

ファジィ推論を用いた移動体追跡における適応制御法とその評価

5N-5

東元 繁和

伊藤 英則

名古屋工業大学

1. はじめに

ファジィ理論を適用した制御は、現在では数多くの機器に利用されている。ファジィ理論は人間の曖昧な物の感じ方を表現しようとしたものであるが、状況によってその感じ方も変化するはずである。本論文では、状況による感じ方の変化を取り入れた移動体追跡における適応制御法を述べる。

2. ファジィ推論直接法

次のようなIF~THEN形式で表現される推論を考える。

規則i: IF x is A_1 and y is B_1 THEN z is C_1

規則ii: IF x is A_2 and y is B_2 THEN z is C_2

ここに、 $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2$ は、ファジィ集合である。入力を x_0, y_0 、および前件部の適合度を W_1, W_2 とすると、

(1) 規則iの適合度 $W_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0)$

規則iiの適合度 $W_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0)$

ここに、 $\mu_{A_1}(x_0)$, $\mu_{A_2}(x_0)$ は、それぞれ A_1, A_2 の x_0 におけるグレードで、 $\mu_{B_1}(y_0)$, $\mu_{B_2}(y_0)$ は、それぞれ B_1, B_2 の y_0 におけるグレードである。

(2) 規則iの推論結果 $\mu_{C_1'}(z) = W_1 \wedge \mu_{C_1}(z)$

規則iiの推論結果 $\mu_{C_2'}(z) = W_2 \wedge \mu_{C_2}(z)$

(3) 最終推論結果 $\mu_{C'}(z) = \mu_{C_1'}(z) \vee \mu_{C_2'}(z)$

ここで、 z は後件部 C_1, C_2 の台集合 Z の要素とする。また、 X, Y の最小値を $X \wedge Y$ 、最大値を $X \vee Y$ とする。最終推論結果のファジィ集合 C' の重心値 z_0 を代表値、すなわち出力値とし、次式によって得る。

$$z_0 = \frac{\int \mu_{C'}(z)z dz}{\int \mu_{C'}(z) dz}$$

3. 単純制御法

先行体と追跡体(制御対象)間の物体間距離(以後単に距離という)と追跡体の速度を入力とし、ファジィ推論を用いて追跡体の速度を制御する。

3.1. 制御規則

制御には次の4つの規則を用いる。

規則a: 距離が狭く、かつ、速度が遅ければ速度保持する。

規則b: 距離が狭く、かつ、速度が速ければ減速する。

規則c: 距離が広く、かつ、速度が遅ければ加速する。

規則d: 距離が広く、かつ、速度が速ければ速度保持する。

3.2. ファジィメンバーシップ関数の定義

“広さ”を表わすメンバーシップ関数として図1のような線形関数を採用し、また、“速さ”を表わすメンバーシップ関数として図2のような線形関数を採用する。

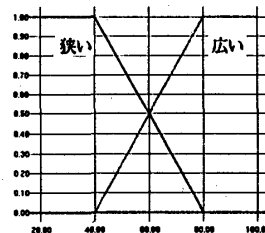


図1 “広さ”を表わすメンバーシップ関数

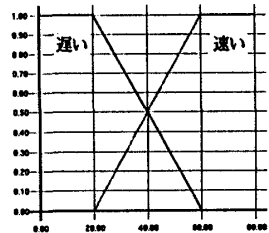


図2 “速さ”を表わすメンバーシップ関数

後件部のファジィメンバーシップ関数を図3のように定義する。

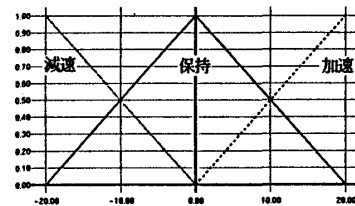


図3 後件部ファジィメンバーシップ関数

以上の制御方法を用い、先行体を一定速度としたときの制御結果を図4に示す。

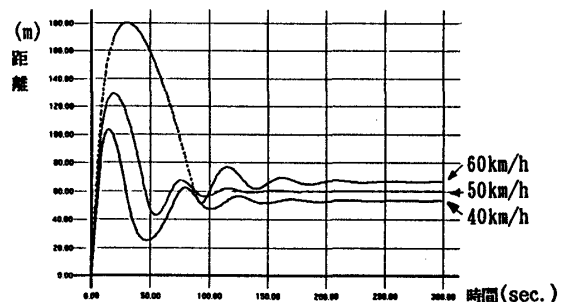


図4 先行体を一定速度としたときの単純制御

4. 状況適応制御法

同じ距離でも、状況によって広さの感じ方は変わるはずである。先行体が減速していれば、距離はより狭く感じられ、速度はより速く感じられるはずである。また、先行体が加速していれば、距離はより広く感じられ、速度はより遅く感じられるはずである。これを、制御部のファジィメンバーシップ関数に取り入れる。

4.1. 状況適応法の推論規則

追跡体の加速度と距離の変化量より、先行体の加減速の様子を推測し、その状況に対応して速度制御の推論規則前件部のファジィメンバーシップ関数を決定する。この状況判断を、以下の規則に従いファジィ推論を用いて行う。

- 規則1：追跡体が加速し、かつ、距離が広がっていれば、先行体は加速している。
 規則2：追跡体が加速し、かつ、距離が縮んでいれば、先行体は減速している。
 規則3：追跡体が定速で、かつ、距離が広がっていれば、先行体は加速している。
 規則4：追跡体が定速で、かつ、距離が縮んでいれば、先行体は減速している。
 規則5：追跡体が減速し、かつ、距離が広がっていれば、先行体は加速している。
 規則6：追跡体が減速し、かつ、距離が縮んでいれば、先行体は減速している。

以上の規則を用いた推論の結果により、制御部の推論規則の前件部のメンバーシップ関数の変更を行なう。メンバーシップ関数の変更は図5、図6のように行う。

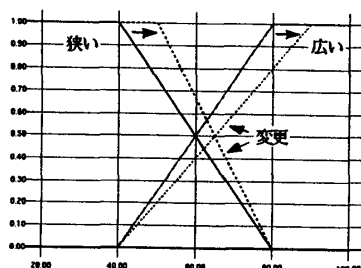


図5 先行体が減速していると判断した場合

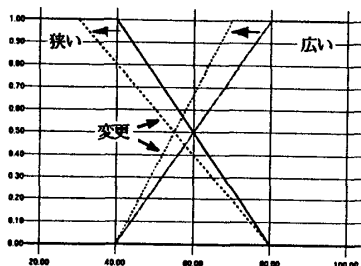


図6 先行体が加速していると判断した場合

5. 制御結果の比較

単純制御法と、状況適応制御法の制御結果の比較について述べる。

5.1. 先行体の速度が一定の場合

例えば、先行体が運動開始後5秒で40km/hで速度一定とした場合、追跡体は図7の特性を示す。

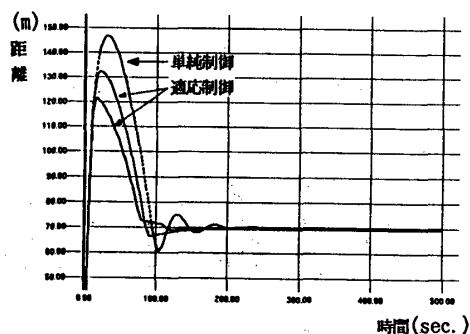


図7 先行体の速度が一定の場合

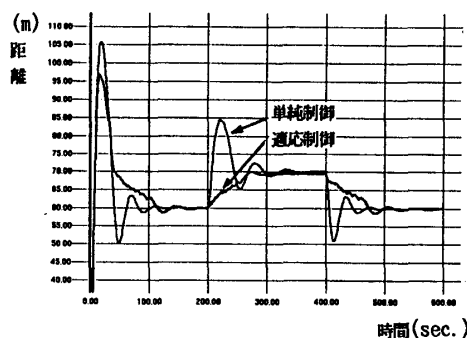
単純制御法に比べ状況適応制御法は、先行体に対する反応が速く、距離の変動も少ない。

5.2. 先行体の速度を変化させる場合

追跡体が定常状態となつてから、先行体の速度を変化させた場合の追跡体の特性を比較する。

ここで、定常状態とは、追跡体が先行体と一定の距離を保って運動している状態を言う。

先行体が定常状態から10km/h加速したとき、また、10km/h減速したときの追跡体の特性を図8に示す。



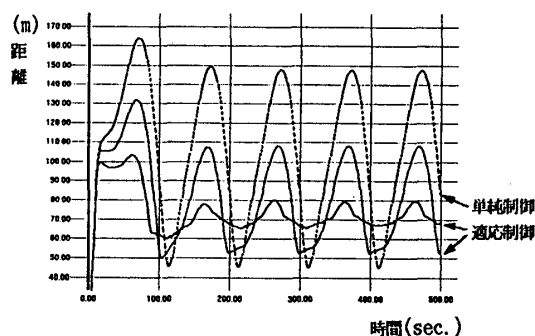
$$\begin{aligned} t < 200 : V_0 &= 40 \\ 200 < t < 400 : V_0 &= 50 \\ t \geq 400 : V_0 &= 40 \end{aligned}$$

図8 先行体の速度 (V_0) を変化させる場合

単純制御法の場合では、先行体の速度が変化したときに、距離が大きく離された後、減衰振動が見られるが、状況適応制御法の場合では、無駄な動きが少ない。

5.3. 先行体の速度が周期変化する場合

最後に、先行体の速度が周期的に変化する場合の、追跡体の特性を図9に示す。



$$\begin{aligned} t < 5 : V_0 &= 8t \\ t \geq 5 : V_0 &= 40 + 10 \cos \frac{\pi}{50} t \end{aligned}$$

図9 先行体の速度 (V_0) が周期変化する場合

状況適応制御法は、周期的に変化しても距離の変動が小さい。

以上、状況適応制御法は状況判断も良く、無駄な動きの少ない制御が行える。

6. おわりに

状況の変化に対応するファジィ制御方法について述べたが、状況の変化を学習し、対応するシステムの具体化については、今後の課題である。

参考文献

- (1) 菅野道夫：あいまい集合と理論の制御への応用，計測と制御，Vol.18, No.2, 150/160 (1979)。
- (2) E.H.Mandani: Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant, *Proc. IEE* 121-12, 1585 /1588 (1974)。