

# メカナムホイールを用いた全方向移動車のナビゲーションの研究

## Navigation of Omni-directional Vehicle with Mecanum Wheels

立花 智史 (岡山大工)  
正 永井 伊作 (岡山大工)

正 永谷 圭司 (岡山大工)  
正 田中 豊 (岡山大工)

Satoshi TACHIBANA, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-Naka, Okayama 700-8530  
Keiji NAGATANI, Okayama University  
Isaku NAGAI, Okayama University  
Yutaka TANAKA, Okayama University

Our research goal is to realize smart and robust navigation of autonomous mobile robot. An omni-directional vehicle with four mecanum wheels is used for robot platform. Mecanum wheel has 16 tilted rollers (45 degrees against wheel axis) around the wheel. So the vehicle moves omni-directionally by combination of 4 mecanum wheels. This paper describes about dead-reckoning scheme of the vehicle.

**Key Words:** Omni-Directional Vehicle, Mecanum Wheel, Dead-Reckoning

### 1 緒言

本研究の目標は、実環境において目的地まで自律走行を行う自律移動ロボットの実現である。このロボットを実現するためには、(1) ロボットの自己位置・姿勢を推定する能力 (2) 指定された経路を走行する能力 (3) 走行経路上に存在する障害物を回避する能力が必要となる。これらの能力のうち、特に (1) はロボットが安全な走行をする上で重要度が高い。この能力を実現する手法としてデッドレコニングが挙げられる。この手法は、内界センサにより得られた移動量を積算することで現在位置・姿勢を推定するものであり、累積誤差という問題もあるが、実装が容易であるため広く利用されている [1]。

さて、本研究のプラットフォームとしてメカナムホイールを用いた車輪型移動機構を持つ全方向移動車を採用した。この全方向移動車は、横方向の移動や旋回動作を行うために、ホイールに取り付けられたローラーが回転する。このため、移動距離が同じでも、進行方向によって、メカナムホイールの回転数が異なる。ゆえに、全方向移動車のデッドレコニングは困難である。

本稿では、全方向移動車のデッドレコニング手法、および走行実験結果について述べる。

### 2 全方向移動車の構造

#### 2.1 全方向移動車の概要

Fig.1 は、本研究で使用する全方向移動車の外観図である。全方向移動車の車輪には、メカナムホイール (車軸に対して  $45^\circ$  傾けられたローラーを車輪の周囲に等間隔に並べた車輪) が用いられ、各車輪は同期式 DC ブラシレスモータによって駆動されている。また、各車輪の相対回転角度を検出するため、ロータリエンコーダが各車輪に取り付けられている。

#### 2.2 メカナムホイールの進行方向

Fig.2 は、メカナムホイールが正回転した際の進行方向を示した図である。この図においては、メカナムホイール自体は前方向に移動するように回転するが、車軸に対して  $45^\circ$  傾けられた方向に配置されたローラーにより、ローラー軸方向に対して法線方向の推進力が生じない。この結果、メカナムホイールは、ローラー軸と平行の方向に進行する。したがって、4 輪の進行方向の組み合わせによって全方向移動が可能となる。

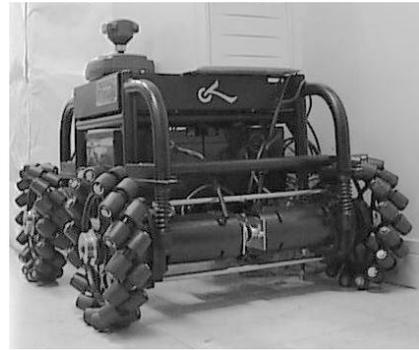


Fig. 1: Appearance of omni-directional vehicle

### 3 全方向移動車のデッドレコニング

#### 3.1 全方向移動車のキネマティック解析

メカナムホイールにはローラーの滑りが生じるので、メカナムホイールにはたらく力を解析することは困難である。そこで、本研究では、メカナムホイールの 1 輪が微小回転した際に生ずる微小移動ベクトルを一定と仮定する。そして、各車輪の回転数から全方向移動車本体の移動量・旋回量を算出する式について導出した。

Fig.3 は以下の計算式内で使用するパラメータの定義を示した図である。図中の各パラメータは、それぞれ  $\alpha$ : 車輪の移動ベクトル,  $\beta$ : 全方向移動車が旋回した際の車輪の移動ベクトル,  $2a$ : トレッドの長さ (=430mm),  $2b$ : ホイールベースの長さ (=495mm),  $\theta$ : Y 軸と車輪の移動ベクトル  $\alpha$  とのなす角度を表している。

##### (i) 全方向移動車が前後左右に移動した場合

全方向移動車が前後左右に移動した際、全方向移動車本体の移動ベクトルは各車輪の移動ベクトルを合成することにより得られる。したがって、全方向移動車本体の X 軸, Y 軸方向における単位時間あたりの微小移動量  $dX$ ,  $dY$  は、(1)(2) 式で求めることができる。ここで、 $i$  の値は、0: 右後輪, 1: 左後輪, 2: 左前輪, 3: 右前輪を表す。

$$dX = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^3 \alpha_i \sin \theta_i \quad (1)$$

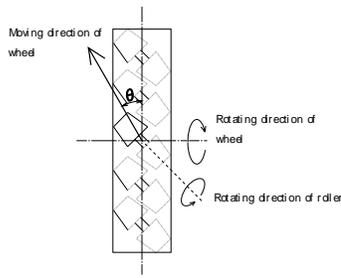


Fig. 2: Moving direction of mecanum wheel

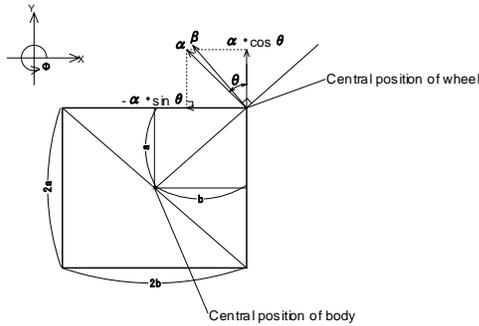


Fig. 3: Definition of parameter

$$dY = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^3 \alpha_i \cos \theta_i \quad (2)$$

(ii) 全方向移動車が旋回した場合

全方向移動車が旋回した場合の微小回転角も各車輪の移動ベクトルを合成することにより下式のように得られる。iの値については、(i)と同様である。

$$d\Phi = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^3 \left( \arctan \frac{\beta_i}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right) \quad (3)$$

Table. 1: Pulse of unit distance when vehicle moved

	AVERAGE
Moving forward(pulse/cm)	325.49
Moving back(pulse/cm)	325.25
Moving left(pulse/cm)	348.80
Moving right(pulse/cm)	348.23

3.2  $\theta$  の導出

3.1 節で述べた Y 軸とメカナムホイールの進行方向とのなす角  $\theta$  は、全方向移動車のデッドレコニングを決定する重要なパラメータである。本研究では、この  $\theta$  の値を実験を通して取得した。Table.1 は、P タイル上における全方向移動車本体の単位移動量における各車輪の累積パルス数の平均値を示したものである。

この結果より、 $\theta$  の値は、以下ようになる。

$$\theta = \arctan \frac{325.49 + 325.25}{348.80 + 348.23} = 43.03^\circ \quad (4)$$

4 走行実験

本章では、前章で導出した  $\theta$  の値を用いて、全方向移動車のデッドレコニングの精度を確認するための走行実験を行った。ここで、全方向移動車の制御は、付属の走行車専用ジョイスティックコントローラーを用いて行った。実験環境としては P タイル張りの床面を使用した。

Fig.4 は、全方向移動車が指定経路上を走行した際、全方向移動車自身が推定した自己位置・姿勢を示したものである。全方向移動車の走行順路は、 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow a$  である。ここで、スタート地点における全方向移動車の姿勢は、全方向移動車の前部が Y 軸方向を指しているものとする。図中の破線は、全方向移動車自身が認識した走行軌跡であり、実線は全方向移動車の指定経路を示している。図より、指定経路と、全方向移動車自身が認識した走行軌跡との差異は微小であることが確認できた。しかし、指定距離が長くなるとデッドレコニングの誤差が累積するという問題がある。

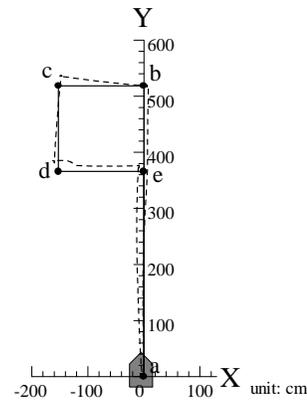


Fig. 4: Tracks of vehicle

また、実験を行うにつれ、路面状況が変化すると  $\theta$  の値も変化し、デッドレコニングに影響を及ぼすことが判明した。路面を変更して実験を行った結果、アスファルト上における  $\theta$  の値は、 $\theta_{asphalt} = 42.60^\circ$ 、絨毯上における  $\theta$  の値は、 $\theta_{carpet} = 41.71^\circ$  であった。この問題に対処するため、全方向移動車は走行経路上の路面状況を事前にまたは動的に判断する必要があると考えられる。

5 結言

本研究では、メカナムホイールを用いた全方向移動車のデッドレコニング手法について説明し、実機を用いた走行実験によりその有効性を検証した。検証した結果、ロボットが長い距離を走行した場合、デッドレコニングによる累積誤差が大きくなるという欠点を持っている。特に、ロボット自身が認識している自己の姿勢情報の累積誤差は、ロボットの移動量に大きな影響を及ぼすという問題がある。この問題に対処するために、外界センサやジャイロセンサを用いて、より頑強な自己位置・姿勢推定を行う手法を考案する必要があると考えられる。

参考文献

[1] 油田 信一, ナビゲーションとガイダンス, 日本ロボット学会誌, 第 5 巻第 5 号 (1987)