

# 電腦會“揀”天氣？

電腦篩選



曾鴻陽 副教授  
中國文化大學大氣科學系

# 超級電腦、超級聰明

會挑土豆的（雲林花生廠）



會挑天氣的（中央氣象局）







地球圖輯隊 情報總部

11月2日下午6:10 · 🌐

受法律保護的「真女巫」

如果你用假巫術騙人，你會受到詐欺他人的處罰。但如果你是個真女巫，這條源自英國 1735年頒布的「反獵巫法律」就會保護你...



DQ.YAM.COM

加拿大真女巫沒關係 但假的就不行 | DQ 地球圖輯隊

在加拿大，如果你用假巫術來行騙他人得小心吃上官司，但是在這裡...

...

加拿大刑法第 365條:

『任何人佯裝施行或使用任何種類的巫術，或假裝有預測未來的能力，以及用偽科學或神秘學聲稱自己能找到失物藉此來詐財都算犯罪，違者可能得面臨高達六個月的有期徒刑或併科 2,000加幣(折台幣約 4萬 7,860元)的罰金』



<https://dq.yam.com/post.php?id=10210>



[https://youtu.be/4\\_iU1QZSBKo](https://youtu.be/4_iU1QZSBKo)



人類背水一戰！纏鬥五小時，  
AlphaGo擊敗世界圍棋冠軍  
柯潔（2017）

## 超級電腦（Super Computer）

- 主要是使用在高科技研發與軍事用途上。  
特色是具有超高速的運算能力。
- 如用來預測天氣、計算飛彈彈道等



- 超級電腦(Super Computer)：專供大型運算，且速度至少在*500MIPS*以上。*MIPS(Million Instruction Per Second)*指每秒CPU所能處理的百萬指令。

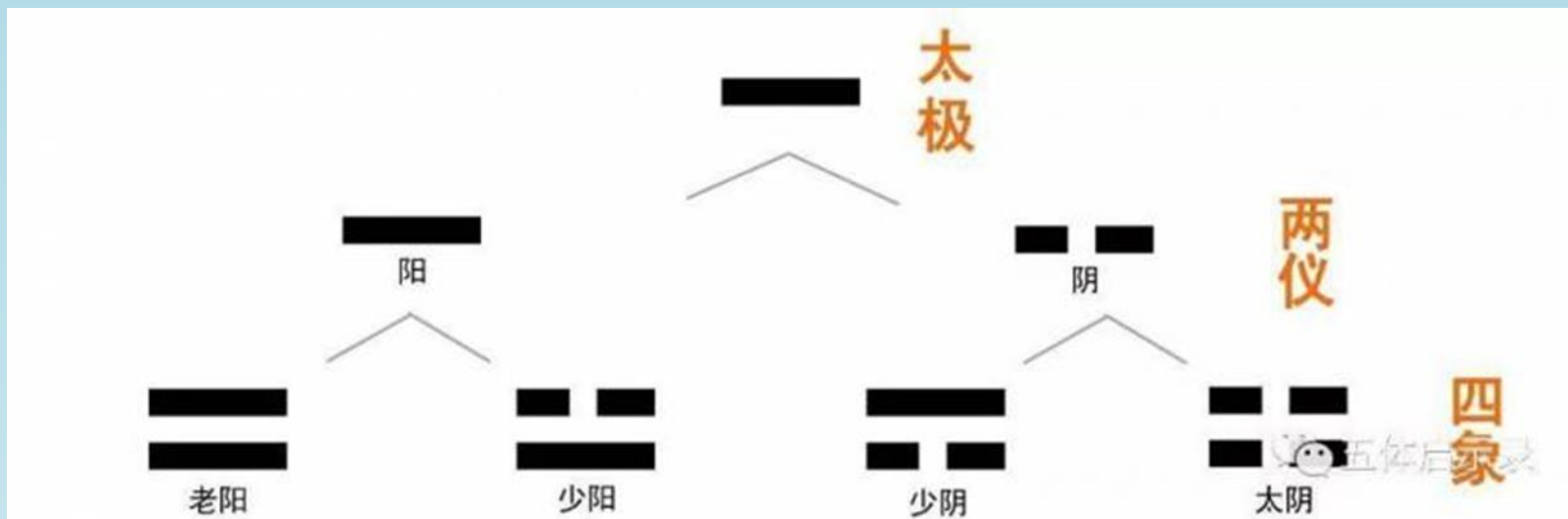
# 天氣很惱人！

## 多重宇宙之柯文哲颱風假困局



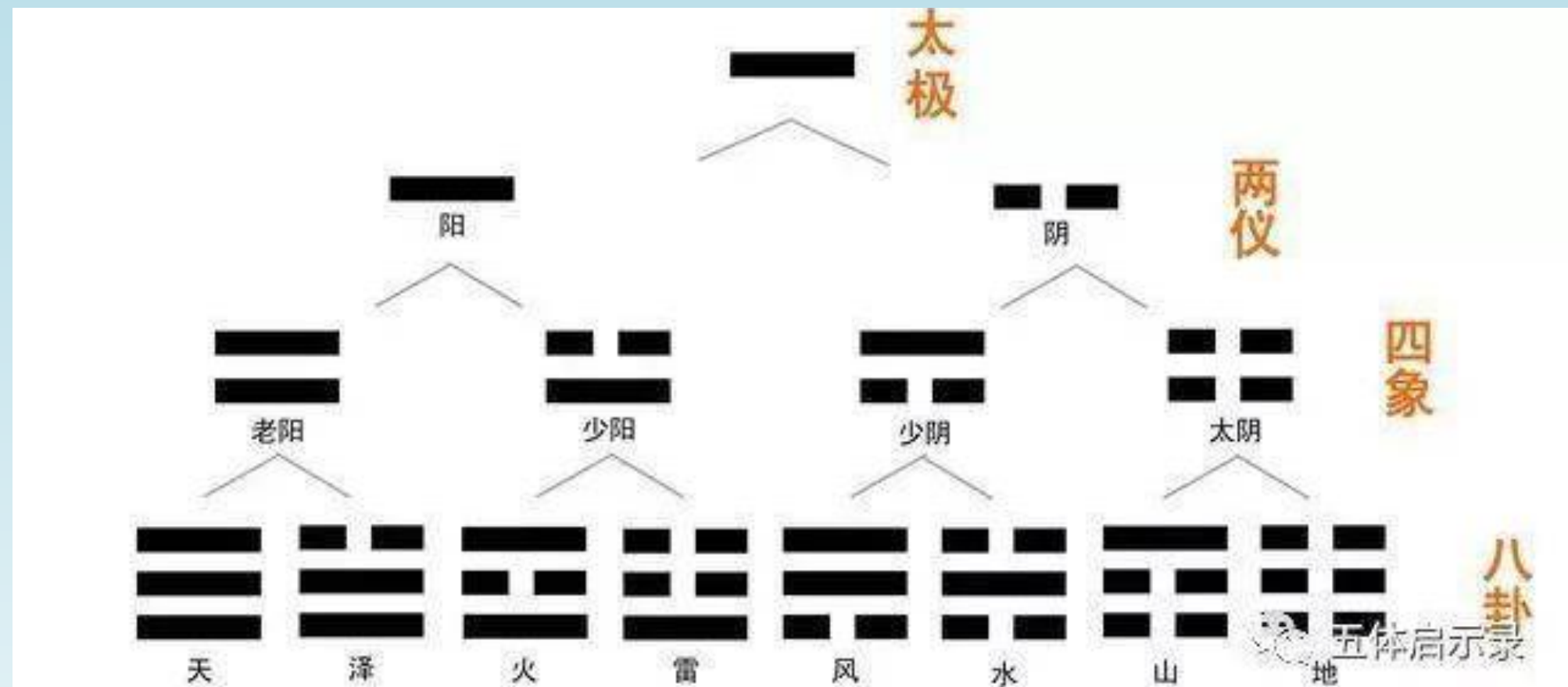


# 報天氣的始祖



- 陰陽會相互作用，于是我們就把陰（一）陽（--）相互疊加，便生成了四象，我們可以用「陰、陽、剛、柔」來理解這四象。
  - 比如一日之中，早上雖然有太陽但大地還未升溫（陰中之陽），于是稱為**少陽**
  - 到了中午，太陽當空照，大地也吸收了足够的熱量，為一天最熱之時（陽中之陽），便稱為**老陽**
  - 夕陽西下，氣溫漸涼，太陽沒有熱量了但大地還有積蓄一天的熱量（陽中之陰），所以稱為**少陰**
  - 到了半夜，沒有太陽、大地的熱量也已散發殆盡，到了一天最冷之時（陰中之陰），便稱之為**老陰**。







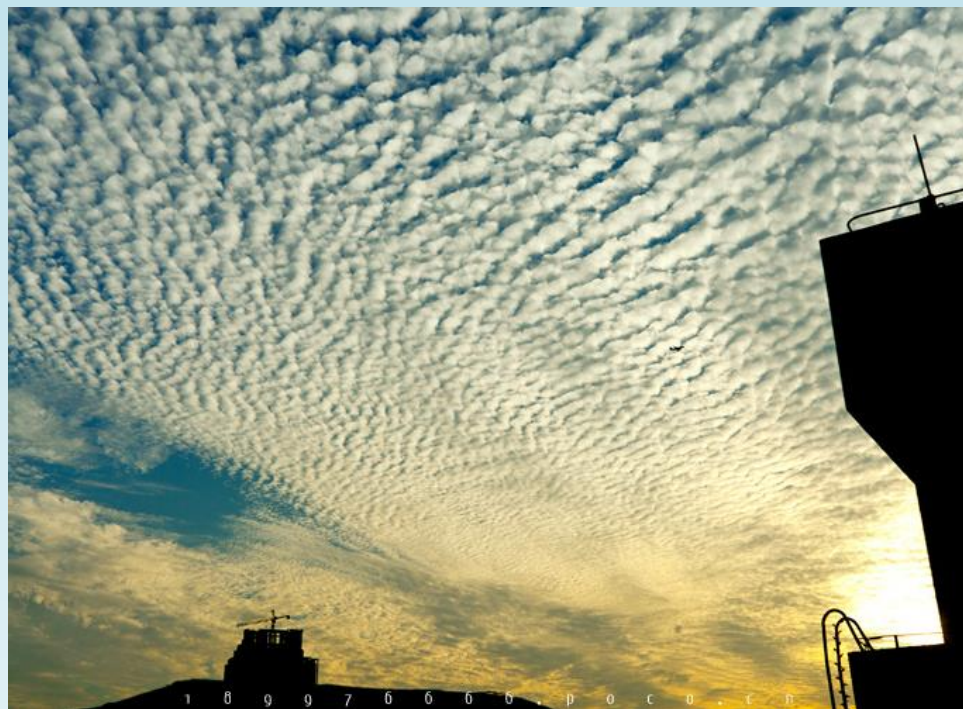


## “報馬仔” 報天氣

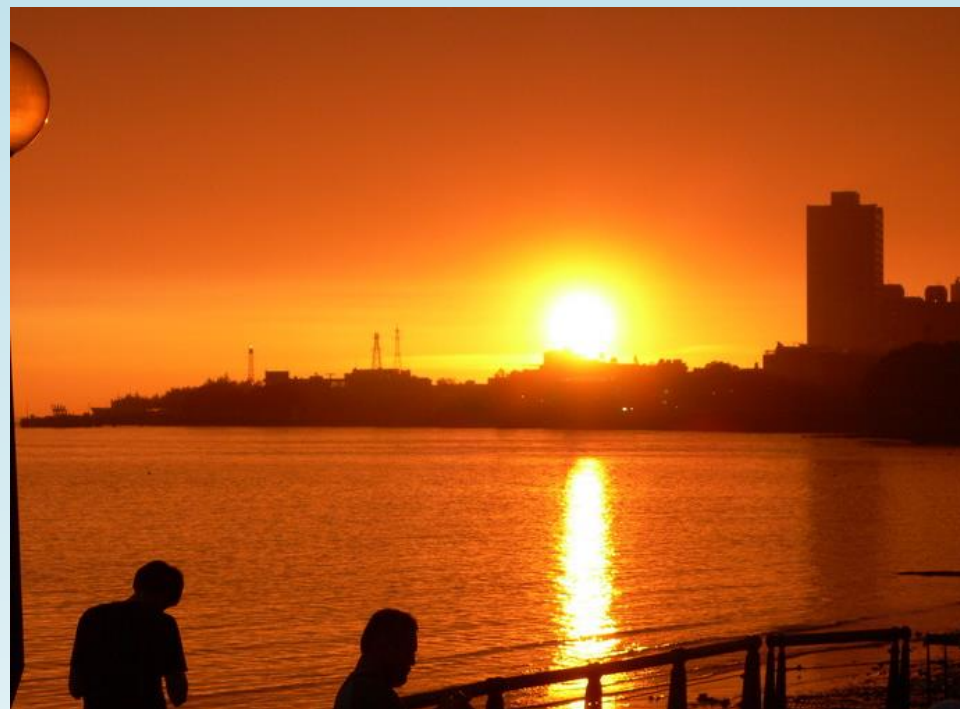
- 千百年以來，人類一直想製作準確的天氣預報，不論是耕作的農民，出海貿易的商賈，或是治國的君王，能夠知道未來天氣就是成敗的關鍵。
- 在科學儀器發明之前，任何收集天氣相關的統計數據是極其困難的，因此最可靠的預測天氣方式，仍是人類長久觀察大自然的總結經驗談。

# 觀察天氣（氣象諺語）

魚鱗天，沒雨風也顛



絢麗晚霞，暴風雨前的寧靜

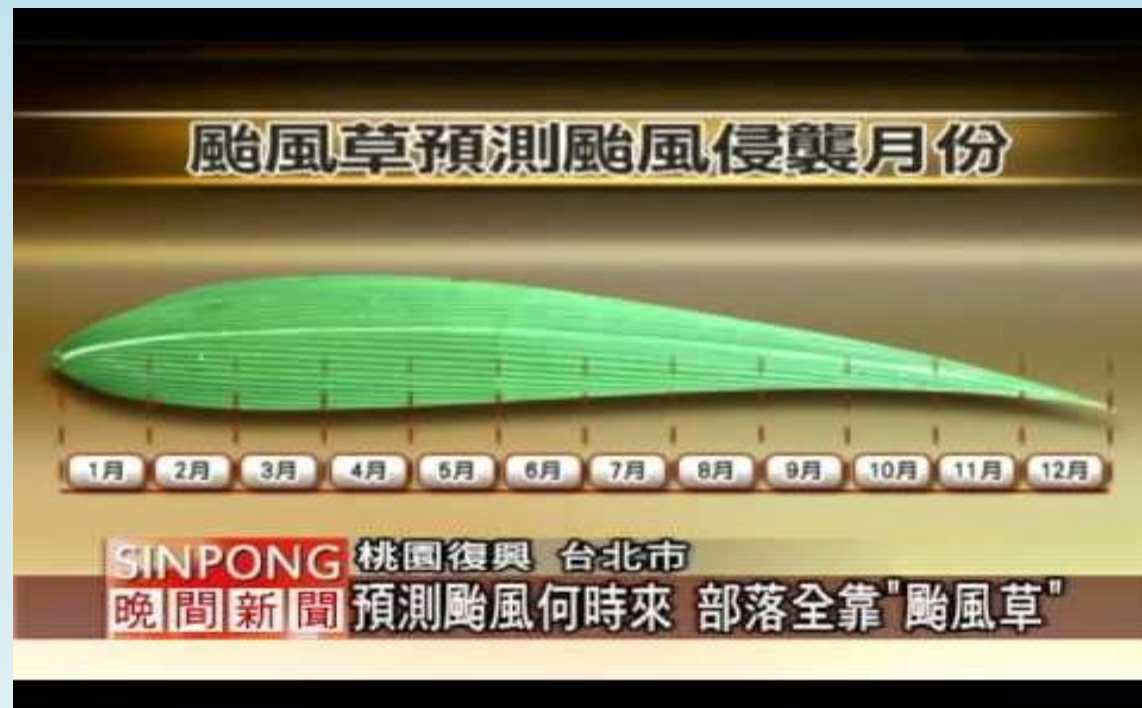


# 觀察動植物（自然變化）

土撥鼠預測冬天



植物預測颱風





# 拜拜卜卦（寄託鬼神）

祈雨儀式



龜殼占卜



## 訴諸神話（媽祖婆雨、大道公風）

- 相傳媽祖和大道公相戀，後媽祖見母羊生產苦狀，悔而辭婚，大道公心有不甘，憤而與媽祖施法相鬥，於媽祖誕辰降雨洗其脂粉，媽祖也不甘示弱，於大道公聖誕時施法刮風，吹落道帽。
- 因此每逢媽祖生必定下雨，大道公生又必定刮大風，故稱「大道公風，媽祖婆雨」。其實農曆三月正值梅雨季節，降雨乃自然現象，但這樣的想像力豐富的鬥法傳說，讓普通的下雨天變得有趣多了！



從 “天說了算” 到 “人可以算”

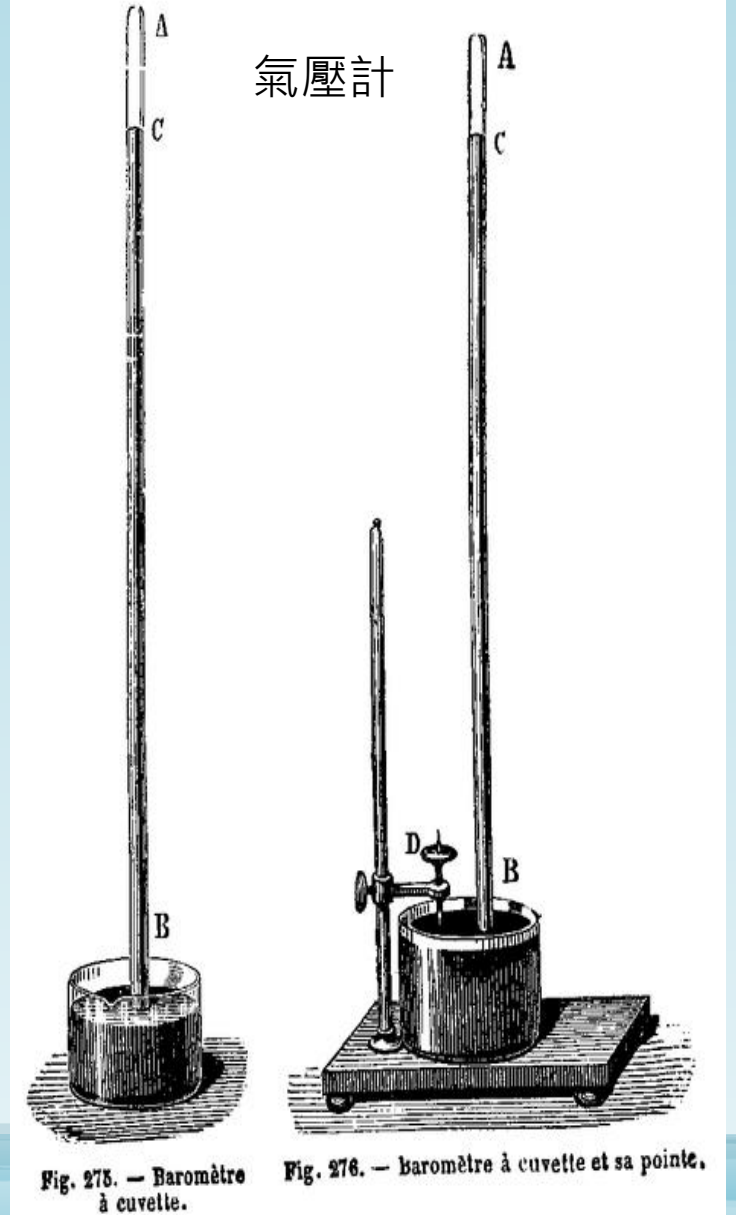




# 科學儀器開始出現。 。 。 。 。



溫度計



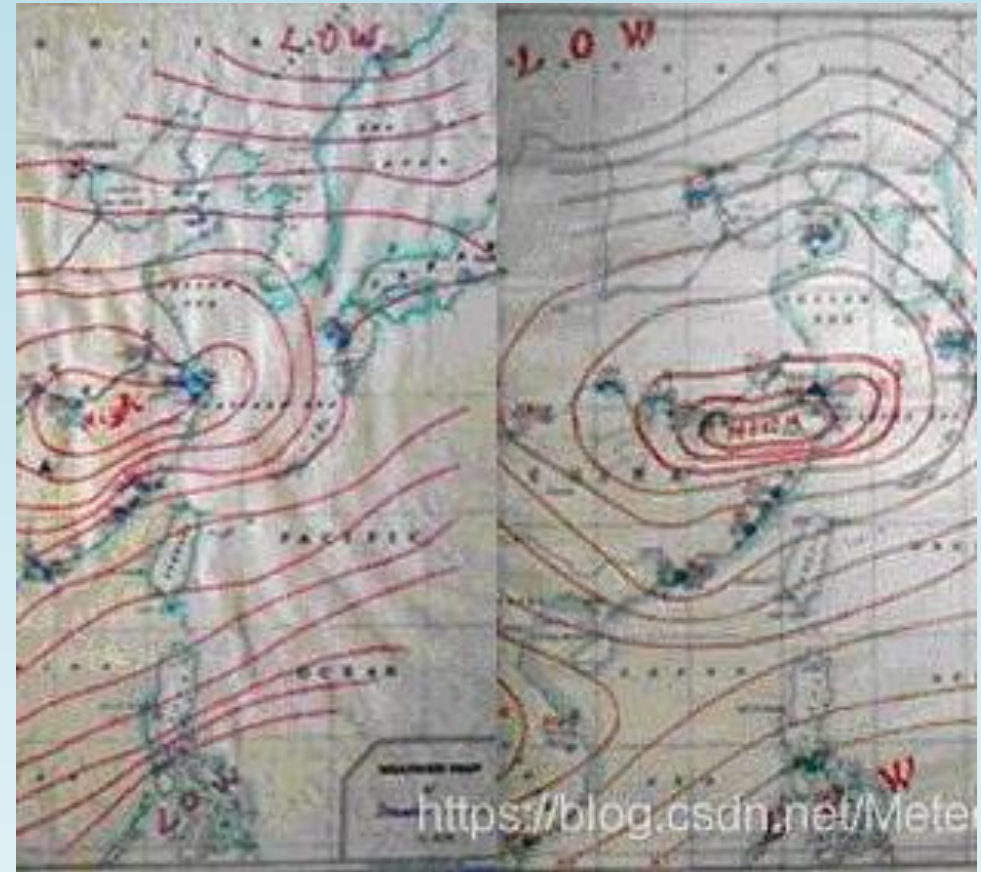
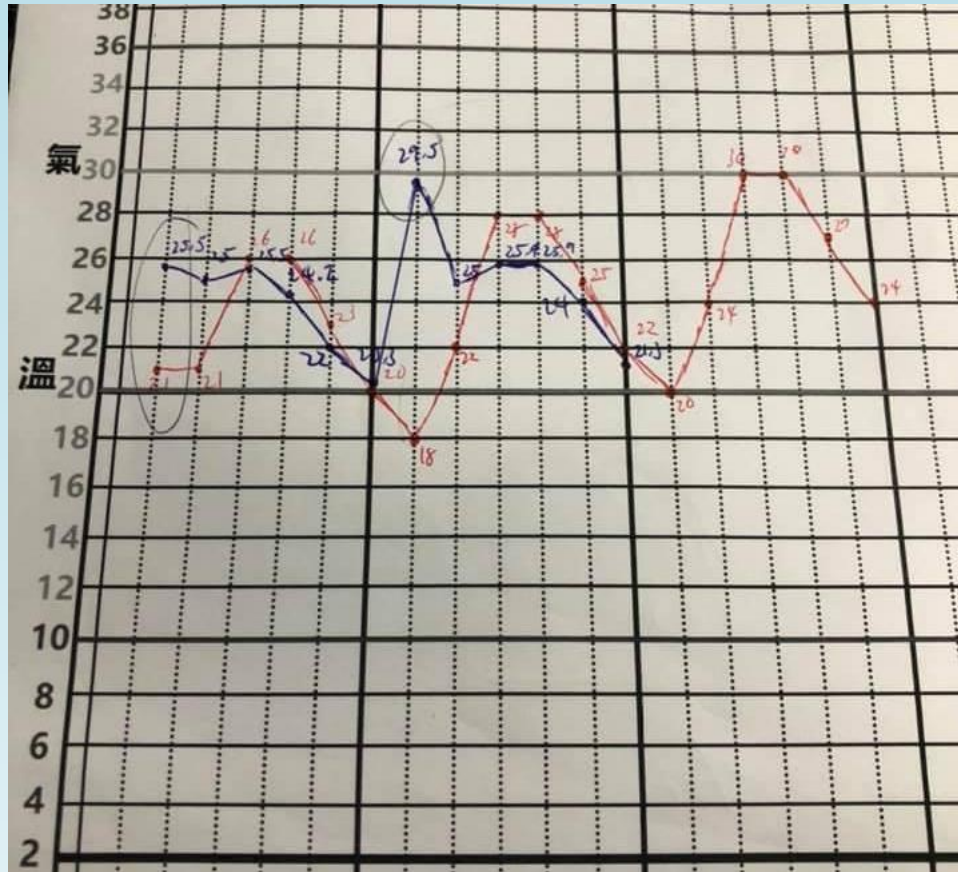
氣壓計

Fig. 275. — Baromètre à cuvette.

Fig. 276. — baromètre à cuvette et sa pointe.



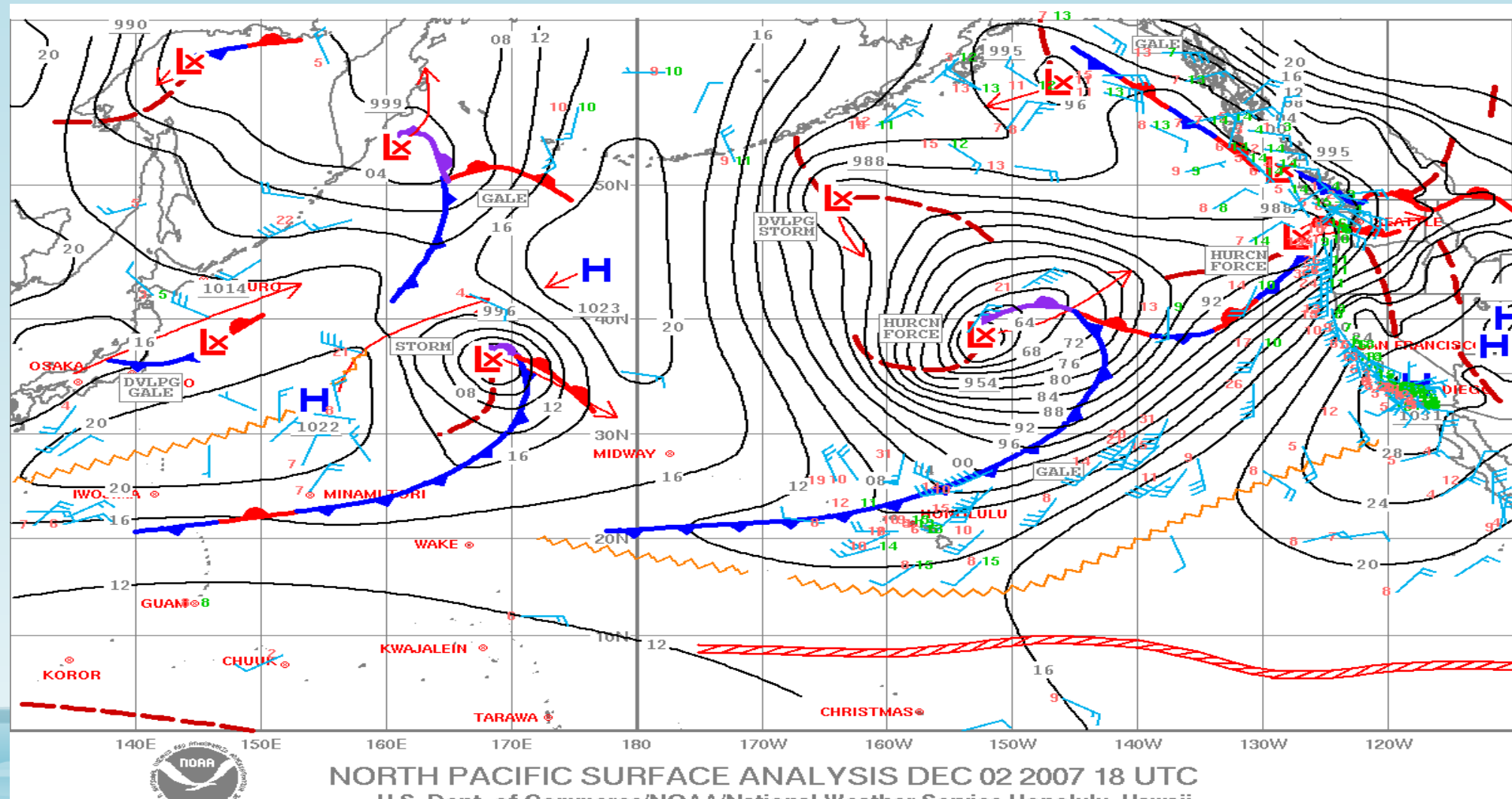
# 持續紀錄氣象資訊。 。 。 。 。



# 天氣學的預報天氣的思維

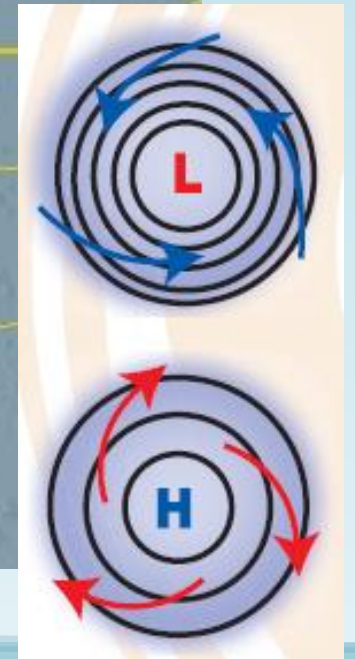
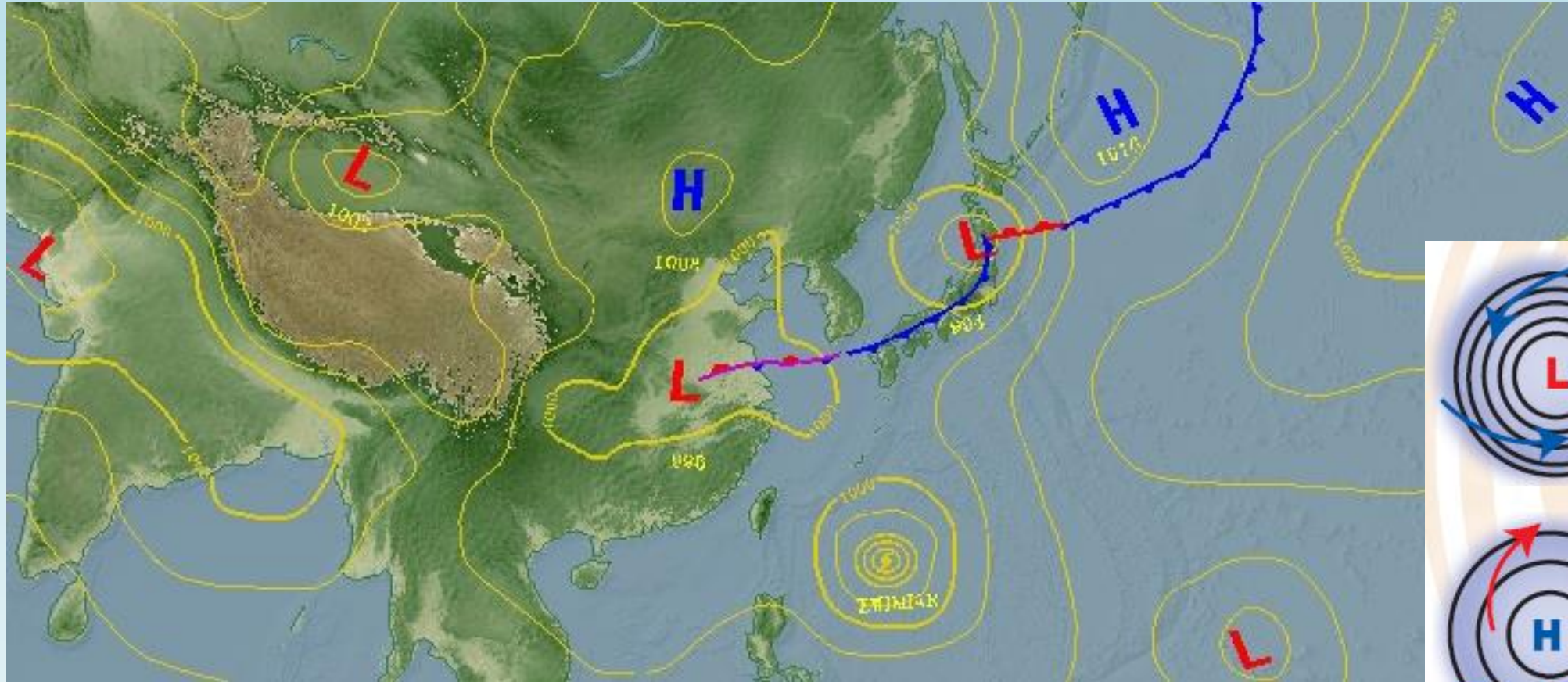
- 若有觀測資料→氣團的分佈
- 知道氣團的分佈→鋒面的位置
- 知道鋒面的位置→天氣現象
- 知道過去氣團的移動方向、速度  
→預測未來氣團的移動方向、速度  
→預測未來的天氣變化

# 天氣圖

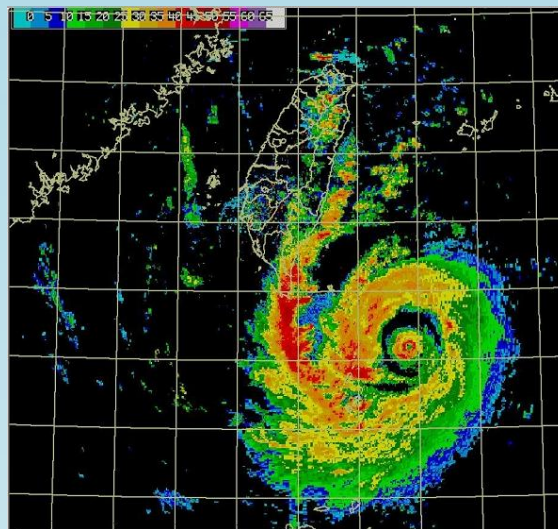
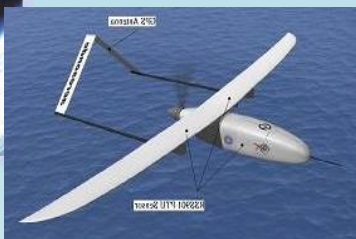
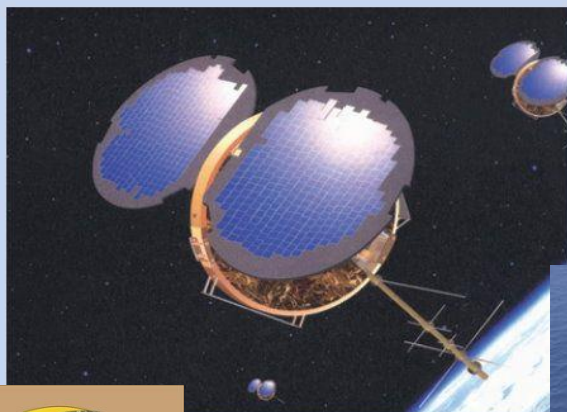




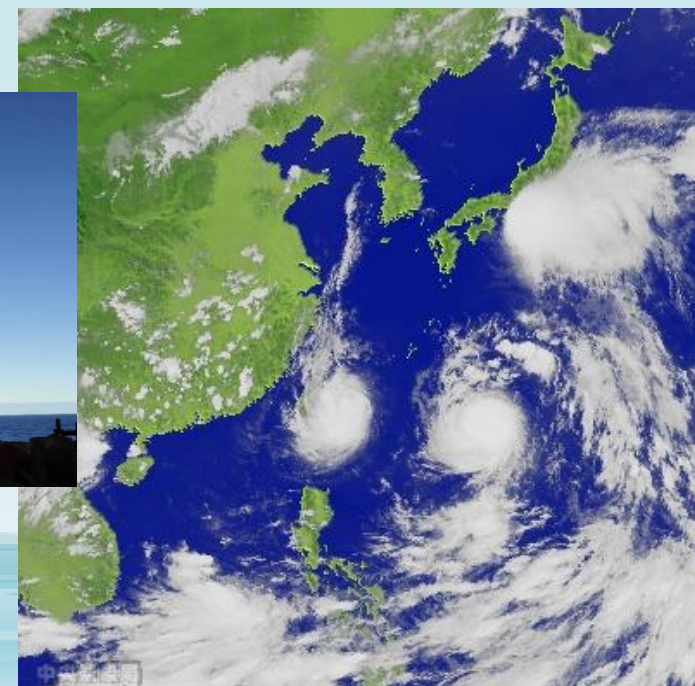
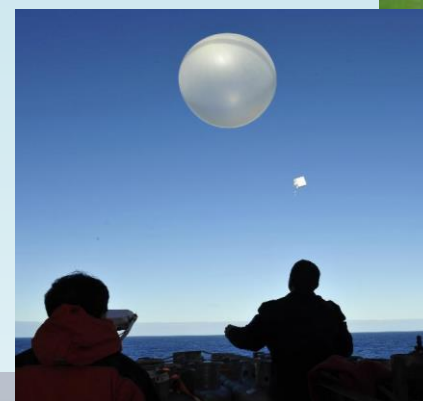
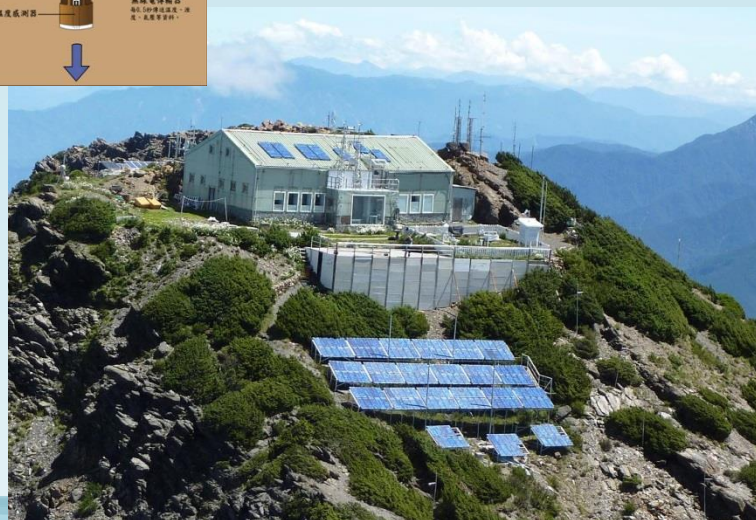
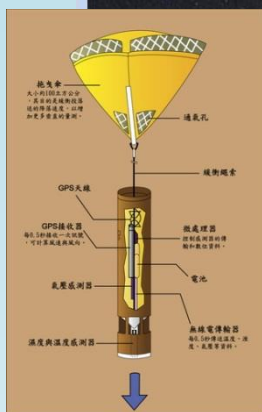
# 氣壓和天氣圖







資料種類越來越多，不停增加。。。。。



# 從 “人腦” 到 “電腦”



# 白日夢的起點

- 無中生有（白日夢）
- 美夢成真的希望
- 追逐夢想
- 夢想成真
- 天堂到地獄
- 從新奮起

# 天氣” 怎麼算” ？

- 根據大氣實際情況，在一定的初值和邊值條件下，透過大型計算機作數值計算，求解描寫天氣演變過程的流體力學和熱力學的方程組，預測未來一定時段的大氣運動狀態和天氣現象的方法。
- 數值天氣預報與經典的以天氣學方法作天氣預報不同，它是一種定量的和客觀的預報



# 可能解決途徑：大氣原始方程組

熱力方程

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} - \frac{1}{C_p \rho} \left( \frac{\partial p}{\partial t} + u \frac{\partial p}{\partial x} + v \frac{\partial p}{\partial y} + w \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 0$$

狀態方程

$$P = \rho R T$$

連續方程

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} + w \frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho \frac{\partial u}{\partial x} + \rho \frac{\partial v}{\partial y} + \rho \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

動量方程

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + f_v - \tilde{f}_w$$

# 學者內心的“如意算盤” ~

- 試圖將天氣預報由由計算獲得，不加入人的主觀判斷。
- 應用動力方程組對歐洲地區的地面氣壓進行6小時預報，



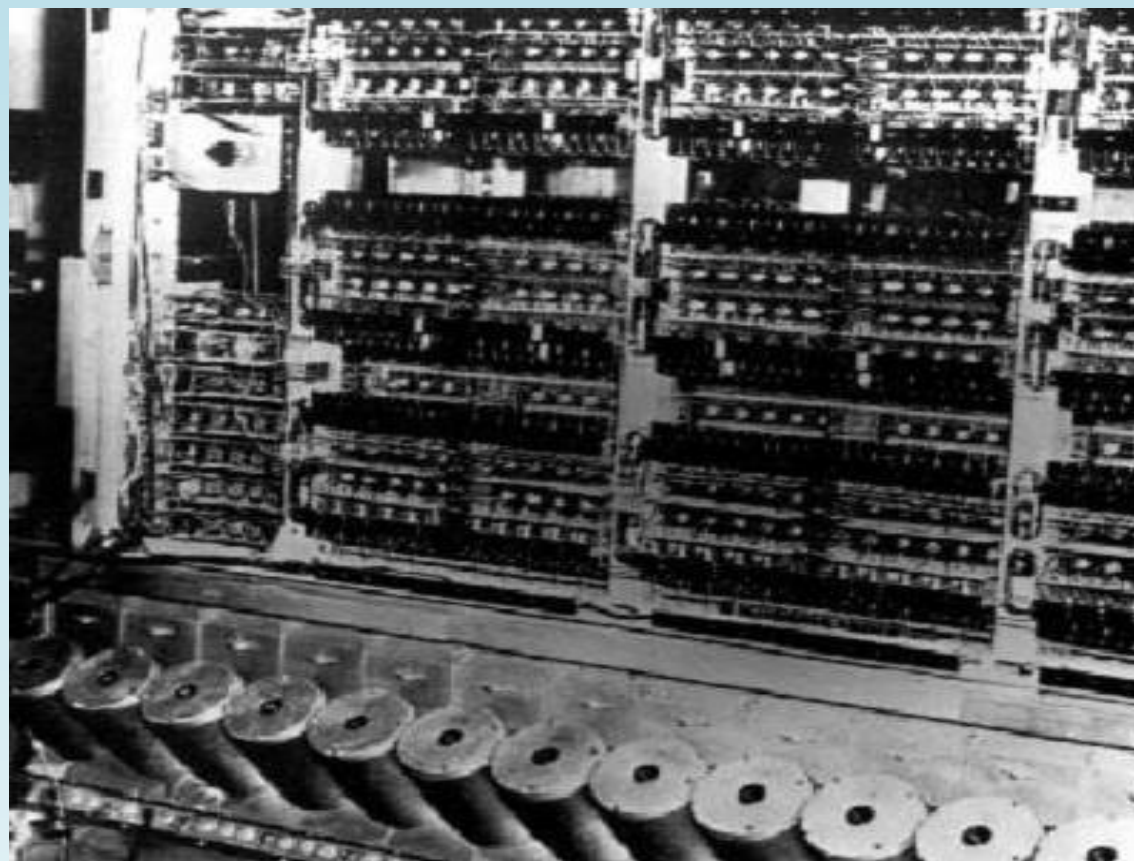
# 結果卻。。。 “打錯算盤” ！

- 花上幾個月的時間，共用64000人，結果完全失敗。
- 失敗原因~方程式未簡化
- 計算人力太龐大
- 貢獻~明確指出了數值預報所能面臨的問題，和基本思路

# 前仆後繼實現 “預報夢”

- 恰尼(Charney)在1950年，以簡化後的動力方程式，使用世界第一台電子計算機，進行短期數值天氣預報

• 成功了  
YA~



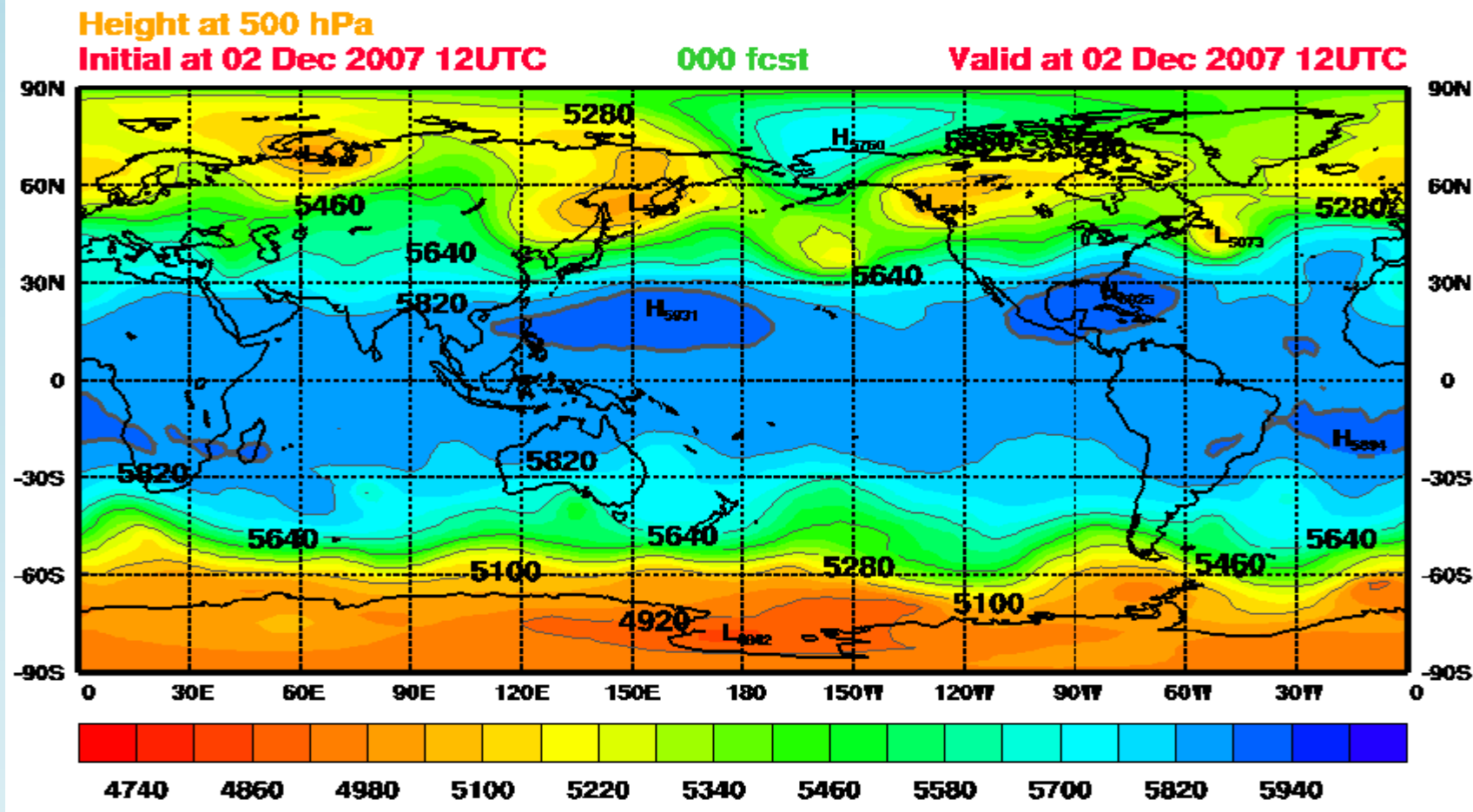


電腦 “揀” 天氣時的來臨了！

# 高興的太早！！

- 計算數值的微小誤差，經過一段時間的累加後竟然導致結果完全失控，就是我們日前熟知的“蝴蝶效應”。
- 小誤差大失敗！目前天氣數值預報無法有效算出較長時間以後的天氣



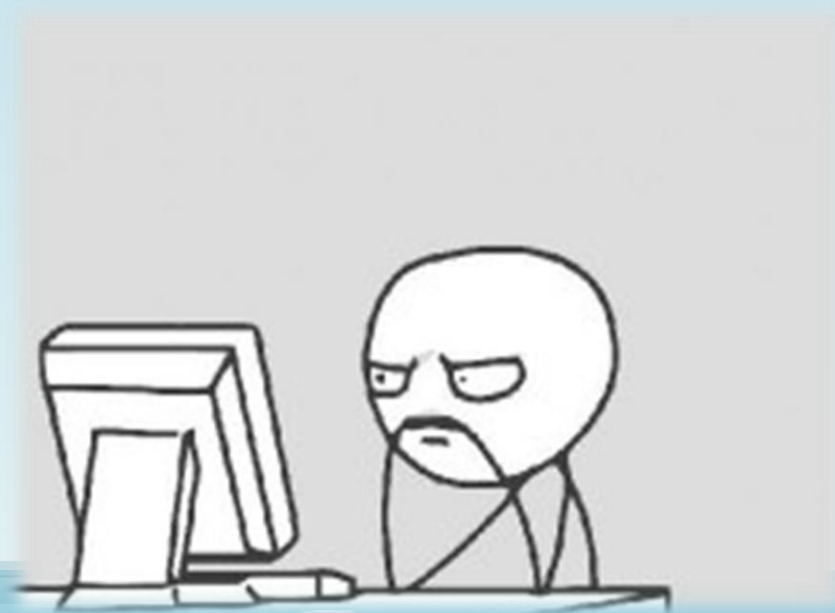


- 恰尼(Charney etc),在1950年以簡化後的動力方程式，使用世界第一台電子計算機，進行短期數值天氣預報，並獲得成功。
- 數值天氣預報的成功也是大氣科學從定性描述到定量，計算的重要指標，也使大氣科學的研究真正進入到可仿效實驗般的重覆進行研究。



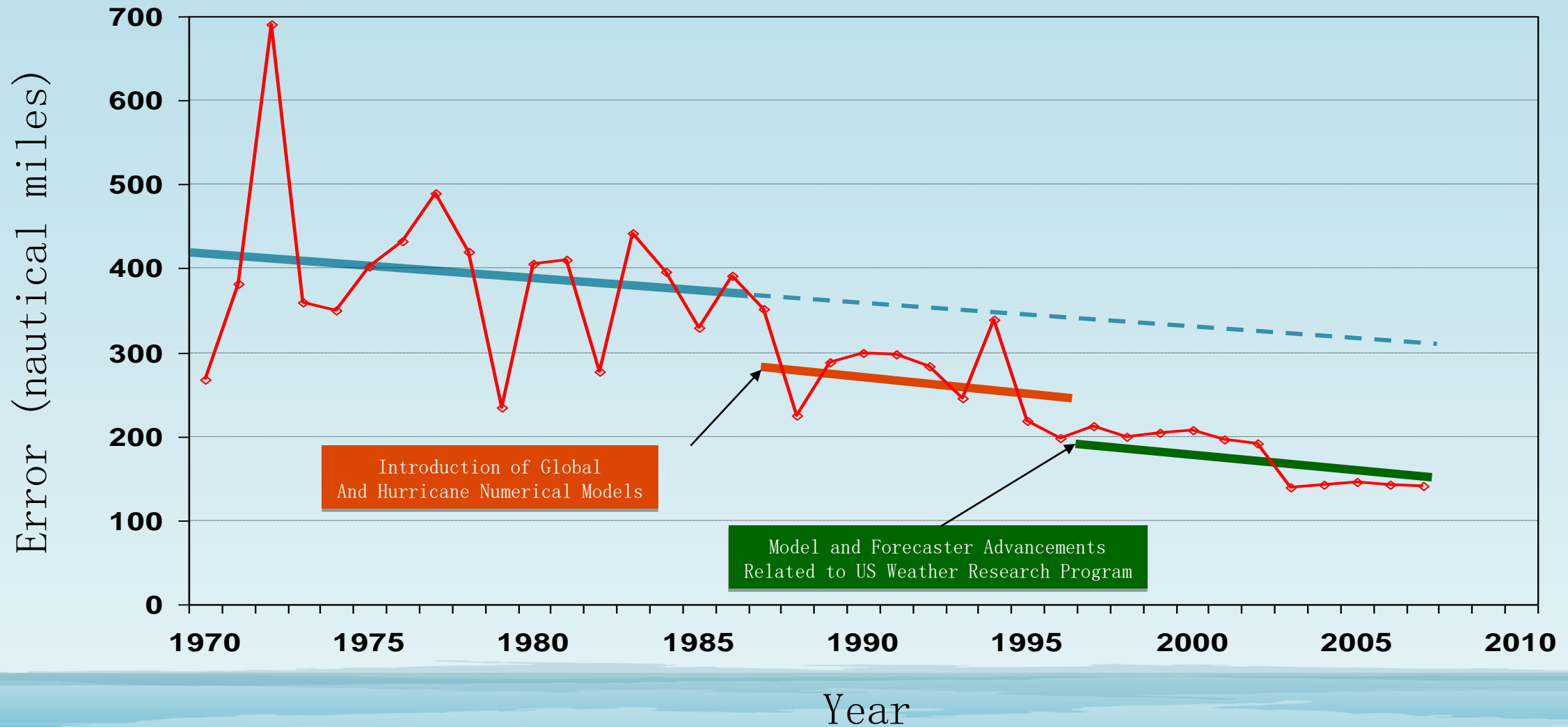
怎麼辦？

繼續加油！！



看看電腦 “揀” 的如何？

# National Hurricane Center 72-Hour Track Forecast Errors (Atlantic)



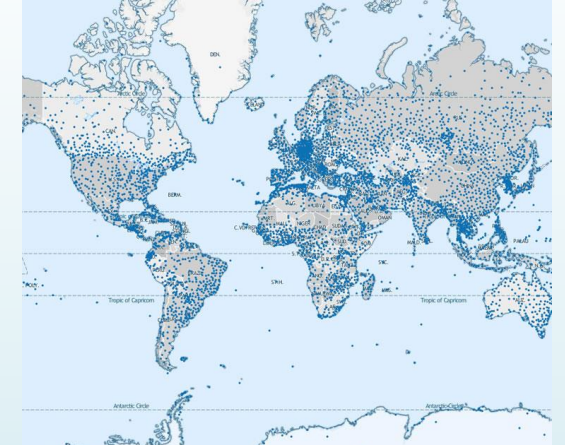


# " Meteorological" Data

- Surface station  
(11,000 stations)
- Upper air observation  
(1,300 stations)
- Satellite  
(Himawari-8 ~83GB/day)
- Radar  
(QPESUM ~2GB/day)
- Numerical model  
( as many as you want...)



**Global Climate Observing  
System  
Upper-Air Network(GUAN)**



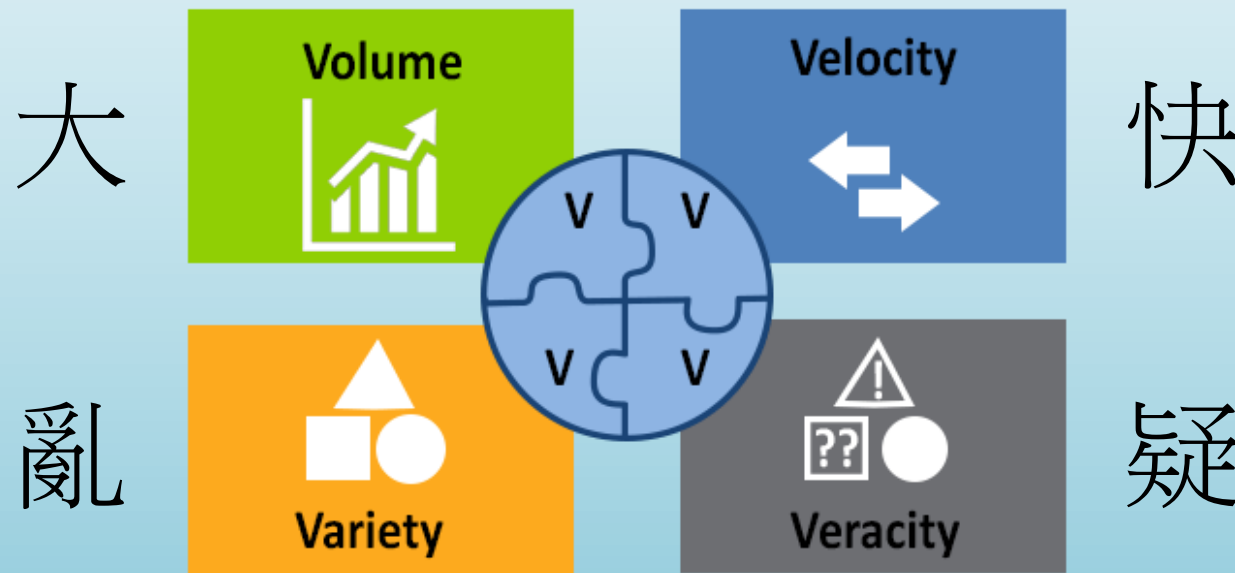
**Global Climate Observing  
System Surface Network (GSN)**



# " Big" Data

- The term has been in use since the 1990s.
- Big data philosophy encompasses unstructured, semi-structured and structured data, however the main focus is on unstructured data.
- Big data "size" is a constantly moving target, as of 2012 ranging from a few dozen TBs to many EBs of data.
- A 2016 definition states that "Big data represents the information assets characterized by 4Vs.

- By wiki



<http://www.zarantech.com/blog/the-4-vs-of-big-data/>

# OK! It is a “Big Data” issue, and...

不看      不說      不碰      不聽



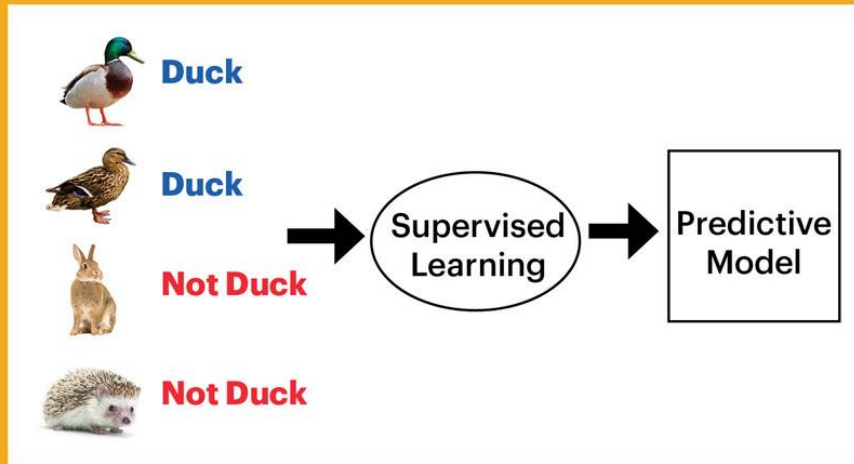


- Automatic data processing
  - Data quality evaluation
  - Objective analysis
  - Data assimilation
  - Ensemble NWP method
- and more...

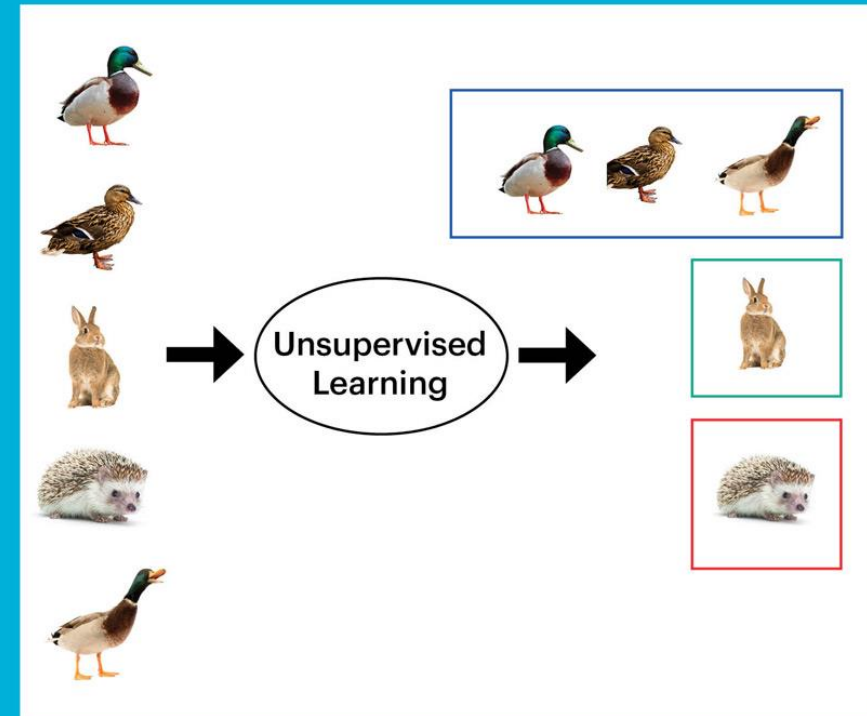


# Do you need a supervisor ?

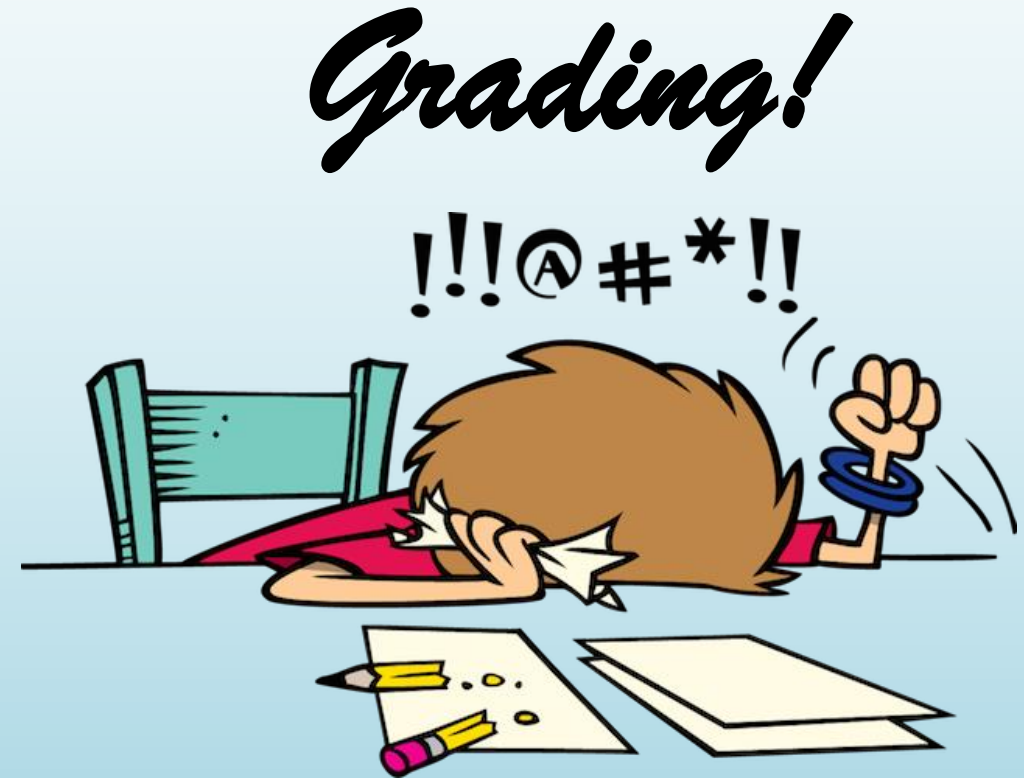
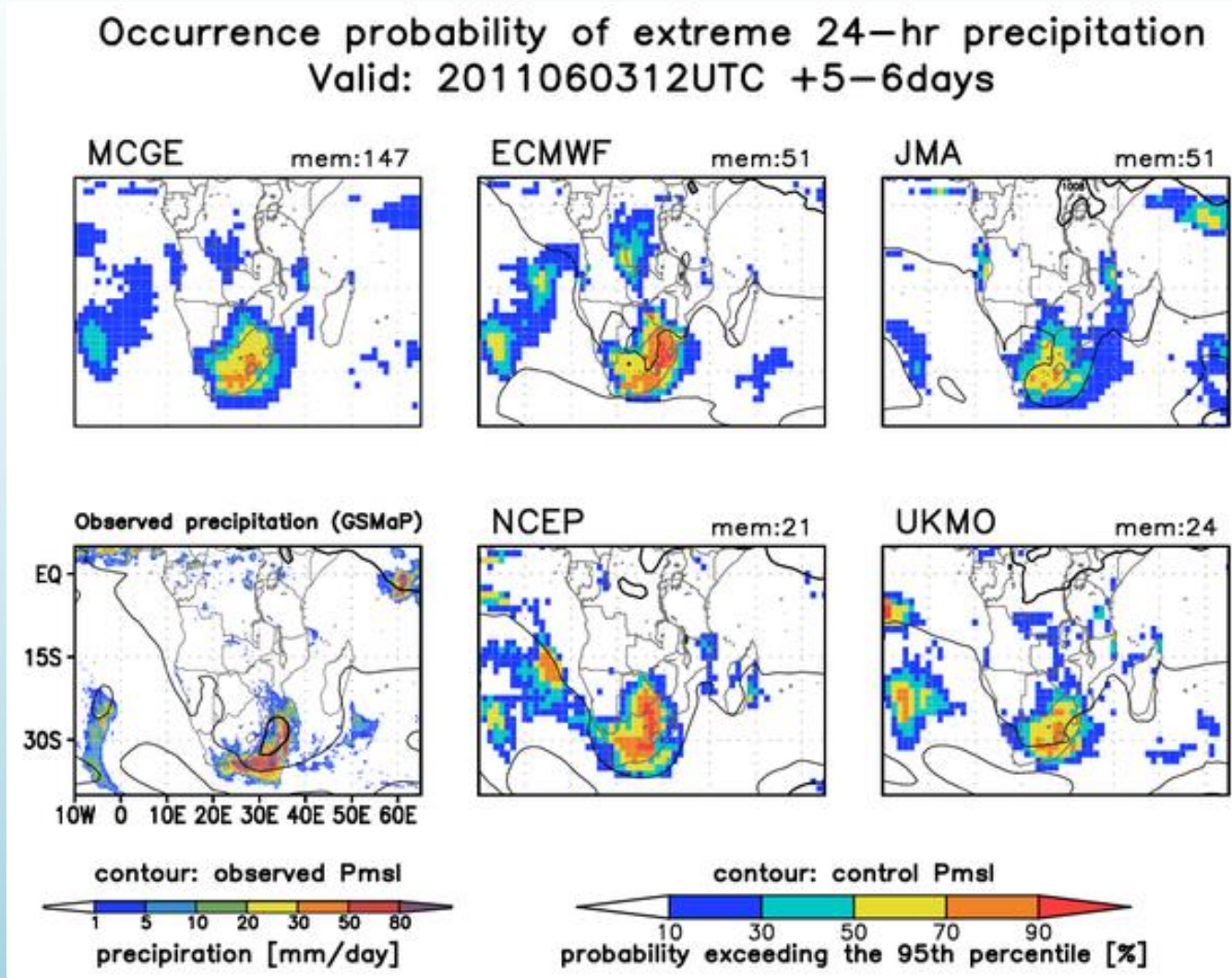
## Supervised Learning (Classification Algorithm)



## Unsupervised Learning (Clustering Algorithm)



# How do you know it is the “one” ?





# You need a fair game...



**Training for level 1-1**



**Testing for level 1-2**

# The Answer Depends on the Asked Questions

• 雨有多大

• 會不會下雨

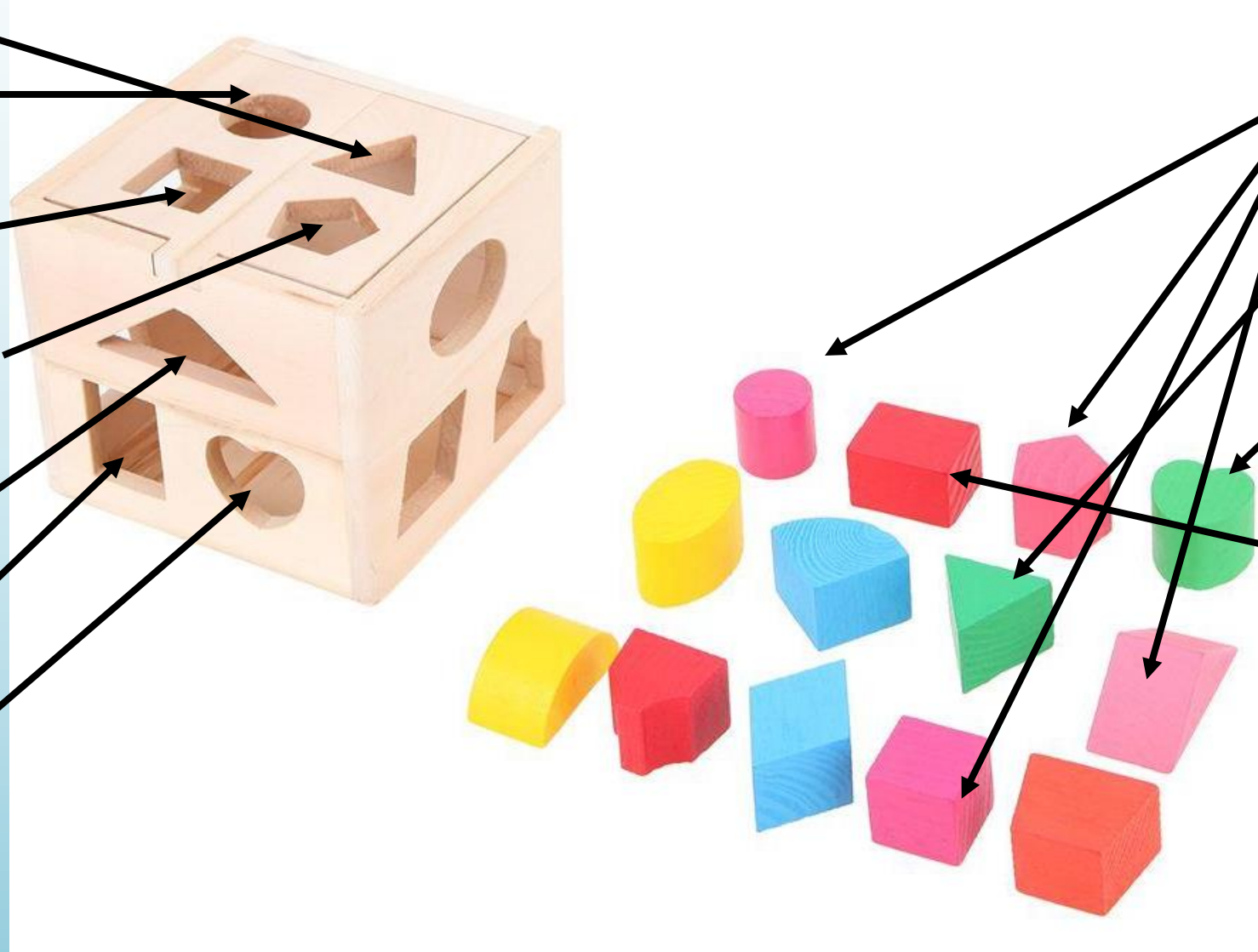
• 會不會下大雨

• 台北會不會淹水

• 我家會不會淹水

• 會下多久雨

• 會下多少雨



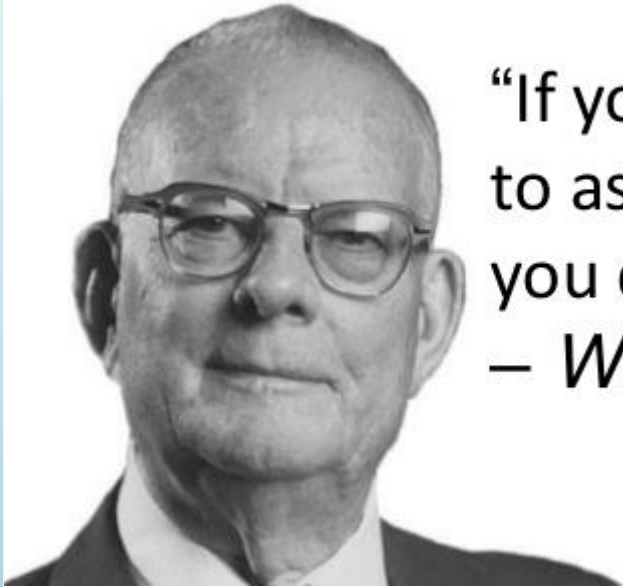
• Yes/No

• ? mm/hr

• ? mm

• ? hrs

- Data can help us to find answers, but we have to ask the “right questions”
- Only companies that ask the right questions can use “AI” effectively



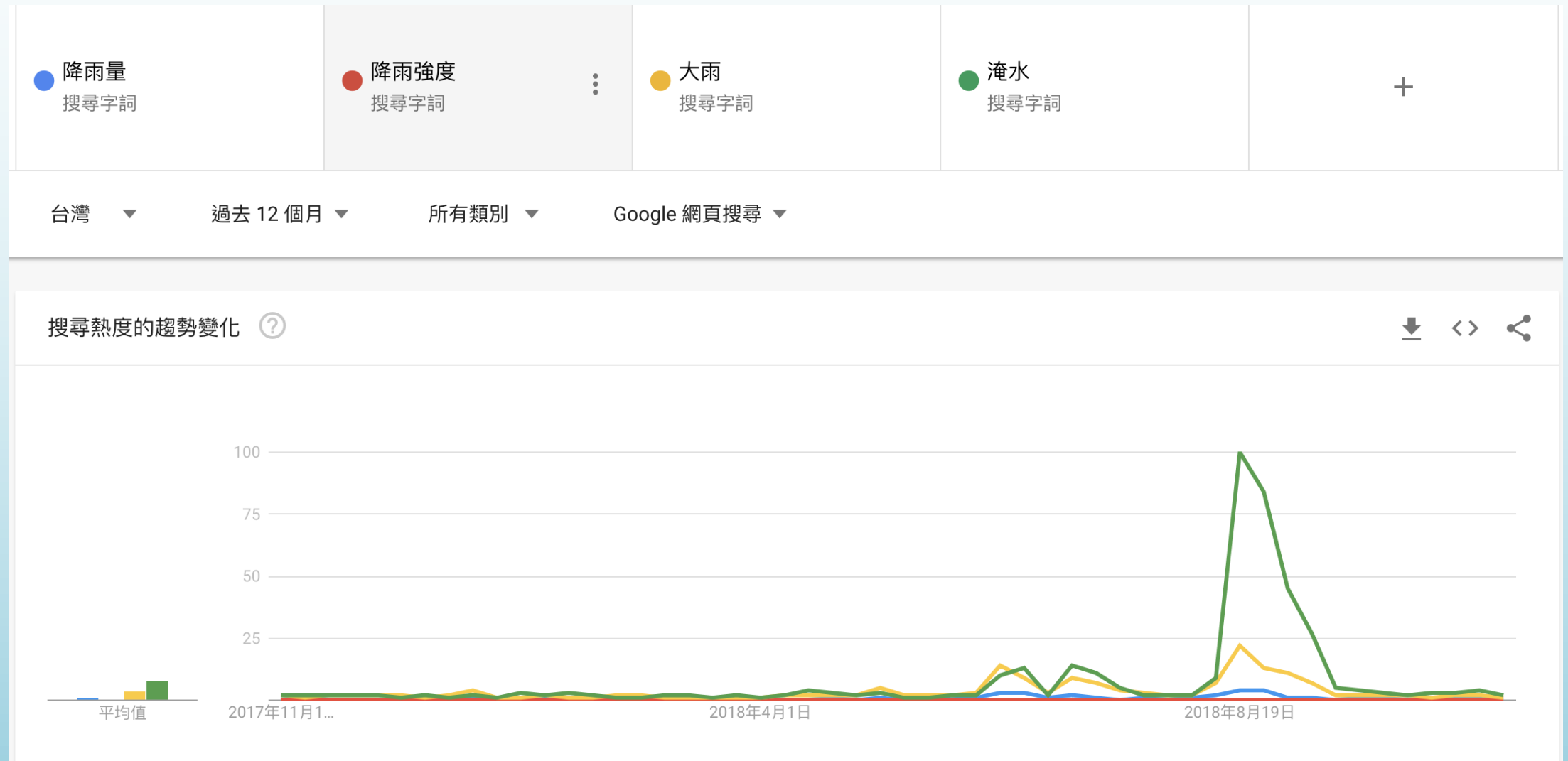
“If you do not know how  
to ask the right question,  
you discover nothing.”  
– *W. Edwards Deming*

威廉·愛德華茲·戴明，耶魯  
大學物理學博士，美國統  
計學家。

The Deming Prize is one of  
the highest awards on  
TQM (Total Quality  
Management) in the world

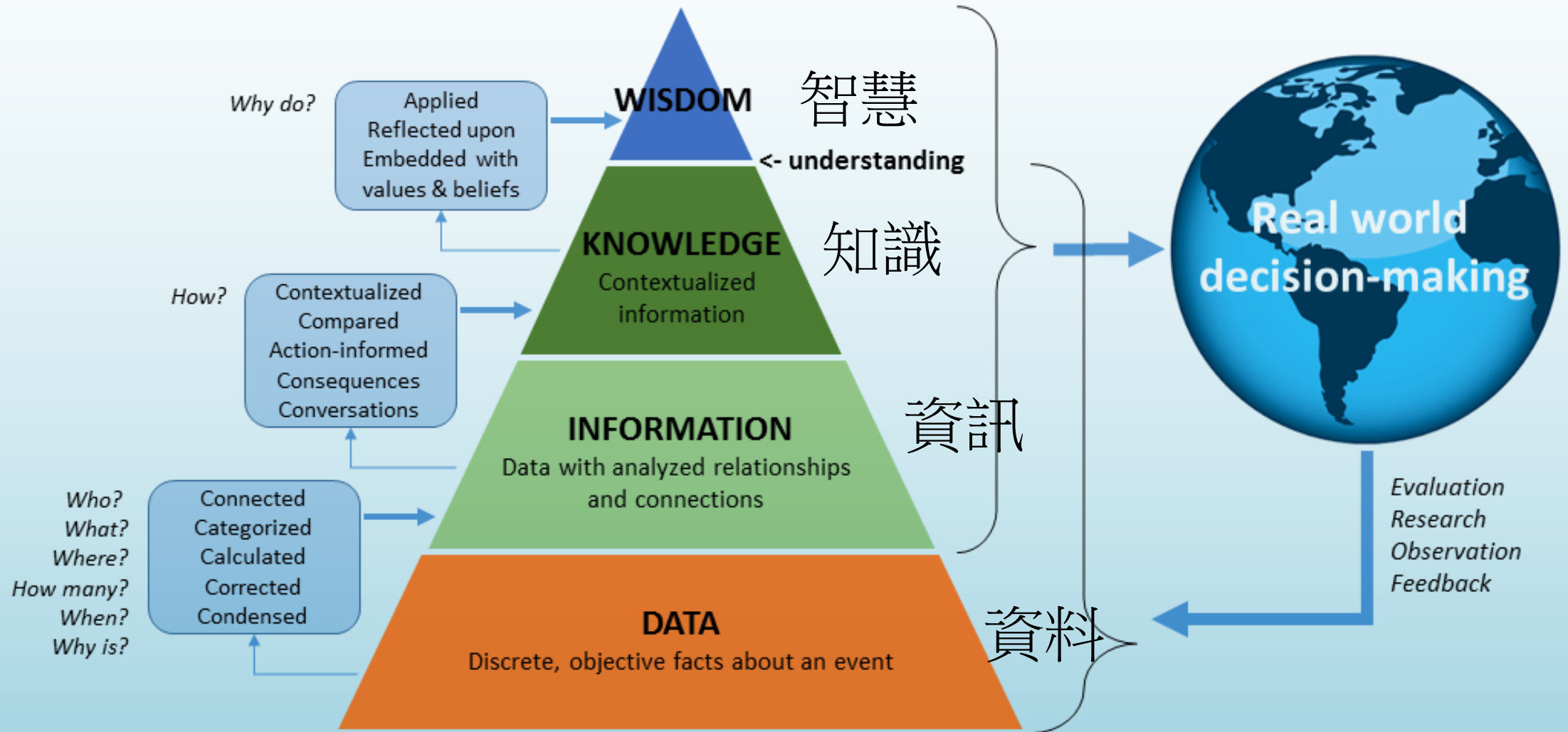
**What is the “good question”?**

# So “good question” is...

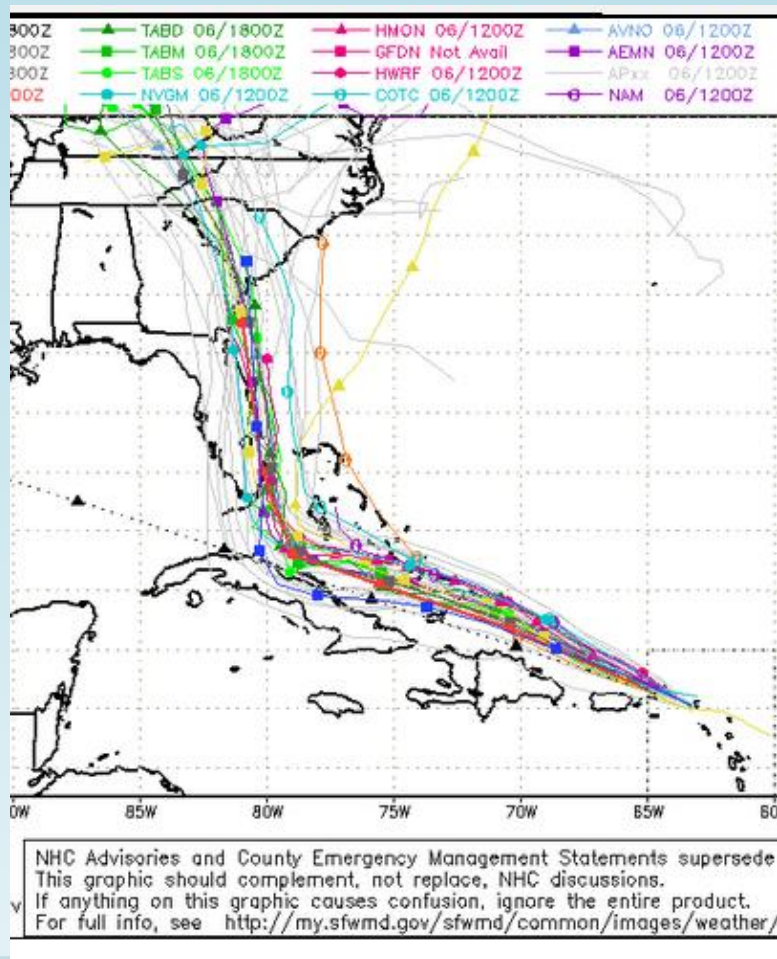




# Data is Worthless if You Don't Communicate It



# 2017艾瑪颶風 預測路徑



- 怪獸颶風艾瑪風速300公里橫掃加勒比海
- 據美國國家颶風中心預測顯示，艾瑪會在佛羅里達半島上形成一條兇猛路徑，一路橫掃 ... 隨著艾瑪步步逼近，佛州 ( Florida ) 已有560萬人撤離當地。
- 颶風艾瑪行踪飄忽，原預計登陸佛羅里達州的邁阿密，但已轉向佛州西岸

電腦 “揀” 的會錯嗎？



# 1986年安德魯颶風



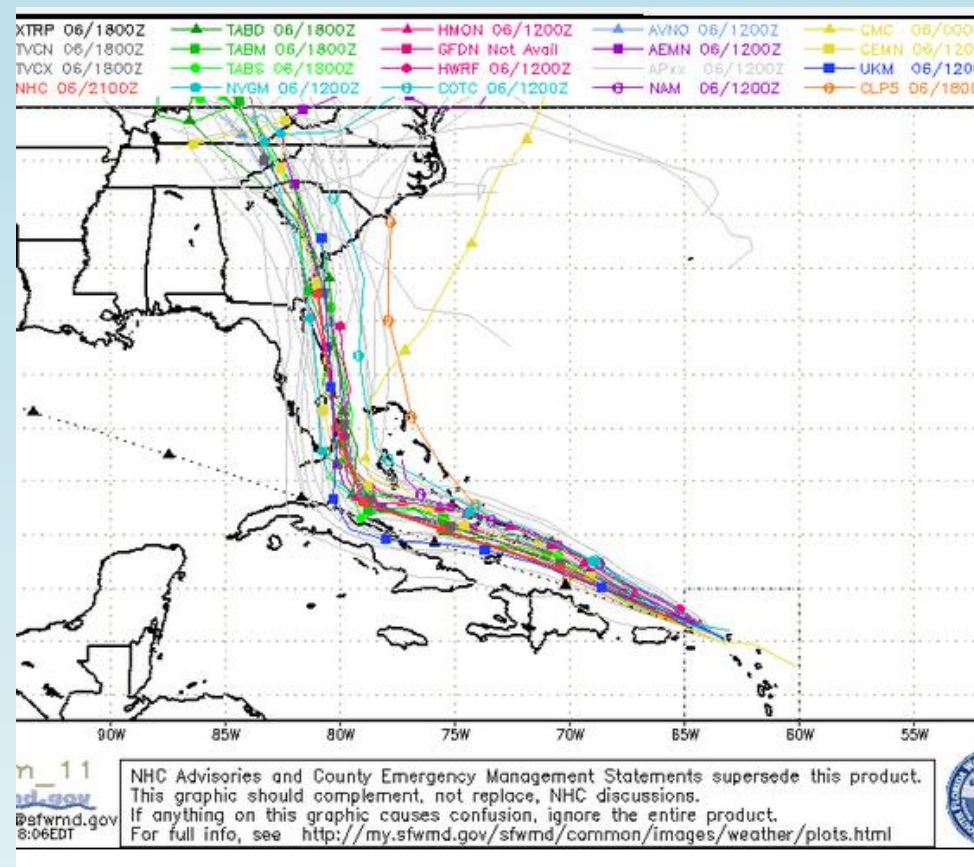


# 佛州大撤離



佛州的徹離行動有必要？

# 艾瑪颶風減弱且偏西的路徑



“揀” 天氣的成效



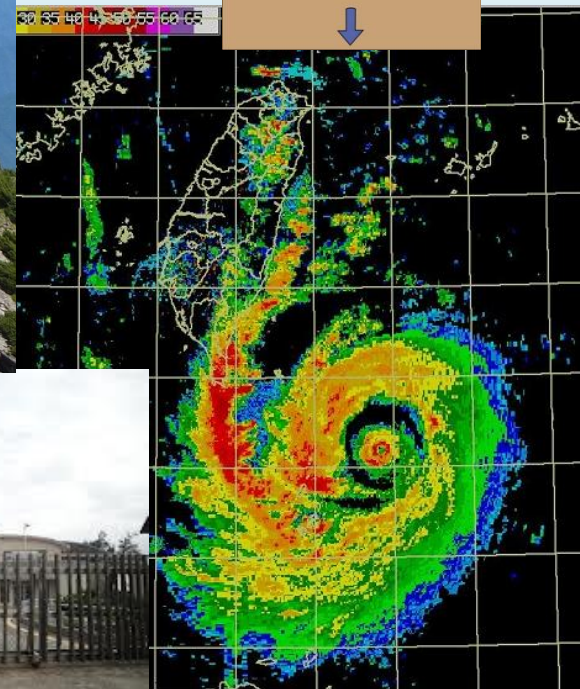
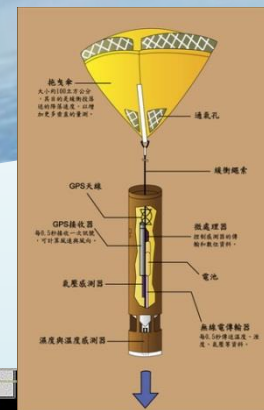
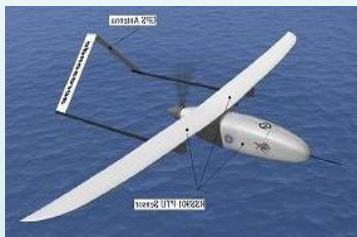
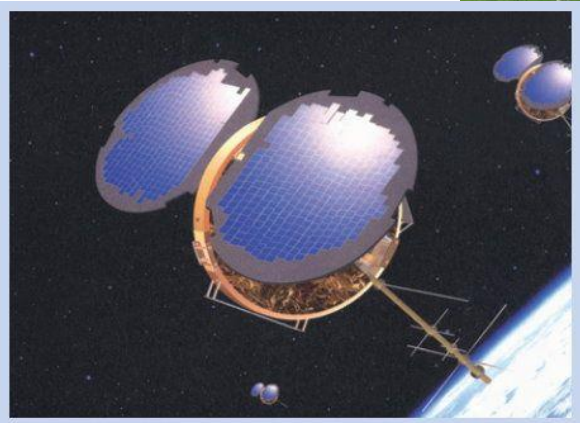
八卦玄學～卜卦測天！！

氣象諺語～觀測＋使用者經驗

科學時期～儀器設備＋知識

近代～儀器設備＋科學研究＋電腦運算能力

現代～儀器設備＋科學研究＋電腦運算能力＋  
通訊能力





# Forecasters on Duty



## Nowcasting desk

- Current weather condition monitoring
- Nowcasting/Hazardous weather warning/Aaert issuance
- Satellite and typhoon analysis

## Lead forecaster

- Decision making, review and check
- Typhoon forecast
- In Charge of Weather briefings

## Land forecast desk

- Grid Land forecast up to a week covering weather, sky (cloudiness), temperature, humidity, POP and QPF



# Forecasters on Duty Cont.

## Weather consultant

- Answering questions from TV, radio, newspaper, general public, etc.



## Marine forecast desk

- Marine forecast covering weather, wind, wave, etc.



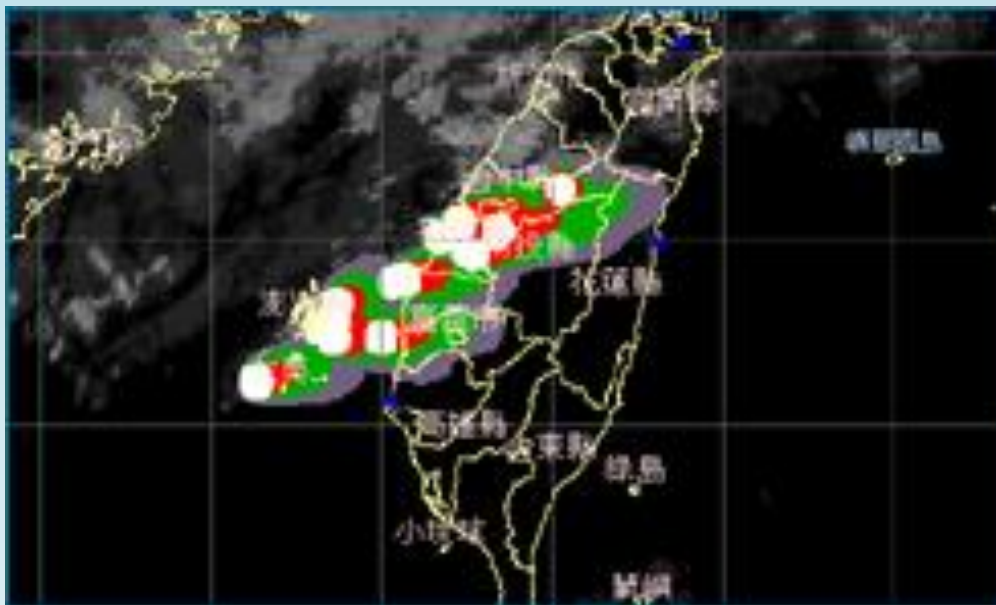
## Weather chart desk

- Surface analysis
- Weekly forecast charts





# 劇烈天氣監測系統 ( Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor, QPESUMS )



- 為加強災害性天氣的監測與極短期預報能力，中央氣象局整合氣象雷達、雨量站，閃電觀測等多重觀測資料及地理信息發展劇烈天氣監測系統 ( Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor ; QPESUMS )，產制災害性天氣即時監測信息予政府防救災單位及人民群眾參考。

氣象預報員

氣象觀測設備

科研能力

?

電腦運算能力

群眾



# 氣象預報的影響程度及準確度

## 氣象預報對於平常生活的影響程度

六都平均影響程度為3.67分，其中

- 台北市最高(3.78分)
- 新北市最低(3.55分)

影響程度—六都  
(n=6,416)



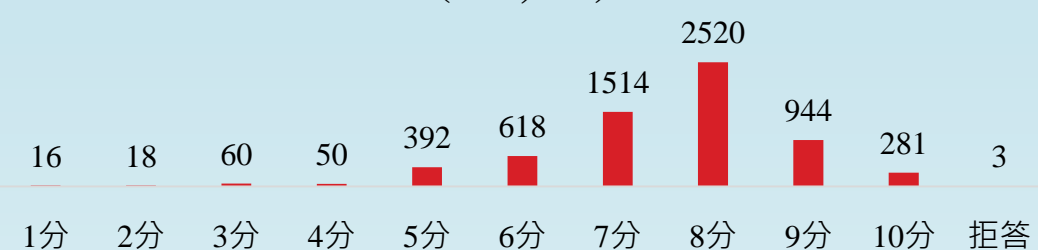
註: 影響程度：非常有影響(5分)、有影響 (4分)、普通(3分)、沒影響(2分)、完全沒影響(1分)

## 民眾對於氣象局氣象預報的準確度評分

六都平均準確度為7.51分，其中

- 桃園市最高(7.60分)
- 台南市最低(7.43分)

準確度—六都  
(n=6,416)



## 氣象預報的滿意度

六都平均滿意度為3.89分，其中

- 台北市最高(3.95分)
- 台南市最低(3.81分)

# 預報的困惑～～

- 預報能力-> 提高！！
- 設備能力-> 提高！！！！
- 社會怨言-> 提高！！！！！！

Why???



# 預報員的困境？（預報變准啊！）

- 預報是由觀測、判斷、經驗所構成，
- 預測結果很快得到使用者驗證！



做那麼多，  
為何大眾仍然不滿意？

氣象預報員

氣象觀測設備

科研能力

?

電腦運算能力

群眾



# 天氣預報是科學不確定性之本質

- 氣象預報是一門具「不確定性」的概率科學
- 1.「不確定性」的來源：氣象變化受時間和空間影響的不確定性（本體上的不確定性）
- 2.「預測」本身的不確定性（認識上的不確定性，epistemic uncertainty）。
- 雙重的不確定性讓氣象預報結果在應用層面時，隱含更大的風險。



既然預報有不准，那怎麼辦？

現階段的預報該追求的”標的物”是什麼？準確率？還是---

## “好”的預報？

- 「好的預報」（good forecast）應該具備的要素如下：
- 一致性～指的是氣象預報員應該要能够充分利用所觀察到的信息
- 品質～氣象預報與預報員所觀察到的現象要相符
- 價值～預報員所提供的信息對使用者（及閱聽眾）有用，可以幫助使用者做決策

## 目前天氣預報的現況

- 天氣預報本身就是一個預測性的工作，不可能做到完全準確

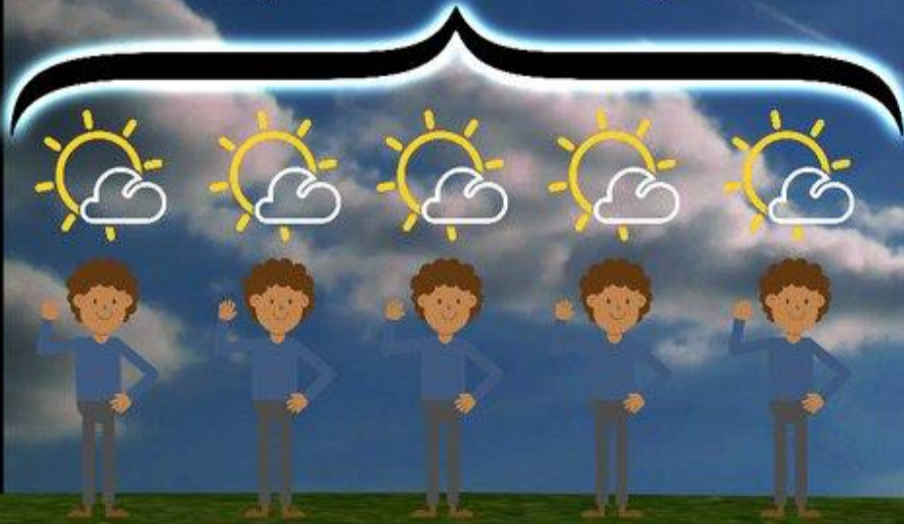


# WHAT DOES A 50% RAIN CHANCE MEAN? **FIRST ALERT 12**

**Why is it raining?  
It's only a 50% chance.  
They are never right!**



**Why isn't it raining?  
They said a chance of rain.  
They are never right!**





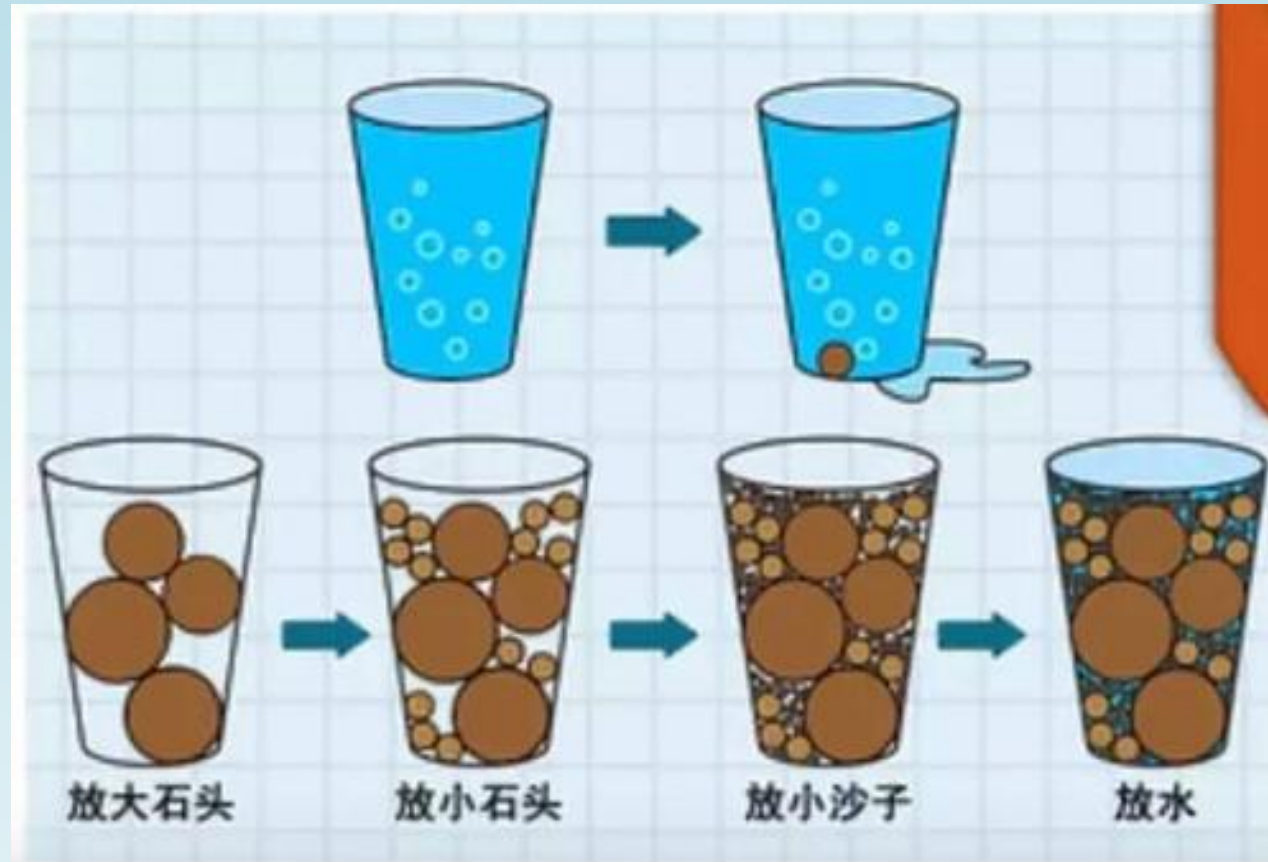
電腦篩選 無農藥殘餘

無黃麴毒素者



# 電腦 “揀” 天氣的挑戰

如果順序對了。 。 。 。 。 。



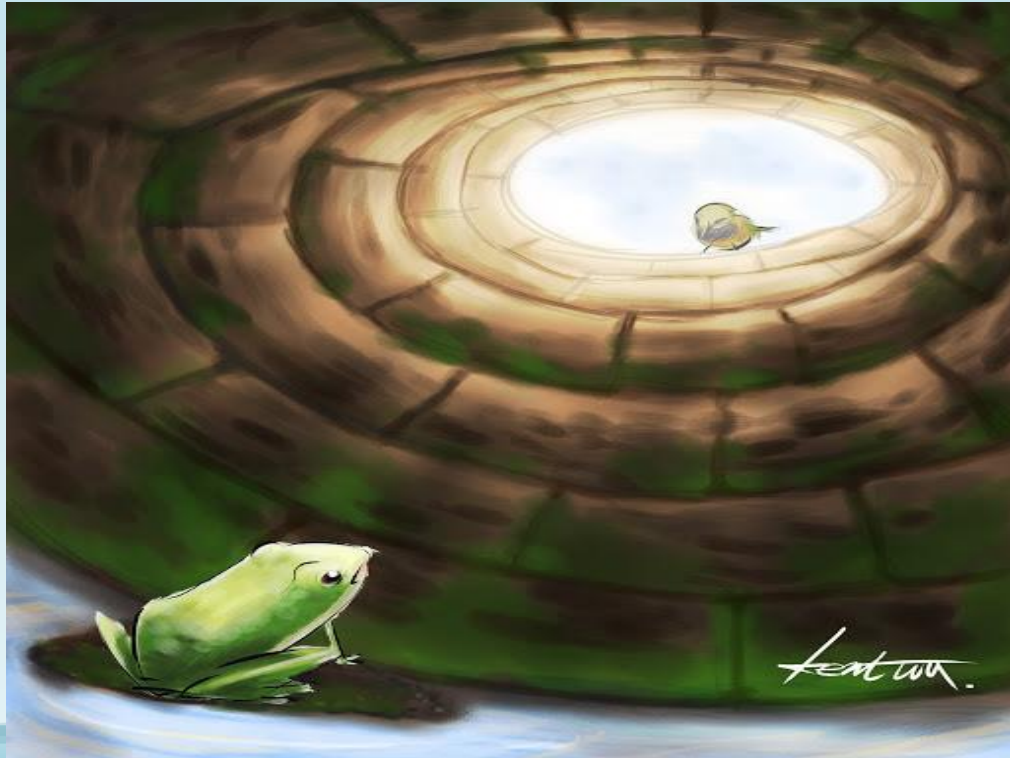
如果順序錯了。 。 。 。 。 。





# 莊子 “秋水”

井蛙不可以語於海者，拘於虛也；  
夏蟲不可以語於冰者，篤於時也；  
曲士不可以語於道者，束於教也。



謝謝聆聽