

MATLAB基礎學習與應用

教學投影片

參考資料

- **MATLAB**基礎學習與應用-精要十六講, 作者: 陳奇中, 2009 年, 東華書局
- **MATLAB**在化工上之應用, 作者: 陳奇中, 2009 年, 東華書局
- **MATLAB**在化工上之應用教學網

<http://140.134.32.129/fcu/matlabinchemical/circle1.htm>

- **MATLAB** 與工程教育之教與學

<http://www.slideshare.net/chyitsongchen/matlab-14585249>

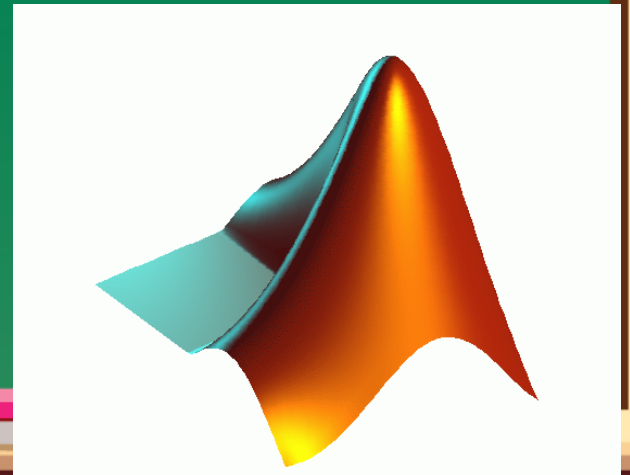
MATLAB基礎學習與應用

教學投影片

Part 1

Introduction to MATLAB

- MATLAB為美國Mathworks公司於1984年所推出的數學科技運算軟體。其名稱來自於**MATrix LAB**obratory的縮寫，特長於矩陣相關運算及各領域數值問題。MATLAB網站為<http://www.mathworks.com>



Why MATLAB ?

- MATLAB是個直譯式高階語言，和其他常見的C/C++、JAVA及VB等高階語言比較起來，MATLAB在程式撰寫及資訊視覺化視窗這兩方面相當方便，初學者可說是一學就會、入門輕鬆。MATLAB省略許多複雜令人頭大的語法，採取接近人類思維的語法，同時提供許多指令處理複雜運算。

MATLAB 特色

- MATLAB目前已被廣泛應用於數學、工程、物理、化學、醫學、金融、生物資訊等領域有關數值計算問題。其主要特色有：
 1. 在矩陣及線性代數上，提供各種先進的演算法則來做數值運算。
 2. 簡單好學，語法簡單。
 3. 程式重複使用方便且快速。

MATLAB 特色

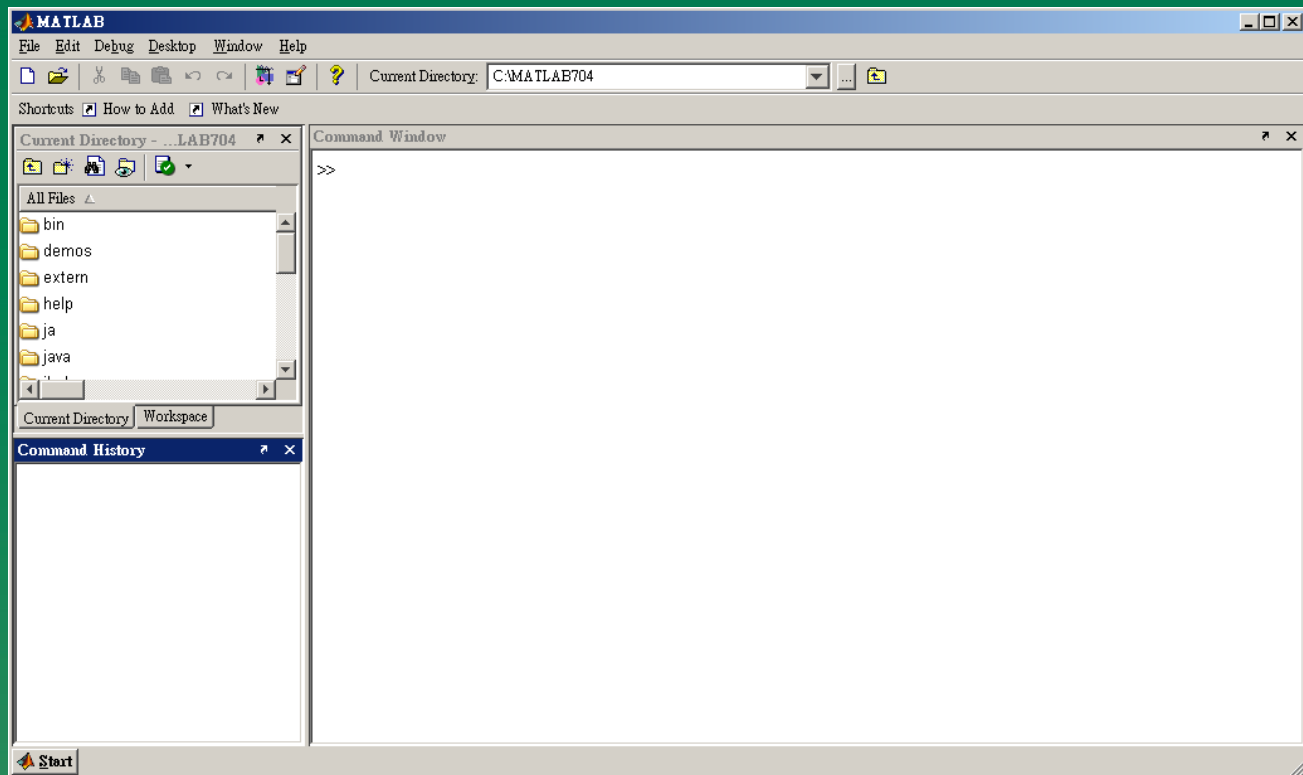
4. 提供非常完備的數學函數，且能讓使用者定義自己的函數。
5. 二、三維的繪圖功能強大，完整的資料視覺化顯示功能，幫助使用者分析資料。
6. 提供超過40種以上的工具箱(ToolBox)，包含各種控制、統計、通訊、訊號處理、影像處理、神經網路、模糊邏輯、小波、數為訊號處理、符號數學運算、以及生物資訊等，可以幫助使用者處理相關領域問題。

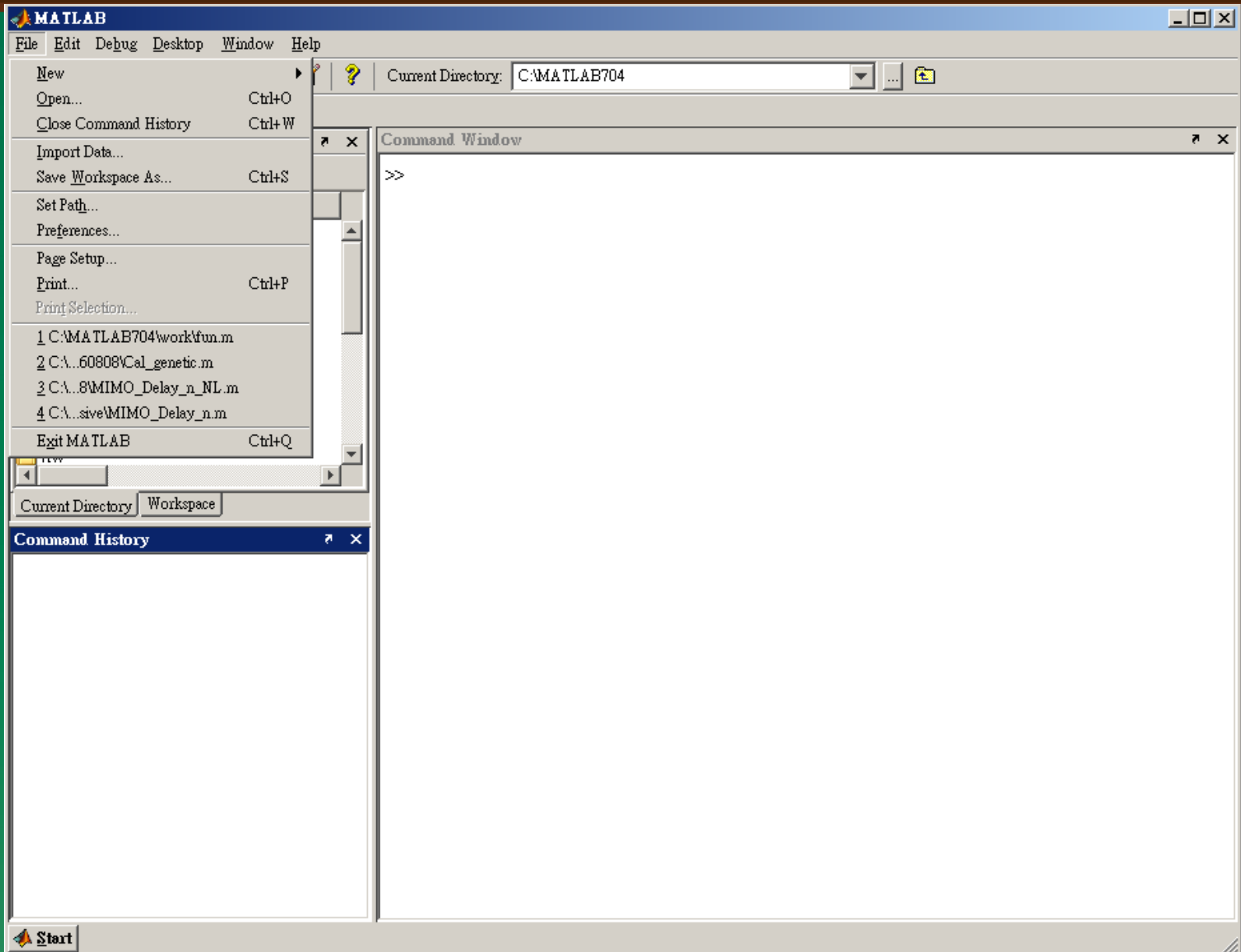
MATLAB 特色

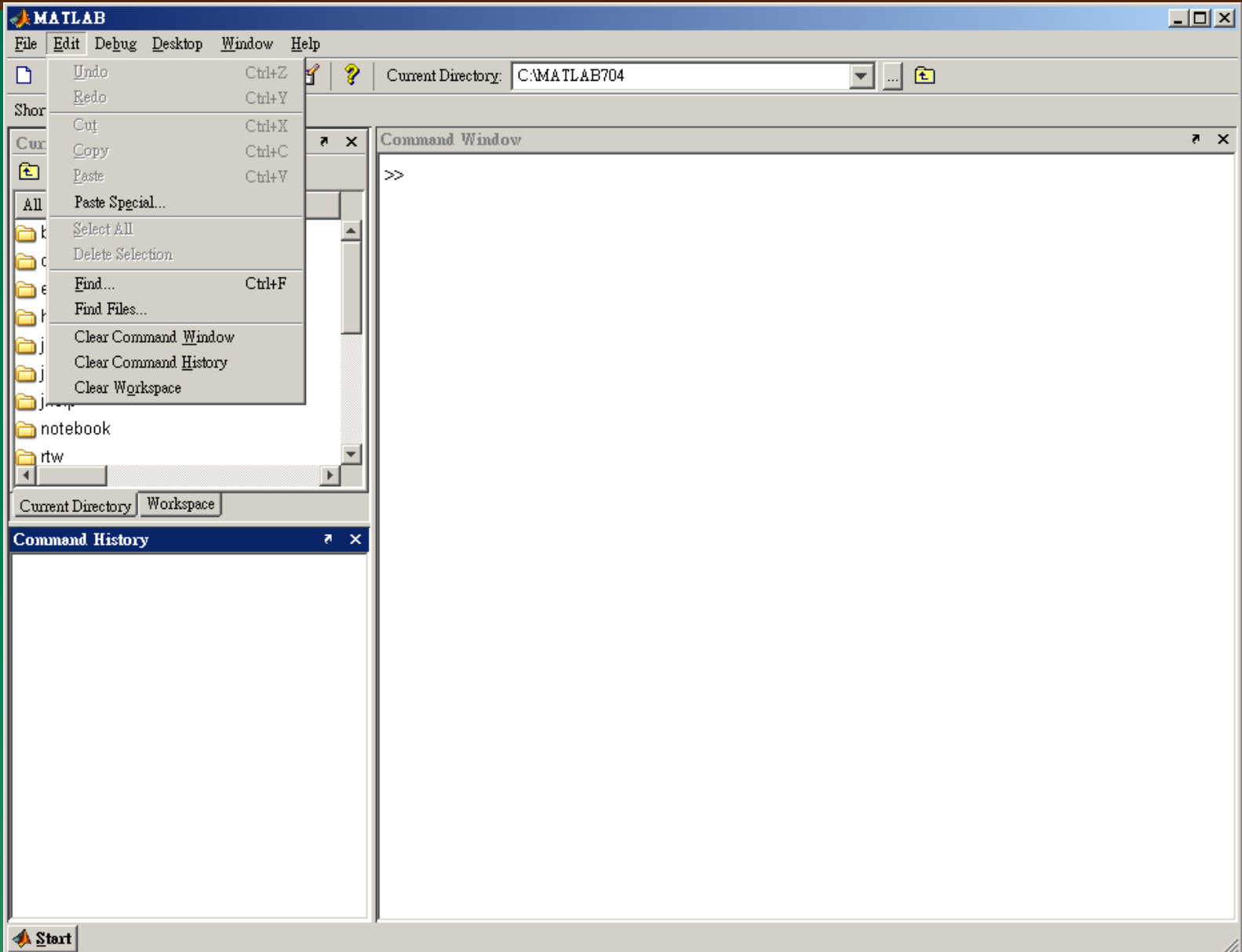
- 7. 可和JAVA及C/C++程式雙向呼叫，可快速進行編譯及轉換的功能。
- 8. 許多和MATLAB搭配的應用程式，硬體設備產品已上市。可以幫助使用者迅速解決更實際的問題。

【Q】如何進入MATLAB？

- *step 1* 進入Windows
- *step 2* 載入Matlab







【Q】如何做簡單數學運算？

- Ex 1: 五隻雞和二隻兔，共幾隻腳？

```
>>chicken=5;
```

```
>>rabbit=2;
```

```
>>legs=chicken*2+rabbit*4
```

執行結果

```
legs =
```

```
18
```

- **Ex 2:** 求 $e^{-3} \cdot \cos(3) / \sin^{-1}(0.5)$

```
>>exp(-3)*cos(3)/asin(0.5)
```

```
ans =
```

```
-0.0941
```

- **Ex 3:** $2^3=?$

```
>>2^3
```

```
ans =
```

```
8
```

NOTE: 運算次序 $\wedge \times / + -$

- Ex 4: 壓力單位換算 $3 \text{ bar} = ? \text{ psi}$
($1 \text{ bar} = 100000 \text{ pa} = 14.50377 \text{ psi} = 750 \text{ mm Hg}$)

>> $3 * 14.50377$

ans =

43.51131

- Ex 5: 熱量單位換算 $4 \text{ KJ(千焦)} = ? \text{ Kcal (千卡)}$
($1 \text{ KJ} = 102 \text{ kg-m} = 0.2389 \text{ kcal} = 0.9478 \text{ Btu}$)

>> $4 * 0.2389$

ans =

0.9556

【Q】變數名稱限制

- 變數名稱小於等於63字元
 - 第一字元不能為數字
 - 字元大小寫表示不同意義
-
- Ex1: c123 (o)
4c123 (X)
c_123 (o)
c-123 (X)

【Q】特殊符號

- % 註解
- ; 不顯示執行結果
- ... 連續

【 Q 】 Getting workspace information

- who %顯示變數名稱
 - whos %顯示變數名稱及其大小格式
 - dir %顯示所有檔案
 - what %顯示檔案 *.m或*.mat
 - clc %清除螢幕
 - clear %清除變數
-
- >>clear all %清除所有變數
 - >>clear a b %清除變數 a and b

【Q】常見數學函數

1. $\text{abs}(x)$ % 取絕對值
2. $\text{acos}(x)$ % $\cos^{-1}(x)$
3. $\text{acosh}(x)$ % $\cosh^{-1}(x)$
4. $\text{angle}(x)$ % 複數的角度
5. $\text{asin}(x)$ % $\sin^{-1}(x)$
6. $\text{atan}(x)$ % $\tan^{-1}(x)$
7. $\text{atanh}(x)$ % $\tanh^{-1}(x)$

【Q】常見數學函數

- 8. *ceil(x)* % 取最接近且大於原數的整數
(無條件進入)
- 9. *floor(x)* % 取最接近且小於原數的整數
- 10. *round(x)* % 四捨五入 (取至整數為止)
- 11. *fix(x)* % 無條件捨去
- 12. *conj(x)* % 共軛複數
- 13. *cosh(x)* % cosine hyperbolic function
- 14. *exp(x)* % exponential : e^x
- 15. *real(x)* % 取實部 *imag(x)* 取虛部

【Q】常見數學函數

16. $\log(x)$ % $\log_e x = \ln x$

17. $\log10(x)$ % $\log_{10} x$

18. $\text{rem}(x,y)$ % x/y 的餘數

19. $\text{sign}(x)$ % 取正負號

20. $\sin(x)$

21. $\sinh(x)$

22. $\text{sqrt}(x)$ % $\sqrt{x}$

23. $\tan(x)$

24. $\tanh(x)$

• **Ex1:** 求解 $ax^2 + bx + c = 0$

>> 分析 $x_1, x_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

>> a=1; b=2; c=3;

>> x1=(-b+sqrt(b^2-4*a*c))/(2*a)

x1 =

-1.0000 + 1.4142i

>> x2=(-b-sqrt(b^2-4*a*c))/(2*a)

x2 =

-1.0000 - 1.4142i

【Q】有關複數之種種

(1) 內定符號 i 及 j

```
>>x=1+cos(2)*i
```

```
x =
```

```
1.0000 - 0.4161i
```

NOTE: 若 i 之前是數字則直接接 i，若不是數字則要用 * 號

(2) 複數大小及角度 $abs(x)$, $angle(x)$

(3) 實部及虛部 $real(x)$, $imag(x)$

(4) 複數之共軛複數 $conj(x)$

【Q】向量如何處理？

(1) 向量格式

Ex1:

```
>>x=[1 2 3]
```

x =

1 2 3

```
>>x=[pi/2 sqrt(2) 2]
```

x =

1.5708 1.4142 2.0000

(2) 向量之給法

1. $x=[1 \ 2 \ 3]$ %1x3向量

2. $x=1:1:3$ or $x=1:3$ %增量為1

$x=\text{起始值}:\text{增量}:\text{終值}$

Ex1: $0\sim\pi$ 取十點

`>>x=0:pi/9:pi`

`x =`

Columns 1 through 7

0 0.3491 0.6981 1.0472 1.3963 1.7453 2.0944

Columns 8 through 10

2.4435 2.7925 3.1416

Ex2: 0~ π 取十點

```
>>x=linspace(0,pi,10)
```

x =

Columns 1 through 7

0 0.3491 0.6981 1.0472 1.3963 1.7453 2.0944

Columns 8 through 10

2.4435 2.7925 3.1416

NOTE: x=linspace(起始值, 終值, 點數)

i.e.,
$$x = \left[0 \quad \frac{\pi}{9} \quad \frac{2\pi}{9} \quad \frac{3\pi}{9} \quad \frac{4\pi}{9} \quad \frac{5\pi}{9} \quad \frac{6\pi}{9} \quad \frac{7\pi}{9} \quad \frac{8\pi}{9} \quad \pi \right]$$

Ex3: $10^0 \sim 10^2$ 取11點

```
>>x=logspace(0,2,11)
```

x =

Columns 1 through 7

1.0000 1.5849 2.5119 3.9811 6.3096 10.0000 15.8489

Columns 8 through 11

25.1189 39.8107 63.0957 100.0000

i.e., $x = [10^0 \quad 10^{0.2} \quad 10^{0.4} \quad 10^{0.6} \quad 10^{0.8} \quad 10^{1.0} \quad \dots \quad 10^2]$

(3) 如何取出向量各位置之值

```
>>x=[1 2 sqrt(2)];
```

```
>>x(3)
```

```
ans =
```

```
1.4142
```

(4) 向量運算

```
>>x=[1 2 3];
```

```
>> y=cos(x) % note: y=向量
```

```
y =
```

```
0.5403 -0.4161 -0.9900
```

Ex: 理想氣體已知溫度 t 及壓力 p 莫耳數 n 求體積。當實驗數據溫度、壓力有很多組時，可以向量處理。

```
>> t=[100 200 300 400 500]; % temperature in K
```

```
>> p=[2 3 4 5 6]; % atm
```

```
>> n=1; % mole
```

```
>> r=8.314; % joule/K mol
```

```
>> v=n*r*t./p
```

```
v =
```

```
415.7000 554.2667 623.5500 665.1200 692.8333
```

NOTE: 除號 $/$ 之前的點 $.$ 表示向量內各數值分別做除的計算

(5) roots 解多項式(向量的應用)

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \cdots + a_1 x^1 + a_0 = 0$$

Usage: **roots**([a_n a_{n-1} a_{n-2} $\cdots$ a_1 a_0])

Ex: $2x^5 + 3x^4 + x^2 + 1 = 0$

>>roots([2 3 0 1 0 1])

ans =

-1.7246

-0.3632 + 0.6597i

-0.3632 - 0.6597i

0.4755 + 0.5339i

0.4755 - 0.5339i

(6) 向量合并

```
>>x=[1 2 3 3 2 1];
```

```
>>y=[4 5];
```

```
>>a=[x y]
```

a =

1 2 3 3 2 1 4 5

```
>>b=[a(1:2:5) 1 0 1]
```

b =

1 3 2 1 0 1

【Q】向量之運算

(1) 向量之加減法

Ex:

```
>>x=[1 2 3]
```

```
>>a=x+1 %向量與純量之加法
```

a =

2 3 4

```
>>1-x
```

ans =

0 -1 -2

```
>>x=[1 2 3];
```

```
>>y=[4 5 6];
```

```
>>x+y %向量與向量之加法
```

```
ans =
```

```
5 7 9
```

```
>>z=[-1 -2];
```

```
>>x+z
```

```
??? Error using ==> +
```

```
Matrix dimensions must agree.
```

```
NOTE: x+z %向量大小不一致,無法計算
```

(2) 向量的乘法

```
>>x=[1 2 3];
```

```
>>pi*x %純量乘向量
```

```
ans =
```

```
3.1416 6.2832 9.4248
```

```
>>x=[1 2 3];
```

```
>>y=[4 5 6];
```

```
>>x.*y %向量乘向量
```

```
ans =
```

```
4 10 18
```

(3) 向量的除法

與乘法相同,其中 $x./y$ 表 $\frac{x}{y}$, $x.\backslash y$ 表示 $\frac{y}{x}$

```
>>x=[1 2 3];
```

```
>>y=[4 5 6];
```

```
>>x./y %向量除向量
```

```
ans =
```

```
0.2500    0.4000    0.5000
```

【Q】向量的轉置

Ex:

```
>>x=[1 2 3]; %列向量
```

```
>>y=x' %行向量
```

y =

1

2

3

Ex: (1 2 3) 與 (4 5 6) 內積=?

```
>>x=[1 2 3];
```

```
>>y=[4 5 6];
```

```
>>x*y'    % 內積
```

```
ans =
```

```
    32
```

```
>>x.*y    % 向量
```

```
ans =
```

```
     4    10    18
```

Ex:

```
>>x=[1+i 2 3-i];
```

```
>>x' %共軛轉置
```

```
ans =
```

```
1.0000 - 1.0000i
```

```
2.0000
```

```
3.0000 + 1.0000i
```

```
>>x.' %轉置但不取共軛
```

```
ans =
```

```
1.0000 + 1.0000i
```

```
2.0000
```

```
3.0000 - 1.0000i
```

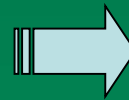
【Q】矩陣如何處理

(1) 如何輸入一個矩陣

Ex:

法一.

```
>>A=[ 1 2 3  
      4 5 6  
      7 8 9];
```



$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

法二.

```
>>A=[1 2 3 ; 4 5 6 ; 7 8 9];
```

(2) 矩陣的擴增

```
>>A=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
```

```
>>R=[10 11 12]
```

A =

1 2 3

4 5 6

7 8 9

R =

10 11 12

```
>>B=[A;R]
```

```
>>R=[10 11 12]
```

B =

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

```
>>C=[A;R']
```

??? All rows in the bracketed expression must have the same number of columns.

Ex:

```
>>a=[1 2 ;3 4];
```

```
>>a(3,3)=1; % a在(3,3)位置值是1
```

```
>>a
```

a =

1 2 0

3 4 0

0 0 1

(3) 如何從矩陣中取值或舉出一個子矩陣

```
>>A=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
```

```
>>X=A(3,2) %X=A(row , column)
```

```
>>B=A(1:2,1:2)
```

```
>>C=A( : ,1:2) %C=A (全取，第一行至第二行)
```

```
>>D=A(2:3, : )
```

```
>>E=A(1:2,[1 3])
```

A =

1 2 3

4 5 6

7 8 9

X =

8

D =

4

5

6

7

8

9

B =

1

2

4

5

E =

1

3

4

6

C =

1

2

4

5

7

8

(4) 一些相關指令

`flipud(a)` %上下顛倒

`fliplr(a)` %左右顛倒

`rot90(a)` %旋轉90度(逆時針)

`reshape(a,m,n)` %重定矩陣行列數

`diag(v)` %取對角線元素所形成之向量

(5) 矩陣轉置

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} \quad A' = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1+i \\ 1-i & 3i \end{bmatrix} \quad B' = \begin{bmatrix} 1 & 1+i \\ 1-i & -3i \end{bmatrix}$$

$$B.' = \begin{bmatrix} 1 & 1-i \\ i+i & 3i \end{bmatrix}$$

B' 複數轉置為共軛轉置，**B.'** 單純轉置

NOTE:取出矩陣大小維度

`[r,c]=size(A)`

`r`=列數 `c`=行數

`n=length(v)`

顯示向量之長度或矩陣之列數

NOTE:將矩陣變為向量

```
>>A=[1 2 ; 3 4];
```

```
>>B=A(:)
```

B =

1

3

2

4

NOTE: 將矩陣的某行、某列消除

Ex: $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{bmatrix} \Rightarrow A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 5 & 6 \end{bmatrix}$

```
>>A=[1 2; 3 4; 5 6];
```

```
>>A(2,:)=[]
```

A =

1 2

5 6

將第二列全部空白(即取消)

【Q】矩陣運算相關指令

- | | |
|--------------------------|------------|
| 1. <i>det</i> (A) | %行列式值 |
| 2. <i>inv</i> (A) | %反矩陣 |
| 3. <i>eig</i> (A) | %特徵值 |
| 4. <i>rank</i> (A) | %秩、階數 |
| 5. <i>cond</i> (A) | %2-norm條件數 |
| 6. <i>poly</i> (A) | %特徵多項式 |
| 7. <i>polyvalm</i> (v,A) | %矩陣多項式求值 |
| 8. <i>expm</i> (A) | % e^A |
| 9. <i>[r,c]=size</i> (A) | |
| 10. <i>n=length</i> (v) | |

【Q】一些特殊矩陣

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. <code>eye(n,m)</code> | %單位矩陣 $n \times m$ |
| 2. <code>eye(n)</code> | %單位矩陣 $n \times n$ |
| 3. <code>ones(n,m)</code> | %常數矩陣 $n \times m$ 全部為1 |
| 4. <code>ones(n)</code> | %常數矩陣 $n \times n$ 全部為1 |
| 5. <code>zeros(n,m)</code> | %常數矩陣 $n \times m$ 全部為0 |
| 6. <code>zeros(n)</code> | %常數矩陣 $n \times n$ 全部為0 |
| 7. <code>rand(n,m)</code> | %亂數所形成 $n \times m$ 的矩陣 |
| 8. <code>randn(n)</code> | %亂數所形成 $n \times n$ 的矩陣 |

【Q】線性聯立方程式

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \cdots + a_{1m}x_m = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \cdots + a_{2m}x_m = b_2 \\ \vdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \cdots + a_{nm}x_m = b_n \end{cases}$$

另一表示法：

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ \vdots & & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

$$A_{n \times m} \times X = b \quad \text{方程式 } n \text{ 個，未知數 } m \text{ 個}$$

[case1] $n=m$

$\det(A) \neq 0$, A^{-1} 存在, $X = A^{-1}b$

```
>>A=[1 1; 2 3];
```

```
>>b=[1 -1]';
```

```
>>x=inv(A)*b
```

```
x =
```

```
    -2.0000
```

```
     1.5000
```

```
>>x=A\b
```

```
x =
```

```
    -2.0000
```

```
     1.5000
```

[case2] $n > m$

overdetermined case (無解)

MATLAB 求出近似解，最小平方誤差解

```
>>A=[1 2; 3 4; 1 -1];
```

```
>>b=[1 2 3]';
```

```
>>x=A\b
```

```
x =
```

```
1.9194
```

```
-0.8548
```

[case2] $n < m$

underdetermined solution 無限多解

MATLAB 求出近似解

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

```
>>b=[1 2]';
```

```
>>x=A\b      %有些解當成零
```

```
x =
```

```
    1.7500
```

```
         0
```

```
   -0.2500
```

```
>>x=pinv(A)*b  %距原點最近的解
```

```
x =
```

```
    1.5000
```

```
    0.5000
```

```
   -0.5000
```

【Q】如何做數據的處理

- 數據檔之格式用data.m存檔

12 8 18

15 9 22

13 5 19

14 7 23

10 3 20

- NOTE:不可加註解 %... ..

【Q】如何載入數據檔？

```
>>load data.m
```

data

12	8	18
----	---	----

15	9	22
----	---	----

13	5	19
----	---	----

14	7	23
----	---	----

10	3	20
----	---	----

```
>>load data.mat
```

data

12	8	18
----	---	----

15	9	22
----	---	----

13	5	19
----	---	----

14	7	23
----	---	----

10	3	20
----	---	----

另(save workspace as *data.mat*)

```
>>[r,c]=size(data)
```

```
r=5
```

```
c=3
```

```
>>data(3,2)
```

```
ans=
```

```
5
```

NOTE: 檔名即變數名稱

【Q】找最大值

>>[m,index]=max(data)

- Note: m為每個column之最大值, index為最大值發生處

m=15 9 23

index=2 2 4

【Q】找最小值

```
>>[n,index]=min(data)
```

```
n=10 3 18
```

```
index=5 5 1
```

【Q】求平均值 和 SUM

```
>>avg=mean(data)
```

```
avg= 12.8  6.4  20.4
```

```
>>s=sum(data)
```

```
s= 64  32  102
```

NOTE:數據分析相關指令

corrcoef(x)

cov(x)

cumprod(x)

diff(x)

hist(x)

median(x)

prod(x) %連乘

sort(x) %排序

std(x) %標準差

【Q】如何做文字、字串處理

```
t='feng chia university';
```

```
u=t(11:20)
```

```
v=t(20:-1:11)
```

```
u =
```

```
    university
```

```
v =
```

```
ytisrevinu
```

文字與ASCII之關聯

```
s='abcdefg';
```

```
m=abs(s)
```

```
m =
```

```
97  98  99 100 101 102 103
```

```
m=m+0
```

```
m =
```

```
97  98  99 100 101 102 103
```

```
setstr(m)           %數值文字
```

```
n=s+'a'-'A'         %大寫小寫
```

```
c=n+'A'-'a'
```

【Q】關係運算元

- $<$
- $<=$
- $>$
- $>=$
- $==$ equal to
- $\sim=$ not equal to
- 1真 0偽

Ex:

```
>>a=[1 2 3 4];
```

```
>>b=[5 6 7 2];
```

```
>>a>b
```

```
ans =
```

```
0    0    0    1
```

```
>>tf=b-(a>2)
```

```
tf =
```

```
5    6    6    1
```

Ex:

```
>>2>3
```

```
ans =
```

```
0
```

```
>>2<=3
```

```
ans =
```

```
1
```

```
>>2==3
```

```
ans =
```

```
0
```

Ex: Find out $\frac{\sin(x)}{x}$, $x=-1:1/3:1$

```
>>x=-1:1/3:1;
```

```
>>sin(x)./x
```

Warning: Divide by zero

```
ans =
```

```
0.8415 0.9276 0.9816 NaN 0.9816 0.9276 0.8415
```

```
>>x==0
```

```
ans =
```

```
0 0 0 1 0 0 0
```

```
>>x=x+(x==0)*eps; NOTE: eps 内定精確度 2.2204e-16
```

```
>>sin(x)./x
```

```
ans =
```

```
0.8415 0.9276 0.9816 1.0000 0.9816 0.9276 0.8415
```

【Q】邏輯運算元

& and

| or

~ not

Ex:

```
>>a=1:9;
```

```
>>tf=a>4
```

tf =

0 0 0 0 1 1 1 1 1

```
>>tf=~(a>4)
```

tf =

1 1 1 1 0 0 0 0 0

```
>>tf=(a>2)&(a<6)
```

tf =

0 0 1 1 1 0 0 0 0