

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

團隊合作獎

080118

光線新「視」界

學校名稱：新北市蘆洲區成功國民小學

作者：	指導老師：
小五 呂美潔	許婷茹
小五 杜玟慧	李年福
小五 陳巧穎	
小五 林宥廷	
小五 李亞庭	
小五 黃靖涵	

關鍵詞：光線、眩光、駕駛環境

摘要

駕駛者有時會受到前方光源而有眼睛不適的狀況，這可能影響行車安全與身體健康，透過查詢資料了解到這可能是因為眩光所導致的。以問卷結果為基礎，設計實驗探討「環境條件」及「光源條件」對眩光的影響。由實驗結果發現，光源照度越強，照射角度與觀測者目光重疊時，眼睛越容易有不適感。我們也發現角度及燈泡排列方式也會影響到眩光的範圍，當光源角度改變為 15 度時，可以大幅降低眩光面積。燈罩的形狀是展開型時，較能有效降低眩光。

綜合實驗結果，若想減少眩光對行車的影響，可調整會出現在駕駛前方的光源角度，如街燈、指引燈，駕駛人本身也可配戴黃色系的防護眼鏡，可有效阻擋光線，提升行車安全及舒適度。

壹、研究動機

爺爺在夜晚開車時，常常會因為前方的光而看不清楚，因此不敢在夜晚開車。所以，我們希望可以知道為什麼會造成這樣的問題，且希望能夠解決這個問題，讓因為這種情況而造成的車禍越來越少，增加駕駛時的安全性。

貳、研究目的

一、調查容易產生眩光的光源條件及環境條件。

二、探討「環境條件」對眩光的影響。

1. 不同雨滴大小對眩光的影響。

2. 不同煙霧濃度對眩光的影響。

3. 不同環境亮暗對眩光的影響。

三、探討「光源條件」對眩光的影響。

1. 不同光源距離對眩光的影響。

2. 不同光源(水平、垂直)角度對眩光的影響。

3. 不同光源燈罩形式對眩光的影響。

4. 不同光源排列形式對眩光的影響。

四、探討「不同材質的擋光板」對降低眩光效果的差異。

參、研究設備與器材

一、研究設備：

(一)光線觀測箱設計：

1. 文獻探討：

(1)道路寬度：以市區道路車道寬度規定，汽車道寬度依設計速率訂定，於快速道路者，不得小於 3.25 公尺；於主要道路及次要道路者，不得小於 3 公尺；於服務道路者，不得小於 2.8 公尺。

(2)汽車寬度：以道路交通安全規則為基準，汽車全寬不得超過 2.5 公尺，其後輪胎外緣與車身內緣之距離，大型車不得超過 15 公分，小型車不得超過 10 公分。

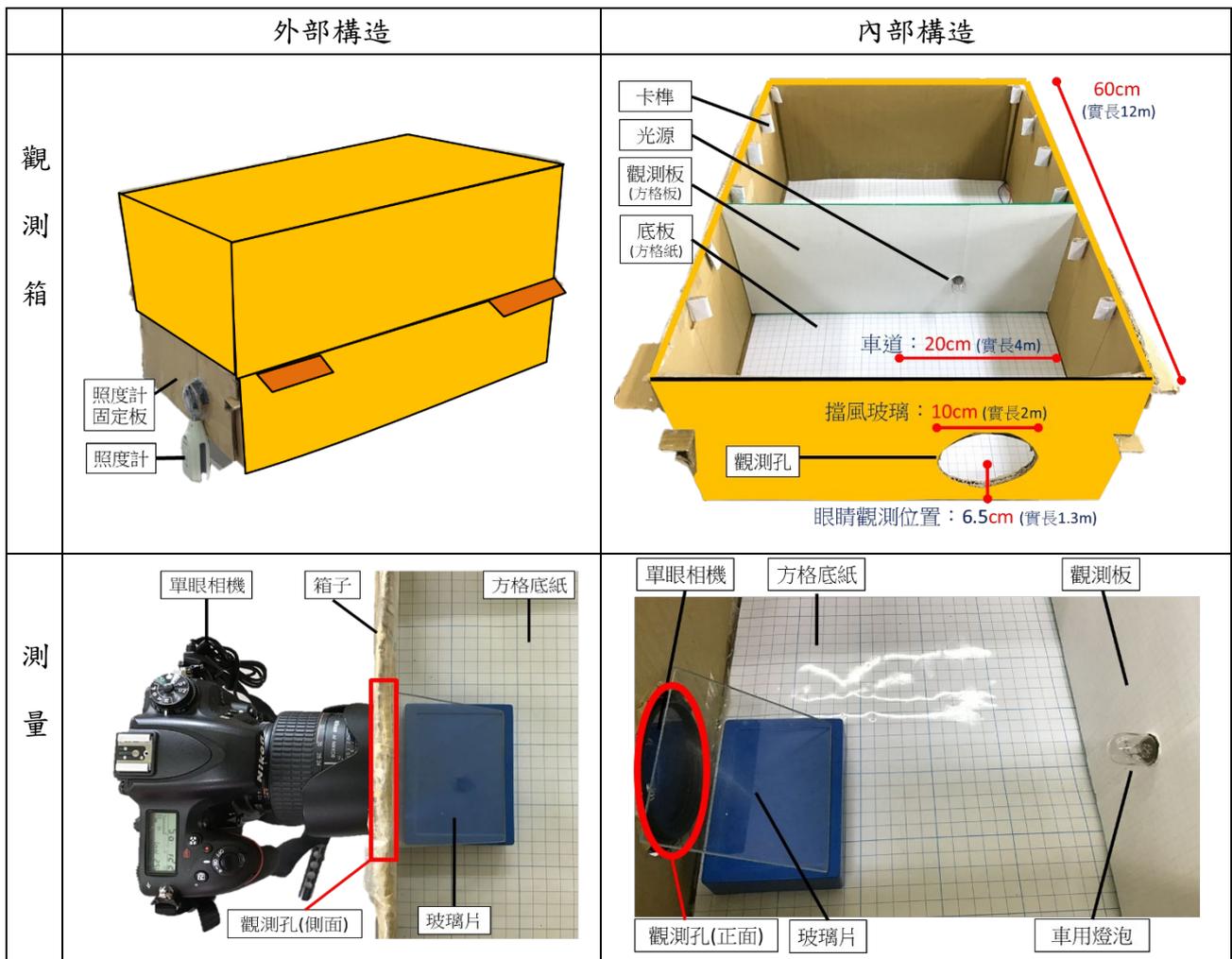


圖 3-1 實際車道比例

(3)觀測孔中心高度：實際量測身高 170 公分的駕駛者，坐在駕駛座上時，地面至觀測者眼睛的位置，大約 1.3 公尺，換算成觀測孔中心高度約為 6.5 公分。

2. 觀測箱設計：

參考文獻資料，以 20 : 1 (車道長度：觀測箱長度)的比例進行長度比例縮放。



(二)設備設定：

1. 單眼相機設定：

	曝光時間	光圈	感光度	使用實驗
相機數值 1	1/50 秒	F22	100	【研究二】實驗一~三 【研究三】實驗一~二
相機數值 2	1/5 秒	F22	100	【研究三】實驗三
相機數值 3	1/10 秒	F22	100	【研究三】實驗四

2. 照度計設定：單位 lux。

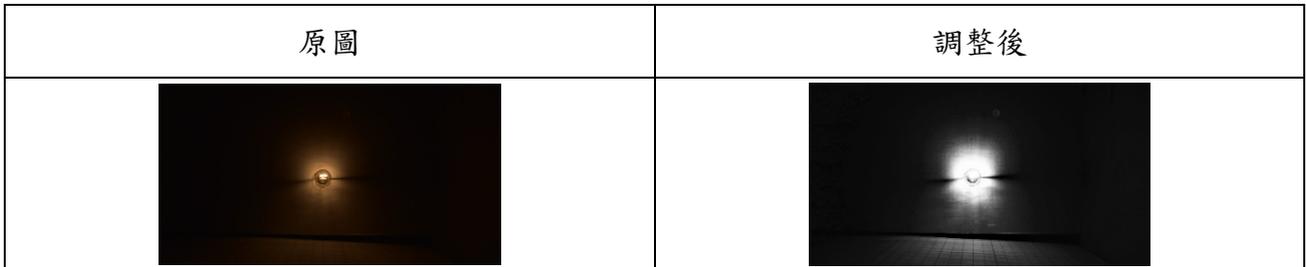
二、研究器材：

單眼相機、照度計、觀測板、底板、方格紙、車用燈泡、電源供應器、煙餅、鋁箔紙、玻璃紙、發光二極體(LED)、雙槽電池座、電線、強光手電筒、玻璃片

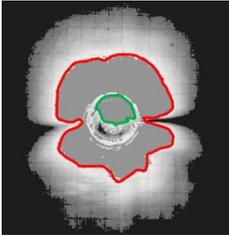
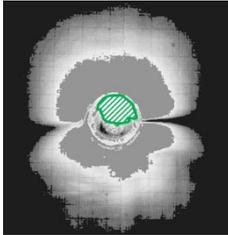
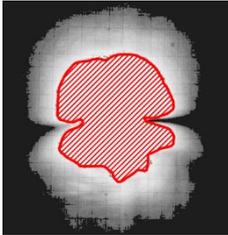
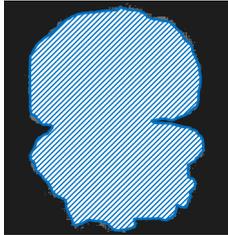
◎眩光檢測：透過「相機」及「照度計」檢測由光線觀測箱觀測孔位置觀察到的光源情形。

透過相機將眩光情形紀錄下來，並透過 Image J 分析眩光的面積。

1. 為了更符合實際觀察情況與清楚觀察到眩光的範圍並計算其面積，以「對比+100」、「曝光+100」、「清晰度+100」及「色彩黑白」等數值，調整原圖照片。



2. 透過 Image J 分別分析「燈泡中央亮區」、「易產生眩光的「眩光區(光線亮至看不見底層格線)」與「光線總範圍」。單位 mm²。

	Image J 光源範圍	燈泡中央亮區	眩光區	光線總範圍
圖示				
光線面積		84.49 mm ²	1130.93 mm ²	5965.67 mm ²

3. 每一個變因項目紀錄三次，結果取三次光線面積的平均數值。

(二) 透過照度計將觀測孔所接收到的眩光照度記錄下來，每一個變因項目紀錄三次，結果取三次照度的平均數值，並將照度轉換成折線圖。

肆、研究過程與方法

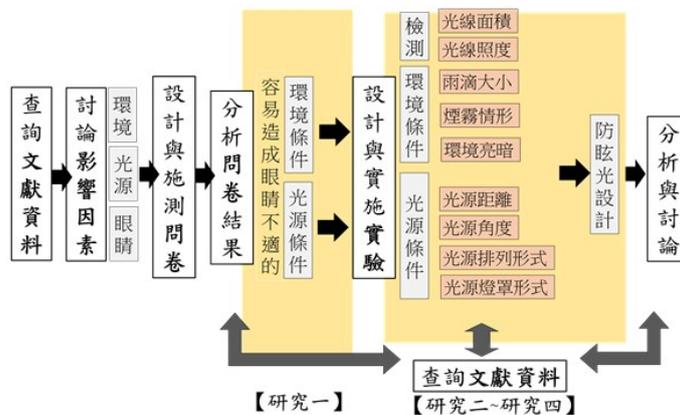


圖 4-1 研究流程圖

【研究一】調查容易產生眩光的光源條件及環境條件。

一、方法：

(一)文獻探討：

1. 眩光的定義：國際照明委員會(CIE)編輯的《國際照明工程詞彙》中對於眩光作了以下的定義：「眩光是一種視覺條件。這種條件的形成是由於亮度分布不適當，或亮度變化的幅度太大，或空間、時間上存在著極端的對比，以致引起不舒適或降低觀察重要物體的能力，或同時產生這兩種現象。」
2. 產生眩光的條件：眩光的光源分為由視野內的光源直接引起的「直接眩光」，如太陽光、太強的燈光等，以及視野內物體表面的反射光而引起的「反射眩光」，如來自光滑物體表面（高速公路路面或水面等）的反光。由此推斷，光源條件和環境條件可能會影響到眩光的產生。

(二)製作問卷：

1. 以文獻資料為基礎，探討造成駕駛者眩光不適感的可能條件，並設計問卷初稿。
2. 訪問周遭駕駛族群駕駛汽、機車時的眩光經驗，再滾動式修正該問卷內容，最後將修正完成的問卷內容製成 google 表單。
3. 針對本校教師及家長中的駕駛組群進行問卷調查。

(三)分析問卷內容：針對問卷中的「受試者基本資料」、「造成眩光不適感的環境條件」及「造成眩光不適感的光源條件」進行分析。

【研究二】探討環境條件對眩光照度及範圍的影響。

實驗一：不同雨滴大小對眩光的影響。

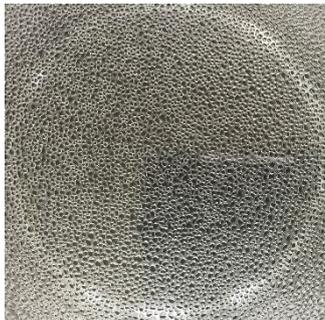
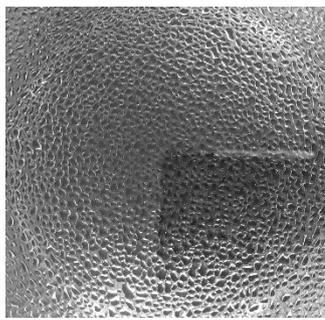
- 一、分析問卷內容：從問卷結果發現，大部分受試者(高於 60%)在雨天的行車環境中，較容易產生眩光的不適感，而在晴天及陰天的行車環境中，較少受試者(低於 20%)，會產生眩光的不適感。
- 二、設計實驗變因：由問卷結果推斷，雨天環境可能會對眩光情形產生影響，所以想進一步設計實驗來了解不同雨滴大小對眩光情形的影響。

三、**補充實驗**：設計實驗的過程中，我們發現車子的擋風玻璃是傾斜的，為了找出適合做雨天實驗的擋風玻璃傾斜角度，由網路資料發現，垂直的傾斜角度容易讓前方駕駛因為反光而看不清楚，所以設計 30° 、 35° 、 40° 、 45° 、 50° 、 55° 和 60° 擋風玻璃傾斜角度的實驗。從實驗結果得知， 40° ~ 50° 玻璃傾斜角度所造成的光源照度較小，所以後續實驗會使用 40° ~ 50° 中間值之 45° 傾斜角度玻璃片進行實驗。

玻璃傾斜角度	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
平均光源照度 (lux)	142.50	145.00	121.70	122.00	119.00	148.00	152.00

四、**實驗操作**：分別在裝有 70°C 、 80°C 、 90°C 水的燒杯上放置玻璃片，並放置 5 分鐘，藉由水溫與室溫 (30°C) 的溫差凝結出不同大小的水滴顆粒(如下表)。分別將附有不同水滴大小(無、小、中和大)的玻璃片(模擬擋風玻璃)放置在觀測孔正前方，並以相機及照度計紀錄實驗結果。實驗過程中，為黑暗(照度 0 lux)環境條件，光源位置固定在觀測孔正前方 25 cm 處，水滴附著之玻璃片傾斜角度固定為 45° 。

◎玻璃片上的水滴顆粒情形：

凝結水溫	70°C	80°C	90°C
溫差	40°C	50°C	60°C
玻璃片照片			
單一顆粒平均面積	0.70 mm^2	1.25 mm^2	2.79 mm^2
水滴情形	小 ----- 大		

實驗二：不同煙霧濃度對眩光的影響。

一、**設計實驗變因**：經討論推斷，有煙霧(道路邊燒稻草)的環境可能會對眩光情形產生影響，所以分別針對不同濃度的煙霧環境分別進行實驗設計。

二、**實驗操作**：以**煙餅**作為**煙霧**來源，讓煙餅在密閉的觀測箱中持續燃燒至不再產生煙霧，以此狀況作為濃度最高(3等)的煙霧濃度，並透過開箱散煙的時間，調整「0等」~「2等」



圖4-2 煙餅照片

的煙霧濃度。分別在「0等(無煙)」、「1等(淡煙)」、「2等」及「3等(濃煙)」四種不同煙霧濃度的環境下進行實驗，並以相機及照度計紀錄實驗結果。實驗過程中，為黑暗(照度 0 lux)環境條件，光源位置固定在觀測孔正前方 25 cm 處。

實驗三：不同環境亮暗對眩光的影響。

- 一、**分析問卷內容**：從問卷結果發現，大部分受試者(高於 60%)在夜晚的行車環境中，較容易產生眩光的不適感。而少數受試者(低於 13%)在晴天及陰天的行車環境中，會產生眩光的不適感。
- 二、**設計實驗變因**：由問卷結果推斷，環境的亮暗差異可能會對眩光情形產生影響，所以不同光源所在位置之環境亮暗設計實驗。
- 三、**實驗操作**：在「黑暗」、「陰天」、「室內」和「太陽下」等不同環境(箱內)亮暗的環境下進行實驗，並以相機及照度計紀錄實驗結果。實驗過程中，光源位置固定在觀測孔正前方 20 cm 處。

【研究三】探討光源條件對眩光照度及範圍的影響。

實驗一：不同光源照射距離對眩光的影響。

- 一、**分析問卷內容**：在遇到「路燈」和「紅綠燈」時，大部分受試者(約 80%)沒有特殊感覺，但在遇到「對向車道的遠光燈」和「對向車道的近光燈」卻會感到不適(約 80%)，依光源的位置來看，「路燈」和「紅綠燈」離駕駛較遠，而與問卷中「對向車道的遠光燈」和「對向車道的近光燈」離駕駛較近。
- 二、**設計實驗變因**：由問卷結果推斷，光源的距離差異可能會對眩光情形產生影響，所以以光源與觀測孔間的距離設計實驗。
- 三、**實驗操作**：分別在觀測孔正前方 10 cm、20 cm、30 cm、40 cm 及 50 cm 處放置光源，並以相機及照度計紀錄實驗結果。實驗過程中，為黑暗(照度 0lux)環境條件。

實驗二：不同光源照射角度(水平、垂直)對眩光的影響。

一、分析問卷內容：近乎所有受試者在遇到「對向車道的遠光燈」時會感覺不舒服，其次是遇到「對向車道的近光燈」時，推斷可能與光源的光線強度有關。

二、文獻探討：汽車前車燈包括遠光燈和近光燈，兩者的作用都是用來照亮車輛前方道路。區別是，一個照射的近，一個照射的比較遠。通常情況下，近光燈的照射距離約 30-40 米，照射範圍大約 160°，遠光燈則光線較為集中，亮點大，可以照射到更高更遠的地方。遠光



的角度太高，很容易晃到對面來車和周圍行人的眼睛，影響他們的視線，從而給行車帶來很大的安全隱患。近光燈的光是往下照射，在車前的 12-18 米之間，有非常明顯的光束明暗截止線。

三、設計實驗變因：由問卷結果推斷，光源照射角度差異可能會對眩光情形產生影響，所以分別針對「水平線角度」和「垂直線角度」兩種照射角度進行實驗設計。以「觀測孔中心點與觀測孔中心正前方 25cm 處點(基準點)連線-基準線」與「基準點上方的燈泡正面延伸線」間的夾角設計實驗。透過改變測量板上方的水平線/左右光源角度與垂直線/上下光源角度，以改變光源照射角度。

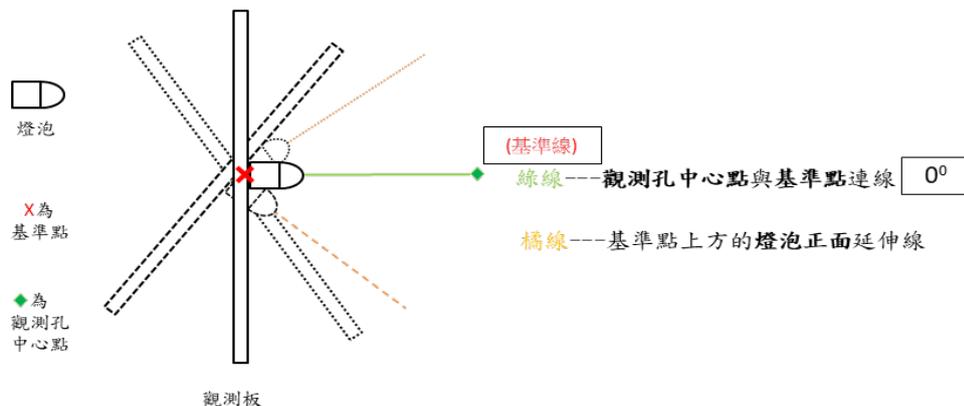


圖 4-4 光源角度示意圖

四、實驗操作：

1. 水平線/左右角度：以觀測孔中心正前方 25cm 處為基準點(光源位置)，水平轉動觀測板，以基準線為 0 度，分別轉動 15 度、30 度、45 度、60 度和 75 度，並以相機及照度計紀錄實驗結果。實驗過程中，為黑暗(照度 0 lux)環境條件。

2. 垂直線/上下角度：以觀測孔中心正前方 25cm 處為基準點(光源位置)，上下轉動觀測板，以基準線為 0 度，分別向上與向下轉動 30 度和 45 度，並以相機及照度計紀錄實驗結果。實驗過程中，為黑暗(照度 0 lux)環境條件。

實驗三：不同光源燈罩形式對眩光的影響。

一、設計實驗變因：從生活經驗知道，許多光源有燈罩的構造，我們試著以光源燈罩形式設計實驗，以了解不同光源燈罩形式對眩光的影響。

二、實驗操作：利用鋁箔紙塑形出「圓弧形」、「方形」和「展開型」燈罩形式，並分別針對「低於燈泡頂端 0.5cm」、「等於燈泡頂端高度」和「高於燈泡頂端 0.5cm」的燈罩高度，以及不同展開角度進行實驗，並以相機(曝光時間調整至 1/5 秒)及照度計紀錄實驗結果。實驗過程中，以黑暗(照度 0 lux)環境條件進行，光源(手電筒)位置固定在觀測孔正前方 25 cm 處。

實驗四：不同光源排列形式對眩光的影響。

先前的研究主要針對單一燈泡光源條件下的各種變因實驗，我們想進一步討論，若是光源數量不只一個時，燈泡光源的排列是否會影響眩光的情形。

一、設計實驗變因：以燈泡間的排列方向為基準，將其分為「內聚」、「水平直射」和「外擴」三種展開類型，並以不同夾角(0 度、15 度、30 度、45 度)進行實驗設計。

二、實驗操作：將 LED 燈泡並聯，分別呈現不同燈泡數量時，「內聚」、「水平直射」和「外擴」三種展開類型的光源排列，並以相機紀錄實驗結果。實驗過程中，為黑暗(照度 0lux)環境條件，電源電壓固定 3V，光源位置固定在觀測孔正前方 10 cm。

【研究四】探討「不同材質的擋光板」對降低眩光效果的差異

實驗一：不同擋光板材質對光線照度/眩光區面積的降低效果。

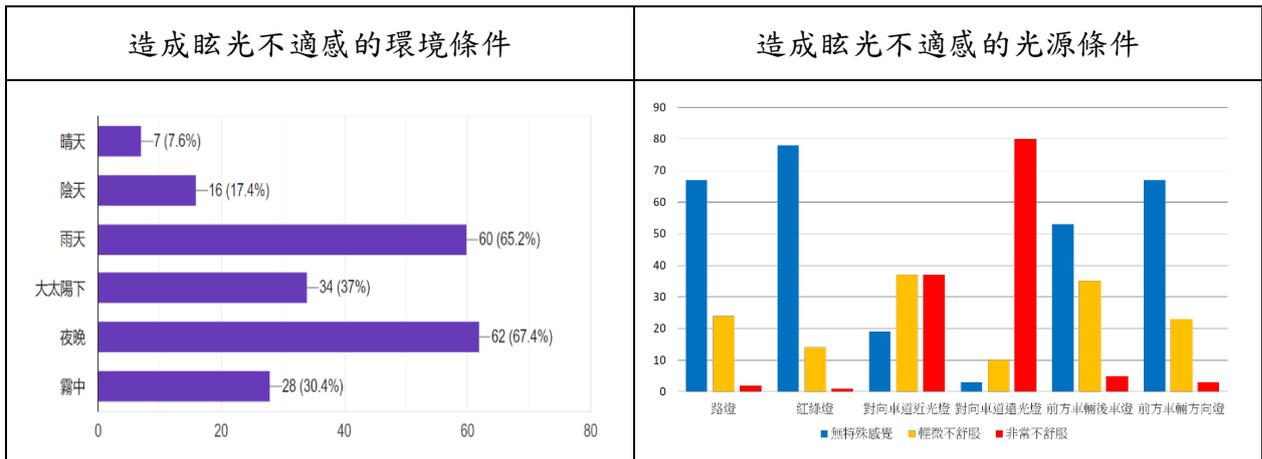
根據先前的研究，發現當光源照度較強時，較容易產生眩光，我們能透過拉開與光源的距離或避免光源直射眼睛的方式，來減少眩光的產生影響，其目的是希望可以減少由光源進入眼睛的光線量。所以，我們透過能過濾掉光線的各色玻璃紙作為擋光板，希望能找出減少眩光的最佳方案。

實驗時，在觀測孔前方上 10cm 處，分別放置不同條件(玻璃紙顏色、有無皺摺、添加 L 夾)的擋光板，並以相機及照度計紀錄實驗結果。實驗過程中，為黑暗(照度 0lux)環境條件，光源位置固定在觀測孔正前方 25 cm。

伍、研究結果

【研究一】調查容易產生眩光的光源條件及環境條件。

一、統計結果：



二、發現：

1. 超過一半(高於 60%)的受試者在雨天及夜晚兩種環境下，容易因眩光而造成眼睛不舒服。其次是大太陽下及霧中的環境，大約有 30%的受試者，容易因眩光而造成眼睛不舒服。最後是晴天及陰天的環境，較少會因眩光而造成眼睛不舒服。
2. 超過一半受試者對於路邊的「路燈」和「紅綠燈」兩種光源條件無特殊感覺。
3. 超過一半(高於 60%)的受試者，對於「對向車輛的遠光燈」光源條件有因眩光造成的非常不舒服的感覺。其次是「對向車輛的近光燈」光源條件，也有將近 30%的受試者感到非常不舒服。

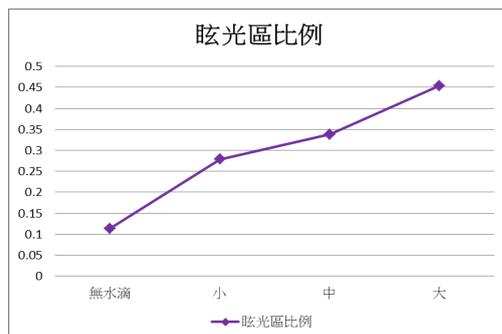
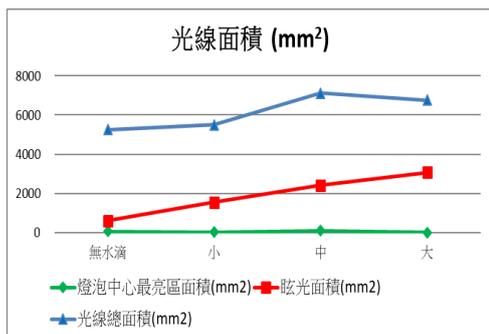
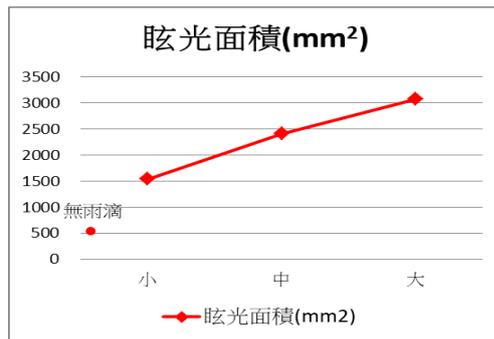
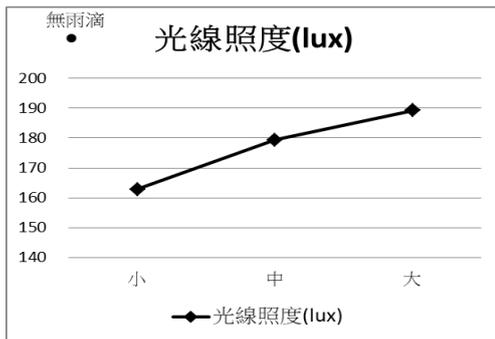
【研究二】探討環境條件對眩光照度及範圍的影響。

實驗一：不同雨滴顆粒大小對眩光的影響。

一、實驗統計：

照片紀錄 (黑白照片)					
照片紀錄 (調整後)					
Image J 光源範圍					
變因	無雨滴	小雨滴(0.70 mm ²)	中雨滴(1.25 mm ²)	大雨滴(2.79 mm ²)	
3次平均照度 (lux)	241.33	162.87	179.40	189.20	
光源 面積 (mm ²)	燈泡中心亮區	57.64	20.51	91.49	7.36
	眩光區	598.84	1536.10	2405.54	3072.78
	光線總面積	5256.31	5508.88	7112.94	6767.46
眩光區比例 (眩光區/總面積)	0.11	0.28	0.34	0.45	

註記：在此項實驗中，黑白原圖較能明顯看得出「燈泡中心亮區」，所以作為對照一同呈現。

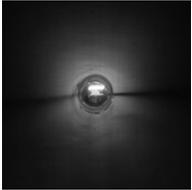
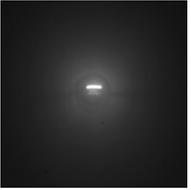
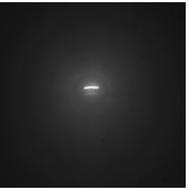
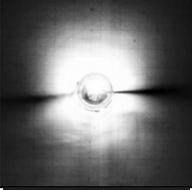
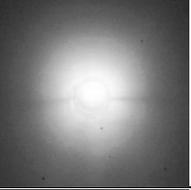
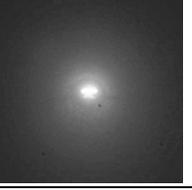
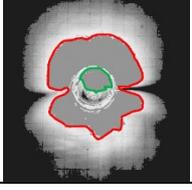
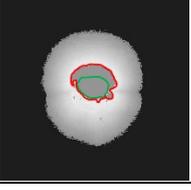
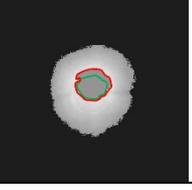


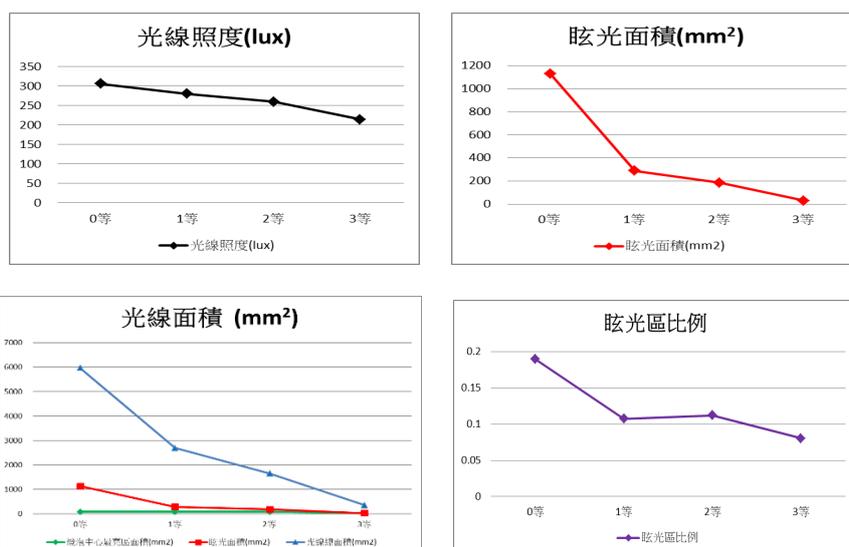
二、發現：

比較玻璃片上方是否具有雨滴顆粒對光線的影響時，發現「無雨滴」時的光線照度比「有雨滴」時大，而光線照射的面積則較小。比較不同雨滴顆粒大小對光線的影響時，發現雨滴顆粒越大，則光線照度與眩光區面積都會較大。此外，**雨滴能增加較大幅度的增加眩光區比例。**

實驗二：不同煙霧濃度對眩光的影響。

一、實驗統計：

照片紀錄 (黑白照片)					
照片紀錄 (調整後)					
Image J 光源範圍					
變因	0 等 (無煙)	1 等 (淡煙)	2 等	3 等 (濃煙)	
3 次平均照度 (lux)	305.67	280.33	259.33	214.00	
光源 面積 (mm ²)	燈泡中 心亮區	84.49	84.89	84.97	29.06
	眩光區	1130.93	289.62	186.11	29.06
	光線總 面積	5965.67	2693.49	1656.87	361.88
眩光區比例 (眩光區/總面積)	0.19	0.11	0.11	0.08	



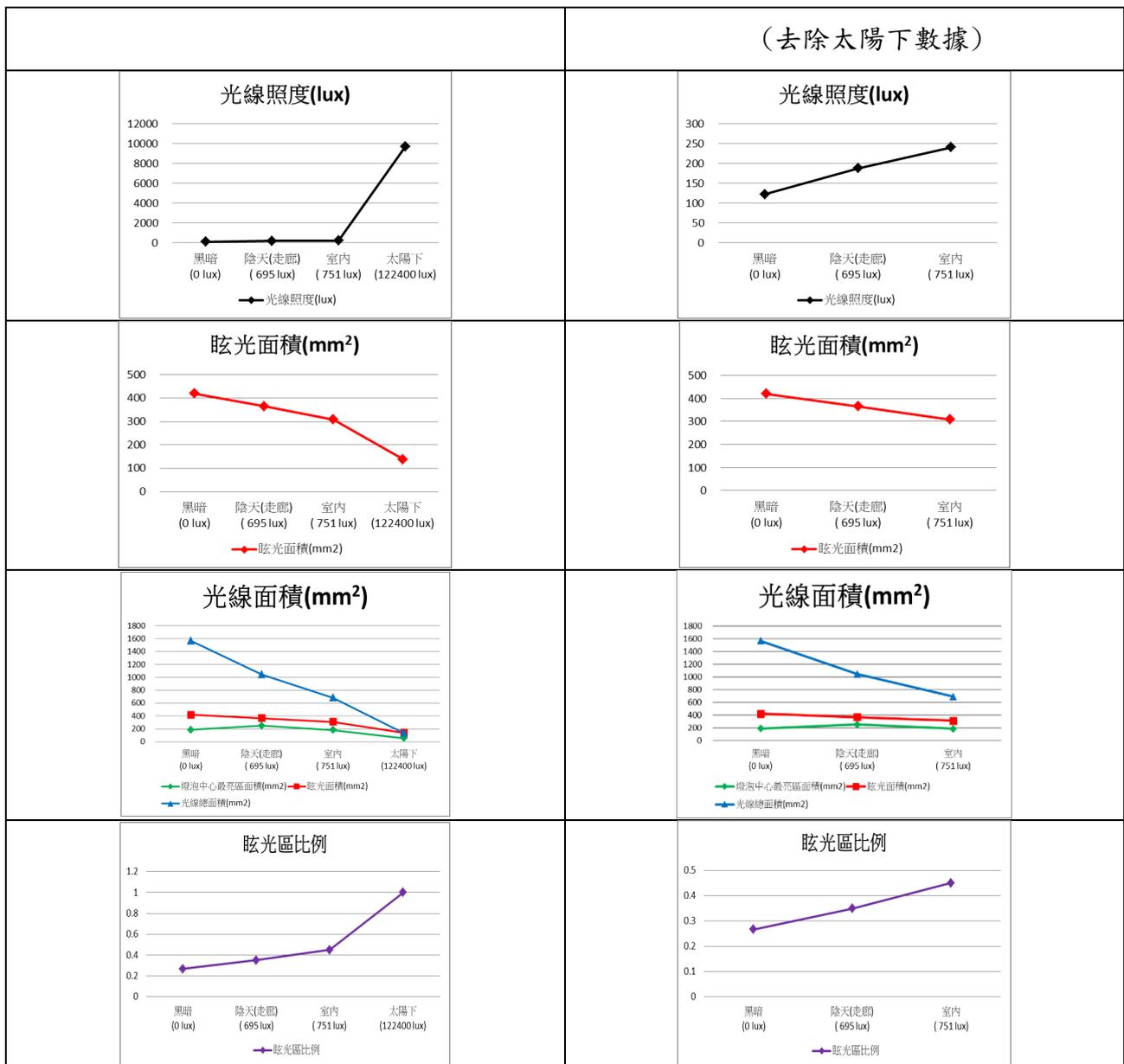
二、發現：

隨著煙霧濃度越來越大，光線照度越來越小，煙霧濃度最大時，除了光源燈泡中心亮區以外，看不到前方畫面。此外，煙霧濃度越來越大時，眩光面積也越來越小。有煙的環境下，眩光區面積下降，而光線眩光區的比例也有較大幅度的降低。

實驗三：不同環境亮暗對眩光的影響。

一、實驗統計：

照片紀錄 (黑白)					
Image J 光源範圍					
變因	黑暗 (0 lux)	陰天(走廊) (695 lux)	室內 (751 lux)	太陽下 (122400 lux)	
3次平均照度 (lux)	122.80	188.20	241.00	9700.00	
光源 面積 (mm ²)	燈泡中心亮區	187.11	249.07	183.90	55.56
	眩光區	419.09	365.74	308.99	131.58
	光線總面積	1566.38	1044.75	685.69	131.58
眩光區比例 (眩光區/總面積)	0.27	0.35	0.45	1.00	



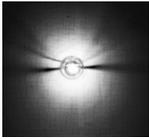
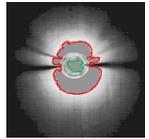
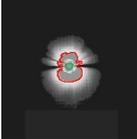
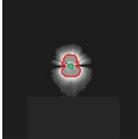
二、發現：

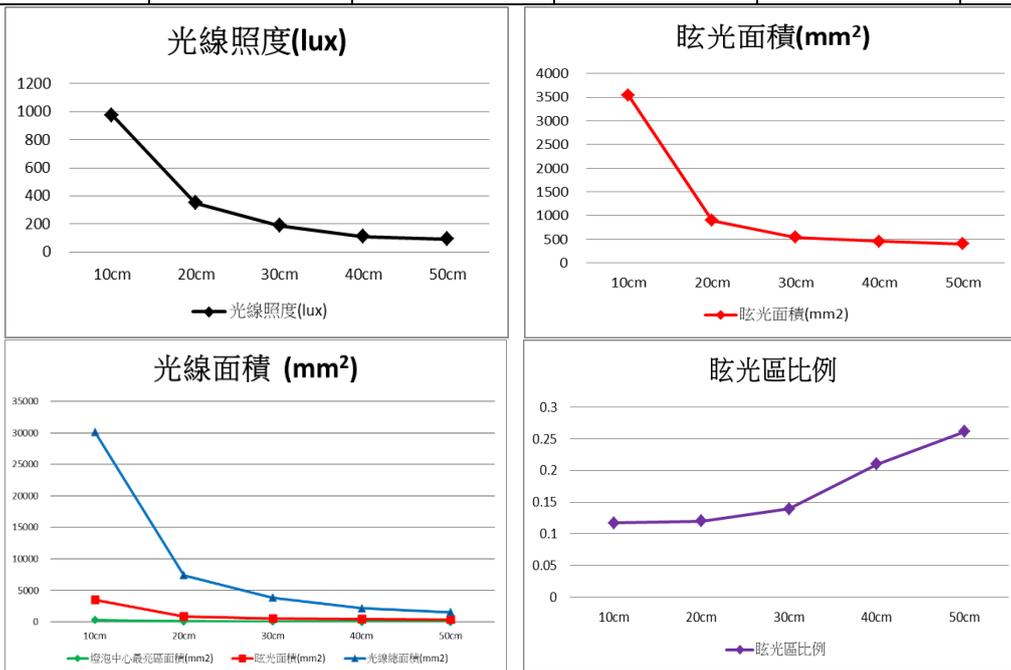
隨著外界環境的整體照度越來越大，從觀測孔所觀測到的光線照度也會愈來愈大。也就是說，**外界環境的整體照度，會影響我們所看的光線照度**。其中，大太陽下的光線照度遠大於其他環境照度。而隨著外界環境的整體照度越來越大，所觀測到的燈泡光源光線面積卻越來越小，也越來越不明顯。此外，以肉眼觀察光源時，發現在眩光面積最大的黑暗環境和在外界環境照度最大的大太陽下，眼睛最容易有不舒服的感覺。**外界環境光源照度提升時，會降低眩光區面積，但因光線總面積變小，整體眩光比例反而提升。**

【研究三】探討光源條件對眩光照度及範圍的影響。

實驗一：不同光源照射距離對眩光的影響。

一、實驗統計：

照片紀錄 (調整後)						
Image J 光源範圍						
變因	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	
3 次平均照度(lux)	975.67	352.00	189.80	111.40	92.83	
光源面 積 (mm ²)	燈泡中 心亮區	307.45	81.34	45.20	27.57	22.47
	眩光區	3535.42	892.00	539.77	453.77	401.62
	光線總 面積	30168.59	7407.98	3872.68	2161.73	1537.68
眩光區比例 (眩光區/總面積)	0.12	0.12	0.14	0.21	0.26	



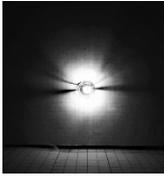
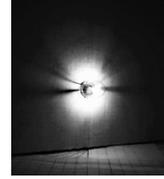
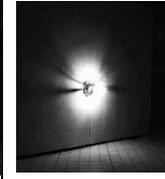
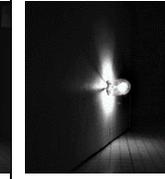
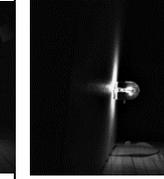
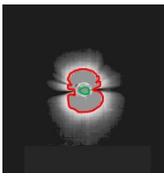
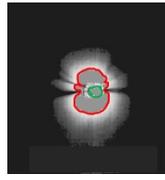
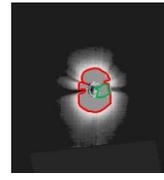
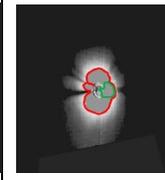
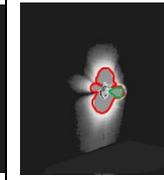
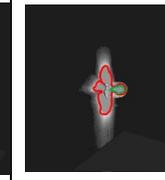
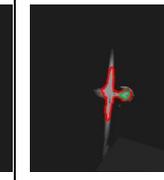
二、發現：

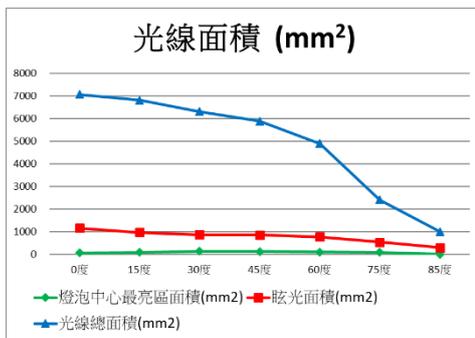
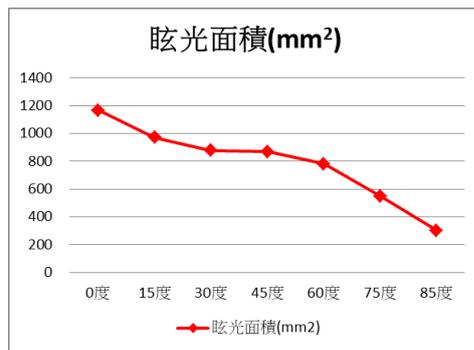
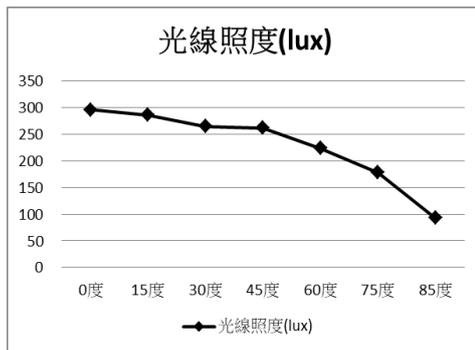
隨著觀測孔與光源間的距離越來越遠，光線照度越來越小。其中，當距離由 10cm 改變為 20cm 時，光線照度大幅度下降。當距離由 30cm 調整至 50cm 的過程中，光線照度改變幅度不大。隨著觀測孔與光源間的距離越來越遠，眩光區面積也越來越小，眼睛越不容易因為眩光而感到不適。距離從 30cm 至 50cm 時，眩光區比例有較大幅度上升。

實驗二：不同光源照射角度(水平、垂直)對眩光的影響。

一、實驗統計：

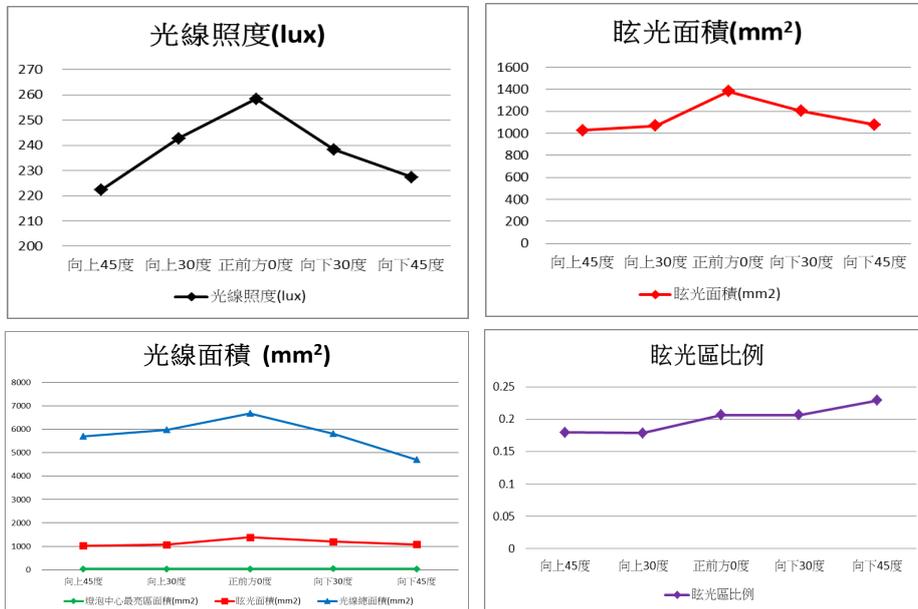
水平線角度

照片紀錄 (調整後)								
Image J 光源範圍								
變因	0 度	15 度	30 度	45 度	60 度	75 度	85 度	
3 次平均照度 (lux)	295.67	286.33	265.00	262.00	223.33	177.80	92.80	
光源 面積 (mm ²)	燈泡中 心亮區	71.13	100.13	144.61	133.24	116.46	93.22	19.90
	眩光區	1166.41	969.30	876.86	869.02	779.30	549.95	300.66
	光線總 面積	7061.76	6804.21	6307.42	5875.06	4895.11	2404.84	1006.60
眩光區比例 (眩光區/總面積)	0.17	0.14	0.14	0.15	0.16	0.23	0.30	



垂直線角度

照片紀錄 (調整後)						
Image J 光源範圍						
變因	向上 45 度	向上 30 度	正前方 0 度	向下 30 度	向下 45 度	
3 次平均照度 (lux)	222.33	242.67	258.33	238.33	227.33	
光源 面積 (mm ²)	燈泡中 心亮區	34.61	38.37	35.78	39.92	34.69
	眩光區	1026.86	1070.27	1381.71	1202.66	1078.06
	光線總 面積	5704.89	5975.45	6685.10	5810.53	4700.10
眩光區比例 (眩光區/總面積)	0.18	0.18	0.21	0.21	0.23	



二、發現：

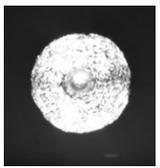
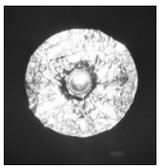
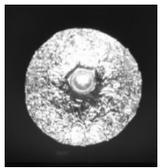
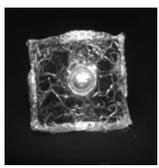
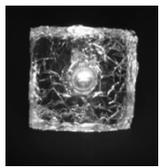
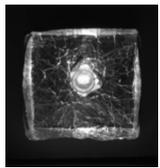
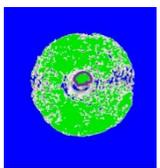
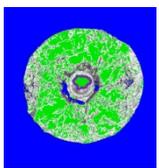
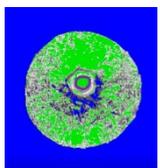
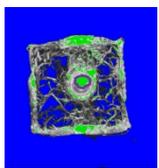
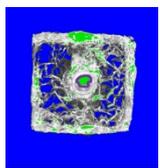
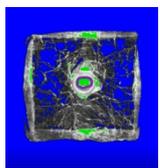
隨著基準線與光源燈泡正面延伸線之間的夾角(水平和垂直線)越來越大，光線照度越來越小，而光線面積也越來越小。眩光區面積也隨著垂直線角度越來越大而變得越來越小。其中，當夾角為 0 度時，光線照度和眩光區面積數值最大。水平角度由 0 度到 15

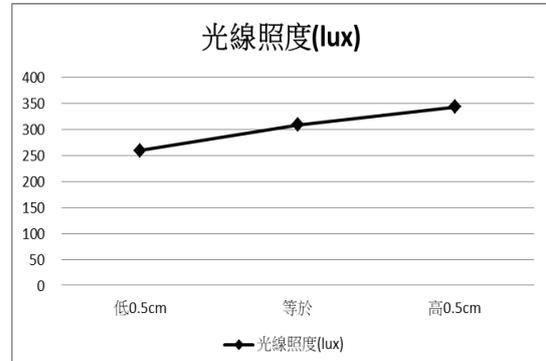
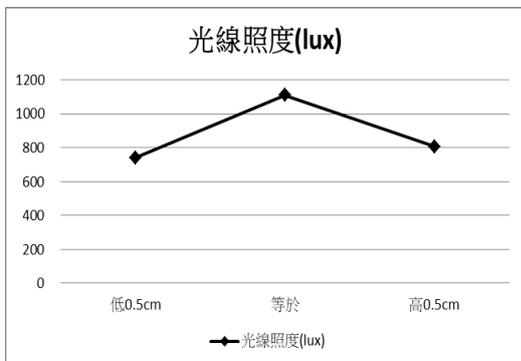
度時，眩光區比例有較大幅下降，而由 75 度到 85 度時，眩光區比例有較大幅上升，此外，改變上下照射角度時，眩光區比例變化不大。

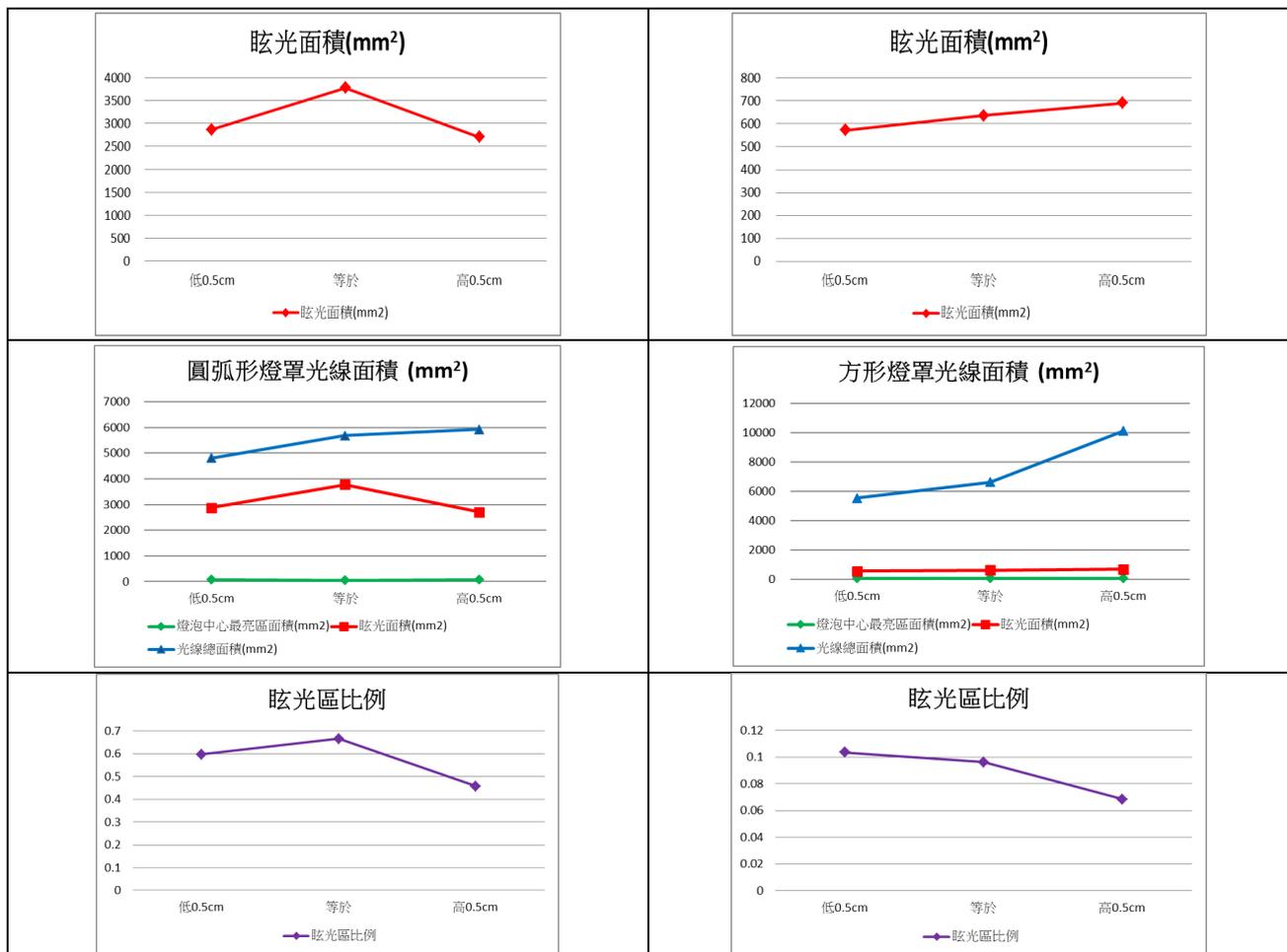
實驗三：不同光源燈罩形式對眩光的影響。

一、實驗統計：

不同高度關係的燈罩

照片紀錄 (黑白圖)							
Image J 光源範圍 (淺綠-眩光區) (深紫-中心亮區)							
變因	圓弧形 (低 0.5cm)	圓弧形 (等高)	圓弧形 (高 0.5cm)	方形 (低 0.5cm)	方形 (等高)	方形 (高 0.5cm)	
3 次平均照度 (lux)	741.33	1111.00	808.00	259.33	309.00	343.33	
光源 面積 (mm ²)	燈泡中 心亮區	74.27	57.10	80.21	74.41	73.17	83.20
	眩光區	2872.45	3780.34	2704.74	572.23	636.03	691.32
	光線總 面積	4807.83	5679.98	5920.35	5532.10	6613.80	10097.93
眩光區比例 (眩光區/總面積)	0.60	0.67	0.46	0.10	0.10	0.07	

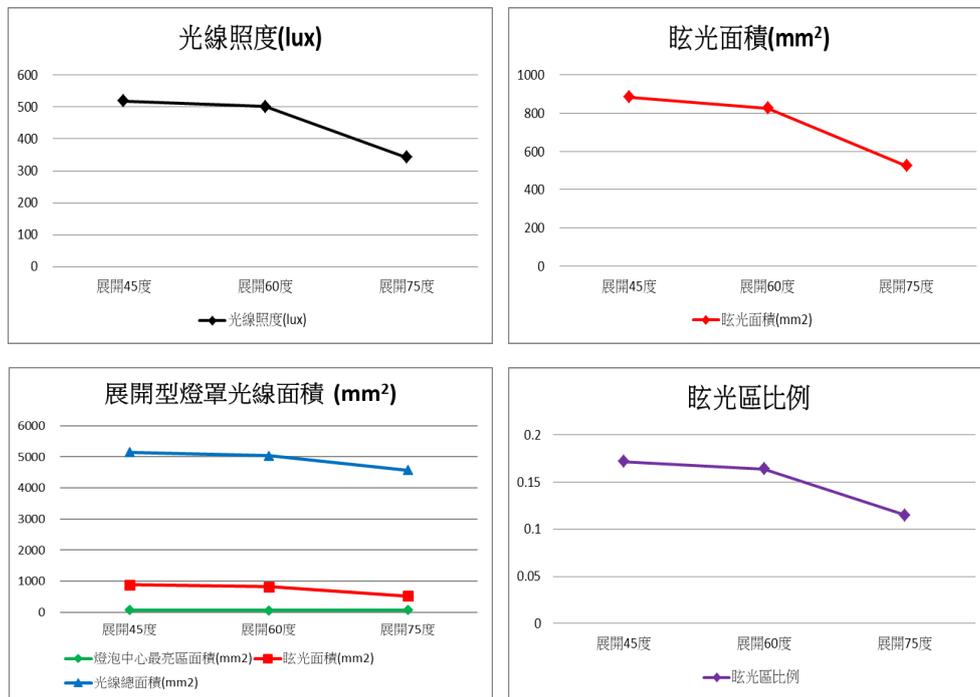




不同展開角度的燈罩

<p>照片紀錄 (黑白圖)</p>			
<p>Image J 光源範圍</p>			
<p>變因</p>	<p>展開 45 度</p>	<p>展開 60 度</p>	<p>展開 75 度</p>
<p>3 次平均照度 (lux)</p>	<p>519.00</p>	<p>501.33</p>	<p>343.00</p>
<p>光源 面積</p>	<p>燈泡中心亮區 76.67 眩光區 883.40</p>	<p>燈泡中心亮區 58.17 眩光區 825.07</p>	<p>燈泡中心亮區 76.67 眩光區 524.60</p>

(mm ²)	光線總面積	5147.16	5038.78	4568.02
眩光區比例 (眩光區/總面積)		0.17	0.16	0.11



二、發現：

綜合比較不同形式的光源燈罩(如下表)，所得到的光源照度及面積數值皆為圓形>展開>方形。當燈罩是圓弧形時，燈罩高度等於燈泡高度時，光源照度及面積最大；當燈罩是方形時，燈罩高度越高(例如高 0.5cm)，而光源照度及面積也跟著提升，眩光區比例則越下降；當燈罩是展開型時，燈罩展開角度越大，光源照度及面積也跟著下降。眩光區比例變化也是呈下降趨勢，與光線照度及面積相同。

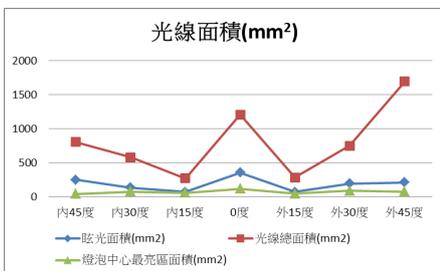
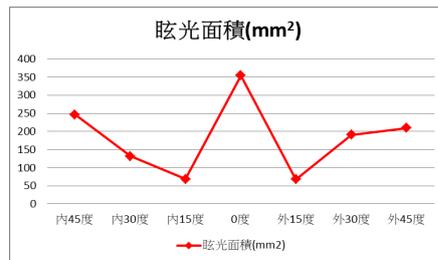
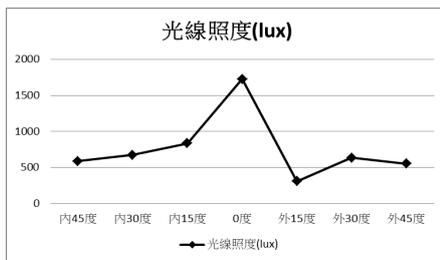
光源照度	眩光面積	討論
<p>光線照度(lux)</p>	<p>眩光面積(mm²)</p>	<p>圓弧形燈罩的光線照度與眩光面積遠大於其他兩者，推斷是因為圓弧形的拋物反射鏡面，讓燈泡後端發出的光線，反射後匯聚更多向前的平行光，朝向觀測孔方向射出，造成光線照度與眩光面積更大。</p>

實驗四：不同光源排列形式對眩光的影響。

一、實驗統計：

兩顆燈泡

示意圖								
照片紀錄 (黑白圖)								
Image J 光源範圍								
變因		內聚 45 度	內聚 30 度	內聚 15 度	水平直射	外擴 15 度	外擴 30 度	外擴 45 度
平均照度 (lux)		587.33	674.67	833.67	1730.00	308.00	637.00	552.00
光源 面積 (mm ²)	燈泡中 心亮區	56.31	71.16	38.31	115.94	41.08	83.61	70.24
	眩光區	246.32	131.90	68.44	354.27	68.06	190.78	209.48
	光線總 面積	802.38	577.74	265.71	1203.61	281.56	746.02	1694.06
眩光區比例 (眩光區/總面積)		0.31	0.23	0.26	0.29	0.24	0.26	0.12



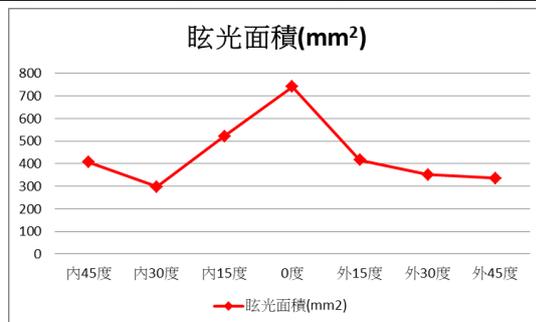
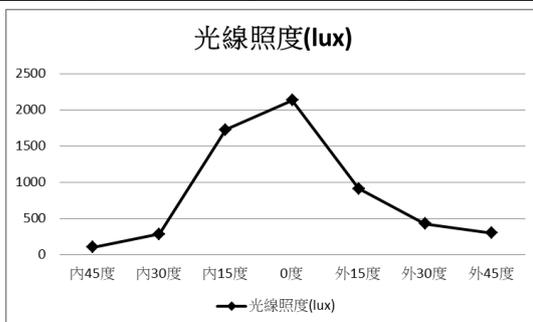
當以兩顆燈泡作為實驗變因時，光源照度和面積的變化趨勢基本相同，但在「外擴」30 度到 45 度時，光源照度變小，而光源面積變大。此外，在「內聚」30 度到 45 度時，光源照度變小，而眩光區面積卻變大。個別分析「內聚」和「外擴」的角度後，發現「內

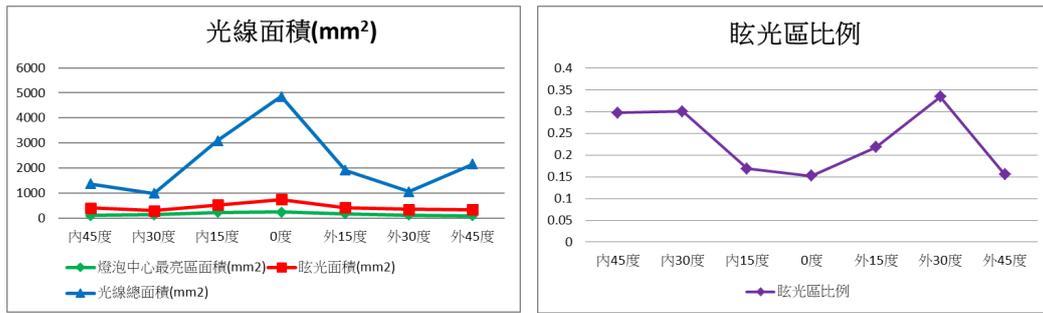
聚」的角度越大，光線照度越小，而眩光面積越大；在燈泡「外擴」時，光線照度及眩光面積都明顯降低，眩光區比例也降低了。

當「內聚」、「外擴」15度時，眩光面積會最小。而眩光區比例在內聚45度時最高，在外擴45度時最低。

三顆燈泡(並排)

示意圖								
照片紀錄 (黑白圖)								
Image J 光源範圍								
變因	內聚 45度	內聚 30度	內聚 15度	水平直射	外擴 15度	外擴 30度	外擴 45度	
平均照度 (lux)	100.50	283.67	1725.67	2133.33	914.00	426.00	296.33	
光源 面積 (mm ²)	燈泡中心亮區	107.43	138.92	229.49	242.69	167.75	121.31	89.02
	眩光區	406.36	297.50	522.03	739.96	415.82	350.64	334.96
	光線總面積	1365.89	989.283	3095.65	4861.73	1909.40	1049.83	2159.28
眩光區比例 (眩光區/總面積)	0.30	0.30	0.16	0.15	0.22	0.33	0.16	



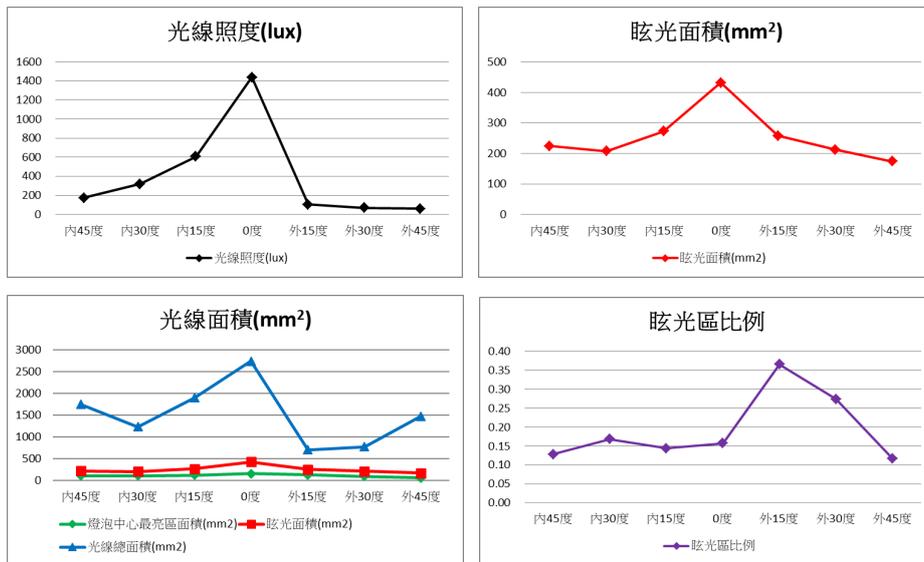


當三顆燈泡並排時，光線照度與眩光面積趨勢相當，原則上，光線照度及眩光面積隨著角度增加而降低。

燈泡並排內聚 15 度時，有較高的光線照度及光線總面積，且眩光面積也有一定幅度的降低，整體眩光區比例下降。燈泡並排外擴 45 度時，光線總面積曲線上揚，整體眩光區比例也低，但光線照度不高。

三顆燈泡(三角排列)

示意圖								
照片紀錄 (黑白圖)								
Image J 光源範圍								
變因	內聚 45度	內聚 30度	內聚 15度	水平直射	外擴 15度	外擴 30度	外擴 45度	
平均照度 (lux)	171.67	319.00	608.00	1437.00	105.00	69.03	58.93	
光源 面積 (mm²)	燈泡中心亮區	110.13	111.36	121.04	160.97	133.46	97.47	65.21
	眩光區	223.73	207.34	272.94	431.24	257.56	212.57	173.65
	光線總面積	1750.56	1232.9	1898.96	2743.87	704.82	776.96	1480.17
眩光區比例 (眩光區/總面積)	0.13	0.17	0.14	0.16	0.37	0.27	0.12	



當三顆燈泡三角排列時，光線照度隨著外擴角度變大而降低的程度最明顯，外擴 15 度變化較大，光線總面積又最小，所以計算眩光區的比例最高。此實驗我們觀察到當內聚 30 度時，可以有最小的眩光面積，外擴則是在 45 度時，有最小的眩光面積。當內聚或外擴 45 度時光線總面積又明顯增加(統計圖趨勢線上揚)，所以計算眩光區的比例最低。

內聚時，眩光區的比例差異不大。外擴時，15 度的眩光區比例最大，而後隨著角度增加，眩光區的比例大幅下降。內聚時，眩光區的比例較穩定。

【研究四】探討「不同材質的擋光板」對降低眩光效果的差異。

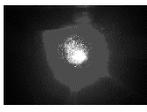
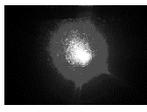
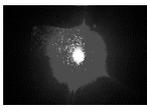
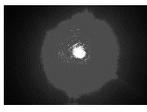
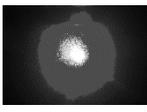
一、實驗統計：

各色玻璃紙(無皺摺)

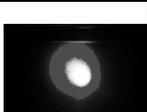
照片紀錄								
Image J 光源範圍								
變因	無	紅色	橙色	黃色	綠色	藍色	紫色	
平均照度 (lux)	55.33	2.00	14.00	36.00	16.67	9.00	4.00	
光源面	燈泡中心亮區	340.02	312.83	527.98	368.61	603.78	436.89	704.96
	眩光區	2800.40	1251.69	1995.93	1032.16	975.97	1122.39	1621.89

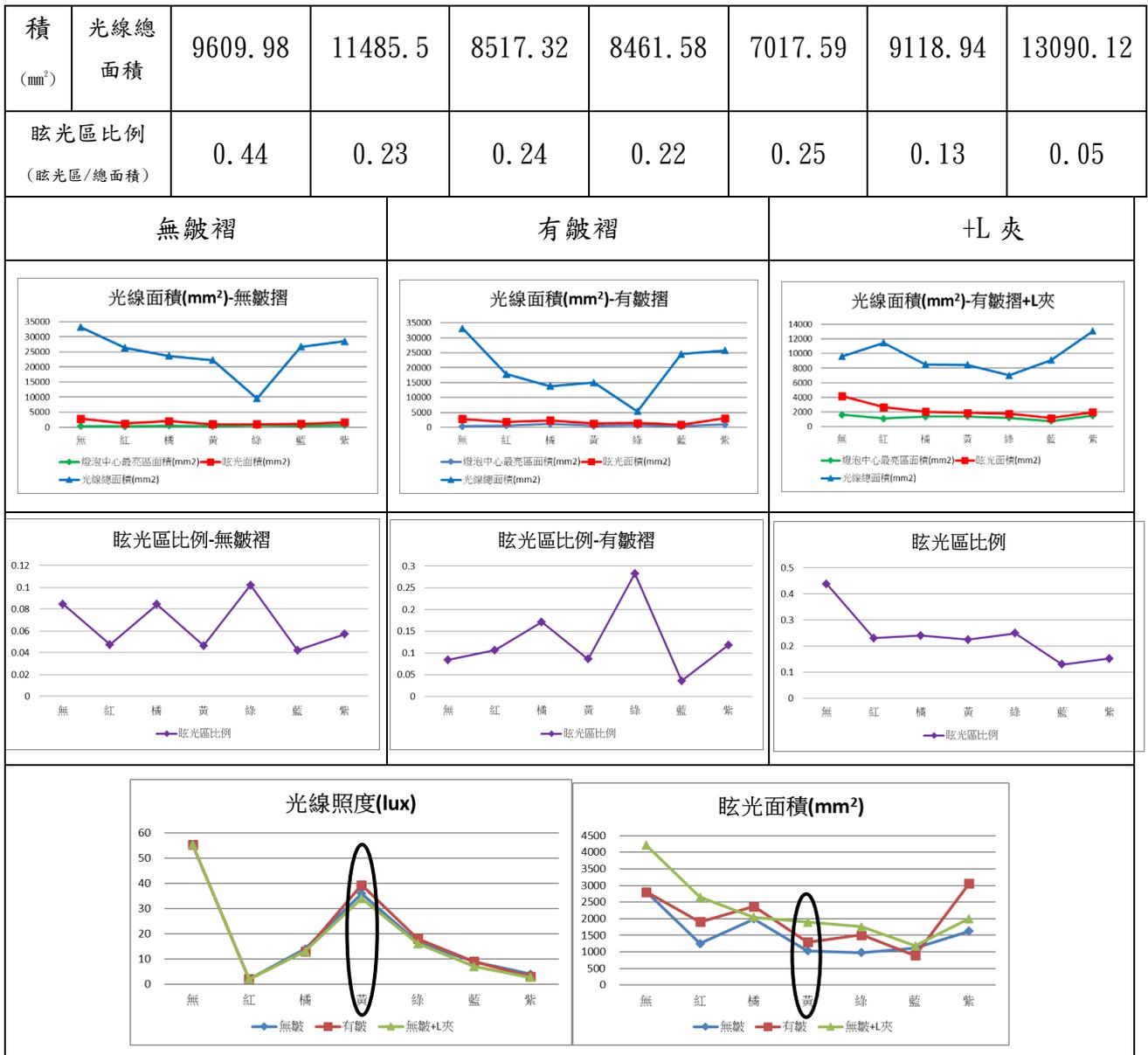
積 (mm ²)	光線總 面積	33171.88	26376.53	23713.38	22277.19	9572.78	26660.28	28509.60
眩光區比例 (眩光區/總面積)		0.08	0.05	0.08	0.05	0.10	0.04	0.06

各色玻璃紙(有皺摺)

照片紀錄								
Image J 光源範圍								
變因	無	紅色	橙色	黃色	綠色	藍色	紫色	
平均照度 (lux)	55.33	2.00	13.00	39.33	18.00	9.00	3.00	
光源 面積 (mm ²)	燈泡中 心亮區	340.02	628.98	1168.77	495.41	639.96	395.71	962.29
	眩光區	2800.4	1903.30	2368.03	1292.51	1513.39	889.34	3056.16
	光線總 面積	33171.88	17887.87	13848.02	15002.11	5352.07	24536.57	25781.48
眩光區比例 (眩光區/總面積)		0.08	0.11	0.17	0.09	0.28	0.04	0.12

添加 L 夾的各色玻璃紙(無皺摺)

照片紀錄								
Image J 光源範圍								
變因	無	紅色	橙色	黃色	綠色	藍色	紫色	
平均照度 (lux)	55.33	2.00	13.00	34.00	16.00	7.00	2.67	
光源 面	燈泡中 心亮區	1637.23	1112.91	1367.34	1393.60	1217.32	752.3	1492.28
	眩光區	4208.35	2647.97	2045.21	1898.04	1751.90	1182.92	1998.50



二、發現：

光線經過玻璃紙後，光源照度和眩光面積皆會變小，達到降低眩光的效果。其中，光線在透過黃色玻璃紙時，光線照度降低幅度最小，但眩光面積降低幅度非常大，換句話說，使用黃色玻璃紙作為擋光板時，可以降低眩光的範圍，且不致於因為過多的光被過濾掉而看不清楚前方視野。

此外，在使用不同材質的擋光板時，光線照度和眩光區面積的關係大多為「L夾中夾入無皺摺玻璃紙」>「有皺摺玻璃紙」>「無皺摺玻璃紙」。由此推斷，光線通過沒有皺摺的玻璃紙時，降低眩光的效果最佳，而額外添加L夾的擋光板，無法有效降低眩光。

藉由此實驗，我們也發現市面上所販售的防眩光眼鏡及車用防眩光板大部分都是以黃色系為主，因此我們推測黃色的濾光效果較好。

陸、討論

一、光源照度與光線眩光區面積的關係：

研究	二				三							
實驗	一		二	三	一	二		三	四			
	雨滴 有無	雨滴 大小	煙霧 濃度	環境 亮暗	距離	水平 角度	垂直 角度	燈罩 形式	數量	組合 排列	展開 角度	展開 方向
符合	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	△	△
備註	註 1			註 2							註 3	註 4

註 1：有雨滴時，光源照度下降，但眩光區面積變小。

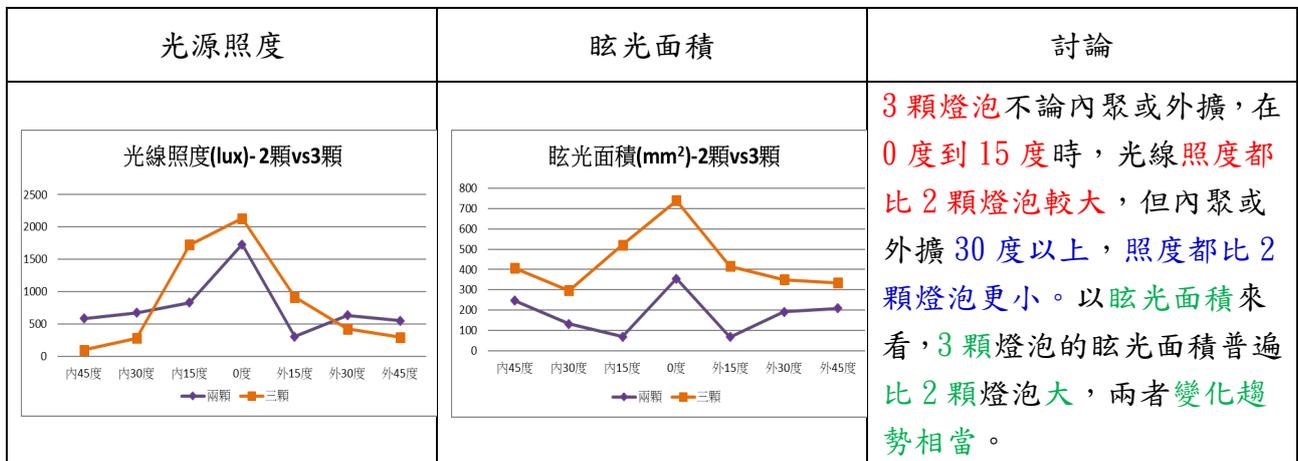
註 2：環境照度越大，所測之光源照度越大，但光源眩光區面積越小。

註 3、註 4：實驗結果不完全符合，分析討論詳見討論三。

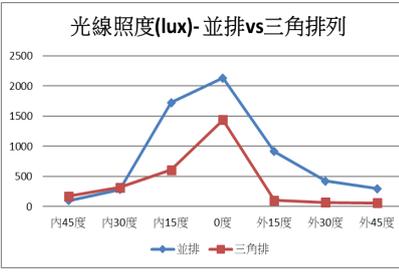
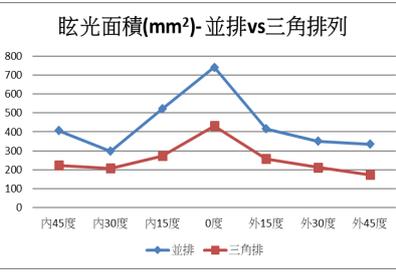
- (一)下雨時，多了一層雨滴來阻隔視線，所以光線照度比沒有下雨時較小。此外，雨滴會讓光線產生反射及折射現象，所以讓光線眩光區面積變大，產生眩光的範圍變大。
- (二)在環境亮暗實驗中，光源包括「環境光源」與「燈泡光源」，實驗所量測的光線照度是兩者相加的整體光線照度。整體光線照度會隨著環境照度變大而增加，其中，燈泡光源本身的照度影響不大。實驗中的光線面積以燈泡光源為主，所以整體光線照度與燈泡眩光區面積的變化趨勢不同。此外，由實驗結果來分析，當環境照度越大時，燈泡的眩光區面積越不明顯，換句話說，因燈泡而產生的眩光影響較小。

二、光源燈泡排列：

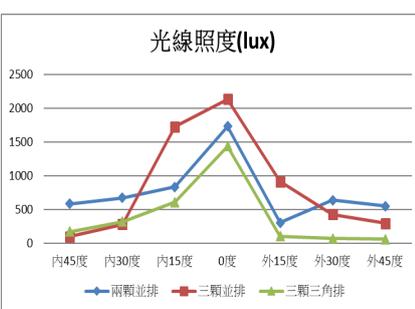
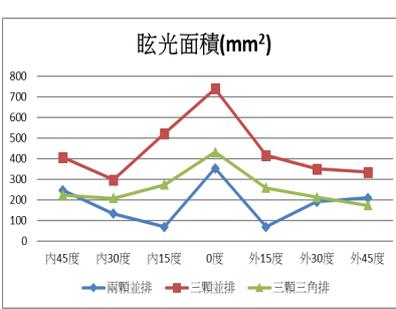
(一)燈泡數量：(皆為並排排列)



(二)組合排列：(皆為三顆燈泡)

光源照度	眩光面積	討論
 <p>光線照度(lux)- 並排vs三角排列</p>	 <p>眩光面積(mm²)- 並排vs三角排列</p>	<p>不論哪種排列，三燈內聚或外擴，照度及眩光面積均會下降。三燈並排時，照度及眩光面積皆比三角排列時較大。<u>三燈並排內聚15度時，眩光面積明顯下降</u>，但光線照度下降較少。外擴15度及三角排則無此現象。</p>

(三)展開角度及方向：

光源照度	眩光面積	討論
 <p>光線照度(lux)</p>	 <p>眩光面積(mm²)</p>	<p>不論內聚或外擴，光線照度都會下降，三種排列方式的變化趨勢相似。三顆燈泡並排時，光源照度及眩光面積都偏大。<u>有趣的是兩顆並排的照度都比三顆三角排還大(甚至30~45度內聚或外擴照度是三種方式中最高的)</u>，且眩光面積是三種方式中最少的。</p>

柒、結論

- 一、在燈泡光源照度較大的情況下，光線眩光區面積往往會比較大，兩者偏向正向關係。
 例外的情形包括(1)「**雨滴有無**」的環境條件：**雨滴會降低光源照度，但會提高眩光範圍**。(2)「**環境亮暗**」的環境條件：**環境光源照度影響大於燈泡光源照度，燈泡眩光範圍受到環境照度的提升而變小**。
- 二、光源**眩光區比例**在**環境條件**的變因當中，有較大的**變化幅度**，而在**光源條件**中的變因中，**變化幅度不大**。
- 三、**煙霧濃度**越大時，阻擋光線的粒子越多，**光線照度、眩光面積及能見度皆會降低**。
- 四、從觀測孔觀測時，當「**光源距離**」越近，或是「**光源照射角度(水平、垂直)**」越接近**直線照射**時，所感受到的**光源照度**越大，而**眩光區面積**也越大，觀測者的眼睛越

容易感到不舒服。建議：容易出現在駕駛正前方的光源，可以適度降低照度或改變照射角度，以免影響行車安全。

五、不同形式的燈罩會影響到光線照度與眩光區面積。圓弧形燈罩會大幅增加光線照度與面積，提升產生眩光的可能性，其中，與燈泡等高的圓弧形燈罩能讓光線照度與面積達到最高值。方形與展開型燈罩的眩光面積數值較接近，但展開型燈罩的光線照度普遍較高。

六、光源燈泡排列不論內聚或外擴，光線照度都會下降。三顆燈泡三角排列不論偏轉角度大小，照度值明顯較弱，兩顆並排的光源照度值反而比三顆三角排還大，且眩光面積又少，是不錯的燈光排列組合模式。

七、使用黃色玻璃紙作為擋光板時，可以降低眩光的範圍，且不致於因為過多的光被過濾掉而看不清楚前方視野。光線通過沒有皺摺的玻璃紙時，降低眩光的效果最佳，而額外添加 L 夾的擋光板，無法有效降低眩光。

捌、參考文獻資料

1. 市區道路及附屬工程設計標準(2021年2月19日)。全球法規資料庫。
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSingle.aspx?pcode=D0070156&flno=11>
2. 怎麼看自己是開近光燈還是遠光燈?近光和遠光燈怎麼切換?(2015年9月1日)。每日頭條。取自：<https://kknews.cc/zh-tw/car/p8n29ez.html>
3. 為什麼轎車的擋風玻璃是斜的，而客車和貨車都是直的?(2017年12月25日)。每日頭條。取自：<https://kknews.cc/car/gzjaqby.html>
4. 眩光(2020年7月8日)。維基百科。取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9C%A9%E5%85%89>
5. 眼健康科學解釋眩光的危害(2017年7月13日)。每日頭條。取自：
<https://kknews.cc/zh-tw/health/53goopk.html>
6. 晚上車燈眩光眼花繚亂 「散光視角圖」親嘗患者之苦(2019年8月13日)。晴報。取自：<https://skypost.ulifestyle.com.hk/article/2424728/>
7. 道路交通安全規則。全球法規資料庫(2020年9月4日)。取自：
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSingleRela.aspx?media=print&PCODE=K0040013&FLNO=80&ty=L>

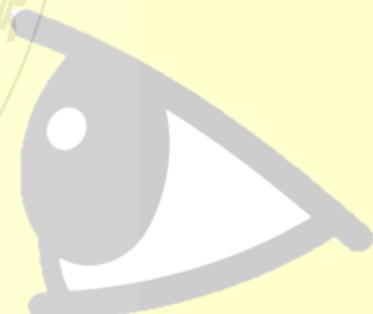
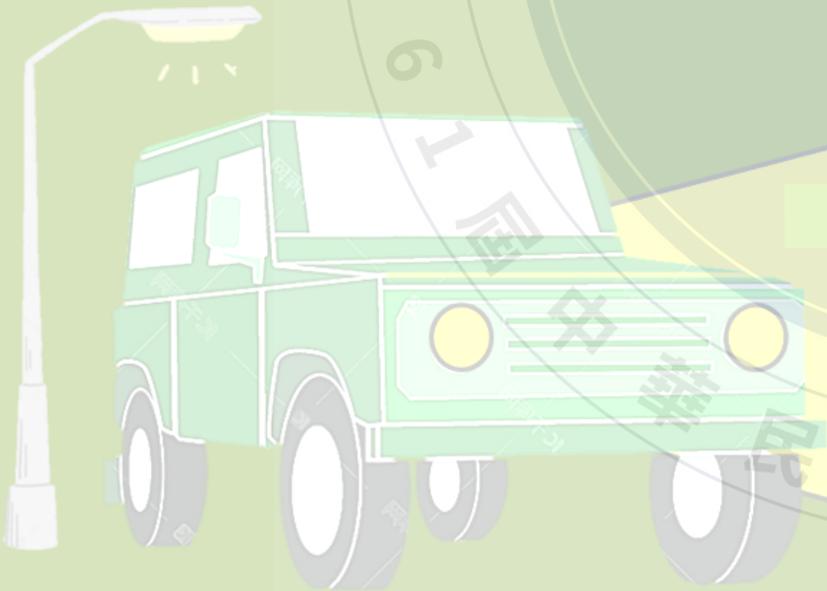
【評語】 080118

1. 本作品探究有關行車眩光的問題，能在一開始透過問卷的方式，詢問多數開車族有關眩光的現象與最可能遭遇的場景，具有理論與實際狀況，就團體研究的精神值得嘉許。
2. 整體而言，本作品控制變因做得非常完整，現象觀察記錄得非常仔細，但是本作品大多只是現象觀察記錄的結果，未能有定量的分析，為作品美中不足之處。
3. 對於造成眩光現象的光學概念宜再加強釐清會更好。

作品簡報

光線新「視」界

國小組
物理科



前言

駕駛者有時會受到前方光源影響而有**眼睛不適**的狀況，這可能影響行車安全，透過查詢資料後，我們推測可能是因為光線的「**眩光**」所導致。

為了瞭解造成眩光的因素並進一步達到防眩光的目的，我們以問卷為基礎，進行一系列的實驗研究。

研究過程

分析問卷結果

設計實驗

防眩光材質的設計

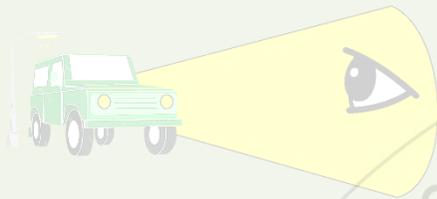
光源條件

環境條件

雨滴·煙霧
環境亮暗

距離·角度·燈罩
光源排列

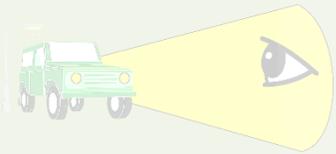
防眩光材質



研究方法

改變不同的實驗變因，並在等比例縮小的眩光觀測箱中，進行「**光線照度**」測量與照片紀錄，並用 Image J 分析「**光線面積** (含眩光區面積)」。

	Image J 光源範圍	燈泡中央亮區	眩光區	光線總範圍
圖示				
光線面積		84.49 mm ²	1130.93 mm ²	5965.67 mm ²



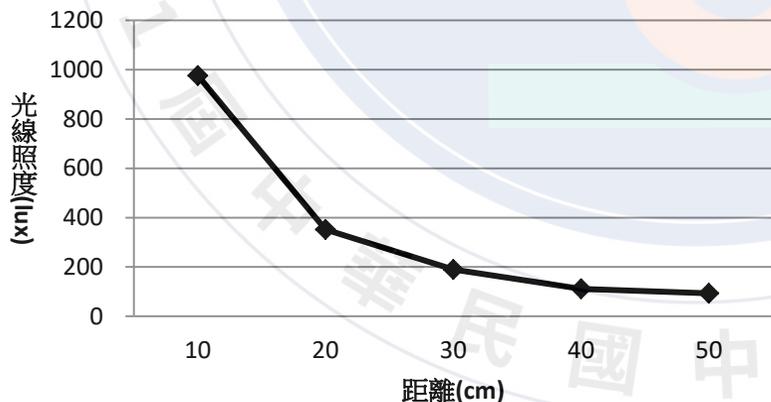
結果與討論-基礎實驗

「光源照度」與「光線眩光區面積」間呈正相關。

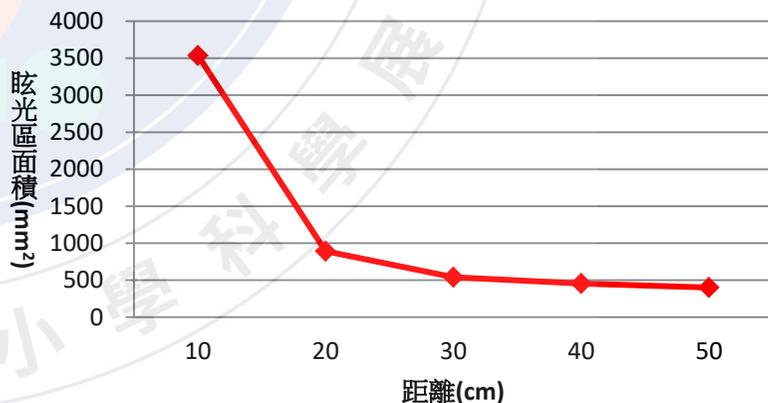
研究	二				三								
實驗	一		二	三	一	二		三	四				
	雨滴 有無	雨滴 大小	煙霧 濃度	環境 亮暗	距離	水平 角度	垂直 角度	燈罩 形式	數量	組合 排列	展開 角度	展開 方向	
符合	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	△	△

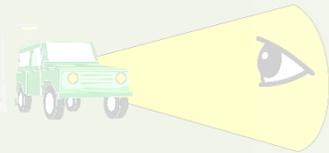
例如：
距離
變因

不同光源距離之光線照度變化圖



不同光源距離之眩光區面積變化圖



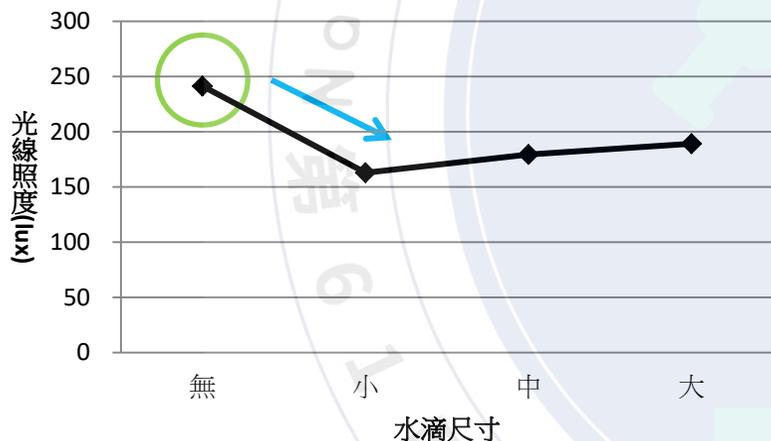


結果與討論-基礎實驗

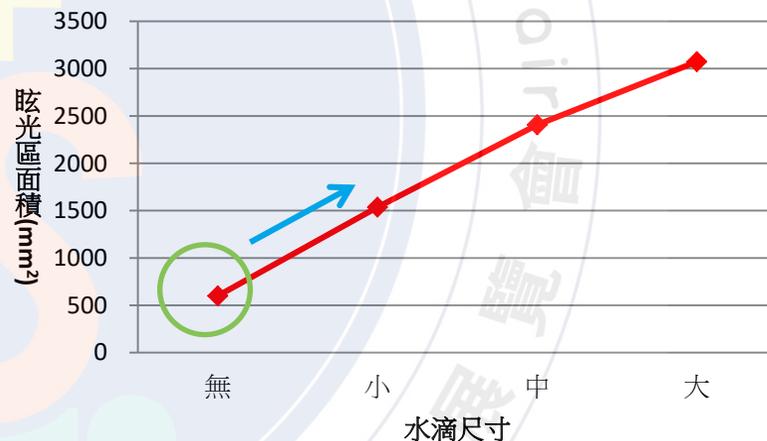
「光源照度」與「光線眩光區面積」間呈正相關。

非完全符合的情況：(雨滴有無)

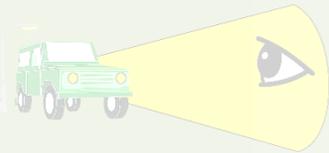
不同雨滴大小之光線照度變化圖



不同雨滴大小之眩光區面積變化圖



有雨時，多一層雨滴阻隔視線，所以「光線照度」較小。而雨滴會讓光線產生反射及折射現象，推測可能是導致「眩光區面積」擴大的原因。



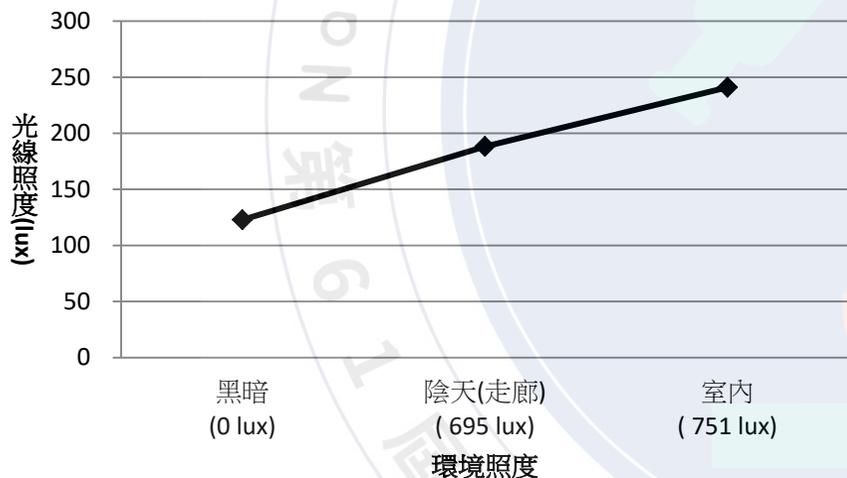
結果與討論-基礎實驗

「光源照度」與「光線眩光區面積」間呈**正相關**。

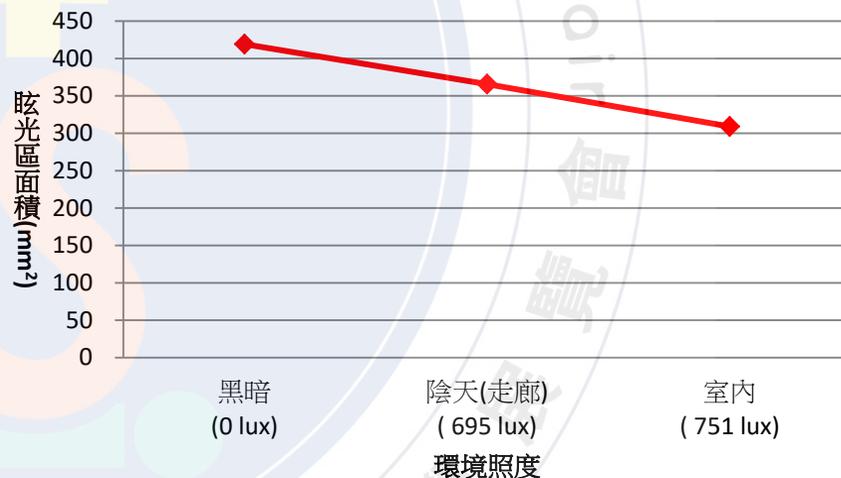
非完全符合的情況：(環境亮暗-部分變因)

燈泡光源

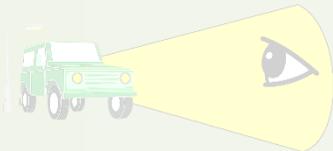
不同環境亮暗之光線照度比較圖



不同環境亮暗之眩光區面積比較圖



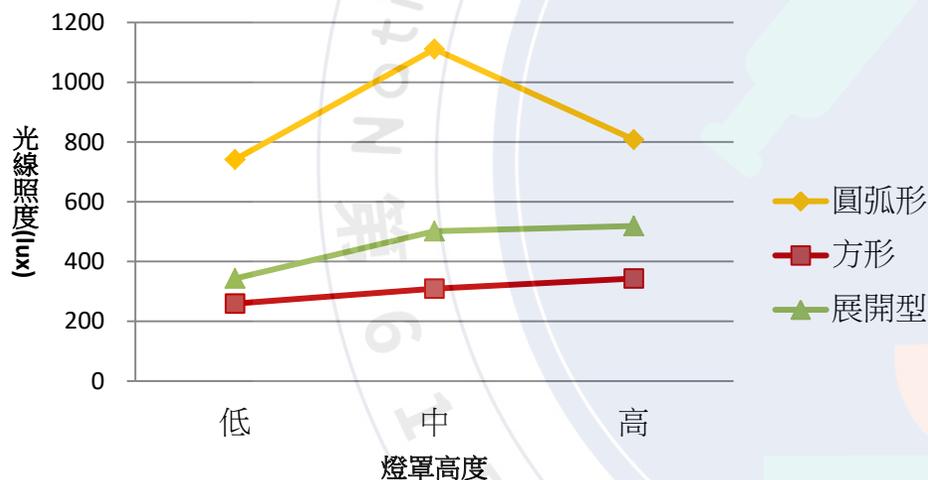
該實驗中出現**環境**與**燈泡**兩種光源，**環境照度**對整體「光線照度」有較大的影響，而**環境照度**越**大**，燈泡的「眩光區面積」越**小**。



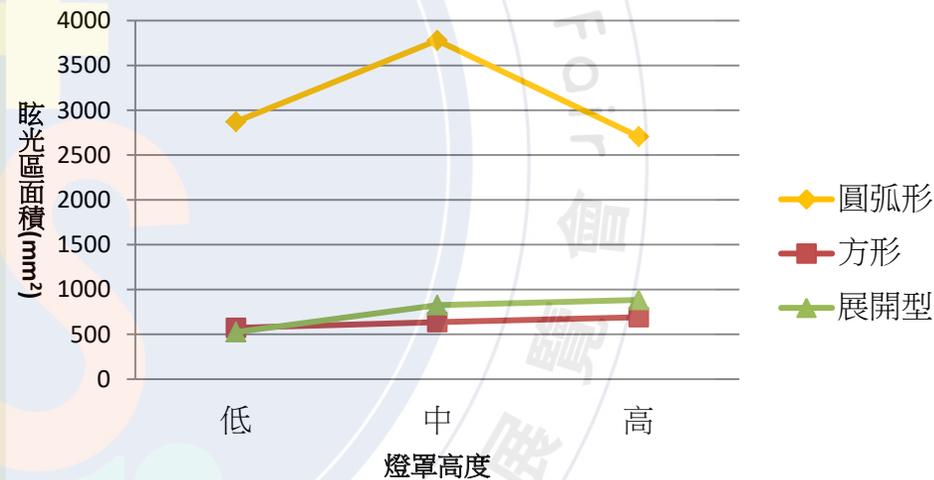
結果與討論

光源燈罩的**形狀**及**邊緣高度**，會影響「**光源照度**」與「**光線眩光區面積**」。

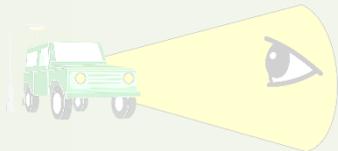
不同形狀•邊緣高度燈罩之光線照度比較圖



不同形狀•邊緣高度燈罩之眩光區面積比較圖



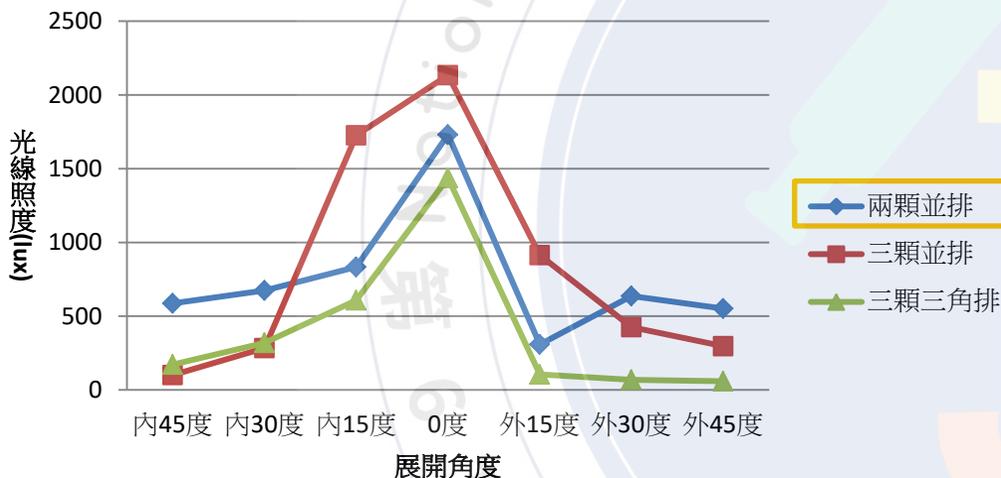
圓弧形燈罩的光線數值**遠大於**其他，推斷是因為其拋物反射鏡面讓燈泡後端發出的光線，反射後匯聚更多向前的平行光，朝向觀測孔方向射出，產生更大的光線數值。



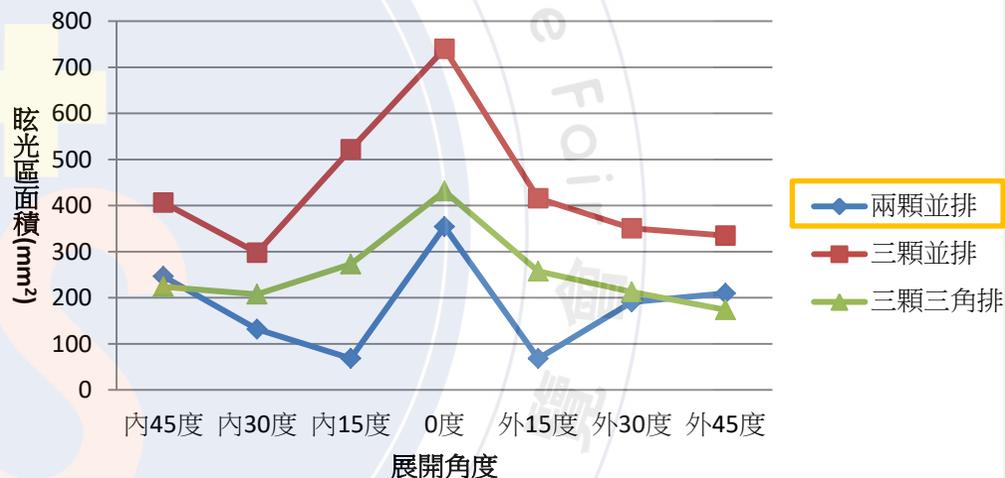
結果與討論

兩顆燈泡光源並排，可達到較佳的減眩效果。

不同數量•光源排列形式之光線照度比較圖



不同數量•光源排列形式之眩光區面積比較圖



燈泡排列不論內聚或外擴，光線照度皆低於直射。三角排列不論偏轉角度大小，照度明顯小於並排。兩顆並排的照度大於三角排列且眩光面積又較小，較不容易產生眩光。

眩光區面積/
光線總面積

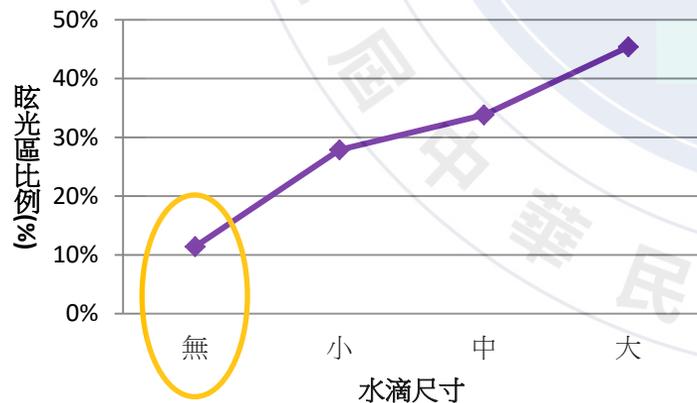
結果與討論

分析環境條件與光源條件的基礎實驗的眩光區比例，發現，眩光區比例越小時，光源能見度越高。

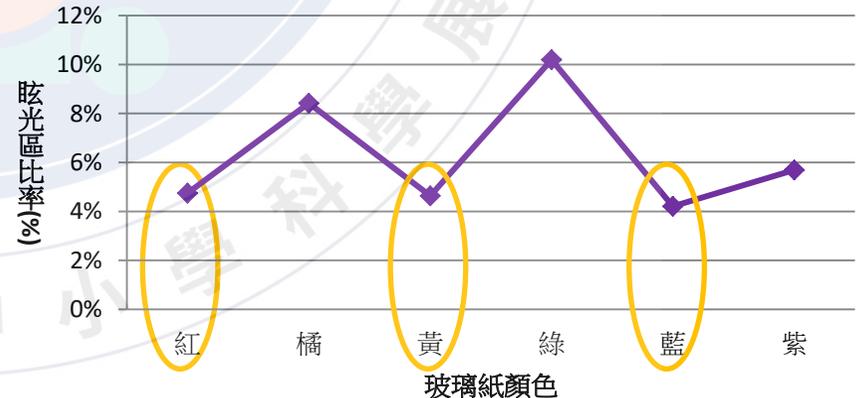
研究 實驗	二 (環境條件)				三 (光源條件-基礎)		
	一		二	三	一	二	
	雨滴有無	雨滴大小	煙霧濃度	環境亮暗	距離	水平角度	垂直角度
最小值	無	顆粒小	無	黑暗	10cm	30度	向上 30
最大值	有	顆粒大	最濃	大太陽下	50cm	85度	向下 45
眩光區比例最大落差	34.01%	17.52%	10.93%	73.24%	14.40%	15.97%	5.03%

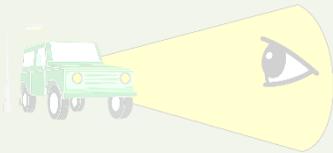
例
如
：

不同雨滴大小之眩光區比例變化圖



不同玻璃紙顏色之眩光區比例變化圖

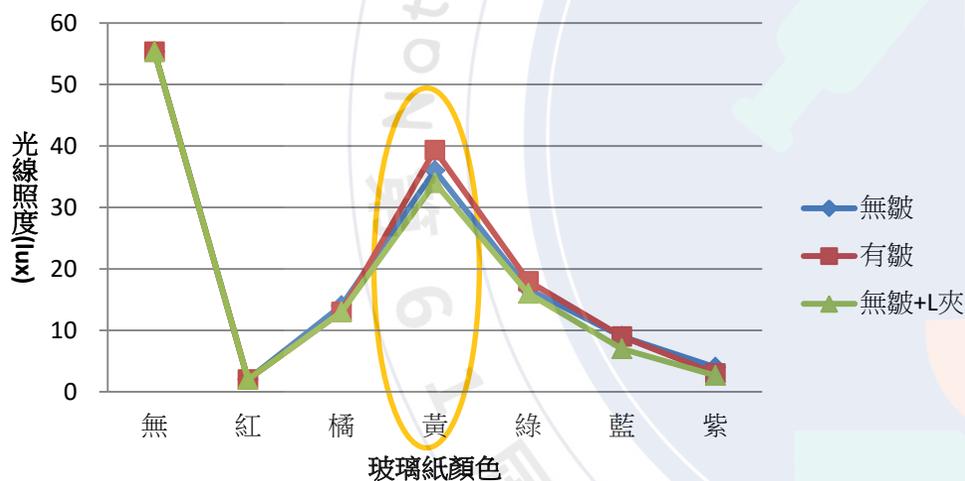




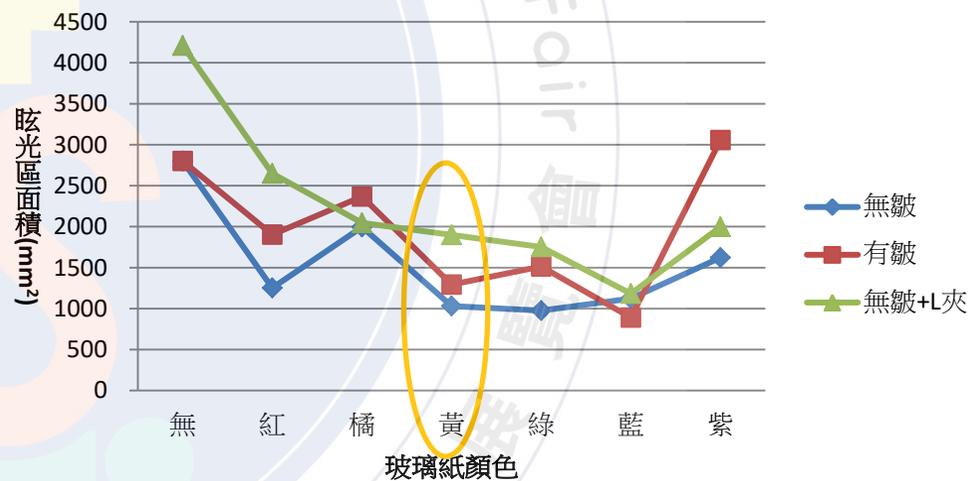
結果與討論

以常見的透明玻璃紙為材質製作防眩擋光板，其中，「**黃色**」玻璃紙可達到**較佳**的**防眩效果**。

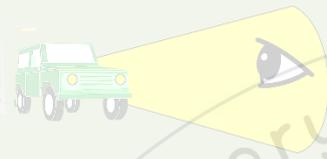
不同玻璃紙顏色·形式之光線照度比較圖



不同玻璃紙顏色·形式之眩光區面積比較圖



光線在透過**黃色**玻璃紙時，光線照度**降低**幅度最**小**，但**眩光面積**降低幅度非常**大**，可**降低**眩光範圍，且不致於因為過多的光被過濾掉而看不清楚前方視野。



結論

1. 在「**雨滴顆粒大**」和「**煙霧濃度小**」的環境條件，以及「**距離近**」和「**照射角度接近直射**」的光源條件下，光線照度和眩光面積較大，**容易造成眩光**。
2. 雨滴會**降低**光源照度，但會**提高**眩光範圍。環境照度的影響**大於**燈泡，燈泡眩光因環境照度**提升**而變**小**。
3. 燈罩形式會影響到光線數值，**圓弧形燈罩**會大幅**增加**光線照度與面積，**提升**產生眩光可能性。方形與展開型燈罩的眩光面積數值較接近，但**展開型燈罩**的光線照度普遍較**高**。
4. **兩顆並排**的照度**適中**且眩光面積較**小**，是不錯的**減眩**光源排列組合模式。
5. 使用**黃色玻璃紙**作為擋光板時，可**降低**眩光範圍，在微幅**降低**光源照度的同時，保有清晰的**能見度**。



感謝您的聆聽

參考資料：

眩光(2020年7月8日)。維基百科。

取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9C%A9%E5%85%89>

眼健康科學解釋眩光的危害(2017年7月13日)。每日頭條。

取自：<https://kknews.cc/zh-tw/health/53goopk.html>