

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 假象運動的時間詭論之解決

計畫編號：NSC 88-2413-H-002-011

執行期限：民國 87 年 8 月 1 日至 88 年 7 月 31 日

主持人：黃榮村      台灣大學心理學系

### 一、中文摘要

在長距假象運動(long-range AM)中，觀察到的光點出現時序與物理事件及其後之整合的出現時序不同，稱之為假象運動的時間詭論。本研究先採分析方式，否證文獻上所提出但不符實驗數據的單點運動說與定錨假說，接著提出基於「神經充裕量」為基礎的分析方式，來嘗試解決假象運動的時間詭論問題。本研究經由文獻搜尋時間參數之分配，發現可以產生長距假象運動的意識知覺時間，一般短於觸覺所需之 500ms 的範圍，初步驗證了本研究的猜測。另外為了進一步確認本研究模式中所提的，B 光點的無意識知覺會與 A 光點的意識知覺混合，可以產生 AM，本研究利用閾限下 (sub-threshold) 刺激光點來協助 AM 路徑之產生，初步結果亦有正面效應，若能再進一步找出更明確的 AM 產生方式，應該可以初步解答迄今未有合適處理模式的時間詭論問題。本研究最後提出

進一步的測試方式。

關鍵詞：假象運動、時間詭論、閾限下刺激、神經充裕量

### Abstract

The timing paradox of apparent motion indicates an inconsistency between the temporal order of perceiving apparent motion and its corresponding sequence of presented physical stimuli. The study falsified two hypotheses that were based on the single-point movement and anchoring to previous stimuli respectively. A new synthesis was suggested to account for the resolution of timing paradox in perceiving Am. The study found that the time for conscious perception of AAM is less than 500ms. The finding confirms the prediction of the model. The study also adopted the sub-threshold stimuli to assist the formation of AM route. The blank AM route was, as predicted, not perceived by the observer. The enhancement of perceiving AM route by

providing the assisted sub-threshold stimuli is consistent with the prediction of the model. However, further critical demonstration is still needed to explain the mystery behind the timing paradox in perceiving AM.

**Keywords:** apparent motion, timing paradox, sub-threshold stimuli, neuronal adequacy

## 二、緣由與目的

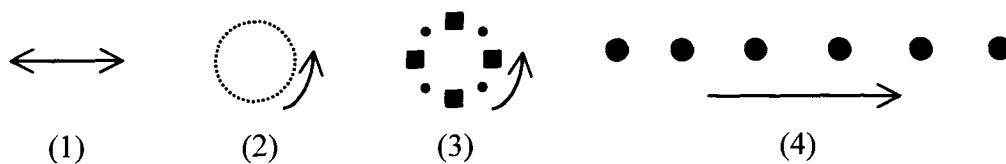
假象運動 (apparent motion, AM) 指的是當至少有兩個以上在空間上分離 ( $< 4^\circ$ ) 的刺激，交替呈現給觀測者看時所發生的，在兩個刺激中間沒有對應物理刺激下的主觀連續性運動知覺 (Petersik, 1989)。該一現象可說是建立格式塔心理學派中「部份知覺的總和不等於整體知覺」原理的最重要實驗 (Wertheimer, 1912；Kolers, 1972)。AM 之研究已逾百年，過去已逐漸澄清發生 AM 的時間與空間條件、AM 與真實運動 (real motion) 之生理與心理機制之異同、與 AM 的長距與短距歷程特性。但最需要解答的，恐怕仍在於為何當兩個亮點來回交替呈現或多光點連續呈現時，長距 AM 是可能發生的？哲學家 Goodma (1978) 在觀察了 Kolers 與 von Grunau (1976) 所作的色彩假象運動 (color phi) 實驗後，問了一個重要問題：「怎麼有可能在第二種顏色的色點出現前，即可在第一點 (紅色) 與第二點 (綠色) 之間，填補出 (或先看到) 介於紅綠之間的黃色點，循著運動軌道在行進？」同樣的問題也可適用於同顏色光點的 AM 上，該類問題即是通稱之 AM 的時間詭論。這兩個問題其實是同一機制的不同敘述方式，迄今仍未有合理的解答。

Barlow 與 Levick (1965) 發現，網膜上間隔 (而非相鄰) 的兩點刺激，可引起類似真實反應的大腦神經反應，似乎網膜

上不同兩區可連到大腦同一運動偵測神經元。但 Rock (1983, 1984) 認為該說法可能只適合解釋短距 AM，且當兩個光點分別輸入不同半球時 (所以該二光點不可能連到同一運動偵測神經元)，在適當條件下仍可產生 AM。若 Barlow 與 Levick 所提之感官理論 (sensory theory) 可行，使 A 與 B 兩點連到同一運動偵測器，而產生  $A \rightarrow B$  的真實運動感覺，則可依「神經原則」 (neuron doctrine) 的原理，在 A 與 B (有先後呈現順序) 最後興奮同一神經元後，產生  $A \rightarrow B$  的連續運動知覺，這種講法自然無時間詭論問題，但可惜該類理論顯然不適用於長距 AM 的產生，因為在這種長距特性下，A 往往在 B 出現之前即可獲得意識性的知覺 (由其他控制實驗可獲佐證)，但 Barlow 與 Levick 的理論祇適用在 A 與 B 皆匯聚到同一神經元後，才能產生  $A \rightarrow B$  的意識知覺。Rock 另外提出可適用於較長時空間距條件下，仍能產生 AM 的推論說 (inference theory)，以為在快速呈現下，依日常生活經驗的累積，難以分辨真實與假象運動，因此縱使是 AM 亦解釋為真實運動，而迴避了時間詭論問題。Rock 的說法類似於下述之「單點運動說」，是很容易否證的。

### 單點運動說與定錨假說

圖 1 中之 (1) 與 (2) 皆假設可將傳統的假象運動，視為觀測者誤以為是單一光點在運動，中間則為連續運動所造成之



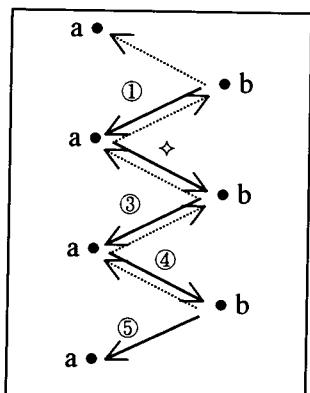
說明：在(1)與(2)中，可視為均勻的單點在做連續運動，故 AM 可發生在兩點之間。依此想法，則(3)與(4)不應發生 AM，但與實驗結果不符。該想法亦不能解釋 color phi。

圖 1 單點運動說圖示

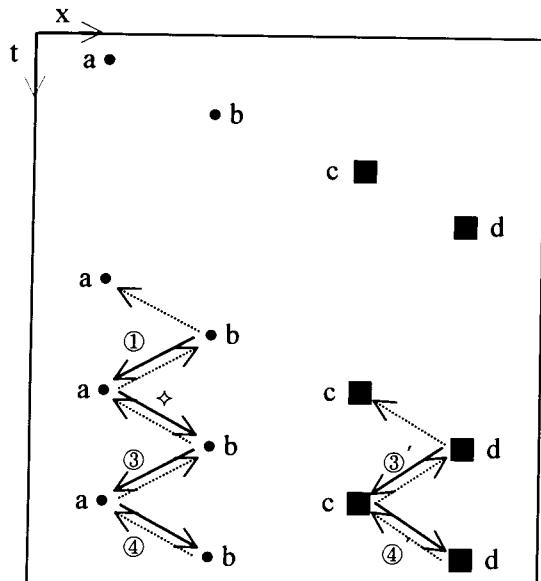
軌跡，故無時間詭論問題。該單點運動說預測圖 1 的(3)與(4)不應有 AM，因為它們皆非均勻之單點，但(3)之假設與 Kokers 及 Pomeranz (1971) 之實驗結果不符，(4)則與 Chubb 及 Sperling (1988) 的實驗結果不符。單點運動說與 color phi 的實驗結果差異更大，因為該說完全無法預測在紅點與綠點之間會是連續變換光譜之事實。

可以不造成時間詭論之 AM。但該說法亦同時預測圖 2 之(2)，該預測與實驗結果不符。更嚴重的，若刺激強度夠強，A 與 B 只作一次先後呈現，亦可產生 AM，這種結果是定錨假說完全無法預測的，因為在這種實驗情境下，並不需要作定錨的動作。

圖 3 將時間分為三類，亦即物理刺激出現的時間，稱為物理時間；物理刺激出



(1)



(2)

圖 2 定錨假說圖示

圖 2 則為定錨假說 (anchoring to previous stimuli)，認為 AM 之產生係因在參考前面出現之均質刺激之後，才誘發出

現後會先產生極短暫的 EP (該 EP 帶有標記功能，在 Libet 等人 1979 年的觸覺數據是 15ms)，再發展出神經充裕量 (NA)

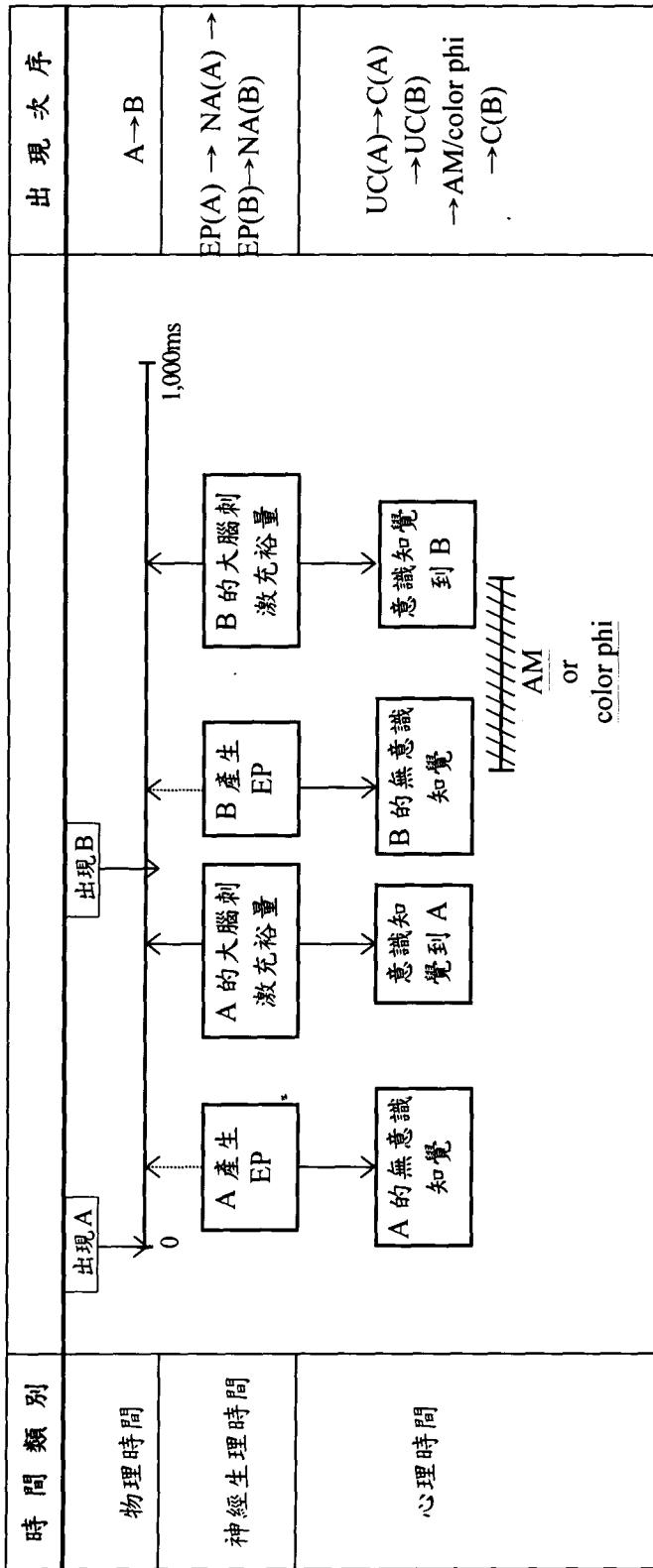


圖 3 AM 形成過程中物理／生理／心理時間之關係  
(EP: Evoked Potential; NA: Neuronal Adequacy;  
UC: Unconscious Perception; C: Conscious Perception)

以產生意識性知覺 (Libet 等人的觸覺數據是 500ms)，這段時間稱為神經生理時間；由神經生理反應定義具心理意義的無意識 (UC) 與意識 (C) 知覺，並說明假象運動發生的時間範圍，這段時間稱為心理時間。各取適當代號後，即可在最右邊的格子中表示出現次序，並說明 AM 之出現係介於 C (A) 與 C (B) 之間，亦即 AM 係在先看到 A 但未看到 B 之前發生，符合實驗觀測。但因物理刺激 B 與 B 的無意識知覺 (UC (B)) 已在 AM 之前出現，故可解決 AM 的時間詭論問題，亦即 AM 其實是發生在 B 已出現但尚未意識地知覺到 B 之前，所以 AM 不是在只有 A 出現後即憑空出現的感覺，它必須等到 B 也出現之後才會發生。

本研究模式的基本邏輯在於當對第一個光點有意識知覺，而對第一個光點已有未達神經充裕量的無意識知覺時，即可協同運作產生中間的連續性運動錯覺。這是一種大腦的不自主運作，以衍生出在主觀的空間與時間上皆介於第一與第二光點之間的假象知覺。至於假象運動的大腦神經表徵為何，亦可作如下推論。AM 的大腦表徵似具有「不連續」之特性，亦即不須在主視覺區 (V1) 相對於主觀的 AM 有所激發 (因為並無相對於 AM 的外在事物)，但卻可透過第一與第二光點在 V1 的各自激發，經由第一光點的意識知覺與第二光點無意識知覺的協同運作，在高級視覺區 (MT) 獲得 AM 的神經表徵，以衍生出 AM 的知覺結果，且不致於造成時間詭論。

依據前文所作之分析與模式之提出，本研究擬初步性地回答下列兩項基本問題：

1. 光點刺激之 EP 標記與光點意識知覺 (亦即神經充裕量) 時間之估計。
2. 無意識知覺的 B 光點刺激，是否確實會與已有意識知覺的 A 光點刺激混合，以形成假象運動 (AM)？

第一個問題係單純之參數估計，可由一般文獻查詢中獲知；第二個問題則為實驗設計需考量的對象，若該問題可獲得肯

定，則圖 3 所示之模式應可當為初步解決假象運動時間詭論問題之參考。

### 三、結果與討論：本年度計畫成果

就上述兩項問題所得之結果如下：

1. 經由文獻查詢之結果，光刺激之 EP (evoked potential) 標記略同於觸覺刺激，皆可在 15ms 之內獲得。由於該數值相對於神經充裕量而言甚小，故對本研究模式而言，並非重要之數值。
2. 就正常程序獲得 AM 知覺的過程中，光點 A 的 NA (A) 必在 B 光點出現之前，而視覺刺激一般而言比觸覺刺激來得有效，故其意識性知覺時間應短於 500ms (Libet 等人，1979)。經查晚近十年的文獻資料，以較符合傳統長距 AM 的 pattern motion (而非 element motion)，當為參考基準，發現大致上在  $d_{max}=1.5\sim2.5$  度 (兩個光點之分開距離)，A 點呈現時間 = 200ms，ISI = 50~200ms 時，皆能產生 AM 知覺。將 A 點呈現時間與 ISI 總合計算，其值大致上皆小於 500ms，符合本研究之預測。
3. 前述第二個問題的測試是關鍵實驗，如圖 4 所述。

為了驗證提供閾限下 (sub-threshold) 刺激，是否有助於 AM 知覺之形成，以便於回答本研究之問題 2，故在預試實驗中先確定對受試者而言，C 光點 (C1 與 C2 只是表示放置位置不同) 確實是閾限下刺激，經調整呈現時間與對比值後，並以 2,400 次之嘗試找出針對該受試者之閾限下 C 值，當為正式實驗之用。在正式實驗時，如圖 4 之安排，先出現 A 光點 200ms，再出現 B 光點 200ms，但拉長 ISI，使得 A → B 呈現時不會出現 AM 的知覺。之後再依 A → C → B 的程序 (C 的呈現時間介於 0~80ms 之間)，將 C 放於 C1 或 C2 位置，要求受試者判定是否可觀察到 A → B1 或 A

→B2 的運動。若在呈現 C1 時傾向於看到 A→B1 的運動，而在呈現 C2 時傾向於看到 A→B2 的運動，則表示閾限下刺激已確實可與 A 的意識性知覺混合，協助產生 AM 知覺。本實驗共需 1,800 次嘗試，結果在 C 的呈現時間大於 20ms 後，即可產生協助的效果，使受試者傾向於看到 C 點所呈現之 AM 路徑，雖然此時的 C 點仍為閾限下刺激。

## 參考文獻

- Barlow, H B, Levick, W R. (1965). The mechanism of directionally selective units in rabbit's retina. *Journal of Physiology*, 178: 477-540.
- Chubb, C, Sperling, G. (1988). Drift-balanced random stimuli: A general basis for studying non-Fourier motion

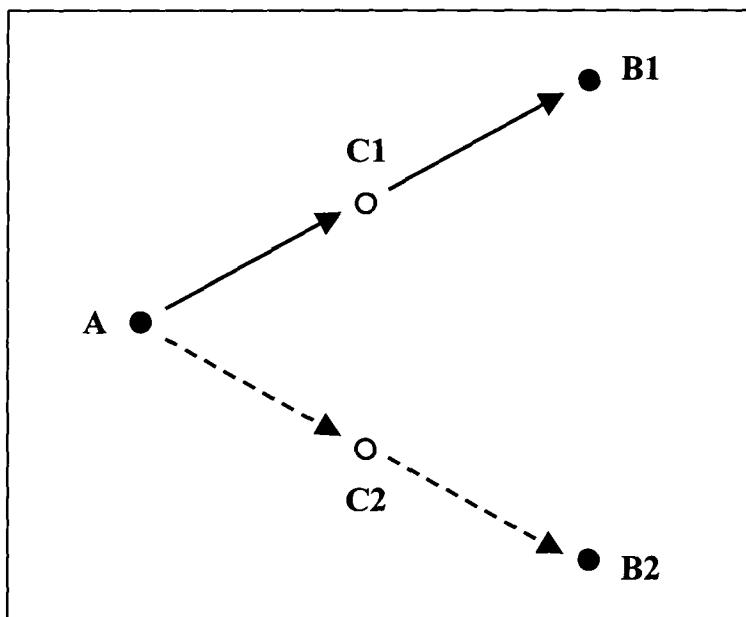


圖 4 閾限下刺激影響 AM 路徑之選擇

## 四、計畫成果自評

1. 本研究初步結果已發表（黃榮村，2000）。
2. 本研究之幾項成果，尚符原先之預期，但仍需再作更具說服力之實驗，如前文所述。
3. 本研究所探討之假象運動的時間詭論問題，並非一簡單問題，本研究並不宣稱已大部分解決其所涉機制，未解決部分正在自行設法解決中。

perception. *Journal of the Optical Society of America*, A5: 1986-2006.

- Dresp, B., & Bonnet, C. (1995). Subthreshold summation with illusory contours. *Vision Research*, 35, 1071-1078.
- Goodman, N. (1978). *Ways of world making*. Indianapolis, MI.: Hackett.
- Kolers, P A, Pomeranz, J R. (1971). Figural change in apparent motion. *Journal of Experimental Psychology*, 87: 99-108.
- Kolers, P A. (1972). *Aspects of motion perception*. Elmsford, N.Y.: Pergamon.
- Kolers, P A, von Grunau, M. (1976). Shape and color in apparent motion. *Vision Research*, 16: 329-335.

Libet, B, Wright, E W, Feinstein, B, Pearl, D K. (1979). Subjective referral of the timing for a conscious sensory experience: A functional role for the somatosensory specific projection system in man. Brain, 102: 193-224.

Petersik, J T. (1989). The two-process distinction in apparent motion. Psychological Bulletin, 106: 107-127.

Rock, I. (1983). The logic of perception. Cambridge, MA.: MIT Press.

Rock, I. (1984). Perception. New York: Scientific American Library.

Wertheimer, M. (1912). Experimentelle studien über das sehen von bewegung. Zeitschrift für Psychologie, 61: 161-265.

黃榮村（2000）。假象運動的時間詭論之解決。陳烜之、梁覺（編）：邁進中的華人心理學，頁39~55。香港：中文大學出版社。