
ファジィ制御へのGAの応用

宗久研究室

T03KF027 原田 友之

目次

ファジィ理論

ファジィルール

ファジィ集合

メンバーシップ関数

ファジィ演算

ファジィ推論

ファジィ制御

ファジィ制御への GA の応用

ファジィ理論

- ・ Zadeh が提案
- ・ あいまいさを扱うための手法

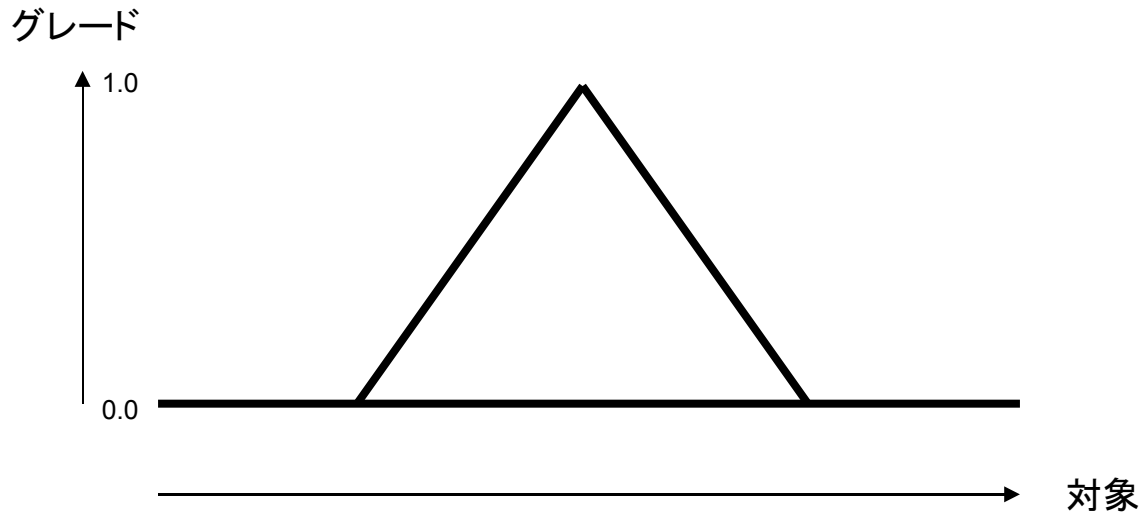
- ・ 以下のものからなる
 - ファジィルール
 - ファジィ集合
 - メンバーシップ関数
 - ファジィ演算
 - ファジィ推論

ファジィルール

- ・ 「もし～ならば～である」というような表現の規則
- ・ if ～ then で表す
 - if x is A and y is B then z is C
- ・ 前件部と後件部に分けられる
 - if から then までが前件部
 - then から後ろが後件部

ファジィ集合

- ・ ある対象 x を台集合とみなし, それにおけるグレードの集まり
 - グレードは 0 から 1 までの範囲で数値化される
 - 横軸を対象, 縦軸をグレードとしてグラフ化して表現



- 「メンバーシップ関数」

ファジィ演算

- ・ 共通集合 (AND)

- 2つのメンバーシップ関数のうち, 常に小さい方の値をとる

$$\begin{aligned}\mu_{A \cap B} &= \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \\ &= \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}\end{aligned}$$

- ・ 和集合 (OR)

- 2つのメンバーシップ関数のうち, 常に大きい方の値をとる

$$\begin{aligned}\mu_{A \cup B} &= \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \\ &= \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}\end{aligned}$$

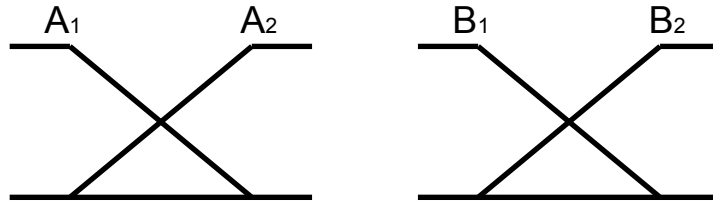
ファジィ推論

- 高木菅野のファジィ推論法

1. ルールの記述を行う

ルール1 : if x is A_1 and y is B_1 then $z = f_1(x, y)$

ルール2 : if x is A_2 and y is B_2 then $z = f_2(x, y)$



- 入力 x_0y_0 に対する前件部ルール適合度を求める

$$w_1 = A_1(x_0) \cdot B_1(y_0)$$

$$w_2 = A_2(x_0) \cdot B_2(y_0)$$

- 各ルール推論結果を求める

後件部関数に入力 x_0y_0 を直接代入する

$$z_1 = f_1(x_0, y_0)$$

$$z_2 = f_2(x_0, y_0)$$

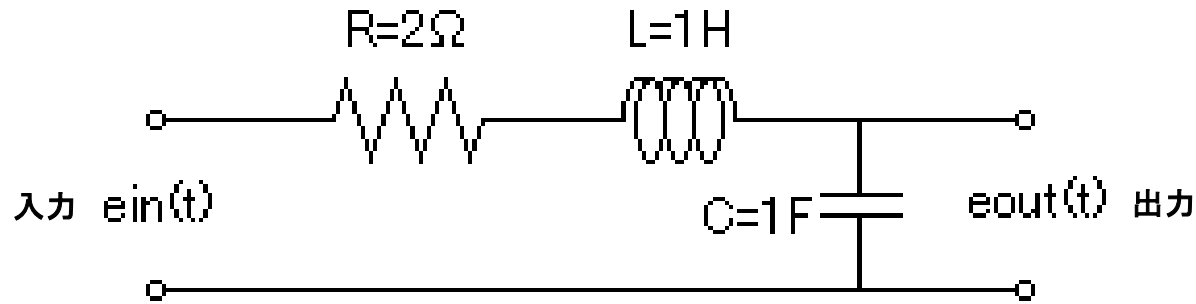
ファジィ推論

- ・ 高木菅野推論法の手順
 1. ルール全体の推論結果を求める
式で表す重みつき平均値となる

$$out = \frac{w_1 f_1(x_0, y_0) + w_2 f_2(x_0, y_0)}{w_1 + w_2}$$

ファジィ制御

- ・ ファジィ制御
 - ファジィ推論により制御を行う

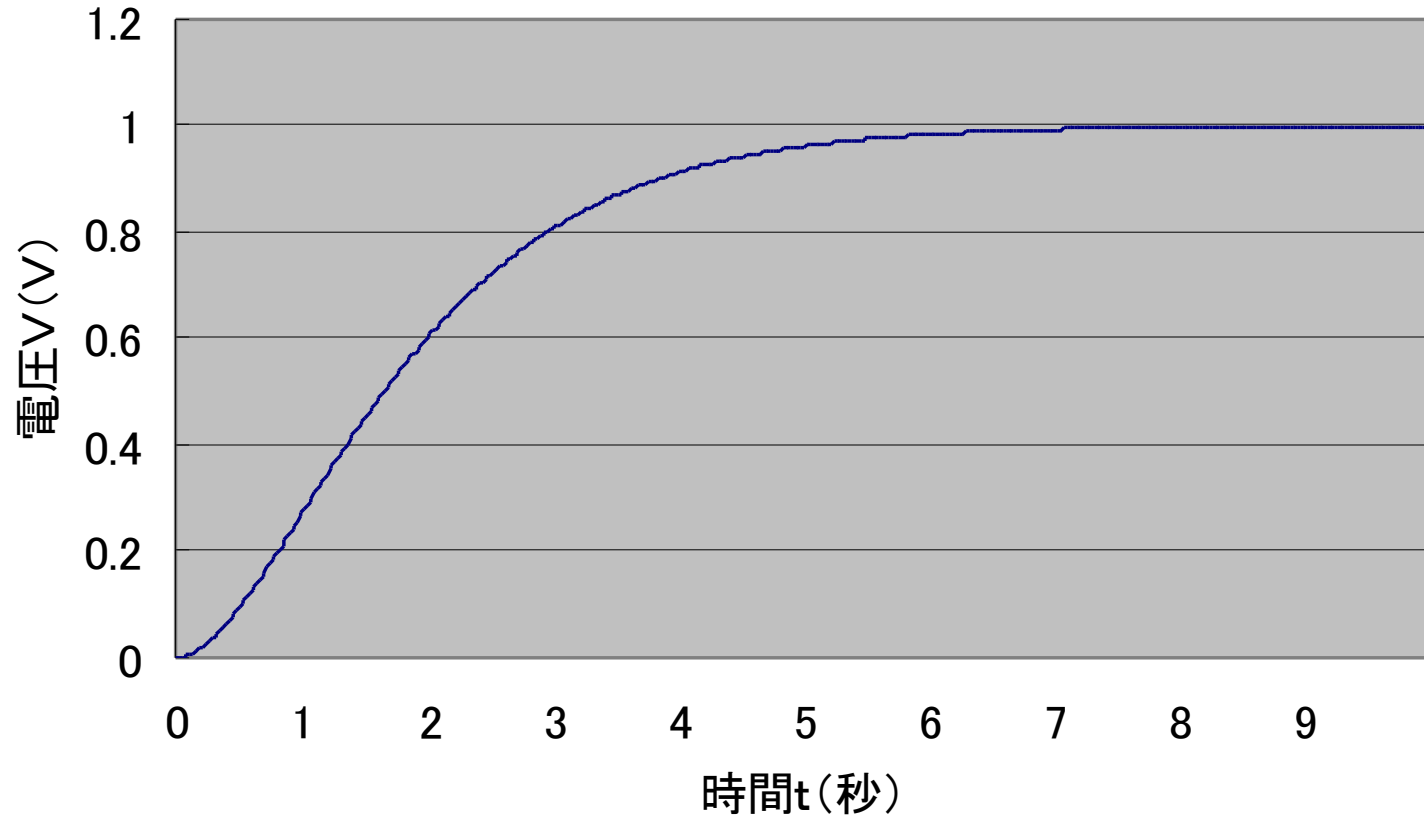


- ・ RLC 回路の出力電圧の制御を行う
- ・ 目的: 素早く定常状態に持っていくこと

- ・ 回路の式
$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{R}{L} \frac{dx}{dt} - \frac{1}{LC} x + \frac{1}{LC} E_i$$

ファジィ制御

- ・ 制御なしの時の RLC 回路の応答



ファジィ制御

- ・ 制御の手法

- 現在の出力電圧を測定
- ファジィルールと照らし合わせ, RLC 回路への入力電圧を操作する
- フィードバック制御

ファジィ制御

- ファジィルール

		出力電圧の変化率				
		NB	NS	ZO	PS	PB
出力電圧	NB			PB		
	NS			PS		NS
	ZO	PB	PS	ZO	NS	NB
	PS	PS		NS		
	PB			NB		

N・・・Negative(負), P・・・Positive(正)

B・・・Big(大きい), S・・・Small(小さい)

ZO・・・Zero(零)

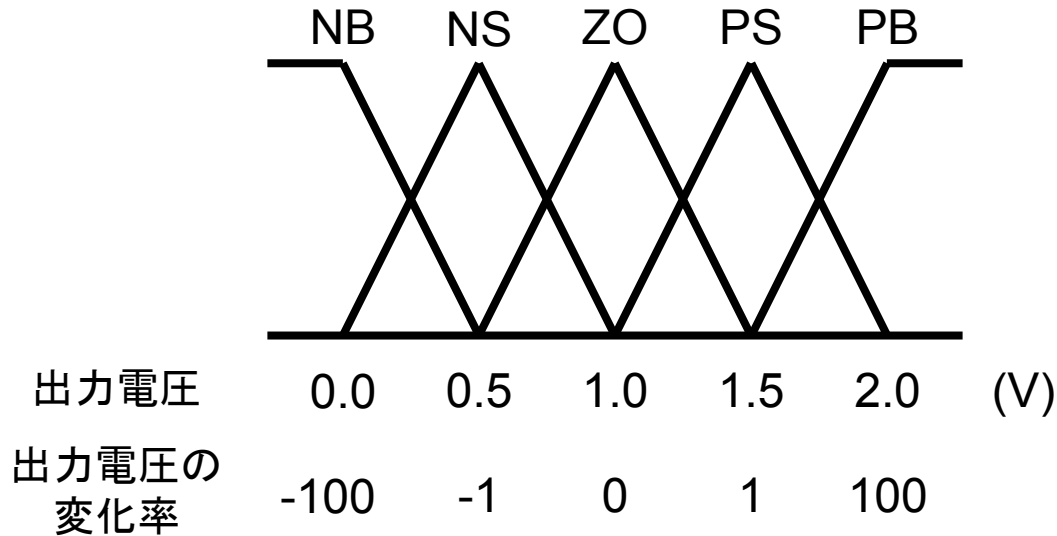
例) 1行3列

if 出力電圧がNBで変化率がZO then 入力電圧をPBにする

ファジィ制御

- ・ ファジィ集合

- 前件部のファジィ集合



- 後件部のファジィ集合

NB = 0.2V NS = 0.6V

ZO = 1.0V

PS = 1.4V PB = 1.8V

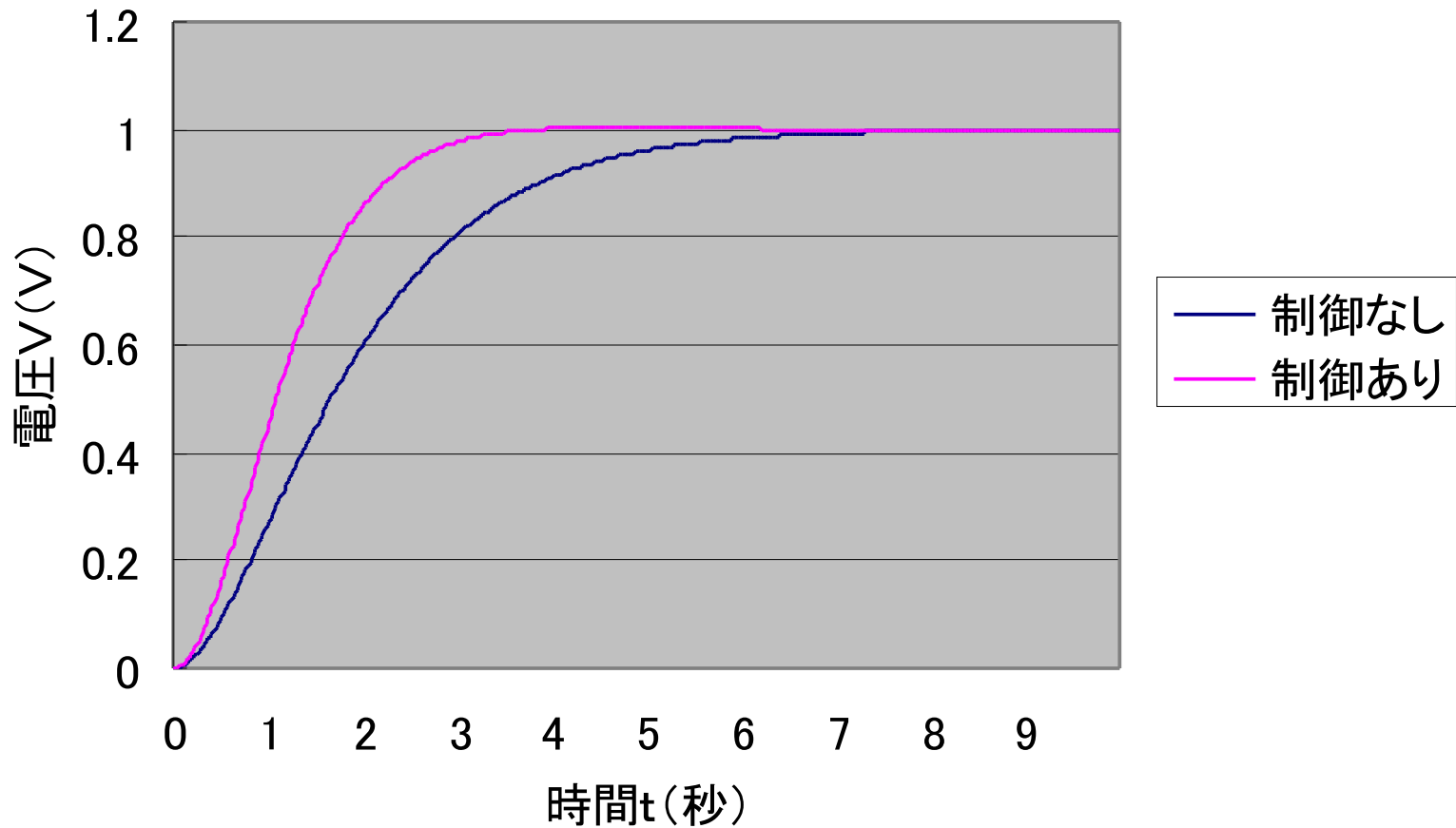
ファジィ制御

- 推論結果

$$\begin{aligned} Z &= \frac{z_1 w_1 + z_2 w_2 + z_3 w_3 + z_4 w_4 + z_5 w_5}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5} \\ &= \frac{NB \cdot w_1 + NS \cdot w_2 + ZO \cdot w_3 + PS \cdot w_4 + PB \cdot w_5}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5} \\ &= \frac{0.2 \cdot w_1 + 0.6 \cdot w_2 + 1.0 \cdot w_3 + 1.4 \cdot w_4 + 1.8 \cdot w_5}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5} \end{aligned}$$

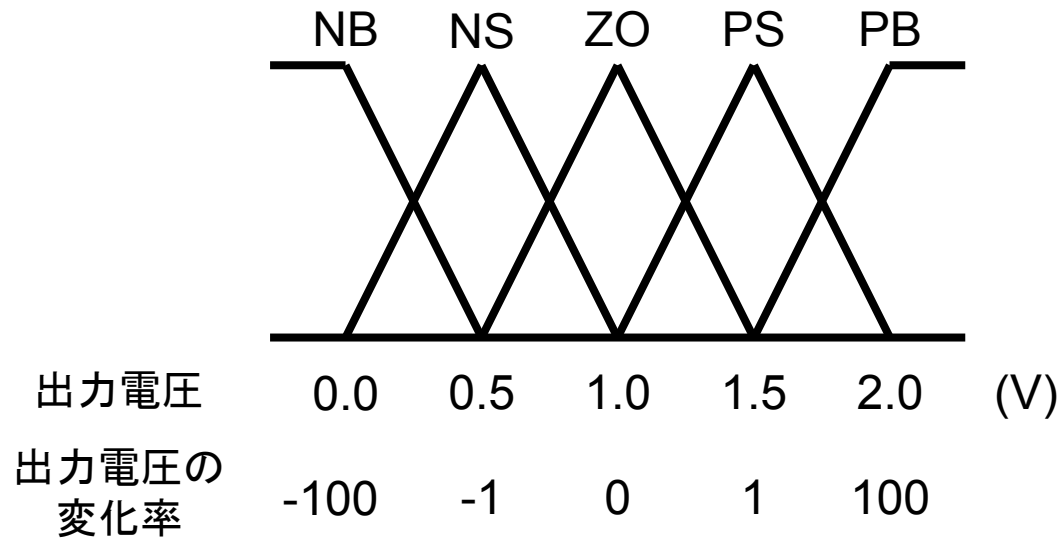
ファジィ制御

- ・ ファジィ制御を行った場合の RLC 回路の応答



ファジィ制御への GA の応用

- ・ ファジィ制御の精度を上げるために
 - ファジィ集合のパラメータを調整する



- ・ パラメータの探索にGA を応用

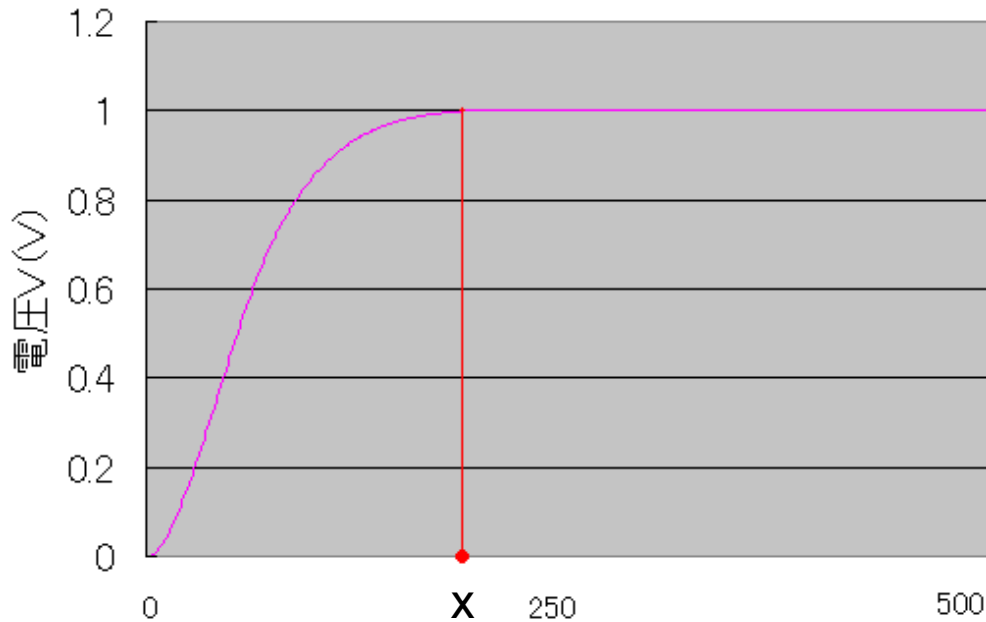
GA (Genetic Algorithms, 遺伝的アルゴリズム)

- ・ ある問題に対する最適な解を求めるための手法
- ・ 生物の世界にある遺伝の法則をまねて作られたもの
 - － 解を遺伝子という形で表現
 - － 交叉, 突然変異を行うことで遺伝子を変化させる
 - － 選択により良い方向に変化した個体が生き残る
- ・ 最適解の探索に関して
 - － 局所解から脱出できる
 - － 無駄な探索空間を避けることが出来る

ファジィ制御への GA の応用

・ 適合度

- 計測時間(10秒間)を500ステップに分割
- 目標出力(1.0 V)との誤差が 0.005 V以内の状態が 100ステップ続いた時, その状態になった初めの時間
- 適合度を「大きいほうが良い」ことにするため, 500から引く

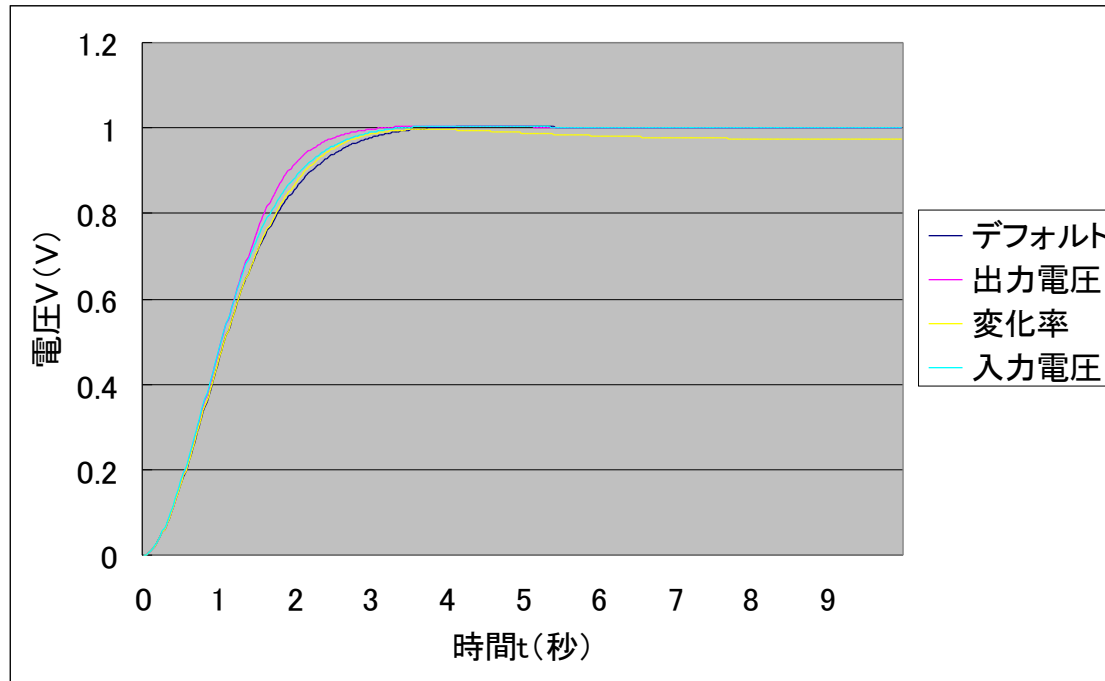


» 適合度 = $500 - x$

ファジィ制御への GA の応用

- ・ 単純 GA (SGA) での実行

- ルーレット選択, 一点交叉, 一般的突然変異を用いるGA
- 交叉確率70%, 突然変異確率3%, 個体数256, 世代数100



- ・ 探索 (GA の実行) にかかった時間はごく僅か。
 - 全探索は 3 時間以上かかる

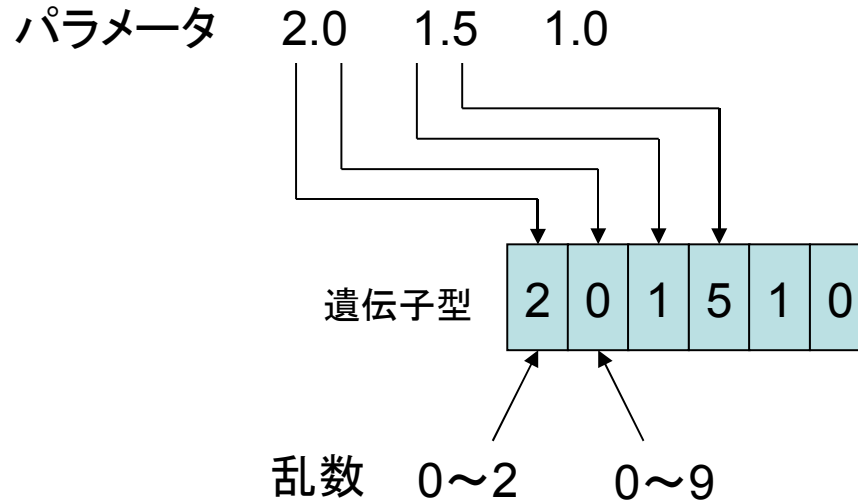
ファジィ制御への GA の応用

- ・ さらに精度・効率をよくするために
 - GA を改良することによって, さらに効率的な探索を目指す
 - 最も効果的な出力電圧のパラメータの探索のみに絞って考える
- 改良なし
 - ・ 交叉確率70%, 突然変異確率3%, 個体数256, 世代数100でGAを100回実行
 - ・ 最大適合度355 (デフォルトパラメータ時326)
 - ・ 平均適合度11
 - ・ パラメータはほとんど見つからない

ファジィ制御への GA の応用

- GA の改良

- 初期集団の生成方法の改良



- 位置に応じて乱数の範囲を制限
- 無駄な探索空間を避けることができる
- 最大適合度 361
- 平均適合度 158
- 精度のよくなるパラメータが見つかるようになった

ファジィ制御への GA の応用

- ・ GA の改良

- － 突然変異の改良

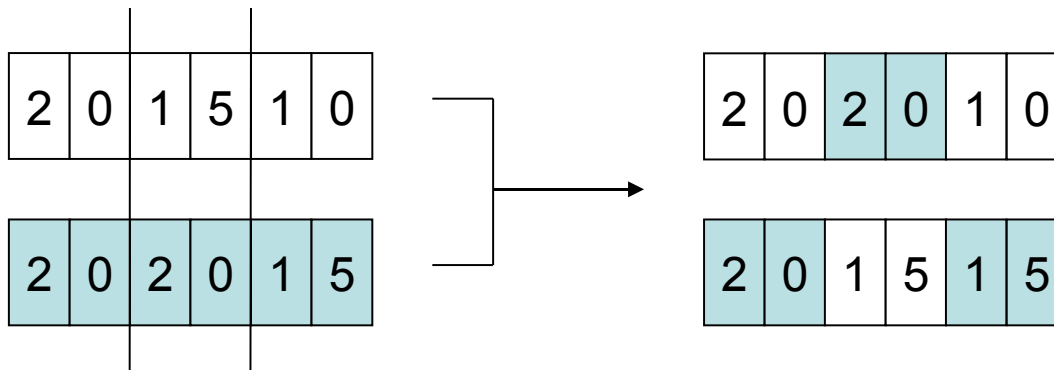
- ・ 位置に応じて乱数の範囲を制限
 - ・ 無駄な探索空間を避けることができる
 - ・ 最大適合度 360
 - ・ 平均適合度 231
 - ・ 平均適合度が良くなり, 効果があったと言える

ファジィ制御への GA の応用

- GA の改良

- 交差の改良

- ・ 多点交叉(2点)
- ・ 一点交叉と比べて解の良い部分が壊れにくい



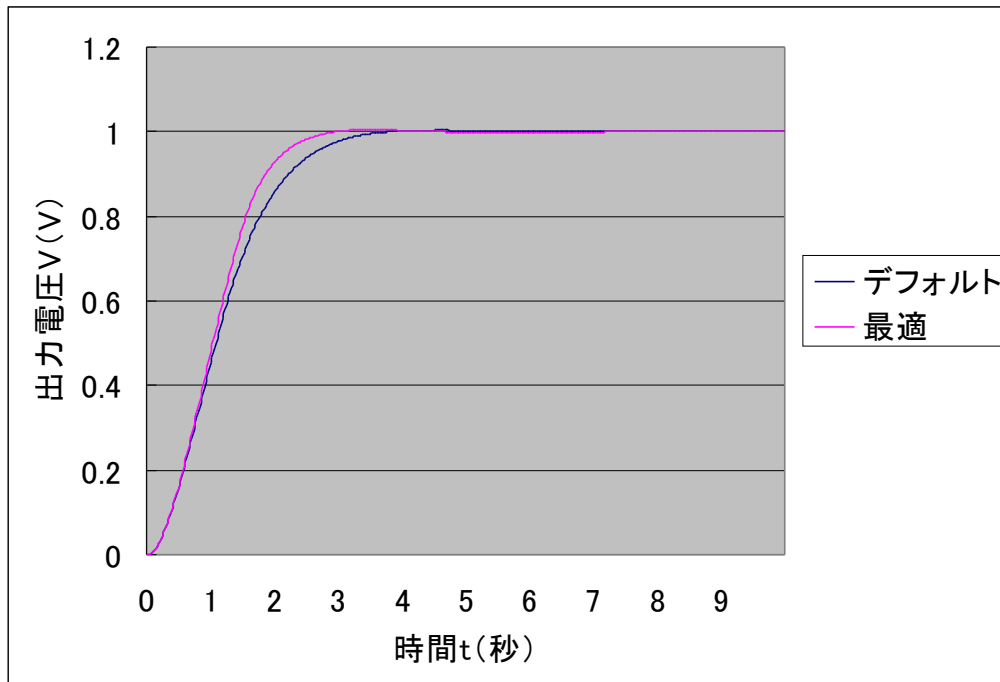
- ・ 最大適合度 359
- ・ 平均適合度 249
- ・ 平均適合度がさらに良くなり, 効果があったと言える

ファジィ制御への GA の応用

・ 検証

－ 本当に最適パラメータなのか？

- ・ 全探索によって求めた最適パラメータによる適合度と, GA によって求めたパラメータによる適合度を比較する
- ・ 最適パラメータ時の適合度: 362
- ・ GA によって最適に近い解が求まったということが言える



ファジィ制御への GA の応用

- ・ まとめと考察

- GA によって, ファジィ制御の精度が良くなるパラメータを見つけることができた
 - ・ 全探索に比べ, 大幅な時間の短縮となる
 - ・ 問題に合わせて GA を設計することで, より有効にファジィ制御へ応用することができる
- 適合度の計算方法は最適とは言えない
 - ・ 何らかの形で検証が必要

参考文献

- [1]佐々木誠治:ファジィ理論におけるメンバーシップ関数の決定法, 山梨大学卒業論文(2004).
- [2]ファジィ制御, SoftComputing lab., (online), <<http://scl.m-kb.net/fuzzy-6.shtml>>, (2007-2-10).