

# Robocup中型リーグ用Hibikino-Musashi全方位移動ロボットの開発

Development of omni-directional mobile robot for Hibikino-Musashi middle size league team

○ 学 武村 泰範 (九工大) 学 福島 一 (九工大)  
アミール・A F・ナシュライ (RRI) 正 ゴドレール イヴァン(北九大)  
正 石井 和男 (九工大)

Yasunori TAKEMURA, Hajime FUKUSHIMA, Kyushu Institute of Technology  
Amir A.F. Nassiraei, FAIS RRI  
Ivan Godler, University of Kitakyushu  
Kazuo ISHII, Kyushu Institute of Technology

**Abstract:** This paper describes some points in designing a omni-directional mobile robot having omni-directional vision system for the Robocup Middle size league. The features of the robot are omni-direction wheel, low center of gravity and extensible design. We developed five mobile robots and participated in Robocup 2005 Middle size league in Osaka. And, we developed some basic behavior by using visual programming environment.

**Key Words:** Omni-direction, Robocup, middle size league, visual programming, "iCONNECT",

## 1. はじめに

ロボカップはロボットと人工知能を融合し、複数のロボットを用いてマルチエージェントや群知能、自律性などの研究及び発展を目的としたロボット競技会である[1]。その中でも、ロボカップサッカー中型リーグは一辺が50cmの正方形に入る大きさのロボットによって行われる。本稿では、ロボカップサッカー中型リーグへ出場することを目的として、全方位視覚及び全方位移動能力を有するロボットの設計及び開発を行った。また、ロボカップに通年参加する場合、プログラムの開発は重要な課題である。しかし、大学機関では開発者が変わるなどのプログラムの開発には大きな問題点が生じる。そこで、プログラムを容易に理解することができ、開発や引継ぎの簡略化を進めるためにVisual Programming環境を用いてソフトウェアの開発を行ったので報告する。

## 2. 中型機ロボットの開発

### 2.1 設計方針

開発するロボットにおいては以下のような設計方針をたてて設計を行った。

- (i) 全方位に移動できる駆動部の設計
- (ii) 全方位視覚
- (iii) 低い重心による安定性の確保
- (iv) 単純な機構
- (v) 強力なキック機構の搭載

より高速な認識と移動を確保するためには、全方位視覚と全方位移動機構が有効であることはこれまでの実績から明らかである[2]。高速な移動や敵機との接触時の転倒を防ぐため

には低い重心の確保が必要となり、整備性や拡張性・簡単に輸送を実現することを考慮して、単純な機構を用いたシステム構成を設計することを課題においた。ロボットの完成図をFig. 1, 構成図をFig. 2にそれぞれ示す。また、決定したロボットの使用をTable 1に示す。車輪は、全方位移動と安定性を考慮して、オムニホイールを120° 間隔で3輪使用した。全方位移動の制御に関する研究として、渡辺らによるものがある[3]。本研究においても同様に移動する方向は各車輪の移動ベクトルの合成によって算出する。

ロボットの基底部は、三角形を採用し、各頂点部分に車輪を配置している。ロボットに必要な装置として、電気回路部、ノートPC, モータ, キック機構などが上げられるが、これらは低重心化のために可能な限り基底部に配置を行った。



Fig. 1 Soccer robot of Hibikino-Musashi Team for the Robocup Middle size league

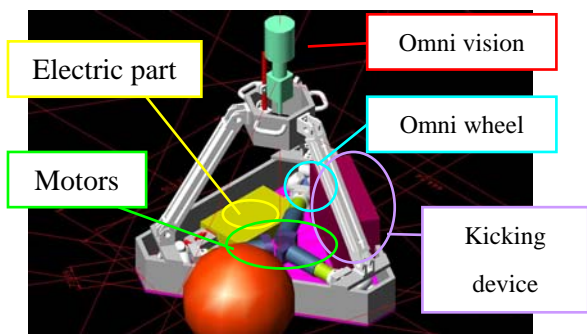


Fig.2 CAD of the robot

Table 1 Specification of robot

Dimensions	Triangle : 500 [mm] Height : 500 [mm]
Weight	16.0 [kg]
Actuator	DC-motor × 3 (Maxon, 24.0[V], 70[W]) Motor driver × 3 (Faulhaber, MCDC2805)
Battery	Li-Polymer battery × 7 ( 3.7 [v] 2000 [mAh] )
Duration	0.5 [h]
Sensors	Omni-direction camera DC-motor encoder × 3

## 2.2 通信システム構成

ロボットの通信システム構成をFig. 2に示す。センサに関しては、全方位視覚センサとモータエンコーダを有している。アクチュエータとしては、DCモータを3台搭載し、オムニホイールを用いて移動し、エンコーダによってそれらの回転数をモータドライバを介してPCへと送信している。単純なシステムを実現するために通信プロトコルは、IEEE1394（全方位視覚センサ）とRS232（アクチュエータ）の2系統とした。モータドライバとPCとの接続はUSBシリアルコンバータを介しておこない、PCは1つのUSBポートから最大4つのRS232ポートと通信可能である。

データの流れに関しては、PCはIEEE1394接続によって全方位センサから画像データを取得し、PCにおいて画像処理を行いモータへの指令値を決定する。モータへの指令値は、RS232通信プロトコルを用いてモータドライバへと送信される。モータドライバは、送られてきた指令値をもとに速度制御を行い指令電圧をモータに送信する。キック装置も同様に視覚センサからの上方向をもとにキック指令がRS232通信プロトコルを用いてマイクロコンピュータに送信される。

このように各センサとPCとはUSB及びIEEE1394ポートのみで接続を行っているため、公正が簡略化され、接続装置を使うためのプログラミングコストを低減しており、ソフトウェア開発を容易にできる構成となっている。

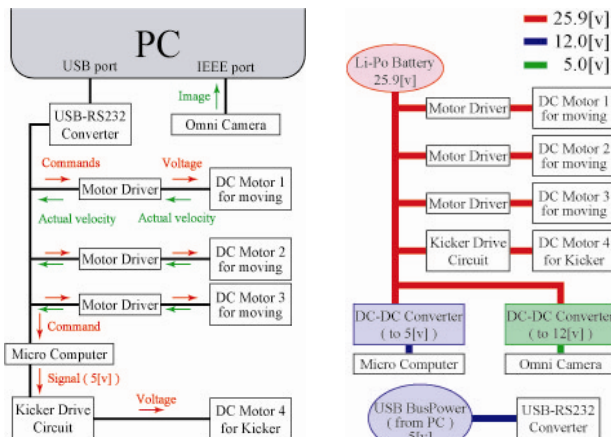


Fig. 3 Communication system(left)

Fig. 4 Power supply system(right)

## 2.3 電源システム構成

電源システムの構成図をFig. 4に示す。バッテリーは、モータ、モータドライバ、カメラの消費電力より、試合の20分間を想定して決定した。シュ電源として25.9[V], 2000[mAh]のリチウムポリマーバッテリーを使用し、各機器へと電力を供給している。USBシリアルコンバータは、PCバッテリーからのUSBポートのバスパワー5[V]によって電源供給される。更に、DC-DCコンバータによって25.9[V]を12.0[V]及び5.0[V]へと降圧し、それぞれカメラ及びマイクロコンピュータへと供給している。

## 3. Visual Programming環境を用いた基本行動の作成

### 3.1 Visual Programming

Robocupでは、多種多様な動作を行うことが課題となる。このとき、プログラムは莫大な量となり、他人によって開発されたプログラムを理解することは非常に困難である。よって、今回提案するVisual Programmingとは、microepsilon社によって開発されたソフトウェア“iCONNECT”(Fig. 5)のことである。“iCONNECT”は、様々なモジュールが用意されており、それらのモジュールを組みあわせることによって簡単にプログラムを開発できるソフトウェアである [4][5]。本稿では、この環境を用いて基本動作の生成をおこなったので報告する。

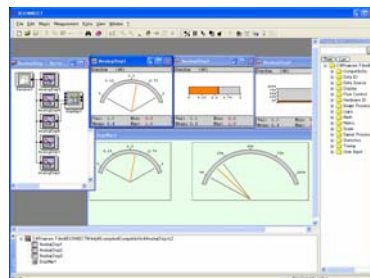


Fig. 4 Visual Programming “iCONNECT”

### 3.2 “iCONNECT”を用いた画像処理プログラム

初めに、視覚情報を認識するための画像処理プログラムを作成した。このプログラムは、モジュールを組み合わせることによって容易に作成することができる。まず、WinTV（カメラ情報を取得する）モジュールを用いて、動画をWebCAMで取得する。これに対して、ConvImageモジュールをしようすることで、RGB画像として、各々の色のグレースケール画像として取り込むことが可能となる。対象となる画像(Fig. 5)に対して、各色へのイメージ変換画像をFig. 6に示す。また、デバックを行う際や画像情報がどのような頻度で出現しているを容易に表している。また、画像のフィルタ処理に関しては、InputMgr（入力を制御する）モジュール(Fig. 7)を用いて、行列を入力することで様々な近傍フィルタの処理を行うことを可能とした。フィルタ処理を行い赤色部分を注した画像をFig. 8に示す。

このように、簡単に色認識を行い対象物を取り出すことが可能となる。



Fig. 5 Sample image

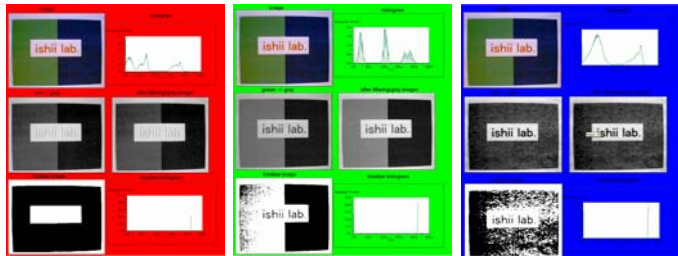


Fig. 6 color filtering image

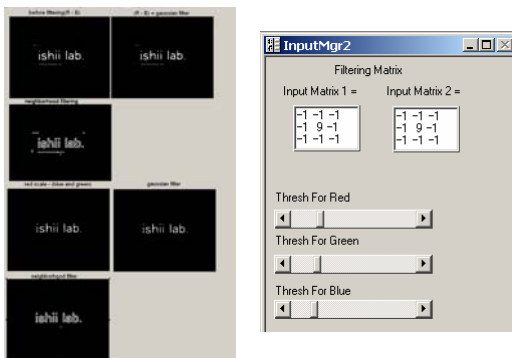


Fig. 7 filtering images (left)

Fig. 8 InputMgr module (right)

### 3.3 “iCONNECT”を用いた行動生成プログラム

ロボットの行動指令に関しては、前節に述べたようにRS232通信プロトコルを用いて指令を制御している。渡辺らによって示された全方位移動機構の行動制御[3]をInterpretモジュールに用いることによって行動生成を行った。このモジュールは、アルゴリズムを保存することによって他の全方位移動ロボットに応用ができるため、非常に有効である。また、RS232の通信プロトコルについてのボウレートやパリティ数などの設定に関してはRS232モジュールを用いて設定を保存できる。以上より、基本的な行動は、このモジュールを使用しワイヤリングすることで単純にプログラム開発を行うことができる。また、指令の送るタイミングに関しては、パルスジェネレータモジュールを組み込むことによって簡単に制御を行うことができる。以下のソースコード(Fig. 9)で示すようにPllsGenモジュールを用いることですべての指令に関して同期させて行動を生成することが容易にできる。また、速度指令に関しても、ダイアログモジュール(Fig. 10)を使用することで簡単に速度の変換を行うことができる。

### 3.4 “iCONNECT”を用いたオブジェクト追従プログラム

これまでに、ロボットの画像認識とロボットの行動生成を行ってきた。今回は、Robocupサッカーの重要な課題として、ボールを追従するための基本的なプログラムを生成する。プログラムに関しては、先ほどの画像認識と行動生成プログラムを組み合わせることで、赤色の画像を抽出したものを読み取り、Blob(Binary Large Object)モジュール(fig. 11)を使用することでボールの中心座標系と面積を取り出している。このモジュールから返される中心座標系と面積よりロボットの行動

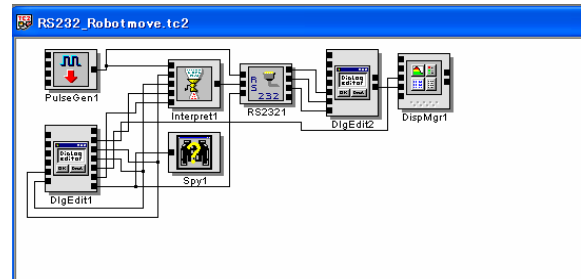


Fig. 9 Source code of “iCONNECT”



Fig. 10 DialogEditor module

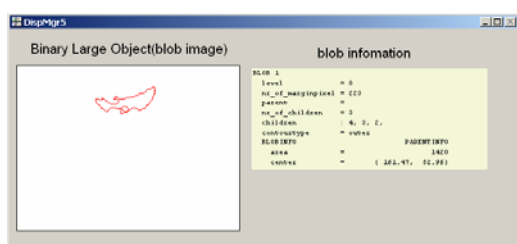


Fig. 11 Blob module



Fig. 12 Experiment of behavior

を組み込んだ。これによりロボットは中心の座標へと近づきある閾値に面積が達すると停止するようにしている。これらの行動は、Interpretモジュールを使用することで生成し行動を実現した。

#### 4. まとめ

本稿では新しく開発したロボカップ用全方位移動ロボットの機構、通信システム、電源システムについてそれぞれ述べた。実験において、物体の認識、ボール取得などの行動も問題なく動作した。2005年8月に開催された大阪世界大会においては転倒、損傷もなく、良好な構成であると言える。一方でロボットの構造的課題点として、移動速度や、回路の防塵対策、接近検知センサの必要性などが明らかとなった。これらの対策を行うためにも、規定部分の回路部のマザーボード化などの改良点が挙げられる。

また、今回は8月に開催された大阪世界大会を踏まえ様々なソフトウェア上の問題点が生じた。現在、ソフトウェアの開発環境にはVisual C++を使用し、開発が行われているが大学機関などでは、毎年開発者がかわり、特定の人物しかデバック作業を進めることができない状況である。しかし、本稿で提案したVisual Programming環境を使用することによってプログラムが非常にシンプルなものとなり、容易に理解ができるようになると考えられる。

また、“iCONNECT”では、様々なディスプレイ機能がモジュールとして用意されており、デバック作業の簡略化につながると考えられる。もうひとつの利点として、“iCONNECT”では、ワイヤリングによって各々の引数や定数を受け渡すことができ、引数の型を統一していなければワイヤリング

できないこともデバック作業の簡略化やバグの削減につながると考えられる。今回の実験によって、サッカーロボットの基本行動を生成することも容易であり、他の全方位ロボットにおいても容易に実装することが可能であると証明された。今後の課題としては、様々な基本行動をひとつのモジュールとして開発し、それらを組み合わせることによって様々な行動アルゴリズムの実現やロボット相互間の通信・エンコーダなどのセンサ情報を利用した制御プログラムの向上を組み公庫とが目標である。

#### 追記

なお、この研究の一部は、21世紀COEプログラム「生物とロボットが織りなす脳情報工学の世界」(拠点番号J19)の推進事業として実施した。

#### 参考文献

- [1] 松原仁 ほか：“ロボカップの歴史と2002年への展望”, 日本ロボット学会誌, vol.20, no.1, pp.2-4, 2002
- [2] 中村恭之: “実機ロボットリーグの現状と今後の課題”, 日本ロボット学会誌, vol.20, no.1, pp.11-14, 2002.
- [3] 湯 軍 ほか：“直交車輪機構を用いた全方位移動ロボット車の自律制御”, 日本ロボット学会誌, Vol.17, no.1, pp.51~60, 1999
- [4] Mandl, R., Sick, B.: Messen, Steuern, Regeln mit ICONNECT. (2003), ISBN:3528058129
- [5] Thomas Wisspeintner et al: “VolksBot – A flexible component mobile robot system”, Robocup symposium, CD-ROM, Poster Session, 0143