

むだ時間と一次遅れ系に対するファジィ制御

2001MM013 保坂 将光

指導教員 高見 勲

1 目的と動機

不確かさを持つ制御対象に対し、人間が経験的につかんでいくノウハウ、あいまいさを制御系設計に取り組みうとするファジィ制御は、現代社会において「制御におけるエキスパートシステム」であると認知され、非線形の制御対象でも制御できることから注目されている。このファジィ制御の核となるファジィ推論を用いて、空調システムの制御を MATLAB/Simulink を用いたシミュレーションを行い、考察する。

2 制御対象

空調システムのエンジンの回転数を制御することが本研究の目的である。制御対象の伝達関数は $\frac{K e^{-Ls}}{1+Ts}$ で K , L , T の 3つのパラメータはゲイン、無駄時間、及び時定数である。

3 ファジィ制御

3.1 ファジィ理論

あいまいさを扱う理論にファジィ理論というものがある。ファジィとは言葉の意味や概念の定義など人間の主観性に非常に深く関わるあいまいさをさしている。ファジィ理論はファジィ集合、ファジィ論理、ファジィ測度の三つの柱から成っている。ファジィ集合は数学の集合の考え方を拡張したもので、あいまいさを表現する際に用いられる。ファジィ論理は従来の多値論理にファジィ集合の考え方を入れたものであり、制御、エキスパート・システムなどで、ファジィ推論という形で用いられる。ファジィ測度は、通常の加法的測度を拡張したものであり、人間の評価・判断のモデリングなどに用いられる。

3.2 ファジィ推論

ファジィ推論を行うためには推論規則が必要で、その規則のことを IF-THEN 規則という。ファジィ推論には大別して直接法と間接法があり、一般に知られているのは直接法である。以下に 2 入力 1 出力型の IF-THEN 規則の形式を示す。

IF X is A and Y is B THEN Z is C

上記の IF-THEN 規則で IF の後ろから THEN の前までの部分を前件部、THEN の後ろの部分を後件部と呼び、 X Y を前件部変数、 Z を後件部変数と呼ぶ。また A , B , C はファジィ集合である。従来の推論の 0,1 的推論に対して、ファジィ推論では回転数が小さいというような命題の意味がファジィ集合によって定義されるため、0.0 から 1.0 の間の値をとるメンバーシップ関数に基づき各規則の適合度を求めることができる。これらを結合し、妥当な推論結果を得ることができる。よって

ファジィ推論では入力が命題 (IF-THEN 規則の前件部) に完全に一致しなくても、その適合度に依存して出力結論 (IF-THEN 規則の後件部) がファジィ集合として得られる [1]。

3.3 ファジィ制御

ファジィ制御の手順として、IF-THEN 規則の定義、メンバーシップ関数の定義、ブロック線図の構成、シミュレーションの実行を行う。

1. IF-THEN 規則

表 1 IF-THEN 規則

		回転数偏差 (ΔS)				
		NB	NS	Z	PS	PB
偏差 の 微 分 ($\Delta \dot{S}$)	NB	PB	PB	PS	PS	Z
	NS	PB	PS	PS	Z	NS
	Z	PS	PS	Z	NS	NS
	PS	PS	Z	NS	NS	NB
	PB	Z	NS	NS	NB	NB

NB(Negative Big)=非常に小さくする
 NS(Negative Small)=やや小さくする
 Z(Zero)=その状態を維持する
 PS(Positive Small)=やや大きくする
 PB(Positive Big)=非常に大きくする

2. メンバーシップ関数

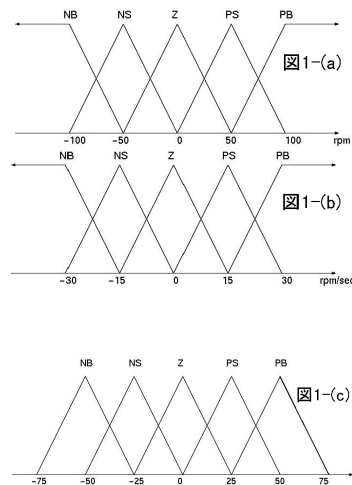


図 1 (a) 回転数偏差のメンバーシップ関数,(b) 回転数偏差の微分のメンバーシップ関数,(c) 出力のメンバーシップ関数

4 シミュレーション

図 2 にシミュレーション用ブロック線図を示す。

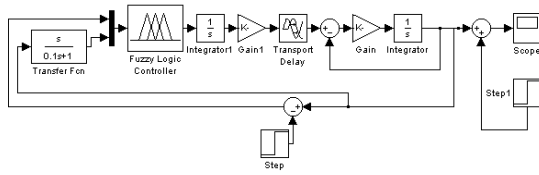


図 2 ブロック線図

エンジンの回転数を 1500rpm から 10 秒後に 200rpm のステップ入力をあたえ、1700rpm に上げるシミュレーションを以下の方法で行った。

4.1 積分特性をもつステッピングモータを使用した場合

図 3 にシミュレーション結果を示す。

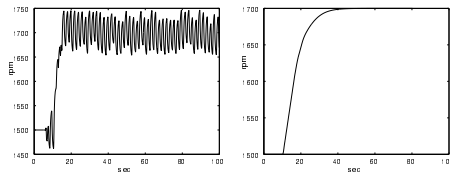


図 3 積分特性付き制御

左の波形ではゲインが大きすぎるため、目標値に到達してはいるが、ハンチングしていることがわかる。よってゲインを下げるため出力のメンバーシップ関数の範囲を -75~75 から -15~15 に変更し、NS, PS を中心によせた。右は出力のメンバーシップ関数変更後の波形である。ハンチングの問題は解決されたが収束するまでの時間が長くなっている。

4.2 Fuzzy Logic Controller で制御

これより以降は、ステッピングモータから積分特性のない DC(AC) モータでシミュレーションを行う。シミュレーション結果を図 4 に示す。

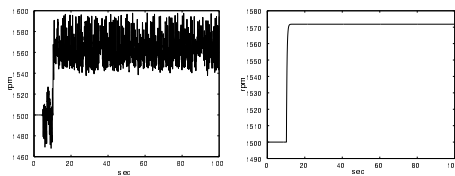


図 4 Fuzzy Logic Controller 制御

左の波形はメンバーシップ関数は 3.3 で決定したものをを使う。積分特性を省略したため振動的な応答を示している。そこで、回転数偏差のメンバーシップ関数と回転数偏差の微分のメンバーシップ関数の NS, PS を中心によせ、出力のメンバーシップ関数の範囲を倍にし、NS,

PS を中心によせた。右の波形はメンバーシップ関数変更後である。安定はしたが目標値との偏差が大きく目標回転数を実現できない。次に IF-THEN 規則を変更したが、波形を安定させたまま回転数を目標値に一致させることは困難だった。

4.3 調整パラメータと積分特性付き Fuzzy で制御

図 5 のコントローラは Gain1 を K_p 、Gain2 を K_d とした調整パラメータと積分特性 ($\frac{1}{s}$) を持つコントローラである。

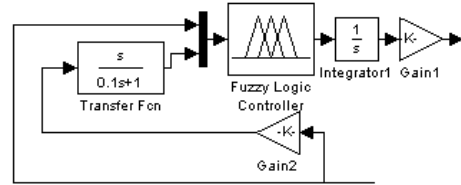


図 5 調整パラメータと積分特性を持たせたコントローラ

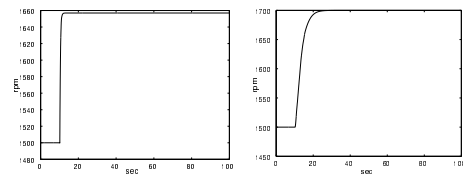


図 6 (左) 調整パラメータで制御 (右) 調整パラメータと積分特性で制御

図 6 の左の波形は、メンバーシップ関数は 4.2 のものを使用し、コントローラに積分特性を持たせず、調整パラメータ K_p に 0.4, K_d に 0.01 をを代入したシミュレーション波形で、目標値誤差が約 40rpm となった。右の波形はさらにコントローラに積分特性を持たせた波形で収束時間も早く、目標回転数を実現できた。

5 考察

IF-THEN 規則とメンバーシップ関数のパラメータの数はそれぞれ 25 個、45 個もありその組合せは 25×45 個という数になり、調整が難しく時間も大幅にかかってしまう。そこで調整パラメータや、積分特性をコントローラに持たせることを考えた。その結果パラメータの数が 2 個になり調整が容易、且つ短時間でできるということがわかり、良い制御性が得られた。

参考文献

- [1] 菅野道夫:ファジィ制御, 日刊工業新聞社 (1997)