

LiDAR を用いたオフィス内人流計測システムによるオフィス環境の改善

池田 太郎
Taro IKEDA

1 はじめに

近年、オフィス環境を定量的に評価する方法の一つとして、人流計測に注目が集まっている。人流計測は、駅の混雑度分析や、ショッピングモールにおける購買行動分析などに利用されており、多くの研究や商品化が行われ注目を集めている。

人流計測に多く用いられるものとしてビデオカメラを用いて撮影した動画を用いるものがある。動画に対して画像認識を用いた歩行者トラッキングを行うことにより、人流計測を行う。しかし、ビデオカメラを用いる場合、個人情報保護の観点から事前に許可を得る必要性や、設置が制限されるなど様々な制約が存在する。

こういった動画を用いない人流計測方法の一つとして、LiDAR を用いる方法がある。LiDAR は、動体検出や自動運転など多くの分野において用いられ、研究やシステム開発が盛んに行われている。その研究の多くは高人口密度の環境下で、個人を追跡する精度を向上させることを目的としている²⁾。しかし、我々が研究対象とするオフィスでは、個人を長時間連続して追跡するシステムは個人情報保護の観点から好まれないことが多い。

そこで本研究では、オフィス内における執務者全体の行動分析と、それによるオフィスの環境改善を目的とし、LiDAR を用いた人流計測システムを提案する。作成した人流計測システムでは通常の LiDAR の研究で重視される個人追跡精度を重視しない。個人の追跡については最小限のみ行い、プライバシーを維持したまま人流計測を行う。また、オフィスの環境改善においては、人流計測を行うだけでなく、計測結果をログデータとして記録し、その表示を行うことも重要である。では人流計測のログデータの記録を行い、記録されたログデータから計測対象である執務者全体の人流を明確に表示する方法についての検討も行う。

2 人流計測システム

2.1 LiDAR とは

LiDAR とは、レーザ光を用いてセンサから対象物までの距離を計測することができるセンサである。LiDAR には、広範囲を高速に計測することが可能であるという特徴がある。一方で、レーザ光の特性上、計測対象である執務者が柱などの物陰や別の執務者の陰に隠れてしまうと、計測対象者を見失ってしまうという欠点がある。

2.2 人流計測システムの構成

作成した人流計測システムで使用する LiDAR は SLAMTEC 社の RPLIDAR A2M8 である。Fig. 1 に

RPLIDAR A2M8 を示す。最大計測可能距離は 12 m であり、水平視野角は 360 deg である。レーザ光の水平方向の 1 回転 (360 deg 計測) の周期は 0.1 s で、1 周期あたり約 400 点の計測データ (センサを中心とする距離と角度のデータ) を得る。レーザ光の波長は 785 nm (近赤外波長域) であり、クラス 1 A のアイセーフレーザである。



Fig.1 RPLIDAR A2M8

人流計測システムで用いる LiDAR は水平にしか計測できない。そのため、LiDAR を設置する高さに注意する必要がある。人流計測システムでは立って動いている人を計測するため、LiDAR を設置する高さを、1.3 m の高さに設置した。この高さは椅子に座っている人より高く、低身長の人より低くなるように設定した。

3 LIDAR の精度検証実験

3.1 実験概要

人流計測システムの精度検証実験を行うために、LiDAR の精度検証実験を行った。Fig. 2 に実験環境を示す。実験方法としては、まず Fig. 2 の LiDAR から 1 m, 2 m, 3 m, 4 m の位置にマーカを設置する。今回はマーカとして三脚を用いた。次に LiDAR を用いてマーカの位置計測をそれぞれ 10 回行う。この計測結果と実際の LiDAR とマーカとのユークリッド距離を求め、精度の検証を行った。

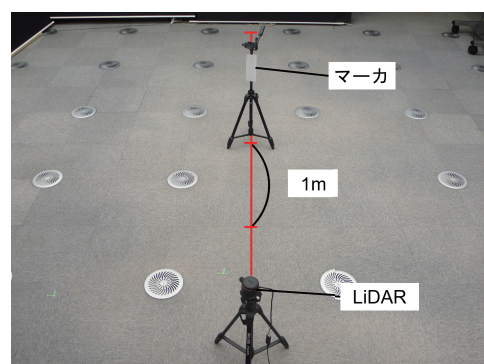


Fig.2 実験環境

3.2 実験結果および考察

実験結果を Fig. 3 に示す。Fig. 3 は LiDAR を用いた距離の計測値と実際の距離との誤差を示す。一般的に人流計測で求められる精度は 10 cm 単位の精度である³⁾。今回の実験の結果は、それに比べて小さく、誤差の最大値も 88 mm であるため、人流計測を行う上で問題は生じない。そのため、今回の実験で用いる LiDAR は人流計測が可能な精度であると考えられる。

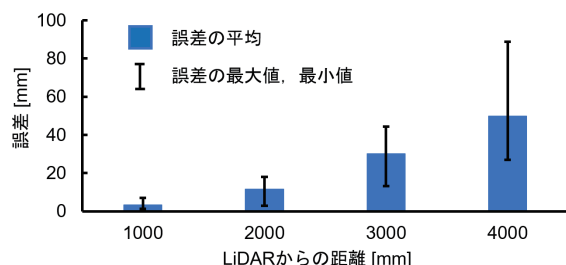


Fig.3 実験結果

4 人流計測システムの概要

人流計測システムは、トラッキングとログデータ表示の2つの機能で構成される。

トラッキングの大まかな流れを以下に示す。ここでは、計測値が背景領域にある時を静止点、背景領域外にある時を動点と呼び、LiDAR の 1 回転分の計測値をフレームと呼ぶ。

- (1) LIDAR からデータを受け取る
- (2) 背景差分による動点抽出
- (3) 複数の動点を一つの移動物体に集約
- (4) 過去フレームとの対応づけを行い、(1)へ

LiDAR の計測値から移動物体のトラッキングを行うためにはデータ処理を行う必要がある。まず、LiDAR の計測値から壁などの背景から得られる静止点を除外し、人などの移動物体から得られる動点を抽出する。これにより、不要なデータを削除できる。次に、抽出した動点を移動物体ごとに分け、一つの移動物体につき一つの代表点をもとめる。一つの代表点をもとめることにより、計算処理を高速化する。最後に移動物体の軌跡を求めるために移動物体と過去フレームの移動物体との対応づけを行う。移動物体はそのままでは移動の軌跡を求めることができない。これは移動物体が時間の情報を持たないためである。過去フレームの移動物体と距離的に近い移動物体を対応させることにより、移動の軌跡を求める。これらの処理を LiDAR が 1 回転するごとに繰り返し行う。これによりトラッキングの処理を行う。

次にログデータの表示の流れを示す。

- (1) データ補完
- (2) ヒートマップ化
- (3) 静止物体除去

ログデータはフレームごとの各移動物体中心点を記録した点の集合である。このログデータをそのまま重畳表示しても、人流を把握することは困難である。そのため、ログデータはヒートマップ状に表示を行う。Fig. 4 に人流計測のログ表示の一例を示す。

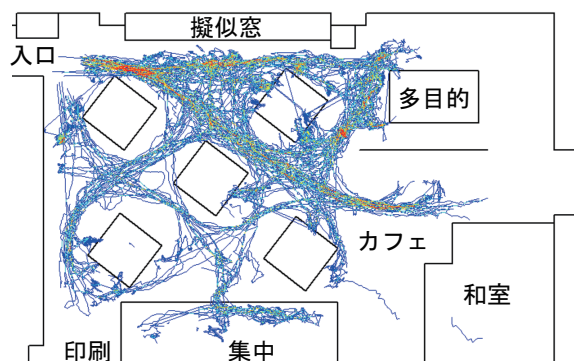


Fig.4 人流計測のログ表示の一例

ログデータをヒートマップ状に表示を行うためには、データの補正を行う必要がある。これは、移動物体の中心点は各フレームごとのデータであり、フレームとフレームの間に移動した分は計測されないためである。フレーム間に移動した分のデータを点で埋めることによりデータの補正を行う。また、一つの移動物体が同じ場所に留まることによるノイズを除去し、流れをより強調して表示を行う。Fig. 4 のログ表示よりヒートマップ状に表示され、移動物体が連続的に表示されているのがわかる。

5 今後の展望

本研究では、オフィス内の環境改善を行うことを目的とした人流計測システムの作成と、提案システムの基礎精度検証実験を行った。ログデータの表示結果から、人流計測システムによるトラッキングとログデータの収集、表示が可能であることを示した。また、この結果から執務者の行動分析が可能であると考えている。今後は人流計測システムを用いて実験を行うことにより、ログデータの収集と現状のシステムの問題点の洗い出しと改善を行う。また複数台の LiDAR を同期させ、より広い範囲の計測を行うことも検討している。その後、提案システムを用いて計測を行うことにより、人流の観点からオフィスレイアウトの変更やマグネットスペースの作成などが、オフィス環境にどのような影響を与えるかの検証や、人流計測のログデータから、執務者の行動を定量的に評価する方法の調査を行うことを検討している。

参考文献

- 1) 佐藤 泰, オフィス内カフェコーナーの利用実態からみたマグネットスペースにおける遭遇・会話発生量の考察, 日本建築学会計画系論文集 第 81 巻 第 720 号, 2016-02, pp.281-291
- 2) 中村 克行, 複数のレーザレンジスキャナを用いた歩行者トラッキングとその信頼性評価, 電子情報通信学会論文誌, 2005-07 Vol.J88-D-II No.7, pp.1143-1152
- 3) 金生 翔太, レーザスキャナを搭載する複数移動ロボットによる非 GNSS 環境下での協調移動物体追跡, 日本機械学会論文集, Vol.83, No.854, 2017