

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

080819

生活中的藍光-測量藍光及觀察瞳孔變化探討如何減輕藍光傷害

學校名稱：桃園市大園區溪海國民小學

作者：	指導老師：
小五 林佩宜	彭序梅
小五 張恩甄	徐志宇
小五 葉鈺瑄	
小四 陳宥慈	

關鍵詞：藍光、瞳孔、視錯覺

## 摘要

以實驗確認相機能測量藍光後，利用相機及軟體「小畫家」測量各種光源及螢幕的藍光比例及亮度，計算出藍光比例與藍光亮度，配合瞳孔直徑的測量計算藍光進入眼睛的多寡，進而瞭解各種色光、亮度，光線在視野中位置及亮度改變時瞳孔的反應，並以上述方法測試防藍光策略是否有效；常見的防藍光策略有從源頭減少發出藍光和在進入眼睛前過濾部分藍光兩類，但都會影響色覺，造成所見景像偏黃的副作用，我們嘗試利用視錯覺來降低所見景像偏黃的副作用，以相機白平衡模擬色彩恆常性，不影響色覺前提下，實測同時利用色彩恆常性和視覺疲勞兩種視錯覺，實測的三分鐘內能減少約 33% 的藍光進眼量，預防藍光傷害的效果顯著。

關鍵字：藍光、瞳孔、視錯覺

## 壹、研究動機

常在電視看見藍光傷害眼睛的新聞，不僅 3C 產品的螢幕會發出藍光，在我們生活中的各種光源也有藍光，為了保護視力，我們想瞭解「在什麼環境下藍光較容易進入眼睛？」、「我們可以用什麼方法預防藍光的傷害？」利用相機及電腦軟體「小畫家」測量生活中各式光源的藍光，並利用相機、錄影機測量瞳孔大小，計算藍光進入眼睛的多寡，更進一步測試常見的防藍光策略是否有效。

## 貳、研究目的

### 一、測試手邊的相機能不能測量藍光

1. 確認相機能否做為測量藍光的工具：利用三稜鏡分開陽光中各顏色光，確認相機能測量藍光。

2. 找出最適合測量藍光的白平衡模式：用相機的各種白平衡模式拍攝從藍到黃的圖片（ $R=175-225$ ， $G=175-225$ ， $B=250-150$ ），再比對原圖的藍光比例。

### 二、測試照明光源的藍光比例

瞭解各種照明光源藍光比例。以陽光代表自然光源，以常見照明設備（常見燈泡、燈管）作為人工光源測試。

### 三、測試 3C 產品螢幕的藍光比例

瞭解各種 3C 產品（手機、平板電腦、電視、電腦顯示器）螢幕藍光比例。

### 四、測試藍光進入眼睛的流量大小

瞳孔會對光線反應調節進入眼睛的光線，所以要知道藍光進眼量一定要知道，測量在幾個情況（教室開燈、教室關燈、開燈使用電腦、關燈使用電腦）用眼時的瞳孔大小，加上所見畫面的藍光率及亮度計算藍光進入眼睛的流量大小。

## 五、測試各種顏色對瞳孔的影響

瞭解各種顏色（紅 R、綠 G、藍 B、黃 Y、洋紅 M、青 C、白 W）及亮度（255、192、128、64）光線對眼睛瞳孔變化的影響，

## 六、測試視野中心及周圍光線對瞳孔的影響

瞭解相同亮度的視野中心及周圍光線何者對瞳孔縮放的影響較大。

## 七、測試瞳孔在亮度改變時瞳孔的反應速度

瞭解眼睛瞳孔在環境亮度改變時，重新適應明暗所需的時間。

## 八、測試防藍光策略是否有效。

瞭解防藍光策略（防藍光 App、閱讀模式）是否有效。

## 九、測試視覺疲勞是否能讓人習慣藍光較低時偏黃的畫面

將螢幕的 B 值調低可以降底藍光率，但觀看者會不習慣偏黃的畫面，我們嘗試四種不同的設定值，看看觀看者在看完影片前後能不能接受偏黃的畫面。

## 十、測試色彩恆常性能否讓人不察覺藍光較低時畫面偏黃的情況。

將使用「藍光過濾器」軟體的平板電腦置於暖色光線下，看看使用者能不能察覺螢幕偏黃的情況。

## 十一、以相機白平衡模擬人類的色彩恆常性，測試使用色彩恆常性與視覺疲勞消去「畫面黃黃的」降藍光副作用時，減少藍光進眼量的效果。

# 參、研究設備及器材

### 一、器材準備與製作：

（一）器材準備：相機、DV 錄影機（有夜視功能）、直徑 3 公分的圓點貼紙、測試光源（燈管、燈泡）、可調光檯燈、3C 產品（手機、平板電腦、電視、電腦螢幕）、縫卡、白卡、灰卡、照度計。

（二）製作彩虹黑箱：將紙箱內以墨汁塗黑，開一方孔安裝三稜鏡，內部安裝白色卡紙讓彩虹投影，開一圓孔以便相機拍攝。

（三）製作光源測試箱：將紙箱內側貼上白紙，安裝燈座，開一圓孔以便相機拍攝。

（四）製作背景箱：長寬高都是 65cm，後方開孔方便 DV 拍攝瞳孔。



圖 3-1 製作光源測試箱支架 圖 3-2 製作彩虹黑箱-內部抹黑減少反光 圖 3-3 測試色彩恆常性的背景箱、檯燈、支架

## 肆、研究過程及方法

### 一、文獻探討

#### (一) 可見光

人類眼睛能捕捉到 400 至 700 奈米區段，稱為可見光。可見光譜沒有精確的範圍：人的眼睛可以感知的電磁波波長一般在 400 到 700 奈米 (nm) 之間，但還有一些人能夠感知到波長 380 到 780 奈米之間的電磁波。(維基百科)

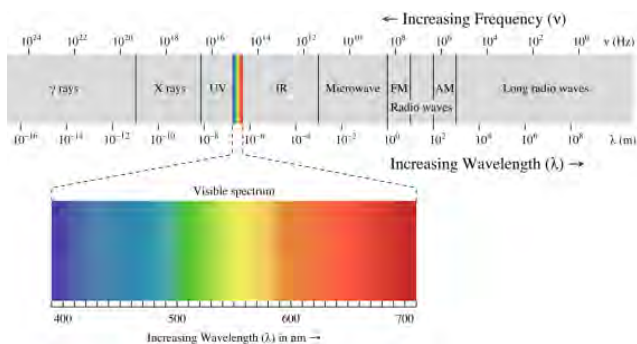


圖 4-1 可見光光譜



圖 4-2 陽光經過三稜鏡分出的彩虹光

心得：利用相機拍攝陽光經三稜鏡分出的彩虹光（完整光譜），看看相機能否當作測量藍光的工具。

#### (二) 藍光

##### 1. 藍光是能量最強的可見光

藍光則是能量較強的可見光，包括藍、靛、紫光，它穿透角膜與水晶體直射入黃斑部，造成黃斑部感光細胞的損傷。眼睛長期直視 3C 產品螢幕造成慢性刺激，使黃斑部發炎、水腫，可能會在黃斑部中央形成隱結，一旦隱結破裂導致出血，將造成中央視力缺損，無法正眼看清楚事物，「最後只能斜著眼看東西，形同失明」陳瑩山說。

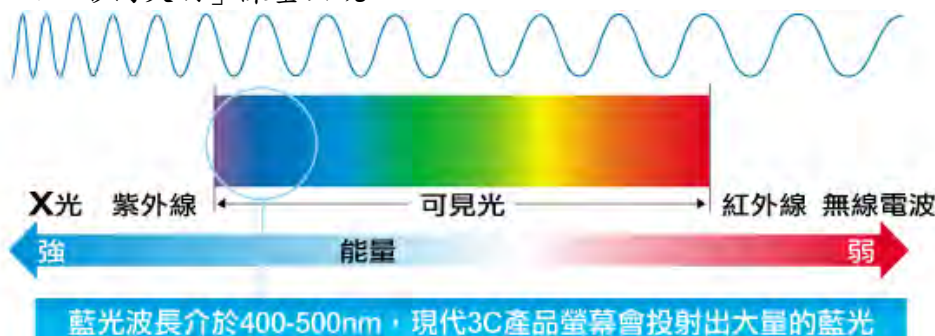


圖 4-3 可見光譜與藍光

##### 2. 光線波長和能量的關係

波長越短，代表光線能量越高，依照紅橙黃綠藍靛紫的順序，越偏藍色的區段就是能量越高，穿透力也越強。

### 3. 藍光波長多少？對人體有何傷害？

藍光波長比紫外線波長再長一點、人體眼睛可以看到的可見光中，「藍、靛、紫」（450nm-400nm）的光對眼睛穿透率高，特別是400nm-420nm這段光線，稱作「高能量光線」（HEV），長期接觸藍光，會傷害視網膜細胞和水晶體，進而增加視網膜中央區域黃斑部病變的機率，而且目前黃斑部病變雖有醫治方法，但風險較高，因此最好還是發生前就先做好預防。

### 4. 藍光讓眼睛聚焦不易

另個藍光傷眼的原因是，藍光波長較短，容易造成散射，眼睛必須更用力聚焦。長時間下來，睫狀肌緊繃、無法放鬆，眼睛容易疲勞、痠疼，可能造成假性近視。「同時看6小時的3C產品和書本，看3C產品眼睛瞳孔縮更小，眼睛更疲勞」怡碩視光眼科診所眼視光醫師吳怡聰說，時間久了，身體會慢慢適應假性近視，度數可能真的加深。（小林眼鏡網站、康健雜誌176期）

**心得：**藍光會傷害視力，利用相機測量我們常見到的光源藍光多不多，分為照明光源（不會一直盯著看的光）和螢幕光源（會一直盯著看的光）。

### （三）瞳孔

瞳孔又稱瞳神，是眼球血管膜的前部虹膜中心的圓孔。沿瞳孔環形排列的平滑肌叫瞳孔括約肌，收縮時使瞳孔縮小，沿瞳孔放射狀排列的平滑肌叫瞳孔放大肌，收縮時使瞳孔放大，調節進入眼球的光線量。因為內部吸收的關係，通常外觀呈黑色。（維基百科）

**心得：**眼睛瞳孔會調節進入眼球的光線量，所以想瞭解有多少藍光進入就要知道瞳孔的大小。瞳孔的通常外觀呈黑色，仔細觀察瞳孔我們可以發現瞳孔與虹膜能很容易分辨，眼科醫是用卡片上的圓點比對患者的瞳孔，但不夠準確，要設計更精確的測量方式。

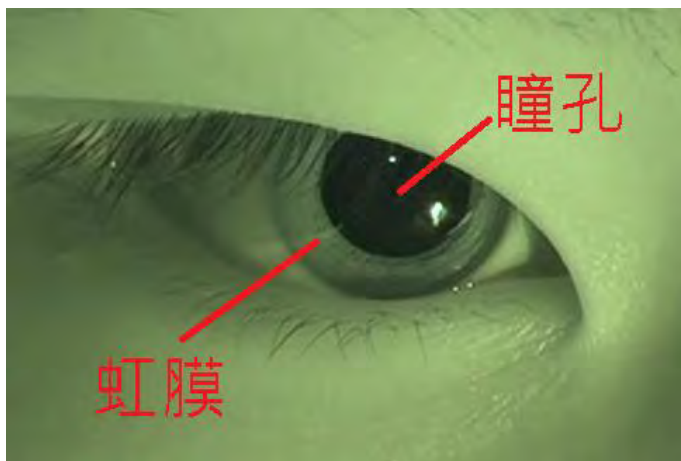


圖 4-4 瞳孔與虹膜



圖 4-5 眼科醫師測量瞳孔的卡片

#### (四) 錯覺

**錯覺** (illusion) 是感覺的扭曲。是**大腦對刺激**的錯誤分析。在心理學研究中，意指假性幻覺所呈現的狀態。最常見的錯覺是視覺上的錯覺。

造成顏色視錯覺的原因：

##### 1. 視覺疲勞

人的視覺和視網膜的感光細胞有關，顏色和視網膜上的錐狀細胞與感光色素有關：視網膜包含三類錐狀細胞，分別對紅光 (R) 綠光 (G) 與藍光 (B) 等不同波長的光有反應；藉由紅、綠、藍三種不同強弱的光線組合後，可產生多種的顏色，所以紅、綠與藍稱為光的三原色。當不同波長的光進入視網膜引起對應的錐狀細胞發生不同程度的興奮，在大腦產生相應的色覺，而產生「看到某種顏色」的感覺；三種視錐細胞受到同等程度的刺激，則產生白色色覺。

神經傳遞的有趣現象之一是：連續刺激後對原刺激的靈敏度會降低，稱為感覺疲勞(這可能和突觸所釋放的傳導物質來不及補充有關)。眼睛凝視同樣一種顏色太久時，會造成對這種顏色的刺激產生較弱的感受。例如一直凝視著藍色的圖案，藍色錐狀細胞所傳的訊息降低，大腦對於藍色的感覺變弱。此時若是突然轉往注視白色背景時，因藍光訊息變弱，剩下的就是紅光和綠光錐狀細胞所傳的訊息，也就是你會看到紅光和綠光的混合色即黃色。(月鈴的講台：藍綠不分——視覺疲勞教學省思)

##### 2. 色彩恆常性

所謂的「色彩恆常性」(color constancy)，就是大腦中「自動白平衡」機制的結果。有在玩相機的朋友都知道，相機有個「白平衡」的機制。這個機制，可以讓照片的顏色看起來自然一些。「色彩恆常性」，可以說是大腦中的「自動白平衡」機制的結果。也就是說，只要給大腦足夠的**環境資訊**，例如**背景光源**、**其他周遭物品的相對顏色**，大腦就會自動作出白平衡，讓你可以感受到物體的原本顏色。(PanSci 泛科學)

心得：長時間看同一種顏色光會產生視覺疲勞，可以調整螢幕再利用視覺疲勞的效果讓人習慣偏黃畫面，測試在影響色彩感覺較小的情況下，減少藍光進入眼睛。視覺疲勞是因為感光細胞疲勞造成判斷顏色的誤差(顏色錯覺)，也可以說是「習慣了」或是「適應了」。而「色彩恆常性」指的是大腦在不同光源下自動作出白平衡，消除光線對顏色的影響，讓人可以感受到物體的原本顏色。利用**顏色錯覺**可以讓藍光比例低的畫面看起來不會黃黃的。

#### (五) 數位相機的白平衡

##### 1. 什麼是色溫？

要探討白平衡，首先要了解色溫。色溫的觀念，是由愛爾蘭裔英籍物理學家 Sir William Lord kelvin 〈1824-1907〉提出，他將一塊標準黑體〈例如鐵〉加熱，觀察溫度由低升高至某一程度時，顏色開始由黑色→深紅色→淺紅色→橙色→黃色→白色→藍白色→藍色→青色逐漸的改變，以此種光色變化的特性，所發出的照明情形，制定了光源的色溫度，計算單位是以 K 〈Kelvin〉來表示，當 K 值愈低，色溫度也愈低，發出的光就偏紅；而色溫越高，藍色光成分越多。在 5500 度 K 時，紅、綠、藍可獲得平衡產生白光。

## 2. 白平衡校正

一般數位相機對於環境色溫的偵測，大多無法盡如人意，因此，需要透過相機手動設定或事後調校白平衡，來得到正確或適切的色溫。（趙以祥攝影團：數位相機的白平衡）

**心得：**用來測試的燈泡燈管上就有標示「色溫」，可以看看什麼色溫的燈泡燈管的藍光較多，什麼色溫的燈泡燈管的藍光較少。一般數位相機會有自動白平衡的功能，為了使實驗更具參考性測試藍光比例的相機必須手動設定在某個固定的白平衡設定，所以要先找出最合適的白平衡設定。

## 二、共同準備項目及變因：

- (一) 相機設定：以實驗一找到的最佳設定，設定為手動「陰天」，感光度設為 400。
- (二) DV 錄影機（有夜視功能）：拍攝瞳孔用，因瞳孔上常有反光會影響測量，使用夜視功能，並過濾掉可見光便可消除可見光，而且夜視功能是以紅外線照明，讓我們在陰暗環境下也能測量瞳孔，而且不影響瞳孔。
- (三) 3C 產品螢幕設定：回復為原始的預設狀態，例如：關閉所有防藍光功能、模式，回復為標準模式，亮度、對比調回中間值。
- (五) 被測量瞳孔者，先貼一張 3cm 圓點貼紙在額頭上，作為比例換算之用。
- (六) 測量及計算方式：

藍光比例：使用「小畫家」將所拍畫面縮小為 1 個像素，記錄像素的三原色值

R（紅）、G（綠）、B（藍），以  $\frac{B}{R+G+B}$  為藍光比例，以百分比表示。

亮度：以拍攝相片的光圈值、快門速度計算。

$\frac{\text{光圈值} \times \text{光圈值} \times \text{快門速度分母}}{\text{快門速度分母}} = \text{亮度}$

瞳孔直徑：以圓點直徑（3cm）、照以螢幕檢視時圓點直徑、瞳孔直徑計算。

$\frac{3 \times \text{照片瞳孔直徑}}{\text{照片圓點直徑}} = \text{瞳孔直徑}$  或

$\frac{\text{照片圓點直徑}}{3} = \text{螢幕上的放大倍數} \rightarrow$

$\frac{\text{照片瞳孔直徑}}{\text{螢幕上的放大倍數}} = \text{瞳孔直徑}$

藍光進眼流量大小： $\frac{\text{藍光比例} \times \text{亮度} \times \text{瞳孔面積}}{\text{瞳孔面積}}$

藍光進眼量： $\frac{\text{藍光比例} \times \text{亮度} \times \text{瞳孔面積} \times \text{時間}}{\text{瞳孔面積}}$

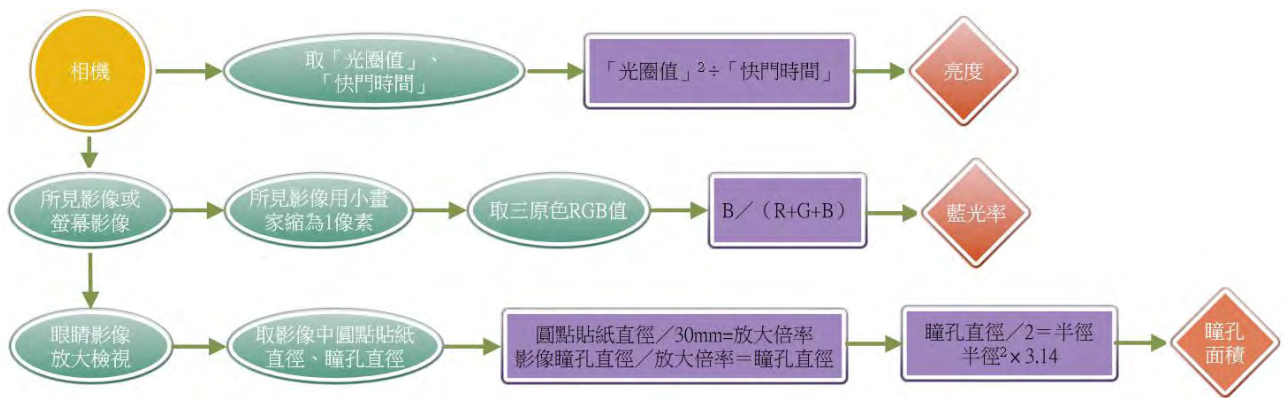


圖 4-6 測量數據計算方式

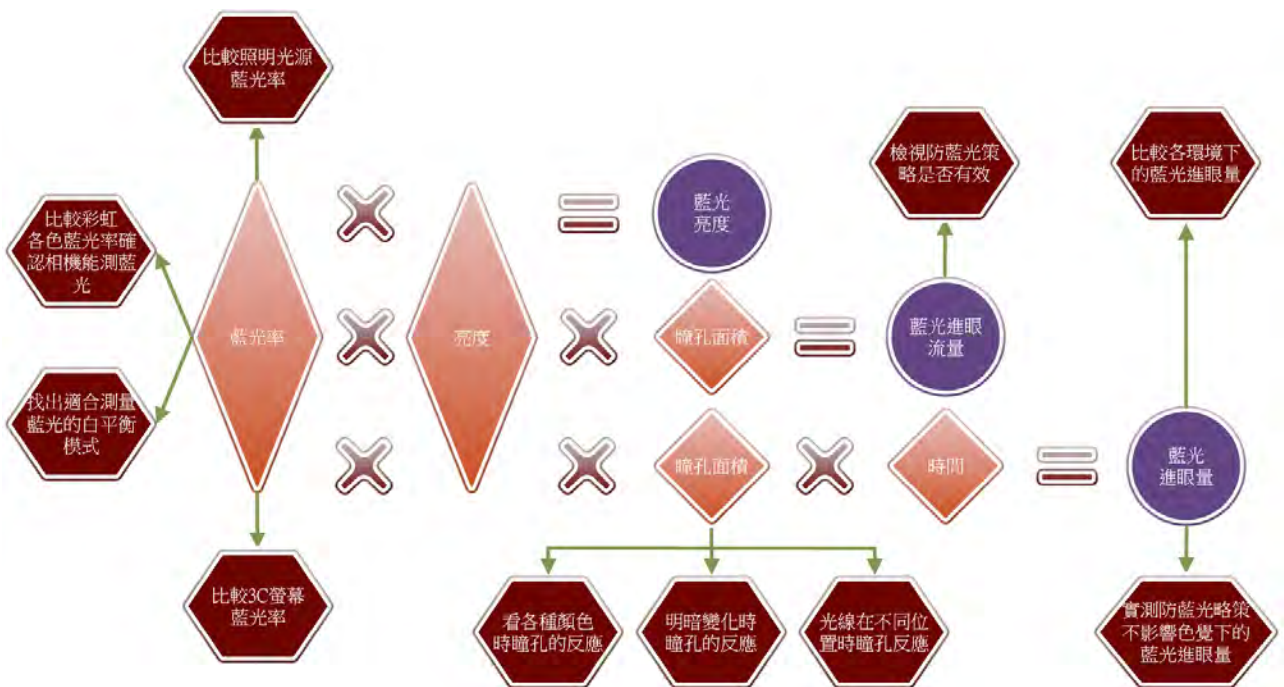


圖 4-7 數據處理流程與實驗所得

### 三、實驗一：測試陽光彩虹各色的藍光比例

- (一) 說明：
- 1.以相機拍下陽光經過三稜鏡產生的彩虹，看看能量較強的藍紫光部分的藍光比例是否比較高。
  - 2.用相機的各種白平衡模式拍攝螢幕顯示從藍到黃的 11 張圖片 (R=175-225, G=175-225, B=250-150)，比對原圖的藍光比例，找出最適合測量藍光的白平衡模式。
- (二) 操作：
- 1.晴天陽光下，光線經過縫卡照射在彩虹黑箱的三稜鏡上，讓彩虹投射在箱內白色卡紙上，透過圓孔將彩虹拍下，用「小畫家」將彩虹剪下並分成 30 等分，每一等分再縮成一個像素紀錄 RGB 值，計算藍光比例。



2.測試時將相機焦距調至最長，相機鏡頭平貼於螢幕中心，。以軟體「小畫家」開啟相片，以「調整大小」功能將相片縮小為 1 個像素，以「色彩選擇器」及「編輯色彩」功能讀取像素的 RGB 值。



圖 4-8 將拍攝的照片縮與一個像素 圖 4-9 單色彩選擇器點選像素 圖 4-10 以編輯色彩功能記錄 RGB 值

#### 四、實驗二：測試照明光源的藍光比例。

(一) 說明：以陽光代表自然光源，以常見照明設備作為人工光源測試。

(二) 操作：測試陽光時，將灰卡平置於空曠地面以照機拍攝，測試人工光源時，將燈泡、燈管安裝於光源測試箱，避免週遭光線影響，透過開孔拍攝箱內灰卡，拍攝時相機焦距調至最長，使灰卡影像充滿畫面。以軟體「小畫家」開啟相片，以「調整大小」功能將相片縮小為 1 個像素，以「色彩選擇器」及「編輯色彩」功能讀取像素的 RGB 值。

#### 五、實驗三：測試 3C 產品螢幕的藍光比例。

(一) 說明：測試手機、平板電腦、電視及電腦螢幕藍光比例。

(二) 操作：1.準備全白圖片（R=255、G=255、B=255）影像檔，作為受測螢幕的顯示影像置於網路並製作 QR code，方便測試使用。

2.測試時將相機鏡頭平貼於螢幕中心，拍攝螢幕顯示的全白畫面。其餘同實驗一。

#### 六、實驗四：測試藍光進入眼睛的流量快慢。

(一) 說明：拍攝人眼所見影像並測量此時瞳孔大小計算藍光進入眼睛的多寡。分為室內開燈、室內關燈、開燈使用電腦、關燈使用電腦四個部分。

(二) 操作：以相機拍攝人眼所見影像，另一部相機拍攝受測者眼睛及額頭 3cm 直徑圓形貼紙，將相機在電腦螢幕上顯示時，測量螢幕上圓形貼紙直徑、瞳孔直徑，再計算瞳孔實際直徑。

七、實驗五：測試各種顏色對瞳孔的影響。

(一) 說明：測試瞳孔對各種顏色 (R、G、B、Y、M、C、W) 亮度的反應。

(二) 操作：以「小畫家」準備各種顏色 (R、G、B、Y、M、C、W) 圖片，各四種亮度 (255、192、128、64)，畫面中心加一個其他色點方便受測者凝視，受測者在螢幕前 45CM 凝視畫面中心 30 秒後，拍下瞳孔及圓點，再計算瞳孔直徑。



圖 4-11 各種顏色及亮度

八、實驗六：測試視野中心及週圍光線對瞳孔的影響

(一) 說明：測試瞳孔對視野中心及週圍光線的相同亮度的反應。

(二) 操作：以「小畫家」準備各種 (圓、環 1、環 2、環 3、環 4) 圖片，圖片中白色部分面積相同，畫面中心加一個其他色點方便受測者凝視，受測者在螢幕前 45CM 凝視畫面中心 30 秒後，拍下瞳孔及圓點，再計算瞳孔直徑。

九、實驗七：測試瞳孔在亮度改變時瞳孔的反應速度

(一) 說明：測試瞳孔在環境變亮時縮小的速度及環境變暗時放大的速度。

(二) 操作：受試者先在螢幕顯示全白畫面時凝視畫面中心，持續錄影 30 秒後，螢幕切換成全黑畫面，等待 60 秒後再將螢幕切換為全白畫面錄影 30 秒；以剪輯軟體將影片 (30 格/秒) 畫面分拆，每三張取一張 (0.1 秒) 測量瞳孔及圓點，再計算瞳孔直徑。

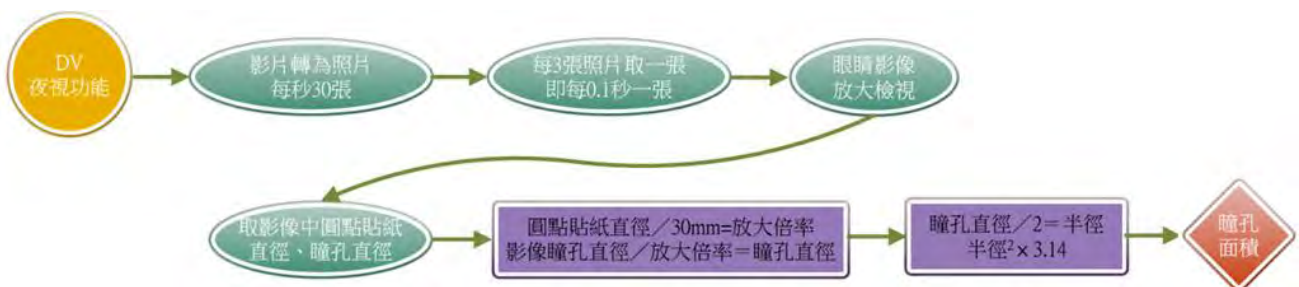


圖 4-12 瞳孔變化測量方式

#### 十、實驗八：測試常見的防藍光策略是否有效

(一) 說明：測試手機、平板電腦、電視及電腦螢幕使用「藍光過濾器」app 及「閱讀模式」時的藍光比例。

(二) 操作：測試時將相機鏡頭平貼於螢幕中心，拍攝螢幕顯示的全白及灰色畫面。其餘同實驗一。

#### 十一、實驗九：測試視覺疲勞是否能讓人習慣藍光較低時偏黃的畫面

(一) 說明：嘗試四種不同的設定值，詢問觀看者在看完影片前後能不能接受偏黃的畫面，瞭解視覺疲勞的效果能不能讓人適應偏黃的畫面。

(二) 操作：調整電腦螢幕的 B 值 (R=100、G=100 時 B=60、70、80、90)，在播放自然科教學影片前第一次調查同學是否覺得畫面「黃黃的」；播放自然科教學影片後再調查同學能不能接受偏黃的畫面。

#### 十二、實驗十：測試色彩恆常性能否讓人不察覺藍光較低時畫面偏黃的情況。

(一) 說明：

1. 相機的「白平衡」功能和大腦產生色彩恆常性效果相似，測試在不同色溫的光線下，相機以「陰天」白平衡模式拍攝開啟「藍光過濾器」APP 的平板電腦，看看在暖色光下拍攝相片中螢幕是否覺得比較不黃。

(二) 操作：

1. 將相機設為「陰天」白平衡模式，拍攝在可調光檯燈下開啟「藍光過濾器」APP 的平板電腦，再以小畫家檢查相片中螢幕區域的藍光比例。

2. 請受測試者在暖色光線下觀看開啟「藍光過濾器」APP (濾藍光 20、40%) 的平板電腦，看看是否能接受藍光率較低時畫面偏黃的情況。

#### 十三、實驗十一：以相機白平衡模擬人類的色彩恆常性，測試使用色彩恆常性與視覺疲勞消去「畫面黃黃的」降藍光副作用時，減少藍光進眼量的效果。

(一) 說明：

1. 大腦的色彩恆常性因人而異，相機的「白平衡」功能和大腦產生色彩恆常性效果相似，所以用「陰天」白平衡模式模擬色彩恆常性效果，先找出在不同光線與背景中可以拍出相同藍光率平板畫面時藍光過濾器的設定值。

2. 請受測試者在四種情境下注視背景箱中的平板電腦畫面，其中「冷光白背景」看的畫面為「淺白色圖檔」與「漸漸變黃的影片」兩種，「暖光白背景」、「冷光黃背景」、「暖光黃背景」則是觀看「漸漸變黃的影片」，拍下瞳孔變化，取得瞳孔面積變化情形。

(二) 操作：

1. 以「冷光白背景」照片中平板螢幕部分的藍光率為標準（33.68%），在「暖光白背景」、「冷光黃背景」、「暖光黃背景」三種情況下平板電腦開啟藍光過濾器能拍出最接近 33.68% 藍光率的設定值，作為在「暖光白背景」、「冷光黃背景」、「暖光黃背景」三種情況實驗時平板電腦的設定。

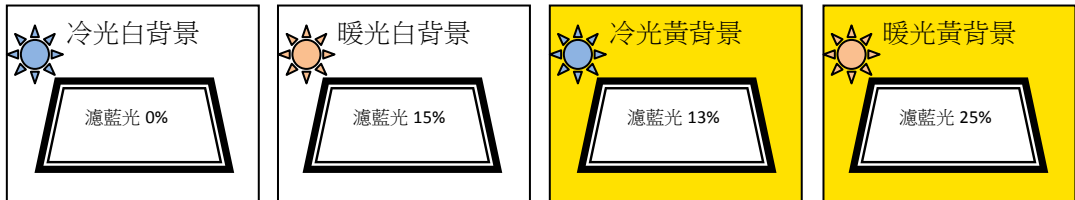


圖 4-13 找出相機用「陰天」白平衡模式拍攝四種情況的濾藍光設定

2. 測試前光以照度計確認四種情況檯燈的照度相同（365 lux），請受測試者觀看淺白圖片（R=200、G=200、B=200）三分鐘或影片（由淺白（R=200、G=200、B=200）到淺黃（R=211、G=211、B=178）12 種顏色組成畫面漸黃的影片，每 15 秒轉變一次，以 DV 拍下瞳孔變化情形，配合相機拍下與眼睛看見相同的畫面縮為 1 像素計算藍光率，計算三分鐘期間藍光進眼量的總和。

表 4-1 製作影片的 12 張圖檔資料

編號	圖檔名	R	G	B	藍光率	顏色轉變
1	200200200	200	200	200	33.33%	淺白 ↓ 淺黃
2	201201198	201	201	198	33.00%	
3	202202196	202	202	196	32.67%	
4	203203194	203	203	194	32.33%	
5	204204192	204	204	192	32.00%	
6	205205190	205	205	190	31.67%	
7	206206188	206	206	188	31.33%	
8	207207186	207	207	186	31.00%	
9	208208184	208	208	184	30.67%	
10	209209182	209	209	182	30.33%	
11	210210180	210	210	180	30.00%	
12	211211178	211	211	178	29.67%	



4-14 可調色光檯燈



圖 4-15 上課及討論成果



圖 4-16 實驗前先跑一下流程



圖 4-17 拍攝彩虹黑箱裡的彩虹

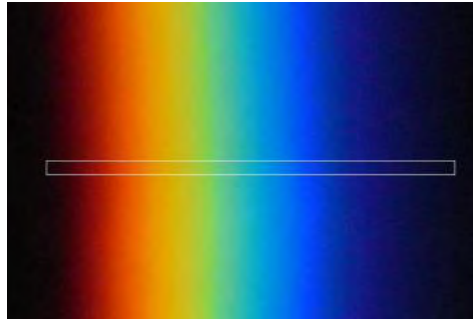


圖 4-18 取一段彩虹進行分析



圖 4-19 圖檔 QR code



圖 4-20 將測螢幕調回標準設定

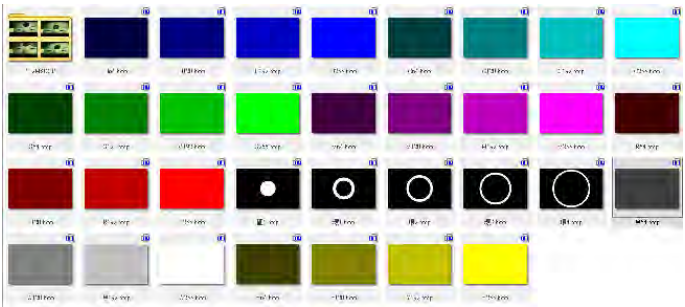


圖 4-21 各顏色亮度測試用圖片



圖 4-22 開燈使用電腦所見影像



圖 4-23 關燈使用電腦所見影像



圖 4-24 開燈使用電腦測試



圖 4-25 關燈使用電腦測試



圖 4-26 錄下瞳孔變化



圖 4-27 使用 DV 觀察瞳孔

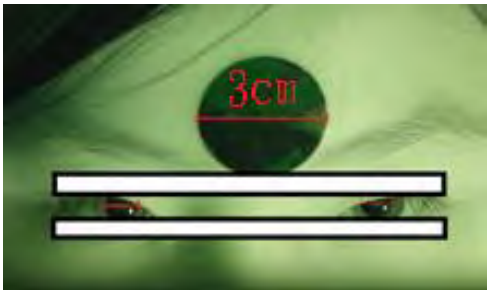


圖 4-28 量螢幕上的圓點及瞳孔直徑

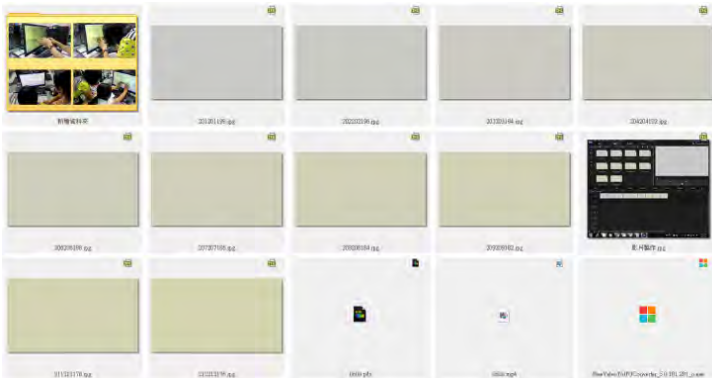


圖 4-29 將 12 種由白到黃的照片做成三分鐘影片



圖 4-30 拍攝眼睛看到的影像

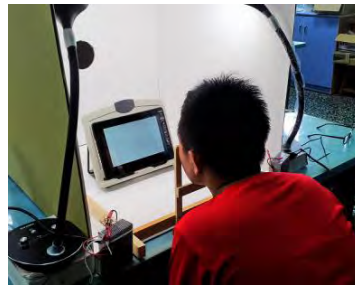


圖 4-31 實驗前先將檯燈照度調到 365 lux 圖 4-32 測量各情況下的藍光進眼量 圖 4-33 用 DV 錄下瞳孔變化

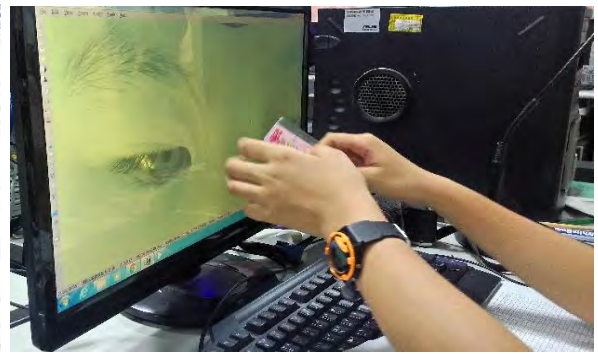


圖 4-34 將影片拆成照片後測量瞳孔

圖 4-35 測量照片瞳孔直徑

## 伍、研究結果

### 一、實驗一：測試手邊的相機能不能測量藍光

#### 1. 確認相機能否做為測量藍光的工具

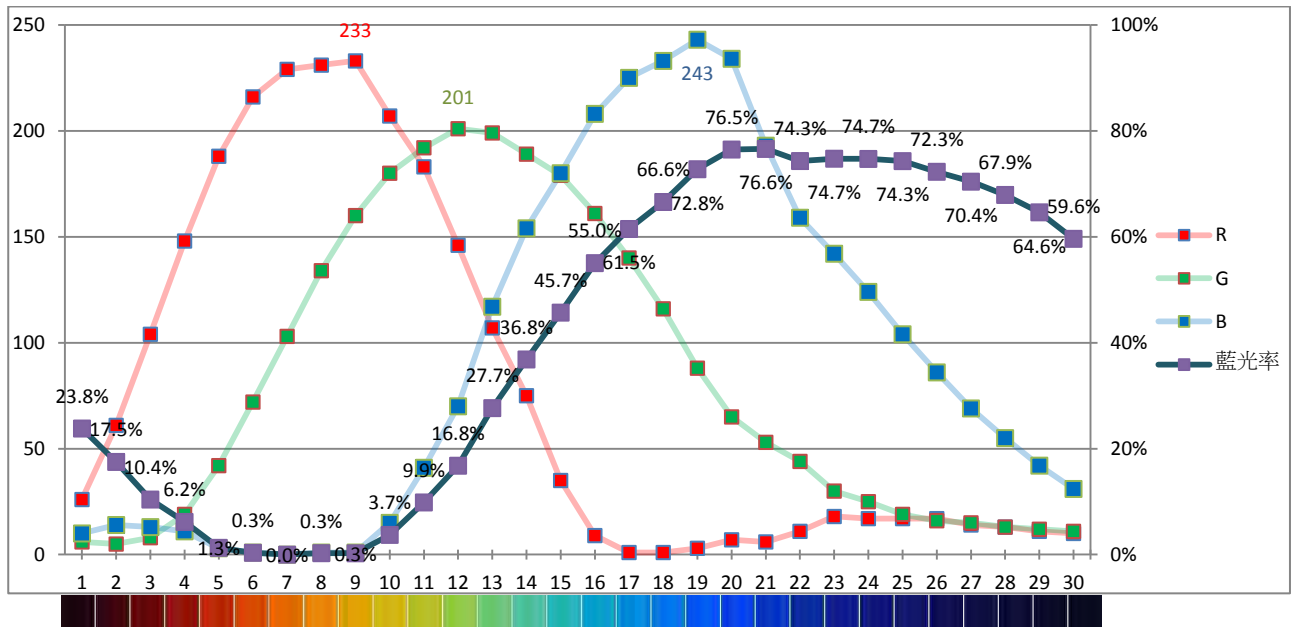


圖 5-1 彩虹中各顏色光 RGB 值及藍光比例

可見光中，藍光是能量最強的光，分布在彩虹的藍紫色那一邊，我們用相機測量的結果也發現藍紫色的那邊的藍光比例較高，表示我們可以用這個方法來測量藍光。

2. 找出最適合測量藍光的白平衡模式：

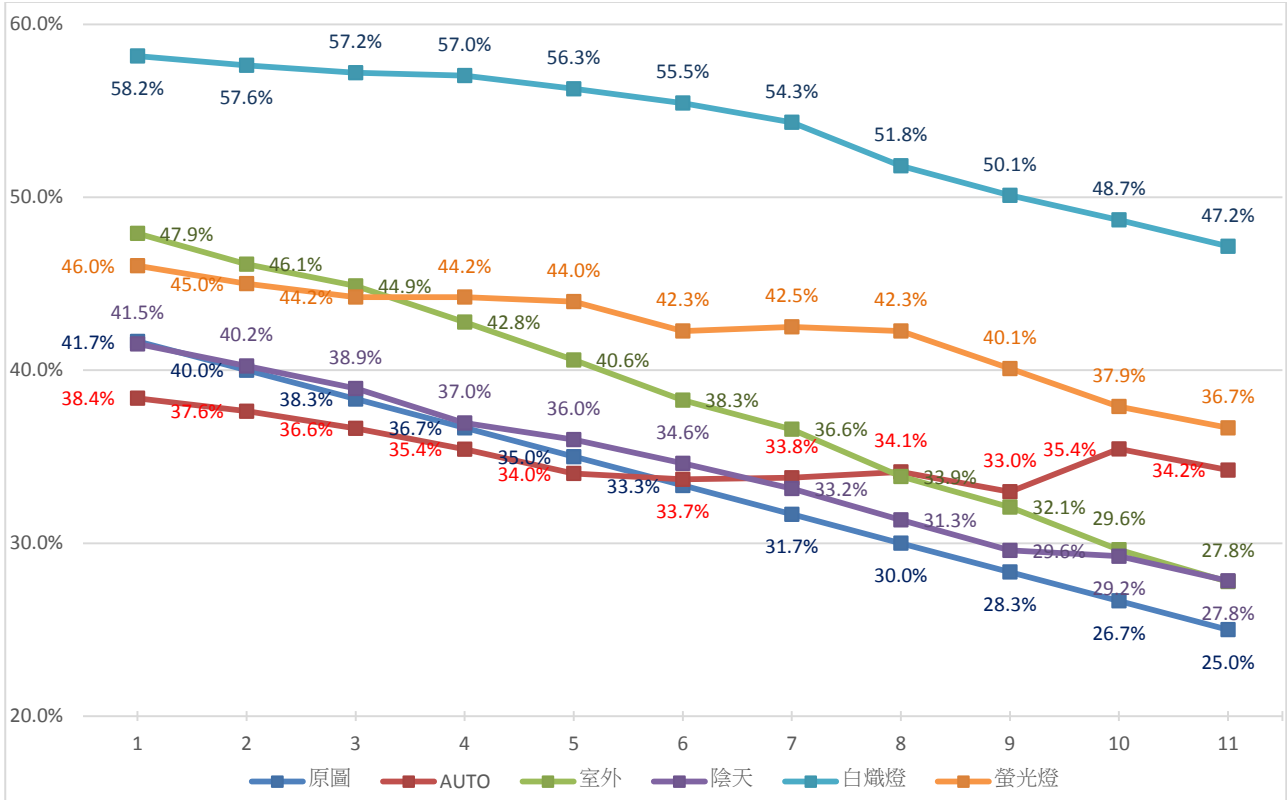


圖 5-2 各種白平衡模式拍出來的藍光比例和原圖比較

用各種白平衡模式拍攝由藍到黃的 11 張圖檔計算出的藍光率和原圖比較，發現「陰天」白平衡模式與原圖的藍光率最接近，最能呈現藍光率的變化，所以之後的實驗都採用「陰天」白平衡模式。

二、實驗二：測試照明光源的藍光比例。

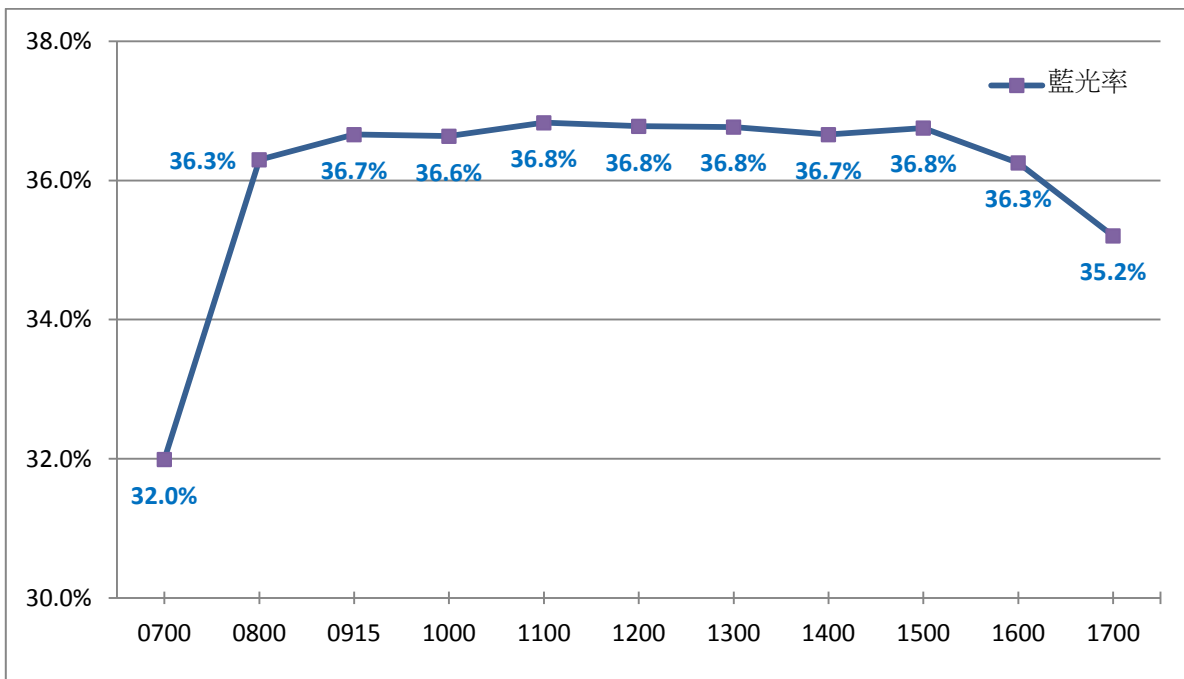


圖 5-3 晴天陽光的藍光變化情形 (2016/03/02)

表 5-1 燈具的藍光比例

編號	照明光源	R	G	B	藍光率
1	philips helix 23w 暖白	176	120	69	18.9%
2	東亞 EFS23L-G1.P 23W 燈泡色	179	124	83	21.5%
3	東亞 EFS20L-G1 20W 燈泡色	174	121	79	21.1%
4	OSRAM DMINITWIST 23W827 2700K	182	122	62	16.9%
5	大友 innotel LED-510-0177Y 10W 3000K	158	114	69	20.2%
6	T5 Philips Essential super 80 14w/830	166	125	97	25.0%
7	TCP L12A21E27501Z06 LED12W F5000	115	115	113	32.9%
8	旭光 LSB10W/860/45/U LED 10W 6000K	106	121	142	38.5%
9	大友 innotel LED-510-0177W 10W 6500K	113	134	139	36.0%
10	OSRAM DVTWIST 23W/865 6500K	116	133	161	39.3%
11	GE Snowcone LED9D/A19/865/100-120/E27/BX TW	102	126	152	40.0%
12	OSRAM DTWIST 27W/865 HPF 6500K	105	134	164	40.7%
13	T5 Philips Essential super 80 14w/865	104	134	168	41.4%

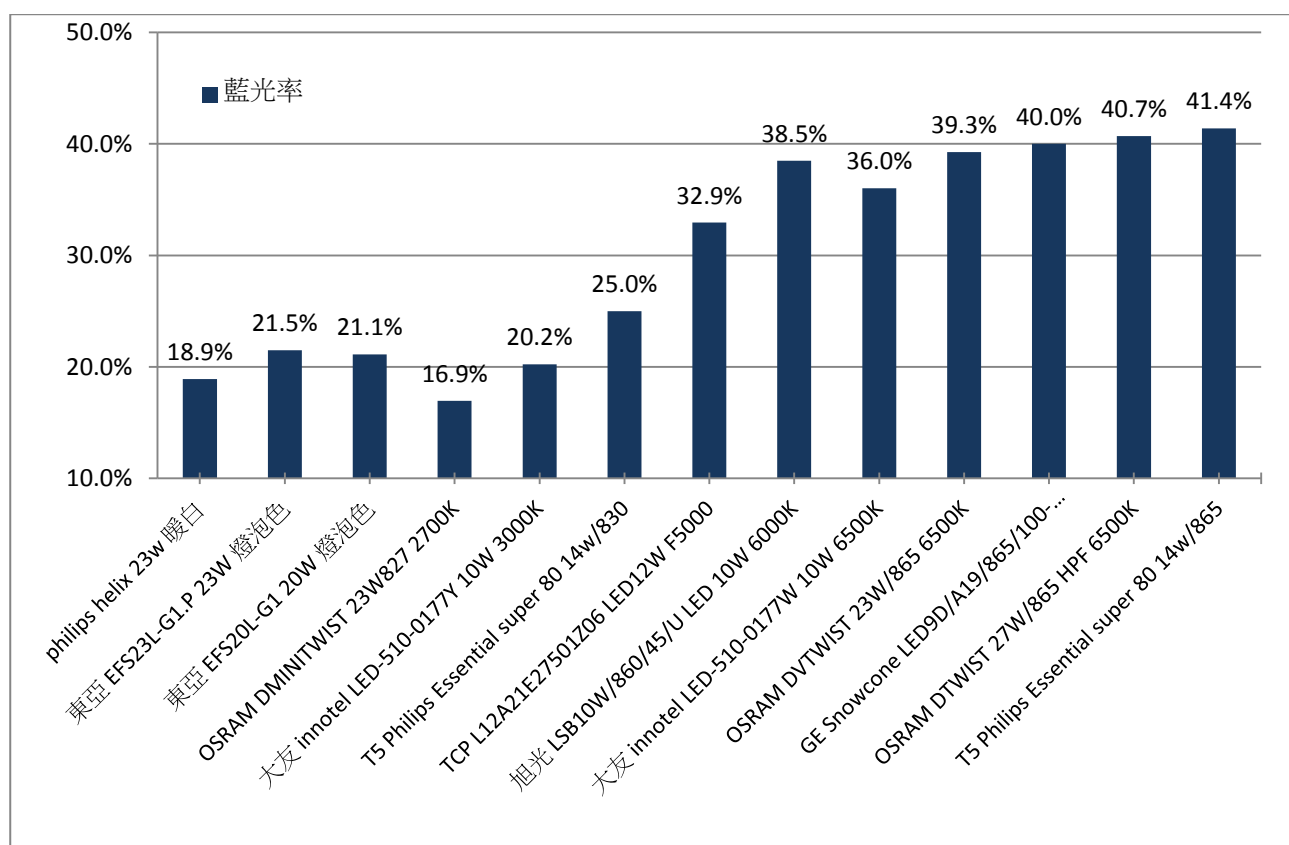


圖 5-4 受測常見燈具的藍光比例

陽光在清晨及傍晚時藍光比例較低，早上八點到下午四點的藍光比例很穩定的維持在 36~37%之間；常見的燈泡、燈管藍光比例大致與色溫相關，色溫越高的光源藍光比例越高，色溫越低藍光比例越低。



三、實驗三：測試 3C 產品螢幕的藍光比例。

表 5-2 3C 產品螢幕顯示全白畫面時藍光比例

編號	類別	品牌型號檔名	R	G	B	藍光率
1	電腦螢幕	ACER V193WL 白	94	107	129	39.1%
2	電腦螢幕	Viewsonic VX2250WM 白	68	71	78	35.9%
3	平板電腦	ASUS TF103 白	71	83	102	39.8%
4	平板電腦	ASUS PF500KL 白	107	110	117	35.0%
5	電視	SAMPO EM-42SP70 白	93	96	131	40.9%
6	電視	Tatung V32R320 白	87	90	123	41.0%
7	電視	Chimei TL24V7000D 白	99	97	110	35.9%
8	電視	Chimei TL55X7500D 白	150	127	156	36.0%
9	手機	ASUS PadFone S 白	100	109	120	36.5%
10	手機	ASUS PF500KL 白	107	110	117	35.0%
11	手機	APPLE ipad AIR 白	81	85	92	35.7%
12	手機	APPLE iphone 4S 白	73	78	90	37.3%
13	手機	APPLE iphone 4 白	78	85	94	36.6%
14	手機	APPLE iphone 5S 白	61	74	114	45.8%
15	手機	ASUS Zenphone6 白	66	80	115	44.1%
		平均	89	93.5	113	38.3%

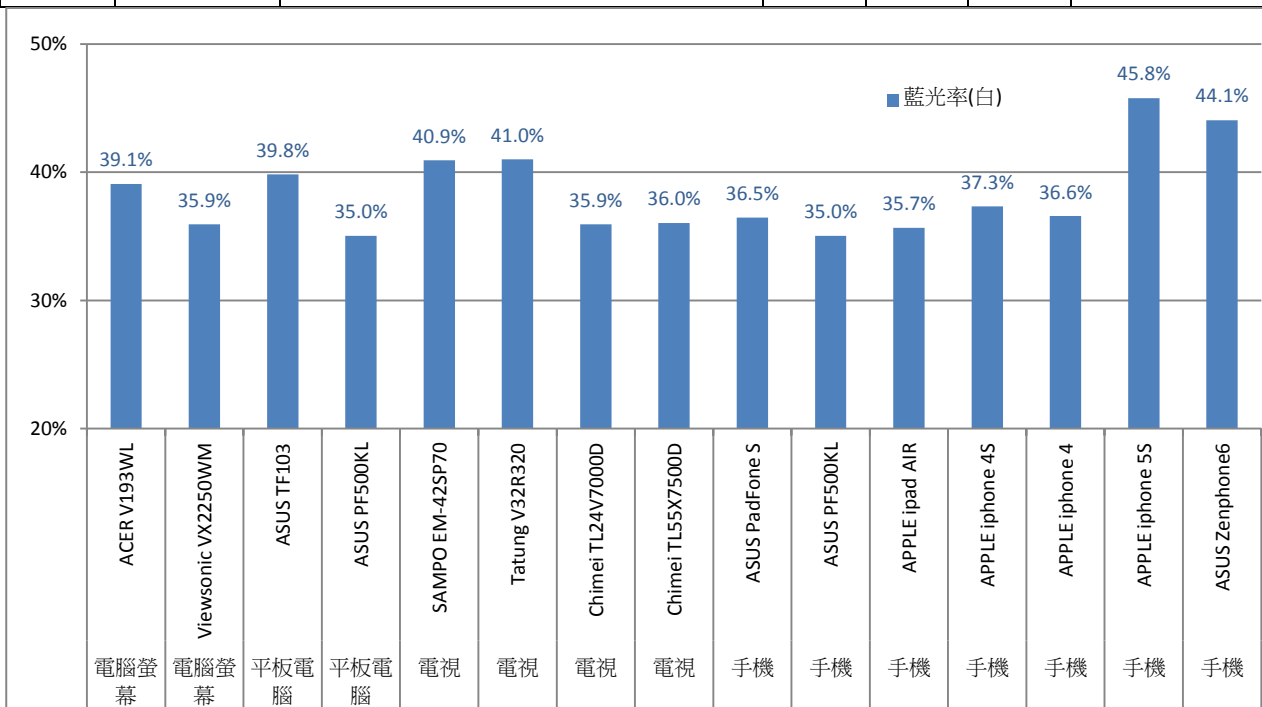


圖 5-5 3C 螢幕顯示全白時的藍光率

3C 產品螢幕的藍光比例在顯示全白畫面時平均為 38.3%，較陽光的藍光率要高 2~3% 以上。

#### 四、實驗四：測試藍光進入眼睛的多寡。

表 5-3 五種各情況測試藍光進眼量比較

	藍光率	亮度	藍光亮度	瞳孔面積平均	藍光進眼流量平均
教室開燈	32.80%	425	34.8	0.131	18.3
教室關燈	32.70%	10.9	3.6	0.232	3.3
開燈用電腦	44.1%	201.7	88.9	0.186	33.0
關燈用電腦	55.8%	189.1	105.5	0.192	40.5

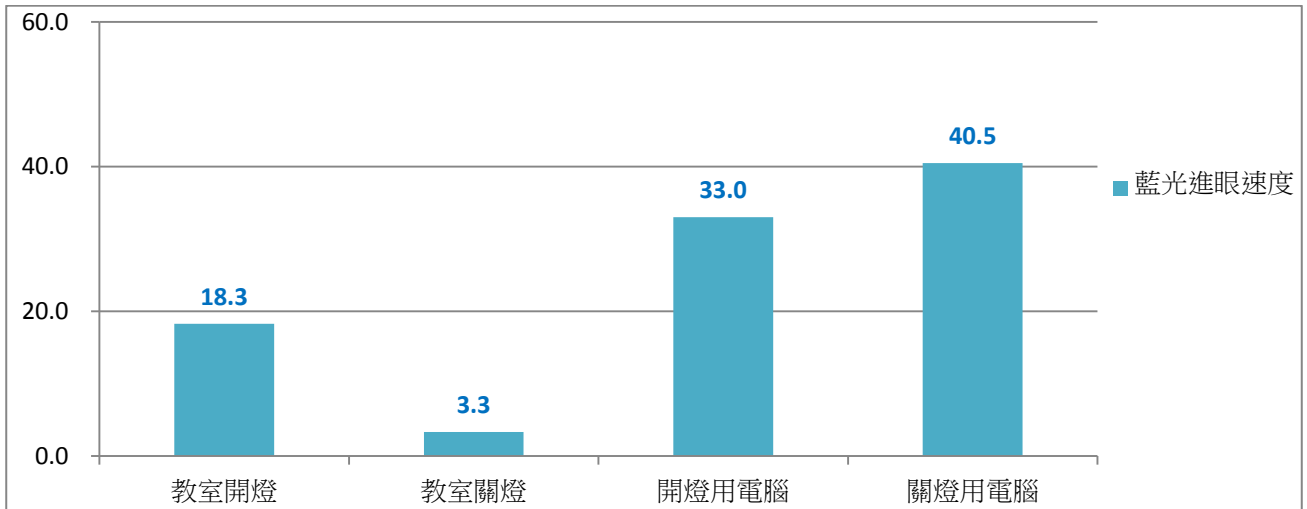


圖 5-6 五種各情況藍光進眼量的比較

較明亮環境下，受測者的瞳孔會變小，使教室開燈、教室關燈兩種情況藍光進眼流量不致像亮度、藍光亮度的相差倍數那麼大，藍光率相差不大時，亮度高時藍光進眼流量較大。

比較開關燈使用電腦的藍光進眼流量，最後影響藍光進眼流量最大的因素是藍光率，應該是關燈時除了電腦螢幕畫面以外幾乎是全黑的，而電腦桌面又幾乎是藍色的；而兩者的瞳孔平均面積幾乎一樣，可能是因為視野的中心是影響眼睛瞳孔變化主要部位，應該要設計新的實驗來測量。

#### 五、實驗五：測試各種顏色對瞳孔的影響

表 5-4 看七種顏色光各四種亮度時的瞳孔平均直徑，單位：cm。

瞳孔直徑 顏色 \ 亮度	255	192	128	64	平均直徑
青色 C	0.44	0.49	0.54	0.58	0.51
白色 W	0.43	0.45	0.52	0.66	0.52
藍色 B	0.45	0.47	0.51	0.64	0.52
洋紅色 M	0.46	0.52	0.53	0.61	0.53
黃色 Y	0.47	0.50	0.54	0.65	0.54
綠色 G	0.47	0.49	0.56	0.68	0.55
紅色 R	0.53	0.61	0.64	0.68	0.61

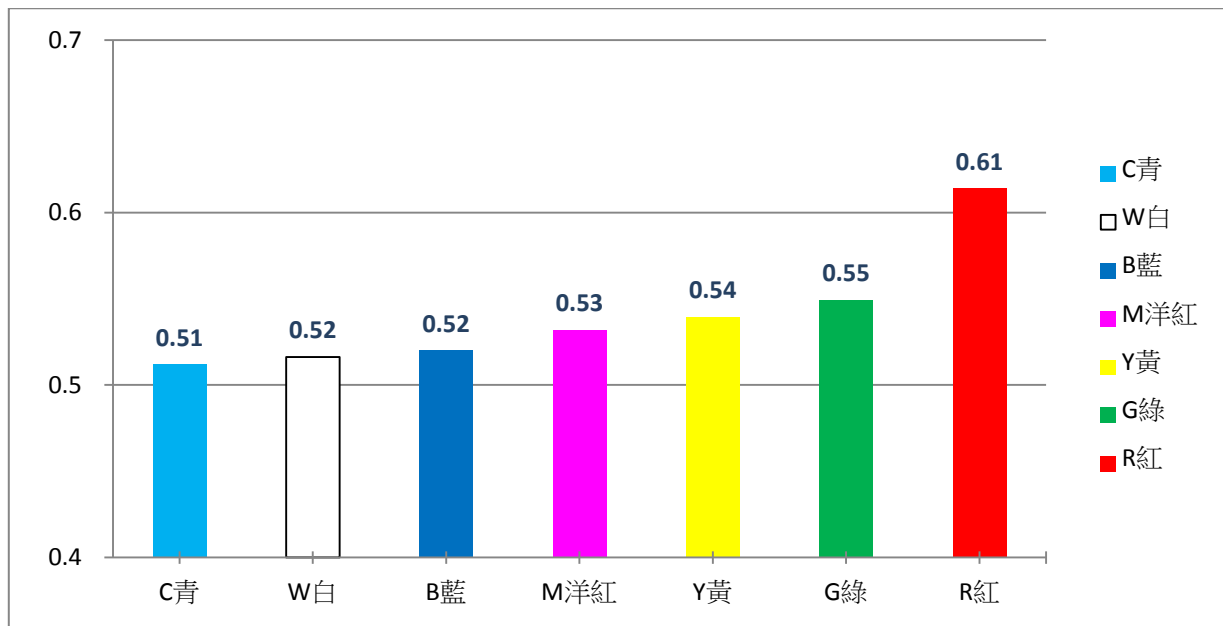


圖 5-7 看七種顏色時的瞳孔平均直徑，單位：cm。

青色 (G+B)、白色 (R+G+B)、藍色 (B) 和洋紅色 (R+B) 是最能使瞳孔縮小的前四名顏色，但相差不大，有趣的是它們都含有藍光，而不含藍光的其他三色是較不易使瞳孔縮小的色光，其中紅光使瞳孔縮小的效果更是差一大截，難怪晚上觀星時手電筒要加上紅色玻璃紙。

#### 六、實驗六：測試視野中心及週圍光線對瞳孔的影響



圖 5-8 看相同亮度白色圓及白色環時瞳孔的平均直徑，單位：cm。

發光集中在視野中心的「圓」圖最能使瞳孔縮小，再來就是「環 1」，「環 2」、「環 3」和「環 4」就沒有明顯差異了，影響瞳孔的縮放的較大的就是像「圓」和「環 1」這樣在視野較中心的光線，更外圍的光對瞳孔的影響很小了。根據文獻指出黃斑部是視網膜上視覺最敏銳的中心部位，和實驗所得相似，另外也能推測黃斑部涵蓋的視野範圍應在「環 1」與「環 2」之間以內（視角  $15.3^{\circ}$ ~ $20.7^{\circ}$  以內）。

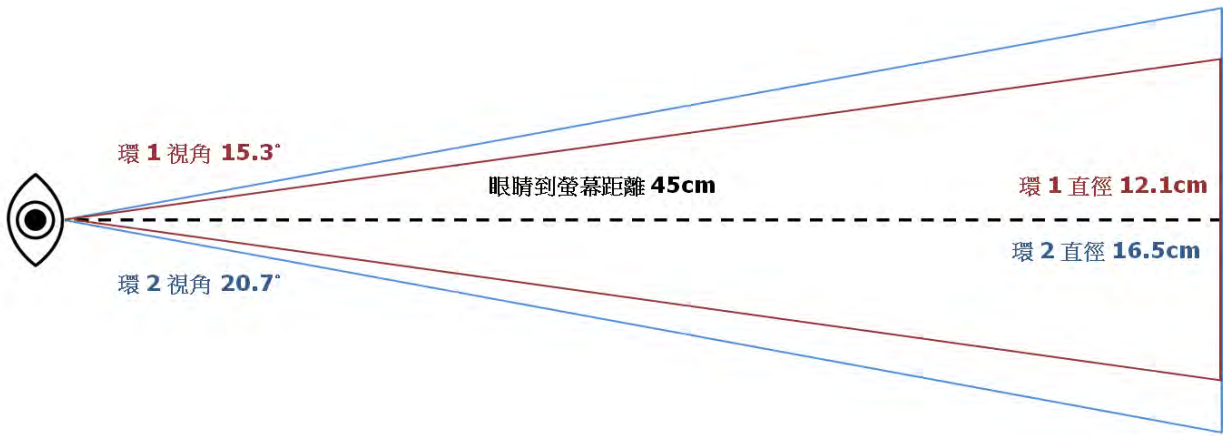


圖 5-9 用眼睛到螢幕距離與「環 1」、「環 2」直徑計算視角

七、實驗七：測試瞳孔在亮度改變時瞳孔的反應速度

表 5-5 瞳孔關燈變化情形，單位：sec、cm。紅色字為陰暗環境與明亮環境瞳孔的中間值（0.585cm）

時間	關燈前	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
平均	0.40	0.40	0.40	0.39	0.40	0.40	0.41	0.41	0.42	0.43	0.44	0.44	0.46	0.46	0.47	0.47	0.48

時間	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	5	10
平均	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.52	0.52	0.52	0.52	0.56	0.65

表 5-6 瞳孔開燈變化情形，單位：sec、cm。紅色字為陰暗環境與明亮環境瞳孔的中間值（0.585cm）

時間	開燈前	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
平均	0.70	0.70	0.70	0.70	0.67	0.64	0.60	0.57	0.55	0.52	0.51	0.49	0.49	0.48	0.48	0.46	0.46

時間	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	5	10
平均	0.46	0.45	0.45	0.44	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.43

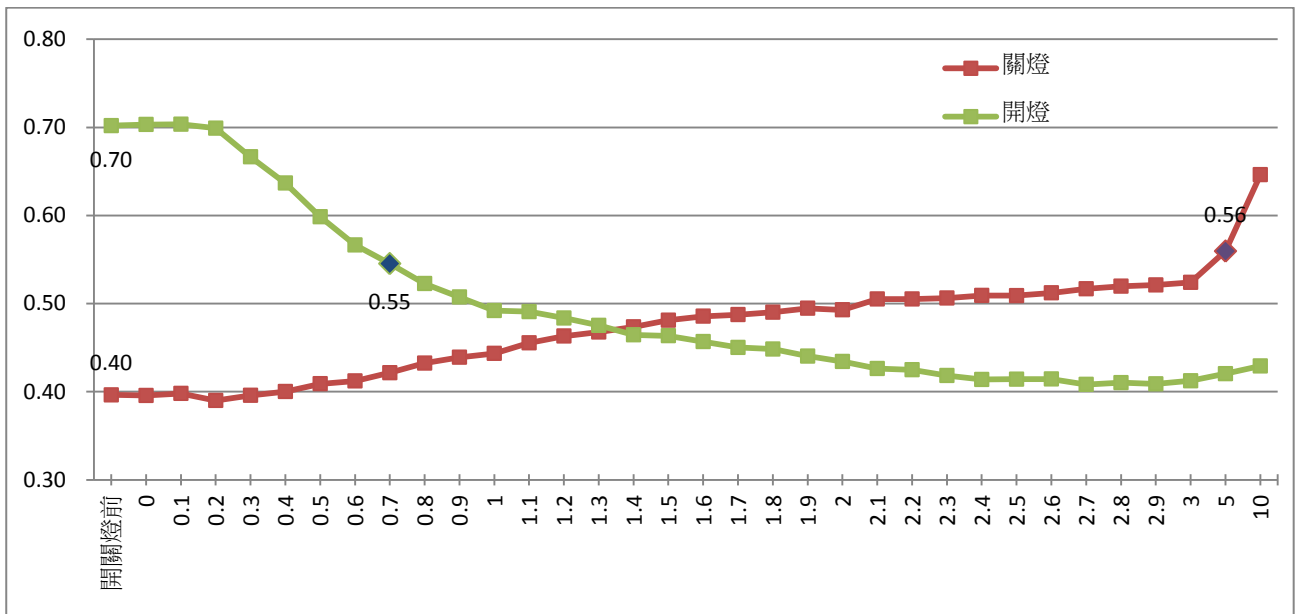


圖 5-10 開關燈後燈變化情形，單位：sec、cm。

當環境變亮時，瞳孔只需 0.7 秒就可以縮小到實驗中陰暗環境與明亮環境瞳孔的中間值（0.55cm），而環境變暗時，瞳孔在近 5 秒時才能放大到中間值，瞳孔縮小的速度會比放大還要快一些，也就是適應明亮的環境會比適應陰暗的環境快一些。

## 八、實驗八：測試常見的防藍光策略是否有效

表 5-7 測試「藍光過濾器」app 及「閱讀模式」在顯示全白畫面時的藍光率

名稱	R	G	B	光圈值	快門分母	感光度	藍光率	亮度	藍光亮度
ASUS PadFone S App20 白	105	109	108	4.4	111	400	33.5%	537.2	180.2
ASUS PadFone S App40 白	103	107	97	4.4	73	400	31.6%	353.3	111.6
ASUS PadFone S 標白	100	109	120	4.4	153	400	36.5%	740.5	270.1
ASUS PadFone S 閱白	111	110	97	4.4	90	400	30.5%	435.6	132.9
ASUS PF500KL App20 白	111	111	110	4.4	104	400	33.1%	503.4	166.8
ASUS PF500KL App40 白	109	109	101	4.4	79	400	31.7%	382.4	121.1
ASUS PF500KL 標白	107	110	117	4.4	143	400	35.0%	692.1	242.4
ASUS PF500KL 閱白	112	109	110	4.4	111	400	33.2%	537.2	178.5
ASUS TF103 App20 白	79	85	95	4.4	380	400	36.7%	1839.2	674.6
ASUS TF103 App40 白	82	87	93	4.4	203	400	35.5%	982.5	348.8
ASUS TF103 標白	71	83	102	4.4	470	400	39.8%	2274.8	906.4
ASUS TF103 閱白	74	88	99	4.4	410	400	37.9%	1984.4	752.7
ASUS Zenphone6 App20 白	74	86	109	4.4	250	400	40.5%	1210.0	490.3
ASUS Zenphone6 App40 白	73	80	94	4.4	153	400	38.1%	740.5	281.8
ASUS Zenphone6 標白	66	80	115	4.4	310	400	44.1%	1500.4	661.1
ASUS Zenphone6 閱白	69	83	109	4.4	350	400	41.8%	1694.0	707.5

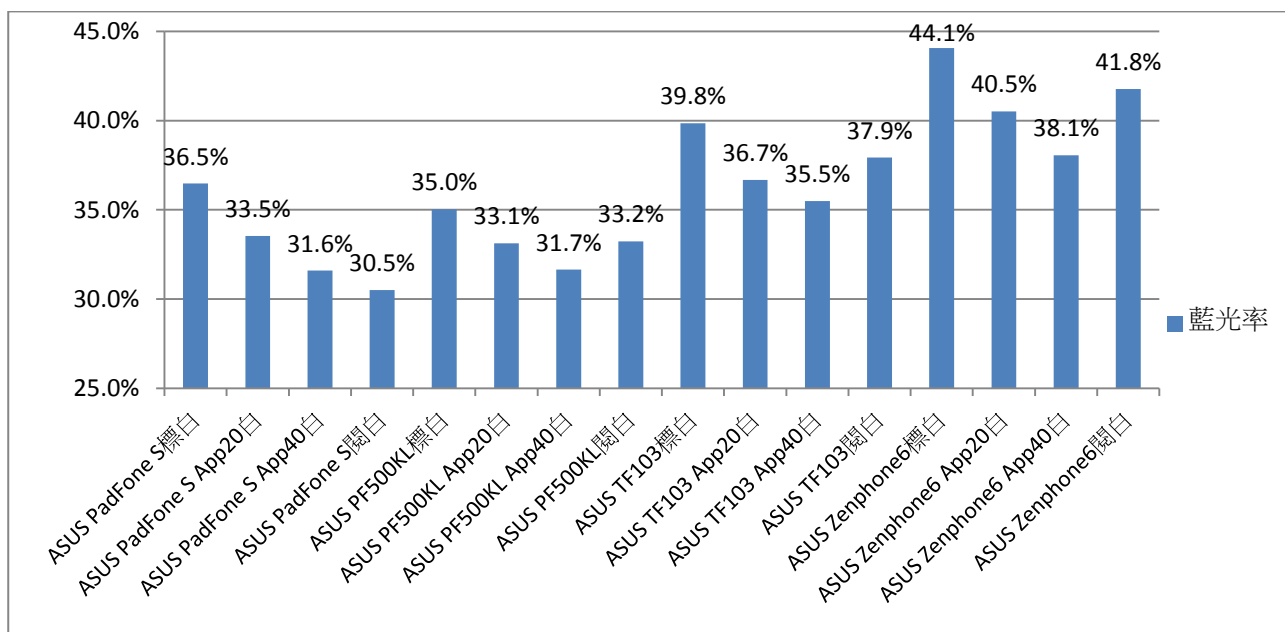


圖 5-11 測試「藍光過濾器」app 及「閱讀模式」在顯示全白畫面時的藍光率比較

「藍光過濾器」app 及「閱讀模式」大致都能使藍光率下降。

## 九、實驗九：測試視覺疲勞是否能讓人習慣藍光較低時偏黃的畫面



圖 5-12 調整螢幕的設定

表 5-8 測試「藍光過濾器」app 及「閱讀模式」在顯示 50% 灰色畫面時的藍光率

播放前後	B=90		B=80		B=70		B=60	
	播放前	播放後	播放前	播放後	播放前	播放後	播放前	播放後
覺得「黃黃的」	3	1	5	3	10	4	19	12
還好	1	3	6	5	9	6	3	8
不覺得「黃黃的」	18	18	11	14	3	12	0	2

看完約 13 分鐘的影片，覺得「黃黃的」同學減少了，變為「還好」或是「不會黃黃的」，視覺疲勞應該能讓人習慣偏黃的畫面。

#### 十、實驗十：測試色彩恆常性是否能讓人習慣藍光較低時偏黃的畫面

##### (一) 相機的自動白平衡功能



圖 5-13 冷光下拍攝的平板電腦



圖 5-14 白光下拍攝的平板電腦



圖 5-15 暖光下拍攝的平板電腦

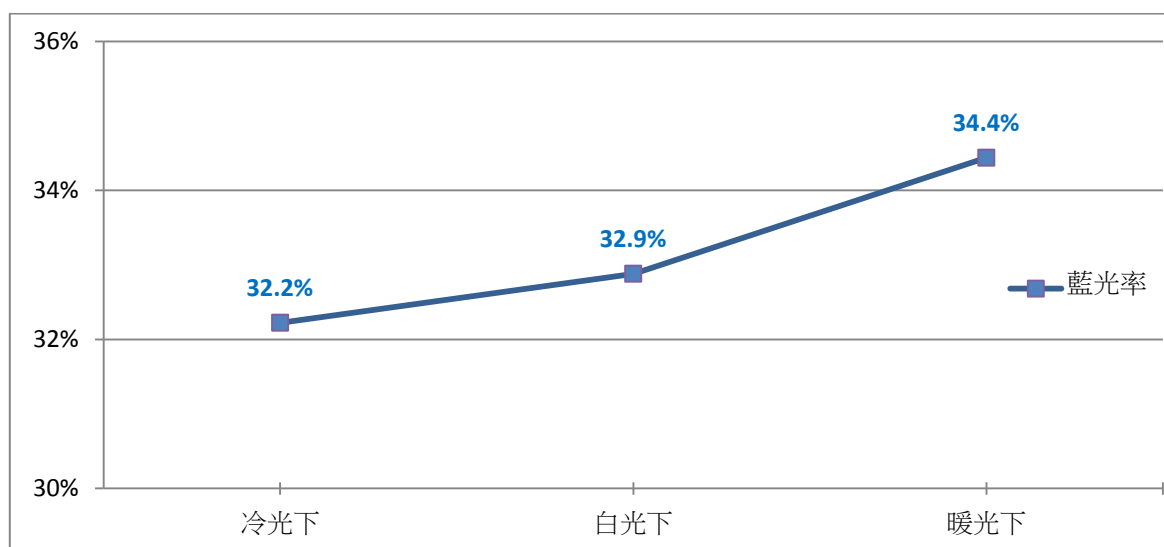


圖 5-16 以小畫家檢查相片中螢幕區域的藍光比例

##### (二) 大腦的色恆彩恆常性

5-9 在三種照明光線下開啟「藍光過濾器」不會覺得畫面「黃黃的」比例

「藍光過濾器」設定 不覺得「黃黃的」比例 照明光源	濾藍光 20%	濾藍光 40%
	冷光下	13.6%
白光下	27.3%	4.5%
暖光下	36.4%	13.6%

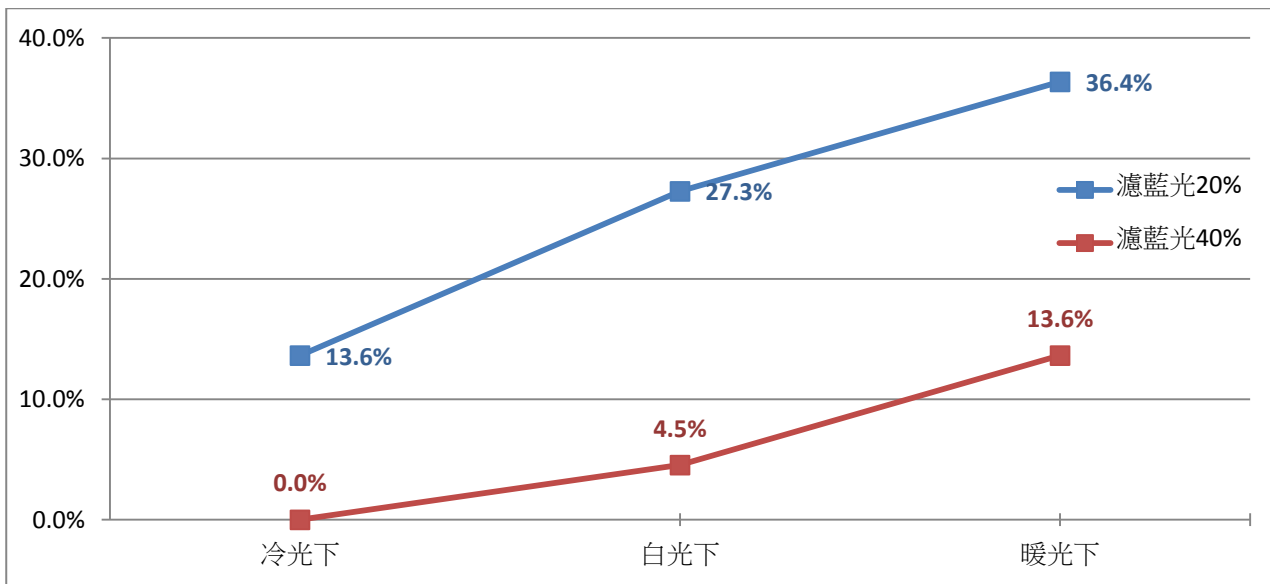


圖 5-17 在三種照明光線下開啟「藍光過濾器」不會覺得畫面「黃黃的」比例

相機的白平衡效果能使暖光下拍的螢幕變藍，色彩恆常性也能在暖光下讓人感覺開啟「藍光過濾器」的平板電腦變藍，也就是不覺得那麼「黃」。

十一、以相機白平衡模擬人類的色彩恆常性，測試使用色彩恆常性與視覺疲勞消去「畫面黃黃的」降藍光副作用時，減少藍光進眼量的效果。

表 5-10 各拍攝條件下照片中平板畫面藍光率

拍攝條件	R	G	B	照片中 平板畫面藍光率	備註
<b>冷光白背景</b>	<b>128</b>	<b>128</b>	<b>130</b>	<b>33.68%</b>	<b>藍光率標準</b>
暖光白背景濾 0%	126	129	138	35.11%	
<b>暖光白背景濾 15%</b>	<b>133</b>	<b>131</b>	<b>134</b>	<b>33.67%</b>	<b>當作暖光白背景設定值</b>
暖光白背景濾 20%	131	133	132	33.33%	
冷光黃背景濾 10%	127	131	134	34.18%	
<b>冷光黃背景濾 13%</b>	<b>140</b>	<b>140</b>	<b>142</b>	<b>33.65%</b>	<b>當作冷光黃背景設定值</b>
冷光黃背景濾 15%	131	133	132	33.33%	
冷光黃背景濾 20%	130	130	130	33.33%	
冷光黃背景濾 25%	129	131	128	32.99%	
暖光黃背景濾 15%	129	131	134	34.01%	
暖光黃背景濾 20%	130	131	134	33.92%	
<b>暖光黃背景濾 25%</b>	<b>125</b>	<b>126</b>	<b>127</b>	<b>33.60%</b>	<b>當作暖光黃背景設定值</b>
暖光黃背景濾 30%	128	130	125	32.64%	

在各種拍攝條件中找出照片中平板畫面藍光率與「冷光白背景」相近的濾藍光設定，在防止副作用產生（使用色彩恆常性）前提下，找出使用防藍光策略（使用濾藍光 App 降低藍光率）時的 App 設定。

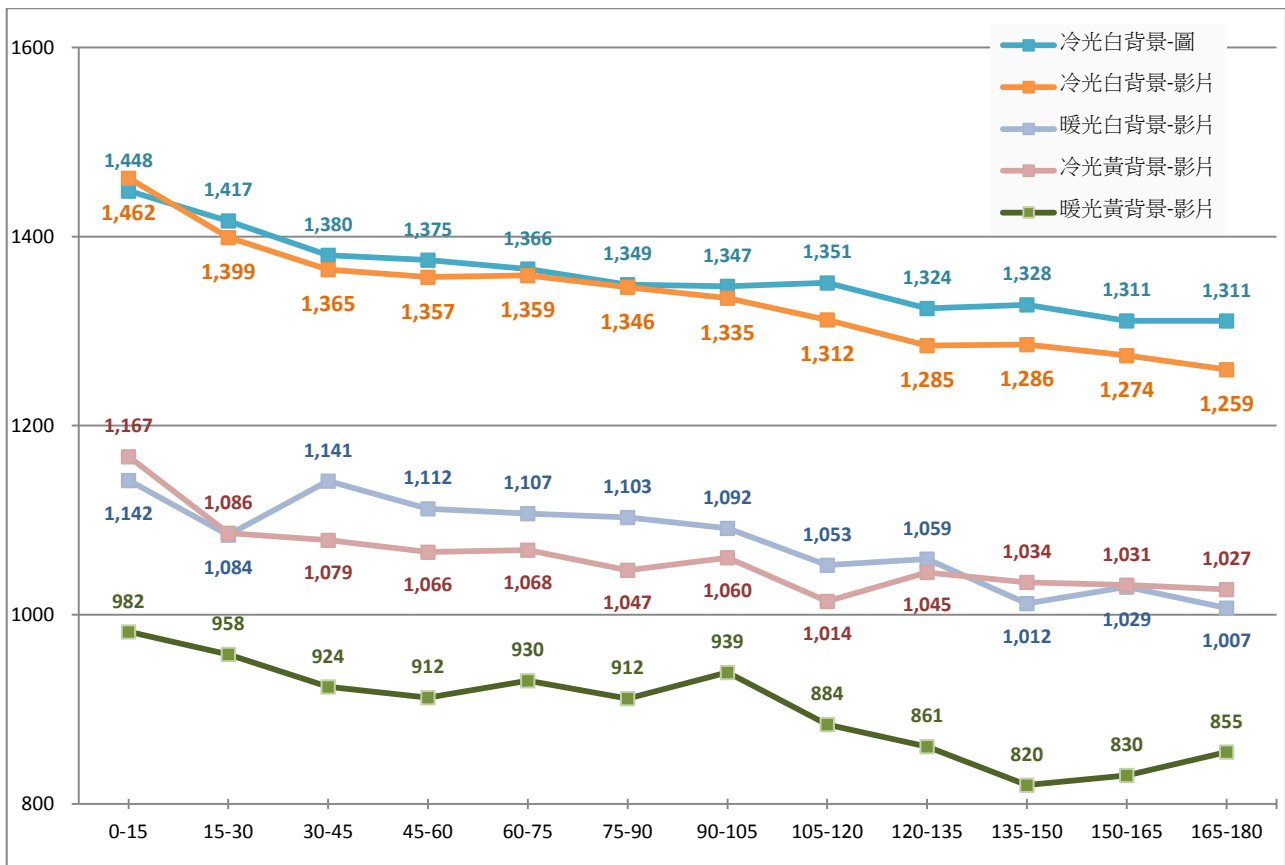


圖 5-18 五種情況下每 15 秒鐘的藍光進眼量

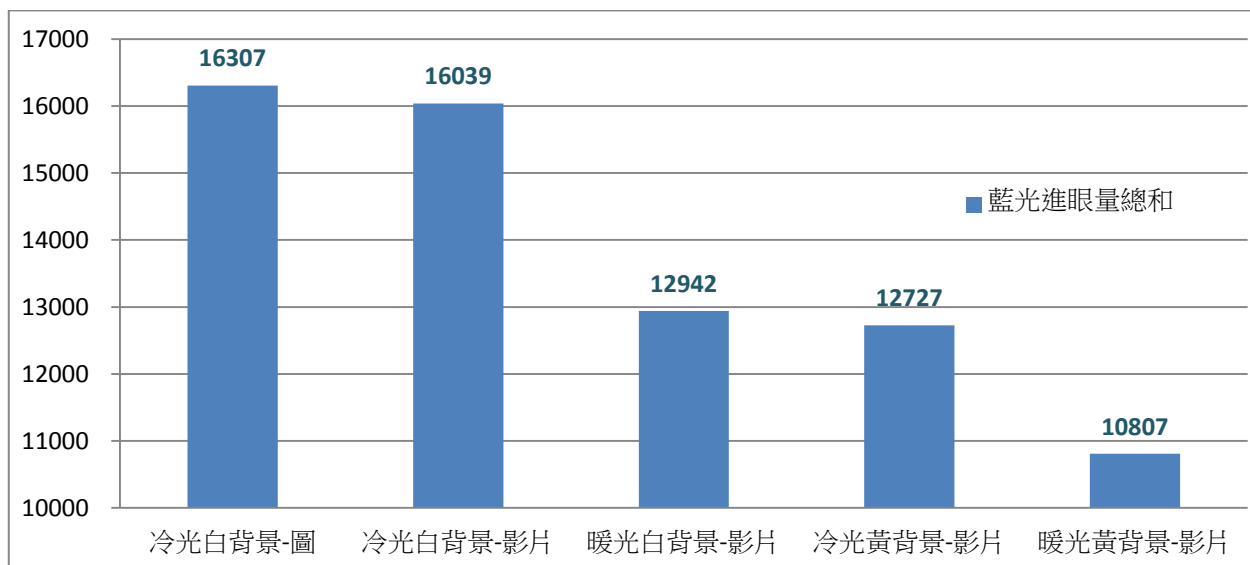


圖 5-19 五種情況下 3 分鐘的藍光進眼量

因為視覺疲勞須要時間等待效果產生，由「冷光白背景-圖」與「冷光白背景-影片」的折線圖，可以發現前一分半鐘兩者的差距很小，之後的「冷光白背景-影片」所表示的藍光進眼量明顯較低，可看出視覺疲勞的效果逐漸累積產生的效果。

「暖光白背景」與「冷光黃背景」的效果接近約能降低 21% 藍光進眼量，「冷光黃背景」約降低 33% 藍光進眼量。



## 陸、結論

實驗一中相機拍到的可見光藍紫色部分的藍光比例較高，和查到的資料相符，證明了相機可以用來測量藍光，3C 產品螢幕較陽光的藍光率要高 2~3%左右，在相同亮度下，3C 產品螢幕可能對眼睛會有較大的傷害；實驗二、三簡單測試了照明光源和 3C 產品的藍光率，雖然測得資料不夠多，但持續測試增加資料就可以提供可靠的參考資料，各式燈泡燈管的藍光率也和標示的色溫有關，色溫越高，藍光比率也越高；依實驗四的結果發現明亮環境較黑暗環境藍光進眼流量較大，藍光比較高時藍光進眼流量也較大。要讓藍光進眼流量降低，大致可分為降低藍光率、降低亮度、使瞳孔縮小三個方向嘗試。實驗五結果令人好奇藍光是不是讓瞳孔縮小的關鍵色光，這可能是保護眼睛不受藍光傷害的本能。瞳孔縮小的速度比放大速度快得多，可能會是為了保護眼睛不受強光傷害的本能，實驗六可以瞭解瞳孔對多大視野範圍內的光線感應較明顯，並推測視網膜上黃斑部的視野角度，由實驗八瞭解「藍光過濾器」app 及「閱讀模式」大致都能使藍光率下降。視覺疲勞能讓人習慣偏黃的畫面，但要暫時忍受畫面剛調黃的感覺，之後便能享受減少藍光傷害的好處，配合把照明光線改成暖光，利用色彩恆常性的效果，使用開啟「藍光過濾器」等濾藍光軟體的 3C 產品時藍光進眼流量便能大幅降低。實驗十一中假設相機的「陰天」白平衡模式與人類大腦色彩恆常性效果相同，在不影響色覺（降低畫面藍光率的副作用）前提下，證實使用藍光策略（使用濾藍光 App 降低藍光率）能降低約 33%的藍光進眼量。

## 柒、參考資料及其他

### 一、參考資料

維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/可見光>。

小林眼鏡網站，專業教室 - 濾藍光鏡片教室，<http://www.kobayashi.com.tw/blueray/>。

康健雜誌網址，「3C 螢幕藍光」超傷眼！自保 5 招。

<http://m.commonhealth.com.tw/article/article.action?id=5050142>

維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/瞳孔>。

月鈴的講台，藍綠不分---視覺疲勞教學省思，[http://bell5-platform.blogspot.tw/2010/12/blog-post\\_19.html](http://bell5-platform.blogspot.tw/2010/12/blog-post_19.html)

PanSci 泛科學網站，色彩恆常性：你看到什麼顏色的洋裝？<http://pansci.asia/archives/76012>

趙以祥攝影團：數位相機的白平衡，<https://www.facebook.com/notes/趙以翔攝影團/數位相機的白平衡/101611329907489/>

華人健康網，<https://www.top1health.com/Article/244/51284>。

## 二、其他

1. 實驗的受測人數及受測的產品更多的話會更好。
2. 常見的防藍光方法還有防藍光保護貼、防藍光眼鏡……等，但實驗的成本比較高，有機會可以增加相關實驗，看看是否能找到更好的防藍光策略，但防藍光保護貼、防藍光眼鏡和防藍光 App 都是以減少藍光也就是降低藍光比例的方式防藍光，所以我們將來的研究方向應該朝降低或減少「畫面變黃」的副作用進行，也就是說重點不是用什麼方法防藍光，而是用了防藍光後要怎麼減少對色覺影響，讓更多人願意使用防藍光策略。

## 【評語】 080819

此作品的研究內容包括使用相機及電腦軟體測量各種光源的藍光比例，並且配合瞳孔直徑的測量，計算藍光進入人類眼睛的多寡，也檢視目前常見的防藍光策略的功效。然而，測量對象的樣本數未能呈現，圖表標題軸呈現不夠完整，因而減低結論的可信度。此研究主題雖與生活議題相關，但為得出實證的結果須進行人體實驗，測量藍光照射進入眼睛的流量大小，對於受測者可能會造成傷害，實施此類研究者皆須注意相關法規（人體研究法）的規範。

作品海報

## 摘要

實驗確認相機能測量藍光後，利用相機及軟體「小畫家」測量各種光源及螢幕的藍光比例及亮度，計算出藍光比例與藍光亮度，配合測量瞳孔直徑計算藍光進入眼睛的多寡，進而瞭解各種色光、亮度，光線在視野中心位置及亮度改變時瞳孔的反應，並以上述方法測試防藍光策略是否有效；常見的防藍光策略有從源頭減少發出藍光和在進入眼睛前過濾部分藍光兩類，但都會影響色覺，造成所見景像偏黃的副作用，我們嘗試利用視錯覺來降低所見景像偏黃的副作用，以相機白平衡模擬色彩恆常性，同時利用色彩恆常性和視覺疲勞兩種視錯覺，在不影響色覺前提下，實測的三分鐘內能減少約 33% 的藍光進眼量，預防藍光傷害的效果顯著。

關鍵字：藍光、瞳孔、視錯覺

## 壹、研究動機

常在電視看見藍光傷害眼睛的新聞，不僅 3C 產品的螢幕會發出藍光，生活中的各種光源也有藍光，為了保護視力，我們想瞭解「在什麼環境下藍光較容易進入眼睛？」、「我們可以用什麼方法預防藍光的傷害？」利用相機及電腦軟體「小畫家」測量生活中各式光源的藍光，並利用 DV 錄影機測量瞳孔大小，計算藍光進入眼睛的多寡，進一步測試常見的防藍光策略是否有效。

## 貳、研究目的

- 一、測試手邊的相機能不能測量藍光
- 二、測試照明光源的藍光比例
- 三、測試 3C 產品螢幕的藍光比例
- 四、測試藍光進入眼睛的流量大小
- 五、測試各種色光對瞳孔的影響
- 六、測試視野中心及周圍光線對瞳孔的影響
- 七、測試瞳孔在亮度改變時的反應速度
- 八、測試防藍光策略是否有效
- 九、測試視覺疲勞是否能讓人習慣藍光較低時偏黃的畫面
- 十、測試色彩恆常性能否讓人不察覺藍光較低時畫面偏黃的情況
- 十一、以相機白平衡模擬人類的色彩恆常性，測試使用色彩恆常性與視覺疲勞消去「畫面黃黃的」降藍光副作用時，減少藍光進眼量的效果

## 參、研究設備及器材

### 一、器材準備與製作：

- (一) 器材準備：相機、DV 錄影機（夜視功能）、直徑 3 公分的圓點貼紙、測試光源（燈管、燈泡）、可調光檯燈、3C 產品（手機、平板電腦、電視、電腦螢幕）、縫卡、白卡、灰卡、照度計。
- (二) 製作彩虹黑箱：箱內以墨汁塗黑，開孔安裝三菱鏡，內部安裝白卡讓彩虹投影，開一圓孔以便相機拍攝。
- (三) 製作光源測試箱：將紙箱內側貼上白紙，安裝燈座，開一圓孔以便相機拍攝。
- (四) 製作背景箱：長寬高都是 65cm，後方開孔方便 DV 拍攝瞳孔。



圖 3-1 製作光源測試箱支架

圖 3-2 彩虹黑箱內部抹黑減少反光

圖 3-3 測試色彩恆常性的背景箱、檯燈、支架

## 肆、研究過程及方法

### 一、文獻探討

#### (一) 可見光

人類眼睛能捕捉到 400 至 700 奈米區段，稱為可見光。（維基百科）

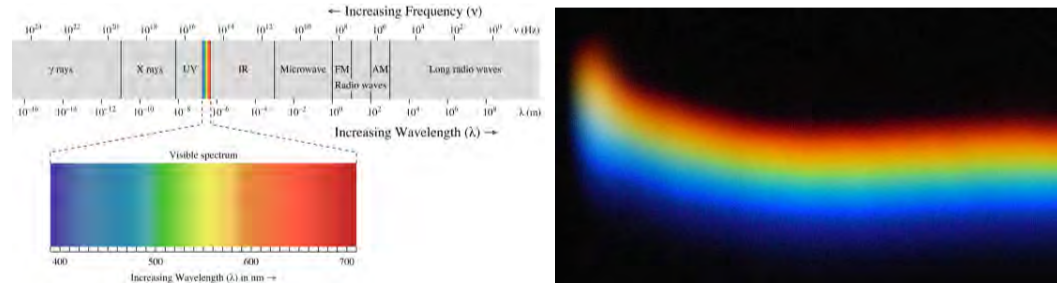


圖 4-1 可見光光譜

圖 4-2 陽光經過三稜鏡分出的彩虹光

心得：利用相機拍攝陽光經三菱鏡分出的彩虹光（完整可見光譜），看看相機能否當作測量藍光的工具。

#### (二) 藍光

1. 藍光是能量最強的可見光，會造成感光細胞損傷。長期直視 3C 螢幕造成刺激，使黃斑部發炎，造成視力缺損，陳登山說。



藍光波長介於 400-500nm，現代 3C 產品螢幕會投射出大量的藍光

圖 4-3 可見光譜與藍光

2. 光線波長和能量的關係：波長越短能量越高。
3. 藍光波長多少？對人體有何傷害？藍光波長比紫外線長一點、「藍、靛、紫」（450nm-400nm）穿透率高，會傷害視網膜細胞和水晶體，增加視網膜中央區域黃斑部病變的機率。
4. 藍光讓眼睛聚焦不易，波長較短容易造成散射，眼睛須更用力聚焦。造成假性近視。「看 6 小時的 3C 產品和書本，看 3C 產品眼睛瞳孔縮更小，眼睛更疲勞」（小林眼鏡網站、康健雜誌 176 期）

心得：藍光會傷害視力，利用相機測量我們常見到的光源藍光多不多，分為照明光源（不會一直盯著看的光）和螢幕光源（會一直盯著看的光）。

#### (三) 瞳孔又稱瞳神，是虹膜中心的圓孔。能調節進入眼球的光線量。（維基百科）

心得：瞳孔會調節進入眼球的光量，想瞭解有多少藍光進入眼睛的流量就要知道瞳孔大小。瞳孔與虹膜能很容易分辨，眼科醫師是用卡片上的圓點比對患者的瞳孔，但不夠準確，要設計更精確的測量方式。

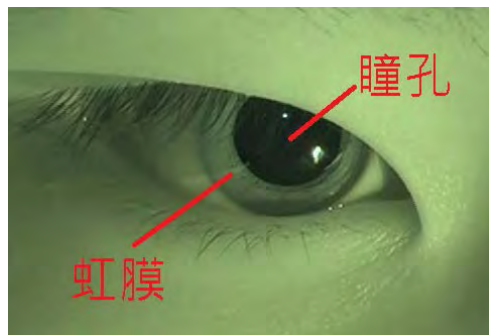


圖 4-4 瞳孔與虹膜



圖 4-5 眼科醫師測量瞳孔的卡片

#### (四) 錯覺 (illusion) 是感覺扭曲。視錯覺是常見的錯覺。造成顏色視錯覺的原因：

1. 視覺疲勞：神經傳遞的有趣現象之一，連續刺激後對原刺激的靈敏度會降低，稱為感覺疲勞（這可能和突觸所釋放的傳導物質來不及補充有關）。（月鈴的講台：藍綠不分—視覺疲勞教學省思）
2. 色彩恆常性 (color constancy) 就是大腦「自動白平衡」機制的結果。只要給大腦足夠的環境資訊，例如背景光源、其他周遭物品的相對顏色，大腦就會自動作出白平衡，讓你可以感受到物體的本來顏色。（PanSci 泛科學）

心得：視覺疲勞是因為感光細胞疲勞造成判斷顏色的誤差（色錯覺），也可說是「習慣了」或「適應了」。而「色彩恆常性」是大腦在不同光源或背景下自動作出白平衡，消除光線或背景對顏色的影響，讓人可以感受到物體的本來顏色。利用顏色錯覺可以讓藍光比例低的畫面看起來不會黃黃的。

#### (五) 數位相機的白平衡

1. 什麼是色溫？將標準黑體加熱，溫度由低升高，顏色由黑色→深紅色→橙色→黃色→白色→藍色逐漸改變，以光色變化特性制定光源的色溫度，單位以 K 來表示，當 K 值愈低色溫愈低，發出的光偏紅；色溫越高藍色光越多。
2. 白平衡校正：相機對色溫的偵測無法盡如人意，需要手動設定或事後調校白平衡，來得到正確或適切的色溫。（趙以祥攝影圈：數位相機的白平衡）

心得：燈泡燈管上就有標示「色溫」，可以看看什麼色溫的燈泡燈管的藍光較多。數位相機有自動白平衡的功能，為了使實驗更具參考性，測試藍光比例的相機須固定在某個白平衡設定，所以要先找出最合適的白平衡設定。

### 二、共同準備項目及變因：

- (一) 相機設定：以實驗一找的最佳設定，設定為「陰天」，感光度設為 400。
- (二) DV 錄影機（有夜視功能）：拍攝瞳孔用，因瞳孔上常有反光會影響測量，使用夜視功能，並過濾掉可見光便可消除眼球上的反光，而且夜視功能是以紅外線照明，在陰暗環境也能測量瞳孔，並能避免使用閃光燈影響瞳孔。
- (三) 3C 產品螢幕設定：回復為原始的預設狀態，例如：關閉所有防藍光功能、模式，回復為標準模式，亮度、對比調回中間值。
- (四) 被測量瞳孔者，先貼一張 3cm 圓點貼紙在額頭上，作為比例換算用。
- (五) 測量及計算方式：

藍光比例：使用「小畫家」將所拍畫面縮小為 1 個像素，記錄像素的三原色值以  $B / (R+G+B)$  為藍光比例，以百分比表示。

亮度：以拍攝相片的光圈值、快門速度計算。

光圈值×光圈值×快門速度分母 = 亮度

瞳孔直徑：以圓點直徑 (3cm)、照以螢幕檢視時圓點直徑、瞳孔直徑計算。

$3 \times \frac{\text{照片瞳孔直徑}}{\text{照片圓點直徑}} = \text{瞳孔直徑}$  或

$\frac{\text{照片圓點直徑}}{3} = \text{螢幕上的放大倍數}$  →

$\frac{\text{照片瞳孔直徑}}{\text{螢幕上的放大倍數}} = \text{瞳孔直徑}$

藍光進眼流量大小：藍光比例×亮度×瞳孔面積

藍光進眼量：藍光比例×亮度×瞳孔面積×時間

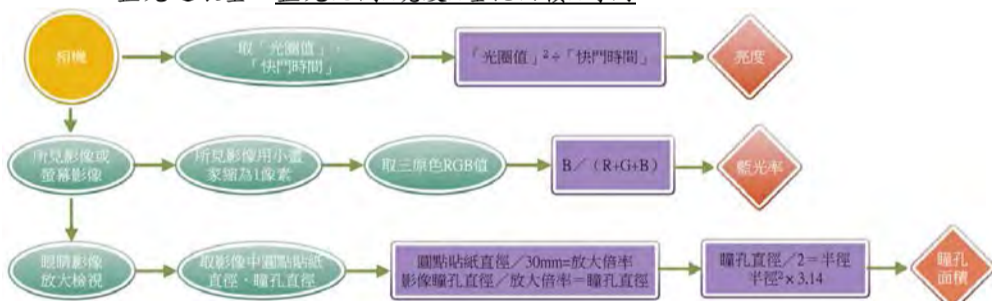


圖 4-6 測量數據計算方式

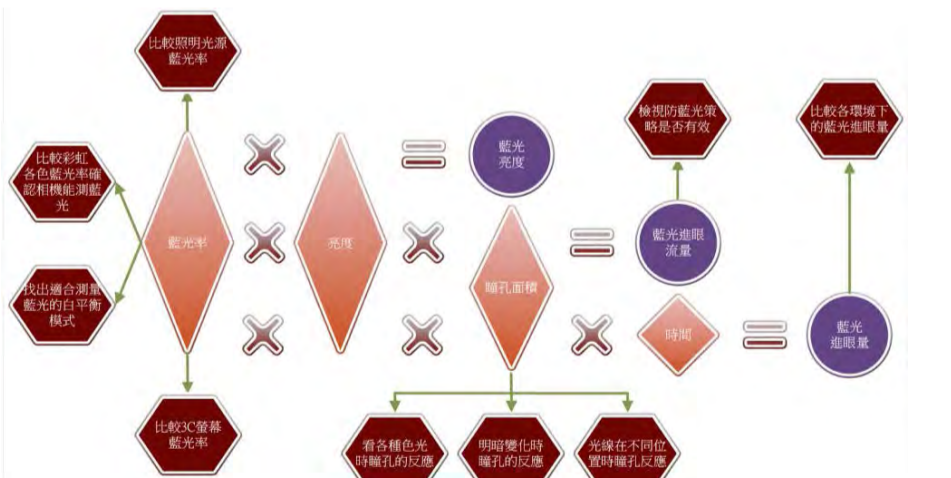


圖 4-7 數據處理流程與實驗所得



圖 4-8 將拍攝照片縮成一個像素

圖 4-9 用色彩選擇器點選像素

圖 4-10 以編輯色彩功能讀取 RGB 值

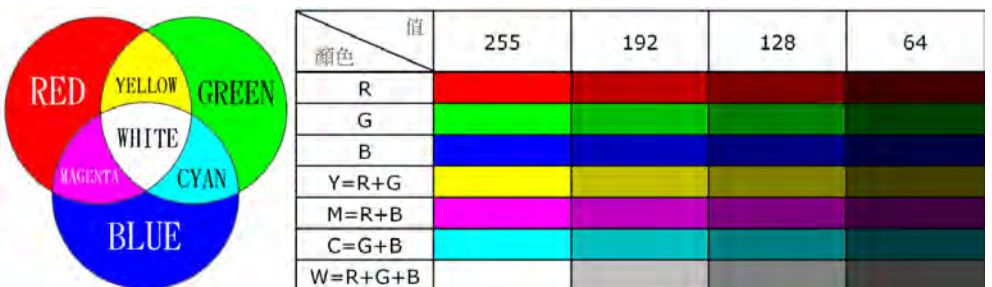


圖 4-11 實驗五的各種色光及亮度

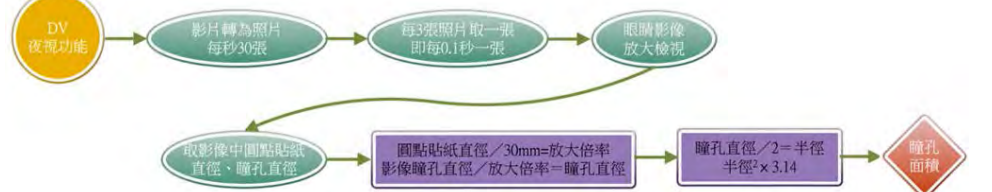


圖 4-12 瞳孔變化測量方式

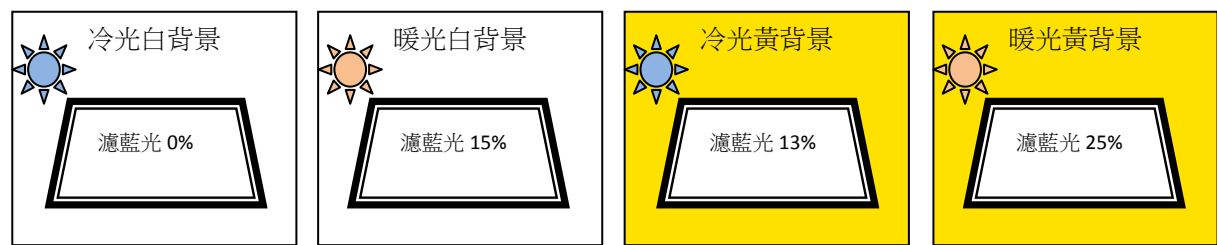


圖 4-13 找出相機用「陰天」白平衡模式拍攝四種情況的濾藍光設定



4-14 可調色光燈

圖 4-15 上課及討論成果

圖 4-16 實驗前跑流程

圖 4-17 拍攝黑箱裡的彩虹



圖 4-18 取一段彩虹進行分析

圖 4-19 圖檔 QR code

圖 4-20 將受測螢幕調回標準設定



圖 4-21 各顏色、亮度測試用圖片

圖 4-22 開燈使用電腦所見影像

圖 4-23 開燈使用電腦所見影像

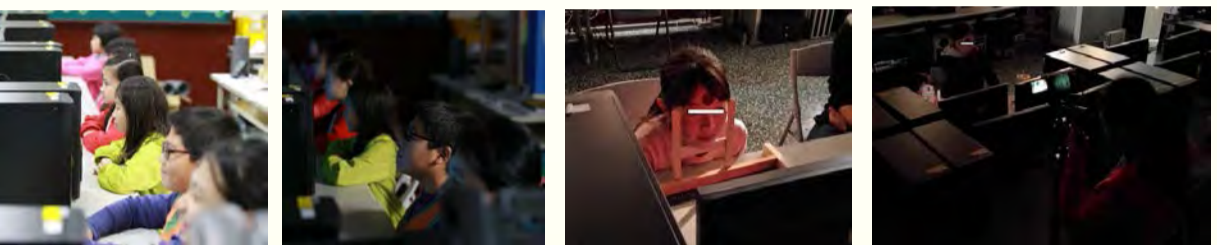


圖 4-24 開燈使用電腦測試

圖 4-25 開燈使用電腦測試

圖 4-26 錄下瞳孔變化

圖 4-27 使用 DV 觀察瞳孔

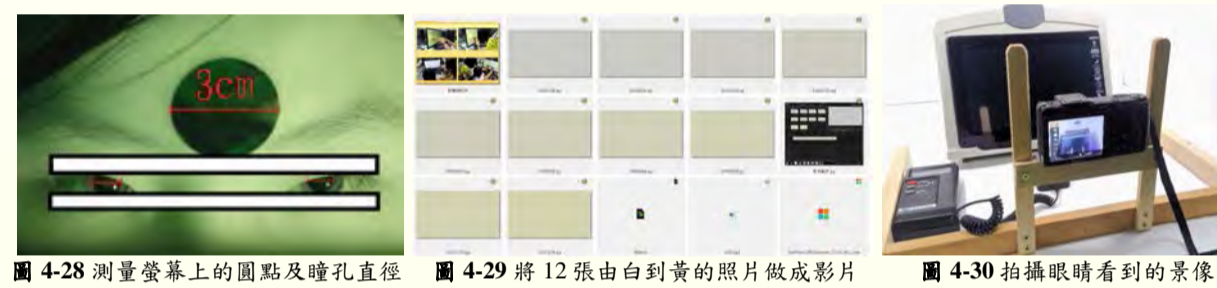


圖 4-28 測量螢幕上的圓點及瞳孔直徑

圖 4-29 將 12 張由白到黃的照片做成影片

圖 4-30 拍攝眼睛看到的景象



圖 4-31 實驗前將燈照度調到 365 lux

圖 4-32 測量各情況下的藍光進眼量

圖 4-33 用 DV 錄下瞳孔變化



圖 4-34 將影片拆成照片後測量瞳孔

圖 4-35 測量照片瞳孔直徑

## 伍、研究結果

### 一、實驗一：測試手邊的相機能不能測量藍光

#### (一) 確認相機能否做為測量藍光的工具

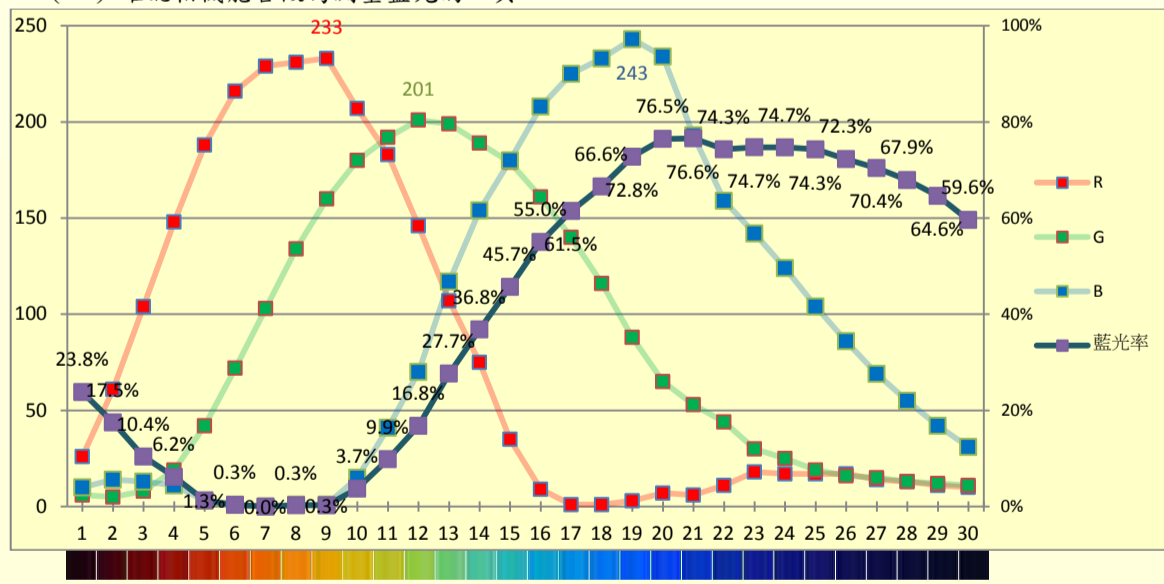


圖 5-1 彩虹中各顏色光 RGB 值及藍光比例

藍光是可見光中能量最強的光，分布在彩虹的藍紫色那一邊，用相機測量的結果也發現藍紫色的那邊的藍光比例較高，表示可以用這個方法測量藍光。

#### (二) 找出最適合測量藍光的白平衡模式：

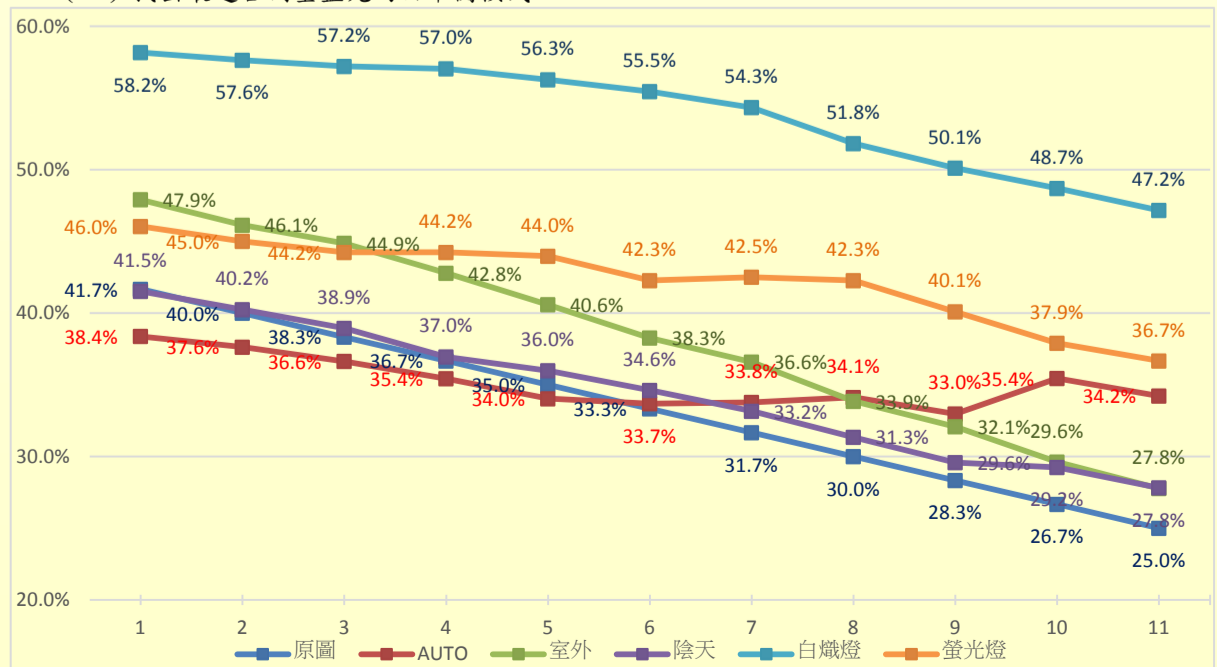


圖 5-2 各種白平衡模式拍出來的藍光比例和原圖比較

用各種白平衡模式拍攝由藍到黃的 11 張圖檔計算出的藍光率 and 原圖比較，發現「陰天」白平衡模式與原圖的藍光率最接近，最能呈現藍光率的變化，所以之後的實驗都採用「陰天」白平衡模式。

### 二、實驗二：測試照明光源的藍光比例。

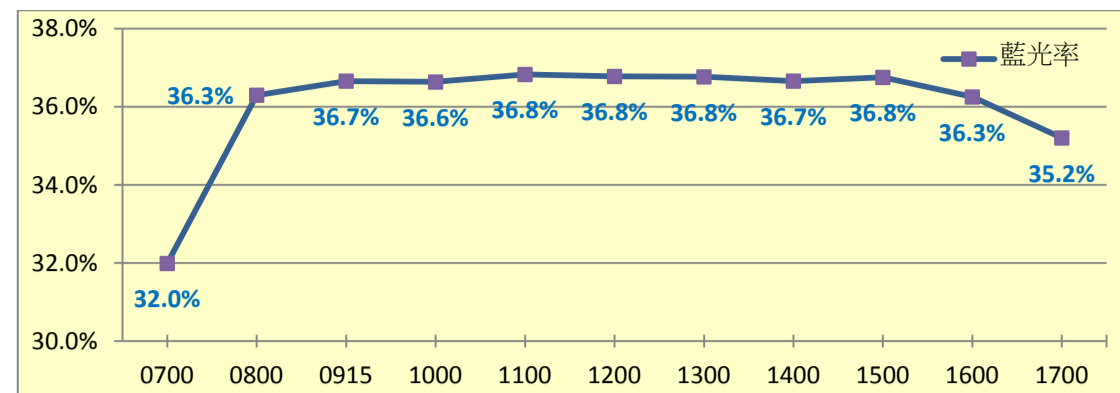


圖 5-3 晴天陽光的藍光變化情形 (2016/03/02)

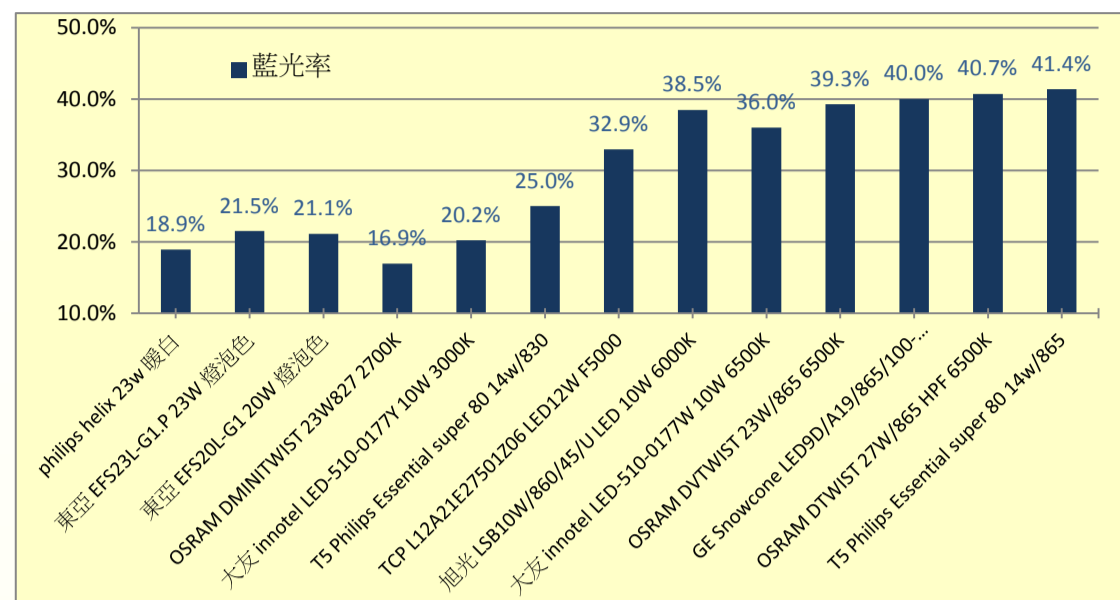


圖 5-4 測試常見燈具的藍光比例

陽光在清晨及傍晚時藍光比例較低，早上八點到下午四點的藍光比率維持在 36~37% 之間；常見的燈泡、燈管藍光比例大致與色溫相關，色溫越高的光源藍光比例越高，色溫越低藍光比例越低。

### 三、實驗三：測試 3C 產品螢幕的藍光比例。

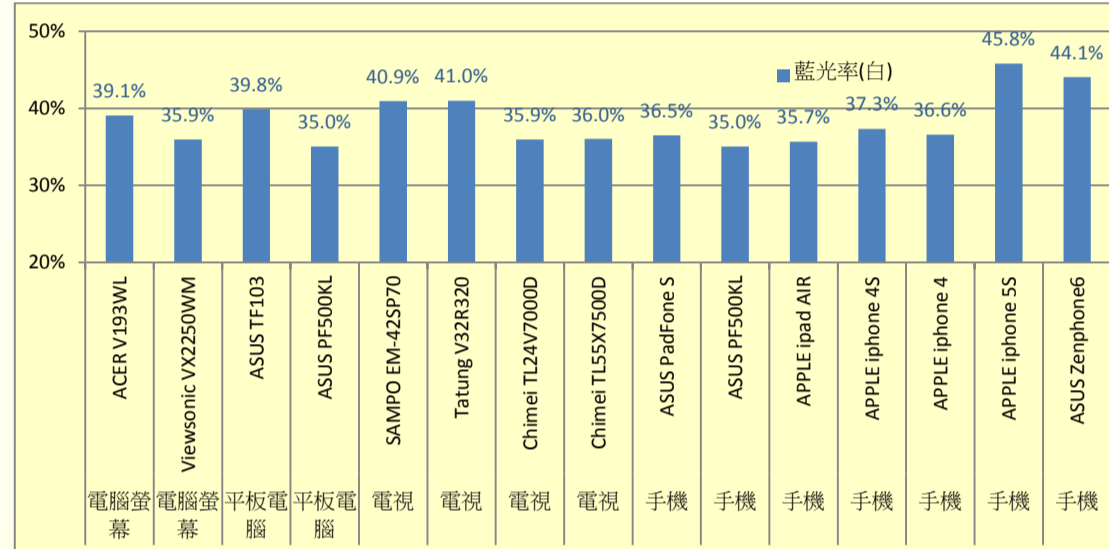


圖 5-5 3C 螢幕顯示全白時的藍光率

3C 產品螢幕的藍光比例在顯示全白畫面時平均為 38.3%，較陽光的藍光率高 2~3%。

### 四、實驗四：測試藍光進入眼睛的流量大小。

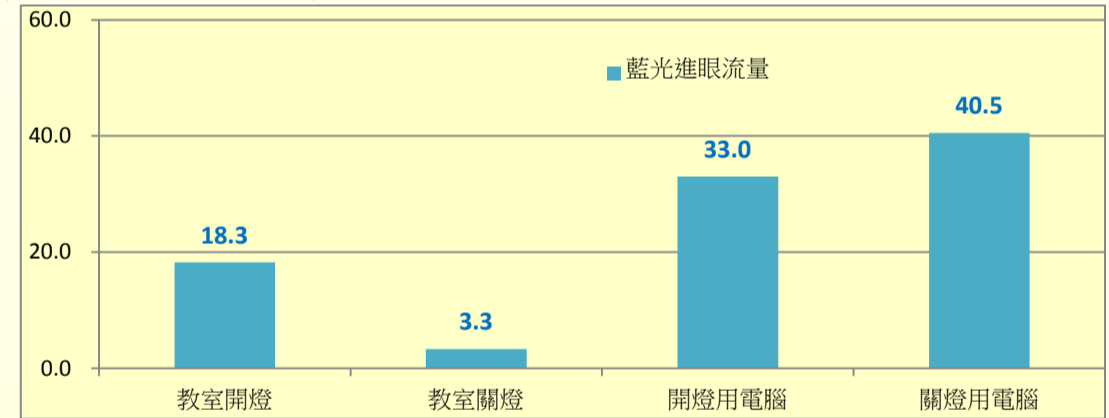


圖 5-6 四種情況藍光進眼流量的比較

明亮環境下，受測者瞳孔會變小，使教室開燈、教室開燈兩種情況藍光進眼流量不致像藍光亮度的相差倍數那麼大，藍光率相差不大時，亮度高時藍光進眼流量較大。

比較開關燈使用電腦的藍光進眼流量，最後影響藍光進眼流量最大的因素是藍光率，應該是開燈時除了電腦螢幕畫面以外幾乎是全黑的，而電腦桌面又幾乎是藍色的；而兩者的瞳孔平均面積幾乎一樣，可能是因為視野的中心是影響眼睛瞳孔變化主要部位，應該要設計新的實驗來測量。

### 五、實驗五：測試各種色光對瞳孔的影響

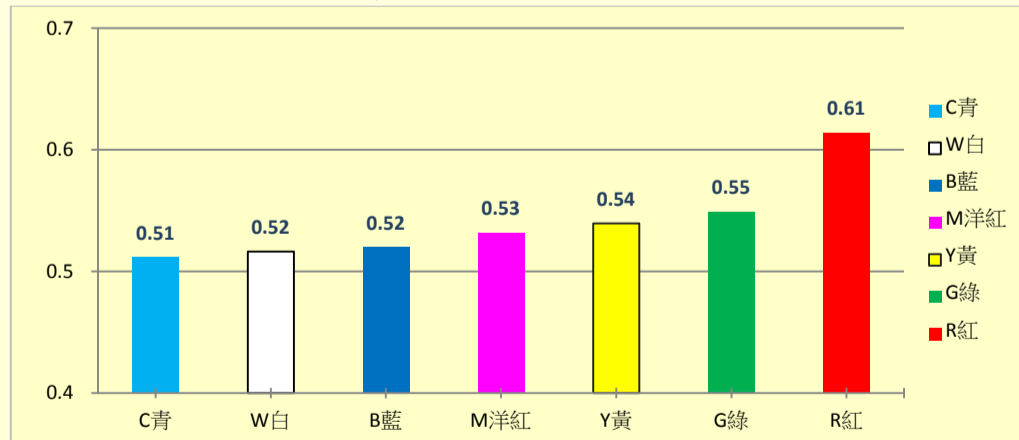


圖 5-7 看七種顏色時的瞳孔平均直徑，單位：cm。

C 青色 (G+B)、W 白色 (R+G+B)、B 藍色和 M 洋紅色 (R+B) 是最能使瞳孔縮小的前四名色光，有趣的是它們都含有藍光，而不含藍光的其他三色光較不易使瞳孔縮小，其中紅光使瞳孔縮小的效果更是差一大截，難怪晚上觀星時手電筒要加上紅色玻璃紙。

### 六、實驗六：測試視野中心及周圍光線對瞳孔的影響

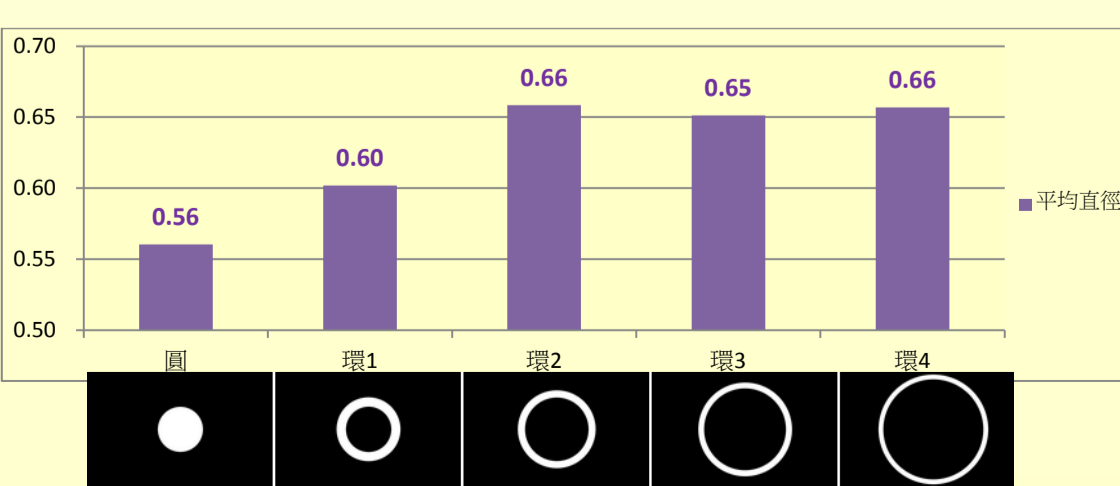


圖 5-8 看相同亮度白色圓及白色環時瞳孔的平均直徑，單位：cm。

光線集中在視野中心的「圓」最能使瞳孔縮小，再來是「環 1」、「環 2」，「環 3」和「環 4」沒有明顯差異，對瞳孔影響較小。根據文獻指出黃斑部是視網膜上視覺最敏銳的中心部位，和實驗所得相似，另外也能推測黃斑部涵蓋的視野範圍應在「環 1」與「環 2」之間以內（視角 15.3°~20.7°以內）。

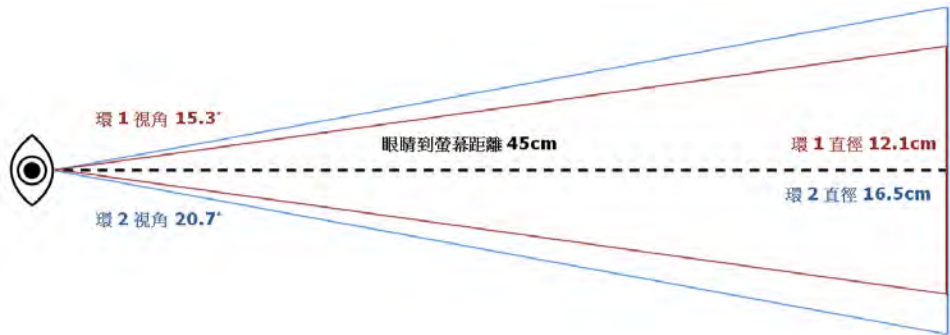


圖 5-9 用眼睛到螢幕距離與「環 1」、「環 2」直徑計算視角

#### 七、實驗七：測試瞳孔在亮度改變時的反應速度

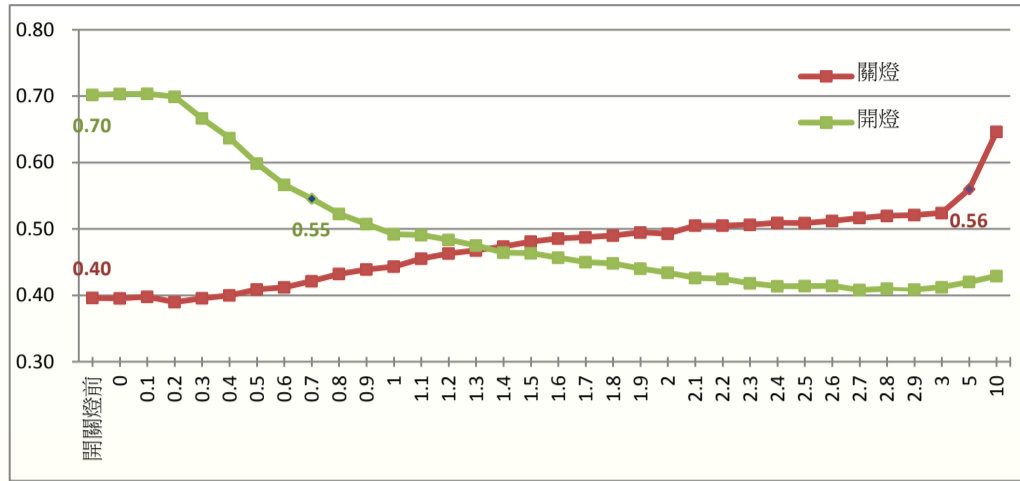


圖 5-10 開關燈後瞳孔的變化情形，單位：sec、cm。

當環境變亮時，瞳孔只需 0.7 秒就可以縮小到實驗中陰暗環境與明亮環境瞳孔的中間值（0.55cm），而變暗時，瞳孔要近 5 秒時才能放大到中間值，瞳孔縮小的速度會比放大還要快一些，適應明亮環境比適應陰暗環境快一些。

#### 八、實驗八：測試防藍光策略是否有效

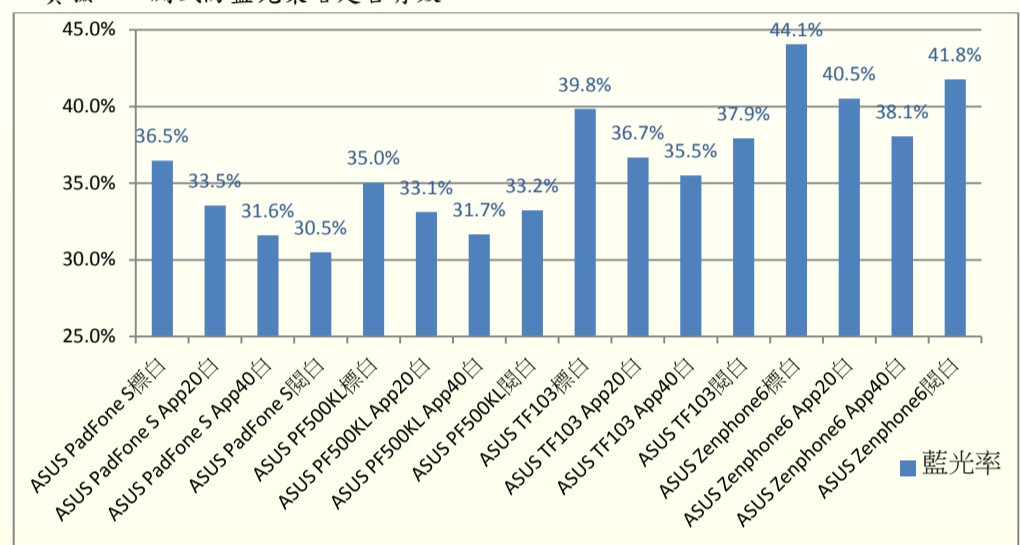


圖 5-11 測試「藍光過濾器」app 及「閱讀模式」在顯示全白畫面時的藍光率比較

「藍光過濾器」app 及「閱讀模式」大致都能使藍光率下降。

#### 九、實驗九：測試視覺疲勞是否能讓人習慣藍光較低時偏黃的畫面



圖 5-12 調整螢幕的設定

表 5-8 四種減少 B 值設定，看完影片前後感覺畫面有無覺得「黃黃的」的人數統計

	B=90		B=80		B=70		B=60	
	播放前	播放後	播放前	播放後	播放前	播放後	播放前	播放後
覺得「黃黃的」	3	1	5	3	10	4	19	12
還好	1	3	6	5	9	6	3	8
不覺得「黃黃的」	18	18	11	14	3	12	0	2

看完約 13 分鐘的影片，覺得「黃黃的」同學減少了，變為「還好」或是「不會黃黃的」，視覺疲勞應該能讓人習慣偏黃的畫面。

#### 十、實驗十：測試色彩恆常性是否能讓人習慣藍光較低時偏黃的畫面

##### (一) 相機的自動白平衡功能（陰天）



圖 5-13 冷光下拍攝的平板電腦

圖 5-14 白光下拍攝的平板電腦

圖 5-15 暖光下拍攝的平板電腦

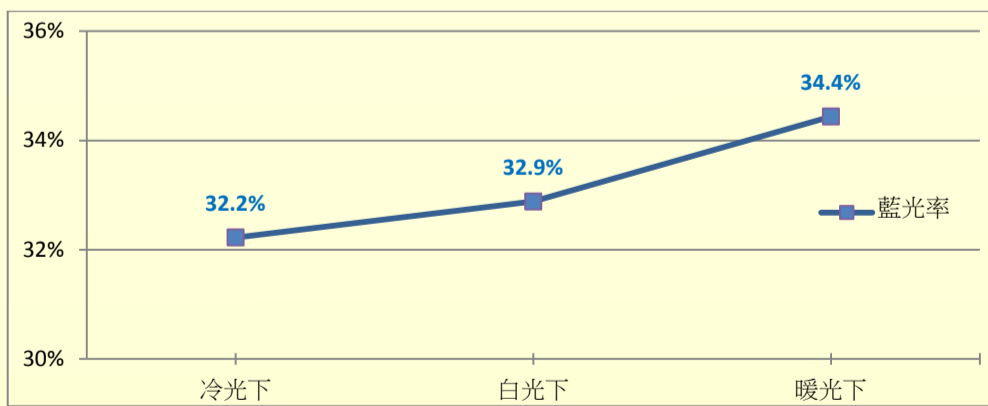


圖 5-16 以小畫家檢查相片中螢幕區域的藍光比例

##### (二) 大腦的色彩恆常性

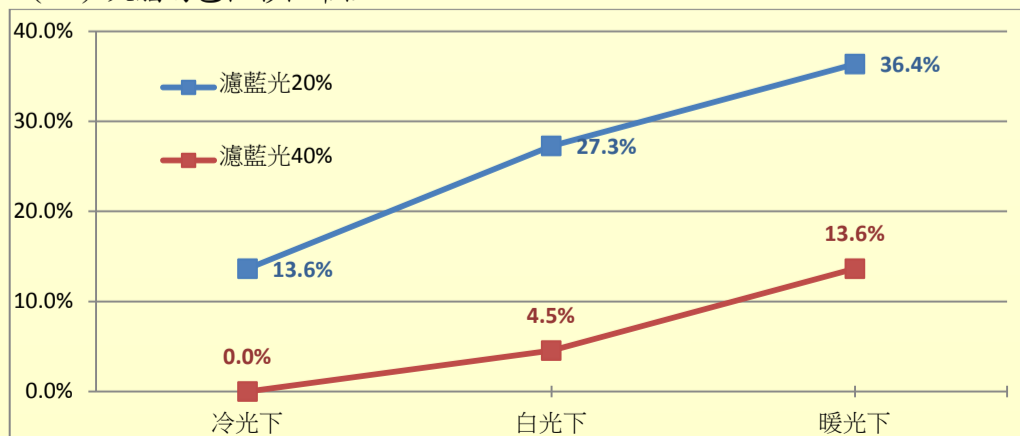


圖 5-17 在三種照明光線下開啟「藍光過濾器」不會覺得畫面「黃黃的」比例

相機的白平衡效果能使暖光下拍的螢幕變藍，色彩恆常性也能在暖光下讓人感覺開啟「藍光過濾器」的平板電腦變藍，也就是不覺得那麼「黃」。

十一、以相機白平衡模擬人類的色彩恆常性，測試使用色彩恆常性與視覺疲勞消除「畫面黃黃的」降藍光副作用時，減少藍光進眼量的效果。

表 5-10 各拍攝條件下照片中平板畫面藍光率

拍攝條件	R	G	B	照片中平板畫面藍光率	備註
冷光白背景	128	128	130	33.68%	藍光率標準
暖光白背景濾 15%	133	131	134	33.67%	當作暖光白背景設定值
冷光黃背景濾 13%	140	140	142	33.65%	當作冷光黃背景設定值
暖光黃背景濾 25%	125	126	127	33.60%	當作暖光黃背景設定值

在各種拍攝條件中找出照片中平板畫面藍光率與「冷光白背景」相近的濾藍光設定，在防止副作用產生（使用色彩恆常性）前提下，找出使用防藍光策略（使用濾藍光 App 降低藍光率）時的 App 設定。

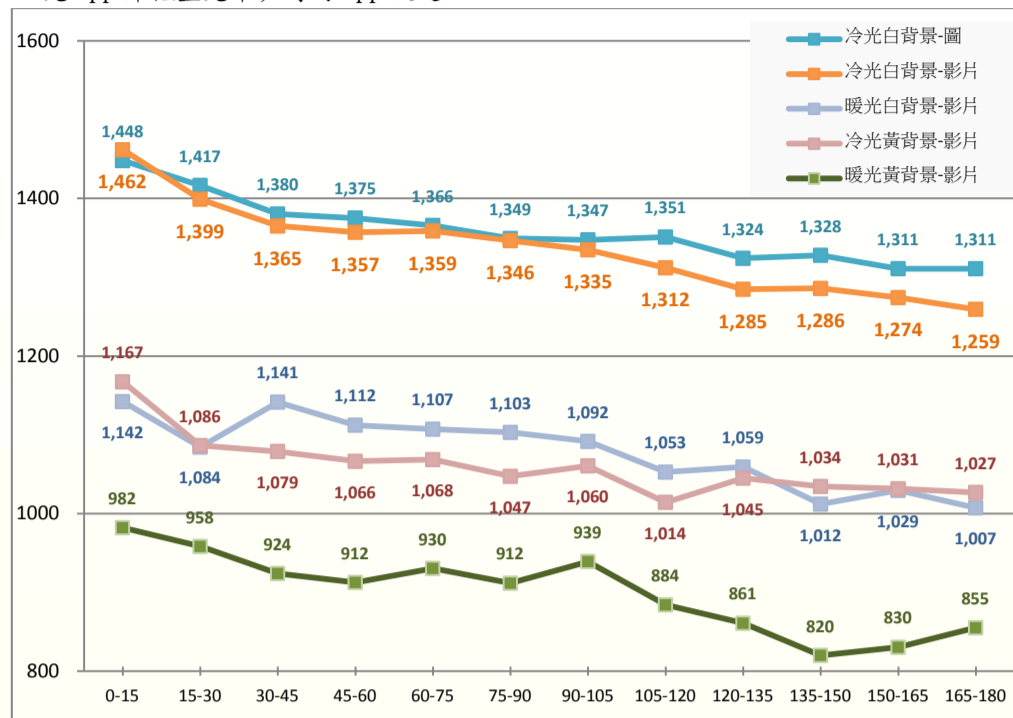


圖 5-18 五種情況下每 15 秒鐘的藍光進眼量

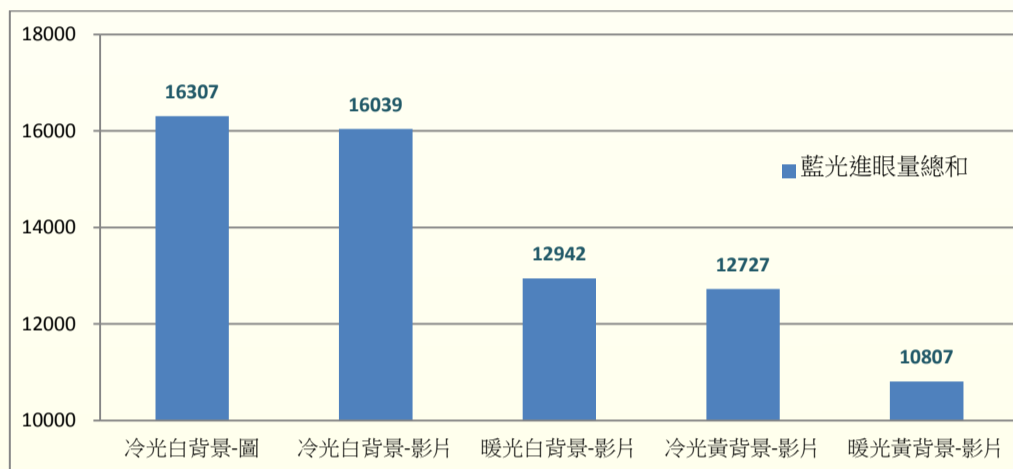


圖 5-19 五種情況下 3 分鐘的藍光進眼量

因為視覺疲勞須要時間等待效果產生，由「冷光白背景-圖」與「冷光白背景-影片」的折線圖，可以發現前一分半鐘兩者的差距很小，之後的「冷光白背景-影片」所表示的藍光進眼量明顯較低，可看出視覺疲勞的效果逐漸累積。

「暖光白背景」與「冷光黃背景」的效果接近，約能降低 21% 藍光進眼量，「暖光黃背景」約降低 33% 藍光進眼量。

#### 陸、結論

實驗一中相機拍到的可見光藍紫色部分的藍光比例較高，和查到的資料相符，證明相機可以用來測量藍光；實驗二、三測試照明光源和 3C 產品的藍光率，持續測試增加資料可以提供可靠的參考資料，各式燈泡燈管的藍光率和標示的色溫有關，色溫越高，藍光比率也越高，可當作選用燈具的參考；依實驗四的結果發現明亮環境較黑暗環境藍光進眼流量大，藍光比率較高時藍光進眼流量也較大。要讓藍光進眼流量降低，可分為降低藍光率、降低亮度、使瞳孔縮小三個方向嘗試。實驗五的結果令人好奇藍光是不是讓瞳孔縮小的關鍵色光，這可能是保護眼睛不受藍光傷害的本能。實驗六可以瞭解瞳孔對多大視野範圍內的光線感應較明顯，並推測視網膜上黃斑部的視野角度。明暗變化時瞳孔縮小的速度比放大速度快得多，可能是為了保護眼睛不受強光傷害的本能，由實驗八瞭解「藍光過濾器」app 及「閱讀模式」大致都能使藍光率下降。視覺疲勞能讓人習慣偏黃的畫面，但要暫時忍受畫面剛調黃的感覺，之後便能享受減少藍光傷害的好處，配合把照明光線改成暖光，利用色彩恆常性的效果，使用開啟「藍光過濾器」等濾藍光軟體的 3C 產品時藍光進眼流量便能大幅降低。實驗十一中假設相機的「陰天」白平衡模式與人類大腦色彩恆常性效果相同，在不影響色覺（以色彩恆常性和視覺疲勞消除降低畫面藍光率的副作用）前提下，證實使用防藍光策略（使用濾藍光 App 降低藍光率）能降低約 33% 的藍光進眼量。

#### 柒、參考資料及其他

##### 一、參考資料

- 維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/可見光>。
- 小林眼鏡網站，專業教室 - 濾藍光鏡片教室，<http://www.kobayashi.com.tw/blueray/>。
- 康健雜誌網址，「3C 螢幕藍光」超傷眼！自保 5 招。  
<http://m.commonhealth.com.tw/article/article.action?id=5050142>
- 維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/瞳孔>。
- 月鈴的講台，藍綠不分---視覺疲勞教學省思，[http://bell5-platform.blogspot.tw/2010/12/blog-post\\_19.html](http://bell5-platform.blogspot.tw/2010/12/blog-post_19.html)
- PanSci 泛科學網站，色彩恆常性：你看到什麼顏色的洋裝？  
<http://pansci.asia/archives/76012>
- 趙以祥攝影團：數位相機的白平衡，<https://www.facebook.com/notes/趙以祥攝影團/數位相機的白平衡/101611329907489/>
- 華人健康網，<https://www.top1health.com/Article/244/51284>。

二、其他：常見的防藍光方法還有防藍光保護貼、防藍光眼鏡……等，但實驗的成本比較高，有機會可以增加相關實驗，看看是否能找到更好的防藍光策略，但防藍光保護貼、防藍光眼鏡和防藍光 App 都是以減少藍光，也就是降低藍光比例的方式防藍光，所以我們將來的研究方向應該朝降低或減少「畫面變黃」的副作用進行，也就是說重點不是用什麼方法防藍光，而是用了防藍光策略後要怎麼減少對色覺的影響，讓更多人願意使用防藍光策略。