

メカナムホイールを用いた移動ロボットのロータリエンコーダによる フィードバック制御

Feedback Compensation of the Mobile Robot with Mecanum Wheel Using Rotary Encoder

○佐藤 稔¹, 浜松 芳夫², 星野 貴弘²
*Minoru Sato¹, Yoshio Hamamatsu², Takahiro Hoshino²

Abstract: Automation factory gives various advantage. Automatic conveyance system is one of the automation of factory. Automatic conveyance system is a system that convey goods by autonomous mobile robot. We develop an autonomous mobile robot to verify the automatic conveyance system. This autonomous mobile robot equips with an optical sensor and ultrasonic sensor. This robot has a line trace function and obstacle avoidance function. It is difficult for this robot to run straight when avoiding obstacle, because the rotational speed of each wheel differs. Therefore, we control this robot by feedback compensation. This robot equips with rotary encoder for feedback compensation. Rotary encoder is a converter that converts rotational angular displacement of rotary shaft to digital value. We discuss efficiency of feedback compensation to this robot by using a rotary encoder.

1. はじめに

本研究で対象とするのは産業用ロボットの一つである無人搬送車 (Automated Guided Vehicle: AGV) である。AGV の利用は、重い荷物の運搬などの人間には難しい作業をすることができるなど、効率面で期待されている。しかし、障害物を検知した場合、取り除かれるまで停止するため作業効率の低下を招く可能性がある。この問題に対して障害物回避の機能をもつ AGV の基礎的な研究を行ってきたが^[1]、ロボットを方向転換して回避するときに長い時間がかかる場合があった。

この問題に対して本研究では、障害物回避に旋回動作を必要としない自律型移動ロボットの製作を目的とした。そのため、全方位タイヤであるメカナムホイールを使用し、コース上でのライントレースと障害物回避のアルゴリズムを検討した。

メカナムホイールを用いることで理論上、旋回動作することなくどの方向にも移動が可能である。しかし、現在制作したロボットではプログラムの指令値と実際の回転速度が一致していないため、目標方向に対してずれが生じている。このことにより、移動距離が長くなる他に、障害物に近づいてしまうことがあるため改善の必要がある。原因としては、プログラムに電圧値を直接入力して回転速度を決定していることが考えられる。そこで、ロータリエンコーダを用いてモータの回転速度を検出し、目標値との偏差を求めることでフィードバック制御を行う。

2. 自律型移動ロボット

本研究で開発したロボットの外観を Fig.1 に示す。ロボットを制御するマイコンは Arduino MEGA 2560 を使用している。

ホイールには全方位タイヤであるメカナムホイールを

採用している。メカナムホイールは小さなローラーが車軸に対して 45 度傾いた状態で、ホイールの表面を囲むように並んだ構造をしているため、ホイールが回転した際に発生する駆動力は斜めに 45 度傾く。各ホイールで発生する駆動力の方向を組み合わせることで所望の方向に、ロボットの向きを変えずに移動することができる。

ロボット前方下面に光センサを設置している。投射した赤外光と反射光の光量の差を利用し、搬送ラインの黒とそのほかの床面の色を識別してライントレースを行う。

障害物を検知するセンサには、超音波センサを採用している。超音波を送信してから、物体に当たって反射した音波を受信するまでの時間差により、対象までの距離を求めることができる。本研究で制作したロボットは、全方位タイヤのメカナムホイールを使用しているため、ロボットがどの方向に移動しても障害物を検知できるように、超音波センサは Fig.1 のように合計 6 個を配置した。

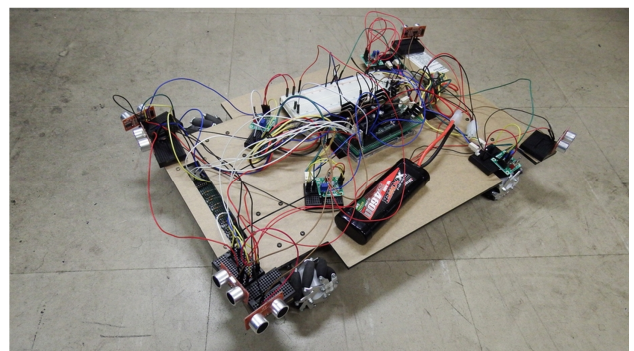


Fig. 1: Developed the mobile robot.

1: 日大理工・院・電気 2: 日大理工・教員・電気

3. フィードバック制御

本研究で対象とする制御系のブロック線図を Fig.2 に示す。まず、走行速度に対応した電圧を算出し、Arduino に電圧の値を入力する。その電圧がモータに加わり回転するが、モータごとに回転数のずれが生じる。モータの回転速度を検出し、Arduino にフィードバックする。その値により、所望の回転速度になるように電圧を調節する。

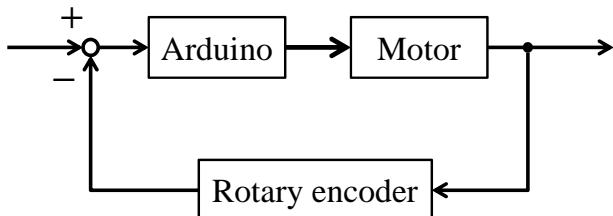


Fig. 2: Block diagram of controlled object.

4. ロータリエンコーダ

ロータリエンコーダは、回転軸の回転角変位をデジタル量に変換する変換器である [2]。軸に直結し、等間隔に隙間がある回転盤と、これを挟んだ発光ダイオードとフォト・トランジスタにより構成されている。発光ダイオードから出た光線が回転盤を介してフォト・トランジスタに入力され、デジタル信号に変換される。

ロータリエンコーダを用いて回転速度を検出する場合、回転速度を r 、出力されるパルスの周期を T 、モータが 1 回転するまでに出力されるパルスの数を N とすると、

$$r = (NT)^{-1} \tag{1}$$

で表される。 N は使用しているモータで決まった値となっているため、 T を求めることによりそのときのモータの回転速度を算出することができる。

5. 結果

フィードバック制御を行わない状態での直進動作で、どれだけのずれが生じるかを確認する動作実験を行った。測定方法を Fig.3 に示す。すべてのモータに等しい電圧をかけ、 $t[s]$ 直進したときの目標位置に対するずれ $x[cm]$ とロボットの初期姿勢からの傾き $\theta[^\circ]$ を測定した。走行時間 t は 3~5[s] で 0.5[s] ごとに測定した。測定結果のグラフを Fig.4 に示す。プロットは実験値、直線は最小二乗法による近似直線である。 Fig.4 より、走行時間 t が 1[s] 増加すると、ずれ x は約 0.8[cm]、角度 θ は約 $1[^\circ]$ 増加していることがわかる。このことから、ロボットの走行中は常に 4 つのモータの回転速度が一致していないことがわかる。走行距離が長くなるほどずれが大きくなるため、回転速度を一致させ、ずれが生じないようにフィードバック制御をする必要がある。所望の回転速

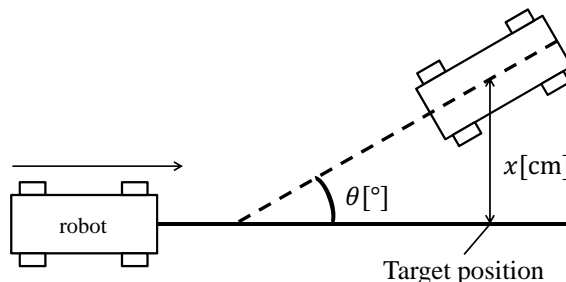


Fig. 3: Experiment of straight motion.

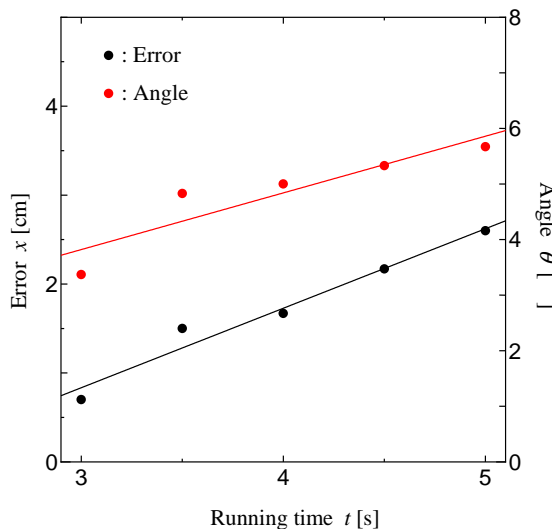


Fig. 4: Result of experiment.

度を得るためにかかる時間から、PID 制御が適していると考えられる。

6. まとめ

動作実験によって、走行距離が長いほど理想のコースからのずれが大きくなること、4 つのモータの回転速度は常に一致していないことがわかった。今後は、ロータリエンコーダを使用してモータの回転速度を検出し、フィードバック制御するアルゴリズムを検討する。また、ロータリエンコーダを使用して動作実験を行い、常に 4 つのモータの回転速度が等しい状態での走行が可能か確認する。そして、ロボットに搭載可能かどうか確認する。

参考文献

[1] 安盛, 浜松, 星野:「複数センサ情報による自律型移動ロボットの障害物回避アルゴリズムの検討」, 平成 28 年電気学会産業応用部門大会, 2-10, pp.2-103-2-106, (2016.8)
 [2] 谷腰欣司:「センサーのしくみ」, 電波新聞社, pp.85-87 (2010)