

超小型ロボットに搭載可能な非接触型自己位置推定デバイスの屋外環境での性能評価

○ 山内元貴(東北大学), 永井伊作(岡山大学), 野寄敬博(東北大学), 高橋悠輔(東北大学), 永谷圭司(東北大学), 吉田和哉(東北大学)

Evaluation of non-contact position estimation device for small-sized mobile robots in outdoor field

○ Genki Yamauchi(Tohoku Univ.), Nagai Isaku(Okayama Univ.), Takahiro Noyori(Tohoku Univ.), Takahashi Yuusuke(Tohoku Univ.), Nagatani Keiji(Tohoku Univ.), Yoshida Kazuya(Tohoku Univ.)

Abstract: Our research group has been developing a localization method for a mobile robot on rough terrain. On such terrains, wheels of the robots may be sunk or slipped, and then, conventional wheeled odometry may not work well. To detect an accurate position of the robot in such environments, it has an advantage for a non-contact position estimation device, which was developed in our ex-research project. In this research, we integrated the device into our small-sized mobile robot, and performed position estimation experiments in outdoor fields. In this paper, we introduce the robot system, and report the results of the experiments to evaluate the device.

1 はじめに

月や火星惑星などの人の侵入が困難な環境の移動探査を行うためには、ロボット自身が自律的に判断して行動する必要がある。このような自律ロボットには、環境認識や位置推定といった様々な技術を統合する必要があるが、特にロボットの自己位置を推定することが重要である。しかし、車輪型移動ロボットが不整地環境を走行する場合、車輪と地面の間に生じるすべりによって、車輪の回転情報から車体位置を推定した際に誤差が発生する。特に、小型の移動ロボットにおいては、すべりだけでなく、地面の小さなくぼみでも車体が傾いたり、跳ねることが原因となり、位置推定の誤差が大きくなる。

そこで、車輪のすべりに依存しないロボットの自己位置推定手法として、地面と非接触の計測手法が提案され、代表的なものに、ビジュアルオドメトリがある。ビジュアルオドメトリとは、カメラを用いて地表面の画像を取得し、その画像からいくつかの特徴点を抽出し、それぞれ特徴点の移動量からロボットの移動速度を推定して、自己位置を計算する手法である[1]。しかしながら、ビジュアルオドメトリは計算コストが大きいという問題がある。

一方、我々の研究グループでは、近年、赤色レーザーと光学センサを用いた位置推定システム[2]を開発した。この位置推定システムは、屋内環境では十分に実験評価がなされてきているが、光学センサの計測値に悪影響を及ぼすと予想される太陽光の下における、屋外環境での性能評価は行われていない。

そこで、筆者らは、本研究において、赤色レーザーと光学センサを用いた位置推定システムを超小型の移動ロボットに搭載し、ジャイロ스코ープと組み合わせることで、屋外環境での2次元オドメトリの実装と評価を行った。以下、2章では、非接触式位置推定装置の説明、3章では、テストベッドとして利用した小型移動ロボットに搭載した装置の説明をした後、4章で、その移動ロボットを走行させて推定した自己位置の評価について報告する。

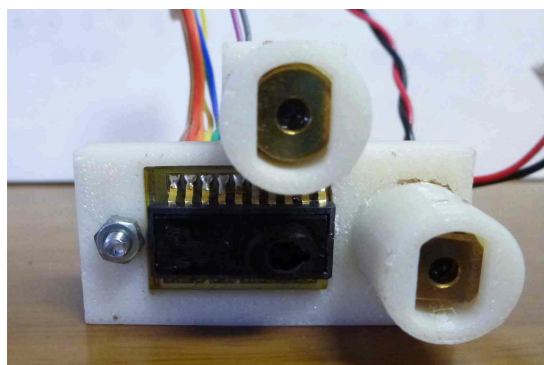


Fig. 1: Two red laser modules and Optical sensor

2 非接触式位置推定装置を利用した自己位置推定

非接触式位置推定装置の計測原理は、レーザスペックルの画像追跡によるものである。レーザスペックルとは、レーザ光を地面などの粗面に照射した時、その反射光が明暗の斑点模様となる現象のことである。ロボットが移動したとき、このレーザスペックルも移動するので、光学マウスに用いられる光学センサを利用してレーザスペックルの移動を撮影することで、スペックルの移動量を計測する。このような非接触位置推定装置を用いて移動量の計測を行った。本装置をFig. 1に示す。レーザモジュールと光学センサを固定する治具は、3次元プリンターを使い、ABS樹脂で作成した。本実験で利用する非接触位置推定装置は、2次元平面の並行移動距離のみ計測できる。したがって、2次元平面での位置推定を行うためには、それらの情報に加えて、1軸（ヨー角）姿勢角も必要となる。そこで、ジャイロスコープから得られる姿勢角を組み合わせ、自己位置推定を行った。

3 機体構成

非接触式の位置推定装置を小型の移動ロボットに取り付けて、走行評価試験を行った。テストベッドとして、ARLISS Comeback Competitionと呼ばれるコンペティションに参

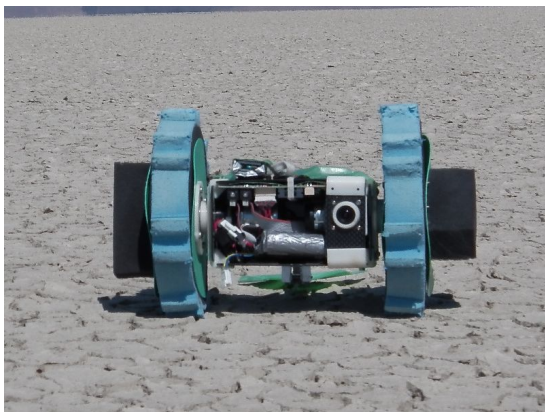


Fig. 2: Mobile robot for evaluation of non-contact position estimation device

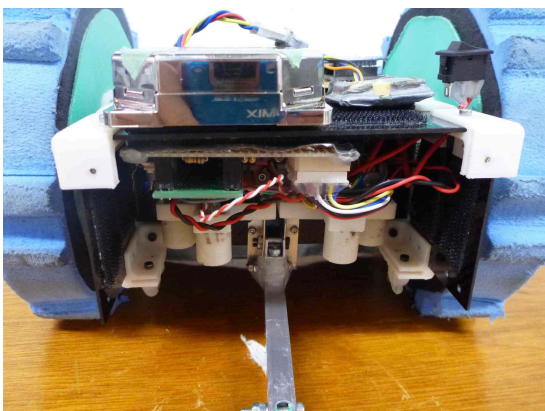


Fig. 3: Attached noncontact position estimation device on mobile robot

加した超小型の移動ロボットを利用した[3]. このロボットは、タイヤ径180[mm], 幅210[mm], 重量約1[kg]の車体にCitizen製DCモータにロータリーエンコーダが2組実装された左右独立駆動型移動ロボットである. また, GPSセンサ, ジャイロスコープ, Xbeeを搭載し, マイコン(SH2/7144)でこれらのセンサの情報を利用している. 車体外観をFig. 2に示す.

非接触式位置推定装置は, 赤色レーザ光源モジュール(LM-101-A2)と光学式マウス用センサ(ADNS-6090)を用いて0.2[ms]ごとにSH2/7125Fマイコンに, 並行移動量を送信する.この移動量を積算することで, 相対移動量が計算する. さらに, 1軸ジャイロセンサ(CRS09-12)を用いて1[ms]ごとに角速度を取得し, これを積算することで移動ロボットの姿勢(ヨー角)を計算する.

非接触式位置推定装置を2組, 移動ロボットの後部に取り付けて2次元平面のロボットの位置推定を行うこととした(Fig. 3参照).

本研究で利用した位置推定装置は, 赤色レーザを利用している. そのため, 屋外で本装置を使用する際に, 太陽光の影響で計測値が変化することがある. この太陽光による問題に対し, 移動ロボットにひさしをつけ, 太陽光を遮ることにした. しかし, ひさしをつけていても朝や夕方時に太陽が低い位置にある場合, 太陽光が車体下部に入り込んでしまい, 片側の移動量が計測できなくなるといった問題が生じた(Fig. 4参照). そこで, 左右に本装置を取り付けて冗長システムとして, 左右の装置から得られた移動量が大きい方を真値とすることでロバスト性を向上させるこ



Fig. 4: Sun light thrown under mobile robot

Table 1: Error in displacement by wheel odometry and proposed sensing device on inside hallway

Trial	Length [m]	error [%]	
		Wheel odometry	Proposed sensing device
1	10	7.67	1.99
2		10.4	5.08
3		5.42	1.95

ととした.

4 評価試験

4.1 屋内走行試験

本ロボットを, 大学構内の廊下にて10[m]走行させ, 性能評価を行った. 移動速度は平均30[cm/s]である. Table 1にそれぞれの推定した移動量の誤差を示す. 車輪オドメトリと本装置にて推定した移動量を比較すると, 車輪オドメトリの誤差が約10%であるのに対し, 本装置では誤差が最大でも5.08[%]とであった. 以上の結果から, 本システムは, 位置推定装置として十分に利用できることがわかった.

4.2 屋外走行試験

次に, 本ロボットを, 大学構内の屋外を走行させ, 本装置の性能評価を行った. ロボットは, ロータリーより30[cm]外側を遠隔操作で走行させた. 結果をFig. 5に示す. 本装置によって推定した自己位置と, エンコーダから取得した回転数とジャイロスコープから取得した姿勢角より推定した自己位置を比較すると, 本装置による自己位置の方が誤差が少ないことがわかった. ただし, 計測可能な最高移動速度は10[cm/s]と非常に低速であった. 本ロボットには, 軽量なスポンジタイヤを利用しているため, 走行時にタイヤ径が変化する. 特に, 回転時はタイヤ径の変形が大きく, ジャイロスコープを利用した車輪オドメトリにより推定した自己位置と, 実際の走行経路との誤差が大きくなったと考えられる. これに対し, タイヤ径の変形に影響を受けない本装置の方が正確に, 位置推定できたと考えられる.

5 おわりに

赤色レーザ光源と光学センサによって非接触式位置推定装置の屋外実験評価を行った. 車輪の回転情報を使わずとも, 本装置を利用することで, 自己位置を精度よく推定することができた. ただし, レーザ光が綺麗に反射する屋内の廊

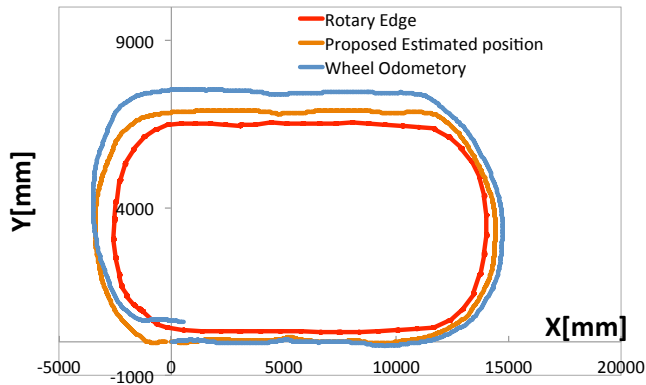


Fig. 5: The result of the outdoor experiment

下では、速度が100[cm/s]でも移動量を計測することができたが、屋外の砂場やアスファルトといった路面では、速度が10[cm/s]以上では移動量を計測することが出来なかった。この問題は、レーザの強度を上げることで、反射強度が増し、高速移動でも移動量を計測することが見込める。

なお、本ロボットでは、屋外環境での定量的な評価を行うことが難しかったため、屋外では定性的な評価しか行えていない。今後は、より大型のロボットに本装置を搭載し、屋外における定量的な評価を行う予定である。

参考文献

- [1] K. Nagatani, A. Ikeda, G. Ishigami, K. Yoshida, and I. Nagai, "Development of a visual odometry system for a wheeled robot on loose soil using a telesentric camera", *Advanced Robotics*, Vol.8, No.9(2010), pp.1149-1167.
- [2] 永井伊作, 渡辺桂吾, 永谷圭司, 吉田和哉: レーザ光源と光学センサを用いたスリッパに頑強な移動ロボット用位置推定システムの構築, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 ROBOMECH2010, (2010).
- [3] 野寄敬博, 高橋悠輔, 山内元貴, 永谷圭司, 吉田和哉: 広域屋外環境の探査を目的とした超小型移動ロボットの開発とフィールド実験, 第12回 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, (2011).