to demonstrate the system's accuracy.

キーワード：レーザーレンジスキャナ、旅客流動、歩行軌跡

Keywords: Laser Range Scanners, Passenger Flow, Track

### 1. はじめに

駅構内における旅客流動の把握は、駅の平面計画を進める上で必要不可欠なプロセスの一つである。当社ではこれまで、旅客流動を把握するに当たり、主に断面流動や駅構内 OD 調査などを実施してきたが、コンコース全体で旅客がどのように移動しているのかを示すデータを得るのは困難であった。そこで当社では、駅構内において面的に移動する旅客の密度・速度・方向・混雑度合い等を解析（以下「旅客流動解析」）するため、レーザーレンジスキャナ（以下、「レーザースキャナ」と言う）を応用した旅客流動解析システムの開発を進めることとした。本稿では、開発中のシステムの概要ならびに実際に駅でシステムを稼働させた際の結果について報告する。

### 2. 試行した旅客流動解析システムの概要

#### 2.1 システム概念図

旅客流動解析システムの概念を図-1に示す。大まかにはシステムは、1) レーザースキャナ、2) クライアントコンピュータ、3) サーバコンピュータで成り立っている。

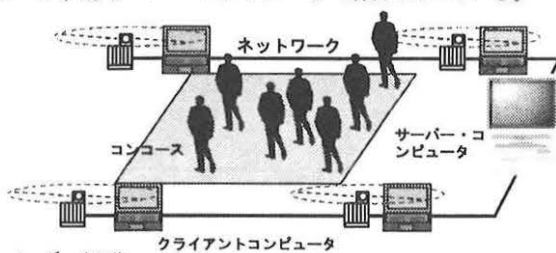


図-1 レーザースキャナによる旅客流動解析システム

#### 2.2 レーザースキャナ

レーザースキャナは、旅客の位置検知を行う。今回の開発で使用したスキャナは、ドイツ SICK 社製のレーザースキャナ (LMS200) である。これは、レーザー光のパルス伝播時間により距離を測定するもので、長距離計測（計測距離約 30m）、高角計測（観測角 180°）が可能であり、計測誤差が 4 cm という高い精度を保つ。また 0.5° の高角度分解能をもち、レーザー光の波長は 905nm (近赤外) である。このスキャナで採用されているレーザー光は、最も微弱な「クラス 1」に分類されるもので、人体には障害を与えないとされている。本開発では、動体の抽出は人体の中でも見付幅の小さい部分である「足首」をターゲットとするため、スキャナを床面に設置し、高さ約 16cm の水平面をスキャニングした。それでも駅特有の混雑により多数の隠蔽が生じることが予想されたため、複数のレーザースキャナを用いて計測を行い、それぞれのスキャナが取得した距離データを統合させ、動体の抽出を行うこととした。

#### 2.3 クライアントコンピュータとサーバコンピュータ

クライアントコンピュータは各レーザーセンサーを制御すると共に、レーザースキャナが取得した物体の位置データを蓄積する役割を担っている。サーバコンピュータは各クライアントコンピュータに蓄積された情報の時刻同期を取るため、ネットワークを通じて定期的に時刻情報を発信する。

### 3. 旅客抽出のプロセス

次に、旅客を抽出し、トラッキングするプロセスについて説

明する。

旅客をトラッキングする処理の流れは、大きく以下の 5 段階に分けることができる。この処理により旅客の軌跡、密度、速度、混雑度合いなどを解析する。

●背景差分：レーザー距離データから、壁や柱などの固定物を除去し、移動体のみのデータを作成する背景差分プロセスを行う。レーザーセンサーは常に同じ位置で同じ範囲をスキャンしているため、壁や柱などの位置はシステム誤差の範囲を超えて変化しない。この原理を用いて、時間とともに位置が変化しない固定物を背景として保存することを行う。

●クラスタリング：旅客の足に当たった複数のレーザービームをまとめて、どのポイントクラウドが 1 本の足に当たるのかを推定するクラスタリングプロセスを行う。具体的には、最初の背景差分によって動体データを抽出し、それらのポイントクラウドの中で、半径 10cm 以内に集まっているデータを足断面データとしてクラスタリングする。

●グルーピング：クラスタリングプロセスで作成した足を 2 本まとめて、どれが 1 人の人間に相当するのかを推定するグルーピングプロセスを行う。具体的には、クラスタリングされた足断面データに対して、30cm 以内の距離にあるものを 1 人の人間とみなし、グルーピングする。

●トラッキング：グルーピングした人間がどこへ歩いたのかを追跡するトラッキングプロセスを行う。人間は歩行する際、左右どちらか一方の足を軸足にして移動する。この動作を時系列上連続したフレームから抽出すれば、グルーピングした足断面にある程度の重なりがでてくる。ここで、時系列で 3 フレーム以上重なりがあればそれらを歩行軌跡とみなす、という処理を行う。これにより、歩行軌跡のもととなるシードが抽出できることになる。

●軌跡の延長：トラッキングプロセスで作成したシードを結合して、歩行軌跡を延長するプロセスを行う。この処理は離散型のカルマンフィルタによって行う。歩行軌跡を処理することで流動密度、速度、方向、混雑度合いを解析する。

#### 4. 駅での実証実験

システムの性能を確認するため、複数のレーザーセンサーを用いて E 駅西口改札内コンコースで旅客流動の計測を行った。また計測精度を確認するため、コンコース中央部付近の天井にビデオカメラを真下に向けて設置し、同様に旅客流動の計測を行った (図-2)。

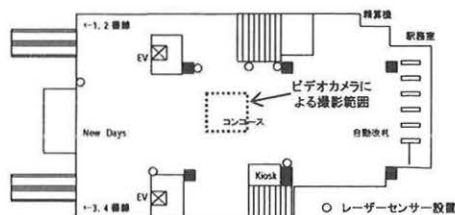


図-2 レーザーセンサー等の設置図

#### 5. 計測結果の検証

計測結果を検証するため、まずそれぞれのスキャナが取得した距離画像を一つに統合した。次にビデオカメラがカバーする範囲とレーザーセンサーの距離画像の範囲ならびにそれぞれの画像の時刻を一致させて重畳画像を作成した。この重畳画像は朝の混雑している時間帯、昼の比較的空いている時間帯、そして夕方やや混雑している時間帯のそれぞれについて作成し、それぞれ任意の 50 コマを印刷出力して、手作業によりレーザーセンサーによる旅客の計測データの計測結果を検証した (図-3)。表-1 は、3 つの時間帯の中でも最も条件が厳しい、朝の混雑時間帯 (午前 8 時 30 分前後・平均密度 0.8 人/㎡) における旅客の検出精度検証結果である。表中の「レーザーパターン 1」とは、1 側面より計 3 台のレーザーセンサーで計測した場合の検出精度検証結果であり、同様にパターン 2 とは 2 側面計 4 台、パターン 3 とは 3 側面計 6 台の検証結果である。このように、スキャナの設置方向・台数と検出結果には明らかな相関が見られ、混雑時にはスキャナを 3 方向に設置することで検出率を高くすることが可能であることが分かった。

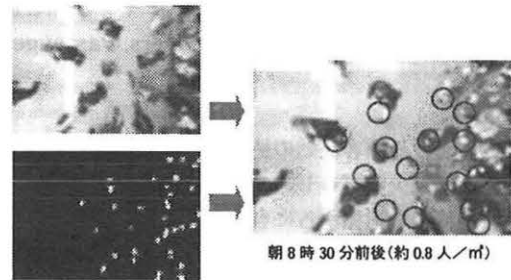


図-3 ビデオ画像(左上)とレーザーセンサー距離画像(左下)そして合成図(右)

表-1 検出精度検証結果

|            | 最大検出率 | 最低検出率 | 平均検出率 |
|------------|-------|-------|-------|
| レーザーパターン 1 | 100%  | 78%   | 91%   |
| レーザーパターン 2 | 100%  | 83%   | 95%   |
| レーザーパターン 3 | 100%  | 92%   | 99%   |

#### 6. まとめ

本稿では、レーザーセンサーを用いた旅客流動解析技術の基礎開発について、1) そのシステム概要、2) 駅での実証実験と旅客流動の検出精度検証結果、の 2 点を報告した。一例として、本システムで計測した旅客流動の軌跡を可視化した画像を図-4 に示す。



図-4 コンコースにおける旅客軌跡の時間的変化 (表示時刻より 50 秒間の軌跡)