

赤外線ランドマークを用いた自律移動ロボットの研究

Research of the Autonomous Mobile Robot Using the Infrared Landmark

○林 純平, 大久保 重範, 及川 一美, 高橋 達也

○Jumpei Hayashi, Shigenori Okubo, Kazumi Oikawa, Tatuya Takahashi

山形大学大学院

Yamagata University

キーワード: 赤外線ランドマーク (Infrared landmark), 自律移動ロボット (Autonomous mobile robot), サブサンプション・アーキテクチャ (Subsumption Architecture),

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
林 純平, Tel.: (0238)26-3245, Fax.: (0238)26-3245, E-mail: jjppjpp@hotmail.com

1. 緒言

現在世の中では、人が一つ一つ操作して動かすロボットではなく、ロボット自らが考えて行動するというような知能ロボットが注目され様々な研究がされてきている。よって将来、そのような知能ロボットは一般家庭や福祉施設の場などで活躍するだろう。しかし、そこで利用されることを考えたとき実際に扱うのは専門家ではなく素人である。

ここでまず、ロボットに外界環境を絶対座標表現地図で与える従来の方法は、目的地の経路を座標で指示しなければならないため環境を正確に計測して作成する必要がある。よって素人が自力で精度の高い地図を作るのは難しいと考えられる。

そこで本研究ではロボットに絶対座標地図を用いず、作業環境中に赤外線ランドマークという目印を設置することで、素人でも目的地まで容易に誘導させるようにすることを目標とする。

2. 車輪型自律移動型ロボット

本研究で用いるロボットの外観をFig.1に、主な仕様をTable.1に示す。

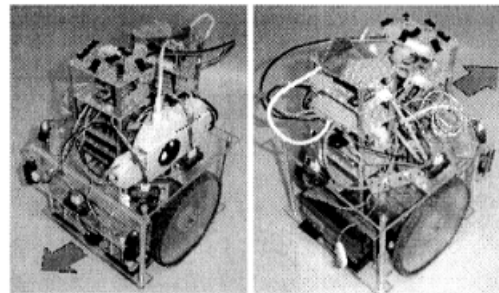


Fig. 1 ロボット外観

制御系には知能ロボットを構築する際の処理方式として『SA(Subsumption Architecture)』を用い、駆動系には独立2輪駆動方式を用いる。また、周辺の距離情報を取得し障害物を回避させるための『PSDセンサ』、地球磁場より八方位を検出でき向かわせたい方角へ行動させるための『電子コンパス』、赤外線ランドマークからのID信号を受信す

ることができロボットをランドマークに接近させるための『IR受信センサ』を搭載しており、『無線RS232C』によりPCからロボットのCPU(H8)へプログラムを送っている。

Table 1 主な仕様

CPU	H8/3048F (日立)	
PSDセンサ	GP2D12 (シャープ)	×8
IR受信センサ	SPS-443-1 (SANYO)	×7
電子コンパス	RDCM-802 (Geosensory)	
無線RS232C	WNA-RS (I-O DATA)	
モーター	LH56KM2-802 (日本サーボ) ×2	
主力電力	MFバッテリー WP1.5-12	
サイズ	182×216×270(W×D×H[mm])	

3. SAの特徴

本研究で用いるSA構造とはFig.2のように、複数ある全タスクを独立な小タスク(モジュール)に分割し互いに干渉させず実行させることにより反射的行動が可能となる構造であり、ここでは『非干渉型SA』と呼ぶこととする。

特徴としては、層が独立しているため層の追加や削除、修正などが容易なことである。しかし、層が独立で抑制が出力のみであるため、センサ群から同時に複数の層に入力があっても下層は上層に抑制され仕事ができなくなる『固定階層問題』が起きてしまう。この問題の解決法については後ほど述べる。

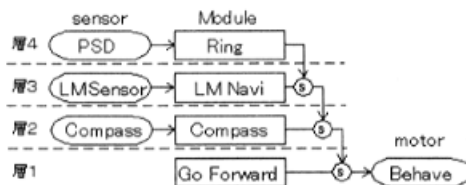


Fig. 2 SAの構造

4. 赤外線ランドマークの利用

本研究での目的地誘導方法は、人間でいう看板の代わりとして赤外線ランドマーク(Fig.3左)から赤外線であるID信号をロボットに受信させ、ランド

マークを經由させながら誘導させる方法を考える。

しかし本研究では絶対座標地図を用いないので細かい経路指示はできない。よってロボットの作業環境は壁に囲まれた通路状(廊下など)とし、ランドマークは通路天井に設置しID信号下方に向け送り、ロボットの上部に取り付けられたIR受信センサ(Fig.3右)に受信させる仕組みとする。

例えば高さ2.5mに設置した場合、半径2.0mでID信号をノイズとして感じ、1.5mで誤認識はあるが認識でき、0.3mで認識できる。また、環境作りはランドマークを要所要所に設置するだけなので素人でも簡単である。

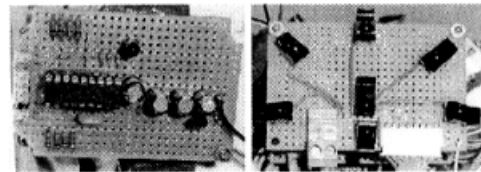


Fig. 3 赤外線ランドマークとIR受信センサ

5. シミュレーション

今回ロボットに課せたタスクは、ランドマークのある方角へ向かわせ、途中障害物を回避し、ID信号を認識したら停止させるということである。そのためFig.2のような、障害物を回避させる『Ring』、電子コンパスにより向かわせたい方角を記憶させ向かわせる『Compass』、赤外線ランドマークに接近しIDを認識したら停止させる『LM Navi』、常に直進させる『Go forward』の、4つのモジュールを持つ1つの階層構造を用いてシミュレーションした。

まず作業環境として、障害物(ダンボール箱が複数個置かれた大学校舎内の廊下)とし、高さ約2.5mの廊下天井にランドマークを1つ設置した。ここで、内側と外側の点線円はそれぞれ半径1.5m、2.0mとする。

シミュレーション結果は、Fig.4のような軌跡となり、上手く障害物を回避し、赤外線ランドマー

クから発信されるID信号を受信して接近し、認識できる範囲に来た所で停止しているのがわかる。



Fig. 4 シミュレーション結果

6. 実機実験

次に実際のロボットを用いシミュレーションと同じ条件で実験したところ、Fig.5(タイヤの滑りとH8の計算能力から正確な自己位置推定が困難なため、撮影したビデオより手書きで軌跡を描いた)のようになった。

まずスタートしてすぐ右に曲がり障害物に向かって見えるように見えるが、これは『Compass』モジュールの影響で建物内の金属により方角に誤差が生じたため右下に向かって行ったと思われる。しかし、障害物回避して向きが逆になっても修正し向きを戻した所は良かったと思う。また、障害物回避はほぼシミュレーションと同等の走行を実現できた。そして最後のストップ箇所は1.5mラインに入った付近だった。これは、シミュレーション結果と比べてかなり離れていた。

それと軌跡中の3つの黒丸箇所は、タイヤが床でスリップし続けたため手で押し補助した箇所である。これはロボットにサスペンションがないため、廊下のちょっとしたうねりのため空転したと考えられるので今後改善の必要がある。



Fig. 5 実機実験結果

7. 足周りの改良

今回の実機実験結果で明らかになった足周りの弱さを克服するために改良をすることにした。

その改良方法として、従来モーター軸に直接固定して回転させていたタイヤを、Fig.6のようにモーター軸にタイミングプーリをつけタイミングベルトで動力を伝達し、サスペンションで支えることを考えた。サスペンションをつけることによって常に地面と反発させ、平坦ではないところでも空転せずスムーズに走行させるように設計した。

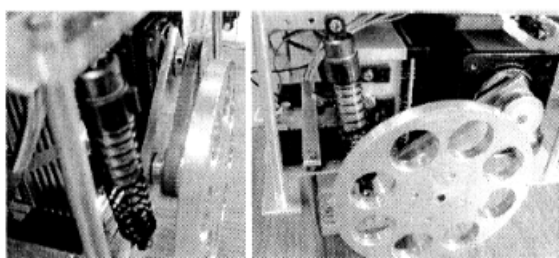


Fig. 6 サスペンション装着外観

また、改良された足周りで上記の実機実験時に利用した廊下を走行させたところ、全く問題なく走行を継続することができた。

しかも、明らかに平坦ではない状況を故意につくりそこを走行させてみたところ、この場合も空回りすることなく走行することが出来た。

Fig.7に足周りを改良したロボットの外観図を示す。

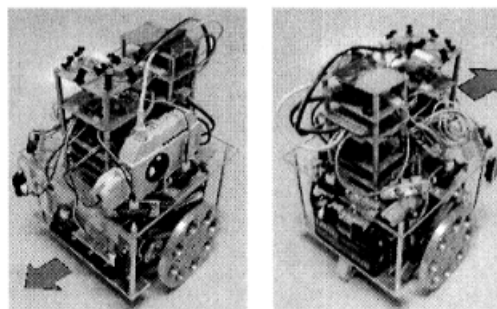


Fig. 7 足周り改良型ロボット外観

8. 考察

今回はFig.2のような1つの階層構造を用いてシミュレーションを行いFig.4のように自分の意図通りに走行させることが出来た。

しかし、ランドマークの設置位置を壁沿いに設置してシミュレーションを行ったところ、Fig.8のようにID信号を認識でき停まることの出来る範囲内に潜入してきたとしても、PSDセンサが目の前の壁に反応してしまい回避行動をおこしランドマーク付近で停止することができない状況に陥ってしまう。

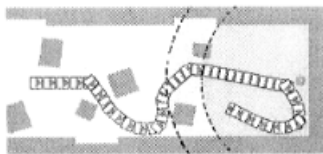


Fig. 8 停止できない例

これは、先ほどSAのところでも少し述べた『固定階層問題』である。Fig.2より『Ring』は『LM Navi』よりも上層にあるため、同時に両方の入力があったとしても出力するときは『Ring』が優先されてしまう。

そこで例えばID信号を認識できる範囲に入った時に、『Ring』を取り除いたまた別個の階層構造に切り替えることで停止させることができる。このように、状況に応じた階層構造に切り替える『イベント駆動型階層構造切替手法』を今後は利用していきたい。

9. おわりに

今回は、本研究で使用する赤外線ランドマークの利用法、複数のタスクを課せたシミュレーション及び実機実験、考察より浮上した足周りの改良、そしてSAの固定階層問題を解決するためのイベント駆動型階層構造切替手法の提案について述べた。

課題であった足周りの改良が今回は改善されたので、今後は、IDの異なった赤外線ランドマーク

を2つ以上用いてランドマークを経由させる誘導をしていきたい。

また、先に述べた複数の階層構造を用意した『イベント駆動型階層構造切替手法』を用いて状況に応じた階層への移行を確立させ、意図に沿う誘導もしていきたい。

参考文献

- 1) R.Brooks : "A Robust Layered Control System For A Mobile Robot", IEEE Journal of Robotics and Automation, vol.RA-2, no.1, pp.14-23 (1986)
- 2) 及川 一美 : "座標系を用いない人工ランドマークを用いた移動ロボットのナビゲーション", 計測自動制御学会東北支部第211回研究集会, 資料番号211-12 (2003.10.11)
- 3) 五味 隆志 : サブサンプリング・アーキテクチャ, Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, vol.7, no.5, pp.909-930 (1995)