

大貨車五項駕訓科目之工作負荷及訓練 成效評估研究

ASSESSMENT OF WORKLOAD AND TRAINING EFFECTIVENESS ON FIVE TRUCK DRIVING TRAINING TASKS

劉伯祥 Bor-Shong Liu¹

石裕川 Yuh-Chuan Shih²

孫益生 I-Sheng Sun³

(99 年 1 月 18 日收稿，99 年 5 月 5 日第一次修改，99 年 6 月 15 日第二次修改，
99 年 7 月 5 日第三次修改，99 年 9 月 8 日定稿)

摘 要

本研究以國軍大貨車駕駛訓練中心為例，探討比較大貨車的五項駕訓科目之工作負荷及訓練成效，計路邊停車、曲線進退、曲巷調頭、倒車入庫、上下坡道等五項科目，運用駕駛行車影像記錄器進行視覺搜尋頻率、眨眼率、駕駛績效等資料蒐集，運用心率量測儀即時記錄駕駛之心率變化，最後填寫 NASA-TLX 主觀評比量表等生理、心理指標的量測，評估不同駕訓科目之工作負荷，使駕駛者了解從事駕駛工作時不同操作方式其生理、心理的變化，以及提供駕駛訓練成效評估之參考。再者，使駕訓單位了解駕駛人於不同駕訓科目中各學習階段的表現與效果，作為修訂駕訓程序的

-
1. 聖約翰科技大學工業工程與管理系副教授 (聯絡地址：25135 臺北縣淡水鎮淡金路 4 段 499 號聖約翰科技大學工業工程管理學系；E-mail：bsliu@mail.sju.edu.tw)。
 2. 國防大學運籌管理系教授 (聯絡地址：11258 臺北市北投區中央北路 2 段 70 號國防大學管理學院運籌管理學系；E-mail：river.amy@msa.hinet.net)。
 3. 國防大學國防管理教育訓練中心教官 (聯絡地址：11258 臺北市北投區中央北路 2 段 70 號國防大學國防管理教育訓練中心；E-mail：eason510678@gmail.com)。

參考。研究分析結果顯示，透過訓練能有效地提升駕駛者的績效，除「曲線進退」外，其餘各科目在訓練的第三週已能有與第四週正式測考時的相同表現，表示「曲線進退」應要有較長的訓練時間，本研究結果，可供國軍駕駛訓練中心修訂駕訓程序參考。

關鍵詞：大貨車；駕駛負荷；駕駛訓練；訓練成效

ABSTRACT

The objective of this study was to examine the workload and training effects on five truck driving training tasks (i.e. parallel parking, S-shape lane, T-lane, vertical parking and ramp tasks). The frequency of visual search, blinking rate, driving performance were recorded by a digital driving recording system. A polar electrode belt placed around the chest was utilized to continuously measure the driver's heart rate. In addition, the NASA-TLX questionnaire was completed after each trial. The duration of the training course was four- weeks. Results of analysis indicated that the performance of driving tasks for parallel parking, T-lane, vertical parking and ramp tasks in the third week of training were better as the same in the final examination. However, the task of S-shape lane was more difficult to learn and required more time to practice. Results of the present study may provide meaningful information applicable to driving training.

Key Words: Truck; Driving workload; Driving training; Training effectiveness

一、前言

依據內政部警政署 2008 年道路交通事故統計顯示，總肇事件數為 170,127 件，肇事率 81.39 (件/萬輛)，A1 及 A2 類死傷案件共計為：死亡 2,224 人，受傷 227,423 人。肇事件數按肇事車種分析顯示大貨車為 3,039 件。若依衛生署機動車死亡人數統計資料，由 84 年的高峰 7,427 人逐年降低，至 91 年為 4,322 人，顯示近年來交通安全政策已具成效。惟我國交通事故死亡比率每十萬人口死亡 19.2 人 (2002 年)，仍較日本 6.6 人 (2002 年)、新加坡 5.2 人 (2000 年) 等為高，因此對交通安全之努力仍有進步空間。依據美國聯邦公路管理局 2008 年統計資料顯示^[1]，全美註冊貨車 (trucks) 數高達 110,241,587 輛，約占全數車輛之 44%，其中大型貨車 (聯結車、大貨車) 數為 25,245,784 輛約占全數車輛之 10%，Lyman 與 Braver^[2] 統計指出，1999 年大型車輛事故造成 4663 人死亡，而乘客車因大型車事故致死率 (每 10 萬人) 由 1975 年的 1.28 上升至 1999 年之 1.44。如此數量龐大的車隊，其交通運輸安全受到美國聯邦政府的重視。

本研究以國軍大貨車駕駛訓練中心為例，在大貨車的十個考驗項目中 (表 1)，擇其路邊停車、曲線進退、曲巷調頭、倒車入庫、上下坡道等五項駕訓科目，進行駕駛績效、視

覺搜尋頻率、眨眼率、心率變化及主觀評比等生理、心理指標的量測，評估不同駕訓科目之工作負荷，使駕駛者了解從事駕駛工作時不同操作方式其生理、心理的變化，以供提升駕駛訓練成效之參考。再者，使駕訓單位了解駕駛人於不同駕訓科目中各學習階段的表現與效果，作為修訂駕訓程序的參考。

表 1 駕訓中心大貨車術科考驗項目

車 種	術 科 考 驗 項 目
大貨車	1. 平行路邊停車 2. 曲線進退 3. 曲巷調頭 4. 倒車入庫 5. 上下坡道 6. 環場道路（紅綠燈、雙黃燈） 7. 狹橋 8. 斑馬線 9. 鐵路平交道 10. 交叉路口

二、文獻探討

2.1 駕駛工作負荷量測

工作負荷的高低受到作業需求及人員能力限制之影響^[3]，若作業需求與人員能力限制間無法配合時，不管是工作負荷太高或是太低，均可能造成無法令人滿意的作業表現。因此，若駕駛時之工作負荷超過個人能力的界限，駕駛肇事機率將大為增加；因此量測與分析駕駛的心智負荷及其駕駛行為之表現，為探討交通安全之重要課題。

對於駕駛工作負荷之量測，主要有下列三種方式，分別為視覺搜尋、生理心理指標的量測以及主觀評比等方式，其如下說明。

(一) 視覺搜尋與眨眼率

視覺是駕駛工作最重要的資訊來源，在駕訓科目實施過程中，要操作車輛進入考驗科目所在位置，需透過後視鏡反射車後影像後，在腦中反映出車輛與地面的相對關係。Humphreys 與 Bruce^[4]認為物體辨識的第一個層次是知覺分類層次（perceptual

classification)，指的是將當下刺激的形狀和記憶中儲存的物體表徵做正確的比對。因此本研究以駕駛視覺搜尋頻率，作為視覺工作負荷的指標之一。

視覺工作負荷的增加，會使眼睛凝視時間增長，眨眼率降低，Stern 與 Skelly^[5] 研究發現，於飛行模擬的訓練中，正駕駛因為高度的視覺需求而使眨眼率明顯低於不負責飛行的副駕駛，若兩人的位置互換，負責飛行者的眨眼率仍然較低。Yaginuma 等人^[6] 與 Sotoyama 等人^[7] 研究均指出，在螢幕上專心工作時，眨眼率會隨之降低。因此眨眼率可作為判斷視覺工作負荷的指標之二。

(二) 心率

從事不同駕訓科目操作時，駕駛者對於能否順利駛入標示位置，以及擔心壓觸管線響起的警鈴聲，會造成情緒的緊張，而影響自主神經的變化（羅彥宇^[8]）。Akselrod^[9] 與 Pomeranz^[10] 研究出心跳速率（heart rate，簡稱心率）之改變與交感神經及副交感神經系統之交互作用息息相關。由於心率會因外在環境刺激（如姿勢改變）及內在生理機制而瞬間改變，因此利用此瞬變特性，將其發展成一種生理監測指標，以監視在不同狀況下自主神經系統受到刺激所引發的心率特性改變。

心率變異量（heart rate variability, HRV）是指心跳與心跳間距長短（interval）改變的情形（Cowan^[11]）；人體每次心跳的頻率並非完全規則，在每次的心跳間隔時間均有幾十毫秒的差異，即使在平靜、穩定的狀態下，也會有相當程度的差異，此種差異謂之心率變異量。Liu 與 Tseng^[12] 比較小客車四種停車方式之工作負荷，發現心率變異量指標，能敏感地反應出路邊停車之工作負荷較倒車入庫方式為高。

(三) 主觀評估測量

駕駛者的心智負荷不僅會影響反應靈敏度，亦會影響到駕駛績效。在心智負荷的測量上，主觀評估測量法（subjective measures）公認是最能被接受、最容易實施，也是被最廣泛使用的方法。Sheridan^[13] 指出，主觀測量法比其他測量法更能擷取心智負荷的本質（tapping the essence of mental workload）。

Hart 與 Staveland^[14] 提出一套量測方法為 NASA-TLX（national aeronautics and space administration-task load index）量表，主要將工作負荷量分成六個因子，分別為心智負荷（mental demand）、體力負荷（physical demand）、時間負荷（temporal demand）、難易程度（effort）、挫折程度（frustration）以及績效與滿意度（performance）。

王珣琦^[15] 以 NASA-TLX 量表，量測駕駛者操作改良後車用導航系統介面選單之主觀感受，並與現有車用導航系統選單之方式作分析比較，評估新的介面使用方式及應用於車用導航選單之可能性，結果顯示心智負荷、難易程度及績效與滿意度及挫折程度於兩者間沒有顯著差異存在；體力負荷、時間負荷於兩者間有顯著差異存在。董基良等人^[16] 研究報告指出，有關評估心智負荷，國外研究多以 NASA-TLX 量表來衡量，並建議在進行

NASA-TLX 主觀評量問卷時，需將項目說明清楚，且使用受試者可以理解的方式說明內容，方可確實看出哪一指標影響較大，實驗數據才有比較基礎。本研究依駕訓特性來修改表格說明內容，以符合研究目標。

綜合上述各學者研究得知，當工作負荷愈大，平均心率會增加，眨眼率與心率變異量會降低。據此，本研究將其作為工作負荷之生理衡量指標。故對駕駛行為之研究，除了傳統上需探討駕駛表現 (driving performance) 外，更需使用心率及眨眼率等生理心理指標，進一步評估與量測駕駛者之工作負荷，並配合駕駛者主觀的評比 (subjective rating)，如此才能真正的了解各種實驗處理對駕駛者所造成的反應。

2.2 駕駛教育訓練之功能及訓練成效評估

Noe^[17]認為教育訓練是一種暫時性的行為，目的在提升員工從事某項工作時所需具備的技術與能力。駕訓機構提供駕駛人經由駕駛教育與訓練習得相關駕駛技能，以提高自身素質確保行車安全。而理想的駕駛教育訓練功能應包括：車輛操作之技術、車輛結構與維護的認識、熟悉交通管理相關法規、了解緊急應變措施、認識行車安全、培養駕駛道德、肇事預防與處理等 (張新立等人^[18])。

訓練成效 (training effectiveness) 根據不同的觀點有不同的定義，Goldstein^[19]指出，訓練成效係指以系統化的方式蒐集與訓練活動有關的訊息，以作為選擇、採行、評判及修正訓練活動等決定之依據。訓練成效評估主要目的，在於有系統地得知訓練活動的績效表現，了解訓練的差異與優劣，並獲知訓練活動與所設定之績效目標是否有差異。而訓練成效評估為訓練程序之末項，評估結果可回饋至教育訓練，作為修正訓練規劃與改善流程的依據，有助於提升訓練成效。本研究評估駕訓科目的困難度，以量測受試者從事不同駕訓科目操作時之工作負荷為數據，記錄受試者經過不同週數之駕駛訓練後數據變化之程度，分析訓練對不同駕訓科目之影響。

三、研究方法

3.1 受試者

本實驗樣本以國軍某駕訓中心接受民用大貨車駕駛訓練之國軍各單位志願、義務役士官兵為主，共徵求參與實驗的學員 20 名，其平均年齡 22 歲 (SD=2.32)，並符合下列要求：

1. 依交通部對申請大貨車駕駛執照應考人員均需取得自用手排小客車證照之規定，本研究對受測人員皆採相同標準。
2. 體格檢查方面：視力經矯正後可達 0.8 以上且無色盲，無精神耗弱、癲癇、心臟病或其他足以影響汽車駕駛之疾病者。

3. 受試者於實驗前需閱讀指導語並填寫實驗同意書，且於實驗期間不得熬夜、飲用酒精性飲料及從事過度體能活動。

3.2 實驗設備及場地

(一) 實驗設備

1. 中華國瑞 10.5 噸大貨車：

國軍自 1995 年引進民用型貨車執行運輸任務迄今，陸續使用的大貨車車型分別為中華國瑞、FUSO (10.5 噸) 及賓士 (12 噸) 大貨車，考量各型車輛軸距相差甚小及駕訓中心車輛使用情形，本研究以中華國瑞 10.5 噸大貨車作為實驗車輛。

表 2 本研究實驗車輛型式

中華國瑞車型	長 (CM)	寬 (CM)	高 (CM)	軸距 (CM)
	822.5	217.5	247.5	482.0
	809.5	237.0	261.0	481.0

2. 行車影像記錄器相關設備：

DVR 即時數位影像處理系統、2 部攝影機、液晶顯示器；架設位置說明如下：

- (1) DVR 即時數位影像處理系統置於駕駛座後方休息區 (如圖 1)，可避免行駛中震動影響效能。
- (2) 液晶顯示器：15 吋電腦液晶顯示器，連接 DVR 主機，可同步監看各攝影機的畫面 (如圖 1)。



圖 1 DVR 主機位置圖

- (3) 車內 2 部攝影機，設置於駕駛座左、右前方 (如圖 2)，分別記錄駕駛者的眨眼頻率及擺頭次數。



圖 2 車內攝影機位置圖

3. 心率量測儀器 (如圖 3)：

- (1) Polar 心率感應器與傳輸帶：受試者將心率感應器與傳輸帶結合穿戴在胸線下方 (如圖 4)，心率感應器負責發送脈衝訊號到監視器的接收器上。
 - (2) Polar 手錶型心跳率測定器：接收受試者 R-R 波訊號並記錄。
 - (3) 筆記型電腦與 Polar 心率接收器：心率接收器將 R-R 訊號傳輸至電腦，駕駛從事不同駕訓科目時之心率活動。
4. 發電機：使用 HONDA EP3000 型 5KW 汽油發電機，架設於大貨車後車廂，可供應 DVR 即時數位影像處理系統及各攝影機 110V 的電源。



圖 3 心率量測儀器



圖 4 心率感應器穿戴圖

(二) 實驗場地

使用國軍某駕訓中心大貨車測考標準場地，包含路邊停車、曲線進退（S 形）、曲巷調頭、倒車入庫、上下坡道等五個項目。

3.3 實驗設計

(一) 實驗環境

本研究協調借用國軍某駕訓中心的訓練場地，該中心於 2001 年依交通部對公、民營駕訓中心的要求，重新整建完成了標準測考場地；在大貨車訓練部分，區分內、外兩場地，內場（五座）駕訓科目為路邊停車、曲線進退、曲巷調頭、倒車入庫等四個科目；外場（一

座) 駕訓科目為換檔穩定測試、狹橋、環場道路、鐵路平交道、斑馬線、交岔路口及上下坡道等科目。本研究在外場部分僅使用上下坡道之科目場地，內場五座考量實驗流程則選用靠近上下坡道科目之內側場地。

(二) 實驗情境

本研究配合駕訓中心大貨車駕駛專長年度訓練流程，以接受大貨車駕駛訓練的人員為研究對象，徵求志願參與實驗的受試者計 20 員。依據駕訓中心排定四週之訓練課程，其二、三、四週均為場地駕駛訓練，本實驗即配合受試者於二、三週訓練結束後模擬正式測考，連同第四週正式測考時機，量測各科目的工作負荷，並比較不同訓練時程各科目訓練成效之變化。

(三) 自變項

五種駕訓科目，包含路邊停車、曲線進退、曲巷調頭、倒車入庫、上下坡道，其標準操作程序說明如後：

1. 路邊停車 (如圖 5)：於開始點出發至適當位置，將排檔桿打入倒退檔，不踩油門以離合器及煞車控制倒車速度，經適當距離後將方向盤右轉二圈，從左後視鏡看到車尾進入管線三分之一時，將方向盤回正，當左後輪進入停車格內，方向盤左打二圈，待車輛進入停車格內停止，後打入二檔將車輛駛出場地。

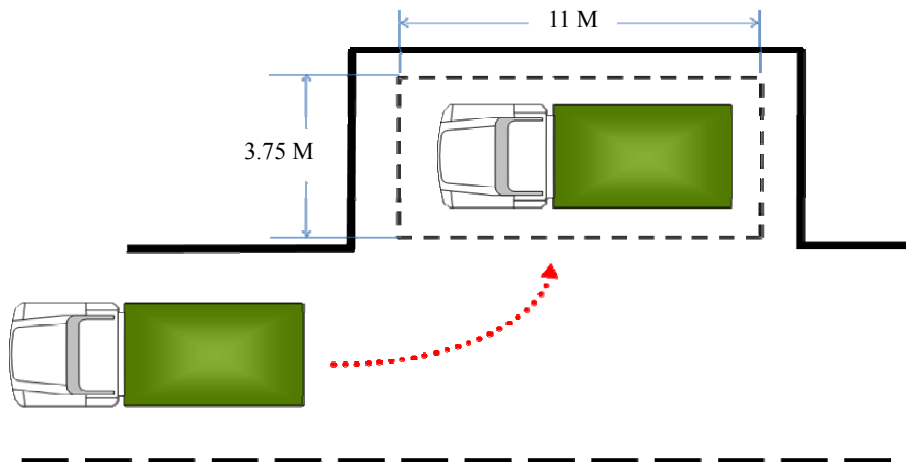


圖 5 路邊停車示意圖

2. 曲線進退 (如圖 6)：於開始點出發，沿 S 型標線修正方向盤前進，待車輛完全駛出 S 型管線後停止，打入倒退檔由後視鏡觀察 S 型標線，方向盤打左看左後視鏡，打右看右後視鏡，於鏡中標線與車身保持一指幅寬為原則，待車輛後退出 S 型管線後停止。

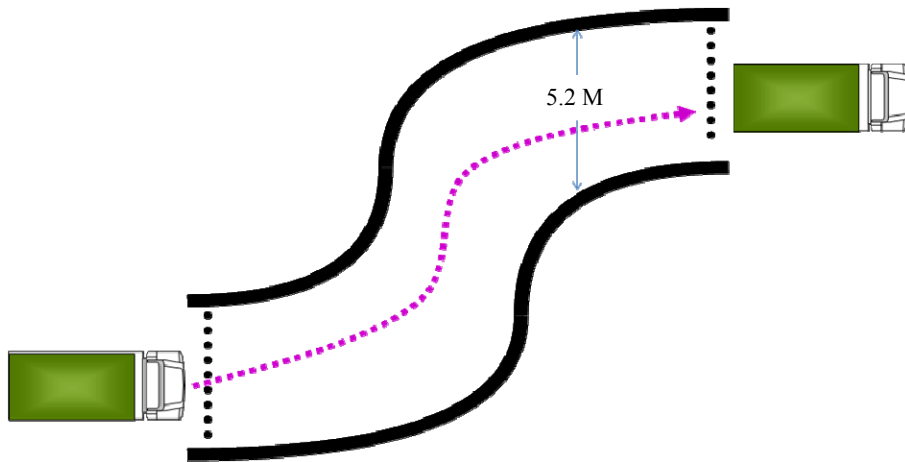


圖 6 曲線進退示意圖

3. 曲巷調頭 (如圖 7)：於開始點出發，以二檔右轉方向盤二圈半進入場地並逐步回正，待車身垂直後立即左轉方向盤二圈半，將車身停駐在標線前，後打入倒退檔，方向盤逐步回正並向右修，以後視鏡觀察車後標線，並於線前停止，打入二檔將車輛駛出場地。

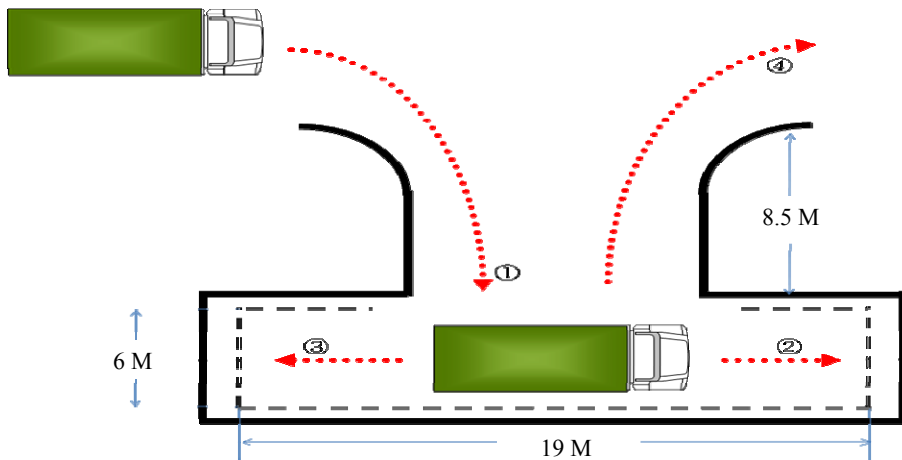


圖 7 曲巷調頭示意圖

4. 倒車入庫 (如圖 8)：於開始點出發至適當位置，將排檔桿打入倒退檔，不踩油門以離合器及煞車控制速度倒車，經過適當距離後方向盤右轉二圈半，看右後視鏡，當車身與管線即將平行時，方向盤回正，待車輛進入停車格內停止，後打入二檔將車輛駛出場地。

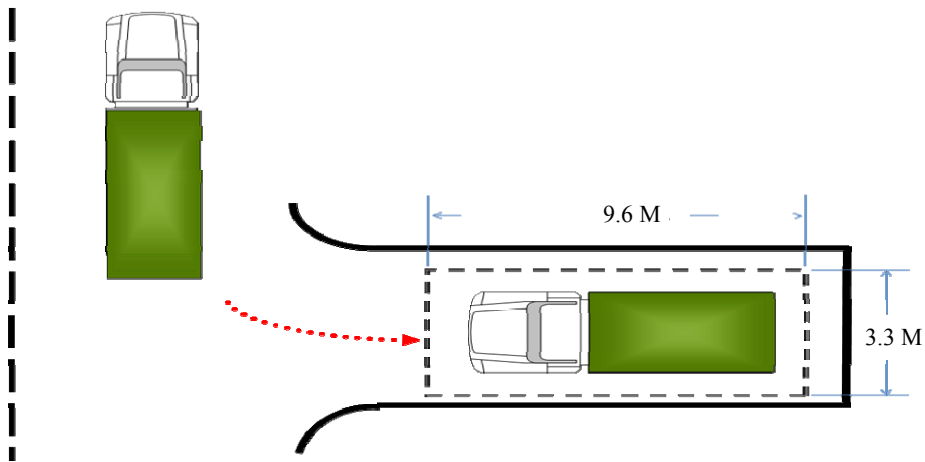


圖 8 倒車入庫示意圖

5. 上下坡道 (如圖 9)：車輛於起始點以二檔進入上坡路段，於停車範圍內將車停穩，拉手煞車，持續踩油門並緩慢放開離合器及手煞車，將車輛駛離坡道。

* 坡度不小於10% (即 $\frac{c}{a} \geq \frac{1}{10}$, c=坡頂高度, a=坡道水平長度)

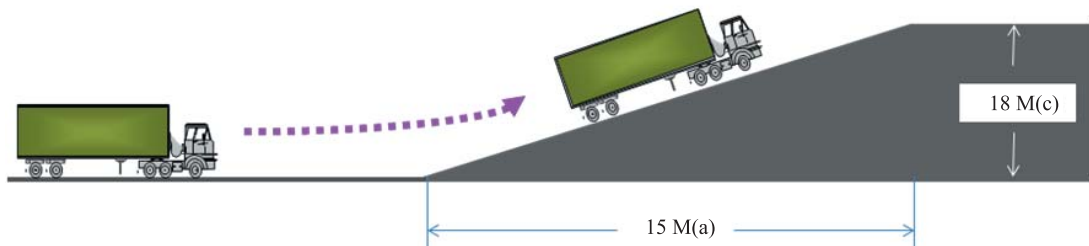


圖 9 上下坡道示意圖

(四) 依變項

1. 駕駛績效：本研究採用完成駕訓科目所需時間 (秒) 來衡量駕駛績效表現，各科目由實驗指導員依各科目場地規劃記錄作業的時間。
2. 視覺搜尋頻率：錄影資料使用定格分析，計算出受試者從事不同駕訓科目時之擺頭次數 (次/分)。
3. 眨眼率：錄影資料使用定格分析，計算出受試者從事不同駕訓科目時之眨眼次數 (次/分)。

4. 心率量測指標：

- (1) 心率增量：擷取駕訓科目操作時受試者 R-R 波，經計算轉換為平均心率，求算與休息時心率之差。
 - a. 休息心率 (resting heart rate)：受試者採用與駕駛時相同之坐姿休息五分鐘，並取其第五分鐘的平均心率值，作為心率增量之基礎值。
 - b. 平均心率：各駕訓科目操作期間內量測之心率平均數。
 - (2) R-R 波間距：由心率傳輸帶記錄在駕訓科目操作期間內每一次心臟收縮之電位變化，其中以心室去極化之 QRS 波振幅最大且最容易偵測到，因此每一次 QRS 波間之時間稱為 R-R 波間距。
 - (3) 心率變異量：各駕訓科目操作期間內 R-R 波間距之標準差。
5. 受測者主觀評比：本研究運用 NASA-TLX 主觀評量問卷 (NASA-task load index) 進行調查，在受試者所有科目操作完成後立即填寫，衡量心智負荷 (mental demand)、體力負荷 (physical demand)、時間負荷 (temporal demand)、績效與滿意度 (performance)、難易程度 (effort) 和挫折程度 (frustration)。量表填寫部分僅需於第二、四週實施。

綜合各指標之量測值與工作負荷高低的關係如表 3 所示：

表 3 指標與工作負荷之關係表

指標	指標觀測值	工作負荷
駕駛績效時間 視覺搜尋頻率 心率增量 主觀評比	愈長/愈高	愈高
眨眼率 RR 波間距 心率變異量	愈低	愈高

3.4 實驗流程及步驟

(一) 實驗流程

本研究流程區分三個階段：

1. 準備階段：研究方向確立後，即著手協調場地及設備相關事宜，並經實地勘查，將受試者統一集中於一個區隊便於管理及資料蒐集；相關儀器設備完成實際裝置與測試，並徵求第一批受試者實施前測，藉以改善實驗流程及調整設備的操作及位置。

2. 實驗階段：依駕訓中心訓練流程，於學員報到後徵選志願參與者，統一集中編隊管理，並配合場地訓練規劃，內、外場採分別量測方式實施，內場科目依順時針方向為路邊停車、曲線進退、曲巷調頭、倒車入庫，受試者施測前由四個科目中先行抽籤，決定起始順序，以符隨機化原則，外場部分僅量測上下坡道，不影響量測要求，其餘依實驗步驟正式開始。
3. 資料處理階段：所有實驗完成後，篩選無效資料，其餘資料彙整實施分析。

(二) 實驗步驟

1. 實驗前準備

- (1) 向所有受試者說明實驗目的，請受試者閱讀實驗指導語後在同意書上簽名，並填寫基本資料，同時要求受試者於量測前二小時不得喝刺激性飲料或從事劇烈運動，以避免影響實驗結果。
- (2) 檢查實驗用大貨車已依規定保養時程進廠完成保養，油箱加滿油，教練用煞車輔助裝置作用良好。
- (3) 將 DVR 即時數位影像處理系統及液晶顯示器置於駕駛座後方，各攝影機完成架設連線，並將電源接上放置後車廂之 5KW 發電機。
- (4) 將心率測定器固定於心率接收器上，並與電腦連接置於駕駛座中央扶手。

2. 步驟

- (1) 量測休息心率：
 - a. 請受試者將心率感應器與傳輸帶結合後穿戴在胸前，開啟心率測定器，量測時遠離電子產品避免干擾。
 - b. 以輕鬆姿勢坐於椅子上五分鐘，期間不得說話或大動作改變姿勢。
 - c. 取第五分鐘之平均心率為受試者個人休息心率，量測結束後脫下心率傳輸帶。
- (2) 受試者平時接受內場科目訓練時即採隨機方式實施，避免正式量測時干擾受試者心情及影響測考程序；本步驟即依平時訓練以抽籤決定內場科目順序後上大貨車，向實驗指導員回報休息心率並由其記錄後，開始調整座椅及後照鏡。
- (3) 受試者配戴心率傳輸帶，指導員開啟心率測定器，檢查訊號是否與電腦連線。
- (4) 指導員檢查攝影機，確定訊號正常，並調整鏡頭焦距。
- (5) 開始測考並蒐集數據：受試者在量測各科目工作負荷前，均需至各科目設定之停等線前待命，由指導員監看受試者心率，待回復至休息心率（不超過正負每分鐘 5 次心率）時，由實驗指導員下令開始測考並記錄所有數據資料，期間駕駛者不得交談及配戴電子產品。
- (6) 測考結束後將資料存檔，更換下一位受試者依步驟 1-5 繼續量測。
- (7) 受試者下車填寫 NASA-TLX 量表。

3.5 資料處理與分析

實驗錄影資料採定格分析方法 (30 張/秒)，計算受試者從事不同駕訓科目時視覺搜尋頻率及眨眼次數；時間及心率的計算，則以心率感應器量得之 R-R 波間距實施換算。因每位受試者的生理心理反應有所不同，若在分析過程中未將受試者本身的差異加以考量，則實驗誤差將反應出隨機誤差與受試者間的變異。因此為降低實驗干擾因子與增加樣本代表性，將受試者劃分為集群 (blocking)，因此變異來源為已知且可控制，故可使用區集劃分技巧來消除其對實驗結果之影響 (Montgomery^[20])。故本研究採取二因子區集化重複實驗設計 (two factors blocking repeated design) 進行分析。探討因子共計二項，包括駕訓科目 (上下坡道、曲巷調頭、曲線進退、倒車入庫與路邊停車) 與訓練時程 (第一次、第二次與第三次)；除駕訓科目變項、訓練時程變項以及其交互作用外，另增設一個區集因素 (block factor)，用以反應受試者之差異，如此方可真正測量出實驗處理 (treatment) 的影響效果。最後以統計軟體 (SPSS 12.0) 對使用時間、眨眼次數、視覺搜尋頻率、心率增量、平均 R-R 波間距、心率變異量、主觀評量等指標，進行變異數分析 (analysis of variance) 於顯著水準 (α) 為 0.05 下探討其影響結果，在變異數分析發現有充分的統計證據拒絕母體平均數為相等的虛無假設後，以 Duncan's 多重全距比較 (multiple range test) 進行事後多重比較的程序，以探討各水準間之影響程度，其子集合通常使用 A, B, C 等英文字母標示。

四、研究結果

探討不同駕訓科目 (上下坡道、曲巷調頭、曲線進退、倒車入庫與路邊停車) 與訓練時程 (第一次、第二次與第三次) 對駕駛完成時間、視覺搜尋頻率、眨眼次數、心率增量、平均 R-R 波間距、心率變異量與主觀評量等指標，進行多變量變異數分析，詳細說明如下節所述。

4.1 不同駕訓科目對工作負荷之影響

多變量變異數分析結果顯示不同駕訓科目對各指標之影響，除眨眼次數無顯著差異外，其餘變項均有顯著影響 ($p < 0.05$)。再運用 Duncan 多重全距比較完成五種駕訓科目時時間顯示，曲線進退平均完成時間需耗費 132 秒顯著高於其他科目 (subset C)，而路邊停車則顯著較快完成只需耗費 53.3 秒 (subset A)，其餘上下坡道、曲巷調頭與倒車入庫等科目平均完成時間分別為 67.4 秒、71.4 秒與 65.6 秒，皆歸類為子群集 B。

探討不同駕訓科目對視覺搜尋頻率之影響，不同駕訓科目其視覺搜尋需求顯著不同，上下坡道視覺搜尋需求較低 (4.5 次/分)，其餘依次為倒車入庫 (9.2 次/分)，路邊停車 (10.2 次/分)、曲巷調頭 (10.5 次/分)，而曲線進退的視覺搜尋頻率最高 (11.6 次/分)。探討不同

駕訓科目對心率增量之影響，其中當受試者從事曲線進退科目時，心率增量顯著較高，最高達 30.9 次/分，而從事上下坡道時心率增量顯著較低，達 23.1 次/分。而平均 R-R 波間距顯示，從事曲線進退與路邊停車顯著較低，而心率變異量也顯示曲線進退與倒車入庫科目顯著較低。而主觀評量也顯示曲線進退負荷較高，而曲巷調頭相對負荷較低。

綜合各指標之量測值與工作負荷高低的關係，受試者對於曲線進退及曲巷調頭科目產生的工作負荷較高。

表 4 不同駕訓科目與訓練時程變異數分析結果

依變項	變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
時間	受試者	31371.85	19	1651.2	9.79	<0.001
	駕訓科目	209537.9	4	52384.5	310.56	<0.001
	訓練時程	22145.89	2	11072.9	65.65	<0.001
	駕訓科目× 訓練時程	7169.36	8	896.2	5.31	<0.001
	誤差	44867.77	266	168.67		
	總和	315092.8	299			
視覺搜尋頻 率	受試者	4469.73	19	235.25	8.65	<0.001
	駕訓科目	13483.23	4	3370.81	123.94	<0.001
	訓練時程	2534.89	2	1267.44	46.60	<0.001
	駕訓科目× 訓練時程	2018.45	8	252.31	9.28	<0.001
	誤差	7234.37	266	27.20		
	總和	29740.67	299			
眨眼次數	受試者	3158.7	19	166.1	3.43	<0.001
	駕訓科目	309.4	4	77.3	1.6	0.175
	訓練時程	1646.6	2	822.4	17	<0.001
	駕訓科目× 訓練時程	373.4	8	46.6	0.96	0.465
	誤差	12876.6	266	48.4		
	總和	18349.0	299			
心率增量	受試者	24151.02	19	1271.11	25.28	<0.001
	駕訓科目	4112.03	4	1028.01	20.45	<0.001
	訓練時程	2018.96	2	1009.48	20.08	<0.001
	駕訓科目× 訓練時程	528.84	8	66.11	1.31	0.236
	誤差	13373.02	266	50.27		
	總和	44183.88	299			

表 4 不同駕訓科目與訓練時程變異數分析結果(續)

依變項	變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
平均 R-R 波間距	受試者	1446921.30	19	76153.75	27.15	<0.001
	駕訓科目	171199.42	4	42799.85	15.26	<0.001
	訓練時程	187542.84	2	93771.42	33.43	<0.001
	駕訓科目×訓練時程	21870.34	8	2733.79	0.97	0.456
	誤差	746145.32	266	2805.06		
	總和	2573679.22	299			
心率變異量	受試者	58800.13	19	3094.74	13.27	<0.001
	駕訓科目	2295.03	4	573.76	2.46	0.046
	訓練時程	2967.23	2	1483.61	6.36	0.002
	駕訓科目×訓練時程	1449.20	8	181.15	0.78	0.623
	誤差	62029.89	266	233.20		
	總和	127541.48	299			
主觀評量	受試者	14334.77	19	754.46	9.83	<0.001
	駕訓科目	2770.15	4	692.54	9.02	<0.001
	訓練時程	1.54	1	1.54	0.02	0.888
	駕訓科目×訓練時程	323.06	4	80.77	1.05	0.382
	誤差	13128.22	171	76.77		
	總和	30557.74	199			

4.2 訓練時程對工作負荷之影響

本實驗配合訓練時程，安排受試者進行第一次量測（受訓第二週）、第二次量測（受訓第三週）與第三次工作負荷量測（訓練第四週），並比較不同訓練時程下各科目之工作負荷變化。變異數分析結果顯示，時間、視覺搜尋頻率、眨眼次數、心率增量、平均 R-R 波間距、心率變異量等指標有顯著影響。經由訓練後，平均完成駕訓科目時間，由第一次施測時之 89.5 秒顯著減少至第三次施測之 69.1 秒完成。而據視覺搜尋頻率、心率增量指標顯示，經由訓練後顯著降低，且平均 R-R 波間距與心率變異量，隨著受訓時程增加，而呈現數值增加趨勢，表示心理的工作負荷有顯著地降低。綜合所有之指標結果，可發現經由訓練後有助提升駕駛績效與降低駕駛工作負荷。

表 5 五項駕訓科目之各指標平均數與標準差

依變項 (單位)	駕訓科目	平均數	標準差	Duncan 多重 全距分群
時間 (秒)	上下坡道	67.4	9.2	B
	曲巷調頭	71.4	13.0	B
	曲線進退	132.0	33.8	C
	倒車入庫	65.6	13.5	B
	路邊停車	53.3	15.4	A
視覺搜尋頻率 (次/分)	上下坡道	4.5	1.7	A
	曲巷調頭	10.5	3.2	C
	曲線進退	11.6	5.0	C
	倒車入庫	9.2	4.0	B
	路邊停車	10.2	3.8	B
眨眼次數	上下坡道	11.5	6.3	無顯著差異
	曲巷調頭	13.8	12.5	
	曲線進退	12.0	5.3	
	倒車入庫	11.0	5.0	
	路邊停車	12.4	5.9	
心率增量 (次/分)	上下坡道	23.1	11.5	A
	曲巷調頭	27.7	11.2	B
	曲線進退	30.9	12.4	C
	倒車入庫	27.6	12.2	B
	路邊停車	28.8	11.5	B
平均 R-R 波間距 (毫秒)	上下坡道	647.7	94.1	C
	曲巷調頭	620.2	101.6	B
	曲線進退	600.9	94.7	A
	倒車入庫	629.9	117.6	BC
	路邊停車	613.9	96.5	AB
心率變異量	上下坡道	57.7	16.0	B
	曲巷調頭	56	18.5	B
	曲線進退	51	17.7	A
	倒車入庫	54.3	15.7	A
	路邊停車	57.7	20.6	B
主觀評量 (分數)	上下坡道	52.9	9.9	B
	曲巷調頭	48.4	9.8	A
	曲線進退	57.8	10.5	C
	倒車入庫	52.9	11.6	B
	路邊停車	51.9	9.3	B

表 6 訓練時程之各指標平均數與標準差

依變項 (單位)	訓練時程	平均數	標準差	Duncan 多重全 距分群
時間 (秒)	1	89.5	39.1	C
	2	75.1	28.7	B
	3	69.1	24.5	A
視覺搜尋頻率 (次/分)	1	15.1	5.9	B
	2	11.5	10.5	A
	3	9.4	4.6	A
眨眼次數	1	16.3	12.3	C
	2	10.7	8.6	B
	3	9.7	6.8	A
心率增量 (次/分)	1	29.4	12.4	B
	2	23.1	11.7	A
	3	25.9	11.4	A
平均 R-R 波間距 (毫秒)	1	591.7	77.3	A
	2	652.1	89.2	B
	3	630.8	100.7	B
心率變異量	1	53.1	19.3	A
	2	51.2	22.6	A
	3	58.6	19.1	B

4.3 訓練時程及駕訓科目之交互作用影響

圖 10 為駕訓科目與訓練時程對完成時間的交互作用，圖中顯示於第二次施測時，各科目的完成時間皆有顯著進步，其中以曲線進退及上下坡道科目進步程度較高。當第一次執行曲線進退科目時，平均需耗費 152 秒，經受訓第三週第二次施測時，平均完成時間降低為 120.5 秒，經由四週第三次施測時，平均完成時間為 110.9 秒，總訓練績效達 27%；當第一次執行上下坡道科目時，平均需耗費 87.9 秒，經受訓第三週第二次施測時，平均完成時間降低為 71.1 秒，經由四週第三次施測時，平均完成時間為 64.4 秒，總訓練績效達 26.7%。

探討對視覺搜尋績效之影響，圖 11 為駕訓科目與訓練時程對視覺搜尋績效的交互作用，圖中同樣顯示於第二次施測時，各科目的視覺搜尋次數皆有顯著進步，其中以曲線進退及路邊停車科目進步程度較高。當第一次執行曲線進退科目時，平均搜尋 35.6 次，經受訓第三週第二次施測時，平均搜尋降低為 20.6 次，經由四週第三次施測時，平均只需

視覺搜尋 17.9 次，總訓練績效達 27%。當第一次執行路邊停車科目時，平均視覺搜尋 13 次，經受訓第三週第二次施測時，平均視覺搜尋降低為 7.9 次，經由四週第三次施測時，平均視覺搜尋為 7.1 次，總訓練績效達 7.2%。

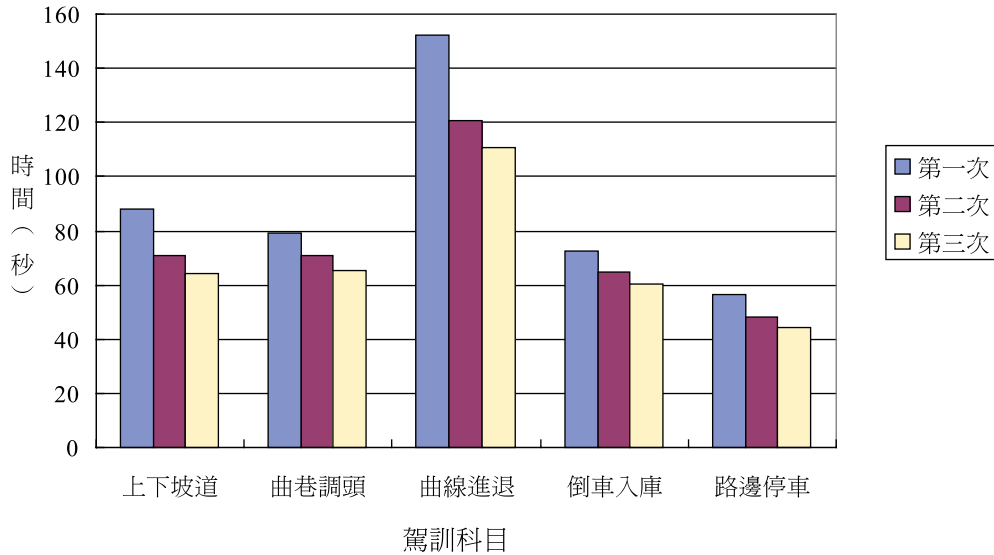


圖 10 訓練時程與駕訓科目交互作用對使用時間之影響

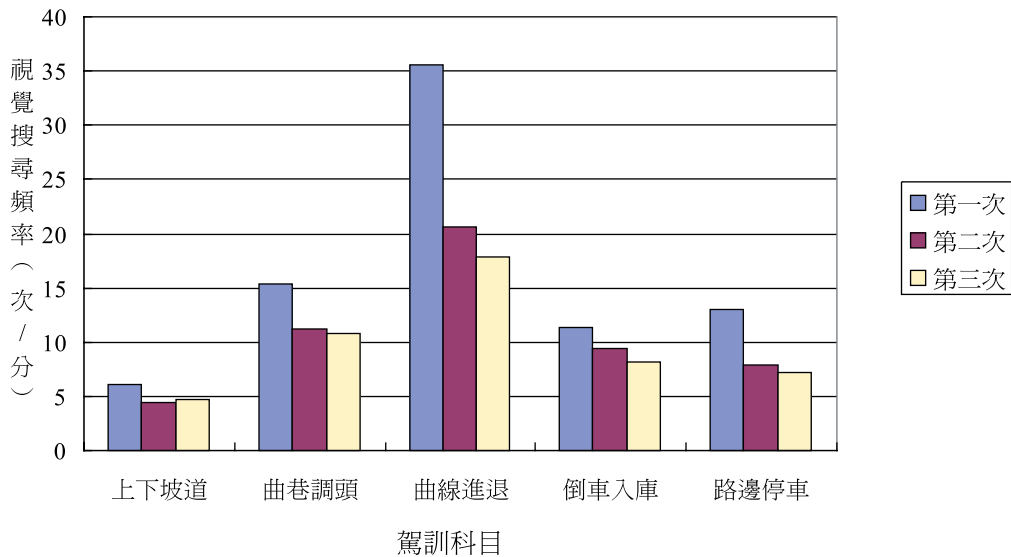


圖 11 訓練時程與駕訓科目交互作用對視覺搜尋頻率之影響

綜合述之，將不同訓練時程各駕訓科目工作負荷的變化趨勢彙整成表 5，由表 5 得知，在使用時間上顯示僅曲線進退各訓練時程有顯著差異，其餘各科目在第二、三時程無顯著差異，說明曲線進退的困難度較高，因此訓練時間增加能明顯看出科目操作時間縮短，其餘各科目在經過二週訓練後，已能達到與測考時相同的水準。在視覺搜尋頻率上，倒車入庫與上下坡道各訓練時程並無顯著差異，原因在於此兩項科目於操作程序中，需要擺頭搜尋場地及目標的次數較低，因此即便訓練時間增加也無明顯績效；而曲巷調頭、曲線進退及路邊停車均是第一次顯著大於二、三次，說明受試者經過二週訓練後，對場地及目標熟悉度已增加而減少了視覺搜尋頻率。駕駛人經訓練後，在不同訓練時程駕訓科目量測指標的表現上均有進步，只是各科目的進步程度有所不同，可依據不同的訓練成效調整訓練時數與課程內容。

受試者不同訓練時程的工作負荷彙整成表 7，由表得知受試者在第一次量測時，均顯示較高的工作負荷，隨著訓練時間增加，多項負荷指標均呈下降趨勢，說明受試者經訓練後確有進步。但從心率指標看出第三次的負荷反大於第二次，應是第三次量測為正式考照而造成受試者的壓力所致。

表 7 受試者不同訓練時程工作負荷分析結果

依變項 \ 訓練時程	第一次	第二次	第三次
時間	高	中	低
視覺搜尋頻率	高	無顯著差異	
眨眼次數	高	中	低
心率增量	高	低	中
平均 R-R 波間距	高	低	中
心率變異量	與第三次 無顯著差異	高	與第一次 無顯著差異

4.4 訓練時程對主觀評量之影響

在不同駕訓科目下，探討訓練時程對主觀評量各構面的影響，經權重平均後得知，受試者在經過訓練後，上下坡道的主觀評量向度在時間負荷、難易程度、挫折程度上均下降，績效與滿意度及體力負荷上升，心智負荷則不變 (如圖 12)。在曲巷調頭科目中，主觀評量向度在時間負荷、難易程度、挫折程度上均下降，績效與滿意度、體力負荷及心智負荷均上升 (如圖 13)。在曲線進退科目中，主觀評量向度在難易程度、挫折程度上下降，其餘心智負荷、體力負荷、時間負荷、績效與滿意度均上升 (如圖 14)。倒車入庫 (如圖 15) 與路邊停車 (如圖 16) 的主觀評量向度在時間負荷、挫折程度上下降，體力負荷、績效與

滿意度、難易程度均上升，心智負荷則不變。

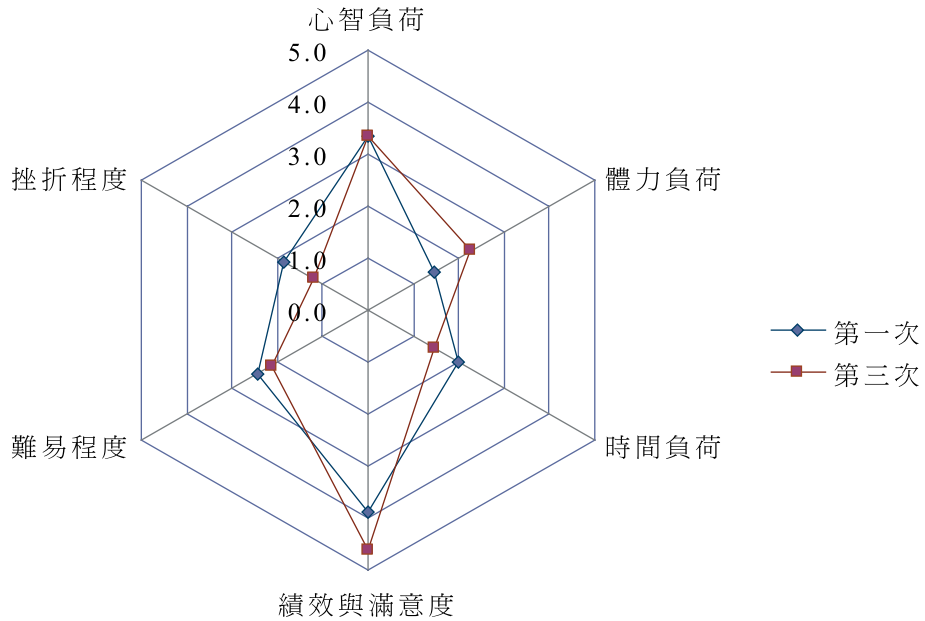


圖 12 上下坡道不同訓練時程主觀評量向度

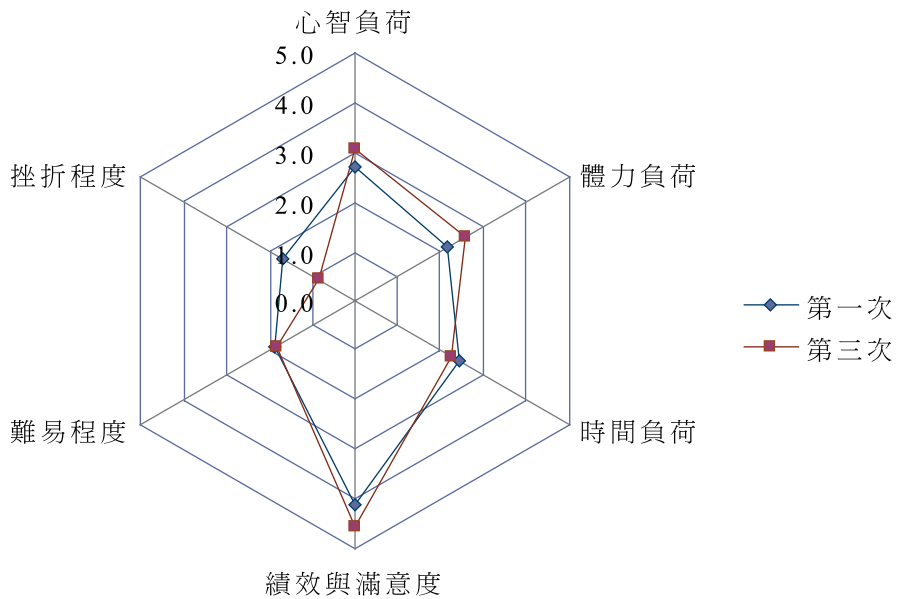


圖 13 曲巷調頭不同訓練時程主觀評量向度

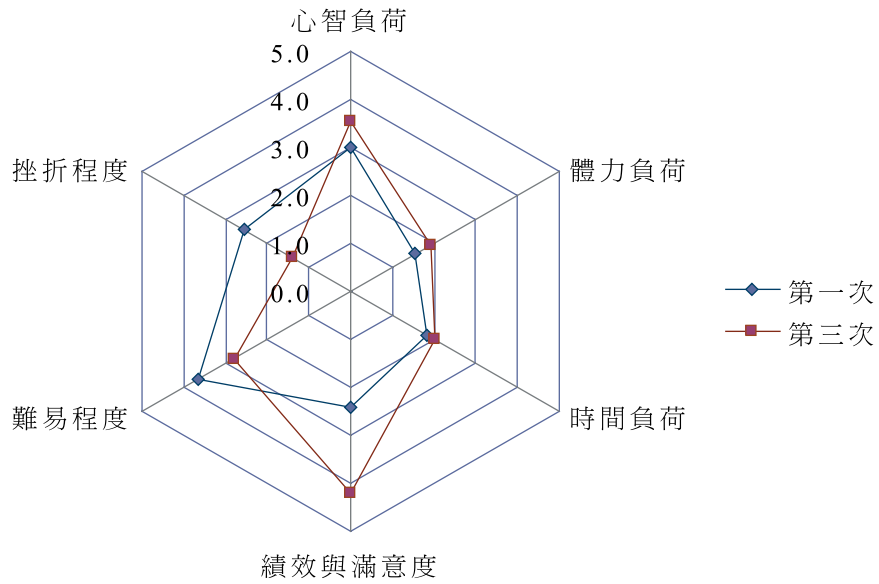


圖 14 曲線進退不同訓練時程主觀評量向度

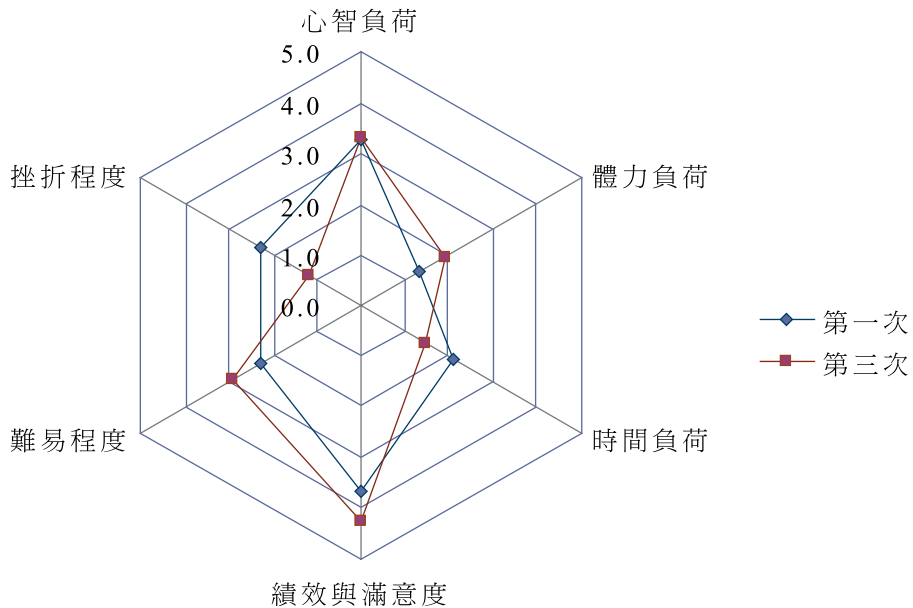


圖 15 倒車入庫不同訓練時程主觀評量向度

一般而言，駕駛人經訓練後在績效與滿意度方面均會上升，挫折程度會下降，部分科目在心智負荷方面則無變化。

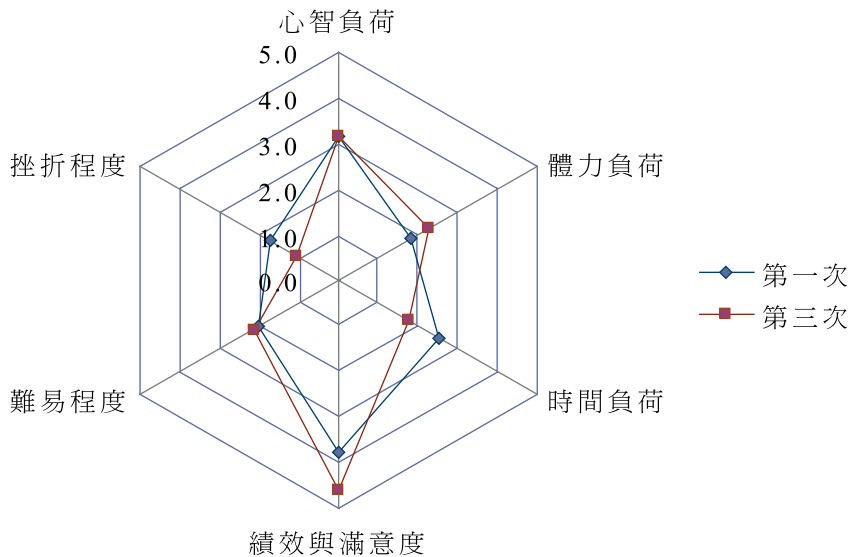


圖 16 路邊停車不同訓練時程主觀評量向度

綜所述之，受試者於各科目在績效與滿意度的評量向度變化上，第三次均比第一次上升，而挫折程度均下降，說明受試者經過訓練後，對於達成目標的滿意度增加，也顯示訓練的成效。在體力負荷上，各科目第三次比均第一次高，反應出正式測考時，的確帶給受試者心理壓力而造成身體負荷升高。在時間負荷變化上各科目均下降，僅曲線進退升高，由此看出曲線進退在受試者主觀認知上亦較困難。在心智負荷上各科目幾乎相等，意指即便受試者經過訓練，其不管操作何種科目，都會帶給受試者心理壓力及負擔。在難易程度上倒車入庫與路邊停車變化一致，可能是兩者同屬停車作業之故。

五、討論

人類的資訊處理模式 (information processing models)，可以分為資訊的感覺、知覺階段、認知階段和行動階段等三階段。汽車的操控駕駛行為亦是如此，當駕駛者於操控汽車時，主要是依賴視覺來獲取外界的資訊，其必須獲取車輛的狀態、道路的狀態等資訊，而進行一連串的心智活動最終完成駕駛作業。工作負荷的高低，受到作業需求及人員能力限制之影響，若作業需求與人員能力限制間無法配合時，不管是工作負荷太高或是太低，均可能造成無法令人滿意的作業表現。因此若駕駛時之工作負荷超過個人能力的界限，將使駕駛肇事機率大為增加。因此量測與分析駕駛的心智負荷及其駕駛行為之表現，為探討交通安全之重要課題，因此本研究運用多向度工作負荷量測指標，包括視覺搜尋頻率、眨眼次數、心率增量、平均 R-R 波間距、心率變異量與主觀評量等指標，以了解駕駛者在從事五種駕訓科目時的生理心理反應，並分析駕駛者進行不同科目時的工作量負荷，以供駕訓

單位了解駕駛人於不同駕訓科目中，各學習階段的表現與效果，作為修訂駕訓程序的參考。

Lee 與 Liu ^[21] 運用心電圖與 NASA-TLX 主觀評比，評估 10 位男性飛行員於 747-400 型飛行模擬器內，衡量執行飛航任務時（起飛、爬升及巡航、近場與降落）之工作負荷，並探討各指標間的敏感度。研究結果顯示，心率增量、心率變異量 (HRV) 及 NASA-TLX，主觀評比量表，皆能敏感地指出不同飛行階段的作業負荷。平均心率增量於起飛及降落時顯著增加，而心率變異量於近場與巡航時顯著較低。分析 NASA TLX，量表結果顯示，飛行員於降落、近場與起飛時有較大的工作負荷；而工作負荷結構分析顯示心智、表現與時間壓力為飛航時的關鍵因素。因此，飛行員需強調起飛、近場及降落之關鍵飛航階段之複訓，尤其是在具有時間壓力及不正常飛行狀態下。此研究結果表示心率增量、心率變異量 (HRV) 及 NASA TLX 能敏感地反應出不同飛航作業間的工作負荷。而劉仲祥與劉伯祥 ^[22] 以小客車測試探討不同停車方式時的工作負荷，及分析有無聽音樂對駕駛行為的影響，所測量之生理變數包括平均心率、心率增量 (heart rate increases)、R-R 波間距 (ECG R-R wave interval)、心率變異量，研究結果顯示路邊停車比倒車入庫之 R-R 波間距為低，說明路邊停車有較大的工作負荷。本研究綜合整理各項量測指標可發現駕訓科目之工作負荷有所差異，五項駕訓科目中以曲線進退與曲巷調頭科目工作負荷較大，其中曲線進退雖經四週訓練，其視覺搜尋及工作負荷仍高，應可增加訓練時數，使駕訓者更熟習曲線進退駕訓科目，且可加強視覺搜尋的訓練。

六、結論與建議

由不同訓練時程各科目工作負荷量測紀錄看出，透過訓練能有效地提升駕駛人的績效，除「曲線進退」外，其餘各科目在訓練的第三週，已能有與第四週正式測考時的相同表現，而「曲線進退」科目工作負荷仍高且仍有進步的空間，建議可排定較長的訓練時間。因此，場地駕駛訓練中各科目的訓練權重應予排定，且訓練週數可減少一週，各科目訓練時間配比則待日後研究驗證。在不同訓練時程的指標量測上，因第三次為正式測考時機，部分指標亦反應出測考的壓力；而不同的訓練方式是否會影響受試者測考的績效及有關壓力造成的影響，將可列入爾後研究方向。

本研究僅針對基礎駕駛訓練科目之工作負荷進行評估與量測，建議後續研究可持續探討戰術或救災特殊需求導向任務之工作負荷，期能加強訓練及複訓。本研究結果，可供國軍駕駛訓練中心。修訂駕訓程序參考。

參考文獻

1. Federal Highway Administration (FHWA), *Highway Statistics 2008*, US Department of Transportation, Washington DC, 2009.

2. Lyman, S. and Braver, E. R., "Occupant Deaths in Large Truck Crashes in the United States: 25 Years of Experience", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, No. 5, 2003, pp. 731-739.
3. Kantowitz, B. H. and Casper, P. A., "Human Workload in Aviation", *Human Factors in Aviation*, E. L. Wiener & D. C. Nagel (Eds.), Academic Press, San Diego, 1988.
4. Humphreys, G. W. and Bruce, V., *Visual Cognition: Computational, Experimental and Neuropsychological Perspective*, Lawrence Erlbaum, UK, 1989.
5. Stern, J. A. and Skelly, J. J., "The Eye Blink and Work Load Considerations", *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, Vol. 28, Santa Monica, 1984, pp. 942-944.
6. Yaginuma, Y., Yamada, H., and Nagai, H., "Study of the Relationship between Lacrimation and Blink in VDT Work", *Ergonomics*, Vol. 33, 1990, pp. 799-809.
7. Sotoyama, M., Saito, S., Tapagaporn, S., Suzuki, T., and Saito, S., "Gaze Direction and Ocular Surface Area in VDT Work", *Human-Computer Interaction: Applications and Case Studies*, M. J. Smith & G. Salvendy (Eds.), Elsevier, Amsterdam, 1993, pp. 750-755.
8. 羅彥宇, 「我們的自主神經」, *健康世界*, 第 238 期, 民國 88 年, 頁 9-11。
9. Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Barger, A. C., and Cohen, R. J., "Power Spectrum Analysis of Heart Rate Fluctuation: A Quantitative Probe of Beat-to-Beat Cardiovascular Control", *Science*, Vol. 213, No.10, 1981, pp. 220-222.
10. Pomeranz, B. et al., "Assessment of Autonomic Function in Humans by Heart Rate Spectral Analysis", *American Journal of Physiology, Heart and Circulatory Physiology*, Vol. 248, 1985, pp. 151-153.
11. Cowan, M. J., "Measurement of Heart Rate Variability", *Western Journal of Nursing Research*, Vol. 17, No.1, 1995, pp. 32-48.
12. Liu, B. S. and Tseng, H. Y., "Assessment Performance, Subjective Rating and Workload on Various Parking Layouts", *ANIMA: Indonesian Psychological Journal*, Vol. 21, No. 2, 2006, pp. 176-184.
13. Sheridan, T., "Mental Workload: What Is It? Why Bother with It?", *Human Factors Society Bulletin*, Vol. 23, 1980, pp. 1-2.
14. Hart, S. G. and Staveland, L., "Development of NASA-TLX: Results of Empirical and Theoretical Research", *Human Mental Workload*, P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), North-Holland, New York, 1988, pp. 139-184.
15. 王珮琦, 「車用導航系統之使用者介面選單設計研究」, 大同大學工業設計研究所碩士論文, 民國 93 年。
16. 董基良等人, 「駕駛人生理功能、心理因素、行為特質與交通安全之關聯性研究(1/3)」, 交通部運輸研究所, 民國 96 年。
17. Noe, R. A., *Employee Training and Development*, 4th Ed., McGraw-Hill, New York, 2008.
18. 張新立、吳宗修等, 「現行駕駛訓練與考照制度之檢討與研究」, 交通部運輸研究所, 民國 82 年。
19. Goldstein, L. L., *Training in Organization: Needs Assessment, Development, and Evaluation*, 3rd.

- Ed., Brooks/Cole, Monterey, CA, 1993.
20. Montgomery, D. C., *Design and Analysis of Experiments*, 5th Ed., John Wiley & Sons, New Jersey, 2005.
 21. Lee, Y. H. and Liu, B. S., "In-Flight Workload Assessment: Comparison of Subjective and Physiological Measurements", *Aviation, Space and Environmental Medicine*, Vol. 74, No. 10, 2003, pp. 1078-1084.
 22. 劉仲祥、劉伯祥，「停車作業工作負荷量測及聽音樂對駕駛之影響」，*運輸計劃季刊*，第32卷，第4期，民國92年，頁801-821。