

2019年8月20日

株式会社インプレスR&D

<https://nextpublishing.jp/>

Arduino を使った特殊車輪走行メカニズム

## 『2 輪駆動・オムニホイール・メカナムホイールの仕組みと制御』発行

特殊車輪走行メカニズムの走行制御を、原理から実践まで詳細に解説。

インプレスグループで電子出版事業を手がける株式会社インプレス R&D は、『2 輪駆動・オムニホイール・メカナムホイールの仕組みと制御』(著者: 榊正憲) を発行いたします。

### 『2輪駆動・オムニホイール・メカナムホイールの仕組みと制御』

<https://nextpublishing.jp/isbn/9784844378167>



著者: 榊 正憲

小売希望価格: 電子書籍版 1440 円(税別) / 印刷書籍版 1800 円(税別)

電子書籍版フォーマット: EPUB3 / Kindle Format8

印刷書籍版仕様: B5 判 / モノクロ / 本文 160 ページ

ISBN: 978-4-8443-7816-7

発行: インプレス R&D

### << 発行主旨・内容紹介 >>

電動車椅子や単純な走行ロボットに使われている 2 輪駆動、また、特に、搬送台車、作業機などに使われている、任意の方向への自由な走行を実現するオムニホイールとメカナムホイールの制御メカニズムは、一般的な自動車とはまったく異なります。

本書では、これら特殊車輪の走行メカニズムの基本原理、仕組み、制御の方法を説明します。その際、単に概要を示すだけでなく、ベクトルや三角関数を使い、実際の走行のための計算処理まで理解できるようにしています。

そして、この走行の原理を確かめるために、実例として車輪で走るモデル(メカ)を作ってみます。車両全体の構成、駆動機構、モーター制御回路、さらに、それを Arduino(アルドゥイーノ)マイコンを使って制御する方法やそれを実現するためのプログラムについて解説していきます。

(本書は、次世代出版メソッド「NextPublishing」を使用し、出版されています。)

## 2 輪駆動モデルの製作



図2-08 実際のマスト

上下用モーターの回転はウォームギヤで減速され、マスト中のネジを回転させて可動マストを上下させます。マストは3段構成で、車体で固定されたマスト、ネジで伸びる可動マストがあり、さらに可動マストの内側にフォークが上下します。フォーク部分はチェーンで増速され、可動マストの伸びの倍の高さまで上昇します（図2-07ではわかりやすくするために単べて描いていますが、実際には3つの要素はすべて重なった構造になっています）。これは実車とは同じ構造です（実車はネジではなく、油圧シリンダーを使っています）。

本物のフォークリフトは走行中に荷物を安定させるために、マストを後ろ側に傾ける機能がありますが、このセットには後傾機能はありません。

### 2-3 ハードウェア構成

このセットは、標準ではリモコンのスイッチで3個のモーターを個別にOn/Off制御します。これを、1組のジョイスティックで前後進と旋回、そして1個のスイッチでフォーク上下を行うように改造します。

車両側にバッテリー、マイコン基板、各種回路を搭載し、有線で接続したマイクロコントローラーで操作します。

#### 2-3-1 マイコン回路

制御用のマイコンには、簡単にソフトウェア開発を行える Arduino を使います。Arduino には何種類もありますが、ここでは標準モデルの UNO Rev.3（図2-09）を使用しました。Arduino のプログラミングについては、ほかの書籍やネットの記事などを参照してください。ここでは

読者の「マイコンボードで学ぶ楽しい電子工作 Arduinoで始めるハードウェア制御入門」で紹介した知識を前提として解説を進めていきます。



図2-09 Arduino UNO

Arduino 単独ではモーターの制御はできないので、モータードライバ回路などを組み込んだシールド（拡張基板）を自作し、Arduino UNO に接続します（図2-10）。これには以下の要素を組み込みます。

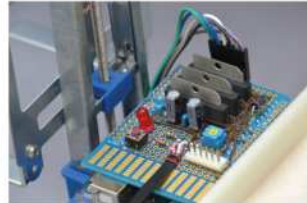


図2-10 シールド

#### モータードライバ

左右の車輪、フォーク用に3セットのモータードライバ回路を用意します。これについては後述します。

## オムニホイールの走行メカニズムの原理

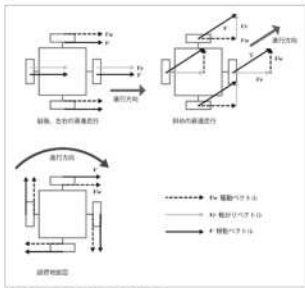


図3-16 滑るオムニホイールの走行のベクトル

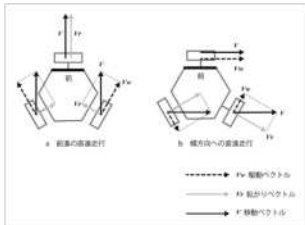


図3-17 3輪のオムニホイールの走行のベクトル

クルがまっすぐ前向き移動ベクトルになり、車両が前に進みます。つまり斜めに取り付けられた後側の2輪は、ローラーによって斜めに滑ることで、前進することができます（図3-17のa）。

横走行はちょっと複雑になります。例えば右への走行では、前側のホイールが右に進むように回転して横方向に動きます。真横への移動なので、前側ホイールのローラーは横滑りせず、移動ベクトル  $V_w$  は駆動ベクトル  $V_w$  と同じになります。後側の2輪も右に進むように回転します

が、こちらは取り付け角度が斜めなので、右後輪は右上に進むように、左後輪は右下に進むように回転します。そして斜めの動きをローラーの横滑りで打ち消すことで、右真横に進みます（図3-17のb）。

移動ベクトル  $V$  は、直進走行ではすべてのホイールで同じでなければなりません。もし違えば、車体はまっすぐ進めません。右走行の場合、前側のホイールは真横に横滑りして進みますが、後ろ側ホイールは横滑りがあります。図3-18に示すように各ホイールのベクトルを並べてみるとよくわかりますが、移動ベクトル  $V$  を等しくするには、横滑りを伴うホイール（後側のもの）は、横滑りしないものよりも駆動速度を下げる必要があります。つまり単なる直進走行でも、個々のホイールの速度を変えなければならないのです。

進めようと、オムニホイールの移動速度は、常にホイールの駆動速度以上になります。移動方向と駆動方向が一致したときは等しくなります。

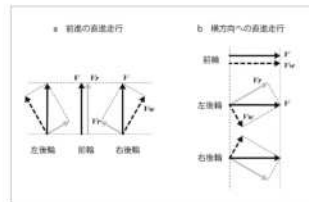


図3-18 各ホイールのベクトルの比較

### 3-2-3 駆動ベクトルの計算

車両の走行を考える際には、まず各ホイールの移動ベクトル  $V$  を決めます。このベクトル  $V$  での移動のために、各ホイールでどれだけの大きさの駆動ベクトル  $V_w$  が必要かを求めなければなりません。これはベクトルと三角関数の計算で得られます。

回転による駆動ベクトル  $V_w$  とローラーによる駆動ベクトル  $V_r$  を合成したものが、実際の移動ベクトル  $V$  になります。  $V_w$  と  $V_r$  は常に直交しているのそれぞれのベクトルの大きさ（絶対値）は、三平方の定理から  $|V_w|^2 + |V_r|^2 = |V|^2$  という関係が成り立ちます。しかし、  $|V_r|$  はわかりません。ローラーは成り行きで転がるだけで、制御の対象ではないからです。

$V_w$  を得るためには、制動角が認識できる別のパラメータが必要です。指定された移動ベクトル  $V$  と駆動ベクトル  $V_w$  の交差する角度  $\theta$  がわかれば、必要な駆動ベクトル  $V_w$  の大きさを三角関数の計算で求めることができます。駆動ベクトル  $V_w$  の方向は個々のホイールを取り付けあ

## メカナムホイールの仕組み



図5-02 メカナムホイール

形です。ローラーが斜めに配置されるので、真横から見ると、あるローラーはその隣のローラーと多少の重なりがあります。そのためオムニホイールのように2セットをずらして重ねなくても、メカナムホイールはどんな角度であっても、いずれかのローラーが駆動するようになっています。

メカナムホイールのローラーは45度の角度で取り付けられているので、ホイールは斜めに転がることができます。基本的な動きは次の2つで、走行時にはこの2通りの動きが組み合わされます(図5-03)。

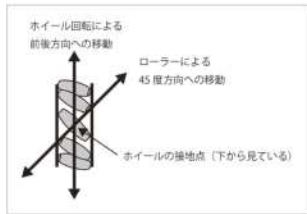


図5-03 メカナムホイールの動き

### ホイール回転方向への移動

ローラーが転がらない場合は、普通の車輪と同じように、ホイールの回転によりホイールの回転方向(軸と直交方向)に動きます。

### ホイールの45度方向への移動

ホイールが止まっている場合でも、ローラーの転がりによって移動できます。取付角度が45度なので、ホイールの進行方向に対して45度の方向への移動となります。

この2種類の動きの組み合わせの典型例が、真横への移動です。ホイールが回転し、なおかつホイールが進行方向に動かない場合は、斜めのローラーが転がることで、ホイールが真横方向に移動します(図5-04)。

オムニホイールの真横への移動は、ホイールを駆動せずにローラーの転がりだけでしたが、メカナムホイールの場合はホイールの回転が伴います。

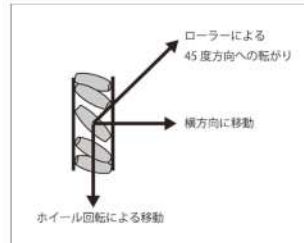


図5-04 真横移動

メカナムホイールのローラーは斜めなので、2種類の異なる組み立て方があります。図5-05に示すように、ローラーの傾きの違いです。この違いは重要で、メカナムホイールで自由な走行を実現するためには、傾きの異なるホイールを適切に組み合わせる必要があります。



図5-05 2種類の傾き

## メカナムホイール車両の製作

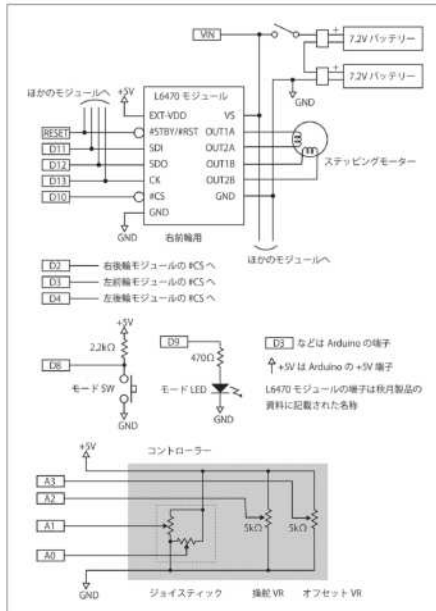


図6-00 メカナムホイール車両の回路図

### 6-2-2 ステッピングモーターの選定

オムニホイール車輦に使ったモーターは、平らな床で走らせる分には問題はありませんが、全体的にはちょっと力不足でした。メカナムホイール車輦はオムニホイール車輦よりも高い走破性が期待できるので、より強力なモーターを採用しました。

オムニホイールで使ったSM-42BYG011は定格電圧が12V、巻線の抵抗値は約36Ωです。したがって停止時に12Vかけると、巻線に約0.3Aの電流が流れ、十分な静止トルク(0.23N・m)が得られます。しかし回転速度を高めると逆起電力により電流が減り、出力トルクが低下します。L6470には逆起電力補償の機能がありますが、回転が高くなるときに電圧を高め、電流量を増やすという原理です。製作例の車輦は電源電圧が約15Vなので、電圧を大きく高めることができます。そのため速度を高めたときに十分なトルクが得られないのです。

メカナムホイール車輦ではST-42BYH1004(秋月電子, <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gP-07600/>)というモーターを使っています。これは定格電圧5V、巻線抵抗は約6Ωで、相電流は1Aです。これで静止時のトルクは約2倍の4.4kgf・cm(0.43N・m)となります。

巻線の抵抗値が小さいため、停止時に15Vかけると電流が流れすぎるので、実効電圧を低下させる必要があります。付録で説明しますが、L6470にはKvalというパラメータがあり、実効出力電圧の調整が可能です。

回転数が上がると逆起電力により電流が減りますが、定格電圧と電源電圧の差が大きいため、定格電圧を超える電圧をかけて相電流を増やし、トルク低下を軽減することができます。もちろんこの電圧調整は、相電流が定格の1Aを超えない範囲で行わなければなりません。

またこのモーターは1回転が400ステップなので、速度指定の数値は2倍の値を指定し、最高速度MAX\_SPEEDは50000としています。

このような特性を考慮して、L6470に設定するモーターパラメータはオムニホイールのときとかなり変わっています。これらのパラメータは初期化時にレジスタに設定しています。

```
// 出力電流係数 (Kval)
writeReg1(wheelAttr[1].cs, L6470REG_KVAL_HOLD, 85); // 停止時は33%
writeReg1(wheelAttr[1].cs, L6470REG_KVAL_RUN, 128); // 定常時は50%
writeReg1(wheelAttr[1].cs, L6470REG_KVAL_ACC, 128); // 加速時は50%
writeReg1(wheelAttr[1].cs, L6470REG_KVAL_DEC, 128); // 減速時は50%
// BEHF (逆起電力) 補正
// 電流時はデフォルトより低め
// 高減速時はデフォルト値の2倍値
writeReg1(wheelAttr[1].cs, L6470REG_ST_SLP, 20);
writeReg1(wheelAttr[1].cs, L6470REG_FN_SLP_ACC, 70);
writeReg1(wheelAttr[1].cs, L6470REG_FN_SLP_DEC, 70);
```

## <<目次>>

はじめに

### 第1章 2輪駆動方式の仕組みと制御

1-1 2輪駆動制御の走行/1-2 制御方法

### 第2章 2輪駆動モデルの製作

2-1 フォークリフト/2-2 工作セットの構成 ほか

### 第3章 オムニホイールの仕組みと制御

3-1 オムニホイールとは/3-2 オムニホイール車両の制御

### 第4章 オムニホイール車両の製作

4-1 全体構成/4-2 駆動系 ほか

### 第5章 メカナムホイールの仕組みと制御

5-1 メカナムホイールとは/5-2 メカナムホイールの制御 ほか

### 第6章 メカナムホイール車両の製作

6-1 駆動系の構成/6-2 回路の構成 ほか

### 付録1 モーターの制御

A1-1 トルクと出力/A1-2 直流マグネットモーターの制御 ほか

### 付録2 ステッピングモーター

A2-1 ステッピングモーターの特徴/A2-2 ステッピングモーターの仕組み ほか

### 付録3 L6470 ステッピングモータードライバ

A3-1 概要/A3-2 制御部 ほか

### 付録4 ArduinoとL6470モジュール

A4-1 配線/A4-2 SPI通信 ほか

## <<著者紹介>>

榎 正憲(さかき まさのり)

電気通信大学卒業。株式会社アスキーにてシステム管理、出版支援ソフトなどを開発する。その後、フリーで各種原稿執筆、プログラム作成など行う。現在、有限会社榎製作所代表取締役。

## <<販売ストア>>

電子書籍:

Amazon Kindle ストア、楽天 kobo イーブックストア、Apple Books、紀伊國屋書店 Kinoppy、Google Play Store、honto 電子書籍ストア、Sony Reader Store、BookLive!、BOOK☆WALKER

印刷書籍:

Amazon.co.jp、三省堂書店オンデマンド、honto ネットストア、楽天ブックス

※ 各ストアでの販売は準備が整いしだい開始されます。

※ 全国の一般書店からもご注文いただけます。

## 【インプレス R&D】 <https://nextpublishing.jp/>

株式会社インプレスR&D(本社:東京都千代田区、代表取締役社長:井芹昌信)は、デジタルファーストの次世代型電子出版プラットフォーム「NextPublishing」を運営する企業です。また自らも、NextPublishing を使った「インターネット白書」の出版など IT 関連メディア事業を展開しています。

※NextPublishing は、インプレス R&D が開発した電子出版プラットフォーム(またはメソッド)の名称です。電子書籍と印刷書籍の同時制作、プリント・オンデマンド(POD)による品切れ解消などの伝統的出版の課題を解決しています。これにより、伝統的出版では経済的に困難な多品種少部数の出版を可能にし、優秀な個人や組織が持つ多様な知の流通を目指しています。

**【インプレスグループ】** <https://www.impressholdings.com/>

株式会社インプレスホールディングス(本社:東京都千代田区、代表取締役:唐島夏生、証券コード:東証1部9479)を持株会社とするメディアグループ。「IT」「音楽」「デザイン」「山岳・自然」「旅・鉄道」「学術・理工学」を主要テーマに専門性の高いメディア&サービスおよびソリューション事業を展開しています。さらに、コンテンツビジネスのプラットフォーム開発・運営も手がけています。

**【お問い合わせ先】**

株式会社インプレス R&D NextPublishing センター

TEL 03-6837-4820

電子メール: [np-info@impress.co.jp](mailto:np-info@impress.co.jp)