L-35

メカナムホイールを用いた自律型移動ロボットのライントレースの研究
A study of Line Trace of Autonomous Mobile Robot using the Mecanum Wheel

○佐藤　稔 [1]，松本　大樹 [1]，相良　賢司 [1]，浜松　芳夫 [2]，星野　貴弘 [2]
Minoru Sato[1], Daiki Matsumoto[1], Kenji Sagara[1], Yoshio Hamamatsu[2], Takahiro Hoshino[2]

Abstract:In this study, we develop the autonomous mobile robot that carried an optical sensor unit. This robot has a line trace function. This robot is automatic conveyance devices at the factory. In order to develop the model, there are many necessary functions. Line trace function is the most important for automatic conveyance. Therefore, we examined the robot to allow the line trace, in this study.

1. はじめに

近年，工場などの産業の現場は様々な作業がロボットによって自動化されている．本研究で対象とするのは産業用ロボットの 1 つである無人搬送車（Automated Guided Vehicle: AGV）である．AGV の利用によって，工場などは生産ラインを柔軟に設計することができる．また，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，多くの AGV は前方に障害物を検知した場合，障害物が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．この問題に対し障害物回避の機能をもつ AGV が研究されているが [1]，回避時に長い時間がかかる場合があり，改善の必要がある．

以上より，本研究では障害物を検知した際に，より短時間で障害物を回避することで時間効率の低下を防ぐロボットの製作を目的とする．その実現のために全方位タイヤであるメカナムホイールを使用し，ライントレースをする方法を検討した．

2. 自律型移動ロボット

Figure 1 は本研究で製作したロボットである．ロボットの制御にはマイコンの一種である Arduino を使用している．次に本研究で使用するロボットについて説明する．

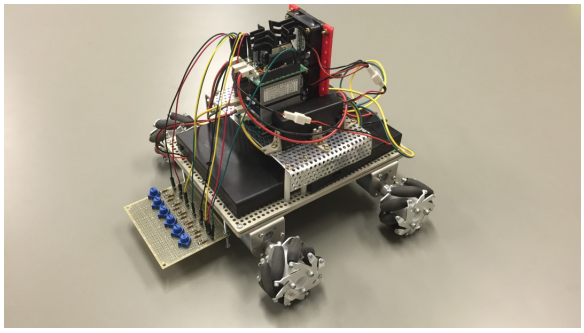

Figure 1: Developed robot.

2.1 メカナムホイール

本研究で使用するロボットではメカナムホイールを使用する．メカナムホイールはタイヤの一種であり，Figure 1 のロボットに取り付けられているように小さなローラーが進行方向に対して 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．この構造によってタイヤが回転した際に発生する駆動力は斜めに 45 度だけ傾く．本ロボットの場合，四隅に配置した各タイヤ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へ移動する．Figure 2 に示したように，前進，後退だけでなく，左右や斜め方向へ車体の向きを変えることなく移動することが可能になっている．

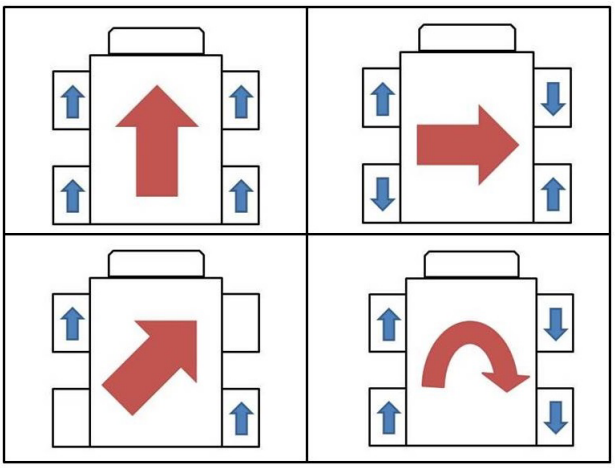

Figure 2: Motion of mecanum wheel.

2.2 モータドライブ回路

モータの制御はモータドライブ IC とロジック IC を用いたモータドライブ回路を使用した．モータドライブ回路によってモータの回転方向と回転速度を制御する．また，モータの回転速度は 0 から 255 までの 256 段階で設定することができる．1 つのモータドライブ回路で制御できるモータは 2 つであり，本研究では 4 つのメカナムホイールを使用するためにモータを 4 つ使用するのでモータドライブ回路を 2 つ使用した．

1:日大理工・学部・電気　2:日大理工・教員・電気

2.3 光センサ回路

ライントレース動作において，白い地面と黒い地面を判定するには光センサ回路を使用する．この回路は Figure 1 のロボットの前面に取り付けた．本ロボットに使用した光センサ回路の原理図を Figure 3 に示す．Figure 3 の回路には，光センサとしてフォトリフレクタを使用した．フォトリフレクタは赤外線 LED とフォトトランジスタが隣接して配置された素子である．赤外線 LED から発せられた赤外線光が対象物に当たり，反射した赤外線光をフォトトランジスタが検出し，光量に応じた電圧を生じる．実際に使用した回路はフォトリフレクタを横に 6 つ並べた構造である．Figure 3 に示した回路では，Arduino から供給された 5V 電源とフォトトランジスタが発する電圧を比較することで線の色を判定している [2]．Arduino への入力電圧は，対象物が白色の時に 0.04V から 0.05V 程度になり，対象物が黒色の時に 0.4V から 0.6V 程度になるように設計した．以上を踏まえ，Arduino への入力電圧が 0.3V 以上の時に対象物が黒色であると判断することとした．

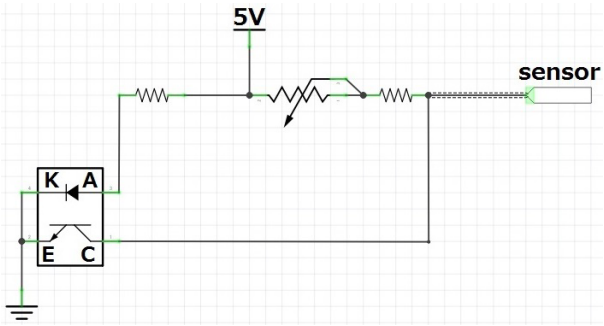

Figure 3: The circuit of the optical sensor.

2.4 ライントレース

ライントレースは，光センサ回路を使用して，ロボットが常に黒色の線に沿って走行するように制御する．本研究で使用するロボットの光センサ回路の各状態に対する動作を Table 1 に示す．Table 1 において，No.2，No.3，No.12，No.13 のようにラインの中心から大きくそれた場合，本ロボットは旋回動作を行う．また No.4，No.11 のように左右どちらかの半分のフォトリフレクタがラインを検知している場合は，左右片方のタイヤのみが前転し，反対のタイヤは停止させることで方向を大きく修正する．例えば No.4 の場合は，右側のタイヤが前転し，左側のタイヤは停止させることで左に大きく方向修正する．さらに No.5，No.10 のようにラインの中心からわずかにずれた場合，左右のタイヤを異なる速さで回転させることで，わずかに方向修正を行う．例えば No.5 の場合は，左側のタイヤがゆっくりと前転し，右側のタイヤはそれをわずかに上回る速さで回転することで左にわずかに方向修正を行う．

次に No.6，No.7，No.8，No.9 の場合は，ラインからのずれが小さいと判断して直進する．No.1 のようにすべてのフォトリフレクタが白色を検知した場合，完全にラインから外れたと判断して停止する．No.14 は想定外の検出パターンを表しており、フォトリフレクタの誤作動とみなして停止する．

以上のように設定したロボットを使用し，実際に走行した結果，直進時の微調整や急カーブなどに対応し，ライントレースをすることができた．

Table. 1: Line trace motion of the robot.

No.	Input of sensor	Motion of robot
1	○○○○○○	Stop
2	●○○○○○	Rotate left
3	●●○○○○	Rotate left
4	●●●○○○	Adjust to more left
5	●●●●○○	Adjust to left
6	●●●●●○	Forward
7	●●●●●●	Forward
8	○●●●●○	Forward
9	○●●●●●	Forward
10	○○●●●●	Adjust to right
11	○○○●●●	Adjust to more right
12	○○○○●●	Rotate right
13	○○○○○●	Rotate right
14	Other	Stop

3. 今後の課題

現段階では，ライントレースのコース上に障害物がある時の動作が想定されていない．また，モータにタイヤが直接取り付けられていることで，タイヤの回転速度を抑えることが困難になっている．そのため，今後はライントレース中に障害物回避をするアルゴリズムの検討と，ロボットの移動速度の調節を行う．アルゴリズムを検討する際は，メカナムホイールの特徴を活かしたスムーズな回避動作を目指す．移動速度の調節はモータの電圧を下げることでも可能であるが，電圧が一定以下になるとトルクが不足し，ロボットが停止する．そのため，充分なトルクを得られるようにするためにギアボックスを使用することを検討している．

参考文献

[1] 安盛，浜松，星野：「自律型移動ロボットの障害物判定と回避動作の検討」，平成 28 年電気学会全国大会，4-198，pp.335-336，(2016.3)

[2] 米田知晃，荒川正和：「Arduino ではじめるロボット製作」，工学社 (2014)