

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文



駕駛者心智負荷模式之發展及驗證

**Development of the model of driver's mental
workload and testing**

研究生：鍾爵旭

指導教授：許鉅秉 教授

駕駛者心智負荷模式之發展及驗證

學生：鍾爵旭

指導教授：許鈺秉 教授

國立交通大學交通運輸(研究所)碩士班

摘要

駕駛者心智負荷的程度，往往會對駕駛者作出的駕駛行為有所影響，當駕駛者遭遇狀況時若其心智負荷大，代表他比較保守、心理容易緊張、不敢冒險，心智負荷小時則代表駕駛者較具冒險心，情緒的變化較小。因此本文收集了過去影響駕駛者心智負荷的相關因素，搭配自身攝影調查的動態資料，構建出動態的心智負荷多元迴歸模式。

本文接續以駕駛者的心智負荷，搭配過去量子力學相關文獻之模式，將研究對象增加為前車和旁車，以實際攝影調查的資料，觀察駕駛者的行為。根據本文調查分析的結果，駕駛者的心跳變動率，會隨著駕駛者心智負荷值的增加，而有逐漸上升的趨勢；駕駛的心智負荷值，會隨著駕駛的平均速度增加而增加；駕駛的心智負荷值，會隨著相對速度的增加而減少。

藉由此模式，搭配手上現有的資料，就可以預測出駕駛者的動態心智負荷值為多少，而之後或許可以利用這些資料，對交通安全的控制貢獻一份心力。

關鍵字：跟車行為；心智負荷

Development of the model of driver's mental workload and testing

student : Chei-Hsiu Chung

Advisors : Dr. Jiu-Biing Sheu

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract

The degree of driver's mental workload always has influence on driver's behavior. When driver encounters sudden circumstances, with higher mental workload represents that his character is more preservative so that he is not willing to take a risk. On the contrary, with lower mental workload represents that he acts steadily. This paper gathers the relative factors affecting driver's mental workload corresponds with dynamic data to construct multiple regression model.

Afterwards, this paper corrects the past model of quantum optical flow with driver's mental workload and increases the targets with front cars and adjacent cars. By analyzing dynamic data we gathered we can observe driver's behavior. According to the outcome, we can see that heart rate variability raise with increasing driver's mental workload and driver's mental workload increases with increasing average speed. Oppositely speaking, driver's mental workload diminishes with increasing the driver's speed relative to the target vehicle.

With the model and the real data, we can predict dynamic driver's mental workload. And i hope that maybe somebody can take advantage of this and make contributions to traffic safety in the future.

Key words : Car-following ; Mental workload

誌 謝

在學校學習的這兩年時間，由衷的感謝所上的每一位老師、交研所辦親切且熱心的行政洪小姐及柳小姐、班上每一位可愛又活潑的同學與學長姊、學弟妹們，使我在各方面都有所進步，有所成長。

在論文撰寫的過程中，承蒙恩師許鉅秉教授的多方面指導，曾經有多次遭遇到瓶頸，但許老師總是能提供我許多參考的建議，讓我有茅塞頓開的感覺，也有了繼續完成論文的方向；除了課業上的幫助外，許老師也常常會告訴我們有關人生的一些觀念及看法，讓我們除了課業上的精進，人生方面的經驗也有所成長，感激的心，筆墨難以形容。

論文口試期間，承蒙胡守任老師及張美香老師客觀的指導及批評，讓我能將自己研究的不足之處進一步的了解及修正，也讓我的論文更臻於完整，非常感謝兩位老師。

在北交的這段期間，感謝許家班的每一位同學，每個星期的 meeting 雖然總是讓我們心驚膽顫、久久不能自拔，但我們之間的友誼，也因此建構了深厚的基礎。除此之外，謝謝班上的每一個同學，能跟大家相聚在一起就是緣分，我想我會永遠記得的。

最後要特別感謝的是我的家人，我的人生因為有你們相伴而多采多姿，不論悲喜及歡娛，你們都是我的最愛。

在結尾時我要特別感謝我的未婚妻—欣儀，能在人海茫茫中遇見妳，
是我這一生最幸福的事情，彼此信任、互相扶持是我們一路走來一直深信
不疑的箴言，希望和妳一同分享未來的人生，創造更多的回憶。

爵旭 謹誌

中華民國九十六年七月於台北



目錄

第一章、緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究方法.....	2
1.4 研究流程.....	2
第二章、相關文獻回顧.....	6
2.1 車流理論.....	6
2.1.1 四大限制跟車模式.....	6
2.1.2 行爲門檻模式.....	10
2.1.3 刺激反應方程式.....	14
2.1.4 二維座標車流模擬模式.....	17
2.2 駕駛人視覺特性與視覺行爲.....	20
2.2.1 視覺特性.....	21
2.2.2 視覺行爲.....	22
2.3 量子力學視覺流相關文獻.....	23
2.4 模擬一般市區道路事故發生之微觀車流行爲.....	24
2.5 駕駛人視覺衝擊及行動影響.....	25

2.6	駕駛者的心智負荷.....	27
2.6.1	工作量.....	27
2.6.2	心智負荷.....	28
第三章、研究方法.....		29
3.1	駕駛性模擬問卷實驗設計.....	30
3.2	問卷結果.....	31
3.3	問卷信度分析.....	32
3.4	問卷描述性統計.....	35
3.5	駕駛攝影實驗設計.....	37
第四章、模式構建.....		41
4.1	搭配模式.....	41
4.2	駕駛者心智負荷之多元迴歸模式的構建.....	43
4.2.1	多元迴歸模式自變數的選取.....	44
4.2.2	多元迴歸模式的構建步驟.....	44
4.3	駕駛者心智負荷之多元迴歸模式的討論.....	51
4.4	修正後之模式.....	52
第五章、模式校估及情境分析.....		54
5.1	參數值校估.....	54

5.1.1	參數值校估的結果(上午尖峰).....	54
5.1.2	參數值校估的結果(下午尖峰).....	55
5.1.3	參數值校估的結果(離峰).....	57
5.1.4	參數值校估的結果(總體資料).....	58
5.2	情境分析.....	60
5.2.1	心跳變動率分析.....	60
5.2.2	相對速度變動分析.....	67
5.2.3	平均速度變動分析.....	69
5.3	模擬實驗比較分析.....	70
第六章	、結論與建議.....	73
6.1	結論.....	73
6.2	建議.....	75
	參考文獻.....	76

圖目錄

圖 1.1	研究步驟流程圖.....	5
圖 2.1.1	同一車道前後車之相對運動過程示意圖.....	11
圖 2.1.2	行為門檻關係圖.....	12
圖 2.1.3	車輛斜進縱向限制圖.....	18
圖 3.4.1	受訪者性別分配比例圖.....	35
圖 3.4.2	受訪者年齡分配比例圖.....	37
圖 3.5.1	駕駛模擬攝影地帶示意圖.....	39
圖 4.2.1	迴歸標準化殘差的 P-P 圖.....	47
圖 5.2.1	駕駛者之心跳變動率.....	60
圖 5.2.2	低心跳變動率對應於心智負荷的散佈關係圖.....	61
圖 5.2.3	低心跳變動率對應於汽車加速度的折線圖.....	62
圖 5.2.4	中心心跳變動率對應於心智負荷的散佈關係圖.....	63
圖 5.2.5	中心心跳變動率對應於車輛加速度的折線圖.....	63
圖 5.2.6	高心跳變動率對應於心智負荷的散佈關係圖.....	64
圖 5.2.7	高心跳變動率對應於車輛加速度的折線圖.....	65
圖 5.2.8	心跳變動率對應於心智負荷的整體散佈關係圖.....	66
圖 5.2.9	心跳變動率對應於車輛加速度的總體折線圖.....	67

圖 5.2.10 相對速度對應於駕駛者心智負荷的折線關係圖.....68

圖 5.2.11 相對速度對應於加速度的折線關係圖.....69

圖 5.2.12 平均速度對應於駕駛者心智負荷的折線關係圖.....70



表目錄

表 2.1	各跟車模式及其主要概念的整理.....	20
表 3.2.1	在各狀況下心智負荷強度值(所有受訪者).....	31
表 3.2.2	在各狀況下心智負荷強度值(攝影調查者).....	31
表 3.2.3	所有受訪者與調查攝影者之心智負荷相關分析表.....	32
表 3.3.1	Cronbach α 係數信度定義表.....	33
表 3.3.2	問卷信度分析表.....	34
表 3.4.1	問卷受訪者基本資料表.....	36
表 4.2.1	心智負荷和各個自變數之間的相關分析.....	45
表 4.2.2	殘差檢定表.....	46
表 4.2.3	殘差統計量.....	47
表 4.2.4	模式逐步迴歸分析表.....	48
表 4.2.5	變異數分析表.....	49
表 4.2.6	模式摘要表.....	50
表 4.2.7	迴歸係數表.....	51
表 5.1.1	解釋能力(上午尖峰).....	54
表 5.1.2	變異數分析(上午尖峰).....	55
表 5.1.3	係數(上午尖峰).....	55

表 5.1.4 解釋能力(下午尖峰).....	56
表 5.1.5 變異數分析(下午尖峰).....	56
表 5.1.6 係數(下午尖峰).....	56
表 5.1.7 解釋能力(離峰).....	57
表 5.1.8 變異數分析(離峰).....	57
表 5.1.9 係數(離峰).....	57
表 5.1.10 解釋能力(總體資料).....	58
表 5.1.11 變異數分析(總體資料).....	58
表 5.1.12 係數(總體資料).....	58
表 5.3.1 量子力學模式模擬實驗結果.....	70



附錄

附錄 1 在突發狀況之下心智負荷評估值的研究.....	80
-----------------------------	----

第一章、緒論

1.1 研究動機

隨者台灣現代社會化工業高度發展的結果，人與人互動往來頻繁，運輸問題相形重要；由於台灣車輛持有比率持續增加，國內交通擁擠情況日趨嚴重，交通問題更顯複雜，所衍生出的不確定性(Uncertainty)亦相對提高。再者，運輸方案執行速度永遠不及交通需求之膨脹，因此爲了改善現有交通問題，在觀念及做法上已逐漸由增加道路容量的供給方式，轉變成有效利用現代資源及交通設施的管理措施；智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System,ITS)乃當前世界各國對改善交通問題之有效措施。ITS 發展影響範圍非常廣，其中車流模式之建立，可作爲交通管理者的決策分析工具之一，並可提供即時的交通路況資訊之服務。交通管理首重車流特性之了解，透過分析以了解及掌握車流特性，將可作爲交通管理者之決策及分析工具，爲實行智慧型運輸系統所不可或缺的環節，因此微觀車流模式開發後有助於建立及時控制策略，其中跟車行爲爲微觀車流模式重要部份之一。

跟車行爲方面，根據以往的文獻，當每個駕駛者在駕駛過程中遭遇到突發狀況時，由於心智負荷強度不同，因此做出的反應也會有所差異；當駕駛者遭遇狀況時，若其心智負荷大，代表他比較保守、心理容易緊張、不敢冒險；若其心智負荷小時，則表示他比較具備冒險心，心情比較平穩，因此本文想要探討駕駛者心智負荷與駕駛者駕駛行爲的關係；過去的駕駛文獻只針對前車來考慮，因此本論文試著研究駕駛者視野內每輛車對駕駛者的感受，將研究的對象增加爲前車及旁車，並利用心理動量值描述駕駛者對周遭環境的感受，將駕駛者的心智負荷搭配Sheu(2006)量子力學相關模式，建構適用於一般市區道路上駕駛人駕駛的跟車模式，而之後根據攝影調查所得之資料，且利用影響心智負荷的因素(心跳增加率、駕駛平均速度、相對速度)來對心智負荷及車輛之加速度做校估及情境分析，觀察分析的結果。

1.2 研究目的

本研究的目的可根據上述的動機來歸類如下：

1. 根據駕駛者在進行跟車行為時可能遭遇到的狀況，設計出一份駕駛性模擬問卷。
2. 統計分析駕駛性模擬問卷的結果，找出一般化的心智負荷值。
3. 找出駕駛者心理因素及駕駛績效之間的關係。
4. 以動態的方法預測駕駛的心智負荷值。

1.3 研究方法

1.文獻評析法：本研究首先蒐集與探討國內外駕駛行為、車流行為、車流模擬 模式、跟車模式相關的文獻，而將其中之方法、結果與建議作為進一步研究之理論基礎。

2.模擬問卷設計調查：針對各種駕駛突發狀況設計模擬問卷，將結果分析並應用。

3.攝影調查法：針對高雄市九如一路之某路段進行攝影，本研究將分別錄製九如一路指定路段上午尖峰、下午尖峰及離峰的車況，並紀錄所需要之資料，後續將利用這些資料來做分析和構建的工作

4.多元迴歸：找出應變數和影響其之自變數，經過多個檢驗步驟，找出最佳的多元迴歸模式。

5.情境分析：針對不同的狀況之下去觀察分析結果

1.4 研究流程

本研究之研究流程如下所示:

1.研究目的及對象的確定

了解與確認問題及所需使用的方法與工具，如研究範圍與對象、研究限制以進一步確定研究之方向。

2.文獻回顧

回顧關於車流理論、跟車理論、變換車道文獻、量子力學、駕駛人行爲、駕駛者心智負荷文獻，以及視覺上的衝擊對於駕駛人的行爲影響方面相關的文獻。

3.模式修正

修正Sheu(2006)所提出的量子力學相關文獻之PHASE(2)中的變數「駕駛者的警覺性」及「駕駛者的心智負荷」之多元迴歸模式。



4.問卷調查及分析

針對一般駕駛在進行跟車行爲時會遭遇到的狀況，做出駕駛性的模擬問卷，調查各種狀況下駕駛者的心智負荷值，找出一般化的結果。

5.攝影調查

對於高雄市九如一路某路段進行攝影調查的工作，而將調查的時段細分爲上午尖峰時刻、下午尖峰時刻及離峰時刻，後續將利用所得之資料來做情境分析的工作；本研究欲觀察駕駛人的一般性駕駛行爲，並將其實際駕駛情況呈現。

6.情境分析

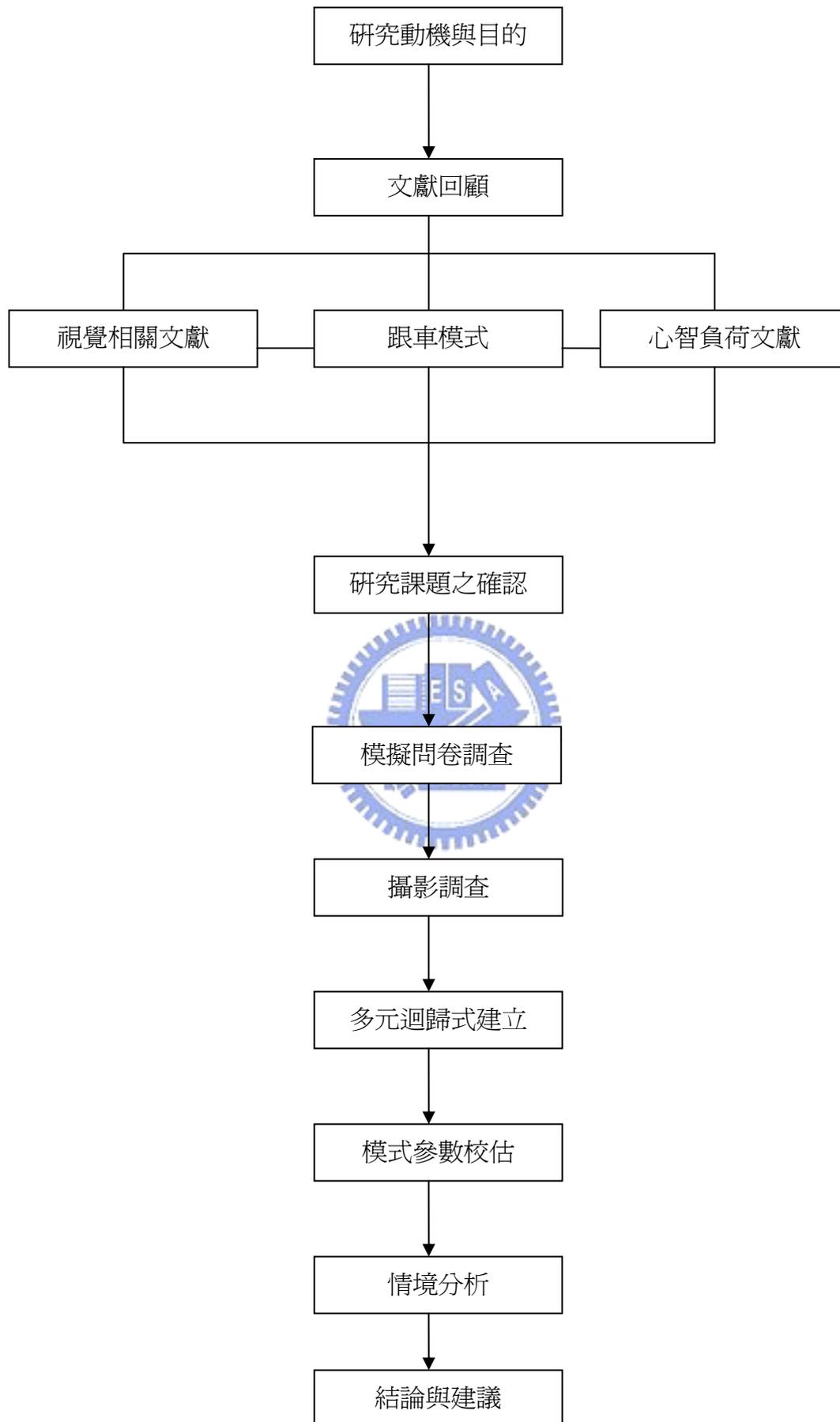
將問卷調查的結果搭配攝影調查後所得之資料帶入模式中進行情境分析的工作，觀察當駕駛者具備高、中、低的心智負荷時，其駕駛反應爲何。

7.結論與建議

根據研究心得，提出具體結論與建議。

以下圖1.1為本研究流程圖：





第二章、文獻回顧

2.1 車流理論

跟車模式的內容主要是針對後方車輛之駕駛者，其藉由加減速的機制，提高或降低自身車速，以遵循前方領導車輛之行爲來做描述。在此作者將國內及國外之跟車理論相關的研究，作出統整與比較，而結論主要可由以下四種模式來做介紹。

2.1.1、 四大限制跟車模式

1963 年由 Harold 和 Russel 兩位學者所提出。前方之車輛和在其後方跟隨之車輛在行駛的過程中，兩者之間必須維持一定的最小安全間距，以預防突發事件的發生；在前方之車輛緊急煞車停止後，後方跟隨之車輛能夠及時在前方車輛之車尾作安全煞車停止的工作，防止前後方車輛產生碰撞的情況。而這種車輛推進的方式主要受制於以下四項限制：(1) 停止限制 (2) 轉彎限制 (3) 加速限制 (4) 間隔限制。而遵循這四項限制之下，其所獲得的最小距離，就是車輛所能推進的距離。

(1)、停止限制 Z_d

停止限制的定義為：當車輛遭遇到紅燈，或是前方車輛之速度緩慢時，必須減速所能向前推進的距離。

先得

$$V_r^2 = 2\bar{D}(X - Z_d)$$

在式中， X ：代表觀測車道停止點的距離(m)

而後續的推導可得停止限制公式為：

$$Z_d = \frac{1}{2}V_{t-1} - \frac{\bar{D}}{4} + \left(\frac{\bar{D}^2}{16} - \frac{\bar{D}}{4}V_{t-1} + \frac{\bar{D}}{2}X \right)^{\frac{1}{2}}$$

(2)、轉彎限制 Z_t

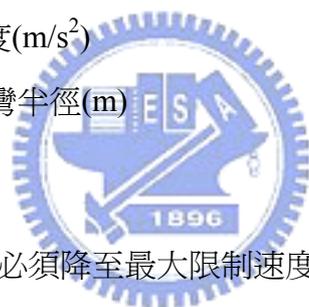
轉彎限制的定義為：車輛在路口欲轉彎時，必須以較低的速度行駛，在此限制下車輛所能推進的距離，稱為轉彎限制。因此必須先計算車輛轉彎時所能行駛的最大限制速率 V ，其公式為：

$$V = \sqrt{\mu g R}$$

在式中， μ ：代表路面側向摩擦係數

g ：代表重力加速度(m/s^2)

R ：代表車輛的轉彎半徑(m)



而車輛在通過轉彎點之速度必須降至最大限制速度，才可以安全的轉彎。若在 $t-1$ 時刻想要轉彎的車輛與轉彎點之距離為 X ，則可分為以下兩種情況討論轉彎限制：

1、當在 t 時刻時車輛尚未通過轉彎點的話，轉彎限制的推進距離公式為

$$Z_t = \frac{1}{2}V_{t-1} - \frac{\bar{D}}{4} + \left(-\frac{1}{4}\bar{D}V_{t-1} + \frac{1}{16}\bar{D}^2 - \frac{1}{4}V^2 + \frac{1}{2}\bar{D}X \right)^{\frac{1}{2}}$$

此公式適用於 $Z_t \leq X$ 之情形。反之，則採用下列方式。

當在 t 時刻時車輛已通過轉彎點的話，若 $t-1$ 時刻以加速率 \bar{A} 加速至 t 時刻可獲得車速

若 V^- 不超過轉彎限速 V ，則不須考慮轉彎限制。若 V^- 超過轉彎速限 V 時，

則轉彎限制推進距離為

$$Z_t = X + \left(V_t + \frac{1}{2} \bar{A} T^2 \right)$$

在式中，T：代表愛 t-1 秒至 t 秒內已過轉彎點之行駛時間(0<T<1)

(3)、加速限制 Z_a

加速限制的定義為：車輛在現有的車速之下，根據其加速的能力，在單位時間內，所能向前推進之最大距離。當車輛欲加速時，則必需考慮這項限制。

而加速限制的計算公式如下所示：

$$Z_a = \frac{1}{2} [V_{t-1} + (V_{t-1} + \bar{A})]$$

在式中， \bar{A} ：代表觀測車輛在車速(V_{t-1})下，所能獲得的加速度值(m/s^2)

(4)、首先先將最小安全間距 S 作一個定義，最小安全間距指的是前方車輛之車頭和後方跟隨車輛之車頭的最短距離，而最小安全間距與後方車輛之跟車速率成正比的關係，換句話說，当前方車輛的速度大於後方車輛時，則此時並不需要增加安全間距；反之，若前方車輛的速度小於後方車輛時，此時則必須加長間距。

而最小安全間距的計算公式如下所示：

$$S = P + K_1 V_t + \frac{K_2}{2D} (V_t - V_t')^2 \cdot C$$

在這個式子中，

p：代表前方車輛之有效車長(即前車實體車長加上停車後前後車間的安全距離，m)

K_1 ：代表後方車輛駕駛者的反應時間(sec)

K_2 ：代表常數

V_t : 代表在 t 時刻時後方車輛的速度(m/s)

V_{t-} : 代表在 t 時刻前方車輛的速度(m/s)

\bar{D} : 代表後方車輛的平均減速度(m/s^2)

C : 代表係數，當 $V \leq V_{t-}$ (後方車輛之車速小於或等於前方車輛之車速) 時， C 的值會等於 0

當 $V > V_{t-}$ (後方車輛之車速大於前方車輛之車速)時， C 的值會等於 1

間隔限制 Z_s :

間隔限制的定義為：當兩個互相跟隨之車輛，在後方車輛維持安全間距的情況下，在單位時間內其所能向前推進之最大距離。若觀測之車輛並無任何前車干擾時，即觀測之車輛為領導車時，則不需要考慮間隔限制。

間隔限制的計算公式如下所示：

$$Z_s = X'_t - X_{t-1} - S$$

在式中， X_{t-} : 代表在 t 時刻時前方車輛車頭位置(m)

X_{t-1} : 代表在 $t-1$ 時刻時，後方車輛車頭位置(m)

S : 代表最小安全間距(m)

而間隔公式受到在 $t-1$ 時刻，前車和後車之相對速度的正負而有所差異，可分為以下兩種情況：

1、當 $V_{t-1} > V_{t-1-}$ (即在 $t-1$ 時刻時後方車輛之車速大於前方車輛之車速)時，所推出的間隔限制公式為：

$$Z_s = \frac{1}{2}V_{t-1} + \frac{1}{2}V'_t - \frac{3}{4}\bar{D} + \left[\frac{9}{16}\bar{D}^2 - \frac{1}{4}\bar{D}V_{t-1} + \frac{3}{4}\bar{D}V'_t + \frac{1}{2}\bar{D}(X'_t - X_{t-1} - P) \right]^{\frac{1}{2}}$$

2、當 $V_{t-1} \leq V_{t-1}'$ (即在 t-1 時刻時後方車輛之車速小於或等於前方車輛之車速) 時，所推出的間隔公式為：

$$Z_s = \frac{1}{3}(X'_t - X_{t-1} - P + V_{t-1})$$

在式中， V_{t-1} ：代表在 t-1 時刻時後方車輛的速度(m/s)

V_{t-1}' ：代表在 t-1 時刻時前方車輛的速度(m/s)

2.1.2 行為門檻模式

Hoefs(1974)曾以「刺激－反應方程式」為基礎，依據不同的駕駛狀況調查其參數 (m,l) 值，其結果顯示僅用一組參數組合並不能充分反應出駕駛行為的複雜性。因此，需將駕駛行為的決策區加以區隔，以反應不同狀況下的跟車行為。基於此觀點，Hoefs 於實際的觀察中發現，當跟車駕駛者感知前車與自身之間距及相對速度差異過大時，會加速接近前車以縮短間距，逐漸由不受影響駕駛範圍進入受影響駕駛範圍；當跟車駕駛者感知過於接近前車不安全時，則減速以加大間距；減速後之間距若不合於跟車駕駛者之期望則再加速，整個系統就在不斷加減速的自我調整過程中達到穩定的跟車狀態。此種駕駛行為會表現出兩種特有的跟車現象，以下圖 2.1.1 及 2.1.2 為參考文獻[10]中所提供之圖：

(1)在各反應狀態下，具有如拋物線形之感知門檻界線，如下圖所示。

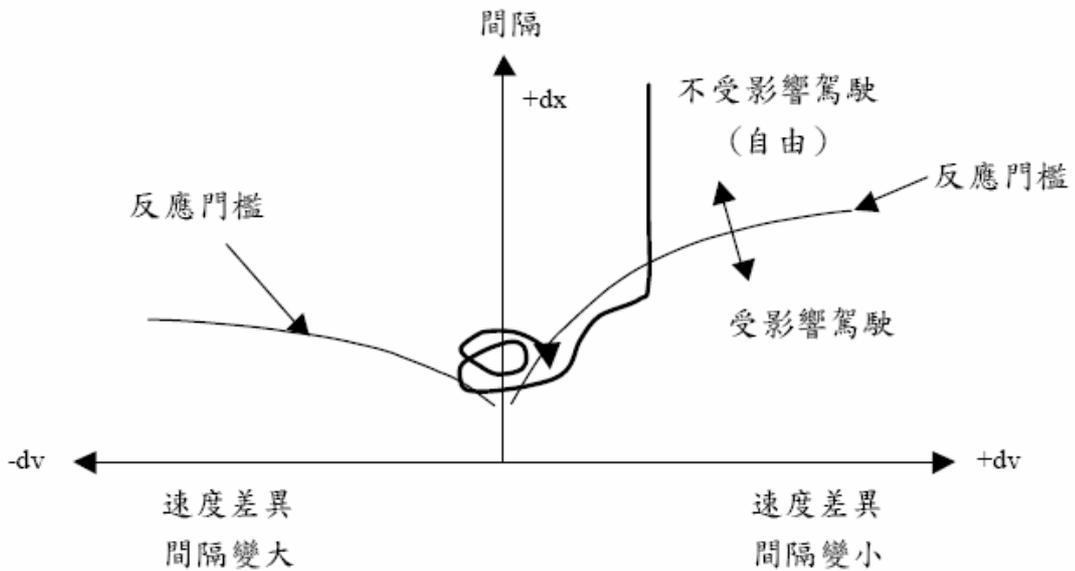


圖 2.1.1 同一車道前後車之相對運動過程示意圖

(2) 跟車過程處於一微幅震盪調整之間距與速差系統中



Wiedemann(1974)將此「心理－物理間距模式」(Psycho-Physical Spacing Model)之觀念引入微觀車流模擬模式，建構數學化模式(UNTAC Model)，即為「行為門檻模式」(Behavioural Threshold Model)，亦可說是一種跟車決策模式(Car-Following Decision Model)。模式基本假設仍為單一車道，不考慮變換車道情形，將車流狀況分成三個反應區：

- (1) 無意識反應區(Unconscious Reaction)
- (2) 無反應區(No Reaction)
- (3) 感知反應區(Perceived Reaction)

經過各感知門檻界線之區隔後，可再細分為各決策行為分區，如下圖所示：

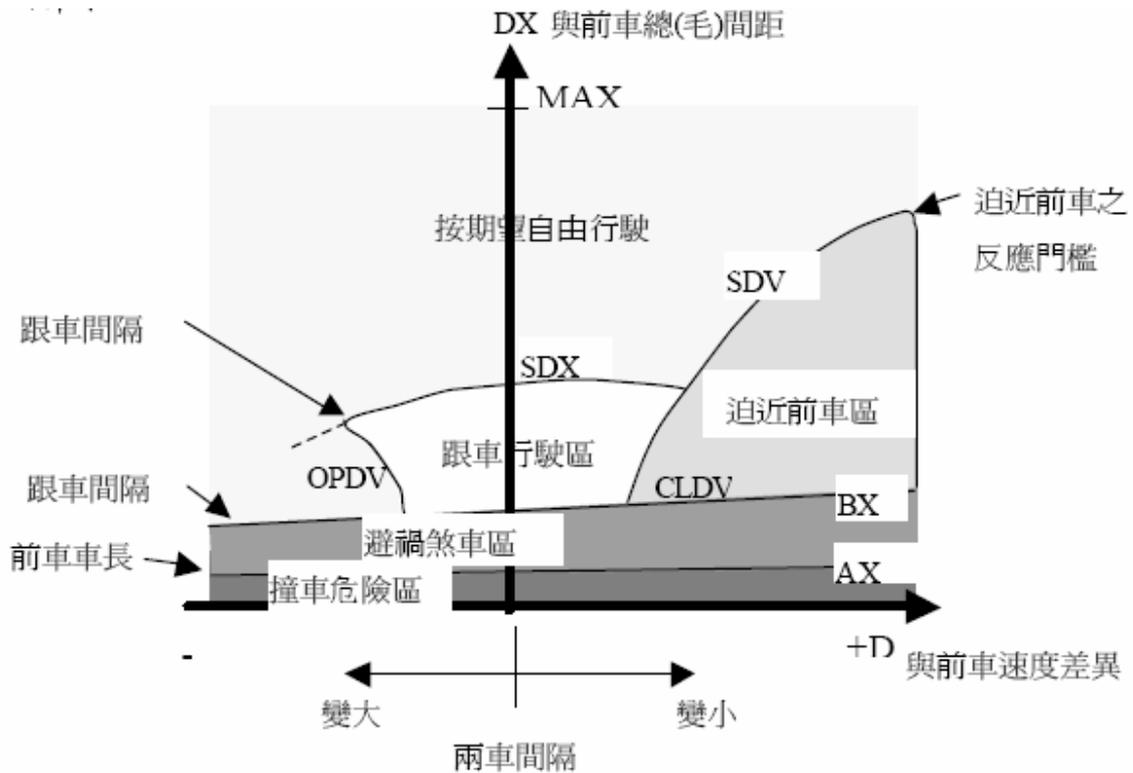


圖 2.1.2 行為門檻關係圖

各行為門檻的涵義如下：

(1) 最小安全間距(BX)

觀測車與前車車速相近時，欲維持之最小跟車間隔。

(2) 感知速差門檻(SDV)

在一較大間距下，跟車駕駛者對於速度差異(後車車速減前車車速)之感知門檻；SDV 越大，觀測車安全需求越高。由觀測車目前間距 DX 與兩個隨機因子(安全因子及估計因子)計算而來。

(3) 靜態間距(AX)

觀測車在靜止時希望與前車保持之車間距離

(4) 跟車間距上限(SDX)

顧及駕駛者判斷間距能力之差異，SDX 約在 1.5~2.5 倍最小安全間距範圍內震盪。

(5) 間距漸增速差門檻(OPDV)

在一較小間距、間距漸增且速差為負之情況下，速度差異之門檻值，其值為 1~3 倍 CLDV 值，此因為駕駛者通常對正在遠離物比正在接近物反應較遲緩的緣故。

(6) 間距漸減速差門檻(CLDV)

在一較小間距、間距漸減且速差為正之情況下，速度差異之門檻值由 SDV 與隨機因子計算而得。

經由上述門檻值的計算，可判定車輛所落在的區間及其採行的行為模式：



(1) 追進前車區

當駕駛者感知其跟車距離過近或跟車速率過快時，所採取的煞車行為。其計算公式如下：

$$b_{\min} = -0.5 + 0.1v_i$$

$$b_i = \max \left(b_{\min}, \left\{ \begin{array}{l} b_{i-1} - \frac{(dv)^2}{2(dx - ax - \gamma dv)}, b_{i-1} < 0 \\ -\frac{(dv)^2}{2(dx - ax - \gamma dv)}, b_{i-1} \geq 0 \end{array} \right. \right)$$

式中， b_{\min} ：車輛的最大減速率(m/s^2)

b_i ：觀測車的加速率(m/s^2)

b_{i-1} ：前車的加速率(m/s^2)

- dv : 相對速率(m/s)
- ax : 靜態安全距離(m)
- dx : 相對距離(m)
- γ : 反應時間(s)

(2) 跟車行駛區

若該車處於跟車駕駛時，該車加速率的決定僅以一隨機性的微調值作處理，以反映該狀況下的跟車特性。

(3) 自由行駛區

當跟車間距過大，根據研究可知，當兩車間之距離間隔超過 125 公尺者，後車之行爲鮮少受到前車的影響)或車速與期望速率差異甚大時，駕駛者跟車行爲可視爲不受任何前車影響，單純以期望速率駕駛。首先計算各車之車速與期望速率之差異值，再判斷該差異值與其忍受值的差異程度，以決定加速率的大小；須特別注意的是，加速率之值不可大於該車的最大加速率。

(4) 避禍煞車區

當駕駛者跟車距離小於跟車間隔下限時，所採取避免追撞之跟車行爲。其計算公式如下：

$$b_i = \max\left(b_{\min}, b_{i-1} - \frac{(dv)^2}{2(dx - ax - \gamma dv)}\right)$$

2.1.3 刺激反應方程式

Leutzbach 在 1998 年指出，此四大限制跟車模式雖著重於車輛可推進之安全距離之計算，卻忽略了前後車間交互反應的互動關係。所以後續研究開始針對「跟車行爲」的探討，強調跟車時，須經常調整其行車速度以便和前車保持一安全車間距離的動態行爲。而此觀念乃建立於「刺激－反應」之基礎上，故出現了所謂

的「刺激－反應方程式」。

刺激－反應方程式

此類模式其發展的歷史最早可追溯至 1950 年代的 Pipes (1953) 和 Forbes (1958); 接著就有許多學者相繼投入此項研究, 如美國通用汽車研究群 (Gazis、Herman 和 Potts, 1959)。而主要觀念為: 駕駛者的反應與來自於外界的刺激變化有函數關係, 外界刺激越大則駕駛反應也越大, 其基本假設為不考量駕駛者超車和變換車道的行為。而美國通用汽車的研究群即是利用刺激－反應函式的概念先後發展了五代的 GM 模式 (General Motors' Model, 簡稱 GM 模式)。其認為後車的駕駛者會因前車的刺激, 如: 速度變化、相對間距或後車 (自身) 速度等因素而有所反應, 如: 後車的加、減速。其中第五代的一般化模式為

$$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t) = \frac{\alpha_{l,m} [\dot{X}_{n+1}(t + \Delta t)]^m}{[X_n(t) - X_{n+1}(t)]^l} [\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t)]$$

式中,

$\dot{X}_{n+1}(t + \Delta t)$: 後車在時間(t + Δt)時之速率(m/s)

$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t)$: 後車在時間(t + Δt)時之加減速率(m/s²)

$\dot{X}_{n+1}(t)$: 後車在時間 t 時之速率(m/s)

$\dot{X}_n(t)$: 前車在時間 t 時之速率(m/s)

$X_{n+1}(t)$: 後車在時間 t 時之距離(m)

$X_n(t)$: 前車在時間 t 時之距離(m)

$\alpha_{m,l}$: 跟車模式係數

m, l : 駕駛人反應之敏感係數

GM 模式中假設每位駕駛人具有同質性，駕駛行為與週遭環境間之互動為一明確關係；然而，駕駛者並非完全依據規則而行，其行為仍存在著若干的模糊性。因此，Kikuchi(1999)嘗試將跟車行為想像為一模糊控制系統；根據駕駛所察覺與前車之間距、相對速度及前車之加減速度等資料，利用模糊邏輯與推論方法進行模擬，以預測後車之加減速反應。此方法雖能解決上述 GM 模式的缺點，但推理過程中計算繁雜，且會使的車間距震盪不已。藍武王則以 GM 模型之變數為基礎，將觀測所得的前後車間距、相對速度及後車速度等資料，經由模糊算器、推論機制與非模糊化運算器的推算後，將後車加減速傳回車輛，此方法可避免車速震盪。

張鈞華(2001)採用本車與前車間距且考量前方車隊亦為加減速的考量，來建構事故發生時的跟車行為，其模式如下：

$$E_{n,t} = w\alpha_1[(X_{n-1,t} - X_{n,t}) - X_e] + (1-w)\alpha_2 \left[\frac{\sum_{i=(n-N_b+1)}^{n-2} V_{i,t}}{N_b - 1} - V_{n,t} \right]$$

w : 前車影響所佔比例($0 \leq w \leq 1$)

α_1 : 前車跟車反應係數($1/\text{sec}^2$)

α_2 : 前車車隊跟車反應係數($1/\text{sec}$)

X_e : 動態理想間距

$V_{i,t}$: 本車道第 i 輛車於 t 時之速率(m/s)

N_b : 前方車隊車輛數

2.1.4 二維座標車流模擬模式

二維座標車流模擬模式係使用車輛可能前進範圍的概念，配合車道寬度限制、車輛動態尺寸限制與其他限制處理混合車流行為。

(1) 車輛路段推進邏輯

在時間單位內，車輛考慮各種直進、斜進等條件，所能推進的最大距離。

a. 直進限制

所謂「直進限制」是指車輛在推進時，其直行方向的推進距離不得大於本車車頭與前車動態車尾之間的距離 L 。若本車在自由行駛狀況下單位時間所能推進之距離大於 L 時，則需考慮減速或是以其他路線方向推進，反之則可以直進方向前進。

b. 最大偏向角限制

所謂「車輛最大偏向角」乃車輛行進當中，在舒適及安全駕駛的限制之下，單位時間所能偏轉的最大角度。在此模式中，機車乃以等速率圓周運動實驗求得最小圓周半徑，汽車則使用公路設計之曲線超高公式求得曲率半徑，兩者再依餘弦定理求取最大偏向角。故車輛最大偏向角為

$$\theta_M = \frac{1}{2} \cos^{-1} \left(1 - \frac{L^2}{2R^2} \right)$$

式中， L_0 ：車輛在 V_0 速率下單位時間所行駛的弧長(m)

R ：車輛以速率 V_0 在容許舒適程度下之最小半徑(m)

c. 斜進縱向限制

所謂「斜進縱向限制」是指車輛在斜進時所能推進的最大縱向距離，如下圖

所示，是指本車車頭中心與鄰車道前車動態車尾中心點間的縱向距離 D 。

d.路寬限制

所謂「路寬限制」是指車輛在行進時，不得超越道路邊線及中央分向線。

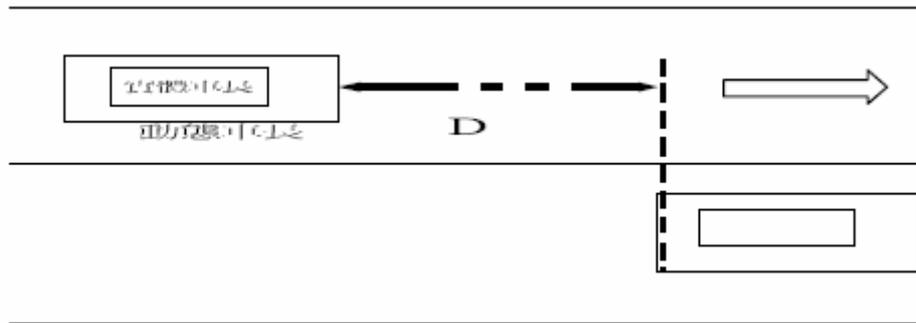


圖 2.1.3 車輛斜進縱向限制圖

(2) 車輛動態尺寸

所謂車輛動態尺寸是指車輛在道路上行進時，駕駛人感受其他車輛有效影響的長度與寬度，可視為車輛佔用道路之範圍。

a.動態車長

動態車長是依據跟車理論中「跟隨車輛在行駛過程中常常調整其行車速度，使其與前車保持一定安全間距」之概念引申而來，在二維座標車流模式中用以取代間隔限制，表現前後車の間距關係，其通式如下：

$$PLL = PL(TYPE) + K * V_t$$

式中，PLL：前車動態車長(m)

PL(TYPE)：前車靜態車長(依車種有所差異)(m)

K：後車駕駛者之反應時間(sec)

V_t ：後車車速(m/s)

因為在二維座標車流模式中，無法預知一秒末車輛實際推進速度，故動態車長僅

能以前一秒末的速度表示：

$$PLL=PL(TYPE)+K*V_{t-1}$$

但若以上述之動態車長作為車輛推進的依據時，常常會造成車輛在加入綠燈時段未完全紓解後方車隊時，被迫以超過最大減速度的方式停車，與實際的車輛行為不同，故需在原有動態車長模式中加入一車長限制式：

在動態車長限制下，後車一秒內可推進最大距離為：

$$d-PLL=1/2(V_t+V_{t-1})$$

式中，d：前車與後車間距(m)

將式 4.2 代入式 4.3 中，得：

$$d-(P+K*V_{t-1})=1/2(V_t+V_{t-1})$$

後車 t 時的速度為：

$$V_t=V_{t-1}+APPL$$



式中，APPL：後車在動態車長限制下所能使用的最大動態加速度

將式 4.5 代入式 4.4 可得後車之動態加速度，

$$APPL=[d-P-(K+1)*V_{t-1}]/(K+0.5)$$

為後車受限於 V_{t-1} 時，該車所能達到的最大加速度。

b.動態車寬

動態車寬是指車輛在行駛時，相鄰車輛所必須保持的安全車寬，假設大型車在高速公路設計速率 33.3m/sec 時，其動態車寬為靜態車寬的 1.2 倍，再針對不同的速率，以線性內插法求得車輛在不同的速率下之動態車寬。

$$PWW=PW(TYPE)*(1.0+0.2*V/33.3)$$

式中，PWW：車輛動態車寬(m)

PW(TYPE)：車輛靜態車寬(依車種有所差異)(m)

V：本車車速(m/sec)

在參考文獻[27]中將各跟車模式做了以下的整理：

表 2.1、各跟車模式及其主要概念的整理：

跟車模式	主要概念
四大限制跟車模式	本車駕駛時的安全考量，以避免與前車碰撞。
行為門檻模式	對駕駛者對前車的感受與反應做更細微的處理，但也只是針對前車而已。
刺激反應方程式	駕駛者的反應與來自於外界刺激的變化有函數關係，外界刺激越大則駕駛反應也越大，但僅考量前車。
二維座標車流模擬模式	使用車輛可能前進範圍的概念，配合車道寬度限制、車輛動態尺寸限制與其他限制處理混合車流行為。

2.2 駕駛人視覺特性與視覺行為

因為要建構視覺衝擊對駕駛人反映的影響，故必須先瞭解人類的視覺與駕駛車輛的特性，底下引用陳俊鴻(2003)所整理之視覺文獻：人類大部分的知識均藉由視覺系統而獲得，「視覺」(Visual)是人類在接收外界訊息時使用最多的感覺類型，由於人類雙眼所能見到的視界角度約在 180°以內，而駕駛人的視力(Visual

Acuity)係隨著離視軸角度(視錐角)之不同而異，且在水平及垂直面上的視覺效果亦不同。在水平視錐角方面，視錐角度愈大，駕駛人雖能看得更廣，但不能看得清楚，即視覺辨識力變得較差。駕駛人能看到最清晰的部分是在水平視錐角 3° ~ 5° 之內;在垂直視錐角方面，其明視狀況僅水平視錐角之 $1/2\sim 1/3$ 而已。當角度增加至 10 度以上時，對於景象即不能明確地辨識。

車輛行駛過程中，駕駛者需要不斷接收資訊以維持車輛正確與安全的行進，而駕駛者本身擁有不同的感應器，可用來接收在人—車內部或人—車外部產生的資訊。內部資訊來自於駕駛者的記憶，或是系統回饋（反應）的結果；外部資訊則藉由視力、聽覺與觸覺取得。其中，外部資訊有 90% 是利用視覺取得，並且是維持行進方向、偵測障礙物或從號誌、標誌與標線中取得資訊的惟一管道。

2.2.1 視覺特性

(1) 視力及視野範圍



駕駛狀態中有 90% 以上之訊息接收是來自視覺，其餘則是由聽覺或觸覺接收。在閱讀狀態下，人類的視角相當窄，約 $3^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 之間，而在此視圓錐角之外的影像則是由周邊視覺搜尋。靜止狀態下周邊視覺的範圍是：左右各 90° 、水平視角以上 60° 、水平視角以下 70° 。若是在有速度的狀態下，速度 30kph 時，雙眼視界角度約為 100 度;速度 60kph 時，雙眼視界角度約為 70 度;當速度為 100kph 時，雙眼視界角度則為 40 度。另外，視覺的焦點(雙眼明視焦距)也與駕駛人視覺及車輛速度有關，視覺焦距將因速率的增加而距離愈遠。因此駕駛人在行駛的過程中，必須不斷移動眼球注視或搜尋，並且配合頭部運動來接收各種視覺的資訊。

(2) 眼球與頭部之運動

資訊獲得之主要限制條件是眼睛視覺的焦距由一物移轉至另一物之速度。經由研究發現，眼球最多一秒可左右搜尋四次，但在經過一段時間之後，左右搜尋

之速度會稍微減緩，約減低至一秒二次。而在一般駕駛狀態下，每秒 1 次至 1.5 次是較合理之數值。故在交通工程之設計上，標誌標線或號誌之間，應分開有一相當之距離。如車輛以時速 100 公里行進，而視線搜尋之頻率為每秒 1.0~1.5 次，則駕駛人每 20~28 公尺會看見一個標誌、標線或號誌。若是兩交通工程設施之距離小於上述數值，則駕駛人便會錯失該項訊息。雖然眼球左右移動可超過 50 度，但於一般駕駛狀態中，駕駛人只傾向左右移動眼球各 15 度。

(3) 道路環境對視覺之影響

駕駛者面對複雜的道路環境與交通狀況，不僅需根據道路環境適切地操控自己車輛，同時需注意其他車輛的動向及其他一切可能的突發狀況，以做出及時的反應。但由於視覺能力有限制，無法接收所有可能與行車訊息有關之資訊。即使駕駛者看到了，可能由於未激發注意力之調度，或因視覺負載過重而未予處理，因而錯失了重要的訊息而發生事故。

2.2.2 駕駛人視覺行為



當眼球視軸投注在某一固定點上時稱為視覺焦點或凝視。眼球凝視之定義為—用中心視線所注視之物體，當專注於一物體或狀況時，人通常會移動其眼球之注視方向，使影像落於視網膜的中心窩位置，因此當某物被注意時，亦在中心窩凝視下。另外一種定義為—凝視點是駕駛者凝視其眼睛在一物體之特徵上或其他環境之短暫延時(大約是 0.1~0.5 秒)，而此時視覺能獲得中心窩視線的最大解析力之駕駛資訊。眼睛凝視點是指駕駛者眼睛落點之移動。在分析眼睛凝視點是否為同一目標物時，須視下列兩因素而定：

- (1) 鄰近的兩個可能眼睛凝視點在一定之時間內
- (2) 在視覺面上介於兩個可能是眼睛凝視點的一定距離長度

但當駕駛人眼睛落點之移動，能夠充分說明中心窩視線已移去另一不同之目

標物時，則可視為另一新的凝視，而不論上述之延時或距離之限制。

在上一節中曾提及雙眼明視之範圍，在 0 度時其視力可達最佳，此時即為一般我們所測之視力大小，亦即視覺焦點所在位置。但在一般道路上駕駛的過程中，視覺焦點外之週邊視覺亦扮演重要的角色。其主要工作為協助中心窩之凝視偵測，並注意視線中心外圍之狀況，當有需要時，引導中心視力(即凝視)去注視，以明辨狀況並決定是否應採取適當反應。而有經驗之駕駛人會利用其外圍之視覺來判定其在車道之位置。

因為以往的視覺文獻皆以實驗的方式來量測駕駛人駕駛中環境對反應或是行為的影響，但沒有適合的理論去對環境和行為做個適合的說明，Baker[1999]利用量子力學建構視覺流，更近一步的提出視覺流與駕駛行為的不確定性關係，以及利用量子力學中海森堡不確定性原理來解釋人類對速度的誤判。故本文中將會採用 Baker(1999)的部分模型架構來建構視覺衝擊對人類行為的影響。



2.3、 量子力學視覺流相關文獻

Sheu(2006)之量子力學相關理論文章中之phase2模式中有提及：當駕駛者在經過交通狀況改變的刺激後，漸漸進入擁擠的車流情況，雖有針對擁擠車流情況的好奇心產生，但駕駛者會先按耐著好奇心，先行好好做好自己的駕駛工作，也就是跟車行為。此處跟車行為有一和以往跟車模式大不相同的特點，即模式乃考量駕駛者視野內所有車輛 J_F ，跟以往跟車模式僅考量前車一輛車輛($i-1$)不同，另外繼續延續前一節所引用之心理動量的理論，所以，我們就可提出此階段的跟車模式表示如下：

$$\begin{aligned} \dot{v}_i(\tilde{t}) &= \alpha_1 \times \sum_{\forall j_F \in J_F} w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times M_{j_F}(\tilde{t}) \\ &= \alpha_1 \times U_i(\tilde{t}) \times \sum_{\forall j_F \in J_F} w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times \{m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(\tilde{t})]\} \end{aligned}$$

式中， $\dot{v}_i(\tilde{t})$ ：表示*i*車輛在時間 \tilde{t} 的加速度

α_1 ：參數值

$w_{i,j_F}(\tilde{t})$ ：表在時間 \tilde{t} 時，駕駛者*i* 把注意力放在視野內每一輛車輛 j_F 的
權重值

$M_{j_F}(\tilde{t})$ ：對於每一輛車輛(定義為 j_F)在每一時刻 t 對應於駕駛者都會
有一心理動量

$U_i(t)$ ：表示*i*車輛駕駛者在時間 \tilde{t} 的警覺性

以上所提出的模式，有三點是值得注意的，第一，根據以往的文獻回顧在事故發生影響區內，駕駛者在接近事故時，加減速的判斷不僅僅會考量前方單一車輛，亦會考慮其他駕駛者所感受到的車輛，所以本模式便利用駕駛者對視野內所感受到的車輛，每一車輛對駕駛者而言，可能把注意力集中在每輛車的權重 $w_{i,j_F}(\tilde{t})$ 如何，再配合駕駛者所感受到每輛車的心理動量 $M_{j_F}(\tilde{t})$ ，以做為加減速的憑據。第二，從心理的觀點來看，每個人所感受的動量一定有所不同，所以在模式當中加入駕駛人的警覺心 $U_i(\tilde{t})$ ，駕駛人越保守，表示警覺心值 $U_i(\tilde{t})$ 越大，一有車流情況發生變化時，則進行的加減速動作越激烈，反之，若駕駛人越冒險，表警覺心值 $U_i(\tilde{t})$ 越小，所進行加減速反應則較小。第三，駕駛人所感受到的每一輛車動量，皆和加速度成負相關，假設駕駛者行進中，僅有一輛車在正前方，一開始兩車速率相等，當前車減速時，駕駛者感受到有一朝自己而來的心理動量，即是帶有正號的動量，此時駕駛者心裡感到壓力存在，便會進行減速，相反，若前車加速，則駕駛者感受到負動量，便會加速。

2.4 模擬一般市區道路事故發生之微觀車流行為

另外，2.3小節之模式因為只考量到速度的差異，所以可能會有間距上的迷

思，假設本車前方只有前車存在，且前車與本車距離相當近，但卻速率相同時，此時套用上面模式駕駛人則不會有減速的動作，所以我們必須導入安全動態間距的概念，由文獻張鈞華(2001)當中提及，當本車與前車之間距一旦小於動態安全間距 X_d ，則本車即必須以最大減速率剎車以確保安全，動態安全間距計算方式如下：

$$X_d + Z_{i-1} - Z_i \geq X_s$$

$$\rightarrow X_d \geq X_s + Z_i - Z_{i-1} = X_s + \{V_i(t)^2 / 2d(I_i)\} - \{V_{i-1}(t)^2 / 2D(I_{i-1})\}$$

式中， X_d ， X_s ：分別表動態安全間距和靜態安全間距(m)

Z_i ， Z_{i-1} ：本車與本車道前車之煞車距離(m)

$V_i(t)$ ， $V_{i-1}(t)$ ：本車與本車道前車於t時之行駛速率(m/s)

$d(I)$ ：小客車一般減速度(m/s²)

$D(I)$ ：小客車最大減速率(m/s²)



所以當本車與前車之間距小於 X_d 時，則加減速反應設為

$$V_i(t) = D(I_i)$$

間距上的迷思除了過近，可能也有過遠的情況，在文獻當中提及，當本車與前車間距隔125公尺以上，本車鮮少受前車影響，所以若本車與前車間距超過125公尺以上，本車則不受前車影響，單純以期望速度前進。

2.5 駕駛人視覺衝擊及行動影響

陳俊鴻(2003)提到當駕駛人以高速行駛在高速公路上時，其速度與視野的寬度呈現為常數之關係

$$(\Delta y)(v) \rightarrow J$$

而在此視野所可見到的車輛，皆對駕駛人的視覺感知有一動量與能量存在，

分別定義如下：

$$\gamma = mUv/d$$

其中， γ ：駕駛人內心感受的視覺動量

U ：駕駛人效用函數

mv ：該車輛對駕駛人的相對動量，乃該車輛質量乘以相對速度

d ：量測車輛與駕駛者的距離

$$E = mUv^2/2d$$

E ：駕駛人內心感受到的視覺能量

求出每輛車對駕駛人的視覺動量與能量後，再將這些動量與能量轉換成波的形式：

$$\gamma = h/\lambda$$

λ ：波長

h ：波的動態常數

$$E = hf$$

f ：頻率

所以將每輛車求出的動量與動能皆轉換成波的形式，再利用波的疊加性質，把所有求出來的波疊加起來，即可求出駕駛人所見視野對該駕駛人之總影響，此影響以一個波來表示，而

$$\Delta x = 1/2 \lambda$$

Δx ：駕駛人視覺焦點之位置變化量

且 $(\Delta x)(v) \rightarrow L$ ， L 表一個常數，及視覺焦點的變化量與速度成一常態關係即可得出駕駛人駕駛途中，對於視野裡面的車流變化，其速度增減的關係。

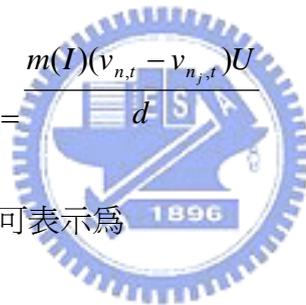
現再定義量測車與駕駛人的動量如何計算，因動量有方向性，所以須考量量測車與駕駛人的位置，假設量測車的速度為 $V_{nj,t}$ ， j 表其他車道，重輛為 $m(I)$ ，而本車速度為 $V_{n,t}$ ，且本車與量測車的角度為 θ ，垂直距離為

d ，則可求得視覺動量為

$$\gamma = \frac{m(I)(v_{n,t} - v_{n_j,t})U \times \cos \theta}{d \times \cos \theta} = \frac{m(I)(v_{n,t} - v_{n_j,t})U}{d}$$

而視覺能量沒有方向性，故可表示為

$$E = \frac{m(I)U(v_{n,t} - v_{n_j,t})}{2d \times \cos \theta}$$



2.6 駕駛者的心智負荷

2.6.1 工作量

一般來說，在生物化學、心理學及運輸領域來說，對於各式各樣會影響到人類的表現及反應的壓迫之力，稱之為「工作量」Weiner (1982)。根據 Hart 以及 Wickens(1990)的說法，工作量為一般化的概念，而其常被用於描述人類為了達成工作目的的要求，所需耗費的程度。這類的「耗費」，可以反映在例如注意

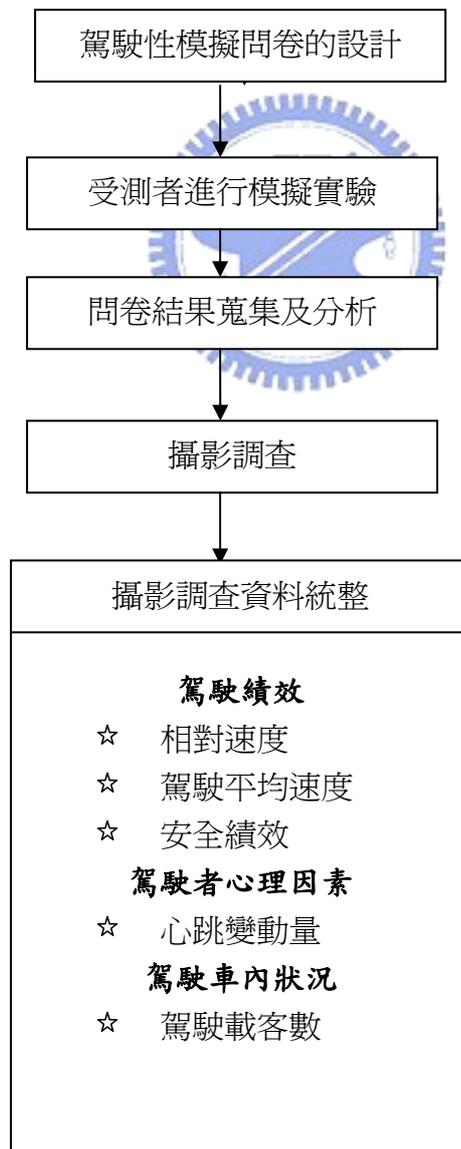
力上的消耗、感知上的消耗以及反應過程中的消耗；不論所付諸工作量的過程在工業化的工作環境中為生理上的或者心理上的，工作量皆可能影響到操作者的健康、表現以及生產能力的大小。

2.6.2 心智負荷

工作量涵蓋了人類活動的許多範疇，但對於「心智負荷」來說，肌力的疲勞已經不再是一項重要的因素了 Jex (1988)，雖然心智負荷的概念常用於生物化學、心理學及運輸領域的研究之中，但至今尚無法對其作適當且完整的定義 Veltman & Gaillard (1996)，即使心智負荷並不是個可以完整定義的觀念，但有三個影響心智負荷的大方向可供我們探討：1、以時間為基底的因子 2、以任務的艱難度為基底的因子 3、以操作者身體狀態為基底的因子 Hendy, Liao, & Milgram (1997)。目前為止，心智負荷的實際值尚無法量化，但在 1986 年時，Donell 和 Eggemeier 提出了以一到九的心智負荷強度評核點來代表心智負荷強度的概念，而此概念在日後的研究之中，受到了普遍的沿用。

第三章、研究方法

本章的主要方法為駕駛性模擬問卷的設計、問卷結果的統計分析及攝影調查資料的蒐集；首先，先針對跟車行為中可能遭遇到的狀況來設計模擬問卷，接著將問卷的結果作統計分析，之後再依據問卷的結果將攝影調查的資料作蒐集，找出下列五項會影響駕駛者心智負荷因素的數據值：駕駛的平均速度、安全績效、駕駛載客數、駕駛之相對速度(前車及駕駛車之速度差)、駕駛之心跳變動率(遭遇突發狀況時)，而本文將會在下一個章節，利用此五項影響因素以及攝影調查的資料，建構駕駛者心智負荷的多元迴歸模式。以下為此章的流程圖：



3.1、駕駛性模擬問卷實驗設計

O'Donnel 和 Eggemeier 兩位學者在 1986 年時，提出了以 1 到 9 的評核點來評斷心智負荷的強度值的方法。HART(1982)將駕駛者之心智負荷的定義為當一駕駛者為了達到某種特定的績效，所需付出的心力程度值；在心智負荷的測量方面，陳木炯(2003)提到主觀測量法(Subjective Measures)是公認最能被接受，也是最廣泛被使用的方法，且林品君(2006)及 Dietrich Manzey Vorlesung(2006)更進一步的提到利用整數值的評核點去做計量的主觀測量方法；根據林品君(2006)可知，當遭遇狀況時心智負荷值若為 1，代表此刻駕駛者的心情平靜，無任何壓力，因此所需付出的心力程度很小；當遭遇狀況時心智負荷值若為 9，代表此刻駕駛者內心感到不知所措，失去應變能力，心裡非常緊張，因此所需付出的心力程度極大。本文利用過去這樣心智負荷的計量方式，搭配了所拍攝的影片，做出了一份駕駛性的動態模擬問卷。而以下為模擬問卷中 11 種駕駛者可能遭遇到的突發狀況：

- 
- 1、在駕駛的過程中，同車道的前車突然加速
 - 2、在駕駛的過程中，同車道的前車突然煞車
 - 3、在駕駛的過程中，異車道的前車突然加速
 - 4、在駕駛的過程中，異車道的前車突然煞車
 - 5、在駕駛的過程中，同車道的前車欲在下一路口左右轉彎
 - 6、在駕駛的過程中，異車道的前車欲在下一路口左右轉彎(對同車道無影響)
 - 7、在駕駛的過程中，異車道的前車欲在下一路口左右轉彎(對同車道有影響)
 - 8、在駕駛的過程中，前方的黃燈突然亮起
 - 9、在駕駛的過程中，同車道的前車突然轉向異車道
 - 10、在駕駛的過程中，異車道的前車突然轉到駕駛者的前方
 - 11、在駕駛的過程中，遭遇塞車情形

為了得到一般性的狀況，此駕駛者模擬問卷的受訪者的受訪資格為：1、具備一年以上的駕駛經驗者 2、性別不限；而在問卷中先敘述說明了駕駛者心智負

荷的定義，並告知受測者當心智負荷值達到某強度時本身會產生的身心狀況，以便受訪者判斷出當自身遭遇每種狀況時之心智負荷強度。

3.2、問卷結果

根據以往的心智負荷文獻來說，皆採幾何平均的方式來對實驗設計的結果作分析及應用。且由 O'Donnel 和 Eggemeier 兩位學者在 1986 年時所提出的相關研究之心智負荷值皆為正整數，因此，將此 50 份模擬問卷之結果作幾何平均並以四捨五入法取到整數位後可以得到以下資料(表 3.2.1 為所有 50 位受訪者模擬之結果，表 3.2.2 為攝影調查之駕駛者的模擬結果)：

表 3.2.1 在各狀況下心智負荷強度值(所有受訪者)

狀況	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
心智負荷值	3	7	2	3	5	3	5	6	5	7	6

表 3.2.2 在各狀況下心智負荷強度值(攝影調查者)

狀況	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
心智負荷值	4	6	3	4	5	3	5	6	5	6	6

而根據 SPSS 軟體相關性的檢驗可得以下的表 3.2.3：

表 3.2.3 所有受訪者與調查攝影者之心智負荷相關分析表

		一般化	本人
一般化	Pearson 相	1	.959(**)
	關		
	顯著性 (雙尾)		.000
	個數	11	11
本人	Pearson 相	.959(**)	1
	關		
	顯著性 (雙尾)	.000	
	個數	11	11

** 在顯著水準為0.01時 (雙尾)，相關顯著。

由表 3.2.3 可知，攝影調查駕駛者與所有受測者在各狀況下之心智負荷強度值的相關係數為 0.959，接近完全正相關的關係，且顯著水準為 0.000，相關性相當顯著，因此，後續本文將以一般化的心智負荷強度值，來搭配攝影調查者的攝影調查內容，進行分析驗證的工作。

3.3、問卷信度分析

根據黃兆鉞(2005)之參考文獻可知，一個良好的衡量工具應該具有足夠的信度(Reliability)，所謂信度指的是測量結果的一致性(Consistency)或穩定性(Stability)，也就是指測量結果的穩定程度，對同一事物進行兩次或兩次以上的測量，其結果的相似程度；量表信度分析係視其使用的衡量工具，評定研究所蒐集到的資料有無探討的價值。因此，針對研究蒐集到的資料進行信度的分析是必要的。

由於信度即指同一群受測者同一份問卷上測驗多次得分具有一致性，故信度可說是測量的一致性程度。信度不涉及所得的結果是否正確，他只重視的是測量本身是否穩定，多次測量結果是否都一致的問題。衡量信度的方法有很多種，其中由 Cuieford 於 1965 年所提出 Cronbach(1951) α 係數，是目前社會科學研究最常用的。本研究在此利用 Cronbach α 檢定法來評定內部一致性；Cronbach α 之信度係數意涵則表示如下 3.3.1 表。

表 3.3.1 Cronbach α 係數信度定義表

Cronbach α 係數信度範圍	可信程度
Cronbach α 係數 < 0.3	不可信
0.3 < Cronbach α 係數 \leq 0.4	勉強可信
0.4 < Cronbach α 係數 \leq 0.5	稍微可信
0.5 < Cronbach α 係數 \leq 0.7	可信；(最常見的信度範圍)
0.7 < Cronbach α 係數 \leq 0.9	很可信；(次常見的信度範圍)
0.9 < Cronbach α 係數	非常可信

而將問卷信度分析的分析結果如下表 3.3.2 所示。在研究變項為加減速方面，結果顯示其 Cronbach α 係數大於 0.7，表示此些變項為很可信。至於轉彎方面，結果顯示其 Cronbach α 係數大於 0.6，表示此些變項為可信。

表 3.3.2 問卷信度分析表

題項	Cronbach α
一、加減速	0.7564
1、同車道的前車突然加速	
2、同車道的前車突然煞車	
3、異車道的前車突然加速	
4、異車道的前車突然煞車	
8、前方的黃燈突然亮起	
11、遭遇塞車情形	
二、轉彎	0.6751
5、同車道的前車欲在下一路口左右轉彎	
6、異車道的前車欲在下一路口左右轉彎(對同車道無影響)	
7、異車道的前車欲在下一路口左右轉彎(對同車道有影響)	
9、同車道的前車突然轉向異車道	
10、異車道的前車突然轉到駕駛者的前方	

3.4、問卷描述性統計

本研究調查以口述方式得知受訪者基本資料(性別、年齡)，而所發出的總問卷份數共有 60 份，實際回收份數為 50 份，回收率為 83.33%；受測者之基本資料詳細說明如下：

- 1、性別：在本研究的受測者中，以男性居多，共有 32 位，佔總樣本數 64%。女性受訪者則有 18 位，佔總樣本數 36%。詳細圖表說明可見表 3.4.1 及圖 3.4.1。
- 2、年齡：在年齡分佈上，以 20 歲~24 歲居多，共有 27 位，佔了總樣本的 54%；居次為 50 歲到 54 歲有 9 位，佔總樣本數的 18%。25 歲~29 歲的受訪者則為 4 位，佔總樣本數的 8%。45 歲到 49 歲及 55 歲到 59 歲的各有 3 位，各佔總樣本數的 6%。30 歲到 34 歲的有 2 位，佔總樣本數的 4%，35 歲到 39 歲及 40 到 44 歲的受訪者最少各 1 位，各佔總樣本數的 2%。而 60 歲以上的駕駛人口較少，因此並無列入受訪的對象之中。詳細圖表說明可見表 3.4.1 及圖 3.4.2。

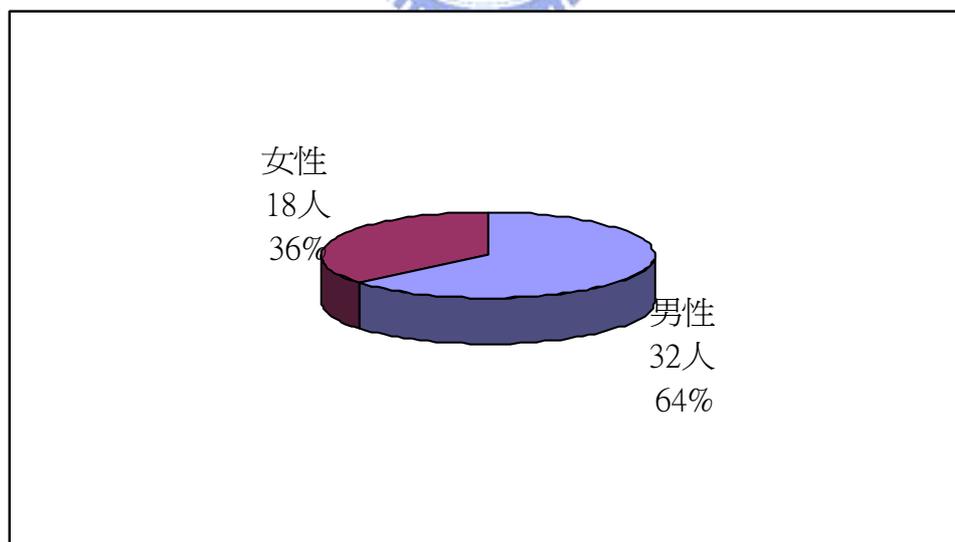


圖 3.4.1 受訪者性別分配比例圖

表 3.4.1 問卷受訪者基本資料表

基本資料	類別	樣本數	百分比
性別	男性	32 人	64%
	女性	18 人	36%
出生年	20 歲~24 歲	27 人	54%
	25 歲~29 歲	4 人	8%
	30 歲~34 歲	2 人	4%
	35 歲~39 歲	1 人	2%
	40 歲~44 歲	1 人	2%
	45 歲~49 歲	3 人	6%
	50 歲~54 歲	9 人	18%
	55 歲~59 歲	3 人	6%

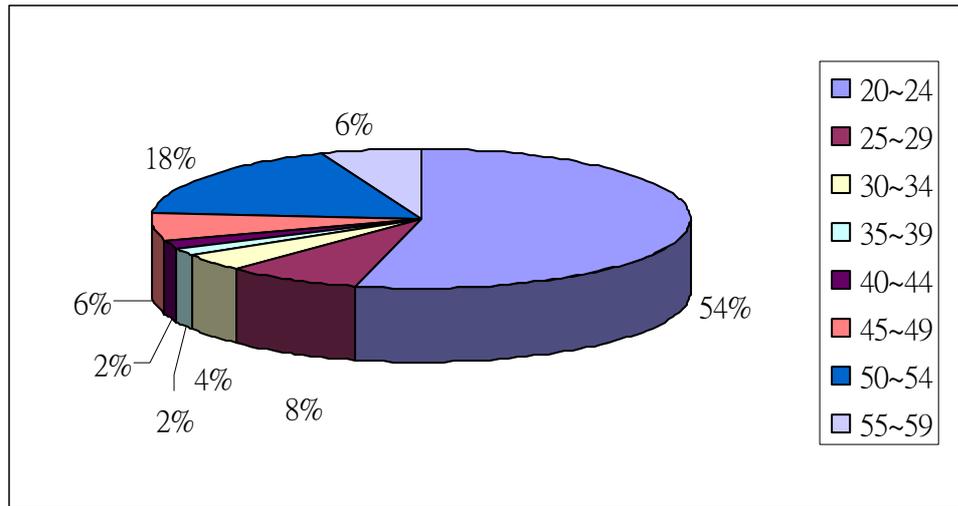


圖 3.4.2 受訪者年齡分配比例圖

3.5、駕駛攝影實驗設計

本次攝影調查的地點為高雄市九如一路上，在光明路及臥龍路之間的一個路段，此路段具備有以下的特徵：

- 1、來車及去車以中央分隔島分隔之
- 2、路段具有內側車道、外側車道以及機車道
- 3、路段的起始點銜接十字路口，因此各具有一個紅綠燈號誌

本文將調查的時段分為三個部分：上午尖峰(上午七點到九點)、下午尖峰(下午五點到七點)以及離峰(尖峰時刻之外任選)，而調查紀錄的數目各為 50 筆。本次攝影的模擬攝影地帶示意圖如圖 3.5.1 所示，其中攝影機所拍攝的畫面為本駕駛者在駕駛過程中之視野所見狀況，包含自身車輛的駕駛儀表版，及對前方車輛動態的行進過程。在駕駛的過程中，本車駕駛者以及前方車輛的駕駛者將以下的資料作紀錄統整：

- 1、當前車到達攝影起始點時前車及本車的速度。
- 2、當前車到達攝影結束點時前車及本車的速度。

- 3、當前車到達攝影起始點時，前車及本車下一秒的速度(可求出前車及本車在攝影起始點時之瞬時加速度)。
- 4、當前車到達攝影結束點時，前車及本車下一秒的速度(可求出前車及本車在攝影結束點之瞬時加速度)。
- 5、當後車遭遇到駕駛模擬問卷中之突發狀況時，前車和後車之瞬時速度。
- 6、搭配心跳測量錶，測出當後車遭遇到駕駛模擬問卷中之突發狀況時，駕駛者之心跳值。
- 7、當駕駛者到達攝影起始點及終點時之速度及行駛時間。
- 8、搭配心跳測量錶，測出駕駛者到達起始點及終點時之心跳值。



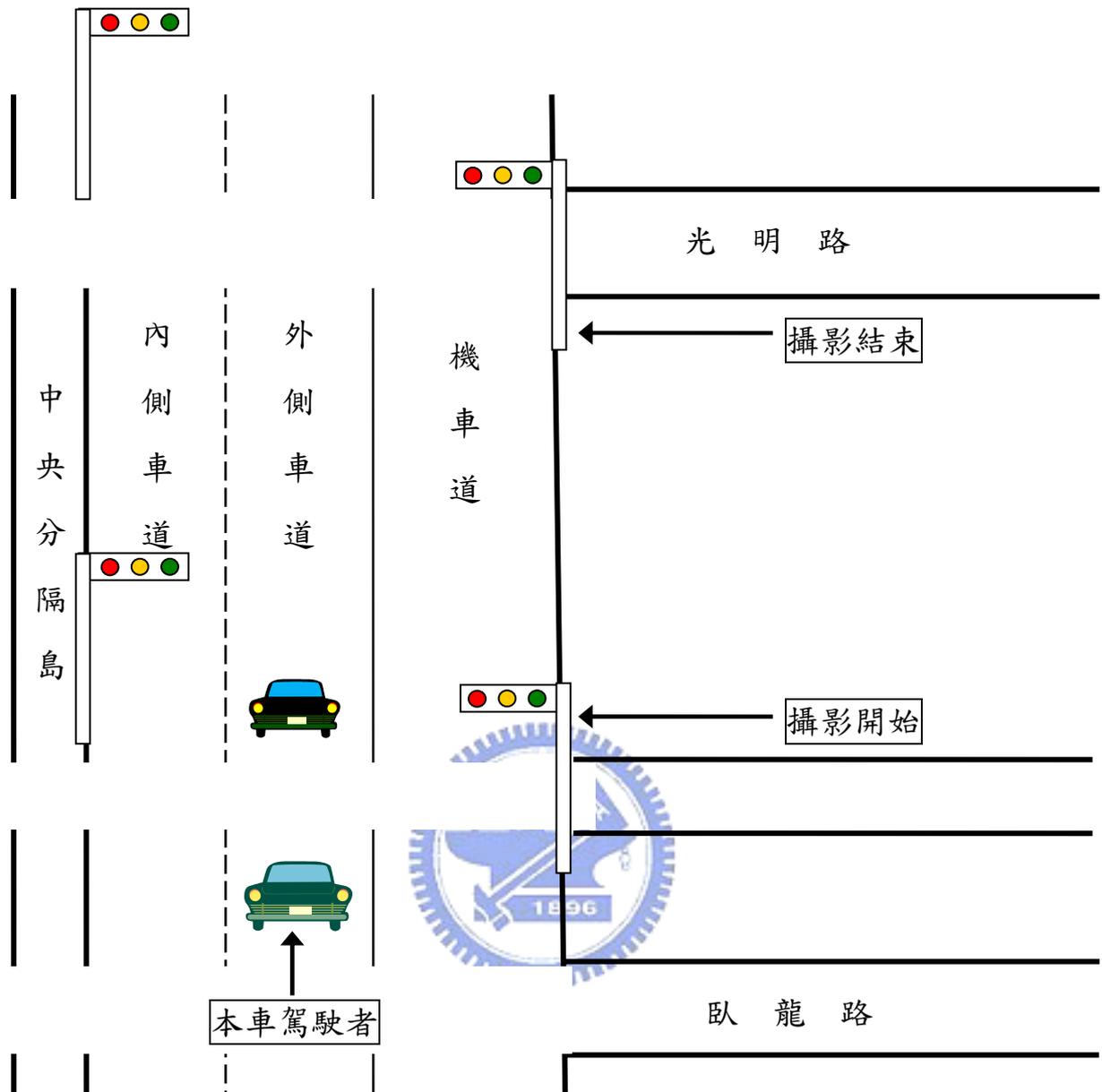


圖 3.5.1
駕駛模擬攝影地帶示意圖

之後，作者將所調查的資料作演算統整，分別得到五項影響駕駛者心智負荷因素的數值：駕駛的平均速度、安全績效、駕駛載客數、駕駛之相對速度(前車

及駕駛車之速度差)、駕駛之心跳變動率(遭遇突發狀況時),而之後作者將會以駕駛者的心智負荷與此五項因素作多元迴歸模式的分析與應用。

其中：

定義安全績效為(1/駕駛平均速度)

心跳變動率為(駕駛遭遇突發狀況心跳值－駕駛正常心跳值)/駕駛正常心跳值

相對速度為當駕駛者遭遇突發狀況時，前車之車速減去駕駛者之車速。



第四章、模式構建

4.1、搭配模式

本文之搭配模式乃沿用(Sheu,2006)於「A Quantum Mechanics-based Approach to Model Incident-Induced Dynamic Driver Maneuvers. Manuscript submitted to Physica D」一文中所提及之Phase 2模式，而在接下來的下一小節裡本文將會針對駕駛者的心智負荷作模式修正的工作。而在此先將搭配模式的來源提出並且介紹：在文獻回顧之中所提及有關本篇論文所產生的模式主軸，將人類心理面所感受到的車流狀況變化，採用心理動量來表示，而這裡所謂的心理動量是經過堆疊過後的波所轉換而產生的，心理動量是駕駛人對於外在車流環境的綜合感受，而由於波長($h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)經過動量的轉換之後值非常小，較難去做計算的工作。因此在本文中，將引用駕駛人對於外在車流環境的綜合感受的心理動量，來代替Baker學者之前所提及到的波長，而本文的模式以下開始敘述。當駕駛者(駕駛著*i*車輛)行駛在車道上時，此時駕駛者的視野內可見其前車和旁車，根據量子力學視覺流理論，我們可以定義一個人的視野，以 $F[\Delta x(t), \Delta y(t)]$ 來表示，代表一個人視野的縱深(x)、跟寬度(y)，而根據前所提到的文獻，我們可把駕駛者視野的 $\Delta x(t)$ 和 $\Delta y(t)$ 以機率分佈的形式來表示，所以再接著提出二維高斯機率聯合分佈函數 $G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x(\tilde{t}), y(\tilde{t})]$ ，此函數可用以表示駕駛者視野的 $\Delta x(t)$ 和 $\Delta y(t)$ 中每個方位駕駛者可能會把視覺焦點放在該處的聯合機率，接著延續心理動量的理論後可以得到下列的模式：

$$\begin{aligned}\dot{v}_i(\tilde{t}) &= \alpha_1 \times \sum_{\forall j_F \in J_F} w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times M_{j_F}(\tilde{t}) \\ &= \alpha_1 \times U_i(\tilde{t}) \times \sum_{\forall j_F \in J_F} w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times \{m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(\tilde{t})]\}\end{aligned}$$

其中：

$\dot{v}_i(\tilde{t})$ ：代表 *i* 車輛在時間 \tilde{t} 的加速度

α_1 : 參數值

$w_{i,j_F}(\tilde{t})$: 表示在時間 \tilde{t} 時，駕駛者 i 把注意力放在視野內每一輛車輛的權重值

$M_{j_F}(\tilde{t})$: 表示表對於每一輛車輛(定義為 j_F)在每一時刻 t 對應於駕駛者都會有一心理動量

$U_i(t)$: 代表 i 車輛之駕駛者在時間 \tilde{t} 時的警覺性

在此，再針對 $w_{i,j_F}(\tilde{t})$ 特別解釋如下：

$$w_{i,j_F}(\tilde{t}) = \frac{G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x_{j_F}(\tilde{t}), y_{j_F}(\tilde{t})]}{\sum_{\forall j'_F \in J_F} G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x_{j'_F}(\tilde{t}), y_{j'_F}(\tilde{t})]}$$

而在式中的 $G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x(\tilde{t}), y(\tilde{t})]$ 表示在駕駛者的視野之內，對於視野內某一車輛，在二維高斯封包($G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x(\tilde{t}), y(\tilde{t})]$)中的聯合機率分佈值

其中 $G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x(\tilde{t}), y(\tilde{t})]$ 的值可表為：

$$G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x(\tilde{t}), y(\tilde{t})] = \frac{e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{[x(\tilde{t}) - \mu_{F_x}(\tilde{t})]^2}{\sigma_{F_x}^2(\tilde{t})} + \frac{[y(\tilde{t}) - \mu_{F_y}(\tilde{t})]^2}{\sigma_{F_y}^2(\tilde{t})} \right]}}{2\pi \times \sigma_{F_x}(\tilde{t}) \times \sigma_{F_y}(\tilde{t})}$$

式中的 $\sigma_{F_x}(\tilde{t})$ 和 $\sigma_{F_y}(\tilde{t})$ 分別表示對 X 軸 和 Y 軸 的標準差， $\mu_{F_x}(\tilde{t})$ 和 $\mu_{F_y}(\tilde{t})$ 則分別表示對 X 軸 和 Y 軸 的期望值。

在所提出的模式中，有幾個需要注意的事項。第一，關於心理動量 $M_{j_F}(\tilde{t})$ ，可表為下列式子：

$M_{j_F}(t) = m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(t)] \times U_i(t)$ ，由於本模式所考慮到的對象，除了傳統理論中的前車之外，增加了視野區內的所有車輛，亦為前車及旁車，同時由於每個人的心理狀況不同，所以每個人所感受到的心理動量也會因人而異，因此引進了有

關駕駛者的警覺心這個函數，當駕駛者的警覺心越大，代表駕駛者的駕駛狀況越趨保守，因此當有行車狀況發生時，此駕駛者的加減速行為會更激烈；反之，當駕駛者的警覺心越小的時候，當其遭遇到車流狀況時，他的加減速行為則會比較緩和。後續本文也將會根據駕駛者的警覺心，配合有關心智負荷的相關理論，找出有關駕駛者警覺心的相關函數，來完成模式的修正工作。第二，駕駛者心理動量的正負號值，是根據前車所帶給駕駛者的心理狀況來決定的，例如，原本駕駛者與前車若以等速度前進，當前車突然增加速度時，會讓駕駛者的心理產生負號的心理動量，而此時駕駛者的心理壓力較為舒緩，因此駕駛者會增加速度向前；反之，當前車突然進行減速時，駕駛者的心裡會產生正的心理動量，駕駛者的心理壓力增加，故駕駛者會執行減速的動作。

此外，本模式可能會發生以下的問題：當前車跟駕駛者以者相同的速度行駛，而彼此間間距卻非常小的時候，引用此模式卻無法反應出這種狀況的結果，但由本文之前所提到的文獻可以得知有關動態安全間距的運用概念，當本車跟前車之間的距離小於動態安全車間距時，本車將會以最大減速率進行煞車的動作，以確保自身的安全；反之，同時文獻也提到，當前車跟駕駛者的駕駛速度相同，但彼此間的車間距過大時(兩車間隔達到125m以上)，本車所受到前車的影響會很小，而隨者駕駛者本身的期望速度值而前進。

4.2、駕駛者心智負荷之多元迴歸模式的構建

陳虹尹(2006)提到了將主觀測量的評量表，綜合實驗量測所獲得的數據資料，利用SPSS統計分析工具，進行後續分析的工作；而林品君(2006)更進一步的利用了SPSS軟體，對心智負荷(應變數)及影響心智負荷的因素(自變數)做多元迴歸模式的建立及分析，因此在本小節本文將參考過去這樣的研究，構建及分析心智負荷的多元迴歸模式。

4.2.1 多元迴歸模式自變數的選取

在本文中，特別針對駕駛者的警覺心來進行修正，而在文獻中可以得知：在駕駛的過程之中，駕駛者必須付出連續及高程度的專注力在駕駛的行為上面，而心智負荷的高低都會影響到人的駕駛行為，且當駕駛者身處在不同狀況的環境時或非預期事件的發生都會影響到駕駛者的心智負荷；因此，本文將會找出影響著駕駛者心智負荷的因素，將這些因素以統計學多元迴歸的方式，來建構預測心智負荷的模式。

依據過去文獻，我們可知過去分別有針對心理因素之心跳變動率來測量心智負荷值(Wierwille and Eggemeier, 1993)、針對駕駛績效之行車速度來測量心智負荷值(Tornros and Bolling, 2005)，但目前尚無針對車內狀況(駕駛載客數)探討之研究，因此本文欲增加這一部分的因子進去研究，後來便將心理因素、駕駛績效、駕駛載客數結合在一起，欲找出有關心智負荷的多元迴歸方程式，而找出了下列的五個研究因素：駕駛平均速度、安全績效、駕駛載客數、駕駛之相對速度(前車及後車遭遇突發狀況時)、駕駛之心跳變動率(遭遇突發狀況時)。



4.2.2 多元迴歸模式的構建步驟

爲了確保駕駛的平均速度、安全績效、駕駛載客數、駕駛之相對速度(前車及後車遭遇突發狀況時)、駕駛之心跳變動率(遭遇突發狀況時)這五項影響因素能夠構建合理的多元迴歸模式，因此以下的幾個檢驗步驟是必要的：

步驟 1、迴歸曲線的預測

首先，我們必須要了解應變數(駕駛者的心智負荷)及自變數(駕駛的平均速度、安全績效、駕駛載客數、駕駛之相對速度、駕駛之心跳變動率)之間的關係，而應變數和自變數之間的顯著性必須小於 0.05($P < 0.05$)，此自變數才可能可以被採用。根據表 4.2.1 的分析結果可知，應變數和自變數的之間的顯著性在門檻值(0.05)以下的爲：駕駛平均速度、相對速度及心跳變動率，而安全績效和心智負

荷之間的顯著性大於 0.05，因此在步驟一的過程中，自變數安全績效並不符合迴歸分析的檢驗而遭到淘汰。因此，可以接受下一個步驟測試的自變數為：駕駛平均速度、駕駛載客數、相對速度和心跳的變動量。

表 4.2.1 心智負荷和各個自變數之間的相關分析

自變數	應變數	方法	RSQ	自由度	F	顯著性
駕駛平均速度	心智負荷	LIN	0.137	148	11.603	0.000
駕駛載客數	心智負荷	LIN	0.081	148	6.790	0.012
安全績效	心智負荷	LIN	0.031	148	2.335	0.131
相對速度	心智負荷	LIN	0.141	148	11.968	0.000
心跳變動率	心智負荷	LIN	0.721	148	188.35	0.000

步驟 2、顯著性之值的選取

對於多元迴歸模式較佳之自變數的選取，應變數和自變數的關係必須滿足下列兩種條件：

- 1、顯著性之值(P 值)必須小於 0.05
- 2、若已滿足第一個條件時，則在 F 分配中之顯著性最小者為較佳的選擇。

因此，根據所必須滿足的兩個條件去挑選，可選出：駕駛平均速度、相對速度及心跳變動率。

步驟 3、殘差分析

根據馮正民、邱裕鈞(2006)之研究分析方法一書中提到有關殘值分析必須符合以下的假設：

- 1、誤差項彼此間必須互相獨立
- 2、誤差項須符合常態分配
- 3、誤差項變異數具備同質性

接下來便開始作殘差分析的工作

(1)、誤差項彼此間必須互相獨立

在 SPSS 軟體中，Durbin—Watson 測試可以檢驗出多元迴歸式中之殘值是否為獨立的，若 $1.5 < DW \text{ 值} < 2.5$ ，則我們可以接受殘差是為獨立的，且殘差彼此之間並無正相關的關係；而根據表 4.2.2 可知模式 1、模式 2 及模式 3 的 DW 值皆介於 1.5 和 2.5 之間，因此多元迴歸式之殘差為獨立的此假設成立。

表 4.2.2 殘差檢定表

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.849(a)	.721	.717	.76926	1.5180
2	.864(b)	.746	.739	.73842	1.5291
3	.872(c)	.760	.750	.72281	1.5310

- a 預測變數：(常數), 心跳變動率
- b 預測變數：(常數), 心跳變動率, 相對速度
- c 預測變數：(常數), 心跳變動率, 相對速度, 駕駛平均速度
- d 依變數：心智負荷

(2)、誤差項須符合常態分配

觀察多元迴歸式中殘差值的 P—P 繪圖，為檢驗誤差項是否符合常態分配的一個方法。P—P 繪圖可看出在一個相同趨勢中的直線之累積機率值。

在圖 4.2.3 中可見，殘差值黏附著同趨勢的直線，符合常態分配的趨勢，且根據表 4.2.4 可知，殘差之平均數及標準差也符合常態分配—平均數值為 0，變異數為 σ^2

迴歸標準化殘差的常態 P-P 圖

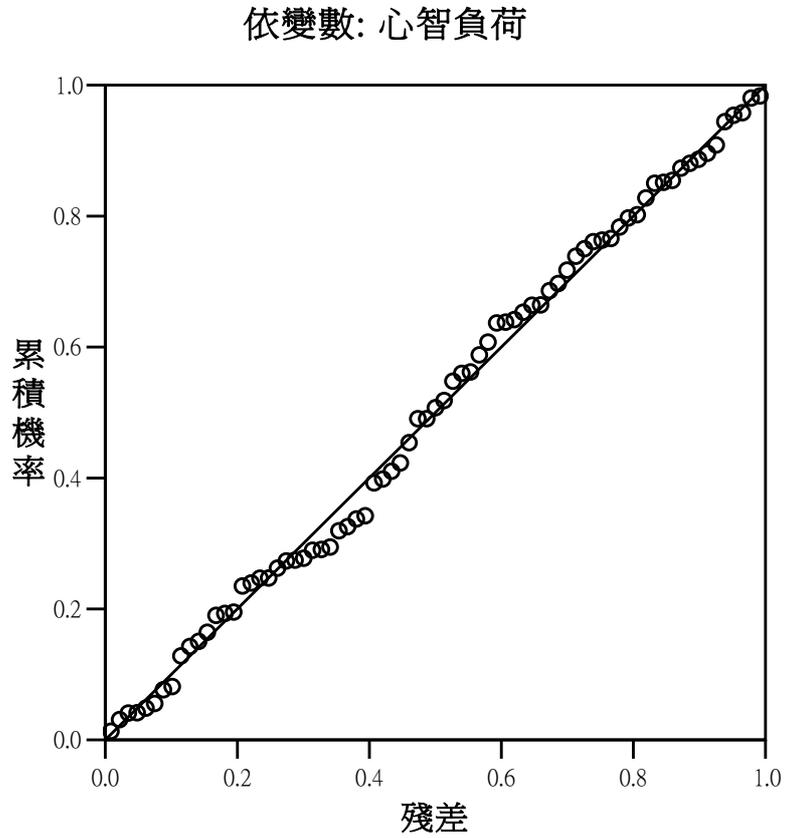


圖 4.2.1 迴歸標準化殘差的常態 P—P 圖

表 4.2.3 殘差統計量

	最小值	最大值	平均數	標準差	個數
預測值	3.1406	8.3503	5.6667	1.26048	150
殘差	-1.60961	1.53874	.00000	.70801	150
標準化預測值	-2.004	2.129	.000	1.000	150
標準化殘差	-2.227	2.129	.000	.980	150

a 依變數：心智負荷

步驟 4、迴歸係數的測試

經過了步驟 1 到步驟 3 的測試確定無誤後，剩下符合的自變數為：駕駛平均速度、相對速度以及心跳增加量，之後在 SPSS 軟體中選取逐步迴歸分析的方式，可得到以下的表 4.2.5：

表 4.2.4 逐步迴歸分析法

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	心跳變動率	.	逐步迴歸分析法 (準則：F-選入的機率 $\leq .050$ ，F-刪除的機率 $\geq .100$)。
2	相對速度	.	逐步迴歸分析法 (準則：F-選入的機率 $\leq .050$ ，F-刪除的機率 $\geq .100$)。
3	駕駛平均速度	.	逐步迴歸分析法 (準則：F-選入的機率 $\leq .050$ ，F-刪除的機率 $\geq .100$)。

a 依變數：心智負荷

同時也對其作變異數的分析，可以得到下列的表 4.2.5

表 4.2.5 變異數分析

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	111.468	1	111.468	188.364	.000(a)
	殘差	43.199	149	.592		
	總和	154.667	150			
2	迴歸	115.408	2	57.704	105.828	.000(b)
	殘差	39.259	148	.545		
	總和	154.667	150			
3	迴歸	117.572	3	39.191	75.012	.000(c)
	殘差	37.094	147	.522		
	總和	154.667	150			

- a 預測變數：(常數), 心跳變動率
- b 預測變數：(常數), 心跳變動率, 相對速度
- c 預測變數：(常數), 心跳變動率, 相對速度, 駕駛平均速度
- d 依變數：心智負荷

而根據表4.2.5以及表4.2.6可知，SPSS軟體將其中自變數的優劣順序排出，繼續接著區分成三種不同的模式：模式1代表了將應變數(心智負荷)單純的和一個自變數(心跳增率)來做迴歸的分析；模式2代表了將應變數(心智負荷)和兩個自變數(心跳變動率、相對速度)來做多元迴歸的分析；模式3則代表了將應變數(心智負荷)和三個自變數(心跳變動率、相對速度、駕駛平均速度)來做多元迴歸的分析。迴歸分析後的 P值 可以從顯著性的那欄來觀看，不論模式1、模式2或者模式3的P值(0.000)皆對心智負荷顯著的相關，由此可知不論是模式1、模式2以及模式3在敘述統計上都屬於有意義的迴歸模式。

步驟 5、較適合模式的選取

表 4.2.6 模式摘要

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.849(a)	.721	.717	.76926	1.5180
2	.864(b)	.746	.739	.73842	1.5291
3	.872(c)	.760	.750	.72281	1.5310

- a 預測變數：(常數), 心跳變動率
- b 預測變數：(常數), 心跳變動率, 相對速度
- c 預測變數：(常數), 心跳變動率, 相對速度, 駕駛平均速度
- d 依變數：心智負荷

將模式1、模式2及模式3作分析之後的綜合結果可以得知，不管是模式1、模式2、模式3之解釋能力皆超過門檻值，且模式3之解釋能力R平方(0.760)>模式2的解釋能力(0.746)>模式1的解釋能力(0.721)，因此可知模式3—應變數(心智負荷)和自變數(心跳變動率、相對速度、駕駛平均速度)的多元迴歸模式的解釋能力最高，因此模式3為最佳選擇。



步驟 6、多元迴歸模式的建立

根據以下的表 4.2.8 可以得到多元迴歸方程式的各個係數值，我們可以得到多元迴歸方程式為：

$$\begin{aligned} \text{心智負荷(M.W)} = & 2.387 + 0.208 * \text{心跳變動率(HRV)} \\ & - 0.055 * \text{相對速度}(\Delta V) \\ & + 0.031 * \text{駕駛平均速度(AV)} \end{aligned}$$

表 4.2.7 迴歸係數

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
1	(常數)	2.978	.215		13.847	.000
	心跳變動率	.226	.016	.849	13.725	.000
2	(常數)	3.322	.243		13.677	.000
	心跳變動率	.214	.016	.806	13.104	.000
	相對速度	-.071	.027	-.165	-2.688	.009
3	(常數)	2.387	.517		4.613	.000
	心跳變動率	.208	.016	.783	12.787	.000
	相對速度	-.055	.027	-.128	-2.037	.045
	駕駛平均速度	.031	.015	.128	2.035	.046

a. 依變數：心智負荷

4.3、駕駛者心智負荷之多元迴歸模式的討論

(1)、顯著的影響因子

在上一個小節本文根據了一連串的多元迴歸驗證步驟，找出了顯著性較高的三個影響因子，而得到了以下的模式：

$$\text{心智負荷(M.W)} = 2.387 + 0.208 * \text{心跳變動率(HRV)}$$

$$- 0.055 * \text{相對速度}(\Delta V)$$

$$+ 0.031 * \text{駕駛平均速度(AV)}$$

在以上的多元迴歸式裡，係數值反映了每個自變數對應變數影響的權重。

對於心跳變動率來說，其權重係數是正的，代表了當心智負荷越高，駕駛者的心跳變動的越劇烈，而此研究結果和過去的研究報告內容「心智負荷的增加會導致心跳量增加」(Kalabeek, 1971; Green, 1986; Mulder, 1988)符合，因此可以知道，動態的心智負荷值可用這種方法來得知，也驗證了此模式的正確性。

而對於駕駛平均速度來說，係數權重值也為正的，代表了在駕駛的過程中，當車輛之駕駛速度越大時，駕駛者的心智負荷越高。

針對相對速度來討論，此時之相對速度指的是前車和後車的速度差，當相對速度大的時候，代表此時前車所給予後車的心理壓力較小，因此駕駛者的心智負荷值會較小；反之，當相對速度小的時候，前車所施加給後車的壓力較大，因此後車駕駛者的心智負荷較高。

(2)、非顯著的影響因子

針對之前非顯著的影響因子駕駛載客數來說，此自變數對於心智負荷的影響力並不顯著，換句話說，在不同的載客人數之下，其對於心智負荷值的影響並不明確，因此在本文的研究中並不納入此影響因子去構建模式。

4.4、修正後之模式

Sheu(2006)發表的量子力學相關文獻中所提出 PHASE 2 之模式為：

$$\begin{aligned}\dot{v}_i(\tilde{t}) &= \alpha_1 \times \sum_{\forall j_f \in J_f} w_{i,j_f}(\tilde{t}) \times M_{j_f}(\tilde{t}) \\ &= \alpha_1 \times U_i(\tilde{t}) \times \sum_{\forall j_f \in J_f} w_{i,j_f}(\tilde{t}) \times \{m_{j_f} \times [\Delta v_{j_f \rightarrow i}(\tilde{t})]\}\end{aligned}$$

而本文所構建的心智負荷模式為：

心智負荷(M.W)=2.387+0.208*心跳變動率(HRV)

-0.055*相對速度(ΔV)

+0.031*駕駛平均速度(AV)

因此 PHASE 2 的模式再加入常數 α_2 後可修正為：

$$\dot{v}_i(\tilde{t}) = \alpha_2 + \alpha_1 \times M.W \times \sum w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times \{ m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(t)] \}$$

$$= \alpha_2 + \alpha_1 \times \{ 2.387 + 0.208 \times HRV - 0.055 \times \Delta v_{j_F \rightarrow i}(t) + 0.031 \times AV \} \times$$

$$\sum w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times \{ m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(t)] \}$$



第五章、模式校估及情境分析

本次攝影調查共分為三個時段：上午尖峰(上午七點到九點)、下午尖峰(下午五點到七點)及離峰，而本章的目的在於分別求出上午尖峰、下午尖峰以及離峰時刻的參數值 α_1 及常數值 α_2 為多少，接下來求出上午尖峰、下午尖峰及離峰總資料的參數值 α_1 及常數值 α_2 ，而在後續也會針對加速度及模式內的變數去做情境分析，觀察某變數的改變對車輛加速度的影響。

5.1、參數值校估

本次攝影調查的時段為上午尖峰(上午七點到九點)、下午尖峰(下午五點到七點)及離峰，針對這三個時段各有 50 筆的資料，而根據實際調查的結果車子本身的重量為 1.30 噸，因此依據所調查的資料利用 SPSS 軟體中之迴歸分析法來做分析。



5.1.1 參數值校估的結果(上午尖峰)

針對上午尖峰來分析可以得到下面的結果表 5.1.1、表 5.1.2、表 5.1.3：

表5.1.1 解釋能力(上午尖峰)

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤
上午尖 峰	.542(a)	.294	.278	.36402

a 預測變數：(常數), 上午尖峰右方

表5.1.2 變異數分析(上午尖峰)

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.289	1	.289	2.183	.015(a)
	殘差	3.048	49	.133		
	總和	3.337	50			

a 預測變數：(常數), 上午尖峰右方

b 依變數：上午尖峰加速度

表5.1.3 係數(上午尖峰)

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
上午尖峰	(常數)	-.033	.135		-.244	.893
	上午尖峰 右方	-.050	.004	-.294	-1.477	.000

a 依變數：上午尖峰加速度

由以上結果可知，上午尖峰時的解釋能力不是很好，而常數 α_2 的 t 檢定 P 值則太大，顯示常數 α_2 顯著為0，係數 α_1 的 t 檢定 P 值則明顯拒絕 $\alpha_1=0$ 的假設，而標準化係數為-0.294，表示感受到的心理動量值與加減速度的相關程度為負的，亦即當駕駛者所感受到的心理動量值越大於0，則減速度會越大，但因為要考量實際的加減速值，所以我們採用未標準化係數得出上午尖峰時的參數 $\alpha_1 = -0.05$ 。

5.1.2 參數值校估的結果(下午尖峰)

針對下午尖峰來分析可以得到下面的結果表 5.1.4、表 5.1.5、表 5.1.6：

表5.1.4 解釋能力(下午尖峰)

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤
下午尖峰	.537(a)	.288	.296	.15748

a 預測變數：(常數), 下午尖峰右方

表5.1.5 變異數分析(下午尖峰)

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
下午尖峰	迴歸	.311	1	.211	3.437	.012(a)
	殘差	.570	49	.256		
	總和	.581	50			

a 預測變數：(常數), 下午尖峰右方

b 依變數：下午尖峰加速度

表5.1.6 係數(下午尖峰)

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
下午尖峰	(常數)	-.187	.040		-.648	.515
	下午尖峰右方	-.010	.001	-.137	-4.661	.000

a 依變數：下午尖峰加速度

由以上結果可知，下午尖峰時的解釋能力也欠佳，而常數 α_2 的 t 檢定 P 值則太大，顯示常數 α_2 顯著為0，係數 α_1 的 t 檢定 P 值則明顯拒絕 $\alpha_1=0$ 的假設，而標準化係數為-0.137，表示感受到的心理動量值與加減速度的相關程度為負的，亦即當駕駛者所感受到的心理動量值越大於0，則減速度會越大，但因為要考量實際的加減速值，所以我們採用未標準化係數得出下午尖峰時的參數 $\alpha_1 = -0.01$ 。

5.1.3 參數值校估的結果(離峰)

針對離峰來分析可以得到下面的結果表5.1.7、表5.1.8、表5.1.9：

表5.1.7 解釋能力(離峰)

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤
離峰	.566(a)	.320	.364	.26165

a 預測變數：(常數), 離峰右方

表5.1.8 變異數分析(離峰)

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
離峰	迴歸	.180	1	.180	2.629	.011(a)
	殘差	1.575	49	.268		
	總和	1.755	50			

a 預測變數：(常數), 離峰右方

b 依變數：離峰加速度

表5.1.9 係數(離峰)

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
離峰	(常數)	-.123	.055		-2.222	.119
	離峰右方	-.030	.002	-.320	-1.621	.001

a 依變數：離峰加速度

由以上結果可知，離峰時的解釋能力較上午尖峰和下午尖峰來的好，而常數 α_2 的 t 檢定 P 值則太大，顯示常數 α_2 顯著為 0，係數 α_1 的 t 檢定 P 值則明顯拒絕 $\alpha_1=0$ 的假設，而標準化係數為 -0.320，表示感受到的心理動量值與加減速度的相關程度為負的，結果和上午尖峰及離峰時相同，所以我們採用未標準

化係數得出離峰時的參數 $\alpha_1 = -0.03$ 。

5.1.4 參數值校估的結果(總體資料)

針對總體資料來分析可以得到下面的結果表5.1.10、表5.1.11、表5.1.12：

表5.1.10 解釋能力(總體資料)

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤
總體資料	.628(a)	.394	.416	.27005

a 預測變數：(常數), 模式右方

表5.1.11 變異數分析(總體資料)

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
總體資料	迴歸	.391	1	.391	5.366	.023(a)
	殘差	5.324	149	.073		
	總和	5.715	150			

a 預測變數：(常數), 模式右方

b 依變數：加速度

表5.1.12 係數(總體資料)

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
1	(常數)	-.129	.039		-2.274	.373
	模式右方	-.030	.001	-.262	-3.317	.000

a 依變數：加速度

由以上結果可知，資料為總體時的解釋能力較上午尖峰、下午尖峰及離峰來的好，而常數 α_2 的 t 檢定 P 值 則太大，顯示常數 α_2 顯著為0，係數 α_1 的 t 檢定 P 值 則明顯拒絕 $\alpha_1=0$ 的假設，而標準化係數為-0.262，表示感受到的心理動量值與加減速度的相關程度為負的，結果和上午尖峰、下午尖峰及離峰時相同，亦即感受到的心理動量值越大於0，則減速度越大，但因為要考量實際的加減速值，所以我們採用未標準化係數分別得出參數

$$\alpha_1 = -0.03$$

$$\alpha_2 = 0$$

且我們由 α_1 的值為-0.03可以發現，當心理動量值為正，也就是前車速度小於本車時，駕駛者會進行減速的動作。

由此可得校估後的模式為：

$$\begin{aligned} \dot{v}_i(\tilde{t}) &= -0.03 \times M.W \times \sum w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times \{ m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(t)] \} \\ &= -0.03 \times \{ 2.387 + 0.208 * HRV - 0.055 * \Delta v_{j_F \rightarrow i}(t) + 0.031 * AV \} \times \\ &\quad \sum w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times \{ m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(t)] \} \end{aligned}$$

5.2、情境分析

在本文模式中影響駕駛者心智負荷的因素有：駕駛者之心跳變動率、駕駛之平均速度及駕駛和前車之相對速度，而在此小節本文將探討當模式內影響駕駛者心智負荷的因素各自變動，而其他變數之值固定時，對駕駛者心智負荷以及駕駛之加(減)速度的影響為何。

5.2.1 心跳變動率分析

駕駛者的心跳變動率將駕駛人假設為以下三種：低心跳變動率、中心跳變動率以及高心跳變動率，數值分別以 0.10、0.16、0.22 來表示，如圖 5.2.1 所示：

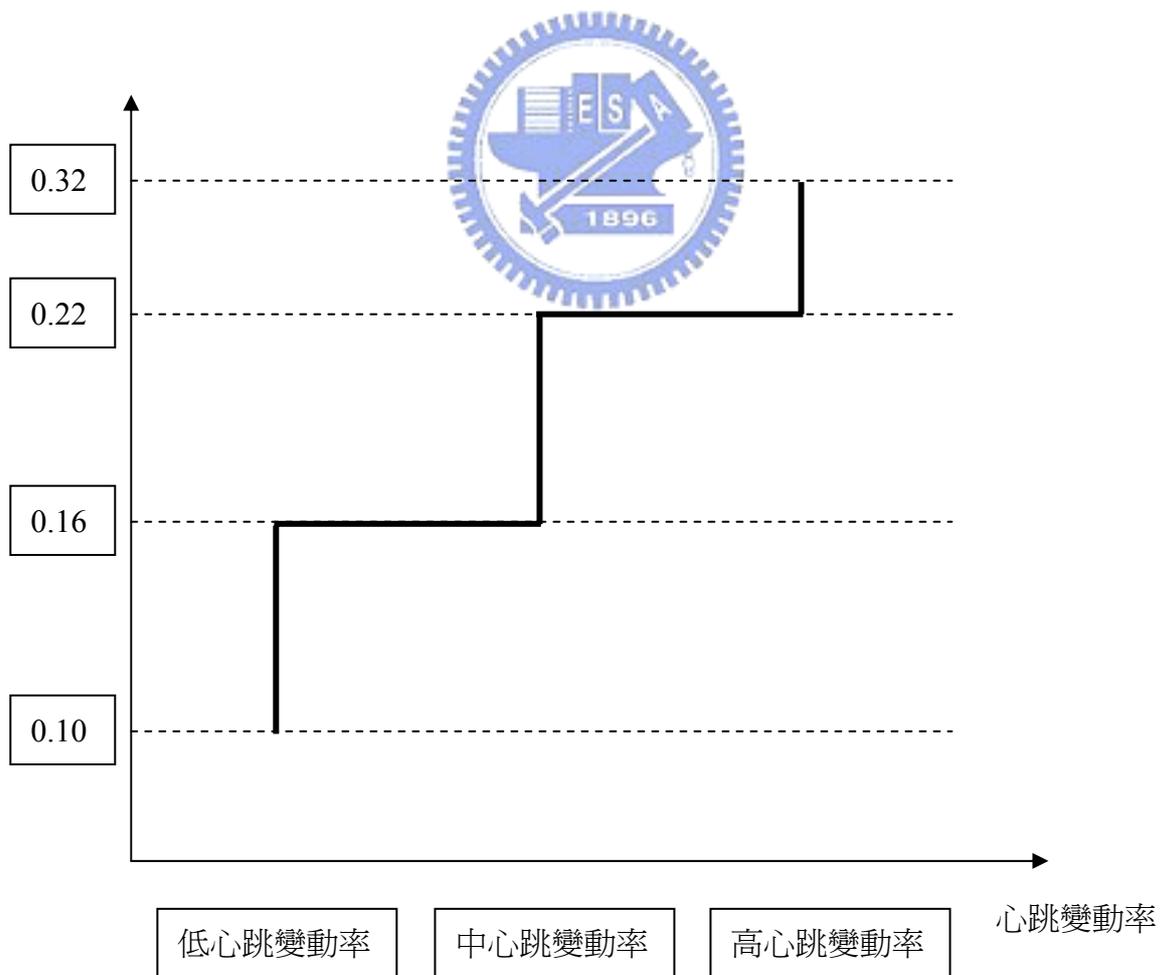


圖 5.2.1 駕駛者之心跳變動率

(1)、低心跳變動率分析

在本文的假設下(圖 5.2.1)，心跳變動率值介於 0.10 到 0.15 之間的為低心跳變動率，而以下為低心跳變動率對應於駕駛者心智負荷之關係圖(圖 5.2.2)，其中紅點代表出現次數十次以上者，藍點代表出現次數五次以下者：

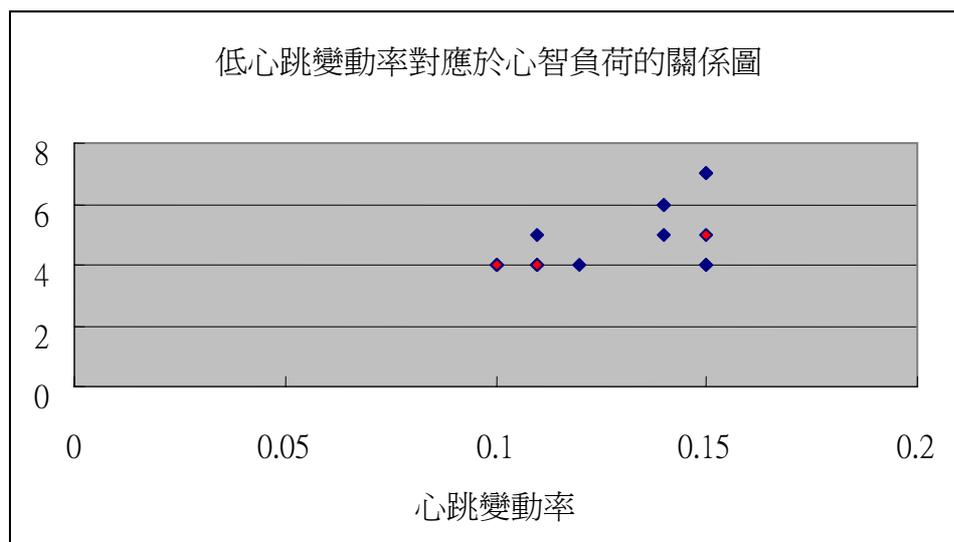


圖 5.2.2 低心跳變動率對應於心智負荷的散佈關係圖

由以上的結果可知，當心跳變動率為 0.1、0.11、0.15 時，其對應的心智負荷值分別為 4、4、5 出現的次數最頻繁(十次以上)，同時我們可以知道，當心跳變動率的值介於低心跳變動率的範圍時，其心智負荷的值會介於 4 和 5 之間；若心跳變動率在 0.13 以下時，其心智負荷值大約為 4，而若心跳變動率在 0.13 以上時，其心智負荷會有緩緩上升的趨勢。

同時在低心跳變動率時，我們可以得到以下心跳變動率對應於車輛加(減)速度的折線圖：

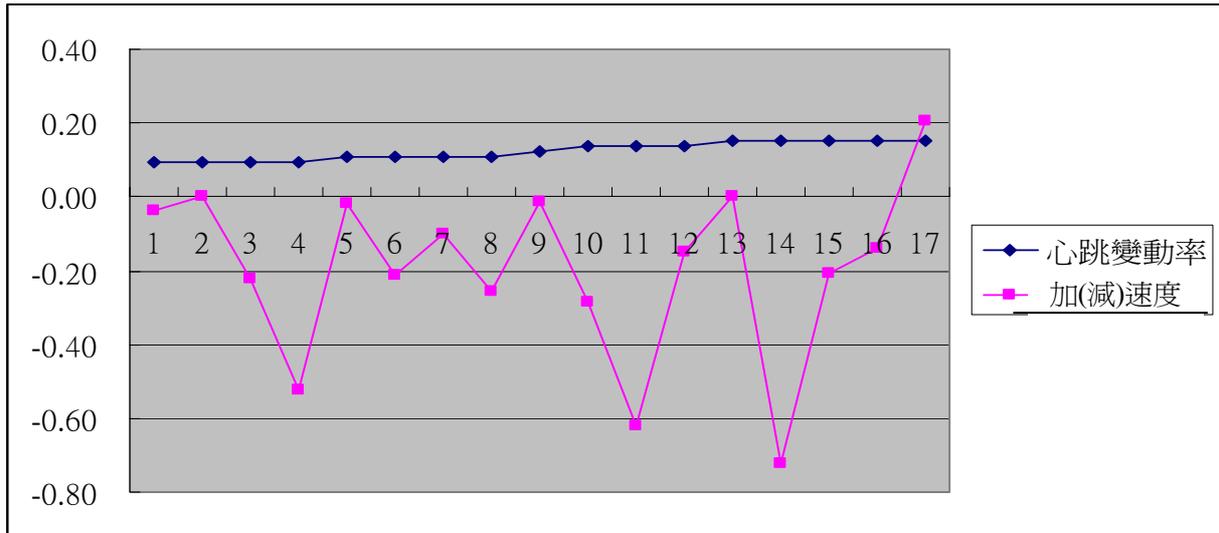


圖 5.2.3 低心跳變動率對應於汽車加(減)速度的折線圖

由以上的圖我們可以觀察出，當駕駛者的心跳變動率值處於低心跳變動率的範圍時：心跳變動率值介於 0.11 到 0.12 時，其駕駛者之加(減)速度的變化情形比較緩和；心跳變動率值介於 0.12 到 0.15 時，其加(減)速度開始劇烈變化。



(2)、中心心跳變動率分析

在本文的假設下(圖 5.2.1)，心跳變動率值介於 0.16 到 0.21 之間的為中心心跳變動率，而以下為中心心跳變動率對應於駕駛者心智負荷之關係圖(圖 5.2.4)，其中紅點代表出現次數十次以上者，黃點代表出現次數五次以下者：

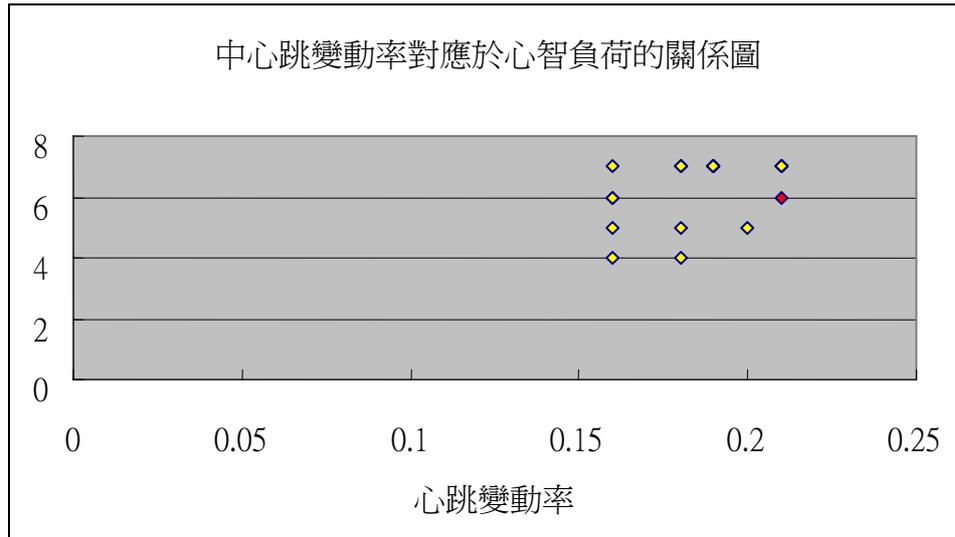


圖 5.2.4 中心跳變動率對應於心智負荷的散佈圖

由以上的圖我們可以知道，當心跳變動率的值介於中心跳變動率的範圍時，其心智負荷值分佈的相當平均，而紅色的點(心跳變動率=0.21，心智負荷值=6)出現的次數達到十二次，由此我們可以得知，當心跳變動率達到 0.2 以上時，其心智負荷值有緩緩上升的趨勢。

同時在中心跳變動率時，我們可以得到以下心跳變動率對應於車輛加(減)速度的折線圖：

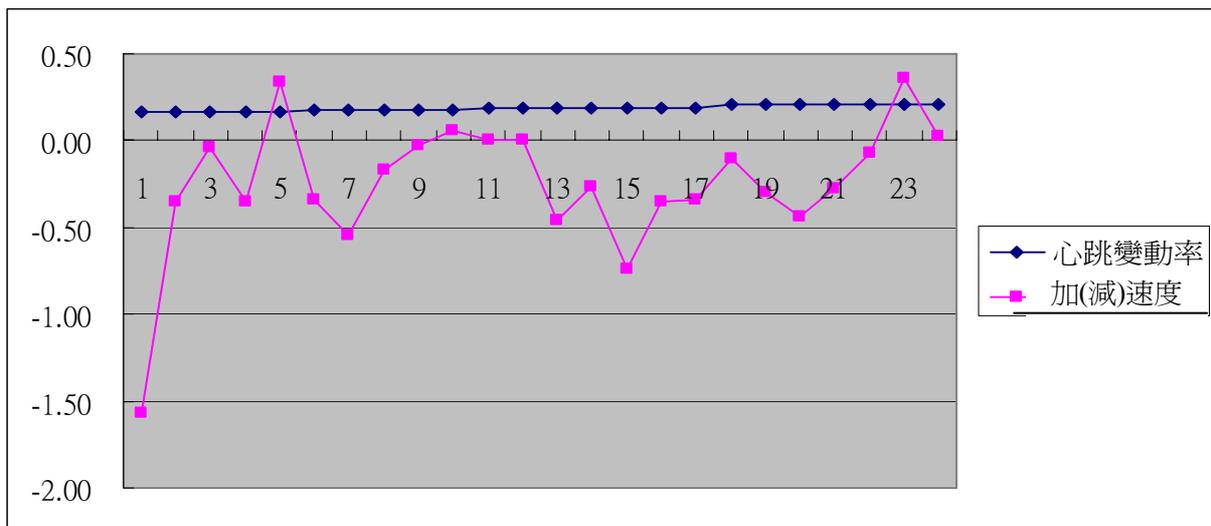


圖 5.2.5 中心跳變動率對應於車輛加(減)速度的折線圖

由以上的圖我們可以觀察出，當駕駛者的心跳變動率值處於中心跳變動率的範圍時，車輛加(減)速度的變化不明顯，變化的幅度不大，駕駛者的駕駛反應比較穩定。

(3)、高心跳變動率分析

在本文的假設下(圖 5.2.1)，心跳變動率值介於 0.22 到 0.31 之間的為高心跳變動率，而以下為高心跳變動率對應於駕駛者心智負荷之關係圖(圖 5.2.6)，其中紅點代表出現次數十次以上者，綠點代表出現次數五次以下者：

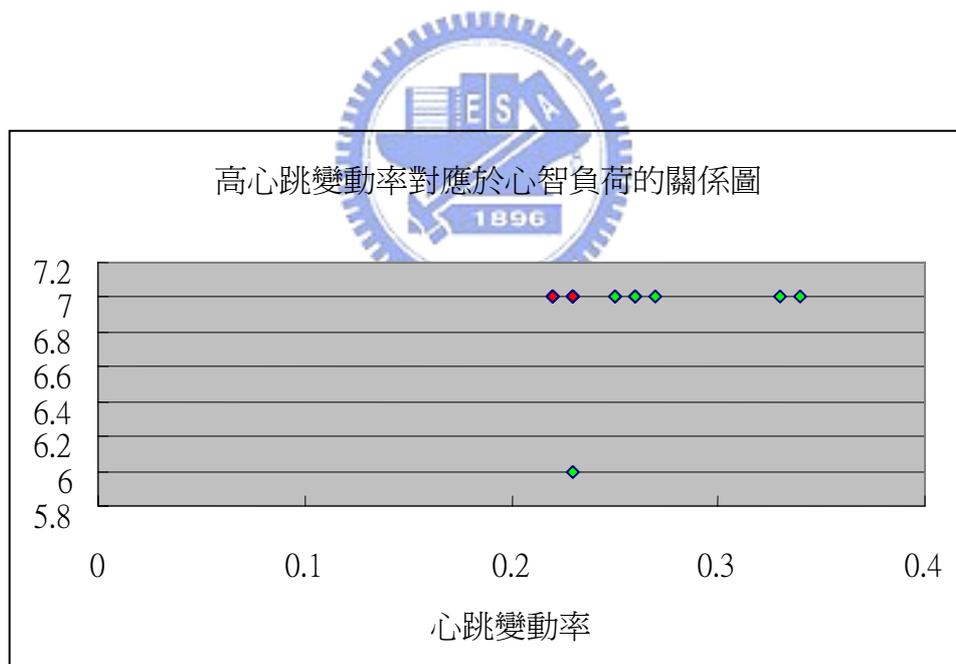


圖 5.2.6 高心跳變動率對應於心智負荷的散佈關係圖

由以上的圖可知，當心跳變動率的值介於高心跳變動率的範圍時，其心智負荷值大多為 7，特別當心跳變動率在 0.25 以上時，其心智負荷值皆為 7。

而在高心跳變動率時，我們可以得到以下心跳變動率對應於車輛加(減)速度的折線圖：

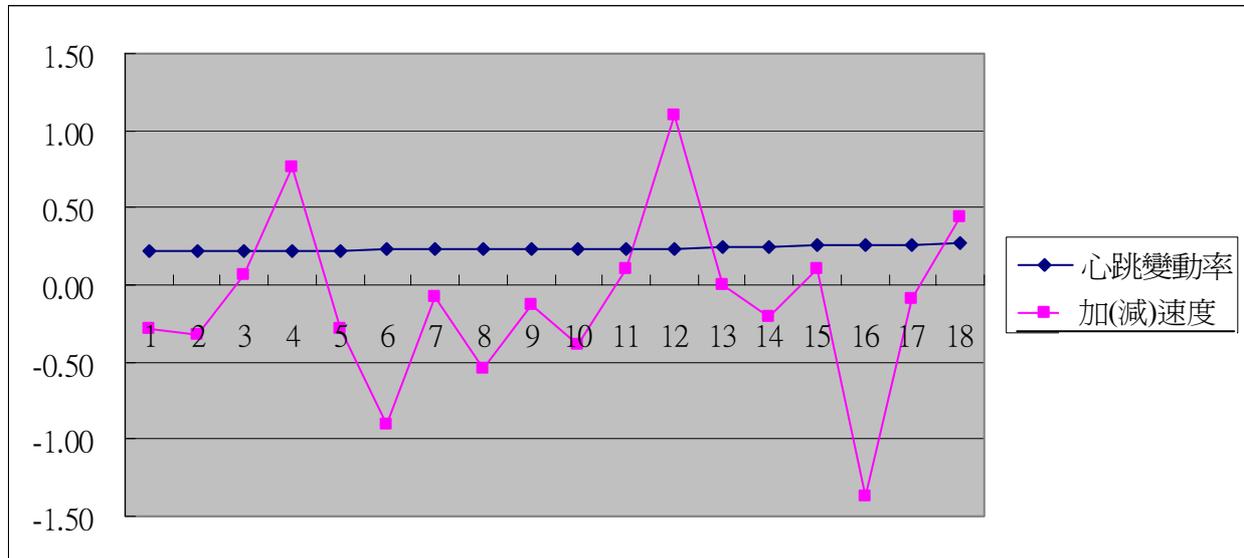


圖 5.2.7 高心跳變動率對應於車輛加(減)速度的折線圖

由以上的圖可知，當心跳變動率的值介於高心跳變動率的範圍時，當駕駛者面臨突發狀況時，駕駛者加減速的反應偏差較大，因此可以觀察到，在高心跳變動的狀況下，由於駕駛者處於高度緊張的情緒，因此駕駛者的駕駛狀況會比較不穩定。

(4)、心跳變動率總體分析

從之前的低心跳變動率分析、中心心跳變動率分析、高心跳變動率分析的討論之中，我們可以知道當心跳變動率值介於三種心跳變動率的範圍時，其心跳變動率和心智負荷及車輛加(減)速度之間的關係；而在本節中本文將會把總體的狀況作呈現以及討論，以觀察心跳變動率對於心智負荷及加(減)速度的整體影響。以下圖 5.2.8 為心跳變動率對於心智負荷的總體關係圖：

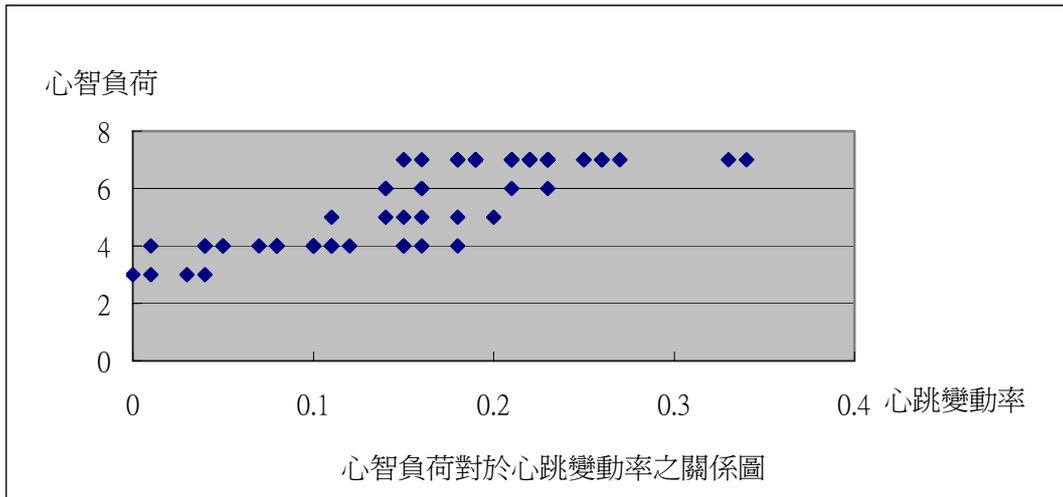


圖 5.2.8 心跳變動率對應於心智負荷的整體散佈關係圖

由以上的關係圖我們可以發現到幾點：

- 1、當駕駛者心智負荷值越高時，其心跳變動率也會逐漸上升。
- 2、將攝影調查的結果作整理計算後，總體心智負荷平均值為 5.67，而從以上的散佈關係圖可以發現點的散佈位置會符合平均值的狀況。
- 3、根據過去學者 Kalabeek(1971)、Grandjean(1985)、Green(1986)、Mulder(1988)所作出的研究中提到，當心智負荷值提高時，心跳變動率也會提高，且依據以上的關係圖可知，當進行跟車行為的時候，隨著駕駛者心智負荷值的上升心跳變動率也會提高，因此和過去的研究結果相符合。

接著再將心跳變動率對應於車輛加(減)速度的整體關係作折線圖後可得以
下圖 5.2.9

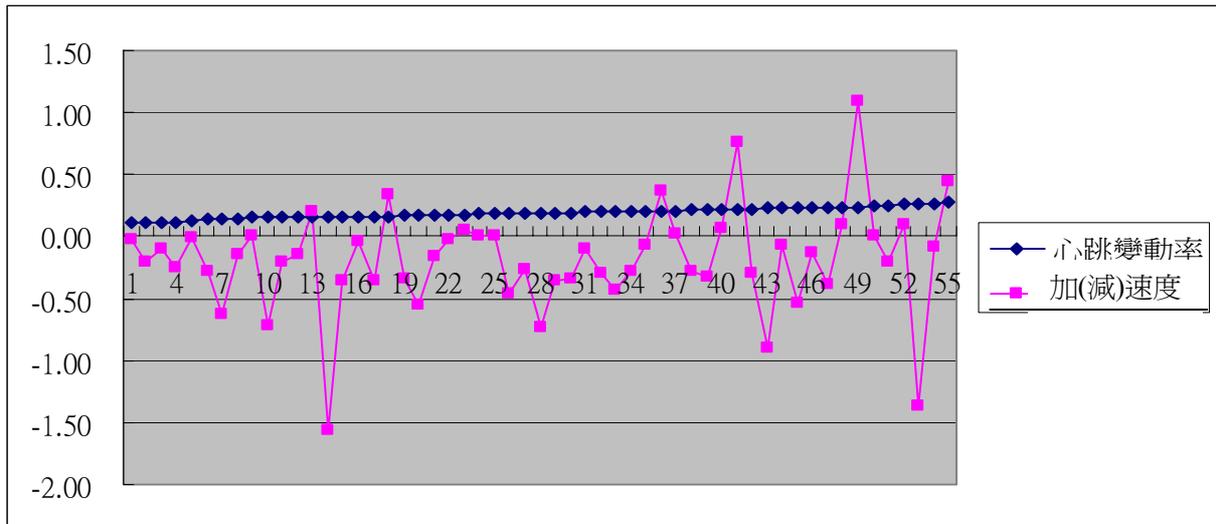


圖 5.2.9 心跳變動率對應於車輛加(減)速度的總體折線圖

由以上的折線圖我們可以得到以下幾點：

- 1、觀察圖 5.2.9 可以發現在發生突發狀況時，駕駛者的加速度幾乎都為負的，所以根據這個現象我們可以知道，當在駕駛的過程中發生突發狀況時狀況，前車多半會進行減速的反應，因此連帶影響到後方之駕駛者，跟著也會有減速的動作。
- 2、從圖中去比較駕駛者處於低心跳變動率、中心心跳變動率、高心跳變動率的狀況可以發現，當駕駛者具備低心跳變動率及中心心跳變動率時，加速度的值擺幅不大，而當駕駛者具備高心跳變動率時擺盪的比較劇烈，由此可知，若駕駛者具備低及中心心跳變動率時，他尚且能平穩駕駛，但若是駕駛者已達到高心跳變動率時，他對於突發狀況的發生心裡會有高度慌亂甚至緊張的感覺，而造成他比較無法遵循正常駕駛的反應，因此他的駕駛行為會有比較大幅度的偏差。

5.2.2 相對速度變動分析

對於相對速度的變動分析來說，此節本文將除了相對速度之外的變數之值固

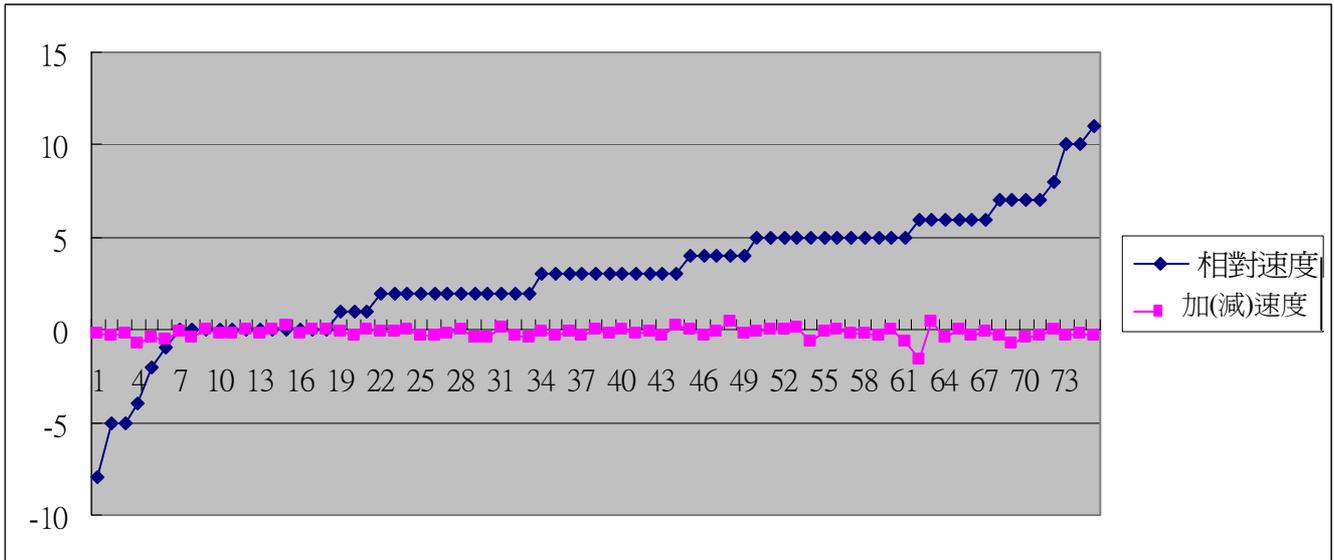


圖 5.2.11 相對速度對應於車輛加(減)速度的折線關係圖

由以上的關係圖可知，當遭遇突發狀況時，隨著車輛的瞬時相對速度的遞增，其瞬時加(減)速度的變化並不大，換句話說，此時相對速度對加(減)速度的影響不明顯，因為當前車和後車的瞬時相對速度變大或變小時，兩車之車間距的大小仍不得而知，因此對於駕駛者加減速的反應並無一定的影響。

5.2.3 平均速度變動分析

對於平均速度的變動分析來說，此節本文將除了平均速度之外的變數之值固定，觀察當平均速度變化時對駕駛者心智負荷的影響為何。以下圖 5.2.12 為平均速度對應於心智負荷的折線圖：

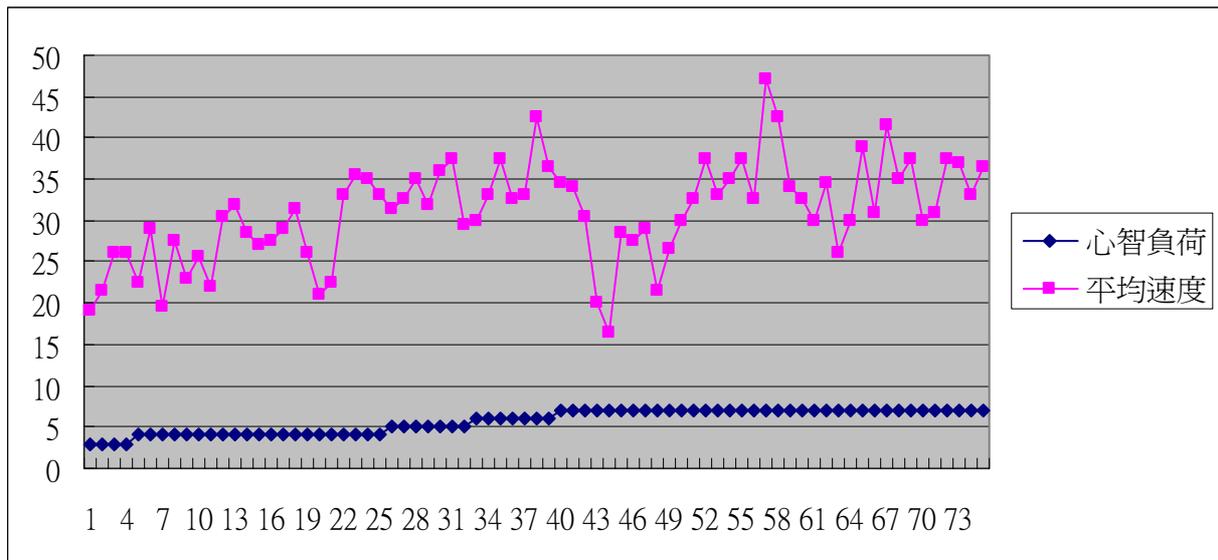


圖 5.2.12 平均速度對應於駕駛者心智負荷的折線關係圖

由以上的關係圖可以發現，當平均速度的值提升時，駕駛者的心智負荷值也會跟著提高，這個現象可以告訴我們：在跟車行為中，後車之速度多半受制於前車的車速(在動態安全間距內及 125M 的距離之外除外)，因此當前車加速時，由於在進行跟車行為，駕駛者也會有加速的動作，造成駕駛者的心智負荷上升。



5.3 模擬實驗結果比較分析

在此章節本文欲進一步的比較分析修正後之量子力學模式及大家熟之的一般跟車模式(Fuzzy logic-based models)的模擬實驗資料，因此，先將量子力學模式的模擬實驗結果整理如下：

表 5.3.1 量子力學模式模擬實驗結果

樣本數	車速平均值 (km/hr)	標準差	最大速度 (km/hr)	最小速度 (km/hr)	最大加速度 (m/s ²)	最大減速度 (m/s ²)
150	30.9	5.94	47	16.5	0.4524	0.7305

Gazis, Herman and Rothery (1961)提出了Gazis-Herman-Rothery (GHR)

model。GHR模式的架構如下：

$$a_n(t) = c v_n^m(t) \left[\frac{\Delta V(t-T)}{\Delta x^l(t-T)} \right]$$

其中， $a_n(t)$ 代表在 t 時間時， n 車輛的加速度

Δx 代表相對車間距

ΔV 代表相對速度

T 代表駕駛者的反應時間

C 、 l 、 m 代表需決定的常數值

而之後Chandler et al. (1958)、Herman and Potts (1959)、Hoefs(1972)、Treiterer and Myers(1974)、Ozaki(1993)將GHR模式做模擬實驗得到的結果如下：

表5.3.2 GHR可靠模式參數估計

Source	m	l
Chandler et al. (1958)	0	0
Herman and Potts (1959)	0	1
Hoefs (1972) (dcn no brk/dcn brk/acn)	1.5/0.2/0.6	0.9/0.9/3.2
Treiterer and Myers (1974) (dcn/acn)	0.7/0.2	2.5/1.6
Ozaki (1993) (dcn/acn)	0.9/-0.2	1/0.2

Key: : dcn/acn: deceleration/acceleration; brk/no brk: deceleration with and without the use of brakes.

在1992年時，Kikuchi & Chakroborty使用了部分GHR的變數構建了Fuzzy logic-based models，而模擬實驗結果如下：

	初速度(km/hr)	加速度(m/s ²)	時間(t)
First case	13.3	-2.4	2
Secoand case	15.8	-3.6	1

從模擬結果可以得知，GHR 的模式在具有不同加速度及末速度時，會造成車間距的不同；而量子力學模式之車速跟車間距彼此之間會有相關的現象，詳情可見參考文獻[27]。

本節由於資料以及時間限制的因素之下，在此本文只能對修正後的量子力學模式及 GHR 之相關模式的模擬實驗結果做初步的比較與分析，因此比較分析的內容尚且不夠完整詳盡，建議後續研究者可以再做更進一步的探討。



第六章、結論與建議

6.1 結論

駕駛者心智負荷的程度，往往會對駕駛者作出的駕駛行為有所影響，當駕駛者遭遇狀況時若其心智負荷大，代表他比較保守、心理容易緊張、不敢冒險，心智負荷小時則代表駕駛者較具冒險心，情緒的變化較小。因此本文收集了過去影響駕駛者心智負荷的相關因素，搭配自身攝影調查的動態資料，構建出動態的心智負荷多元迴歸模式。因此藉由此模式，搭配手上現有的資料(駕駛平均速度、駕駛心跳變動率、相對速度)，就可以預測出駕駛者的動態心智負荷值為多少，而之後或許可以利用這些資料，對交通安全的控制貢獻一份心力。

在過去的跟車理論文獻中只將對象鎖定為前車，因此本文在之後利用了駕駛者的心智負荷，搭配 SHEU(2006)所提出的量子力學相關文獻之 PHASE(2)模式，將對象增加成前車和旁車，以實際攝影調查的資料，觀察駕駛者的行為。根據本文調查分析的結果，駕駛者的心跳變動率，確實是會隨著駕駛者心智負荷值的增加，而有逐漸上升的趨勢，這個跟車行為研究結果，和過去學者 Kalabeek(1971)、Grandjean(1985)、Green(1986)、Mulder(1988) 提出的研究結果相符合，證明跟車理論也可以沿用這個研究的結果；針對駕駛車輛的加速度來說，當駕駛者具備低心跳變動率及中心心跳變動率時，加速度的值擺幅不大，而當駕駛者具備高心跳變動率時擺盪的比較劇烈，由此可知，若駕駛者具備低及中心心跳變動率時，他尚且能平穩駕駛，但若是駕駛者已達到高心跳變動率時，他對於突發狀況的發生心裡會有高度慌亂甚至緊張的感覺，而造成他比較無法遵循正常駕駛的反應，因此他的駕駛行為會有比較大幅度的偏差。調查分析的結果，駕駛的心智負荷值，亦會隨著駕駛平均速度的增加而增加，因為在跟車行為中，後車之速度多半受制於前車的速度(在動態安全間距內及 125M 的距離之外除外)，因此當前車加速時，由於在進行跟車行為，駕駛者也會有加速的動作，造成駕駛者的心智負荷上升。調查分析的結果，針對相對速度來討論，此時之相對速度指的是前車和後車的速度差，當相對速度大的時候，代表此時前車所給予後車的心理壓力較小，因此駕駛者的心智負荷值會較小；反之，當相對速度小的時候，前車所施加給後車的壓力較大，因此後車駕駛者的心智負荷較高；針對加速度來說，當遭遇突發狀況時，

隨著車輛的瞬時相對速度的遞增，其瞬時加速度的變化並不大，換句話說，此時相對速度對加速度的影響不明顯，因為當前車和後車的瞬時相對速度變大或變小時，兩車之車間距的大小仍不得而知，因此對於駕駛者加減速的反應並無一定的影響。



6.2 建議

1. 本文中攝影調查資料的地點為市區中的一個路段，因此若在高速公路、快速道路甚至其他型態的道路做研究的話，也許結果會不盡相同，建議後續研究者可以針對這個部分繼續進行研究的工作。
2. 本文中的駕駛性模擬問卷之受訪對象限制為必須具備一年以上的駕駛經驗、不分性別者，因此將來的研究者可以針對自己所需要調查對象的滿足條件去設計問卷，蒐集自身所需的相關資料，同時也對資料繼續進行研究。
3. 對於心理上的測量儀器來說，如果可以克服設備的成本限制的話，就可以得到更多且更精密的心理研究資料，而這些資料可能可以用來代表其他影響心智負荷的變數，進而使心智負荷值的預測更為精確。
4. 對於影響心智負荷的因素來說，本文探討的因素有以下五個：駕駛平均速度、駕駛載客數、安全績效、心跳變動率及相對速度，仍有因素尚未納入討論，例如駕駛當天的天候狀況、駕駛的疲勞度等等...，建議後續研究者也可針對這些研究課題繼續進行研究。
5. 在本次攝影調查的過中，駕駛者與前車均未變化車道，因此並未探討當前車或駕駛者變換車道時對駕駛員之心智負荷值的影響，故建議接下來的研究者可以繼續就變換車道這方面來做研究。
6. 在模擬實驗的分析比較方面，由於本文運用量子力學模式搭配駕駛者心智負荷的模式，過去並無此相關研究，且此模式和以往之一般跟車模式的基本假設不盡相同，因此本文尚無法完整的做比較分析的工作，故建議後續研究者可以找出和本文基本假設相近者進行比較分析。

參考文獻

- [1] Sheu, Jih-Biing, "A Quantum Mechanics-based Approach to Model Incident-Induced Dynamic Driver Maneuvers", paper submitted to Physica D, 2006.
- [2] Sheu, Jih-Biing; Chou, Yi-Hwa; Shen, Liang-Jen, "A stochastic estimation approach to real-time prediction of incident effects on freeway traffic traffic congestion", Transportation Research Part B, 2001.
- [3] 許鉅秉, 應用先進式微觀車流模擬器-PARAMICS 建構台灣地區智慧型運輸模擬系統之可行性研究.交通部運輸研究所, 民國 87 年
- [4] Goolsby M.E. and Smith W.(1971),"Incident characteristics, frequency, and duration on a high volume urban freeway, "Transportation Research, 23A, pp.387-396
- [5] Russel L.M. and M.L. Harold, "Simulation of Traffic Flow to Obtain Volume Warrants for Intersection Control, "HRR15, pp.1-43,1963
- [6] Chakroborty P. and S. Kikuchi, "Evaluation of the General Motors Based Car-Following Models and a Proposed Fuzzy Inference Model, "Transportation Research C, vol.7no.4.pp209-235.1999
- [7] Kikuchi S. and P. Chakroborty, "Car-Following Model Based on Fuzzy Inference System, "Transportation Research Record 1365, pp.82-91, 1992
- [8] 藍武王.王日昌.江勁毅,模糊控制跟車模式之探討,運輸,25 期,pp.43-55,民國 83 年 9 月
- [9] 傅耀南,魏健宏,模糊類神經網路應用於跟車模式之研究.八十四年電子計算機於土木水利工程應用論文研討會論文集,pp.859-869,民國 84 年 10 月
- [10] Hoefs,D.H. ,"Undersuchung des Fahrverhaltens in FahrzeugKolonnen", Forschungsberichte des Institute fur Verkehrswesen, Heft 140,Universitate

Karlsruhe,1972

[11] May A.D. , “Traffic Flow Fundamentals”, Prentice-Hall, 1990

[12] Washington D.C. ,”Traffic Flow Theory-A State of the Art Report”,
Transportation Research Board.1997

[13] 李梁堅,建立微觀車流模擬模式以發展交通適應性號誌控制邏輯之研究,成大
大交管博士論文,民國 81 年 6 月

[14] 李月仙,微觀車流模擬模式語適應性交通控制策略之整合研究,成大交管所
碩士論文,民國 77 年 6 月

[15] 陳俊鴻,以視覺模擬方式研究機車駕駛人於路段中之駕駛行為,台大土木
工程學研究所碩士論文,民國 92 年 6 月

[16] Robert G.V. Baker,“On the quantum mechanics of optic flow and its application
to driving in uncertain environment.”, Transportation research park F ,1999

[17] 張鈞華,模擬一般市區道路事故發生之微觀車流行為,台大土木工程學研
究所碩士論文,民國 90 年 6 月

[18] Wilson,G.F.,&Eggemier,F.T.(1991).Phsiological measures of workload in
multi-task environments.In D.Damos(Ed.),Multiple task performance
(pp.329-360).London :Taylor & Francis.

[19] Wierwille,W.W.,&Eggemier,F.T.(1993).Recommendations for mental workload
Measurement in a test and evaluation environment.*Human
Factors*,Vol.35(2),263-281.

[20] Wickens.C.D.,&Hollands,J.G.(2000).Engineering Psychology And Human
Performance.3rd edition.

[21] Veltman.J.A.&Gaillard,A. W.K.(1996).Physiological indicates of workload in a

simulated flight task. *Biological Psychological* 42.323-342.

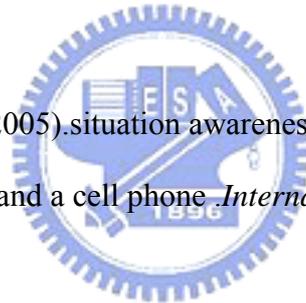
[22] Richter, P., Wagner, T., Heger, R., and Weise, G., (1998). Psychophysiological analysis of mental load during driving on rural roads-A quasi-experimental field study Volume:35, Issue:1, pp.24.

[23] Collet, C., Petit, C., Champely s., & Dittmar, A. (2003). Assessing workload through Physiological measurements in bus drivers using an automated. *Human Factors*, Vol.45, No.4, 539-548.

[24] De Waard, D. (1996). The measurement of drivers' mental workload. Ph.D. Thesis, University of Groningen. Haren, The Netherlands: University of Groningen, Traffic Research Center. [<http://home.zonner.nl/waard2>]94/10/08.

[25] Hancock, P.A. (1989). A dynamic model of stress and sustained attention. *Human Factor* 31(5), 519-537.

[26] Ma, R. and Kaber, D.B. (2005). Situation awareness and workload in driving while Using adaptive cruise control and a cell phone. *International Journal of Industrial Ergonomics* 35, 939-953.



[27] 邱明鋒，高速公路事故發生時非事故車道上駕駛人感受與駕駛行為之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 94 年 6 月

[28] 黃兆鉞，高齡社會都市大眾運輸課題與改善策略之研究-以大台北都會區為例，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 94 年 6 月

[29] 陳木炯，台灣醫師心智負荷量表之發展與建立，中國醫藥學院醫務管理研究所碩士論文，民國 92 年

[30] 陳虹尹，個人學習風格與心智負荷相關性之初探研究-以電子化學習為例，佛光人文社會學院管理研究所碩士論文，民國95年

[31] 林品君，駕駛者心智負荷之動態評估，清華大學工業工程管理學系碩士論

文，民國95年

[32] Dietrich Manzey.Vorlesung(2006) Arbeits-und Organisationspsychologie 1(15)



在突發狀況之下心智負荷評估值的研究

各位先生/女士們大家好

這是一份學術性的駕駛性模擬問卷，主要目的是想了解當您在駕駛的過程中，遭遇到下列突發狀況時心智負荷的強度。強度值總共有 1 到 9 的評核點，數值越小代表壓力、緊張程度越輕；數值越大則代表心智負荷壓力越沉重。

→ 駕駛者心智負荷的涵義為：當一駕駛者為了達到某一特定程度的績效，所要付出的心力程度。

當在駕駛的過程中，遭遇到此突發狀況需要花費多少心力去做出決策、注意視野、思考等等行為，以應對當時的情形？以下為在各評核點時，所面臨的精神狀況：



不費心力								很費心力
1	2	3	4	5	6	7	8	9
心情平靜，無任何壓力。				心智付出壓力程度中等。				處理事情感到不知所措，失去應變能力，心裡非常緊張。

以下為駕駛模擬問卷之內容，而駕駛的基本假設為駕駛者對前車進行跟車行為(前車定義為駕駛者前方而和其距離最接近之車輛)：

P.S 若同時出現兩種狀況時，以本車道為主：

- 1、在駕駛的過程中，同車道的前車突然加速.....()
- 2、在駕駛的過程中，同車道的前車突然煞車.....()
- 3、在駕駛的過程中，異車道的前車突然加速.....()
- 4、在駕駛的過程中，異車道的前車突然煞車.....()
- 5、在駕駛的過程中，同車道的前車欲在下一路口左右轉彎.....()
- 6、在駕駛的過程中，異車道的前車欲在下一路口左右轉彎(對同車道無影響)...()
- 7、在駕駛的過程中，異車道的前車欲在下一路口左右轉彎(對同車道有影響)...()
- 8、在駕駛的過程中，前方的黃燈突然亮起.....()
- 9、在駕駛的過程中，同車道的前車突然轉向異車道.....()
- 10、在駕駛的過程中，異車道的前車突然轉到駕駛者的前方.....()
- 11、在駕駛的過程中，遭遇塞車情形.....()

本駕駛模擬問卷採取不記名的方式，請您放心的作答，而您所提供的寶貴意見，將是本研究進行的重要參考根據，感謝您不辭辛勞的協助，並祝您身體健康、心想事成。

國立交通大學交通運輸研究所

指導教授：許鉅秉老師

研究生：鍾爵旭