

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

第三名

032915

「色不易控，控不易色」--蒙克懷特錯覺看透透

學校名稱：新北市立正德國民中學

作者： 國二 葉芷瑜 國二 李欣怡 國二 吳禧恩	指導老師： 王志銘
---	------------------

關鍵詞：蒙克懷特錯覺、色彩、視覺

摘要

簡單的有色條紋或圓點分散覆蓋在物體表面，會讓人產生與物體原色不同的錯覺，即為**蒙克懷特錯覺**。本研究首先利用不同顏色的襯底、被觀察圓及覆蓋條紋組合成平面實體測試圖，改變其仰角、遠近探討被觀察圓錯覺色的差異。發現測試圖仰角愈小或愈遠時，錯覺色與原色的差異愈大。接著使用 photo cap 繪製各式測試圖，分別改變襯底、覆蓋條紋顏色、條紋間距，觀測被觀察圓錯覺色的變化。研究顯示被觀察圓錯覺色的 RGB 值會介於原圓與覆蓋條紋之間；襯底與錯覺色明度呈反向關係；覆蓋條紋間距愈小，錯覺色與原圓 RGB 值相差愈遠。最後，在透明裝有稀釋果菜汁的玻璃杯外表貼上有色條紋或圓點，成功地運用錯覺原理將稀釋果菜汁調回原汁顏色，並設計出錯覺色小燈具。

壹、研究動機

由於我們對於大腦運作的研究相當有興趣，蒐集了很多相關的研究文獻。其中有部【FUN 科學】白色僧侶幻覺（你確定看到的都是真相嗎？）的影片，其內容主要介紹蒙克懷特錯覺，提到「你看到的顏色，其實是大腦自動與前方遮蔽物顏色混合後的結果」，也就是大腦在判斷物體原本的顏色時，會將周圍的顏色混合進去的錯覺現象。為此，我們也實地走訪大學校園請教教授，除了更明白原理之外，也讓我們研究小組對於此議題更感興趣，並奠定了執行這項實驗的想法。

然而，網路上蒙克懷特錯覺的圖片幾乎是使用電腦製圖的方式繪製，也有人提出運用實體可能效果會較不明顯，所以本研究首先設計平面實體觀察的實驗，來測試蒙克懷特錯覺在實體觀察上的真實性，接著運用電腦製圖來做錯覺色的分析，最後將蒙克懷特的錯覺原理實際應用在日常生活中，諸如在裝有飲料的透明杯子，藉由各種不同顏色的線條或是圓點，使瓶內的飲料顏色產生錯覺效果。也期望能設計出錯覺色小燈具，實際應用在日常生活中，運用這些錯覺色來提升大眾的生活品質。

貳、研究目的

第一階段：平面實體實驗

以二種不同顏色的襯底、被觀察圓、覆蓋條紋分別組成的測試圖。

- (一) 改變測試圖的仰角，探討被觀察圓錯覺色的差異。
- (二) 固定測試圖組合的顏色及其仰角，改變相機的焦距，亦即改變觀察距離，探討被觀察圓錯覺色的差異。

第二階段：電腦製圖實驗

以四種不同顏色的襯底、藍色被觀察圓、三種不同覆蓋條紋分別組成的各種電腦測試圖。

- (一) 當覆蓋條紋的顏色不同時，探討其對被觀察圓錯覺色的影響。
- (二) 當測試圖的襯底顏色不同時，探討其對被觀察圓錯覺色的影響。
- (三) 當覆蓋條紋間距不同時，探討其對被觀察圓錯覺色的影響。

第三階段：實際應用

- (一) 運用蒙克懷特錯覺的原理，將稀釋後的果菜汁，利用錯覺色的效果達到恢復原未稀釋果菜汁的原色。
- (二) 運用蒙克懷特錯覺的原理，設計出會產生錯覺色的小燈具。

參、研究設備與器材

表一、研究設備與器材

第一階段：平面實體實驗			第二階段：電腦製圖實驗		
品名	單位	數量	品名	單位	數量
橘、黃色襯底紙張	張	各 1	電腦	臺	1
橘、黃覆蓋條紋顏色紙張	張	各 1	photo cap 軟體	套	1
綠、藍色被觀察圓紙張	張	各 2	ColorGG 網站		
白色展示板	張	1	各種電腦測試圖	張	20
相機腳架	支	1	比色箱	個	1
長尾夾	個	6	Pentone 色票	套	1
量角板	個	1	保麗龍 RGB 觀測箱	個	1
相機	臺	1	第三階段：實際應用		
捲尺	個	1	橘色果菜汁	瓶	1
譜架	支	1	紅、黃、紫圓點(直徑 8mm)	張	各 1
長鐵尺	支	1	紅、黃、紫方形色紙	張	各 1
護貝膠膜	張	2	小燒杯(50ml)	個	6
護貝機	臺	1	玻璃瓶(35ml、20ml)	個	各 1
剪刀	把	2	橘、藍色顏料	條	各 1
美工刀	把	1	Scatterplot3D 程式		



圖一、實驗用色紙



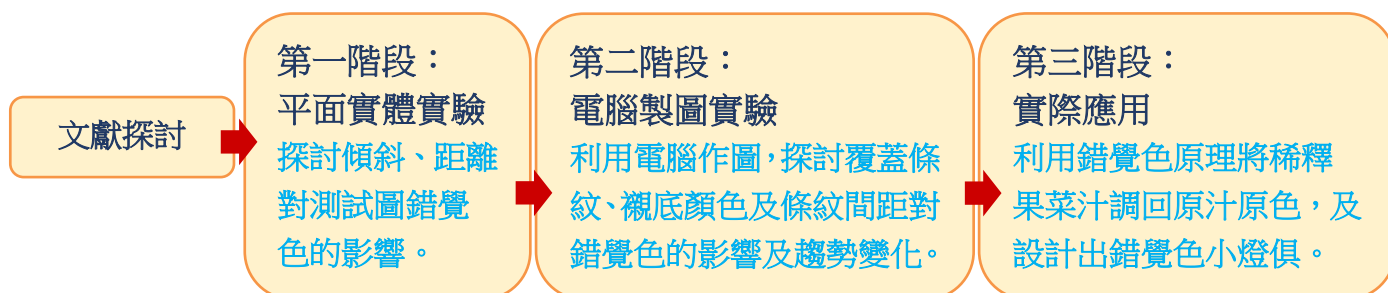
圖二、比色箱(後)



圖三、RGB 觀測箱

肆、研究方法與文獻探討

一、實驗流程圖



二、文獻探討

本研究除了從【FUN 科學】白色僧侶幻覺(你確定看到的都是真相嗎?)的影片，介紹大腦在判斷物體原本的顏色時，會將周圍的顏色混合進去的錯覺現象。透過「【大腦怎樣欺騙你?】6 個著名的視覺錯覺實驗」、「視錯覺-維基百科」、「Beau Lotto：錯覺中的視覺真相」等文章與走訪大學請教相關教授，更覺得「視覺錯覺」是一值得深入探討與研究的主題。因此構思以平面實體組合及電腦製圖兩種方式，探討影響錯覺色的因素，並將其實際應用在生活中。

一般色彩學圖書提到顏色都會論述色相、明度與彩度等三部分，其中「歐立米視覺工作室(2017)·色彩學」提到顏色包括三大部分：**色相**是用來區分色彩的名稱，通俗來說就是表達什麼顏色，例如：紅、黃、綠、藍等；**明度**指色彩的明亮程度(常用來形容色相的明暗)，例如：淺紅色和暗紅色屬同一色相，但前者明度較高，後者明度較低，調色時，將色彩混入白色可以提高明度，將色彩混入黑色則會降低明度；**彩度**用來區分色彩鮮濁程度，簡單來說就是色彩的鮮豔度，例如：純紅色彩度高、加入白色或黑色後彩度降低。

「這張圖在你眼裏是彩色還是黑白?網上瘋傳的色彩同化是怎麼回事」一文，文中及標題內皆有提到「**顏色同化**」這個現象，即覆蓋在圖上的圖案，會與被觀察圖片的顏色相互混合，使觀察者產生色彩錯覺。且其中另有提到「**平均分**」的概念，也就是覆蓋條紋、圓點或網格等覆蓋物把色彩平均分配到黑白圖片的每一部分。所以覆蓋顏色與圖片顏色之間的關係不僅僅只是互相混合，在一定縮小圖片的程度或拉長觀測圖片的距離後，還有可能會出現顏色混合平均分配的現象。

原先我們在第二階段電腦製圖實驗錯覺色的觀察，是將被觀察圓的圖組，置於電腦畫面左半邊，而右半邊則是利用 ColorGG 調出錯覺色來做實驗觀察，即同時用雙眼比對電腦螢幕左半邊的被觀察圓錯覺色是否符合右半邊調出的色塊顏色。後來我們在「比色法-百度百科」這筆資料中瞭解到在進行色彩比色實驗中，可以使用更嚴謹的比色法來進行實驗，而常用的比色法分為兩種：光電比色法及目測比色法，而在本實驗所使用的是目測比色法。雖然在資料中表示比色法主要是用於有色溶液濃度的檢測，但仍可使用在觀測錯覺色的觀察上，於是我們在觀測錯覺色時，應用了目視比色法。因此我們做了一個**比色箱**，將視野範圍分成左視野及右視野，除了將左眼及右眼的視野分開，且箱子的大小固定、密不透光，不僅能固定觀察者與螢幕的距離，也避開外在光源對實驗觀察的干擾與影響。

在「林昆範(2017)·色彩原論」及「歐立米工作室(2017)·色彩學」中，有提及立體概念的**色彩體系**，如曼塞爾體系、奧斯華德體系、PCCS 體系等用來客觀描述「色彩」的方式。我們在實驗中曾經想用這樣的體系來描述實驗中被觀察圓原色及錯覺色的變化關係，但這些立體色彩描述體系價錢高昂(約三到六萬)，學校沒有經費可以購買這樣的設備，於是我們試著自製 RGB 立體空間，透過 R-G、G-B、B-R 平面的投影解析實驗錯覺色的變化情形，但此立體空間在定位一個顏色值時，需要以三條鐵線分別插入 R-G、G-B、B-R 這三個平面，當被觀察顏色多時，密密麻麻的定位鐵絲對於實驗結果的觀測造成很大的困擾。也曾向同學的家長借來「昂貴」的 Pantone 色票來描述實驗顏色的呈現位置，但 Pantone 色票是一條條色票組合而成，而相同色相、不同明度的顏色可能相隔好幾條色票，在顏色變化的描述上也有其缺點。於是我們利用 ColorGG 網站將實驗觀測到的實驗 RGB 值，定點在 ColorGG 的**色域圖**上，並將實驗所需測得各錯覺色的色域圖重疊，在一張色域圖中即可將一組的實驗結果大致完整呈現，成功地來描述實驗中被觀察圓原色及錯覺色的變化。最後也在實際應用實驗中運用

Scatterplot3D 繪製了 RGB 空間圖，更清楚的了解物體原色與錯覺色在色彩空間的偏移情形。

最後在「戴孟宗(2019)·現代色彩學」中，提及「**中性混合**指的是色光或色料並沒有直接地混合，而是透過視覺作用在視網膜中混合所觀看的色彩」。書中也提到中性混合包括靜態的「**並置混合**」與動態的「**迴轉混合**」兩種。其中並置混合是將各顏色以線性或點狀方式密合地排列在一起，在遠處觀察時，會依交錯程度和密度的不同，使色彩在視網膜中混合，這是我們第三階段增加黏貼圓點在果菜汁杯外產生錯覺色應用的想法來源。另外，"Whites-effect-in-lightness-color-and-motion" 這篇文章中論述的「**同化**」和「**對比**」是蒙克懷特錯覺現象的關鍵，**同化**也就是本實驗中覆蓋條紋和被觀察圓顏色的混合，**對比**則是襯底明度對被觀察圓明度的襯托，讀了這篇論文，也進一步驗證我們實驗的變化趨勢及走向的正確性。此外，為了增加研究成果的應用性，我們進一步將研究基礎結合燈具的照明，於第三階段測試錯覺色彩在燈具上的應用，期待能增加未來燈具設計的豐富性與多樣化。

三、研究方法

第一階段：平面實體實驗

以二種不同顏色的襯底、被觀察圓、覆蓋條紋分別組成的測試圖。

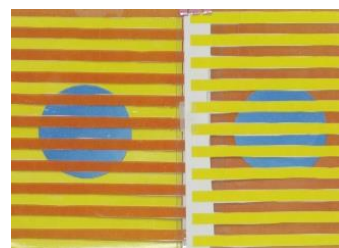
(一) 改變測試圖的仰角，探討被觀察圓錯覺色的差異。

實驗步驟：

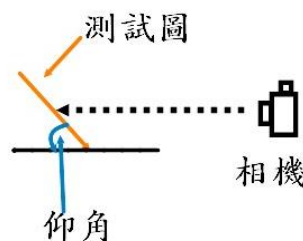
1. 將襯底、被觀察圓以及覆蓋條紋由上而下依序排列，再用長尾夾組合、固定成測試圖。

測試圖組合方式：由下到上分為三層(如圖四)。

- 左：(1)第一層(底層)：鋪上一張黃色襯底。
(2)第二層：放上一藍色被觀察圓。
(3)第三層(表層)：蓋上一張橘色覆蓋條紋。
- 右：(1)第一層(底層)：鋪上一張橘色襯底。
(2)第二層：放上一藍色被觀察圓。
(3)第三層(表層)：蓋上一張黃色覆蓋條紋。



圖四、組合完成的測試圖



圖五、實驗拍攝情景示意圖

2. 將組合好的測試圖固定在譜架上。(如上圖五)
3. 架設腳架和相機後，與測試圖相距 200 公分，相機焦距設定在 135 mm，分別對仰角為 90、75、60、45、30 度的測試圖拍攝，並觀察五種不同拍攝角度，使被觀察圓產生錯覺

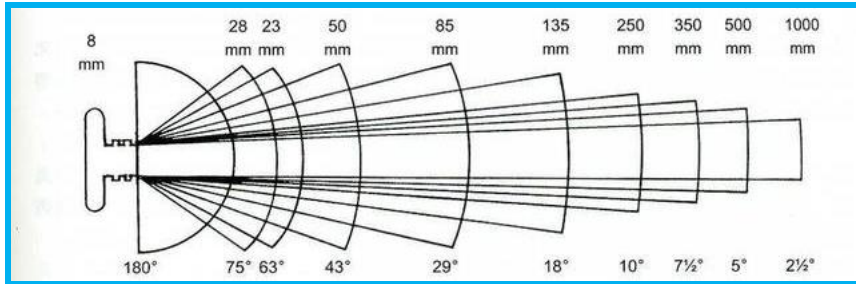
色的結果差異。

4. 將被觀察圓改為綠色，重複步驟 1.~3.，觀察其錯覺色變化的差異。

(二) 固定測試圖組合的顏色及其仰角，改變相機的焦距，亦即改變觀察距離，探討被觀察圓錯覺色的差異。

實驗步驟：

重複步驟(一) 1.~4.，將相機焦距改變成 28mm(變遠)，觀察測試圖內被觀察圓之錯覺色呈現，並與步驟一相機焦距 135mm 的結果相互比較。



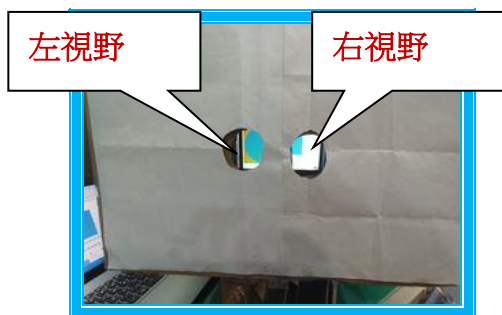
圖六、相機焦距與視角、距離遠近之關係

第二階段：電腦製圖實驗

以四種不同顏色的襯底、藍色被觀察圓、三種不同覆蓋條紋分別組成的各種電腦測試圖，**實驗步驟**依目的如下所示：

(一) 當**覆蓋條紋的顏色**不同時，探討其對被觀察圓錯覺色的影響：

1. 利用photo cap軟體設定顏色的RGB值，分別繪製條紋寬20像素(pixel)的測試圖，襯底顏色分別有黃色(255, 242, 0)、亮綠色(0, 255, 0)、綠色(0, 128, 0)；覆蓋條紋顏色分別有橘色(255, 127, 39)、黃色(255, 242, 0)、綠色(0, 128, 0)；被觀察圓顏色為藍色(60, 120, 240)。
2. 將比色箱裝設在電腦螢幕上(如圖七)，利用colorGG網站分屏比較(左：測試圖、右：網站)，當測試圖在螢幕呈現長寬均為21.3公分、觀測者眼睛分別貼近比色箱的兩個觀測洞口，且取一般電腦使用者與電腦螢幕的距離60公分(如圖八)，被觀察圓錯覺色的RGB值，並記錄與比較結果。



圖七、裝設於電腦螢幕的比色箱



圖八、使用比色箱觀測

(二) 當**襯底的顏色**不同時，探討其對被觀察圓錯覺色的影響：

1. 利用photo cap軟體設定顏色的RGB值，分別繪製條紋寬20像素(pixel)的測試圖，襯底顏色分別有黃色(255, 242, 0)、橘色(255, 127, 39)、綠色(0, 128, 0)、亮綠色(0, 255, 0)；覆蓋條紋顏色分別有橘色(255, 127, 39)、黃色(255, 242, 0)；被觀察圓顏色為藍色(60, 120, 240)。

2. 重複步驟(一)-2.觀察被觀察圓錯覺色的RGB值，並記錄與比較結果。
3. 將錯覺色的RGB值代入明度(L)計算公式算出各測試圖的明度，並記錄與比較結果。

$$L = \sqrt[2.2]{\frac{\left(\frac{R}{255}\right)^{2.2} + \left(1.5\frac{G}{255}\right)^{2.2} + \left(0.6\frac{B}{255}\right)^{2.2}}{1 + 1.5^{2.2} + 0.6^{2.2}}}$$

圖九、明度計算公式

(三)當**覆蓋條紋的間距**不同時，探討其對被觀察圓錯覺色的影響：

1. 重複利用步驟(一)、(二)的測試圖顏色組合(亮綠底黃條藍圓、橘底黃條藍圓、黃底綠條藍圓、綠底黃條藍圓)，利用photo cap軟體分別繪製條紋寬分別為10、20、30像素(pixel)的測試圖。
2. 重複步驟(一)-2.觀察被觀察圓錯覺色的RGB值，並記錄與比較結果。

第三階段：實際應用

(一) 運用蒙克懷特錯覺的原理，將玻璃杯內的果菜汁稀釋，利用多種顏色的條紋或圓點組合黏貼在玻璃杯外，錯覺效果達到恢復原未稀釋果菜汁的顏色。

實驗步驟如下：

1. 將橘色果菜原汁50ml倒入小燒杯中。另取橘色果菜汁35ml，加水稀釋至50ml，將此杯與橘色果菜原汁兩杯併排比較並拍攝相片。
2. 將步驟1.稀釋果菜汁倒入貼有紅色條紋，條紋寬度、間距皆為5mm的燒杯，觀察外觀顏色並與果菜原汁並排拍攝照片。
3. 重複步驟1.2.，將稀釋果菜汁分別再倒入貼有紫色及黃、紅色相間的條紋，條紋寬度、間距皆為5mm的燒杯，分別與橘色果菜原汁並排拍攝照片。
4. 重複步驟1.~3.，將上述玻璃杯外的覆蓋條紋改為直徑8mm的圓點，圓點之間間距為5mm，觀察其錯覺色變化的差異。
5. 觀測者眼睛和螢幕距離60公分，利用colorGG網站分別判讀步驟1.~4.在螢幕呈現長：37.5公分、寬：25.1公分的照片，照片中玻璃杯內的飲料中央顏色的RGB值，記錄並利用Scatterplot3D來繪製RGB色彩空間圖，了解果菜汁原色與錯覺色偏移的關係。

(二)利用錯覺色原理設計小燈具：

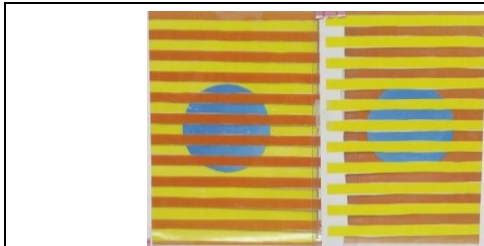
1. 將0.1ml的橘色顏料加水調製成20ml的橘色水溶液，裝進小瓶子中，並將小瓶子裝進大瓶子中。
2. 將0.05ml的藍色顏料加水調製成10ml的藍色水溶液，倒進大瓶子中。
3. 將光源從燈具下方正中央向上透射並拍攝相片。
4. 將拍好相片中的燈具外表分別繪製黃色、綠色、亮綠色，寬度及間距均為2mm的條紋，並觀察其錯覺色的呈現(如圖八十六)。

伍、研究結果與討論

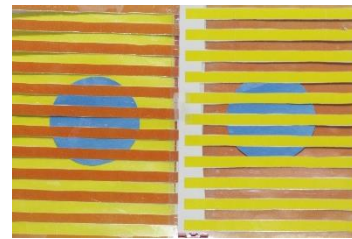
第一階段：平面實體實驗

(一)當測試圖的顏色相同，相機焦距固定為 135mm，當測試圖的仰角不同時，被觀察圓錯覺色的差異：

1. 左：黃底橘條藍圓，右：橘底黃條藍圓，測試圖仰角分別為 90、75、60、45、30 度



圖十、仰角 90 度藍圓錯覺色



圖十一、仰角 75 度藍圓錯覺色



圖十二、仰角 60 度藍圓錯覺色



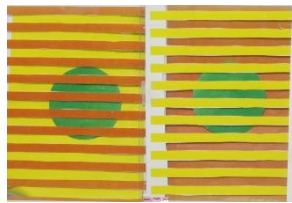
圖十三、仰角 45 度藍圓錯覺色



圖十四、仰角 30 度藍圓錯覺色

結果：左、右被觀察圓的顏色差異，隨著測試圖仰角變小，而更加明顯。

2. 左：黃底橘條綠圓，右：橘底黃條綠圓，測試圖仰角分別為 90、75、60、45、30 度



圖十五、仰角 90 度綠圓錯覺色



圖十六、仰角 75 度綠圓錯覺色



圖十七、仰角 60 度綠圓錯覺色



圖十八、仰角 45 度綠圓錯覺色

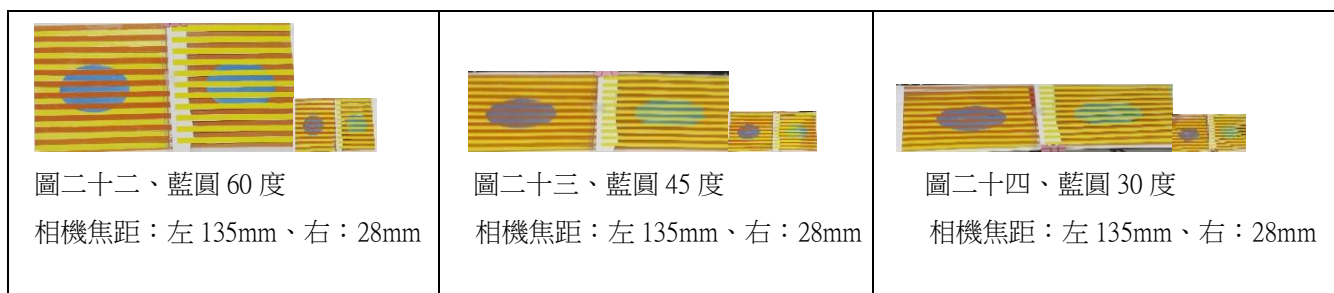
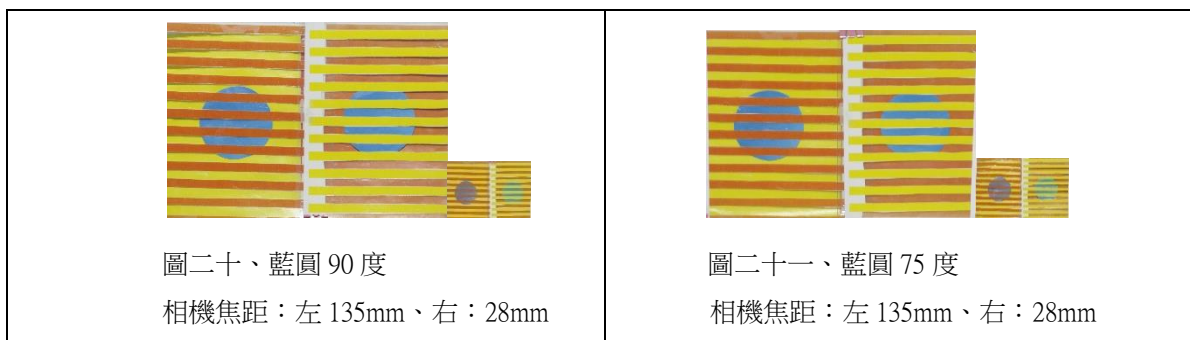


圖十九、仰角 30 度綠圓錯覺色

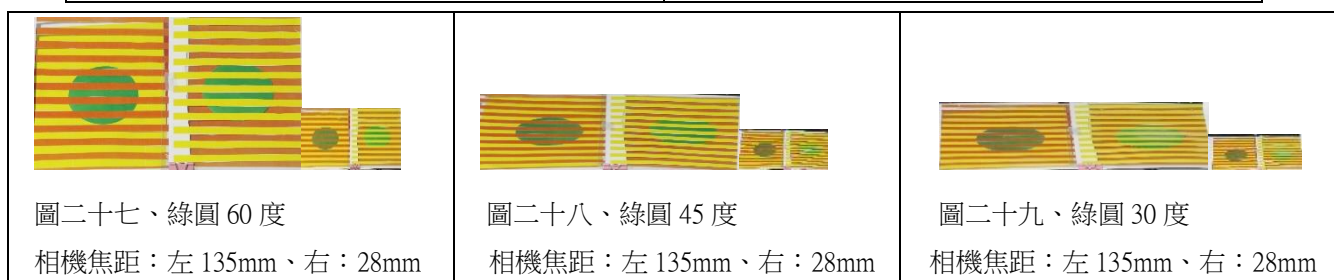
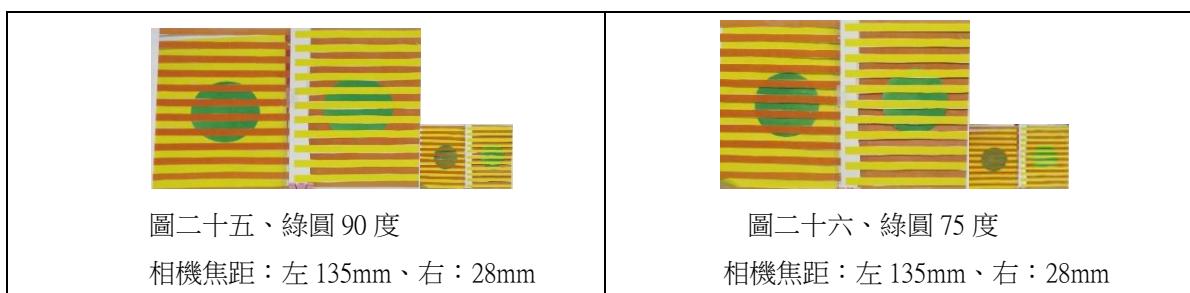
結果：左、右被觀察圓的顏色差異，隨著測試圖仰角變小，而更加明顯。

(二)當測試圖的顏色及測試圖的仰角相同，相機焦距分別設為 135、28mm，即觀測者與測試圖的距離不同時，被觀察圓錯覺色呈現的差異：

1. 左：黃底橘條藍圓，右：橘底黃條藍圓，相機焦距分別為 135、28mm



2. 左：黃底橘條綠圓，右：橘底黃條綠圓，相機焦距分別為 135、28mm

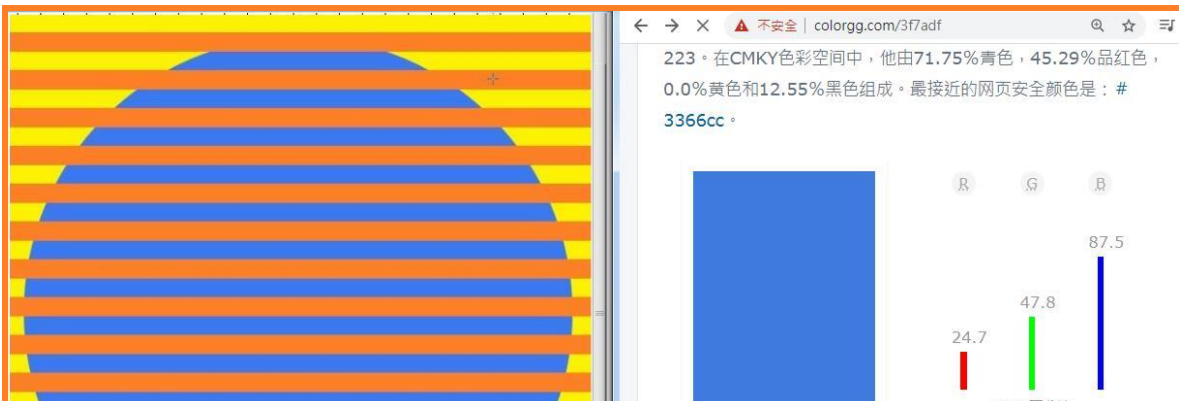


結果：當相機的焦距由135mm變小為28mm時，相機拍攝的圖片也會隨之由大變小。如同我們觀測的距離由近變遠，可以發現左、右被觀察圓的錯覺色會有更明顯的差異，被觀察圓為藍色或綠色的結果均相同。

討論：「測試圖的仰角越小」及「把測試圖放遠觀察」，兩者測試圖在我們眼中都有一個共同處，就是覆蓋的條紋與條紋之間的空隙會比較小，所以讓補色原理更充分的表現出來，意旨使覆蓋條紋和被觀察圓的顏色可以混得更充分，當人們用眼睛去觀察時，呈現出的錯覺色與原本的顏色會有更大的差異。

第二階段：電腦製圖

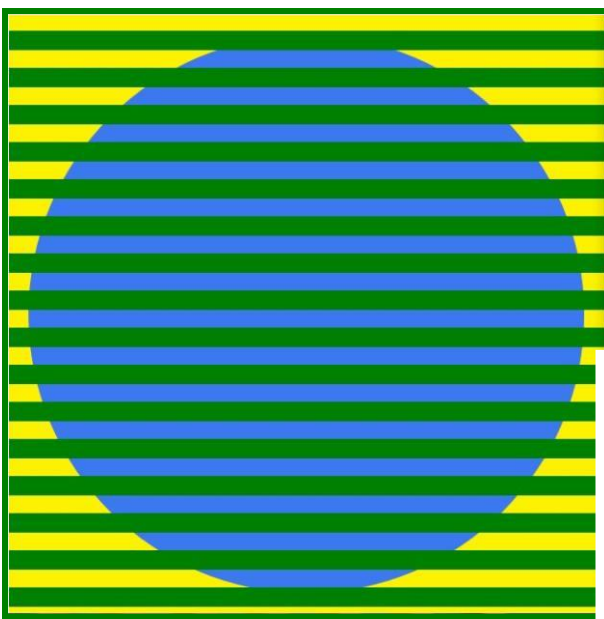
(一) 改變覆蓋條紋顏色對被觀察圓錯覺色的影響(條紋間距20像素)



圖三十、黃底橘條藍圓及錯覺色圖

表二、黃底橘條藍圓的 RGB 值

	R	G	B
襯底	255	242	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	127	39
錯覺顏色	63	122	223



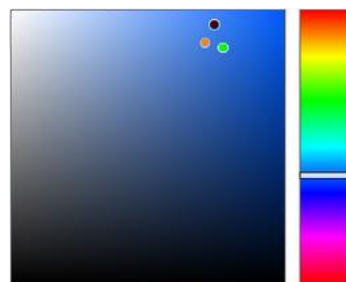
圖三十一、黃底綠條藍圓及錯覺色圖

表三、黃底綠條藍圓的RGB值

	R	G	B
襯底	255	242	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	0	128	0
錯覺顏色	47	127	218

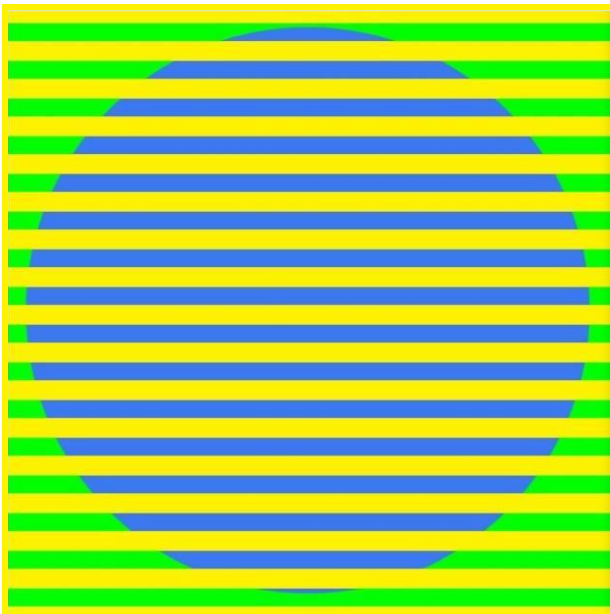
表四、黃底橘條藍圓及黃底綠條藍圓的錯覺色RGB差異

	R	G	B
襯底	255	242	0
被觀察圓	60	120	240
橘覆蓋條紋	255	127	39
錯覺顏色	63	122	223
綠覆蓋條紋	0	128	0
錯覺顏色	47	127	218



*黑點為藍圓原色

結果：被觀察圓錯覺色的 RGB 值會介於原被觀察圓與覆蓋條紋 RGB 值之間。

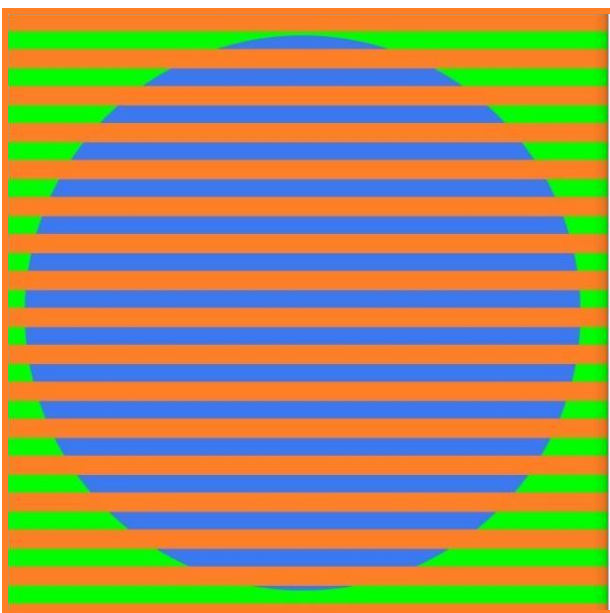


圖三十三、亮綠底黃條藍圓及錯覺色圖



表五、亮綠底黃條藍圓的RGB值

	R	G	B
襯底	0	255	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	67	118	221



圖三十四、亮綠底橘條藍圓及錯覺色圖

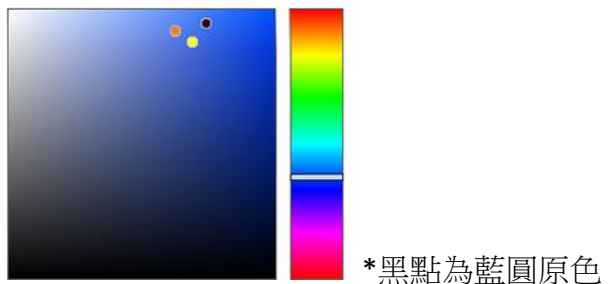


表六、亮綠底橘條藍圓的 RGB 值

	R	G	B
襯底	0	255	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	127	39
錯覺顏色	85	121	233

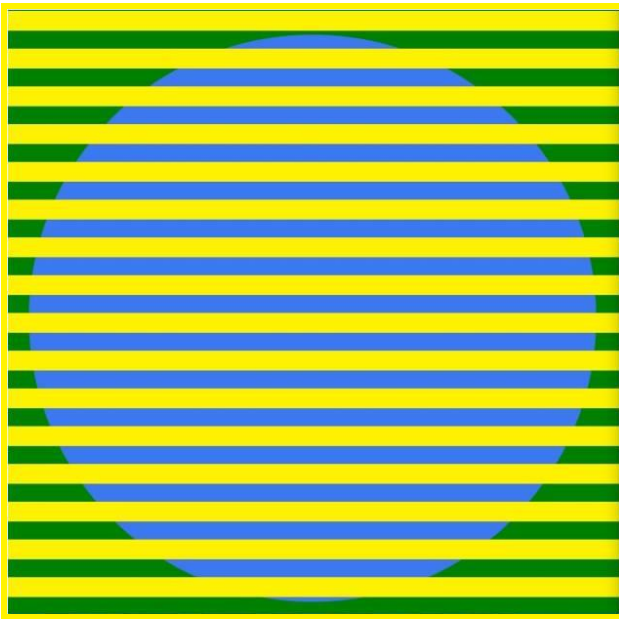
表七、亮綠底黃條藍圓及亮綠底橘條藍圓的錯覺色RGB值差異

	R	G	B
襯底	0	255	0
被觀察圓	60	120	240
黃覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	67	118	221
橘覆蓋條紋	255	127	39
錯覺顏色	85	121	233



圖三十五、亮綠底，橘條(橘點)及黃條(黃點)的錯覺色色域圖

結果：被觀察圓錯覺色的 RGB 值會介於原被觀察圓與覆蓋條紋 RGB 值之間。

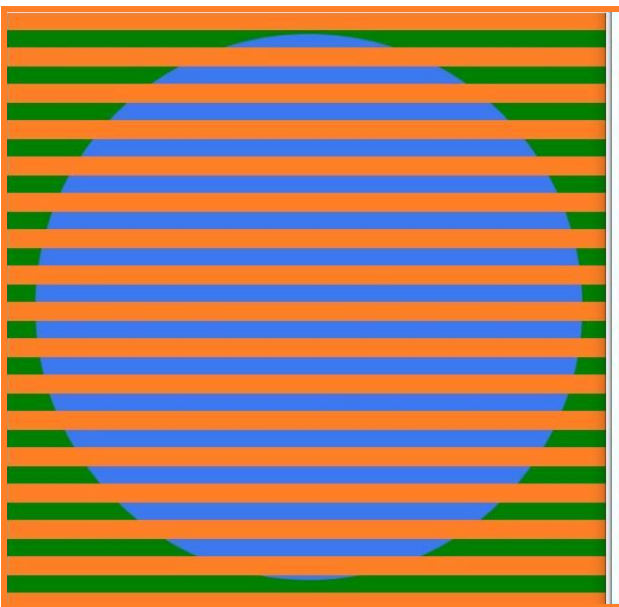


圖三十六、綠底黃條藍圓及錯覺色圖



表八、綠底黃條藍圓的 RGB 值

	R	G	B
襯底	0	128	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	77	140	238



圖三十七、綠底橘條藍圓及錯覺色圖

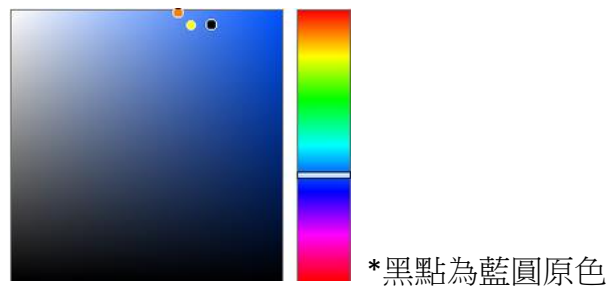


表九、綠底橘條藍圓的 RGB 值

	R	G	B
襯底	0	128	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	127	39
錯覺顏色	94	146	251

表十、綠底黃條藍圓及綠底橘條藍圓的錯覺色RGB值差異

	R	G	B
襯底	0	128	0
被觀察圓	60	120	240
黃覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	77	140	238
橘覆蓋條紋	255	127	39
錯覺顏色	94	146	251

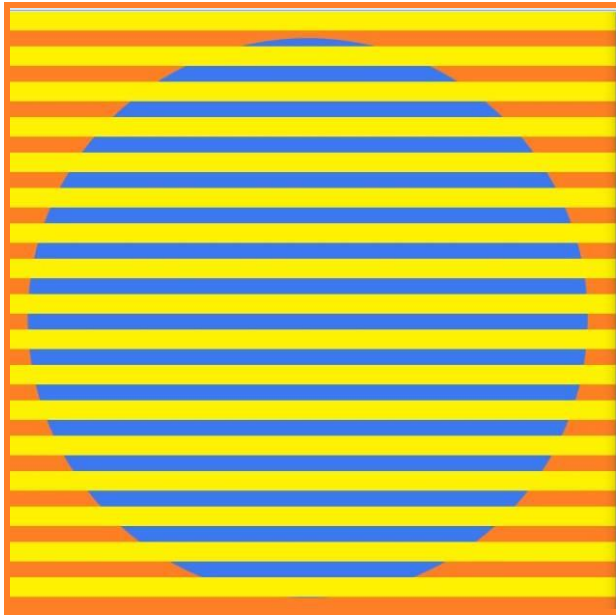


圖三十八、綠底，橘條(橘點)及黃條(黃點)的錯覺色色域圖

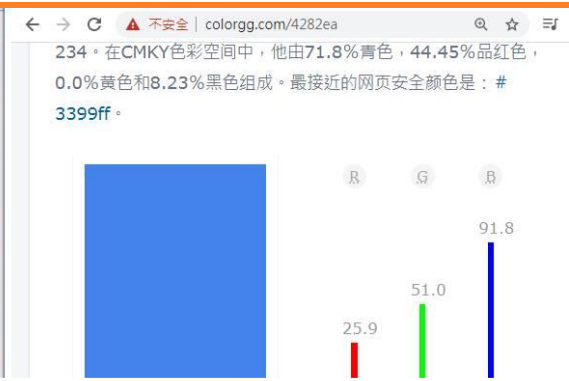
結果：被觀察圓錯覺色的 RGB 值會介於原被觀察圓與覆蓋條紋 RGB 值之間。

討論：覆蓋條紋的 RGB 值會影響被觀察圓的 RGB 值，且在未受襯底明亮度影響的前提下，被觀察圓錯覺色的 RGB 值會朝向條紋的 RGB 值接近，所以被覆蓋後的被觀察圓錯覺色相較於原色，R、G、B 三者的值會有的變高也有的變低，但均朝著覆蓋條紋的 RGB 值接近。

(二) 改變襯底顏色對被觀察圓錯覺色的影響(條紋間距20像素)

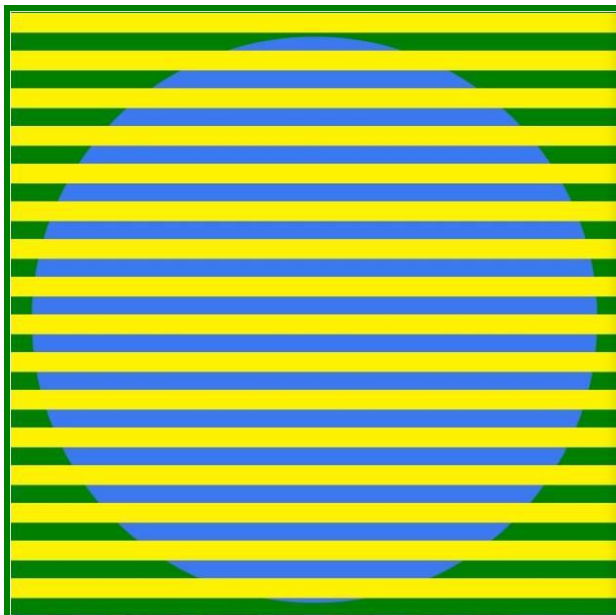


圖三十九、橘底黃條藍圓及錯覺色圖



表十一、橘底黃條藍圓RGB值

	R	G	B
襯底	255	127	39
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	66	130	234



圖四十、綠底黃條藍圓及錯覺色圖

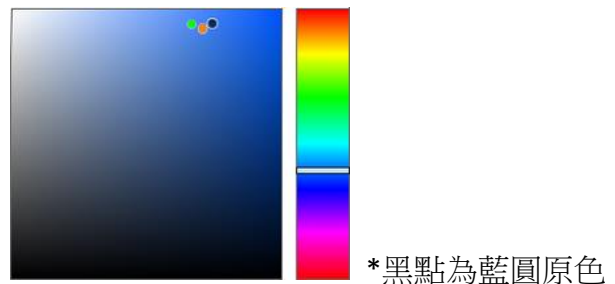


表十二、綠底黃條藍圓的RGB值

	R	G	B
襯底	0	128	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	77	140	238

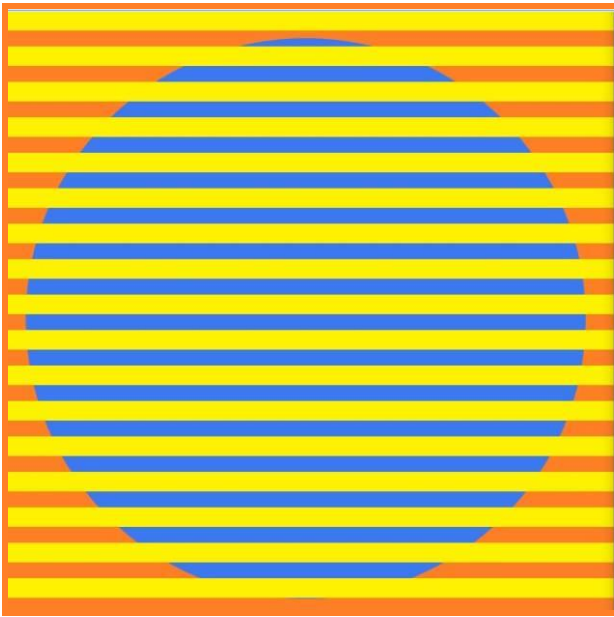
表十三、橘底黃條藍圓及綠底黃條藍圓錯覺色RGB值與明度(L)差異

	R	G	B	L
覆蓋條紋	255	242	0	0.93
被觀察圓	60	120	240	0.49
橘襯底	255	127	39	0.66
錯覺顏色	66	130	234	0.51
綠襯底	0	128	0	0.41
錯覺顏色	77	140	238	0.55



圖四十一、黃條，橘底(橘點)及綠底(亮綠點)的錯覺色色域圖

結果：襯底明度與錯覺色明度呈反向關係。

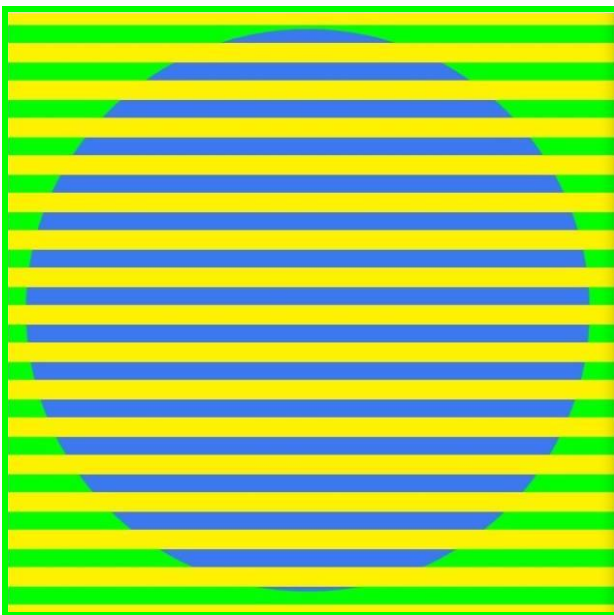


圖四十二、橘底黃條藍圓及錯覺色圖



表十四、橘底黃條藍圓的RGB值

	R	G	B
襯底	255	127	39
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	66	130	234



圖四十三、亮綠底黃條藍圓及錯覺色圖

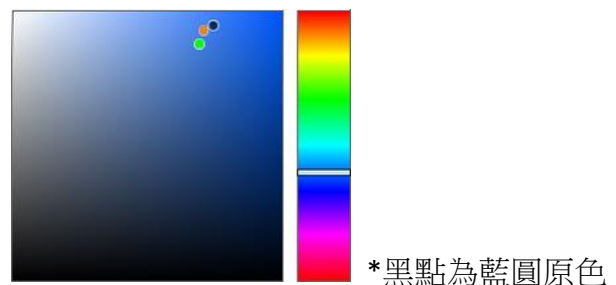


表十五、亮綠底黃條藍圓的RGB值

	R	G	B
襯底	0	255	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	67	118	221

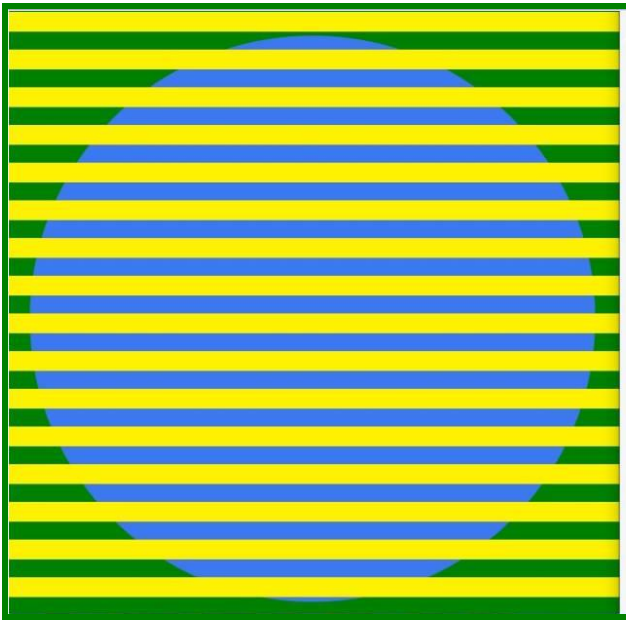
表十六、橘底黃條藍圓及亮綠底黃條藍圓的錯覺色RGB值與明度(L)差異

	R	G	B	L
覆蓋條紋	255	242	0	0.93
被觀察圓	60	120	240	0.49
橘襯底	255	127	39	0.66
錯覺顏色	66	130	234	0.51
亮綠襯底	0	255	0	0.82
錯覺顏色	67	118	221	0.48

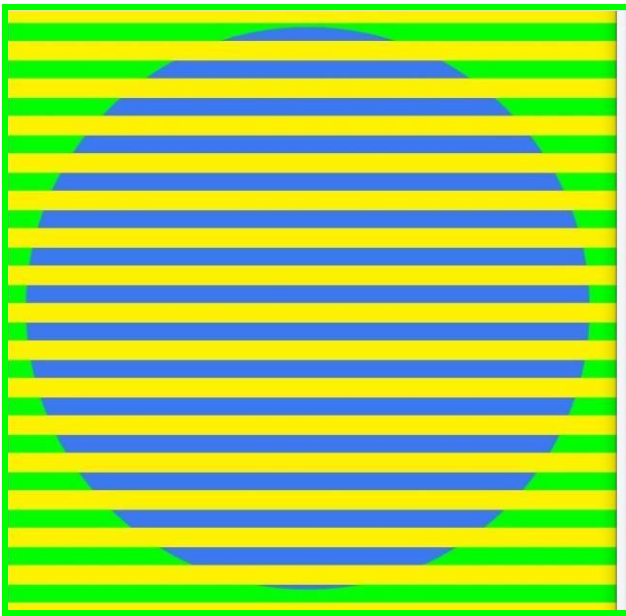


圖四十四、黃條，橘底(橘點)及亮綠底(綠點)的錯覺色色域圖

結果：襯底明度與錯覺色明度呈反向關係。



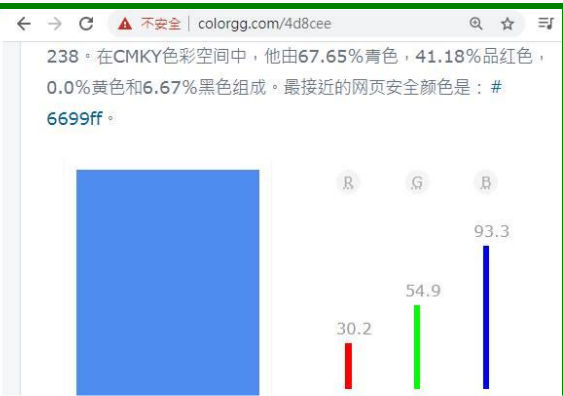
圖四十五、綠底黃條藍圓及錯覺色圖



圖四十六、亮綠底黃條藍圓及錯覺色圖

表十九、綠底黃條藍圓及亮綠底黃條藍圓的錯覺色RGB值與明度(L)差異

	R	G	B	L
覆蓋條紋	255	242	0	0.93
被觀察圓	60	120	240	0.49
綠襯底	0	128	0	0.41
錯覺顏色	77	140	238	0.55
亮綠襯底	0	255	0	0.82
錯覺顏色	67	118	221	0.48



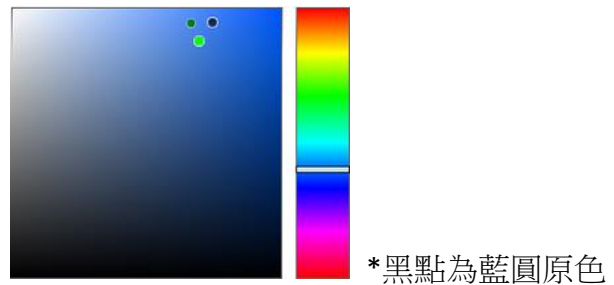
表十七、綠底黃條藍圓的RGB值

	R	G	B
襯底	0	128	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	77	140	238



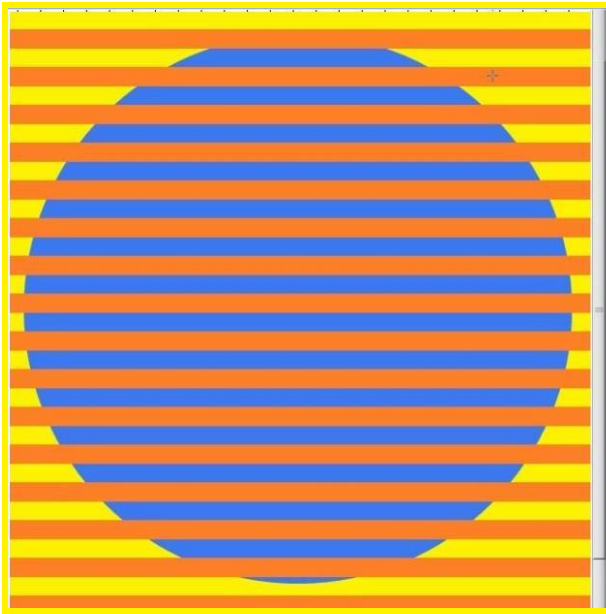
表十八、亮綠底黃條藍圓的RGB值

	R	G	B
襯底	0	255	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	67	118	221



圖四十七、黃條，亮綠底(亮綠點)及綠底(綠點)的錯覺色色域圖

結果：襯底明度與錯覺色明度呈反向關係。

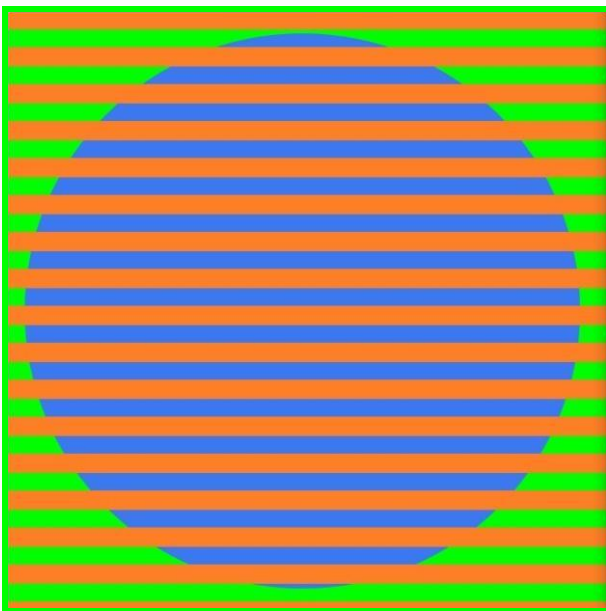


圖四十八、黃底橘條藍圓及錯覺色圖

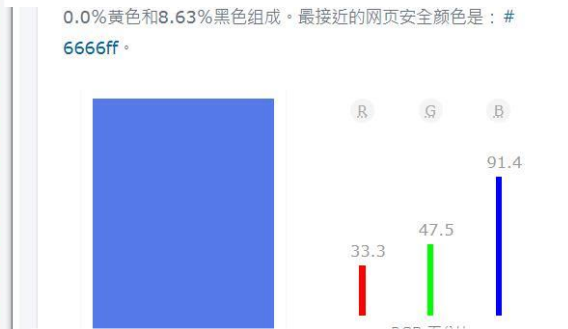


表二十、黃底橘條藍圓，條紋間距20像素的RGB值

	R	G	B
襯底	255	242	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	127	39
錯覺顏色	63	122	223



圖四十九、亮綠底橘條藍圓及錯覺色圖

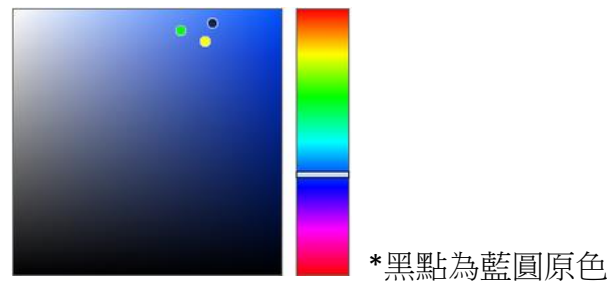


表二十一、亮綠底橘條藍圓，條紋間距20像素的RGB值

	R	G	B
襯底	0	255	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	127	39
錯覺顏色	85	121	233

表二十二、黃底橘條藍圓及亮綠底橘條藍圓的錯覺色RGB值與明度(L)差異

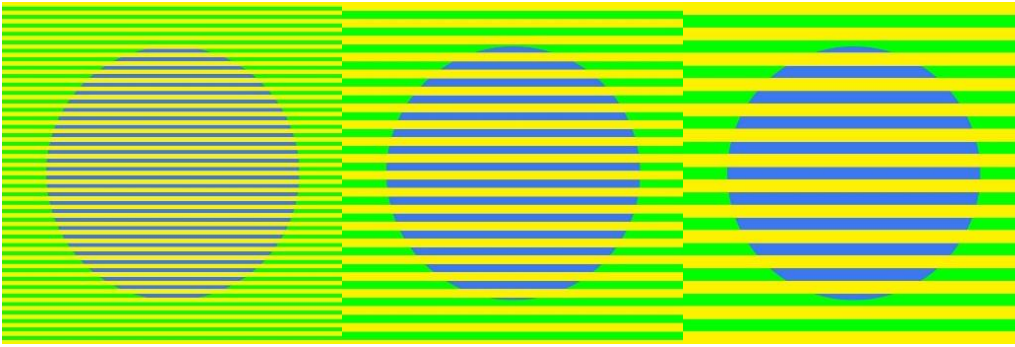
	R	G	B	L
覆蓋條紋	255	127	39	0.66
被觀察圓	60	120	240	0.49
黃襯底	255	242	0	0.93
錯覺顏色	63	122	223	0.49
亮綠襯底	0	255	0	0.82
錯覺顏色	85	121	233	0.50



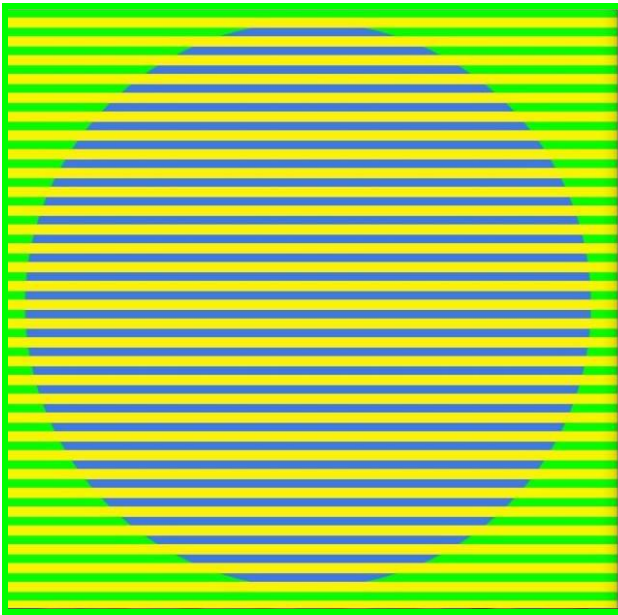
圖五十、橘條，黃底(黃點)及亮綠底(亮綠點)的錯覺色色域圖

結果：襯底明度與錯覺色明度呈反向關係。

討論：襯底的顏色會影響被觀察圓的明度，襯底的顏色明度越高，被觀察圓錯覺色的明度越低，反之相反，由此可知襯底和被觀察圓錯覺色的明度是成反向的關係。



圖五十一、亮綠底黃條藍圓，左→右依序為條紋10像素、20像素、30像素的錯覺色圖

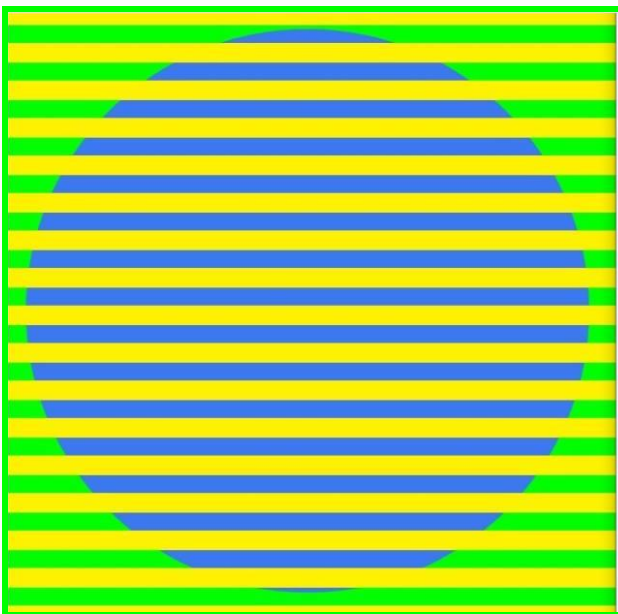


圖五十二、亮綠底黃條藍圓，
條紋間距 10 像素

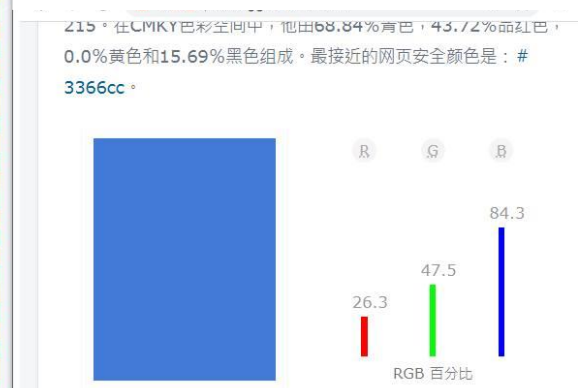


表二十三、亮綠底黃條藍圓，條紋間距 10 像素的 RGB 值

	R	G	B
襯底	0	255	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	72	121	215

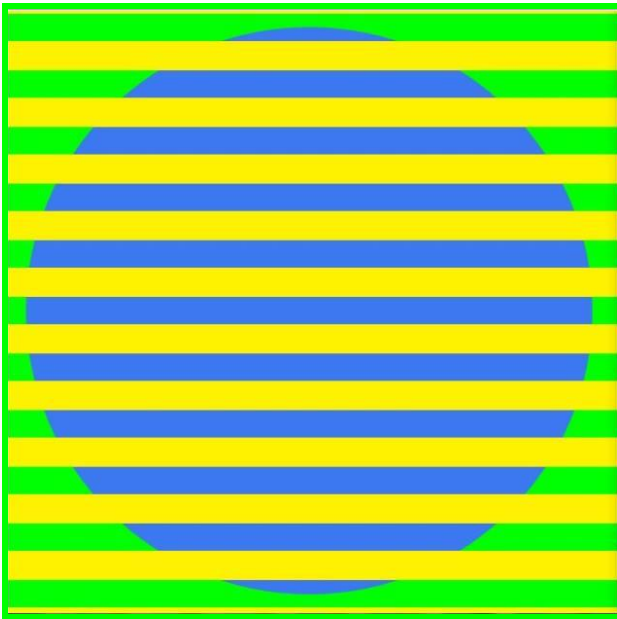


圖五十三、亮綠底黃條藍圓，條紋間距 20 像素



表二十四、亮綠底黃條藍圓，條紋間距 20 像素的 RGB 值

	R	G	B
襯底	0	255	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	67	118	221



圖五十四、亮綠底黃條藍圓，
條紋間距 30 像素

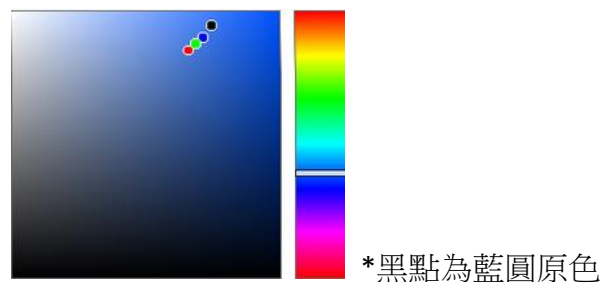


表二十五、亮綠底黃條藍圓，條紋間距 30 像素
的 RGB 值

	R	G	B
襯底	0	255	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	63	116	228

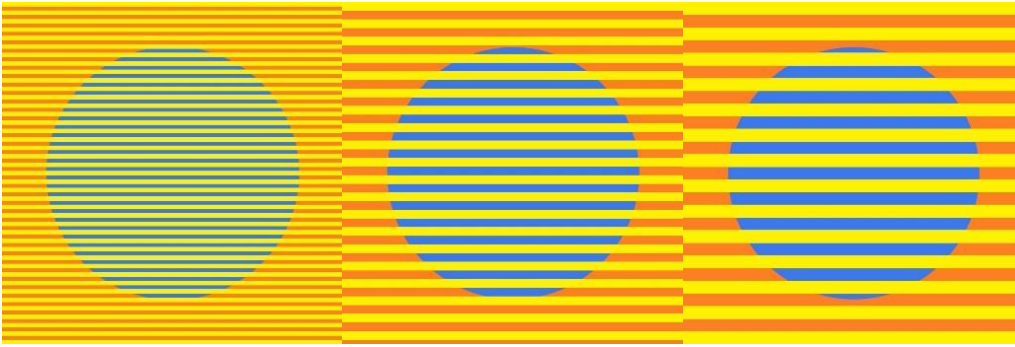
表二十六、黃條亮綠底藍圓，不同條紋間距錯覺色差異

		R	G	B
襯底		0	255	0
被觀察圓		60	120	240
覆蓋條紋		255	242	0
條紋 間距 (像素)	10 錯	72	121	215
	20 覺	67	118	221
	30 色	63	116	228

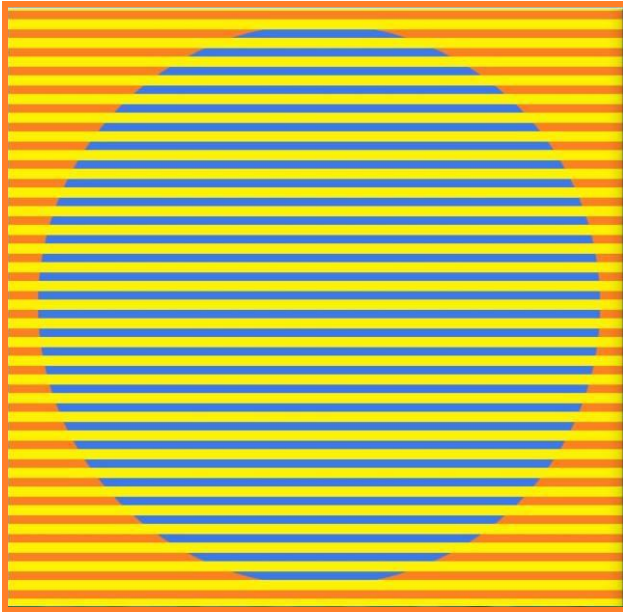


圖五十五、亮綠底黃條，條紋間距 10(紅點)、20(綠點)、
30(藍點)像素的錯覺色色域圖

結果：一、條紋間距像素越大，被觀察圓的錯覺色會越接近被觀察圓顏色。
二、錯覺色色域圖隨著條紋間距由小變大的改變，而有規律性的變化。



圖五十六、橘底黃條藍圓，左→右依序為條紋10像素、20像素、30像素的錯覺色圖

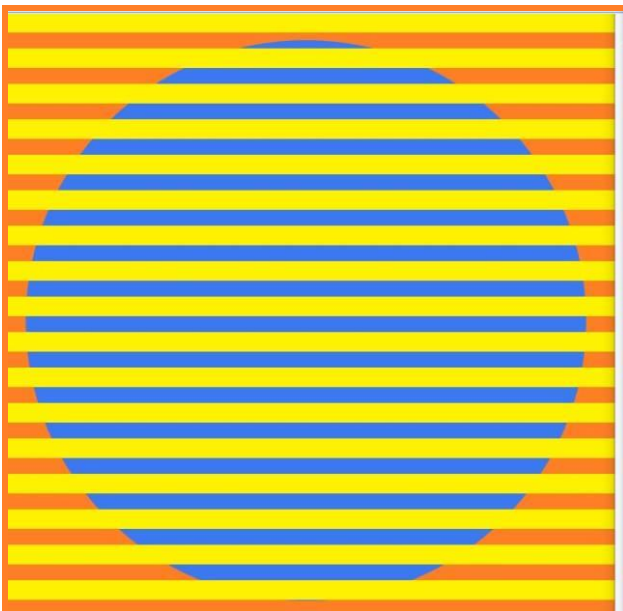


圖五十七、橘底黃條藍圓，條紋間距10像素

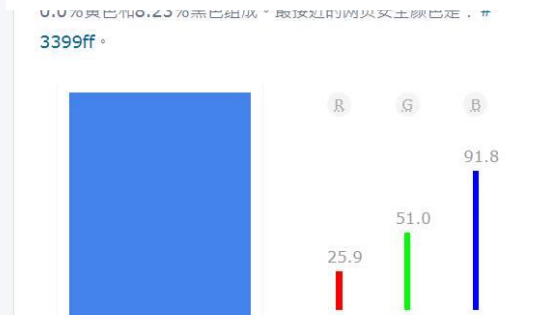


表二十七、橘底黃條藍圓，條紋間距10像素的RGB值

	R	G	B
襯底	255	127	39
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	71	134	230

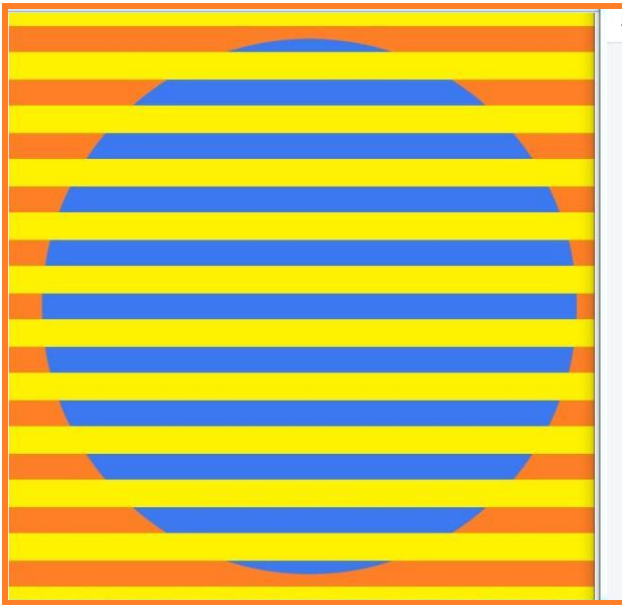


圖五十八、橘底黃條藍圓，條紋間距20像素



表二十八、橘底黃條藍圓，條紋間距20像素的RGB值

	R	G	B
襯底	255	127	39
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	66	130	234



圖五十九、橘底黃條藍圓，條紋間距30像素

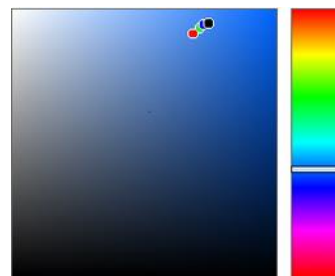


表二十九、橘底黃條藍圓，條紋間距 30 像素的 RGB 值

	R	G	B
襯底	255	127	39
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	64	127	239

表三十、黃條橘底藍圓，不同條紋間距錯覺色差異

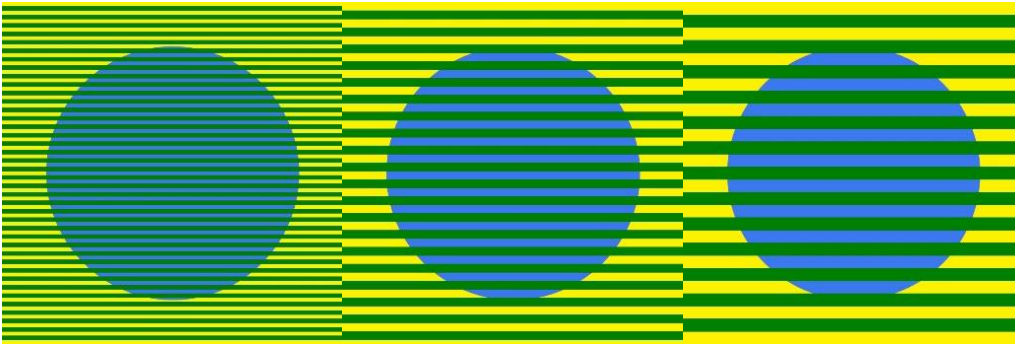
			R	G	B
襯底			255	127	39
被觀察圓			60	120	240
覆蓋條紋			255	242	0
條紋 間距 (像素)	10	錯 覺 色	71	134	230
	20		66	130	234
	30		64	127	239



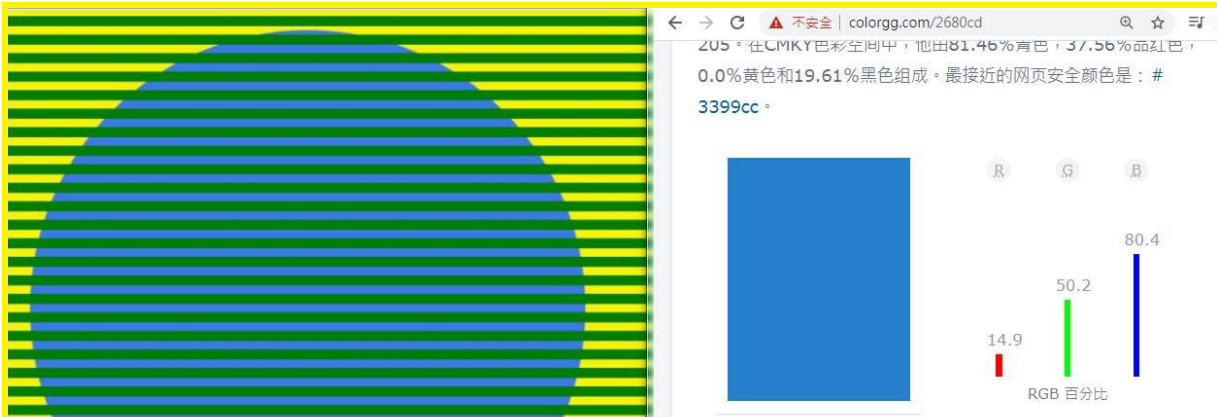
*黑點為藍圓原色

圖六十、橘底黃條，條紋間距 10(紅點)、20(綠點)、30(藍點)像素的錯覺色色域圖。

結果：一、條紋間距像素越大，被觀察圓的錯覺色會越接近被觀察圓顏色。
二、錯覺色色域圖隨著條紋間距由小變大的改變，而有規律性的變化。



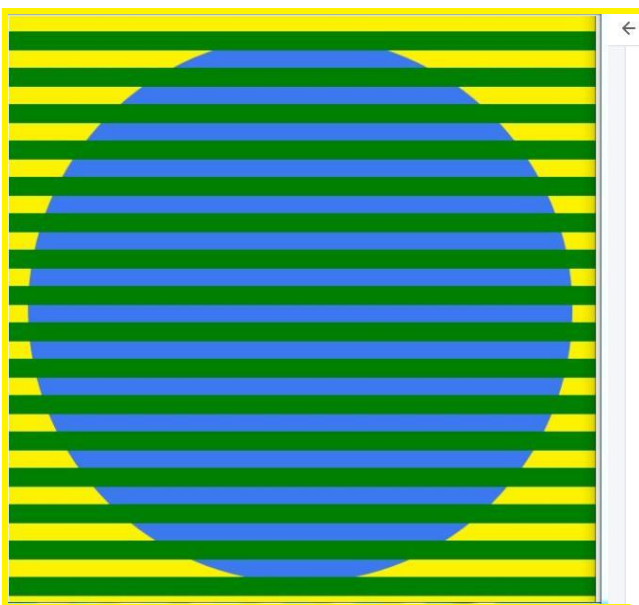
圖六十一、黃底綠條藍圓，左→右依序為條紋間距10像素、20像素、30像素的錯覺色圖



表三十一、黃底綠條藍圓，條紋間距 10 像素的 RGB 值

	R	G	B
襯底	255	242	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	0	128	0
錯覺顏色	38	128	205

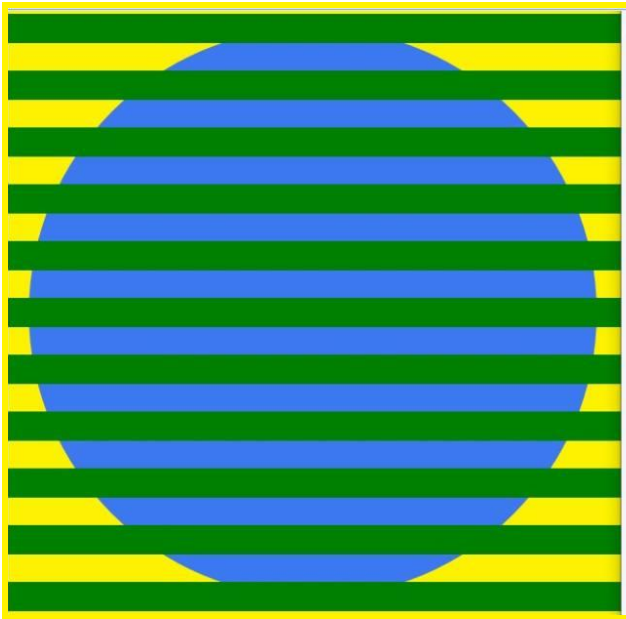
圖六十二、黃底綠條藍圓，條紋間距 10 像素



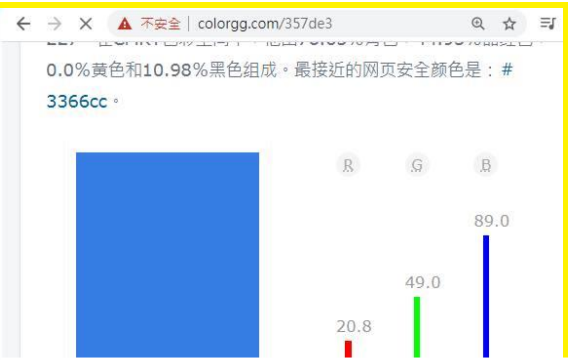
表三十二、黃底綠條藍圓，條紋間距 20 像素的 RGB 值

	R	G	B
襯底襯底	255	242	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	0	128	0
錯覺顏色	47	127	218

圖六十三、黃底綠條藍圓，條紋間距 20 像素



圖六十四、黃底綠條藍圓，條紋間距 30 像素

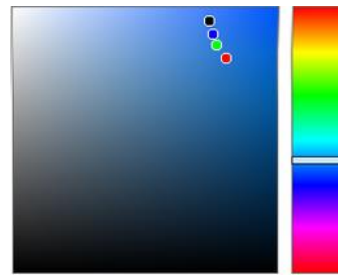


表三十三、黃底綠條藍圓，條紋間距 30 像素的 RGB 值

	R	G	B
襯底	255	242	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	0	128	0
錯覺顏色	53	125	227

表三十四、黃底綠條藍圓，不同條紋間距錯覺色差異

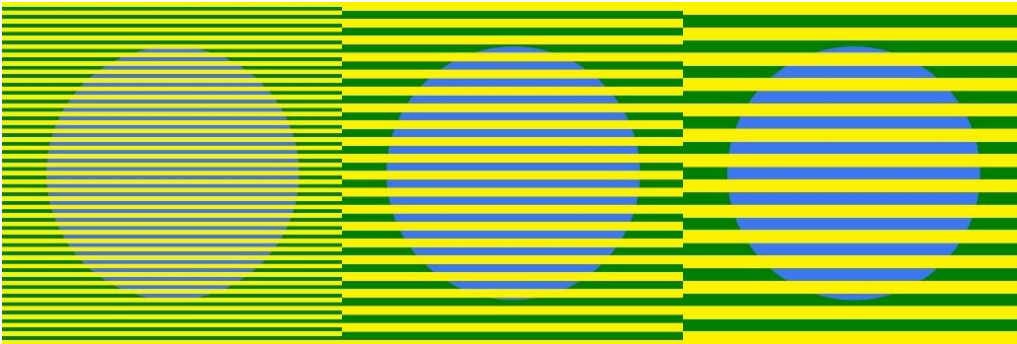
			R	G	B
襯底			255	242	0
被觀察圓			60	120	240
覆蓋條紋			0	128	0
條紋 間距 (像素)	10	錯 覺 色	38	128	205
	20		47	127	218
	30		53	125	227



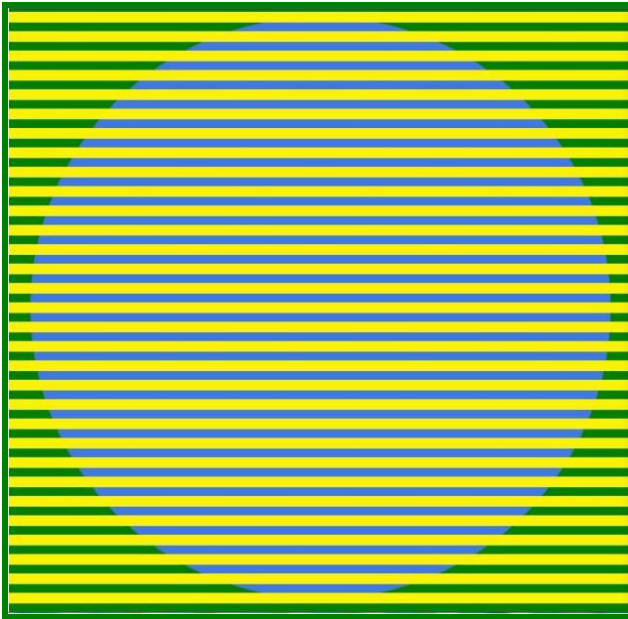
*黑點為藍圓原色

圖六十五、黃底綠條，條紋間距 10(紅點)、20(綠點)、30(藍點)像素的錯覺色色域圖

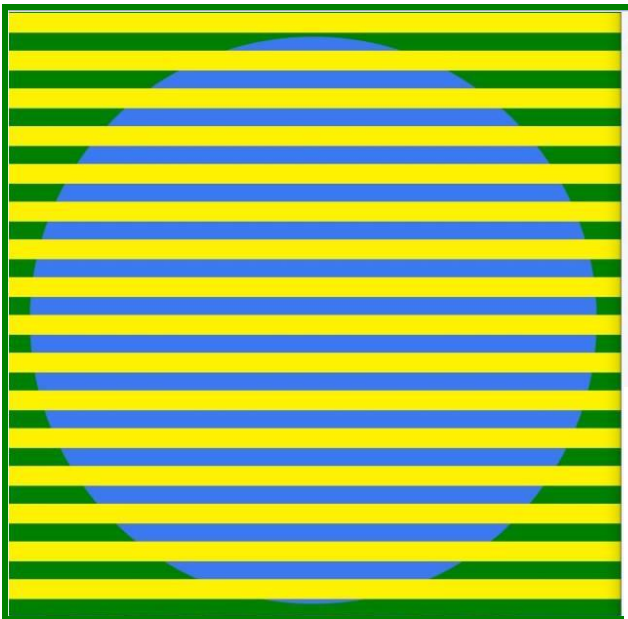
結果：一、條紋間距像素越大，被觀察圓的錯覺色會越接近被觀察圓顏色。
二、錯覺色色域圖隨著條紋間距由小變大的改變，而有規律性的變化。



圖六十六、綠底黃條藍圓，左→右依序為條紋間距10像素、20像素、30像素的錯覺色圖



圖六十七、綠底黃條藍圓，條紋間距 10 像素



圖六十八、綠底黃條藍圓，條紋間距 20 像素



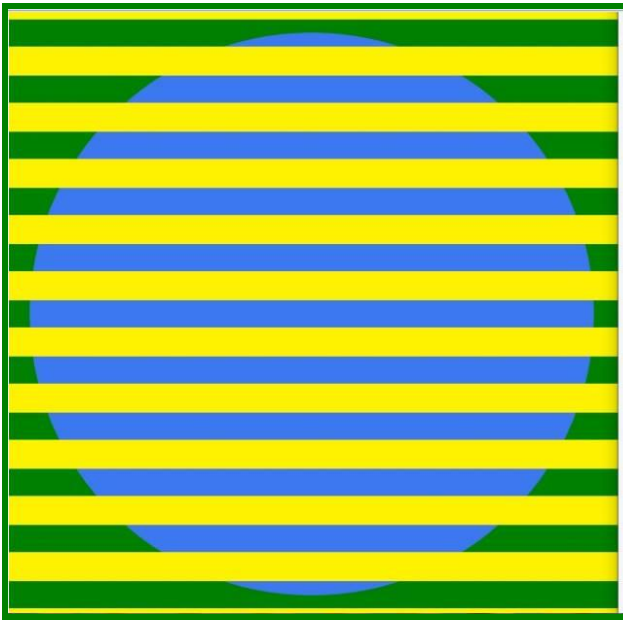
表三十五、綠底黃條藍圓，條紋間距 10 像素的 RGB 值

	R	G	B
襯底	0	128	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	85	147	238



表三十六、綠底黃條藍圓，條紋間距 20 像素的 RGB 值

	R	G	B
襯底	0	128	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	77	140	238



圖六十九、綠底黃條藍圓，條紋間距 30 像素

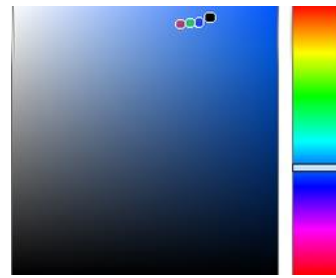


表三十七、綠底黃條藍圓，條紋間距 30 像素的 RGB 值

	R	G	B
襯底	0	128	0
被觀察圓	60	120	240
覆蓋條紋	255	242	0
錯覺顏色	68	133	237

表三十八、綠底黃條藍圓，不同條紋間距錯覺色差異

		R	G	B
襯底		0	128	0
被觀察圓		60	120	240
覆蓋條紋		255	242	0
條紋 間距 (像素)	10 錯	85	147	238
	20 覺	77	140	238
	30 色	68	133	237



圖七十、綠底黃條，條紋間距 10(紅點)、20(綠點)、30(藍點)像素的錯覺色色域圖

結果：一、條紋間距像素越大，被觀察圓的錯覺色會越接近被觀察圓顏色。
二、錯覺色色域圖隨著條紋間距由小變大的改變，而有規律性的變化。

討論：

- 一、條紋的間距越小可讓補色原理更充分的表現出來，使覆蓋條紋和被觀察圓的顏色可以混得更充分，所以對被觀察圓錯覺色 RGB 值的影響越大；反之條紋的間距大會讓補色原理的表現受到限制，所以對被觀察圓錯覺色 RGB 值的影響越小。此結果與我們第一階段實體實驗結果相符。
- 二、隨著覆蓋條紋間距由小變大的規律改變，產生的錯覺色在色域平面上也有規律性變化。

第三階段：實際應用

(一)當盛裝果菜汁玻璃杯外表黏貼覆蓋條紋，飲料的錯覺色變化：



圖七十一、左：原橘色果菜汁 右：稀釋果菜汁



圖七十二、左：原橘色果菜汁 右：紅條稀釋果菜汁



圖七十三、左：原橘色果菜汁 右：紅黃條稀釋果菜汁



圖七十四、左：原橘色果菜汁 右：稀釋紫條果菜汁

(二)利用ColorGG網站電腦比對覆蓋條紋的稀釋果菜汁呈現原色或錯覺色色塊：



圖七十五、原橘色果菜汁顏色信息圖



圖七十六、稀釋果菜汁顏色信息圖



圖七十七、紅條稀釋果菜汁錯覺色信息圖



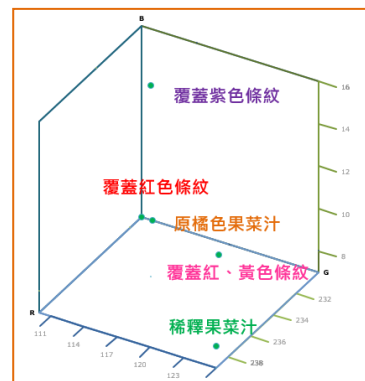
圖七十八、紅黃條稀釋果菜汁錯覺色信息圖



圖七十九、紫條稀釋果菜汁錯覺色信息圖

表三十九、橘色果菜汁、經稀釋及色條覆蓋後 RGB 值一覽表

	R	G	B
原橘色果菜汁	230	111	7
稀釋果菜汁	239	126	8
覆蓋紅色條紋	230	110	7
覆蓋紅、黃色條紋	231	118	7
覆蓋紫色條紋	234	115	16



八十、覆蓋條紋的稀釋果菜汁 RGB 偏移

三、當盛裝果菜汁玻璃杯採用蒙克懷特錯覺覆蓋圓點，飲料的錯覺色變化：

結果：覆蓋紅色條紋的稀釋果菜汁較接近原色 RGB 值，且本實驗至少可將體積百分濃度為 70% 的稀釋果菜汁，利用錯覺色原理調回果菜原汁的顏色。



圖八十一、左：原橘色果菜汁 右：紅點稀釋果菜汁



圖八十二、左：橘色果菜汁 右：紅黃點稀釋果菜汁



圖八十三、左：橘色果菜汁 右：紫點稀釋果菜汁

二、利用ColorGG網站電腦比對覆蓋圓點的稀釋果菜汁呈現原色或錯覺色色塊：



圖八十四、紅點稀釋果菜汁錯覺色信息圖



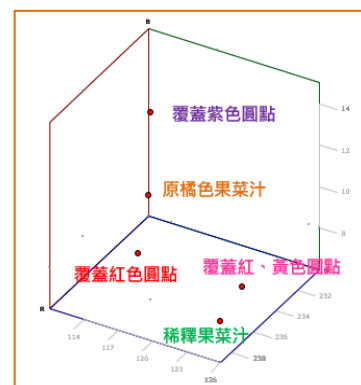
圖八十五、紅黃點稀釋果菜汁錯覺色信息圖



圖八十六、紫點稀釋果菜汁錯覺色信息圖

表四十、橘色果菜汁、經稀釋及色圓覆蓋後 RGB 值一覽表

	R	G	B
原橘色果菜汁	230	111	7
稀釋果菜汁	239	126	8
覆蓋紅色圓點	233	113	6
覆蓋紅、黃色圓點	236	125	8
覆蓋紫色圓點	236	117	15



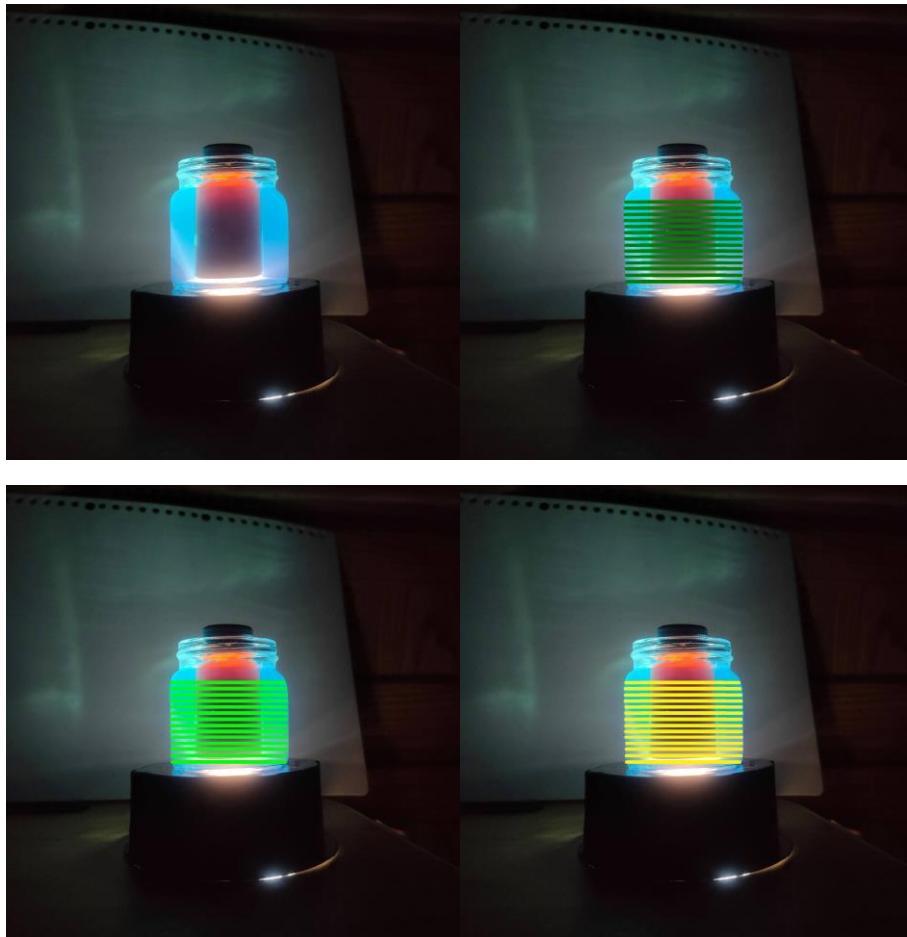
圖八十七、覆蓋圓點的稀釋果菜汁 RGB 偏移

結果：一、覆蓋紅色圓點的稀釋果菜汁較接近原色 RGB 值。

二、本實驗至少可將體積百分濃度為 70%的稀釋果菜汁，利用錯覺色原理調回果菜原汁的顏色。

討論：

- 一、本實驗選用紅色、紅黃相間及紫色覆蓋條紋及圓點組合，是因橘色果菜汁的原色主要是以較多的紅及黃組合而成，因此我們選用紅色、紅黃相間及紅藍組合成的紫色來進行實驗的觀察。
- 二、貼紅色圓點或條紋呈現出的錯覺色和實驗中原橘色果菜汁的顏色較接近，推測是因飲料在稀釋後 R、G 值均明顯上升，而覆蓋紅色條紋或圓點明顯的降低稀釋後上升的 R、G 值，使其錯覺色幾乎接近於原汁的顏色。而因稀釋後的明度較高，貼紙顏色需明度較低，達到明度調和的功能。因此我們在利用覆蓋條紋或圓點貼在裝有稀釋果菜汁的玻璃杯外，可使被稀釋的飲料顏色變得更像原汁。如果能應用在市售飲品的外在包裝上，一方面減少飲料製造商在色素上的使用，也減少飲品外在包裝的塑料，兼顧美觀又環保。
- 三、本實驗成功地將體積百分濃度為 70%的稀釋果菜汁調回果菜汁的原色，但使用錯覺色原理讓經稀釋後的飲品變回原汁的顏色這種方式具有一定程度的限制，若果菜汁顏色調的太稀，無論使用多密集得覆蓋條紋或圓點，皆無法達成回復原汁顏色的目的，反而本末倒置，使用更多塑料來包裝飲品外觀。



圖八十八、小燈具覆蓋不同顏色條紋的錯覺色

結果：利用不同大小及裝有不同顏色的兩個瓶子，搭配不同顏色的覆蓋條紋，可設計出具有錯覺色效果的小燈具。

討論：

- 一、雖然本實驗分別選用黃色、綠色及亮綠色這三種色彩覆蓋條紋組合，但無論任何顏色皆可用於設計錯覺色小燈具。
- 二、實驗的光源由下而上穿透燈具照射，瓶內的藍色溶液一樣可以產生錯覺色，所以光源方向和錯覺色的生成與否沒有絕對的關係。

綜合討論：

- 一、我們知道，蒙克懷特錯覺的主要形成原理是「補色原理」，意旨若在一黑白的區塊上加上許多彩色的線條，大腦就會自動判定那一區塊都是彩色的，而讓我們產生「這張圖片都是彩色的」這種假象。因為我們在觀察其中一點的時候，大腦會將要看的點與四周的顏色相互混合，因此所看到的顏色並不是真正看的一點的顏色，而是整個區塊的顏色相互混合的結果。
- 二、在"Whites-effect-in-lightness-color-and-motion"文章的論述提及「同化」和「對比」是蒙克懷特錯覺現象的關鍵，由覆蓋條紋的顏色或覆蓋條紋間距的不同，對被觀察圓錯覺色的影響實驗中，可知物體外觀的顏色可以經過大腦的混合而產生錯覺色。從表十三、十六、十九、二十二、表四十一及四十二等六表可驗證了對比是襯底明度對被觀察圓明度的襯

托，與覆蓋條紋的顏色及條紋間距無明顯相關性。

表四十一、改變覆蓋條紋顏色的錯覺色明度比較

	R	G	B	L		R	G	B	L		R	G	B	L
襯底	255	242	0	0.93	襯底	0	128	0	0.41	襯底	0	255	0	0.82
被觀察圓	60	120	240	0.49	被觀察圓	60	120	240	0.49	被觀察圓	60	120	240	0.49
橘覆蓋條紋	255	127	39	0.66	黃覆蓋條紋	255	242	0	0.93	黃覆蓋條紋	255	242	0	0.93
錯覺顏色	63	122	223	0.49	錯覺顏色	77	140	238	0.55	錯覺顏色	67	118	221	0.48
綠覆蓋條紋	0	128	0	0.41	橘覆蓋條紋	255	127	39	0.66	橘覆蓋條紋	255	127	39	0.66
錯覺顏色	47	127	218	0.49	錯覺顏色	94	146	251	0.58	錯覺顏色	85	121	233	0.50

表四十二、改變條紋間距的錯覺色明度比較

	條紋間距	R	G	B	L		條紋間距	R	G	B	L
襯底		0	255	0	0.82	襯底		255	242	0	0.93
被觀察圓		60	120	240	0.49	被觀察圓		60	120	240	0.49
覆蓋條紋		255	242	0	0.93	覆蓋條紋		0	128	0	0.41
條紋間距 (像素)	10	72	121	215	0.48	條紋間距 (像素)	10	38	128	205	0.48
	20	67	118	221	0.48		20	47	127	218	0.49
	30	63	116	228	0.47		30	53	125	227	0.49
	條紋間距	R	G	B	L		條紋間距	R	G	B	L
襯底		255	127	39	0.66	襯底		0	128	0	0.41
被觀察圓		60	120	240	0.49	被觀察圓		60	120	240	0.49
覆蓋條紋		255	242	0	0.93	覆蓋條紋		255	242	0	0.93
條紋間距 (像素)	10	71	134	230	0.52	條紋間距 (像素)	10	85	147	238	0.57
	20	66	130	234	0.51		20	77	140	238	0.55
	30	64	127	239	0.51		30	68	133	237	0.53

- 三、因原色所組成的顏色較刺眼，不便我們進行觀察，所以本實驗盡量選用混色的樣品進行實驗，來觀察蒙克懷特錯覺顏色改變的趨勢。第三階段為將蒙克懷特錯覺應用在飲料包裝，曾有商家在設定商標時做過調查，調查結果顯示消費者會更加喜歡柔和的顏色。因此本實驗所選的顏色均由 RGB 值中兩個以上的顏色所混和而成，但其實任何顏色都可以設為實驗器材顏色。
- 四、在本實驗中，提到觀察相片時固定相片大小規格，以及觀測距離，是因為此錯覺色的呈現會與圖片大小及觀測距離有關，因此相片之大小及觀測距離不可貿然改變，以免影響觀測結果。
- 五、雖然我們用眼睛觀察到左右兩個被觀察圓的顏色有明顯差異，但是用電腦軟體檢測出兩者的 RGB 值相同，由此可推知此錯覺是由大腦主觀認定的，並不是測試圖顏色真實改變。
- 六、在第二階段實驗中，我們以 ColorGG 所呈現的平面色域圖來描述被觀察圓原色及不同覆

蓋條紋、不同襯底顏色或不同條紋間距時所產生的錯覺色偏移情形。而在第三階段中使用的是 Scatterplot3D 程式產生的 RGB 立體空間來描述果菜汁原色及經覆蓋顏色影響後多點錯覺色的偏移狀況，兩者均有助於表達本研究結果的成現。

七、因為光線會干擾本實驗對於顏色的判斷，所以在實驗的過程中，我們設計了很完善的實驗空間與自製器材來進行實驗得觀察：

(一) 如圖五將實驗設計成**暗房模式**，革除外在光源的干擾，並慎選拍攝協助照明光源與拍攝角度，除了避開相片反光的影響，又能兼顧相片色彩飽和度及適當明度的光源。

(二) 如圖二自製**比色箱**，利用中間隔板隔開左右視野，並用固定比色箱的大小與外在光源的隔絕，讓實驗者能在暗室中以一定距離，運用左視野觀察被觀察圓的錯覺色，右視野能將左視野所產生的錯覺色運用 ColorGG 調出與錯覺色顏色相符的色塊。運用比色的方式觀測錯覺色，能夠更具體的呈現出錯覺色這種抽象的色彩。

八、我們整個實驗架構是先在**第一階段：平面立體實驗**中，藉由拍攝相機焦距的改變模擬遠近距離對錯覺色差異的呈現，其次由觀測圖仰角的變化，找出條紋間距的大小對於錯覺色的影響。接著在**第二階段：電腦製圖實驗**應用第一階段的結果，即被觀測圖組越遠、越小，條紋越密，產生錯覺色越明顯。另外也針對襯底及覆蓋條紋顏色對於被觀察圓錯覺色的影響做了細膩的觀察與分析，得到了被觀察圓錯覺色的 RGB 值會介於原被觀察圓 RGB 值與覆蓋條紋 RGB 值之間，而明度是和襯底呈反向關係。並將這些複雜的錯覺色變化狀況，利用簡單的色域圖分布來呈現。到了**第三階段：實際應用**，我們延續第二階段的成果，成功的在裝有稀釋果菜汁的玻璃杯外貼上有色條紋或圓點調和出果菜汁原色。藉由這樣的想法，將來可成功應用在現在很多利用塑膠包得密不透「色」的果菜汁飲品外包裝設計，藉由外觀產生錯覺色來達到「環保」減塑及「健康」減色素的目的，也可以利用這樣的原理設計出**錯覺色小燈具**，美化人們的生活與環境。

陸、結論與未來展望

- 一、平面實體測試圖的仰角會影響被觀察圓錯覺色的呈現，**仰角越小差異越明顯**，反之差異越不明顯；測試圖與視線的**距離越遠**，產生的錯覺色與原色**差異越明顯**，反之越不明顯。
- 二、被觀察圓的錯覺色 RGB 值不論本身數值較高或較低，都會朝向條紋的 RGB 值接近；襯底的明度會改變被觀察圓錯覺色的明度，**襯底明度越高，被觀察圓錯覺色的明度越低**，反之則否；**條紋間距越小，錯覺色則改變較多**，反之則否。
- 三、蒙克懷特錯覺平面實體實驗與電腦製圖實驗結果相似，即被觀察圓錯覺色的呈現，主要取決於**覆蓋條紋之間間距大小以及襯底明度、覆蓋條紋的顏色**。
- 四、貼紙顏色與飲料顏色因錯覺的關係而**相互混合**，藉由這樣的原理應用在飲品的外表包裝，讓飲料的外觀顏色較接近原汁的顏色，這種蒙克懷特錯覺的應用，一方面**減少食品色素添加**，另一方面也可以**減少外在包裝塑料使用**的目的。
- 五、使用蒙克懷特錯覺原理提升飲料賣相具體而可行。也可利用蒙克懷特錯覺的原理，應用彩色的圖案或線條，黏貼在透明的玻璃杯上，設計出「**蒙克懷特杯**」，讓人們在飲用飲料時，除了味覺上的感受之外，同時也兼具**視覺上多彩多姿的視覺享受**。在未來也希望能將錯覺色小燈具的設計實體化，製作出**各種夢幻顏色的燈具**，豐富人們的生活空間。

柒、參考文獻 資料

- 一、林昆範(2017)·色彩原論·新北市：全華圖書股份有限公司
- 二、Whites-effect-in-lightness-color-and-motion 論文
[Whites-effect-in-lightness-color-and-motion \(1\).pdf](#)
- 三、歐立米工作室 (2017)·色彩學·色彩對比與視覺現象(4-2-4-22)·臺北市：拓客
- 四、戴孟宗(2019)·現代色彩學·新北市：全華圖書股份有限公司
- 五、【FUN 科學】白色僧侶幻覺(你確定看到的都是真相嗎?)
https://www.youtube.com/watch?v=-MfGfX_7Mw
- 六、【大腦怎樣欺騙你?】6 個著名的視覺錯覺實驗
<https://www.consciousnist.com/illusion1/>
- 七、視錯覺-維基百科，自由的百科全書
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A6%96%E9%8C%AF%E8%A6%BA>
- 八、這張圖在你眼裏是彩色還是黑白?網上瘋傳的色彩同化是怎麼回事
<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/science-49218450>
- 九、藝術的本質，是欺騙_色彩
<https://tonents.com/2216027/>
- 十、Beau Lotto：錯覺中的視覺真相
https://www.ted.com/talks/beau_lotto_optical_illusions_show_how_we_see?language=zh-tw
- 十一、比色法-百度百科
<https://baike.baidu.com/item/%E6%AF%94%E8%89%B2%E6%B3%95#6>
- 十二、色彩三要素-色相、明度、彩度
https://www.gameislearning.url.tw/article_content.php?getb=6&foog=9998
- 十三、同心環所引發之亮度與色彩偏移與 Munker-White 效應享有共同機制
Common Mechanisms Subserve Brightness and Color Shifts in Concentric Annuli
and the Munker-White Effect
<https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=U0001-2407200716082000>

【評語】 032915

該作品以蒙克懷特錯覺議題作為研究發想別具意義，研究規劃完整，且有創新物件實作與測試，真正體現研究成果。干擾視覺的色彩對比差別越大，錯覺就會越顯著。研究中以補色的方式增加飲料的顏色，頗具創意。並設計出錯覺色小燈具。實驗內容相當有趣，也讓人對蒙克懷特錯覺有更深一層的認識。建議如下：

1. 研究數據較少，難以量化呈現。以質性研究為主，較難具說服力。多增加科學上的討論與論述。
2. 研究中對因變數無清楚的探討，有層次的朝向應用的目標，展現良好的研究設計以及結果。
3. 已有相當多相關錯覺實驗，要多多強調本研究獨特之處。
4. 仰角、距離、線條間距這三個變因需考慮如何排除相互干擾效應。

作品簡報

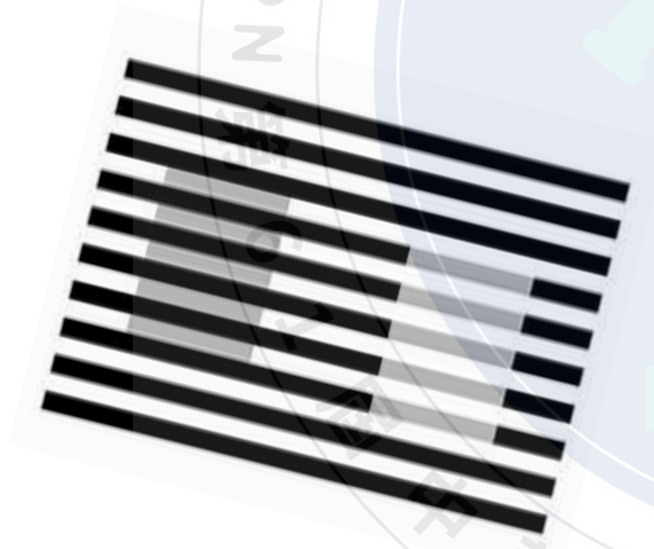


「色不易控，控不易色」 --蒙克懷特錯覺看透透

國中組

生活與應用科學(二)科

作品編號：032915

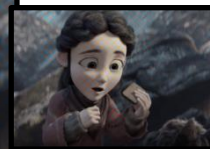
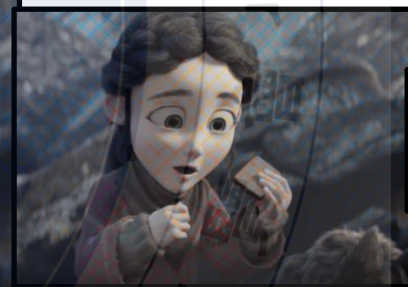
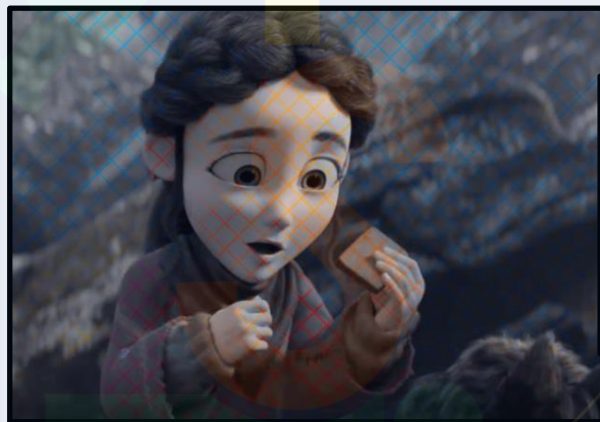
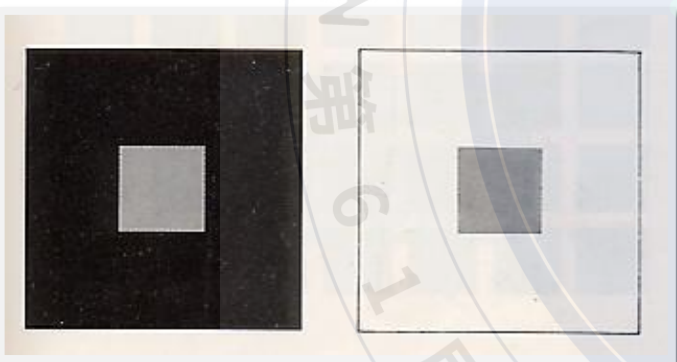


前言：動機與研究目的

這到底是怎麼回事？

明度對比：左下圖中同一明度的灰色方塊哪邊看起來較亮？ WHY？

色彩同化：為何右下圖縮小後彩色條紋就不見了？



文獻探討

第一階段：
平面實體實驗
探討仰角、距離對測試圖錯覺色的影響。

第二階段：
電腦製圖實驗
利用電腦作圖，探討覆蓋條紋、襯底顏色及條紋間距對錯覺色的影響及趨勢變化。

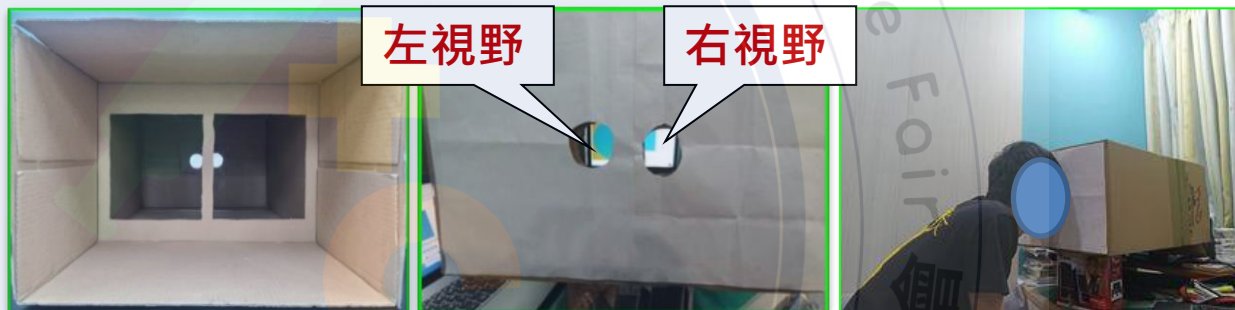
第三階段：
實際應用
利用錯覺色原理將稀釋果菜汁調回原汁原色，及設計出錯覺色小燈具。

研究方法

- 一、利用暗房實驗室拍攝無光源干擾的平面實體測試圖錯覺色相片。
- 二、運用比色箱分隔左右視野及固定觀測距離，精準地判讀錯覺色RGB值。
- 三、應用ColorGG色域圖及RGB立體空間呈現錯覺色RGB值的偏移。



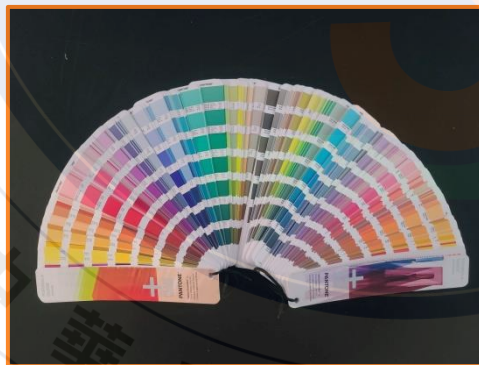
第一階段拍攝暗房實驗室



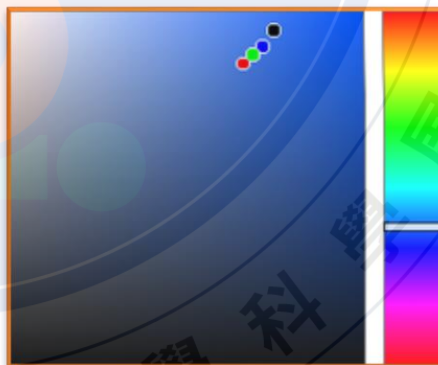
第二階段觀測錯覺色—比色箱



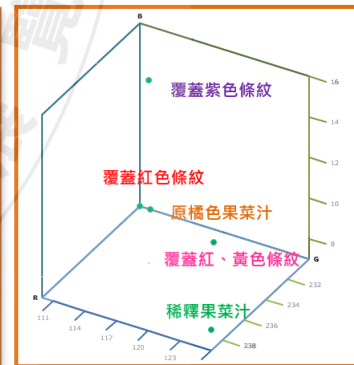
RGB觀測箱



Pentone色票



ColorGG色域圖

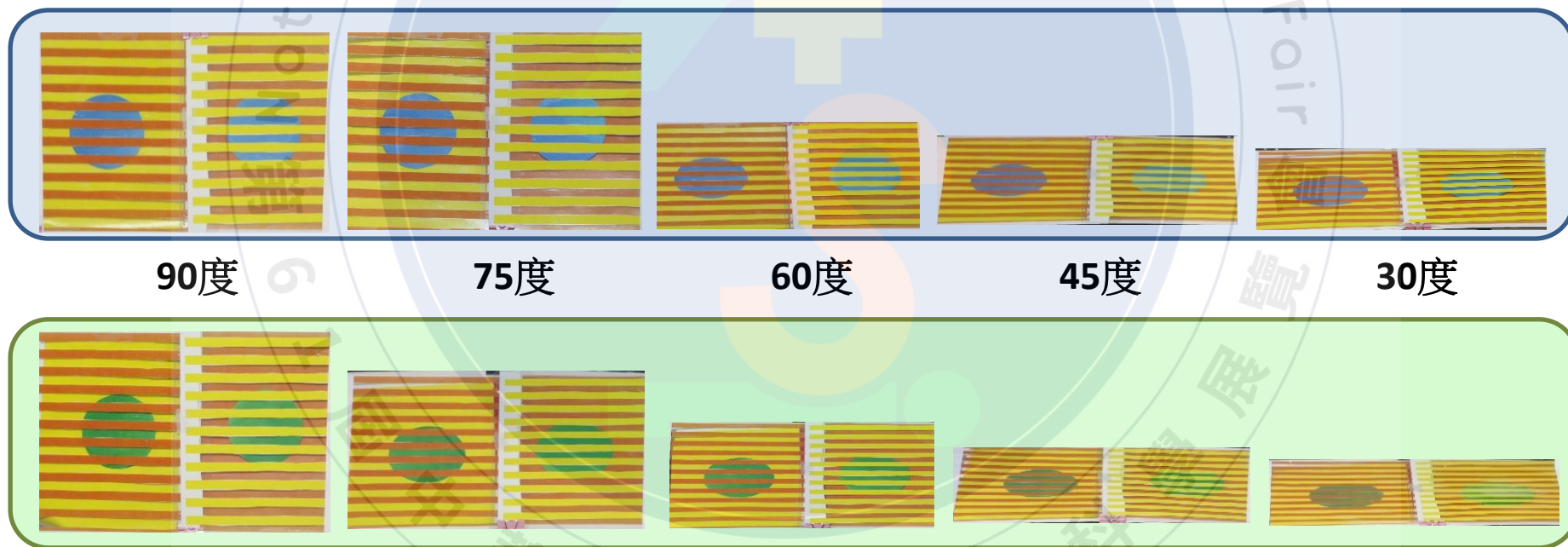
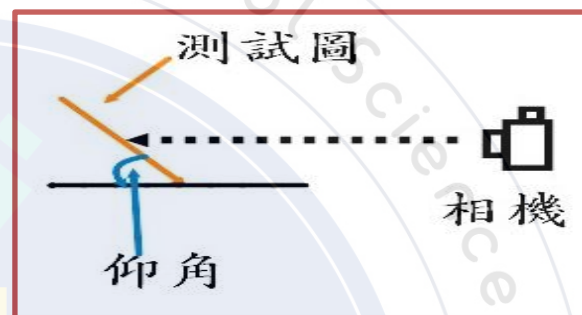


RGB立體空間

呈現實驗色彩與錯覺色偏移的模組

結果分析_第一階段：平面實體實驗

- 改變測試圖仰角：



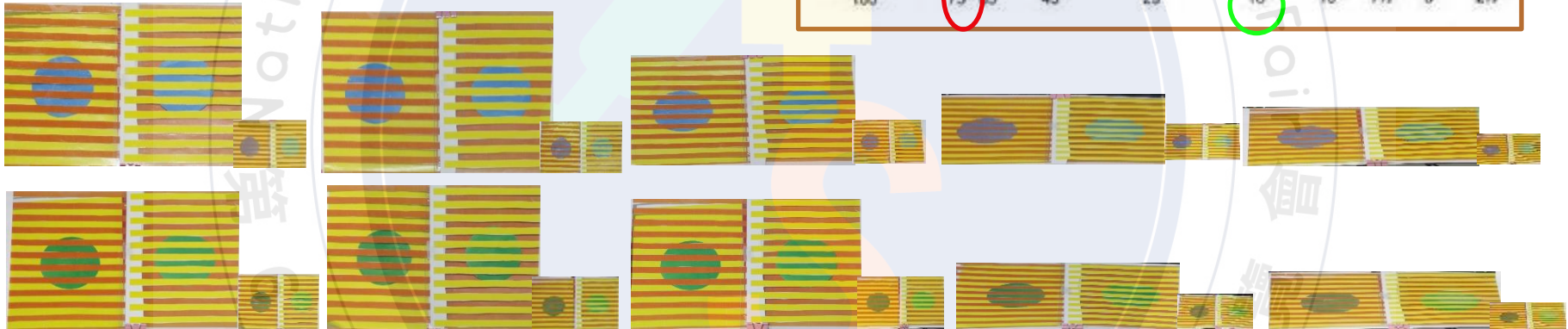
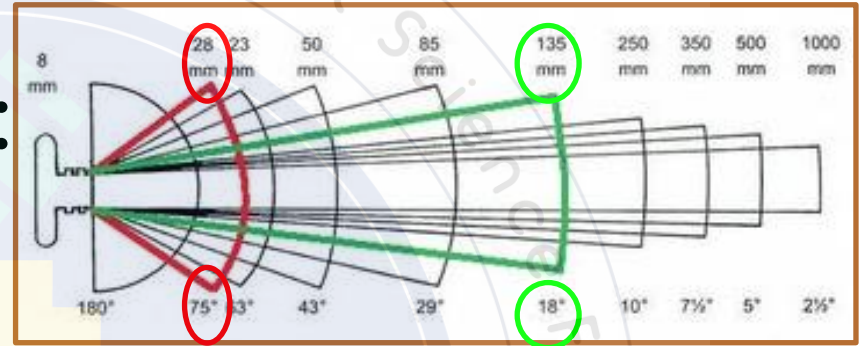
結果：左、右被觀察圓的顏色差異，隨著測試圖仰角變小而更加明顯。

結果分析_第一階段：平面實體實驗

• 改變相機焦距(距離)：

大圖：焦距135mm(近)

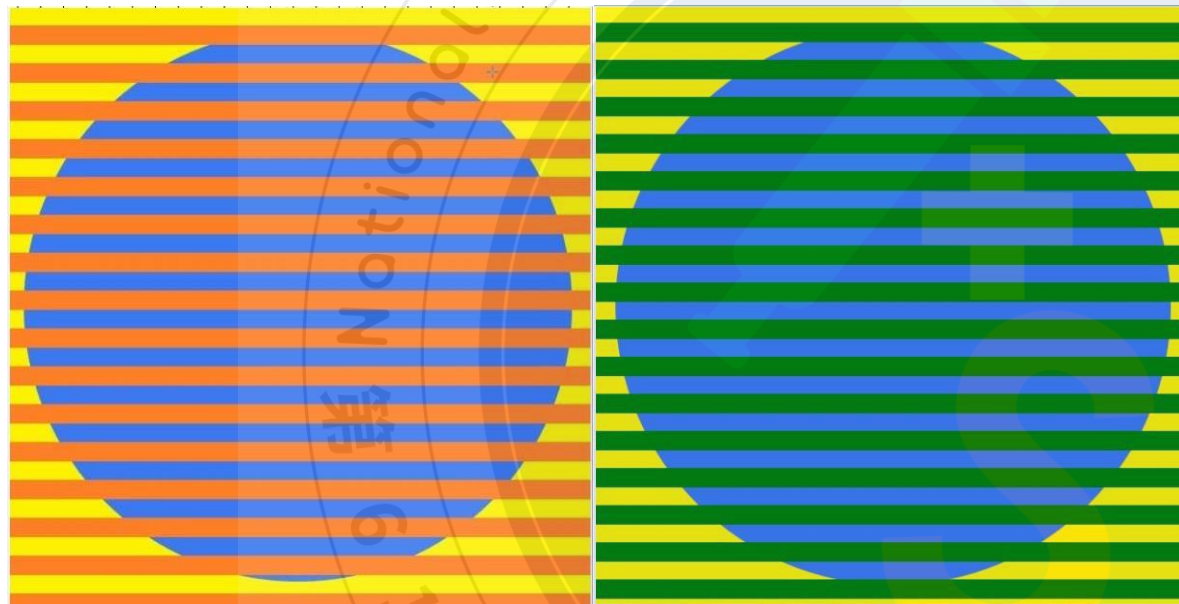
小圖：焦距28mm(遠)



結果：相機的焦距由135mm變小為28mm造成眼睛視角比例的差異，使得拍攝結果會有如同縮小比例的效果，就像是觀測的距離由近變遠而讓左、右被觀察圓的錯覺色會有更明顯的差異。

結果分析_第二階段：電腦製圖實驗

- 改變覆蓋條紋顏色：



	R	G	B
襯底	255	242	0
被觀察圓	60	120	240
橘覆蓋條紋	255	127	39
錯覺顏色	63	122	223
綠覆蓋條紋	0	128	0
錯覺顏色	47	127	218

結果：被觀察圓錯覺色的RGB值會介於原被觀察圓RGB值與覆蓋條紋RGB值之間。

結果分析_第二階段：電腦製圖實驗

- 改變襯底顏色：

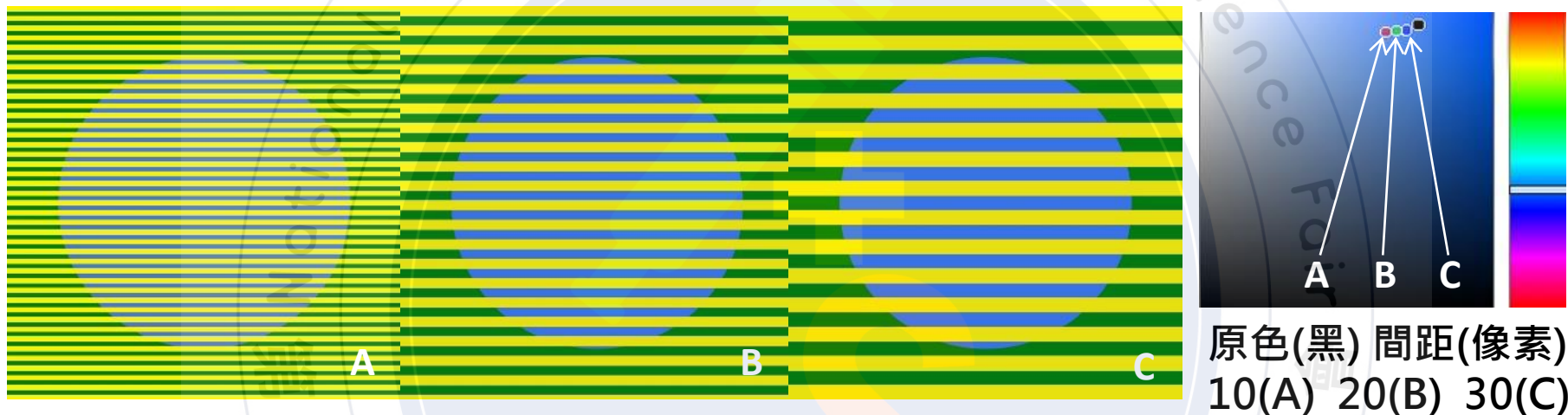


	綠襯底	錯覺顏色	橘襯底	錯覺顏色	亮綠襯底	錯覺顏色
R	0	77	255	66	0	67
G	128	140	127	130	255	118
B	0	238	39	234	0	221
L	0.41(小)	0.55(大)	0.66(中)	0.51(中)	0.82(大)	0.48(小)

結果：襯底
明度與錯覺
色明度呈反
向關係。

結果分析_第二階段：電腦製圖實驗

- 改變覆蓋條紋間距(像素)：



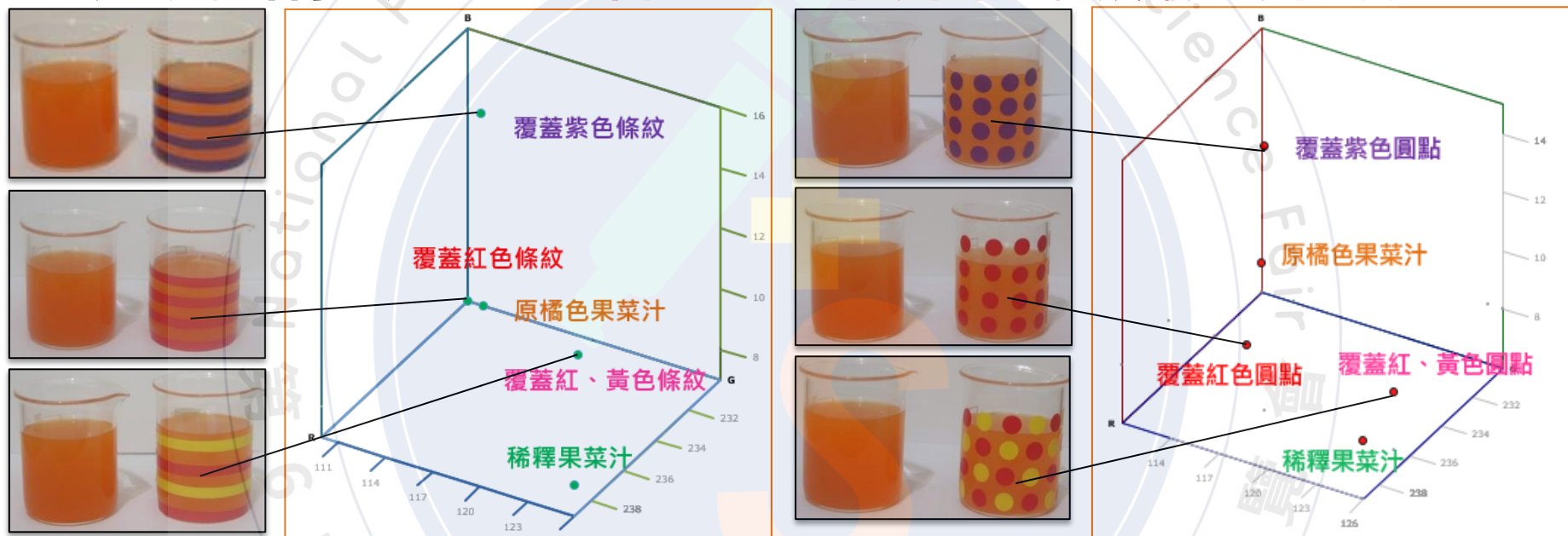
結果：

- 一、條紋間距越大，被觀察圓的錯覺色會越接近被觀察圓顏色。
- 二、錯覺色色域圖隨著條紋間距由小變大的改變而有規律性的變化。

結果分析_第三階段：實際應用



- 運用錯覺原理將稀釋果菜汁恢復成原汁顏色：

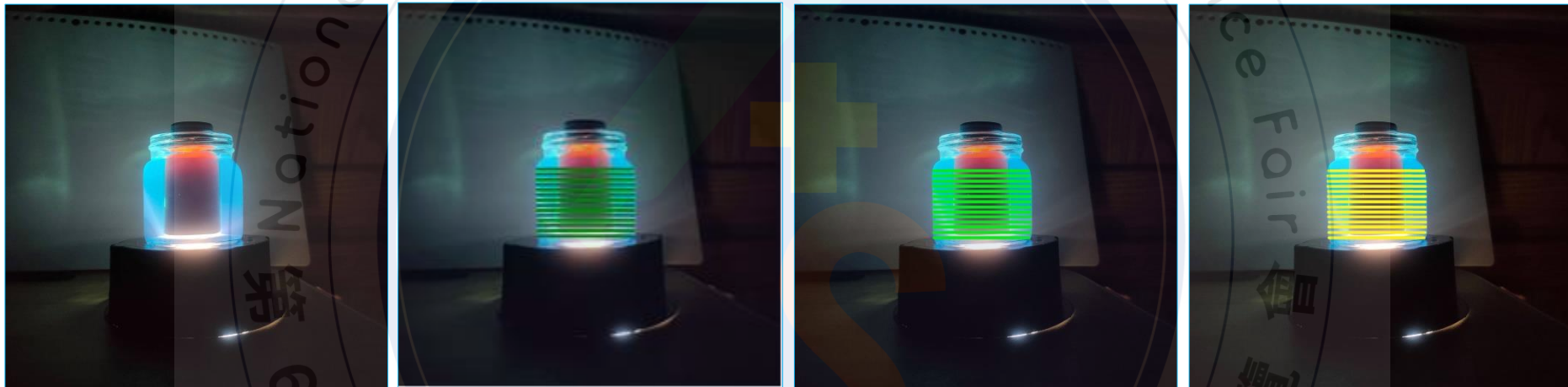


結果：

- 一、覆蓋紅色條紋或圓點稀釋果菜汁較接近原汁顏色。
- 二、本實驗至少可將體積百分濃度為70%的稀釋果菜汁，利用錯覺色原理調回果菜原汁的顏色。

結果分析_第三階段：實際應用

- 運用本實驗中的錯覺原理設計出**錯覺色小燈具**：



結果：利用不同大小且裝有不同顏色顏料的兩個瓶子，搭配不同顏色的覆蓋條紋，可設計出具有錯覺色效果的小燈具。

結論

	影響	主要影響層面	對錯覺色影響關係
第一階段： 平面實體實驗	變因		
	測試圖仰角	錯覺色 改變程度	測試圖 仰角 越 小 ，錯覺色 改變 越 大
第二階段： 電腦製圖實驗	鏡頭焦距 (觀測距離)		拍攝鏡頭 焦距 越 小 (距離越遠)，錯覺色 改變 越 大
	覆蓋條紋顏色	錯覺色 RGB值	錯覺色 RGB值 會 朝向 覆蓋條紋的 RGB值 接近
	襯底顏色	錯覺色 明度	襯底 明度 越 低 ，錯覺色 明度 越 高 (反向)
	覆蓋條紋間距	錯覺色 改變程度	覆蓋條紋 間距 越 小 ，錯覺色 改變 越 大

第三階段：實際應用

- 一、貼紙與飲料顏色因錯覺而相互混合，藉由這樣的原理**可讓稀釋飲料的外觀顏色接近原汁的顏色**。
- 二、運用錯覺色原理**可設計出錯覺色小燈具**，豐富生活情調。

未來展望

- 一、「蒙克懷特杯」：未來可使用更多顏色、種類的覆蓋物，印刷在透明玻璃杯上，讓人們在飲用飲料時，除了味覺感受之外，也兼具多彩多姿的視覺享受。
- 二、「小燈具的設計實體化」：遵循著本研究的想法，製作出各種夢幻顏色的錯覺小燈具，豐富人們的生活空間。

參考文獻

- 一、林昆範(2017)·色彩原論·新北市：全華圖書股份有限公司
- 二、歐立米工作室(2017)·色彩學·色彩對比與視覺現象(4-2-4-22)·臺北市：拓客
- 三、戴孟宗(2019)·現代色彩學·新北市：全華圖書股份有限公司
- 四、【FUN科學】白色僧侶幻覺(你確定看到的都是真相嗎?)
https://www.youtube.com/watch?v=-MfGfX_7Mw