

## 低階因素對視覺搜尋的影響

The influence of low-level factors in visual search

計畫編號： NSC 86-2413-H-002010

執行期限： 85 年 8 月 1 日至 87 年 1 月 30 日

主持人：葉怡玉，台灣大學心理系

本研究重複並沿伸 Geisler & Chou (1995) 的理想觀察模式及研究方法探討低階因素在視覺搜尋作業歷程中所扮演的角色。研究結果顯示：(1)此研究方法在多數情況下預測非常精準，但也可能有其限制。在異質背景色彩的情境下，異質性無法促進區辨卻可增加搜尋的效率。因此區辨表現的排序不能對應於搜尋表現的排序而違反該模式的預測。(2)在同樣的物理相似性下，背景刺激的知覺組合或目標與臨近刺激的突現屬性都影響低階處理歷程而進一步影響視覺搜尋。(3)信號-雜訊比例較搜尋的類別更為影響區辨與搜尋表現。

關鍵詞：視覺搜尋，低階區辨，知覺組合

The present research replicates and generalizes Geisler and Chou's (1995) ideal observer model to investigate the influence of low-level factors in a variety of visual search tasks. The results showed the follows: (1) their approach is generalizable to many conditions and yet is limited in predicting the order involved conditions where color homogeneity among background stimuli was manipulated. Heterogeneous colors cannot be used to enhance discrimination performance but reduce effective display size in visual search. Consequently, the rank order of discrimination performance cannot be mapped unto the rank order of search performance – violating the prediction of the model. (2) at the same similarity level, perceptual grouping among background stimuli or emergent features combined from the target and nearby stimuli enhances performance at both low and high levels. (3) signal-noise ratio may be more important in determining performance than whether search is in the category of feature or conjunctive search.

Keywords: visual search, discrimination, perceptual grouping

### 緣由與目的

在研究選擇注意力的領域裡，視覺搜尋是一個廣泛被使用的實驗典範。自 Treisman & Gelade (1980)的研究開始，許多研究者(Duncan & Humphreys, 1989; Wolfe, Cave, & Franzel, 1989)便引用此典範來探討選擇注意力在搜尋作業中所扮演的角色或探討(如：Nakayama & Silverman, 1986)究竟哪些刺激屬性的搜尋並不需要選擇注意力的運作而由此尋找直接可被大腦神經機制處理的原始屬性 (primitive features) 以 Treisman 的 Feature Integration theory 而言，此理論認為物體知覺與辨識需要選擇注意的介入，因此在搜尋結合目標(需要結合兩種屬性才能完成)時，選擇注意必須以序列掃描的方式去尋找目標物，使得反應時間受到背景干擾刺激多寡的影響。在搜尋屬性目標時，因為不需要選擇注意的介入就可完成而使得目標在眾多背景刺激中突出，使得反應時間不受背景干擾刺激多寡的影響。Wolfe 等人的 Guided search 模式與此理論雷同，強調視覺搜尋初期乃平行處理而由激發量的多寡決定序列搜尋的順序。Duncan & Humphreys (1989)則認為視覺記憶是搜尋的瓶頸所在，而搜尋的反應時間受到目標與背景相似性以及背景干擾刺激彼此相似性的影響。

在這些研究裡，研究者都認為搜尋的反應時間可以反映選擇注意的介入程度。然而，Palmer (Palmer, Ames, & Lindsey, 1993; Palmer, 1994)首先指出搜尋的反應時間可能反映的是信號偵測的決策時間而非

選擇注意的介入程度。Geisler & Chou (1995)更是以理想觀察模式為基礎而指出低階的區辨表現可以預測高階搜尋表現的變異而進一步提出以信號偵測為主的模式如何可以沿伸來解釋視覺搜尋的表現。由於此理論角度對視覺搜尋作業有很重要的意涵，影響視覺搜尋作業表現的詮釋，本研究的目的便是以實徵研究重複並沿伸此理論在不同視覺搜尋作業脈絡下的應用。

根據 Geisler & Chou (1995)，低階與高階因素在複雜視覺搜尋作業（亦即需要多次凝視）裡的運作需要用三個研究步驟來探討：(1)以仔細控制的心理物理程序測量區辨表現而以此代表低階處理後的輸出，(2)用同樣的刺激測量搜尋作業表現，(3)計算區辨表現可以預測多少百分比的搜尋作業表現變異量。以此研究步驟，他們發現低階因素可以解釋 85% - 100% 複雜搜尋作業的表現變異量。

但也許是為了使搜尋作業複雜化，在他們的第一個實驗裡屬性目標與結合目標在區辨實驗的脈絡上有明顯的差異：前者的螢幕密度是後者的四倍。在討論裡，他們也提及所使用的方法可能無法直接應用於單一凝視的搜尋脈絡（亦即，只要一次凝視就可找到目標）。由於研究者無法在實驗前明確知道究竟搜尋是單一或多次凝視，我們必須找出一個可行的研究方法來幫助研究者釐清低階因素對搜尋作業的影響。

由於視覺系統的空間解析度隨著離心率(eccentricity)的增加而明顯下降，Geisler & Chou's (1995)認為研究者可由區辨作業裡的正確率與離心率的關係找出低階處理的輸出。在區辨作業中，他們利用 2AFC 的程序，呈現刺激 250 ms，而以目標的離心率為階梯(staircase)間的操弄。藉由 2-down/1-up 以及 4-down/1-up 標準階梯方式，他們找出不同刺激-背景組合裡目標區辨的離心率閾限。根據閾限，他們進一步模擬出以離心率為橫軸，正確率為縱軸的低階處理輸出正確窗。在第二階段裡，他

們要求受試者針對同樣的刺激-背景組合進行搜尋作業。根據理想觀察模式，他們推論搜尋時間的排序(rank order)應該是低階處理正確窗的相反排序：亦即區辨正確窗愈大，搜尋時間愈短。他們的結果也支持此推論，但他們認為在單一凝視的脈絡裡，研究者可能必須在區辨作業裡操弄不同的呈現時間而更精準地畫出正確率與離心率及呈現時間的三度空間關係。

然而，我們是否可透過其它方法來釐清低階因素在單一凝視搜尋脈絡下的影響呢？我們是否可透過反應時間 (RT)與離心率的關係來進行模擬呢？在本研究裡，我們試圖瞭解 RT 與正確窗的關連，並進一步探討區辨作業與搜尋作業 RTs 的彼此關連。同時，我們也加入相似性的操弄，希望能類化 Geisler & Chou's (1995)的方法與結果。

## 研究方法

為了含括單一與多次凝視的搜尋脈絡，我們固定螢幕密度為在一個  $10^\circ$  (水平)  $\times$   $9.2^\circ$  (垂直) 黑色範圍裡呈現 625 (25  $\times$  25) 個刺激。受試者看螢幕的距離為 62cm，所有刺激的亮度控制在約  $7.4 \text{ cd/m}^2$ ，而目標刺激在所有情境裡都是  $+45^\circ$  紅色線條 ( $x = .628, y = .335$ )。在實驗一裡，我們重複 Geisler & Chou's 的第一個實驗，因此包含了以下四種不同的背景： $+45^\circ$  綠線條 ( $x = .335, y = .580$ )， $-45^\circ$  紅線條， $-45^\circ$  綠線條和  $+45^\circ$  藍線條， $-45^\circ$  紅線條和  $+45^\circ$  綠線條。當背景刺激包含兩類時，我們以隨機的方式選擇每一刺激的類別，但確認兩類出現的頻率相同。在前三組裡，目標的區辨都可在單一向度裡完成，向度分別為：顏色，傾斜角度(orientation)，顏色或傾斜角度。因此，前三組的搜尋應該屬於單一凝視搜尋。第四組的目標屬於結合目標，應該屬於多次凝視的脈絡。在實驗二及實驗三裡，我們操弄背景相似性（刺激請見表一及表二），並嘗試利用色彩破壞知覺

組合而探討其效果。

情境	2a	2b	2c	2d
刺激				
顏色	紅	紅 綠	紅	紅

表一、實驗二的四種背景刺激

情境	3a	3b	3c	3d
刺激				
顏色	紅	紅 綠	紅	紅

表二、實驗三的四種背景刺激

目標刺激以及 2a 和 2b 線條的長度為  $0.38^\circ$ 。背景刺激 2c, 2d, 3a, 3b 的  $+45^\circ$  線條長度為  $0.27^\circ$ ， $-45^\circ$  線條長度為  $0.11^\circ$  而 3c 和 3d 的  $-45^\circ$  線條長度為  $0.22^\circ$ 。就物理相似性而言, 2c 和 2d 等同, 3c 和 3d 也等同。3b 與 3a 的差異來自在 3a 裡可以用色彩做知覺組合, 但 3d 內的色彩異質性破壞此組合的可能性。

實驗的程序重複 Geisler & Chou's (1995) 而有一些細節的差異。每個實驗包括兩部份。在第一部份, 受試者進行四個階段的區辨作業, 每個階段裡進行八個區段, 2-down/1-up 和 4-down/1-up 以非交叉 (non-interlaced) 的方式在不同區段中採用。各情境以及階梯標準在每階段裡的出現順序以 Latin-square 的方式平衡。在區辨作業時, 警告信號出現 100 ms 後, 一個「+」凝視點出現在螢幕的中央 (他們是用圓點) 500 ms。第一時段出現刺激材料 250 ms 後, 凝視點再出現 500 ms, 之後第二時段出現刺激材料 250 ms。受試者必須決定目標出現在第一或第二時段裡。反應後, 正確率的回饋出現。嘗試間的時間距離為三秒 (他們用 5 秒)。在第二部份受試者再度進行四個階段的搜尋作業。在搜尋作業裡, 我們呈現刺激 15 秒 (他們用 6 秒) 而由受試者判斷目標是否出現。由於區辨作業裡受試者不能移動眼睛, 並且本研究需要一個受試者長期進行實驗, 只有研究者

完成所有情境操弄的實驗。由於另外幾位受試者在區辨作業裡有移動眼睛的可能性 (見成果自評), 在此報告裡我們只用研究者的資料說明結果。由於實驗一與實驗二有許多重疊部份, 結果與討論以實驗二與三的資料為主。

### 結果與討論

實驗二與三的區辨表現 (平均兩個階梯結果) 與搜尋時間分別呈現於表三與表四。

	正確窗的寬度	排序	搜尋時間	排序
2a	12.00	1	422.85	1
2b	5.69	4	2524.10	4
2c	9.90	3	791.65	3
2d	10.15	2	698.50	2

表三、實驗二結果

	正確窗的寬度	排序	搜尋時間	排序
3a	4.84	3	4037.70	4
3b	4.34	4	3779.40	3
3c	11.66	2	586.40	2
3d	11.99	1	441.70	1

表四、實驗三結果

實驗二的結果符合 Geisler & Chou (1995) 的預測: 正確窗大小的排序與搜尋時間成相對應關係, 正確窗愈大, 搜尋時間愈短。Monotonic regression 分析結果顯示低階因素解釋 100% 搜尋表現的變異量。但是, 實驗三的結果與預測有些微的不同。3a 的正確窗較 3b 的大, 但搜尋時間卻較長。此結果來自受試者在 3b 搜尋時採取了只在一個向度上搜尋的認知策略, 例如: 在紅色刺激中找  $+45^\circ$  線條的出現。因此, 實際搜尋的範圍較區辨情境小。但由於 Monotonic regression 分析的是排列順序, 結果顯示低階因素仍解釋 99% 搜尋表現的變異量。

在相同物理相似性的情境下，實驗結果顯示不論區辨正確窗寬度或搜尋時間仍有些微的差異。3c 和 3d 的差異可能來自目標刺激與鄰近的刺激在 3d 的脈絡下突現 (emerge) 出另外的屬性，而使得區辨和搜尋較為容易。就 2c 和 2d 的比較而言，前者的知覺組合形成 25 行的麻花辮，前後背景刺激的距離較小。2d 的知覺組合則形成矩陣的，前後背景刺激的距離較大。

雖然低階因素可以解釋 99% 搜尋表現的變異量，研究者認為此乃出自分析方法是以前所有排序為基準。在實驗三的資料裡，我們可見 3a & 3b 的搜尋時間是 3c & 3d 的八至九倍。因此，3a & 3b 搜尋順序與區辨順序的不同並不會影響整體的結果。如果我們只分析 2b, 3a, & 3b 三個情況的資料，我們會發現解釋變異量的降低。未來，研究者仍希望深入釐清區辨反應時間與搜尋反應時間的對應關係，嘗試更為精準的分析方法。

除了驗證理想觀察模式的可用性，結果也沿伸了 Duncan & Humphreys (1989) 有關相似性的討論。在 2c & 2d 以及 3c & 3d 的情境裡，目標-背景的相似性等同，背景也都是同質性的刺激。但是，由於背景刺激的知覺組合（實驗二）以及目標與背景刺激組合出的突現屬性（實驗三），無論區辨或搜尋都有所差異。另者，3a & 3b（歸類為屬性目標搜尋）的搜尋時間較 2b（歸類為結合目標搜尋）的為長。此結果支持信號-背景比例的重要性高於目標刺激是哪種類別。

就未來的實驗而言，有三個方向是值得考慮的：(1) 螢幕密度的影響，(2) 區域(local)與整體(global)相似性，(3) 注意力在低階的影響。就第一個議題而言，此研究的動機來自密度與螢幕大小是視覺搜尋裡無法分離的變項。在固定螢幕大小下，增加刺激會增加密度。然而密度也影響目標刺激附近區域裡的雜訊(noise)而進而影響信號-雜訊的比例。另者，密度也可破壞知覺組合的效率，或使突現屬性(emergent

features)的產生變為困難。因此，透過密度的影響，我們可以探討此變項在區辨與搜尋作業的影響。就區域與整體相似性的影響而言，其動機來自研究者認為區域性的相似性應該影響目標附近的信號-雜訊的比例而使得其效果大於整體相似性。就第三議題而言，本研究驗證 Geisler & Chou (1995)的結論：低階因素顯著地影響搜尋作業的表現。然而許多研究也指出注意力可影響低階信號的處理。由此雙方向的探索，我們可更為清楚低階與高階處理的互動。

### 成果自評

本研究在進行過程中遭遇三項障礙：(1) 個人電腦計算速度緩慢使得刺激產生與模擬的兩項工作都非常緩慢，(2) 聘僱的四位受試者有的無法完成全部實驗，有的在區辨實驗中時常移動眼睛，(3) 硬體損壞使得刺激材料與實驗資料喪失。就某些情境刺激材料的產生而言，在確認程式正確後需要五天以 24 小時執行，才能完成該情境的所有刺激材料。以結合目標搜尋實驗的情境為例，該情境的刺激檔案就有 6268 個。因此，本研究在計畫提出時低估了實驗準備所需的時間。另外，在計畫提出時也低估了區辨實驗對一般大學生的困難度。在此實驗裡，受試者必須在整個嘗試裡都不能移動眼睛。Geisler & Chou (1995)在他們的討論裡也認為即始是經驗的受試者都有可能移動眼睛而建議在未來的研究裡使用眼睛追蹤器以便記錄而進一步刪除所有眼睛移動嘗試的資料。以研究者的經驗而言，在整個嘗試裡維持眼睛於凝視點的確是一件困難的事。理由並非受試者的不合作，而是在許多情境裡目標的出現非常容易捕捉注意力而誘發眼球的移動。

雖然在提出計畫時低估刺激材料產生與一般受試者執行區辨實驗的困難，本研究仍緩慢進行直到硬體的損壞。由於硬體問題，所有刺激材料必須重新製造而實驗也必須重新進行，本研究因此嚴重地落後於預期的目標。雖然如此，本研究的初步

資料顯出此研究取向的學術價值，也可能為視覺搜尋領域提供新的實徵資料。如果此計畫可以繼續（見討論中的未來研究方向），結果應該可以發表於學術期刊。

就學術價值而言，本研究的主要發現是：(1) Geisler & Chou's (1995)的研究架構可以被類化於其它搜尋脈絡，但也有其限制性，(2)背景刺激的知覺組合可以影響區辨與搜尋，(3)目標與臨近刺激的突現屬性影響區辨與搜尋。

### 參考文獻

- Geisler, W. C., & Chou, K.-L. (1995). Separation of low-level and high-level factors in complex tasks: visual search. Psychological Review, 102, 356-378.
- Nakayama, K., & Silverman, G. H. (1986). Serial and parallel processing of visual feature conjunctions, Nature, 320, 264-265.
- Palmer, J. (1994). Set-size effects in visual search: The effect of attention is independent of the stimulus for simple tasks. Vision Research, 34, 1703-1721.
- Palmer, J., Ames, C. T., & Lindsey, D. T. (1993). Measuring the effect of attention on simple visual search. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 19, 108-130.
- Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. Cognitive Psychology, 12, 97-136.
- Wolfe, J. M., Cave, K. R., & Franzel, S. L. (1989). Guided search: An alternative to the modified feature integration model for visual search. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 15, 419-433.
- Duncan, J., & Humphreys, G. (1989). Visual search and stimulus similarity. Psychological Review, 96, 433-458.