

國立交通大學
運輸與物流管理學系

碩士論文

國道客運駕駛失誤之探討
－以不當變換車道為例

Identifying the effects of driving situations and the driving
environment on driving errors during lane changing using naturalistic
driving data

研究生：施穎瑜

指導教授：吳昆峯

中華民國 一零九年 七月

國道客運駕駛失誤之探討-以不當變換車道為例

Identifying the effects of driving situations and the driving environment
on driving errors during lane changing using naturalistic driving data

研 究 生：施穎瑜

Student：Ying-Yu 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 2020

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零九年七月

國道客運駕駛失誤之探討 – 以不當變換車道為例

學生：施穎瑜

指導教授：吳昆峯

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

摘 要

事故肇因相關研究表示高達九成為人為因素，而過去探討駕駛人失誤之相關研究因資料類型的限制，故尚無法明確定義駕駛失誤與事故之關聯，亦無法確認影響駕駛失誤之因素。然而自然駕駛研究(Naturalistic Driving Study)資料提供學者們能從不同的角度去觀察並研究駕駛人在不同駕駛環境下的駕駛行為與失誤，並進一步了解駕駛失誤與事故及與安全有關之事件(Safety correlative events)之間的影響。而根據我國警政署的事故資料結果則顯示我國營業大客車涉入事故數達 22, 019 件並造成 529 人死亡及約 28, 311 人受傷，再加上目前國內汽車客運業者所蒐集到的 NDS 資料較為齊全。因此本研究將使用 NDS 資料觀察經營國道客運路線之汽車客運業者，針對變換車道之行為歸納出駕駛失誤，並透過工具變數普羅比回歸模型連結道路幾何、行車動態等環境因素對駕駛失誤、不當變換車道事件的影響。研究結果發現行車動態、道路幾何、駕駛失誤等因素皆會影響不當變換車道事件的產生，其中以行車動態搭配駕駛失誤對不當變換車道事件影響最大；駕駛人於變換車道過程中通常不只出現單一駕駛失誤，本研究亦整理出國道客運駕駛於變換車道過程中常出現且對交通安全影響較大的失誤組合。

關鍵字：駕駛失誤、變換車道、道路幾何、自然駕駛研究、安全相關事件
、工具變數普羅比回歸模型

Identifying the effects of driving situations and the driving environment on driving errors during lane changing using naturalistic driving data

student : Ying-Yu Shih

Advisors : Kun-Feng Wu

Department of Transportation and Logistics Management
National Chiao Tung University

Abstract

According to statistic and previous researches, at least 90 percent of crashes involve human factors, 80 percent of which can be attributed to driving errors. Most of these past findings were based on self-reported errors recorded in in-depth crash investigations or driving behavior questionnaire studies, and hence they are often challenged on the grounds that these self-reported errors cannot be verified. In any case, it is still unclear how these driving errors occur and how exactly they contribute to crash occurrence. Consequently, this study aims to identify the effects of driving situations and the driving environment on driving errors under real-world driving conditions. Specifically, this study seeks to examine the associations between driving errors, driving situations, roadway attributes, and safety-related events involving lane changes. For these lane change events, a driver's behaviors 10 seconds prior to lane changing was coded in order to shed some light on the outcome. For instance, when exactly did the drivers start checking their back mirrors, and what were the driving situations that existed when drivers executed a lane change, etc. from the driver's face view, forward view, and side view cameras. SCEs were also identified when a lane change event involved an imminent rear-end crash risk. The model results shows that the driving dynamics and roadway geometry are both influence drivers make errors during lane changes and the combination of driving dynamics and driving errors cause safety correlative events(SCEs) more easily. Besides, drivers usually have more than one error when they change lanes. Thus, this study also sort out the common error combinations from nine types of driving errors during information gathering, decision-making, and action phases, respectively, throughout the entire lane changes were defined and identified.

Keywords: Large vehicle, Driving error, Lane changes, Roadway geometry,
Naturalistic driving study, Safety correlative events, Extended probit
regression model

誌 謝

過去的我沒想過會有成為研究生的一天，兩年前來到交大，一方面很興奮但同時也很緊張。那時身為跨考生的我其實心裡真的有些壓力，除了需要盡快熟悉交通運輸這個相對陌生的領域外，還需要去了解新的學校、系所、老師跟同學們。現在回想起這兩年成長的過程，雖然無論身心都有煎熬時候，但自認還是紮實的超乎我的預想。

我特別感謝我的指導老師－吳昆峯老師，願意接受基礎能力與大部分同學稍有落差的我，在扎實的訓練、教導並嚴格要求、磨練我們的同時，也會仔細觀察每個人的特質且盡量根據大家的需求給予協助、鼓勵與關心。在碩班這種容易徬徨的階段遇到老師，我真的覺得很幸運也很感謝。

感謝同樣從 KF LAB 生力軍到老兵的夥伴們，林彤、婕茵、柳晴，這兩年我們承包了統倉跟 903 的開燈與關燈、在麻將聲中趕報告、在截止日期前苦中作樂。很开心大家在許多方面都是互補的，所以無論是課堂上、計畫中或是 LAB 活動都能合作得很愉快。我也從三位身上學到很多，也以大家的優點鞭策自己成為更好的人。感謝 KF LAB 的學長姊們，俞君、朝欽、祐翔，在我還是小菜雞的時候願意給我多一點時間適應。在觀摩協助期時，也願意主動詢問我有沒有問題或困難。同時也感謝 KF LAB 的學弟妹們，祐德、先維、家瑜、雅芳，在我們這些碩二還無法獨當一面時願意協助，從計畫出差、種種瑣事或是堪稱噩夢的 video coding 都盡心盡力的幫忙完成。

特別感謝拯救我論文的支線任務小隊，琳桂、大成、思曼、吏辰、宸誌，前前後後花費了兩個月在茫茫影像中 coding，辛苦大家的眼睛了，希望大家未來也論文/工作順利。還有在不同領域奮鬥的小夥伴丘萱，無論爆吃瘋玩一波還是默默地端著電腦各自作業，又或是來場深入的談話，妳總是能幫助在撞牆的我。感謝ㄣㄣ、僅軒、汪汪、屈屈、晃晃，跟你們烤肉、喝酒、運動或是聊天總是能讓我好好放鬆，有力氣再繼續跟論文奮鬥。其實這兩年還有好多人用不同的方法在支持我、鼓勵我、幫助我，實在抱歉無法一一言謝，但我都銘記在心也萬分感謝。最後感謝我家人，雖然不擅言詞但總是默默的關注我的狀況。在好事發生時為我慶祝，在我低谷時也不再給我壓力，讓我有足夠的空間跟時間好好整理自己。

真的很幸運也很感謝能遇見各位，希望大家都能平安健康、萬事順利。

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	V
表目錄.....	V
第一章 緒論.....	1
1.1 背景與研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	5
1.3 研究範圍與對象.....	5
1.4 研究架構與流程.....	5
第二章 文獻回顧.....	7
2.1 駕駛失誤.....	7
2.2 變換車道.....	10
2.3 道路環境對駕駛行為的影響.....	14
2.4 小結.....	15
第三章 研究方法.....	17
3.1 研究架構.....	17
3.2 資料描述.....	23
3.3 資料處理.....	26
3.4 敘述性統計.....	32
3.5 資料分析.....	35
第四章 研究結果.....	37
4.1 分析計畫.....	37
4.2 單一失誤.....	40
4.3 失誤組合.....	48
第五章 結論與建議.....	53
5.1 結論.....	53
5.2 建議.....	54
參考文獻.....	55
簡 歷.....	58

圖目錄

圖 1.1 不同層級之人為因素 (Lee & Strayer, 2004; Michon,1985; Shinar,2007).....	2
圖 1.2 人為因素影響駕駛行為及事故風險之途徑 (摘錄自 Wu, 科技部).....	3
圖 1.4 研究流程圖	6
圖 2.1 駕駛人資訊處理與感知反應過程之關聯 (本研究整理).....	8
圖 2.2 七階段行動週期、不安全行為、人為內部失靈及三階層人為反應之關聯 (摘自 Normain, 2013 並經本研究整理).....	9
圖 2.3 變換車道之駕駛人操作程序 (Lee et al., 2004)	12
圖 2.4 七階段行動週期(Norman et al., 2013)	13
圖 3.1 研究架構圖	17
圖 3.2 變換至右側車道之操作過程	18
圖 3.3 本研究使用之時間序列資料示意圖	24
圖 3.4 本研究使用之時間序列資料示意圖 (續).....	24
圖 3.9 影片核實程序及各階段觀察重點與紀錄資訊	28
圖 3.10 分析架構	36

表目錄

表 1.1 我國營業大客車於各道路類別之死亡人數與件數	1
表 2.1 5 類失誤類型及 24 種外在表現(Young et al., 2013)	10
表 2.2 駕駛人看到前方減速而欲變換車道之情境下的「七階段行動週期」	13
表 3.1 變換車道各階段之行為於影片資料可觀察程度及對應之失誤類型	19
表 3.2 本研究目標失誤對應失誤模式與失誤類型	21
表 3.3 目標失誤之操作型定義	23
表 3.4 數位行車紀錄、ADAS 系統辨識之事件及道路屬性資料之欄位	24
表 3.5 事件篩選條件	27
表 3.6 資料處理之困難總整	29
表 3.7 行車動態之說明與範例	30
表 3.8 研究變數綜整表	31
表 3.9 各路線之趟次數、普通變換車道事件數及不當變換車道事件數	32
表 3.10 編碼員一致性檢定結果	33
表 3.11 各失誤類型之累積件數	33
表 3.12 各累積失誤次數之件數	34
表 3.13 駕駛失誤之前十名常見組合	35
表 4.1 分析模型與變數	37
表 4.2 對應過晚開啟/過早關閉方向燈、未保持安全距離、分心之常見失誤組合	38
表 4.3 單一失誤之模型似然函數結果	39
表 4.4 失誤組合之模型似然函數結果	40
表 4.5 搭配單一失誤影響不當變換車道事件之主要他車互動(行車動態)類型	42
表 4.6 無查看照後鏡相關失誤之模型分析結果	44
表 4.7 方向燈操作時機有誤相關失誤之模型分析結果	45
表 4.8 未保持安全距離相關失誤之模型分析結果	46
表 4.9 分心相關失誤之模型分析結果	47
表 4.10 對應「方向燈操作時機有誤」、「未保持安全距離」、「分心」之失誤組合	48
表 4.11 操作方向燈時機有誤相關失誤組合之模型分析結果	50
表 4.12 未保安距相關失誤組合之模型分析結果	51
表 4.13 分心相關失誤組合之模型分析結果	52

第一章 緒論

1.1 背景與研究動機

根據我國警政署資料，在民國 100 年到 107 年，我國營業大客車共涉入約 22,019 件交通事故，而這些事故造成 529 人死亡及約 28,311 人受傷，其中有 12,149 件涉入客運及遊覽車，並造成 366 人死亡及約 16,331 人受傷。公路汽車客運為我國城際間重要運輸工具，然而相較其他城際交通工具，如鐵路、高鐵等，此運輸工具之事故發生機率通常較高且一但發生事故所造成之傷亡遠比一般小型車輛事故嚴重。表 1.1 所整理之事故資料亦顯示我國營運大客車於國道發生交通事故之傷亡程度較其他道路類別嚴重。如 2017 年蝶戀花旅社之遊覽車於國道翻覆之事故造成 33 人死亡，同年 9 月阿羅哈客運由高雄北上至台北途中於國道上失控撞向分隔島護欄，造成 6 人死亡、11 人受傷之事故。因此改善大型車輛，如營業大客車之交通安全事故乃我國政府一大重要且急迫之課題。

表 1.1 我國營業大客車於各道路類別之死亡人數與件數

死亡人數	0	1	2	3	4	6	13	33	總計件數
國道	655	25	5	2	1	1	0	1	690
省道	1,157	59	4	0	1	0	0	0	1,221
縣道	837	30	0	0	0	0	0	0	867
鄉道	423	8	2	0	0	0	0	0	433
市區道路	16,509	270	3	0	0	0	0	0	16,782
村里道路	1,498	33	2	0	0	0	0	0	1,533
專用道路	83	1	0	0	0	0	0	0	84
其他	403	5	0	0	0	0	1	0	409
總計件數	21,565	431	16	2	2	1	1	1	22,019

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)，且將近 90% 的事故中人為因素為主要的肇事因素。而人為因素包括駕駛人的社經背景、曝光量、駕駛人身心理狀況、駕駛行為、甚至疲勞分心等；然而，以上的人為因素卻可對事故的發生造成不同層級的影響。如圖 1.1 所示，人為因素對事故發生的影響又可簡單分為策略性行為(strategic behavior)、戰術性行為(tactic behavior)及操作行為(operational behavior)來描述(Lee and Strayer, 2004; Michon, 1985; Shinar, 2007)。策略性行為即為駕駛人層級因素，主要包括社會規範、主觀規範、駕駛人社經背景、身心理情況及曝光量等；戰術性及操作性行為則與事件層級

因素較為相關，而戰術性行為包含駕駛人對車速的選擇、是否變換車道等；操作性行為則為駕駛人操控車輛的表現。

一般而言，駕駛失誤多出現在事件層級中戰術性行為與操作性行為，如超速、不當變換車道、不當轉彎、不當警示、過早或過度煞車、車道偏移、未注意號誌、跟車距離過近、停止淨空區域等行為，而過去亦有研究將所觀察到的不當戰術性行為與操作性行為分為不遵守交通規則、注意力不集中、感知失敗、車輛間距或速度判斷錯誤、過度矯正、錯誤行動、無正確理解資訊、對錯誤目標執行正確行動等八類失誤。

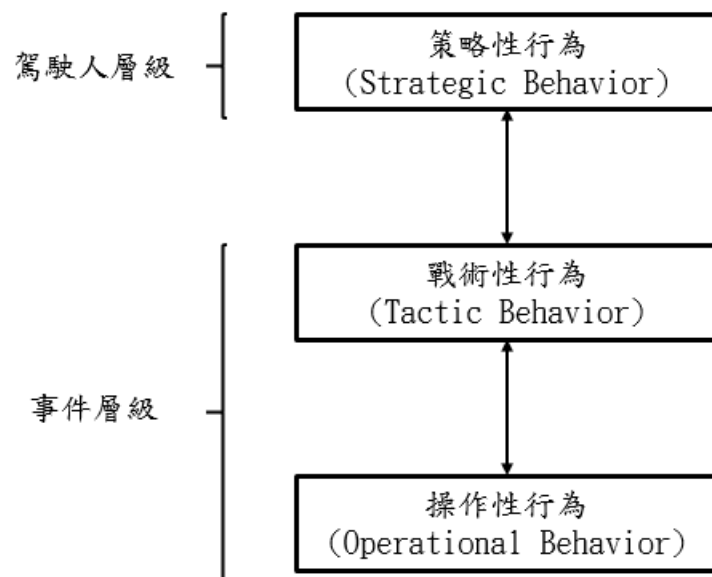


圖 1.1 不同層級之人為因素 (Lee & Strayer, 2004; Michon,1985; Shinar,2007)

駕駛人失誤相關研究中，依循的研究模式多半為根據事故調查報告或駕駛模擬器所記錄的事故及實驗模擬當下之道路環境型態，搭配駕駛人層級之行為特徵(當事者的行動狀態、飲酒情形、肇事因素)為以建立人為因素與事故發生之關聯模型。此類模型雖可以連結這些因素與事故之間的關聯，但其解釋力與可靠程度往往因調查報告紀錄項目、駕駛模擬器之擬真程度受到限制，且多數研究著重於小客車於交叉路口或T字路口之事故類型。而造成過去研究對事件層級因素的駕駛失誤較缺乏之原因，除了受限於本身調查型態外，所記錄的內容皆為事故發生後的資訊(駕駛人層級因素)，對於事故發生前行車動態、駕駛所做的反應行為(事件層級因素)，以及當時的車流狀態等資訊往往隻字未提，但這些行車動態資訊往往才是造成事故發生的關鍵因素。

事故的發生絕非偶然，而是人、車、路交互作用的結果。一般而言，欲進一步了解駕駛人失誤發生的過程，除須了解駕駛人所產生的人為因素外，亦須系統性的觀察事故發生前的人車路互動情況。然而過去探討駕駛人失誤的研究多都以駕駛員的心理因素或

認知心理為主，而較少注意到失誤的發生與周遭環境及駕駛員行為的互動關係，以致於無法更完善地解釋為何相同的失誤出現在不同環境下的將導致不同的結果(Reason, 2000; Salmon, 2010; Norman, 2013; Young et al., 2013a; Dingus, 2016)。因此，儘管駕駛失誤(人為因素) 早已被公認為事故發生之主要原因，但對於行車動態、天候環境、道路幾何設計等外在環境因素如何導致人為因素產生，仍為一個亟待研究的重點領域。

人為因素泛指與駕駛人相關且影響駕駛行為的因素，由圖 1.2 可知人為因素影響途徑包含：

1. 駕駛人屬性(紫色部分)
2. 駕駛人感知及反應過程(綠色部分)
3. 駕駛人下意識的自動駕駛行為(灰色部分)
4. 行駛環境(藍色部分)：道路屬性、天候狀況、光線狀況、及周遭車流之動態

人為因素及影響途徑皆會為了因應最源頭的行駛環境(藍色部分)而有所變化，而在整個行駛過程中，於一定的時間內不斷做出反應及執行操控，即駕駛行為及車輛控制(黃色部分)。其中，人為因素與交通事故(橘色部分)的關聯性就在於，在駕駛人感知及反應過程(綠色)，及駕駛人下意識的自動駕駛行為(灰色)的過程中，產出了不適當跟不正確的行為，即為不安全的駕駛行為(unsafe act)。不安全的駕駛行為則可能進一步演化為危險事件或交通事故(橘色)，因此不安全的駕駛行為長期以來一直為安全領域中的研究重點。

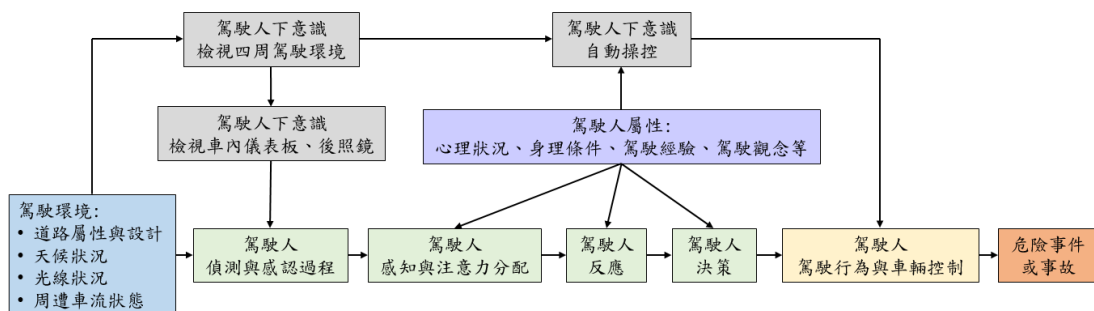


圖 1.2 人為因素影響駕駛行為及事故風險之途徑 (摘錄自 Wu, 科技部)

根據人因工程及心理學家過去幾十年的研究，不安全的駕駛行為由駕駛人有意或無意而區分成違規及失誤(error)，且高達 75% 以上的事故可能與失誤有關(Hankey et al., 1999; Singh, et al., 2018)。但對於駕駛人究竟在行駛過程中為什麼失誤、通常犯那些失誤、那些失誤特別與事故的發生的相關研究卻非常有限(Stanton and Salmon, 2009)。

過去由於資料與方法上的限制，大部分駕駛人失誤的研究主要從駕駛人角度出發，意即駕駛人的心理、感知，或資訊處理過程，而鮮少考慮外在環境因素的影響。因此，如果我們能系統性的探討(1)究竟失誤如何發生，及(2)有哪些因素會影響失誤與不安全駕駛行為產生，必能對交通事故的防治能有所助益。

拜現今科技進步所賜，車載資通訊系統的發展於近年來有顯著的成長，不僅在系統偵測的準確度上大幅提升，成本也下降許多。因此國內有越來越多客運業者願意投入資金於車載資通訊系統的裝設，包括數位行車影像記錄器、GPS 車機、OBD2 等。而此類車載資通訊系統之裝設實為國內研究道路安全相關議題的契機，透過這些設備將能長期且不間斷地收集車輛運行情況及駕駛人之駕駛行為，也因此可以更進一步的對事件層級的駕駛失誤來進行觀察與歸納。

每件事故的發生過程與原因都存在其獨特性，沒有任何事故的發生過程是一模一樣的，但事故會發生必定有其跡象與關鍵因素存在。本研究期望能從微觀的角度出發，藉由行車影像、車輛運行資料，歸納整理出在何種行車動態、環境因素下會導致常見且危險的失誤產生，並確認而哪些駕駛失誤與危險事件有關聯性。

1.2 研究目的

過去研究多針對駕駛人特徵，如性別、年齡、駕駛年資、違規紀錄等探討何種危險駕駛行為或失誤容易導致事故的發生。有鑑於此，本研究之目的為在考量包含行車動態、道路幾何、天氣、光線等駕駛環境因素下，確認變換車道過程中之影響失誤、與安全有關之不當變換車道事件發生之環境因素並了解失誤和與安全有關之變換車道事件之關聯性。如圖 1.3 所示。

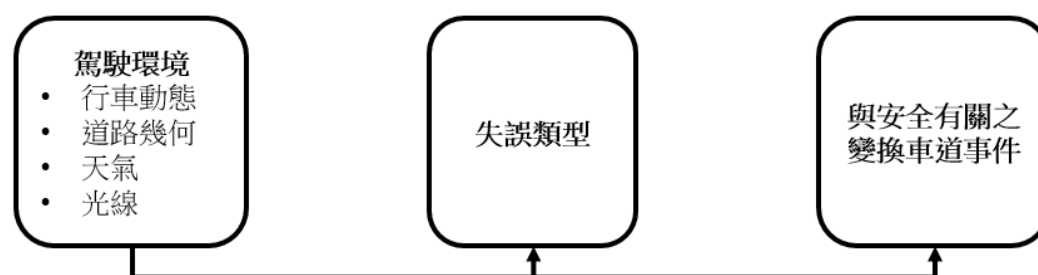


圖 1.3 駕駛環境、失誤類型及與安全有關之變換車道事件之關聯

1.3 研究範圍與對象

目前國內的汽車客運業者在車載設備的裝設上相較於其他運輸業投入更多的資源與時間，因此能蒐集到的資料也較為齊全，故本研究將以經營國道客運路線之汽車客運業者為主要對象。研究資料使用蒐集自車流環境相對單純且蒐集時程達三個月的國道行車數位資料及影像資料，並配合國道道路屬性資料、駕駛人屬性資量進行研究

1.4 研究架構與流程

本研究之目標為以微觀的角度，以與安全有關之不當變換車道事件來深入了解不同行車動態、道路幾何、天氣環境等因素對失誤產生之影響。透過研究所歸納影響駕駛人產生失誤進而導致不當變換車道之因素，提供未來尋求降低不當變換車道發生之方法參考。

本研究將分成五部分，第一部分為以文獻之變換車道操作過程為基礎，延伸駕駛人於變換至右側車道的過程中應有之外在表現及對應之失誤。第二部分則綜整本研究使用之數位行車紀錄器、ADAS 系統辨識之事件、道路屬性、動態行駛影像、駕駛人問卷之資料欄位與類型。第三部分則描述本研究資料合併與篩選條件，以及發展用於影像核實階段之標準作業流程並羅列於觀察影像時所紀錄之項目。第四個部分則透過敘述性統計闡述本研究經資料處理後，發現的常見之失誤類型與組合並提供編碼員之編碼結果一

致性檢定。於第五部份則利用雙變量普羅比回歸模型(Bivariate probit regression model)及工具變數普羅比回歸模型(Extended probit regression model)分析駕駛環境相關因素、失誤類型及與安全有關之變換車道事件間關聯性。研究流程如圖 1.4 所示。

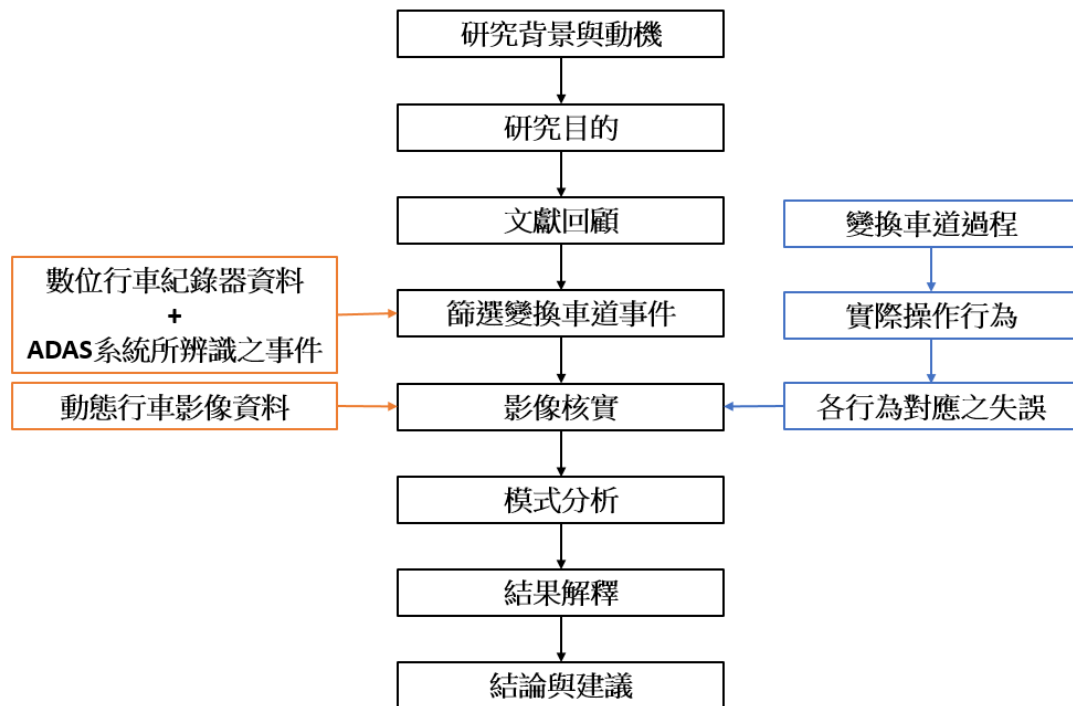


圖 1.4 研究流程圖

第二章 文獻回顧

在考慮駕駛環境的前提之下，確認常見駕駛失誤之類型及影響失誤之因素並探討環境因素與失誤類型對事故之影響為本研究之研究目的。本章節首先回顧駕駛失誤之定義及分類法(2.1 節)，接著了解變換車道之定義及目前針對造成不當變換車道的失誤與其探討程度(2.2 節)，最後了解環境因素對失誤或事故產生的影響之相關研究(2.3 節)。

2.1 駕駛失誤

過去事故紀錄與研究皆顯示造成事故發生之因素有 75%是因為駕駛人失誤導致，而為了深入了解駕駛失誤性質，以助於降低傷亡，許多研究針對驅動過程所產生的駕駛失誤、類型與造成失誤之相關影響因素進行探討。目前對於「失誤」普遍認可定義為指一通用術語，涵蓋所有計畫中或進行中的精神以及身體活動未能達到預期結果的情況，且其失敗的原因無法歸咎於意外的干預(Reason, 1990)。

過去文獻呈現許多不同的失誤分類法，最初從根據的駕駛人資訊處理模型(Wickens & Flach, 1988)，將所觀察到之失誤對應知覺刺激、情境認知、決策與回應、執行等四個資訊處理階段進行分類。而 O' Hare et al (1994)以 Rasmussen (1982)所提出將人的行為反應分為三個層級：技術反應層級(Skill-Based Level)、規則反應層級(Rule-Based Level)、知識反應層級(Knowledge-Based Level)的人為反應三層級模型為基礎，建立人為內部失靈模型，將駕駛人自資訊接收、判斷、決策、執行動作之過程中可能產生之失誤進行分類，依序為結構(機械)失誤、資訊失誤、診斷失誤、目標失誤、策略失誤、程序失誤、行動失誤。Reason (1990)的不安全行為模型則將駕駛人失誤依照有無意識，分為非故意產生的疏失(slip)、記憶缺失(lapse)、錯誤(mistake)以及故意的違規(violation)。根據 Norman (2013)，疏失是由於下意識的行動途中被擋住了，錯誤則出在意識的思考，記憶缺失則使得行動週期的進行停止，使得原來的動作無法繼續，如忘記原來的目標。而後亦有許多駕駛失誤相關研究發展出更為多元的分類方法，如將駕駛人感知反應過程分為觀察階段、資訊接收階段、認知與決策階段等三階段並分別對應記憶缺失或意識間斷、感官因素、知覺落差、注意力不集中、誤判情況等失誤(Najm et al., 1995)。綜合考慮本研究之資料限制，本研究將針對疏失(slip)、記憶缺失(lapse)及錯誤(mistake)等失誤類型進一步探討環境因素及與安全有關之不當變換車道事件與之關聯。

Stanton & Salmon (2009)在整理與歸納駕駛失誤分類之相關文獻後，發現過去研究普遍認為駕駛失誤涉及心理機制，且皆同意駕駛人行為不僅取決於個人知識與技能，並受環境影響。此外，Norman (2013) 提出七階段行動週期以拆解駕駛人受目標驅動或受

外界資訊刺激時的執行過程，並更加瞭解人為失誤與駕駛行為之連結，而七步驟包含感知、解釋、比較、目標、計畫、設定、執行。

本研究整合 Wickens & Flach (1988)的資訊處理模式以及 Najm et al., (1995)的駕駛人感知反應過程，彙整出如圖 2.1 所示之結果。駕駛人受短期知覺刺激期間包含「觀察階段」及「資訊接收階段」，而兩階段分別對應記憶缺失、意識間斷以及感官因素、知覺落差等失誤。而駕駛人於認知局面、選擇決策與回應過程則屬於「認知與決策階段」，其中可能發生注意力不集中、因駕駛經驗不足或知識有誤導至誤判情況等失誤。最後於駕駛人執行回應過程中，亦可能因駕駛人身心狀況而產生他種人為失誤。

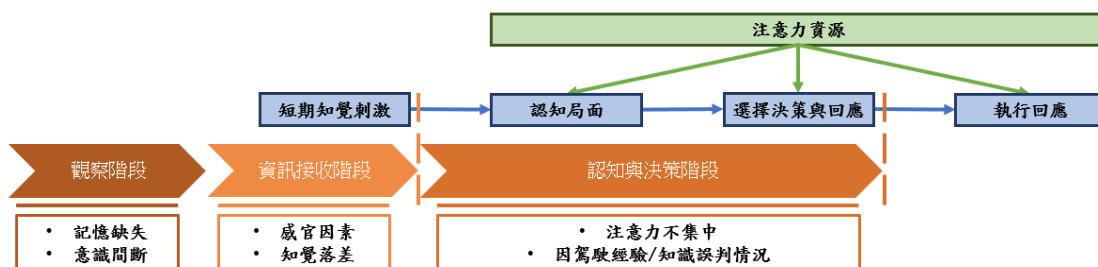


圖 2.1 駕駛人資訊處理與感知反應過程之關聯（本研究整理）

本研究亦參考 Xu et al., (2019)綜合彙整 Norman (2013)的七階段行動週期、Rasmussen (1982)的人為反應三層級、及 Reason (1990)的不安全行為模型，並整合 O' Hare et al., (1994)的人為內部失靈模型，綜整結果如圖 2.2 所示。於感知階段可能發生機械結構或資訊失誤，使得駕駛人無法成功接收資訊；於解釋、比較、計畫階段則可能發生「錯誤」或「違規」，例如在解釋階段駕駛人可能受經驗、知識影響導致診斷錯誤，在比較階段則因誤判情況導致目標失誤，在計畫階段則可能發生策略失誤；於設定階段可能發生「記憶缺失」，例如因記憶混淆導致程序失誤；於執行階段則可能發生「疏失」，例如因駕駛人執行不精確導致行動失誤。為了避免從感知到反應過程中可能發生的人為失誤，透過輔助設備讓操作者於感知到資訊時直接反射性的執行動作，屬於技術反應層級；或透過規章的制定，讓操作者理解外在環境後按標準作業程序執行各步驟，亦即規則反應層級；需駕駛人綜合駕駛經驗、知識、技巧，以作出正確選擇，則為知識反應層級。

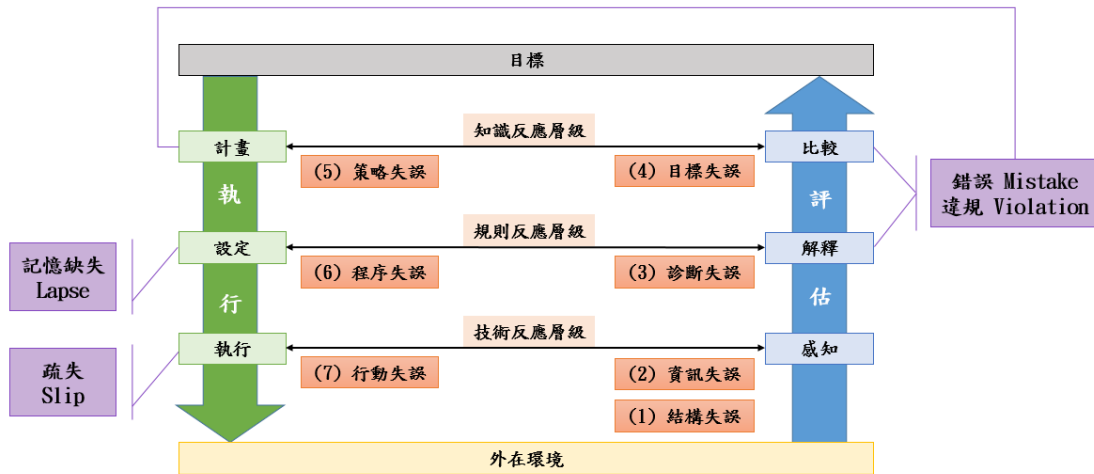


圖 2.2 七階段行動週期、不安全行為、人為內部失靈及三階層人為反應之關聯（摘自 Normain, 2013 並經本研究整理）

Young, Salmon & Lenne (2013)綜合七階段行動週期等多種分類方法，將失誤分類法與駕駛人實際產生且可被觀察之外在表現連結，並整理駕駛人於交叉路口常見共計 24 種的外在表現，分別對應 24 種失誤模式並歸納於動作錯誤、認知與決策錯誤、觀察錯誤、信息檢索錯誤、違規等 5 大類失誤(error)類型，如表 2.1 所示。

綜合過去事故紀錄與文獻，得知分心、注意力不集中等類型之失誤為常見事故肇因，如可能進一步造成車輛控制失靈，導致預料之外的速度變化或偏離預設軌跡(Ranney et al., 2008)，因此一直以來便受許多學者重視。故有需多文獻透過自然駕駛資料針對造成駕駛人注意力資源分配不當分配導致失誤產生之因素進行探討。Stutts et al (2005)以影響因素來源探討分心與失誤之關聯，如駕駛人本身不當行為(使用手機、飲食、抽菸、閱讀、書寫)、車內影響(操作影音娛樂設備、與乘客交談)、車外影響。Young et al (2009)則認為分心即是將駕駛人注意力自關鍵活動中轉移至衝突行為上，而車載電子設備容易造成駕駛人注意力轉移。分心亦可能是由駕駛人因同時執行次要任務(secondary task)導致注意力轉移所引起，因次要任務共享安全駕駛所需的相同資源，且共享程度越大，次要任務與駕駛人之間的不兼容程度就越高，因此駕駛時執行該次要任務而引起的分心可能性也就越高。

過去研究亦指出分心為日常駕駛過程中之常見事件且非所有分心事件皆為導致事故發生之肇因，故應著重於分辨真正具危險性或容易導致事故之失誤類型，以及辨識出導致該失誤類型產生之因素。因此借由深入了解人在駕駛過程中感知、理解、決策、執行等一系列程序與其對應之外在表現，以確認目標人為失誤的來源與影響因素，將有助

於改善駕駛人訓練、交通安全規則、道路設計級車輛設計，進而降低因人為失誤所產生的事故。

表 2.1 5 類失誤類型及 24 種外在表現(Young et al., 2013)

失誤類型	失誤模式	外在表現(舉例)
動作	行動失敗	無法檢視後視鏡
	錯誤的行動	應踩剎車，但以油門代替
	動作時機錯誤	過早/過晚剎車
	動作太大	踩油門力道過大(加速過快)
	動作不足	未能充分壓下方向撥桿
	動作不完整	未能達到足夠之轉向角度
	對錯誤對象採取正確的行動	誤踩油門
	不適當的行動	未保持安全距離、冒險超越
認知與決策	知覺	無察覺行人穿越道
	錯誤假設	錯誤預設他車不會干涉路徑
	注意力不集中	於車陣中，差點追撞前車
	分心	使用手機、操作車載設備
	錯誤判斷	誤判距離、兩車間隙
	有看沒到	看著前方，但無意識到腳踏車
觀察	觀察失敗	未能觀察到當下視線死角
	觀察不完整	變換車道時未看後視鏡
	觀察錯誤目標	未注意應觀察之方向
	觀察時機錯誤	變換車道時太晚看後視鏡
信息檢索	誤讀信息	誤看道路標誌、號誌
	誤解信息	錯誤理解道路標誌
	信息檢索不完整	僅檢索部分訊息
	檢索到錯誤信息	看錯道路標誌、號誌
違規	故意違規	闖紅燈
	意外違規	不知不覺中超速、壓雙黃線

2.2 變換車道

根據美國國家公路交通安全管理局(NHTSA)所編撰之交通安全實錄，死亡事故肇事原因的統計數據顯示，因駕駛人疏忽而導致非預期偏離車道之意外事故，約佔所有肇事原因的 42%。此外，依我國民國 105 年之肇事原因以「駕駛人因素」最高，約佔總事故件數 79%，其中「不當變換車道」約佔 12.8%。而除單一年度之統計資料外，由於我國 100-106 年警政署事故資料對營業大客車於國道涉入事故之肇因進行分析，故由此可知「不當變換車道或方向不當」佔總比率 5.56%，同時由 100-106 年間營業大客車於國道涉入事故之事故型態統計數據可知「撞護欄(樁)」佔總事故型態 5%。故根據我國大客車

事故特性可知，不當變換車道較為迫切需要關注導致其駕駛失誤產生之來源及影響因素之不當駕駛行為。

Wierwille (1984)將變換車道定義為車輛之橫向位移發生變化，而 Winsum et al (1999)則解釋變換車道即當車輛行駛時，方向盤之轉向與角度產生變化。而目前普遍認同的變換車道定義則是將駕駛人開始頻繁掃視前方行車狀況並透過照後鏡觀察附近及後方來車之行車動態視為變換車道行為的開始；駕駛轉動方向盤並開始產生橫向位移變化至前輪觸及原始車道之車道線為變換車道之第一階段；持續變化方向盤之轉向與角度至後輪完全跨越原始車道之車道線為第二階段；改變方向盤之轉向與角度，使得橫向位再次發生變化且行車方向逐漸平行目標車道為第三階段(Wierwille, 1984；Winsum et al., 1999)。

欲探討與變換車道有關之失誤或影響失誤產生之因素，須先了解正常變換車道程序，以確認其對應可觀察之外在表現。Lee et al (2004)所提出之變換車道操作程序，將駕駛人操作分為本車考慮變換車、觀察原始車道、觀察目標車道、開始轉向、本車行駛方向回正、恢復正常行駛狀態等六階段，亦提出駕駛人於各階段採取之行動與考慮之問題，如圖 2.3 所示。

當在變換車道的正常過程中發生失誤，導致不當變換車道之行為出現，可能進而造成事故的產生。因此本研究可透過結合 Lee et al (2004)所提出之變換車道操作程序以及前述 Norman (2013)原為將對人為失誤之了解回饋於產品設計上，提出的七階段行動週期，如圖 2.4 所示，捕捉駕駛人於變換車道的執行過程中，異於常態的外在表現。操作循環分為兩種，第一種為從目標為循環之起始，然後經歷三個執行的階段(計畫、設定、執行)，而此種循環稱之為目標驅動(綠色)；第二種操作循環則是資訊或事件驅動(藍色)，由外界駕駛環境為循環之起始，同時，為因應外界行駛環境的變化，普遍駕駛人實際上多基於此循環之架構運作。在經歷評估階段之後(感知、解釋、比較)，再訂定目標並計畫、設定及執行動作。

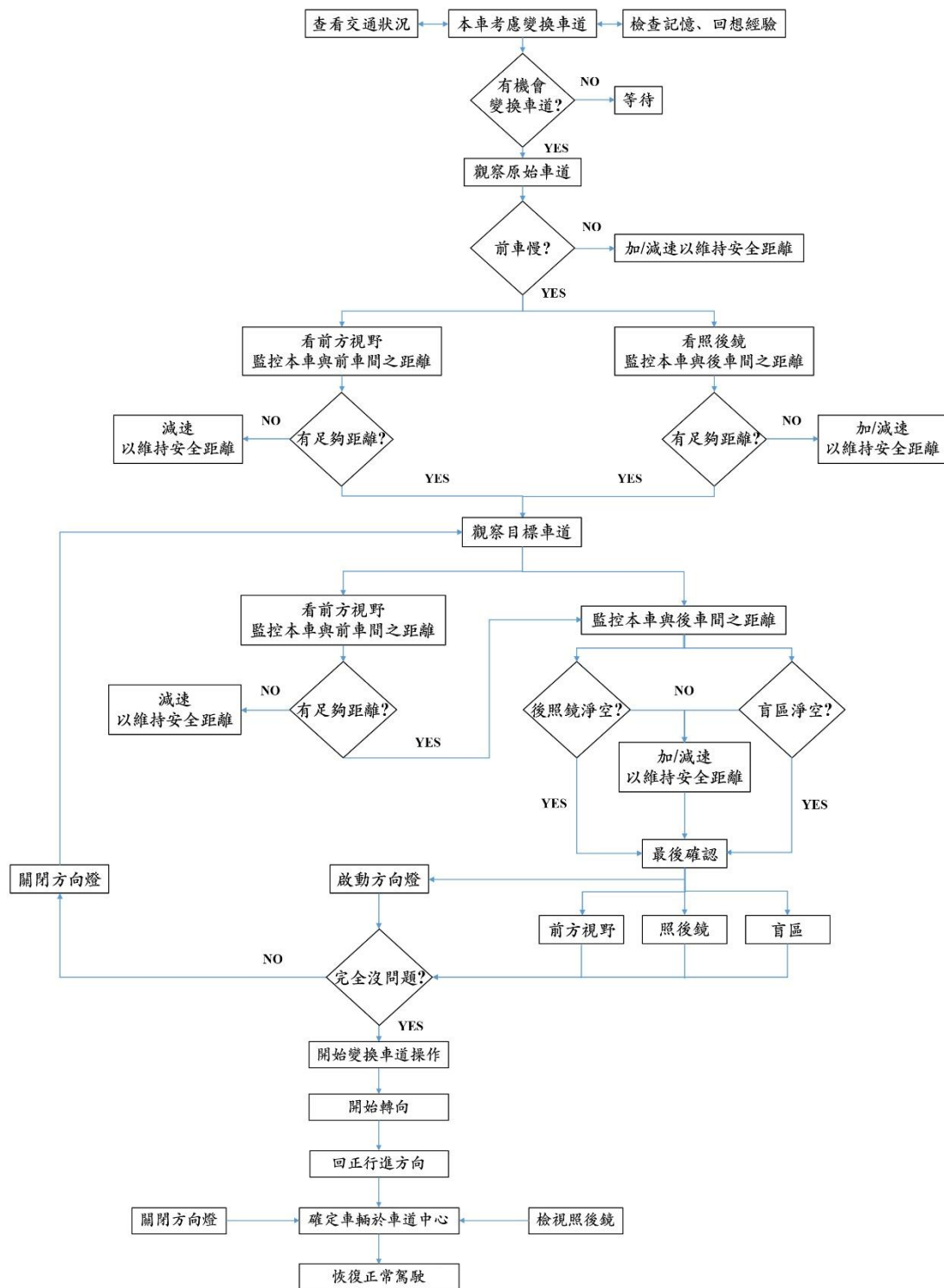


圖 2.3 變換車道之駕駛人操作程序 (Lee et al., 2004)

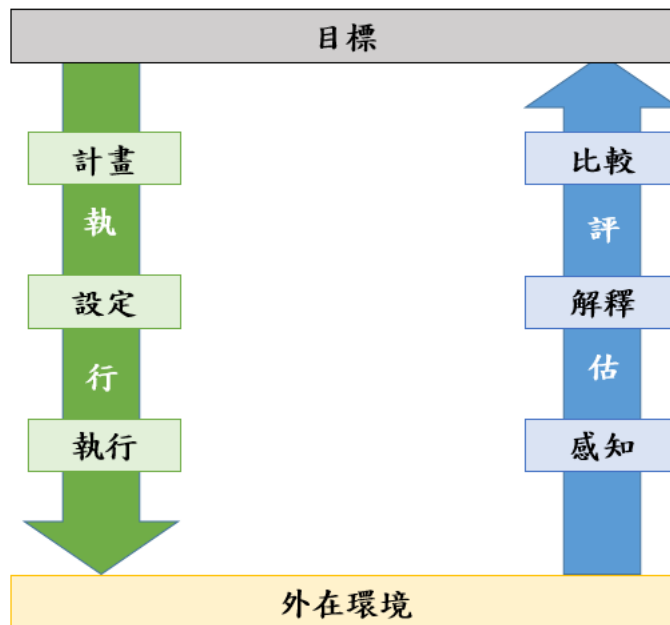


圖 2.4 七階段行動週期(Norman et al., 2013)

以駕駛人發現與前方車輛距離逐漸縮小而欲變換車道的情境為例，如表 2.2 所示，駕駛人在看到前方狀況(前方車輛剎車燈亮起)後，首先評估如何因應，之後設定目標(透過變換車道繞過去，以避免碰撞)，及執行行動來滿足目標。

表 2.2 駕駛人看到前方減速而欲變換車道之情境下的「七階段行動週期」

週期	階段	各階段任務	情境： 看到前方減速而欲變換車道
評估	感知	知道事故之型態	看見前方車輛剎車燈亮起或兩車距離逐漸縮短
	解釋	處理感知到之資訊並理解	理解前方車輛正在減速
	比較	評估結果與目標差異	若無繞過前車可能發生碰撞
目標	目標	形成目標	要繞過前車
執行	計畫	選擇行動	需要變換車道
	制定	決定執行順序	1. 看後照鏡確認後方 2. 打方向燈知會後方來車 3. 轉動方向盤
	執行	付諸行動	開始看後照鏡、打方向燈、及轉動方向盤，以變換車道

根據駕駛人在「七階段行動週期」過程中的外在表現，可對照可能發生的三種可能的失誤：疏失、記憶缺失、及錯誤，例如：變換車道時未先查看後照鏡、轉動方向盤前未打方向燈之失誤，以至於造成事故的發生。

然而變換車道之情境多變且情境的變化與駕駛環境，如與他車互動、道路幾何、天氣環境等有密切關連性。過去相關研究針對周遭環境對於駕駛人於變換車道時產生失誤

之影響，多以影像駕駛人視覺接受資訊能力為主，並以眼部動作為觀察重點，如掃視前方區域與前方相鄰車道區域、透過照後鏡觀察後方相鄰車道區域。Salvucci et al (2001)亦提到當駕駛凝視照後鏡與來回掃視前方行車狀況之頻率增加時，即表示駕駛人有強烈變換車道之意願。Lavallière et al (2011)則觀察到駕駛人在換道車道過程中朝三個車輛的後視鏡（右，中和左後視鏡）凝視的頻率。過去研究結果亦顯示駕駛人在變換左側車道的前三秒內會產生與檢視環境相關之多重行為，大約有 46%的駕駛員會凝視左後視鏡、50%朝著左側窗戶外、17%朝向中間鏡 (Dingus et al., 2006)

除探討外在環境對駕駛人於變換車道之影響之外，亦有研究針對內在環境(車內環境)對駕駛人之影響，如人機互動介面（車載導航系統、影音娛樂系統）。以車載導航系統微粒，其對換車道行為的影響隨車流之密度和時間而變化，在中、高密度之前提下，車載導航系統對變換車道之安全性具有顯著的正向影響。另外，如果在匝道出口上游 2 公里內提早提供導航信息，則可以進一步提高操作安全性 (Yun et al., 2017)。

綜整而言，駕駛環境對於駕駛失誤之產生具一定程度之影響，且可借由眼部、頭部等動作捕捉與失誤對應之外在表現。經觀察駕駛人之外表現，鎖定特定較具危險性之駕駛失誤，並在往後的人、車、路設計加以考慮這些失誤發生之可能，將提升駕駛任務之安全。

2.3 道路環境對駕駛行為的影響

過去許多探討駕駛人失誤的研究都與駕駛員的心理因素或認知心理有關，如不專心、疏忽、士氣低落等，而較少注重失誤的發生與周遭環境之關係，以致於無法很好地解釋為何相同的失誤在不同環境下的結果不同。近來越來越多研究建議應採取系統性而非僅從駕駛人角度的方式來研究駕駛人失誤(e.g. Rasmussen, 1997; Reason, 2000; Salmon et al., 2010; Norman, 2013)。如同事故防制的起司理論(Reason, 2000)，系統性的方法認為失誤的產生並不單純只是駕駛員的問題與責任，而是整個系統，包含駕駛環境、車輛之設計不當。而這些系統性因素包括文化、法律、道路設計、駕駛員訓練等。

影響駕駛失誤產生的駕駛環境因素可分為外在環境與內在環境兩大類(Stitts et al., 2005; Yun et al., 2017)，外在環境包含道路幾何、天氣環境，而內在環境則有車輛設計、駕駛人：

1. 道路幾何： 道路類型、路段種類、車道數、車道長度、車道寬度、車道面積、爬坡百分率、彎道半徑

2. 天氣環境：天氣狀況、照明狀況 (Precht et al., 2017)
3. 車輛設計：車載導航系統、影音娛樂系統 (Yun et al., 2017)
4. 駕駛人：駕駛人心理狀態、駕駛經驗與相關訓練、知識 (Reason, 1990)

因此駕駛失誤相關研究逐漸由駕駛人角度轉而納入環境因素的系統性研究，如利用駕駛模擬器模擬實際駕駛環境，但為了控制實驗起見，大多都將整個系統隔離，僅探討少數幾個外在因素的影響，如路口或路段。但過去因研究資料之限制，在探討駕駛環境對駕駛失誤之影響成果有限。

Salvucci et al (2002)利用駕駛模擬器研究何種環境因素會影響駕駛人產生失誤，並探討其如何影響駕駛人。但因駕駛模擬器所呈現之道路環境與實際道路有所落差，如無法高度還原實際道路中車道標線之清晰程度與反光程度、路旁障礙物之變化、特定區域之沿途風景、道路線型之多元性等特性，故研究結果受限。此外，Shawky (2020) 利用事故資料、駕駛人問卷等他種資料類型探討環境因素對事故之影響，並驗證除駕駛人特徵外，位置與周遭環境條件(路口/路段、光線、路面狀況)、道路特徵(道路類型、車道數量、速限)皆會影響不當變換車道成為事故之肇因。Stitts et al (2005) 則利用自然駕駛資料研究導致駕駛人注意力分散之環境因素，而環境因素被區分為車內環境與車外環境，並得知車內環境中駕駛人於行車過程中飲食或與乘客交談為造成駕駛人注意力分散之主要因素，但無法明確辨認會造成失誤之車外環境因素。

彙整過去研究結果可得知，在缺乏適合的自然駕駛研究資料的情況下，同時考慮駕駛環境(道路幾何、天氣環境、與他車互動、及車輛設計)等因素進行系統性分析，環境因素對失誤發生的影響及失誤如何發展為事故的研究成果仍然相當有限。

2.4 小結

為降低因人為失誤所導致的事故發生，故失誤研究的關鍵之一在於是否可預測人為失誤(predictable error)的發生，意即確認在執行某項任務中或出現某種外在表現時，人為失誤是否會發生?何時何地會發生?會以什麼形式發生? 而 Reason(1990)認為此預測的精確度取決於：(1)了解該任務的本質、(2)確認該任務的周遭環境、及(3)影響駕駛人在該環境中的表現(performance)的機制。

事故發生極可能受人為失誤影響，而人為失誤的產生除因駕駛人自身因素外，亦受到環境因素影響。綜觀過去針對人為因素的研究大多為探討操作員及駕駛員的表現，而這些領域的操作過程相對較為標準化，意即駕駛人執行任務時的周遭環境相對單純，如

工安、飛安。相較之下，道路交通中用路人與駕駛環境的互動較為複雜且不易標準化，雖然有針對特定駕駛行為歸納出標準化操作過程(Lee et al., 2004)，但研究多因資料限制，無法觀察駕駛人是否依據安全的程序來操作每一個動作。

因此除了綜整過去對於失誤之定義與分類、環境因素與失誤間相互影響之探討程度外，亦須確認本研究所選定之駕駛行為，即變換車道之操作機制。而後便可以操作流程為基礎，進一步探討駕駛人於何階段發生失誤、何種失誤，同時亦能分析針對失誤發生當下對外在行車環境。而系統性研究駕駛環境因素與駕駛人失誤的影響，目的在於並非僅透過駕駛人教育、行為安全管理達成高效率且低事故的目標，亦可透過改善道路環境，如道路幾何設計、鋪面設計或避免特定車流條件達成目標。

第三章 研究方法

3.1 研究架構

本研究之研究架構，如圖 3.1 所整理。依據本研究之研究目的，透過解析駕駛人變換車道過程及其外在表現並對應過去所發展之分類法，選定欲探討之九種目標失誤。系統性探討包含天氣、他車互動以及道路幾何等環境因素對失誤之影響，以及綜合環境因素與失誤，了解其對不安全變換車道事件之影響。

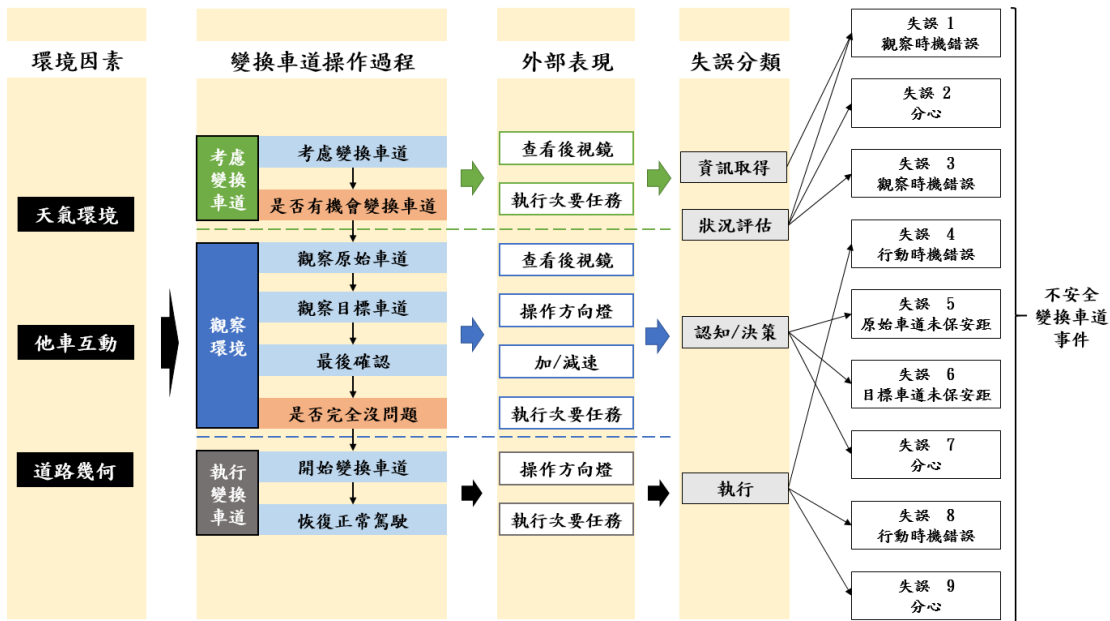


圖 3.1 研究架構圖

考慮影像資料的限制，本次研究將針對「變換至右側車道」之事件進行探討。基於 Lee et al., 2004 所提出之駕駛人變換車道詳細操作程序，本研究針對「變換至右側車道」發展其操作程序，如圖 3.2 所示。駕駛人於考慮變換車道時會同時檢查記憶並回想過去駕駛經驗，接著掃視前方視野及透過後視鏡觀察周遭交通狀況。決定變換車道後，駕駛人將進入觀察環境階段並分別觀察原始車道及目標車道之前後車且透過加減速保持安全間距。在確認間距足夠、盲區清空後，駕駛人將啟動方向燈並進入執行變換車道階段。

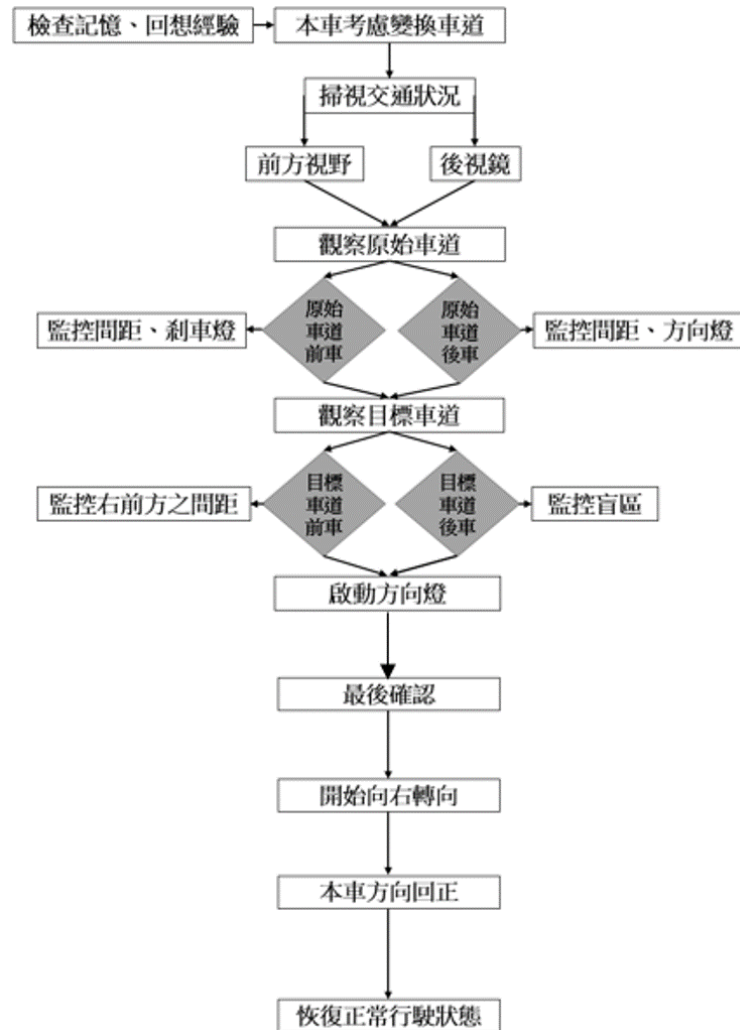


圖 3.2 變換至右側車道之操作過程

本研究亦透過所發展之變換車道操作程序，整理出駕駛人於各操作階段應有之外在表現，而不同的表現將對應不同的失誤類型。為確認編碼員於後續資料處理階段中，應針對何種外在表現觀察影像資料並予以紀錄，本研究在綜合考慮影像資料之角度、畫面品質等資料品質限制後，依照各種外在表現可從影片觀察的程度，進一步區分所有於變換車道過程會出現的外在表現並以此連結編碼員於影片核實階段需著重觀察之失誤類型。

根據 Lee (2004)所提出的變換車道操作程序，本研究整理出駕駛人於變換車道過程各階段會出現的表現，並依照可觀察程度進行分類。如表 3.1 之內容所示，「考慮變換車道」階段出現查看照後鏡、環視前方車況、檢查記憶、回想經驗等表現，與觀察時機錯誤及觀察不完整等失誤類型有關；「是否有機會變換車道」屬於駕駛人心理活動，與決策失誤相關；「觀察原始車道」及「觀察目標車道」階段包含加、減速以保持安全距離以

及環視前方車況與察看車內後視鏡，期間可能產生觀察時機錯誤、觀察不完整、行動不足等失誤；「最後確認」階段中駕駛人會觀察整體駕駛環境以決定是否變換車道，故駕駛人會觀察前方車況、車內外後視鏡，而此時容易出現觀察不完整及分心等失誤；「是否確定變換車道」階段中駕駛人依照於前一階段觀察周遭環境後所取得的資訊決定是否變換車道並啟動方向燈以告知後方來車，而此階段可能發生判斷失誤與操作失誤；「開始變換車道」階段屬實駕駛人實際開始執行變換車道之行為，故將出現轉動方向盤、踩/放油門等表現並可能出現行動時機錯誤或操作過當等失誤；「恢復正常駕駛」階段即駕駛人變換至目標車道後恢復普通直線行駛狀態，因此駕駛人可能會出現關閉方向燈、轉動方向盤、踩/放油門等表現，並連結行動時機錯誤或操作過當等失誤。

表 3.1 變換車道各階段之行為於影片資料可觀察程度及對應之失誤類型

階段	於變換車道過程中，駕駛人實際表現			失誤類型
	可觀察	觀察有限	不可觀察	
考慮變換車道	查看照後鏡	環視前方車況	檢查記憶 回想經驗	觀察時機錯誤 觀察不完整
是否有機會 變換車道	N/A	N/A	心理活動	決策失誤
觀察原始車道	加/減速維持安全距離	環視前方車況	踩/放油門	觀察時機錯誤 觀察不完整 行動不足
觀察目標車道	加/減速維持安全距離 查看照後鏡	環視前方車況	踩/放油門	觀察時機錯誤 觀察不完整 行動不足
最後確認	查看照後鏡	環視前方車況	N/A	觀察不完整 分心
是否確定 變換車道	啟動方向燈	N/A	心理活動	判斷失誤 操作失誤
開始變換車道	轉動方向盤	N/A	方向盤轉向 踩/放油門	行動時機錯誤 操作過當
恢復正常駕駛	關閉方向燈	N/A	方向盤轉向 踩/放油門	行動時機錯誤 操作過當

本研究主要透過影像資料觀察駕駛人表現，但基於攝影角度限制，故本研究可觀察到的外在表現有限。可由影像資料觀察之駕駛行為包括駕駛人轉頭查看右側照後鏡、減速以與原始車道或目標車道之前車保持足夠距離、加速以與目標車道後車保持足夠距離、啟動或關閉方向燈；但尚有許多外在表現是無法藉由觀察影像資料取得，如因頭部擺動幅度小，故無法判斷駕駛人是否環視前方車況。此外，檢查記憶、回想過去駕駛經驗、心理活動(決策、判斷)、方向盤轉向以及踩/放油門之程度等行為亦無法自現有影像資料中觀察。

本研究以 Lee et al., 2004 所提出之變換車道詳細操作程序為基礎，將變換車道過程分為三階段，即「考慮變換車道階段」、「觀察環境階段」以及「執行變換車道階段」。駕駛人於考慮變換車道階段易發生觀察時機錯誤(太晚查看照後鏡) 考慮變換車道階段；於考慮變換車道階段易產生觀察不完整(無確實觀察原始車道與目標車道之前方車況或目標車道後方來車之動態)、行動不足(無確實與原始車道之前車或目標車道之前後車保持足夠距離)、判斷失誤；於執行變換車道階段則亦出現行動時機錯誤(太晚開啟方向燈或太早關閉方向燈)、操作過當(剎車或油門力道過大) 等失誤且全程皆可能分心(於變換車道過程中，同時進行次要任務)。

綜合本研究影像資料限制並參考 Stanton et al., 2009 彙整過去文獻所提出的失物分類法，本研究依照各階段可從影片觀察的外在表現定應其可能發生之失誤模式歸納出共計 9 種失誤，如表 3.2 所示。

表 3.2 本研究目標失誤對應失誤模式與失誤類型

失誤類型	失誤模式	考慮變換車道階段	觀察環境階段	執行變換車道階段
資訊取得	資訊取得不完全	未檢視照後鏡(1)		
狀況評估	觀測不完全	未檢視照後鏡(1)		
	沒觀測到	因分心而無法進行觀察(2)		
	觀測時機不正確		太晚檢視照後鏡(3)	
認知與決策	感知失敗		未保持安全距離(5、6)	
	假設失敗		未保持安全距離(5、6)	
	沒注意		分心(7)	
	分心		分心(7)	
	誤判		未保持安全距離(6)	
	有看沒到		未保持安全距離(5)	
執行	沒有採取動作		變換車道 4 秒前無打方向燈(4)	
	執行時機不正確			變換車道 4 秒前無打方向燈(4)
	動作未完成			過早關閉方向性燈(8)
	不當動作			分心(9)

本研究之目標失誤包含變換車道各階段中的觀察時機錯誤、行動時機錯誤、未與前車保持安全距離、分心。而為了使編碼員於觀察影像同時得以準確紀錄後續分析所需之資訊。9 種目標失誤如下：

1. 考慮變換車道階段 - 觀察時機錯誤
2. 考慮變換車道階段 - 分心
3. 觀察環境階段 - 觀察時機錯誤
4. 觀察環境階段 - 行動時機錯誤
5. 觀察環境階段 - 未與原始車道前車保持安全距離
6. 觀察環境階段 - 未與目標車道前車保持安全距離
7. 觀察環境階段 - 分心

8. 執行變換車道階段 - 行動時機錯誤

9. 執行變換車道階段 - 分心

本研究明確定義 9 種目標失誤之操作型定義，如表 3.3 所整理。根據實際觀察駕駛人變換車道所需時間之結果並參考變換車道相關文獻，本研究定義駕駛人於變換車道當下(即開始橫向位移)前 6 至 15 秒內無查看照後鏡，則記錄為產生「失誤 1:考慮變換車道階段觀察時機錯誤」；於變換車道當下前 5 秒內則被歸屬於觀察環境階段，於該時段內無查看照後鏡，則記錄為產生「失誤 3:觀察環境階段觀察時機錯誤」；根據汽車客運業者內部教育訓練之規定，若駕駛人無於變換車道當下前 4 秒內開啟方向燈，即產生過晚開啟方向燈之失誤並紀錄為「失誤 4:觀察環境階段行動時機錯誤」；於觀察環境階段，駕駛人須視情況加/減速已與原始車道即目標車道之前車保持安全間距，若本車與原始車道或目標車道之前車距離小於 40 公尺，即判定為未保持安全距離並分別紀錄為「失誤 5:觀察環境階段未與原始車道前車保持安全距離」、「失誤 6:觀察環境階段未與目標車道前車保持安全距離」；自變換車道當下開始，屬於執行變換車道階段，而駕駛人在未完全變換至目標車道之前提下便關閉方向燈，即產生過早關閉方向燈之失誤並紀錄為「失誤 8:執行變換車道階段行動時機錯誤」。

駕駛人於變換車道過程中各階段皆可能產生分心失誤，而分心包含恍神、疏忽、不專心、疲勞、同時執行其他次要任務等多樣形態，過去針對駕駛人分心失誤之相關研究則主要著重於觀察駕駛人視覺表現，如透過眼動儀測量駕駛人注視範圍與凝視時間。基於資料限制，本研究的分心失誤只觀察並紀錄變換車道的同時執行其他次要任務的型態。在考量影像資料可觀察範圍的前提下，本研究於紀錄分心失誤時所採用的定義為「當駕駛人於變換車道的過程中正在飲食、抽菸、執行其他與變換車道無關之行為或任一隻手持物品」即判定為分心並依照失誤發生之階段分別紀錄為「失誤 2:考慮變換車道階段分心」、「失誤 7:觀察環境階段分心」、「失誤 9:執行變換車道階段分心」。

表 3.3 目標失誤之操作型定義

失誤編號	變換車道操作階段	失誤類型	操作型定義
1	考慮變換車道	觀察時機錯誤	變換車道前 6~15 秒內無查看照後鏡
2		分心	正在飲食、抽菸、執行其他行為或任一隻手持 有物品
3	觀察環境	觀察時機錯誤	變換車道前 1-5 秒內無查看後視鏡
4		行動時機錯誤	變換車道前 4 秒內無開啟方向燈
5		於原始車道未 保持安全距離	與原始車道前車距離小於 40 公尺
6		於目標車道未 保持安全距離	與目標車道前車距離小於 40 公尺
7		分心	正在飲食、抽菸、執行其他行為或任一隻手持 有物品
8	執行變換車道	行動時機錯誤	未完全變換至目標車道即關閉方向燈
9		分心	正在飲食、抽菸、執行其他行為或任一隻手持 有物品

3.2 資料描述

本研究使用國內國道客運業者所裝設之車載影像與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，目前國內客運業者可以取得的資料大致可分成四部分：

1. 數位行車紀錄器資料：車輛所配戴之數位行車紀錄器之資料取樣率為每秒一筆，記錄方式為依照時間序列，參考圖 3.3、圖 3.4。紀錄欄未包含車輛所在位置(經緯度)、車頭方向、車速、車輛加減速、是否使用左右方向燈、是否使用剎車燈等，其中，時間欄位則含年、月、日、時、分、秒，可供後續與影像資料作串聯。經初步資料篩選，資料包含台北到高雄共 4 種停靠路線、77 個趟次。變換車道事件共計 3095 件，路線 1 之件數為 1197 件、路線 2 之件數為 474 件、路線 3 之件數為 734 件、路線 4 之件數為 690 件。
2. ADAS 系統辨識之事件：國道客運業者所裝設之車機資料取樣率為每秒一筆。系統辨識為危險事件類型包含輕微超速、嚴重超速、未保持安全距離 1.2、未保持安全距離 0.4、左/右車道偏移、低速行駛、急加速、急減速、急剎車、行人警示、前車碰撞等可當作搜尋與安全有關之事件的依據。

趟次代碼	車牌	駕駛員編	行駛路線	旅次方向	data_time	latitude	longitude	speed	bearing	left_light
141227	569-U9	10409033	7500I1	北上	2018/12/9 14:00:27	23.494955	120.39177	88.09964	39.66	0
141227	569-U9	10409033	7500I1	北上	2018/12/9 14:00:28	23.495125	120.39193	88.47004	39.74	0
141227	569-U9	10409033	7500I1	北上	2018/12/9 14:00:29	23.495293	120.39208	88.39596	40.42	0
141227	569-U9	10409033	7500I1	北上	2018/12/9 14:00:30	23.495462	120.39224	88.32188	40.9	0

圖 3.3 本研究使用之時間序列資料示意圖

right_light	brake_light	head_light	事件代碼	道路類型	路段種類	國道公里數	現地樁號	速限	latitudenew	longitudenew
0	0	0		國1	interchange	229145	229087.27	110	.	.
0	0	0		國1	interchange	229126	229068.88	110	.	.
0	0	0		國1	interchange	229107	229050.48	110	.	.
0	0	0		國1	interchange	229087	229031.12	110	.	.

圖 3.4 本研究使用之時間序列資料示意圖（續）

3. 道路屬性資料：資料取樣率為每公尺一筆，欄位包含道路類型、路段種類、速限、經緯度、國道公里數、現地樁號、路面合計長度/面積、瀝青混凝土長度/面積、內側路肩寬度、外側路肩寬度、車道寬度、車道數、輔助車道寬度、輔助車道長度、輔助車道面積、爬坡車道長度、爬坡車道面積、爬坡百分率、彎道半徑、沿線狀況_爬坡、沿線狀況_轉彎等，可做為道路環境因素之依據。

數位行車紀錄、ADAS 系統辨識事件以及道路屬性資料之欄位皆綜整於表 3.4。

表 3.4 數位行車紀錄、ADAS 系統辨識之事件及道路屬性資料之欄位

資料類型	數位行車紀錄器	ADAS 系統辨識之事件	道路屬性資料
資料取樣率	每秒一筆	每秒一筆	每公尺一筆
資料欄位	時間 經度 緯度 車頭方向 車速 加速度 左/右方向燈 剎車燈 事件代碼 事件名稱	輕微超速 嚴重超速 前車碰撞 車道偏移(左/右) 行人警示 未保持安全距離 1.2 未保持安全距離 0.4 低速行駛 急加/減速 Mobileye 鏡頭/主機異常	道路類型 路段種類 速限 經緯度 國道公里數 現地樁號 路面合計長度/面積 瀝青混凝土長度/面積 內/外側路肩寬度 車道寬度 車道數 輔助車道寬度/長度/面積 爬坡車道長度/面積 爬坡百分率 彎道半徑 沿線狀況_爬坡/轉彎

4. 動態行車影像資料：車隊車輛內所裝設之攝影機包含車輛前方、左側、右側、後方

等 4 個方向，如圖 3.5 至圖 3.8 所示，且旅次全程影像皆可留存。此類影像資料功能甚廣，可用於觀察駕駛人行為，例如是否使用手機、未注意前方、飲食或雙手未緊握方向盤等狀態；亦可以用以建立環境變數，如：道路型態(市區、國道)、道路鋪面狀態、車道數、交通量、照明、天候狀況等。另外，可以透過前方影像之內容比對實際行駛路線，以做為調整 GPS 座標誤差的依據。



圖 3.5 前方影像



圖 3.6 左側影像



圖 3.7 駕駛人影像



圖 3.8 右側影像

3.3 資料處理

本研究之資料處理分別為數位行車相關資料篩選與影片核實兩階段，於第一階段「數位行車相關資料篩選」中，將先合併數位行車紀錄器、ADAS 系統辨識之事件以及道路屬性等資料，再篩選出變換至右側車道之目標事件；於第二階段「影片核實」則透過已建立之標準檢核程序，觀察動態行車影像並記錄研究所需資訊。

本研究之目標事件為變換至右側車道事件，但因原始數位行車紀錄器資料並無特別偵測該種事件型態，故本研究需於資料篩選階段自原始資料中過濾出本研究之目標事件。為了避免使用因偵測或輸出時有所損毀的資料，本研究透過「車速」資料確保資料蒐集當下，駕駛人皆於行駛狀態；為了確保切割出完整變換車道事件，本研究透過「方向燈（右）」之訊號資料作為判斷之依據。

具危險性之不當變換車道事件有許多情境，而本研究著重於未與前車保持安全距離之情境。因此本研究除篩選出之變換車道事件外，亦搭配「警示事件代碼」與「剎車」等資料欄位，鎖定觸發未保持安全距離(碰撞時間小於 1.2 秒或碰撞時間小於 0.4 秒)或於變換車道過程中剎車之事件作為本研究之不當變換車道事件。

本研究非不當變換車道事件、不當變換車道事件之篩選條件如表 3.5 所整理，「0」表示滿足該條件、「X」表示不滿足該條件。本研究所選定的變換車道事件必須為於行駛狀態中完整的變換車道事件，故需滿足(1)車速大於 1km/hr 以及(2)方向燈開啟前三秒內及方向燈關閉後三秒內無其他方向燈訊號之條件。不當變換車道事件除滿足前述兩項條件外，根據過程中是否滿足(3)碰撞時間小於 1.2 秒或碰撞時間小於 0.4 秒、(4)於變換車道過程中剎車等條件，以區分為不當變換車道事件-未保安距、不當變換車道事件-剎車。

表 3.5 事件篩選條件

條件	定義	普通變換車道事件	不當變換車道事件	
			未保安距	剎車
本車於行駛狀態	車速大於 1km/hr	O	O	O
完整變換車道事件	方向燈開啟前三秒內及方向燈關閉後三秒內無其他方向燈訊號	O	O	O
觸發未保安距警示	碰撞時間小於 1.2 秒或碰撞時間小於 0.4 秒	X	O	X
於過程中剎車	方向燈開啟前三秒內及方向燈關閉後三秒內有剎車燈訊號	X	X	O

完成變換車道事件篩選後，本研究進入第二階段資料處理。影像核實即搭配前方、右側、駕駛人等三方向之影像資料，以確認實際上是否為目標變換車道事件，避免誤篩右轉彎、行駛於市區等事件，同時亦可觀察駕駛人於變換車道過程中有何失誤產生。

於影片核實階段，實際駕駛環境中行車動態、道路環境、天氣等因素皆即為多變且駕駛人本身亦有不同的反應。因此為避免檢視影片時因影像資料內容細節繁多，導致編碼員有所疏漏或因編碼員的不同導致判斷結果差異極大，固本研究參考 Haddon Matrix 建立影片核實的標準程序。本研究將變換車道事件分成三個部分，分別為變換車道前/觸發警示前(Pre-alert)、變換車道瞬間/觸發警示瞬間(alert)、變換車道後/觸發警示後(Post-alert)，再依照影像資料類型配合事件的三階段建立影片核實的標準程序，如圖 3.9 所示。

影片核實程序將根據所篩選出變換車道事件發生時間，依序觀看前方、右側、駕駛人等三方向之行車影像。觀看前方影像時，需觀察事件發生或觸發警示前的駕駛環境，例如道路環境，並記錄日/夜、晴天/陰天/有霧/下雨、直線/曲線、主線/匝道/交織區等項目，事件發生或觸發警示當下需觀察與他車互動之情況並紀錄與原始車道或目標車道之前車車距、當下車速、行車動態；觀看右側影像時，需觀察事件發生或觸發警示前與周遭車輛之互動，並記錄後方是否有來車、來車是否加速，件發生或觸發警示當下則須紀錄本車位置是否已跨越車道線；觀看駕駛人影像時，需觀察事件發生或觸發警示前駕駛人行為判斷失誤類型，並記錄於第幾秒開始查看照後鏡、於第幾秒開始方向燈、失誤類型，事件發生或觸發警示當下亦需判斷並記錄駕駛人之失誤類型，而事件發生或觸發警示後則須記錄駕駛人於第幾秒關閉方向燈。



圖 3.9 影片核實程序及各階段觀察重點與紀錄資訊

於兩階段料處理過程中，本研究在資料盤點、整併、清理、事件篩選及影片核實等階段皆有遇到大小不一的困難。

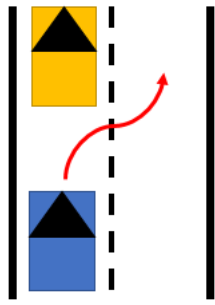
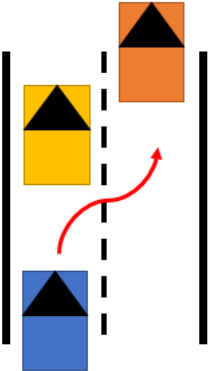
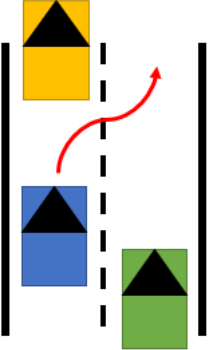
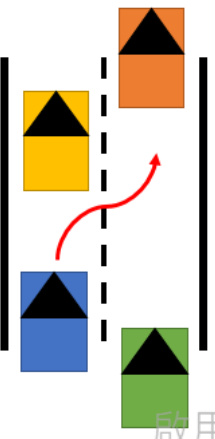
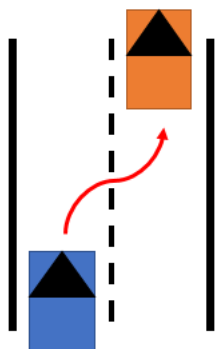
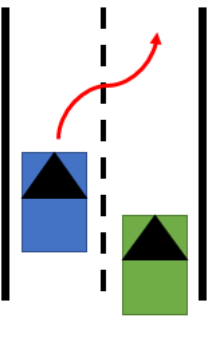
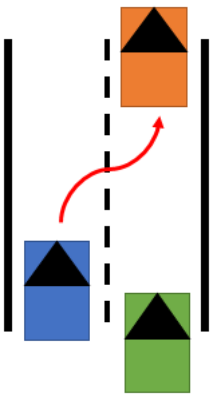
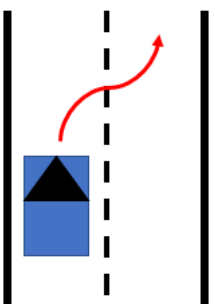
資料盤點階段中容易發生不同類型資料之檔案和數量不一致、部分檔案損毀或品質不佳等問題，因此本研究除需建立重新盤點所有原始資料外，亦需建立新的索引方式以便後續查詢資料。資料整併階段需確保各檔案之欄位數量、名稱、單位是否一致，而資料清理階段需清理事件數異常之檔案並確認檔案內各欄位之數值與格式是否統，因此需利用多種軟體修正或換算原始資料並統一資料格式；事件篩選階段為建立適當篩選條件，需反覆查看影像資料並記錄篩選結果；影片核實階段則需建立標準作業流程並確認每位編碼員接充分理解作業流程、內容及方法，於該階段中，本研究亦需定期進行一致性檢定並針對檢定結果較低的項目進行討論。本研究處理之問題與方法皆整理於表 3.6。

表 3.6 資料處理之困難總整

階段	難題	處理方法
資料盤點	數位行車紀錄器資料與行車動態影像資料之趟次數不同	依序清點數位行車紀錄器資料及行車動態影像資料之駕駛人編號、車牌、路線、日期、時間等資料並建立表單以供後續查詢。
	影像資料損毀或品質不佳而無法進一步使用	嘗試使用多種撥放器後，將確定損毀、畫面過曝、畫質過於模糊等影像資料篩除並備註於表單。
資料整併	多個檔案欄位數量、使用之單位、資料格式不一致	確認會使用檔案後，利用多種軟體(如 excel、STATA 等)統一欄位數量、使用之單位、資料格式。
	確保正確串聯道路屬性資料	透過 GoogleMap 等程式確認數位行車紀錄器中經緯度、國道里程數等資料欄位內容正確，再進行串聯。
資料清理	排除事件數量異常之檔案	依照檔案所記錄之趟次時長，查看該趟次所記錄之事件數是否大於 50 件並小於 300 件，若否表示事件數異常。
	排除部分欄位數值異常之檔案	依序查看各欄位之數值是否有缺漏或數值變化過於激烈，若有則需依照資料輸出時間查看影像資料，以排除異常數值。
事件篩選	建立適當變換車道事件之條件	參考並結合過去文獻對變換車道之定義，建立明確之操作型定義後，進行事篩選並查看影像資料，以確保篩選出完整變換車道事件。
影片核實	建立標準作業流程	充分與編碼員溝通，以了了指示不明確的地方。
	建立影片核實所需之資料庫	影像資料過於龐大，需預估較多資料傳輸時間。
	充分訓練編碼員並於核實過程中保持溝通，以確保編碼結果之正確性及一致性	檢核編碼員回傳之紀錄結果並定期進行一致性檢定，以了解該針對何處與編碼員討論。

經數位行車相關資料的合併與篩選，以及影片核實之過程，本研究所使用變數包含天氣環境、他車互動、道路幾何、駕駛人失誤、不當變換車道事件。而本研究所定義之八種不當變換車道事件如表 3.7 所整理。行車動態主要分為原始車道有無前車，並分別對應目標車道無車、有前車、有來車、有前車與來車等情況。

表 3.7 行車動態之說明與範例

編號	1	2	3	4
說明	原始車道有前車， 目標車道無車	原始車道有前車， 目標車道有前車	原始車道有前車， 目標車道有來車	原始車道有前車， 目標車道有前/來車
範例				
編號	5	6	7	8
說明	原始車道前無，目 標車道有前車	原始車道無前車， 目標車道有來車	原始車道無前車， 目標車道有前/來車	原始車道無前車， 目標車道無車
範例				

本研究於 3.2 小節介紹資料來自數位行車紀錄器、ADAS 系統辨識事件、道路屬性資料以及行車動態影像資料，考慮實際可獲取並使用之欄位，可列出表 3.8 研究變數綜整表。「不當變換車道件」篩選自數位行車紀錄器、ADAS 系統辨識事件；「單一失誤」、「失誤組合」、「天氣環境」、「他車互動」等變數將透過影片核實過程自行車動態影像資料中獲取；「道路幾何」則串聯自道路屬性資料。

表 3.8 研究變數綜整表

研究變數	變數類別	變數名稱	內容	變數類型	變數來源
第二階段變數	不當變換車道事件	未保安距	觸發警示=1 無觸發警示=0	二元	ADAS系統辨識
		剎車	剎車=1 無剎車=0	二元	數位行車紀錄器
第一階段變數	單一失誤	失誤 1	是=1；否=0	二元	動態行車影像
		失誤 2			
		失誤 3			
		失誤 4			
		失誤 5			
		失誤 6			
		失誤 7			
		失誤 8			
		失誤 9			
	失誤組合	組合 1	是=1；否=0	二元	動態行車影像
		組合 2			
		組合 3			
		組合 4			
		組合 5			
		組合 6			
自變數	天氣環境	日夜	是=1；否=0	二元	動態行車影像
		雨天			
	他車互動	行車動態 1	是=1；否=0	二元	動態行車影像
		行車動態 2			
		行車動態 3			
		行車動態 4			
		行車動態 5			
		行車動態 6			
		行車動態 7			
		行車動態 8			
	道路幾何	輔助車道	是=1；否=0	二元	道路屬性
		車道數			
		爬坡			
		轉彎			

3.4 敘述性統計

本研究樣本包含 4 條路線(新營-台北-桃園、台北-桃園-新營、新營-新竹-台北、台北-新竹-新營)、77 趟次、21 名駕駛、2943 件普通變換車道事件、104 件觸發未保持安全距離警示之變換車道事件、48 件於過程中煞車之變換車道事件。如表 3.9 所示，新營-台北-桃園路線發生 434 件普通變換車道、28 件觸發未保持安全距離警示、12 件於過程中煞車之變換車道事件；台北-桃園-新營路線發生 1140 件普通變換車道、40 件觸發未保持安全距離警示、17 件於過程中煞車之變換車道事件；新營-新竹-台北路線發生 655 件普通變換車道、23 件觸發未保持安全距離警示、7 件於過程中煞車之變換車道事件；台北-新竹-新營路線發生 714 件普通變換車道、104 件觸發未保持安全距離警示、12 件於過程中煞車之變換車道事件。

表 3.9 各路線之趟次數、普通變換車道事件數及不當變換車道事件數

路線		新營- 台北- 桃園	台北- 桃園- 新營	新營- 新竹- 台北	台北- 新竹- 新營	趟次數/ 事件數 總計
趟次數		9	33	17	18	77
變換 車道 事件 數	普通	434	1140	655	714	2943
	觸發未 保持安 全距離 警示	28	40	23	13	104
	於過程 中煞車	12	17	7	12	48
變換車道事件數 總計		474	1197	685	739	3095

本研究亦利用一趟次之數位行車資料及動態影像資料，針對參與影片核實的編碼員進行編碼結果之一致性檢定(Cohen's Kappa)。檢定結果如表 3.10 所示，所有失誤類型之編碼結果一致性皆達優良程度(Kappa 值 > 0.6)，失誤 2、失誤 4、失誤 5、失誤 6、失誤 9 之編碼一致性甚至達到極佳程度(Kappa 值 > 0.8)。推測因進行一致性檢定的資料量只包含一個趟次，故事件數較為不足，導致一致性檢定結果受影響而使得失誤 3 及失誤 8 無達到極佳程度。本研究最終將整合 77 個趟次，共計 3095 件事件以補足事件數不足之缺陷。

經編碼員透過影片核實程序觀察駕駛人於變換車道過程中出現之行為後，發現各單一失誤類型中，累積事件排名前三名分別為失誤 4(於觀察環境階段發生行動時機錯誤)、失誤 1(於考慮變換車道階段發生觀察時機錯誤)、失誤 5(於觀察環境階段觀察階段未

與原始車道前車保持安全距離)，此外失誤 2 與失誤 7(於考慮變換車道階段或觀察環境階段觀察階段分心分)別佔第四名與第五名；而單次事件中累計失誤次數較多則為單次、累計 3 次或 4 次失誤，如表 3.11 與表 3.12 所示。

表 3.10 編碼員一致性檢定結果

失誤類型	Kappa	Z	Prob>Z
失誤 1	0.64	5.62	0.00
失誤 2	0.96	8.30	0.00
失誤 3	0.63	3.77	0.00
失誤 4	0.90	7.84	0.00
失誤 5	0.85	7.45	0.00
失誤 6	0.85	7.45	0.00
失誤 7	0.79	6.96	0.00
失誤 8	0.61	4.74	0.00
失誤 9	0.91	7.93	0.00

表 3.11 各失誤類型之累積件數

失誤類型	件數	百分比
失誤 1	1444	46.66%
失誤 2	821	26.53%
失誤 3	25	0.81%
失誤 4	2969	95.93%
失誤 5	877	28.34%
失誤 6	457	14.77%
失誤 7	817	26.40%
失誤 8	690	22.29%
失誤 9	777	25.11%

表 3.12 各累積失誤次數之件數

累計失誤次數	件數	百分比
0	25	0.81%
1	559	18.06%
2	446	14.41%
3	702	22.68%
4	634	20.48%
5	331	10.69%
6	246	7.95%
7	120	3.88%
8	31	1.00%
9	1	0.03%
共計	3095	100%

經本研究整理影片核實結果，本次研究資料共包含 155 種駕駛失誤組合。結合編碼員影像觀察發現及編碼結果統計，整理出如表 3.13 所呈現之駕駛人於變換車道過程中最常出現之前十種失誤組合。

常見之十種失誤組合如下：

1. 失誤組合一：考慮變換車道階段觀察時機有誤且過晚開啟方向燈
2. 失誤組合二：觀察與行動時機有誤且分心
3. 失誤組合三：觀察時機有誤且過晚開啟方向燈
4. 失誤組合四：行動時機有誤且分心
5. 失誤組合五：方向燈操作時機有誤
6. 失誤組合六：過晚開啟方向燈且未與原始車道前車保持安全距離
7. 失誤組合七：觀察時機有誤且方向燈操作時機有誤
8. 失誤組合八：過晚開啟方向燈且未與目標車道前車保持安全距離
9. 失誤組合九：過晚開啟方向燈且未保持安全距離
10. 失誤組合十：未保持安全距離且方向燈操作時機有誤

從表 3.13 中所整理結果可知，前十種常見失誤組合中，以失誤 4 最為頻繁，其次為失誤 1，失誤 5 與失誤 8 並列第三，之後則依序為失誤 2、失誤 6、失誤 7、失誤 9、失誤 3。

本研究亦發現失誤 1 與失誤 4、失誤 2 與失誤 4、失誤 4 與失誤 5、失誤 2 和失誤 7 與失誤 9 多同時出現於一個失誤組合中。換言之，若於考慮變換車道期(變換車道當下前 6 到 15 秒間)無查看照後鏡或執行次要任務，有可能也會產生過晚打方向燈之失誤；而在本車未與原始車道前車保持安全距離之情況下也容易出現過晚打方向燈之失誤；駕駛人若發生分心失誤，通常會持續一整個變換車道的過程。

表 3.13 駕駛失誤之前十名常見組合

階段	失誤編號	失誤類型	常見失誤組合									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
考慮變換車道階段	1	觀察時機錯誤										
	2	分心										
觀察環境階段	3	觀察時機錯誤										
	4	行動時機錯誤										
	5	原始車道未保安距										
	6	目標車道未保安距										
	7	分心										
執行變換車道階段	8	行動時機錯誤										
	9	分心										
總計件數			431	179	158	153	151	142	138	64	62	56
百分比			14	5.8	5.1	4.9	4.9	4.6	4.5	2.1	2.0	1.8

3.5 資料分析

當駕駛人執行變換車道之過程中，除了受到自身特徵(年齡、資歷、違規與事故紀錄)外，尚有其他因素影會影響其表現。本研究將影響駕駛人於變換車道時產生失誤之可能因素分為他車互動(interaction with other vehicles)、道路環境(roadway environment)及駕駛人特徵(driver attribute)三大類。其中，他車互動指行車動態，即本車執行變換車道時與原始車道之前車及目標車道前後車之相對位置；道路環境則包含道路道幾何、路段種類、速限、天氣、光線；駕駛人屬性則包含年齡、資歷、違規紀錄、事故紀錄。

如圖 3.10 所示，行車互動、道路環境、駕駛人數行等相關因素可能導致駕駛人於變換車道過程中產生資訊取得或觀測失誤(於變換車道前無查看照後鏡)、不正確行動時機(太晚看向照後鏡/打方向燈)、未保持安全距離(未與原始/目標車道前車保持安全距離)、分心(變換車道時執行次要任務)等失誤，進而促使不當變換車道事件發生。

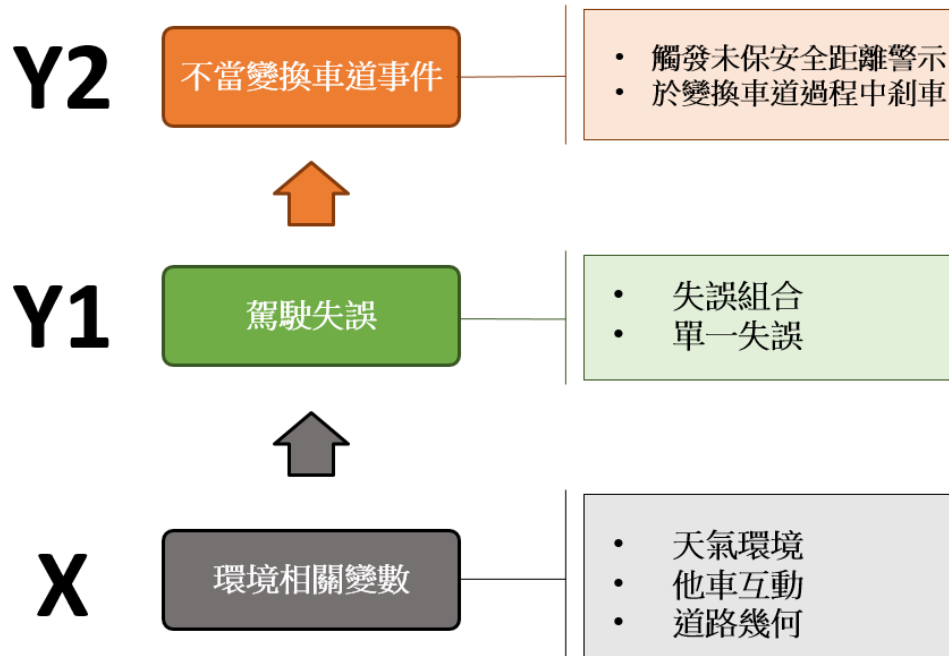


圖 3.10 分析架構

而本研究欲探討何種行車互動與道路環境之因素會影響駕駛失誤的產生並進一步導致不當變換車道事件產生。考慮到於實際行駛狀況中駕駛人少有只犯單一失誤，再加上本研究所選定之駕駛失誤具連續性，導致於前期階段出現之失誤可能會影響後期失誤之發生，故本研究針對駕駛失誤分為同一變換車道事件中，(1) 單一失誤、(2)失誤組合等二種方式處理。

本研究之應變數(不當變換車道事件)為二元變數，故應使用普羅比模型(probit model)探討駕駛環境相關因素對於單一失誤或失誤組合以及不當變換車道事件之影響。但因本研究所選定之失誤類型與環境變數具有內生性，故改以考慮可處理一個或多個具內生性之變量的兩階工具變數普羅比回歸模型(Two-step instrumental variable probit regression model)、雙變量普羅比回歸模型(Bivariate probit regression model)、工具變數普羅比回歸模型(Extended probit regression model)。而兩階工具變數普羅比回歸模型只適用於內生性回歸變數為連續變數之狀態，但雙變量普羅比回歸模型及工具變數普羅比回歸模型除可處理兩階回歸方程式亦可接受內生性回歸變數為二元變數。

第四章 研究結果

4.1 分析計畫

根據本研究欲探討之項目分為(1)環境相關變數(天氣環境、道路幾何、行車動態)對於單一駕駛失誤、失誤組合、不當變換車道事件之影響，以及(2)了解環境變結合駕駛失誤對不當變換車道事件之影響。

本研究分別以雙變量普羅比回歸模型及工具變數普羅比回歸模型分析環境變數、失誤、不當變換車道事件之相互關係。如表 4.1 所示，本研究之應變數不當變換車道事件(Y2)包含觸發未保持安全距離之警示及於變換車道過程中剎車之事件，而應變數駕駛失誤(Y1)則分為單一失誤與失誤組合。自變數環境因素(X)則包含光線(日夜)、天氣(雨天)、他車互動(行車動態)、道路幾何(車道數、寬度、長度、面積、轉彎半徑、爬坡百分率、道路屬性、路段種類)。

表 4.1 分析模型與變數

模型		雙變量普羅比回歸模型 Bivariate probit regression model	工具變數普羅比回歸模型 Extended probit regression model
分析單位		事件	
應變數	第二階 (Y2)	Y21: 觸發未保持安全距離之變換車道事件 Y22: 與過程中煞車之變換車道事件	
	第一階 (Y1)	Y11: 單一失誤 (+ 環境變數) Y12: 失誤組合 (+ 環境變數)	
自變數 (X)	天氣環境	日夜、雨天	
	他車互動	行車動態	
	道路幾何	車道數、寬度、長度、面積、轉彎半徑、爬坡百分率、道路屬性、路段種類	

單一失誤包含無查看照後鏡(失誤 1、失誤 3)、過晚開啟/過早關閉方向燈(失誤 4、失誤 8)、未與原始/目標車道前車保持安全距離(失誤 5、失誤 6)、分心(失誤 2、失誤 7、失誤 9)等九種失誤。而失誤組合則是本研究自累計發生次數前十名之組合中，尋找對應無查看照後鏡、過晚開啟/過早關閉方向燈、未與原始/目標車道前車保持安全距離、分心等失誤類型之常見組合。

本研究所提出的 9 種失誤類型可依照其特性，區分為觀察時機錯誤、行動時機錯誤、未保持安全距離、分心等四大類。觀察前述前十種常見失誤組合，可依照失誤組合的特

性歸納出屬於行動時機錯誤的「失誤組合五:方向燈操作時機錯誤」、「失誤組合七:觀察時機有誤且方向燈操作時機有誤」、「失誤組合十:未保安距且方向燈操作時機有誤」;屬於未保持安全距離的「失誤組合九:過晚開啟方向燈且未保持安全距離」;屬於分心的「失誤組合二:觀察與行動時機有誤且分心」、「行動時機有誤且分心」。

由表 4.2 可見，失誤組合九為發生未與原始及目標車道前車保持安全距離之失誤，失誤組合五、七、十則包含過晚開啟及過早關閉方向燈之失誤，而失誤組合二及四則於考慮變換車道、觀察環境、執行變換車道等三個階段發生分心失誤。

表 4.2 對應過晚開啟/過早關閉方向燈、未保持安全距離、分心之常見失誤組合

			常見失誤組合									
階段	失誤編號	失誤類型	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
考慮變換車道階段	1	觀察時機錯誤										
	2	分心										
觀察環境階段	3	觀察時機錯誤										
	4	行動時機錯誤										
	5	原始車道未保安距										
	6	目標車道未保安距										
	7	分心										
執行變換車道階段	8	行動時機錯誤										
	9	分心										
總計件數			43	17	15	15	15	14	13	64	62	56
百分比			14	5.8	5.1	4.9	4.9	4.6	4.5	2.1	2.0	1.8

在分別對應人、車、路的駕駛失誤、行車動態以及道路幾何變數中，本研究為了比較單使用行車動態或道路幾何變數，或是結合多種類別之變數，如駕駛失誤與行車動態或道路幾何變數，是否會影響對駕駛人產生不當變換車道事件的估計結果，故本研究嘗試將駕駛失誤、行車動態、道路幾何三種變數類別分別放入與一起放入模型中，並觀察其對不當變換車道事件之影響。

根據模型結果之似然函數，依序討論與比較駕駛失誤、行車動態以及道路幾何等因素對單一失誤及失誤組合的解釋程度，模型結果之似然函數整理於表 4.3 與表 4.4。

綜合單一失誤與失誤組合之模式結果，可發現單一失誤之模型中使用「道路幾何」與「道路幾何+單一失誤」、「行車動態」與「行車動態+單一失誤」之似然函數極為相似，而無論是搭配駕駛失誤或單獨以行車動態估計環境變數對不當變換車道事件的影響，其解釋力皆優於以道路幾何作為自變數的分析結果。

綜合上述發現，本研究認為對應人、車、路之變數彼此間可能互相影響，故在估計環境變數對不當變換車道事件之影響時，應該同時納入道路幾何、他車互動以及失誤或失誤組合，才能較完整的了解各變數間的關聯。而行車動態與道路幾何皆會影響失誤及不當變換車道事件增加，其中行車動態搭配駕駛失誤之組合最容易導致不當變換車道事件產生。

表 4.3 單一失誤之模型似然函數結果

		自變數			
變換車道階段	失誤編號	道路幾何	行車動態	道路幾何+單一失誤	行車動態+單一失誤
考慮變換車道階段	失誤 1：觀察時機錯誤	-2582.05	-2512.50	-2585.13	-2535.02
	失誤 2：分心	-2238.20	-2162.43	-2238.44	-2162.38
觀察環境階段	失誤 3：觀察時機錯誤	-594.41	-524.87	-594.25	-524.87
	失誤 4：行動時機錯誤	-957.96	-902.27	-955.02	-902.49
	失誤 5： 未與原始車道前車保持安全距離	-2198.21	-1252.18	-2198.03	-1252.06
	失誤 6： 未與目標車道前車保持安全距離	-1700.21	-927.95	-1700.20	-926.68
	失誤 7：分心	-2230.83	-2156.34	-2231.73	-2156.22
執行變換車道階段	失誤 8：行動時機錯誤	-2084.77	-2006.17	-2084.59	-2006.13
	失誤 9：分心	-2189.88	-2115.37	-2190.80	-2115.26

表 4.4 失誤組合之模型似然函數結果

		自變數			
失誤分類	失誤組合編號	道路幾何	行車動態	道路幾何+失誤組合	行車動態+失誤組合
行動時機錯誤	失誤組合五： 方向燈操作時機有誤	-1047.59	-979.43	-1047.26	-979.06
	失誤組合七： 觀察時機有誤且方向燈操作時機有誤	-1011.62	-941.81	-1011.61	-942.31
	失誤組合十： 未保安距且方向燈操作時機有誤	-729.80	-660.91	-729.79	-660.27
未保持安全距離	失誤組合九： 過晚開啟方向燈且未保持安全距離	-748.47	-675.63	-747.57	-675.87
分心	失誤組合二： 觀察與行動時機有誤且分心	-1128.31	-1056.02	-1128.06	-1055.15
	失誤組合四： 行動時機有誤且分心	-1057.45	-987.64	-1057.43	-986.79

4.2 單一失誤

本小節將就各變數之係數正負、大小、顯著程度進行比較與討論，並闡述以單一失誤作為第一階應變數，並使用 Bivariate probit model 與 Extended probit model 分析自變數對單一失誤以及自變數與單一失誤(第一階應變數)對不當變換車道事件(第二階應變數)的影響。依前述章節所解釋，單一失誤可分為「無查看照後鏡」、「方向燈操作時機」、「未與前車保持安全距離」、「分心」等四種方面。

根據前一小節之發現，相較於道路幾何，行車動態搭配駕駛失誤之組合更容易導致不當變換車道事件產生。因此本研究將影像「無查看照後鏡」、「方向燈操作時機」、「未與前車保持安全距離」、「分心」等四大類型失誤產生之行車動態種類整理於表 4.5。

在搭配無查看照後鏡之相關失誤下可由表 4.6 模型結果觀察到，行車動態 3、行車動態 4、行車動態 7 顯著影響觸發未保持安全距離警示之不當變換車道事件的產生，三種行車動態之共同點為目標車道後方皆有來車，而原始車道與目標車道至少一邊有前車。因駕駛人常在目標車道前後車間距不充裕之情況下，依舊選擇變換車道，或當目標車道有來車時，駕駛人為搶先來車抵達前完成變換車道，故於加速變換車道後觸發未保持安全距離之警示。此外，由行車動態 3 對駕駛人發生無查看照後鏡失誤之係數亦為正且顯

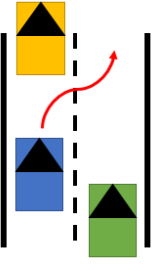
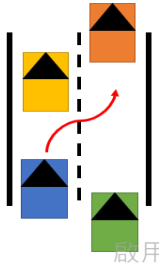
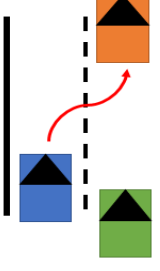
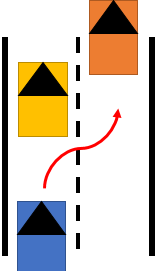
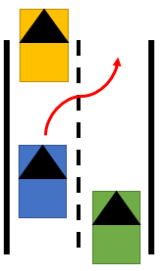
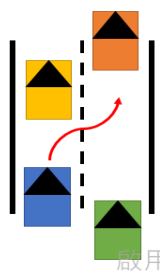
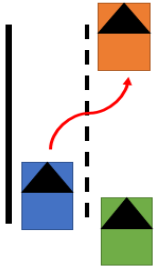
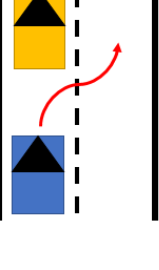
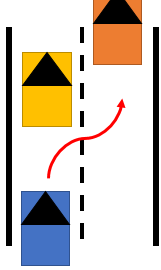
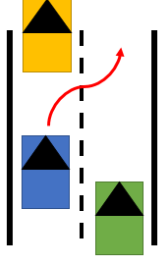
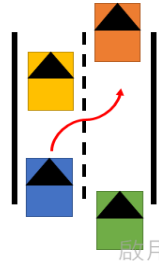
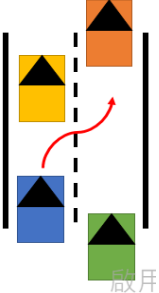
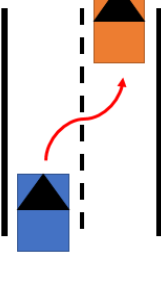
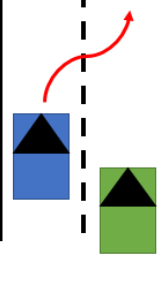
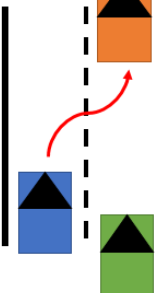
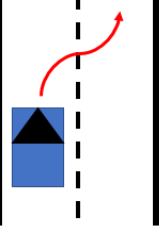
著之結果亦可推測駕駛人為搶先目標車道來車抵達前完成變換車道，故於原始車道加速時觸發未保持安全距離之警示。

方向燈操作時機之相關失誤(失誤 4、失誤 8)則可由表 4.7 模型結果觀察到，在搭配方向燈操作時機之失誤時，行車動態 2、行車動態 3、行車動態 4、行車動態 7、爬坡、有輔助車道以及轉彎皆會影響不當變換車道事件，且多數變數呈顯著影響。然而造成過晚開啟方向燈之行車動態卻與影響不當變換車道事件發生之類型完全不同，在只有原始車道有前車(行車動態 1)或目標車道有來車(行車動態 6)時，才顯著影響過晚開啟方向燈此失誤發生。行車動態 1 與行車動態 6 呈現車流量相對較小之行車狀態，而駕駛人亦可能因此較疏忽於變換車道前及時開始方向燈以提醒後方來車。此外夜晚對駕駛人發生提早關閉方向燈之失誤亦有顯著影響，推測亦因夜間車流量較少，駕駛人於使用方向燈告知他車其動向上較為草率。

未保持安全距離之相關失誤包含未與原始車道或目標車道前車保持安全距離(失誤 5、失誤 6)。根據表 4.8 之模型結果，行車動態 1、行車動態 2、行車動態 3、行車動態 4、爬坡之係數皆為正且顯著，且由係數大小可知當原始車道有前車且目標車道有後車時，駕駛人最易於原始車道產生未保持安全距離之失誤，而當車道數超過三車道時，則易於目標車道發生未保持安全距離之失誤。在搭配未保持安全距離之變數時，行車動態 4 與行車動態 7 皆顯著影響不當變換車道事件發生，即目標車道有前車及來車時駕駛人易觸發未保持安全距離警示。推測與駕駛人常在目標車道前後車間距不充裕之情況下，依舊選擇變換車道有關。

分心之相關失誤包含分別於考慮變換車道階段(失誤 2)、觀察環境階段(失誤 7)以及執行變換車道階段(失誤 9)執行次要任務之失誤。根據表 4.9 之模型結果，推測駕駛人於交通壅擠(行車動態 4)或周遭車輛較少(行車動態 5、行車動態 6、行車動態 7、行車動態 8)之情況下容易放鬆警戒並一心二用。而同時考慮駕駛人是否分心的前提下，從環境變數對不當換車道之影響結果可觀察到，行車動態 3、行車動態 4、行車動態 7 之係數皆為正且顯著，即在目標車道後方有來車之情況下，駕駛人較容易發生觸發未保持安全距離警示之變換車道事件。

表 4.5 搭配單一失誤影響不當變換車道事件之主要他車互動(行車動態)類型

	行車動態			
無查看照後鏡	行車動態 3	行車動態 4	行車動態 7	
				
方向燈操作時機	行車動態 2	行車動態 3	行車動態 4	行車動態 7
				
未保持安全距離	行車動態 1	行車動態 2	行車動態 3	行車動態 4
				
分心	行車動態 4	行車動態 5	行車動態 6	行車動態 7
				
	行車動態 8			
				

經本研究比較各單一失誤對觸發未保持安全距離警示以及於過程中剎車之不當變換車道事件產生之影響，綜合表 4.6 至表 4.9 可觀察到，未與前車保持安全距離之失誤（失誤 5、失誤 6）對不當變換車道事件的影響如同預期，會影響觸發警示之變換車道事件增加。而過早關閉方向燈（失誤 8）亦會影響觸發警示之變換車道事件增加，推測可能駕駛人於目標車道前後車輛間距不夠充裕的情況下，依舊切換車道，故使得操作方向燈的時間過於倉促，導致失誤發生且觸發未保持安全距離警示。而分心相關失誤之系數為負且顯著，推測駕駛人於周遭車輛較少之情況下容易一心二用，但也因此較不容易於變換車道時觸發未保持安全距離警示。

表 4.6 無查看照後鏡相關失誤之模型分析結果

模型	biprobit		biprobit		eprobit		eprobit	
第二階應變數	Y21		Y22		Y21		Y22	
觀察值	3095		3095		3095		3095	
	係數		係數		係數		係數	
單一失誤								
失誤 1/失誤 3	0.002	0.737	0.233	1.304	0.002	0.737	2.470***	4.344***
他車互動								
行車動態 2	NA	0.734***	NA	0.540**	NA	0.734***	NA	0.527**
行車動態 3	0.675***	0.790***	0.022	0.094	0.675***	0.790***	-0.191***	0.006
行車動態 4	1.057***	1.176***	0.382**	0.558***	1.057***	1.176***	0.015	0.521***
行車動態 7	0.725***	0.846***	-0.216	-0.341	0.725***	NA	-0.255	-0.164
道路幾何								
車道數>3	0.087	NA	0.557***	NA	0.067	NA	0.222***	NA
輔助車道	NA	0.163	NA	-0.144	NA	0.163	NA	0.169
爬坡	0.281**	0.287**	0.978***	1.110***	0.281**	0.287**	0.101	1.028***
轉彎	0.025	0.018	0.055	-0.051	0.025	0.018	0.064	-0.999
_con	-2.334***	-2.448***	-2.795***	-2.623***	-2.333**	-2.448***	-2.418***	-2.545***
第一階應變數	失誤 1/失誤 3		失誤 1/失誤 3		失誤 1/失誤 3		失誤 1/失誤 3	
他車互動								
行車動態 3	0.206***	NA	0.206***	NA	0.206***	NA	0.197***	NA
行車動態 4	0.037	NA	0.038	NA	0.037	NA	0.018	NA
行車動態 7	0.074	NA	0.074	NA	0.074	NA	0.061	NA
道路幾何								
車道數>3	-0.157**	NA	-0.158**	NA	-0.157**	NA	-0.227***	NA
輔助車道	NA	0.257	NA	0.284	NA	0.257	NA	0.550***
爬坡	0.104	0.106	0.104	0.094	0.104	1.06	-0.005	-0.54
轉彎	-0.069	0.031	-0.069	0.025	-0.069	0.031	-0.077*	-0.074
_con	-0.081**	-2.462***	-0.081*	-2.460***	-0.081*	-2.462***	-0.045	-2.398***

備註：P-value < 0.1*；P-value < 0.05**；P-value < 0.01***

表 4.7 方向燈操作時機有誤相關失誤之模型分析結果

模型	biprobit		biprobit		eprobit		eprobit	
第二階應變數	Y21		Y22		Y21		Y22	
觀察值	3095		3095		3095		3095	
	係數		係數		係數		係數	
單一失誤								
失誤 4/失誤 8	-0.305	-0.334	-1.065	0.486	-0.305	0.333	-1.065	-0.786
天氣環境								
日夜	NA	-0.038	NA	NA	NA	-0.038	NA	-0.174
他車互動								
行車動態 2	0.713***	0.721***	0.533**	0.524**	0.713***	0.721***	0.533**	0.501**
行車動態 3	0.775***	0.772***	0.073	0.104	0.775***	0.772**	0.073	0.058
行車動態 4	1.158***	1.173***	0.508**	0.536***	1.158***	1.173***	0.508***	0.489**
行車動態 7	0.828***	0.839***	-0.143	-0.15	0.828***	0.839***	-0.143	-0.2
道路幾何								
輔助車道	0.139	0.173	-0.275	NA	0.139	0.173	-0.275	-0.129
爬坡	0.293**	0.279**	1.129***	1.031***	0.293**	0.279**	1.129***	1.127***
轉彎	0.0198	0.015	-0.038	-0.03	0.02	0.016	-0.038	-1.141
_con	-1.140	-2.450***	-0.605	-1.657***	-2.14	-2.499***	-1.605	-2.283**
第一階應變數	失誤 4/失誤 8		失誤 4/失誤 8		失誤 4/失誤 8		失誤 4/失誤 8	
天氣環境								
日夜	NA	0.167***	NA	NA	NA	0.167***	NA	0.167***
他車互動								
行車動態 1	0.458**	NA	0.465**	NA	0.458**	NA	0.465**	NA
行車動態 5	0.274	NA	0.272	NA	0.274	NA	0.271	NA
行車動態 6	0.307***	NA	0.308***	NA	0.307***	NA	0.308***	NA
行車動態 8	0.103	NA	0.089	NA	0.103	NA	0.089	NA
道路幾何								
輔助車道	-0.411***	-0.056	-0.409***	NA	-0.411***	-0.056***	-0.409***	-0.557
爬坡	0.058	0.151**	0.062	0.159**	0.058	0.151**	0.062	0.151**
轉彎	0.02	0.019	0.021	0.019	0.02	0.019	0.021	0.188
_con	1.624***	-0.872***	1.623***	-0.796***	1.624***	-0.872***	1.623***	-0.872***

表 4.8 未保持安全距離相關失誤之模型分析結果

模型	biprobit		biprobit		eprobit		eprobit	
第二階應變數	Y21		Y22		Y21		Y22	
觀察值	3095		3095		3095		3095	
	係數		係數		係數		係數	
單一失誤								
失誤 5/失誤 6	0.687	0.629	-0.531	0.646	0.687	0.629	-5.31	0.646
他車互動								
行車動態 1	0.378	0.890***	-0.152	-0.683	0.378	0.890***	-0.152	-0.683
行車動態 2	0.462	0.509	0.926	-0.041	0.462	0.509	0.926	-0.041
行車動態 3	0.555	1.0553***	0.473	0.058	0.555	1.055***	0.473	0.058
行車動態 4	0.980**	1.033***	0.888*	-0.041	0.980*	1.032***	0.888*	-0.041
行車動態 5	NA	-0.192	NA	-0.462	NA	-0.162	NA	-0.462
行車動態 7	1.197***	0.616***	-0.183	-0.587	1.197	0.616***	-0.183	-0.587
道路幾何								
車道數>3	NA	0.008	NA	0.514***	NA	0.008	NA	0.514***
爬坡	0.209	0.243**	1.115***	1.033***	0.209	0.243**	1.115***	1.033***
_con	2.789***	-2.682***	-2.560***	-2.721***	-2.789***	-2.682***	-2.561***	-2.721***
第一階應變數	失誤 5/失誤 6		失誤 5/失誤 6		失誤 5/失誤 6		失誤 5/失誤 6	
他車互動								
行車動態 1	0.209	-1.431***	2.515***	-1.432***	2.515***	-1.431***	2.515***	-1.432***
行車動態 2	2.890***	1.818***	2.898***	1.819***	2.890***	1.818***	2.898***	1.819***
行車動態 3	2.492***	-1.311***	2.491***	-1.313***	2.492***	-1.311***	2.491***	-1.313***
行車動態 4	2.515***	1.348***	2.517***	1.318***	2.515***	1.348***	2.517***	1.348***
道路幾何								
車道數>3	NA	0.372***	NA	0.373***	NA	0.372***	NA	0.373***
爬坡	0.284***	-0.014	0.286***	-0.016	0.284***	-0.014	0.286***	-0.016
_con	-2.142***	-1.274***	-2.143***	-1.274***	-2.142***	-1.274***	-2.143***	-1.274***

表 4.9 分心相關失誤之模型分析結果

模型	biprobit			biprobit			erobit			erobit		
第二階應變數	Y21			Y22			Y21			Y22		
觀察值	3095			3095			3095			3095		
	係數			係數			係數			係數		
失誤 2/7/9	-1.802***	-1.935***	-1.849***	-1.883***	1.183**	-1.129**	-1.839***	-2.001***	-1.895***	-1.883***	-1.182**	-1.129**
他車互動												
行車動態 2	0.016	0.059	0.006	0.033	0.315	0.326	NA	NA	NA	0.033	0.315	0.326
行車動態 3	0.226**	0.252**	0.269***	-0.059	0.042	0.069	0.162**	0.140**	0.192***	0.059	0.042	0.069
行車動態 4	0.512***	0.395***	0.327**	0.198	0.404**	0.404**	0.334***	0.271***	0.243***	0.198	0.404**	0.404*
行車動態 7	0.463***	0.476***	0.487***	0.125	-0.003	-0.000	0.401***	0.367***	0.416***	0.125	-0.003	-0.000
道路幾何												
輔助車道	NA	0.063	0.131	NA	-0.041	-0.038	NA	0.065	0.13	NA	-0.042	-0.038
爬坡	0.108	0.093	0.114**	0.514**	0.888***	0.940***	0.106	0.08	0.123	0.514**	0.888***	0.940***
轉彎	NA	NA	0.038	NA	NA	-0.034	NA	NA	NA	NA	NA	-0.034
_con	-0.790***	-0.814***	-0.863***	-1.056***	-1.885***	-1.973***	-0.717***	-0.681***	-0.777***	-1.056***	-1.885***	-1.973
第一階應變數	失誤 2/失誤 7/失誤 9			失誤 2/失誤 7/失誤 9			失誤 2/失誤 7/失誤 9			失誤 2/失誤 7/失誤 9		
他車互動												
行車動態 1	0.065	0.073	0.031	0.354**	0.354**	0.295**	0.063	0.052	0.049	0.354**	0.354**	0.295*
行車動態 2	-0.018	0.073	-0.050	-0.003	0.137	0.059	NA	NA	NA	-0.003	0.137	0.059
行車動態 3	0.231*	0.041	0.266**	0.24	0.350***	0.358***	0.191**	0.160**	0.226***	0.24	0.350***	0.358***
行車動態 4	0.287*	0.238**	0.123	0.280*	0.312**	0.214	0.248**	0.141	0.081	0.280*	0.312**	0.214
行車動態 5	0.521***	0.276	0.211	0.458*	0.479***	0.423**	0.478**	0.153***	0.159***	0.458*	0.479***	0.423**
行車動態 6	0.338***	0.384***	0.343***	0.330**	0.471***	0.447***	0.274***	0.249***	0.267***	0.330**	0.471***	0.447***
行車動態 7	0.483***	0.791***	0.485***	0.481***	0.585***	0.584***	0.444***	0.391***	0.441***	0.481***	0.585***	0.584***
行車動態 8	0.373***	0.408***	0.323**	0.261	0.434***	0.547**	0.317***	0.288***	0.285***	0.261	0.434***	0.347**
道路幾何												
車道數>3	0.012	NA	NA	-0.143**	NA	NA	0.024	NA	NA	-0.143**	NA	NA
輔助車道	NA	0.031	0.098	NA	0.025	0.101	NA	0.021	0.0888	NA	0.025	0.101
爬坡	-0.019	-0.01	0.0089	0.007	-0.031	0.015	-0.036	-0.038	0.001	0.007	-0.031	0.015
_con	-0.914***	-0.936***	-0.949***	-0.896***	-1.026***	-1.054***	-0.872***	-0.832***	-0.901***	-0.896***	-1.026***	-1.054***

4.3 失誤組合

本研究認為駕駛人於實際行駛狀態中，通常發生不只一個失誤，且經影片核實後，統計亦顯示駕駛人於同一件變換車道事件中，絕大多數駕駛人發生多個失誤。因此本研究將從常見的前十種失誤組合中，對應「方向燈操作時機有誤」、「未保持安全距離」、「分心」等方面之失誤，選定共計六種失誤組合作為第一階應變數。各失誤組合所包含的失誤類型如表 4.10 所示，表中「0」代表失誤組合含該種失誤類型。

本研究同樣使用 Bivariate probit model 與 Extended probit model 分析自變數對失誤組合以及自變數與失誤組合(第一階應變數)對不當變換車道事件(第二階應變數)的影響。接著就各變數之係數正負、大小、顯著程度進行比較與討論。

表 4.10 對應「方向燈操作時機有誤」、「未保持安全距離」、「分心」之失誤組合

		失誤類型								
失誤分類	失誤組合編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
行動 時機 錯誤	失誤組合五： 方向燈操作時機有誤				0				0	
	失誤組合七： 觀察時機有誤且方向燈操作時機有誤	0			0				0	
	失誤組合十： 未保安距且方向燈操作時機有誤				0	0			0	
未保持 安全距離	失誤組合九： 過晚開啟方向燈且未保持安全距離				0	0	0			
分心	失誤組合二： 觀察與行動時機有誤且分心	0	0		0			0		0
	失誤組合四： 行動時機有誤且分心		0		0			0		0

失誤組合五、失誤組合七、失誤組合十皆包含過晚開啟方向燈及過早關閉方向燈之失誤。對失誤組合五而言，夜晚、爬坡與轉彎亦皆會影響該種失誤組合發生；而有輔助車道及轉彎則可能使得失誤組合七產生；當車道數大於 3 與有爬坡時則影響駕駛人出現失誤組合十。

由表 4.11 模型結果可觀察到，當駕駛人出現操作方向燈時機有誤相關失誤組合時，原始車道有前車且無論目標車道是否有前車或後車，皆會顯著影響不當變換車道事件發生。由行車動態 4 之係數大小可知，當原始車道有前車且目標車道有前車與來車時，最容易發生方向燈操作時機之相關失誤。推測可能駕駛人於目標車道前後車輛間距不夠充

裕的情況下，依舊切換車道，故使得操作方向燈的時間過於倉促，導致連續發生過晚開啟與過早關閉方向燈之失誤。

失誤組合九則含有未與原始車道及目標車道前車保持安全距離之失誤。根據表 4.12 模型結果，車道數大於 3 與有爬坡之係數亦為正，即在車道數多或爬坡路段時，無論目標車道後方有無來車，駕駛人皆可能產生未保持安全距離之不當變換車道事件。雖然行車動態 1、行車動態 2、行車動態 3、行車動態 4、行車動態 5、行車動態 7 對不當變換車道事件之影響皆符合預期，其係數皆為正且顯著，但失誤組合九之係數為負且顯著。故可推測當車輛量較少時，駕駛人雖依舊可能出現未保持安全距離之警示，但不易出現觸發警示之變換車道事件。根據行車動態 4 係數大小與顯著性可發現，相較於其他行車動態，當原始車道有前車且目標車道有前車與來車時，駕駛較容易產生發生未保持安全距離失誤。可推測當交通壅擠時，難以維持與前車保持 40 公尺之間距，故於影片核實階段被紀錄出現未保持安全距離失誤。

失誤組合二與失誤組合四則為發生不只一個分心相關失誤的組合，而參考表 4.2 可發現駕駛人出現分心失誤時，通常會持續一整個變換車事件的時間。推測因為分心失誤之定義為執行次要任務，而駕駛人完成次要任務的時間通常長於完成變換車道所需的時間。根據表 4.13 模型結果，當原始車道有前車且目標車道有前後車(行車動態 4)時，對駕駛人產生失誤組合二的影響相較其他行車動態小且不顯著，推測於交通壅塞狀態下，駕駛須隨時注意前方車輛的移動狀況並隨之跟進，故駕駛人雖較無須查看照後鏡但難以一心二用。而有目標車道有前車(行車動態 5)之情況，如同預期會影像失誤組合四的產生，但推測因具該種行車動態之事件數過少導致顯著性最低。

綜整各失誤組合對不當變換車道事件產生的影響，由表 4.11 至表 4.13 可發現失誤組合五、失誤組合七對不當變換車道事件影響符合本研究預期駕駛人於間距不夠充裕的情況下依舊切換車道，使得變換車道時間倉促導致開啟與關閉方向燈時機出現錯誤且影響顯著，而失誤組合十亦符合預期但不顯著。此外，本研究預期駕駛人多於車流量較小時易發生因執行次要任務而分心之失誤，但因不當變換車道事件之條件為觸發未保持安全距離警示，故推測當分心失誤越多時，不代表不當變換車道事件會增加。而失誤組合二對不當變換車道事件影響則符合本研究的預期且顯著，失誤組合四雖不符合預期但不顯著。

表 4.11 操作方向燈時機有誤相關失誤組合之模型分析結果

模型	biprobit			biprobit			eprobit			eprobit		
第二階應變數	Y21			Y22			Y21			Y22		
觀察值	3095			3095			3095			3095		
	係數			係數			係數			係數		
失誤組合 5/7/10	3.024***	2.692***	0.266	-1.581***	-0.902	3.901***	3.024***	2.692***	0.267	-1.581***	-0.902	3.901***
天氣環境												
日夜	-0.034	NA	NA	0.006	NA	NA	-0.034	NA	NA	0.006	NA	NA
他車互動												
行車動態 2	0.684***	0.687***	0.953***	0.189*	0.545**	0.413*	0.684***	0.687***	0.953***	0.189*	0.545**	0.413*
行車動態 3	0.756***	0.762***	1.009***	-0.027	0.088	0.113	0.756***	0.732***	1.009***	-0.027	0.088	0.113
行車動態 4	1.075***	1.125***	1.393***	0.170**	0.541***	0.570***	1.075***	1.125***	1.393***	0.170**	0.541***	0.570***
行車動態 7	0.817***	0.828***	1.027***	-0.119	-0.149	-0.163	0.817***	0.828***	1.057***	-0.119	-0.149	-0.163
道路幾何												
輔助車道	0.193	0.11	0.181	0.332*	-0.119	-0.142	0.193	0.11	0.181	-0.332*	-0.119	-0.142
爬坡	0.260**	0.292**	0.260**	0.479***	1.111***	1.029***	0.260**	0.292**	0.26**	0.479***	1.111***	1.029***
轉彎	0.022	0.032	0.015	0.049	-0.059	-0.141	0.022	0.032	0.015	0.049	-0.059	-0.141
_con	-2.416***	-2.441***	-2.658***	-1.657***	-23603***	-2.509***	-2.416***	-2.441***	-2.657***	-1.657***	-2.603***	-2.509***
第一階應變數	失誤組合 5/7/10			失誤組合 5/7/10			失誤組合 5/7/10			失誤組合 5/7/10		
天氣環境												
日夜	0.073	NA	NA	0.073	NA	NA	0.073	NA	NA	0.073	NA	NA
道路幾何												
車道數>3	NA	NA	0.048	NA	NA	0.191	NA	NA	0.048	NA	NA	0.191
輔助車道	-0.412**	0.092	-0.147	-0.798**	0.137	-0.296	-0.412**	0.092	-0.147	-0.498**	0.137	-0.296
爬坡	0.034	-0.265*	0.055	0.014	-0.238*	-0.096	0.034	-0.265*	0.054	0.014	-0.237*	-0.096
轉彎	0.098	0.055	-0.070	0.118	0.032	-0.168	0.098	0.055	-0.070	0.118	0.032	-0.138
_con	-1.741***	-1.714***	-2.058***	-1.748***	-1.705***	-2.013***	-1.741***	-1.714***	-2.058***	-1.748***	-1.705***	-2.013***

表 4.12 未保安距相關失誤組合之模型分析結果

模型	biprobit	biprobit	eprobit	eprobit
第二階應變數	Y21	Y22	Y21	Y22
觀察值	3095	3095	3095	3095
	係數	係數	係數	係數
失誤組合				
失誤組合 9	-1.328***	-4.824	-1.323***	-4.824
他車互動				
行車動態 1	0.492***	-0.426	0.492***	-0.426
行車動態 2	0.646***	0.399**	0.646***	0.399**
行車動態 3	0.668***	0.18	0.668***	0.18
行車動態 4	1.057***	0.501***	1.057***	0.506***
行車動態 5	0.124	-0.034	0.124	-0.034
行車動態 7	0.641***	-0.081	0.641***	-0.081
道路幾何				
車道數>3	0.08	0.367***	0.08	0.367***
爬坡	0.12	0.573***	0.12	0.573***
_con	-2.113***	-2.119***	-2.113***	-2.119***
第一階應變數	失誤組合 9	失誤組合 9	失誤組合 9	失誤組合 9
他車互動				
行車動態 1	0.062	0.089	0.062	0.089
行車動態 2	0.233	0.229	0.233	0.229
行車動態 3	0.227*	0.205*	0.227*	0.205*
行車動態 4	0.517***	0.449***	0.517***	0.449***
道路幾何				
車道數>3	0.055	0.208	0.055	0.208
爬坡	-0.151	-0.117	-0.151	-0.117
_con	-2.181***	-2.201***	-2.181	-2.2001***

表 4.13 分心相關失誤組合之模型分析結果

模型	biprobit		biprobit		erobit		erobit	
第二階應變數	Y21		Y22		Y21		Y22	
觀察值	3095		3095		3095		3095	
	係數		係數		係數		係數	
失誤組合								
失誤組合 2/4	-1. 769*** 1. 875		-1. 794*** -4. 844		-1. 769** 1. 875		-1. 794*** -4. 844	
他車互動								
行車動態 2	0. 446*** NA		0. 350** NA		0. 446*** 0. 660***		0. 350** NA	
行車動態 3	0. 356*** 0. 660***		0. 064 -0. 059		0. 356** 1. 030***		0. 064 -0. 059	
行車動態 4	0. 432*** 1. 029***		-0. 091 0. 237**		0. 532*** 0. 7005***		-0. 091 0. 237**	
行車動態 7	0. 347** 0. 701***		-0. 029 0. 042		0. 347*** 0. 295**		-0. 019 0. 042	
道路幾何								
輔助車道	0. 181 NA		0. 051 NA		0. 181 NA		0. 051 NA	
爬坡	0. 12 0. 295**		0. 435*** 0. 495***		0. 119* 0. 295**		0. 435*** 0. 495***	
轉彎	0. 068 0. 002		-0. 079** -0. 061*		0. 07 0. 002		-0. 079** -0. 061*	
_con	-1. 612*** -2. 310***		-1. 523*** -1. 600***		-1. 613*** -2. 310***		-1. 523*** -1. 600***	
第一階應變數	失誤組合 2/4		失誤組合 2/4		失誤組合 2/4		失誤組合 2/4	
他車互動								
行車動態 1	0. 559 1. 050***		0. 479 0. 683*		0. 559 1. 050***		0. 479 0. 683*	
行車動態 2	1. 008*** 0. 920**		0. 619 0. 207		1. 001*** 0. 920**		0. 619 0. 207	
行車動態 3	0. 840** 0. 681*		0. 47 0. 324		0. 841** 0. 681*		0. 47 0. 324	
行車動態 4	0. 311 0. 872**		-0. 331 0. 477		0. 312 0. 872**		-0. 033 0. 477	
行車動態 5	0. 753** 0. 722*		0. 406 0. 278		0. 748** 0. 822*		0. 406 0. 278	
行車動態 6	0. 879*** 0. 797**		0. 46 0. 42		0. 882*** 0. 797**		0. 46 0. 42	
行車動態 7	0. 767** 0. 857**		0. 373 0. 426		0. 768** 0. 857**		0. 373 0. 426	
行車動態 8	0. 863** 0. 846**		0. 316 0. 318		0. 857*** 0. 846**		0. 315 0. 318	
道路幾何								
輔助車道	0. 141 NA		0. 122 NA		0. 143 NA		0. 122 NA	
_con	-2. 370*** -2. 447***		-1. 998*** -2. 044		-2. 372*** -2. 446***		-1. 998*** -2. 044***	

第五章 結論與建議

本研究使用公路汽車客運的運數位行車紀錄器與動態行車影像資料，探討包含天氣環境、他車互動、道路幾何等環境因素對駕駛失誤以及不當變換車道事件之影響。除了透過數位行車紀錄器篩選不當變換車道事件，亦建立一個用於影片核實的標準作業流程，自動態行車影像資料中觀察並記錄駕駛行為與失誤。於整併多種資料來源且與不當變換車道事件及人、車、路相關的變數後建立解釋模型。

本章節將彙整研究結果並提出研究相關之應用，亦針對後續研究提出建議。

5.1 結論

綜整本研究所討論之模型分析結果，可分為下列兩項主要發現：

1. 行車動態、道路幾何、駕駛失誤等因素皆會影響不當變換車道事件的產生，其中以行車動態搭配駕駛失誤對不當變換車道事件影響最大。
2. 駕駛人於變換車道過程中通常不只出現單一駕駛失誤，本研究亦發現並整理出國道客運駕駛於變換車道過程中常出現且對交通安全影響較大的失誤組合。

由模型配適度可發現，以行車動態為環境變數並估計其對駕駛失誤以及不當變換車道之影響優於使用道路幾何，故可確認行駛環境中的動態環境變化，如車輛間的互動較容易影響駕駛然產生失誤，且進一步造成不當變換車道事件發生。

本研究經數位行車紀錄器資料篩選並透過觀察動態行車影像資料，歸納出的常見失誤組合包含「觀察時機錯誤且未與前車保持安全距離」、「方向燈操作時機錯誤」、「變換車道全程執行次要任務」等。駕駛人容易過晚於變換車道前查看照後鏡或在目標車道前後車間距不充裕之情況下，依舊選擇變換車道；在目標車道有來車時，為搶先來車抵達前完成變換車道，而加速進行變換車道，導致當目標車道後方有來車時，駕駛極可能觸發未保持安全距離警示；駕駛人亦常出現過晚開啟方向燈或過早關閉方向燈，甚至於同一變換車道件中同時出現前述兩種失誤；於車流量相對較小，如夜間或前後較無其他車輛之行車狀態下，駕駛人較容易因疏忽於正確的時機操作方向燈以告知後方來車其動向，而出現過晚開啟方向燈與過早關閉方向燈之失誤。

根據本研究影片核實階段之觀察，駕駛人若於變換車道實執行次要任務，如飲食、使用耳機、講話、手舞足蹈等，通常會持續整個變換車道的過程。此外，本研究推測因所探討之分心失誤定義為執行次要任務，而駕駛人於周遭車輛較少之情況下容易一心二

用，但也因此較不容易於變換車道時觸發未保持安全距離警示，故使得分析結果顯示駕駛人出現與分心相關之單一失誤或失誤組合皆不會影響不當變換車道事件的增加。

本研究亦從資料處理過程中發現，駕駛人多容易因放鬆警戒或避免等待來車通過而發生失誤。例如，容易於週遭車輛較少時放鬆警戒並產生晚開啟方向、過早關閉方向燈、分心等失誤；當駕駛人察覺後方有來車時，為搶先來車抵達前完成變換車道，而加速進行變換車道，導致極可能觸發未保持安全距離警示。因此國內客運業者可根據本研究所歸納駕駛人容易發生失誤之因素，調整對駕駛人教育之重點。

5.2 建議

1. 行車紀錄器資料雖然包含車輛位置資訊，方便整併道路幾何資料，但於合併資料前須透過影像及電子地圖確保其經緯度等欄位資訊紀錄無誤，避免於合併後造成資料錯誤且影響研究。
2. 本研究進行影片核實前，為排除因多位編碼員而造成影片核實結果不一致，故建立標準作業流程亦進行一致性檢定。但因事件發生過程多元，且影像畫面有時難以文字描述，故建議後續研究進行人工影像核實時，於核實階段須持續進行一致性檢定並與編碼員討論，於必要時即早修正每項資訊之定義、條件、記錄方式等細節，以免造成資料錯誤或影響研究時程。
3. 本研究透過觀察原始車道有無前車、目標車道有無前/後車作為區分行車動態之依據，然而此方法單考慮兩車的距離，於未來研究中，若一同考量本車與他車之車速、車流量之多寡等因素，能精進行車動態的分類方法並找出最佳的危險情境。
4. 本研究因資料限制而只捕捉到間距不足仍變換車道的「於變換車道過程中觸發未保持安全距離警示」事件與逐漸逼近前車而「於變換車道過程中剎車」的事件。但不當變換車道的情境非常多元，如急遽橫向位移、短時間內急加速或急減速等，因此後續研究亦可考慮透過縱向及側向加速度資料捕捉其他不當變換車道情境，以更加完整了解環境因素對各種不當變換車道情境的影響。

參考文獻

- 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.
- Haddon Jr, W., 1973. Energy damage and the ten countermeasure strategies. *Human Factors*, 15(4), 355-366.
- Haddon Jr, W. , 1980. Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public health reports*, 95(5), 411.
- Hankey, J. M., Wierwille, W. W., Cannell, W. J., Kieliszewski, C. A., Medina, A., Dingus, T. A., and Cooper, L. M.
- Jane Stutts , John Feaganes, Donald Reinfurt , Eric Rodgmana, Charles Hamlett , Kenneth Gish , Loren Staplin (2005) Driver's exposure to distractions in their natural driving environment. *Accident Analysis and Prevention* 37, 1093-1101
- Julia Werneke, Mark Vollrath (2012) What does the driver look at? The influence of intersection characteristics on attention allocation and driving behavior. *Accident Analysis and Prevention* 45, 610-619
- Kristie L. Younga, Paul M. Salmonb, Michael G. Lennéa (2013) At the cross-roads: An on-road examination of driving errors at intersections. *Accident Analysis and Prevention* 58, 226-234
- Neville A. Stanton, Paul M. Salmon (2009) Human error taxonomies applied to driving: A generic driver error taxonomy and its implications for intelligent transport systems. *Safety Science* 47, 227-237
- Norman, D.A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological Review* 88 (1), 1-15.
- Panagiotis Papantoniou, George Yannis, Eleni Christofa (2019) Which factors lead to driving errors? A structural equation model analysis through a driving simulator experiment. *IATSS Research* 43, 44-50
- Reason, J., 1990. Human error. Cambridge university press.
- Rich C Mcilroy, Neville A Stanton (2015) A decision ladder analysis of eco-driving: the first step towards fuel-efficient driving behaviour. *Ergonomics* 58(6):1-17

- Salmon, P.M.,Regan, M.A.,Johnston, I. human error and road transport phase one – A
feamework for an error tolerant road transport system. 073262326X 58-66
- Salmon, P.M.,Regan, M.A.,Johnston, I. human error and road transport phase two – A
feamework for an error tolerant road transport system. 0732623278 33-42
- Shappell, S. A., Wiegmann, D. A. Human Factors Analysis of Postaccident Data Applyi.
- Shinar, D., 2007. Traffic Safety and Human Behavior, Elsevier, Amsterdam, The
Netherlands. DOT/FAA/AM-00/7
- Singh, S. (2018). Critical reasons for crashes investigated in the National Motor Vehicle
Crash Causation Survey. (Traffic Safety Facts Crash. Report No. DOT HS 812 506).
Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Stanton, N.A., Salmon, P. M. (2009). Human error taxonomies applied to driving: a
generic driver error taxonomy and its implications for intelligent transport systems.
Safety Science, 47(2), 227 237.
- 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.
- U.S. Department of Transportation. 2006. Report to Congress on the Large Truck Crash
Causation Study. MC-R/MC-RRA, March.
- University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI). 2006. Road
Departure Crash Warning System Field Operational Test Methodology and Results,
June.
- 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.
- 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.
- Wu, K., Aguero–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.
- Wu, K.F., and P.C. Thor, 2015. Method for Using Naturalistic Driving Study Data to
Analyze Rear-end Crash Sequences. The 95th Transportation Research Board Annual

Meeting. (1999). Identification and Evaluation of Driver Errors: Task C Report, Driver Error Taxonomy Development. FHWA Contract No. DTFH61 97 C 00051.

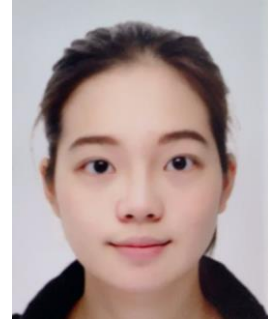
簡 歷

基本資料

中文姓名：施穎瑜

英文姓名：Ying-Yu Shih

聯絡信箱：hico1996@gmail.com



學歷

碩士：國立交通大學 運輸與物流管理學系（民國 109 年畢）

大學：國立嘉義大學 生物事業管理學系（民國 107 年畢）

高中：臺北市立復興高級中學（民國 103 年畢）