

平成23年度工学会 自主研究助成報告書 ロボット相撲大会に出場可能なロボットの研究開発ー車両ロボットのロバスト性の検討ー

著者	山田 寛久, 池田 明, 池田 幸貴, 横田 崇博
雑誌名	理工学と技術 : 関西大学理工学会誌 = Engineering & technology
巻	19
ページ	85-90
発行年	2012-11-16
その他のタイトル	Research and Development of Robot for ROBOT-SUMO TOURNAMENTS : Study of the robustness of the robot-vehicles
URL	http://hdl.handle.net/10112/7514

ロボット相撲大会に出場可能なロボットの研究開発 ～車両ロボットのロバスト性の検討～

山田 寛久* 池田 明** 池田 幸貴** 横田 崇博**

Research and Development of Robot for ROBOT-SUMO TOURNAMENTS ～ Study of the robustness of the robot-vehicles ～

Hirohisa YAMADA, Akira IKEDA, Kouki IKEDA, Takahiro YOKOTA

1. はじめに

近年、ロボット工学は機械工学分野だけでなく、電気工学分野、情報工学分野においても、数多くの研究が行われている。ロボットの研究の一種に、お掃除ロボットのような車両ロボットに関する研究がある。車両ロボットの基本的な機能として、各種センサから外部の環境の情報を得て、アクチュエータを駆動し、自律した行動をする事が求められる。この基本的なプラットフォームにおいて、過酷な環境下で的確に動作するものを製作することは大変難しい。また、複雑怪奇な実環境下の適切に対応し、的確に動作できるロボット、機器の設計には、ロバスト性が求められる。このロバスト性は制御工学分野やロボット工学分野において特に重要である。

そこで、ロバストな車両ロボットの実現の観点から、ロボット相撲大会に出場可能なロボットの設計を考える。ロボット相撲大会とは、黒地の地面に白線の俵でできた土俵上で、高出力の車両ロボット同士が激しくぶつかり合う競技大会である。この競技に出場可能なロボットを設計する事はロバストなロボットを設計する事と等価になる。

本研究では、ロボット相撲大会に出場可能な相撲ロボットを設計し製作する。また、ロバストなロボット設計を行う上で、どのような事項が重要であるかを考察する。

2. ロボットのセンサ

相撲ロボットには、外部の情報を入手するための各種センサとそのセンサを駆動させる回路が必要である。

ロバストなロボットを考えた際、各種センサが誤検出を少なくする方が良いと考え、製作した。

2-1 光センサ

ロボット相撲において、相撲ロボットが足元の土俵から出ないために、白と黒を判別するセンサとして光センサを使用した。

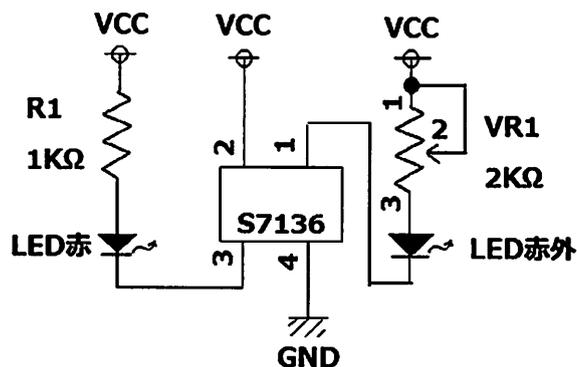


図 2-1 光センサの回路

一般に、白と黒を判別するセンサとしては反射型フォトインタラプタ (RPP-220) が使用されるが、作成した回路は光変調型フォト IC (S7136) を使用した。光変調型フォト IC (S7136) と反射型フォトインタラプタ (RPP-220) を比較すると、RPP-220の方が安価で、はんだ付けをする際に位置を気にしなくてもよいという利点がある。しかし、S7136の方が太陽光や照

原稿受付 平成24年 9月13日

*システム理工学部 機械工学科 学生

**システム理工学部 電気電子情報工学科 学生

明の光といった、外乱光の下でも誤検出が少ない、つまりロバストであるという利点がある。

ロボット相撲という競技上、センサの誤検出により土俵から誤って出ないで居続ける必要がある。つまり、外乱光の下でもロボットが誤作動を起こさない、ロバストであるために光センサの誤検出を少なくしたい。よって S7136 を使用した。

2-2 超音波センサ^{1, 2, 3, 4)}

ロボット相撲において、相手のロボットを検知するロボットの“目”の役割を果たすセンサとして使用した。物体検知のセンサとして超音波センサと PSD の二通りあるが、PSD は相手ロボットの色によっては正しく検知できない。そこで、相手の色に関係なく検知ができる超音波センサを使用した。

作成した超音波センサの送信回路を図2-2に示す。作成した送信回路は、タイマ IC (NE555) を使用した他励式の回路である。

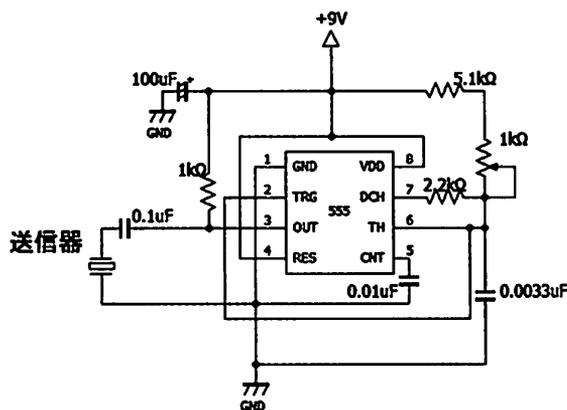


図 2-2 超音波センサの送信回路

次に、作成した受信回路を図2-3に示す。

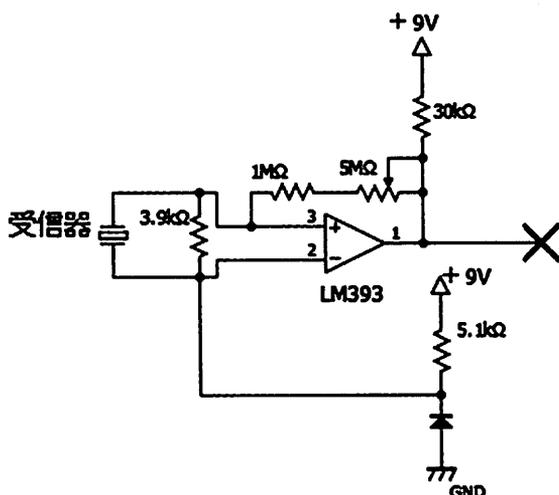


図 2-3 超音波センサの受信回路

超音波センサの受信器が受信して発生する電圧は、ミリボルト単位の微小電圧である。ミリボルト単位の電圧では、他の IC を動かすことができないので、増幅回路でボルト単位に増幅する必要がある増幅回路には、コンパレータ LM393 を使用した。

一般に、増幅回路に用いられるのは OP アンプだが、OP アンプは受信した信号をそのまま増幅するので、ノイズの載った方形波が出力されるという欠点がある。しかし、コンパレータを使うとノイズが載っていない方形波が出力できるので、コンパレータを使用した。LM393 からの出力信号は、タコメータ用 IC である LM2907 の 1 番ピンに入力される。

LM2907 を使用した信号処理回路を図2-4に示す。LM2907 の内部構成は図2-5に示す。

LM2907 を使った信号処理回路は、1 番ピンに LM393 からの出力信号があると、LED が点灯する回路である。

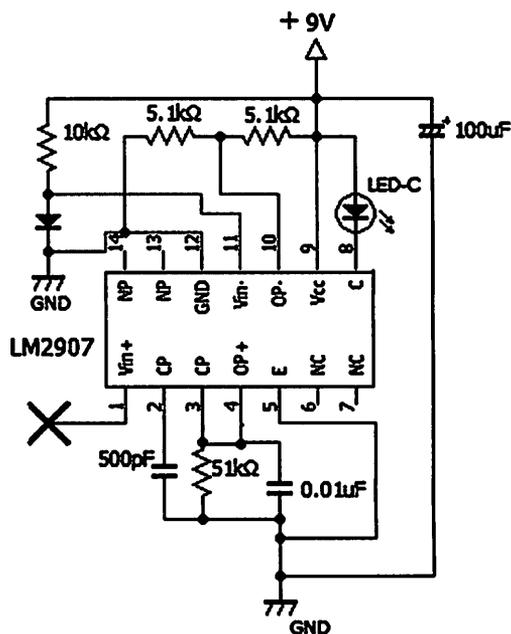


図 2-4 信号処理回路

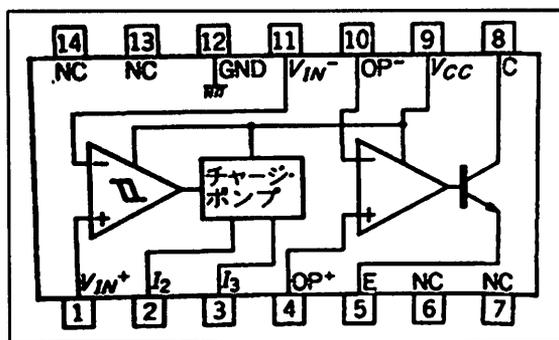


図 2-5 LM2907 の内部構成

2-3 赤外線センサ⁵⁾

ロボット相撲において、大会規定により定められている、遠隔でのロボットの起動、停止を行うため赤外線通信に使用した。

赤外線送信部には、市販されているリモコンを使用した。赤外線受信部はPICマイコンを使って自作した。作成した受信回路を図2-6に、図2-7に実際の機器を示す。

この赤外線受信回路は、まず、赤外線信号において自然な赤外線と人工的な赤外線信号を見分ける必要がある。そこで、PICマイコンのプログラムで自然な赤外線によってロボットが誤作動を起こさない、ロバストであるために人工的な赤外線信号を区別するプログラムを作成した。

そのデータ部は、赤外線リモコンのボタンによって信号が変化する。その信号の変化に応じて赤外線受信部からデータを出力する。今回は、赤外線を短時間受信したときに on、長時間受信したときに off のとなるように設定した。

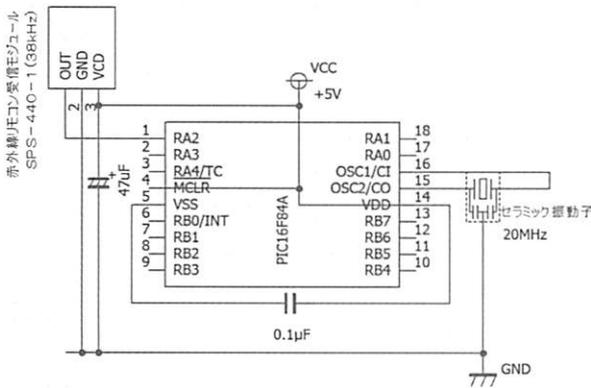


図 2-6 赤外線受信回路

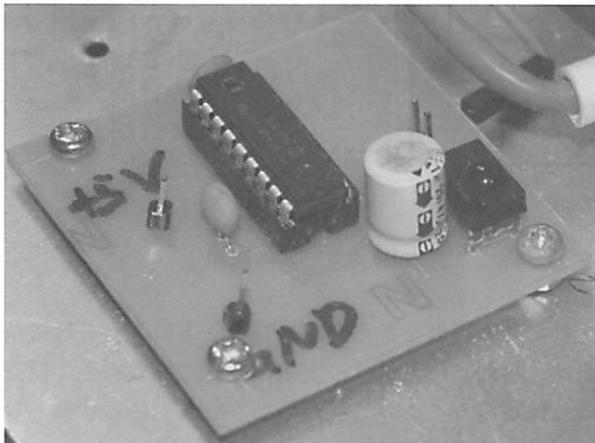


図 2-7 赤外線受信回路の外観

3. ロボットの機械的構造

相撲ロボットは、図3-1に示すような土俵の上で試合する。以下ロボットはこの土俵の上で動作する事を念頭に置き、以下の大会規定に従って制作する。

- 本体の規格 幅20cm、奥行き20cm、高さ自由
- 本体の重量 付属部品含めて3.00kg 以内

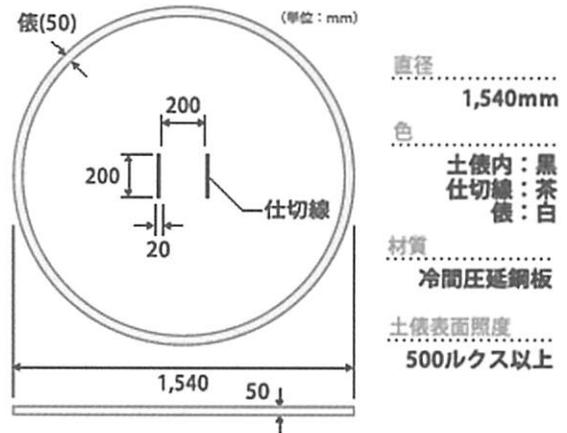


図 3-1 ロボット相撲の土俵

3-1 車体設計

ロボット相撲大会の規定から、駆動輪は後輪 2 輪、従輪は前輪にキャスト 1 個、前輪後輪間に磁石を配置するという足回りに決定した。

ロボットの足回りの外観は、図3-2に示すように 2 つのギヤードモータとボールキャストによって構成した。

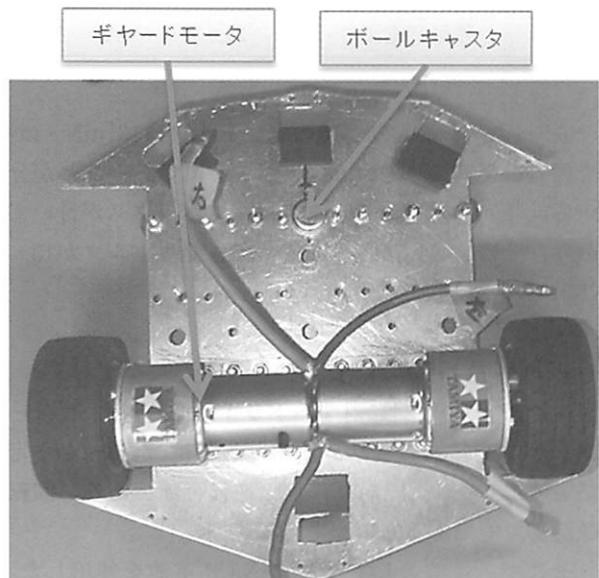


図 3-2 足回りの外観

3-2 モータ⁶⁾

ロボットに働く摩擦力を実際に動作させる状況と同様の場合、バネ計りを介して引っ張る事で求めた。ロボットが摩擦力に打ち勝って動き出した時のバネ計りの指示値を読んだところ、その値は3.4[kgf]=33.32[N]となった。

車輪の直径がD=50 [mm] であるので、必要となるトルクは0.833 [N・m]=833 [mN・m]となり、モータを2つ用いるのでは1つ当たり417 [mN・m]の出力トルクがあればよい事になる。

使用するモータはマブチモータ RS-380PH であり、その特性を図3-3に示す。各グラフから使用する値を抜き出した表を表3-1に示す。

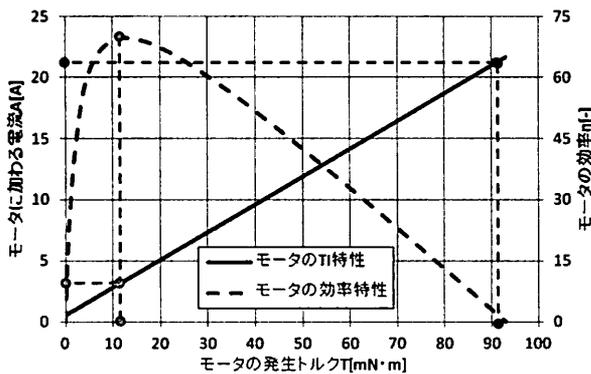


図 3-3(a) RS-380PH の TI 特性

表 3-1 RS-380PH の性能

最大効率時トルク	13	mN・m
最大効率時電流	3.48	A
停動時トルク	93	mN・m
停動時電流	21.6	A

表3-1より、最大効率時の発生トルクは13[mN・m]で停動時発生トルクは93 [mN・m] であることが分かる。今回使用するモータにはギアボックスが付いており、そのギア比は75であるので、発生トルクが13×75=975 [mN・m] となる。

3-3 モータドライバ⁷⁾

次に、このモータに対するドライバを作成した。モータドライバに求められる仕様としては、表3-1から定格電流21.6A 以上であり、正転逆転可能であり、回転数制御可能であるものを考える。

そこで、電源として7.2V の NiCd 電池を使用した。製作したモータドライバ回路を図3-4に示す。

本モータドライバ回路では、リレー 2つを使用している。2つのリレーにより電流の向きを変えることで

正転逆転を切り替え可能としている。また、切り替え部後段の FET にフォトカプラを通じて PWM 信号を加えることでモータの回転数制御を可能にしている。

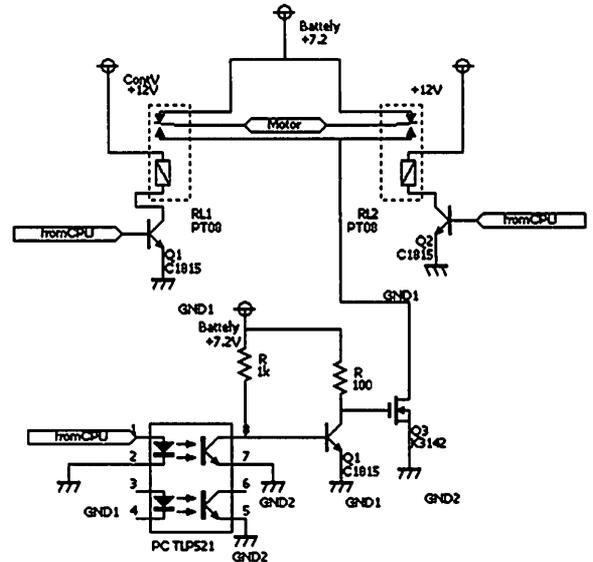


図 3-4 モータドライバ回路

3-4 制御装置^{8, 9, 10)}

制御装置には、MicroChip 社製ワンチップマイコン PIC16F877A を使用し、図3-5に作成した制御回路を示す。マイコンのポート B を各種センサ入力にしている。各種センサは誤検出が少なく、ロボットをロバストな制御であるファジィ制御にて制御する。

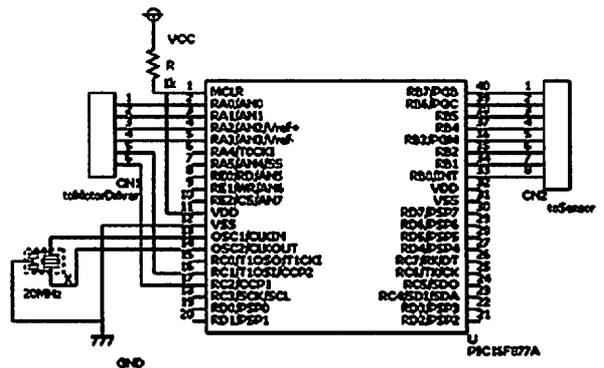


図 3-5 制御回路

ロボット制御を考えた際、ロボットに入力される情報は、起動/停止信号、土俵、そして対戦相手の位置の三種類ある。この三種類のなかで、土俵の状態と対戦相手の位置がロボットの自律行動に関係している。ロボットの自律行動を考えた際、土俵から出ない、相手情報を検知して押し出すという二つの目的がある。従来の制御方法だと、多目的な制御の実現は困難である。

そこで、多目的な制御に対応して、ロバスト性の高いファジィ制御をロボットの制御に使用した。

例えば、ロボット同士の位置関係が図3-6のように、対戦相手がロボットの右側にある。このとき、ロボットの右側の超音波センサが反応するのならば、ロボットを右に旋回させる。

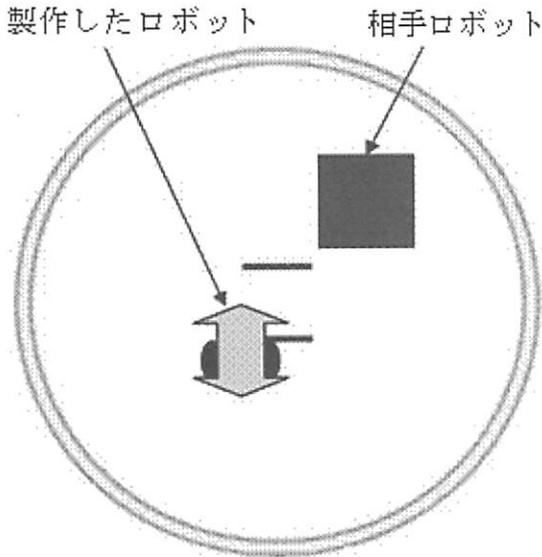


図 3-6 ロボット同士の位置関係

また、図3-7に示すようにロボットが土俵の端にある。このとき、ロボットの光センサが反応するのならば、ロボットを左に旋回させる。

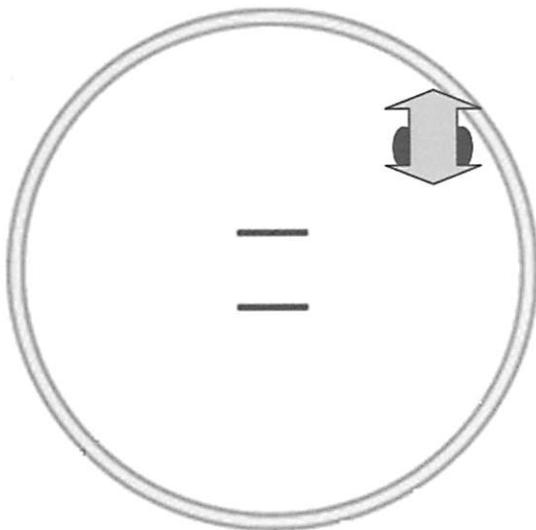


図 3-7 ロボットと土俵の位置関係

このようにして作成したファジィルールを図3-8を示す。ここで、前件部のUSは超音波センサのことを、LSは光センサのことを表わしている。また、後件部のRotationはモータの回転を表わしている。



図 3-8 ファジィルール

図3-9に制御のブロック図を示す。図3-8のルールに代数積加算重心法による非ファジィ化処理を用いて、ロボットの制御を行う。

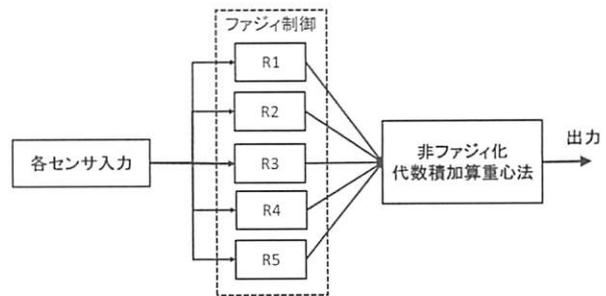


図 3-9 ファジィ制御

4. ま と め¹⁾

今回、制作したロボットは、土俵情報を読み取る光センサ、対戦相手を発見するための超音波センサ、競技開始時と終了時にロボットを起動停止させるための赤外線センサ、アクチュエータとして二つのモータを搭載している。そして、相撲ロボットを状況によって適切に動作させるための制御装置としてマイコンを搭載している。

今回、ロボットの製作にあたってロバスト性というものを重視した。制作したロボットは、各種センサの誤検出が少なくしロバスト性を高めている。ロボットの制御にロバスト性の高いファジィ制御を用いることにより、よりロバストなロボットが実現できた。

以上のことから、ロバストなロボットを実現するには、精度の良いセンサを使用して、ロバスト性の高い制御方法を使用する方が良いと分かった。

このロボットを使用して、2012年度の全日本ロボット相撲大会近畿大会に挑戦する。

謝 辞

この研究は、関西大学理工学会自主研究助成金において「ロボット相撲大会に出場可能なロボットの研究開発～車両ロボットのロバスト性の検討～」として支援を受けたものの成果として公表するものである。

参考資料

- 1) NE555 データシート
- 2) LM393 データシート
- 3) LM2907 データシート
- 4) 松井邦彦：「センサ応用回路の設計、製作」, CQ 出版社
- 5) 竹内浩一：「赤外線制御で学ぶ PIC と C 言語 - 組み込みシステムをステップアップ方式で理解する - (エレクトロニクス講座シリーズ)」, CQ 出版社
- 6) http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/catalog/j_catalog.cgi?CAT_ID=rs_380ph
マブチモータ HP RS-380PH のページ
- 7) NPN 型 MOSFET K3142 データシート
- 8) PIC16F877A データシート
- 9) 後閑哲也：「電子工作のための PIC16F 活用ブック」, 技術評論社
- 10) 日本ファジィ学会：「ファジィ学会」, 日刊工業新聞社
- 11) 米田完, 坪内孝司, 大隈久 共著：「はじめてのロボット創造設計」, 講談社サイエンティフィク