

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

視覺皮質動態特性之心理物理學研究(II)

計畫類別：x 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2413-H-009-004

執行期間： 90年8月1日至91年7月31日

計畫主持人：陳一平

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：交通大學應用藝術研究所

中 華 民 國 91 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

視覺皮質動態特性之心理物理學研究(II)

Psychophysical Studies on the Dynamics of Cortical Neurons

計畫編號：NSC 90-2413-H-009-004

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：陳一平 交通大學應用藝術研究所

一、中文摘要

本年度研究重點在於定量測量運動訊息對於視覺空間整合區域大小的影響。我們採用垂直走向、以水平方向運動的光柵條紋作為誘發刺激，並以兩點偵測作業決定受試者的空間整合區域大小。我們的主要發現是在運動訊號周圍的視覺空間會受到誘發訊號的影響而發生膨脹或收縮的變化，在運動前進的方向上的空間具有收縮的跡象，表現在縮小的空間整合區域；在運動相反方向的視覺空間則有膨脹的跡象，表現在變大的空間整合區域。

關鍵詞：視覺空間、接受域、空間整合

Abstract

The size of the integration area of visual detectors was found to be modulated by local motion signals in our previous study. We aimed to determine the direction of the modulation as a function of the direction of movement in this study. A two-point-detection task was adopted as the measure of the spatial integration span. We found the space in front of the moving grating tended to shrink, while that behind the grating tended to expand. There are corresponding changes in the spatial integration span. Larger integration area is associated with expanded space.

Keywords: Visual Space, Receptive Field, Spatial Integration

二、緣由與目的

我們在之前的研究中發現攜帶運動訊號的圖形元素(靜止運動的 Gabor, stationary moving Gabor, 以下簡稱 SMG)會在其周圍誘發空間的膨脹或縮小等扭曲狀態，如圖一所示。在圖一中，SMG 改變了其兩側的空間度量大小，在生理上這意味著幾種可能性：(1) 表徵空白區段 b2 的神經細胞個數增加(乃至多於表徵空白區段 b1 的個數)，但每一個神經細胞所表徵的空間大小(亦即該細胞的接受域大小)維持不變；(2) 表徵空白區段 b1 與 b2 的神經細胞個數不變，但負責表徵 b2 的神經細胞之接受域比起負責表徵 b1 者而言相對大小變大(圖一所圖示的即為這種情況)；以及(3) 上述情況的綜合。釐清這幾種可能性將有助於我們對於皮質細胞接受域大小的動態變化特性的進一步瞭解。由於視覺空間是視覺系統定位物體位置與形狀的基礎，任何造成其扭曲的因素必然也改變了視覺系統的位置以及形狀編碼的狀態，因此理論上，我們可以藉由精確測量視覺空間幾何特性的動態變化來推測物體形狀及位置的編碼方式，甚或進一步探究這些編碼方式內在的皮質生理基礎。

本年度的工作接續前一年的工作，以垂直走向、以水平方向運動的光柵條紋作為誘發刺激，製造局部的視覺空間變化，並以兩點偵測作業決定受試者的空間整合區域大小。我們的目的是在於決定膨脹的(或縮小)的空間與視覺偵測器的空間整合區域大小(對應於皮質細胞的接受域大小)的關連，尤其是兩者相關的方向。理論上不管視覺偵測器的空間整合區域變大或變小都有可能造成視覺空間的膨脹(但反映出的內在機制的性質便有所不同)，因此必須以實徵的手段尋求結果。

三、實驗方法

本實驗的主要目的在於直接探討實驗一所觀察到的知覺空間的變化與皮質細胞接受域大小的關係。由於接受域是生理手段方能直接量測的性質，我們必須以其他的間接方式來監看其大小變化，在本實驗中我們以空間整合區域(spatial integration area)的大小作為皮質細胞接受域大小的指標，企圖以心理物理學的方法來釐清此問題。

刺激與程序：本實驗採用信號偵測理論的實驗方法與資料分析方式。基本的刺激構型為一中央運動區，其中的條紋往一固定方向運動。在所有嘗試中，有 75% 的機率會有兩個微弱的細小光點出現於光柵的左側或右側，受試者須報告在中央區的左方或右方有無小點出現(yes/no 的偵測作業)。單一目標小點的亮度值係由事前的 pilot study 所決定，針對每一受試者調整為達到 60% 偵測率所需的強度（這是為了確保單一小點不容易被偵測，必須依靠兩個小點在空間上的整合方能有效偵測目標）。只要有目標點出現的嘗試，兩個目標點必定同時出現，然而兩點之間距則是實驗變項，在不同的實驗段落中有所變動。當兩點的間距小於皮質細胞的平均接受域大小時，由於這兩個點總會刺激到某一共同單元，所以它們所產生的興奮效果是可以加成的，以信號偵測理論的術語，這時所得的 d 值較大。當兩點的間距大於皮質細胞的平均接受域時，這兩個點會分別刺激到不同的神經單元，因此其加成作用僅止於機率加成(probability summation, 參見陳一平，民 88 的討論)的程度，所得的 d 值應小於上述的情況。於本實驗中我們系統性地操弄目標點的間距，觀察 d 值隨目標點的間距的變化，我們預期可由 d 值變動曲線的轉折點中推算出某一空間整合區

域的大小，而關鍵性的預測則是在運動區同向與異向側的整合區域大小有別。本實驗最重要的功能在於揭示知覺上被壓縮（或延展）的空間，在生理層次上所對應的究竟是皮質細胞的平均接受域的增大或縮小。

結果：由於空間整合實驗再加上前置的 pilot study 所需的嘗試次數非常多，而且本實驗的細點偵測作業相當困難，致使本實驗的受試者流失問題非常嚴重，在去年度為期大約六個月的實驗期間有十二位陽明大學的學生作為志願或接受付費的受試者，但無一能夠堅持到完整實驗的結束。今年度我們繼續蒐集三位長期受試者的完整資料。

由於目標點的亮度很難找到理想值，若設得太高，在實驗結果經常會得到大於 3 的 d 值，就信號偵測理論的方法考量，太高的 d 值並不可靠。相反地，亮度值一偏低時，受試者主觀的感覺便像盲目猜測一般，挫折感很大。因此資料的訊雜比並不高，但主要的趨勢仍看得出來，亦即與運動反向位置（紫紅色曲線）的空間整合區域的大小有略大於同向位置（深藍色曲線）的傾向。

四、結論

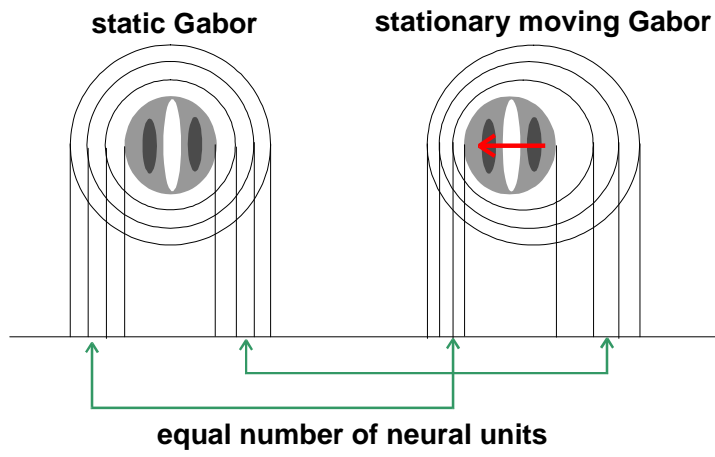
綜合去年度與今年度之實驗資料，我們發現視覺空間的大小變化係與視覺偵測器空間整合區域大小以同方向的方式變化，亦即某局部區域的視覺空間若發生主觀上的膨脹現象時，其相對應區域的視覺偵測器空間整合區域亦有變大的趨勢，此現象意味著視覺空間的尺度是以皮質細胞的接受域大小，而非興奮細胞的個數來表徵的。

五、參考文獻

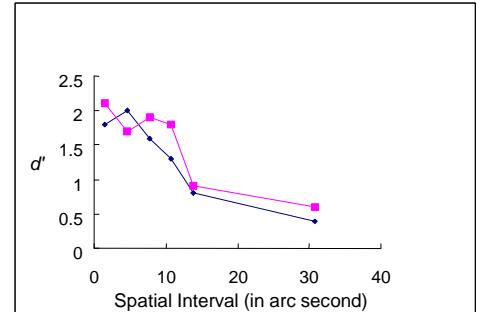
- [1] Chen, I. P.(1999). Local enhancing connections among spatial frequency filters might mediate Gestalt grouping principles. *Journal of Chinese*

Psychology, 40(2), 19-37. (in Chinese, 完形心理學連續律與相似律之內在機制探討)

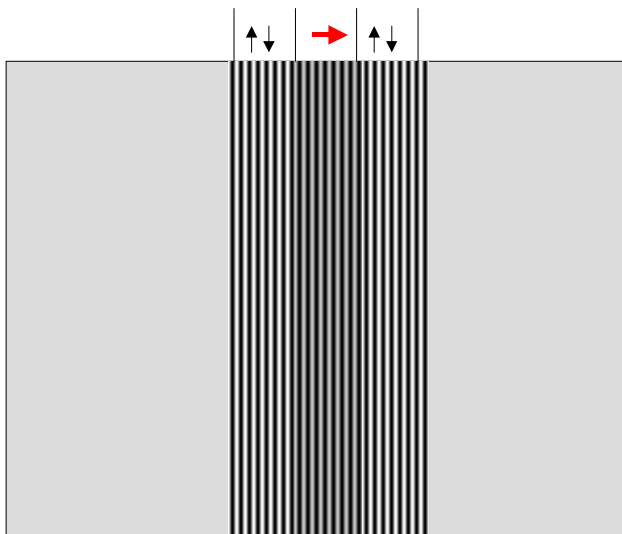
六、附圖



圖一



圖三



圖二

