

不同變異數分析考驗的優缺點比較

王俊明

國立體育學院

體育研究所教授

本文的主要目的是討論變異數分析的性質，並比較不同種類的變異數分析之優缺點。筆者以例子說明各類型變異數分析的結果，所舉的例子包括有獨立樣本單因子變異數分析、重複量數單因子變異數分析、獨立樣本二因子變異數分析、混合設計二因子變異分析及重複量數二因子變異數分析等。此項結果可以提供研究者們在事研究工作時，能選擇比較適當的實驗設計。

關鍵字：變異數分析

壹、前言

我們經常可以在研究報告上看到學者們使用變異數分析 (analysis of variance, 簡稱 ANOVA) 來分析資料，究竟變異數分析的性質是什麼？不同的變異數分析考驗之間又有何優缺點呢？本文即針對這些問題加以討論，並舉例予以說明(本文所用的色光反應時間基本資料均為虛擬的數據)。變異數分析主要是用來考驗三個或三個以上母群平均數的差異，一般而言，變異數分析可分為單因子、二因子及多因子等幾類。由於多因子變異數分析基本上即是二因子變異數分析的延伸，因此在本文中將不予討論。本文只針對單因子與二因子變異數分析考驗的優缺點加以比較。

貳、變異數分析的性質

在進行變異數分析時，必須滿足三項假設：1.獨立性

(independence)--所用的資料必須來自彼此獨立的隨機樣本；2.常態性(normality)--各樣本必須取自呈常態分配的群體；3.變異數同質性(homogeneity of variability)--各樣本必須取自變異量相等的群體(Maxwell & Delaney,1990)。中央極限定理(central limit theorem)指出當樣本的大小適當時(樣本數約 30 個以上)，常態性的假設一般是可以獲得滿足(楊國樞等，民 67)。其次，在選取樣本及分派樣本至各組時若能達到隨機化的要求，獨立性的假設亦能獲得滿足。至於變異數同質性的要求，則必須在進行變異數分析之前先做變異數同質性的檢定。假如各組中有變異數不同質的情形時，第一類型錯誤的概率和統計考驗力都會受到影響(Wilcox,1987)。因此必須將資料先予以轉換後，才能進行變異數分析；或者另行用無母數的統計方法進行分析。一般而言，若是各組的人數相等時，常態性及變異數同質性的問題就不大(林清山，民 81)。

變異數分析既然可分為單因子、二因子及多因子等幾類，這些因子究竟是怎麼樣產生的呢？通常因子的產生有來自樣本不同的屬性，也有來自實驗不同的處理。就前者而言，如樣本的性別、職業、教育程度、種族等，這些都是來自樣本自然的屬性。各種屬性會因其性質的不同而分成幾個類別，如性別可分為男、女，職業可分為軍、公、教、農、工、商等。但也有就樣本的某種特質加以分類的，如將樣本的成就動機分數定出切截點(cut-off score)，然後將樣本分為幾種不同的群體(如高成就動機、中成就動機及低成就動機三類)。本來成就動機分數是屬於連續變數的，但經過分類後，就成為類別變數。像這種因子的產生方式，就變成是人為的分類。而成就動機分為高中低，即形成三個水準(level)。至於因不同的實驗處理而產生的因子，如實驗者可藉由不同的教學法和不同的教學氣氛來觀察受試者的學習效果。教學法和教學氣氛即是兩個因子，其中教學法又可隨實驗者的研究目的而分為幾個類別，如可分為啟發式、講演式、欣賞式等幾種；

而教學氣氛也可分為嚴肅及輕鬆的氣氛。教學法和教學氣氛是由實驗者所操弄的，通常我們將此操弄的變項稱為自變項 (independent variable)，而學生的學習效果則是依變項 (dependent variable)。前述因樣本的屬性而形成的因子，我們通常不稱其為自變項，而稱為屬性變項，或叫其為類別變項。以上僅就變異數分析的性質做一簡單的描述。其次，本文將針對單因子變異數分析 (獨立樣本、重複量數) 與二因子變異數分析 (獨立樣本、混合設計及重複量數) 等五種變異數分析的優缺點加以比較，並以例子補充說明。

參、五種變異數分析的優缺點比較

一、獨立樣本單因子變異數分析與重複量數單因子變異數分析的比較

獨立樣本單因子變異數分析又稱為完全的隨機設計 (completely randomized design, 簡稱 CR 設計)，重複量數單因子變異數分析則被稱為隨機區組設計 (randomized block design, 簡稱 A(S 設計)。CR 和 A(S 的主要差異是前者各組之間的受試彼此互為獨立，而後者各組的受試則是相同的。如表一是 30 名受試者在三種色光上的反應時間，每種色光各有 10 名受試者，每組的受試都是從抽取的 30 名樣本隨機分派至各組的，各組的受試只針對某一種色光反應。表三則是 10 名受試者分別在三種色光上的反應時間，每一名受試者都必須對三種色光反應。

在變異數分析中，獨立樣本和重複量數的設計各有其優缺點，研究者應針對自己的研究目的選擇適當的設計。以下就將獨立樣本單因子變異數分析和重複量數單因子變異數分析的優缺點陳述如後：

1. 重複量數比獨立樣本的設計較節省受試者。當研究者在從事實驗處理的時候，若是取得樣本不易，則可考慮採用重複量數的設計。因為在重複量數時，每一種實驗處理都會用在所有的受試

上，故不需要像獨立樣本那樣取較多的受試者。

2.實驗法的研究，樣本通常不會太大。此種情形在獨立樣本時，有可能會有人數不等，而且變異數不同質的情形。遇到此種情形就必須把資料轉換，才能進行變異數分析；或者用別的統計方法才能加以分析。但若用重複量數的設計，比較不會遭遇到類似獨立樣本的情形。因為採用重複量數的設計時，各組人數都是相等，而且各組變異數也傾向同質(因為各組都是同一批受試者)。

3.在重複量數時，因個別差異所造成的變異量已從總變異量中排除掉(即 $SS_{b.subjects}$ 從 SS_t 中排除掉)，因此會使誤差變異量減少(即誤差項 MS 變小)。在誤差項變小時，因實驗處理所造成的離均差平方和除此誤差項所得的 F 值，相對的就會變得較大。當 F 值增大時，拒絕虛無假設的機率就相對的增大，亦即實驗處理的效果比較會達到顯著水準(林清山，民 81)。而在獨立樣本時，由於所有的受試都是隨機分派到各組，有時會因機遇的誤差(chance error)，使得各組的變異數有擴大的可能(Christensen & Stoup,1986)。假設有三個組，每一組都有 5 個人。現假定第一組的值是「1,2,1,2,3」；第二組的值是「4,5,4,5,6」；第三組的值是「7,8,7,8,9」。這三組的標準差(σ)都是 0.84，以此資料進行獨立樣本單因子變異數分析，所得的誤差項是 0.70 (F 值=64.29, $p<.001$)。但若因隨機分派時機遇的誤差，使得第一組的值變成「1,2,5,2,9」($\sigma =3.27$)；第二組的值變成「1,5,4,7,6」($\sigma =2.30$)；第三組的值是「3,8,7,8,4」($\sigma =2.35$)。此時的誤差項就變成 7.17 (F 值=0.87, $p=0.4457$)。當誤差項增大時，拒絕虛無假設的機率就相對的減少。在大樣本時，誤差項還不會有太大的變化。但若是樣本數太少時，難免就會受到機遇誤差的影響。表一和表三的數據是一樣的，只不過表一是獨立樣本的資料，而表三是重複量數的資料。在每一種色光都要 10 名受試者的情況下，獨立樣本的設計共需要 30 名受試者，而重複量數的設計則只需

要 10 名受試者。可見重複量數的設計在受試的需求上比較經濟。表二是 30 名受試者反應時間的單因子變異數分析摘要表(獨立樣本)，表四則是 10 名受試者反應時間的單因子變異數分析摘要表(重複量數)。表三的誤差項是 2.79，表四的誤差項是 2.55。比較這兩個誤差項，可以了解到重複量數的誤差項的確比獨立樣本的誤差項要小。

4. 重複量數的設計會使受試的表現受到序列效應(sequence effects)的影響，而獨立樣本則無此困擾。在表三的例子中，若每個受試者都要對每一種色光作 10 次的反應，先作的色光固然不會受到練習和疲勞的影響。但第二種色光的反應時間，可能會因受到第一種色光練習的影響而變快。第三種色光則可能因前面已作太多的反應，受到疲勞的影響而使反應時間增加。對於表三的問題，雖然可以用對抗平衡法(counterbalancing)加以解決，但此種方法並不見得能用在所有的重複量數的設計上。當某些實驗處理彼此會互相影響時，延續效應(carry-over effects)的影響就會出現。如某個研究者想比較練習式、欣賞式及講演式三種教學法對學生籃球投籃學習效果的影響，若採用重複量數的設計，較前面實施的教學法勢必會影響到後面教學法的教學效果。像此項研究，就應該採用獨立樣本的設計，才能避免延續效應的影響(Christensen & Stoup, 1986)。事實上，重複量數的設計比較常被應用的是前後測的研究，如研究者可以比較意像訓練對選手實施前、後及追蹤的投籃成績。

5. 在重複量數時，因為每一個受試者都要接受所有的實驗處理，故所需的實驗時間比在獨立樣本時要多一些(獨立樣本各組的受試者可以同時接受實驗處理)，假如實驗的時間不夠寬裕時，獨立樣本的設計應該是比較值得考慮的。

6. 重複量數的設計除了要符合變異數分析的三項假設外，還要加上一項差值變異數(variances of differences)的同質性考驗。各個實驗處理之間可以分別按各個受試兩兩求出其差值，然後求出

其變異數，並做同質性的考驗(Keppel,1982)。如以表三的資料為例，紅光和黃光差值的變異數可由 10 個受試者在這兩個色光反應時間的差值「-1,6,1,1,1,-2,1,0,0,-1」算出得到 4.71。同理，紅光和綠光的差值變異數是 8.10，而黃光和綠光則為 2.50。求得這些變異數之後，即可進行同質的考驗。

表一 30 名受試者在三種色光的反應時間

紅光	黃光	綠光
5	6	4
8	2	2
6	5	4
7	6	5
6	5	2
2	4	5
5	4	2
2	2	4
4	4	5
2	3	3

表二 30 名受試者反應時間的變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p 值
組 間	6.07	2	3.03	1.09	0.352
誤差項	75.40	27	2.79		
全 體	81.47	29			

表三 10 名受試者在三種色光的反應時間

紅光	黃光	綠光
----	----	----

5	6	4
8	2	2
6	5	4
7	6	5
6	5	2
2	4	5
5	4	2
2	2	4
4	4	5
2	3	3

表四 10名受試者反應時間的變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p 值
受試者間	29.47	9			
受試者內	52.00	20			
色 光	6.07	2	3.03	1.09	0.327
誤 差 項	45.93	18	2.55		
全 體	81.47	29			

二、獨立樣本單因子變異數分析與獨立樣本二因子變異數分析的比較

表五是 30 名受試者(男生 15 名，女生 15 名)在三種色光上的反應時間，表六是 30 名受試者反應時間的變異數分析摘要表(獨立樣本二因子變異數分析)，表七則是 30 名受試者反應時間單純效果的變異數分析摘要表。獨立樣本二因子變異數分析，顧名思義，知其有兩個因子，因此又被稱為 $A \times B$ 的設計。此種設計的每個因子中的各個水準(或類別)都互為獨立，如表五的資料，第一個因子是色光，分為紅、黃、綠三個類別；第二個因子是性別，分為男、女兩類。以下就將獨立樣本單因子變異數分析與獨立樣本二因子變異數分析的優缺點加以比較如後：

1. 二因子變異數分析不但可以看出兩個因子的主要效果，同時還可了解兩個因子對依變項交互作用的影響(Kirk,1982)。由表二

的資料得知，單因子變異數分析只能就三種色光的反應時間加以比較。而二因子變異數分析除了可以做色光的差異比較外，還可就性別的差異予以比較。此外，二因子變異數分析最重要的是可以看出色光和性別對受試在反應時間上的交互作用影響。在單因子變異數分析時，由於未將性別的因素考慮進去，因此三種色光對受試的反應時間的影響並沒有差異。但在二因子變異數分析時，因為加入了性別因素，從表七的結果可以看出男生在三種色光的反應時間上有差異存在，而且男生和女生在紅光的反應時間也有差異。亦即在二因子變異數分析時，可以進一步了解反應時間是否會因性別和色光的不同而有差異，此為二因子變異數分析比單因子變異數分析有利的地方。

2. 二因子變異數分析較單因子變異數分析有較小的誤差項，因此其主要效果較容易達到顯著水準。由表六和表二的變異數分析資料得知，二因子變異數分析的誤差項比單因子變異數分析的誤差項要小(1.72 vs. 2.79)，因此其色光所得的 F 值犯第一類型錯誤的概率要比單因子變異數分析 F 值的錯誤概率要來得小(0.192 vs. 0.352)，亦即若以色光反應時間的差異來比較的話，二因子變異數分析比單因子變異數分析有較容易達到顯著水準的傾向。

3. 二因子變異數分析比單因子變異數分析較節省受試。若要比較人們在紅光、黃光及綠光反應時間的差異，假設各組都要 10 名受試者，就需要 30 名受試者。此外，若還要進行男女在反應時間的差異比較，各組都要 15 名受試者，則共要 30 名受試者。這兩種反應時間的研究共需要 60 名受試者。但在二因子變異數分析時，則只要 30 名受試者即可，如表五所示。

4. 當單因子變異數分析各組的人數不等時，尚可用傳統的變異數分析進行考驗。若二因子變異數分析各組人數不成比例時(disproportional)，則不可用傳統的變異數分析去進行考驗，因為此時的 $SS_a + SS_b + SS_{ab}$ 並不會等於 $SS_{b, cell}$ (SS_a 和 SS_b 有一部份是重疊的)。此時應該調整各細格內的人數，再進行變異數分析。

比較簡單的方法是採用一般線性模式(general linear model)的方法，也就是用迴歸分析的方法去進行考驗。不過用此方法時，最好用 SPSS 或 SAS 的套裝軟體比較方便。

表五 30名受試者在三種色光的反應時間

	紅光	黃光	綠光
男	5	6	4
	8	2	2
生	6	5	4
	7	6	5
女	6	5	2
	2	4	5
生	5	4	2
	2	2	4
生	4	4	5
	2	3	3

表六 30名受試者反應時間的變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p 值
色光(A)	6.07	2	3.03	1.77	0.192
性別(B)	16.13	1	16.13	9.40	0.005*
A×B	18.07	2	9.03	5.26	0.013*
誤差項	41.20	24	1.72		
全 體	81.47	29			

*p< .05

表七 30名受試者反應時間單純效果的變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p 值
色光(A)					
在男生	22.53	2	11.27	6.56	0.005*
在女生	1.60	2	0.80	0.47	0.633
性別(B)					
在紅光	28.90	1	28.90	16.83	0.001*

在黃光	4.90	1	4.90	2.85	0.104
在綠光	0.40	1	0.40	0.23	0.634
誤差項	41.20	24	1.72		
全 體	81.47	29			

*p < .05

三、獨立樣本二因子變異數分析與混合設計二因子變異數分析的比較

表八是 10 名受試者(男生 5 名，女生 5 名)在三種色光上的反應時間，表九是 10 名受試者反應時間的變異數分析摘要表(混合設計二因子變異數分析)，表十則是 10 名受試者反應時間單純效果的變異數分析摘要表。

獨立樣本二因子變異數分析與混合設計二因子變異數分析的優缺點比較如下：

1.混合設計比獨立樣本的設計所需受試的人數較少。由表五的資料得知，因為這是屬於獨立樣本二因子變異數分析的設計，每一組的受試都彼此獨立，因此又稱為完全隨機化的因子設計(completely randomized factorial design)。因為每一組的受試者都彼此獨立(各組的受試是 5 名)，所以共需要 30 名受試者。表八是屬於混合設計二因子變數分析(mixed design of two-way ANOVA)，其中性別是受試者間的設計(between-subjects design)，而色光則是受試者內的設計(within-subjects design)。此種設計又稱為分割區設計(split-plot design)，所需的受試者只要 10 名即可，其中男女受試者各 5 名，而每一名受試者皆需接受三種色光的測驗。

2.Split-plot 的設計在誤差項方面比 A×B 的設計要複雜，前者分為兩部份，而後者只有一個。由表六的資料得知，A×B 誤差項的離均差平方和(SS)是 41.20，自由度是 24。而混合設計的誤差項和自由度均被切割為受試者間和受試者內兩部份，由表九的資料得知，受試者間誤差項的離均差平方和是 13.33，而受試者內的是 27.87，兩者的和剛好是 41.20，和獨立樣本二因子變異數分

析的離均差平方和一樣。在自由度方面，受試者間誤差項的自由度是 8，而受試者內的是 16，兩者的和是 24，也和獨立樣本二因子變異數分析的自由度一樣。表九的資料雖然顯示受試者內誤差項的離均差平方和及自由度均比表六的要小，但前者誤差項的 MS 卻不見得比後者誤差項的 MS 要小(1.74 vs. 1.72)。因此，混合設計「性別×色光」的 F 值是 5.19($p=0.018$)，而獨立樣本「性別×色光」的 F 值是 5.26 ($p=0.013$)。若比較色光的 F 值，混合設計的是 1.74($p=0.207$)，而獨立樣本的是 1.77($p=0.192$)。混合設計受試者內的兩個 F 值都比獨立樣本的 F 值要小，主要是其誤差項的 MS 比獨立樣本誤差項的 MS 大的關係。其次，混合設計性別的 F 值是 9.68($p=0.014$)，而獨立樣本性別的 F 值是 9.40($p=0.005$)。混合設計的 F 值雖然較獨立樣本的大，但其 P 值卻未能隨著增大，主要是其自由度比獨立樣本的要小(8 vs.24)，犯第一類型錯誤的概率就比獨立樣本的要大些。

在前述獨立樣本單因子變異數分析和重複量數單因子變異數分析的比較時，顯示出重複量數拒絕虛無假設的機率比較大，亦即其實驗處理的效果比較容易達到顯著水準。但在二因子時，因重複量數所得色光及「性別×色光」的 F 值卻沒有比獨立樣本的大(p 值亦然)。此點顯示在二因子變異數分析時，混合設計不見得比獨立樣本的設計增加較多的統計考驗力。

3.Split-plot 在單純效果的考驗時需顧及受試者間和受試者內的差別，而 $A \times B$ 則無此需要。由表十的資料得知，性別在三種色光的差異考驗，其誤差項的離均差平方和不是如表九的 13.33，而必須將 13.33 加 27.87，變成 41.20。同樣的，其自由度也變成 24(16 加 8)。所得結果和 $A \times B$ 的結果一樣(如表七)。

4.由於 Split-plot 也有如同 $A \times S$ 的延續效應，基本上在受試者內的設計部份，比較不適合採用不同的實驗處理(如比較不同的教學法的教學效果)，而比較適合用在觀察不同階段所產生的變化(如比較某種實驗處理對受試在前測、中測、後測的不同影

響)。Lindquist(1953)亦指出受試者內的设计比較不宜用在有關學習實驗的研究，除非實驗者的興趣是在於實驗處理的累積效果。

表八 10名受試者在三種色光的反應時間

		紅光	黃光	綠光
男 生	A	5	6	4
	B	8	2	2
	C	6	5	4
	D	7	6	5
	E	6	5	2
女 生	F	2	4	5
	G	5	4	2
	H	2	2	4
	I	4	4	5
	J	2	3	3

表九 10名受試者反應時間的變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p 值
受試者間	29.46	9			
性別	16.13	1	16.13	9.68	0.014*
群內受試 (誤差項)	13.33	8	1.67		
受試者內	52.01	20			
色光	6.07	2	3.03	1.74	0.207
性別×色光	18.07	2	9.03	5.09	0.018*
色光×群內受試	27.87	16	1.74		

(誤差項)			
全	體	81.47	29

*p<.05

表十 10名受試者反應時間單純效果的變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p 值
性別					
在紅光	28.90	1	28.90	16.83	0.001*
在黃光	4.90	1	4.90	2.85	0.104
在綠光	0.40	1	0.40	0.23	0.634
(誤差項)					
色光					
在男生	22.53	2	11.27	6.47	0.009*
在女生	1.60	2	0.80	0.46	0.640
色光×群內受試	27.87	16	1.74		
(誤差項)					

*p<.05

四、獨立樣本二因子變異數分析與重複量數二因子變異數分析的比較

表十一是 5 名受試者分別在強弱的三種色光上的反應時間，表十二是 5 名受試者反應時間的變異數分析摘要表(重複量數二因子變異數分析)，表十三則是 5 名受試者反應時間單純效果的變異數分析摘要表。

重複量數二因子變異數分析的兩個自變項都採用受試者內的設計，因此又被稱為隨機區組因子設計(randomized block factorial design)，一般統計學者以 $A \times B \times S$ 稱之。此種設計和獨立樣本二因子變異數分析的差異有：

1. $A \times B \times S$ 的設計所需的受試者比 $A \times B$ 的設計要節省很多。由表十一的設計得知，此種設計只要 5 名受試者即可，但每一名受試者都必須接受 6 種的實驗處理。而 $A \times B$ 的設計(如表五的資料)，每名受試者都只接受一種實驗處理，因此共需 30 名受試者。

2. $A \times B \times S$ 的設計也和 $A \times S$ 的設計一樣，因為每名受試者都要

接受各種的實驗處理，因此難免也會受到序列效應和延續效應的影響，而 $A \times B \times S$ 的設計比 $A \times S$ 的設計受到的影響還要嚴重。此外，由於 $A \times B \times S$ 的受試者要輪流接受所有的實驗處理，所需的時間當然相對增多，不像 $A \times B$ 的受試者可以分別同時進行，在實驗時間的需求上比較經濟。

3. $A \times B \times S$ 有三個誤差項，這三個誤差項分別是 $A \times S$ 的 $MS_{a \times s}$ ， $B \times S$ 的 $MS_{b \times s}$ ，及 $A \times B \times S$ 的 $MS_{a \times b \times s}$ 。雖然 $A \times B \times S$ 誤差項的離均差平方和比 $A \times B$ 和 $A \times S$ 誤差項的離均差平方和都要小些，不過在自由度方面， $A \times B \times S$ 也比 $A \times B$ 和 $A \times S$ 要相對的變小，因此 $A \times B \times S$ 誤差項的 MS 並不見得比 $A \times B$ 和 $A \times S$ 的 MS 要小。

4. $A \times B \times S$ 和 $A \times S$ 一樣要進行差值變異數的同質性考驗，後者只要做一個考驗即可，但前者卻要做三個考驗。即 $A \times S$ 、 $B \times S$ 及 $A \times B \times S$ 都要分別進行差值變異數的同質性考驗。Keppel(1982)指出此種考驗非常複雜，而且 Keselman, Rogan, Mendoza, & Breen(1980)也證明差值變異數的同質性考驗非常敏感，常常會違反此項假設。因此 Keselman 等人建議，對於 $A \times B \times S$ 的設計，不必再費工夫去驗證差值變異數的同質性，直接進行違反此種假設的調整工作即可。至於如何進行調整，因不在本研究的範圍內，故不在此進一步說明。有興趣的讀者可以自行參閱 Keppel(1982)第十九章的部份。

表十一 5名受試者在三種色光的反應時間

		紅光	黃光	綠光	
弱	A	5	6	4	
	B	8	2	2	
	C	6	5	4	
	D	7	6	5	
	E	6	5	2	
		A	2	4	5
		B	5	4	2

強	C	2	2	4
	D	4	4	5
	E	2	3	3

表十二 5名受試者反應時間的變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p 值
受試者間	10.13	4			
受試者內	71.34	25			
強弱(A)	16.13	1	16.13	20.17	0.011*
殘差(A×S)	3.20	4	0.80		
色光(B)	6.07	2	3.03	1.09	0.381
殘差(B×S)	22.27	8	2.78		
強弱×色光(A×B)	18.07	2	9.03	12.90	0.003*
殘差(A×B×S)	5.60	8	0.70		
全 體	81.47	29			

*p< .05

表十三 5名受試者反應時間單純效果的變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p 值
強弱					
在紅光	28.90	1	28.90	39.59	0.001*
在黃光	4.90	1	4.90	6.71	0.025*
在綠光	0.40	1	0.40	0.55	0.474
誤差項	8.80	12	0.73		
色光					
在弱	22.53	2	11.27	6.47	0.009*
在強	1.60	2	0.80	0.46	0.640
誤差項	27.87	16	1.74		

*p<.05

肆、結語

由上述對變異數分析性質的描述，得知變異數分析的用途及其使用限制。其次，由五種變異數分析的優缺點比較，得以下

解各種變異數分析的差異。基本上，各種的實驗設計都有其優缺點。因此，研究者如何選擇最適合自己研究的實驗設計，除了必須從研究目的加以衡量外，還要從可用受試人數的多寡、實驗時間的長短、實驗器材的充裕與否及統計考驗力的大小等因素去考量。此外，研究者的統計分析能力及可使用的經費，亦應一併考慮。

參考書目

- 吳宗正(民 81)：變異數分析。台北：華泰書局。
- 林清山(民 81)：心理與教育統計學。台北：東華書局。
- 楊國樞、林碧峰、李美枝、劉君業、林邦傑譯(民 67)：行為統計學。台北：環球書社。
- Christensen, L. B., & Stoup, C. M.(1986). Introduction to Statistics for the social and behavioral sciences. Belmont, CA.: Wadsworth.
- Keppel, G.(1982). Design and analysis: A researcher's handbook. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Keselman, H.J., Rogan, J.C., Mendoza, J.L., & Breen, L.J. (1980). Testing the validity conditions of repeated measures F tests. Psychological Bulletin, 87, 479-481.
- Kirk, R. E.(1982). Experimental design: Procedures for the behavioral sciences. Pacific Grove, CA.: Brooks/Cole.
- Lindquist, E. F.(1953). Design and analysis of experiments in psychology and education. Boston: Houghton Mifflin.
- Maxwell, S.E., & Delaney, H.D.(1990). Designing experiments and analyzing data. Belmont, CA.: Wadsworth.
- Montgomery, D. C.(1984). Design and analysis of experiments. New York: John Wiley & Sons.
- Wilcox, R. R.(1987). New designs in analysis of variance. Annual Review of

Psychology, 38, 29-60.

The Comparisons of Advantages and Disadvantages among Different Kinds of Analysis of Variance

Junn-Ming Wang

ABSTRACT

The purposes of the study were to discuss the nature of analysis of variance and to compare the advantages and disadvantages of different kinds of analysis of variance. The researcher explain the results of different kinds of analysis of variance with some examples. These examples include one-way ANOVA (independent sample & repeated measures) and two-way ANOVA (independent sample, mixed design, and repeated measure). The study will provide the other researchers some references to select an appropriate experimental design while doing the studies.

Key Words: analysis of variance