

國立臺灣大學生物資源暨農學院農業經濟學系

碩士論文

Department of Agricultural Economics
College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

高溫與空氣品質對交通事故之影響

The Impact of High Temperature and Air Quality on
Traffic Accidents

蘇家禎

Jia-Shen Su

指導教授：石曜合 博士

Advisor：Yau-Huo Shr, Ph.D.

中華民國 109 年 7 月

July, 2020



國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

高溫與空氣品質對交通事故之影響

The Impact of High Temperature and Air Quality on
Traffic Accidents

本論文係蘇家榮君（學號 R07627026）在國立臺灣大學生農
學院農業經濟學所完成之碩士學位論文，於民國 109 年 7 月 30
日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

指導教授： 石耀全 (簽名)

口試委員： 楊聖年 (簽名)

張伯茹

摘要

隨著氣候變遷及空氣汙染等問題日趨嚴重，氣溫與空氣品質對於各種社會經濟現象所致影響已然成為各界之主要關注對象。兩者除對人類健康造成負面影響外，亦可能透過影響駕駛者狀態，進而改變交通事故發生的機會。本研究使用全臺灣在 2014 年至 2018 年間，行政院環保署「空氣品質監測網」之觀測資料與內政部警政署之歷史交通事故資料，探討高溫與空氣品質對交通事故之影響。在實證方法上，本研究首先以 Spline 迴歸與固定效果模型討論高溫與交通事故間存在之非線性關係，並進一步利用風向作為工具變數，處理空氣汙染與交通事故間可能存在之內生性。

實證結果指出，當日高溫低於 20 度時，其與交通事故數量、事故牽涉車輛數量並無顯著關聯；然若日高溫高於 20 度，則與兩者皆具顯著正相關。細究之，日高溫於 20 度至 30 度區間時，每上升 1 度會使事故數量增加 0.55 至 0.67%、牽涉車輛數量增加 0.73 至 0.96%；倘若日高溫超過 30 度，每上升 1 度對事故數量的邊際效果更達 1.18 至 1.23%、牽涉車輛數量則會增加 1.58 至 1.65%。本研究亦將事故牽涉車輛依其車種分類為汽車與機車類型，藉以觀察高溫對不同種類駕駛人之影響程度，結果顯示日高溫仍僅於 20 度以上時始具顯著正相關，且機車類型駕駛人具較高受影響程度。日高溫於 20 度至 30 度區間時，每上升 1 度會使汽車類型的牽涉車輛數量增加 0.3 至 0.4%，機車類型的牽涉車輛數量增加 0.6 至 0.7%；倘若日高溫超過 30 度，汽車類型的牽涉車輛數量增加 0.9%，機車類型的牽涉車輛數量增加 1.3%。此外，本研究發現 $PM_{2.5}$ 的估計結果皆呈顯著負相關，表示隨著 $PM_{2.5}$ 的平均濃度每上升 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，交通事故數量減少 0.32 至 0.43%，事故牽涉車輛數量減少 0.39 至 0.54%。

關鍵字：高溫；空氣品質；交通事故；工具變數

Abstract

High temperature and air pollution have been linked to a variety of adverse health outcomes. These two factors may also influence the state of drivers, thereby affecting the likelihood of traffic accidents occurring. This study explores the impact of high temperature and air quality on traffic accidents using the air quality data and traffic accidents record between 2014 and 2018 from Taiwan. This paper applies fixed effects models with linear splines to examine the nonlinear relationship between high temperature and traffic accidents. To treat the potential endogeneity between air pollution and traffic accidents, I use wind direction as an instrumental variable to introduce exogenous shocks to air pollution.

The results show that, when daily maximum temperatures reach above 20 °C, daily maximum temperature has a positive and significant impact on the number of traffic accidents with casualties and vehicles involved. Specifically, for a 1 °C increase in the maximum temperature between 20 and 30 °C, the number of traffic accidents increases by 0.55-0.67%, while the number of vehicles involved increases by 0.73-0.96%. When the daily maximum temperature exceeds 30 °C, a 1 °C increase in maximum temperature leads to an increase of 1.18-1.23% in the number of traffic accidents and an increase of 1.58-1.65% in the number of vehicles involved. The results further indicate that the effect of high temperature is stronger on drivers of motorcycle/scooter than on car/truck drivers. When the daily maximum temperature exceeds 30 °C, the number of cars/trucks and motorcycles/scooters involved increased by 0.9% and 1.3%, respectively. In addition, for every 1 µg/m³ increase in the daily average concentration of fine particulate matter (*PM*_{2.5}), the number of traffic accidents decrease by 0.32-0.43%, and the number of vehicles involved in accidents decline by 0.39-0.54%.

Key Words: High temperature ; Air quality ; Traffic accident ; Instrumental variable

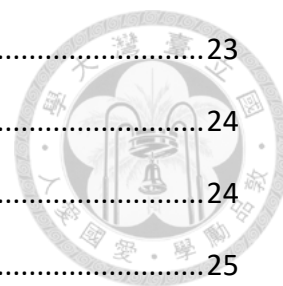


目錄



口試委員審定書.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vi
第一章 緒論.....	1
第二章 文獻回顧.....	6
第一節 氣溫與其他氣象變數相關文獻.....	6
第二節 空氣污染相關文獻.....	8
第三節 小結.....	11
第三章 資料來源與處理.....	12
第一節 資料來源.....	12
一、氣象與空氣品質資料.....	12
二、交通事故資料.....	12
第二節 變數選取.....	13
第三節 資料處理.....	14
一、第一階段處理.....	14
二、第二階段處理.....	16
第四章 研究方法與實證模型.....	17
第一節 普通最小平方法.....	17
第二節 兩階段最小平方法.....	18
一、工具變數.....	19
二、工具變數相關檢定.....	22

三、模型檢定.....	23
第五章 實證結果與分析.....	24
第一節 敘述統計.....	24
第二節 OLS 估計結果.....	25
一、事故數量.....	25
二、交通事故牽涉車輛數量.....	29
第三節 2SLS 估計結果.....	31
一、事故數量.....	31
二、交通事故牽涉車輛數量.....	37
第六章 結論與限制.....	43
第一節 結論.....	43
第二節 研究限制.....	44
參考文獻.....	45
附錄.....	59



表目錄

表 1 敘述統計表	25
表 2 事故數量之 OLS 迴歸結果.....	28
表 3 牽涉車輛數量之 OLS 迴歸結果.....	30
表 4 各 IV 之第一階段迴歸結果	31
表 5 事故數量之 2SLS 迴歸結果.....	35
表 6 牽涉車輛數量之 2SLS 迴歸結果.....	39
表 7 不同車輛類型之 2SLS 迴歸結果.....	42

圖目錄

圖 1 $PM_{2.5}$ 濃度與各風向之關係 (全台)	20
圖 2 $PM_{2.5}$ 濃度與各風向之關係 (依空品區分類)	21
圖 3 日高溫之邊際效果	26

第一章 緒論



隨著環保意識抬頭，氣候變遷 (climate change)¹與空氣汙染 (air pollution) 已然成為全球關注之重要環境議題，大量文獻及研究報告均指出氣候變遷將對經濟、能源及生態系統造成關鍵影響 (Cai et al., 2020; Gomez-Zavaglia, 2020; Leisner, 2020; Tripathi, 2016)。聯合國政府間氣候變遷委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於「第五次評估報告 (Fifth Assessment Report, AR5)」表示，氣候變遷已經造成大氣與海洋暖化、極端氣候事件²之數量變化及全球平均海平面上升等影響；該報告中亦進一步敘明，若不妥善應對，則可能導致熱浪發生頻率提高且持續時間更長、極端降雨頻率與強度增加等後果。在眾多現象中，全球暖化 (global warming)³可謂是最受關注之對象。IPCC (2018) 表示，2006 年至 2015 年之全球地表平均溫度較 1850 年至 1900 年之平均值高出 0.87 度，顯示全球現正處於升溫狀態中。

根據 2019 年氣象年報所載內容，臺灣 2019 年之年均溫創下歷史新高，高達攝氏 24.56 度 (交通部中央氣象局，2020)。而自中央氣象局於 1947 年有紀錄以來，2015 至 2019 年其年均溫皆位列歷史最高之六年當中，且 2019 年之高溫日數⁴更為 2012 年的 1.6 倍；以上數據在在顯示，臺灣確實已面臨氣候變遷的問題。

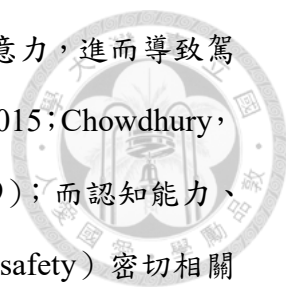
由於世界各國對於氣候變遷日益重視，全球暖化與極端氣候等相關議題之研究遂於近數十年來迅速成長。氣溫提高對整體社會之影響甚為廣泛，包括降低經濟生產力、危害人力資本累積、損害人體健康狀態等 (Fishman et al., 2015; Heal and Park, 2016; Mullins and White, 2018; Rossati, 2017)。另有文獻指稱，高溫

¹根據聯合國氣候變遷綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 之定義，氣候變遷為「在一段可比較的時距內，除自然氣候變化以外，因人類活動而所致大氣成分改變而引起之氣候變化」(United Nations, 1992)。

²根據 AR5 內容，極端氣候事件包括熱浪 (heatwave)、乾旱 (drought)、洪水 (flood)、氣旋 (cyclone) 及野火 (wildfire) 等。

³IPCC (2018) 將全球暖化定義為「全球地表平均溫度於 30 年期間快速增加之現象」。

⁴根據中央氣象局定義，高溫日數為「日絕對最高氣溫 \geq 攝氏 35 度之日數」。



會影響駕駛人之生理狀態與認知能力，致其較易疲累或分散注意力，進而導致駕駛速度不穩定、操作失誤或更具侵略性駕駛等現象(Basagaña, 2015; Chowdhury, 2015; Makowiec-Dąbrowska, 2018; Sun, 2018; Sutton, 2019); 而認知能力、專注度與生理機能等因素，亦經研究表明皆與道路安全 (road safety) 密切相關 (Anstey et al., 2015; McKnight and McKnight, 2003; Noland, 2013)。因此，陸續已有諸多文獻紛紛討論氣溫與道路安全之關聯性 (Bergel-Hayat et al., 2013; Yannis and Karlaftis, 2011; Zhai, 2019; Zhan et al., 2020)。例如，Bergel-Hayat et al. (2013) 指出月均溫每增加攝氏 1 度，該月之交通事故數量即會增加 1 至 2%; Zhai et al. (2019) 則指出於高溫環境下，駕駛人可能會因專注力不集中以及採取防禦措施之能力降低(緊急情況時)，導致發生傷亡事故之可能性(likelihood) 提升; 另 Zhan et al. (2020) 之研究結果亦顯示，在氣溫高於攝氏 17 度之情況下，每提升 1 度，交通事故傷亡數量即會增加 0.87%。

除了氣溫之外，亦有研究顯示空氣品質對於交通事故之風險同樣存在影響。眾多文獻已然指出空氣汙染與多項人體健康問題有關，包括心血管、呼吸道與心理狀況等疾病 (Cho, 2014; Orellano et al., 2017; Oudin et al., 2018; Xue et al., 2019)，另 Tallon (2017) 與 Zhang et al. (2018) 分別透過認知功能評估與測驗，發現空氣汙染可能導致認知能力之降低; Power et al. (2015) 表明空氣汙染與焦慮程度呈高度相關; 而 Archsmith et al. (2018) 則指出，空氣汙染會影響工作表現與決策能力。此外，由於行車安全不僅與認知能力相關 (Guo et al., 2019)，亦與焦慮、憤怒程度有關 (Zicat et al., 2018)，故空氣汙染與交通事故之間容或存在關聯性。然而，過往討論天氣因素對交通事故影響之文獻中，鮮少將空氣品質納入考量。直至近期，始有 Sager (2019) 與 Wan et al. (2020) 分別針對英國及中國資料進行研究，其結果皆顯示空氣汙染平均濃度⁵愈高，交通事故之數量

⁵Sager (2019) 與 Wan et al. (2020) 皆以 $PM_{2.5}$ 作為空氣汙染之代表變數。


亦愈多。綜上所述，國外雖然已經有不少文獻探討高溫與空品對交通事故之影響，但依據本研究之回顧，台灣仍未有相關研究與探討。

根據交通部出版之《交通統計要覽》，臺灣之機動車輛總數截至 2019 年底已達 2211 萬輛，其中機車與汽車類型分別占 63.2%與 36.7%（交通部，2020）；此外，臺灣機動車輛密度⁶於全球名列前茅（行政院環保署空保處，2014），機車密度更為世界第一（鍾國良等，2016）。然由於土地資源及道路面積有限，隨著機動車輛總數逐年攀升，臺灣不僅面臨交通壅塞、交通秩序紊亂等問題，亦可能伴隨有交通事故增加之風險；而交通事故不僅會造成生命或財物損失，同時更會產生巨額的社會成本。交通部的研究報告指出，臺灣於 2010 年因交通事故所致人力、醫療及財物損失之成本高達新台幣 4,200 億元，亦即每起事故其平均成本高達 191 萬元之多（交通部運輸研究所，2019）；另依據內政部警政署統計，2019 年共計發生約 34.2 萬起交通事故，若以前述數據予以計算，所造成之總成本或將高達 6,500 億元。

自 2003 年來，台灣之交通事故肇事主因皆為汽（機、慢）車駕駛人過失⁷（內政部警政署，2020）。另由近三年之台北市交通事故分析報告可得知，機車與小客車為主要肇事車輛種類，且肇事主因皆為未注意車前狀況。然而，前述高溫與空氣汙染對駕駛人所致影響皆可能導致其未能注意車前狀況，進而發生交通事故；同時，鑑於台灣機動車輛密度位居世界前列，且機動車輛組成比例與其他國家殊異，故本研究使用臺灣數據資料探討高溫與空氣汙染對交通事故之影響。此外，考量不同類型駕駛人或因具備空調系統與否及於在陽光下暴露程度不一等因素，致其所受高溫及空氣汙染之影響有所不同，本研究亦進一步將駕駛人予以分類，藉以探討前述高溫與空氣汙染對不同類型駕駛人之影響。

⁶根據交通部定義，機動車輛密度為每平方公里所存在之機動車輛數。

⁷有關各年份詳細資料，可參見內政部警政署重要結果統計表查詢，<https://www.npa.gov.tw/NPAGip/wSite/ct?xItem=80163&ctNode=12902&mp=1>（瀏覽日期：2021 年 1 月 28 日）

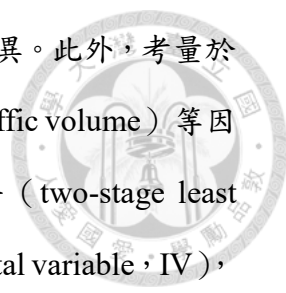


回顧過往探究駕駛人或肇事車輛種類與交通事故間關係之文獻，可發現其研究對象多為交通事故之嚴重程度 (Bouaoun et al., 2015; George et al., 2017)，當中僅數篇文獻之研究對象包含事故率⁸ (crash rate)。例如 Harrison and Christie (2005) 指出機車騎士 (motorcyclist) 之事故率會隨其機車種類而異；Keall and Newstead (2012) 則同時比較機車 (motorcycle) 與小型汽車 (small car) 之駕駛人風險 (例如事故率、受傷機率與事故嚴重程度等)，該研究發現機車事故率為小型汽車的四倍，且因機車車體缺乏保護 (相較於小型汽車而言)，故機車駕駛人具較高受傷風險，其遭受嚴重或致命事故之機率更為小型汽車駕駛人的八倍；Blackman and Haworth (2013) 針對輕型機車 (moped)、速克達 (scooter) 與機車 (motorcycle) 等不同車輛種類 (以下簡稱車種) 討論其事故率，並發現輕型機車之事故率約為速克達與機車的四倍。

綜上所述，可得知事故率確會因車種而有所不同，然過往研究皆著重於同一類型 (例如機車類型或汽車類型) 之不同車種進行研究，鮮有同時針對不同車輛類型予以探討。因此，本研究依據車種，將所有事故牽涉車輛分類為汽車與機車類型 (即區分駕駛人種類)，再個別觀察模型結果。此外，雖 Keall and Newstead (2012) 之研究同時論及兩個車種，然其主要解釋變數皆為駕駛人及車輛資訊，並未考量任何環境變數之影響；而本研究則是著眼於於不同種類駕駛人之情況下，氣溫與空氣品質等環境變數對道路安全之影響。

本研究旨在於利用台灣 2014 至 2018 年間，環保署之空氣品質監測與內政部警政署之交通事故資料檔，藉以探討高溫與空氣品質對於道路安全之影響。具體而言，本研究採用對數線性迴歸模型 (log-linear regression model) 並加入固定效果 (fixed effect)，用以分析氣溫和空氣品質此二環境變數與交通事故數量 (以下簡稱事故數量) 及事故牽涉車輛數量 (以下簡稱牽涉車輛數量) 間之關係；同時，

⁸事故率之定義因研究而異，如 Harrison and Christie (2005) 將事故率定義為每十萬公里行駛路程中，所發生之交通事故數量；Blackman and Haworth (2013) 則將其定義為交通事故數量占車輛登記數量的比例。



本研究亦進一步討論該關係是否會因為駕駛車種不同而存在差異。此外，考量於估計空氣品質對事故數量影響之過程中，因未控制交通量（traffic volume）等因素而存在之遺漏變數問題，本研究亦使用兩階段最小平方法（two-stage least squares, 2SLS），利用風向做為空氣品質之工具變數（instrumental variable, IV），藉此處理該內生性（Endogeneity）問題。

本文分成六個章節，除本章外，第二章將回顧國外探討高溫或空氣汙染對交通事故影響相關文獻，並從中確立本研究之相關模型與設定；第三章介紹本研究資料來源、變數選擇，且敘明資料處理過程；第四章說明本研究所使用之模型與方法，並介紹 IV 之選取及其相關檢定；第五章呈現本研究實證結果與分析，闡述於普通最小平方法（ordinary least squares, OLS）與 2SLS 兩種方式下各模型之結果差異；第六章則係根據實證結果予以總結，另說明本研究之限制。

第二章 文獻回顧



第一節 氣溫與其他氣象變數相關文獻

隨著聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)、京都議定書 (Kyoto Protocol) 與巴黎協議 (Paris Agreement) 之通過與簽訂, 氣候變遷確已受到各國政府及學界的高度重視, 同時亦為一個須謹慎應對之議題。在氣候變遷所致之眾多影響中, 當屬「全球暖化」與人類生活最為息息相關, 大量研究均致力於探討氣溫升高所造成的影響, 其中亦涵蓋氣溫對交通事故影響之相關研究, 其結果表明氣溫與交通事故之間確存在顯著正關聯性 (Basagaña et al., 2015; Bergel-Hayat et al., 2013; Gao et al., 2016; Lio et al., 2019; Wu et al., 2018; Zhan et al., 2020)。

Bergel-Hayat et al. (2013) 蒐集法國、荷蘭與雅典地區約 20 年間之氣象資料及交通事故, 並透過 log-linear 迴歸模型分析兩者間之關係, 結果顯示氣象相關變數 (例如氣溫、降水量等) 與事故數量之間皆存在顯著關聯性。此外, 該研究另以雅典地區日資料探討極端氣候之影響, 將每日最高氣溫 (以下簡稱日高溫) 分為數個區間, 並設立基準類⁹ (base) 以分析處於極端狀況時其對事故數量之影響; 結果顯示, 相較於基準類, 日高溫高於攝氏 30 度時, 事故數量會增加約 1.47%。

而 Zhan et al. (2020) 則以深圳 2010 至 2016 年的資料進行分析, 並使用時間分層案例交叉 (time-stratified case-crossover) 方法控制研究中所有非時變混擾因素 (time-invariant confounders), 俾令其結果更加精確; 研究結果指出, 氣溫與交通事故傷亡數量之關係為一條具潛在閾值 (potential threshold) 的 J 型 (J-shaped) 曲線¹⁰, 當氣溫高於攝氏 17 度時, 每提升 1 度, 交通事故傷亡數量即會增加 0.87%。

⁹該研究中之基準類為該日最高氣溫低於 5 度。

¹⁰Zhan et al. (2020) 指出, 該閾值經反覆檢驗後確認為攝氏 17 度, 故該研究後續僅探討 17 度以上之狀況。

Basagaña et al. (2015) 則以日高溫探討氣溫對每日機動車事故數量之影響，並同時控制時間趨勢；其研究結果發現隨著日高溫提升攝氏 1 度，機動車事故數量便會增加 0.4%，而涉及駕駛表現因素（例如分心、疲勞等）之機動車事故數量更增加 1.1%。

過往文獻中，多以日資料或月資料進行研究（Theofilatos and Yannis, 2014；Zhan et al., 2020），如 Bergel-Hayat et al. (2013) 與 Gao et al. (2016) 即以月資料進行研究。然而，使用月資料之缺點為較難反映短暫天氣型態改變或極端溫度事件所帶來的影響；例如臺灣夏秋兩季颱風侵襲抑或是冬季寒流來襲等事件，致使每日平均氣溫均有所不同，故由月平均氣溫角度則較難觀察出差異。雖然多數研究中所使用之氣溫變數皆採「日（或月）平均氣溫」形式（Gao et al., 2016；Lio et al., 2019；Wu et al., 2018；Zhan et al., 2020），然 Basagaña et al. (2015) 與 Bergel-Hayat et al. (2013) 則以「日高溫」進行研究。考量氣溫對駕駛人所致負面影響（Chowdhury, 2015；Sutton, 2019；Sun, 2018），推測發生交通事故高峰期可能會聚集在當日氣溫較高的時段。因此，本研究認為在其他條件不變情況下，以日均溫方式並無法確認高溫對交通事故之影響程度；同時，因過程中所採取的「平均」作法導致該變數資料範圍較小，以日高溫之方式即可解決上述問題。最後，Bergel-Hayat et al. (2013) 與 Zhan et al. (2020) 皆表明氣溫與交通事故之間存在非線性關係，前者將氣溫變數分成幾個區間後將其設為虛擬變數，然此法之缺點即為各區間內的斜率皆相同；而後者則指出氣溫與交通事故傷亡數量之關係呈 J 型曲線。本研究採取 Spline 變數之方法，不僅可觀察非線性關係，亦能解決上述以虛擬變數區間處理所致問題。

除了氣溫之外，亦有眾多文獻指出其他天氣因素（例如降雨量、風速與相對濕度等）與交通事故之間的關聯性（Gao et al., 2016；Lio et al., 2019；Xing et al., 2019）。多數研究結果表明降雨量對交通事故存在顯著正相關（Black and Villarini, 2019；Malin et al., 2019；Omranian, 2018；Theofilatos and Yannis, 2014），然風速對交通事故之影響則少有文獻予以探討（Dastoorpooret al., 2016），且其

研究結果並不一致 (Lio et al., 2019)。例如 Usman (2012) 指出風速每高於平均值 1%，則事故數量會增加 0.08%；然 Zhao et al. (2018) 與 Gao et al. (2016) 則指出風速與每月之事故數量呈現負相關。而在相對濕度的部分，Gao et al. (2016) 與 Theofilatos and Yannis (2014) 皆指出其與交通事故並無關聯性；而 Dastoorpooret al. (2016) 表明每月平均相對濕度與事故數量之間呈負相關；Lio et al. (2019) 則發現相對濕度與輕度傷害交通事故¹¹之數量間存在負相關。

第二節 空氣污染相關文獻

空氣污染實為近數十年來重要議題之一，例如世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 即將空氣汙染列入 2019 年全球衛生面臨十項主要威脅之中；美國健康效應研究所 (Health Effects Institute, HEI) 發布之 2019 全球空氣狀況報告，亦指出所有健康風險因素中，空氣汙染排名第五。此外，WHO (2020) 表示全球每年約有 700 萬人口因空氣汙染致死；而於 2016 年時，更有高達九成人口所處區域之空氣品質未能符合 WHO 標準值¹²。

空氣汙染物可分為氣態及顆粒汙染物，其中氣態汙染物包含氮氧化物 (NO_x)、一氧化碳 (CO)、二氧化硫 (SO_2) 及臭氧 (O_3)，而顆粒汙染物主要指細懸浮微粒 ($PM_{2.5}$) 及懸浮微粒 (PM_{10})。依據 WHO 所發布之「空氣品質指南 (WHO Air Quality Guideline)」定義， $PM_{2.5}$ 及 PM_{10} 分別為粒徑小於 2.5 及 10 微米 (μm) 的顆粒物 (WHO, 2006)。

空氣汙染之影響層面甚為廣泛，包括經濟、人體健康等，Lipfert (2017)、Manisalidis (2020) 與 Sun and Zhu (2019) 皆針對空氣汙染所致影響做系統性的文獻回顧。在眾多空氣汙染物中， $PM_{2.5}$ 因具有體積小且能於大氣中長期漂移之特性，故為許多城市之主要汙染物，同時亦引起學界廣泛關注 (Lin et al., 2018；

¹¹該文將交通事故依其嚴重性分為三類，分別是輕度傷害類型 (mild injury)、必須住院類型 (required hospitalization) 與死亡類型；其中輕度傷害類型之定義為傷者毋需住院的情況。

¹²WHO 針對 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 O_3 、 NO_2 等空氣汙染物皆設立標準值，詳細內容請參照空氣品質指南，<https://www.who.int/airpollution/publications/aqg2005/en/>

Yang et al., 2018)。近年來， $PM_{2.5}$ 相關文獻之數量急遽增加 (Yang et al., 2018)¹³，已有大量報告及研究結果證實 $PM_{2.5}$ 對人體健康所致負面影響，包括呼吸道疾病之發作與加重 (Bontinck et al., 2020; Eguiluz-Gracia et al., 2020; Yang et al., 2020; Zhang et al., 2020)、罹患心血管疾病風險提升 (Bourdrel et al., 2017; Combes and Franchineau, 2019) 以及死亡率提高 (Abdolahnejad et al., 2017; Wei et al., 2020)。除了對生理健康的影響， $PM_{2.5}$ 也會令人感到焦慮、緊張，甚至產生抑鬱症狀 (Gu et al., 2019; Power et al., 2015; Vert et al., 2017)。此外，許多研究發現 $PM_{2.5}$ 亦會導致認知能力降低 (Ebenstein, 2016; Fonken et al., 2011; Gatto, 2014; Tallon, 2017)，也且亦與暴力犯罪之增加有關 (Berman et al., 2019; Bondy et al., 2020)；另 Archsmith et al. (2018) 表明空氣汙染會影響決策能力，而 He et al. (2019) 與 Wu et al. (2017) 則指出 $PM_{2.5}$ 會導致勞動生產力 (labor productivity) 降低。

Sager (2019) 認為安全駕駛能力亦屬生產力的一種，然其不僅與認知能力相關 (Guo et al., 2019; Komackova and Poliak, 2016)，亦與焦慮程度有關 (Zicat et al., 2018)，如 Wang et al. (2015) 即指出會影響行車安全之因素包括有認知能力降低、錯誤決策與專注力下降等。綜上所述，空氣汙染或可藉由影響駕駛人狀態進而導致交通事故發生，然過往文獻中僅 Dastoorpoor et al. (2016)、Sager (2019) 與 Wan et al. (2020) 等三篇探討空氣汙染與交通事故間之關聯性。

Dastoorpoor et al. (2016) 為首篇探討空氣品質與交通事故關聯性之研究，該研究使用 PM_{10} 等七種空氣汙染物¹⁴的每月資料，並考慮混擾因子 (confounding factor) 之影響。根據負二項迴歸模型 (Negative Binomial Regression Model) 之結果顯示， NO_2 、 NO_x 與 O_3 之平均濃度與交通事故發生頻率間存在顯著負相關，而其他空氣汙染物則不具顯著相關。此外，由於該研究係使用月資料，而研究期間

¹³該文指出 2000 年僅有 200 篇與 $PM_{2.5}$ 相關之文獻，然於 2016 年其數量已高達 2088 篇。

¹⁴該研究所述七種空氣汙染物分別為： PM_{10} 、 NO 、 NO_2 、 NO_x 、 CO 、 SO_2 、 O_3 ，由於其所取得空氣品質資料中，唯一具監測記錄之顆粒汙染物僅 PM_{10} ，故未將 $PM_{2.5}$ 納入研究。

僅有七年（2008 年至 2015 年），故於樣本數較小情況下，各空氣汙染物之估計結果容或受到影響。

隨著交通量發生變化，空氣污染平均濃度及事故數量皆會隨之改變（Green, 2016）；與此同時，由交通量所致內生性問題亦會導致估計結果產生偏誤（Bias），Dastoorpoor et al.（2016）則未考慮到此一問題。故 Sager（2019）就 2009 年至 2014 年之每日英國氣象、空氣品質與交通事故資料探討空氣品質對道路安全的影響，並以逆溫強度（inversion strength）做為工具變數（IV）搭配 2SLS 處理上述內生性問題；其研究結果顯示， $PM_{2.5}$ 的平均濃度每增加一單位（ $\mu g/m^3$ ），牽涉車輛數量即增加 0.3 至 0.6%，而事故數量則會增加 0.7%。Sager（2019）指出 $PM_{2.5}$ 經常做為空氣汙染之關鍵指標，且醫學文獻中亦認同使用 $PM_{2.5}$ 濃度做為衡量空氣汙染的方式，故該研究以 $PM_{2.5}$ 的平均濃度做為空氣汙染之代表變數。在 $PM_{2.5}$ 平均濃度的估計上，由於並非各地區皆設有空氣品質測站，故 Sager（2019）採用反距離加權平均法（inverse distance weight, IDW）藉以估計各地區之實際濃度值。此外，考量時間趨勢、季節與地區差異等因素，Sager（2019）於模型中加入地區與時間之固定效果，但是該研究僅考慮到各月份間所存在之差異（使用月份的固定效果），並未將各日間之差異性納入考量。

Wan et al.（2020）則就 $PM_{2.5}$ 及 PM_{10} 來探討空氣汙染物與交通事故間之關聯性，其結果顯示 $PM_{2.5}$ 平均濃度每上升一單位，事故數量將會增加 0.3%，另於相同情況下， PM_{10} 則會增加 0.2 至 0.3% 之事故數量，故可知兩者皆與事故數量呈正相關。然該研究並未說明關於空氣品質及其他氣象變數之資料處理方式（例如使用空間插值法或使用多個測站數據取其算術平均等），此或使得樣本數據與實際值產生較大差異，進而導致估計結果存在高估或低估現象。有別於 Sager（2019）使用 log-linear 迴歸模型，Wan et al.（2020）指出該研究中之事故數量資料為離散數據，且數據為 0 的比例高達 57%；由於零膨脹模型常被應用於處理大量含有 0 之離散資料（Lord et al., 2005），故該研究使用卜瓦松（poisson）、負二項（negative binomial, NB）、零膨脹卜瓦松（zero-inflated poisson, ZIP）與零膨脹負二項（zero-

inflated negative binomial, ZINB) 等四種迴歸模型進行估計。雖此四種模型所得結果趨於一致，然 Wan et al. (2020) 就適合度 (goodness-of-fit) 之觀點指出 ZINB 係為該研究中之最佳迴歸模型。



第三節 小結

綜合相關文獻，可得知氣溫及空氣汙染與交通事故之間皆具關聯性，亦即氣溫與 $PM_{2.5}$ 平均濃度增加，事故數量也隨之增加；其因或為透過對駕駛人之生理、心理與認知能力產生負面影響，進而導致交通事故的發生。

彙整上述研究後，亦可從中發現許多模型設定上之差異。首先是空氣汙染物的變數選擇，Dastoorpoor et al. (2016) 將所有空氣汙染物資料同時納入模型，而 Sager (2019) 與 Wan et al. (2020) 則是因醫學相關期刊多以 $PM_{2.5}$ 衡量空氣汙染，故僅針對 $PM_{2.5}$ 進行研究。此外，上述研究於資料選擇上也有所不同，例如 Basagaña et al. (2015)、Sager (2019) 皆係使用每日資料，而 Dastoorpoor et al. (2016) 則是使用每月資料。另使用模型之選擇則須多方考量，Sager (2019) 僅採用 log-linear 迴歸模型，而 Wan et al. (2020) 則同時應用卜瓦松迴歸等四種模型再行綜合討論。若考量自變數與應變數之間存在非線性關係，則可如 Bergel-Hayat et al. (2013) 採取區間分類之方式，抑或如 Sager (2019) 加入平方項 (或更高次方項)。然而，回顧過往文獻尚能發現各研究皆會盡量排除如季節性、地區性等其他因素的干擾，以求更加精確之估計值；如 Wan et al. (2020) 透過加入年份與季節之固定效果予以控制，而 Sager (2019) 係進一步加入地區與年份之交乘項，另 Wu et al. (2018) 與 Zhan et al. (2020) 則採取時間分層的案例交叉方法。

第三章 資料來源與處理



本研究欲探討高溫與空氣品質對交通事故之影響，故於此章節說明所使用到之資料及其處理方式：第一節介紹氣象、空氣品質、交通事故等資料來源；第二節說明本研究所選取變數；第三節則敘明本研究所採用之處理方法。

第一節 資料來源

一、氣象與空氣品質資料

本研究使用行政院環境保護署「空氣品質監測網」所提供共計 77 個中央測站於 2014 至 2018 年間之觀測資料，該觀測資料同時記錄每小時之氣象及各項空氣汙染指標；其中氣象指標包含雨量、風速與相對溼度等¹⁵，而空氣汙染指標則包含 $PM_{2.5}$ （細懸浮微粒）、 PM_{10} （懸浮微粒）、 CO （一氧化碳）、 NO （一氧化氮）、 NO_2 （二氧化氮）、 SO_2 （二氧化硫）與 O_3 （臭氧）。各指標之單位詳見附錄一。

二、交通事故資料

本研究所採交通事故相關資料係取自於內政部警政署之歷史交通事故資料¹⁶，該開放資料包含自 2014 年起之交通事故資料，所紀錄項目則涵蓋每起交通事故發生時間、地點與其經緯度、死亡及受傷人數、所牽涉之車輛數量與種類。交通部依據車禍當事人傷亡狀況，將交通事故分成 A1、A2、A3 等三種類型¹⁷，其中 A1 類為造成人員當場或 24 小時內死亡之事故，A2 類為造成人員受傷或超過 24 小時死亡之事故，A3 類則為僅有財物受損之事故。根據《道路交通事故處理規範》¹⁸對各類交通事故建檔相關規定，A3 類案件可由各警政相關單位自行決定

¹⁵氣象資料亦可由中央氣象局局屬氣象站、中央氣象局自動氣象站或空氣品質監測站等處取得；考量資料之一致性，本研究選用空氣品質之中央監測資料。

¹⁶歷史交通事故資料，<https://www.npa.gov.tw/NPAGip/wSite/lp?ctNode=12854&CtUnit=2633&BaseDSD=7&mp=1>（瀏覽日期：2020 年 7 月 25 日）

¹⁷謝維剛、陳高村（2018）係將 A3 類中之息事案件視為 A4 類案件。

¹⁸道路交通事故處理規範，<http://www.rootlaw.com.tw/LawArticle.aspx?LawID=A040040111030900-1040305>（瀏覽日期：2020 年 9 月 20 日）

建檔與否，故 A3 資料或存有大量低報之問題。此外，僅有財物受損之事故或因其當事人私下和解致使該類型事故無法被完整記錄，故本研究僅使用 2014 至 2018 年之 A1 及 A2 類交通事故資料予以分析。



第二節 變數選取

Jima (2019) 將交通事故原因分為人類行為、道路、環境等三大類因素，其中人類行為及環境因素約占有所有交通事故發生因素之 75%(Yaacob et al., 2018); 而 Penmetsa (2018) 在探討影響交通事故發生之因素時，係考量駕駛人之特徵與其於車禍發生當下之個人狀況(例如疲勞程度、用藥情形等)及環境狀況(例如明亮程度); 另 Karlaftis and Yannis (2010) 及 Lobo et al. (2019) 在探討天氣對不同車種交通事故之影響時，則使用氣溫及降雨等變數。鑑於本研究係關注影響事故數量之因素，而非個別事故發生之原因，故自變數僅包含天氣與空氣品質等外在環境因素。

由於空氣污染物其組成錯綜複雜，當中包含眾多物質，故於空氣污染相關研究中，「空氣污染」變數之處理方式亦不盡相同。除了 Dastoorpoor et al. (2016) 將多種空氣污染物同時納入模型之作法外，亦有以空氣品質指標 (Air Quality Index, AQI) 進行研究的方式 (Hu et al., 2015)。近年來， $PM_{2.5}$ 已成為眾多城市之主要空氣污染物，越來越多的研究將其視為空氣污染之重要指標，而醫學領域中亦認同以 $PM_{2.5}$ 作為衡量空氣污染之方式 (Sager, 2019)。

顆粒污染物為主要空氣污染來源之一，據 2019 年「空氣品質監測報告」指出，於該年之總有效監測站日數中， $PM_{2.5}$ 日平均濃度達橘色警示¹⁹ 以上之比例占 6.33%，而 PM_{10} 僅有 0.13% 日數達該警示；另據 2014 年至 2018 年「空氣品質監測報告」所示，主要污染物之年平均濃度中， $PM_{2.5}$ 皆超過行政院環保署公布《空

¹⁹根據 AQI 指標之各區間敘述，空氣品質達橘色警戒時，可能會對敏感族群的健康造成影響，但對一般大眾並不具明顯影響。

氣品質標準》法規中所設立之標準值²⁰，而如 PM_{10} 、 CO 、 SO_2 等其他污染物之年平均濃度均落於標準範圍內。考慮上述因素，故本研究選擇以 $PM_{2.5}$ 平均濃度²¹做為空氣污染之代表性指標，惟仍併附其他空氣污染物相關結果以供參考。

綜上所述，本研究擬選取時間、地區、 $PM_{2.5}$ 濃度、氣溫、相對溼度、風向、風速與雨量等指標做為解釋事故與牽涉車輛數量之變數。

第三節 資料處理

本研究將資料處理分為兩階段並依序進行，第一階段先將原始資料予以初步統整（例如鄉鎮市區與車種歸類、檢視觀測值合理性等），另氣象及空氣品質資料則額外透過空間插值法（spatial interpolation method）處理，此階段旨在取得各鄉鎮市區之每小時事故數據及各觀測項之估計值；第二階段則基於第一階段結果，再依照本研究需求進行如平均、加總等運算，此階段係為取得各鄉鎮市區每日交通事故之統計數據及各觀測項之估計值。簡言之，本研究擬透過兩階段資料處理將氣象及空氣品質、交通事故資料轉換成各鄉鎮市區之逐日資料（包含事故數據及各觀測項估計值）。此外，由過往文獻可知，時間及地區等因素皆可能影響估計結果，故本研究於第一階段資料處理時即將事故時間（或觀測時間）分為年、月、日、時等區段，而事故地點則分為縣市、鄉鎮市區等範圍；此作法不僅能使資料易於處理，亦有利於加入時間及地區之固定效果。

一、第一階段處理

透過觀察氣象與空氣品質之觀測數據，本研究首先移除經行政院環保署註記之無效值以及雖未受註記但經本研究檢查後無法確定其合理性之異常值²²，再以空間插值法進行後續處理。

²⁰空氣品質標準法規，<https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Information/Standard/Rules.aspx>（瀏覽日期：2021/2/21）

²¹若無特別說明，本研究所使用之濃度皆係指平均濃度。

²²原始資料中，部分觀測項之觀測數據會出現負值等不合理紀錄，如二林站於2018年2月3日03時即出現 NO 濃度為-0.1之數值；由於該觀測項之單位為ppb（濃度單位），其值應不小於0，

臺灣共有 368 個鄉鎮市區，然僅 77 個空氣品質測站，故本研究採取空間插值法中之「反距離加權平均法」，藉以估算各鄉鎮市區中所有觀測項之每小時數據（風向數據除外）。本研究先行利用地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）之鄰近表（near table）程序，以各鄉鎮市區之地理重心（centroid）²³為起點，尋找距離最近的三個空氣品質測站；並依據重心與測站間之距離計算權重²⁴，再將鄰近三個測站之觀測數據依其權重得出該重心所有觀測項估計值，以其代表該地區之觀測數據，最終即可得各鄉鎮市區每小時所有測項之估計值。反距離加權值的公式如（1）式所示，其中 X_c 為 X 測項於該重心點之估計值， X_i 為距重心點最近的第 i 個測站所測得 X 測項之觀測數據， D_i 則為重心點與最近的第 i 個測站間之距離。

$$X_c = \frac{\sum_i^3 \frac{X_i}{D_i^2}}{\sum_i^3 \frac{1}{D_i^2}} \quad (1)$$

此外，風向屬於循環數據，其角度範圍為 0 度至 360 度；然因 0 度及 360 度是重合的，若依上述加權平均方式則會導致結果失準²⁵。故本研究採取向量平均法予以處理，該方法係透過將風向角度分解為東西向及南北向之向量，各自取其平均後再行向量相加，藉此獲得正確風向角度值。

於原始交通事故資料中，除了時間及地點之處理與事故數量的統計外，本研究亦對牽涉車輛數量與種類進行整理及歸類。然由於車種眾多且複雜，故本研究

故本研究將其視為缺失值。另根據行政院環保署所提供之說明，原始資料中經儀器、程式、人工等方式檢核後若為無效值，則以「#」、「*」、「x」等符號表示；此外，NR 表示無降雨，風向資料中數據若為 999 則表示儀器故障，若數據呈現空白則表示為缺失值。

²³本研究係以各鄉鎮市區之重心代表該地區，俾利計算。

²⁴此處權重係根據距離平方進行計算。

²⁵由於反距離加權平均與算術平均皆屬加權平均法，在此為求簡化之故遂皆以算術平均說明。若將兩筆風向方向數據（350 度及 10 度）進行算術平均，其計算結果為 180 度；但實際上該風向平均應為 0 度（或 360 度），故反距離加權平均法於此處並不適用。

擬將全部車種²⁶簡化為汽車與機車等兩種類型²⁷（詳細分類請參閱附錄三，本研究不考慮其他類型）；最終再將個別事故數據進行統整後，即可得到各鄉鎮市區之每小時事故數據。



二、第二階段處理

此階段處理則是利用第一階段結果以計算逐日資料。交通事故相關變數皆係以將每小時數量進行加總之方式，獲取各鄉鎮市區的每日總數量（包括事故數量、牽涉車輛數量等等）²⁸，其中空氣品質相關變數、相對溼度、風速皆以算術平均方式得到每日平均值；氣溫部分，係擷取 24 小時中氣溫最高值，做為每日最高氣溫；雨量部分，則將每小時雨量加總以獲得每日總雨量；風向部分，處理方式如同前述，並以向量平均方式獲取每日平均風向值。

²⁶全部車種可參照交通部運輸研究所（2019）所附之道路交通事故調查報告表（見附錄二）中「當事者區分」一欄。

²⁷為求簡化，本研究對於機車及汽車等兩類型的分類標準係為該車種之車輪數，機車類型屬二輪車輛（two-wheel vehicle），汽車類型則為四輪車輛（four-wheel vehicle）。

²⁸為了避免將被解釋變數取對數後，原始資料中為 0 的數據將變為負無限大之窘境，故本研究另將各鄉鎮市區的每日總數量皆採+0.5 的方式。

第四章 研究方法與實證模型

本章節將介紹本研究所使用之方法與模型。第一節為普通最小平方法，用以討論高溫及空氣汙染與交通事故間之關聯性，並介紹迴歸模型中之所有變數；第二節為兩階段最小平方法，考量 Sager (2019) 所述內生性問題，故本研究擬以工具變數法搭配 2SLS 加以處理，另此小節亦會說明本研究中所選用 IV 及其相關檢定，並列出 2SLS 模型中第一階段及第二階段之迴歸式。

第一節 普通最小平方法

普通最小平方法 (OLS) 其概念係將殘差平方和 (sum of squared residuals) 極小化，進而估計迴歸式中各變數間之關係。本研究使用 log-linear 迴歸模型，如式 (1) 所示：

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 AP_{it} + \beta_2 T_max_{it} + \beta_3' W_{it} + \theta_i + \eta_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

其中 Y 隨著本研究探討對象而異，分別為 *Number* (事故數量²⁹)、*Involved* (牽涉車輛數量)、*Car* (牽涉車輛屬汽車種類之數量)、*Scooter* (牽涉車輛屬機車種類之數量)；下標 i 、 t 分別表示第 i 個地區於第 t 日之資料； AP 為空氣汙染物相關變數之濃度 (本研究以 $PM_{2.5}$ 做為代表)； T_max 為日高溫； W 為雨量、相對濕度、風速等其他氣象相關變數 (含各變數之平方項)；另 θ 為地區固定效果， η 為時間固定效果， ϵ 為誤差項。

於討論氣溫與交通事故間之關聯性時，Sager (2019) 將氣溫分成數個區間進行迴歸，而 Bergel-Hayat et al. (2013) 與 Zhan et al. (2020) 則提及兩者之間存在非線性關係。因此，本研究以 Spline 迴歸方式處理模型中之「日高溫」變數。

²⁹ 本研究使用模型中所提及之數量皆為使用 A1+A2 交通事故類型資料所得數據，包含 *Number*、*Involved*、*Car*、*Scooter* 等變數。

Spline 迴歸為一種分段式 (piece-wise) 迴歸，當將解釋變數分為許多區間並設為虛擬變數進行線性迴歸時，此法可改善只要位於同區間內則效果皆一致之問題；另因 Spline 迴歸所劃分之所有區間皆為連續變數型態，故亦能觀察各區間斜率並解釋變數與被解釋變數間之非線性關係。考量日高溫之數據分布，本研究遂將日高溫分為 4 個區間，處於 0 度至 20 度之間設為第 1 個區間，20 度至 25 度為第 2 個區間，25 度至 30 度為第 3 個區間，30 度以上則為第 4 個區間（至本研究樣本範圍 43.7 度）。日高溫採 Spline 變數形式後，本研究之迴歸模型即如式(2)所示。

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \widehat{AP}_{it} + \beta_2' (T_max_{it} - C_j)_+ + \beta_3' W_{it} + \theta_i + \eta_t + \epsilon_{it} \quad (2)$$

式(2)中 C_j 為常數，依序為 $C_1 = 0$ 、 $C_2 = 20$ 、 $C_3 = 25$ 、 $C_4 = 30$ ， β_2' 及 β_3' 皆為向量，其餘變數與式(1)相同。

其中 $(T_max_{it} - C_j)_+ = T_max_{it} - C_j$ ， $j = 1, 2, 3, 4$ ，當 $T_max_{it} - C_j \geq 0$ 時

$(T_max_{it} - C_j)_+ = 0$ ， $j = 1, 2, 3, 4$ ，當 $T_max_{it} - C_j < 0$ 時

第二節 兩階段最小平方法

Retallack and Ostendorf (2019) 指出，當車流量較低時，其與交通事故發生數量之間呈現線性關係，而車流量較高時，交通事故數量則隨車流量之增長而以平方速度正向增加；另 Martin (2002) 則表明公路事故數量與每小時車流量呈正相關。由以上文獻可知，車流量確為預測事故數量之重要解釋變數。而 Sager (2019) 於研究空氣污染物對道路安全之影響時，亦因車流量變數所致內生性問題而以 IV 處理之。

由於本研究無法取得車流量相關資料，導致發生遺漏變數(omitted variable)問題，而車流量對被解釋變數(例如事故數量等)及 $PM_{2.5}$ 濃度皆具影響³⁰，亦即當納入 $PM_{2.5}$ 濃度做為解釋變數時，若未處理其所致遺漏變數問題，將可能因內生性問題導致模型參數之估計產生偏誤。

本研究藉由 IV 及 2SLS 方法處理遺漏變數所可能造成之問題，其概念為透過以一個(或多個)外生變數對被解釋變數進行迴歸估計，藉此避免內生性問題所致估計誤差；前述之外生變數即為 IV，須同時符合與內生變數具相關性，然卻與被解釋變數無關聯性之條件。2SLS 方法將分別進行第一階段迴歸(first stage regression)及第二階段迴歸(second stage regression)等兩階段迴歸。第一階段迴歸利用 IV 對內生變數進行迴歸估計，並確認 IV 與內生變數之間是否具關聯性，若然則可進入第二階段迴歸；反之，則代表該 IV 為弱工具變數，容易造成估計結果產生誤差，須使用其他 IV 替換之。第二階段迴歸則將第一階段迴歸估計值取代原內生變數，再進行迴歸分析，即可獲取內生變數與被解釋變數間之關係。以下詳述本研究所使用之 IV 及相關檢定，並列舉使用 2SLS 方法之迴歸模型。

一、工具變數

由於存在前述之內生性問題，因此本研究欲以 IV 修正之；然 IV 須具備下述兩點條件：

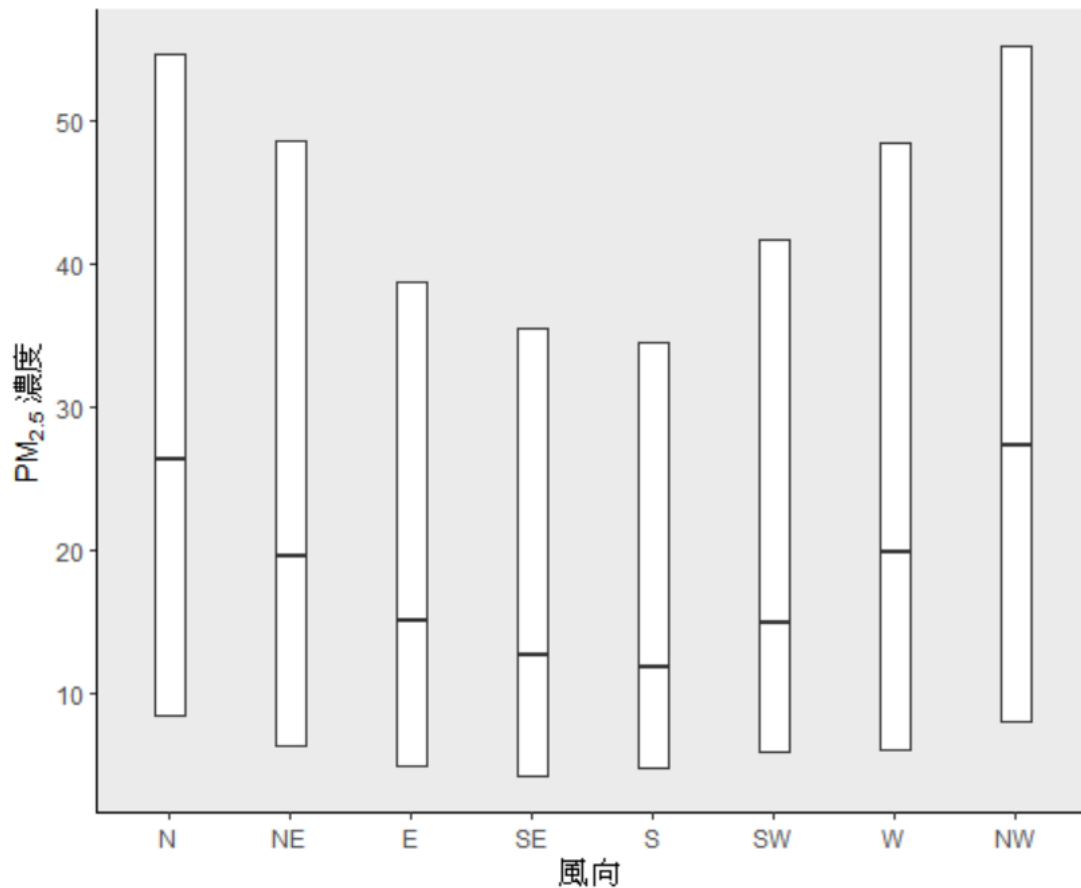
(1) IV 與內生變數具關聯性，且與被解釋變數無關聯性；意即 IV 須對內生變數具解釋力且須為模型外之變數。

(2) IV 與誤差項無相關性，即 IV 須具外生性(exogeneity)。

風向與空氣汙染物濃度之間具相關性(Guerra, 2006; Bondy et al., 2020; 行政院環保署, 2020)。據本研究資料顯示， $PM_{2.5}$ 濃度確會隨風向改變而有所不同

³⁰行政院環保署(2019)指出臺灣境內細懸浮微粒($PM_{2.5}$)濃度貢獻比率中，車輛移動源約占27.5%，與工業源並列排放來源之首。

同(如圖 1 所示),而本研究亦繪製各空品區的 $PM_{2.5}$ 濃度與風向之關係圖,如圖 2 所示。此外,亦有諸多文獻亦將風向做為空氣污染物濃度之 IV (Anderson, 2015; Deryugina et al., 2019; Bondy et al., 2020),因此本研究以風向(wind direction)搭配空氣品質區³¹做為 IV。

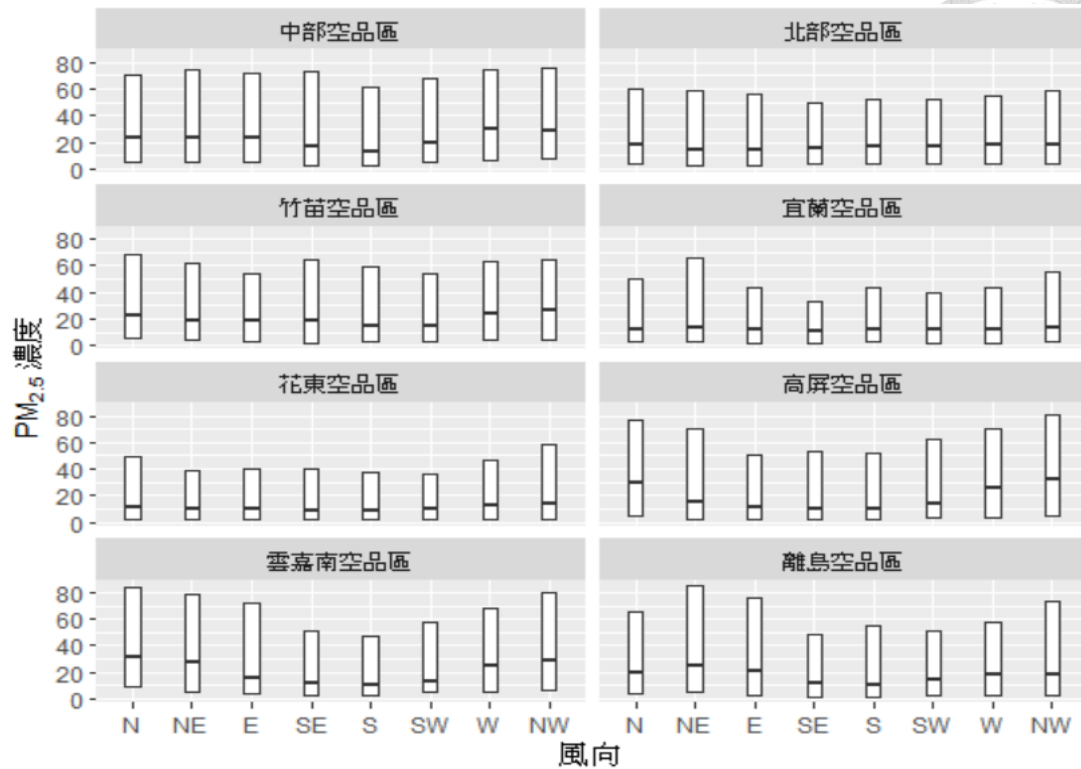


資料來源：本研究繪製

註：圖中各長條之上下界代表該風向濃度之最大值及最小值，中間粗線代表該風向濃度之中位數。

圖 1 $PM_{2.5}$ 濃度與各風向之關係 (全台)

³¹由於空氣污染之流通會跨越縣市邊界，故環保署考量各地氣象條件、地形、污染源分布特性、污染擴散情形後，將臺灣分成七大空氣品質區(以下簡稱空品區)及離島監測區，分別為：宜蘭、中部、花東、竹苗、雲嘉南、高屏、北部空品區及離島監測區，各空品區中皆設有一至數個空氣品質測站。



資料來源：本研究繪製

圖 2 $PM_{2.5}$ 濃度與各風向之關係 (依空品區分類)

本研究分別參考 Deryugina et al. (2019) 及 Bondy et al. (2020) ——皆以風向做為空氣污染物濃度 IV 之兩篇研究——將 IV 採不同設定。Deryugina et al. (2019) 探討空氣汙染對於中老年人健康與醫療支出之影響時，將美國境內所有空氣汙染監測站依其分布位置歸類至 100 個群體中，再搭配指標函數 (indicator function) 與風向虛擬變數 (dummy variable) 之組合做為該研究之 IV；而 Bondy et al. (2020) 意欲探究空氣汙染對犯罪事件之影響，遂將英國倫敦分為中央、東區、西區、南區及北區等五個地區，再搭配東風、西風、南風及北風等四種風向於各地區之每日吹拂時間比例，做為該研究 IV。

由圖 2 可知，不同的空品區下， $PM_{2.5}$ 濃度與各風向之關係皆相異，因此本研究中所採第一種設定之 IV (以下簡稱 IV1) 為前述風向與空品區 (包含離島監測區) 所組成之虛擬變數組合。在 IV1 設定中，空品區變數為虛擬變數型態，風向則依據其來向角度分為八大風向：北風、東北風、東風、東南風、南風、西南

風、西風、西北風等，亦屬虛擬變數。透過上述兩者所組成之虛擬變數組合，若該鄉鎮市區所屬區域及當日平均風向皆符合該虛擬變數之定義時，其值為 1，反之則為 0。

本研究中採第二種設定之 IV（以下簡稱 IV2），其定義為該鄉鎮市區於當日 24 小時中，各種風向之累積吹拂小時數³²，其最小值為 0，最大值為 24。IV2 為連續整數形式，而 IV1 則為非 0 即 1 之虛擬變數型態。

二、工具變數相關檢定

為確認 IV 之合適性，須對其進行相關性及外生性檢定。相關性檢定之目的係為檢驗 IV 與內生變數是否具顯著關係，可由 2SLS 中第一階段迴歸之 F 檢定（亦稱弱工具變數檢定）得知；該檢定旨在檢驗所有 IV 所估計係數是否全部為 0，Staiger and Stock（1997）建議，此 F 檢定統計量應大於 10，若 F 值小於 10 則代表該 IV 或為弱工具變數，易造成模型估計誤差。外生性檢定則是檢驗 IV 是否與估計模型中之誤差項不具相關性，Angrist and Krueger（2001）指出此性質基本上僅能以理論與制度細節（institutional details）說明之，若 IV 數量多於內生變數時，則可進行過度識別檢定（over-identification test）以檢驗是否所有 IV 皆具外生性。以下將介紹與 IV 相關之檢定，依序為不足識別檢定（under-identification test）、弱識別檢驗（weak identification test）及過度識別檢定。

（1）不足識別檢定：工具變量法之使用必須滿足 IV 與內生變數具相關性之條件，Windmeijer（2018）指出不足識別檢定之虛無假設係為 IV 對內生變數不具充分解釋力，意即此檢定旨在檢驗兩者之間是否存在相關性，可透過 Kleibergen-Paap rk LM statistic 檢定之。即便能藉由此檢定得知是否存在相關性，然仍須透過其他檢定俾驗證所選取 IV 是否存在弱工具變數之疑慮。

（2）弱識別檢驗：當 IV 通過不足識別檢定後，並不代表其不為弱工具變數，故仍須藉助弱識別檢驗予以驗證。根據 Staiger and Stock（1997）與 Stock and Yogo

³²此部分數據僅須將第一階段資料處理後所得每小時風向資料予以統計即可獲取。

(2005)之建議，第一階段之 F 值應大於 10；惟考慮異質性 (heteroscedasticity) 時，可用 Cragg-Donald Wald F statistic 或 Kleibergen-Paap rk Wald F statistic 搭配 Stock-Yogo weak ID test critical values 進行檢定。

(3) 過度識別檢定：當 IV 個數超過內生變數數量時，即可進行過度識別檢定；該檢定係檢驗所有 IV 是否皆具外生性，可使用 Hansen J statistic 及其 P 值檢定之。

三、模型檢定

本研究係以 IV 搭配 2SLS 進行迴歸分析，前文已介紹本研究所使用之 IV 及其相關檢定，而 IV 是否適合則須取決於第一階段迴歸結果。式 (3) 及式 (4) 分別為使用 IV1 及 IV2 時之第一階段迴歸模型³³。

$$AP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1' I[\text{Region} \times \text{WD}] + \alpha_2' \mathbf{T_max}_{it} + \alpha_3' W_{it} + \tau_i + \mu_t + \nu_{it} \quad (3)$$

$$AP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1' [\text{Region} \times \text{WD}] + \alpha_2' \mathbf{T_max}_{it} + \alpha_3' W_{it} + \tau_i + \mu_t + \nu_{it} \quad (4)$$

式 (3) 及式 (4) 中的變數定義與前述式 (1) 相同，其中 $I[\]$ 為指標函數，若符合其中敘述則該函數之值為 1，反之則為 0；另 *Region* 為空品區變數，*WD* 為風向變數， τ_i 及 μ_t 分別為地區與時間之固定效果， ν_{it} 為誤差項。

第一階段迴歸之結果經相關檢定確認並通過後，即可進行第二階段迴歸，式 (5) 為第二階段之迴歸模型；其變數定義與前文相同，其中 \widehat{AP}_{it} 為第一階段所得空氣污染物濃度之估計值， θ_i 及 η_t 分別為地區與時間之固定效果， ϵ_{it} 誤差項。

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \widehat{AP}_{it} + \beta_2 \mathbf{T_max}_{it} + \beta_3' W_{it} + \theta_i + \eta_t + \epsilon_{it} \quad (5)$$

³³為簡化表達，式 (3) 中 $\alpha_2' \mathbf{T_max}_{it}$ 為使用 Spline 迴歸時，關於 T_max_{it} 之所有項目，詳見式 (2)。

第五章 實證結果與分析

本研究以事故數量、牽涉車輛數量等變數評估日高溫與 $PM_{2.5}$ 對交通事故之影響，本章節將逐一說明各模型設定下之實證結果，並探討其中意涵。第一節為敘述統計，列舉各變數之基礎統計量；第二節為 OLS 估計結果，旨在說明各模型設定下之 OLS 迴歸結果；第三節為 2SLS 估計結果，敘明本研究透過使用 IV 及 2SLS 方法修正內生性問題後之迴歸結果。

第一節 敘述統計

本研究根據 2014 年至 2018 年交通事故、氣象及空氣汙染資料，估計臺灣 368 個鄉鎮市區共計 671,968 筆之每日數據。各項變數之平均數、標準差、最小值、中位數及最大值彙整於表 1，變數則包括被解釋變數、空氣汙染相關變數以及氣象相關變數。

由表 1 可知，臺灣各鄉鎮市區平均每小時事故數量約為 2.29 件，牽涉車輛數量約為 4.84 輛，其中約有 32% 屬於汽車類型，另約有 58% 屬於機車類型³⁴；此外，表 1 亦列出所有空氣汙染物的基本統計量。舉例而言， $PM_{2.5}$ 的濃度約為 22.07 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)， PM_{10} 的濃度約為 46.73 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。另 CO 的濃度約為 0.37 (ppm)， O_3 的濃度約為 29.97 (ppb)， NO 的濃度約為 3.16 (ppb)， NO_2 的濃度約為 12.16 (ppb)， SO_2 的濃度則約為 2.88 (ppb)。在氣象變數方面，各鄉鎮市區平均日高溫約為 27.68 度，其最大值高達 43.68 度；日累積雨量為 5.46 毫米，其中最大值接近 4,400 毫米，然經本研究檢查及與交通部中央氣象局 (2016) 進行比對後，該筆數據之發生年間 (2015)，各測站之年累積雨量最大值為蘇澳站所測得，達 4069 毫米，可見該值可能存在異常，然因原始資料中並未特別進行標記，因此本研究並不加以刪除；表中平均相對濕度約 75.8%，根據交通部統計查詢網所示，臺灣平均相對

³⁴因本研究並未將機車及汽車類型以外種類納入，故此處比例總和小於 100%。

濕度約在 70 至 80%之間³⁵；另表中平均風速約 1.79(m/s)，雖其最大值高達 58.87 (m/s)，然經檢查後並不存在異常值，因此不予剔除。



表 1 敘述統計表

變數名稱	樣本數	平均數	標準差	最小值	中位數	最大值
被解釋變數						
事故數量	671968	2.2855	3.7511	0	1	44
牽涉車輛數量(總數)	671968	4.8445	8.0756	0	2	96
牽涉車輛數量(汽車)	671968	1.5621	2.673	0	0	38
牽涉車輛數量(機車)	671968	2.8082	4.9499	0	1	60
空氣污染變數						
$PM_{2.5}$	671952	22.0724	13.8483	0.0088	18.6172	158.7319
PM_{10}	671919	46.729	24.2845	0	40.2887	371.7422
CO	671960	0.3715	0.1716	0.0117	0.3459	5.297
NO	671959	3.1576	3.9881	0.0717	2.1181	223.9066
NO_2	671959	12.1576	6.3503	0.3063	11.0328	57.6525
SO_2	671960	2.881	1.2751	0.1897	2.6549	31.1387
O_3	671959	29.974	11.0098	1.2245	28.7285	105.3624
氣象變數						
日高溫	671959	27.6774	5.4136	-0.5	28.8222	43.676
降雨量	671968	5.4609	20.7281	0	0	4395.7788
風速	670637	1.7933	1.1039	0.2099	1.4588	58.8731
相對濕度	671953	0.7579	0.0809	0.0211	0.7576	1

資料來源：本研究整理。

第二節 OLS 估計結果

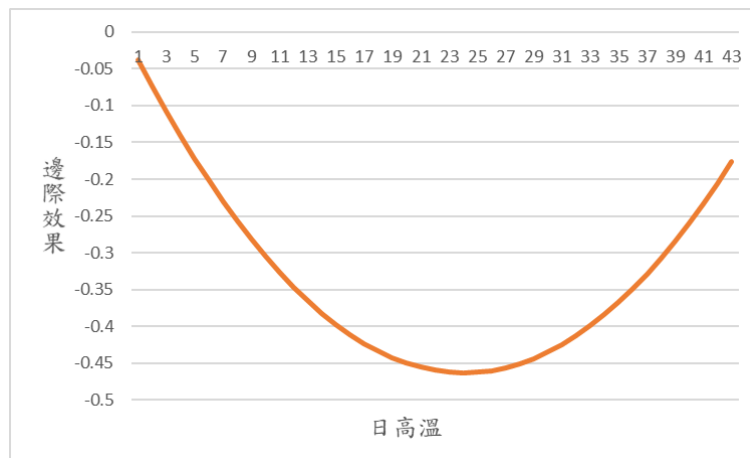
一、事故數量

本研究共以五種模型設定對事故數量進行 OLS 迴歸，其結果如表 2 所示。模型一僅包含日高溫及 $PM_{2.5}$ 兩個解釋變數，係為本研究最原始的模型。然而考量 Bergel-Hayat et al. (2013) 與 Zhan et al. (2020) 所述非線性關係，故模型二

³⁵該網站僅列出臺北、高雄、淡水、新竹、臺中、花蓮等六站之平均相對濕度數據，<https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100> (瀏覽日期：2021/3/2)

及模型三分別以添加日高溫平方項及將日高溫改為 Spline 變數之方式進行迴歸。本研究將依據模型一至模型三所得結果選擇後續之日高溫變數形式。

模型一的結果顯示，在完全不考慮非線性關係及其他變數之干擾下，日高溫與交通事故之間並無關聯性。經調整模型內變數後，模型二的結果指出，交通事故數量與日高溫之一次項呈負顯著相關，其係數為-0.0385；且亦與日高溫之平方項呈負顯著相關，其係數為 0.0008。日高溫之邊際效果呈 U 形曲線，如圖 3 所示，該曲線斜率約於 24 度開始由負轉正，故可知日高溫低於 24 度時，隨著日高溫數值的增加，事故數量會隨之以非固定比例降低；而日高溫高於 24 度後，事故數量則會以非固定比例增加。經採用 Spline 變數後，在各氣溫區間內皆有不同結果，日高溫僅於 20 度至 25 度區間及高於 30 度區間分別呈現負顯著及正顯著，其餘則皆不具顯著關係。



資料來源：本研究自行整理。

圖 3 日高溫之邊際效果

比較模型二及模型三之結果，本研究認為加入平方項的方式雖能觀察是否存在非線性關係，然因其擬合之迴歸結果僅是令該架構下之殘差平方和為最小，並非代表兩者實際關係呈 U 形曲線。若日高溫僅於高於某個數值或於某些區間內

始對事故數量具顯著影響，此時則以 Spline 變數屬較佳處理方式。因此，後續模型之所有日高溫變數皆係以 Spline 變數形式呈現。

為修正地區及時間所遺漏變數之影響，模型四額外加入地區及時間的固定效果。模型五則於模型四基礎上，進一步加入包含雨量、風速、相對濕度等氣象相關變數及其平方項，為本研究中最完整的模型設定。相較於模型三無法合理解釋之各區間係數，於模型四及模型五架構下，實證結果顯示當日高溫低於 20 度時，其對事故數量並不具關聯性；反之，當日高溫高於 20 度時，則具顯著關聯性。由 20 度至 25 度、25 度至 30 度、30 度以上等三個區間之係數可知，隨著日高溫數值提升，事故數量分別會增加 0.39、0.6、1.34%。

綜合模型四與模型五之結果，兩種模型其係數顯著性及正負號皆相同。值得注意的是，除前述日高溫變數之結果外， $PM_{2.5}$ 的係數亦為顯著負相關，顯示隨著 $PM_{2.5}$ 的濃度提高，事故數量反而減少，此與 Sager (2019) 及 Wan et al. (2020) 所得結果相異。在模型選擇上，由於模型五其設定最為完整，故若本研究未特別提及其他模型設定下的結果，則皆係以模型五設定為主，並以此模型之結果進行說明。

表 2 事故數量之 OLS 迴歸結果

變數	模型一	模型二	模型三	模型四	模型五
日高溫	0.0034 (0.0030)	-0.0385** (0.0168)			
日高溫(平方)		0.0008*** (0.0003)			
日高溫(<20)			0.0069 (0.0090)	0.0008 (0.0018)	0.0004 (0.0019)
日高溫(20-25)			-0.0097** (0.0045)	0.0042*** (0.0015)	0.0039*** (0.0015)
日高溫(25-30)			-0.0044 (0.0058)	0.0082*** (0.0013)	0.0060*** (0.0014)
日高溫(>=30)			0.0323*** (0.0086)	0.0211*** (0.0022)	0.0134*** (0.0019)
$PM_{2.5}$	0.0011 (0.0014)	0.0015 (0.0014)	0.0016 (0.0014)	-0.0005*** (0.0001)	-0.0010*** (0.0001)
雨量					-0.0006*** (0.0002)
雨量(平方)					0.0000*** (0.0000)
風速					-0.0028 (0.0030)
風速(平方)					-0.0003 (0.0002)
相對濕度					0.0094 (0.2639)
相對濕度(平方)					-0.1451 (0.1797)
地區固定效果				Y	Y
時間固定效果				Y	Y
其他氣象變數					Y
樣本數	671951	671951	671951	671951	670629

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

二、交通事故牽涉車輛數量

此小節同樣以前述五個模型觀察日高溫與空氣汙染對牽涉車輛數量之影響，其結果如表 3 所示；基於上一小節結論，此處僅關注模型五之估計結果。根據表 3 所示模型五結果，日高溫低於 20 度時，其與牽涉車輛數量並不具關聯性；而當日高溫高於 20 度時，隨著日高溫數值增加，牽涉車輛數量增加幅度則愈高。

觀察表 2 及表 3 所示模型五結果可知，各係數之顯著性及正負號於相同模型設定下盡皆相同，顯示當日高溫數值或空氣汙染濃度有所變動時，其對於事故數量及牽涉車輛數量之影響具相同趨勢。若進一步討論係數值，在日高溫係數為正之三個區間（20 度至 25 度、25 度至 30 度、30 度以上）中，表 3 所列係數皆大於表 2 係數，表示日高溫數值落於此些區間內時，牽涉車輛數量的變化將會大於事故數量的變化（以模型五設定下，日高溫高於 30 度時為例，每增加 1 度，事故數量會增加 1.34%，而牽涉車輛數量卻增加 1.77%），其中也隱含了事故當事人數量或將變得更多。

此外，根據表 3 所示模型五結果， $PM_{2.5}$ 的其係數依然為負，並呈顯著相關，同上一小節所述；故本研究將以 IV 與 2SLS 法予以處理，以盡可能排除因為內生性可能造成的偏誤。

表 3 牽涉車輛數量之 OLS 迴歸結果

變數	模型一	模型二	模型三	模型四	模型五
日高溫	0.0046 (0.0038)	-0.0484** (0.0213)			
日高溫(平方)		0.0010*** (0.0004)			
日高溫(<20)			0.0102 (0.0116)	0.0025 (0.0021)	0.0019 (0.0023)
日高溫(20-25)			-0.0126** (0.0058)	0.0066*** (0.0019)	0.0062*** (0.0018)
日高溫(25-30)			-0.0058 (0.0072)	0.0111*** (0.0017)	0.0079*** (0.0017)
日高溫(>=30)			0.0421*** (0.0108)	0.0289*** (0.0028)	0.0177*** (0.0024)
PM _{2.5}	0.0014 (0.0018)	0.0020 (0.0018)	0.0021 (0.0018)	-0.0006*** (0.0002)	-0.0013*** (0.0002)
雨量					-0.0008*** (0.0003)
雨量(平方)					0.0000*** (0.0000)
風速					-0.0057 (0.0038)
風速(平方)					-0.0003 (0.0002)
相對濕度					0.0804 (0.3279)
相對濕度(平方)					-0.2556 (0.2245)
地區固定效果				Y	Y
時間固定效果				Y	Y
其他氣象變數					Y
樣本數	671951	671951	671951	671951	670629

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。



第三節 2SLS 估計結果

一、事故數量

本研究使用兩種設定的 IV 搭配 2SLS 方法處理內生性問題，分別為風向與空品區所組成之虛擬變數組合 (IV1)，以及各風向每日累積吹拂小時數與空品區所組成之連續變數組合 (IV2)。

根據第四章第二節所述，為確認所選 IV 是否有效，須先通過第一階段迴歸並檢驗其 F 值。表 4 為在不同模型設定下 (模型三至模型五)，分別以 IV1 及 IV2 所得之第一階段迴歸結果 (完整結果請參照附錄四)。由表 4 可知，不論是使用 IV1 或 IV2，在不同模型設定下，其 F 值皆高於 Staiger and Stock (1997) 所建議的 10，顯示本研究所使用之 IV 皆不為弱工具變數。此外，由前述式 (3) 與式 (4) 可知，不論研究對象為事故數量或事故牽涉數量，其第一階段迴歸模型皆屬相同 (被解釋變數皆為 $PM_{2.5}$ 濃度)，代表本研究後續所進行之其他第一階段迴歸結果亦與表 4 相同，故不另贅述其迴歸結果。

表 4 各 IV 之第一階段迴歸結果

	IV1			IV2		
	模型三	模型四	模型五	模型三	模型四	模型五
F 值	66.4418	17.2639	11.5886	96.6263	52.4257	30.4650
樣本數	671951	671951	670629	671951	671951	670629
地區固定效果		Y	Y		Y	Y
時間固定效果		Y	Y		Y	Y
其他氣象變數			Y			Y

資料來源：本研究估計。

表 5 為以事故數量為被解釋變數之結果，在模型三至模型五設定下，依序以不使用 IV、使用 IV1 與 2SLS、使用 IV2 與 2SLS 等方式進行估計。由該表之欄 (1)、(4)、(7) 可知，於未控制固定效果時，部分變數與事故數量不具關聯性，且難以解釋各日高溫區間其估計係數何以時呈正顯著、有時卻呈負顯著之結果。

加入固定效果後，由欄(2)、(3)、(5)、(6)、(8)、(9)可知，日高溫於20度以下時，與事故數量不具相關性；而日高溫高於20度時則全為顯著正相關，且於不同氣溫區間內，其估計係數皆不相同。此外，若日高溫數值落於20度至25度之間時，由欄(6)、(9)可知，其係數分別為0.0058及0.0067且呈顯著相關，表示於該區間內，日高溫數值每增加1度，事故數量分別會增加0.58及0.67%；若日高溫數值落在25度至30度之間時，日高溫每增加1度，事故數量分別會增加0.56及0.55%；若日高溫數值高於30度時，日高溫每增加1度，事故數量分別會增加1.23及1.18%。舉例而言，相較於2014年至2018年之平均日高溫(約27.68度)，當氣溫達35度時，事故數量在IV1及IV2兩種設定下，由欄(6)、(9)可知分別會增加6.88及7.17%。

分析日高溫於各區間之結果，可知隨氣溫值升高，所致事故數量愈多，此與過往文獻所述結果相同(Basagaña et al., 2015; Bergel-Hayat et al., 2013; Lio et al., 2019; Wu et al., 2018; Yannis and Karlaftis, 2011)。此外，雖事故數量與日高溫呈正向關係，然可由各區間之係數發現其影響程度並非一味增加，意即20度至25度區間其係數大於25度至30度區間之係數。因此，由表5中即可確定在日高溫高於30度之區間，其係數皆為最大；顯示相較於其他日高溫區間，當日高溫大於30度時，每增加1度，交通事故之增加幅度確為最大。

修正內生性問題後，根據欄(6)、(9)所列結果顯示， $PM_{2.5}$ 之係數皆呈負顯著相關，分別為-0.0032及-0.0043，亦即 $PM_{2.5}$ 濃度每增加1單位，事故數量即會減少0.32及0.43%。由於空氣污染相關文獻皆指出其對人體健康所致負面影響，且Sager(2019)與Wan et al.(2020)之研究結果亦表明空氣污染物濃度愈高，事故數量也會隨之增加。綜言之，本研究所得之負顯著相關結果，與Sager(2019)及Wan et al.(2020)所得結果恰巧相反。

針對上述 $PM_{2.5}$ 係數相關結果之歧異，本研究推測其可能原因或為較高之口罩配戴率。衛生福利部(2017)提及一般手術用口罩對於 $PM_{2.5}$ 約有70至80%之過濾及吸附效果，而勞動部勞動及職業安全衛生研究所(2016)亦表示一般醫用

口罩能阻擋約 90%的 $PM_{2.5}$ 。臺灣截至目前並無針對配戴口罩習慣之正式統計數據，僅有兩份由民間機構所進行之網路問卷調查。根據 2009 年「騎車是否有戴口罩的習慣」網路民調³⁶，該民調之對象為 18 至 65 歲機車騎士，其結果顯示約有 40%騎士一定會配戴口罩，而「經常會配戴」及「偶爾會配戴」之比例分別約為 21%與 29%；足見臺灣機車騎士於進行駕駛行為時，配戴口罩頻率達「經常」以上之比例至少為六成，若計入「偶爾」更高達九成；另一份 2020 年的網路調查³⁷則是蒐集約 1.1 萬份樣本，並由平常即有配戴口罩習慣之樣本中進一步調查其原因，結果發現「騎機車」因素以 46%比例位列第二，可見機車騎士確會透過配戴口罩以降低空氣汙染物所致影響，但此推論可能不適用於汽車駕駛人。


雖說臺灣近年來之空氣品質已逐漸好轉，然本研究認為駕駛人在對於空氣品質具基礎認知³⁸之前提下，若欲進行駕駛行為，自然會傾向於以配戴口罩之方式防止自身暴露在不佳空氣品質環境當中，同時亦可減少空氣汙染對自身之影響，進而減少交通事故的發生。綜上所述，本研究推測在其他條件不變的情況下， $PM_{2.5}$ 濃度與事故數量之間的關係，可能仍與 Sager (2019) 及 Wan et al. (2020) 同呈正向關係，然因存在是否配戴口罩等與駕駛人相關之因素，而使 $PM_{2.5}$ 對事故數量之影響變小。對於 $PM_{2.5}$ 係數呈負顯著相關之結果，本研究僅能推測其中可能與口罩配戴率有關，相關機制有待日後研究討論。此外，其他空氣汙染物之估計結果請參閱附錄五。

在其他氣象變數方面，根據表 5 之欄 (6)、(9) 可知，在不同的 IV 設定下，亦呈現相似結果。相對濕度其估計結果呈負相關，與 Dastoorpooret al. (2016) 及 Lio et al. (2019) 所得研究結果一致。至於降雨量之估計結果顯示，一次項係數

³⁶該網路民調由於無法取得問卷內容，故僅能根據相關報導予以陳述，<https://www.cna.com.tw/postwrite/Detail/47394.aspx#.YEZUT50zZPY> (瀏覽日期：2021 年 3 月 3 日)

³⁷該網路調查為健康大賞調查，亦因無法取得問卷內容遂僅據相關報導予以陳述，<https://news.campaign.yahoo.com.tw/lung-health/arti.php?id=8732e9bf-3e40-3036-b8d6-6c173b709265> (瀏覽日期：2021 年 3 月 3 日)

³⁸此處所述基礎認知係指「空氣汙染對人體健康具有負面影響」，然是否深入了解其具體影響則不屬此處定義範圍。



呈負顯著相關，而平方項係數則呈正顯著相關，然因平方項係數僅 1.57×10^{-7} ，故於絕大多數降雨情況下，事故數量與降雨量之間係存在負關聯性，此結果與 Bergel-Hayat et al. (2013) 及 Karlaftis and Yannis (2011) 之研究結果相同。儘管大量研究咸認降雨量與事故數量之間為正關聯性(Black and Villarini, 2019; Malin et al., 2019; Omranian, 2018)，然本研究認為此負向關聯性與臺灣道路結構有關，蓋因臺灣市區道路（包括大道、路、街、巷、弄等）密集，故駕駛人於雨天時可能會提高警戒，以避免因路面濕滑、視線不清等因素而導致發生交通事故。至於風速估計結果的部分，僅與其一次項呈負顯著相關，與 Zhao et al. (2018) 及 Gao et al. (2016) 所得結論一致；本研究認為當風速提高時，駕駛人基於安全考量，通常會採取降低車速或停於路邊等待風速降低等方式，因而降低交通事故發生機率。

表 5 事故數量之 2SLS 迴歸結果

	不使用 IV			IV1			IV2		
	(1) 模型三	(2) 模型四	(3) 模型五	(4) 模型三	(5) 模型四	(6) 模型五	(7) 模型三	(8) 模型四	(9) 模型五
日高溫(<20)	0.0069 (0.0090)	0.0008 (0.0018)	0.0004 (0.0019)	0.0039 (0.0091)	0.0016 (0.0018)	0.0006 (0.0020)	0.0147* (0.0075)	0.0015 (0.0018)	0.0007 (0.0020)
日高溫(20-25)	-0.0097** (0.0045)	0.0042*** (0.0015)	0.0039*** (0.0015)	-0.0133*** (0.0050)	0.0061*** (0.0016)	0.0058*** (0.0016)	-0.0002 (0.0047)	0.0060*** (0.0017)	0.0067*** (0.0017)
日高溫(25-30)	-0.0044 (0.0058)	0.0082*** (0.0013)	0.0060*** (0.0014)	0.0020 (0.0104)	0.0085*** (0.0014)	0.0056*** (0.0014)	-0.0210* (0.0114)	0.0085*** (0.0013)	0.0055*** (0.0015)
日高溫(>=30)	0.0323*** (0.0086)	0.0211*** (0.0022)	0.0134*** (0.0019)	0.0393*** (0.0102)	0.0218*** (0.0022)	0.0123*** (0.0020)	0.0140 (0.0103)	0.0218*** (0.0022)	0.0118*** (0.0020)
PM _{2.5}	0.0016 (0.0014)	-0.0005*** (0.0001)	-0.0010*** (0.0001)	0.0061 (0.0051)	-0.0022*** (0.0005)	-0.0032*** (0.0006)	-0.0102* (0.0059)	-0.0021*** (0.0006)	-0.0043*** (0.0009)
雨量			-0.0006*** (0.0002)			-0.0006*** (0.0002)			-0.0006*** (0.0002)
雨量(平方)			0.0000*** (0.0000)			0.0000*** (0.0000)			0.0000*** (0.0000)
風速			-0.0028 (0.0030)			-0.0129*** (0.0041)			-0.0178*** (0.0055)
風速(平方)			-0.0003 (0.0002)			0.0002 (0.0002)			0.0004 (0.0003)

	不使用 IV			IV1			IV2		
	(1) 模型三	(2) 模型四	(3) 模型五	(4) 模型三	(5) 模型四	(6) 模型五	(7) 模型三	(8) 模型四	(9) 模型五
相對濕度			0.0094 (0.2639)			0.2007 (0.2802)			0.2940 (0.2917)
相對濕度(平方)			-0.1451 (0.1797)			-0.3224* (0.1924)			-0.4088** (0.2025)
地區固定效果		Y	Y		Y	Y		Y	Y
時間固定效果		Y	Y		Y	Y		Y	Y
其他氣象變數			Y			Y			Y
樣本數	671951	671951	670629	671951	671951	670629	671951	671951	670629

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。第一行至第三行即為表 2 中模型三至模型五的結果。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。



二、交通事故牽涉車輛數量

除事故數量之外，牽涉車輛數量亦為本研究另一研究對象。由於此處係以 IV 及 2SLS 方法予以估計，故須先進行第一階段迴歸，其結果同表 4；而第二階段之迴歸估計結果則如表 6（完整結果請參照附錄六）所示，該表中各欄之模型設定皆與表 5 相同，僅被解釋變數殊異。

透過比較表 5 及表 6 中之各行數據，本研究發現牽涉車輛數量與事故數量兩者結果相似，其差別僅在估計係數之大小。由表 6 可知，日高溫仍僅於 20 度以下時始與牽涉車輛數量無關；而當日高溫於 20 度以上時，則端看其數值所處區間而有不同之影響效果。

在不同的 IV 設定下，欄 (6)、(9) 顯示日高溫數值介於 20 度至 25 度之間時，其係數分別為 0.0084 及 0.0096，表示於該區間內，日高溫數值每增加 1 度，牽涉車輛數量分別會增加 0.84 及 0.96%；若日高溫數值介於 25 度至 30 度之間時，日高溫數值每增加 1 度，牽涉車輛數量分別會增加 0.75 及 0.73%；而日高溫數值高於 30 度時，日高溫數值每增加 1 度，牽涉車輛數量分別會增加 1.65 及 1.58%。舉例而言，相較於 2014 年至 2018 年之平均日高溫(約 27.68 度)，當氣溫達 35 度時，牽涉車輛數量在 IV1 及 IV2 兩種設定下，由欄 (6)、(9) 可知分別會增加 9.98 及 9.58%。此外，進一步觀察各日高溫區間，可發現日高溫高於 30 度區間其係數值最大。

由表 6 可知，於考慮固定效果後， $PM_{2.5}$ 之估計結果皆呈負顯著相關。對於本研究兩個主要研究對象（事故數量與牽涉車輛數量），其 $PM_{2.5}$ 的之估計效果一致呈顯著負相關，且迥異於相關研究所得結果，故本研究係以口罩配戴率之觀點試圖解釋此一現象。此外，其他空氣污染物之估計結果請參閱附錄七。

比較日高溫及 $PM_{2.5}$ 於表 5 及表 6 中之欄 (6)、(9) 所示估計結果，可知牽涉車輛數量其係數皆高於事故數量；亦即於其他條件不變情況下，日高溫每上升 1 度或 $PM_{2.5}$ 濃度每增加 1 單位，其所致牽涉車輛數量之增加幅度大於事故數量

之增加幅度。上述現象亦隱含牽涉車輛數量之增加，其因不僅來自於事故數量增加所致牽涉數量增加，尚可能來自於單一交通事故中牽涉車輛數量的增加。



表 6 牽涉車輛數量之 2SLS 迴歸結果

	不使用 IV			IV1			IV2		
	(1) 模型三	(2) 模型四	(3) 模型五	(4) 模型三	(5) 模型四	(6) 模型五	(7) 模型三	(8) 模型四	(9) 模型五
日高溫(<20)	0.0102 (0.0116)	0.0025 (0.0021)	0.0019 (0.0023)	0.0065 (0.0118)	0.0034 (0.0022)	0.0021 (0.0024)	0.0204** (0.0097)	0.0033 (0.0022)	0.0022 (0.0025)
日高溫(20-25)	-0.0126** (0.0058)	0.0066*** (0.0019)	0.0062*** (0.0018)	-0.0172*** (0.0064)	0.0088*** (0.0021)	0.0084*** (0.0020)	-0.0001 (0.0060)	0.0087*** (0.0021)	0.0096*** (0.0021)
日高溫(25-30)	-0.0058 (0.0072)	0.0111*** (0.0017)	0.0079*** (0.0017)	0.0022 (0.0131)	0.0116*** (0.0017)	0.0075*** (0.0018)	-0.0278** (0.0141)	0.0115*** (0.0017)	0.0073*** (0.0019)
日高溫(>=30)	0.0421*** (0.0108)	0.0289*** (0.0028)	0.0177*** (0.0024)	0.0509*** (0.0130)	0.0297*** (0.0029)	0.0165*** (0.0025)	0.0179 (0.0131)	0.0297*** (0.0029)	0.0158*** (0.0025)
$PM_{2.5}$	0.0021 (0.0018)	-0.0006*** (0.0002)	-0.0013*** (0.0002)	0.0077 (0.0065)	-0.0025*** (0.0007)	-0.0039*** (0.0008)	-0.0136* (0.0074)	-0.0024*** (0.0008)	-0.0054*** (0.0012)
地區固定效果		Y	Y		Y	Y		Y	Y
時間固定效果		Y	Y		Y	Y		Y	Y
其他氣象變數			Y			Y			Y
樣本數	671951	671951	670629	671951	671951	670629	671951	671951	670629

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。第一行至第三行即為表 3 中模型三至模型五的結果。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

除探討日高溫及 $PM_{2.5}$ 濃度對牽涉車輛數量之影響外，本研究亦進一步將牽涉車輛分為汽車與機車兩種類型³⁹，藉以探討不同種類牽涉車輛數量之受影響程度，其結果如表 7（完整結果請參照附錄八）所示。表 7 中各行皆為模型五設定下進行估計所得結果，其中欄（1）、（2）、（3）中之研究對象係為牽涉車輛中屬汽車類型的數量，且分別採不使用 IV、使用 IV1 及使用 IV2 等方式進行迴歸；而欄（4）、（5）、（6）中之研究對象則為牽涉車輛中屬機車類型的數量，其餘設定皆與前三欄相同。

由表 7 可發現，兩種類型的牽涉車輛數量與事故數量、交通事故總牽涉車輛數量的結果大致相同。在 20 度至 25 度以及 25 度至 30 度兩個區間內，日高溫數值每提升 1 度，汽車類型車輛其牽涉數量約會增加 0.3 至 0.4%，而機車類型約會增加 0.6 至 0.7%；倘若日高溫高於 30 度以上，其估計係數則明顯高於上述兩個區間，對汽車及機車兩種類型之影響程度分別約為 0.9 及 1.3%。舉例而言，相較於 2014 年至 2018 年之平均日高溫（約 27.68 度），當氣溫達 35 度時，汽車類型車輛之牽涉數量在 IV1 及 IV2 兩種設定下，由欄（2）、（3）可知，分別會增加 5.8 及 5.28%，而機車類型車輛之牽涉數量則由欄（5）、（6）可知會增加 8.15 及 7.97%。

最後將第 1 至第 3 欄數據分別與第 4 至第 6 欄數據予以比對，可以發現機車類型其車輛牽涉數量估計係數皆大於汽車類型；另從中亦可得知，相較於汽車駕駛人而言，機車騎士或因為自身缺乏車體遮蔽及保護等因素，致其較易受氣溫高低影響，因此成為交通事故當事人之一。

此外， $PM_{2.5}$ 的其估計結果全呈負顯著相關，可見隨著其濃度每增加 1 單位，兩種類型車輛其牽涉數量皆會減少，此結果亦與交通事故牽涉車輛數量相同。關於 $PM_{2.5}$ 其估計結果呈負顯著相關之可能原因已於前文述及，而進一步觀察兩種車輛類型之係數後可發現，汽車種類其車輛牽涉數量降低程度略高於機車種類。本研究認為於較差空氣品質環境下，機車騎士會透過配戴口罩方式以降低空氣污

³⁹詳見第三章第三節之「第一階段處理」段。

染之影響，而汽車駕駛人則可能傾向以關閉窗戶方式以避免自身直接暴露於該環境中；相較於汽車駕駛人而言，機車騎士應具有較高之環境暴露量程度⁴⁰（environmental exposure level），故於相同污染程度下， $PM_{2.5}$ 所造成之對機車類型車輛所致牽涉數量之降低程度應較小。此外，汽車與機車類型車輛牽涉數量以其他空氣污染物之估計結果請參閱附錄九與附錄十。

⁴⁰據「國家教育研究院雙語詞彙」及「學術名詞暨辭書資訊網」所述定義，環境暴露量程度為個體或人群接觸有害環境因子之程度。

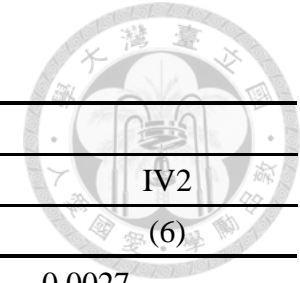


表 7 不同車輛類型之 2SLS 迴歸結果

	汽車類型			機車類型		
	不使用 IV	IV1	IV2	不使用 IV	IV1	IV2
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
日高溫(<20)	-0.0025 (0.0016)	-0.0024 (0.0016)	-0.0022 (0.0018)	0.0025 (0.0023)	0.0027 (0.0024)	0.0027 (0.0024)
日高溫(20-25)	0.0014 (0.0013)	0.0032** (0.0014)	0.0047*** (0.0016)	0.0052*** (0.0017)	0.0071*** (0.0018)	0.0076*** (0.0019)
日高溫(25-30)	0.0040*** (0.0013)	0.0037*** (0.0013)	0.0034** (0.0014)	0.0069*** (0.0015)	0.0065*** (0.0015)	0.0064*** (0.0016)
日高溫(>=30)	0.0109*** (0.0017)	0.0099*** (0.0017)	0.0090*** (0.0018)	0.0144*** (0.0021)	0.0133*** (0.0022)	0.0130*** (0.0022)
$PM_{2.5}$	-0.0011*** (0.0001)	-0.0033*** (0.0006)	-0.0051*** (0.0009)	-0.0009*** (0.0002)	-0.0032*** (0.0007)	-0.0038*** (0.0010)
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670629	670629	670629	670629	670629	670629

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

第六章 結論與限制



第一節 結論

氣候變遷與空氣汙染為近年來備受各國政府及學術界關注之重大議題，大量研究皆致力於探討氣溫與空氣品質對人體心理及生理狀態之影響。由於安全駕駛乃屬複雜且甚需穩定狀態之工作，故氣溫及空氣品質或將藉由影響駕駛人狀態，進而致其發生交通事故。本研究之目的即為探討氣溫與空氣品質對交通事故之影響，並分別以事故數量與牽涉車輛數量做為研究對象。

鑑於過往文獻所述之非線性關係問題，本研究透過各種模型設定並進行迴歸後，最終決定採用 Spline 變數；而內生性問題係採 IV 搭配 2SLS 之方法；空氣品質測站較少且分布不均之問題以反距離加權平均法予以處理；地區及時間遺漏變數所致影響則透過加入固定效果方式消除之。此外，本研究中的氣溫數值與空氣汙染物濃度分別以日高溫與 $PM_{2.5}$ 做為代表。

本研究發現日高溫於 20 度以下時，對事故數量及牽涉車輛數量並不具關聯性，然高於 20 度時，各日高溫區間其係數皆呈現正顯著相關，表示日高溫數值愈高，事故數量及牽涉車輛數量即愈多。在其他條件維持不變情況下，日高溫處於 20 度至 25 度、25 度至 30 度及 30 度以上等區間時，日高溫數值每增加 1 度，事故數量分別會增加 0.58 至 0.67%、0.55 至 0.56% 以及 1.18 至 1.23%，牽涉車輛數量則分別增加 0.84 至 0.96%、0.73 至 0.75% 以及 1.58 至 1.65%。此外，本研究亦將各牽涉車輛區分為汽車及機車等兩種類型，進一步討論日高溫對此兩種類型駕駛人之影響程度；結果顯示日高溫對機車類型駕駛人具較顯著影響力，推測或因相較於汽車類型，機車類型駕駛人較無法受到車體之遮蔽及保護功能，故受氣溫影響程度較為顯著。

至於 $PM_{2.5}$ 之估計結果則呈負顯著相關，意即隨著 $PM_{2.5}$ 的濃度每增加 1 單位，事故數量、牽涉車輛數量等被解釋變數約會減少 0.3 至 0.5%；此一殊異於過往文

獻所得結論之結果，尚待後續相關研究討論。

由於民眾對於氣溫及空氣汙染之認知大多聚焦於其對人體健康層面之影響，故兩者對交通事故之影響往往備受忽略。本研究之結果揭露氣溫及空氣汙染與交通事故間之關係，並於研究過程中採用日高溫方式，並以 IV 搭配 2SLS 方法以獲取更精確之 $PM_{2.5}$ 估計結果，最後根據研究結果推論其中可能原因及相關機制。

第二節 研究限制

一、資料完整性限制

交通事故其原始資料中，僅記錄時間、地點與牽涉車輛等基本資料，並無事故當下之環境描述（例如是否下雨、光照程度等），導致相關氣象變數僅能透過氣象資料所提供數據予以估計，期許未來交通事故資料或會更加全面且詳細記錄事故情況。

另一個限制則為 A3 類交通事故資料之不完整，由於並非全部 A3 類事故資料皆會建檔，導致該類資料或存在低報問題，故本研究結果僅適用於 A1 及 A2 類等交通事故資料。

二、測站與方法限制

由於目前僅有 77 個中央測站⁴¹，但臺灣共有 368 個鄉鎮市區，故絕大多數地區其相關氣象及空氣品質資料皆須透過估計始能取得。在推估數據的方法上，建議後續研究應可使用更好的推估方法，或能提高推估數據的準確度。

⁴¹測站分布圖請參照附錄十一。

參考文獻



- 內政部警政署，2020。「重要結果統計表」。(https://www.npa.gov.tw/NPAGip/wSite/ct?xItem=80163&ctNode=12902&mp=1) (2019/10/21)。
- 交通部統計查詢網，2020。(https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100) (2019/11/02)。
- 交通部，2020。「交通統計要覽」。台北：交通部。
- 交通部運輸研究所，2019。「道路交通事故成本推估之研究」。台北：交通部運輸研究所。
- 鍾國良、葉銘鴻、黃嘉聖，2016。《機車防禦駕駛手冊》。臺北：交通部道路安全督導委員會。
- 行政院環境保護署，2014。「環保署預告修正『機動車輛噪音管制標準』調整使用中車輛噪音管制模式並調和國際最新規範」。(https://enews.epa.gov.tw/Page/3B3C62C78849F32F/52042b8a-e22d-4dc8-928f-6585ee066a2a) (2020/9/01)。
- 行政院環境保護署，2020。「空氣品質標準法規」。(https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Information/Standard/Rules.aspx) (2021/1/12)。
- 交通部中央氣象局，2020。「108 氣象年報」。台北：交通部中央氣象局。
- 交通部中央氣象局，2016。「104 氣候年報」。台北：交通部中央氣象局。
- 線上市調：逾九成騎士有配戴口罩的習慣(2009/12/27)。中央通訊社。(https://www.cna.com.tw/postwrite/Detail/47394.aspx#.YFSEE68zZPZ) (2021/2/18)。
- 疫情前你就戴牢牢嗎？台人愛戴口罩 3 大原因出爐(2020/7/2)。Yahoo 奇摩新聞。(https://news.campaign.yahoo.com.tw/lung-health/arti.php?id=8732e9bf-3e40-3036-b8d6-6c173b709265&guccounter=1) (2021/2/18)。
- 道路交通事故處理規範，2019。(https://www.rootlaw.com.tw/LawArticle.aspx?LawID=A040040111030900-1040305) (2019/10/22)。

國民健康署，2017。「看不見的殺手 改善空汙從我做起」，『衛生福利部季刊』。
12 期，32-33。

歷史交通事故資料，2019。（<https://www.npa.gov.tw/NPAGip/wSite/lp?ctNode=12854&CtUnit=2633&BaseDSD=7&mp=1>）（2019/9/20）。

謝維剛、陳高村，2018。「維護民眾權益的交通事故處理制度探討」，發表於道路
交通安全與執法研討會。桃園：中央警察大學。9 月 27 日。

Abdolahnejad, Ali, Negar Jafari, Amir Mohammadi, Mohammad Miri, Yaghoub
Hajizadeh, and Ali Nikoonahad, 2017. “Cardiovascular, Respiratory, and To
tal Mortality Ascribed to PM_{10} and $PM_{2.5}$ Exposure in Isfahan, Iran,” *Jour
nal of Education and Health Promotion*. 2017 Dec 6:109. doi: 10.4103/jeh
p.jehp_166_16.

Anderson, Michael L, 2020. “As the Wind Blows: The Effects of Long-Term Exposure
to Air Pollution on Mortality,” *Journal of the European Economic Association*.
18(4): 1886-1927.

Angrist Joshua D. and Alan B. Krueger, 2001. “Instrumental Variables and the Search
for Identification: From Supply and Demand to Natural Experiments,” *Journal of
economic perspectives*. 15(4): 69-85.

Anstey, Kaarin J, Joanne Wood, Stephen Lord, and Janine G Walker, 2005. “Cognitive,
Sensory and Physical Factors Enabling Driving Safety in Older Adults,” *Clinical
Psychology Review*. 25(1):45-65.

Archsmith, James, Anthony Heyes, and Soodeh Saberian, 2018. “Air Quality and Error
Quantity: Pollution and Performance in a High-Skilled, Quality-Focused
Occupation,” *Journal of the Association of Environmental and Resource
Economists*. 5(4):827-863.

Basagaña, Xavier, Juan Pablo Escalera-Antezana, Payam Dadvand, Òscar Llatje, Jose Barrera-Gómez, Jordi Cunillera, Mercedes Medina-Ramón, and Katherine Pérez, 2015. “High Ambient Temperatures and Risk of Motor Vehicle Crashes in Catalonia, Spain (2000-2011): A Time-Series Analysis,” *Environmental Health Perspectives*. 123(12):1309-16.

Bergel-Hayat, Ruth, Mohammed Debbarh, Constantinos Antoniou, and George Yannis, 2013. “Explaining the Road Accident Risk: Weather Effects,” *Accident Analysis & Prevention*. 60:456-465.

Berman, Jesse D, Jesse Burkhardt, Jude Bayham, Ellison Carter, and Ander Wilson, 2019. “Acute Air Pollution Exposure and the Risk of Violent Behavior in the United States,” *Epidemiology*. 30(6):799-806.

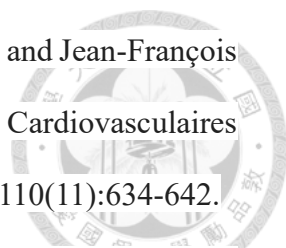
Black, Alan W. and Gabriele Villarini, 2019. “Effects of Methodological Decisions on Rainfall-Related Crash Relative Risk Estimates,” *Accident Analysis & Prevention*. 130:22-29.

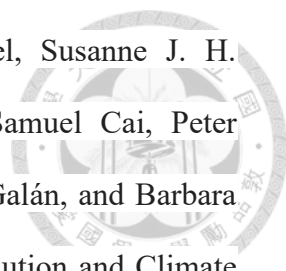
Blackman, Ross A. and Narelle L. Haworth, 2013. “Comparison of Moped, Scooter and Motorcycle Crash Risk and Crash Severity,” *Accident Analysis & Prevention*. 57:1-9.


Bondy, Malvina, Sefi Roth, and Lutz Sager, 2020. “Crime Is in the Air: The Contemporaneous Relationship between Air Pollution and Crime,” *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*. 7(3):555-585.

Bontinck, Annelies, Tania Maes, and Guy Joos, 2020. “Asthma and Air Pollution: Recent Insights in Pathogenesis and Clinical Implications,” *Current Opinion in Pulmonary Medicine*. 26(1):10-19.

Bouaoun, Liacine, Mohamed Mouloud Haddak, and Emmanuelle Amoros, 2015. “Road Crash Fatality Rates in France: A Comparison of Road User Types, Taking Account of Travel Practices,” *Accident Analysis & Prevention*. 75:217-225.

- 
- Bourdrel, Thomas, Marie-Abèle Bind, Yannick Béjot, Olivier Morel, and Jean-François Argacha, 2017. “Cardiovascular Effects of Air Pollution Effects Cardiovasculaires de la Pollution de l’air,” *Archives of Cardiovascular Diseases*. 110(11):634-642.
- Cai, Meina, Iliia Murtazashvili, Jennifer Brick Murtazashvili, and Raufhon Salahodjaev, 2020. “Patience and Climate Change Mitigation: Global Evidence,” *Environmental Research*. 186 :109552.
- Cho, Jaelim, Yoon Jung Choi, Mina Suh, Jungwoo Sohn, Hyunsoo Kim, Seong-Kyung Cho, Kyoung Hwa Ha, Changsoo Kim, and Dong Chun Shin, 2014. “Air Pollution as a Risk Factor for Depressive Episode in Patients with Cardiovascular Disease, Diabetes Mellitus, or Asthma,” *Journal of Affective Disorders*. 157:45-51.
- Chowdhury, Nazi Faisal A., 2015. “Ambient Temperature Effects on Driving,” *Procedia Manufacturing*. 3:3123-3127.
- Combes, Alain, and Guillaume Franchineau, 2019. “Fine Particle Environmental Pollution and Cardiovascular Diseases,” *Metabolism Clinical and Experimental*. 100S:153944.
- Dastoorpoor, Maryam, Esmaeil Idani, Narges Khanjani, Gholamreza Goudarzi, and Abbas Bahrampour, 2016. “Relationship Between Air Pollution, Weather, Traffic, and Traffic-Related Mortality,” *Trauma Monthly*. 217(4): e37585.
- Deryugina, Tatyana, Garth Heutel, Nolan H. Miller, David Molitor, and Julian Reif, 2019. “The Mortality and Medical Costs of Air Pollution: Evidence from Changes in Wind Direction,” *American Economic Review*. 109(12):4178-4219.
- Ebenstein, Avraham, Victor Lavy, and Sefi Roth, 2016. “The Long-Run Economic Consequences of High-Stakes Examinations: Evidence from Transitory Variation in Pollution,” *American Economic Review*. 8(4):36-65.

- 
- Eguiluz-Gracia, Ibon, Alexander G Mathioudakis, Sabine Bartel, Susanne J. H. Vijverberg, Elaine Fuertes, Pasquale Comberiat, Yutong Samuel Cai, Peter Valentin Tomazic, Zuzana Diamant, Jørgen Vestbo, Carmen Galán, and Barbara Hoffmann, 2020. “The Need for Clean Air: The Way Air Pollution and Climate Change Affect Allergic Rhinitis and Asthma,” *Allergy*. 75(9):2170-2184.
- Fishman, Ram, Paul Carrillo, and Jason Russ, 2019. “Long-Term Impacts of Exposure to High Temperatures on Human Capital and Economic Productivity,” *Journal of Environmental Economics and Management*. 93:221-238.
- Fonken, Laura K, X Xu, Zachary M Weil, G Chen, Q Sun, S Rajagopalan, and Randy J Nelson, 2011. “Air Pollution Impairs Cognition, Provokes Depressive-Like Behaviors and Alters Hippocampal Cytokine Expression and Morphology,” *Molecular Psychiatry*. 16(10):987-995.
- Gao, Jinghong, Xiaojun Chen, Alistair Woodward, Xiaobo Liu, Haixia Wu, Yaogui Lu, Liping Li, and Qiyong Liu, 2016. “The Association Between Meteorological Factors and Road Traffic Injuries: A Case Analysis from Shantou City, China,” *Scientific Reports*. 6(1):37300.
- Gatto, Nicole M., Victor W. Henderson, Howard N. Hodis, Jan A. St. John, Fred Lurmann, Jiu-Chiuan Chen, and Wendy J. Mack, 2014. “Components of Air Pollution and Cognitive Function in Middle-Aged and Older Adults in Los Angeles,” *NeuroToxicology*. 40:1-7.
- George, Yannis, Theofilatos Athanasios, and Pispiringos George, 2017. “Investigation of Road Accident Severity per Vehicle Type,” *Transportation Research Procedia*. 25:2076-2083.
- Gomez-Zavaglia, A., J.C. Mejuto, and J. Simal-Gandara, 2020. “Mitigation of Emerging Implications of Climate Change on Food Production System,” *Food Research International*. 134:109256.

- 
- Green, Colin P., John S. Heywood, and María Navarro, 2016. “Traffic Accidents and the London Congestion Charge,” *Journal of Public Economics*. 133: 11-22.
- Gu, Hejun, Weiran Yan, Ehsan Elahi, and Yuxia Cao, 2019. “Air Pollution Risks Human Mental Health: An Implication of Two-Stages Least Squares Estimation of Interaction Effects,” *Environmental Science and Pollution Research*. 27(2):2036-2043.
- Guerra, Sergio A, Dennis D Lane, Glen A Marotz, Ray E Carter, Carrie M Hohl, and Richard W Baldauf, 2016. “Effects of Wind Direction on Coarse and Fine Particulate Matter Concentrations in Southeast Kansas,” *Journal of the Air & Waste Management Association*. 56(11):1525-1531.
- Guo, Ming, Lily Hu, and Long Ye, 2019. “Cognition and Driving Safety: How Does the High-Speed Railway Drivers’ Cognitive Ability Affect Safety Performance?,” *Transportation Research Part F*. 65:10-22.
- Harrison, Warren A. and Ron Christie, 2005. “Exposure Survey of Motorcyclists in New South Wales,” *Accident Analysis and Prevention*. 37(3):441-451.
- He, Jiaxiu, Haoming Liu, and Alberto Salvo, 2019. “Severe Air Pollution and Labor Productivity: Evidence from Industrial Towns in China,” *American Economic Journal: Applied Economics*. 11(1):173-201.
- Heal, Geoffrey M., and Jisung Park, 2016. “Temperature Stress and the Direct Impact of Climate Change: A Review of an Emerging Literature,” *Review of Environmental Economics and Policy*. 10(2):1-17.
- Hu, Jianlin, Qi Ying, Yungang Wang, and Hongliang Zhang, 2015. “Characterizing Multi-Pollutant Air Pollution in China: Comparison of Three Air Quality Indices,” *Environment International*. 84:17-25.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Jima, Debela Deme, 2019. “Review on Factors Causes Road Traffic Accident In Africa,” *Journal of Architecture and Construction*. 2(3):41-49.

Karlaftis, Matthew G and George Yannis, 2010. “Weather Effects on Daily Traffic Accidents and Fatalities: Time Series Count Data Approach,” *Geography*.

Keall, Michael D. and Stuart Newstead, 2012. “Analysis of factors that increase motorcycle rider risk compared to car driver risk,” *Accident Analysis and Prevention*. 49:23-29.

Komackova, Lenkaa and Miloš Poliak, 2016. “Factors Affecting the Road Safety,” *Journal of Communication and Computer*. 13(3):146-152.

Leisner, Courtney P., 2020. “Review: Climate Change Impacts on Food Security- Focus on Perennial Cropping Systems and Nutritional Value,” *Plant Science*. 293:110412.

Lin, Yaolin, Jiale Zou, Wei Yang, and Chun-Qing Li, 2018. “A Review of Recent Advances in Research on $PM_{2.5}$ in China,” *International Journal of*

Environmental Research and Public Health. 15(3):438.

Lio, Chon-Fu, Hou-Hon Cheong, Chon-Hou Un, Iek-Long Lo, and Shin-Yi Tsai, 2019.

“The Association Between Meteorological Variables and Road Traffic Injuries: a Study from Macao,” *PeerJ*. 7:e6438.



Lipfert, Frederick W., 2017. “A Critical Review of the ESCAPE Project for Estimating Long-Term Health Effects of Air Pollution,” *Environment International*. 99:87-96.

Lobo, António, Sara Ferreira, Isabel Iglesias, and António Fidalgo do Couto, 2019. “Urban Road Crashes and Weather Conditions: Untangling the Effects,” *Sustainability*. 11(11):3176.

Lord, Dominique, Simon P. Washington, and John N. Ivan, 2005. “Poisson, Poisson-Gamma and Zero-Inflated Regression Models of Motor Vehicle Crashes: Balancing Statistical Fit and Theory,” *Accident Analysis & Prevention*. 37:35-46.

Makowiec-Dąbrowska, Teresa, Elżbieta Gadzicka, Jadwiga Siedlecka, Agata Szyjkowska, Piotr Viebig, Piotr Kozak, and Alicja Bortkiewicz, 2019. “Climate Conditions and Work-Related Fatigue Among Professional Drivers,” *International Journal of Biometeorology*. 63(2):121-128.

Malin, Fanny, Ilkka Norros, and Satu Innamaa, 2019. “Accident Risk of Road and Weather Conditions on Different Road Types,” *Accident Analysis & Prevention*. 122:181-188.

Manisalidis, Ioannis, Elisavet Stavropoulou, Agathangelos Stavropoulos, and Eugenia Bezirtzoglou, 2020. “Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review,” *Front Public Health*. 8:14.

Martin, Jean-Louis, 2002. “Relationship Between Crash Rate and Hourly Traffic Flow on Interurban Motorways,” *Accident Analysis & Prevention*. 34(5):619-629.

McKnight, A. James and A. Scott McKnight, 2003. “Young Novice Drivers: Careless or Clueless?,” *Accident Analysis & Prevention*. 35(6):921-925.



Mullins, Jamie and Corey White, 2019. "Temperature and Mental Health: Evidence from the Spectrum of Mental Health Outcomes," *Journal of Health Economics*. 68:102240.

Noland, Robert B., 2013. "From Theory to Practice in Road Safety Policy: Understanding Risk Versus Mobility," *Research in Transportation Economics*. 43:71-84.

Omranian, Ehsan, Hatim Sharif, Samer Dessouky, and Jose Weissmann, 2018. "Exploring Rainfall Impacts on the Crash Risk on Texas Roadways: A Crash-Based Matched-Pairs Analysis Approach," *Accident Analysis and Prevention*. 117:10-20.

Orellano, Pablo, Nancy Quaranta, Julieta Reynoso, Brenda Balbi, and Julia Vasquez, 2017. "Effect of Outdoor Air Pollution on Asthma Exacerbations in Children and Adults: Systematic Review and Multilevel Meta-Analysis," *PLoS ONE*. 12(3):e0174050.

Oudin, Anna, Daniel Oudin Åström, Peter Asplund, Steinn Steingrímsson, Zoltan Szabo, and Hanne Krage Carlsen, 2018. "The Association Between Daily Concentrations of Air Pollution and Visits to a Psychiatric Emergency Unit: A Case-Crossover Study," *Environmental Health*. 17(1):4.

Penmetsa, Praveena, Srinivas S. Pulugurtha, and Venkata R. Duddu, 2018. "Factors Associated with Crashes due to Overcorrection or Oversteering of Vehicles," *IATSS Research*. 42(1):24-29.

Power, Melinda C, Marianthi-Anna Kioumourtzoglou, Jaime Elizabeth Hart, Olivia Okereke, Francine LadenT, and Marc G Weisskopf, 2015. "The Relation Between Past Exposure to Fine Particulate Air Pollution and Prevalent Anxiety: Observational Cohort Study," *BMJ*. 350:h1111.



Retallack, Angus Eugene and Bertram Ostendorf, 2019. "Current Understanding of the Effects of Congestion on Traffic Accidents," *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(18):3400.

Rossati, Antonella, 2017. "Global Warming and Its Health Impact," *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 8(1):7-20.

Sager, Lutz, 2019. "Estimating the effect of air pollution on road safety using atmospheric temperature inversions," *Journal of Environmental Economics and Management*. 98:102250.

Staiger, Douglas and James H. Stock, 1997. "Instrumental Variables Regression with Weak Instruments," *Econometrica*. 65(3):557-586.

Stock, James H. and Motohiro Yogo, 2005. *Testing for Weak Instruments in Linear IV Regression*. New York: Cambridge University Press.

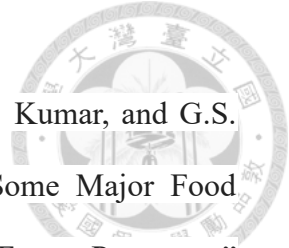
Sun, Zhuanlan and Demi Zhu, 2019. "Exposure to Outdoor Air Pollution and its Human Health Outcomes: A Scoping Review," *PLOS ONE*. 14(5):e0216550.

Sun, Xianglong, Zhao Hu, Feng Shumin, and Li Zhenning. "Bus Drivers' Mood States and Reaction Abilities at High Temperatures," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 59:436-444.

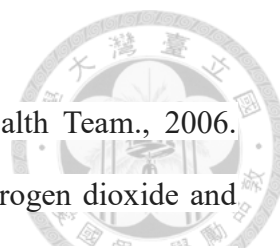
Sutton, John, 2019. "Temperature and Tempers: Heats Impact on Mood and Language," Master Dissertation, College of Arts and Sciences.

Tallon, Lindsay A., Justin Manjourides, Vivian C. Pun, Carmel Salhi, and Helen Suh. "Cognitive Impacts of Ambient Air Pollution in the National Social Health and Aging Project (NSHAP) Cohort," *Environment International*. 104:102-109.

Theofilatos, Athanasios and George Yannis, 2014. "A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety," *Accident Analysis and Prevention*. 72:244-256.



- Tripathi, Ashutosh, Durgesh Kumar Tripathi, D.K. Chauhan, Niraj Kumar, and G.S. Singh, 2016. "Paradigms of Climate Change Impacts on Some Major Food Sources of the World: A Review on Current Knowledge and Future Prospects," *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 216:356-373.
- United Nations., United Nations., & Canada, 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change. New York: United Nations, General Assembly.
- Usman, Taimur, Liping Fu, and Luis F Miranda-Moreno, 2012. "A Disaggregate Model for Quantifying the Safety Effects of Winter Road Maintenance Activities at an Operational Level," *Accident Analysis and Prevention*. 48:368-378.
- Vert, Cristina, Gonzalo Sánchez-Benavides, David Martinez, Xavier Gotsens, Nina Gramunt, Marta Cirach, José Luis Molinuevo, Jordi Sunyer, Mark Nieuwenhuijsen, Marta Crous-Bou, and Mireia Gascon, 2017. "1971 - Effect of Air Pollution on Anxiety and Depression in Adults: A Cross-Sectional Study," *Journal of Transport & Health*. 5:S95.
- Wan, Yue, Yuhang Li, Chunhong Liu, and Zhongqiu Li, 2020. "Is Traffic Accident Related to Air Pollution? A Case Report from an Island of Taihu Lake, China," *Atmospheric Pollution Research*. 11(5):1028-1033.
- Wang, Jianqiang, Jian Wu, and Yang Li, 2015. "The Driving Safety Field Based on Driver–Vehicle–Road Interactions," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 16(4):1-12.
- Wei, Yaguang, Yan Wang, Xiao Wu, Qian Di, Lihua Shi, Petros Koutrakis, Antonella Zanobetti, Francesca Dominici, and Joel D. Schwartz. "Causal Effects of Air Pollution on Mortality Rate in Massachusetts," *American Journal of Epidemiology*. 189(11):1316-1323.



World Health Organization. Occupational and Environmental Health Team., 2006.

WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005 : summary of risk assessment. World Health Organization.

World health statistics 2020: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization; 2020.Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

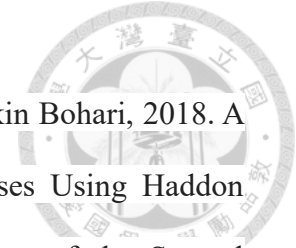
Windmeijer, Frank, 2018. "Testing Over- and Underidentification in Linear Models, with Applications to Dynamic Panel Data and Asset-Pricing Models," Bristol Economics Discussion Papers 18/696, School of Economics, University of Bristol, UK.

Wu, Rui, Hancheng Dai, Yong Geng, Yang Xie, Toshihiko Masui, Zhiqing Liu, and Yiying Qian, 2017. "Economic Impacts from $PM_{2.5}$ Pollution-Related Health Effects: A Case Study in Shanghai," *Environmental Science & Technology*. 51(9):5035-5042.

Wu, Connor Y.H., Benjamin F. Zaitchik, and Julia M. Gohlke, 2018. "Heat Waves and Fatal Traffic Crashes in the Continental United States," *Accident Analysis & Prevention*. 119:195-201.

Xing, Fen, Helai Huang, ZhiYing Zhan, Xiaoqi Zhai, Chunquan Ou, N. N. Sze, and K.K. Hon., 2019. "Hourly Associations Between Weather Factors and Traffic Crashes: Non-Linear and Lag Effects," *Analytic Methods in Accident Research*. 24:100109.

Xue, Tao, Tong Zhu, Yixuan Zheng, and Qiang Zhang, 2019. "Declines in Mental Health Associated with Air Pollution and Temperature Variability in China," *Nature Communications*. 10:3609.



Yaacob, Nur Fatma Fadilah, Noradila Rusli, and Sharifah Norashikin Bohari, 2018. A Review Analysis of Accident Factor on Road Accident Cases Using Haddon Matrix Approach. In: Saian R., Abbas M. (eds) Proceedings of the Second International Conference on the Future of ASEAN (ICoFA) 2017 – Volume 2. Springer, Singapore.

Yang, Sheng, Jing Sui, Tong Liu, Wenjuan Wu, Siyi Xu, Lihong Yin, Yuepu Pu, Xiaomei Zhang, Yan Zhang, Bo Shen, and Geyu Liang, 2018. “Trends on $PM_{2.5}$ Research, 1997–2016: a Bibliometric Study,” *Environmental Science and Pollution Research*. 25:12284-12298.

Yang, Liyao, Cheng Li, and Xiaoxiao Tang, 2020. “The Impact of $PM_{2.5}$ on the Host Defense of Respiratory System,” *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 8:91.

Zhai, Xiaoqi, Helai Huang, N. N. Sze, Ziqi Song, and Kai Kwong Hon, 2019. “Diagnostic Analysis of the Effects of Weather Condition on Pedestrian Crash Severity,” *Accident Analysis & Prevention*. 122:318-324.

Zhan, Zhi-Ying, Yi-Min Yu, Ting-Ting Chen, Li-Jun Xu, and Chun-Quan Ou, 2020. “Effects of Hourly Precipitation and Temperature on Road Traffic Casualties in Shenzhen, China (2010–2016): A Time-Stratified Case-Crossover Study,” *Science of The Total Environment*. 720:137482.

Zhang, Xin, Xi Chen, and Xiaobo Zhang, 2018. “The Impact of Exposure to Air Pollution on Cognitive Performance,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 115(37):9193-9197.

Zhang, Yunquan, Zan Ding, Qianqian Xiang, Wei Wang, Li Huang, and Feiyue Mao, 2020. “Short-Term Effects of Ambient PM_1 and $PM_{2.5}$ Air Pollution on Hospital Admission for Respiratory Diseases: Case-Crossover Evidence from Shenzhen,

- China,” *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 224:113418.
- Zhao, Shanshan, Kai Wang, Chenhui Liu, and Eric Jackson, 2018. “Freeway Crash Analysis Considering Monthly Variation in Traffic Volumes and Weather Conditions Using Time Series Random Effect Negative Binomial Models,” paper presented at Transportation Research Board 97th Annual Meeting. Washington DC, United States. January 7.
- Zicat, Emma, Joanne M. Bennett, Eugene Chekaluk, and Jennifer Batchelor, 2018. “Cognitive Function and Young Drivers: The Relationship Between Driving, Attitudes, Personality and Cognition,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 55:341-352.

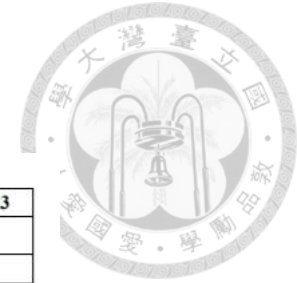
附錄



附錄一、各測項之單位說明

測項	單位	備註
細懸浮微粒	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM _{2.5}
懸浮微粒	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM ₁₀
一氧化碳	ppm	CO
一氧化氮	ppb	NO
二氧化氮	ppb	NO ₂
二氧化硫	ppb	SO ₂
臭氧	ppb	O ₃
大氣溫度	°C	
雨量	mm	
相對溼度	%	
風速	m/sec	小時算術平均
風向	degress	小時向量平均

資料來源：行政院環保署空氣品質監測網、本研究整理。



附錄二、道路交通事故調查報告表

警察局名稱				總編號		轄區分局名稱		處理編號		道路交通事故類別 (請打勾)			A1	A2	A3						
道路交通事故調查報告表(一)																					
①發生時間		②發生地點		③道路類別		④道路型態		⑤道路位置		⑥死傷人數		⑦路面狀況		⑧車道劃分設施-分向設施							
□□年□□月□□日		□□時□□分星期□		(1) 街道 區(市) 里 _____ 路 段 _____ 巷 弄 _____ 號前 _____ 公尺處 地址 _____ 鎮(鄉) _____ (村) _____ 鄰 _____ (街) 口 (東) (南) (西) (北) 側 (附近)		(2) 路線及里程編號 _____ 公里 _____ 公尺處 向 _____ 車道 (3) 平交道名稱 _____ 線 _____ 公里 _____ 公尺處 平交道(平交道專用)		(一)平交道 (二)車路部分 (三)路段 12 坡路 13 巷弄 14 直路 15 其他 01 有遮斷器 02 無遮斷器 03 三岔路 04 四岔路 05 多岔路 06 隧道 07 地下道 08 橋樑 09 涵洞 10 高架道路 11 彎曲路及附近 12 圓環 13 廣場		(一)交岔路口 (二)路段 (三)交流道 01 交岔路口內 02 交岔口附近 03 機車待轉區 04 機車停車區 05 交通島 (含槽化線) 06 迴轉道 07 快車道 08 慢車道 (未劃分快慢車道) 09 一般車道 10 公車專用道 11 機車專用道 12 機車優先道 13 路肩、路緣 14 加速車道 15 減速車道		16 直線區道 17 環道區道 (四)其他 18 行人穿越道 19 穿越道附近 20 人行道 21 收費站附近 22 其他		(1)死亡人數 (2)受傷人數 24小時內 □□ □□ □□ □□ 2-30日內 □□ □□ □□ □□		1 柏油 2 水泥 3 碎石 4 其他鋪裝 5 無鋪裝 1 冰雪 2 油滑 3 泥濘 4 濕潤 5 乾燥 1 路面鬆軟 2 突出(高低)不平 3 有坑洞 4 無缺陷		(1)障礙物 (2)視距 (1)號誌種類 (2)號誌動作 1 道路工事(程)中 2 有堆積物 3 路上有停車 4 其他障礙物 5 無障礙物 (一)不良 1 彎道 2 坡道 3 建築物 4 樹木、農作物 5 路上停放車輛 6 其他 (二)良好 7 良好 1 行車管制號誌 2 行車管制號誌 (附設行人專用號誌) 3 閃光號誌 4 無號誌 1 正常 2 不正常 3 無動作 4 無號誌		(一)中央分向島 (二)單向禁止超車線 (三)雙向禁止超車線 (四)無 01 寬式 (50公分以上) 02 窄式附柵欄 03 窄式無柵欄 04 附標記 05 無標記 06 附標記 07 無標記 (四)行車分向線 08 附標記 09 無標記 (五)無 10 無分向設施	
⑨車道劃分設施-分道設施						⑩事故類型及型態															
(1)快車道或一般車道間		(2)快慢車道間		(3)路面邊緣		(一)人與汽(機)車		(二)車與車		(三)汽(機)車本身		(四)平交道事故									
1 禁止變換車道線(附標記) 2 禁止變換車道線(無標記) 3 車道線(附標記) 4 車道線(無標記) 5 未增設車道線		1 寬式快慢車道分隔島 (50公分以上) 2 窄式快慢車道分隔島(附柵欄) 3 窄式快慢車道分隔島(無柵欄) 4 快慢車道分隔線 5 未增設快慢車道分隔線		1. 有 2. 無		01 對向通行中 02 同向通行中 03 穿越道路中 04 在路上嬉戲 05 在路上作業中 06 衝進路中 07 從停車後(或中)穿出 08 佇立路邊(外) 09 其他		10 對撞 11 對向擦撞 12 同向擦撞 13 追撞 14 側車撞 15 路口交岔撞 16 側撞 17 其他		18 路上翻車、摔倒 19 衝出路外 20 撞護欄(柵) 21 撞號誌、標誌桿 22 撞收費亭 23 撞交通島 24 撞非固定設施 25 撞橋樑、建築物		26 撞路樹、電桿 27 撞動物 28 撞工程施工 29 其他		30 衝過(或撞壞)遮斷器 31 正越過平交道中 32 暫停位置不當 33 在平交道內無法行動 34 其他							

資料來源：交通部運輸研究所 (2019)。

附錄二、道路交通事故調查報告表(續)



警察局名稱		總編號		轄區分局名稱		處理編號		道路交通事故調查報告表(二)-□									
①當事者姓名		②屬(性)別		③身分證字號		④出生年月日		⑤住址				⑥電話		備註			
第幾當事者	1 男																
	2 女																
	3 無或物(動物、堆置物)																
	4 肇事逃逸尚未查獲																
⑩受傷程度		⑪主要傷處		⑫保護裝備		⑬行動電話		⑭當事者區分(類別)				⑮車輛牌照號碼					
1. 24小時內死亡		01 頭部 07 手(腕)部		1 戴安全帽或繫安全帶(使用幼童安全椅)		1 未使用		(一)大客車 A21 營業用 (七)小貨車 (九)軍車 (十一)機車 G05 火車 A01 公營公車 A22 自用 (倉客、貨 兩用) D01 大客車 F01 腳踏自行車 G06 其他車 (四)半聯結車 B11 營業用 D02 載重車 F02 電動輔助自行車 (十三)人 A02 民營公車 A31 營業用 B12 自用 D03 小型車 F03 電動自行車 H01 行人 A03 公營客運 A32 自用 (八)機車 (十)輕便車 F04 人力車 H02 乘客 A04 民營客運 A33 自用 C01 大型重型! (五)型車 (SS0C.C.以上) E01 救護車 F05 獸力車 H03 其他人 A05 遊覽車 A41 營業用 A42 自用 C02 大型重型! (二)大貨車 (六)小客車 E02 消防車 F06 其他機車 A06 自用大客車 A44 營業用 A45 自用 C03 普通重型 (250-550C.C.) E03 警備車 (十二)其他車 A11 營業用 B01 計程車 C04 普通輕型 E04 工程車 G01 拼装車 A12 自用 B02 租賃車 C05 小型輕型 E05 其他特種車 G02 農耕用車(或機軸) (三)全聯結車 B03 自用 G03 動力機械 G04 拖車(架)									
2. 受傷		03 胸部 09 多數傷		2 未戴安全帽或未繫安全帶(未使用幼童安全椅)		2 使用手持											
3. 未受傷		04 腹部 10 無		3 不明		3 使用夾持											
4. 不明		05 膝部 11 不明		4 其他行人、慢車駕駛人、汽車後座乘客)		4 不明											
5. 2-30 日內死亡		06 背脊部		4 其他行人、慢車駕駛人、汽車後座乘客)		5 非汽(機)車駕駛人											
⑯車輛用途		⑰當事者行動狀態		⑱駕駛資格情形		⑲駕駛執照種類		⑳飲酒情形									
1 砂石車		(一)即時離 08 向右變換車道 (二)人的狀態		1 有適當之駕照		(一)牌照種類 (四)專用牌照		1 經觀察未飲酒									
2 幼童專用車		01 起步 09 向前直行中 16 步行		2 無照未達考照年齡		01 聯結車 02 大客車 12 大客車 13 載重車		2 經檢測無酒精反應									
3 校車		02 倒車 10 插入行列 17 靜立(止)		3 無照已達考照年齡		03 大貨車 04 小型車 14 小型車		3 經呼吸檢測未超過 0.15 mg/L 或血液檢測未超過 0.03%									
4 殘障特製車		03 停車操作 11 迴轉或換極端路中 18 奔馳		4 越級駕駛		(二)牌照種類 (五)其他		4 經呼吸檢測 0.16-0.25 mg/L 或血液檢測 0.031%-0.05%									
5 教練車		04 超車(含超越) 12 急減速或急停止 19 上、下車		5 駕照被吊扣		05 聯結車 06 大客車 15 國際(外國)駕照		5 經呼吸檢測 0.26-0.40 mg/L 或血液檢測 0.051%-0.08%									
6 裝載危險物品車		05 左轉彎 13 靜止(引擎熄火) 20 其他		6 駕照被吊(註銷)		07 大貨車 08 小型車 16 其他駕照(證)		6 經呼吸檢測 0.41-0.55 mg/L 或血液檢測 0.081%-0.11%									
7 其他		06 右轉彎 14 停車(引擎未熄火) (三)不明		7 不明		(三)牌照種類 (六)其他		7 經呼吸檢測 0.56-0.80 mg/L 或血液檢測 0.111%-0.16%									
8 非駕駛人及乘客		07 向左變換車道 15 其他 21 不明		8 非汽(機)車駕駛人		09 大型重型 18 無駕駛執照 19 不明		8 經呼吸檢測超過 0.30 mg/L 或血液檢測超過 0.16%									
						10 普通重型 11 輕型 20 非汽(機)車駕駛人		9 無法檢測 10 非駕駛人、未檢測 11 不明									
⑳車輛撞擊部位		㉑肇事經過		㉒肇因研判		㉓肇事逃逸		㉔職業									
		(一)汽車 07 左後車尾(身) 13 後車尾		參照索引		1 否		01 民意代表、行政主 08 保安工作(不含 14 小學生									
		01 前車頭 08 左前車頭(身) 14 左側車身				2 是		安、企業主管及經理 警政人員) 15 國中生									
		02 右側車身 09 車頂 (三)其他						人員 09 技師工 16 高中生									
		03 後車尾 10 車底 (二)機車						02 專業人員 10 汽車、大車駕駛員 17 專科生									
		04 左側車身 11 前車頭						03 技師及助理人員 及船員 18 大學(研究)生									
		05 右前車頭(身) 12 右側車身						04 事務工作者 11 機械設備操作工及 20 無業者									
		06 右後車尾(身) 12 右側車身						05 服務工作者 組裝工 21 其他									
								06 售貨員 12 非技術工及體力工 22 不明									
								07 農林漁牧工作者 13 未就學兒童 23 醫藥人員									

填表人： 主管： 刑事蒐證人員(現場死亡事故)： 處理單位： (單位戳章) 填表日期： 年 月 日

資料來源：交通部運輸研究所(2019)。



附錄三、車種分類

汽車類型					
大客車	大貨車	全聯結車	半聯結車	曳引車	小客車
A01 公營公車	A11 營業用	A21 營業用	A31 營業用	A41 營業用	B01 計程車
A02 民營公車	A12 自用	A22 自用	A32 自用	A42 自用	B02 租賃車
A03 公營客運					B03 自用
A04 民營客運					
A05 遊覽車					
A06 自用大客車					

附錄三、車種分類(續)

汽車類型				機車類型	
小貨車	軍車	特種車	其他車	機車	慢車
B11 營業用	D01 大客車	E01 救護車	G01 拼裝車	C01 大型重型 1(550C.C.以上)	F01 腳踏自行車
B12 自用	D02 載重車	E02 消防車	G03 動力機械	C02 大型重型 2(250-550C.C.)	F02 電動輔助自行車
	D03 小型車	E03 警備車	G04 拖車(架)	C03 普通重型	F03 電動自行車
		E04 工程車	G05 火車	C04 普通輕型	F04 人力車
				C05 小型輕型	F05 獸力車

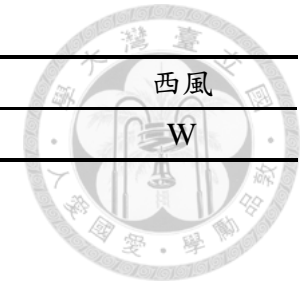
資料來源：本研究自行分類。

註：各車種前之代號(如 A01)可參考道路交通事故調查表中「當事人區分」一欄。



附錄四、不同 IV 於各模型下之第一階段迴歸結果(IV1 搭配模型三)

	北風	東北風	西北風	南風	東南風	西南風	西風
	N	NE	NW	S	SE	SW	W
中部空品區	6.3524*** (0.6575)	6.5074*** (0.6689)	13.4506*** (0.6071)	1.5587*** (0.5499)	5.7166*** (0.9247)	9.8628*** (0.6168)	15.8258*** (0.6740)
北部空品區	-6.6019*** (1.7343)	-8.6926*** (0.7456)	-9.9762*** (0.9223)	2.1487*** (0.7785)	-4.6187*** (1.0533)	-5.6939*** (0.6604)	-12.0269*** (0.8180)
竹苗空品區	-0.5778 (1.5091)	-4.9360*** (0.6800)	-2.1454 (1.3901)	0.6387 (0.5767)	-0.7524 (0.9523)	-6.7206*** (0.5552)	-7.2379*** (1.1516)
宜蘭空品區	-9.4709*** (1.1793)	-8.7511*** (1.1109)	-15.9540*** (1.0848)	-4.7971*** (0.5812)	-10.1405*** (0.9828)	-14.4687*** (0.7080)	-20.6144*** (0.8689)
花東空品區	-11.5773*** (1.0669)	-11.8988*** (0.9496)	-15.6261*** (1.7159)	-6.0685*** (0.6988)	-10.5434*** (1.2747)	-14.2211*** (0.7484)	-19.1115*** (1.2700)
高屏空品區	6.1697*** (1.0964)	-2.3792** (1.1829)	1.4630** (0.7181)	-1.6915** (0.6668)	-7.6408*** (1.0051)	-5.8081*** (0.9053)	-5.0985*** (1.0757)
雲嘉南空品區	8.3374*** (0.6122)	5.5274*** (0.7334)	1.6478* (0.8539)	-1.8132*** (0.3805)	-6.7803*** (0.9336)	-5.5226*** (0.5986)	-3.8928*** (1.2587)
離島空品區	-3.8755*** (1.3256)	1.4760 (1.3984)	-9.6030*** (1.4532)	-4.5767*** (0.9094)	-8.1613*** (1.2970)	-9.5630*** (0.8299)	-12.3128*** (1.2486)
日高溫(<20)	0.2990* (0.1732)						



	北風	東北風	西北風	南風	東南風	西南風	西風
	N	NE	NW	S	SE	SW	W
日高溫(20-25)	0.4461*** (0.1541)						
日高溫(25-30)	-1.1938*** (0.1259)						
日高溫(>=30)	-1.2767*** (0.1105)						
F 值				66.4418			
地區固定效果				N			
時間固定效果				N			
其他氣象變數				N			
樣本數				671951			

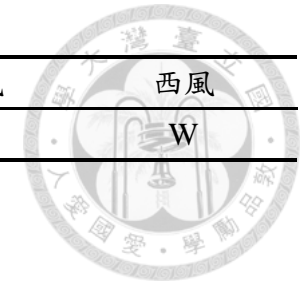
資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。為求版面簡潔，本研究將各空品區的所有風向估計係數以橫向表格呈現（此處以東風為 base）。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。



附錄四、不同 IV 於各模型下之第一階段迴歸結果(續)(IV1 搭配模型四)

	北風	東北風	西北風	南風	東南風	西南風	西風
	N	NE	NW	S	SE	SW	W
中部空品區	-2.6905*** (0.9720)	-4.3425*** (0.9656)	3.6552*** (1.0467)	-3.1466*** (0.9799)	-1.2169 (0.8930)	2.3827** (1.0420)	6.2767*** (0.9969)
北部空品區	6.5166*** (1.1448)	5.8529*** (1.0575)	1.2656 (1.2211)	6.9514*** (1.0535)	3.2863*** (0.9580)	0.9099 (1.0950)	-1.8032 (1.1072)
竹苗空品區	5.9652*** (1.5281)	3.7820*** (0.9653)	4.1125*** (1.4574)	4.4810*** (1.1044)	4.6868*** (1.0170)	-1.1129 (1.0469)	0.1247 (1.2033)
宜蘭空品區	4.5463*** (1.2815)	7.1299*** (1.1824)	-0.8049 (1.2873)	3.9944*** (1.0720)	1.1100 (0.9843)	-1.5887 (1.1455)	-5.1361*** (1.1306)
花東空品區	4.3967*** (0.9870)	5.0562*** (0.9915)	-1.3128 (1.0971)	2.3794** (0.9914)	-0.2453 (0.9294)	-2.9205*** (1.0673)	-4.9863*** (1.0663)
高屏空品區	6.9489*** (1.1168)	6.4525*** (1.1293)	1.6216 (1.1655)	1.3563 (1.1001)	-0.9666 (0.9856)	-0.8962 (1.1801)	-2.0579* (1.1544)
雲嘉南空品區	8.1505*** (0.9673)	6.0833*** (1.0475)	2.6644** (1.1514)	-0.9809 (0.9445)	-2.2269** (0.9042)	-3.9223*** (1.0400)	-2.3868* (1.3658)
離島空品區	5.1234*** (1.3543)	5.9192*** (1.1251)	-1.4715 (1.5061)	-0.9884 (1.0503)	-2.3858** (1.1071)	-4.1258*** (1.1034)	-5.3490*** (1.2926)
日高溫(<20)	0.4007** (0.1799)						



	北風	東北風	西北風	南風	東南風	西南風	西風
	N	NE	NW	S	SE	SW	W
日高溫(20-25)	1.0983***						
	(0.1532)						
日高溫(25-30)	0.2433*						
	(0.1366)						
日高溫(>=30)	0.2546**						
	(0.1027)						
F 值				17.2639			
地區固定效果				Y			
時間固定效果				Y			
其他氣象變數				N			
樣本數				671951			

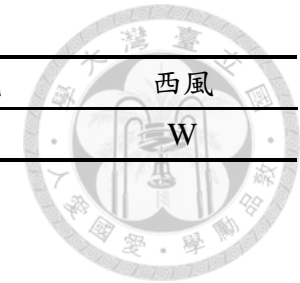
資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。為求版面簡潔，本研究將各空品區的所有風向估計係數以橫向表格呈現（此處以東風為 base）。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。



附錄四、不同 IV 於各模型下之第一階段迴歸結果(續)(IV1 搭配模型五)

	北風	東北風	西北風	南風	東南風	西南風	西風
	N	NE	NW	S	SE	SW	W
中部空品區	-2.9417*** (0.8727)	-4.4677*** (0.8836)	3.1082*** (0.9421)	-1.1799 (0.8962)	-0.4368 (0.8184)	3.0632*** (0.9527)	5.7848*** (0.9218)
北部空品區	6.5307*** (1.0526)	7.1953*** (1.0178)	1.0615 (1.1075)	3.2272*** (1.0113)	1.2039 (0.8801)	-0.6225 (1.0349)	-2.2979** (1.0338)
竹苗空品區	7.0374*** (1.3665)	5.6681*** (0.9270)	4.5411*** (1.4566)	3.1093*** (0.9504)	3.1473*** (0.9839)	-0.2813 (0.9717)	0.8179 (1.1768)
宜蘭空品區	3.9062*** (1.0930)	6.9425*** (1.1315)	-1.7273 (1.1472)	0.8723 (0.9960)	0.3710 (0.9037)	-3.5821*** (1.0862)	-5.7528*** (1.0564)
花東空品區	4.4011*** (0.9733)	5.1875*** (0.9618)	-1.5194 (1.0462)	1.0391 (0.9541)	-0.3770 (0.8659)	-3.2262*** (1.0202)	-5.0220*** (1.0317)
高屏空品區	6.1271*** (1.0104)	5.9757*** (1.0290)	1.2873 (1.0403)	0.2709 (1.0072)	-1.0544 (0.9019)	-1.4149 (1.0854)	-2.1049** (1.0630)
雲嘉南空品區	7.6185*** (0.9023)	5.5589*** (0.9838)	2.3429** (1.0687)	-0.9373 (0.8896)	-1.8060** (0.8543)	-3.7424*** (0.9830)	-2.1692* (1.2878)
離島空品區	5.1263*** (1.1642)	6.3145*** (0.9736)	-1.5363 (1.3480)	0.7465 (1.1701)	-1.2974 (1.0142)	-1.6794 (1.2966)	-4.2545*** (1.2047)
日高溫(<20)	0.0716 (0.1727)						



	北風	東北風	西北風	南風	東南風	西南風	西風
	N	NE	NW	S	SE	SW	W
日高溫(20-25)	0.7779***						
	(0.1490)						
日高溫(25-30)	-0.1467						
	(0.1325)						
日高溫(>=30)	-0.5954***						
	(0.1085)						
F 值				11.5886			
地區固定效果				Y			
時間固定效果				Y			
其他氣象變數				Y			
樣本數				670629			

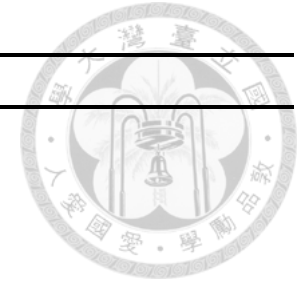
資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。為求版面簡潔，本研究將各空品區的所有風向估計係數以橫向表格呈現（此處以東風為 base）。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。



附錄四、不同 IV 於各模型下之第一階段迴歸結果(續)(IV2 搭配模型三至五)

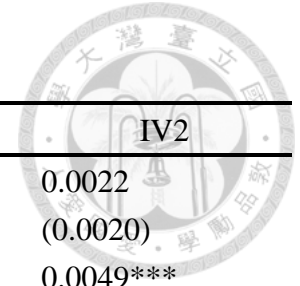
	模型三	模型四	模型五
北風(N)(hr)	0.6333*** (0.0426)	0.3736** (0.1464)	0.0608 (0.1749)
東北風(NE)(hr)	0.4108*** (0.0359)	0.2795* (0.1445)	0.0193 (0.1756)
西北風(NW)(hr)	1.1804*** (0.0616)	0.8815*** (0.1466)	0.4524*** (0.1740)
南風(S)(hr)	0.1036*** (0.0384)	0.1972 (0.1431)	0.0232 (0.1750)
東南(SE)(hr)	0.1386*** (0.0456)	0.2779* (0.1421)	-0.0627 (0.1737)
西南風(SW)(hr)	0.2476*** (0.0484)	0.3356** (0.1457)	0.0967 (0.1753)
西風(W)(hr)	0.6979*** (0.0661)	0.7043*** (0.1479)	0.2978* (0.1762)
東風(E)(hr)	0.1559*** (0.0301)	0.2707* (0.1437)	-0.0388 (0.1733)
日高溫(<20)	0.3277* (0.1803)	0.3502* (0.1793)	0.0555 (0.1752)



	模型三	模型四	模型五
日高溫(20-25)	0.5868*** (0.1621)	1.0966*** (0.1516)	0.7944*** (0.1493)
日高溫(25-30)	-0.9395*** (0.1367)	0.2286* (0.1358)	-0.1497 (0.1330)
日高溫(>=30)	-1.2498*** (0.1166)	0.1947* (0.1037)	-0.6414*** (0.1112)
F 值	96.6263	52.4257	30.465
樣本數	671951	671951	670629
地區固定效果		Y	Y
地區固定效果		Y	Y
其他氣象變數			Y

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

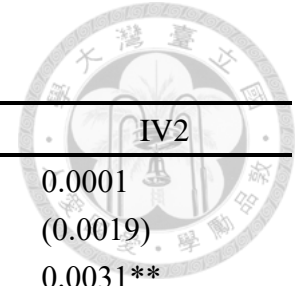


附錄五、事故數量之 2SLS 迴歸結果(PM_{10} 、 CO 、 NO)

	IV1	IV2	IV1	IV2	IV1	IV2
日高溫(<20)	0.0016 (0.0019)	0.0021 (0.0020)	0.0014 (0.0019)	0.0021 (0.0020)	0.0014 (0.0019)	0.0022 (0.0020)
日高溫(20-25)	0.0054*** (0.0016)	0.0063*** (0.0017)	0.0044*** (0.0015)	0.0051*** (0.0015)	0.0041*** (0.0016)	0.0049*** (0.0016)
日高溫(25-30)	0.0054*** (0.0014)	0.0051*** (0.0015)	0.0050*** (0.0014)	0.0043*** (0.0015)	0.0064*** (0.0014)	0.0066*** (0.0014)
日高溫(>=30)	0.0109*** (0.0020)	0.0096*** (0.0022)	0.0121*** (0.0021)	0.0110*** (0.0021)	0.0143*** (0.0019)	0.0147*** (0.0019)
PM_{10}	-0.0019*** (0.0004)	-0.0027*** (0.0006)				
CO			-0.2047*** (0.0548)	-0.3284*** (0.0731)		
NO					-0.0054* (0.0028)	-0.0095*** (0.0032)
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670597	670597	670631	670631	670631	670631

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%；表中皆使用模型五之設定。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

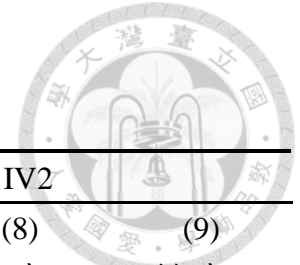


附錄五、事故數量之 2SLS 迴歸結果(續)(NO_2 、 SO_2 、 O_3)

	IV1	IV2	IV1	IV2	IV1	IV2
日高溫(<20)	0.0015 (0.0020)	0.0024 (0.0020)	0.0010 (0.0019)	0.0016 (0.0020)	-0.0002 (0.0019)	0.0001 (0.0019)
日高溫(20-25)	0.0036** (0.0015)	0.0040*** (0.0015)	0.0048*** (0.0015)	0.0062*** (0.0017)	0.0031** (0.0015)	0.0031** (0.0015)
日高溫(25-30)	0.0044*** (0.0015)	0.0030* (0.0016)	0.0073*** (0.0014)	0.0082*** (0.0015)	0.0045*** (0.0016)	0.0055*** (0.0016)
日高溫(>=30)	0.0128*** (0.0020)	0.0120*** (0.0020)	0.0138*** (0.0019)	0.0138*** (0.0020)	0.0116*** (0.0021)	0.0130*** (0.0022)
NO_2	-0.0045*** (0.0017)	-0.0082*** (0.0020)				
SO_2			-0.0322*** (0.0083)	-0.0593*** (0.0139)		
O_3					-0.0016** (0.0007)	-0.0006 (0.0007)
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670631	670631	670631	670631	670631	670631

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%；表中皆使用模型五之設定。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。



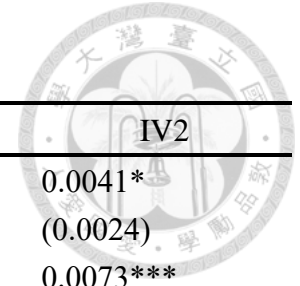
附錄六、牽涉車輛數量之 2SLS 迴歸完整結果

	不使用 IV			IV1			IV2		
	(1) 模型三	(2) 模型四	(3) 模型五	(4) 模型三	(5) 模型四	(6) 模型五	(7) 模型三	(8) 模型四	(9) 模型五
日高溫(<20)	0.0102 (0.0116)	0.0025 (0.0021)	0.0019 (0.0023)	0.0065 (0.0118)	0.0034 (0.0022)	0.0021 (0.0024)	0.0204** (0.0097)	0.0033 (0.0022)	0.0022 (0.0025)
日高溫(20-25)	-0.0126** (0.0058)	0.0066*** (0.0019)	0.0062*** (0.0018)	-0.0172*** (0.0064)	0.0088*** (0.0021)	0.0084*** (0.0020)	-0.0001 (0.0060)	0.0087*** (0.0021)	0.0096*** (0.0021)
日高溫(25-30)	-0.0058 (0.0072)	0.0111*** (0.0017)	0.0079*** (0.0017)	0.0022 (0.0131)	0.0116*** (0.0017)	0.0075*** (0.0018)	-0.0278** (0.0141)	0.0115*** (0.0017)	0.0073*** (0.0019)
日高溫(>=30)	0.0421*** (0.0108)	0.0289*** (0.0028)	0.0177*** (0.0024)	0.0509*** (0.0130)	0.0297*** (0.0029)	0.0165*** (0.0025)	0.0179 (0.0131)	0.0297*** (0.0029)	0.0158*** (0.0025)
<i>PM</i> _{2.5}	0.0021 (0.0018)	-0.0006*** (0.0002)	-0.0013*** (0.0002)	0.0077 (0.0065)	-0.0025*** (0.0007)	-0.0039*** (0.0008)	-0.0136* (0.0074)	-0.0024*** (0.0008)	-0.0054*** (0.0012)
雨量			-0.0008*** (0.0003)			-0.0008*** (0.0002)			-0.0009*** (0.0002)
雨量(平方)			0.0000*** (0.0000)			0.0000*** (0.0000)			0.0000*** (0.0000)
風速			-0.0057 (0.0038)			-0.0178*** (0.0053)			-0.0246*** (0.0072)

	不使用 IV			IV1			IV2		
	(1) 模型三	(2) 模型四	(3) 模型五	(4) 模型三	(5) 模型四	(6) 模型五	(7) 模型三	(8) 模型四	(9) 模型五
風速(平方)			-0.0003 (0.0002)			0.0003 (0.0002)			0.0006* (0.0003)
相對濕度			0.0804 -0.3279			0.3103 -0.3478			0.4390 -0.3634
相對濕度(平方)			-0.2556 (0.2245)			-0.4686* (0.2401)			-0.5879** (0.2536)
地區固定效果		Y	Y		Y	Y		Y	Y
時間固定效果		Y	Y		Y	Y		Y	Y
其他氣象變數			Y			Y			Y
樣本數	671951	671951	670629	671951	671951	670629	671951	671951	670629

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。第一欄至第三欄即為表 3 中模型三至模型五的結果。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

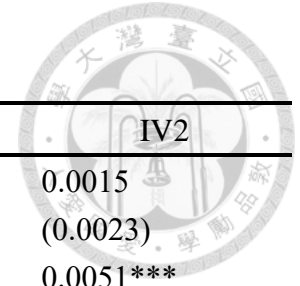


附錄七、牽涉車輛數量之 2SLS 迴歸結果(PM_{10} 、 CO 、 NO)

	IV1	IV2	IV1	IV2	IV1	IV2
日高溫(<20)	0.0033 (0.0024)	0.0040 (0.0025)	0.0031 (0.0024)	0.0039 (0.0025)	0.0030 (0.0024)	0.0041* (0.0024)
日高溫(20-25)	0.0079*** (0.0020)	0.0092*** (0.0021)	0.0066*** (0.0019)	0.0076*** (0.0019)	0.0063*** (0.0019)	0.0073*** (0.0020)
日高溫(25-30)	0.0072*** (0.0018)	0.0068*** (0.0019)	0.0067*** (0.0018)	0.0058*** (0.0019)	0.0084*** (0.0017)	0.0087*** (0.0018)
日高溫(>=30)	0.0146*** (0.0026)	0.0129*** (0.0027)	0.0161*** (0.0026)	0.0147*** (0.0026)	0.0189*** (0.0024)	0.0194*** (0.0025)
PM_{10}	-0.0023*** (0.0005)	-0.0034*** (0.0007)				
CO			-0.2488*** (0.0700)	-0.4137*** (0.0940)		
NO					-0.0064* (0.0035)	-0.0122*** (0.0041)
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670597	670597	670631	670631	670631	670631

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%；表中皆使用模型五之設定。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。



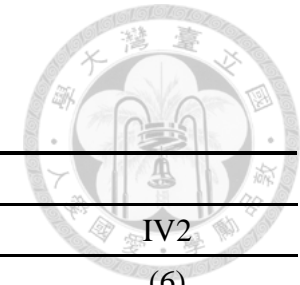
附錄七、牽涉車輛數量之 2SLS 迴歸結果(續)(NO_2 、 SO_2 、 O_3)

	IV1	IV2	IV1	IV2	IV1	IV2
日高溫(<20)	0.0031 (0.0024)	0.0044* (0.0025)	0.0026 (0.0023)	0.0033 (0.0024)	0.0010 (0.0023)	0.0015 (0.0023)
日高溫(20-25)	0.0057*** (0.0018)	0.0062*** (0.0019)	0.0072*** (0.0019)	0.0090*** (0.0021)	0.0051*** (0.0018)	0.0051*** (0.0018)
日高溫(25-30)	0.0061*** (0.0019)	0.0041** (0.0020)	0.0095*** (0.0018)	0.0108*** (0.0019)	0.0061*** (0.0020)	0.0074*** (0.0020)
日高溫(>=30)	0.0171*** (0.0026)	0.0160*** (0.0025)	0.0183*** (0.0025)	0.0183*** (0.0025)	0.0155*** (0.0027)	0.0173*** (0.0028)
NO_2	-0.0052** (0.0021)	-0.0105*** (0.0025)				
SO_2			-0.0393*** (0.0106)	-0.0747*** (0.0179)		
O_3					-0.0021** (0.0009)	-0.0007 (0.0009)
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670631	670631	670631	670631	670631	670631

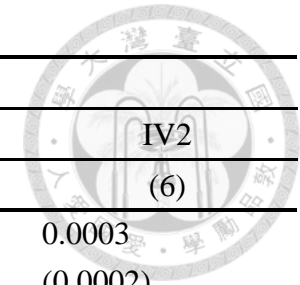
資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%；表中皆使用模型五之設定。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

附錄八、不同車輛類型之 2SLS 迴歸完整結果



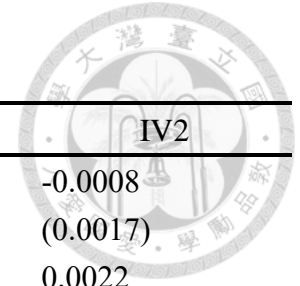
	汽車類型			機車類型		
	不使用 IV	IV1	IV2	不使用 IV	IV1	IV2
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
日高溫(<20)	-0.0025 (0.0016)	-0.0024 (0.0016)	-0.0022 (0.0018)	0.0025 (0.0023)	0.0027 (0.0024)	0.0027 (0.0024)
日高溫(20-25)	0.0014 (0.0013)	0.0032** (0.0014)	0.0047*** (0.0016)	0.0052*** (0.0017)	0.0071*** (0.0018)	0.0076*** (0.0019)
日高溫(25-30)	0.0040*** (0.0013)	0.0037*** (0.0013)	0.0034** (0.0014)	0.0069*** (0.0015)	0.0065*** (0.0015)	0.0064*** (0.0016)
日高溫(>=30)	0.0109*** (0.0017)	0.0099*** (0.0017)	0.0090*** (0.0018)	0.0144*** (0.0021)	0.0133*** (0.0022)	0.0130*** (0.0022)
$PM_{2.5}$	-0.0011*** (0.0001)	-0.0033*** (0.0006)	-0.0051*** (0.0009)	-0.0009*** (0.0002)	-0.0032*** (0.0007)	-0.0038*** (0.0010)
雨量	-0.0001 (0.0002)	-0.0001 (0.0002)	-0.0001 (0.0002)	-0.0011*** (0.0002)	-0.0012*** (0.0002)	-0.0012*** (0.0002)
雨量(平方)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	0.0000*** (0.0000)	0.0000*** (0.0000)	0.0000*** (0.0000)
風速	-0.0051* (0.0028)	-0.0151*** (0.0039)	-0.0235*** (0.0054)	-0.0029 (0.0033)	-0.0133*** (0.0044)	-0.0161*** (0.0059)



	汽車類型			機車類型		
	不使用 IV	IV1	IV2	不使用 IV	IV1	IV2
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
風速(平方)	-0.0002 (0.0002)	0.0003* (0.0002)	0.0006** (0.0003)	-0.0002 (0.0002)	0.0002 (0.0002)	0.0003 (0.0002)
相對濕度	-0.5544** (0.2415)	-0.3657 (0.2532)	-0.2063 (0.2699)	0.5028 (0.3190)	0.7004** (0.3364)	0.7533** (0.3469)
相對濕度(平方)	0.2914* -0.1662	0.1165 -0.1751	-0.0311 -0.1878	-0.5466** -0.2145	-0.7297*** -0.2283	-0.7787*** -0.239
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670629	670629	670629	670629	670629	670629

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

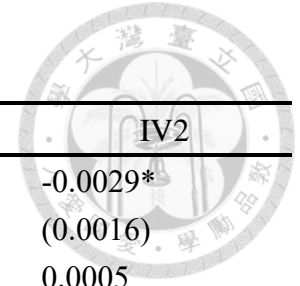


附錄九、汽車類型牽涉車輛數量之 2SLS 迴歸結果(PM_{10} 、 CO 、 NO)

	IV1	IV2	IV1	IV2	IV1	IV2
日高溫(<20)	-0.0014 (0.0016)	-0.0005 (0.0018)	-0.0018 (0.0016)	-0.0008 (0.0017)	-0.0020 (0.0016)	-0.0008 (0.0017)
日高溫(20-25)	0.0028* (0.0014)	0.0044*** (0.0016)	0.0014 (0.0014)	0.0026* (0.0014)	0.0011 (0.0014)	0.0022 (0.0015)
日高溫(25-30)	0.0035*** (0.0013)	0.0030** (0.0014)	0.0033** (0.0013)	0.0022 (0.0014)	0.0044*** (0.0013)	0.0047*** (0.0013)
日高溫(>=30)	0.0084*** (0.0018)	0.0063*** (0.0019)	0.0101*** (0.0018)	0.0084*** (0.0019)	0.0117*** (0.0017)	0.0122*** (0.0017)
PM_{10}	-0.0019*** (0.0004)	-0.0032*** (0.0005)				
CO			-0.1505*** (0.0527)	-0.3476*** (0.0723)		
NO					-0.0032 (0.0026)	-0.0094*** (0.0030)
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670597	670597	670631	670631	670631	670631

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%；表中皆使用模型五之設定。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

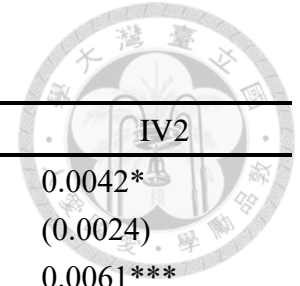


附錄九、汽車類型牽涉車輛數量之 2SLS 迴歸結果(續)(NO_2 、 SO_2 、 O_3)

	IV1	IV2	IV1	IV2	IV1	IV2
日高溫(<20)	-0.0016 (0.0016)	-0.0002 (0.0017)	-0.0020 (0.0016)	-0.0012 (0.0017)	-0.0032** (0.0016)	-0.0029* (0.0016)
日高溫(20-25)	0.0009 (0.0013)	0.0015 (0.0014)	0.0022 (0.0014)	0.0040** (0.0016)	0.0005 (0.0013)	0.0005 (0.0013)
日高溫(25-30)	0.0027* (0.0014)	0.0005 (0.0015)	0.0053*** (0.0013)	0.0066*** (0.0014)	0.0026* (0.0014)	0.0034** (0.0014)
日高溫(>=30)	0.0105*** (0.0018)	0.0092*** (0.0018)	0.0114*** (0.0017)	0.0114*** (0.0018)	0.0091*** (0.0019)	0.0103*** (0.0019)
NO_2	-0.0040** (0.0016)	-0.0096*** (0.0019)				
SO_2			-0.0315*** (0.0076)	-0.0674*** (0.0138)		
O_3					-0.0016** (0.0006)	-0.0008 (0.0006)
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670631	670631	670631	670631	670631	670631

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%；表中皆使用模型五之設定。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

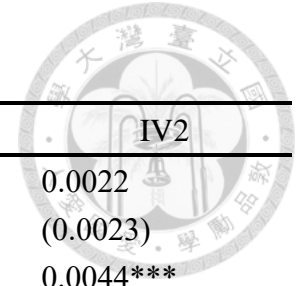


附錄十、機車類型牽涉車輛數量之 2SLS 迴歸結果(PM_{10} 、 CO 、 NO)

	IV1	IV2	IV1	IV2	IV1	IV2
日高溫(<20)	0.0037 (0.0024)	0.0040* (0.0024)	0.0036 (0.0024)	0.0040* (0.0024)	0.0035 (0.0024)	0.0042* (0.0024)
日高溫(20-25)	0.0068*** (0.0018)	0.0072*** (0.0019)	0.0057*** (0.0017)	0.0062*** (0.0018)	0.0054*** (0.0018)	0.0061*** (0.0018)
日高溫(25-30)	0.0063*** (0.0015)	0.0061*** (0.0016)	0.0058*** (0.0015)	0.0053*** (0.0016)	0.0073*** (0.0015)	0.0075*** (0.0015)
日高溫(>=30)	0.0117*** (0.0023)	0.0111*** (0.0024)	0.0129*** (0.0023)	0.0121*** (0.0023)	0.0153*** (0.0021)	0.0156*** (0.0021)
PM_{10}	-0.0020*** (0.0004)	-0.0023*** (0.0006)				
CO			-0.2173*** (0.0607)	-0.3048*** (0.0790)		
NO					-0.0055* (0.0030)	-0.0096*** (0.0035)
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670597	670597	670631	670631	670631	670631

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%；表中皆使用模型五之設定。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。



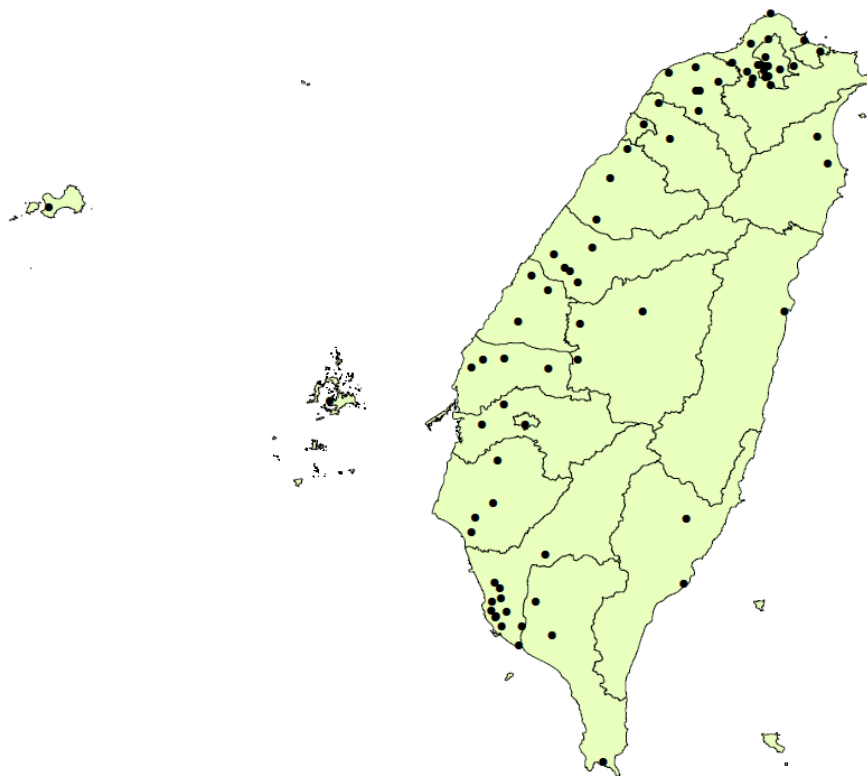
附錄十、機車類型牽涉車輛數量之 2SLS 迴歸結果(續)(NO_2 、 SO_2 、 O_3)

	IV1	IV2	IV1	IV2	IV1	IV2
日高溫(<20)	0.0034 (0.0024)	0.0041* (0.0024)	0.0030 (0.0023)	0.0035 (0.0024)	0.0018 (0.0023)	0.0022 (0.0023)
日高溫(20-25)	0.0048*** (0.0017)	0.0051*** (0.0018)	0.0059*** (0.0018)	0.0072*** (0.0019)	0.0044*** (0.0017)	0.0044*** (0.0017)
日高溫(25-30)	0.0056*** (0.0017)	0.0044** (0.0017)	0.0081*** (0.0015)	0.0089*** (0.0016)	0.0054*** (0.0017)	0.0065*** (0.0017)
日高溫(>=30)	0.0140*** (0.0022)	0.0133*** (0.0022)	0.0148*** (0.0021)	0.0148*** (0.0022)	0.0124*** (0.0023)	0.0140*** (0.0024)
NO_2	-0.0038** (0.0019)	-0.0067*** (0.0021)				
SO_2			-0.0291*** (0.0091)	-0.0523*** (0.0146)		
O_3					-0.0017** (0.0007)	-0.0006 (0.0007)
地區固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
時間固定效果	Y	Y	Y	Y	Y	Y
其他氣象變數	Y	Y	Y	Y	Y	Y
樣本數	670631	670631	670631	670631	670631	670631

資料來源：本研究估計。

註：***、**、*分別代表顯著水準 1%、5%、10%；表中皆使用模型五之設定。各迴歸係數下方括號內數字為該係數之標準差。

附錄十一、測站分布圖



資料來源：本研究自行整理。