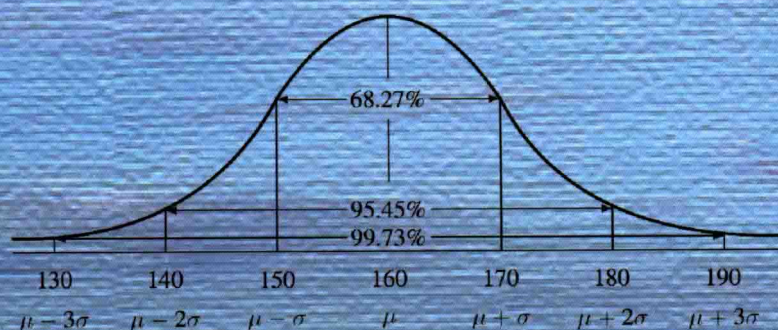


生物統計學入門

ELEMENTARY BIOMETRY

第六版

沈明來 編著



九州圖書文物有限公司

生物統計學入門

ELEMENTARY BIOMETRY

第六版

沈明來 編著



九州圖書文物有限公司

生物設計學入門= Elementary Biometry /沈明來 編著—

第六版，——臺北市；九州圖書，2014年8月

面；公分

參考書目：面

含索引

ISBN：978-986-6929-34-2（平裝）

1. 生物學—統計

360.13

103010205

本書之文字或圖片，如未獲得本公司書面同意，不得以任何方式抄襲、節錄或翻印

行政院新聞局出版事業登記證局版北市業字第 1223 號

生物統計學入門 第六版

（平裝）定價新台幣 550 元

編著者：沈明來

封面設計：沈怡君

發行所：九州圖書文物有限公司

發行人：詹九州

總經理：九州圖書文物有限公司

地址：106 台北市大安區新生南路三段 88 號五樓

（台灣大學側門麥當勞樓上）

電話：(02)2365-2183，2365-7917

傳真：(02)2364-9642，2364-9654

郵撥：0166042-9

e-mail：jcpub@ms19.hinet.net

網址：www.jcbooks.com.tw

印刷所：瑞明彩色印刷有限公司

第一版：1990年8月

第六版：2014年8月

ISBN：978-986-6929-34-2

本公司出版及總經理之圖書，凡有跳頁、缺損等故障情形，無論何時均可退換，退換郵資由本公司負擔。

第六版序

在從事試驗研究前大家都會有個問題，每個參試處理到底需要做多少次試驗才有足夠樣品數，以確保試驗結果有一定程度的準確性 (accuracy) 與精密度 (precision)。這個問題是要看試驗的對象 (試驗材料) 而定，若是一般農作物田間試驗，依前人之研究結果，每處理僅需 4 至 6 次重複即夠。若是其他試驗如動物試驗 (包括人)，則要依其變異大小而定，若有前人研究之先導資料 (pilot data)，則問題比較容易處理，若無此試驗資料，則應先做一小規模之試驗，以取得其平均數與變異數，做為計算樣品大小之必備數據。樣品大小的決定是依試驗目標 (study objective)，設定的信賴度 (reliability) 及檢定力 (test of power)，再利用適當的公式求得。

在計算適當樣品大小上，本版重新整理，並依連續資料 (continuous data) 與比率資料 (ratio data)；一個樣品設計 (one-sample design) 與兩個樣品設計 (two-sample design)，分別導出樣品大小的計算公式，並舉例說明各種方法之應用原則，讓讀者容易遵循，以解決試驗研究時之疑慮。當然決定樣品大小之方法還有很多，本書僅提供一些簡單易算的方法給讀者參考。

本書內容包含統計理論公式與實務應用，對於喜歡追根究底的讀者提供一些理論根據，所以書本篇幅會覺得較多。而有些讀者只希望能懂些基本統計常識及實務應用即可，這時只要瀏覽各章節之前言部分，跳過統計公式證明，進而研讀各章節例題之應用及說明即可，就不會覺得書中內容太多。其實研究統計學，最終目的還是在實務應用部分，統計公式不過是過程而已，謹此提供讀者參考，還請學者專家不吝賜教。

沈明來 謹識

2014年8月

台灣大學農藝學研究所 生物統計學組 名譽教授

第五版序

鏡越擦越亮，書越改越明，本版除了修改小部分內容外，亦增加一些圖表，讓讀者更易瞭解統計學概念及應用要領。筆者在教學中時時留意聆聽師生的意見，有的學生建議增加每章後之習題，以增多演練的機會，有些老師建議製作 PowerPoint 投影片，需要時可方便教學，這些建議在本版都增訂了。投影片是綜合本組博士班學生林志榮及劉仁沛教授的讀書班學生群的傑作而完成的，在此謹致謝忱。本書投影片已製成光碟，免費贈送給授課老師，可向九州圖書文物有限公司索取。

對於本書若有任何建議請不吝賜教，以便日後修正，使本書更適合讀者的需要。

編著者 謹識
2007年2月

第四版序

本書自 1990 年出版以來已有 11 年的使用經歷，前後經過三次改版，每次改版都接納學校師生和研究單位研究人員之建議，改進及更新教材內容，以適合使用者的需要。為使本書教材更為完善及易讀，本版內容重新編輯，刪舊佈新，增加不少材料，加強統計學基本概念及合理適當使用法，並於每章之後增列本章重點摘要，能使讀者一目瞭然本章內容所在，易於複習。

學無止盡，本書若有錯誤或不確切之處，懇請批評指正，以便日後修正。

編著者 謹識
2001年9月

第三版序

本書自第一版出書迄今已進入第十個年頭，這期間承蒙生物統計學老師及同學的支持與肯定，使得本書能繼續印行，筆者也戰戰兢兢努力地扮演著學習者的角色，與大家一起學習成長。在這教學與學習過程中不斷地與本所同仁砥礪切磋，期望本書能更簡潔易讀。因此在本版中有些不很恰當的符號都盡量改進了，同時增加一些常用的統計方法，也增加 SAS 電腦程式於各章節之後，以方便計算。有不少老師建議，本書雖為生物統計學入門教科書，應加些試驗設計法，使本書能銜接生物統計學第二部「試驗設計學」，讓沒時間或沒機會修習試驗設計的讀者也能諳試驗規則，以便能分辨正確的資料分析法。在不增加讀者太多負擔情況下，本版中特別介紹兩種最主要常用試驗設計法，使讀者瞭解統計方法中資料分析的技巧。若讀者想更進一步認識試驗設計學之功能與用法，可參考拙著「試驗設計學」一書。

編作者 謹識
1999年8月

自序

這是一本極易閱讀與理解之統計學入門書籍，也是一本從事試驗研究不可或缺的參考書。統計學之應用目前在國內並不盛行，原因無他，蓋統計學之原理與方法涵蓋了數學的邏輯與機率概念，這些概念都不易被初學者領會，因此學習者都感到興趣缺缺，雖明知其為從事研究必備的工具，但大都迷迷糊糊囫圇吞棗，故也就未能窺見統計學之大義了。這是我們從事統計學推廣教育所擔憂的。筆者從學習到教授生物統計學，歷經三十幾年歲月，無時無刻不在想法子把統計學的邏輯概念口語化及生活化，使得原本很抽象或很學術化的術語或公式，利用巧妙的解析或舉例，讓學習者能很快且清楚瞭解其意義，窺見其奧祕進而喜歡它，使得統計學教育能普及，以帶動國內科技的發展。

統計學雖有數種部門之分，如生物統計學、工業統計學、經濟統計學、社會統計學等等，但其數理之原理與公式是相同的，只是所應用的對象及例子不同罷了。本書專門應用於有生命或有機物的事物，故名生物統計學，主要包括農業各科、動植物、病蟲害、醫學各科、食品科學及行為科學等。但有時也穿插少數社會上與工業上應用的例子，使讀者也能瞭解統計學之應用範圍及功能。

本書所用的數理公式極為簡單，只要有高中程度的數學基礎，就能勝任愉快，雖有些地方也引用微積分的概念，但實際應用與計算上是無關緊要的。數學上很多複雜的數理公式，到了統計學就變成查表的工作了。因此在應用統計學上是不需要很深的數學理論，只要讀者把握統計學應用的理念與方法，就不難走出統計學的象牙塔或迷魂陣。不過天下沒有白吃的午餐，讀者若要一味要求速成，那是緣木求魚。必須從基本的觀念，循序漸進，才能懂得統計學應用的要領，若讀者斷章取義，有時可能會弄巧成拙。

本書內容共分十二章，前三章為敘述統計學上資料的取得及整理方法，第四、五章為統計學之主要基礎概念，第六、七章為統計學上應用推理之基本原則，第八、九、十章為實際生物統計學上之應用方法。第十一章為迴歸與相關分析，大多應用於有測量單位之資料，第十二章為無母數統計法，用於沒有測量單位的資料。

國內統計學之專有名詞的中文譯名尚無統一，本書大多沿用恩師汪厥明教授之譯名，如變方 (variance)(譯為變異數)，有些也採用國內普遍譯名，如母數 (parameter)、隨機 (random)等，不過這些名詞不同的譯名並不影響瞭解書中的內容。書中之例子有些是實際的試驗資料，而有些是筆者杜撰的，但都合乎事物發生的實際現象。從例子中，讀

者可以領會統計學之應用要領，有時讀者可以從例子中去瞭解統計公式之含義及其計算要領與技巧。本書之完成首先要感謝九州圖書文物有限公司老闆詹九州先生之熱誠鼓勵，並慨然承諾出書，才能使本書早日與讀者見面。同時也感謝生物統計研究室同學李正行與李正芬姐弟協助文稿整理，林雅琴小姐細心校對文稿，並指出不少筆者忽略及錯誤之處，使得本書出版後之錯誤減至最少。小女怡君協助本書內圖表之繪製，都是本書完成的功臣。

雖然筆者有心想把生物統計學的教育推廣普及，以協助國內生物科學之生根發展，但筆者自覺才疏學淺，又成書倉促，書中謬誤之處無可避免，企盼同道及學者不時不吝指正賜教，以便隨時修正為禱。

沈明來 謹識

民國七十九年八月於

國立台灣大學農藝學研究所

生物統計學組

第一章 緒 論

1.1 統計學是什麼？	1
1.2 統計學應用之範圍	2
1.3 如何研習統計學	3
摘 要	5
問題一	6

第二章 族群與樣品

2.1 族群	7
2.2 樣品	8
2.3 隨機樣品	9
2.4 隨機抽樣法	9
2.5 隨機數字之應用	10
2.6 隨機排列	14
2.7 抽樣誤差	15
摘 要	19
問題二	20

第三章 敘述統計學

3.1 資料整理	21
3.1.1 分立變數與連續變數	21

3.1.2	資料表格化法	22
3.1.3	製圖法	26
3.2	中心位置測定值	33
3.2.1	算術平均值	34
3.2.2	算術平均值之性質	35
3.2.3	中量	39
3.2.4	眾量	41
3.2.5	算術平均值、中量與眾量之關係	42
3.2.6	幾何平均值	43
3.2.7	調和平均值	44
3.2.8	分組資料算術平均值及中量求法	45
3.3	分散度測定值	46
3.3.1	全距與偏差	47
3.3.2	變方與標準偏差	49
3.3.3	樣品變方—均方	51
3.3.4	變方與標準偏差之性質	55
3.3.5	標準誤差	57
3.3.6	族群母數與樣品統計值	59
3.3.7	樣品均值與均方之無偏性	59
3.3.8	期望值	60
3.3.9	期望值運算法則	60
3.4	變異係數	64
	摘要	67

問題三	71
-----------	----

第四章 分立機率分布——二項分布與卜瓦松分布

4.1 機率的意義	73
4.1.1 機率運算法則	75
4.1.2 條件機率	78
4.2 機率分布	80
4.3 分立隨機變數機率分布	81
4.4 機率分布之期望值與標準偏差	83
4.5 二項分布	88
4.6 卜瓦松分布	95
摘 要	104
問題四	105

第五章 常態分布

5.1 緒言	107
5.2 標準常態分布及其曲線下機率求法	111
5.3 常態分布之性質及重要性	118
5.4 二項分布近似常態	123
5.5 卜瓦松分布近似常態	126
摘 要	127
問題五	129

第六章 估計——統計推論

6.1 緒言	131
6.2 點估計	132
6.3 平均值之信賴區間估計	134
6.4 比例之區間估計	139
摘要	141
問題六	142

第七章 假設檢定——統計推論

7.1 緒言	143
7.2 假設檢定	146
7.3 兩型錯誤	148
7.4 單邊與雙邊檢定	150
7.5 α 、 β 、檢定力 ($1 - \beta$) 與樣品大小的關係 ...	153
摘要	156
問題七	160

第八章 樣品均值比較問題——樣品推論

8.1 學生氏 t 分布	163
8.2 t 分布之性質	164
8.3 一樣品均值推論	167
8.4 二項族群樣品均值推論	169
8.5 兩樣品均值差之推論	173

8.5.1	兩樣品均值差之分布	173
8.5.2	兩樣品均值差之 Z 分布與 t 分布	177
8.5.3	兩樣品均值成對 t 值測驗	178
8.5.4	兩樣品均值非成對 t 值測驗法	184
8.6	二項族群兩樣品均值差推論	191
8.7	二項族群比例值 Z 值檢定連續性矯正	195
8.8	卜瓦松分布兩樣品均值差推論	198
8.9	樣品大小的決定	199
摘 要	220
問題八	224

第九章 卡方分布及其應用

9.1	緒言	229
9.2	卡方分布	229
9.3	均方與變方比值之分布	235
9.4	兩族群變方相等性檢定	236
9.5	幾個族群變方相等性檢定	239
9.6	卡方分布之應用	243
9.6.1	適合性檢定	243
9.6.2	葉氏連續性校正	247
9.6.3	獨立性檢定	252
9.6.4	同質性檢定	264
9.6.5	費氏精確檢定法	267

9.6.6	McNemar 改變檢定法	269
摘 要		273
問題九		274
第十章 F 分布與變方分析		
10.1	F 分布	277
10.2	兩族群變方相等性檢定	281
10.3	t , χ^2 與 F 分布間的關係	283
10.4	變方分析	284
10.4.1	變方分析之原理	285
10.4.2	觀測值之組成份	288
10.4.3	平方和之劃分	291
10.4.4	單向變方分析數學模式及假設檢定 程序	295
10.4.5	數學模式中未知母數之估算	303
10.4.6	成對處理均值間差異比較	305
10.5	試驗設計	314
10.5.1	完全隨機設計	315
10.5.2	隨機完全區集設計	319
10.6	異常值(偏離值)偵測法	328
摘 要		335
問題十		337