

國立交通大學
運輸與物流管理學系

碩士論文

考慮行車動態下之駕駛人安全駕駛行為分數
-以國道客運為例

The Evaluation of Driver Performance with
Consideration of Driving dynamics :
A Case Study on Intercity Bus Drivers

研究生：施朝欽

指導教授：吳昆峯 教授

中華民國 一零八年 七月

考慮行車動態下之駕駛人安全駕駛行為分數

-以國道客運為例

The Evaluation of Driver Performance with Consideration of
Driving dynamics : A Case Study on Intercity Bus Drivers

研究生：施朝欽

Student : Chao-Chin Shih

指導教授：吳昆峯

Advisor : Kun-Feng Wu

國立交通大學

運輸與物流管理學系

碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

July 2019

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇八年七月

考慮行車動態下之駕駛人安全駕駛行為分數

-以國道客運為例

學生：施朝欽

指導教授：吳昆峯 教授

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

摘要

我國汽車運輸業每年涉入多起交通事故，造成重大社會成本，因此使用先進駕駛人輔助系統(ADAS)來進行安全駕駛行為管理已為未來運輸業的趨勢。然而目前業者常採用之 ADAS 預警指標因忽略了(1)指標之誤報情況(2)事件發生之行車動態及(3)行駛曝光量等因素，導致管理成效十分有限。有鑑於此，本研究運用國道客運公司之旅次資料，並在考慮行車動態與道路資訊下建立評估駕駛人之安全駕駛行為分數，藉以找出表現相對較差之駕駛員。本研究以 100 個旅次與 21 位駕駛員為例，首先由行車影像與數位行車紀錄器資料過濾出事故前兆(Crash surrogate)，接著分類出數種不同的行車動態並建立其風險評估模式；最後運用同質旅次分割的方法(Homogeneous Trip Segment)搭配模型建立出駕駛人安全駕駛行為分數。研究結果顯示不同行車動態確實對於事故風險有著不同程度的影響；此外，在與駕駛員過去發生之有責肇事驗證後，證實本研究之駕駛人安全駕駛行為分數表現相對於 ADAS 預警指標要來的有效，其中以行車動態為指標所建立之駕駛人安全駕駛行為分數表現最好。

關鍵字：先進駕駛人輔助系統、行車動態、駕駛人安全駕駛行為分數、駕駛人安全管理

The Evaluation of Driver Performance with Consideration of Driving dynamics : A Case Study on Intercity Bus Drivers

Student: Chao-Chin Shih

Advisor: Kun-Feng Wu

Department of Transportation and Logistics Management
National Chiao Tung University

Abstract

Bus safety has received public attention increase after several serious crashes in the past few years. As such, there is a need to establish a behavioral-based safety management (BSM) to link driver activities and the core performance measures by utilizing the In-vehicle Data Recorder (IVDR) and the Advanced Driver Assist System (ADAS). However, in the current practice, ADAS alerts were reported to be ineffective due to the false alarm and the disregard of driving dynamics. In view of this, the propose of this study is to establish a better driving performance score to find the risky bus driver by driving dynamics. This study utilizes 100 trips of motor carrier's driving data and driving video to filter the crash surrogate and define the relationship between driving dynamics and crash surrogate. A hierarchical mixed-effect Poisson model is developed to evaluate driving performance under the Homogeneous Trip Segment (HTS) framework. The results show different driving dynamics have different relationships to the crash risk. In addition, the performance score which was established by driving dynamics is better and more effective than ADAS alerts based on the comparison of the past bus driver crash records.

Keywords: Advanced Driver Assist System (ADAS), Driving dynamics, Driving performance score, Behavioral-based safety management

誌謝

本論文得以完成，首先要感謝指導教授吳昆峯老師。感謝老師這兩年為學生在論文指導上所花費的心力與時間，謝謝您耐心的教導，才讓我有如此豐富充實的碩班生活。此外也很感謝老師在我面對挫折或困難時，總是不吝給予鼓勵與幫助，在離開學校後，我會謹遵老師在碩班兩年的教誨，繼續增強自己獨立思考、獨立學習的能力。

感謝 KF Lab 夥伴們，俞君和祐翔。在這兩年中，學業上有你們的互相幫忙與集思廣益，生活上有你們的鼓勵與嘴砲，雖然真的很忙很辛苦但也不失樂趣，很慶幸我們一起撐過來了。

感謝 KF Lab 學長姐們，王嵐學姐、柏叡學長、育誠學長，謝謝你們細心教導碩一時什麼都不懂的我們並給我許多專業上的幫助與意見。感謝 KF Lab 學妹們，林彤、柳晴、穎瑜、婕茵，在我們碩二時，為我們分擔了很多繁雜的事情，也謝謝你們在我們論文口試時的幫忙。

兩年的時間，除了研究之外，花費做多心力的就屬老師的各項計畫案了。很感謝老師讓我有這個機會參與這些計畫案，過程中我學習到的不僅是計畫內容，更包含了做人處事、口語表達及報告書撰寫能力。也特別感謝計畫助理品蓁學姐在計畫案的教導與幫忙。

感謝一起從成大來交大的朋友們，還記得碩一時剛來到交大這個陌生的環境因為有你們真的讓我感到很安心，也很感謝大家包容我的任性與胡鬧。感謝 903 研究室的朋友們，與你們一起嘴砲抱怨的日子真的很紓壓。

感謝我的家人，總是在背後默默的支持著我給我力量，並且給我很大的自由，沒有你們就沒有今天的我，我愛你們！

最後，真心感謝所有曾給予我幫助的人。

施朝欽 謹誌

中華民國一零八年七月

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
誌謝.....	III
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究範圍與對象.....	4
1.4 研究架構與流程.....	5
第二章 文獻回顧.....	6
2.1 事故成因.....	6
2.2 行車動態(Driving dynamics).....	8
2.3 運用駕駛人安全駕駛行為分數進行安全管理.....	10
2.4 事故前兆.....	12
2.5 小結.....	17
第三章 研究方法.....	18
3.1 資料說明.....	19
3.2 事故前兆之判斷.....	21
3.3 行車動態風險評估模型.....	23
3.3.1 行車動態分析.....	23
3.3.2 行車動態風險程度模型.....	33
3.4 同質旅次分割 (Homogeneous Trip Segment, HTS).....	34
3.5 混合效果頻次模式 (Mixed-Effect Model).....	36
3.6 駕駛員之交通安全文化素養與風險認知.....	37
3.7 小結.....	38
第四章 研究結果.....	39
4.1 行車動態類別與事故風險程度評估模型(事件層級).....	39
4.2 駕駛人安全駕駛行為分數(駕駛人層級).....	42
4.2.1 Case 1:以行車動態為應變數之駕駛人安全駕駛行為分數.....	45
(一) 綜合駕駛人安全駕駛行為分數.....	46
(二) 針對超速行為之駕駛人安全駕駛行為分數.....	48
(三) 針對事故前兆之駕駛人分數.....	50

(四) 考量行車動態下之駕駛人安全駕駛行為分數.....	52
4.2.2 Case 2:以行車動態為自變數之駕駛人安全駕駛行為分數	55
4.3 駕駛人安全駕駛行為分數之驗證	58
4.3.1 現行業者常用之以 ADAS 警示件數駕駛人安全管理排名	58
4.3.2 與業者之有責肇事件數連結	59
4.4 各變數對分數建立之影響	63
第五章 結論與建議.....	64
5.1 結論	64
5.2 應用	65
5.3 後續建議	66
參考文獻.....	68
附錄一、駕駛員之交通安全文化素養問卷問項	73

圖目錄

圖 1.1	行動、行為、及核心指標間的關係.....	2
圖 1.2	無明顯事故風險之事件.....	2
圖 1.3	有明顯事故風險之事件.....	3
圖 1.4	營業大客車於國道涉入事故之事故型態(100-107 年).....	4
圖 1.5	研究流程圖.....	5
圖 2.1	Van Elslande 提出的人類之判斷機制.....	6
圖 2.2	安全邊界方法之事故前兆	13
圖 2.3	本研究系統性分析示意圖.....	17
圖 3.1	研究架構示意圖.....	18
圖 3.2	行車影像資料示意圖.....	20
圖 3.3	未保持安全距離事件發生時，車輛行駛狀態圖.....	22
圖 3.4	前車切入行駛車道示意圖.....	23
圖 3.5	動態 1 之相對時間與相對速度示意圖.....	23
圖 3.6	前車切入行駛車道後剎車示意圖.....	24
圖 3.7	動態 2 之相對時間與相對速度示意圖.....	24
圖 3.8	前車切入行駛車道後剎車示意圖.....	25
圖 3.9	動態 3 之相對時間與相對速度示意圖.....	25
圖 3.10	本車變換車道示意圖.....	25
圖 3.11	動態 4 之相對時間與相對速度示意圖.....	26
圖 3.12	本車變換車道後，前車剎車示意圖.....	26
圖 3.13	動態 5 之相對時間與相對速度示意圖.....	27
圖 3.14	本車變換車道後，且後車距離過近示意圖.....	27
圖 3.15	動態 6 之相對時間與相對速度示意圖.....	28
圖 3.16	前車突然減速示意圖.....	28
圖 3.17	動態 7 之相對時間與相對速度示意圖.....	29
圖 3.18	前車突然減速，且本車未剎車示意圖.....	29
圖 3.19	動態 7 之相對時間與相對速度示意圖.....	29
圖 3.20	前車突然減速，且鄰近車道有車示意圖.....	30
圖 3.21	動態 9 之相對時間與相對速度示意圖.....	30
圖 3.22	前車等速(慢速)示意圖.....	31
圖 3.23	動態 10 之相對時間與相對速度示意圖.....	31
圖 3.24	前車等速(慢速)行駛，且本車警示後未剎車示意圖.....	31
圖 3.25	動態 11 之相對時間與相對速度示意圖.....	32

圖 3.26	前車等速(慢速)行駛，且鄰近車道有車示意圖.....	32
圖 3.27	動態 12 之相對時間與相對速度示意圖.....	32
圖 3.28	HTS 的概念示意圖.....	34
圖 3.29	駕駛人層級之分析層次.....	38
圖 4.1	行車動態類別分佈圖.....	39
圖 4.2	駕駛員之隨機效果.....	47
圖 4.3	駕駛員之隨機效果(事故前兆).....	51
圖 4.4	駕駛員之隨機效果(危險行車動態).....	53
圖 4.5	Case2 之駕駛人安全駕駛行為分數.....	57
圖 5.1	駕駛員風險分佈圖.....	65
圖 5.2	駕駛員 7 於不同道路環境之駕駛表現.....	66

表目錄

表 2.1 影響人類判斷機制的失誤的因素表.....	7
表 2.2 100 台車自然駕駛行為實驗所訂定之門檻值.....	14
表 2.3 SHRP2 NDS 偵測危險駕駛行為之門檻值	15
表 2.4 車道偏移的分類與所採用之事故前兆比較表.....	16
表 3.1 數位行車紀錄器資料欄位說明.....	19
表 3.2 ADAS 系統所辨識之警示事件彙整表.....	20
表 3.3 事故前兆判斷流程表.....	22
表 3.4 未保持安全距離之行車動態分類.....	33
表 3.5 同質旅次分割的資料格式.....	35
表 4.1 研究分析計畫(事件層級).....	40
表 4.2 行車動態與事故前兆之 Logistic 模型.....	41
表 4.3 建立駕駛人安全駕駛行為分數之分類.....	42
表 4.4 駕駛員之安全文化素養與風險感知分數.....	43
表 4.5 所有旅次之 HTS 分類及發生之事件數與事故前兆數.....	44
表 4.6 Case 1 之研究分析計畫.....	45
表 4.7 駕駛員之混合效果頻次模型.....	46
表 4.8 駕駛員之安全駕駛行為分數與排名.....	47
表 4.9 超速、彎道超速之混合效果頻次模型.....	48
表 4.10 超速、彎道超速之駕駛人分數與排名.....	49
表 4.11 事故前兆之混合效果頻次模型.....	50
表 4.12 事故前兆之駕駛人分數與排名.....	51
表 4.13 危險行車動態之混合效果頻次模型.....	52
表 4.14 行車動態組合 1 之駕駛人分數與排名.....	53
表 4.15 不同行車動態組合之駕駛人分數與排名.....	54
表 4.16 Case 2 之研究分析計畫.....	55
表 4.17 Case 2 駕駛員之混合效果頻次模型.....	56
表 4.18 Case 2 之駕駛人安全駕駛行為分數與排名.....	57
表 4.19 僅運用 ADAS 警示件數之駕駛人排名.....	58
表 4.20 駕駛員之有責肇事件數與 Case1 駕駛人安全分數排名綜合比較表.....	59
表 4.21 各種駕駛人安全分數排名與有責件數排名之 Spearman 相關係數.....	60
表 4.22 駕駛員之有責肇事件數與各種駕駛人排名之關聯分析.....	61
表 4.23 不同變數對於分數建立之模型配適度.....	63

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

公路汽車客運乃我國重要的城際運輸工具，然而其發生事故的比率往往比鐵路、高鐵等其他城際運輸工具還要高，且一旦發生事故造成的傷亡遠比一般小型車事故還要重大，根據我國警政署資料，在民國 100 至 107 年間，我國公路汽車運輸業每年平均涉入 13,000 件交通事故(A1 及 A2)，而這些事故造成 1,453 人死亡及約 120,000 人受傷。雖然佔總事件數的比重不大，但其所造成的影響絕不亞於其他類型的事故，且往往造成大量的死傷，如 2017 年蝶戀花旅社之遊覽車於國道翻覆之事件造成 33 人死亡，為臺灣國道交通史上傷亡最慘重的交通事故。因此改善大型車輛的交通安全事故乃我國政府一大重要且急迫的問題。

事故的發生絕非偶然，而是人、車、路交互作用的結果。過去研究指出超過一半以上的事故同時牽涉數個不同因素(Treat et al.,1979; Shinar,2007; Wu and Thor,2015)，且其中將近 90%的事故中，人為因素為主要的肇事因素。此外，依據統計我國 106 年統計之交通事故肇因中，以未注意車前方、未依規定讓車、違規、未保持行車安全間隔、變換車道或方向不當等「人為因素」為主要肇因者，約占全國交通事故死亡人數之 70%以上，由此可知若要減少公路汽車客運之事故發生，整體之「駕駛員安全駕駛行為管理」佔有舉足輕重的地位。

過去業者在進行安全駕駛行為管理所採用的方式主要有(1)駕駛是否遵照公司規定及(2)駕駛的事故紀錄、違規紀錄等。第一項指標即為行動指標(Activity measures)，表示業者對減少交通事故所作出的努力，如：駕駛技能訓練課程。第二項指標為核心指標(Core measures)，亦是交通安全的主要目標。如事件數、事故受傷及死亡人數等。但由於核心指標具有高度隨機性與稀少性，很難直接跟行動指標產生連結，業者的管理成效不容易被證實。因此近年來學者開始提倡使用行為指標(behavioral-based safety)來連結行動及核心指標，行為指標為一種中介指標，如危險駕駛行為發生次數等，透過好的中介指標可以有效地衡量業者的行動指標是否有助於核心指標之改善。三種指標間之關係如圖 1.1 所示。

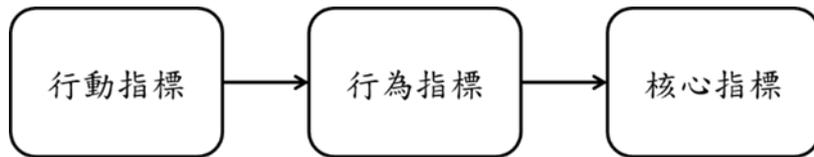


圖 1.1 行動、行為、及核心指標間的關係

拜科技進步所賜，車載資通訊系統的發展(如數位行車影像記錄器、GPS 車機、OBD2 等)於近年來有顯著的成長，透過這些設備所紀錄之行車資料，不僅可以紀錄駕駛人之危險駕駛行為當成中介指標以找出行車風險較高的駕駛員進行監控與管理，也可以即時預警駕駛人之危險駕駛行為，減少事故發生。然而目前業者所採用之危險駕駛行為往往由單一門檻值所定義，如 $TTC < 1.2$ 秒，但這項條件卻並不會隨事發當時的行車狀況而有所不同，以至於其準確性不如預期，也導致駕駛人安全駕駛行為管理之成效不彰。

舉例來說，如圖 1.2 與圖 1.3 所示，兩者皆因 B 車變換車道至本車前方而觸發 $TTC < 1.2$ 秒的警示條件，圖 1.2 之情況因前方無任何車輛，其風險程度並不高；但若是圖 1.3 之情況，B 車變換車道至我方車道時，且前方 A 車卻正在減速，則此事件則有立即性的碰撞風險，其危險程度與圖 1.2 之情況有很大的不同，但這兩種情況對業者而言皆視為同一事件，也造成許多的誤報產生。

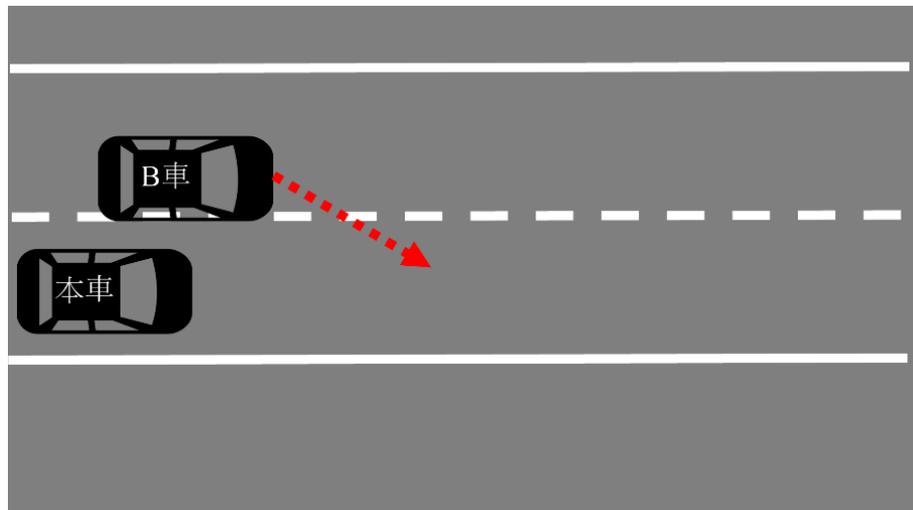


圖 1.2 無明顯事故風險之事件

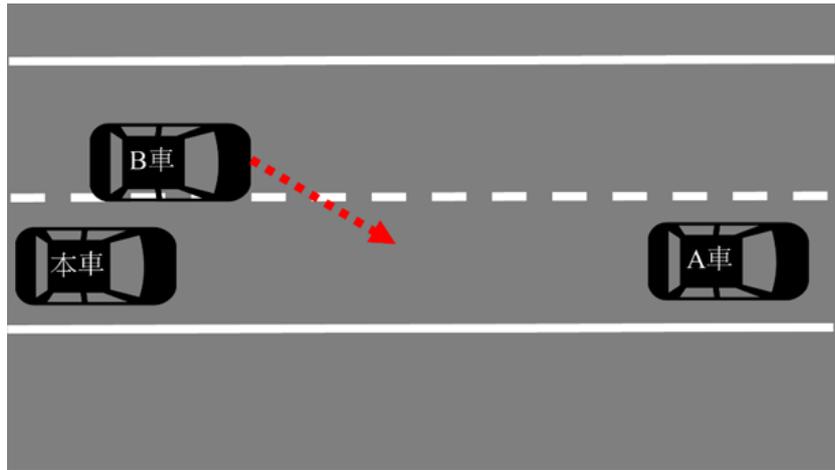


圖 1.3 有明顯事故風險之事件

另一方面，若僅以此單一門檻值所定義之危險駕駛行為當作衡量駕駛人駕駛表現的中介指標，往往也因未考慮駕駛人的行車動態及該旅次的曝光量，以至於此預警條件或以此門檻值所定義之危險事件與事故風險之關聯性無法建立。

有鑑於此，本研究期望能從微觀的角度出發，藉由行車影像、車輛旅次資料來找出真正具有事故風險之危險駕駛行為，並且探討在什麼樣的行車動態下較容易導致危險事件的發生，最後再以此危險駕駛行為來建立評估不同駕駛人之駕駛表現的分數，找出具有事故發生風險之危險駕駛員，以達預防事故發生之效。

1.2 研究目的

過去許多以微觀角度研究事故發生成因的研究大多僅以單一維度指標來作為判斷危險駕駛行為之依據，因為忽略了其他可能造成事故風險的因素(如行車動態、曝光量、道路環境)導致在道路安全管理上之成效往往有限。有鑑於此，本研究的目的列述如下：

1. 建立行車動態類別與事故風險之評估模式(事件層級)。
2. 考慮曝光量、道路因素、行車動態風險權重下建立駕駛人安全駕駛行為分數，以更評估駕駛人表現(駕駛人層級)。

1.3 研究範圍與對象

本研究將以客運業者為主要對象，並選擇車流環境相對較單純的國道來進行研究，並根據我國大客車事故特性，選取最迫切需要關注之事故前兆及危險駕駛行為進行分析。

圖 1.4 為 100-106 年間營業大客車於國道涉入事故之事故型態，由圖中可看出「追撞」為最主要的原因，占了 85%，而造成追撞的發生很大部分係因車輛間未保持行車安全距離(占 100-106 年國道事故總肇因的 62%)、超速所導致，另外如「撞護欄」、「同向擦撞」等分別占總事故型態的 4-5%，分列事故型態發生比率的第二、三名，而撞護欄或同向擦撞事故的發生往往都與「車道偏移」有關。

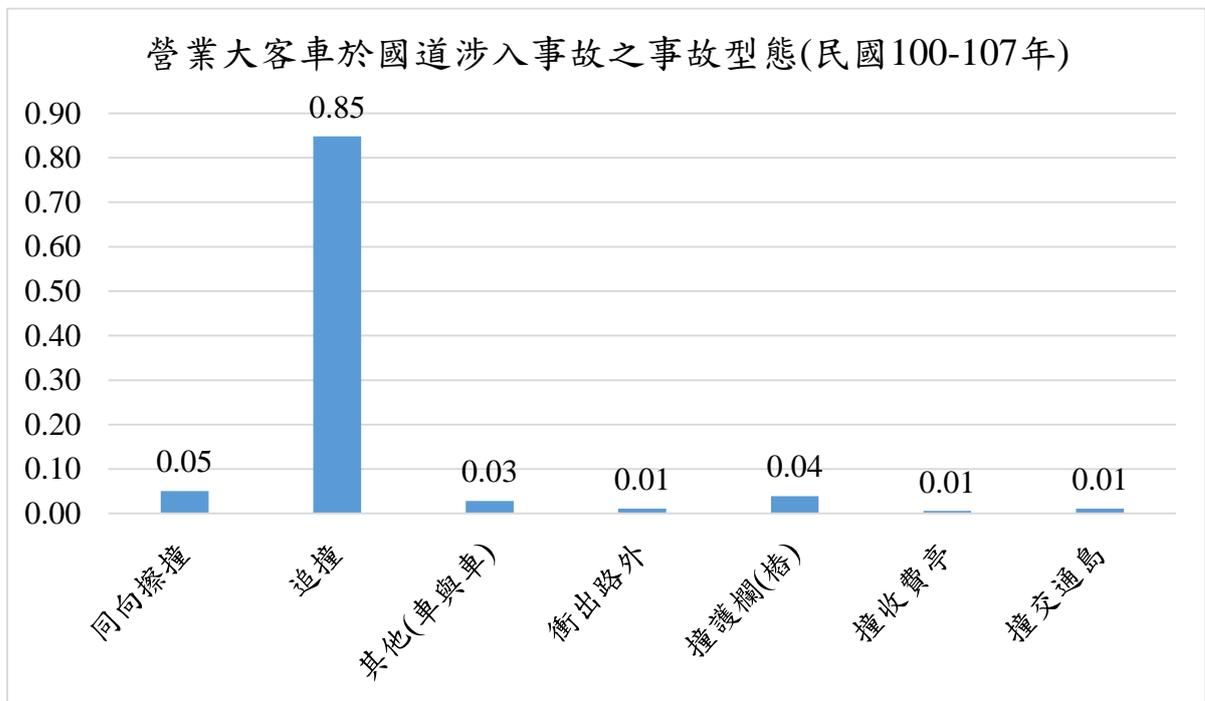


圖 1.4 營業大客車於國道涉入事故之事故型態(100-106 年)

綜整以上發生於國道上的事故肇因及事故位置，本研究針對以下三大危險駕駛行為為本研究的目標危險駕駛行為。

1. **未保持安全距離**：為國道事故之主要肇因，且為車機所能輸出之事件。
2. **車道偏移**：為大客車常見之事故肇因，且為車機所能輸出之事件。
3. **過彎(匝道)車速過快**：考量客運大客車若在彎道速度過快易有車輛翻覆之重大傷亡事故，如 106 年蝶戀花旅行社事故。

1.4 研究架構與流程

本研究之目的為以微觀之角度來了解在不同行車動態下之危險駕駛行為所產生之風險，並用來評估不同駕駛人之駕駛表現，以未保持安全距離、彎道及匝道車速過快、車道偏移為目標危險駕駛行為。因此本研究將分成三大部分，第一部分為文獻回顧，回顧整理目前國內外對於危險駕駛行為、行車動態、駕駛人安全管理等之現況與相關發現並確立研究模式與所需資料；第二部分為資料之整理與資料庫之建立，透過行車影像資料找出具有事故風險之目標危險駕駛行為，並整理歸納行車動態類別，並依不同的行車動態類別建立出事故風險模型，評估在不同動態下與事故風險之關係；第三個部分則導入曝光量、道路環境因素後，依每一位駕駛員在這三項危險駕駛行為下的駕駛表現運用混合效果頻次模型建立駕駛人安全分數，讓業者有一個能有效評估駕駛人之駕駛表現的指標，最後針對結果進行驗證與分析。研究流程圖如圖 1.5 所示。

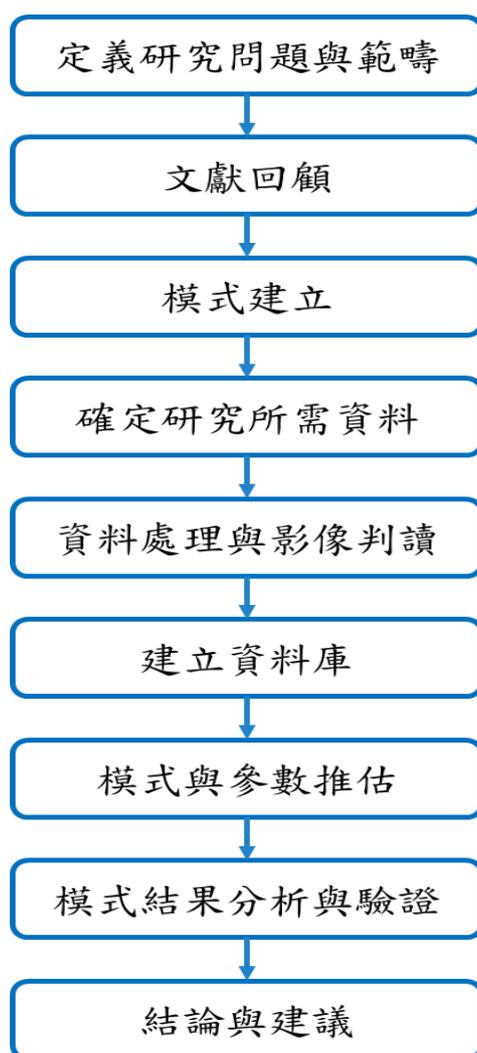


圖 1.5 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本研究旨在考量行車動態影響下建立更有效力之駕駛人安全駕駛行為分數，協助業者進行駕駛人安全駕駛行為管理。因此本章節針對四大主題進行回顧，首先回顧過去的研究如何探討事故成因，並進一步連結事故發生與行車動態之關係；接著回顧過去怎麼進行駕駛人的安全駕駛行為的評估與管理；最後進一步了解過去是如何以相關指標(事故前兆)來衡量並評估駕駛人的行車風險。

2.1 事故成因

著名的瑞士起司理論(Swiss Cheese Model)是英國曼徹斯特大學教授 Reason 於 1990 年提出來的，該學者指出意外事件之所以會發生，是由一連串錯誤的因子同時出現而導致，如同層層起士中恰巧有一組孔洞的集合出現在同一個地方，光線才能從起士間直穿而過。同樣的道理，事故的發生往往並非只是由單一因素所造成的，而是人、車、路一連串錯誤的因子同時同地發生，才會導致事故的發生。Treat 學者(1979)針對約 2000 件的事故作深度的事故重建，並發現超過一半以上的事務同時牽涉數個不同因素，而其中 90.3% 的事故肇因為與駕駛行為相關的人為因素(Rowe et al., 2015)。

Van Elslande(2010)在分析事故成因時，認為事故的發生與人類判斷機制的失誤(Human Functional Failure)有關係。人類判斷機制可以分成五個部分，分別為偵測(Detection)、判斷(Diagnosis)、預測(Prognosis)、決定(Decision)、動作(Action)，這五個部分是環環相扣的，而且只要其中一個階段出現錯誤，就會導致整個機制出現失誤，而造成事故的發生，如圖 2.1 所示。

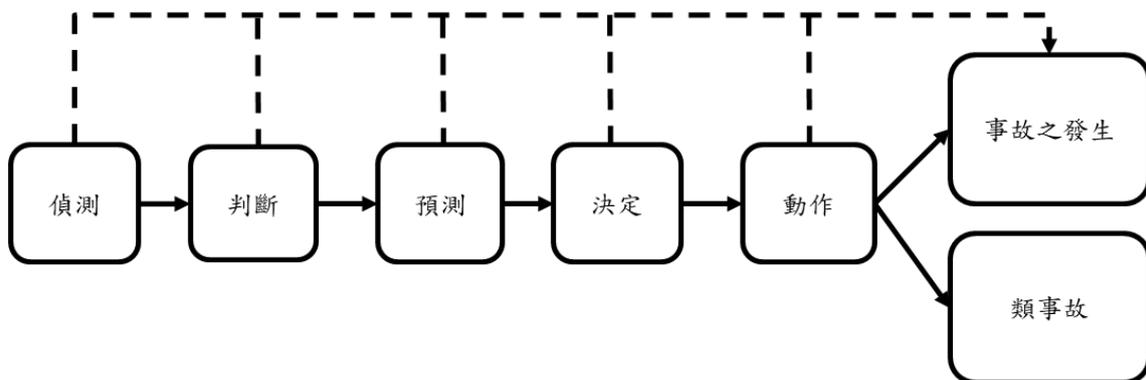


圖 2.1 Van Elslande 提出的人類之判斷機制

其中影響駕駛人判斷機制進行包含了4種不同因素，駕駛人、行為、車輛與環境。駕駛人因素包括駕駛人身心理狀態、疲勞(Knipling and Wang, 1995; Jellentrup et al., 2011)、分心(Klauer et al., 2006; Olson et al., 2009; Strayer et al., 2014)、駕駛人感知時間(Pelz and Krupat, 1974; Quimby et al., 1986)等。行為因素則包括了所有駕駛人做出的閃避動作(駕駛人技術)，車輛因素有車輛的設計、車輛的種類、是否有駕駛人輔助系統等等、而環境因素則是有道路類型、幾何線型設計、交通狀況、是否有匝道、視距等，如表 2.1 所示，不同因素對於人類型為判斷機制的5個階段的影響都有所不同，且往往不只影響一個階段。

表 2.1 影響人類判斷機制的失誤的因素表(Van Elslande, 2010)

項目	影響因素
行為	1. 閃避行為對駕駛人造成的負擔
駕駛人	1. 駕駛人狀態 2. 駕駛人經驗 3. 駕駛人行為
環境	1. 道路狀況 2. 道路幾何線型 3. 交通狀況 4. 視線狀態 5. 號誌、標線、標誌 6. 其他因素
車輛	1. 車輛種類 2. 手排車或自排車 3. 車輛負重 4. 車輛內部設計

綜合上述，本研究認為過去探討事故成因之研究一致指出事故的發生不僅僅只有人為因素，而是牽涉到多重因素，包括駕駛人之行為、與其他車輛之互動、車流狀態(Abdel-Aty et al., 2004)等，但業者在進行駕駛人安全駕駛行為管理時所用之中介指標(如危險駕駛行為次數)卻只有考慮到駕駛人行為因素，而忽略了車輛間之行車動態、道路環境因素等其他面向所造成的影響，而造成管理成效不彰。關於車輛行車動態分類及與事故關聯之研究將於下一小節進行回顧。

2.2 行車動態(Driving dynamics)

欲探討事故發生成因，行車動態絕對是其中很重要的一個部分，因其代表了用路人之間的互動狀態。分析行車動態的優點在於能將單一事故類型再加以細分，除了能更準確的分析事故的成因之外，也能以更微觀的角度觀察並了解危險駕駛行為帶來的風險。以下針對本研究之目標危險駕駛行為進行相關文獻回顧：

1. 未保持安全距離

美國運輸部於 2005~2010 年與汽車產業合作開發整合車輛安全系統(Integrated Vehicle-Based Safety System)計畫中，在前方碰撞警示系統的描述中提到，該系統的功用在於警示駕駛人並減少與前方車輛追撞的潛在風險。該研究計畫將未保持安全距離區分成以下四種動態：

(1) **前車突然剎車**: 車輛穩定行駛於道路中時，前方車輛突然剎車，造成車輛間距離突然縮小而觸發事件。

(2) **本車突然變換車道**: 車輛行駛於車道中時，因障礙物或前方車輛車速過慢等因素，而突然變換車道並導致與另一車道之前車距過近，而觸發事件。

(3) **未注意前車的前車**: 車輛行駛於車道中時，前方車輛因其前方車輛車速過慢或突然剎車因而突然變換車道，但本車未注意到前車的前車，導致與前車的前車距離過近，此時本車車必須變換車道才能避免與其追撞。

(4) **前方車輛變換車道**: 車輛行駛於車道中時，另一車道之車輛突然變換車道至本車所行駛的車道之中，因而造成與前方車輛距離過近並觸發事件。

Wassim 在 2003 年在分析美國小行車事故時，對於未保持安全距離的事件提出以下 6 種不同的動態：

動態 1: 前車變換車道

動態 2: 本車變換車道

動態 3: 前車減速

動態 4: 前車加速

動態 5: 前車停止

動態 6: 前車以等速前進

該學者指出在上述六種動態中，以「前車停止」為最常見之動態占所有事故之 59.1%，其次是「前車減速」占了 26.5%，而前車加速則占了最少比例的 1.1%。

2. 車道偏移

Wassim 在 2003 年分析美國小行車事故時，將車道偏移分成 6 個動態來作探討，如下所示：

- 動態 1: 直線失控：行駛於道路中的車輛因爆胎、打滑等因素而造成車輛失控，以至於車輛偏離出行駛的車道。
- 動態 2: 過彎失控：行駛於道路中的車輛，在彎道處轉彎時因車速過快、爆胎、打滑等因素而造成車輛失控，以至於車輛偏離出行駛的車道。
- 動態 3: 直線偏離車道：行駛於道路中的車輛偏離出原先行駛的車道之中。
- 動態 4: 過彎偏離車道：行駛於道路中的車輛在過彎時偏離原本的車道。
- 動態 5: 因閃避動作而偏離車道：行駛於道路中的車輛，因其他車輛、障礙物等之影響，而進行閃避動作，造成車輛偏離車道。
- 動態 6: 其他因素：行駛於道路中的車輛因其他因素而偏離車道。

另外 Najm(2011)學者在對事故前的駕駛行為進行分析探討時，將車道偏移分成以下 10 個動態進行討論：

- 動態 1: 直線前進並往右偏出路緣
- 動態 2: 直線前進並往左偏出路緣
- 動態 3: 彎道中往右偏出路緣
- 動態 4: 彎道中往左偏出路緣
- 動態 5: 直線失控
- 動態 6: 過彎失控
- 動態 7: 駕駛執行操縱行為時失去控制
- 動態 8: 駕駛執行操縱行為往右偏出路緣
- 動態 9: 駕駛執行操縱行為往左偏出路緣
- 動態 10: 其他

3. 彎道車速過快(及匝道)

美國密西根運輸研究中心(UMTRI)在 2006 年的車道偏移系統的場域研究中，除了一般探討的彎道前的超速行為之外，亦考慮了匝道的影響，該研究指出在匝道附近因車輛的匯入與匯出，並伴隨著匝道的曲率之影響，除了會造成更多的衝突點之外，大幅考驗著駕駛人的駕駛技術。Wassim 在 2003 年的 IVBSS 計畫中，將過彎超速分成 3 個動態來作探討：

- 動態 1. 過彎超速
- 動態 2. 過彎前車速過快，且與前車距離過近
- 動態 3. 過彎失控

2.3 運用駕駛人安全駕駛行為分數進行安全管理

早期有關駕駛行為之分析研究，因受限設備技術不足，因此多半以駕駛員行為問卷(Driver Behaviour Questionnaire, DBQ)進行研究資料蒐集，但此方法最為人詬病之處在於無法全然反映駕駛員於事件、事故當下之駕駛行為。隨著科技進步，許多車載資訊系統、車上診斷系統、影像行車紀錄器皆可真實呈現駕駛員之駕駛行為，不僅在研究上有重大突破，商用車隊也紛紛引進相關設備來建立駕駛人之安全駕駛行為分數以進行監控與管理。

在駕駛人安全駕駛行為分數之建立上，常見之做法是以車機系統內建之演算法，辨識出駕駛的各種駕駛行為，例如超速、急剎車、變換車道、未保持安全距離等，並計算出不同駕駛員之駕駛行為分數，即可求得各趟旅次的風險(Toledo & Lotan, 2006, Toledo et al., 2008, Prato et al., 2009)，並藉由比較駕駛員之間的風險差異，將駕駛員分成不同等級(Saiprasert & Pattara-Atikom, 2012, Chakravarty et al., 2013, Jensen et al., 2011)，藉此找出具有相對較高駕駛風險的駕駛員。

而有了駕駛人安全駕駛行為分數後，即可對駕駛人進行安全管理。Hickman & Hanowski (2011)選定了兩家不同的貨運公司，在車隊的車輛上裝載了安全監視系統(Onboard Safety Monitoring System)以進行資料蒐集，在前面的 4 週紀錄了參與實驗的駕駛人於該時期內所犯下的與安全有關之事件，並且沒有給於任何提醒與回饋；接著在後面的 13 週的時間，仍持續蒐集駕駛人的行車資料，但這次會以教育訓練、行車指導等方式給予駕駛人回饋，矯正其危險駕駛行為。研究結果顯示在經過回饋機制的啟動後，兩家貨運公司的駕駛人在每 10,000 英里的事件發生率的表現分別有 37%與 52%的顯著減少。

Bell (2017)運用類似於 Hickman & Hanowski 學者的實驗設計來評估不同的回饋機制是否有助於矯正駕駛人的危險駕駛行為，該研究為了降低其他干擾因素帶來的影響，將來自不同公司的駕駛人分成 3 組，並分成 4 個不同的時間期程來做交叉比對，結果顯示不論是哪種回饋機制對於駕駛人行為的矯正都有正向助益。而該研究用來評估駕駛人的危險駕駛行為包括：車道偏移、危險倒車、危險剎車、雙手是否有放在方向盤上、超速、跟車距離過近、分心等行為。

國內之相關駕駛人安全管理之研究則有運研所(2012、2014)以都會區大型車輛職業駕駛人為研究對象，配合記錄資料設備的設置，收集駕駛行為資料，據以

分析能源消耗及不當駕駛行為。該研究以行車影像紀錄器、GPS 衛星接收器、OBDII 車輛診斷設備等，對 100 位大客車職業駕駛進行實車測試。該研究所收集的駕駛行為資料，經過影像資料與車速等資料進行交叉比對後，可幫助客運公司瞭解個別駕駛人的行為特性，並透過教育訓練，減少危險和耗能因子，提高客運公司的服務品質及能源使用效率。該研究結果指出，在跟車行為方面，經過教育訓練後的跟車距離是有統計上顯著的差異的，也確認了教育訓練的有效性。

綜合以上，目前 Geller(2001)指所提出的 DO IT 程序為目前於駕駛人安全管理上最被廣泛運用的方法，其程序為：定義所欲控制的目標行為(Define)、觀察並記錄目標行為(Observe)、介入影響目標行為(Intervene)、及成效評估 (Test)。程序說明如下：

- (1) 定義目標行為：從安全紀錄、事故回報、違規件數以及員工訪談中，定義出目標行為(也就是行為指標)，如安全行為或該減少的風險行為。在選出目標行為後，必須用清楚地具體定義該行為並發展一套完整的行為檢查量表。
- (2) 觀察行為：利用行為檢測表或其他方法(如行車影像記錄器等)觀察並記錄目標行為，持續此步驟直到目標行為日趨穩定為止。
- (3) 介入影響目標行為：Geller 建議在決定如何干預目標行為時應探討以下之問題：
 - (a)在不同的個體間，目標行為變化的頻率為何；
 - (b)在什麼時間和情況之下，目標行為發生最為頻繁；
 - (c)在什麼時間和地點，目標行為發生次數最少；
 - (d)在目標行為發生前後，特定環境發生什麼變化；
 - (e)什麼環境因素會助長特定的風險行為發生，或抑制特定的安全行為。
- (4) 評估成效：在執行可影響行為的對策後仍作持續性觀察。若達成目的，則逐步設定更高之目標或是選擇新目標行為；假如未達成目的，選擇其他較易達成的目標行為或嘗試更改不同的改善方式。

根據以上文獻回顧，本研究認為駕駛人安全駕駛行為管理所採用之指標的有效性與正確性是整個系統是否可以達到應有功效最重要的一環。因此以下本研究會針對國內外常用來監控駕駛人之失誤、危險駕駛行為之指標以及事故前兆進行討論。

2.4 事故前兆

事故前兆(Crash surrogates)所指的是在事故發生前的危險事件，目前學術界對事故前兆的共識是以 Hauer 學者於 1982 年所提出的想法為定義事故前兆的基礎，如式(1)所示：

$$\lambda = \pi \times c \quad (1)$$

其中， λ 為在某一時段內預期的發生事故件數， c 為事故前兆在此時段發生的次數， π 則為事故前兆與實際發生事故件數間轉換關係。因此根據上式可以將事故前兆視為事故件數的替代指標。過去研究中常用來當成事故前兆的有即將衝突時間(TTC)、減速度、減速至安全距離所需的時間、急加速急減速、事件間隔時間、橫向位移偏差、偏離車道時間等。但過去的研究所提到的事故前兆，大都僅使用一個維度來定義，但許多事故前兆及事故的發生皆與當時的駕駛環境及駕駛行為等有關，以致於單一維度或門檻值難以與實際的事故建立出更高的關聯性，而導致事故前兆的解釋力有限。

有鑑於此，Wu & Jovanis (2012)整理出定義事故前兆的理想準則如下：

- (1) 事故前兆需可在短時間內被大量觀察到。意即其發生的次數應比實際事故更加頻繁。
- (2) 事故前兆應與實際事故有相似的特徵及事故過程。也就是說事故發生的原因，應與事故發生前的前兆有關係。
- (3) 事故前兆和事故之間應該存在統計上之因果關係。
- (4) 事故防制措施應同時對事故前兆及實際事故有相同的影響。
- (5) 在時間的維度上，事故前兆可視為事故過程中的一個中間點，而事故的發生即為事故過程的終點。

但 Wu & Jovanis 兩位學者在隔年的論文(2013a)提到，理想的事事故前兆除了要符合以上準則外，亦需適當的考慮駕駛環境或駕駛行為才會使所找到的與安全有關之事件或事故前兆更具有效性。

在追撞事故的分析上，Hayward 學者在 1972 年提出運用即將衝突時間(TTC)當成事故前兆，其計算公式，如式(2)所示：

$$TTC = \begin{cases} \frac{D_{l-f}}{v_f - v_l}, & \text{if } v_f > v_l \\ \infty, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (2)$$

其中 D_{1-f} 表兩車距離， V_f 為後車速度， V_l 為前車速度。雖然 TTC 時至今日仍是學者用來衡量兩車間是否發生追撞事故的重要指標之一，但 TTC 並非是完美無缺的事故前兆。Yang & Oozbay 學者在 2008 年時提出這樣的定義方式並沒有考慮到兩車間的加減速的情形。Davis & Swenson 也認為 TTC 沒有考慮到駕駛人的反應時間，而發展出另一個衡量追撞事故的方法，如式(3)所示：

$$x_{k+1} + \frac{v_k^2}{2a_k} \geq r_{k+1}v_{k+1} + \frac{v_{k+1}^2}{2a_{k+1}} \quad (3)$$

其中 X_{k+1} 表兩車距離， V_k 為前車速度， V_{k+1} 為後車速度， a_k 為前車加速度， a_{k+1} 為後車加速度， r_{k+1} 為後車反應時間。

Wu & Thor 在 2015 年，以式(3)為根據，發展出一套安全邊界方法(Safety Frontier)的概念以動態的方式來定義追撞事故前兆。Wu 學者以某突發事件為例，當前車以 0.3g 的減速度剎車，在兩車距離為 18 公尺、前車速度為 20.5m/sec、後車距離為 19.5m/sec 情況下，後車駕駛人反應時間及後車的反應減速度的組合將如圖 2.2 所示，若後車駕駛人反應時間與反應減速度位於藍線下方，則此突發事件並不會成為追撞事故；反之，若後車駕駛人反應時間及後車的反應減速度的組合位於藍線上方，則這突發事件將成為追撞事故。

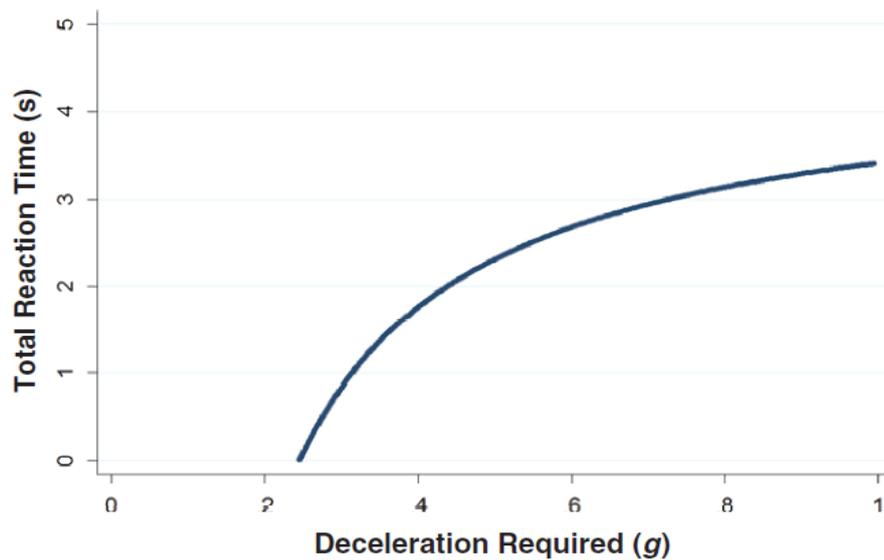


圖 2.2 安全邊界方法之事故前兆

美國 VTTI 於 2005 年進行了 100 台車自然駕駛行為實驗，此計畫蒐集 100 位駕駛一整年的行車資料，包含駕駛本身、駕駛行為、環境等詳細資訊，主要目標係為了探索事故前的因果關係(casual)或是貢獻因素(contributing factors)，以提出更有效減少交通事故的對策。其資料庫總共包含了大約 2,000,000 車輛行駛哩程，將近 4,3000 小時的資料，共有 241 位主要及次要駕駛。而其中也記錄了一些特殊的駕駛行為表現，例如駕駛嚴重疲勞、判斷錯誤、侵略性駕駛行為及違反交通規則等。該研究中運用的設備包括 OBDII、加速度計、前方車輛偵測、GPS、數位影像紀錄器...等。此外，該研究並未針對特定的危險駕駛行為進行探討，而是建立一套通用的準則，當車機偵測到的數值超過一開始設定的門檻值(如表 2.2)，且只要符合定義中的任一項即會被記錄成一個事故前兆。而之後亦有許多研究沿用此一門檻值來進行危險駕駛行為的分析與探討(Klauer et.al,2006; Wu 2013)。另外 Lee 學者在 2011 年針對青少年研究時，因青少年駕駛習慣不同而將門檻值稍作調整，將側向加速度與縱向加速度分別調高成 0.75g 與 0.65g，其餘條件不變。

表 2.2 100 台車自然駕駛行為實驗所訂定之事故前兆

指標	事件門檻值
1.側向加速度	側向位移大於等於 0.7g
2.縱向加速度	1. 加速度或減速度 $\geq 0.6g$ 2. 加速度或減速度 $\geq 0.5g$ ，且與前車之 TTC ≤ 4 秒。 3. 縱向減速度介於 0.4g 與 0.5g 之間，且與前車之 TTC ≤ 4 秒，其中在與前車發生最小 TTC 時兩車距離要小於 100ft。
3.事件按鈕	當駕駛人認為發生的事件是具有一定的風險時，即按下該按鈕，以記錄該事件。
4.與前車碰撞時間 (FTTC)	1. 加速度或減速度大於等於 0.5g，且與前車之 TTC ≤ 4 秒。 2. 縱向減速度介於 0.4g 與 0.5g 之間，且與前車之 TTC ≤ 4 秒，其中在與前車發生最小 TTC 時兩車距離要小於 100ft。
5.與後車碰撞時間 (RTTC)	1.在後車的加速度大於等於 0.3G 的情況下，若與後車碰撞時間小於 2 秒且與後車的距離 $<50ft$ 時會觸發事件。
6.偏移率	在 3 秒鐘內，車頭的偏移角度 ≥ 4 度者

SHRP2 NDS 是由美國運輸研究委員會(Transportation Research Board, TRB) 主導的自然人駕駛研究計畫，是目前規模最大的資料蒐集計畫，在 2010 至 2013 年期間總共有 3,400 位受測駕駛，並蒐集了 6,559,367 個旅次檔案。研究學者可透過這些自然駕駛研究計畫中所蒐集的數據，並經由不同的演算法推算出不同的事故前兆，進而估算出不同駕駛人的行為、道路環境特徵所造成的風險。該計畫所訂定事故前兆之觸發門檻值如表 2.3 所示：

表 2.3 SHRP2 NDS 偵測危險駕駛行為之事故前兆

指標	事件門檻值
縱向減速度	縱向減速度大於等於 0.65g，且超過門檻值的時間至少 0.001 秒，而在 2 秒內發生將算成同一個事件
縱向加速度	縱向加速度大於等於 0.50g，且超過門檻值的時間至少 0.001 秒，而在 2 秒內發生將算成同一個事件
高速公路上之減速度	當車輛行駛在高速公路上時，縱向減速度大於等於 0.3g，且超過門檻值的時間至少 0.001 秒，而在 2 秒內發生將算成同一個事件。
橫向加速度	橫向加(減)速度大於等於 0.75g，且超過門檻值的時間至少 0.2 秒，而在 2 秒內發生將算成同一個事件。
轉向	在車輛速度超過每秒 4 公尺的情況下，偏移率(yaw rate)經微分後，其最大或最小正弦波在兩秒內變化超過 15 度時。
偏移率	車速大於每秒 30 英哩的情況下，在 0.75 秒內，車頭的偏移角度大於等於 8 度者，而在 2 秒內發生將算成同一個事件。
縱向變加速度	當車輛以每秒 5 公尺或更高的速度行駛時，縱向加速度的導數小於-1.0g/s，並持續 1 秒。
側向變加速度	當車輛以每秒 5 公尺或更高的速度行駛時，側向加速度導數的絕對值大於 1.0g/s，並持續 0.8 秒。

而在與車道偏移的相關文獻中，Hallmark (2011)指出在美國的死亡事故之中，其中的 39%與車道偏移有關，但要找出車道偏移的事故前兆是比其他事故類型的困難的，其原因在於車道偏移很難有明確的定義，且往往涉及其他危險因子。為了研究車道偏移對事故的影響，該學者根據不同的結果將車道偏移分 4 個種類：一般正常駕駛、車道內偏移、侵占對向車道、侵占路肩等，並依不同的種類以不同的事故前兆來衡量其危險性，其整理的事故前兆如表 2.4 所示。

表 2.4 車道偏移的分類與所採用之事故前兆比較表

種類	風險	指標
一般正常駕駛	None	1.車輛與車道中心線距離 2.車頭與直線夾角(偏航率)
車道內偏移	1.偏出車道線 2.側撞	1.即將偏離車道線距離(DTLD) 2.即將偏離車道線時間(TTLD)
侵占對向車道	1.與對向來車對撞或側撞	1.即將衝突時間(TTC) 2.即將偏出路緣時間(TTLE) 3.即將偏出路緣距離(TTLD)
侵占路肩	1.自撞障礙物 2.偏出路肩邊緣	1.即將偏出路緣時間(TTLE) 2.即將偏出路緣距離(TTLD)

LeBlanc & Sayer 在 2006 年的道路偏移輔助系統場域測試報告中提到，在白天且乾燥的道路鋪面上，所用來衡量過彎超速的事故前兆為車輛的速度、剎車時機、橫向加速度，此外該研究也依不同的道路環境如：匝道、有坡度的彎道等做分類，來做為衡量過彎超速的衡量依據。

2.5 小結

近年的自然駕駛行為研究(Naturalistic Driving Study)，使駕駛行為表現相關之研究的有了突破，許多研究者開始對事故發生前之駕駛行為及車輛與環境之互動進行研究，也提出了例如事故前兆等概念來探討事故及類事故發生前之行為徵兆。儘管如此，過去在評估駕駛人的行為表現及相關的危險駕駛行為時，所使用的指標往往只能衡量單一面向的駕駛表現，僅能視為與安全有關事件，而不是真正具有風險的事故前兆；此外若僅以指標進行駕駛人管理亦無法以微觀的角度了解駕駛員與週遭車輛的行車互動是出現了怎樣的失誤而導致事故的發生。

因此本研究將延續過去研究中發展出來的行車動態類別，加以細分，並針對目標危險駕駛行為，依不同的行車動態分成數個不同的行車動態序列，並在考慮道路環境、駕駛人因素、車輛因素後，建立風險評估模式並給予每個行車動態不同的風險權重，期許能以此方式建立起更具解釋力之事故前兆，並用來評估駕駛行為表現，如圖 2.3 所示。

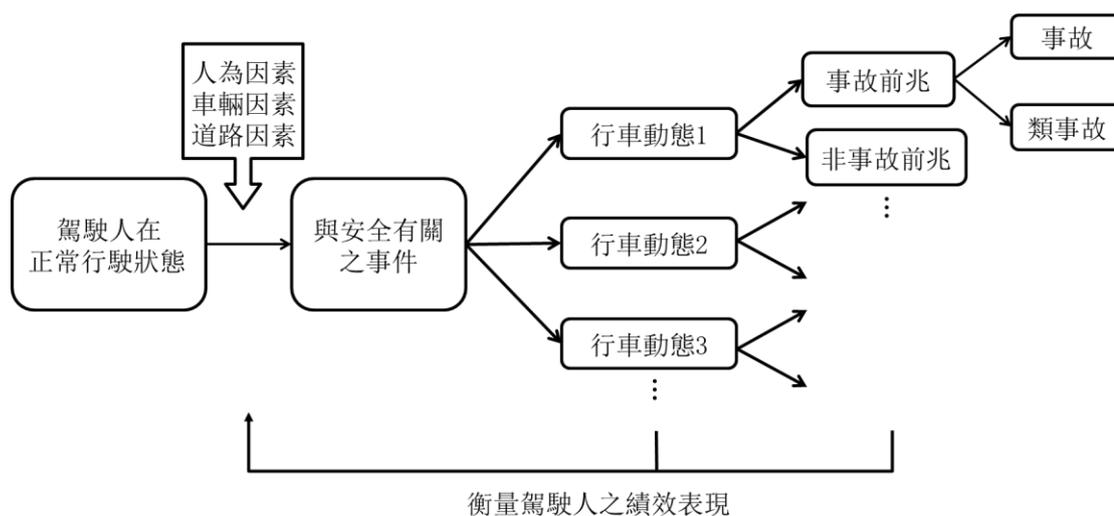


圖 2.3 本研究系統性分析示意圖

然而台灣目前在自然駕駛行為研究方面的發展相當有限，部分國內客運業者雖有裝設相關的車機系統，但設備的成熟程度往往不高，能偵測出來的資料相當有限。因此本研究在車機資料的取得有所限制的情況下，僅能透過行車影像資料輔助來盡可能獲取更多的行車資訊，但此方法在其準確度或精細度上都是一大挑戰。

第三章 研究方法

欲建立考量行車動態、道路環境下之駕駛人安全駕駛行為分數，本研究首先從 ADAS 之預警事件中，過濾出真正具有危險之事故前兆並在駕駛教練的協助下歸納出判定方法；接著分成兩部分：第一部分為事故層級，將「未保持安全距離」行為區分成不同行車動態類別並將其與事故前兆之連結；第二部分為駕駛人層級，控制曝光量、道路環境等因素對駕駛人之影響，並與事件層級與駕駛人風險感知連結以建立更準確的駕駛人安全分數；最後將本研究所建立之分數與駕駛人過去發生之有責肇事連結進行關聯性分析，以驗證本研究之方法是否真的能比過去業者採用之方法更具有預測事故之效力。本研究之研究架構如圖 3.1 所示。

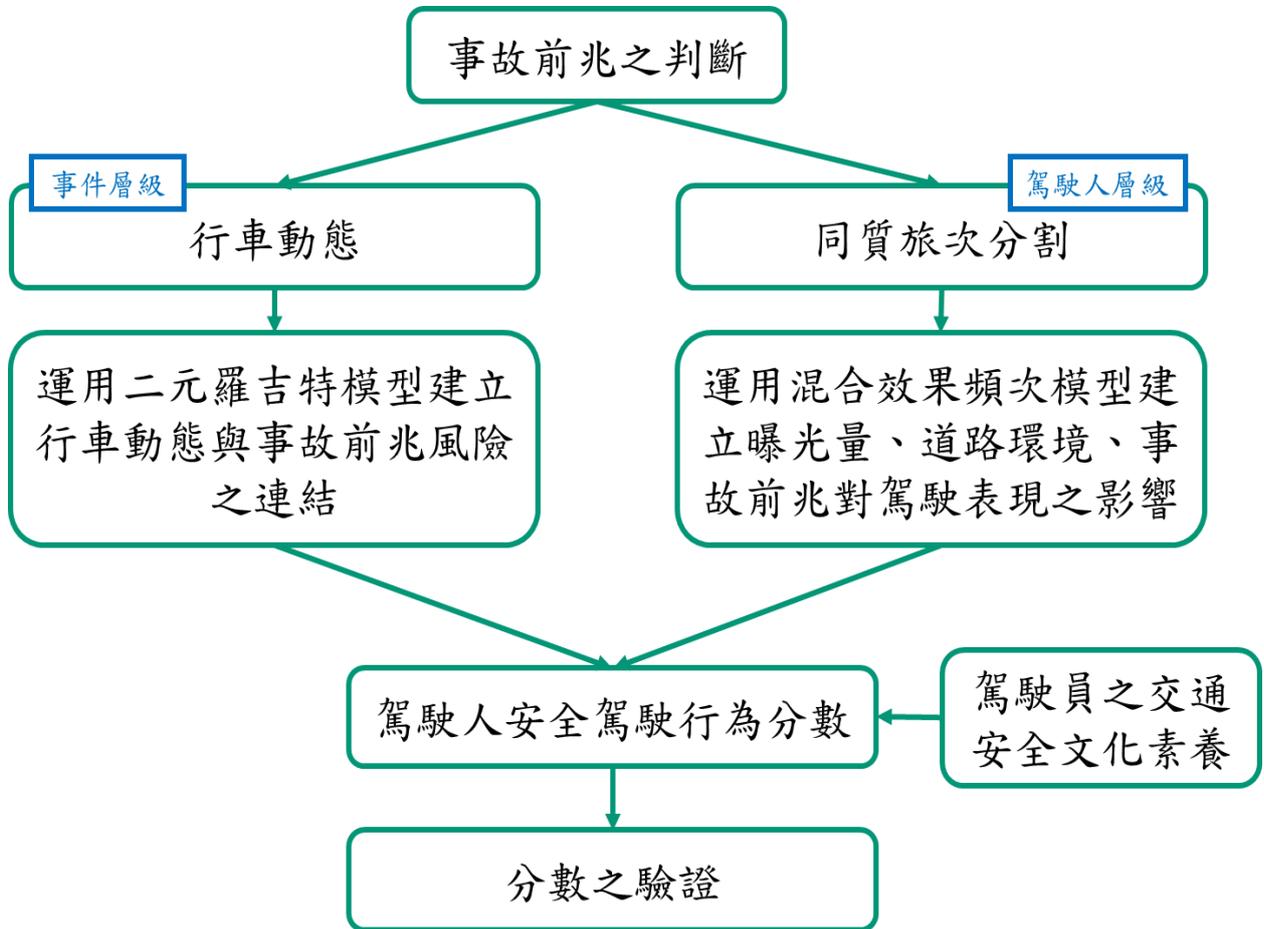


圖 3.1 研究架構示意圖

本章節分成 4 個部分來說明本研究之方法，首先 3.1 先說明本研究所使用之資料、欄位，3.2 說明事故前兆之判定方法，3.3 說明本研究採用之行車動態類別及如何與事故前兆建立連結。最後 3.4 與 3.5 則是介紹本研究在控制曝光量、道路環境等因素下來建立駕駛人之安全駕駛行為分數，以評估駕駛人表現。

3.1 資料說明

本研究預計使用之資料為國內客運業者所裝載之車載影像及數位行車紀錄器記載的每秒一筆之時間序列資料來進行研究，資料大致可分成三大部分：

1. **數位行車紀錄器資料(車機資料):** 車輛所配戴之數位行車紀錄器，記錄車輛所在位置(GPS coordinates)、車頭方向(bearing)、車速、車輛加減速、是否使用方向燈、曝光量(行駛時間與距離)等，可以與影像資料作串聯，採樣率為每秒 1 筆，如表 3.1 所示。
2. **行車影像資料:** 車隊車輛內所裝設之攝影機，主要有 6 個部分，分別攝錄車輛的前方、後方、左側、右側、駕駛艙與乘客座艙，並且旅次全程的影像都可以留存。此類影像資料功能甚廣，例如可以觀看駕駛員是否有用手機或眼神渙散的疲勞狀態等，也可用以建立環境變數，如：道路型態(市區道路、國道)、道路鋪面形態、車道數、交通流量、環境照明、天候狀況以及雨刷使用狀態等，而最後可以用來當成調整 GPS 座標的誤差之依據，如圖 3.2。
3. **ADAS 系統所偵測之事件資料:** 超速、未保持安全距離 1.2 秒、未保持安全距離 0.4 秒、車道偏移、低速行駛等可當作搜尋與安全有關之事件的依據，如表 3.2。

表 3.1 數位行車紀錄器資料欄位說明

欄位名稱	描述	變數類型
data_time	行車時間，每秒產生一筆資料	連續變數
speed	車速資料，有車機與 GPS 兩種不同的來源	連續變數
latitude	車輛所在之緯度	連續變數
longitude	車輛所在之經度	連續變數
bearing	車頭方向	連續變數
left_light	車輛之左方向燈，0 為關閉 1 為開啟	二元變數
right_light	車輛之右方向燈，0 為關閉 1 為開啟	二元變數
break_light	剎車燈，0 為沒踩剎車 1 為有踩剎車	二元變數
head_light	車輛之車頭燈，0 為關閉 1 為開啟	虛擬變數
事件代碼	車機偵測之事件種類代碼	文字
事件名稱	車機偵測之事件種類	文字
data_time_event	車機偵測之事件時間	連續變數

表 3.2 ADAS 系統所辨識之警示事件彙整表

事件	資料取樣率
車道偏移(左)	每秒一筆
車道偏移(右)	每秒一筆
前車碰撞	每秒一筆
行人警示	每秒一筆
未保安全距離 0.4	每秒一筆
未保安全距離 1.2	每秒一筆
輕微超速	每秒一筆
嚴重超速	每秒一筆
急加速	每秒一筆
急減速	每秒一筆



車前影像



車輛左側影像



駕駛人影像



車輛右側影像

圖 3.2 行車影像資料示意圖

3.2 事故前兆之判斷

由第二章可知 ADAS 系統所偵測到的事件大多為單一指標所定義之事件，而並非都是具有立即性事故風險的事故前兆，且在事件的當下，駕駛人的狀態(是否分心)、遇到狀況時的反應動作(是否有剎車)以及駕駛人與道路環境的互動(彎道及雨天)等，往往是決定該事件是否會變成事故或事故前兆之關鍵，在經過與專業駕駛教練討論後，本研究以下列四個準則作為判斷事故前兆(危險事件)之依據：

1. **事件之情境(透過所有影像來判讀):** 在該事件當下，若駕駛人沒有做出反應則會有立即性的事故危險。在經過本研究與專業駕駛教練討論以及事件影像判讀之經驗與整合，建議在判斷事件之情境危險性時應考慮以下幾項：
 - a. 車速
 - b. 前車狀態及前方車流狀態
 - c. 鄰近車道是否有車
 - d. 本車與後車距離
 - e. 前車或旁車是否為大車
 - f. 事件發生地點(如匝道、交流道附近等)
2. **與前車之絕對距離:** 在不考慮車速情形下，事件發生時與前車絕對距離是否過近。受限於資料本研究僅能以行車影像中之標線當作比例尺，初步估算出與前車距離，本研究將與前車距離區分成以下三種等級：
 - a. 等級 1：不危險 (與前車距離大於 40 公尺)
 - b. 等級 2：普通 (與前車距離小於 40 公尺、大於 20 公尺)
 - c. 等級 3：危險 (與前車距離小於 20 公尺)
3. **駕駛因應方式:** 在當時的情境下，駕駛員是否有即時調整駕駛行為，如：剎車、匝道前降速。此一衡量準則主要是要了解駕駛是否有清楚掌握當時的行車狀況，並保持一定的警覺性，本研究建議之應考慮項目如下：
 1. 本車有無減速
 2. 減速時機(是否太晚減速)
 3. 超車或變換車道的時機是否適當
 4. 駕駛是否有注意鄰車狀況
 5. 駕駛是否有注意後車狀況

4. **駕駛員是否分心:** 事件當下涉及駕駛人過失之行為，如:分心、變換車道未打方向燈等，通常與車道偏移相關。(透過駕駛人影像來判讀)。

以下用一個未保持安全距離之事件作為範例: 如圖 3.3 所示,紅框處的車輛由匝道上國道後,便切入本車前方,使得本車觸發警示,駕駛也立刻踩剎車,將車速由時速 70 公里降至時速 57 公里,而該車在切進本車前方後,先踩了剎車才加速離去。首先此事件在第 1 項準則中,因前方車輛有剎車動作,容易有造成追撞風險且因道路濕滑,更增加了整體之風險;在第 2 項準則與前車絕對距離中,以標線作為比例尺研判本車與前車距離小於 20 公尺,屬於危險等級;在第 3、4 項準則中,駕駛員有剎車的動作,且未有分心的情況發生,屬於正確的應對方式。綜合以上判斷,本研究認為此事件距有立即之危險性,因此將其視為事故前兆,判斷流程見表 3.3。



圖 3.3 未保持安全距離事件發生時,車輛行駛狀態圖

表 3.3 事故前兆判斷流程表

項目	評分
事件之情境	前車切入行駛車道後減速,路面濕滑
前車絕對距離	小於 20 公尺
駕駛員因應方式	恰當
駕駛員分心	無分心
綜合判斷	本事件為事故前兆

3.3 行車動態風險評估模型

3.3.1 行車動態分析

本研究以第二章所回顧之文獻為基礎，針對未保持安全距離之行為分成下列獨立之四大類別，並將每個類別中車輛間互動的關係再加以細分成 12 個動態。在根據文獻與大量行車影片判斷後確立本研究所整理歸納之行車動態包含未保持安全距離事件之所有情況：

- (1) 前車切入行駛車道
- (2) 本車變換車道
- (3) 前車突然減速
- (4) 前車等速或慢速行駛

1. 動態 1：前車切入行駛車道

本車行駛於車道中時，另一車道之前車變換車道至本車所行駛的車道之中，因而造成與前方車輛距離過近並觸發未保持安全距離之事件，如圖 3.4 所示。

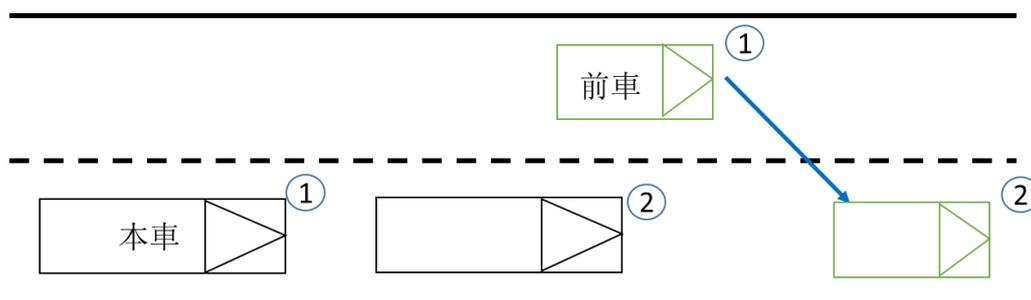


圖 3.4 前車切入行駛車道示意圖

動態 1 之相對發生之時間與速度如圖 3.5 所示，其計算時間始於前車開始變換車道，終於前車結束變換車道，在該時段內所觸發之警示皆算在動態 1 中。而本車在警示後有減速的動作，避免與前車距離過近發生追撞事故。

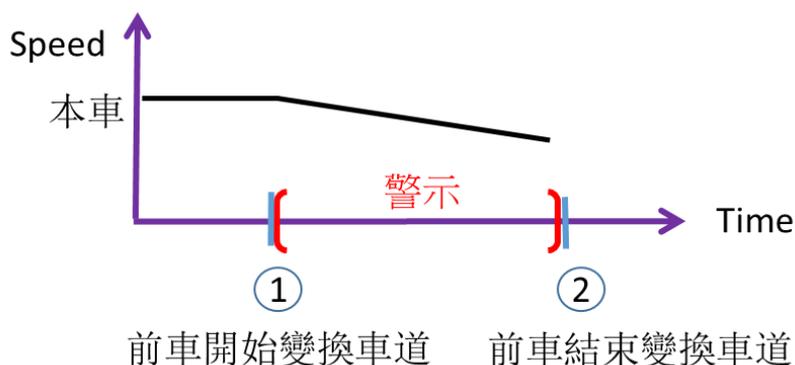


圖 3.5 動態 1 之相對時間與相對速度示意圖

2. 動態 2: 前車切入行駛車道後減速

當前車切入行駛車道，觸發未保持安全距離之事件，且前車有剎車(減速)之行為，易造成本車駕駛反應不及而與前車追撞，如圖 3.6 所示。

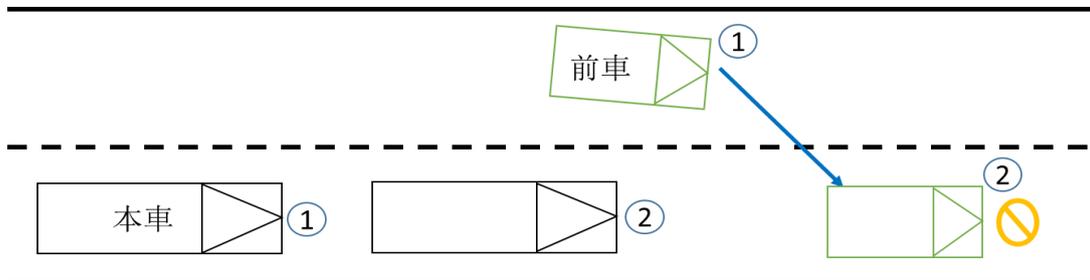
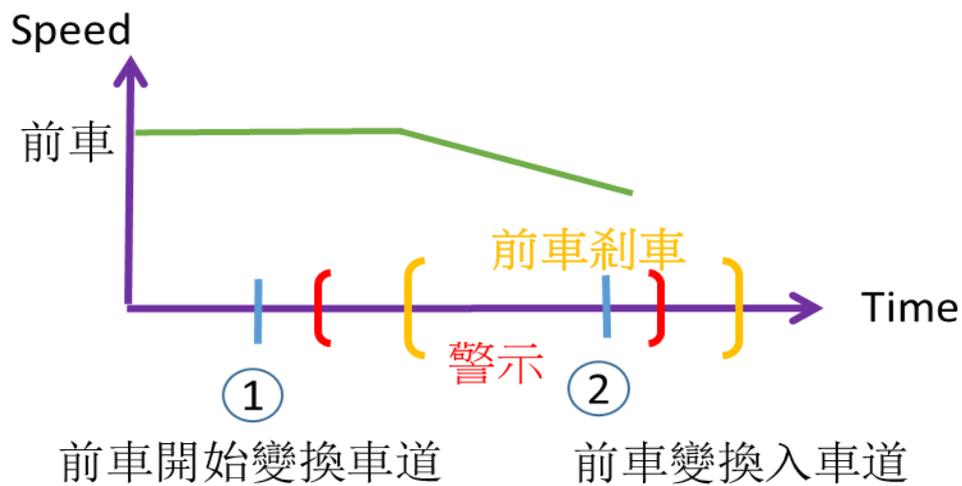


圖 3.6 前車切入行駛車道後剎車示意圖

動態 2 之相對發生之時間與速度如圖 3.7 所示，其計算時間始於前車開始變換車道，終於前車結束變換車道，在該時段內觸發警示內且前車有剎車(減速)之



行為皆屬於動態 2。

圖 3.7 動態 2 之相對時間與相對速度示意圖

3. 動態 3: 前車切入行駛車道，且本車未減速

當前車切入行駛車道，觸發未保持安全距離之事件，且本車因故未注意前車而正在加速或沒有刹車的動作，如圖 3.8 所示。

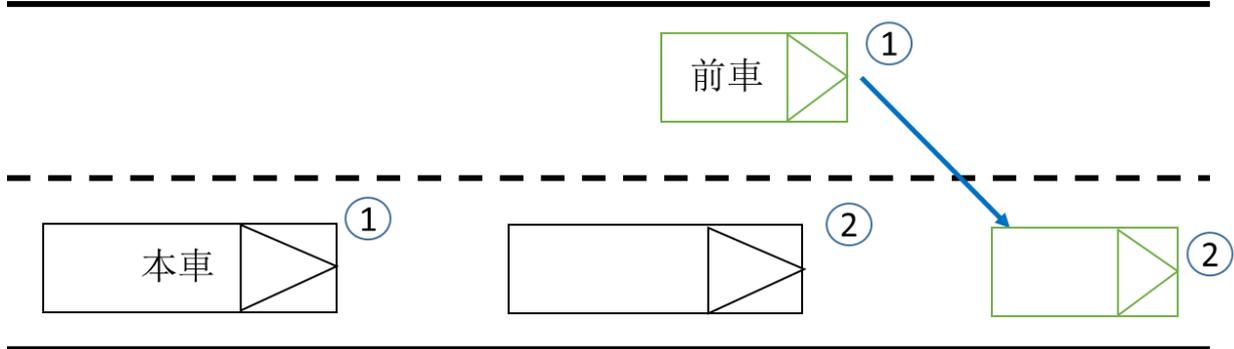


圖 3.8 前車切入行駛車道後刹車示意圖

動態 3 之相對發生之時間與速度如圖 3.9 所示，其計算時間始於前車開始變換車道，終於前車結束變換車道，在該時段內觸發警示內且本車沒有刹車(減速)之行為皆屬於動態 3。

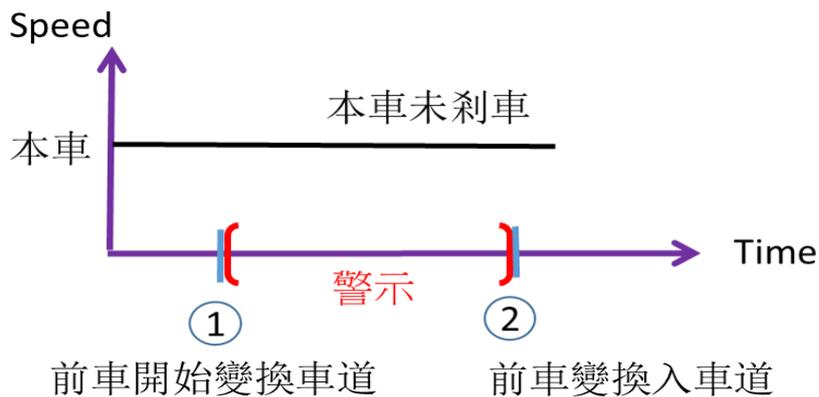


圖 3.9 動態 3 之相對時間與相對速度示意圖

4. 動態 4: 本車變換車道

本車行駛於車道中時，因前方車輛車速過慢或欲下匝道等因素，而變換車道並與另一車道之前車距離過近而觸發未保持安全距離事件，如圖 3.10 所示。

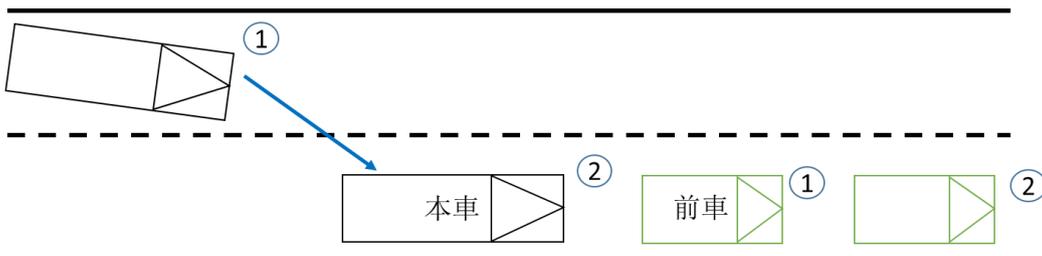


圖 3.10 本車變換車道示意圖

動態 4 之相對發生之時間與速度如圖 3.11 所示，其計算時間始於本車開始變換車道，終於本車結束變換車道，在該時段內所觸發之警示皆算在動態 4 中。而本車在警示後有減速的動作，避免與前車距離過近發生追撞事故。

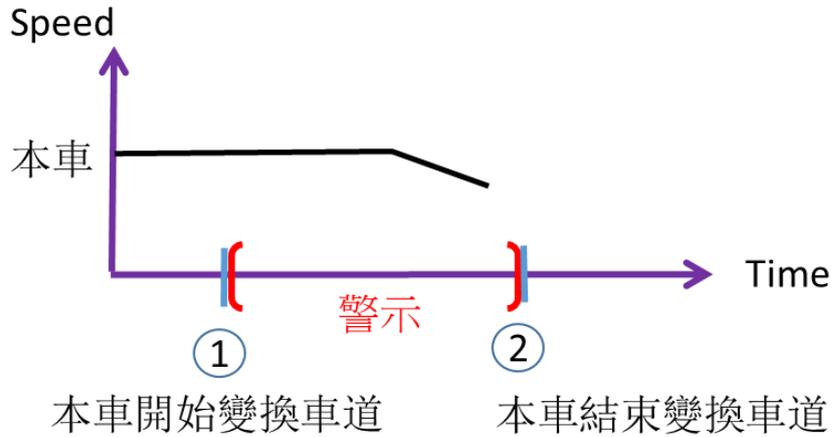


圖 3.11 動態 4 之相對時間與相對速度示意圖

5. 動態 5: 本車變換車道後，前車減速

當本車變換車道時，與前車觸發未保持安全距離之事件，且前車在本車變換車道過程中有剎車(減速)之行為，易造成本車駕駛反應不及而與前車追撞，如圖 3.12 所示。

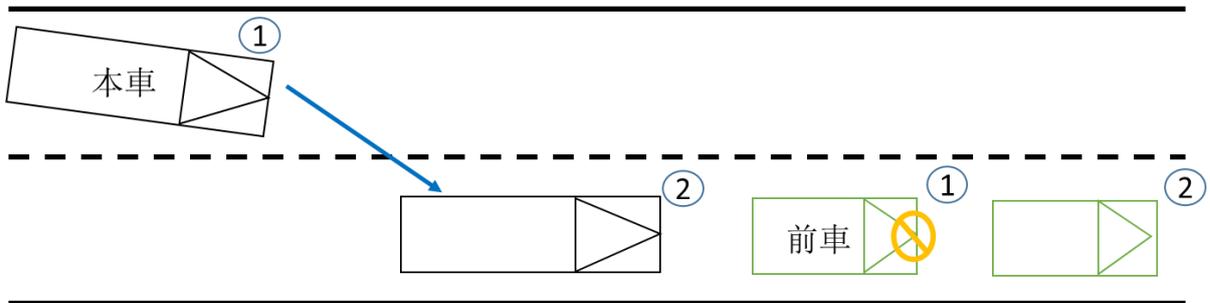


圖 3.12 本車變換車道後，前車剎車示意圖

動態 5 之相對發生之時間與速度如圖 3.13 所示，其計算時間始於本車開始變換車道，終於本車結束變換車道，在該時段內觸發警示內且前車有剎車(減速)之行為皆屬於動態 5。

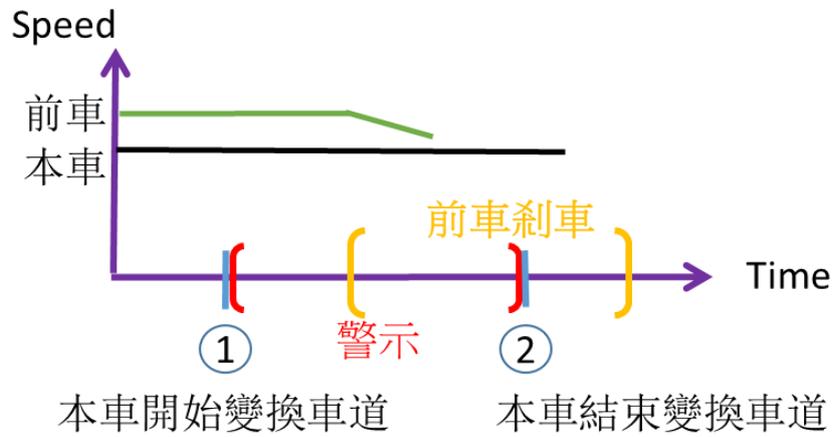


圖 3.13 動態 5 之相對時間與相對速度示意圖

6. 動態 6: 本車變換車道後，且後車距離過近

本車變換車道後並與另一車道之前車距離過近而觸發未保持安全距離事件，但在變換車道時與後車之距離過小，亦造成與後車之碰撞事故發生，如圖 3.14 所示。

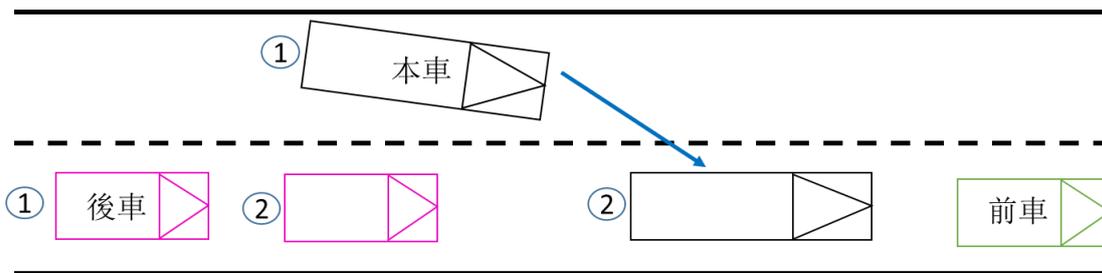


圖 3.14 本車變換車道後，且後車距離過近示意圖

動態 6 之相對發生之時間與速度如圖 3.15 所示，其計算時間始於本車開始變換車道，終於本車結束變換車道，在該時段內與前車觸發警示內且與後車距離過近之行為皆屬於動態 6。

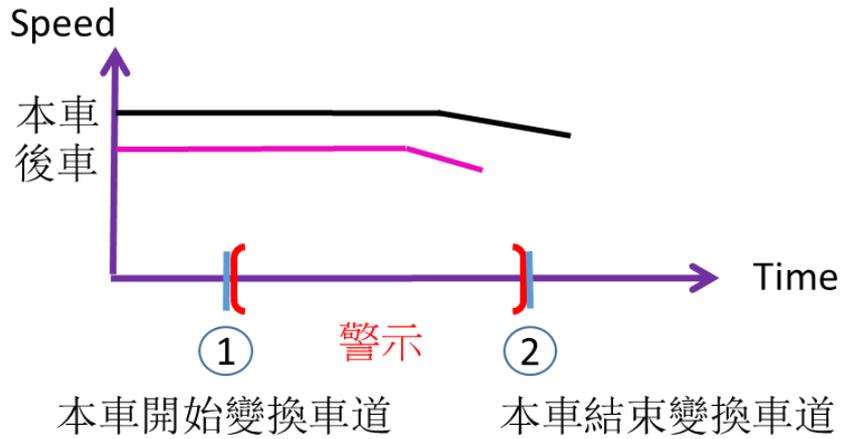


圖 3.15 動態 6 之相對時間與相對速度示意圖

7. 動態 7: 前車突然減速

本車穩定行駛於道路中時，前車突然剎車減速，造成車輛間的距離突然縮小而觸發未保持安全距離事件，如圖 3.16 所示。

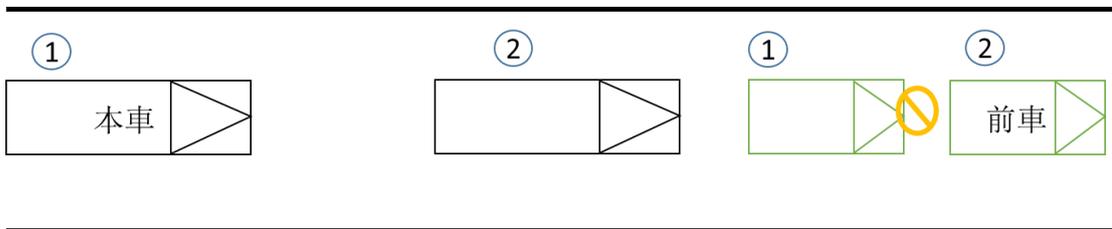


圖 3.16 前車突然減速示意圖

動態 7 之相對發生之時間與速度如圖 3.17 所示，其計算時間開始於前車開始減速，因前車減速造成本車與前車的距離縮小而觸發警示之行為皆為動態 7。

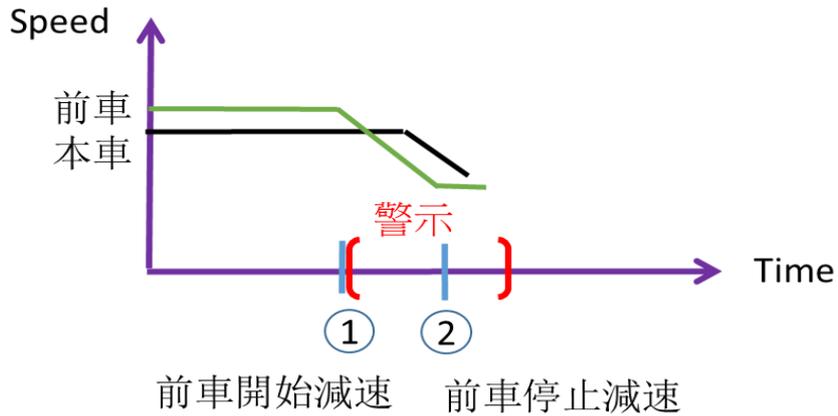


圖 3.17 動態 7 之相對時間與相對速度示意圖

8. 動態 8: 前車突然減速，且本車未減速

本車穩定行駛於道路中時，前車突然剎車減速，造成車輛間的距離突然縮小而觸發未保持安全距離事件，但前車剎車後，本車卻無相應之剎車行為，易造成本車與前車追撞，如圖 3.18 所示。

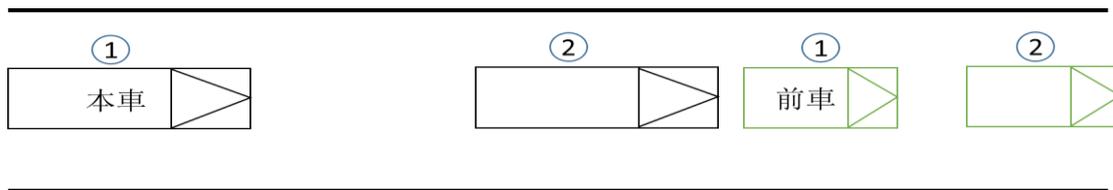


圖 3.18 前車突然減速，且本車未剎車示意圖

動態 8 之相對發生之時間與速度如圖 3.19 所示，其計算時間始於前車開始減速，因前車減速造成本車與前車的距離縮小而觸發警示，且在警示過後本車無剎車之行為者皆屬於動態 7

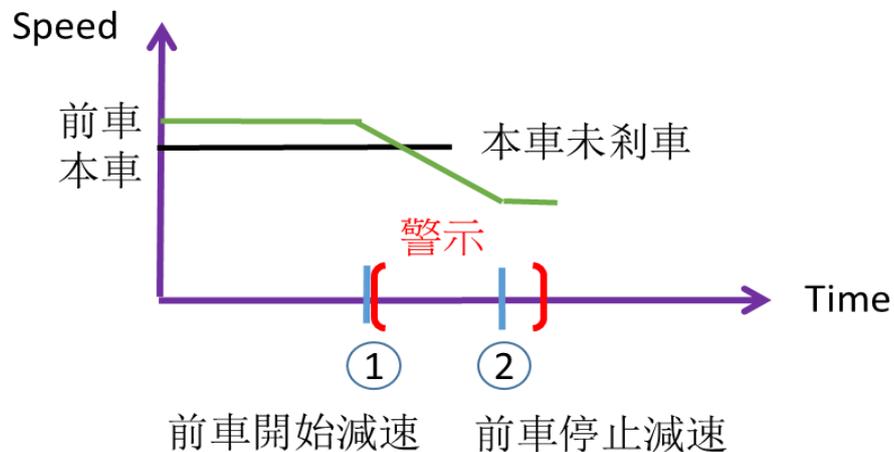


圖 3.19 動態 7 之相對時間與相對速度示意圖

9. 動態 9: 前車突然減速，且鄰近車道有車

本車穩定行駛於道路中時，前車突然剎車減速，造成車輛間的距離突然縮小而觸發未保持安全距離事件，而本車有往鄰近車道閃避之趨勢，但鄰近車道有車輛正在行駛，易與旁車擦撞，如圖 3.20 所示。

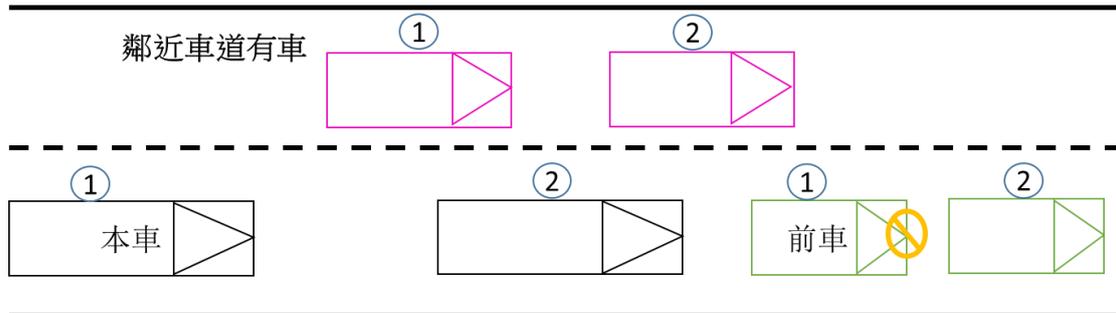


圖 3.20 前車突然減速，且鄰近車道有車示意圖

動態 9 之相對發生之時間與速度如圖 3.21 所示，其計算時間始於前車開始減速，因前車減速造成本車與前車的距離縮小而觸發警示，且在時段內鄰近車道有車輛行駛。

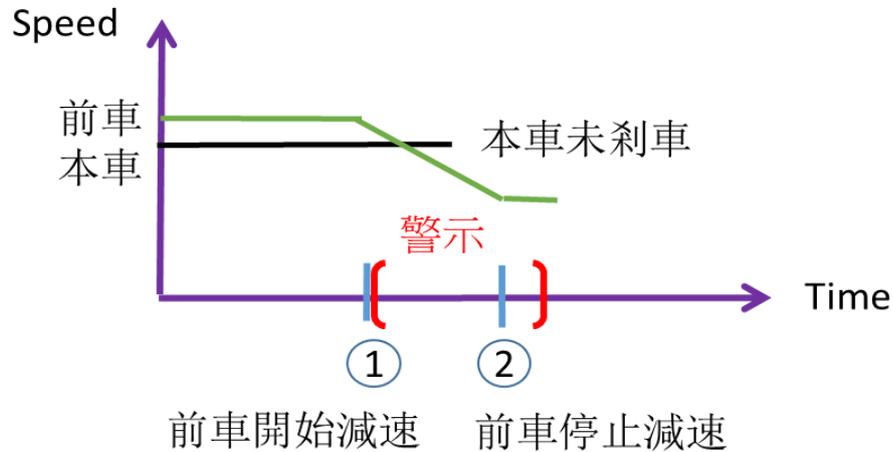


圖 3.21 動態 9 之相對時間與相對速度示意圖

10. 動態 10: 前車等速(慢速)行駛

前車以等速行駛於車道中，本車因車速較前車快，造成兩車間的距離過小而觸發未保持安全距離事件，如圖 3.22 所示。

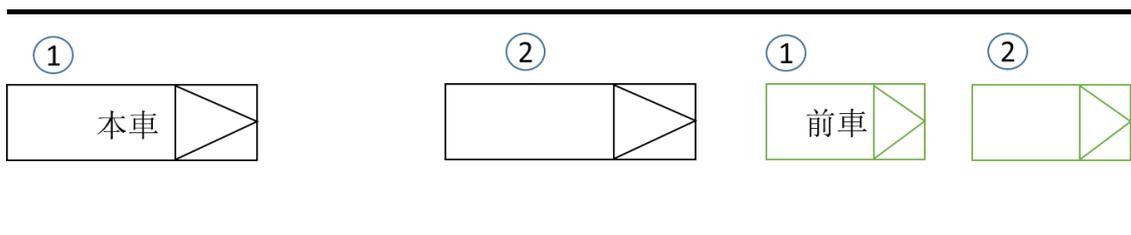


圖 3.22 前車等速(慢速)示意圖

動態 10 之相對發生之時間與速度如圖 3.23 所示，其計算時間始於前車慢速造成本車與前車的距離縮小而觸發警示，而警示後本車有剎車之行為。

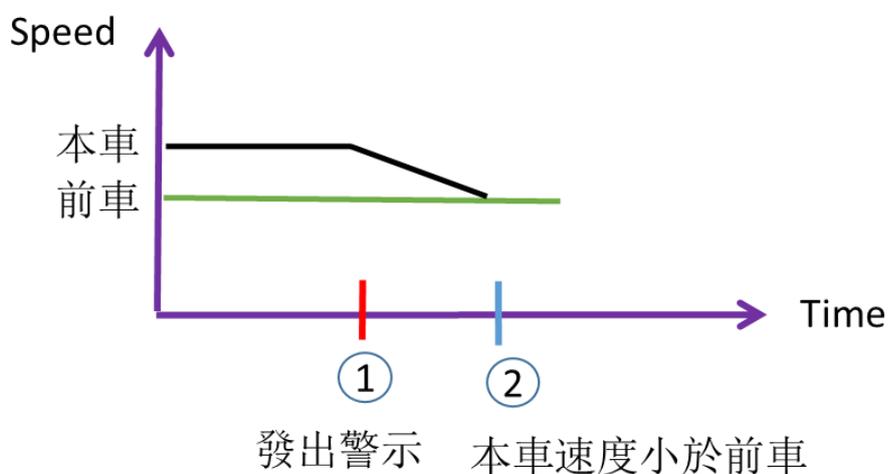


圖 3.23 動態 10 之相對時間與相對速度示意圖

11. 動態 11: 前車等速(慢速)行駛，且本車警示後未減速

前車以等速(慢速)行駛於車道中，本車速度比前車快而持續接近前方車輛，且本車因故而無剎車行為，易造成本車與前車追撞，如圖 3.24 所示。

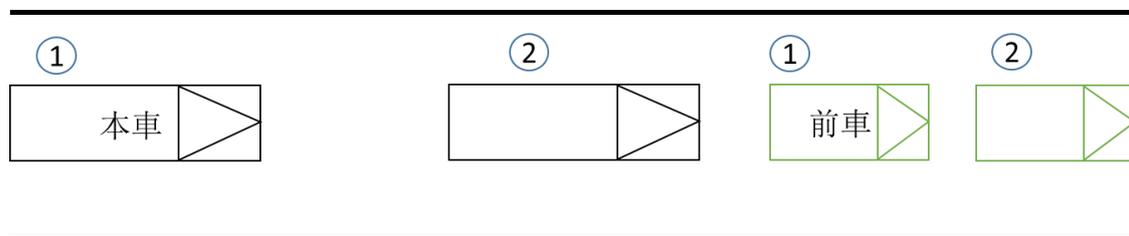


圖 3.24 前車等速(慢速)行駛，且本車警示後未剎車示意圖

動態 11 之相對發生之時間與速度如圖 3.25 所示，其計算時間始於前車慢速造成本車與前車的距離縮小而觸發警示，而警示後本車無剎車之行為。

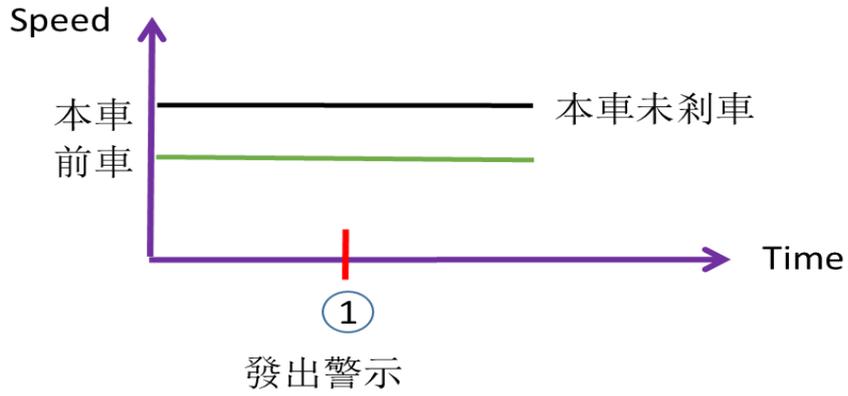


圖 3.25 動態 11 之相對時間與相對速度示意圖

12. 動態 12: 前車等速(慢速)行駛，且鄰近車道有車輛

前車以等速(慢速)行駛於車道中，本車速度比前車快而持續接近前方車輛，但鄰近車道有車輛正在行駛，若本車有向外閃避之行為，易與旁車擦撞，如圖 3.26 所示。

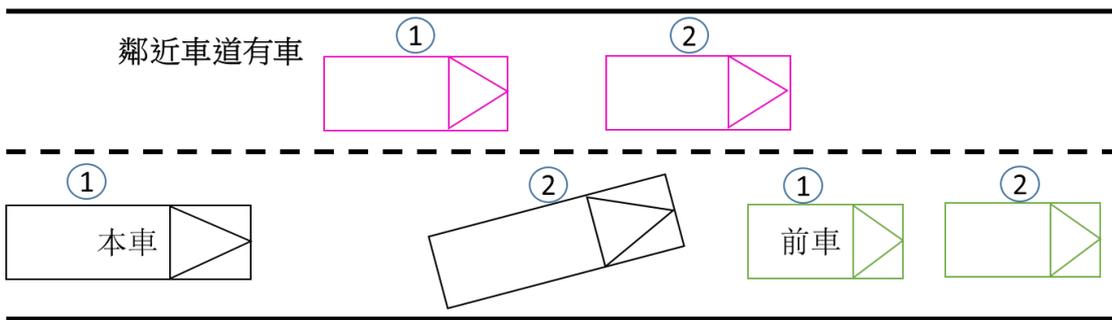


圖 3.26 前車等速(慢速)行駛，且鄰近車道有車示意圖

動態 12 之相對發生之時間與速度如圖 3.27 所示，其計算時間始於前車慢速造成本車與前車的距離縮小而觸發警示，且鄰近車道有車。

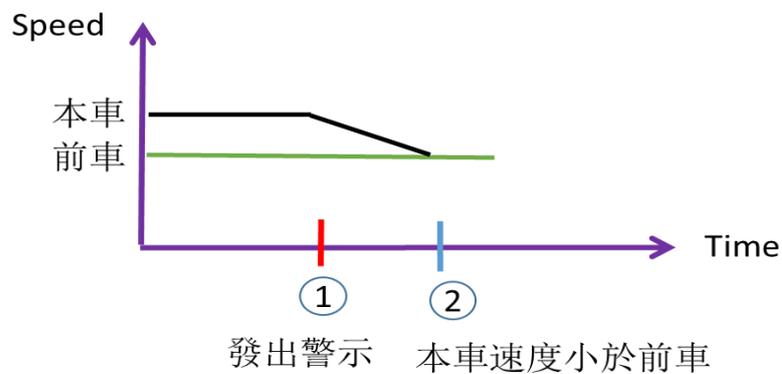


圖 3.27 動態 12 之相對時間與相對速度示意圖

表 3.4 未保持安全距離之行車動態分類總表

前車變換車道	動態 1:前車切入行駛車道
	動態 2:前車切入行駛車道後減速
	動態 3:前車切入行駛車道，且本車未減速
本車變換車道	動態 4:本車變換車道
	動態 5:本車變換車道後，前車減速
	動態 6:本車變換車道後且後車距離過近
前車突然減速	動態 7:前車突然減速
	動態 8:前車突然減速，且本車未減速
	動態 9:前車突然減速，且鄰近車道有車
前車等速或慢速行駛	動態 10:前車等速(慢速)行駛
	動態 11:前車等速(慢速)行駛且本車警示後未減速
	動態 12:前車等速(慢速)行駛且鄰近車道有車輛

表 3.4 為未保持安全距離之行車動態分類總表，而車道偏移部分，其行為相對而言較難以掌握，因為其完全取決於駕駛人當下的駕駛行為，較難做序列上的分類(Nodine et.,2011)，故本研究在車道偏移的事故前兆判斷上，探討其再發生當心駕駛人是否有分心(做其他非行車相關動作)的情況發生；而彎道超速無論是在何種的行車動態下，均屬容易發生事故之危險駕駛行為，因此不做動態的分類。本研究之彎道超速事件係經由 GPS 偵測之車輛經緯座標連接國道道路屬性座標，其條件如下：

1. 在彎道上速度超過 100 km/hr
2. 匝道前 300 公尺交匯處與匝道車速超過 80 km/hr

3.3.2 行車動態風險程度模型

為了建立行車動態類別與事故風險之關聯性，本研究以未保持安全距離之事故前兆與否為應變數，並以二元羅吉斯模型(Binary Logistic)來建立模型：

$$\text{logit } Pr(y_i|X_i) = \ln \left(\frac{Pr(y_i = 1|X_i)}{1-Pr(y_i = 1|X_i)} \right) = \alpha + \beta X_i \quad (1)$$

在式(1)中 $Pr(y_i|X_i)$ 為發生事故前兆與否的機率，其中 y_i 為 0/1 變數所組成，當 $y_i = 1$ 時，代表事件 i 為事故；而 x_i 則是泛指影響事故前兆的變數。透過羅吉斯模型可知各項變數的勝算比值(Odds ratio)，以此表示各變數影響發生事故的機率。

3.4 同質旅次分割 (Homogeneous Trip Segment, HTS)

本研究之第二個目的是評估不同駕駛者於不同危險駕駛行為下之駕駛分數，本研究為了能將曝光量、危險駕駛行為、車輛因素及行駛環境等因素同時整合納入考慮，將引用 Wu 學者及 Jovanis 學者(2016)所提出的將道路環境資料分割為同質旅次(Homogeneous Trip Segment, 以下簡稱 HTS)以作為分析單位的做法，透過類似「標準化」的概念來更有效的評估不同駕駛之駕駛行為風險。

HTS 分割的方式是依據駕駛行為、車輛因素以及道路環境來進行分割，只要當其中一個因素改變時，就會切割成一個 HTS，因此每一個 HTS 都是均質的可以拿來作統計上的比較。

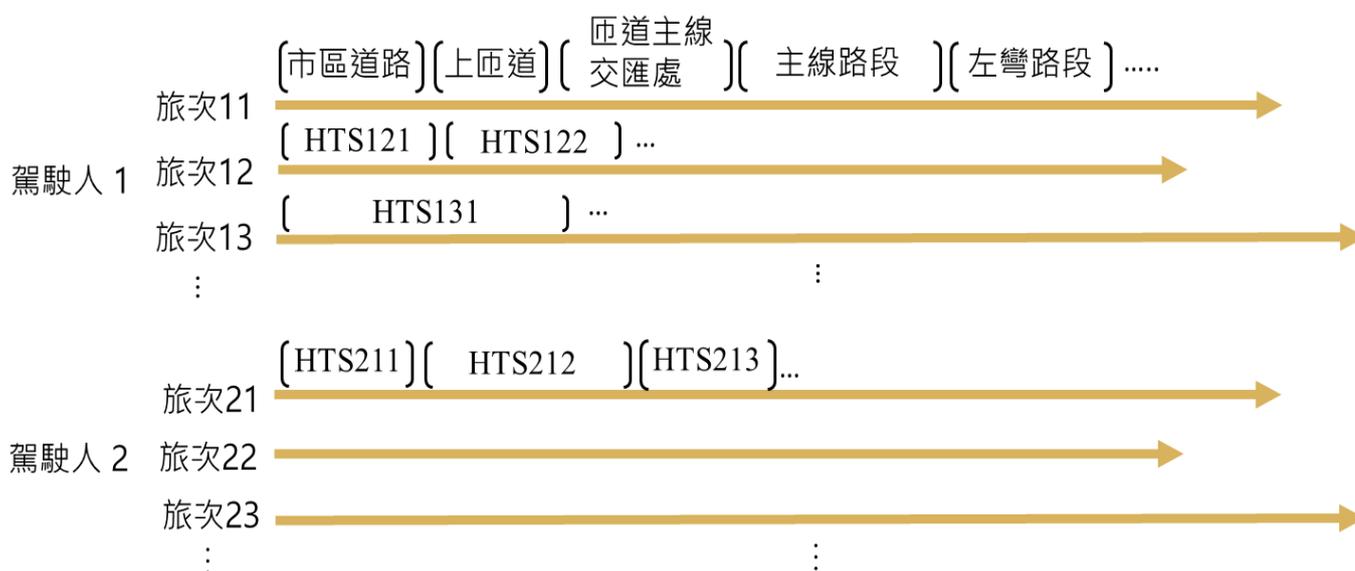


圖 3.28 HTS 的概念示意圖

圖 3.28 為 HTS 的概念示意圖，如圖所示每一個駕駛人的每一趟旅次中都會被分割成很多個 HTS，而在每一個 HTS 中的駕駛行為、車輛因素、行駛環境都是一樣的(均質)，例如當駕駛人 1 開著車輛從轉運站出發後行駛在市區道路上，此時 HTS 將紀錄為 HTS111，而在行駛了 600 公尺後上了匝道，在道路環境改變的情況下，將會切割出下一個 HTS 紀錄為 HTS112，依此類推，而每一個 HTS 中的駕駛人曝光量、行駛環境、發生之事故前兆件數、行車動態等變數都會被記錄下來。

本研究之 HTS 分割主要分成道路類型、路段種類與沿線狀況，其道路類型分成市區道路與國道；路段種類則分成主線、交流道間路段、匝道與主線交匯處、匝道路段；而沿線狀況則分成直線路段、左右彎與坡道路段，其中因國道坡度變化不大，因此僅就平路與坡道區分，並未再區分上下坡。

在分割完每個旅次的 HTS 後，可以透過比較每個 HTS 間之道路環境因素(如是否有彎道或匝道)、車輛因素(如車速)、駕駛人因素(如分心、疲勞駕駛)、駕駛行為因素(如不同事故序列所帶來的風險、是否有關鍵事件等)，可以看出到底在什麼樣屬性的 HTS 下會有較高的機會發生事故前兆，表 3.5 為以一個旅次進行 HTS 分割後得到之結果之範例。

表 3.5 同質旅次分割的資料格式(數值為範例)

道路類型	路段種類	沿線狀況	未保持安全距離 (單位:件數)	車道偏移 (單位:件數)	彎道超速 (單位:件數)	曝光量 (單位:公里)
市區道路	N/A	N/A	6	0	0	2.2
國 1	主線	直線	8	0	0	50.504
國 1	主線	右彎	12	3	0	44.696
國 1	主線	左彎	15	0	1	44.734
國 1	主線	坡道	2	0	0	4.421
國 1	主線	坡道+右彎	5	0	0	9.447
國 1	主線	坡道+左彎	10	0	2	10.696
國 1	交流道間	直線	8	0	0	318.345
國 1	交流道間	右彎	11	0	1	25.909
國 1	交流道間	左彎	6	0	1	18.026
國 1	交流道間	坡道	1	0	0	2.423
國 1	交流道間	坡道+右彎	0	0	1	20.395

3.5 混合效果頻次模式 (Mixed-Effect Model)

3.3 節所介紹 HTS 的設定可以把各個分析單位的屬性定義出來，但由於各個駕駛人還是存在本身與其他駕駛人不同的駕駛行為及事故風險，因此還是會存在偏誤，因此可以運用混合效果頻次迴歸模型來解決這個問題。

混合效果頻次模式由兩部分組成，分別為固定效果(fixed-effect)與隨機效果(random-effect)，其中因 HTS 本身的設定為均值，可將其放在固定效果的層次，而第二個層次則是駕駛的個人屬性層次。先計算個別駕駛人的 HTS 屬性對事故風險之影響(組內變異)，之後再計算駕駛人間 HTS 屬性對事故風險之影響(組間變異)，最後在由兩組估計值根據其標準誤大小來分配權重。

首先假設駕駛人 i 在旅次 j 遇到的事故前兆件數為 y_{ij} ，並服從普瓦松分配，如式(2)所示。而此普瓦松分配的參數為 λ_{ij} 。 β_{0i} 則代表駕駛 i 個人屬性， \mathbf{X}_{ij} 則代表 HTS 屬性的固定效果，如式(3)所示。

$$\Pr(y_{ij} = y | u_i) = \frac{e^{-\lambda_{ij}} \lambda_{ij}^y}{y!} \quad (2)$$

$$\lambda_{ij} = \exp(\beta_{0i} + \mathbf{X}_{ij} \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{ij}) \quad (3)$$

式(3)也可表示成如式(4):

$$y_{ij} = (\beta_0 + \zeta_{1i}) + X_{ij}(\beta + \zeta_{ki}) + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中 ζ_{1i} 代表駕駛個人屬性的隨機效果，即為本研究之駕駛人分數。

ζ_{ki} 用來代表某 HTS 屬性對此駕駛 i 的影響的隨機效果(HTS 屬性的影響對所有駕駛人都不同)。

運用此混合效用模型的結果，可用來計算每個駕駛在控制了曝光量及其他環境因素的情況下發生安全相關事件的風險，並比較出駕駛人在那些 HTS 屬性下的事故風險高於或低於一般駕駛人。

3.6 駕駛員之交通安全文化素養與風險認知

誠如 1.1 節所述，交通事故之發生原因中有九成與人為因素有關，而過去許多行為理論(Fishbein & Ajzen,1977, Ajzen,1985)主張認知與態度是驅動行為之主要動力，因此影響個人駕駛行為之原因有很大一部分來自對風險之認知差異以及對交通安全之態度，良好的風險感知與駕駛態度帶來安全的駕駛行為，反之則導致危險的行為及應對的異常。因此本研究認為在進行駕駛員安全駕駛行為管理時，應對駕駛員之個人特質以及行車風險感知有所掌握。

吳昆峯等人(2018)在交通部之「107 年道路交通安全觀測指標」研究中提到，交通安全文化為風險感認、安全態度、法律意識、利他主義、安全價值等要素組成，交通安全文化顯示用路人是否對交通安全有所認知，並將觀念反映至實際行為之展現上，用路人若具備良好交通安全文化與風險感知，除了保障自身安全外亦對交通環境產生正向影響。

有鑑於此，本研究以該研究之交通安全文化為基礎，並運用該研究量測交通安全文化的問卷(該問卷經測試具有良好之信度與效度)來對本研究之駕駛員進行駕駛員風險感知及對交通安全文化之態度進行調查與研究(問卷之問項請參考附錄一)，藉由量測駕駛員之(一)危險用路行為之行為頻率、風險感認，以及(二)由安全價值、安全態度、法意識及利他主義組成之安全文化試題，兩大部分來測試駕駛員對交通行為認知、安全觀念及態度，以更深入了解駕駛員對交通安全之重視程度。

第一部分測試為量測駕駛員對於各項危險用路行為之行為頻率以及風險感認程度，以李克特五尺度之作答方式評估駕駛員之危險行為頻率與風險感知；

- (1) **行為頻率**：駕駛員自評做出危險駕駛行為之頻率程度。
- (2) **風險感知**：駕駛員對危險駕駛行為的風險感認程度。

第二部分測試則詢問駕駛員對於交通安全文化相關屬性之同意程度，共區分安全價值觀、安全態度、法意識、利他主義等四維度進行，採用李克特 5 尺度作為填答方式，各維度之定義與範例如下：

- (1) **安全價值**(第1至第8題)：詢問駕駛員是否認為安全價值為一種美德，並認為一切有關安全之事物是值得擁有的。
- (2) **安全態度**(第9至第16題)：詢問駕駛員對交通安全的認識、理解、相信以至於評價傾向。

- (3) **法意識**(第17至第23題)：詢問駕駛員對交通法規的了解與接受程度以及對交通法規的感受。
- (4) **利他主義**(第24至第30題)：詢問駕駛員是否具有禮讓他人，為其他用路人設想之人格特性。

3.7 小結

簡而言之，本研究首先從車機事件中逐一挑選出符合條件之事故前兆後，分成兩部分：

- (1) **事件層級**：建立行車動態與事故風險之連結，探討不同行車動態是否會造成不同的事故風險與其影響。
- (2) **駕駛人層級**：本研究以同質旅次分割為分析單位來處理曝光量與道路環境對駕駛表現之影響，並以混合效果頻次模型控制駕駛人之個別差異，計算出駕駛人之安全分數。整體之分析以駕駛員為最高層次，並將行駛之旅次進行同質旅次分割後分別計算，如圖 3.29 所示。

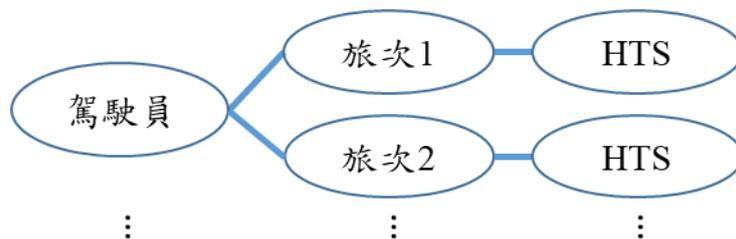


圖 3.29 駕駛人層級之分析層次

最後將第一部分與第二部分結合，針對不同行車動風險予以權重，並再考慮駕駛人風險感知後找出在考量行車動態風險下之駕駛人安全駕駛行為分數。

第四章 研究結果

本研究現階段以 21 個駕駛員，100 個旅次為樣本進行初步分析，其中每個旅次皆為行經國道 1 號，從新營與台北間之國道客運班次，總行駛里程約 27,000 公里，行車時間約 400 小時；共偵測 6,404 件未保持安全距離事件、685 件車道偏移事件、4,779 彎道超速事件。而在 6,404 件未保持安全距離事件中，經本研究研判為事故前兆共有 331 件。以下針對行車動態對事故風險之影響以及控制曝光量、道路環境等因素建立之駕駛人之安全分數與驗證，進行說明。

4.1 行車動態類別與事故風險程度評估模型(事件層級)

經過本研究刪除發生於市區道路之事件、明顯之誤報事件、影像畫質不清因而無法判別行車動態等事件後，總共有 5620 件未保持安全距離之事件，其中由前車變換車道所觸發之警報有 955 件，本車變換車道而觸發之警報有 1,311 件，前車突然減速而觸發之警報有 318 件，因為前車等速或慢速行駛而觸發之警報則為 3,036 件，如圖 4.1 所示。由圖中可看出「因前車等速或慢速行駛」類別佔了 54%，發生的頻率遠高於其他類別，且該類別跟其他相比，與一般高速公路上的車與車間的跟車行為較為相似，因此本研究將以該類別為基準，建立行車動態風險程度模型來比較各行車動態類別間之事故風險程度。本研究以事故前兆為應變數，行車動態類別、道路屬性、車速為依變數，相關分析計畫參考表 4.1。

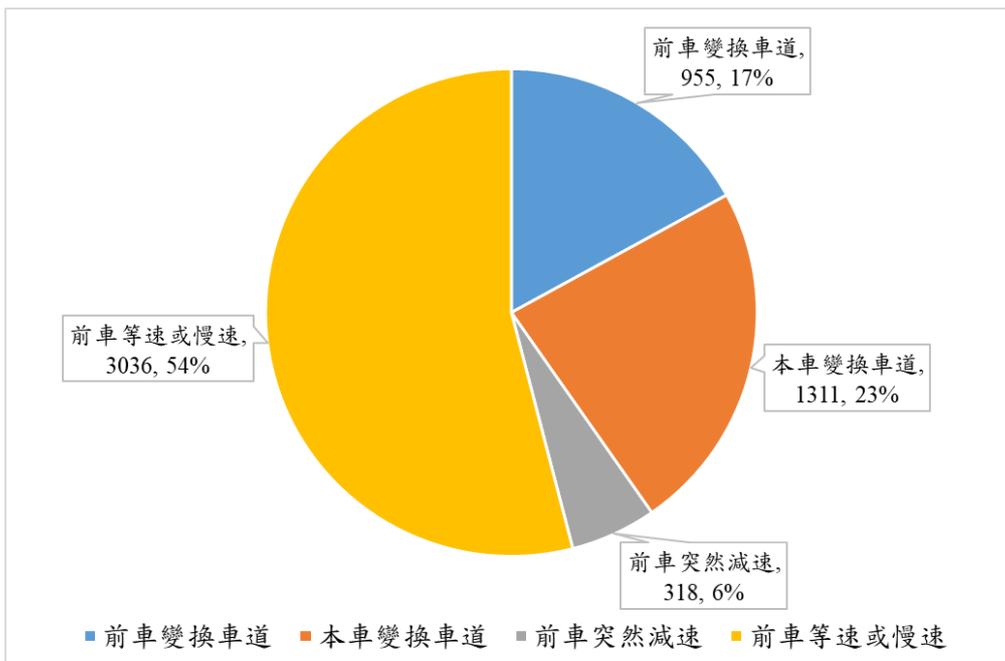


圖 4.1 行車動態類別分佈圖

表 4.1 研究分析計畫(事件層級)

分析單位	事件		
依變量	事故前兆		
模型	二元羅吉斯模型		
自變量	車輛變數	車速	連續變數
	行車動態變數	動態 1:前車切入行駛車道 動態 2:前車切入行駛車道後減速 動態 3 前車切入行駛車道且本車未減速 動態 4:本車變換車道 動態 5:本車變換車道後，前車減速 動態 6:本車變換車道後與後車距離過近 動態 7:前車突然減速 動態 8:前車突然減速，且本車未減速 動態 9:前車突然減速，且鄰近車道有車輛 動態 10:前車慢速行駛(等速) 動態 11:前車慢速行駛(等速)且本車警示後未減速 動態 12:前車慢速行駛(等速)且鄰近車道有車輛	類別變數
	道路屬性變數	國道主線(Base) 國道交流道間路段 上匝道前路段 下匝道前路段	類別變數
環境屬性變數	天氣		類別變數 晴天/雨天

研究結果如表 4.2 所示，在以近似一般車流狀態之行車動態「因前車慢速或等速行駛」為基準下，「前車切入行駛車道後剎車」、「本車變換車道，前車剎車」與「前車突然減速且鄰近車道有車輛」具有顯著較高的發生事故前兆之機率。其中「前車切入行駛車道後剎車」之風險為近似一般車流情況下的 4.2 倍、「本車變換車道，前車剎車」之風險為近似一般車流情況下的 5.59 倍，而「前車突然減速且鄰近車道有車輛」為一般車流情況下的 6.64 倍。另外，由表中可看出「前車突然減速」的風險為一般情況下的 2.14 倍。由此結果可推論，在觸發未保持安全距離警示條件下，不論就駕駛本身或是前方車輛而言，是否有剎車的動作會對於行

車風險有很大的影響。此結果也說明了，車輛間的互動確實對於事故風險有著一定程度的影響，尤其是當前車突然減速時，其風險遠比一般車流狀態為高。在道路屬性與環境屬性的部分，上匝道前路段相對於國道主線具有較高的行車風險，但其影響並不顯著，而下雨天則相對於晴天來說，其行車風險高出 1.34 倍。

表 4.2 行車動態與事故前兆之 Logistic 模型

模型	Logistic			
Y=1 筆數	331			
	係數	標準差	P-value	勝算比
車速	0.005	0.004	0.903	1.000
前車變換車道				
行車動態 1:前車切入行駛車道	-0.668	0.348	0.055	0.513
行車動態 2:前車切入行駛車道後剎車	1.434	0.276	0.000	4.20
行車動態 3:前車切入行駛車道且本車未剎車	-0.141	0.238	0.554	0.87
本車變換車道				
行車動態 4:本車變換車道	-0.3	0.181	0.098	0.74
行車動態 5:本車變換車道，前車剎車	1.72	0.396	0.000	5.59
行車動態 6:本車變換車道後與後車距離過近	-0.327	0.463	0.48	0.72
前車突然減速				
行車動態 7:前車突然減速	0.76	0.281	0.007	2.14
行車動態 8:前車突然減速，且本車未剎車	0.825	0.317	0.009	2.28
行車動態 9:前車突然減速，且鄰近車道有車輛	1.893	0.376	0.000	6.64
前車等速或慢速				
行車動態 10:前車慢速行駛(等速)	(base)			
行車動態 11:前車慢速行駛(等速)且本車未剎車	(base)			
行車動態 12:前車慢速行駛(等速)且鄰近車道有車輛	(base)			
道路屬性變數				
國道主線	(base)			
國道交流道間路段	0.199	0.124	0.109	1.22
上匝道前路段	0.462	0.541	0.294	1.58
下匝道前路段	-0.09	1.04	0.930	0.91
環境屬性變數				
晴天	(base)			
雨天	0.291	0.175	0.097	1.34
_cons	-3.152	0.380	0.000	0.074

4.2 駕駛人安全駕駛行為分數(駕駛人層級)

建立駕駛人安全駕駛行為分數之方法有許多種，本研究雖然掌握了事故前兆、行車動態、駕駛員風險感知、以及道路環境資訊，但要如何運用這些資訊來建立駕駛人安全駕駛行為分數才最能夠有效找出風險較高之駕駛員，仍有待商榷。

因此本研究在建立駕駛人安全駕駛行為分數時將分成兩部分來進行，第一部分為以行車動態為應變數建立駕駛人安全駕駛行為分數，第二部分為以行車動態為自變數建立駕駛人安全駕駛行為分數，如表 4.3 所示，並會在 4.3 小節驗證哪種方式所建立之安全駕駛人行為分數較為有效。

表 4.3 建立駕駛人安全駕駛行為分數之分類

	應變數	自變數
Case 1: 以行車動態為應變數	事故前兆件數 超速件數 行車動態次數	道路環境
Case 2: 以行車動態為自變數	事故前兆件數	道路環境 駕駛員安全文化素養 行車動態

以下對變數進行簡介：應變數部分包括事故前兆、行車動態等請見 3.2 與 4.1 節；而自變數中分成駕駛員安全文化與道路環境兩大部分：首先，駕駛員安全文化素養以問卷行試進行調查，問卷內容分成風險感認、安全價值、安全態度、法意識及利他主義 5 個部分(詳見 3.6)，在 21 位駕駛員中扣除駕駛員離職與無效問卷後，剩餘的 13 分問卷，以李克特五尺度計算分數，結果如表 4.4 所示，其中行為頻率分數越高代表越常做該危險駕駛行為，而風險感認、安全價值、安全態度、法意識及利他主義部分，分數越高代表駕駛員在該項目的表現越好，對於安全文化的素養越高。

表 4.4 駕駛員之安全文化素養與風險感知分數

Driver	年齡	任職年資	行為 頻率	風險 感知	安全 價值	安全 態度	法意識	利他 主義
1	56	15	1.38	4.48	5.00	5.00	4.43	5.00
2	50	15	1.19	3.86	5.00	4.75	1.43	4.71
4	55	14	1.48	4.67	4.75	3.50	4.14	4.29
6	58	8	1.48	4.67	5.00	4.50	2.43	4.57
7	56	8	1.05	4.71	4.88	3.75	3.86	4.86
10	47	8	1.38	4.52	4.38	3.63	2.57	4.71
11	62	4	1.57	4.43	4.63	4.25	4.86	4.29
12	39	8	2.43	3.48	3.50	4.25	3.14	3.00
13	47	4	1.33	4.33	5.00	3.63	4.43	4.71
15	48	3	1.62	4.24	3.88	3.88	3.71	3.57
17	24	2	1.95	4.14	4.88	4.38	4.00	3.71
18	31	2	1.57	3.76	3.63	3.75	4.29	3.00
19	34	2	1.67	4.10	4.50	4.00	3.43	4.86
平均			1.55	4.26	4.54	4.10	3.59	4.25

而道路環境部分，本研究從 100 個旅次樣本中，將國道 1 號依照坡度、彎道、道路狀態與道路屬性，其中坡度分成平路與坡道、彎道分成直線、左彎、右彎；道路狀態依行駛地點分為上匝道、下匝道、市區道路、國道；而道路屬性則依照環境分成交流道間路段、上匝道前路段、下匝道前路段與主線道，並且依不同駕駛人，總共分成 2519 個 HTS。下頁表 4.5 為所有駕駛在不同的 HTS 情況下發生之事件數與行駛的總里程曝光量。

在有了 HTS 的處理及經過過濾過之事故前兆後，即可分析 HTS 屬性及其曝光量對事故前兆發生次數的影響。一般而言，此時頻次模型(count regression)即可用來估計在每個 HTS 可能發生的事故前兆件數。但本研究認為即便在 HTS 的控制之下，每個駕駛人還是存在本身與其他駕駛人不同的駕駛行為及事故風險(driver-specific effects)，因此在駕駛人事故風險的評估較適合運用進階的混合效果頻次模型來進行駕駛人安全分數之建立(詳見 3.4 節)。

表 4.5 所有旅次之 HTS 分類及發生之事件數與事故前兆數

坡度	彎道	道路屬性	路段種類	FCW	FCW	LDW	嚴重	超速	事故	LDW	曝光量(公里)
				1.2s	0.4s		CSW		前兆	分心	
		上匝道		14	6	1	0	0	1	0	160
		上匝道前		7	0	0	0	0	0	0	156
		下匝道		4	0	8	0	0	0	1	99.2
		下匝道前		3	0	2	0	0	0	0	153.6
		市區道路		259	47	7	0	0	21	1	300
		國 1		823	215	101	0	273	37	27	5033.21
	右彎	國 1		755	190	114	384	380	39	28	4494.048
	左彎	國 1		858	214	130	361	425	63	38	4502.067
坡道		國 1		46	18	12	0	56	5	2	303.81
坡道		國 1		35	9	9	0	30	0	2	110.842
坡道	右彎	國 1		244	69	40	245	263	14	14	919.368
坡道	左彎	國 1		274	86	41	327	266	26	12	1000.426
		國 1	交流道間	639	141	72	0	184	43	23	3342.084
	右彎	國 1	交流道間	511	128	62	104	180	44	22	2476.78
	左彎	國 1	交流道間	427	115	59	149	200	24	14	2074.836
坡道		國 1	交流道間	64	22	1	0	45	0	0	280.943
坡道	右彎	國 1	交流道間	50	14	14	42	63	2	0	245.8387
坡道	左彎	國 1	交流道間	52	11	5	30	48	4	3	244.126
		國 1	匝道出口前	8	1	4	0	7	3	1	49.307
	右彎	國 1	匝道出口前	1	1	0	0	1	0	0	7.804
		國 1	匝道入口後	18	4	1	0	1	1	0	38.071
	右彎	國 1	匝道入口後	0	0	0	6	0	1	0	0.228
坡道		國 1	匝道入口後	4	1	0	0	0	0	0	13.619
坡道	右彎	國 1	匝道入口後	5	1	1	17	8	0	0	23.139
坡道	左彎	國 1	匝道入口後	4	2	1	0	0	1	1	3.345

4.2.1 Case 1:以行車動態為應變數之駕駛人安全駕駛行為分數

在 Case 1 中，本研究分別以事件數、事故前兆、行車動態為應變數，第一個層次為 HTS 屬性，第二層次為駕駛個人屬性，其關係式如下：

$$\text{事件數}_{it} = (\beta_0 + \zeta_{1i}) + \text{道路環境}_{it} (\beta + \zeta_{\text{道路環境 } i}) + \varepsilon_{it}$$

$$\text{事故前兆數}_{it} = (\beta_0 + \zeta_{1i}) + \text{道路環境}_{it} (\beta + \zeta_{\text{道路環境 } i}) + \varepsilon_{it}$$

$$\text{行車動態數}_{it} = (\beta_0 + \zeta_{1i}) + \text{道路環境}_{it} (\beta + \zeta_{\text{道路環境 } i}) + \varepsilon_{it}$$

其中 ζ_{1i} 代表駕駛個人屬性的隨機效果，為控制其他變數影響後，此駕駛與其他駕駛人不同的駕駛行為，其值越大表示駕駛員風險越高，表 4.6 為分析計畫。

表 4.6 Case 1 之研究分析計畫

分析單位	同質旅次分割(HTS)		
因變數	事件數、事故前兆、行車動態(單位: 件數)		
模型	混合效果頻次模型		
自變數	曝光量	每個 HTS 之曝光量(取對數)	連續變數
	道路環境變數	平路(Baseline) 坡道	類別變數
		國道主線(Baseline) 國道交流道間路段 上匝道前路段 下匝道前路段	類別變數
		直線(Baseline) 左彎 右彎	類別變數
		國道(Baseline) 匝道 市區道路	類別變數
	環境屬性變數	白天 晚上(Baseline)	類別變數

(一) 綜合駕駛人安全駕駛行為分數

表 4.7 為以未保持安全距離之事故前兆、車道偏移之事故前兆、超速、過彎超速為應變數，曝光量、道路屬性變數、彎道、道路類型、坡度等環境變數為自變數，HTS 為分析單位之混合效果頻次模型之綜合結果。而下頁表 4.8 為以此混合效果頻次模型中 21 位駕駛員之個人屬性的隨機效果所做成的排名，代表不同駕駛人間對於發生危險駕駛行為之程度，其值越大表示該名駕駛發生事故之風險就越高。表中的排名代表駕駛員之表現，排名越後面表示其風險越高。

表 4.7 駕駛員之混合效果頻次模型

應變數	FCW 事故前兆+LDW 事故前兆+超速+過彎超速			
樣本數	2519			
	係數	標準差	Z-Statistic	P-value
曝光量	0.622	0.038	16.16	0.000**
道路屬性變數				
國道主線	(base)			
國道交流道間路段	-0.358	0.039	-9.17	0.000**
上匝道前路段	1.014	0.208	4.87	0.000**
下匝道前路段	0.445	0.165	2.69	0.007**
彎道				
直線	(base)			
左彎	1.410	0.038	37.32	0.000**
右彎	1.384	0.037	37.1	0.000**
道路類型				
國道	(base)			
匝道	-2.427	0.176	-13.71	0.000**
市區道路	-1.25	0.241	-5.18	0.000**
坡度				
平路	(base)			
坡道	0.018	0.072	0.25	0.801
白天	-0.110	0.025	-4.26	0.000**
_cons	-5.301	1.471	-12.17	0.000**

駕駛人數:21、Wald chi(3)=6861.06、log likelihood= -4115.21

表 4.8 駕駛員之安全駕駛行為分數與排名

駕駛員	隨機效果	排名	駕駛員	隨機效果	排名
1	-0.976	1	12	0.261	12
2*	0.742	21	13	-0.352	6
3	-0.147	10	14	0.268	13
4	0.311	14	15*	0.719	20
5	-0.807	3	16*	0.711	19
6	0.449	16	17	-0.342	7
7	-0.396	5	18	0.314	15
8*	0.580	18	19	-0.176	9
9	-0.700	4	20	-0.812	2
10*	0.566	17	21	-0.025	11
11	-0.187	8	平均/標準差	0.000/0.53	

本研究依據 21 位駕駛員之隨機效果分數之平均與標準差，將大於一倍標準差之駕駛員視為具有明顯事故風險之駕駛員，而小於一倍標準差之駕駛員歸類為沒有明顯事故風險之駕駛員，區分後結果如下所示：

1. 21 位駕駛員中具有相對明顯事故風險之駕駛員：駕駛員 2、8、10、15、16
2. 21 位駕駛員中相對無明顯事故風險之駕駛員：駕駛員 1、5、9、20

圖 4.2 為各駕駛員之隨機效果與其標準差，由圖中可清楚看出各駕駛人之駕駛表現，適合給運輸業者做駕駛員安全管理之用。

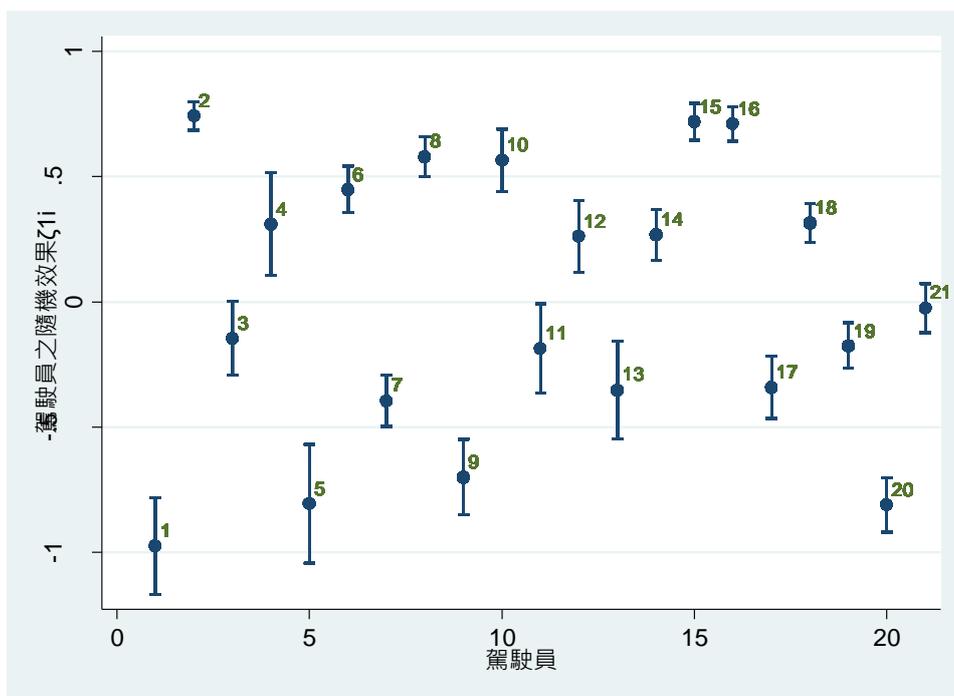


圖 4.2 駕駛員之隨機效果

(二) 針對超速行為之駕駛人安全駕駛行為分數

除了綜合分數之外，本研究亦將針對其他行為來分別探討。首先表 4.9 為以「超速與彎道超速」為應變數，曝光量、道路屬性變數、彎道、道路類型、坡度等環境變數為自變數，HTS 為分析單位之混合效果頻次模型之結果。由表中可看出在 21 位駕駛人之之中，左彎道路與右彎道路相對於直線而言，顯著正向影響超速行為的發生；另外駕駛人在匝道上相對於國道，較不易有超速的行為發生，而在坡道的道路上相較於平路，也較不容易有超速的行為發生。

表 4.9 超速、彎道超速之混合效果頻次模型

應變數	超速件數+彎道超速件數			
樣本數	2519			
	係數	標準差	Z-Statistic	P-value
曝光量	0.574	0.137	6.54	0.000***
道路屬性變數				
國道主線	(base)			
國道交流道間路段	-0.416	0.04	-10.34	0.000***
下匝道前路段	0.887	0.212	4.18	0.000***
上匝道前路段	0.306	0.168	1.82	0.068*
彎道				
直線	(base)			
左彎	1.521	0.041	37.54	0.000***
右彎	1.498	0.039	37.46	0.000***
道路類型				
國道	(base)			
匝道	-2.41	0.182	-13.26	0.000***
市區道路	-21.6	5716	-0.00	0.997
坡度				
平路	(base)			
坡道	-0.047	0.073	-1.4	0.160
白天	-0.117	0.026	-4.47	0.000***
_cons	-10.397	1.471	-7.07	0.000***

駕駛人數:21、Wald chi(3)=6291.77、log likelihood=-4007.2

表 4.10 超速、彎道超速之駕駛人分數與排名

駕駛員	隨機效果	排名	駕駛員	隨機效果	排名
1	-0.955	3	12	0.330	14
2*	0.754	20	13	-0.335	6
3	-0.084	10	14	0.325	13
4	0.367	15	15*	0.755	21
5	-0.960	2	16*	0.749	19
6	0.460	16	17	-0.332	7
7	-0.598	5	18	0.297	12
8*	0.596	17	19	-0.160	9
9	-0.639	4	20	-0.970	1
10*	0.613	18	21	-0.051	11
11	-0.161	8	平均/標準差	0.000 / 0.588	

本研究依據 21 位駕駛員之隨機效果分數之平均與標準差，將大於一倍標準差之駕駛員視為具有明顯超速風險之駕駛員，而小於一倍標準差之駕駛員歸類為沒有明顯超速風險之駕駛員，區分後結果如下所示：

1. 21 位駕駛員中具有相對明顯超速風險駕駛員：駕駛員 2、8、10、15、16
2. 21 位駕駛員中相對無明顯超速風險之駕駛員：駕駛員 1、5、7、9、20

由結果可看出單看超速行為時之駕駛人安全駕駛行為分數排名與 4.3.1 節所做之綜合駕駛人安全駕駛行為分數排名相當接近，本研究認為因超速與彎道超速之件數遠高於未保持安全距離、車道偏移的事故前兆之件數，才造成兩者之結果相當接近，因此本研究認為應將經過濾之事故前兆單獨討論。

(三) 針對事故前兆之駕駛人分數

表 4.11 為以經過濾之事故前兆為應變數，曝光量、道路屬性變數、彎道、道路類型、坡度等環境變數為自變數，HTS 為分析單位之混合效果頻次模型之結果，其中事故前兆包含未保持安全距離與車道偏移兩種危險駕駛行為。由表中可看出在 21 為駕駛人之中之中，在國道交流道間路段、上下匝道前路段等相對於國道主線而言，較容易發生事故前兆；另外駕駛人在坡道上相對於平路，較容易有危險的事故前兆發生，而在市區道路上相較於國道而言，也較易有事故前兆發生。

下頁表 4.12 為混合效果頻次模型中 21 位駕駛員之個人屬性的隨機效果，代表不同駕駛人間對於發生事故前兆之影響，其值越大表示該名駕駛員風險就越高。表中的排名代表駕駛員之表現，排名越後面表示其風險越高。

表 4.11 事故前兆之混合效果頻次模型

應變數	事故前兆(未保持安全距離+車道偏移)			
樣本數	2519			
	係數	標準差	Z-Statistic	P-value
曝光量	1.405	0.196	7.14	0.000***
道路屬性變數				
國道主線	(base)			
國道交流道間路段	0.342	0.142	2.42	0.000***
上匝道前路段	1.929	1.061	1.82	0.000***
下匝道前路段	1.985	0.777	2.55	0.007***
彎道				
直線	(base)			
左彎	0.457	0.118	3.88	0.000***
右彎	0.329	0.117	2.81	0.005***
道路類型				
國道	(base)			
匝道	-1.23	0.858	-1.44	0.149
市區道路	2.830	0.611	4.64	0.000***
坡度				
平路	(base)			
坡道	1.156	0.371	3.12	0.002***
白天	-0.005	0.097	-0.05	0.959
_cons	-16.026	2.151	-7.45	0.000***

駕駛人數:21、Wald chi(3)=311.6、log likelihood=-1006.43

表 4.12 事故前兆之駕駛人分數與排名

駕駛員	隨機效果	排名	駕駛員	隨機效果	排名
1	-0.837	4	12	-1.081	3
2*	0.911	20	13	-0.291	8
3	-1.096	2	14	-0.726	5
4	-0.378	6	15	0.344	12
5	0.520	14	16	0.371	13
6	0.573	15	17	-0.159	10
7*	1.173	21	18*	0.838	19
8	0.676	18	19	-0.080	11
9	-1.457	1	20	0.588	17
10	-0.165	9	21	0.580	16
11	-0.305	7	平均/標準差	0.000 / 0.742	

本研究依據 21 位駕駛員之隨機效果分數之平均與標準差，將大於一倍標準差之駕駛員視為具有明顯事故風險之駕駛員，而小於一倍標準差之駕駛員歸類為沒有明顯事故風險之駕駛員，區分後結果如下所示：

1. 21 位駕駛員中相對具有明顯發生事故前兆風險駕駛員：駕駛員 2、7、18
2. 21 位駕駛員中相對無明顯發生事故前兆風險駕駛員：駕駛員 1、3、9、12

圖 4.3 為各駕駛員之隨機效果與其標準差，由圖中可清楚看出各駕駛人於發生危險事故前兆之表現，找出相對具有明顯事故風險駕駛員。

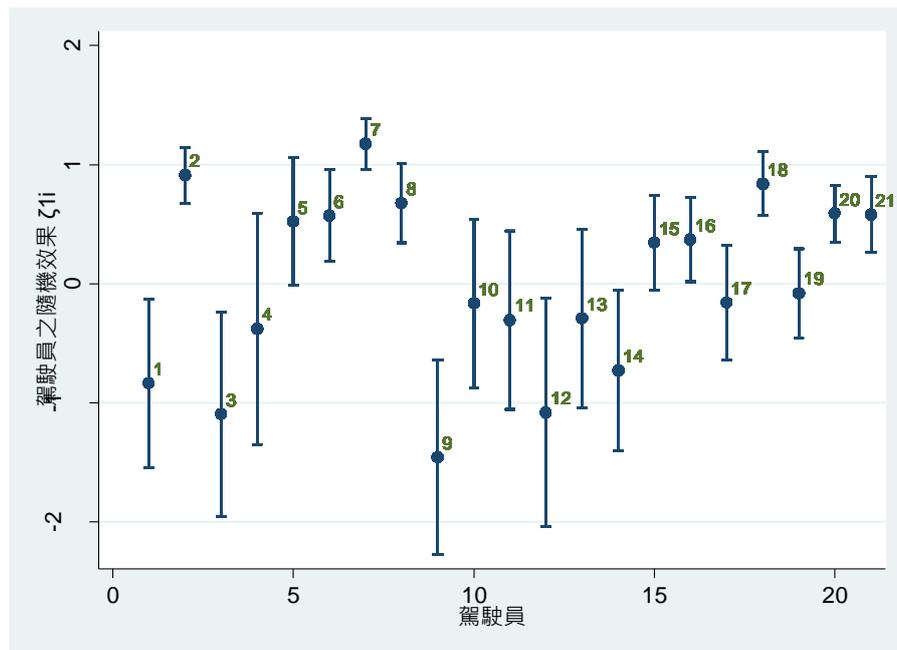


圖 4.3 駕駛員之隨機效果(事故前兆)

(四) 考量行車動態下之駕駛人安全駕駛行為分數

由 4.1 節之結果可知「行車動態 2:前車切入行駛車道後剎車」、「行車動態 5:本車變換車道,前車剎車」、「行車動態 7:前車突然減速」、「行車動態 8:前車突然減速且本車未剎車」與「行車動態 9:本車變換車道,前車剎車」具有顯著較高的發生事故前兆之機率,其中本研究認為行車動態 2、7、9 的發生乃其他駕駛人之行為所導致,故不納入模型之建立。此外,考量各行車動態之風險不同,本研究以表 4.2 之 Odd 係數來調整不同行車動態之權重來建立駕駛人安全駕駛行為分數。

本研究以危險行車動態為應變數,曝光量、道路屬性變數、彎道、道路類型、坡度、白天等環境變數為自變數,HTS 為分析單位之混合效果頻次模型之結果,其中危險行車動態經過係數權重之調整(以表 4.2 之權重調整,行車動態 5 之件數乘以 5.59、行車動態 8 之件數乘以 2.28,其中兩者之 p-value 皆小於 0.01,且標準差不大,具有一定的有效性),其結果如表 4.13、表 4.14 所示。

表 4.13 危險行車動態之混合效果頻次模型

應變數	危險行車動態(行車動態 5*5.59+行車動態 8*2.28)			
樣本數	2519			
	係數	標準差	Z-Statistic	P-value
曝光量	1.577	0.217	7.27	0.000***
道路屬性變數				
國道主線	(base)			
國道交流道間路段	0.528	0.178	2.97	0.003***
上匝道前路段	5.296	1.109	4.78	0.000***
下匝道前路段	2.286	1.019	2.24	0.025***
彎道				
直線	(base)			
左彎	0.566	0.128	4.44	0.000***
右彎	0.666	0.123	5.41	0.000***
道路類型				
國道	(base)			
匝道	-21.512	8423	-0.00	0.998
市區道路	4.922	0.643	7.65	0.000***
坡度				
平路	(base)			
坡道	1.720	0.398	4.32	0.000***
白天	1.036	0.122	8.46	0.000***
cons	-19.223	2.383	-8.06	0.000***

駕駛人數:21、Wald chi(3)=329.6、log likelihood= -1331.72

表 4.14 行車動態組合 1 之駕駛人分數與排名

駕駛員	隨機效果	排名	駕駛員	隨機效果	排名
1	-2.260	1	12	-0.145	7
2*	1.618	21	13	0.399	13
3	-2.072	2	14	-0.008	9
4	-1.400	3	15	0.494	14
5	-1.229	4	16*	1.389	20
6	-0.114	8	17	-0.649	6
7*	1.277	19	18	0.643	17
8	-0.665	5	19	0.508	15
9	0.551	16	20*	1.142	18
10	0.372	12	21	0.096	11
11	0.044	10	平均/標準差	0.000 / 1.067	

本研究依據 21 位駕駛員之隨機效果分數之平均與標準差，將大於一倍標準差之駕駛員視為具有明顯事故風險之駕駛員，而小於一倍標準差之駕駛員歸類為沒有明顯事故風險之駕駛員，區分後結果如下所示：

1. 21 位駕駛員中相對具有發生危險行車動態駕駛員：駕駛員 2、7、16、20
2. 21 位駕駛員中相對無明顯發生危險行車動態駕駛員：駕駛員 1、3、4、5

圖 4.4 為各駕駛員之隨機效果與其標準差，由圖中可清楚看出各駕駛人於發生危險行車動態之表現。

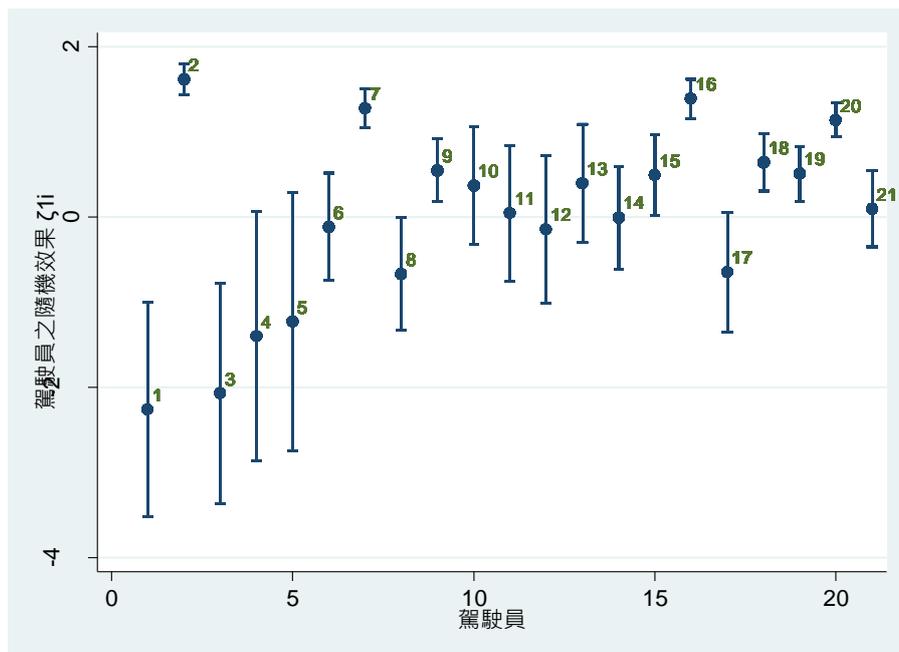


圖 4.4 駕駛員之隨機效果(危險行車動態)

本研究認為將危險行車動態納入駕駛人安全駕駛行為分數時須考量不同行車動態之選擇、權重比例調整等皆會影響駕駛人安全分數之建立，而究竟何種組合之駕駛人安全分數最為有效仍有待商榷。有鑑於此，本研究嘗試了不同組合之行車動態當成應變數，曝光量、道路屬性變數、彎道、道路類型、坡度、白天等環境變數為自變數，HTS 為分析單位之混合效果頻次模型校估，建立 4 種不同分數(包含表 4.11 之行車動態組合 1)，如表 4.15。並將於 4.3 節對不同組合之駕駛人安全分數與有責肇事進行驗證，以找出最為適合之駕駛人安全駕駛行為分數。

- (1) 行車動態組合 1 之應變數: 行車動態 5 之件數*5.59+行車動態 8 之件數*2.28
- (2) 行車動態組合 2 之應變數: 行車動態 5 之件數乘以 5.59
- (3) 行車動態組合 3 之應變數: 行車動態 8 之件數乘以 2.28
- (4) 行車動態組合 4 之應變數: 行車動態 5 之件數乘以 5.59 + 事故前兆之件數

表 4.15 不同行車動態組合之駕駛人分數與排名

駕駛員	行車動態組合 2 之 駕駛員隨機效果	排名	行車動態組合 3 之 駕駛員隨機效果	排名	行車動態組合 4 之 駕駛員隨機效果	排名
1	-1.963	1	-1.933	1	-1.796	1
2	2.290	21	1.145	18	1.185	21
3	-1.791	3	-1.757	2	-1.376	3
4	-1.179	6	-1.143	4	-0.875	4
5	-1.039	7	-0.979	7	0.256	12
6	-1.735	4	0.541	14	-0.381	6
7	-0.281	9	1.891	21	0.547	15
8	-0.044	10	-1.072	6	0.092	11
9	1.048	18	0.323	12	-0.099	9
10	0.985	15	-0.172	8	0.374	13
11	0.987	16	-1.308	3	-0.060	10
12	-1.345	5	0.449	13	-1.429	2
13	1.019	17	-0.151	9	0.399	14
14	0.375	12	-0.137	10	-0.425	5
15	0.374	11	0.759	15	0.616	16
16	1.644	20	1.466	20	0.861	18
17	-1.907	2	-0.025	11	-0.247	7
18	0.549	13	0.923	16	0.894	20
19	-0.377	8	1.040	17	-0.222	8
20	1.358	19	1.255	19	0.883	19
21	0.985	14	-1.136	5	0.799	17

4.2.2 Case 2:以行車動態為自變數之駕駛人安全駕駛行為分數

在 Case 2 中，本研究分別以事故前兆為應變數，第一個層次為 HTS 屬性，第二層次為駕駛個人屬性，並加入行車動態、安全文化等變數，其關係式如下：

$$\begin{aligned} \text{事故前兆數}_{it} = & (\beta_0 + \zeta_{1i}) + \text{道路環境}_{it} (\beta + \zeta_{\text{道路環境 } i}) \\ & + \text{行車動態}_{it} (\beta + \zeta_{\text{行車動態 } i}) + \text{安全文化}_i (\beta + \zeta_{\text{安全文化 } i}) + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

其中 ζ_{1i} 代表駕駛個人屬性的隨機效果，為控制其他變數影響後，此駕駛與其他駕駛人不同的駕駛行為，其值越大表示駕駛員之風險越高，表 4.16 為分析計畫。

表 4.16 Case 2 之研究分析計畫

分析單位	同質旅次分割(HTS)		
應變量	事故前兆(單位: 件數)		
模型	混合效果頻次模型		
自變數	曝光量	每個 HTS 之曝光量(取對數)	連續變數
	道路環境變數	平路(Base) 坡道	類別變數
		國道主線(Base) 國道交流道間路段 上匝道前路段 下匝道前路段	類別變數
		直線(Base) 左彎 右彎	類別變數
		國道(Base) 匝道 市區道路	類別變數
	行車動態變數	行車動態 1、4、7、11	連續變數
	安全文化變數	行為頻率、風險感認、安全價值、安全態度、法意識、利他主義	連續變數
	環境屬性變數	白天 晚上(Baseline)	類別變數

表 4.17 為以未保持安全距離之事故前兆為應變數，曝光量、道路環境變數、行車動態、安全文化等為自變數，HTS 為分析單位之混合效果頻次模型之綜合結果。由表看出在 13 位駕駛人之之中，在上下匝道前路段相對於國道主線而言，

表 4.17 Case 2 駕駛員之混合效果頻次模型

應變數	FCW 事故前兆			
樣本數	1463			
	係數	標準差	Z-Statistic	P-value
曝光量	1.100	0.310	3.55	0.00
道路屬性變數				
國道主線	(base)			
國道交流道間路段	0.687	0.263	2.61	0.009
上匝道前路段	1.910	1.725	1.11	0.268
下匝道前路段	1.897	1.365	1.39	0.165
彎道				
直線	(base)			
左彎	0.363	0.205	1.77	0.077
右彎	0.349	0.200	1.71	0.081
道路類型				
國道	(base)			
匝道	-1.30	1.210	-1.07	0.283
市區道路	3.066	0.942	3.25	0.001
坡度				
平路	(base)			
坡道	0.967	0.613	1.58	0.115
白天	0.622	0.183	3.41	0.001
行車動態 1	-0.041	0.094	-0.43	0.665
行車動態 4	0.118	0.412	2.87	0.004
行車動態 7	0.118	0.136	0.87	0.384
行車動態 11	0.128	0.032	4.03	0.000
風險感知	-0.279	0.720	0.39	0.698
安全價值	0.636	0.670	0.95	0.343
安全態度	-1.250	0.592	-2.11	0.035
法意識	-0.348	0.231	-1.50	0.133
利他主義	-0.703	0.474	-1.48	0.138
_cons	-8.963	4.854	-1.85	0.065

駕駛人數:13、Wald chi2(19)=191.87、log likelihood= -423.31

較容易發生事故前兆；在安全文化方面，風險感知、安全態度、法意識、利他主義皆為負值，代表在 13 名駕駛員中安全文化素養越高的駕駛員，較不容易發生事故前兆。而安全價值與安全態度間之相關性較高(0.501)，可能為造成安全價值在模型中係數為正之原因。

表 4.18 Case 2 之駕駛人安全駕駛行為分數與排名

駕駛員	隨機效果	排名	駕駛員	隨機效果	排名
1	-0.128	6	12	-0.646	1
2	0.174	9	13	-0.264	4
4	-0.416	2	15*	0.410	11
6	0.045	7	17	0.088	8
7*	0.500	12	18*	0.515	13
10	-0.396	3	19	0.307	10
11	-0.188	5	平均/標準差	0.00/0.375	

本研究依據 13 位駕駛員之隨機效果分數之平均與標準差，將大於一倍標準差之駕駛員視為具有明顯事故風險之駕駛員，而小於一倍標準差之駕駛員歸類為沒有明顯事故風險之駕駛員，區分後結果如下所示：

1. 13 位駕駛員中具有相對明顯事故風險之駕駛員：駕駛員 7、15、18
2. 13 位駕駛員中相對無明顯事故風險之駕駛員：駕駛員 4、10、12

圖 4.5 為各駕駛員之隨機效果與其標準差，由圖中可清楚看出各駕駛人於發生危險事故前兆之表現，找出相對具有明顯事故風險駕駛員。

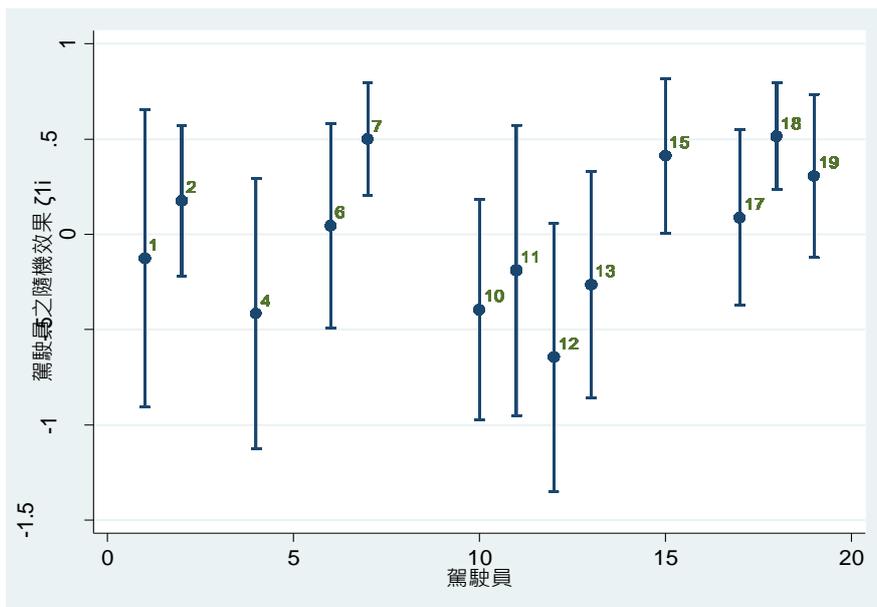


圖 4.5 Case2 之駕駛人安全駕駛行為分數

4.3 駕駛人安全駕駛行為分數之驗證

本小節將驗證本研究之駕駛人安全分數是否能比業者目前所用之駕駛人安全管理系統更有效地找出具有事故風險之駕駛員。因此首先計算現行常用之駕駛人安全排名(單純以 ADAS 件數做為駕駛人排名)，接著連結客運公司內部之駕駛員有責肇事紀錄，並針對本研究之 21 位駕駛人進行分析探討。

4.3.1 現行業者常用之以 ADAS 警示件數駕駛人安全管理排名

誠如本研究 2.2 之文獻回顧，近年來學者開始提倡使用行為指標如危險駕駛行為、ADAS 系統所偵測之事件當成中介指標來做為行車安全管理之依據。表 4.19 為僅根據 ADAS 系統所偵測之事件件數(未經過濾)進行駕駛人安全駕駛管理後之結果，並依駕駛員所行駛之曝光量調整其延車公里事件數。

表 4.19 僅運用 ADAS 警示件數之駕駛人排名

駕駛員	TTC_1.2	TTC_0.4	FCW	LDW	超速	總次數	延車公里事件數	排名
1	88	9	97	26	42	165	0.159	1
2	545	93	638	168	353	1159	0.559	19
3	64	10	74	1	51	126	0.161	2
4	94	21	115	4	31	150	0.577	20
5	72	8	80	12	11	103	0.198	4
6	167	26	193	36	149	378	0.363	12
7	401	125	526	100	104	730	0.351	11
8	287	58	345	54	153	552	0.430	14
9	177	12	189	0	64	253	0.194	3
10	90	23	113	15	96	224	0.430	15
11	61	9	70	57	54	181	0.348	10
12	154	52	206	4	44	254	0.487	17
13	178	11	189	5	52	246	0.322	9
14	142	28	170	7	121	298	0.286	7
15	301	77	378	51	216	645	0.495	18
16	542	143	685	76	249	1010	0.677	21
17	201	49	250	1	76	327	0.251	5
18	443	157	600	11	186	797	0.439	16
19	368	105	473	22	168	663	0.319	8
20	491	178	669	29	86	8784	0.275	7
21	322	106	428	7	132	567	0.365	13

4.3.2 與業者之有責肇事件數連結

為了量化本研究之安全駕駛人行為分數與事故之相關性，本研究針對不同駕駛人分數之排名與有責肇事件數之排名進行 Spearman、Logistic 與 Negative binomial regression 來解釋有責肇事件數與排名之關係，以下將就上述三種方法進行說明。

本研究之有責肇事件數為客運公司所提供之資料，但考量有 5 位駕駛員為民國 106 年後才進入公司，因此選擇以過去 3 年間 21 位駕駛人所發生之 24 件有責肇事故為樣本，詳細之有責肇事件數與排名如表 4.20 所示。

表 4.20 駕駛員之有責肇事件數與 Case1 駕駛人安全分數排名綜合比較表

駕駛員	有責肇事件數	有責肇事排名	現行業者排名	綜合排名	超速排名	事故前兆排名	行車動態組合 1 排名	行車動態組合 2 排名	行車動態組合 3 排名	行車動態組合 4 排名
1	1	8	1	1	3	4	1	1	1	1
2	1	8	19	21	20	20	21	21	18	21
3	2	16	2	10	10	2	2	3	2	3
4	0	1	20	14	15	6	3	6	4	4
5	0	1	4	3	2	14	4	7	7	12
6	1	8	12	16	16	15	8	4	14	6
7	0	1	11	5	5	21	19	9	21	15
8	0	1	14	18	17	18	5	10	6	11
9	2	16	3	4	4	1	16	18	12	9
10	1	8	15	17	18	9	12	15	8	13
11	4	20	10	8	8	7	10	16	3	10
12	0	1	17	12	14	3	7	5	13	2
13	4	20	9	6	6	8	13	17	9	14
14	0	1	7	13	13	5	9	12	10	5
15	1	8	18	20	21	12	14	11	15	16
16	2	16	21	19	19	13	20	20	20	18
17	2	16	5	7	7	10	6	2	11	7
18	1	8	16	15	12	19	17	13	16	20
19	1	8	8	9	9	11	15	8	17	8
20	1	8	6	2	1	17	18	19	19	19
21	0	1	13	11	11	16	11	14	5	17

(一) Spearman 等級相關係數之測試

Spearman 等級相關性是用於測量兩個等級變數之間關聯程度，係數越大表示兩者之相關性越高，正值表示正相關，負值表示負相關，常用在順序尺度間之測量，且因其對數據條件的要求沒有皮爾森相關係數嚴格，不論兩個變數的分佈形態、樣本大小，都可以用 Spearman 等級相關來進行研究。

本研究對不同分數之排名與有責肇事之排名進行 Spearman 等級相關係數測試，結果如表 4.21 所示。其中僅運用 ADAS 警示件數之排名與有責肇事件數排名之相關係數為-0.236，本研究之綜合分數排名與有責肇事件數之相關係數為-0.121，超速排名與有責肇事件數之相關係數為-0.125，其表現皆比僅運用 ADAS 警示件數當成排名(許多業者採用此排名方法)來的好。此外在經過本研究過濾後之事故前兆與嚴重彎道超速(在彎道半徑小於 2000 公尺之彎道，時速超過 100km/hr)的表現上，其相關係數為-0.066，比起僅運用 ADAS 警示件數排名與綜合排名來的更好。而最後本研究之在考量行車動態下所建立之駕駛人安全駕駛行為排名，其係數最高達 0.271，呈現正相關，也顯示行車動態排名表現相對於其他方法，為更好的績效指標。

表 4.21 各種駕駛人安全分數排名與有責件數排名之 Spearman 相關係數

排名	Spearman 等級相關係數
(1) 僅運用 ADAS 警示件數之排名	-0.236
(2) Case 1 之綜合分數排名	-0.121
(3) Case 1 之超速分數排名	-0.125
(4) Case 1 之事故前兆分數排名	-0.295
(5) Case 1 之事故前兆+嚴重彎道超速分數排名	-0.066
(6) Case 1 之行車動態組合 1 分數排名	0.207
(7) Case 1 之行車動態組合 2 分數排名	0.271
(8) Case 1 之行車動態組合 3 分數排名	-0.002
(9) Case 1 之行車動態組合 4 分數排名	0.081
(10) Case 2 之事故前兆分數排名	0.04

(二) Logistic regression 與 Negative binomial regression 之測試

除了運用 Spearman 等級相關係數方法之外，本研究也用 Logistic regression 與 Negative binomial regression 來解釋有責肇事件數與排名之關係，其中 Logistic regression 的分析單位則為駕駛人，應變數為二元變數(發生兩件事以上之危險駕駛人為 1，其於駕駛人為 0)，自變數為駕駛人排名；Negative binomial regression 之分析單位為駕駛人，應變數為駕駛人之有責肇事件數，自變數為駕駛人排名，結果如表 4.22 所示。

表 4.22 駕駛員之有責肇事件數與各種駕駛人排名之關聯分析

Logistic regression			
排名	係數	標準差	P-value
(1) 僅運用 ADAS 警示件數之排名	-0.109	0.088	0.217
(2) Case 1 之綜合分數排名	-0.08	0.084	0.347
(3) Case 1 之超速分數排名	-0.07	0.084	0.347
(4) Case 1 之事故前兆分數排名	-0.18	0.104	0.07
(5) Case 1 之事故前兆+嚴重彎道超速分數排名	-0.09	0.086	0.276
(6) Case 1 之行車動態組合 1 分數排名	0.01	0.080	0.436
(7) Case 1 之行車動態組合 2 分數排名	0.07	0.083	0.431
(8) Case 1 之行車動態組合 3 分數排名	-0.06	0.082	0.477
(9) Case 1 之行車動態組合 4 分數排名	-0.03	0.080	0.691
(10) Case 2 之事故前兆分數排名	-0.129	0.186	0.49
Negative binomial regression			
排名	係數	標準差	P-value
(1) 僅運用 ADAS 警示件數之排名	-0.036	0.036	0.327
(2) Case 1 之綜合分數排名	-0.03	0.037	0.395
(3) Case 1 之超速分數排名	-0.033	0.036	0.377
(4) Case 1 之事故前兆分數排名	-0.053	0.037	0.149
(5) Case 1 之事故前兆+嚴重彎道超速分數排名	-0.16	0.036	0.662
(6) Case 1 之行車動態組合 1 分數排名	0.025	0.037	0.488
(7) Case 1 之行車動態組合 2 分數排名	0.052	0.035	0.137
(8) Case 1 之行車動態組合 3 分數排名	-0.02	0.036	0.575
(9) Case 1 之行車動態組合 4 分數排名	0.012	0.037	0.75
(10) Case 2 之事故前兆分數排名	-0.036	0.074	0.623

本研究認為由於事故之稀少性與高度隨機性，所以造成近 3 年之有責肇事件數樣本數過少，模型係數不顯著，但從係數之間的差距與其所代表的意義，綜合表 4.12 與表 4.13 可得下列四點小結：

1. 本研究之駕駛安全駕駛行為分數排名表現相對於僅運用 ADAS 警示件數之排名(許多業者採用之安全管理方法)要來的有效。
2. 在考慮行車動態後所建立之安全駕駛人分數與有責事故之相關性最高。
3. 在比較 Case1 與 Case2 之不同行車動態之模型差異後，本研究認為 Case1 將行車動態放在應變數之作法為較合適之作法。
4. 另外 Case 2 之事故前兆分數與 Case 1 之事故前兆分數排名相比，因多考慮了行車動態與安全文化變數，所以效力較好
5. 影響事故發生之因素相當複雜，單僅針對未保持安全距離、車道偏移、超速等指標進行安全管理，成效有限(Spearman 係數不高)。

4.4 各變數對分數建立之影響

本研究在 4.2 節以 100 個旅次，21 個駕駛員為樣本，在掌握事故前兆、行車動態、駕駛員風險感知、以及道路環境資訊後，來建立駕駛人安全駕駛行為分數，並在 4.3 節將所建立之駕駛人安全駕駛行為分數與 21 位駕駛人過去 3 年間所發生之有責肇事進行驗證，結果顯示在充分掌握上述所有資訊後之駕駛人安全駕駛行為分數之效力會比現行業者的管理方式來的有效，其中若是能在進一步探討哪種資訊對於整體分數之建立影響較大，將有助未來後續研究之資訊掌握與政府部門政策方向的制定。

有鑑於此，本研究以事故前兆為應變數，自變數的選擇則分成 3 個模型來進行：Model 1 僅放入道路屬性變數、Model 2 放入道路屬性變數與安全文化變數、Model 3 則將道路屬性、安全文化與行車動態變數一起放入模型中，藉由比較不同 Model 之配適度來找出對於整體分數影響較大之變數。表 4.23 為比較不同變數對於分數建立影響之結果，由表中可看出在 Model 2 再加入安全文化變數後，整體模型配適度提升但影響不大，但 Model 3 再加入了行車動態變數後，整體模型配適度有明顯提升(Log-likelihood 與 Wald chi-squared)，是以本研究認為道路屬性變數與行車動態對於駕駛人安全駕駛行為分數之建立影響較大而安全文化變數的影響較小。

表 4.23 不同變數對於分數建立之模型配適度

編號	Model 1	Model 2	Model 3
模型	Mixed-effect		
應變數	事故前兆(未保持安全距離)		
自變數	道路屬性	道路屬性	道路屬性
	NA	安全文化	安全文化
	NA	NA	行車動態
Log-likelihood	-446.10	-442.22	-406.31
Wald chi-squared	123.67	132.75	306.11

第五章 結論與建議

本研究運用國內客運業者之資料，針對國道以微觀之角度來了解在不同行車動態下之危險駕駛行為所產生之風險，並用來評估不同駕駛人之駕駛表現。以未保持安全距離、彎道及匝道車速過快、車道偏移為目標危險駕駛行為，100 個旅次、21 位駕駛員為範圍進行評估與分析。以下就本研究之結論進行整理並對本研究未完成、可延伸之處進行討論與建議，可作為後續研究之參考方向。

5.1 結論

一. 事件層級:

- (1) 研究結果顯示行車動態確實對於事故風險有著一定程度的影響。
- (2) 在以近似一般車流狀態之行車動態「因前車慢速或等速行駛」為基準下，「前車切入行駛車道後剎車」、「本車變換車道，前車剎車」與「前車突然減速且本車未剎車」、「本車變換車道，前車剎車」具有顯著較高的發生事故前兆之機率。其中「前車切入行駛車道後剎車」之風險為一般車流情況 4.2 倍、「本車變換車道，前車剎車」之風險為一般車流情況的 5.59 倍，而「前車突然減速且本車未剎車」為一般車流情況的 2.28 倍。
- (3) 本研究之行車動態分類有牽涉到駕駛員對於行車風險的辨識，證實了駕駛人若未在 ADAS 系統觸發行車預警示後進行剎車或迴避風險之動作，會大幅增加發生事故前兆的風險。

二. 駕駛人層級:

- (1) HTS 與混合效果頻次模型之結合提供了在控制了道路環境與曝光量下，各個駕駛人本身駕駛行為對於事故風險之隨機效果影響，並可以此作為駕駛人安全駕駛行為分數。
- (2) 本研究嘗試以不同的危險駕駛行為指標當成應變數(如超速、彎道超速與未保持安全距離之事故前兆、車道偏移之事故前兆、危險行車動態等)，所得出來的駕駛人安全駕駛分數不同。如圖 5.1 所示在 Case 1 中以事故前兆及行車動態所建立之分數中，駕駛員 2、7 表示在兩者的表現都顯著比其他駕駛員來的差，駕駛員 1、3 的表現皆明顯優於其他駕駛員。

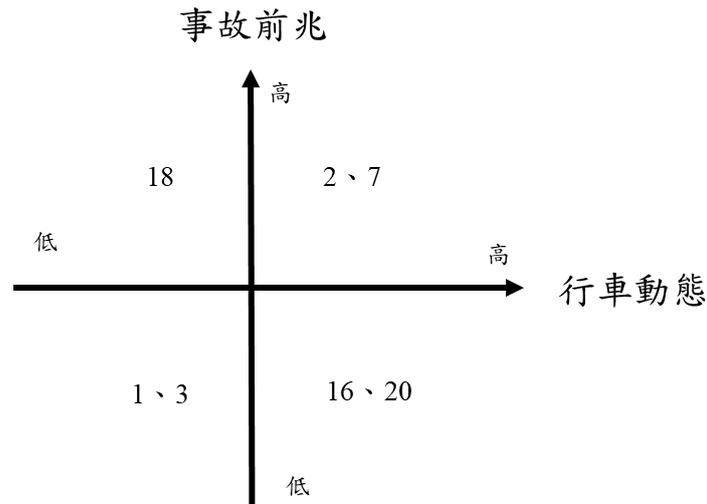


圖 5.1 駕駛員風險分佈圖

- (3) 在與有責肇事驗證後，證實本研究之駕駛安全駕駛行為分數表現相對於現行業者之安全管理方法要來的有效，其中考慮行車動態之事故風險下所建立之駕駛人安全駕駛行為分數，與有責事故之相關性最高。
- (4) 在比較 Case1 與 Case2 之不同行車動態之模型差異後，本研究認為 Case1 將行車動態放在應變數之作法為較合適之作法。
- (5) 在 Case 2 之事故前兆分數與 Case 1 之事故前兆分數比較後，因 Case2 多考慮了行車動態與安全文化變數，所以效力較好。
- (6) 影響事故發生之因素相當複雜，單僅針對未保持安全距離、車道偏移、超速等指標進行安全管理，成效有限(Spearman 係數不高)。
- (7) 在建立駕駛人安全駕駛行為分數時，道路屬性與行車動態對於整體模型的配適度影響較大，而安全文化變數的影響較小。

5.2 應用

一、事件層級：

- (1) 本研究所建立之行車動態分類與事故風險之關聯可應用於 ADAS 系統車機之發展，包括哪種狀態下較容易發生行車風險、哪種行車狀態需特別警示與偵測、目前運用之警示門檻值的調整等。
- (2) 本研究在與駕駛教練討論後所歸納之事故前兆判斷流程可作為業者、監理單位等職業駕駛教育訓練所使用。

二、駕駛人層級:

- (1) 本研究開發了之駕駛員安全駕駛行為，利於業者及駕駛員針對不同之危險駕駛行為進行管理，並透過本研究採用之 HTS 方法，可快速掌握危險駕駛行為的人事時地物資訊，並可以透過視覺化之方法呈現，如圖 5.2 範例所示。

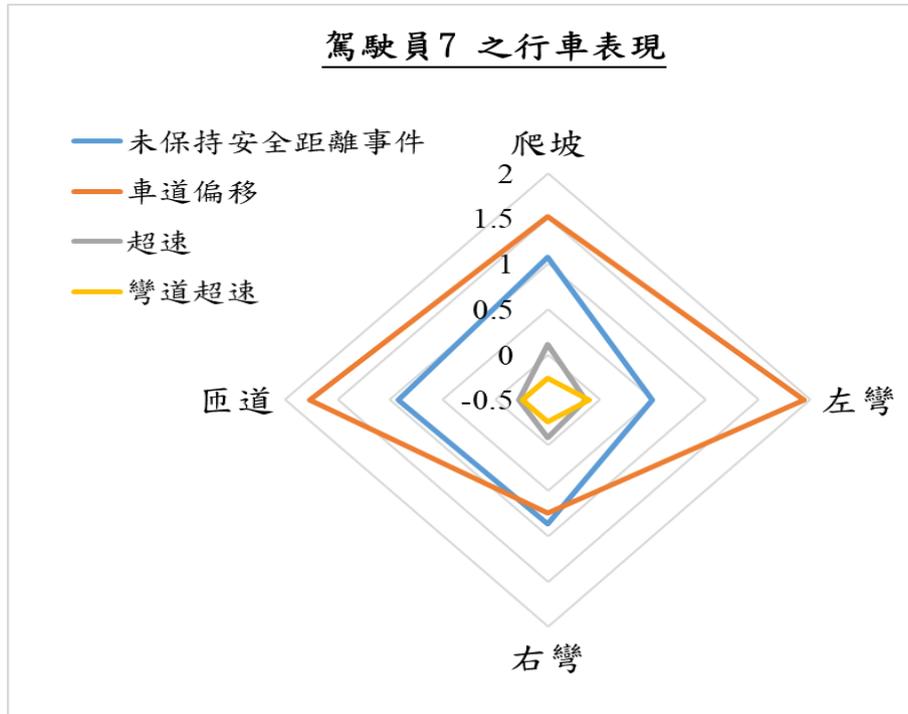


圖 5.2 駕駛員 7 於不同道路環境之駕駛表現

5.3 後續建議

一. 事件層級:

- (1) 本研究受限於資料來源，僅能將行車動態依類別進行分類，建議未來若能以較為量化之指標，更為系統性地評估駕駛人行車時對於行車動態之掌握與因應，將能更精細的衡量行車動態與事故風險之關係。
- (2) 目前國內外之 ADAS 與 OBDII 系統仍無法辨識與偵測車輛間之行車動態，因此本研究建議未來可以透過影像辨識之技術或其他偵測設備來更精準有效掌握車輛之行車動態。
- (3) 本研究案提出判斷危險駕駛行為的準則與行車動態風險等研究成果，後續研究若能再將其他業者之車機資料加進來做驗證，或可提供相關政府單位對補助車裝設備產品訂定標準參數的參考。

二. 駕駛人層級:

- (1) 駕駛人安全駕駛行為管理所涵蓋範圍極廣，不只包含本研究所選定之目標危險駕駛行為，建議未來可再針對如疲勞駕駛、分心、不當超車、不當轉彎、不當變換車道等再進行更進一步之定義與相關危險性之探討。
- (2) 在建立安全駕駛人安全駕駛行為分數時，若駕駛人的累積曝光量過小，排名可能會有所偏誤；此外本研究礙於資料，無法考慮不同旅次中，車流量不同而造成得預警次數變化(車流量越大可能導致預警更頻繁)，後續研究宜針對車流量進行探討。
- (3) 本研究以 100 個旅次，21 個駕駛員為樣本來建立駕駛人安全駕駛行為分數，其中每個駕駛員平均僅有 5 個旅次，但僅以 5 個旅次未必能完全代表該駕駛員長期下來的駕駛行為，造成樣本選擇偏誤而對結果有所影響(Spearman 係數不高)，因此本研究建議後續研究宜增加樣本數或延長研究期程，以便更精準駕駛員之駕駛行為。
- (4) 本研究將 100 個旅次之表現視為獨立，但旅次與旅次間可能受發車時間、駕駛員排班狀況等影響，本研究建議後續可針對不同旅次間之差異進行更進一步之探討。
- (5) 在分數驗證方面由於駕駛員(只有 13 位)樣本數過少，模型係數不顯著，後續研究宜延長研究期程或駕駛人違規次數等其他資料來進行驗證與討論。
- (6) 雖然安全文化變數在本研究之駕駛人安全駕駛行為分數之建立的影響較小，但本研究認為駕駛人之安全文化素養對於駕駛行為表現之影響屬於長期之結果，本研究建議後續研究可拉長研究期程以觀察兩者之關聯性。

參考文獻

1. 交通部(2018)，道路交通安全觀測指標研究。
2. 運研所(2012)，城際客運安全駕駛行為與節能策略之研究。
3. 運研所(2014)，大客車節能與安全駕駛行為特性研究。
4. 運研所(2018)，駕駛行為分析工具開發及行為特性探討。
5. Ajzen, I., & Fishbein, M., 1977. Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, 84, 888–918.
6. Ajzen, I., 1985. From intentions to action: A theory of planned behaviour. In Kuhl, J., & Beckmann, J. (Eds.), *Action-control: From cognition to behaviour*. (pp.11-39). Heidelberg: Springer-Verlag.
7. Bell, J., Taylor, M., 2017. Evaluation of an in-vehicle monitoring system (IVMS) to reduce risky driving behaviors in commercial drivers: Comparison of in-cab warning lights and supervisory coaching with videos of driving behavior. *Journal of Safety Research*.
8. Choi, S, Park, S, Oh, C, 2018. Identification of Regional Safety Performance using In-Vehicle Hazardous Driving Event Data in Public Transportation Systems. *Journal of the Transportation Research Board*.
9. Chakravarty, T., Ghose, A., Bhaumik, C., Chowdhury, A., 2013, MobiDriveScore – A System for Mobile Sensor Based Driving Analysis : A Risk Assessment Model for Improving One’s Driving, *Proceedings of the 7th International Conference on Sensing Technology (ICST)*, pp. 338-344.
10. Davis, G.A., Swenson, T., 2006. Collective responsibility for freeway rear-ending accidents: an application of probabilistic causal models. *Accident Analysis and Prevention* 38 (4), 728–736.
11. Dingus, T.A., Klauer, S.G., Neale, V.L., Petersen, A., Lee, S.E., Sudweeks, J., Perez, M.A., Hankey, J., Ramsey, D., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z.R., Jermeland, J., & Knipling, R.R. 2006. *The 100-Car Naturalistic Driving Study: Phase II—Results of the 100-Car Field Experiment (Report No. DOT HS 810 593)*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, USDOT.

12. Geller, E. S. 2001. *The Psychology of Safety Handbook*. Boca Raton, FL: CRC Press.
13. Hayward, J.Ch., 1972. Near miss determination through use of a scale of danger. Report no.TTSC 7115, The Pennsylvania State University, Pennsylvania.
14. Haddon Jr, W. , 1968. The changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively based. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 58(8), 1431-1438.
15. Haddon Jr, W., 1973. Energy damage and the ten countermeasure strategies. *Human Factors*, 15(4), 355-366.
16. Haddon Jr, W. , 1980. Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public health reports*, 95(5), 411.
17. Hauer, E. 1982. Traffic conflicts and exposure. *Accident Analysis and Prevention*, 14, 359-364.
18. Hickman, J. S., Hanowski, R. J., 2011. Use of a video monitoring approach to reduce at-risk driving behaviors in commercial vehicle operations. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(3), Pages 189–198.
19. Jellentrup, N., Metz, B., & Rothe, S., 2011. Can talking on the phone keep the driver awake? Results of a field-study using telephoning as a countermeasure against fatigue while driving. In *Proceedings of the 2nd international conference on driver distraction and inattention*.
20. Jovanis, P.P., Agüero-Valverde, J., Wu, K., Shankar, V., 2011. Naturalistic Driving Event Data Analysis: Omitted Variable Bias and Multilevel Modeling Approaches. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2236, pp. 49-57.
21. Jensen, M., Wagner, J., Alexander,K., 2011, Analysis of in-vehicle driver behaviour data for improved safety, *Int. J. Vehicle Safety*, vol. 5, No. 3.
22. Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., & Ramsey, D. J. ,2006. The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: An analysis using the

- 100-car naturalistic driving study data (Report No. DOT HS 810 594). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
23. Knippling, R.R., Wang, J.S., 1995. Revised estimates of the US drowsy driver crash problem size based on general estimates system case reviews. In: Proceedings of the 39th Annual Association for the Advancement of Automotive Medicine, Chicago, IL, October 1995, pp. 451–466.
 24. LeBlanc, D., Sayer, J., Winkler, C., Ervin, R., Bogard, S., Devonshire, J., Mefford, M., Hagan, M., Bareket, Z., Goodsell, R., and Gordon, T. 2006. Road Departure Crash Warning System Field Operational Test: Methodology and Results (Report No. UMTRI-2006-9-1) Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, USDOT.
 25. Nodine, E., Lam, A., Steven, S., Razo, M., Najm, W., 2011. Integrated Vehicle-Based Safety Systems (IVBSS) light vehicle field operational test independent evaluation. (Report No. DOT HS 811 516) Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, USDOT.
 26. Olson, R. L., Hanowski, R. J., Hickman, J. S., & Bocanegra, J. L. (2009). Driver distraction in commercial vehicle operations (Report No. FMCSA-RRR-09-042). Washington, DC: Federal Motor Carrier Safety Administration.
 27. Ozbay, K., Yang, H., 2008. Derivation and Validation of New Simulation-Based Surrogate Safety Measure. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2083, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2008, pp. 105–113.
 28. Perez, M.A., Sudweeks, J.D., Sears, E., Antin, J., Lee, S., Hankey, J., Dingus, T.A. 2017. Performance of basic kinematic thresholds in the identification of crash and near-crash events within naturalistic driving data. Accident Analysis & Prevention 103, p:10-19.
 29. Pelz, D.C., Krupat, E., 1974. Caution profile and driving record of undergraduate males. Accident Anal. Prev. 6, 45–58.
 30. Prato, C.G., Lotan, T., Toledo, T., 2009. Intrafamilial Transmission of Driving Behavior : Evidence from In-Vehicle Data Recorders, Transportation Research Record 2138, pp. 54-65.

31. Quimby, A.R., Maycock, G., Carter, I.D., Dixon, R., Wall, J.G., 1986. Perceptual Abilities of Accident Involved Drivers. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
32. Reason, J., et al., 1990. Errors and violations on the roads: a real distinction? *Ergonomics*,. 33(10-11): p. 1315-1332.
33. Saiprasert, C., & Atikom, W., 2012, Computation of Driver Safety Rating using In-Vehicle Data Recorder : Case Study of Bangkok Public Transportation, Proceedings of 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), September, pp.1121–1126.
34. Shinar, D., 2007. *Traffic Safety and Human Behavior*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
35. Treat, J.R., Tumbas, N.S., McDonald, S.T., Shinar, D., Hume, R. D., Mayer, R.E., Stansifer R.L., and Castellan, N.J. 1979. Tri-Level Study of the Causes of Traffic Accidents: Final Report. Executive Summary (Technical Report DOT/HS 805 099). Bloomington, Indiana: Institute for Research in Public Safety.
36. T. Toledo & T. Lotan, 2006, In-vehicle Data Recorder for Evaluation of Driving Behavior and Safety, *Transportation Research Record* 1953, pp. 112-119.
37. T. Toledo, O. Musicant, and T. Lotan, 2008, In-Vehicle Data Recorders for Monitoring and Feedback on Drivers' Behavior, *Transportation Research Part C* 16, pp. 320-331.
38. TRACE 2010. Report WP5. Deliverable 5.5. Analyzing Human factors in road accidents.
39. U.S. Department of Transportation. 2006. Report to Congress on the Large Truck Crash Causation Study. MC-R/MC-RRA, March.
40. University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI). 2006. Road Departure Crash Warning System Field Operational Test Methodology and Results, June.
41. Wassim G., Najm, Smith, J.D., 2006 Development of Crash Imminent Test Scenarios for Integrated Vehicle-Based Safety Systems. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, USDOT.

42. Wu, K., Jovanis, P.P., 2012. The Relationship between Crashes and Crash-Surrogate Events in Naturalistic Driving Data. *Accident Analysis and Prevention*, Volume 45, pp. 507–516.
43. Wu, K., Jovanis, P.P., 2013a. Defining, Screening, and Validating Crash Surrogate Events Using Naturalistic Driving Data. *Accident Analysis and Prevention*, Volume 61, pp. 10–22.
44. Wu, K., Jovanis, P.P., 2013b. Screening and Analysis of Naturalistic Driving Data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2386, pp. 137–146.
45. Wu, K., Agüero-Valverde, J., Jovanis, P.P., 2014. Using Naturalistic Driving Data to Explore the Association between Traffic Safety-related Events and Crash Risk at Driver Level. *Accident Analysis and Prevention*, Volume 72, pp.210–218.
46. Wu, K., Thor, P., 2015. Method for Using Naturalistic Driving Study Data to Analyze Rear-end Crash Sequences. The 95th Transportation Research Board Annual Meeting.
47. Wu, K., Jovanis, P.P., 2016. Cohort-Based Analysis Structure for Modeling Driver Behavior Using an In-Vehicle Data Recorder. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*.

附錄一、駕駛員之交通安全文化素養問卷問項

(1)行為頻率(很常做-幾乎不做)與風險感知(非常危險-不危險)問項

題目	問項
1.	駕駛汽/機車闖紅燈穿越路口。
2.	駕駛汽/機車紅燈右轉。
3.	占用車道停放汽/機車。
4.	交岔路口十公尺內停放汽/機車。
5.	駕駛汽/機車於市區道路超速 10 公里以上。
6.	駕駛汽/機車於交岔路口轉彎時，未禮讓行人優先通行。
7.	駕駛汽/機車變換車道時未事先打方向燈告知他車(人)。
8.	駕駛汽/機車轉彎時，未事先打方向燈告知他車(人)。
9.	駕駛汽/機車跨越雙黃實線，駛入對向車道。
10.	在白天駕駛汽/機車時，未開車頭大燈。
11.	駕駛汽/機車時，未與前車保持足夠的安全距離。
12.	飲酒超標後，仍然駕駛汽/機車。
13.	駕駛/乘坐汽車前座時，未繫安全帶。
14.	乘坐汽車後座時，未繫安全帶。
15.	駕駛汽車於交岔路口上，未依照指定車道左轉。
16.	駕駛汽車於交岔路口上，左轉箭頭綠燈尚未亮時就搶先左轉。
17.	騎乘機車時，未配戴安全帽。
18.	騎乘機車時，行駛於禁行機車之車道/路段。
19.	騎乘機車時，未依規定兩段式左轉。
20.	當您為行人時，在交岔路口上，闖紅燈穿越道路。
21.	當您為行人時，在劃設雙黃線路段(不在交岔路口)違規穿越道路。

(2) 交通安全文化相關屬性之同意程度問項 (非常同意-不同意)

題目	問項
1.	選擇交通工具時，交通安全是我最優先的考量因素。
2.	外出時，我會隨時隨地注意交通安全。
3.	我會不計成本地付出代價以求得交通安全。
4.	我願意忍受不方便(如降低速限、多繞路、等待紅綠燈更久等)以求得交通安全。
5.	我願意付更高費用以購買較安全之運輸服務。
6.	即使沒有來車，我還是會等到綠燈亮起後才能穿越路口。
7.	不論開車或走路，我都會遵守交通規則。
8.	大家都在違規，守法者才是傻瓜呢！
9.	我支持對交通違規者採取更嚴厲的處罰。
10.	我支持將市區道路之行車速限從每小時 50 公里降至 40 公里以增進交通安全。
11.	我支持車輛強迫裝設行車紀錄器，以利交通違規證據之蒐集與處罰。
12.	我支持機車駕照之考驗增加實際道路駕駛項目。
13.	我支持政府全面實施科技執法。
14.	我會檢舉或投訴那些違反交通規則的用路人。
15.	社會上不應容許那些違規、造成他人危險之駕駛行為。
16.	即使趕時間，我仍然會等到綠燈亮起後才穿越路口。
17.	許多交通法規的規定實在不甚合理。
18.	只要小心提防，許多違規的交通行為是不容易被取締的。
19.	在綠燈轉紅後仍然強行通過交岔路口，是不會被取締的。
20.	併排停車並不是很嚴重的交通違規行為。
21.	汽、機車紅燈右轉是很少被取締的。
22.	即使被取締，警察也不一定會對我開罰。
23.	違反交通規則而被取締並裁罰的機率很低。
24.	為了讓交通環境更加安全且順暢，我願意禮讓。
25.	他人發生事故，我會主動幫忙並求助相關單位協助。
26.	即使我有優先路權，別人爭搶車道時，我仍會讓他。
27.	行經交岔路口發現行人違規穿越時，我仍會讓他先行。
28.	變換車道前，我會先讓相鄰車道之駕駛人知道我的意圖與行向。
29.	我會隨時提醒自己不要做危害他人交通安全或方便的交通行為。
30.	穿越交岔路口遇見獨行之老人或小孩時，我會主動加以協助並保護。

簡 歷

個人資訊

中文姓名: 施朝欽

英文姓名: Chao-Chin Shih

聯絡信箱: chaochinshih@gmail.com



學歷

彰化市民生國小

彰化市立陽明國中

國立台中一中

國立成功大學交通管理科學系