

國立臺灣大學理學院心理學研究所



碩士論文

Graduate Institute of Psychology

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

空間工作記憶為基的注意力攫取：

表徵強度的角色

Spatial Working Memory Driven Attentional Capture:

The Role of Representation Strength

王季勤

Chi-Chin Wang

指導教授：葉怡玉 博士

Advisor: Yei-Yu Yeh, Ph.D.

中華民國 104 年 1 月

Jan, 2015

## 摘要



注意力受到維持在工作記憶中的表徵影響，可以藉由工作記憶為基的注意力攫取現象體現。工作記憶為基的注意力攫取研究採用記憶再認與注意力作業的雙作業派典，先是記憶階段維持表徵於工作記憶中，並利用注意力作業偵測受表徵影響的注意力分佈，最後在進行再認記憶作業。回顧過去的研究，一個物體或非空間屬性的工作記憶可以穩定的攫取注意力，但在多於一個記憶項目上則有不一致的結果。空間工作記憶上似乎只有記憶一個位置才能攫取注意力，且此攫取可能需要空間注意力維持在記憶的位置上。本研究驗證是否只有一個空間位置維持於工作記憶時，該位置表徵强度高才能攫取注意力；當四個位置維持於工作記憶時，每一表徵強度弱，必須依賴上而下控制讓空間注意力複誦維持於該表徵才能攫取注意力。採用空間刺激可以降低表徵間的干擾並且排除語音登錄的可能性。本研究以三個實驗探討記憶強度與空間注意力複誦在空間工作記憶為基注意力攫取現象裡扮演的角色。實驗一操弄記憶一個與四個位置，觀察記憶空間的數量影響資源分配的情境下，工作記憶為基的注意力攫取現象。結果發現只有記憶一個位置時可以攫取注意力。實驗二呈現四個位置並利用回溯線索產生不同記憶強度的表徵，以探討記憶強度差異對工作記憶為基注意力攫取的影響。結果回溯線索並無法強化弱表徵，意指弱表徵即使受到空間注意力複誦依然無法攫取注意力。實驗三呈現一個位置，藉由加入無效回溯線索導引空間注意力到非記憶位置上，釐清空間注意力複誦與強表徵是否同時為注意力攫取發生的必要條件。結果顯示強位置表徵攫取注意力，但無法完全排除空間注意力再次複誦記憶位置的可能性。綜合而言，本研究證實只有一個空間位置維持於工作記憶時，強表徵與空間注意力複誦為注意力攫取的重要條件；當記憶四個位置時表徵薄弱即使藉由空間注意力複誦也無法攫取注意力。

關鍵字：工作記憶為基的注意力攫取、空間注意力複誦、工作記憶負荷、回溯線  
索、記憶強度



# **Spatial Working Memory Driven Attentional Capture: The Role of Representation Strength**

Chi-Chin Wang



## **Abstract**

The reappearance of the representation stored in working memory captures attention by top-down biasing the competition among external stimuli. However, whether all representations stored in working memory can capture attention remains an issue for investigation. Previous studies show reliable capture effect when only one item is stored in working memory, inconsistent findings when two items are stored in memory, and null results when four items are stored in working memory using objects or non-spatial features. The studies that investigate spatial working memory focus on attention-based rehearsal and the results suggest that one location can capture attention while three locations can be stored in working memory. The goal of this study is to investigate how memory load and attention-based rehearsal can modulate working memory-driven attention capture in the spatial domain. In Experiment 1, the participants were required to remember one or four locations for a later memory test while performing a dot detection task. The results showed attentional capture only in the one-location condition and not in the four-location condition. In Experiment 2, four locations were memorized and two of them were cued sequentially prior to the dot detection display. The results showed null working memory-driven capture effect. That is, a weak representation could not capture attention even after being refreshed by a retro-cue. In Experiment 3, only one location was memorized while the contingency between the retro-cue and the memorized location was decreased by

adding the invalid retro-cue condition to examine whether both a strong spatial representation and attention-based rehearsal are necessary to produce the capture effect. The result showed that attention was captured only by the content stored in spatial working memory; the possibility of attention-based rehearsal could not be fully excluded. Taken together, the results from this study suggest that a strong spatial representation stored in working memory can capture attention. When multiple spatial items are encoded for storage in working memory, each item representation is weak so that it cannot capture attention even this representation is reactivated by a spatial retro-cue.

***Keywords: working memory-driven attention capture, attention-based rehearsal, working memory load, retro-cue, memory strength***

# 目次



前言.....	1
物體與特徵屬性.....	4
空間屬性.....	8
實驗一.....	14
方法.....	14
結果.....	18
討論.....	20
實驗二.....	22
方法.....	23
結果.....	27
討論.....	29
實驗三.....	30
方法.....	31
結果.....	36
討論.....	37
綜合討論.....	38
參考文獻.....	41
附錄.....	47

## 表圖目次



表 1 實驗三情境設計。.....	33
表 2 實驗三情境整合設計。.....	34
表 3 實驗一再認作業與點偵測作業結果。.....	47
表 4 實驗二再認作業與點偵測作業結果。.....	47
表 5 實驗三再認作業與點偵測作業結果。.....	48
圖 1：Soto 等人（2005）實驗程序圖。.....	3
圖 2：Zhang 等人（2011）實驗程序圖。.....	7
圖 3：Zhang 等人（2011）實驗三所選用的難已命名顏色。.....	7
圖 4：Awh 等人（1998）的實驗程序。.....	8
圖 5：Awh 等人（2000）的實驗程序。.....	10
圖 6：位置標誌。.....	16
圖 7：實驗一實驗程序圖。.....	17
圖 8：實驗一記憶再認作業正確率結果。.....	19
圖 9：實驗一點偵測作業反應時間結果。.....	20
圖 10：隨機點遮罩。.....	24
圖 11：實驗二實驗程序圖。.....	26
圖 12：實驗二點偵測作業反應時間結果。.....	28
圖 13：中性線索。.....	31
圖 14：實驗三實驗程序圖。.....	35
圖 15：實驗三反應時間圖。.....	37



## 前言




人類的認知系統有兩大重要部分：注意力和工作記憶。然而，直到1990年代研究者才開始關切二者的互動，及其神經機制的同與異。過去文獻中從兩個方向來探討這兩者間的互動。第一、研究發現注意力會影響工作記憶，傳統的觀點認為注意力是控制知覺訊息進入短期記憶儲存的閘門(Awh, Vogel, & Oh, 2006)，Belopolsky、Kramer及Godijn(2008)檢驗具有注意力攫取效果的突然出現(onset)刺激是否會自動化的轉存入工作記憶之中。實驗會有干擾物在搜尋的畫面中突然出現，其中25%嘗試參與者需在最後進行額外的干擾物再認作業，以檢驗干擾物的記憶表現。結果發現當干擾物字母以突然出現的方式攫取注意力時，會被自動化地放入工作記憶中促進記憶再認作業的表現。而另一個方向則是討論工作記憶對注意力的影響，Desimone與Duncan(1995)認為維持在記憶中的注意力模版(attentional template)能夠影響注意力的分佈，例如：背誦一組購物清單，蘋果、牛奶、餅乾，使得我們在超級市場能有所憑依的找到需要的商品。或是在赴約的途中，走經服飾店的櫥窗，此時看到一件心儀的寶藍色的上衣，寶藍色的上衣印象還是縈繞於心，使得找尋的朋友的當下仍會被站在他身旁穿著寶藍色衣服的人吸引注意力，這樣的現象反映著即使與當下的任務無關，我們的注意力依然會受先前儲存在記憶中的事物影響，這個現象被稱為工作記憶為基的注意力攫取(working memory driven attentional capture)(Downing, 2000)。Soto、Heinke、Humphreys及Blanco(2005)認為工作記憶為基的注意力攫取為上而下(top-down)注意力導引歷程。

研究工作記憶內容如何導引注意力的實徵研究都使用雙作業派典(dual-task paradigm)以展現工作記憶與注意力的互動，該作業包含一系列時間上接續的記憶再認作業與注意力作業，探討與當下注意力任務目標無關但維持在工作記憶中的內容如何影響執行注意力作業時的注意力分配。圖一顯示典型的實驗派典。每

個嘗試一開始參與者需記憶帶顏色的形狀（例如：綠色方形），接下來進行視覺搜尋作業，畫面中會包含數個帶顏色形狀，參與者需要在一群包含垂直線段的帶顏色形狀中，尋找一個帶顏色形狀卻包含左傾或右傾的線段，並判斷其傾斜方向。當傾斜的線段出現在被記憶的帶顏色形狀中稱為有效情境（valid condition）；但當垂直線段出現在被記憶的帶顏色形狀中則為無效情境（invalid condition）；而需記憶帶顏色形狀沒有呈現在注意力搜尋作業畫面中時稱作中性情境（neutral condition）。在注意力作業的結果中，有效情境的搜尋效率最快，中性情境次之，無效情境最慢。這個發現顯示注意力的分佈受到與當下任務目的無關但維持在工作記憶中表徵的影響，當外界刺激具有與工作記憶中相符的表徵，注意力會被導引到該刺激上，所以在有效情境中因為注意力作業目標物與記憶表徵相同所以加快搜尋速度，但無效情境則因為注意力受一旁與記憶表徵相符的干擾物吸引而減緩搜尋速度。此現象可由Desimone與Duncan（1995）的偏向競爭模型（biased competition model）解釋。根據該模型，儲存在工作記憶中的訊息能夠透過由上而下控制歷程來影響注意力。仔細地說，所有外界刺激都會競爭有限的注意力資源，倘若外界的刺激與工作記憶中的內容相符時，則該刺激會因為表徵已預先被活化而獲得競爭優勢，以利後續的選擇行為（Chelazzi, Duncan, Miller, & Desimone, 1998; Chelazzi, Miller, Duncan, & Desimone, 1993）。

針對工作記憶為基的注意力攫取現象而言，過去研究多半只要求參與者維持一個刺激於工作記憶之中。在此情境裡，不同的記憶材料均能穩定地攫取注意力（Downing, 2000; Han & Kim, 2009; Olivers, Meijer, & Theeuwes, 2006）。例如：Downing要求參與者記憶一個人臉後再呈現二個人臉，其中一個為維持在工作記憶中的目標，接著在出現過人臉的位置上以判斷缺口方形（、）的缺口方向來偵測注意力分佈。若方形缺口出現在記憶人臉的位置後，方向判斷所需的反應時間比起缺口方形出現在非記憶人臉出現的位置上時更快。Downing後續的實驗中改為記憶線畫物體，注意力作業換成運動方向判斷作業（motion direction

judgment task)，一樣可以觀察到若是記憶的線畫物體往上或往下運動，參與者能更快的判斷運動方向。Han與Kim的實驗為記憶顏色，並在注意力作業中判斷帶顏色方形的較大缺口（)所指的方向，記憶顏色與缺口方形顏色相同時反應速度比不同的情境快。Olivers等人的實驗則為記憶形狀，並以額外突顯刺激派典（additional singleton paradigm）作為注意力作業，在一群圍成圓圈的圓型中，搜尋並判斷虛線圓形內的字母是N還是M，當其中一個圓形變成記憶中的形狀，判斷字母所耗費的時間將比起變成其他非記憶的形狀更久。在這些實驗的結果中一致的顯示維持一個訊息於工作記憶中後，若該訊息再現將會優先攫取注意力。

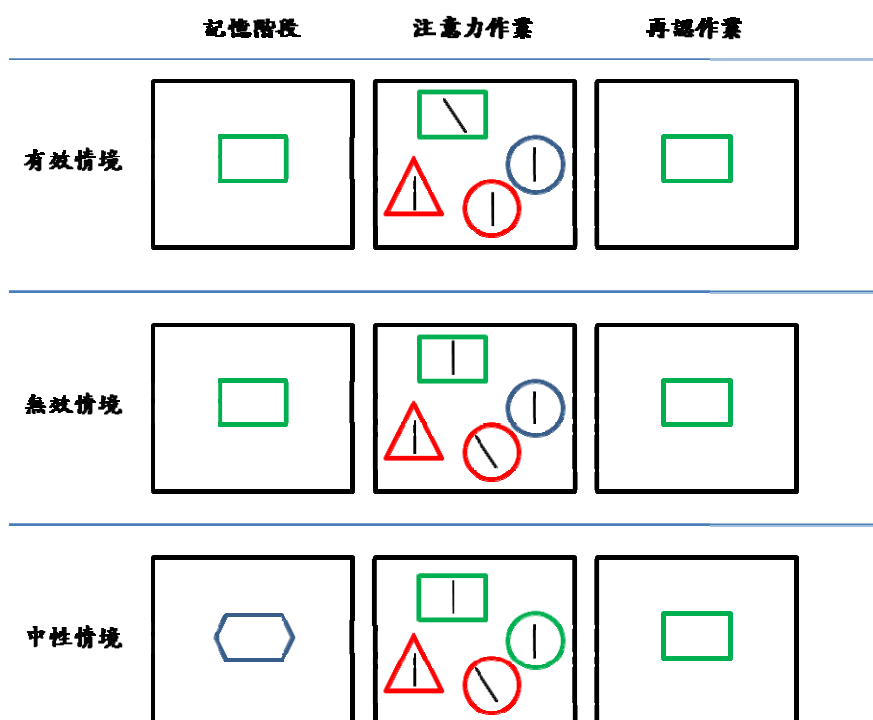


圖 1：Soto 等人（2005）實驗程序圖。

雖然維持一個刺激於工作記憶中可以穩定的攫取注意力，但當維持工作記憶的量大於一個時，文獻出現不一致的結果。此不一致的結果違反過去實徵研究顯示工作記憶容量為三到五個單位的論述（Cowan, 2001）。Cowan（2001）指出不同研究派典都顯示「神奇數量四」的結果，認為記憶容量為四個單位。在不同派

典中，Luck與Vogel（1997）採用改變偵測作業（change detection）發現中若是變動的數量少於四，則會有較好的表現，因此認為短期記憶的容量為四。在同時記憶不同感官訊息，像是色塊與說出來的字詞，Saults與Cowan（2007）發現還是可以記憶四個單位。在電生理研究上，工作記憶相關的電生理指標contralateral delay activity（CDA; Vogel & Machizawa, 2004）發現當記憶數量超過四時，其振幅便不再增加。而與工作記憶相關的腦區intraparietal sulcus（IPS; Todd & Marois, 2005）活化隨記憶項目增加，增加到記憶四個單位後維持穩定，因此應預期存放於工作記憶中的任一表徵均能有效攫取注意力。

回顧之前研究時，本研究的主要關注的是視覺空間訊息，因為Olivers(2008)認為工作記憶為基的注意力攫取現象主要發生在視覺工作記憶。此外，有研究認為物體屬性與空間屬性在儲存上隸屬於不同的緩衝區(buffer)(Smith et al., 1995)。因此，我們可依據非空間與空間屬性整理不一致的結果，非空間的刺激包含物體與特徵屬性。

## 物體與特徵屬性

許多研究發現在記憶超過一個單位的物體表徵，便不再觀察到工作記憶為基的注意力攫取現象，像是：兩個常見物體刺激（Houtkamp & Roelfsema, 2006）、兩個無意義的隨機圖形（Downing & Dodds, 2004; Peters, Goebel, & Roelfsema, 2009）、三個顏色（Woodman & Luck, 2007）或是四個帶顏色的形狀（Zhang, Zhang, Huang, Kong, & Wang, 2011）。

Downing與Dodds（2004）的研究以類似的方式在螢幕中，垂直同時呈現兩個無意義的隨機圖形，並告知參與者上方為搜尋目標物，下方為記憶目標物。記憶目標物有可能會出現於接下來的視覺搜尋畫面中，觀察與記憶表徵相符的但與當下無關作業的訊息是否會影響注意力的表現。實驗結果並沒有出現工作記憶為





基的注意力攫取效果。

Houtkamp與Roelfsema (2006) 的研究在記憶階段螢幕中凝視點的左右方呈現兩個日常物體，參與者被告知左側為第一個搜尋作業的目標物，右側則為第二個搜尋作業的目標物。實驗中操弄在第一個搜尋作業中有可能出現第二個搜尋作業的目標物，並檢測第二個搜尋作業的目標物是否會干擾搜尋表現，若產生干擾也就是出現工作記憶為基的注意力攫取。但實驗結果發現第一個搜尋作業的表現並不受第二個作業目標物出現與否影響。

Soto與Humphreys (2008) 的研究中使用帶顏色形狀作為其記憶材料，而其刺激屬於容易命名，並在不同的實驗中操控記憶數量為一或是二個單位。其結果顯示注意力攫取現象在記憶一個單位與記憶兩個單位都會出現，但若要求參與者在記憶階段同時進行語音抑制作業 (subvocal suppression)，注意力攫取現象則會消失在記憶兩個單位的情境中，而且記憶一個單位的工作記憶為基的注意力攫取效果會減弱。此結果的意涵：若無法複誦顏色的語音訊息，則維持於工作記憶的二個顏色都無法攫取注意力。

Peters等人 (2009) 則使用電生理的實驗方式得到類似的現象，實驗每個嘗試一開始會序列出現兩個隨機圖形要求參與者記憶，第一個為注意力作業目標物，第二個為記憶再認作業目標物。之後接續出現隨機圖形，其中可能包含注意力作業目標物或是記憶作業目標物，參與者需要辨識搜尋注意力作業目標物是否出現於其中，並在最後進行記憶再認作業，以確保記憶再認作業的目標物維持在工作記憶中。研究者關注事件相關電位 (event-related potential) 的成分波中反映選擇注意力的occipital selection negativities (OSN) 與frontal selection positivity (FSP) (Harter & Aine, 1984; Kenemans, Kok, & Smulder, 1993) 與反映記憶配對的晚期P300 (Kok, 2001) 討論工作記憶中表徵與注意力的關係。實驗結果顯示當視覺搜尋目標物出現時OSN與FSP兩種成分波皆與當干擾物和記憶目標物出現時有明顯的差異，而記憶目標出現時的OSN與FSP與干擾物出現時的沒有差異。而記

憶再認作業中，當記憶項目出現時有較大的晚期P300，證實記憶目標物有被維持在工作記憶之中。同時維持記憶目標與注意力作業目標時，記憶目標物再出現於注意力作業時並沒有產生注意力攫取現象。

在記憶三個顏色時，Woodman與Luck（2007）的研究中不但沒有發生工作記憶為基的注意力攫取還產生相反的效果。其實驗在參與者記憶完顏色後，需要在一群缺口方向為左右的帶顏色干擾物中（、），搜尋一個缺口方向為上下的帶顏色目標物（、），而記憶的顏色只會出現在干擾物中，或是沒有出現。結果發現無效情境的搜尋反應時間竟然快於中性情境，與工作記憶為基的注意力攫取現象完全相反。

Zhang等人（2011）的研究則直接檢測記憶數量如何調控工作記憶為基的注意力攫取效果。他們使用與Soto等人（2005）相似的實驗程序，請見圖二。要求參與者記憶一、二或四個帶顏色形狀。實驗結果發現，當記憶一或二個帶顏色形狀時，參與者的反應時間在無效情境比中性情境來的慢，也就是說可以觀察到工作記憶為基的注意力攫取現象。但在記憶四個項目的情境時無法觀察到注意力攫取現象。Zhang等人（2011）的結果與Soto與Humphreys（2008）的結果出現矛盾於二個物體的情況。因此，他們採用難以命名的顏色（Tan et al, 2008），見圖三，並且調整記憶項目出現到注意力作業刺激出現間隔時間（stimulus-onset asynchrony; SOA）為3000毫秒或5000毫秒。此時距乃根據Dombrowe、Olivers及Donk（2010）研究發現若使用難以命名的刺激作為實驗材料時，需超過1000毫秒方能觀察到工作記憶為基的注意力攫取效果。結果顯示二個中任一個顏色都可以攫取注意力，顯示工作記憶為基的注意力攫取可以發生在記憶數量大於一時。

綜合上述的研究，結果似乎顯示只有一個物體或特徵屬性為記憶刺激時，記憶內容才能攫取注意力。維持二個顏色時，結果不一致。當維持三個顏色時，策略性控制可能抑制任何工作記憶表徵的干擾物，使反應變快。當維持四個顏色時，其中任何一個都無法攫取注意力。

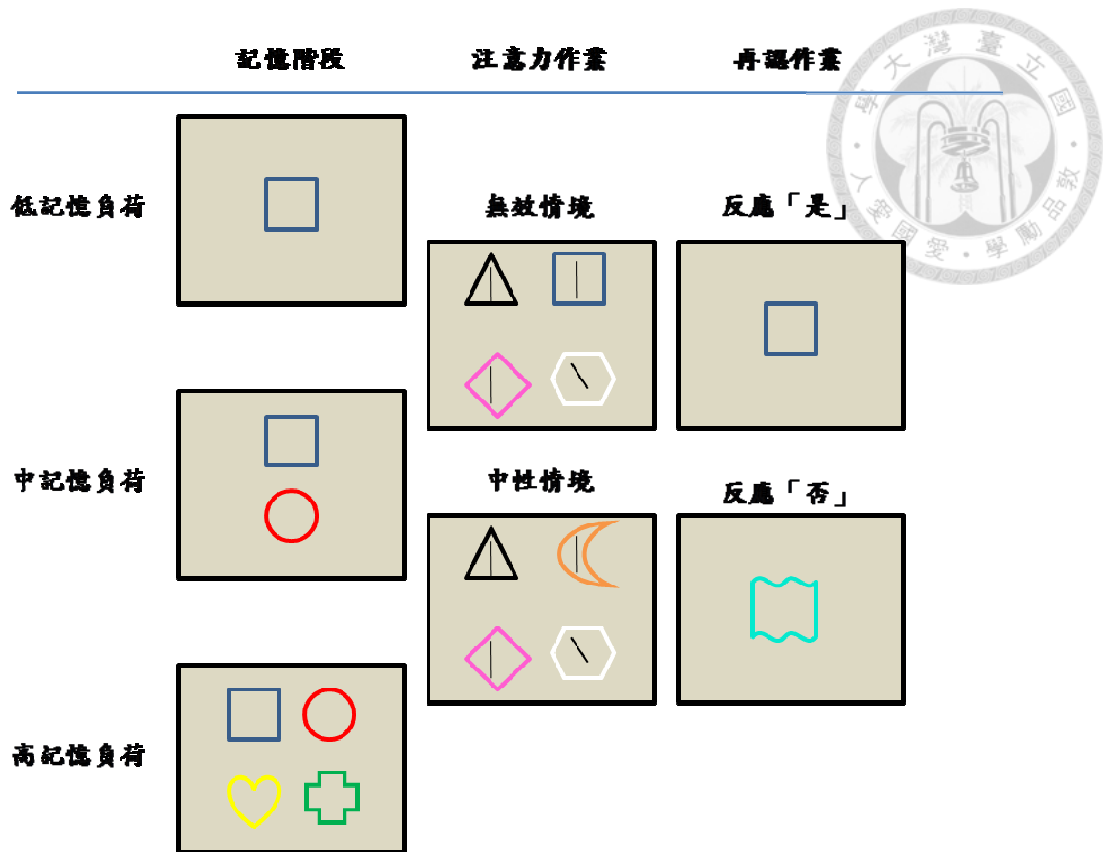


圖 2：Zhang 等人（2011）實驗程序圖。

在記憶階段，低記憶負荷為記憶一個帶顏色形狀，中記憶負荷為記憶兩個帶顏色形狀，高記憶負荷為記憶四個項目，實驗中只包含無效及中性情境，並在注意力搜尋作業後進行再認作業。

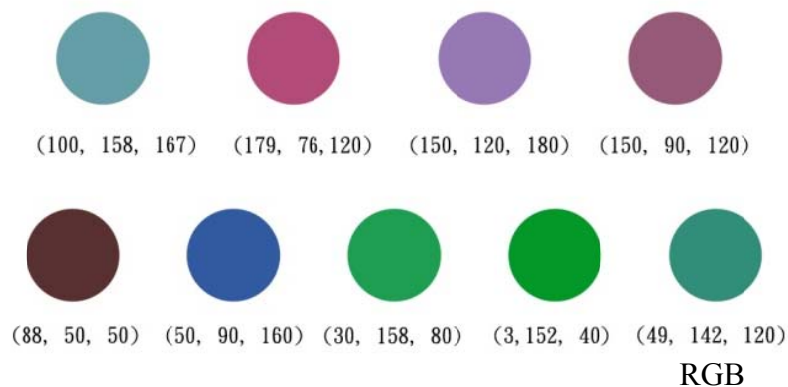


圖 3：Zhang 等人（2011）實驗三所選用的難已命名顏色。

## 空間屬性



就難以命名的空間刺激而言，目前只有Awh、Jonides及Reuter-Lorenz(1998)的行為實驗與本論文有關。Awh等人的實驗程序請看圖四。嘗試一開始螢幕呈現字母在畫面中的一個位置，一組的參與者被要求記憶位置，另一組的參與者被要求記憶字母，隨後呈現偵測作業，需要判斷的目標物位置可能與記憶位置相同，最後在進行記憶再認作業，被要求記憶位置的參與者回答畫面呈現的位置是否與記憶位置一致，而記憶字母的參與者則回答字母是否跟原來的相同。研究結果發現，在記憶位置的情況裡，偵測刺激出現於記憶的位置時反應時間較刺激出現在非記憶位置時為快。在記憶字母的情況裡，此現象不會發生。研究者認為此現象來自注意力為基複誦 (attention-based rehearsal) 將注意力維持在記憶位置上引發在接續的注意力作業反映時間上的增益效果。雖然他們並未將此現象稱為工作記憶為基的注意力攫取，但其結果證實記憶一個空間位置可導引注意力至記憶的位置，為空間工作記憶為基的注意力攫取現象。

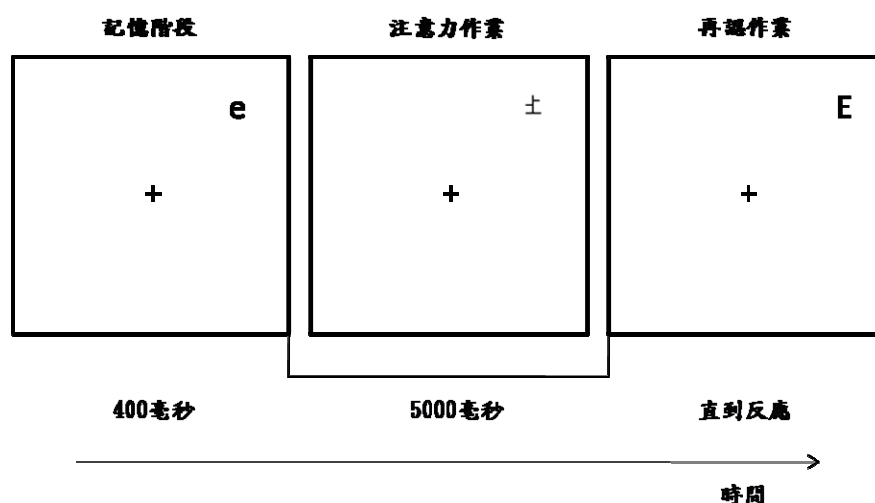


圖 4：Awh 等人 (1998) 的實驗程序。

實驗一開始需根據組別記憶位置或是字母，接著進行偵測判斷，最後也根據記憶內容回答位置相同與否或是字母是否相同。



Postle、Awh、Jonides、Smith及D'Esposito (2004) 則使用功能性核磁共振造影 (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI) 檢驗注意力為基覆誦。該實驗請參與者記憶在左視野或右視野出現的一條線段位置，並在最後呈現另一中間有間隔的線段請參與者判斷比起記憶線段，測試線段距離凝視點較遠還是較近，在記憶階段與測試階段的中間，螢幕兩側的視野呈現雙側閃爍棋盤格 (bilateral flickering checkerboard) 以偵測記憶位置受到注意力維持產生的活化所對應的大腦視覺區，另外也有情境將雙側閃爍棋盤格改為只有凝視點，但他們對兩者再視覺區的活化預測是相似的，結果發現兩種情境對於記憶位置異側視覺區 (腦區編號18、19) 產生的活化都比同側強，注意力為基覆誦使得該記憶位置的早期視覺區活化增加並調節早期的訊息處理。當以另一作業干擾此覆誦時，最後的空間記憶再認表現會變差，證實空間注意力覆誦的重要性 (Awh et al., 1998)。

在此空間注意力覆誦的系列研究裡，也有研究採用記憶三個位置的實驗。Awh等人 (1999) 請參與者記憶在相同左視野或右視野連續出現的三個刺激，在記憶位置情境為三個符號，在記憶字母情境為三個字母。在三個刺激出現之後，螢幕兩側的視野呈現維持6秒的雙側閃爍棋盤，以偵測左右腦視覺區在注意力維持已記憶位置的活化，參與者在記憶位置情境只需記憶位置並在實驗最後再認出現的位置是否為三個之一，而在記憶文字情境則只需記憶字母最後再認字母是否為三個之一。結果發現在比起記憶字母的情境，記憶位置情境在記憶位置異側的視覺區有著更高的活化。Awh、Anllo-Vento及Hillyard (2000) 改用電生理實驗，見圖五，藉由左右兩視野其中一邊同時出現三個需記憶的位置，並在記憶的保留時段 (retention interval) 中的8.7秒裡，在左或右視野裡出現棋盤狀的矩陣。由於此矩陣或為記憶位置的視野或為非記憶的視野，可由電生理反應觀察是否前者有較高的活化。結果顯示，在反應刺激出現後空間注意力進入處理訊息的早期成分波，P1、posterior N1和anterior N1 (Hillyard & Anllo-Vento, 1998) 上記憶位置



的視野活化皆大於非記憶位置的視野，此結果與額外要求他們在保留時段時若出現一個目標物，需按下反應，並將注意力移到剛開始出現的三個點位置的注意力作業情境相同。

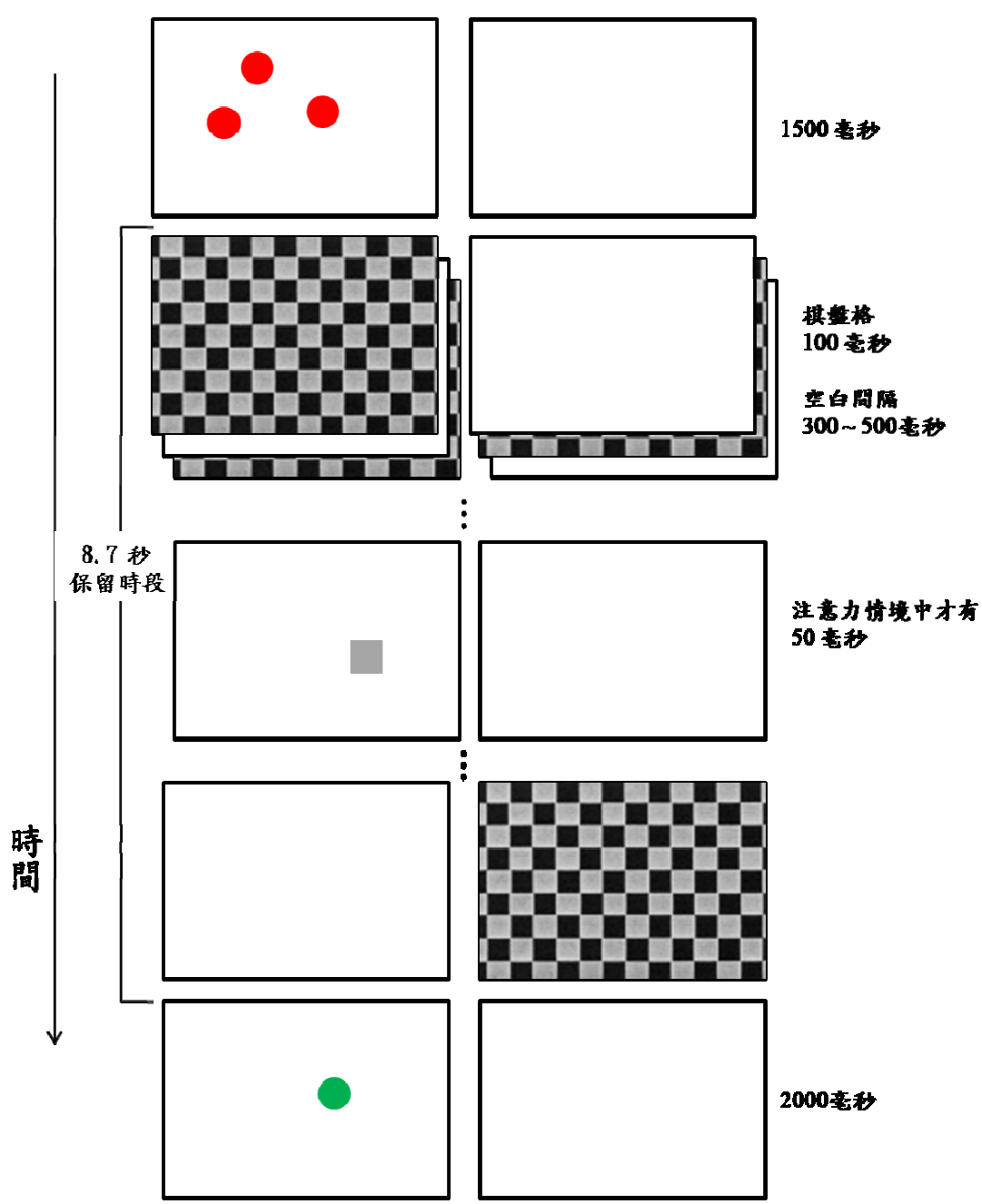



圖 5：Awh 等人（2000）的實驗程序。

上述二個實驗顯示參與者可以用空間注意力複誦的模式維持三個空間位置



於工作記憶之中，而做之後的再認作業。在此二個實驗中，研究者並沒有在保留時距裡要求參與者進行另一作業，我們無法的得知是否三個位置中的任何一個都能攫取注意力。此外，結果只能證實神經活化程度在記憶空間位置所在的視野比在非記憶空間的視野為大，而無法得知每一位置是否都享有相同的活化程度。因此。結果無法驗證維持大於一個空間位置於工作記憶時，是否其中任一個位置都能攫取注意力。

空間與非空間屬性的記憶的項目數量影響工作記憶為基注意力攫取的發生原因，可能來自表徵強度因有限的資源分配給過多的表徵，以致各單位表徵精準度 (precise) 不足而無法攫取注意力。根據彈性資源模型 (flexible-resource model; Bays & Husain, 2008)，認知資源量是有限的，但可以分配給的記憶項目的數量則沒有限制，隨著記憶項目的數量增加每個項目獲得的資源也會減少。當每個項目分配到的資源減少，記憶中表徵的精準度也會降低，在本研究中以表徵強度來代表表徵精準度，反映於再認正確率。Zhang 等人 (2011) 發現難以命名的二個刺激可以攫取注意力而四個刺激則無法攫取注意力，可能代表二個刺激的記憶表徵強於四個記憶表徵，所以可以在記憶兩個的情境中觀察到注意力分佈受表徵內容影響的情況。根據 Awh 與 Jonides (2001) 的觀點，在空間屬性的材料上，工作記憶會藉由空間注意力複誦持續而維持。因此若空間注意力可以同時投注在多於一個位置並持續的維持，表徵強度應當不會減弱，預測要能夠在空間記憶數量大於一時觀察到空間工作記憶為基的注意力攫取現象。

綜合上述文獻，本研究目的為釐清空間工作記憶為基的注意力攫取現象是否受資源不足的限制而侷限於一個位置，或者只要當空間注意力能夠同時複誦多個位置則其中任一個位置均能攫取注意力。空間工作記憶具有兩個主要的特性，均能幫助在記憶數量增加時，避免表徵間彼此的干擾而降低表徵強度。首先，空間位置彼此獨立，各有對應的神經細胞群。反之，物體刺激包含許多特徵，特徵同時活化以代表該記憶項目 (Raffone & Wolters, 2001)，當記憶的數量增加時，

表徵之間共享相同知覺特徵的機率增加，將使得特徵的活化的同時性 (synchrony) 受到影響，表徵之間會因為彼此覆寫 (overwriting) 而失去部分的特徵。因此，共享越多特徵的表徵比起共享較少特徵的表徵記憶時，其再認的正確率會降低 (Oberauer & Kliegl, 2006)。就顏色或形狀而言，因並無操控其神經機制的獨立性，也可能因共享神經機制而彼此削弱表徵強度。Zhang 等人 (2011) 的發現可能來自四個顏色彼此削弱表徵強度而使任何一個都無法攫取注意力。第二個原因則是位置可以組合為一個圖案 (pattern)。Jiang、Olson 及 Chun (2000) 指出當多個刺激儲存於工作記憶時，整體構型 (configuration) 也會保留於記憶之中。若如此，空間位置可藉由構型而彼此共振神經活化，使任何位置都在高活化的狀態中，提升整體的記憶強度。

實驗一基於 Awh 等人 (1998) 的研究，操弄記憶數量為一個位置或四個位置，並觀察不同記憶數量影響表徵強度的情境下工作記憶為基的注意力攫取現象。實驗一使用工作記憶再認作業與注意力作業組合的雙作業派典，依序出現：記憶位置項目、點偵測作業要求針對點的出現做反應、及位置再認作業。實驗二進一步檢驗是否不同表徵強度的表徵對於工作記憶為基的注意力攫取有不一樣的影響。實驗二中則在四個記憶項目出現後採用 Rerko 和 Oberauer (2013) 所用的回溯線索引導注意力強化已記憶的表徵，區分出在最後一個線索導引的焦點項目 (focused item)，曾經被回溯線索導引過的去焦點項目 (defocused item) 以及沒有被線索導引過但在工作記憶中的無焦點項目 (nonfocused item)。去焦點項目因為有線索導引的注意力刷新 (freshing) 強化內容與情境的連結，比起無焦點項目有更高的內容再認正確率以及較強的熟悉性 (familiarity)，而焦點項目以注意力持續的複誦而有最高的記憶強度。如果記憶表徵強度差異能夠影響工作記憶為基注意力攫取的效果，則預測焦點項目的注意力攫取現象最強，而去焦點項目次之，而仍存在工作記憶中的無焦點項目攫取效果最小，而不在記憶中的位置則沒有注意力攫取現象。第二個假設是，如果只有注意力持續複誦的項目可以攫

取注意力，則只會在焦點項目上觀察到注意力攫取現象。第三個假設認為若是表徵強度決定於登錄階段，則記憶四個位置的表徵強度弱，回溯線索強化表徵後強度依然無法與記憶一個位置的情境相同，將導致記憶項目皆無法攫取注意力。

實驗三呈現一個空間位置為記憶刺激，控制為強表徵情境，並操控線索的有效程度。因為線索本身可以導引注意力，而對線索提示位置產生增益 (Schmidt, Vogel, Woodman, & Luck, 2002; Woodman, Vecera, & Luck, 2003)，可利用線索導引空間注意力離開工作記憶的位置並降低空間注意力與工作記憶二者的共伴性 (contingency)。此操控可驗證實驗一裡記憶一個位置上或是實驗二最後一個線索提示的位置所產生的注意力攫取效果是否來自空間注意力一直維持於該位置上。若是空間工作記憶為基的注意力攫取一定要空間注意力複誦記憶位置才會發生，則預期只有在線索與記憶位置相同時的有效情境才會出現攫取注意力的現象；但若是表徵強度足夠便可以攫取注意力，則會發現記憶的一個位置能攫取注意力。另一方面，若是線索增益效果發生，則會預期即使線索出現在非記憶位置時也會產生注意力攫取現象。

## 實驗一



實驗一的目的為觀察不同記憶位置數量情境下，工作記憶為基的注意力攫取現象。實驗一將依循研究工作記憶為基的注意力攫取現象常用的工作記憶再認與注意力雙作業派典，並操弄記憶數量，藉以了解記憶一個或四個位置時，位置表徵對注意力攫取的影響。此外，實驗一將選擇難以語音編碼記憶的位置刺激取代字母(Nieuwenstein, Johnson, Kanai, & Martens, 2007)、形狀(Olivers et al., 2006)、顏色(Woodman & Luck, 2007)或是常見物體刺激(Houtkamp & Roelfsema, 2006)，以排除過去文獻中因為材料容易命名形成注意力攫取的可能性(Olivers et al., 2006)。考量工作記憶為基的注意力攫取受到時距的影響(Dombrowe, Olivers, & Donk, 2010)，過短的SOA以視覺記憶維持的表徵難以攫取注意力，故實驗一將SOA設為3000毫秒(記憶階段1500毫秒；空白間隔1500毫秒)。實驗預期為工作記憶中的訊息若均能攫取注意力，則記憶四個空間訊息時，任一個空間位置應該都能優先攫取注意力；若工作記憶中僅有一個單位訊息能優先攫取注意力，則僅會在記憶一個空間位置時觀察到工作記憶為基的注意力攫取。

## 方法

### 參與者

實驗一總共有 21 位參與者(其中 9 位為女性)，平均年齡為 22.7 歲( $SD = 2.40$ )，參與者皆為視力正常或經矯正後正常，參與者可以獲得新台幣 120 元或是課程加分作為報償。

## 實驗設計



實驗一採2（記憶數量（set size）：記憶四個位置、記憶一個位置） $\times$ 2（記憶內容有效性（validity）：有效情境、無效情境）參與者內設計，記憶四個位置與記憶一個位置的兩種情境上採取區間設計（block design），參與者會進行完其中一種記憶數量的情境才進行另一種情境，並在參與者間對情境執行的先後順序進行對抗平衡（counterbalance）的控制。在兩種記憶數量情境中，各有50%的嘗試數為有效情境，另外50%的嘗試數為無效情境，有效及無效嘗試將數量均等且隨機地分布在兩種記憶數量區間中。在有效情境中，點偵測作業的目標物會出現在需記憶的其中一個位置上；在無效的記憶線索情境則點會出現在記憶位置之外的其他位置。每個記憶數量區組中參與者有一次的休息時間，換言之，參與者在整個實驗中需要進行四個區間的實驗。當一個新的記憶數量情境開始前，參與者將進行6個練習嘗試，整個實驗總共有12個練習嘗試。正式實驗中的每個區間的嘗試數為48個，並額外加入10個偵查嘗試（catch trial），偵查嘗試中，注意力作業的目標點不會出現，參與者不需做任何的反應，藉以避免參與者採用逐題皆按鍵的方式進行反應。總實驗嘗試為244個。

## 刺激材料

本實驗空間的位置標誌（placeholder）以 $5 \times 5$ 的黑底白邊的網格呈現，如圖六，其尺寸在距離螢幕為60公分的情況下為5度視角（寬） $\times$ 5度視角（高），每一格位置為1度視角（寬） $\times$ 1度視角（高）。需記憶的位置與再認位置皆以淺灰色填滿格子的方式呈現。點偵測作業中的目標點為直徑0.18度視角。實驗設備使用CRT螢幕，更新速率為75 Hz，並以E-prime 1.0執行實驗程式。

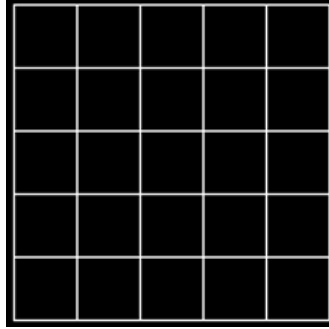


圖 6：位置標誌。

## 指導語

感謝您參與本實驗，實驗開始前請先將您的手機關機或調成靜音，若您有需要上洗手間可以先去，待會實驗會進行約45分鐘，實驗結束後會給您參與者費或是課程加分，若沒有任何問題我們將開始實驗的說明。本實驗將會用到空白鍵、X鍵、Z鍵，請您將右手放在空白鍵上，左手食指及中指放在X和Z鍵上。每題一開始，螢幕中央會出現一個 $5 \times 5$ 的方格，請您注意這個方格，不要移開您的視線。

(將因先做或後做高、低工作記憶負荷而有所不同)接著，25個方格中，四(一)個位置會被填滿，請您記住四(一)個位置。之後25格方格中，可能會也可能不會出現一個白色圓點，若任何一個方格內出現了白色圓點，請盡量正確快速地按下空白鍵；若沒有白色圓點出現請不要按鍵。最後請您會看到25格方格中有一格被填滿，此時請您回憶每一題開始時請您記住的四(一)個位置。若與一開始的任一個位置(一開始的位置)相同，請案下Z鍵。若是與一開始記憶的完全不同，請按下X鍵。



## 實驗程序

參與者在簽署實驗同意書後，參與者將進行12個練習嘗試，以及232個的正式嘗試。本實驗採用的研究程序如圖七。每個嘗試起始於一個呈現在螢幕正中央的5×5格的位置標誌，該畫面呈現1000毫秒，參與者需要凝視在位置標誌的中央。接著需記憶的位置會以淺灰色填滿方塊呈現1500毫秒，需記憶位置標記消失後會有1500毫秒的位置標誌，隨後其中一個位置會出現白點，當參與者看到點出現，必須快速且正確的按下空白鍵。若是在偵測嘗試中，則不會有白點出現，參與者無須做任何的按鍵反應直到3000毫秒後會接著進行記憶再認測試。記憶在認作業中，畫面的位置標誌上將呈現一個填滿的位置，參與者需要判斷是否為最初記憶的位置之一，若與一開始的記憶訊息相符，則按下「Z」鍵；若與一開始的記憶訊息不同，則按下「X」鍵。每個嘗試結束後畫面呈現500毫秒的黑底空白間隔，讓參與者區分不同的嘗試。

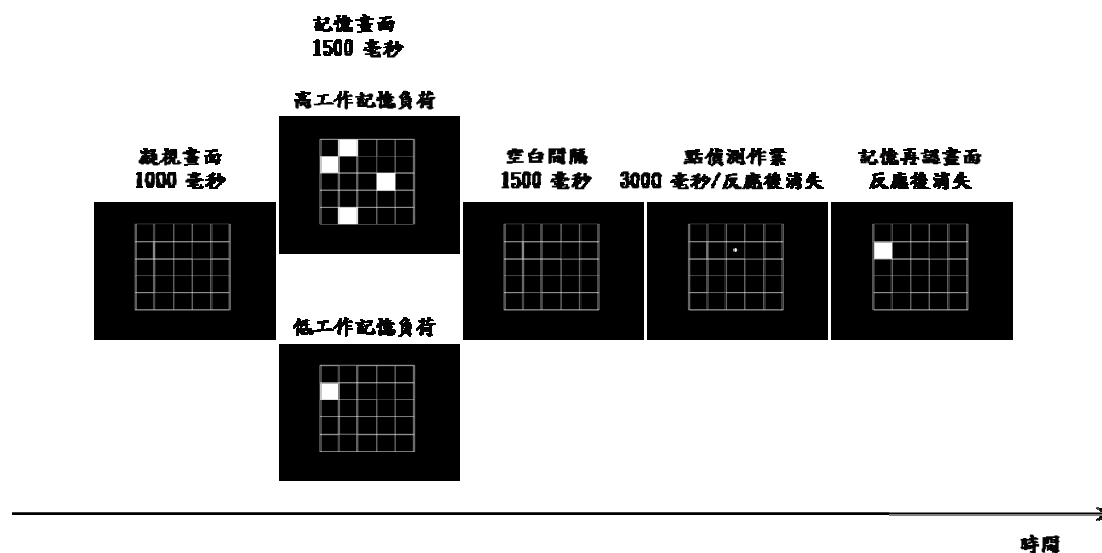


圖 7：實驗一實驗程序圖。

## 結果



實驗一再認作業與點偵測作業的正確率與反應時間呈現於附錄。以下分別呈現再認記憶表現與點偵測作業表現。

### 記憶再認作業

使用矯正後的正確再認 (corrected recognition) 來作分析，將正確率 (hit) 減掉假警報 (false alarm) 以修正參與者猜測 (guessing) 的效果。作業的平均正確率為 92.2% (記憶四個位置情境下，無效情境：87.1%、有效情境：90.4%、偵查嘗試：88.6%。記憶一個位置情境下，無效情境：94.2%、有效情境：96.1%、偵查嘗試：97.0%)，以 2 (記憶數量：記憶四個位置、記憶一個位置)  $\times$  2 (記憶內容有效性：有效情境、無效情境) 進行重複量數分析 (repeated-measures analysis of variance)。記憶數量有主要效果 [ $F(1, 20) = 16.73$ ,  $MSE = .087$ ,  $p = .001$ ,  $\eta_p^2 = .46$ ]，而記憶內容有效性主要效果邊緣顯著 ( $p = .052$ )，兩者交互作用不顯著，結果如圖八所示。在記憶四個位置時的任一個位置的再認表現比記憶一個位置的再認正確率較低，表示實驗一在工作記憶數量的操弄有效，四個裡的單一位置表徵弱於一個記憶時的表徵，而記憶內容有效時記憶再認的正確率比起無效時也有比較高的趨勢，點重複出現在需記憶的位置上，使得再認表現變好。

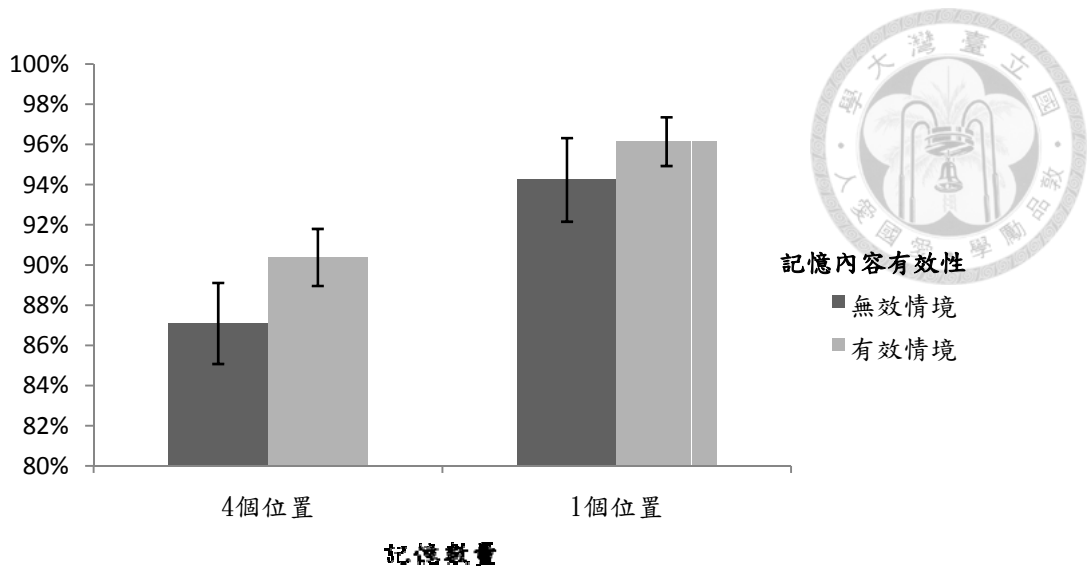


圖 8：實驗一記憶再認作業正確率結果。誤差為±1個標準誤。

## 點偵測作業

點偵測作業的正確率平均為99.8%(記憶四個位置情境下，無效情境：99.9%、有效情境：100%、偵查嘗試：99.8%。記憶一個位置情境下，無效情境：99.7%、有效情境：99.5%、偵查嘗試：100%)。進行2(記憶數量：記憶四個位置、記憶一個位置)×2(記憶內容有效性：有效情境、無效情境)重複量數分析發現所有效果均不顯著( $ps > .20$ )。

排除記憶作業錯誤與注意力作業錯誤的嘗試，並刪去反應時間超過3個標準差的嘗試後(約4.1%)，對反應時間進行2(記憶數量：記憶四個位置、記憶一個位置)×2(記憶內容有效性：有效情境、無效情境)重複量數分析，結果如圖九，記憶內容有效性沒有主要效果( $p = 0.445$ )，但記憶數量的主要效果趨於邊緣顯著( $p = 0.085$ )，表示記憶數量對整體的反應時間其實可能會有影響，在記憶四個位置情境會比記憶一個位置情境來得慢。不過最有趣的發現在於：記憶數量與記憶內容有效性的交互作用達顯著[ $F(1, 20) = 6.75, MSE = 1078.38, p$

= .016,  $\eta_p^2 = .25$ ]。其中在記憶一個位置情境下反應時間有單純主要效果 [ $F(1, 40) = 5.63, MSE = 1115.13, p = .021, \eta_p^2 = .04$ ]，而記憶四個位置時兩者卻沒有差異 ( $p = .22$ )。此結果顯示注意力作業受到工作記憶中表徵數量的影響，記憶一個位置時可觀察到工作記憶為基的注意力攫取效果，而在記憶四個位置時則無法觀察到該效果。

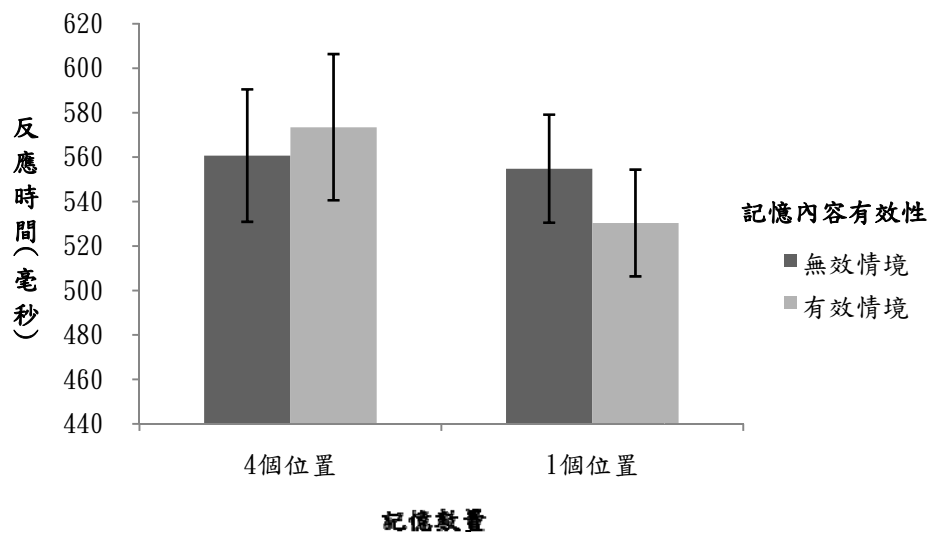


圖 9：實驗一點偵測作業反應時間結果。誤差為±1個標準誤。

## 討論

在實驗一的結果中工作記憶為基的注意力攫取現象，沒有發生於記憶四個位置的情境中，顯示同時記憶超過一個單位的表徵時，工作記憶中的表徵無法產生注意力攫取現象。這個結果複製了 Zhang 等人 (2011) 的發現。注意力攫取現象出現在記憶一個位置的情境中，此時工作記憶中僅存放單一單位訊息，當其再現能有效攫取注意力。反映著工作記憶的表徵可能因為隨著記憶項目的增加而記憶強度不足以攫取注意力，所以在記憶四個位置的情境，注意力攫取現象消失。但

只記憶一個位置，該位置能獲得最大的資源量，所以表徵強度最強，該表徵能夠產生工作記憶為基的注意力攫取。

同時實驗一的結果顯示注意力為基的複誦無法有效或同時維持在四個位置上，所以四個位置的表徵強度沒辦法得到複誦的增益。目前已知的是在記憶一個位置上，注意力可能維持於該位置上。但在記憶四個位置上表徵強度薄弱，又沒有足夠的注意力為基複誦。因此值得一問的是當記憶強度不足時，是否可以藉由回溯線索引導注意力對記憶位置進行複誦強化表徵，進而攫取注意力。在記憶陣列呈現之後出現線索引導注意力到已記憶的位置上，強化受線索引導的表徵強度，提高該表徵的競爭性與降低其他記憶表徵的影響力（Rerko, Souza, & Oberauer, 2014），或是防止表徵隨時間弱化而遺忘（Pertzov, Bays, Joseph, & Husain, 2013），此增益效果稱作回溯線索增益（retro-cue benefit）。而 Rerko 與 Oberauer（2013）認為被線索導引過的表徵，會因為刷新而強化內容與情境的連結，將比起其他未被線索導引過的表徵有更強的記憶強度，因此實驗二將檢測表徵強度的變化是否對於注意力攫取效果有不同的影響。

## 實驗二



實驗一的結果顯示只有一個刺激可以攫取注意力。此結果可能反映的是只有一個刺激時的表徵強度較高使其再度成為偵測作業的目標項目時可以進入注意力焦點而攫取注意力。另一可能性是空間注意力能複誦的數量無法有效維持四個單位上但可以在一個位置，現階段不清楚是否曾經被注意力複誦過的位置依然可以攫取注意力，或是注意力攫取現象一定要注意力持續維持在當下的表徵上。為了釐清實驗一結果的機制，本實驗採用回溯線索的方式讓二個空間位置接續被複誦。Rerko 與 Oberauer (2013) 認為被線索導引過的表徵，因為刷新而強化內容與情境的連結，將比起其他未曾被線索導引的表徵有更強的記憶強度。因此，本實驗採用相似的實驗程序，利用時間上接續的兩個回溯線索導引注意力到四個中的兩個已記憶位置，兩個回溯線索導引的位置不會重複，相當於把注意力從第一個被線索導引位置移動到第二個被線索導引位置，第一個被線索導引位置因為注意力離開到下一個位置，所以被第一個線索導引的位置稱作去焦點項目，而第二個線索導引位置因為進入注意力中故稱焦點項目，剩下兩個沒有被線索導引的位置稱作無焦點項目，去焦點項目具有曾經被回溯線索增益的歷史，比起無焦點項目有著強化的內容與情境連結。在結果的預測上會預期焦點項目的注意力攫取最強，再來為去焦點項目，無焦點項目最弱，而沒有在工作記憶中的位置，則不會有注意力攫取。若是空間的工作記憶為基注意力攫取一定需要空間注意力維持在位置上複誦，則只有最後一個線索導引的位置能夠攫取注意力。也另一可能是在記憶四個位置的情境時，位置表徵因在登錄階段被分配到的資源不足導致表徵薄弱，且回溯線索增益後依然無法提升表徵強度，則任一記憶位置皆無法攫取注意力。

## 方法



### 參與者

實驗二共有 32 位參與者(其中 8 位為女性)，平均年齡 22.9 歲 ( $SD = 2.44$ )，皆為視力正常或經矯正後正常，參與者可以獲得新台幣 120 元或是課程加分作為報償。

### 實驗設計

實驗二採表徵強度單因子(焦點項目、去焦點項目、無焦點項目、非記憶項目)參與者內設計，參與者需記憶四個位置訊息，並藉由外衍性線索移動注意力焦點依序到兩個不同已記憶位置上，區分出不同階層，分別為：焦點項目、去焦點項目、無焦點項目以及非記憶項目。在回溯線索呈現完之後為了避免映像記憶(iconic memory)影響到後續的注意力判斷作業，故回溯線索呈現後加上明度與記憶階段相同的隨機點狀遮罩(random-dot mask)。各情境分配的嘗試數如下：焦點項目 24 個嘗試、去焦點項目 24 個嘗試、無焦點項目 48 個嘗試、非記憶項目為 96 個嘗試，另有額外 48 個偵查嘗試加入各情境中，以避免參與者採用逐題皆按鍵的方式進行反應。這些嘗試依照其情境比例隨機分配進 3 個區間，每個區間有 60 個嘗試，在正式的實驗開始前，將進行 10 個練習嘗試，總共的嘗試數為 250 個。



## 刺激材料

本實驗材料與器材與實驗一相同。除了以白邊中空的方框呈現外衍性線索，中空的範圍為0.94度視角（寬）×0.94度視角（高），以及明度與記憶階段相同的隨機點遮罩，如圖十所示。

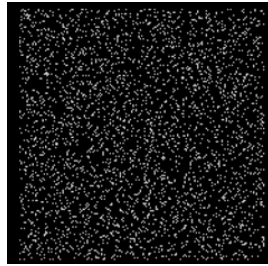


圖 10：隨機點遮罩。

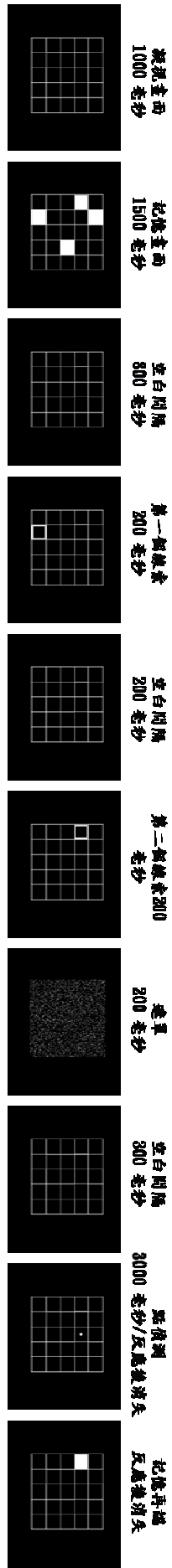
## 指導語

本實驗的指導語與實驗一相似，只是對於在記憶一個位置後出現的白色方框線索採取單純現象描述的方式描述其中一個記憶位置邊框會被加粗，然後換成另一個記憶位置的邊框會加粗。

## 實驗程序

參與者在簽署實驗同意書後，將進行10個練習嘗試，練習中包含所有的情境，以及240個的正式嘗試，分為3個區間進行，參與者在每個區間結束後皆可以休息。實驗二的研究程序如圖十一。實驗二的記憶負荷與實驗一個高記憶負荷情境相同，每個嘗試參與者均需記憶四個空間位置。與實驗一的不同處在於記憶訊息出現後

到點偵測作業出現前的程序：在需記憶的四個位置消失，位置標誌呈現於螢幕中央800毫秒。之後會接續出現兩個外衍性線索，每個呈現時間為200毫秒。外衍性線索為一個亮起的方框標示出特定的空間位置。第一個外衍性線索將標示出其中一個已記憶的位置，接著出現位置標誌200毫秒。然後，第二個外衍性線索將會標示出剩下三個已記憶位置中的其中一個，接著位置標誌顯示範圍被隨機點遮罩覆蓋維持200毫秒，之後再螢幕中央呈現位置標誌300毫秒，參與者便進行點偵測作業以及再認作業。



時間 →

圖 11：實驗二實驗程序圖。

## 結果



資料先確認記憶再認的表現，其中 3 位參與者記憶再認作業的正確率低於 70%，而 1 位參與者有以較慢反應時間交換高正確率的可能性 (speed-accuracy trade-off)，故只使用其餘 27 位參與者的資料進行下一步的分析。實驗二再認作業與點偵測作業的正確率與反應時間呈現於附錄。以下分別呈現再認記憶表現與點偵測作業表現。

### 記憶再認作業

矯正再認正確率平均為 91.0% (焦點項目：91.4%；去焦點項目：91.2%；無焦點項目：91.0%；非記憶項目：91.3%；偵查嘗試：90.2%)，以四個水準 (記憶強度：焦點項目；去焦點項目；無焦點項目；非記憶項目) 進行重複量數分析沒有得到任何顯著 ( $p > .90$ )。

### 點偵測作業

點偵測作業的正確率平均為 99.8% (焦點項目：100%；去焦點項目：99.9%；無焦點項目：99.6%；非記憶項目：99.8%；偵查嘗試：99.6%)，整體反應的正確率都相當的高。以四個水準 (記憶強度：焦點項目、去焦點項目、無焦點項目、非記憶項目) 進行重複量數分析，沒有顯著差異 ( $p > .10$ )。

排除記憶作業錯誤與注意力作業錯誤的嘗試，並刪去反應時間超過 3 個標準差的嘗試後 (約 5.2%)，以四個水準 (記憶強度：焦點項目、去焦點項目、無焦點項目、非記憶項目) 進行重複量數分析，結果如圖十二所示。而記憶階段有主

效果 $[F(3, 78) = 2.76, MSE = 1800.18, p = .048, \eta_p^2 = .10]$ 。但事後檢定皆沒有差異。若以成對 $t$ 檢定對兩兩情境進行比較，發現差異主要來自於焦點項目與無焦點項目 ( $p = .044$ )，以及去焦點項目與無焦點項目之間 ( $p = .022$ )，但是焦點項目與去焦點項目跟非記憶項目之間卻沒有差異。代表在記憶四個位置時，即使使用回溯線索強化表徵，依然無法產生工作記憶為基的注意力攫取。

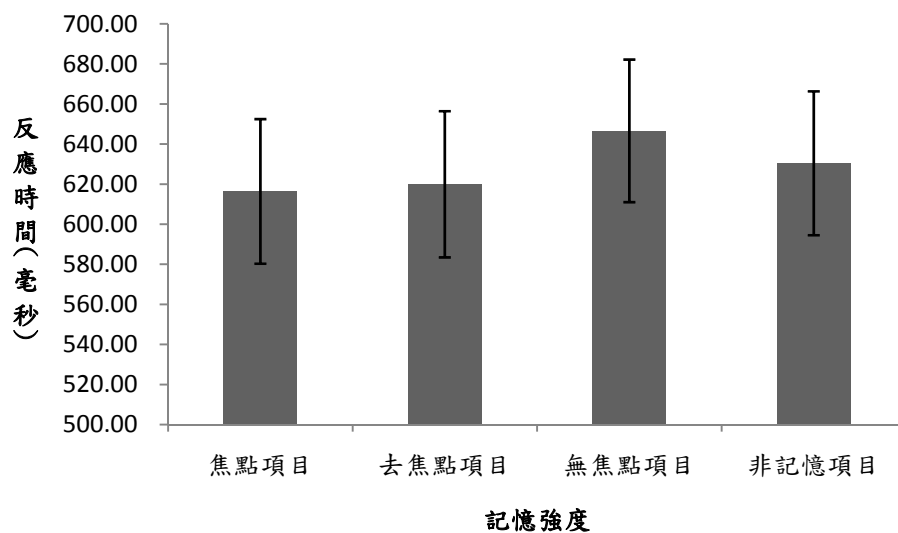


圖 1 2：實驗二點偵測作業反應時間結果。誤差為±1 個標準誤。

## 討論



實驗二的結果發現記憶四個位置產生較弱的表徵時，即使利用回溯線索增強其表徵，任一表徵均無法攫取注意力。若根據 Rerko 與 Oberauer(2013)的研究，焦點項目與去焦點項目兩者的表徵強度應該有所差異。然而，本實驗的平均再認正確率與實驗一裡記憶四個位置情境的再認正確率相似。此結果反映分配有限資源於四個空間位置時，每一位置產生弱表徵；弱表徵即使在線索提示之後，表徵依然無法被強化至能夠攫取注意力的程度。由於實驗指導語並未鼓勵參與者利用回溯線索，此結果意含參與者不會自動利用線索來強化空間記憶表徵。

### 實驗三



實驗一的結果發現只有一個空間位置的工作記憶可以攫取注意力。此結果意含記憶一個位置時表徵強度足夠攫取注意力、空間工作記憶的注意力攫取依賴空間注意力維持在記憶的位置 (Awh & Jonides, 2001) 或是持續複誦強表徵是攫取注意力的必要條件。實驗二的結果發現即使回溯線索導引空間注意力到弱的記憶表徵也無法促使該表徵攫取注意力。為了瞭解強表徵與空間注意力複誦二者是否是注意力攫取的必要條件，實驗三將釐清空間注意力複誦強表徵的必要性。在實驗三裡只呈現一個刺激位置使其為強表徵。但利用線索有效性的操控來分離空間複誦與工作記憶的運作。線索指向記憶位置的機率只有1/3，指向非記憶位置的機率為1/3，無任何空間導引的機率為1/3。如果空間工作記憶為基的注意力攫取現象來自空間注意力複誦記憶表徵，則注意力攫取效果應當只發生在線索與記憶位置兩者位置相同的情境中；當線索指向其他位置時，空間注意力應轉移到其他位置，而削弱工作記憶攫取注意力的能力。但若是空間工作記憶為基的注意力是否攫取決定於記憶強度，則會看到記憶一個位置的空間工作記憶為基注意力攫取。如果空間注意力複誦便可藉由線索效果(cueing effect)(Schmidt, Vogel, Woodman, & Luck, 2002; Woodman, Vecera, & Luck, 2003), 引導注意力到其提示的位置，預期線索效果；即使線索出現在非記憶位置，該位置出現的點也能攫取注意力。

## 方法



### 參與者

實驗二共有 19 位參與者(其中 4 位為女性)，為 22.4 歲 ( $SD = 1.55$ )，參與者皆為視力正常或經矯正後正常，參與者實驗結束後可以獲得新台幣 120 元或是課程加分作為報償。

### 刺激材料

本實驗材料與器材與實驗一、二相同。除了，中性線索以加總與外衍性線索等長的四個的白色的 L 型線段呈現在位置標誌的四個角落，形成邊框，如圖十三所示。

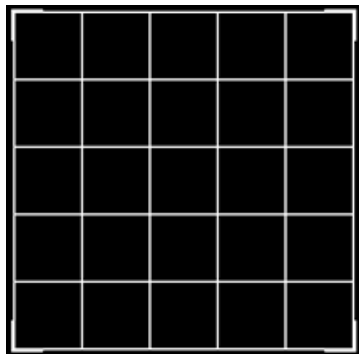


圖 1 3：中性線索。

### 指導語

與實驗二相同。對於在記憶一個位置後出現的白色方框線索採取單純現象描述的方式描述。

## 實驗設計



實驗三中外衍性線索可能出現在需記憶的位置上、非記憶的位置上以及中性線索—位置標誌的邊框的四個角落上加上邊框形成沒有預測力的線索，上述的三種情境各佔總嘗試數的三分之一，各為 96 個嘗試。而各線索情境中的工作記憶內容的有效情境與無效情境各佔一半，有效及無效嘗試將數量均等且隨機地分布在三種線索情境中。

與實驗二不同的是，在實驗三線索可能會標示出非記憶位置，與無提示性的中性情境做為控制情境。記憶位置、外衍性線索位置及點偵測作業目標物位置的關係，可以細分為七種情境，詳見表一。當記憶位置與線索呈現位置相同時，一、線索出現位置與點相同：線索有效且記憶內容有效情境，有 48 個嘗試；二、點出現位置與線索位置不同，當然同時與記憶位置也不同：線索與記憶內容皆無效情境，有 48 個嘗試。當記憶位置與線索呈現位置不同時，三、線索呈現位置與點相同，但記憶位置與點不同：線索有效但記憶內容無效情境，有 24 個嘗試數；四、線索呈現位置與點不同，但記憶位置與點相同：線索無效但記憶內容有效情境，有共 24 個嘗試數；五、線索呈現位置、記憶位置與點的位置三者皆不同：線索與記憶內容皆無效情境，有 48 個嘗試。當是中性線索時，六、記憶位置與點出現位置相同：中性線索中記憶內容有效情境，有 48 個嘗試；記憶位置與點出現位置不同：七、中性線索中記憶內容無效情境，有 48 個嘗試。額外 72 個的偵查嘗試加入上述所有的情境中，加上正式嘗試前的 20 個練習嘗試後，總嘗試數為 380 個。在線索呈現完之後為了避免外衍性線索的映像記憶影響到後續的注意力判斷作業，故在記憶目標物與線索位置呈現後加上明度與記憶階段相同的隨機點狀遮罩。

表 1

實驗三的情境設計



線索與 記憶位置 的關係	線索在記憶位置		線索在非記憶位置		中性線索		
線索有效性	有效	無效	無效	有效	無效	中性線索	
情境有效性	有效	無效	有效	無效	無效	有效	無效
嘗試數	48	48	24	24	48	48	48
記憶位置							
線索位置							
點位置							

註：灰色的兩個情境因為在兩個因素下相同，在後續的分析中將其合併。在嘗試數的下方為情境示意圖，當線索位置與點位置相同則為線索有效；否則為無效，當記憶位置與點位置相同則為情境有效；否則為無效。

根據線索與點出現位置的對應關係與記憶內容與點的對應關係，此七種情境可歸納為 3（線索有效性）x 2（記憶內容有效性）的設計。線索預測點出現位置的機率為 1/4（72/288），而記憶內容預測點出現位置的機率為 5/12（120/288），請見表二。

表 2

實驗三情境整合設計

線索有效性	有效	有效	無效	無效	中性線索	
記憶內容有效性	有效	無效	有效	無效	有效	無效
嘗試數	48	24	24	96	48	48

### 實驗程序

實驗流程圖如圖十四所示，參與者在簽署實驗同意書後，參與者將進行 20 個練習嘗試，以及 360 個正式嘗試，分為 6 個區間進行，參與者在每個區間結束後皆可休息。實驗三的記憶負荷與實驗一的低記憶負荷情境相同，每個嘗試參與者均須記憶一個空間位置。與實驗一的不同處在於記憶訊息出現後到點偵測作業出現前的程序：在需記憶的一個位置消失後，位置標誌呈現於螢幕中央 800 毫秒。之後會出現外衍性線索以亮起的方框標示出特定的空間位置持續 200 毫秒，接著位置標誌顯示範圍被隨機點遮罩覆蓋維持 200 毫秒，遮罩消失後，螢幕中央呈現位置標誌 300 毫秒，然後，參與者進行點偵測作業與再認作業。

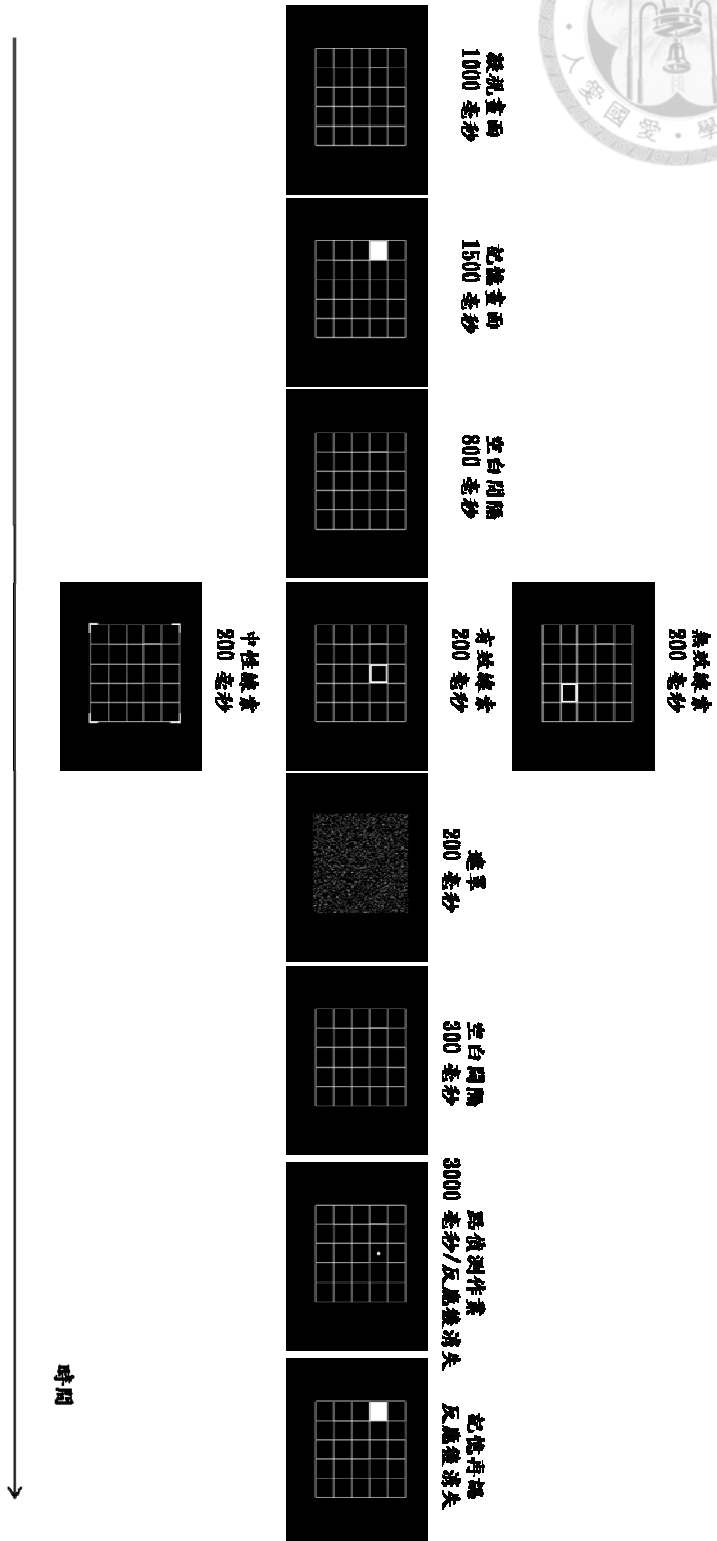


圖 1 4：實驗三實驗程序圖。

## 結果



其中兩位參與者點偵測作業的正確率低於 70%故排除。使用其餘 17 位參與者的資料進行後續的分析。以下分別呈現再認記憶表現與點偵測作業表現。

### 記憶再認作業

矯正再認正確率的平均為 95.1%，(線索無效情境下，記憶內容無效情境：93.6%、記憶內容有效情境：95.6%、偵查嘗試：96.6%。線索有效情境下，記憶內容無效情境：94.6%、記憶內容有效情境：95.6%、偵查嘗試：96.1%。中性線索，記憶內容無效情境：95.3%、記憶內容有效情境：95.6%、偵查嘗試：94.6%)，以 3 (線索有效性：線索無效、有效、中性線索) × 2 (記憶內容有效性：有效、無效) 重複量數分析無任何顯著差異 ( $ps > .40$ )。

### 點偵測作業

點偵測作業正確率平均為 99.8%，(線索無效情境下，記憶內容無效情境：99.6%、記憶內容有效情境：100.0%、偵查嘗試：99.3%。線索有效情境下，記憶內容無效情境：100.0%、記憶內容有效情境：100.0%、偵查嘗試：99.8%。中性線索，記憶內容無效情境：99.6%、記憶內容有效情境：99.6%、偵查嘗試：99.5%)。以 3 (線索有效性：線索無效、有效、中性線索) × 2 (記憶內容有效性：有效、無效) 重複量數分析也無發現任何顯著 ( $p > .10$ )。

排除記憶作業錯誤與注意力作業錯誤的嘗試後，刪去反應時間超過 3 個標準差的嘗試 (約 2.8%)，並以上述相同的分析方式發現工作記憶線索有主要效果

[ $F(1, 16) = 26.57, MSE = 2749.12, p < .001, \eta_p^2 = .62$ ]，記憶內容有效情境的反應時間快於記憶內容無效情境；而線索有效性的主效果，與線索和記憶內容有效性的交互作用皆未達顯著，見圖十五。結果顯示支持注意力攫取現象主要來自於記憶內容有效性。

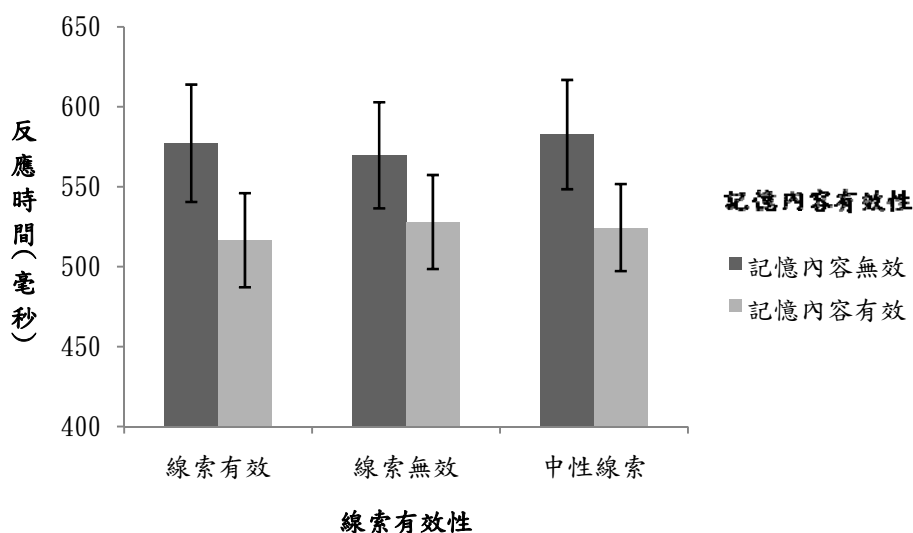


圖 15：實驗三點偵測作業反應時間結果。誤差為±1 個標準誤。

## 討論

實驗三的結果支持記憶一個位置時注意力攫取的效果來自維持於工作記憶中的強表徵，而非空間注意力維持於記憶表徵的複誦。此結果有二個解釋。第一個解釋是一個項目的表徵強度高，無須依賴空間注意力的複誦就可攫取注意力。另一可能是參與者在線索消失後仍將空間注意力轉移回到工作記憶中的位置複誦，因而該位置仍享有空間注意力複誦的效果。此可能性來自線索消失後到目標點出現的時間為 500 毫秒，而此時間足夠讓空間注意力移動，所以空間注意力可能再度回到原本的記憶位置上，以準備最後的記憶再認，而產生空間工作記憶為基的注意力攫取。

## 綜合討論



本研究的目的是釐清是否只有一個空間位置可以攫取注意力或只要儲存於工作記憶中的任一位置都可攫取注意力。回顧三個實驗的結果，在實驗一發現只在記憶一個位置的情境下，該位置表徵會引發工作記憶為基注意力攫取現象，但在記憶四個位置的情境卻沒有。實驗二利用兩個回溯線索接續的導引注意力到不同的記憶位置上，但沒有任何一個位置攫取注意力。實驗三的結果支持維持一個強位置表徵於工作記憶中時，即使空間注意力移轉到其他位置，該位置仍能攫取注意力。

本研究的結果可從二個層面來討論。第一層面是記憶表徵的強度。根據彈性資源模型 (Bays & Husain, 2008)，認知資源量是有限的，但可以分配給的記憶項目的數量則沒有限制，隨著項目增加每個項目獲得的資源也會減少。當只有一個項目出現時，此項目獨享所有的資源，表徵強度強。當四個項目出現時，資源分配於四個項目而降低了每個表徵的強度。第二個層面是空間注意力複誦。空間注意力似乎有其分配數量上的限制，在記憶一個位置時，空間注意力能維持在一個位置上，但是在記憶四個位置時空間注意力卻無法有效的維持，甚至使用回溯線索引導空間注意力也無法產生注意力攫取效果。此研究可能區分了表徵強度與空間注意力複誦兩者之間在空間工作記憶為基的注意力攫取上的關係。就表徵強度而言，本研究結果顯示只有一個項目時該項目為強表徵。當表徵強時，無論中間是否出現線索移轉了空間注意力複誦，該強表徵仍能攫取注意力。當四個項目呈現時，四個項目因分享有限資源而成為弱表徵。即使空間注意力導引至該項目也無法自動強化該弱表徵，使其成為強表徵而攫取注意力。

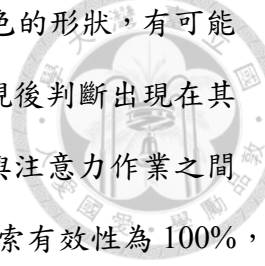
就空間注意力的複誦數量而言，本研究結果支持空間注意力複誦只能維持在一個空間位置，使其攫取注意力。此結果呼應上而下控制的限制為一個項目 (Makovski & Jiang, 2007)，但此結果與空間工作記憶容量的結果並不一致 (Awh

et al.,1999; Awh et al., 2000)。Awh 與同仁的研究(Awh et al.,1999; Awh et al., 2000) 證實空間工作記憶可以儲存三個位置表徵，意含空間注意力同時可以複誦三個位置。然而在神經活化的研究裡，三個位置均出現於同一視野。我們無法得知空間注意力是分散 (split) 到每一位置、整體分配於三個位置所含括的視野或是分配於一個位置 (Posner, 1980) 再快速轉移注意力複誦到每個需記憶的位置 (Cavanagh & Alvarez, 2005)。

本研究觀察到只有一個項目可以攫取注意力。為何維持二個項目於工作記憶中時其中任一均能攫取注意力呢？Zhang 等人 (2011) 的研究證實二個顏色能攫取注意力，且此結果不受顏色是否容易命名的影響。雖然研究者認為此排除了語音複誦的角色，但其所使用的刺激材料是以隨機挑選使用，在許多情境下可以用語音編碼區辨，如圖四中的紫紅色與綠色出現時，兩者仍可以用語音登錄而區隔。如果採取要求參與者抑制語音，則結果可能會複製 Soto 與 Humphreys (2008) 的結果而發現工作記憶中維持二個顏色時，單一顏色無法攫取注意力。Zhang 等人 (2011) 的研究結果可能部分來自語音複誦。

語音複誦可以維持物體或特徵屬性的激發於工作記憶之中，而空間注意力複誦可以維持空間位置於工作記憶之中。若此複誦無法進行，可能只有強表徵才能攫取注意力。當多個項目同時存在時，可能需依賴群組(Oberauer & Bialkova, 2009) 或是增加表徵間的差異 (Oberauer & Bialkova, 2011) 來強化每個表徵。雖然本研究未觀察到空間群組的效應，但未來研究可進一步的探討群組是否調控工作記憶為基的注意力攫取現象。本研究未觀察到空間群組的效應可能的原因有二：四個位置在 5 x 5 的位置標誌裡為獨立的項目、位置標誌破壞了連結四個位置的可能性。未來研究可探討空間鄰近性 (proximity) 是否可以促進項目間的群組而調控空間位置的注意力攫取現象。

另一個有待未來研究釐清的議題是工作記憶與空間注意力的互動。Pan 與 Soto (2010) 使用箭頭線索引導空間注意力，發現線索效果調節工作記憶為基的




注意攫取。在參與者記憶有顏色的形狀後，接著出現兩個有顏色的形狀，有可能其中一個是記憶中的訊息，參與者需要在兩個帶顏色的形狀出現後判斷出現在其中一個帶顏色的形狀位置上方型缺口的缺口方向。在記憶階段與注意力作業之間出現箭頭線索，且一定指向注意力作業目標物會出現的位置，線索有效性為 100%，結果顯示工作記憶為基的注意力攫取效果出現在沒有線索的情境，但在有線索的情境消失。Kuo、Chao 及 Yeh (2013) 操控空間提示線索的有效性為 90%，結果發現空間線索與工作記憶均能攫取注意力。實驗三的空間線索有效性只有 23% 下，只有工作記憶內容能攫取注意力。究竟在何空間注意力有效的情況下發生轉折，使得空間線索無法引導注意力有待未來研究釐清。

未來研究需要更系統性的探索空間工作記憶與空間注意力的互動，以及不同的互動模式如何影響空間工作記憶為基的注意力攫取效果。就空間工作記憶而言，究竟其表徵形式為何有待釐清。當多個項目出現時，參與者可能因為資源的限制而只記憶其幾何中心於工作記憶。未來研究可以操弄點偵測作業的目標點是否出現在幾何中心來回答此問題。就空間注意力而言，實驗三的參與者可能在線索消失後仍將注意力回歸記憶表徵，其結果並不能完全排除空間注意力複誦的可能性。因此，強空間工作記憶表徵可能仍須空間注意力複誦來維持其表徵強度。未來研究可以參考 McCormick、Klein 及 Johnston (1998) 的方法，使用方框控制空間注意力的分配範圍與位置，並藉由偵測作業討論空間注意力分配的影響。或可考慮以神經活動的紀錄來探討空間工作記憶表徵與空間注意力複誦的關連性。

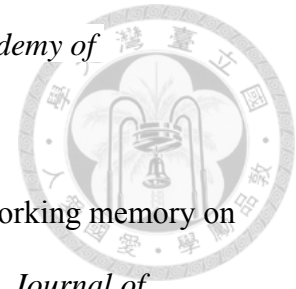
## 參考文獻



- Awh, E., Anllo-Vento, L., & Hillyard, S. A. (2000). The role of spatial selective attention in working memory for locations: Evidence from event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*(5), 840-847.
- Awh, E., & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in cognitive sciences*, *5*(3), 119-126.
- Awh, E., Jonides, J., Smith, E. E., Buxton, R. B., Frank, L. R., Love, T., ... & Gmeindl, L. (1999). Rehearsal in spatial working memory: Evidence from neuroimaging. *Psychological Science*, *10*(5), 433-437.
- Awh, E., Jonides, J., & Reuter-Lorenz, P. A. (1998). Rehearsal in spatial working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*(3), 780.
- Awh, E., Jonides, J., Smith, E. E., Schumacher, E. H., Koeppel, R. A., & Katz, S. (1996). Dissociation of storage and rehearsal in verbal working memory: Evidence from positron emission tomography. *Psychological Science*, *7*(1) 25-31.
- Awh, E., Vogel, E. K., & Oh, S. H. (2006). Interactions between attention and working memory. *Neuroscience*, *139*(1), 201-208.
- Bays, P. M., & Husain, M. (2008). Dynamic shifts of limited working memory resources in human vision. *Science*, *321*(5890), 851-854.
- Belopolsky, A. V., Kramer, A. F., & Godijn, R. (2008). Transfer of information into

- 
- working memory during attentional capture. *Visual Cognition*, 16(4), 409-418.
- Cavanagh, P., & Alvarez, G. A. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in cognitive sciences*, 9(7), 349-354.
- Chelazzi, L., Duncan, J., Miller, E. K., & Desimone, R. (1998). Responses of neurons in inferior temporal cortex during memory-guided visual search. *Journal of Neurophysiology*, 80(6), 2918-2940.
- Chelazzi, L., Miller, E. K., Duncan, J., & Desimone, R. (1993). A neural basis for visual search in inferior temporal cortex. *Nature*, 363, 345-347.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and brain sciences*, 24, 87-114.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual review of neuroscience*, 18(1), 193-222.
- Dombrowe, I., Olivers, C. N., & Donk, M. (2010). The time course of working memory effects on visual attention. *Visual Cognition*, 18(8), 1089-1112.
- Downing, P. E. (2000). Interactions between visual working memory and selective attention. *Psychological Science*, 11(6), 467-473.
- Downing, P., & Dodds, C. (2004). Competition in visual working memory for control of search. *Visual Cognition*, 11(6), 689-703.
- Han, S. W., & Kim, M. S. (2009). Do the contents of working memory capture attention? Yes, but cognitive control matters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35, 1292-1302.
- Hillyard, S. A., & Anllo-Vento, L. (1998). Event-related brain potentials in the study

of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(3), 781-787.



Houtkamp, R., & Roelfsema, P. R. (2006). The effect of items in working memory on the deployment of attention and the eyes during visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 426-442.

Jiang, Y., Olson, I. R., & Chun, M. M. (2000). Organization of visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(3), 683.

Kuo, C. Y., Chao, H. F., & Yeh, Y. Y. (2013). Strategic control modulates working memory-driven attentional capture. *Experimental psychology*, 60(1), 3.

Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(6657), 279-281.

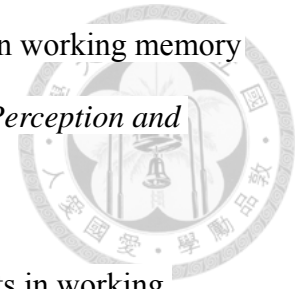
Makovski, T., & Jiang, Y. V. (2007). Distributing versus focusing attention in visual short-term memory. *Psychonomic bulletin & review*, 14(6), 1072-1078.

McCormick, P. A., Klein, R. M., & Johnston, S. (1998). Splitting versus sharing focal attention: comment on Castiello and Umiltà (1992). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(1), 350-357.

Nieuwenstein, M. R., Johnson, A., Kanai, R., & Martens, S. (2007). Cross-task repetition amnesia: Impaired recall of RSVP targets held in memory for a secondary task. *Acta Psychologica*, 125(3), 319-333.

Oberauer, K., & Bialkova, S. (2009). Accessing information in working memory: Can the focus of attention grasp two elements at the same time?. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138(1), 64.

Oberauer, K., & Bialkova, S. (2011). Serial and parallel processes in working memory after practice. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37(2), 606.



Oberauer, K., & Kliegl, R. (2006). A formal model of capacity limits in working memory. *Journal of Memory and Language*, 55(4), 601-626.

Olivers, C. (2008). What drives memory-driven attentional capture?. *Journal of Vision*, 8(6), 1116-1116.

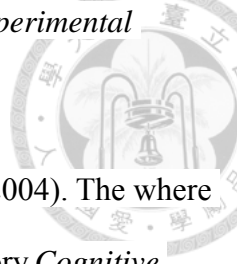
Olivers, C. N. L., Meijer, F., & Theeuwes, J. (2006). Feature-based working memory driven attentional capture: Visual working memory content affects visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 1243-1265.

Olivers, C. N., Peters, J., Houtkamp, R., & Roelfsema, P. R. (2011). Different states in visual working memory: When it guides attention and when it does not. *Trends in cognitive sciences*, 15(7), 327-334.

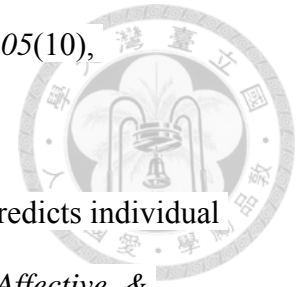
Pan, Y., & Soto, D. (2010). The modulation of perceptual selection by working memory is dependent on the focus of spatial attention. *Vision Research*, 50(15), 1437-1444.

Peters, J. C., Goebel, R., & Roelfsema, P. R. (2009). Remembered but unused: The accessory items in working memory that do not guide attention. *Journal of cognitive neuroscience*, 21(6), 1081-1091.

Pertsov, Y., Bays, P. M., Joseph, S., & Husain, M. (2013). Rapid forgetting prevented by retrospective attention cues. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39(5), 1224.

- 
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly journal of experimental psychology*, 32(1), 3-25.
- Postle, B. R., Awh, E., Jonides, J., Smith, E. E., & D'Esposito, M. (2004). The where and how of attention-based rehearsal in spatial working memory. *Cognitive Brain Research*, 20(2), 194-205.
- Raffone, A., & Wolters, G. (2001). A cortical mechanism for binding in visual working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13, 766–785.
- Rerko, L., & Oberauer, K. (2013). Focused, unfocused, and defocused information in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(4), 1075.
- Rerko, L., Souza, A. S., & Oberauer, K. (2014). Retro-cue benefits in working memory without sustained focal attention. *Memory & cognition*, 1-17.
- Saults, J. S., & Cowan, N. (2007). A central capacity limit to the simultaneous storage of visual and auditory arrays in working memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(4), 663.
- Schmidt, B. K., Vogel, E. K., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2002). Voluntary and automatic attentional control of visual working memory. *Perception & psychophysics*, 64(5), 754-763.
- Smith, E. E. J. J., Jonides, J., Koeppe, R., Awh, E., Schumacher, E., & Minoshima, S. (1995). Spatial versus object working memory: PET investigations. *Cognitive Neuroscience, Journal of*, 7(3), 337-356.
- Tan, L. H., Chan, A. H., Kay, P., Khong, P. L., Yip, L. K., & Luke, K. K. (2008). Language affects patterns of brain activation associated with perceptual

decision. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(10), 4004-4009.



Todd, J. J., & Marois, R. (2005). Posterior parietal cortex activity predicts individual differences in visual short-term memory capacity. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5(2), 144-155.

Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2007). Do the contents of visual working memory automatically influence attentional selection during visual search? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(2), 363.

Woodman, G. F., Vecera, S. P., & Luck, S. J. (2003). Perceptual organization influences visual working memory. *Psychonomic bulletin & review*, 10(1), 80-87.

Soto, D., Heinke, D., Humphreys, G. W., & Blanco, M. J. (2005). Early, involuntary top-down guidance of attention from working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 248-261.

Vogel, E. K., & Machizawa, M. G. (2004). Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature*, 428(6984), 748-751.

Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2007). Do the contents of visual working memory automatically influence attentional selection during visual search? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 363-376.

Zhang, B., Zhang, J. X., Huang, S., Kong, L., & Wang, S. (2011). Effects of load on the guidance of visual attention from working memory. *Vision research*, 51(23), 2356-2361.

## 附錄



表 3  
實驗一再認作業與點偵測作業結果

記憶數量	四個位置			一個位置		
	有效	無效	偵測嘗試	有效	無效	偵測嘗試
記憶內容有效性						
記憶再認矯正正確率	.90 (.10)	.87 (.09)	.89 (.11)	.96 (.06)	.94 (.07)	.97 (.06)
點偵測正確率	1.000	.999 (.004)	.998 (.011)	.995 (.018)	.997 (.007)	1.000
點偵測反應時間	573.45 (150.72)	560.67 (136.47)		530.33 (110.05)	554.79 (111.32)	

註：括號內的為標準差

表 4  
實驗二再認作業與點偵測作業結果

記憶強度	焦點項目	去焦點項目	無焦點項目	非記憶項目	偵測嘗試
記憶再認 矯正正確率	.91 (.09)	.91 (.10)	.91 (.07)	.91 (.07)	.90 (.08)
點偵測正確率	1.000	.999 (.008)	.996 (.008)	.998 (.004)	.996 (.010)
點偵測 反應時間	616.39 (187.51)	619.95 (189.51)	646.61 (184.84)	630.43 (186.56)	

註：括號內的為標準差

表 5

實驗三再認作業與點偵測作業結果

線索有 效性	有效			無效			中性		
	有效	無效	偵測 嘗試	有效	無效	偵測 嘗試	有效	無效	偵測 嘗試
記憶內 容有效 性									
記憶再 認矯正 正確率	.96 (.06)	.95 (.06)	.96 (.05)	.96 (.07)	.94 (.09)	.97 (.07)	.96 (.06)	.95 (.07)	.95 (.07)
點偵測 正確率	1.000	1.000	.998 (.040)	1.000	.996 (.008)	.993 (.016)	.996 (.011)	.996 (.008)	.995 (.014)
點偵測 反應 時間	516.56 (121.42)	577.22 (151.39)		527.94 (121.27)	577.11 (142.01)		524.47 (112.23)	582.64 (140.90)	

註：括號內的為標準差