

# 停車作業工作負荷量測及聽音樂對駕駛 之影響<sup>1</sup>

## MEASUREMENT OF PARKING WORKLOAD AND EFFECTS OF LISTENING TO THE MUSIC WHILE PARKING

劉仲祥 Jong-Shyang Liou<sup>2</sup>

劉伯祥 Bor-Shong Liu<sup>3</sup>

(91 年 3 月 15 日收稿, 91 年 8 月 14 日第一次修改, 91 年 10 月 2 日第二次修改,  
91 年 12 月 10 日第三次修改, 92 年 9 月 25 日定稿)

### 摘 要

駕駛行為，是一連串資訊之感覺、知覺以及採取決策行動等配合而成的行為，因此道路設施的設計規劃，應將駕駛者於行車過程中可能的行為與反應加以考量。對於駕駛行為特性之研究，目前多以駕駛者之反應時間 (perception-reaction time) 以及視力 (visual acuity) 為主，而對於駕駛者的生理心理指標 (psychophysiological measure) 之探討亦少著墨。因此本研究嘗試以駕駛者之反應為主要考量，探討數種生理心理指標，包括看鏡次數、停車時間、心率、眨眼率及主觀評比等，並經由實際量測，評估駕駛者於路邊停車 (與道路或通道平行) 與倒車入庫 (與道路或通道垂直) 二種不同停車方式之工作負荷，以及聽音樂與否對駕駛行為的影響進行分析。由變異數分析結果顯示路邊停車相較於倒車入庫有較高的工作負荷，其困難性亦較高；然而聽音樂對停車

- 
1. 本研究得順利完成需感謝聖約翰技術學院提供專題研究乙種經費補助，及特別感謝國立台灣科技大學李永輝教授的指導與提供駕駛行為研究車供研究使用。
  2. 國立成功大學交通管理科學研究所博士候選人。
  3. 聖約翰技術學院工業工程與管理系講師 (聯絡地址：251 台北縣淡水鎮淡金路四段 499 號聖約翰技術學院工業工程與管理系；電話：02-28013131 轉 6572; E-mail: bsliu@mail.sjsmit.edu.tw)。

作業駕駛行為之影響分析顯示，駕駛者雖然暴露於音樂的環境下造成工作負荷增加，但並沒有對駕駛績效產生顯著影響。因此本研究建議在規劃停車空間時，需將停車作業之困難度加以考量。

**關鍵詞：**停車作業；聽音樂；駕駛行為

## ABSTRACT

*The driving task is a continuous series of actions including perception, intellection, emotion and volition. The design and planning of road facilities have to take into account the responses of road users. Conventionally, the characteristics of road users are quantified as perception-reaction time and visual acuity. Psychological and physical factors are clearly important but not well understood. The purpose of this study was to measure drivers' workloads in scenarios such as parking into different layouts and listening to the music. This study applied mirror frequency, parking time, heart rate, eye blink and subjective rating to measure the workload. For parking layout, the results of ANOVA revealed that experimenters have higher workload as they park into a zero angle layout and listen to the music. Although music brought higher workload, it did not affect parking performance. The difficulty of different parking types could be taken account in parking space planning.*

**Key Words :** *Parking; Listen to the music; Driver performance*

## 一、前言

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<sup>[1]</sup>。當人員接收到外在的資訊或刺激之後，針對其感覺進行識別，然後根據以往的經驗，判斷目前所處的環境和目標，訂立處理的決策和行動，最後進行反應或執行決策的工作。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。因此道路設施的設計規劃，應將駕駛者於行車過程中可能的行為與反應加以考量。對於駕駛者的特性，目前多以駕駛者之反應時間 (perception-reaction time) 以及視力 (visual acuity) 為主，然駕駛者的生理心理指標的衡量 (psychophysiological measure) 亦為相當重要的因素，因此亦應加以分析<sup>[2]</sup>。

傳統上，對於停車作業的規劃，以探討停車格大小、型式與數量等為主，較少針對駕駛者的生理心理反應以及在何種道路環境、交通流量下應採用何種停車方式加以探討。因此，本研究藉由量測數種工作負荷量指標，包括眨眼率、看鏡次數、停車時間、心率及主觀評比等，以了解駕駛者在停車作業時的生理心理反應，並分析駕駛者進行不同停車方式時的工作量負荷。對於停車作業，本研究探討路邊停車 (與道路或通道平行) 與倒車入庫 (與道路或通道垂直) 二種不同停車方式之工作負荷，此外，亦對聽音樂與否對駕駛行為的

影響進行分析。

## 二、文獻回顧

人類處理資訊的能力有限，當需同時處理數項作業且作業間有互相干擾的情況時，工作負荷往往就會超過個人能力的界限。在駕駛行為上亦是如此，注意力資源分配與工作負荷的高低皆明顯影響駕駛表現與道路安全，因此多數車禍及前後追撞事故 (rear-end collision) 的發生，其肇因都與駕駛者分心有關<sup>[3]</sup>。

若在短時間內欲同時處理兩件或兩件以上的作業，即必須考慮到工作負荷的問題，工作負荷受到諸多因素影響，例如個人能力、環境因素、以及作業的困難度…等，其中最重要的因素莫過於作業的困難度。人們可以在交通流量較小的道路上，同時可做好駕駛與交談兩項工作，但是於交通擁擠的街道上駕駛，因需注意的因素增加，使駕駛人的工作困難度提高，而無法兼顧交談與駕駛。Alm 與 Nilsson<sup>[4]</sup>研究發現，人們在視覺與聽覺過程中所使用的注意資源不同，在低工作負荷下，資訊處理過程中並不會產生干擾，然而於中高工作負荷下，聽覺作業即會與視覺過程之感覺、認知資源競爭，而產生不同程度的干擾。Violanti 與 Marshall<sup>[5]</sup>研究指出於行車中使用行動電話之肇事率為不使用行動電話者的五倍。Rockwell<sup>[6]</sup>指出於開車時聽音樂調整電台，將會產生較多的快速的掃視 (glance) 代替較長時間的注視。Tijerina 與 Goodman<sup>[3]</sup>研究發現當卡車司機的工作負荷增加，且同時從事電話的對話時，會降低駕駛對路況的視覺搜尋 (visual scanning)，因而降低發覺路況危險的能力。

工作負荷的高低受到作業需求及人員能力限制之影響<sup>[7]</sup>，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，駕駛肇事機率大為增加；若工作負荷太低，也常使人員感覺厭煩並使警覺降低，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，分別為生理心理指標的量測、視覺搜尋以及主觀評比等各項指標，其如下說明。

### (一) 生理心理指標量測

對於工作負荷之生理心理指標的量測 (psychophysiological measure)，主要有以下五種指標，包括心率變化之心電圖量測 (electrocardiogram, ECG)、大腦活動量測 (cortical-evoked potentials)、肌電圖 (electromyogram, EMG)、眼睛活動與生化反應 (epinephrine, norepinephrine 及 cortisol) 等，其中最為廣泛使用的指標為心率之量測，因心率之量測不具侵入性，且能連續的記錄受測者於作業時之整體工作負荷變化。心率變化可由記錄心電圖分析得知，並可細分為平均心率 (mean heart rate)、心率增量 (heart rate increases)、R-R 波間距 (ECG R-R wave interval)、心率變異量等指標 (heart rate variability,

HRV)。

隨著工作負荷的增加，心率及心率增量將隨之增加，RR 波間距、心率變異量則隨之降低<sup>[8-13]</sup>。Brookhuis 和 de Waard<sup>[14]</sup>使用心電圖 (ECG) 及腦波圖 (EEG) 之心理生理指標來評估駕駛者從事不同跟車作業 (car following test) 時之駕駛狀態 (driver status)，並建立生理心理衡量指標與駕駛績效表現之關係，所採用之駕駛績效表現指標共計三種，包括延遲反應時間 (delay reaction time)、道路偏移變化量 (standard deviation of lateral position) 及方向盤轉動變化量 (standard deviation of steering wheel movements)。其研究結果證實心跳之 RR 波間距等生理心理指標，能監測駕駛狀態的改變及預測駕駛行為之喪失 (impairment)，當工作負荷增加以及受到外在因素影響 (如酒精攝取) 時，RR 波間距都顯著的降低，同時道路偏移變化量也明顯的增加。Vivoli 等人<sup>[15]</sup>為了探討長距離駕駛對貨車司機所產生的壓力反應，運用心電圖連續記錄貨車司機於長期駕駛 (8 至 12 小時) 之工作負荷變化，並同時量測駕駛尿液中生化物質 (cortisol) 之濃度，其研究結果指出心率變化可表現出駕駛對工作負荷之壓力反應，行駛於霧中或交通擁擠區域時，平均心率都顯著較高，同時其尿液中之生化物質分泌濃度亦較高。荷蘭格羅寧根大學的環境與交通研究中心 (Centre for Environment and Traffic Psychology, University of Groningen, Netherlands) 對道路標線規劃設計方面進行研究<sup>[14,16,17]</sup>，例如為探討日夜間行車與鄉間道路標線對駕駛行為之影響，將道路標線分為四類，分別為控制組無標線道路、控制組中央虛線道路、實驗組連續邊線道路與實驗組虛邊線道路，以駕駛平均速度及道路偏移變化量等指標進行駕駛行為之分析，同時也使用心電圖記錄 R-R 波間距、心率變異量 (HRV) 等指標來衡量駕駛之心智負荷。研究結果顯示日間行車於四種類型道路上之駕駛行為差異不大，然而於夜間行車卻有明顯不同，其道路偏移量與道路偏移變化量都較大，也就是駕駛者以較靠近道路中間之方式行駛，雖然駕駛於平均心率之變化反應尚無統計上顯著差異，不過於心率變異量上卻能敏感的顯現出工作負荷之變化，而夜間行駛於控制組之道路，其心率變異量較低，表示駕駛者工作負荷較高，同時受測者主觀評比也顯示無標線之道路最不受駕駛喜愛，且其駕駛速度也明顯較低。

## (二) 視覺搜尋

汽車操控時主要是依賴視覺來獲取外界的資訊，所以記錄駕駛的視覺搜尋 (visual scanning) 可反應出駕駛者對外在環境的注意情形<sup>[3]</sup>，如觀看後視鏡次數。因此對眨眼次數之分析也經常運用於評估工作負荷，隨著工作負荷的增加，其眼睛凝視時間也伴隨增加，使眨眼率顯著的降低<sup>[12,13]</sup>。

## (三) 主觀評比

受測者對負荷之主觀評比也經常用於評估工作負荷，可利用心智負荷量表 (Rating Scale Mental Effort, RSME) 進行此項分析<sup>[18]</sup>，心智負荷量表為單一向度 15 點量表 (15 points scale)，每一格表示 10 分，0 分表示無負荷，而 150 分表示極大的負荷，如表 1 所示。心智負荷量表的優點包括成本低、具高表面效度且不會對作業產生干擾，因此本研究亦運用心智負荷量表進行分析。

表 1 心智負荷量表 (Rating Scale Mental Effort, RSME)

無負荷										極大負荷				
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140 150

故對駕駛行為之研究除了傳統上需探討時間、駕駛速度或道路偏移之駕駛表現 (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，因此對道路設施的設計規劃，應將駕駛者於行車過程中可能的行為與反應加以考量。

### 三、研究方法

本節說明本研究進行停車作業工作負荷之研究方法，包括工作負荷量測指標、受測者之基本資料、實驗設計、實驗設備、實驗步驟、以及資料處理與分析等。

#### 3.1 工作負荷量測指標

本研究為結合視覺搜尋 (看鏡次數)、駕駛表現 (停車完成所需時間)、生理心理指標 (心率指標與眨眼率) 及受測者主觀評比等多重構面之工作負荷量測，來探討二種不同停車方式之工作負荷，及聽音樂與否對駕駛行為的影響進行分析。各項指標之說明如下：

- (一) 視覺搜尋：錄影資料使用錄放影機定格分析，計算出受測者從事不同作業時之看鏡次數 (包括右側鏡、左側鏡與後視鏡之次數)。
- (二) 駕駛表現：本研究採用停車完成所需時間 (秒) 來衡量駕駛績效表現，由實驗指導員下令開動後開始記錄至成功完成停車作業的時間。
- (三) 生理心理量測指標：
  1. 平均心率 (mean heart rate)：為作業期間所量測之心率平均數。
  2. 心率增量 (heart rate increases)：作業時平均心率與休息時心率之差。
  3. R-R 波間距 (ECG R-R wave interval)：由心電圖紀錄每一次心臟收縮之電位變化 (PQRST 波)，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 (如圖 1)。
  4. 心率變異量 (heart rate variability, HRV)：為作業期間之 R-R 波間距之標準差。
  5. 眨眼率 (eye blink)：使用錄放影機定格分析，計算受測者從事不同作業時之眨眼次數 (次/分)。

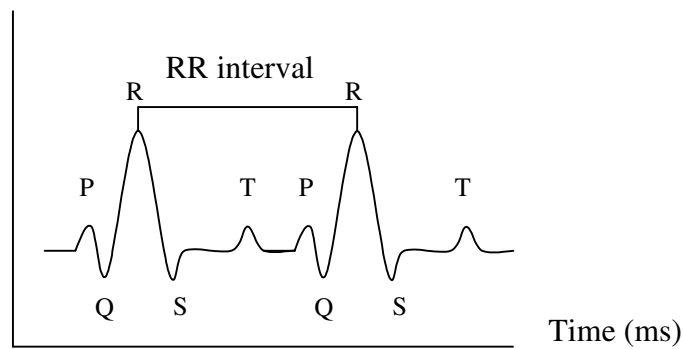


圖 1 心電圖及 R-R 波間距圖示

(四) 受測者主觀評比：本研究運用心智負荷量表進行分析，心智負荷量表為單一向度 15 點量表，每一格表示 10 分，0 分表示無負荷，而 150 分表示極大的負荷。

綜合各指標之量測值與工作負荷高低的關係如表 2 所示。

表 2 指標與工作負荷之關係表

指標	指標觀測值	工作負荷
看鏡次數 停車時間 平均心率 心率增量 主觀評比	越高	越高
RR 波間距 心率變異量 眨眼率	越低	越高

### 3.2 受測者

為了確保實驗數據的品質，本研究以按時計酬的方式招募十名男性受測者，其年齡平均為 23.8 歲 (SD = 2.8)，且視力正常 (1.0 以上) 及持有效駕照 2 年以上，且經常性開車，每年行車里程至少 5,000 公里以上。受測者於實驗前需閱讀實驗指導語並填寫實驗同意書，且要求於實驗期間避免熬夜、飲用含酒精飲料及從事過度體能活動，所有受測者皆無心臟相關疾病之病史。

### 3.3 實驗設計與分析方法

#### 一、實驗設計

本研究嘗試以駕駛者之反應為主要考量，探討數種生理心理指標，包括看鏡次數、停車時間、心率、眨眼率及主觀評比等，並經由實際量測，評估駕駛者於路邊停車（與道路或通道平行）與倒車入庫（與道路或通道垂直）二種不同停車方式之工作負荷，以及聽音樂與否對駕駛行為的影響進行分析。因此本研究之實驗組合共計四種，包括路邊停車無音樂、路邊停車有音樂、倒車入庫無音樂、以及倒車入庫有音樂等。

在資料蒐集方面，本研究於各項實驗組合採取完全隨機化實驗，亦即每位受測者進行各項實驗的順序為隨機指定，以去除因實驗順序所造成的誤差。此外，為了確保實驗資料的品質，於正式實驗前每位受測者都需接受訓練，完全了解與熟悉實驗車輛及實驗步驟，並重複試做幾次相同的作業，以確保實驗資料的重複量測信度。

#### 二、分析方法

即使處於相同的環境中，每個受測者的生理心理反應可能有所不同，例如某些受測者之心率即較一般人為高（或低），因此本研究為了解受測者反應的差異，利用群集分析 (cluster analysis) 將受測者加以分類，用以檢視受測者反應的型態。此外，為了解受測者於不同實驗變項下的反應是否有顯著差異，因此本研究採取二因子完全隨機化區集設計 (two factors randomized complete block design) 進行分析。

##### （一）群集分析

群集分析的目的在於考量受測者的差異性，並根據受測者之特性，區分為數個有意義的群組，使其在同一群集內的受測者具有高度的同質性，而不同群集間之受測者則具有高度差異性<sup>[19,20]</sup>。建立群集的方法主要有兩種型式：分層法 (hierarchical) 與非分層法 (non-hierarchical)，但在一般應用上，常將此二種方法加以結合，而成為二階段分析法 (two-stage)，本研究即採用此法。

二階段分析法之第一階段先以分層法中之華德法 (Ward's minimum variance method) 加以分群，決定分群的個數後，第二階段再以非分層法之 K 組平均法 (K-means) 進行群集分析。使用二階段法的優點在於其能彌補華德法的缺陷，因為若只執行華德法，二個受測者一旦被歸類在同一群集，其後就保持在同一群集之內，而 K 組平均法正可彌補這項缺失。至於群集分析之詳細說明，請參見文獻 [19-21]。

本研究採用的工作量負荷指標共有八項，其中以受測者心率之差異較大，因此本研究以受測者之心率作為分群之依據。

##### （二）二因子完全隨機化區集設計

因每個受測者的生理心理反應有所不同，若在分析過程中未將受測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測者間的變異。因此為降低實驗干擾因子與增加

樣本代表性，本研究採取二因子完全隨機化區集設計 (two factors randomized complete block design) 進行分析。探討因子共計二項，包括停車變項 (路邊停車、倒車入庫) 與音樂變項 (有音樂、無音樂)；除停車變項 ( $\tau_i$ )、音樂變項 ( $\beta_j$ ) 以及其交互作用 ( $(\tau\beta)_{ij}$ ) 等三個主效用外，另增設一個區集因素 (block factor,  $\delta_k$ )，用以反應受測者之差異，如此方可真正測量出實驗處理 (treatment) 的影響效果，其線性統計分析模型 ( $y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$ )，如表 3 所示，其中  $y_{ijk}$  為在第  $i$  個處理、第  $j$  個處理與第  $k$  個處理下的觀測值， $\mu$  為總平均， $\tau_i$  為停車變項的主效應， $\beta_j$  為音樂變項的主效應， $\tau\beta_{ij}$  為停車變項與音樂變項之交互作用效應， $\delta_k$  為受測者區集效應， $\varepsilon_{ijk}$  為隨機誤差項，其中  $i=1, 2$ ； $j=1, 2$ ； $k=1, 2, \dots, 10$ 。本研究將受測者之各項工作量負荷指標，分別以上述之線性統計模型加以分析，以了解受測者於不同實驗變項下之各項反應是否有顯著差異。

表 3 二因子完全隨機化區集設計之變異數分析

線性統計模式： $(y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk})$				
變異來源	平方和	自由度	均方	F
受測者區集	$\frac{1}{ab} \sum_{k=1}^n y_{..k}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$	$n-1$	$MS_{block}$	
停車變項 (A)	$\frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$	$a-1$	$MS_A$	$\frac{MS_A}{MS_E}$
音樂變項 (B)	$\frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y_{.j.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$	$b-1$	$MS_B$	$\frac{MS_B}{MS_E}$
AB 交互作用	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} - SS_A - SS_B$	$(a-1)(b-1)$	$MS_{AB}$	$\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
誤差	$SS_E$	$(ab-1)(n-1)$	$MS_E$	
總和	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$	$abn-1$		

### 3.4 實驗設備

本研究之主要儀器設備包括一部駕駛行為實驗車 (Nissan Cefiro 3.0)，其車長及車寬分別為 4,860mm 與 1,770mm。車內設置有兩部廣角 CCD 攝影機，第一部攝影機設置於駕駛座前，其功能為記錄駕駛者的眨眼頻率 (如圖 2)，第二部攝影機設置於實驗帽上，受測者於實驗時穿戴並經校正後，其記錄所得之畫面可代表受測者於駕駛時的視線 (如圖 3)，其錄影訊號經分割器後由後座之錄放影機記錄 (如圖 4)。再者，使用 Cardiovis 12 導心電圖記錄儀 (Cosmed, Italy) 完整記錄受測者於從事停車駕駛時之心率活動。



### 3.5 實驗步驟

在閱讀實驗指導語及填寫實驗同意書後，將電極片 (AgCl) 依圖 5 黏貼於受測者身上，再將訊號線連接於筆記型電腦上 (Compaq Celeron 300)。為了避免學習效應對實驗結果之影響，本研究於正式實驗前對每位受測者都需接受停車駕駛訓練，完全了解與熟悉實驗車輛及實驗步驟，並重複試做幾次相同的作業，已充分反應學習效應後，才開始正式實驗數據蒐集。於實驗車內受測者旁之助手座為實驗指導者 (圖 2)，其功能為注意實驗時的安全及提醒受測者停車作業之標準程序，受測者需聽從指導者的指示操作，隨機選擇四種實驗變項組合始做實驗，其變項分別為停車變項 (路邊停車、倒車入庫) 與音樂變項 (有音樂、無音樂)。路邊停車及倒車入庫皆為使用標準停車格 (6m×2.5m)，且此停車格之前後方 (或左右方) 皆停有車輛，且並無受其他行駛車輛之干擾，停車時僅能利用左右側鏡及後視鏡進行車輛位置調整。路邊停車之作業為汽車於開始點出發，排檔桿打入倒車檔，不踩油門以低於 5 km/h 的速度倒車，經過適當距離後方向盤右轉一圈半待右後車輪進入停車格內，再將方向盤左轉一圈半使整部車駛入停車格，最後將方向盤回正且踏煞車後，則完成路邊停車作業。而倒車入庫之作業為於開始點出發，排檔桿打入倒車檔，不踩油門以低於 5 km/h 的速度倒車，經過適當距離後對準停車格方向盤右轉二圈，待汽車垂直轉入停車格方向時，需將方向盤回正再將汽車緩緩駛入停車格中，踏煞車後則完成倒車入庫之停車作業。每次從事停車作業時需將車輪皆駛入停車格內始為停車成功。而音樂變項為有無連續收聽 CD 音樂，其音量維持於受測者聽域所量測之 65dB。每實驗變項組合皆需成功操作五次，且於每項測試間均有休息時間，須待心率回復至休息時狀態後，再接續完成所有實驗變項組合。最後填寫心智負荷量表 (RSME) 代表受測者對心智負荷之主觀評比。



圖 2 記錄駕駛者的眨眼頻率之攝影機，而受測者旁為實驗指導員

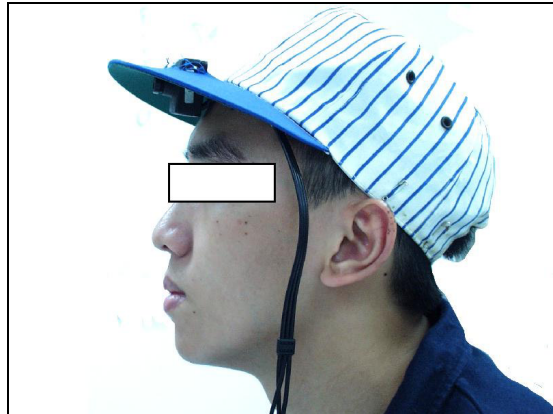


圖 3 記錄駕駛者的視線之攝影機



圖 4 錄影及心率量測



圖 5 心電圖電極片黏貼位置

### 3.6 資料處理與分析

將實驗所得之錄影資料使用錄放影機定格分析，計算出受測者從事不同作業時之眨眼次數與看照後鏡次數（包括右側鏡、左側鏡與後視鏡之次數）；再者，心率資料分析方面，由 Cardiovis management 軟體 (v 6.1a) 分析心電圖而獲得 RR 波間距指標，而其心率值為每秒取樣一次 (60Hz) 來進行分析，最後以統計軟體 (SPSS 8.0) 使用一般線性模式 (general linear model procedure) 對停車時間、看鏡次數、眨眼次數、心率指標與主觀評比等指標間進行二因子完全隨機化區集設計之變異數分析並探討其結果。

## 四、研究結果與討論

### 4.1 心率變化軌跡分析

本節探討受測者在不同實驗變項組合的心率變化軌跡，其目的為檢視受測者於從事四項停車作業時，其心率變化的趨勢特徵。然而每位受測者停車時間不同，因此需先將停車時間轉換為停車百分率 ( $T/PT \times 100\%$ )，其計算方式為由開始進行停車起所經歷時間 (T) 除以總停車時間 (PT)。此外，為了解個別受測者之差異，因此本研究使用群集分析，以各受測者於進行各種實驗變項之心率為分群依據，將受測者加以分群。

本研究以統計軟體 (SPSS 8.0) 進行分析，第一階段使用華德法 (Ward's)，其區間距

離為歐氏距離平方 (Squared Euclidean distance)，分析所得之樹狀圖如圖 6 所示。若以距離 5 作為切點，可將受測者分為三群，第一群包括受測者 1、7、3，第二群包括受測者 6、

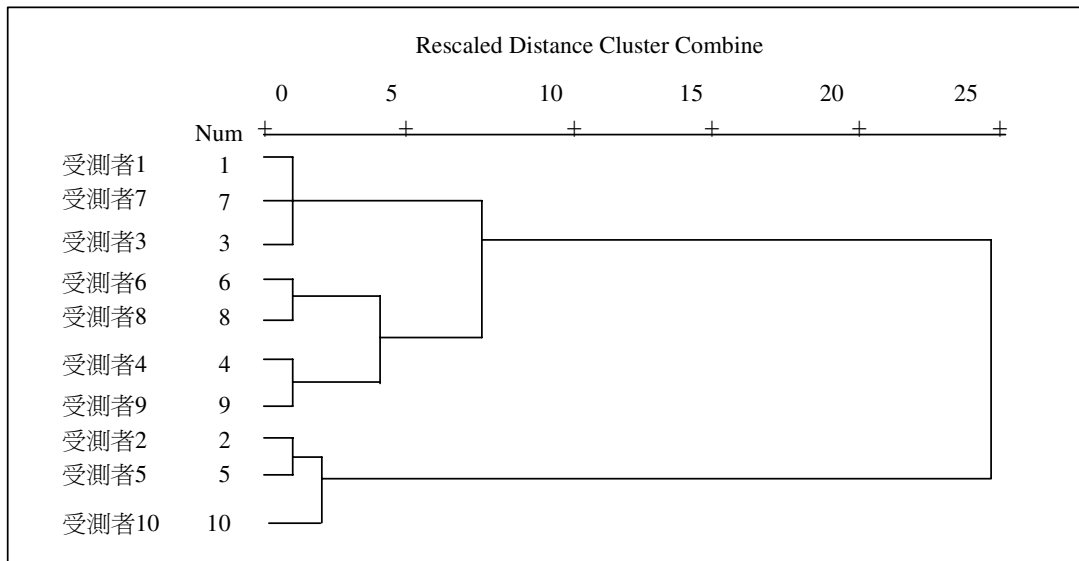


圖 6 群集分析樹狀圖

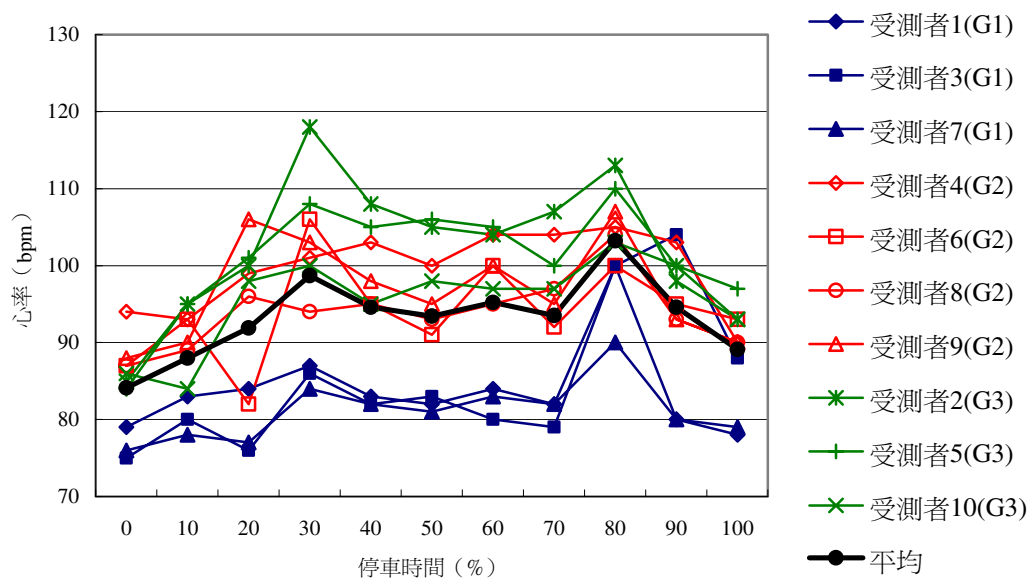


圖 7 受測者於倒車入庫有音樂變項組合之心率軌跡圖 (括弧表示受測者所屬群集)

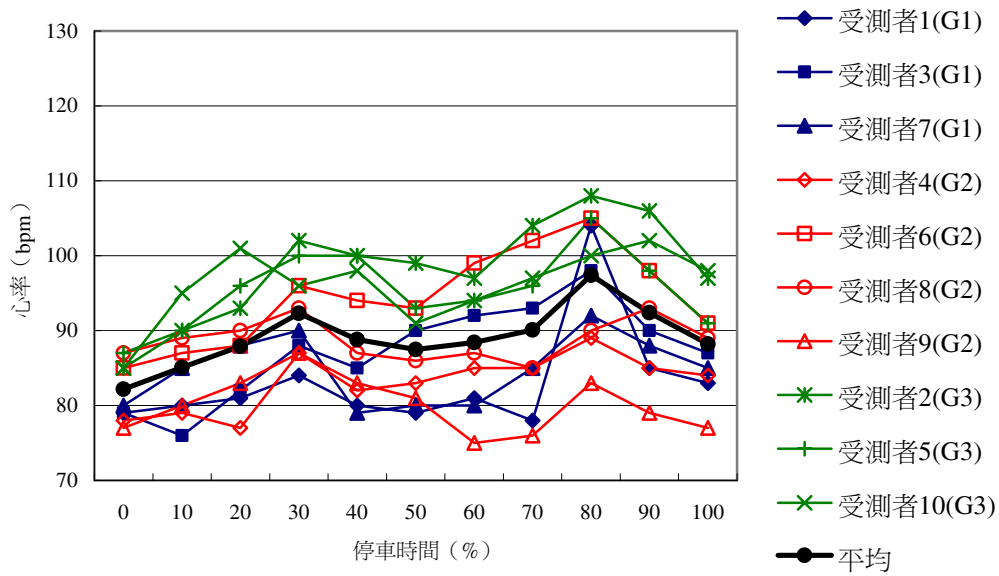


圖 8 受測者於倒車入庫無音樂變項組合之心率軌跡圖 (括弧表示受測者所屬群集)

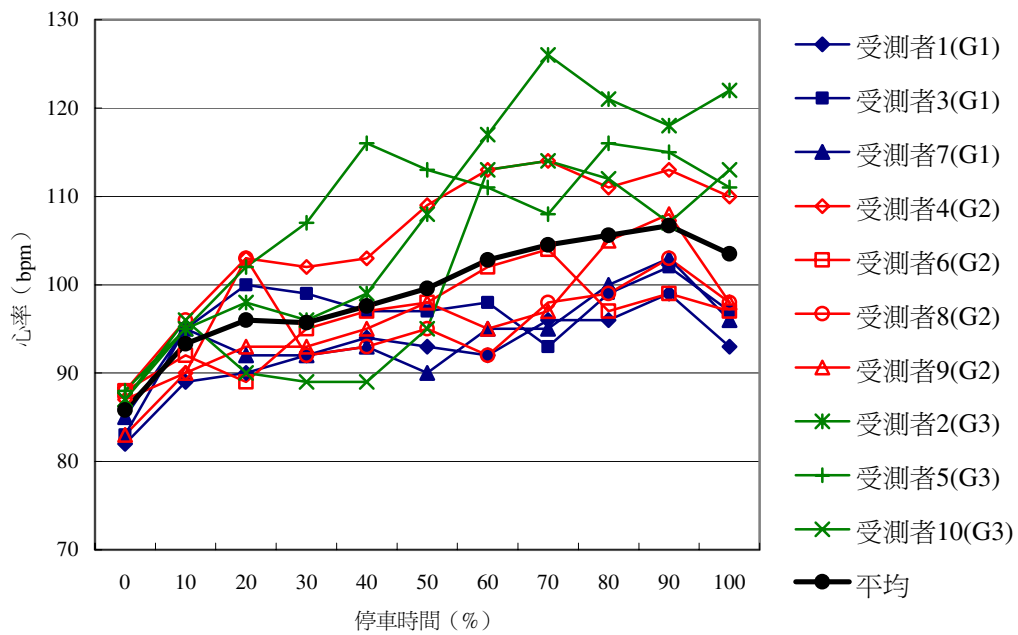


圖 9 受測者於路邊停車有音樂變項組合之心率軌跡圖 (括弧表示受測者所屬群集)

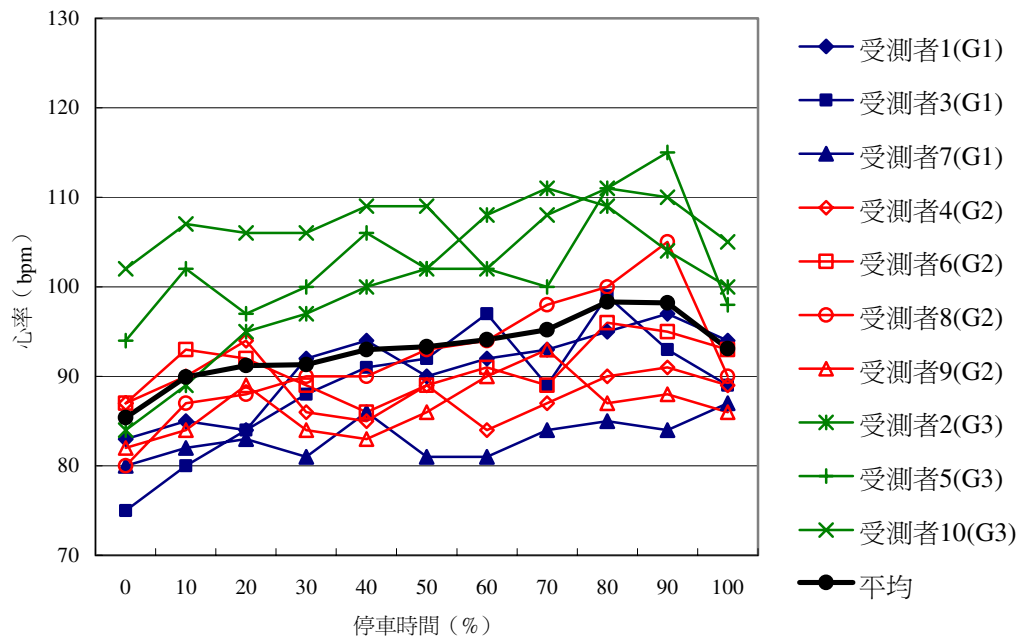


圖 10 受測者於路邊停車無音樂變項組合之心率軌跡圖 (括弧表示受測者所屬群集)

8、4、9，第三群則包括受測者 2、5、10。第二階段指定組數為 3 組，以 K 組平均法將各受測者指派到最接近的群組，分群結果與華德之結果相同。

以下即根據上述的分類結果，分別探討不同群集的心率軌跡，圖 7 至圖 10 即為受測者在不同實驗變項下的心率軌跡。

由圖 7 至圖 10 可觀察得知，第一群集受測者之心率較其他受測者為低，尤其以倒車入庫有音樂的變項組合下之情形最為明顯，且於倒車入庫時，在停車時間 80% 處心率增加的幅度相當大；第二群集受測者之心率除倒車入庫無音樂的變項組合外，多介於第一群集與第二群集之間，且散布的幅度較大；第三群集則為心率較高的受測者，其心率波動的情形亦較為明顯。

由於本研究主要的目的在於探討不同停車方式之工作負荷，以及聽音樂與否對駕駛行為的影響進行分析，因此對於受測者之間的差異目前不進行深入的探討。然由上述的觀察可知，受測者之心率軌跡在程度上雖有高低不同的情形，但在同一的實驗變項組合中，不同群集受測者心率軌跡的型態，則呈現類似的趨勢，表示受測者在進行停車作業時有類似的反應，因此以下採用十位受測者之平均值加以說明，平均心率整理如圖 11 所示。

就停車變項而言，操作兩種停車方式之心率變異模式不盡相同，從事路邊停車作業時，其心率由休息時之平均 85 bpm 持續的上升至 80% 停車作業階段達到高峰，相對於錄



影資料發覺此時為將方向盤左轉一圈半的時點；而從事倒車入庫作業時，其心率的變化則呈現雙峰的趨勢，於完成作業的 30% 階段產生了第一次高峰，於完成作業的 80% 階段產生了第二次高峰，相對於錄影資料發覺第一次高峰產生的時間點，為汽車準備垂直倒車轉入車位的時點前；而第二次高峰產生的時間點，為倒車入停車格時且方向盤右轉兩圈回正後的時點。再者，比較有無聽音樂對心率的影響，結果顯示不論是路邊停車或者是倒車入庫作業，受測者於聽音樂的情境下都呈現相對較高的心率水準。

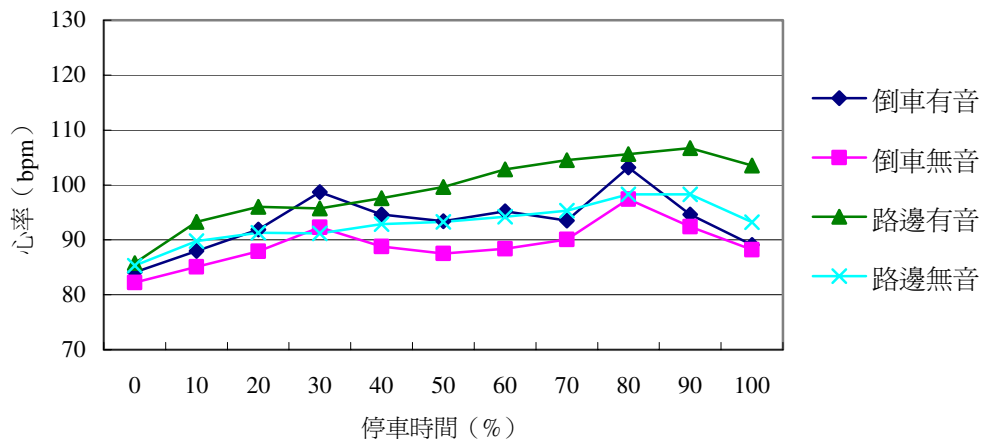


圖 11 受測者於各變項組合之平均心率軌跡圖

## 4.2 看鏡次數與停車時間分析

表 4 為各作業變項下看鏡次數與停車時間分析表，以下就停車變項、音樂變項以及其交互作用進行分析。

### (一) 停車變項

經變異數分析結果顯示，對停車變項而言，平均看鏡次數具有統計上顯著差異 ( $F(1,27) = 20.1, p < 0.001$ )，而從事倒車入庫時的平均看鏡次數為 3.3 次 ( $sd = 1.0$ ) 顯著大於路邊停車作業時之平均看鏡次數 2.2 次 ( $sd = 0.7$ )，尤其於倒車入庫作業後期，駕駛者主要是依賴後照鏡來獲得汽車與外在停車格的相對位置；而於停車時間分析方面，停車變項對平均停車時間的影響具有統計上的顯著差異 ( $F(1,27) = 36.5, p < 0.001$ )，從事路邊停車時的平均停車時間為 52.8 秒 ( $sd = 3.2$ ) 顯著大於倒車入庫時之平均停車時間 44.0 秒 ( $sd = 3.1$ )，表示受測者對於從事倒車入庫有較佳的績效表現 (performance)。

### (二) 音樂變項

然而於音樂影響分析上，平均看鏡次數並無顯著差異 ( $F(1,27) = 4.1, n.s.$ )，聽音樂與

無音樂時之平均看鏡次數分別為 3.0 次 (sd = 0.6) 與 2.5 次 (sd = 0.6)；對平均停車時間也無顯著差異 ( $F(1,27) = 2.8$ , n.s.)，聽音樂與無音樂時之平均停車時間分別為 47.8 秒 (sd = 7.1) 與 49.0 秒 (sd = 4.1)，表示聽音樂與否並不會對操作績效產生顯著影響。

表 4 各作業變項下看鏡次數與停車時間分析表

變項	看鏡次數 (次)	F 值	停車時間 (秒)	F 值
路邊停車	2.2 (0.7)	$F(1,27) = 20.1, p < 0.001$	52.8 (3.2)	$F(1,27) = 36.5, p < 0.001$
倒車入庫	3.3 (1.0)		44.0 (3.1)	
音樂	3.0 (0.6)	$F(1,27) = 4.1, n.s.$	47.8 (7.1)	$F(1,27) = 2.8, n.s.$
無音樂	2.5 (1.3)		49.0 (4.1)	

註：括弧內為標準差，n.s.表不顯著。

### (三) 交互作用

此外，在交互作用分析方面，看鏡次數並未受到停車變項及音樂變項交互影響 ( $F(1,27) = 3.85$ , n.s.)，而停車時間顯著受到停車變項及音樂變項交互影響 ( $F(1,27) = 21.8$ ,  $p < 0.001$ )，如圖 12 所示，雖然於統計分析上聽音樂時與無音樂時之停車時間並無顯著差異，不過於聽音樂倒車入庫時其停車時間最短 (42 秒)，然而同樣於聽音樂的情境下從事路邊停車卻有最長的停車時間 (53.7 秒)，其結果表示路邊停車作業是一項較困難的停車作業再加上聽音樂的負荷，使駕駛人需付出較多的時間來完成停車作業。

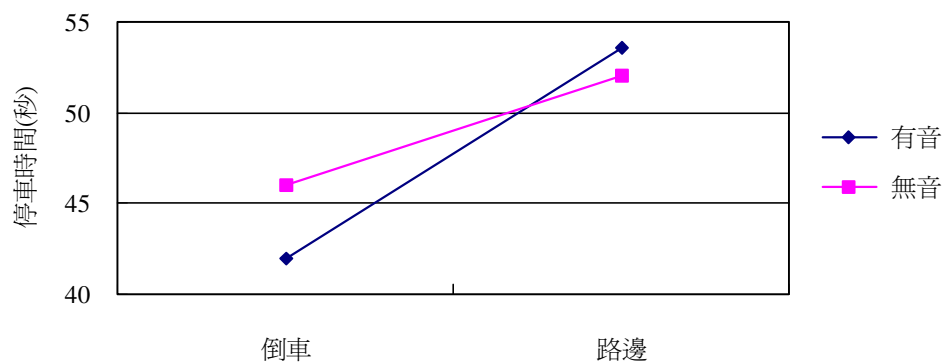


圖 12 停車變項及音樂變項之停車時間交互作用分析

### 4.3 心率指標分析

表 5 為各作業變項下心率指標分析表，以下亦就停車變項、音樂變項以及其交互作用進行分析。

表 5 各作業變項下心率指標分析表

變 項	平均心率 (bpm)	F 值	平均 RR 間距 (ms)	F 值	心率增量 (bpm)	F 值	心率變異 (ms <sup>2</sup> )	F 值
路邊停車	96.1 (8.6)	F(1,27) = 2.5	614.5 (76.7)	F(1,27) = 22.2,	27.5 (8.0)	F(1,27) = 3.4	33.2 (7.2)	F(1,27) = 3.8
倒車入庫	92.1 (11.3)	n.s.	660.8 (86.8)	p < 0.001	33.0 (17.1)	n.s.	38.8 (5.8)	n.s.
音樂	96.4 (9.8)	F(1,27) = 13.2,	614.9 (86.8)	F(1,27) = 16.7	35.1 (10.5)	F(1,27) = 9.8,	28.2 (5.1)	F(1,27) = 12.2,
無音樂	91.7 (9.9)	p < 0.01	660.3 (77.1)	p < 0.01	25.0 (9.6)	p < 0.05	43.8 (11.3)	p < 0.05

註：括弧內為標準差，n.s. 表不顯著。

#### (一) 停車變項

對停車作業而言，只有平均 RR 波間距 (R-R interval) 具有顯著差異 ( $F(1,27) = 22.2$ ,  $p < 0.001$ )，當駕駛在從事路邊停車時其平均 RR 波間距顯著小於從事倒車入庫，其值分別為 614.5 ms (sd = 76.7) 與 660.8 ms (sd = 86.8)，而其他心率指標皆無顯著差異。

#### (二) 音樂變項

而於音樂影響分析方面，受測者是否聽音樂對其平均心率具有顯著影響 ( $F(1,27) = 13.2$ ,  $p < 0.01$ )，聽音樂時之平均心率为 96.4 bpm (sd = 9.8) 顯著大於無音樂作業之平均心率 91.7bpm (sd = 9.9)，相對的聽音樂時之平均 RR 間距為 614.9 ms (sd = 86.8) 也顯著 ( $F(1,27) = 16.7$ ,  $p < 0.01$ ) 小於無聽音樂之駕駛作業。於心率增量分析方面，聽音樂時之平均心率增量為 35.1bpm (sd = 10.5) 顯著 ( $F(1,27) = 9.8$ ,  $p < 0.05$ ) 大於無音樂作業之平均心率增量 25.0 bpm (sd = 9.6)，而於心率變異分析方面，聽音樂時之平均心率變異為 28.2 ms<sup>2</sup> (sd = 5.1) 顯著 ( $F(1,27) = 12.2$ ,  $p < 0.05$ ) 小於無音樂作業之平均心率變異 43.8 ms<sup>2</sup> (sd = 11.3)。

上述結果顯示平均心率、平均心率增量與心率變異量，無法敏感的衡量出停車工作負



荷之變化，只有平均 RR 波間距能敏感的辨別路邊停車與倒車入庫的工作負荷差異，RR 波間距降低表示心臟的負荷增加<sup>[8,9]</sup>，因此路邊停車有較高的工作負荷。而探討聽音樂影響方面，聽音樂時之平均心率與平均心率增量都顯著大於無聽音樂，表示聽音樂時會使受測者心率增快，且聽音樂時之 RR 波間距與心率變異量都顯著較低，而 Kaslsbeek 和 Ettema<sup>[10]</sup>指出當心智負荷增加時心率變異量呈現遞減的狀態，因此在聽音樂的情境下會提高作業的心智負荷。

### (三) 交互作用

此外，在交互作用分析方面，平均心率、平均 RR 波間距及心率增量等皆未受到停車變項及音樂變項交互影響 ( $F(1,27) = 3.9, n.s.$ ;  $F(1,27) = 2.5, n.s.$ ;  $F(1,27) = 3.0, n.s.$ )，然而心率變異量顯著受到停車變項及音樂變項交互影響 ( $F(1,27) = 21.8, p < 0.001$ )，如圖 13 所示無聽音樂且從事倒車入庫時其心率變異量較大 ( $43 \text{ ms}^2$ )，表示此時作業心智負荷較低；然而聽音樂時無論從事倒車入庫或是路邊停車所量測出之心率變異量都顯然較低，其值分別為  $27 \text{ ms}^2$  與  $29 \text{ ms}^2$ ，其結果顯示聽音樂會使心智負荷增加，同時路邊停車也使心智負荷增加。

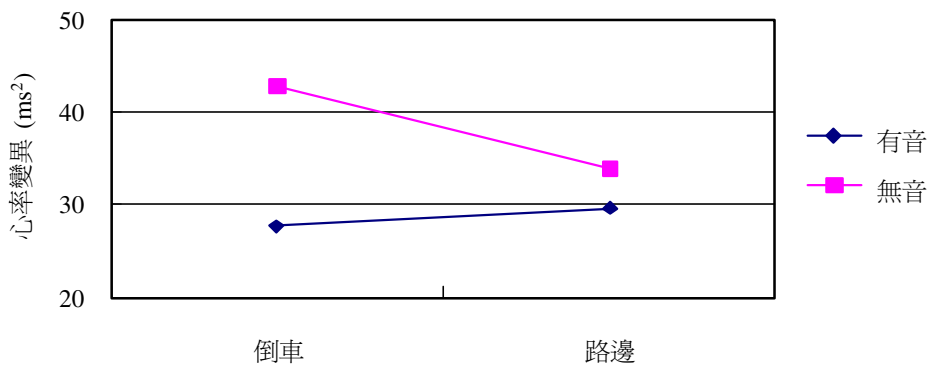


圖 13 停車變項及音樂變項之心率變異量交互作用分析

## 4.4 眨眼率與主觀評比分析

表 6 為各作業變項下平均眨眼率與心智負荷主觀評比分析表，以下亦就停車變項、音樂變項以及其交互作用進行分析。

### (一) 停車變項

從事路邊停車作業時之平均眨眼率為 20.7 次／分顯著低於從事倒車入庫作業之平均眨眼率 24.9 次／分 ( $F(1,27) = 32.8, p < 0.001$ )，Wierwille 等人<sup>[12]</sup>研究指出隨著工作負荷的增加其眼睛凝視時間也伴隨增加，使眨眼率顯著的降低，因此平均眨眼率分析結果顯示，

路邊停車作業平均眨眼率較倒車入庫之眨眼率來得低，表示從事路邊停車需要較高的視覺及心智負荷。而於受測者的主觀評比分析上，路邊停車作業時之主觀評比為 55.8 (sd = 4.8) 顯著 ( $F(1,27) = 6.4, p < 0.05$ ) 高於從事倒車入庫作業之平均主觀評比 45.8 (sd = 6.2)。

表 6 各作業變項下平均眨眼率與主觀評比分析表

變 項	平均眨眼率 (次／分)	F 值	主觀評比	F 值
路邊停車	20.7 (12.1)	$F(1,27) = 32.8,$ $p < 0.001$	55.8 (4.8)	$F(1,27) = 6.4,$ $p < 0.05$
倒車入庫	24.9 (8.6)		45.8 (6.2)	
音樂	21.4 (8.4)	$F(1,27) = 18.6,$ $p < 0.01$	54.2 (7.8)	$F(1,27) = 5.6,$ $p < 0.05$
無音樂	24.2 (6.3)		44.2 (6.7)	

註：括弧內為標準差。

## (二) 音樂變項

而於音樂影響分析而言，聽音樂時之平均眨眼率為 21.4 (sd = 8.4) 顯著 ( $F(1,27) = 18.6, p < 0.01$ ) 小於無音樂作業之平均眨眼率 24.2 (sd = 6.3)，而受測者的主觀評比分析上，聽音樂時之主觀評比為 54.2 (sd = 7.8) 顯著 ( $F(1,27) = 5.6, p < 0.05$ ) 高於無音樂之平均主觀評比 44.2 (sd = 6.7)。上述結果顯示當受測者暴露於音樂的環境下會使工作的負荷增加。

## (三) 交互作用

此外，在交互作用分析方面，平均眨眼率及心智負荷主觀評比等皆無交互作用影響 ( $F(1,27) = 2.5, n.s.; F(1,27) = 1.6, n.s.$ )，表示平均眨眼率及心智負荷主觀評比主要受主效用影響。

## 4.5 主觀評比與客觀指標相關

於駕駛者主觀評比分析方面，路邊停車相對於倒車入庫有較大的工作負荷評比，同時其他客觀指標如停車時間顯示，路邊停車需要花費較長的時間完成，平均 RR 間距指標也顯示，駕駛從事路邊停車時 RR 間距較短，表示心率負荷增加，而平均眨眼率顯示從事路邊停車時每分鐘眨眼率較少，表示視覺需求較大，綜合這些主、客觀指標皆顯示路邊停車作業有較大的工作負荷，各項指標之表現整理如表 7。

而音樂變項對駕駛者之主、客觀指標反應影響，於主觀評比分析方面，聽音樂相對於無音樂有較大的工作負荷評比，於平均心率、平均 RR 間距、心率增量等指標都一致顯現出有較大的負荷增加，而心率變異量則顯現較小的變異量，表示聽音樂的情境下有較大的心智負荷，不過平均停車時間並沒有顯著差異，其主要原因為受交互作用之影響，於聽音

樂的情境下加上從事路邊停車使駕駛需花費更多的時間來完成作業。因此，本研究所採用之主、客觀負荷量測指標皆具有一致性與代表性。

表 7 各項指標之分析結果

變項 指標	停車變項		音樂變項	
	路邊停車	倒車入庫	有音樂	無音樂
主觀評比	高	低	高	低
平均心率	無顯著差異		高	低
RR 波間距	短	長	短	長
心率增量	無顯著差異		高	低
心率變異量	無顯著差異		低	高
停車時間	長	短	無顯著差異	
平均眨眼率	低	高	低	高

## 五、結論與建議

人們在使用各項設施及進行各項活動時，需考量所進行活動之特性，探討所需之空間大小、使用上的方便性、人體測計資料或是使用者之心理生理反應等因素，此即所謂之人事需求 (personal requirements)。不同之設施及活動，例如停車位、更衣室、休息室、餐廳、醫務室、飲水機等，均有其不同之人事需求<sup>[22]</sup>。以停車空間的規劃而言，依現行法規規定每輛停車位面積不小於寬 2.5 公尺、長 6 公尺之空間，且其規劃主要考量因素為如何利用有限的空間布置出最多的停車位，而停車位之布設依其與通道所形成之角度，最常見者為路邊停車 (與道路或通道平行) 與倒車入庫 (與道路或通道垂直)，並沒有以駕駛者的觀點為規劃設計的中心，因此本研究探討駕駛者於從事路邊停車與倒車入庫時，對其駕駛行為之影響與評估停車時之工作負荷。

研究結果顯示，比較從事路邊停車與倒車入庫時之心率軌跡變化，顯現操作兩種停車方式之心率變異模式不盡相同，從事路邊停車作業時心率持續的上升至 80% 停車作業階段達到高峰；而從事倒車入庫作業時，其心率的變化則呈現雙峰的趨勢，然而經變異數統計分析後並無顯著差異，其原因可能為平均心率、平均心率增量及平均心率變化等指標，皆將整體的停車作業數據平均而得，然而依心率軌跡圖顯示 (圖 11)，路邊停車與倒車入庫兩種停車作業呈現不同的變化趨勢，如此將整體的停車作業數據平均分析，因而無法敏感的顯現停車變項的差異；然而又受到音樂變項的相互作用影響 (圖 13)，使停車變項之心率變異量主效應無顯著差異。再者，RR 波間距為由心電圖直接量測紀錄且尺度較大，

而心率值為由 RR 波間距抽樣換算出 (60Hz)，其中有抽樣轉換之誤差 (sampling error)，因此相較於平均心率指標，RR 波間距為較為良好的工作負荷衡量指標，因此多數研究亦僅採用 RR 波間距進行討論<sup>[14,17]</sup>。而看鏡次數、停車時間、平均眨眼率及受測者主觀評比等指標皆能敏感的顯示出停車變項之差異，因此可推薦於後續研究使用。再者，綜合上述指標之結果顯示，當駕駛者從事與道路或通道平行之路邊停車作業時，其停車時間較長、平均 RR 波間距較短、平均眨眼率較低與主觀評比較高，都顯示路邊停車有較大的工作負荷，也可說明為困難度較高。此結論可供停車空間規劃時參考。

而音樂對停車作業駕駛行為之影響分析方面，受測者於聽音樂的情境下都呈現相對較高的心率水準，經變異數統計分析，其平均心率、平均心率增量及主觀評比都顯著的較高，而平均 RR 波間距、平均心率變異量及平均眨眼率都顯著的較低，然而對平均停車時間與看鏡次數等駕駛行為並無顯著差異，表示駕駛者雖然暴露於音樂的環境下而造成工作負荷增加，不過此工作負荷並沒有超出人員的能力極限，而對停車時間之駕駛績效產生顯著影響。

由於本研究主要的目的在於探討不同停車方式之工作負荷，以及聽音樂與否對駕駛行為的影響進行分析，因此對於受測者之間的差異目前不進行深入的探討，且基於研究成本與受測者招募之考量，本研究受測者為平均 23 歲之年輕男性，對於性別、年齡及駕駛經驗等與駕駛行為的關係，以及受測者間的差異，則為日後研究努力方向。

## 參考文獻

1. Kantowitz, B. H., "The Role of Human Information Processing Models in System Development", Proceedings of the Human Factors Society, 33rd Annual Meeting, Human Factors Society, Santa Monica, 1989. pp. 1059-1063.
2. McShane, W. R. and Roess, R. P., *Traffic Engineering*, Prentice Hall, New Jersey, 1990.
3. Tijerina, L. and Goodman, M. J., "Use of Workload Assessment Measures and Methods to Assess Safety Relevant Impacts of In-Vehicle Device Use Among Heavy Vehicle Drivers", Proceedings of the 15th International Technical Conference on the Enhanced Safety in Vehicles, Vol. 2, 1996, pp. 1961-1972.
4. Alm, H. and Nilsson, L., "The Effects of a Mobile Telephone Task on Driver Behaviour in a Car Following Situation", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 27, No. 5, 1995, pp. 707-715.
5. Violanti, J. M. and Marshall, J. R., "Cellular Phones and Traffic Accidents: An Epidemiological Approach", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 28, No. 2, 1996, pp. 265-270.
6. Rockwell, T. H., "Spare Visual Capacity in Driving-revisited. New Empirical Results for an Old Idea", in A. G. Gale, M. H. Freeman, C. M. Haslegrave, P. Smith & S. P. Taylor (eds.), *Vision in Vehicles-II*, North-Holland, Amsterdam, 1988, pp. 317-324.
7. Kantowitz, B. H. and Casper, P. A., "Human Workload in Aviation", in E. Wiener & D. Nagel (eds.), *Human Factors in Aviation*, Academic Press, New York, 1988.

8. Roscoe, A. H., "Heart Rate as a Psychophysiological Measure for In-flight Workload Assessment", *Ergonomics*, Vol. 36, No. 9, 1993, pp. 1055-1062.
9. De Waard, D., "The Measurement of Drivers' Mental Workload", PhD. Dissertation, University of Groningen, Haren, The Netherlands, 1996.
10. Kaslsbeek, J. W. H. and Ettema, J. H., "Scored Regularity of the Heart Rate Pattern and the Measurement of Perceptual or Mental Load", *Ergonomics*, Vol. 6, No. 3, 1963, pp. 306-307.
11. Mulder, G. and Mulder-Hajonides, van der Meulen, W. R. E. H., "Mental Load and Measurement of Heart Rate Variability", *Ergonomics*, Vol. 16, No. 1, 1973, pp. 69-83.
12. Wierwille, W. W., Rahimi, M., and Casali, J. G., "Evaluation of 16 Measures of Mental Workload Using a Simulated Flight Task Emphasizing Mediatlional Activity", *Human Factors*, Vol. 27, No. 1, 1985, pp. 489-502.
13. O'Donnell, R. D. and Eggemeier, F. T., "Workload Assessment Methodology", in K. R. Boff, L. Kaufman, & J. P. Thomas (eds.), *Handbook of Perception and Human Performance, Volume II, Cognitive Processes and Performance*, Wiley, New York, 1986.
14. Brookhuis, K. A. and De Waard, D., "The Use of Psychophysiology to Assess Driver Status", *Ergonomics*, Vol. 36, No. 9, 1993, pp. 1099-1110.
15. Vivoli, G., Bergomi, M., Rovesti, S., Carrozzi, G., and Vezzosi, A., "Biochemical and Haemodynamic Indicators of Stress in Truck Drivers", *Ergonomics*, Vol. 36, No. 9, 1993, pp. 1089-1097.
16. Steyvers, F. J. J. M. and De Waard, D., "Road-edge Delineation in Rural Areas: Effects on Driving Behaviour", *Ergonomics*, Vol. 43, No. 2, 2000, pp. 223-238.
17. De Waaard, D., Jessurun, M., Steyvers, F. J. J. M., Raggatt, P. T. F., Brookhuis, K. A., "Effect of Road Layout and Road Environment on Driving Performance, Driver's Physiology and Road Appreciation", *Ergonomics*, Vol. 38, No. 7, 1995, pp. 1395-1407.
18. Zijlstra, F. H. R. and Van Doorn, L., *The Construction of a Scale to Measure Perceived Effort*, Delft University of Technology, Delft, 1985.
19. 楊志堅、張家榮，「群集分析的介紹」，*進修學訊年刊*，民國八十九年六月，頁 42-49。
20. 陳順宇，*多變量分析*，二版，華泰書局，民國八十九年七月。
21. 吳幸容，「行動電話消費者滿意度之研究」，長榮管理學院經營管理研究所碩士論文，民國九十年六月。
22. Tompkin, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., Frazelle, E. H. F. Tanchoco, J. M. A., and Trevino, J., *Facilities Planning*, 2ed., John Wiley & Sons, New York, 1996.

