

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

030102

柵變集團-光柵板的變圖與成像探討

學校名稱：嘉義市立北興國民中學

作者： 國一 吳芸甄 國一 張庭瑜 國一 許維恩	指導老師： 李見智 林秀貞
-----------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：光柵板、變圖、LPI

摘要

實驗中我們發現，光柵板的校準線對於整個實驗有很重要的影響因素，包含校準的底圖線寬、校正距離，底圖太寬或太細都會影響圖形的大小以及可視角，**校正距離我們認為比較像焦距，校正距離決定了這張底圖最適合觀賞的距離**，另外光柵板的厚薄更影響著這張光柵板適合製作變圖還是 3D 效果、連續動畫等因素，厚板變圖快、圖數多適合連續動畫與 3D；也可以增加底圖的數量，把底圖由雙圖改成五圖，則可以增加圖形的出現數量，更適合製作動畫，我們還發現不同的合圖法可以控制圖形出現的順序。

壹、研究動機

現在的人們總喜歡追求神奇的事物，就連海生館也一樣，前幾天，我們去了屏東海生館，我們在館內發現了一片神奇板子，明明沒有真實的魚在動，但是卻只要一張特別的圖片就能夠像真實的一樣。回到學校後，我們好奇的向老師詢問了一下，問完之後才發現，原來那片板子的大名叫做『光柵板』，我們所看見的是光柵板中的『變圖』，變圖的原理是觀察者在不同位置時可以看到不同的圖，例如，在左邊可以看到 B 圖，在右邊可以看到 A 圖，聽到這裡的我們早已充滿了疑問，到底甚麼是變圖，甚麼是『光柵板』，因此決定要好好的認識『光柵板』這位好朋友。

貳、研究目的

一、光柵板的成像原理及製作過程探討

二、底圖的校準線對於成像的探討

(一) 光柵板的底圖線寬校正：

每張光柵板使用前都必須要先校正，因為光柵板製造廠商或者不同印表機印製的時候都容易產生些微的機械公差，校正完以確保光柵板與底圖的吻合度。

(二) 觀看距離對於成像的影響：

我們認為校正底圖時的距離決定了光柵板最適合觀賞的距離，例如，校正光柵板

的時候距離設定為 100 公分，若校正後底圖線寬為 10.3LPI，則線寬 10.3LPI 的最佳觀賞距離就是 100 公分，於是我們設計實驗驗證我們的想法，**若固定底圖線寬，改變觀看的距離**，對於光柵板成像的影響因素是怎樣的。

(三) 校準線寬對於成像的影響

若校正距離設定為 100 公分時，最佳底圖線寬為 10.3LPI，**若固定觀看距離，改變底圖線寬**太寬或太細，如印製 10.2LPI 或 10.4LPI，對於成像的因素探討

三、變圖因素探討：

- (一) 不同合圖法對於變圖的影響
- (二) 不同變圖數對於變圖的影響
- (三) 不同厚度的光柵板對於變圖的影響
- (四) 不同線數(LPI)的光柵板對於成像的影響

參、研究設備及器材

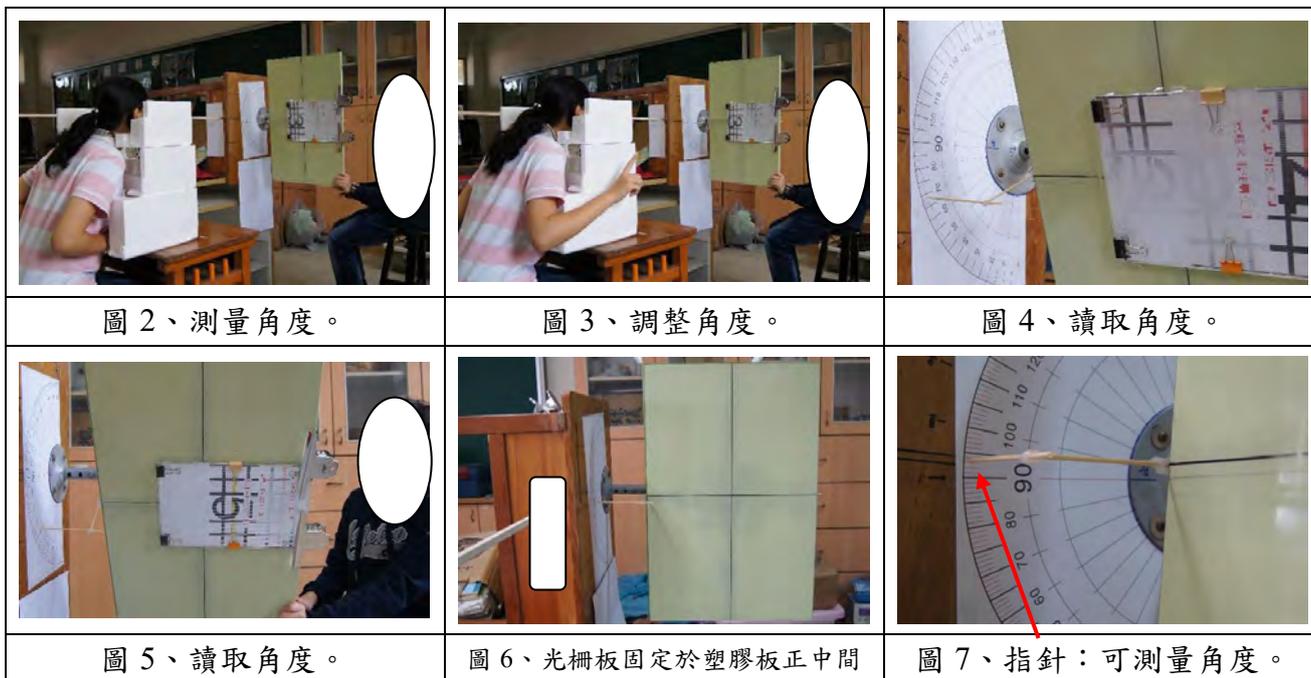
一、實驗器材：

不同 LPI 及厚度的光柵板	3D 立體魔法師 1	3D 立體魔法師 2	5760dpi 影印機
棉線	膠帶	剪刀	A4 相片紙
椅子	螢幕旋轉腳架	電腦螢幕	50 公尺皮尺
竹籤	紅布	黑紙	奇異筆
50 公分鐵尺	美工刀	Photocap	NeeCee Rapid 3D
鋸子	180 度量角器	塑膠夾子	鐵夾子(大)
鐵夾子(小)	熱熔膠槍(小)	木條	長尾夾

二、【自製光柵板角度觀測儀器】



圖 1、自製光柵板角度觀測儀器。



肆、研究過程及討論

一、光柵板的成像原理及製作過程探討

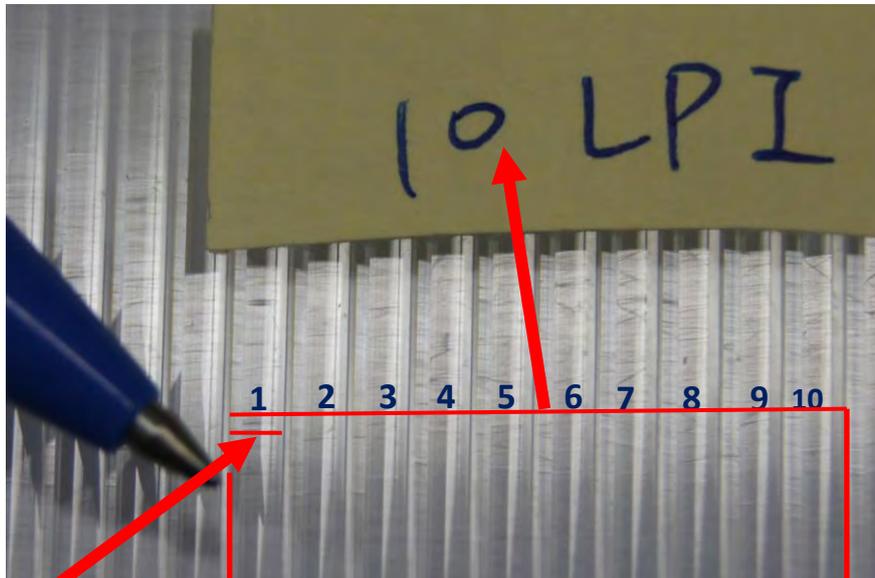
(一)、【光柵板介紹】

1、LPI (Line Per Inch)：每一英吋有幾條凸起的柱狀條。

例如：10LPI：2.54 公分裡面一共有 10 條柱狀條，所以每一條

柱狀條的寬度是 0.254 公分 (2.54 公分/10=0.254)

2、由上面我們可以知道，LPI 的數量越高，柱狀條越細，所以柱狀線寬 50LPI < 40LPI < 30LPI，依此類推。



每一柱狀寬度 = 2.54cm/10 條

2.54 公分，分成 10 條柱狀條

圖 8、LPI：Line Per Inch (每英吋有幾條柱狀條數)。

(二)、【底圖製作與合圖】- 如下圖 9 與圖 10

1、操作步驟：(1) 選定數張要製作的圖檔，如下 A 圖與 B 圖。

(2) 使用 3D 立體魔法師軟體進行圖檔切割

(3) 將切割好的底圖圖檔與光柵板進行合圖

2、名詞解釋：(1) 變圖數：每一個柱狀條裡面有幾張圖形所組成，例如雙圖就是每一個柱狀條裡面有兩張 A、B 圖檔，三變圖就是每一個柱狀條裡面有三張圖，所以變圖數越多，分割的圖檔也越細，如下圖 9。

(2) 合圖：將分割好的底圖圖檔與光柵板重疊，並且調整光柵板的位置，直到出現的圖像最清楚，如下頁圖 10。

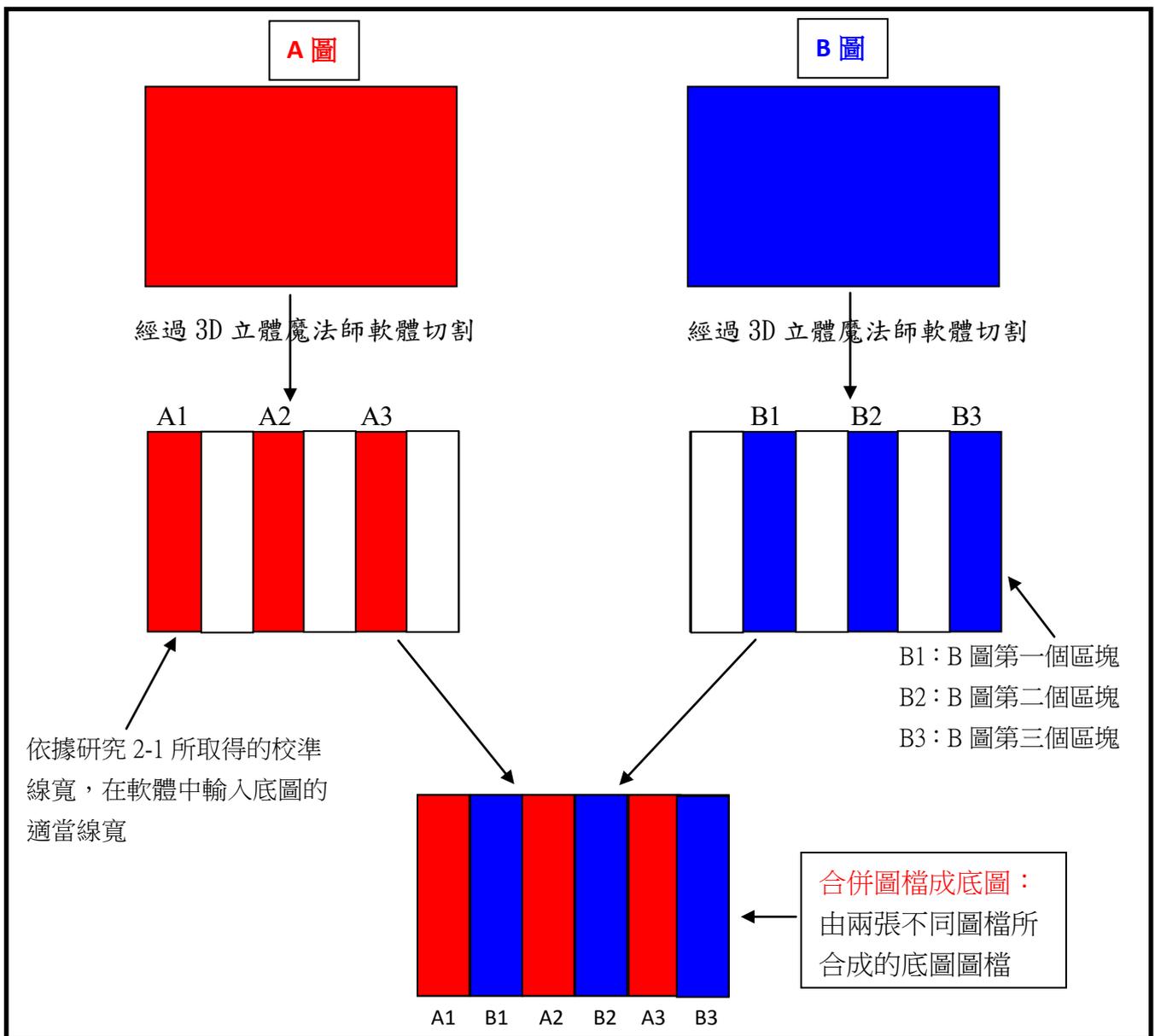


圖 9、雙變圖底圖製作過程

- 合圖步驟：
1. 將分割好的底圖平放在桌面
 2. 將光柵板平放在底圖上
 3. 左右、上下移動光柵板，直到圖形出現的方向與光柵板柱狀條水平

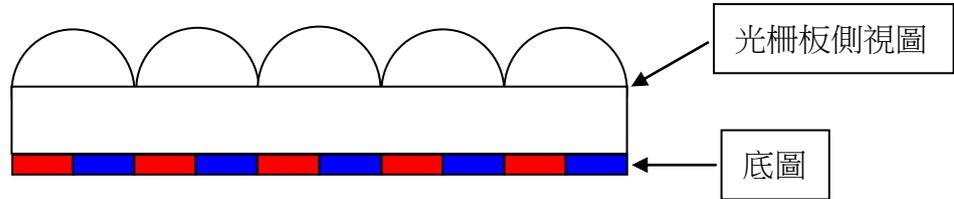


圖 10、合圖（將光柵板與底圖合圖結合在一起）

（三）、【光柵板的變圖成像原理】

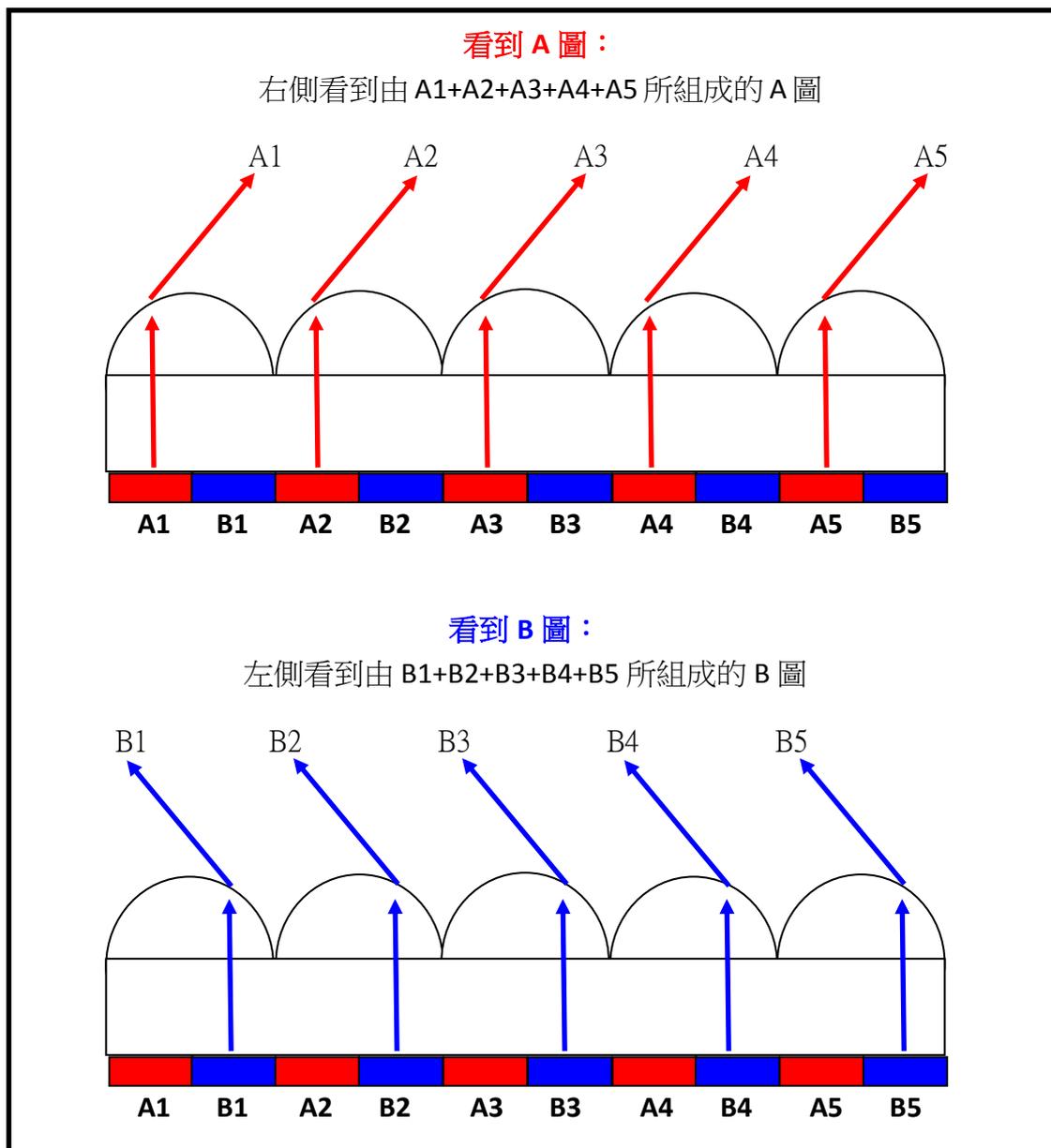


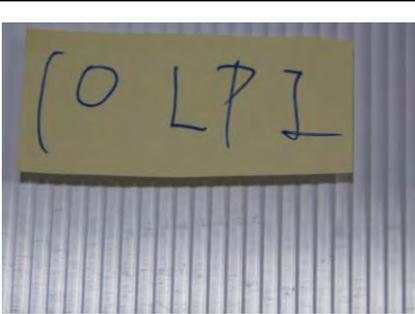
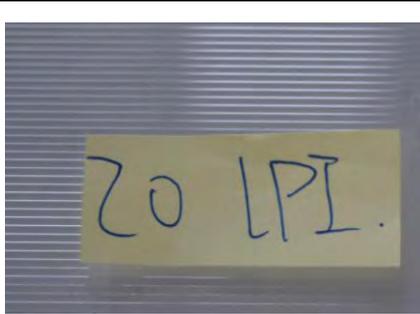
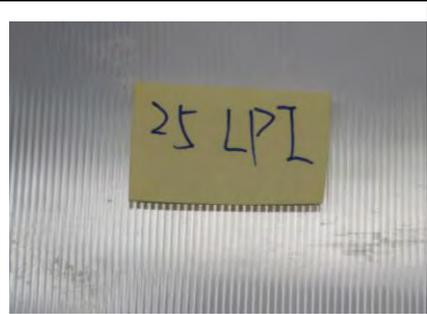
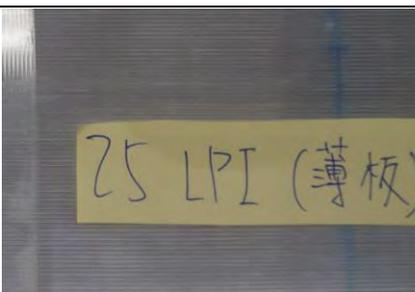
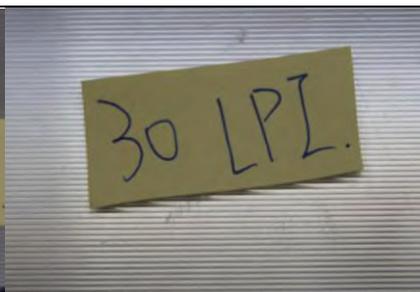
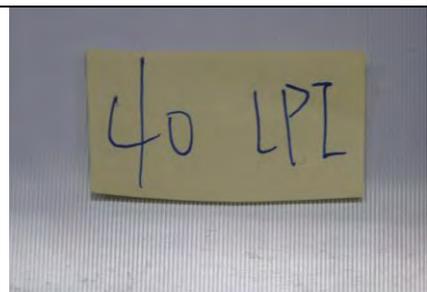
圖 11、光柵板的變圖成像原理

二、底圖的校準線對於成像的探討

(一) 光柵板的校準線寬校正：

1. 實驗步驟：

- (1) 校準不同線數的板子：10LPI、20LPI、25LPI(厚)、25LPI(薄)、30LPI、40LPI，如圖 12~圖 17
- (2) 使用 Nee Cee Rapid 3D 軟體列印出不同線數的校準底圖(10LPI、20LPI、25LPI、30LPI、40LPI)，如下頁圖 18
- (3) 製作不同長度的棉線，長度分別為：30cm、45cm、60cm、75cm、100cm
- (4) 將光柵板與圖重合
- (5) 利用棉線在不同距離校準板子，校準距離分別為：30cm、45cm、60cm、75cm、100cm
- (6) 校準時，找出最長且最黑的間距，重複三次取平均。
- (7) 紀錄最寬的線寬
- (8) 依據步驟 7 找到最寬的黑線，列印更精準的底圖(由精準度 0.1LPI，校正到 0.01LPI)，重複步驟 3~7。

		
圖 12、10 線光柵板。	圖 13、20 線光柵板。	圖 14、25 線厚的光柵板。
		
圖 15、25 線 薄的光柵板。	圖 16、30 線光柵板。	圖 17、40 線光柵板。

10 線、間距 0.1LPI 校正表	20 線、間距 0.1LPI 校正表	25 線、間距 0.1LPI 校正表
30 線、間距 0.1LPI 校正表	40 線、間距 0.1LPI 校正表	不同線寬校正表。

間距 0.1LPI 底圖

圖 18、利用 Nee Cee Rapid 3D 列印出不同線寬的校正表

2. 實驗結果：

- (1) 10 線光柵板在距離 30cm 的時候，最適合底圖線寬為 10.07LPI。
- (2) 10 線光柵板在距離 45cm 的時候，最適合底圖線寬為 10.10LPI，其餘依此類推
- (3) 不同光柵板適合的底圖線寬也不同。
- (4) 同一張光柵板，在不同距離對線校準，最適合的底圖線寬也不同。

表 1、【第一輪對線 對線間距：0.1 LPI】

光柵板線數 對線距離	10 LPI	20LPI	25LPI (厚板)	25LPI (薄板)	30LPI	40LPI
30cm	10.07	20.10	25.13	25.53	30.1	40.2
45cm	10.10	20.17	25.17	25.60	30.2	40.2
60cm	10.10	20.20	25.20	25.60	30.2	40.2
75cm	10.10	20.23	25.20	25.60	30.2	40.2
100cm	10.10	20.20	25.20	25.60	30.2	40.2

(5) 於第一輪對線中，所得到的線寬，再利用 Nee Cee Rapid 3D 軟體列印間距更細的 0.01LPI 校正表，做二次對線，使圖形更加精準

(6) 例如 10 LPI 光柵板，在間距 0.1 LPI 的校正中得到最佳線寬為 10.10LPI，再利用軟體列印更細的 0.01LPI 校正表，得到 10LPI 的光柵板真正最佳線寬為 10.12LPI。

表 2、【第二輪對線 對線距離間距：0.01 LPI】

光柵板線數 對線距離	10 LPI	20LPI	25LPI (厚板)	25LPI (薄板)	30LPI	40LPI
30cm	10.070	20.133	25.120	25.537	30.110	40.120
45cm	10.090	20.180	25.143	25.570	30.143	40.157
60cm	10.097	20.200	25.180	25.587	30.160	40.177
75cm	10.100	20.210	25.193	25.590	30.190	40.190
100cm	10.120	20.210	25.210	25.603	30.207	40.213

3. 實驗討論

(1) 每一張板子在進行實驗前都必須要先對線，主要是因為每家製造廠商會有些微的差距，加上不同的印表機本身列印也會有些微的公差，所以使用前都必須要先對線，使實驗更精準。

(2) 對線要由間距大 0.1 LPI 逐步到間距小 0.01 LPI，如下列對線步驟所示。

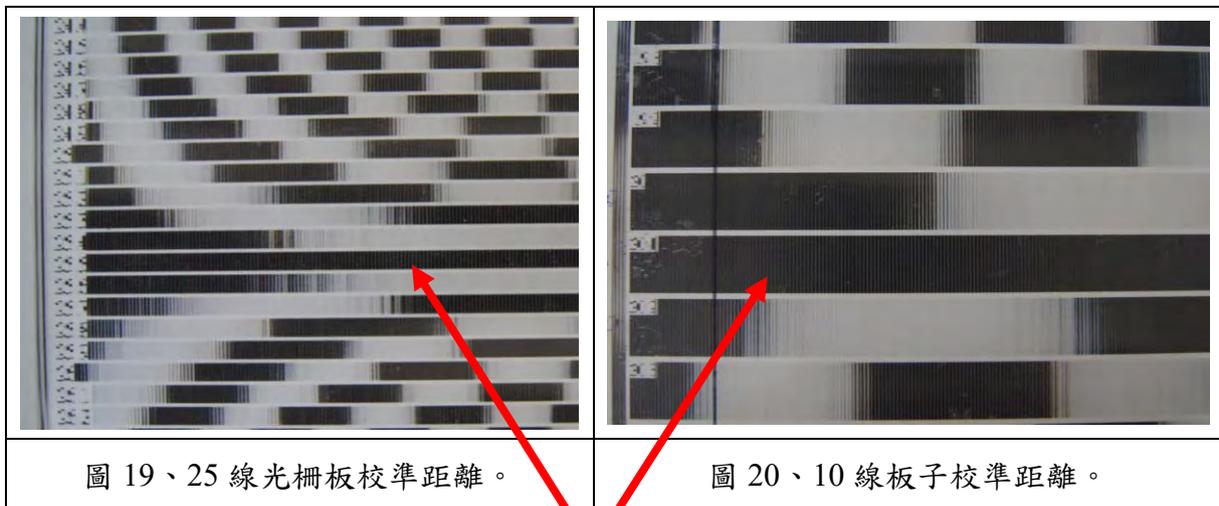
(3) 對線步驟：

- a. 第一個先使用間距 0.1LPI 的對線表作初步對線，選出個**最寬的黑色或白色**，例如 10 LPI 在間距 0.1LPI 找出最寬為 10.1，列印校正表以 10.1 為中心，間距設定為 0.01。
- b. 由最寬的為中間值，列印間距 0.01LPI 的對線表，做二次對線，找出最寬的。
- c. 重複步驟，直到找到**最寬的黑線或白線就是這張光柵板最佳的底圖線寬**。

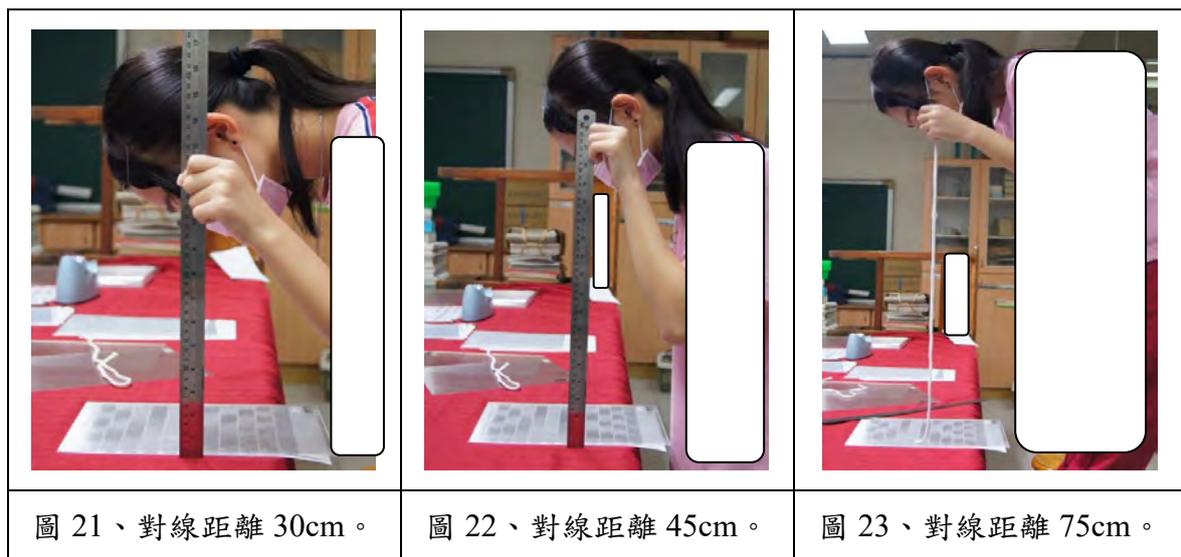
(4) 實驗中我們也意外發現了，**不同距離的時候，所需要的校準距離其實也是不一樣的**，所以後續我們把實驗再次重做，測量出各種不同板子在不同對線距離的最寬 LPI。

(5) 實驗中我們發現，距離越遠，對線的寬度似乎也有著越來越寬的趨勢。

例如：20LPI，由對線距離近到遠最佳的線寬依序為 20.13 → 20.18 → 20.2 → 20.21。



最佳的底圖線寬



(二) 觀看距離對成像的影響：

1. 實驗步驟：

- (1) 利用軟體 Nee Cee Rapid 3D 列印 10 線光柵板實驗表。
- (2) 由上一個實驗查得：校準距離為 100cm，線寬為 10.12 LPI。
- (3) 將印好的圖片與 10LPI 光柵板重合。
- (4) 利用奇異筆在地上標示出 **100、150、200、250、300(cm)** 的記號。
- (5) 將重合好的光柵板利用鐵夾子和膠帶固定於我們自製的測量儀器。
- (6) 實驗中改變因素為看的距離，距離分別為 **100、150、200、250、300(cm)**。
- (7) 他人轉動底板，看出開始和結束的角度。
- (8) 紀錄角度。
- (9) 實驗重複三次求平均。

2 實驗結果：

表 3、不同觀看距離對於固定校準距離的成像探討。

測量距離 \ 測量線寬	100cm	150cm	200cm	250cm	300cm
9.92 LPI	4.67	4.77	5.07	5.53	6.57
10.12 LPI	82~98.83	78~100.17	77.33~100.83	77~102.83	76.33~102.83
	16.83	22.17	23.50	25.83	26.50
10.32 LPI	4.33	4.70	5.27	5.50	5.77

如果最長線寬超過光柵板，則測量可視範圍
 例如，線寬 10.12LPI，觀看距離 100 公分時
 可視範圍：82~98.83 度
 可視角度：16.83 度

出現線寬如果沒有超過
 小於光柵板則測量線寬

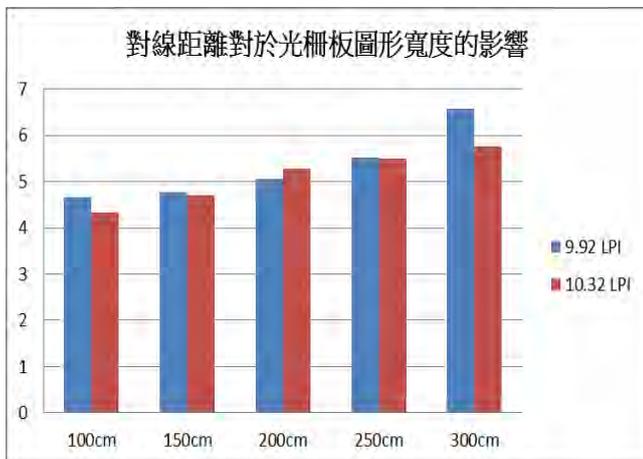


圖 24、對線距離對光柵板圖形寬度的影響。

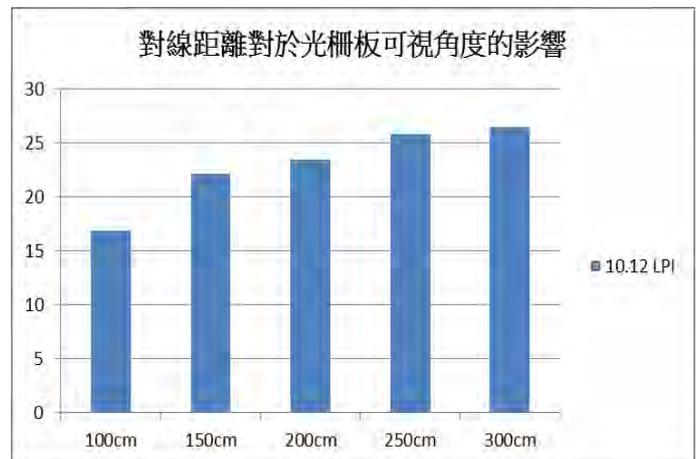


圖 25、對線距離對光柵板可視角度的影響。

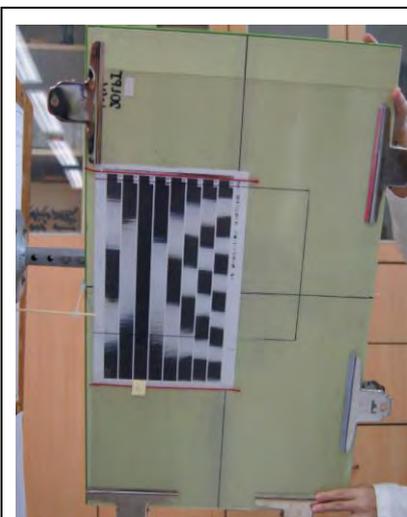


圖 26、觀看距離對於線寬的影響

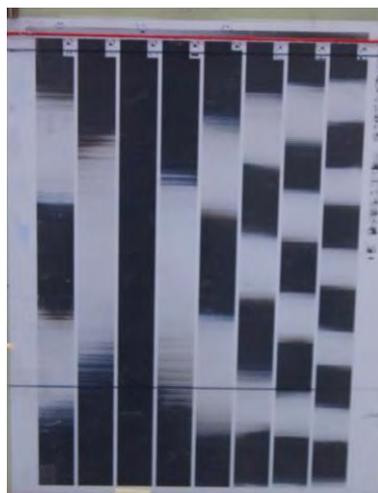


圖 27、超過版面，測量可視角。

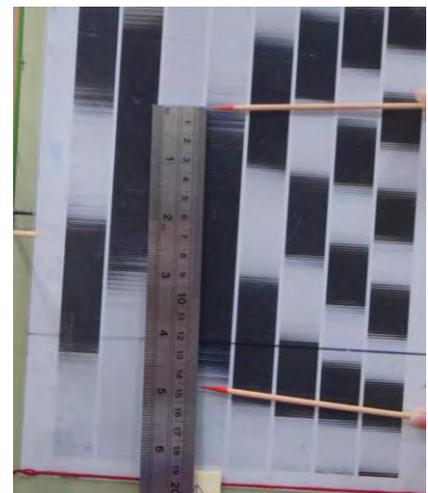


圖 28、測量線寬。

3. 實驗討論

- (1) 由上頁圖 24、圖 25 可以知道，觀賞距離越遠圖形寬度與可視角都會跟著變寬變大。
- (2) 由實驗中我們可以知道，每一張光柵板除了有固定的對線線寬之外，對線距離對於影像的觀賞也占了很重要的因素。
- (3) 對線距離就像鎖定物體最佳看的位置，例如上一個實驗中我們知道 20 線的光柵板在距離 45cm 的時候最佳的線寬為 20.17，如果距離來到 100cm 則最佳的線寬會變大到 20.21，**如果線印的太寬或者是太細，都會造成圖形縮小。**
- (4) 這裡的實驗結果也驗證了上一個實驗我們的想法，我們發現對線距離越遠，可視角度似乎有變大的趨勢，光柵板出現的線寬，也逐漸變得越來越寬。

(三) 校準線寬對於成像的影響：

1. 實驗步驟：

- (1) 使用 20LPI 的光柵板
- (2) 距離固定於 100cm
- (3) 改變底圖的線寬依序為：**19.7~20.9(間距 0.1LPI)、20.12~20.35(間距 0.01LPI)**
- (4) 使用校準距離為 100cm，將 20LPI 的光柵板與圖重合
- (5) 將重合好的光柵板放置與固定在自製測量儀器的底板
- (6) 從 100cm 的距離校準板子
- (7) 測量出各線寬的可視角或長度
- (8) 紀錄角度

2. 實驗結果：

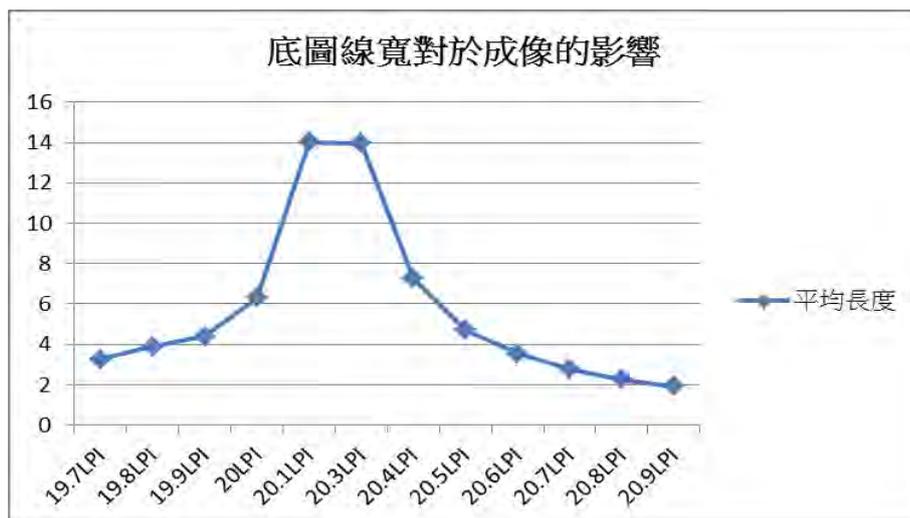


圖 29、底圖不同線寬對於成像的影響

表 4、線寬間距 0.1LPI。

長度或可視角—0.1	第一次	第二次	第三次	平均
19.7	3.2	3.4	3.2	3.27
19.8	3.8	3.9	3.9	3.87
19.9	4.5	4.5	4.2	4.40
20	6.2	6.4	6.3	6.30
20.1	14	14	14.1	14.03
20.2	90.5-100.5	90.5-101	90-101	90.33~100.83
20.3	13.9	14	14	13.97
20.4	7.4	7.1	7.3	7.27
20.5	4.8	4.8	4.5	4.70
20.6	3.6	3.5	3.5	3.53
20.7	2.9	2.8	2.6	2.77
20.8	2.3	2.4	2.1	2.27
20.9	2	2	1.8	1.93

圖形超過光柵板，所以測量可視角度

3. 實驗討論

- (1) 由表 4 可以知道 20.2LPI 為底圖最佳線寬，圖形出現範圍超過整張光柵板，於是我們測量可視範圍。
- (3) 由上頁圖 29 可以知道圖形出現的寬度大小依序為，20.2LPI > 20.1LPI > 20.3LPI。
- (2) 20 線的光柵板在觀看距離 100cm 的情況下底圖的線寬最佳值是 20.2LPI，如果**線寬太短或太長都會造成圖形變小**的情況發生，並不會因為把底圖的線變的更寬，光柵板看到的圖也會變得更小了。

三、變圖因素探討

(一) 不同合圖法對於變圖的影響：

1. 實驗步驟

- (1) 利用軟體 Nee Cee Rapid 3D 將 10.12 的圖片製作出來。
- (2) 使用校準距離為 100cm，將印好的圖片與光柵板依照 **A 圖在中間、B 圖在中間、AB 圖在中間**重合，如下頁圖 37。
- (3) 將椅子放置和對齊於 100cm 的記號。
- (4) 將重合好的光柵板利用鐵夾子和膠帶固定於自製測量儀器的底板。

- (5) 實驗者固定於 100cm 的距離，他人轉動底板，看出開始和結束的角度。
- (6) 紀錄角度。
- (7) 實驗重複三次求平均。

不同合圖法 AB 在中間：

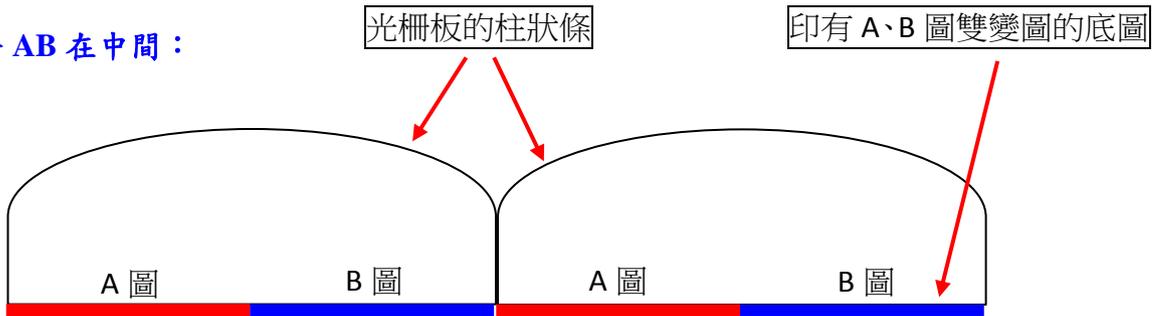


圖 30、不同合圖法 AB 在中間。

不同合圖法 A 在中間：

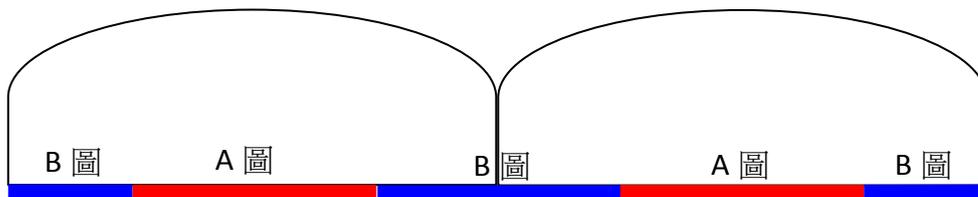


圖 31、不同合圖法 A 在中間。

不同合圖法 B 在中間：

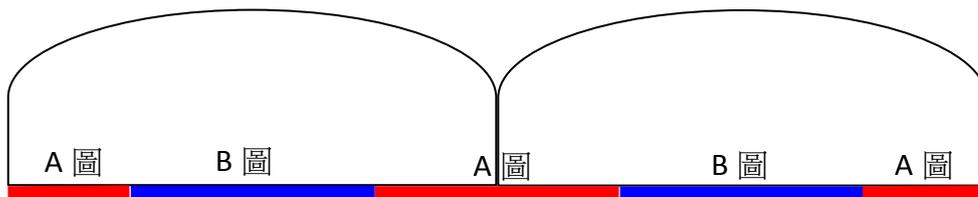


圖 32、不同合圖法 B 在中間。

2. 實驗結果

表 6、各圖的顏色：A 圖：紅色 B 圖：藍色。

以下實驗重複三次求平均

項目	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度
	可視範圍		可視範圍		可視範圍		可視範圍	
A 圖在中間	X	77	80.8	115.6	115.6	X		
			34.8					
B 圖在中間	X	76.5	77	112.1	114.8	X		
			35.1					
AB 圖在中間	X	64	56.5	96.3	96.3	126	120.5	X
			39.8		29.7			

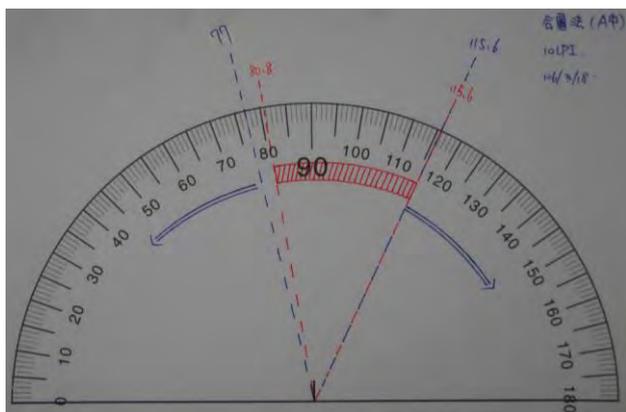


圖 33、A 圖在中間的成像情況。

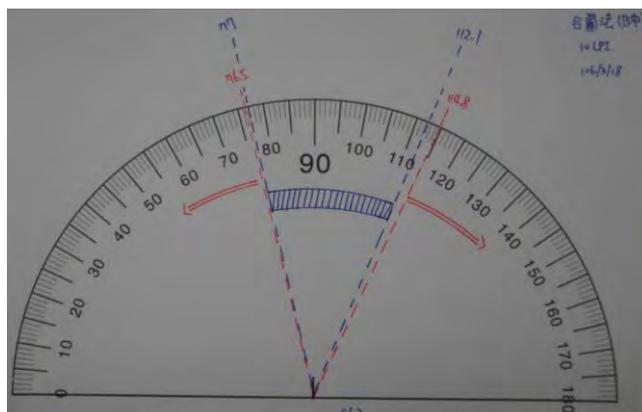


圖 34、B 圖在中間的成像情況。

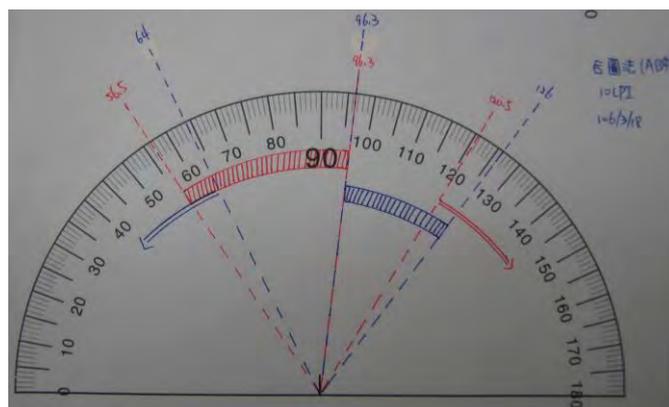


圖 35、A、B 圖在中間的成像情況。

3. 實驗討論

- (1) 由實驗結果我們可以知道不同合圖法出現的圖數以及出現順序可分成以下幾種情況：
 - a. 當合圖法 A 圖在中間的時候，可看到的圖數為三張圖，圖的出現順序依序為 B A B。
 - b. 當合圖法 B 圖在中間的時候，可看到的圖數為三張圖，圖出現的順序依序為 A B A。
 - c. 當合圖法 AB 圖在中間的時候，可以看到圖數為四張圖，圖出現的順序依序為 B A B A。
- (2) 此用合圖法 A 在中間的時候，A 圖會出現在畫面的正中央，但是如果使用合圖法 B 的時候。則就是 B 圖形會出現在畫面的中間，所以我們可以係用這個特徵來控制或決定哪一張圖要在畫面的正中間。
- (3) 合圖法 A 在中間或合圖法 B 在中間的實驗中分別可以看到另一張變圖，但是因為角度過大，所以無法明顯區別開始或結束的角度。
- (4) 在合圖法 AB 各占一半在中間的時候，A 圖與 B 圖都可以各出現一張非常明顯的開始到結束的圖形，如果要做變圖的光柵實驗我們會比較推薦使用合圖法 AB 在中間。

(二) 不同底圖數對於變圖的影響：

1. 實驗步驟

- (1) 使用 10LPI 的光柵板。
- (2) 距離固定 100cm。
- (3) 使用 Nee Cee Rapid 3D 軟體列印出不同圖數的圖：**雙圖**、**三圖**、**四圖**、**五圖**。
- (4) 列印時，將 A 圖設定為紅色、B 圖設定為藍色、C 圖設定為綠色、D 圖設定為橘色、E 圖設。
- (5) 使用校準距離為 100cm，將光柵板與圖重合。
- (6) 將重合好的光柵板放置於自製測量儀器。
- (7) 測量出各圖的可視角。
- (8) 紀錄角度。
- (9) 實驗重複三次求平均。

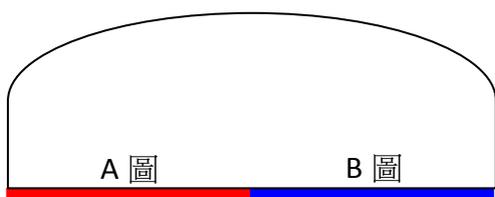


圖 36、雙圖實驗

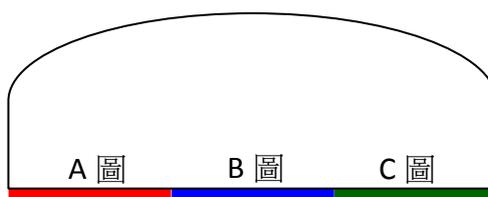


圖 37、三圖實

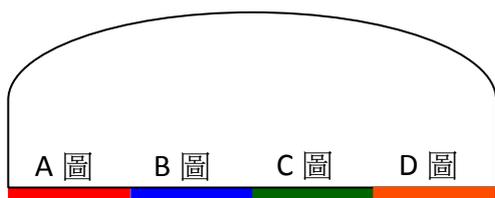


圖 38、四圖實驗

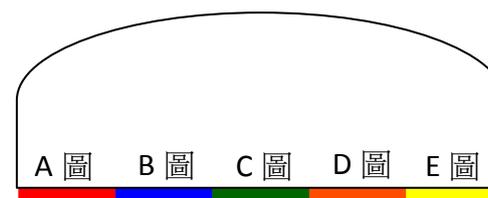


圖 39、五圖實驗

2. 實驗結果

表 7、光柵中，圖形出現的順序圖。

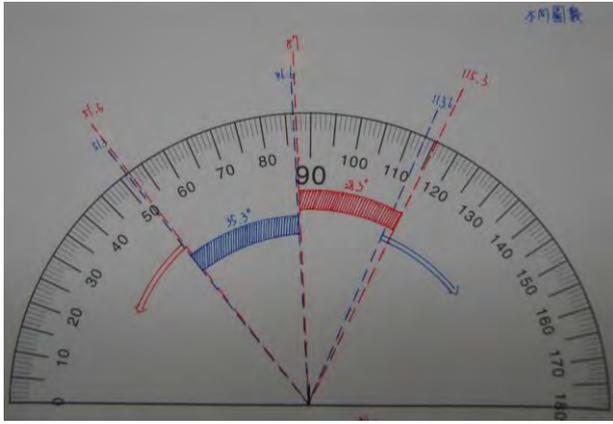
以下實驗數據重複三次的平均

最清晰的角 度(度) 底圖 合圖數	光柵中，圖形出現的順序						
	1	2	3	4	5	6	7
雙圖	A 圖	B 圖	A 圖	B 圖			
三圖	A 圖	C 圖	B 圖	A 圖	C 圖		
四圖	A 圖	D 圖	C 圖	B 圖	A 圖	D 圖	
五圖	A 圖	E 圖	D 圖	C 圖	B 圖	A 圖	E 圖
備註	可清楚看到出現跟結束的出圖順序： 雙圖：圖形出現順序 B → A 三圖：圖形出現順序 C → B → A 四圖：圖形出現順序 D → C → B → A 五圖：圖形出現順序 E → D → C → B → A 圖形的出現順序與合圖的順序是相反的 						

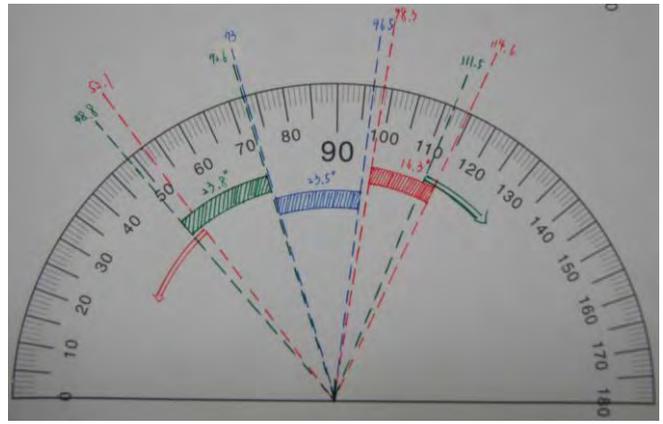
表 8、雙圖、三圖、四圖及五圖之可視範圍變化表。

以下實驗數據為重複三次的平均

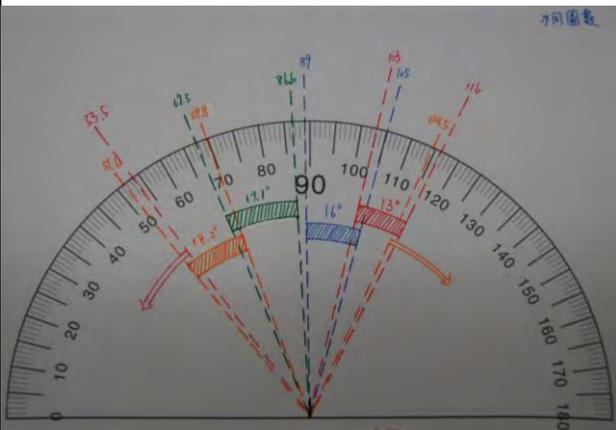
	變圖 1		變圖 2		變圖 3		變圖 4		變圖 5		變圖 6		變圖 7	
	出現 角度	結束 角度	出現 角度	結束 角度	出現 角度	結束 角度	出現 角度	結束 角度	出現 角度	結束 角度	出現 角度	結束 角度	出現 角度	結束 角度
	可視範圍		可視範圍		可視範圍		可視範圍		可視範圍		可視範圍		可視範圍	
雙圖	X	51.6	51.3	86.6	87	115.3	113.6	X						
			35.3		28.3									
三圖	X	52.1 6	48.8 3	72.6	73	96.5	98.3	114.6	111.5	X				
			23.8		23.5		16.3							
四圖	X	53.5	51.6	69.8 3	67.5	86.6	89	105	103	116	114.5	X		
			18.2		19.1		16		13					
五圖	X	50.6	49.5	61.6	62	78.83	78.6	92.5	91.5	104.8 3	104.3	114.6	111.8	X
			12.1		16.8		13.9		13.3		10.3			



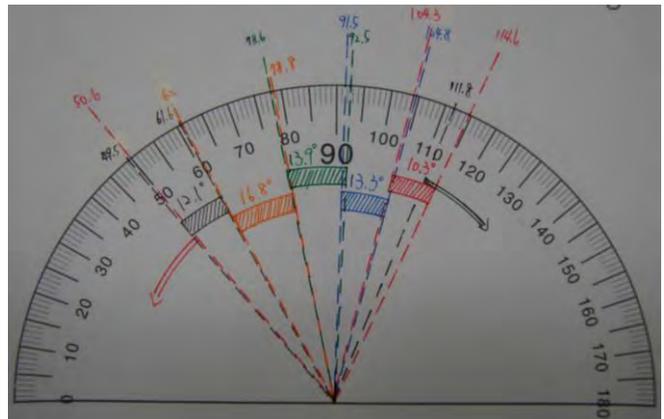
雙圖



三圖



四圖



五圖

圖 40、雙圖、三圖、四圖及五圖之可視範圍變化圖。



圖 41、變圖數 5 圖的實驗-5。



圖 42、變圖數 5 圖的實驗-4。

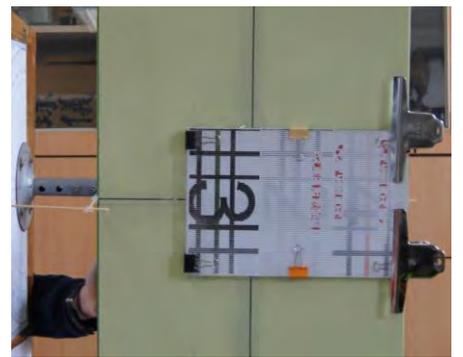


圖 43、變圖數 5 圖的實驗-3。

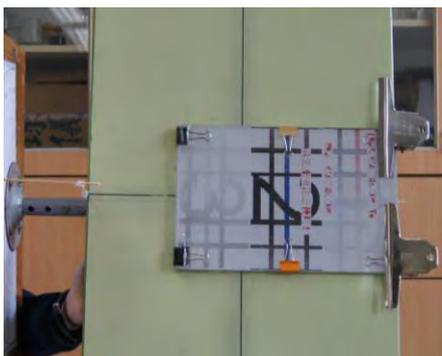


圖 44、變圖數 5 圖的實驗-2。

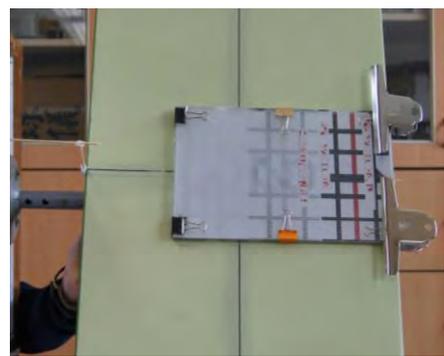


圖 45、變圖數 5 圖的實驗-1。

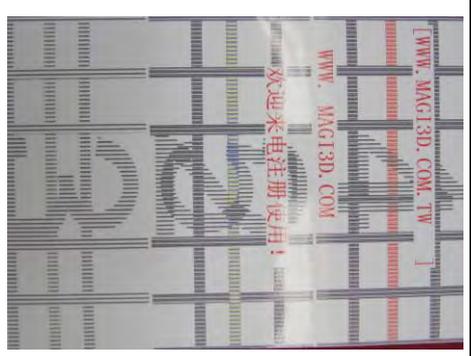


圖 46、變圖數 5 圖的底圖。

3. 實驗討論

- (1) 在不同變圖數的實驗中，光柵出現的變圖數量及順序說明如下，如前頁表 7：
 - a. 雙圖：底圖排列順序為 A、B，光柵板出現 4 圖，依序為 A、B、A、B。
 - b. 三圖：底圖排列順序為 A、B、C，光柵板出現 5 圖，依序為 A、C、B、A、C。
 - c. 四圖：底圖排列順序為 A、B、C、D，光柵板出現 6 圖，依序為 A、D、C、B、A、D。
 - d. 五圖：底圖排列順序為 A、B、C、D、E，光柵板出現 7 圖，依序為 A、E、D、C、B、A、E。
- (2) 底圖與光柵板中出現變圖的順序，如前頁表 7：
 - a. 底圖：由左至右依序為 A、B、C.....。
 - b. 光柵板：E D C B A E D C B A E D C B A E D C B A。
 - c. 由上面可以知道光柵板出現圖的順序與底圖呈現顛倒的情況。
- (3) 底圖數越多，所能夠出現的變圖數也就越多，如上頁圖 39。
- (4) 底圖數越多，每一張變圖的可視角也越會來越小，如上頁圖 39。

(三) 不同厚度的光柵板對於變圖的影響：

1. 實驗步驟

- (1) 利用 Nee Cee Rapid 3D 製作出 25LPI 厚板 25.21 和 25LPI 薄板 25.60 的圖片製作出來。
- (2) 使用校準距離 100cm，將印好的圖與 25LPI 厚板和 25LPI 薄板重合。
- (3) 將椅子放置和對齊於 100cm。
- (4) 將重合好的光柵板放置於自製測量儀器。
- (5) 實驗者固定於 100cm 的距離，他人轉動底板，看出開始和結束的角度。
- (6) 紀錄角度。

2. 實驗結果

表 9、25 線薄板、25 線之可視範圍變化表厚板角度差變化表。

	變圖 1		變圖 2		變圖 3		變圖 4		變圖 5		變圖 6		變圖 7		變圖 8	
	出現 角度	結束 角度														
	角度差		角度差		角度差		角度差		角度差		角度差		角度差		角度差	
25 線 薄 板	53.16	65.83	70.6	88.83	88.83	106.3	111	123								
	12.7		18.2		17.5		12									
25 線 厚 板	50.6	55.6	60.16	64.83	70.5	77	91.3	87.6	93	98.6	103	108.6	114.3	119.5	124	128
	5		4.7		6.5		6.3		5.6		5.6		5.2		4	
備 註																

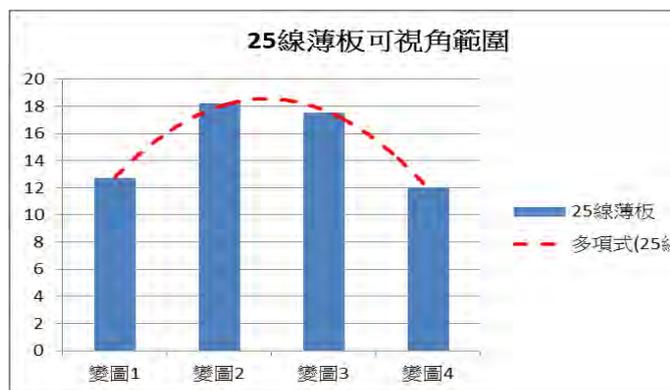


圖 47、25 線薄板可視角範圍圖。

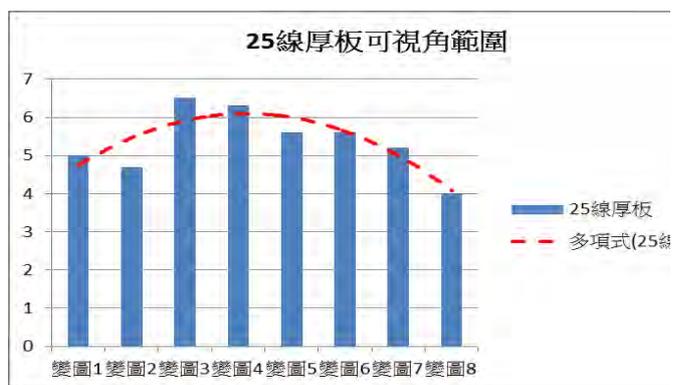


圖 48、25 線厚板可視角範圍圖。

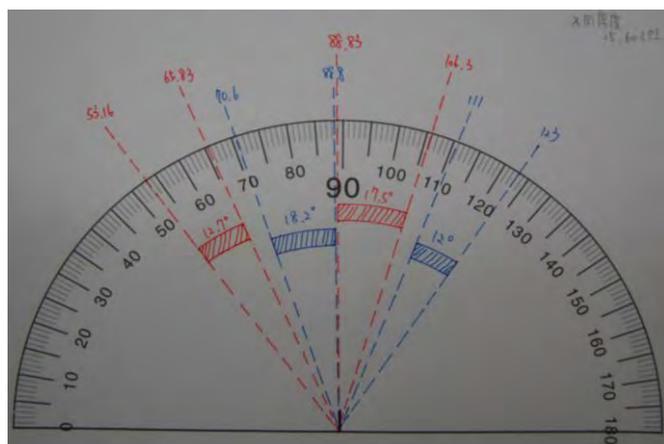


圖 49、25 線薄板可視範圍變化圖。

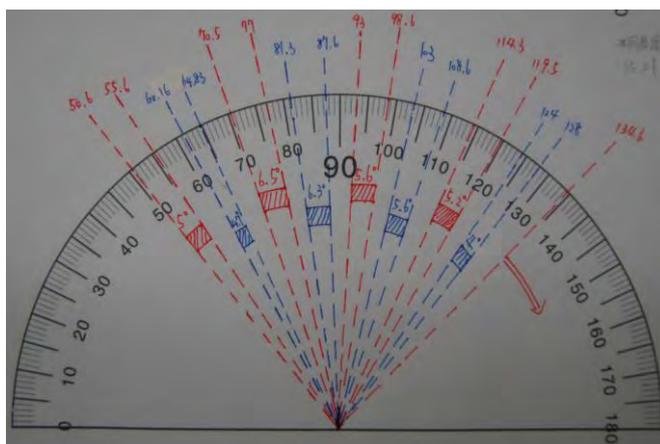


圖 50、25 線厚板可視範圍變化圖。

3. 實驗討論

(1) 不同厚度的光柵板產生的變圖情況如下所示：

a. 變圖數：4mm 厚板的變圖數為 8 張圖、2mm 薄板的變圖數為 4 張圖，如上頁圖 47-50

b. 可視角範圍，如上頁表 9：

(a) 厚板可視範圍依序為：12.7 度、18.2 度、17.5 度、12 度

(b) 薄板可視範圍依序為：5 度、4.7 度、6.5 度、6.3 度、5.6 度、5.6 度、5.2 度、4 度

c. 由上面我們可以知道，厚板的變圖數比較多，但是每一張圖的可視角範圍比較小，而薄板的變圖數比較少，但是每一張圖的可視角範圍比較大，如上頁圖 47-50。

d. 由上面的圖我們可以知道，可視角範圍越靠近中央 90 度時，可視範圍比較大，越往兩側，可視角範圍越小，如上頁圖 47-50。

(2) 厚板因為變圖數比較多，所以變圖的速度也相對的比較快，所以我們認為比較適合做連續動畫，但是也比較容易產生殘圖現象，而薄板比較適合做單純的變圖，薄板在變圖上因為可視角比較大比較不容易發生殘圖，殘圖就是上一張圖與下一張圖重疊了。

(四) 不同線數(LPI)的光柵板對於成像的影響：

1. 實驗步驟

(1) 利用軟體 Nee Cee Rapid 3D 製作出 10、20、25(厚)、25(薄)、30、40 的圖

(2) 使用校準距離為 100cm，將印好的圖片分別和相對應的光柵板重合

(3) 將椅子對齊於 100cm

(4) 將重合好的光柵板利用鐵夾子和膠帶固定於自製測量儀器

(5) 實驗者固定於 100cm 的距離，他人轉動底板，看出結束和開始的角度

(6) 紀錄角度

2. 實驗結果

表 10、10 LPI、20LPI、25LPI、30LPI 及 40LPI 可視範圍表。

	變圖 1		變圖 2		變圖 3		變圖 4		變圖 5		變圖 6	
	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度
	可視範圍		可視範圍		可視範圍		可視範圍		可視範圍		可視範圍	
10 LPI	61.5	82.5	95.5	113								
	21		17.5									
20LPI	62.5	66	78	82.5	97	102.5	111.5	116.5				
	3.5		4.5		5.5		5					
25LPI	57.5	64	74	87.5	93.5	106.5	116	123				
	6.5		13.5		13		7					
30LPI	58	64	68	75.5	80	87	93	99.5	105.5	111	116.5	120
	6		7.5		7		6.5		5.5		3.5	
40LPI	68	73	79.5	84.5	99.5	103.5	111	113				
	5		5		4		2					
備註	**40 線光柵板可能因為線數太細，造成顏色偏淡，故有些圖無法明顯分辨											

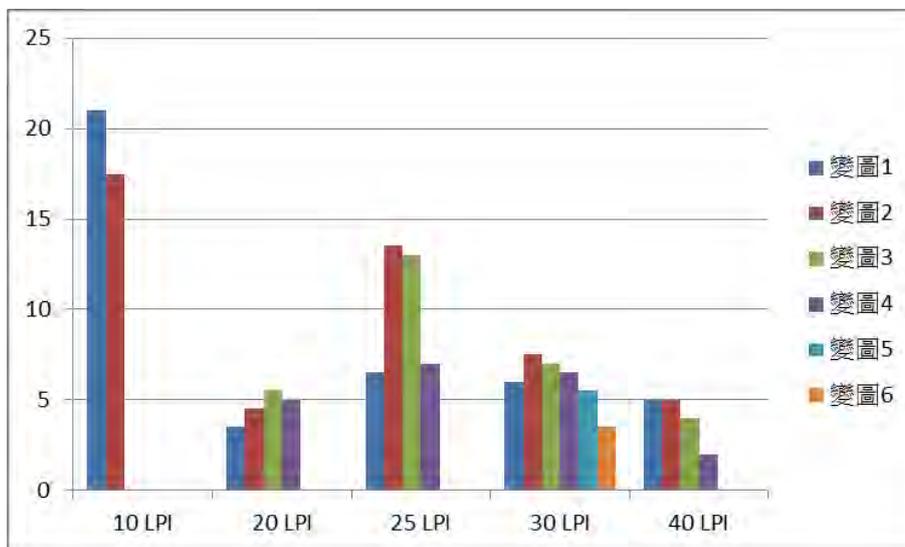


圖 51、10 LPI、20LPI、25LPI、30LPI 及 40LPI 可視範圍圖。

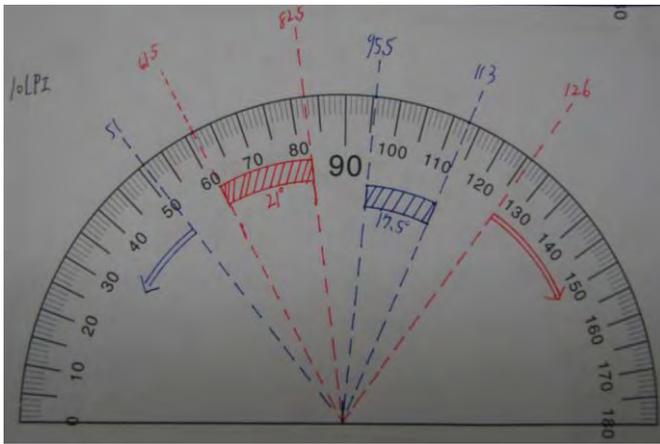


圖 52、10 LPI 可視範圍圖。

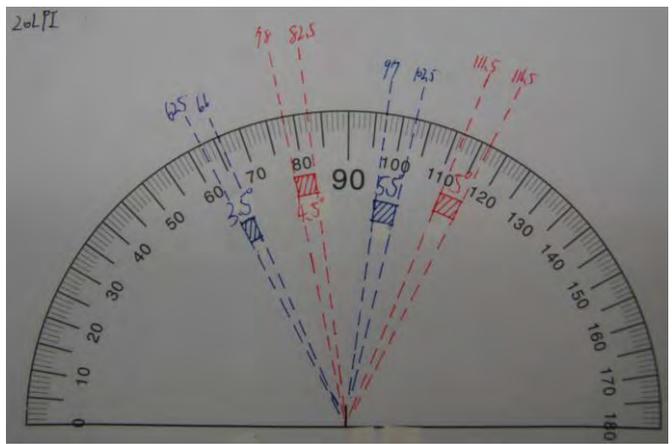


圖 53、20 LPI 可視範圍圖。

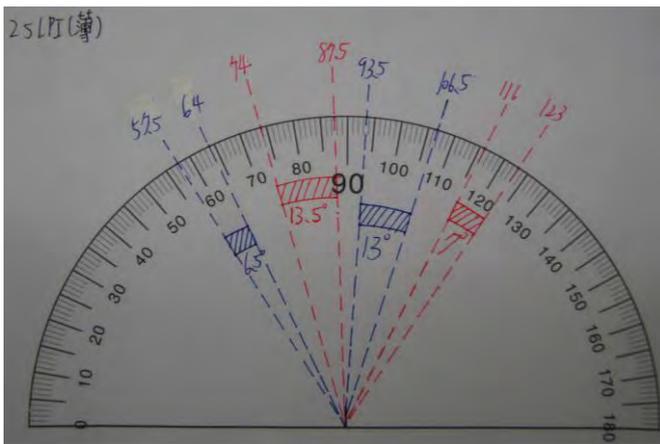


圖 54、25 LPI 可視範圍圖。

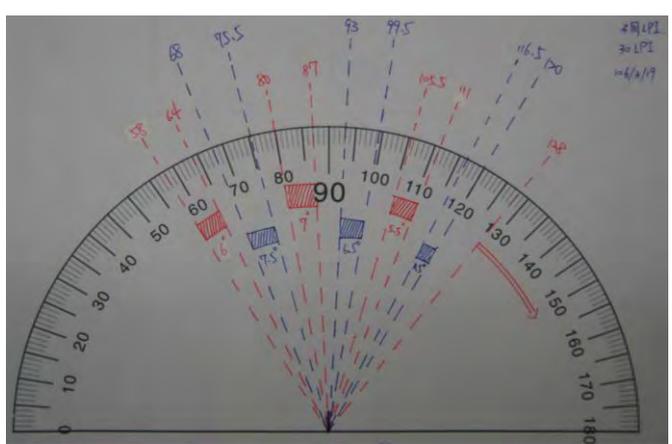


圖 55、30 LPI 可視範圍圖。

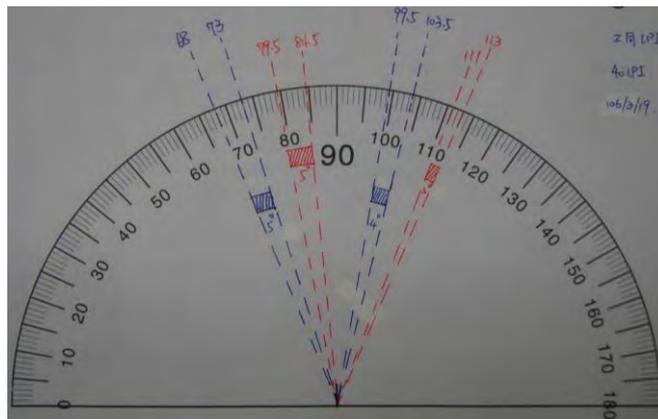


圖 56、40 LPI 可視範圍圖。

3. 實驗討論

- (1) 實驗中我們發現，線數越低的板子，顏色越明顯、亮度也越高。
- (2) 40 線的板子因為太暗，造成很多角度沒有辦法明顯的區別。
- (3) 在不同線數的板子中，可以看到的圖數與可視角範圍如下所示：
 - a. 10 線：變圖數 2、可視角範圍 17.5~21 度。
 - b. 20 線：變圖數 4、可視角範圍 3.5~5 度。
 - c. 25 線：變圖數 4、可視角範圍 6.5~13.5 度。
 - d. 30 線：變圖數 6、可視角範圍 3.5 度~7.5 度。

- e. 40 線：變圖數 4、可視角範圍 2~5 度，40 線有部分的圖因為太暗無法明顯區別。
- (4) 隨著光柵板的線數增加，變圖數增加，可視角範圍也跟著縮小，圖形更容易造成殘圖的現象，殘圖就是原有的圖形還沒消失，新的圖形卻已經跑出來了，造成圖形重疊的現象。

伍、結論

一、光柵板成像原理：

- (一) **變圖**：觀察者在**不同的位置時，可以看到不同的圖片**，例如，在左邊可以看到 B 圖，在右邊可以看到 A 圖。
- (二) **3D 立體圖**：3D 立體圖與變圖不同處在於變圖是在不同位置看到不同圖，3D 是在**同一個位置看到相同的圖**，但是 3D 兩眼的角度差必須在適當的角度內，若角度太大則無法清楚看見 3D 圖像，**不同的角度差則可以造成 3D 景深不同的效果**。

二、光柵板的校準線校正

- (一) 使用每一張光柵板之前都必須要先校準，也就是對線，對線可以找出最適合的線寬，而這條線，通常是最長的黑線或者最長的白線。
- (二) 對線時必須由間距大逐漸到間距小，重複這個步驟，直到找到最寬的線。

三、不同觀看距離以及底圖線寬對於成像探討

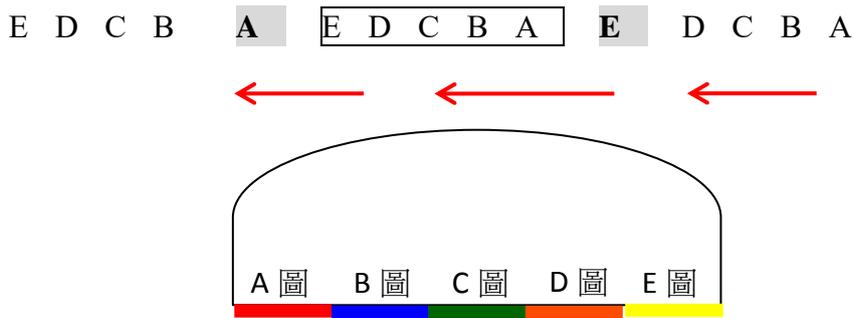
- (一) 每一張底圖，都有適合觀賞的距離，如果距離太近或太遠都會造成影響，如果要遠距離觀賞，則一開始在校準線寬的時候就必須把距離設定到跟觀賞距離一樣最為恰當。
- (二) 每一張光柵板都有適合的列印線寬，如果**底圖印的太寬或者是太細，都會造成圖形縮小**。

四、不同合圖法對於變圖的影響

- (一) 在合圖法的實驗中，我們知道，可以自己控制圖出現的情況以及順序，例如，合圖時如果 A 圖在中間，則圖形出現的順序為 B A B，A 圖會位於圖出現順序的中間。
- (二) 若要觀看變圖，則建議使用變圖法 AB 在中間。

五、不同變圖數對於變圖的影響

(一) 光柵板上看到的圖形順序跟底圖上的排列順序是顛倒的如下所示：



(二) 底圖數越多變圖數也越多，而每一張圖形的可視角也越小，比較適合拿來製作連續動畫，但試圖數越多，也容易造成圖形的重疊而產生殘圖。

七、不同厚度的光柵板對於變圖的影響

(一) 厚板的變圖數比薄板來得多，但是可視角也相對比較小

(二) **厚板因為變圖數多，所以比較適合製作連續動畫、3D 變圖**，但是也要注意，因為圖數越多越容易產生殘圖。

(三) 薄板則是比較適合製作單純的變圖效果，因為可視角比較大，所以圖形比較不會重疊，變圖也相對比較乾淨容易分辨，因此製作變圖效果比較好，但是連續動畫跟 3D 就比較不適合了。

八、不同線數板子對於成像的影響

(一) 線數越低的光柵板，可視角普遍比較大，而且從光柵板看底圖幾乎都非常的明顯，色澤亮度都非常清楚。

(二) 低線數的光柵板變圖數比較少，角度比較大，所以比較適合製作變圖，高線數的板子則比較適合製作 3D。

陸、參考資料與其他

1. 光柵原理介紹 加斌印刷廠。2016 年 2 月 25 日。取自：<http://www.cabin-color.com/>
2. 3D 印刷研究推廣中心。2016 年 3 月 1 日。取自：
http://www.genesis3d.com.tw/lenticular/lenticular_design.htm
3. 愛爾得公司 何謂深度圖。2016 年 3 月 16 日。取自：http://www.i-art3d.com/TC/About_Depth.htm
4. <http://www.tdprint.com.tw/?3d%E5%85%89%E6%9F%B5%E7%94%A2%E5%93%81.55>
5. <http://www.twword.com/wiki/%E5%85%89%E6%9F%B5%E5%9C%96%E5%83%8F>

【評語】 030102

從日常生活中尋找有趣的現象加以探討，值得鼓勵的科學精神。透過改變主要的實驗參數歸納出明確的規律是很好的入門科學研究專題計畫。建議強化探索背後的物理原理，可以有助於在大量的參數的比較中整理出方向。應運用簡單的幾何光學原理作為實驗的基礎，用以引導實驗設計的方向。雖然這些原理超出學生目前的物理知識，但是應該值得花一些精神在這些原理的探討與現象結合，讓成果更完整的呈現出來。

作品海報



摘要

實驗中我們發現，光柵板的校準線對於整個實驗有很重要的影響因素，包含校準的底圖線寬、校正距離，底圖太寬或太細都會影響圖形的大小以及可視角，**校正距離我們認為比較像焦距，校正距離決定了這張底圖最適合觀賞的距離**，另外光柵板的厚薄更影響著這張光柵板適合製作變圖還是3D效果、連續動畫等因素，厚板變圖快、圖數多適合連續動畫與3D；也可以增加底圖的數量，把底圖由雙圖改成五圖，則可以增加圖形的出現數量，更適合製作動畫，我們還發現不同的合圖法可以控制圖形出現的順序。



研究動機

〈請參閱報告書〉



研究目的

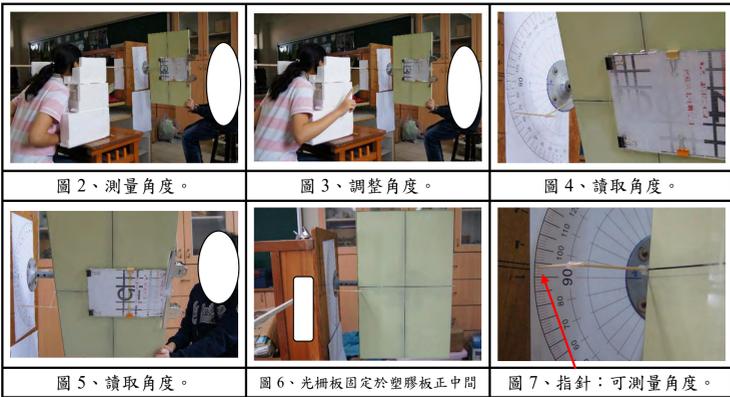
- 一、光柵板的成像原理及製作過程探討
- 二、底圖的校準線對於成像的探討：
 - (一) 光柵板的底圖線寬校正
 - (二) 觀看距離對於成像的影響
 - (三) 校準線寬對於成像的影響

- 三、變圖因素探討：
 - (一) 不同合圖法對於變圖的影響。
 - (二) 不同變圖數對於變圖的影響。
 - (三) 不同厚度的光柵板對於變圖的影響。
 - (四) 不同線數(LPI)的光柵板對於成像的影響。



研究設備及器材

【自製光柵板角度觀測儀器】



研究過程及討論

研究一、光柵板的成像原理及製作過程探討

(一)、【光柵板介紹】

- 1、LPI (Line Per Inch)：每一英吋有幾條凸起的柱狀條。例如：10LPI：2.54公分裡面一共有10條柱狀條，所以每一條柱狀條的寬度是0.254公分 (2.54公分/10=0.254)
- 2、由上面我們可以知道，LPI的數量越高，柱狀條越細，所以柱狀條寬50LPI < 40LPI < 30LPI，依此類推。

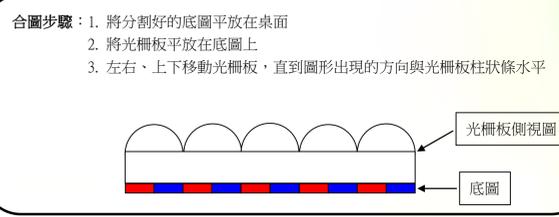
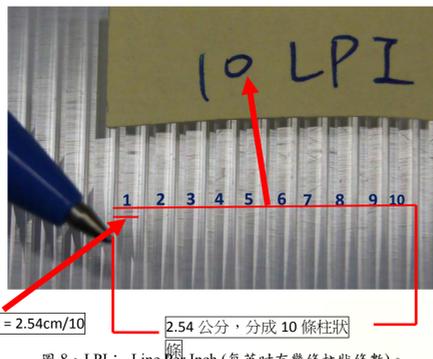


圖 10、合圖 (將光柵板與底圖合圖結合在一起)

(二)、【底圖製作與合圖】- 如右圖9與圖10

- 1、操作步驟：
 - (1) 選定數張要製作的圖檔，如下A圖與B圖。
 - (2) 使用3D立體魔法師軟體進行圖檔切割
 - (3) 將切割好的底圖圖檔與光柵板進行合圖
- 2、名詞解釋：
 - (1) 變圖數：每一個柱狀條裡面有幾張圖形所組成，例如雙圖就是每一個柱狀條裡面有兩張A、B圖檔，三變圖就是每一個柱狀條裡面有三張圖，所以變圖數越多，分割的圖檔也越細，如左圖9。
 - (2) 合圖：將分割好的底圖圖檔與光柵板重疊，並且調整光柵板的位置，直到出現的圖像最清楚，如下頁圖10。

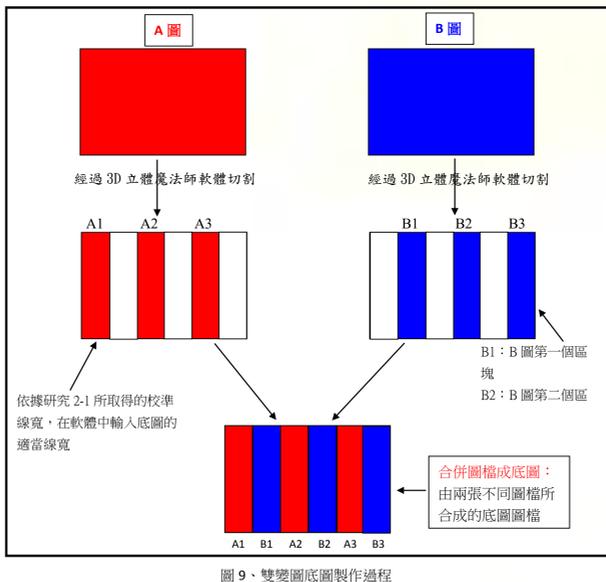


圖 9、雙變圖底圖製作過程

(三)、【光柵板的變圖成像原理】

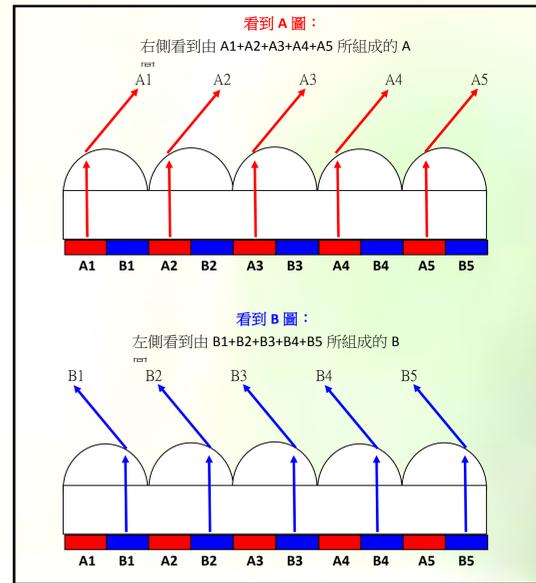


圖 11、光柵板的變圖成像原理

研究二、底圖的校準線對於成像的探討

(一) 光柵板的校準線寬校正：

2. 實驗結果：

- (1) 10線光柵板在距離30cm的時候，最適合底圖線寬為10.07LPI。
- (2) 10線光柵板在距離45cm的時候，最適合底圖線寬為10.10LPI，其餘依此類推
- (3) 不同光柵板適合的底圖線寬也不同。
- (4) 同一張光柵板，在不同距離對線校準，最適合的底圖線寬也不同。
- (5) 於第一輪對線中，所得到的線寬，再利用Nee Cee Rapid 3D軟體列印間距更細的0.01LPI校正表，做二次對線，使圖形更加精準
- (6) 例如10 LPI光柵板，在間距0.1 LPI的校正中得到最佳線寬為10.10LPI，再利用軟體列印更細的0.01LPI校正表，得到10LPI的光柵板真正最佳線寬為10.12LPI。

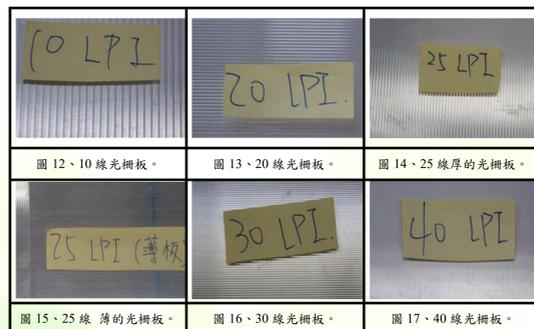


圖 12、10 線光柵板。 圖 13、20 線光柵板。 圖 14、25 線厚的光柵板。 圖 15、25 線 薄的光柵板。 圖 16、30 線光柵板。 圖 17、40 線光柵板。

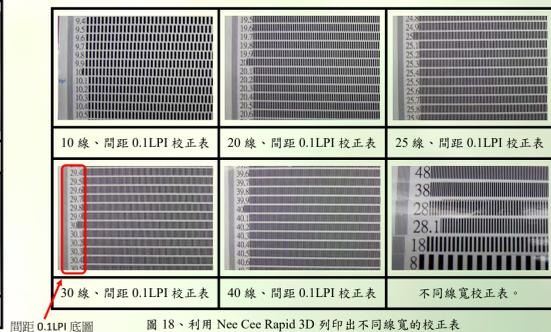


圖 18、利用 Nee Cee Rapid 3D 列印出不同線寬的校正表

3. 實驗討論：

- (1) 每一張板子在進行實驗前都必須要先對線，主要是因為每家製造廠商會有些微的差距，加上不同的印表機本身列印也會有些微的公差，所以使用前都必須要先對線，使實驗更精準。
- (2) 對線要由間距大0.1 LPI逐步到間距小0.01 LPI。
- (3) 對線步驟：
 - a. 第一個先使用間距0.1LPI的對線表作初步對線，選出個最寬的黑色或白色，例如10 LPI在間距0.1LPI找出最寬為10.1，列印校正表以10.1為中心，間距設定為0.01。
 - b. 由最寬的為中間值，列印間距0.01LPI的對線表，做二次對線，找出最寬的。
 - c. 重複步驟，直到找到最寬的黑線或白線就是這張光柵板最佳的底圖線寬。
- (4) 實驗中我們也意外發現了，不同距離的時候，所需要的校準距離其實也是不一樣的，所以後續我們把實驗再次重做，測量出各種不同板子在不同對線距離的最寬LPI。
- (5) 實驗中我們發現，距離越遠，對線的寬度似乎也有著越來越寬的趨勢。例如：20LPI，由對線距離近到遠最佳的線寬依序為20.13 → 20.18 → 20.2 → 20.21。

表 1、【第一輪對線 對線間距：0.1 LPI】

光柵板線數	10 LPI	20LPI	25LPI (厚板)	25LPI (薄板)	30LPI	40LPI
30cm	10.07	20.10	25.13	25.53	30.1	40.2
45cm	10.10	20.17	25.17	25.60	30.2	40.2
60cm	10.10	20.20	25.20	25.60	30.2	40.2
75cm	10.10	20.23	25.20	25.60	30.2	40.2
100cm	10.10	20.20	25.20	25.60	30.2	40.2

表 2、【第二輪對線 對線距離間距：0.01 LPI】

光柵板線數	10 LPI	20LPI	25LPI (厚板)	25LPI (薄板)	30LPI	40LPI
30cm	10.070	20.133	25.120	25.537	30.110	40.120
45cm	10.090	20.180	25.143	25.570	30.143	40.157
60cm	10.097	20.200	25.180	25.587	30.160	40.177
75cm	10.100	20.210	25.193	25.590	30.190	40.190
100cm	10.120	20.210	25.210	25.603	30.207	40.213

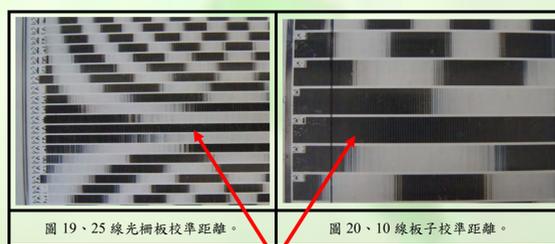


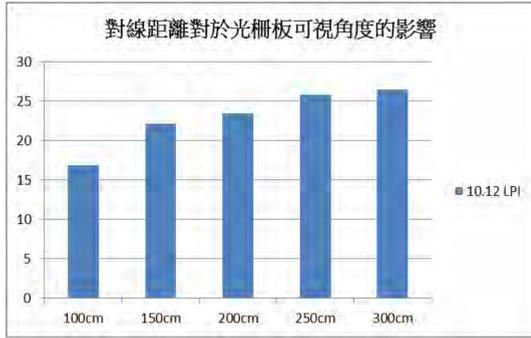
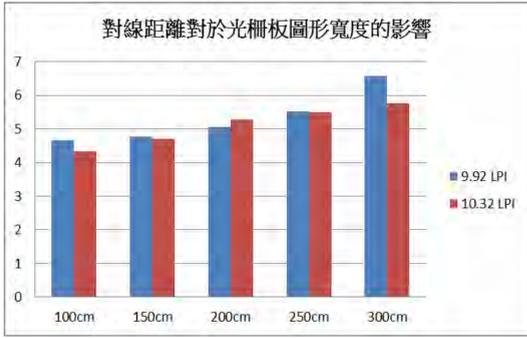
圖 19、25 線光柵板校準距離。 圖 20、10 線板子校準距離。 最佳的底圖線寬



圖 21、對線距離 30cm。 圖 22、對線距離 45cm。 圖 23、對線距離 75cm。

(二) 觀看距離對成像的影響：

實驗結果：



出現線寬如果沒有超過小於光柵板則測量線寬

測量距離 \ 測量線寬	100cm	150cm	200cm	250cm	300cm
9.92 LPI	4.67	4.77	5.07	5.53	6.57
10.12 LPI	82~98.83	78~100.17	77.33~100.83	77~102.83	76.33~102.83
	16.83	22.17	23.50	25.83	26.50
10.32 LPI	4.33	4.70	5.27	5.50	5.77

1. 如果最長線寬超過光柵板，則測量可視範圍
2. 10.12 線寬，看的距離為 200cm
3. 可視角度為：77.33~100.83 度
4. 可視角度範圍：23.5 度(100.83-77.33)

實驗討論： (1) 由圖24、圖25可以知道，觀賞距離越遠圖形寬度與可視角都會跟著變寬變大。每一張光柵板除了有固定的對線線寬之外，對線距離對於圖像的觀賞也占了很重要的因素。
 (2) 對線距離就像鎖定物體最佳看的位置，例如上一個實驗中我們知道20線的光柵板在距離45cm的時候最佳的線寬為20.17，如果距離來到100cm則最佳的線寬會變大到20.21，
 (3) 如果線印的太寬或者是太細，都會造成圖形縮小。對線距離越遠，可視角度似乎有變大的趨勢，光柵板出現的線寬，也逐漸變得越來越寬。

(三) 校準線寬對於成像的影響：

實驗結果：

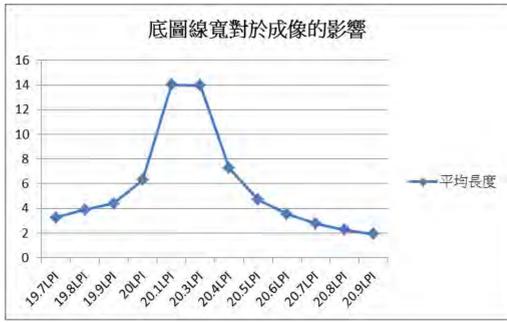


表 4、線寬間距 0.1LPI。

長度或可視角—0.1	第一次	第二次	第三次	平均
19.7	3.2	3.4	3.2	3.27
19.8	3.8	3.9	3.9	3.87
19.9	4.5	4.5	4.2	4.40
20	6.2	6.4	6.3	6.30
20.1	14	14	14.1	14.03
20.2	90.5-100.5	90.5-101	90-101	90.33~100.83
20.3	13.9	14	14	13.97
20.4	7.4	7.1	7.3	7.27
20.5	4.8	4.8	4.5	4.70
20.6	3.6	3.5	3.5	3.53
20.7	2.9	2.8	2.6	2.77
20.8	2.3	2.4	2.1	2.27
20.9	2	2	1.8	1.93

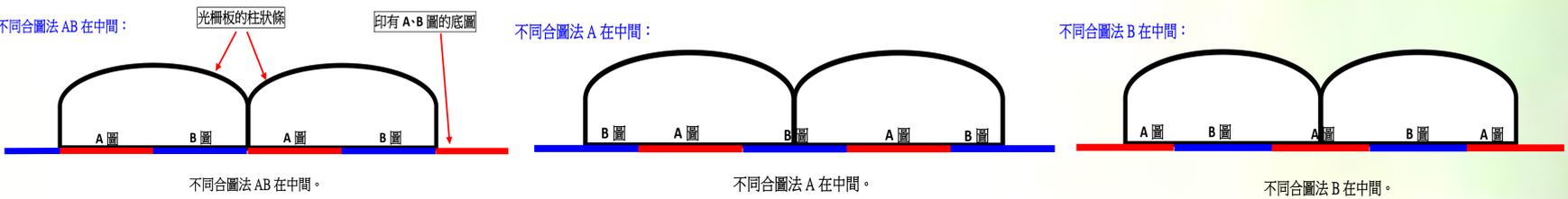
圖形超過光柵板，所以測量可視角度

實驗討論： (1) 由表4可以知道20.2LPI為底圖最佳線寬，圖形出現範圍超過整張光柵板，於是我們測量可視範圍。
 (2) 由上頁圖29可以知道圖形出現的寬度大小依序為，20.2LPI > 20.1LPI > 20.3LPI。
 (3) 20線的光柵板在觀看距離100cm的情況下底圖的線寬最佳值是20.2LPI，如果線寬太短或太長都會造成圖形變小的情況發生，並不會因為把底圖的線變的更寬，光柵板看到的圖也會變得更小了。

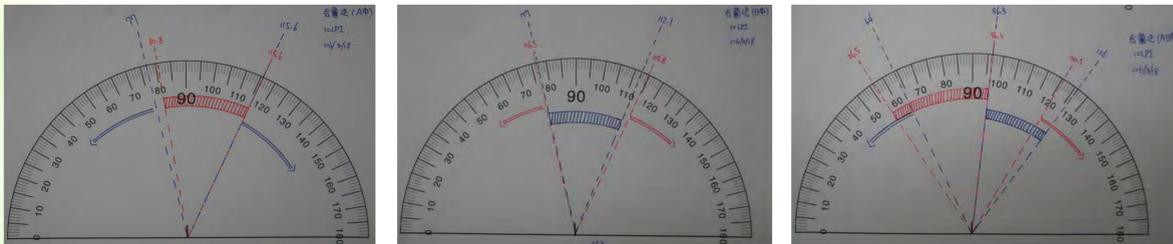
三、變圖因素探討

(一) 不同合圖法對於變圖的影響：

實驗方法： 不同合圖法 AB 在中間：



實驗結果：



各圖的顏色：A圖：紅色 B圖：藍色。 以下實驗重複三次求平均

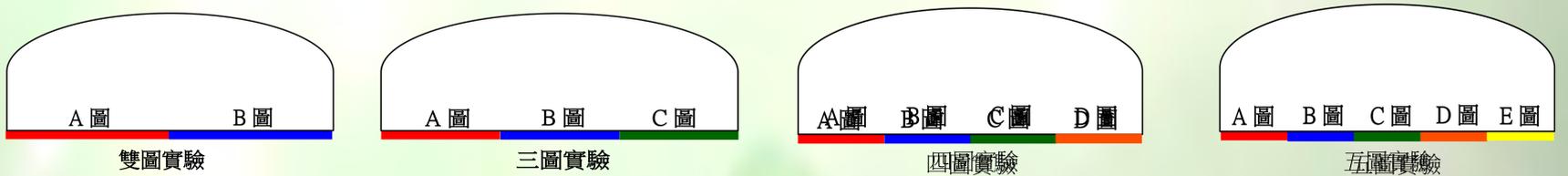
項目	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度
	可視範圍		可視範圍		可視範圍		可視範圍	
A圖在中間	X	77	80.8	115.6	115.6	X		
			34.8					
B圖在中間	X	76.5	77	112.1	114.8	X		
			35.1					
AB圖在中間	X	64	56.5	96.3	96.3	126	120.5	X
			39.8		29.7			

實驗討論：

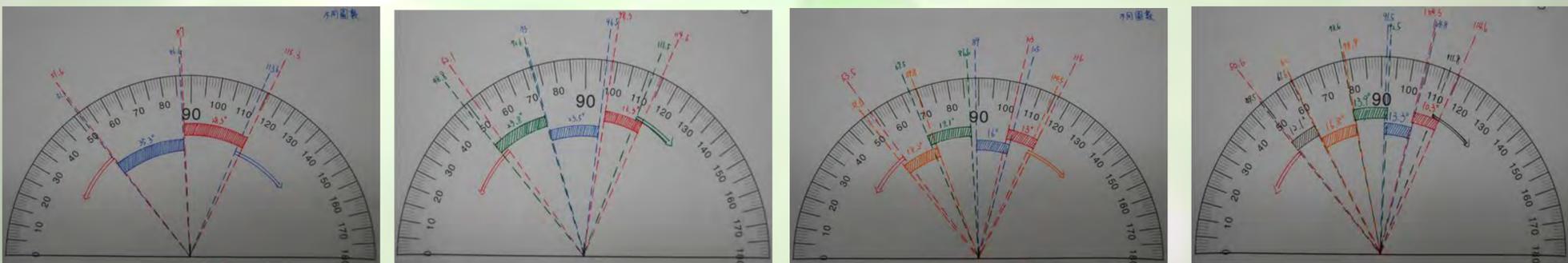
- (1) 實驗結果可分成以下幾種情況：
 - a. 當合圖法A圖在中間的時候，可看到的圖數為三張圖，圖的出現順序依序為 B A B。
 - b. 當合圖法B圖在中間的時候，可看到的圖數為三張圖，圖出現的順序依序為 A B A。
 - c. 當合圖法AB圖在中間的時候，可以看到圖數為四張圖，圖出現的順序依序為 B A B A。
- (2) 此用合圖法A在中間的時候，A圖會出現在畫面的正中央，但是如果使用合圖法B的時候。則就是B圖形會出現在畫面的中間，所以我們可以利用這個特徵來控制或決定哪一張圖要在畫面的正中間。
- (3) 合圖法A在中間或合圖法B在中間的實驗中分別可以看到另一張變圖，但是因為角度過大，所以無法明顯區別開始或結束的角度。
- (4) 在合圖法AB各占一半在中間的時候，A圖與B圖都可以各出現一張非常明顯的開始到結束的圖形，如果要做變圖的光柵實驗我們會比較推薦使用合圖法AB在中間。

(二) 不同底圖數對於變圖的影響：

實驗步驟：



實驗結果：



光柵中，圖形出現的順序圖。

以下實驗數據重複三次的平均

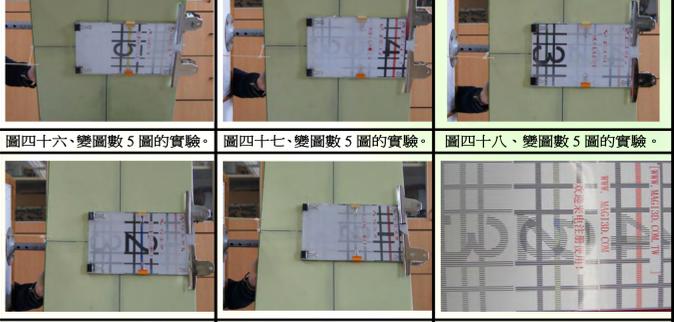
底圖合圖數	光柵中，圖形出現的順序						
	1	2	3	4	5	6	7
雙圖	A圖	B圖	A圖	B圖			
三圖	A圖	C圖	B圖	A圖	C圖		
四圖	A圖	D圖	C圖	B圖	A圖	D圖	
五圖	A圖	E圖	D圖	C圖	B圖	A圖	E圖

可清楚看到出現跟結束的出圖順序：
 雙圖：圖形出現順序 B → A
 三圖：圖形出現順序 C → B → A
 四圖：圖形出現順序 D → C → B → A
 五圖：圖形出現順序 E → D → C → B → A
 圖形的出現順序與合圖的順序是相反的

雙圖、三圖、四圖及五圖之可視範圍變化表。

以下實驗數據為重複三次的平均

變圖	變圖1		變圖2		變圖3		變圖4		變圖5		變圖6		變圖7	
	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度	出現角度	結束角度
雙圖	X	51.6	51.3	86.6	87	115.3	113.6	X						
			35.3		28.3									
三圖	X	52.16	48.83	72.6	73	96.5	98.3	114.6	111.5	X				
			23.8		23.5		16.3							
四圖	X	53.5	51.6	69.83	67.5	86.6	89	105	103	116	114.5	X		
			18.2		19.1		16		13					
五圖	X	50.6	49.5	61.6	62	78.83	78.6	92.5	91.5	104.83	104.3	114.6	111.8	X
			12.1		16.8		13.9		13.3		10.3			



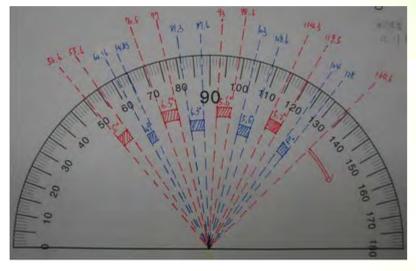
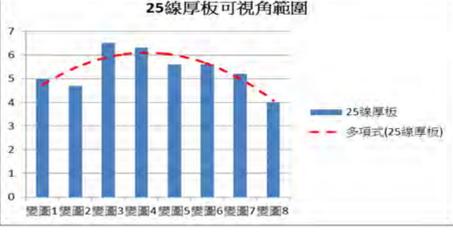
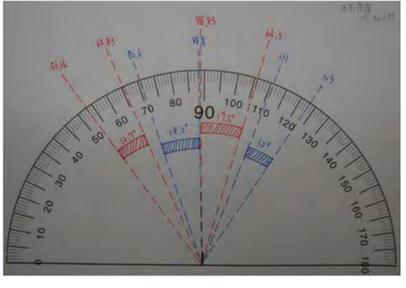
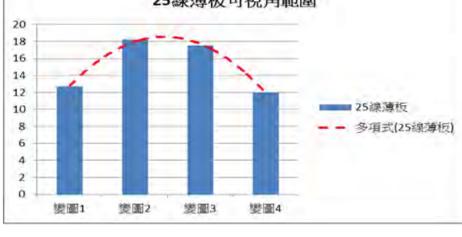
實驗討論：

- (1) 在不同變圖數的實驗中，光柵出現的變圖數量及順序說明如下，如前頁表7：
- 雙圖：底圖排列順序為A、B，光柵板出現4圖，依序為A、B、A、B。
 - 三圖：底圖排列順序為A、B、C，光柵板出現5圖，依序為A、C、B、A、C。
 - 四圖：底圖排列順序為A、B、C、D，光柵板出現6圖，依序為A、D、C、B、A、D。
 - 五圖：底圖排列順序為A、B、C、D、E，光柵板出現7圖，依序為A、E、D、C、B、A、E。

- (2) 底圖與光柵板中出現變圖的順序，如前頁表7：
- 底圖：由左至右依序為A、B、C.....。
 - 光柵板：E D C B A E D C B A E D C B A。
 - 由上面可以知道光柵板出現圖的順序與底圖呈現顛倒的情況。
- (3) 底圖數越多，所能夠出現的變圖數也就越多。
 (4) 底圖數越多，每一張變圖的可視角也越會越來越小。

(三) 不同厚度的光柵板對於變圖的影響：

實驗結果：



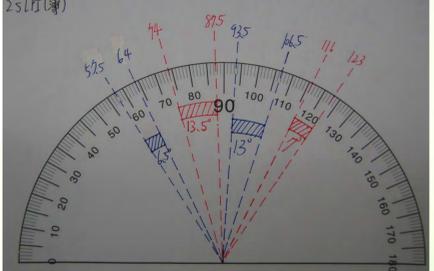
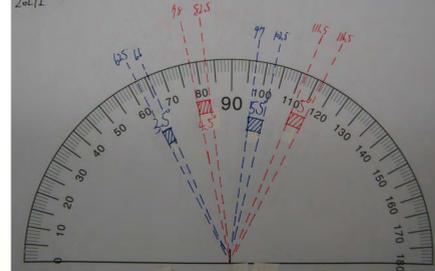
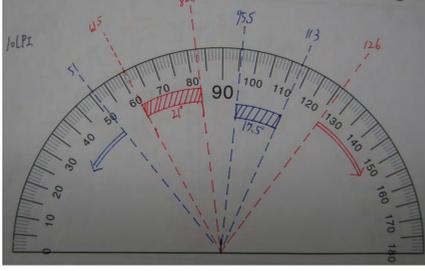
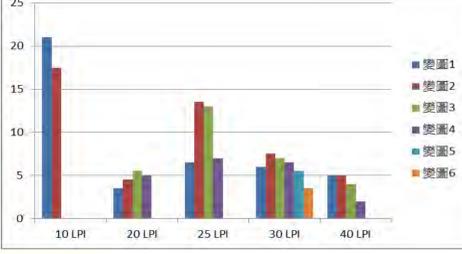
實驗討論：

1. 不同厚度的光柵板產生的變圖情況如下所示：
- 變圖數：4mm厚板的變圖數為8張圖、2mm薄板的變圖數為4張圖
 - 可視角範圍：
 - 厚板可視範圍依序為：12.7度、18.2度、17.5度、12度。
 - 薄板可視範圍依序為：5度、4.7度、6.5度、6.3度、5.6度、5.6度、5.2度、4度。
 - 由上面我們可以知道，厚板的變圖數比較多，但是每一張圖的可視角範圍比較小，而薄板的變圖數比較少，但是每一張圖的可視角範圍比較大。

- (4) 由上面的圖我們可以知道，可視角範圍越靠近中央90度時，可視範圍比較大，越往兩側，可視角範圍越小。
2. 厚板因為變圖數比較多，所以變圖的速度也相對的比較快，所以我們認為比較適合做連續動畫，但是也比較容易產生殘圖現象，而薄板比較適合做單純的變圖，薄板在變圖上因為可視角比較大比較不容易發生殘圖，殘圖就是上一張圖與下一張圖重疊了。

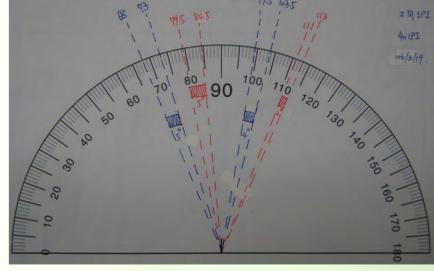
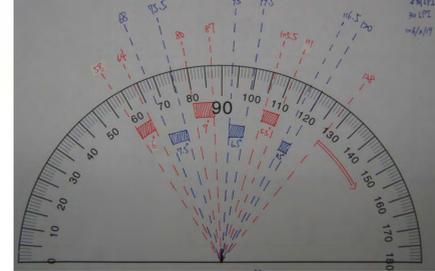
(四) 不同線數(LPI)的光柵板對於成像的影響：

實驗結果：



實驗討論：

- 實驗中我們發現，線數越低的板子，顏色越明顯、亮度也越高。
- 40線的板子因為太暗，造成很多角度沒有辦法明顯的區別。
- 在不同線數的板子中，可以看到的圖數與可視角範圍如下所示：
 - 10線：變圖數2、可視角範圍17.5~21度。
 - 20線：變圖數4、可視角範圍3.5~5度。
 - 25線：變圖數4、可視角範圍6.5~13.5度。
 - 30線：變圖數6、可視角範圍3.5度~7.5度。
 - 40線：變圖數4、可視角範圍2~5度，40線有部分的圖因為太暗無法明顯區別。
- 隨著光柵板的線數增加，變圖數增加，可視角範圍也跟著縮小，圖形更容易造成殘圖的現象，殘圖就是原有的圖形還沒消失，新的圖形卻已經跑出來了，造成圖形重疊的現象。



結論

一、光柵板成像原理：

- 變圖：觀察者在不同的位置時，可以看到不同的圖片，例如，在左邊可以看到B圖，在右邊可以看到A圖。
- 3D立體圖：

3D立體圖與變圖不同處在於變圖是在不同位置看到不同圖，3D是在同一個位置看到相同的圖，但是3D兩眼的角度差必須在適當的角度內，若角度太大則無法清楚看見3D圖像，不同的角度差則可以造成3D景深不同的效果。

二、光柵板的校準線校正

- 使用每一張光柵板之前都必須要先校準，也就是對線，對線可以找出最適合的線寬，而這條線，通常是最長的黑線或者最長的白線。
- 對線時必須由間距大逐漸到間距小，重複這個步驟，直到找到最寬的線。

三、不同觀看距離以及底圖線寬對於成像探討

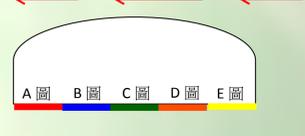
- 每一張底圖，都有適合觀賞的距離，如果距離太近或太遠都會造成影響，如果要遠距離觀賞，則一開始在校準線寬的時候就必須把距離設定到跟觀賞距離一樣最為恰當。
- 每一張光柵板都有適合的列印線寬，如果底圖印的太寬或者是太細，都會造成圖形縮小。

四、不同合圖法對於變圖的影響

- 在合圖法的實驗中，我們知道，可以自己控制圖出現的情況以及順序，例如，合圖時如果A圖在中間，則圖形出現的順序為B A B，A圖會位於圖出現順序的中間。
- 若要觀看變圖，則建議使用變圖法AB在中間。

五、不同變圖數對於變圖的影響

- 光柵板看到的圖形順序跟底圖 E D C B A E D C B A 上的排列順序是顛倒的如右所示：
- 底圖數越多變圖數也越多，而每一張圖形的可視角也越小，比較適合拿來製作連續動畫，但試圖數越多，也容易造成圖形的重疊而產生殘圖。



六、不同厚度的光柵板對於變圖的影響

- 厚板的變圖數比薄板來得多，但是可視角也相對比較小
- 厚板因為變圖數多，所以比較適合製作連續動畫、3D變圖，但是也要注意，因為圖數越多越容易產生殘圖。
- 薄板則是比較適合製作單純的變圖效果，因為可視角比較大，所以圖形比較不會重疊，變圖也相對比較乾淨容易分辨，因此製作變圖效果比較好，但是連續動畫跟3D就比較不適合了。

七、不同線數板子對於成像的影響

- 線數越低的光柵板，可視角普遍比較大，而且從光柵板看底圖幾乎都非常的明顯，色澤亮度都非常清楚。
- 低線數的光柵板變圖數比較少，角度比較大，所以比較適合製作變圖，高線數的板子則比較適合製作3D。

參考資料與附件

<請參閱報告書>