

# 國立交通大學

管理學院碩士在職專班(管理科學組)

## 碩 士 論 文

戰術任務中飛行員注意力分佈之研究

Study of Pilots' Attention Distribution in Tactical Mission

研 究 生：曹進平

指導教授：王耀德 博士

中 華 民 國 九 十 六 年 七 月

戰術任務中飛行員注意力分佈之研究  
Study of Pilots' Attention Distribution in Tactical Mission

研 究 生：曹進平

Student：Chin-Pin Tsao

指導教授：王耀德

Advisor：Dr. Yau-De Wang

國立交通大學  
管理學院碩士在職專班（管理科學組）



Submitted to Department of Management Science

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master

in

Business Administration

July 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年七月

# 戰術任務中飛行員注意力分佈之研究

學生：曹進平

指導教授：王耀德 博士

國立交通大學管理學院碩士在職專班管理科學組

## 摘要

本研究的目的是在探討正常無外來干擾因素情況下飛行員注意力的分佈與地面輔助資訊對飛行員注意力之影響。30 位飛行員及 30 位非飛行員被隨機指派至有輔助資訊及無輔助資訊兩種情境，每組受試者皆再以隨機的方式在單一作業及多重作業的情境中各從事 3 (3 種敵友機佈局) × 3 (3 種飛機數量) × 9 (9 種敵機出現位置) × 2 (有、無敵機) 情境共 162 局的敵機偵測作業，實驗中以簡化的雷達顯示幕模擬戰術任務中對敵機之識別任務。結果由敵機偵測的反應時間分析發現，飛行員會優先將注意力分佈在距離 55 哩以內的部分空域，以便早期偵知敵機，飛行員對 55 哩以外的敵機則採取注意但不優先處理的方式，並且能夠在飛機數上升時應用輔助資訊以縮短敵機偵測的反應時間。面對多重作業之任務負荷時，飛行員的訓練使他們比非飛行員更能有效的分配並管理注意力資源以維持主作業績效。此外，由敵機位置的回憶發現，飛行員對敵機的偵測速度較快，並未犧牲了他們對敵機位置的正確回憶，然而，資料也顯示戰術任務中，作業環境結構的某些因素對飛行員的任務達

成會有負面的影響，其中，敵機與友機所呈的佈局形式與敵機所處位置不同，對飛行員偵測敵機的反應速度及回憶敵機位置的正確程度會有不同影響，位於遠處且偏離友機群組的敵機之偵測不易，近處則以敵機處於角落且是被包圍在友機之內時會形成偵測上的死角。

關鍵字：注意力分佈、反應時間、飛行決策、動態決策、情境察覺



# Study of Pilots' Attention Distribution in Tactical Mission

Student: Chin-Pin Tsao

Advisor : Dr. Yau-De Wang

Department of Management Science  
National Chiao Tung University

## Abstract

The purpose of this study was to investigate combat pilots' attention distribution in tactical mission and the effect of information support. Thirty pilots and thirty non-pilot airforce personnel were randomly assigned to the two (with or without information support) experimental conditions to perform simulated tactical mission of identifying enemy aircraft by using a simplified display of airborne RADAR. The results of detection time for enemy aircraft indicated that priority of attention allocation were given by pilots to areas within 55 NM to look for an early awareness of threatening enemy, those beyond 55 NM will be monitored and managed with lower priority, and the effect of information support in improving detection time increases as a function of total quantity of aircraft. The tactical training allows pilots to effectively manage the attention resources to maintain the performance of primary task in dual or multiple missions. The results of tactical situation recall indicated that pilots have better performance in detecting enemy aircraft without compromising the accuracy of situation recall. Other results

indicated that some structural factors of operational environment have negative effect on pilots' performance in a tactical mission. The configuration in which enemy and friendly aircraft related to others, and the location of displayed enemy aircraft have different effect on detection time and the accuracy of situation recall. In the areas of long distance, enemy aircraft positioned clearly away from friendly group caused long detection time while the enemy aircraft located in the corner and surrounded by the friendly group is more likely to be detected later in the areas of short and medium distance.

Keywords: *attention distribution, reaction time, flight decision, dynamic decision, situational awareness*



## 誌 謝

在軍旅服務達二十年後，幸運地在國軍公餘進修的計畫中獲得校外學習的機會，實現了我重拾學生身分進入嚮往已久的大學校園生活的夢想。二年的修習時間，我像興奮的小蜜蜂在浩瀚的學術領域裏流連，快意地瀏覽每一處豐富的寶庫、貪婪地吸收每一位老師辛苦準備的佳餚；在體認學術研究的樂趣後，我感到滿足，也為著自己所接收的一切訓練與指導，滿懷感恩的心。

這份論文能夠順利完成，我需要感謝的人很多：首先是盡心盡力、幾乎用去大部分休閒時間來指導我研究的王耀德老師，不僅全力配合我軍人身份難以掌握的研討時間，更經常熱心安排其他老師共同研討，為我解惑；工工系的洪瑞雲老師耐心使用各種方法、時間與技巧，來解答我所提的各項問題並引導我的思考，使我獲得許多成長；當然也感謝所有老師在上課期間針對課程內容的講解與訓練，使我開始認識管理、研究決策並思考過去一直在執行卻不曾探究其原理的問題。

我也必須感謝張哲平將軍在擔任我的隊長期間，鼓勵我進修並親筆為我寫下推薦信函；同時，對於二年進修期間對我包容、體諒並提供業務支援的同事，我也心存感激。當然，這二年期間周旋於繁忙的演習、飛行、課業、報告中，家人的支持與照顧為我帶來源源不斷的動力，使我在經常的超時工作中無後顧之憂並能因學習與研究的樂趣而充滿信心與活力。要感謝的人真的很多，博士班指導我作數據分析的學姐、與我同甘共苦的全體同學，以及其他無法一一詳述的人，我都銘記在心。謝謝老師、長官、同學，以及所有提供支援使我得以順利完成學業的人，謝謝！

曹進平 謹識

民國 96 年 7 月於交通大學

## 目錄

中文摘要	i
英文摘要	iii
誌謝	v
目錄	vi
表目錄	viii
圖目錄	x
第一章 導論	1
第二章 文獻探討	14
第三章 方法	36
第四章 結果	54
第五章 結論與討論	97
參考文獻	103
附錄一 實驗指導語	105
附錄二 單一作業之偵測正確率變異數分析表	110
附錄三 多重作業之偵測正確率變異數分析表	114
附錄四 飛行員有輔助資訊執行單一作業正確率平均數與標準差	117
附錄五 飛行員無輔助資訊執行單一作業正確率平均數與標準差	118
附錄六 非飛行員有輔助資訊執行單一作業正確率平均數與標準差	119
附錄七 非飛行員無輔助資訊執行單一作業正確率平均數與標準差	120
附錄八 飛行員有輔助資訊執行多重作業正確率平均數與標準差	121
附錄九 飛行員無輔助資訊執行多重作業正確率平均數與標準差	122





附錄十	非飛行員有輔助資訊執行多重作業正確率平均數與標準差	123
附錄十一	非飛行員無輔助資訊執行多重作業正確率時間平均數與標準差	124
附錄十二	飛行員有輔助資訊執行多重作業偵測時間平均數與標準差	125
附錄十三	飛行員無輔助資訊執行多重作業偵測時間平均數與標準差	126
附錄十四	非飛行員有輔助資訊執行多重作業偵測時間平均數與標準差	127
附錄十五	非飛行員無輔助資訊執行多重作業偵測時間平均數與標準差	128
附錄十六	飛行員有輔助資訊執行多重作業回憶誤差量平均數與標準差	129
附錄十七	飛行員無輔助資訊執行多重作業回憶誤差量平均數與標準差	130
附錄十八	非飛行員有輔助資訊執行多重作業回憶誤差量平均數與標準差	131
附錄十九	非飛行員無輔助資訊執行多重作業回憶誤差量平均數與標準差	132



## 表目錄

表 1	受試者基本資料	36
表 2	飛行員有輔助資訊單一作業反應時間平均數與標準差	55
表 3	飛行員無輔助資訊單一作業反應時間平均數與標準差	56
表 4	非飛行員有輔助資訊單一作業反應時間平均數與標準差	57
表 5	非飛行員無輔助資訊單一作業反應時間平均數與標準差	58
表 6	單一作業反應時間之變異數分析表	59
表 7	單一作業飛機數 $\times$ 出現位置 $\times$ 組別之偵測反應時間平均數與標準差	62
表 8	單一作業位置 $\times$ 輔助資訊之偵測反應時間平均數與標準差	65
表 9	非飛行員單一作業飛機數 $\times$ 佈局 $\times$ 組別 $\times$ 輔助資訊之偵測時間平均數與標準差	69
表 10	飛行員單一作業飛機數 $\times$ 佈局 $\times$ 組別 $\times$ 輔助資訊之偵測時間平均數與標準差	70
表 11	多重作業偵測反應時間平均數與標準差	73
表 12	多重作業偵測反應時間之變異數分析表	73
表 13	多重作業位置 $\times$ 組別之偵測反應時間平均數與標準差	76
表 14	多重作業位置 $\times$ 輔助資訊之偵測反應時間平均數與標準差	77
表 15	飛行員有輔助資訊單一作業戰況回憶誤差量平均數與標準差	79
表 16	飛行員無輔助資訊單一作業戰況回憶誤差量平均數與標準差	80
表 17	非飛行員有輔助資訊單一作業戰況回憶誤差量平均數與標準差	81
表 18	非飛行員無輔助資訊單一作業戰況回憶誤差量平均數與標準差	82
表 19	單一作業戰況回憶誤差量之變異數分析表	83
表 20	單一作業飛機數 $\times$ 輔助資訊之戰況回憶誤差量平均數與標準差	85
表 21	單一作業飛機數 $\times$ 佈局之戰況回憶誤差量平均數與標準差	87

表 22 單一作業佈局x位置之戰況回憶誤差量平均數與標準差	88
表 23 多重作業戰況回憶誤差量之變異數分析表	90
表 24 多重作業佈局x組別之戰況回憶誤差量平均數與標準差	93
表 25 多重作業飛機數x佈局之戰況回憶誤差量平均數與標準差	94
表 26 多重作業佈局x位置之戰況回憶誤差量平均數與標準差	95



## 圖目錄

圖 1	飛彈射程概算示意圖	3
圖 2	典型制空任務場景想定	37
圖 3	實驗使用之簡化雷達畫面	38
圖 4	佈局範例	40
圖 5	空域區塊劃定示意圖	42
圖 6	實驗畫面-聚焦符號	46
圖 7	實驗畫面-目標顯示畫面	46
圖 8	實驗畫面-遮障畫面	47
圖 9	有輔助資訊多重作業目標顯示面	48
圖 10	無輔助資訊單一作業目標顯示畫面	49
圖 11	無輔助資訊多重作業目標顯示畫面	50
圖 12	全部實驗流程示意圖	51
圖 13	單一作業實驗流程示意圖	52
圖 14	多重作業實驗流程示意圖	53
圖 15	非飛行員組單一作業偵測反應時間之飛機數 $\times$ 位置交互作用	63
圖 16	飛行員組單一作業偵測反應時間之飛機數 $\times$ 位置交互作用	63
圖 17	單一作業偵測反應時間之位置 $\times$ 輔助資訊交互作用	65
圖 18	飛行員無輔助資訊單一作業之反應時間	67
圖 19	飛行員有輔助資訊單一作業之反應時間	67
圖 20	非飛行員無輔助資訊單一作業之反應時間	68
圖 21	非飛行員有輔助資訊單一作業之反應時間	68

圖 22 非飛行員組單一作業無輔助資訊反應時間之飛機數×佈局交互作用	71
圖 23 非飛行員組單一作業有輔助資訊反應時間之飛機數×佈局交互作用	71
圖 24 飛行員組單一作業無輔助資訊反應時間之飛機數×佈局交互作用	72
圖 25 飛行員組單一作業有輔助資訊反應時間之飛機數×佈局交互作用	72
圖 26 多重作業偵測反應時間之位置×組別交互作用	76
圖 27 多重作業偵測反應時間之輔助資訊×位置交互作用	77
圖 28 單一作業戰況回憶誤差量之飛機數×輔助資訊交互作用	86
圖 29 單一作業戰況回憶誤差量之飛機數×佈局交互作用	87
圖 30 單一作業戰況回憶誤差量之佈局×位置交互作用	89
圖 31 多重作業戰況回憶誤差量之佈局×組別交互作用	93
圖 32 多重作業戰況回憶誤差量之飛機數×佈局交互作用	94
圖 33 多重作業戰況回憶誤差量之佈局×位置交互作用	95



## 第一章 導論

### 研究背景與動機

決策的研究包括其思考程序、作業模式或因果循環等，其間所涉及的心理因素或判斷很多，如何才能將決策行為轉化成可量化的模型，或透過具體化、程序化的步驟，提高決策的正確性是重要的研究議題。飛行環境的決策研究，雖然已經有 Endsley(1996)，Bove、Andersen(2002)，Molesworth, Wiggins、O'Hare(2006)等作了些分析及探討，但他們的研究以一般民用航空器或商業客、貨機為資料基礎，對戰鬥機飛行領域的決策研究則相較之下相當不足。

戰鬥機飛行員執行戰鬥任務時，除了必須在極短的時間內對快速變化的環境作出正確反應外，更必須在轉瞬間決定是否對眼前快速迫近的目標作攻擊，其決策失敗的代價往往是付出寶貴的生命，不論是自己的或是其他無辜受害者的。從歷史著名的案例來看，1995年4月，美國2架F-15型戰機在伊拉克上空執行守護禁航區任務時，擊落2架聯合國黑鷹直昇機，此一誤擊事件造成機上26人全部喪生。美軍的軍力訓練精良、實戰經驗豐富，然而他們在各種戰爭中仍不時傳出空對空(air to air)或空對面(air to surface)的誤擊事件，顯示在飛行員的決策環境與決策歷程中，仍存有許多無法以程序、紀律或準則來加以規範的人因問題，使得飛行員在任務負荷與時間壓力中發生決策錯誤。

為了瞭解戰鬥飛行員注意力分佈的情況，Endsley and Smith(1996)採用 Chase and Simon(1973)及 de Groot(1965)對專業棋手的研究步驟，以10位男性前軍中飛行員作樣本，要求他們回憶戰術情況顯示器(TSD; Tactical Situation Display)上所呈現的敵機位置，並且依顯示內容作出戰術決定。結果發現：在目標距離近過40哩時，受試者較易高估距離，當目標距離高於40哩時，受試者較易低估距離；目標在 $\pm 45$ 度方位時，發生目標忽略之錯

誤急遽升高，成為飛行員注意力的盲點。在回憶時目標重現的順序方面，受試者回憶的敵機傾向於先近再遠、先左後右，且飛行員也會先標示已攻擊者，再標示未攻擊者。研究發現部分結論與戰鬥機飛行員實際操作的戰術理論基礎相符，例如：當目標集中在中距離時最不會被飛行員所忽略，因為不論攻擊或防禦，幾乎所有戰術動作的起動時機都在中距離。當目標集中在近距離時敵機的位置回憶較精確，因為幾乎所有的近距離目標都已接近相互攻擊的最後底限附近，致命的危機高，因此，近距離的目標勢必會優先吸引他們的注意力。

不過，在 Endsley and Smith 的研究中，仍有部分想法與真實飛行環境略有出入。

首先，戰鬥飛行員對敵機採戰術處置或反應之優先順序，並非僅參考敵機位置，而是與其位置、高度、航向及與我之關係方位等均有密切關聯，根據這些資訊來判斷其武器有效射程，然後依此評估其對我之威脅程度後，才據以訂定攻擊或防禦之戰術計畫。例如，在前方相同距離而航向不同的敵機，其機頭指向我者因相對速度快、武器涵蓋包線較遠，將較早到達武器射程範圍，而機頭航向偏離我者則因相對速度慢、武器涵蓋包線較近，將較晚到達武器射程範圍；雖然射程變化之相關因素極為複雜，但一般操作上有一拇指定律可循：在航向始終指向目標情況下，敵機位於前方時，發動攻擊之有效射程概為 3 倍長，於側方指向飛行時，其攻擊的有效射程約為 2 倍長，在後方指向飛行時，其射程約為 1 倍長。此種射程差異程度與飛機之高度、速度、偏角及相對接近率有關，因此，若將各個方位進襲的敵機武器射程均設為相等，則顯然與實際飛行員考量方式有所不同。

其次，依前述敵機對我威脅程度之考量可知，飛行員注意的除了敵機的數量及分佈方式外，敵機的相對航向亦為重要考量因素之一。在戰場上正常分佈的敵機，應能包含對向、側向或飛離等不同航向，而不是始終以收斂式航向對向目標機；Endsley and Smith 指出此為其後續研究的方向之一。



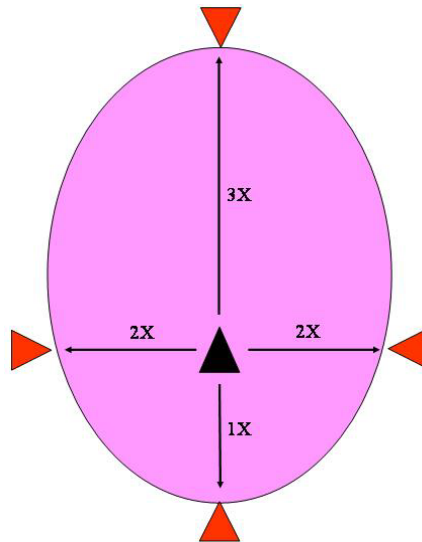


圖 1 飛彈射程概算示意圖

第三、研究中採用 3 至 12 架敵機之數量變化，藉以組合出  $7 \times 7$  的密度組合，若純就實驗設計之角度應屬周延，但在戰場上以單機對抗 12 架敵機之情況並不多見；且依 Miller (1956) 研究顯示，人的工作記憶在單位時間內可以處理 7 項資訊，超出太多的檢驗量，可能導致檢驗效果失真。

第四、Endsley 以決定採取行動的次數及攻擊的次數為飛行員的決策績效評估，但飛行員戰術決策的績效評估，不是決策次數而須以決策內容的正確性為準，例如：飛行員如與敵機距離 10 哩的互相指向(Head On)飛行時，若決定立即攻擊並同時採取反向脫離的防禦動作，則為合乎戰術原則的理想決策。但同樣情況而與敵機距離增加為 30 哩時，若實施同一動作，則屬不具戰術價值的盲目操作，因為此一距離敵我雙方均尚未到達武器的有效射程，各種攻擊或防禦的嘗試與企圖均不具意義與價值；又如：飛行員發現敵機在正前方距離 10 哩處作側向飛行(Beaming)時，若同樣採取立即攻擊並同時反向脫離的防禦動作，則亦充分顯示飛行員之戰術概念不足，因為此時敵機機頭指向側方，處於無法對我攻



擊之防禦態勢，應把握機會完成攻擊並持續壓縮敵機之後續操作空間，而不必作脫離戰場之防禦性操作。因此，有關戰術決策的討論，須於更周延的條件下研究，否則，僅以攻擊次數與決定脫離之次數來作為飛行員決策績效之評斷並進而推論飛行員之注意力分佈情況，可能導致結果之偏誤。

第五、在 Endsley 的研究中，他們係以戰術情況顯示器來呈現全平面之目標情況，但就現實情況而言，飛機主要偵知裝備為雷達，一般涵蓋範圍均為飛機左右各  $60^\circ$  或以下之方位範圍，飛機側方之戰場情況可藉飛行員有限距離之目視輔助，而後方除了雷達預警器 (RWR, Radar Warning Receiver) 提供敵機對我之鎖定或偵測狀態外，其餘幾乎全靠外來資訊提供(友機或地面管制官 GCI, Ground Control Intercept)。因此，戰鬥機通常都由利我或威脅程度較低的方位進入戰場，在正常情況下都預設後方為較安全或低威脅空域，對後方空域付出之注意力自然與其它空域不同，Endsley 等人的研究發現當目標集中在前方時，通常有較多的接戰行動，後方目標通常較不受關注，實為一合理且必然現象，但若欲探討飛行員在戰術任務過程中真正注意力分佈情況，則應以空用雷達涵蓋所及的前方  $\pm 60^\circ$  範圍為研究重點較為合宜。

最後一點，由於飛機本身配備的偵知裝備有限，無法同時涵蓋全部空域，且飛行員注意力資源亦難以掌握系統感測的全部資訊，在二者雙重作用下，使得其他輔助資訊成為飛行員於任務中建立情境察覺(Situational Awareness)的重要資訊來源，因此，在探討飛行員的注意力分佈時，必須同時考量輔助資訊之作用與影響，而輔助資訊提供的方式包括語音或短文式二種。

Endsley and Smith 的實驗顯示，處理呈現的資訊的注意力與飛行員決策有直接關係，因此，本研究主要目的在以戰鬥機飛行員的實際工作經驗與體認，分析飛行員在戰術任務中注意力分佈情況。

## 戰鬥機飛行員的操作與決策環境

許多對飛行環境或動態系統所作的研究(Endsley, 1995, 1996; Deery, 1999; Bove, Anderson, 2002)中，均認為飛行環境是充滿不確定性、時間壓力的動態決策環境。動態決策的特徵是決策者身處決策環境中，依所經驗的環境變化作出決策，而此一決策結果將會帶動環境的改變，決策者再依環境的改變修正下一次的決策，如此持續變動循環的過程，即是動態決策的特性，亦稱為「循環式因果律(circular causality)」，換言之，每一次的決策都不會是一個階段的結束，而是投入一個變數並等待環境變化後採取下一個決策的開始，整個決策績效必須藉由長期作業累積之結果來加以評估，決策失敗往往是疏忽了對環境變化的掌握，亦即忽略了回饋資訊的偵測與運用。所以，飛行員在這種環境中操作，必須能保持高度的情境察覺(Situation Awareness)才能對外界的變化作出適時與適切的反應與處置。所謂情境察覺在不同的研究中經常有不同的定義，大部分的定義都指向一個共同點，就是瞭解正在發生的事，Endsley 對情境察覺所作的定義為：情境察覺就是在特定時間與空間下，對環境週遭事物的觀察、理解以及其短時間內可能發展的趨勢掌握。情境察覺是決策的主要輸入因素，也可能影響決策過程；在偵知的過程中，問題呈現的方式將影響問題解決的方法以及情境察覺之建立與發展。依照 Endsley 的情境察覺理論，情境察覺可以區分成三個階段，分別是偵知現象、理解問題及規劃方案，例如：飛行員看到其他飛機(第一階段情境察覺，偵知現象)，立即與心中既有的資料作比對以掌握其機型與性能(第二階段情境察覺，理解問題)，然後依長期累積之經驗與概念，研判其後續行動及自身可採取之因應作為(第三階段情境察覺，規劃方案)。對戰鬥機飛行員而言，作業績效是情境察覺與決策的組合；所以，好的情境察覺可以看作是有可能提升績效的因素但卻不見得一定有必要關聯。

Endsley 在研究飛行員空戰中之決策與注意力分佈情況時，對於空中戰鬥之特性有明

確的敘述，戰鬥機飛行員的作業環境歸納分析如下：

一、戰鬥機飛行員的飛行決策作業環境，通常具有下列特徵：

(一)變化速度快：現代各型戰鬥機的飛行速度均可達到穿音速、超音速或數倍音速以上，

在此情況下接戰，彼此雙方的相對接近率極快，例如：若雙方均以 0.9 馬赫的速度接近，則其相對接近率達 1.8 馬赫，亦即每秒鐘接近 1800 呎，每分鐘接近 18 哩。以一般概訂的接戰距離為 60 至 80 哩，僅需約 4 至 5 分鐘即可由遠距的視距外作戰到達彼此目視的近距離纏鬥範圍。但真正造成問題的複雜性及不可預測的非確定性相對增高的原因在於現代戰機的速度變化太快，亦即，其加速率及減速率均極高；常常，飛行員發現一個高速接近的目標，依其速度及接近率研判所得的下一時點位置，與真實位置的差異性極大，因為它可以巧妙運用其瞬間減速及劇烈方向改變的機動性能，使得徑向速度與預估值完全不同。

(二)資訊掌握難：戰鬥機飛行員對空中戰場周邊的全般資訊來源，除了飛機配備的空用雷達、戰術情況顯示器或雷達預警器外，主要以地面雷達站的攔截管制官所報讀之資料為主。飛機裝備均有其特定的偵測涵蓋，無法持續提供全方位資訊。地面雷達站所提供之資訊內容品質，則與管制官之經驗、態度及本職學識等，有極為密切的關係。因此，飛行員欲獲得正確而完整的戰場資訊，實在是極為困難。更甚者，現在時間的正確資訊，很有可能在下一秒鐘或下一時點就已經是無法參考的訊息。

(三)環境更動大：由於速度快、高度高及機動性大，戰鬥機的操作環境動輒以數百、數千哩計，其間所涵蓋之環境可能包括高山、平地、海洋、白晝、夜間、目視氣象(VMC, Visual Meteorology Condition)或儀器氣象(IMC, Instrument Meteorology Condition)等，依所在環境之不同，決策模式無法一體適用，必須隨時加以調整應用。此外，即使在局部戰場中，戰鬥機為了保持不可預測性，也常常大量使用高度的立體變化來達到欺敵或隱

蔽之目的，因此，前一秒鐘可能還在 40000 呎高空，轉眼間已垂直下降至 5000 呎以下的高度。在不同的高度與空層，飛行員之操作考量與決策模式均有所不同。

(四)受敵牽制多：戰機接戰中，所有決策之焦點均以目前接戰之敵機為首要考量，同時必須兼顧新增威脅或其他須支援的友機狀況等。因此，飛行員對戰場資訊之掌握、戰術決策之擬訂及戰術計畫之執行等，均係以敵機為中心，必須以敵機之反應為決策考量之主要參數，據以擬訂後續因應行動與作為，因此，飛行員受敵機的誘導及牽引程度很高，很難在戰場中依自我主動意志主導資訊與決策。

(五)威脅程度高：現代空戰由於武器性能提升，各型飛彈之射程更遠、鎖定與追瞄更容易、命中率(Ph)與擊殺率(Pk)均相對提高，因此，接戰雙方互相威脅之程度亦隨之高漲，在此種條件下的決策，其壓力狀態與一般決策截然不同，決策失敗可能就是生命的損失、作戰的失利或國家的利益受損。此外，配合戰具性能發展，作戰型態已由傳統的近距離空戰發展為視距外作戰，影響所及係飛行員決策資訊更不完整或不精確，而面對的威脅程度更高，整體決策之困難度更大。

(六)決策時間短：在速度變化快且環境急遽改變的操作環境中，同時面對一個或數個不同身分的目標，依不同情況立即決定對目標攻擊或執行目視鑑別或予以放行通過...等，是一項時間壓力極大且心智負荷極高的戰術決策任務，因為決策錯誤可能造成誤擊事件(攻擊不該攻擊者)、錯失目標(未攻擊該攻擊者)或遭敵擊落等。由於同一時間多重工作的決策型態，飛行員必須依注意力分配及時間分配的方式來分別運作，故決策時間相對縮短。

(七)可預期性低：空中戰場狀況依自然環境、敵情威脅及我軍態勢...等因素而千變萬化，缺乏明確條理可作早期預測。即使已事先作好各種可能情況之規劃，但往往必須在空中依臨機狀況作立即性之決策與修正(Endsley)，因而戰術決策之好壞亦因缺乏共通標



準而難以評估。

## 二、戰鬥機飛行員的任務與戰術決策：

戰鬥機飛行員於執行任務時之一般流程概述如下：

### (一)任務區待命：飛行員典型的戰鬥任務可概分為攻擊性制空任務(OCA, Offensive Counter

Air)及防禦性制空任務(DCA, Defensive Counter Air)二種，攻擊性制空任務係由我軍主動發起對敵境內某特定目標實施攻擊之整體作戰行動，防禦性制空任務則是指在我領空保持待命、警戒以防敵人空中攻擊之各種任務，二者在意義與執行概念上略有不同，但均有其指定之攻擊目標區或待命區域，戰鬥機在到達此一區域且尚未開始接戰行動前，飛行員處於警戒狀態，他必須妥善運用飛機裝備、目視搜索及地面管制官或友機所提供之輔助資訊對周遭環境作全面性搜索與偵測，並依可能遭遇之敵情威脅，在心中複習各種可能發生之狀況並預擬行動方案，例如，假設敵機由北面空域以橫間隔約 10 哩的水平分裂方式進入空域，我機應以何種隊形接戰；假設僚機在此時發生飛機重大故障，鄰近可選用之緊急備降場為何…。

### (二)偵獲目標：飛行員使用飛機雷達或雷達預警器，早期偵知空中目標或掌握敵對我鎖定

狀態；同時，亦可配合地面雷達站的攔管官所提供之空情資料(Air Picture)，建立飛行員對戰場之情境察覺。

### (三)進行攔截：當飛行員偵獲目標時，均先將其定位為不明機，依任務性質決定接戰時機，

在避免誤擊且須防敵攻擊之情況下，一般為先對其採取攔截行動，其後再依目標機之反應動作或識別結果，決定後續攻擊行動。此一階段係飛行員心理上之等待期，其攔截行動目標有二，一為必須能預留後續攻擊之機會，二為同時保有對不明機執行目識辨證之可能，而對敵機攻擊及對不明機執行目識辨證之飛行路徑迥然不同，若能愈早確證須採取之行動為何，則愈有利於飛行路徑之調整。一旦目標身分確定後，飛行員

即可儘速修正至最佳戰術行動軌跡，在此之前，飛行員係於心中備妥不同因應對策，俾能依識別結果作出最接近立即之反應(Amalberti and Deblon, 1992)。

(四)敵友識別：敵友識別為空軍接戰行動中極為重要的一環。由於誤擊事件對個人及團體均可能造成信心與戰力的極大傷害與影響(US.OTA, 1993)，故飛行員所有接戰行動都必須以敵友識別為第一行動要項。敵友識別可藉由地面攔管官之輔助資訊予以確認，或使用飛機空用敵友識別詢答器來加以互證。然而，各種手段均有其限制因素，地面資訊可能不完整或無法提供支援，空用裝備有其必要之時間延遲或系統作用失效等，各種因素所造成之電子識別失效均將迫使飛行員採取目識辨證作法，此一方式由於須抑制自身視距外武器之性能優勢並長時間暴露於可能遭敵偽冒攻擊之危險中，故屬於風險極高且心理壓力極大之任務型態，相對亦易因飛行員心理取向偏差而造成誤判與誤擊事件，例如，飛行員於偵獲目標初期即因過度壓力而認定此目標為敵機，則後續行動在缺乏具體、明確徵候足以證明此一目標為友機時，通常飛行員會優先將其歸類為敵機，1995 年的聯合國直昇機誤擊事件即是實例。

(五)攻擊或掩護：在目標機敵友身份確證後，立即據以執行最佳攻擊或掩護行動。此時，飛行員之注意力將局部轉移至以所攻擊或掩護之目標為中心，以其為現階段決策之重要參據；由於同時監控多種資訊的多重任務將大量耗費注意力資源(Tsang, Wickens, 1988)，而且，當遭遇危險情況時，人們對其他周邊資訊的注意力將會相對降低(Bacon, 1974; Weltman, Smith and Egstrom, 1971; Fracker, 1989)，因此，飛行員在此一階段的接戰時間愈長，則整體情境察覺將相對下降，而後續決策錯誤之機會亦將相對提高。

### 三、戰鬥機飛行員的輔助資訊建立模式

飛行員執行空中的戰鬥任務，一方面要操控一部高度複雜的飛行器，另一方面也要對

敵我狀態保持高度警覺，並隨時做出快速回應，這些任務的完成，除了平日的訓練外，更需要依賴各種地對空或空對空的資訊輔助系統，以隨時提供最近的地理、氣候、敵機等資訊，以協助飛行員順利完成任務。每一飛行任務的資訊輔助系統包括下列各項：

(一)飛行前任務提示：所有戰鬥機飛行員的每次作戰任務，均以長時間的任務準備與詳盡的任務提示為開端。任務提示的內容主要是由任務領隊說明本次任務的流程、目的、預期威脅、將採取的戰術作為以及各種突發狀況之應變作法等。此種作法屬於輔助資訊的前饋(Pre-feed)，係於任務前就先將所有可能發生的事件預作提示與模擬，俾供全體組員建立適當的心智模型，有利空中各種狀況之處置與因應；研究(Dreyfus, 1981; Endsley, 1995; Klein, Calderwood, and Clinton-Cirocco, 1986)顯示，人們在現實生活中，經常使用記憶內對情境之覺知及模式比對方式，對各種事物作出快速決策，飛行前之任務提示亦屬相同著眼與考量，Endsley(1995)認為飛行環境特別需要注重事前提示，對飛行中可能遭遇的情況預作準備；當遭遇情況與預期相符時，處理的速度會相對較快(Jones, 1977)。

(二)地面攔管官(GCI, Ground Control Intercept)報讀資料：飛行中除參考飛機本身所裝配之各項裝備以偵知外界動態外，地面輔助資訊係飛行員建立情境察覺的重要資訊來源，各種相關資料均將進入工作記憶，以便與後續狀況作比對分析並產生決策。Amalberti and Deblon(1992)觀察發現，飛行中決策的大部分過程，都是在蒐集足夠的資訊以便讓飛行員確證自己的判斷是正確的；因此，飛行員對地面輔助資訊的需求程度，與戰場威脅及壓力的強度有關(Broadbent, 1971)，在與敵機接戰過程中，距離迫近至隨時可能遭敵攻擊時，戰場威脅與任務壓力瞬時升高，此時飛機自身的偵測裝備往往無法適時提供足夠的資訊以掌握全般戰場情況，因此對地面攔管官所提供的輔助資訊之需求便相對增加。攔管官報讀資料內容的正確性及時機的適切性，直接影響飛行員藉以驗證

自身情境察覺的程度，並進而影響決策的品質。

(三)飛行後任務檢討：戰鬥機飛行任務是內容多樣且多變的活動，其技巧訓練、知識增長與經驗累積等，多半發生於飛行後之仔細分析與反覆檢討。藉由逐次檢驗、討論之方式，飛行員將學習心得置入長期記憶中，此種進入長期記憶之資訊與經驗，對於後續空中決策之情境比對有極為重要之影響。例如，在每次的戰術訓練或作戰任務後，任務歸詢均一再反覆檢討並強調有關敵機在各種不同條件下之有效射程以及我機應採取防禦措施之動作距離，此一距離雖依實際空中態勢而有變化，但概略均在 30 至 50 哩之中等距離附近，久而久之便自然形成飛行員對此一距離之威脅感受，任何時候接戰行動進展至此一距離附近時，便會警覺的加強搜尋威脅並採取必要措施。

### 影響戰鬥機飛行員戰術決策之因素

Endsley 認為對戰鬥機飛行員而言，作業績效是情境察覺(情境察覺, Situation Awareness)與決策之總合。所以，良好的情境察覺可以看作是提升績效的重要因素。在一項針對軍事飛行失事紀錄所作的檢討中，因情境察覺而衍生的問題，已經被確認為失事的主要肇因(Hartel, Smith and Prince, 1991)。Endsley 針對民航機部分重大失事案件所作的研究顯示，在所有因人為疏失而造成的飛安事件中，有 88% 係源自情境察覺，而不是一般所認定的決策錯誤或飛行技術不良所致。許多學者(Jones and Endsley, 1996; Gibson, Orasanu, Villeda, Nygren, 1997)曾針對美國航空太空總署的飛安報告系統資料作分析，發現有 61% 的危險事件均與工作負荷或注意力有關，顯然喪失情境察覺應該是飛行領域中造成人因錯誤(Human factor error)的重要因素。

建立良好的情境察覺因此是影響飛行員戰術決策的重要作業之一。依戰鬥機飛行員之作業環境特徵及決策情境來看，良好情境察覺之建立，包括敵機數量及敵機位置(其分佈方式、群組位置關係及與我之相對位置關係等)(Endsley，而建立良好情境察覺之根本在於周



邊資訊之完整取得，其取得方法除飛行員自身掌握之飛機裝備外，地面輔助資訊之獲得對於戰術決策亦佔有不容忽視之地位。

## 研究問題

本研究主要目的在以戰鬥機飛行員的實際工作經驗與體認，分析飛行員在戰術任務中注意力分佈情況，藉以瞭解戰術訓練是否有助於其注意力資源分配與運用。飛行員在緊迫的時間壓力下須面對廣大的責任空域，由於注意力資源有限，若未能策略性地將空域區分不同優先等級，可能難以運用有限資源應付突發狀況。因此，本研究提出問題如下：

問題一：在戰術環境中，飛行員的注意力資源之分配是否有一優勢策略？

在典型的戰術任務中，不論任務內容係單一任務或多重任務共同執行的型態，飛行員都必須在座艙內、外的各種資訊間作複雜的多重操作，亦即須在同一時間內兼顧飛機操作、武器系統運用及防禦求生...等；當任務簡單、威脅性不高且時間壓力不緊迫時，這些操作都不致造成負荷問題；然於狀況發生變化而必須採取及時的應變行動時，飛行員就必須在有限的注意力資源中作出時間分配或資源轉移的因應。處置不當的代價往往是全般情境察覺的遞減，並進而造成決策作業績效的降低。因此，我們提出問題如下：

問題二：飛行員所接受之戰術訓練，是否有助於雙重任務中對注意力資源之分配，因而降低作業績效受影響程度？

由於空用裝備不足及飛行員注意力資源之限制，輔助資訊在飛行員情境察覺建立與掌握方面扮演極為重要的角色，而且，在許多空戰戰場(例如：因任務需求而無法開啟雷達，如採奇襲行動而抑制雷達發射時，或無法將機頭指向敵機，如我機保持定向航行操作而敵超出有效偵測範圍時)中，地面管制官依雷達偵測情況所提供的輔助資訊係飛行員可參考的唯一資料來源，若此輔助資訊能精確地提供正確的敵情資料，且飛行員能接收並理解資訊

內容，則可有效縮減飛行員尋獲敵機並建立情境察覺的時間，直接影響飛行員之決策作業。但在複雜的飛行及戰鬥操作環境中，若飛行員忙於應付多重任務而無暇顧及其他資訊之接收與掌握，則輔助資訊不僅無法形成有利因素，反而可能成為影響操作的干擾因素。飛行員長期接收的條理化訓練，應有助於此種戰術情況之分析與運用，因此，我們提出下列的問題與假設：

問題三：地面輔助資訊是否可幫助飛行員減輕注意力及認知資源之分配，因而得以提升作業績效？



## 第二章 文獻探討

戰術任務中，戰鬥機飛行員一方面掌握友機位置、一方面分析敵機動態，在此同時，他置身於狹小而佈滿各種顯示或控制儀表的座艙環境中，雙手控制數十項不同系統的操作電門，雙眼須在座艙內的各顯示器、各儀表及座艙外之所有景物間作時間分配與來回交互檢查，雙耳須在數個不同發話源中監聽並與幾個不同發話人對談但又必須同時監控系統各種不同警告音響，在這種手腦四肢與五官並用，視覺、聽覺與感覺並行，現在與未來、觀察與想像、敵機與友機、攻擊或掩護...等不同面向之感測、判斷與戰術均同時進行並急遽變化的情況下，如何將萬端訊息條理化並建立對全般狀況之掌握，是飛行員後續整體戰術決策的發源點，亦是其整體作業績效的關鍵。飛行員所處的是一個複雜而多變的動態環境，單位時間所獲得的資訊量極為龐大，他須自行判斷並篩選有用資訊成為輸入大腦的決策因子，這些輸入因子不僅成為標註戰場狀況的屬性資料，亦成為左右戰況發展的關鍵訊息。飛行員對各種現象的觀察角度與思考方向，將直接影響其對全般狀況之判斷，此一判斷將左右其戰術決策，而戰術決策的內容與品質不僅決定當時之戰況發展趨勢，亦同時決定整體任務成果(作業績效)。

### 戰鬥機飛行員之任務與動態決策之關係

飛行決策往往是依外界因素的改變而隨之因應。在一般儀器飛行(Instrument Flight)中，飛行員控制飛行操縱面及發動機轉速以建立飛機預期之姿態，並將其妥為調整至穩定狀態，然後觀察此一操控結果是否與需求之姿態相符，若然則予保持，若否則須施予適度修正，修正後再依前述循環再度檢查。此一操作與檢查的循環，自飛機開始起飛動作至落地完成關車止，均持續進行不已。即使飛行員已操作飛機至一穩定狀態，外來的擾動因素(例如順、逆風)仍將影響原有之平衡關係(例如速度變化、垂直速率改變...等)，使得飛行員必須依飛行儀表指示之改變情況再施予操作輸入。這種飛行操作檢查程序的要領與口訣是

ETCA (E-Establish 建立狀態，T-trim 精調狀態，C-Crosscheck 交互檢查各項儀表指示，A-Adjust 視需要調整修正)。由此等操作檢查的要領，可充分感受飛行員本身與操作系統以及所處環境之間互相關聯與交互影響的連動作用。而由於飛行員本身也完全處於操作輸入與操作結果的循環中，所以，本次操作輸入的依據是前次操作輸入的結果，而本次輸入操作的結果亦將成為下次操作輸入的依據。這種現象即屬於動態決策的特徵。

動態決策是一種與決策環境有密切關係且受其嚴格限制的即時決策(Edward, 1962)。在現實生活中，人們所須面對的決策問題，很少有能夠一次定案、徹底解決的，常常是在資訊不足情況下，依局部條件作出決策，然後觀察決策結果所造成的環境因素改變，得到回饋資訊，然後再依據此一回饋資訊修正行動方案、作出下一次的決策。這種前後決策間交互影響的循環作用，即是動態決策。所以稱為動態決策，主要在於事件的前因後果，往往無法作出明確的分割與定義。

有關動態決策之研究，最早係由 Edward (1962) 與 Toda (1962) 所提出，其後更由 Rapoport (1966a;1966b; 1967) 與 Elbert (1972) 進行實驗研究。不過由於當時缺乏符合動態研究所需之案例設計工具(Brehmer, 1990)，使得當時的研究成果相當有限。

Edward(1962)在提出動態決策的定義與內涵時，列出了動態決策的三大特徵：

- 一、決策者必須要依環境因素作出一連串的決策，以便能在持續變動的環境中，隨時對不同環境作出最佳回應。
- 二、決策者的每一個決策都會造成系統狀態之改變，此一狀態改變會成為直接影響下一次決策的新參數，此種循環式的因果關係，稱為循環式因果律(Circular causality)。
- 三、動態系統是一種開放的、自變的系統，它不僅依決策者的決策而改變，隨時間變化的各項外部因素或環境亦同時對系統產生循環作用。

在變化不定的環境中，決策的品質有賴決策者對動態環境的整體掌握，此決策環境的認識與了解稱為情境察覺(Situation Awareness)。

Gonzalez(2005)以 Pittsburgh 附近大學的 51 位學生(31 位女性、20 位男性)為受測樣本，分配至慢速、快速及雙重負荷組等三種組別，於練習階段開始前，所有人員均完成 Raven 標準量度測試以決定其智力等級，然後實施連續三天的練習與實驗；實驗的內容係以淨水廠任務為基礎(Gonzalez, Lerch, and Lebiere,2003)，模擬由一連串水管連接水箱構成的淨水設施；最多可同時啟動 5 個水箱，受試者須選擇開啟或關閉那一個幫浦，以便能在時限內將 1080 加侖水泵入一系列的水箱內。績效評估方式係以實驗終了在系統中所剩餘之水量為依據，最佳情況為 0，在未採取任何行動下的最差情況為 1080 加侖水。剩餘水量再經轉換為總水量的百分比以便建立由 0%到 100%的評分範圍。雙重負荷組除上述工作外，尚須執行二項額外工作：系統監控及通信。此二種工作是美國航空暨太空總署(NASA)的 Comstock 及 Arnegard(1992)所發展的 Multi-Attribute Task Battery：受試者的作業是監控 2 個警告燈及 4 個垂直分布的儀表，收聽無線電通信並須對自己的呼號作出正確回應；績效評量的標準是正確回應率及回應時間。實驗結果顯示任務內容及智力測驗成績均分別對績效呈現顯著之效益。雖然 Gonzalez(2005)認為本實驗僅使用一項智力評量及一種動態決策作業任務，對其實驗結果可能有某種限制，但我們仍可據此推論，心智能力或起始的情境察覺狀態，應可對動態決策之作業績效造成影響。

Douglas A.Wiegmann and Juliana Goh(2002)以動態模擬方式讓飛行員在保持目視飛航的長途飛行中，依不同時間遭遇儀器天氣情況，觀察飛行員之反應與處置、記錄其進入儀器天氣至下達改變航行計畫決心之飛行時間與距離，並藉由任務後問卷方式，分析其對天氣評估之準確度，最後將所有數據綜合分析以取得狀況評估及飛行經驗對於飛行員決心轉降外場的決策過程之影響情況；他們以 Illinois 州不同資格經驗的私人飛行員 36 人(男性



35 員、女性 1 員)為樣本，區分為短時組和長時組，每組均為 18 人，使用 Frasca 飛行模擬器，仿真 cessna172 系統實施長途飛行；任務前，所有受試者均受到完整任務提示及有效期為 24 小時之天氣預報資料，任務中均攜帶完整的飛行資料，並瞭解周邊備降場位置。在每人實施二次的任務中，第一次為訓練任務，藉以熟悉模擬機操作，第二次為真實任務，途中實施遭遇天氣惡化時之處置與觀察；短時組在起飛後約 30 哩遭遇天氣惡化(降至 2 哩 / 1500 呎)，長時組在距離目的地前 30 哩遭遇天氣惡化(降至 2 哩 / 1500 呎)。實驗結果顯示，飛行經驗愈少，下達變更計畫時機愈晚，飛入儀器氣象狀況(IMC, Instrument Meteorology Condition)之時間愈長且距離愈遠。Douglas A.Wiegmann and Juliana Goh 的資料顯示，錯誤的狀況評估及飛行經驗，才是由目視飛行規則(VFR, Visual Flight Rule)進入儀器氣象狀況(IMC, Instrument Meteorology Condition)飛行的主要成因，改進飛行員的天氣狀況評估能力將有助於飛行中對天氣突變情況之處置決心下達。

我們由此可知，在動態決策情境中，決策者的心智能力及其對情境察覺的掌握程度與狀態評估，對全般決策績效亦具有舉足輕重之影響。

### 影響情境察覺(Situation Awareness)理論的相關因素

所謂情境察覺的意義，除了要能夠知道許多片段的資訊，更要能夠進一步掌握全般情況及瞭解未來趨勢(Endsley, 1995)。所以，良好的情境察覺係指不僅要知道表象，更要瞭解其背後所隱涵的真正意義；研究發現，決策專家會先將狀況加以分類、深入瞭解，然後立即選擇行動方案(Klein,1989b; Klein, Calderwood, and Clinton-Cirocco,1986; Lipshitz, 1987; Noble, Boehm-Davis, and Grosz, 1987; Sweller,1988)。Endsley(1995)則進一步假設，對戰鬥機飛行員而言，作業績效乃是情境察覺與決策的組合，好的情境察覺可以看作是有可能提升績效的因素，但不見得一定有必要關聯；她所提出的情境察覺理論(Situation Awareness)，將情境察覺區分為三個層級，分別是偵知現象、理解問題及規劃方案。飛行

員的注意力及工作記憶被認為是限制操作者辨識及解讀外來資訊以建立情境察覺的主要關鍵因素；而飛行員記憶中所擁有的心智模型及目的導向的行為，則被視為是可用以克服這些限制的重要機制。

人們必須妥善分配有限的注意力與工作記憶等資源(Tsang and Wickens, 1988)，方能滿足情境察覺的三個階段心智活動所需。每個人建立情境察覺的能力是他資訊處理能力的函數，與個人能力、經驗以及訓練有關。但情境察覺並不包含個人的全部知識，而是指與動態環境有關的那一部分而已，完整的準則、規定、程序、檢查卡...等類似的事物，雖然也都與決策過程有關，但都只能算是靜態知識來源而不在情境察覺的定義範圍內。即使是受過最嚴格訓練的決策者，在情境察覺資訊不正確或不完整情況下，仍然可能作出錯誤的決策，反之，具有完美情境察覺的人，也可能作出錯誤的決策(由於缺乏正確程序的訓練或戰術錯誤等)或表現出不佳的績效(因為能力無法執行必要的行動)。1988年7月3日，美國巡洋艦 Vincennes 號，因為對於接近飛機的資訊不全(誤判敵友識別器信號及欠缺高度改變的直接資訊等)及多重任務壓力(當時該艦正忙於處置伊朗砲艇騷擾事件)導致錯誤判斷，將阿巴斯港機場起飛往阿拉伯聯合大公國的伊朗 655 次班機擊落，造成嚴重誤擊事件並導致全機 290 人全部喪生。調查資料(Llein, 1989a)顯示，此一事件的肇因在於決策者所建立的情境察覺不正確(將來機誤認為敵機)，而不是所作的決策錯誤；所以，我們由此一事件可以理解，情境察覺可以直接影響決策作業的結果。

Endsley(1987b, 1987)所提出的情境察覺理論(Situation Awareness)，將情境察覺定義為：在特定時間與空間下，對環境周遭事物的觀察、理解以及其短時間內可能發展的趨勢掌握；其中包含三個層級：

-第一層(Level 1)：係指對周遭環境的觀察

-第二層(Level 2)：係指對目前情況的瞭解

-第三層(Level 3)：係指對未來發展的預測

以戰鬥機飛行員而言，這三層級情境察覺構成要素，分別為：

-第一層(Level 1)：本機及其他飛機的位置、高度、航向，接戰的目標，偵測目標，系統狀態，地面威脅之位置及其他障礙等。

-第二層(Level 2)：任務時間及狀態，系統功能降級之影響，剩餘油量之可飛距離與時間，威脅源(敵機)之戰術情況(攻勢/守勢/等勢)等。

-第三層(Level 3)：預判的飛機戰術與動作，射擊位置及預計時間等。

**注意力分配。** 很多飛行員報告指出，在近戰階段，他們只關切敵機在那裏，但常發生的錯誤是，雖然他們能夠成功地避開敵人的飛彈，卻不幸操作飛機撞地而喪生(Kuipers, Kappers, Van Holten, Van Bergen, and Oosterveld,1989; Mc Carthy,1988)。顯然，飛行員除了要注意敵機以外，至少還必須知道他們仍維持在一定的安全高度以上，換言之，飛行員在執行戰鬥任務的任一時刻都必須花費一部分的注意力在周遭相關事物上，以儘可能保持情境察覺的完整與正確。

研究發現(Bettman and Kakkar, 1977; Herstein,1981; Sundstrom, 1987; Tversky and Kahneman, 1981)情境中的線索會誘導心智模型的建立，並且產生對解決問題策略的選擇。因此，問題呈現的方式不同，問題被解決的方式即可能不同(Bettman and Kakkar,1977; Herstein,1981; Sundstrom,1987; Tversky and Kahneman,1981)。對此現象的解釋之一為當眾人對問題的不同取樣角度，會引發不同的資訊整合(狀況理解)，並進而建構出不同的解決問題的心智模型。所以，決策策略的選擇，不僅受到資訊細節的影響(第一階段情境察覺)，而且受到各種資訊組合方式的左右。

**短期及長期記憶。** Endsley 認為人的認知系統中的短期感測記憶、感觀、工作記憶及長



期記憶是建構情境察覺基礎的要件。同時觀察多項元件的能力，則是情境察覺建立時的最主要限制。從觀察與覺知的作用原理來看，決定將何者納為其第一層級的情境察覺時，人們是採取主動的參與者，可依長期及工作記憶來作出注意力轉移與分配。由於注意力總量有限，所以若對某些因素的注意力付出較多，就表示對其他部分的情境察覺會在到達限制時迅速滑落，而這一現象在複雜系統中發生的速度將會是超乎想像的快。Fracker(1989)研究飛行員的情境察覺，發現飛行員執行任務時，僅有少部分的注意力用在對環境因素的監控。

**戰鬥機飛行員的決策環境。** 依作業特性來看，快速、多變及難以預期是戰鬥機面臨戰術任務時的共通特性。當飛行員處於這種須同時兼顧多項戰術情況(敵機與我之相關位置、地面防空砲火涵蓋範圍、各種無線電通信、座艙內各種偵測與警告、飛機操作、武器發射、搜索新增敵機.....)又必須保持生存的戰場環境時，常見的策略就是將注意力集中於與地面管制官或友機合作，依敵機進襲方向及對我產生之威脅等級，建立不同危險程度之警戒區域，使任務空域後方成為友軍部署的利我空域(Green Sector)，藉此保持空域前緣為敵機所在之單一威脅源，然後依可能出現的敵機之武器性能，規劃必須開始反應或立即防禦的距離，並且在心中預先複習到達各個距離點時之動作要領，以便能在發現敵蹤時，第一時間便作出正確而適當之處置。

Kuipers et al.(1989)研究飛機在操控下撞地失事的事件原因時，發現有 56%是由於忽略儀表檢查，有 28%是因為過度專注於敵機。所以，飛行員將注意力專注於少部分的事物，常常導致情境察覺喪失及致命的後果。這種後果不僅僅是個人生命瀕危，有時甚至危及隊友或其他盟友的安全，例如發生於 1994 年的黑鷹直昇機誤擊事件就是極為明顯的案例，當時二架美國空軍的 F-15 奉命在伊拉克北方之禁航區實施空中戰鬥巡邏(CAP, Combat Air Patrol)，二架美國陸軍黑鷹直昇機搭載聯合國代表團由該空域通過，由於通報作業不週全，

使得戰鬥機飛行員於初始狀態即已認定其為入侵的敵機，此一情境察覺狀態一旦形成後，飛行員大部分的注意力多集中在尋求關鍵訊息用以複證心中認定之情境，其後所有通聯、辨證或目視查證動作等，都變成是驗證情境察覺的動作，與此無關的訊息極為容易受到排擠而不納入工作記憶中，後果是雖然在許多事證都足以說明此二架直昇機的情況下，F-15機飛行員仍然相信他們有足夠的理由確證它們是敵機而予以擊落。

**訓練及先備知識。** Damos and Wickens(1980)發現，人對注意力的分配是可以訓練的。如果對於某些資訊的特性、形式及位置具有深入了解，將可以加速人對該資訊的察覺(Barber and Folkard,1972; Biederman, Mezzanotte, Rabinowitz, Francolin, and Plude,1981; Davis, Kramer, and Graham,1983; Humphreys,1981; Palmer,1975; Posner, Nissen, and Ogden,1978)，也就是說，一個人對特定資訊的事前概念或期待，會影響他對該資訊感知的速度及精確度，因此，重複發生的事件，容易使人們產生預期心理。有時在同樣的事件才剛出現早期徵兆時，人們即已完成對應的處置。此種現象的優點是凡事有準備並能加快反應速度，而其缺點則在於若事件發生時，其初期徵兆與預期情況相符而後續發展卻與原想法大異其趣時，則可能已經發起的反應動作不僅完全無法解決問題，甚而可能造成負面效益。飛行任務一般均著重事前提示，對飛行中所有可能遭遇的情況預作準備，當情況與預期相符時，處理的速度因此會較快 (Jones,1977)。且若提示中所研討的預期場景愈多，則空中愈不容易發生突發狀況。

在將資料分類為預知情況或依察覺程序作接近立即反應之心智活動時，長期記憶的內容扮演了極為重要的角色(Hinsley et al.,1977)。已知的資訊會形成第一層級的情境察覺，並且提供基礎藉以發展更高階的情境察覺。Wickens 指出，預測未來狀況對人的工作記憶造成重大負荷，因為對現況之覺知、預測未來發展並且找出過去的適用法則及可用於未來的行動方案都需耗費短期工作記憶的資源。所以，工作記憶是情境察覺發展的主要瓶頸

(Fracker)。對照戰鬥機飛行員的決策環境可以發現，飛行提示中的各種預想場景與對敵反應的各種戰術原則，其實都是對該次任務中的各種可能狀況作出預測與推估，並且將長期記憶中的適應原則提早複習備用。飛行領隊在任務提示中，除了會說明戰場環境、可能遭遇之敵機及戰術運用之原則外，同時亦將依預期遭遇之敵機型別、性能與武器掛載能力，提示重要的防禦動作參考距離，例如：「敵機可能攜掛主動導引型視距外飛彈，於距離近過 40 哩時開始準備實施遠射程防禦動作，到達 20 哩時須暫時脫離(Pump)，到達 15 哩時須立即脫離(Abort)，以免受敵攻擊。」此類提示在每次戰術任務中耳提面命，形成基本習慣，使得飛行員在戰術任務中，這些知識經常會自動的出現在他的意識中，當發現情況符合這些條件時，即可在最短時間內引發記憶中對應的反應作出正確處置以完成對敵之防禦。

**壓力。** 研究指出，人們在遭受壓力時，傾向於縮小注意力範圍，將注意力集中在某些特定方位(Bacon,1974; Baddeley,1972; Bartlett,1943;Callaway and Dembo,1958; Davis,1948; Eysenck, 1982; Hockey,1970)。研究發現(Bacon,1974; Weltman, Smith, and Egstrom,1971)，在遭遇到危險情況時，人們分配給周邊資訊的注意力會降低，例如，Broadbent(1971)發現，在受壓力情況下，人對可能的資訊來源之需求量有明顯增加的趨勢，投注在這方面的注意力因此大幅上升，Sheridan(1981)把這種現象稱為覺知上的孔狀視野(Cognitive Tunnel Vision)。因此，在壓力的情況下，人極可能未檢驗所有可行方案便過早作出決定(Janis,1982; Keinan, 1987; Keinan and Friedland,1987)，這其中包括了考量的資訊較少(Janis,1982; Wright, 1974)以及較注重負面訊息(Wright,1974)；具有多重資訊輸入來源特性的複雜任務，在面對壓力時所受的負面影響將特別明顯(Broadbent,1954; Jerison,1957,1959)。為了避免戰場壓力對戰場的情境察覺產生影響，飛行員適切地分配注意力與工作記憶的資源，將空中任務的執行方式與內容均予排定優先順序等級，可使得任務執行較為順暢並不致因情境察覺紊亂

而衍生不當決策之後果。

在飛行任務中，由於飛機本身之偵測裝備能力與涵蓋範圍均有限，飛行員常常須藉由地面管制官(GCI, Ground Control Intercept)所提供之輔助資訊來建立情境察覺，在戰鬥任務中，除了對現場環境的偵測與因應外，還需不斷注意來自地面的輔助資訊，對飛行員而言，形成多重作業的要求，地面輔助資訊的成本與效益因此需加以評估。Starter and Schroeder (2001) 在 Illinois 州大學航空學院徵求具有 FAA 認證的商業飛行員 27 人(其中男性 19 人、女性 8 人)，藉由飛行中遭遇結冰的危險情況來檢驗決策支援系統(DSS, Decision Support System)之輔助程度，結果發現，當輔助資訊內容正確時，飛機發生失速之比例為 18.08%，當資訊內容不正確時則飛機發生失速之比例增加為 88.89%。由此可知，當決策支援系統提供正確資訊時，確有助於飛行員早期發現錯誤並予改正，但若系統提供的訊息不正確，則其相對造成的負面誤導則更形嚴重。

### 戰鬥機飛行員的多重作業環境與注意力分配的關係

許多認知的理論均指向同一項假設，那就是人處理問題的認知資源總量是有限的。在面對雙重任務甚或多重任務時，時間分享或注意力資源的分配就顯得非常重要，如果資源分配不當或需求的資源總量超出認知負荷量時，作業績效就會明顯降低。依前面探討所提及的戰鬥機飛行員的決策作業環境，其所面臨的問題與任務通常都是多重的，天氣、地形、儀表、姿態、通話、雷達、預警系統、友機、敵機、地面威脅……，任務飽和與時間壓力雙重作用下，各種任務的優先順序與等級均持續變化，如何能妥善分配注意力資源以確保決策作業績效，便成為飛行員必須思考的重要課題。

早期的結構理論認為人的時間分配的限制，來自人類認知系統的瓶頸(Broadbent, 1958; Deutsch and Deutsch, 1963)，後來有關認知容量的理論將認知限制歸因於可用以滿足任務的一般注意力資源之可用度不足(Kahneman, 1973; Moray, 1967)，多重認知資源理論則主張，



針對不同型態的任務人將會使用不同類型的特定資源(Friedman and Polson, 1981; Kinsbourne and Hicks, 1998; Navon and Gopher, 1979; Sanders,1979; Wickens,1979,1980)。例如：飛行員在收聽地面管制官以無線電傳送輔助資訊時操作發射飛彈，係使用二種不同的資源，其相互干擾因素極低，但若他必須在收聽無線電的輔助資訊同時收聽僚機以無線電所作的接戰情況回報，則二者將在使用相同資源情況下發生干擾而使得效益降低，亦即，未能接收輔助資訊，或者，僚機的接戰報告遭到忽略。

探討人的資源有限性的方法，主要是以雙重作業或多重作業的方式，與在同時面對兩種以上的任務要求時，人的表現是否會因此受干擾，亦即，人是否能在雙重或多重作業中有效的進行時間分享(Time-sharing)。時間分享的作業績效有二種不同方式，一為時間分享效率，另一為資源分配的最適性。時間分享效率是指同時進行雙重任務的干擾程度大小，資源分配則是指在同一時間中，依任務需求衝突而折衷改變自己對任務績效的要求。在雙重任務架構中(Ogden, Levine and Eisner,1979; Rolfe,1971)，資源分配的最適性是指主任務績效在次級任務出現時，所展現出來的穩定度(Kahneman,1973)，然由於主任務消耗了大多數的認知資源，新增的次級任務可用的資源可能不足，因而造成次級任務績效之降低(Wickens, Tsang and Pirece,1985)。這種主任務與次級任務間的資源分配此消彼長的限制，是建立在二者共享同一資源且資源有限的前提下，多重資源理論則假設並非所有的資源都可互相交換；在此情況下，雙重作業中主任務績效受次任務干擾的原因，可能在於資源分配未達最適化或資源無法分享，前者屬於人的策略技巧性的問題，而後者則屬於認知或任務結構限制的問題。Tsang 及 Wickens 的研究即藉由操弄時間分享任務的結構本質，用以檢驗任務之結構限制對時間分配之影響。

Tsang and Wickens 將 20 位慣用右手的男性大學生，分為有策略指導及無策略指導二組；實驗中使用了雙重任務的技巧，將困難度隨著時間而變化的監控任務追蹤作業作為主

任務，主要或次要任務的內容為追蹤作業或短期記憶作業，任務結構分析是依照 Wickens 的結構式資源模型為基礎，在此一模型中，資源係以三種向度來加以定義：

- 處理階段(知覺的/中央的 vs 回應式處理程序)：係指對外來刺激的處理模式之不同，前者須經大腦內部資源的邏輯思考與推理分析，後者則屬無須大量思考或注意力的直覺式回應，二者耗用認知資源的程度不同。
- 處理程序之編碼(空間的 vs 語音的處理程序)：係指外來刺激的屬性類別不同，前者屬於立體空間的分佈，後者則係語音感官的變化，二者所使用的認知資源類別有所不同。
- 輸入及輸出型式(視覺的 vs 音頻的輸入；手動 vs 語音輸入)：係指受試者接受刺激與操作反應的方式不同，通常，視覺屬於較為複雜的資訊處理，語音則屬於較為單純的資訊處理。

雖然追蹤的主任務似乎需要錯誤信號的視覺分析，但是，研究顯示它需要大量的資源以滿足處理階段的持續性類比控制(Israel, Chesney, Wickens and Donchin, 1980)。相反的，短期記憶任務僅需要極少量的反應處理程序，它的需求主要局限在中央處理階段。

追蹤任務和記憶性任務的第二項差異係在於他們處理程序的編碼方式，追蹤任務所需的是空間—類比式的處理，而記憶性任務所需的則是語音式處理。因此，記憶—追蹤的作業配對實驗係使用不同的處理階段與編碼，而追蹤—追蹤作業配對就必須競爭使用相同的資源。研究中，輸入/輸出形式的差異性需求，也藉著  $2(2 \text{ 種輸入, 視覺或音頻}) \times 2(2 \text{ 種輸出, 手動或語音})$  等 4 個情境來加以操弄。

多重資源理論預期，時間分享的效率在結構互異之作業配對中會較結構相近的作業配對為優。因為，當任務所使用的是個別不同的資源時，潛存可用的資源較多，且各任務間

相互干擾的情況也應該會比較少。在此情況下，追蹤—音頻 / 語音—記憶的任務配對應該是效率最高的組別。所以，Tsang and Wickens 預期在雙重追蹤任務中所須運用的資源分配比起輸入/輸出型式完全不同的記憶—追蹤作業配對要高出很多，而有部分資源重疊的記憶—追蹤作業配對則應該會落在這二者之間。此外，他們也預測只有在那些運用到至少有一部分共同資源的追蹤任務，才有可能實施策略性資源訓練。

Tsang and Wickens 在雙重任務實驗結束後，要求未接受策略指導的受測人描述他們所使用的資源分配策略。結果發現二種典型的策略：

1. 那些能夠成功地將主任務平均誤差保持在標準程度的人，均表示以主任務警告信號及追蹤顯示來評量他們的主任務績效。當他們的主任務誤差量超出自己預設的可接受範圍時，這些受試者會立即將較多的注意力集中在主任務上，而不會去計較次級任務的績效。顯示受試者所運用的是一種預設優先等級的策略：在可能的情況下，儘量保持對雙重任務的監控，但當困難度增加時，則其處置方式則較接近單一事件的處理程序。
2. 較不成功的受試者則表示未採取特定策略，而且他們認為主任務警告信號會令人分心。

這個實驗也發現，在實驗前對受試者所作的策略性指導只在追蹤—追蹤作業配對的情況有效，顯示運用策略作業以進行時間分享有其限制：其二，多重資源的概念帶來二種通常一起發生的現象：

1. 使用不同資源的任務，方可以有時間分享可能，也才可以藉訓練加以改善技巧性缺失；不同的認知資源，方有可能進行認知資源的分配。
2. 使用相同認知資源的作業具有無法藉指導加以改善的結構式限制，研究中發現，次級任務的作業績效會在主任務困難度增加時降低，顯示受試者會將注意力資源自次級任務上挪移以支援主任務上加重的困難度；而且，此種策略的有效性，顯然與結構重疊

的分量有直接關聯。

由 Tsang and Wickens 的研究可知，人的時間分享的效率會隨著時間分享任務間的資源共同程度增加而減低；在另一方面，人的資源分配的程度可能隨著資源共同程度增加而增加。而在資源共享的範圍內，動態調整分配資源的技巧是可以經由訓練予以提升的。在戰鬥機飛行員的飛行環境中，諸多操作係使用共同資源，但也有些是資源互異的，有效的管理與運用技巧將可有效分配資源、降低任務衝突性，例如：多個不同對象的無線電監控及回答等語音任務屬相同資源，可依序列式排列的方式執行；無線電通話與雙手控制飛機操作或各種電門屬不同資源，可同時執行。

### 戰鬥飛行任務中的預期心理與注意力的缺失

「視若無睹、充耳未聞」似乎是人極為常見的現象，Most and Scholl (2005)研究發現，人們通常只看見自己想看的東西而對其他不感興趣的部分自動排除。所以，忽略性盲點 (Inattention Blindness) 是常見但又非常令當事人感到意外與衝擊的現象。

人們在受到需要投入大量注意力的事物困擾時，常常會發生對眼前事物視若無睹的現象 (Mack and Rock, 1998)。1977 年 3 月 27 日發生於 Tenerife 機場的史上最大空難就是一個非常明顯的例子。當時，二架巨大的波音 747 型客機都在跑道上逆向滑行，準備至起飛端起飛，在前面的荷航機長應該在跑道盡頭調轉回頭並等到在後位的泛美航空經由滑行道脫離跑道後再行起飛；但由於前面一連串的不順利加上天候惡化，深恐來不及起飛引發更多困擾情況下，荷航機師在未獲起飛指示且塔台一再提醒“等待起飛許可”的情況下，提早加油門滾行並於濃霧中撞上泛美航空的飛機，造成 583 人喪生的不幸事件；Haines(1991) 執行一項配備抬頭顯示器的模擬機飛行測試時發現一項值得探究的事實。亦即，一般人認為抬頭顯示器能使飛行員同時看到飛行儀表及外界景物，故應能減少犯錯的機會；但是，卻有許多飛行員竟然企圖在跑道上明顯停有其他飛機時操作落地。在事後詢問這些飛行員



時，他們都說完全沒有發現跑道上有任何障礙物。從他們的陳述以及實際行動來看，他們雖然眼睛一直對著它看，但是根本就沒有發現那架龐大的飛機。所以，人的感官(如視覺、聽覺等)若未佐以注意力，則不具有偵測外在世界事物的能力。

研究注意力或認知問題時，有二種方式：事物的特性與本質如何對人們的注意力造成影響(Attention Capture)，這是一種下(外)到上(內)(bottom-up)的認知程序。而觀察者自發控制的處理程序如何影響他所注意的事物，則是一種由上(內)到下(外)(top-down)的程序。所以，人們意識中所可能觀察到的非預期事物，與他們心中預設的狀態情況有關。對這類問題的研究，常見的有二大派主流意見：內隱式的注意力攫取及外顯式的注意力攫取；所謂注意力攫取，係指新事物在人們未加判斷、思考的情況下，立即吸引其注意力，這種注意力轉換的動作，被稱為反射、不自覺或自發性。

**內隱式的注意力攫取。** 許多隱然影響注意力的事物，並不見得會在意識上有任何主觀的覺知經驗。實驗證明，許多事物會在人們未意識到的情況下已影響到其反應時間(Mc Cormick, 1997; Yantis, 1993; Posner, 1980)。新事物在不一定會改變人們覺知的情況下產生對作業績效的影響，這種情況稱為內隱式的注意力攫取。相反的，外在事物意識上的經驗的，則屬於外顯式的注意力攫取。這樣的現象顯示人對外界事物的注意力配置是有強弱之分的。注意力分配較多的事物有機會浮現在人的意識層次中；注意力分配較少的事物則可能不會出現在當事人的意識經驗中。因此而來的兩個與注意力相關的研究議題為注意力攫取及忽略性盲點。

**注意力攫取(Attention Capture)**。 指外界事物的某些特徵比較容易吸引人的注意力，亦即，注意力是會被牽引的，如當潛在危險或與己相關的動作正在進行時，人們會立刻將注意力轉移其上。

**忽略性盲點(Inattentional Blindness)**。 指人會對某些外界事物視若無睹，人們面對挑戰

性的事物時，必須集中注意力並刻意忽略不相干的事物。因此，對當下與目標無關的事物會產生無法偵察的現象。

證據顯示，醒目、突現的目標及動作信號，會自動吸引注意力(Abrams and Christ,2003; Franconeri and Simons,2003; Theeuwes,1992; Yantis and Jonides,1984)。最常用以研究注意力自動轉換的二種方法，一是視覺搜索作業，另一是注意力提示作業。

-視覺搜索(Visual Search)的實驗通常是要人在一些背景物件中找出隱藏的預設物件，所需要的搜索時間通常隨著背景物件數量增加而增長。然有些實驗結果和這個理論並不一致，如，有時不論背景物件之數量如何，受試者大多能迅速對目標作出反應。對此現象的可能解釋是，在此情況中人的注意力已經被優先置於目標的某些特徵上，而這種特徵就是所謂的突現目標(pop out)(Treisman and Gelade,1980)。但突現目標的現象似乎又可被視為是目標自動攫取注意力的一種證據(Ohman, Flykt and Esteves, 2001)；不過嚴格而論，這些證據並不足以支持注意力自動攫取的理論，因為觀察者主動搜尋目標，即意謂著他的注意力已經預先在顯示器上廣為配佈(Mack and Rock,1998; Yantis and Egeth,1999)；此外，因為觀察者知道目標屬性，所以，心中預期情況與目標特徵的比對，更能提高搜索的有效性。

-注意力提示(Attention Cueing)作業和視覺搜索作業一樣，受試者的作業在找尋預設目標並且作反應。不同的是，當目標出現前，會先有一個提示線索，在預期的位置附近顯示，當提示線索精確預測目標位置時，受試者很快就能找到目標；當指示不正確時，反應時間便明顯延遲(Colegate, Hoffman, and Eriksen,1973; Eriksen and Hoffman,1972; Jonides, 1981; Posner,1980; Posner, Snyder, and Davidson, 1980)，因此，我們便可以把反應時間用來作為注意力轉移的成本指標。在這類研究中所使用到的二種線索，分成中央線索(Central Cues)及周邊線索(Peripheral Cues)兩類。中央線索指受試者必須藉由解讀線索資

料來推算目標位置(Posner,1980)，而周邊線索則是直接顯示在目標可能出現的位置，所以在注意力轉移前不必再作其他的解讀(Jonides, 1981; Posner,1980)。研究發現，人們對於周邊線索的反應較快、較容易，而且難以抑制，是相當自動化的反應(Jonides,1981)。

-附加單一搜尋作業(Additional Singleton Task)。此作業要求受試者在一系列的背景物件中找出指定目標並且報告出其中隱藏的線條方向，例如，在一列綠色的鑽石符號中找出唯一的一個綠色圓圈；在實驗過程中，偶而會另外加入一個形狀或顏色特別不一樣的物件作為次要作業的測試物件，例如在上述的綠色鑽石符號中安排一個紅色的鑽石符號，而搜尋任務仍以原定的綠色圓圈為目標。研究發現在此種作業中，當作為次要作業的附加測試物具有較特殊的顏色、形狀或者包含有突現特性時，主搜索任務的反應時間相較於未加入特別形狀或顏色之測試物件時要變得更長(Theeuwes, 1992,1994)，顯示明顯的刺激物會攫取人的注意力，因而分散了原來分配給主作業的注意力。此類特殊形狀或顏色目標影響受試者發現並作出反應時間的程度與其醒目的程度有關。若在顏色上的差異程度大、辨識容易，則其形狀差異與反應時間無關；若其顏色差異程度小、辨識困難，則其特殊造型將會延緩反應時間。

然而，這類研究中由於自動化(automatic)和自發性(voluntary)注意力轉移間之差別極小；而且，受試者事先即知道他們所要找尋的目標是具備獨特的特徵，所以，他們極可能已先行進入所謂的單目標搜索模式，使自己在心理上準備好去面對任何可能出現不同質性的特殊目標(Bacon and Egeth,1994)。若果真如是，則實驗所得的注意力轉換便可能與策略影響有關，而非自動的注意力攫取。

另一方面，若主目標是出現在一堆異質性的背景目標中，則背景目標的特殊顏色和形狀，都不會對反應時間造成影響(Bacon and Egeth)；且這些具特殊質性的目標物件對反應時間的影響在長期累積的實驗中始終保持相同的作用，顯示人們無法靠學習忽略或抵

銷這些自動化或自發性的注意力攫取效益，所以，受試者接受實驗時在心理上調整為單一搜尋作業模式有可能是依任務內容本質而自動發生的結果(Theeuwes)。

-無關聯性特徵搜尋作業(irrelevant feature task)是另一種作業的實驗設計。在此作業中，每次實驗都會出現一個獨特但無關聯性的字母，操作時所有字母都先以片段式的花式圖樣予以遮蔽，1 秒後將其揭開以露出所有字母，當所有字母都顯示後，在原來並未顯示字母處以突然出現的方式再置入一字母，若此字為預設之搜尋目標，則其反應時間似乎與整體背景物件數量之改變無關聯(Yantis and Jonides,1984)。實驗顯示，背景物件的特殊造型、特別顯視度或動態訊號都不會對注意力發生影響，但控制速率以突然出現的方式進入畫面的目標則明顯對注意力產生影響效果(Hillstrom and Yantis, 1994;Yantis and Hillstrom,1994)。此一現象顯示突現目標會被人的注意力系統列為較高優先等級之目標(Yantis and Hillstrom)，換言之，任何明顯的新目標，都會成為視覺注意力的焦點。

整體而言，雖然突現目標與動態信號通常都受到注意力的優先處理，具有攫取人的注意力的特徵，但是，它們也都難免受到 top-down 因素的影響，例如：受試者如已預知目標將出現在何位置，那麼，出現在其他地方的目標，即可能不會吸引其注意(Yantis and Jonides)。當受試者事先知道目標具有特殊的性質(例如顏色)時，出現的方式就不會對反應時間造成影響。當受試者知道目標將是以突現方式顯示的物件時，其特定顏色就不會對反應時間造成影響，若受試者知道目標具有特殊顏色時，其突現的線索也不會影響反應時間(Folk et al,1992)，這些現象顯示受試者會預先在心中完成一套注意力狀態，然後以此種模式等待接收特定資訊，此 top-down 的限制會超越其他條件的吸引力。儘管如此，在 top-down 影響範圍以外的突現與動態目標會攫取人的注意力的特性可能依然存在(Yantis)。

在戰鬥機飛行環境中，由於空用雷達係偵知空中動態的主要系統，其作用原理乃在



利用電磁效應感測空中活動目標的方位與距離，所以，在飛行員座艙內所顯示的敵、友機在視覺上具有相同的屬性，並無形狀、顏色或其它外觀特性的差異。所以在目標識別上，需配合空中敵友識別器的運用。飛行員在偵測到目標後，為辨明敵友以利採取後續戰術行動，需要起動空中敵友識別系統，此系統依不同飛機所裝配之不同型別而呈現不一樣的識別結果，一般均係於雷達顯示幕上以小圓圈加註於回覆正確答詢資料的目標附近，以識別其友機身份，至於未回答或回覆錯誤信號者，則不予標識或標識為其他不明符號。此系統設計隱含一可能性：飛行員心中預設的狀態可能影響其所觀察的結果，例如：正常程序中，未獲正確答詢資料者，通常僅定義為不明機，但聯合國黑鷹直昇機遭誤擊事件中，由於 F-15 飛行員事前未獲飛航資訊通報，心中已預先假定其為敵機，以致在直昇機飛行員忘記開啟敵友識別器而未按規定回覆其系統詢問時，F-15 飛行員幾乎已肯定其為敵機，而在既無事前通報亦無正確敵友識別回答信號的二項結果複證下，飛行員心中預設為敵機的概念又影響其後續目視辨證之執行。在心有成見的情況下，飛行員很快便將目視所得之概略影像判定為俄製的 MI-24 攻擊直昇機。這些現象顯示，在抑制或引發內隱式注意力轉換的過程中，top-down 的預期效應顯然扮演重要的角色。

單純的注意力轉移並不足以將事物推導進入情境察覺範圍內。按照預設目標選擇性的注意，有助於管控人們覺知的方向。人們時時受到遠超出他所能接收的量的訊息，藉由注意力的分配與操作，人們選擇他需要的部分資訊來作進一步的處理，而未被接收作進一步處理的資訊，往往無法形成對環境狀況的察覺。在一片吵雜聲中，人們容易聽見別人呼喊自己的名字，此一現象顯示，具備特定意義的訊息，其進入覺知的門檻較低 (Moray, 1959)，那些未進入覺知的訊息無法深度影響主觀的覺知，成了被忽略的訊息 (Cherry, 1953; Treisman, 1964; Holender, 1986)；透過注意力的分配以排除不需要的資訊的極端現象稱為忽略性盲點 (inattention blindness)。其典型現象為違反注意力會將新增事物

列為優先目標的特徵(Yantis and Hillstrom,1994)：當環境中出現之新事物為非預期之資訊時，人們常常會完全忽略它的存在。

Neisser and Becklen(1975)的實驗顯示了人們的注意力一旦受到引導，則在注意力範圍以外的事物往往不被察覺。他們使用二套錄影帶以疊影方式呈現，其中一套錄影帶係一群人傳接籃球，另一套錄影帶則是二人四手交握實施擊掌遊戲，受試者選擇性地觀察其中一組，到最後，當他們被問及其未觀察的錄影帶中所發生的新事物時，結果被要求專注於觀察傳接籃球的人，均未能發現畫面中的二人四手已經變成握手姿態了。另一項實驗使用了三套錄影帶疊影(Neisser and Dube,1978)，第一套是著白球衣的球員在傳接球，第二套是著黑球衣的球員在傳接球，受試者被分別指派以計算白隊或黑隊的傳球次數。當實驗進行到半途時，第三套影帶中有一女人手持張開之雨傘橫越整個畫面，結果僅有 21%的人發現她的存在(Neisser and Dube,1978)。在後來的實驗中，將原來撐傘的女人換成一個穿著黑猩猩服裝的啦啦隊員，由黑、白兩隊球員中間走過，結果仍有 73%的人未能發現這個黑猩猩(Simons and Chabris,1999)。

近期的研究(Mack and Rock,1998; Most Simons, Scholl, and Chabris,2000; Most et al., 2001; Newby and Rock,1998)使用電腦輔助作更精確的控制來進行實驗。其中一項典型的實驗是讓受試者持續觀察圓圈內的十字並於 200ms 圖像消失後，說出十字的橫軸與長軸何者較長。測試期間，在圓內十字的一個象限中置放一個實心正方形，結果有 25%的人未能發現該一正方形之出現；顯示受試者可能已主動抑制了部分認知功能而專注於對其所賦予任務(Mack and Rock,1998)。另一類研究(Most et al.,2000,2001;Scholl, Noles, Pasheva, and Sussman, 2003)藉由電腦的控制，將系統設定為 4 個白色符號與 4 個黑色符號各自沿著不同軌跡作運動，偶而會跳出畫面範圍，受試者必須依照先前所接收的指令，分別計算黑色或白色符號脫離範圍之次數。在實驗半程時，有一個十字符號自右向左進入並持續橫越整



個畫面；結果發現有 30% 的人不曾發現十字符號的存在。

這種忽略性盲點的現象與人的注意力資源分配有關。飛行員在面對多重操作的複雜任務中，必須要能統整全般狀況，建立系統化、條理性的檢查程序，養成交互檢查的習慣，才可以避免誤陷視若未睹的泥淖。

### 飛行作業環境與動態決策

飛行係處於高壓力情況下的動態環境，其威脅程度升高時，相對需求之資訊亦增加 (Sheridan, 1981)，但同時對許多其他的重要訊息卻又予以忽略，在壓力情況下對各種外來刺激的監控與掃描都會變得破碎而無組織 (Keinan, 1987; Keinan and Friedland, 1981; Wachtel, 1967)。Fracker (1989) 研究飛行員的情境察覺時，發現隨飛行員用以達成任務的能力而定，僅有少部分的注意力用在對環境因素的監控，由於人們的注意力資源有限，所以對某些因素的注意力付出較多時，相對在其他部分的情境察覺就會在到達作用限制時迅速滑落。Kuipers et al (1989) 研究飛機在操控下撞地失事的事件原因時，發現有 56% 是由於忽視儀表檢查，28% 是因為過度專注於敵機；顯示，不當的注意力資源分配可能是讓飛行員喪失情境察覺並進而衍生致命危險的主要因素。

Endsley and Bolstad (1994) 在研究個人情境察覺能力的差異性時，發現具較佳情境察覺的軍事飛行員，通常都有較佳的注意力分配、模式比對、空間能力及感知速度等；O'Hare (1997) 發現精明的飛行員 (始終在滑翔競賽獲勝者) 在分割注意力任務中有較佳的表現。Gugerty and Tirre (1997) 發現具較佳情境察覺的人，在工作記憶、視覺處理、短暫處理及時間分享等方面的表現通常也較好。雖然這些特質有些是無法訓練的，但至少在注意力資源分配部分是可以藉訓練加以改善 (Damos and Wickens, 1980)。

面臨多變的複雜操作環境，戰鬥飛行員的戰術訓練主要目的即在建立同時兼顧與操控多重系統與掌握多種資訊的能力，這種訓練的效益應為注意力資源分配與運用上的具體改

善。我們推論飛行員的戰術訓練有助於飛行員妥善分配注意力、預作資源分配並模擬各種可能的突發狀況，使其情境察覺之建立及各種空中狀況之處置更能應付自如；本研究主要目的在以戰鬥機飛行員的實際工作經驗與體認，分析飛行員在戰術任務中注意力分佈情況，藉以瞭解戰術訓練是否有助於其注意力資源分配與運用。

過去對於飛行環境各項決策作業的研究較為有限，就動態決策的研究而言，大部分的研究都將探討重點置於系統複雜度、長期資訊輔助、自我回饋(self-feedback)等變項之影響，然此等變項均不適用於瞬息萬變的戰鬥飛行決策，為能探討影響戰鬥機飛行員戰術決策的因素，本研究由最基礎的注意力分佈著手，藉以瞭解飛行員對偵知與感測之策略模式，研究重點區分正常無外來干擾因素、雙重任務及有輔助資訊等各種不同情況，分別檢驗飛行員注意力分佈之現象，以作為後續研究或改進飛行訓練之參考。

根據上列各項文獻與理論的探討，我們針對本研究的主要問題提出假設如下：

假設一：在戰術環境中，飛行員為能對目標作快速反應，會將較多之注意力資源分配於威脅較高之區域(55 哩以內區域)。

假設二：接受過戰術訓練之飛行員較能較有效的分配注意力資源，因此在雙重任務中對目標識別工作之績效會比未經戰術訓練者為高。

假設三：在多重任務中輔助資訊將可縮短飛行員對目標識別工作所需時間。

### 第三章 方法

#### 受試者

本研究主要在探討於戰術任務中，飛行員注意力分佈之情況。研究中將比較經過專業訓練之戰鬥機飛行員與未經訓練之不同背景人員在面對不同戰術環境時其臨場表現之差異性。研究的樣本分為二組，一組為空軍戰鬥機飛行員共 30 人，另一組為空軍對飛行相關作業有概念知識之非飛行員共 30 人；這兩組人員的年齡及工作經驗如下：

表 1 受試者基本資料

飛行員				非飛行員			
年   齡	最大	41 歲	年	最大	34 歲	年	最大
	最小	25 歲	年	最小	22 歲	年	最小
	平均	29.9 歲	年	平均	25.7 歲	年	平均
工 作 經 驗  (飛行時間)	最多	17 年/2200 小時	工	最多	17.5 年	工	最多
	最少	2 年/330 小時	作	最少	1 年	作	最少
	平均	6.4 年/906 小時	經 驗	平均	5.7 年	經 驗	平均

#### 實驗設計與作業設計

本研究的目的是在探討正常無外來干擾因素情況下飛行員注意力的分佈及地面輔助資訊對飛行員注意力之影響。戰鬥作業內容區分單一任務與雙重任務二種情況為一組內變項。執行空戰作業時，受試者作業內容為監控一簡化之戰機空用雷達畫面在 3 種數量、9 種位置與 3 種佈局中偵測出敵機；在雙重任務作業時，受試者除了在雷達畫面中偵測敵機外，同時須監控二項模擬座艙內之操作儀表，若偏離正常值時須調整以保持其於指定的正常範圍內。

本研究為 9 (敵機位置) × 3 (飛機數量) × 3 (敵友佈局) × 2 (有、無輔助資訊) × 2 (單一、雙重任務) 的實驗設計，其中單一或雙重任務、敵機位置、飛機數量及敵友佈局為組內變項，飛行員或非飛行員及有無輔助資訊為組間變項。

本研究模擬的飛行員注意力的作業，係修改自 Endsley(1996) 的研究中的作業設計，作業場景模擬圖 2 之典型制空作戰任務，二架飛機在一個 60 哩長、40 哩寬的空域內擔負區域偵巡暨掩護任務(CAP, Combat Air Patrol)，負責維持空域內友機之安全並避免敵機滲透至後方對我重要據點實施攻擊；任務機攜帶之武器為有效射程約 15 哩的視距外飛彈，友機(未顯示)保持在後側方約 15 哩處以確保相互支援。畫面中央的紅點為友機及地面攔管官共同使用之位置參考點(BE, Bull's Eye)，下方的綠點為預設之待命點(CP, CAP Point)，粉紅色區域表示我機待命時之跑馬型航線，黑色實心三角型代表本機位置，空心的三角型或長方型均為本機雷達所偵測之目標示意圖，其中包含小圓圈者係指其已正確回覆本機發出之敵友識別詢問信號，判定其身份為友機，無小圓圈者原意為不明機，本實驗中設定其為敵機，任務中敵機所配備的是有效射程約為 15 哩之視距外飛彈。

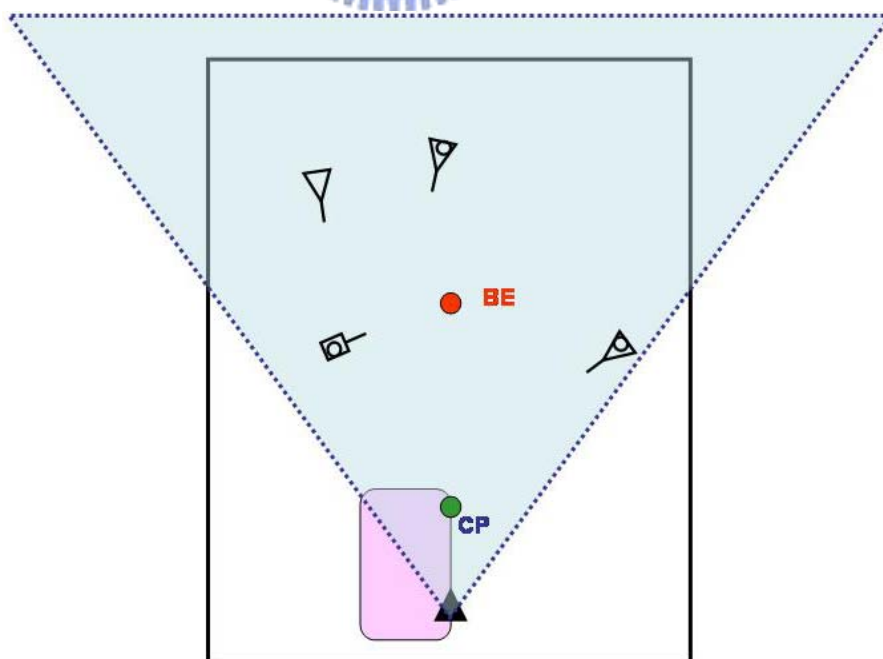


圖 2 典型制空任務場景想定

實驗時螢幕呈現在電腦顯示器之上方，雷達畫面長約 15 公分、寬約 15 公分，以常見空用雷達之 B 型掃瞄方式呈現，雷達資料內容則加以部分簡化，如圖 3 所示。

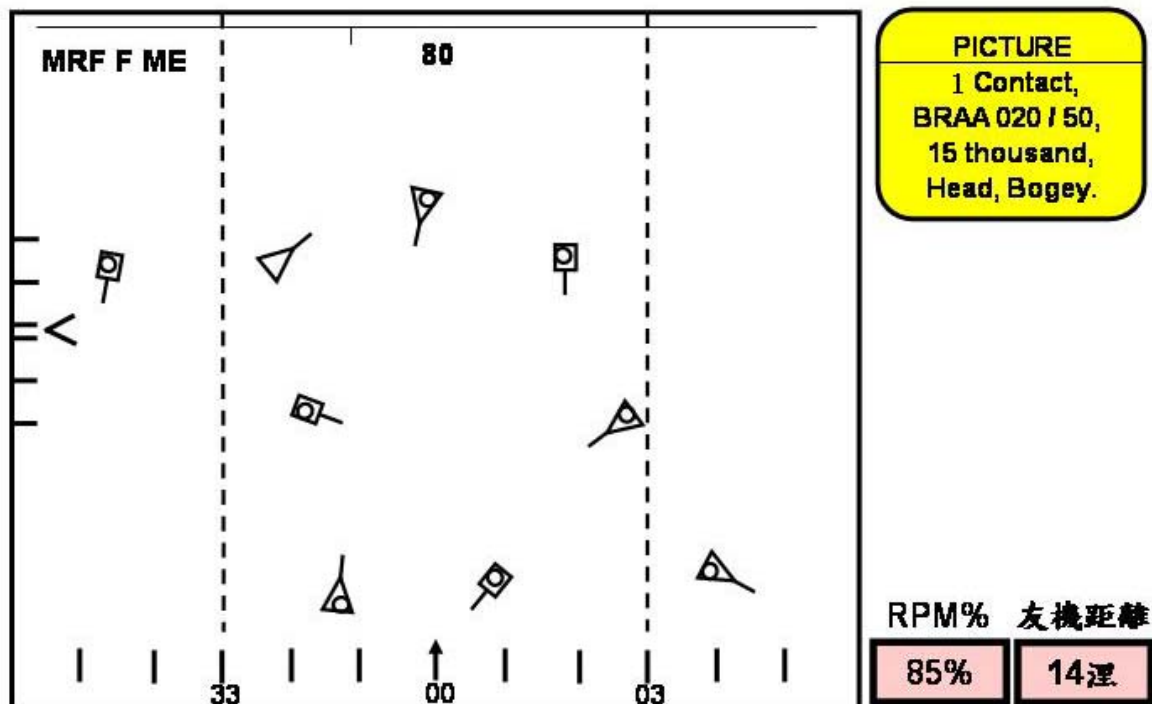


圖 3 實驗使用之簡化雷達畫面

雷達螢幕上方中央的數字 80 顯示選用比例為 80 哩，表示自最下方端線至最上方端線間之距離為 80 哩之比例距離，左上方英文字串為雷達控制參數，左側中央之橫線與 < 符號指示天線之俯仰掃瞄角度，最上方長橫線與短直槓組成之倒 T 字符號指示天線之水平掃瞄角度，下方直立短線及 33、00、03 等數字為航向指標，其中央位置具箭頭之符號係本機現在航向(00 表示航向為 360°)，該箭號長短與本機速度成正比；雷達中央左右各一垂直虛線指示飛機機頭左、右各 30°之位置，至二側畫面邊緣線處則為 60°，雷達全部水平涵蓋角度為±60°，共 120°(以上均僅模擬顯示，本實驗無須操作)。

雷達所偵測之目標以方形或三角形符號加上代表速度向量之直線以指示其行進方向及概略速度；偵測目標顯示為方形或三角形，係由雷達內部邏輯依目標航向、高度、速度及未來動作預測等予以判定，通常代表目標之威脅等級，惟此一威脅等級之判定與處置極



為複雜且與研究內容無關，本研究暫不予討論。

受試者之作業，包含下列幾項：

1. 對畫面顯示的飛機進行敵機之辨識，當受試者認為已確定偵測反應時則以按下空白鍵作為反應。
2. 當作了有敵機出現的反應後，接下去要做的作業依據是否有敵機做出對應的反應，若偵測到敵機則接下去為回憶敵機所在位置，以模擬對敵機的戰術反應。實驗中是在一空白的螢幕以移動滑鼠至記憶中敵機所在位置再按下左鍵的方式進行敵機位置標定。若受試者的判斷是沒有敵機，則再按一次空白鍵結束此局。

為簡化實驗程序，我們假定所有飛機之敵友識別器(IFF/SIF, Identification between Friend and Foe / Selective Identification of Friend)均作用正常且空中敵友識別器詢問電門(AIFF Interrogator)已由系統設定啟動，並已獲得友機回答，所有友機均於回波符號上呈現一小圓圈；正常接戰情況下，詢答結果的正確回覆(小圓圈)可確證其為友機，若無小圓圈則僅能暫訂為不明機，並應循複雜的程序再迅速加以辨證，此處為利實驗進行，實驗中設定空域內之飛機非友即敵。

### 自變項的操弄

**飛機數。** 正常的空戰戰場中，在已知或可預期的情況下，一般均妥慎調派兵力，儘可能造成局部的數量(總架數)或質量(總武器效能)優勢，然因各種突發或非預期的情況很多，實際敵友機數量比例並不容易掌握。依 Miller(1956)研究顯示，人的工作記憶在單位時間內可以處理 7 項資訊，超出太多的檢驗量，可能導致檢驗效果失真；為了配合實驗需求，我們設定了三種情境：

- 情境一：畫面上共有 4 架飛機，敵、友機比例為 1：3，即 1 架敵機與 3 架友機。
- 情境二：畫面上共有 7 架飛機，敵、友機比例為 1：6，即 1 架敵機與 6 架友機。



- 情境三：畫面上共有 10 架飛機，敵、友機比例為 1：9，即 1 架敵機與 9 架友機。

**佈局。** 敵機與友機之位置若分離過遠，有可能使其目標明顯而成為攫取注意力的突現 (Pop-Up) 目標，反之，若其與我友機之位置過近且友機分佈緊密而明顯，則可能發生注意力引導之作用，為能平衡各種狀況，本研究將敵、友機之相對關係設定為三種情境(範例如圖 4 所示)：

- 情境一：群組內，係指敵機被包圍在友機編隊最外圍飛機所構成的連線以內之區域。
- 情境二：遠離群組，係指敵機完全在友機編隊最外圍飛機所構成的連線外之區域。
- 情境三：群組邊緣，係指敵機正好處於友機編隊最外圍飛機所構成的連線上或附近。

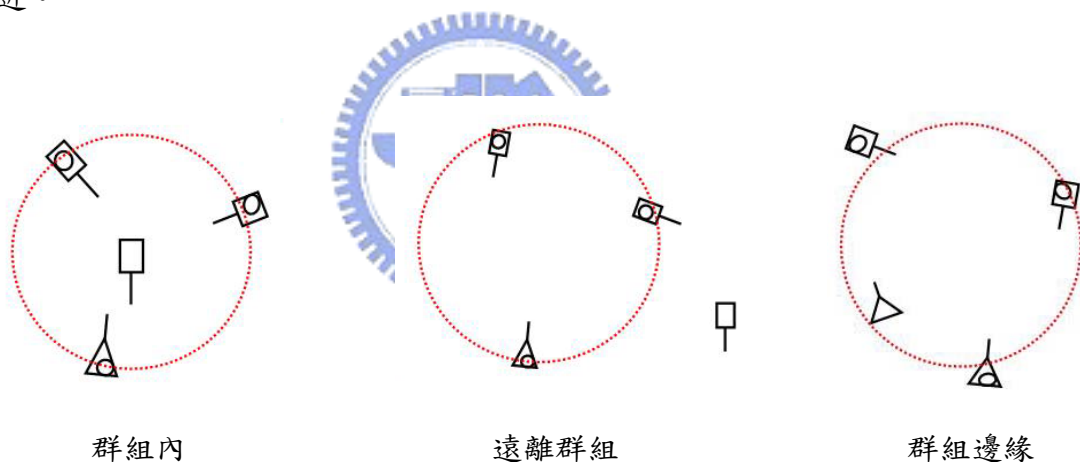


圖 4 佈局範例


**位置。** 指敵機與我機的相對位置。在距離分佈上，一般均以遠、中、近三者為劃分標準，Endsley 亦以此種手法來完成 7 種目標投落點的組合，但其研究中並未說明此三種距離的定義方式，究竟何種距離為遠?何者為近?

依現代戰機的座艙輔助系統來看，雷達及戰術情況顯示器為飛行員藉以建立情境察覺 (Situational Awareness) 的最主要裝備，其上通常可依操作設定顯示 10 哩、20 哩、40 哩及 80 哩等不同顯示比例；本研究以雷達畫面探討飛行員注意力分佈並將其設定為 80 哩之顯

示比例，以取得較接近實際戰場的情況，依此設定，則顯示器垂直方向的中央 1/2 位置正好是 40 哩的距離，在此一距離上下各約 15 哩位置所形成的中央顯示區幾乎是所有空用雷達的最佳偵測區帶，同時，因為在此距離區帶內的敵機，很快便會進入飛彈的遠射程包線，所以也是飛行員必須開始採取戰術行動的時機。

現代視距外飛彈之射程大幅提升，雖然有效射程係依空中敵我相對關係及各種角度、天候條件等而時時變化，但在對頭飛行相互接近的情況下，概略於 20 哩時已非常接近敵機對我攻擊之「無法逃脫區」(Non Escape Zone)，使得存活(survive)的機率大為降低，因此，飛行員在接戰時，通常都會設定一防禦動作參考距離(DAP, Defensive Action Point)以為脫離戰場、求取生存重行接戰之操作依據，而 25 哩便是經常使用之參考指標。

因此，在探討遠、中、近之距離分佈時，我們可以依飛行員操作習慣及參考依據，作出下列定義：

- 
- 近距離：係敵機可對我產生立即危害而必須儘速採取防禦動作之距離，本研究定義為 25 哩(含)以內。
  - 中距離：係敵機對我實施戰術行動及我機必須完成戰術決心、下達作戰指示的距離，雖無立即之危害但敵機之武器已接近有效發射涵蓋區，必須儘快採取適當作為以防禦敵機之攻擊或佔取有利態勢，本研究定義為 25 哩(不含)至 55 哩(含)之間。
  - 遠距離：係對空中所有動態保持監控、儘量蒐集資料、建立狀況認知並預作後續操作計畫的距離，本研究定義為 55 哩(不含)以外之距離。

探討敵機分佈位置時，一般常見的相對方位分行方式係標註左、前、右及後方等，Endsley 亦以此種區分方式配合距離創造出 49 種敵機分布的密度組合。然因實戰中，飛行員實際投注較多注意力的主接戰區域是雷達偵測可及之範圍，不宜將後方區域列於平等地位共同探討，所以，依戰鬥機飛行員的實際操作環境，就偵知與感測的角度而言，敵機位

置投射於座艙顯示器之情況，較足以反映其對建立情境察覺之影響意義。因此，我們將一般空用雷達畫面(多為 $\pm 60^\circ$ )按常見的標示方式，以左右  $30^\circ$  為參考線，區分為左側、前方、右側等 3 個方位區間，定義如下：

- 左方：我機左邊  $30^\circ$  線以外之區域。
- 前方：我機左邊  $30^\circ$  線至右邊  $30^\circ$  線之間所形成的區域，合計為  $60^\circ$  之範圍。
- 右方：我機右邊  $30^\circ$  線以外之區域。

依上述距離與方位的區分與定義，全部空域劃分成  $3 \times 3$  的 9 個區塊並以自下而上、由左而右的方式加以編號，如圖 5 所示。

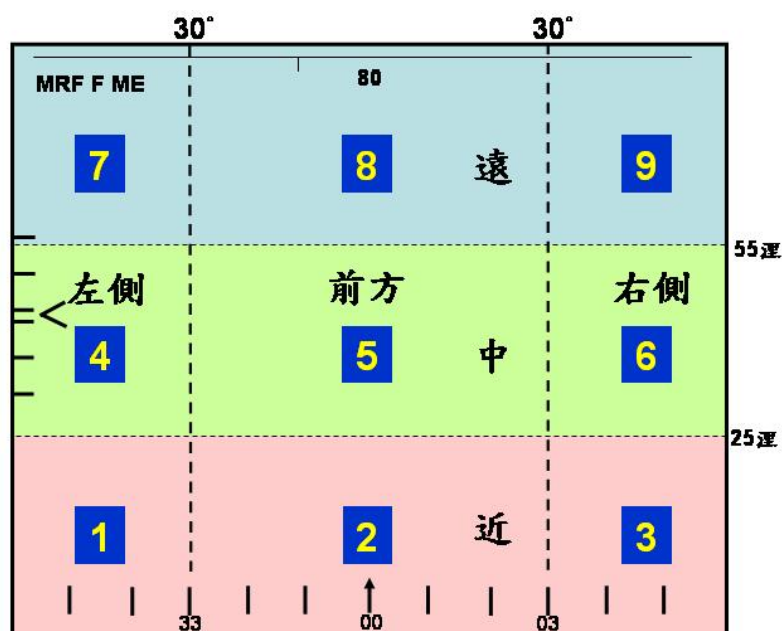


圖 5 空域區塊劃定示意圖

**任務負荷。** 係指受試者作業過程中注意力資源的負荷程度，分為二種情境：

- 情境一：單一任務，受試者監控一簡化之戰機空用雷達畫面並於不同數量、不同分佈情況之背景目標中尋找出符合敵機特徵之目標。
- 情境二：多重任務，受試者除了在雷達畫面中尋找符合敵機特徵之目標外，同時須監控並調整二項模擬座艙內之操作儀表，保持其顯示於指定的正常範圍內。

發動機轉速：係控制飛機動力與速度的重要操作儀表，一般而言，其操作範圍均極大但飛行員的檢查頻率很高，因為若疏於檢查而發生異常則其代價難以評估，故本研究將其正常值設定於 84~87%RPM，以提昇飛行員必須檢查的需求性。當儀表顯示超出正常範圍(過高或過低)時，受試者按下“>.”鍵模擬重置操作，使其恢復為 85%之正常值。如儀表顯示正常值而受試者盲目按下“>.”修正按鍵，系統亦將予以記錄。

友機距離：與友機間之相互支援乃戰場上提昇存活率的重要因素，而其關鍵要件便是彼此間之距離，因為距離過遠將造成支援不易，安全難以確保，若距離過近，則無法發揮編隊間之戰術價值，可能二者同時受敵威脅而必須同時脫離，失去正常戰術運用之價值。正常的友機距離係依所攜掛之武器性能而定，本研究設定敵機與友機之武器射程均約為 15 哩，故保持 15 哩為理想的相互支援距離，為能有效模擬飛行情況，設定 14 至 16 哩為正常之友機範圍。當儀表顯示超出正常範圍(過近或過遠)時，受試者按下“?/”鍵模擬重置操作，使其恢復為 15 哩之正常值。如儀表顯示正常值而受試者盲目按下“?/”修正按鍵，系統亦將予以記錄。

**輔助資訊。** 飛行員所有操作均須以戰場環境及敵我態勢為操作依據，然而戰機本身之偵測裝備極為有限，除雷達預警器(RWR, Radar Warning Receiver)等被動偵測裝備外，雷達為主要偵知系統，所獲信號與戰場環境資訊整合後，顯示於戰術情況顯示器上，成為有利飛行員判讀的圖像式輔助資訊。此外，友機及地面攔管官所提供的敵機資料，有助於建立本身雷達無法涵蓋區域之情境察覺，成為空中戰鬥過程中的重要輔助資訊。由於飛行員在空中所能掌握的資訊相當有限，在某些情況(尤其是戰況緊急、時間壓力更為明顯時)下，地面管制官所提供之敵情資料，便成為飛行員建立情境察覺並採取最佳戰術行動之主要依據。本研究探討輔助資訊之有、無對飛行員注意力及偵測敵機反應時間之影響，在有

輔助資訊情境時，雷達畫面右上方出現一對話框，以正常戰術通話之報讀格式顯示敵機將要出現的方位、距離與高度，藉以檢驗此種情況下對任務完成的速度及正確程度之影響。輔助資訊的意義主要在於飛行員無法掌握敵情狀況時，將地面系統或其他雷達裝備偵測所得之敵機位置提供飛行員參考，供其研判敵機預期出現的方位與距離，因此，實驗中輔助資訊先行顯示 1.5 秒後再出現敵機目標畫面。

### **依變項的測量方式**

本研究中敵機偵測為主要作業，因此以敵機偵測的反應時間及正確率、敵機位置回憶之誤差量來衡量績效。

**敵機偵測之反應時間。**指畫面開始顯示目標至受試者按下空白鍵對有、無敵機做出判斷為止。

**敵機偵測之正確率。**受試者正確回應有無敵機的偵測比率，錯誤的偵測可視為錯誤的情境察覺及錯誤決策的開端。

**戰況回憶之誤差量。**以受試者判斷有敵機的情形下，所回憶的敵機位置與目標實際出現的位置間的絕對距離為估計值。

### **實驗程序**

本研究係以個別作業方式在個人電腦上執行，規格如下：

- 中央處理單元：Pentium(R) 4 / 3.00 GHz
- 記憶體：2.99 GHz， 504 MB 的 RAM
- 顯示器：acer AL1714
- 軟體：Microsoft Windows XP Professional version 2002 Service Pack 2

受試者端坐於椅子上，顯示器位於其正前方 75 公分處約低 2°之位置。受試者採隨機方式安排飛行員(實驗組)或非飛行員(對照組)到達實驗室進行實驗。每一受試者到達實驗室



後，由研究人員提出二份程序表供其抽選，選中 A 表者之執行程序為先實施單一作業實驗，再作多重作業實驗。選中 B 表者之執行程序為先實施多重作業實驗，再實施單一作業實驗。在進行實驗前，研究人員以指導語說明作業要求及程序，在確證受試者都瞭解任務內容後開始實施操作練習。

練習作業階段受試者執行每次歷時約 5 分鐘(10 回合)之操作練習，若執行一次後仍覺不足，可依受試者需求再增加練習。

練習作業時，受試者輸入測試編號並予確認後，系統顯示開始畫面並於 2 秒後自動開始執行；練習後，正式實驗開始。

**有輔助資訊的單一作業。** 系統開始執行後，畫面右上方一黃色對話框預示敵機可能出現的方位與距離並持續至本回合結束，同時出現為時 1.5 秒的空白畫面，然後於畫面中間出現一十字符號提示受試者聚焦(如圖 6 所示)，其後出現目標顯示的雷達畫面(如圖 7 所示)，受試者判斷有無敵機並按下空白鍵結束計時，雷達畫面消失並出現一分割重組的遮障畫面 2 秒(如圖 8 所示)，之後，滑鼠自動回復至雷達畫面下方中央航向指標附近的待命位置，並出現一空白的雷達畫面供受試者回憶敵機位置，受試者以滑鼠左鍵點擊記憶中的敵機位置，系統完成座標記錄後畫面消失，該回合便告結束並進入下一回合之循環。若受試者判斷無敵機，則於系統出現空白畫面供回憶戰況時，再度按下空白鍵結束該回合並進入下一回合之循環。

當受試者於戰況回憶階段按下滑鼠左鍵以回憶敵機位置或按下空白鍵以表示無敵機時，系統比對實際有無敵機情況並記錄受試者偵測敵機之正確率，同時自動產生下一回合之預示敵機資訊，其餘程序按正常循環進行。

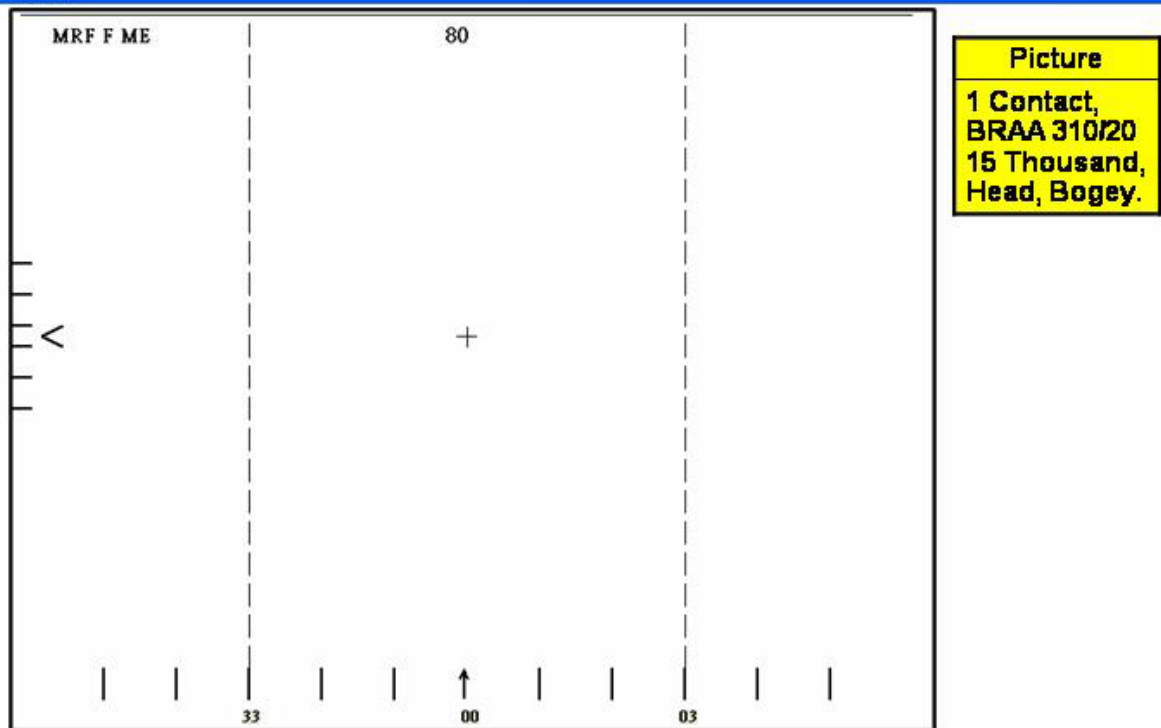


圖 6 有輔助資訊單一作業聚焦畫面

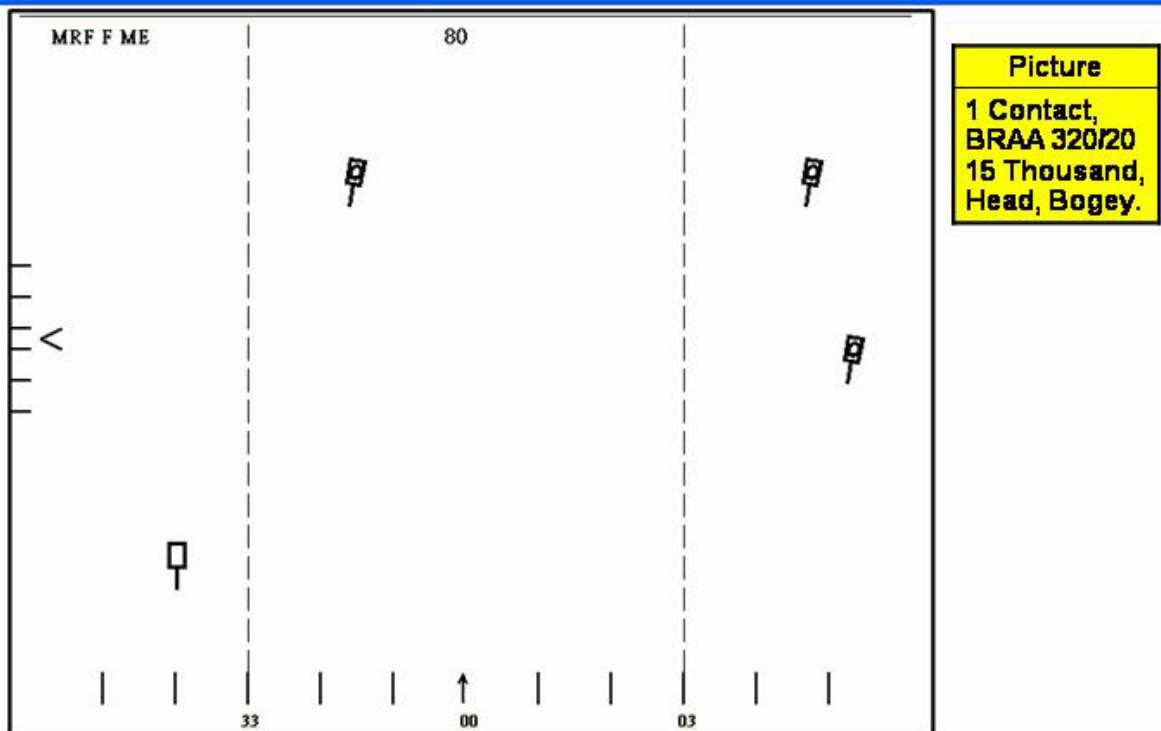


圖 7 有輔助資訊單一作業目標顯示畫面

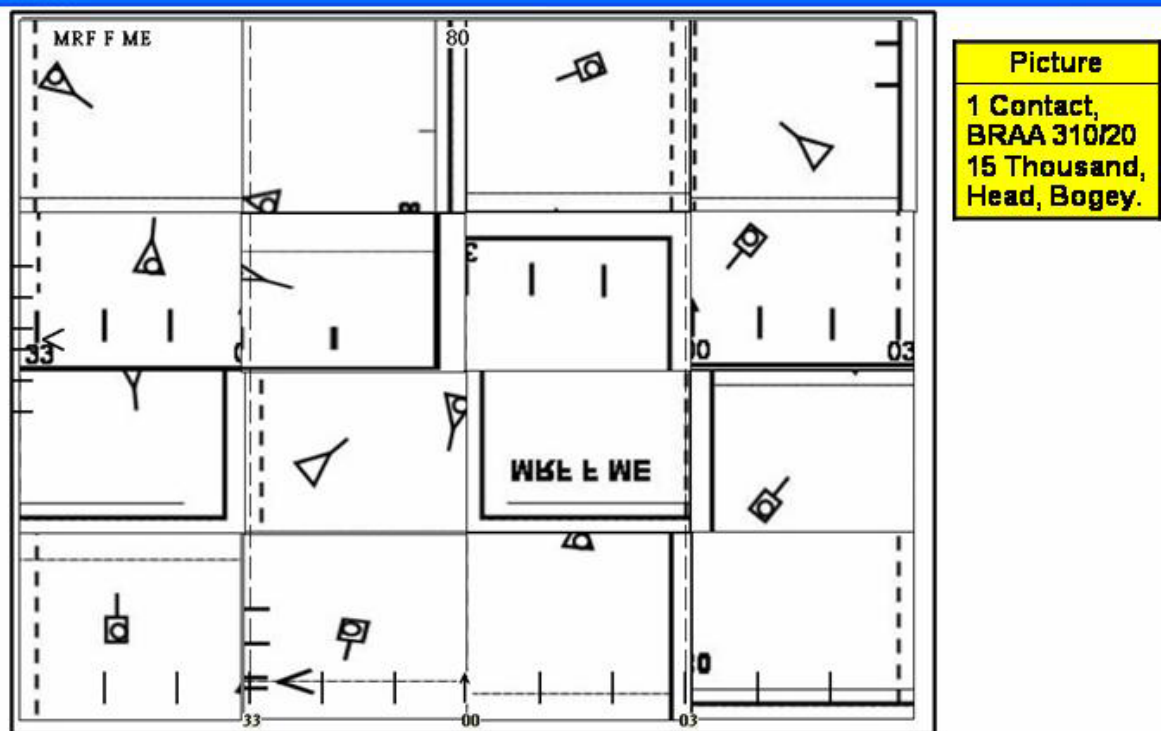


圖 8 有輔助資訊單一作業遮障畫面

有輔助資訊的多重作業。基本程序與單一作業相同，然於雷達畫面顯示期間，右下角出現二個小的顯示窗，左窗顯示發動機轉速(RPM)，右窗顯示友機距離，受試者須在執行前項偵測作業時同時監控二項儀表顯示並保持其於正常顯示範圍。每一回合結束系統自動進入下一回合循環時，此二項儀表亦自動更新顯示數值；實驗中畫面實例如圖 9 所示。

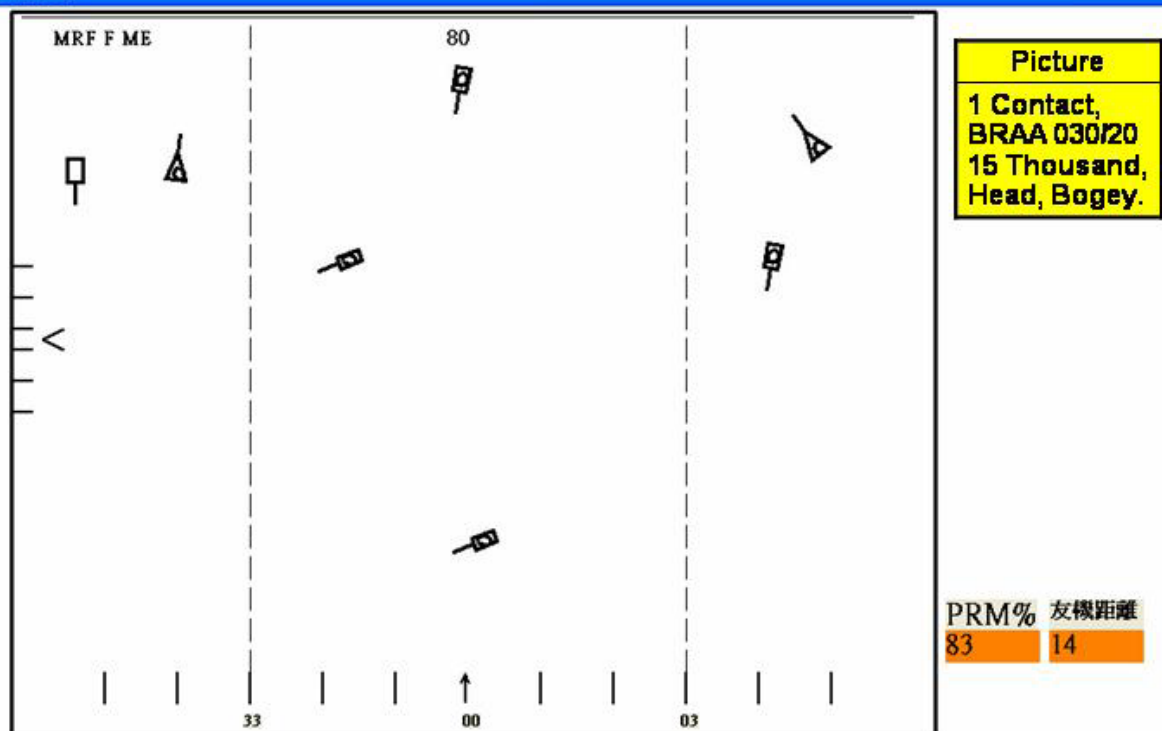


圖 9 有輔助資訊多重作業目標顯示畫面

無輔助資訊的單一作業。系統開始執行後，首先為 1.5 秒的空白畫面，然後於畫面中間出現一十字符號提示受試者聚焦，其後出現目標顯示的雷達畫面，受試者判斷有無敵機並按下空白鍵結束計時，雷達畫面消失並出現一分割重組的遮障畫面 2 秒，之後，滑鼠自動回復至雷達畫面下方中央航向指標附近的待命位置，並出現一空白的雷達畫面供受試者回憶敵機位置，受試者以滑鼠左鍵點擊記憶中的敵機位置，系統完成座標記錄後畫面消失，該回合便告結束並進入下一回合之循環。若受試者判斷無敵機，則於系統出現空白畫面供回憶戰況時，再度按下空白鍵結束該回合並進入下一回合之循環；實驗中畫面實例如圖 10 所示。

當受試者於戰況回憶階段按下滑鼠左鍵以回憶敵機位置或按下空白鍵以表示無敵機時，系統比對實際有無敵機情況並記錄受試者偵測敵機之正確率，同時按正常循環進行下一回合。

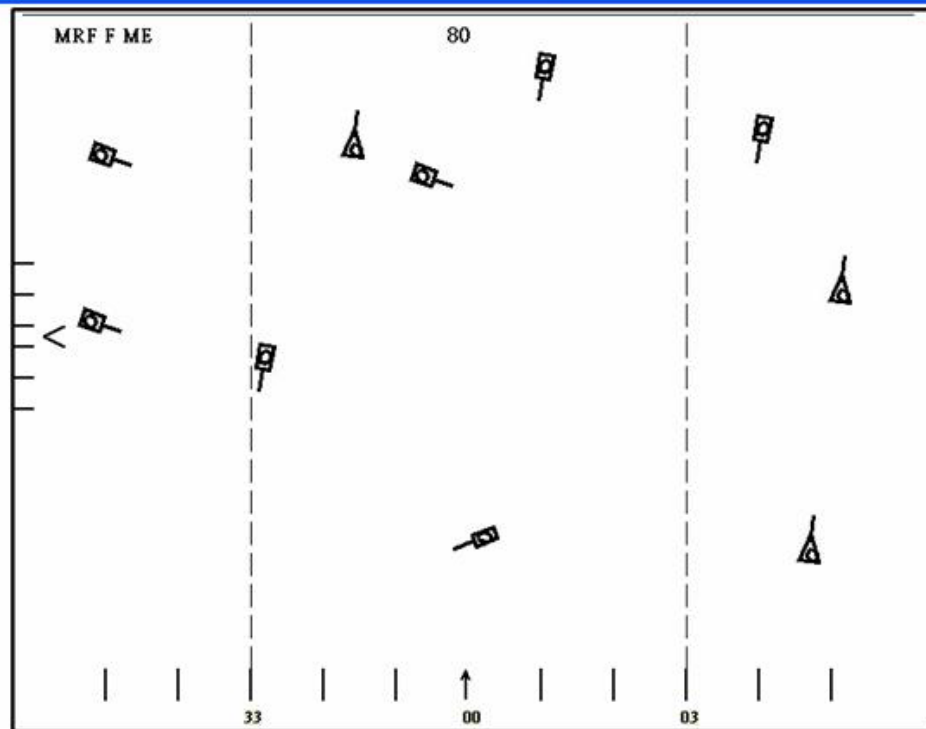


圖 10 無輔助資訊單一作業目標顯示畫面

**無輔助資訊的多重作業。** 基本程序與單一作業相同，然於雷達畫面顯示期間，右下角出現二個小的顯示窗，左窗顯示發動機轉速(RPM)，右窗顯示友機距離，受試者須在執行前項偵測作業時同時監控二項儀表顯示並保持其於正常顯示範圍。每一回合結束系統自動進入下一回合循環時，此二項儀表亦自動更新顯示數值；實驗中畫面實例如圖 11 所示。



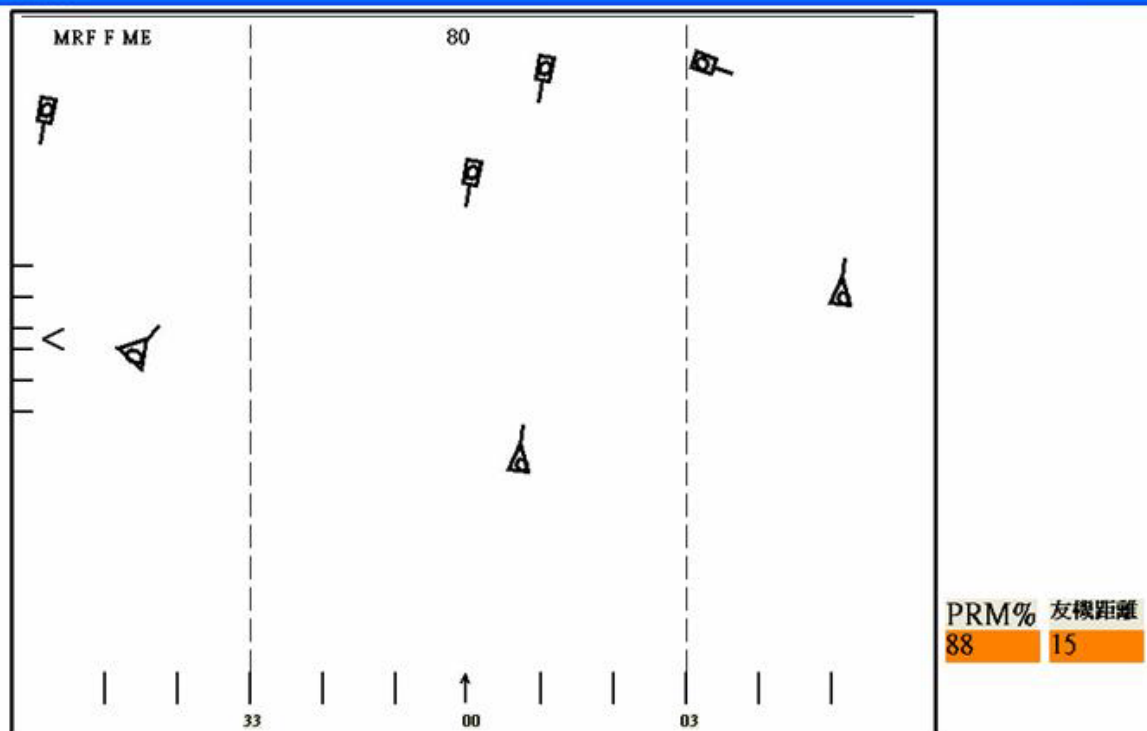


圖 11 無輔助資訊多重作業目標顯示畫面

每一受試者均以隨機之順序分別執行單一作業實驗及多重作業實驗，每一實驗含 9 (敵機位置)  $\times$  3 (飛機數量)  $\times$  3 (敵友佈局)  $\times$  2 (有、無輔助資訊) 共 162 個空戰作業，整個實驗約需 50 分鐘；全部實驗流程如圖 12 所示。

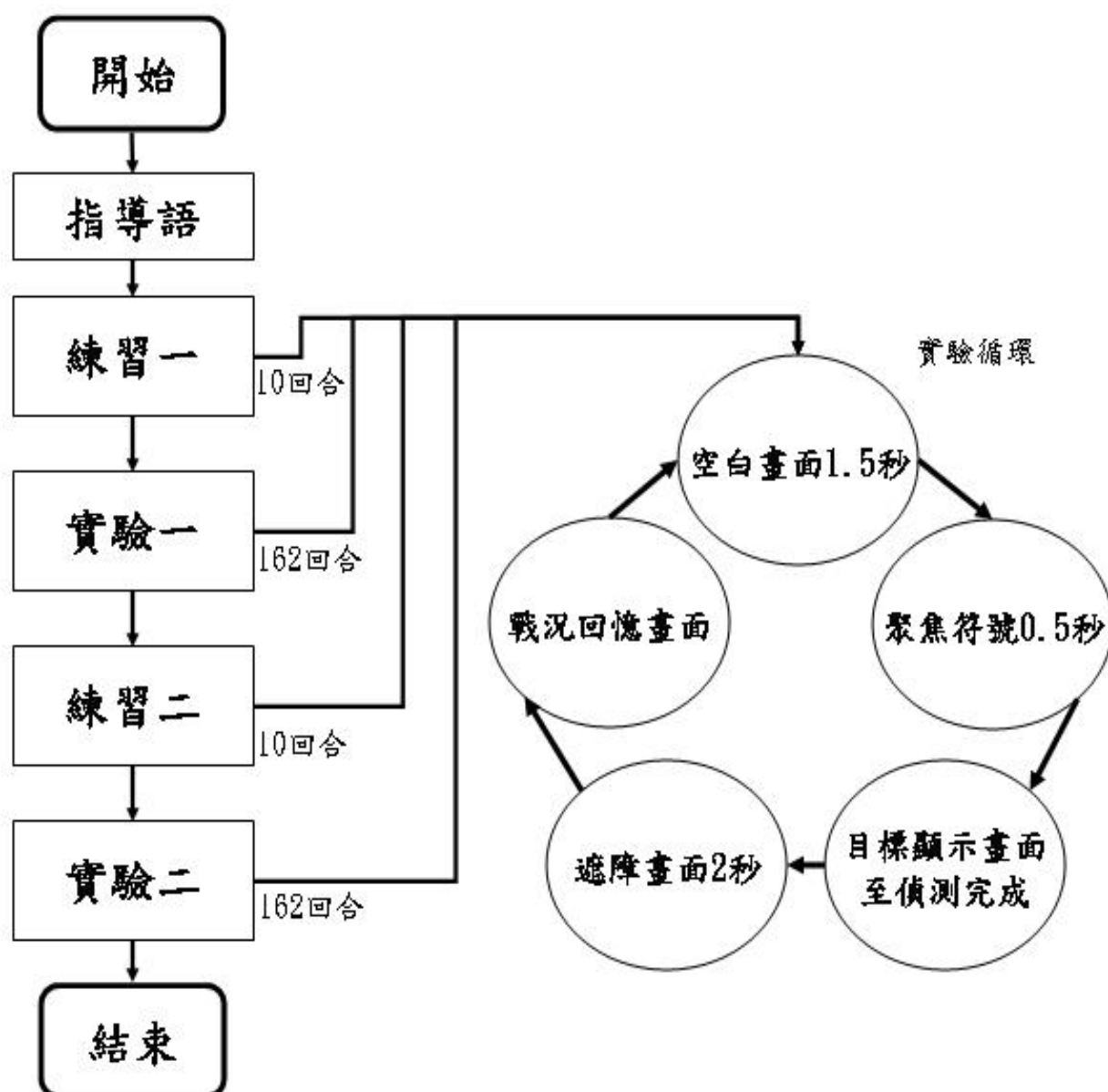


圖 12 全部實驗流程示意圖

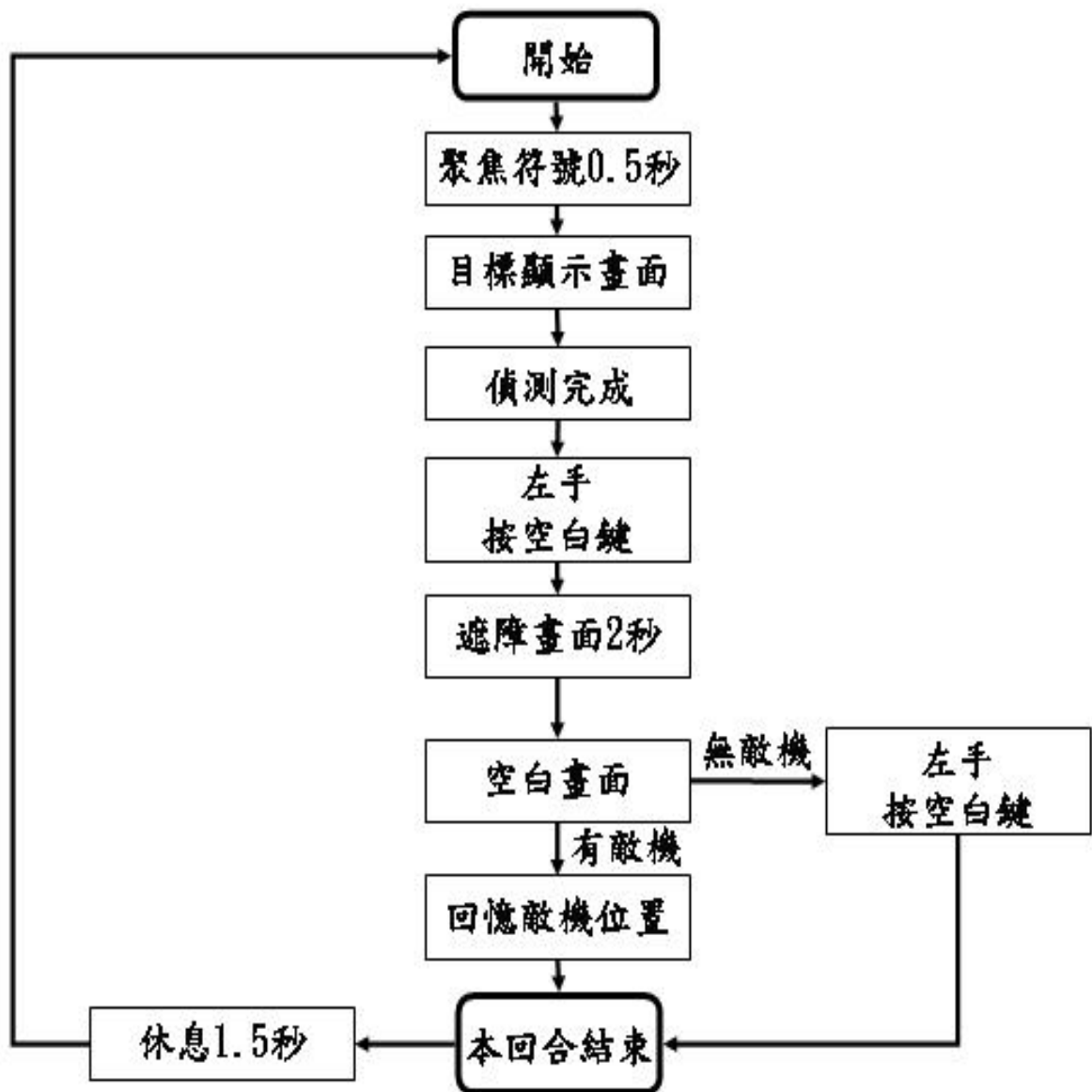


圖 13 單一作業實驗流程示意圖

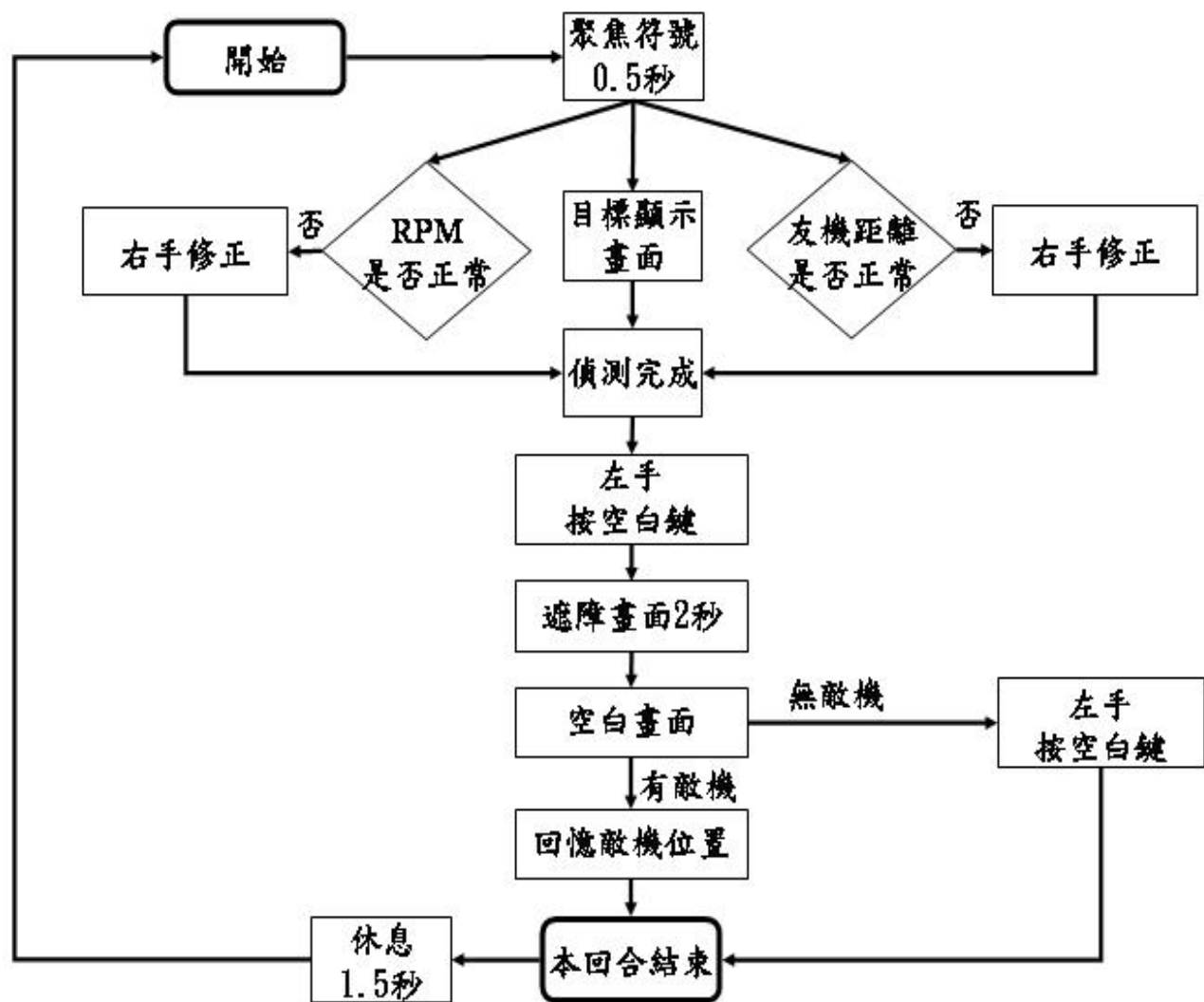


圖 7 多重作業實驗流程示意圖

## 第四章 結果

本研究的目的是在探討正常無外來干擾因素下飛行員注意力的分佈及多重作業與地面輔助資訊對飛行員注意力之影響。研究中的作業係以模擬戰術任務中戰鬥機空用雷達之顯示情況，由受試者自顯示幕的多個目標中偵測出敵機並回憶其所在位置。實驗中 30 位飛行員及 30 位非飛行人員分別在有輔助資訊及無輔助資訊兩種條件下以隨機方式從事單一作業及多重作業兩項實驗。實驗結果分述如下：

### 偵測之正確率

各組受試者之偵測正確率均相當高，單一作業階段為 0.975 至 0.994，平均 0.984，多重作業階段為 0.966 至 0.992，平均 0.979。不論在單一作業或多重作業階段的飛行員與非飛行員、輔助資訊等變項的主效果與交互作用均未達顯著水準，故本研究不另予分析。

各作業階段的偵測正確率平均數、標準差及變異數分析表請參閱附錄二。

### 敵機偵測之反應時間

#### 單一作業之敵機偵測反應時間

飛行員與非飛行員在單一作業情境中當敵機出現時，偵測的反應時間以  $2(\text{組別}) \times 2(\text{資訊輔助}) \times 3(\text{飛機數}) \times 3(\text{佈局}) \times 9(\text{位置})$  重複量數變異數分析進行統計檢驗(表 2)。

其中，組別與資訊輔助為組間變項，飛機數、佈局及位置為組內變項，變異數分析結果(表 3)，飛機數、佈局及位置主效果顯著，飛機數 $\times$ 組別、位置 $\times$ 組別、位置 $\times$ 資訊輔助、飛機數 $\times$ 位置 $\times$ 組別等交互作用顯著，其他效果則不顯著，對有交互作用的變項，我們直接由其最高階交互作用來加以分析。



表 2 飛行員有輔助資訊執行單一作業之偵測反應時間平均數與標準差

	飛機	4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
	數	(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
	佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1	M	138.07	126.13	140.60	129.80	136.00	148.47	145.93	144.00	143.27
(下左)	SE	17.97	21.09	18.86	15.42	20.25	29.73	17.39	16.43	16.77
位置 2	M	132.60	137.33	146.73	140.33	145.53	140.13	136.93	143.73	141.40
(下中)	SE	30.69	24.25	25.93	15.45	33.79	24.78	22.89	24.35	15.47
位置 3	M	150.67	148.20	142.40	142.93	147.13	142.67	140.13	138.87	146.87
(下右)	SE	26.88	17.02	26.77	20.61	23.49	16.17	18.48	16.39	16.83
位置 4	M	139.67	143.40	144.00	148.67	142.27	139.93	145.93	128.47	145.40
(中左)	SE	18.38	24.20	22.34	18.99	23.29	12.37	25.68	17.96	21.28
位置 5	M	134.33	139.87	147.47	133.80	141.80	140.20	138.07	143.20	148.67
(中中)	SE	16.33	28.88	21.74	17.66	12.71	25.71	20.45	16.06	18.90
位置 6	M	141.47	138.93	138.13	141.27	148.00	145.67	140.67	145.33	152.20
(中右)	SE	21.79	13.16	26.44	25.80	16.16	24.50	16.71	21.91	19.12
位置 7	M	157.73	155.67	149.33	151.73	155.40	155.07	162.00	160.67	161.33
(上左)	SE	17.78	13.75	18.53	18.63	16.84	25.55	31.32	21.87	25.97
位置 8	M	152.07	156.20	154.53	159.47	162.73	161.13	158.93	171.87	170.35
(上中)	SE	28.41	19.30	20.52	23.83	18.94	32.42	26.86	19.24	24.57
位置 9	M	156.53	148.27	166.47	172.00	158.40	176.60	166.53	176.93	168.27
(上右)	SE	28.31	22.84	32.41	25.66	32.01	31.99	39.03	27.63	38.64
平均	M	144.79	143.78	147.74	146.67	148.58	149.99	148.35	150.34	153.08
	SE	22.95	20.50	23.73	20.23	21.94	24.80	24.31	20.20	21.95

表 3 飛行員無輔助資訊執行單一作業之偵測反應時間平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1 : 3)			(敵友機比率 1 : 6)			(敵友機比率 1 : 9)		
	佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1	M	143.40	132.87	132.73	133.87	133.40	141.27	142.87	136.80	134.80
(下左)	SE	21.14	15.16	16.20	26.04	14.67	20.60	28.81	26.20	25.54
位置 2	M	128.47	132.40	124.67	127.20	127.80	132.53	136.93	122.73	142.47
(下中)	SE	19.19	16.74	13.84	17.31	17.42	13.94	20.27	15.71	13.64
位置 3	M	142.00	139.93	137.67	145.07	137.47	137.60	135.60	142.07	136.73
(下右)	SE	16.43	16.88	13.48	24.74	23.05	12.59	14.33	20.45	12.74
位置 4	M	136.80	135.47	132.80	140.13	134.00	140.67	133.80	134.87	140.00
(中左)	SE	14.93	22.50	23.58	19.15	18.22	15.20	19.23	23.03	17.95
位置 5	M	137.53	133.00	140.40	139.33	136.00	146.93	134.67	135.40	141.00
(中中)	SE	22.08	17.98	22.41	20.49	17.82	15.03	17.23	16.75	22.18
位置 6	M	136.87	139.47	142.33	131.27	144.73	142.93	136.20	145.13	138.27
(中右)	SE	19.56	20.41	14.21	12.89	23.18	26.60	25.87	18.23	27.64
位置 7	M	150.73	155.47	159.93	160.80	165.73	162.13	161.27	172.00	167.73
(上左)	SE	26.30	19.95	20.90	23.24	21.59	15.99	22.12	17.46	18.68
位置 8	M	161.60	167.27	155.80	165.33	173.33	171.87	179.60	186.13	171.87
(上中)	SE	15.10	16.26	30.24	27.94	16.33	16.38	15.50	8.15	32.30
位置 9	M	161.40	162.93	166.00	170.27	170.07	177.40	182.40	176.93	182.13
(上右)	SE	14.15	18.71	20.12	18.86	17.77	8.54	14.92	27.63	9.96
平均	M	144.31	144.31	143.59	145.92	146.95	150.37	149.26	150.23	150.56
	SE	18.76	18.29	19.44	21.18	18.89	16.10	19.81	19.29	20.07

表 4 非飛行員有輔助資訊執行單一作業之偵測反應時間平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1 : 3)			(敵友機比率 1 : 6)			(敵友機比率 1 : 9)		
	佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1	M	160.23	176.80	158.40	172.13	155.73	183.87	161.67	158.86	161.13
(下左)	SE	47.11	33.69	24.18	44.96	27.48	45.83	23.79	25.49	38.85
位置 2	M	151.47	164.27	145.67	146.51	156.80	160.67	159.87	156.80	167.53
(下中)	SE	32.96	52.30	21.98	29.26	22.62	25.93	29.84	22.79	37.61
位置 3	M	158.13	164.00	166.07	170.67	167.67	164.00	160.01	156.60	168.87
(下右)	SE	22.55	28.65	31.13	34.27	27.74	23.80	25.48	44.20	24.82
位置 4	M	155.79	155.67	169.60	160.07	162.53	180.87	160.00	154.77	165.53
(中左)	SE	20.27	37.32	31.71	36.94	36.92	56.20	37.77	35.73	30.61
位置 5	M	145.92	181.53	156.93	170.87	156.37	161.53	164.00	157.87	166.47
(中中)	SE	23.24	90.18	22.28	57.38	22.88	28.24	54.32	20.05	27.42
位置 6	M	153.07	161.31	163.47	172.85	161.67	170.87	170.93	182.33	166.47
(中右)	SE	31.33	33.72	32.01	34.35	32.83	30.34	28.76	58.24	29.24
位置 7	M	152.67	151.33	141.20	134.13	134.80	134.87	147.47	138.47	145.47
(上左)	SE	22.15	70.11	30.09	25.33	24.98	27.96	22.39	32.07	27.87
位置 8	M	142.20	141.80	136.40	133.73	138.33	139.27	140.67	146.46	142.60
(上中)	SE	17.16	31.17	23.30	32.06	40.33	39.48	32.70	26.85	27.22
位置 9	M	135.47	145.80	147.07	132.80	140.73	137.13	137.13	138.28	136.91
(上右)	SE	29.82	32.17	32.14	34.80	30.26	34.88	32.31	33.51	27.68
平均	M	150.55	160.28	153.87	154.86	152.74	159.23	155.75	154.49	157.89
	SE	27.40	45.48	27.65	36.59	29.56	34.74	31.93	33.21	30.15

表 5 非飛行員無輔助資訊執行單一作業之偵測反應時間平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1 : 3)			(敵友機比率 1 : 6)			(敵友機比率 1 : 9)		
	佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1	M	145.27	147.47	144.33	158.93	141.27	153.93	146.80	142.20	139.87
(下左)	SE	19.72	27.47	24.14	33.75	23.31	40.97	20.16	18.87	28.64
位置 2	M	150.27	141.67	154.00	136.67	155.40	153.67	139.47	141.80	164.67
(下中)	SE	35.99	32.83	30.93	15.60	41.24	38.71	16.99	34.50	50.36
位置 3	M	160.20	169.13	160.73	164.87	172.33	162.67	173.07	161.60	164.33
(下右)	SE	22.46	36.62	23.62	22.25	55.93	38.55	49.13	39.47	35.02
位置 4	M	155.33	153.20	158.73	150.93	154.20	156.53	151.00	152.33	156.73
(中左)	SE	24.44	32.03	18.74	24.18	31.41	35.55	21.00	30.73	42.85
位置 5	M	153.33	145.33	167.53	151.07	176.07	156.47	150.73	163.27	156.20
(中中)	SE	37.83	18.34	48.96	56.90	80.73	29.67	30.17	33.17	24.56
位置 6	M	150.47	163.07	163.20	165.80	171.93	160.00	162.40	172.27	160.60
(中右)	SE	23.90	20.69	30.08	25.44	36.29	24.57	23.19	44.10	23.80
位置 7	M	145.33	150.93	152.31	156.20	156.20	149.00	142.15	151.40	148.33
(上左)	SE	21.28	24.83	26.25	24.36	28.36	15.30	17.21	13.52	16.51
位置 8	M	142.20	161.33	150.27	139.60	148.53	147.73	137.13	151.07	144.40
(上中)	SE	17.16	23.08	23.86	16.53	23.27	27.25	14.56	21.51	14.27
位置 9	M	144.00	148.53	152.60	147.20	152.33	144.40	149.07	147.40	155.53
(上右)	SE	15.38	14.38	17.27	26.34	16.81	16.17	39.85	18.31	14.28
平均	M	149.60	153.41	155.97	152.36	158.70	153.82	150.20	153.70	154.52
	SE	24.24	25.59	27.09	27.26	37.48	29.64	25.81	28.24	27.81

表 6 單一作業偵測反應時間之變異數分析表

	變異來源	SS	df	MS	F	Sig
組間變項	組別(G)	49268.91	1.00	49268.91	2.517	0.118
	資訊輔助(A)	1046.16	1.00	1046.16	0.053	0.818
	G×A	1126.90	1.00	1126.90	0.058	0.811
	誤差 1	1096290.94	56.00	19576.62		
組內變項	飛機數(P)	11495.91	1.97	5822.22	8.577	0.000**
	P×G	8631.74	1.97	4371.63	6.440	0.002**
	P×A	258.06	1.97	130.70	0.193	0.822
	P×G×A	1814.29	1.97	918.87	1.354	0.262
	誤差 2	75058.43	110.57	678.82		
	佈局(C)	9871.89	1.80	5499.43	6.571	0.003**
	C×G	371.20	1.80	206.79	0.247	0.758
	C×A	2019.87	1.80	1125.23	1.344	0.264
	C×G×A	492.77	1.80	274.51	0.328	0.698
	誤差 3	84135.42	100.52	836.97		
(接下頁)						



表 6 單一作業偵測反應時間之變異數分析表(續)

<b>位置(L)</b>	80853.76	3.61	22417.41	8.164	0.000**
<b>L×G</b>	489009.17	3.61	135582.04	49.377	0.000**
<b>L×A</b>	71335.54	3.61	19778.40	7.203	0.000**
<b>L×G×A</b>	11281.71	3.61	3127.95	1.139	0.338
<b>誤差 4</b>	554606.12	201.98	2745.88		
<b>P×C</b>	679.04	2.97	228.86	0.287	0.833
<b>P×C×G</b>	5524.51	2.97	1861.99	2.333	0.077
<b>P×C×A</b>	3758.41	2.97	1266.74	1.587	0.195
<b>P×C×G×A</b>	7031.33	2.97	2369.85	2.970	0.034*
<b>誤差 5</b>	132585.15	166.15	797.98		
<b>P×L</b>	19863.65	5.78	3439.77	1.884	0.086
<b>P×L×G</b>	26964.36	5.78	4669.40	2.558	0.021*
<b>P×L×A</b>	16075.44	5.78	2783.77	1.525	0.172
<b>P×L×G×A</b>	8336.58	5.78	1443.64	0.791	0.573
<b>誤差 6</b>	590288.99	323.38	1825.36		
<b>C×L</b>	19265.92	6.84	2817.49	1.613	0.132
<b>C×L×G</b>	6206.87	6.84	907.71	0.520	0.816
<b>C×L×A</b>	11001.02	6.84	1608.81	0.921	0.488
<b>C×L×G×A</b>	11227.74	6.84	1641.97	0.940	0.474
<b>誤差 7</b>	668765.00	382.93	1746.46		

(接下頁)

表 6 單一作業偵測反應時間之變異數分析表(續)

<b>P×C×L</b>	27087.15	6.69	4049.50	1.225	0.289
<b>P×C×L×G</b>	30974.07	6.69	4630.59	1.400	0.207
<b>P×C×L×A</b>	15792.19	6.69	2360.92	0.714	0.654
<b>P×C×L×G×A</b>	19048.16	6.69	2847.68	0.861	0.533
<b>誤差 8</b>	1238547.45	374.58	3306.46		

• \*p<0.05      \*\*p<0.01

• 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhous e-Geisser 之統計檢定。

與我們預期不符的是飛行員(M=140.735，SE=19.555)與非飛行員(M=152.750，SE=33.145)在敵機偵測速度上並無差異，飛行員的偵測速度比非飛行員快，但未達顯著。此外，資訊輔助的效果也不顯著。在有輔助資訊(M=149.148，SE=32.538)與無輔助資訊(M=144.334，SE=36.810)時，敵機偵測速度上並無差異，且當有敵機時，有輔助資訊的偵測速度反而略慢於無輔助資訊的偵測速度。

**飛機數×位置×組別的交互作用。** 指飛行員與非飛行員在不同飛機數量出現在不同位置時在敵機偵測速度上的差異，表 7 為單一作業階段飛機數×位置×組別之反應時間平均數與標準差；圖 8 顯示非飛行員組的飛機數量×出現位置×受試組別交互作用情形。非飛行員在位置 1 (1597.13ms)至位置 6 (1657.94ms)亦即相對上較近距離時，所使用的敵機偵測時間明顯較位置 7(1478.51ms)至位置 9 (1474.40ms)即遠距的目標為長，目標在近區域(位置 1 至位置 5)時的反應時間沒有差異，但均長過較遠區域(位置 6 至位置 9)的反應時間，顯示非飛行員在雷達畫面上搜尋敵機的模式，是採由上而下的方式進行；由於飛機數×出現位置的交互作用對非飛行員組的偵測時間效果並不顯著，顯示飛機數多少並不影響此遠近距離上的差距。

表 7 單一作業飛機數×出現位置×組別之偵測反應時間平均數與標準差(單位：10ms)

組別		非飛行員組			飛行員組		
飛機數		4 架	7 架	10 架	4 架	7 架	10 架
位置 1	M	155.417	160.978	151.755	135.633	137.134	141.278
(下左)	SE	5.601	7.176	5.107	3.941	3.169	4.557
位置 2	M	151.222	151.619	155.022	133.700	135.589	137.367
(下中)	SE	6.882	5.543	6.596	4.664	4.510	3.975
位置 3	M	163.045	167.033	164.080	143.478	142.144	140.045
(下右)	SE	5.908	7.178	6.874	4.109	3.703	3.123
位置 4	M	158.220	160.856	156.729	138.689	140.945	138.078
(中左)	SE	5.652	7.696	6.834	3.956	3.518	4.304
位置 5	M	158.431	162.062	159.756	138.767	139.678	140.167
(中中)	SE	8.575	9.026	6.259	4.249	3.651	3.977
位置 6	M	159.097	167.187	169.167	139.534	142.311	142.967
(中右)	SE	4.610	6.606	7.135	3.631	4.430	3.654
位置 7	M	148.964	144.201	145.547	153.811	158.478	164.167
(上右)	SE	6.909	5.265	4.314	2.833	3.724	4.942
位置 8	M	145.000	141.200	143.722	157.912	165.645	173.126
(上中)	SE	4.756	6.248	4.912	4.442	4.444	4.125
位置 9	M	145.578	142.434	144.055	160.267	170.789	187.745
(上右)	SE	4.987	5.745	6.162	4.240	3.937	14.878
平均	M	153.886	155.285	154.426	144.643	148.079	151.660
	SE	5.986	6.720	6.021	4.007	3.898	5.282

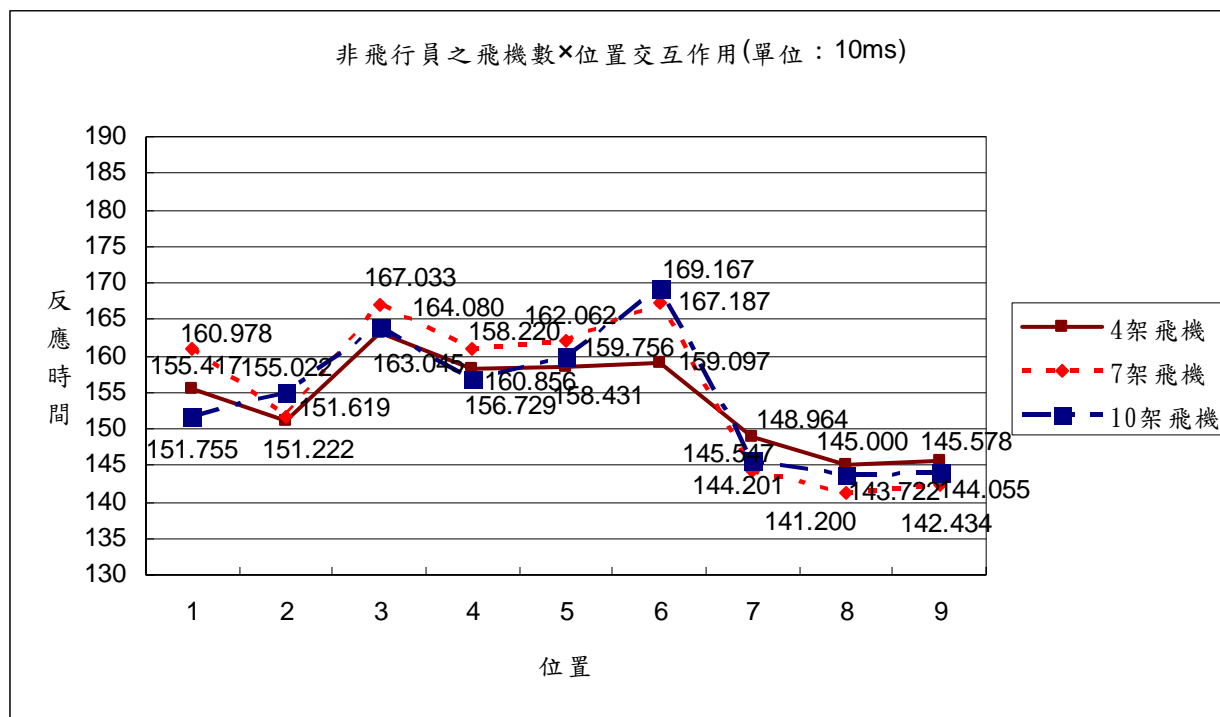


圖 15 非飛行員組單一作業偵測反應時間之飛機數×位置交互作用

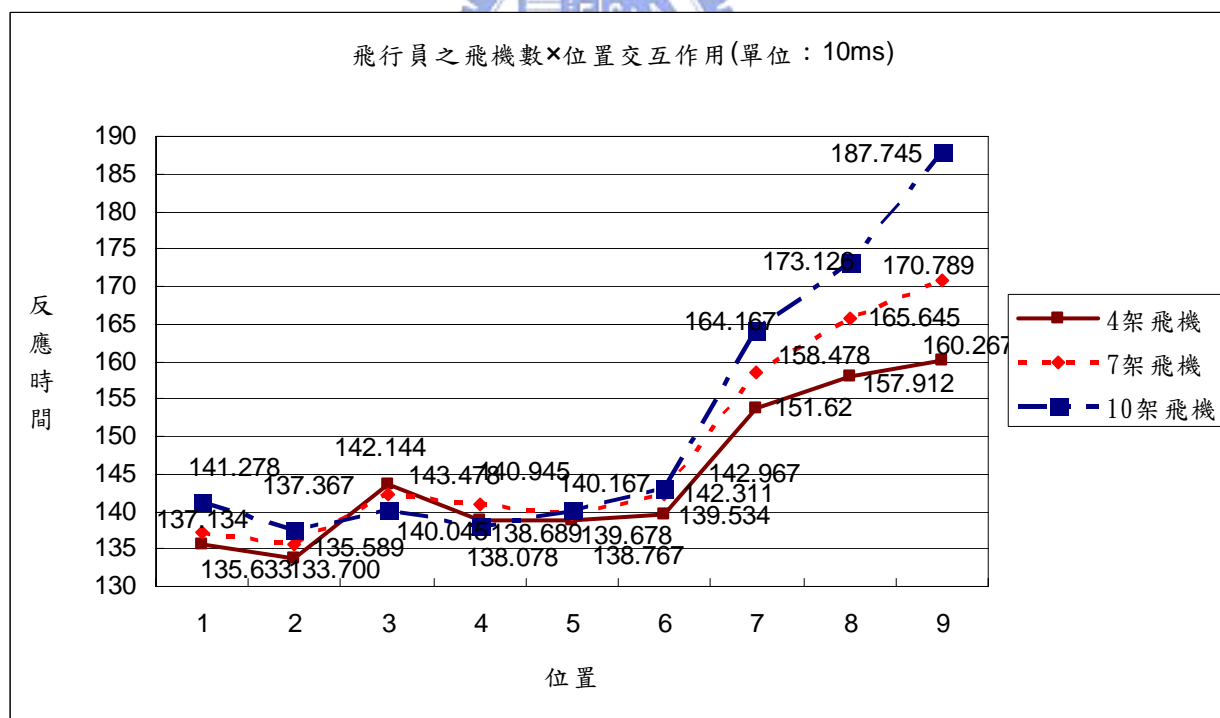


圖 16 飛行員組單一作業偵測反應時間之飛機數×位置交互作用

圖 16 為飛行員組的飛機數×出現位置×受試組別交互作用。圖中可見與非飛行員完全不同的曲線走向，飛行員在左側位置 1 (1357.22ms)至位置 5 (1375.15ms)所使用的敵機偵測

時間極為穩定，3 種不同數量的飛機所獲得的偵測時間也相近，至位置 6 後偵測時間顯著上升，且隨著飛機數量的增加而上升，4 架飛機(1594.05ms)、7 架飛機(1714.43ms)及 10 架飛機(1832.13ms)的偵測時間，顯示飛行員在處理飛機資訊時的策略與非飛行員不同，偏向序列式的搜索而產生因飛機數量增加引起反應時間增長的結果，相對於非飛行員對視域的搜索策略多採由上方往下方的方式執行，飛行員的注意力優先放置在位置 1 至位置 6 等近距空域以求儘早偵知較近距離的敵機，而對位置 7 至位置 9 等較遠距敵機的注意力分配則採取次優先但仔細監控的方式，因而拉長了偵測時間且反應時間隨飛機總數增加而線性上升。飛行員預先分配注意力資源於近距目標的結果是維持偵知反應時間在快速的水準且可克服友機數量增加的干擾，然而，未獲注意力資源的遠距區域，則對敵機偵知時間隨著飛機數量增加而增加。此一結果支持我們的第一項假設：在戰術環境中，飛行員為能對目標作快速反應，會將較多之注意力資源分配於威脅較高之區域(55 哩以內區域)。

**位置×輔助資訊的交互作用。** 指飛行員與非飛行員在敵機於不同位置出現時，配合使用輔助資訊後對敵機偵測速度之差異，表 8 為偵測反應時間受位置與輔助資訊交互作用後之平均數與標準差。圖 17 顯示在無輔助資訊時，偵測反應時間會隨位置拉遠而上升，而在加入輔助資訊後，各位置的偵測反應時間則可維持在一個穩定的區間。當敵機出現在位置 1—6 等近距離區域時，有輔助資訊時反應時間反而拉長，顯示在這些區域輔助資訊無法發揮其決策支援的功能，而在位置 7—9 等遠距離區域時，輔助資訊則可降低敵機偵測之反應時間明顯較短，顯示使用輔助資訊的整體作業績效獲得改善。



表 8 單一作業位置×輔助資訊之偵測反應時間平均數與標準差(單位：10ms)

		位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6	位置 7	位置 8	位置 9
		(下左)	(下中)	(下右)	(中左)	(中中)	(中右)	(上左)	(上中)	(上右)
無輔助	M	141.782	139.600	152.393	145.419	148.015	151.497	155.982	158.615	164.659
資訊	SE	4.391	4.528	4.868	4.505	5.297	3.959	3.381	2.741	5.674
有輔助	M	135.633	133.700	143.478	138.689	138.767	139.534	153.811	157.912	160.267
資訊	SE	3.941	4.664	4.109	3.956	4.249	3.631	2.833	4.442	4.240

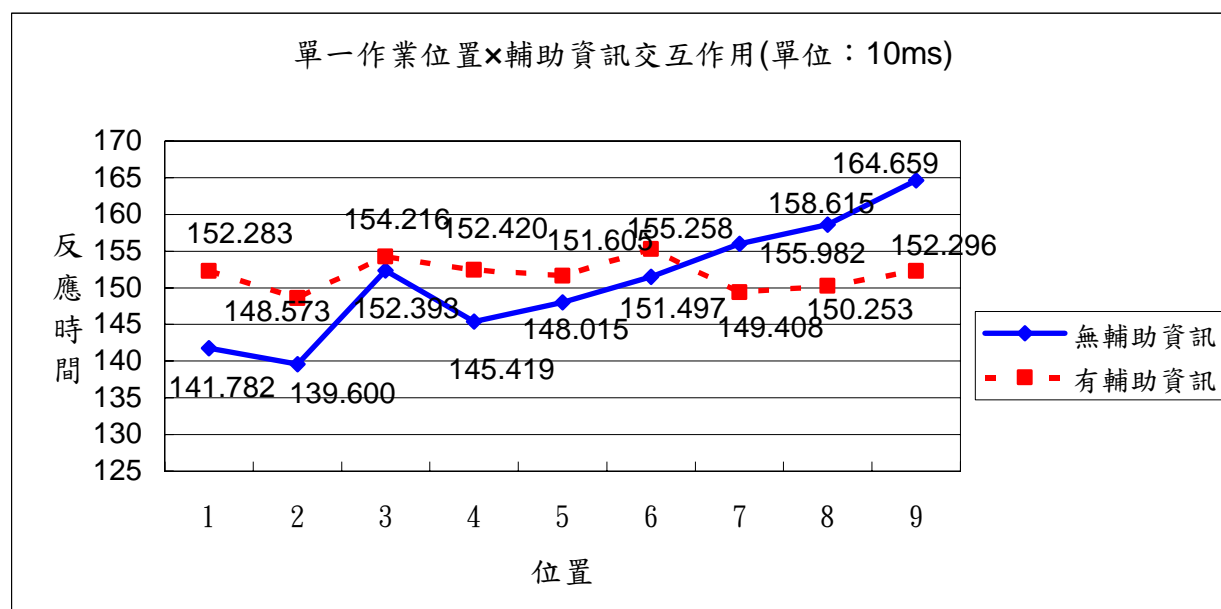


圖 17 單一作業偵測反應時間之位置×輔助資訊交互作用

若進一步分析飛行員與非飛行員間的差異，圖 18—21 顯示在位置 1—6 時，飛行員組使用輔助資訊所得的反應時間幾乎完全相同，而在位置 7—9 則顯著低於無輔助資訊情況。先前在分析敵機出現位置的作用時，已經發現飛行員對近距離區域(位置 1—6)會預作注意力資源的分配，因而使反應時間縮短，對遠距的空域(位置 7—9)則因非屬優先注意區域而往往導致較長的反應時間；此部分的資料顯示，在飛行員已預先投注較多注意力的地方，

輔助資訊所提供的助益有限，但在未事先形成注意力焦點之處，則輔助資訊的幫助就變得相當明顯。非飛行員組的反應時間在各個不同位置呈現上下擺動現象，沒有一穩定的模式，但就各曲線的均值可概略看出非飛行員在有輔助資訊及無輔助資訊之間的差異，普遍的現象是輔助資訊會延緩反應時間。可能的原因或許在於非飛行員對於輔助資訊的內容不熟悉且因個人對敵機的搜索未能形成策略模式，以致於所有新增的資訊都會吸引其注意力而分散原來用以搜尋敵機之注意力資源。此一現象支持我們的第3項假設，在多重任務中輔助資訊可縮短飛行員對目標識別工作所需時間。



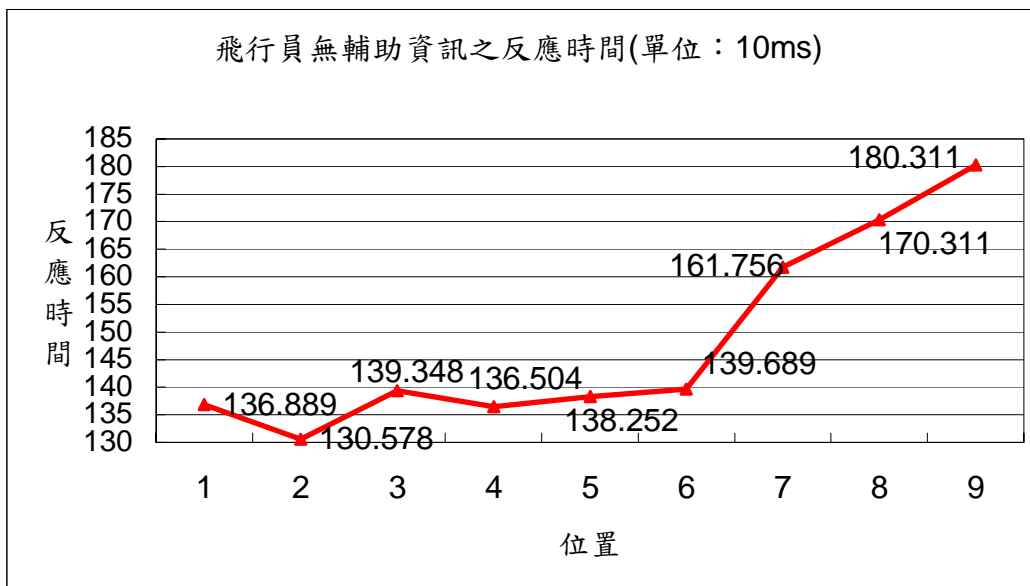


圖 18 飛行員無輔助資訊之單一作業反應時間

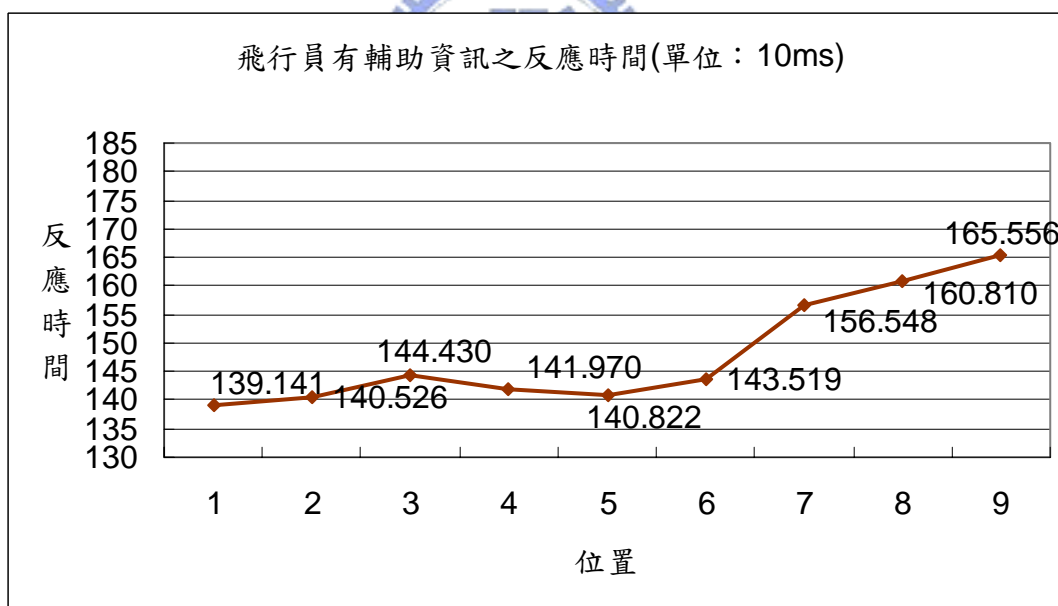


圖 19 飛行員有輔助資訊之單一作業反應時間

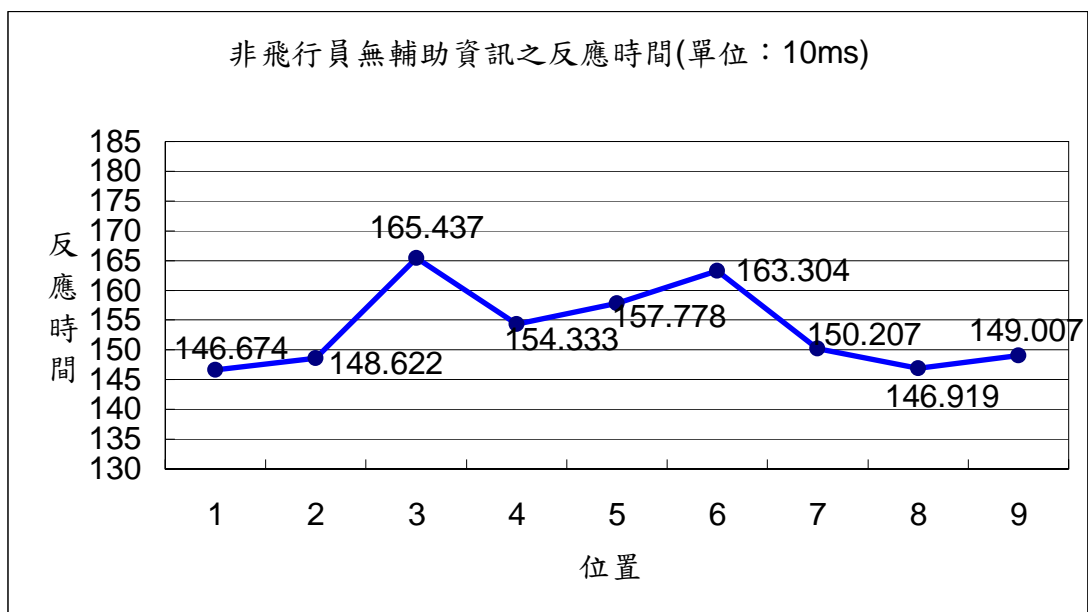


圖 20 飛行員無輔助資訊之單一作業反應時間

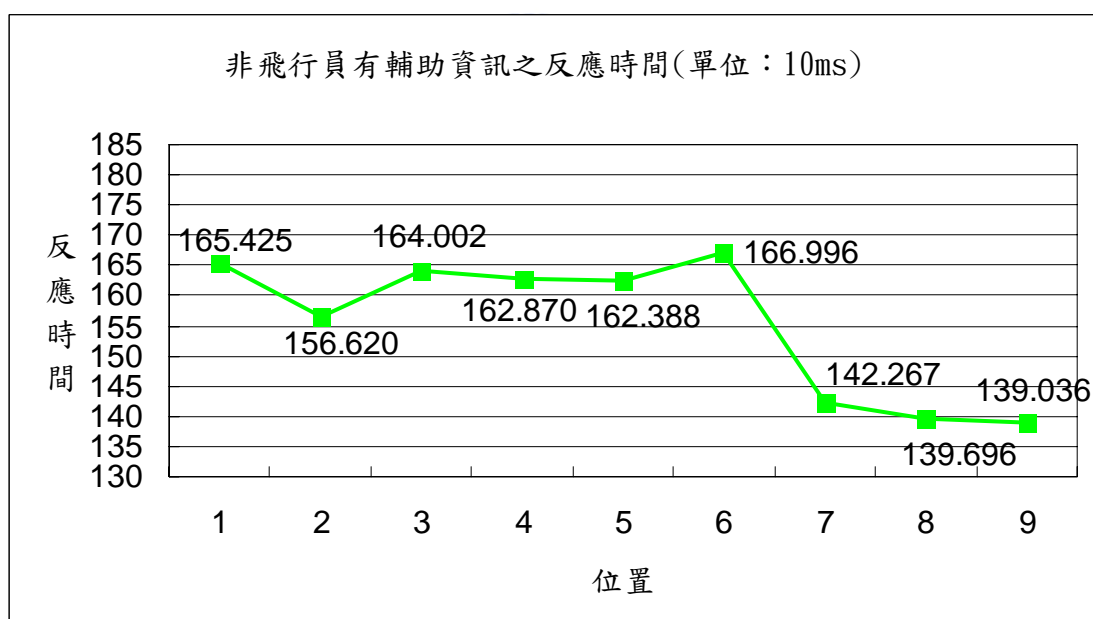


圖 21 非飛行員有輔助資訊之單一作業反應時間

**飛機數×佈局×組別×輔助資訊的交互作用。** 指不同數量飛機採不同佈局方式呈現時，飛行員與非飛行員在有或無輔助資訊情況對敵機偵測速度上的差異。圖 22 及圖 23 分別顯示非飛行員與飛行員在無輔助資訊及有輔助資訊情況下，偵測反應時間受飛機數與佈局影響之情形。實驗結果顯示 3 種佈局中，非飛行員組及飛行員組對敵機在友機編隊群組

內或在群組邊緣的佈局之偵測反應時間曲線均維持概略穩定狀態，變化情況最明顯的是敵機遠離友機編隊群組佈局，在此種佈局時非飛行員組對 7 架飛機的偵測反應時間由無輔助資訊情況的 1586.96ms 遞減至有輔助資訊情況的 1527.38ms，而在飛行員組的同樣情況，4 或 7 架飛機時的偵測時間有、無輔助資訊維持相同，但 10 架飛機時的偵測時間則由原 1583.70ms 遞減至 1503.41ms。對於敵機偵測時間縮減的程度顯示提供輔助資訊對飛行員組的幫助確實比非飛行員組大，此種現象再度支持我們的第二項假說：在多重任務中能利用正確的輔助資訊將可縮短飛行員對目標識別工作所需時間，其作業績效提升的程度會較未經戰術訓練者為高。

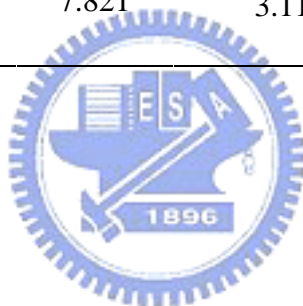
表 9 單一作業飛機數×佈局×組別×輔助資訊之偵測反應時間平均數與標準差(單位：10ms)

組別		非飛行員					
區分		無輔助資訊			有輔助資訊		
飛機數	佈局	群組內	遠離群組	群組邊緣	群組內	遠離群組	群組邊緣
4 架飛機	M	149.600	153.407	155.968	150.082	160.390	153.867
	SE	3.565	4.645	4.890	5.196	6.430	4.499
7 架飛機	M	152.363	158.696	153.822	154.863	152.738	159.230
	SE	4.653	6.003	5.253	6.515	5.107	6.434
10 架飛機	M	150.202	153.704	154.519	155.750	154.494	157.887
	SE	4.336	4.957	5.028	5.369	5.091	5.743



表 10 單一作業飛機數×佈局×組別×輔助資訊之反應時間平均數與標準差(單位：10ms)

組別		飛行員					
區分		無輔助資訊			有輔助資訊		
飛機數	佈局	群組內	遠離群組	群組邊緣	群組內	遠離群組	群組邊緣
4 架飛機	M	144.311	144.311	143.593	144.793	143.778	147.741
	SE	2.842	2.860	2.883	3.490	3.510	4.100
7 架飛機	M	145.919	146.948	150.370	146.667	148.585	149.985
	SE	3.428	2.930	2.607	2.065	3.465	3.746
10 架飛機	M	149.259	158.370	150.556	148.348	150.341	153.084
	SE	2.433	7.821	3.117	3.328	3.003	3.985



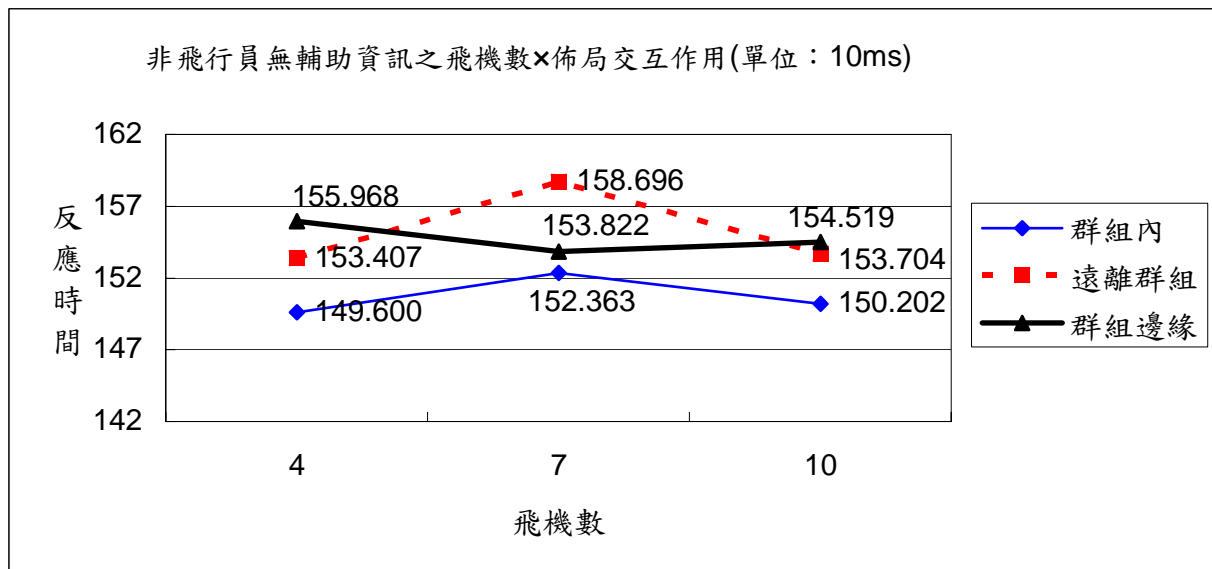


圖 22 非飛行員組單一作業無輔助資訊之飛機數×佈局交互作用

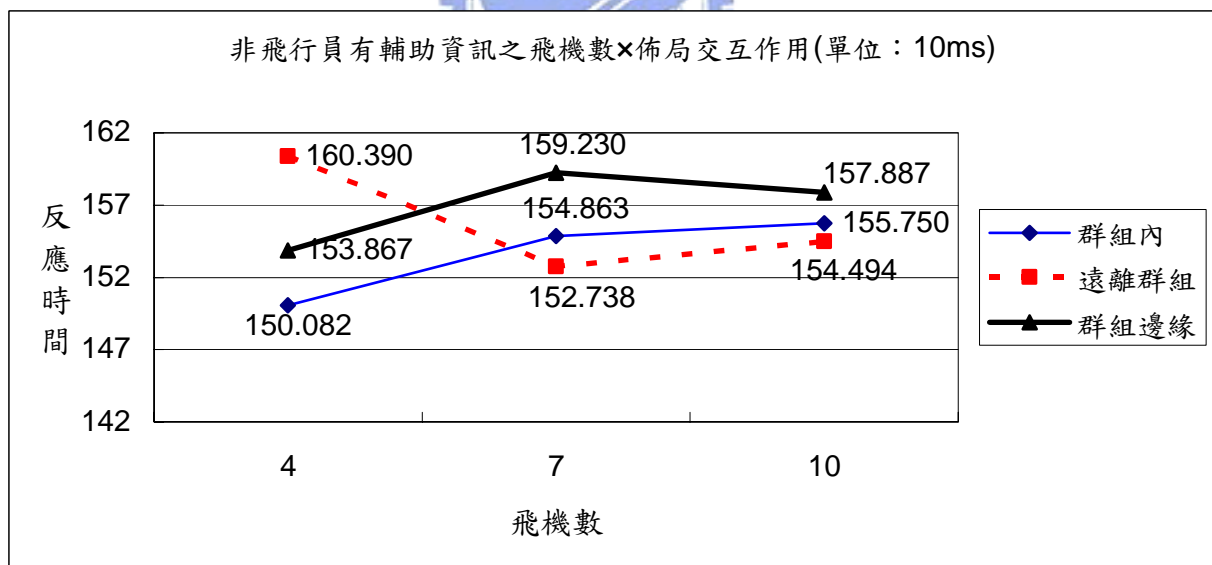


圖 23 非飛行員組單一作業有輔助資訊之飛機數×佈局交互作用

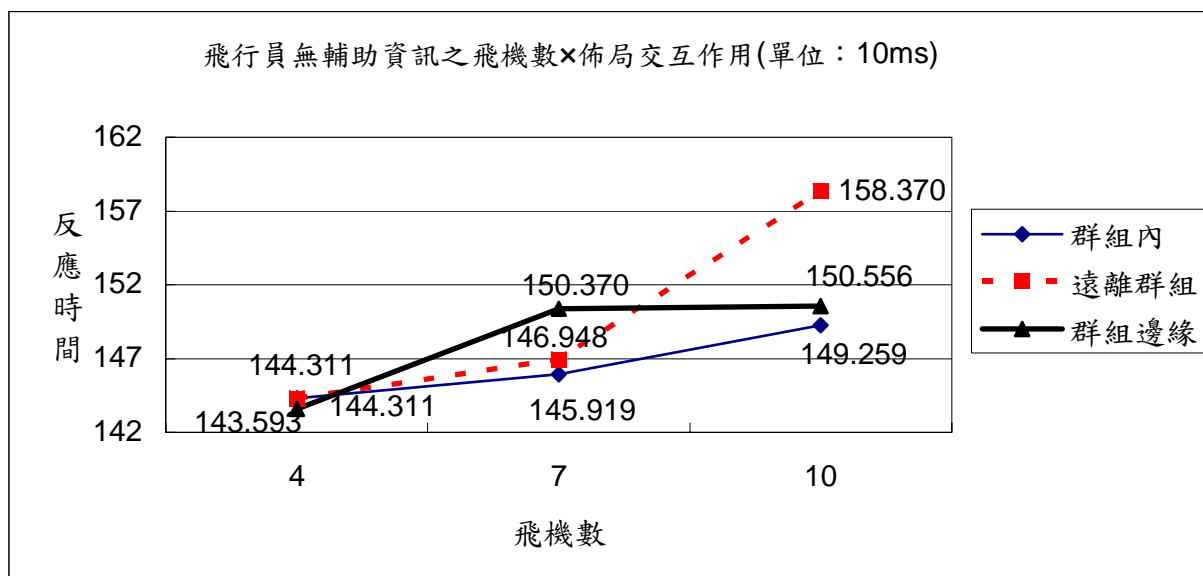


圖 24 飛行員組單一作業無輔助資訊之飛機數×佈局交互作用

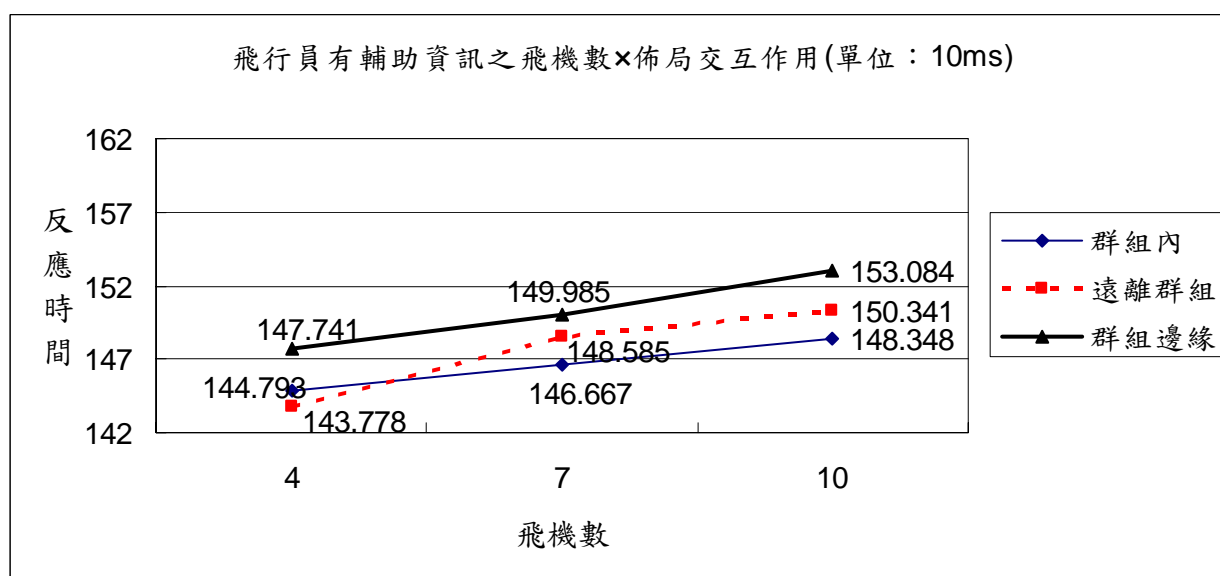


圖 25 飛行員組單一作業有輔助資訊之飛機數×佈局交互作用

### 多重作業之敵機偵測反應時間

飛行員與非飛行員在多重作業情境中對敵機偵測的反應時間(表 11)以 2(組別)×2(資訊輔助)×3(飛機數)×3(佈局)×9(位置)重複量數變異數分析進行統計檢驗。其中，組別與資訊輔助為組間變項，飛機數、佈局及位置為組內變項。變異數分析結果(表 12)，飛機數、位置及組別主效果顯著，飛機數×組別、位置×組別、位置×資訊輔助等交互作用顯著，對有

交互作用的變項，我們直接由其最高階交互作用來加以分析。

表 11 多重作業偵測反應時間平均數與標準差(單位：10ms)

組別	飛行員		非飛行員	
輔助資訊	無	有	無	有
M	124.733	134.333	152.200	187.067
SE	22.642	23.687	36.752	49.929

表 12 多重作業偵測反應時間之變異數分析表

	變異來源	SS	df	MS	F	Sig
組間變項	組別(G)	181356.469	1.00	181356.469	6.756	0.012*
	資訊輔助(A)	18240.192	1.00	18240.192	0.679	0.413
	G×A	52568.597	1.00	52568.597	1.958	0.167
	誤差 1	1503306.174	56.00	26844.753		
組內變項	飛機數(P)	8950.245	1.838	4868.995	4.843	0.012*
	P×G	19945.905	1.838	10850.711	10.793	0.000**
	P×A	4563.369	1.838	2482.504	2.469	0.094
	P×G×A	2119.174	1.838	1152.845	1.147	0.318
	誤差 2	103490.316	102.940	1005.347		

(接下頁)

表 12 多重作業偵測反應時間之變異數分析表(續)

<b>佈局(C)</b>	6016.232	1.996	3014.005	2.791	0.066
<b>C×G</b>	1286.901	1.996	644.710	0.597	0.552
<b>C×A</b>	536.768	1.996	268.910	0.249	0.780
<b>C×G×A</b>	1221.759	1.996	612.076	0.567	0.569
<b>誤差 3</b>	120732.229	111.781	1080.077		
<b>位置(L)</b>	101114.403	4.528	22328.695	7.916**	0.000
<b>L×G</b>	542787.058	4.528	119861.528	42.495**	0.000
<b>L×A</b>	77623.313	4.528	17141.250	6.077**	0.000
<b>L×G×A</b>	13687.508	4.528	3022.558	1.072	0.374
<b>誤差 4</b>	715281.450	253.593	2820.585		
<b>P×C</b>	252.968	3.363	75.227	0.084	0.977
<b>P×C×G</b>	896.019	3.363	266.455	0.298	0.848
<b>P×C×A</b>	3531.406	3.363	1050.158	1.174	0.322
<b>P×C×G×A</b>	661.600	3.363	196.744	0.220	0.901
<b>誤差 5</b>	168414.356	188.313	894.330		
<b>P×L</b>	26357.327	6.562	4016.914	1.893	0.074
<b>P×L×G</b>	24621.058	6.562	3752.303	1.768	0.098
<b>P×L×A</b>	16949.167	6.562	2583.090	1.217	0.294
<b>P×L×G×A</b>	10237.078	6.562	1560.153	0.735	0.634
<b>誤差 6</b>	779768.116	367.449	2122.114		

(接下頁)

表 12 多重作業偵測反應時間之變異數分析表(續)

<b>C×L</b>	16349.913	6.482	2522.316	1.092	0.367
<b>C×L×G</b>	15334.180	6.482	2365.618	1.024	0.412
<b>C×L×A</b>	16720.493	6.482	2579.486	1.116	0.352
<b>C×L×G×A</b>	15123.297	6.482	2333.085	1.010	0.421
<b>誤差 7</b>	838683.607	362.998	2310.438		
<b>P×C×L</b>	40905.405	6.775	6037.453	1.258	0.272
<b>P×C×L×G</b>	26925.574	6.775	3974.093	0.828	0.561
<b>P×C×L×A</b>	19583.799	6.775	2890.480	0.602	0.749
<b>P×C×L×G×A</b>	35775.279	6.775	5280.270	1.100	0.362
<b>誤差 8</b>	1821085.334	379.415	4799.714		

• \* $p < 0.05$       \*\* $p < 0.01$

• 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhouse-Geisser 之統計檢定。

**組別。** 飛行員( $M=129.533$ ， $SE=23.285$ )與非飛行員( $M=169.633$ ， $SE=46.583$ )在多重作業模式下當有敵機時對敵機偵測速度上的差異顯著，飛行員的偵測速度明顯快過非飛行員，顯示在多重作業階段，飛行員較能兼顧雙重任務，而非飛行員則因雙重任務而使得對敵機偵測的反應速度明顯降低，此一結果支持第二項假設：接受過戰術訓練之飛行員較能較有效的分配注意力資源，因此在雙重任務中對目標識別工作之績效受影響程度會比未經戰術訓練者為低。

**資訊輔助。** 主效果並不顯著。當有敵機時，有輔助資訊的偵測速度( $M=162.568$ ， $SE=33.948$ )甚至略慢於無輔助資訊的偵測速度( $M=138.465$ ， $SE=29.695$ )。



**位置×組別的交互作用。** 指飛行員與非飛行員在敵機出現於不同位置時對其偵測反應速度之差異，圖 26 顯示多重作業中飛行員與非飛行員對不同位置出現敵機之偵測時間分佈情況。實驗結果顯示非飛行員在位置 7 至位置 9 時有較短的偵測反應時間，而飛行員則在位置 1 至位置 6 為反應較快的區域，此結果與單一作業時相似。顯示飛行員可能是以敵機之威脅為考量，經由持續的戰術訓練在長期記憶中形成習慣與反射式動作，因此會在不自覺的情況下自動將注意力優先調派至威脅等級較高的範圍。

表 13 多重作業位置×組別之偵測反應時間平均數與標準差(單位：10ms)

		位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6	位置 7	位置 8	位置 9
		(下左)	(下中)	(下右)	(中左)	(中中)	(中右)	(上左)	(上中)	(上右)
飛行員	M	138.367	131.733	141.737	138.367	135.405	139.165	158.033	166.674	169.771
	SE	3.069	3.016	3.541	3.238	2.960	2.677	2.729	2.885	2.829
非飛行員	M	162.184	155.363	169.820	162.285	162.265	173.711	149.130	146.610	147.840
	SE	5.375	7.398	6.595	6.983	9.755	9.786	6.344	6.051	6.365

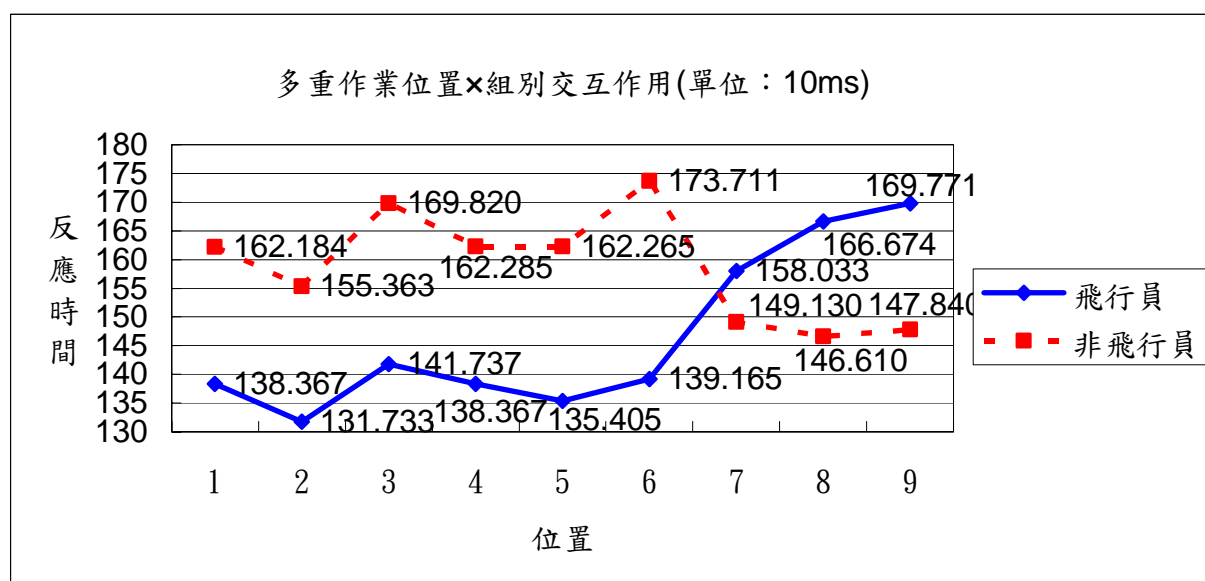


圖 26 多重作業偵測反應時間之位置×組別交互作用

**位置×輔助資訊的交互作用。** 指敵機出現於不同位置時有或無輔助資訊對敵機偵測反應時間之差異，圖 27 顯示在多重作業模式下，輔助資訊與敵機出現位置的交互作用對偵測時間之影響。由圖 27 可知輔助資訊在位置 1 至位置 6 等近距離區域造成偵測時間增長，而在位置 7 至位置 9 等遠距離區域則可減短偵測時間。在位置 5 時，不論有或無輔助資訊，其偵測反應時間均相同，可能係因聚焦符號所在，使得受試者的注意力於每回合實驗初期均集中在此一區域，因而造成反應時間概等之情況。

表 14 多重作業位置×輔助資訊之偵測反應時間平均數與標準差(單位：10ms)

		位置 1 (下左)	位置 2 (下中)	位置 3 (下右)	位置 4 (中左)	位置 5 (中中)	位置 6 (中右)	位置 7 (上左)	位置 8 (上中)	位置 9 (上右)
無輔助資訊	M	144.041	138.817	151.033	146.230	148.249	149.726	157.271	159.856	161.572
	SE	3.962	4.061	3.900	4.616	6.571	5.100	4.309	3.709	3.176
有輔助資訊	M	156.510	148.279	160.524	154.422	149.421	163.150	149.893	153.429	156.039
	SE	4.482	6.353	6.236	5.605	6.143	7.364	4.764	5.228	6.018

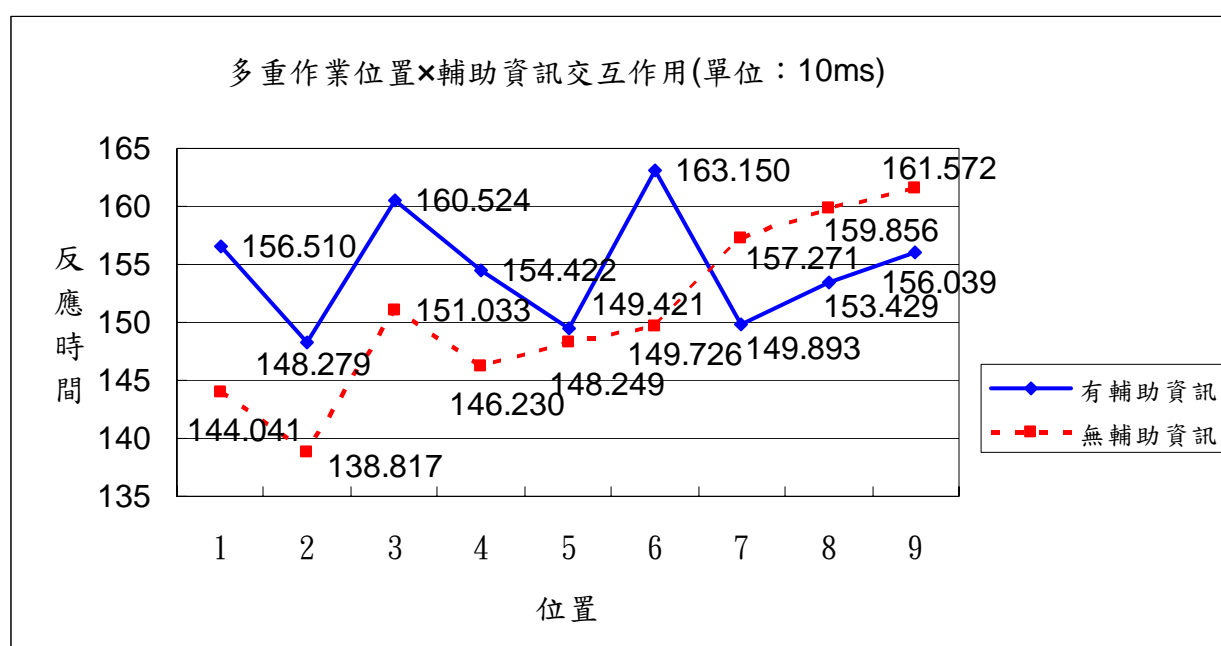


圖 27 多重作業偵測反應時間之位置×輔助資訊交互作用

就上述對偵測反應時間的實驗結果可知，飛行員的偵測反應時間一般均較非飛行員短且穩定，對外界輸入因素改變的受影響程度較低。飛行員對於中、近距離的敵機較能早期發現，而非飛行員則是較早偵測遠處的敵機。在多重作業中，飛行員較能維持主作業績效，長期接受戰術訓練使其較能有效分配與管理注意力資源並優先將其配置於適當區域以利提早偵測敵機，掌握威脅。輔助資訊確能適度提升作業績效，但其輔助效果必須在任務負荷較重、注意力資源被迫在複雜環境中作分享時才變得明顯。

### 單一作業之戰況回憶誤差量

飛行員與非飛行員在單一作業情境中當敵機出現時，對戰況回憶之誤差量(表 15—18)以 2(組別) $\times$ 2(資訊輔助) $\times$ 3(飛機數) $\times$ 3(佈局) $\times$ 9(位置)重複量數變異數分析進行統計檢驗。其中，組別與資訊輔助為組間變項，飛機數、佈局及位置為組內變項，變異數分析結果(表 19)，輔助資訊、飛機數、位置及佈局主效果顯著，飛機數 $\times$ 組別、位置 $\times$ 組別、位置 $\times$ 資訊輔助等交互作用顯著，對有交互作用的變項，我們直接由其最高階交互作用來加以分析。



表 15 飛行員有輔助資訊執行單一作業之戰況回憶誤差量平均數與標準差

飛機數		4 架飛機 (敵友機比率 1 : 3)			7 架飛機 (敵友機比率 1 : 6)			10 架飛機 (敵友機比率 1 : 9)		
佈局		群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1 (下左)	M	331.30	743.78	340.32	661.30	471.31	378.41	415.34	486.03	340.55
	SE	160.14	920.62	155.22	1144.53	162.99	215.25	70.86	182.67	119.59
位置 2 (下中)	M	567.05	341.41	408.76	480.38	383.97	404.40	519.13	379.68	339.53
	SE	226.33	245.54	232.79	164.37	192.53	283.49	198.77	177.68	160.97
位置 3 (下右)	M	527.62	538.98	499.22	574.92	608.20	329.96	511.18	541.78	445.11
	SE	199.81	177.01	154.31	1016.86	230.79	148.37	250.15	233.35	278.96
位置 4 (中左)	M	928.00	408.88	353.99	478.20	383.03	353.87	529.20	355.02	417.36
	SE	1352.27	365.86	186.80	184.43	194.43	137.70	152.00	191.98	207.92
位置 5 (中中)	M	376.89	487.59	487.33	395.34	417.59	491.75	339.35	510.79	517.68
	SE	282.56	209.59	290.34	241.59	146.60	281.86	158.16	208.56	341.32
位置 6 (中右)	M	830.37	479.69	654.49	835.42	347.29	466.42	465.63	387.42	435.94
	SE	924.11	204.98	1164.54	1089.37	144.94	209.20	292.93	171.87	233.46
位置 7 (上左)	M	323.95	410.10	418.82	351.78	414.17	652.65	352.52	461.49	384.75
	SE	201.20	143.36	315.76	492.54	147.74	1117.52	172.34	210.62	231.88
位置 8 (上中)	M	460.12	578.73	380.08	426.94	467.41	393.73	424.52	547.00	419.68
	SE	265.63	192.99	200.71	329.10	138.86	194.05	348.12	419.87	211.73
位置 9 (上右)	M	405.14	580.88	367.86	367.85	501.61	411.82	302.55	531.93	442.24
	SE	210.19	332.00	239.61	140.92	273.75	220.77	150.51	117.04	412.20
平均	M	527.83	507.78	434.54	508.01	443.84	431.45	428.82	466.79	415.87
	SE	424.69	310.22	326.68	533.75	181.40	312.02	199.31	212.63	244.23

表 16 飛行員無輔助資訊執行單一作業之戰況回憶誤差量平均數與標準差

		飛機		4 架飛機		7 架飛機			10 架飛機		
		數	(敵友機比率 1：3)		(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)			
		佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1	M		316.83	547.32	319.68	366.04	465.04	334.01	354.38	480.07	351.66
(下左)	SE		168.00	290.36	172.53	128.22	216.39	192.82	113.77	212.63	112.78
位置 2	M		511.58	337.28	293.94	456.71	340.34	264.91	498.57	353.90	321.47
(下中)	SE		205.83	218.48	114.17	166.37	168.56	176.20	133.64	301.84	179.76
位置 3	M		397.88	514.52	355.10	375.37	674.46	369.28	410.57	475.00	354.16
(下右)	SE		158.73	135.98	205.27	154.57	831.06	185.73	191.78	103.82	145.90
位置 4	M		513.98	332.14	305.86	433.73	232.12	365.74	492.02	378.00	340.29
(中左)	SE		198.30	178.97	118.53	144.46	117.56	178.70	209.91	219.17	161.56
位置 5	M		263.15	453.41	272.89	330.28	451.81	225.00	267.41	460.32	379.16
(中中)	SE		116.08	126.28	153.21	210.32	144.48	115.55	109.58	249.11	190.38
位置 6	M		546.91	421.00	347.36	593.27	335.53	345.52	520.07	385.92	335.57
(中右)	SE		213.42	255.71	141.86	185.42	153.79	154.73	150.47	158.66	156.46
位置 7	M		271.24	398.24	306.45	267.05	423.81	348.25	234.70	364.65	329.37
(上左)	SE		152.82	187.84	136.12	136.63	136.92	118.42	114.87	143.48	174.86
位置 8	M		445.36	431.59	296.02	381.82	438.22	363.55	319.63	458.83	297.24
(上中)	SE		200.66	169.95	137.06	182.02	138.43	166.22	138.28	161.24	100.72
位置 9	M		425.57	436.06	285.48	318.21	438.96	335.27	294.04	452.98	272.30
(上右)	SE		284.05	125.14	118.90	192.33	178.81	105.36	166.45	137.51	109.51
平均	M		410.28	430.17	309.20	391.39	422.25	327.95	376.82	423.30	331.25
	SE		188.66	187.63	144.18	166.70	231.78	154.86	147.64	187.50	147.99

表 17 非飛行員有輔助資訊執行單一作業戰況回憶誤差量平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	378.43	561.04	356.49	369.55	497.30	395.25	381.63	477.92	382.17
(下左)	SE	136.13	154.41	128.31	140.41	151.10	163.00	154.89	109.95	226.92
位置 2	M	590.80	344.98	316.96	513.19	379.17	257.63	501.57	311.24	358.08
(下中)	SE	149.90	122.57	123.06	177.29	113.12	114.32	160.12	144.31	177.08
位置 3	M	401.90	583.22	414.30	301.96	522.98	371.35	365.52	491.54	349.43
(下右)	SE	175.12	98.69	145.70	100.71	132.84	163.50	157.74	179.94	164.97
位置 4	M	488.52	365.95	293.12	462.37	218.59	308.81	436.66	338.35	358.25
(中左)	SE	153.69	185.75	86.74	119.14	123.00	107.95	160.52	95.46	119.54
位置 5	M	419.37	539.43	398.16	389.20	501.42	412.25	298.40	535.84	395.13
(中中)	SE	211.09	168.97	219.07	239.96	130.83	253.36	102.50	211.12	173.97
位置 6	M	619.63	408.16	290.35	557.47	373.64	381.01	792.18	416.04	374.32
(中右)	SE	147.63	197.57	140.37	214.17	176.75	149.40	1287.06	155.24	227.21
位置 7	M	322.90	416.71	350.96	268.05	878.55	386.93	282.35	407.95	347.90
(上左)	SE	97.37	165.69	177.10	133.21	1689.05	176.53	179.48	173.17	120.05
位置 8	M	461.35	479.29	651.20	346.58	380.27	338.89	342.39	401.71	401.09
(上中)	SE	197.23	143.12	1289.72	137.38	157.61	105.59	161.08	152.63	144.19
位置 9	M	823.39	463.87	321.67	823.92	482.46	349.31	251.15	454.14	374.60
(上右)	SE	1710.59	123.50	96.51	1713.03	171.71	175.45	137.28	147.62	169.07
平均	M	500.70	462.52	377.02	448.03	470.49	355.71	405.76	426.08	371.22
	SE	330.97	151.14	267.40	330.59	316.22	156.57	277.85	152.16	169.22



表 18 非飛行員無輔助資訊執行單一作業之戰況回憶誤差量平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	330.53	517.57	351.50	360.08	533.77	415.05	360.32	548.37	352.87
(下左)	SE	144.97	164.33	186.24	164.15	169.09	187.79	150.83	181.59	164.42
位置 2	M	516.43	284.84	340.72	457.48	316.20	329.55	483.82	314.63	337.40
(下中)	SE	123.03	124.11	159.03	190.66	122.47	124.24	98.08	103.06	142.77
位置 3	M	432.06	509.18	372.54	331.46	506.98	402.78	393.48	542.25	421.42
(下右)	SE	147.64	143.00	167.16	94.17	144.98	184.43	97.88	236.24	168.08
位置 4	M	496.63	304.40	265.71	519.20	196.59	324.33	524.01	328.83	342.19
(中左)	SE	149.33	150.36	98.61	156.14	107.84	139.67	145.82	107.54	222.01
位置 5	M	295.76	468.11	350.55	274.96	502.00	303.28	314.23	484.41	398.66
(中中)	SE	139.07	131.21	177.49	122.61	181.24	153.71	170.52	125.27	135.78
位置 6	M	540.01	365.07	256.87	605.25	327.72	351.20	397.63	344.98	368.93
(中右)	SE	175.66	126.25	119.73	220.70	190.06	116.03	236.30	111.00	180.99
位置 7	M	247.62	393.16	339.99	234.67	412.27	356.38	284.54	396.83	306.29
(上左)	SE	121.34	114.72	125.54	140.60	147.87	152.74	137.09	115.63	85.42
位置 8	M	424.64	478.86	330.87	566.83	351.11	317.24	304.79	424.80	450.90
(上中)	SE	191.62	187.40	105.39	968.77	107.79	123.16	132.04	80.07	165.84
位置 9	M	329.23	420.65	339.40	391.85	386.26	372.54	323.88	496.61	323.78
(上右)	SE	143.10	136.40	118.19	238.66	155.43	132.88	120.72	116.48	105.65
平均	M	401.43	415.76	327.57	415.76	392.54	352.48	376.30	431.30	366.94
	SE	148.42	141.97	139.71	255.16	147.42	146.07	143.25	130.77	152.33

表 19 單一作業戰況回憶誤差量之變異數分析表

	變異來源	SS	df	MS	F	Sig
組間變項	組別(G)	304317.416	1.000	304317.416	0.378	0.541
	資訊輔助(A)	4221528.478	1.000	4221528.478	5.238	0.026*
	G×A	593605.460	1.000	593605.460	0.737	0.395
	誤差 1	43519196.477	54.000	805911.046		
組內變項	飛機數(P)	439193.300	1.701	258264.069	3.379	0.046*
	P×G	27008.793	1.701	15882.302	0.208	0.777
	P×A	513324.020	1.701	301856.039	3.950	0.029*
	P×G×A	4568.033	1.701	2686.195	0.035	0.947
	誤差 2	7018232.646	91.830	76426.203		
	佈局(C)	5175242.133	1.993	2597120.451	16.621	0.000**
	C×G	116.398	1.993	58.413	0.000	1.000
	C×A	187686.084	1.993	94187.548	0.603	0.549
	C×G×A	297158.616	1.993	149124.756	0.954	0.388
	誤差 3	16814273.566	107.605	156259.262		
(接下頁)						

表 19 單一作業戰況回憶誤差量之變異數分析表(續)

<b>位置(L)</b>	3291705.951	5.238	628441.403	3.710	0.002**
<b>L×G</b>	917066.712	5.238	175083.285	1.034	0.399
<b>L×A</b>	734055.470	5.238	140143.396	0.827	0.536
<b>L×G×A</b>	392011.812	5.238	74841.574	0.442	0.827
<b>誤差 4</b>	47905828.630	282.846	169370.728		
<b>P×C</b>	812111.647	2.849	285021.350	2.909	0.039*
<b>P×C×G</b>	59336.194	2.849	20824.824	0.213	0.879
<b>P×C×A</b>	47015.451	2.849	16500.696	0.168	0.910
<b>P×C×G×A</b>	301512.204	2.849	105819.705	1.080	0.358
<b>誤差 5</b>	15077773.737	153.862	97995.270		
<b>P×L</b>	1520585.928	6.467	235124.518	1.057	0.390
<b>P×L×G</b>	1125438.461	6.467	174023.823	0.782	0.593
<b>P×L×A</b>	838197.786	6.467	129608.493	0.583	0.757
<b>P×L×G×A</b>	1340448.973	6.467	207270.377	0.932	0.477
<b>誤差 6</b>	77677831.064	349.226	222428.423		
<b>C×L</b>	19855090.000	6.730	2950022.580	12.250	0.000**
<b>C×L×G</b>	2087674.603	6.730	310181.783	1.288	0.257
<b>C×L×A</b>	898608.329	6.730	133513.112	0.554	0.786
<b>C×L×G×A</b>	2107589.121	6.730	313140.635	1.300	0.251
<b>誤差 7</b>	87523846.294	363.446	240816.431		

(接下頁)

表 19 單一作業戰況回憶誤差量之變異數分析表(續)

<b>P×C×L</b>	3221596.627	7.129	451901.378	1.134	0.340
<b>P×C×L×G</b>	2850150.677	7.129	399797.730	1.004	0.429
<b>P×C×L×A</b>	1909356.129	7.129	267830.137	0.672	0.698
<b>P×C×L×G×A</b>	2541303.087	7.129	356474.910	0.895	0.512
<b>誤差 8</b>	153358510.790	384.965	398370.001		

• \* $p < 0.05$       \*\* $p < 0.01$

• 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhouse-Geisser 之統計檢定。

**組別。** 飛行員與非飛行員在單一作業模式下完成敵機偵測後，對敵機位置回憶誤差程度之差異並不顯著，但飛行員的誤差量( $M = 421.53$ ,  $SE = 18.21$ )比非飛行員( $M = 405.42$ ,  $SE = 18.85$ )略高。

**飛機數×輔助資訊的交互作用。** 使用輔助資訊時對於敵機位置回憶的效用受飛機數量的影響，圖 28 顯示在無輔助資訊情況下，受試者對戰況回憶的誤差程度不受飛機數量影響，在有輔助資訊情況下，戰況回憶的誤差量由 4 架飛機時的 468.40 依序遞減為 10 架飛機時的 419.09，顯示當飛機數量增多時，人的注意力資源的負荷上升，輔助資訊的支援效果才變得明顯。

表 20 單一作業飛機數×輔助資訊之戰況回憶誤差量平均數與標準差(單位：pixel)

		4 架飛機	7 架飛機	10 架飛機
無輔助資訊	M	382.41	383.73	384.32
	SE	16.69	21.88	18.64
有輔助資訊	M	468.40	442.92	419.09
	SE	37.58	33.50	32.99

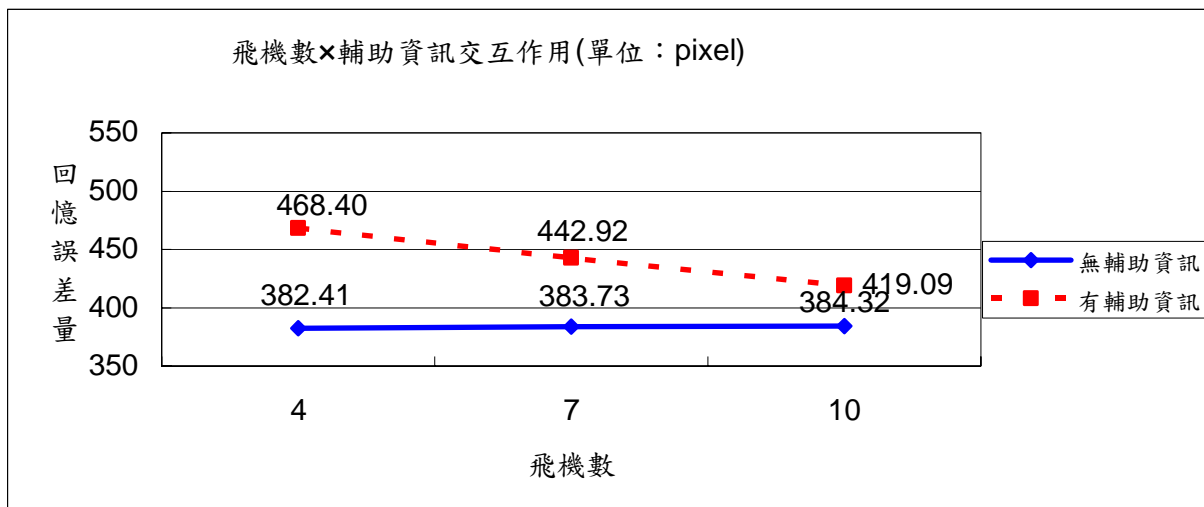


圖 28 單一作業戰況回憶誤差量之飛機數×輔助資訊交互作用

**飛機數×佈局的交互作用。** 飛機數量不同在不同佈局時，受試者對敵機位置回憶的誤差程度不同，圖 29 顯示，整體而言，敵機在友機群組邊緣時，回憶的誤差量最小且不受飛機數量影響，同樣的，當敵機位置處於友機編隊群組外偏遠位置時，受試者的回憶誤差量也不受飛機數量的影響，但敵機位於友機群組邊緣時的誤差量較小，但若敵機的位置在友機編隊群組內部，則回憶誤差量(460.6)隨著飛機數量增加而遞減(396.93)，飛機數經事後比較發現 4 架飛機對 10 架飛機效果顯著，顯示敵機被較多數友機包圍的情境會加強受試者的位置訊息，使得工作記憶內對目標位置之印象加深，有助其戰況回憶之正確性。

表 21 單一作業飛機數×佈局之回憶誤差量平均數與標準差(單位：pixel)

佈局		群組內	遠離群組	群組邊緣
4 架飛機	M	460.06	454.06	362.08
	SE	23.01	11.42	20.72
7 架飛機	M	440.80	432.28	366.90
	SE	21.41	19.78	16.64
10 架飛機	M	396.93	436.87	371.32
	SE	17.03	13.40	15.56

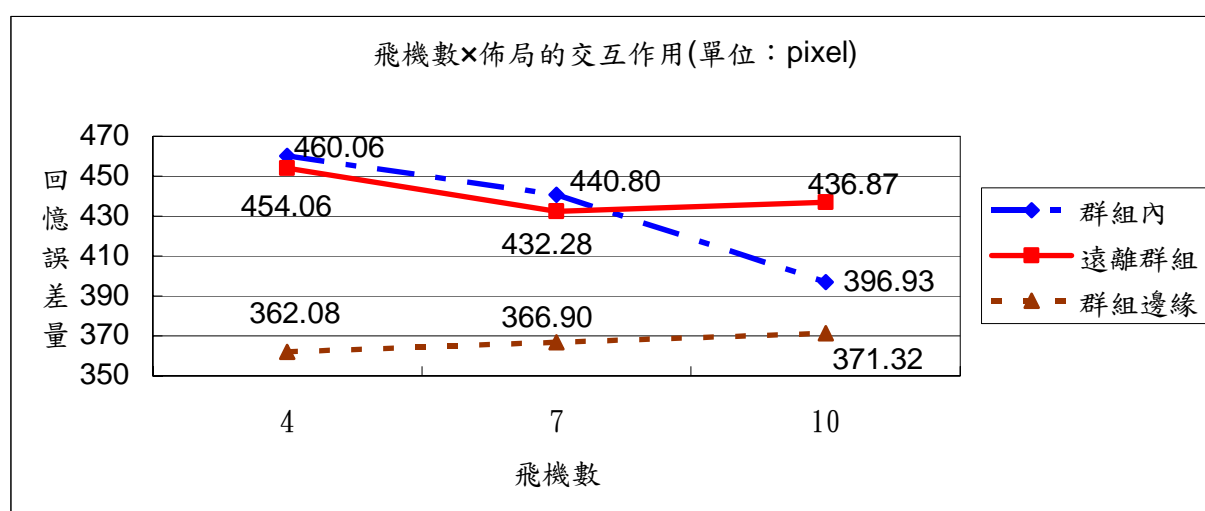


圖 29 單一作業戰況回憶誤差量之飛機數×佈局交互作用

佈局×位置的交互作用。敵機在不同位置以不同佈局方式出現時，對受試者戰況回憶誤差有顯著影響。圖 30 顯示當敵機保持在友機群組邊緣時，受試者的戰況回憶偏誤較低且均能維持在一穩定的程度；而若敵機保持在編隊群組內部或遠離編隊群組，則受試者的戰況回憶誤差程度受敵機所在位置影響，在相對遠距的區域(位置7至位置9)或角落位置(位置1及位置3)時，敵機遠離編隊之佈局可造成戰況回憶時的較大誤差，顯示實驗開始之初，受試者的注意力集中於聚焦符號附近，因此較遠及角落未獲注意力分配區域，敵機若在友



機編隊群組內或邊緣時，較多的飛機數量形成較明顯而強烈的注意力攫取目標，使受試者易於提早發現及納入短期記憶中，而當敵機遠離編隊群組時，較難有效攫取受試者的注意力且因背景資料不夠強烈使得記憶較為薄弱，因而導致回憶的誤差量較大。若敵機出現位置在聚焦點(位置 5)的左、右(位置 4、位置 6)或下方(位置 2)時，敵機保持在友機編隊群組內之佈局可造成戰況回憶之最大誤差量，而敵機遠離友機編隊群組的佈局的戰況回憶誤差量最小，顯示在注意力集中區域周邊位置，受試者的注意力可迅速轉移至目標所在區域，但在此等極短的偵測反應時間內，互相保有適度距離的目標較利於辨識，因此，當敵機係遠離編隊群組時，反而有助受試者藉編隊群組的位置標定而完成敵機位置記憶與戰況回憶。

表 22 單一作業佈局×位置之戰況回憶誤差量平均數與標準差(單位：pixel)

		位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6	位置 7	位置 8	位置 9
		(下左)	(下中)	(下右)	(中左)	(中中)	(中右)	(上左)	(上中)	(上右)
群組內	M	385.48	508.06	418.66	525.21	330.36	608.65	286.73	408.75	421.40
	SE	28.892	17.092	26.220	35.279	19.147	54.435	18.988	31.668	51.764
遠離	M	527.46	340.64	542.42	320.16	484.39	382.71	448.16	453.15	470.53
	SE	29.220	16.188	26.170	15.671	16.649	15.667	40.745	18.362	18.628
群組	M	359.83	331.11	390.39	335.79	385.99	384.00	377.40	386.71	349.69
	SE	14.138	17.944	17.964	13.901	23.202	33.685	38.071	30.910	19.974

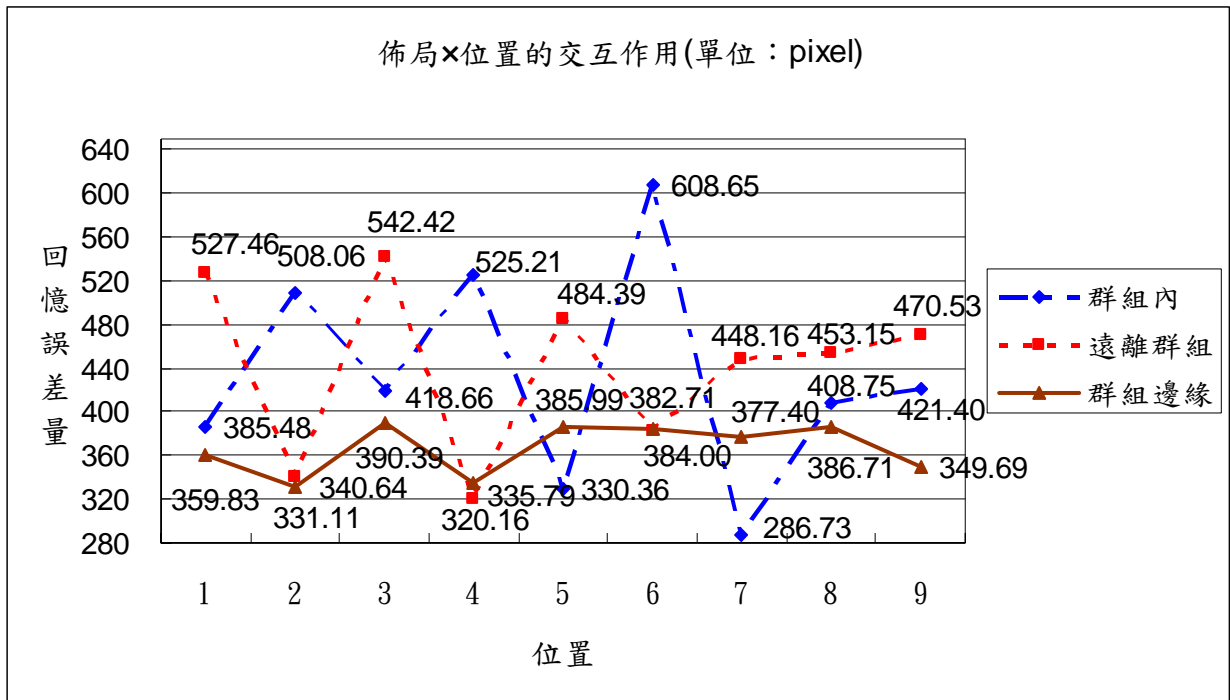


圖 30 單一作業戰況回憶誤差量之佈局×位置的交互作用

分析不同位置造成最大誤差量的佈局類型，顯示其分佈方式呈現邏輯如下：

- 注意力集中區域(位置 5)：敵機遠離群組時誤差量較大。
- 緊鄰注意力集中區域的周邊位置(位置 4、6 及 2)：敵機在編隊群組內誤差量最大。
- 遠處未獲注意力分配區域(位置 7 至 9 及 1、3)：敵機遠離群組時誤差量較大。

### 多重作業之戰況回憶誤差量

飛行員與非飛行員在多重作業情境中完成對敵機偵測後，戰況回憶的誤差量以 2(組別)×2(資訊輔助)×3(飛機數)×3(佈局)×9(位置)重複量數變異數分析進行統計檢驗。其中，組別與資訊輔助為組間變項，飛機數、佈局及位置為組內變項，變異數分析結果(表 23)，位置及佈局主效果顯著，佈局×組別、飛機數×佈局及佈局×位置等交互作用顯著，對有交互作用的變項，我們直接由交互作用來加以分析。

表 23 多重作業戰況回憶誤差量之變異數分析表

	變異來源	SS	df	MS	F	Sig
組間變項	組別(G)	2356969.869	1.000	2356969.869	2.712	0.105
	資訊輔助(A)	1741475.848	1.000	1741475.848	2.004	0.163
	G×A	8962.487	1.000	8962.487	0.010	0.919
	誤差 1	46937631.198	54.000	869215.393		
組內變項	飛機數(P)	264828.640	1.647	160779.114	0.961	0.372
	P×G	297612.274	1.647	180682.262	1.079	0.334
	P×A	789218.367	1.647	479139.378	2.862	0.072
	P×G×A	73528.527	1.647	44639.626	0.267	0.723
	誤差 2	14888520.521	88.947	167387.285		
	佈局(C)	5003451.605	1.475	3393214.067	21.231	0.000**
	C×G	878140.805	1.475	595532.838	3.726	0.041*
	C×A	149260.563	1.475	101224.731	0.633	0.487
	C×G×A	43296.429	1.475	29362.541	0.184	0.765
	誤差 3	12726251.823	79.626	159826.323		

(接下頁)

表 23 多重作業戰況回憶誤差量之變異數分析表(續)

<b>位置(L)</b>	7726050.810	4.268	1810103.640	5.150	0.000**
<b>L×G</b>	1025274.190	4.268	240207.137	0.683	0.613
<b>L×A</b>	1764807.876	4.268	413469.344	1.176	0.322
<b>L×G×A</b>	1215538.515	4.268	284783.358	0.810	0.527
<b>誤差 4</b>	81011629.974	230.488	351479.089		
<b>P×C</b>	1968184.067	2.646	743744.300	3.767	0.016*
<b>P×C×G</b>	225511.130	2.646	85216.937	0.432	0.706
<b>P×C×A</b>	623951.533	2.646	235780.994	1.194	0.312
<b>P×C×G×A</b>	203207.287	2.646	76788.682	0.389	0.736
<b>誤差 5</b>	28211402.057	142.901	197418.955		
<b>P×L</b>	2856887.066	6.447	443150.071	1.360	0.226
<b>P×L×G</b>	1293525.520	6.447	200647.038	0.616	0.730
<b>P×L×A</b>	2603373.932	6.447	403826.024	1.239	0.283
<b>P×L×G×A</b>	1506081.816	6.447	233618.008	0.717	0.646
<b>誤差 6</b>	113471139.441	348.126	325948.815		

(接下頁)

表 23 多重作業戰況回憶誤差量之變異數分析表(續)

<b>C×L</b>	14934704.299	7.097	2104418.987	5.836	0.000**
<b>C×L×G</b>	3433080.415	7.097	483748.420	1.342	0.229
<b>C×L×A</b>	2350485.537	7.097	331202.165	0.918	0.493
<b>C×L×G×A</b>	1992951.295	7.097	280822.738	0.779	0.607
<b>誤差 7</b>	138192157.890	383.229	360599.585		
<b>P×C×L</b>	5602798.556	8.068	694434.586	1.315	0.233
<b>P×C×L×G</b>	3746360.644	8.068	464339.808	0.879	0.535
<b>P×C×L×A</b>	3626184.576	8.068	449444.677	0.851	0.559
<b>P×C×L×G×A</b>	3744134.140	8.068	464063.845	0.879	0.535
<b>誤差 8</b>	230120069.660	435.680	528186.226		

• \* $p < 0.05$       \*\* $p < 0.01$

• 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhouse-Geisser 之統計檢定。

**資訊輔助的主效果。** 有輔助資訊(  $M = 480.37$  ,  $SE = 19.25$  )與無輔助資訊(  $M = 441.84$  ,  $SE = 19.25$  )時對敵機位置回憶正確率之差異不顯著。

**佈局×組別的交互作用。** 飛行員與非飛行員在多重作業時對敵機位置回憶的誤差程度受到飛機佈局的影響，圖 31 顯示在多重作業中，飛行員對於敵機的回憶誤差量較不會因敵機與友機的相對佈局型態而有差異。相較之下，非飛行員的回憶誤差量程度則會因敵機與友機的佈局而不同，當敵機的位置遠離友機編隊群組時，回憶誤差的程度最高，其次為敵機位於友機編隊群組內部，誤差程度最小者為當敵機在友機編隊群組邊緣時，顯示敵機被友機包含時，相對位置的資訊提供受試者在戰況回憶時之位置參考，進而提升回憶之正確程度。

表 24 多重作業佈局×組別之戰況回憶誤差量平均數與標準差(單位：pixel)

組別		群組內	遠離群組	群組邊緣
飛行員	M	485.22	505.86	459.47
	SE	22.59	21.44	19.86
非飛行員	M	441.77	493.84	380.47
	SE	23.38	22.19	20.55

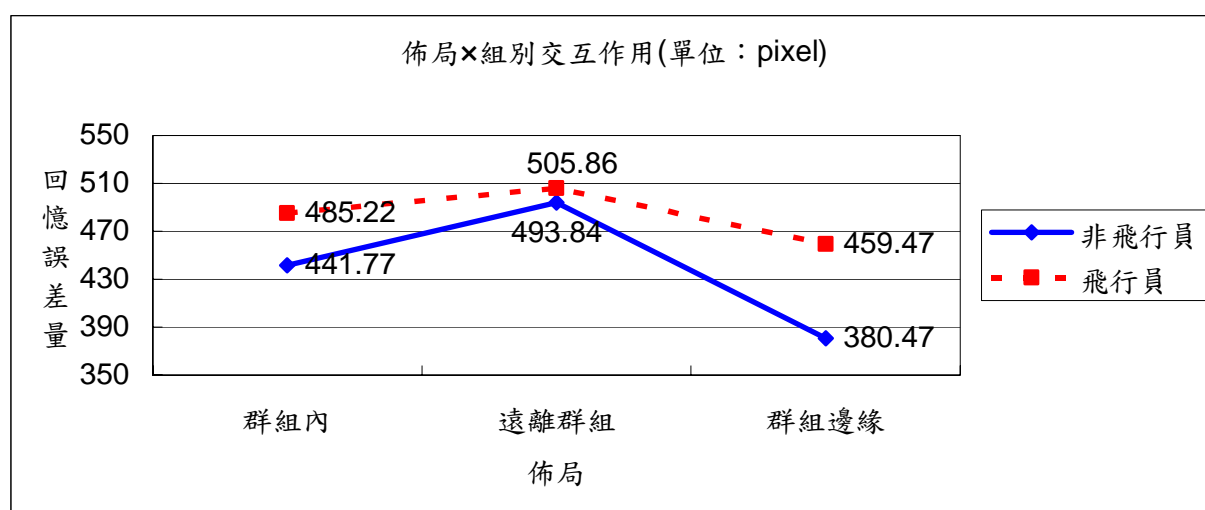


圖 31 多重作業戰況回憶誤差量之佈局×組別交互作用

**飛機數×佈局的交互作用。** 如圖 32 所示在多重作業模式中，受試者戰況回憶的誤差量普遍增高，在單一作業時平均回憶誤差量為 413.48 (SE = 17.66)，到多重作業時整體平均誤差上升為 461.11 (SE = 19.68)。在多重作業模式中，不同飛機數採不同佈局呈現時受試者對敵機位置回憶的誤差程度與單一作業時相似且三種敵友佈局分開來看時，當敵機處於友機編隊群組邊緣時，回憶誤差量最小，但與單一作業不同的是此誤差量會隨友機數增加而上升，顯示任務負荷升高造成回憶誤差量增加；當敵機遠離友機編隊群組時，誤差量最大但並不受飛機數的影響；當敵機在友機編隊群組內時，所呈現的回憶誤差量分佈情況與單一作業型式相同，仍是在 10 架飛機時誤差量(M=418.78, SE=15.44)最小，但整體誤差



量普遍比單一作業( $M=396.93$ ,  $SE=17.03$ )大，顯示多重作業之任務負荷造成受試者注意力資源受到分割，導致整體作業績效下降。

表 25 多重作業飛機數×佈局之戰況回憶誤差量平均數與標準差(單位：pixel)

飛機數		群組內	遠離群組	群組邊緣
4 架飛機	M	492.04	515.61	399.88
	SE	17.64	22.52	15.04
7 架飛機	M	479.66	489.99	419.50
	SE	29.05	20.92	20.27
10 架飛機	M	418.78	493.94	440.54
	SE	15.44	15.03	21.19

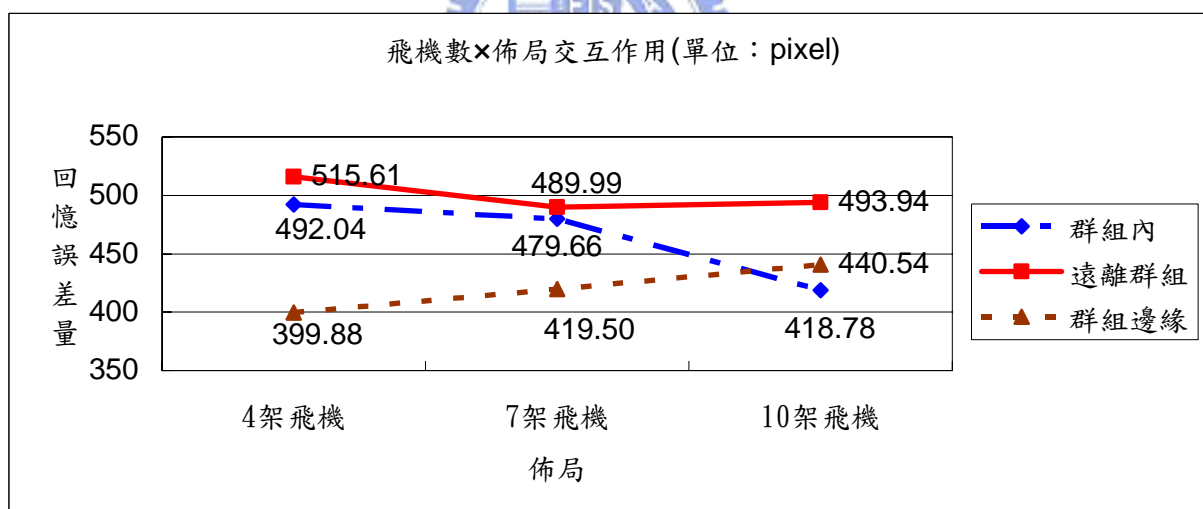


圖 32 多重作業戰況回憶誤差量之飛機數×佈局交互作用

**佈局×位置的交互作用。**多重作業中敵機在不同位置以不同佈局方式出現，對受試者戰況回憶之誤差程度有顯著影響。圖 33 顯示多重作業模式下，當敵機在友機編隊群組邊緣時，回憶誤差量的分佈情況與單一作業有些微不同，主要差別在於此種佈局的誤差量雖然是最小的，但卻隨位置不同而有所變化，在位置 1、3、5、6 時較大；分析各位置造成

最大誤差量的佈局類型，顯示當敵機位於友機編隊群組內或遠離編隊群組時，其誤差分佈方式與單一作業情況呈現相同邏輯型式，亦即：

- 注意力集中區域(位置 5)：敵機遠離群組時回憶誤差量較大。
- 緊鄰注意力集中區域周邊位置(位置 4、6 及 2)：敵機在編隊群組內回憶誤差量最大。
- 遠處未獲注意力分配區域(位置 7 至 9 及 1、3)：敵機遠離群組時回憶誤差量較大。

表 26 多重作業佈局×位置之戰況回憶誤差量平均數與標準差(單位：pixel)

		位置 1 (下左)	位置 2 (下中)	位置 3 (下右)	位置 4 (中左)	位置 5 (中中)	位置 6 (中右)	位置 7 (上左)	位置 8 (上中)	位置 9 (上右)
群組內	M	474.53	534.56	437.18	588.30	411.86	605.38	387.14	374.04	358.48
	SE	51.997	20.522	16.235	55.712	20.893	35.620	39.635	18.934	17.583
遠離 群組	M	565.30	411.48	574.42	401.35	506.62	514.37	490.28	490.24	544.59
	SE	16.972	35.166	17.815	26.205	16.601	31.759	54.402	27.295	34.205
群組 邊緣	M	480.51	360.96	430.53	362.68	507.65	502.01	382.39	402.44	350.59
	SE	40.182	15.342	17.554	16.860	45.449	39.581	59.216	16.587	27.108

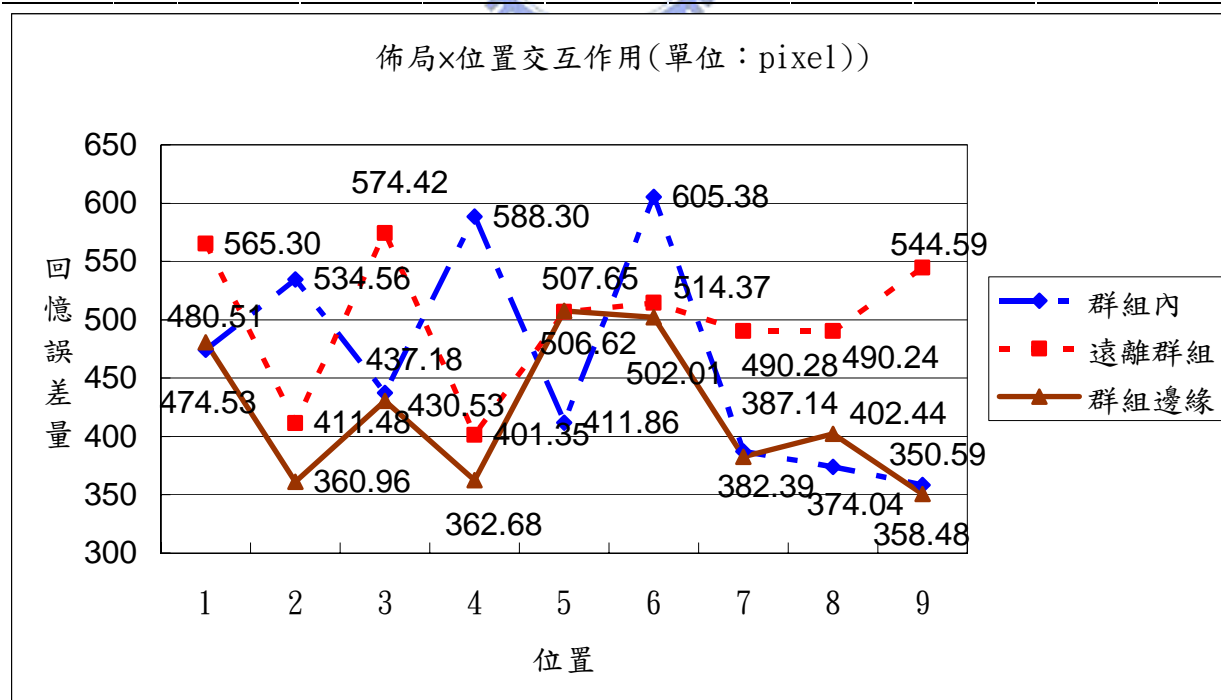


圖 33 多重作業戰況回憶誤差量之佈局×位置交互作用

就上述對戰況回憶誤差量的實驗結果可知，在單一作業模式下，飛行員與非飛行員對戰況回憶的誤差程度並不顯著，至多重作業模式，各受試者的戰況回憶誤差量均普遍增高，且其誤差程度隨著飛機數、敵友佈局關係等因素而改變。飛行員對戰況回憶的誤差量略大於非飛行員但較不受環境因素改變之影響。

## 小結

戰術任務中，飛行員所面對的是快速變化且變化幅度極大的動態環境，必須在任務過程中時時掌握周遭環境所發生的所有變化以建立情境察覺並據以作出有效的決策與判斷。本研究以模擬典型制空任務內容對飛行員之注意力分佈及其與非飛行員之差異作一檢測，結果發現，飛行員在面對複雜多變的戰術環境時，會將注意力資源預先配置於已知較具威脅性之區域，以利早期發現敵蹤，而非飛行員則無明顯策略模式；此外，在多重任務過程中，飛行員能有效分配注意力資源以維持主作業績效，非飛行員則較易受到環境因素改變的影響。對於輔助資訊的運用，研究顯示，唯有當任務負荷增加時，其輔助效益才變得明顯，且必須在事先訓練的情況下，方能迅速接收輔助資訊並有效提升主作業績效。

## 第五章 結論與討論

注意力的分佈情況可決定飛行員對戰場環境各項訊息的偵知程度，左右其所據以建立之整體情境察覺並進而影響其戰術決策之遂行；在偵知現象、理解問題及規劃方案的決策循環中，注意力的分佈情形佔有最源頭的啟發性作用。本研究的目的在探討正常無外來干擾因素情況下飛行員注意力的分佈及多重作業與地面輔助資訊對飛行員注意力之影響。依實驗結果針對偵測反應時間及戰況回憶誤差量作為主要分析依據，獲得發現如下：

**組別。** 飛行員組與非飛行員組在對敵機的偵測反應時間及戰況回憶的誤差量上均有顯著的差異，飛行員的偵測反應時間普遍較非飛行員快且呈現較穩定的趨勢，且飛行員對於中、近距離的敵機較快完成偵測，非飛行員則對遠距的敵機較能迅速發現。

**資訊輔助。** 資訊輔助的效果必須在任務負荷較重時方得以突顯，例如飛機數較多或執行多重任務時；此外，飛行員因較熟悉此種輔助資訊模式，故較能有效利用其資訊內容以提昇作業績效，顯示輔助資訊須能經過事先訓練並達熟練程度，才能在實際作業中發揮其應有之輔助效果。

**飛機數。** 飛機數增加時，受試者的反應時間及戰況回憶誤差量亦受到影響，整體而言，飛機數愈多，反應時間愈長，但飛行員組在中、近距離的反應時間卻能維持穩定而與飛機數量無關，顯示在注意力集中區域，飛機數量增加所造成的複雜度並不會對受試者的作業績效造成影響，而在非注意力集中區域則效益明顯。

**佈局。** 敵友機相對佈局關係對於偵測反應時間及戰況回憶誤差量之作用均達顯著，研究發現飛行員及非飛行員對目標識別的作業績效都受到佈局的影響，對於遠距離並保持遠離編隊群組的敵機，通常偵測時間較長，對於中、近距離之敵機，則位於編隊群組內較不易偵測。

**位置。** 敵機所在的位置對於飛行員與非飛行員均有不同程度的影響，飛行員依其所受的戰術訓練，已明白遠距的敵機不具立即之威脅而習慣於將中、近距離的敵機列為優先偵測目標，故在距離 55 哩以內之敵機，其平均偵測時間均較短。非飛行員對於雷達顯示的敵機並無明顯的威脅感之差異性，故習慣於在畫面上由上方向下方掃瞄搜尋敵機，故在遠處區域的敵機均具較短的偵測時間。

未經戰術訓練的非飛行員在面對雷達顯示幕時，在位置 7—9(較遠區域)的偵測反應時間較其他 6 個區域短，顯示他們大多傾向於採取由上方往下方的方式在雷達幕上搜尋目標。雖然在事後的口頭詢問中，只有約 10% 的受試者認為他們曾在心中設定策略並以某種預定的方式搜索敵機，幾乎所有的受試者(飛行員與非飛行員)都認為實驗內容很簡單，根本無須採用特定的策略或方法，只要在畫面出現飛機時，一眼便可立即完成辨識與判斷，但依資料顯示，出現在雷達幕中間及下方位置之目標，非飛行員偵測的速度均較飛行員慢，顯示非飛行員在偵測敵機的過程中，其注意力集中在螢幕上方，此外，非飛行員的偵測速度會受目標的一些特徵所影響，例如飛機數增加造成偵測時間變長、敵機在友機編隊群組內的較密集佈局方式偵測時間較短…等；相對的，飛行員在習慣中已經將部分注意力預置在較具威脅之區域，所有在此一區域附近(位置 1—6)出現的敵機會優先加以處置，以免影響後續任務或甚至引發生命安全的顧慮；面對無立即威脅的區域(位置 7—9)中所出現的敵機，則採取注意但較不迫切的監控。因此，在以雷達為主要作業依據的空戰環境中，飛行員除了保持對廣大空域的監控以外，訓練養成的高度自動化，會使飛行員將一部分注意力預置於被認為是較高威脅的危險區域，依照威脅等級區分優先順序之後的不同區域，便因而獲得部分注意力資源的先期分配與運用。

此一發現與戰鬥飛行中快速變化的動態決策環境之要求相符。在動態環境中，飛行員依賴先前的知識選擇性的將注意力與認知資源分配至主要作業上，並依所觀察的現象與理



解情況，推估各種可能性及其短期與長期之發展及因應方案，只有這樣隨時預想後續各種可能狀況並先作準備，飛行員才能應付所有突如其來的緊急情況。

實驗結果亦顯示飛行員因較為熟悉地面輔助資訊的內容與應用，故在實際作業上可真正將此訊息納為參考，不過，輔助資訊的作用並非隨時都有效，當任務負荷較低時，輔助資訊之效用不顯著或甚至增長偵測反應時間，但在任務負荷增加時，輔助資訊之決策支援效果便較明顯。部分受試者事後以口述方式說明其策略時，認為若將時間與程序妥為安排，則在得到地面輔助資訊時，心中已預先完成整體空情圖，等到目標開始在顯示幕上顯示時，幾乎可於第一時間便掌握並完成對敵機之識別，對於作業績效有極大助益。由另一角度來看，非飛行員的受試者可能是因為對此種地面輔助資訊較不熟悉，以致於需要花費較多的時間去理解及找出所需的資訊，因此，輔助資訊反而會讓反應時間變慢，顯示輔助資訊的使用必須輔以足夠的事先的訓練與練習。不論在空戰戰場或是任何須面臨重大決策的場合，足夠的資訊都是良好決策的必要條件，當自己本身裝備所能掌握與控制的訊息有限時，輔助資訊便能適時發揮其功能；因此，只要情境愈接近緊張、危險或重大抉擇情況時，輔助資訊對作業的影響就愈大。本研究因作業內容複雜性低、冒險性小，所以無法發揮吸引受試者一定要看輔助資訊之牽制力量，可在後續的研究中賡續執行。

就戰況回憶的誤差量分析，飛行員在戰況回憶的作業績效比非飛行員略低，但差異並不明顯。整體而言，各次飛行員與非飛行員在戰況回憶的誤差量表現上，均保持約 40 至 80 畫素間之差距，若依實驗設計方式將其轉換為模擬雷達畫面上的航空用距離——海哩時，則在 0.42 至 0.83 海哩之間，在實際以數 10 哩為作戰範圍的空戰戰場而言，這些微量的差距通常是無需納入考量的。綜合反應時間及戰況回憶誤差量的發現，飛行員在資訊處理上能依威脅程度排定優先順序，對於敵機的偵測首以反應時間為重點，只要在其工作記憶中所獲得的敵機位置不是嚴重誤差，飛行員會將注意力資源安排於對新目標的迅速偵測而不



會將注意力集中於敵機精確位置之掌握。反之，非飛行員未經專業訓練，對所有敵機資訊較難區分出重要性及威脅等級，因此會將較多的注意力投注於敵機位置之掌握，因而在戰況回憶部分略佳。

由另一角度分析，飛行員在戰況回憶的誤差量部分表現較為穩定，較不受敵機出現位置、佈局或友機數量等因素之影響，相較之下，非飛行員之表現受飛機數影響，顯示飛行員所受之專業訓練足以使其運用適切的策略來保持對敵機之偵測與掌握，不隨外在因素改變而發生作業績效的大幅波動。

本研究旨在探討飛行員在戰術任務中注意力分佈之情況，其主要著眼在於分析戰術訓練模式，是否能幫助飛行員建立適當的操作與檢查習慣，以便克服人因問題的許多正常反應與現象，同時也藉此瞭解飛行員注意力分佈的模式以便未來能繼續研究飛行員的情境覺察等相關議題。在注意力資源總量有限的理論基礎上，戰鬥飛行員對複雜任務環境各項操作與資訊的監控等，必須要能有適切的管理、排序，才可能在適當的時機看到應看的儀表、獲取應得之資料並採取應有的作為。研究顯示，長期的專業戰術訓練已經做飛行員養成高度的自動化反應，在面對前方來襲的敵機時，他會依心中預設的距離作資訊過濾與選取。實驗中所定義的近距離(0-25 哩)為敵機已具備立即攻擊或已經完成攻擊的距離，正常具備視距外作戰概念的飛行員在處於此等距離時，都會自然進入毛髮聳立、腎上腺素激增的備戰狀態，因為在此等距離內的敵機不僅可能立即對我攻擊，甚或可能立即滲透過我機的防禦而向後方安全區域進襲，所以我機必須盡全般可能予以截擊。另外，25 至 55 哩為中等距離，此一距離是敵機攻擊的過度，也是敵我雙方爾虞我詐、持續運用欺敵佯攻戰術以求取戰術優勢的距離，在此一距離的敵機，雖然一般而言都還未到達武器發射條件，但只要以較劇烈的戰術動作造成我機空用雷達的短時間脫鎖，極有可能在短時間內即已迫近至飛彈有效射程，因此，是不容忽略的敵機。

在正常接戰範圍中，絕大部分的敵機都發生在中等距離，因為基於任務需求，接戰雙方必須相互接近才有可能獲取攻擊的機會，但又因為彼此的武器性能牽制，到達有效射程附近時又必須相互採取防禦措施，因此，真正進入到近距離的敵機數量相對較少。基於這兩種威脅性的持續訓練，一般戰鬥飛行員對分配監控的區域會採取策略性的注意力分配，較不會因新增事物或突現目標吸引注意力而影響正常決策。

依合理推論，飛行員於任務過程中會依任務情況將注意力預作分配、安排，為了能夠保持隨時機動之彈性，較多的注意力分佈於研判可能較危險的地方，但若長時間的注意力集中卻仍未能發現敵蹤，表示自身所擁有的偵知裝備可能不足以滿足當時的作業環境，因此，注意力將會隨著輔助資訊的出現而發生轉移，較多的資源可能因此而被移至輔助資訊內容，其現象可能是對儀表監控的程度降低、對雷達目標領知與操作的速度變慢或是對敵機身份的誤判等，等到狀況穩定，飛行員重行建立適當的情境察覺後，其注意力又會逐次轉移至列為優先等級的空域範圍內。仔細研究輔助資訊的內容、格式及發布時機與頻率，應有助於後續空戰戰場之經營與戰鬥飛行員之訓練。本次研究由於設計的作業內容較為簡單，無法在任務的複雜度上創造出受試者不得不求助輔助資訊的情況，因而使得在注意力轉移的部分無法順利執行，應可保留於後續研究中再加以驗證。

Endsley(1996)在其研究戰鬥機飛行員的注意力分佈時，曾經提出飛行員注意力較集中於中間距離(約 40 哩附近)可能係因此一距離正好是畫面 1/2 顯像處之巧合因素。本研究針對敵機出現位置加以分析，發現非飛行員組較快的反應時間發生在位置 7 至位置 8(最上排較遠處)，飛行員在位置 1(最下排較近處)至位置 5(中間排之中及左)的反應時間較短且呈現穩定無增減變化之狀態，就二組全部受試者的表現來看，Endsley 的顧慮似可排除，惟本次研究僅以飛行員 30 人及非飛行員 30 人為樣本，其採樣度仍嫌不足，未來須就此一現象再廣續研究，以期能獲得標為明確之證據來支持策略性注意力分佈之想法。

## 研究限制

對於戰鬥機飛行領域的研究，除了因為真正結合戰鬥機操作的研究較為有限，導致可參考的文獻較少以外，主要的限制包括下列幾項：

- 在情境設計上，難以模擬創造出任務過程的緊張、壓力、時間短促及可能面臨生死關頭的恐怖等，許多決策在壓力的環境下會引發不同的思考與解讀，進而產生與無壓力狀況下迥然而異的反應與結果。
- 在作業結構上，難以模擬戰鬥飛行任務複雜的多重任務壓力，因此注意力資源分配與轉移的分析較難達成。
- 在研究內容上，許多研究過程可能涉及軍事機密而必須採迂迴折衷的方式予以規避，使得實驗設計倍加困難。

## 後續研究方向

在飛行員注意力分佈的基礎上，探討情境察覺的建立與發展，以及其後續對戰術決策的影響，應可有助於戰術訓練之設計與執行。雖然 Endsley 認為戰鬥機飛行員的作業績效不見得與情境察覺有關，因為未建立情境察覺也可以作出決策。但是，我們相信良好的決策與作業結果，必定包含了掌握良好的情境察覺，而良好的情境察覺就是以快速偵知、完整掌握為基礎。

此外，人因工程與作業管理的整合，是未來在軍事飛行領域中應該考量及研究的方向，為了避免將許多不理解或無法解釋的問題與現象歸咎於人為疏忽而使得真正的原因被隱而不見，必須加強此類型之研究，例如：自動化系統之運用、正面鼓勵對飛行表現之影響、各種不良條件下之決策、誤擊之潛因與避免……等。

## 参考文献

- Barron G. and Erev I.(2003). Small Feedback-based Decisions and Their Limited Correspondence to Description-based Decisions. *Journal of Behavioral Decision Making*, 16,215-233
- Endsley M. R.(1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37,32-64
- Endsley M. R., Robertson M. M.(2000). Training for situation awareness ; *Situation awareness and analysis measurement*
- Endsley M. R. and Smith R. (1996). Attention Distribution and Decision Making in Tactical Air Combat. *Human Factors*,38(2),232-249
- Goettl B. P. (1996). The Spacing Effect in Aircraft Recognition. *Human Factors*, 38(1),34-49
- Gonzalez C.(2005).Task Workload and Cognitive Abilities in Dynamic Decision. *Human Factors*, 47(1) ,92-101
- Haas M. W.(1995). Virtually- augmented interfaces for tactical aircraft. *Biological psychology* 40,229-238
- Kahneman D., Tversky A.(1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2),263-292
- Molesworth B., Wiggins M. W., O'Hare D. (2006).Improving pilot's risk assessment skills in low-flying operations: The role of feedback and experience. *Accident Analysis and Prevention* 38, 954-960
- Nygren T. E.(1997). Framing of Task Performance Strategies: Effects on Performance in a Multiattribute Dynamic Decision Making Environment. *Human factors*,39(3),425-437
- Rouwette E. A. J. A., Grobler A. and Vennix J. A. M.(2004). Exploring Influencing Factors on Rationality: A Literature Review of Dynamic Decision-Making Studies in System Dynamics. *Systems research and behavioral science* 21,351-370

- Simons D. J., Most S. B. and Scholl B. J., Clifford E. R.(2005). What You See Is What You Set: Sustained Inattentional Blindness and the Capture of Awareness. *Psychological review*, 112(1),217-242
- Smith R. E., Dike B. A., Mehra R. K., Ravichandran B., El-allah A. (2000). Classifier systems in combat: two-sided learning of maneuvers for advanced fighter aircraft. *Computer methods in applied mechanics and engineering*, 186,421-437
- Starter N. B., Schroeder B.(2001). Supporting Decision Making and Action Selection under Time Pressure and Uncertainty: The Case of In-Flight Icing. *Human Factors* , 43(4),573-583
- Thomas Bove ., Andersen H. B.(2002). The effect of an advisory system on pilots' go / no go decision during take-off. *Reliability Engineering and System Safety*,75,179-191
- Tsang P. S., Wickens C. D.(1988). The Structural Constraints and Strategic Control of Resource Allocation. *Human performance*,1(1),45-72
- Vlaev I. and Chater N.(2006). Game Relativity: How Context Influences Strategic Decision Making. *Journal of experimental psychology*.32(1),131-149
- Wiegmann D. A. and Goh J.(2002). The Role of Situation Assessment and Flight Experience in Pilots' Decisions to Continue Visual Flight Rules Flight into Adverse Weather. *Human Factors*,.44(2),189-197
- Worm A., Jenvald J., Morin M. (1998). Mission efficiency analysis: evaluating and improving tactical mission performance in high-risk, time-critical operations. *Safety science* 30,79-98



## 附錄一 實驗指導語

### 指導語(有輔助資訊 A)

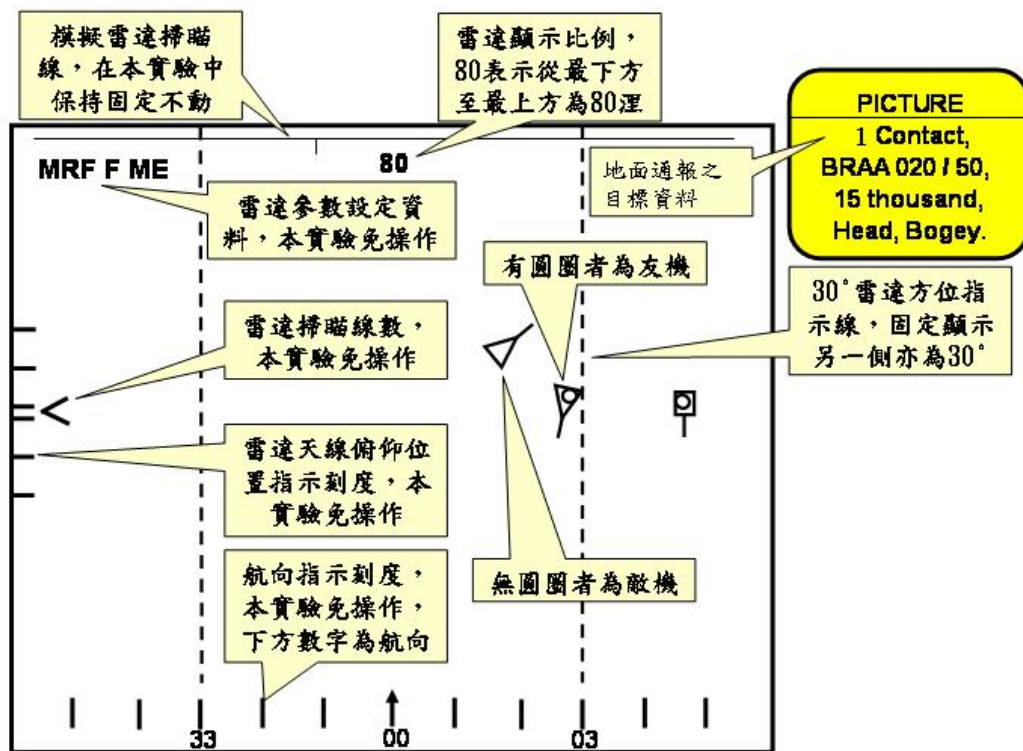
本實驗主要在模擬執行任務時之狀況。

在地面管制官的配合引導下，您和一架友機正在空域中保持區域戰鬥巡邏(CAP, Combat Air Patrol)，起飛前已經接獲通報，空域內經常有數量不等的飛機在活動，您的任務是保持對空域監控並適時對所有發現的敵機採取適當的戰術處置。

您的飛行高度是 25000 呎，速度是 0.9 馬赫，攜掛的武器是射程約 15 哩的視距外飛彈；敵機的飛行高度是 25000 呎，速度是 0.9 馬赫，攜掛的武器是射程約 15 哩的視距外飛彈。

實驗區分為二個部分，我先說明第一部分任務進行方式：

第一部分的實驗是模擬在多機戰場中，對敵機偵測之情況，在此一實驗中，每一局均將由系統提供雷達偵測的空中目標情況，雷達出現的偵測目標數量自 4 架至 10 架不等，其中可能含有敵機，也可能沒有敵機，其機會各為 50%；畫面顯示情況如下圖所示：



1. 不論是敵機或友機，其呈現均有可能是三角形或長方形，通常，距離較遠或遠離本機者為三角形，距離較近或對向本機者為長方形。
2. 本實驗假設飛行員已發起空中敵友識別詢問動作，且友機均已正確回覆，故只要中間有一個小圓圈者，即為友機，敵機則無小圓圈(此係模擬 M-2000-5 型機之空中敵友識別系統，其它機型之顯示略有不同)。



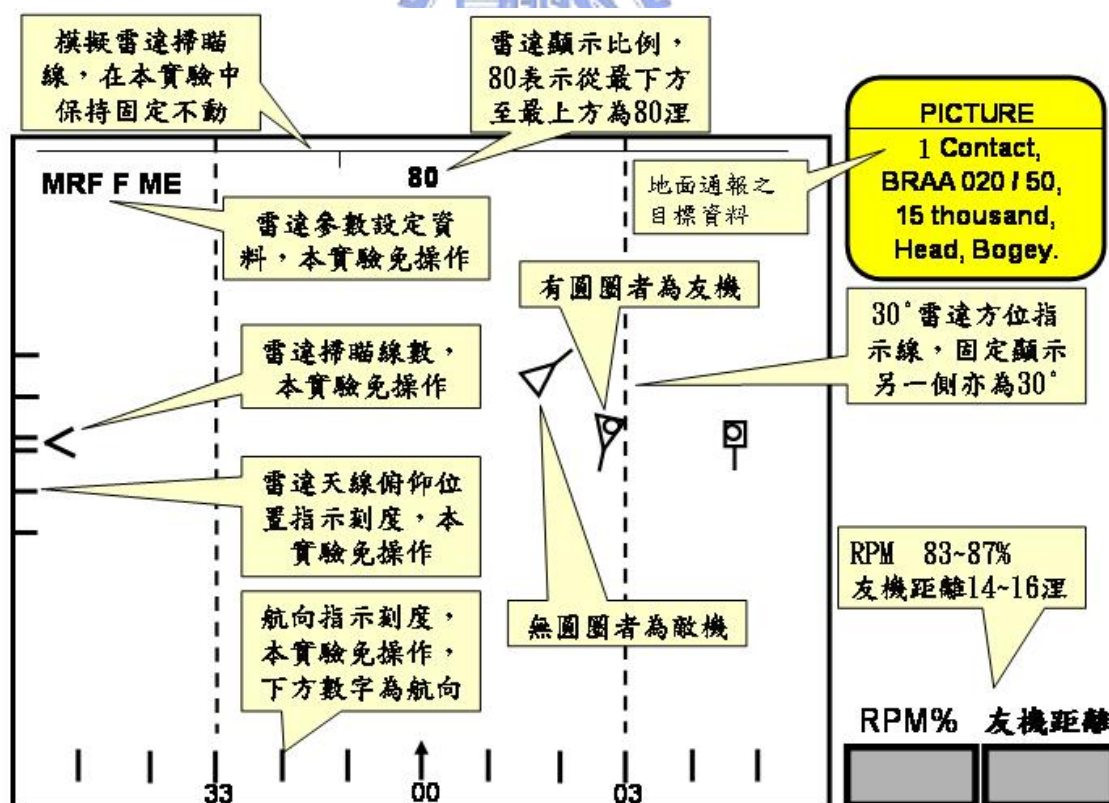
除了上述資訊外，右上角尚有地面管制官對於敵機可能出現位置的提示畫面，因系統偵測及人員經驗等問題，地面管制官提供的資訊不可能完全無誤，但依過往經驗，資訊的正確率並不低，具其參考價值，請您注意此一資訊內容以協助您完成任務。

您的任務是依管制官提供的資訊，在螢幕雷達呈現的資料中，儘快判斷其中是否含有敵機。若其中有敵機，請以左手按下空白鍵做反應，在您做反應後，螢幕上的資料將消失並出現過渡畫面，然後再出現空白畫面，此時您必須依據您方才判斷的敵機位置，移動滑鼠至敵機所在處並點擊左鍵，至此完成一局實驗，系統將自動進入下一局。若您判斷雷達中無敵機，請以左手按下空白鍵做反應，在您做反應後，螢幕上的資料將消失並出現過渡畫面，然後再出現空白畫面，此時再度按下空白鍵略過，至此完成一局實驗，系統將自動進入下一局。

現在請您作練習程式後，我們便開始實驗。

現在，我將說明第二部分的任務進行方式：

此一部分的實驗場景與第一部分相同，但您除了要參考管制官所提供的資訊、檢查雷達資料外，還要注意保持發動機轉速及小隊距離在適當範圍內，顯示畫面如下圖所示。



為了滿足任務時間的需求，您必須保持發 RPM(動機轉速)在 83~87%RPM 之間，轉速過高可能導致燃油不足，轉速過低則可能造成飛機速度偏低；當您發現 RPM(發動機轉速)

偏離正常範圍(83~87%)時，請以右手按下?/ 鍵可使其重置並調整回標準值(85%)。

就友機的安全距離而言，您在任務中要與隊友隨時保持在 14~16 哩之間，高過或低過這個距離，都將因相互支援困難而產生致命的危險，因此，當您發現與友機距離高於或低於 14~16 哩範圍時，請以右手按下> 鍵可使其重置並調整回安全距離範圍內(14~16 哩)。

請注意：在每一局的任務中，您都必須同時兼顧到對敵機的偵測與點擊，以及避免 RPM 及與友機的距離超越安全範圍之外。

其餘操作均與第一部分相同。

現在請您作練習程式後，我們便開始實驗。



### 指導語(無輔助資訊 A)

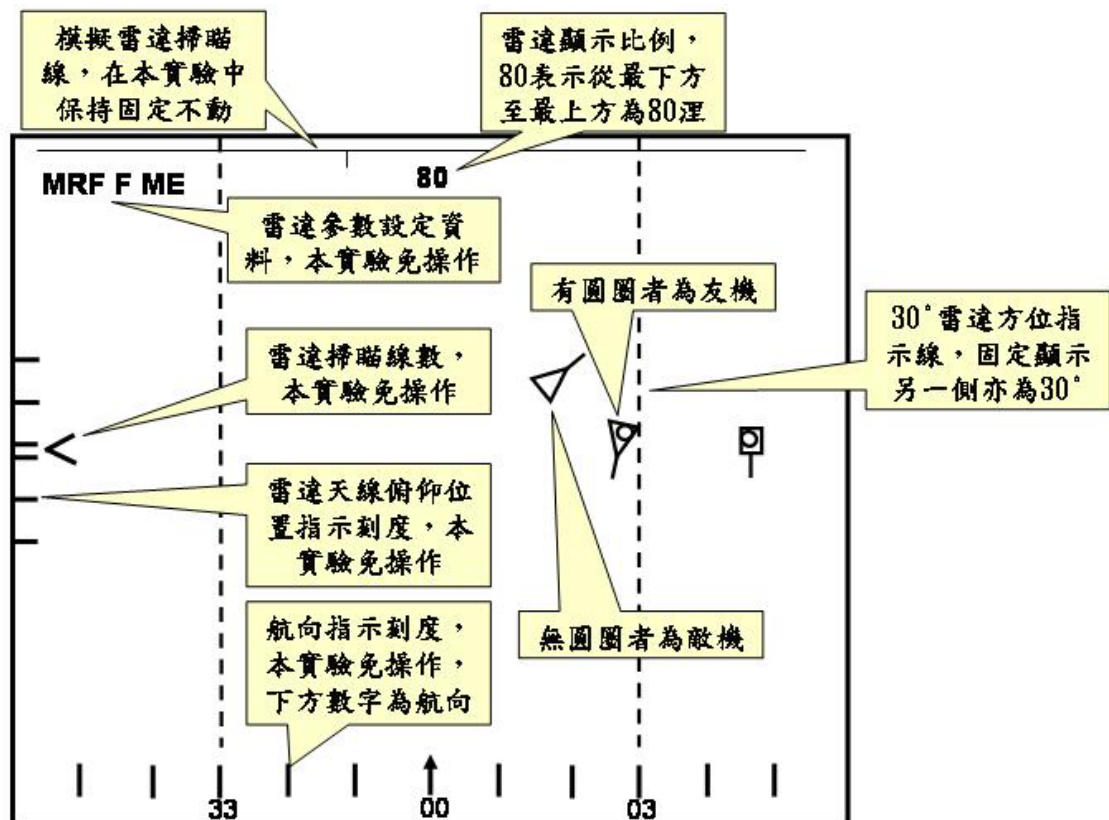
本實驗主要在模擬執行任務時之狀況。

在沒有地面管制官配合引導的情況下，您和一架友機正在空域中保持區域戰鬥巡邏 (CAP, Combat Air Patrol)，起飛前已經接獲通報，空域內經常有數量不等的飛機在活動，您的任務是保持對空域監控並適時對所有發現的敵機採取適當的戰術處置。

您的飛行高度是 25000 呎，速度是 0.9 馬赫，攜掛的武器是射程約 15 哩的視距外飛彈；敵機的飛行高度是 25000 呎，速度是 0.9 馬赫，攜掛的武器是射程約 15 哩的視距外飛彈。

實驗區分為二個部分，我先說明第一部分任務進行方式：

第一部分的實驗是模擬在多機戰場中，對敵機偵測之情況，在此一實驗中，每一局均將由系統提供雷達偵測的空中目標情況，雷達出現的偵測目標數量自 4 架至 10 架不等，其中可能含有敵機，也可能沒有敵機，其機會各為 50%；畫面顯示情況如下圖所示：



1. 不論是敵機或友機，其呈現均有可能是三角形或長方形，通常，距離較遠或遠離本機者為三角形，距離較近或對向本機者為長方形。
2. 本實驗假設飛行員已發起空中敵友識別詢問動作，且友機均已正確回覆，故只要中間有一個小圓圈者，即為友機，敵機則無小圓圈(此係模擬 M-2000-5 型機之空中敵友識別系統，其它機型之顯示略有不同)。

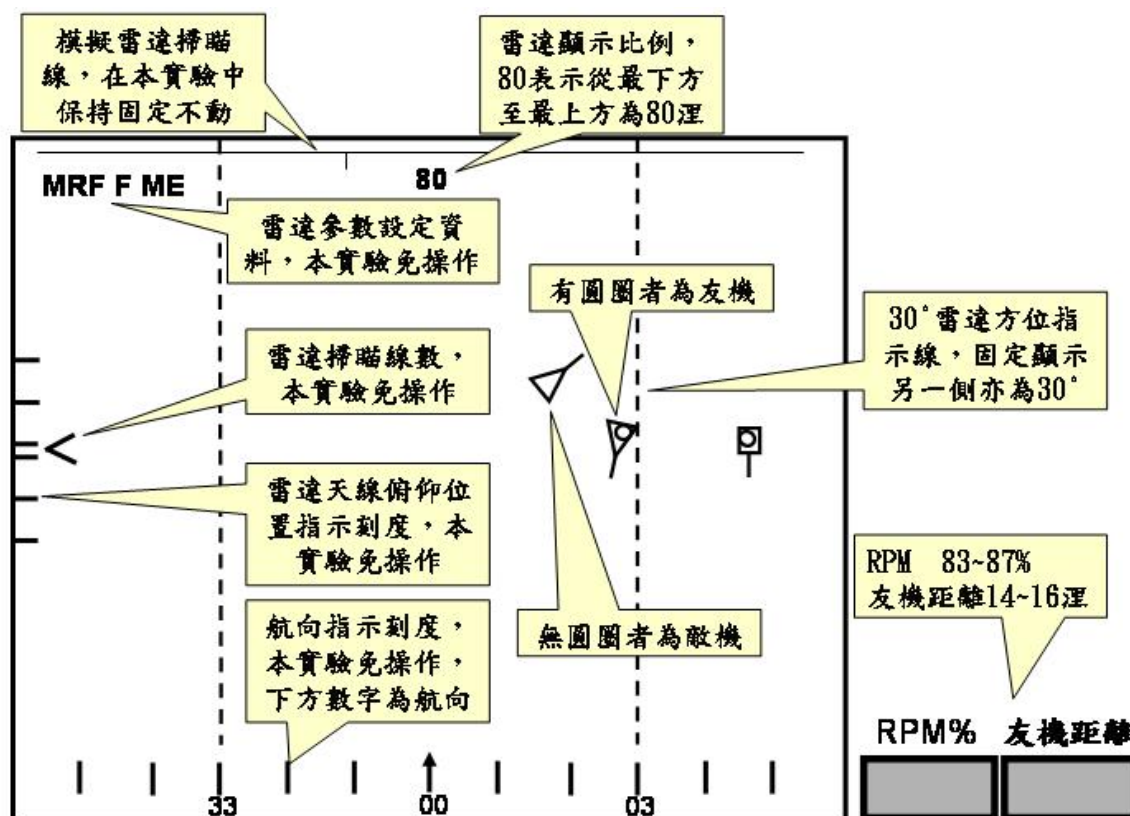
您的任務是依管制官提供的資訊，在螢幕雷達呈現的資料中，儘快判斷其中是否含有敵機。若其中有敵機，請以左手按下空白鍵做反應，在您做反應後，螢幕上的資料將消失並出現過渡畫面，然後再出現空白畫面，此時您必須依據您方才判斷的敵機位置，移動滑鼠至敵機所在處並點擊左鍵，至此完成一局實驗，系統將自動進入下一局。若您判斷雷達中無敵機，請以左手按下空白鍵做反應，在您做反應後，螢幕上的資料將消失並出現過渡畫面，然後再出現空白畫面，此時再度按下空白鍵略過，至此完成一局實驗，系統將自動進入下一局。

現在請您作練習程式後，我們便開始實驗。

---

現在，我將說明第二部分的任務進行方式：

此一部分的實驗場景與第一部分相同，但您除了要檢查雷達資料外，還要注意保持發動機轉速及小隊距離在適當範圍內，顯示畫面如下圖所示。



為了滿足任務時間的需求，您必須保持發 RPM(動機轉速)在 83~87%RPM 之間，轉速過高可能導致燃油不足，轉速過低則可能造成飛機速度偏低；當您發現 RPM(發動機轉速)偏離正常範圍(83~87%)時，請以右手按下 ?/ 鍵可使其重置並調整回標準值(85%)。

就友機的安全距離而言，您在任務中要與隊友隨時保持在 14~16 哩之間，高過或低過這個距離，都將因相互支援困難而產生致命的危險，因此，當您發現與友機距離高於或低

於 14~16 哩範圍時，請以右手按下 **>** 鍵可使其重置並調整回安全距離範圍內(14~16 哩)。

請注意：在每一局的任務中，您都必須同時兼顧到對敵機的偵測與點擊，以及避免 RPM 及與友機的距離超越安全範圍之外。

其餘操作均與第一部分相同。

現在請您作練習程式後，我們便開始實驗。





## 附錄二 單一作業偵測正確率變異數分析表

單一作業之偵測正確率變異數分析表

變異來源	SS	df	MS	F	Sig
<b>組間變項</b>					
組別(G)	0.05	1.00	0.05	0.494	0.485
資訊輔助(A)	0.23	1.00	0.23	2.320	0.133
G×A	0.09	1.00	0.09	0.953	0.333
誤差 1	5.36	55.00	0.10		
<b>組內變項</b>					
飛機數(P)	0.02	1.44	0.01	0.302	0.666
P×G	0.03	1.44	0.02	0.631	0.484
P×A	0.08	1.44	0.05	1.546	0.222
P×G×A	0.06	1.44	0.04	1.232	0.287
誤差 2	2.67	78.99	0.03		
佈局(C)	0.02	1.75	0.01	0.537	0.563
C×G	0.00	1.75	0.00	0.010	0.984
C×A	0.01	1.75	0.01	0.264	0.739
C×G×A	0.01	1.75	0.00	0.148	0.835
誤差 3	2.14	96.39	0.02		

(接下頁)



單一作業之偵測正確率變異數分析表(續)

位置(L)	0.08	4.20	0.02	0.809	0.526
L×G	0.07	4.20	0.02	0.695	0.603
L×A	0.09	4.20	0.02	0.902	0.467
L×G×A	0.20	4.20	0.05	1.937	0.102
誤差 4	5.52	231.14	0.02		
P×C	0.08	3.03	0.03	1.004	0.393
P×C×G	0.04	3.03	0.01	0.583	0.629
P×C×A	0.20	3.03	0.07	2.700	0.047*
P×C×G×A	0.07	3.03	0.02	0.964	0.412
誤差 5	4.10	166.75	0.03		
P×L	0.34	7.69	0.04	1.607	0.124
P×L×G	0.28	7.69	0.04	1.347	0.221
P×L×A	0.38	7.69	0.05	1.777	0.083
P×L×G×A	0.13	7.69	0.02	0.620	0.755
誤差 6	11.61	422.69	0.03		
C×L	0.21	6.97	0.03	0.963	0.458
C×L×G	0.19	6.97	0.03	0.878	0.524
C×L×A	0.12	6.97	0.02	0.571	0.778
C×L×G×A	0.25	6.97	0.04	1.135	0.340
誤差 7	11.95	383.08	0.03		

(接下頁)

單一作業之偵測正確率變異數分析表(續)

<b>P×C×L</b>	0.29	8.74	0.03	0.669	0.733
<b>P×C×L×G</b>	0.34	8.74	0.04	0.780	0.631
<b>P×C×L×A</b>	0.33	8.74	0.04	0.748	0.660
<b>P×C×L×G×A</b>	0.41	8.74	0.05	0.932	0.495
<b>誤差 8</b>	23.93	480.49	0.05		

• \* $p < 0.05$       \*\* $p < 0.01$

• 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhouse-Geisser 之統計檢定。



### 附錄三 多重作業偵測正確率變異數分析表

多重作業之偵測正確率變異數分析表

變異來源	SS	df	MS	F	Sig
<b>組間變項</b>					
組別(G)	0.17	1.00	0.17	0.857	0.359
資訊輔助(A)	0.14	1.00	0.14	2.057	0.157
G×A	0.35	1.00	0.35	0.174	0.678
誤差 1	11.02	55.00	0.20		
<b>組內變項</b>					
飛機數(P)	0.11	1.73	0.62	1.811	0.168
P×G	0.00	1.73	0.00	0.008	0.986
P×A	0.04	1.73	0.02	0.651	0.503
P×G×A	0.05	1.73	0.03	0.834	0.423
誤差 2	3.28	95.33	0.03		
佈局(C)	0.04	1.72	0.02	1.054	0.344
C×G	0.02	1.72	0.01	0.511	0.574
C×A	0.01	1.72	0.01	0.333	0.685
C×G×A	0.01	1.72	0.01	0.213	0.775
誤差 3	2.07	94.67	0.02		
(接下頁)					

多重作業之偵測正確率變異數分析表(續)

位置(L)	0.20	5.27	0.04	1.778	0.113
L×G	0.16	5.27	0.03	1.383	0.228
L×A	0.08	5.27	0.15	0.686	0.642
L×G×A	0.16	5.27	0.03	1.370	0.233
誤差 4	6.24	289.85	0.02		
P×C	0.15	2.41	0.06	1.769	0.167
P×C×G	0.03	2.41	0.01	0.357	0.739
P×C×A	0.08	2.41	0.03	0.943	0.406
P×C×G×A	0.07	2.41	0.03	0.832	0.457
誤差 5	4.63	132.49	0.04		
P×L	0.29	5.69	0.05	1.046	0.394
P×L×G	0.21	5.69	0.04	0.751	0.602
P×L×A	0.15	5.69	0.03	0.555	0.757
P×L×G×A	0.16	5.69	0.03	0.583	0.735
誤差 6	15.26	313.11	0.05		
C×L	0.36	6.39	0.06	1.177	0.317
C×L×G	0.39	6.39	0.06	1.278	0.264
C×L×A	0.32	6.39	0.05	1.039	0.401
C×L×G×A	0.18	6.39	0.03	0.595	0.745
誤差 7	16.85	351.29	0.05		

(接下頁)

多重作業之偵測正確率變異數分析表(續)

<b>P×C×L</b>	0.74	9.03	0.08	1.344	0.211
<b>P×C×L×G</b>	0.65	9.03	0.07	1.178	0.307
<b>P×C×L×A</b>	0.54	9.03	0.06	0.978	0.458
<b>P×C×L×G×A</b>	0.80	9.03	0.09	1.456	0.161
<b>誤差 8</b>	30.12	496.52	0.06		

• \* $p < 0.05$       \*\* $p < 0.01$

• 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhouse-Geisser 之統計檢定。



#### 附錄四 飛行員有輔助資訊執行單一作業正確率之平均數與標準差

飛行員有輔助資訊執行單一作業正確率之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
位置	佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000
(下左)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000
位置 2	M	0.867	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000
(下中)	SE	0.352	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000
位置 3	M	0.933	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000
(下右)	SE	0.258	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000
位置 4	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000
(中左)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000
位置 5	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000
(中中)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000
位置 6	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(中右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 7	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000
(上左)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000
位置 8	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	0.933
(上中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.258
位置 9	M	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	0.933	0.933	1.000
(上右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.258	0.258	0.000
平均	M	0.956	1.000	0.993	1.000	0.993	0.978	0.993	0.963	0.993
	SE	0.154	0.000	0.029	0.000	0.029	0.086	0.029	0.143	0.029



## 附錄五 飛行員無輔助資訊執行單一作業正確率之平均數與標準差

飛行員無輔助資訊執行單一作業正確率之均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
	佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1	M	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(下左)	SE	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 2	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(下中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 3	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(下右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 4	M	1.000	1.000	0.933	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933
(中左)	SE	0.000	0.000	0.258	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258
位置 5	M	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(中中)	SE	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 6	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	0.933
(中右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.258
位置 7	M	0.933	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000
(上左)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 8	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933
(上中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258
位置 9	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000
(上右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000
平均	M	0.993	0.993	0.993	0.985	0.993	1.000	0.985	1.000	0.978
	SE	0.029	0.029	0.029	0.057	0.029	0.000	0.057	0.000	0.086

## 附錄六 非飛行員有輔助資訊執行單一作業正確率之平均數與標準差

非飛行員有輔助資訊執行單一作業正確率之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	0.929	0.929	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
(下左)	SE	0.267	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
位置 2	M	0.929	1.000	0.929	1.000	1.000	1.000	0.929	1.000	
(下中)	SE	0.267	0.000	0.267	0.000	0.000	0.000	0.267	0.000	
位置 3	M	0.929	0.929	0.929	1.000	1.000	1.000	1.000	0.929	
(下右)	SE	0.267	0.267	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267	
位置 4	M	1.000	1.000	0.857	0.929	1.000	0.929	1.000	1.000	
(中左)	SE	0.000	0.000	0.363	0.267	0.000	0.267	0.000	0.000	
位置 5	M	1.000	1.000	1.000	1.000	0.929	1.000	0.929	0.929	
(中中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267	0.000	0.267	0.267	
位置 6	M	0.929	1.000	0.929	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
(中右)	SE	0.267	0.000	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
位置 7	M	0.929	1.000	1.000	0.929	1.000	0.929	1.000	0.929	
(上左)	SE	0.267	0.000	0.000	0.267	0.000	0.267	0.000	0.267	
位置 8	M	0.929	0.929	1.000	0.929	0.857	0.857	0.929	1.000	
(上中)	SE	0.267	0.267	0.000	0.267	0.363	0.363	0.267	0.000	
位置 9	M	1.000	1.000	1.000	0.929	1.000	0.929	1.000	1.000	
(上右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.267	0.000	0.267	0.000	0.000	
平均	M	0.952	0.976	0.960	0.968	0.976	0.960	0.976	0.976	
	SE	0.178	0.089	0.129	0.119	0.070	0.129	0.089	0.089	

## 附錄七 非飛行員無輔助資訊執行單一作業正確率之平均數與標準差

非飛行員無輔助資訊執行單一作業正確率之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933
(下左)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258
位置 2	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.867	1.000
(下中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.352	0.000
位置 3	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(下右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 4	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000
(中左)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000
位置 5	M	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(中中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 6	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(中右)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 7	M	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933
(上左)	SE	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258
位置 8	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(上中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 9	M	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000
(上右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000
平均	M	0.993	1.000	0.993	0.985	1.000	0.993	0.993	0.985	0.985
	SE	0.029	0.000	0.029	0.057	0.000	0.029	0.029	0.039	0.057

# 附錄八 飛行員有輔助資訊執行多重作業正確率之平均數與標準差

飛行員有輔助資訊執行多重作業正確率之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	0.867	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933
(下左)	SE	0.352	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258
位置 2	M	0.933	0.933	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(下中)	SE	0.258	0.258	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 3	M	1.000	0.933	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(下右)	SE	0.000	0.258	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 4	M	1.000	0.933	0.933	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933
(中左)	SE	0.000	0.258	0.258	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258
位置 5	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(中中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 6	M	1.000	0.933	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(中右)	SE	0.000	0.258	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 7	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(上左)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 8	M	1.000	1.000	0.966	1.000	1.000	1.000	1.000	0.867	1.000
(上中)	SE	0.000	0.000	0.186	0.000	0.000	0.000	0.000	0.352	0.000
位置 9	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933
(上右)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258
平均	M	0.963	0.970	0.981	0.978	1.000	1.000	1.000	0.985	0.978
	SE	0.125	0.115	0.078	0.086	0.000	0.000	0.000	0.039	0.086

## 附錄九 飛行員無輔助資訊執行多重作業正確率之平均數與標準差

飛行員無輔助資訊執行多重作業正確率之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	0.867	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
(下左)	SE	0.352	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
位置 2	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
(下中)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
位置 3	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	
(下右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	
位置 4	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
(中左)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
位置 5	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	
(中中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	
位置 6	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
(中右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
位置 7	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
(上左)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
位置 8	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
(上中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
位置 9	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	0.933	
(上右)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.258	
平均	M	0.978	1.000	1.000	1.000	1.000	0.978	1.000	0.993	
	SE	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086	0.000	0.029	

## 附錄十 非飛行員有輔助資訊執行多重作業正確率之平均數與標準差

非飛行員有輔助資訊執行多重作業正確率之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
	佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1	M	0.929	0.929	0.929	0.857	0.929	1.000	1.000	1.000	1.000
(下左)	SE	0.267	0.267	0.267	0.363	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 2	M	0.857	1.000	0.929	0.857	1.000	0.929	0.929	0.929	0.929
(下中)	SE	0.363	0.000	0.267	0.363	0.000	0.267	0.267	0.267	0.267
位置 3	M	0.929	0.929	1.000	1.000	1.000	0.929	0.929	0.929	1.000
(下右)	SE	0.267	0.267	0.000	0.000	0.000	0.267	0.267	0.267	0.000
位置 4	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.929	1.000
(中左)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267	0.000
位置 5	M	0.929	1.000	1.000	0.929	0.929	1.000	0.929	0.929	1.000
(中中)	SE	0.267	0.000	0.000	0.267	0.267	0.000	0.267	0.267	0.000
位置 6	M	0.929	1.000	0.929	1.000	1.000	0.857	0.857	1.000	1.000
(中右)	SE	0.267	0.000	0.267	0.000	0.000	0.363	0.363	0.000	0.000
位置 7	M	0.929	0.857	1.000	1.000	0.929	0.929	1.000	1.000	0.929
(上左)	SE	0.267	0.363	0.000	0.000	0.267	0.267	0.000	0.000	0.267
位置 8	M	0.929	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.929
(上中)	SE	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267
位置 9	M	1.000	0.929	1.000	1.000	1.000	0.929	1.000	1.000	0.929
(上右)	SE	0.000	0.267	0.000	0.000	0.000	0.267	0.000	0.000	0.267
平均	M	0.937	0.960	0.976	0.960	0.976	0.952	0.960	0.968	0.968
	SE	0.219	0.129	0.089	0.110	0.089	0.159	0.129	0.119	0.119



## 附錄十一 非飛行員無輔助資訊執行多重作業正確率之平均數與標準差

非飛行員無輔助資訊執行多重作業正確率之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	0.933	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000
(下左)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 2	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	0.933	1.000
(下中)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.258	0.000
位置 3	M	0.933	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(下右)	SE	0.258	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 4	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(中左)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 5	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000
(中中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000
位置 6	M	0.933	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000
(中右)	SE	0.258	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000
位置 7	M	1.000	1.000	0.933	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000
(上左)	SE	0.000	0.000	0.258	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 8	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	0.933	1.000
(上中)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.258	0.000
位置 9	M	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(上右)	SE	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
平均	M	0.956	0.993	0.985	0.993	0.985	0.985	0.993	0.978	1.000
	SE	0.172	0.029	0.057	0.029	0.057	0.057	0.029	0.086	0.000

**附錄十二 飛行員有輔助資訊執行多重作業偵測時間之平均數與標準差**  
飛行員有輔助資訊執行多重作業偵測時間之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	134.330	139.470	138.070	145.130	135.130	135.670	141.270	139.130	145.600
(下左)	SE	23.690	16.110	22.290	21.790	21.860	19.830	16.690	18.430	34.400
位置 2	M	123.600	134.400	134.400	135.070	138.130	132.200	126.530	133.530	134.270
(下中)	SE	17.830	30.980	18.530	35.260	29.550	13.190	13.690	14.720	19.200
位置 3	M	138.270	139.070	139.000	154.670	135.600	154.600	137.270	143.870	143.800
(下右)	SE	23.210	24.690	18.930	61.470	12.730	47.220	22.540	26.930	17.070
位置 4	M	141.130	126.800	147.530	139.070	138.870	143.870	137.200	132.730	137.800
(中左)	SE	25.930	19.850	26.200	33.570	23.480	20.740	13.850	16.640	19.880
位置 5	M	128.730	135.130	148.670	129.530	132.130	136.930	132.530	132.870	140.550
(中中)	SE	22.590	24.880	50.320	22.340	13.130	17.110	10.930	15.620	24.790
位置 6	M	140.930	136.000	130.000	140.330	142.000	137.130	141.650	146.000	144.040
(中右)	SE	26.020	11.170	21.730	17.230	9.220	19.280	22.510	17.010	14.730
位置 7	M	145.270	143.530	149.670	148.670	141.270	154.330	159.130	161.070	169.070
(上左)	SE	23.220	17.950	25.390	28.150	33.500	17.320	20.200	17.880	19.820
位置 8	M	149.930	153.270	147.130	163.870	164.200	163.200	170.130	165.200	174.400
(上中)	SE	24.420	23.580	28.340	23.760	18.950	29.840	22.030	32.160	13.650
位置 9	M	144.600	159.470	161.670	166.270	170.930	168.930	174.530	176.530	165.270
(上右)	SE	27.910	21.780	16.480	23.230	18.070	15.650	25.780	19.400	38.300
平均	M	138.532	112.970	144.016	146.957	144.251	147.429	146.693	147.881	150.533
	SE	23.869	21.221	25.357	29.644	20.054	22.242	18.691	19.866	22.427

### 附錄十三 飛行員無輔助資訊執行多重作業偵測時間之平均數與標準差

飛行員無輔助資訊執行多重作業偵測時間之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	124.730	138.930	139.330	146.670	137.730	141.600	135.470	135.070	137.270
(下左)	SE	22.640	19.680	14.070	20.570	18.410	21.380	16.620	14.720	23.350
位置 2	M	125.130	129.800	132.070	130.930	130.870	136.200	127.400	130.470	136.200
(下中)	SE	14.780	17.980	14.970	24.530	18.260	18.650	14.390	18.710	12.200
位置 3	M	136.930	142.270	143.070	136.530	136.930	146.330	134.930	138.600	149.530
(下右)	SE	29.720	23.650	17.310	23.360	20.640	29.890	10.050	20.520	21.980
位置 4	M	139.270	135.400	146.670	136.870	134.930	135.070	135.800	137.330	144.270
(中左)	SE	21.320	16.910	17.200	17.400	19.110	11.540	16.840	16.870	22.210
位置 5	M	127.930	140.600	136.470	125.870	139.670	136.930	134.130	140.400	140.270
(中中)	SE	13.490	17.200	14.870	11.810	17.670	17.110	22.580	11.740	21.920
位置 6	M	136.270	132.930	140.730	139.930	130.400	137.130	141.600	147.600	137.270
(中右)	SE	19.800	20.700	19.720	21.130	19.120	19.280	16.760	20.050	13.890
位置 7	M	158.530	150.330	149.200	156.400	170.000	169.270	175.670	165.070	178.130
(上左)	SE	25.160	17.790	20.680	17.830	14.740	17.490	8.210	19.140	32.110
位置 8	M	158.470	159.070	161.930	167.800	174.400	179.000	184.530	178.800	184.800
(上中)	SE	20.580	16.330	11.270	26.510	13.440	13.950	14.240	9.860	10.410
位置 9	M	168.470	159.930	157.130	178.470	172.130	175.800	184.400	184.270	187.070
(上右)	SE	14.110	20.590	17.190	14.730	22.390	18.300	9.470	19.050	12.450
平均	M	141.748	143.251	145.178	146.608	147.451	150.814	150.437	150.846	154.979
	SE	20.178	18.981	16.364	19.763	18.198	18.621	14.351	16.740	18.947

## 附錄十四 非飛行員有輔助資訊執行多重作業偵測時間之平均數與標準差

非飛行員有輔助資訊執行多重作業偵測時間之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	187.070	166.730	187.070	185.200	168.600	165.930	163.170	169.270	170.330
(下左)	SE	49.930	26.520	58.860	50.310	40.610	25.140	25.760	27.420	18.620
位置 2	M	173.070	164.330	163.930	181.800	147.730	169.380	153.870	157.000	165.780
(下中)	SE	63.040	56.930	48.170	72.720	24.010	56.750	32.160	35.360	50.130
位置 3	M	169.600	187.600	173.800	183.200	185.760	171.670	169.870	165.930	195.870
(下右)	SE	50.390	68.360	44.550	60.440	75.800	45.990	49.560	38.740	83.730
位置 4	M	168.270	177.330	165.670	189.330	168.530	161.930	174.590	165.670	163.270
(中左)	SE	49.360	86.920	18.030	57.790	56.690	21.600	35.810	32.420	35.070
位置 5	M	157.530	158.500	179.600	146.870	168.790	171.670	164.800	155.070	169.670
(中中)	SE	31.100	31.350	60.390	46.430	56.130	40.350	56.910	23.930	61.570
位置 6	M	178.270	169.200	189.200	179.330	195.670	236.730	172.200	193.470	164.530
(中右)	SE	43.580	24.650	63.850	47.950	86.270	66.890	55.710	66.740	25.220
位置 7	M	136.470	150.470	149.730	146.200	148.870	144.330	145.600	153.270	151.130
(上左)	SE	29.110	41.940	46.110	25.260	23.880	28.990	35.030	34.510	35.740
位置 8	M	139.000	149.320	144.930	146.670	154.330	150.200	139.470	146.400	140.070
(上中)	SE	26.410	29.610	38.790	35.200	32.070	33.230	28.660	35.150	33.330
位置 9	M	153.190	145.200	151.200	144.670	154.470	142.200	143.130	146.290	140.130
(上右)	SE	28.820	31.000	38.620	31.820	45.530	35.240	39.620	37.130	36.310
平均	M	162.497	135.067	167.237	167.030	165.861	168.227	158.522	161.374	162.309
	SE	41.304	44.142	46.374	47.547	48.999	39.353	39.913	36.822	42.191

## 附錄十五 非飛行員無輔助資訊執行多重作業偵測時間之平均數與標準差

非飛行員無輔助資訊執行多重作業偵測時間之平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
	佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣
位置 1	M	0.933	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000
(下左)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 2	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	0.933	1.000
(下中)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.258	0.000
位置 3	M	0.933	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(下右)	SE	0.258	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 4	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(中左)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 5	M	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000
(中中)	SE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000
位置 6	M	0.933	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000
(中右)	SE	0.258	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000	0.258	0.000	0.000
位置 7	M	1.000	1.000	0.933	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000
(上左)	SE	0.000	0.000	0.258	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000
位置 8	M	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	0.933	1.000
(上中)	SE	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.000	0.258	0.000
位置 9	M	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(上右)	SE	0.000	0.258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
平均	M	0.956	0.993	0.985	0.993	0.985	0.985	0.993	0.978	1.000
	SE	0.172	0.029	0.057	0.029	0.057	0.057	0.029	0.086	0.000

**附錄十六 飛行員有輔助資訊執行多重作業之回憶誤差量平均數與標準差**  
 飛行員有輔助資訊執行多重作業之戰況回憶誤差量平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	438.85	600.71	372.00	414.45	449.23	802.80	423.24	540.07	461.37
(下左)	SE	195.90	176.89	143.72	124.46	183.43	1127.80	138.90	166.88	197.62
位置 2	M	549.62	701.46	380.46	449.07	440.89	361.37	499.30	381.08	424.62
(下中)	SE	150.37	1211.08	176.10	183.31	226.63	174.91	203.51	140.41	351.31
位置 3	M	497.19	491.05	482.33	375.93	622.51	442.39	442.94	520.01	410.86
(下右)	SE	178.12	252.84	155.80	194.00	192.94	258.30	210.20	245.82	202.83
位置 4	M	591.92	462.10	270.59	1080.91	440.29	386.96	484.07	358.03	431.09
(中左)	SE	148.42	271.52	132.21	2147.70	685.16	142.68	290.19	180.67	287.91
位置 5	M	609.41	647.89	533.66	467.74	442.88	507.03	335.47	419.03	782.78
(中中)	SE	611.13	417.89	289.96	227.14	187.95	335.56	175.58	201.46	927.12
位置 6	M	637.40	745.52	480.63	526.93	385.57	474.64	836.32	493.35	513.19
(中右)	SE	212.86	1018.00	200.82	158.37	189.75	252.26	1266.97	187.94	247.97
位置 7	M	786.29	506.74	609.23	692.93	548.05	750.08	248.29	454.71	357.42
(上左)	SE	1268.48	323.67	1273.23	1257.47	506.52	1242.16	85.88	151.46	254.77
位置 8	M	542.74	695.55	391.60	453.76	545.86	452.46	424.68	410.17	450.45
(上中)	SE	248.90	670.93	187.36	168.02	246.59	189.66	212.14	174.63	198.91
位置 9	M	341.24	517.98	606.68	453.19	521.70	333.66	339.74	628.25	452.66
(上右)	SE	126.58	159.54	1110.19	258.62	221.06	132.63	228.04	183.58	473.54
平均	M	554.96	596.56	458.58	546.10	488.55	501.26	448.23	467.19	476.05
	SE	348.97	500.26	407.71	524.34	293.34	428.44	312.38	181.43	349.11



## 附錄十七 飛行員無輔助資訊執行多重作業之回憶誤差量平均數與標準差

飛行員無輔助資訊執行多重作業之戰況回憶誤差量平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	485.39	588.01	387.11	412.82	564.62	448.33	401.79	599.69	784.37
(下左)	SE	165.25	205.67	146.08	127.87	227.11	188.69	163.61	159.62	1127.25
位置 2	M	531.53	357.31	422.42	514.82	438.12	337.38	500.05	425.39	398.12
(下中)	SE	185.66	147.88	147.72	241.83	161.45	160.14	164.24	147.85	163.12
位置 3	M	606.60	555.14	409.45	416.61	596.05	391.36	460.66	565.84	369.52
(下右)	SE	306.80	143.95	220.91	191.43	256.21	203.16	242.39	259.88	144.84
位置 4	M	556.55	501.07	360.61	601.97	376.24	392.13	578.84	462.12	345.74
(中左)	SE	188.28	272.41	158.53	281.28	198.33	166.19	257.66	192.66	144.70
位置 5	M	475.35	557.21	474.96	476.32	469.15	440.65	366.84	481.29	524.23
(中中)	SE	192.40	147.68	215.95	244.75	233.16	199.70	164.30	210.36	381.29
位置 6	M	647.69	536.29	574.92	494.40	530.40	779.25	594.15	557.96	667.23
(中右)	SE	249.06	186.66	171.96	273.79	219.85	1544.06	304.18	263.58	317.98
位置 7	M	367.63	393.48	354.64	386.85	457.80	315.69	313.91	391.18	313.58
(上左)	SE	206.43	157.98	207.83	225.37	201.51	165.83	127.21	174.65	166.15
位置 8	M	392.42	465.27	498.25	355.29	429.43	466.90	274.63	531.72	474.15
(上中)	SE	187.23	236.18	133.15	161.89	158.16	209.88	151.97	246.36	270.17
位置 9	M	372.48	452.24	311.06	330.07	509.77	327.39	342.64	553.02	318.94
(上右)	SE	215.81	230.01	104.95	213.25	198.82	120.69	185.75	225.05	116.49
平均	M	492.85	489.56	421.49	443.24	485.73	433.23	425.95	507.58	466.21
	SE	210.77	192.05	167.45	217.94	206.07	328.70	195.70	208.89	314.66

## 附錄十八 非飛行員有輔助資訊執行多重作業回憶誤差量平均數與標準差

非飛行員有輔助資訊執行多重作業之戰況回憶誤差量平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	455.34	681.89	345.43	1020.13	538.75	442.90	388.40	582.94	398.69
(下左)	SE	220.46	358.32	156.64	2354.99	160.46	185.54	145.00	207.69	170.12
位置 2	M	580.55	325.81	304.08	570.06	438.02	277.36	639.59	332.88	329.39
(下中)	SE	136.46	176.03	111.80	279.27	208.07	89.90	526.21	142.89	141.74
位置 3	M	465.00	594.40	470.01	329.49	583.73	424.76	380.92	568.11	430.66
(下右)	SE	158.20	132.97	164.45	117.78	131.08	147.83	106.55	169.20	151.88
位置 4	M	576.75	470.23	334.37	543.33	309.36	411.31	558.89	397.65	363.77
(中左)	SE	271.20	268.94	90.08	221.92	175.26	282.60	156.16	248.41	145.47
位置 5	M	431.00	523.47	398.75	403.10	530.61	407.23	301.16	489.33	861.00
(中中)	SE	191.07	170.00	260.34	216.16	152.97	167.01	111.92	156.87	1540.44
位置 6	M	607.14	498.11	404.69	651.66	532.09	455.40	594.34	565.36	449.36
(中右)	SE	201.26	281.28	135.71	210.59	437.82	231.21	270.68	353.00	242.35
位置 7	M	335.45	630.35	334.47	338.86	825.46	370.30	260.99	405.95	299.88
(上左)	SE	140.89	695.38	175.02	103.04	1719.84	219.29	175.42	164.19	122.44
位置 8	M	480.97	460.19	355.50	352.48	487.78	358.24	269.22	482.96	398.71
(上中)	SE	390.93	156.95	172.29	264.26	178.67	132.92	98.09	160.70	201.56
位置 9	M	392.68	515.95	357.14	326.79	512.14	324.56	298.50	517.55	320.88
(上右)	SE	123.75	139.57	188.69	145.47	136.68	158.17	103.53	142.18	68.62
平均	M	480.54	522.27	367.16	503.99	528.66	385.78	410.22	482.53	428.04
	SE	203.80	264.38	161.67	434.83	366.76	179.39	188.17	193.90	309.40

## 附錄十九 非飛行員無輔助資訊執行多重作業回憶誤差量平均數與標準差

非飛行員無輔助資訊執行多重作業之戰況回憶誤差量平均數與標準差

飛機		4 架飛機			7 架飛機			10 架飛機		
數		(敵友機比率 1：3)			(敵友機比率 1：6)			(敵友機比率 1：9)		
佈局	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	群組內	遠離 群組	群組 邊緣	
位置 1	M	392.45	567.67	463.86	436.87	523.09	385.23	424.64	546.90	473.98
(下左)	SE	164.69	135.33	153.04	117.09	152.83	205.30	132.16	181.24	225.77
位置 2	M	516.98	332.54	295.49	562.38	406.40	395.11	500.79	357.88	405.68
(下中)	SE	128.19	144.38	137.25	237.94	182.16	196.99	183.74	167.22	196.65
位置 3	M	473.44	537.96	427.79	419.62	625.66	380.54	377.80	632.56	526.63
(下右)	SE	130.13	135.50	182.57	167.76	190.25	180.50	172.43	230.22	241.84
位置 4	M	481.33	356.22	298.30	513.31	301.97	424.71	491.76	380.96	332.57
(中左)	SE	171.16	123.85	138.99	155.63	188.41	234.66	127.37	199.27	184.32
位置 5	M	398.63	549.80	422.80	321.75	478.83	379.22	355.49	489.93	359.43
(中中)	SE	207.22	138.05	258.71	243.37	145.37	279.43	185.00	161.16	190.32
位置 6	M	685.25	424.33	361.56	519.18	409.96	420.22	470.06	493.47	443.07
(中右)	SE	163.48	147.56	225.94	185.50	179.12	185.16	203.02	236.24	221.38
位置 7	M	338.84	413.08	320.15	290.41	455.19	222.47	285.19	401.33	340.70
(上左)	SE	161.70	177.03	146.71	124.91	155.41	111.42	115.90	124.57	139.23
位置 8	M	341.97	439.74	280.76	321.65	448.65	332.45	278.65	485.53	369.82
(上中)	SE	130.16	173.86	93.00	122.08	146.91	107.13	118.30	162.54	125.48
位置 9	M	329.43	465.31	299.83	442.75	463.50	279.53	332.29	877.71	274.73
(上右)	SE	147.47	120.42	111.80	212.57	146.26	107.65	117.86	1363.01	72.90
平均	M	392.45	567.67	463.86	436.87	523.09	385.23	424.64	546.90	473.98
	SE	164.69	135.33	153.04	117.09	152.83	205.30	132.16	181.24	225.77