



動態迷彩塗裝目標對視覺偵測績效的影響

林承志

提要

- 一、迷彩主要運用於軍事偽裝，其目的在於欺騙敵方的眼睛，降低被識破的機率，以提高人員、設備及設施生存率。目前對於迷彩測試的研究大多採取靜態效果驗證，而對於動態視覺搜尋行為相關的研究甚少。本實驗將運用邊緣視覺來探討在臺灣海岸地形場景中，不同迷彩類型、速度及受試者性別對偵測績效的影響，並以眼球追蹤儀作為施測設備用以紀錄受試者偵測歷程，進而歸納出在動態條件下，合理評估迷彩效能的方法。
- 二、實驗結果顯示，男性軍職人員比女性更快、更準確偵測到迷彩動態目標；當動態目標使用叢林迷彩時，其偵測時間明顯高於沙漠迷彩與多地形迷彩，而受試者在主觀困難度上，亦得出相同的結果；動態迷彩目標呈現速度在時速9公里時，其平均被偵測成功率明顯比在時速18公里與36公里時表現較佳；而受試者的主觀困難度亦隨動態目標時速的減少而呈現遞增的趨勢。

關鍵詞：邊緣視覺，偵測績效，迷彩效能

壹、前言

環顧所有的偽裝設計都能由大自然中獲得啟示，多數的蛙類、昆蟲類會隨著生存之環境發展出相似的外觀顏色，如生長在珊瑚礁的魚類演化成瘤狀的身形以迷惑敵人、斑馬因應其主要敵人的習性進而演化出黑白條紋毛皮，而頭足類軟體動物(如墨魚)可迅速萃取視覺的背景資訊，其皮膚細胞快速變化為動態偽裝模式¹，都是自然界告訴我們偽裝可資應用的法則。早期的偽裝被當成一門藝術，直到18世紀，Thayer藉由對自然界進化的觀察與研究提出偽裝理論，主要在於環境模仿(Mimic)、陰影消除(Counter shading)、變形及外觀之改變(Boundary break up)。

偽裝是動物和人類為了掩蓋視覺監視或偵測經常使用的方法²。軍事偽裝又稱迷彩，其主要功能在於破壞人體、物品及設施外型的輪廓，降低與周邊環境格格不入的感覺，其目的要跟環境融成一體形成保護色，這與自然界生物的保護色的意思雷同，所以在作戰時能達到偽裝、隱蔽及掩蔽的效果，藉此增加軍事人員、設備及設施在戰場上的存活

率。迷彩的顏色和色塊設計，要隨著周遭環境而因地制宜，並配合地形、地物及戰術需求，加以靈活運用，故迷彩效果的良窳影響一般人對偽裝辨識的時間，良好的迷彩偽裝效果可以延長搜尋的時間進而增加生存的機會，不好的迷彩偽裝效果將適得其反，增加被發現的風險。

迷彩偽裝技術的演進，由「保護迷彩」、「變形迷彩」進展至現今的「數位迷彩」；而「保護迷彩」是接近於背景基本顏色的單色迷彩，用於偽裝處於單調背景上的目標，保護迷彩顏色的選定是根據目標所處背景的顏色。例如早期國軍的草綠色軍服、蘇俄1905年時期的土褐色軍服，這些都是早期保護迷彩應用於軍事偽裝的典型範例。「變形迷彩」是由幾種形狀不規則的大斑點所組成的多色迷彩，這種多色迷彩須符合目標活動區域背景的主要顏色，主要運用於偽裝各種活動目標，使活動目標的外形輪廓能在預定活動區域的各種背景上受到不同程度的扭曲，國外的研究發現，在同樣背景、同樣距離，一輛未塗裝變形迷彩的戰車和一輛塗了變形迷彩的戰車，用紅外線夜視鏡觀察，其識別率分別是

- 1 Barbosa, A., Mathger, L. M., Buresch, K. C., Jennifer Kelly, J., Chubb, C., Chiao, C. H. and Hanlon, R. T., 2008. Cuttlefish camouflage: The effects of substrate contrast and size in evoking uniform, mottle or disruptive body patterns. *Vision Research*, 48, pp. 1242-1253.
- 2 Tankus, A., and Yeshurun, Y., 2001. Convexity-Based Visual Camouflage Breaking. *Computer Vision and Image Understanding*, 82, pp. 208-237.

96%與54%；後續覆蓋熱塗層蓋布，使用手持熱顯像儀觀察，結果未塗變形迷彩戰車識別率為98%，而使用變形迷彩塗裝戰車的識別率為59%，由此可說明，變形迷彩偽裝可降低識別率，就以反制而言，意味着增加了反制武器操作人員的識別時間，隨著時間的增加，就可能使反制武器失去發射機會。「數位迷彩」是新型迷彩偽裝技術，它將背景圖像中的顏色、紋理及其分布等訊息密碼進行像素化表達，並在裝備表面上進行複製與再現，克服了傳統迷彩只在特定偵查距離上才具有偽裝效果的不足，在不同的偵察距離上均與背景具有良好的融合性，可應付高分辨率航空光學成像偵查，其偽裝效果更佳，可根據目標的特點和所處的背景特徵，數位迷彩既可設計成武器裝備的變形迷彩，也可設計成

固定軍事設施的仿造迷彩，但是，長期以來，由於在大型複雜目標的數位迷彩精細塗裝和批量塗裝方面始終沒有找到很好的解決方法，因而數位迷彩在武器裝備上的應用受到限制。

美軍為求取在多種場景均可使用之迷彩類型，於2002至

2007年由陸軍納提克士兵中心(U.S. Army Natick Soldier Center)進行美國陸軍通用迷彩測試計畫(U.S. Army universal camouflage trials)，針對世界各國現行使用迷彩計13種類型迷彩塗裝在叢林、沙漠及城市等3種場景，採用主觀評量法進行測試，測試結果(如圖一所示)，其測試結果在叢林地形以中國叢林迷彩(China)較佳，在沙漠地形以英國沙漠迷彩(Desert British)較佳，而在城市地形以沙漠數位迷彩(Desert MARPAT*)為較佳，另美軍多地形迷彩(Multicam)於3種測試場景中，其偽裝效果名次均介於中間區域，結果顯示可適用於多種場景，所以本研究選定叢林迷彩(Woodland)、多地形迷彩(Multicam)及沙漠迷彩(Desert)等3種迷彩類型作為實

Ranking of Patterns by Environment			
Table 8			
Best ↑ ↓ Worst	Desert	Urban	Woodland
	Desert British	Desert MARPAT	China
	Syria	Desert Brush	Woodland MARPAT
	Desert MARPAT	Desert British	Mossy Oak
	Desert Brush	MultiCam®	French
	Bulldog	Syria	Iraq
	MultiCam®	Natural Gear	MultiCam®
	Natural Gear	Iraq	Syria
	Mossy Oak	UCP	Bulldog
	UCP	Bulldog	Natural Gear
	French	China	Desert Brush
	Woodland MARPAT	Mossy Oak	Desert MARPAT
	China	Woodland MARPAT	UCP
	Iraq	French	Desert British

圖一 美國陸軍通用迷彩測試結果

資料來源：U.S. Army Natick Soldier Center網站。
民國102年1月27日，取自：<http://nsrdec.natick.army.mil/index.htm>

驗刺激目標迷彩塗裝，並運用眼球追蹤實驗法以符合人體視覺模式進行測試。

從人類眼球的生理結構而言，由於視網膜的錐細胞與桿細胞的分佈範圍不同，所以視覺軸心角度可以分為小於1度的中央小窩（fovea），在此範圍的視域可清楚分辨事物；在1至5度為副中心窩（parafovea），隨著遠離中央小窩的距離增加，偵測的影像亦隨之模糊；超過5度為邊緣視域（periphery），由於此區域缺乏錐細胞，所以清晰度也隨之降低。因此，我們只能由邊緣視覺得知有哪些刺激進入我們的視域，但中視域的資訊不足以完全清楚辨識刺激物細部特徵為何，必須移動眼睛使刺激影像落在視網膜中央小窩的區域（清晰域），才能達到辨識的目的。所以，若要避免刺激物被偵測，就要使刺激物在邊緣視覺中不被注意，就無法引發中央視覺眼球運動所造成的辨識行為，故本研究採用邊緣視覺偵測方法進行迷彩辨識實驗。

迷彩偽裝技術在軍事領域應用已相當廣泛，但在迷彩目標偵測的應用研究甚少，現今偽裝效能評價方式分為兩大主流模式，分別為數值圖像紋理分析法³與主觀評量法⁴，數值圖像紋理分析法具有架構簡單、操作性容

易、速度快等優點，但是偽裝的目的在於欺騙敵方的眼睛，以電腦計算迷彩光學特徵，可快速得出偽裝效果優劣的指標，雖可避免肉眼主觀判斷的錯誤，對於以主觀的肉眼觀測之戰場情況而言，迷彩偽裝效能即包含是否可造成主觀的判斷錯誤，並且電腦計算出的迷彩與背景相似度並無法直接反應人眼偵測之閾值，因此偽裝效能評價的議題主要還是在視知覺領域⁵。

本研究旨在運用邊緣視覺探討不同迷彩類型、速度及受測者性別對偵測績效的影響，並以臺灣海岸地形作為刺激背景圖，參考美國陸軍通用迷彩測試計畫，運用主觀評量法進行迷彩效果測試，採用眼動追蹤實驗法，針對叢林迷彩、多地形迷彩及沙漠迷彩等3種迷彩類型作為實驗刺激目標迷彩塗裝進行測試，從受試者在視覺偵測的歷程中，瞭解迷彩在動態時的偽裝效能。

貳、研究方法

一、受試者

以國防大學管理學院正期生、研究生計24員（男性、女性各12員），年齡約在18-35歲

- 3 Birkemark, C. M. and CAMEVA.,1999. A Methodology for Computerised Evaluation of Camouflage Effectiveness and Estimation of Target Detectability. SPIE, 3699.
- 4 Xu, W., X., Chen, L. B., and Xue, S. ,2002. A model based on texture analysis for the performance evaluation of camouflage screen equipment. ACTA ARMAMENTARII, 23.
- 5 唐大崙，偽裝的視覺基礎，空軍學術月刊，570 期，95-107，2004。

之間；規範受測者視力正常或矯正後視力在0.8以上，且無色盲或特殊眼疾。

二、實驗環境

本研究實驗環境為約10坪的獨立房間，環境溫度控制在攝氏26°C，照度維持在300 (lux)，另牆面色系均為乳白色且不會產生反光，所有環境均依照眼球追蹤環境條件設置；場地桌面分別放置用來記錄大量的眼動訊息資料的Host PC、播放實驗刺激圖形的Display PC與顯示刺激物的24吋螢幕；使用可調整受試者高度之座椅，避免因身高影響觀看刺激物時之視角，進而產生誤差，要求受試者保持眼睛距刺激物顯示螢幕中心55公分的距離，使螢幕與受試者成一直線，實驗環境配置如圖二所示。

三、實驗設備

本研究主要運用加拿大SR Research公司所研發的EYELINK II眼動追蹤儀（如圖三所



圖三 眼動儀頭套示意圖

資料來源：SR Research網站。民國102年1月27日，
取自：http://sr-research.com/EL_II.html

示）。是項儀器可以設定高頻率影像擷取，每秒最高可達500Hz的取樣頻率，即時且精確記錄受試者眼動數據。EYELINK II眼動追蹤儀共有三部攝影機架在頭套上，左右兩部微型攝影機鎖定兩眼瞳孔位置。而位於頭套前端的小型攝影機，透過觀測螢幕的四個紅外線發射器，藉以記錄頭部相對位置的訊息，可迅速校正頭部位置。

EYELINK II眼動追蹤儀，採用兩臺電腦作記錄運算處理，其中一部作為眼球運動相關參數記錄使用 (tracker host PC)，另一部則作為實驗刺激圖形顯示使用 (display PC)，搭配可高速記錄眼球運動的EYELINK II眼動追蹤儀，兩部電腦透過高速



圖二 實驗環境配置

網路電纜連線，即可將刺激圖形資料和眼動訊息資料同步整合，實驗裝備配置，如圖四所示。實驗進行前，首先調整受試者座椅位置，使受試者眼睛距觀測螢幕保持55公分的距離，以EYELINK II眼動追蹤儀搭配EIZO工業級精準校色24吋顯示器，螢幕解析度設定為1920 (pixels) × 1200 (pixels)，以85Hz的頻率顯示，色彩位元深度設定為32位元；實驗流程設計採用SR Research公司實驗設計軟體Experiment Builder，每秒取樣頻率設定為500Hz，所有資料均由EYELINK II眼動追蹤儀自動記錄。

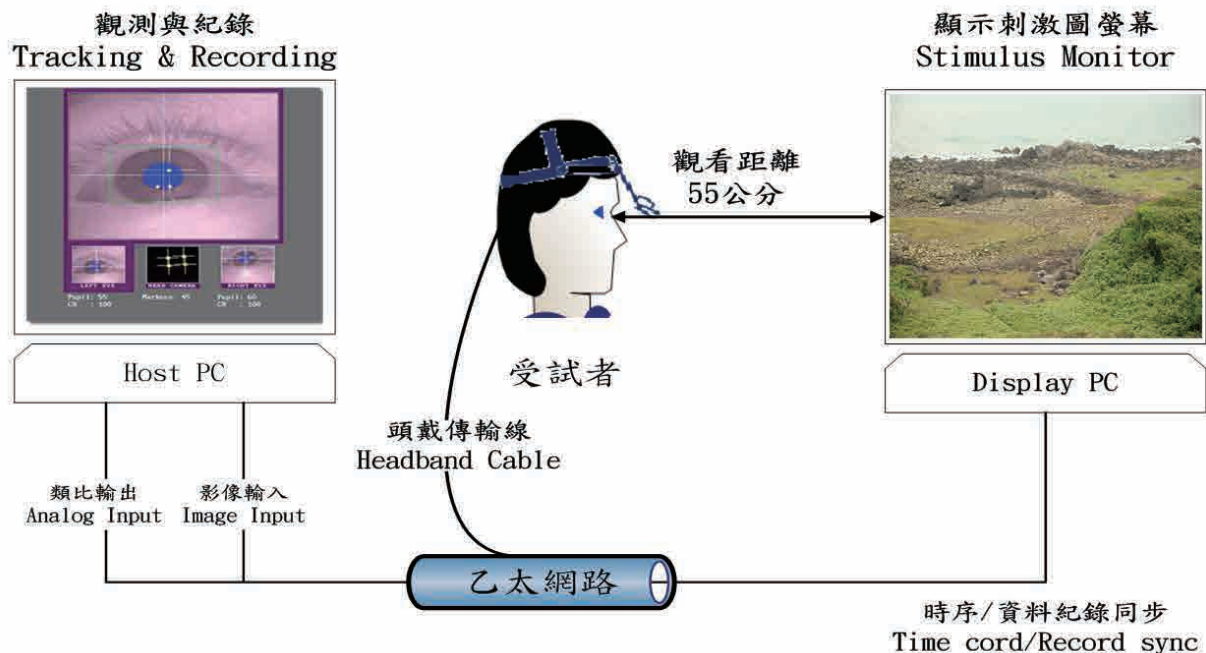
四、實驗流程

實驗前，由受試者完成參與實驗同意書與基本資料填寫，再由研究者向受試者告知

實驗程序與目的。

接著由研究者協助受試者配戴眼動儀頭套，並調整紅外線鏡頭焦距，並利用眼動偵測器上方攝影機對應螢幕四個感應器調整受試者椅子高度及位置，使受試者眼睛距觀測螢幕保持55公分的距離，且螢幕中心與受測者成一直線，使其頭部置於螢幕顯示中央位置，防止因角度不同造成辨識上的差異，確保最佳的辨識效果。

完成位置調整後，進行眼動九點校正程序 (calibration)，亦即在螢幕中央、上、下、左、右、右上、右下、左上、左下等9個位置。以隨機方式出現一個圓點，受試者需逐一穩定凝視圓點，由眼動儀計算九點校準過程中螢幕與眼球移動的對應函數，並直接將眼球運



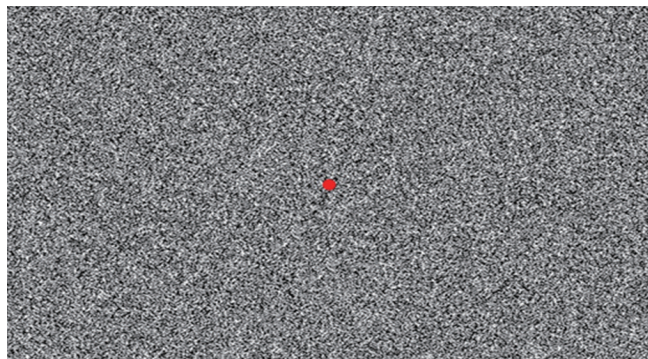
圖四 實驗設備配置

動的移動量換算為螢幕座標的位移量。

下一步驟是確認程序(validation)，與校正程序相似，此確認是比對換算所得之圓點位置與該圓點實際位置之差距；確認結果由眼動儀顯示，若顯示校正結果為良好，就可以開始進入實驗階段，若顯示為不佳，則再進行儀器與姿勢調整，重複至顯示結果為良好，始可進入實驗階段。

五、正式實驗

正式實驗前，受試者將左手放在鍵盤空白鍵上，右手擺放於桌上，觀測螢幕會出現一張雜訊圖片且圖中有一紅點(如圖五所示)，作為每張刺激圖片間的時間，其目的為導引



圖五 視覺凝視干擾圖



圖六 視覺集中區域圖

受試者注意力至中央位置，可確保每一張畫面之視覺動作起始點均為同一點，故要求受試者注視此一凝視點，約一秒鐘後凝視點消失，而刺激圖隨即顯示於觀測螢幕上，刺激背景圖中設置視覺集中區域，為一黑色圓圈(如圖六所示)，要求受試者凝視此一黑色區域，且不得超出，其目的在迫使受試者運用邊緣視覺進行偵測，以獲取迷彩戰車所在位置。

本次實驗刺激圖形共計18張，未限制受試者偵測時間，另於每張刺激圖前置放干擾圖形，以1秒鐘實施間隔；實驗開始時，由受試者運用邊緣視覺進行迷彩戰車偵測；當有發現目標後，受試者以口頭複誦方式回報已搜尋到的目標位置，遂按空白鍵跳離受測畫面，進入問題模式。受試者於完成受測後，顯示螢幕將出現測驗題目，要求受試者回答完成偵測目標的位置與難易程度。

六、實驗設計

本實驗採用巢狀因子實驗設計，探討受試者在性別(男性、女性)等2種條件下，對多地形迷彩、叢林迷彩及沙漠迷彩等3種不同迷彩類型，採用左方與右方等2種不同出現方向，目標運動速度區分9公里、18公里及36公里等3種不同時速，對其偵測績效的影響；其中自變項是性別、迷彩種類、方向及速度；依變項為偵測時間、正確率及困難程度，實驗架構如圖七所示。

刺激圖形製作，運用電腦螢幕模擬距離175公尺、車高3.20公尺及車寬6.94公尺的M60A3戰車，由於受測者視距55cm，考量顯示螢幕尺寸限制，故實體在螢幕顯示高度為10.25mm，寬度為21.81mm，如圖九所示。

本次實驗刺激圖樣設計為3種不同迷彩類型戰車，採取時速9公里、18公里及36公里等3種不同速度的呈現方式，自左、右方等2個不同方向出現，共計18張動態刺激圖，並於實驗中隨機撥放，主要探討迷彩類型、速度及受試者性別對偵測績效的影響。

七、資料分析

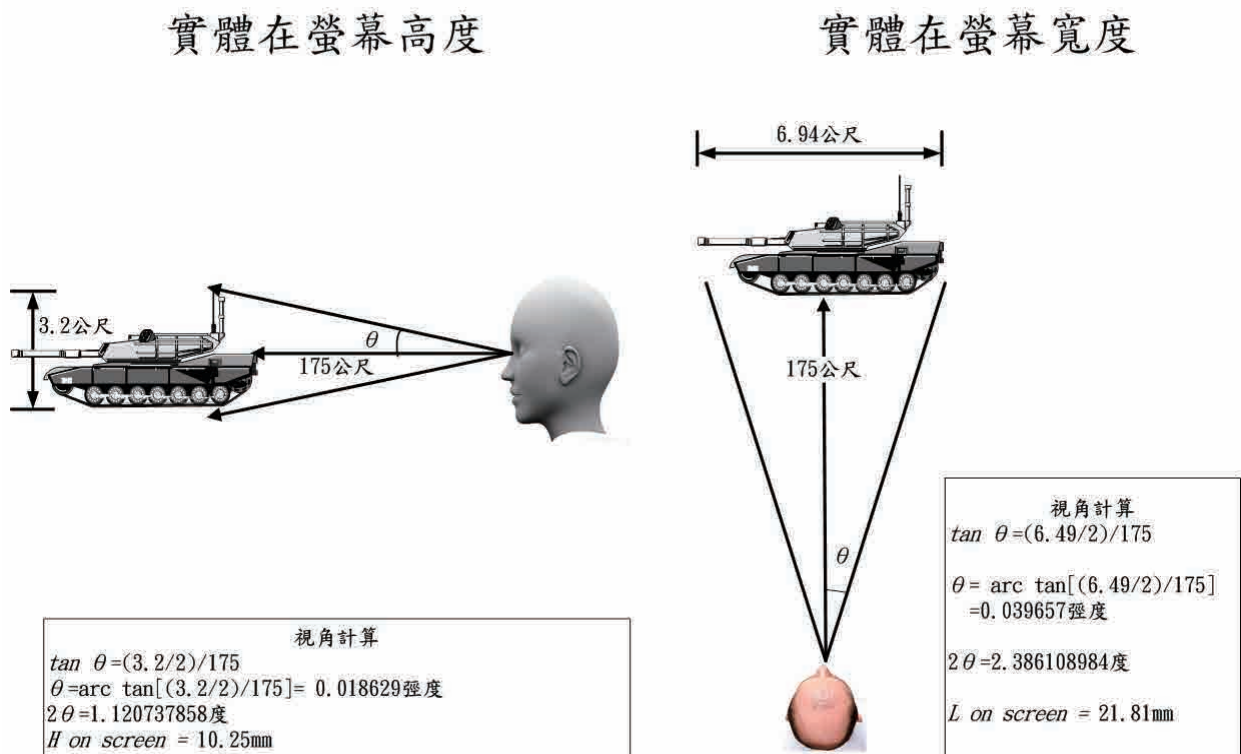
本實驗蒐集的效標包括偵測時間、正確

率及困難程度等3個項目，以下分別對各變數定義加以說明：

偵測時間：係指實驗刺激背景圖出現到受測者偵測到目標並跳離受測畫面所經過時間總合，是項時間均由眼動儀完整紀錄，偵測時間越長代表迷彩越難被發現。

正確率：為受測者發現目標，遂跳離受測畫面並回答所在位置，其答對次數佔實驗總次數的百分比；正確率越高代表是項迷彩在動態時的效果不佳。

困難程度：係指受試者回答於偵測歷程中，發現動態迷彩目標位置的難易程度，困難程度由低至高區分為七種等級，1代表最簡



圖九 實體在螢幕大小示意圖

單，7代表最困難。

實驗資料經過整理，運用STATISTICA軟體進行統計分析，資料分析方法，說明如下：

敘述性統計：計算受試者在不同性別條件、迷彩類型及速度的偵測績效，進行敘述性統計。

變異數分析：針對眼動儀所量測之偵測時間、正確率及困難程度等應變項，運用變

異數分析 (analysis of variance, ANOVA) 探討與其對應之受試者性別、迷彩類型及速度之效果與影響。

事後檢定：針對其中顯著項目，進一步以Tukey方式進行事後檢定，若於彼此間無顯著差異者，則在分析表中以相同英文字母標示，本研究統計分析之顯著水準訂為.05（各因子之變異數分析表參見表二）。

表二 變異數分析結果

變異來源	自由度	偵測時間		偵測成功率		主觀困難度	
		F	P	F		F	P
受試者(性別)	22	11.25	***	4.42	***	22.04	***
性別	1	7.01	**	17.52	***	24.27	***
迷彩種類	2	15.11	***	1.56		18.83	***
出現方向	1	2.57		5.54	*	35.05	***
速度	2	153.89	***	14.90	***	82.52	***
性別*迷彩種類	2	0.02		0.12		2.06	
性別*出現方向	1	2.34		1.71		16.91	***
迷彩種類*出現方向	2	0.20		1.28		1.39	
性別*速度	2	0.21		1.87		1.82	
迷彩種類*速度	4	5.35	***	0.20		1.67	
出現方向*速度	2	0.31		0.15		0.52	
性別*迷彩種類*出現方向	2	0.09		0.53		0.15	
性別*迷彩種類*速度	4	0.45		0.40		0.04	
性別*出現方向*速度	2	3.18	*	0.74		1.23	
迷彩種類*出現方向*速度	4	0.69		1.05		0.52	
性別*迷彩種類*出現方向*速度	4	0.65		1.63		2.56	*
受試者(性別)*迷彩種類	44	1.77	**	0.93		0.90	
受試者(性別)*出現方向	22	0.89		1.84	*	2.29	**
受試者(性別)*速度	44	2.70	***	1.03		1.75	**
誤差項	264						
合計	431						

*p<0.05；**p<0.01；***p<0.001

參、研究結果

一、偵測時間

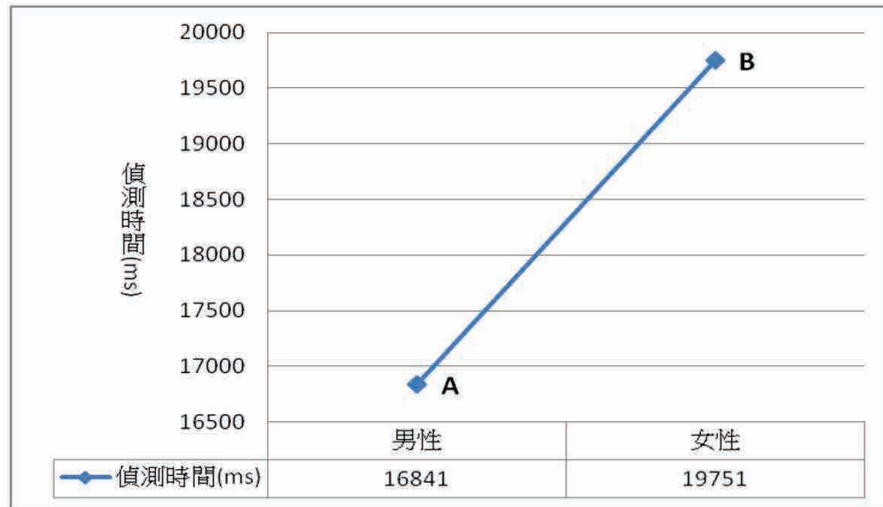
從變異數分析結果(如附表二)得知,主效用中受試者性別、迷彩種類、速度的差異對偵測時間具有顯著效果,而在交互作用中,

迷彩種類*速度對偵測時間具有顯著效果。

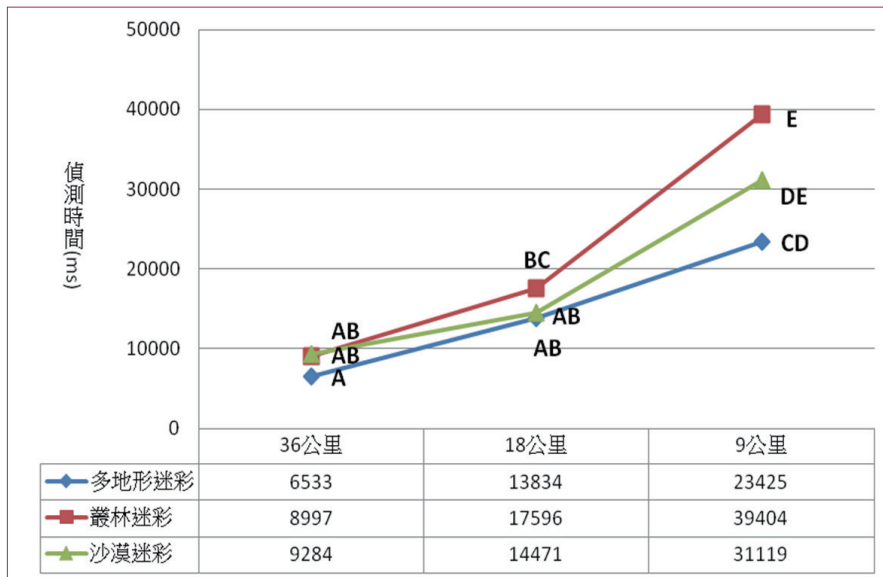
性別對於偵測時間而言,由事後檢定結果得知(如圖十所示),男性受試者的平均偵測時間顯著比女性受試者為短(16841ms<19751ms)。

以迷彩種類*速度對偵測時間的事後檢

定得知(如圖十一所示),由速度來看,叢林迷彩、沙漠迷彩及多地形迷彩在時速9公里時的被偵測時間顯著低於在18、36公里時;由迷彩種類來看,在時速9公里時,以叢林迷彩被偵測到的時間顯著比多地形迷彩與沙漠迷彩為長,而在18、36公里時,對於偵測時間則無顯著上的差異;由此可以得知,低速度時叢林迷彩所需的偵測時間顯著較沙漠迷彩與多地形迷彩為長,而當速度增加至18公里及36公里時,三種迷彩對偵測時間就無顯著差異。



圖十 受試者性別對偵測時間的影響



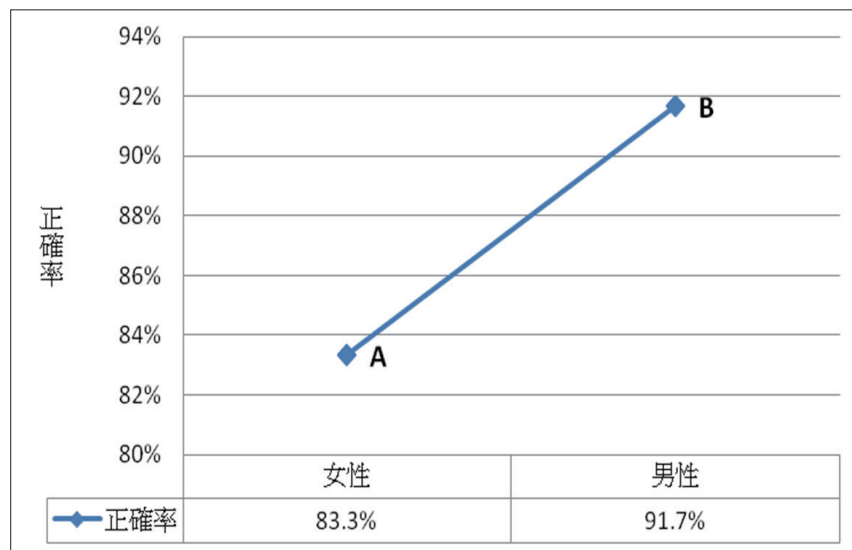
圖十一 迷彩種類*速度對偵測時間的影響

二、正確率

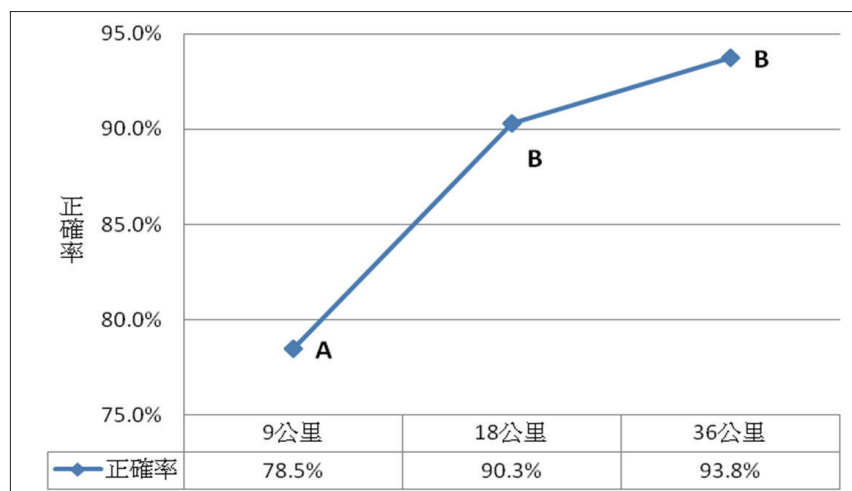
從變異數分析結果

(如附表二)得知,主效用中受試者性別、速度的差異對正確率具有顯著效果,而在交互作用中,均未有顯著的影響。

不同性別對於偵測正確率而言,由事後檢定結果顯示(如圖十二所示),女性受試者對於動態迷彩的平均偵測正確率顯著較男性受試者為低($83.3\% < 91.7\%$)。



圖十二 不同性別對正確率的影響



圖十三 不同速度對正確率之影響

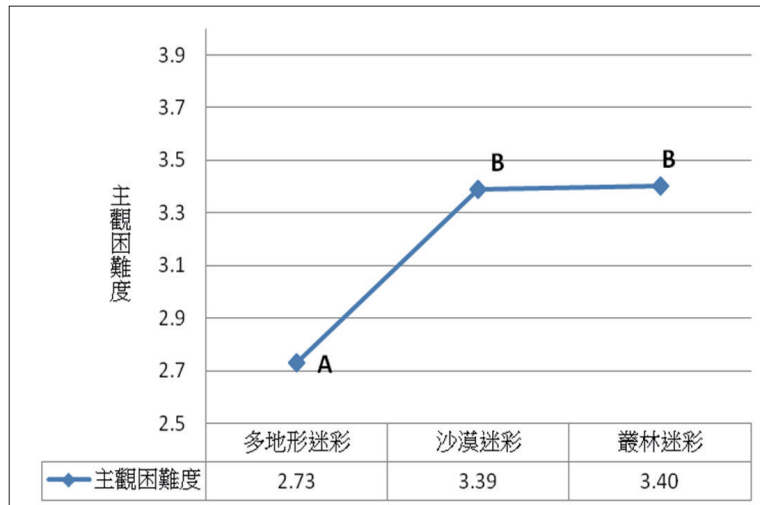
不同速度對偵測正確率而言,由事後檢定結果顯示(如圖十三所示),當動態迷彩在時速9公里時,受試者的平均偵測正確率顯著低於其它兩種時速水準,而時速達到18、36公里時,對於受試者偵測成功率則無顯著上的差異。

三、主觀困難程度之影響

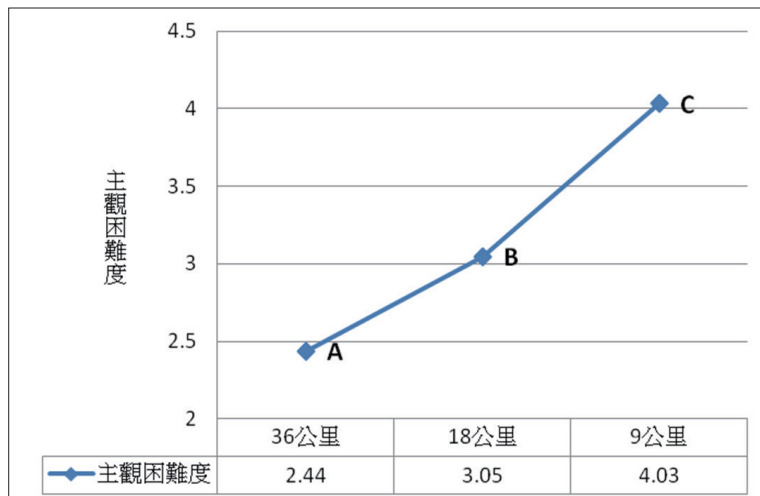
從變異數分析結果(如附表二)得知,主效用中受試者性別、迷彩種類、出現方向及速度的差異對主觀困難程度具有顯著效果,而在交互作用中,性別*出現方向對主觀困難程度具有顯著效果。

迷彩種類對主觀困難程度的影響,由事後檢定結果顯示(如圖十四所示),受試者在偵測當動態迷彩的過程中,其主觀認為多地形迷彩顯著較其它兩種迷彩簡單;另受試者對於叢林迷彩與沙漠迷彩,在主觀困難度上則沒有顯著的差異。

呈現速度對主觀困難度的影響,由事後檢定結果顯示(如圖十五所示),受試者的主觀困難度認



圖十四 迷彩種類對主觀困難度之影響



圖十五 速度對主觀困難度之影響

為，當動態目標速度在時速9公里時最難偵測到，其次為時速18公里，最後為時速36公里；可以得知，受試者的主觀困難度隨動態目標時速的減少而呈現遞增的趨勢。

就性別*出現方向對主觀困難度之影響，由事後檢定結果顯示（如圖十六所示），由性別來看，受試者男性在主觀上認為動態目標由左方出現的困難度顯著低於女性（ $2.41 <$

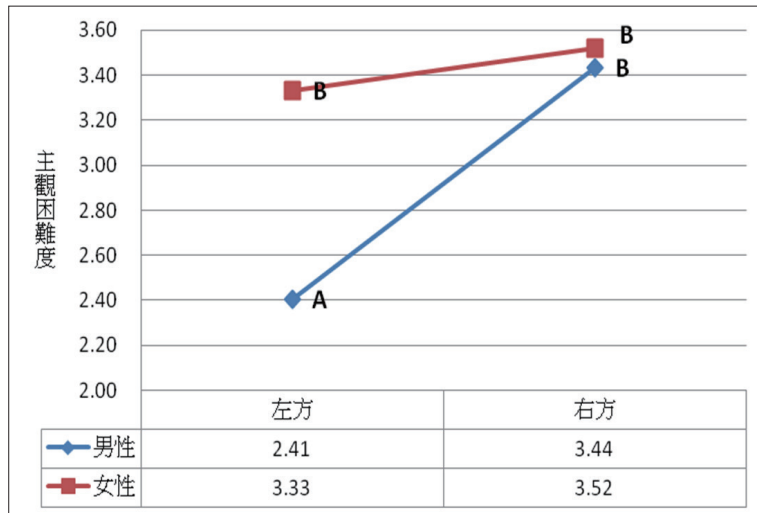
3.33 ），而動態目標由右方出現，受試者男、女性在主觀困難度上呈現無顯著上的差異；由出現方向來看，受試者男性在主觀上認為動態目標自右方出現較左方困難（ $3.44 > 2.41$ ），而女性在主觀困難度上認為動態目標自左方或右方出現，兩者無顯著上的差異；但就趨勢而言仍可看出，動態目標自右方出現對受試者的主觀困難度而言，是較左方出現困難。

肆、討論

一、性別上的差異

國軍女性軍職人員比例逐年上升，其工作表現上甚至較男性優秀，但女性是否真的具有從事某些職位專長的體力和技能，本研究以視覺偵測觀點來探討軍職人員在性別上的差異，就本研究結果顯示，以偵測時間而言，

男性軍職人員比女性更快偵測到迷彩動態目標；並且在偵測成功率的表現上，亦是男性（91.7%）明顯優於女性（83.3%）；而此一結果與Maccoby & Jacklin (1974)⁶所提出男性先天上在視覺、空間上的表現比女性來得優異的研究結果相符。所以，在某些戰鬥職務選派上，仍可將性別在天生上的差異納入考量。



圖十六 性別*出現方向對主觀困難度之影響

二、迷彩種類

變形迷彩在左右橫向運動時，具有隱蔽效果，源於視覺暫存與視覺、視角習慣性原理，當迷彩橫向移動時，迷彩區塊與地形地物之顏色會使眼睛產生視覺干擾錯覺，因而達到偽裝隱蔽效果；而國軍迷彩的發展以叢林迷彩作為發展主軸，因應國軍灘岸決勝的戰略指導，則未來戰場場景應為海岸地形，而臺灣常見沿海地形多以岩石、林地為主，所以叢林迷彩是否適用於是項場景，迄今仍乏人探討，故本研究以海岸地形作為實驗場景，探討多地形迷彩、叢林迷彩及沙漠迷彩等3種不同迷彩類型，採用左方與右方等2種不同出現方向，目標運動速度區分時速9公里、18公里及36公里等3種不同速率，對其偵測績效的影響。

本研究結果顯示，當動態目標使用叢林迷彩時，其偵測時間明顯高於沙漠迷彩與多地形迷彩，而受試者在主觀上認為偵測叢林迷彩的動態效果較其它兩種迷彩困難，亦得出相同的結果；所以，本項結果與我國迷彩以叢林迷彩作為發展方向一致。

三、呈現速度

本研究發現，動態迷彩目標呈現速度在時速9公里時，其平均被偵測成功率78.5%，明顯比在時速18公里與36公里時表現較佳；而受試者的主觀困難度亦隨動態目標時速的減少而呈現遞增的趨勢，表示受試者上認為動態目標速度越慢，在主觀上是比較困難偵測到的。

就Vakrou (2007)的研究顯示，移動速度快者於圖形辨識時，因短期記憶能力較差而辨識正確率較低；此與本研究結果不相符，推論其原因為本研究刺激物以迷彩作為外表塗裝，而迷彩其偽裝效果通常以靜態最佳，之後偽裝效果隨動態速度增加而遞減。

四、各因素交互作用之影響

以迷彩種類*速度對偵測時間交互作用的結果，發現於低速度時叢林迷彩被偵測到的時間顯著較沙漠迷彩與多地形迷彩為長，而當速度增加至18、36公里時，三種迷彩對

6 Maccoby, E. E., and Jacklin, C. N. (1974). *The Psychology of Sex Differences*. Stanford: Stanford University Press.

偵測時間就無顯著上的差異；所以，國軍各項迷彩車輛、人員於敵可目視範圍內行動，應採取低速行進策略，可發揮較佳偽裝效能。

另探討性別*出現方向對主觀困難度交互作用的結果，發現動態目標自右方出現對受試者的主觀困難度而言，較左方出現困難；由李凌霄⁷（1994）提出人類眼球的移動方向具有由左至右、由上而下的特點，可以推論本研究結果符合人類視覺偵測習慣。

伍、結論

迷彩偽裝是提高部隊人員、裝備及設施生存率的重要保證，本研究旨在運用邊緣視覺探討不同迷彩類型、速度及受測者性別對偵測績效的影響，研究結果得出男性軍職人員在動態迷彩目標的偵測時間與偵測成功率上的表現均較女性為佳，對於部隊特殊戰鬥職務選派，可將視覺於性別上的差異納入考量；另在符合臺灣常見海岸地形中，動態目標使用叢林迷彩塗裝，在低速度行進時，其偵測時間明顯較沙漠、多地形迷彩為佳，此與目前國軍使用的迷彩類型一致，惟人員、車輛於敵可目視範圍內行動，應採取低速度行進，以增加其偽裝效果如圖十七。

國軍現行的迷彩服已經超過十五年，因此國防部決定要生產符合未來戰場隱蔽需求，適用於防衛作戰環境且三軍通用的新



圖十七 迷彩偽裝能提高部隊人員、裝備及設施的生存率

式數位迷彩野戰服，是項迷彩經過中科院在臺灣各地取景，運用影像融合及電腦偽裝數值分析等模擬作業，然而，後續仍需針對動態之人、車、載具等，對其迷彩匿蹤績效之影響，加以研究探討。

謝誌

本文之完成感謝國防大學管理學院運籌管理學系系主任石裕川教授與聖約翰大學工業工程學系碩士班總務長劉伯祥教授，相關研究的無私提供及專業指導。

作者簡介

林承志少校，國防管理學院87年班，排長，經理補給官，分庫長，現就讀國防大學管理學院運籌管理學系碩士班102年班（人因工程實驗室）。

7 李凌霄，視線移動的方向，成功的編輯，世界文物出版社，P59，1994。