

移動ロボットを用いた屋外における特定人物の搜索

色付き三次元点群による特定人物認識の検討

吉田 森彦^{†1}, 松本 祥^{†1}, 高木 勇武^{†1}, 佐々木 孔明^{†1}, 三石 和輝^{†1},
阪東 茂^{†1}, 山田 大地^{‡2}, 大矢 晃久^{†1},

Search for a Particular Person In the Outdoors Using a Mobile Robot

- Examination of a Specific Person Recognition Using Color Point Cloud -

*Morihiro YOSHIDA^{‡1}, Akira MATSUMOTO^{‡1}, Isamu TAKAGI^{‡1}, Komei SASAKI^{‡1},
Kazuki MITSUISHI^{‡1}, Shigeru BANDO^{‡1}, Taichi YAMADA^{‡2}, Akihisa OHYA^{‡1},

Abstract— In this work, we propose a system to search for specific person utilizing a mobile robot. The system recognizes specific person using point cloud obtained by range a sensor and camera. Overview of our method will be presented. Tsukuba Challenge 2014 will be testing ground of the system.

1. はじめに

近年、屋外の警備などに警備ロボットが導入される例が増えている。警備ロボットにおいて、重要な機能の1つに特定人物の搜索がある。特定人物の搜索とは、迷子探しや犯人の搜索といったように、人が行き交う環境の中から特定の人物を発見することである。

迷子探しや犯人の搜索といった特定人物の搜索では、早期に発見できることが求められる。しかし一般に、人物の搜索は人手で行われている。そのため、早期に搜索・発見するためには、多くの人手が必要となる。

そこで筆者は、特定人物の搜索に移動ロボットを活用することを提案する。人物の搜索を移動ロボットが代替できれば、人手を減らすことができ、早期の発見ができると考えられる。本研究の目的は、移動ロボットを用いた特定人物の搜索システムを開発することである。

このような特定人物の搜索を自律移動ロボットが行えるようになると、迷子探しの他に、行方不明者の搜索、犯罪者の搜索、またサービスロボットなどへの活用など広範な領域で活用できるようになると考えられる。

筆者はこれまで、つくばチャレンジ2013 [4] を実験のフィールドとして、移動ロボットを用いた特定人物を搜索するシステムの研究を行ってきた [5] [6]。このシステムでは、つくばチャレンジの課題の探索対象の被っているオレンジ色の帽子を認識する手法を実装していた。しかしこのシステムでは、オレンジ色の帽子を被っていない人を搜索することはできない。また、探索対象の情報がプログラム中に組み込まれていたため、実用的なシステムではないものであった。そこで本研究では、探索対象の情報をシステムに与えて、搜索を行うようにする。また、探索対象の認識手法について見直し、人の外観である服装や身長を手がかりとして認識を行う手法を提案する。

本稿では、筆者らの提案する色付き三次元点群を用いた特

定人物の認識手法の概要について述べる。

2. 問題設定

本研究で行う特定人物の搜索とは、屋外環境中を探索し、搜索対象らしい人を発見することである。搜索対象の厳密な特定を行うのではなく、搜索対象の候補となる人を屋外環境中から発見する。発見された候補の中から厳密な特定を行うのは、人手での確認や顔認識などの別な手法が有効と考えられる。搜索対象の候補の発見ができると、その中から人手での特定することは容易であると考えられる。

本研究で想定する環境は、遊園地やショッピングモール、公園などの屋外で複数の人が行き交う環境である。そのような環境中をロボットが走行し、特定人物を搜索する。なお、本研究では屋外を想定しているが、屋外で人物搜索を実現できれば、それは屋内にも適用可能であると考えられる。

また、本研究では簡単のため、搜索の対象とするのは立ち止まっている歩行者とする。ロボットに対する人の向きは不定で、必ずしも顔がロボットを向いているとは限らないとする。

3. 関連研究

警備ロボットの実用として、総合警備保障の開発した「巡回警備ロボット Reborg-Q」 [1] やセコムが開発した「Robot-X」 [2]、Knightscope 社の「K5」 [3] がある。Reborg-Q は、巡回警備の一環として個人を認識する機能を有するが、顔認識を用いているため、人とロボットの向きの関係に拘束がある。

屋内で特定人物の位置の認識を行う研究として、木村らによる無線 LAN の電波強度を用いた手法がある [8]。しかし、これは搜索対象が無線ルータを持っている必要があり、本研究の目的にはそぐわない。

また人の認識には、様々な手法が研究されている [7]。しかし、特定人物の認識には、顔画像が使われている手法が多い。本研究では、屋外の遠方にいる向きの分からない人に対して認識を行うため、顔の特徴を用いた認識は適さない。

4. 搜索対象の認識のアプローチ

筆者らの想定する搜索対象の搜索では、事前に搜索対象の認識の手がかりとなる情報を得ておき、それをもとに搜索・認識を行う。屋外の搜索において、搜索対象はロボットに対して遠方に位置している可能性があり、ロボットに対する向き

^{†1} 筑波大学 知能ロボット研究室

^{†2} 埼玉大学 大学院 理工学研究科

^{‡1} Intelligent Robot Labratry
University of Tsukuba

^{‡2} Graduate School of Science and Engineering,
Saitama University

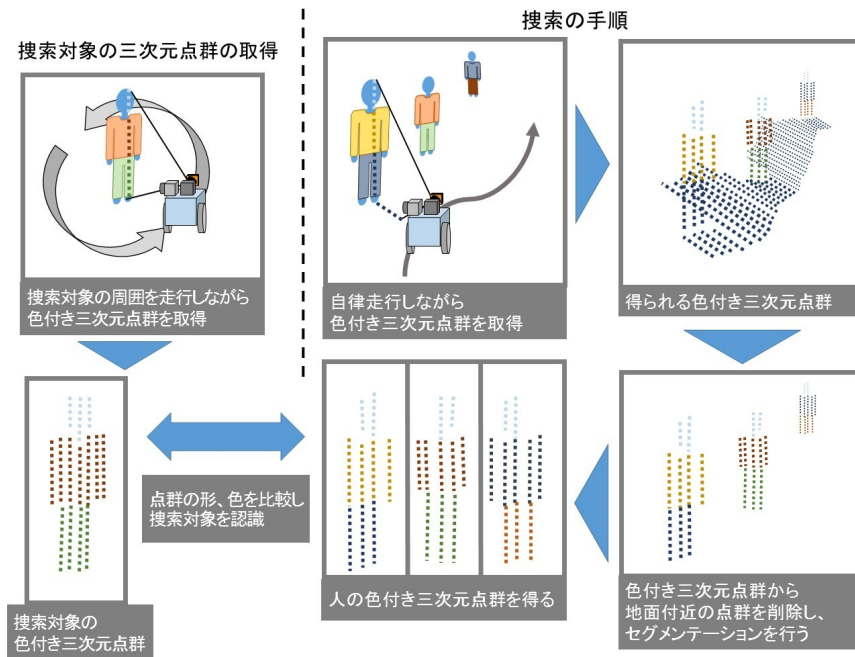


Fig. 1 Procedure of our method

も不定である。このような状況で、検索対象の認識を行う必要がある。

そこで筆者らは、人の全身の色付きの三次元点群を用いた検索対象の認識を提案する。特定人物の認識には、顔の画像や形状を利用した手法が多いが、筆者らの想定するような屋外環境では有効な顔の情報を得ることは難しいと考えられる。一方で、人の全身の色付き三次元点群は、遠方からでも有効なデータを取得できる。また、全身の情報をを用いることで、ロボットに対する人の向きが不定でも頑健な認識ができると考えられる。

Fig.1 に、提案手法の概略を示す。また、以下に提案する認識手法の手順を述べる。

- 1) 検索の前に、検索対象の参照データとなる色付き三次元点群を取得しておく。
- 2) 屋外を走行中しながら、外界環境の色付き三次元点群を取得する。
- 3) 得られた三次元点群に対してセグメンテーションを行い、人らしい形のクラスターを抽出する。
- 4) 各クラスターに対し、事前に得た参照データとマッチングを行い、点群の位置の一致度合いと色の一致度合いによって検索対象であるかの判断を行う。

上記の手法により、特定人物の認識を行う。

5. 色付き三次元点群の取得

5.1 用いるハードウェアと色付き三次元点群の取得方法

Fig2 に、本研究で用いる独立 2 輪駆動型の移動ロボットおよびセンサ部分の外観と、搭載するカメラから取得される画像を示す。

色付き三次元点群を取得するセンサには、移動ロボットに搭載したカメラと二次元測域センサを用いた。二次元測域センサには、北陽電機社製のレーザ式測域センサ UTM-30LX を

用いた。スキャン面を垂直、センサ正面方向が斜め前方となるように搭載してある。測域センサの上部に、USB カメラを搭載してある。カメラの正面方向が測域センサの正面方向と同じとなるように取り付けられている。

画像中の、二次元測域センサから得られる点に対応する画素で、二次元測域センサの点に色を付ける。この色付きの点群を走行するロボットのオドメトリに貼り合わせて蓄積することで、色付きの三次元点群を得る。二次元測域センサとカメラの画素の対応付けには、Yu らの手法 [9] を用いた。

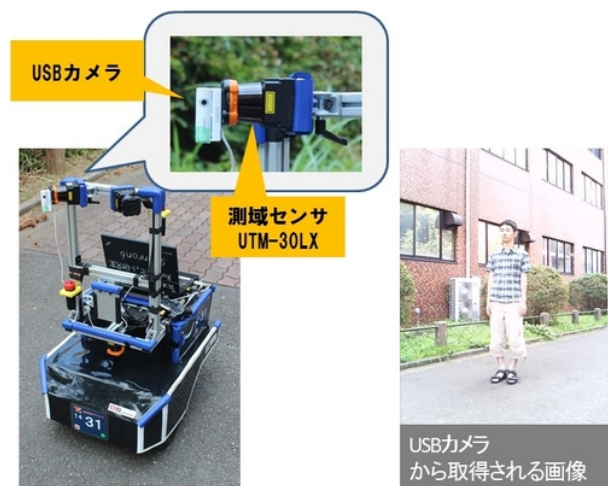


Fig. 2 Robot used in this study

5.2 実験

この色付き三次元点群の取得方法が有効であることを確かめるために、実験を行った。Fig3 に、実験を行った環境を示す。筑波大学構内の屋外で、人が 1 人静止して立っている状況で行った。ロボットを 0.8 m/s で前方に直進させ、点群を取得した。カメラのフレームレートは約 25 fps、測域センサのフレー

ムレートは 40fps である。測域センサが取得された時刻に最も近い時刻のカメラの画像で色を付けるようにした。

fig4 に、得られた色付き三次元点群を示す。人や建物の形状が取得できていることがわかる。



Fig. 3 Experiment environment

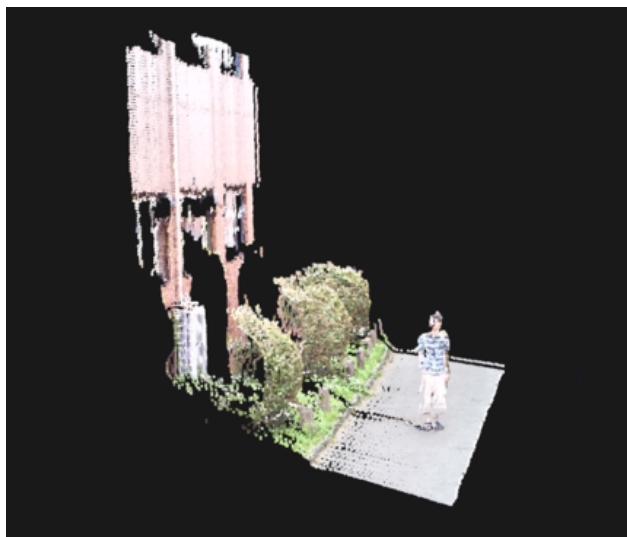


Fig. 4 Point cloud obtained in the experiment

6. おわりに

本研究は、移動ロボットを用いて屋外環から境特定人物を捜索することを目的としている。遊園地やショッピングモールなどを移動ロボットが自律走行し、指定された特定の人物を捜索する。特定人物の認識の手がかりとなる情報には、身長や服装などの全身の形状と外観を用いる。

本稿では、提案手法の概要と色付き三次元点群を取得する実験について述べた。

今後は、提案手法の具体的な実装と実験を進めていく予定である。得られた色付き三次元点群から地面を除去しセグメンテーションを行う手法、事前に取得していたデータとのマッチング、評価手法の具体的な検討と実験を行っていく。

また、提案する手法の有効性を検証するために、実環境での実験を行う計画である。実環境の実験には、つくばチャレンジ 2014 を実験環境とする。つくばチャレンジはつくば市内の遊歩道や公園の実環境において自律型移動ロボットの実験を行う公開実験である。本研究の想定する環境に非常に近く、提案する手法の有効性を検証するのに有効であると考えられる。つくばチャレンジの環境中で、提案する認識手法がどれだけ有効かを実験によって検証していく予定である。

参考文献

- [1] 総合警備保障株式会社: “巡回警備ロボット Reborg-Q”, http://www.alsok.co.jp/corporate/robot/reborg_q.html
- [2] セコム株式会社: “SECOM Robot X”, <http://www.secom.co.jp/campaign/robotx.html>
- [3] Knightscope, Inc.: <http://knightscope.com/>
- [4] つくばチャレンジ実行委員会: “つくばチャレンジ”, <http://www.tsukubachallenge.jp/>
- [5] 吉田 森彦, 松本 祥, 高木 勇武, 山田 大地, 大矢 晃久: “移動ロボットを用いた迷子探しシステムの開発”, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 2013(SI2013), pp. 0052-0054 (2013)
- [6] 吉田 森彦, 松本 祥, 高木 勇武, 山田 大地, 大矢 晃久: “移動ロボットを用いた迷子探しシステムの開発”, つくばチャレンジ 2013 参加レポート集, pp. 65-68 (2014)
- [7] 山内悠嗣, 山下隆義, 藤吉弘巨: “統計的学習手法による人検出”, 電子情報通信学会 パターン認識・メディア研究会 (PRMU) 技術報告, Vol. 112, No. 197, pp. 113-126, 2012.
- [8] 木村峻介, 松本卓人, 浜中雅俊, 李 昇姫: “迷子探しを目的とした屋内位置情報サービスの構築”, 第 12 回情報科学技術フォーラム (FIT2013), RO-019(2013)
- [9] Lingli Yu, Meng Peng, Zuo You, Ziqi Guo, Ping Tan and Kaijun Zhou: “Separated Calibration of a Camera and a Laser Rangefinder for Robotic Heterogeneous Sensors”, Int J Adv Robot Syst, vol.10, p.367. 2013