## 複数台 LiDAR と複数 UAV を用いた人物追従システムに関する研究

A study on human tracking system using multi-LiDAR and multi-UAV

蒔田 大悟 情報処理領域

### 1. はじめに

カメラ画像を利用して人物の追従を行う絵研究が多数行われており、監視などのセキュリティに関する用途、災害が発生した際の救助活動、様々な分野に向けての応用が期待される。本研究では限られた領域で活動する複数の人物

#### 2. 関連研究と先行研究

カメラ画像とレーザ測域センサ (LiDAR) を利用して人物を追従する研究として西川らは、グラフ最適化アルゴリズムに基づく複数カメラを使用した多人数トラッキングシステムを開発し、人物の追従精度は計算時間を評価している. Bethkeらは、地上に存在する撮影対象に対して複数のUAV を使用して追従し、各 UAV の位置情報とUAV の撮影画像から、撮影対象の位置と速度の導出を行っている. [1] Bajracharya らは、地上を移動するロボットに LiDAR を搭載し、LiDAR から得られた点群情報から歩行者の認識と追従を行う. [2]

これらの関連研究を踏まえて、先行研究として 佐々木らは地上に設置した LiDAR と UAV に搭 載したカメラを連動させて、地上で移動している 複数の人物をモニタリングするシステムを提案し ている. [3] 本研究では、佐々木らの行った研究 をより最適なものにするために、LiDAR を複数 に増設するための手法とオクルージョンが発生し た場合の撮影位置の補完を行うための手法の提案 を行う.

#### 3. RTK - GPS 測位

複数台の LiDAR を用いて人物認識を行うとき,各 LiDAR から得られた人物情報を正確に統合する必要がある。そのためには正確な LiDAR の位置情報が必要になる。よって本研究では、LiDARに GPS センサを搭載することで位置情報を取得する。

今回は誤差の小さい RTK-GPS 測位という手法 を使用して位置情報の演算を行う.

RTK - GPS (Real-Time Kinematic GPS) 測位とは,位置が分かっていて移動しない基地局と位置情報を取得しようとしている移動局 (Rover)で同時に GPS 観測を行い,基準局で観測したデータを移動局でリアルタイムにデータを送信し,基準局の位置に基づいて移動局の位置情報を取得する方法である.単独測位の誤差が数 m から数十m の範囲で起こるのに対して,RTK - GPS 測位の発生誤差は数 cm に収まる.

#### 3.1. 複数台の LiDAR での人物認識

LiDAR を複数利用して人物認識を行う場合, それぞれの LiDAR で捉えた人物を同一の座標系 に統合する(マージする)必要がある. 2 台の LiDAR で 1 人の人物を捉えたときに, データを 統合する際に 2 人の人物と間違えて統合しないようにしなければならない.

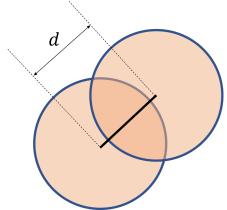


図1 2台の LiDAR が認識した人物の円

LiDAR が認識した人物を示す 2 円の中心の距離を d と置き,1 つの円とみなす円の中心距離の最大値を  $d_{max}$  とすると  $d < d_{max}$  のときに 2 つの円は同一人物を認識していると見なし 1 つの円に統合する.

# **3.2.** オクルージョンが発生した場合の撮影計画 の補完

LiDAR の設置位置と人物の位置関係から Li-DAR が物体を認識することのできない領域を推 定することができる. この領域をオクルージョン エリアと定義する. オクルージョンエリアは人物 の円に対して LiDAR の座標を通る 2 本の接線を 考え,2接点を結んだ線と2本の接線,人物の移動 可能範囲の境界に囲まれる領域になる. オクルー ジョンエリアに撮影ベクトルを付与するために架 空の人物(ダミー)を配置することで UAV がそ の領域を撮影できるようにする. ダミーの座標の 位置は、LiDAR と人物を表す円の中心座標を結 ぶ直線と人物移動可能範囲の領域との交点を導出 し、その交点の座標と人物の円の中心座標の中点 に設定する. LiDAR の座標を x<sub>lidar</sub>,y<sub>lidar</sub>, 人物 の円の中心座標を x<sub>person</sub>, y<sub>person</sub> とすると 2 点 を結ぶ直線の方程式は式(1)で求めることができ る. 式(1)の方程式より境界の座標を代入するこ とにより交点の座標が求められる. 1人の人物に 対して1つのダミーが生成されるためダミーを含 めた人物の数は、LiDAR が認識している人物の 数を n 人とすると,撮影ベクトルを付与される人 物とダミー人物の合計の数は 2n となる.

をした結果を画像で示す.

$$y = \frac{y_{person} - y_{lidar}}{x_{person} - x_{lidar}} x + \frac{x_{person}y_{lidar} - x_{lidar}y_{person}}{x_{person} - y_{lidar}}$$
(1)

#### 4. 実環境におけるシステム構築

本研究では、ロボット用のソフトウェアプラッ トフォームである Robot OperationSystem(ROS) を利用している.全体的なシステムは佐々木らが 使用していたものとほぼ同じであるが, LiDAR の 情報を有線でホスト PC に送信していたところを RaspberryPi 経由で無線通信に切り替えた. 図 3 は今回構築したシステムの概略図である.



図 2 通信モデル

### 5. 実機実験と考察

#### 5.1. ダミーを配置したときの撮影計画

領域内に2人の人物を配置し同様の動きをした 時の撮影計画の比較を行う.

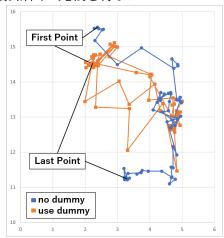


図3 UAV の目標位置の比較

終点付近を見るとダミーを配置場合はしない場 合に比べて北側に目標位置が設定されていること が読み取れる. ダミーの位置は実際の人物よりも 北側に作成されるためそれに伴い UAV の目標位 置も北になっていると推測でき、ダミーの配置に よりオクルージョンエリアを考慮した撮影計画が できていると考えられる.

#### **5.2.** 2 台の LiDAR 情報の統合の結果と考察

同一人物を認識した際の情報の統合について考 察を行う. 3人の人物を横並びに並べ人物の認識

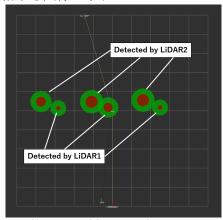


図 4 人物 3 人に対しての各 LiDAR の認識

1人の人物に対して各 LiDAR が認識した 2つ の円が示されている. この2円の距離は画像左の 人物から 0.8247, 0.9385, 0.9223 であり, $d_{max}$  を 0.9385[m] にすると全ての人物を表す 2 円が統合 されることになる. 人間の横幅を 50 cm とする と2人の人物の最短中心間距離は50cmとなる. これより  $d_{max}$  は人間の横幅程度の長さが適切で あり 0.9385m は誤った統合をしてしまう可能性 がある. 中心間距離が大きくなった原因としては LiDAR の角度のずれが大きいことがあげられる. LiDAR の角度はコンパスを利用して手動で角度 を設定しているため誤差が乗る可能性が非常に大 きい.

#### **6.** まとめ

ダミーの配置の実験に関してはオクルージョン を考慮した撮影計画が行えていると推測できる. より効率的に撮影を行うためにオクルージョンエ リアに置くダミーの位置や数を調節する必要があ る. LiDAR を 2 台使用する人物認識に関しては、 実機実験を行う際の誤差が大きくなるため、角度 のキャリブレーション方法を考え直す必要があ る. また認識された 2 つの円のずれと各 LiDAR の座標から LiDAR 同士の角度のずれを算出する 手法が提案できる.今後の展望としては,実験全 体で生じる誤差を小さくする設定方法の手法を提 案し,複数の LiDAR を使用した際に生じるオク ルージョンエリアに対するダミーの位置の導出を 行い、画像情報と合わせて UAV の撮影計画を最 適化することがあげられる.

#### 参考文献

- [1] Bethke B, Valenti M, and How J, "Cooperative vision based estimation and tracking using multiple UAVs", Advances in cooperative control and optimization, pp.179-189, 2007.
- M Bajracharya, B Moghaddam, A Howard, S Brennan, and L H Matthies, "A Fast Stereo-Based System for Detecting and Tracking Pedestrians from a Moving Vehicle.", The Int'1J. Robotics Research, Vol.28,pp.1466–1485, 2009.
- [3] 佐々木徹 "地上設置 LiDAR と複数 UAV を用いた人物追従シス テムに関する研究", 大阪市立大学 修士論文, 2019