

ファジィ制御による自律型移動ロボットの障害物回避に関する研究*

4D-5

○池田 浩雄

山田 新一

藤川 英司†

武蔵工業大学‡

1 はじめに

様々な分野で自律型移動ロボットが必要とされている現在、障害物回避に関する研究は、数多くなされている。しかし、障害物回避と言っても、かなりの制限のある状況下で研究されているものが多い。

例えば、想定している環境対象の世界が既知である場合や固定障害物のみを扱っている場合、また、1つの移動障害物のみを扱っている場合^[1]などがある。

そこで、本研究では実環境を想定し、移動ロボットがリアルタイムに障害物を回避できる制御法を提案する。センサについては、コスト・情報処理速度の面から、簡易的なレンジセンサを考えることにする。また、扱う情報が局所的な近傍情報のみとなってしまうこと・移動ロボットの動特性が正確に記述できないこと・障害物回避に人間的な思考を取り入れることなどから、制御法には、ファジィ制御を利用する。

2 移動ロボットのモデル化

本研究の制御対象である移動ロボットは、図1のような四輪モデルである。このロボットは、図1より、次のような関係式^[2]によって移動することができる。

$$\frac{dx_p}{dt} = v \cos \theta \tag{1}$$

$$\frac{dy_p}{dt} = v \sin \theta \tag{2}$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{l} \tan s \tag{3}$$

ここで、移動ロボットには、次のような仮定を設けている。

- 移動ロボットは、それほどスピードを出さないということから路面上をスリップせずに動く。
- 移動速度 (v) の範囲は、 $-5.0 \sim 30.0$ [cm/s] とする。
- 最高移動加速度 (a_{max}) は、 14.0 [cm/s²] とする。

- 操舵角 (s) の範囲は、 $-60.0 \sim 60.0$ [deg] とする。
- 最高操舵角速度 (ω_{max}) は、 72.2 [deg/s] とする。

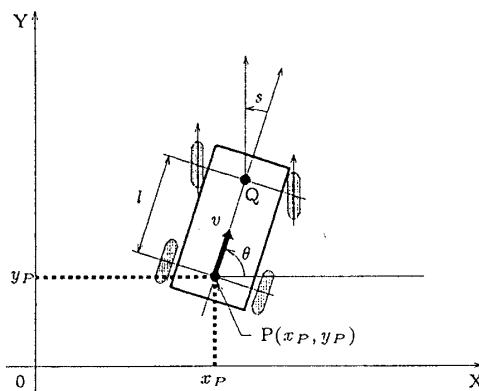


図1: 移動ロボットのモデル

3 移動ロボットの走行制御

3.1 全体構成

自律型移動ロボットの走行制御を行うには、2つの大きな行動を考えなければならない。それらは、

1. 目標位置に到達すること。
2. 障害物に遭遇した時には、その障害物を回避すること。

という2つの行動である。しかし、この2つの行動を行うために必要とされる情報が異なることから、まず、両者を目標位置追従制御と障害物回避制御の2つに区別して考え、最終的に、これら両者の出力(操舵角・移動速度)において合成割合を変化させて合成を行う。これによって、走行制御を可能にする。

走行制御の全体構成を図2に示す。合成割合を変化させて合成するということは、図2より、次のような式を用いるということである。(但し、 $0.0 \leq r \leq 1.0$)

$$s = s_m \cdot (1.0 - r) + s_s \cdot r \tag{4}$$

$$v = v_m \cdot (1.0 - r) + v_s \cdot r \tag{5}$$

*A Study on Obstacle Avoidance for Autonomous Mobile Robot by Using Fuzzy Control

†Hiroo Ikeda Shin-ichi Yamada Hideji Fujikawa

‡Musashi Institute of Technology

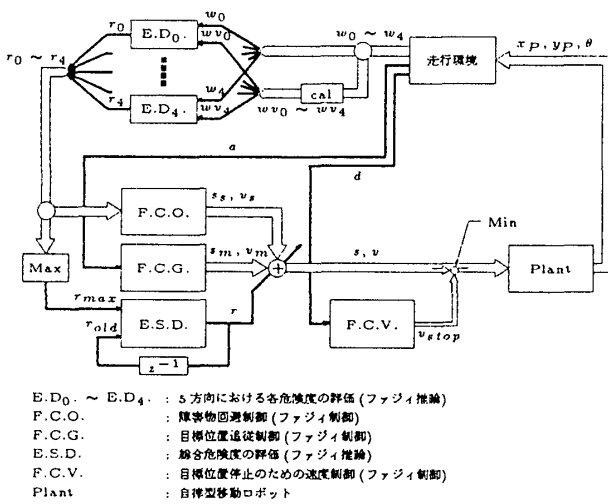


図 2: 走行制御の全体構成

3.2 目標位置追従制御

目標位置追従のための操舵角 (s_m) については、図 3 のように移動ロボットから見た目標位置方向への変位角 (a) をそのまま利用する。但し、 $-60.0 \leq s_m \leq 60.0$ [deg] である。また、移動速度 (v_m) については、常に、一定の 30.0 [cm/s] を与えることにする。このように目標位置追従制御は、非常に簡単なものとしている。

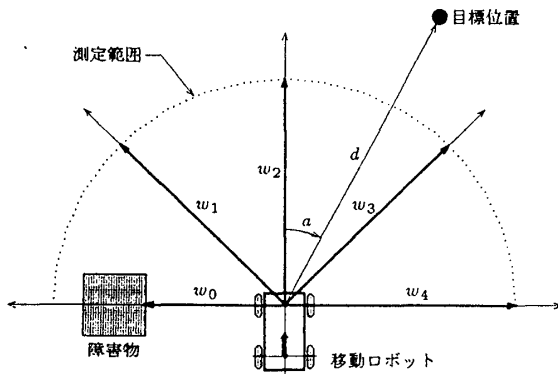


図 3: 走行制御のための入力パラメータ

3.3 障害物回避制御

障害物回避制御は、5方向 (前方・斜め左右・左右) における各危険度 ($r_0 \sim r_4$) を入力とし、ファジィ推論により、障害物回避のための操舵角 (s_s)・移動速度 (v_s) を出力するものである。5方向における各危険度とは、次のようなものである。例えば、左方向の危険度であ

れば、図 3 における左方向の障害物までの距離 (w_0) と、そこから算出した左方向における障害物の速度 (wv_0) を入力とし、ファジィ推論によって、左方向の危険度を決定するものである。このように、5方向において求めた各危険度を5方向における各危険度とする。ここで、各危険度の範囲は、 $0.0 \sim 1.0$ とする。

障害物回避制御のためのファジィルールとしては、5方向における各危険度を見て、どのような状況においても常に危険が少ないところを通るように移動ロボットの操舵角と移動速度を調節するものとしている。また、主要な障害物回避ルールは、障害物回避の重要要素である移動ロボットの前・斜め左右で構成し、左右については、車幅の安全保持を行うようなルールで構成している。

3.4 総合危険度の評価

総合危険度の評価とは、障害物回避制御で求めた5方向における各危険度の中で最も危険度の高いもの (r_{max}) と、1つ前の総合危険度 (r_{old}) を入力とし、ファジィ推論によって、その時の総合危険度 (r) を決定するものである。危険度の範囲は、 $0.0 \sim 1.0$ とする。

総合危険度の評価のためのファジィルールとしては、基本的に5方向の危険度のうち、1方向でも危険であれば、総合危険度を危険と評価させるものとしている。しかし、総合危険度が急激な変化を起こすことがあるので、1つ前の総合危険度を利用し、ファジィ推論によって総合危険度を円滑に決定している。

4 おわりに

本研究では、リアルタイムに様々な障害物を回避するために、目標位置追従制御と障害物回避制御を駆使した自律型移動ロボットの総合的な走行制御を提案した。本研究の提案したシステムにより、ファジィ制御を利用した人間的な状況判断能力をロボットに持たせることができ、柔軟に障害物を回避することを可能にした。今後は、大局的な情報をつかむことのできる視覚センサとの融合を考えている。

参考文献

- [1] 中野和典, 岩月正見, 大内隆夫: ファジィ理論による移動ロボット車の障害物回避制御, 第34回自動制御連合講演会, Vol.34, pp.15-16, (1991.11)
- [2] 中村仁彦, 非ホロノミックロボットシステム - 第2回 幾何学的な非ホロノミック拘束の下での運動計画 -, 日本ロボット学会誌, Vol.11, No.5, pp.655-662, (1993.7)