

## 要 旨

本研究では、傾斜のある路面での対象物の搬送作業を想定し、柔軟な衝突回避を考慮し全方位に移動する機構と、搬送台を水平に保ちながら搬送する機構を備えた移動ロボットの走行法について、実機を含めた検討を行う。

## 1. 緒 言

近年のロボット産業の発展は目覚しく、使用される分野や用途も多様化している。それとともに、ロボットに要求されるタスクも複雑化し、あらかじめタスクに対して必要な知識を与えておくことが難しくなっている。そのため、ロボット自らが情報を収集し、その情報に基づいて行動を決定する自律型のロボットが必要になっている。

本研究では、障害物と傾斜のある路面環境における対象物の運搬作業を想定し、そのような状況下にあっても、搬送台（天板）を水平に保ったまま、目的地まで安定に回避走行ができるような全方位移動ロボットの製作と制御を行う。

本稿では、全方位移動ロボットの構成や移動機構の性能評価を中心に述べる。

## 2. 問題設定とロボット構成

傾斜のある路面での搬送作業が目的であることから、天板の面を水平に保つためには垂直方向の制御も必要であるが、障害物回避を含む移動は平面走行と考え、ロボット  $R$  を以下のように表現する (図 1)。

$$R = \{P, \theta, S\} \quad (1)$$

ここで、 $P$  は位置、 $\theta$  は進行方向、 $S$  はセンサ情報を示し、さらに図中の黒い部分が障害物検出用のセンサを表している。

ロボット全体は、制御用マイコン (SH2)、障害物を感知するセンサ、移動用の車輪と駆動モータ、さらには天板の傾きを検知するセンサとそれを任意の姿勢に制御する機構から構成される。このうち、本研究で製作した全方位移動機構を図 2 に示す。

この機構は、オムニホイール 4 つを 1 組として、これらの回転軸を 120 度間隔に一点で交差するように配置し、この 3 方向の車輪によって、全方位に移動させる構造になっている。このため、2 輪または 4 輪の移動ロボットに比べ、柔軟な回避行動を取ることが可能であり、移動経路を効率よく生成できると考えられる。

今回は、後方の移動を考えず、移動方向を 0 度から 180 度の範囲の前方に限定し、回転軸に垂直な方向の速度ベクトルを 6 パターンとした。

障害物検知用に PDS (Position Sensitive Detector) センサを使用する。使用する PDS センサは、10cm 時に約 2.5V、80cm 時に約 0.4V で、この間は障害物までの距離と出力電圧の関係がほぼ反比例にある。

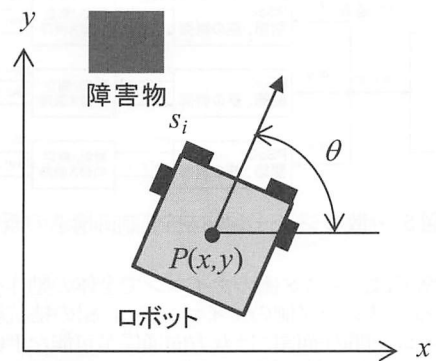


図 1. 問題設定

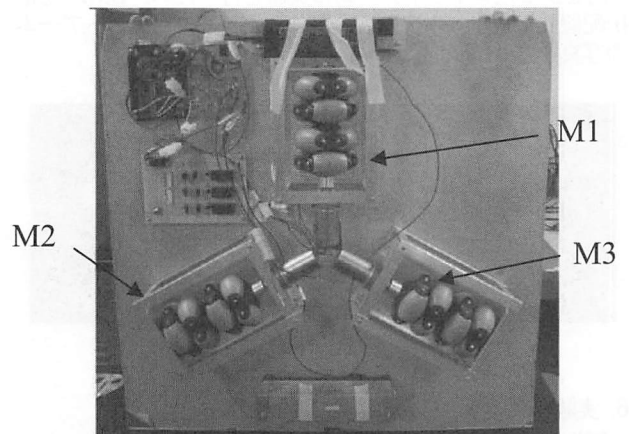


図 2. 全方位移動機構

## 3. モータの制御

移動方向は 3 つのモータの速度ベクトルの組み合わせによって決まる。ここで、モータ M1, M2, M3 の速度ベクトルをそれぞれ F1, F2, F3 とする、この速度ベクトルの大きさは、時間ステップに対するオンタイムの比 (duty 比) を変えることによってモータへ供給する平均電圧を変化させ、回転数を制御することによって決定する。

まず、前方 (90 度方向) に移動する場合は、M2 と M3 のモータのみを動かす、F2, F3 の水平方向分力を相殺させればよい。

次に、45 度方向に移動する場合は、F1 を 100 とすれば、F2, F3 との関係は図 3 のようになる。しかし、ここでは速度ベクトルの大きさを 6 パターン (0~100 を 20 刻み) に限定したため、最も近いものと

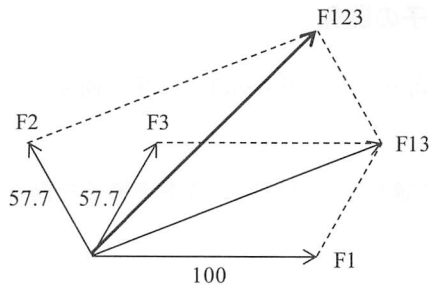


図 3. 45° 方向のベクトル図

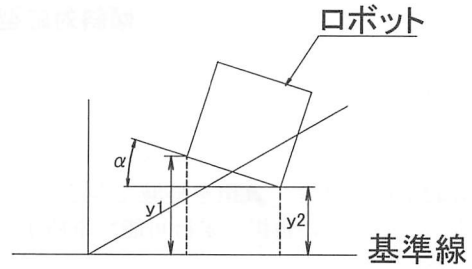


図 4. 平行度測定実験の概要

表 1. 各モータの駆動パターン

時間ステップ	M1	M2	M3
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	0	0
5	1	0	0

して F2, F3 をそれぞれ 60 にすると, 実際の移動方向は 46.1 度となる. 表 1 には, このときの各時間ステップにおけるモータ駆動の有無を 1/0 で示す. これより, 各モータにかかる電圧を制御していることが分かる.

#### 4. 実験

##### 4.1 実験内容

実験は, 組合せ可能な 7 方向に対して, 実際の走行に対する角度の精度と, その時のロボットと基準線との平行度について調べた.

前者の実験では, まず基準の 7 方向の線を床に引く. ロボットの天板の中心に印をつけ, 基準の線の中心とロボットの中心が合った所をスタート位置とする. 1 方向に対して 1.5m 走らせ, 10 回のデータを取り, その平均を移動方向の結果とする.

後者の実験では, 1.5m 走った地点でロボットの両端からそれぞれ基準線に垂直な長さを測り, その差から  $\alpha$  を求める. 平行度測定の実験概要を図 4 に示し,  $\alpha$  を求める式を以下に示す.

$$\alpha = \sin^{-1} \left( \frac{x_1 - x_2}{60} \right) \quad (2)$$

なお, ロボットは無負荷状態で走行すると, 床面との接触等の関係からか, 非常に滑ることが分かった. そこで, ロボットの天板に約 2kg の重りを載せた.

##### 4.2 実験結果

図 5 は理想の角度に対し, 実際に移動した時の角度を表している. この図より, すべての方向で誤差が生じたが, 誤差が最大の 46° と 134° 方向でも 10% の範囲に入った. この原因として, 床面との摩擦による滑り, ロボットの精度, 構造上の問題があげられる. また, 図 6 は, 基準線との平行度を示している. これより 90° 付近を境に変化しているが, ほとんど一定と考えても差し支えない状況である. よって, このロボッ

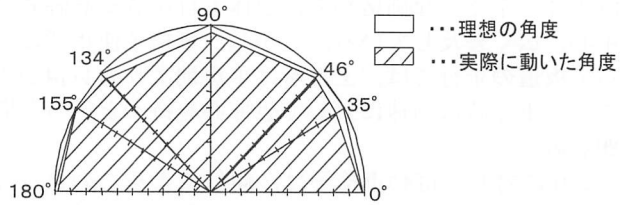


図 5. 理想角度との差

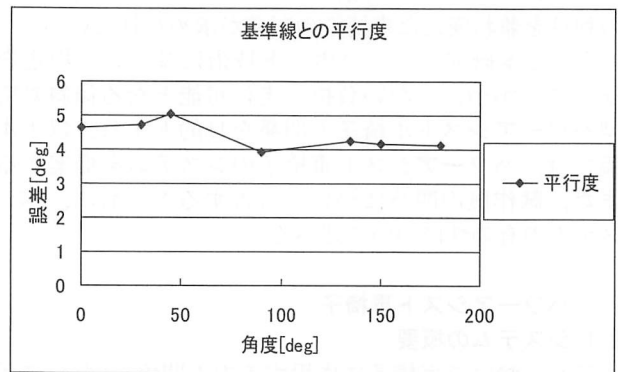


図 6. 基準線との平行度

トは 4° 前後傾いて走行していると言える.

#### 5. 結論

本研究では, 全方位に移動する機構を有するロボットを製作し, その走行実験を行った結果, どの方向に対しても最大 10% 程度の誤差で進めることが分かった. また, 速度ベクトルのパターン数の関係で移動方向が限られてはいるが, 制御方式の有効性については確認することができた.

今後は, 傾斜のある路面を移動する際, 天板を水平に保ちつつ移動する機構の開発を行う. 天板の面を水平に保つために, 3 点を使用して平面を決定し, 天板に平行な直行する 2 本の回転軸を制御することで実現する. 具体的には, 3 点のうち 2 点に対し, ボールねじ 2 本を使用してモータで回転させ, もう 1 点を固定することでさまざまな傾斜に対応させる予定である.

#### 参考文献

- [1] 米田 完, 大隈 久, 堀内孝司, ここが知りたいロボット創造設計, 講談社, 2005