

國立陽明交通大學

運輸與物流管理學系

碩士論文

Department of Transportation and Logistics Management

National Yang Ming Chiao Tung University

Master Thesis

不同類型機車事故騎士受傷嚴重度分析

Analysis of Rider Injury Severity of Different Types of
Powered Two-Wheelers

研究生：史宸誌 (Shi, Chen-Zhi)

指導教授：吳宗修 (Woo, T. Hugh)

中華民國一一一年八月

August 2022

不同類型機車事故騎士受傷嚴重度分析

Analysis of Rider Injury Severity of Different Types of
Powered Two-Wheelers

研究生：史宸誌

Student : Chen-Zhi Shi

指導教授：吳宗修

Adivsor : T. Hugh Woo

國立陽明交通大學

陽明交大
運輸與物流管理學系

碩士論文

NYCU

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management
College of Management
National Yang Ming Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Traffic and Transportation

August 2022

Taiwan, Republic of China

中華民國一一年八月

國立陽明交通大學

博碩士論文紙本暨電子檔著作權授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之學位論文，為本人於國立陽明交通大學運輸與物流管理學系 交通運輸 組，
110 學年度第 2 學期取得碩士學位之論文。

論文題目：不同類型機車事故騎士受傷嚴重度分析

指導教授：吳宗修

一、紙本論文授權

紙本論文依著作權法第15條第2項第3款之規定辦理，「依學位授予法撰寫之碩士、博士論文，著作人已取得學位者...推定著作人同意公開發表其著作」。

二、論文電子檔授權

本人授權將本著作以非專屬、無償授權國立陽明交通大學、台灣聯合大學系統圖書館及國家圖書館。

| 論文全文上載網路公開之範圍及時間： | |
|-------------------|--------|
| 中英文摘要 | ■ 立即公開 |
| 本校及台灣聯合大學系統區域網路 | ■ 立即公開 |
| 校外網際網路及國家圖書館 | ■ 立即公開 |

說明：基於推動「資源共享、互惠合作」之理念與回饋社會及學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、光碟或數位化等各種方式收錄、重製與利用；於著作權法合理使用範圍內，讀者得進行線上檢索、閱覽、下載或列印。

授權人：史宸誌 (親筆簽名)

中華民國 111 年 09 月 05 日

國立陽明交通大學 碩士學位論文審定同意書

運輸與物流管理學系交通運輸碩士班 史宸誌 君

所提之論文

題目：(中文) 不同類型機車事故騎士受傷程度影響因素分析

(英文) Analysis of Rider Injury Severity of Different Types of
Powered Two-Wheelers

經學位考試委員會審查通過，特此證明。

學位考試委員會 (簽名)

口試委員：葉名山 (召集人)

吳昆峯

吳守修

論文已完成修改

指導教授 吳守修 (簽名)

系主任 盧宗成 (簽名)

中華民國 111 年 9 月 5 日

誌謝

很高興自己能順利完成論文，到口試為止經歷了不少的焦慮和困境，感謝一直以來給予支持的老師、朋友、與親人，有你們的關心是我繼續的動力。

非常感謝吳宗修老師兩年以來的指導，老師對於許多事物的看法都讓人耳目一新，不論是在交通的專業知識上，還是做人處事的道理，都會細細的分享他的經驗，或多或少也影響了我的價值觀，不只是作為傳授知識的教師，更是我人生的導師之一。也很感謝葉名山老師與吳昆峯老師擔任口試委員，願意利用假日的時間進行口試，具體地提出相當有參考性的改善建議，使我的論文更加完整。此外，也特別感謝實驗室的學長姐與幫助過我的同窗，在參與計畫與寫論文的功力還不足時給予提點和鼓勵，有你們在我才能快速地融入研究生地生活。

並且感謝從大學以來一直陪伴我的朋友們，一起度過了多年求學生涯，吃吃喝喝、騎車兜風、聚會辦派對都有你們，也會聊聊天談心事，總是能讓我忘記碰到困難時的憂慮和哀傷，這幾年真的是我最快樂的時光。

最後，感謝家人給我的照顧和鼓勵，每次回家都有家人對我近況的關心，我的疲累與心事都可以在家裡說出來，謝謝你們一直以來的包容，能支持我完成學業。

史宸誌 謹誌於

國立陽明交通大學 運輸與物流管理學系

中華民國一一一年八月

不同類型機車事故騎士受傷嚴重度分析

研究生：史宸誌

指導教授：吳宗修

國立陽明交通大學 運輸與物流管理學系 碩士班

摘要

近年來，台灣機車事故的狀況並不樂觀，民國 109 年共發生約 32 萬件機車涉入事故，比起民國 100 年增加了超過 11 萬件。實際上，不同車型的事故件數與事故率變化皆有所差異，然而過去的事故研究很少有將機車分類並探討各車型間的差異，此外，台灣近年各車型機車登記數的變化不小，有紅、黃牌重型機車大幅增加，以及綠牌以下輕型機車大幅減少的趨勢，可推測未來機車車型的組成會與現今差異甚大。本研究主要目的為探討不同機車車型事故的騎士受傷程度影響因素有何差異，補足過去缺乏相關研究的缺漏。透過蒐集整理民國 106 年至 109 年警政署《道路交通事故調查報告表》統計資料，將機車分為大型重型機車、普通重型機車與輕型機車，分別建立多項羅吉特模型與次序普羅比模型，探討影響各車型騎士受傷程度的風險因素，受傷程度由嚴重至輕微有死亡(30 日內)、受傷與未受傷三類。推估結果顯示酒駕、涉入大型車與道路速限大於 50 km/h 會提升所有車型騎士的死亡機率；青少年與發生在假日會提升大型重型機車騎士的死亡機率；高齡者、未戴安全帽、無照駕駛與發生在半夜會提升普通重型機車與輕型機車騎士的死亡機率；單一車輛事故與視距不良則會提升大型重型機車與普通重型機車騎士的死亡機率。本研究捕捉了不同車型間嚴重度影響因素的差異，分析的結果可以更精確代表每個車型。

關鍵字：機車事故、機車類型、傷害嚴重程度、多項羅吉特、次序普羅比、風險因素

Analysis of Rider Injury Severity of Different Types of Powered Two-Wheelers

Student : Chen-Zhi Shi

Advisor : T. Hugh Woo

Department of Transportation and Logistics Management
National Yang Ming Chiao Tung University

Abstract

In recent years, the situation of Powered two-wheelers (PTWs) accidents in Taiwan is not optimistic. In 2020, about 320,000 PTWs were involved in accidents, 110,000 more than in 2011. In fact, there are differences in the number of accidents and the accident rate of each PTWs type. However, few studies have classified PTWs to explore the differences between them. In addition, the number of registrations of different PTWs type in Taiwan has changed a lot in recent years: a significant increase in large heavy motorcycle, and a significant decrease in light motorbike. It can be speculated that the composition of PTWs type in future will be very different from today. The purpose of this study is to explore the differences in the factors affecting the injury severity of riders in accidents of different type of PTWs, and to make up for the lack of related research in past. By collecting and summarizing the accident data from National Police Agency of 2017 to 2020, the PTWs are typed into large heavy motorcycle, general heavy motorcycle and light motorbike. Multinomial logit model and ordered probit model are used respectively to evaluate the risk factors for the injury severity of the riders. The injury severity from major to minor includes three categories: fatality (within 30 days), injury and no-injury. The estimated results indicate that drunk driving, involving heavy vehicles and speed limit greater than 50 km/h will increase the probability of fatal injuries of regardless of PTWs type; adolescents and holidays will increase the probability of fatal injuries of large heavy motorcycle riders; elderly, without a helmet, without a license and midnight will increase the death risk of general heavy motorcycle and light motorbike riders; single-vehicle accidents and poor sight distance will increase the probability of fatal injuries of both heavy motorcycle riders. This study captures the differences in severity influencing factors among different PTWs types. The analysis results can represent each type more accurately.

Keywords: PTWs accident 、 PTWs type 、 injury severity 、 multinomial logit model 、 ordered probit model 、 risk factor

目錄

| | |
|-----------------------|-----|
| 摘要 | i |
| Abstract..... | ii |
| 目錄 | iii |
| 圖目錄 | iv |
| 表目錄 | v |
| 第一章 前言 | 1 |
| 1.1 研究背景 | 1 |
| 1.2 研究目的 | 3 |
| 1.3 研究流程 | 4 |
| 第二章 文獻回顧 | 5 |
| 2.1 機車類型 | 5 |
| 2.2 機車事故風險因素 | 5 |
| 2.3 事故嚴重度模型 | 6 |
| 2.4 文獻回顧小結 | 8 |
| 第三章 研究方法 | 10 |
| 3.1 多項羅吉特模型 | 10 |
| 3.2 次序普羅比模型 | 11 |
| 3.3 模型規範檢驗 | 11 |
| 第四章 資料 | 13 |
| 4.1 事故資料介紹 | 13 |
| 4.2 事故嚴重度分類 | 14 |
| 4.3 風險因素 | 15 |
| 4.3.1 當事人特性 | 15 |
| 4.3.2 事故特性 | 15 |
| 4.3.3 時間與道路環境特性 | 15 |
| 第五章 模型推估 | 21 |
| 5.1 變數篩選邏輯 | 21 |
| 5.2 模型規範檢驗結果 | 23 |
| 5.3 模型推估 | 25 |
| 5.3.1 模型結果 | 25 |
| 5.3.2 彈性分析 | 29 |
| 第六章 結論與建議 | 35 |
| 6.1 結論與改善策略 | 35 |
| 6.2 研究限制 | 37 |
| 參考文獻 | 39 |

圖目錄

| | |
|-----------------------|---|
| 圖 1.1、各類型機車事故率變化..... | 3 |
| 圖 1.2、研究流程圖..... | 4 |

陽明交大
NYCU

表目錄

| | |
|-----------------------------------|----|
| 表 1.1、100~109 年機車事故為第一當事人的比率..... | 1 |
| 表 1.2、機車分類..... | 2 |
| 表 1.3、歷年各車型機車登記數..... | 2 |
| 表 2.1、事故嚴重度文獻整理..... | 9 |
| 表 4.1、道路交通事故調查報告表資料欄位..... | 13 |
| 表 4.2、各車型事故件數與年增率..... | 14 |
| 表 4.3、嚴重度定義與各車型騎士人數..... | 14 |
| 表 4.4、嚴重度風險因素與定義..... | 16 |
| 表 4.5、自變數敘述統計(普通重型機車)..... | 17 |
| 表 4.6、自變數敘述統計(大型重型機車)..... | 18 |
| 表 4.7、自變數敘述統計(輕型機車)..... | 19 |
| 表 5.1、風險因素與受傷程度的卡方檢定..... | 21 |
| 表 5.2、多項羅吉特模型考慮的風險因素..... | 22 |
| 表 5.3 次序普羅比模型考慮的風險因素..... | 23 |
| 表 5.4、方差膨脹係數(VIF)檢驗結果..... | 24 |
| 表 5.5、多項羅吉特模型 Wald 檢定結果..... | 25 |
| 表 5.6、普通重型機車多項羅吉特模型..... | 26 |
| 表 5.7、大型重型機車多項羅吉特模型..... | 27 |
| 表 5.8、輕型機車多項羅吉特模型..... | 28 |
| 表 5.9、各車型次序普羅比模型..... | 29 |
| 表 5.10、多項羅吉特模型風險因素的彈性分析..... | 30 |
| 表 5.11、各文獻與本研究結果比較..... | 34 |

第一章 前言

1.1 研究背景

台灣地狹人稠，在交通狀況上有高機車數量及比例的特點，機車相對於其他運輸工具有體積小、價格便宜、短程行駛方便與容易停車等優點，而台灣的機動車輛也以機車佔最多。

但近年來，台灣的機車事故件數一直在攀升(見表 1.1，參考警政署事故資料)，民國 100 年發生的機車涉入事故件數為 208,536 件，而民國 109 年機車涉入事故件數則高達 324,493 件，增加了將近 12 萬件。且其中有 61.47% 事故第一當事人為機車(第一當事人定義：警方填寫道路交通事故調查報告表時，初步判定肇責較重的一方)，顯示機車安全問題至今仍為重要議題。

表 1.1、100~109 年機車事故為第一當事人的比率

| 年 | 第一當事人為機車之事故件數 | 機車涉入事故件數 | 第一當事人為機車之比例 |
|-----|---------------|----------|-------------|
| 100 | 116,730 | 208,536 | 55.98% |
| 101 | 126,694 | 221,831 | 57.11% |
| 102 | 143,798 | 248,848 | 57.79% |
| 103 | 161,409 | 275,736 | 58.54% |
| 104 | 160,072 | 273,066 | 58.62% |
| 105 | 157,465 | 271,398 | 58.02% |
| 106 | 155,653 | 264,207 | 58.91% |
| 107 | 171,366 | 286,193 | 59.88% |
| 108 | 185,537 | 305,565 | 60.72% |
| 109 | 199,473 | 324,493 | 61.47% |

依據《道路交通安全規則》，台灣用油機車的分類以排氣量為準，電動機車則是以馬力，可以分為大型重型機車(俗稱的紅、黃牌重機)、普通重型機車、普通輕型機車與小型輕型機車共五種車牌樣式。不同分類的駕駛執照考取方式皆有差異，而駕駛執照目前的規定節錄如下：

- 已領有大型重型機車駕駛執照者，得駕駛普通重型機車、輕型機車。
- 已領有普通重型機車駕駛執照者，得駕駛輕型機車。
- 已領有普通輕型機車駕駛執照者，得駕駛小型輕型機車。

機車的分類標準以及車牌樣式如表 1.2 所示。

表 1.2、機車分類

| 車種 | 重型機車 | | | 輕型機車 | |
|------------|----------|----------------------|---------------------|-----------------|---------|
| | 大型重型 | | 普通重型 | 普通輕型 | 小型輕型 |
| 汽缸排氣量 | 550cc 以上 | 大於 250cc 小於 550cc | 大於 50cc 小於 250cc | 50cc 以下 | 無 |
| 電動機車 馬力 | 54 以上 | 大於 40 小於 54 | 大於 5 40 以下 | 1.34 以上 5 以下 | 小於 1.34 |
| 車牌樣式 | 紅底白字 | 黃底黑字 | 白底黑字 | 綠底白字 | 白底紅字 |

較常見的分類方法以 50cc 與 250cc 為界，分為大型重型機車、普通重型機車與輕型機車三類。這三類車型的登記數近年來有很大的變化，大型重型機車的數量上升很快，由 100 年 30,410 輛至 109 年 178,832 輛，成長幅度超過 5 倍；普通重型機車數量則緩慢上升，年增率都在 4% 以內，但因其數量本就很多(超過壹千萬)，故每年增加的輛數還是很可觀；輕型機車數量則大幅減少，100 年有 3,600,944 輛，但 109 年卻只剩 769,922 輛。民國 100 至 109 年機車登記數與年增率如表 1.3 所示。

表 1.3、歷年各車型機車登記數

| 民國 | 大型重型機車 | | 普通重型機車 | | 輕型機車 | |
|-------|---------|--------|------------|----------|-----------|-----------|
| | 數量 | 年增率 | 數量 | 年增率 | 數量 | 年增率 |
| 100 年 | 30,410 | -- | 11,542,248 | -- | 3,600,944 | -- |
| 101 年 | 36,829 | 21.11% | 11,783,803 | 2.09% | 3,318,996 | (-7.83%) |
| 102 年 | 50,742 | 37.78% | 11,512,088 | (-2.31%) | 2,632,293 | (-20.69%) |
| 103 年 | 67,020 | 32.08% | 11,519,825 | 0.07% | 2,149,115 | (-18.36%) |
| 104 年 | 89,042 | 32.86% | 11,716,153 | 1.70% | 1,856,524 | (-13.61%) |
| 105 年 | 108,157 | 21.47% | 12,005,298 | 2.47% | 1,554,772 | (-16.25%) |
| 106 年 | 126,962 | 17.39% | 12,404,557 | 3.33% | 1,224,063 | (-21.27%) |
| 107 年 | 142,598 | 12.32% | 12,679,169 | 2.21% | 1,013,753 | (-17.18%) |
| 108 年 | 157,867 | 10.71% | 12,956,834 | 2.19% | 878,221 | (-13.37%) |
| 109 年 | 178,832 | 13.28% | 13,155,009 | 1.53% | 769,922 | (-12.33%) |

將各車型的登記數除以各車型的涉入事故件數，可得到各年的事故率。整體而言，大型重型機車的事故率最高，輕型機車的事故率最低。各車型事故率變化皆有差異，大型重型機車的升降走勢不一，但從 106 年起逐年增加，並於 109 年達高峰；普通重型機車呈先升後緩降，在 106 年後則再度上升，與大型重型機車一樣在 109 年達高峰；輕型機車則是由 100 年成長至 103 年後，至 109 年都呈現較持平的趨勢。各車型的事故率變化由圖 1.1 所示。

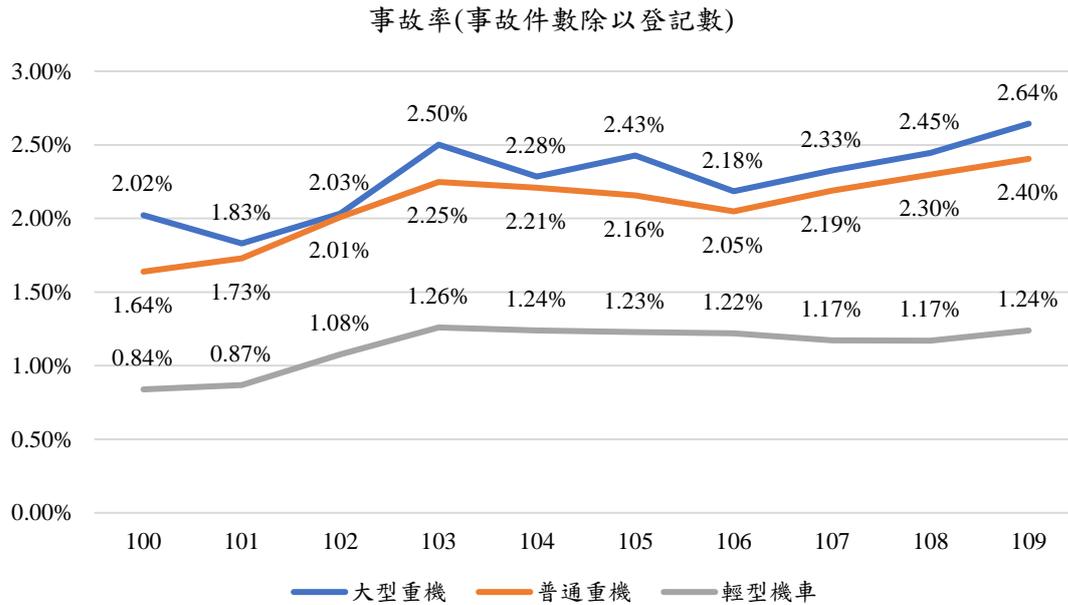


圖 1.1、各類型機車事故率變化

儘管機車可以進行分類，目前為止國內幾乎沒有研究針對不同機車類型分別進行事故嚴重度分析與比較，而國外的文獻也不多，或並沒有進一步考慮全面性的事故資料。雖然各國對於機車的分類定義並不相同。

Blackman et al. (2013)認為美國過去的機車事故研究中，輕型機踏車(moped)、速克達(scooter)和大型摩托車(motorcycle)之間的差異被忽視了，應該將三者視為不同車型，分別進行事故分析。Blackman 的研究有兩個值得關注的結果：第一是不同機車類型的事故率存在差異，第二是影響單一車型嚴重度的特定因素並不一定會同樣影響其他車型的嚴重度，這兩點都是在將它們視為同一車型進行分析時會忽略的特性，也為本研究主題提供了一項誘因。

1.2 研究目的

《道路交通事故調查報告表》中，欄位「當事者區分(類別)」有根據《道路交通安全規則》將機車如表 1.1 般做分類。實際上，不同類型的機車雖然外型相似，但重量、速度上限、車輛特性、考照制度以及路權規定等有明顯的差異，僅當作單一車種進行分析即是忽略的這些差異，分析的結果可能會無法正確代表每個車型。另一方面，由表 1.3 各車型登記數近年來的變化，可以發現大型重型機車數量增加許多，輕型機車則有逐年減少的趨勢，能推測未來機車類型的組成可能會與現今差異甚大。若能蒐集各車型的事故資料，分別研究它們的事故特性，便能更準確的捕捉影響不同車型事故嚴重度的風險因素。

本研究主要目的在探討不同類型機車之事故特性與騎士受傷程度之影響因素有何差異，補足過去並沒有研究針對不同車型進行事故分析的缺漏。車種分類將依《道路交

通安全規則》，以排氣量 50cc 與 250cc 為界，將重型機車分為大型重型機車(大於 250cc)與普通重型機車(50cc~250cc)，輕型機車(50cc 以下)自成一類，共三類進行分析；分析各車型的涉入事故時，定義為至少有一方當事人所駕車種為機車；研究範圍涵蓋國內所有道路上(國道除外)的機車涉入事故。

1.3 研究流程

本研究流程如圖 1.2 所示，在確立研究背景與動機後，將定義研究目的與研究範圍，接著進行研究相關的文獻回顧，了解常見的機車事故嚴重度影響因素與分析方法，歸納出適合本研究的研究方法並介紹。於確立的研究範圍內進行事故資料的蒐集整理與分析，初步探討不同機車類型的事故特性有何差異，並決定影響機車事故嚴重度的重要因素。然後針對不同機車類型分別建立機率回歸模型，找出各車型騎士受傷嚴重度的影響因素，進行解釋與比較。最後綜合上述研究成果，提出結論與建議，亦嘗試說明本研究可能的不足之處，以供未來研究參考。

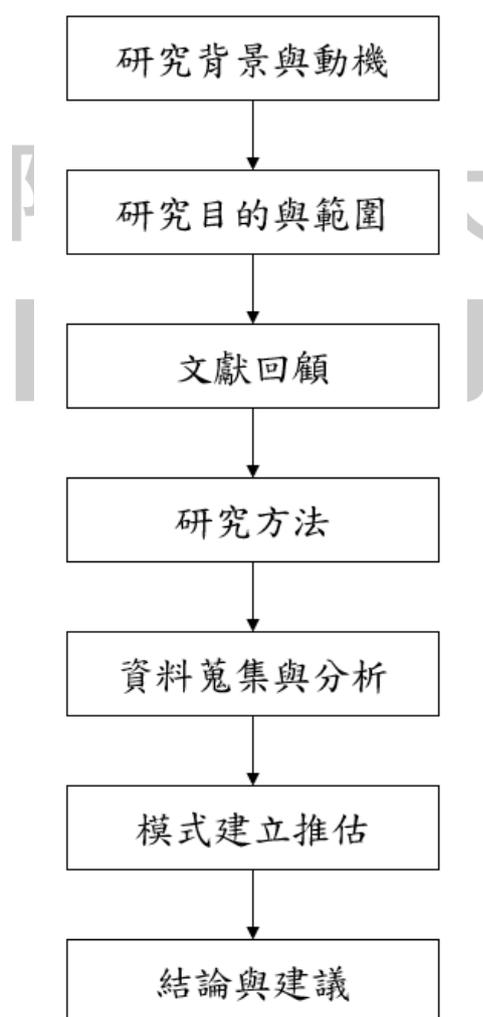


圖 1.2、研究流程圖

第二章 文獻回顧

2.1 機車類型

Blackman et al. (2013)通過蒐集 2003 年 7 月至 2008 年 6 月昆士蘭省事故資料，並使用有序機率回歸模型檢驗影響事故嚴重度的因素，結果顯示不同類型機車的事故率有明顯差異，輕型機踏車的事故率隨年呈現出較明顯的下降趨勢，但就行駛距離而言，事故率仍是大型摩托車的四倍；而輕型機踏車與速克達的事故嚴重度都較低，即大型摩托車的事故嚴重度最高，且提升大型摩托車事故嚴重度的因素(高速限、水平彎道、週末、夜間碰撞)等不一定會提升其他車型的嚴重度。

2.2 機車事故風險因素

有許多風險因素會影響事故的嚴重程度，事故嚴重度的研究通常會將風險因素以大方向分類，例如分為駕駛人因素、車輛因素、事故特性與道路環境因素等。近年來機車安全議題陸續受到各國關注，許多國外研究都提到機踏車或大型摩托車的普及與事故件數上升的問題，其中重要的是，機車沒有外在的保護，發生事故時受傷程度往往比起較大的車輛來的嚴重，其事故特徵也與小客車等其他車輛有所差異。

絕大多數的事故分析會受限於可取得的事實資料欄位，這與負責紀錄、管理資料的單位息息相關。過去，國外的事故研究多較不關注機車這種車型，因此事故資料欄位的編碼都是以小客車以上的車型作為主角設計，這導致有些機車特有的因素可能被忽略。

Vlahogianni et al. (2012)透過回顧文獻整理許多機車事故的相關研究，最終將風險因素分為駕駛人行為、道路基礎設施、車輛與天候狀況四大類，綜合討論其對事故頻次、風險與嚴重程度的影響。駕駛人行為包含侵略性駕駛或違規、分心或疲勞、對汽車的能見度、年齡性別、是否有保護裝備等當事人特性；道路基礎設施包含路網類型、道路幾何特徵、照明與能見度、路面狀況、碰撞型態等特性；車輛包含機車重量、與之碰撞的車種、各種車載技術(防碰撞警告、防煞車鎖死系統、車道偏離警告等)；天候狀況包含各種惡劣天氣，尤其機車是明顯受天氣影響的車種，但很多研究結果存在矛盾，即天氣狀況良好時事故嚴重程度反而較高，不同研究推測，晴天時騎士可能較不謹慎或速度較快，才導致嚴重度上升。

機車事故風險因素的分類相當彈性，通常會與研究關注的焦點相關，例如蔡秉祐(2020)使用桃園市民國 103 至 108 年 7 月底交通事故資料，探討號誌化路口轉彎車輛對機車或行人事故嚴重程度的影響因素。影響因素包含道路環境特性、路口管制條件、當事人資訊、交通量資訊等與路口相關的焦點，以二元羅吉特模型配適。結果表明對 A1 事故機率有正向影響因素為包含：行人專用號誌、假日、光線昏暗、駕駛視距不良、肇事車種為大型車、枕木紋行人穿越道寬度、機車及行人年齡高等。

Vajari et al. (2020)使用澳洲維多利亞省 2006 年至 2018 年的機車事故資料(來源為 VicRoads)，以多項羅吉特模式評估交叉路口機車事故嚴重度的影響因素。事故的嚴重度

分為輕傷、重傷和死亡三類；風險因素包括駕駛人特性、環境特性、碰撞特性與特別注重的交叉路口特性。結果表明 59 歲以上、晨峰、週末、午夜/清晨、多車事故、丁字路口、圓環與無號誌路口等因素會增加致命傷害的可能性；而女性騎士、下雪或暴風雨或霧、雨天、昏峰與沒有鋪面的道路等因素會降低致命傷害的機率。

而較為全面性的事故風險因素分析則主要會探討駕駛人特性、車輛特性、道路與環境特性三大類的條件，也可能考慮時間特性、事故特徵等方面的因素。林宜潔(2019)使用桃園市民國 103 至 105 年 A1、A2 交通事故資料，以羅吉特與多項羅吉特模型分析事故嚴重度之影響因素。將機車事故影響因素分為當事人特徵、環境因素、道路型態以及駕駛人主要肇事因素。結果顯示，無照、酒駕、夜間、圓環與駕駛主要肇事因素等會導致騎士涉入重傷或死亡事故的機率提高；學生、從業人員、酒駕、夜間、圓環等會導致騎士的受傷程度更嚴重。

2.3 事故嚴重度模型

事故嚴重度資料為離散資料，當嚴重度為二元資料時(通常以是否為死亡事故)，研究方法多採用二元羅吉特模型；而超過兩種嚴重度時，多項羅吉特、次序羅吉特、次序普羅比、混合羅吉特等模型被廣泛地使用(Çelik et al., 2014、Wang et al., 2021)。以下回顧採用機率回歸模型研究事故嚴重度影響因素的文獻。

陳尉雯(2015)蒐集台北市 2012 至 2013 年交通事故資料及路口資料，以階層線性模型進行事故嚴重度模式分析，將路口特性因子作為階層線性模式之上層因子，而個體事故特性因子作為階層線性模式之下層因子。為了確認階層線性模型的改善效果，該研究建立了單層次與多層次多項羅吉特模式及次序普羅比模式，並比較其差異性與模式績效表現。研究結果顯示高齡者、酒駕、超速、路口交叉撞及順向公車道會提高事故嚴重度，而大小車輛碰撞及號誌週期長度則會降低事故嚴重度；單層次模式及多層次模式分析結果的風險因子正負影響相似，但以多層次模式分析可獲得較佳的模式績效表現。

劉玉娟(2015)使用桃園市 2003 至 2013 年 A1、A2 汽機車事故資料，依受傷部位區分 A2 受傷嚴重度(主要受傷部位在頭部、頸部、胸部、腹部、腰部、背脊部定義為重傷，反之則為輕傷)，以次序普羅比模型與普羅比模型分別對事故受傷程度與事故是否死亡進行分析，結果顯示駕駛人年齡越高、雨天、酒駕、光線昏暗、其他路況對汽機車傷亡有正向影響。

Çelik et al. (2014)研究了土耳其 2008 年至 2013 年警方報告的 11771 起事故，將事故分為致命、受傷與無受傷三個嚴重程度，以多項羅吉特模式進行分析以決定影響事故嚴重程度的因素。結果顯示 65 歲以上的駕駛人、僅受過初級教育的駕駛人、單車事故、國道、高速公路或省道上事故、人行道會增加死亡事故的風險；而汽車或私人車的事故、發生在夜晚高峰、天氣晴朗、城市街道、有紅綠燈的情況會降低死亡事故的風險。該研究有一些特點，包括它是使用當時土耳其最全面的事故統計資料，還首次嘗試使用「非順序」回歸模型來探討影響事故嚴重度風險的因素，並提出改善建議。

Jung et al. (2013)基於加州機車死亡的上升趨勢，以年輕(25歲以下)、中年(35~44歲)與年長(45~54歲)三個年齡層為對象，蒐集警方報告的 SWITRS 事故資料，探討機車駕駛與乘客事故死亡的影響因素。作者將嚴重度分為死亡、重傷、可見受傷、主訴受傷與未受傷共五種，以多項羅吉特模式進行估計。主要結果顯示，對所有年齡層，未戴安全帽、被拋飛、使用酒精/藥物、碰撞(正面、側面、撞擊物體)與有卡車參與更可能導致死亡；週末與非尖峰時段顯著提升年輕和年長族群的死亡率；駛出路外與多車事故顯著提升年長族群的死亡率；騎士(相對於乘客)、地方道路與超速顯著提升年輕族群的死亡率。

Kim et al. (2007)使用多項羅吉特模式估計自行車與機動車發生的事故中自行車騎士受傷嚴重度的因素，嚴重度分類包含死亡、喪失行為能力、非喪失行為能力與可能無傷，資料來源為 1997 年至 2002 年美國北卡羅來納州警方紀錄的事故。結果顯示，會使自行車騎士的致命風險顯著上升的因素包含：惡劣天氣，無路燈，早高峰、對撞、超速、涉及卡車、酒駕、55 歲以上的騎士。重要的是，當車速大於 80.5km/hr 時，死亡率會增加 16 倍以上。另外與碰撞車輛的駕駛人過失相比，自行車騎士的過失更影響其受傷的嚴重度。

Se et al. (2021)利用 2016 年至 2019 年泰國城市與鄉村道路的機車事故資料，以具有均值異質性的相關隨機參數順序普羅比模式(CRPOPHM)，探討影響機車騎士事故受傷嚴重度的影響因素，受傷的嚴重程度分為輕傷、重傷與死亡。研究結果表明，機車騎士在鄉村會有更高的事故重傷風險。有些影響因素僅在城市或鄉村模型中顯著，例如男性騎士、違規超車、疲勞、四車道以上公路、路面凹陷、斜坡、週末、夜間燈光、涉及卡車、追撞與側撞僅在鄉村顯著提升嚴重度；而有分隔島、發生在夜晚、涉及小客車則只在城市提升嚴重度。

Shaheed et al. (2013)蒐集愛荷華州 2001 至 2008 年的摩托車事故數據，使用混合羅吉特模型研究影響摩托車雙車事故嚴重度的因素。混合羅吉特(mixed logit)，或稱為隨機參數(random-parameter)模型可允許參數的向量隨著不同觀察值而變化，這可以避免因為未觀察到的異質性所導致的估計參數有偏誤的問題。其研究結果顯示道路狀況、視野阻擋、光線、速限和安全帽使用對嚴重傷害的風險有顯著影響。該研究還指出事故資料的不足，沒有記錄潛在的顯著相關因素，如服裝、摩托車顏色、安全帽顏色和摩托車類型。採用的模型方法解決了異質性問題，建議增加或改善事故資料的蒐集。

Wang et al. (2021)蒐集康乃狄克州 2018 與 2019 年的事故資料，以具有平均值異質性的相關混合羅吉特模式(correlated mixed logit model)估計事故嚴重度的影響因素，同時也調查使用車輛毀損程度作為受傷嚴重度的替代方案的適當性。駕駛員特性、公路和交通特性、環境特性、車輛和事故特性被用作自變數。估計結果顯示，一些隨機參數的均值在不同的事故中有差異，例如男性駕駛員、侵略性駕駛行為和夜間道路照明的異質性，相關係數驗證了這些隨機參數並不一定獨立。模型還驗證了傷害嚴重度與車輛損壞高度相關，這表示，在事故嚴重度預測模型中，當嚴重傷害的樣本較少時，車輛毀損可以用

作受傷嚴重度的替代指標。

Zhou et al. (2019)認為新加坡鮮有研究單一車輛的事故，透過蒐集 2012 至 2014 年全國的事故報告，以次序普羅比模型研究機動兩輪車與小客車以上的機動車輛兩者的受傷程度，由輕微到嚴重包含無傷、輕傷、重傷與死亡四個嚴重程度。估計結果顯示年齡、路面狀況、駕照資格、酒駕與速限等因素會影響騎士與駕駛人的受傷程度。作者總結認為危險行為(或稱侵略性駕駛)、判斷力受損與車輛間潛在互動是影響單一車輛事故嚴重度的三大情形，還指出大多數情形下，騎士的死亡率比駕駛人高，與文獻一致即機動兩輪車通常更容易受傷。

2.4 文獻回顧小結

進行事故嚴重度分析時，有幾項重點需深入探討，分別為事故嚴重程度的分類、定義影響事故嚴重度的因素、以及使用的分析模型。

事故嚴重程度的分類中，若僅研究「是否」為重傷(或死亡)兩種嚴重度，使用二元羅吉特模式便可進行分析；若有三個嚴重度以上則有許多模式可參考，例如多項羅吉特、次序羅吉特、次序普羅比、混合羅吉特等機率回歸模型。此外，嚴重度分類也需根據資料型態重新定義，以免分析過程發生錯誤。

影響事故嚴重度的因素中，常見的分類有駕駛人因素、事故特性、道路與環境因素等，通常會對照事故資料中可用的欄位進行分析。表 2.1 為本研究整理的事故嚴重度文獻所採用的影響因素與研究模型。

事故嚴重度研究中，最泛用也最易解釋的模型為多項羅吉特模型，因易於解釋與經典性很容易被拿來作為研究中不同模型的比較；而事故嚴重度有順序性(死亡、重傷到無傷，代表嚴重到不嚴重)，故順序羅吉特與次序普羅比也常被用於事故嚴重度分析。但順序性模型存在一些限制：(1) 模型解釋上的局限，有序模型會表示，當一個影響因素會提升最嚴重事故發生的風險時，會同時降低最不嚴重事故發生的風險，可能不符合實際情況。(2) Çelik et al. (2014)與 Vajari et al. (2020)皆指出事故資料有漏報的可能，通常越輕微的事故越會被漏報，使有序模型在參數估計與標準誤估計時發生錯誤，故在這些限制下無序模型仍是首選。鑒於上述，本研究預計蒐集大型重型機車、普通重型機車與輕型機車的涉入事故資料，分別建構多項羅吉特模型，進行騎士受傷嚴重度影響因素的分析。而作為與多項羅吉特模型結果的比較，本研究也針對各車型建立次序普羅比模型，探討哪些風險因素可能會提升騎士於事故中的受傷程度。

表 2.1、事故嚴重度文獻整理

| 作者(年) | 影響因素 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 使用模型 | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|----|----|------|----|------|----|----|----|------|----|------|------|------|------|------|------|----|-----|--------|----|----|-----|------|-----|-------|-------|-------|-------|------|----|---|---|
| | 駕駛人 | | | | | 駕駛行為 | | | | | | 事故特性 | | | | 道路特性 | | | | 時間環境特性 | | | | | 其他 | 二元羅吉特 | 多項羅吉特 | 次序普羅比 | 混合羅吉特 | | | | |
| | 性別 | 年齡 | 職業 | 教育水平 | 車種 | 超速 | 酒駕 | 疲勞 | 分心 | 保護裝備 | 無照 | 肇責較重 | 主要肇因 | 事故位置 | 碰撞型態 | 涉及車數 | 道路型態 | 速限 | 障礙物 | 其他特性 | 天氣 | 光線 | 日時間 | 平假日 | 年趨勢 | | | | | 路面狀況 | 流量 | | |
| 林宜潔(2019) | v | v | v | | | v | | | | v | | v | | | | v | | | | v | | v | | | | | | v | v | | | | |
| 陳尉雯(2015) | v | v | | | v | v | v | | v | v | | v | v | | v | | | | | v | v | v | | | | | | v | | | v | v | |
| 劉玉娟(2015) | v | v | | | v | | v | | v | | | | | | v | | | | v | | v | v | | | v | v | | | | | v | | |
| 蔡秉祐(2020) | v | v | | | v | | v | | v | v | | | | | | v | | | v | v | v | v | v | v | | v | v | | v | | | v | |
| Blackman et al.(2013) | | v | | | | | | | | | v | | v | v | v | v | | | | v | | | v | v | | | | | | | | v | |
| Çelik et al. (2014) | v | v | | v | v | v | | | | | | | | | v | v | | | | v | v | v | v | v | | v | | | | | v | | |
| Jung et al. (2013) | v | | | | v | v | v | | v | v | | v | | v | v | | | | | v | v | v | v | v | | v | | | | | v | | |
| Kim et al. (2007) | v | v | | | v | v | v | | v | v | | v | v | | v | v | | | | v | v | v | v | v | | v | | | | | v | | |
| Se et al. (2021) | v | | | | v | v | v | | | | | | | v | | v | | | v | v | v | v | v | v | | v | | | | | | v | |
| Shaheed et al. (2013) | v | v | | | v | v | v | | v | | | | v | v | | v | v | v | | v | v | v | v | v | | v | | | | | | | v |
| Vajari et al. (2020) | v | v | | | v | | | | v | v | | | | | v | v | v | | | v | v | v | v | v | | v | | | | | v | | |
| Wang et al. (2021) | v | v | | | v | | v | v | | | | | | v | | v | v | | | v | v | v | | | | | | | | | | | v |
| Zhou et al. (2019) | v | v | | | v | | v | v | v | | v | | | v | v | | v | | | v | v | v | v | | | | v | | | | | | v |

第三章 研究方法

本研究分別對各機車類型的事故資料建立多項羅吉特模型與次序普羅比模型，將嚴重度做為應變數，探討哪些風險因素會影響機車騎士的受傷程度。本章介紹兩種模型應用於事故嚴重度研究的相關內容，與由文獻回顧整理得到常見的假說檢定與模型規範檢驗，包含卡方檢定、多重共線性問題檢驗與自變數檢定。

3.1 多項羅吉特模型

多項羅吉特模型(Multinomial Logit Model)又稱為對數機率回歸模型，是離散選擇模型(discrete choice model)的一種，與一般線性回歸模式不同之處在於應變數為類別變數。於事故嚴重度分析中，若事故嚴重度有 i 種，則事故嚴重度的多項羅吉特效用函數為：

$$W_{ni} = \beta_i X_{ni} + \varepsilon_{ni} \quad (1)$$

其中 W_{in} 是當事人 n 成為 i 嚴重度的總效用， X_{ni} 為所有影響當事人 n 嚴重度的因素向量， β_i 為估計係數的向量， ε_{ni} 為廣義極值分布(generalized extreme value distributed)的誤差項。

標準的多項羅吉特模型中，當事人 n 發生之事故嚴重度為 i 的機率可寫成以下公式：

$$P_{ni} = P(W_{ni} \geq W_{ni'}), i' \in I, i' \neq i \quad (2)$$

其中 I 是所有事故嚴重度種類的集合，帶入最上式(效用函數)則可表示為：

$$P_{ni} = \frac{EXP[\beta_i X_{ni}]}{\sum EXP[\beta_I X_{ni}]} \quad (3)$$

向量 β 中的係數值是使用最大概似法(maximum likelihood methods)進行估計。由於多項羅吉特模型為非線性，自變數的係數並不能代表它們對因變數的影響，其估計值可以相對風險比(relative risk ratio, RRR)的方式呈現，表示風險因素造成的影響，RRR 可以表示為：

$$RRR = EXP(X\beta_i) \quad (4)$$

當一風險因素的 RRR 大於 1 時，表示其會提升了特定嚴重度相對於基準嚴重度的相對風險；反之 RRR 小於 1 時則會降低相對風險。

關於基準嚴重度的選擇，Çelik et al. (2014)與 Vajari et al. (2020)皆建議將「死亡」作為基準，因死亡事故被漏報的可能性最低，為了避免模型估計有偏誤，本研究預計將死亡作為嚴重度的比較基準，進行模型配適。

3.2 次序普羅比模型

次序普羅比模型(Ordered Probit Model)適用於應變數有順序性的研究。在事故嚴重度研究中，次序普羅比模型可寫作：

$$y_n^* = \beta X_n + \varepsilon_n \quad (5)$$

其中 y_n^* 代表當事人 n 發生事故時嚴重度的潛在變數， X_n 為所有影響當事人 n 嚴重度的因素向量， β 是估計係數的向量， ε_n 為常態分布(normally distributed)的誤差項。

y_n^* 無法直接觀測，而 y_n 為實際上能觀測到的當事人發生事故時的嚴重度，假設嚴重度有 I 種， y_n^* 與 y_n 的關係為：

$$y_n = i \quad \text{if } u_{i-1} < y_n^* < u_i \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (6)$$

其中， u 為待估計的門檻值(threshold)， u_0 為 $-\infty$ 且 u_I 為 ∞ 。在本研究中，嚴重度將分為三種：死亡、受傷與未受傷。故 y_n^* 與 y_n 可寫成：

$$\begin{aligned} y_n &= 1(\text{未受傷}) & \text{if } -\infty < y_n^* < u_1 \\ y_n &= 2(\text{受傷}) & \text{if } u_1 < y_n^* < u_2 \\ y_n &= 3(\text{死亡}) & \text{if } u_2 < y_n^* < \infty \end{aligned} \quad (7)$$

3.3 模型規範檢驗

卡方獨立性檢定(The Chi-Squared Test of Independence)可用於檢驗兩組類別變數的關聯性，於事故嚴重度分析中，常用於檢測放入機率回歸模型的風險因素。若 Pearson 卡方值顯著，則拒絕虛無假說，表示該影響因素與事故嚴重度有顯著關聯性；若卡方值不顯著，則表示該影響因素與事故嚴重度無顯著關聯。

卡方獨立性檢定有三個步驟：

1. 計算卡方檢定的統計值 χ^2 ：把每一個觀察值和理論值的差做平方後、除以理論值、再加總。
2. 計算自由度 df 。
3. 依研究設定的信心水準(t 值、 p 值)，查出該自由度的卡方分配臨界值，進行比較，是否能拒絕虛無假說(顯著)。

Wald 檢定(Wald test)用於模型建立後，檢驗是否有遺漏重要的自變數，其 H_0 假設為：所有自變數的估計係數皆等於 0。在選定的信心水準下若 p 值顯著，則表示該因素會影響應變數。在本研究僅多項羅吉特模型需要進行 Wald 檢定，因為次序普羅比模型的估計結果幾乎等於 Wald 檢定的結果。

對任何多元回歸分析而言，自變數的多重共線性普遍存在。輕微的多重共線性問題可以不處理，但在嚴重的情況下，其中一個自變數的變化時會引起與它相關的其他自變數的變化，意即無法在模型中固定其他變數，可能造成在估計對應變數的影響時有誤或沒效率。多重共線性可以相關係數(Coefficient of Correlation)或方差膨脹係數(Variance Inflation Factor)檢驗。一般而言，相關係數絕對值接近 1 時，表示存在多重共線性，但相關係數接近 0 並不代表不存在多重共線性；方差膨脹係數(VIF)是衡量多重共線性嚴重程度的一種度量，一般認為 VIF 值大於 10 時(或其倒數，稱為容忍度，小於 0.1 時)，存在嚴重的多重共線性。

當風險因素變化時對嚴重度機率的影響可以由彈性(elasticity)來定義，以準確探討自變數的影響力。由於本研究的風險因素都設為二元變數，故無法以一般的標準彈性來計算當風險因素改變 1%時嚴重度機率的變化(Shankar and Mannering, 1996)，在這種情況下可使用半彈性(semi-elasticity)來表示當風險因素改變一個單位時，嚴重度機率的百分比變化。

數學上，可微分函數 $f(x)$ 的標準彈性公式為：

$$ef(x) = \frac{df(x)}{dx} \times \frac{x}{f(x)} = \frac{d \ln f(x)}{d \ln x} \quad (8)$$

表示當 x 變化 1%時 $f(x)$ 變化的百分比。

而半彈性則是根據 x 的「1 單位」變化使 $f(x)$ 變化的百分比，公式為：

$$sef(x) = \frac{df(x)}{dx} \times \frac{1}{f(x)} = \frac{d \ln f(x)}{dx} \quad (9)$$

故本研究將模型結果中所有觀測值的平均半彈性來表示當一個二元變數的值由 0 到 1 時，各嚴重度機率的平均百分比變化，以決定該風險因素的影響力。

在本研究中，多項羅吉特模型、次序普羅比模型、相對風險比、半彈性與相關的模型規範檢驗是以統計軟體 Stata/SE 15.0 進行估計。

第四章 資料

4.1 事故資料介紹

本研究利用警政署民國 106 年至 109 年 A1、A2 類交通事故調查報告表統計資料，考慮全台共 22 個縣市所有道路(國道不考慮，原因除了與一般道路特性差距過大，大型重型機車能行駛的國道 3 甲僅 5.6 公里，事故樣本極少)的事故紀錄。「表(一)」紀錄事故發生時的道路與環境資訊，1 件事務只會有 1 筆資料；「表(二)」則記錄事故當事人的資訊，有幾位當事人就會有幾筆資料。資料欄位如表 4.1 所示。

表 4.1、道路交通事故調查報告表資料欄位

| 道路交通事故調查報告表(一) (道路環境資訊, 1 事故 1 筆) | | | |
|-----------------------------------|-----------|------------|------------|
| 事故年月 | 段 1 | 車道位置 | 路面缺陷 |
| 總號編 | 交叉路 | 死亡人數 | 障礙物 |
| 處理單位代碼 | 段 2 | 受傷人數 | 視距 |
| 處理編號 | 巷 | 2-30 日死亡人數 | 號誌種類 |
| 日期 | 弄 | 天候 | 號誌動作 |
| 時 | 號前 | 光線 | 分向設施 |
| 分 | 附近 | 道路類別 | 分道設施-快車道間 |
| 縣市 | 地點 | 速限 | 分道設施-快慢車道間 |
| 市區鄉鎮 | 公路 | 道路型態 | 分道設施-路面邊線 |
| 村里 | 公里 | 事故位置 | 事故類型及型態 |
| 鄰 | 公尺 | 路面鋪裝 | |
| 街路 | 車道方向 | 路面狀態 | |
| 道路交通事故調查報告表(二) (當事人資訊, 1 當事人 1 筆) | | | |
| 事故年月 | 受傷程度 | 行動狀態 | 肇因(個別) |
| 總編號 | 主要傷處 | 駕駛資格 | 肇因(主要) |
| 處理單位代碼 | 保護裝備 | 駕照種類 | 肇事逃逸 |
| 當事者序號 | 行動電話 | 飲酒情形 | 職業 |
| 屬(性)別 | 當事者區分(類別) | 撞擊(最初) | 旅次目的 |
| 出生年月日 | 車輛用途 | 撞擊(其他) | |

整理各車型的涉入事故資料，大型重型機車從 106 年的 2,774 件增至 109 年的 4,728 件，共成長了約 1.7 倍，可能與大型重型機車越來越熱門有關；普通重型機車增加的件數最多，106 年至 109 年增加了超過 6 萬件；輕型機車則是大幅減少。各車型的事故件數與年增率如表 4.2 所示。

表 4.2、各車型事故件數與年增率

| 年 | 大型重型機車 | | 普通重型機車 | | 輕型機車 | |
|-----|--------|--------|-----------|-------|--------|---------|
| | 事故件數 | 年增率 | 事故件數 | 年增率 | 事故件數 | 年增率 |
| 106 | 2,774 | -- | 254,084 | -- | 14,926 | -- |
| 107 | 3,317 | 19.57% | 277,616 | 9.26% | 11,869 | -20.48% |
| 108 | 3,860 | 16.37% | 297,542 | 7.18% | 10,280 | -13.39% |
| 109 | 4,728 | 22.49% | 316,350 | 6.32% | 9,543 | -7.17% |
| 合計 | 14,679 | -- | 1,145,592 | -- | 46,618 | -- |

4.2 事故嚴重度分類

道路交通事故調查報告表中的事故類別有 3 種：A1(有當事人 24 小時內死亡)、A2(有當事人受傷或 30 日內死亡)、A3(未受傷或僅財損)，通常嚴重度越低的事務漏報也比較多，而本研究的分析範圍為 A1、A2 類的機車涉入事故，並不包含無傷或僅財損的 A3 類事故，故較不需擔心漏報的問題。

本研究旨在探討各車型事故騎士受傷程度的影響因素，故分別篩選出大型重型機車、普通重型機車與輕型機車事故中，機車騎士的當事人資料作為分析單位。事故嚴重度模型的應變數為機車騎士的受傷程度，道路交通事故調查報告表中當事人受傷程度有 5 種可能：24 小時內死亡、受傷、未受傷、不明以及 2-30 日內死亡，不明的資料首先被刪除，而後將 24 小時內死亡與 2-30 日內死亡合併，定義為死亡，受傷與未受傷保持不變。故本研究定義的嚴重度共有 3 類：死亡、受傷與未受傷。

若分析的事故資料中有不同當事人源自同一起事故，可能會導致一些未觀察到的相關性存在(Celik et al. 2014)，使模型估計時發生錯誤，故應該注意從一件事故中最多只取一個當事人(駕駛人)放入分析模型。本研究的處理方式為：以普通重型機車的資料庫為例(另兩種車型亦同)，若一件事故中涉及兩位以上的普通重型機車騎士，則只取當事人序較前面的騎士放入分析模型。經資料整理後，表 4.3 為本研究嚴重度之定義與欲分析的各車型騎士受傷嚴重度之人數及比例。

表 4.3、嚴重度定義與各車型騎士人數

| 嚴重度 | 定義 | 普通重型機車 | | 大型重型機車 | | 輕型機車 | |
|-----|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 人數 | 比例 | 人數 | 比例 | 人數 | 比例 |
| 死亡 | 30 日內死亡 | 4,480 | 0.40% | 179 | 1.23% | 237 | 0.52% |
| 受傷 | 受傷 | 1,015,291 | 89.58% | 12,094 | 83.38% | 41,420 | 90.39% |
| 未受傷 | 未受傷 | 113,576 | 10.02% | 2,331 | 15.38% | 4,167 | 9.09% |
| 合計 | -- | 1,133,338 | 100% | 14,504 | 100% | 45,824 | 100% |

4.3 風險因素

回顧過去事故嚴重度文獻所採用的變數，並考量可用的事故資料欄位，出於本研究目的，最終歸納可能使機車騎士發生事故時更容易遭受嚴重死傷的風險因素。風險因素分為當事人特性、事故特性以及時間與道路環境特性三大分類，為了使模型結果能清楚解釋每個變數子類別變化對嚴重度發生率的影響，所有風險因素都設定為二元變數。

4.3.1 當事人特性

當事人特性有性別、年齡、安全帽、駕照與酒駕 5 類變數。過去的研究多將性別與年齡視為重要的變數，而為了瞭解不同年齡層的駕駛特性，會建議將年齡視情況進行分組。本研究考慮近年來台灣機車事故高峰年齡層以 18 至 23 歲與 65 歲以上最為突出，故分別建立是否為青少年與是否為高齡者兩個二元變數。

機車保護裝備以安全帽為主，有無配戴安全帽對機車騎士的受傷嚴重度影響很大；採用無照駕駛作為變數的研究雖然相對較少，但駕照應是考驗騎士駕駛技巧的重要因素，故本研究將無照駕駛、越級駕駛、駕照被吊扣或吊銷等情形皆定義為無照(駕駛資格不符)；林宜潔(2019)、陳尉文(2015)、Jung et al. (2013)等人皆指出駕駛人飲酒會使事故嚴重度上升，因此本研究將呼氣酒精濃度超過 0.15 mg/L(道路交通安全規則)做為酒駕的定義。

4.3.2 事故特性

事故特性變數包含是否涉入大型車、道路型態以及碰撞型態。Kim et al. (2007)、Jung et al. (2013)等人於研究自行車與機車事故嚴重度影響因素時，都考量大型車或卡車會對弱勢用路人造成重大影響，故本研究也將事故是否涉入大型車作為一個變數；過去的事故研究幾乎都有考慮道路型態，本研究將道路型態分為交叉路口(三叉、四叉或多叉)與路段(直路)，不考慮樣本數過少的平交道與圓環事故，以路段為比較基礎，將是否發生在路口設為變數。

陳尉文(2015)、Kim et al. (2007)的研究結果指出特定碰撞型態會使事故的嚴重度上升，Zhou et al. (2019)則關注研究了包含機車在內的單車事故。本研究經過資料分析發現，機車的單一車輛事故，也就是自撞、自摔是最特別的碰撞型態。機車沒有外在保護且只有兩輪，路上翻車、摔倒的事故相當常見，並且自撞分隔島、路旁樹木等情況更都有可能使騎士受重傷甚至死亡。故本研究納入是否為機車自撞、自摔事故的二元變數。

4.3.3 時間與道路環境特性

事故嚴重度研究通常會考慮事故發生時的時間、天候、光線與道路狀況等因素。多數研究指出道路尖峰時段因車流量大，會使事故發生率上升，但對事故嚴重度的影響則需再深入探討。本研究定義尖峰時段為上午 7:00 至 8:59 與下午 17:00 至 18:59，即晨峰與昏峰。另外，根據所用資料的分析，得知事故發生在深夜 0:00 至清晨 7:00 時，機車騎士的死亡率特別高，故新增了是否發生在半夜的變數；事故發生在平日或假日在許多

文獻中被考量，因此本研究也新增是否為假日的變數。

天氣、光線都會影響機車騎士的騎行難度，本研究將晴天以外的天氣都定義為天候不佳(陰、雨、霧、強風、雪等)，光線部分則以無照明相對於有照明，兩者都設為二元變數；路面狀況有許多可考量的變數，包含路面狀態、路面缺陷、障礙物與視距，都是以是否會影響機車騎士的駕駛操作，設為二元變數，例如路面狀態差、路面有缺陷或視距不良等。

道路的速限反映了道路的級別，國內主要的市區道路速限大多在 50 km/h 以下，超過 50 km/h 的道路(大多是 60 km/h 以上)已是快速道路的級別，參考 Vajari et al. (2020)在探討速限影響時也將道路級別定為二元變數，本研究以 50 km/h 為分界，將道路速限是否大於 50 km/h 設為一個變數。表 4.4 列出各分類的變數以及其描述定義。

表 4.4、嚴重度風險因素與定義

| 影響因素 | | 描述定義 |
|-----------|----------------------|---|
| 當事人特性 | 性別 | 男性=1，女性=0 |
| | 青少年 | 若為 18~23 歲=1，否則=0 |
| | 高齡者 | 若 65 歲以上=1，否則=0 |
| | 安全帽 | 若未戴安全帽=1，否則=0 |
| | 駕照 | 若駕照資格情形不符=1，否則=0 |
| | 酒駕 | 若呼氣酒精濃度>0.15mg/L=1，否則=0 |
| 事故特性 | 是否涉入大型車 | 有=1，無=0 |
| | 道路型態 | 發生在路口=1，在路段=0 |
| | 是否為自撞 | 是自撞、自摔=1，否則=0 |
| 時間與道路環境特性 | 平假日 | 若發生在假日=1，否則=0 |
| | 尖離峰 | 若發生在尖峰時段(7:00~8:59, 17:00~18:59)=1，否則=0 |
| | 是否為半夜 | 若發生在 0:00~6:59 時段=1，否則=0 |
| | 天氣 | 若天候不佳(陰、雨為主)=1，否則=0 |
| | 光線 | 若無照明=1，否則=0 |
| | 路面狀態 | 若路面狀態不佳=1，否則=0 |
| | 路面缺陷 | 若有缺陷=1，否則=0 |
| | 障礙物 | 若有障礙物=1，否則=0 |
| | 視距 | 若視距不良=1，否則=0 |
| 速限 | 若道路速限>50 km/h=1，否則=0 | |

表 4.5、表 4.6 與表 4.7 提供了三車型風險因素之敘述統計，包含各變數子類別於不同嚴重度的人數分布及佔比。下一步將對各車型分別建立多項羅吉特模型，以騎士受傷嚴重度作為應變數，當事人特性、事故特性與時間道路環境特性三類風險因素作為自變

數，進行模型推估。

表 4.5、自變數敘述統計(普通重型機車)

| 影響因素 | | 死亡 | | 受傷 | | 未受傷 | | 合計 | |
|--------------|-------|-------|-------|-----------|--------|---------|--------|-----------|--------|
| | | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 |
| 平假日 | 平日 | 3,273 | 0.38% | 770,618 | 89.55% | 86,606 | 10.06% | 860,497 | 75.93% |
| | 假日 | 1,207 | 0.44% | 244,673 | 89.68% | 26,961 | 9.88% | 272,841 | 24.07% |
| 尖離峰 | 尖峰 | 1,187 | 0.32% | 324,156 | 88.70% | 40,110 | 10.98% | 18,424 | 32.25% |
| | 離峰 | 3,293 | 0.43% | 691,135 | 90.01% | 73,457 | 9.57% | 38,243 | 67.75% |
| 發生在半 夜/清晨 | 是 | 778 | 1.30% | 54,614 | 91.03% | 4,605 | 7.68% | 59,997 | 5.29% |
| | 否 | 3,702 | 0.34% | 960,677 | 89.50% | 108,962 | 10.15% | 1,073,341 | 94.71% |
| 天氣 | 陰雨等 | 799 | 0.37% | 194,901 | 90.36% | 19,990 | 9.27% | 215,690 | 19.03% |
| | 晴天 | 3,681 | 0.40% | 820,390 | 89.40% | 93,577 | 10.20% | 917,648 | 80.97% |
| 光線 | 無照明 | 108 | 1.04% | 9,515 | 91.62% | 762 | 7.34% | 10,385 | 0.92% |
| | 有照明 | 4,372 | 0.39% | 1,005,776 | 89.57% | 112,805 | 10.05% | 1,122,953 | 99.08% |
| 路面狀態 | 不良 | 460 | 0.32% | 129,197 | 91.06% | 12,217 | 8.61% | 141,874 | 12.52% |
| | 良好 | 4,020 | 0.41% | 886,094 | 89.37% | 101,350 | 10.22% | 991,464 | 87.48% |
| 路面缺陷 | 有缺陷 | 29 | 0.40% | 6,945 | 95.62% | 289 | 3.98% | 7,263 | 0.64% |
| | 無缺陷 | 4,451 | 0.40% | 1,008,346 | 89.55% | 113,278 | 10.06% | 1,126,075 | 99.36% |
| 障礙物 | 有 | 137 | 0.56% | 22,251 | 90.48% | 2,203 | 8.96% | 24,591 | 2.17% |
| | 無 | 4,343 | 0.39% | 993,040 | 89.56% | 111,364 | 10.04% | 1,108,747 | 97.83% |
| 視距 | 不良 | 216 | 0.79% | 24,758 | 90.87% | 2,273 | 8.34% | 27,247 | 2.40% |
| | 良好 | 4,264 | 0.39% | 990,533 | 89.55% | 111,294 | 10.06% | 1,106,091 | 97.60% |
| 速限 | 大於 50 | 755 | 1.18% | 59,671 | 92.94% | 3,775 | 5.88% | 64,201 | 5.66% |
| | 50 以下 | 3,725 | 0.35% | 955,620 | 89.38% | 109,792 | 10.27% | 1,069,137 | 94.34% |
| 涉入 大型車 | 是 | 659 | 2.96% | 20,961 | 94.28% | 612 | 2.75% | 22,232 | 1.96% |
| | 否 | 3,821 | 0.34% | 994,330 | 89.49% | 112,955 | 10.17% | 1,111,106 | 98.04% |
| 道路型態 | 路口 | 2,168 | 0.32% | 613,328 | 89.75% | 67,856 | 9.93% | 683,352 | 60.30% |
| | 路段 | 2,312 | 0.51% | 401,963 | 89.33% | 45,711 | 10.16% | 449,986 | 39.70% |
| 自撞、 自摔 | 是 | 1,270 | 1.22% | 102,380 | 97.95% | 875 | 0.84% | 104,525 | 9.22% |
| | 否 | 3,210 | 0.31% | 912,911 | 88.73% | 112,692 | 10.95% | 1,028,813 | 90.78% |
| 性別 | 男性 | 3,236 | 0.48% | 586,821 | 87.54% | 80,261 | 11.97% | 670,318 | 59.15% |
| | 女性 | 1,244 | 0.27% | 428,470 | 92.54% | 33,306 | 7.19% | 463,020 | 40.85% |
| 年齡 | 青少年 | 761 | 0.23% | 297,507 | 90.51% | 30,423 | 9.26% | 328,691 | 29.00% |
| | 高齡 | 1,270 | 1.12% | 104,039 | 91.43% | 8,483 | 7.45% | 113,792 | 10.04% |
| | 其他 | 2,449 | 0.35% | 613,745 | 88.84% | 74,661 | 10.81% | 690,855 | 60.96% |
| 安全帽 | 未戴 | 345 | 3.46% | 8,622 | 86.52% | 998 | 10.02% | 9,965 | 0.88% |

| 影響因素 | | 死亡 | | 受傷 | | 未受傷 | | 合計 | |
|------|----|-------|-------|-----------|--------|---------|--------|-----------|--------|
| | | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 |
| 駕照 | 有戴 | 4,135 | 0.37% | 1,006,669 | 89.61% | 112,569 | 10.02% | 1,123,373 | 99.12% |
| | 無照 | 1,106 | 0.94% | 104,680 | 88.67% | 12,264 | 10.39% | 118,050 | 10.42% |
| | 有照 | 3,374 | 0.33% | 910,611 | 89.69% | 101,303 | 9.98% | 1,015,288 | 89.58% |
| 飲酒情形 | 酒駕 | 1,838 | 4.39% | 33,790 | 80.72% | 6,235 | 14.89% | 41,863 | 3.69% |
| | 正常 | 2,642 | 0.24% | 981,501 | 89.92% | 107,332 | 9.83% | 1,091,475 | 96.31% |

表 4.6、自變數敘述統計(大型重型機車)

| 影響因素 | | 死亡 | | 受傷 | | 未受傷 | | 合計 | |
|--------|-------|-----|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 |
| 平假日 | 平日 | 90 | 0.97% | 7,720 | 82.88% | 1,505 | 16.16% | 9,315 | 64.22% |
| | 假日 | 89 | 1.72% | 4,374 | 84.29% | 726 | 13.99% | 5,189 | 35.78% |
| 尖離峰 | 尖峰 | 33 | 0.83% | 3,227 | 81.02% | 723 | 18.15% | 3,983 | 27.46% |
| | 離峰 | 146 | 1.39% | 8,867 | 84.28% | 1,508 | 14.33% | 10,521 | 72.54% |
| 在半夜/清晨 | 是 | 16 | 1.87% | 752 | 87.95% | 87 | 10.18% | 855 | 5.89% |
| | 否 | 163 | 1.19% | 11,342 | 83.10% | 2,144 | 15.71% | 13,649 | 94.11% |
| 天氣 | 陰雨等 | 26 | 1.11% | 1,974 | 84.58% | 334 | 14.31% | 2,334 | 16.09% |
| | 晴天 | 153 | 1.26% | 10,120 | 83.16% | 1,897 | 15.59% | 12,170 | 83.91% |
| 光線 | 無照明 | 4 | 2.35% | 156 | 91.76% | 10 | 5.88% | 170 | 1.17% |
| | 有照明 | 175 | 1.22% | 11,938 | 83.28% | 2,221 | 15.49% | 14,334 | 98.83% |
| 路面狀態 | 不良 | 12 | 0.98% | 1,035 | 84.28% | 181 | 14.74% | 1,228 | 8.47% |
| | 良好 | 167 | 1.26% | 11,059 | 83.30% | 2,050 | 15.44% | 13,276 | 91.53% |
| 路面缺陷 | 有缺陷 | 2 | 1.71% | 107 | 91.45% | 8 | 6.84% | 117 | 0.81% |
| | 無缺陷 | 177 | 1.23% | 11,987 | 83.32% | 2,223 | 15.45% | 14,387 | 99.19% |
| 障礙物 | 有 | 1 | 0.36% | 243 | 86.79% | 36 | 12.86% | 280 | 1.93% |
| | 無 | 178 | 1.25% | 11,851 | 83.32% | 2,195 | 15.43% | 14,224 | 98.07% |
| 視距 | 不良 | 17 | 2.75% | 550 | 89.00% | 51 | 8.25% | 618 | 4.26% |
| | 良好 | 162 | 1.17% | 11,544 | 83.13% | 2,180 | 15.70% | 13,886 | 95.74% |
| 速限 | 大於 50 | 54 | 2.95% | 1,601 | 87.44% | 176 | 9.61% | 1,831 | 12.62% |
| | 50 以下 | 125 | 0.99% | 10,493 | 82.80% | 2,055 | 16.22% | 12,673 | 87.38% |
| 涉入大型車 | 是 | 29 | 7.29% | 339 | 85.18% | 30 | 7.54% | 398 | 2.74% |
| | 否 | 150 | 1.06% | 11,755 | 83.33% | 2,201 | 15.60% | 14,106 | 97.26% |
| 道路型態 | 路口 | 70 | 0.95% | 6,151 | 83.04% | 1,186 | 16.01% | 7,407 | 51.07% |
| | 路段 | 109 | 1.54% | 5,943 | 83.74% | 1,045 | 14.72% | 7,097 | 48.93% |
| 自撞、 | 是 | 71 | 3.79% | 1,761 | 94.07% | 40 | 2.14% | 1,872 | 12.91% |

| 影響因素 | | 死亡 | | 受傷 | | 未受傷 | | 合計 | |
|------|-----|-----|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 |
| 自摔 | 否 | 108 | 0.85% | 10,333 | 81.80% | 2,191 | 17.34% | 12,632 | 87.09% |
| | 否 | 108 | 0.85% | 10,333 | 81.80% | 2,191 | 17.34% | 12,632 | 87.09% |
| 性別 | 男性 | 178 | 1.27% | 11,621 | 83.10% | 2,186 | 15.63% | 13,985 | 96.42% |
| | 女性 | 1 | 0.19% | 473 | 91.14% | 45 | 8.67% | 519 | 3.58% |
| 年齡 | 青少年 | 55 | 1.58% | 2,988 | 85.94% | 434 | 12.48% | 3,477 | 23.97% |
| | 高齡 | 3 | 1.67% | 144 | 80.00% | 33 | 18.33% | 180 | 1.24% |
| | 其他 | 121 | 1.12% | 8,962 | 82.62% | 1,764 | 16.26% | 10,847 | 74.79% |
| 安全帽 | 未戴 | 1 | 2.94% | 21 | 61.76% | 12 | 35.29% | 34 | 0.23% |
| | 有戴 | 178 | 1.23% | 12,073 | 83.43% | 2,219 | 15.34% | 14,470 | 99.77% |
| 駕照 | 無照 | 32 | 1.72% | 1,591 | 85.31% | 242 | 12.98% | 1,865 | 12.86% |
| | 有照 | 147 | 1.16% | 10,503 | 83.10% | 1,989 | 15.74% | 12,639 | 87.14% |
| 飲酒情形 | 酒駕 | 81 | 18.75% | 254 | 58.80% | 97 | 22.45% | 432 | 2.98% |
| | 正常 | 98 | 0.70% | 11,840 | 84.14% | 2,134 | 15.16% | 14,072 | 97.02% |

表 4.7、自變數敘述統計(輕型機車)

| 影響因素 | | 死亡 | | 受傷 | | 未受傷 | | 合計 | |
|--------|-----|-----|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 |
| 平假日 | 平日 | 189 | 0.54% | 31,738 | 90.28% | 3,229 | 9.18% | 35,156 | 76.72% |
| | 假日 | 48 | 0.45% | 9,682 | 90.76% | 938 | 8.79% | 10,668 | 23.28% |
| 尖離峰 | 尖峰 | 59 | 0.42% | 12,623 | 90.07% | 1,332 | 9.50% | 14,014 | 30.58% |
| | 離峰 | 178 | 0.56% | 28,797 | 90.53% | 2,835 | 8.91% | 31,810 | 69.42% |
| 在半夜/清晨 | 是 | 27 | 1.34% | 1,818 | 90.00% | 175 | 8.66% | 2,020 | 4.41% |
| | 否 | 210 | 0.48% | 39,602 | 90.41% | 3,992 | 9.11% | 43,804 | 95.59% |
| 天氣 | 陰雨等 | 38 | 0.51% | 6,680 | 89.26% | 766 | 10.24% | 7,484 | 16.33% |
| | 晴天 | 199 | 0.52% | 34,740 | 90.61% | 3,401 | 8.87% | 38,340 | 83.67% |
| 光線 | 無照明 | 4 | 1.57% | 232 | 90.98% | 19 | 7.45% | 255 | 0.56% |
| | 有照明 | 233 | 0.51% | 41,188 | 90.39% | 4,148 | 9.10% | 45,569 | 99.44% |
| 路面狀態 | 不良 | 25 | 0.56% | 3,979 | 88.76% | 479 | 10.68% | 4,483 | 9.78% |
| | 良好 | 212 | 0.51% | 37,441 | 90.57% | 3,688 | 8.92% | 41,341 | 90.22% |
| 路面缺陷 | 有缺陷 | 3 | 1.38% | 200 | 92.17% | 14 | 6.45% | 217 | 0.47% |
| | 無缺陷 | 234 | 0.51% | 41,220 | 90.38% | 4,153 | 9.11% | 45,607 | 99.53% |
| 障礙物 | 有 | 4 | 0.43% | 842 | 91.32% | 76 | 8.24% | 922 | 2.01% |
| | 無 | 233 | 0.52% | 40,578 | 90.37% | 4,091 | 9.11% | 44,902 | 97.99% |
| 視距 | 不良 | 4 | 0.41% | 888 | 90.61% | 88 | 8.98% | 980 | 2.14% |
| | 良好 | 233 | 0.52% | 40,532 | 90.38% | 4,079 | 9.10% | 44,844 | 97.86% |

| 影響因素 | | 死亡 | | 受傷 | | 未受傷 | | 合計 | |
|-------|-------|-----|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 | 人數 | 占比 |
| 速限 | 大於 50 | 28 | 1.80% | 1,442 | 92.67% | 86 | 5.53% | 1,556 | 3.40% |
| | 50 以下 | 209 | 0.47% | 39,978 | 90.31% | 4,081 | 9.22% | 44,268 | 96.60% |
| 涉入大型車 | 是 | 38 | 4.09% | 852 | 91.61% | 40 | 4.30% | 930 | 2.03% |
| | 否 | 199 | 0.44% | 40,568 | 90.36% | 4,127 | 9.19% | 44,894 | 97.97% |
| 道路型態 | 路口 | 142 | 0.50% | 25,875 | 90.96% | 2,430 | 8.54% | 28,447 | 62.08% |
| | 路段 | 95 | 0.55% | 15,545 | 89.46% | 1,737 | 10.00% | 17,377 | 37.92% |
| 自撞、自摔 | 是 | 32 | 1.00% | 3,053 | 95.26% | 120 | 3.74% | 3,205 | 6.99% |
| | 否 | 205 | 0.48% | 38,367 | 90.02% | 4,047 | 9.50% | 42,619 | 93.01% |
| 性別 | 男性 | 108 | 0.67% | 13,932 | 86.23% | 2,116 | 13.10% | 16,156 | 35.26% |
| | 女性 | 129 | 0.44% | 27,448 | 92.64% | 2,051 | 6.92% | 29,628 | 64.66% |
| 年齡 | 青少年 | 3 | 0.11% | 2,427 | 88.58% | 310 | 11.31% | 2,740 | 5.98% |
| | 高齡 | 151 | 0.93% | 15,169 | 93.65% | 877 | 5.41% | 16,197 | 35.35% |
| | 其他 | 83 | 0.31% | 23,824 | 88.61% | 2,980 | 11.08% | 26,887 | 58.67% |
| 安全帽 | 未戴 | 23 | 3.20% | 627 | 87.20% | 69 | 9.60% | 719 | 1.57% |
| | 有戴 | 214 | 0.47% | 40,793 | 90.44% | 4,098 | 9.09% | 45,105 | 98.43% |
| 駕照 | 無照 | 73 | 1.01% | 6,599 | 91.50% | 540 | 7.49% | 7,212 | 15.74% |
| | 有照 | 164 | 0.42% | 34,821 | 90.18% | 3,627 | 9.39% | 38,612 | 84.26% |
| 飲酒情形 | 酒駕 | 80 | 3.68% | 1,554 | 71.58% | 537 | 24.74% | 2,171 | 4.74% |
| | 正常 | 157 | 0.36% | 39,866 | 91.32% | 3,630 | 8.32% | 43,653 | 95.26% |

第五章 模型推估

本研究採用民國 106 年至 109 年全台機車涉入事故中機車騎士的當事人資訊與道路環境資訊，考慮普通重型機車 1,133,338 人、大型重型機車 14,504 人與輕型機車 45,824 人的受傷程度，將第四章提及的三大類風險因素作為自變數，利用統計軟體 Stata/SE 15.0 分別建立多項羅吉特模型與次序普羅比模型，並根據結果比較影響各車型騎士受傷程度的風險因素有何差異。

5.1 變數篩選邏輯

首先針對每個自變數進行卡方獨立性檢定，本研究採用的信心水準為 95%，若於信心水準下 P-value 大於 0.05，則該自變數就不會被包含在最終模型裡。卡方檢定的結果顯示，大型重型機車的自變數高齡者、天氣、路面狀態、障礙物不顯著；輕型機車的自變數平假日、路面缺陷、障礙物、視距不顯著。這些自變數不會放入對應車型的模型中，因為沒有與騎士的受傷程度顯著相關。各車型的卡方檢定結果如表 5.1 所示。

表 5.1、風險因素與受傷程度的卡方檢定

| 自變數 | 普通重型機車 | | 大型重型機車 | | 輕型機車 | |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 卡方值 | p-value | 卡方值 | p-value | 卡方值 | p-value |
| 性別 | 7.3e+03 | 0.000** | 24.373 | 0.000** | 498.608 | 0.000** |
| 青少年 | 628.883 | 0.000** | 33.056 | 0.000** | 26.226 | 0.000** |
| 高齡者 | 2.5e+03 | 0.000** | 1.559 | 0.459 | 485.837 | 0.000** |
| 安全帽 | 2.4e+03 | 0.000** | 11.500 | 0.003** | 102.592 | 0.000** |
| 駕照 | 1.0e+03 | 0.000** | 13.029 | 0.001** | 65.994 | 0.000** |
| 酒駕 | 1.9e+04 | 0.000** | 1200.0 | 0.000** | 1100.0 | 0.000** |
| 涉入大型車 | 5.0e+03 | 0.000** | 137.990 | 0.000** | 257.899 | 0.000** |
| 道路型態 | 284.719 | 0.000** | 14.367 | 0.001** | 28.232 | 0.000** |
| 是否為自撞 | 1.3e+04 | 0.000** | 388.600 | 0.000** | 132.905 | 0.000** |
| 平假日 | 27.426 | 0.000** | 26.111 | 0.000** | 2.808 | 0.246 |
| 尖離峰 | 605.646 | 0.000** | 38.395 | 0.000** | 7.589 | 0.022* |
| 是否為半夜 | 1.7e+03 | 0.000** | 21.276 | 0.000** | 27.901 | 0.000** |
| 天氣 | 172.730 | 0.000** | 2.877 | 0.237 | 14.105 | 0.001** |
| 光線 | 190.352 | 0.000** | 13.285 | 0.001** | 6.252 | 0.044* |
| 路面狀態 | 381.888 | 0.000** | 1.208 | 0.547 | 15.459 | 0.000** |
| 路面缺陷 | 296.006 | 0.000** | 6.735 | 0.034* | 4.906 | 0.086 |
| 障礙物 | 47.218 | 0.000** | 5.669 | 0.059 | 0.966 | 0.617 |
| 視距 | 195.165 | 0.000** | 35.801 | 0.000** | 0.250 | 0.883 |
| 速限 | 2.3e+03 | 0.000** | 99.429 | 0.000** | 74.667 | 0.000** |

註：*p<0.05, **p<0.01

本研究於模型推估過程中持續進行各項模型規範檢驗，目標是建立的模型需符合所有訂定的檢驗。除了在卡方檢定的步驟捨去了部分變數，若模型推估時自變數的估計與Wald 檢定皆不顯著(信心水準：95%)，則該自變數亦不會被包含在模型中。各車型多項羅吉特模型與次序普羅比模型所考量的自變數如表 5.2、表 5.3 所示，皆通過相關的模型規範檢驗，將在下節介紹。

表 5.2、多項羅吉特模型考慮的風險因素

| 變數 | 普通重型機車 | 大型重型機車 | 輕型機車 |
|-------|--------|--------|------|
| 男性 | v | v | v |
| 青少年 | v | v | |
| 高齡 | v | | v |
| 未戴安全帽 | v | v | v |
| 無照 | v | v | v |
| 酒駕 | v | v | v |
| 涉入大型車 | v | v | v |
| 發生在路口 | v | v | v |
| 自撞自摔 | v | v | v |
| 假日 | | v | |
| 尖峰 | v | v | |
| 半夜 | v | v | v |
| 光線 | v | | |
| 路面狀態 | v | | v |
| 路面缺陷 | v | | |
| 視距不良 | v | v | |
| 速限>50 | v | v | v |

表 5.3 次序普羅比模型考慮的風險因素

| 變數 | 普通重型機車 | 大型重型機車 | 輕型機車 |
|-------|--------|--------|------|
| 男性 | v | v | v |
| 青少年 | v | v | |
| 高齡 | v | | v |
| 未戴安全帽 | v | v | v |
| 無照 | | v | v |
| 酒駕 | v | v | v |
| 涉入大型車 | v | v | v |
| 發生在路口 | v | v | v |
| 自撞自摔 | v | v | v |
| 假日 | | v | |
| 尖峰 | v | v | v |
| 半夜 | v | v | v |
| 光線 | v | | v |
| 路面狀態 | v | | v |
| 視距不良 | v | v | |
| 速限>50 | v | v | v |

5.2 模型規範檢驗結果

本研究以方差膨脹係數(VIF)檢驗模型中自變數間是否存在多重共線性問題,通常認為當 VIF 值大於 10 時表示存在多重共線性問題。檢驗結果表明,各車型之兩個模型任一變數的 VIF 值皆小於 1.2,可以總結本研究模型所使用的自變數間並不存在多重共線性問題。各車型模型的多重共線性診斷結果如表 5.4 所示。

表 5.4、方差膨脹係數(VIF)檢驗結果

| 變數 | 普通重型機車 | | 大型重型機車 | | 輕型機車 | |
|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | 多項羅吉特 | 次序普羅比 | 多項羅吉特 | 次序普羅比 | 多項羅吉特 | 次序普羅比 |
| 男性 | 1.02 | 1.02 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 1.03 |
| 青少年 | 1.08 | 1.07 | 1.05 | 1.05 | | |
| 高齡 | 1.06 | 1.05 | | | 1.06 | 1.06 |
| 未戴安全帽 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.01 |
| 無照 | 1.04 | | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.06 |
| 酒駕 | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.05 | 1.05 |
| 涉入大型車 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.00 |
| 發生在路口 | 1.04 | 1.04 | 1.10 | 1.10 | 1.04 | 1.04 |
| 自撞自摔 | 1.09 | 1.07 | 1.12 | 1.12 | 1.06 | 1.06 |
| 假日 | | | 1.04 | 1.04 | | |
| 尖峰 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | | 1.02 |
| 半夜 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.03 |
| 光線 | 1.01 | 1.01 | | | | 1.01 |
| 路面狀態 | 1.01 | 1.01 | | | 1.01 | 1.01 |
| 路面缺陷 | 1.02 | | | | | |
| 視距不良 | 1.01 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | | |
| 速限>50 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.00 |

註：空格表示模型不含該變數。

本研究以 Wald 檢定評估多項羅吉特模型中自變數的估計係數是否為 0(意即當拒絕虛無假說時，該自變數會影響應變數)。檢驗結果顯示，所有自變數的 p 值皆小於訂定的 95%信心水準。各車型多項羅吉特模型的 Wald 檢定結果如表 5.5 所示。

表 5.5、多項羅吉特模型 Wald 檢定結果

| 變數 | 普通重型機車 | | 大型重型機車 | | 輕型機車 | |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 卡方值 | P-value | 卡方值 | P-value | 卡方值 | P-value |
| 男性 | 7616.565 | 0.000** | 21.797 | 0.000** | 496.38 | 0.000** |
| 青少年 | 559.162 | 0.000** | 23.656 | 0.000** | | |
| 高齡 | 2326.132 | 0.000** | | | 462.127 | 0.000** |
| 未戴安全帽 | 540.545 | 0.000** | 7.125 | 0.028* | 37.066 | 0.000** |
| 無照 | 65.179 | 0.000** | 6.45 | 0.040* | 14.155 | 0.001** |
| 酒駕 | 6787.142 | 0.000** | 417.318 | 0.000** | 745.913 | 0.000** |
| 涉入大型車 | 3375.628 | 0.000** | 96.803 | 0.000** | 140.884 | 0.000** |
| 發生在路口 | 522.151 | 0.000** | 11.497 | 0.003** | 35.727 | 0.000** |
| 自撞自摔 | 6990.060 | 0.000** | 238.932 | 0.000** | 205.922 | 0.000** |
| 假日 | | | 7.497 | 0.024* | | |
| 尖峰 | 340.347 | 0.000** | 10.852 | 0.004** | | |
| 半夜 | 534.894 | 0.000** | 11.945 | 0.003** | 18.845 | 0.000** |
| 光線 | 23.370 | 0.000** | | | | |
| 天候不佳 | | | | | | |
| 路面狀態 | 217.824 | 0.000** | | | 12.242 | 0.002** |
| 路面缺陷 | 16.553 | 0.000** | | | | |
| 視距不良 | 103.406 | 0.000** | 18.533 | 0.000** | | |
| 速限>50 | 1724.796 | 0.000** | 66.439 | 0.000** | 45.912 | 0.000** |

註：空格表示模型不含該變數。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

總結而言，模型規範檢驗的結果足以表示以各車型事故資料建立的模型相當穩定，係數的估計結果是正確且值得信服的。

5.3 模型推估

5.3.1 模型結果

本節分別呈現普通重型機車、大型重型機車與輕型機車的多項羅吉特模型與次序普羅比模型結果，僅列出具有統計顯著風險因素的各项數值。其中多項羅吉特模型的嚴重度比較基準為死亡，以最大概似法計算另兩個嚴重度的估計係數與標準誤，並使用相對風險比(RRR)表示在該風險因素下相較於基準嚴重度的相對風險增減情形。亦提供模型擬合度的相關資訊，包含卡方統計值(Likelihood Ratio Chi-square)與 Pseudo R-square 等。

普通重型機車的多項羅吉特模型結果顯示，事故發生時某些因素會同時提升機車騎士死亡對受傷與未受傷的相對風險($RRR < 1$)，包含高齡者、未戴安全帽、無照、酒駕、

涉入大型車、自撞自摔、發生在半夜、視距不良與道路速限大於 50 km/h。由於本研究挑選風險因素時將重點放在可能導致嚴重度上升的因素，故男性死亡對未受傷的相對風險比女性低(RRR=1.367)、青少年死亡對受傷的相對風險比其他年齡層低(RRR=1.236)、路面狀態不良與路面有缺陷時死亡對受傷的相對風險較低(RRR=1.254, 1.773)都是不符預期的結果。

由較大的卡方統計量(43911.8)與相應的 p 值(0.000)可知，該模型的擬合度整體表現優異，顯著優於僅包含常數的零模型。普通重型機車的多項羅吉特模型結果如表 5.6 所呈現。

表 5.6、普通重型機車多項羅吉特模型

| 變數 | 嚴重度：受傷 | | | 嚴重度：未受傷 | | |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|--------|---------|
| | 估計係數 | RRR | p 值 | 估計係數 | RRR | p 值 |
| 基準嚴重度：死亡 | | | | | | |
| 常數項 | 6.690 | 804.091 | 0.000** | 4.393 | 80.898 | 0.000** |
| 當事人特性 | | | | | | |
| 男性 | -0.288 | 0.749 | 0.000** | 0.313 | 1.367 | 0.000** |
| 青少年 | 0.211 | 1.236 | 0.000** | -- | -- | -- |
| 高齡 | -1.153 | 0.316 | 0.000** | -1.583 | 0.205 | 0.000** |
| 未戴安全帽 | -1.452 | 0.234 | 0.000** | -1.474 | 0.229 | 0.000** |
| 無照 | -0.290 | 0.748 | 0.000** | -0.263 | 0.769 | 0.000** |
| 酒駕 | -2.505 | 0.082 | 0.000** | -1.824 | 0.161 | 0.000** |
| 事故特性 | | | | | | |
| 涉入大型車 | -2.102 | 0.122 | 0.000** | -3.553 | 0.029 | 0.000** |
| 發生在路口 | 0.076 | 1.079 | 0.020* | -0.072 | 0.930 | 0.028* |
| 自撞自摔 | -0.754 | 0.471 | 0.000** | -3.538 | 0.029 | 0.000** |
| 時間與道路環境 | | | | | | |
| 尖峰 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 半夜 | -0.773 | 0.461 | 0.000** | -1.010 | 0.364 | 0.000** |
| 光線 | -- | -- | -- | -0.318 | 0.727 | 0.004** |
| 路面狀態 | 0.226 | 1.254 | 0.000** | -- | -- | -- |
| 路面缺陷 | 0.573 | 1.773 | 0.003** | -- | -- | -- |
| 視距 | -0.539 | 0.583 | 0.000** | -0.695 | 0.499 | 0.000** |
| 速限>50 | -1.000 | 0.368 | 0.000** | -1.579 | 0.206 | 0.000** |
| 觀察值 N | 1,133,338 | | | | | |
| Log likelihood | -375771.4 | | | | | |
| Chi-square | 43911.8 | | | | | |
| P-value | 0.0000 | | | | | |
| Pseudo R2 | 0.0552 | | | | | |

註： *p<0.05, **p<0.01, --表示變數不顯著

大型重型機車的多項羅吉特模型結果顯示，事故發生時會同時提升機車騎士死亡對受傷與未受傷的相對風險(RRR < 1)的因素包含青少年、酒駕、涉入大型車、自撞自摔、發生在假日、視距不良與道路速限大於 50 km/h。僅一個風險因素不符預期(RRR = 1.990)，即事故發生在半夜時，騎士死亡對受傷的相對風險比白天低。由卡方統計量對應的 p 值 (0.000)可知，大型重型機車模型的擬合度也相當優異，模型結果如表 5.7 所呈現。

表 5.7、大型重型機車多項羅吉特模型

| 變數 | 嚴重度：受傷 | | | 嚴重度：未受傷 | | |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|-------|---------|
| | 估計係數 | RRR | p 值 | 估計係數 | RRR | p 值 |
| 基準嚴重度：死亡 | | | | | | |
| 常數項 | 7.888 | 2666.01 | 0.000** | 1.067 | 2.906 | 0.000** |
| 當事人特性 | | | | | | |
| 男性 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 青少年 | -0.526 | 0.591 | 0.004** | -0.753 | 0.471 | 0.000** |
| 未戴安全帽 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 無照 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 酒駕 | -3.606 | 0.027 | 0.000** | -2.702 | 0.067 | 0.000** |
| 事故特性 | | | | | | |
| 涉入大型車 | -2.119 | 0.120 | 0.000** | -2.955 | 0.052 | 0.000** |
| 發生在路口 | -- | -- | -- | -0.403 | 0.668 | 0.034* |
| 自撞自摔 | -1.283 | 0.277 | 0.000** | -3.534 | 0.029 | 0.000** |
| 時間與道路環境 | | | | | | |
| 假日 | -0.409 | 0.665 | 0.014* | -0.465 | 0.628 | 0.007** |
| 尖峰 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 半夜 | 0.688 | 1.990 | 0.028* | -- | -- | -- |
| 視距不良 | -0.741 | 0.477 | 0.010* | -1.249 | 0.287 | 0.000** |
| 速限>50 | -0.899 | 0.407 | 0.000** | -1.432 | 0.239 | 0.000** |
| 觀察值 N | 14,504 | | | | | |
| Log likelihood | -6594.616 | | | | | |
| Chi-square | 1132.18 | | | | | |
| P-value | 0.000 | | | | | |
| Pseudo R2 | 0.079 | | | | | |

註： *p<0.05, **p<0.01, --表示變數不顯著

輕型機車的多項羅吉特模型結果顯示，會同時提升機車騎士死亡對受傷與未受傷的相對風險(RRR < 1)的因素包含高齡、未帶安全帽、無照、酒駕、涉入大型車、發生在半夜與道路速限大於 50 km/h。值得注意的是也有一個風險因素不符預期，若騎士為男性，其發生事故時死亡對未受傷的相對風險會比女性低(RRR = 1.882)。由卡方統計量對應的 p 值(0.000)得，輕型機車模型的擬合度表現也佳，模型結果如表 5.8 所示。

表 5.8、輕型機車多項羅吉特模型

| 變數 | 嚴重度：受傷 | | | 嚴重度：未受傷 | | |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|--------|---------|
| | 估計係數 | RRR | p 值 | 估計係數 | RRR | p 值 |
| 基準嚴重度：死亡 | | | | | | |
| 常數項 | 6.673 | 791.104 | 0.000** | 4.414 | 82.640 | 0.000** |
| 當事人特性 | | | | | | |
| 男性 | -- | -- | -- | 0.632 | 1.882 | 0.000** |
| 高齡 | -1.164 | 0.312 | 0.000** | -1.960 | 0.141 | 0.000** |
| 未戴安全帽 | -1.437 | 0.238 | 0.000** | -1.454 | 0.234 | 0.000** |
| 無照 | -0.360 | 0.698 | 0.015* | -0.502 | 0.606 | 0.001** |
| 酒駕 | -2.403 | 0.090 | 0.000** | -1.072 | 0.342 | 0.000** |
| 事故特性 | | | | | | |
| 涉入大型車 | -2.006 | 0.134 | 0.000** | -2.861 | 0.057 | 0.000** |
| 發生在路口 | -- | -- | -- | -0.330 | 0.719 | 0.022* |
| 自撞自摔 | -- | -- | -- | -1.647 | 0.193 | 0.000** |
| 時間與道路環境 | | | | | | |
| 半夜 | -0.762 | 0.467 | 0.000** | -0.958 | 0.384 | 0.000** |
| 路面狀態 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 速限>50 | -0.964 | 0.381 | 0.000** | -1.525 | 0.218 | 0.000** |
| 觀察值 N | 45,824 | | | | | |
| Log likelihood | -14319.45 | | | | | |
| Chi-square | 2208.66 | | | | | |
| P-value | 0.000 | | | | | |
| Pseudo R2 | 0.072 | | | | | |

註： *p<0.05, **p<0.01, --表示變數不顯著

次序普羅比模型中估計係數大於 0 會提升事故騎士的受傷程度，而小於 0 則是降低受傷程度。由各車型次序普羅比模型結果顯示，涉入大型車、發生在路口、自撞自摔、發生在半夜與道路速限大於 50 km/h 會提升所有車型的嚴重度；男性、發生在尖峰則會降低所有車型的嚴重度；青少年、視距不良僅會提升重型機車的嚴重度；高齡、未戴安全帽、光線(無照明)僅會提升普通重型機車與輕型機車的嚴重度；無照僅提升大型重型機車與輕型機車的嚴重度。

然而，有部分的風險因素並不符合原先的預期，例如酒駕會降低普通重型機車與輕型機車的嚴重度、未戴安全帽會降低大型重型機車的嚴重度、以及路面狀態不良會降低輕型機車的嚴重度，這些都與多項羅吉特模型的結果不同。本研究推測因為次序普羅比模型會假設當一影響因素提升最嚴重事故(死亡)的發生率時，也會降低最輕微事故(未受傷)的機率，因而導致難以詮釋的結果。各車型的次序普羅比模型如表 5.9 所呈現。

表 5.9、各車型次序普羅比模型

| 變數/車型 | 普通重型機車 | | 大型重型機車 | | 輕型機車 | |
|----------------|--------------|---------|--------------|--------------|----------|---------|
| | 估計係數 | p 值 | 估計係數 | p 值 | 估計係數 | p 值 |
| 當事人特性 | | | | | | |
| 男性 | -0.271 | 0.000** | -0.221 | 0.001** | -0.347 | 0.000** |
| 青少年 | 0.075 | 0.000** | 0.136 | 0.000** | | |
| 高齡 | 0.262 | 0.000** | | | 0.402 | 0.000** |
| 未戴安全帽 | 0.218 | 0.000** | -0.608 | 0.006** | 0.207 | 0.002** |
| 無照 | | | 0.093 | 0.014* | 0.061 | 0.008** |
| 酒駕 | -0.050 | 0.000** | 0.443 | 0.000** | -0.491 | 0.000** |
| 事故特性 | | | | | | |
| 涉入大型車 | 0.831 | 0.000** | 0.722 | 0.000** | 0.689 | 0.000** |
| 發生在路口 | 0.070 | 0.000** | 0.092 | 0.000** | 0.097 | 0.000** |
| 自撞自摔 | 0.890 | 0.000** | 0.868 | 0.000** | 0.548 | 0.000** |
| 時間與道路環境 | | | | | | |
| 假日 | | | <u>0.049</u> | <u>0.057</u> | | |
| 尖峰 | -0.058 | 0.000** | -0.094 | 0.001** | -0.035 | 0.045* |
| 半夜 | <u>0.157</u> | 0.000** | <u>0.105</u> | <u>0.053</u> | 0.126 | 0.002** |
| 光線 | 0.101 | 0.000** | | | 0.266 | 0.017* |
| 路面狀態 | 0.056 | 0.000** | | | -0.077 | 0.003** |
| 視距不良 | 0.097 | 0.000** | 0.257 | 0.000** | | |
| 速限>50 | 0.312 | 0.000** | 0.320 | 0.000** | 0.341 | 0.000** |
| u1 | -1.296 | | -1.013 | | -1.283 | |
| u2 | 2.883 | | 2.526 | | 2.809 | |
| 觀察值 N | 1133338 | | 14504 | | 45824 | |
| Log likelihood | -381543.8 | | -6780.7 | | -14617.2 | |
| Chi-square | 32366.9 | | 760.1 | | 1613.1 | |
| P-value | 0.0000 | | 0.0000 | | 0.0000 | |
| Pseudo R2 | 0.0407 | | 0.0531 | | 0.0523 | |

註： *p<0.05, **p<0.01，空格表示模型不含該變數，底線表示雖不顯著但因 p 值相對小故保留

5.3.2 彈性分析

由於次序普羅比模型在結果解釋上的困難，並考慮到某些風險因素可能擁有同時提升(或降低)事故死亡機率與未受傷機率的特性，本研究決定以多項羅吉特模型的彈性分析結果來進行各車型風險因素的細節討論。平均半彈性可以表示當風險因素二元變數由 0 到 1 時，各嚴重度發生機率的平均百分比變化，根據這些估計結果來總結每個風險因

素如何影響各車型事故的騎士受傷程度。各車型多項羅吉特模型的平均半彈性如表 5.10 所示，以下將更詳細回顧這些重要影響因素。

表 5.10、多項羅吉特模型風險因素的彈性分析

| 變數 | 普通重型機車 | | | 大型重型機車 | | | 輕型機車 | | |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| | 死亡 | 受傷 | 未受傷 | 死亡 | 受傷 | 未受傷 | 死亡 | 受傷 | 未受傷 |
| 當事人特性 | | | | | | | | | |
| 男性 | 23.1% | -5.8% | 54.4% | -- | -9.4% | 58.7% | -- | -7.4% | 67.7% |
| 青少年 | -19.4% | 1.7% | -15.3% | 55.2% | 2.6% | -20.0% | | | |
| 高齡 | 118.3% | 3.0% | -40.0% | | | | 122.1% | 5.7% | -73.9% |
| 未戴安全帽 | 144.2% | -0.9% | -- | -51.6% | -22.6% | -- | 142.3% | -- | -- |
| 無照 | 28.6% | -0.4% | 2.3% | -- | 2.8% | -16.4% | 37.0% | 1.0% | -13.2% |
| 酒駕 | 239.0% | -11.5% | 56.5% | 323.3% | -37.3% | 53.1% | 216.9% | -23.4% | 109.7% |
| 事故特性 | | | | | | | | | |
| 涉入大型車 | 216.0% | 5.8% | -139.3% | 214.6% | -- | -80.8% | 203.3% | 2.6% | -82.8% |
| 發生在路口 | -- | 1.5% | -13.3% | -- | 1.9% | -12.6% | -- | 1.8% | -18.3% |
| 自撞自摔 | 86.0% | 10.6% | -267.8% | 142.8% | 14.6% | -210.5% | -- | 7.6% | -133.0% |
| 時間與道路環境 | | | | | | | | | |
| 假日 | | | | 41.2% | -- | -- | | | |
| 尖峰 | -- | -1.3% | 11.1% | -- | -2.6% | 14.2% | | | |
| 半夜 | 79.1% | 1.7% | -21.9% | -63.7% | 5.2% | -27.5% | 77.3% | -- | -18.5% |
| 光線 | -- | 1.6% | -16.2% | | | | | | |
| 路面狀態 | -21.2% | 1.5% | -12.9% | | | | -- | -1.8% | 16.5% |
| 路面缺陷 | -55.5% | 1.8% | -15.7% | | | | | | |
| 視距不良 | 55.1% | 1.2% | -14.4% | 79.2% | 5.2% | -45.6% | | | |
| 速限>50 | 104.0% | 4.0% | -53.9% | 95.3% | 5.5% | -47.8% | 99.7% | 3.3% | -52.7% |

註：--表示不顯著，空格表示模型不含該變數

- 當事人特性

由平均半彈性結果顯示男性普通重型機車騎士發生事故時，死亡的機率比女性高 23.1%。與過往研究一致(Vajari et al. 2020, Se et al. 2021)，男性騎士更容易發生致命的事 故，主要差距通常被認為是男性更容易有高風險的駕駛行為。相較之下，三種車型的平 均半彈性結果都顯示男性會使事故未受傷的機率增加(普通重型機車：54.4%、大型重型 機車：58.7%、輕型機車：67.7%)，也就是女性較不容易於事故中無傷倖免，與林宜潔 (2019)的研究結果相似，其指出男性未受傷的機率比女性高。本研究推測平均而言男性的 身體素質比女性強壯，發生輕微事故時不容易有明顯外傷，便被判定為無傷。值得注意的是，就普通重型機車而言，男性同時顯著提升了騎士死亡與未受傷的機率，這是次 序性模型無法看出的特性。

平均半彈性結果顯示高齡會使普通重型機車與輕型機車騎士死亡的機率提升約 1.2 倍(普通重型機車：118.3%、輕型機車：122.1%)，並且未受傷的機率也降低(普通重型機車：-40.0%、輕型機車：-73.9%)。許多研究，例如 Celik et al. (2014)、Vajari et al. (2020) 與蔡秉祐(2020)等等都指出年長的駕駛人在事故中容易受到嚴重傷害，高齡者不只身體較為脆弱，遭受傷害後免疫力不夠也會使醫療救助成功率更低；大型重型機車的平均半彈性結果則顯示青少年會使事故死亡的機率提升 55.2%，並降低未受傷機率(-20.0%)。Jung et al.(2013)指出越年輕的駕駛人更容易有激進的駕駛行為，大型重型機車普遍受青少年人士的喜愛，因為更可以享受速度帶來的快感，許多研究指出超速會增加年輕駕駛人死亡的可能性，可惜本研究受限於資料欄位不含事故當下的車速，因警方在調查事故時並無法取得。

騎車未戴安全帽發生事故時，普通重型機車與輕型機車的結果相近，平均半彈性結果顯示會使兩種車型騎士死亡的機率分別提升 144.2%與 142.3%。這印證了保護裝備是預防事故嚴重傷害的重要因素，尤其對於弱勢用路人的機車而言，安全帽更是如此，並且與國內過去的研究結果一致(林宜潔，2019)，國外研究如 Jung et al. (2013)與 Shaheed et al. (2013)也都指出安全帽對機車事故嚴重度的影響是統計上顯著的。請注意，大型重型機車的平均半彈性結果顯示未戴安全帽會使死亡與受傷的機率降低(-51.6%、-22.6%)，這個結果並不值得信服。由表 4.7 的敘述統計可知，資料中未戴安全帽死亡的騎士僅有 1 人，且整體事故未戴安全帽的比例只有 0.23%，本研究推測由於樣本數過低才導致模型結果不符預期，不能就此下定論，認為大型重型機車騎士未戴安全帽其實更安全。

駕駛資格不符(無照)的普通重型機車與輕型機車騎士發生事故時，平均半彈性結果顯示會使兩種車型死亡的機率分別增加 28.6%與 37.0%。駕駛執照是判斷駕駛人技術的重要指標，儘管各國的駕照獲取方式不一，本研究的結果與林宜潔(2019)指出機車無照駕駛死亡的可能性較高一致。

酒駕因素對所有車型騎士事故死亡的影響程度最為突出，就平均半彈性結果而言，酒駕會使死亡的機率提升：普通重型機車 239.0%、大型重型機車 323.3%、輕型機車 216.9%，與許多研究結果一致(林宜潔，2019、Jung et al. 2013)，飲酒會使幾乎所有大、小型車種的駕駛人失去安全駕駛的能力，更容易導致嚴重死傷的事故發生。國內酒駕的相關法律修改一直有在進行，民國 102 年起呼氣酒精濃度標準已降低至 0.15 mg/L(道路交通安全規則)，應該加強教育宣導政策以減少機車的酒駕事故發生。

而不符預期的是，酒駕因素也同時提升了騎士未受傷的機率(普通重型機車：56.5%、大型重型機車：53.1%、輕型機車：109.7%)，由表 4.5 至 4.7 的敘述統計可知，各車型有酒駕的騎士未受傷的占比都比沒有酒駕的騎士高，故可能是資料型態特別所造成。另外，回顧次序普羅比的模型結果，酒駕會使普通重型機車與輕型機車騎士的受傷程度降低，這很可能是次序性模型所誤導，而多項羅吉特模型較能正確指出的關係。

- 事故特性

對所有車型的騎士，發生事故時若有大型車涉入，平均半彈性結果顯示將會使各車型事故死亡的機率提升超過 2 倍(普通重型機車：216.0%、大型重型機車：214.6%、輕型機車：203.3%)，並顯著降低未受傷的機率(普通重型機車：-139.3%、大型重型機車：-80.8%、輕型機車：-82.8%)，其對事故死亡的影響力僅次於酒駕因素。Se et al.(2021)與 Jung et al. (2013)的研究皆指出與卡車或巴士等大型車發生事故會增加機車騎士死亡的可能性，與本研究結果一致。國內關於大型車事故的議題，如內輪差、視野死角等關鍵字常被新聞提及，因其對機車與行人等弱勢用路人造成的威脅更大，近年除了視野輔助系統等科技的發展，宣導防衛駕駛觀念也是重要的一環。

若事故發生在路口，由平均半彈性結果顯示會使三車型未受傷的機率皆降低(都低於 20%)，表示在路口較不容易無傷倖免。部分研究(Vajari et al. 2020、蔡秉祐，2020)僅考慮路口的事故，觀點為路口衝突點較多，更容易發生事故，但路口的事故嚴重度是否較高則不一定，林宜潔(2019)便認為接近路口時車輛通常會減速，相對於路段不容易發生嚴重傷亡的事故。

若為自撞或自摔的單一車輛事故，會使普通重型機車與大型重型機車騎士死亡的機率皆提升(86.0%/142.8%)，並且使所有車型未受傷的機率都降低許多(普通重型機車：-267.8%、大型重型機車：-210.5%、輕型機車：-133.0%)。該結果相當明顯，機車無外在保護，若發生自撞或自摔事故更可能造成死亡，並較不可能無傷倖免，這也歸咎於速度帶來的影響，若是慢車(自行車)甚至行人，在路上獨自摔倒或撞擊固定物，其受傷的程度可能不會像機車這般嚴重。

- 時間與道路環境

事故發生在假日(週六、日)時，平均半彈性結果顯示會使大型重型機車騎士事故死亡的機率提升 41.2%。Vajari et al. (2020)指出與平日相比，假日的事故更容易有高速行駛的特徵，並引用前人研究表明大型的機車在假日進行休閒、遊憩騎行時更容易發生死亡事故，這與本研究的結果一致：只有大型重型機車的事故嚴重度會受平假日因素影響。

尖離峰因素的平均半彈性結果顯示，事故發生在尖峰會使普通重型機車與大型重型機車騎士未受傷的機率提升 (11.1%/14.2%)，雖然幅度較小，不過與許多先前研究一致，如 Celik et al. (2014)指出晚昏峰時事故死亡的可能性會降低，推測是平均車速較低導致事故嚴重度降低。

若事故發生在半夜至清晨(0:00-7:00)，對普通重型機車與輕型機車騎士而言，死亡機率分別提升 79.1%與 77.3%，並降低未受傷機率(-21.9%/-18.5%)。與林宜潔(2019)的研究結果相符，夜間更容易涉及高速行駛、騎士疲勞、注意力不集中等因素，Vajari et al.

(2020)也指出午夜/清晨時機車騎士事故死亡的可能性明顯較高。但大型重型機車在半夜的死亡機率則會降低 63.7%，同時未受傷的機率也降低 27.5%，算是不符預期的結果。

對普通重型機車而言，在路面狀態不良與路面有缺陷的情況下發生事故時，騎士死亡的機率皆會降低(-21.2%/-55.5%)，同時也降低未受傷的機率(-12.9%/-15.7%)，這點並不符合預期，但與 Jung et al. (2013)與 Zhou et al. (2019)的研究結果相似，其指出路面濕滑、泥濘的情況下騎士死亡的機率反而降低。本研究推測騎士在這樣的惡劣環境下騎行時速度通常會較慢，即使路面狀態不良與路面有缺陷很可能使事故較容易發生，但不能也認為事故的嚴重度也會一併上升。

視距不良(包含彎道、被建築物或樹木擋住等)的情況下發生事故時，普通重型機車與大型重型機車騎士死亡的機率分別會提升 55.1%與 79.2%，未受傷的機率則降低 14.4%與 45.6%。這與 Shaheed et al. (2013)的結果一致，表明當騎士的視野被阻擋時更容易發生嚴重的事故。

速限對所有車型都具影響力，若在速限超過 50 km/h 的道路上發生事故，由平均半彈性顯示速限超過 50 km/h 會使各車型事故死亡的機率皆提升約 100%、未受傷的機率下降約 50%。與 Shaheed et al. (2013)的研究結果相似，即在高速限的環境下機車騎士不太可能於事故中無傷(僅財損)倖免；Blackman et al. (2013)則指出較大型機車的事故嚴重程度與速限更有正向關係。速度對事故嚴重程度的影響相當明顯，在高速環境下駕駛人可能對突發事件會有來不及反應的可能，若發生碰撞也更容易有嚴重死傷。另外，沒能考慮事故當下的車速是本研究的一個不足之處。

彙整機車事故嚴重度影響因素的文獻與本研究的結果進行比較，如表 5.11 所示。值得一提的是 Jung et al. (2013)與 Se et al. (2021)也有將研究族群分組，分為不同年齡層與發生在城市或鄉村，與本研究分機車類型很相似，不同群組最終發現的嚴重度影響因素也有所差異。

表 5.11、各文獻與本研究結果比較

| 作者(年) | 提升事故嚴重度的風險因素 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|-----|----|----|------|------|------|----|----|------|------|------|-------|------|-------|-----------|------|----|----|----|------|------|----|------|----------|
| | 駕駛人 | | | | | | 駕駛行為 | | | | | 事故特性 | | | | 時間與道路環境特性 | | | | | | | | | |
| | 男性 | 青少年 | 高齡 | 學生 | 從業人員 | 後座有人 | 超速 | 酒駕 | 疲勞 | 違規超車 | 沒安全帽 | 無照 | 自撞、自摔 | 其他碰撞 | 涉及大型車 | 涉及小客車 | 多車事故 | 周末 | 半夜 | 雨天 | 視距不良 | 夜間無光 | 斜坡 | 路面不良 | 速限(相對於低) |
| 林宜潔(2019) | v | v | | v | v | | v | | | | v | | | | | | | v | v | v | | | | | |
| Vajari et al. (2020) | | | v | | | | | | | | | | | | | v | v | v | | | | | | | |
| Jung et al. (2013): ≤25 歲 | | | | | | v | v | | | | | v | v | v | | | v | | | | | | | | |
| Jung et al. (2013): 35~44 歲 | | | | | | | | | | | | v | v | v | | | | | | | | | | | |
| Jung et al. (2013): 45~54 歲 | | | | | | | | | | | | v | v | v | | v | v | | | | | | | | |
| Se et al. (2021): 城市 | | | | | | v | | | | | | | v | v | | | | v | | | v | | | v | |
| Se et al. (2021): 鄉村 | v | | | | | v | v | | v | v | | | v | v | v | | v | v | | | v | v | v | | |
| 本研究：大型重型機車 | | v | | | | | | | | | | | v | | v | | v | | | | v | | | | v |
| 本研究：普通重型機車 | v | | v | | | | | | | | | | v | v | v | | | v | | | | | | | v |
| 本研究：輕型機車 | | | v | | | | | | | | | | | | v | | | v | | | | | | | v |

第六章 結論與建議

本研究旨在補足過去的事故研究中並沒有將機車進行分類的缺漏。藉蒐集警政署《道路交通事故調查報告表》中各機車車型的涉入事故資料，將機車分為大型重型機車、普通重型機車與輕型機車，分別推估了騎士受傷程度的多項羅吉特模型與次序普羅比模型，受傷程度由重至輕共死亡(30 日內)、受傷以及未受傷(僅財損)三類，而考慮的風險因素包含當事人特性、事故特性以及時間與道路環境特性三大特徵。初步資料分析發現各車型事故騎士的死亡、受傷與未受傷比率有所不同，死亡率以大型重型機車最高(1.23%)、輕型機車其次(0.52%)、普通重型機車最低(0.40%)，但大型重型機車的未受傷率也最高；最後模型推估結果顯示，各車型的風險因素明顯有差異，影響單一車型事故騎士受傷程度的因素不一定會影響其他車型，與 Blackman et al. (2013)的研究結果相似。

6.1 結論與改善策略

由於次序普羅比模型無法觀測出一個影響因素其實會同時提升(或降低)騎士死亡與未受傷的機率，本研究根據各車型多項羅吉特模型結果的彈性分析，來表示每個風險因素如何影響騎士受傷程度，根據這些估計結果，提出主要結論如下：

- 影響單一車型騎士受傷程度的風險因素不一定也會同時影響其他車型。
- **所有車型**：酒駕、涉入大型車、道路速限大於 50 km/h 會顯著提升騎士死亡的機率，並且酒駕與涉入大型車分別是所有風險因素中提升死亡機率最多的前兩名。另一方面，發生在路口、為自撞或自摔事故、發生在半夜、道路速限大於 50 km/h 會顯著降低騎士未受傷的機率。
- **僅普通重型機車**：男性騎士發生事故時死亡的機率較女性高。
- **僅大型重型機車**：騎士為青少年(18~23 歲)、發生在假日會顯著提升騎士死亡的機率。
- **普通重型機車與大型重型機車**：自撞或自摔事故、視距不良會顯著提升騎士死亡的機率。
- **普通重型機車與輕型機車**：騎士為高齡者(65 歲以上)、未戴安全帽、無照駕駛、發生在半夜會顯著提升騎士死亡的機率。
- 大型重型機車與輕型機車的嚴重度影響因素差距較大，普通重型機車的風險因素則與前兩者各有重疊。
- 由彈性分析結果可知，風險因素的分類中，當事人特性與事故特性對嚴重度的影響力較大，時間與道路環境特性的影響力則相對較差。

由模型結果發現的風險因素對各車型的影響不一，為了減少嚴重機車事故發生的可能性，本研究根據這些指標因素並考量各車型間的差異，提出適當的改善策略，以期能做為相關單位與研究人員制定安全措施或改善策略的寶貴資源。

模型推估結果顯示酒駕會導致所有車型的騎士皆更容易於事故中死亡，可見其危害非常明顯，酒駕一直以來都是令人詬病的行為，但機車的酒駕較少被關注。近年來酒駕法律已經歷多次修改，酒駕執法也有增多的傾向，如需要達成更高的機車酒駕「零容忍」願景，勢必要從教育宣導著手，方向可以包含酒駕罰則的警告、鼓勵親友間的提醒(別因為只是機車、只是短程就大意酒駕)、宣傳代駕服務等等。

本研究結果指出大型車的涉入會明顯使所有車型的機車騎士更容易遭受嚴重傷亡，事故有大型車涉入往往會導致嚴重的傷亡，尤其對弱勢用路人更是如此，除了對大型車駕駛人與機車騎士宣導防衛駕駛的觀念外，由執法層面嚴加取締大型車的相關違規也建議執行，範圍應不僅包含車體規格測試、各式安全裝置等固體設備，還要考慮是否有超載、疲勞駕駛等違規行為發生，藉由減少該類風險能保障更安全、適合機車的用路環境。

模型結果亦指出道路速限大於 50 km/h 明顯提升所有車型機車騎士的受傷程度，道路的速限會反映車流的平均速度上，沒有外在保護的機車騎士於高速環境下發生事故時更容易受到嚴重傷亡。我國市區道路的速限大多在 50 km/h 以下，要減少大於 50 km/h 之主要道路上的機車事故傷亡，建議從道路工程的層面考慮，例如劃設車道以利不同車種分流、新增保護性較強的護欄(例：滾筒式護欄)以防機車衝出路外或減少撞擊護欄的力道。

大型重型機車騎士若為青少年，事故死亡機率會上升；普通重型機車與輕型機車則是騎士為高齡者時會提升事故死亡機率。年輕的駕駛人通常會被認為更容易具有侵略性駕駛行為(Jung et al. 2013)，例如超速、蛇行，或惡意的超車、鑽道、逼車行為，在這些行為下發生事故更可能受到嚴重傷害，這些年輕人也包含剛拿到駕照不久的新手駕駛人，在駕馭紅、黃牌重機時騎行技術不夠熟練也更可能遭遇嚴重事故；另一方面，高齡者因身體較為脆弱，騎機車若發生事故，無論是摔車還是與其他車碰撞都更可能有較高的傷亡程度。

針對高風險年齡層的改善策略可以從兩個層面著手，分別是社會教育與監理制度。年輕的紅、黃牌重機騎士必須要具有良好的駕駛素養，在面對其他侵略性駕駛的行為不能因情緒而違規騎行，道路應是人人都應對安全有責任的公共場所；而使用白牌以下機車的年長者有許多並不瞭解道路安全規則，時常會有違規穿越馬路、不遵守標線號誌行駛等行為發生，對高齡者宣導正確的道路安全觀念是必要的。監理制度上，我國近年針對機車駕駛訓練有實施變革，透過考前教育的落實或許能幫助降低青少年騎乘大型重型機車的事故傷亡率；也在民國 106 年起實施高齡駕駛人換照制度，實施日期後屆滿 75 歲、實施前屆滿但有特定違規者都需通過相關審查來換發新照，期望提升高齡駕駛人騎乘普通重型機車之安全。

未戴安全帽、無照駕駛與發生在半夜的事故都被發現會增加普通重型機車與輕型機車騎士的事故死亡風險。自民國 86 年立法強制騎機車需戴安全帽以來，未戴安全帽的違規率整體呈下降趨勢，但不時仍有因未戴安全帽發生事故使頭部重創而喪命的憾事發生，應提醒民眾切勿抱持僥倖，認為路程短或不會被取締而未戴安全帽上路，騎士都要有它是必要保護裝備的觀念；我國駕照考驗制度近年來亦有相關變革，重點是考驗內容應與時俱進，也要符合駕訓制度的改善方向，並落實無照的取締，警告民眾別以身試法；至於如何改善半夜時段的機車事故嚴重度，建議從道路設計著手，因夜間騎車更容易涉及分心、疲勞、超速、視野不佳等原因，例如在有所缺乏處安裝路燈、設立標誌、劃設標線等，如車道線有助於騎士保持執行不隨便偏離車道，而停、慢標誌或標線創造路口意象，並提醒騎士別因半夜時段車流少而不專心或超速。

發生在假日與視距不良的事故都會提升大型重型機車騎士死亡的可能性。旅次發生在假日較常為休閒性質，而大型重型機車是騎士熱愛的出遊運具，Vajari et al. (2020)研究指出假日的休憩旅次更常涉及高速行駛或違規，這可能是造成嚴重度上升的主因，因此需宣導安全騎行的觀念，要享受出遊的快感必須建立在安全的基礎上，保護自己也保護其他道路使用者；視距不良的影響最常見的是彎道以及在路口處視野被擋住，可能是由於紅、黃牌重機會在彎道或樹木密集的山路上騎行所致，從道路工程面的改善上，正確設計標誌、標線用以指引騎士，以及重新審視彎道的視野是否良好都是可行的方法。

最後，對於大型重型機車與普通重型機車而言，自撞、自摔事故都明顯提升騎士的受傷程度，因應策略除了對騎士宣導安全帽的必要性、禁止如超速之類的侵略性駕駛行為以降低事故發生後的嚴重度外，道路工程設計上也建議設置減速標線、減速帶、設置護欄防止衝出路外等。

6.2 研究限制

雖然本研究的結果大多與過往文獻的發現相似，但還是有不符預期的結果。例如模型結果顯示酒駕因素在提升所有車型騎士死亡機率的同時，也提升未受傷的機率，雖然這樣的結果是表示無序模型可捕捉、而次序模型可能無法判斷的一個證據(事實上，次序普羅比模型推估顯示酒駕會降低普通重型機車與輕型機車的死亡風險)。本研究僅推測是資料型態上可能有未觀察到的特性存在所導致；另一方面，天氣與障礙物因素都不被任一車型的最終模型所考慮，故不能推論它們會影響騎士的受傷程度；尖離峰、光線與是否發生在路口等因素則在彈性分析中不顯著影響死亡的機率，意即與其他的因素相比較為無關緊要。

本研究所使用的資料僅限於警政署道路交通事故調查報告表中的欄位，諸如是否超速、是否分心、道路寬度、車流量等可能影響嚴重度的因素皆未被考量，這些無法觀察的因素也可能是導致部分不符預期結果的出現。而受傷程度的分類上亦受限於資料欄位，

僅分為死亡、受傷及未受傷三類。若情況許可建議能考量更多影響因素或將受傷程度分類更細，將有助於得到更精確的研究結果，並且讓次序性模型能更完美配適。

儘管如此，本研究將機車進行分類以探討各車型騎士受傷程度影響因素差異，並使用了相當全面且大量的事故樣本進行分析，補足了過往文獻的遺漏。由於本研究是同時考慮全台所有縣市道路(國道除外)的事故資料進行分析，建議未來若欲針對特定機車類型、道路類型或交岔路口類型進行更深入的機車事故分析，可能需注意各縣市道路設計的差異、機車車型相關政策、事故資料漏報程度等，以補充過往研究未被重視的關鍵要素。

陽明交大
NYCU

參考文獻

1. 全國法規資料庫，道路交通安全規則，
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=K0040013>。(最後瀏覽日期：
2022/05/19)
2. 林宜潔(2019)，機車交通事故肇事原因分析-以桃園市為例，碩士論文，國立中央大學產業經濟研究所。
3. 陳尉雯(2015)，事故嚴重度之多層次風險因子分析，碩士論文，國立交通大學運輸與物流管理學系。
4. 劉玉娟(2015)，汽機車傷亡事故的影響因素-以桃園市為例，碩士論文，國立中央大學產業經濟研究所。
5. 蔡秉祐(2020)，號誌化路口轉彎車輛對機車及行人事故嚴重程度之研究，碩士論文，國立中央大學產業經濟研究所。
6. Blackman, R. A. , Haworth, N. L. (2013). Comparison of moped, scooter and motorcycle crash risk and crash severity. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 57, Pages 1-9.
7. Çelik, A. K. , Oktay, E. (2014). A multinomial logit analysis of risk factors influencing road traffic injury severities in the Erzurum and Kars Provinces of Turkey. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 72, Pages 66-77.
8. Hausman, J. , McFadden, D. (1984). Specification Tests for the Multinomial Logit Model. *Econometrica*. Vol. 52, Issue 5, Pages 1219-1240.
9. Jung S. , Xiao Q. , Yoon Y. (2013). Evaluation of motorcycle safety strategies using the severity of injuries. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 59, Pages 357-364.
10. Kennedy, P. (2008). *A guide to econometrics(6E)*, Pages 60 – 61, MIT press.
11. Kim, J. -K. , Kim, S. , Ulfarsson, G. F. , Porrello L. A. (2007). Bicyclist injury severities in bicycle–motor vehicle accidents. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 39, Issue 2, Pages 238-251.
12. Se, C. , Champahom, T. , Jomnonkwao, S. , Chaimuang, P. , Ratanavaraha, V. (2021). Empirical comparison of the effects of urban and rural crashes on motorcyclist injury severities: A correlated random parameters ordered probit approach with heterogeneity in means. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 161, 106352.
13. Shaheed, M. S. , Gkritza, K. , Zhang, W. , Hans, Z. (2013). A mixed logit analysis of two-vehicle crash severities involving a motorcycle. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 61, Pages 119-128.
14. Shankar, V. , Mannering, F. (1996). An exploratory multinomial logit analysis of single-vehicle motorcycle accident severity. *Journal of Safety Research*. Volume 27, Issue 3, Pages 183-194.
15. Vajari, M. A. , Aghabayk, K. , Sadeghian, M. , Shiwakoti N. (2020). A multinomial logit model of motorcycle crash severity at Australian intersections. *Journal of Safety Research*, Volume 73, Pages 17-24.

16. Vlahogianni, E. I. , Yannis, G. , Golias, J. C. (2012). Overview of critical risk factors in Power-Two-Wheeler safety. *Accident Analysis & Prevention, Volume 49*, Pages 12-22.
17. Wang, K. , Shirani-bidabadi, N. , Razaur Rahman Shaon, M. , Zhao S. , Jackson, E. (2021). Correlated mixed logit modeling with heterogeneity in means for crash severity and surrogate measure with temporal instability. *Accident Analysis & Prevention, Volume 160*, 106332.
18. Washington, S. P. , Karlaftis M. G. , Mannering F. (2011). Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis(2E). *Taylor and Francis Group, LLC*.
19. Yasmin, S. , Eluru, N. (2013). Evaluating alternate discrete outcome frameworks for modeling crash injury severity. *Accident Analysis & Prevention, Volume 59*, Pages 506-521.
20. Ye, F. , Lord, D. (2014). Comparing three commonly used crash severity models on sample size requirements: Multinomial logit, ordered probit and mixed logit models. *Analytic Methods in Accident Research. Volume 1*, Pages 72-85.
21. Zhou, M. , Chin, H. C. (2019). Factors affecting the injury severity of out-of-control single-vehicle crashes in Singapore. *Accident Analysis & Prevention, Volume 124*, Pages 104-112.

陽明交大
NYCU