

実環境における自律移動ロボットシステム*

3D-8 ～ その1：動的障害物の位置予測による衝突回避 ～

溝口文雄† 高山学† 平石広典† 前野守宏†

東京理科大学 理工学部†

1 はじめに

オフィスや学校、病院等の環境において、自律ロボットが移動する際、壁や机等の静的障害物の他に、人やドアの開閉等の動的障害物についても考慮に入れ、効率よく安全に移動する必要がある。従来の研究では、静的環境下での移動を目的としたもの [1] が多く、動的環境下で実装したものが少ないため、近年、動的に変化する周囲の状況への柔軟な対応 [2] が重要となりつつある。さらに、自律ロボットは移動を伴うため、環境の変化をリアルタイムで獲得し、その変化に柔軟に対処しながら移動しなければならない。

そこで本稿では、動的環境において、特に人やドアの開閉等の動的障害物に焦点をあて、センサー情報を基に次の状態での障害物の位置を予測することで、環境の変化に十分対処し、安全に移動できる方法について提案する。

2 従来の衝突回避

本研究において、静的障害物と動的障害物の混在する環境を動的環境とし、安全な移動を考える上で、従来の衝突回避では適応できない場合が存在する。例えば、ロボットの回避時期において、従来障害物との距離がある一定範囲内に存在する場合に回避行動を行っていた。そこで、動的障害物にも適用できるように、ある程度離れた位置から回避行動をとるようにすると、周囲の障害物にも反応してしまい、十分なナビゲーションを行なうことは不可能である。また、ロボットの回避方向においては、左斜め前方に障害物が存在する場合、静的障害物に対しては、当然右方向に回避しなければならないが、動的障害物の場合、左斜め前方から接近してくるため右方向よりも左方向に回避する方がより安全に移動できる場合が多い。

このような問題を解決するために、次節以降で述べる新たな手法を提案し、動的環境における安全なナビゲーションを実現する。

3 本システムの構成

前述した問題を解決するために、本研究では、図1のような構成をとる。環境認識部では、静的・動的障害物を把握するため、環境から得られたセンサーデータを保管し、過去のデータと現在のデータを比較する。そこで動的障害物と認識された場合には、障害物の予測位置を決定する。また、動作制御部では、環境認識部から送られたデータを基に、直進、静的・動的障害物の回避、停止行動のいずれかの行動を選択し、回避行動の場合には障害物に対する回避方向を決定することで、より安全なナビゲーションを行なう。

また、本研究では米 Nomadic 社製の Nomad200 と呼ばれる 16 個のソナーセンサーが備えられた既存の移動ロボットを利用し、実装する。

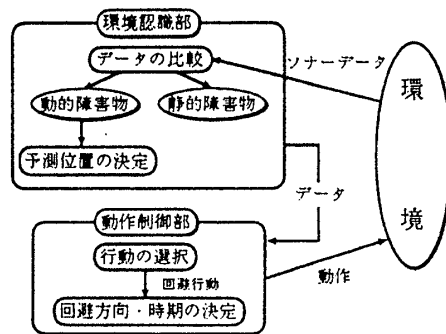


図1: システム構成

4 障害物の位置予測

動的障害物を安全に回避するためには、早い段階で障害物の移動方向を把握し、行動を選択する必要がある。そこで、過去の障害物の推移を考慮して、次の状態での障害物の位置を予測し、動的障害物の回避を行なう (式(1))。しかし、得られたセンサーデータからは、誤差を含んでいる場合が多く、データをそのまま

* The autonomous mobile robot system in the real world - Avoiding dynamic obstacles by predicting the next moving position-

† Fumio MIZOGUCHI, Gaku TAKAYAMA, Hironori HIRAISHI, Morihiko MAENO

† Faculty of Sci. and Tech. Science University of Tokyo

利用した場合、信頼性の低い障害物の位置予測になってしまう可能性がある。このため、得られたデータに対し、重みづけすることでデータの修正を行なう。

$$P(t+1) = P(t) + S(t) \quad (1)$$

ここで、 $P(t)$ は、時刻 t における障害物の予測位置であり、 $S(t)$ は時刻 $t-1$ から時刻 t における傾きの予測値である。

また、傾きの予測値 $S(t)$ は、過去の傾きの予測値と実際にセンサーデータから得られる傾きから重み w を用いて決定される。この時、過去の推移から逸脱したデータが環境から得られた場合、その重み w を 0 にすることで誤差の修正を行なうことができ、動的な障害物の位置をある程度予測することが可能となる。

5 障害物の回避方向の決定

2節で述べたように、動的障害物を安全に回避するには、その回避方向が問題である。そこで、本研究では以下の手順により回避方向を決定する(図2)。

Step1: 時刻 t と時刻 $t+1$ の障害物の予測位置から直線 $y = ax + b$ を求める。

Step2: ロボットの位置座標 $R(x_r, y_r)$ をエンコーダ(ロボットの車輪の回転から位置座標を計測)より求める。

Step3: $y_l = ax_r + b$ と y_r との関係を比較する。

if $y_l > y_r$
左方向に回避
if $y_l < y_r$
右方向に回避

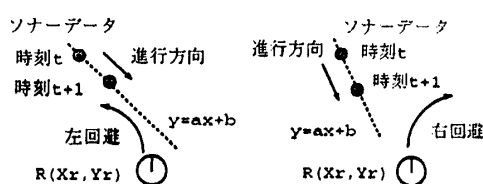


図2: 回避方向の決定

6 実験

これまでに示した手法の有効性を示すために、以下のように静的障害物と動的障害物の混在した環境での実験を行なった。ただし、ロボットはスタートとゴール地点は把握しているが、周囲の環境は全く知らない状態でナビゲーションを行なう。ここで、図3は、従来の障害物回避によるナビゲーション結果であり、図4は、本稿で提案した手法を用いた結果である。図中の矢印は動的障害物の移動方向であり、○印は前方5つのソナーデータのプロットである。

また、ロボットの進行方向と障害物とロボットの2地点間でなす角度を α とし、進行方向を基準に動的障害物を角度 β の方向へ移動させた時の回避の成功率を表1に示す。

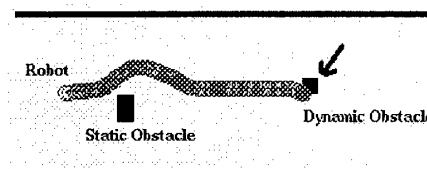


図3: 従来の障害物回避

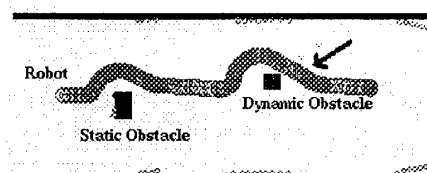


図4: 本手法による障害物回避

表1: 動的障害物の移動方向による回避の成功率

α	β	試行回数	成功回数	成功率 (%)
0	0 (正面)	5	4	80
30	$\beta \geq 30$	5	4	80
	$\beta < 30$	5	1	20

この実験結果から、本手法を用いたシステムでは、静的障害物を回避だけでなく、動的障害物に対しても柔軟に回避することが可能になったといえる。しかし、障害物の微妙な動きを把握し回避するには、まだ困難な部分が存在する。これは、ソナーセンサーの認識に限界があるためと考えられる。

7 まとめ

本稿では、歩行者やドアの開閉等、動的障害物を柔軟に回避する方法を提案した。本手法を用いることにより、動的環境において静的・動的障害物を安全に回避し、移動することが可能になった。しかし、障害物の微妙な動きを把握をすることができず、障害物に対する効率の良い回避が必ずしも可能になったわけではない。これは他のセンサー等の統合により、対応することが可能になるものと考えられる。

参考文献

- [1] T.Skewis, J.Evans, V.Lumelsky, B.Krishnamurthy, B.Barrow: Motion Planning for a Hospital Transport Robot, *IEEE Conf. on robotics and Automation*, 1991
- [2] 溝口, 佐藤, 長谷部, 平石: 静かなエージェントから動的なエージェントへ~その2: 移動ロボットにおけるエージェントのための強化学習~, 第9回人工知能学会全国大会, pp.169-172, 1995