

5B-1

ずれ度を用いたファジィ制御

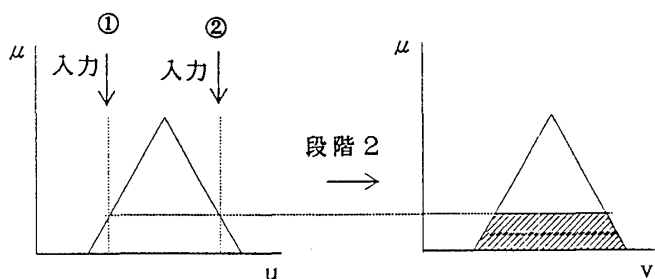
石田隆張, 宮腰政明, 新保 勝
(北海道大学)

1. はじめに

あいまい推論を用いたファジィ制御の実例としてはMamdaniによるスチームエンジンの制御[1]、あるいはSmith社によるセメントキルンの制御[2]などが有名である。これらの制御では主にファジィ規則と入力とのマッチングによって得られる適合度を用いて推論を行っている[3]。この適合度による推論手法は簡潔な方法で記述できる反面、入力の情報が適合度に十分反映しないという問題点、あるいは前件部とのマッチングで得た適合度をどのように後件部に反映すべきかという問題点がある。本稿では従来の頭切り法では考慮していなかった前件部と入力の位置関係に着目して、新しく「ずれ度」なる尺度を導入し、制御器設計のための従来法の改良を試みる。この方式は制御性能を上げるために従来必要としていた複数のファジィ規則追加の代わりとなるものである。

2. ずれ度を用いた修正法

以下では頭切り法の概略について述べる。ここでファジィ変数として次式で表す三角型のファジィ変数を用いる。



前件部 後件部
図1 従来法による後件部の頭切り

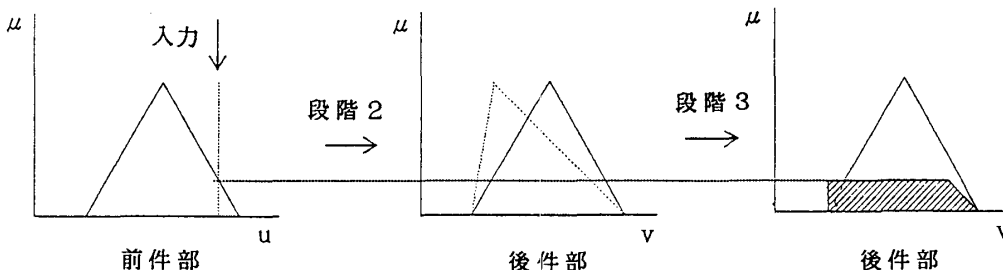


図2 修正法による後件部の変形と頭切り

$$A_i(x) = \frac{1}{a} (-|x - b_i| + a) \vee 0 \quad a > 0$$

ファジィ制御に用いる推論方式は次式で与える。

$$\frac{P', P \rightarrow Q \quad P, P' \in F(U) : \text{前件部}}{Q, Q' \in F(V) : \text{後件部}}$$

Q'

具体的なファジィ制御のアルゴリズムは次のようになる。

(段階1) マッチング

それぞれのファジィ規則Rⁱの前件部と確定値入力との間でマッチングを行い、適合度ω_iを求める。

$$\omega_i = \bigvee_u (P(u) \wedge P'(u))$$

(段階2) 頭切り

段階1で求めた適合度ω_iでファジィ規則Rⁱの後件部の頭を削り落とし、それぞれのmaxを求める。

$$Q'(v) = \bigvee_i (\omega_i \wedge Q_i(v))$$

(段階3) 制御量の決定

段階2で求めた計算結果に対し、重心法によって確定値としての制御量yを求める。

$$y = \frac{\sum v Q'(v)}{\sum Q'(v)}$$

従来の適合度による後件部の頭切りでは図1のように入力①と入力②は同じ適合度をもつため、システムはこれら2つを同じものと見なしてしまうことによる。そこで、この違いを区別して後件部に反映できるような制御法について考える。

修正した手法の説明の前に以下の量を定義する。

(定義) ずれ度

Q(v): ファジィ変数 v ∈ V

v₀: 確定値入力 v₀ ∈ V

が与えられているとき

$$\text{ずれ度 } \beta = v_a - v_0$$

$$\text{ただし } Q(v_a) = 1$$

このずれ度を後件部に反映させる方法は次のように行う。

(段階1) マッチング

それぞれのファジィ規則 R^i の前件部と確定値入力とのマッチングを行い、適合度 ω_i を求める。

$$\omega_i = \bigvee_u (P(u) \wedge P'(u))$$

さらに、ずれ度 β_i を求める。

(段階2) 後件部の変形

前件部とのマッチングの際に得たずれ度を用いて、後件部を図2のように変形する。

$$Q^i(v) = \frac{1}{a - \beta} (v - b_i + a) \bigvee 0 \quad \text{if } v < \beta \quad a > 0$$

$$Q^i(v) = \frac{-1}{a + \beta} (v - b_i - a) \bigvee 0 \quad \text{if } v > \beta \quad a > 0$$

(段階3) 頭切り

前件部とのマッチングの際に得た適合度 ω_i を用い、段階2で変形した後件部を図2のように削り落とし、それぞれのmaxを求める。

$$Q'(v) = \bigvee_i (\omega_i \wedge Q^i(v))$$

(段階4) 制御量の決定

段階3で求めた計算結果に対し、重心法によって確定値としての制御量 y を求める。

$$y = \frac{\sum v Q'(v)}{\sum Q'(v)}$$

このように後件部のファジィ変数の形を前件部と入力の位置関係を表示する尺度を用いて変形することにより、従来の手法では同一視してきた図1の入力①と入力②の違いを後件部に反映させることが可能となる。次節ではこのことを用いた制御特性について調べるとともに、ずれ度によって後件部を変形することによる効果をシミュレーションによって検証する。

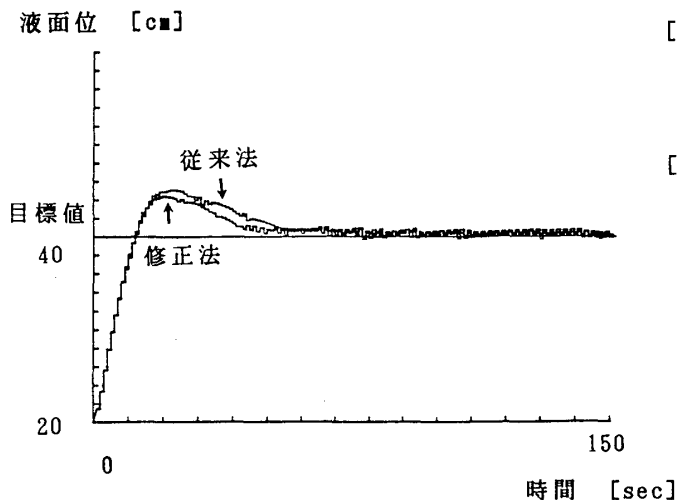


図3 液面制御系における従来法と修正法の比較

3. 修正法の効果

第2節における修正法の効果を調べるためにプロセス制御の一つである液面制御シミュレーションを行った。構成は以下の通りである。

ファジィ変数：-12..+12までの整数値が台集合

使用するファジィ規則数：19個

系を記述する方程式：

$$A \frac{dh(t)}{dt} + kh(t) = q(t)$$

A, k : 定数

h(t) : 目標値からの液面の高さ

q(t) : 操作水量

初期状態での水面の高さ：20cm

目標とする水面の高さ：40cm

制御器入力：偏差、偏差の変化分

図3に従来の頭切り法と修正法を用いた液面制御の結果を示す。この例では、修正法の方が従来法に比べて行き過ぎ量が小さくなっている。また、目標値に早く安定している。

4. まとめ

今回提案したずれ度を導入する修正法は、一例ではあるが、目標値に早く到達することが目的であるプロセス制御に対して有効であることを確認した。この手法が他の制御系にも適用できるかどうかについて更に考察、検討中である。

文献

- [1] E. H. Mamdani, Applications of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant. Proc. IEE, 121(1974), 1585-1588.
- [2] L. P. Holmbald and J. -J. Ostergaard, Control of a Cement Kiln by Fuzzy Logic, in M. M. Gupta and E. Sanchez (eds.), Fuzzy Information and Decision Process, North Holland, 1982, 389-399.
- [3] L. A. Zadeh, Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, SMC-3(1973), 28-44.
- [4] 菅野道夫, ファジィ制御. 日刊工業新聞社, 1988.