

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

學生：邱明鋒

指導教授：許鉅秉 教授

國立交通大學交通運輸（研究所）碩士班

摘要

事故發生常常造成車流非週期性的擁塞，此擁塞的原因除了事故車道阻塞，亦跟非事故車道上駕駛人的行為息息相關，但目前的文獻常常把事故影響區內非事故車道上的跟車行為視為一般正常情況的跟車，所以本文嘗試從駕駛者內心的觀點來解釋非事故車道上駕駛的跟車行為，並利用心理動量值描述駕駛者對週遭環境的感受，建構三個適用在高速公路事故發生時非事故車道上駕駛人駕駛跟車模式，1. 進入事故影響區的起始刺激、2. 未見事故時的跟車行為、3. 可見事故時的駕駛行為，並對建構出的模式進行參數校估與模擬，模擬結果發現，1. 當 Phase 1 心理動量門檻值為 0.6 時，即使沒有間距的限制，前後車亦不會相撞或造成過度剎車的情況。2. 模式確實可解釋駕駛者的專注或分心，且其對整體車流速度有明顯的影響。3. Phase 3 確實可用來描述駕駛者通過事故時所發生膠頸行為的現象，因為膠頸行為，使得速度變的較為緩慢。4. 研究結果發現，此模式模擬下的駕駛者速度與車間距呈線性關係。

關鍵字：跟車行為；心理動量；膠頸行為

The Investigation between Driver's Feeling and Behavior of Incident-induced Lane Traffic Maneuver while approaching to a Freeway Incident

student : Min-Feng Chiu

Advisors : Dr. Jiuh-Biing Sheu

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract

When car accidents occur, traffic often becomes quite congested around the site of the accident with many irregular driving patterns arising. In addition to the congestion on the lane where the accident occurs, the behavior of the drivers on the free flowing lane is closely linked to the slow speed of the through traffic.

In this thesis the behavior of the drivers in the lanes other than the one in which the accident occurred will be analyzed through the drivers' psychological status. In addition, this thesis will use a psychophysical momentum value to describe the drivers' feeling toward the changed surroundings in order to develop these three car following models. These models can then be applied when car accidents happen on the superhighway. In plain form these models are: 1. The initial stimulus when entering the area where car accident has occurred. 2. The car drivers' behaviors when they do not see the accident. 3. Drivers' behavior when they can see the accident.

Afterwards, this thesis will collate and simulate parameters of those models. The simulated results are as follows: 1. when the threshold value of psychophysical momentum of the phase 1 is 0.6, even without the limited headway, the previous car and the following car won't collide with each other nor brake overly hard. 2. The model explains drivers' attention or distraction and the ways in which this would affect the speed of the flowing traffic. 3. Phase 3 explains the phenomenon of rubbernecking behavior, with which the traffic speed slows down. 4. The evidence from these models concludes that the drivers' speed and headway are linear relationship with the simulation of this model.

Keywords: Car following; Psychophysical momentum; rubbernecking behavior

誌 謝

論文進行到這裡，我想碩士生涯也告一段落了，兩年的時間，學到了獨立自主與思考，了解如何尋找問題，遇到問題如何解決，最後更完成了人生當中第一本創作。我想在這碩士生涯裡最想要感謝的就是我的指導老師許鉅秉老師，數學是我的背景，來到交通領域是想把之前學習的邏輯概念理論應用在交通方面，感謝老師讓我自由發揮自己的才能，並大力協助，在論文撰寫過程當中，常常碰到許多瓶頸，但見老師充滿創意與合乎邏輯的解決方式，常讓學生佩服不已，也因此學習到相當多，感謝老師。接著要感謝的便是口試委員陳惠國老師與張美香老師，感謝老師們細心閱讀我的論文，並給予我相當多的指導，雖然說是口試，但我卻感覺上了一堂充實的課程，了解到從不一樣的觀點看同樣的一個東西，跟自己的認知會差距多大，這之間的差距，就是我所學習到的，所以要謝謝兩位老師。最後還要感謝黃台生老師、藍武王老師、馮正民老師、黃承傳老師、汪進財老師、以及徐淵靜老師，每位老師都各有理想，各有堅持，這些人生態度從各老師的課堂上都可以窺知一二，提供我們這些將入社會學子們良好的典範，所以也很感謝這些老師，讓我受益良多。

接著要感謝所辦親切又漂亮的洪小姐和柳小姐，你們親切的態度是我們進步的原動力，還要感謝圖書館陳姐和鄒姐，計中揚姐和鄭姐，感謝你們在我忙論文的期間幫我負擔我的工作量，也感謝你們無比的包容心，讓我有不斷嘗試與犯錯的空間，學習到很多，感謝你們。

當然，剛進北交的時候，承蒙智詠學長照顧，上課供筆記，論文供經驗，沒水洗澡供水，跟孟慧要長長久久喔。另外還要感謝永祥學長，給我許多打工機會，讓我學習到積極負責的工作態度，無聊的時候還提供聊天打屁服務，心情不好還有垃圾筒功能，真是太感謝了，希望你的博士生涯能夠順順利利。還有跟我同一組的學弟妹們，靜宜、大冠、笛箏、webber、和爵旭，感謝你們的大力幫忙，我的論文才得以順利完成。另外要感謝我的同班同學，感謝你們與我共同度過這碩士生涯。當然還有薈雅、沒格在我失落的時候安慰我，小馬和小森的電話關心，還有我許許多多的朋友們，謝謝你們。

最後要特別感謝的就是我的父母，他們關心、照顧、以及栽培我，讓我生活不虞匱乏，能夠專心一意在自己的學業上，能有今天的成就，我的父母功不可沒。還有我姐姐，與我一起分享心事，我哥哥還有我的大嫂，每逢佳節總能收到你們祝福的簡訊與電話，還有那隻貓，在我不在家的時候總能替我溫床。

最後，僅將此論文獻予我最敬愛的父母親、老師、我的家人及我親愛的朋友們、還有所有曾經幫助過我的人，感謝大家。

明鋒 謹誌

2006 · 仲夏 · 北門郵局三級古蹟

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄	vi
表目錄	vii
第一章、緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究方法	2
1.4 研究範圍	2
1.5 研究步驟	3
第二章、相關文獻回顧	5
2.1 車流理論	5
2.1.1 四大限制跟車模式	5
2.1.2 刺激反應方程式	8
2.1.3 行爲門檻模式	10
2.1.4 二維座標車流模擬模式	14
2.1.5 跟車模式小結	18
2.2 膠頸行爲[14]	19
2.2.1 膠頸行爲	19
2.2.2 膠頸行爲發生原因及現象	19
2.2.3 膠頸行爲對交通管理之影響	20
2.3 駕駛人視覺特性與視覺行爲	22
2.3.1 視覺特性	22
2.3.2 駕駛人視覺行爲	23
第三章、模式建構	28
3.1 模式構想	28
3.2 Phase 1：驚覺交通狀況突然改變	30
3.3 Phase 2：隨著車流進行跟車行爲	32
3.4 Phase 3：可見事故時的駕駛行爲	34
第四章、參數校估	38
4.1 需校估之參數	38
4.2 校估方法	38
4.3 校估結果	41
4.3.1 PHASE 1 校估結果	41

4.3.2 PHASE 2 校估結果	41
4.3.3 PHASE 3 校估結果	42
第五章、撰寫程式並對模擬結果進行分析	46
5.1 模擬模式架構	46
5.1.1 發車	46
5.1.2 事故車道	46
5.1.3 非事故車道	55
5.2 事故模擬模式之分析	59
5.2.1 模式輸入資料	59
5.2.2 模式輸出資料	61
5.2.3 模擬結果分析	62
第六章、結論與建議	82
6.1 結論	82
6.2 建議	83
參考文獻	84



圖 目 錄

圖 1.1 研究流程圖	4
圖 2.1 同一車道前後車之相對運動過程示意圖	11
圖 2.2 行為門檻關係圖	12
圖 2.3 車輛斜進縱向限制	17
圖 2.4 膠頸行為流程圖	20
圖 2.5 波的疊加及波長與縱深關係圖[4]	26
圖 3.1 模式構想流程圖	29
圖 3.2 動態安全間距示意圖	34
圖 4.1 駕駛人警覺性	39
圖 4.2 駕駛者視野分布圖	41
圖 5.1 一般跟車行爲之反應區間	46
圖 5.2 事故剎車行爲示意圖	49
圖 5.3 駕駛者視野最大範圍	51
圖 5.4 變換車道示意圖	53
圖 5.5 一開始便在非事故車道上車輛跟車流程圖	57
圖 5.6 變換車道過來車輛跟車流程圖	58
圖 5.7 正常情況高流量時空圖	64
圖 5.8 正常情況中流量時空圖	64
圖 5.9 正常情況低流量時空圖	64
圖 5.10 正常情況高流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較	66
圖 5.11 正常情況中流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較	66
圖 5.12 正常情況低流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較	66
圖 5.13 高流量，注意力只針對前車之模擬時空圖	70
圖 5.14 中流量，注意力只針對前車之模擬時空圖	70
圖 5.15 低流量，注意力只針對前車之模擬時空圖	70
圖 5.16 注意力針對前車高流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較	71
圖 5.17 注意力針對前車中流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較	71
圖 5.18 注意力針對前車低流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較	71
圖 5.19 高流量，僅有 Phase 3 情況發生時空圖	77
圖 5.20 中流量，僅有 Phase 3 情況發生時空圖	77
圖 5.21 高流量，僅有 Phase 3 情況發生 Phase 3 狀態每秒平均速度圖	78
圖 5.22 中流量，僅有 Phase 3 情況發生 Phase 3 狀態每秒平均速度圖	78

表目錄

表 2.1 各跟車模式整理	18
表 4.1 需校估參數	38
表 4.2 模式二分析結果	42
表 4.3 模式三分析結果	43
表 4.4 參數值綜合整理	44
表 5.1 變換車道因素	49
表 5.2 決定駕駛者視野縱深及寬度的期望值和標準差	55
表 5.3 車輛尺寸資料表	59
表 5.4 小客車之速率與加減速率關係表	59
表 5.5 道路幾何	60
表 5.6 事故車道上駕駛人係數一覽表	60
表 5.7 模式輸出資料	61
表 5.8 正常情況高流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)比較	65
表 5.9 正常情況中流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)檢定	65
表 5.10 正常情況低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)檢定	66
表 5.11 正常情況高中低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)是否顯著差異結果	66
表 5.12 注意力針對前車高流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)檢定	70
表 5.13 注意力針對前車中流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)檢定	70
表 5.14 注意力針對前車低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)檢定	70
表 5.15 注意力針對前車高中低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)是否顯著差異結果	71
表 5.16 高流量正常情況和注意力針對前車 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度檢定	72
表 5.17 中流量正常情況和注意力針對前車 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度檢定	72
表 5.18 低流量正常情況和注意力針對前車 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度檢定	72
表 5.19 一般情況與注意力針對前車高中低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度是否顯著差異結果	73
表 5.20 一般情況 Phase 2 各流量速度與車間距迴歸分析	74
表 5.21 一般情況 Phase 3 各流量速度與車間距迴歸分析	75
表 5.22 注意力針對前車 Phase 2 各流量速度與車間距迴歸分析	75
表 5.23 注意力針對前車 Phase 3 各流量速度與車間距迴歸分析	76

第一章、緒論

1.1 研究背景與動機

事故發生常常造成車流非週期性的擁塞，此擁塞的原因除了事故車道阻塞，亦跟非事故車道上駕駛人的行為息息相關，駕駛人在接近事故發生地點時，因為周圍車流突然發生變化，使得駕駛人提高警覺，把車速放慢以利觀察，接著進入事故影響區域內，會因事故車道高比率的變換車道情形而更小心翼翼駕駛車輛，甚至還因為好奇心作祟而把車速降低觀察事故以求滿足好奇心，以上三種行為都是事故發生時，非事故車道上駕駛人可能產生的行為。

但一般學術或是政府交通單位對於事故發生時所仰賴的車流模擬器如 PARAMICS 和 INTEGRATION [18]卻把非事故車道上的車輛行為視為一般正常情況的跟車，另外張鈞華提出「模擬一般市區道路事故發生之微觀車流行為」[16]，雖對事故車道的跟車行為重新建構，卻還是把非事故車道跟車行為視為一般正常情況跟車行為，依此論點，我們假設在單向三車道的高速公路上，當有事故發生在同一行車方向之路肩時，三個車道皆未被阻擋到，理論上，道路容量與正常時相比應該不會改變，但根據 Goolsby 和 Smith [11]的研究，這樣的情況下，道路容量將減少 33%，亦即以現有模擬器模擬出來的結果會跟實際狀況相差甚多，即便如此，探討非事故車道上駕駛人行為的文獻卻相當的有限。

故本研究將針對事故發生後，非事故車道上車輛進入事故影響區時的駕駛行為進行探討與模擬，以求將來發展的車流模擬器分析事故發生時的車流行為能更為貼近現實，讓學術單位或交通決策單位能依此作為擬定交通管理策略的依據。

1.2 研究目的

本研究的主要目的有下列數項：

1. 探討非事故車道上車輛通過事故影響區時駕駛人感受與駕駛行為之關係。

事故發生後，當非事故車道駕駛人要到達事故影響區時，因為視覺感知周遭車流發生變化而使駕駛人進行減速，另外在通過事故影響區時，亦會有行車安全壓力及好奇反應產生，如何將這些駕駛行為建構出來，是本研究的主要目的。

2. 將建構出來的模式寫成車流模擬器。

與實際情況的車流密度及速度作驗證，再與 PARAMICS 相同情況做時空圖比對，另外考慮幾種情境以驗證模式的正確性與實用性。

3. 經由模擬測試確認模式的實用性後，將本研究的事故車流模擬模式，提供學術界參考與後續研究，作為政府主管機關擬定交通管理策略之依據。

1.3 研究方法

本論文研究方法乃採用心理動量來描述駕駛人的視覺感受，將駕駛者視覺內所感受到的所有車輛個別動量再乘上駕駛人可能注意每一車輛的個別權重值，所得的值加總便是駕駛人內心所感受到的心理動量，藉由這心理動量駕駛人得以調整其加減速以平復內心的感受，而在可見事故時，除利用心理動量外，另外採用心理動能描述駕駛者膠頸行為與受變換車道車輛影響的情況。

接下來利用 PARAMICS 駕駛模擬器功能校估模式參數，並將模式與模擬環境撰寫成程式，最後對模擬結果進行分析。

1.4 研究範圍

本論文研究範圍界定在高速公路兩車道環境上，車輛全由小客車所組成，事故發生在其中一個車道，駕駛者從非事故車道趨近事故影響區，且本論文暫不研究三個課題，第一，駕駛者變換車道的行為、第二，駕駛者視野內車輛彼此變換車道的交叉車流對駕駛者產生的影響、第三，發生二次事故。

1.5 研究步驟

本研究之研究步驟如下所示：

1. 確定研究目的與範圍

本研究的目的如前所示，而事故發生及事故影響區範圍則界定在二線道高速公路，沒有匝道支出及併入的路段，而且必須先確定有事故發生，使得車道上有所阻塞，一般週期性擁塞則不在此範圍，且車道有阻塞，則無法通行。相關內容如本論文第一章所述。

2. 文獻回顧

回顧關於跟車理論，膠頸行為，和視覺衝擊對駕駛人心理與行為有何影響方面的文獻，如第二章所述。

3. 模式構建

建構視覺衝擊與行為反應及膠頸跟車行為，以反應駕駛人在進入事故影響區與通過時的行為，如第三章所述。



4. 參數校估

利用 PARAMICS 內駕駛模擬功能來做模式參數的校估，請詳閱第四章。

5. 撰寫程式並對模擬結果進行分析

將模擬之環境與模式撰寫成程式，且對模擬結果進行分析，以驗證模式的實用性，請參考第五章。

6. 結論與建議

整理研究心得，並提出具體的結論與後續研究之建議，如第六章所述。

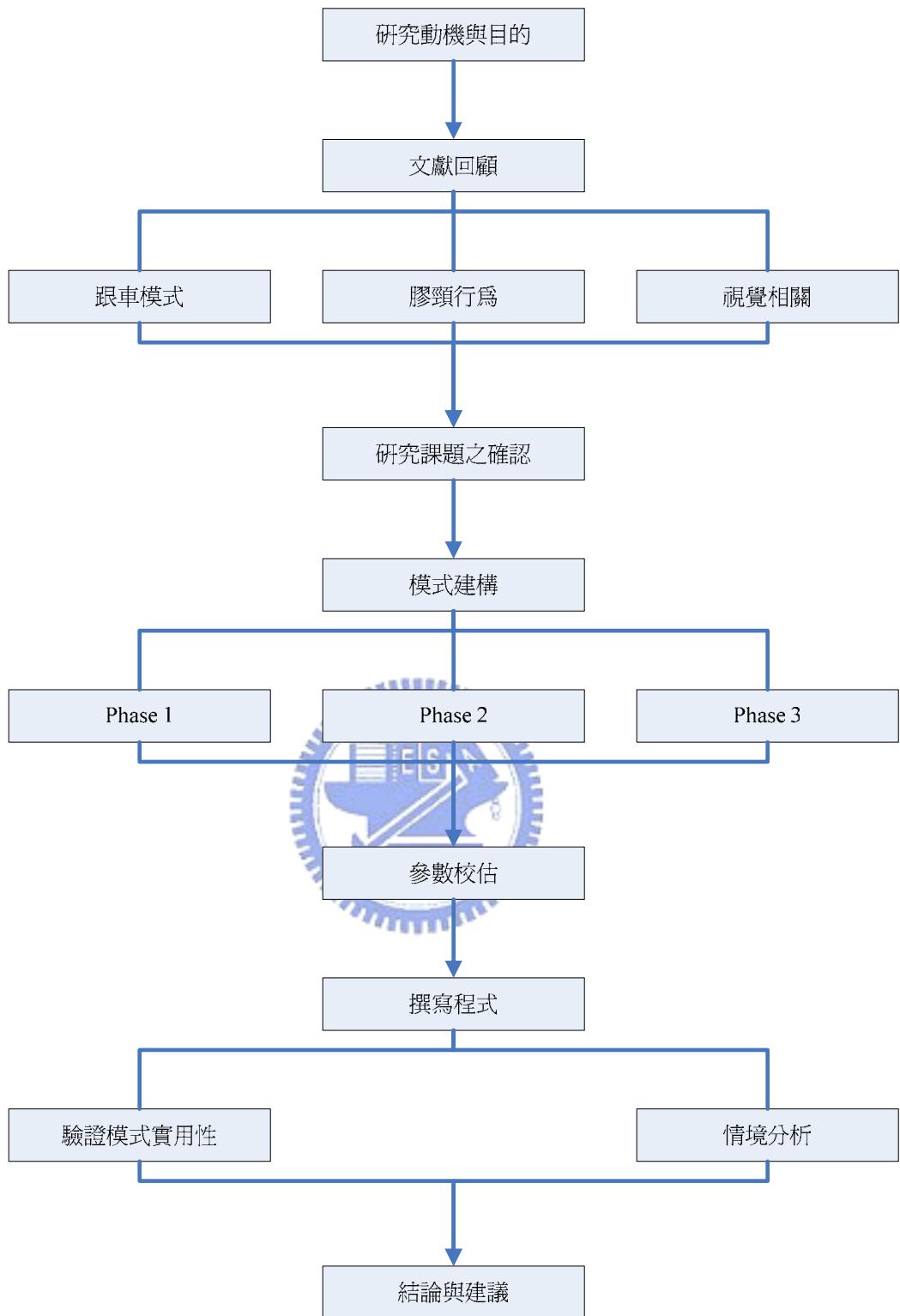


圖 1.1 研究流程圖

第二章、相關文獻回顧

2.1 車流理論

跟車模式

跟車模式主要是描述後方車輛駕駛者藉由加減速機制，調整車速以遵循前方領導車輛之行為。經整理國內外跟車理論相關研究，主要可區分為下列四種模式。

2.1.1 四大限制跟車模式

於 1963 年由 Russel 和 Harold 所提出[13]。假設前車和跟隨車輛在行駛過程中，必須維持一最小安全距離，以便發生突發事件時，前車緊急煞停後，跟隨車能及時在前車之車尾後方安全煞停，不導致頭尾碰撞。此種推進方式主要考量四項限制：1. 間隔限制 2. 加速限制 3. 停止限制 4. 轉彎限制。在這四項限制下所得之最小距離，即為車輛所能推進的距離。

首先定義最小安全間距 S ，乃指前後兩緊隨車輛車頭之最短距離，與跟車速

率成正比，即前車速率大於後車時，無須增加安全間距，反之則須加長間距。

其計算公式如式子(2.1)：

$$S = P + K_1 V_t + \frac{K_2}{2D} (V_t - V'_t)^2 \cdot C \quad (2.1)$$

式中， P ：前車有效車長(即前車實體車長加上停車後前後車間的安全距離， m)

K_1 ：後車駕駛反應時間(s)

K_2 ：常數

V_t ： t 時刻後車速率(m/s)

V'_t ： t 時刻前車速率(m/s)

\bar{D} ：後車平均減速率(m/s^2)

C : 糸數，當 $V > V'$ (後車車速大於前車車速)，C=1

當 $V \leq V'$ (後車車速小於等於前車車速)，C=0

1. 間隔限制 Z_s

間隔限制為兩跟隨之車輛，後車在保持安全間距下，單位時間所能向前推進之最大距離。當觀測車輛無前車干擾時，即為領導車，則不需考慮此項限制。

$$Z_s = X'_t - X_{t-1} - S \quad (2.2)$$

式中， X'_t : t 時刻前車車頭位置(m)

X_{t-1} : t-1 時刻後車車頭位置(m)

S : 最小安全間距(m)

當 $V_{t-1} > V'_{t-1}$ 時，推導所得之間隔限制公式為式子(2.3)

$$Z_s = \frac{1}{2}V_{t-1} + \frac{1}{2}V'_t - \frac{3}{4}\bar{D} + \left[\frac{9}{16}\bar{D}^2 - \frac{1}{4}\bar{D}V_{t-1} + \frac{3}{4}\bar{D}V'_t + \frac{1}{2}\bar{D}(X'_t - X_{t-1} - P) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.3)$$

式中， V_{t-1} : t-1 時刻後車速率(m/s)

V'_{t-1} : t-1 時刻前車速率(m/s)

當 $V_{t-1} \leq V'_{t-1}$ ，推導所得之間隔限制公式為

$$Z_s = \frac{1}{3}(X'_t - X_{t-1} - P + V_{t-1}) \quad (2.4)$$

2. 加速限制 Z_a

加速限制為車輛在現有車速下，以其加速能力單位時間所能向前推進之最大

距離。若車輛欲加速，需考慮此項限制。

$$Z_a = \frac{1}{2} [V_{t-1} + (\bar{V}_{t-1} + \bar{A})] \quad (2.5)$$

式中， \bar{A} ：觀測車在車速 V_{t-1} 下所能獲得的加速度(m/s^2)

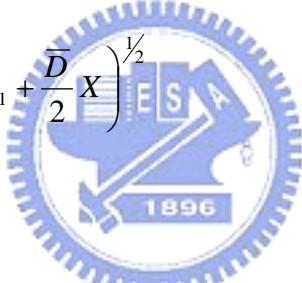
3. 停止限制 Z_d

停止限制為車輛遇紅燈或前車速率緩慢，必須減速所能向前推進的距離。

$$V_t^2 = 2\bar{D}(X - Z_d) \quad (2.6)$$

式中， X ：觀測車至停止點的距離(m)

推導可得停止限制公式為

$$Z_d = \frac{1}{2} V_{t-1} - \frac{\bar{D}}{4} + \left(\frac{\bar{D}^2}{16} - \frac{\bar{D}}{4} V_{t-1} + \frac{\bar{D}}{2} X \right)^{1/2} \quad (2.7)$$


4. 轉彎限制 Z_t

車輛於路口轉彎必須以較低的速率行駛，在此限制下所能推進的距離稱為轉彎限制。故須先計算車輛轉彎時所能行駛的最大速率限制 V ，其公式為

$$V = \sqrt{\mu g R} \quad (2.8)$$

式中， μ ：路面側向摩擦係數

g ：重力加速度(m/s^2)

R ：車輛轉彎半徑(m)

車輛在通過轉彎點之速率必須降至 V 才得以安全轉彎。若 $t-1$ 時刻欲轉彎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：

當 t 時刻車輛尚未通過轉彎點時，轉彎限制推進距離為

$$Z_t = \frac{1}{2}V_{t-1} - \frac{\bar{D}}{4} + \left(-\frac{1}{4}\bar{D}V_{t-1} + \frac{1}{16}\bar{D}^2 - \frac{1}{4}V^2 + \frac{1}{2}\bar{D}X \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.9)$$

此式適用於 $Z_t \leq X$ 之情形。反之，則採用下列方式。

當 t 時刻車輛已通過轉彎點時，若 $t-1$ 時刻以加速率 \bar{A} 加速至 t 時刻所獲得車速 V^- 不超過轉彎限速 V ，則無須考慮轉彎限制。若 V^- 超過轉彎速限 V 時，則轉彎限制推進距離為

$$Z_t = X + \left(V_t + \frac{1}{2}\bar{A}T^2 \right) \quad (2.10)$$

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

2.1.2 刺激反應方程式

然而 Leutzbach (1998) 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「跟車行為」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為。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的變化有函數關係，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

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

$$\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t) = \frac{\alpha_{l,m} [\dot{X}_{n+1}(t + \Delta t)]^m}{[X_n(t) - X_{n+1}(t)]^l} [\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t)] \quad (2.11)$$

式中， $\ddot{X}_{n+1}(t + \Delta t)$ ：後車在時間 $(t + \Delta t)$ 時之加減速率(m/s^2)

$\dot{X}_{n+1}(t + \Delta t)$ ：後車在時間 $(t + \Delta t)$ 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)

$X_{n+1}(t)$ ：後車在時間 t 時之距離(m)

m,l ：駕駛人反應之敏感係數

$\alpha_{m,l}$ ：跟車模式係數

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[5,7]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，且會使得車間距震盪不已。藍武王[20]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[16]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：

$$E_{n,t} = w\alpha_1[(X_{n-1,t} - X_{n,t}) - X_e] + (1-w)\alpha_2 \left[\frac{\sum_{i=(n-N_b-1)}^{n-2} V_{i,t}}{N_b - 1} - V_{n,t} \right] \quad (2.12)$$

w ：前車影響所佔比例($0 \leq w \leq 1$)

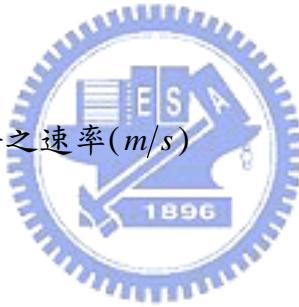
α_1 ：前車跟車反應係數($1/\text{sec}^2$)

α_2 ：前車車隊跟車反應係數($1/\text{sec}$)

N_b ：前方車隊車輛數

$V_{i,t}$ ：本車道第 i 輛車於 t 時之速率(m/s)

X_e ：動態理想間距



2.1.3 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跟車狀態[10]。此種駕駛行為會表現出兩種特有的跟車現象：

- (1) 跟車過程處於一微幅震盪調整之間距與速差系統中
- (2) 在各反應狀態下，具有如拋物線形之感知門檻界線，如圖 2.1 所示。

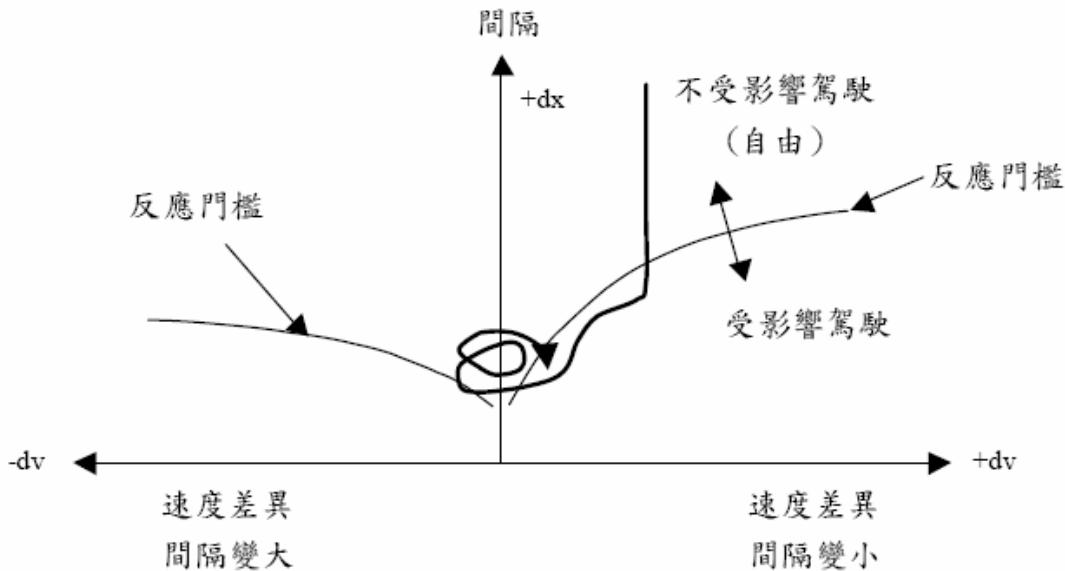
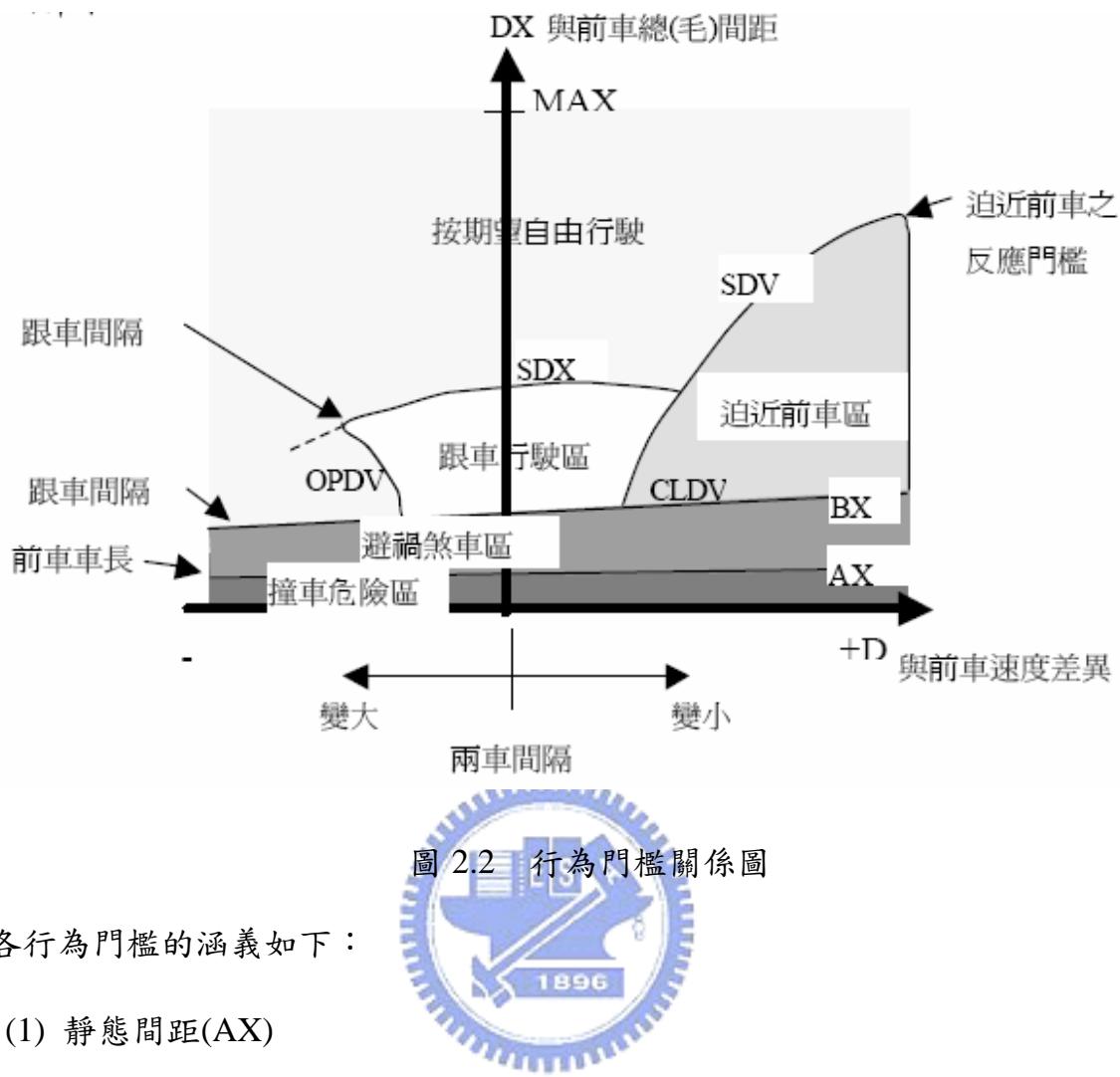


圖 2.1 同一車道前後車之相對運動過程示意圖

Wiedemann(1974)[8]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) 感知反應區(Perceived Reaction)
- (2) 無意識反應區(Unconscious Reaction)
- (3) 無反應區(No 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，如圖 2.2 所示。



各行為門檻的涵義如下：

(1) 靜態間距(AX)

觀測車在靜止時希望與前車保持之車間距離

(2) 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。

(3) 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。

(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。

(6) 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。

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) 自由行駛區

當跟車間距過大(根據研究[6]當兩車間之距離間隔超過 125 公尺者，後車之行為鮮少受到前車的影響)或車速與期望速率差異甚大時，駕駛者跟車行為可視為不受任何前車影響，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，以決定加速度的大小；須特別注意的是，加速度之值不可大於該車的最大加速度。

(2) 跟車行駛區

若該車處於跟車駕駛時，該車加速度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) 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，所採取的剎車行為。其計算公式如下：

$$b_{\min} = -0.5 + 0.1v_i \quad (2.13)$$

$$b_i = \max\left(b_{\min}, \begin{cases} b_{i-1} - \frac{(dv)^2}{2(dx - ax - \gamma dv)}, & b_{i-1} < 0 \\ -\frac{(dv)^2}{2(dx - ax - \gamma dv)}, & b_{i-1} \geq 0 \end{cases}\right) \quad (2.14)$$

式中， b_{\min} ：車輛的最大減速率(m/s^2)

b_i ：觀測車的加速度率(m/s^2)

b_{i-1} ：前車的加速度率(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)

(4) 避禍剎車區



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為。其計算公式如下：

$$b_i = \max\left(b_{\min}, b_{i-1} - \frac{(dv)^2}{2(dx - ax - \gamma dv)}\right) \quad (2.15)$$

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[21][22]。

(1) 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，表現前後車的間距關係，其通式如下：

$$PLL = PL(TYPE) + K * V_t \quad (2.16)$$

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(s)

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：

$$PLL = PL(TYPE) + K * V_{t-1} \quad (2.17)$$

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紓解完全的車隊後方時，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：

$$d - PLL = \frac{1}{2}(V_t + V_{t-1}) \quad (2.18)$$

式中， d ：前車與後車間距(m)

將式(2.17)代入式(2.18)中，得：

$$d - (PL(TYPE) + K * V_{t-1}) = \frac{1}{2}(V_t + V_{t-1}) \quad (2.19)$$

後車 t 時的速度為：

$$V_t = V_{t-1} + APPL \quad (2.20)$$

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(2.20)代入式(2.19)可得後車之動態加速度，

$$APPL = \frac{[d - P - (K + 1) * V_{t-1}]}{(K + 0.5)} \quad (2.21)$$

為後車受限於 V_{t-1} 時，該車所能達到的最大加速度。

(2) 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 33.3 m/s 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。

$$PWW = PW(TYPE) * (1.0 + 0.2 * \sqrt{\frac{V}{33.3}}) \quad (2.22)$$

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/s)

2. 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。

(1) 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。

(2) 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

$$\theta_M = \frac{1}{2} \cos^{-1} \left(1 - \frac{L^2}{2R^2} \right) \quad (2.23)$$

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)

(3) 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，如圖 2.3 所示，是指本車車頭中心與鄰車道前車動態車尾水平延伸至本車道間的縱向距離 D。



(4) 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。

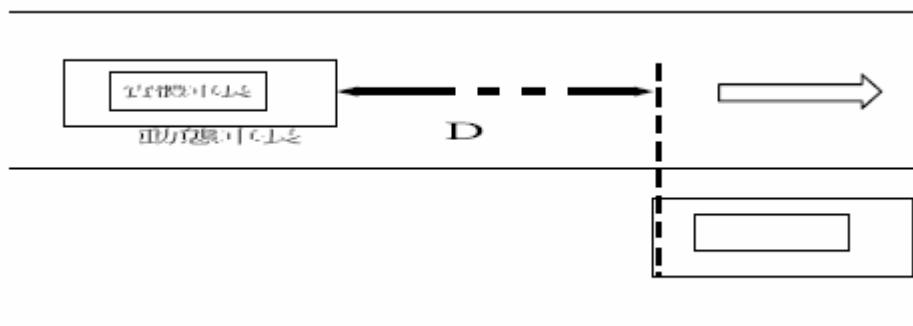


圖 2.3 車輛斜進縱向限制

2.1.5 跟車模式小結

因此，我們可將上述跟車理論做個整理，如下表所示：

表 2.1 各跟車模式整理

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。
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。
行為門檻	 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。
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。

根據以往的文獻，往往都是由交通工程安全方面(四大限制跟車模式)來進行跟車的考量，即使像刺激反應方程式和行為門檻是從駕駛人心理方面考量，但也只考慮前車而已，而張鈞華雖提出以前方車隊平均速率為駕駛者跟車考量，但平均概念也似乎較不精確，所以本論文試著研究駕駛者視野內每輛車對駕駛者的感受，將造成駕駛者何種反應，且因為不考量二次事故的可能性，所以加入二維座標車流模擬模式中動態的概念，以動態安全間距概念防止車輛碰撞，但是要強調的是，本論文所發展的跟車模式暫時僅適用於事故影響區內，能否用於一般的跟車行為還需留待後來的研究討論。

2.2 膠頸行為[14]

此文獻探討駕駛人在通過事故影響區時，事故會對駕駛人造成的影響。

2.2.1 膠頸行為

膠頸行為發生於駕駛人經過事故地點，因好奇心驅使而減低行車速度並轉頭觀看交通事故，這種不斷的轉頭看交通事故和回復看前方路況的現象，即為膠頸現象。

而且，膠頸現象不只是會發生在事故發生時，一般在高速公路兩旁的廣告看板，或是行車資訊看板，由於駕駛人想了解其中的訊息，因而產生膠頸行為，這樣子也可能讓駕駛人因視線轉移無法注意前方路況，而容易造成事故或二次事故。

2.2.2 膠頸行為發生原因及現象

根據訊息處理理論，人類對於外來訊息的反應，首先經由各種感官接受到外界之訊息，經過認知解釋訊息後，即會依據記憶經驗做出判斷，進而採取行動。此外亦提出人類接收外來之訊息刺激時，在心理會產生壓力，而對刺激做出適當之反應後，壓力才會解除。因此，當駕駛人經過事故地點時，其視覺接收到事故影響訊息，此時駕駛人對事故訊息之認知即會有壓力(或好奇)產生，此時，駕駛人便會依以往的經驗來分類、分析並比較此影像訊息，企圖解釋此訊息之意義。若此訊息可以被解釋，則壓力會被解除(或好奇心被滿足)，駕駛人視線回復至前方，若此事故訊息未被解釋，則駕駛人原有壓力尚未解除，而另一方面，行車壓力又接踵而來，導致駕駛人視線必須先回復至前方，待行車壓力暫時解除後，其視線又跑至事故影像，如此駕駛人視線往復於事故影像及前方，而產生膠頸行為。(見下圖 2.4)

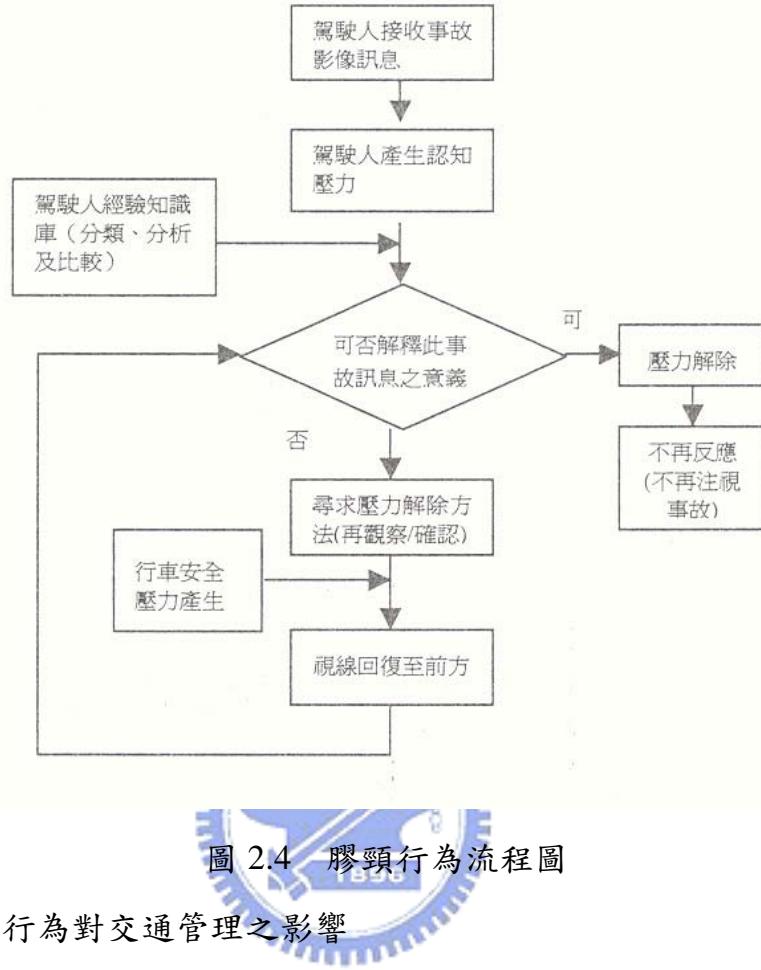


圖 2.4 膠頸行為流程圖

2.2.3 膠頸行為對交通管理之影響

膠頸行為對交通管理之影響為：減少道路容量、造成二次事故發生及影響事故偵測模式之正確性。

1. 減少道路容量

駕駛人經過事故地點時，除了事故佔據車道減少道路容量外，其亦可能因為減低速度並轉頭看事故，而造成車流速度之緩慢而更減少道路容量。Goolsby 和 Smith[11]發現，在單向三車道的高速公路上，當有事故發生在同一方向車道路肩時，膠頸行為會減少 33%的道路容量；當事故佔據三車道之一線時，將會減少約 50%的道路容量。此外，當事故發生於對向車道時，這種行為也可能會影響行車方向之道路容量。以英國的雙向六車道高速公路為例，當對向車道有事故發生時，同一行車方向會減少 13%~38%的道路容量。事實上，這種減少道路容量的

現象，也有可能是因為駕駛人預期其他車輛駕駛人會有膠頸行為產生，且會突然減速，因而覺得有潛在的危險性，便以增加與前車的行車間距來增加安全邊界。因此，事故發生時，會減少道路容量的原因有三：事故佔據車道、駕駛人的膠頸行為及駕駛人預期他人膠頸行為的心理影響。

2. 造成二次事故發生

當駕駛人專注於注視事故，而未能注意前方及旁邊車輛之行駛狀況，便有可能發生與其他車輛追撞或擦撞等二次事故發生。Owens 研究四十個車禍之發生原因時，發現其中三個車禍是導因於駕駛人經過車禍現場，因正在查看警方處理事故而發生。另外，Raub 在分析都市主要幹道之車禍原因時發現，13%~15%的事故屬於二次事故。

3. 影響事故偵測模式之正確性

一般事故偵測模式利用事故地點上下游車流之變化情形(包括車流速度，車流量及密度等)，來推測事故發生之可能性。由於駕駛人發生膠頸行為時，可能併同減低車速，使下游車流速度降低，導致事故偵測模式發出事故之假訊號，故在 Dia 和 Rose 檢測事故偵測模式時便發現，2203 個假事故訊號中有約 12% 是導因於駕駛人之膠頸行為現象。

在方志文及方志中的研究中[14]，其利用汽車駕駛模擬器，觀察並紀錄受測者在不同的設計條件下，經過事故地點的行車控制反應。由實驗發現，若受測者不知道前方有事故發生時，往往看到事故影像時才會減速，而對於行車間距的保持，速度越快，因只有較短的時間可以觀察事故，所以與前車的車間距保持距離的標準差較小，速度越慢，則車間距的標準差越大，但是駕駛人位於不同車道的平均車間距則無證據證明其顯著不同。

2.3 駕駛人視覺特性與視覺行為

一般駕駛人乃使用視覺感受外面環境再調整自己的駕駛行為，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[15]所整理之視覺文獻。「視覺」(Visual)是人類在接收外界訊息時使用最多的感覺類型，人類大部分的知識均藉由視覺系統而獲得，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 $3^\circ\sim 5^\circ$ 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。

2.3.1 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 至 1.5 次，則駕駛人每 20 到 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。

2.3.2 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，但沒有完整的理論去對環境和行為做個適當的說明，Robert G.V. Baker[4]利用量子力學建構視覺流，更進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 的部分模型架構來建構視覺衝擊對人類行為的影響，茲將部分模型架構整理並解釋如下，所整理部份即是本篇論文模式的根基，而符號代表涵義已重新定義並與本篇論文模式符號統一。

根據量子力學視覺流理論，一個人視野的縱深($\Delta x(t)$)、寬度($\Delta y(t)$)，還有相對速度呈現以下的關係，

$$(\Delta x(t))(v_i(t)) = A_x \quad , \forall t \quad (2.24)$$

$$(\Delta y(t))(v_i(t)) = A_y \quad , \forall t \quad (2.25)$$

式中， $\Delta x(t)$ 和 $\Delta y(t)$ ：表在時間 t 駕駛者視野的縱深與寬度

$v_i(t)$ ：表在時間 t ，目標車輛 i 對週遭環境的相對速度

A_x 和 A_y : 表兩個常數

所以在(2.24)、(2.25)式當中，表示 $\Delta x(t)$ 、 $\Delta y(t)$ 與 $v_i(t)$ 皆分別呈現一常數關係，與週遭環境相對速度越快，整個縱深可移動的距離會拉越短，而視野寬度亦會變小。

接下來，假設趨近事故影響區駕駛人視野($\Delta x(t), \Delta y(t)$)內突然發生變化的車輛數為 J_F ，其中每一輛車輛(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($M_{j_F}(t)$)和心理動能($E_{j_F}(t)$) (psychophysical momentum and psychophysical energy)，表示如下：

$$M_{j_F}(t) = m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(t)] \times U_i(t) \quad (2.26)$$

$$E_{j_F}(t) = \frac{m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(t)]^2 \times U_i(t)}{2} \quad (2.27)$$

式中， j_F ：駕駛人在時間 t 視野($\Delta x(t), \Delta y(t)$)中感受到的車輛

m_{j_F} ：表駕駛者感受到的車輛質量

$\Delta v_{j_F \rightarrow i}(t)$ ：表視野內車輛 j_F 與本身車輛 i 之間駕駛人感受到的相對速度

$U_i(t)$ ：表駕駛者的警覺性，警覺性越高，則所感受到的心理動量與能量就越

大

接下來，我們將(2.26)(2.27)式的心理動量與心理能量轉換成波的形式，亦及可用波長與振幅表示如下：

$$\lambda_{j_F}(t) = \frac{h}{M_{j_F}(t)} \quad (2.28)$$

$$f_{j_F}(t) = \frac{E_{j_F}(t)}{h} \quad (2.29)$$

式中， $\lambda_{j_F}(t)$ ：表 j_F 車輛在時間 t 對 i 車輛駕駛人感受到的動量所轉換而成的波長

$f_{j_F}(t)$ ：表 j_F 車輛在時間 t 對 i 車輛駕駛人感受到的能量所轉換而成的振幅

h ：動態常數，等於 6.626×10^{-34} (J(焦耳).s(秒))，所以波長值相當小

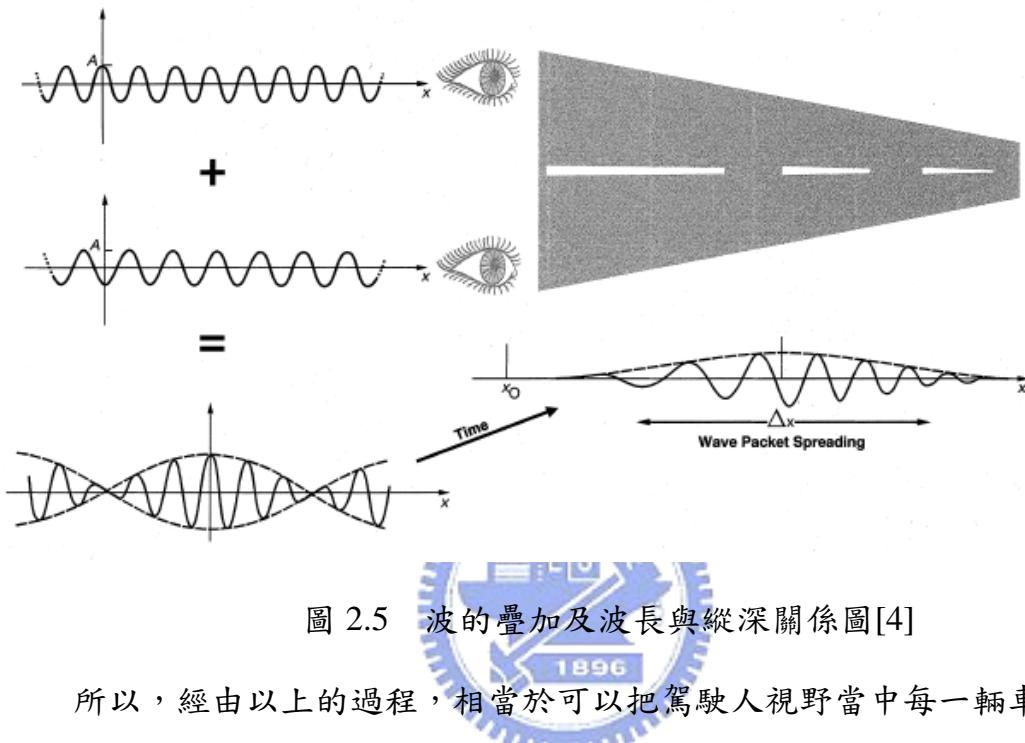


圖 2.5 波的疊加及波長與縱深關係圖[4]

所以，經由以上的過程，相當於可以把駕駛人視野當中每一輛車，對於駕駛所造成感受皆轉換成波的形式，如有三輛車，則有三條波，但人對環境的感受是整體性的，所以根據 Baker 所提，我們可將所感受到的每一條波，將其全部疊加起來，形成一波包(wave packet)，如圖 2.5 所示，此波包亦有一波長和振幅，而 Baker 亦提及波包的波長 $\lambda_{j_F}(t)$ 和駕駛人視野的縱深 $\Delta x(\tilde{t})$ 有以下關係，

$$\Delta x(\tilde{t}) = \frac{\lambda_{j_F}(t)}{2} \quad (2.30)$$

$\Delta x(\tilde{t})$ ：表在 \tilde{t} 時， i 車輛駕駛人的縱深視野 (\tilde{t} 表示在 t 之後的一瞬間時間，且 $\tilde{t} \approx t$)

再將(2.30)式代回(2.24)式，可得，

$$\left(\frac{\lambda_{J_F}(t)}{2} \right) (v_i(t)) = A_x \quad (2.31)$$

再將(2.28)式代入(2.31)式，便得到，

$$\left(\frac{h}{2M_{J_F}} \right) (v_i(t)) = A_x \quad (2.32)$$

由(2.32)式中我們可以知道，在駕駛者的視野內，當駕駛者觀察其駕駛的車輛與視野內環境相對速度 $v_i(t)$ 越大時(例如前車減速)，也代表駕駛者內心的心理動量 ($M_{j_F}(t)$) 越大，此時，駕駛者便會減速以緩和內心所增加的心理動量。

所以，本篇論文模式部份，便會以心理動量為主軸，藉此評估駕駛者的加減速行為。



第三章、模式建構

3.1 模式構想

事故發生後，非事故車道上車輛抵達事故影響區時，因前方或周遭車流情況與之前迥異，產生的動量和能量變化使駕駛人的視覺產生巨大衝擊，因視覺衝擊使駕駛人下意識反應的減低車速以平緩視覺的巨大衝擊，並觀察前方情況考量是否須變換車道，若需要，則決定變換車道，否則留在原車道，接下來，駕駛人通過事故影響區，一方面因為鄰近車道車輛異常變換車道情況而產生行車壓力，另一方面又產生好奇心，駕駛人想了解何事發生，此時，若看不到事故情況，駕駛者雖有好奇心，但仍然專心駕駛車輛，直到看到事故，為了滿足好奇心，注意力便會分散到觀察事故，但前提是駕駛者必須處在安全的行車環境上，亦即已經變換車道完成，只需單純的進行跟車，但跟車過程中亦須提防鄰近車道車輛變換車道過來，即與前車的間距須保持在鄰近車道無法變換車道的情況下。此即膠頸行為產生條件，當滿足好奇心後，則再度專心駕駛車輛。



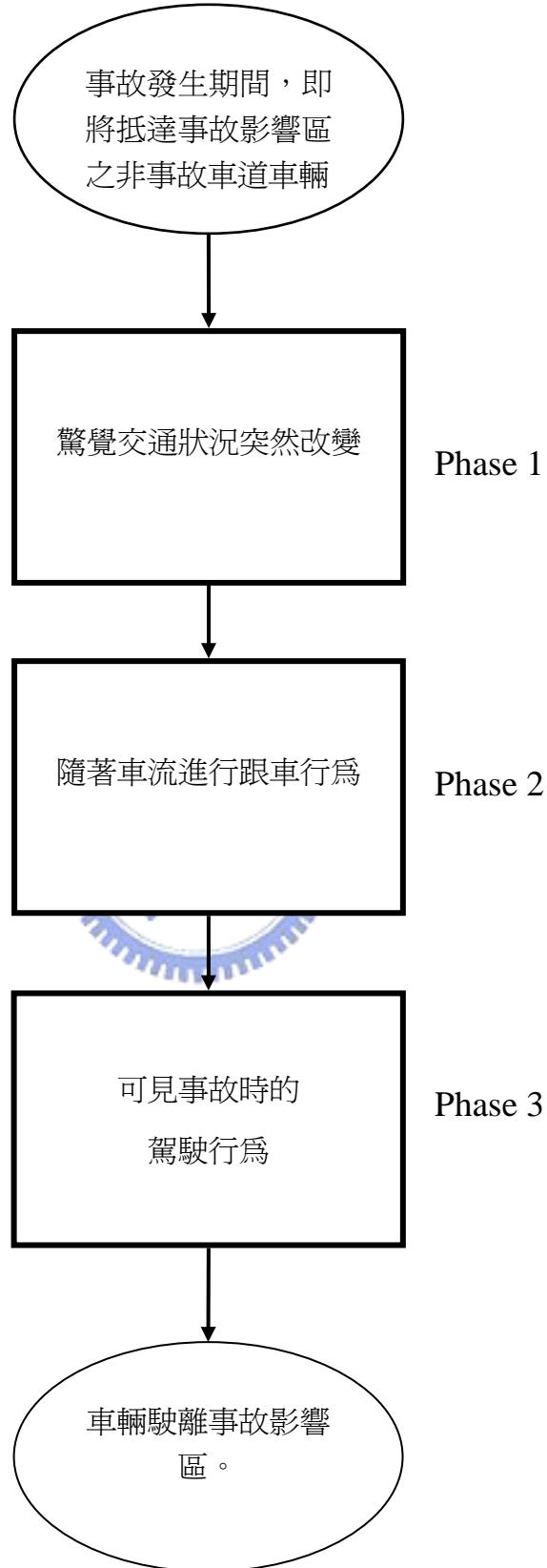


圖 3.1 模式構想流程圖

3.2 PHASE 1：驚覺交通狀況突然改變

此一階段乃在描述當駕駛人從非事故車道趨近事故影響區時，從原本順暢的車流環境轉變為莫名擁塞的情況，在駕駛人察覺前方車流環境發生變化的一瞬間，往往會下意識採取減速的行為來避免環境的驟變對駕駛人所造成的衝擊，以維護自身的安全，所以此階段便要探討駕駛人何時會驚覺交通狀況突然改變。

另外，如文獻回顧最後所提及本篇論文模式主軸，乃將人類內心所感受到的車流環境變化採以心理動量來表示，但這心理動量是經過疊加過後的波所轉換而成，是駕駛人對外界環境的綜合感受，因為經過動量轉換的波長值極小($h = 6.626 * 10^{-34} \text{ J.s}$)，較難計算，所以在本篇論文中，將建立駕駛者對外界環境所融合感受的心理動量來代替 Baker 所提之波長，模式敘述如下。

首先必須假設行駛在非事故車道 i 車輛(標示成 i 車輛)駕駛人在趨近事故影響區時，並不知道鄰近的事故車道 i' 上有事故發生，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)，而根據文獻[9][12]，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，所以，我們便可提出

$$M_{J_F}(\tilde{t}) = \sum_{\forall j_F \in J_F} w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times M_{j_F}(\tilde{t}) \quad (3.1)$$

$M_{J_F}(\tilde{t})$ ：駕駛者在時間 \tilde{t} 時，對視野內 $F[\Delta x(t), \Delta y(t)]$ 中所有車輛所感受到的心理

動量

$w_{i,j_F}(\tilde{t})$ ：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

$M_{j_F}(\tilde{t})$: 跟式(2.26)相同

在此，再對 $w_{i,j_F}(\tilde{t})$ 解釋如下：

$$w_{i,j_F}(\tilde{t}) = \frac{G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x_{j_F}(\tilde{t}), y_{j_F}(\tilde{t})]}{\sum_{\forall j_F \in J_F} G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x_{j_F}(\tilde{t}), y_{j_F}(\tilde{t})]} \quad (3.2)$$

式中，

$G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x_{j_F}(\tilde{t}), y_{j_F}(\tilde{t})]$: 在駕駛人視野內 $F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]$ ，對於某一輛車的方位

($[x_{j_F}(\tilde{t}), y_{j_F}(\tilde{t})]$)，其在二維高斯波包(two dimensional Gaussian wave packet)($G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x(\tilde{t}), y(\tilde{t})]$)上的聯合



而 $G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x(\tilde{t}), y(\tilde{t})]$ 可表示如下：

$$G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x(\tilde{t}), y(\tilde{t})] = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{[x(\tilde{t})-\mu_{F_x}(\tilde{t})]^2}{\sigma_{F_x}^2(\tilde{t})} + \frac{[y(\tilde{t})-\mu_{F_y}(\tilde{t})]^2}{\sigma_{F_y}^2(\tilde{t})}\right]}}{2\pi \times \sigma_{F_x}(\tilde{t}) \times \sigma_{F_y}(\tilde{t})} \quad (3.3)$$

$\mu_{F_x}(\tilde{t})$ 和 $\mu_{F_y}(\tilde{t})$ 分別表示 x 和 y 軸的期望值， $\sigma_{F_x}(\tilde{t})$ 和 $\sigma_{F_y}(\tilde{t})$ 則分別表示兩軸的標準差。

再來，當

$$M_{J_F}(\tilde{t}) > \bar{M} \quad (3.4)$$

\bar{M} : 表心理動量門檻值

則駕駛者驚覺到交通狀況改變，採取減速反應， $\dot{v}_i(\tilde{t})$ 等於小客車的一般減速率

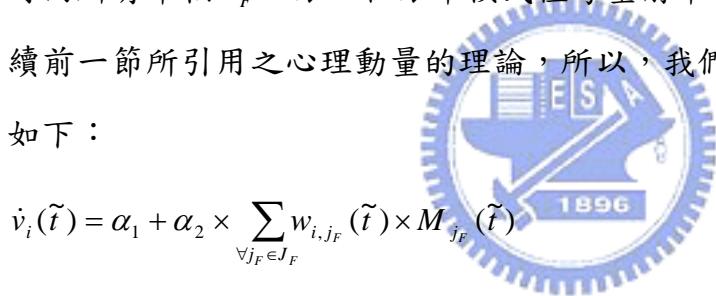
$d(I)$ ，直到心理動量值 $M_{J_F}(\tilde{t}) \leq \bar{M}$ 。

接下來，駕駛者會心生好奇，好奇原本順暢的車流，何以轉變為擁擠的車流環境，但在尚未看到事故時，仍會專心做好自己的駕駛工作，以免發生危險，所以接下來的部份，便會介紹駕駛者從一開始的刺激過後，到看見事故之前的駕駛跟車行為，本論文尚且先不對變換車道進行探討，故僅探討單純跟車行為，請詳見下節。

3.3 PHASE 2：隨著車流進行跟車行為

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，雖有針對擁擠車流狀況的好奇心產生，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：



$$\begin{aligned}\dot{v}_i(\tilde{t}) &= \alpha_1 + \alpha_2 \times \sum_{\forall j_F \in J_F} w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times M_{j_F}(\tilde{t}) \\ &= \alpha_1 + \alpha_2 \times U_i(\tilde{t}) \times \sum_{\forall j_F \in J_F} w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times \left\{ m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(\tilde{t})] \right\}\end{aligned}\quad (3.5)$$

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

α_1 ：常數項

α_2 ：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

$M_{j_F}(\tilde{t})$ ：跟式(2.26)相同

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[2][3]，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。

另外，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[16]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：

$$X_d + Z_{i-1} - Z_i \geq X_s \\ \Rightarrow X_d \geq X_s + Z_i - Z_{i-1} = X_s + \frac{v_i(t)^2}{2d(I_i)} - \frac{v_{i-1}(t)^2}{2D(I_{i-1})} \quad (3.6)$$

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剎車距離(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)

$d(I)$ ：小客車一般減速率(m/s^2)

$D(I)$ ：小客車最大減速率(m/s^2)

所以當本車與前車的間距小於 X_d 時，則加減速反應設為

$$\dot{v}_i(\tilde{t}) = D(I_i)$$

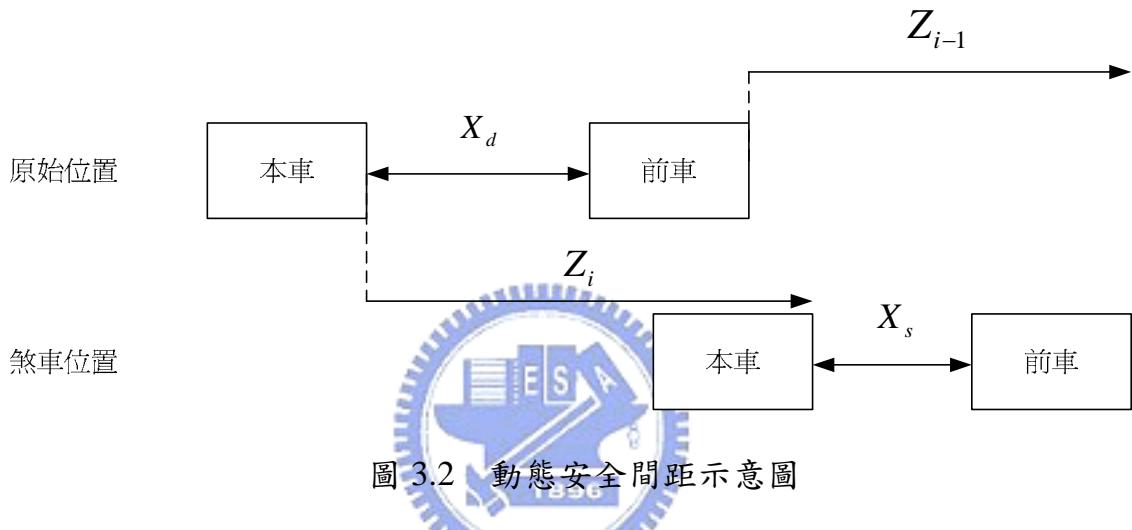


圖 3.2 動態安全間距示意圖

間距上的迷思除了過近，可能也有過遠的情況，在文獻[14]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。

3.4 PHASE 3：可見事故時的駕駛行為

此階段的模式最主要在描述當駕駛者看到事故時，如何進行跟車行為，在這階段，有三件影響駕駛人加減速的因素必須注意，第一，駕駛者產生好奇心，會分心觀察事故，導致無法專心駕駛，第二，越靠近事故發生地，在事故車道上會有越多受事故阻擋的車輛欲強制變換車道至本車道 I ，使駕駛人產生鄰近車道車輛變換車道的預期心理，影響加減速 $\dot{v}_i(t')$ ，若是越接近事故地點，則影響層面越大，這在以往文獻[2][3]當中亦有提到，第三，受前車加減速影響，當駕駛者分心觀察事故時，沒辦法像上一階段(phase 2)所提綜觀整個視野區的車流來調整自己

加減速 $\dot{v}_i(t')$ ，僅能隨時注意前車的情況以確保自己不與前車碰撞。

基於上述的各項條件，我們便提出以下的跟車模式：

$$\dot{v}_i(t') = \alpha_3 + \alpha_4 \times w_{i,i-1}(t') \times M_{i-1}(t') - \alpha_5 \times w_{i,\Lambda}(t') \times \left\{ E_\Lambda(t') + \left[\sum_{\forall j_\Lambda} E_{j_\Lambda}(t') \right] \times \bar{p}_{\Lambda \rightarrow i} \right\} \quad (3.7)$$

式中， $\dot{v}_i(t')$ ：表本車*i*在時間*t'*的加速度值

α_3 ：常數項

α_4, α_5 ：表兩個參數

$M_{i-1}(t')$ ：表前車(*i*-1)在時間*t'*對駕駛人所產生的心理動量值，帶有正負號

$E_\Lambda(t')$ ：表意外事故Λ對駕駛者所造成的心靈能量值，純量，必為正

$E_{j_F}(t')$ ：表駕駛人所感受到被阻塞在事故車道上車輛*j_F*的心理能量值，必

為正



$\bar{p}_{\Lambda \rightarrow i}$ ：事故車道上，從駕駛人所在位置一直到通過事故這段時間內，被阻

塞車輛在駕駛人前方變換車道的平均機率。

$w_{i,i-1}(t'), w_{i,\Lambda}(t')$ ：分別表示駕駛者在時間*t'*對於前車*i*-1與事故Λ所配置注意力的

權重，其型態和式子(11)，(12)相類似，表示如下：

$$w_{i,i-1}(t') = \frac{G_{F[\Delta x(t'), \Delta y(t')]}[x_{i-1}(t'), y_{i-1}(t')]}{G_{F[\Delta x(t'), \Delta y(t')]}[x_{i-1}(t'), y_{i-1}(t')] + G_{F[\Delta x(t'), \Delta y(t')]}[x_\Lambda(t'), y_\Lambda(t')]} \quad (3.8)$$

$$w_{i,\Lambda}(t') = \frac{G_{F[\Delta x(t'), \Delta y(t')]}[x_\Lambda(t'), y_\Lambda(t')]}{G_{F[\Delta x(t'), \Delta y(t')]}[x_{i-1}(t'), y_{i-1}(t')] + G_{F[\Delta x(t'), \Delta y(t')]}[x_\Lambda(t'), y_\Lambda(t')]} = 1 - w_{i,i-1}(t')$$

由式子(3.7)可知，影響駕駛人加減速的因素如同之前所提共有三個，除了前車以外，還必須考量阻塞車道上，事故點以及可能強制變換車道的車輛，模式當中將後兩個合併起來討論，乃是因為當駕駛人注意事故的同時，較易受到欲變換車道車輛影響，而此兩個分配的權重，則在於駕駛人的考量，駕駛人若好奇心越重，則 $w_{i,\Lambda}(t')$ 越大，加減速受阻塞車道上事故和欲變換車道車輛影響越大。另外，越靠近事故，駕駛人所遇到強制變換車道車輛越多，加減速越會影響。

接下來，還有一點值得注意，式子(3.7)的第二部份，加減速直接受到心理動量 $M_{i-1}(t')$ 影響，心理動量感受為正時，代表前車速度較本車慢，前車與本車的間距慢慢拉近，則駕駛人將減速，若為負，則駕駛人加速，但第三部份則是採用心理能量，能量為一純量，必定為正，因此我們在第三部份加個負號，表示事故和欲變換車道車輛會讓駕駛人減緩自己的速度，在這裡，我們以下面兩個特殊例子來做更詳細的說明。



第一個例子，來考量一個較簡單的情況，便是阻塞車道上只有事故車輛的存在，之前並無其他車輛受事故阻塞，亦即，駕駛者僅需考量事故和前車，並不需要考慮欲從事故車道強制變換車道至非事故車道的車輛，所以我們可以把式子(3.7)寫成如下：

$$\dot{v}_i(t') = \alpha_3 + \alpha_4 \times w_{i,i-1}(t') \times M_{i-1}(t') - \alpha_5 \times w_{i,\Lambda}(t') \times E_\Lambda(t') \quad (3.9)$$

$$= \alpha_3 + \alpha_4 \times [1 - w_{i,\Lambda}(t')] \times \{m_{i-1} \times [\Delta v_{i-1 \rightarrow i}(t')] \times U_i(t')\} - \alpha_5 \times w_{i,\Lambda}(t') \times E_\Lambda(t')$$

如此的推論和以往的跟車模式並不相同，但卻是更適合用來描述實際的駕駛行為，在本文緒論便有提到，駕駛人會對事故產生好奇心，使其速度減慢，即使事故發生在高速公路路肩，不影響車流的情況下，也是如此。另外，根據式子(2.25)的涵義，駕駛者為了方便觀察事故，必須擴大自己的視野寬度(Δy)，也就必須減緩自己的速度。

而第二個例子，則是考慮駕駛者前方無前車，但在阻塞車道上有車輛被事故阻塞住，我們將式子表示如下：

$$\dot{v}_i(t') = -\alpha_5 \times \{E_{\Lambda}(t') + [\sum_{\forall j_{\Lambda}} E_{j_{\Lambda}}(t')] \times \bar{p}_{\Lambda,i}\} \quad (3.10)$$

上式表示即使駕駛者前方無前車存在，但在越接近事故點時，受到事故和欲變換車道車輛影響，亦會使駕駛者速度減慢，如果我們再更進一步的假設駕駛者前方只有事故存在的話，可將式子再表示為：

$$\dot{v}_i(t') = -\alpha_5 \times E_{\Lambda}(t')$$

這即可解釋駕駛者會因視野區內的事故而減緩自己的速度，最主要乃是因為好奇以及方便觀察。

另外，Phase 3 和 Phase 2 也相同，當本車與前車間距小於動態安全間距時，則採取最大減速度減速，而間距超過 125 公尺時，則以期望速度行駛。

綜合來說，本模式提出三個階段來模擬駕駛人從非事故車道趨近事故影響區時的駕駛行為，從一開始對車流突然變化的刺激，隨著車流進行跟車行為，到最後看見事故時的駕駛行為，且與以往跟車模式不同之處在於，這裡多考量駕駛人的心理，例如對事故好奇心，鄰近車道車輛變換車道壓力等等...，緊接著下一章，將對這些提出來的模式進行參數的校估，使用的是 PARAMICS 微觀車流模擬器。

第四章、參數校估

4.1 需校估之參數

列表如下：

表 4.1 需校估參數

對應模式	須校估之參數(單位)
Phase 1	\bar{M} ($ton \cdot km / hr \cdot s$)
Phase 2	$\alpha_1 (m/s^2)$ 、 $\alpha_2 (1/ton \cdot s)$
Phase 3	$\alpha_3 (m/s^2)$ 、 $\alpha_4 (1/ton \cdot s)$ 、 $\alpha_5 (1/ton \cdot m)$ 、 $\bar{p}_{\Lambda \rightarrow i}$

4.2 校估方法

以上參數校估主要使用微觀車流模擬器 PARAMICS，裡面有一駕駛模擬功能，使用者可自由選定任一車輛，利用內部跟隨(inside follow)，可把視窗畫面變成從該選定車輛內部往擋風玻璃外看，彷彿駕駛者自行駕駛一般，另外使用者也可使用 dashboard tracer 功能直接控制所選取車輛加減速與變換車道，利用這駕駛模擬，第一、可讓駕駛者在安全的環境下模擬駕駛行為，第二、可方便收集駕駛人視野內的車輛資料，如速度、距離....等等，但也有一個缺點，當駕駛人不進行控制時，車輛的行進便會自動以 PARAMICS 內的程式設定自動行進，所以在模擬駕駛時，必須要求駕駛者隨著自己的開車習慣來進行加減速，當駕駛者覺得與前車間距太長或太短時，便必須加速把間距拉近或拉遠，不可受電腦控制的干擾。

而關於模擬環境的部份，首先設下 9 公里長的路長，南北向各兩車道，車道寬 3.75 公尺，時速限制 100 公里，事故車輛設在往北方向 7 公里處，模擬時間共 15 分鐘，事故在第 5 分鐘時出現，車輛的部份則全由小客車組成，車長、車寬、

車高分別是 4 公尺、2 公尺、1.5 公尺，加速度和減速度的最大值分別為 $2.5(m/s^2)$ 、 $4.5(m/s^2)$ ，而車子重量設為 1.3 噸。

接著，尋找 6 個有駕駛執照與經驗的同學來進行駕駛模擬，首先告知他們操作時盡量想像同平常開車情況，接著讓他們練習操作，自己則在一旁觀察並區分 6 人的警覺性高低，觀察要點在於每人的駕駛情況與冒險程度，一切就緒，就請同學們開始進行駕駛模擬。

模擬後利用偵測器所收集到的資料(時間，速度)，我們紀錄駕駛人所操作的本車通過每一個偵測器的時間與速度，以及在本車通過某一偵測器的時間點上，本車前車和鄰車的位置與速度也記錄下來，以求得本車與視野內車輛的相對速度與距離。

駕駛人的警覺性部份則是將駕駛人假設為三種，高警覺性，警覺性中等以及低警覺性，數值分別是以 0.8，0.5，0.2 來表示，如圖 4.1 所示：

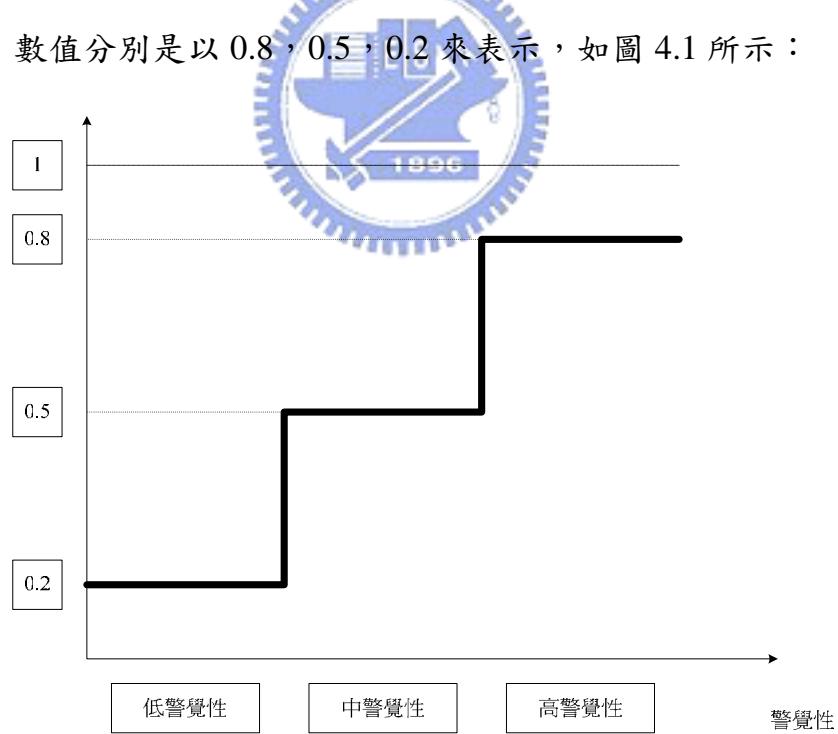


圖 4.1 駕駛人警覺性

權重部份則必須先考慮駕駛人的視野焦點，模式部分曾提到駕駛者視野分為縱深 $\Delta x(t)$ 與寬度 $\Delta y(t)$ ，縱深與寬度皆可以用高斯分布來進行表示，而車輛在視

野內出現時，駕駛人可能注意該輛車的機率則為聯合高斯機率分配函數

$G_{F[\Delta x(\tilde{t}), \Delta y(\tilde{t})]}[x(\tilde{t}), y(\tilde{t})]$ ，所以我們必須知道當駕駛者駕駛車輛時，縱深 $\Delta x(t)$ 和寬度 $\Delta y(t)$ 軸的期望值 $\mu_{F_x}(\tilde{t})$ 、 $\mu_{F_y}(\tilde{t})$ ，和兩軸的標準差 $\sigma_{F_x}(\tilde{t})$ 、 $\sigma_{F_y}(\tilde{t})$ 的值為何。首先我們先思考駕駛者進行駕駛行為時，第一重視的要件便是駕駛安全，換句話說，就是在駕駛過程中，駕駛者不希望本車和其他車輛或物品產生碰撞，所以駕駛者隨時都在注意前方的路況(如路寬是否大於本車動態車寬，或與前車之間距)是否容許本車以現在的行進方向與速度通過，所以我們假設縱深 x 的期望值 $\mu_{F_x}(\tilde{t})$ 在本車的前車位置，標準差 $\sigma_{F_x}(\tilde{t})$ 則為本車與前車的距離，代表駕駛者進行駕駛時，為避免與前車相撞，會把較多的注意力放在前車與本車間的互動，設法與前車保持一定間距，以避免碰撞，而標準差的假設則是表示駕駛者駕駛期間仍有可能把注意力放在本車與前車之間位置，或許注意有車輛即將變換車道進來本車與前車之間，或許確保接下來的行進安全，而駕駛者也有可能把注意力放在本車內儀表板，甚至也有一些機會利用後照鏡把注意力放在後方的車輛駕駛行為上，所以視野縱深 x 的標準差便以此方式作為基本假設，而寬度 y 的期望值 $\mu_{F_y}(\tilde{t})$ 則是本車所在車道中央線，即為 0，標準差 $\sigma_{F_y}(\tilde{t})$ 則是(0.3,3.75)亂數選擇一數，此處寬度 y 的標準差 $\sigma_{F_y}(\tilde{t})$ 代表駕駛人的專心程度，當駕駛人駕駛相當專心時，寬度 y 的範圍相當小，也就代表鄰近車道車輛突然的速度變化不容易影響到駕駛者，反之，標準差越大，則代表駕駛者越不專心，容易被鄰近車道車輛影響，而最小值和最大值的考量，乃是要求視野寬度至少要有前車的車寬，最大則假設到鄰近車道車輛的位置，較值得一提的是最小值，為了確保最小值僅僅只包含前車，所以取前車車寬一半的 $\frac{1}{3}$ ，亦即駕駛人注視前車的高斯分布機率值約為 1，如圖 4.2 所示：

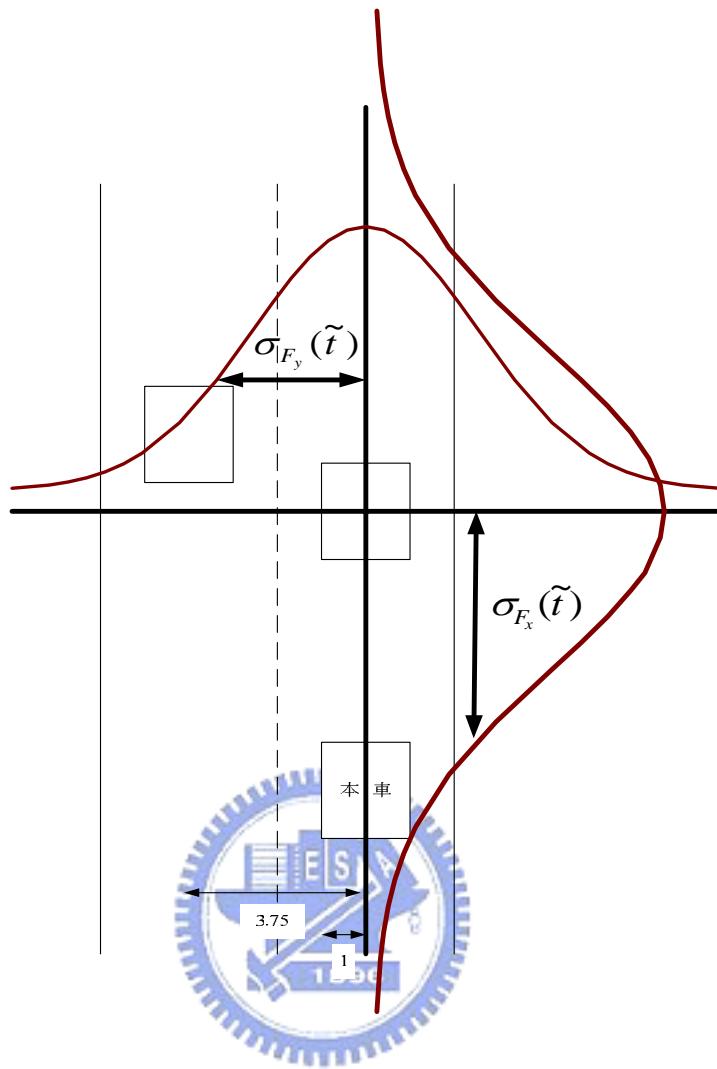


圖 4.2 駕駛者視野分布圖

4.3 校估結果

4.3.1 PHASE 1 校估結果

模式一共收集 55 筆樣本，紀錄車輛從原先順暢車流環境的速度下，突然減速的當下內心所感受到的心理動量，將 55 筆的資料作平均，則得到 $\bar{M}=10.47$ ，所以當駕駛人內心心理動量超過 10.47 這門檻值時，駕駛人則會驚覺駕駛環境的轉變而減緩速度。

4.3.2 PHASE 2 校估結果

模式二樣本共有 140 筆，我們設定 $\alpha=0.05$ 利用 SPSS 進行迴歸分析，分析結果如下表：

表 4.2 模式二分析結果

Phase	解釋能力	係數	未標準化係數估計值	標準化係數	t 值	顯著性(P 值)
2	0.145	α_1	-0.137	----	-0.2	0.842
		α_2	-0.159	-0.381	-4.846	0

由以上所示，解釋能力不是很好，而常數 α_1 的 t 檢定 P 值則太大，顯示常數 α_1 顯著為 0，係數 α_2 的 t 檢定 P 值則明顯拒絕 $\alpha_2=0$ 的假設，而標準化係數為 -0.381 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 $\alpha_1=0$ 、 $\alpha_2=-0.159$ ，為了讓前後單位一致， α_1 須再乘以 $5/18$ ($km/hr \cdot s \rightarrow m/s^2$)，所以最後得到參數為 $\alpha_1=0$ 、 $\alpha_2=-0.159$ 。

4.3.3 PHASE 3 校估結果

模式三樣本共收集 81 筆資料， $\alpha = 0.05$ ，校估結果如下：

表 4.3 模式三分析結果

Phase	解釋能力	係數	未標準化係數估計值	標準化係數	t 值	顯著性(P 值)
3	0.233	α_3	-0.06121	----	-0.121	0.904
		α_4	-0.458	-0.472	-4.711	0
		α_5	-0.002026	-0.086	-0.859	0.393

此式 R-Square 依然不大，但 F 檢定顯示我們有 95% 以上的信心拒絕參數全為 0 的假設，觀察各個參數的 t 檢定 P 值，我們發現參數 α_3 與 α_5 皆顯著為 0，尤

以 α_3 的 P 值最高，所以我們先把 α_3 視為 0，把 α_5 保留，而因為迴歸式中單位不同，所以 α_5 必須再乘上 3.6，而標準化係數在 α_4 和 α_5 皆為負的，且 α_4 大於 α_5 ，表示本車駕駛的加減速受前車心理動量值影響比事故及變換車道車輛的心理動能值影響大，且皆為負相關，因為我們必須求出實際的加減速值，所以採用未標準化係數可得到 $\alpha_3=0$ 、 $\alpha_4=-0.458$ 、 $\alpha_5=-0.0073$ ，雖然 α_5 的值相當小，但是因為動能的計算 ($E_{j_F}(t) = \frac{m_{j_F} \times [\Delta v_{j_F \rightarrow i}(t)]^2 \times U_i(t)}{2}$) 乃是相對速度的平方，相對速度假設為 30 時，其速度平方就是 900 了，而加減速度的範圍最大也分別是 2.5 和 4.5 而已，所以此值較低是可以合理解釋的。

而事故車道車輛變換車道率 $\bar{p}_{\Lambda \rightarrow i}$ 的取得也是透過 Paramics，觀察方式為鎖定非事故車道上一部車輛，當該車輛抵達事故影響區開始，先計算該車前方事故車道上共有幾輛車，再來計算該車輛進入事故影響區直到通過後，受到幾輛從事故車道變換車道車輛的干擾，便可求出 $\bar{p}_{\Lambda \rightarrow i}$ ，例如， i 車輛抵達事故影響區時，等待在事故車道上的車輛總共 10 輛，當 i 車輛繼續行進時，出現在 i 車輛前方事故車道車輛強制變換車道的情況出現了 3 次，則 $p_{\Lambda \rightarrow i}=0.3$ ，我們在高中低流量下共取 45 筆樣本，求出車輛的平均變換車道率 $\bar{p}_{\Lambda \rightarrow i}=0.29$ 。

綜合以上，我們把每個參數及模式整理如表 4.4：

表 4.4 參數值綜合整理

對應模式	參數(單位)	模式
Phase 1	$\bar{M} = 10.47$ (ton · km / hr · s)	$M_{j_F}(\tilde{t}) > 10.47$
Phase 2	$\alpha_1 = 0(m/s^2)$ 、 $\alpha_2 = -0.159(1/ton \cdot s)$	$\dot{v}_i(\tilde{t}) = -0.159 \times \sum_{\forall j_F \in J_F} w_{i,j_F}(\tilde{t}) \times M_{j_F}(\tilde{t})$
Phase 3	$\alpha_3 = 0(m/s^2)$ 、 $\alpha_4 = -0.458(1/ton \cdot s)$ $\alpha_5 = -0.0073(1/ton \cdot m)$ $\bar{p}_{\Lambda \rightarrow i} = 0.29$	$\dot{v}_i(\tilde{t}) = -0.458 \times w_{i,i-1}(t') \times M_{i-1}(t')$ $- 0.0073 \times w_{i,\Lambda}(t') \times \left\{ E_{\Lambda}(t') + \left[\sum_{\forall j_{\Lambda}} E_{j_{\Lambda}}(t') \right] \times 0.29 \right\}$

由表 4.4 所示，我們可以觀察出三點，第一，Phase 2 和 Phase 3 的第二部分參數值皆為負，清楚表示當駕駛者心理動量為正，也就是前車速度小於本車時，駕駛者會進行減速。第二，Phase 3 的第三部分參數值為負，跟一開始假設相同，表示駕駛者會受到事故車道上事故及欲強制變換車道車輛影響。第三、再觀察 Phase 2 和 Phase 3 的第二部分參數值(0.159,0.458)，可發現其值約差 3 倍，更可說明當駕駛者前方只有一輛前車時，未見事故與可見事故對於前車加減速反應是不同的，主要差異在於可見事故時，1. 因為進行事故的觀察，使得駕駛者分心，無法時時注意前車的動態，所以當前車減速時，駕駛者減速反應會顯的特別激烈，而當前車加速時，駕駛者為了避免堵在事故車道上的車輛趁機變換車道，所以也會以較激烈的加速來減少與前車的間距，以防止事故車道車輛變換車道而造成本車的延滯。2. 若駕駛者一直很專心的情況下，不被事故及鄰近車道車輛所影響時，減速較為激烈的原因乃在於本文文獻中探討膠頸行為內所提及，駕駛者會預

期前車有膠頸行為情況產生，會突然減速，因而覺得有潛在的危險性，所以對於前車的減速反應也會特別激烈。而加速反應激烈也是為了避免事故車道車輛變換車道而影響自己。



第五章、撰寫程式並對模擬結果進行分析

5.1 模擬模式架構

共分為發車、事故車道、與非事故車道三部份，分別解說如下：

5.1.1 發車

程式要發車時，乃是事故車道與非事故車道分開發車，流量分為高中低流量，分別為高流量=每車道 1600 輛/小時、中流量=每車道 1200 輛/小時、低流量=每車道 800 輛/小時，皆以固定間距發車，速度皆是 22.22m/s (時速 80 公里)。

每一車輛要發車前，必須要決定駕駛人的兩個特性，分別是警覺性和視覺縱深、視覺寬度的期望值及標準差，警覺性如圖 4.1 所示，分為高中低，視覺縱深及寬度期望值和標準差則如圖 4.2 所示，視覺縱深的期望值和標準差

$(\mu_{F_x}(\tilde{t}), \sigma_{F_x}(\tilde{t}))$ 皆為本車與前車的間距，視覺寬度的期望值和標準差

$(\mu_{F_y}(\tilde{t}), \sigma_{F_y}(\tilde{t}))$ 則為(0,0.3~3.75 任選一數)。

5.1.2 事故車道

事故車道上車輛的 1.跟車行為、2.遇到事故的剎車行為與 3.變換車道行為乃是沿用文獻[16]，參數值則是直接採用文獻[16]程式所用的值，分別說明如下：

1. 一般跟車行為

張鈞華[16]將駕駛人跟車之行為劃分為緊急剎車區、跟車反應區與自由行駛區三個區間，如圖 5.1 所示：

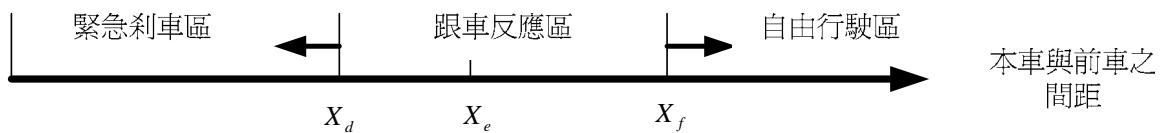


圖 5.1 一般跟車行為之反應區間

X_d ：動態安全間距(m)

X_e : 動態理想間距(m)

X_f : 自由行駛臨界間距

(1) 緊急剎車區

如同式子(3.6)所述，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。

(2) 跟車反應區

車輛跟車時，駕駛者會期望與前車維持一動態理想間距 X_e ，此值與本車目前行駛速率有關。若本車與前車實際間距小於動態理想間距，則本車傾向於減速以拉大間距，且當實際間距越小時，本車減速值應越大。若實際間距大於動態理想間距，則本車傾向於加速以縮小間距，且當實際間距越大，本車加速值越大。故可推論出下列公式：



$$\dot{v}_n(t) = \beta[(X_{n-1}(t) - X_n(t)) - X_e] \quad (5.1)$$

式中， β ：跟車反應係數($1/s^2$)， $\beta = 0.2$

X_e : 動態理想間距(m)，此處假設 $X_e = X_d + 10$

若駕駛者視野內不只一輛前車，還有鄰車在內的話，則(5.1)式可延伸如下：

$$\dot{v}_n(t+1) = w\beta_1[(X_{n-1}(t) - X_n(t)) - X_e] + (1-w)\beta_2\left[\frac{\sum_{i=(n-N_b-1)}^{n-2} v_i(t)}{N_b - 1} - v_n(t)\right] \quad (5.2)$$

式中， w ：前車影響所佔比例($0 \leq w \leq 1$)， $w = 0.9$

β_1 ：前車跟車反應係數($1/s^2$)， $\beta_1 = 0.2$

β_2 ：前方車隊跟車反應係數($1/s$)， $\beta_2 = 0.1$

N_b ：前方車隊車輛數

$v_i(t)$ ：本車道第 i 輛車於 t 時之速率(m/s)

當本車於本車車道上視野內得知前方車隊有 N_b 輛車，若 N_b 不等於 1，表示本車跟車行為不僅受前車影響，亦會受前方車隊所影響。 $\sum_{i=(n-N_b-1)}^{n-2} v_i(t)/(N_b - 1)$ 表示前方車隊除去前車的平均速率，若此值大於 $v_n(t)$ ，表示前方車隊平均速率大於本車，本車應考慮加速；若此值小於 $v_n(t)$ ，表示前方車隊平均速率小於本車，本車應考慮減速；若此值等於 $v_n(t)$ ，則本車只需考量前車速率即可。

(3) 自由行駛區

當本車與前車間距超過自由行駛臨界間距 X_f 後，前車的影響已不顯著；因此，本車駕駛可依據期望車速行駛。

$$\dot{v}_n(t) = \gamma(\hat{V}_n - V_n(t)) \quad (5.3)$$

式中， γ ：自由行駛係數($1/s$)， $\gamma = 1$

\hat{V}_n ：本車期望速率(m/s)

2. 遇到事故的剎車行為

當事故車道上車輛的前車即是事故時，如圖 5.2 所示，則車輛會逐漸減速，同時尋找變換車道之機會，直至事故前方剎車停止，此即為事故剎車行為。當車輛停止於事故前，必須與事故維持安全靜態距離，並保留適當空間供本車變換至鄰近車道。

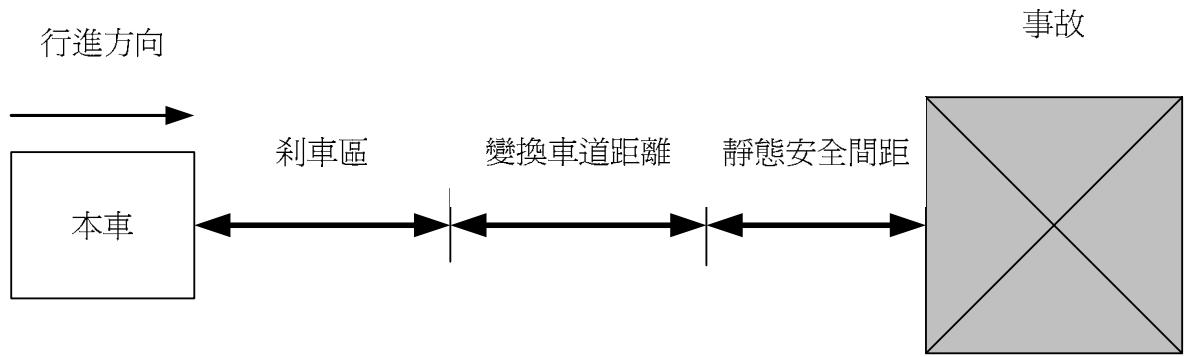


圖 5.2 事故剎車行為示意圖

故事故如採取事故剎車行為，其減速反應為

$$\dot{v}_n(t+1) = -\min \left\{ \frac{v_n^2(t)}{2[(B_p - X_n(t)) - X_s - (g \cdot L_w / \tan \theta_M)]}, D(I_n) \right\} \quad (5.4)$$

式中， B_p ：事故所在位置(m)



X_s ：靜態安全間距(m)

g ：變換至無事故車道之次數，此處假設為 1

L_w ：車道寬度(m)

θ_M ：車輛最大轉向角度(rad)

3. 變換車道模式

車輛變換車道分為二部份，(1)變換車道的決定、(2)變換車道行為，分別說明如下：

(1) 變換車道的決定

影響駕駛人變換車道因素很多，其中主要的有轉向因素、事故因素、前方車隊變換車道影響、和前方車隊速率狀況，簡單列表如下：

表 5.1 變換車道因素

變換車道因素	說明
轉向因素	車輛依下個路口要左轉右轉或直行，而變換車道至期望車道。
事故因素	車輛知道該車道為事故車道，便會設法變換車道。
前方車隊變換車道影響	駕駛發覺前方車隊變換車道行為過於頻繁，較隔壁車道變換至本車道車輛數為多，則駕駛考量變換車道。
前方車隊速率狀況	車輛純粹期望能進入行駛速率較快的車道。

而在程式裡面，因為是高速公路二車道環境，且前後不考量交流道，所以轉向因素可以完全排除，而前方車隊變換車道影響在程式內也不予考慮，因為非事故車道上的車輛不考量變換車道，無法比較兩車道互相變換車道車輛數的情況，所以程式內事故車道上變換車道因素僅考量事故因素和前方車隊速率狀況。

首先是事故因素，當本車的前車是事故時，則駕駛者便研判變換車道，另外，為避免程式一開始的事故車道首車從兩公里外一發車便發現前車是事故，就立刻變換車道，所以在此設定當前車在本車自由行駛距離 $125m$ 內，才算是有前車存在，若前車在 $125m$ 外，則不算有前車存在，車輛依期望速率行駛。

接下來是前方車隊速率狀況，要說明前方車隊前，必須先說明駕駛者的視野最大範圍，如圖 5.3 所示：

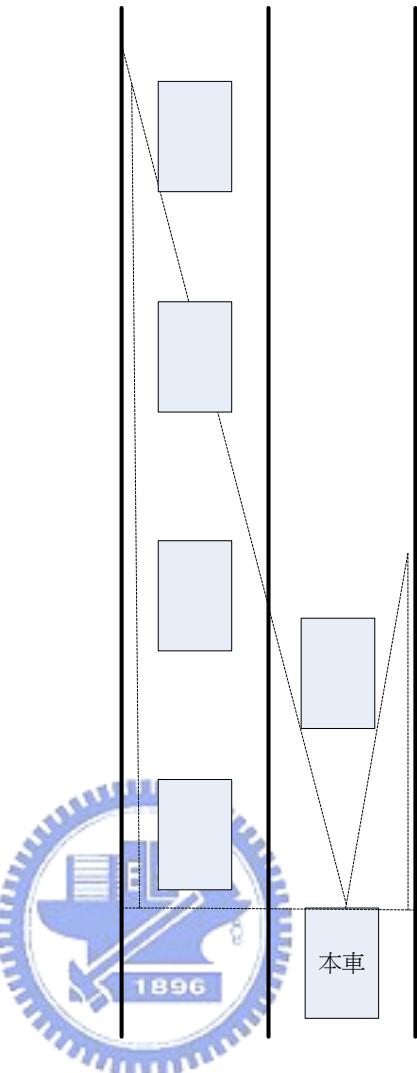


圖 5.3 駕駛者視野最大範圍

由圖 5.3 可知，駕駛者視野可見最大範圍為虛線所圍部份，而所謂前方車隊，則是指此範圍內除前車外的所有車輛，而最遠目視距離 X_r 之計算方式為：

$$X_r = X_n(t) + \frac{3}{2} \left(L_w / \tan \theta_e \right) \quad (5.5)$$

所以當相鄰車道車輛位置介於 $X_n(t)$ 與 X_r 間，則本車可見該車的存在。

我們以相鄰車道前車速率或前方車隊平均速度(不包含相鄰車道前車)較低者，表示本車所認知的相鄰車道速率，再與本車道前車速率比較，若本車道前車速率較快，則不考慮變換車道，若相鄰車道速率較本車道前車速率為快，則駕駛者考量變換車道。

(2) 變換車道行為

假設變換車道過程中，

$$v_n(t+1) = v_n(t)$$

$$X_n(t+1) = X_n(t) + \frac{L_w}{\tan \theta_M} \quad (5.6)$$

式中， $v_n(t+1)$ ：本車於 $t+1$ 時之速率(m/s)

θ_M ：車輛最大轉向角度(rad)

最大轉向角度 θ_M 也是參考文獻[17]，角度單位為徑度，設定如下：

$$\theta_M = 0.355038 - 0.01807 \times v_i(t) \quad \text{If } 0 \leq v_i(t) \leq 10.018$$

$$\theta_M = 0.174 \quad \text{If } v_i(t) > 10.018$$

式中， $v_i(t)$ ：車輛速率(m/s)



(5.6)式表示變換車道時，速率不變，且車輛皆以最大轉向角 θ_M 進行車道變換，並假設所有變換車道行為皆於一秒內完成。

而在車輛考量變換車道的過程中，需考慮三個條件：

a.與本車道前車之關係

b.與期望車道前車關係

c.與期望車道後車關係

當三者條件同時符合時，使得變換車道。分別說明如下：

a.與本車道前車之關係

由圖 5.4，如欲向右變換車道，本車左前輪不可接觸前車右後輪。因此，本車左前輪與前車右後輪之夾角應小於本車最大轉向角度，本車才能駛離本車道。

$$\theta_M \geq \theta_c = \tan^{-1} \left[\frac{(V_w(I_n) + V_w(I_{n-1}))}{2 \times ((X_{n-1}(t) - X_n(t)) - V_l(I_{n-1}))} \right] \quad (5.7)$$

式中， θ_c ：本車左前輪與前車右後輪之夾角(rad)

$V_w(I_n)$ ： I 型車種本車車寬

$V_l(I_{n-1})$ ： I 型車種前車車長

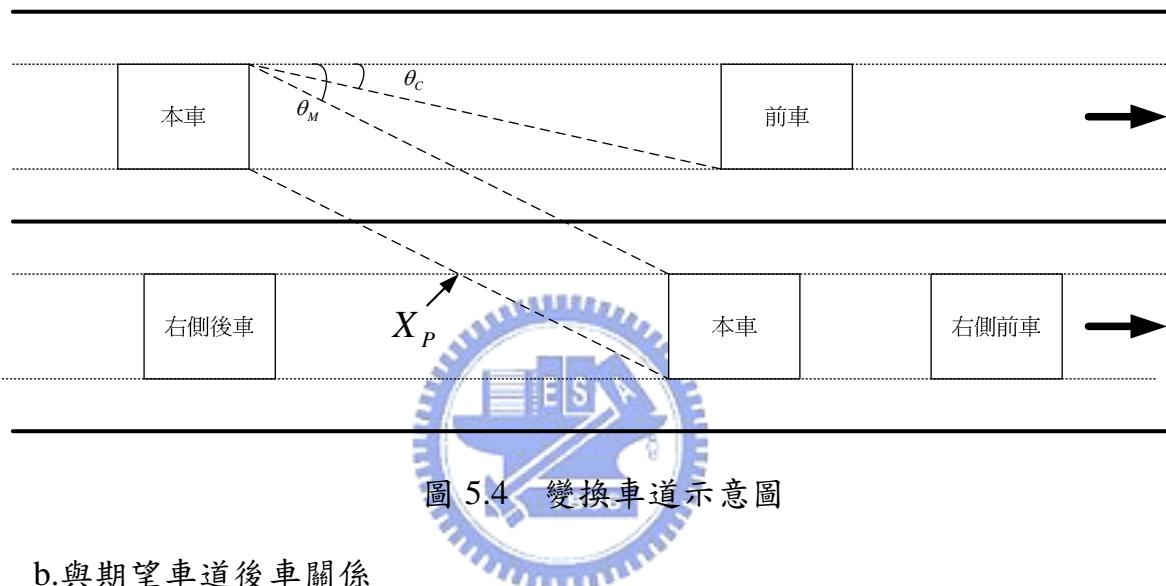


圖 5.4 變換車道示意圖

b. 與期望車道後車關係

若期望車道無後車，則此條件不考慮，反之，若期望車道有後車，後車如於 t 時加速，則其 $t+1$ 時之位置 $X_{n+1}^E(t+1)$ ，不應超過本車變換車道過程中衝突點位置 X_p (如圖 5.4)，即 $X_p \geq X_{n+1}^E(t+1)$ 。

$$X_p = X_n(t) + (L_w - V_w(I_n)) / \tan \theta_M \quad (5.8)$$

期望車道後車於 t 時加速， $t+1$ 時之速率與位置為

$$v_{n+1}^E(t+1) = v_{n+1}^E(t) + A(I_{n+1}^E) \quad \text{if } v_{n+1}^E(t) + A(I_{n+1}^E) < \hat{v}_{n+1}^E$$

$$v_{n+1}^E(t+1) = \hat{v}_{n+1}^E \quad \text{if } v_{n+1}^E(t) + A(I_{n+1}^E) \geq \hat{v}_{n+1}^E$$

$$X_{n+1}^E(t+1) = X_{n+1}^E(t) + \frac{v_{n+1}^E(t) + v_{n+1}^E(t+1)}{2} \quad (5.9)$$

式中， $v_{n+1}^E(t)$ 、 $v_{n+1}^E(t+1)$ ：期望車道後車於 t 時、 $t+1$ 時之速率(m/s)

$X_{n+1}^E(t)$ 、 $X_{n+1}^E(t+1)$ ：期望車道後車於 t 時、 $t+1$ 時之位置(m)

$A(I_{n+1}^E)$ ：期望車道後車I型車輛加速度(m/s^2)

\hat{v}_{n+1}^E ：期望車道後車之期望速率(m/s)

期望車道後車與本車距離仍應大於動態安全間距，即

$$X_n(t+1) - X_{n+1}^E(t+1) \geq X_s + \frac{(v_{n+1}^E(t+1))^2}{2d(I_{n+1}^E)} - \frac{(v_n(t+1))^2}{2D(I_n)} \quad (5.10)$$

c. 與期望車道前車關係

若期望車道無前車存在，則此條件不考慮。若期望車道有前車存在，則本車變換車道後與前車的距離仍應大於動態安全間距。當期望車道前車以最大減速率減速時， $t+1$ 時之速率與位置為

$$v_{n-1}^E(t+1) = v_{n-1}^E(t) - D(I_{n-1}^E) \quad \text{if } v_{n-1}^E(t) - D(I_{n-1}^E) > 0$$

$$v_{n-1}^E(t+1) = 0 \quad \text{if } v_{n-1}^E(t) - D(I_{n-1}^E) \leq 0$$

$$X_{n-1}^E(t+1) = X_{n-1}^E(t) + \frac{v_{n-1}^E(t) + v_{n-1}^E(t+1)}{2} \quad (5.11)$$

則兩車於 $t+1$ 時之距離必須大於或等於安全動態間距，即

$$X_{n-1}^E(t+1) - X_n(t+1) \geq X_s + \frac{(v_n(t+1))^2}{2d(I_n)} - \frac{(v_{n-1}^E(t+1))^2}{2D(I_{n-1}^E)} \quad (5.12)$$

式中， $v_{n-1}^E(t)$ 、 $v_{n-1}^E(t+1)$ ：期望車道前車於 t 時、 $t+1$ 時之速率(m/s)

$X_{n-1}^E(t)$ 、 $X_{n-1}^E(t+1)$ ：期望車道後車於 t 時、 $t+1$ 時之位置(m)

5.1.3 非事故車道

首先要強調的是，非事故車道上沒有變換車道至事故車道上行為，雖然說一開始強調進入非事故車道車輛並不知道前方有事故發生，但為了方便觀察非事故車道上車輛跟車行為，以及駕駛者受事故影響的情況，所以在程式部分便不考量非事故車道車輛變換車道的情況。

因此，在非事故車道上，駕駛者最主要的行為就是跟車行為，如同第三章所述，但有一點需要注意，非事故車道上車輛來源有二，第一，從發車就在非事故車道上車輛、第二，從事故車道變換車道過來的車輛；將分別說明如下：

1. 從發車就在非事故車道上車輛

首先我們定義駕駛者的視野最大範圍，如圖 5.3 以及式子(5.5)所述，在那樣的視野最大範圍內，我們再決定駕駛者的視野 $F[\Delta x(t), \Delta y(t)]$ ，決定方式如圖 4.2 及其說明，將其整理如下表

表 5.2 決定駕駛者視野縱深及寬度的期望值和標準差

視覺縱深 $\Delta x(t)$	$\mu_{F_x}(\tilde{t}) = X_{n-1}(t)$
	$\sigma_{F_x}(\tilde{t}) = X_{n-1}(t) - X_n(t)$
視覺寬度 $\Delta y(t)$	$\mu_{F_y}(\tilde{t}) = 0$
	$\sigma_{F_y}(\tilde{t}) = (0.3 \sim 3.75)$ 隨機選取一數

駕駛者視野 $F[\Delta x(t), \Delta y(t)]$ 決定後，我們便可計算視野中所包含車輛各自的權重及動量，如式子(3.1)所提，直到駕駛者心理動量大於門檻值 \bar{M} ，此時 Phase 1 啟動，駕駛者採取一般減速率減速直到心理動量值小於或等於 \bar{M} ，這時候便進入到 Phase 2，一直到 1. 駕駛者最大視野包含事故且 2. 駕駛者通過事故前 100 公尺

時，Phase 3 便開始啟動，上述第一個條件代表駕駛者可看見事故，第二個條件表駕駛者可看清楚事故的情況，而 100 公尺的數值乃是利用 PARAMICS 駕駛模擬器的功能試驗所得，這麼設定的最大好處在於，若本車前方兩公里外只有事故而無其他車輛時，本車不會立刻進入 Phase 3 行駛，而是一直以期望速率行駛直到通過事故前 100 公尺，才直接啟動 Phase 3，與現實情況較為符合。



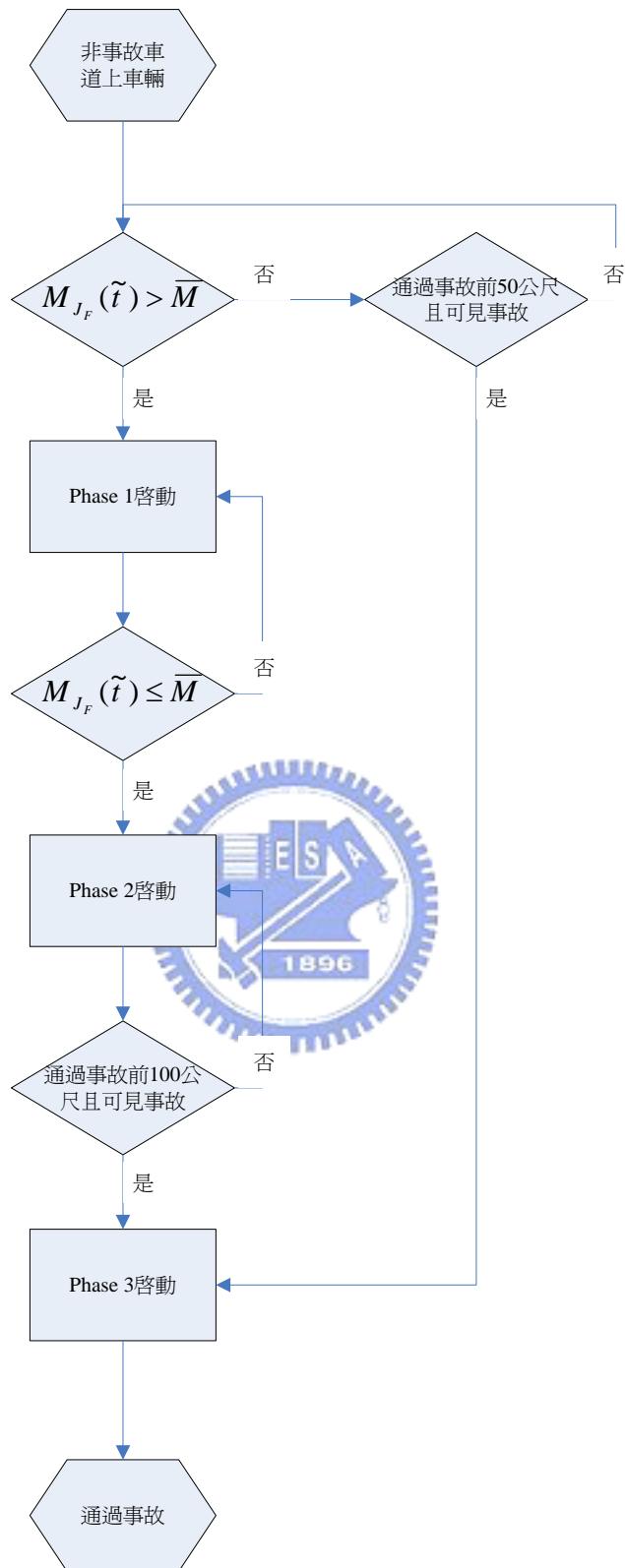


圖 5.5 一開始便在非事故車道上車輛跟車流程圖

2. 從事故車道變換車道過來的車輛

若車輛從事故車道變換到非事故車道時，表示速度上已受到阻礙，已有減速的動作，所以一變換到非事故車道時，便直接進入 Phase 2 進行跟車，直到滿足上述 Phase 3 的兩個條件才進入到 Phase 3；另外，若車輛一變換車道過來即滿足 Phase 3 的兩個條件時，則直接啟動 Phase 3。值得注意的是，無論如何，非事故車道上車輛最後一定會滿足 Phase 3 的兩個條件，所以最後 Phase 3 一定會啟動。

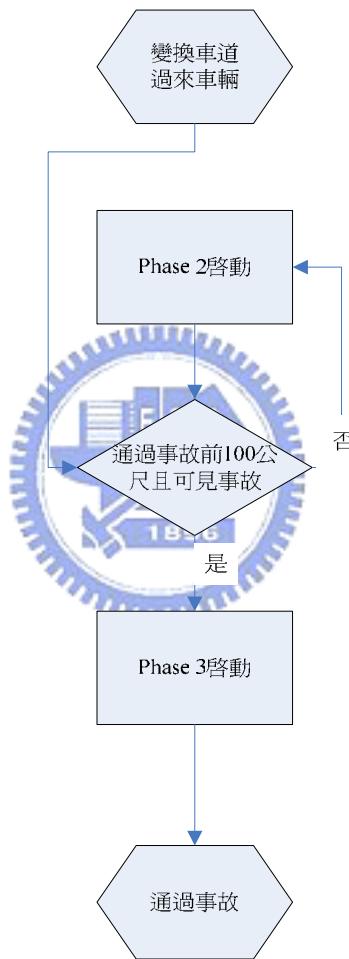


圖 5.6 變換車道過來車輛跟車流程圖

5.2 事故模擬模式之分析

將模式撰寫成程式後，將利用模擬的結果探討模式的實用性。下述分別為模式輸入資料、模式輸出資料與模擬結果分析。

5.2.1 模式輸入資料

本模式輸入資料共分為車輛特性、道路幾何、事故車道上駕駛人相關係數、及非事故車道上駕駛人相關係數，分別敘述如下：

1. 車輛特性

分為車輛實體設計、一般加減速率值、最大加減速率值、車輛起始速率與車輛發車，分別敘述如下：

(1) 車輛實體設計

車輛長寬高定義如表 5.3：

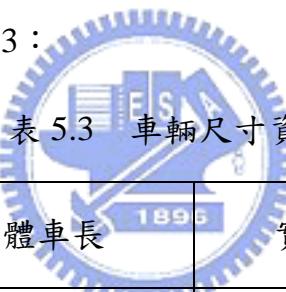


表 5.3 車輛尺寸資料表

車型	實體車長	實體車寬	車重
小客車	4.00 (m)	2.00 (m)	1.30(ton)

(2) 一般加減速率值

車輛一般加減速率值乃是參考[16]所得資料。唯一不同的地方在於當小客車速率 0-6.67 時，原資料的加速率值是 $3.56(m/s^2)$ ，但本篇設定加速率值最大為 $2.5(m/s^2)$ ，故將其值改為 $2.5(m/s^2)$ ，而小客車的速率與加減速率關係表如表 5.4 所示：

表 5.4 小客車之速率與加減速率關係表

速率(m/s)	0-6.67	6.67-13.33	13.33-17.78	17.78-22.22
加速率(m/s^2)	2.5	2.22	2.09	1.69
減速率(m/s^2)	2.36	2.04	1.47	1.47

(3) 最大加減速率值

車輛最大加減速率值乃是參考 PARAMICS 上的設定，所以小客車(最大加速值,最大減速值)=($2.5 m/s^2, 4.5 m/s^2$)。

(4) 車輛起始速率

起始速率的部份，因為本論文探討範圍乃是事故影響區內，從起始刺激開始到通過事故為止，所以為方便探討及觀察，將所有車輛一開始的起始速率都設為 $22.22 m/s$ (時速 80 公里)。

(5) 車輛發車

車輛發車分為高中低流量，高流量=每車道 1600 輛/小時、中流量=每車道 1200 輛/小時、低流量=每車道 800 輛/小時，所以高流量每 2.3 秒發一輛車，中流量每 3 秒發一輛車，低流量每 4.5 秒發一輛車，將發車固定的原因乃在於方便觀察駕駛者進入事故影響區後的車流情況。

發車限制則是因為要防止車輛回堵到發車點，造成起始刺激狀況無法觀察，在這裡是設定距起點 $30 m$ 。

2. 道路幾何

分為車道長、寬，以及非事故車道在事故之後的延伸長度，如表 5.5。

表 5.5 道路幾何

車道長(m)	車道寬(m)	非事故車道延伸長度(m)
600	3.75	300

3. 事故車道上駕駛人相關係數

有關事故車道上跟車、變換車道與剎車的模式係數設定如表 5.6：

表 5.6 事故車道上駕駛人係數一覽表

自由行駛係數	1
跟車反應係數	1
前車影響所佔比例	0.9
前車跟車反應係數	0.2
前方車對跟車反應係數	0.1
駕駛人期望速率	$22.22(m/s)$

4. 非事故車道上駕駛人相關係數

如表 4.4 所示。

5.2.2 模式輸出資料

模式輸出資料以下列形式進行輸出：

表 5.7 模式輸出資料

Time XXX					
一般(事故)車道					
每輛車 id	發車車道(0 or 1)	加速度	速度	Phase X	距起點位置

另外也可調整觀看駕駛人的警覺性(alertness)、本車與前車的動態安全間距(dynamic_safe_distance)、駕駛人的最大視野(scope)、車重(mass)、駕駛人的視野寬度標準差(sigmaY)。

5.2.3 模擬結果分析

我們利用所校估出來的參數，輸入模式內，進行模式模擬，流量分為高流量=每車道 1600 輛/小時、中流量=每車道 1200 輛/小時、低流量=每車道 800 輛/小時，而事故位置在 600 公尺處，資料記錄時間從 41 秒到 240 秒共 200 秒，為使我們能輕易看出模式帶來的影響，所以把發車的間隔與速度都調成相同，觀察這些流量下，時空圖的軌跡，以及每個 Phase 的平均速度和平均車間距。模擬結果分為 1. Phase 1 動量門檻值的變更、2. 正常情況結果、3. 注意力針對前車結果、4. 速度與車間距的關係，分別敘述如下：

1. Phase 1 動量門檻值的變更

原先利用 PARAMICS 駕駛模擬器校估 Phase 1 的動量門檻值為 10.47，但輸入程式後發現，很多車輛往往直接穿越前車而過，主要原因在於 Phase 1 沒有最小動態間距的假設，不設立的原因在於方便觀察 Phase 1 所造成的結果，所以針對心理動量門檻值，便直接以程式用試驗的方式跑出，條件設立兩個，第一、後車不可穿越前車，第二、當 Phase 1 啟動，駕駛者以一般減速率剎車直到 Phase 2 開始啟動時，與前車間距小於最小安全動態間距的頻率不可高於 10%，經過不斷測試結果，包含駕駛者警覺性調整最小，或是將駕駛者視野調整只注意前車，我們發現心理動量門檻值以 0.6 在任何條件下為最佳，乃符合條件的最大值。

接下來我們探討當初校估參數時，為何校估出如此大的門檻值，主要原因是駕駛者的起始刺激難以觀察，因為駕駛模擬時，無法中途暫停，所以駕駛者受到刺激時的減速行為，往往只能透過事後偵測器的觀察得到資訊，但 PARAMICS 的駕駛模擬有一個缺點，即使駕駛人不自己手動，車輛也會自動駕駛，所以往往駕駛者還沒意願剎車時，車輛已經自動先剎車了，才造成如此大的誤差，所以也只能在駕駛者駕駛時，要求盡量自行操控理想速度與間距，或是使用設備更為精密的駕駛模擬器。



2. 正常情況結果

先將結果繪製成時空圖，如圖 5.7、圖 5.8 及圖 5.9 所示：

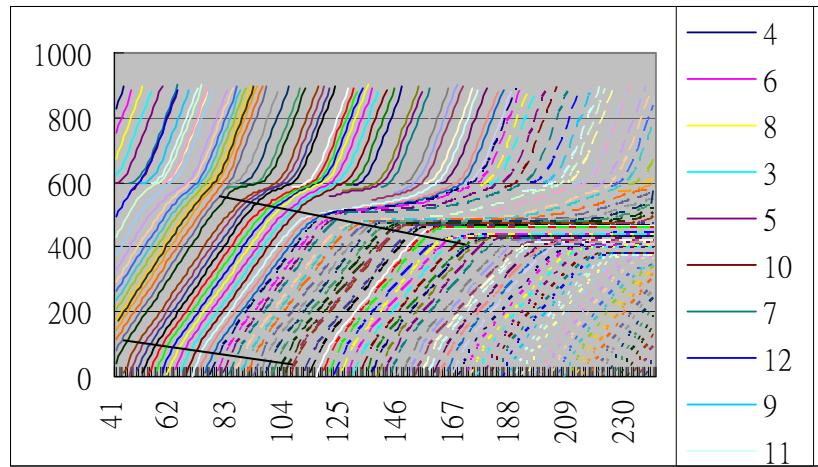


圖 5.7 正常情況高流量時空圖

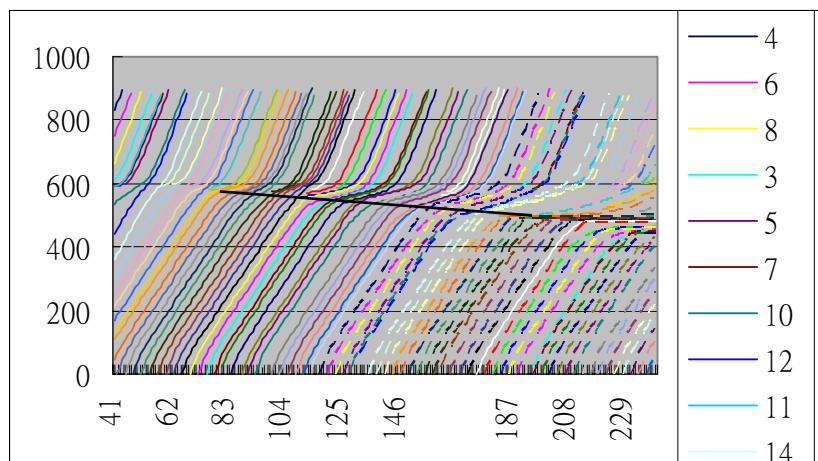


圖 5.8 正常情況中流量時空圖

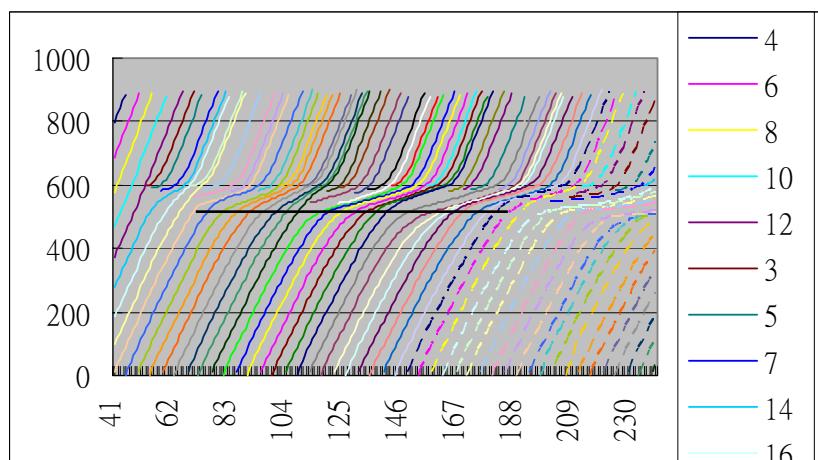


圖 5.9 正常情況低流量時空圖

由圖 5.7、圖 5.8 和圖 5.9 可知，駕駛者進入路段後，突然感受到前方車流情況帶給駕駛者的心理動量門檻值超過一定值，使得駕駛者減速行駛並開始留心前方的情況，此時尚未見到事故，所以隨著週遭車流環境前進，直到 Phase 3 條件成立後，進入 Phase 3 狀態，一開始未受到事故車道變換車道影響時，即可略微觀察出駕駛者的速度較 Phase 2 緩慢，顯現駕駛者正在進行膠頸行為的動作，隨著時間推移，駕駛者開始受到事故車道車輛因受事故阻塞，須強制變換車道的影響，此時駕駛者除了有膠頸行為外，更有事故車道車輛即將變換車道的預期，使得速度更為緩慢，隨著車輛數的增加，便開始形成 Phase 2 和 Phase 3 間的一條衝擊波，直到通過事故後，各車以期望速率駕駛離開。而高中低流量的 Phase 1 和 Phase 2 之間變化的程度是由高到低漸漸緩和，所以只有在高流量可見較明顯的衝擊波，而車輛在事故前的延滯也是由高流量到低流量漸漸緩和，所以衝擊波的斜率慢慢變小。

接下來我們將每個流量時空圖的資訊轉換成每秒的平均速度和平均車間距(m)，並比較 Phase 2 和 Phase 3 兩個狀態下每秒的平均速度與平均車間距(m)，從第 41 秒到 240 秒共有兩百筆資料，左圖代表每秒 Phase 2 和 Phase 3 的平均速度(m/s)，右圖則代表每秒的平均車間距(m)。

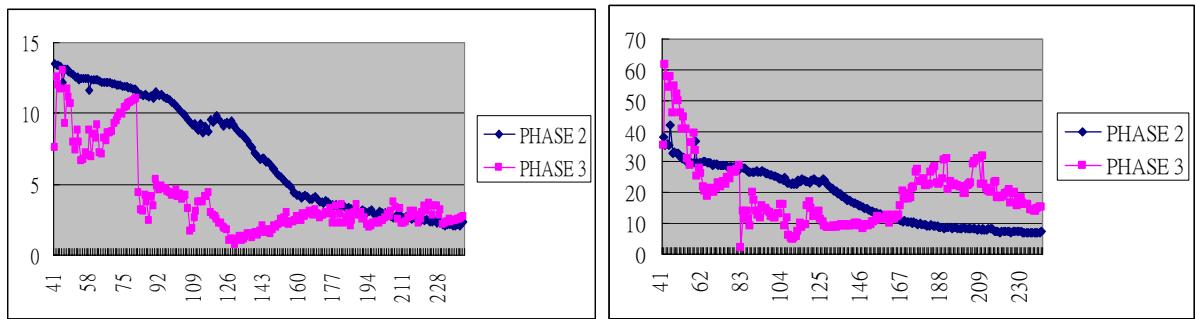


圖 5.10 正常情況高流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較

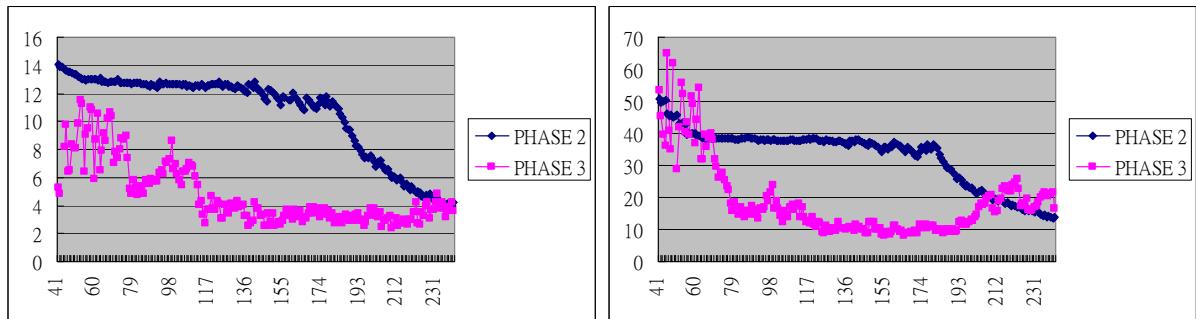


圖 5.11 正常情況中流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較

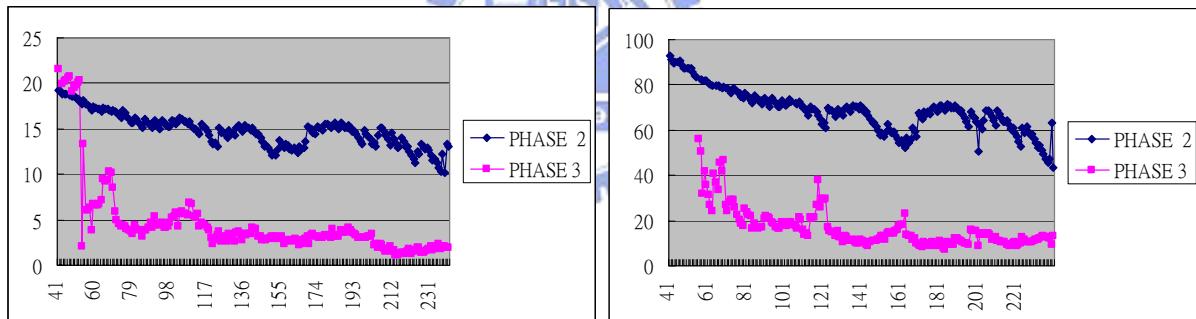


圖 5.12 正常情況低流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較

由圖 5.10、圖 5.11 和圖 5.12 中，我們可以發現 Phase 2 的速度隨著流量變多而變低，高流量速度隨著時間往下掉的斜率較大，中流量則是兩條斜率的分布，低流量斜率則較小，平均速度也較快，而 Phase 3 的速度似乎較無變化，沒有太大的差異存在，為了讓我們更清楚了解圖形所代表的意涵，我們實際針對 Phase 2 和 Phase 3 個別平均速度與平均車間距作獨立樣本 t 檢定，先觀察變異數是否相同，再檢定平均數是否一致，如表 5.8、表 5.9 和表 5.10 所示。

表 5.8 正常情況高流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)比較

	平均速度		平均車間距	
	變異數	平均數	變異數	平均數
Phase 2	3.9805	7.1007	9.3848	18.1339
Phase 3	2.8001	4.1292	10.2847	19.5152
P 值	0.000	0.000	0.399	0.532
是否有顯著差異	是	是	否	否

表 5.9 正常情況中流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)檢定

	平均速度		平均車間距	
	變異數	平均數	變異數	平均數
Phase 2	3.0336	10.6112	9.0532	32.9443
Phase 3	2.1123	4.7379	11.1558	18.6087
P 值	0.000	0.023	0.614	0.000
是否有顯著差異	是	是	否	是

表 5.10 正常情況低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)檢定

	平均速度		平均車間距	
	變異數	平均數	變異數	平均數
Phase 2	1.7971	14.7960	9.5526	68.2501
Phase 3	4.1919	4.6193	8.1448	16.5961
P 值	0.052	0.000	0.299	0.000
是否有顯著差異	否	是	否	是

所得結果如表 5.11 所示，Phase 2 和 Phase 3 平均速度的平均數皆有顯著差異，而變異數則只有低流量沒有顯著差異；車間距的變異數通通沒有顯著差異，平均數只有高流量因為車流過多，使得每輛車的間距皆沒有太大差異，此結果說明模式確實可以解釋當駕駛者進入 Phase 3 的情況時，因為事故車道車輛強制變換車道與駕駛者膠頸行為的產生，會使駕駛者減緩速度，但我們不能確定究竟是變換車道影響較大，還是膠頸行為影響較大，所以我們必須試驗當駕駛者把注意力僅放在前車時的情況。

表 5.11 正常情況高中低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)

是否顯著差異結果

	平均速度		平均車間距	
	變異數	平均數	變異數	平均數
高流量	是	是	否	否
中流量	是	是	否	是
低流量	否	是	否	是

3. 注意力只針對前車結果

本模式最令人感興趣的就是駕駛者的注意力，也就是專心程度，以往跟車模式進行跟車時，僅僅考量前車的狀態來進行跟車，所以我們可利用這模式做這麼一項試驗，將所有駕駛者的視野寬度標準差($\sigma_{F_y}(\tilde{t})$)調成最低值 0.3，表示駕駛者駕駛過程中僅注意前方的車輛，接下來針對高流量=每車道 1600 輛/小時、中流量=每車道 1200 輛/小時、低流量=每車道 800 輛/小時進行模擬，將每一流量模擬所得非事故車道時空圖繪製如下：

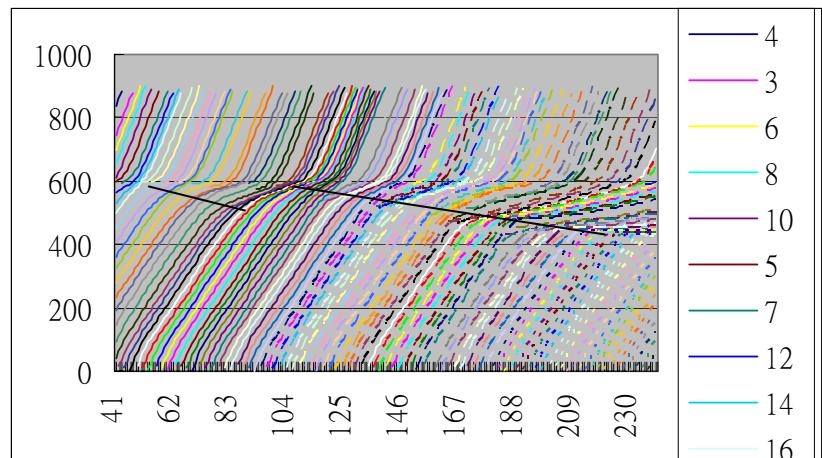


圖 5.13 高流量，注意力只針對前車之模擬時空圖

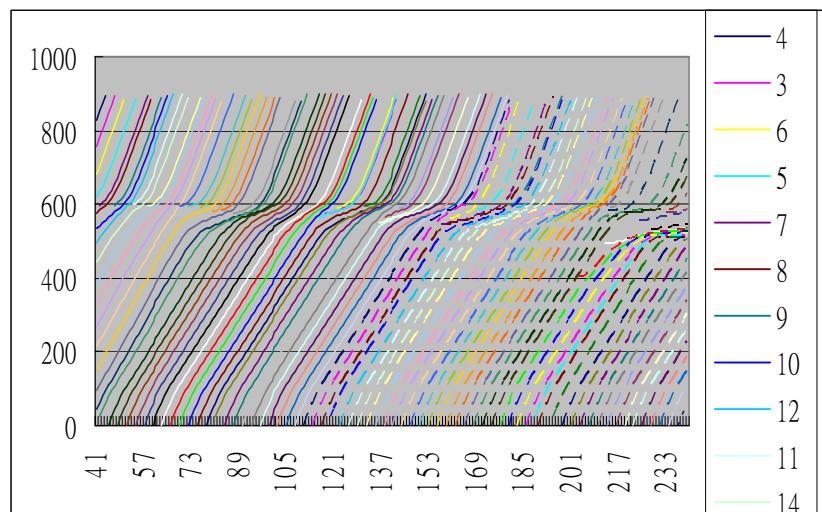


圖 5.14 中流量，注意力只針對前車之模擬時空圖

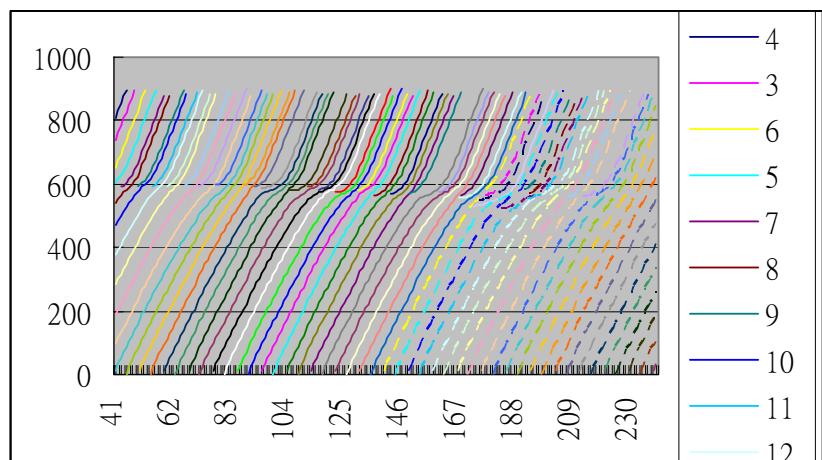


圖 5.15 低流量，注意力只針對前車之模擬時空圖

由圖 5.13、圖 5.14 和圖 5.15 我們發現除了 Phase 1 和 Phase 2 之間不太明顯外，而且車輛的延滯都比正常情況來的小，但這樣訊息還是不夠完全，所以緊接著我們再來分析每秒鐘平均速度和平均車間距的狀況。

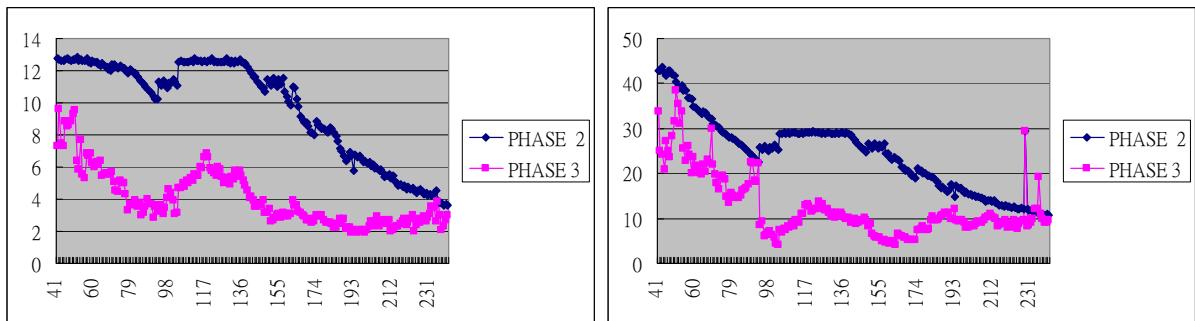


圖 5.16 注意力針對前車高流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較

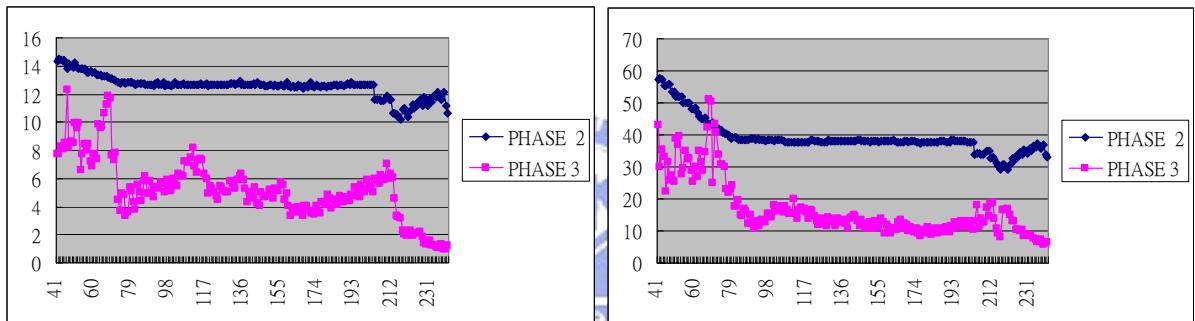


圖 5.17 注意力針對前車中流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較

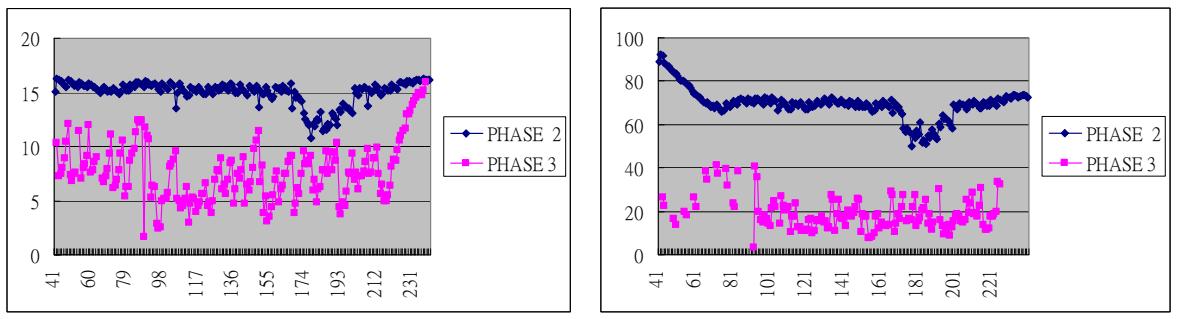


圖 5.18 注意力針對前車低流量 Phase 2 & 3 每秒平均速度與平均車間距(m)比較

如圖 5.16、圖 5.17 和圖 5.18 所示，Phase 2 和 Phase 3 的平均速度和平均車間距皆隨著流量由高而低慢慢增加，且除了高流量外，Phase 2 都呈現相當穩定的狀態，而 Phase 3 低流量的速度則有蠻大的一個震盪，照道理來說，這震盪應是事故車道車輛變換車道所造成的，為了確認，我們再把 200 筆資料以 5 秒為一筆，

將上述資料量化並個別做 Phase 2 和 Phase 3 平均速度和車間距的檢定，同樣的，我們先觀察變異數是否相同，再檢定平均數是否一致，檢定結果如表 5.12、表 5.13 和表 5.14。

表 5.12 注意力針對前車高流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)

檢定

	平均速度		平均車間距	
	變異數	平均數	變異數	平均數
Phase 2	3.0887	9.7222	8.2605	24.2788
Phase 3	1.7094	4.2095	6.5913	12.3083
P 值	0.000	0.000	0.101	0.000
是否有顯著差異	是	是	否	是

表 5.13 注意力針對前車中流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)

檢定

	平均速度		平均車間距	
	變異數	平均數	變異數	平均數
Phase 2	0.7620	12.5592	5.3793	39.1008
Phase 3	2.0792	5.2571	8.5193	16.3881
P 值	0.000	0.000	0.012	0.000
是否有顯著差異	是	是	是	是

表 5.14 注意力針對前車低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)

檢定

	平均速度		平均車間距	
	變異數	平均數	變異數	平均數
Phase 2	1.0339	14.9905	6.7068	69.3830
Phase 3	2.4152	7.7307	6.6251	19.9497
P 值	0.001	0.000	0.535	0.000
是否有顯著差異	是	是	否	是

再將結果整理如下表 5.15：

表 5.15 注意力針對前車高中低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度與平均車間距(m)是否顯著差異結果

	平均速度		平均車間距	
	變異數	平均數	變異數	平均數
高流量	是	是	否	是
中流量	是	是	是	是
低流量	是	是	否	是

結果可知，除了高低流量的平均車間距變異數沒有顯著不同外，其他的情況 Phase 2 和 Phase 3 都有顯著的不同，此一結果顯示不管是正常情況或是注意力針對前車情況，Phase 2 和 Phase 3 的每秒平均速度平均數皆顯著不同，表示 Phase 3

的車速降低最大的原因，乃是事故車道車輛變換車道影響，但是否與膠頸行為有關，我們接下來再試著比較高中低流量下，正常情況和駕駛者僅注意前車兩種情況下 Phase 2 和 Phase 3 的速度比較，結果顯示如下：

表 5.16 高流量正常情況和注意力針對前車 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度檢定

	PHASE 2		PHASE 3	
	變異數	平均數	變異數	平均數
一般情況	3.9805	7.1007	2.8001	4.1292
駕駛者僅 注意前車	3.0887	9.7222	1.7094	4.2095
P 值	0.003	0.002	0.021	0.818
是否有顯 著差異	是	是	是	否

表 5.17 中流量正常情況和注意力針對前車 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度檢定

	PHASE 2		PHASE 3	
	變異數	平均數	變異數	平均數
一般情況	3.0336	10.6112	2.1123	4.7379
駕駛者僅 注意前車	0.7620	12.5592	2.0792	5.2571
P 值	0.000	0.000	0.271	0.239
是否有顯 著差異	是	是	否	否

表 5.18 低流量正常情況和注意力針對前車 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度檢定

	PHASE 2		PHASE 3	
	變異數	平均數	變異數	平均數
一般情況	3.0336	14.7960	4.1919	4.6193
駕駛者僅 注意前車	0.7620	14.9905	2.4152	7.7307
P 值	0.001	0.555	0.172	0.000
是否有顯 著差異	是	否	否	是

再把結果整理如下表：

表 5.19 一般情況與注意力針對前車高中低流量 Phase 2 & 3 每 5 秒平均速度

是否顯著差異結果

	PHASE 2		PHASE 3	
	變異數	平均數	變異數	平均數
高流量	是	是	是	否
中流量	是	是	否	否
低流量	是	否	否	是

結果顯示，Phase 2 低流量的速度平均數沒有顯著不同，Phase 3 高流量和中流量速度平均數也沒有顯著不同，而變異數則是中低流量無顯著不同，雖然從這地方我們無法看出一般情況與注意力針對前車有否絕對性的差異存在，但我們還是可以從數據上明顯發現，不管是 Phase 2 或是 Phase 3，不管是高、中或低流量，速度平均數一般情況一定小於注意力針對前車情況，速度變異數也是一般情況時的變異較大，顯示模式可解釋駕駛者專心或分心時，的確會影響週遭的車流環境，且速度操控的變異性也較大，第二點，從 Phase 3 一般情況與注意力針對前車速度上的差異性與變異性，證明我們也可利用模式對駕駛者的膠頸行為進行解釋，但是高流量和中流量在 Phase 3 的情況下，一般情況與注意力針對前車的平均速度是不顯著的，為了證實模式的確可對膠頸行為進行解釋，所以再進行一個假設情境試驗，我們假設事故車道上僅有事故存在，沒有其他車輛，也就是當非事故車道上車輛進入 Phase 3 狀態時，僅會受到膠頸行為影響，再來，把 Phase 1 門檻值設為 100，使 Phase 1 不會啟動，用意在讓非事故車道上車輛當滿足 Phase 3 情況時，直接進入 Phase 3 的狀態，而進入 Phase 3 狀態之前的速度則一直維持在 $22.22(m/s)$ ，所以受膠頸行為的情況便可清楚描述出來，我們把時空圖繪製如

下：

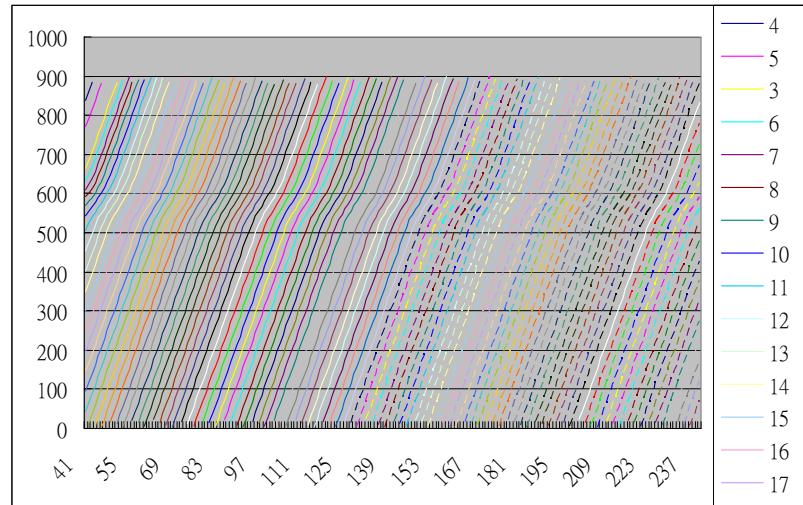


圖 5.19 高流量，僅有 Phase 3 情況發生時空圖

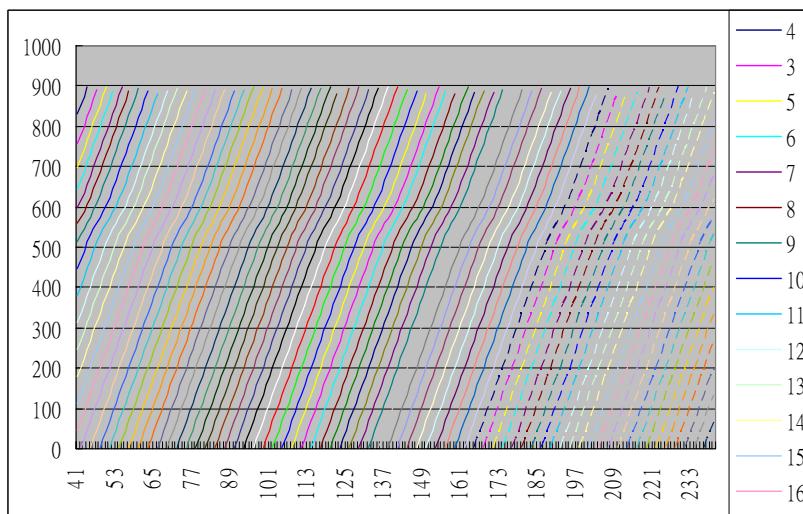


圖 5.20 中流量，僅有 Phase 3 情況發生時空圖

由圖 5.19 和圖 5.20，事故發生在 600 公尺位置，很明顯的在 500 公尺後，車流速度有變慢的一個現象，接下來我們再更清楚的繪出 Phase 3 狀態下每秒的平均速度圖如下：

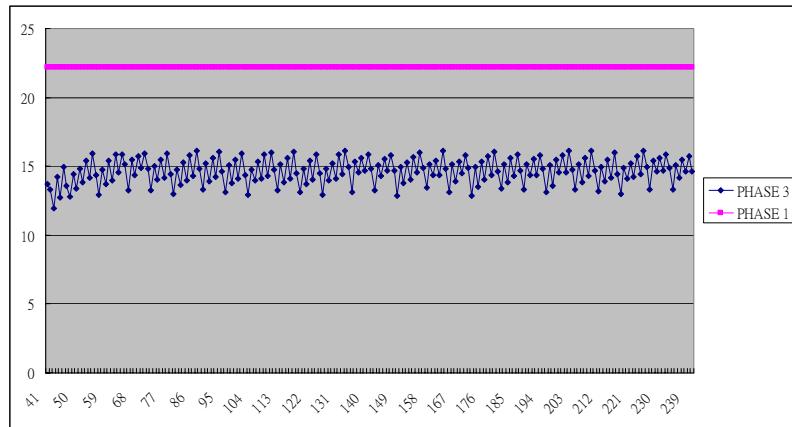


圖 5.21 高流量，僅有 Phase 3 情況發生 Phase 3 狀態每秒平均速度圖

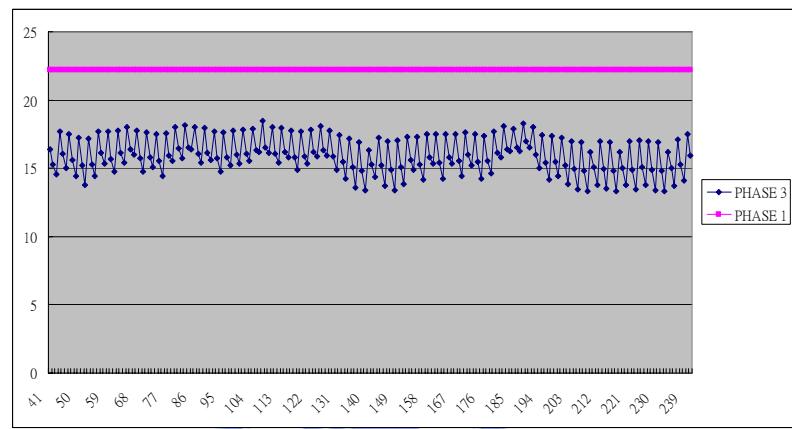


圖 5.22 中流量，僅有 Phase 3 情況發生 Phase 3 狀態每秒平均速度圖

由圖 5.21 和圖 5.22 可得知，車流原先速度皆為 $22.22(m/s)$ ，但當車輛進入到 Phase 3 狀態時，可明顯的發覺因事故影響使得平均速度變緩慢，由此可知，模式的確可用來解釋膠頸行為的現象。

除此之外，我們再嘗試著探討速度的差異性與變異性，與駕駛者跟車間距有無關聯，若有關聯，或許可以解釋文獻[14]當中所提膠頸行為對行車間距保持難以穩定。

4. 速度與車間距的關係

當我們觀察圖 5.10、5.11、5.12 與圖 5.16、5.17、5.18，可以發現速度與車間距的變化似乎是有關聯的，為了試驗是否有關聯，所以底下分別對一般情況 Phase 2、Phase 3 與注意力針對前車 Phase 2、Phase 3 進行車間距與速度的線性迴歸分析，我們假設

$$\bar{h}_x(t) = \alpha + \beta \cdot \bar{v}_x(t) \quad (5.1)$$

式中， $\bar{h}_x(t)$ ：每秒各狀態平均間距(m)

$\bar{v}_x(t)$ ：每秒各狀態平均速度(m/s)

x ：狀態

α ：常數(m)

β ：參數(s)



並針對每一情況做迴歸分析，結果如下所示：

表 5.20 一般情況 Phase 2 各流量速度與車間距迴歸分析

一般情況 Phase 2	R-square	α	β	T 檢定 的 P 值
低流量	0.928	-6.227	5.041	0
中流量	0.970	1.726	2.944	0
高流量	0.980	1.511	2.338	0
全部(不分低中高)	0.826	-12.001	4.774	0

表 5.21 一般情況 Phase 3 各流量速度與車間距迴歸分析

一般情況 Phase 3	R-square	α	β	T 檢定 的 P 值
低流量	0.519	3.403	3.660	0
中流量	0.598	-0.504	4.005	0
高流量	0.480	8.937	2.566	0
全部(不分低中高)	0.507	5.204	3.126	0



表 5.22 注意力針對前車 Phase 2 各流量速度與車間距迴歸分析

一般情況 Phase 2	R-square	α	β	T 檢定 的 P 值
低流量	0.693	-7.912	5.157	0
中流量	0.781	-37.906	6.131	0
高流量	0.820	0.54	2.442	0
全部(不分低中高)	0.753	-30.326	6.003	0

表 5.23 注意力針對前車 Phase 3 各流量速度與車間距迴歸分析

一般情況 Phase 3	R-square	α	β	T 檢定 的 P 值
低流量	0.178	7.999	1.596	0
中流量	0.574	0.242	3.086	0
高流量	0.471	1.335	2.746	0
全部(不分低中高)	0.479	2.367	2.538	0

結果顯示，一般情況 Phase 2 車間距與速度的關聯性最大，解釋能力(R-square)都有九成以上，全部(不分高中低)的解釋能力也有 0.826，而接下來的解釋能力排序分別是注意力針對前車 Phase 2 → 一般情況 Phase 3 → 注意力針對前車 Phase 3，且全部(不分高中低)的解釋能力幾乎都有五成以上，除了注意力針對前車 Phase 3 狀況略低於五成，此一結果說明雖然模式主要考量相對速度影響加減速，不對間距進行考量，僅設立最大自由行駛間距與最小動態安全間距以防車輛相差過遠或相撞，但是這樣的考量無形當中也間接影響到跟車間距，再更深入的探討，模式當中加減速的考量都是駕駛者所感受的相對速度，當相對速度越大，表示駕駛者彼此間的車間距就會越近或越遠，所以，我們更相信所建構的模式能有效的解釋駕駛人行為，尤其是膠頸行為，由模式和所校估的參數得知，當駕駛者分心時，對於速度上的控制變異較大，間接影響對行車間距的控制，與文獻[14]當中提到駕駛者在進行膠頸行為時，與前車的間距保持變異較大的情況不謀而合。

第六章、結論與建議

6.1 結論

本文探討高速公路事故發生時，非事故車道上的駕駛行為，嘗試從駕駛者內心觀點探討駕駛行為，採用心理動量值描述駕駛者的感受，並構建通過事故影響區三個階段的模式，以及利用 PARAMICS 駕駛模擬器進行參數校估，最後撰寫程式並對模擬結果進行分析，模擬結果發現，1. 當 Phase 1 心理動量門檻值為 0.6 時，即使沒有間距的限制，前後車亦不會相撞或造成過度剎車的情況。2. 模式確實可針對駕駛者專注或分心進行解釋，且其對整體車流速度有明顯的影響。當駕駛人專注時，整體車流速度雖受鄰近車道強制變換車道影響，但還是比駕駛者分心時為快，標準差也較小。3. 經過一般情況與注意力針對前車的比較後，發現 Phase 3 確實可用來描述駕駛者通過事故時所發生膠頸行為的現象，駕駛者通過事故時，因為膠頸行為情況，使得車流速度變的較為緩慢，且速度的標準差也變大。4. 研究結果發現，此模式模擬下的駕駛者速度與車間距呈線性關係，且 Phase 2 速度與車間距關聯性比 Phase 3 大，一般情況又比注意力針對前車大，表示模式從駕駛者感受相對速度上著手，乍看之下只考量了速度，但深入探討，發現也間接影響了駕駛者的行車間距。

從以上 4 個模擬結果分析看來，証實確可利用本文所建構模式解釋駕駛者的專注力、膠頸行為、事故或待變換車道的車輛對駕駛者的影響，現在的社會發展開始重視人本主義，學術研究者也積極嘗試利用人類思考的邏輯改變單純的社會現象，如模糊或是類神經網路的發展，影響社會很大的層面，以往車流理論在描述駕駛者跟車或變換車道行為時，往往從交通工程的觀點進行考量，考量駕駛者跟車時的速度與間距應該多少，才不會與前車相撞，直到後期，漸漸考量從駕駛者心理觀點描述跟車行為，但大多只針對前車車輛，鮮少考慮周遭車流狀況，故本文針對大環境對駕駛者的内心感受與駕駛行為之間的關係做了探討，並建構具實用性的模式，希望對將來研究者進行駕駛人感受與駕駛行為研究能有所幫助。

6.2 建議

1. 本文所建構模式尚未與實際情況進行驗證，建議接下來的研究者能針對每個 Phase 先個別進行驗證與分析，再統整與整個事故影響區內車流情況做比對與驗證，把模式修正的更為精確，考量更多面化。
2. 模式中未考量駕駛者視野內車流的交錯情形，亦即當前方車輛變換車道時，會對駕駛者造成何種影響，建議將來研究者可探討交錯車流對駕駛者的影響，讓駕駛人感受與駕駛行為之研究更加完備。
3. 模式中尚未考量駕駛者針對視野內車流變化的感受，對駕駛者判別變換車道的關係，期望將來研究者能針對駕駛者變換車道進行研究。
4. 本文參數校估是利用 PARAMICS 內的駕駛模擬功能，雖盡量做到真實，但與實際的情況還是有點出入，建議將來的研究者能使用設備更精密的駕駛模擬器，所校估出的參數會更貼近真實情況。
5. 校估模式參數時，解釋能力不是很高，或許模式並非線性，也有可能駕駛模擬器不精確所引起，又或者模式考量不周全，建議後續研究者可再針對這部份繼續進行研究。



參考文獻

- [1] Sheu, Jiuh-Biing, “A Quantum Mechanics-based Approach to Model Incident-Induced Dynamic Driver Maneuvers”, paper submitted to Physica D, 2006.
- [2] Sheu, Jiuh-Biing, “A Stochastic Modeling Approach to Real-Time Prediction of Queue Overflows”, Transportation Science, 2003.
- [3] Sheu, Jiuh-Biing; Chou, Yi-Hwa; Shen, Liang-Jen, “A stochastic estimation approach to real-time prediction of incident effects on freeway traffic congestion”, Transportation Research Part B, 2001.
- [4] Robert G.V. Baker, “On the quantum mechanics of optic flow and its application to driving in uncertain environment”, Transportation research part F, 1999.
- [5] 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.
- [6] Washington D.C., “Traffic Flow Theory-A State of the Art Art Report”, Transportation Research Board, 1997.
- [7] Kikuchi S. and P. Chakroborty, “Car-Following Model Based on Fuzzy Inference System”, Transportation Research Record 1365, pp.82-91, 1992.
- [8] May A.D., “Traffic Flow Fundamentals”, Prentice-Hall, 1990.
- [9] Morrison, M. A. “Understanding quantum physics: A user’s manual”, New Jersey: Prentice-Hall, 1990.
- [10] Hoefs,D.H., “Undersuchung des Fahrverhaltens in FahrzeugKolonnen”, Forchungsberichte des Institute fur Verkehrswesen, Heft 140,Universitate Karlsruhe, 1972.

- [11] Goolsby M.E. and Smith W., "Incident characteristics, frequency, and duration on a high volume urban freeway", *Transportation Research*, 23A, pp.387-396, 1971.
- [12] Beiser, A., "Perspectives of modern physics", New York: McGraw-Hill., 1969.
- [13] Russel L.M. and M.L. Harold, "Simulation of Traffic Flow to Obtain Volume Warrants for Intersection Control", *HRR15*, pp.1-43, 1963.
- [14] 方志文，方志中，跟車情況下之膠頸行為對行車間距控制之影響，中華民國運輸學會第 19 屆論文研討會，民國 93 年 11 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] 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。
- [17] 林鄉鎮，魏健宏，應用模糊類神經網路與遺傳演算法構建小汽車跟車模式之研究，*運輸計畫期刊*，28 卷 3 期，pp.353-378，民國 88 年。
- [18] 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。
- [19] 傳耀南，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。
- [20] 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。
- [21] 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，成大交管博士論文，民國 81 年 6 月。
- [22] 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。



