

自律四足歩行ロボットの開発

Development of Autonomous Quadruped Walking Robot

○村井一誠*, 大沼俊一*, 及川一美*, 大久保重範*, 高橋達也*

○Issei Murai*, Syunnichi Ohnuma*, Kazumi Oikawa*,
Shigenori Okubo*, Tatuya Takahashi*

*山形大学工学部

*Faculty of Engineering, Yamagata University,

キーワード: サブサンプション・アーキテクチャー(Subsumption Architecture), クロール歩容 (Crawl gait), 循環歩容 (Circular gait), 自律四足歩行ロボット(Autonomous Quadruped Walking Robot)

連絡先: 〒992-8510 山形県米沢市城南4-3-16 山形大学工学部 機械システム工学科 大久保研究室村井一誠,
Tel.: (0238)26-3245, Fax.: (0238)26-3245, E-mail: imcom001@hotmail.com

1. はじめに

近年多くのロボットが研究, 開発され, 私たちの生活環境の中にも活躍の場を広げている。

しかしながら現在販売, 使用されているロボットの多くは高価で, 作業空間を制限されている。将来, ロボットが安価でかつ機能的であることは, ロボットが普及していくうえで重要な要因と考えられる。

本研究では, 人間の居住空間で支障なく作業が行える大きさで, かつ機能的に私たちの生活をサポートできる行動規範型を適用した自律四足歩行ロボットの開発を目的とする。

今回は, センサの配置, それに伴う機体の改良, またロボットの歩行プログラムの開発を行い, 行動規範型を適用するために処理方式にサブサンプションアーキテクチャー(以下SA)を用い, これを構成する障害物回避モジュールを製作する。これらを用いて実機での動作確認を行う。

2. ロボットの概要

現在, 開発中のロボットの概観をFig.1に示す。

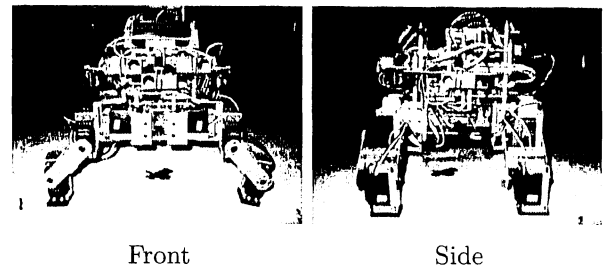


Fig. 1 Overview of the Robot

2.1 ロボットの構成

ロボットの構成はFig.2のような構成となっている。サイズは220×320×120[mm]で, 重量は約1.7[kg]となっている。

HSWB-01・L-card+間はRS-232Cによりシリアル通信しており, センサーシステム・L-card+間はLANにより通信を行う。Fig.2中でHSWB-01に接

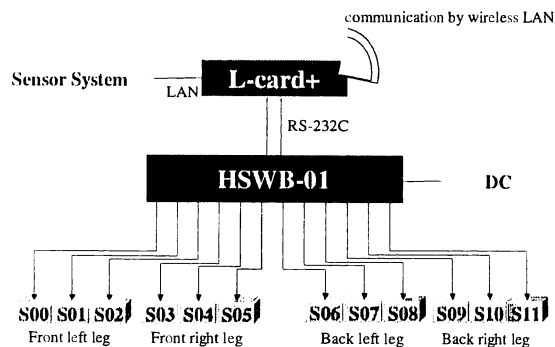


Fig. 2 Composition of an autonomous robot

続されているS00～S11はサーボモータで、番号は接続されている端子を示している。

2.2 主な使用デバイス

研究を円滑に進め、また設計を容易に行うためロボットには主に後述のデバイスを使用している。

サーボモータは、Futaba社製 FP-S3003 を使用する。1脚3自由度で計12個のサーボモータを使用している。モータドライバには、姫路ソフトウェア社製 HSWB-01 を使用する。メインCPUには、LASER5社製 L-card+ を使用する。クロックは66MHzで、SDRAMは16MB、Flash Romは16MBとなっている。センサ制御部には、H8/3069Fマイコンボード及びH8/3069LANボードを使用する。クロックはそれぞれ25MHz、20MHzで、ROMは512kB、RAMは16kB、DRAMは2MBとなっている。ロボットのナビゲーションには、人工ランドマークとして赤外線ランドマークを利用するので、赤外線センサを使用し、赤外線が届かない状態でもおよその目的地への方向がわかるよう電子コンパスを使用し、また静的動的障害物を回避するために距離センサを使用する。赤外線センサにはCRVP1738を7個使用し、目的地への向きがだせるようになっている。また距離センサにはSHARP製GP2D02を8個使用する。電子コンパスには、共立電子産業製RDCM-802を使用する。

2.3 センサの配置

ロボット上面から見たセンサの配置図をFig.3に示す。距離センサは8個、赤外線センサは7個、電子コンパスは1個、搭載している。ロボットが前方に進むことを前提に、前方にセンサを重点的に配置している。

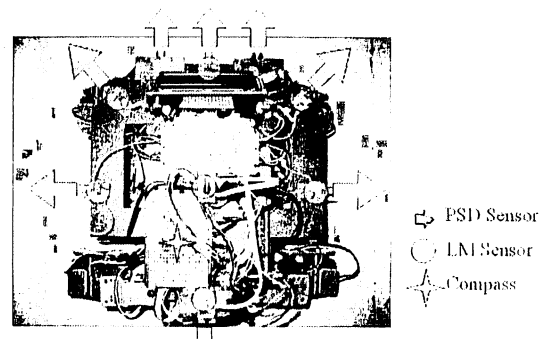


Fig. 3 Arrangement of Sensor devices

3. システムの構成

Fig.4にシステムの構成を示す。クライアントから簡易の命令をホストコンピュータを介し送信し、ロボットは自分で行動を決定する。ロボットとホストコンピュータ間は無線LANで通信する。

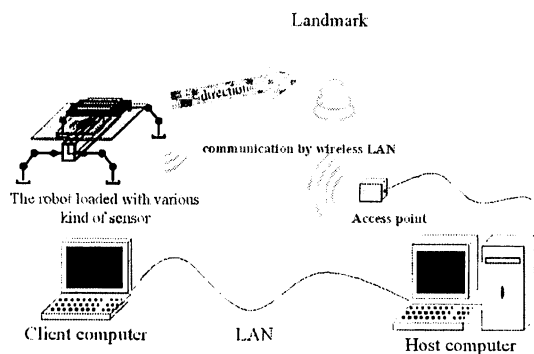


Fig. 4 Composition of the system

4. 歩行方法

4.1 歩容の選択

歩行には、センサ等の誤作動を防ぐために、上体の安定性の高い静歩行を採用し、その中でも直進・並進には縦安定余裕の高いクロール歩容を選択した。クロール歩容は左前-右後-右前-左後の順に1脚ずつ持ち上げ接地を繰り返す歩き方である。また、信地旋回歩行の場合は、循環歩容を選択した。信地旋回時におけるこの歩容は、クロール歩容と比べても旋回角速度、安定性共に上回っている。循環歩容は、時計回りの場合、左前-右前-右後-左後の順に1脚ずつ持ち上げ接地を繰り返す歩き方である。

4.2 歩行パターンの作成

歩行パターンにおける各サーボの角度などは、プログラムで自動で算出しコマンドとしてモータドライバに送信している。

歩行パターンの作成は、Fig.5のように各脚の足先位置を4箇所、各足先位置の成す角は等しく設定する。直進時はクロール歩容を基としてTable.1のように脚の動作順序を決定する。これを1パターンとして繰り返すことによって歩行する。Table.1を左から順に行うと前進し、右から行うと後進する。旋回時も同様で、1つの歩行パターンで左右どちら向きの旋回も実現できる。実際には脚を上げ下げする状態があり、全部で12個のコマンドを作成している。一つの歩行パターンを分割することにより、脚状態が遷移しても、最適なコマンドを選択することができる。

今回作成したプログラムでは、最大動作範囲を、脚と床の滑り、進行速度を考慮しFig.5の点線から $\pm 30^\circ$ と設定してある。歩幅は 6° 刻みで $\pm 3^\circ$ から $\pm 30^\circ$ までの10段階の設定ができる。直進時に

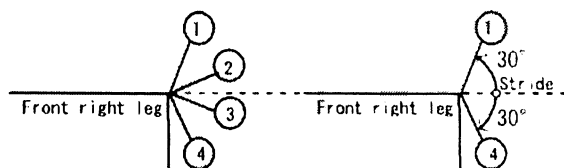


Fig. 5 Position of leg

Table 1 A order of operating legs

Front right leg	1	2	3	4
Back right leg	2	3	4	1
Front left leg	3	4	1	2
Back left leg	4	1	2	3

において左右の歩幅を別に設定することで、円弧状の軌跡を描く歩き方を可能としている。プログラム実行中の歩幅の大幅な変更は、脚先が大きく滑るために、制限を設けてあり1段階毎にしか変更できないようにしてある。また、脚をあげる高さもプログラムの実行中に、任意に変更することができる。

4.3 使用する歩行

今回、使用する歩行は以下に記す8種としている。

クロール歩容を基とした、前進(Go Forward)、後進(Go Backward)、右旋回(Right Turn)、左旋回。循環歩容を基とした、右信地旋回(Right Rotate)、左信地旋回(Left Rotate)。

歩容を切り替える場合に脚配置の相違から必要となる、クロール歩容の脚配置への踏換え歩行、循環歩容の脚配置への踏換え歩行。

5. 障害物回避モジュール

5.1 SA

Fig.6に示されるSAは、上層が下層を抑制し優先され行動が現れる。各層は独立であり、層の修正、追加、削除が容易に行える。

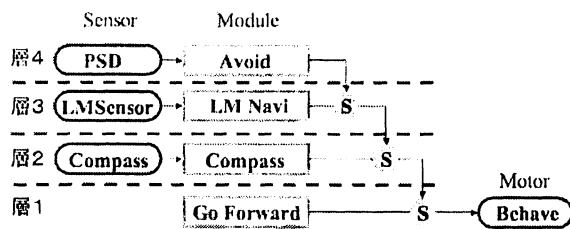


Fig. 6 Concept chart of SA

モジュールとは、SAの層構成要素で、その中でFig.6の最上層に位置する、PSDからの入力を基とした障害物回避モジュールを製作する。

5.2 PSDからの入力

8個の距離センサはFig.3のように配置する。実際のセンサは、ノイズが多く正確な距離を測定するのが困難であるため、約150, 300, 500[mm]の距離で4つの領域に分け、それぞれを、危険領域、近距離領域、中距離領域、遠距離領域とした。また、センサはそれぞれ個体差があり入力値に違いがあるため、個々に3点4領域を設定してある。

5.3 状態遷移

障害物回避モジュールの状態遷移図をFig.7に示す。Avoid stateでは、PSDの値から、回避方向を決定し、遷移する。左右のTurn stateでは、継続して回避可能か、継続回避不可能か、回避完了かを判断する。回避が不可能な場合、左右のRotate stateに遷移する。Rotate state及びGo Backward stateでは、回避の完了のみを判断する。どのstateでも回避が完了した場合Avoid stateに遷移する。

6. 実機動作

実機での動作は、障害物回避のモジュールの評価をするために、Fig.6の構造から、層3及び層2を削除したもので行った。

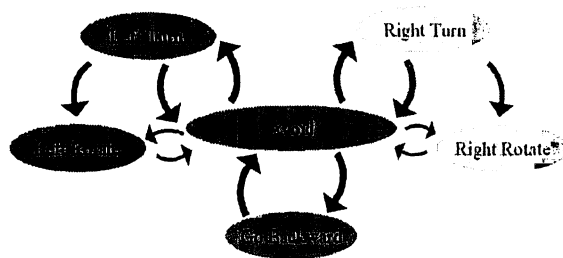


Fig. 7 State transition diagram of Avoid Module

実験を行った結果、旋回で回避可能な障害物でも信地旋回を行ったり、2つのstateを繰り返し行き来する場面があった。また、歩容によって脚配置が異なるため、歩容の切り替えに時間がかかってしまう場面があった。

7. おわりに

本稿では、ロボットの歩行及び、それを用いた障害物回避モジュールの製作について述べた。

今後は、個々のPSD入力の分割領域の改良とともに、歩容の一本化や、各歩行における脚の動作範囲の統一を検討し、実験での問題を解決したい。

また、その他モジュールの製作、改良、サーボモータの出力との関係から、これ以上の増設は難しいのでサーボモータの交換も視野にいれ、ハード・ソフトの両方で開発を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 及川一美: サブサンプリング・アーキテクチャのオブジェクト指向設計, 日本ロボット学会誌, Vol.23, NO.6, 697/705(2005)
- 2) 塚越, 広瀬: 間歇クローラ歩容の提案とその生成原理, 日本ロボット学会誌, Vol.17, No.2, 301/309(1999)
- 3) 光岡, 井上, 甲斐: 四足歩行ロボットの接触への対応に関する研究, 高知工科大学, 知能機会システム工学科, 平成14年度卒業論文(2003)