

# 模糊控制系統設計

Design of Fuzzy Control System

- 使用 *Matlab Fuzzy Toolbox*



Page 1

## 摘要

- 模糊控制器設計步驟
- 實際例子分析
- Matlab Fuzzy Toolbox*實現

Page 2

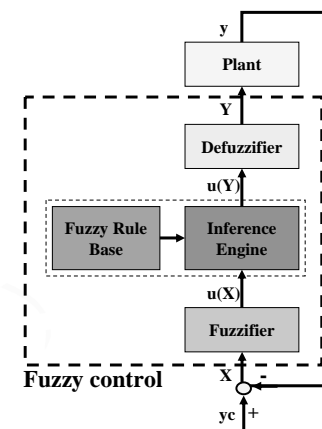
## 摘要

- 模糊控制器設計步驟
- 實際例子分析
- Matlab Fuzzy Toolbox*實現

Page 3

## 模糊控制器設計步驟

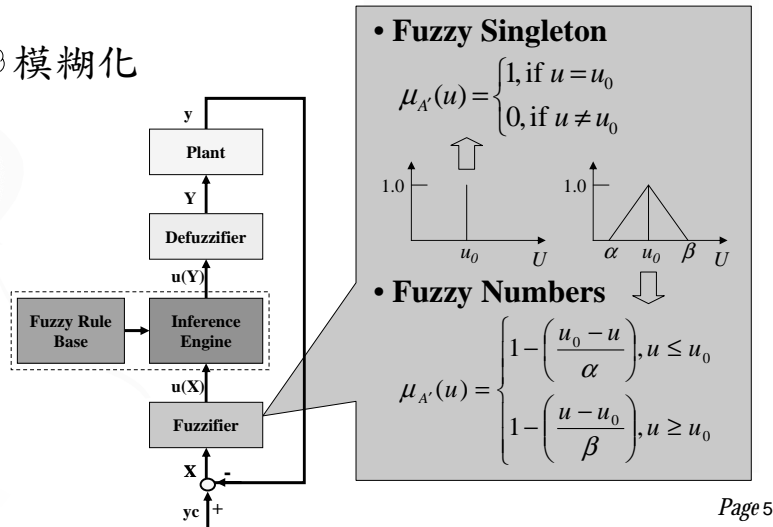
- 模糊控制器與受控系統之間關係



Page 4

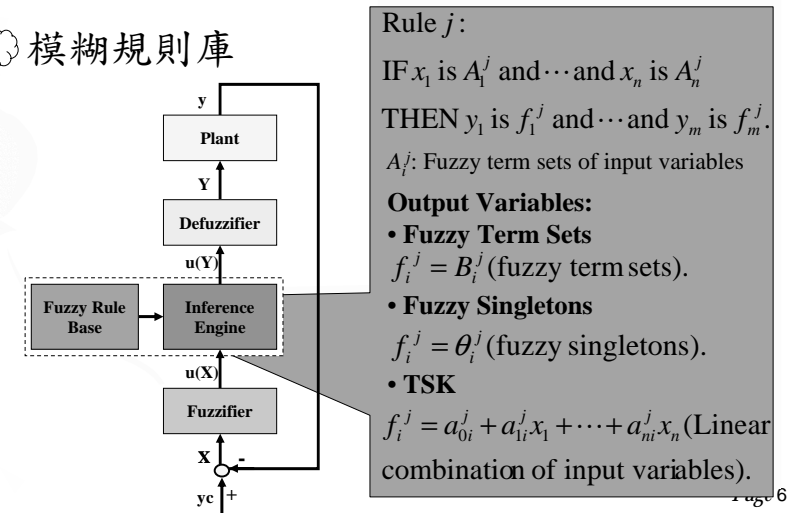
## 模糊控制器設計步驟

### 2 模糊化



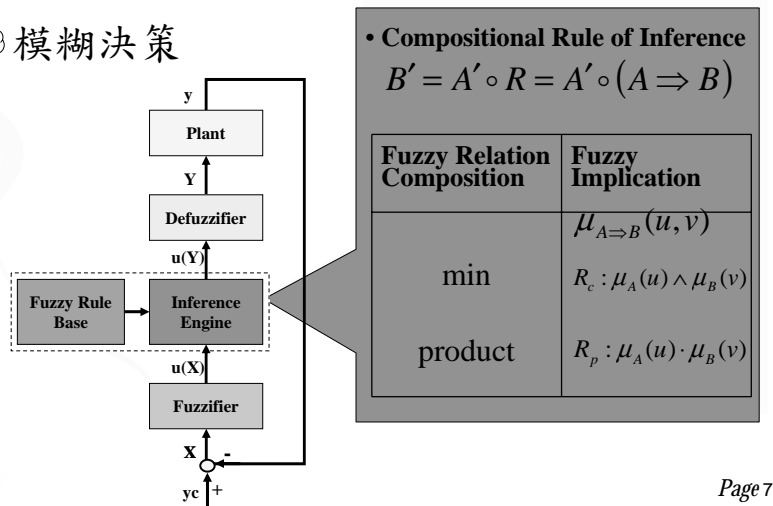
## 模糊控制器設計步驟

### 3 模糊規則庫



## 模糊控制器設計步驟

### 4 模糊決策

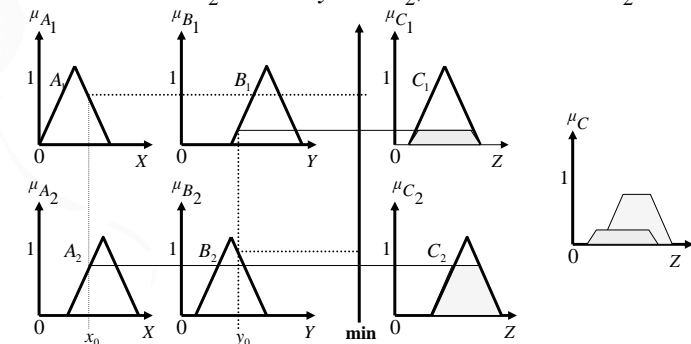


## 模糊控制器設計步驟

### Fuzzy Reasoning Process (Min-Min-Max)

IF  $x$  is  $A_1$  AND  $y$  is  $B_1$ , THEN  $z$  is  $C_1$ ,

IF  $x$  is  $A_2$  AND  $y$  is  $B_2$ , THEN  $z$  is  $C_2$ .

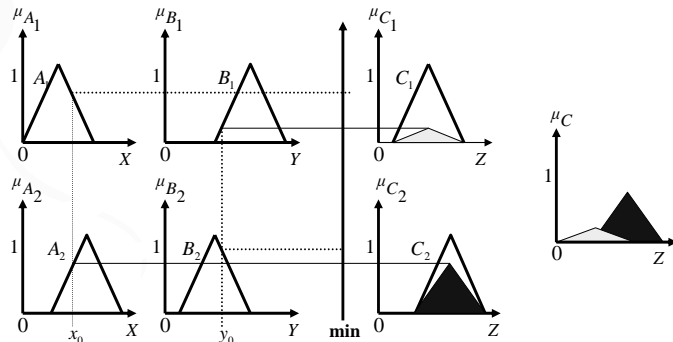


## 模糊控制器設計步驟

### Fuzzy Reasoning Process (Min-Product-Max)

IF  $x$  is  $A_1$  AND  $y$  is  $B_1$ , THEN  $z$  is  $C_1$ ,

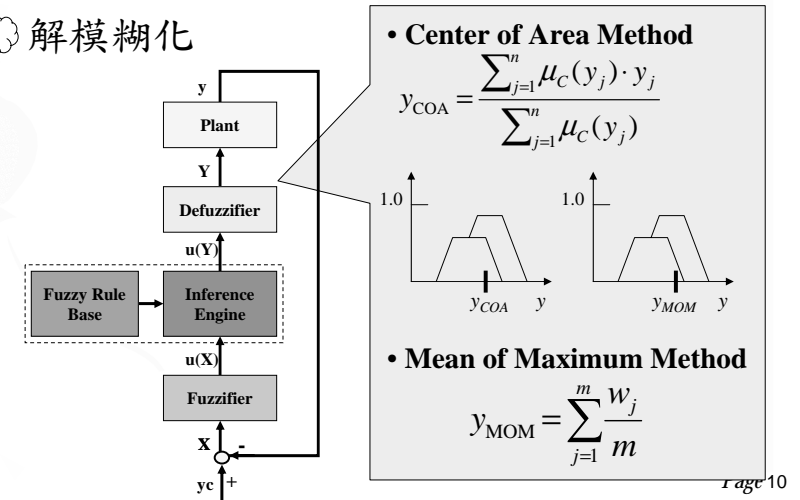
IF  $x$  is  $A_2$  AND  $y$  is  $B_2$ , THEN  $z$  is  $C_2$ .



Page 9

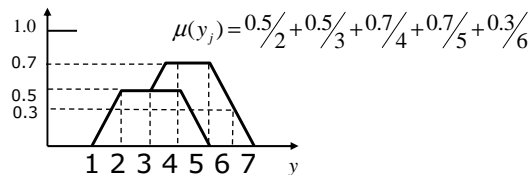
## 模糊控制器設計步驟

### 5 解模糊化



Page 10

## 模糊控制器設計步驟



$$y_{MOM} = \frac{\sum_{j=1}^m w_j}{m} = \frac{4+5}{2} = 4.5$$

$$y_{COA} = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_C(y_j) \cdot y_j}{\sum_{j=1}^n \mu_C(y_j)} = \frac{2 \times 0.5 + 3 \times 0.5 + 4 \times 0.7 + 5 \times 0.7 + 6 \times 0.3}{0.5 + 0.5 + 0.7 + 0.7 + 0.3} = 3.9$$

Page 11

## 模糊控制器設計步驟

### 6 總結：設計模糊控制器的原則

- (1) 定義輸入及輸出變數
- (2) 決定模糊化的策略
- (3) 定義各語言變數的資料庫
- (4) 設計控制器規則庫
- (5) 設計模糊推論機構
- (6) 選擇解模糊化的方式

Page 12

## 摘要

模糊控制器設計步驟

實際例子分析

Matlab Fuzzy Toolbox實現

Page 13

## 實際例子分析

① 問題描述(搬運一質量 $m$ 之物體至1公尺遠處)

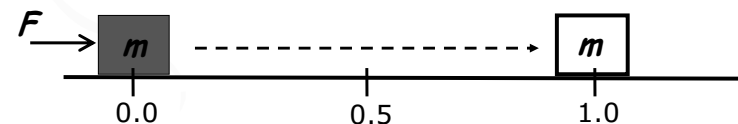
$$F+f=ma$$

$F$  為施加物體之控制力

$f$  為施加物體之外力，如摩擦力

$m$  為物體之質量

$a$  為物體受外力時之加速度



Page 14

## 實際例子分析

② 定義輸入及輸出變數

輸入變數:物體位置與目標位置之誤差  
(追蹤誤差=目標位置-物體位置)

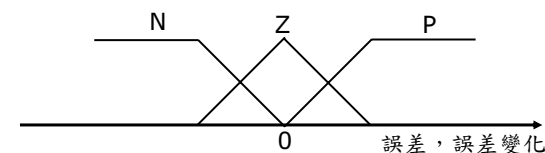
輸出變數:力量

Page 15

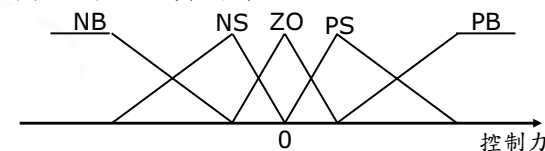
## 實際例子分析

③ 定義各語言變數的資料庫

➦ 輸入變數的資料庫



➦ 輸出變數的資料庫



Page 16

## 實際例子分析

### 4 設計控制器規則庫

#### 1 PI 型模糊控制器

IF  $e$  is  $F_e$  and  $\Delta e$  is  $F_{\Delta e}$  THEN  $\Delta u$  is  $F_{\Delta u}$

#### 2 PD 型模糊控制器

IF  $e$  is  $F_e$  and  $\Delta e$  is  $F_{\Delta e}$  THEN  $u$  is  $F_u$

Page 17

## 實際例子分析

### 4 設計控制器規則庫

IF  $e$  is  $F_e$  and  $\dot{e}$  is  $F_{\dot{e}}$  THEN  $u$  is  $F_u$

$\dot{e} \backslash e$	N	Z	P
N	NB	NS	ZO
Z	NS	ZO	PS
P	ZO	PS	PB

Page 18

## 實際例子分析

### 5 設計模糊推論機構

**Fuzzy Reasoning Process (Min-Min-Max)**

### 6 解模糊化方式

重心法

Page 19

## 摘要

模糊控制器設計步驟

實際例子分析

Matlab Fuzzy Toolbox實現

Page 20

# Matlab Fuzzy Toolbox

## 1 基本命令介紹

(可在Matlab命令字元下鍵入help fuzzy得更詳細資料)

<b>fuzzy</b>	- Basic FIS editor.
mfedit	- Membership function editor.
ruleedit	- Rule editor and parser.
ruleview	- Rule viewer and fuzzy inference diagram.
surfview	- Output surface viewer.
addmf	- Add membership function to FIS.
addrule	- Add rule to FIS.
addvar	- Add variable to FIS.
plotfis	- Display FIS input-output diagram.
plotmf	- Display all membership functions for one variable.
readfis	- Load FIS from disk.
writfis	- Save FIS to disk.

Page 21

# Matlab Fuzzy Toolbox

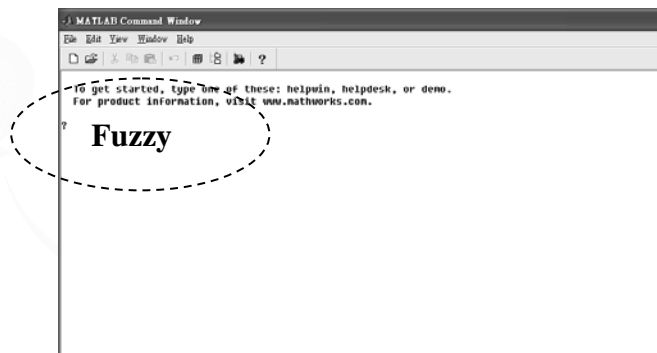
## 2 Simulink 工具



Page 22

# Matlab Fuzzy Toolbox

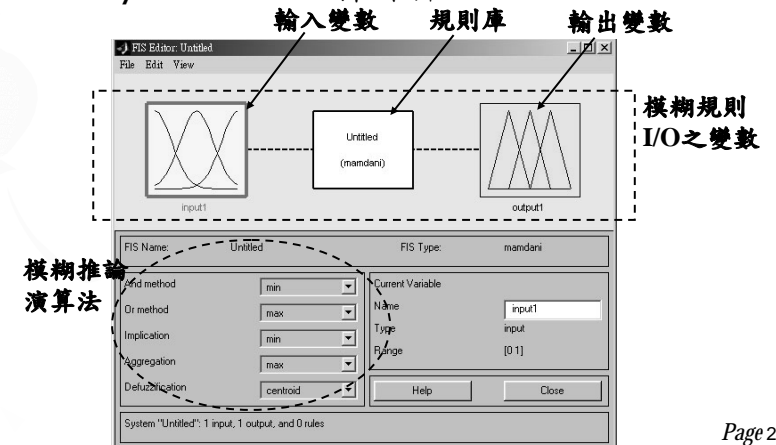
## 3 呼叫Fuzzy Toolbox圖形介面



Page 23

# Matlab Fuzzy Toolbox

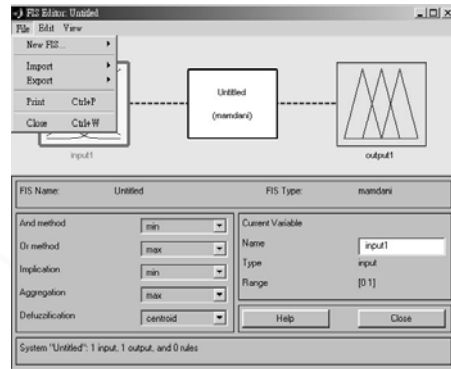
## 4 Fuzzy Toolbox之操作介面



Page 24

# Matlab Fuzzy Toolbox

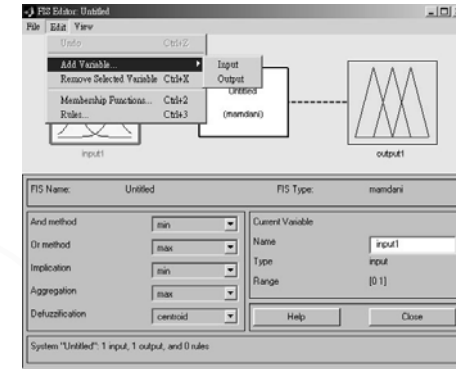
## 5 Fuzzy Toolbox之功能介紹（一）



Page 25

# Matlab Fuzzy Toolbox

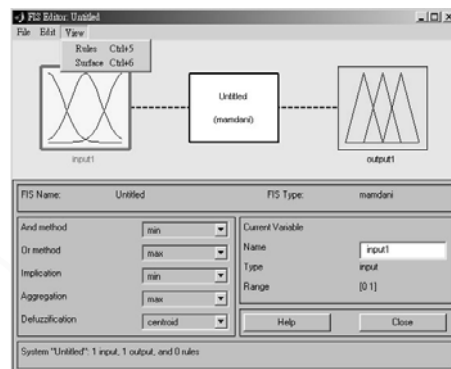
## 5 Fuzzy Toolbox之功能介紹（二）



Page 26

# Matlab Fuzzy Toolbox

## 5 Fuzzy Toolbox之功能介紹（三）

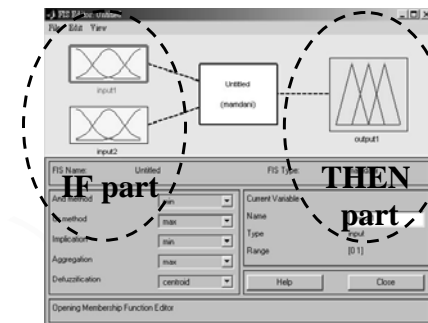


Page 27

# Matlab Fuzzy Toolbox

定義輸入及輸出變數以符合模糊規則形式

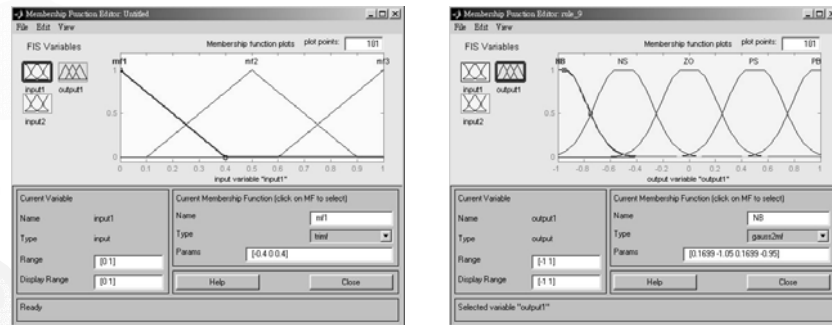
IF  $e$  is  $F_e$  and  $\dot{e}$  is  $F_{\dot{e}}$  THEN  $u$  is  $F_u$



Page 28

# Matlab Fuzzy Toolbox

步驟一 建立輸入與輸出變數之歸屬函數

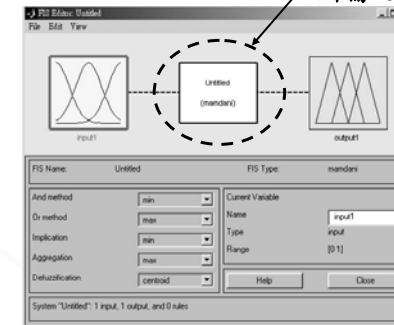


Page 29

# Matlab Fuzzy Toolbox

步驟二 建立所需之模糊規則庫(一)

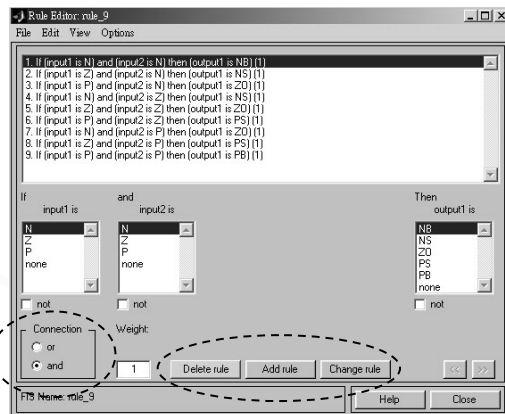
按兩下進入編輯所需之模糊規則



Page 30

# Matlab Fuzzy Toolbox

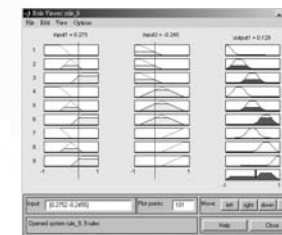
步驟三 建立所需之模糊規則庫(一)



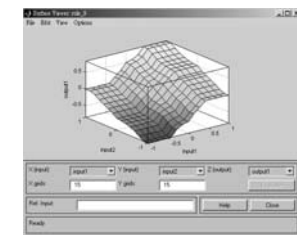
Page 31

# Matlab Fuzzy Toolbox

步驟四 觀看所建立之模糊規則庫



規則形式表現方式



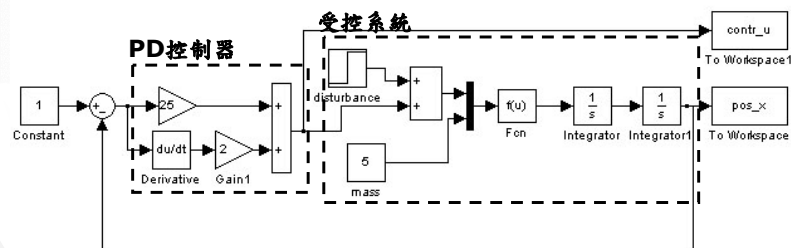
表面形式表現方式

Page 32



# Matlab Fuzzy Toolbox

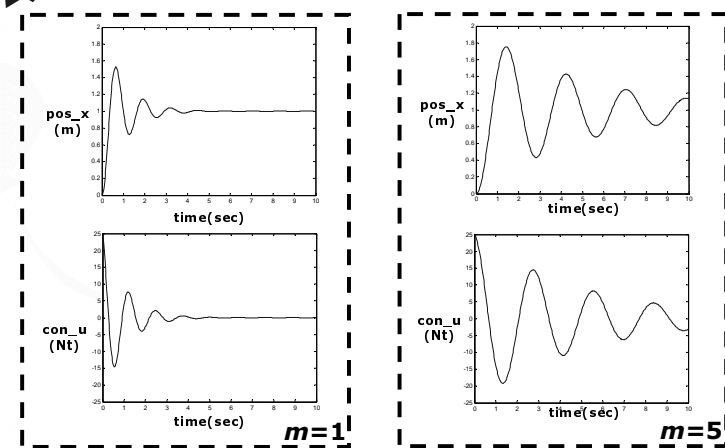
建立Simulink模擬系統方塊圖  
(傳統PD-type control)



Page 33

# Matlab Fuzzy Toolbox

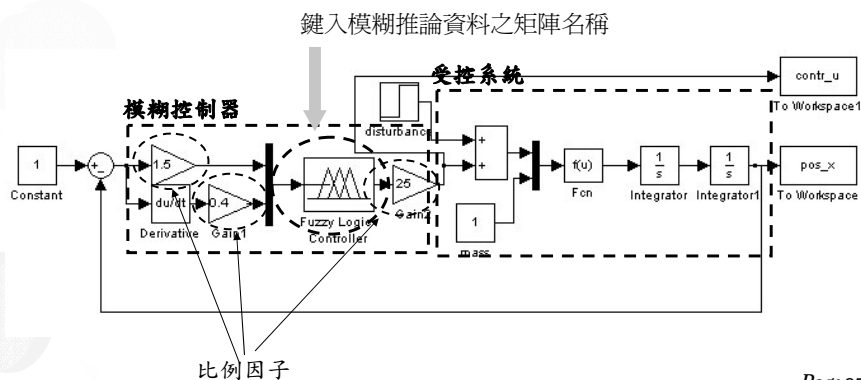
PD控制器之模擬結果



Page 34

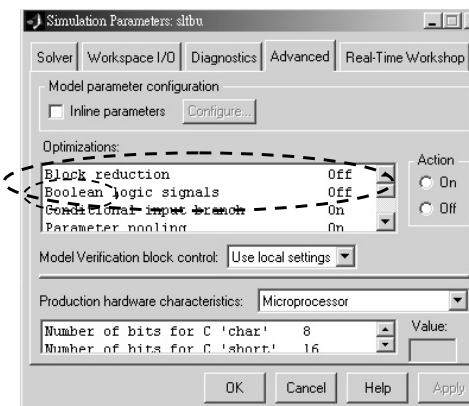
# Matlab Fuzzy Toolbox

建立Simulink模擬系統方塊圖  
(FUZZY control)



Page 35

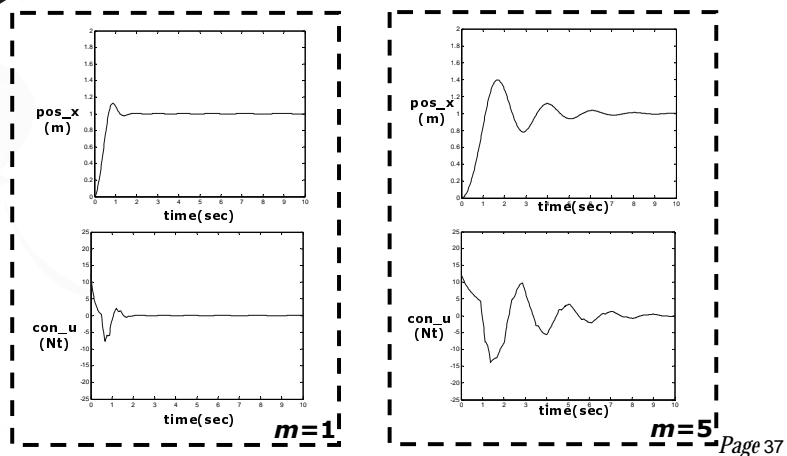
Simulink模擬參數設定



Page 36

# Matlab Fuzzy Toolbox

## 模糊控制器之模擬結果



Page 37

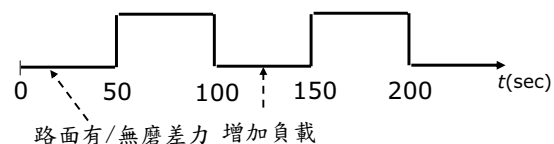
## 結 論

利用模糊理論發展出之模糊控制器，其設計過程中加入日常生活中的語意特質，且模糊規則為匯集相關專家的經驗和操控法則而得，可完全不需知道受控系統之數學模型下進行設計。因此，在面對系統具有不確定性、時變性和非線性等複雜狀態時，能提供傳統控制器無法達到的成果。

Page 38

## 練 習

(1) 在移動物體過程中，增加考慮當有物體負載變化與磨差力之情狀下之控制響應，且可以增加考慮PI/PD-type模糊規則形式之運用。



Page 39