

# LiDAR を用いた人流計測システムの作成と 執務者の在離席検知への応用

新井 友輔  
Yusuke ARAI

## 1 はじめに

近年、執務者の生産性とオフィスレイアウトの関係性が注目されている<sup>1)</sup>。執務者の生産性とオフィスレイアウトの関係性を探るためには、オフィスにおける執務者の活動を定量的に計測し、評価した結果を蓄積していく必要がある。従来のオフィスレイアウトの調査は目視やアンケートによって行われていた。しかし、目視やアンケートによる調査はコストがかかり、長期間の調査が困難である。また、執務者の正確な移動軌跡を記録することが不可能である欠点がある。

そこで、人流計測を用いることで、従来調査が不可能であった執務者の移動軌跡の計測が可能になる。本研究では、執務者の活動を計測する方法の一つとして、LiDAR を用いた人流計測を提案する。提案手法では、コモディティ化した LiDAR を用いた人流計測により、オフィスにおける人流の可視化を目的とする。また、複数台の LiDAR を異なる高さに設置することで、執務者の在離席を検知し在席時間の可視化も行う。

## 2 LiDAR を用いた人流計測システム

### 2.1 使用する LiDAR

LiDAR (Light Detection and Ranging) は、レーザ光を用いてセンサから対象物までの距離と角度を計測するセンサである。LiDAR には、広範囲を高速に計測可能という特徴がある。

本システムで使用する LiDAR は、コモディティ化した LiDAR である SLAMTEC 社の RPLIDAR A2M8 である。Fig.1 に使用した LiDAR を示す。



Fig.1 RPLiDAR A2M8

最大計測可能距離は 12 m であり、水平視野角は 360° である。レーザ光の水平方向の一回転の周期は 0.1 s で、一周あたり約 400 点の計測データを得る。計測データはセンサを中心とする距離と角度のデータである。

LiDAR は水平方向のみ計測するため、LiDAR を設置する高さに注意する必要がある。本システムでは複数台の LiDAR を利用し、立っている人を計測するために LiDAR を 1.4 m の高さに、座っている人を計測するために 0.9 m の高さに設置した。

### 2.2 人流計測システムの構成

本システムは主にトラッキングとログデータの可視化の 2 つの機能に分けられる。トラッキングは LiDAR による計測結果から人の中心位置の推定を行い、推定結果をサーバへ送信する。サーバは複数台の LiDAR から人の中心位置の情報を受け取り、複数台の LiDAR の結果の統合を行う。1 点の中心位置から一定の閾値以内に別の中心位置があれば、同じ人として処理を行う。本研究では成人男性の 95 % の肩幅が 50 cm 以下であるため、閾値を 50 cm とした<sup>2)</sup>。

例として Fig.2 の左側に LiDAR A, B それぞれの計測結果、右側に LiDAR A, B の計測結果をサーバで統合した結果を示す。Fig.2 から、1 台のときに比べて広範囲の計測が可能であることが分かる。

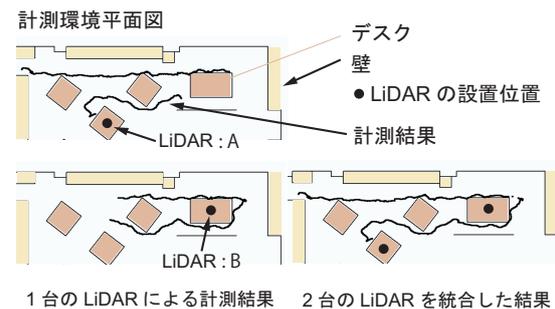


Fig.2 LiDAR による計測結果と 2 台の統合結果の一例

ログデータの可視化はヒートマップ状に表示を行う。ログデータをヒートマップ状に可視化を行うには、LiDAR の計測値は離散的な値になるため、データの補正を行う必要がある。LiDAR の計測周期の間に人が移動した分のデータを埋めることによりデータの補正を行う。

## 3 LiDAR を用いた在離席検知

### 3.1 システム概要

本システムでは、執務者の位置トラッキングにおいて在離席検知も行う。1.4 m の高さに設置した LiDAR (以下、人流計測用 LiDAR) は、立っている執務者の中心位置を計測する。一方、0.9 m の高さに設置した LiDAR (以下、在離席用 LiDAR) は、立っている執務者と座っている執務者の両方の中心位置を計測する。

サーバは複数台の LiDAR の結果の統合を行う際、人流計測用 LiDAR が取得した執務者の中心位置と、在離席用 LiDAR が取得した執務者の中心位置を比較する。サーバに送信された在離席用 LiDAR が計測した執務者の中心位

置のうち、人流計測用 LiDAR も計測した執務者の中心位置を取り除いた結果を執務者が着席した中心位置とする。すなわち、在離席用 LiDAR のみが計測した執務者の中心位置を、執務者の着席情報とする。Fig.3 に執務者を検知した LiDAR の種類とシステム上の執務者の在離席状態の関係を示す。

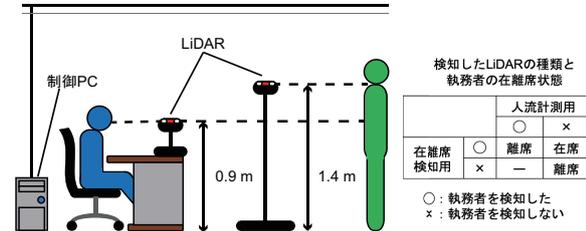


Fig.3 LiDAR による執務者の在離席検知

### 3.2 システムの在離席検知実験

構築したシステムが執務者の在離席を正しく検知するか検証を行った。検証方法として、システムのトラッキング画面とビデオ撮影した動画を目視により比較した。システムが入室中の執務者を正しくトラッキングするかを確認するにあたって、トラッキング画面に立っている執務者は緑の正方形で、座っている執務者は赤の正方形をプロットした。移動した執務者のトラッキングには、その執務者の移動軌跡を数秒間曲線で表示した。また、執務者が着席した場合、各席の在席時間を表示を行った。これにより、どの席をどの程度利用していたかを可視化した。

本システムでは、LiDAR の制御を行うクライアント用 PC として、Raspberry pi 3 Model B+ を用いた。また、本システムは実オフィスの導入を想定し、より広範囲を計測するため、在離席検知用 LiDAR を 2 台、人流計測用 LiDAR を 4 台設置し、システムの稼働実験を行った。実験を行った執務環境を Fig.4 に示す。

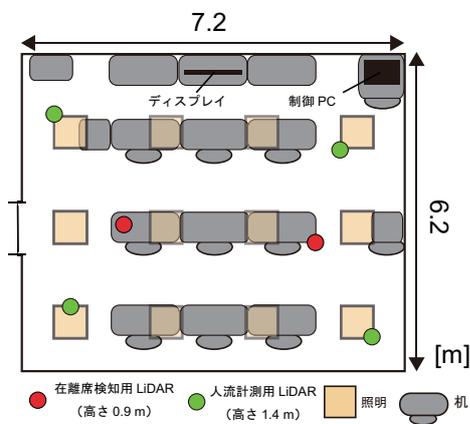


Fig.4 実験室のレイアウトと LiDAR の設置位置

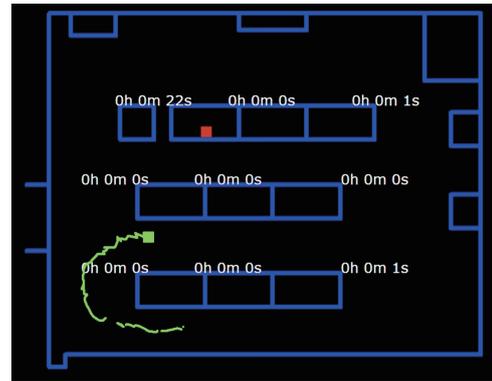


Fig.5 システムの UI 画面

### 3.3 実験結果および考察

システムのトラッキング画面を Fig.5 に示す。システムのトラッキング画面とビデオ撮影した動画を比較した結果、複数台の人流計測用 LiDAR が移動する執務者を追跡し、トラッキングが正しく行われていることを確認した。また、執務者が着席した際、トラッキング画面に赤の正方形が表示され、在席時間が増えていることを確認した。以上の結果から、構築したシステムは執務者の移動軌跡だけでなく、在離席状態を正しく検知することを確認した。

一方で、執務者が移動している最中に赤の正方形がプロットされることがあった。これは、移動中に手を振っていたり、書類などを持っている場合において、人流計測用 LiDAR と在離席検知用 LiDAR が検知した執務者の中心位置に差が生じた事が原因であると考えられる。これを解決するためには、複数台の LiDAR の結果の統合を行う際に、2種類の LiDAR が取得した執務者の中心位置の差を許容する閾値に変更すること、レイアウト上で机や椅子がない通路は在席とみなさない処理をサーバ上で行うなどが考えられる。

### 4 今後の展望

本研究によって、従来、人流計測されなかった執務環境において本システムを用いて人流計測を行った。人流計測の結果から、人が集中する場所があり、オフィスレイアウト改善の指標として利用可能であることを示した。今後は、複数台の LiDAR を統合した人流計測システムを用いて、より広範囲の人流計測を行う。人流計測の結果から曜日や時間帯ごとの人流の変化や、執務環境のレイアウト変更が人流に与える影響を検証する。

### 参考文献

- 金子 弘幸, レーザセンサによる行動モニタリングデータを用いた時空間活動パターン抽出, 日本建築学会計画系論文集 第 80 巻 第 712 号, 2015-06, pp.559-566
- AIST 人体寸法・形状データベース, <https://unit.aist.go.jp/hiri/dhrg/ja/dhdb/91-92/data/search7.html>, 参照 Dec.19 2018