




# 數、計算與文明

單維彰 · 2023 年 4 月 25 日

 國立中央大學 National Central University 通識核心課程－文化脈絡中的數學



KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING

改編自


《計算機概論16講》

第 0 講

計算機概論  
16 講

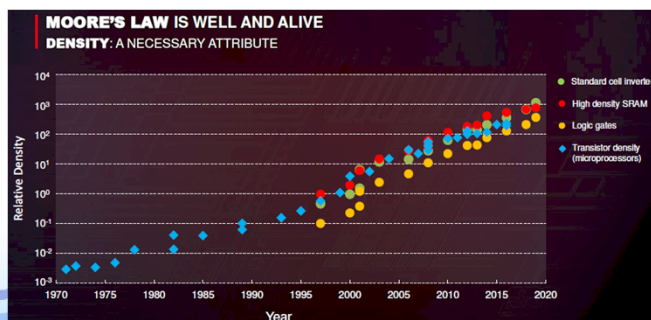
BCC16 單維彰 著

<http://libai.math.ncu.edu.tw/bcc16>

 國立中央大學 National Central University 通識核心課程－文化脈絡中的數學

## Moore's Law

加速的進步模式，並非憑空鶻起，而是有跡可循。  
了解創造的歷程，有助於體認創造的本質，提升  
個人的創造力，完備人文素養。



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 語言內建基本計算

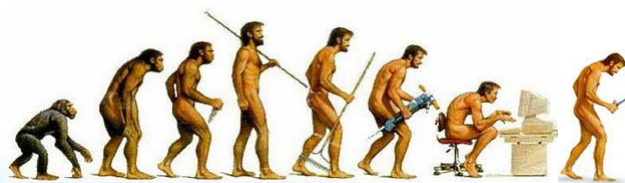


國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## Electronic Computer

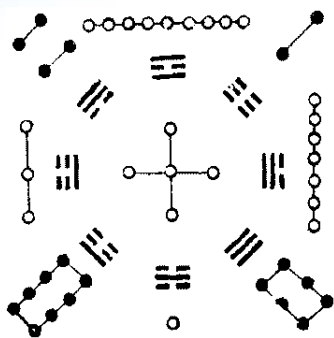
電子計算機的發明，並非1940年代靈光一閃的成果，而是人們五千年來挑戰計算問題一脈相承的創造性成就。今天我們所知的進步加速狀況，其實從很久以前就起步了。



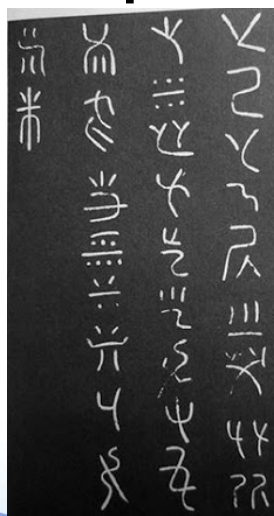
國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 智人 Homo Sapiens



伏羲：八卦與數



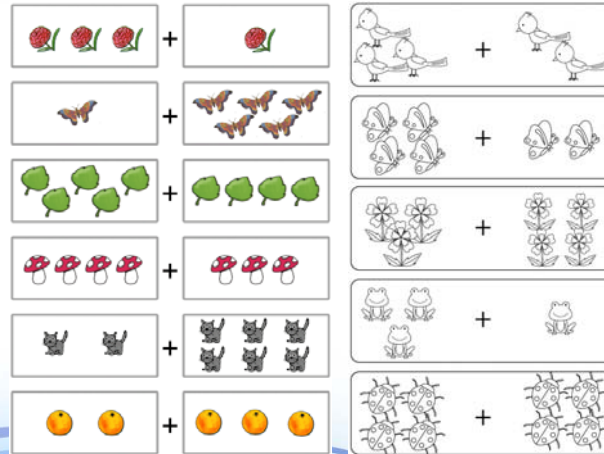
黃帝：  
倉頡在  
洛南造  
28字



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 抽象化：將數字抽離所指



## 第一代計算工具：文字

數的觀念存在於所有語言裡，只有少數部落發明了文字。文字包括數字。

創造文字的動機之一是為了記數  
古代文件幾乎全是占卜、祭文和帳本。





# 數詞與數字系統



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 第一代計算方法：對位記數

自然數在觀念上是無上界的，落實到語言裡需要無窮多組語音符號。漢語從 11 開始使用重複的語音，英語從 13 開始，但是 13~19 之間的規則異於 21 以上的規則。



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 十進制：滿十進位的記數法

須要十個獨立符號，分別代表零和小於十的正整數。每一位只放一個符號，每一位滿十就歸零而在其上位進一。

— = ≡ ≡ Δ ∩ + ) ( ㄨ  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9

— = ≡ ㄗ ㄣ ㄒ ㄨ ㄨ ㄨ ㄨ ㄨ  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9

每一位有其位名：個、十、百、千、萬...



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 記數卻未必對位

羅馬數字僅為記數，不對應語言，也不用來計算。

例如羅馬數字 1 ~ 20 如下

I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII XIII XIV XV

XVI XVII XVIII XIX XX

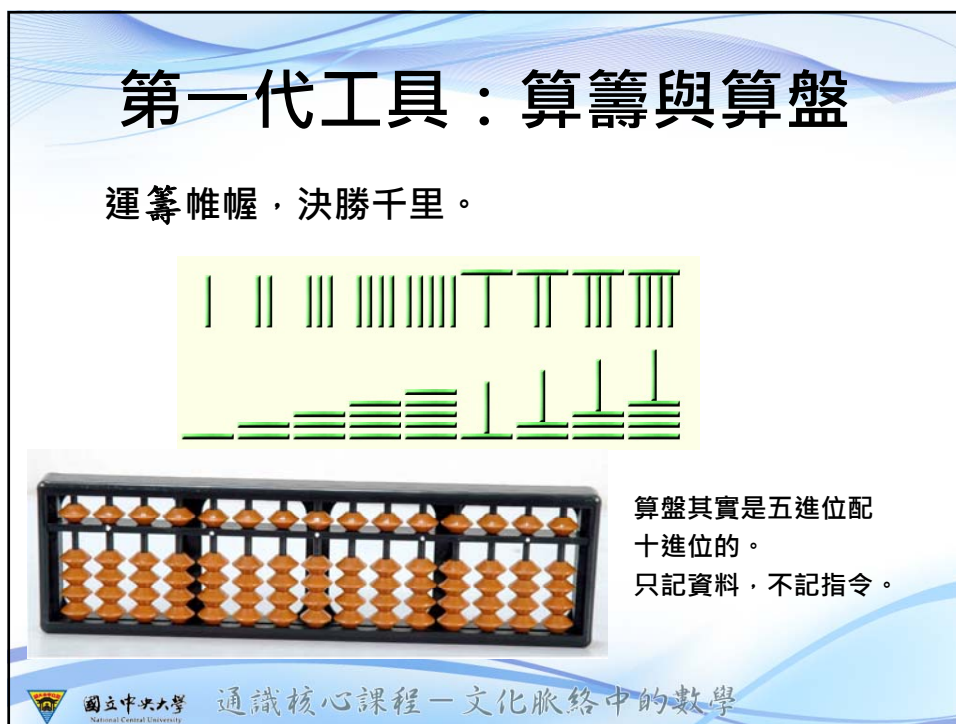
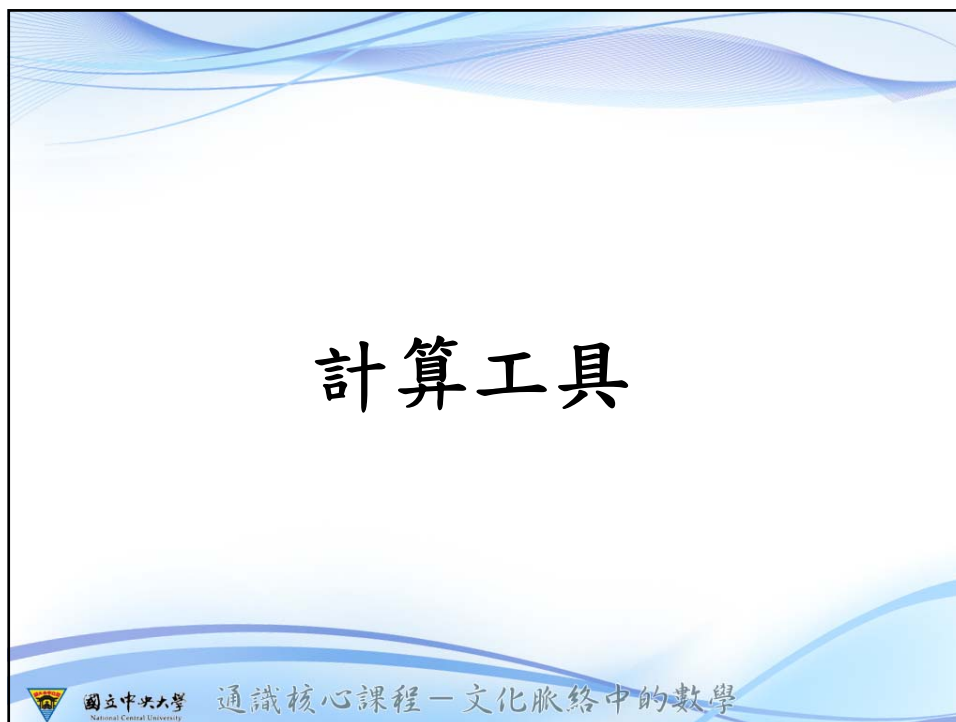
羅馬數字隱含五進制，例如 V 表示 5，L 表示 50；

可見 LV = 55。



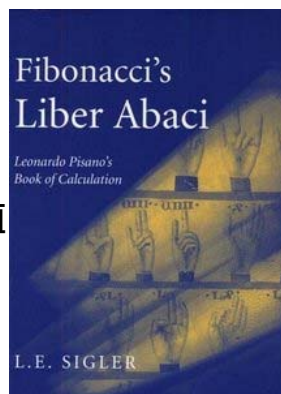
國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學



## 唇齒相依·一體兩面

- ◆ 筆算的先決條件  
方便書寫的紙筆  
(紙、鉛筆、橡皮擦)
- ◆ 印度-阿拉伯數字的真正價值  
筆算的算法  
(直式)



費波那契《算術書》1202

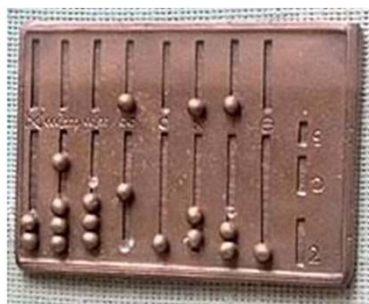


國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 羅馬算盤

也是五進位搭配十進位。只記資料，不記指令。



小石子：

Calculi



Calculate (v)

Calculus (n)

人們根據協定 (protocol) 解讀算盤上的物質擺設。



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學



## 算盤非比計算機

- ◆ 動力並非本質。
- ◆ 「計算機」的核心概念在「自動」。
- ◆ 內含資料與演算法。

一 = 三 十 4 十 十 十 十 十 十 十  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 圓周率



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 第一代的成就

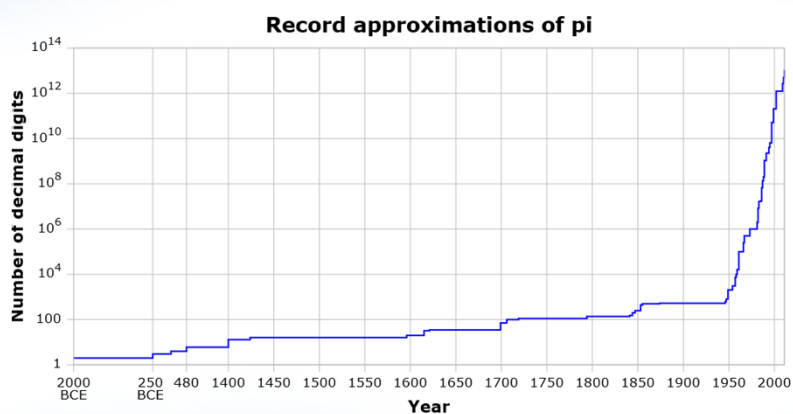
- ◆ 以計算圓周率為例：圓皆相似，  
周長對直徑之比值為定數，記作  $\pi$ 。
- ◆ 是故  $P=2\pi r$  為定義而非公式；  
猶如  $F=ma$  為定義而非公式。
- ◆ 估計其數值——割圓術一途。



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程—文化脈絡中的數學

## $\pi$ 的數值精確度



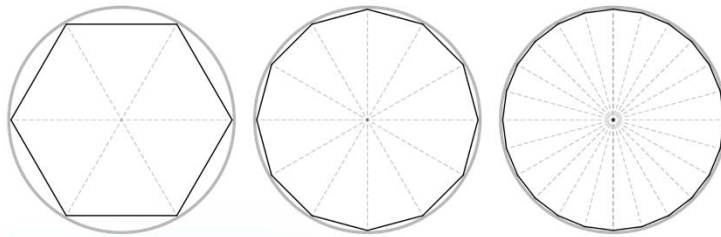
國立中央大學  
National Central University

通識核心課程—文化脈絡中的數學

## 割圓術原理

迭代關係：

$$\text{內接正十二邊形的周長} = 12 \times \sqrt{2 \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{\text{內接正六邊形的周長}}{12} \right)^2} \right)}$$



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 巴比倫、中國 $\sqrt{2}$



$$1 \text{ } 24' \text{ } 51'' = 1 + \frac{24}{60} + \frac{51}{3600}$$

$$\sqrt{2,0000,0000} = 1,4142$$



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 割之彌細，所失彌少

- ◆ 阿基米得 (西元前 250 年，秦始皇)

100 多邊，但有內接與外切  $\frac{22}{7} < \pi < \frac{223}{71}$

- ◆ 劉徽 (西元 250 年，三國魏司馬懿)

200 多邊，設徑長一百萬  $\pi \approx 314,1866$

- ◆ 祖沖之 (西元 470 年，南朝宋齊兩代)

10000 多邊，設徑長一千萬 密率  $\frac{355}{113}$

周長在 3141,5926 和 3141,5927 之間  
(世界記錄一千年)



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 第一代工具與方法的冠軍



魯道夫 (1540-1610)

36 位數  
刻在墓碑上



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

# 自動機械計算機



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 以牟利為初衷的航海



- ◆ 帶動機械發明  
(滑輪、連桿、齒輪)
- ◆ 帶動金融需求
- ◆ 帶動精密天文測量需求



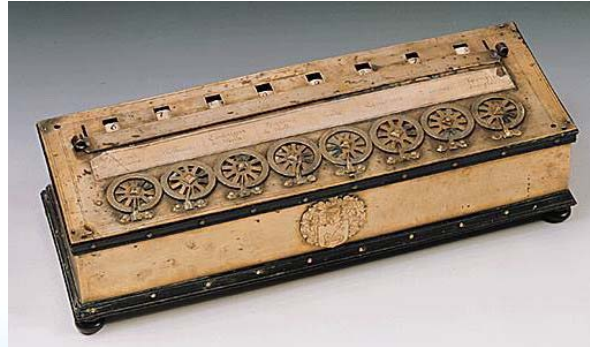
國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學



## 第二代工具之始

Pascal Adder ( 1642 )



## 內含加、減算法

- ◆ 機械構造
- ◆ 固定程式 ( non-programmable )
- ◆ 內建加減算法，使用者只要學會輸入
- ◆ 人的功能：提供動力

# 用加減作乘除

- ◆ 搭配查表 (log 對數表)
- ◆ 使用者熟悉對數律  
(畢竟不是全自動)

$$s = \sqrt{1 + \sqrt[4]{1 + 4.56^2}}$$

令  $r = 2 \log 4.56$  (查表)

計算  $u = \frac{1}{4} \log(1 + 10^r)$

再算  $v = \frac{1}{2} (\log 1.23 - \log(1 + 10^u))$

則  $s = 10^v$  (查表)

(兩倍可用加法算·折半可再用對數算)



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

# 對數表、三角表

- ◆ 專業數學家來做
- ◆ 努力算一次，  
印成書冊
- ◆ 明末傳入中國

線割正	線切正	弦正	一	割割餘	線割餘	線切餘	弦餘
0.0000	0.0000	1.0000	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0001	0.0001	0.9999	1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
0.0002	0.0002	0.9998	2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
0.0003	0.0003	0.9997	3	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
0.0004	0.0004	0.9996	4	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
0.0005	0.0005	0.9995	5	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
0.0006	0.0006	0.9994	6	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
0.0007	0.0007	0.9993	7	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
0.0008	0.0008	0.9992	8	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
0.0009	0.0009	0.9991	9	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
0.0010	0.0010	0.9990	10	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
0.0011	0.0011	0.9989	11	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011
0.0012	0.0012	0.9988	12	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
0.0013	0.0013	0.9987	13	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
0.0014	0.0014	0.9986	14	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
0.0015	0.0015	0.9985	15	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
0.0016	0.0016	0.9984	16	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016
0.0017	0.0017	0.9983	17	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
0.0018	0.0018	0.9982	18	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
0.0019	0.0019	0.9981	19	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
0.0020	0.0020	0.9980	20	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
0.0021	0.0021	0.9979	21	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021
0.0022	0.0022	0.9978	22	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022
0.0023	0.0023	0.9977	23	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023
0.0024	0.0024	0.9976	24	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
0.0025	0.0025	0.9975	25	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
0.0026	0.0026	0.9974	26	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026
0.0027	0.0027	0.9973	27	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027
0.0028	0.0028	0.9972	28	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
0.0029	0.0029	0.9971	29	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029
0.0030	0.0030	0.9970	30	0.0030	0.0030	0.0030	0.0030
0.0031	0.0031	0.9969	31	0.0031	0.0031	0.0031	0.0031
0.0032	0.0032	0.9968	32	0.0032	0.0032	0.0032	0.0032
0.0033	0.0033	0.9967	33	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033
0.0034	0.0034	0.9966	34	0.0034	0.0034	0.0034	0.0034
0.0035	0.0035	0.9965	35	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
0.0036	0.0036	0.9964	36	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
0.0037	0.0037	0.9963	37	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037
0.0038	0.0038	0.9962	38	0.0038	0.0038	0.0038	0.0038
0.0039	0.0039	0.9961	39	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039
0.0040	0.0040	0.9960	40	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
0.0041	0.0041	0.9959	41	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041
0.0042	0.0042	0.9958	42	0.0042	0.0042	0.0042	0.0042
0.0043	0.0043	0.9957	43	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043
0.0044	0.0044	0.9956	44	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044
0.0045	0.0045	0.9955	45	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045
0.0046	0.0046	0.9954	46	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046
0.0047	0.0047	0.9953	47	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047
0.0048	0.0048	0.9952	48	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
0.0049	0.0049	0.9951	49	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049
0.0050	0.0050	0.9950	50	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 計算方法需要跟進一步

- ◆ 數學家不易養成
- ◆ 加法器不能用來做對數表與三角表
- ◆ 可操作計算機的技術人員  
    難以習得複雜問題所需的數學
- ◆ 單獨的工具進步，對文明貢獻有限
- ◆ 亟需進步的計算方法 ...

## 微積分

## 計算方法的躍進：Calculus

- ◆ 讓機器自動執行的算法，成為可能：  
簡單而需大量重複執行的計算步驟
- ◆ 發掘了無窮的秘密，發現了  
依循簡單規則而無窮重複  
即可無限精準的計算公式

國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 可能交給機器的計算方法

例如估計圓周率的簡單規則：

$$\pi = 4 \times \left( 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \dots \right)$$

( 需要計算機進步到可以作乘除 )

國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 簡單而大量重複的計算方法

例如估計正弦的簡單規則：

若  $\theta$  是一個銳角，令  $x = \theta\pi/180$ ，則

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \frac{x^9}{9!} - \dots$$

(其他廣義角三角比都可以從銳角正弦算得)



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 觀察簡單的規律性

例如常用對數  $\log$  可以藉由以下  $\ln x$  得到：

$$\ln x = s - \frac{s^2}{2} + \frac{s^3}{3} - \frac{s^4}{4} + \frac{s^5}{5} - \dots \quad \text{其中 } s = x - 1$$

(細節略)



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學



## 算之彌多，所失彌少

- ◆ 社會分工更有效率  
(以前幫不上忙，現在可有貢獻)
- ◆ 如果想作牛，不怕沒犁拖

例如用前面方法計算  $\sin 90^\circ$   
 已知應為 1.00000000...  
 計算 3 項得 1.00452485  
 計算 5 項得 1.00000354



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 第二代方法初試身手

- ◆ 梅欽公式一舉突破百位 (1706)

$$\pi = 4 \left( 4 \tan^{-1} \frac{1}{5} - \tan^{-1} \frac{1}{239} \right)$$

其中  $\tan^{-1} x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + \dots$

雇人 (computer) 用筆算



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 能讓騾馬、風、水推動計算嗎？

◆ 萊布尼茲步算器 ( 1672 )

( Step Reckoner )

◆ 因此獲選入  
英國皇家學會



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

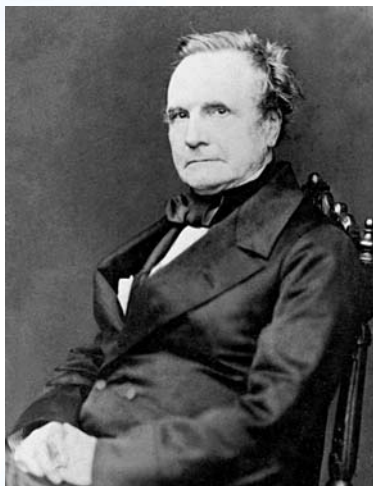
## 可變程式的機械計算機



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## Babbage, 1791—1871



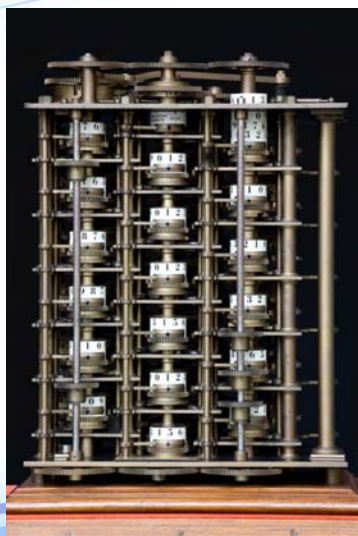
二十二歲從劍橋獲得數學博士學位，當時被認為是很具潛力的年輕數學家。1822 年獲得英國皇家學院的資助，應用當時新的數學知識，著手設計並製造功能更廣但仍固定程式 (non-programmable) 的機械型計算機：差分機 (Difference Engine)。十年後，從一部來自巴黎的織布機獲得領悟，放棄了即將完成的作品，改弦易轍另起爐灶。



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 改弦易轍，可變程式



十年努力，可付實用的差分機尚未誕生，從一部來自巴黎的織布機獲得領悟，忍心放棄即將完成的作品，改弦易轍，另起爐灶。開始設計可變程式 (programmable) 的分析機 (Analytical Engine)。

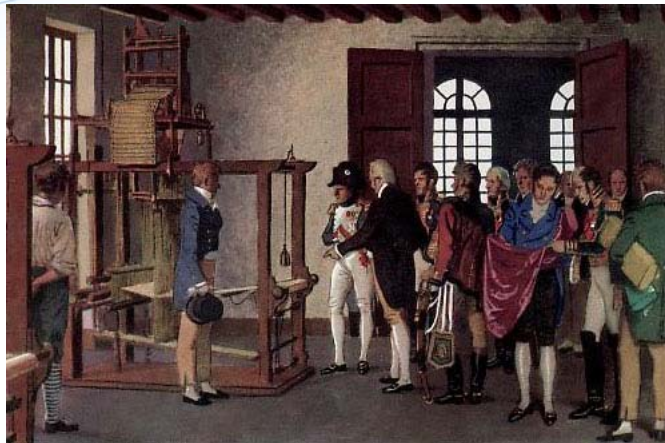
(第二代差分機的現代複製品)



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 甲卡織機，1805



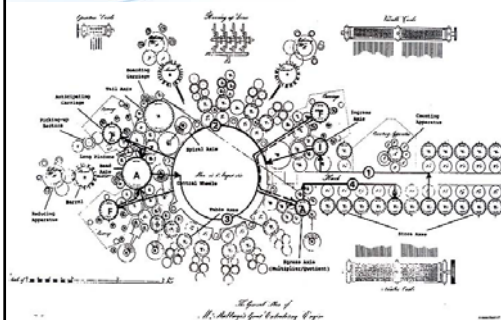
Jacquard 展示他的織布機給拿破崙。截至 1812 年賣出 11,000 台。



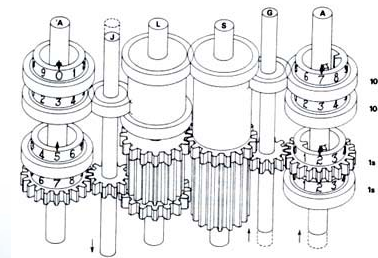
國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 分析機 (1838)



用打孔的卡片決定執行的動作，故一疊卡片就是一支程式。用齒輪的齒位儲存十進制數字資料，發明了傳遞資料的機械方法。



- ◆ 倉儲 (store)
- ◆ 工廠 (mill)
- ◆ 傳輸 (drive)



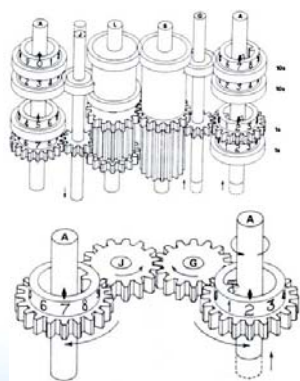
國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學



## 當年的材料和製造技術不及

留下設計圖 300 多張，筆記 6000 多頁，許多半成品



- ◆ 倉儲 ( store )
  - 記憶體 ( memory )
- ◆ 工廠 ( mill )
  - 算術邏輯單元 ( ALU )
- ◆ 傳輸 ( drive )
  - 匯流排 ( bus )



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## Ada Byron · 1815—52



艾達是英國詩人拜倫之女，能詩善畫，從笛摩根 ( de Morgan ) 習數學，是著名才女，後為伯爵夫人。

認識 Babbage 之後，看見分析機的半成品說它是『偉大而美麗的發明』投入程式設計的想像。

父女終生未見一面，死後與父親同葬；兩人皆得年卅六歲。

程－文化脈絡中的數學



## 編織代數的花紋



“We may say most aptly that the Analytical Engine weaves algebraic patterns just as the Jacquard-loom weaves flowers and leaves.”

—Ada Byron

甲卡織機創造花紋的打孔卡片



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 程式設計的核心技術在『重複』 Babbage and Ada, 1840

自動計算機的真正重要之處，在於它可以重複執行一套給定的程序。其重複次數可以在計算前確定，也可以依計算結果而臨時決定。

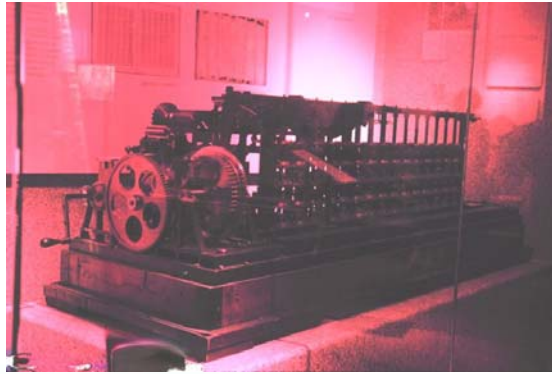
**“(The real importance of an automatic computer) lies in the possibility of using a given sequence of instructions repeatedly, the number of times being either pre-assigned or dependent upon the results of the computation.”**



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 從紐約壽險公司退休的分析機



在 Babbage 身後製造，服役約 50 年。單維彰 1994 年攝於美國華府。



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 科學計算

scientific computing

為探究科學問題而對其數學模型所做的計算



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 海王星 Neptune 的發現

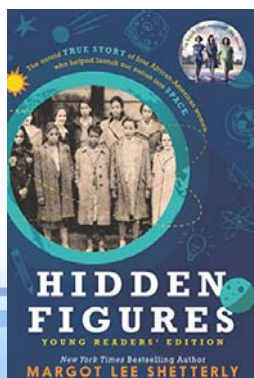
- ◆ 西元 1846 年 9 月 23 日柏林天文台
- ◆ 按照計算結果在夜空中找到它
- ◆ 法國人 le Verrier  
計算誤差 1 度
- ◆ 英國人 Adams  
計算誤差 12 度

國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## Human Computers

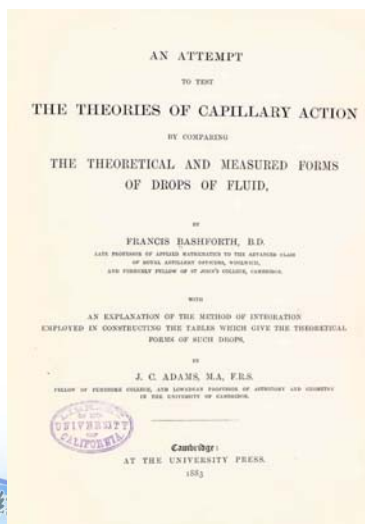
- ◆ 也會配備算盤或桌上型計算機械
- ◆ 有女性，但未出現 *Computress* 這個字  
而是稱為「穿裙子的」計算員

國立中央大學  
National Central UniversityHIDDEN FIGURES  
YOUNG READERS' EDITION  
New York Times Bestselling Author  
MARGOT LEE SHETTERLY

## 數值方法支持可變程式的工具

- ◆  $\pi$  的數值估計僅為興趣
- ◆ 支援科學與工程需求的是數值方法
- ◆ 支持第三代計算工具的數學

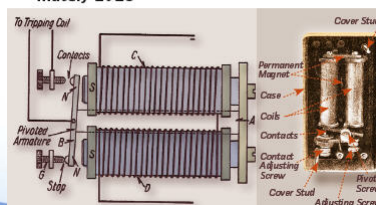
Adams-Bashforth  
研究水滴與毛細作用  
發展了數值方法



## 人心尚古技翻新 (1920s)

- ◆ 繼電器 ( relay ) 取代齒輪
- ◆ 以電力驅動
- ◆ 還是十進制
- ◆ 繼續 Store-Mill-Drive 架構

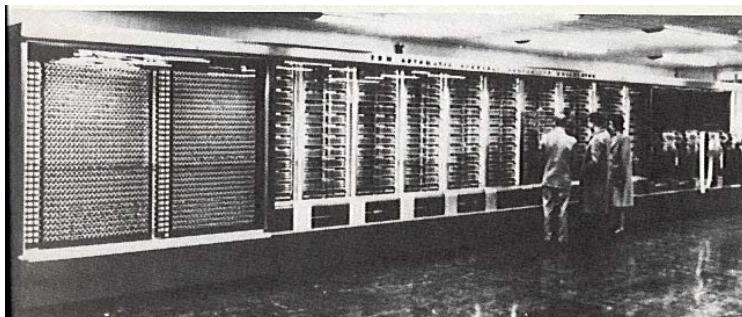
8 Polarized relay, Westinghouse, approximately 1920





## 哈佛 Mark I (1943)

可變程式電機型計算機



IBM ASCC: Automatic Sequence Controlled Calculator  
為美國海軍製造，後來捐給哈佛大學，又稱 Harvard Mark I  
(6 秒完成一次乘法)

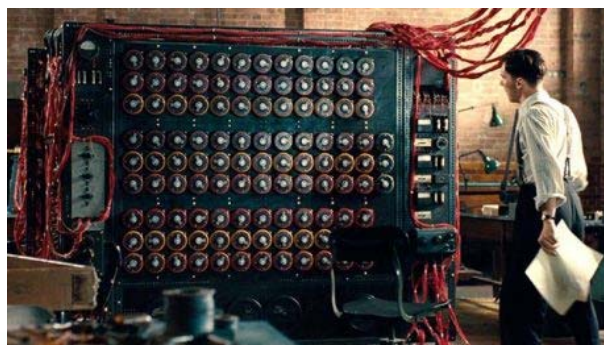


國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 圖靈的 Bombe (1941)

固定程式電機型計算機



專門用來破譯特定的密碼大學

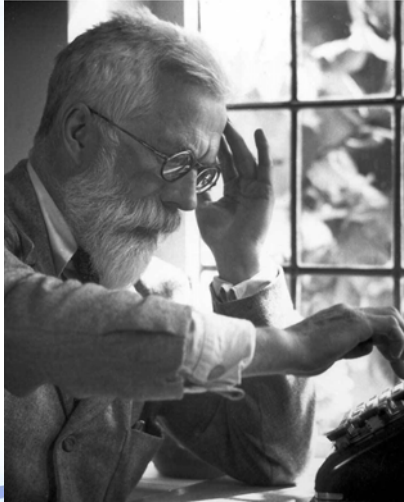


國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學



## 桌上機械型計算機



◆ 印度天才拉馬努江  
計算  $\pi$  的新方法 (1914)

$$\frac{1}{\pi} = \frac{\sqrt{8}}{99^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(4n)!}{(4^n n!)^4} \frac{1103 + 26390n}{99^{4n}}$$

統計學家費雪 Ronald Fisher  
與他的計算機



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 可儲程式的電子計算機



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## Konrad Zuse (1910-95)



祖斯和他的畫作



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 人心還古技藝新 (1943)

- ◆ 用真空管取代繼電器
- ◆ 還是十進制
- ◆ 沒有倉儲 ( 記憶 )
- ◆ 15 萬美元的計畫  
7 天獲准



實踐設計的電機工程師  
John W. Mauchly (1907-80)  
John P. Eckert (1919-95)

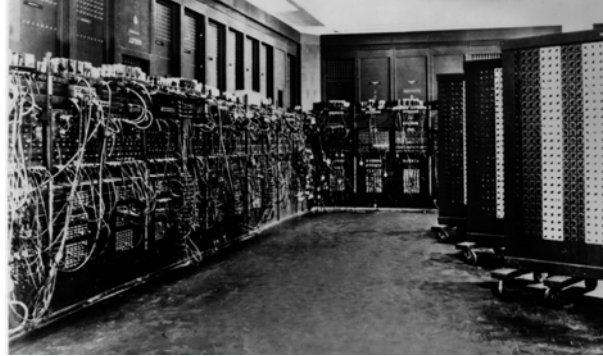


國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 賓大 ENIAC (1947)

可變程式電子型計算機



ENIAC: Electronic Numerical Integrator and Computer  
電子數值積分與計算機·每秒 333 次乘法 (十進制)

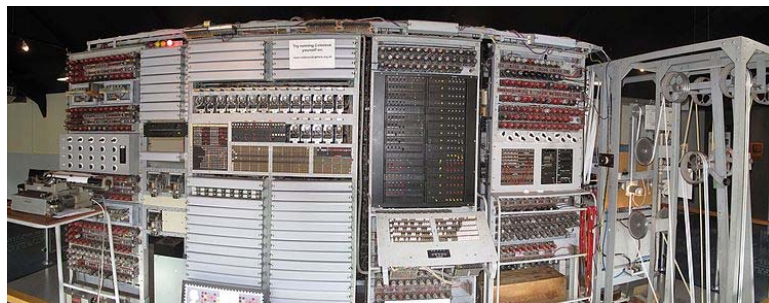


國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 英國巨像 Colossus (1943)

1970 年才解密，它應是世界第一部  
可變程式電子計算機，但並未進入科技發展脈絡



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學



## 用接線決定程式



接線的順序決定資料（電流）經過計算元件的順序，一組接線就是一支程式。未參與二次世界大戰，未幫助原子彈設計。

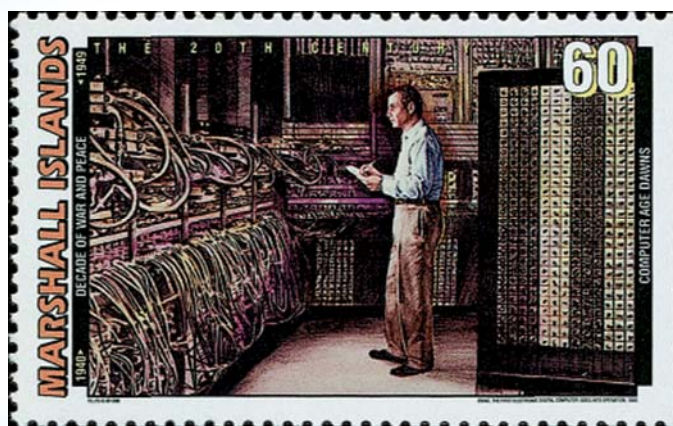
用梅欽公式 70 小時計算 $\pi$  到 2037 位



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 數值電流停不下來



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## John von Neumann (1903—57)



原籍匈牙利，躲避納粹成為美國人，廿世紀最傳奇的數學人物。學術工作涵蓋當時所有的數學，還獨自開創了好幾種全新的分枝。心念速度之快與記憶力之強，在世之年沒有計算機趕得過他。

1944 年夏末，認識了 ENIAC 計畫中的數學家，獲准加入，深入了解之後提出創見。



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 馮諾以曼的 3 項藍圖

電子元件自然可分兩種狀態：有電、沒電，所以電子計算機應該要模擬二進制數字，才是最簡單的設計。為了讓計算機能夠方便地執行不同程式，指令和資料都要儲存在計算機裡面。這就衍生了一個新的技術問題：如何讓電流停留？於是產生了**記憶體**。

1. 採用二進制數字。
2. 指令和資料都儲存在機器內。
3. 序列式執行，每單位時間執行一個動作。

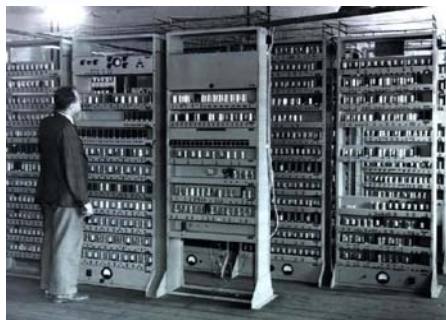


國立中央大學  
National Central University

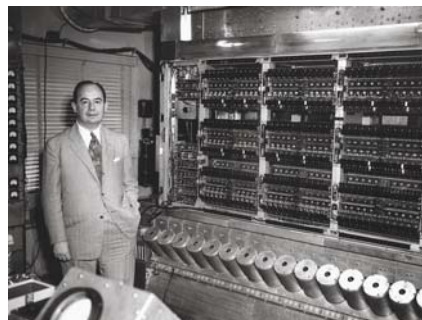
通識核心課程－文化脈絡中的數學



## 現代計算機：電子型可儲程式



英國 EDSAC  
Electronic Delay Storage Auto. Computer  
電子延遲儲存自動計算機



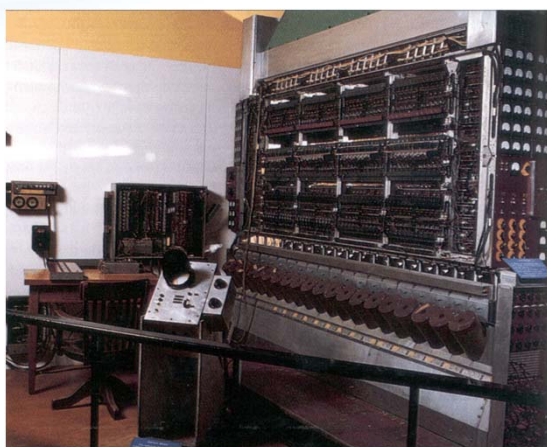
美國 EDVAC  
Electronic Discrete Variable Auto. Computer  
電子離散變數自動計算機



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 馮諾以曼自己的 IAS 計算機



IAS 高等研究院  
(Institute of  
Advanced Study)  
是專注於理論科學  
的私人研究機構，  
在普林斯頓大學附  
近，愛因斯坦也在  
那裡。1952 年造  
此電腦。

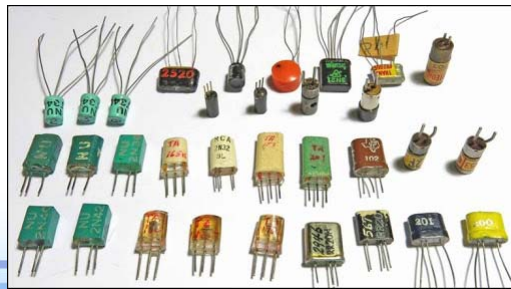


國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 1952 之後

- ◆ 電晶體取代真空管
- ◆ 高階程式語言誕生
- ◆ 文字進入電腦—計算的對象擴及文字



## 結語

## 在那 ( 1952 ) 之後...

電子計算機當初只是一個快速而自動執行數字計算的工具；如今演變成一種集「資訊儲存、處理與傳播功能」於一身的**媒體**，這個現象重新詮釋了**計算**的意義，而「電腦」也就呈現了計算的不同面貌。



國立中央大學  
National Central University

通識核心課程－文化脈絡中的數學

## 久遠的加速現象

- 3000年：文字之初 → 對位記數與原始工具
- 1000年：籌 → 算盤之類的進步工具
- 600年：算盤 → Pascal 加法器
- 200年：自動計算機械 → Babbage 分析機
- 100年：可變程式機械 → 可儲存程式電子
- 30年：ENIAC → 個人電腦、網際網路

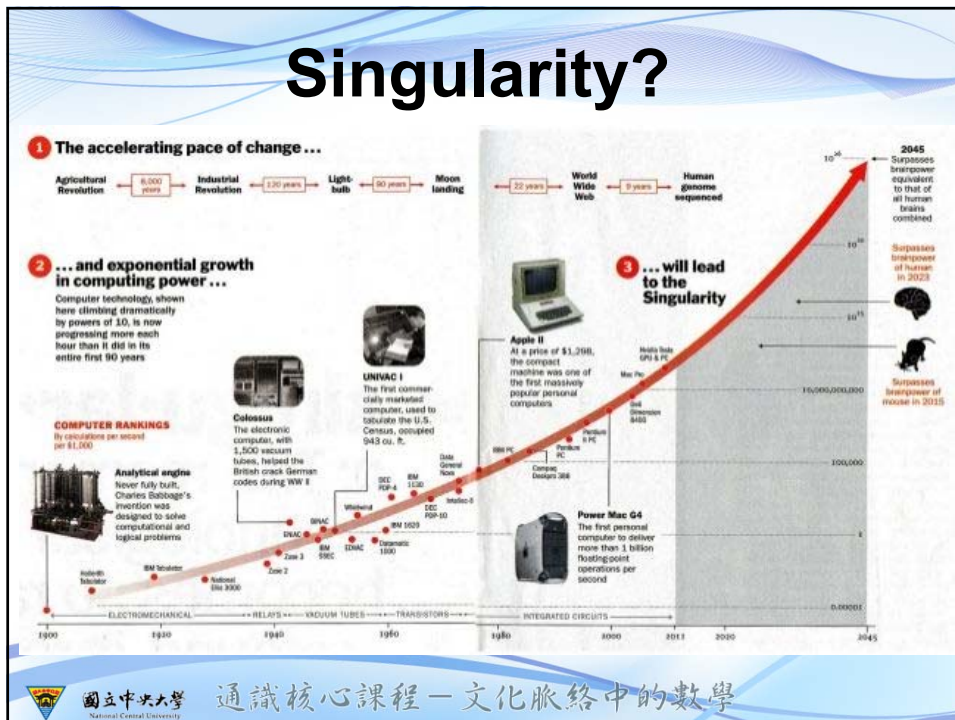


國立中央大學  
National Central University

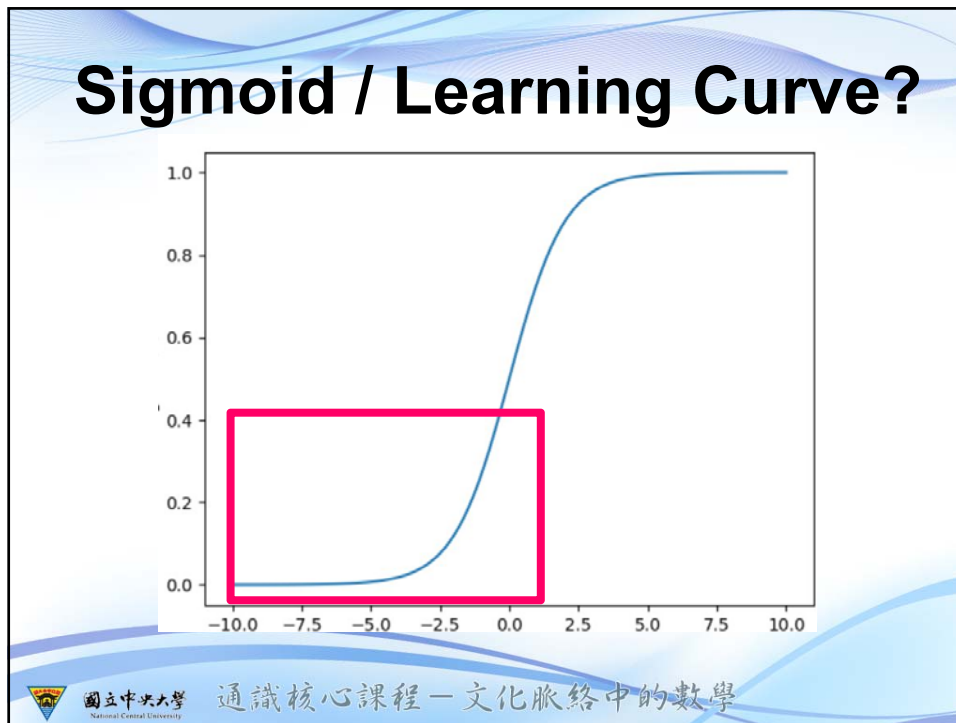
通識核心課程－文化脈絡中的數學

# 計算方法和工具 如人兩腿 前後交替，而致進步

國立中央大學 通識核心課程－文化脈絡中的數學







# The End

國立中央大學 National Central University 通識核心課程－文化脈絡中的數學