

パーソナルモビリティのための情報構造化環境の構築とテーマパークでの誘導実験

Development of informationally structured environment for personal mobility
and navigation experiment at theme park

○学 今井 将人 (九大) 学 平松 知樹 (九大) 正 山田 弘幸 (九大) 河村 晃宏 (九大) 正 倉爪 亮 (九大)

Masato IMAI, Kyushu University, imai@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp
Tomoki HIRAMATSU, Kyushu University
Hiroyuki YAMADA, Kyushu University
Akihiro KAWAMURA, Kyushu University
Ryo KURAZUME, Kyushu University

This paper proposes distributed sensor systems to construct an informationally structured environment by using LRFs (Laser Range Finders) and active beacons. With the proposed system, a personal mobility can localize its position and automatically move in indoor and outdoor environments. Experiments show that the personal mobility is guided appropriately in various environments, such as the campus of the university, the exhibition booth, and the theme park.

Key Words: Personal mobility, Automated driving, Informationally structured environment

1 緒言

近年、少子高齢化に伴う労働力不足に対し、ロボットやAIを利用した労働力の補完・代替に対する期待が高まっている。特にロボット分野では、日常生活環境で人間にサービスを提供するサービスロボットの早期の実現が期待されている。しかし、ロボット単体に搭載されたセンサのみでは、取得できる情報に限りがあり、人間が暮らす複雑な環境でサービスを提供するのは困難である。我々は、環境内に様々なセンサを配置し、そこから得られた情報をロボットの動作に反映させる、環境情報構造化について研究を進めている。環境情報構造化を実現するには、空間内にセンサを分散配置する必要がある。屋外環境で環境情報構造化を実現する手法として、これまでに複数のセンサを内蔵した固定型センサポールが開発されている。例えば図1は、我々が開発したPetit Sensor Box(P-Sen)[1]であり、これを九州大学の構内に14基設置し、人流計測やロボットの誘導などの実証実験を行ってきた[2]。しかし、P-Senは大型かつ固定型の筐体であり、センサの設置に掛かる時間的・金銭的成本は非常に大きい。

そこで本稿では、テーマパーク内などで、サービスロボットの一種であるパーソナルモビリティの自動誘導を目的に、レーザレンジファインダ(LRF)やビーコンなどのセンサを用いて、屋内外を問わず簡便に情報構造化環境を構築するシステムを開発したので報告する。

2 システム概要

LRFやビーコンを用いた環境情報構造化システム、およびパーソナルモビリティについて説明する。

2.1 Petit Petit Sensor Box(P²-Sen)

本研究ではまず、1つ目のシステムとして、LRFと制御用の小型PCを搭載したセンサポールPetit Petit Sensor Box(P²-Sen)を開発した(図2)。P²-Senでは、得られた背景差分に対してクラスタリングを行い、パーティクルフィルタを適用することで移動体のトラッキングを行う。このシステムで得られた情報を利用して、パーソナルモビリティの自動誘導や障害物回避を行う。

2.2 ビーコン

2つ目のシステムとして、ビーコンを利用したシステムを開発した。使用したビーコンはTagと呼ばれる移動局と、Anchorと



Fig.1 Petit Sensor Box(P-Sen)



Fig.2 Petit Petit Sensor Box(P²-Sen)

呼ばれる基地局から構成され、Tag は複数の Anchor からの電波を受信することで測位を行い、得られた位置情報を利用し、パーソナルモビリティの自動誘導を行う。測位で得られる値は大きく急激に変化することがあるため、カルマンフィルタにより平滑化を行っている。



Fig.3 Active beacon

使用したビーコンの特徴として、10cm オーダの高精度な測位が可能であることが挙げられる。これを確かめるために、次のような精度検証実験を行った。12m 四方の空間の四隅に Anchor を計 4 台配置し、空間内に 5 箇所 (A~E)、空間外に 2 箇所 (F~G) の計 7 点を取り (図 4)、それぞれの点において測位を行い、コンベックスで計測した真値からの誤差を計算した。結果を表 1 に示すが、全ての Anchor から等距離で誤差が最小になると考えられる C 点で、誤差が約 5.7cm と最小になった。また、Anchor から遠ざかるにつれて誤差が大きくなっていった。

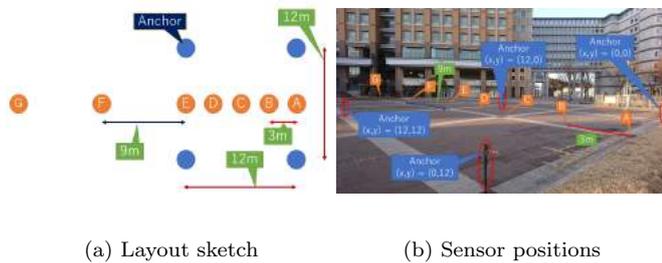


Fig.4 Experimental environment of accuracy verification

Table 1 Errors from true value

Point (x, y)	Mean [m]	SD [m]
A (0, 6)	0.209	0.0118
B (3, 6)	0.114	0.0116
C (6, 6)	0.0567	0.0133
D (9, 6)	0.0615	0.00940
E (12, 6)	0.169	0.0140
F (21, 6)	0.242	0.0481
G (30, 6)	0.311	0.0432

2.3 パーソナルモビリティ

Ninebot 社製の 2 輪パーソナルモビリティである Ninebot mini Pro (以下、Ninebot) をベースに、新たなパーソナルモビリティを開発した (図 5)。Ninebot の操作は通常、前進後進は前後への体重移動で、回転は車体のバーを膝で傾けることで行われるが、Ninebot の車輪にホイールオドメトリ用のエンコーダを、Ninebot

の車体に LRF や小型 PC 等を備えた小型センサ端末 Portable[3] を取り付け、バーの傾きを検出するポテンシオメータの代わりに、Portable からの制御電圧を入力することで、回転を自動で制御し、自動誘導に対応させている。



(a) Front (b) Side

Fig.5 Ninebot mini Pro

2.4 センサ情報を用いたパーソナルモビリティの誘導

オドメトリ情報とセンサからの情報を ROS の robot_localization で実装されている拡張カルマンフィルタに入力し、真の位置を推定する。経路計画には ROS の dwa_local_planner や global_planner を、制御には ROS をベースに独自に開発したプログラムを利用し、目標地点への自動誘導を行う。

3 実験

3.1 P²-Sen を用いたパーソナルモビリティの誘導

室内に P²-Sen を 2 台配置し、入り口と中に設置されているベッドの間を往復する実験を行った (図 6)。P²-Sen によってパーソナルモビリティや障害物の位置を取得し、経路計画を行う。往路では、進路上に障害物がないため、入り口とベッドを結ぶ最短経路が生成され、それに従ってパーソナルモビリティを自動誘導することができた。復路では、往路には無かった障害物が出現しており、往路と同じ経路を通ろうとすると衝突してしまう。しかし、P²-Sen によって障害物が検出されているため、障害物を避けるような経路が生成され、それに従ってパーソナルモビリティを自動誘導することができた。

3.2 ビーコンを用いたパーソナルモビリティの誘導

屋外環境に Anchor を 4 台配置し、Tag を搭載したパーソナルモビリティの位置推定を行い、自動誘導を行った (図 7)。オドメトリとビーコンのみを利用しているため、予め環境地図上で障害物と分かっている部分のみを避けるように経路が生成され、それに従ってパーソナルモビリティを自動誘導することができた。



Fig.6 Navigation of personal mobility with P²-Sen

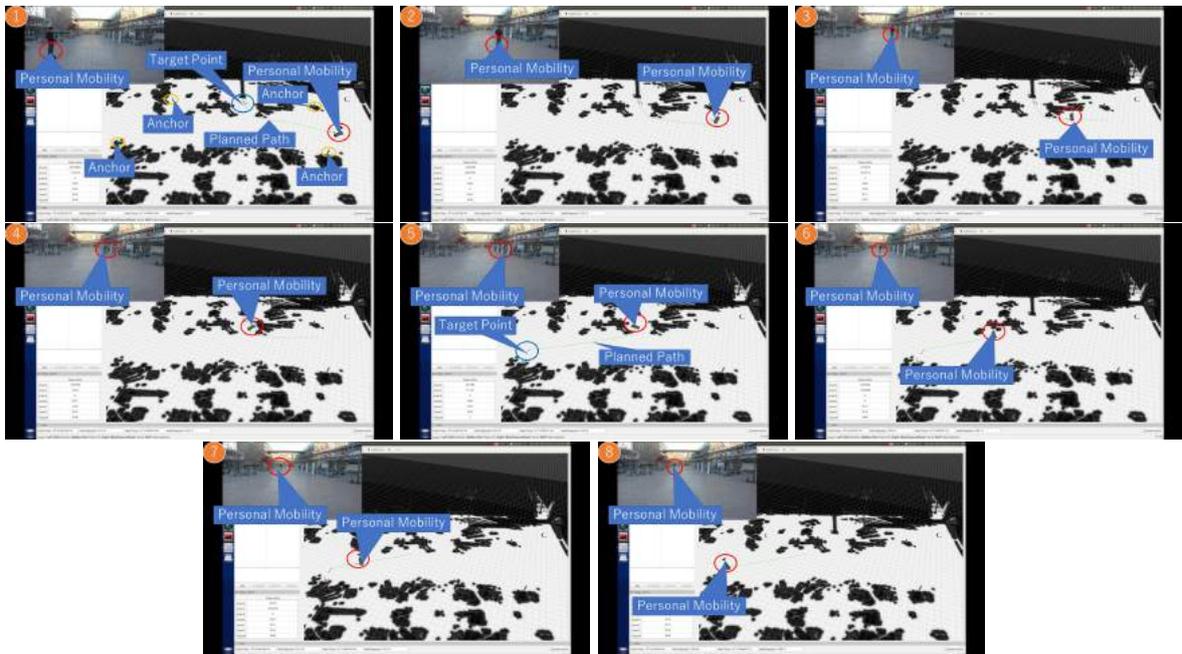


Fig.7 Navigation of personal mobility with active beacons



Fig.8 Navigation of personal mobility in theme park

3.3 テーマパークにおけるパーソナルモビリティの誘導

長崎県佐世保市のテーマパーク、ハウステンボスにおいてパーソナルモビリティの誘導実験を行った(図8)。エントランスエリアに Anchor を 8 台配置し、Tag を搭載したパーソナルモビリティの位置推定を行い、自動誘導を行った。入場ゲートから対岸の建物付近への移動実験を行ったが、移動の途中で橋を渡る必要がある。橋の幅は約 4.5m であり、位置推定の誤差が数 m あると、橋を渡ることが困難になってしまうが、ビーコンで高精度な推定を行っているため、橋を渡り目標地点への自動誘導を行うことができた。また、図9にこの実験で計測されたロボットの軌跡の一部を示す。赤色がビーコンのみ、水色がオドメトリのみ、青色がビーコンとオドメトリを組み合わせたものである。オドメトリのみの場合、誤差が蓄積され位置推定が不正確となる。ビーコンのみの場合、位置推定自体の精度は高いが、ビーコンの情報が通信遅延などで得られなかった時やビーコンの出力値が大きく変動した時に自分の位置を見失ってしまう。そこで、ビーコンとオドメトリを組み合わせることによって、オドメトリでビーコンの情報を補完して誘導を行うことができる。

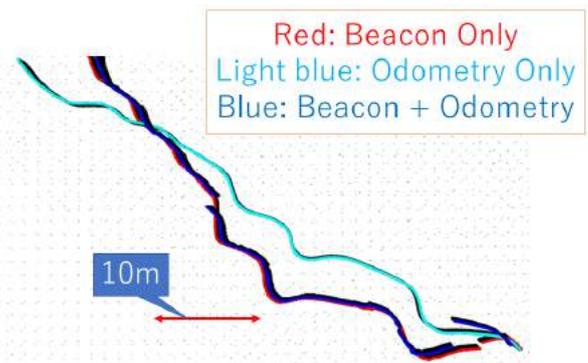


Fig.9 Trajectory of personal mobility

4 結言

本稿では、LRF やビーコンなどのセンサを用いて、屋内外を問わず簡便に情報構造化環境を構築するシステムについて報告した。また、このシステムを利用して、テーマパークなど様々な場所でパーソナルモビリティの自動誘導実験を行った。今後は、RTK-GNSS や QZSS といった高精度測位システムとの精度比較を行う。また、このシステムが屋内外を問わずに利用できるという利点を活かし、パーソナルモビリティで屋内外をシームレスに移動出来るシステムを開発する予定である。

謝辞

本研究の実施にあたりご協力頂きました(株)hapi-robot ならびにハウステンボス(株)に感謝いたします。本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構の研究成果展開事業センター・オブ・イノベーション(COI)プログラムの助成を受けたものである。また一部は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(A)(課題番号 JP26249029)の支援を受けた。

参考文献

- [1] 高野 茂, 後藤 孝行, 辻 徳生, 倉爪 亮, 内田 誠一, 森岡 道雄, 谷口 倫一郎, 村上 和彰. "地理情報システム上で利活用できる人流・交通流ビッグデータ分析基盤の開発", Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS 2015, 2015.11.19
- [2] Shigeru Takano, Maiya Hori, Takayuki Goto, Seiichi Uchida, Ryo Kurazume, Rin-ichiro Taniguchi. "Deep Learning-based Prediction Method for People Flows and Their Anomalies", Proc. The International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM), pp 676-683, 2017
- [3] 渡邊 裕太, 重兼 聡夫, 河村 晃宏, 倉爪 亮. "情報構造化空間を拡張する群ロボットシステムの開発", 第 34 回日本ロボット学会学術講演会, pp.1A1-06, 2016.9.7