Chapter 5
迴圈與向量優化

Hung-Yuan Fan (范洪源)

Department of Mathematics,
National Taiwan Normal University, Taiwan

Spring 2020

Outline

Lecture 1

`while` 迴圈

Introduction

- **迴圈（loops）**是一種 MATLAB 架構，允許我們重複執行一連串的宣告式。

Introduction

- **迴圈（loops）**是一種 MATLAB 架構，允許我們重複執行一連串的宣告式。
- 兩個基本的迴圈架構為：**while 迴圈（while loops）**以及 **for 迴圈（for loops）**。
  - `wile` 迴圈: 只要滿足某些條件，將重複執行特定的程式區塊，直到這些條件不滿足後，才結束迴圈，故其執行次數並非固定。
  - `for` 迴圈: 以一個確定的次數重複執行特定的程式區塊。

Introduction

- **迴圈（loops）**是一種 MATLAB 架構，允許我們重複執行一連串的宣告式。
- 兩個基本的迴圈架構為：**while 迴圈（while loops）**以及 **for 迴圈（for loops）**。
  - `wile` 迴圈: 只要滿足某些條件，將重複執行特定的程式區塊，直到這些條件不滿足後，才結束迴圈，故其執行次數並非固定。
  - `for` 迴圈: 以一個確定的次數重複執行特定的程式區塊。
- **向量化或是向量優化（vectorization）**是 MATALB 另一種更快速的方式，用來執行如同許多 `for` 迴圈一樣的功能。

表 9.3.2　while 迴圈敘述

指 令	說 明
while 判斷條件 　敘述主體 end	當判斷條件為 true 時，會重複執行敘述主體，直到判斷條件為 false 為止

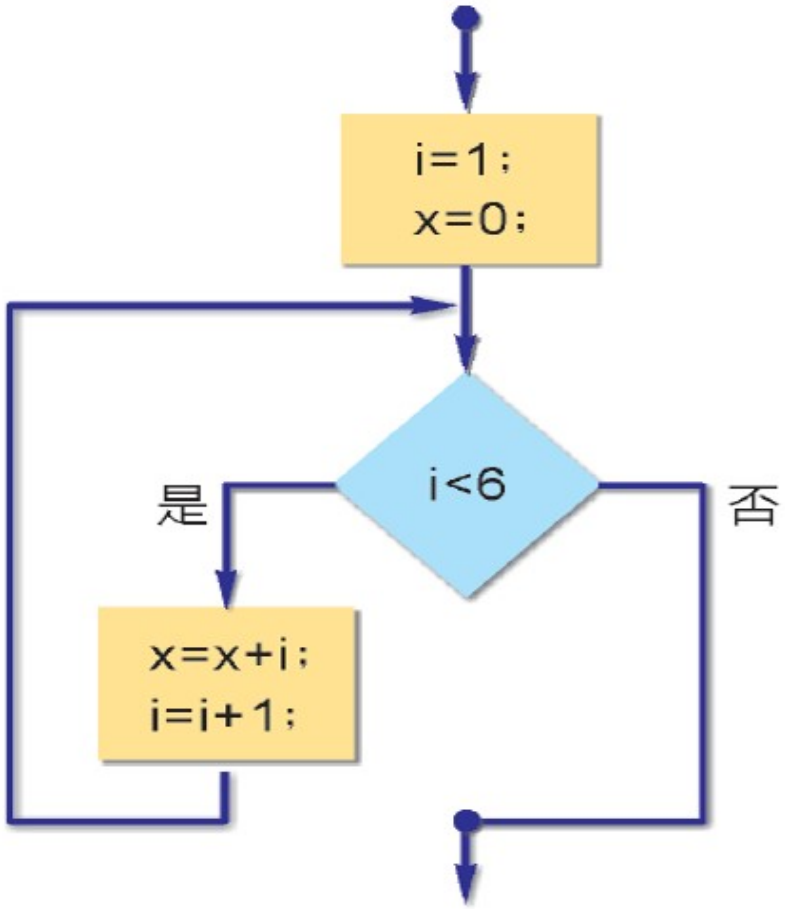
```
while expression
    ...
    ...
    ...
end
```

程式碼區塊

while 迴圈的範例

```
% 本範例計算 1 + 2 + 3 + 4 + 5 的總和。
i = 1;  x = 0;
while i < 6
  x = x + i;
  i = i + 1;
end
fprintf(' 正整數 1 加到 5 的總和為 %d \n',x);
```

whike 範例的流程圖



while 迴圈的範例

```
total = 0;  num = 2;
while num <= 100
  if isprime(num)
    total = total + num;
  end
  num = num + 1;
end
fprintf('1 到 100 之間的質數總和為 %d \n',total);
```

範例: 統計分析 (1/5)

1. 宣告問題

- 計算一組資料的平均數及標準差，假設所有的測量值均為正數或零，並且使用一個負值作為資料輸入的結尾。

範例: 統計分析 (1/5)

1. **宣告問題**
   - 計算一組資料的平均數及標準差，假設所有的測量值均為正數或零，並且使用一個負值作為資料輸入的結尾。
2. **定義輸入和輸出**
   - 輸入: 一組不知道總個數的正數或零值。
   - 輸出: 列出輸入資料的平均數、標準差和資料點的總個數。

範例: 統計分析 (1/5)

1. 宣告問題

- 計算一組資料的平均數及標準差，假設所有的測量值均為正數或零，並且使用一個負值作為資料輸入的結尾。

2. 定義輸入和輸出

- 輸入: 一組不知道總個數的正數或零值。
- 輸出: 列出輸入資料的平均數、標準差和資料點的總個數。

3. 設計演算法

- 這個程式將會分成 3 個主要的步驟來執行：
  1. 收集輸入資料
  2. 計算平均數及標準差

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i, \quad s = \frac{\sqrt{N\sum_{i=1}^{N} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2}}{N(N-1)}$$

  3. 輸出平均數、標準差及資料點數

4. 將演算法變成 MATLAB 宣告式

- 虛擬碼 (pseudocode):

將 n, sum_x 及 sum_x2 初始化為 0。
提示使用者輸入並讀取需要的第一個 x 值。
while x >= 0
  n ← n+1;
  sum_x ← sum_x + x;
  sum_x2 ← sum_x2 + x^2;
  提示使用者輸入並讀取下一個 x 值。
end
計算資料點的平均數 x_bar 與標準差 s。
輸出資料點的平均數、標準差及資料點數。

範例: 統計分析 (3/5)

- MATLAB 程式碼: (檔名為 stats_1.m)

```
n = 0; sum_x = 0; sum_x2 = 0;
x = input('Enter first value: ');
```

範例: 統計分析 (3/5)

- MATLAB 程式碼: (檔名為 stats_1.m)

```
n = 0; sum_x = 0; sum_x2 = 0;
x = input('Enter first value: ');

while x >= 0
  n = n + 1;
  sum_x = sum_x + x;
  sum_x2 = sum_x2 + x^2;
  x = input('Enter next value: ');
end
```

範例: 統計分析 (3/5)

- MATLAB 程式碼: (檔名為 stats_1.m)

```
n = 0; sum_x = 0; sum_x2 = 0;
x = input('Enter first value: ');

while x >= 0
  n = n + 1;
  sum_x = sum_x + x;
  sum_x2 = sum_x2 + x^2;
  x = input('Enter next value: ');
end

x_bar = sum_x / n;
s = sqrt( (n*sum_x2-sum_x^2) / (n*(n-1));
```

範例: 統計分析 (3/5)

- MATLAB 程式碼: (檔名為 stats_1.m)

```
n = 0; sum_x = 0; sum_x2 = 0;
x = input('Enter first value: ');

while x >= 0
  n = n + 1;
  sum_x = sum_x + x;
  sum_x2 = sum_x2 + x^2;
  x = input('Enter next value: ');
end

x_bar = sum_x / n;
s = sqrt( (n*sum_x2-sum_x^2) / (n*(n-1));

fprintf('The mean of data is: %f \n',x_bar);
fprintf('The standard deviation is: %f \n',s);
fprintf('The number of data is: %f \n',n);
```

範例: 統計分析 (4/5)

5. 測試程式

```
>> stats_1
```

5. 測試程式

```
>> stats_1
Enter first value: 3
Enter next value: 4
Enter next value: 5
Enter next value: -1
```

5. 測試程式

```
>> stats_1
Enter first value: 3
Enter next value: 4
Enter next value: 5
Enter next value: -1
The mean of data is: 4.000000
The standard deviation is: 1.000000
The number of data is: 3.000000
```

5. 測試程式

```
>> stats_1
Enter first value: 3
Enter next value: 4
Enter next value: 5
Enter next value: -1
The mean of data is: 4.000000
The standard deviation is: 1.000000
The number of data is: 3.000000
>> stats_1
Enter first value: -1
```

5. 測試程式

```
>> stats_1
Enter first value: 3
Enter next value: 4
Enter next value: 5
Enter next value: -1
The mean of data is: 4.000000
The standard deviation is: 1.000000
The number of data is: 3.000000
```

```
>> stats_1
Enter first value: -1
The mean of data is: NaN
The standard deviation is: NaN
The number of data is: 0.000000
```

範例: 統計分析 (5/5)

- 正確的 MATLAB 程式碼: (檔名為 stats_2.m)

```
n = 0; sum_x = 0; sum_x2 = 0;
x = input('Enter first value: ');
while x >= 0
  n = n + 1;
  sum_x = sum_x + x;   sum_x2 = sum_x2 + x^2;
  x = input('Enter next value: ');
end
```

範例: 統計分析 (5/5)

- 正確的 MATLAB 程式碼: (檔名為 stats_2.m)

```
n = 0; sum_x = 0; sum_x2 = 0;
x = input('Enter first value: ');
while x >= 0
  n = n + 1;
  sum_x = sum_x + x;   sum_x2 = sum_x2 + x^2;
  x = input('Enter next value: ');
end
if n < 2
  disp('At least 2 values must be entered!');
else
  x_bar = sum_x / n;
  s = sqrt( (n*sum_x2-sum_x^2) / (n*(n-1));
  fprintf('The mean of data is: %f \n',x_bar);
  fprintf('The standard deviation is: %f \n',s);
  fprintf('The number of data is: %f \n',n);
end
```

Lecture 2

`for` 迴圈

- **for 迴圈（for loops）**是一種可執行程式區塊特定次數的迴圈。

- **for 迴圈（for loops）**是一種可執行程式區塊特定次數的迴圈。
- 形式如下：

表 9.3.1　for 迴圈敘述

指 令	說 明
for 迴圈變數=向量 　敘述主體 end	將變數依序設定成向量裡的每一個元素值，然後執行敘述主體
for 迴圈變數=矩陣 　敘述主體 end	將變數依序設定成矩陣裡的每一個直行，然後執行敘述主體

for 迴圈的範例

```
total = 0;
for num = 2:100  % num = 2,3,4,…,100
  if isprime(num)
    total = total + num;
  end
end
fprintf('1 到 100 之間的質數總和為 %d \n',total);
```

計算向量元素的總和 (檔名: vec_sum.m)

```
total = 0;
for num = [-5.6 -1 4 7.2]  % num = -5.6 ,-1, 4, 7.2
  total = total + num;
end
fprintf(' 向量元素的總和為 %f \n',total);
```

計算向量元素的總和 (檔名: vec_sum.m)

```
total = 0;
for num = [-5.6 -1 4 7.2]  % num = -5.6 ,-1, 4, 7.2
  total = total + num;
end
fprintf(' 向量元素的總和為 %f \n',total);
```

>> **vec_sum**

向量元素的總和為4.600000

計算向量元素的總和 (檔名: vec_sum.m)

```
total = 0;
for num = [-5.6 -1 4 7.2]  % num = -5.6 ,-1, 4, 7.2
  total = total + num;
end
fprintf(' 向量元素的總和為 %f \n',total);
```

```
>> vec_sum
向量元素的總和為4.600000

>> sum([-5.6, -1, 4, 7.2])

ans =

  4.6000
```

迴圈變數被指派為陣列 (檔名: for_arr.m)

```
for ii = [1 2;3 4]  % 矩陣 [1 2; 3 4] 被指派給變數 ii
  ii
end
```

迴圈變數被指派為陣列 (檔名: for_arr.m)

```
for ii = [1 2;3 4]  % 矩陣 [1 2; 3 4] 被指派給變數 ii
  ii
end
```

>> **for_arr**

迴圈變數被指派為陣列 (檔名: for_arr.m)

```
for ii = [1 2;3 4]   % 矩陣 [1 2; 3 4] 被指派給變數 ii
  ii
end
```

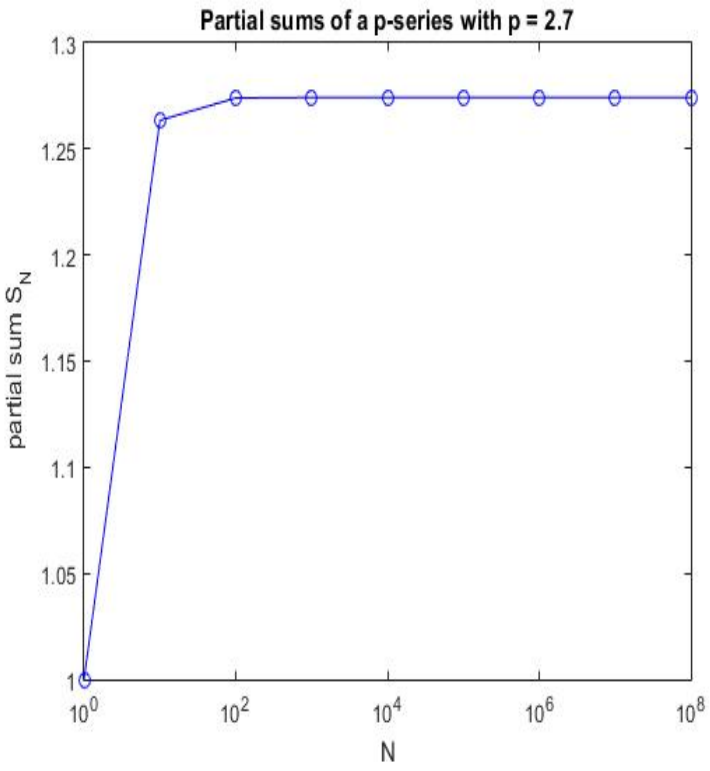
```
>> for_arr
ii =
     1
     3
ii =
     2
     4
```

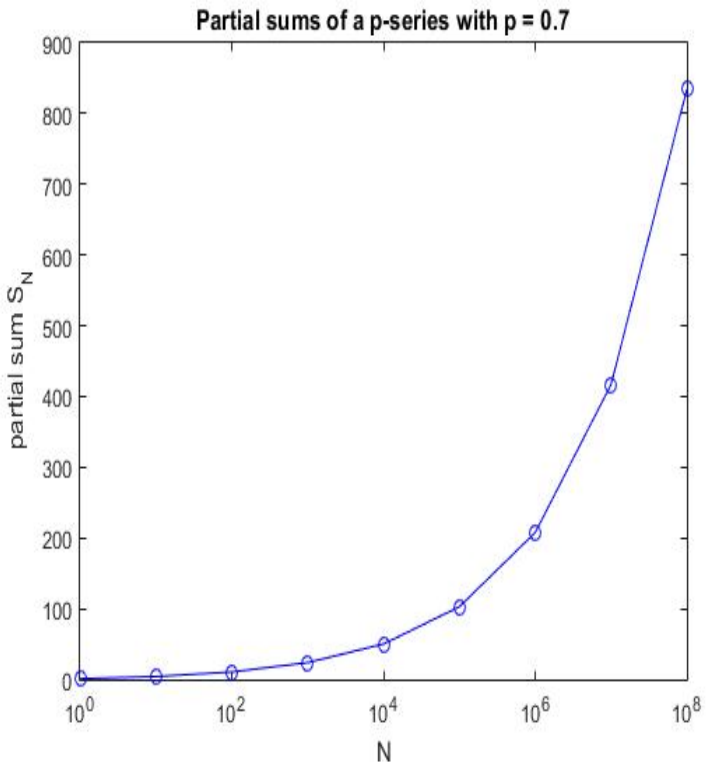
計算 p-級數的和 (檔名: p_series.m)

```
p = 2.7;  data = [];
for k = 0:8
  N = 10^k;
  n = 1:N;
  S_N = sum(1./(n.^p));
  data = [data;N S_N];
end
semilogx(data(:,1),data(:,2),'bo-');
title('Partial sums of a p-series with p = 2.7');
xlabel('N');
ylabel('partial sum S_N');
```

程式執行結果 (承上例)

下列圖形顯示 $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^p}$ 的收斂與發散，其中 $p = 2.7$ 和 $p = 0.7$:





使用 for 迴圈的重要細節 (1/2)

1. 縮排迴圈的程式本體

- 向後縮排2 個以上的空格，以增加程式碼的可讀性。
- 在編輯/偵錯視窗 (Editor) 中，善用 “反白 MATLAB 宣告式 → 按下滑鼠右鍵 → 選取 **Smart Indent**”。

使用 for 迴圈的重要細節 (1/2)

1. 縮排迴圈的程式本體

- 向後縮排2 個以上的空格，以增加程式碼的可讀性。
- 在編輯/偵錯視窗 (Editor) 中，善用 “反白 MATLAB 宣告式 → 按下滑鼠右鍵 → 選取 **Smart Indent**”。

2. 不能在迴圈的程式本體中修改到迴圈指標

- 因為指標變數在迴圈裡通常被當成計數的工具使用，而修改迴圈指標可能會導致錯誤，或是產生難以找到的錯誤。

```
for ii = 1:10
  ...
  ii = 5;     % Error!
  ...
  a(ii) = <calculation>
  ...
end
```

使用 for 迴圈的重要細節 (2/2)

3. 預先配置 (preallocate) 陣列記憶體空間

- 如果陣列在迴圈開始執行之前，就預先配置其所需的最大空間，當程式執行時，就不需要經過複製的過程。

使用 for 迴圈的重要細節 (2/2)

3. 預先配置 (preallocate) 陣列記憶體空間

- 如果陣列在迴圈開始執行之前，就預先配置其所需的最大空間，當程式執行時，就不需要經過複製的過程。
- 這將大幅地增加執行迴圈的速度。例如:

```
square = zeros(1,100);
for ii = 1:100
  square(ii) = ii^2;
end
```

使用 for 迴圈的重要細節 (2/2)

3. 預先配置 (preallocate) 陣列記憶體空間

- 如果陣列在迴圈開始執行之前，就預先配置其所需的最大空間，當程式執行時，就不需要經過複製的過程。
- 這將大幅地增加執行迴圈的速度。例如:

```
square = zeros(1,100);
for ii = 1:100
  square(ii) = ii^2;
end
```

4. 向量優化陣列

- 使用向量化的宣告來取代迴圈的過程，被稱為**向量優化 (vectorization)**。向量優化可以大幅地改善許多 MATLAB 程式的執行效率。

使用 for 迴圈的重要細節 (2/2)

3. 預先配置 (preallocate) 陣列記憶體空間

- 如果陣列在迴圈開始執行之前，就預先配置其所需的最大空間，當程式執行時，就不需要經過複製的過程。
- 這將大幅地增加執行迴圈的速度。例如:

```
square = zeros(1,100);
for ii = 1:100
  square(ii) = ii^2;
end
```

4. 向量優化陣列

- 使用向量化的宣告來取代迴圈的過程，被稱為**向量優化 (vectorization)**。向量優化可以大幅地改善許多 MATLAB 程式的執行效率。
- 上述 for 迴圈的範例可以改寫成向量優化版本:

```
ii = 1:100;
square = ii.^2;
```

MATLAB 動態編譯器

- 在 6.5 的版本以後，增加**動態 (Just-in-Time, JIT) 編譯器**的工具。

MATLAB 動態編譯器

- 在 6.5 的版本以後，增加**動態 (Just-in-Time, JIT) 編譯器**的工具。
- 在執行程式碼之前先**編譯 (compile)** 它，而非直譯程式碼。

MATLAB 動態編譯器

- 在 6.5 的版本以後，增加**動態 (Just-in-Time, JIT) 編譯器**的工具。
- 在執行程式碼之前先**編譯 (compile)** 它，而非直譯程式碼。
- 可以提升 `for` 迴圈的執行速度，幾乎可與向量優化一樣快。

MATLAB 動態編譯器

- 在 6.5 的版本以後，增加**動態 (Just-in-Time, JIT) 編譯器**的工具。
- 在執行程式碼之前先**編譯 (compile)** 它，而非直譯程式碼。
- 可以提升 `for` 迴圈的執行速度，幾乎可與向量優化一樣快。
- 動態編譯器有許多限制，而且這些限制因所使用的 MATLAB 版本而有所差異。

MATLAB 動態編譯器

- 在 6.5 的版本以後，增加**動態 (Just-in-Time, JIT) 編譯器**的工具。
- 在執行程式碼之前先**編譯 (compile)** 它，而非直譯程式碼。
- 可以提升 `for` 迴圈的執行速度，幾乎可與向量優化一樣快。
- 動態編譯器有許多限制，而且這些限制因所使用的 MATLAB 版本而有所差異。
- 向量優化的方式通常能比動態編譯器更有效率。

範例: 比較迴圈與向量優化

請比較下列寫法所需的計算時間:

1. 不事先初始化陣列，利用 `for` 迴圈計算 1 至 10000 每個整數的平方。
2. 先用 `zeros` 函式去預先配置一個陣列，再利用 `for` 迴圈計算 1 至 10000 每個整數的平方 (這將啟動動態編譯器)。
3. 利用向量計算 1 至 10000 每個整數的平方。

表 9.4.1 tic 與 toc 指令

指 令	說 明
tic 程式敘述 toc	tic 可啟動計時器，toc 則是停止計時器的執行，並顯示執行 "程式敘述" 所需的時間

MATLAB 程式碼 (1/3)

```
% 檔名: timings.m

% 第一種寫法
maxcount = 1000;
tic;
for jj = 1:maxcount
  clear square
  for ii = 1:10000
    square(ii) = ii^2;
  end
end
average1 = (toc)/maxcount;
```

MATLAB 程式碼 (2/3)

```
% 第二種寫法
tic;
for jj = 1:maxcount
   clear square
   square = zeros(1,10000);
   for ii = 1:10000
      square(ii) = ii^2;
   end
end
average2 = (toc)/maxcount;
```

MATLAB 程式碼 (3/3)

```
% 第三種寫法
tic;
for jj = 1:maxcount
   clear square
   ii = 1:10000;
   square = ii.^2;
end
average3 = (toc)/maxcount;

% 顯示三種寫法的計算時間
fprintf('Loop / uninitialized array = %8.5f \n', average1);
fprintf('Loop / initialized array / JIT = %8.5f \n', average2);
fprintf('Vectorized = %8.5f \n', average3);
```

輸出結果 (承上頁)

```
>> timings
Loop / uninitialized array = 0.00261
Loop / initialized array / JIT = 0.00010
Vectorized = 0.00002
```

備註: 上述結果的運算環境為

- 機器型號: ASIS Nootebook (G501JW)
- 微處理器: Intel Core i7-4720HQ CPU@2.60GHz 2.59GHz
- 記憶體數: 12 GB
- 作業系統: Windows 8.1
- 軟體版本: MATLAB R2015a

使用 break 與 continue 指令

表 9.3.3　break 與 continue 指令（以 for 迴圈為例）

指 令	說 明
for 迴圈變數=向量 　敘述主體 1 　break 　敘述主體 2 end 　for 迴圈之後的敘述	當程式執行到 break 敘述時，即會離開迴圈，繼續執行迴圈外的下一個敘述，如果 break 敘述出現在巢狀迴圈中的內層迴圈，則 break 敘述只會跳離當層迴圈。
for 迴圈變數=向量 　敘述主體 1 　continue 　敘述主體 2 end 　for 迴圈之後的敘述	當程式執行到 continue 敘述時，即會停止執行剩餘的迴圈主體，回到迴圈的開始處繼續執行。

指令 break 的範例 (檔名: test_break.m)

```
for ii = 1:5
  if ii == 3
    break;
  end
  fprintf('ii = %d \n', ii);
end
disp(['End of loop!']);
```

指令 break 的範例 (檔名: test_break.m)

```
for ii = 1:5
  if ii == 3
    break;
  end
  fprintf('ii = %d \n', ii);
end
disp(['End of loop!']);
```

```
>> test_break
ii = 1
ii = 2
End of loop!
```

指令 continue 的範例 (檔名: test_continue.m)

```
for ii = 1:5
  if ii == 3
    continue;
  end
  fprintf('ii = %d \n', ii);
end
disp(['End of loop!']);
```

指令 continue 的範例 (檔名: test_continue.m)

```
for ii = 1:5
  if ii == 3
    continue;
  end
  fprintf('ii = %d \n', ii);
end
disp(['End of loop!']);
```

```
>> test_continue
ii = 1
ii = 2
ii = 4
ii = 5
End of loop!
```

使用巢狀迴圈的注意事項

- 如果一個迴圈內有另外一個迴圈，這兩個迴圈稱為**巢狀迴圈 (nested loops)**。

使用巢狀迴圈的注意事項

- 如果一個迴圈內有另外一個迴圈，這兩個迴圈稱為**巢狀迴圈 (nested loops)**。
- 如果 `for` 迴圈為巢狀結構，它們應該擁有獨立的指標變數。

使用巢狀迴圈的注意事項

- 如果一個迴圈內有另外一個迴圈，這兩個迴圈稱為**巢狀迴圈 (nested loops)**。
- 如果 `for` 迴圈為巢狀結構，它們應該擁有獨立的指標變數。
- 如果 `break` 或 `continue` 指令在巢狀迴圈內出現，則這些宣告與包含它們的最內層迴圈有關聯。

使用巢狀迴圈的注意事項

- 如果一個迴圈內有另外一個迴圈，這兩個迴圈稱為**巢狀迴圈 (nested loops)**。
- 如果 `for` 迴圈為巢狀結構，它們應該擁有獨立的指標變數。
- 如果 `break` 或 `continue` 指令在巢狀迴圈內出現，則這些宣告與包含它們的最內層迴圈有關聯。
- 如果可能的話，請使用向量優化的宣告式取代巢狀迴圈結構。

使用巢狀迴圈的注意事項

- 如果一個迴圈內有另外一個迴圈，這兩個迴圈稱為**巢狀迴圈 (nested loops)**。
- 如果 `for` 迴圈為巢狀結構，它們應該擁有獨立的指標變數。
- 如果 `break` 或 `continue` 指令在巢狀迴圈內出現，則這些宣告與包含它們的最內層迴圈有關聯。
- 如果可能的話，請使用向量優化的宣告式取代巢狀迴圈結構。
- 在使用巢狀迴圈之前，請預先分配記憶體給迴圈內所運行的變數或陣列。

break 和巢狀迴圈結合的範例 (檔名: nested_for.m)

```
for ii = 1:3
  for jj = 1:3
    if jj == 3
      break;
    end
    product = ii * jj;
    fprintf('%d * %d = %d \n',ii,jj,product);
  end % for jj
  fprintf('End of inner loop \n');
end % for ii
fprintf('End of outer loop \n');
```

輸出結果 (承上例)

```
>> nested_for
1 * 1 = 1
1 * 2 = 2
End of inner loop
2 * 1 = 2
2 * 2 = 4
End of inner loop
3 * 1 = 3
3 * 2 = 6
End of inner loop
End of outer loop
```

Lecture 3
邏輯陣列與向量優化

邏輯陣列的特性

- 由邏輯值 `true`(1) 或 `false`(0) 所形成的陣列稱為**邏輯陣列 (logical array)**。

邏輯陣列的特性

- 由邏輯值 `true`(1) 或 `false`(0) 所形成的陣列稱為**邏輯陣列 (logical array)**。
- 邏輯陣列可以當做算術運算的**遮罩（mask）陣列**。

邏輯陣列的特性

- 由邏輯值 `true`(1) 或 `false`(0) 所形成的陣列稱為**邏輯陣列 (logical array)**。
- 邏輯陣列可以當做算術運算的**遮罩（mask）陣列**。
- 遮罩陣列是一個可以用來選擇某些陣列的元素，做為算術運算的元素。指定的運算會作用在選擇的元素上，而不會作用在其餘未被選擇的元素上。

邏輯陣列的特性

- 由邏輯值 `true(1)` 或 `false(0)` 所形成的陣列稱為**邏輯陣列 (logical array)**。
- 邏輯陣列可以當做算術運算的**遮罩（mask）陣列**。
- 遮罩陣列是一個可以用來選擇某些陣列的元素，做為算術運算的元素。指定的運算會作用在選擇的元素上，而不會作用在其餘未被選擇的元素上。
- 這是一個**非常快速而聰明的方式**來執行陣列子集的運算，因其不需使用任何的迴圈或分支結構。

遮罩陣列的範例

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

 a =

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

```
>> b = a > 5 % 邏輯陣列

b =

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

遮罩陣列的範例

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

a =

    1   2   3
    4   5   6
    7   8   9
>> a(b) = sqrt(a(b))

a =

    1.0000   2.0000   3.0000
    4.0000   5.0000   2.4495
    2.6458   2.8284   3.0000
```

```
>> b = a > 5 % 邏輯陣列

b =

    0   0   0
    0   0   1
    1   1   1
>> c(~b) = c(~b).^2

c =

    1    4    9
   16   25    6
    7    8    9
```

使用邏輯陣列產生等效的 if/else 架構 (1/2)

MATLAB 的原始程式碼

```
a = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9];
for ii = 1:size(a,1)
  for jj = 1:size(a,2)
    if a(ii,jj) > 5
      a(ii,jj) = sqrt(a(ii,jj));
    else
      a(ii,jj) = a(ii,jj)^2;
    end % if
  end % jj
end % ii
```

使用邏輯陣列產生等效的 if/else 架構 (2/2)

邏輯陣列可產生等效的分支敘述

```
a = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9];
b = a > 5;
a(b) = sqrt(a(b));   % 取大於 5 的元素開平方根
a(~b) = a(~b).^2;   % 取小於或等於 5 的元素計算平方
```

使用邏輯陣列產生等效的 if/else 架構 (2/2)

邏輯陣列可產生等效的分支敘述

```
a = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9];
b = a > 5;
a(b) = sqrt(a(b));   % 取大於 5 的元素開平方根
a(~b) = a(~b).^2;   % 取小於或等於 5 的元素計算平方
```

```
>> a

a =

    1.0000    4.0000    9.0000
   16.0000   25.0000    2.4495
    2.6458    2.8284    3.0000
```

邏輯陣列應用於基本列運算上

試用基本列運算 (elementary row operation) 與邏輯陣列 (或是遮罩陣列)，將矩陣

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 3 \\ 4 & 4 & 4 & 4 \end{bmatrix}$$

的第一行元素 $a_{21} = 2, a_{31} = 3, a_{41} = 4$ 全部消為零。

MATLAB 程式碼 (1/2)

```
>> A = [1 0 1 0; 2 2 2 2; 3 3 3 3; 4 4 4 4];
>> jj = logical(A(1,:));
% 非零元素設為 true(1)，零元素設為 false(0)
>> A(2,jj) = (-2) * A(1,jj) + A(2,jj)
```

MATLAB 程式碼 (1/2)

```
>> A = [1 0 1 0; 2 2 2 2; 3 3 3 3; 4 4 4 4];
>> jj = logical(A(1,:));
% 非零元素設為 true(1)，零元素設為 false(0)
>> A(2,jj) = (-2) * A(1,jj) + A(2,jj)

A =

   1   0   1   0
   0   2   0   2
   3   3   3   3
   4   4   4   4
```

MATLAB 程式碼 (2/2)

```
>> A(3,jj) = (-3) * A(1,jj) + A(3,jj)
```

MATLAB 程式碼 (2/2)

```
>> A(3,jj) = (-3) * A(1,jj) + A(3,jj)

A =

   1   0   1   0
   0   2   0   2
   0   3   0   3
   4   4   4   4

>> A(4,jj) = (-4) * A(1,jj) + A(4,jj)
```

MATLAB 程式碼 (2/2)

```
>> A(3,jj) = (-3) * A(1,jj) + A(3,jj)

A =

   1   0   1   0
   0   2   0   2
   0   3   0   3
   4   4   4   4

>> A(4,jj) = (-4) * A(1,jj) + A(4,jj)

A =

   1   0   1   0
   0   2   0   2
   0   3   0   3
   0   4   0   4
```

Lecture 4

textread 函式

讀取混合資料型態的檔案

表 17.1.5　讀取摻雜文字與數據資料的檔案

函 數	說 明
[*a*,*b*,⋯]=textread('*fname*','*format*')	依 *format* 所記載的格式從檔案 *fname* 裡讀取資料。*format* 常用的格式如下： %n - 可讀取整數或浮點數 %d - 讀取含正負號的整數 %f - 讀取浮點數的數據 %s - 讀取由空白鍵隔開的字串

函式 textread 的使用範例 (1/2)

```
>> type test_input.dat
 James   Jones   O+   3.51   23   Yes
 Sally   Smith   A+   3.28   22   No
```

函式 textread 的使用範例 (1/2)

```
>> type test_input.dat
 James   Jones   O+   3.51   23   Yes
 Sally   Smith   A+   3.28   22   No

>> [first,last,blood,gpa,age,answer] = ...
textread('test_input.dat','%s %s %s %f %d %s');
```

函式 textread 的使用範例 (1/2)

```
>> type test_input.dat
 James   Jones   O+   3.51   23   Yes
 Sally   Smith   A+   3.28   22   No

>> [first,last,blood,gpa,age,answer] = ...
textread('test_input.dat','%s %s %s %f %d %s');

>> whos
 Name      Size     Bytes   Class
 age       2 × 1    16      double
 answer    2 × 1    234     cell
 blood     2 × 1    232     cell
 first     2 × 1    244     cell
 gpa       2 × 1    16      double
 last      2 × 1    244     cell
```

函式 textread 的使用範例 (2/2)

```
>> clear all
```

函式 textread 的使用範例 (2/2)

```
>> clear all

% 函式 textread 允許忽略某些資料欄位不被讀取，例如:
>> [first,last,gpa] = textread('test_input.dat',...
'%s %s %*s %f %*d %*s');
```

函式 textread 的使用範例 (2/2)

```
>> clear all

% 函式 textread 允許忽略某些資料欄位不被讀取，例如:
>> [first,last,gpa] = textread('test_input.dat',...
'%s %s %*s %f %*d %*s');

>> whos
```

Name	Size	Bytes	Class
first	2×1	244	cell
gpa	2×1	16	double
last	2×1	244	cell

MATLAB 支援四種常用的資料檔案格式，如下表所示：

表 17.1.1　檔案類型與相關資訊

檔案格式	說 明	讀取函數	寫入函數
MAT	儲存 Matlab 工作區的變數所產生的檔案	load()	save()
CSV	Comma-separated value，即以逗號隔開的數據檔案	csvread()	csvwrite()
DLM	Delimited text，以特定的分隔符號隔開的數據檔案	dlmread()	dlmwrite()
TAB	Tab-separated text，以 Tab 鍵隔開的數據檔案	dlmread()	dlmwrite()

以逗點隔開的資料檔案

- 以逗號隔開的資料稱為 **CSV(comma separated value)**。
- 函式 `csvread` 與 `csvwrite` 可用來存取 CSV 型態的資料。

以逗點隔開的資料檔案

- 以逗號隔開的資料稱為 **CSV(comma separated value)**。
- 函式 `csvread` 與 `csvwrite` 可用來存取 CSV 型態的資料。

表 17.1.3　存取由逗號隔開的數據資料

函 數	說 明
`m=csvread('filename')`	讀取以逗號為分隔符號的數據資料，並以 double 型態儲存到變數 *m* 裡
`csvwrite('filename',m)`	將數據資料以 csv 的格式（即以逗號為數據的分隔符號）寫到檔案 *filename* 裡

CSV 檔案的寫入與讀取

```
>> A = magic(3) %A 是一個 3×3 魔術方陣

A =

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

CSV 檔案的寫入與讀取

```
>> A = magic(3) %A 是一個 3×3 魔術方陣

A =

    8    1    6
    3    5    7
    4    9    2

>> csvwrite('magic3.csv',A); % 以逗點為分隔符號
```

CSV 檔案的寫入與讀取

```
>> A = magic(3) %A 是一個 3×3 魔術方陣

A =

   8   1   6
   3   5   7
   4   9   2

>> csvwrite('magic3.csv',A); % 以逗點為分隔符號
>> type magic3.csv

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

CSV 檔案的寫入與讀取

```
>> A = magic(3) %A 是一個 3×3 魔術方陣

A =

   8   1   6
   3   5   7
   4   9   2

>> csvwrite('magic3.csv',A); % 以逗點為分隔符號
>> type magic3.csv

8,1,6
3,5,7
4,9,2
>> B = csvread('magic3.csv')

B =

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

以特定符號隔開的數據處理

- 函式 `dlmread` 與 `dlmwrite` 可存取不是以逗號分隔的數據資料。
- *dlm* 是 delimiter 的縮寫，分隔符號之意。

以特定符號隔開的數據處理

- 函式 `dlmread` 與 `dlmwrite` 可存取不是以逗號分隔的數據資料。
- *dlm* 是 delimiter 的縮寫，分隔符號之意。

表 17.1.4　處理以特定符號隔開的數據

函 數	說 明
m=dlmread('*filename*','*dlm*')	讀取以 *dlm* 為分隔符號的數據資料，並以 double 型態儲存到變數 *m* 裡
dlmwrite('*filename*',*m*,'*dlm*')	以 *dlm* 為分隔符號來儲存數據資料 *m*

DLM 檔案的寫入與讀取

```
>> A = magic(3); %A 是一個 3×3 魔術方陣
>> dlmwrite('magic3.dlm',A,'\t'); % 以空白為分隔符號
```

DLM 檔案的寫入與讀取

```
>> A = magic(3); %A 是一個 3×3 魔術方陣
>> dlmwrite('magic3.dlm',A,'\t'); % 以空白為分隔符號
>> type magic3.dlm
8       1       6
3       5       7
4       9       2
```

DLM 檔案的寫入與讀取

```
>> A = magic(3); %A 是一個 3×3 魔術方陣
>> dlmwrite('magic3.dlm',A,'\t'); % 以空白為分隔符號
>> type magic3.dlm
8       1       6
3       5       7
4       9       2
>> B = dlmread('magic3.dlm','\t')
B =
   8   1   6
   3   5   7
   4   9   2
```

若矩陣 A 為浮點數陣列時，該如何處理呢?

- `csvwrite` 只能存取每個陣列 A 元素的5 個有效位數!
- `dlmwrite` 能夠允許存取高精度的浮點數陣列，例如:
  - dlmwrite('data.txt',A,'delimiter','\t','precision',6) writes A to file 'data.txt' with elements delimited by the tab character, using a precision of 6 significant digits.
  - dlmwrite('data.txt',A,'delimiter','\t','precision','%.6f') writes A to file 'data.txt' with elements delimited by the tab character, using a precision of 6 decimal places.

開啟和關閉文字檔

表 17.2.1　開檔與關檔的函數

函 數	說 明
fid=fopen('*filename*','*permission*')	讀取檔案的內容，其中 *filename* 為欲開啟的檔案名稱，*permission* 為檔案的存取模式，並傳回檔案識別碼，由變數 *fid* 接受
fclose(*fid*)	關閉檔案識別碼為 *fid* 的檔案

開啟和關閉文字檔

表 17.2.1　開檔與關檔的函數

函 數	說 明
fid=fopen('*filename*','*permission*')	讀取檔案的內容，其中 *filename* 為欲開啟的檔案名稱，*permission* 為檔案的存取模式，並傳回檔案識別碼，由變數 *fid* 接受
fclose(*fid*)	關閉檔案識別碼為 *fid* 的檔案

表 17.2.2 檔案存取模式

存取模式	代碼	說 明
讀取資料	r	開啟檔案以供讀取。在開啟前，此檔案必須先存在於磁碟機內。如果檔案不存在，則開檔失敗
寫入資料	w	開啟檔案以供寫入。如果檔案已經存在，則其內容將被覆蓋掉。如果檔案不存在，則系統會自行建立此檔案
附加於檔案之後	a	開啟一個檔案，可將資料寫入此檔案的末端。如果檔案不存在，則系統會自行建立此檔案
讀取與附加	a+	可讀取檔案，也可附加資料於檔案之後

寫入和讀取文字檔

表 17.2.3　檔案寫入與讀取函數

函 數	說 明
fprintf(*fid*,'*str*',e_1,e_2,⋯)	依格式字串 *str* 所記載的格式碼，依序將運算式 e_1,e_2 填入 *str* 裡，並將它寫入檔案識別碼為 *fid* 的檔案中。下面列出格式字串裡常用的格式碼： %d：寫入整數 %f：寫入浮點數 %c：寫入字元 %s：寫入字串
fscanf(*fid*,'*str*')	依格式字串 *str* 所記載的格式碼，讀取檔案識別碼為 *fid* 之檔案裡的資料
fscanf(*fid*,'*str*',*n*)	一次讀取 *n* 筆資料
fscanf(*fid*,'*str*',[*m*,*n*])	一次讀取 $m \times n$ 筆資料，並以 $m \times n$ 的陣列回應讀取的結果

計算 p-級數的部分和 (檔名: test_pseries.m)

```
clc,clear all;

fid = fopen('results.txt','w');
fprintf('    N                S_N \n');
fprintf(fid,'    N                S_N \n');

p = 2.7;
for k = 0:8
  N = 10^k;
  n = 1:N;
  S_N = sum(1./(n.^p));
  fprintf('10^%d %12.6f \n',k,S_N);
  fprintf(fid,'10^%d %12.6f \n',k,S_N);
end
fclose(fid);
```

檢視計算結果 (承上頁)

>> **test_pseries**

除了螢幕上會顯示 N 與 p–級數部分和 $S_N = \sum_{n=1}^{N} \frac{1}{n^p}$ 的計算結果之外，這些數據資料同時也會寫入 ASCII 格式的文字檔案results.txt中。

檢視計算結果 (承上頁)

```
>> test_pseries
```

除了螢幕上會顯示 N 與 p–級數部分和 $S_N = \sum_{n=1}^{N} \frac{1}{n^p}$ 的計算結果之外，這些數據資料同時也會寫入 ASCII 格式的文字檔案results.txt中。

```
>> type results.txt
```

N	S_N
10^0	1.000000
10^1	1.263481
10^2	1.274032
10^3	1.274260
10^4	**1.274265**
10^5	**1.274265**
10^6	**1.274265**
10^7	**1.274265**
10^8	**1.274265**

Thank you for your attention!