Chapter 6
基本的使用者定義函式

Hung-Yuan Fan (范洪源)

Department of Mathematics,
National Taiwan Normal University, Taiwan

Spring 2020

使用者定義函式 (基礎篇)

Lecture 1
MATLAB 函式介紹

M 檔案的類型

儲存 MATLAB 程式碼的檔案稱為 M 檔案 (副檔名是.m)，包含

1. **程序檔案或稱底稿檔案 (script files)**
   - 它是由一系列宣告式所組成的檔案。
   - 執行結果如同把所有的指令直接鍵入指令視窗一樣。
   - 任何由程序檔所產生的變數，都會繼續存留在工作區內而互相影響。

M 檔案的類型

儲存 MATLAB 程式碼的檔案稱為 M 檔案 (副檔名是.m)，包含

1. **程序檔案或稱底稿檔案 (script files)**
   - 它是由一系列宣告式所組成的檔案。
   - 執行結果如同把所有的指令直接鍵入指令視窗一樣。
   - 任何由程序檔所產生的變數，都會繼續存留在工作區內而互相影響。
2. **MATLAB 函式 (MATLAB functions)**
   - 一種特殊類型的 M 檔案，可在自己專屬的工作區內執行。
   - 藉由**輸入引數清單 (input argument list)** 接受輸入資料。
   - 經由**輸出引數清單 (output argument list)** 傳回計算結果給呼叫的程式。
   - 在函式內使用的變數是**區域變數 (local variable)**，因此即使工作區內已使用相同名稱的變數，它們彼此之間不會混淆。

函式的架構

- 完整的函式包括**函式定義列**、**H1 列 (唸成 H-one line)**、**函式說明文字區**，以及**函式的主體**四個部分。

```
function [out1,out2,...] = filename(in1,in2,...)
% H1 comment line
% Other comment lines
...
(Executable code)
...
(return) % 可省略此宣告式
end % 有時亦可省略此宣告式
```

函式的架構

- 完整的函式包括**函式定義列**、**H1 列（唸成 H-one line）**、**函式說明文字區**，以及**函式的主體**四個部分。

```
function [out1,out2,...] = filename(in1,in2,...)
% H1 comment line
% Other comment lines
...
(Executable code)
...
(return) % 可省略此宣告式
end % 有時亦可省略此宣告式
```

- function標示了函式的起點，它指明了函式名稱，以及輸入與輸出引數清單。
- 儲存函式的檔名必須是 filename.m，與函式名稱的英文大小寫一致！

H1 Comment Line

- 在函式宣告`function`之後的第一列註解，稱為 **H1 註解行 (H1 comment line)**。

H1 Comment Line

- 在函式宣告`function`之後的第一列註解，稱為 **H1 註解行 (H1 comment line)**。
- 它必須只包含一行註解文字，用以表明整個函式的目的。

H1 Comment Line

- 在函式宣告function之後的第一列註解，稱為 **H1 註解行 (H1 comment line)**。
- 它必須只包含一行註解文字，用以表明整個函式的目的。
- 此行文字的特別意義，是讓 MATLAB 藉由 `lookfor` 指令搜尋並顯示此函式用途。
  - 語法: `lookfor keyword`
  - MATLAB 會搜尋函式名稱或是 H1 列中是否包含該關鍵字 keyword，並將所有搜尋結果顯示於指令視窗。

H1 列和註解說明文字 (1/2)

範例: 函式 vec_plus.m

```
function total = vec_plus(x,y)
% vec_plus  Sum of two numbers or vectors.
% vec_plus(X,Y) computes X+Y and returns the result,
% where X and Y can be scalars or vectors.

% function's body starts here
total = x + y;
```

H1 列和註解說明文字 (1/2)

範例: 函式 vec_plus.m

```
function total = vec_plus(x,y)
% vec_plus  Sum of two numbers or vectors.
% vec_plus(X,Y) computes X+Y and returns the result,
% where X and Y can be scalars or vectors.

% function's body starts here
total = x + y;
```

```
>> vec_plus(2,ones(2,1))

ans =

   3
   3
```

H1 列和註解說明文字 (2/2)

```
>> help vec_plus
vec_plus  Sum of two numbers or vectors.
vec_plus(X,Y) computes X+Y and returns the result,
where X and Y can be scalars or vectors.
```

H1 列和註解說明文字 (2/2)

```
>> help vec_plus
vec_plus  Sum of two numbers or vectors.
vec_plus(X,Y) computes X+Y and returns the result,
where X and Y can be scalars or vectors.

>> lookfor sum
vec_plus                          - Sum of two numbers or vectors.
reciproc_sum                      - Function-valued tensor for 1/(xi_1 + ... + xi_d)
StatisticsByGroupMapReduceExample - Compute Summary Statistics by Group Using
                                    MapReduce
summer                            - Shades of green and yellow colormap
uiresume                          - Resume execution of blocked MATLAB code.
  ⋮
```

函式的引數與傳回值

表 8.2.2　函數定義列的幾種範例

函數定義列的格式	說 明
function [x,y]=myfun(a)	**myfun** 有一個輸入引數 a，有兩個輸出引數 x 與 y
function [x]=myfun(a) function x=myfun(a)	**myfun** 有一個輸入引數 a，有一個輸出引數 x
function [x,y]=myfun() function [x,y]=myfun	**myfun** 沒有輸入引數，但有兩個輸出引數 x 與 y。在沒有輸入引數的情況下，函數名稱後面的括號可有可無
function []=myfun(a) function myfun(a)	**myfun** 沒有輸出引數，但有一個輸入引數 a。當函數沒有輸出引數時，方括號與等號可以省略不寫

多個輸出引數的函式

範例: 函式 vec_minmax.m

```
function [mn, mx] = vec_minmax(v)
% vec_minmax  找出向量元素的最小值與最大值。
% 函式 vec_minmax(v) 計算向量 v 所有元素的最小值 mn
% 和最大值 mx，並且傳回這兩個輸出引數。

mn = min(v);
mx = max(v);
```

多個輸出引數的函式

範例: 函式 vec_minmax.m

```
function [mn, mx] = vec_minmax(v)
% vec_minmax  找出向量元素的最小值與最大值。
% 函式 vec_minmax(v) 計算向量 v 所有元素的最小值 mn
% 和最大值 mx，並且傳回這兩個輸出引數。

mn = min(v);
mx = max(v);
```

```
>> [min_val, max_val] = vec_minmax([4, -5, 7, 1])

min_val =

  -5

max_val =

  7
```

查詢此函式的線上說明內容

```
>> help vec_minmax
vec_minmax 找出向量元素的最小值與最大值。
函式 vec_minmax(v) 計算向量 v 所有元素的最小值 mn
和最大值 mx，並且傳回這兩個輸出引數。
```

查詢此函式的線上說明內容

```
>> help vec_minmax
vec_minmax 找出向量元素的最小值與最大值。
函式 vec_minmax(v) 計算向量 v 所有元素的最小值 mn
和最大值 mx，並且傳回這兩個輸出引數。

>> lookfor 最小值
 vec_minmax                    - 找出向量元素的最小值與最大值。
>>
```

不需要括號的函式呼叫方式

- 函式如果**沒有輸出引數**，就不需要將輸入的引數括起來。
- 例如，如果 my_func(a, b) 沒有輸出引數，可用下面兩種方法呼叫：

```
my_func(a, b); % 需要括號的呼叫方式
my_func a b; % 不需括號的呼叫: 將 a、b 視為字串
```

不需要括號的函式呼叫方式

- 函式如果**沒有輸出引數**，就不需要將輸入的引數括起來。
- 例如，如果 my_func(a, b) 沒有輸出引數，可用下面兩種方法呼叫：

```
my_func(a, b); % 需要括號的呼叫方式
my_func a b; % 不需括號的呼叫: 將 a、b 視為字串
```

範例: 函式 axis 的使用方式

```
axis([-4, 4, 0, 20]); % 輸入引數是 double 型態的向量
axis on;  % 效果和 axis('on') 一樣
axis off;  % 效果和 axis('off') 一樣
```

沒有輸出引數的範例 (檔名: no_outarg.m)

```
function no_outarg(x, y)
fprintf(' 輸入引數分別是%s 和 %s \n',x, y);
```

沒有輸出引數的範例 (檔名: no_outarg.m)

```
function no_outarg(x, y)
fprintf(' 輸入引數分別是%s 和 %s \n',x, y);
```

```
>> no_outarg 2 -10
輸入引數分別是 2 和 -10
```

沒有輸出引數的範例 (檔名: no_outarg.m)

```
function no_outarg(x, y)
fprintf(' 輸入引數分別是%s 和 %s \n',x, y);
```

```
>> no_outarg 2 -10
輸入引數分別是 2 和 -10

>> no_outarg(2, -10)
輸入引數分別是 和
```

沒有輸出引數的範例 (檔名: no_outarg.m)

```
function no_outarg(x, y)
fprintf(' 輸入引數分別是%s 和 %s \n',x, y);
```

```
>> no_outarg 2 -10
輸入引數分別是 2 和 -10

>> no_outarg(2, -10)
輸入引數分別是 和

>> no_outarg('2', '-10')
輸入引數分別是 2 和 -10
```

Lecture 2
MATLAB 的變數傳遞方式: 按值傳遞

按值傳遞與按址傳遞

- MATLAB 程式使用**按值傳遞（pass-by-value）**的方式，進行程式與函式間的溝通。
- C 語言是採取**按址傳遞（pass-by-address）**的方式，進行程式與函式間的溝通。

按值傳遞與按址傳遞

- MATLAB 程式使用**按值傳遞（pass-by-value）**的方式，進行程式與函式間的溝通。
- C 語言是採取**按址傳遞（pass-by-address）**的方式，進行程式與函式間的溝通。
- 當程式呼叫函式時，MATLAB 便**複製實際引數**，並傳遞這些實際引數的**備份**給函式使用。

按值傳遞與按址傳遞

- MATLAB 程式使用**按值傳遞（pass-by-value）**的方式，進行程式與函式間的溝通。
- C 語言是採取**按址傳遞（pass-by-address）**的方式，進行程式與函式間的溝通。
- 當程式呼叫函式時，MATLAB 便**複製實際引數**，並傳遞這些實際引數的**備份**給函式使用。
- 即使函式更改了輸入引數值，也不會影響到呼叫程式的原始資料。

按值傳遞與按址傳遞

- MATLAB 程式使用**按值傳遞（pass-by-value）**的方式，進行程式與函式間的溝通。
- C 語言是採取**按址傳遞（pass-by-address）**的方式，進行程式與函式間的溝通。
- 當程式呼叫函式時，MATLAB 便**複製實際引數**，並傳遞這些實際引數的**備份**給函式使用。
- 即使函式更改了輸入引數值，也不會影響到呼叫程式的原始資料。
- 這種特點可防止在函式中因產生某個錯誤，而無意間修改到呼叫程式的原始變數值。

函式 sample.m

```
function out = sample(a,b)
fprintf('In sample: a = %f, b = %f \n',a,b);
a = b(1) + 2*a;
b = a .* b;
out = a + b(1);
fprintf('In sample: a = %f, b = %f \n',a,b);
```

函式 sample.m

```
function out = sample(a,b)
fprintf('In sample: a = %f, b = %f \n',a,b);
a = b(1) + 2*a;
b = a .* b;
out = a + b(1);
fprintf('In sample: a = %f, b = %f \n',a,b);
```

呼叫上述函式的主程式 test_sample.m

```
a = 2;  b = [6 4];
fprintf('Before sample: a = %f, b = %f \n',a,b);
out = sample(a,b);
fprintf('After sample: a = %f, b = %f \n',a,b);
fprintf('After sample: out = %f \n',out);
```

主程式的執行結果

```
>> test_sample
Before sample: a = 2.000000, b = 6.000000 4.000000
In sample: a = 2.000000, b = 6.000000 4.000000
In sample: a = 10.000000, b = 60.000000 40.000000
After sample: a = 2.000000, b = 6.000000 4.000000
After sample: out = 70.000000
>>
```

Lecture 3
函式握把

MATLAB 的資料型態

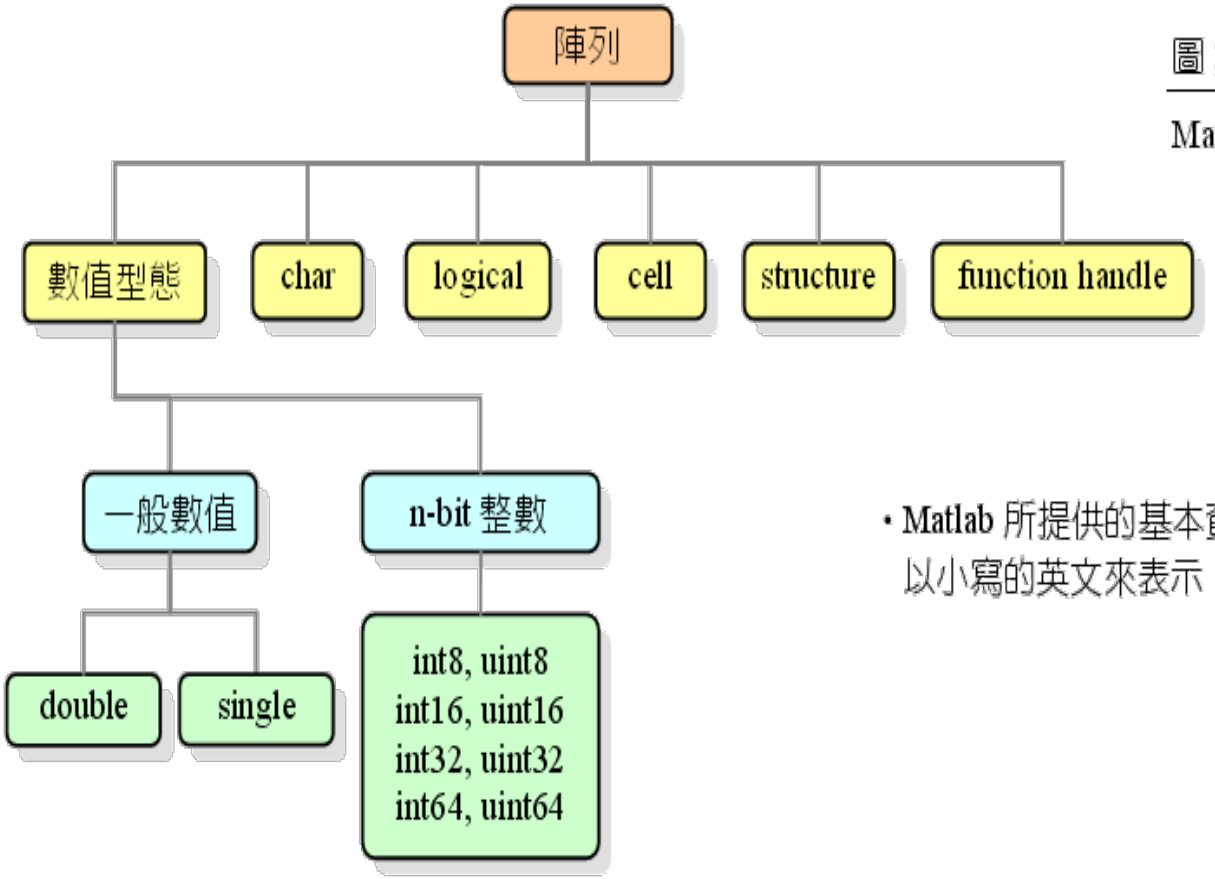


圖 3.1.1

Matlab 提供的資料型態

- Matlab 所提供的基本資料型態以小寫的英文來表示

何謂函式握把?

- **函式握把（function handle）**是 MATLAB 的一種資料型態，它保有呼叫一個函式所需的資訊。

何謂函式握把?

- **函式握把（function handle）**是 MATLAB 的一種資料型態，它保有呼叫一個函式所需的資訊。
- MATLAB 提供兩種方法來產生函式握把：
  1. 使用 @ 運算子來產生函式握把時，只需要將運算子放在函式名稱前面即可。

```
fh = @函式名稱;
```

何謂函式握把?

- **函式握把（function handle）**是 MATLAB 的一種資料型態，它保有呼叫一個函式所需的資訊。
- MATLAB 提供兩種方法來產生函式握把：
  1. 使用 @ 運算子來產生函式握把時，只需要將運算子放在函式名稱前面即可。

     ```
     fh = @函式名稱;
     ```

  2. 使用 `str2func` 產生函式握把時，必須將函式的名稱當成輸入引數的字串。

     ```
     fh = str2func('函式名稱');
     ```

函式握把的範例 (1/2)

使用者定義的函式: my_func.m

```
function y = my_func(x)

y = x.^2 - 2*x + 1;
```

函式握把的範例 (1/2)

使用者定義的函式: my_func.m

```
function y = my_func(x)

y = x.^2 - 2*x + 1;
```

>> **fh1 = @my_func;** % 宣告 fh1 為一個函式握把

函式握把的範例 (1/2)

使用者定義的函式: my_func.m

```
function y = my_func(x)

y = x.^2 - 2*x + 1;
```

```
>> fh1 = @my_func;  % 宣告 fh1 為一個函式握把
>> [fh1(4), my_func(4)]

ans =

   9    9
```

函式握把的範例 (1/2)

使用者定義的函式: my_func.m

```
function y = my_func(x)

y = x.^2 - 2*x + 1;
```

```
>> fh1 = @my_func;  % 宣告 fh1 為一個函式握把
>> [fh1(4), my_func(4)]

ans =

   9    9

>> fh2 = @randn;
>> fh2() % 若沒有輸入引數時，必須加上圓括弧 ()

ans =

  -0.1241
```

函式握把的範例 (2/2)

```
>> whos
```

Name	Size	Bytes	Class
ans	1×1	8	double
fh1	1×1	32	**funciton_handle**
fh2	1×1	32	**funciton_handle**

函式握把的範例 (2/2)

```
>> whos
 Name   Size   Bytes   Class
 ans    1 × 1  8       double
 fh1    1 × 1  32      funciton_handle
 fh2    1 × 1  32      funciton_handle
>>> feval(fh1, 4) % 效果與 fh1(4) 相同
ans =
  9
```

函式握把的範例 (2/2)

```
>> whos
 Name   Size   Bytes   Class
 ans    1 × 1  8       double
 fh1    1 × 1  32      funciton_handle
 fh2    1 × 1  32      funciton_handle
>>> feval(fh1, 4) % 效果與 fh1(4) 相同
ans =
  9
>> func2str(fh1) % 找回函式握把 fh1 的原函式名稱
ans =
  my_func
```

處理函式握把的 MATLAB 函式

函式	描述
@	產生函式握把。
feval	使用函式握把來求取函式的數值。
func2str	找回一個函式握把之函式名稱。
functions	由函式握把找回其各種資訊，並以結構形式傳回資料。
str2func	從特定的字串產生一個函式握把。

Lecture 4
匿名函式

- **匿名函式（anonymous function）**是一個「沒有名稱」的函式。

- **匿名函式（anonymous function）**是一個「沒有名稱」的函式。
- 它是用單一行 MATLAB 敘述所宣告的函式，而且會回傳一個函式握把，然後可以用此握把來執行此函式。

- **匿名函式（anonymous function）**是一個「沒有名稱」的函式。
- 它是用單一行 MATLAB 敘述所宣告的函式，而且會回傳一個函式握把，然後可以用此握把來執行此函式。
- 可以在指令視窗裡直接定義一個匿名函式，而不用把函式寫在 M 檔案裡。
- 一般形式為

表 8.6.1　匿名函數的定義

指 令	說 明
fname=@(*arg_list*) *expr*	定義匿名函數，函數名稱為 *fname*，輸入引數為 *arg_list*，函數的內容則定義在 *expr* 的位置

單自變量函數的範例

```
>> f = @(x) cos(x) - x; % 宣告 f 是一個函式握把
>> z = fzero(f,[0,pi/2]) % 求出函數 f 的零根

z =

   0.7391
```

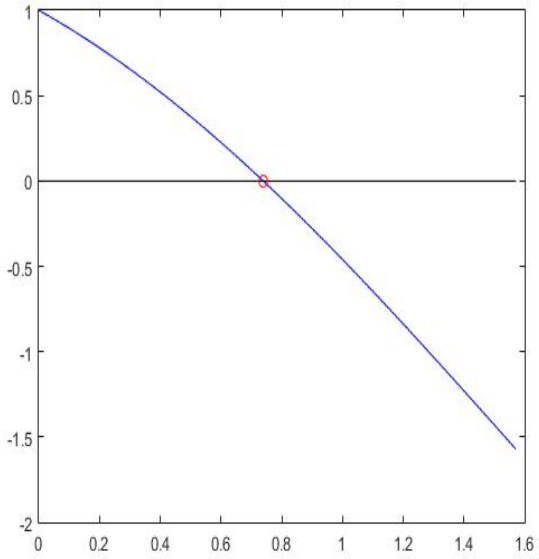
單自變量函數的範例

```
>> f = @(x) cos(x) - x; % 宣告 f 是一個函式握把
>> z = fzero(f,[0,pi/2]) % 求出函數 f 的零根

z =

  0.7391

>> x = linspace(0,pi/2); y = f(x); fz = f(z);
>> plot(x,y,'b-',x,zeros(size(x)),'k-',z,fz,'ro');
```



雙自變量函數的範例

```
>>  g = @(x,y) x./(x.^2+y.^2+1);
>> g(1,1)

ans =

  0.3333
```

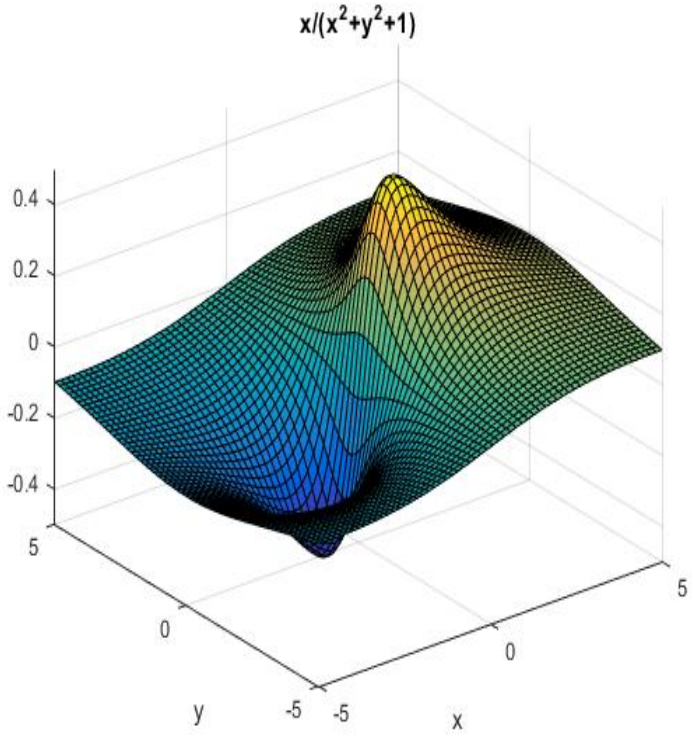
雙自變量函數的範例

```
>>  g = @(x,y) x./(x.^2+y.^2+1);
>> g(1,1)

ans =

  0.3333

>> ezsurf(g,[-5,5,-5,5]);
```



使用者定義函式 (進階篇)

L5 選擇性引數

L6 使用共用記憶體分享資料

L7 函式呼叫間的資料保存

L8 MATLAB 內建函式: 排序與亂數涵式

Lecture 5
選擇性引數

- 許多 MATLAB 函式支援選擇性的輸入引數及輸出引數，例如: `plot`、`max` 等函式。
  - `x_max = max(x);`
  - `[x_max,ii_max] = max(x);`

- 許多 MATLAB 函式支援選擇性的輸入引數及輸出引數，例如: `plot`、`max` 等函式。
  - `x_max = max(x);`
  - `[x_max,ii_max] = max(x);`
- MATLAB 有關選擇性引數資訊的函式
  - `nargin`: 傳回用來呼叫函式的實際輸入引數數目，是 number of argument input 的縮寫。

- 許多 MATLAB 函式支援選擇性的輸入引數及輸出引數，例如: `plot`、`max` 等函式。
  - `x_max = max(x);`
  - `[x_max,ii_max] = max(x);`
- MATLAB 有關選擇性引數資訊的函式
  - `nargin`: 傳回用來呼叫函式的實際輸入引數數目，是 number of argument input 的縮寫。
  - `nargout`: 傳回用來呼叫函式的實際輸出引數數目，是 number of argument output 的縮寫。

- 許多 MATLAB 函式支援選擇性的輸入引數及輸出引數，例如: `plot`、`max` 等函式。
  - `x_max = max(x);`
  - `[x_max,ii_max] = max(x);`
- MATLAB 有關選擇性引數資訊的函式
  - `nargin`: 傳回用來呼叫函式的實際輸入引數數目，是 number of argument input 的縮寫。
  - `nargout`: 傳回用來呼叫函式的實際輸出引數數目，是 number of argument output 的縮寫。
  - `nargchk`: 假如用來呼叫函式的引數太少或是太多，將傳回一個錯誤訊息。

- 許多 MATLAB 函式支援選擇性的輸入引數及輸出引數，例如: `plot`、`max` 等函式。
  - `x_max = max(x);`
  - `[x_max,ii_max] = max(x);`
- MATLAB 有關選擇性引數資訊的函式
  - `nargin`: 傳回用來呼叫函式的實際輸入引數數目，是 number of argument input 的縮寫。
  - `nargout`: 傳回用來呼叫函式的實際輸出引數數目，是 number of argument output 的縮寫。
  - `nargchk`: 假如用來呼叫函式的引數太少或是太多，將傳回一個錯誤訊息。
  - `error`: 顯示錯誤的訊息，並放棄執行產生錯誤的函式。用在當引數產生的錯誤是嚴重的 (fatal) 情況。

- 許多 MATLAB 函式支援選擇性的輸入引數及輸出引數，例如: `plot`、`max` 等函式。
  - `x_max = max(x);`
  - `[x_max,ii_max] = max(x);`
- MATLAB 有關選擇性引數資訊的函式
  - `nargin`: 傳回用來呼叫函式的實際輸入引數數目，是 number of argument input 的縮寫。
  - `nargout`: 傳回用來呼叫函式的實際輸出引數數目，是 number of argument output 的縮寫。
  - `nargchk`: 假如用來呼叫函式的引數太少或是太多，將傳回一個錯誤訊息。
  - `error`: 顯示錯誤的訊息，並放棄執行產生錯誤的函式。用在當引數產生的錯誤是嚴重的 (fatal) 情況。
  - `warning`: 顯示警告的訊息，並繼續執行函式。用在當引數的錯誤並不嚴重，而函式可以繼續執行的情況。

- 許多 MATLAB 函式支援選擇性的輸入引數及輸出引數，例如: `plot`、`max` 等函式。
  - `x_max = max(x);`
  - `[x_max,ii_max] = max(x);`
- MATLAB 有關選擇性引數資訊的函式
  - `nargin`: 傳回用來呼叫函式的實際輸入引數數目，是 number of argument input 的縮寫。
  - `nargout`: 傳回用來呼叫函式的實際輸出引數數目，是 number of argument output 的縮寫。
  - `nargchk`: 假如用來呼叫函式的引數太少或是太多，將傳回一個錯誤訊息。
  - `error`: 顯示錯誤的訊息，並放棄執行產生錯誤的函式。用在當引數產生的錯誤是嚴重的 (fatal) 情況。
  - `warning`: 顯示警告的訊息，並繼續執行函式。用在當引數的錯誤並不嚴重，而函式可以繼續執行的情況。
  - `inputname`: 傳回對應輸入引數清單特定次序的實際變數名稱。

上述函式的語法 (1/2)

- **nargchk 語法**
  - `msg = nargchk(min_args,max_args,num_args);`
  - `min_args:` 引數最小數目，`max_args:` 引數最大數目，`num_args:` 實際引數數目。
  - 假使引數的數目不在可接受的範圍，將會產生一個標準的錯誤訊息。
  - 假使引數的數目在可接受範圍內，則函式將會傳回一個空字串。

上述函式的語法 (1/2)

- **nargchk 語法**
  - `msg = nargchk(min_args,max_args,num_args);`
  - `min_args:` 引數最小數目，`max_args:` 引數最大數目，`num_args:` 實際引數數目。
  - 假使引數的數目不在可接受的範圍，將會產生一個標準的錯誤訊息。
  - 假使引數的數目在可接受範圍內，則函式將會傳回一個空字串。
- **error 語法**
  - `error('msg')`，其中 `msg` 是包含錯誤訊息的字串。
  - `error` 可與 `nargchk` 互相搭配使用。
  - 當程式發生錯誤時，產生一個錯誤訊息並停止執行。
  - 如果程式沒有錯誤，就只輸出一個空字串。

上述函式的語法 (2/2)

- **warning 語法**
  - `warning('msg')`，其中 `msg` 是包含警告訊息的字串。
  - 會告知使用者發生問題的函式名稱，以及程式發生問題的位置，但程式仍繼續執行而不會中斷。

上述函式的語法 (2/2)

- **warning 語法**
  - `warning('msg')`，其中 `msg` 是包含警告訊息的字串。
  - 會告知使用者發生問題的函式名稱，以及程式發生問題的位置，但程式仍繼續執行而不會中斷。
- **inputname 語法**
  - `name = inputname(argno);`
  - 會傳回所使用的真實引數名稱，其中 `argno` 是引數的序數。
  - 如果引數是個變數，函式會傳回變數名稱。
  - 假如引數是一段敘述，則會傳回一個空字串。

範例: 使用選擇性引數

- 產生一個函式 `pplar_value`，將直角座標 (x, y) 轉換成等價的極座標 (r, θ)。
- 如果只有輸入一個引數，則函式將會假設 y 值為 0，並繼續完成轉換的計算。
- 正常的情況下，函式將傳回距離 r 與角度 θ(以度為單位)兩個數值，但如果呼叫此函式的敘述式只有一個輸出引數，它將只會傳回距離值 r。

MATLAB 程式碼 (檔名: polar_value.m)

```
function [mag,angle] = polar_value(x,y)

msg = nargchk(1,2,nargin);
error(msg);

if nargin < 2
  y = 0;
end

if x == 0 & y == 0
  msg = 'x and y are zero: angle is meaningless!';
  warning(msg);
end

mag = sqrt(x.^2 + y.^2);
if nargout == 2
  angle = atan2(y,x) * 180/pi;
end
```

程式執行結果 (1/2)

```
>> [r, theta] = polar_value(1, -1)
r =

  1.4142

theta =

  -45
```

程式執行結果 (1/2)

```
>> [r, theta] = polar_value(1, -1)
r =
  1.4142
theta =
  -45
>> r = polar_value(1, -1)
r =
  1.4142
```

程式執行結果 (1/2)

```
>> [r, theta] = polar_value(1, -1)
r =
  1.4142
theta =
  -45
>> r = polar_value(1, -1)
r =
  1.4142
>> [r, theta] = polar_value(-2)
r =
  2
theta =
  180
```

程式執行結果 (2/2)

```
>> [r, theta] = polar_value(3, 4)
r =

  5

theta =

  53.1301
```

程式執行結果 (2/2)

```
>> [r, theta] = polar_value(3, 4)
r =
  5
theta =
  53.1301
>> [r, theta] = polar_value(0, 0)
Warning: x and y are zero: angle is meaningless!
> In polar_value at 32
r =
  0
theta =
  0
```

Lecture 6
使用共用記憶體分享資料

共用記憶體與全域變數

- 除了引數清單之外，MATLAB 函式也能在工作區內使用共用記憶體，以交換彼此間的資料。

共用記憶體與全域變數

- 除了引數清單之外，MATLAB 函式也能在工作區內使用共用記憶體，以交換彼此間的資料。
- **共用記憶體（global memory）**是一種特別型態的記憶體，能在任何工作區內存取。

共用記憶體與全域變數

- 除了引數清單之外，MATLAB 函式也能在工作區內使用共用記憶體，以交換彼此間的資料。
- **共用記憶體（global memory）**是一種特別型態的記憶體，能在任何工作區內存取。
- 對於分享函式間的大量資料特別有用，因為每次函式被呼叫時，就不需要複製整個資料集合。

共用記憶體與全域變數

- 除了引數清單之外，MATLAB 函式也能在工作區內使用共用記憶體，以交換彼此間的資料。
- **共用記憶體（global memory）**是一種特別型態的記憶體，能在任何工作區內存取。
- 對於分享函式間的大量資料特別有用，因為每次函式被呼叫時，就不需要複製整個資料集合。
- **全域變數 (global variables)** 是藉由 `global` 宣告來產生，其宣告形式如下：

表 8.4.2　使用全域變數

語 法	說 明
global var_1 var_2 ⋯	宣告全域變數 $var_1, var_2, \cdots$
whos global	查詢工作區內的全域變數
clear global var_1 var_2 ⋯	刪除全域變數 $var_1, var_2, \cdots$

區域變數與全域變數

- 在 MATLAB 函式內部的變數均是**區域變數 (local variables)**。

區域變數與全域變數

- 在 MATLAB 函式內部的變數均是**區域變數 (local variables)**。
- 以**大寫字母宣告全域變數**，使其容易與區域變數區別。

區域變數與全域變數

- 在 MATLAB 函式內部的變數均是**區域變數 (local variables)**。
- 以**大寫字母宣告全域變數**，使其容易與區域變數區別。
- 通常在函式中的使用說明與第一個可執行的宣告式之間，宣告所有的全域變數。

區域變數與全域變數

- 在 MATLAB 函式內部的變數均是**區域變數 (local variables)**。
- 以**大寫字母宣告全域變數**，使其容易與區域變數區別。
- 通常在函式中的使用說明與第一個可執行的宣告式之間，宣告所有的全域變數。
- 每個全域變數在函式內第一次使用前，必須先宣告其為全域變數。如果在局部工作區產生一個變數後才宣告其為全域變數，將會產生錯誤。

全域變數的範例

使用 global 宣告的函式: test_global.m

```
function test_global(num)

global VAR; % 宣告 VAR 為一個全域變數
VAR = VAR * num; % 改變 VAR 的內存數值
fprintf(' 在函式內，VAR = %g \n', VAR);
```

全域變數的範例

使用 global 宣告的函式: test_global.m

```
function test_global(num)

global VAR; % 宣告 VAR 為一個全域變數
VAR = VAR * num; % 改變 VAR 的內存數值
fprintf(' 在函式內，VAR = %g \n', VAR);
```

```
>> global VAR
>> VAR = 3.14;
```

全域變數的範例

使用 global 宣告的函式: test_global.m

```
function test_global(num)

global VAR; % 宣告 VAR 為一個全域變數
VAR = VAR * num; % 改變 VAR 的內存數值
fprintf(' 在函式內，VAR = %g \n', VAR);
```

```
>> global VAR
>> VAR = 3.14;
>> test_global(-2)
在函式內，VAR = -6.28
```

全域變數的範例

使用 global 宣告的函式: test_global.m

```
function test_global(num)

global VAR; % 宣告 VAR 為一個全域變數
VAR = VAR * num; % 改變 VAR 的內存數值
fprintf(' 在函式內，VAR = %g \n', VAR);
```

```
>> global VAR
>> VAR = 3.14;
>> test_global(-2)
在函式內，VAR = -6.28
>> num
Undefined function or variable 'num'.
```

全域變數的範例

使用 global 宣告的函式: test_global.m

```
function test_global(num)

global VAR; % 宣告 VAR 為一個全域變數
VAR = VAR * num; % 改變 VAR 的內存數值
fprintf(' 在函式內，VAR = %g \n', VAR);
```

```
>> global VAR
>> VAR = 3.14;
>> test_global(-2)
在函式內，VAR = -6.28
>> num
Undefined function or variable 'num'.

>> VAR

VAR =

  -6.2800
```

Lecture 7
函式呼叫間的資料保存

區域變數值的續存

- **續存記憶體（persistent memory）**
  - 一種特別類型的記憶體，只允許在函式內存取。
  - 在函式呼叫之間，其值保持不變。

區域變數值的續存

- **續存記憶體（persistent memory）**
  - 一種特別類型的記憶體，只允許在函式內存取。
  - 在函式呼叫之間，其值保持不變。
- **續存變數宣告式**

```
persistent var1 var2 var3...
```

其中 `var1`、`var2`、`var3` 等，是保存在續存記憶體的變數。

範例: 動態平均值 (1/4)

1. 宣告問題

產生一個函式，當輸入一個新的數值時，即時計算資料的動態平均及標準差。這個函式也需要應使用者的需要，重置動態總和統計值。

範例: 動態平均值 (1/4)

1. 宣告問題

產生一個函式，當輸入一個新的數值時，即時計算資料的動態平均及標準差。這個函式也需要應使用者的需要，重置動態總和統計值。

2. 定義輸入和輸出

- 兩種類型的輸入值：
  1. 使用字元字串「reset」重置動態總和統計值歸零。
  2. 輸入資料集合裡的數值，每呼叫函一次，便顯示一個數值。
- 輸出值: 提供資料的動態平均值與標準差。

範例: 動態平均值 (1/4)

1. 宣告問題

產生一個函式，當輸入一個新的數值時，即時計算資料的動態平均及標準差。這個函式也需要應使用者的需要，重置動態總和統計值。

2. 定義輸入和輸出

- 兩種類型的輸入值：
  1. 使用字元字串「reset」重置動態總和統計值歸零。
  2. 輸入資料集合裡的數值，每呼叫函一次，便顯示一個數值。
- 輸出值: 提供資料的動態平均值與標準差。

3. 設計演算法

Step 1 檢查合法的引數個數
Step 2 檢查'reset'，並重置顯示總和值
Step 3 增加新的數值到動態總和值
Step 4 如果有足夠多的資料，計算並傳回動態平均值與標準差。
如果資料不夠的話，就傳回零。

範例: 動態平均值 (2/4)

4. MATLAB 程式碼 (函式檔名: runstats.m)

```
function [ave, std] = runstats(x)
persistent n sum_x sum_x2
msg = nargchk(1,1,nargin); error(msg);
```

4. MATLAB 程式碼 (函式檔名: runstats.m)

```
function [ave, std] = runstats(x)
persistent n sum_x sum_x2
msg = nargchk(1,1,nargin); error(msg);
if x == 'reset'
  n = 0; sum_x = 0; sum_x2 = 0;
else
  n = n + 1; sum_x = sum_x + x; sum_x2 = sum_x2 + x^2;
end
```

4. MATLAB 程式碼 (函式檔名: runstats.m)

```
function [ave, std] = runstats(x)
persistent n sum_x sum_x2
msg = nargchk(1,1,nargin); error(msg);
if x == 'reset'
  n = 0; sum_x = 0; sum_x2 = 0;
else
  n = n + 1; sum_x = sum_x + x; sum_x2 = sum_x2 + x^2;
end
if n == 0
  ave = 0; std = 0;
elseif n == 1
  ave = sum_x; std = 0;
else
  ave = sum_x / n;
  std = sqrt((n*sum_x2 - sum_x^2) / (n*(n-1)));
end
```

範例: 動態平均值 (3/4)

4. MATLAB 程式碼 (主程序檔名: `test_runstats.m`)

```
% First reset running sums
[ave, std] = runstats('reset');
```

範例: 動態平均值 (3/4)

4. MATLAB 程式碼 (主程序檔名: `test_runstats.m`)

```
% First reset running sums
[ave, std] = runstats('reset');

% Prompt for the number of values in the data set
nvals = input('Enter number of data: ');
```

4. MATLAB 程式碼 (主程序檔名: `test_runstats.m`)

```
% First reset running sums
[ave, std] = runstats('reset');

% Prompt for the number of values in the data set
nvals = input('Enter number of data: ');

% Get input values
for ii = 1:nvals
  % Prompt for next value
  string = ['Enter value ' int2str(ii) ': '];
  x = input(string);
  % Get running statistics
  [ave, std] = runstats(x);
  % Display running statistics
  fprintf('Ave = %8.4f; Std = %8.4f \n',ave,std);
end
```

範例: 動態平均值 (4/4)

5. 測試程式

試輸入五筆資料 **3, 2, 3, 4, 2.8**，並計算其移動平均值與標準差。

5. 測試程式

試輸入五筆資料 **3, 2, 3, 4, 2.8**，並計算其移動平均值與標準差。

```
>> test_runstats
Enter number of data: 5
```

5. 測試程式

試輸入五筆資料 **3, 2, 3, 4, 2.8**，並計算其移動平均值與標準差。

```
>> test_runstats
Enter number of data: 5
Enter value 1: 3
Ave = 3.0000; Std = 0.0000
```

5. 測試程式

試輸入五筆資料 **3, 2, 3, 4, 2.8**，並計算其移動平均值與標準差。

```
>> test_runstats
Enter number of data: 5
Enter value 1: 3
Ave = 3.0000; Std = 0.0000
Enter value 2: 2
Ave = 2.5000; Std = 0.7071
```

5. 測試程式

試輸入五筆資料 **3, 2, 3, 4, 2.8**，並計算其移動平均值與標準差。

```
>> test_runstats
Enter number of data: 5
Enter value 1: 3
Ave = 3.0000; Std = 0.0000
Enter value 2: 2
Ave = 2.5000; Std = 0.7071
Enter value 3: 3
Ave = 2.6667; Std = 0.5774
```

5. 測試程式

試輸入五筆資料 **3, 2, 3, 4, 2.8**，並計算其移動平均值與標準差。

```
>> test_runstats
Enter number of data: 5
Enter value 1: 3
Ave = 3.0000; Std = 0.0000
Enter value 2: 2
Ave = 2.5000; Std = 0.7071
Enter value 3: 3
Ave = 2.6667; Std = 0.5774
Enter value 4: 4
Ave = 3.0000; Std = 0.8165
```

5. 測試程式

試輸入五筆資料 **3, 2, 3, 4, 2.8**，並計算其移動平均值與標準差。

```
>> test_runstats
Enter number of data: 5
Enter value 1: 3
Ave = 3.0000; Std = 0.0000
Enter value 2: 2
Ave = 2.5000; Std = 0.7071
Enter value 3: 3
Ave = 2.6667; Std = 0.5774
Enter value 4: 4
Ave = 3.0000; Std = 0.8165
Enter value 5: 2.8
Ave = 2.9600; Std = 0.7127
```

Lecture 8
MATLAB 內建函式:
排序與亂數涵式

內建排序函式 sort

- `sort` 函式可將一組資料排序成**遞增 (ascending order)** 或**遞減順序 (descending order)**。

內建排序函式 sort

- sort 函式可將一組資料排序成**遞增 (ascending order)** 或**遞減順序 (descending order)**。
- 如果這組資料是一個行或列向量，整組資料會進行排序。

內建排序函式 sort

- sort 函式可將一組資料排序成**遞增 (ascending order)** 或**遞減順序 (descending order)**。
- 如果這組資料是一個行或列向量，整組資料會進行排序。
- 如果這組資料是一個二維矩陣，則矩陣的行向量 (column vectors) 會被分別排序。

內建排序函式 sort

- sort 函式可將一組資料排序成**遞增 (ascending order)** 或**遞減順序 (descending order)**。
- 如果這組資料是一個行或列向量，整組資料會進行排序。
- 如果這組資料是一個二維矩陣，則矩陣的行向量 (column vectors) 會被分別排序。
- 宣告形式如下:

```
res = sort(a);              % 排成遞增順序
res = sort(a,'ascend');     % 排成遞增順序
res = sort(a,'descend');    % 排成遞減順序
```

函式 sort 的使用範例

```
>> a = [1 4 5 2 8];
>> sort(a,'descend')

ans =

  8     5     4     2     1
```

函式 sort 的使用範例

```
>> a = [1 4 5 2 8];
>> sort(a,'descend')

ans =

  8    5    4    2    1

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

函式 sort 的使用範例

```
>> a = [1 4 5 2 8];
>> sort(a,'descend')

ans =

  8    5    4    2    1

>> b = [1 5 2; 9 7 3; 8 4 6];
 >> b                    >> sort(b)

 b =                     ans =

   1   5   2               1   4   2
   9   7   3               8   5   3
   8   4   6               9   7   6
```

內建排序函式 sortrows

- sortrows 函式是 **sort array rows** 之意。
- 將一個矩陣的資料依照**某一或某些特定欄位 (columns)** 的資料進行遞增或遞減排序。

內建排序函式 sortrows

- sortrows 函式是 **sort array rows** 之意。
- 將一個矩陣的資料依照**某一或某些特定欄位 (columns)** 的資料進行遞增或遞減排序。
- 宣告形式如下：

```
res = sortrows(a);      % 第 1 欄資料排成遞增順序
res = sortrows(a,n);    % 第 n 欄資料排成遞增順序
res = sortrows(a,-n);   % 第 n 欄資料排成遞減順序
```

內建排序函式 sortrows

- sortrows 函式是 **sort array rows** 之意。
- 將一個矩陣的資料依照**某一或某些特定欄位 (columns)** 的資料進行遞增或遞減排序。
- 宣告形式如下：

```
res = sortrows(a);      % 第 1 欄資料排成遞增順序
res = sortrows(a,n);    % 第 n 欄資料排成遞增順序
res = sortrows(a,-n);   % 第 n 欄資料排成遞減順序
```

- 宣告式 `res = sortrows(a,[m n])`
  - 主要先針對第 m 個欄位的列資料進行排序。
  - 在第 m 個欄位中，若有兩個或兩個以上的元素相同，則再依據第 n 個欄位相對應的列資料進行排序。

函式 sortrows 的使用範例

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

函式 sortrows 的使用範例

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

 c =

   1   7   2
   9   7   3
   8   4   6
```

```
>> sortrows(c,-1)

ans =

   9   7   3
   8   4   6
   1   7   2
```

```
>> sortrows(c,[2 3])

ans =

   8   4   6
   1   7   2
   9   7   3
```

常用的內建亂數函式

下表為函式 rand 和 randn 的宣告形式:

宣告形式	說明
ramd 或 rand()	產生一個在 $[0,1)$ 區間內均勻分布的亂數。
rand(n)	產生元素在 $[0,1)$ 區間內均勻分布的 $n \times n$ 亂數矩陣。
rand(m,n)	產生元素在 $[0,1)$ 區間內均勻分布的 $m \times n$ 亂數矩陣。
randn 或 randn()	產生一個標準常態分布的亂數。
randn(n)	產生元素為標準常態分布的 $n \times n$ 亂數矩陣。
randn(m,n)	產生元素為標準常態分布的 $m \times n$ 亂數矩陣。

Thank you for your attention!