

構圖平衡性對視線分布與歷程之影響

Exploring the Effect of Balanced Configuration Upon Scanpath

*唐大崙 Da-Lun Tang

**李哲賢 Che-Hsien Li

*淡江大學大眾傳播系 副教授

*Associate Professor / Department of Mass Communication

Tamkang University

**文化大學資訊傳播所 研究生

**Graduate Student / Department of Information Communication

Chinese Culture University

摘要

西方繪圖藝術普遍將平衡視為構圖首則，認為繪圖作品的平衡性提供知覺上無形的參考架構，然多缺乏客觀實徵的佐證。部分學者藉眼動追蹤法探索構圖平衡性的影響。不過，這些文獻因無法排除混淆變項，且無嚴格統計程序而受質疑。本研究即企圖改良方法，發展「均勻」和「歷程」兩項客觀量化的視線軌跡指標，重複驗證此命題。本研究請視覺藝術專家，創作出高、低平衡性的刺激圖，要求受測者對圖片作平衡判斷與記憶測驗兩項作業，全程記錄受測者的視線軌跡。結果顯示：(1) 不論平衡判斷作業或記憶作業，平衡性高低顯著影響視線均勻狀態；(2) 僅在平衡判斷作業中，平衡性高低對觀看的視線跳躍幅度有顯著影響；(3) 平衡性高低也顯著影響記憶。

關鍵詞：眼動追蹤、視線軌跡、構圖平衡性

Abstract

Balance is considered as one of the most essential elements of aesthetics. However, few definite evidences were offered from objective or empirical aspects. In order to exclude the influence of confounding variables and to follow a strict statistical process, this study tried to develop two kinds of objective indicators with mathematical parameters called “uniform index” and “progressing index” to re-verify the influence of balance configuration during aesthetic evaluation. In this study, the manipulation of balance configuration was conducted by two experts in visual art. Twenty well-balanced pictures and twenty ill-balanced pictures were used as experimental stimuli. The participants were randomly assigned to perform the memory test or the balance judgment task after viewing each picture in one session. Eye movements were recorded using eye-tracking system when participants were performing the tasks. The following results were obtained: (1) The relationship between the balanced configuration and the uniform index achieved significant level totally, no matter what task was performed. (2) The relationship between the balance configuration and the progressing index achieved significant level only in the balance judgment task. (3) The balanced configuration did affect participants' memory performance significantly.

Keywords: balance configuration, eye-tracking, scanpath

壹、前言

構圖係指平面空間中視覺元素的結構或構成，強調將結構元件作計畫性的安排以符合形式美感的訴求（辛華泉，1999；劉思量，2001）。而平衡係指這些結構元件經某種方式被區分與組織，使彼此間的知覺強度相互制衡。西方繪圖藝術普遍將「平衡」視為構圖的首要原則（朝倉直己，1985；Amheim，1988；Vartanian，Martindale，Podsiadlo，Overbay & Borkum，2005），認為平衡可以讓觀者對整體結構維持在穩定的心理狀態（Locher，2003）。相關藝術理論認為，繪圖作品的平衡性配置，將決定個別繪圖元件在整體平衡系統中代表的地位，並經由視覺的自然觸發，形成無形的參考架構或稱誘導結構（induced structure），進而影響繪圖作品如何被瀏覽、詮釋或鑑賞（Locher，Stappers & Overbeeke，1999）。因此，符合平衡原則的配置關係，不只能避免知覺的雜或渙散，也符合美感需求，並可使作品更準確地傳達創作者的主題思想（劉思量，2001；Gilson、Berkman，1987）。構圖平衡性不只在藝術審美理論的建構上佔有重要地位，也深植於藝術教育訓練的各種基礎課程編製內，幾乎沒有任何藝術教育訓練基礎課程不談及平衡構圖的觀點，藝術教育者總是透過各種構圖訓練使學習者容易進行視覺效果的創作。然而，這些理論觀點多以藝術家本身的經驗為依據，藉由內省、思辨與邏輯的哲學取徑（philosophical approach）而獲得，雖對美感本質有諸多討論，也為後續實證美學研究奠定了基礎（Lang，1987），卻因缺乏客觀實徵資料佐證，難以精確描述，亦不免流於主觀。儘管後期實證美學取徑（empirical approach）用各種問卷調查方式取代哲學論述，但是這些方法仍有其侷限性，特別是個體陳述經常無法避免地產生可能偏誤或隱瞞。

近代心理學研究已經證實，視線軌跡係能有效、自然且即時反映注意力變化，適合作為複雜內在歷程的客觀指標（唐大崙、張文瑜，2007；Duchowski，2003；Henderson & Hollingworth，1999；Rayner，1998）。因此，部分學者開始藉由眼動追蹤法，嘗試探索構圖平衡性是否誠如前述理論所言，影響視知覺處理的變化。Nodine 在 1982 年發現，操作平衡性配置確實會影響繪圖作品中的關鍵元件的凝視次數，後續 Nodine 與 McGinnis（1983）又觀察到，高構圖平衡性繪圖作品之視線落點看起來更為均勻。Locher 與 Nodine（1989）也發現高構圖平衡性的繪圖作品似乎有助於視線軌跡早點進入小幅度跳躍、長時間凝視的探索階段。還有一些研究發現，不同的觀看作業要求、不同的受測者個體特質（如藝術專業知識）、作品形式風格等因素，也會改變平衡性配置對視線軌跡的影響（Locher & Nodine，1989；Nodine，Locher & Krupinsk，1993）。

不過，Santella（2006）提出有力的質疑，認為過去那些以眼動追蹤法探索構圖平

衡性對視線影響的實驗，往往在設計上無法有效排除混淆變項（*confounding variable*）的干擾，易造成推論謬誤，也缺乏客觀量化的統計手段。

基於這些論證，本研究嘗試以更嚴謹的實驗設計與分析方法，再度驗證以上平衡性配置對視線影響的論點。為了清楚說明這些論點及其缺陷，以下將逐一敘述藝術理論與實證美學的文獻，最後得出本研究的問題與實驗設計理路（*rationale*）。但是也因篇幅所限，過去有許多關於眼球運動特徵與測量基礎的論述文獻（伊彬、林演慶，2006；唐大崙、張文瑜，2007），只在文中引用而不再重複贅述。

貳、藝術理論中的平衡原則

構圖（*composition*）源自於拉丁文字「*componere*」（*to put together*），係指經由整合方式，將各種視覺物件或形式予以次序排列而建構之主體。其內涵廣泛出現於繪畫、書法、雕刻、建築、設計等視覺藝術相關領域。以西方繪畫理論而言，構圖是指平面空間中視覺元素的構成或結構，強調藝術家在創作時，必須謹慎的依據經驗法則，將各種視覺元素作有計畫的組織與安排，以達藝術性之要求（辛華泉，1999；劉思量，2001）。中國傳統繪畫理論中，儘管沒有結構或構成之詞，但是亦有「章法」、「布局」等類似概念。「夢幻居學簡明·論意」也曾寫到：「作畫須先立意，若先不能立意，而驟然下筆，則胸無主宰，手心相錯，斷無足取。」此亦間接闡釋了構圖的重要性與價值所在。

構圖的設計原則是規範形式美感的基本法則，它包括平衡、統一、調和、反復、動態、對比、韻律、漸變等等項目。總體而言，其訴求內涵在於創造「多樣的統一」（*unity of multiplicity*），亦即在多元異質性中尋求同質性（呂清夫，2003）。具體來說可分作秩序性與變化性等兩種面向，彼此間既屬對立性質卻又同時存在，若過於秩序則顯得呆板、索然無味；反之若過於強調變化則又雜亂無章。因此，如何兼容並蓄，相輔相成係為形式美感的本質與精神所在（林崇宏，2002；蔡明勳，2004）。

而平衡（*balance*）是構圖藝術中，形式美感的基本原則，特別在西方藝術中，平衡又普遍被視作構圖的首要原則。部分學者甚至認為，名作與一般創作間的差距，關鍵即在於構圖平衡性的掌控（*Vartanian et al.*，2005）。平衡係指結構元件以某種方式被區分與組織，使彼此間的知覺強度相互制衡，且各個結構元件的知覺重心接近畫面的中心，藉此讓觀者的心理感受對整體結構維持在穩定狀態（*Locher*，2003；*Nodine et al.*，1993）。關於視覺平衡產生的條件與前提，黑格爾（*Hegel*）提到，只有樣式一致、同一性重覆的物理形式，仍無法達到視覺平衡（引自王菊生，2002）。安海姆（*Arnheim*，1984）亦認為儘管視覺平衡有某種程度的物理平衡原理可循，卻仍然有其視覺上的獨特因素存在。

平衡的形態又分為對稱式與非對稱式兩類（李賢輝，2008）。對稱式平衡是指形式規則均等，賦予作品穩定、寧靜的感覺，如圖 1a 即為對稱式平衡。非對稱式平衡又稱非形式平衡、變化式平衡或對比式平衡，相較於對稱式平衡而言，非對稱式平衡的形式更富變化，顯得生動，如圖 1b，雖然形式上極度偏畫面左下角，但巧妙的結合柳枝伸展方向與人物視覺焦點，亦形成整體平衡感。



(a) 對稱式平衡 (Patrick Landy, 2008, St. Peter's Basilica, 攝影檔案, 瀏覽日期: 2009 年 1 月 1 日, 取自 http://en.wikipedia.org/wiki/File:Vatican_Altar_2.jpg)

(b) 非對稱式平衡 (馬遠, 約 1194-1224, 山徑春行, 絹本設色, 縱 27.4 公分橫 43.1 公分, 瀏覽日期: 2009 年 1 月 1 日, 取自: 國立故宮博物院: http://tech2.npm.gov.tw/cheschool/zh-tw/index.aspx?content=b_1_88)

圖 1 平衡的形態

不論對稱或非對稱平衡，藝術家多相信，繪圖作品的平衡配置，將決定各個繪圖元件在整體平衡系統中代表的地位，並且經由視覺的自然觸發，產生無形的參考架構或稱誘導結構，進而影響繪圖作品如何被瀏覽、詮釋與鑑賞 (Locher, Stappers & Overbeeke, 1999)。平衡的重要性在於建立觀看者視覺上的秩序感，使視覺訊息傳達更有效率，並快速了解其中的意義。因此，從視線動向驗證藝術家的觀點，是最直接了當的方法。視線動向的特徵主要包含凝視 (fixation) 與跳躍 (saccade) 兩種交互切換的狀態，因此多數研究也聚焦於這兩種狀態的測量與解釋。

參、眼動追蹤的研究成果

早期嘗試用眼動追蹤法研究構圖平衡性對視線軌跡影響的研究，約可追溯到 1935 年 Langford 的實驗，其目的在檢驗高平衡性的繪圖作品是否能反映出較均勻的視線軌跡分布狀態。刺激材料由對稱或非對稱於中央垂直軸線的繪圖作品組成，據此作為平衡性配置的操弄原則。受測者均未具備藝術專業知識，實驗要求受測者對繪圖作品的構圖平衡性給予主觀評價，並記錄受測者的眼球運動。不過，資料分析顯示，凝視點分布於垂直軸線兩側的時間、位置、數量或散佈情形，與受測者的主觀評價之間並無

顯著關係。

Nodine (1982) 則選擇嚴格遵循幾何結構的原始繪圖作品作為實驗刺激材料，並將其重新編排為相對應的低平衡性版本。實驗過程讓受測者依隨機次序觀看相對應的兩種版本，同時記錄受測者的眼球運動，並要求受測者選出構圖平衡性較佳的版本。他將繪圖作品分出等距的七個區塊，分別計算區塊內的總凝視時間，結果顯示，關鍵元件所屬區塊的總凝視時間，的確受平衡性配置的差異而產生變化。除此之外，中央三個區塊內的總凝視時間占整體凝視時間分別為 61-77%，且受測者在開始瀏覽後，在非常短暫的時間內（約三個凝視點），即會將凝視點移至中央區塊。此結論傾向符合 Berlyne (1971) 提出的多樣探索 (diverse exploration) 與特定探索 (specific exploration) 兩階段審美探索的理論觀點。所謂多樣探索階段係指大幅度視線跳躍且短持續時間的凝視觀看行為，特定探索階段則指小幅度視線跳躍且長持續時間的凝視觀看行為。亦即將凝視點移至中央區域，有助於建立圖像的總體知覺，以利迅速進入後期細節解析的階段，特別是作用於高構圖平衡性的繪圖作品。

Nodine 與 McGinnis (1983) 隨後又認為前述將原始作品重新分割排列的操弄方式，可能會對整幅作品之語義造成非自然性的干擾。因此改直接採用知名藝術家創作的實際作品，來比較高低平衡性的影響。其中兩幅是 Georges Seurat 於不同時期創作的 *La Grande Jatte*；包含早期低平衡性的版本，與後期被公認為高平衡性的版本；另外兩幅則分別是由 Peter Paul Rubens 與 Caravaggio 創作，主題同為 *Entombment* 且構圖設計非常相近的作品。由無藝術專業知識的受測者依個人標準選出主觀評價較佳的版本，並全程記錄受測者的眼球運動。結果顯示，針對 *La Grande Jatte* 而言，受測者於高平衡性版本的凝視點分布，呈現以作品中心為基礎的均勻狀態，如圖 2a 所示；相對地，受測者於低平衡性版本的凝視點分布，則呈現趨於兩極不均勻的狀態，如圖 2b 所示。此外，受測者於開始瀏覽後的 1.5 秒內與總體 5 秒內的凝視點分布狀態非常接近，因此他們推論，平衡性配置對知覺處理的影響，可能於開始瀏覽後非常短暫的時間內即已產生。

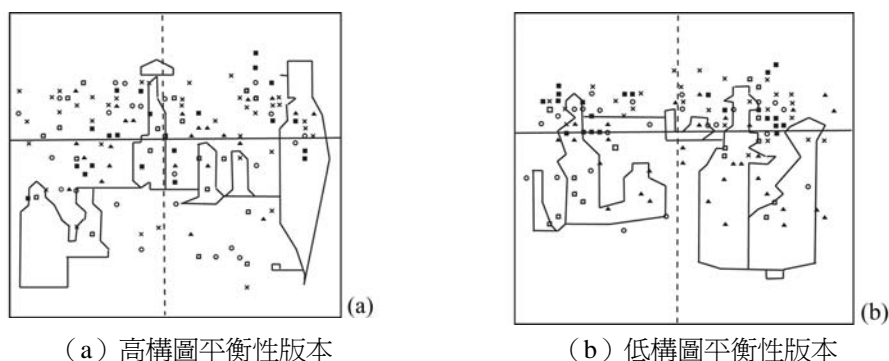
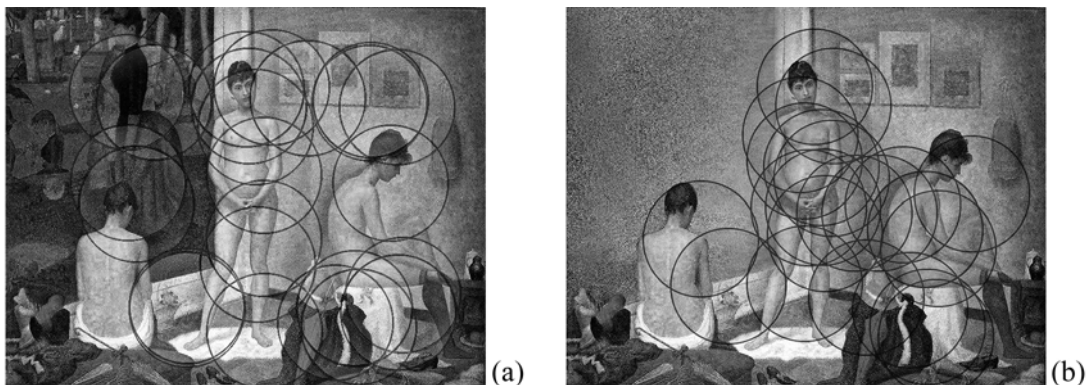


圖 2 「*La Grande Jatte*」凝視點分布圖

(取自 Nodine & McGinnis, 1982)

Locher 與 Nodine (1989) 的研究則鎖定在多樣探索與特定探索兩階段審美為基礎的實驗。他們仍以藝術家的實際作品為原始刺激，包含 *Les Poseuses* 與 *Le Chahut* (Georges Seurat); *Jour de Dieu* (Paul Gauguin); *Elinor, Jean and Anna* (George Bellows); *Grande Baigneuses* 與 *Baigneuses* (Paul Cézanne); *Composition* 與 *Composition with Red, Yellow, and Blue* (Piet Mondrian)，並將原始刺激重新設計，編排成高或低平衡性的版本。要求無藝術專業知識的受測者，針對繪圖作品的協調性與美感給予主觀評價。結果顯示，持續時間較長的凝視點占整體繪圖作品面積的百分比，隨平衡性高低而改變。以 *Les Poseuses* 為例，高平衡性版本的長持續時間之凝視點所涵蓋的面積平均為 57%；低平衡性版本平均則為 43%，如圖 3 所示。亦即，在固定觀看時間下，高平衡性似乎有助於受測者較快進入到後期的特定探索階段，因此受測者就有較多時間，對更多細節作較小幅度的審視。亦即符合平衡原則的繪圖作品，可以避免知覺上的雜亂或渙散，因此受測者可以較有效率的方式瀏覽。

圖 3 也反映出視線軌跡與平衡性配置間的相互關係。依據 Bouleau 針對 *Les Poseuses* 構圖設計的分析，位於中間面對觀賞者的女性係形成左右對稱的軸線，從上方延伸至下方的各個對角線則提供知覺的無形架構，藉此決定各個繪圖元件於整個平衡系統中的地位。例如，左上區域畫框的細節與右下區域女性的細節係彼此相互抗衡，同樣情形亦發生在右上區域與左下區域的繪圖元件間。相較於高平衡性版本，低平衡性版本的凝視點則集中於右下區域，而這種凝視點分布的不均勻狀態，在其他刺激材料中皆有相同的情形發生。



(a) 高構圖平衡性版本凝視區域佔據約 57% (b) 為低構圖平衡性版本凝視區域佔據約 43%

圖 3 「*Les Poseuses*」凝視點分布圖

(取自 Locher & Nodine, 1989)

除了單純探索平衡配置對視線的影響之外，受測者在藝術專業知識或經驗上的差異也可能是重要影響因素之一。為此，Nodine、Locher 與 Krupinski (1993) 比較了無

視覺藝術訓練的受測者和專業藝術家或藝術相關領域的工作者的視線差異。刺激材料仍使用與 Locher 與 Nodine (1989) 相同的六組繪圖作品。實驗過程讓受測者觀看平衡與非平衡相對應的兩幅作品，記錄受測者眼球運動，並要求針對作品的協調性與美感給予主觀評價。結果顯示，高平衡性對知覺處理的助益，似乎僅作用於有受過正規視覺藝術訓練的受測者。亦即，受過藝術訓練的受測者在瀏覽高平衡性版本時，其短持續時間之凝視點數量少於長持續時間之凝視點數量。研究者推測，可能因無藝術專業知識的受測試對平衡性配置形成的無形架構的敏感度較低所致。

還有一些延伸研究顯示，繪圖作品的藝術風格類型與不同作業要求也會影響瀏覽行為。例如，Molnar (1981) 的研究指出，文藝復興時期作品的瀏覽行為中，會有較多長持續時間的凝視並伴隨著較大幅度的視線跳躍；而巴洛克時期作品，則會有較多的短持續時間的凝視並伴隨著較小幅度的視線跳躍。除此之外，其它風格類型面向如「線性」—「畫性」或「抽象」—「具象」等因素亦會影響瀏覽行為 (Locher, 1996)。Locher 與 Nodine 也將風格因素納入探索構圖平衡性的研究中，藉此理解平衡知覺的特性受到其它重要刺激因素的影響程度。實驗刺激材料物包含「線性」—「畫性」和「抽象」—「具象」等兩種組合共八張繪圖作品，並透過電腦繪圖重新編排成低平衡性版本。實驗過程除記錄眼球運動之外，並要求受測者判斷各作品的平衡知覺中心。凝視點密度的資料顯示，針對具象作品，以 *The Piano* 為例，受測者會因平衡性配置的差異而探索與原始版本不同的區域，如圖 4 所示。但是抽象作品卻不會受到平衡性配置的差異影響，研究者推測，這也有可能是因為受測者皆未受正式的視覺藝術訓練，無論高、低平衡性的版本，皆缺乏探索與詮釋抽象作品的知識與經驗。

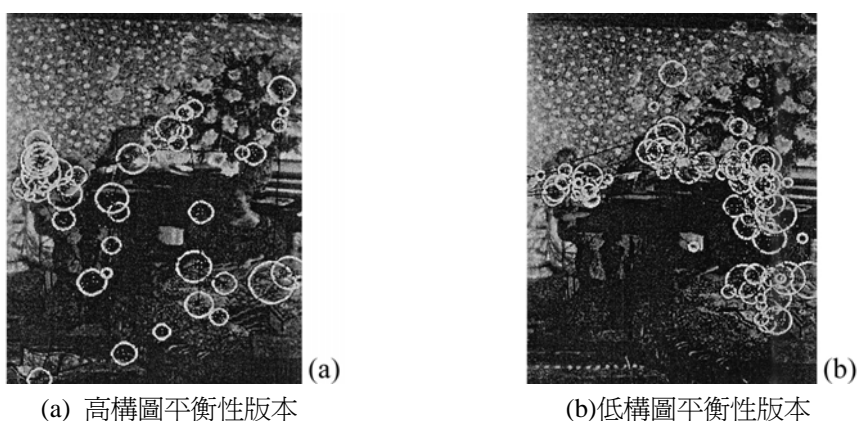


圖 4 「The Piano」凝視點分布圖

(取自 Locher & Nodine, 1989)

平衡性配置不只影響觀看的視線分布模式，也影響個體能否建構並記憶這些訊息

表徵。Antes、Chang 與 Mullis (1985) 的實驗即操弄「簡單」—「複雜」與「平衡」—「非平衡」兩變項，設計四類地圖刺激，企圖驗證平衡的地圖製作的法則是否有助於地圖資訊傳達的效率與品質。實驗過程除記錄眼球運動外，也於 10 秒觀看時間結束後，進行記憶測驗。結果顯示，符合平衡原則的地圖設計，不僅能使受測者快速地鎖定提供關鍵資訊的重要元件，特別是在地圖複雜程度愈高時，還能有效降低瀏覽過程的困難性，亦即平均凝視時間縮得較短，如圖 5 所示。而且，符合平衡原則的地圖，也顯著增進受測者對地圖元件資訊的記憶。

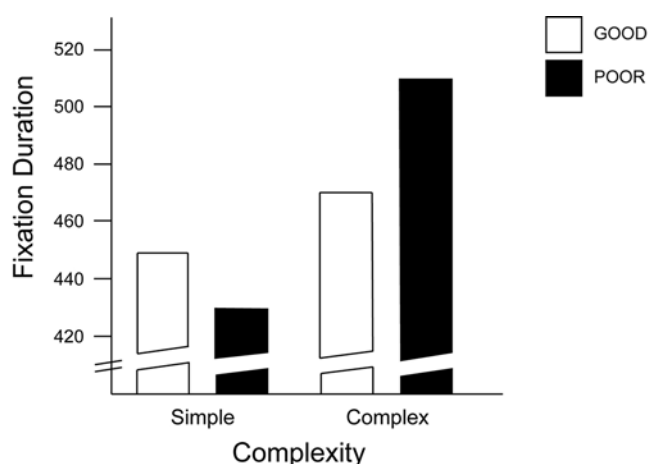


圖 5 地圖設計之複雜度與平衡性對凝視時間的影響

(取自 Antes, Chang & Mullis, 1985)

可惜的是，以上所回顧的文獻在研究方法上多有瑕疵。Santella (2006) 提出最有力的質疑是，眼球運動很容易受到影像內容中諸如亮度、色彩、對比、紋理質地的不同而產生變化 (Privitera & Stark, 2000)。過去以眼動追蹤法探索構圖平衡性對視線變化的實驗，往往是直接改變實際繪圖作品的內容，以操弄平衡性高低，這導致無法控制作品中各繪圖元件的色彩、亮度或面積相等性，使得視線軌跡的變化無法單純歸因於平衡性高低因素所致。而且，藝術家對於視線與內在審美關係的論述，同時注重觀者視線之時間與空間變化 (Graham, 1970)，而前述的眼動追蹤研究，多在刺激圖形所在空間範圍內，計算並比較不同圖形或不同區域之凝視落點次數或時間，這些計算因為是以刺激圖形或空間區域為基礎，最多只能反映特定圖形區域內的視線差異，根本無法反映觀者對整幅構圖的感受差異，也無法同時反映觀者視線之時間與空間變化特性。

事實上，這類研究使用實際藝術作品為刺激材料即有兩項先天的困境存在，一為不可能在改變繪圖作品之平衡性配置的同時，又能保持其他繪圖作品內各個繪圖元件

的特性不受改變，因為實際作品的內容變化萬端。另一項困境為尚未有以觀者為基礎的視線軌跡指標，可以反映觀者對整幅構圖感受之視線時空變化歷程。因此，本研究的目的即在考慮此困境下，嘗試發展一個適當地改變平衡性配置之實驗設計模式，並開發同時考量時空變化的視線軌跡指標，使用更嚴謹的量化統計方法，重新檢驗平衡性配置對視線影響的議題。

肆、研究方法與實驗設計

一、自變項

如前述文獻整理所述，為了更客觀檢驗平衡性配置對視線軌跡的影響，本研究嘗試在自變項的操弄上使用七巧板的排列構圖，商請兩位視覺藝術專家在照明充足的 A4 紙範圍內，盡量考量全體板塊之間的構圖平衡，忽略板塊紋理質地的影響，創作出符合高、低平衡性的黑白組合圖形，共 40 張，作為平衡性配置操弄的刺激，再要求無藝術背景之受測者針對各作品進行平衡性高低的主觀評量，以作為自變項操弄是否有效的檢核 (manipulation check)。因為七巧板的元件是固定的，所以如此操弄至少能保持作品內的各元件總面積、顏色、總亮度、元件特徵點、紋理質地等等訊息都不會產生重大改變，如圖 6 所示。

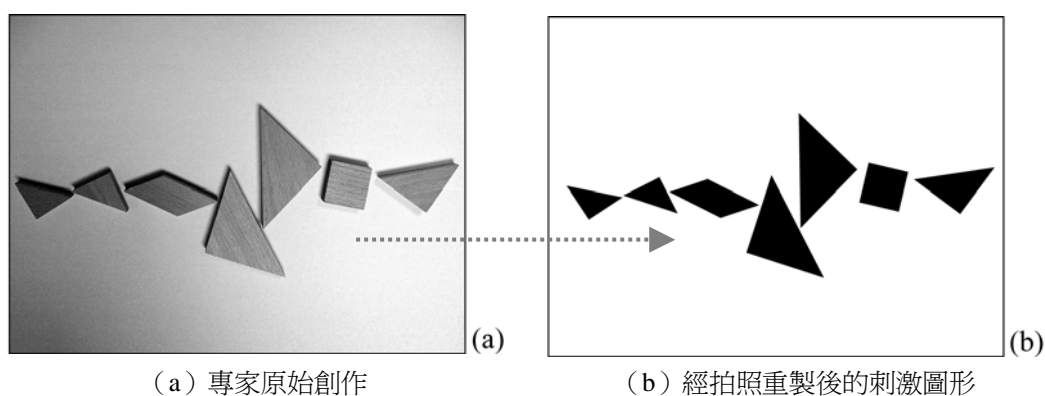


圖 6 實驗刺激圖製作方式

另外，因為過去研究顯示，不同作業要求可能引發不同的觀看瀏覽策略。因此本研究也採用平衡性判斷與記憶測驗，兩項作業同時來評估平衡性配置對視線軌跡之影響，亦即不同作業也是本研究的自變項之一。其中，平衡判斷作業是要求受試者針對每一幅圖片，在 9 點 Likert scale 上給予主觀評價，數值越高表示感覺越平衡。記憶作業則是在看完每一幅圖片之後，隨即在螢幕上出現新舊兩張候選圖片隨機置於螢幕的左右兩側，請受試者選出剛剛看過的圖片，這也是一種立即回憶的測驗。

二、依變項

在依變項上，則依據 Chia 與 Lin (1997) 探討視覺搜尋與疲勞度關係的研究中，所提出的加權搜尋區域 (Weighted Search Area, 簡稱 WSA) 演算法，同時考量觀者在圖片中所有凝視點的次數、持續時間、位置與方向，計算出這些凝視點距離中心所形成之八個軸向的投影向量數值的變異係數 (coefficient of variation)，作為視線軌跡均勻分布狀態的量化標準，以下簡稱「均勻指標」，如圖 7 所示。基於該演算法的數學原理可以期望，當凝視點分布越均勻，八個向量之變異係數越小；反之，凝視點分布越不均勻，八個向量之變異係數越大。也因為該演算法中，同時將每一個凝視點的座標位置與凝視持續時間併入計算，所以 8 個軸向量的數值能同時反映出觀者感興趣的區域位置與觀者本身的注意力持續程度。亦即均勻指標是以觀者為基礎，考量整體視線軌跡變化的指標，而非過去文獻僅在空間區域上計算凝視次數或時間的指標。雖然凝視點位置無所不在，將所有凝視點化約到 8 個軸向，可能會有忽略其他方向之嫌，但是做為初期發展的指標而言，如此化約可能也收以簡馭繁之效。

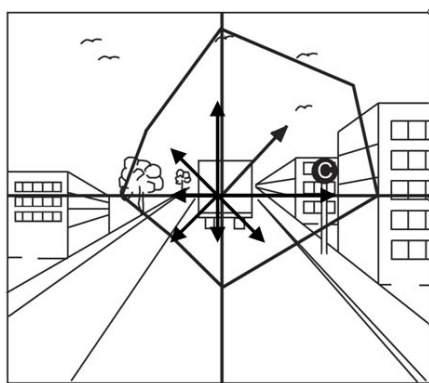


圖 7 加權搜尋區域演算示意圖

以畫面中心為原點，將凝視點 C 的座標位置乘上其凝視持續時間，計算並累加上 C 投影在 8 個箭頭上的各個分向量強度，最後可以八個向量的頂點畫出八角型區域 (取自 Chia & Lin, 1997)

另外，本研究再以倒數函數 (inverse function)， $Y = B_0 + B_1/X$ ，其中， B_0 為截距， B_1 為可反映曲率之曲線參數，針對凝視持續時間與視線跳躍幅度的資料，進行回歸評估，並估計與檢定各情境下之 B_1 參數的差異。因為 Berlyne (1971) 提出的多樣探索與特定探索兩階段審美行為，所描述的視線軌跡變化似乎符合以凝視次序為橫軸、凝視持續時間為縱軸之倒數函數資料型態，亦即由初期短暫的凝視逐漸轉變成長持續時間的凝視狀態。Berlyne 提出的兩階段審美行為也符合以視線跳躍次序為橫軸、視線跳躍

幅度為縱軸之倒數函數資料型態，亦即由初期大幅度視線跳躍逐漸轉變成小幅度視線跳躍狀態。此時， B_1 參數也恰好反映此類由多樣探索狀態轉換成特定探索狀態的速率快慢，因此本研究簡稱 B_1 參數為視線軌跡變化的「歷程指標」，如圖 8 所示。

不過，倒數函數究竟是否適合用來描述 Berlyne 的觀點，則應先藉由回歸函數可解釋實驗資料的總變異量 (*adjusted R²*) 是否達到統計顯著水準以上，方能確定。

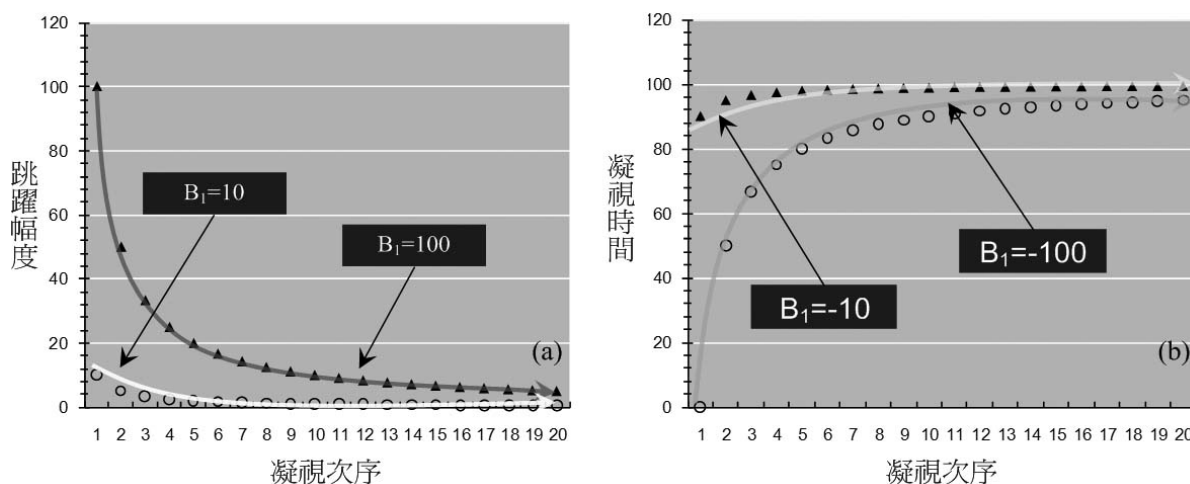


圖 8 倒數函數與 Berlyne 的兩階段審美歷程之關係示意圖

當 (a) 視線跳躍幅度的回歸參數 B_1 越大，表示由多樣探索進入特定探索的速率較慢。同理，當 (b) 凝視時間的回歸參數 B_1 越小，表示由多樣探索進入特定探索的速率較慢。

三、實驗程序

就平衡性配置與作業兩個變項而言，皆採受試者內設計 (*within-subject design*)，即受試者進入實驗室坐入固定位置的觀看座椅之後，由電腦隨機決定先作記憶作業或平衡判斷作業，再將 40 張圖片以全螢幕隨機方式呈現，依據電腦螢幕上顯示的指導語要求，全自動執行完實驗，並全程以 EyeLink® II 眼動追蹤儀記錄視線軌跡。所以每一位受試總計觀看 80 個嘗試次，全部約耗時 50 至 60 分鐘，受限於時間設備，僅招募 25 位年齡介於 19 至 29 歲、志願的大學生參與實驗。

採受試者內設計主要在於能以統計排除受測者變異來源，使資料分析達到較高的統計檢定力 (*statistical power*)。針對不同作業的執行次序與圖形呈現次序，也都以隨機方式處理，以排除練習效果或疲勞效果。

受測者於顯示螢幕前就坐，與螢幕固定保持約 60 公分距離。因此，圖片的水平視角約佔 35 度，垂直視角約 29 度。在眼動儀校正通過之後，才進入正式實驗。每一嘗

試次開始前，受試者的凝視起點皆必須固定於螢幕十字符號中心，圖片才會出現，每張圖形僅呈現 10 秒。刺激圖形消失後，受測者再依據作業的要求作出反應。

伍、資料分析與結果

實驗完畢之後，每一位受試者都有 40 個平衡判斷反應、40 個記憶測驗反應、80 個均勻指標資料與數以萬計的凝視點座標、凝視時間、視線跳躍幅度資料。這些資料變異來自兩類樣本，一類是受試者樣本，另一類是刺激圖形樣本，兩類樣本的變異基準不同，作者以最嚴謹的方式驗證資料的堅韌性 (robustness)，除了歷程指標分析因為需要加總所有受試者與圖片的視線資料，而無法分開兩類樣本之外，以下各段落將分別針對以受試者樣本作為觀察值的分析 (by subject analysis) 與以刺激圖樣本作為觀察值的分析 (by item analysis) 進行相同的統計檢驗流程，當兩者皆得到相同結論，才表示資料是堅韌可信的，而據以下結論 (Monk, 2004)。

一、平衡性配置因素的操弄檢核分析

1. 受試者分析結果：以高、低平衡性為自變項，受試者的平衡判斷為依變項所進行的單因子變異數 (One-way ANOVA) 分析顯示，專家的高低平衡性操弄有極顯著主效果 ($F_{(1,24)} = 28.29, p < .01, \eta_p^2 = .54$)。
2. 刺激分析結果：專家平衡性配置也有極顯著主效果 ($F_{(1,38)} = 11.67, p < .01, \eta_p^2 = .42$)。

總體而言，高平衡性圖形的主觀評價平均值 5.32 ($SE = .14$) 顯著高於低平衡性圖形的主觀評價平均值 4.19 ($SE = .16$)，如圖 9 所示，這也證實本研究請專家創造的高低平衡性操弄原則，具有一定程度的適切性與穩定度。

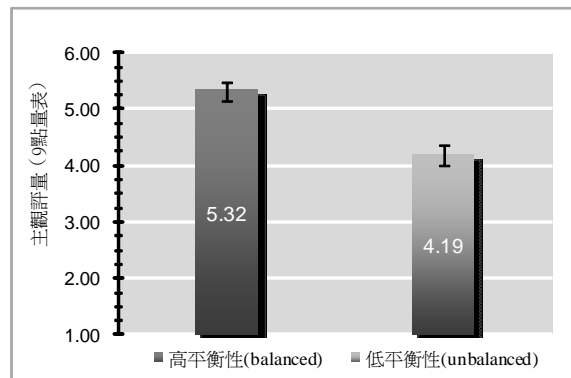


圖 9 平衡性配置操弄與主觀評量的關係

二、平衡性配置因素對記憶的影響分析

1. 受試者分析結果：以平衡性配置為自變項，作答正確率為依變項的單因子變異數分析顯示，高低平衡性配置對刺激圖形的作答正確率有顯著主效果 ($F_{(1,24)} = 238.44, p < .01, \eta_p^2 = .91$)。
2. 刺激分析結果：同樣發現專家平衡性配置亦有顯著主效果 ($F_{(1,38)} = 140.12, p < .01, \eta_p^2 = .79$)。

這些結果清楚顯示，高平衡性圖形的作答正確率平均值 88% ($SE = 4.31\%$) 顯著高於低平衡性圖形的作答正確率平均值 48% ($SE = 2.94\%$)，如圖 10 所示。這種符合平衡原則的圖形設計有助記憶的結果，也與 Antes et al. (1985) 的研究不謀而合。

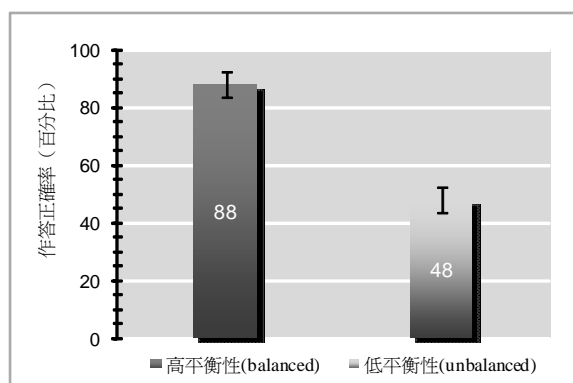


圖 10 平衡性配置與作答正確率的關係

三、平衡性配置與不同作業對均勻指標的影響分析

1. 受試者分析結果：此部分涉及平衡性配置與作業需求，兩個自變項對均勻指標的影響，因此進行雙因子變異數分析 (Two-way ANOVA)。結果發現，平衡性配置與作業需求對均勻狀態指標的影響並無顯著交互作用 ($F_{(1,24)} = 3.05, p > .05, \eta_p^2 = .11$)，作業需求變項也無主效果 ($F_{(1,24)} = 3.73, p > .05, \eta_p^2 = .13$)，只有平衡性配置因素有顯著主效果 ($F_{(1,24)} = .31, p < .01, \eta_p^2 = .81$)。
2. 刺激分析結果：同樣發現，平衡性配置與作業需求兩變項無交互作用效果 ($F_{(1,76)} = .29, p > .05, \eta_p^2 = .00$)，作業需求也無主效果 ($F_{(1,76)} = 1.34, p > .05, \eta_p^2 = .02$)，只有平衡性配置有顯著主效果 ($F_{(1,76)} = 11.01, p < .01, \eta_p^2 = .13$)。

這些結果顯示，平衡性配置對視線分布均勻與否似乎具有穩定因果關係。總體而言，高平衡性圖形的視線均勻指標平均為 .72 ($SE = .01$)，顯著低於低平衡性圖形的視線均勻指標平均 .83 ($SE = .02$)，如圖 11 所示。不過，本研究也發現只有平衡性配置

對視線均勻度有影響，不同作業要求似乎不會影響視線均勻度。

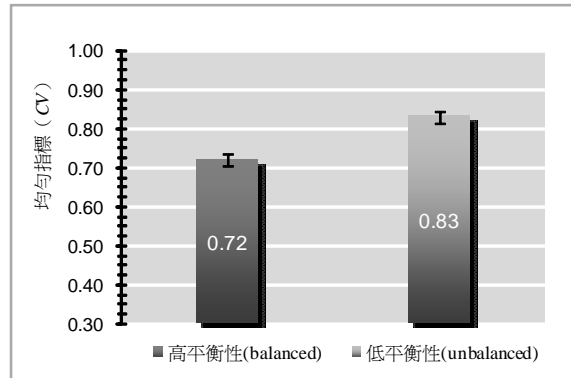


圖 11 平衡性配置與均勻指標的關係

四、歷程指標的適切性分析

本研究嘗試以倒數函數描述視線軌跡的變化歷程，必須先通過該函數與實際資料的配合度檢驗。因此，分別對高、低平衡性圖形，建立凝視次序與凝視時間的回歸模型，檢驗該回歸方程式之決定係數是否顯著。結果發現，兩條回歸模型之決定係數皆達統計顯著性 ($p < .01$)，且皆具高度解釋能力 ($adjusted R^2$ (高平衡性) = .93 ; $adjusted R^2$ (低平衡性) = .95)。此檢定結果支持倒數函數作為反映整體歷程狀態的適切性，如圖 12 所示，凝視時間隨著凝視次序，逐漸變長且愈趨平緩，係符合兩階段審美探索的理論觀點。

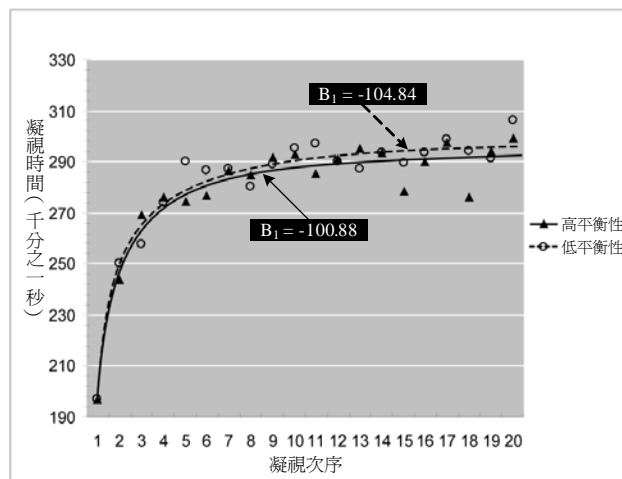


圖 12 綜合兩項作業下，平衡性配置與凝視時間之歷程指標間的關係

再對高、低平衡性圖形，建立視線跳躍次序與視線跳躍幅度的回歸模型，結果發現，兩條回歸之決定係數也達統計顯著 ($p < .01$)，且具高度解釋能力 ($adjusted R^2$ (高平衡性) = .88 ; $adjusted R^2$ (低平衡性) = .89)。也支持倒數函數作為反映整體歷程狀態的適切

性，如圖 13 所示，視線跳躍幅度隨著跳躍次序，逐漸變小且愈趨平緩，係符合兩階段審美探索的理論觀點。

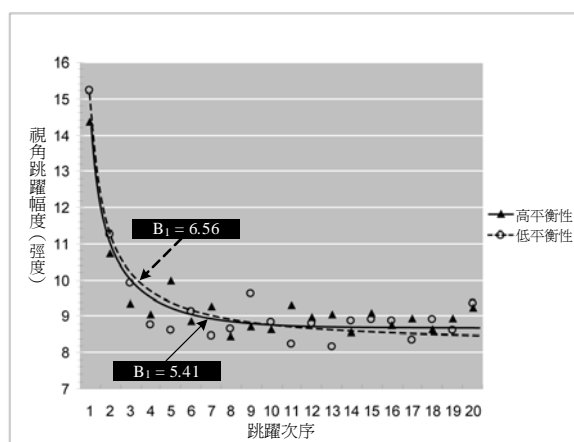


圖 13 綜合兩項作業下，平衡性配置與視線跳躍幅度之歷程指標間的關係

五、平衡性配置與不同作業對歷程指標的影響分析

在確定倒數函數適合描述整體歷程之後，本研究分別計算兩種作業需求的回歸參數 (B_1) 資料，藉由比較高低兩組平衡性配置之回歸參數估計值的標準誤範圍，推論其差異是否達到顯著。結果發現在平衡判斷作業中，兩組凝視時間回歸之決定係數亦達顯著 ($p < .01$)，且皆具高度解釋能力 ($adjusted R^2_{(高平衡性)} = .88$, $adjusted R^2_{(低平衡性)} = .90$)。進一步比較曲線參數估計值的關係後則發現，兩組差距低於 1.96 個標準誤，表示參數值差異未達顯著 ($B_1_{(高平衡性)} = -100.39$, $SE = 8.94$; $B_1_{(低平衡性)} = -104.34$, $SE = 8.14$)，亦即平衡判斷作業中，平衡性配置並未對凝視時間的歷程變化產生顯著影響。

平衡判斷作業中，視線跳躍幅度之回歸決定係數亦達顯著 ($p < .01$)，且皆具高度解釋能力 ($adjusted R^2_{(高平衡性)} = .71$, $adjusted R^2_{(低平衡性)} = .82$)。進一步比較曲線參數估計值的關係後則發現，兩組差距高於 3 個標準誤以上 ($B_1_{(高平衡性)} = 4.11$, $SE = .59$, $B_1_{(低平衡性)} = 6.18$, $SE = .65$)，亦即平衡判斷作業中，平衡性配置會對視角跳躍幅度的歷程變化產生顯著影響。如圖 14 所示，平衡判斷作業下，相對於低平衡構圖而言，高平衡性圖形的視線跳躍幅度較快進入平緩狀態。

記憶測驗作業中，兩組凝視時間回歸之決定係數亦達顯著 ($p < .01$)，且皆具高度解釋能力 ($adjusted R^2_{(高平衡性)} = .92$, $adjusted R^2_{(低平衡性)} = .91$)。但是，進一步比較曲線參數估計值的關係後發現，兩組差距低於 1.96 個標準誤，表示參數值差異未達統計顯著 ($B_1_{(高平衡性)} = -101.59$, $SE = 6.81$, $B_1_{(低平衡性)} = -105.43$, $SE = 7.77$)，亦即記憶測驗作業中，平衡性配置未對凝視時間的歷程指標變化產生影響。

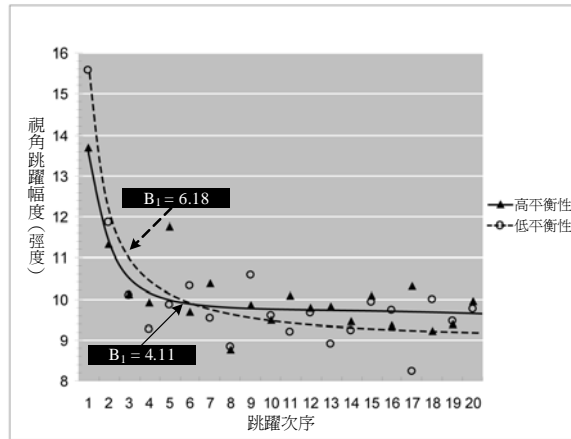


圖 14 在平衡判斷作業下，平衡性配置與視線跳躍幅度之歷程變化關係顯示，高低平衡性配置顯著影響視線跳躍幅度的歷程變化

記憶測驗作業中，視線跳躍幅度之回歸決定係數亦達顯著 ($p < .01$)，且皆具高度解釋能力 ($adjusted R^2_{(高平衡性)} = .86$ ， $adjusted R^2_{(低平衡性)} = .85$)。進一步比較曲線參數估計值的關係後則發現，兩組差距少於 1.96 個標準誤，表示參數值差異未達統計顯著 ($B_1_{(高平衡性)} = 6.69$ ， $SE = .61$ ， $B_1_{(低平衡性)} = 6.96$ ， $SE = .67$)，亦即記憶測驗作業中，平衡性配置也未對視線跳躍幅度的歷程指標變化產生影響。

綜合以上分析，平衡性配置對歷程指標的影響，似乎僅顯著作用於平衡判斷作業中的視線跳躍幅度這個變項上。

陸、研究結論

如前所述，過去以眼動追蹤法探索構圖平衡性對視線動向影響的研究，多有方法上的缺陷。本研究初步嘗試以更嚴謹的方法，在刺激材料、實驗程序、資料分析等方面都有相當重要的突破，初步獲得的結果與過去文獻相比，有部分相同，也有部分相異，其意義分別整理如下。

相同結論的部分，包括：

1. 由圖 11、12、13 的結果顯示，觀看圖片的過程，凝視時間的變化由短而長，視線跳躍的變化由大而小，這似乎支持 Berlyne 所言，約可分為多樣探索與特定探索兩種狀態的觀點。
2. 由圖 10 的結果顯示，構圖平衡性確實影響視線分布的狀態與歷程，高平衡構圖使得視線分布更為均勻。圖 13 的結果則顯示，高平衡構圖也加速觀者進入小幅度視線跳躍的特定探索階段，這與前述文獻成果吻合。

3. 圖 9 的結果顯示，構圖平衡性也影響圖形的表徵與記憶，高平衡構圖使觀者更容易快速記憶。這似乎也支持構圖平衡性能提供知覺上的、無形的參考架構，能避免知覺雜 或渙散的藝術評論觀點。

不同的部分，則有：

1. 由平衡性配置與不同作業對均勻指標的影響分析結果顯示，構圖平衡性對視線空間分布狀態的影響，似乎比較廣泛而深遠，不因作業需求改變而不同。但是，由平衡性配置與不同作業對歷程指標的影響分析又顯示，構圖平衡性對視線變化歷程的影響相當有限、且不穩定，它僅發生在平衡判斷作業的視線跳躍幅度上，未發生在平衡判斷作業的凝視時間上，也未發生在記憶測驗的視線軌跡上。因為過去文獻從未將視線軌跡的空間與時間特性分開探索，因此無從比較。但是，本研究猜測這個新結果可能意味著，構圖平衡性乃是一種著重空間的美感特性，而非著重時間的美感特性。若然，則過去藝術評論者認為構圖平衡性無所不在的影響，需有所修正。
2. 構圖平衡性對視線均勻指標的影響，不受作業需求的差異而改變。但是，構圖平衡性對視線歷程指標的影響，則受到作業需求的改變而不同。這似乎也意味著，個體觀看作品時的視線軌跡變化，並不單純受構圖平衡性的影響，也受到個體在該作業下所引發的知識經驗或策略的影響。關於這一點，Locher 似乎也注意到了。Locher (1996) 除了肯定眼動追蹤法對驗證理論觀點的適切性之外，也依據相關研究成果，提出關於平衡的知覺概念模式。他認為平衡性配置對知覺處理的影響，反映於視線軌跡狀態的差異，是基於感官驅動 (sensory-driven / bottom-up) 與認知驅動 (cognitively-driven / top-down) 過程的交互作用所致。所謂感官驅動層次，係指無論個體特質差異，視線軌跡皆會自發性地受平衡性配置影響，反映出特定引導結構。所謂認知驅動層次，則指觀者俱備相關藝術專業知識，並且在引導結構有助於作業需求的履行時，特別是在美感評價的觀看動機中，個體會充分利用這些知識，作為注意力機制的預編過程。然而，Locher 並未提出關於此模式的直接證據，本研究的結果應可視為支持該模式的證據之一。

整體而言，雖然本研究企圖在方法與刺激材料的控制上，突破過去的限制，但是仍有一些問題值得進一步討論與改善。

1. **關於平衡操弄的專家效度問題：**亦即所謂平衡與否端賴專家認定，使得專家的專業度或從專家所做的七巧板排列重製為刺激圖的過程，是否有不充分或發生失真之處，成為結論是否有效的關鍵因素。雖然本文企圖以受試者主觀評量與

專家分類吻合來論述此操弄之有效性，但是仍可能存有疑慮。未來能請專家重複檢核，或請專家直接在電腦上做圖，也許能更增進此部分的專家效度。

2. **關於結果推論的有效範圍：**亦即以七巧板構成的二維圖案，已經失去一般繪畫可能呈現的三維空間感，因此研究結果是否能類推到一般繪畫情境，值得進一步探究。未來若能請專家直接繪圖，也許能檢驗此疑問。
3. **關於平衡對視線軌跡影響的機制問題：**亦即平衡構圖對欣賞者的視線影響，並非無所不在，有些可能受深切影響，有些狀況觀察不到影響。例如本研究發現，只有在平衡判斷作業下，專家的平衡配置才對視線跳躍幅度的歷程變化產生影響，其他作業則無影響。究竟其背後的機制為何？有何限制？可能需要未來以本研究所發展的量測指標為基礎，不斷進行差異比較，例如比較受過藝術訓練者與非受藝術訓練者的差異，或比較二維與三維不同構成之間的差異等等，俾便歸納出各類情境下的邊界條件，推論其機制。
4. **關於實驗人數的代表性問題：**雖然本文企圖以最保守嚴謹的統計檢驗程序下結論，但是受限於實驗設備不易搬遷，一次只能測量一位受試者，且分析資料量相當龐大等等的限制，僅能選取校內 25 位方便樣本進行測試，可能引起樣本過少與過於同質性，造成結果特異的疑慮。本研究建議可兼採異地實驗室重覆驗證，與本文推薦之嚴謹統計檢驗程序以消除疑慮。事實上，衡諸前述所引用之國外眼動追蹤實驗研究的論文，也多因該設備與技術的特殊性，幾乎都採取少量方便樣本行之。不過，國外相關眼動追蹤實驗室林立，不乏重覆驗證與檢核的研究報告。本文作為國內少數眼動追蹤實驗報告之一，期盼能拋磚引玉，促使國內在此實徵美學（empirical aesthetics）領域趁勢急起直追，與國外並駕齊驅。

總而言之，平衡性配置對審美歷程的影響，可能多為涉及形式偏好的複雜視覺活動，而與涉及文化差異之內容偏好的審美活動有所區隔，但是其影響也非全面性的，許多藝術創作者多知其然，卻不知其所以然（梭索，2004）。透過這類眼動追蹤研究，了解藝術活動對視覺行為的影響限制，可能有助於藝術教育過程中，讓學習者或創作者不僅知其然，更能知其所以然。

引用文獻

中文部分：

- 王菊生 Wang, Jusheng (2002)。《造型藝術原理 Zaoxing yishu yuanli》。臺北 Taibei：藝術家 Yishujia。
- 伊彬 Yi, Bin、林演慶 Lin, Yanqing (2006)。視覺影像處理之眼球運動相關研究探討 Shijue yingxiang chuli zhi yanqiu yundong xiangguan yanjiu tantao。《設計學報 Sheji xuebao》，11(4)，59-80。
- 呂清夫 Lu, Qingfu (2003)。《造型原理 Zaoxing yuanli》。臺北 Taibei：雄獅圖書 Xiongshi。
- 辛華泉 Xin, Huaquan (1999)。《形態構成學 Xingtai goucheng xue》。杭州 Hangzhou：中國美術學院 Zhongguo meishu xueyuan。
- 李賢輝 Li, Xianhui (2008)。《設計原則：平衡 Sheji yuanze: Pingheng》。2009年1月1日，取自 Retrieved January 1, 2009, from http://vr.theatre.ntu.edu.tw/fineart/th2_140/th2_140_05.htm
- 林崇宏 Lin, Chonghong (2002)。《設計基礎原理：造形與構成的創意思考 Sheji jichu yuanli: Zaoxing yu goucheng de chuanyi sikao》。臺北 Taibei：視傳文化 Shichuan wenhua。
- 安海姆 (Amheim, R.) (1984)。《藝術與視覺心理學 Yishu yu shijue xinlixue》(李長俊 Li, Changjun [譯] [Trans.])。臺北 Taibei：雄獅圖書 Xiongshi。(原著出版年：1974) (Original work published 1974)
- 唐大崙 Tang, Dalun、張文瑜 Zhang, Wenyu (2007)。利用眼動追蹤法探索傳播研究 Liyong yandong zhuzongfa tantao chuanbo yanjiu。《中華傳播學刊 Zhonghua chuanbo xuekan》，12，165-211。
- 梭索 (Solso, R. L.) (2004)。《視覺藝術認知 Shijue yishu renzhi》(曾啓雄 Zeng, Qixiong、梁耘塘 Liang, Yuntang [譯] [Trans.])。臺北 Taibei：全華科技 Quanhua keji。(原著出版年：1996) (Original work published 1996)
- 朝倉直己 (Naomi Asakura) (1985)。《藝術・設計的平面構成 Yishu, sheji de pingmian goucheng》(呂清夫 Lu, Qingfu [譯] [Trans.])。臺北 Taibei：梵谷圖書 Fangu。(原著出版年：1985) (Original work published 1985)
- 劉思量 Liu, Siliang (2001)。《中國美術思想新論 Zhongguo meishu sixiang xinlun》。臺北 Taibei：藝術家 Yishujia。
- 蔡明勳 Cai, Mingxun (2004)。《設計繪畫 Sheji huihua》。臺北 Taibei：全華科技 Quanhua keji。

外文部分：

- Amheim, R. (1988). *The power of the center: A study of composition in the visual arts*. Berkeley, CA: University of California.
- Antes, J. R., Chang, K. T., & Mullis, C. (1985). The visual effect of map design: An eye-movement analysis. *The American Cartographer*, 12(2), 143-155.
- Berlyne, D. (1971). *Aesthetics and psychobiology*. New York: Appleton Century Crofts.

- Chia, F. C., & Lin, F. T. (1997). A new method for describing search patterns and quantifying visual load using eye movement data. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 49-257.
- Duchowski, A. T. (2003). *Eye tracking methodology: Theory and practice*. London: Springer-Verlag London Limited.
- Gilson, C. C., & Berkman, H. W. (1987). *Advertising, concepts and strategies*. New York: Random House.
- Graham, D. (1970). *Composing pictures*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (1999). High-level scene perception. *Annual Review of Psychology*, 50, 243-271.
- Lang, J. (1987). *Creating architectural theory: The role of the behavioral sciences in environmental design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Langford, R. (1935). Ocular behavior and the principle of pictorial balance. *Journal of General Psychology*, 15, 292-325.
- Lavie, T., & Tractinsky, N. (2004). Assessing dimensions of perceived visual aesthetics of web sites. *International Journal of Human-Computer Studies*, 60(3), 269-298.
- Locher, P. J. (1996). The contribution of eye-movement research to an understanding of the nature of pictorial balance perception: A review of the literature. *Empirical Studies of the Arts*, 14(2), 143-163.
- Locher, P. J. (2003). Experimental techniques for investigating the contribution of pictorial balance to the creation and perception of visual displays. *Empirical Studies of the Arts*, 21(2), 127-135.
- Locher, P. J., Cavegn, D., Groner, M., Muller, P., d'Ydewalle, G., & Groner, R. (1993). The effects of stimulus symmetry and task requirements on scanning patterns. In G. d'Ydewalle & J. V Rensbergen (Eds.), *Perception and cognition*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Locher, P. J., Cornelis, E., Wagemas, J., & Stappers, P. (2001). Artists' use of compositional balance for creating visual displays. *Empirical Studies of the Arts*, 19(2), 213-227.
- Locher P. J., & Nodine, C. (1989). The perceptual value of symmetry. *Computers and Mathematics with Applications*, 16, 475-484.
- Locher, P. J., Stappers, P. J., & Overbeeke, K. (1999). An empirical evaluation of the visual rightness theory of pictorial composition. *Acta Psychologica*, 103, 261-280.
- McManus, I., Edmondson, D., & Rodgers, J. (1985). Balance in pictures. *British Journal of Psychology*, 76, 73-94.
- Molnar, F. (1981). About the role of visual exploration and aesthetics. In H. I. Day (Ed.), *Advances in intrinsic motivation and aesthetics* (pp. 385-413). New York: Plenum Press.
- Monk, A. (2004). The product as a fixed-effect fallacy. *Human-Computer Interaction*, 19, 371-375.
- Nodine, C. (1982). Compositional design as a perceptual determinant of aesthetic judgment. *Review of Research in Visual Arts Education*, 15, 43-54.
- Nodine, C., Locher P., & Krupinski, E. (1993). The role of formal art training on the perception and aesthetic judgment of art compositions. *Leonardo*, 26, 219-227.

- Nodine, C., & McGinnis, J. (1983). Artistic style, compositional design, and visual scanning. *Visual Arts Research, 12*, 1-9.
- Privitera, C. M., & Stark, L. W. (2000). Algorithms for defining visual regions-of-interest: Comparison with eye fixations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22*(9), 970-982.
- Rayner, K. (1998). Eye movements and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin, 124*(3), 372-422.
- Santella, A. (2006). *Eye tracking for aesthetics: Unexplored possibilities*. Retrieved January 1, 2009, from www.research.rutgers.edu/~asantell/temp/eyetracking_aesthetics.pdf
- Vartanian, O., Martindale, C., Podsiadlo, J., Overbay, S., & Borkum, J. (2005). The link between composition and balance in masterworks vs. paintings of lower artistic quality. *British Journal of Psychology, 96*, 493-503.