

幾何形錐體之動態錯視運動知覺及眼動訊息研究

張智超¹ 陳光大²

¹ 國立雲林科技大學設計學研究所

² 國立雲林科技大學數位媒體設計系

摘要

本研究為動態造形之旋轉性運動知覺系列研究之一，利用 EyeLink® II Camera 頭戴式眼動儀進行實驗量測，觀察不同樣式的幾何形錐體之三種動態錯視運動知覺狀態為目的，同步記錄受試者對其知覺反應之眼動訊息視線軌跡，藉以了解其眼動訊息的變化與分佈狀態，比較之間的視線軌跡平均跳視幅度是否存在差異，根據實驗結果進行分析與討論。結果發現：幾何形錐體搭配轉速閾值界限，牽動「眼動訊息跳視幅度」的強弱。直接影響三種旋轉性動態錯視運動知覺眼動訊息跳視幅度變化，呈現延伸、拉長的趨勢，視線軌跡的方向特徵則均是呈現上、下來回的視線軌跡路徑，顯示不同樣式的幾何形錐體與轉速閾值界限參考值和三種旋轉性動態錯視跳視幅度存在因果關係。

關鍵詞：幾何錐體、動態錯視、運動知覺、眼動訊息、視線軌跡、跳視幅度

一、前言

1-1 研究背景及目的

本研究為動態造形之旋轉性運動知覺系列研究中，延續人們對於動態錯視運動知覺反應之主題，將研究層面擴及到人們在動態錯視運動知覺的視知覺歷程中，其反應所呈現的視覺移動方位與眼球運動狀態變化之探究，以深入解析動態錯視運動知覺與其眼動訊息反應之間的關係。

由於在動態造形之旋轉性運動知覺研究之初，主要是藉由物理刺激（旋轉轉速）與心理感覺（動態錯視運動知覺反應強度）之間的對應關係，去觀察人們在動態錯視運動知覺上的反應與判別。雖然已獲得不錯的研究成果，但仍發現有部分的視覺現象與知覺現象無法釋疑，需要進一步針對此一範疇加以深入研究、分析，否則無法解析人們的視覺系統是經由怎樣的知覺歷程與運作機制，來觀看動態造形及其誘發產生之動態錯視運動知覺。由於動態造形引發的動態錯視運動知覺，涉及到錯視所形成的知覺與眼球之間的關係，有必要使用更為客觀、科學、嚴謹的量測技術來進行研究。而始於十九世紀末的眼球運動研究，可對人類複雜的視覺認知歷程進行精確的計算與分析，提供人類在進行相關視覺訊息處理過程中的眼球運動數據，而其擷取數據資料的時間點與空間性，也較其它研究技術來得精細。加上近年來一些精密測量眼球運動的高科技儀器相繼問世，為研究實驗提供了更為科學、客觀、精準的研究工具。已經有越來越多領域的研究學者開始以眼球運動做為研究的觀察指標，在其研究範疇進行各項眼球運動研究，以協助他們進一步探究人類的視覺認知與眼動訊息反應之間的關係。目前利用眼球運動做為研究觀察指標的，主要是廣泛應用在注意力（Borys & Plechawska-Wójcik, 2017）、閱讀歷程（Rayner, 1998）、圖像知覺（Hess & Polt, 1960）、視覺搜尋（Henderson & Hollingworth, 1998）、模式識別（Gidlöf, Wallin,

Dewhurst, & Holmqvist, 2013)、情景知覺 (Schütz, Braun & Gegenfurtner, 2011) 等主題研究。本研究將藉由「眼動追蹤儀」(eye tracking) 的設備與技術, 透過眼球運動基本形式中的「追隨運動」(pursuit movement), 進行各項眼球追蹤運動研究, 以深入分析動態錯視所形成的知覺歷程。並採用眼球運動中「視線軌跡」(scan-path) 觀察指標的量測, 在人的知覺與視線軌跡之範疇內, 記錄受試者觀看動態造形時, 動態錯視運動知覺反應的視線軌跡變化與分佈狀態, 以了解其知覺之眼動訊息反應。

在過去國內外相關之錯視與眼球運動研究中可發現, 絕大多數的眼球運動研究都僅探討平面(靜態)形式的錯視, 十分缺乏動態造形表現形式的錯視研究與論述, 更不遑論是探究動態造形誘發產生的動態錯視運動知覺。平面造形本身並不具備真實的運動狀態, 因造形所引起的錯視效果, 主要是依賴造形視覺性的錯視構造而知覺產生的, 所以嚴格來講平面造形的錯視只是一種假象的動態感知。而動態造形則是在真實運動狀態下, 藉由時間改變所產生的運動位移現象, 可以真正知覺到動態錯視效果, 它比平面造形多了「時間」因素。此外, 動態造形並非純粹只是造形上的變化而已, 其造形本質不在於形, 而是在於一種處於運動知覺與空間之中的造形形態, 藉由時間推移所產生的位移現象, 是會產生動態形式的動態錯視運動知覺。而在這樣的因素與條件下, 動態造形誘發產生之動態錯視運動知覺歷程, 以及其眼動運作機制是如何? 或是有其他的視線軌跡變化與分佈狀態? 對於人們的視知覺及眼球運動的影響又是為何? 這些都是有必要加以深入探究, 而這也正是本研究的價值所在。

1-2 研究目的

本研究將運用馬達的旋轉特性, 做為動態造形引發動態錯視效果, 以及後續誘發產生的動態錯視運動知覺效應之主要動力源。除了透過實驗量測探討動態造形與動態錯視運動知覺, 彼此之間的各種現象與關係之外, 亦再結合眼球運動的視線軌跡量測, 同時記錄受試者觀看動態造形時, 動態錯視運動知覺反應的視線軌跡變化與分佈狀態, 以了解其知覺之眼動訊息反應, 希望能深入解析動態造形誘發產生之動態錯視運動知覺歷程與眼動運作機制, 了解受試者的視線軌跡及眼動訊息的跳視幅度。相信藉由本研究在動態造形中所發現的各種視知覺現象, 與視線軌跡的視覺知覺歷程交相比對與分析, 是能了解人們是如何觀看動態造形及其誘發產生之動態錯視運動知覺, 以及動態錯視運動知覺影響人們視覺運動的程度。所得的研究結果與發現, 是可以實際貢獻在處理人的視覺行為等相關議題上, 並提供動態造形領域中有關動態錯視運動知覺的視知覺理論基礎, 應用於動態造形開發、招牌標示指引、室內情境氛圍設計等, 綜合以上所述, 本研究之主要目的說明如下:

1. 觀察不同類型的幾何造形錐體, 三種動態錯視運動知覺(似動運動、誘導運動、運動殘像)其反應之視線軌跡平均跳視幅度分佈情形與狀態。
2. 從轉速閾值界限參考值與視線軌跡變化的交相比對及分析角度, 探討三種動態錯視運動知覺與其眼動訊息反應之間, 是否有相互關係及因果關係存在。
3. 分析三種動態錯視運動知覺之眼動訊息知覺效果, 與其視線軌跡變化與分佈狀態的關係。

二、重要文獻評述

2-1 幾何造形體動態錯視效果的表現

目前為止，動態造形中以幾何造形體旋轉運動，做為動態錯視效果研究主題的是「barber-pole illusion」，它是一種結合實際運動 (actual motion) 及感知運動 (perceived motion) 的動態造形 (陳光大，2008)。「barber-pole illusion」就是從古至今理髮廳外的圓柱狀旋轉招牌，所形成的動態錯視知覺。圓柱狀旋轉招牌實際上是繞著圓柱中心軸旋轉，但圓柱表面相互平行的斜紋線條，看起來卻像是沿著圓柱向上運動，並且其圖形並非被認知在旋轉，而是在移動(圖 1)。斜紋線條圖形在圓柱邊界上的對應點(unique point)，其實際運動的方向是垂直於圓柱的長度方向，但可以認知到斜紋線條是沿著圓柱方向運動(Palmer, 1999)。當人們在觀看物體時，會依據距離物體的遠近做出不同的視覺反應，尤其是觀看靜態的物體與動態的物體是會有所差異。如觀看靜態的物體時，因為物體呈現靜止狀態不會移動，所以可以很仔細的觀察與端詳，視覺辨識度較高。相對的，當觀察動態的物體時，因為物體移動的速度、自體的造形特性、圖形的設定及視點距離等因素，均會影響視覺效果的反應。其原因於，水晶體調節與兩眼幅雖然可以正確的傳達相對距離，但是視網膜的大小卻比實際狀況會帶來更長的運動距離情報(Wallach & Frey, 1972)。所以在不同的距離下觀察圖形時，以物理性來說，距離越接近則圖形會變大；視角也變大。相對的，距離越遠圖形會變小；視角也跟著變小。所以距離遠近會關係到觀看物體的大小問題，若以固定物體大小的方式，依據不同的距離，是可檢驗實驗樣本適合觀看的視點距離 (圖 2)。

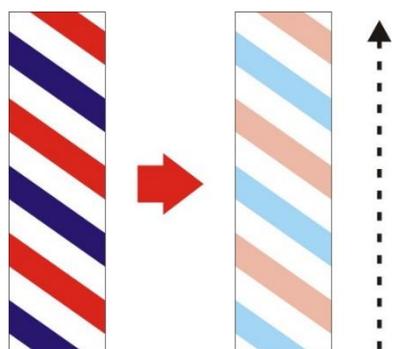


圖 1 圓柱狀旋轉招牌

(本研究繪製)

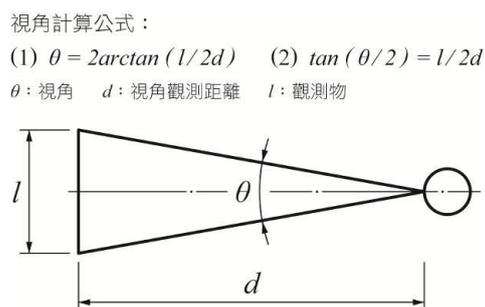


圖 2 視角公式圖

(大山正、今井省吾、和氣典二，2000)

2-2 錯視之眼動訊息相關研究

眼動訊息與錯視的相關實驗研究並不多見，但部分學者曾針對平面的錯視圖形與眼球運動之間的關係進行實驗。例如 Festinger、White 與 Allyn (1968)，國內學者傅銘傳、孫慶文 (2010)，針對 Muller-Lyer 錯視圖形以眼球運動中的追隨運動，進行錯視圖形之視線軌跡變化的觀察與測量，了解錯視形成是否會影響眼球的追隨運動。Coren 與 Hoening (1972) 針對 Oppel-Kundt 錯視圖形進行眼球運動研究。另外，傅銘傳 (2009) 對於 Hering、Wundt 兩種錯視圖形所形成的曲線錯視，及 Ebbinghaus 錯視圖形所形成的面積大小錯視，進行追隨運動之視線軌跡變化的觀察與測量，以了解眼球的追隨運動是否受 Hering、Wundt 及 Ebbinghaus 錯視圖形的影響。傅銘傳、孫慶文、林品章 (2010) 研究分析發現，其結果證明眼球運動明顯受到錯視圖形的影響，產生視線軌跡分佈上的差異。

2-3 眼球運動的主要觀察指標

Henderson 與 Hollingworth(1998)指出，觀察人們的眼球運動可以有效、即時地獲取人們複雜的視覺認知 (visual cognitive) 歷程。所以為從中觀察人們的視覺訊息處理過程，是必須透過一些眼球運動觀察指標的分析，協助研究者進一步瞭解眼球運動歷程所代表的意義。雖然從前述的眼球運動基本形式文獻中可發現，相關眼動訊息研究對於眼球運動的觀察指標並沒有一定準則，是會因應不同的研究主題、目的、受試者、實驗材料、情境等因素而採用不同的觀察指標。但根據 Megaw 與 Richardson (1979) 的研究指出，整體而言，觀察眼球運動主要是透過凝視時間 (fixation times or fixation duration)、跳視幅度 (amplitude of saccades)、凝視次數 (number of fixation or fixation count)、凝視順序 (sequence of fixation points)、瞳孔大小 (pupil size)，這幾個重要的觀察指標來進行視覺分析。各別分述如下：

1. 凝視時間 (fixation times or fixation duration)：人們的眼睛在凝視一物體時，視軸中心位置保持不變的持續時間，亦即眼睛由一個跳視運動結束至下一個跳視運動開始所包含的時間，單位以毫秒 (ms) 計算。Rayner(1998)在其研究指出，人們在進行視覺搜尋 (visual search) 時，其平均每一個凝視點的凝視時間約 275 毫秒，而觀看影像 (scene perception) 則約 330 毫秒，而且凝視時間的長短可能與影像的細節豐富程度有關。
2. 跳視幅度 (amplitude of saccades)：是指眼睛從一凝視點到下一凝視點之間的視角位移，凝視點之間的距離可表示每一凝視點的有效觀察範圍。Henderson 與 Hollingworth (1998) 指出，人們在觀看影像時，眼動位置所反應的跳視幅度與觀看的影像內容有明顯直接的關係，跳視幅度越大表示該影像內容有著越多有意義的提示，眼睛因而被吸引至較遠的距離處，特別是在觀看同時具有影像與文字的目標物時，眼睛的跳視幅度是具有明顯的差異。
3. 凝視次數 (number of fixation or fixation count)：即眼睛在凝視一物體時所形成跳視運動的個數。Buswell 於 1935 年進行圖像瀏覽行為研究時即指出，眼睛在凝視圖像 (picture) 時，其視覺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 (Loftus and Mackworth, 1978)，故分析圖像上各區域凝視點次數分佈的疏密，是可以了解人們在觀看圖像時所注視的區域位置。
4. 凝視順序 (sequence of fixation points)：或稱為順序指標 (sequential indices)，表示凝視點依據時間序列之先後關係所形成的順序，若將連續的凝視順序與跳視結合，即形成視線軌跡 (scan-path) (Norton & Stark, 1971a; 1971b; 1971c)，也就是眼球運動中可觀察到的「感知、運動、感知」交替所串連而成的視覺整體。視線軌跡能具體、直觀及全面地反映眼球運動的時空特徵，由此判定在各種不同刺激情境下、不同任務條件下、不同個體之間、同一個體不同狀態下的眼球運動路徑及其差異性。以因應不同的研究主題、目的、受試者、實驗材料、情境等因素。
5. 瞳孔大小 (pupil size)：在視覺機制上，瞳孔反應的大小是一項可衡量心智活動敏感程度的生理指標 (Bucks & Walrath, 1992)。瞳孔大小的變化可以反映出所有的心智負荷 (mental loading)，心智負荷越重，瞳孔會愈擴大 (Kahneman & Beatty, 1966; Kahneman & Wright, 1971; Granholm, Asarnow, Sarkin, & Dykes, 1996)。

本研究主要是針對動態造形誘發產生之動態錯視運動知覺反應進行眼球運動量測，觀察不同類型的幾何形錐體三種動態錯視運動知覺眼動訊息反應，紀錄視線軌跡平均跳視幅度與平均凝視次數分佈情形與狀態。從中了解三種動態錯視運動知覺，所呈現之視覺移動方位與眼球運動狀態，並比較彼此之間的視線軌跡與區域面積分佈是否存在差異。因此，為深入解析三種動態錯視運動知覺之歷程，本研究各階段實驗是以眼球運動基本形式中的「追隨運動」，進行各項眼球追蹤運動研究。並採用眼球運動中視線軌跡「跳視幅度」觀察指標的量測方式，針對三種動態錯視運動知覺反應進行視覺分析，了解視覺是如

何受到知覺的影響，使得眼球的常態運動產生改變，進而探究動態錯視運動知覺與眼動訊息反應之間的關係。

三、研究方法

本研究包含實驗一：幾何形錐體之似動運動知覺及眼動訊息實驗、實驗二：幾何形錐體之誘導運動知覺及眼動訊息實驗、實驗三：幾何形錐體之運動殘像知覺及眼動訊息實驗。本研究藉由這三個實驗了解個別及彼此之間的交互搭配與設計，是否會影響三種動態錯視運動知覺其反應之視線軌跡分佈情形與狀態。比較彼此之間的視線軌跡與區域面積分佈是否存在差異，並探討三種動態錯視運動知覺及其眼動訊息反應之間，是否有相互關係及因果關係存在。

表 1. 六種類型的造形錐體之似動轉速閾值 (單位: rpm)

	三角錐	四角錐	五角錐	六角錐	七角錐	八角錐	圓錐
下絕對閾值	75	70	60	55	50	40	0
上絕對閾值	100	90	80	75	70	60	0

表 2. 七種類型的造形錐體之誘導轉速閾值 (單位: rpm)

	三角錐	四角錐	五角錐	六角錐	七角錐	八角錐	圓錐
下絕對閾值	95	90	80	70	65	60	55
上絕對閾值	160	180	200	220	230	250	260

表 3. 七種類型的造形錐體之殘像轉速閾值 (單位: rpm)

	三角錐	四角錐	五角錐	六角錐	七角錐	八角錐	圓錐
下絕對閾值	150	170	200	220	240	250	260

3-1 實驗設計

本研究主題為幾何形錐體動態錯視運動知覺及眼動訊息研究，是從視覺心理學角度，藉由心理物理法 (psychophysical method) 中的調整法 (method of adjustment) 實驗方式，結合眼球運動的視線軌跡量測，探討動態造形與動態錯視運動知覺，彼此之間的各種現象與關係，並同時記錄受試者觀看動態造形時，動態錯視運動知覺反應的視線軌跡變化與分佈狀態，以了解其眼動訊息之反應。研究 (三項實驗作業) 之自變項為七種幾何形錐體，所得的三種動態錯視運動知覺之轉速上、下絕對閾值及其眼動訊息反應為依變項。從轉速閾值界限參考值與眼球運動之視線軌跡變化，交相比對及分析角度，觀察幾何形錐體變化，是否會影響三種動態錯視運動知覺其反應之視線軌跡分佈情形與狀態，並比較彼此之間的視線軌跡與區域面積分佈是否存在差異。最後再從轉速閾值界限參考值 (林志煒, 2017) (表 1, 表 2, 表 3) 與視線軌跡變化的交相比對及分析角度，探討三種動態錯視運動知覺與其眼動訊息反應之間，是否有相互關係及因果關係存在。

3-2 實驗受試者

實驗之受試者是採非隨機樣本 (non-probability sample) 的判斷抽樣 (judgment sampling)，即依據實驗目的與條件，選取實驗適合之受試者。本實驗共取樣 20 位受試者；男女性各為 10 人，年齡介於

20 至 35 歲之間，視力均正常或矯治後達 1.0 正常視力水準，並經色盲檢測 (Ishihara plate) 後無色盲。20 位受試者皆具美術或設計專業背景，有較高頻率接觸造形或美感知覺，對形體、圖形、色彩的感覺程度會有較佳的反應，是有助於本研究獲得較精確的知覺反應。

表 4 七種幾何形錐體實驗樣本 (本研究繪製)

錐體名稱	三角錐體	四角錐體	五角錐體	六角錐體	七角錐體	八角錐體	圓錐體
編號	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
實驗樣本							
圖學法							

3-3 實驗樣本

本階段之實驗樣本是實際具三度空間的幾何形錐體，人們對造形體容易產生大小 (或面積) 量感 (volume) 上的錯覺現象，而量感錯覺現象的產生與造形形態及特徵要素有密切關連性 (楊清田，2001)。為避免量感錯覺現象影響受試者對實驗樣本動態錯視運動知覺的知覺反應，七個實驗樣本 (表 4) 之體面積設定如下：(1) 以數學圖學法之計算公式與規則，利用已知外接圓求得圓周內接正多邊形；(2) 在觀測距離 1M 的情況下，藉由視角 (visual angle) 計算公式「 $\theta = 2\arctan(1/2d)$ 」，求得實驗最佳觀看視角 14(14.25) 度 (大山正、今井省吾、和氣典二，2000)；(3) 以觀看最佳視角 14 度為基準，藉由替換計算公式「 $\tan(\theta/2) = 1/2d$ 」，計算出錐體高度為 25cm；(4) 根據劉懿嬋(2010)在「幾何形比例偏好實驗研究」中發現，人們對錐體的長寬比例知覺偏好為 2.3 : 1，計算出錐體寬度為 11cm；(5) 錐體表面連續性線條圖形之角度與線條寬度設定，依據作者(2008)在「螺旋柱圖形的動態錯視效果實驗研究」中發現，線條寬度 10mm；角度 15 度的連續性平行螺旋直線條，最具動態錯視效果，即此線條圖形在不同轉速下，仍可保持其動態錯視效果；(6) 實體樣本透過 3D 軟體 SolidWork 建模後，運用 3D 列印技術製作，避免因手工製作而出現工具效應 (instrumentation effect) (管倅生，2010)。因圓錐體於旋轉時無旋轉角度來形成視覺性間隔遮蔽效果，並不會產生似動運動，因此似動運動實驗樣本為六種。誘導運動、殘像運動實驗樣本皆為七種。



圖3 數位變頻無線控制系統
(本研究拍攝)

圖4 多功能圓盤固定器
(本研究拍攝)

圖5 EyeLink® II 頭戴式眼動儀
(本研究拍攝)

3-4 實驗設備

1. 數位變頻無線控制系統：為數位化的實驗設備，能針對受試者的反應刺激值做最直接、精準的測量，可避免出現工具效應，減少實驗誤差，以提高實驗效度與信度。控制系統之變頻器為 TECO inverter E510 series 產品，可藉由 E510-DriveLink 軟體連接電腦監控控制系統運作。系統採向量控制模式驅動馬達，系統設定為 $1\text{Hz} = 30\text{rpm}$ ，轉速可由 0rpm 逐漸遞增到 400rpm (圖 3)。
2. 多功能圓盤固定器：主要功能為固定旋轉運動下的幾何造形體，圓盤為直徑 35cm 之鋁合金輕金屬材質，圓盤表面刻有間隔 1cm 之同心圓刻度溝槽，以作為幾何造形體對準旋轉中心點之依據 (圖 4)。
3. 無線遙控器：主要功能為遠距離操控數位變頻無線控制系統，讓受試者能從不同的視點距離觀看幾何造形體後，對知覺到的動態錯視運動知覺，做出最直接、精準的反應刺激值，以避免出現實驗誤差。
4. 眼動追蹤儀(eye tracking)：本研究是採用加拿大安大略省 SR Research 公司所生產的 EyeLink® II 頭戴式眼動儀(EyeLink® II Head Mount Base System)。EyeLink® II 頭戴式眼動儀主要包含：EyeLink® II 頭戴式眼動儀、EyeLink® II Camera Setup 取樣軟體及 EMA EyeLink 58K For Illusion 眼動訊息資料分析軟體等三大部分 (圖 5)。EyeLink® II 頭戴式眼動儀：頭套左右兩邊配備兩台分別記錄左右眼之位置與瞳孔大小的微型攝影機 (可選擇做單眼或雙眼的眼球追蹤)，主要是利用瞳孔的移動與虹膜反射來計算眼球的移動。頭套前端另配備一台對應四個紅外線感應器的微型攝影機，主要是校正頭部的位置。此外，並具備以下特點：(1) $s/500\text{Hz}$ 高精確、高頻率的採樣率(sampling rate)：雙眼紀錄採樣率可達 $s/500\text{Hz}$ ；(2) 準確率：平均凝視位置誤差 $<0.5^\circ$ ；(3) 即時：存取眼球位置資料僅有 3msec 延遲；(4) 高解析度：瞳孔模式可達 0.01° ，瞳孔-角膜模式可達 0.025° ；(5) 簡易：可輕易切換瞳孔或瞳孔-角膜攫取模式；(6) 高相容性：可適用配戴眼鏡或隱形眼鏡的受試者。EyeLink® II Camera Setup 取樣軟體：內建於 Tracking Host PC，藉由傳輸線連結，可顯示、記錄來自 EyeLink® II 頭戴式眼動儀的眼動訊息資料。EMA EyeLink 58K For Illusion 眼動訊息資料分析軟體：內建於 Tracking Host PC，可將原始眼動訊息資料，快速轉換成數據化的統計資料，以及包含凝視點圖、視線軌跡等引人注目的視覺化資料。

3-5 實驗程序

正式實驗前，先指導受試者使用數位變頻無線控制系統與遙控器，並教導如何觀看錐體表面螺旋狀的連續性線條圖形，以及判別三種動態錯視運動知覺所呈現的形式及知覺效果，並給予受試者 3 次的練習區段以熟悉實驗流程。之後，指導員進行 EyeLink® II 頭戴式眼動儀相關設定，並為受試者配戴

EyeLink® II 頭戴式眼動儀及進行凝視位置 (眼球轉動角度) 之九點校正程序 (9 point calibration) 及九點驗證程序 (9 point validation) 。然後眼動儀根據校正、驗證結果計算出眼球移動角度所對應在實驗樣本上的位置座標 (於實驗樣本中央、上、下、左、右、右上、右下、左上、左下等位置會隨機出現一凝視圓點，受測者須穩定凝視該圓點 5-10 秒鐘，隨後按下電腦鍵盤之空白建確認其凝視位置，之後凝視圓點會立即消失並隨即出現在下一個位置，受測者須馬上將視線移至下一個凝視圓點出現位置，並再次穩定凝視該圓點及按下空白建，直至九點校正及校正驗證程序完成) 後確認無偏移。正式實驗開始，先對受試者進行指導語說明，如有疑問再解說至完全明瞭。接著讓受試者坐於實驗樣本前 1M 距離，位置高度為視角 14 度的實驗環境 (圖 6)，指導員將裝置實驗樣本的數位變頻無線控制系統啟動，控制轉速由 0~400rpm 逐漸遞增。受試者分別針對三種動態錯視運動知覺所呈現的形式及知覺效果，使用遙控器按鍵做轉速反覆、上下調整以確認主觀感覺。指導員除記錄轉速上、下絕對閾值之外，並同時於 EyeLink® II Camera Setup 取樣軟體介面按下「Drift Correct」鍵 (圖 7)，同步記錄受試者對於三種動態錯視運動知覺其知覺反應跳視幅度及視線軌跡的變化與分佈狀態，每次紀錄以 10 秒鐘為單位，最後實驗完成。

四、實驗結果與綜合討論

4-1 幾何形錐體之似動運動知覺及眼動訊息實驗

本實驗藉由轉速閾值界限參考值與眼球運動之視線軌跡變化的交相比對及分析角度，觀察六種類型的幾何形錐體變化，是否影響動態錯視效果的表現與旋轉性似動運動的眼動訊息視線軌跡，以及紀錄旋轉性似動運動中，動態錯視的眼動訊息跳視幅度表現與眼動訊息凝視次數頻率。最後觀察不同性別的受試者，對六種類型的幾何形錐體於似動運動的知覺及眼動訊息跳視幅度反應是否有差異。從實驗結果中發現 (表 5)，隨著幾何形錐體邊數越多，下絕對閾值眼動訊息跳視幅度呈現遞增的趨勢，表示幾何形錐體邊數越多，知覺到似動運動眼動訊息跳視幅度會變大。上絕對閾值也呈現遞增的趨勢，表示幾何形錐體邊數改變，知覺到似動運動眼動訊息跳視幅度也會跟著改變。眼動訊息跳視幅度是呈現擴大的趨勢，表示幾何形錐體邊數越少，似動運動眼動訊息跳視幅度越小；幾何形錐體邊數越多，似動運動眼動訊息跳視幅度越大。而在所有幾何形錐體中，似動運動眼動訊息顯現，三角錐體下絕對閾值平均跳視幅度 81.09pixel，其上絕對閾值平均跳視幅度 85.49pixel (圖 8)，跳視幅度越小，凝視點越聚集，因此，是旋轉性似動運動中眼動訊息跳視幅度表現較小的幾何形錐體。最後，針對性別進行獨立樣本 T 檢定，結果顯示，男女之間對六種幾何形錐體於似動運動的知覺眼動訊息跳視幅度反應上，並無顯著差異 (表 6)。

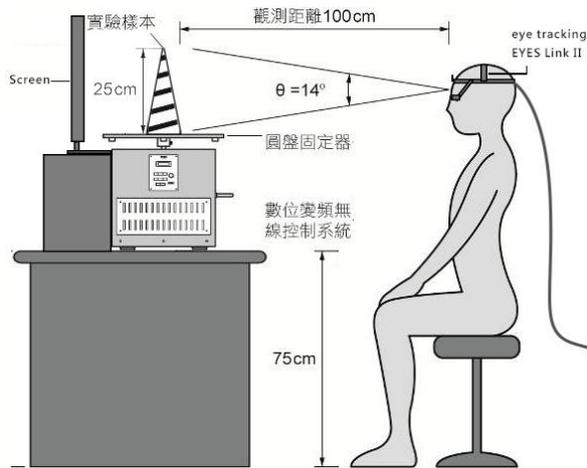


圖 6. 實驗環境示意圖 (本研究繪製)

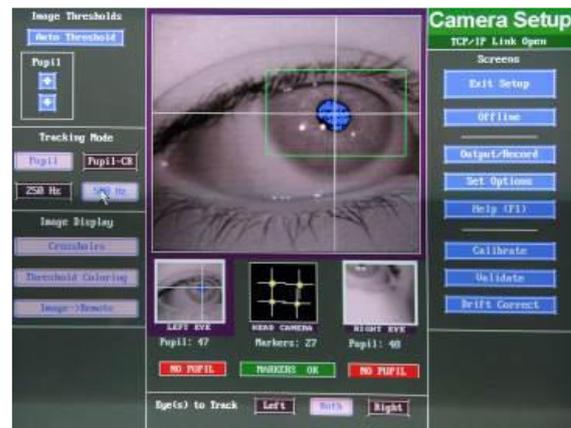


圖 7. EyeLink® II Camera Setup 取樣軟體使用介面

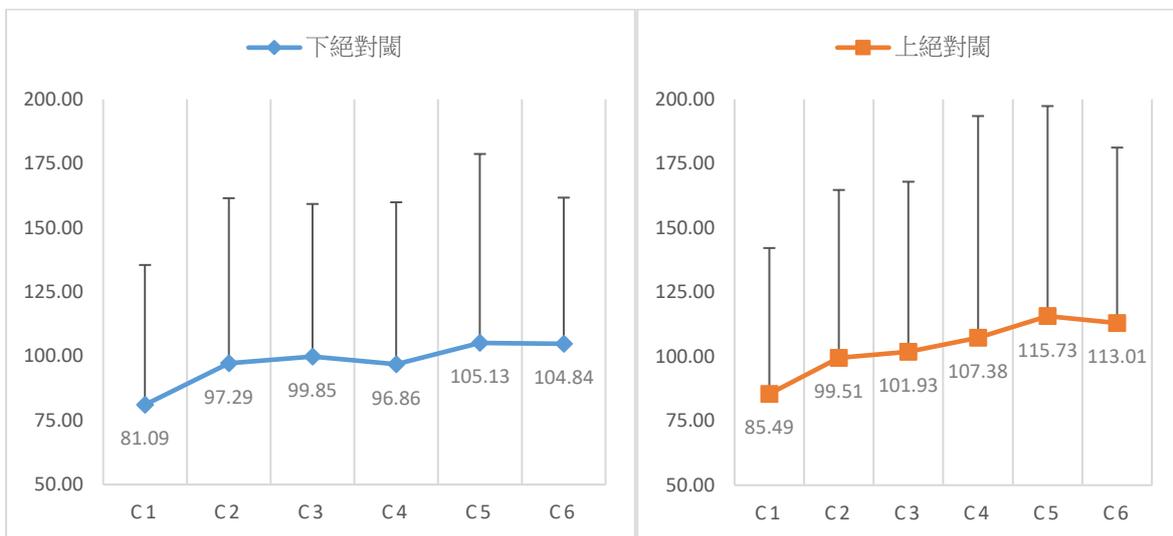


圖 8. 六種類型的幾何形錐體之似動運動眼動訊息平均跳視幅度趨勢圖 (單位: pixel)

表 5. 六種類型的幾何形錐體之似動運動眼動訊息平均跳視幅度統計表

幾何造形柱體	眼動訊息	最小值	最大值	平均數	標準差
三角錐C1	上絕對閾	9.67	238.63	85.49	56.71
	下絕對閾	27.53	212.55	81.09	54.41
四角錐C2	上絕對閾	17.94	249.78	99.51	65.26
	下絕對閾	23.28	251.55	97.29	64.21
五角錐C3	上絕對閾	25.57	246.36	101.93	66.04
	下絕對閾	17.76	244.64	99.85	59.41
六角錐C4	上絕對閾	26.27	323.75	107.38	84.15
	下絕對閾	30.45	235.27	96.86	63.06
七角錐C5	上絕對閾	28.44	349.64	115.73	81.66
	下絕對閾	20.44	288.70	105.13	73.59

八角錐C6	上絕對閾	跳視幅度	36.69	293.64	113.01	68.22
	下絕對閾		32.67	241.06	104.84	56.88

表 6. 六種類型的幾何形錐體之似動運動眼動訊息跳視幅度性別獨立樣本 T 檢定表

錐體樣本	男性平均值	女性平均值	P值	結論
三角錐上絕對閾	94.94	76.03	0.483	男女無顯著差異
三角錐下絕對閾	81.93	80.25	0.948	男女無顯著差異
四角錐上絕對閾	109.68	89.34	0.514	男女無顯著差異
四角錐下絕對閾	113.27	81.31	0.290	男女無顯著差異
五角錐上絕對閾	109.34	94.52	0.638	男女無顯著差異
五角錐下絕對閾	126.95	72.74	0.465	男女無顯著差異
六角錐上絕對閾	117.48	97.29	0.625	男女無顯著差異
六角錐下絕對閾	107.80	85.92	0.646	男女無顯著差異
七角錐上絕對閾	132.28	99.18	0.391	男女無顯著差異
七角錐下絕對閾	120.43	89.84	0.379	男女無顯著差異
八角錐上絕對閾	120.30	105.72	0.654	男女無顯著差異
八角錐下絕對閾	109.59	100.10	0.727	男女無顯著差異

(若 P 值小於 0.05 男女有顯著差異)

4-2 幾何形錐體之誘導運動知覺及眼動訊息實驗

本實驗藉由轉速閾值界限參考值與眼球運動之視線軌跡變化的交相比對及分析角度，觀察幾何形錐體變化，是否會影響動態錯視效果的表現與旋轉性誘導運動的眼動訊息視線軌跡，以及紀錄旋轉性誘導運動中，動態錯視的眼動訊息跳視幅度表現與眼動訊息凝視次數頻率。最後觀察不同性別的受試者，對七種幾何形錐體於誘導運動的知覺及眼動訊息跳視幅度反應是否有差異。從實驗結果中發現（表 7），隨著幾何形錐體邊數越多，下絕對閾值呈現遞增的趨勢，表示幾何形錐體邊數越少，知覺到誘導運動眼動訊息跳視幅度越小。上絕對閾值眼動訊息跳視幅度則呈現遞增的趨勢，表示幾何形錐體邊數改變，知覺到誘導運動眼動訊息跳視幅度也會跟著改變。眼動訊息跳視幅度是呈現擴大的趨勢，表示幾何形錐體邊數越少，誘導運動眼動訊息跳視幅度越小；幾何形錐體邊數越多，誘導運動眼動訊息跳視幅度越大（圖 9）。而在所有幾何形錐體中誘導運動眼動訊息顯現，圓錐體下絕對閾值平均跳視幅度 117.04pixel，而其上絕對閾值平均跳視幅度 101.81pixel，跳視幅度越大，凝視點越擴散，因此是旋轉性誘導運動眼動訊息效果表現中，跳視幅度較大的幾何形錐體。最後，針對性別進行獨立樣本 T 檢定，結果顯示男女之間對七種幾何形錐體於誘導運動的知覺及眼動訊息跳視幅度反應上，並無顯著差異（表 8）。

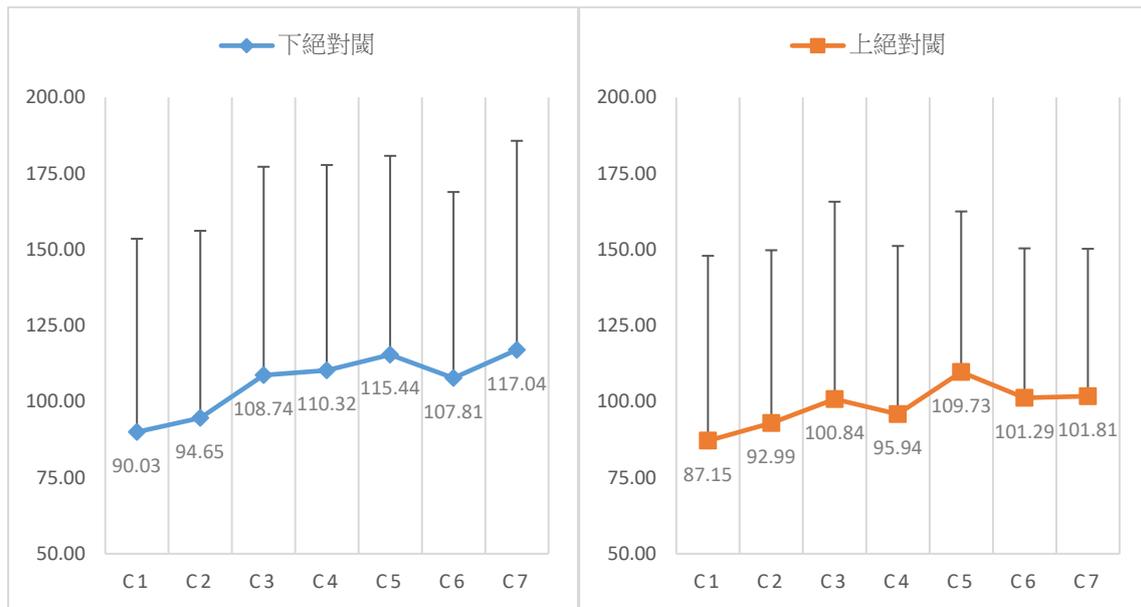


圖 9. 七種類型的幾何形錐體之誘導運動眼動訊息平均跳視幅度趨勢圖 (單位: pixel)

表 7. 七種類型的幾何形錐體之誘導運動眼動訊息平均跳視幅度值統計表

幾何造形柱體	眼動訊息	最小值	最大值	平均數	標準差
三角錐	上絕對閾	21.55	285.07	87.15	60.78
	下絕對閾	22.33	260.59	90.03	63.51
四角錐	上絕對閾	26.56	267.93	92.99	56.79
	下絕對閾	25.93	281.76	94.65	61.50
五角錐	上絕對閾	30.35	301.35	100.84	64.88
	下絕對閾	27.88	309.99	108.74	68.47
六角錐	上絕對閾	27.20	261.95	95.94	52.94
	下絕對閾	16.85	271.22	110.32	67.46
七角錐	上絕對閾	30.31	216.09	109.73	52.79
	下絕對閾	31.23	303.20	115.44	65.35
八角錐	上絕對閾	33.89	218.03	101.29	49.10
	下絕對閾	37.40	322.91	107.81	61.09
圓錐	上絕對閾	37.56	245.56	101.81	48.43
	下絕對閾	32.65	287.44	117.04	68.70

表 8. 七種類型的幾何形錐體之誘導運動眼動訊息跳視幅度性別獨立樣本 T 檢定表

錐體樣本	男性平均值	女性平均值	P值	結論
三角錐上絕對閾	95.35	78.95	0.571	男女無顯著差異
三角錐下絕對閾	106.72	73.34	0.263	男女無顯著差異
四角錐上絕對閾	93.12	92.87	0.993	男女無顯著差異
四角錐下絕對閾	105.34	83.96	0.464	男女無顯著差異
五角錐上絕對閾	103.21	98.47	0.879	男女無顯著差異

五角錐下絕對閾	121.91	95.56	0.416	男女無顯著差異
六角錐上絕對閾	108.62	83.26	0.330	男女無顯著差異
六角錐下絕對閾	111.91	108.73	0.922	男女無顯著差異
七角錐上絕對閾	115.45	104.01	0.649	男女無顯著差異
七角錐下絕對閾	122.81	108.07	0.636	男女無顯著差異
八角錐上絕對閾	104.38	98.19	0.793	男女無顯著差異
八角錐下絕對閾	123.08	92.55	0.288	男女無顯著差異
圓錐上絕對閾	107.41	96.21	0.630	男女無顯著差異
圓錐下絕對閾	122.95	111.12	0.720	男女無顯著差異

(若P值小於0.05男女有顯著差異)

4-3 幾何形錐體之誘導運動知覺及眼動訊息實驗

本實驗藉由轉速閾值界限參考值與眼球運動之視線軌跡變化的交相比對及分析角度，觀察幾何形錐體變化，是否會影響動態錯視效果的表現與旋轉性殘像運動的眼動訊息視線軌跡，以及紀錄旋轉性殘像運動中，動態錯視的眼動訊息跳視幅度表現與眼動訊息凝視次數頻率。最後觀察不同性別的受試者，對七種幾何形錐體於殘像運動的知覺及眼動訊息跳視幅度反應是否有差異。因所有幾何形錐體在運動殘像的下絕對閾值顯現後，在旋轉轉速持續增加無上限的情況下，其知覺反應與現象會無止盡的持續下去，並不會出現運動知覺消失的臨界點，因此記錄上絕對閾值的眼動訊息視線軌跡是不具意義的，所以本研究實驗僅記錄旋轉轉速的下絕對閾值的眼動訊息跳視幅度及凝視次數。從實驗結果中發現(表9)，隨著幾何形錐體邊數越少，下絕對閾值呈現遞減的趨勢，表示幾何形錐體邊數越少，知覺到運動殘像眼動訊息跳視幅度會越小；幾何形錐體邊數越多，則知覺到運動殘像眼動訊息跳視幅度會越大(圖10)。表示幾何形錐體邊數越少，殘像運動眼動訊息跳視幅度越小；幾何形錐體邊數越多，殘像運動眼動訊息跳視幅度越大。而在所有幾何形錐體中殘像運動眼動訊息顯現，三角錐體之下絕對閾值平均跳視幅度83.26pixel，跳視幅度越小，凝視點越聚集。因此是旋轉性運動殘像中眼動訊息跳視幅度最小的幾何形錐體。最後，針對性別進行獨立樣本T檢定，結果顯示男女之間對七種幾何形錐體於運動殘像的知覺及眼動訊息跳視幅度反應上，並無顯著差異(表10)。

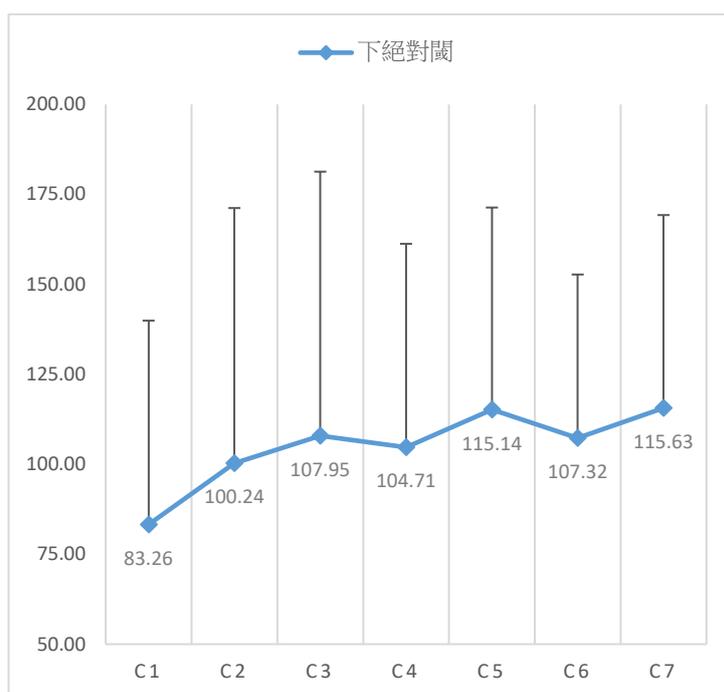


圖 10. 七種類型的幾何形錐體殘像運動眼動訊息平均跳視幅度趨勢圖(單位：pixel)

表 9. 七種類型的幾何形錐體之殘像運動眼動訊息跳視幅度值統計表(單位：pixel)

幾何造形柱體	眼動訊息	最小值	最大值	平均數	標準差	
三角柱	下絕對閾	跳視幅度	21.61	247.47	83.26	56.65
四角柱	下絕對閾	跳視幅度	24.81	286.36	100.24	70.96
五角柱	下絕對閾	跳視幅度	25.85	292.36	107.95	73.36
六角柱	下絕對閾	跳視幅度	32.23	256.26	104.71	56.54
七角柱	下絕對閾	跳視幅度	24.91	236.95	115.14	56.20
八角柱	下絕對閾	跳視幅度	46.50	223.33	107.32	45.41
圓柱	下絕對閾	跳視幅度	41.59	247.53	115.63	53.62

表 10. 七種類型的幾何形錐體之殘像運動眼動訊息跳視幅度性別獨立樣本 T 檢定表

錐體樣本	男性平均值	女性平均值	P值	結論
三角錐下絕對閾	87.30	79.22	0.765	男女無顯著差異
四角錐下絕對閾	113.12	87.36	0.447	男女無顯著差異
五角錐下絕對閾	112.36	103.55	0.801	男女無顯著差異
六角錐下絕對閾	114.49	94.94	0.466	男女無顯著差異
七角錐下絕對閾	119.07	111.21	0.770	男女無顯著差異
八角錐下絕對閾	107.49	107.15	0.988	男女無顯著差異
圓錐下絕對閾	120.82	110.43	0.685	男女無顯著差異

(若 P 值小於 0.05 男女有顯著差異)

4-4 綜合討論

從實驗結果中發現，幾何形錐體搭配轉速閾值界限參考值，明顯直接影響到三種旋轉性動態錯視運動知覺眼動訊息的顯線，視線軌跡的平均跳視幅度也有所不同。綜合分析幾何形錐體邊數與眼動訊息平均跳視幅度和三種旋轉性動態錯視運動知覺之間的因果關係，以及探討影響動態錯視線軌跡表現的因素。

4-4.1 幾何形錐體邊數與眼動訊息平均跳視幅度之間的相互關係

幾何形錐體，會分別對旋轉性運動知覺的眼動訊息視線軌跡，產生不同程度的影響。不同邊數的造形錐體其眼動訊息跳視幅度也會有所不同，且呈現延伸、拉長的趨勢（圖 11），視線軌跡的方向特徵則是呈現上、下來回的視線軌跡路徑（圖 12）。

4-4.2 幾何形錐體邊數、眼動訊息平均跳視幅度與三種旋轉性動態錯視運動知覺之間的因果關係

七種幾何形錐體與所顯現的上、下絕對閾值範圍，會影響旋轉性運動知覺眼動訊息的視線軌跡。經再比對三種旋轉性動態錯視運動知覺眼動訊息實驗結果，研究發現，幾何形錐體邊數與轉速閾值界限參考值相互搭配，牽動眼動訊息跳視幅度現象的形成與強弱，這對於三種旋轉性動態錯視運動知覺，在個別及整體幾何形錐體的上、下絕對閾值眼動訊息跳視幅度顯現，有明顯直接的影響。也就是不同邊數的幾何形錐體，與旋轉速閾值界限參考值的搭配，會不同程度影響運動知覺眼動訊息的視線軌跡，以及受試者對於動態錯視眼動訊息跳視幅度知覺反應，眼動訊息的跳視幅度變化均是呈現延伸、拉長的趨勢，視線軌跡的方向特徵則均是呈現上、下來回的視線軌跡路徑。明白顯示幾何形錐體邊數與轉速閾值界限參考值和三種旋轉性動態錯視運動知覺存在著因果關係。

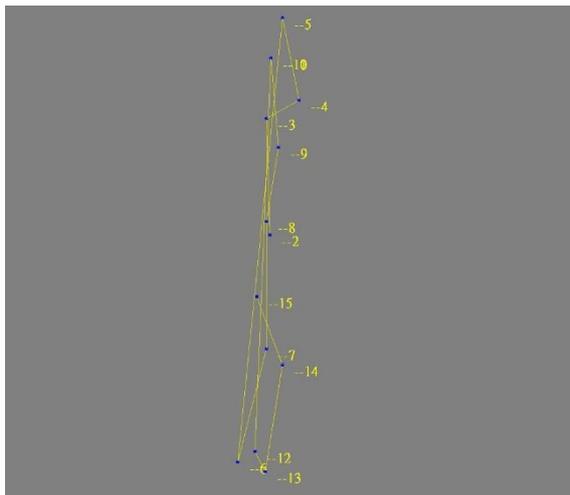


圖 11. 眼動訊息的跳視幅度變化

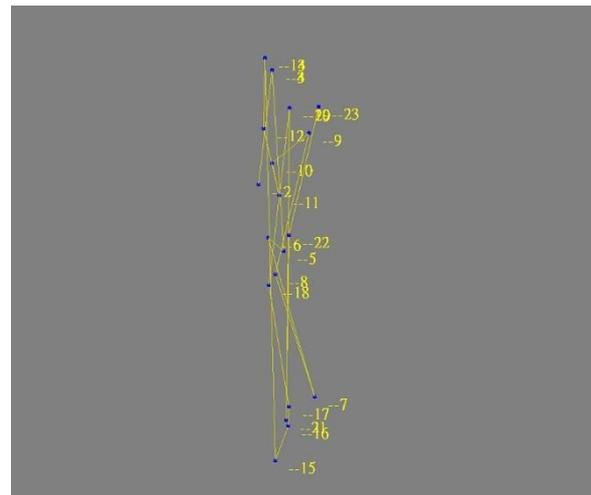


圖 12. 視線軌跡的方向特徵

五、結論與建議

本研究透過實驗量測，並利用 EyeLink® II Camera 頭戴式眼動儀同步記錄受試者對於三種動態錯

視運動知覺其知覺反應之跳視幅度及視線軌跡的變化與分佈狀態，觀察不同樣式的幾何形錐體之動態錯視運動知覺及眼動訊息實驗，在三種動態錯視運動知覺中，視線軌跡變化與分佈狀態，了解其知覺之眼動訊息反應，並根據實驗結果進行相關分析與討論。實驗結果發現：

1. 幾何形錐體搭配轉速閾值界限，牽動「眼動訊息跳視幅度」的強弱。直接影響三種旋轉性動態錯視運動知覺，在個別及整體的眼動訊息顯現，不同性別受試者，對不同類型的幾何形錐體之三種旋轉性動態錯視運動知覺的眼動訊息反應，均無顯著差異。
2. 三種旋轉性動態錯視運動知覺眼動訊息當中，眼動訊息的跳視幅度變化均是呈現延伸、拉長的趨勢，視線軌跡的方向特徵則均是呈現上、下來回的視線軌跡路徑，似動運動速度眼動訊息平均跳視幅度最小，誘導運動眼動訊息平均跳視幅度最大，殘像運動眼動訊息則是介於二者之間。三角錐體是似動動態錯視眼動訊息，平均跳視幅表現最小的幾何形錐體，圓錐體是誘導動態錯視眼動訊息，平均跳視幅度表現最大的幾何形錐體。
3. 幾何形錐體與轉速閾值界限的相互關係，影響三種旋轉性動態錯視運動知覺眼動視線軌跡形成，以及受試者對三種旋轉性動態錯視運動知覺，眼動訊息跳視幅度的反應。顯示兩者與三種旋轉性動態錯視跳視幅度存在因果關係。

幾何形錐體之動態錯視運動知覺及眼動訊息研究結果顯示，不同幾何形錐體搭配轉速閾值界限參考值，眼動訊息的視線軌跡在跳視幅度的顯現也會隨著改變，三種動態錯視運動知覺的眼動訊息反應也有明顯的差異。因此，後續階段研究實驗將針對「不同樣式的表面線條圖形設計」、「不同形式的表面圖形色搭配」等議題。探討三種動態錯視運動知覺的眼動訊息反應，執行進一步的研究。並將依此分析結果，進行可延伸運用之動態造形開發、招牌指引標示、室內情境氛圍設計等，作為造形教育和新形態開發之參考依據。

致謝

本研究感謝行政院科技部予以部分經費補助，計畫編號為 MOST106-2410-H-224-017-

參考文獻

1. Backs, R. W., & Walrath, L. C. (1992). Eye movement and pupillary response indices of mental workload during visual search of symbolic displays. *Applied Ergonomics*, 23(4), 243-254.
2. Borys, M. & Plechawska-Wójcik, M. (2017). Eye-tracking metrics in perception and visual attention research, *European Journal of Medical Technologies*, 3(16), 11-23.
3. Coren, S. K., & Hoenig, P. (1972). Eye movements and decrement in the Opperl-Kundt illusion. *Perception & Psychophysics*, 12(2), 224-225.
4. Festinger L., White C. W., & Allyn M. R. (1968). Eye movements and decrement in the Muller-Lyer illusion. *Perception and Psychophysics*, 8, 35-42.
5. Granholm, E., Asarnow, R. F., Sarkin, A. J., & Dykes, K. L. (1996). Pupillary responses index cognitive resource limitations. *Psychophysiology*, 33(4), 457-461.

6. Gidlöf, K., Wallin, A., Dewhurst, R. & Holmqvist, K. (2013). Gaze Behaviour During Decision Making in a Natural Environment, *Journal of Eye Movement Research*, 6(1):3, 1-14.
7. Hess, E. H. & Polt, J. M. (1960). Pupil size as related to interest value of visual stimuli. *Science*, 132(3423), 349-350.
8. Henderson, J. M. and 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.
9. 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.
10. Kahneman, D., & Beatty, J. (1966). Pupil diameter and load on memory. *Science*, 154(3756), 1583-1585.
11. Kahneman, D., & Wright, P. (1971). Changes of pupil size and rehearsal strategies in a short-term memory task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 23(2), 187-196.
12. 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.
13. Megaw, E. D., & Richardson, J. (1979). Target uncertainty and visual scanning strategies. *Human Factors*, 21, 302-315.
14. Norton, D., & Stark, L. (1971a). Eye movements and visual perception. *Scientific American*, 224, 34-43.
15. Norton, D., & Stark, L. (1971b). Scanpaths in eye movements during pattern perception. *Science*, 171, 308-311.
16. Norton, D., & Stark, L. (1971c). Scanpaths in saccadic eye movements while viewing and recognizing patterns.
17. Palmer, S.E. (1999). *Vision science*. MIT Press, Cambridge, MA.
18. Rayner, K. (1998). Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 years of Research. *Psychological Bulletin*, Vol.124, No.3, 372-422.
19. Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.
20. Richard L. Gregory (1997). *Eye and Brain: The Psychology of Seeing*, 5th ed., OUP Oxford, Oxfordshire.
21. Schütz, A. C., Braun, D. I., & Gegenfurtner, K. R. (2011). Eye movements and perception: A selective review. *Journal of Vision*, 11(5):9, 1-30.
22. Wallach, H., & Frey, K.F. (1972). Adaptation in distance perception based on oculomotor cues. *Perception and Psychophysics*, 11, 23-28.
23. 陳光大 (2008) · 動力學造型中螺旋柱圖形的動態錯視效果 · 國立台灣科技大學設計研究所博士論文 · 未出版。
24. 大山正、今井省吾、和氣典二 (2000) · 新編·感覺知覚心理学ハンドブック · 東京：誠信書房。

25. 林志煒 (2017) 。多樣性造形體之動態知覺研究。國立雲林科技大學設計學研究所博士論文。未出版。
26. 傅銘傳、孫慶文 (2010) 。Muller-Lyer 錯視圖形之視線軌跡觀察與分析。藝術學報。6 (2) 。125-141。
27. 傅銘傳 (2009) 。錯視圖形之追隨眼動的觀察與分析。中原大學設計學博士論文。未出版。
28. 傅銘傳、孫慶文、林品章 (2010) 。Hering 與 Wundt 錯視圖形之追隨眼動分析。設計學研究。13 (1) 。63-78。
29. 楊清田 (2001) 。包裝瓶器的量感錯視研究 - 角柱瓶與圓柱瓶的比較。藝術學報。67。17-32。
30. 劉懿嬋 (2010) 。幾何圖形比例偏好研究 (未出版碩士論文)。國立雲林科技大學。雲林縣。
31. 管倖生 (主編) (2010) 。設計研究方法。新北市：全華。

Dynamic Illusory Motion Perception and Eye-Movement Data for Geometric cones

Chih-Chao Chang² Guang-Dah Chen¹

¹ National Yunlin University of Science and Technology Graduate School of Design, Taiwan

² National Yunlin University of Science and Technology Associate Professor of Design, Taiwan

Abstract

The purpose of this study was to discuss the rotational motion perception and eye movement data of dynamic models. The eye tracking movement was implemented in this study by the equipment and technology of “eye tracker” through the “pursuit movement” in the basic form of eye movement. The perceptual movement viewed by the subjects was analyzed. The findings are as follows: Geometric cones with different number of sides, together with the threshold limits of rotational speed, have an effect on the formation and intensity amplitude of saccades of eye movement data, The correlation between geometric cones with different number of sides and the threshold limits affect the formation of the scan-path of eye movement of the three types of rotational dynamic illusory motion perceptions to different extents, The change of the range of eye movement data is the trend of the extension and the growth, and the direction of the orbit of the scan path of the orbit of the present and the next return.

Keywords: geometric cones, dynamic illusion, motion perception, eye movement, scan path, amplitude of saccades

「設計學刊」投稿規範

一、投稿規定

投稿類別：

- 學術論文類(Research Papers)：具原創性之特點，在理論與方法上有可靠之系統化推演過程，或有實證的演譯歸納、其目的、方法、結論有明確交待者，或以既有研究之評論及分析比較為主，其觀點在知識推廣上，其資料在系統整理上，對提升國內設計學術研究有所助益者。本刊接受中文或英文投稿。

投稿內容不得有侵犯他人著作權或商業宣傳之行為，法律責任由作者自行負責。投稿論文需經本刊編輯委員會推薦之各領域專門審查者評審，通過後經編輯委員會正式決議通過後方得登載。

二、格式規定

- 為便於論文的編排與出版，所有稿件一律請以學刊所提供的範本檔案進行編輯與投稿。
- 中英文論文以不超過 15,000 字、且不得超過出版論文 15 頁(含圖表)為原則，無論中文或英文論文皆需附 300 字以內中文摘要及 150 字以內英文摘要，論文頁數以雙數為主。
- 為進行雙匿名審查，稿件內請勿列出作者姓名，包含中英文之作者姓名及任職單位等相關資訊。如需引用作者先前已發表之其他著述，請以第三人稱敘述。
- 正文欲加強說明時所採之註釋，以(註 1)、(註 2)...為之，並將註釋依編號次序排於正文之後。註釋內文獻引用法與下述參考文獻規定相同。
- 文獻引用 APA 格式為之。APA 是美國心理協會(American Psychological Association)所發行的出版手冊 (Publication Manual) 中，有關投稿該協會旗下所屬期刊(目前約為三十種)時必須遵守的規定。
與原來所採用之編號系統不同的是，APA 格式的論文，在文章中是直接標上參考文獻的作者姓名與年代。針對不同的描述方式，而在文章中有下列兩種不同的標註方法：

1. 如果您在文章中要直接引用作者的姓名，請在其名字後直接加上該參考文獻的發表年份；例如：杜瑞澤 (2002) 提出了綠色設計 (Green Design) 的概念...

2. 如果您是直接引用研究的結果或論點，而沒有在句子中提及作者的姓名，請在該引用的字句旁，以()標註上文獻的來源；如：由於科技進步產業發達，人類在享受多樣的消費商品與商品使用的便利性，但也造成環境的高度污染，近幾年來人們開始對環境有所反思，逐漸的對綠色環保意識的重視，許多企業紛紛開始思考，如何在商品與環境之間，取得平衡點，因此「綠色創新設計」的觀念逐漸受各界重視。(杜瑞澤、陳炫助、管倖生，2015)。

目前 APA Style 最新的版本是第六版，裡頭也有許多針對新的網路資料所制訂的標註規則。由於 APA 並沒有特別針對中文論文制訂其寫作格式，因此，本期刊所採用的，是由張保隆與謝寶煖 (2006) 兩位教授所撰寫的書籍[學術論文寫作：APA 規範 (華泰文化出版)]為之，請各位作者參考該書籍準備投稿論文。

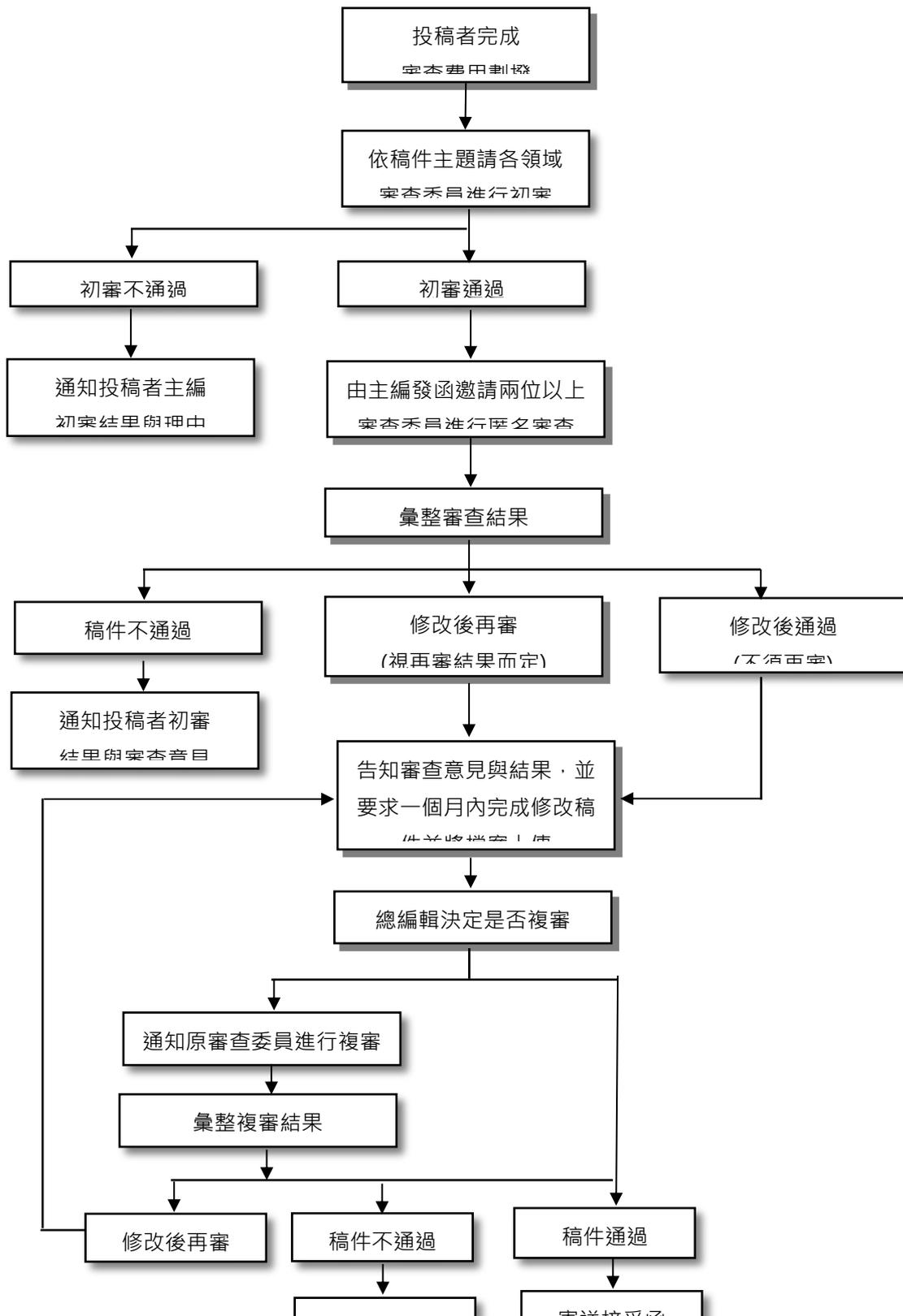
- 文章章節之編序以一、二、三...為章，以 2-1、2-2...為節，以 2-1.1、2-2.2、2....為小節來標示。小節以下依 1、2、3...及(1)、(2)、(3)等層級標示之。
- 為便於期刊編輯與印刷出版，投稿論文請使用所提供的範本檔案進行編排。
- 論文所採單位以國際標準制(SI 制)為主，所有數字皆以圖 6、200km、19 人、0.98 等阿拉伯數字表之。

- 圖表製作必須清晰，圖表中所有字體以打字體完稿，並附有明顯的編號、標題及出典說明，否則不予受理。表之標題附於表上，圖之標題附於圖下。圖表編號皆以表 3、圖 9 等阿拉伯數字體表之。照片編號亦以圖號系列編列之，而不另以照片 1、2 編列。
- 圖表製作必須清晰，並清楚標示出圖表的詳細出處（包含書本中的第幾頁）外，還應該在投稿前取得其授權，以避免將來論文在網路與紙本上出版後，引起不必要的爭議。且論文通過後，作者需簽署著作權同意書，使得刊登。

三、線上投稿程序

- 請依照本學刊官網的指引，下載所需檔案並寄出，即可以將您的稿件傳遞到編輯委員會的信箱。作者資訊需包含論文之所有作者，有兩個以上作者時，依對論文貢獻程度順序排列，並註明各作者之服務機關。
- 自 106 年 9 月起，請於投稿後將審查費用新台幣 2600 元劃撥至設計學刊專用劃撥帳戶（帳戶：杜瑞澤，帳號：22823427），確認收到款項後即開始審查。
- 當您將稿件上傳並完成劃撥程序後，編輯單位會先初步審查，如：論文格式是否正確；投稿者（包含共同作者）的資料（姓名、服務單位 Affiliation 等），之後將在最短的時間內通知主編開始稿件的審查作業，原則上於收件 3 個月內（接獲投稿費日起算）將提供審查結果。
- 當稿件通過審查並接受刊登時，我們將針對每一個稿件收取刊登費（每頁新台幣 150 元）。屆時，請在指定的時間內將匯票以掛號寄到編輯辦公室，始得登載。如作者要求輸出彩色版面，除需支付全額彩色刊登費用外，並於刊登前告知學刊編輯部。

設計學刊稿件審查流程



設計學刊
Design

Journal of Design Studies

Publish by School of Design

National Yunlin University of Science and Technology

發行人：杜瑞澤

總編輯：杜瑞澤

執行編輯：蔡登傳

編輯助理：廖沛怡、何宗燁

發行者：雲林科技大學設計學院

出版者：雲林科技大學設計學院

編輯委員會委員：(按姓氏筆劃排序)

王中行、王兆華、王年燦、何明泉、吳志富、李傳房、林東龍、林芳穗、林品章、
林榮泰、邱上嘉、范國光、徐道義、陳俊宏、陳國祥、黃世輝、蕭世文

出版日期：2019 年 12 月

地址：(64002) 雲林縣斗六市大學路 3 段 123 號

訂購金額：零售每本 450 元

訂購方式：請洽設計學刊編輯部 jds@yuntech.edu.tw

著作權所有，任何翻譯或轉載，須徵得本學刊同意。