

# X<sub>Ǝ</sub>L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 一本書

---

汪群超

September 7, 2017



## 2 Xe<sub>La</sub>TeX 一本書



## 目錄

序	vi
再序：不可變與不可不變：我的程式寫作觀	ix
<b>1 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 的數學符號與方程式</b>	<b>1</b>
1.1 數式環境 . . . . .	1
1.2 符號 . . . . .	2
1.3 常見的數學式 . . . . .	2
1.3.1 函數 . . . . .	3
1.3.2 矩陣與行列式 . . . . .	4
1.3.3 其他 . . . . .	6
<b>2 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 的表格製作</b>	<b>9</b>
<b>3 外製圖形 (EPS/JPG/PNG/PDF) 的引入</b>	<b>17</b>
<b>4 定理計數器的使用</b>	<b>23</b>
4.1 語法 . . . . .	23
4.2 隨機變數的定義 . . . . .	24
4.3 離散型隨機變數 . . . . .	25
<b>5 參考文獻的使用與引用</b>	<b>29</b>
5.1 初步觀念 . . . . .	29

ii  $\text{\LaTeX}$  一本書

5.2 參考文獻的引用：作者與年份 . . . . .	29
5.3 文獻引用方式 . . . . .	30
5.4 製作方式 . . . . .	31
<b>附錄 A：MH 演算法</b>	<b>33</b>
<b>附錄 B：聯合模型的 M 步驟</b>	<b>35</b>
<b>附錄 C：附圖</b>	<b>37</b>
<b>參考文獻</b>	<b>32</b>



## 圖目錄

圖 3.1	利用 <b>scale</b> 選項將原圖縮小 0.5 倍 (JPG 圖)	18
圖 3.2	利用 <b>width</b> 選項將原圖調整為內文行寬的 0.8 倍 (EPS 圖)	19
圖 3.3	螢幕截圖存成 PNG 圖檔	19
圖 3.4	螢幕截圖存成 JPG 圖檔	20
圖 3.6	圖形並排的作法	20
圖 3.5	利用 <b>angle</b> 選項將原圖逆時鐘方向旋轉 30 度，同時將圖形的長寬做不等比例的設定。	21
圖 C.1	高生活滿意度的比例與對數勝算趨勢圖	37



## 表目錄

表 2.1	最基本的表格 . . . . .	10
表 2.2	改變行高並加入底色的表格 . . . . .	11
表 2.3	兩個表格並列的作法 . . . . .	11
表 2.4	表格中跨多欄的表現 . . . . .	12
表 2.5	booktabs 套件的線條表現 . . . . .	12
表 2.6	利用 booktabs 套件定義欄寬 . . . . .	13
表 2.7	使用 colortbl 套件 . . . . .	13
表 2.8	旋轉表格 . . . . .	14
表 2.9	長型表格 . . . . .	15
表 A.1	台灣地區人口統計資料 * . . . . .	33





## 序

如果學習數學相關的學科是痛苦的，那真是一個天大的誤會。數學長久以來被「妖魔」化了。在許多學生心中有一種無形的恐懼，甚至厭惡。有些人選擇提早擺脫數學的糾纏，但有些人卻一直揮之不去，走到哪裡都會碰到數學，或數學相關的話題或應用的領域。

逃避未必求得正果，逃避只是搞著眼睛假裝看不到，一切的逃避或美其名的以不感興趣迴避，都是錯把數學當成表皮摻有農藥的蘋果。儘管知道裡面好吃，卻不敢去碰。但數學能力對一個人的重要性不會因此消失。因為數學能力的展現不一定用來解決數學問題。或許因為如此隱晦，才會引導學生對數學的學習做出零和的決定：學或不學，而且往往是一輩子的賭注。

這本單元式的講義企圖挽回一般學生對數學莫名的恐懼，進而開始喜歡上它。不管你以前多麼痛恨數學，從此刻起，不計前嫌的再一次面對數學。這一次讓電腦來幫幫忙，透過電腦程式的寫作去了解數學的內涵與精神。數學題材不在深，電腦程式不在精闢，一切都是玩票的。學完後，你不會成為電腦程式專家，更不會變成數學家，但是你可能不再討厭數學，且對電腦程式的運作有些概念。或許不知不覺中，數學與電腦會激盪出你未來求知求學的另一番憧憬。幾句話充作參考

用電腦來解決數學問題，比較輕易的化解對數學的厭惡與對電腦的恐懼。

用電腦來解決數學問題，找不到答案也可以觀察到許多未知的領域。

用電腦來解決數學問題，不知不覺中，觀察、解析問題的能力提昇了。

用電腦來解決數學問題，時間似乎流逝的特別快，你已經浸在裡面了。

用電腦來解決數學問題，看問題的角度變大了、變寬廣些了。

對數學的畏懼來自不當的教學或失敗者的恫嚇。不了解其實學習數學是培養各種領域專長的催化劑。數學不見得是第一線的武器，但它永遠是後勤的資源。常常隱而不見，需要時，卻自然流露。不要小看數學的影響力，它無所不在、無孔不入，你只是沒有得到適當的引導！這本講義透過獨立單元介紹一些統計系學生會接觸到的數學，並結合數學軟體 MATLAB，將數學的內涵呈現在螢幕上。這本講義的編排方式不是朝向完整教科書的巨細靡遺，僅作為上課練習的脚本與課後作業的參考，上課的過程仍是必須的。部分內容摘自同學的作品。當學生的數學情緒被激發時，我似乎看到潛藏在他們內心理面，受到壓抑的數理能力，他們的發現往往超過我的預期。

汪群超

2002 年 7 月於台北大學

NTPU

## 再序

### 不可變與不可不變：我的程式寫作觀

教學七年了，這本講義也用了三年。其間經過多次的修改，不管擴編還是刪減，多半是依據上課時學生的反應而來。這本講義其實很多地方寫得不夠詳細，本想進一步將所有細節完整呈現，成為一本書。但幾經思量，仍維持原貌，原因是太詳細的內容會養成學生的依賴心，喪失原先期望學生自己去補足不清楚、不詳細的部分。希望學生藉著這門課拾回過去學得不清不楚的微積分、統計學與線性代數。

這本講義企圖將數學原理以電腦數據圖表的方式呈現出來，再要求同學以文字圖案呈現出其間的條理，這樣的訓練是現今大學生十分欠缺的。說穿了就是「表達的能力」的培養。這可不是說、學、逗、唱之類的表達，而是一種試圖將不易說清楚或難以理解的東西，透過文字、圖表或語言將它交代清楚。這樣的能力絕對需要長時間的訓練，有了這項「絕技，」大學畢業生不必急著說自己學非所用。有太多的事實證明，擁有絕佳的表達能力，放諸四海都餓不著肚子。

表達能力的養成必須按部就班，一點都急不得。可惜的是，莘莘學子不是自作聰明，便是固執己見，往往喜歡憑自己過去的經驗來解決未知的問題，缺乏耐心去熟練不熟悉工具，不願將專注力用在問題的觀察。學習過程像極矇著雙眼亂砍亂殺，到頭來學不到東西還怪老師出太多怪怪的功課，既對升學沒有幫助，也無助以後做生意賺大錢，不多久便放棄了，

殊是可惜。告訴他這是未來升官發財的利器，他當你在三娘教子，在家裡聽多了。

以寫作程式為例，每一種程式語言都有其語法規範，該怎麼寫怎麼用，一點也馬虎不得，連錯一點點都不行，沒得商量的。初學者往往輕忽之，不喜歡被「規範」束縛，不顧老師一再地提醒，愛怎麼寫就怎麼寫，天才般的自己編撰起語法來了，結果當然是錯誤百出，急得老師在一旁乾著急。更有甚之，錯了還不認帳，直呼語法太不人性化，不能隨意更動，學它何用，便率性的打起電動或 MSN 來了。

寫程式首要遵守語法教條，待熟悉語法規範之後，才能漸漸懂得運用，透過寫一些不痛不癢的小程式，一方面熟悉語法，一方面體驗其威力。漸熟，才慢慢從觀察別人寫的「模範程式」中，瞭解死的語言原來也能玩出活把戲，這才一步步進入寫作程式的精髓，進一步玩出樂趣。這道理亙古不變，古今達人不管學習琴棋書畫，還是打拿摔跌等武藝，無不遵循這樣的哲理<sup>1</sup>

能力未至不可變也、學識未敷不得變也、功侯未到不能變也。  
學於師已窮其法，不可不變也、友古人已悉其意，不得不變也、  
師造化已盡其理，不能不變也。

從「不可變」、「不得變」、「不能變」，到「不可不變」、「不得不變」、「不能不變」，可以作為寫作程式的養成過程。學習之初應謹慎遵循所有的規範，一絲不苟，不能濫用自己的小聰明亂抄捷徑，要聽話、要服從，將老師的交代與叮嚀當作聖旨般遵循，務必做到。如此這般一段時日之後，犯錯愈少，進步愈多，自然而然當變則變，逐漸形成自己的風格。

不能急，成就總在不知不覺中「赫然」被別人發現，絕非刻意營造而能得。別

---

<sup>1</sup> 謫自五絕奇人鄭曼青先生名著「曼髯三論。」

人眼中看到的成就，對自己而言永遠都是平常事而已，只不過在許多小地方比別人好一點點罷了。但別小看這一點點，許許多多的一點點累積起來，那可有多少啊！

汪群超

2005 年 2 月於台北大學





## 第 1 章

# L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 的數學符號與方程式

本文將常見的數學符號與方程式以 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 編排展示，希望降低使用 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 編輯數學式的門檻，快速得到 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 為人稱頌的優美數學式。不但為初學者提供編輯的概念與方法，也作為未來的文件編輯的參照樣本。本文內容參考吳聰敏老師專書「c<sub>w</sub>T<sub>E</sub>X 排版系統」、<sup>1</sup>學生的作品、及作者平日編輯講義時所發現具代表性的數學方程式。在閱讀本文之前，建議先將「c<sub>w</sub>T<sub>E</sub>X 排版系統」第 9 章「數學式子」看過一遍，擷取當中對於表達數學式子的觀念，再以本文及所附的原始檔作為練習的參考。

### 1.1 數式環境

數學式可能以兩種型式出現，一是隨文數式 (In-text Formula)，是夾在文章中的數學式；譬如，當  $\alpha = 2$  時， $\alpha^3 = 8$ 。另一種是數學式自成一行或一個段落，我們稱之為展示數式 (Display Formula)，譬如

$$\int_{-2}^1 f(x) dx$$

輸入數學式時，有兩個地方需要特別注意：

---

<sup>1</sup>相關文件可在 c<sub>w</sub>T<sub>E</sub>X 官方網站 <http://homepage.ntu.edu.tw/~ntut019/cwtex/cwtex.html> 下載。

## 2 X<sub>Y</sub>LaTeX 一本書

- 隨文數式前後請留一空格，才不會顯得擁擠。
- 展示數式上下不須多留一空行，LaTeX 會自行調整間距。

### 1.2 符號

數字與普通運算符號可直接由鍵盤上鍵入。譬如，下列符號可以直接由鍵盤鍵入：

+ - = < > / : ! | [ ] ( )

要注意的是，左右大括號 { } 在 LaTeX 中有特殊用途。欲排版左大括號，需加上反斜線，指令為 \{，右大括號之指令為 \}。排版展示數式有以下四種方法可以達到目的：

`\begin{equation} ... \end{equation}`  
`\begin{displaymath} ... \end{displaymath}`  
`\[ ... \]`  
`$$ ... $$`

除第一種方式外，其餘將不對數學式子進行編號。數式內若要排版文字時，必須置於 \mbox 指令內，否則將被視為數學符號（變為斜體），譬如，

$$f(x) = x^2 - 3x + 1, \text{ where } -2 \leq x \leq 2$$

### 1.3 常見的數學式

本節列舉一些常見的數學式作為練習與未來使用的參考，每個函數都有其特別之處，請仔細觀察研究。讀者可以依此為基礎，在往後的寫作過程中，逐漸累積更多有特殊型態的或符號的數學式，只要這裡出現過的，參照原使檔一定寫得出來。



## 1.3.1 函數

挑幾個機率分配函數做示範：

**Binomial:**

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{1-x}, \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$$

**Poisson:**

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

**Gamma:**

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha) \beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, \quad x \geq 0$$

**Normal:**

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad -\infty < x < \infty$$

積分式與方程式編號：

$$\int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-\lambda x} dx = \frac{\Gamma(\alpha)}{\lambda^\alpha} \quad (1.1)$$

方程式 (1.1) 是廣義  $\Gamma$  積分。<sup>2</sup>

開根號（開立方根）：

$$f(x) = \sqrt[3]{\frac{4-x^3}{1+x^2}}$$

微分與極限（注意大括號的使用）：

$$f'(x) = \frac{df(x)}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \left( \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \right)$$

---

<sup>2</sup>這裡利用方程式標籤（label）來引用方程式，編號將自動更新。

#### 4 X<sub>Y</sub>L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 一本書

上下限的使用：

$$\int_a^b f(x)dx \approx \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(x_k) \Delta x_k$$

最佳化問題：

$$\max_{\mathbf{u}, \mathbf{u}^T \mathbf{u} = 1} \mathbf{u}^T \Sigma_X \mathbf{u}$$

幾個符號（向量使用粗體來表示）

$$\mathbf{e} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_q = (I - P)\mathbf{x} \in V^\perp, \text{ where } V \oplus V^\perp = \mathbf{R}^p$$

上述的方程式有許多地方需要做「下標」（subscript）與上標（superscript），不管是在積分的上下界或是  $\Sigma$  的上下範圍，或只是變數的下標與次方、、、等，做法都是用 `_` 做下標，用 `^` 製作上標。當上下標只有一個符號或字母時，可以不加括號，否則必須以括號涵蓋。

##### 1.3.2 矩陣與行列式

矩陣或有規則排列的數學式或組合很常見，以下列舉幾種模式，請特別注意其使用的標籤及一些需要注意的小地方。譬如，<sup>3</sup>

- a) 矩陣的左右括號需各別加上。
- b) 橫行各項之間是以 `&` 區隔。
- c) 除最後一行外，每行之末則加上換行指令 `\\`。
- d) 使用 `array` 指令時，須加上選項以控制每一欄內各數字或符號要居中排列、靠左或靠右。

---

<sup>3</sup>這裏的項目符號不是預設的 1, 2, ..., 改用 a, b... 的編號方式。

範例與注意事項：

1. 左右方框刮號的使用及各直欄的對齊方式：

$$A = \left[ \begin{array}{lll} a + b & mnop & xy \\ a + b & pn & yz \\ b + c & mp & xyz \end{array} \right]$$

2. 左右圓框刮號的使用及各式點狀：

$$A = \left( \begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{array} \right)$$

3. 排列整齊的符號：

$$\begin{array}{lll} a + b + c & m + n & xy \\ a + b & p + n & yz \\ b + c & m - n & xz \end{array}$$

4. 等號對齊的函數組合（不編號）

$$\begin{array}{lcl} b_1 & = & d_1 + c_1 \\ a_2 & = & c_2 + e_2 \end{array}$$

5. 等號對齊的函數組合（編號在最後一行）

$$\begin{array}{lcl} b_1 & = & d_1 + c_1 \\ a_2 & = & c_2 + e_2 \end{array} \tag{1.2}$$

6. 使用套件 **amsmath** 的指令 **align**（控制編號在第一行）

$$\begin{array}{lcl} b_1 & = & d_1 + c_1 \\ a_2 & = & c_2 + e_2 \end{array} \tag{1.3}$$

## 6 Xe<sub>La</sub>TeX 一本書

### 7. 兩組數學式分別對齊

$$\alpha_1 = \beta_1 + \gamma_1 + \delta_1, \quad a_1 = b_1 + c_1 \quad (1.4)$$

$$\alpha_2 = \beta_2 + \gamma_2 + \delta_2, \quad a_2 = b_2 + c_2 \quad (1.5)$$

### 8. 編號在中間 (split 指令環境)

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \beta_1 + \gamma_1 \\ \alpha_2 &= \beta_2 + \gamma_2 \end{aligned} \quad (1.6)$$

### 9. 只是居中對齊的數學式組 (環境指令 gather)

$$\begin{aligned} \alpha_1 + \beta_1 \\ \alpha_2 + \beta_2 + \gamma_2 \end{aligned}$$

### 10. 長數學式的表達 (注意第二行加號的位置)

$$\begin{aligned} y &= x_1 + x_2 + x_3 \\ &\quad + x_4 + x_5 \end{aligned} \quad (1.7)$$

### 1.3.3 其他

列出一些表較少見的數學表達式，用 WORD 很不容易做到。

$$X_n \xrightarrow{d} X$$

$$\overbrace{X_1 + \dots + X_{15} + \dots + X_{30}}$$

$$G = \begin{cases} CLASS\#1 & \text{if } \hat{\beta}^T \mathbf{x} \leq 0 \\ CLASS\#2 & \text{if } \hat{\beta}^T \mathbf{x} > 0 \end{cases}$$

以 `equation` 或 `align` 排版時，數學式會自動編上號碼。文稿其他地方若要引述某數學式，可先在數學式以 `\label` 指令加上標籤，再使用 `\ref` 指令引述。如此一來若排版文稿須反覆修改，使用 `\label` 與 `\ref` 指令可以「自動對焦」不會出錯。





## 第 2 章

### L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 的表格製作

本文根據吳聰敏老師著作” $\text{c}\omega\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  排版系統”編寫，<sup>1</sup>將其中幾種典型的表格陳列說明，方便未來編輯文件時參考。表格的編輯有些法則供遵循，習者宜先參考書上關於表格製作之基本概念後，將來製作表格時才能不失方寸。另外，參考本文時也需隨時與原文檔案互為參照，瞭解各指令的用法，方能在最短時間內掌握表格製作的技巧。下表是最基本的表格型態，不過卻不符合表格的「建構美學」。

義大利	0.5	16.12
英國	2	12.3
加拿大	3	8.1

就表格的擺設位置來說，一般喜歡置中。就構成表格的線條而言則盡量避免垂直線。如下表眼見為憑，是不是看起來舒服一點呢。請注意：我們很在意表格呈現出來得樣子，但是在編輯表格的原始檔中，也要多些心思注意。譬如，編輯表格的語法中，欄與欄之間以  $\&$  符號隔開，習者最好養成習慣在原始檔中將每一列的  $\&$  符號對齊，方便編輯（請查看原始檔的表格編輯）。

---

<sup>1</sup>相關文件可在  $\text{c}\omega\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  官方網站 <http://homepage.ntu.edu.tw/~ntut019/cwtex/cwtex.html> 下載。

義大利	0.5	16.12
英國	2	12.3
加拿大	3	8.1

除外觀的感覺外，一般放在文章裡的表格都需要編號 (Label) 與標題 (Caption)，方便與內文相呼應，不至於孤伶伶的掛在頁面的一個角落，讓讀者自己去看去猜這表格式要說些什麼？LaTeX 提供環境指令 `table` 達到這個目的。以下的表格都會附上編號與標題。表 2.1 便是為上表附上編號與標題，請從原始檔觀察編號與標題的使用，以及內文參照時的用法。

表 2.1: 最基本的表格

義大利	0.5	16.12
英國	2	12.3
加拿大	3	8.1

表格編號與標題一般放置在表格上方，<sup>2</sup>其中標題前的「表」字，是重新經過定義的。LaTeX 原來定義的文字是英文 Table，在中文的環境當然不妥，利用 `renewcommand` 可以定義作者自己喜歡的字眼，<sup>3</sup>當然也不能太另類的自外於文體格式，旁人恐難接受。此外，在文內參照時 LaTeX 會自動利用使用者給的標籤文字去對照，在 LaTeX 編譯的階段賦予適當的號碼。但 LaTeX 需要兩次的編譯才能完成，第一次編譯後將留下兩個問號??，直到第二次編譯完成才會出現正確的號碼。

此外，表格的欄寬與列高在製作時由 LaTeX 自動產生，有時會因中英文的差異，在視覺上感覺不適當，如表 2.1 的列高似乎不夠，感覺擁擠了些。此時可以自行加入適當的指令來彌補，如下表利用 `extrarowheight` 指令將行高增加 2pt。

<sup>2</sup>一般科學性論文與書籍中，不論圖或表都必須編號並賦予文字說明，習慣上將表格編號與標題放置在表格上方，而圖編號與標題則放置在圖下方。

<sup>3</sup>使用方式請參考原始檔案的定義區。



表 2.2: 改變行高並加入底色的表格

義大利	0.5	16.12
英國	2	12.3
加拿大	3	8.1

表 2.2 除了增加列高之外，也趁機加入底色並變更裡面數字的字型。指令不是加上去就可以的，還得先問來源。有很多的指令並非 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 內建的，需要外加套件 (Package) 才有的。譬如，使用 `extrarowheight` 指令的同時，必須先在定義區使用

```
usepackage{array}
```

加入 `array` 套件，為表格加上的底色也是靠 `xcolor` 套件，並使用指令 `colorbox` 與事先定義好的深灰顏色。

表格有許多型態因應不同的資料結構，以下介紹的表格盡量展現不同的特色，方便寫作時參考。如表 2.3 展示如何將兩個表格並列。表格並列的關鍵在於第一個表格的結束指令 `end{tabular}` 與第二個表格的開始指令 `begin{tabular}` 之間不能空行，但可以加入空格的距離設定，讓表格之間有適當的距離。這兩個並列的表格內容相同，結構稍不同，不過不難從原始檔中看出技巧的不同，無須另言贅述。

表 2.3: 兩個表格並列的作法

國家	央行獨立性	物價上漲率
義大利	0.5	16.12
英國	2	12.3
加拿大	3	8.1

國家	央行獨立性	物價上漲率
義大利	0.5	16.12
英國	2	12.3
加拿大	3	8.1

表格常需置入跨越多欄的一列，可以使用指令 `multicolumn`，配合指令 `cline`

## 12 Xe<sub>La</sub>TeX 一本書

畫出適當長度的橫線，如表 2.4 所示。

表 2.4: 表格中跨多欄的表現

國家	經濟表現	
	央行 獨立性	物價 上漲率
義大利	0.5	16.12
英國	2	12.3
加拿大	3	8.1

LaTeX 的可愛來自許多使用者為它寫了無數的套件加強他的功能，注入源源不斷的活水，更重要的是，一切都是免費。譬如 **booktabs** 套件用粗細不等的線條讓表格變得更有氣質，如表 2.5 所展示的。

表 2.5: booktabs 套件的線條表現

國家	經濟表現	
	央行 獨立性	物價 上漲率
義大利	0.5	16.12
英國	2	12.3
加拿大	3	8.1

套件 **booktabs** 還提供欄寬的設定，讓表格的大小更符合版面的要求。表 2.6 定義第三欄的寬度，使得長文字自動斷行，另外也在表格結束後加上註解文字。

有許多的套件被設計來加強現有的指令，其實任何套件都可以達到相同的效果，差別只在方便性而已，這也是套件設計的主因。譬如，使用 A 套件時，指令比較繁複，所需「功力」的要求較高。反之使用 B 套件時，有些繁複的地方被巧妙組合成新的指令，應用上比較單純，適合初學者。其實，最好的方式就是你最熟練的方式，只要能到目的，使用什麼套件都不打緊的。

表 2.6: 利用 booktabs 套件定義欄寬

項目	分數	評述意見
方法	85	本研究的實驗方法是作者發展出來的。
貢獻	88	從實際應用來看,本研究很有貢獻。
文字	85	甚佳。

以上文字純屬虛構。

本文介紹的表格製作方式，大約已涵蓋一般使用的範圍。只要熟悉這些用法，變化使用，應該夠用。若遇特殊的表格需求，譬如特長的表格，長度超過一頁或太寬，或是需要加底色的，這些都可以在手冊上找到。有時真是技術不及之處，只好更換表格的架構，一樣可以達到目的。以下列舉一些表格套件，或許它們能獲得您得青睞，躍上紙面成為您的文章增添風味。

表 2.7: 使用 colortbl 套件

函數	說明
polyval(p,a)	計算多項式 $p(x)$ 於 $x=a$ 的值。 $a$ 可以為一個純量或向量
roots(p)	計算多項式 $p(x)$ 的根

表 2.8 是將表格視為圖片做選轉（採用 graphicx 套件），方便做寬型表格時使用。

表 2.8: 旋轉表格

Source	Df	SS	MS	F value	Pr > F
model	2	543.6	271.8	16.08	0.0004
Error	12	202.8	16.9		
Total	14	746.4			

如果表格長度超過版面高度，可以使用 longtable 巨集套件，原來之表格自動拆為兩部分以上，分別排版於兩頁或是多頁之中，如表 2.9 所示。請注意不同頁面在表格斷續處的文字處理。

表 2.9: 長型表格

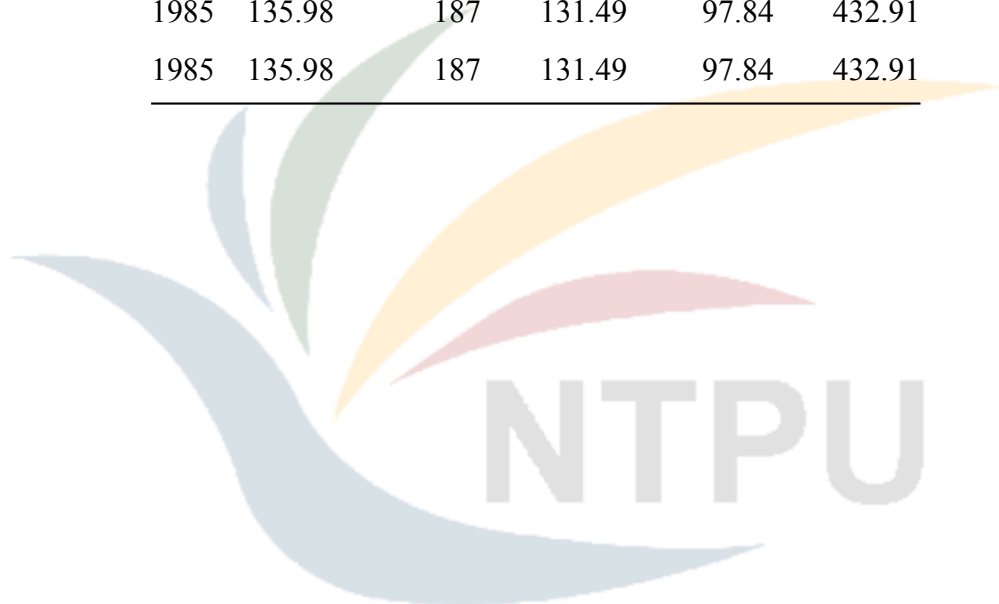
[illegible]

續接下頁

# 16 X<sub>q</sub>LaTeX 一本書

承接上頁

年度	勝率	平均得分	平均失分	平均籃板	平均助攻
1985	135.98	187	131.49	97.84	432.91
1985	135.98	187	131.49	97.84	432.91
1985	135.98	187	131.49	97.84	432.91
1985	135.98	187	131.49	97.84	432.91
1985	135.98	187	131.49	97.84	432.91
1985	135.98	187	131.49	97.84	432.91
1985	135.98	187	131.49	97.84	432.91
1985	135.98	187	131.49	97.84	432.91



## 第 3 章

### 外製圖形 (EPS/JPG/PNG/PDF) 的引入

圖片在科技類文體扮演重要的角色，而這些圖形須經由其他軟體產生，然後被安置在文件的適當位置。如同表格的製作，有些套件被設計來置入圖形，本文介紹其中較常用的 **graphicx** 套件。而圖形檔的型態最常見的有 EPS/JPG/PNG/PDF 等格式。傳統的 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 文件慣用 EPS 圖檔，這種所謂的「描邊圖檔」非常適合數學或統計圖，可以為圖形加上文字或其他線條，檔案小而且清晰。近十年，因為網路興起及多媒體的表現日漸重要，才有壓縮圖檔的出現，其中以 JPG 圖檔最為流行，適合各種靜態圖形與相片。X<sub>Y</sub>L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 改善了原先 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 對圖格式的不夠友善，讓不同格式的圖檔可以相容並存，無疑是使用 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 者的福音。本章介紹圖形的安插方式。

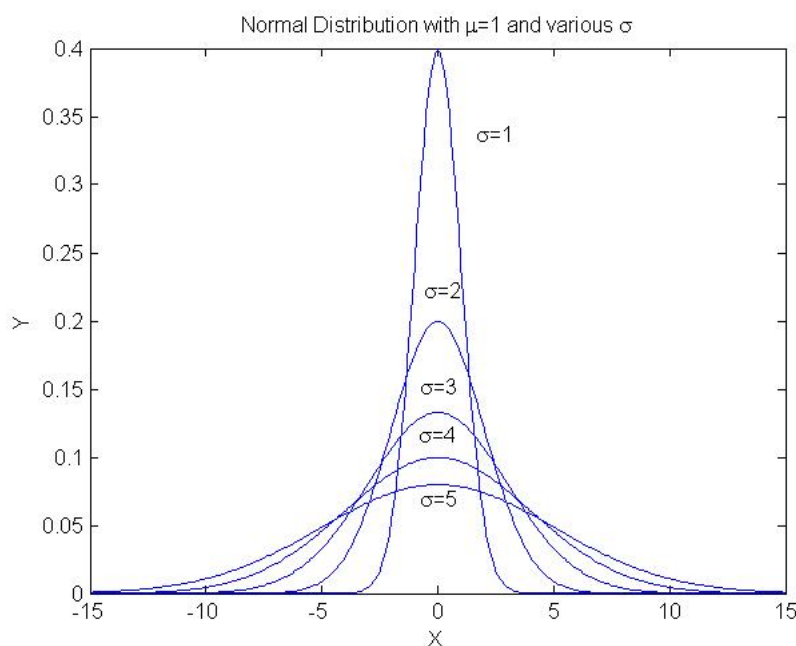
圖 3.1 將一個名為 *distribution\_1.jpg* 的圖檔放在頁面的中央。與表格類似，圖形環境指令 `begin{figure}` 可以用來控制圖形所在的位置。請注意預設的圖形檔路徑與文章相同，圖形若不是放置於此，必須指定完整的路徑。譬如<sup>1</sup>

```
\includegraphics{d:/MyTex/images/distribution_1.jpg}
```

當然如果一份文件中引入許多分散在不同目錄的圖檔，勢必相當麻煩，因此將所有檔案都集中到預設的目錄，也不失是個好方法。另一個麻煩是，當這份文件可能會在不同的電腦編譯時，如果兩部電腦的目錄不一致，那還是行不通的，

---

<sup>1</sup>請利用 TexMaker 編譯本文，並同時下載本文所使用的所有圖檔。下載並解壓縮後，請將檔案 *distribution\_1.jpg* 拷貝到與本文相同目錄。其餘圖檔留在子目錄 *images* 裡。

圖 3.1: 利用 `scale` 選項將原圖縮小 0.5 倍 (JPG 圖)

終究得改來改去，不如統一放在某個固定目錄裡，譬如與文章同層的子目錄。為避免在指令中放在冗長得完整路徑，一般會在定義區設定一個路徑命令，用來縮短指令所需的長度，另提供彈性更動目錄的方便。譬如，本文在定義區設定以下的新命令：

```
\newcommand{\imgdir}{images/}
```

這個新命令自訂為 `\imgdir`，定義了一個與編譯文章路徑相同的子目錄：`images`，也就是所有圖形檔案放置的目錄。使用的方式為<sup>2</sup>

```
\includegraphics{\imgdir{distribution_1.eps}}
```

另外，圖形的大小不見得適合放在想放置的位置，有必要作縮小或甚至放大。圖 3.1 利用 `scale` 選項原圖縮小 0.5 倍，而圖 3.2 利用 `width` 選項原圖縮小為內文行寬的 0.8 倍。調整時長寬依等比例縮放。

<sup>2</sup>本文字第二張圖片開始，採用這個方式，請對照 TEX 檔



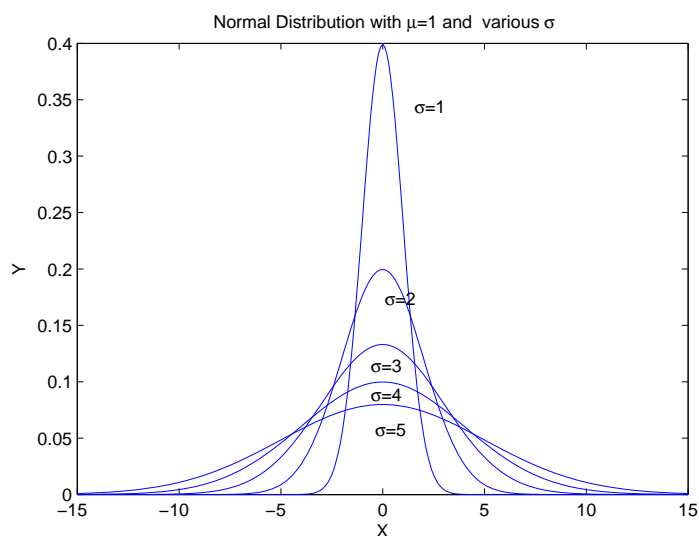


圖 3.2: 利用 `width` 選項將原圖調整為內文行寬的 0.8 倍 (EPS 圖)

圖 3.1 與圖 3.2 是從 MATLAB 軟體產生的同一張圖，只是儲存時選擇的檔案型態不一樣。圖 3.1 是 JPG 檔，圖 3.2 則是 EPS 檔。從圖的外觀很容易判斷 EPS 圖檔非常清晰，適合數學圖形的表現。而 JPG 圖檔因為壓縮的關係，造成失真，適合用在螢幕截圖或是一般照片的呈現。圖 3.3 是一張電腦螢幕截圖，儲存成 PNG 檔。



圖 3.3: 螢幕截圖存成 PNG 圖檔

圖 3.5 進一步利用 `angle` 選項將原圖逆時鐘方向旋轉 30 度，同時將圖形的長寬做不等比例的設定。圖 3.6 則是將兩圖並列，使用了 `subfig` 的套件，圖形會自動編上 (a) 與 (b) 的標示，個別圖形還可以做文字說明，當然也可以省

## 20 Xe<sub>La</sub>TeX 一本書

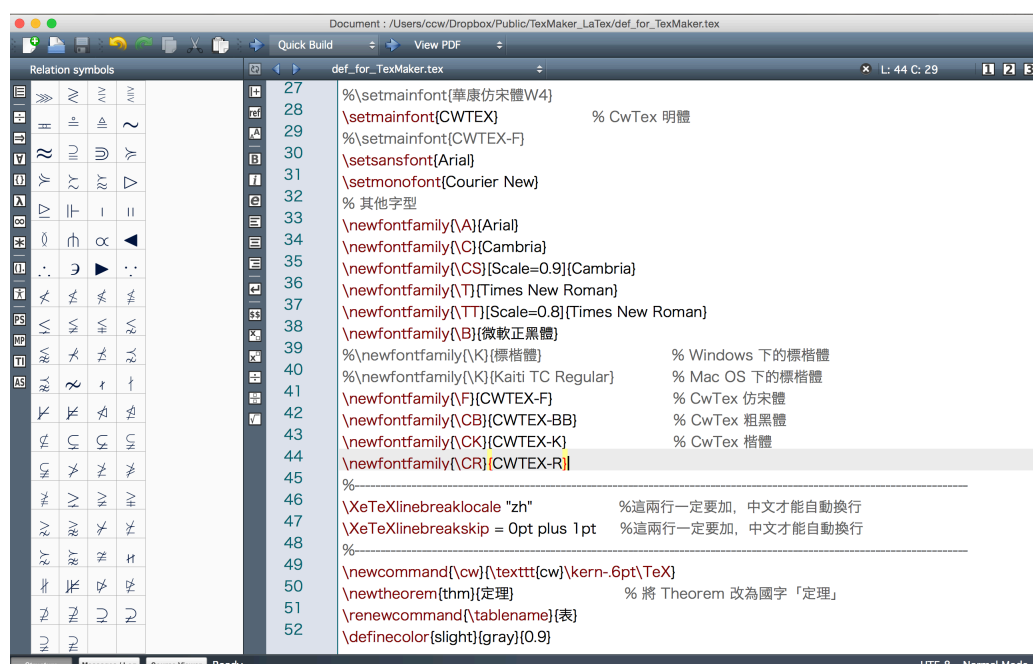
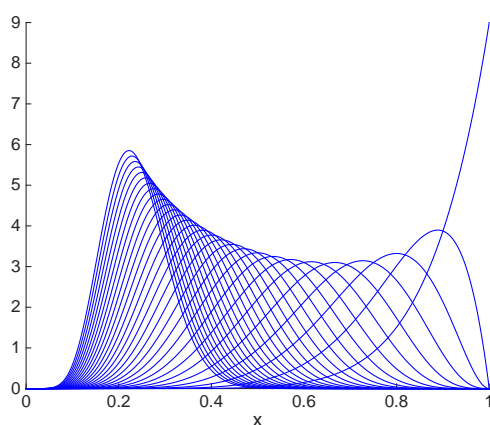
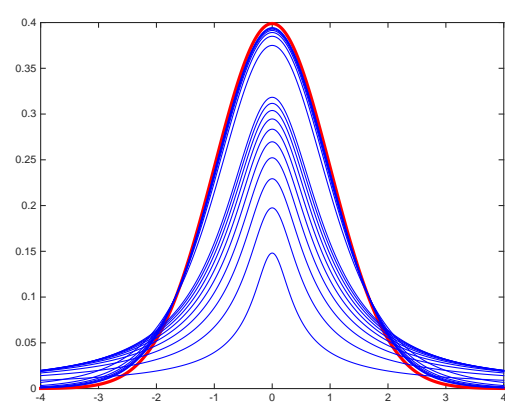


圖 3.4: 螢幕截圖存成 JPG 圖檔

略。



(a)  $\beta$  分配族群



(b) 不同自由度的 T 分配與標準常態

圖 3.6: 圖形並排的作法

在編輯含圖檔的文件中，常發生圖形在編輯後的位置與原先設定不同。原因通

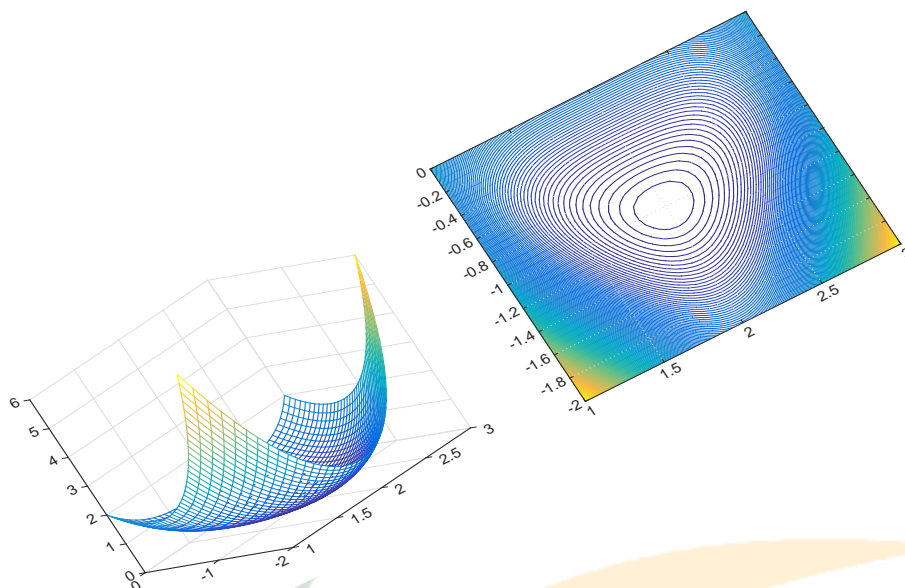


圖 3.5: 利用 `angle` 選項將原圖逆時鐘方向旋轉 30 度，同時將圖形的長寬做不等比例的設定。

常是該頁剩餘空間不足以擺放圖形，此時  $\text{\LaTeX}$  會自動調整圖形的位置。大部分時候這樣的調整是可以接受的，但有時候會引發一連串圖形的位置與本文越離越遠，這當然是不恰當的。在圖形的設定中允許使用者指定位置，譬如指令

```
\begin{figure}[h]
```

後面方框中的 `h` 指的是 `here`，其他選擇如 `[t]` 指 `top`。這樣的選項只有建議權，常常被系統忽略，導致圖形的位置與自己的理想有差距。為避免這個情況的發生，希望取得多一點主導權，可以使用套件 `float`，並在設定圖形時使用 `[H]`，也是 `here` 的意思，但採用大寫的 `H` 代表真正的主導權。不過雖然搶回主導權，將圖片放在自己囑意的位置，但要謹慎使用，切勿濫用，因為自己的排版功力不足時，往往會適得其反。



## 第 4 章

### 定理計數器的使用

數理方面的文章或書籍常會使用到定理定義，或類似需要給予編號的一段文字。這些編號的管理有些是順序排列，有些則隨章節排列，有些一起編號，有些分開。這類的編號都由指令`\newtheorem`處理。

#### 4.1 語法

`\newtheorem` 的語法如下

```
\newtheorem{env_name}{caption}[within]  
\newtheorem{env_name}[numbered_like]{caption}
```

其中

- `env_name`: 新計數器名稱，通常以簡短文字代表將呈現的文字。譬如，`thm` 代表 Theorem 字樣。
- `caption`: 表示將呈現的文字，一般如 Theorem, Definition, Lemma... 等或使用中文的「定理」「定義」等。
- `within`: 代表一個已經存在的計數器，譬如，章 (chapter) 或節 (section)，表示目前的計數器將以該存在的計數器為計數範圍。以章為例，在第二章出現的第一個編號將是 2.1，以節為例，第三章第二節出現的第三個編號將是 3.2.3。

- `number_like`: 一個已經被定義過的計數器名稱，譬如，`thm`。代表目前定義的計數器將共用相同的計數器。沒有這項參數定義的都是為獨立編號，不予其他計數器共用。

以下範例舉 Definition, Example, Theorem, Lemma 為例，其中 Definition, Example 獨立編號，而 Theorem 與 Lemma 共同編號。定義方式如下：

```
\newtheorem{de}{Definition}[section]
\newtheorem{ex}{\emph{Example}}[section]
\newtheorem{th}{Theorem}[section]
\newtheorem{lemma}{th}{Lemma}
```

## 4.2 隨機變數的定義

---

**Definition 4.2.1.**<sup>1</sup> *The set,  $S$ , of all possible outcomes of a particular experiment is called the **sample space** for the experiment.*

---

通常定義定理會用特別的方式呈現出來，讓讀者容易一眼看到。本章將定義前後個加上一條橫線來突顯它的位置。另外一種常見的方式請參考本章最後的「定理」與「lemma」。這是用表格加上底色做出明顯的框架，裡面採用的表格與底色技術請參考講義「表格製作參考」。

---

**Definition 4.2.2.**<sup>2</sup> *The **cumulative distribution function** or CDF of a random variable  $X$ , denoted by  $F_X(x)$ , is defined by*

$$F_X(x) = P_X(X \leq x). \text{ for all } x, x \in S.$$

---

<sup>1</sup>摘自 Casella and Berger 2002, Definition 1.1.1

<sup>2</sup>摘自 Casella and Berger 2002, Definition 1.5.1

以下的 Example 編號不隨小節計數，係按流水號順序。

**Example 1** (指數分配隨機變數的呈現). 假設  $X$  服從指數分配，其 CDF 為  $y = F_X(x) = 1 - e^{-x}, \forall x > 0$ ，記為  $X \sim F_X(x) = 1 - e^{-x}$ 。

**Example 2** (幾何分配隨機變數的呈現). 假設  $X$  服從幾何分配，其 CDF 為  $y = F_X(x) = 1 - (1-p)^k$ ，其中  $k = [x] \in \mathcal{N}$ ，記為  $X \sim F_X(x) = 1 - (1-p)^x$ 。此函數又稱為階梯函數 (step function)。

### 4.3 離散型隨機變數

---

**Definition 4.3.1.**<sup>3</sup> The **probability massfunction (pmf)** of a discrete random variable  $X$  is given by

$$f_X(x) = P(X = x) \text{ for all } x.$$


---

**Example 3** (Geometric probabilities). For the **geometric distribution** of Example 1.1.2, we have the **pmf**

$$f_X(x) = P(X = x) = \begin{cases} p(1-p)^{x-1} & \text{for } x = 1, 2, \dots \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$


---

**Definition 4.3.2.**<sup>4</sup> The **probability density function** or PDF,  $f_X(x)$ , of a continuous random variable  $X$  is the function that satisfies

$$F_X(x) = \int_{-\infty}^x f_X(t) dt \text{ for all } x.$$


---

<sup>3</sup>摘自 Casella and Berger 2002, Definition 1.6.1

<sup>4</sup>摘自 Casella and Berger 2002, Definition 1.6.1

**Example 4** (Exponential probabilities). *For the exponential distribution of the previous Example we have*

$$F_X(x) = 1 - e^{-x}$$

and, hence,

$$f_X(x) = \frac{d}{dx}F_X(x) = e^{-x}.$$

---

**Definition 4.3.3.**<sup>5</sup> Let  $-\infty < \mu_X < \infty$ ,  $-\infty < \mu_Y < \infty$ ,  $0 < \sigma_X$ ,  $0 < \sigma_Y$ , and  $-1 < \rho < 1$  be five real numbers. The bivariate normal pdf with means  $\mu_X$  and  $\mu_Y$ , variances  $\sigma_X^2$  and  $\sigma_Y^2$ , and correlation  $\rho$  is the bivariate pdf given by

$$\begin{aligned} f(x, y) &= \left(2\pi\sigma_X\sigma_Y\sqrt{1-\rho^2}\right)^{-1} \\ &\times \exp\left(-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left(\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_X}\right)^2\right.\right. \\ &\quad \left.\left.-2\rho\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_X}\right)\left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_Y}\right)+\left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_Y}\right)^2\right)\right) \end{aligned}$$

for  $-\infty < x < \infty$  and  $-\infty < y < \infty$ .

---

**Example 5** (Bivariate Normal). 二維常態參數  $\mu_X = 10$ ,  $\mu_Y = 20$ ,  $\sigma_X = 1$ ,  $\sigma_Y = 2$ ,  $\rho = 0.6$  其分配函數為

$$f(x, y) = \frac{1}{3.2\pi} \exp\left[-\frac{1}{1.28}\left(\left(\frac{x-10}{1}\right)^2 - 1.2\left(\frac{x-10}{1}\right)\left(\frac{y-20}{2}\right) + \left(\frac{y-20}{2}\right)^2\right)\right]$$

---

<sup>5</sup>摘自 Casella and Berger 2002, Definition 4.5.10



定理 **4.3.1.** <sup>6</sup> *Let  $X_1, \dots, X_n$  be a random sample from a  $N(\mu, \sigma^2)$  distribution, and let  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$  and  $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ . Then*

- a.  $\bar{X}$  and  $S^2$  are independent random variables,*
- b.  $\bar{X}$  has a  $N(\mu, \sigma^2/n)$  distribution,*
- c.  $(n-1)S^2/\sigma^2$  has a chi squared distribution with  $n-1$  degrees of freedom.*

定理 4.3.1 展示兩件式，其一是加入標號的引用（\label）與此處的參照對應，其二是自訂的項目符號。接著是個 lemma，其編號隨著定理續編。

**Lemma 4.3.2.** *Let  $a_1, a_2, \dots$  be a sequence of numbers converging to  $a$ , that is,  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = a$ . Then*

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{a_n}{n}\right)^n = e^a.$$



## 第 5 章

### 參考文獻的使用與引用

#### 5.1 初步觀念

參考文獻的引用分兩部分：一、內文的引用方式與呈現，二、參考文獻的排序呈現。不管是哪一部分都沒有統一的標準，隨期刊書籍自訂規範。在  $\text{\LaTeX}$  裡，這些規範表現在 bibliography style 所引用的 bst 檔。這些檔案有些是公開的，可以直接引用，譬如，美國數學學會的 `amsplain.bst`、`abbrvnat.bst` 或 `unsrtnat.bst`。有些需要下載，如統計計算與模擬期刊 (Journal of Statistical Computation and Simulation) 的 `gSCS.bst` 檔 (如附檔)、統計軟體期刊 (Journal of Statistical Software) 的 `jss.bst` 檔 (如附檔)。文獻規範檔 (bibliography style) 一方面用來呈現不同刊物的需求與特色，一方面也能減輕寫作者的負擔，無需為符合不同刊物的規定，撰寫不同格式的參考文獻。

本文以 `bibtex` 的文獻資料庫方式呈現文獻的引用。除了運用 bibliography style 檔外，也增加一個知名的 package: `natbib`，可以選用文獻引用的呈現方式。讀者可以從本文原始檔下方的 `\bibliographystyle` 試用不同的 bst 檔，看看結果有何不同。

#### 5.2 參考文獻的引用：作者與年份

The second class of MVN tests in this package examine the skewness and kur-

tosis of the data. Two approaches are adopted. One uses the combination of the univariate skewness and kurtosis for all marginals, as proposed by ?, and ?. The other approach considers multivariate skewness and kurtosis proposed by ?. ? and ? consider the MVN test statistics by Small as "among the most powerful" and "of practical importance," while ? consider Mardia's procedures, based on multivariate kurtosis, as among the commonly used tests of MVN. Mardia's procedures are considered as a competitor in many related studies. In particular, the omnibus test by ? is widely cited in economics and business journals. Section 3 introduces these procedures, and explain how they are implemented in the **TWVN** software package ?. Comprehensive comparisons between these two types of tests were conducted by ?.

### 5.3 文獻引用方式

所謂 bibtex 的文獻資料庫是一個檔案（副檔名為 bib），將所有文獻依固定格式輸入（請參考附檔 WANG\_ref.bib 檔），譬如典型的幾個欄位「author」、「title」、「journal」、「year」、「volume」及「pages」。作者可以將所有曾經引用過文獻都放在這個檔案一起維護。需要引用時，只要 \cite 標號（label）即可。最大的優點是不需要為每篇文章重複的文獻資料再輸入或複製一份。也因為格式固定的關係，維護與管理都很方便，當需要以不同方式呈現時，只要呼叫適當的 bibliographystyle 即可。

上節的陳述方式所配合的 bibliographystyle 是 plainnat。這是個常見的格式，有很多選項（options），預設為「作者 [年份]」，也就是上文看到的樣子。與前兩篇文章不同之處在引用時不需要再輸入作者姓氏，直接用 \cite 引用就會出現在作者資料庫檔的作者名字與年份。讀者可以試著採用不同的 bibliographystyle，<sup>1</sup>看看有什麼不同。

<sup>1</sup>請查看本文原始檔引用 bibliographystyle 的地方，旁邊有註解好幾個不同的格式。

## 5.4 製作方式

由於使用了另一個檔案 (bib 檔)，編輯的過程要經過幾道程序。編譯前先準備好 bib 檔 (格式如附件的 WANG\_ref.bib)，及本檔 (檔名: template\_ref.tex，引用參考文獻的方式見前段的示範)。對本檔案編譯四次，程序如下：

1. XeLatex
2. Bib Tex
3. XeLatex
4. XeLatex

第一次引用 bib 檔或是更新 bib 檔時才需要四道程序，如果只是修改文章內容或更動引用，只需進行一般的編譯。但如果出現異常狀況，可以試著先清除所有編譯過程的附屬檔，再重新執行上述程序。





## 附錄 A: MH 演算法

蒙地卡羅積分的困難處在於需從複雜的機率分配函數中取得樣本, Metropolis 與 Ulam (1949)、Metropolis 等 (1953)、Hasting (1970) 試著藉由隨機抽樣的方式整合複雜的函數, 進而發展出 MH 演算法。

表 A.1: 台灣地區人口統計資料 \*

年底別	人口成長率 (%)	總生育率 (%)	老年人口比例 (%)	老化指數 *(%)
民國 81 年	9.55	17.30	6.81	26.41
民國 82 年	9.27	17.60	7.10	28.24
民國 83 年	8.69	17.55	7.38	30.22
民國 84 年	8.48	17.75	7.64	37.59
民國 85 年	7.87	17.60	7.86	39.40
民國 86 年	10.10	17.70	8.06	40.85
民國 87 年	8.54	14.65	8.26	42.33
民國 88 年	7.47	15.55	8.44	44.17
民國 89 年	8.34	16.80	8.62	40.58
民國 90 年	5.79	14.00	8.81	42.33
民國 91 年	5.14	13.40	9.02	44.17
民國 92 年	3.72	12.35	9.24	46.58
民國 93 年	3.74	11.80	9.48	49.00
民國 94 年	3.58	11.15	9.74	52.00
民國 95 年	4.66	11.15	10.00	55.17
民國 96 年	3.58	11.00	10.21	58.13
民國 97 年	3.43	10.50	10.43	61.51
民國 98 年	3.59	10.30	10.63	65.05
民國 99 年	1.83	—	10.74	68.64

\* 資料來源: 內政部戶政司, 2011 年。

\*: 老化指數指 65 歲以上人口占 0 到 14 歲人口的比率。





## 附錄 B: 聯合模型的 M 步驟

EM 演算法的主要目的是藉由最大化觀測資料的概似函數來估計參數，其中 M 步驟為找出使期望概似函數有最大值的最大概似估計式。





## 附錄 C: 附圖

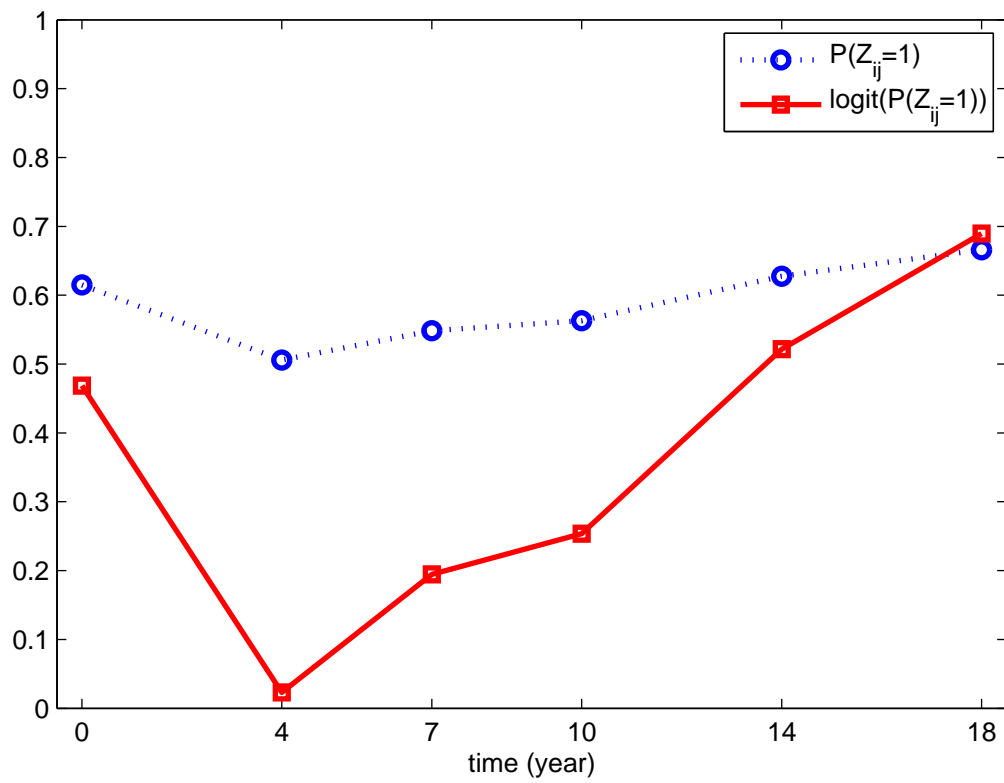


圖 C.1: 高生活滿意度的比例與對數勝算趨勢圖