

實驗法分析

陳玉玲 1104343109 104年12月9日

一、完全隨機設計(completely randomized design, CRD)

隨機化的觀念可上溯至二十世紀二、三〇年代英國著名統計學家 Ronald A. Fisher (1925) 所從事的研究，他認為當要分派 (assign；或譯為分配或指派) 研究對象到實驗處理 (treatments) 的不同組別時，分派這些研究對象的方式，必須是與研究對象的特質沒有任何關係的，例如，不會因為某研究對象比較高或者是比較敏捷而被分派至實驗組，分派的過程必須是隨機的被認為對實驗設計是既重要而且是相當可取的 (譚克平，2012)。

完全隨機設計的實驗研究中是將實驗處理完全隨機分派到實驗單位中，例如，情節 (plot)、動物、土壤樣本等等。每個實驗單位接受到實驗處理的機率是相同的 (van Belle & Kerr, 2012)。

(一) 完全隨機設計的優點

1. 允許完全的彈性化 (flexibility)：可以使用任何數目的實驗處理和重複性 (van Belle & Kerr, 2012)。
2. 使用相當簡單的統計分析：即使使用不同的實驗處理，有些變項重複和具有變項的實驗誤差存在，亦可使用簡單的統計分析 (van Belle & Kerr, 2012)。
3. 當實驗的資料有遺失值時，其統計分析依然很簡單 (Van Belle & Kerr, 2012)。
4. 提供最大數目的誤差自由度：以特定數目的實驗單位和實驗處理 (van Belle & Kerr, 2012)。
5. 試驗最簡單，試驗結果效力最高，適合任意處理數及重複數的試驗 (臺灣大學統計與生物資訊諮詢中心，2006)。
6. 確定在實驗起步之前沒有系統性的差異，也是建立因果關係的基本條件：即使執行隨機分派的過程，並不擔保各實驗水準的實驗單位成員就會完全相同或均質，此時實驗組與對照組的成員仍有可能在某些特徵上是不均質的，但這可能性會相對較低，隨機分派可以保證各組之間在實驗起步之前沒有系統性的差異，組別間若仍有差異，則僅止於是隨機性的差異 (譚克平，

2012)。

7. 當實驗單位是相對同質性的時候，完全隨機設計就可以適當地考驗實驗處理對反應變項的效果(Shieh & Jan, 2004)。

(二) 完全隨機設計的缺點

1. 因為缺乏對環境變異可能造成實驗誤差的限制，所以具有相當低的正確性。
2. 實驗的效率不高，只能分析單因素：不適用於大量的實驗處理，因為這需要大量的實驗材料，而使用大量的實驗材料，便會增加變異量(van Belle & Kerr, 2012)。
3. 研究領域的限制：雖然許多研究方法類的書籍對完全隨機設計的實驗法多少有所著墨，很少能夠在真正的社會工作實驗中實施(趙碧華和朱美珍譯，2000)。

例如，教育研究期刊中採用隨機化試驗的論文為數不多，譚克平(2012)按照一般途徑做初步的搜尋，只有3篇有用隨機分派的實驗研究法論文(方金雅和蘇姿云，2005；洪儷瑜和黃冠穎，2007；章勝傑和李冠蓉，2003)。

(三) 完全隨機設計的最適合的研究類型或條件

1. 適合可以進行隨機分派，研究對象不會有意見的研究類型：完全隨機化的實驗研究法的最大限制在於其「人工化」的程度過高，而如此的設寄情境在實際的心理與教育領域中，出現的機率較低，因此研究結果的實用性也會打折扣(黃寶園，2006)。
2. 適用的情境是「實驗材料具有同質性(homogeneous)」：也就是實驗室實驗，或生長室實驗(growth chamber experiments；van Belle & Kerr, 2012)。
3. 實驗單位的一小部分比較可能受到破壞，或者無法對實驗材料進行反應(van Belle & Kerr, 2012)。
4. 因為都是小樣本實驗，所以只具有小數目的自由度：因此完全隨機設計很少應用在「現場實驗」中(van Belle & Kerr, 2012)。

(四) 完全隨機設計的在專業領域運用的實例分析

1. 在醫學及公共衛生的研究領域最為常見：

例如，Borman(2009)透過大量採用隨機化臨床試驗的研究方式，成功撲滅了美國境內的麻疹及小兒癩痺症等疾病(Borman, 2009)。

針對所有參與研究的學童，隨機讓其中一半施打一種看似疫苗卻是惰性溶劑的安慰劑 (placebo)，另一半則施打疫苗，使得一、二及三年級的學童皆會接受相同的對待。為了增加試驗的嚴謹性，該計畫控制了各種會影響到如何挑選學童接種疫苗的偏倚因素，例如，有些醫師會傾向對較為健康的學童施打安慰劑，從而導致疫苗的效果呈為顯著；另外，居住在不同地區學童的整體健康狀況或許有所不同，從而干擾到研究結果的解讀。為了建立雙盲的機制，該計畫在每個箱子中裝有五十個玻璃的藥水瓶，其中二十五個裝安慰劑、二十五個裝疫苗，瓶子僅標示編號，只有特定少數服務於該評鑑中心的研究人員知道哪些瓶子裝有安慰劑，且被隨機放置箱子中，因此，當醫生或護士注射時並不知道該疫苗為何，藉此消除潛在的偏倚因素。

2. 動物實驗類型的研究：

例如，假設 A、B、C 為三種不同配方的食品(或作物品種)，進行品質(或產量)比較試驗，試驗材料為同一天出生的天竺鼠(或白老鼠)，每種食品(處理)重複四次，共需 $3 \times 4 = 12$ 隻天竺鼠，飼養一段時間後測量增重紀錄(臺灣大學統計與生物資訊諮詢中心，2006)。

二、隨機區集設計(randomized block design, RBD)

在隨機區集設計中使用一個會影響實驗結果或依變數的主要外在變數，如實驗單位的年齡層、性別、收入等。將實驗單位區分成數個區集，並將此變數特稱為區集變數。便可評量區集變數對實驗結果或依變項的影響程度(李明聰，2015 上課講義)。

(一)優點

1. 當實驗單位是異質性(heterogeneous)的時候，使用「區集」(blocking)，可以控制額外的變異來源；但是，當實驗單位是相對同質性的時候，完全隨機設計就可以適當地考驗實驗處理對反應變項的效果(Shieh & Jan, 2004)。
2. 因為在每個區集內是相當小梯度的改變，所以研究結果可以在相當同質性的條件下進行實驗處理效果之比較
3. 「區集效果」(block effect)可以藉由該變項的變異量來加以去除，而這也是誤差變異量。如此一來，可以實驗處理的效果可以獲得更為精確的測量；換句話說，均方誤(the mean square for error)將會變得更小，而實驗處理的 F 值應該會變得更大

(Halina, 2015)。

4. 完全彈性化：研究者可以依據自己的研究目的地和需求，使用任何數目的實驗處理和區集(Halina, 2015)。
5. 能提供更為正確的研究結果：因為分組的特性，所以「隨機區集設計」比「完全隨機設計」能提供更為正確的研究結果(Halina, 2015)。
6. 即使碰到遺失值時，也能使用相當簡單的統計分析。
7. 使用無偏差的估計值之時機：對特定的實驗處理，允許使用無偏差(unbiased error)估計值(Halina, 2015)。

(二)缺點

1. 不適用於大量的實驗處理，因為區集會變得過於龐大。
2. 當完全區集包含「相當大的變異」(considerable variability)時，便不適用隨機區集設計。
3. 在「區集效果」與「實驗處理效果」之間具有交互作用時，反而會增加誤差(Halina, 2015；Shieh & Jan, 2004)。

(三)最適合的研究類型或條件

1. 實驗單位依照「已知變異量」或「懷疑可能存在的變異量」區分成數個區集：「隨機區集設計」的設計方式不同於「完全隨機設計」，其實驗單位依照「已知變異量」或「懷疑可能存在的變異量」區分成數個區集，而這些變異量也可以依照這些區集來加以區隔。其變異量如「生育梯度、沙和風的梯度」(fertility, sand, and wind gradients)，或動物年齡和窩(litter)等，都可以藉由適當的區集來加以區隔(Halina, 2015)。
2. 在每個區集內的實驗對象都盡可能的同質，但是在不同的區集間必須盡可能的異質，且存在著最大的差異(Halina, 2015)。
3. 當你決定和計畫使用「隨機區集設計」，而不採用「完全隨機設計」時，就必須思考一個問題：區集必須如何使用，才能選取到和使用「完全隨機設計」時一樣多的實驗單位，這樣可以幫助研究者在進行實驗時，判斷區集化的有效性(Shieh & Jan, 2004)。
4. 每個個別的區集內的實驗單位所接受的實驗處理必須是隨機化(Shieh & Jan, 2004)。

(四)在專業領域運用的實例分析

在教育領域方面，張立言和高嘉蓮(2006)認為交通安全教育是臺灣地區改善整體交通安全重要的一環，大多數學校之交通安全教育課程無法在固定時段實施，僅能在彈性實習節數實施，而詳細的執行情形則由班導師視其他課程之進度決定。整體而言，交通安全教育課程的實施未受到應有之重視。因此本研究應用實驗設計方法分析在不同教學情境下國小學童對於交通標誌、標線與號誌以及交通常識之學習成效。以國立嘉義大學附屬小學之二、三年級學童(各5個班級)為研究對象，在低年級部分，透過隨機化集區實驗設計分析結果顯示教學法與教學時數會顯著影響學童之學習成效；但學童性別與其學業成就表現並不會顯著影響學習成效。在中年級部分，巢形實驗設計分析結果顯示教學方法會顯著影響學習成效。依據分析之結果，本研究針對未來國內小學交通安全教育之教學活動設計提出建議，期望能提供給國小教師及相關單位規劃交通安全教學活動之參考。

以鍾綉貞、張雅嫻、陳俐君和何宜靜(2010)的研究為例，自行車已成為最普遍且最符合環保的交通與休閒工具，為了幫助使用者在眾多車種的情況下，選擇適當的休閒乘用自行車，因此本研究針對城市車搭配不同車手把進行評估設計。實驗採完全隨機集區設計，自變項包括車手把與受試者，受試者視為集區，車手把包含平握型車手把、淑女型車手把、6度平握型車手把、12度平握型車手把、6度小摺型車手把以及12度小摺型車手把，共6種。實驗中收集並紀錄受試者的左/右手握力衰減值、第一次變換手腕姿勢的時間與變換手腕姿勢的次數、主觀施力知覺評比(RPE)以及手部各部位壓力程度評比等。研究結果顯示，左/右手握力衰減值以6度平握型車手把較大；12度小摺型車手把與淑女型車手把較小，兩者又以小摺型車手把比淑女型小。另外，大角度車手把的握力衰減值比小角度車手把小。第一次變換手腕姿勢時間與變換手腕姿勢的次數則以平握型車手把的時間較短且次數多。主觀施力知覺評比則以6度小摺型車手把為最小為佳，平握型車手把則為最差。手部壓力程度評比以平握型車手把發生不舒適的百分比較高，6度小摺則較低。綜合結果顯示，平握型車手把設計不適用於以休閒乘用為目的的騎乘。

上述鍾綉貞、張雅嫻、陳俐君和何宜靜(2010)研究環保的交通與休閒工具便是隨機區集設計的範例之一。

三、拉丁方格設計(Latin square design, LSD)

拉丁方格設計是一種不完全三因子平衡設計，每因子必須具有相同的水準數。第一個因子的各水準行程方格的行，第二個因子的各水準行程方格的列，第三個因子的各水準則置於方格內，而且每個水準在各個行與列中僅能出現一次(歐滄和和李茂能，1992)。

(一)優點

1. 拉丁方格可以減少實驗處理組的數目或控制由於重複測量所產生的次序性效應，或平衡個別差異所形成的效果(歐滄和和李茂能，1992)。
2. 因為只有一群受試者，因此不同的實驗狀況之間並不需要進行樣本的隨機分派處理(邱皓政，2008)。
3. 拉丁方格設計可以得到比「隨機區級設計」更多一個項目的均衡，因而誤差更小，效率更高。
4. 雙向誤差控制：使觀察單位更加區組化和均衡化，進一步減少實驗誤差，比配對組設計的誤差更小。
5. 可以節省研究者和受試者的人力與精力：假如研究者有 A、B、C、D 四種實驗狀況，採用「完全對抗平衡設計」時，必須使用 24 種實驗順序的組合，研究者重複操弄之之後，共計 96 次的實驗處理，相當耗費人力。若以拉丁方格的方法來進行，可以簡化成四組程序，每一個受試者只需接受一套實驗順序即可，可以減少研究者和受試者的負擔(邱皓政，2008)。

(二)缺點

1. 拉丁方格設計可以進行各個因子變異性的評估，但不能考驗其交互作用的情形(歐滄和和李茂能，1992)。
2. 靈活性較差，只能安排幾個因素，且要求各因素的水平相等。
3. 有時各因素之間可能存在交互作用，所以應用在實際情境中有一定的局限性。
4. 受試者的反應卻有可能受到實驗順序的影響，造成實驗效果的混淆(邱皓政，2008)。

(三)最適合的研究類型或條件

1. 適合應用在「受試者內」的實驗設計，讓同一組受試者接受不同的實驗處理。不適用於受試者間的設計(邱皓政，2008)。
2. 各個因素之間是互相獨立且無交互作用了(邱皓政，2008)。
3. 各個因素的水準數必須相同(邱皓政，2008)。

4. 適用的研究類型較為廣泛：教育教學方法之實驗與比較、醫學類、化學、農業等領域都有使用拉丁方格設計的研究。

(四) 在專業領域運用的實例分析

朱經明(2008)的主要研究目的在以基模化電腦影片及動畫協助聽障學生解算術金錢應用文字題。研究設計分為兩階段：第一階段採用之研究方法為希臘-拉丁方格設計。第二階段採用之研究方法為一個控制組二個實驗組前後測設計。研究樣本為聽障學生共 25 人，包括：第一階段聽障學生 12 人，第二階段聽障學生 13 人。

本研究第一階段採希臘-拉丁(Greco-Latin)方格設計，為一 $3 \times 3 \times 3 \times 3$ 的平衡對抗設計。針對研究問題一：基模電腦影片及動畫對聽障生是否較文字題容易理解？

表 3 第一階段希臘-拉丁方格設計

列	行		
	1	2	3
1	$A\alpha$	$B\gamma$	$C\beta$
2	$B\beta$	$C\alpha$	$A\gamma$
3	$C\gamma$	$A\beta$	$B\alpha$

表 3 中的字母 A、B、C 分別表示數學應用題的四種呈現方式：「中文」、「影片」、「動畫」。希臘字母 α 、 β 、 γ 表示數學應用題的三個平行題本，就本研究來說， α 、 β 、 γ 係指甲、乙、丙三個平行題本。在希臘-拉丁方格設計中，每行每列均出現有 A、B、C 及 α 、 β 、 γ ，但排列次序均不相同，故能獲得平衡對抗的效果。本希臘-拉丁方格設計將顯示文字、影片、動畫之主要效果之差別，而不同施測順序、不同受試者、及不同平行題本之影響將互相平衡抵銷。本階段主要在探討文字、影片、動畫三種呈現方式，對聽障生解算術應用題差異之情形。本階段受試聽障學生樣本共 12 位，包括 8 位國中 啟聰班聽障學生，及 4 位國小啟聰班聽障學生。

研究結果為聽覺障礙學生在以基模化影片及動畫呈現之算術應用題得分高於算術文字題。基模化影片及動畫能超越文字的鴻溝，適合聽障生優勢視覺管道。

上述的朱經明(2008)研究便是拉丁方格設計應用在教育領域的範例之一。

四、因子設計(Factorial design)

當一個實驗不只關心一種實驗操弄對於依變項的影響，而是同時處理一種或多種實驗的操弄時，稱為「因子設計」(factorial design)。

(一)優點

1. 同時處理多個自變項可以提高研究的效能：如果研究者認為有三個自變項(三種不同的實驗處理)，對於依變項都有相當的影響，研究者可以一次處理三個變項，以提高效率。
2. 多個自變項的實驗研究可以提升研究的實驗控制效果。
3. 多個自變項可以讓我們得到更豐富的研究發現：當只有一個自變項(A 因子)時，依變項的變化只能歸因於該自變項的影響。但是，當實驗設計當中安排兩個自變項(A 因子與 B 因子)時，影響依變項的來源，除了 A 因子與 B 因子的效果之外，還增加兩個因子的交互作用。換句話說，當獨立因子越多，實驗處理越多，可以在依變項身上看到更多元的變化(邱皓政，2008)。
4. 多重的自變項可以提高實驗研究的類化程度：因為一個實驗同時處理多個影響依變項的可能因素，對於依變項的觀察跨越了不同的情境或受試者，因此研究的結果可推及更廣泛的層面，對人類行為的了解更加完整，可提高實驗研究的外在效度(邱皓政，2008)。

(二)缺點

1. 因子設計的主要缺點是實驗時，若使用超過兩個因子以上，或者每個因子的水準超過兩個水準以上，都會有其困難度(Explorable, 2015)。
2. 計畫因子設計時必須極為謹慎小心，當因子中的任何一個水準有誤差存在，或者在一般操控實驗時有錯誤存在，將會危及整個實驗(Explorable, 2015)。

(三)最適合的研究類型或條件

1. 因子設計最適用於心理學家和現場科學家做為「初步研究」(preliminary study)之用。讓他們可以在減少實驗誤差和混淆變項(confounding variables)的情形下，判斷各個變項之間是否有連結存在(Explorable, 2015)。

2. 因子設計也可以用來簡化研究過程，而且讓研究變得更加節省人力和精力，並允許更多層次的分析。不但可以強調變項與變項之間的關係，也可以操控單一變項，而單獨了解此一變項的效果 (Explorable, 2015)。
3. 一般而言，傳統的研究方法一次只研究一個變項的效果，因為在統計上更為容易操作。然而，在許多情形下，兩個因素可能是相互依賴的，所以嘗試以傳統的方法來進行研究與分析，可能是不切實際或錯誤的 (Explorable, 2015)。
4. 社會研究者經常使用因子設計，將社經地位因素和背景納入考量，進而評估不同教學方法的效果 (Explorable, 2015)。
5. 農業科學需要進行田野實驗時，經常會使用因子分析來考驗不同變項在農作物上的效果。在這些大量的研究中，研究者很難將每個變項獨立出來並做考驗，如此進行也不實際 (Explorable, 2015)。

(四) 在專業領域運用的實例分析

以黃靖萱和陳淑恩(2001)的研究為例，了解品牌聯盟對蓮霧品牌評價影響。本研究利用主品牌品質認知、次品牌熟悉度及品牌聯盟之契合度三個自變數，檢定 5 個研究假設，以探討品牌聯盟對蓮霧品牌評價之影響。本研究採用 2(主品牌品質認知:高、低) × 2(次品牌熟悉度:高、低) × 2(品牌聯盟契合度:高、低)的受測者間之因子實驗設計，包括 8 組實驗組及 2 組控制組。本研究首先施行兩次之預試 (pretest)，進行變數之操弄(variable manipulation)，以選取適合之主次品牌，然後進行正式實驗。本研究利用獨立性 t 和 z 檢定及變異數分析進行假設檢定。研究結果顯示品質認知高之主品牌蓮霧品牌聯盟前後之品牌評價沒有顯著差異，但品質認知低者則會顯著提高。在影響品牌聯盟評價之因素上，主品牌蓮霧品質認知的高低對蓮霧品牌聯盟評價不具影響，但次品牌之熟悉度及品牌聯盟之契合度則對蓮霧品牌聯盟評價具有直接及交互性之影響。

以黃靖萱和陳淑恩(2001)的研究為例，可了解因子設計，也可以適用在品牌聯盟對蓮霧品牌評價影響。

五、參考文獻

Borman, G. D. (2009). The use of randomized trials to inform education

- policy. In G. Sykes, B. Schneider, & D. N. Plank (Eds.), *Handbook of education policy research* (pp. 129-138). New York: Routledge.
- Explorable (2015). *Factorial Design - Testing the effect of two or more variables*. Retrieved from <https://explorable.com/factorial-design>
- Halina, M. Z. (2015). *Experimental design and data analysis workshop*. 2015年12月21日取自 <http://www2.hawaii.edu/~halina/>
- Shieh, G., & Jan, S. L. (2004). The effectiveness of randomized complete block design. *Statistica Neerlandica*, 58(1), 111-124. Retrieved from EBSCO.
- van Belle, G., & Kerr, K. F.(2012). *Design and analysis of experiments in the health sciences*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- 朱經明(2008)。基模化電腦影片及動畫對聽障學生解算術金錢應用文字題成效之研究。《特殊教育學報》，(27)，31-52。
- 邱皓政(2008)。《量化研究法(一)：研究設計與資料處理(修訂版)》。台北：雙葉書廊。
- 張立言和高嘉蓮(2006)。國小學童交通安全教育課程學習成效之研究—以國立嘉義大學附設實驗國民小學為例。《運輸計劃季刊》，35(2)，261-279
- 黃靖萱、陳淑恩(2001)。品牌聯盟對蓮霧品牌評價影響之研究。《農業經濟叢刊》，6(2)，255-281。
- 黃靖萱、陳淑恩(2001)。品牌聯盟對蓮霧品牌評價影響之研究。《農業經濟叢刊》，6(2)，255-281。doi:10.6196/TAER.2001.6.2.5
- 黃寶園(2006)。《心理與教育研究法》。台北：華立圖書。
- 臺灣大學統計與生物資訊諮詢中心(2006)。《實驗設計學》。2015年12月9日取自 www.statconsult.ntu.edu.tw/
- 趙碧華和朱美珍譯(2000)。《研究方法—社會工作暨人文科學領域的運用》。台北：學富文化事業有限公司。
- 歐滄和、李茂能(1992)。《社會科學研究法辭典》。高雄：復文圖書出版社。
- 鍾綉貞、張雅嫻、陳俐君和何宜靜(2010)。城市休閒乘用自行車車手把之人因工程評估。《工作與休閒學刊》，2(1)，19-29。
- 簡博浩和韓志翔(2008)。任務性、脈絡性及適應性績效表現對主管獎酬決策的影響：調查法及實驗法。《臺大管理論叢》，18(2)，27-62。doi:10.6226/NTURM2008.18.2.27
- 譚克平(2012)。隨機化試驗在教育研究中的應用。《教育科學研究期刊》，55(4)，69-95。