



『自動控制實習講義』
電機系吳佳斌編著

實驗三 時間響應

實驗目的：分析控制系統的時間響應，並觀察時間響應與自然無阻尼頻率及阻尼比的關係；另一方面，在系統加入極、零點時觀察時間響應與入極、零點的關係，而且練習 MATLAB 的操作及熟悉其應用，應用於解控制相關的問題可作為日後控制系統設計及分析的參考。

■ 二階標準系統及其相關參數

$$T(S) = \frac{\omega_n^2}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2}$$

$$\text{安定時間 } T_s = \frac{4}{\zeta\omega}$$

$$\text{峰值時間 } T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}}$$

$$\text{超越量百分比 \% OS} = e^{-\left(\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}\right)} \times 100$$

■ 已知極點求二階標準系統

Ex. 極點 $S = -1 \pm j2$

指令：

Den=poly([-1+2i -1-2i]) %計算分母多項式

T_tf=tf(Den(3),Den) %以二階標準系統表示

結果：

Transfer function:

5

$s^2 + 2s + 5$

■ 以近似公式計算其安定時間、峰值時間、超越量百分比

指令：

```
omegan=sqrt(Den(3)/Den(1))           %計算自然頻率  
zeta=(Den(2)/Den(1))/(2*omegan)      %計算阻尼比  
Ts=4/(zeta*omegan)                   %計算安定時間  
Tp=pi/(omegan*sqrt(1-zeta^2))        %計算峰值時間  
pos=100*exp(-zeta*pi/sqrt(1-zeta^2)) %計算超越量百分比
```

結果：

```
omegan =  
  
2.2361  
zeta =  
  
0.4472  
Ts =  
  
4  
Tp =  
  
1.5708  
pos =  
  
20.7880
```

■ 以響應結果查看

Ex.

$$T(S) = \frac{5}{S^2 + 2S + 5}$$

指令：

Num=5

%輸入系統分子係數

Den=[1 2 5]

%輸入系統分母係數

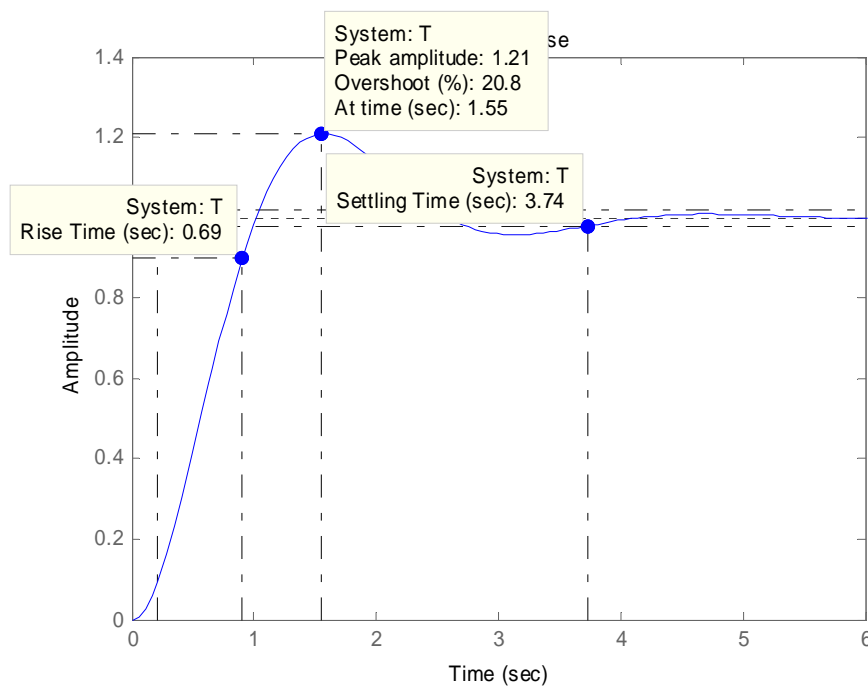
T=tf(Num,Den)

%系統以轉移函數表示

step(T)

%求系統的步階響應

結果：



以上的結果與計算不同，因計算時只是簡單的近似誤差較大。

■ 系統加入不同極點的步階響應比較，繪圖且標明 title、XY 軸名

稱及圖中各響應名稱

Ex.

$$\text{原系統 } T_1(S) = \frac{3}{S^2 + 2S + 3}$$

$$\text{加入極點的系統 } T_2(S) = \frac{30}{(S^2 + 2S + 3)(S + 10)}$$

加入另一不同極點的系統 $T_3(S) = \frac{9}{(S^2 + 2S + 3)(S + 3)}$

指令：

```
clf %清所有圖形

numt1=[3]; %輸入系統1分子係數

dent1=[1 2 3]; %輸入系統1分母係數

T1=tf(numt1,dent1) %系統1以轉移函數表示

step(T1) %求系統1的步階響應

title(' Step Responses of T1(s) ') %標示抬頭

pause %暫停(按任意鍵繼續)

[y1,t1]=step(T1); %將系統1的步階響應存到
% y1,t1

numt2=[30]; %輸入系統2分子係數

dent2=conv([1 10], dent1); %輸入系統2分母係數

T2=tf(numt2,dent2) %系統2以轉移函數表示

step(T2) %求系統2的步階響應

title('Step Responses of T2(s)') %標示抬頭

pause %暫停(按任意鍵繼續)

[y2,t2]=step(T2); %將系統2的步階響應存到
% y2,t2
```

```

numt3=[9];                                %輸入系統3分子係數

dent3=conv([1 3], dent1);                 %輸入系統3分母係數

T3=tf(numt3,dent3)                        %系統3以轉移函數表示

step(T3)                                  %求系統3的步階響應

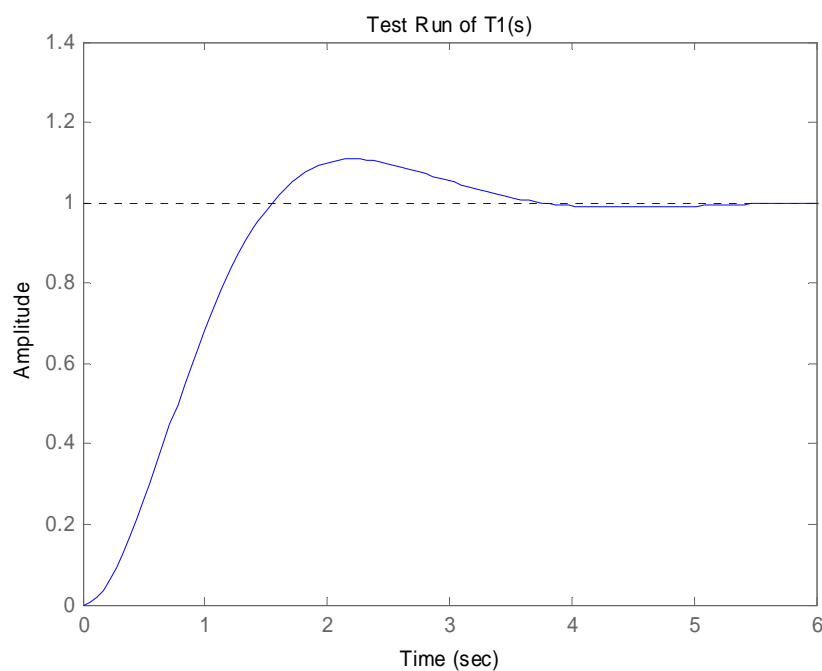
title('Step Responses of T3(s)')          %標示抬頭

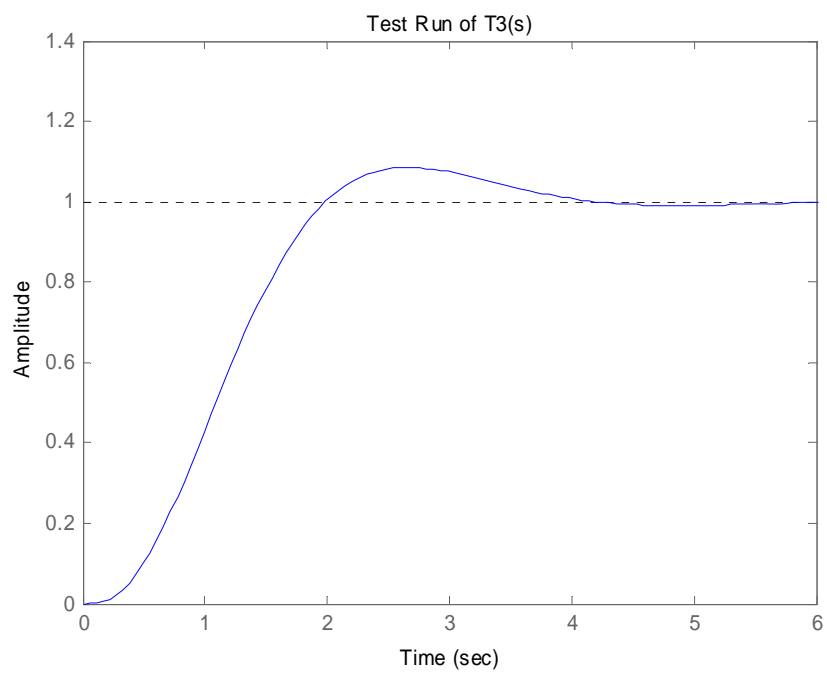
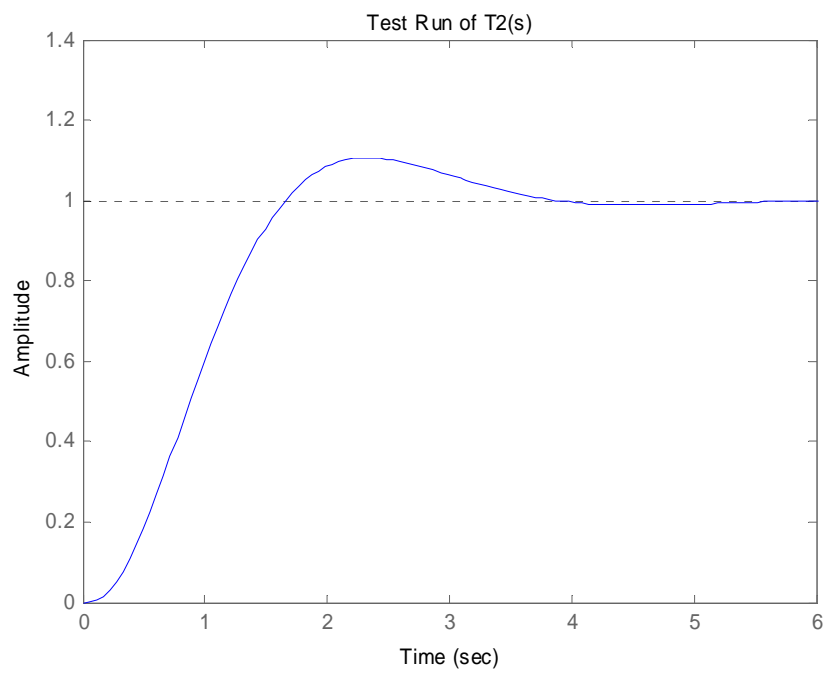
pause                                     %暫停(按任意鍵繼續)

[y3,t3]=step(T3);                         %將系統3的步階響應存到
                                           % y3,t3

```

結果：





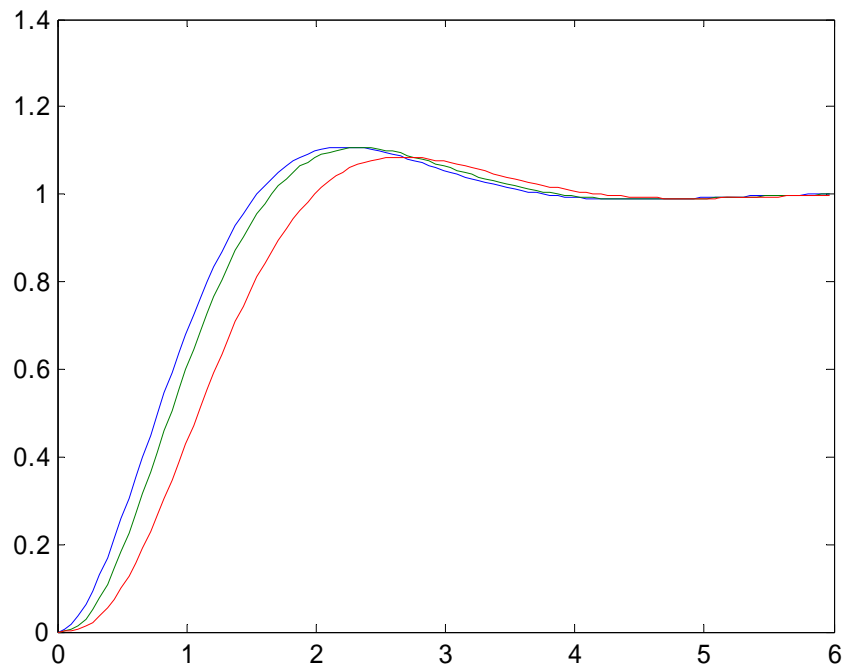
■ 將結果繪在一起做比較

指令：

clf

plot(t1,y1,t2,y2,t3,y3)

結果：

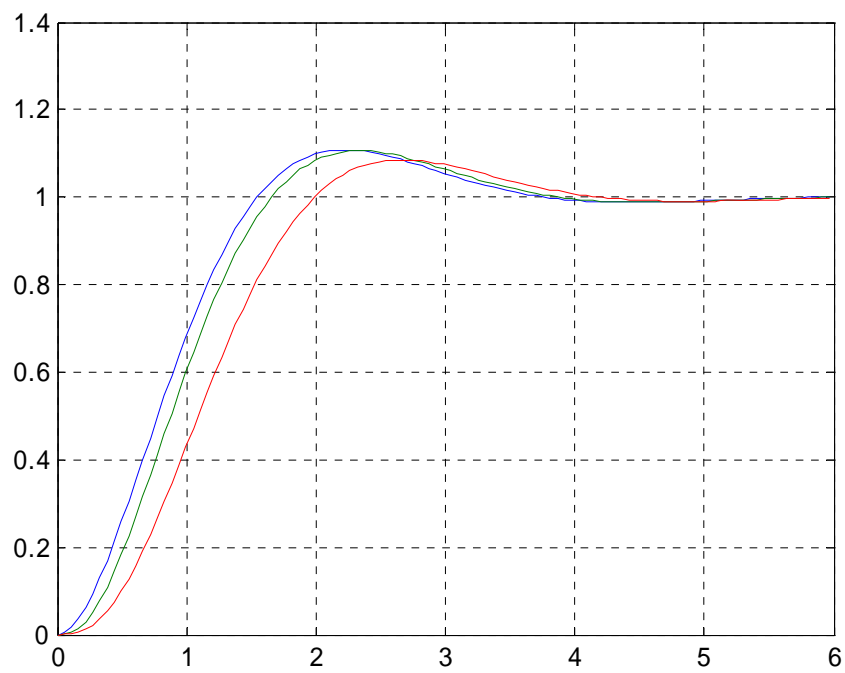


■ 加入格線

指令：

grid

結果：

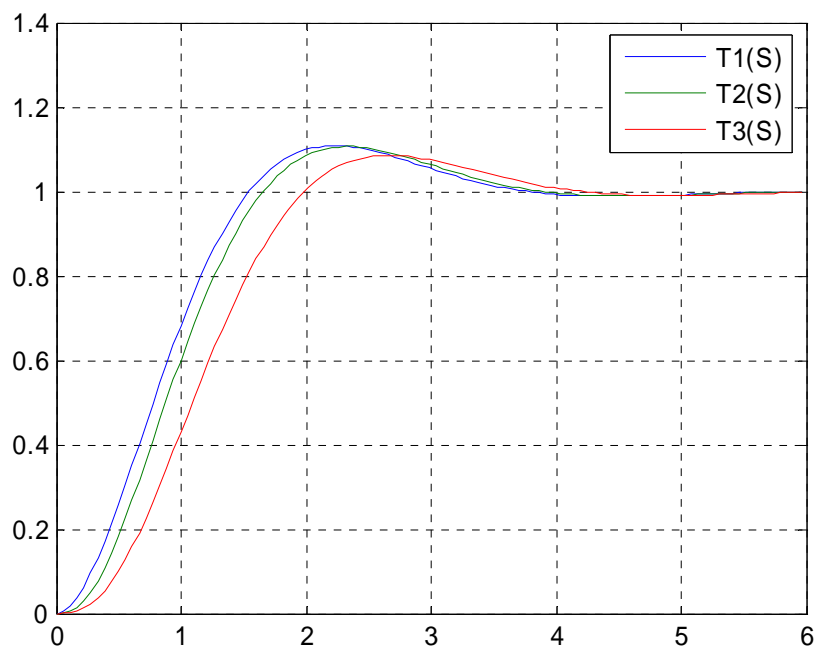


■ 標示3個系統

指令：

```
legend('T1(S)', 'T2(S)', 'T3(S)')
```

結果：



■ 標示抬頭及X Y座標的名稱

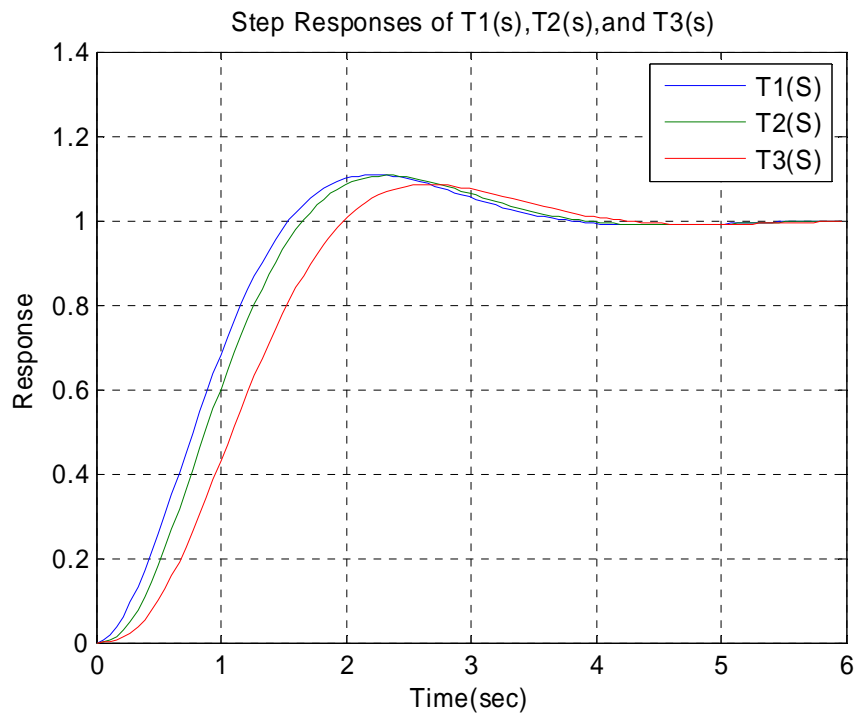
指令：

`title('Step Responses of T1(s),T2(s),and T3(s)')`%標示抬頭

`xlabel('Time(sec)')` %標示X座標的名稱

`ylabel('Response')` %標示Y座標的名稱

結果：



■ 在圖中加入註解

指令：

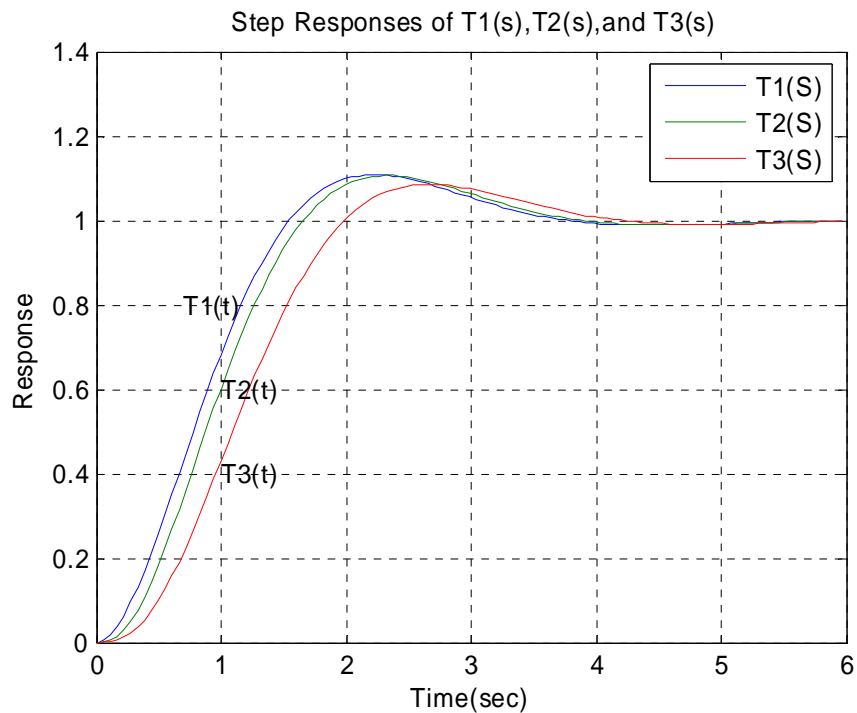
```
text(0.7,0.8,'T1(t)')
```

```
text(1,0.6,'T2(t)')
```

```
text(1,0.4,'T3(t)')
```

```
pause
```

結果：



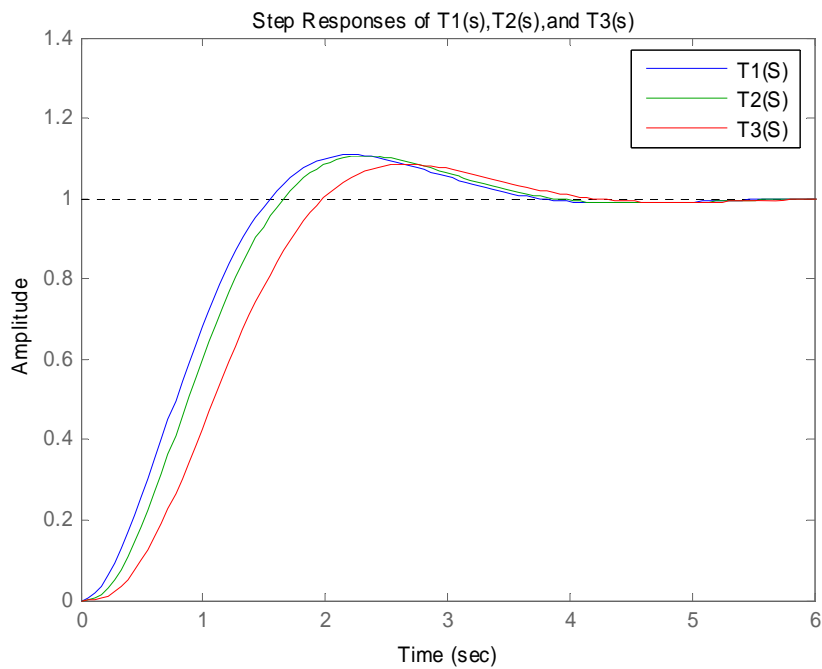
■ 上式標示亦可以mouse指定位置如 `gtext('T1(t)')`，在圖上按一下
mouse將文字放在該位置。

■ 同時繪3個系統的響應結果做比較

指令：

```
clf
step(T1,T2,T3)
title('Step Responses of T1(s),T2(s),and T3(s)')
legend('T1(S)','T2(S)','T3(S)')
```

結果：



■ 動態方程式的步階響應

Ex. 某系統狀態方程式為 $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & -2 & -3 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} r(t)$ ，步階響應
 $y(t) = [1 \ 2 \ 3]x(t)$

指令：

A=[0 1 0;0 0 1;-1 -2 -3]

B=[0;0;1]

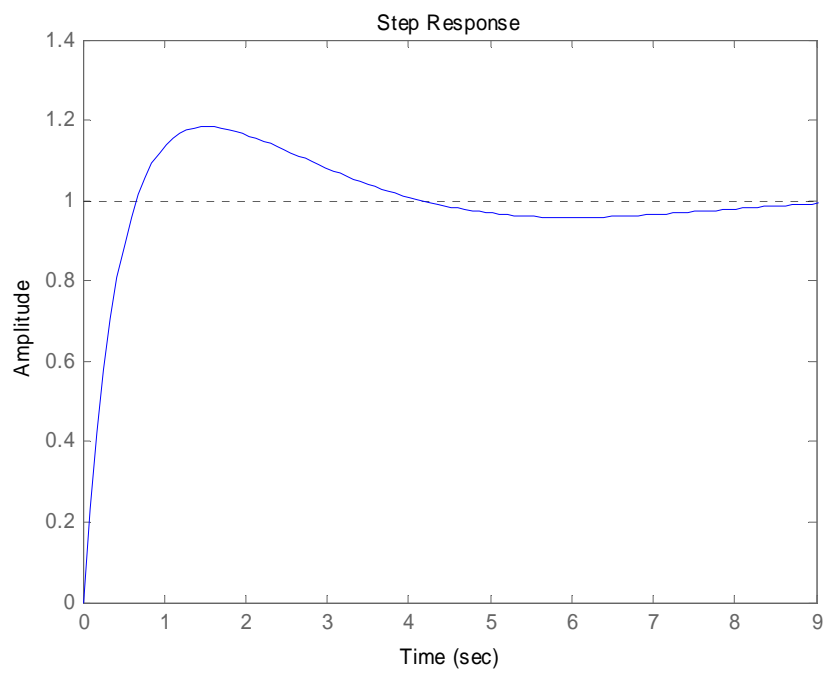
C=[1 2 3]

D=0

T_ss=ss(A,B,C,D)

step(T_ss)

結果：



■ 限定時間範圍

指令：

```
t=0:0.1:10;
```

%時間0~10秒，間隔0.1秒

```
step(T_ss,t)
```

結果：

