

ロボットの自律移動機能と音環境理解 Autonomous Robot Navigation Functions with Auditory Environmental Mapping

○加賀美 聡、鮫島 一平、佐々木 洋子、畑尾 直孝、トンプソン・サイモン、
仁瓶 雄真、江川 拓良（産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センター）

*Satoshi KAGAMI, Yoko SASAKI, Ipei SAMEJIMA, Naotaka HATAO, Simon THOMPSON,
Yuma NIHEI, Takuro EGAWA (Digital Human Research Center, AIST, Japan)

s.kagami@aist.go.jp

Abstract—This paper describes autonomy navigation functions for mobile robots including auditory functions that authors are working on. Mapping, localization, static obstacle finding, moving human finding & prediction, path planning, path following, and sound source mapping are denoted.

した二次元地図を Fig.2 に示す。位置認識も同様に人の頭上の高さを利用して行い、多数の来館者があつた際にも、位置認識を安定に行えるようにしている¹⁾。

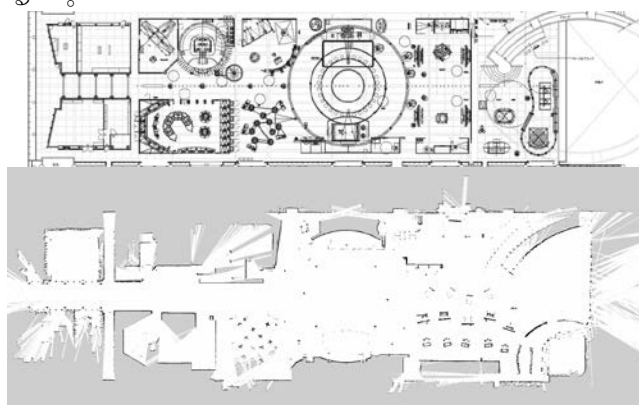


Fig.2. 3rd Floor Plan of National Museum of Emerging Science and Innovation (up) and obtained map using LIDAR (bottom)

1. はじめに

本報告では、自律移動するロボットのために必要な自律知能として、地図作成、位置認識、障害物発見、人追跡、経路計画、経路制御、音地図作成などの手法を組み合わせる手法について紹介する。光学センサとしては LIDAR を、音センサとしては、著者らが開発してきた全方位低サイドローブマイクアレイを利用している。Fig.1 に日本科学未来館用に開発した Peacock を示す。最上部にマイクアレイを搭載し、LIDAR は中段におくことにより、目立たなくすることと、なるべく下方の検出領域を拡大させることを目指している。外装はタッチセンサにより構成され、触るとロボットが停止する機構となっている。

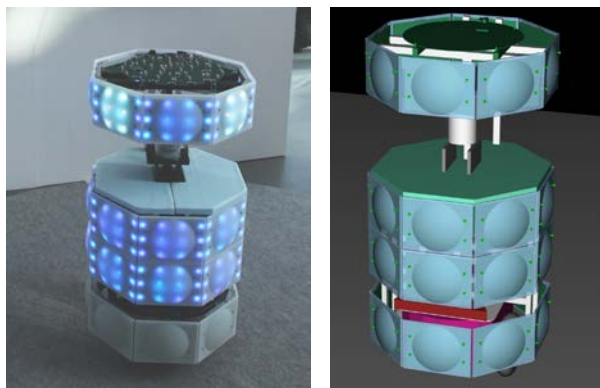


Fig.1. Mobile Robot Peacock equipped with LIDAR and microphone array

2. 自律移動のための諸機能

自律移動を行う際に、地図やその地図座標系での位置を利用者と共有できないと、利用者にとって意味のある行動をとることができない。ここでは LIDAR を利用して、人の頭上の高さで二次元地図をまずつくり、その二次元地図を初期値として三次元地図を作成している。日本科学未来館 3F のフロア図と作成

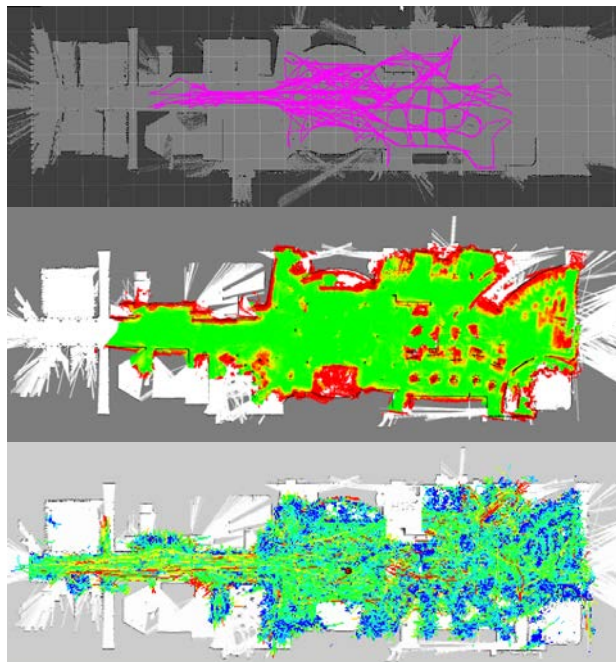


Fig.3. Localization result of about 2.5km run (up), detected static obstacle map (center), and detected walking human trajectories of 120,000 people (bottom)

Fig3 (上)図は、3 時間で約 2.5km の走行を行っ

た際の自己位置認識結果を示している。この実験において、particle filter の共分散は、角度で最大 0.07[rad]、平均 0.032[rad]、xy の面積で最大：567 [cm²]、平均 73[cm²]であった。

次に Fig3(中)図は、静止障害物の存在確率を示している。フロア内には、椅子、掲示板、子供が展示物を見るために上るスツールなどが存在しており、それらを地図に登録したものである²⁾。

最後に Fig3 (下) 図は、1 日観測したときの移動している人の軌跡のべ12万人分をプロットしたものである。色は速度を表している²⁾。

3. 音地図作成

ビームフォーミングの効果を最大化するために、32ch のマイクの最適配置問題を探索的に求めた。約 16,000 通りの配置候補の中で、全周波数帯域に渡ってメインローブ幅が小さく、サイドローブとの感度差が大きくなる配置を選択することにより、サイドローブゲインで全周波数帯域の平均で-16.8[dB]の感度の配置が得られた。Fig. 4 に感度分布を示す³⁾。

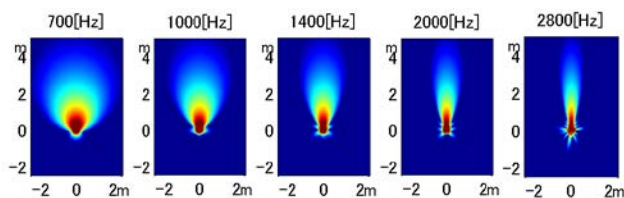
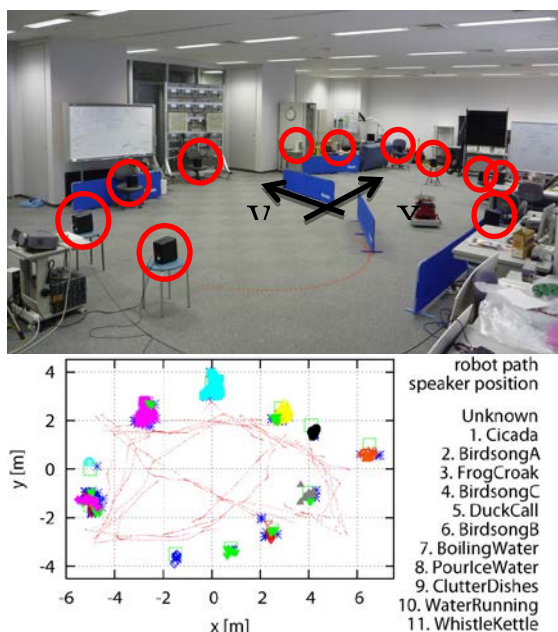


Fig.4. Directivity pattern of developed 32ch microphone array that focus on upward direction.

各瞬間には、定位した角度がわかるので、bearing only SLAM を実現する方法として、RANSAC を用いた motion stereo 法により、音源地図を得る方法を提案した⁴⁾。本手法を用いて、11 音源の地図を作成した結果を Fig5 に示す。



4. まとめ

本稿で示した peacock は、G 空間 Expo2013 で未来館を 3 日間にわたって自律走行を行った。また筆者らのグループでは同様の手法で、屋外を走行する segway⁵⁾、prius⁶⁾、建設機械⁷⁾ と、さまざまな車両を自律移動させてきている。講演ではそれらの個別の案件についても紹介したい。

参考文献

- 1) 江川拓良, 鮫島一平, 仁瓶雄真, Simon Thompson, 畑尾直孝, 栢澤光隆, 加賀美聡, 竹村裕, 溝口博: 3 次元 LIDAR を用いた 2 次元環境地図の作成手法とそれを利用したナビゲーション, SI2013.
- 2) 鮫島一平, 仁瓶雄真, 畑尾直孝, 加賀美聡, 竹村裕, 溝口博, 大崎章弘: 日本科学未来館におけるサービスロボットのための人環境情報地図の構築, 第 18 回ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.270-277,, Mar., 2013.
- 3) 佐々木洋子, 加賀美聡, 溝口博: 移動ロボット搭載用 32ch マイクロホンアレイの設計と精度評価, 第 24 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.1B19, 岡山大学, 岡山市, Sep., 2006.
- 4) Yoko Sasaki, Satoshi Kagami, Hiroshi Mizoguchi: Multiple Sound Source Mapping for a Mobile Robot by Self-motion Triangulation, Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2006), pp.380-385, China, Oct., 2006.
- 5) Simon Thompson, Satoshi Kagami, Masafumi Okajima: An Autonomous Mobile Inspection Robot for an Electric Power Sub-station, Proceedings of 10th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, pp.300-306, Iceland, Jul., 2013.
- 6) Satoshi Kagami, Simon Thompson, Ipei Samejima, Tsuyoshi Hamada, Shinpei Kato, Naotaka Hatao, Yuma Nihei, Takuro Egawa, Kazuya Takeda, Hiroshi Takemura, Hiroshi Mizoguchi: Autonomous Vehicle Navigation by Building 3D Map and by Detecting Human Trajectory using LIDAR, Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications, Taiwan, Aug., 2013.
- 7) 黒沼出, 浜本研一, 大塩真, 片村立太, 三浦悟, 加賀美聡, サイモン トンプソン: 放射線環境下における建設機械の自動運転システム, 第 31 回日本ロボット学会学術講演会論文集, pp. 1H3-01, 東京, Sep., 2013.