

走入家庭的視覺震撼——

# 3D立體影視的科學

眼見是實，耳聞是虛；真的嗎？你知道現在的影視產品大都是利用「欺騙」我們的眼睛及大腦來達成的嗎？

賴昭正

隨著科技的進步，立體影視技術逐漸普及。從前我們只能在電影院裡偶而觀賞上映的立體電影(3D-film)，但如今，立體電視(3D-TV)已被現代人視為下一波家庭電影院的主流。在美國，立體電視機及立體藍光影視播放機(blue-ray player)等產品，現已廣泛出現在消費者市場中。若能了解其運作原理，想必可為相關產品選購上的參考提供幫助。

語云「眼見是實，耳聞是虛」，果真如此嗎？大家所熟悉的電影，事實上是由一片又一片的靜態幻燈片所構成的；片與片之間事實上是有短暫的空擋(什麼都沒有)！但因前片消失時，其影像並不立即在視網膜上消失；因此只要下片在其完全消失前出現，則我們是「看」不到空擋的，而「誤」以為一切都是動態連續著！寫到這裡，筆者突然想到：在微觀世界裡，振動能量並不是連續

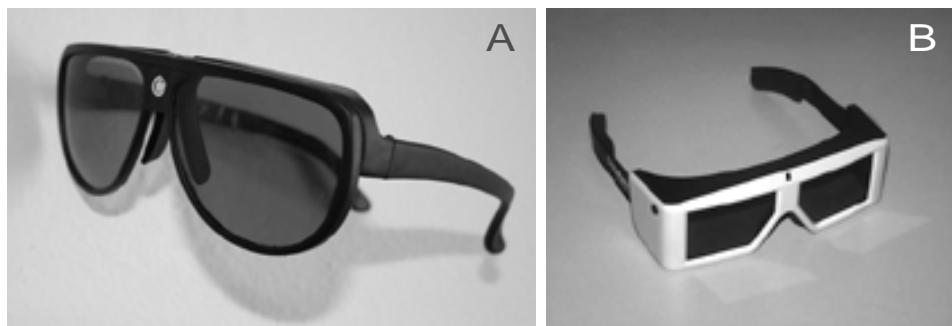
的，而只能以一階又一階的型態出現；但在巨觀世界(古典力學)裡，我們卻認為振動能量是「連續的」(什麼值都可能)！這是不是也是一個「誤覺」？同樣地，現在的物理學家大都還認為時間及空間是連續的，這是不是也是一個「誤覺」？因此到現在為止，物理學家還未能統合近代物理的兩大發現：廣義相對論及量子論〔註一〕！

## 視覺的成像模式

立體影視的原理則是建基於我們大腦「自做聰明」的「誤解」上的。我們的眼睛基本就是一對物理學上的凸透鏡；所以要了解大腦如何「自做聰明」，我們得先複習一下高中的透鏡光學。圖二中的「左眼」就是一個物理學中的凸透鏡。物體A放出的垂直光線經過該透鏡後，應偏折往透鏡的焦點前進；A放出通過該透鏡之中心點的光線則

不偏折，與前者光線相交於 $A_2$ ，那就是A物體的鏡像。同樣地，B物體透過左眼後將成像於 $B_2$ 。

筆者將右眼凸透鏡緊接著左眼放，主要是為了成像的方便，讀者應可看



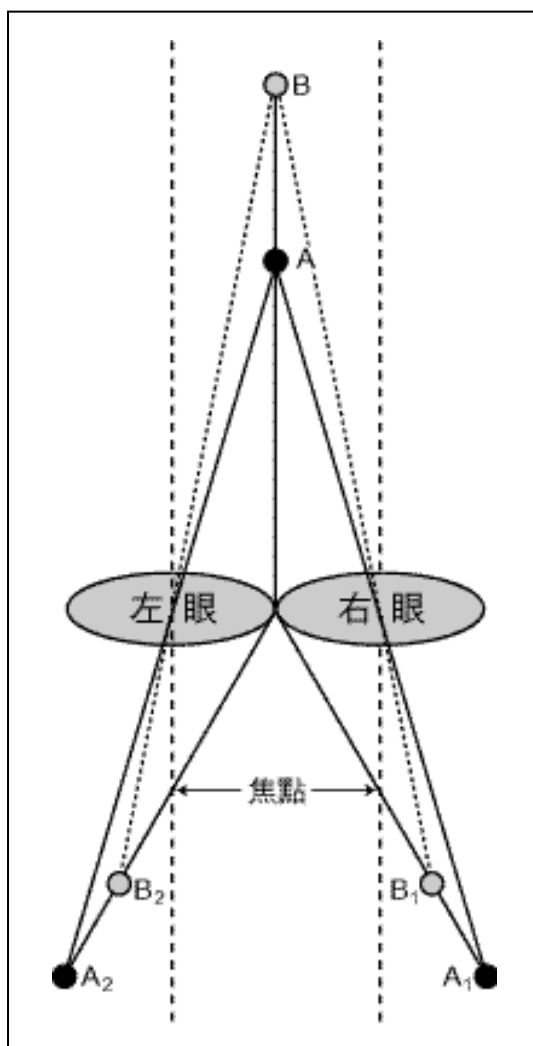
圖一：市面上不斷推出各種使用立體影視技術的相關產品，3D技術已逐漸融入人類生活中，圖為市面上常見的立體眼鏡。(A)紅藍色差眼鏡；(B)液晶快門眼鏡。

(圖片來源：維基百科)

出不會影響我們所探討之物理結果的。類似左眼的成像方法，A 物體經過右眼後應成像於  $A_1$ ，B 物體則應成像於  $B_1$ 。

所以 A 成像在右眼的中心垂直線右方及左眼的中心垂直線左方！經過幾千萬年的進化，我們的大腦「自動地」取其平均值，正確地認為 A 物體應在兩眼的正前方！同樣地，它也可正確地認為 B 物體也應在兩眼的正前方！不僅如此，它更因  $A_1-A_2$  較  $B_1-B_2$  為寬，而正確地判斷了 A 物體較 B 物體更接近我們（A 在 B 前方）從此我們的世界便不再是平面的，而是具有三維的立體空間！

現在我們假設圖二中的 A 為一圓環、B



圖二：物體在人類腦神經中的成像概念。

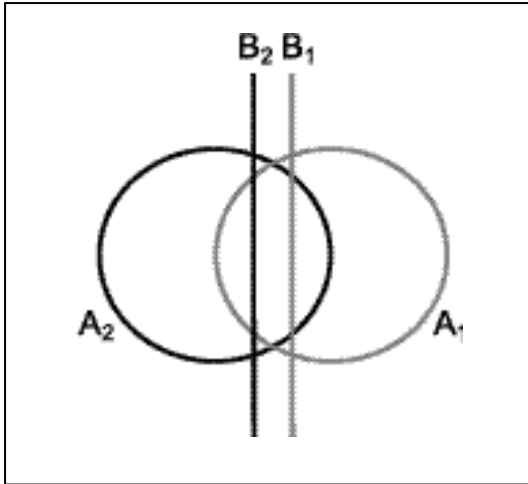
為一直線，則在我們左右視網膜上將形成如圖三之平面影像。由於 A、B 影像各一個偏左及一個偏右，我們的大腦不但知道它們事實上不是同在一個平面上，更由其左右不同的距離，知道 A 應在 B 之前！所以，立體影像的設計，基本原理就是在我們左右的視網膜上形成如圖三之平面影像，讓我們的大腦去「自做聰明」地以為 A 在 B 的前面了！

## 立體影視的建構

如何能達到上述之設計呢？聰明的讀者可能已猜測到：圖三本身正是可達到此一任務的設計！怎麼可能呢？我們不是「一眼」就視破圖三之  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_1$  及  $B_2$  四個圖形根本就是在同一平面上嗎？哈！問題就出在，我們所謂的「一眼」根本就是「讓左右眼同時去看」圖三：我們左右視網膜上均有四個圖形，這不是我們原來的要求！要達到立體，我們必須（一）讓右眼只看到左邊的  $A_2$  及  $B_2$ ，讓它們在右視網膜上形成  $A_1$  及  $B_1$ 。（二）讓左眼只看到右邊的  $A_1$  及  $B_1$ ，讓它們在左視網膜上形成  $A_2$  及  $B_2$ ；如此一來，我們左右的視網膜上不是形成如圖三之平面影像了嗎？我們的大腦便會「自做聰明」地以為 A 在 B 的前面了！

如何決定應讓右眼看到左邊還是右邊的影像呢？我們可用一簡單的實驗來決定（當然，事實上圖二已告訴我們答案了）。圖四有一垂直線；如果我們遮左眼來看它，它似乎往左邊移一點；同樣地，如果我們遮右眼來看它，它便往右邊移點。所以右眼的影像應在左邊；左眼所看到的影像應在右邊。

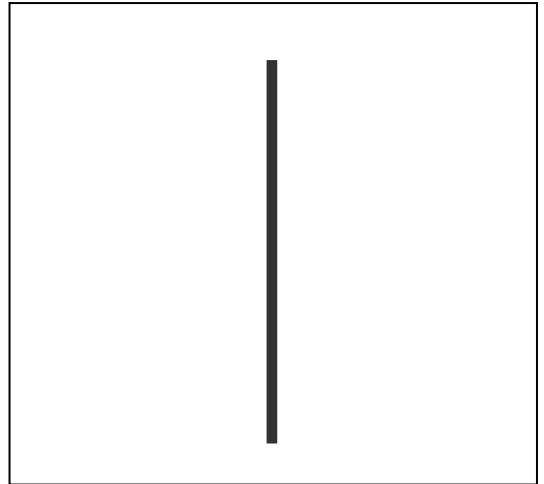
原則有了，我們如何避免兩眼同時看到圖三的四個圖形、來達成右眼及左眼看到不同的平面影像呢？最簡單的做法就是大家所



圖三：圓環、直線在左右視網膜上形成之影像。

熟悉的使用「紅藍色差眼鏡」！如果圖三左邊的A、B是用紅筆劃的，右邊的A、B是用藍筆劃的；我們帶上紅藍色差眼鏡（紅色在左邊、藍色在右邊），我們的左眼不是只能看到右邊的A、B；右眼只能看到左邊的A、B嗎？信不信由你，我們將看到一個黑環非常明顯地在一條黑線之前！哈，我們成功地騙了大腦，讓它將圖三的平面圖像誤以為是立體組合！

使用紅藍色差眼鏡最大的缺點當然是失掉色彩的純真：例如左眼因帶紅鏡的關係，將看不到紅色〔註二〕，其它顏色也因之變色。因是之故，使用紅藍色差眼鏡的立體影視應該將很快地絕跡。因無線通訊的快速發展，現在市面上的立體電視大都使用「液晶快門眼鏡」：當銀幕上放映「左圖」時，它同步地關上左眼；放映「右圖」時，它同步地關上右眼（打開左眼）。只要左、右交換得夠快，因視覺暫留的關係，我們的大腦還是會以為左、右眼是同時看到兩個些微不同之影像的——而自做聰明地合成立體影視。為了避免閃爍，我們知道電影放映的速率應在每秒40格以上；這表示立體電視機的「重新粉刷」速率（更新速率）應在80赫茲（Hz）



圖四：試著分別閉上左右眼，垂直線會往哪個方向偏移？

以上〔註三〕！液晶快門眼鏡的反應速率（開、關）也應在每秒80格以上〔註四〕。

製造立體影視不但不困難，事實上非常簡單：只要同時使用兩個保持兩眼距離之攝影或照相機拍攝同一物景即可！

了解了立體影視的基本原理乃是在「騙」大腦後，相信許多讀者都會提出一個質疑：長期看立體影視是否可能對眼睛不好？不錯，事實上在美國，政府已規定立體電視機廠商必須在使用手冊裡警告「6歲以下小孩因大腦及眼睛均還在發展階段，最好不要看立體電影」！

註一：詳見筆者譯著《量子的故事》（凡異出版社，第二版，2005年）。

註二：因為背景是白色，經過紅色濾鏡後也變成紅色，所以我們分辨不出原來的紅環。如背景是黑色的話，我們事實上是可以看到「紅色」的。

註三：現在高檔的液晶電視的更新速率均可達120 Hz。

註四：現今液晶平面顯示器的「反應速率」都可達5毫秒以下（每秒200次以上）。

賴昭正：美國芝加哥大學化學博士