

# オムニホイールを用いた全方向移動ロボットの製作

東 正登\*

## On the Development of the Omni-Directional Vehicle with Omni Wheels

Masato HIGASHI

電子情報技術科における総合制作として、オムニホイールを用いた 3 輪型と 4 輪型の全方向移動ロボットを製作した。本稿ではテーマ設定の目的と製作物の概要、およびその成果について報告する。本課題では 3 輪型、4 輪型の制御基板の設計・製作を行い、それぞれの駆動モデルにしたがって、オムニホイールの回転速度と回転方向を PWM 制御するプログラムを実装した。また、Bluetooth を搭載したコントローラから、シリアルポートプロファイル(SPP)を有する Bluetooth モジュールを介して出力される電文情報をもとに、駆動部と周辺回路の制御を行った。ロボットの付加機能として駆動部の電池残量を測るバッテリーチェッカ機能、障害物を回避するための障害物検知機能、ロボットの動作状態を LED に表示する動作状態表示機能、ロボット視点の動画を表示する画像表示機能を実装した。本製作物は、近畿ポリテックビジョン 2015 作品展示部門において、来場者投票による優秀作品賞を受賞した。

**Keywords** : オムニホイール, 全方向移動, PWM 制御

### 1. はじめに

組み込みシステム開発では、ハードウェアに対する制御モデルを検討しソフトウェアで実現することが求められる。本製作では、全方向移動機構を有するオムニホイールを制御対象として、使用する車輪の数に応じた制御モデルをソフトウェアに実装するための手法を考察しシステムを開発することをめざした。また、ロボットの操作を Bluetooth による無線操作とし、さらに、車輪の駆動回路・制御回路の他に、付加機能としてバッテリーチェッカ機能、障害物検知機能、動作状態表示機能、画像表示機能の 4 つの機能を搭載し、電子情報技術科の 2 年間で習得するハードウェア、ソフトウェア、通信の技術を総合的に活用することを目的とした。

### 2. 製作物の概要

#### 2.1 オムニホイールについて

オムニホイールを用いた全方向移動機構は、工場や倉庫等の搬送車や製造ラインのコンベア用の送り出し部、車いす、歩行機等へ応用されている。オムニホイールを用いた車輪は、任意の方向へ車体の向きを変えことなく移動することができ、狭い空間でも素早い移動が可能となる。オムニホイールは、シャフトに接続されたホイール円周上に、自由に回転するローラと呼ばれる樽型車輪を有しており、ホ

イールの回転方向(前後)と、ローラの回転方向(左右)へ動くことができる。図 1 にオムニホイールの外観を示す。



ホイールの回転方向



ローラの回転方向

図 1 オムニホイールの外観

#### 2.2 システムの構成

図 2 に製作したロボットのシステム構成図を示す。ロボットの操作は、PS3(Play Station3)コントローラを用いて、Bluetooth 通信により行う。PS3 コントローラからの指令は、Bluetooth 通信モジュールを介して、シリアル信号に変換され、ロボット制御用マイコン(PIC16F1829)へ入力される。駆動部のオムニホイール(3 輪及び 4 輪)は制御用マイコンの PWM 出力機能により制御される。また、ロボットの付加機能として、駆動用電池の充電残量を表示するバッテリーチェッカ機能、障害物との衝突を回避させるための障害物検知機能、ロボットの動作状態を表示する動作状態表示機能、Wi-Fi カメラによりロボット視点の動画を表示する画像表示機能を搭載している。

\* 電子情報技術科

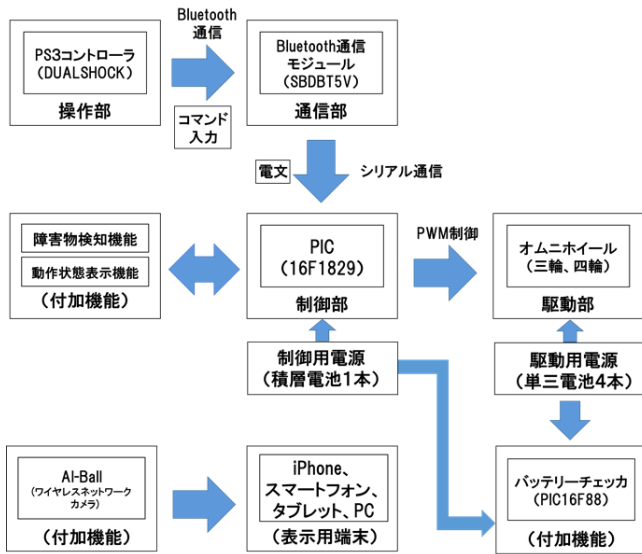


図2 システム構成図

### 2.3 ロボットの外観

図3にロボットの外観を示す。オムニホイールを実装したベース土台上には、制御回路基板、制御用電池、駆動用電池、バッテリーチェッカ回路基板、動作状態表示回路基板、距離センサ、カメラ（4輪のみ）が搭載されている。筐体には厚さ2mmの亚克力板を使用した。外形の設計は、Corel DRAWで行い、加工は亚克力板加工機(Zing)により行った。

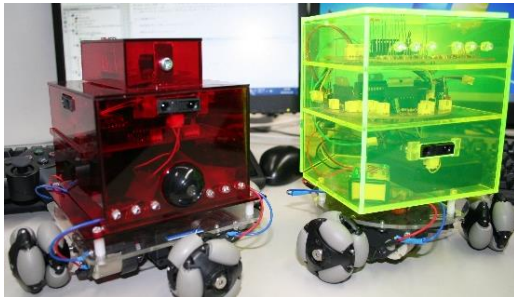
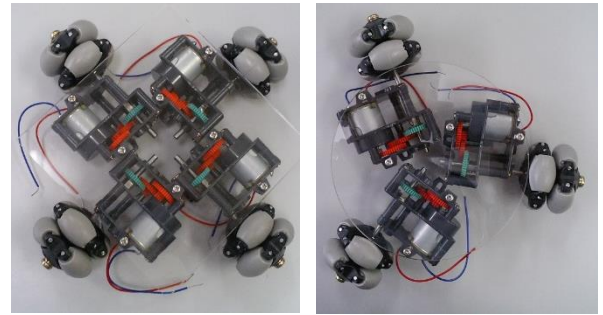


図3 ロボットの外観

## 3. 駆動部について

### 3.1 駆動部の概要

今回製作したロボットの駆動部には土佐電子社製の3輪タイプオムニキットと、4輪タイプオムニキットを使用した。オムニキットは、オムニホイールとDCモータギアボックスを実装しており、DCモータ(RE-260)から、ギアボックスを介してシャフトに接続されたオムニホイールを駆動することができる。図4にオムニキット[1]（3輪、4輪）の外観を示す。



4輪タイプ  
3輪タイプ  
図4 オムニキット外観

駆動部の制御回路は、モータドライバ(TA7291P)により構成され、PICマイコン(PIC16F1829)で制御される。DCモータを独立に制御するため3輪タイプでは3つ、4輪タイプでは4つの駆動回路を構成し制御回路基板を製作した。図5に製作した制御回路基板の外観を示す。

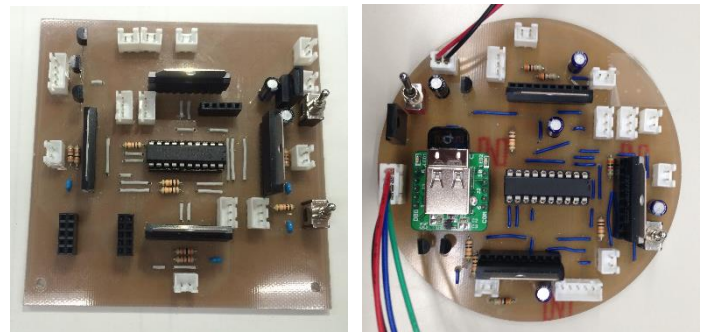


図5 制御回路基板(左:4輪 右:3輪)

### 3.2 3輪タイプオムニキットの駆動制御

3輪タイプオムニキットは、3つのオムニホイールが120°毎に取り付けられている。オムニホイールは、シャフト上のホイールの円周上に自由に回転するローラと呼ばれる樽型の車輪を有しており、ホイールの回転で前後へ、ローラの回転で左右へ動くことができる。ロボットは、オムニキットに実装された各オムニホイールの回転方向と、回転速度を制御することでロボット本体の向きを変えことなく全方向へ移動することができる。

図6に3輪型ロボットの駆動モデルを示す。図6に示すように、X方向の速度を $V_x$ 、Y方向への速度を $V_y$ 、回転角速度を $V_0$ 、中心からホイールまでの距離を $L$ とし、3つのホイールの回転速度をそれぞれ $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ とすると、ロボットの速度 $V$ は式(1)で表される。 $V_x$ 、 $V_y$ 、 $V_0$ を既知として、移動方向を定め、 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ の回転方向と回転速度を制御する。

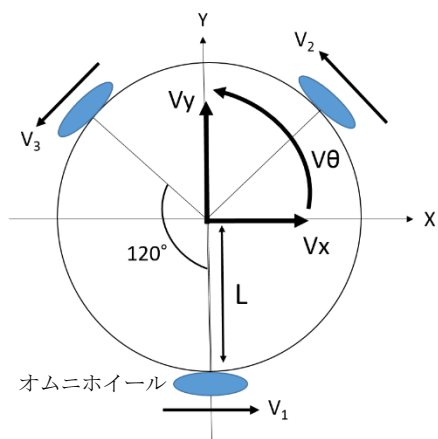


図6 3輪型ロボットの駆動モデル

$$V = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & L \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 & L \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 & L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_\theta \end{pmatrix} \quad (1)$$

### 3.3 4輪タイプオムニキットの駆動制御

4輪タイプのオムニキットは、4つのオムニホイールが90°毎に取り付けられている。図7に4輪型ロボットの駆動モデルを示す。図4に示すように、X方向の速度を $V_x$ 、Y方向への速度を $V_y$ 、回転角速度を $V_\theta$ 、中心からホイールまでの距離を $L$ とし4つのホイールの回転角速度をそれぞれ $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$ とするとロボットの速度 $V$ は式(2)で表される。

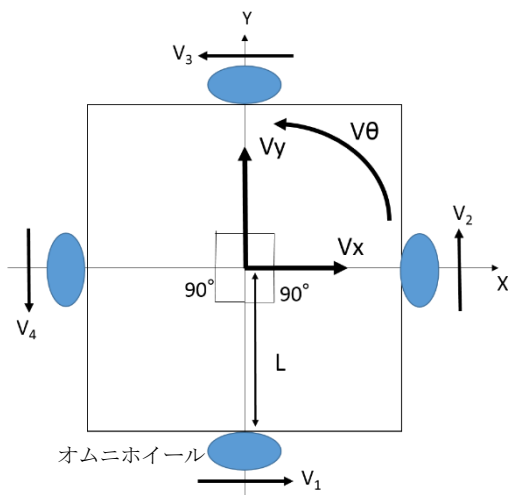


図7 4輪型ロボットの駆動モデル

$$V = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & L \\ 0 & 1 & L \\ -1 & 0 & L \\ 0 & -1 & L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_\theta \end{pmatrix} \quad (2)$$

## 4. 通信部について

本製作で使用した Bluetooth モジュール (Running-Electronics 社製 SBDBT5V)の全体構成と外観を図8に示す。Bluetoothによる無線通信を行うためには、Bluetooth モジュールのハードウェアと Bluetooth モジュールを制御するプロトコルスタックとプロファイルが必要である。SBDBT5Vは市販の Bluetooth ドングルを接続しモジュールに搭載されているマイコン(Microchip 社製 PIC24FJ64GB004)に SPP(Serial Port Profile)を含めたプロトコルスタックのプログラムを書き込むことで、シリアル通信のデータを無線化して送受信できる。SPPは Bluetooth 機器を仮想シリアルポートとして利用するためのプロファイルである。プログラムは Running Electronics 社から公開されている SBDBT5V 用の「PS3 コントローラ/USB ゲームパッド UART 変換ファームウェア」[2]を使用した。

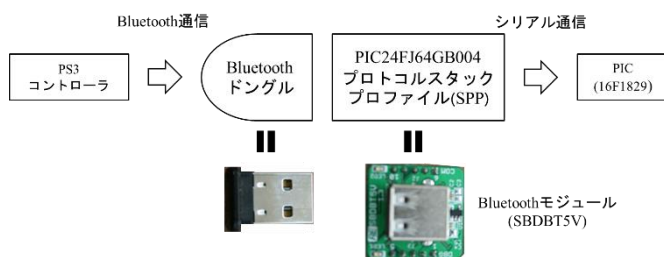


図8 Bluetooth モジュールの構成と外観

## 5. 付加機能部について

### 5.1 バッテリーチェッカ機能

この機能は、ロボットの駆動用電池の電圧を電池残量として測定し、LED に表示する。電池残量は、駆動用電池の電圧をバッテリーチェッカ用マイコン (PIC16F88)の A/D ポートへ入力し、A/D 変換により6段階のパターンとしてLED に表示される。電池残量が少ないほど点灯するLED が減り、電池残量の低下を表す。製作したバッテリーチェッカ回路基板を図9に示す。



図9 バッテリーチェッカ回路基板

## 5.2 障害物検知機能

この機能は、ロボットの制御部に距離センサ(GP2Y0A02YK)を接続し、ロボット周辺の障害物が一定距離に達すると、ロボットを制御する。距離センサは反射物までの距離に応じたアナログ電圧を出力する。距離センサから出力されたアナログ電圧を制御用マイコン(PIC16F1829)の A/D ポートへ入力している。3 輪ロボットには 3 方向、4 輪ロボットには 4 方向に距離センサを接続しており、それぞれ 3CH, 4CH の A/D 変換を行っている。各方向の障害物を検知し、ロボットを制御する。

## 5.3 動作状態表示機能

この機能は、ロボット正面に配置されたフルカラーLED6 個を用いて、ロボットの動作状態を表示する。フルカラーLED は、RGB の点灯パターンにより、色を表現することができる。停止状態及びコントローラからの操作による動作のときは白色を表示し、距離センサからの障害物探知機能による動作のときは各方向の距離センサに割り当てられた色を表示する。また、L1 と R1 を押すとそれぞれ赤緑色と青緑色を表示し、通信状態を確認できる。図 10 に製作した動作状態表示回路基板を示す。



図 10 動作状態表示回路基板

## 5.4 画像表示機能

この機能は、ロボットに Wi-Fi ワイヤレスネットワークカメラ(AI-Ball)を搭載し、ロボット視点の映像を表示する。AI-Ballの画像はWi-Fiにより、iPhone、スマートフォン、タブレット、PC 等から AI-Ball に割り当てられた IP アドレスに接続し、取得することができる。

## 6. 動作検証

PS3 コントローラからの各コマンドによる電文情報を入力として全方向移動の動作検証を行った。図 6, 図 7 の駆動モデルに示す各オムニホイールの回転方向と回転速度を式(1)または式(2)から導出し、プログラムを実装した。図 8 にロボットの移動方向と各オムニホイールの回転方向および回転速度を示す。モデル図中心の矢印は移動方向を表し、回転速度

の%表示は PWM 制御のデューティ比を表している。

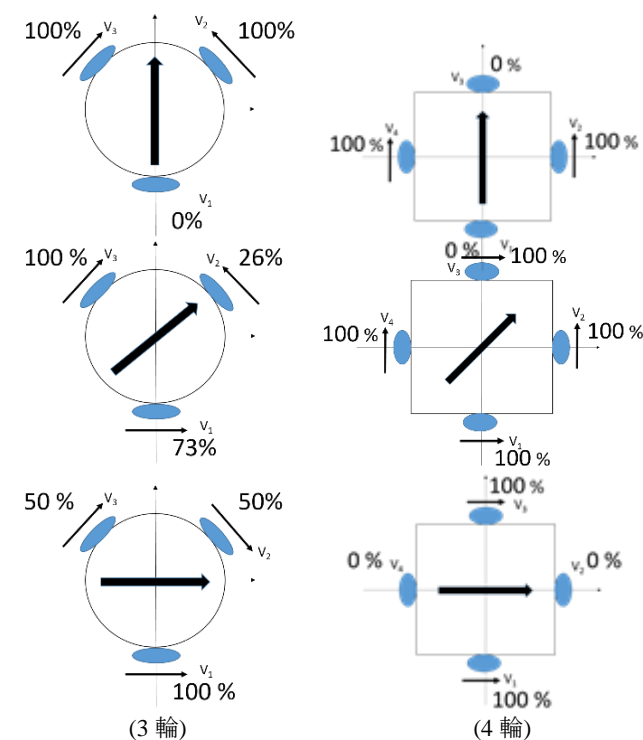


図 11 移動方向と回転方向および回転速度

## 7. まとめ

3 輪または 4 輪の駆動モデルをプログラムに実装し、前後左右斜めの全方向へ移動させることができた。Bluetooth を搭載した市販の PS3 コントローラから送信される各コマンドの電文信号をもとにロボットを制御し、アログスティックの傾き深さ情報をもとに PWM 制御による速度の強弱を可能とした。ロボットに 4 つの付加機能を搭載することができた。総合制作としてハードウェア、ソフトウェア、通信の技術を実践的に活用し学生の理解を深めることができた。また、動作形態の異なる 2 種類のロボットを製作することで取り組むべきテーマを広げることができた。本テーマを熱心に取り組んでくれた学生に感謝します。本製作物は、近畿ポリテクビジョン 2015 作品展示部門において来場者投票による優秀作品賞を受賞した。

## 文献

- [1] [http://www.tosadenshi.co.jp/cargo/goodlist.cgi?in\\_kate=10-5](http://www.tosadenshi.co.jp/cargo/goodlist.cgi?in_kate=10-5) 土佐電子 22cm オムニキットより
- [2] Running Electronics 社:PS3 コントローラ/USB ゲームパッド UART 変換ファームウェアユーザーズマニュアル