程式與科學計算

Week 1
課程介紹

遠距上課網址：
https://gather.town/app/Xs4aRP3aBFuOmX8S/B105x2

(用學校信箱註冊Gather.Town，
已選課學生若無法進入請聯絡助教或老師)

程式與科學計算 (AtmSci2010)

上課時間/地點	星期一89 (15:30~17:20) 遠距上課 (Gather B105x2)

大氣科學相關研究經常需要撰寫程式進行模擬，與對資料進行分析繪圖。

本課程是針對大氣系同學未來在研究、學習上可能遇到的科學運算及繪圖需求而設計，教授三種大氣科學常用程式語言及軟體工具：Fortran, GrADS, Python。

透過講解、範例與密集上機操作，培養使用工具解決問題的能力、建立清楚的程式架構概念、獲得具體實作的經驗。

每週都有作業，學期當中有三次上機考試。每週除了2小時的課堂講解，請預期還需要用2~5小時完成作業。
（可搭配選修程式實作課星期一10 (17:30~18:20)）

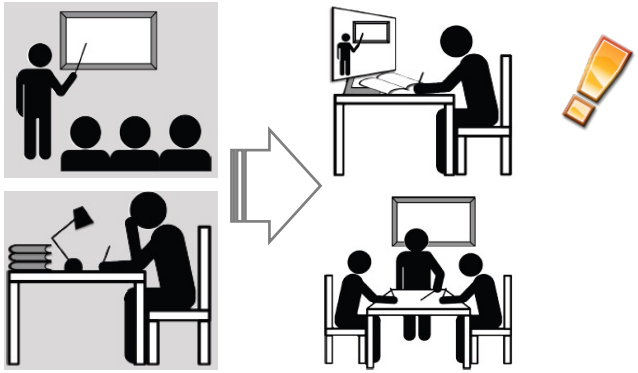
本學期完全以「翻轉教室」+「全遠距」方式進行教學

2021 課程進度大綱

1.	09/27	課程簡介、計算機概論、UNIX系統	HW0 (09/27)
2.	*10/04	Python 基本介紹、變數運算讀寫、邏輯判斷、迴圈	HW1 (10/07)
3.	10/11	(國慶日補假) Python 陣列 List、檔案讀寫File I/O	
4.	*10/18	Python numpy陣列、檔案讀寫、1D繪圖	HW2 (10/21)
5.	*10/25	Python numpy陣列、函式	HW3 (10/28)
6.	*11/01	Python 2D繪圖、統整與複習	HW4 (11/04)
7.	**11/08**	**期中考 I（Python）** GrADS 基本介紹	HW5 (11/11)
8.	11/15	(校慶停課) GrADS 資料讀寫、運算、繪圖 I	
9.	*11/22	GrADS 資料讀寫、運算、繪圖 II	HW6 (11/25)
10.	*11/29	GrADS 運算、繪圖 III、GrADS 統整複習	HW7 (12/02)
11.	**12/06**	**期中考 II（GrADS）** Fortran 基本介紹、變數宣告運算	HW8 (12/09)
12.	*12/13	Fortran 邏輯判斷、迴圈、陣列、檔案讀寫	HW9 (12/16)
13.	*12/20	Fortran 陣列、檔案讀寫	HW10 (12/23)
14.	*12/27	Fortran 函式、副程式	HW11 (12/30)
15.	*01/03	Fortran 搭配 GrADS使用、Fortran 統整複習	HW12 (01/06)
16.	**01/10**	**期末考（Fortran+GrADS）**	

（＊上課前交預習作業）

翻轉教室



- 翻轉「課堂的運作模式」
  - 傳統上課：「教師在課堂中講授課程內容，之後學生回家做作業」
  - 翻轉教室：「學生先在家看預先錄好的教學，再到課堂討論或做作業」
- 本學期以「翻轉教室」進行，上課前就必須先看完影片，並完成預習作業
- 上課時間進行：(1)前一週作業講解、(2)當週影片內容發問與補充、(3) 實作練習與討論、(4) 當週作業題目說明

（前一週二）	（上課前完成）	（週一課堂上）	（週四 5pm）
公布影片、講義	看課程影片	交預習作業 課堂實作討論 作業解說	繳交作業

評量標準

項目	百分比	說明
作業 (1~12)	52%	請於上課當週**週四下午五點**前依要求上傳，**逾時不予計分**
課前預習 (1~10)	13%	第二週起每堂課均有一題**預習問題**（除放假與期中考週外），**上課前**依要求上傳，**逾時不收**。(每題各佔1.3%)
期中考 I、II、期末考	30%	上機考試 (各佔10%)
課堂參與	5%	課堂討論、參與（基本分3%，依各人參與情況調整）

(評量方式與百分比可能視教學情況調整）

(由以上比例計算得出原始分數後，會依所有修課學生之原始分數分布情形，決定各等第的人數，以接近常態分布為原則。）

NTU COOL 課程網頁

https://cool.ntu.edu.tw/courses/7868

- 課程內容—所有影片與講義檔案
- 每周預習作業、作業、範例檔下載
- 公告通知、作業與考試成績公布

項目	內容
課程名稱	程式與科學計算
開課學期	110-1
授課對象	大氣科學系
授課教師	陳維婷
課號	AtmSci2010
課程辨識碼	209 26500
班次	
學分	2
全/半年	半年
必/選修	必修
上課時間	星期一 8,9(15:30~17:20)
上課地點	大氣B105
備註	外系同學修課需經授課教師同意。欲修課之外校同學，請先與授課老師聯繫。

備用課程網頁

http://homepage.ntu.edu.tw/~weitingc/fortran_lecture/index.html

程式與科學運算 網路教學影片

教師：陳維婷

上課前請看完影片並完成預習作業

- 影片、講義、預習作業、作業講解與課堂實作的錄影
- 若網頁發生問題，請由此網頁取得作業與講義

Week 0 (2021/09/27)

影片	投影片檔案
課程介紹 主機登入示範 UNIX	課程介紹與主機登入說明 UNIX

Python

Week 1 (2021/10/04)

預習作業：Preview1

影片	投影片檔案
Python_basic Python_if Python_loop	Python_basic Python_if Python_loop

認識教師

- 陳維婷
  - 1997/09 -- 2001/06　台大大氣（B86）
  - 2002/08 -- 2008/12　加州理工 環境科學與工程
  - 2009/01 -- 2012/02　NASA JPL 博士後研究
  - 2012/08 --　台大大氣 副教授
- 研究方向與工具
  - 分析衛星觀測雲、降水與氣膠資料（GrADS、Matlab/Python）
  - 使用全球氣候模式，模擬雲與降水及氣膠的氣候效應（Fortran）
- 聯絡方式
  - weitingc@ntu.edu.tw
  - 辦公室 B310（x63914）

認識助教

- 徐啟桓 r09229019@ntu.edu.tw
- 廖宣諭 r09229012@ntu.edu.tw
- 張乃文 r09229007@ntu.edu.tw
- 張俊杰 b07209010@ntu.edu.tw

- **TA hour**：週三 7PM-8PM @Gather B105x2
- **實體協助**：週一 3:30PM-6:20PM @B105
  (學校恢復實體上課後，如果很需要實體的協助，可以到B105教室找輪班的助教，課程仍以遠距方式進行)

認識你們（現場調查）

- 會使用的程式語言？
  （ Fortran, C++, C, Python, JAVA, Perl… ）
- 會使用的科學數學、繪圖軟體？
  （ Excel, Matlab, Maple, Mathematica, GrADS, NCL, IDL, R, Labview… ）
- 會使用的作業系統？
  （ Windows, Mac, UNIX / LINUX ）
- 其他軟體、工具？
  （ ftp, ssh, x-window, nano, vi… ）
- 主要使用的電腦？
  （ 自己的laptop/PC、大氣電腦室、計中、ipad… ）

重要！上課準備

- 上課時只能進行與**本課程相關**之電腦操作。
- 課程影片預習完之後，鼓勵大家**先用email方式提問**，會在課堂上進行補充說明，當場提出討論也可以 (多多利用Gather的文字訊息，也可以直接開麥克風發言)
- **每週均有預習與作業**，另有**期中考兩次與期末考**一次，都需要「**實際上機操作**」
- 每週作業與預習問題的繳交方式可能略有不同，請務必注意ntu信箱**email**通知、**助教**或**課程網頁公佈欄**的說明。

★重要！程式撰寫規定★

- **程式的撰寫、上機指令操作必須全部由本人完成**。
- 作業可以與他人討論或參考網路資料。
- **禁止抄襲或複製他人檔案**（包括網路資源）
- 抄襲者與提供抄襲者該份作業或考試以**零分**計算，並影響課堂參與成績。

重要！作業、考試程式碼繳交

- 作業可能同時有要上傳到NTU COOL或上傳到study主機的部分，請注意作業開頭的說明。
- 如果要上傳到study主機，每次作業會指定一個在你個人目錄存放的位置，以及檔案名稱
- <u>所有的程式碼評分只根據在study主機上執行的情況進行評分</u>
- **逾時繳交，或檔名、格式、位置不合規定—不予給分**。(程式就算只有部分完成還是可以上傳，會給予部分的分數—不要放棄!!)

大氣程式實作 (AtmSci5085)

上課時間/地點	星期一10 (17:30~18:20) 全遠距 Gather B105x2

（強烈推薦本學期有修程式課的同學搭配選修本課程）

在程式課後與同學、助教一起進行與該週課程相關的指定練習，其餘時間討論完成本週作業、或挑戰進階問題。
老師、助教會回答問題、提供協助，同學之間也可以討論。

評分方式：

70% 簽到與簽退（完成指定練習才可提早簽退）
30% 參與分組活動與討論、協助同學

？為什麼要學程式？

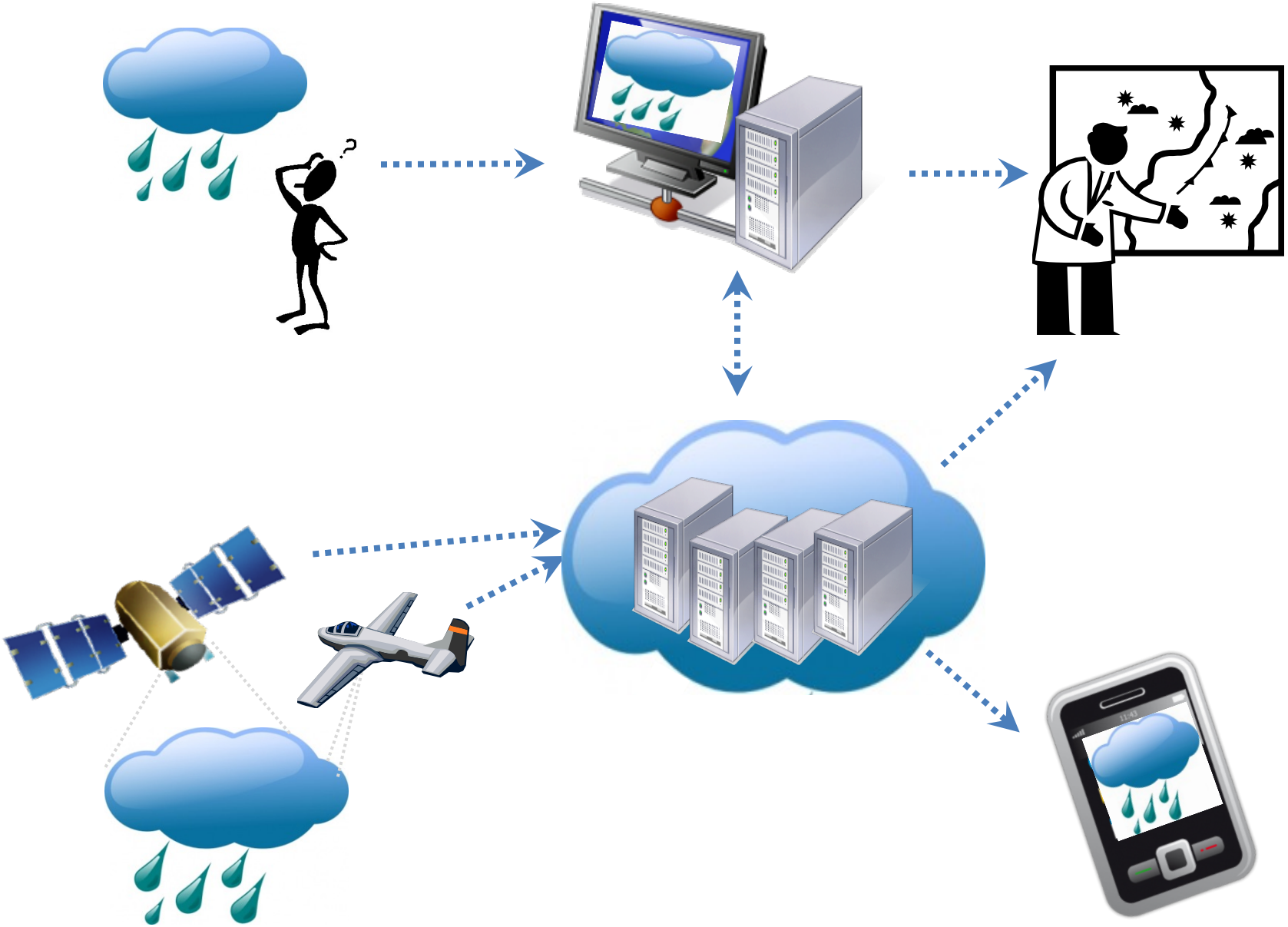
Think Like a Programmer

- 邏輯思考
- 任務排程觀念
- 連結「理論方程式」與「資料」
- 數學建模、數據處理與視覺化
- 就算不當資訊工程師，還是可以像資訊工程師一樣「思考」

Think Like a Programmer

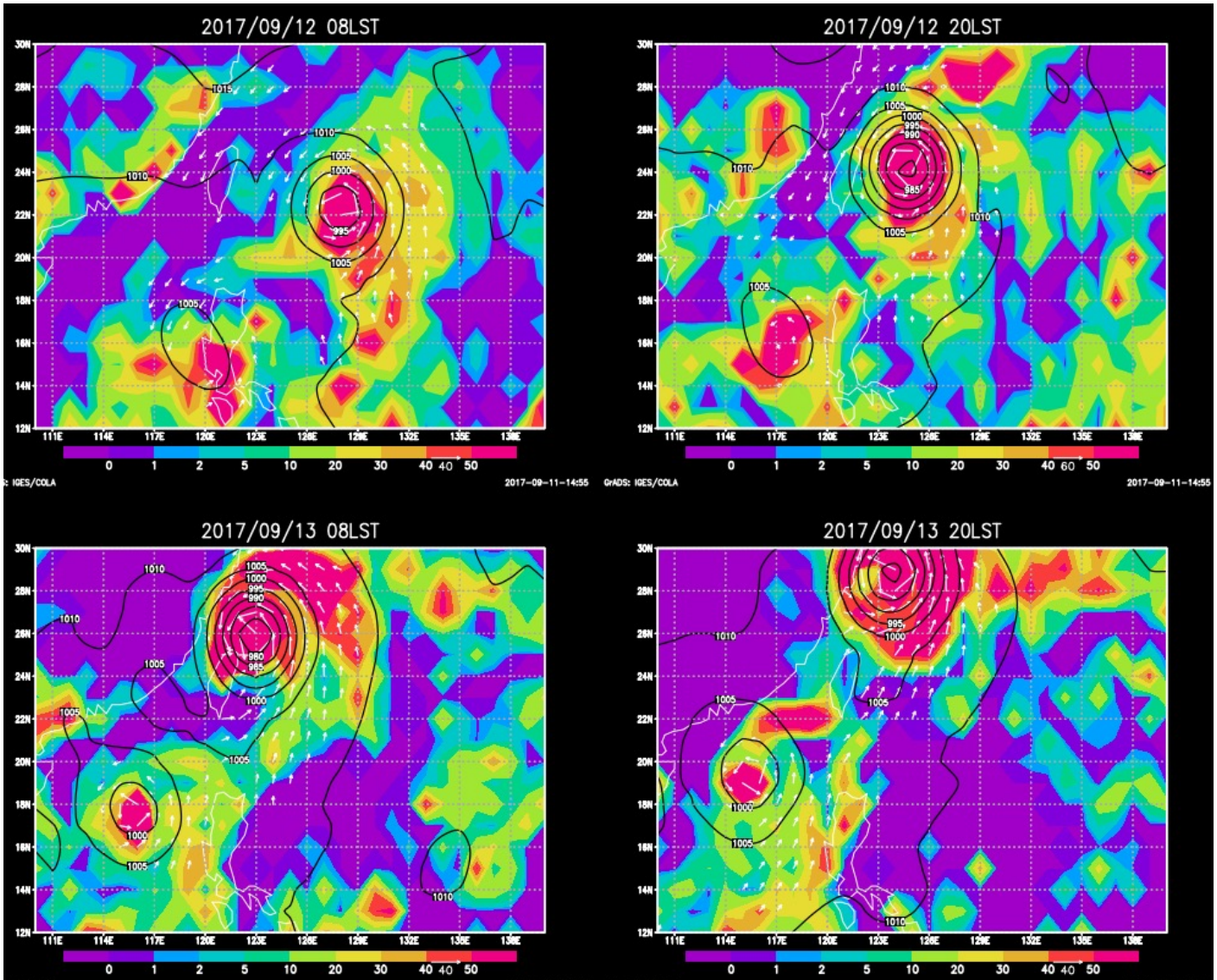
- **Computational Thinking**
  - 結合邏輯、數學分析與策略思考
  - 將龐大、複雜的問題，拆解成一系列目標單純、容易處理的小型任務，有效率且正確地加以解決
  - 將真實世界的問題簡化或抽象化，轉換成可以「運算」的代數方程式或邏輯條件
  - 把原本針對特定問題的解決策略加以延伸、擴大，來解決類似、更廣泛的問題，或提供給別人延伸運用（共享、開源、g0v…）
  - 用這樣的思維與技能，可以解決各領域（甚至人生）的問題

大氣科學與資訊科學的親密互動



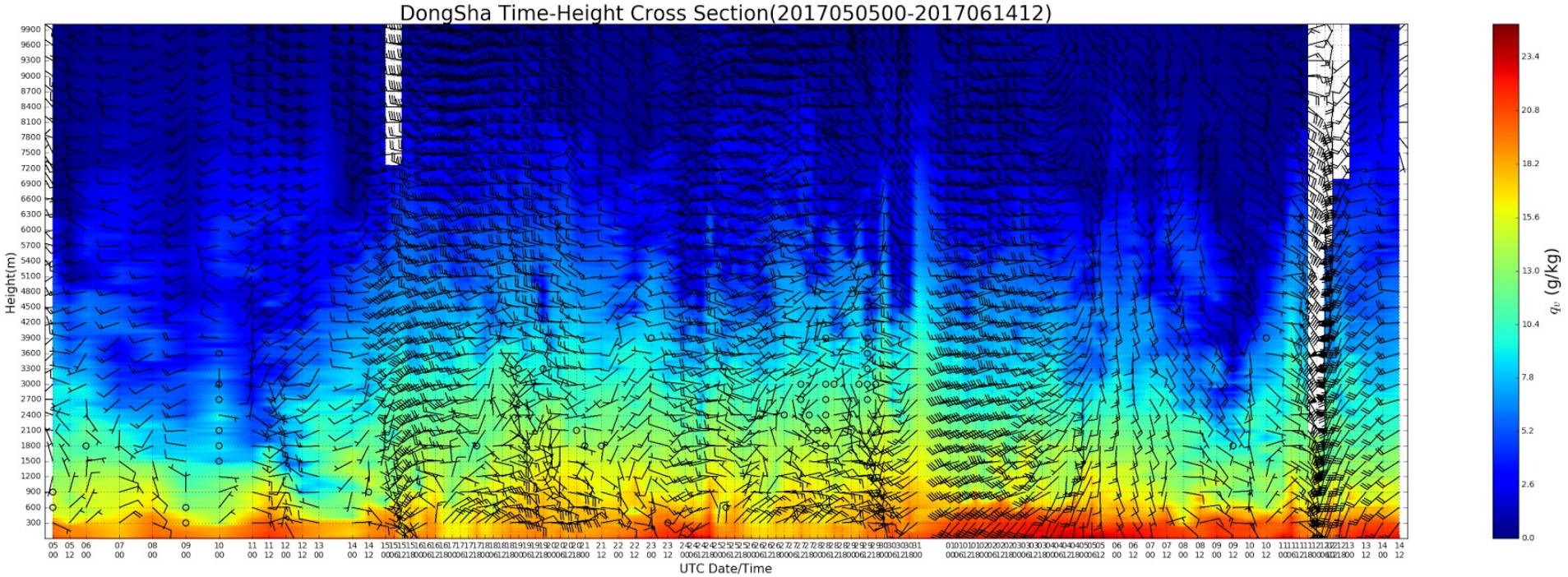
資料視覺化與運算：天氣分析

美國GFS預報2017/09/12~13 雨量（顏色 mm/day）、
海平面面氣壓（等值線）、之近地面10米風（白色箭頭，只畫10m/s以上）



資料視覺化與運算：探空氣球觀測

2017年5/5~6/14 南海季風觀測實驗
東沙島高空氣球探空剖面
（顏色：大氣比濕、風標：水平風向風速）

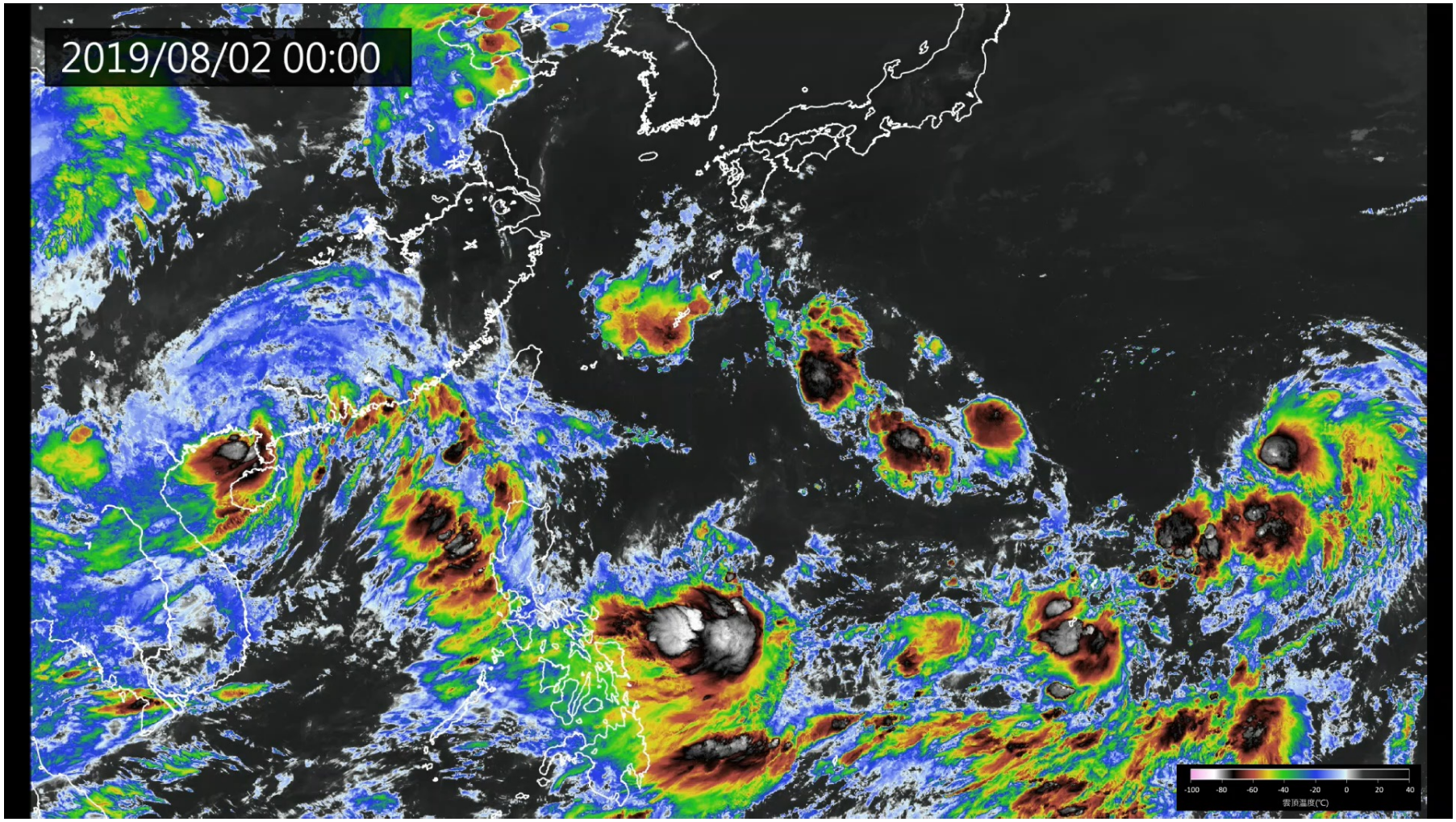


(by 謝旻耕)

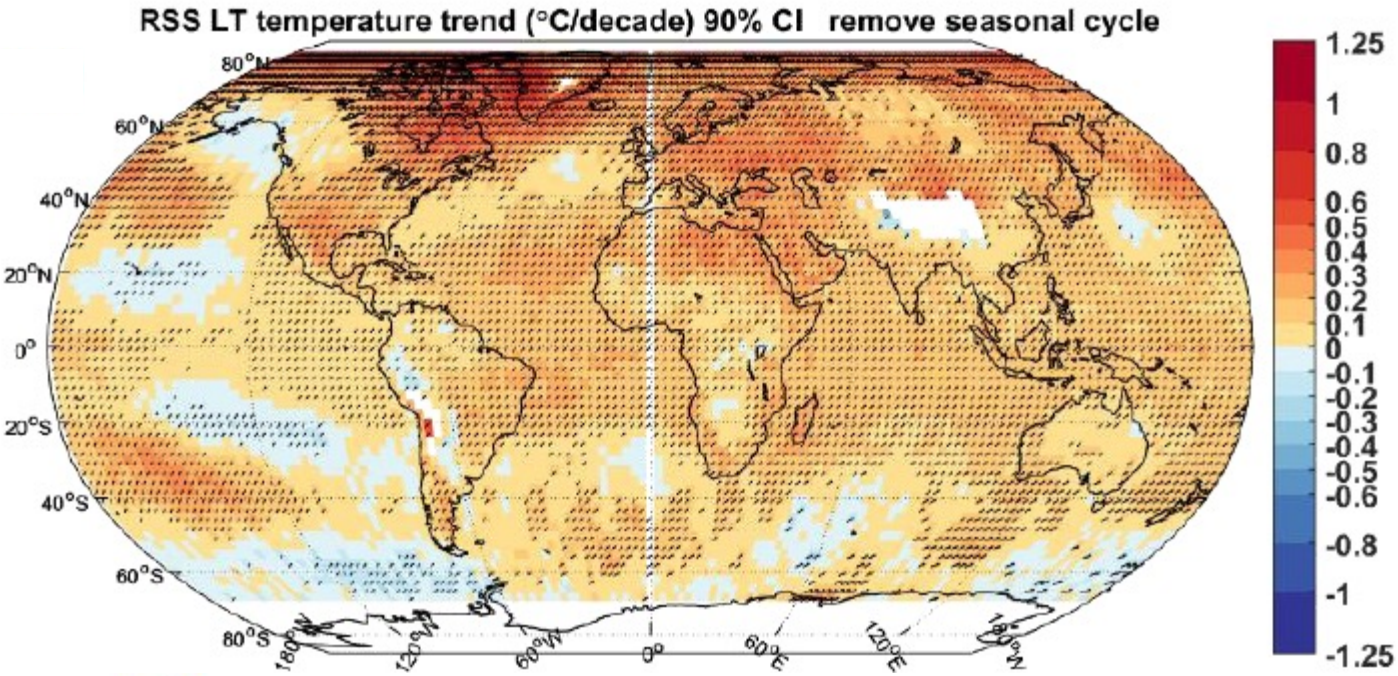
資料視覺化與運算：衛星雲圖

2019/08/02-17薇帕、范斯高、利奇馬與柯羅莎颱風 向日葵八號衛星觀測紅外線雲頂亮溫

[Credit: 台灣颱風論壇 戴燦景**]**

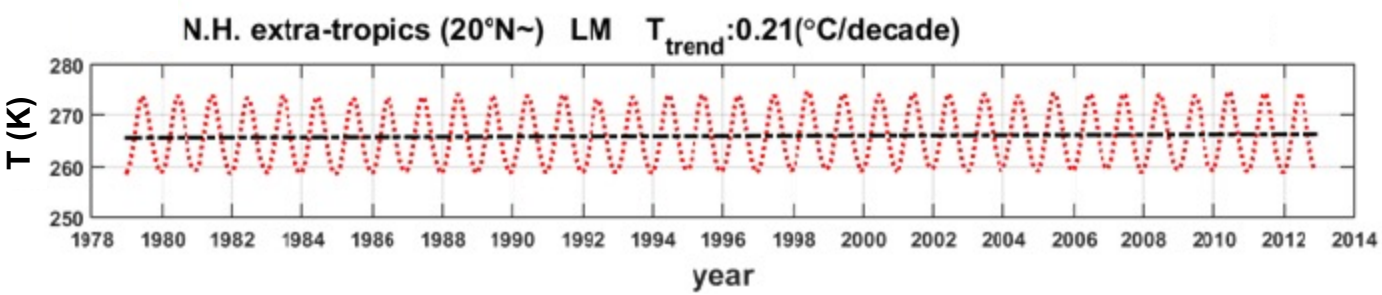


資料視覺化與運算：氣候變遷

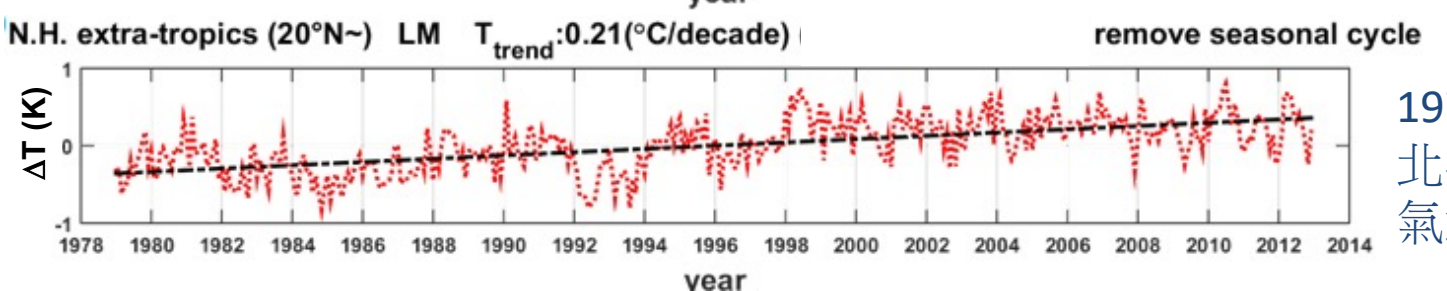


1979-2012之間
衛星觀測世界各地
（網格）低對流層
氣溫變化趨勢
（每十年改變幾度）

IPCC AR5 (2013)

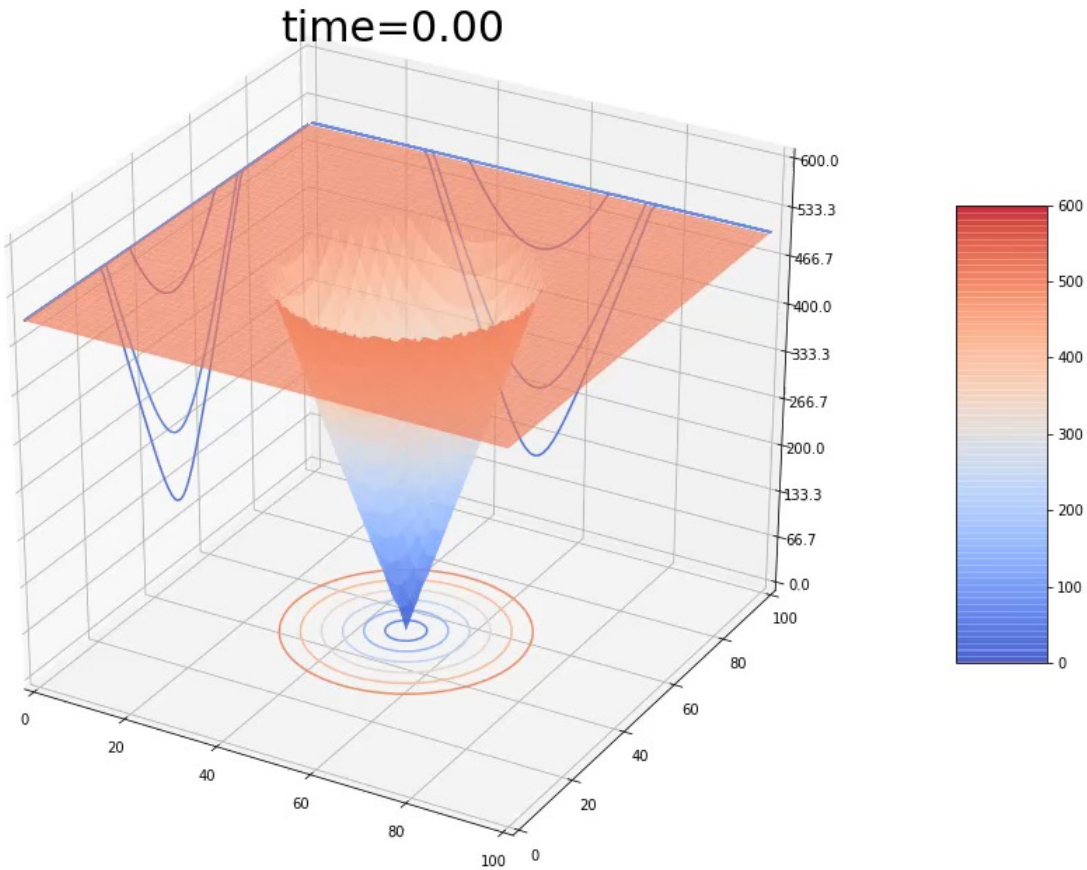


1979-2012之間
北半球平均低對流
層氣溫逐月變化



1979-2012之間
北半球平均低對流層
氣溫距平逐月變化

資料視覺化與運算：淺水方程模擬



2018 大氣動力一作業

大氣科學常用 程式語言 與 軟體

- Fortran 程式語言:
  - 可快速進行大量、複雜的數學運算 （數值天氣預報、氣候模式）
  - 首先出現的高階電腦語言，很早被應用到大氣科學研究上，至今仍是大氣界的主流）
  - 需經過編譯步驟，將程式轉為執行檔、無即時繪圖功能

- GrADS (Grid Analysis and Display System)分析繪圖系統：
  - 非常適合地理空間上的網格點資料繪圖與基本的資料篩選運算
  - 即時互動式使用介面、可使用script串連執行多項指令
  - 容易讀寫大氣科學常用資料格式（如NetCDF）

- Python 程式語言:
  - 功能多元，可運算也可繪圖、適合矩陣（網格點）資料的處理
  - 即時互動式使用介面，且可使用script串連執行多項指令
  - 免費開源、網路資源豐富（許多現成的工具庫）
  - 進行大型運算速度較慢

程式與科學運算
Fortran, GrADS, Python

本課程與大氣其他必修課程的連結

大氣熱力學
Fortran, Python

大氣測計學
Fortran, Python

大氣輻射
Fortran

數值分析
Matlab, Python

統計與大氣科學
Matlab, Python

大氣動力
Python, Fortran

天氣學+實習
Python, GrADS

氣候學
GrADS, Python

獨立研究、數值預報、地球系統模式…（高年級/研究所選修）
Fortran, GrADS, Python, Matlab

這門課想教給你的事

- 使用Fortran, GrADS, Python, UNIX的基本能力（大氣常用數值資料的讀寫運算、繪圖、分析）
- 寫程式的良好觀念與習慣
- 看懂其他人撰寫的程式，並且加以運用、修改的能力
- 實際使用程式語言與科學軟體解決問題的經驗（邏輯分析、自我學習、偵錯、團隊合作）

以下都 不是 這門課的目標...

- 訓練你成為寫程式魔人
- 介紹最熱(ㄓㄨㄢ\)門(ㄑㄧ[illegible]的程式語言（APP, JAVA, PHP[illegible]）
- 瞭解FOR[illegible]tho[illegible]DS的所有高深功能
- 深入探討電腦軟[illegible]的原理
- 討論複雜的程式架[illegible]算法
- 學習如何用程式[illegible]龐大的[illegible]高速平行運算、影像辨識[illegible]
  （雖然在科學[illegible]中，這些都可能是常用技能 → 請修進階數值運算課程）

練習、練習、再練習！

- 密集操作練習是熟悉指令的唯一方法
  - 光是「讀」或「背」指令說明是沒有幫助的
  - 實際操作過，才能「感受」到指令的功能
  - 上機考試的時候，省下查指令的時間，來換取思考問題、架構程式的時間
  - 機器真的不會像傳說一樣爆炸，請安心使用
- 編輯檔案時，養成**隨時存檔**的習慣
- 謹慎使用刪除指令（rm）＝**不要隨便刪檔**！！
  - 緊張、陷入混亂、熬夜、酒駕的時候--不要rm
  - 不確定rm會發生什麼後果的時候--不要rm
  - 按下[enter]前，再多想一次--你可以不rm

HW0

- 觀看Week 1影片並預習講義後，完成下面任務
  1. 個人電腦安裝MobaXterm (Windows系統)或Terminal (Mac)
  2. 登入study主機<u>並更換密碼</u>
  3. 觀看UNIX指令教學影片並在study上練習
  4. 個人電腦安裝Anaconda for Python

遇到狀況無法順利完成不用擔心，第一堂課的後面助教會協助大家排除問題

study主機

- 大氣系架設的LINUX作業系統主機，提供所有大氣系同學在課程與研究時使用
- 已安裝好Python 、Fortran、GrADS的執行環境
- 這堂課需要在study上交作業、寫作業、課堂練習—熟悉study的使用方法很重要！
- 如何從筆電連線study主機？
  - Windows筆電：建議安裝**MobaXterm**軟體
  - Mac筆電：從**Terminal**用內建的SSH指令連線

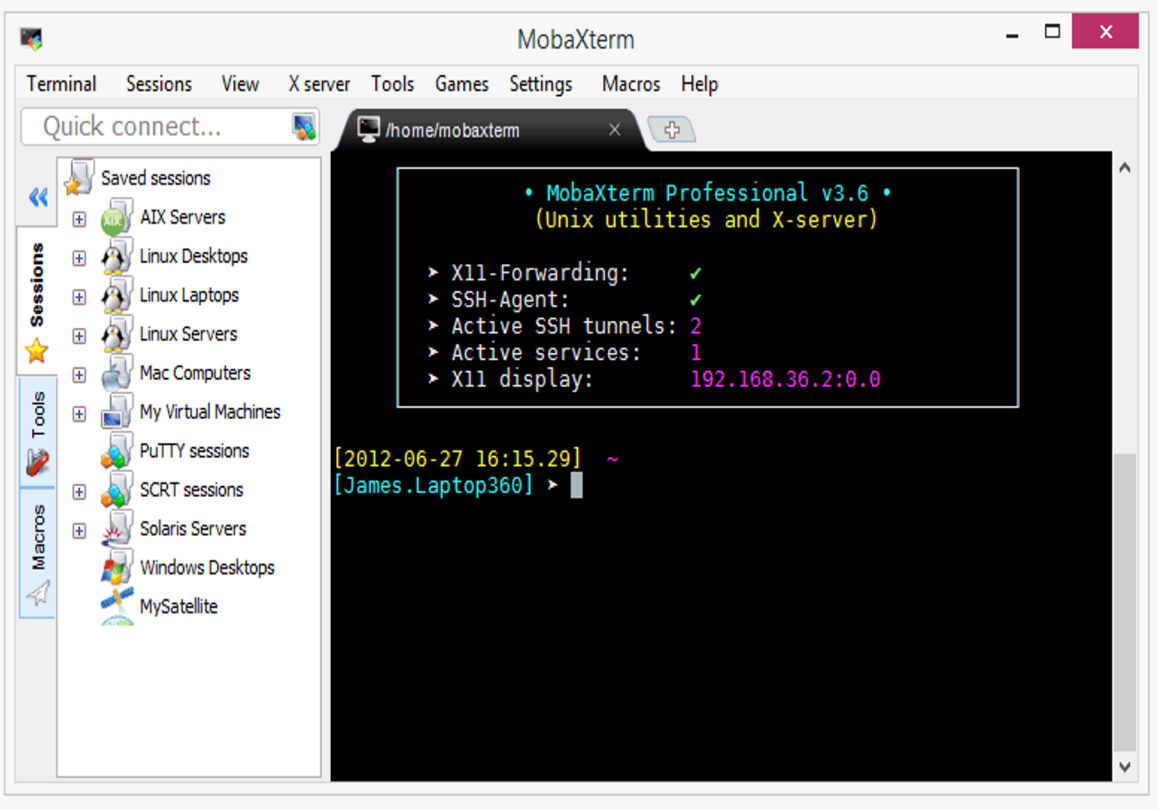
HW0: (1) 在你的個人電腦上安裝好MobaXterm或Mac的Terminal

登入study主機

- 連線IP：
  - **192.168.1.23** (大氣系館內直接接網路線時使用。網速快！)
  - **140.112.66.200** (大氣系外或用無線網路時。多人連線時速度慢！)
- 登入帳號：**你的學號**（**b102090..**）
- 大氣系電腦管理員已將各位帳號的預設密碼用email傳達

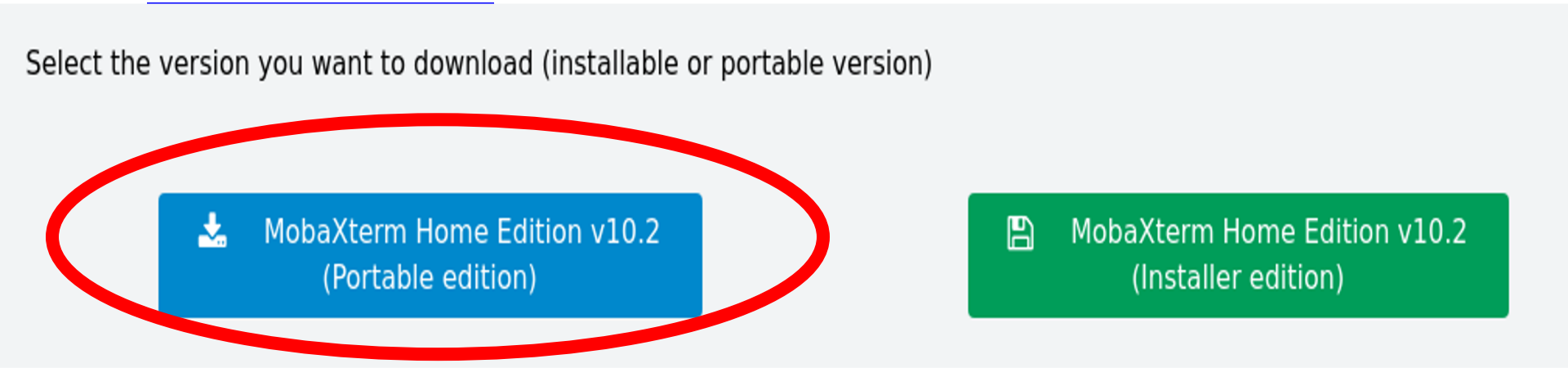
Windows筆電：MobaXterm連線軟體

- 使用Windows作業系統時，可使用MobaXterm連上study主機
- 免費版本：整合安全連線（ssh-client） 和遠端回傳視窗（X11-Forwarding）、安全上傳下載檔案（SFTP） 的功能



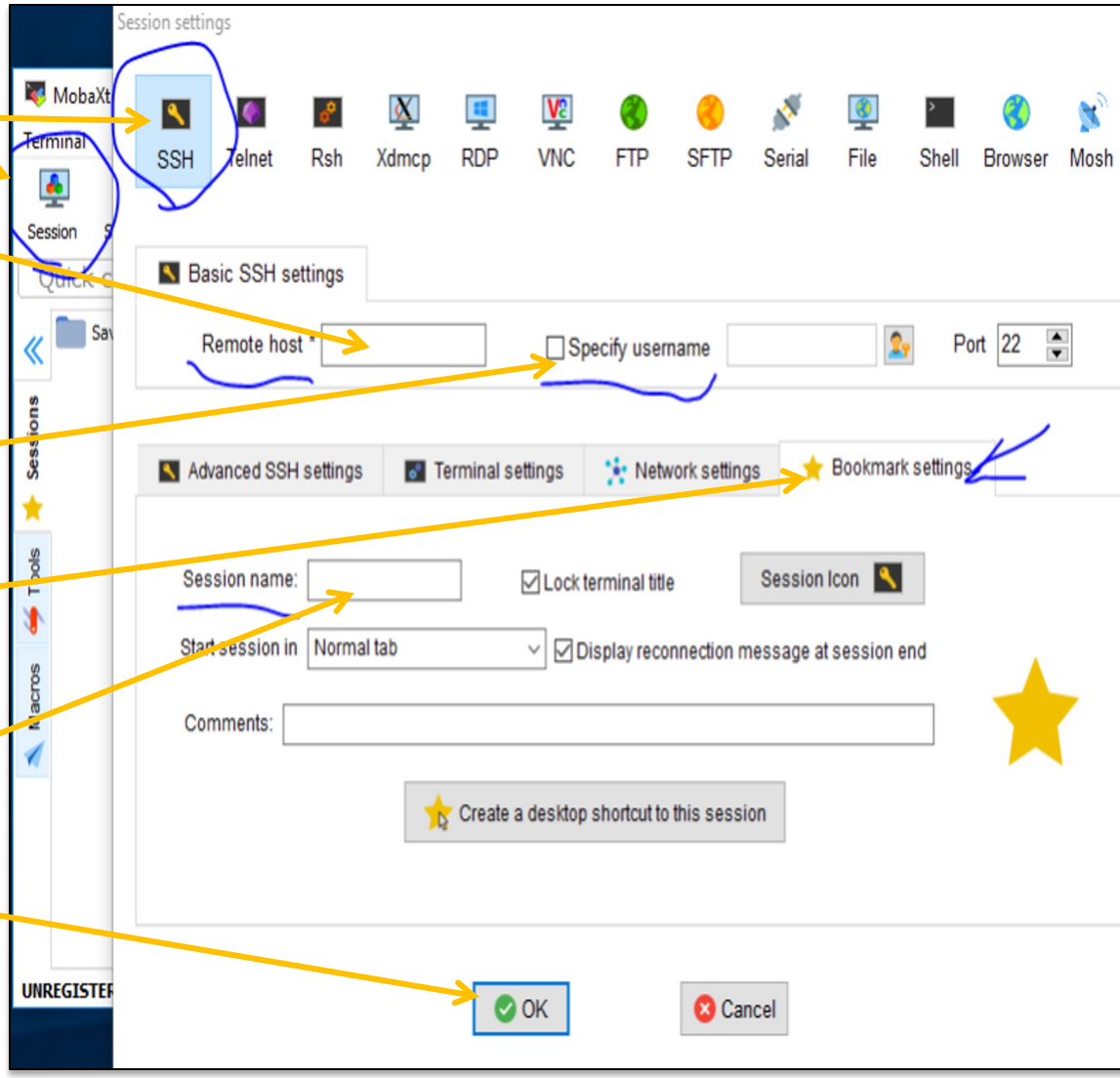
Windows筆電下載、安裝MobaXterm

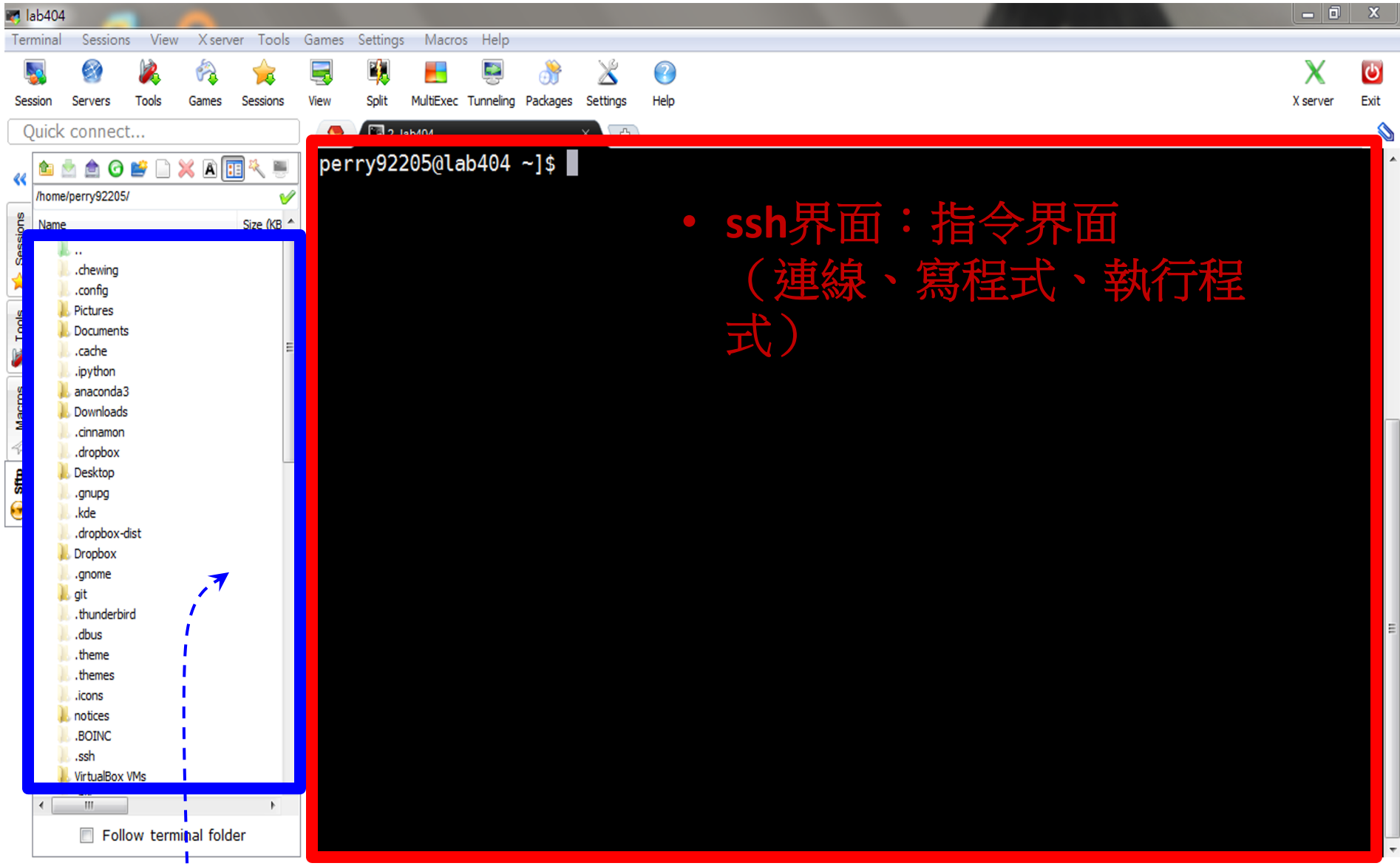
1. download link：http://mobaxterm.mobatek.net/download-home-edition.html
2. choose **Portable** edition (左邊)
3. 下載後安裝套用預設（一直點選next）
4. 網路安裝教學：http://blog.ilc.edu.tw/blog/index.php?op=printView&articleId=561603&blogId=25793



MobaXterm新增常用的sessions

- 選左上角**session**
  - 選 **SSH**
  - Remote Host: 填工作站ip
    (大氣系網路線)**192.168.1.23**
    (無線網路)**140.112.66.200**
  - 勾選**specific user**
    輸入帳號（**你的學號**）
  - 點下方 Bookmark settings
  - 填session name（如**study**）
  - 最後按下**ok**
- 以後從左方session點兩下study即可連線





- ssh界面：指令界面（連線、寫程式、執行程式）

- sftp：↓

點選資料夾：進入資料夾

拉選遠端檔案至筆電的資料夾：下載

在Mac上用Terminal連結study主機（SSH通訊協定）

- MobaXterm只能在PC上使用
- Mac上使用Applications>Utilities>Terminal
  打下面的指令就可以連到工作站：
  ssh -X b092090xx@192.168.1.23

- @前面是你的學號，@後面是工作站IP

- 在系館外，或使用WIFI網路 - 記得用**140.112.66.200**

登入/退出study

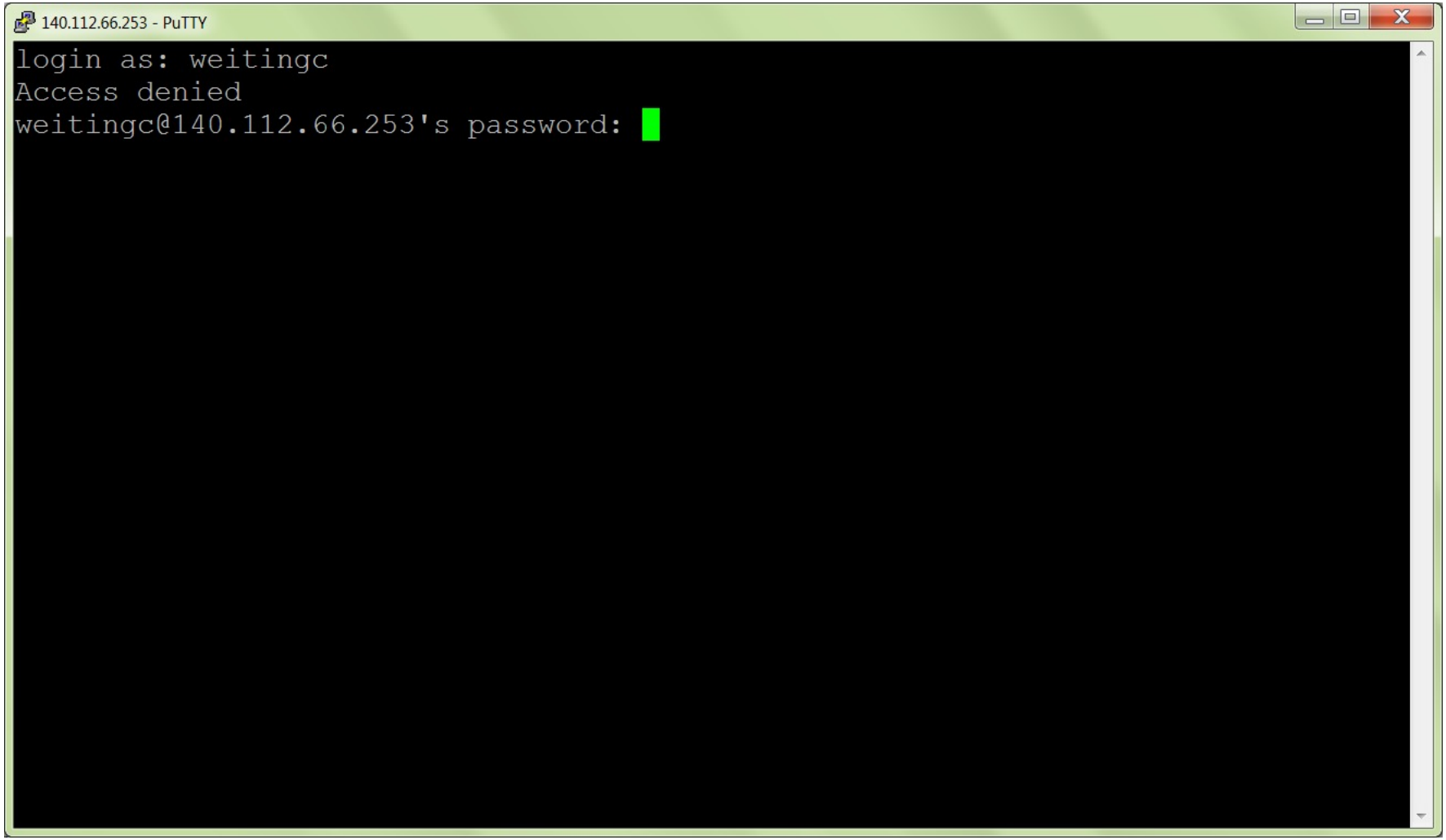
- login進入系統：輸入密碼<enter>
- 輸入你所要下的指令(command)，如 ls , cd 等（鍵盤輸入指令後，按下<enter>鍵執行命令）
- 更換密碼：**passwd** 指令
- 離開系統：**exit** 指令

- 大氣系電腦管理員已將各位帳號的預設密碼用email傳達

- **HW0: (2) 請記得到ntu信箱收信，在下週上課前完成登入study主機，<u>並更換你的密碼</u>**

登入/退出study

登入study主機
輸入帳號 <enter> （你的學號）
輸入密碼 <enter>（email告知）



更改密碼

> **passwd** <enter>

（輸入原密碼） <enter>

（輸入新密碼） <enter> （重複一次）

退出主機

> **exit** <enter>

成功登入畫面

```
weitingc@study1:~
Access denied
weitingc@140.112.66.253's password:
Last login: Tue Sep  4 09:00:53 2012 from unused253.as.ntu.edu.tw
 **  使用者可使用的機器有：study1, study2
     登入後可以用 rlogin 進入 study*： >> rlogin study*

 **  開圖案視窗：
        for putty
        要把X11 forwarding打勾
        for Unix or Mac
        使用ssh 時加-X或-Y參數

 **  更改密碼： passwd
     編譯器：   PGI compiler(pgcc, pgcpp, pgf90, pgf77)
                GNU compiler(gcc, g++)
     DEBUGGER： GNU(gdb)      氣象繪圖： grads      數據解碼： wgrib

     更多指令的使用方法請使用 man ：
     >> man {COMMAND}

 !!  已更新帳號使用上限到5GB
     每個使用者有空間使用上限5GB，到達使用上限就無法再增加資料。
     使用者可使用 quota -s 來查使用者自己的使用量。
[weitingc@study1 ~]$
```

中文可能會顯示成亂碼，
但不影響指令執行

登入study主機...然後呢？

- 在本課程需要學會的UNIX/LINUX指令：
  - 更改密碼
  - 新增、瀏覽、複製資料夾
  - 新增、複製、瀏覽、編輯文字檔（程式碼）
  - 更改檔案權限
  - 刪除檔案或目錄
  - 編譯（compile）、執行（execute）Fortran程式
  - 執行（execute）Python程式、Fortran程式
  - 使用GrADS介面
- **HW0：(3) 觀看UNIX基本指令教學影片，進行練習**

連到study執行python: 基本指令

先進入python互動式環境，再輸入python指令

- 在unix/linux的指令模式，輸入**python** ，按下enter
- 進入python環境後，出現>>>等待你下python指令
- 在>>>後輸入python指令，按下enter後馬上執行並顯示結果
- 結束時，按下ctrl + d跳出python環境

```
[weitingc@study python]$ python
Python 3.4.5 (default, May 29 2017, 15:17:55)
[GCC 4.8.5 20150623 (Red Hat 4.8.5-11)] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>>
>>> print('Hello World')
Hello World
>>>
```

HW0: (4)在你的筆電上安裝使用 Anaconda!

1. 已安裝好許多常用的科學、數學、工程、數據分析的 library
2. 完全開源(open)和免費(free)
3. 支持不同版本的 Python (2.7、3.6)，可自由切換 (-> 安裝不同版本即可使用)
4. 提供 spyder 視窗介面

下載 Anaconda:

https://www.anaconda.com/distribution/#download-section

- 安裝教學
  - Windows: https://docs.anaconda.com/anaconda/install/windows/
  - Mac: https://docs.anaconda.com/anaconda/install/mac-os/

Anaconda Installers

選擇自己筆電相對應的作業系統

Windows

Python 3.8

64-Bit Graphical Installer (466 MB)

32-Bit Graphical Installer (397 MB)

MacOS

Python 3.8

64-Bit Graphical Installer (462 MB)

64-Bit Command Line Installer (454 MB)

Linux

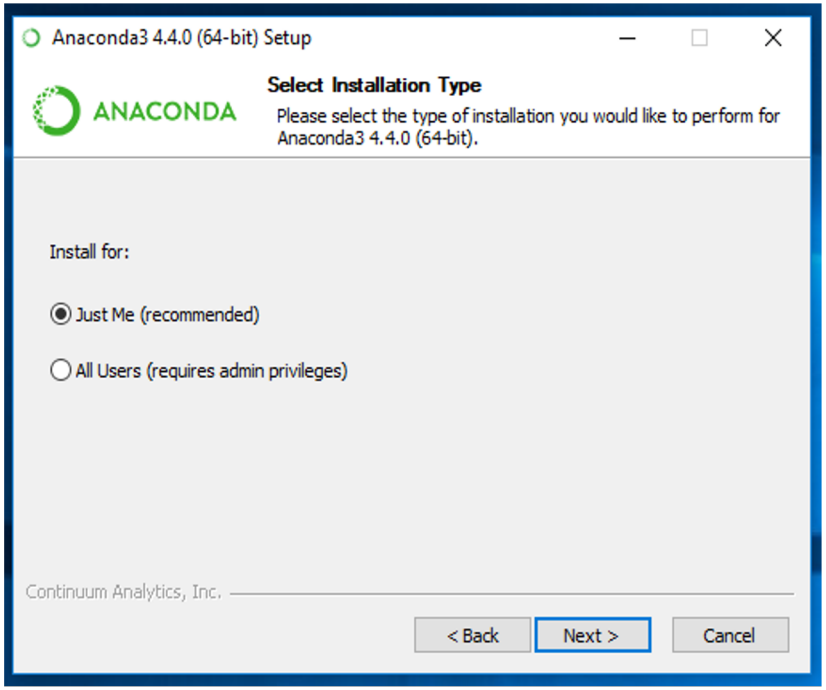
Python 3.8

64-Bit (x86) Installer (550 MB)

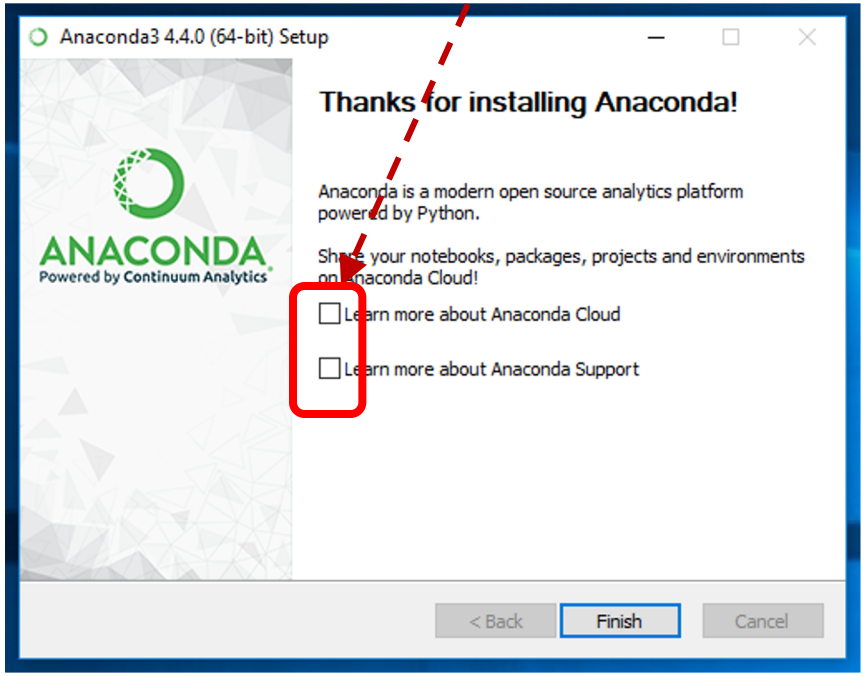
64-Bit (Power8 and Power9) Installer (290 MB)

安裝 Anaconda

1. 雙擊下載好的程式
2. 可以直接套用預設值 (一直next)



3. 按Finish之前，取消兩個選項



spyder編輯器

安裝好Annaconda之後，
會一併裝好spyder

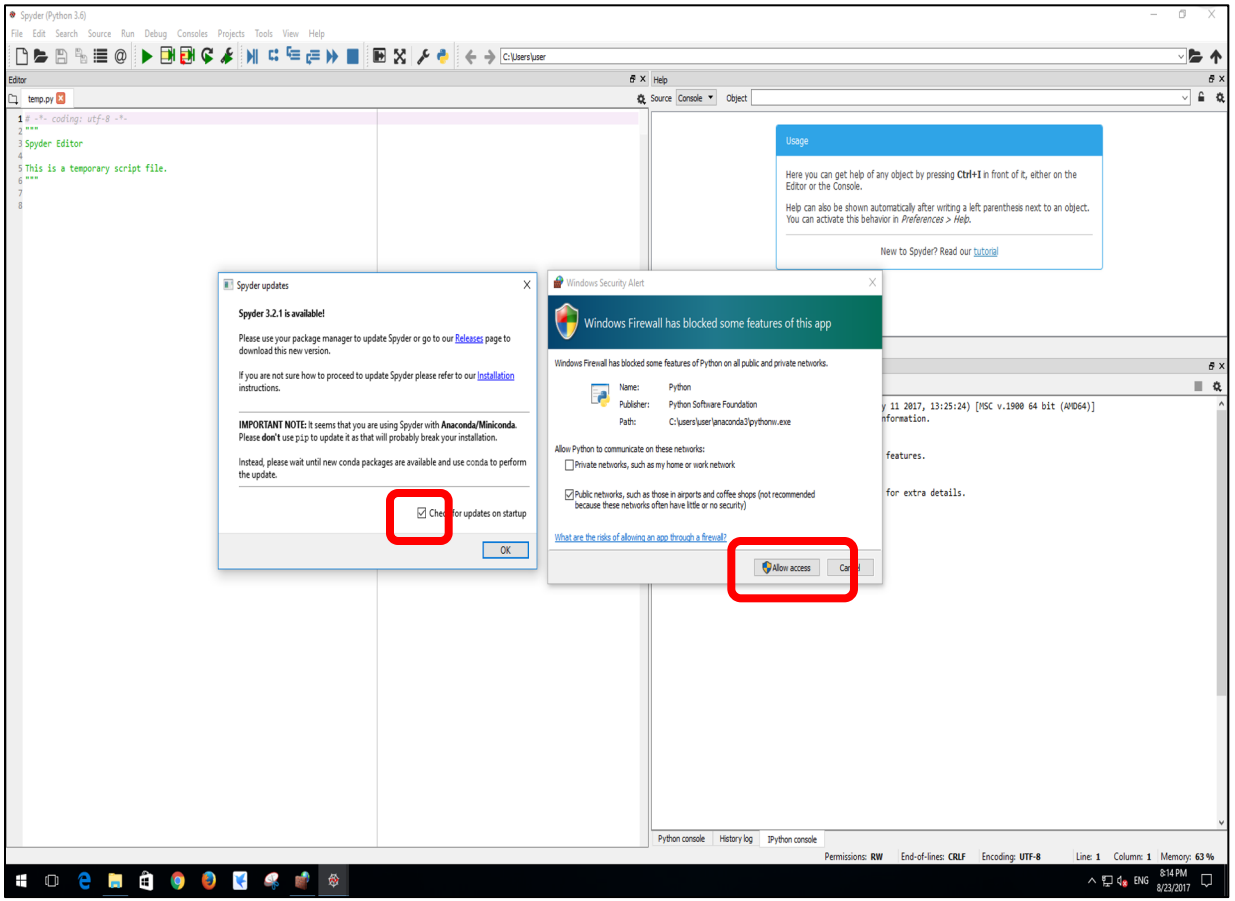
1. 在工作開始列搜尋spyder

2. 點icon執行

3. 出現如右畫面

a. 右邊的防火牆設定”允許存取”

b. 左邊取消”check for updates”，按OK



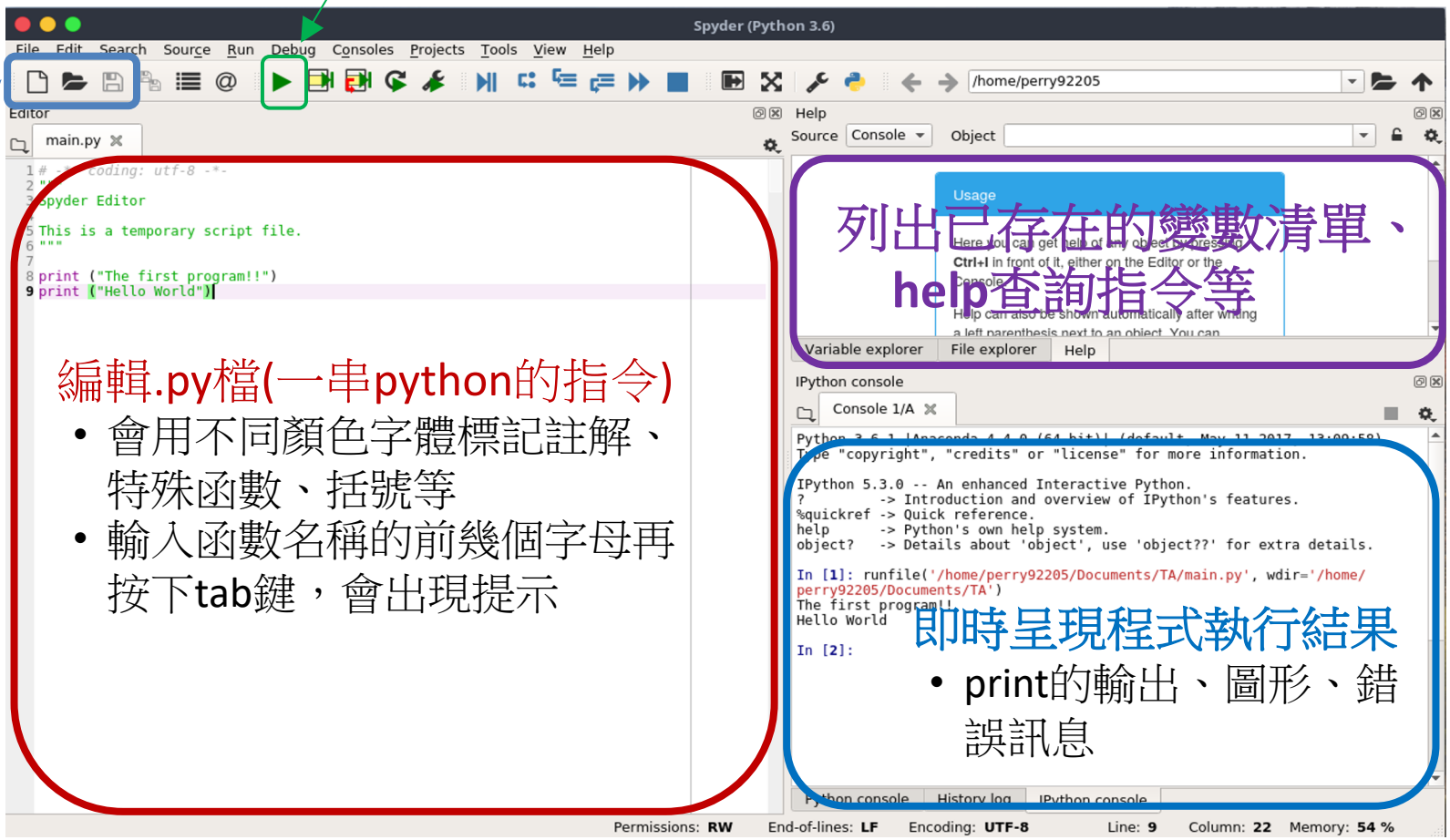
體驗Spyder介面

點工具列的綠色箭頭
依序執行.py檔的指令

開啟新的
.py檔

開啟存在
的.py檔

存檔



列出已存在的變數清單、
help查詢指令等

編輯.py檔(一串python的指令)

- 會用不同顏色字體標記註解、特殊函數、括號等
- 輸入函數名稱的前幾個字母再按下tab鍵，會出現提示

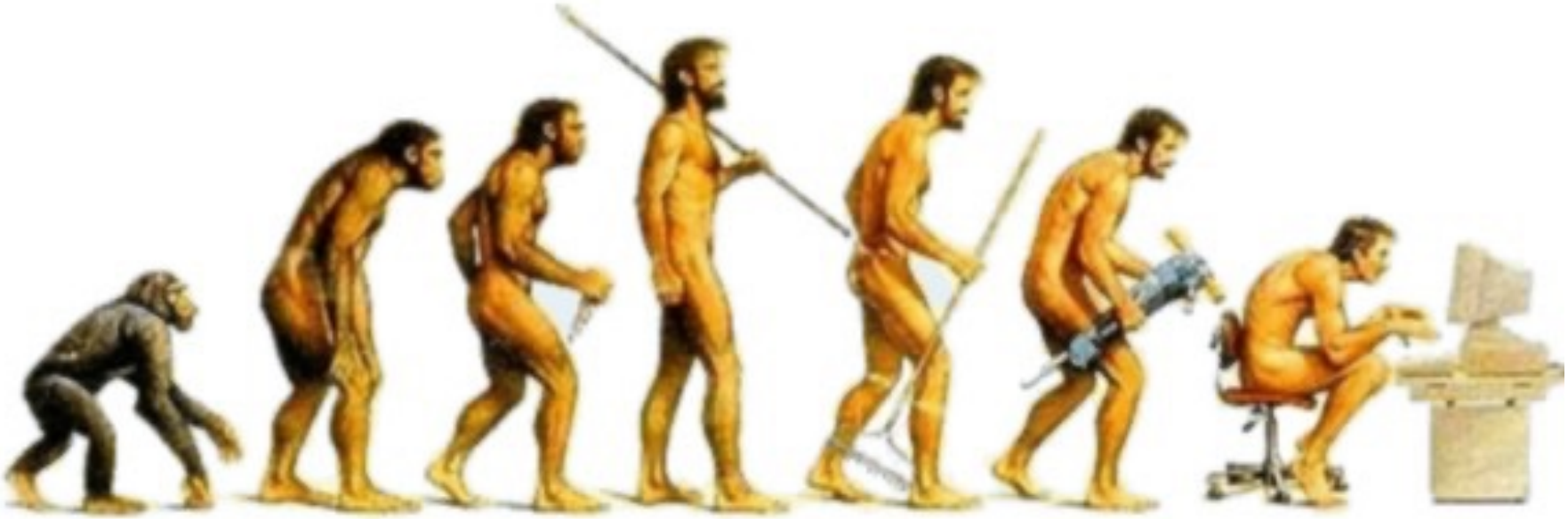
即時呈現程式執行結果

- print的輸出、圖形、錯誤訊息

本日小結

- 課程大綱、評量標準、注意事項
- Why learn to code?
- 下週上課前完成：
  - **(1) 觀看Python week 1影片**
    (2) 繳交預習作業一（公布在課程網站）

- 接下來的時間--確認各位是否完成HW0
  - **(1) 個人電腦安裝MobaXterm**
    (2) 登入study主機<u>並更換密碼</u>
    (3) 觀看UNIX指令教學影片並練習
    (4) 個人電腦安裝Anaconda for Python

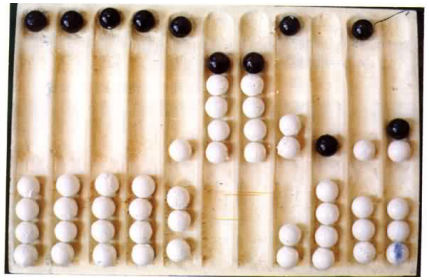


從 石器時代 到 電腦時代

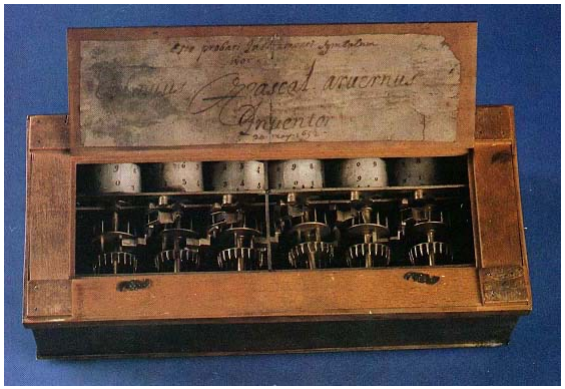
http://www.ryerson.ca/~lifeinst/pages/computer.html

電腦的概念雛形＝計算器

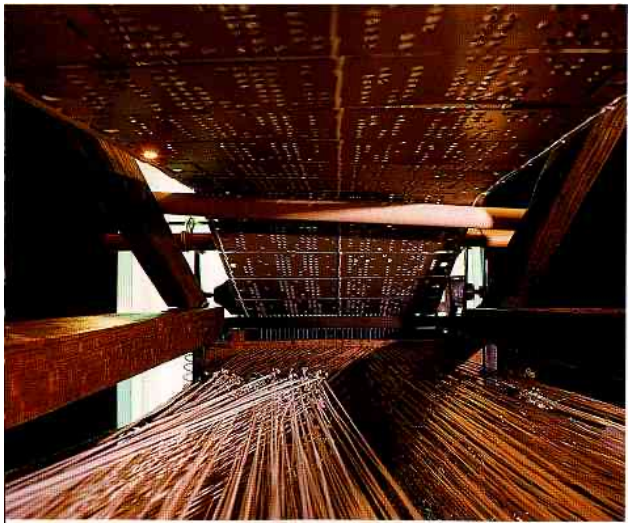
http://www.computersciencelab.com/ComputerHistory/History.htm



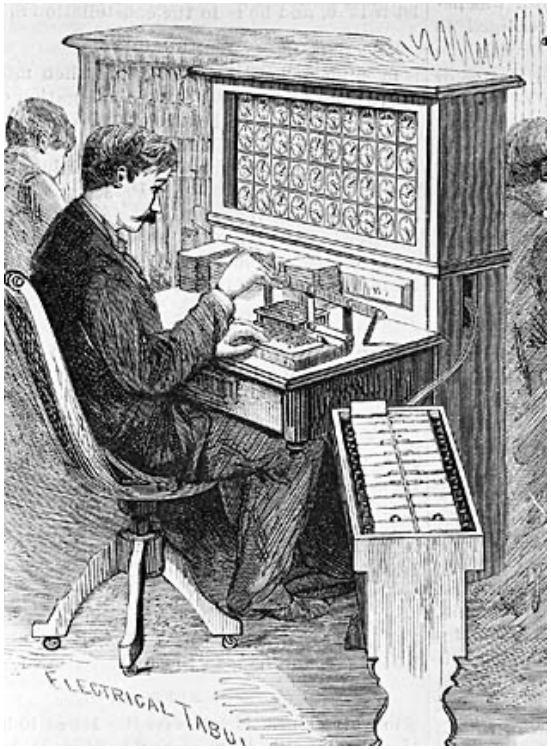
In Latin: calculus = pebble



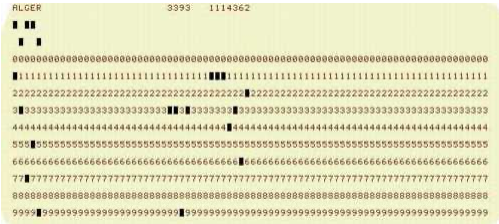
1642:
Pascaline

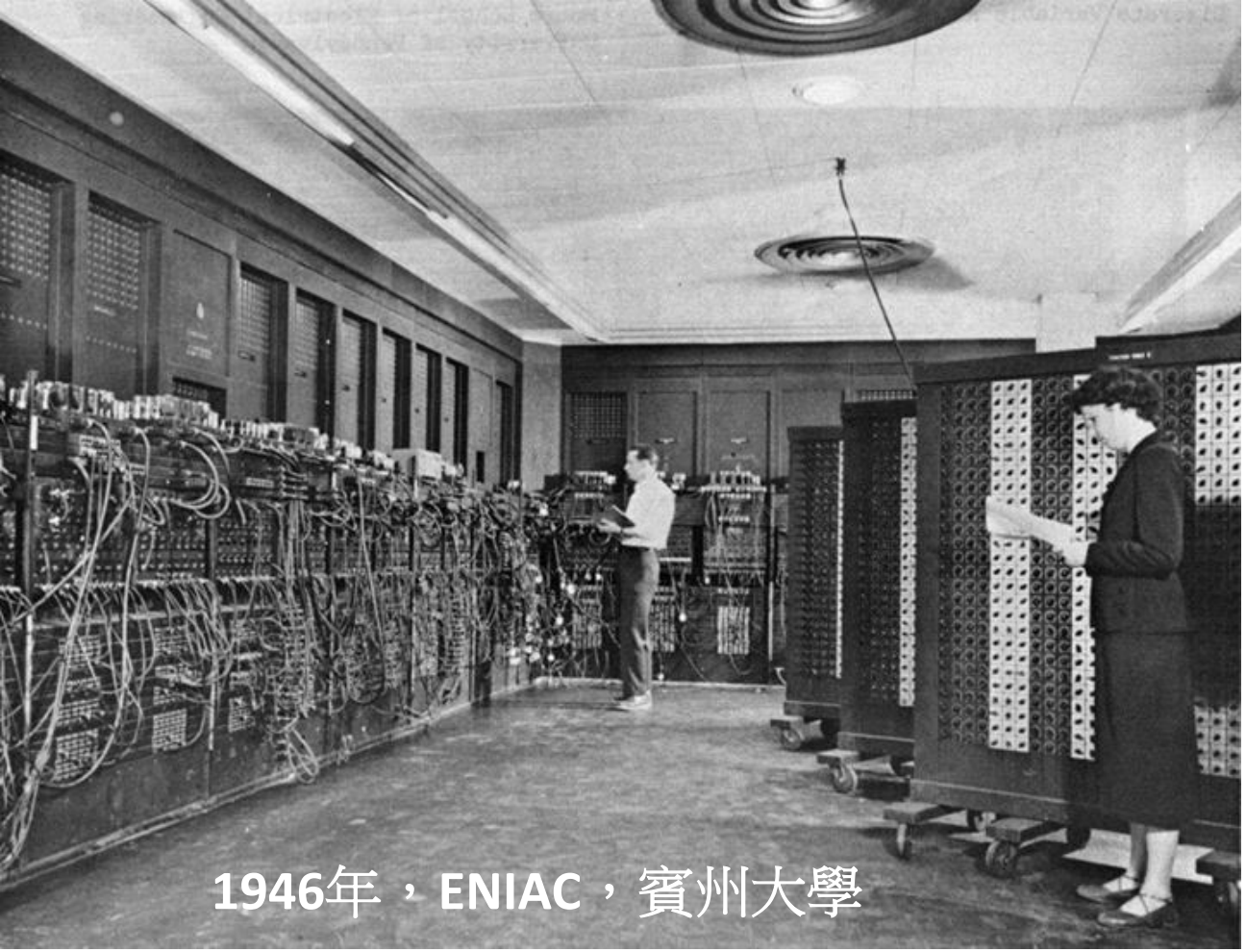


1801:
Jaquard's loom
(for weaving)



1890: Hollerith desk
-> International Business Machines (IBM)





- 現代手機：

體積、重量、耗電

＝ENIAC / 10^5

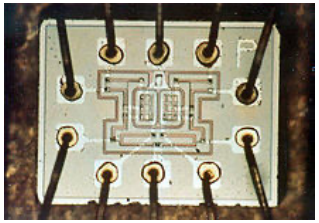
運算速度

＝ ENIAC x 10^5

- 1946年，史上第一台通用型電子電腦 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) 正式發表，它是現代電腦的始祖，用真空管取代以往的機械零件，而且可以輸入程式以執行各種的運算。
- ENIAC占地50坪，重達27噸，耗電150千瓦，每秒只能執行5000次加法，但運算速度已比以往的機械式計算機提升1000倍。

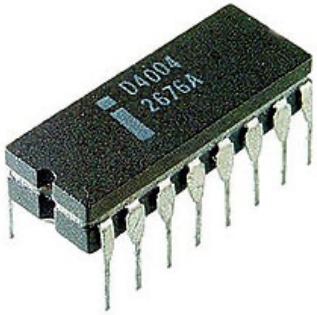
發明積體電路（IC）以後…

http://www.computersciencelab.com/ComputerHistory/History.htm



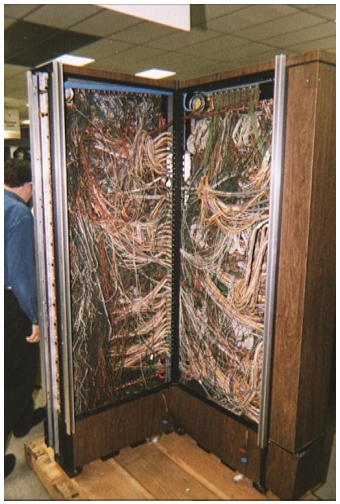
Integrated Circuit, ~1960

(Jack Kilby, 2000 Nobel Prize in Physics for invention of IC)



IBM 4004 microprocessor, 1971

Apple I ($600), 1976



Supercomputer CDC7600, 1970s (10 megaflops)

Supercomputer Titan, 2012 (17.6 petaflops)

X 10^{10}!!!

The original IBM Personal Computer (PC 5150), 1981

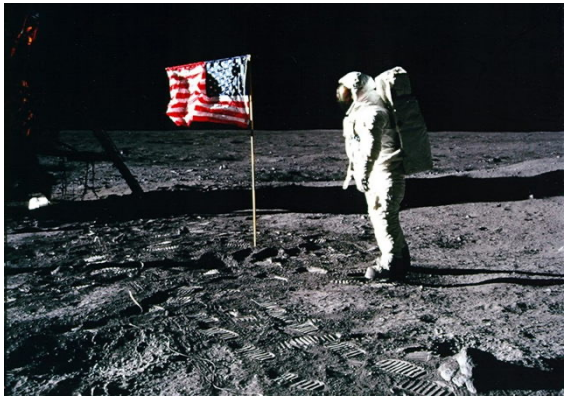
電腦的演進—摩爾定理

IC上可容納的電晶體數目（電腦運算速度），每兩年增加一倍

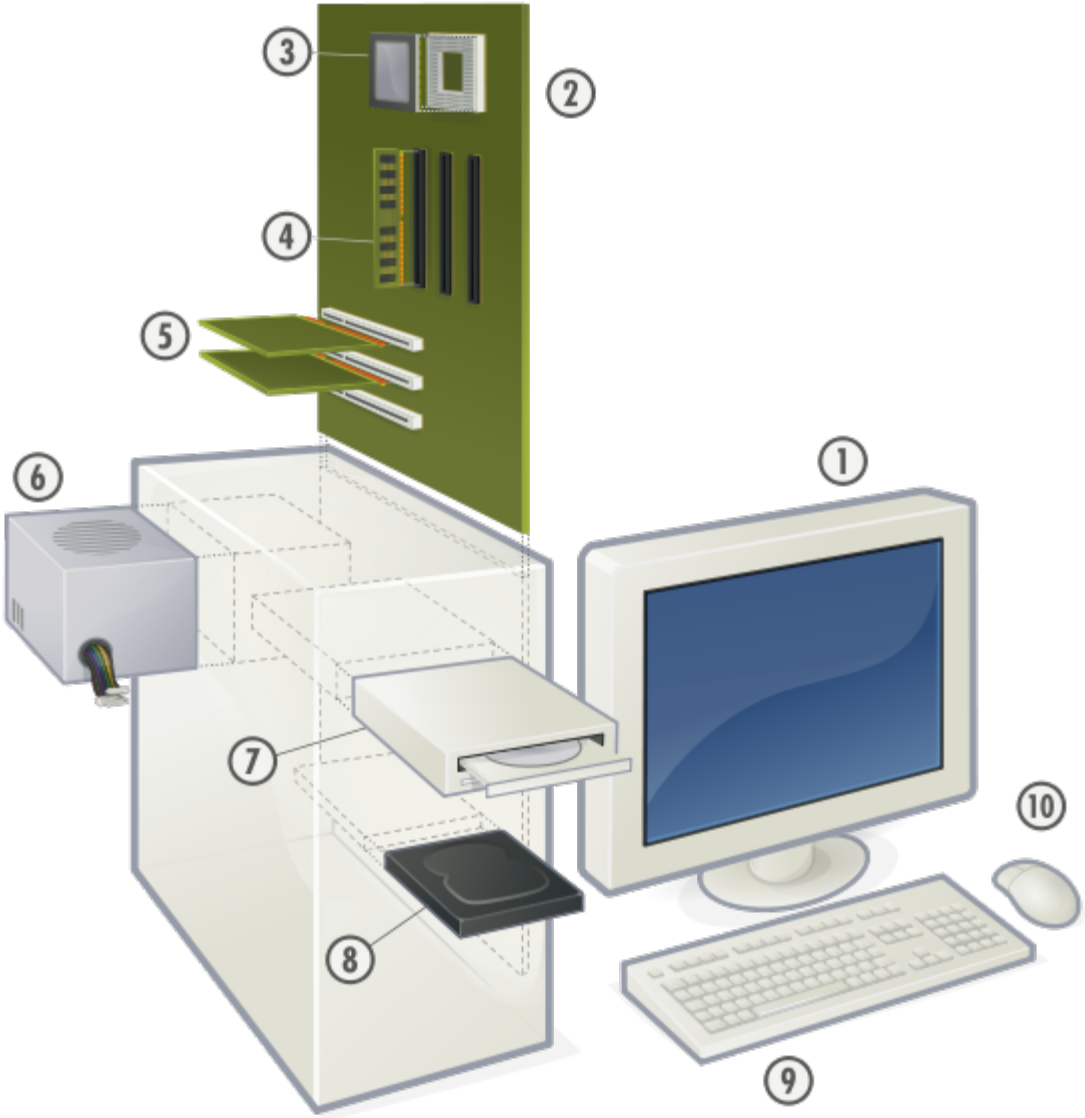
1969, NASA

2017, everyone

=

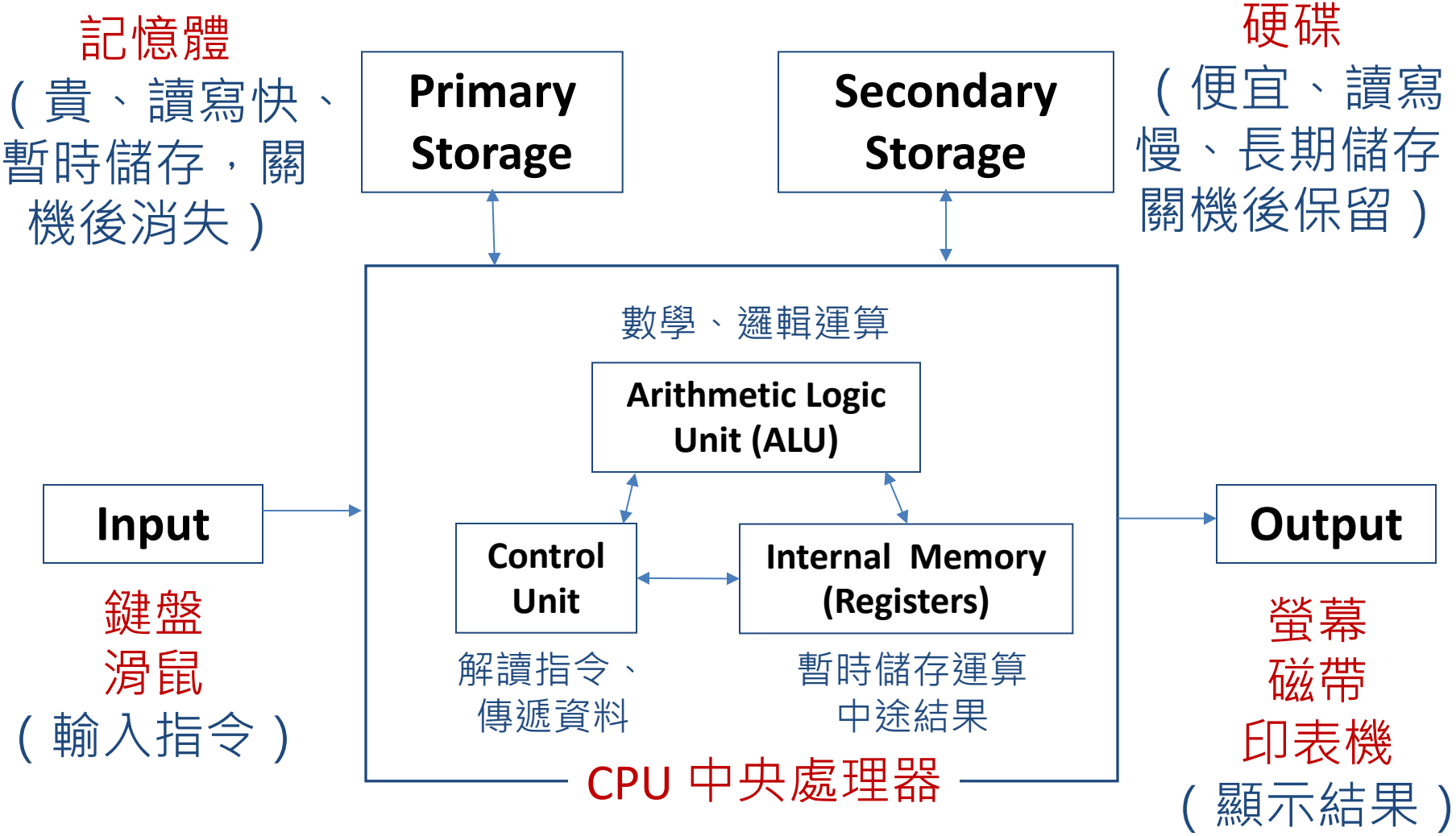


個人電腦主要硬體設備



1. Monitor
2. Motherboard
3. CPU
4. RAM
5. Expansion cards (video card, wireless card…)
6. Power supply
7. Optical disc drive
8. Hard disk drive
9. Keyboard
10. Mouse

電腦核心硬體架構



（接收數值、運算、輸出數值）
（二進位系統）

程式語言（Programming Language）

- 「程式語言」是對機器（特別是電腦）下達指令的人工語言，用來控制機器（電腦）的運作，或進行正確的判斷、計算
  - 機器語言（op code）：二進位（0/1）編碼，對機器（電腦）下達指令最基本的語言（例如：對記憶體特定位置進行存取），一般人要理解、使用很困難
  - 高階語言：使用接近英文的語法，以及一般常用數學代數方程式，大量應用在科學、工程計算，以及資訊相關應用（如Fortran, C++, JAVA）
  - 物件導向語言、視覺化元件、跨平台語言...

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_programming_languages

（程式人最根本的覺悟：電腦一定不會出錯，出錯的一定是人腦）

UNIX作業系統：

簡介與使用入門

UNIX作業系統簡介

- 歷史悠久的作業系統（1965~now），已繁衍出一系列的UNIX家族：Sun OS系列，IRIX系列， BSD系列， System V系列，OSF系列，與各種 LINUX系列
- UNIX是「多人多工」的作業系統：一台電腦可同時服務多個使用者，每個使用者可在同時執行多項工作
  - 使用者透過終端機，連線到同一部Unix主機，該主機即可讓所有的使用者共用資源，而不需在每個使用者個別擁有的機器上安裝同樣的軟體
- 主要是由三個部分所組成的：「系統核心」(Kernel)、「檔案系統」(File System) 和「命令解譯程式」(Shell)

Unix系統簡介
http://www.iiiedu.org.tw/knowledge/knowledge20030228_1.htm

UNIX參考書目

UNIX:

- **NTU COOL上講義： UNIX_Linux系統基本使用.pdf**

- **UNIX Tutorial for Beginners**
  http://www.ee.surrey.ac.uk/Teaching/Unix/