
色視差眼鏡的 3D 影像成像原理

紀慶隆¹ 李義評^{1*} 廖庭農² 林建隆³

¹臺中市立龍海國民小學

²新竹縣立寶山國民中學

³國立彰化師範大學 物理學系

壹、前言

假日前往高雄義大世界遊玩，進入鬼屋前，每位遊客都會拿到一支眼鏡，當踏進遊戲區內，發現裡頭有許多立體影像，好奇心驅使下，而將眼鏡拿開，卻發現面前只是色彩鮮明的平面圖案。為什麼義大世界中一個平面圖案可產生 3D 立體效果呢？

貳、色視差眼鏡基本構造與原理

在國小基本光學教到三稜鏡的色散現象，我們將討論其色視差鏡片其基本原理則是使用光柵的繞射來產生色散。利用光柵產生的繞射，當白色光源穿透光柵後，因不同波長的光線產生的繞射角度會不一樣，而使得繞射後白光在屏幕上會呈現不同顏色的光點(圖一，請見封底)。

我們將單一波長的雷射光通過色視差鏡片繞射後，發現所產生繞射的最亮光點並不會在中央線上(不放置鏡片之前時的雷射光位置)，而是會在中央線的右邊一小格位置處(圖二，請見封底)，顯示繞射後的最亮點會產生偏移。若將鏡片旋轉 180 度後，最亮點會在中央線的左邊一小格位置處(圖三，請見封底)。

*為本文通訊作者

而色視差眼鏡是利用左右兩邊鏡片各放上 0 度與 180 度的鏡片，則左右眼看到的最亮點位置會有所不同，而人的大腦此時會將左眼與右眼看到的影像重組，使影像在大腦中感受或判斷成 3D 立體的影像。

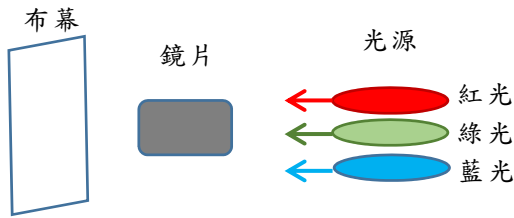
參、色視差圖片對 3D 立體呈現的影響

是否戴上一副色視差眼鏡就能讓所有觀看到的平面圖都變成 3D 立體圖嗎？是否只有一些特殊圖片，透過色視差眼鏡片才能形成立體圖呢？

一、三原色光繞射後的成像情形

研究者經由實驗發現，使用不同單一波長的色光後，發現繞射後最亮點與中央線上光點の間隔距離會不同，且波長越長，間隔距離就越寬。

研究者設計將色視差鏡片與布幕的距離調整為 100cm，以波長為 654nm 的紅光、532nm 的綠光、及 448nm 的藍光雷射筆照射鏡片(圖四)，並紀錄紙箱上干涉點距離中心光點的距離，每一數值都由 5 次測量值平均求得。




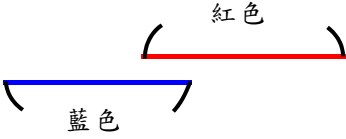
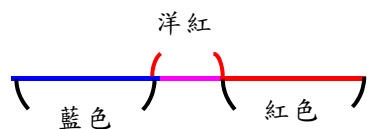
圖四 不同波長繞射實驗示意圖

表 1 之實驗數據呈現不同色光所形成的亮點(亮線)及兩亮點(亮線)之間距，紅光、綠光與藍光之平均亮點間距分別為隔 2.00cm、1.62cm、1.36cm，可知就平均亮點間距而言，紅光>綠光>藍光。也就是波長越長，通過色視差鏡片後，平均亮點間距也就越大。表 1 中， $m=0$ 表中心光點， $m=+1$ 表右側第一光點。

表 1 紅、綠、藍單一色光(波長)干涉點的分布與兩亮点的平均間距(cm)

	$m=0$	$m=+1$	$m=+2$	$m=+3$	$m=+4$	$m=+5$	平均間隔
紅光	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	2.00
綠光	0.0	1.7	3.3	4.8	6.5	8.1	1.62
藍光	0.0	1.3	2.6	4.0	5.4	6.8	1.36

表 2 洋紅線段繞射前後示意圖

步驟	示意圖	說明
繞射前	洋紅色 	繞射前為一洋紅色線段(由紅+藍組成)
繞射後的說明示意圖		經由繞射，因紅光與藍光受繞射後的間隔不同，紅光間隔>藍光間隔。
繞射後顏色		繞射後紅光與藍光重疊部分形成洋紅色，使得繞射後線段依序變成藍色、洋紅色、紅色

二、非三原色光繞射後的成像情形

若使用非三原色光線，通過色視差鏡片產生的繞射情形，會出現非原本顏色的光。研究者用相機放在鏡片前，觀看電腦螢幕上的圖片，將其照下來之後如圖五(請見封底)，發現除了三原色外，其餘的顏色周圍會有不同顏色的產生。

這樣的成像結果，是因為紅、綠、藍等三原色色光經由光柵片繞射後，其亮線間距大小不同，例如洋紅色光是由紅光與藍色光組成，而經繞射後紅光與藍光的最亮點位置不同，產生如表 2 的繞射後的圖形顏色。

三、背景色繞射後對成像的影響

一張圖片除了主要的景物以外，還有背景的颜色，背景的颜色經過色視差鏡片繞射後的成像位置也會偏移，而背景色的偏移位置與主要景色的偏移位置，因為不同颜色的偏移會造成部分颜色重疊，而形成別的颜色，如圖六背景白色繞射前與圖七背景白色繞射後的情形(請見封底)，其中綠色色塊經由繞射後，左邊出現黃邊而右邊出現青綠色邊，這是因為白色光源是由紅、綠、藍三原色組成，繞射後紅光、綠光、藍光會產生不同程度的位置偏移，造成亮線間距會不相同，使得綠色色塊左邊會與部分紅色光重疊形成黃色，綠色色塊右邊會與部分藍色光重疊形成青色(如表 3)。也就是說經由色視差鏡片，背景色

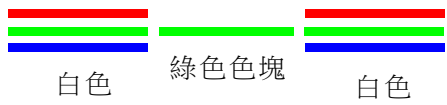
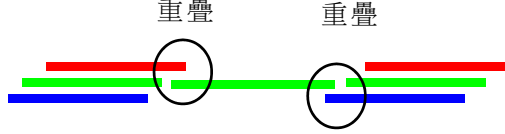

會干擾到主要景物的颜色。

既然已知經由色視差鏡片繞射後，背景色會影響主要景物的颜色，則把背景色換成黑色後，色光產生偏折時，因背景是黑色，不會有颜色變化情形產生，因此對成像的影響會最小。

四、不同颜色背景對不同色線的影響與突出效果之探討

為了解哪些颜色會使得呈現的立體感較好，因此研究當背景色分別為黑、白、紅、黃、綠、藍、洋紅、青等颜色，而主要線條颜色為黑、白、紅、黃、綠、藍、洋紅、青等颜色時，哪些情形使得線條的突出效果或強度(立體感)會較好。

表 3 背景白色與綠色色塊繞射前後示意圖

步驟	示意圖	說明
繞射前		繞射前為一綠色色塊，左右兩側為白色(由紅、綠、藍色光組成)
繞射後的說明示意圖		經由繞射，因白色光中的紅光、綠光藍光受繞射後的間隔不同，紅光間距 > 綠光間距 > 藍光間距。
繞射後顏色		繞射後使得綠色色塊的左邊與紅色光部分重疊形成黃色；綠色色塊的右邊與藍色光部分重疊形成青色。

研究者設計如圖四、圖六的情形，選取背景色分別為黑、白、紅、黃、綠、藍、洋紅、青等，再由多位觀察員觀察，評估其突出效果或強度，並以大凸色群、中凸色群、小凸色群來表示。以上的 8 種顏色經由實驗發現可分為 4 群：第 1 群(紅(R)和洋紅(RB))、第 2 群(綠(G)和青(GB))、第 3 群藍(B)和黑(BK))、第 4 群(黃(RG)和(白)(RGB))。最終實驗結果得到當背景為黑色時，線條突出效果最好的依次為紅(洋紅)、黃(白)、綠(青)；背景為藍色時，線條突出效果最好的依次為紅(洋紅)、黃(白)、綠(青)；背景為綠色時，線條突出效果最好的依次為黃(白)、紅(洋紅)、藍(黑)；背景為青色時，線條突出效果最好的依次為黃(白)、紅(洋紅)、藍(黑)；背景為紅色時，線條突出效果最好的依次為藍(黑)、綠(青)、黃(白)；背景為洋紅色時，線條突出效果最好的依次為藍(黑)、綠(青)、黃(白)；背景為黃色時，線條突出效果最好的依次

為綠(青)、藍(黑)、紅(洋紅)；背景為白色時，線條突出效果最好的依次為綠(青)、藍(黑)、紅(洋紅)(如表 4)。以波長進行分析製作表 5 將其對應關係做成圖八(請見封底)，例如：當為紅色背景，依紅色箭頭方向，凸出強至弱依序為藍和黑、綠和青、黃和白。

肆、應用：色視差 3D 影像圖之製作

從以上研究分析與結果中，發現製作色視差影像圖製作原則如下：

1. 當圖片中存在紅、綠、藍及黃色等不同群顏色色光時，此時每種色光經色視差眼鏡時，基本上繞射後偏折量差異愈明顯的，其立體效果愈佳。
2. 背景最好是黑色，各色光產生偏折時，會與背景色產生混合，因背景是黑色，不會有顏色變化情形產生。
3. 圖案不能太複雜，3D 效果會較顯著，如圖九(請見封底)的色視差圖片。

表 4 背景色顏色與突出量

背景色	大凸色群	中凸色群	小凸色群	螢幕	方向
黑	R RB	RG RGB	G GB	B BK	右
紅	B BK	G GB	RG RGB	R RB	左
綠	RG RGB	R RB	B BK	G GB	左
藍	R RB	RG RGB	G GB	B BK	右
白	G GB	B BK	R RB	RG RGB	右

表 5 不同顏色波長比較

顏色	波長 nm	差值
B	450	
G	495	45
RG	570	75
R	620	50

伍、結論

色視差眼鏡能將平面圖案變立體，是因為鏡片為穿透型光柵，利用光柵繞射的原理，光束射入鏡片時，會在布幕上形成多個等距的干涉點，且其中以 $m=+1$ 的干涉點為主要影像(最亮點)，其他較弱的光點會形成數個較不明顯的影像。利用左、右鏡片相差 180 度，兩眼看到偏移的位置呈現相反方向而得到相反的鏡像，使大腦將其影像判斷為 3D 立體影像。

深入探討再發現以紅、綠、藍等單色光射入鏡片時，以紅光的 $m=+1$ 點偏移最多，綠光次之、藍光最少，即不同波長的光源其繞射的偏移位置會不同，波長越長，通過色視差鏡片後，成像亮點的平均間隔也越寬。

因此像電腦螢幕的光，不論前景或背景光，單色或混色光，都會由個別的單色光獨立繞射偏折後，混合出各種效果。因此繞射後當不同顏色背景時，最突出的顏色也會不同，而使用黑色為背景，圖案顏

色依序紅、綠、黃、藍等顏色效果較佳。

3D 立體效果已經在日常生活中有許多的應用，如電視、電影、圖片等，因此研究者認為可以藉由色視差鏡片的實驗，讓國小五、六年級生觀察三種紅、綠、藍三色光的繞射情形，並簡單說明其 3D 立體成像的原理，甚至能對繞射有簡單的概念。也能結合美術課程，運用顏色不同對立體效果的影響，對圖片進行配色。在高中光學課程中，也能以色視差鏡片的實驗，讓學生對繞射概念能有更好的概念理解以及運用。

參考文獻

- <http://kookybat.deviantart.com/gallery/32214884/ChromaDepth>
http://en.wikipedia.org/wiki/Diffraction_grating
 光的色散 <http://baike.baidu.com/view/119775.htm>
 瞳孔 <http://baike.baidu.com/view/43060.htm>
 繞射、光柵 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A1%8D%E5%B0%84>