

藉由眼動追蹤法探討錯視圖形之研究 An exploratory study on illusion figure by using eye tracking

蔡政旻* 葉玉玲** 李傳房* 管倖生*
Cheng-Min Tsai* Yu-Ling Yeh** Chang-Franw Lee* Shing-Sheng Guan*

*國立雲林科技大學設計學研究所
**國立雲林科技大學工業工程管理研究所

摘 要

本研究以平面、立體以及空間構成之錯視圖形為基礎，並藉由眼動追蹤法觀察受測者觀看錯視與一般圖形過程中所反應的視線軌跡。有別於以往錯視圖形之相關研究，本研究嘗試透過較為客觀而穩定的觀察程序，並規劃以兩個實驗進行實證性研究探討，其中實驗一是記錄受測者在觀看平面、立體以及空間所構成的一般圖形與錯視圖形時所反應的眼動訊息。結果顯示，一般圖形與錯視圖形有顯著差異，而且空間錯視圖形中，不同位置的物體其所反應的眼動訊息亦有顯著差異。根據實驗一的顯著結果進行實驗二並針對空間錯視圖形所建構出的兩種不同的形式(左、右透視點)給另外未參與實驗一的受測者觀看。結果顯示受測者在觀看不同的形式之空間錯視圖形時所反應的眼動訊息呈顯著差異，本研究初步推論人們的視線軌跡將受到錯視圖形之影響，其視覺焦點也同時因為透視點的改變而有所差異。

關鍵詞：眼動追蹤、錯視圖形、透視

一、前言

在人類的感官世界中，視覺感知(Visual Perception)可算是最能讓我們信而為實的感覺之一。日常生活中，人們接受外界的訊息大約有百分之七十是透過視覺系統(Visual System)來傳遞(Wandell, 1995)，但是人們肉眼所見的事物是否真的能代表真實世界的現象呢？吾人可以完全相信與生俱來的視覺系統嗎？

生活中許多錯覺經驗是因為人們的視覺系統對週遭環境所接受到的訊息與以往的視覺經驗出現衝突的現象。人們在觀看物體時並沒有實際的影像產生，而是由大腦中的視覺皮質區(Visual Cortex)接收了有關該物體的顏色、形狀、大小、運動訊息等訊息之後，再經由大腦中複雜的神經活動重新組合成為人們眼睛所看見的物體。許多研究指出，人們對視覺訊息的處理歷程皆會涉及由上而下(top-down approaches)取向或是由下而上(bottom-up approaches)取向。尤其是，對於錯視圖形的研究，雖然在不同時期進行探討，但發展至今尚無明確的定論(Pelton & Solley, 1968; Spitz & Lipman, 1962; Brigner & Deni, 1990)。

以往有關錯視圖形的研究中大多數皆採用問卷調查法由受測者主觀陳述所觀看到的圖像，研究者並藉此探討人們在觀看圖形時的視知覺轉變(perceptual switching)現象(Ellis & Stark, 1978)。但

是，除了量化的問卷調查方式或質性的個案研究方法之外，是否有其它更為客觀或標準化的程序(例如：以不同的研究取向與程序化的變項量測)來探討人們觀看錯視圖形時的視覺反應。心理學家 Rayner(1998)指出，透過觀察人們的視覺反應，(例如：視線軌跡或瞳孔反應)可以直接推測人們大腦高層的認知處理(Cognition Process)過程。許多研究指出，人們眼睛所凝視的位置與注意力分佈的空間範圍也存在著強烈的相關性(Antes, 1974; Megaw & Richardson, 1979; Henderson & Hollingworth, 1998; Henderson et al., 1999; Duchowski, 2003)。其實早在孟子離婁上篇記載孟子曰：「觀其眸子，人焉廋哉」，這意味著觀察人的眼睛活動可以反映出人們許多心理活動。有鑑於此，本研究透過眼動追蹤法(eye-tracking)，記錄人們觀看視覺刺激的視線軌跡(scan-path)，並藉以了解人們對於觀察錯視圖形時，眼球的反應。本研究利用平面、立體及空間構成之概念，將圖形分為一般圖形與錯視圖形同時觀察受測者觀看錯視圖形的視線軌跡。藉此可以進一步探討人們觀看錯視圖形時，其視覺訊息的處理程序是由上而下取向或是由下而上取向。

二、文獻探討

1. 錯視圖形(illusion figure)

「錯視」是指人們在觀看圖形或畫面時，在

視覺上呈現不正確的反應現象。然而，造成錯視的元素可分為許多類別，例如：大小、扭曲、遠近對照，經由視覺器官所引起的錯視。本實驗所選用的刺激材料分別包含透視、分割及交叉等三層面的錯視圖形為基礎。

有許多心理學家嘗試以多義圖形(Ambiguous Figures)與立方體(Necker Cube)為基礎，並輔以探討人們在觀看錯視時由上而下的視覺歷程(Ammons & Ammons, 1963; Brigner & Deni, 1990; Orbach, et al., 1963)。此種歷程也稱作資料驅動取向，當人們由物理刺激知覺到形狀或型態，接著往上解釋高層次認知歷程的概念(Sternberg, 2003)。相反地，另外一種視覺處理歷程則是注重高層次的認知歷程、既有的知識以及影響知覺的先前預期，以由下而上的歷程來處理視覺訊息。人們憑著知識及經驗，對於所感受到的知覺作出預期性的判斷。所以，有一部份的心理學家則探討由上而下的視覺處理歷程對錯視圖形的處理，並探討受測者的經驗、學習狀態及認知狀態等因素(Pelton & Solley, 1968; Spitz & Lipman, 1962)。

2. 眼球運動 (Eye Movement)

人們眼球中的視網膜(retina)是主要負責接收外界光線及色彩等資訊的接收器(receptor)，其中分佈著一億三千萬個以上對光線較為敏感的桿狀細胞(rod receptors)以及七百萬個以上對色彩有反應的錐狀細胞(cones receptors)，大部分的錐狀細胞皆集中分佈在中央窩(fovea centralis)，其解像力(resolution)遠高於以視軸為中心，10 至 20 度以外的視網膜區域 (Wandell, 1995)。人們的視覺系統為了保持物體的影像落在視網膜的中央窩以獲得清晰的視覺，所以兩眼必須對準所注視的物體，然而將眼睛對準所觀看的物體的行為稱為「凝視(fixation)」；視覺系統為了實現對不同物體之間的凝視，使眼球不斷地移動以達到反覆的「凝視(fixation)」與「跳視(saccade)」(Rayner, 1998; 朱滢, 2000)，其反覆的過程即形成眼球的運動。

3. 眼球運動形式與心理意義

人們每天所接觸的事物以及所觀看的影像相當多，視覺系統必須不斷的處理來自外界的視覺資訊，為了觀看目標物（例如閱讀、觀看感興趣的事物），每天必須不斷的移動眼睛約 15 萬次(Babcock et al., 2003)。由於眼球在視覺系統中扮演第一個接收視覺訊息的角色，所以當我們想了解某人正在注意或觀看那些訊息時，眼球的位置與運動過程將成為被觀察的重要指標之一。

Henderson & Hollingworth (1998) 指出，觀察眼球運動可以得到相當多訊息，而人們眼睛所凝視的位置與注意力分佈的空間範圍存在著強烈的相關性(Duchowski, 2003)。由於眼球的運動可即時

(on-line)反映人們在觀看影像(scene perception)的過程，所以藉由觀察眼球運動訊息可以了解人們所注意的區域以及有興趣的位置，而且相關研究發現眼動訊息一直與人們的心理變化是有關聯性存在(Rayner, 1998; 朱滢, 2000)。此外有許多研究也藉由分析眼球運動訊息來探討人們的注意力，而且已廣泛的運用在各種應用領域，包含探討文字閱讀(Wolverton & Zola, 1983)、影像瀏覽(Babcock, et. al., 2003)等研究。Rayner(1998)指出，近二十年以來，已經有許多研究藉由觀察眼動訊息來探討認知(cognitive process)心理議題，其實早在 1878 年開始，已經有相關研究藉由觀察眼球運動訊息來進行實證性研究，惟其受限於眼球追蹤技術無法突破，而且由主試者以人工觀察的方式進行實驗，唯其結果之誤差極大，同時也較不具說服力。直到 1980 年代初期，第一部透過紅外線角膜反射來偵測瞳孔位置的精密追蹤儀器被發展出來(Mueller et al., 1993)，眼動追蹤技術才逐漸被廣泛的應用在各種學術研究與應用領域。

由於觀察人們的眼球運動的關鍵是透過眼球運動可以有效的(efficient)而且即時的(timely)獲取複雜的視覺認知(visual-cognitive)歷程。但是有那些眼動訊息可以作為觀察心理活動的指標？Megaw and Richardson(1979)與 Duchowski(2003)指出，觀察眼球運動的主要參考指標可分為凝視時間(fixation times or fixation duration)、凝視次數(number of fixation or fixation count)以及凝視順序(sequence of fixation points)。Henderson & Hollingworth (1998)研究結果指出，觀察眼球運動有兩個最重要的議題，分別是人們在觀看影像(scene perception)時，凝視的位置(fixation position)集中在什麼區域，以及在集中區域內的凝視時間。

Buswell (1935)指出，人們在觀看圖像(scene)時，其凝視點的分佈並非隨機的呈現，而是有區域性的集中或分散在不同的位置(引自 Loftus & Mackworth, 1978)，故分析圖像上各區域凝視點次數分佈的疏密可以了解人們在觀看圖像時所注視的區域。更早期於 1832 年 Necker 提出以眼睛觀看立方體(Necker Cube)來探討眼球對空間及腦內顳皮層的運動，甚至延伸於圖地反轉(figure-ground)等錯視圖形的探究(Necker, 1832; Carpenter & Just, 1976; Bradley & Petry, 1977; Glen, 1940)。

三、研究方法步驟與分析

1. 實驗設計與程序

本研究採用心理物理實驗設計，透過實驗刺激材料於螢幕上的呈現，讓受測者觀看之後簡單陳述所觀看到的影像，並同時輔以眼動追蹤儀(eye tracker)記錄受測者在觀看刺激材料時所反應的眼

動行為。

本實驗執行程序分為三階段，第一階段：受測者閱讀實驗規則，並由主試者說明實驗程序。待受測者了解實驗程序之後，開始進行實驗操作練習以熟悉實驗操作，並閱讀實驗指導語。第二階段：由主試者協助配戴眼動追蹤儀器並同時進行儀器校正，在完成儀器校正後即開始正式進行實驗。受測者在觀看實驗刺激影像過程中，同時以眼動追蹤儀進行紀錄受測者眼動訊息數據資料(凝視位置、凝視時間與視線軌跡)。第三階段：在受測者完全觀看完每一個實驗嘗試(trial)之後，隨即詢問受測者所看到的影像內容，例如：「請問你看到什麼？」並進行簡單陳述。每一位受測者完成整個實驗約需 20 分鐘。

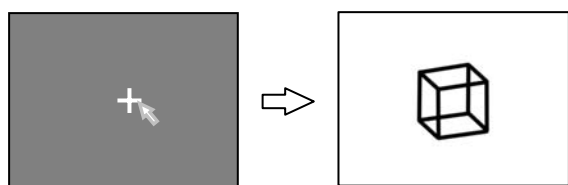


圖 1 每一個刺激影像呈現之前的十字線畫面(左圖)與刺激影像呈現後之凝視起始位置(右圖)

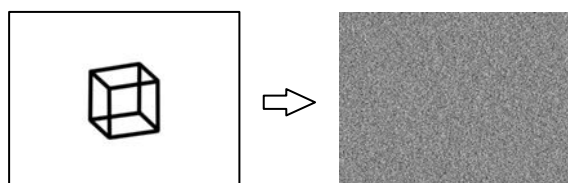


圖 2 刺激影像(左圖)與雜訊畫面(右圖)

實驗過程中，在每一個刺激影像呈現之前，由受測者自行將滑鼠指標(cursor)移至螢幕中心十字位置(圖 1)，以便控制受測者的視線，使其專注在整個刺激影像的中心位置，以達到每個實驗的起始凝視位置皆在刺激影像的中心位置。每一個刺激影像呈現 5 秒之後，隨即出現由隨機點(random noise)所構成的雜訊(noise)畫面(圖 2)，以避免前一個刺激影像產生補色殘像(after image)效應，而影響後一個視覺刺激影像。

2. 實驗環境與設備

本研究實驗於暗室環境下進行，並調整受測者座椅位置，使得受測者眼睛至螢幕的觀看距離保持 60 公分的距離。以加拿大 SR Research 公司所研發的眼動追蹤儀(EYELINK II)搭配 ViewSonic 19 吋 CRT 全平面顯示器(可視區域寬 36 cm x 高 28 cm)，螢幕解析度設定為 1024 (pixels) x 768 (pixels)以 85Hz 的頻率顯示刺激材料。

3. 實驗一

(1)受測者：採用方便選樣針對雲林科技大學

設計學院 3 位研究生及管理學院 5 位研究生進行實驗，有效樣本數共 8 位，(男：3 人，女：5 人)，每位受試者視力經矯正後有 1.0 以上且並無其他眼睛疾病或精神疾病。

表 1 實驗一刺激圖形

	一般圖形(N)		錯視圖形(i)
代碼	AN1	AN2	Ai
平面構成(A)			
代碼	BN1	BN2	Bi
立體構成(B)			
代碼	CN		Ci
空間構成(C)			




(2)刺激影像：本實驗之刺激圖形之選擇則依據平面(A)、立體(B)、空間構成(C)之錯視圖形為基礎，如表 1 所示。實驗過程中，保持受測者觀看單一刺激影像視角寬約 10 度、高約 10 度(300 x 300 pixels 的矩形)，實驗刺激影像之呈現順序為非隨機設計，分別是一般圖形(AN1)→錯視圖形(Ai)→一般圖形(AN2)→錯視圖形(Ai)為呈現規則，目的是為保持受測者所觀看之情境與時間順序一致。

4. 實驗二

(1)受測者：為避免受測者記憶效應，實驗二之受測者將排除已參與過實驗一的受測者，實驗二採用方便選樣針對雲林科技大學設計學院 4 位研究生及管理學院 4 位研究生進行實驗，有效樣本數共 8 位(男：3 人，女：5 人)，每位受試者視力要求與實驗一一致。

(2)刺激影像：實驗二刺激圖形之選擇則依據實驗一所得結果進行規劃。錯視圖形將以探討空間構成之錯視圖形為主，其與實驗一之 CN、Ci 圖形差異主要是背景線條的透視點位置依據左、右透視技法所呈現的兩種不同方向的空間錯視圖形(形式一；形式二)，如表 2 所示。實驗過程中保持受測者觀看全螢幕視角為寬 34.8 度、高 26.3 度。此外為記錄較多的眼動訊息，每張影像呈現時間將延長為 30 秒。刺激影像分別設置於畫面左、中、右三個區域(樹木)以及刺激影像呈現順序則與實驗一相同。

表 2 實驗二刺激圖形

圖形	一般圖形(N)	錯視圖形(i)
代碼	DN-1	Di-1
形式一		
代碼	DN-2	Di-2
形式二		

四、實驗結果

經由多變量變異數分析(Multi-ANOVA)進行受測者觀看不同刺激圖形時的眼動訊息，分析實驗一所得實驗結果依據平面、立體、空間構成之錯視圖形；實驗二則依據左、右透視技法所呈現的兩種不同方向的空間錯視圖形(表 2 之 Di-1 與 Di-2 圖)，並記錄受測者觀看後的眼動訊息結果，其各別分析後的結果如下：

1.實驗一資料分析：

依據平面構成(A)部份，分別比較一般平面圖形(A)與平面錯視圖形(Ai)之視線軌跡，結果發現受測者在觀看一般圖形(AN1)與錯視圖形(Ai)時，其凝視時間($F_{(1,46)}=4.867, p<.05$)達顯著差異，而且是 Ai 的時間多於 AN1 圖形、凝視次數($F_{(1,46)}=.623, p>.05$)部份則未達顯著差異；在一般圖形(AN2)與錯視圖形(Ai)部份，其凝視時間($F_{(1,46)}=5.238, p<.05$)達顯著差異，而且 Ai 的時間多於 AN2 圖形、凝視次數($F_{(1,46)}=.612, p>.05$)部份則未達顯著差異。

立體構成(B)部份，分別比較一般立體圖形(B)與立體錯視圖形(Bi)之視線軌跡，結果發現受測者在觀看一般圖形(BN1)與錯視圖形(Bi)時，其凝視時間($F_{(1,46)}=1.309, p>.05$)未達顯著差異，但凝視次數($F_{(1,46)}=10.354, p<.05$)部份則有顯著差異，而且是 BN1 的次數多於 Bi 圖形；在一般圖形(BN2)與錯視圖形(i)部份，其凝視時間($F_{(1,46)}=1.705, p>.05$)未達顯著差異，但凝視次數($F_{(1,46)}=18.734, p<.001$)部份則有顯著差異，而且是 BN2 的次數多於 Bi 圖形。

空間構成(C)部份，受測者在觀看一般空間圖形(CN)與空間錯視圖形(Ci)時，其凝視時間($F_{(1,46)}=7.098, p<.05$)達顯著差異，而且是 CN 多於 Ci 圖形；但是在凝視次數($F_{(1,46)}=3.341, p>.05$)部份則未達顯著差異。

此外，空間圖形中分別設置於畫面的(左、中、右)三個區域，透過單因子變異數分析後結果

顯示，一般圖形(CN)中的三個區域間的凝視時間($F_{(1,21)}=19.142, p<.05$)與凝視次數($F_{(1,21)}=11.754, p<.05$)之主效果呈顯著差異。故進行事後檢定(Tukey 檢定法)進一步分析差異來源，結果發現造成區域上的差異來源，主要是中間的平均凝視時間、凝視次數皆高於左、右兩側的區域；但就左、右兩側而言，凝視時間($F_{(1,14)}=1.423, p>.05$)、凝視次數($F_{(1,14)}=.841, p>.05$)於事後檢定結果顯示並無顯著差異，如圖 3 所示。

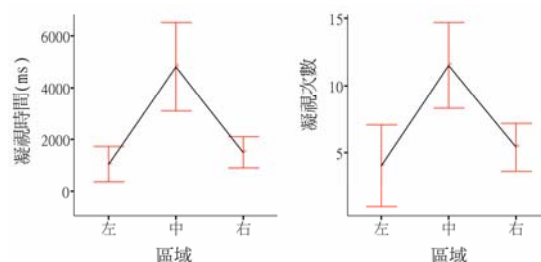


圖 3 對一般空間圖形的凝視時間(左圖)與凝視次數圖(右圖)

在錯視空間圖形(Ci)中的三個區域之間的凝視時間($F_{(2,21)}=21.226, p<.05$)、凝視次數($F_{(2,21)}=16.293, p<.05$)之主效果皆呈顯著差異。故進行 Tukey 事後檢定，結果顯示凝視時間與凝視次數皆偏重於右側的區域上，亦即右側的凝視時間與凝視次數皆明顯高於左側與中間的區域(圖 4)。就圖形(CN、Ci)與區域(左、中、右)進行兩因子變異數分析，結果顯示，凝視時間($F_{(2,42)}=13.237, p<.001$)與凝視次數($F_{(2,42)}=8.376, p=.001$)之交交互作用亦達顯著差異。故本研究為確立該問題是否受到空間圖形背景線條之影響所致，故試圖將空間錯視圖形背景線條之透視點改至圖形左側(如表 2 之 Ci-2 所示)。

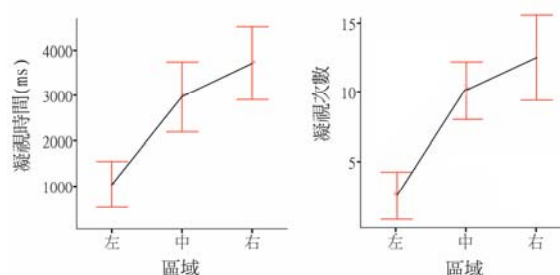


圖 4 空間錯視圖形(Ci)凝視時間(左圖)與凝視次數圖(右圖)

2.實驗二資料分析

依據變異數分析後結果顯示，於形式一之一般空間圖形(DN-1)中的三個區域之間的凝視時間($F_{(2,21)}=1.216, p>.05$)、凝視次數($F_{(2,21)}=.682, p>.05$)皆未呈顯著差異，其結果與實驗一所得結果一

致；反觀，形式一之錯視圖形(Di-1)中不同區域之間的凝視時間($F_{(2,21)}=7.881, p<.01$)、凝視次數($F_{(2,21)}=8.348, p<.01$)則呈顯著差異，在 Tukey 事後檢定後，結果顯示凝視時間與凝視次數皆偏重於右側的區域(圖 5)，亦即凝視時間與凝視次數皆同時高於中、左區域，此實驗結果與實驗一相符。

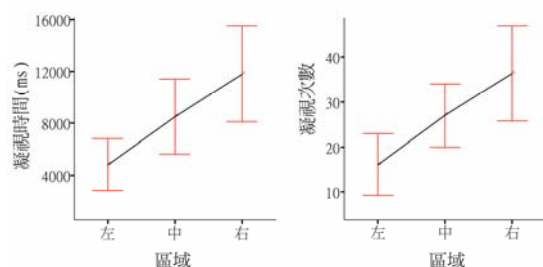


圖 5 形式一空間錯視圖形(Di-1)的凝視時間(左圖)與凝視次數圖(右圖)

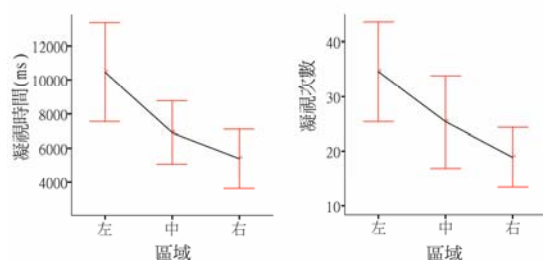


圖 6 形式二空間錯視圖形(Di-2)凝視時間(左圖)與凝視次數圖(右圖)

另外，在形式二之錯視圖形(Di-2)中的三個區域之間的凝視時間($F_{(2,21)}=7.592, p<.01$)、凝視次數($F_{(2,21)}=5.580, p<.01$)皆呈顯著差異(圖 6)，進行事後檢定結果顯示，凝視時間與凝視次數皆偏重於左側的區域，亦即凝視時間與凝視次數皆同時高於中、右區域的樹木。

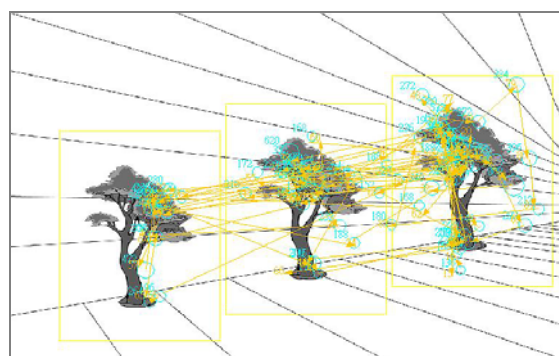


圖 7 空間錯視圖形(Di-1)之視線軌跡分佈呈現偏右(其中一位受測者的視線軌跡資料)

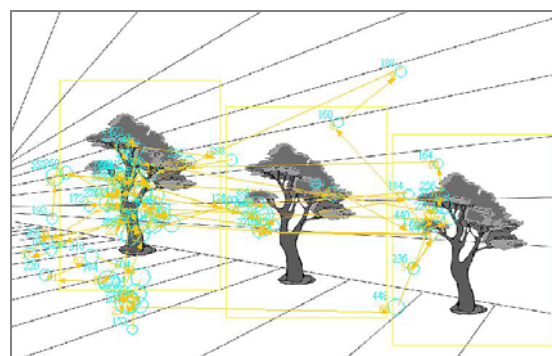


圖 8 空間錯視圖形(Di-2)之視線軌跡分佈呈現偏右(其中一位受測者的視線軌跡資料)

五、結論

經本研所得實驗結果發現，空間錯視圖形的透視點會直接影響受測者觀看的視覺焦點(包含凝視時間與次數)；而且，受測者會因為空間透視點的位置而影響其注視區域的改變。此外，空間錯視圖形的透視點置於右側時，則右區域的凝視時間與凝視次數較高於其中間與左側區域(圖 5)。反之亦然(圖 6)。因此，本研究推測受測者除了受到透視點位置的影響，而且因為背景的透視線條所造成的錯視效果亦同時影響受測者所觀看的視覺焦點。由此可見，本研究推測人們對這部份的視覺訊息處理是由下而上的視覺知覺歷程。此外，本研究實驗二所得結果亦同時發現，受測者在觀看一般空間圖形(DN-1 與 DN-2)時，其視線軌跡反應呈現均勻分佈狀態；反之，受測者在觀看空間錯視圖形(Di-1 與 Di-2)時，皆一致認為在 Di-1 圖形中的右側的樹木大於中間的樹木，其次是左側。同時也認為在 Di-2 圖形中的左側的樹木大於中間的樹木，其次是右側，而且受測者在觀看空間錯視圖形時的視覺焦點分別偏向於右側(圖 7)與左側(圖 8)。

由於所有受測者先觀看過一般圖形之後再觀看錯視圖形，其間的視覺刺激已有先後之時間序列關係，受測者在觀看一般圖形時，其視覺訊號接受後經由大腦的詮釋及組合，並進而建立預期認知與概念性的知識，所以在觀看錯視圖形時，因錯視的產生而影響受測者的預期認知。由於人們對預期的認知處理取向是由上而下的認知處理過程，故本研究推測，這是影響人們改變視覺焦點的因素之一，然而該結果也在實驗二獲得初步的証實。這與認知心理學者 Gregory (1997)所提出由上而下理論的建構知覺(constructive perception)相符。本研究透過平面、立體及空間的概念，嘗試以一般圖形與錯視圖形的錯視基礎，並透過眼動追蹤法期能精確的記錄人們對於視覺刺激處理的取向與反應的時間。本研究透過實證法所得結

果與認知心理家所提的觀點相符合。對於後續的研究，本研究建議利用眼動追蹤法可以持續嘗試其他錯視的圖形進行關聯性探討(例如：對比、扭曲及角度等)。透過該技術的協助，預期將可進一步探討更複雜的錯視圖形研究，以使其基礎學術研究更趨於完整而周延。

參考文獻

1. Ammons, C. H., & Ammons, R. B. (1963). Perspective reversal as affected by physical characteristics of Necker Cube drawings. *Proceedings of the Montana Academy of Sciences*, 23, 287-302.
2. Antes, J. R. (1974). The time course of picture viewing. *Journal of Experimental Psychology*, 103(1), 62-70.
3. Babcock, J. S., (2002). Eye tracking observers during color image evaluation tasks. College of Science, Rochester Institute of Technology, New York.
4. Babcock, J. S., Pelz1, J. B., & Fairchild, M. D. (2003). Eye tracking observers during rank order, paired comparison, and graphical rating tasks. *Proceedings of the 2003 PICS Digital Photography Conference*, Rochester, NY.
5. Bradley, D. R. & Petry, H. M. (1977). Organizational determines of subjective contour: the subjective Necker cube. *American Journal of Psychology*, 90, 253-262.
6. Brigner, W. L., & Deni, J. R. (1990). Depth reversals with an equiluminant Necker Cube. *Perceptual and Motor Skills*, 70(3 Pt 2), 1088.
7. Buswell, G. T. (1935). *How People Look Pictures*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
8. Carpenter P., Just M., (1976). Linguistic influences on picture scanning. *Eye Movements and Psychological Processes* Eds R. A. Monty, J. W. Senders (Hillsdale NJ: Lawrence Earlbaum Associates)
9. Duchowski, A. T. (2003). *Eye tracking methodology: theory and practice*. Verlag London Limited, 186-187.
10. Ellis, S. R. & Stark, L (1978). Eye Movements during the viewing of Necker cubes, *Perception*, 7, 575-581.
11. Feneis, H. & Dauber, W. (2000). 人體解剖學圖譜(陳金山&徐淑媛 譯, 2003). 台北：合記圖書，p.79.
12. Glen J. S., (1940). Ocular movements in reversibility of perspective. *Journal of General Psychology*, 23, 243-281.
13. Gregory, R. L. (1997). Visual illusions classified. *Trends in Cognitive Sciences*. 1(5), 190-194.
14. Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (1998). Eye movement during scene viewing: An overview. In *Eye Guidance in Reading and Scene Perception*, G. Underwood, Ed. Elsevier Science Ltd., 269-293.
15. Henderson, J. M., Weeks, P. A., & Hollingworth, A. (1999). The effects of semantic consistency on eye movements during complex scene viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 25(1), 210-228.
16. Loftus, G. R. & Mackworth, N. H. (1978). Cognitive determinants of fixation location during picture viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(4), 565-572.
17. Megaw, E.D. & Richardson, J. (1979), Target uncertainty and visual scanning strategies. *Human Factors*, 21(4), 302-315.
18. Mueller, P. U., Cavegn, D., d'Ydewalle, G., & Groner, R.(1993). A comparison of a new limbus tracker, corneal reflection technique, Purkinje eye tracking and electro-oculography.
19. Necker, L. A. (1832). Observations on some remarkable optical phenomena seen in Switzerland; and on an optical phenomenon which occurs on viewing a figure of a crystal or geometrical solid. *Philosophical Magazine*. 1, 329-337.
20. Orbach, J., Ehrlich, D., & Heath, H. (1963). Reversibility of the Necker cube : I. An examination of the concept of "satiation of orientation". *Perceptual and Motor Skills*, 17, 439-458.
21. Pelton, L. H., & Solley, C. M. (1968). Acceleration of reversals of a Necker cube. *American Journal of Psychology*, 84(4), 585-588.
22. Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.
23. Spitz, H. H., & Lipman, R. S. (1962). Some factors affecting Necker cube reversal rate. *Perceptual and Motor Skills*, 15, 611-625.
24. Sternberg, R. J. (2003). 認知心理學(李玉琇&蔣文祁譯) 台北：雙葉圖書，pp.153-166.
25. Wandell, B. A. (1995). *Foundations of vision*. Sinauer Associates, Inc. pp. 46-47.
26. Wolverton, G. S., & Zola, D. A. (1983). The temporal characteristics of visual information extraction during reading. In *Eye Movements in Reading: Perceptual and Language Processes*, K. Rayner Ed., Academic Press, New York, pp.41-51.
27. 朱滢(2000)，實驗心理學，pp.561-612，台北：五南圖書。

誌謝

特別感謝中國文化大學大傳系唐大崙老師協助實驗程式之撰寫以及參與本實驗之所有受測者，使得本研究能順利完成。

