

人間活動と室内環境変化に対応した掃引システムの提案*

齋藤 裕佑[†] 西山 裕之[‡]

東京理科大学理工学研究科 経営工学専攻

1 はじめに

掃引とは、二次元平面を移動により覆い尽くすことである。近年、清掃を目的とした掃引機体の普及は増加傾向にあり、家庭やオフィスなどの、人間に身近な環境で導入されている。例えば、iRobot社の清掃用掃引機体である Roomba シリーズ¹は、2012年12月までには800万台を記録²している。しかし、掃引機体は人間の通行の障害となる可能性があり、さらに壁や障害物との衝突によって騒音を発生させてしまう。また、障害物となりうる環境内の机や椅子の詳細な位置は、日々変化する。さらに、環境内における位置と、人間がとる行動の頻度には相関があると考えられる。例えば、ソファでは「座る」や「立つ」、または「飲む」などの行動が多くなる。

そこで本研究では、位置ごとの人間がとる行動を考慮し、さらに室内環境変化に対応することを目的とする。掃引機体に深度センサーを搭載し、骨格認識技術[1]により人物位置と行動を認識する。掃引機体が移動した範囲と頻度を機体可動域頻度とする。さらに、人間の位置と行動ラベルを紐づけた行動特徴量を定義する。本提案手法では、機体可動域頻度、および行動特徴量の学習により、環境に最適な動作計画を算出する。

2 関連研究

2.1 掃引計画に関する研究

事前地図を使う多くの研究[2]では、前もって詳細な地図を生成しなくてはならず、また日々変化する環境内の障害物の変化に対応できない。またRFIDを用いた環境地図生成に関する研究[5]では、

あらかじめ環境内にRFIDタグなどを配置しなくてはならず、事前の設置に手間がかかってしまう。そこで本研究では、事前の環境地図の生成や機材の設置を必要としない、自律動作による動作計画に焦点を当てる。

2.2 人間活動を考慮した行動計画

近年では、人間活動を考慮した掃引計画に関する研究も盛んに行われてきている。例えば、Pyoら[3]は、事前に環境内に足跡の位置を取得できるレーザーレンジファインダーを用いている。しかしこれもまた、事前に設置が必要であり、さらに人間の上半身の行動については考慮されていない。また、秋山ら[4]は骨格認識技術[1]を用いて、人避け動作のための環境地図を構築している。骨格認識技術[1]によって人間の位置を検出し、最適な進行経路を算出している。本研究では、人間の位置だけでなく、そのときの行動も考慮に含めることで、より人間の活動に適した行動計画を算出する。

3 設計方針

3.1 使用する掃引機体について

骨格認識技術[1]とは、深度センサーによる距離映像から、映像範囲内の人物の20カ所の骨格の関節を30[FPS]の速さで推定することができる技術である。本研究では、図1に示すような、深度センサーを搭載した自立動作する掃引機体を用いる。深度センサーはKinect for windows v1³を用いる。クライアントPCとしてgigavite社のGB-BXi7-4500を使用し、深度センサーおよびクライアントPCには携帯型電源から電力を供給している。また掃引機体には、Roomba 500 シリーズを採用し、さらに掃引機体の自己位置推定による位置情報を取得するため、Arduino Mega 2560 を利用している。

³KinectForWindows, <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>

<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>

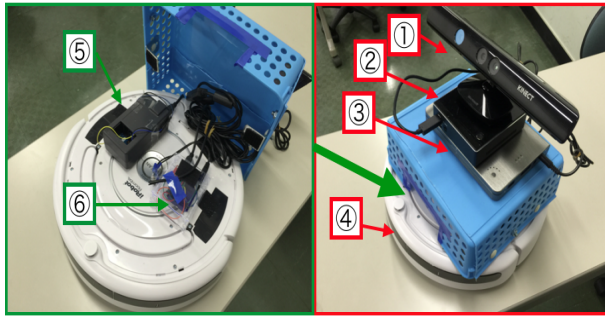
*Propose of sweep system for human activity and indoor environment

[†]Yusuke Saito, Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science

[‡]Hirokyu Nishiyama, Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science

¹Roomba シリーズ, <http://www.irobot-jp.com/>

²2012年9月14日読売新聞より



- ⑤ 掃引機体データ取得用
マイクロコンピュータ(Arduino)
- ⑥ Kinect用電源
- ① 深度センサー(Kinect)
- ② クライアントPC
- ③ クライアントPC用電源
- ④ 掃引機体(Roomba)

図 1: 使用する掃引機体について

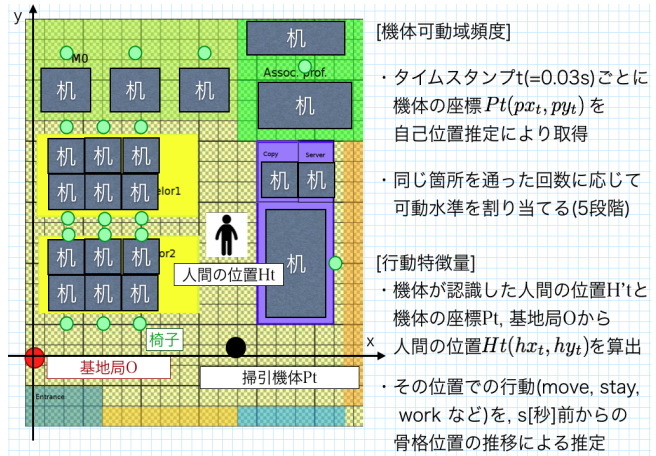


図 2: 学習する特徴量について

3.2 学習する特徴量について

本研究では, 機体可動域頻度, 行動特徴量を学習する特徴量として扱う. まず, 機体可動域頻度について説明する. タイムスタンプ t ごとに, 掃引機体の位置座標 $P_t(px_t, py_t)$ を自己位置推定により取得する. あらかじめ部屋の間取りをいくつかのグリッドに分割しておき, 同じ範囲を通った回数の累積値を特徴量とする. また, タイムスタンプの間隔を $\Delta t = 0.03[s]$ とする.

次に, 行動特徴量について説明する. 掃引機体上の深度センサーおよび骨格認識技術により, 掃引機体からの人間の相対的な位置 H'_t が取得できる. 掃引機体の電源供給地となる基地局の位置 $O(o_x, o_y)$ を原点とし, 自己位置推定により取得した掃引機体の位置座標 P_t と H'_t から, 原点からの人間の位置 $H_t(hx_t, hy_t)$ を算出することができる. また, そのタイムスタンプ t の s [秒] 前からの 20 カ所の骨格位置の推移から, 行動(stay, move, work)を推定し, 位置 H_t が属するグリッドにおける行動の回数を特徴量とする.

4 評価実験

本提案手法の有効性を確認するために, 場所は西山研究室において実験を行う. 事前調査を行い, Roomba の稼働時間は最大 1 時間 30 分であるのに対し, 深度センサーである Kinect とクライアント PC のそれぞれの電源が 2 時間以上供給可能であることを確認している. 今後, データの取得実験および検証実験を行い, 有効性を確認する予定である.

5 おわりに

本研究では, 位置ごとの人間がとる行動を考慮し, さらに室内環境変化に対応することを目的とし, 機体可動域頻度, および行動特徴量の学習による行動計画を算出する掃引システムを提案した.

参考文献

- [1] J. Shotton, et al. Real-time human pose recognition in parts from single depth images. In CVPR, 2011.
- [2] H. Choset. Coverage for robotics - A survey of recent results, Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, vol.31, pp. 113-126, 2001.
- [3] Y. Pyo, et al. Measurement and Estimation of Indoor Human Behavior of Everyday Life Based on Floor Sensing with Minimal Invasion of Privacy. Proceeding of the IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO) Shenzhen, China, pp. 2170-2176, 2013.
- [4] 秋山 英久, 進藤 真荒, 牧重 登. 自律移動ロボットによる人避け動作のための環境地図構築. 人工知能学会 AI チャレンジ研究会 (Web) 37th, B301-6, 2013.
- [5] 上田 武, 山本 元司. RFID を用いた床面掃引ロボットの効率的掃引動作実験. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2010, "1A1-E02(1)"-"1A1-E02(4)", 2010.