

以事件鏈角度分析國道客運駕駛車內分心 行為樣態及行車異常事件¹

A CHAIN-BASED ANALYSIS OF HIGHWAY BUS DRIVER IN-VEHICLE DISTRACTION BEHAVIOR PATTERNS AND DANGEROUS DRIVING EVENTS

鍾易詩 Yi-Shih Chung²

吳素絢 Su-Hsuan Wu³

呂昀謹 Yun-Chen Lu⁴

黃士軒 Shih-Hsuan Huang⁵

葉祖宏 Tsu-Hung Yeh⁶

(112 年 1 年 18 日收件，112 年 4 月 18 日接受)

摘 要

駕駛分心常被認為是道路交通事故重要影響因子，然過去對駕駛分心研究多侷限於小客車駕駛，且多由事故發生的角度回推分心的影響。本研究提出五階段警示事件鏈概念，以先進駕駛輔助系統警示事件為標的，分析不同行車動態與車流環境下，警示發生前後分心動作之樣態以及對行車異常事件之影響。本研究蒐集 200 趟次、2,558 個警示事件資料，透過二元

-
1. 本研究為交通部運輸研究所委託國立陽明交通大學運輸研究中心研究計畫「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段(2/4)-車內異常事件影像辨識技術開發」之部分研究成果，特此感謝。
 2. 國立陽明交通大學運輸與物流管理學系教授（聯絡地址：10044 臺北市中正區忠孝西路一段 118 號 4 樓，電話：02-23494963，Email: yschung@nycu.edu.tw）。
 3. 國立陽明交通大學管理學院運輸研究中心專任研究助理。
 4. 國立陽明交通大學運輸與物流管理學系博士班研究生。
 5. 交通部運輸研究所運輸安全組研究員。
 6. 交通部運輸研究所運輸安全組組長。

羅吉斯特迴歸及序列探勘分析，驗證所提事件鏈架構之可行性。研究結果發現，手離開方向盤與擺頭為國道客運駕駛常見之分心動作，然造成警示事件異常化的分心動作實為連續或同時出現多個手部分心動作；在本車車道變換、行駛於彎道或匝道時，或 ADAS 警示發生後 10 秒內之分心動作；以及法律規定不得出現（例如手持手機）或明顯有危害行車安全之分心動作（例如雙手離開方向盤）。本研究之分析結果除可加強對大客車駕駛分心樣態之了解，亦可作為業者或主管機關教育訓練職業駕駛人參考，事件鏈分析之方法議題亦一併於文中討論。

關鍵詞： 事件鏈、國道客運、職業駕駛、先進駕駛輔助系統、序列探勘

ABSTRACT

Driver distraction has been regarded as one of the most important factors to road traffic accidents; however, prior studies mostly focused on small-vehicle drivers and examined the association of distraction with accidents only. The present study proposes a five-staged event-chain framework for analyzing ADAS events; in particular, the pattern of driver distractions before and after warning onsets and their association with dangerous events are examined. Based on 200 trip and 2,558 event data, the study develops binary logistic regression and sequential mining models. The analysis results show that hands leaving the steering wheel and head movements were two most commonly observed distraction behaviors. However, the behaviors that truly endangered safety were simultaneous multiple distraction behaviors, or behaviors that occurred in lane changing or when the bus was on the ramp. Behaviors that are prohibited in laws (e.g., hand holding mobile phones) or explicitly obvious dangerous behaviors (e.g., both hand leaving the steering wheel) were also clearly related to dangerous events. The analysis results could shed lights on our understanding about large passenger vehicle drivers' distraction behaviors, and the findings could be a useful reference to operators and governments for training occupational drivers. The methodological issues related to constructing event chains are also discussed in the paper.

Key Words: Event Chain; Highway Passenger Buses; Occupational Drivers; ADAS; Sequential Mining

一、緒 論

過去道路交通事故多以事故鏈 (accident chain) 的角度分析事故發生的原因。事故鏈分析的構想與乳酪理論 (Swiss Cheese Model) 類似，亦即事故的發生是由一連串原因同時出現引起，因此推論事故發生原因時，不能僅看近因，而須完整解構事故發生的過程。以

美國 SHRP2 NDS (自然人駕駛) 計畫為例，其概念即是將道路交通事故的發生解構為時間與潛在因素兩個維度：事件發生的時間軸由最上游至最下游依序可為事件前 (pre-incident)、突發事件 (precipitating event)、駕駛感知 (perception)、閃避 (evasive)、事後 (post) 及事故發生與否六個階段；在此六階段中，駕駛是否成功感知並反應事件的發生，是影響事故是否發生的關鍵。而潛在因素的縱軸則包含人、車、路、環境等四個類別，在前述六個階段，此四類別可能都有對應的特徵；例如在事件前一直到事故發生，即包括駕駛的行為、感知與反應。SHRP2 NDS 計畫即是透過在車上裝設各種感測設備，偵測車內外狀況，同時結合道路、天候等資料，發展分析事故鏈所需完整資料庫。類似的計畫亦出現在歐洲 (例如 UDRIVE 計畫) 或澳洲，國內交通部運輸研究所亦有類似計畫，例如 2011、2013 年的「都會區安全駕駛行為與節能策略之研究」、2019 年的「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」、2021 年的「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (1/4)-車外異常事件影像辨識技術開發」。學術上亦有研究利用 SHRP2 NDS 資料實現事故鏈概念，例如 Wu 與 Wang^[1] 即利用 SHRP2 NDS 的高快速道路資料，將事故鏈分為三個階段：車流動態如何導致警示事件之發生、警示事件發生後駕駛感知時間、感知時間和事故發生，透過結構方程模式，分析各個階段中，車流動態、駕駛環境、警示事件和感知時間的組合及其演進方式。可見在資料支持之下，的確有可能以事故鏈架構了解道路交通事故為何發生。

近幾年由於感測技術不斷提升，先進駕駛輔助系統 (advanced driver assistance systems, ADAS) 的成本與售價降低，準確度與可靠度亦有所提升，成為提升道路交通安全的重要工具。雖然感測技術不斷提升，然駕駛環境複雜，光影變化、車流擁擠、行車動態改變皆會影響 ADAS 警示之準確度。ADAS 誤報 (false alarm) 為常見的問題 (Ayoub 等人^[2])，經檢測國內某國道客運業者近 1 萬 8 千筆資料，交通部運輸研究所^[3] 亦發現當其 ADAS 系統偵測前方無車時，約有 8.6% 其實前方有車；當其 ADAS 系統偵測前方公尺內有車時，其有 46.7% 之前方車輛距本車超過 40 公尺遠。其研究進一步發現，該 ADAS 偵測不準的狀況常出現在他車或本車變換車道時。雖然交通部運輸研究所^[3] 之研究僅針對一家業者資料進行抽樣，其資料無法代表國內所有 ADAS 系統狀況，但不論國內外研究結果皆顯示 ADAS 系統提供之警示具有一定之誤報率，此可能會影響駕駛使用 ADAS 系統之意願以及業者安全管理成效。

根據前述討論，本研究希望由事故鏈觀點分析 ADAS 警示事件，回答以下研究問題：什麼樣的行車環境、行車動態與駕駛車內分心行為容易導致異常事件的發生？由於道路交通事故的稀少性，本研究蒐集之資料無法直接構築事故鏈，且侷限於事故鏈亦無法有效發揮 ADAS 優勢。因此，本研究著重分析 ADAS 警示事件，並以車機與影像資料為基礎判讀警示事件之異常程度，區別與事故發生關聯度高低不同之警示事件，避免文獻常見之 ADAS 誤報問題，後續章節將提出事件異常程度之明確定義。

本研究另外一個重點為駕駛車內分心行為。分心一直被認為是導致道路交通事故發生的重要原因，例如 Qin 等人^[4] 分析 2010 至 2013 年美國道路交通事故發現，死亡車禍中有 14% 的肇因源自於手機分心；Beanland 等人^[5] 分析 2000 至 2011 年澳洲道路交通事故亦發

現，刪除無法辨識分心與否的事故後，其餘事故中有 57.6% 肇因與駕駛未注意 (driver inattention) 有關，顯見分心與道路交通事故具一定關聯性。相較於國外，國內對駕駛分心行為的研究相對較少，但未注意車前狀況又常是被註記的事故主要肇因。道路駕駛常見之分心行為為何？此些分心行為與道路交通事故異常事件之關聯為何？為本研究嘗試回答的問題。

由於過去鮮少有研究以事故鏈觀點分析 ADAS 警示事件異常程度與發生原因，本研究以駕駛環境相對單純的國道客運為對象，期望產出以下之研究貢獻：辨識國道客運常見之駕駛車內分心樣態，並從事故鏈觀點分析分心與警示事件異常程度的關聯。

二、文獻回顧

2.1 分心的定義

分心在過去研究常被認定為道路交通事故重要影響因素，過去亦有許多學者給予分心不同定義或分類。Ersa 等人^[6]提到廣義的分心是指駕駛員自願或非自願從事與安全車輛操作的主要任務不直接相關的任務 (即次要任務)，包含吃、喝、打電話、與乘客交談、使用音樂播放器、閱讀 (儀表、時鐘、簡訊等)、偵測行人動態、使用手機、使用導航等等，這些次級任務會根據駕駛經驗、路況、疲勞、年紀等因素對駕駛人有不同程度的影響，包含影響駕駛人車道居中/維持、減少駕駛人對煞車的預判、降低跟車表現、減少應當的禮讓、惡化駕駛人對路標與車距的辨識能力。Stutts 等人^[7]指出當駕駛員因為車內或車外的某些事件、活動、物體或人員迫使或誘導駕駛員將注意力從駕駛任務上轉移開而延遲識別完成駕駛任務所需的資訊時，就會發生分心。而造成駕駛分心的元素中，佔比依序為車外的物體/人/事件佔了 29.4%，調整收音機佔了 11.4%，其他乘客佔了 10.9%，車內移動物體佔了 4.3%，飲食佔 1.7%，使用手機佔 1.5%。當中使用手機的佔比與普遍的認知有所出入，可能是因為此份研究距今已久，在當時手機並未普及，各項分心元素的佔比是否能應用在今日有待重新研究。

Qin 等人^[4]提到智慧手機、可穿戴設備、便攜式設備的出現，使駕駛比以往更容易因為電子裝置分心；在死亡車禍中，14%的肇因源自於因為手機分心。而駕駛人分心活動主要可分為以下兩種：內部干擾和外部干擾。內部干擾包括飲食、飲酒、吸煙、心不在焉、恍神等等，吃、喝和吸煙是人類自動的行為，在許多人類活動中作為次要任務，因此它們被歸類為內部干擾。外部干擾包括在手機上通話/收聽、調整車輛設備、檢查手機上的電子郵件或簡訊、調整導航設備、與乘客交談以及在路上事故中的雜物等等。

Regan 等人^[8]則將分心 (distraction) 與不專心 (inattention) 給予明確的定義；不專心的定義範圍較廣，包含對道路的不專心、疲勞、有次要任務完成之需求。判別分心與不專心的方法之一，在於分心代表有件事情需要完成 (如：撥電話) 與認知狀態改變不同 (如：

疲勞、睡意)；不專心則是駕駛對於道路的專注力容量減少。Wundersitz^[9] 利用 2014 至 2018 年澳洲阿德萊德的事故資料，分析駕駛人的分心 (distraction) 與注意力不集中 (inattention) 之行為與死亡或重傷事故的相關性。該研究將駕駛人注意力不集中的現象分為五類，分別是注意力的錯誤配置 (駕駛人無法在多種駕駛活動之間有效地分配注意力)、被忽視的注意力 (駕駛人對駕駛狀況的預期有誤，忽視了與安全最相關的事項)、草率的注意力 (駕駛人對安全的重視度不足)、轉移的注意力又稱分心，指駕駛人的注意力被轉移到與安全無關的事項及無法明確辨別的注意力。在與注意力不集中有關的事故中，最常見的注意力不集中類型為分心 (佔所有事故的 44%) 與錯誤優先的注意力 (佔所有事故的 26%)，其中分心之事故通常是由與乘客互動、在車內尋找物品、駕駛人自身情緒壓力及其他道路使用者所引起的，另外也有 2.5% 的事故是起因於駕駛人在開車中途使用手機，且駕駛人是有意識自己處於分心狀態。此外，該研究結果亦發現，注意力不集中較容易造成右轉事故與車尾碰撞，而事故的道路型態則集中在路口、大都會地區及低限速區。

2.2 分心對駕駛任務的影響

Strayer 等人^[10] 透過駕駛模擬實驗來研究講電話對駕駛專注力是否會有負面影響。實驗結果發現，在單一任務的情況下比起雙重任務更能記得看到的物體，意即講電話會使駕駛對外在環境的注意力，轉移到溝通上，而物體的安全相關性對駕駛來說無顯著差異，也就是駕駛人不會根據安全相關性來分配注意力。駕駛人參與的對話情境有與副駕乘客對話、免持手機通話兩種，實驗結果發現，大部分與乘客對話的情境下都可以順利停靠休息站，而手機通話的情境則有一半失敗，兩者差別在於，駕駛與乘客的對話會根據路況而有所調整，且會幫助駕駛人導航至休息站，而手機通話卻無法有如此效果。

Horberry 等人^[11] 透過駕駛模擬實驗來研究不同年齡的民眾，在車內娛樂、講電話以及不同環境影響下的駕駛表現。實驗中的分心因素包含免持手機通話、使用車內娛樂/資訊軟體；複雜環境因素則包含廣告看板、建築物、來車、公路設施。另外此實驗也設計了三種不同等級的危機偵測任務，用以衡量駕駛在分心狀態下的反應，分別為行人站在路側、車輛倒車、行人穿越馬路。衡量的準則包含平均速率、與速限之差異、NASA Task Load Index。實驗結果有以下幾點發現：在車內分心狀態時，駕駛人傾向降低速率好讓自己有足夠時間反應，在車內娛樂的組別此情況尤為顯著，因為使用車內娛樂時，視線須從路況移開，而講電話時不需移開視線；在越多外在環境干擾下，駕駛人傾向降低車速，在年紀大的組別此情況更明顯；在車輛倒車、行人穿越馬路兩狀況下，駕駛分心時所達到的最低速率 (因偵測危險降低速率) 是比較高的，也就是受測者在分心時的反應能力會下降；年紀大駕駛人的平均速率比起年紀小的駕駛慢，指出他們在分心狀態下駕駛表現較差，需要以降低速率來彌補。綜上所述，此研究發現需要視覺、手動操作的分心任務，比起只需聽覺、說話的分心任務，對駕駛表現的傷害更大。

林志隆^[12] 透過真實駕駛環境進行實驗以分析駕駛人在不同路段與不同通話負荷下駕

駛作業績效的變化與行駛策略的情形。研究結果顯示，市區道路到高速公路的道路型態改變會造成駕駛人答題時間增加 12%，心跳率增加 3%，方向盤轉動量減少 31%，車速變化量減少 30%，道路標線偏移量增大 10%，平均車速增加 83%；而在三種通話題型下，加法作業（受試者在開車期間同時以心算計算加法問題，並口頭說出答案）和搜尋作業的心跳率相似，會造成心跳率增加 9%，搜尋作業比無通話多 9%，加法作業比無通話少 23%，搜尋作業比無通話慢 3%，加法作業比無通話慢 6%；實施搜尋作業期間的變換車道次數（0.35 次/分鐘）小於加法作業（0.25 次/分鐘），而且察看後視鏡的頻率降低，顯示駕駛人面臨高作業負荷時會採取較保守策略，藉著減少變換車道次數來減輕駕駛作業的負荷；而在面臨高作業負荷時，駕駛人會延遲與駕駛作業無關的通話作業，待狀況處理完畢後再重新執行。

Harbluk 等人^[13]以道路實驗的方式來探討駕駛人在城市交通中的認知分心行為，實驗對象為 21 名持有駕照且有五年以上駕駛經驗的受試者，實驗中所有任務均在免提模式下進行，因此受試者無需將視線從道路上移開或手動調整車內設備。實驗結果表示，比較沒有額外任務和困難的認知任務之間的表現時，視覺行為的變化最為明顯；而在受試者的視線方面，研究發現駕駛花更多時間在看前方，而花較少時間看外圍區域，且駕駛還減少了對儀表板和後視鏡的視覺監控；在接近和通過交叉路口時，與沒有額外任務相比，有認知任務時駕駛人看紅綠燈的次數更少，且他們對右側交叉路口區域的視線掃描也減少了；同時，認知任務也會影響駕駛人的車輛控制，在最困難的認知任務中，出現了更多急煞車的現象。綜合以上，在駕駛時若賦予駕駛人額外工作會直接對駕駛人的行車安全產生明顯負面影響，儘管電子產品的免提設計旨在減少或消除因手動操作而引起的分心，但也必須考慮並適當評估這些設備可能會導致其他認知分心的可能性。

Huisingh 等人^[14]使用路邊觀察方法來分析駕駛人行車途中的分心行為，研究地區選定美國阿拉巴馬州伯明罕都會區的 11 個路口，有主要幹道、次幹道及地方街道，每個站點進行長達 6 小時的實地觀察，觀察人員會記錄駕駛人的特徵、車速、分心行為及該路口的路況。此研究總共觀察了 3,296 名駕駛人（有效資料 3,265 筆），被記錄為分心行為比例 32.7%，且有 5.1% 的人有不只一項分心行為。在性別差異的部分，女性打電話的比例高於男性，但男性受到車外事件干擾的比例高於女性；不同年齡層的分心行為亦有差異，30 歲以下的駕駛人比 50 歲以上的駕駛人更容易分心，因為年輕駕駛使用手機的狀況更頻繁，年長的駕駛人則是容易受到車外事物的影響而分心；以行車速度而言，在汽車停等號誌時，駕駛人分心的狀況會較明顯，隨著車速的增加，駕駛與車內其他乘客互動的比例會顯著下降；以路況而言，駕駛人開在地區道路上時分心的比例會高於在主要幹道上開車時分心的比例，代表複雜的駕駛環境會減少駕駛人分心的情況。

2.3 駕駛分心與事故風險

Bakiri 等人^[15]為了評估因意外事件或駕駛中的次要任務而轉移注意力的相關風險，在法國波爾多大學醫院成人急診科採訪在過去 72 小時內因交通事故受傷的駕駛人。參與者接受採訪時，需描述事故前的令人分心的活動（如聽廣播、使用手機等）、參與者特徵（年

齡、社會經濟類別等)、車禍特徵(季節、車輛類型)、一周自我精神藥物使用情況及睡眠情況。研究結果顯示夜間、駕駛人在前 6 個小時內飲酒、使用精神藥物且在前 24 小時內睡眠時間少於 6 小時更容易發生事故。此外,研究結果亦發現車內的分心事件(撿起一個物體)、駕駛員活動(吸煙)引起的分心和發生在車外的分心事件增加有關,與分心有關的因素占道路交通事故的 8%。

Choudhary 與 Velaga^[16]欲了解印度司機在經過無號誌路口時,發簡訊、飲食等動作與危險駕駛行為之關聯,該研究總共對 89 名參與者的駕駛狀況進行分析,實驗中有三項分心任務,包含喝水、吃東西及發簡訊,所有司機都進行了一次非分心駕駛和至少一次分心駕駛,但有一些司機進行了兩種分心任務(例如:發簡訊和吃東西),且實驗分為兩個階段,一為當駕駛員接近交叉路口時(接近區),二為當他們完成預期的操作時(完成區),作者收集了受試者在接近和完成時的反應距離和事故發生機率等駕駛數據來分析。研究結果表明,與發簡訊的任務不同,飲食任務不會對接近區的駕駛表現產生負面影響,但飲食任務會造成完成區的事故風險顯著增加。出乎意料的是,駕駛在穿越十字路口時發簡訊的事故風險降低至 76%,這可能是由於駕駛採取了補償措施。綜合以上作者認為,在複雜的駕駛情況下,分心行為可能會導致不安全的後果,因為駕駛對這些分心相關的風險認知較低。

Zhao 等人^[17]通過曼徹斯特駕駛員行為問卷,測量自我報告的異常駕駛行為,對超速、超車行為的態度以及對參與碰撞的相對關心來評估駕駛在實際高速公路的駕駛性能。研究結果發現經常在開車時使用手機的人開車更快、更頻繁地變換車道、在左車道上花費更多時間,並且參與更多緊急煞車和高加速事件的事件。這些駕駛在 DBQ 上自我報告的駕駛違規行為得分也更高,對超速和超車的態度比那些在駕駛時不經常使用手機的司機更為積極。這些結果表明,駕車時使用手機的頻率更高與更廣泛的行為模式相關,這些行為模式可能會增加撞車事故的總體風險。

Gariazzo 等人^[18]從義大利七個大城市蒐集道路交通事故資料,其中包含事故發生時間及地點、道路類型、天氣狀況、涉及車輛的數量及類型等,並在時間和空間上與有關打電話、傳訊息、上網的數據進行比對,使用案例交叉設計估計道路事故的相對風險。研究結果表明,駕駛時使用手機與隨後發生死亡事故之間存在關聯,但不一定是因果關係。另外,打電話、傳送訊息、使用網路與道路交通事故死亡人數呈正相關,100 人中每增加 5 個通話、3 個傳訊息和 40 個上網,風險會分別增加 17.2%、8.4%和 54.6%(以 15 分鐘為一個間隔)。

Alghnam 等人^[19]以沙烏地阿拉伯地區為例,研究了手機使用與嚴重交通事故之間的關聯,實驗中會有觀察員至實際道路上的十字路口紀錄行經之駕駛是否有使用手機及繫安全帶之情形,以羅吉特回歸進行分析,並以醫院中道路交通事故之病例輔佐研究,結果指出,使用手機會導致更高的殘疾嚴重程度,也就是說,在開車途中使用手機的駕駛若發生車禍會較沒有使用手機之駕駛更為嚴重,且開車時使用手機會增加 44%的嚴重道路交通事故機率。

2.4 小結

綜整上述文獻，觀察車內駕駛行為多以在車輛裝設攝影機的方式直接記錄駕駛人之行為，僅少數使用問卷或訪問的方式蒐集駕駛人之行為資料。多數的分心駕駛行為多侷限於小客車，較少探討其他車種駕駛。各研究所觀察的分心行為包含飲食、使用手機、與乘客互動、撿拾物體等轉移注意力之行為。駕駛人之分心行為會依據年齡層、性別有所差異，且分心行為的好發情境多為不複雜的道路環境，在車流較少或是速限較低的交通環境下，駕駛人容易出現分心行為。另外，在駕駛分心行為與事故風險的文獻中，提到使用手機、與乘客互動等行為會提高事故風險。

三、研究方法

3.1 分心的定義

過去文獻對駕駛分心有不同的定義與分類方式，本研究將分心分作認知分心、眼部分心以及手部分心（見圖 1）。認知分心即駕駛行車過程中，因為某些原因使注意力轉移至其他地方；眼部分心為駕駛行車過程中視線離開道路，而手部分心包含單手或雙手離開方向盤。本研究分心變數衡量方式是觀看駕駛艙內影片，並以人工進行判斷（如圖 2），因此本研究僅探討手部分心及其他可由駕駛艙內影片辨識之肢體動作。

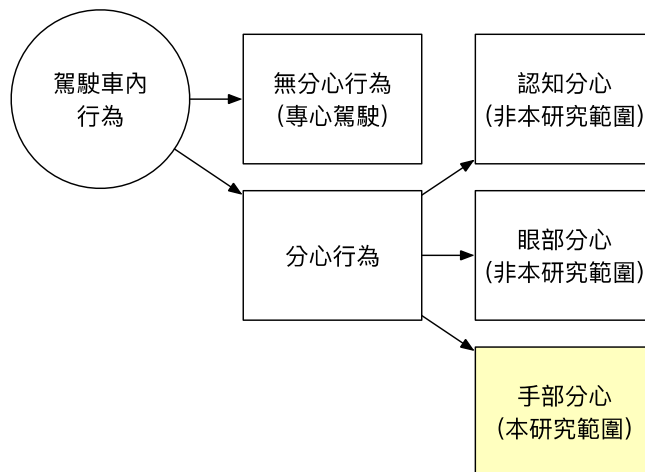


圖 1 駕駛分心分類：本研究範圍為黃色標示之手部分心行為

3.2 資料來源與樣本數

國道客運駕駛行駛時間長，且並非所有的車內分心行為皆容易與行車異常事件有關。礙於研究資源限制，本研究僅擷取個案公司先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistant

System, ADAS) 警示資料並擷取外部資料進行綜整，包含車機、GPS 車速、ADAS 系統資訊以及道路幾何等資料，作為分析異常事件發生行車動態之因素。本研究亦利用人工判斷的方式，記錄本車所處時間之天候是否下雨、時間為白天晚上，以及所處位置是否已出現加減速車道。



圖 2 駕駛艙空間範例

本研究客運車輛使用之 ADAS 系統主要為 Mobileye 6 系列設備，訊號透過車機與其他訊號 (例如 GPS 速度) 整合；整合後之 Mobileye 訊號包含各種警示發生之時間，以及偵測到之前車距離。另外，本研究由交通部高速公路局取得不同經緯度下之國道車道數，以及匝道所在位置之經緯度，與車機之經緯度整合，獲得對應之變數值。

本研究目的在以警示事件資料探討手部分心對行車異常事件之影響，資料雖未包含無警示時之分心行為與異常事件，然交通部運輸研究所^[3]以同一家客運業者資料，透過病例對照研究方法抽取 180 個警示事件類似時空環境下 9 倍之無警示樣本 1,620 個；其研究發現，同一個駕駛在無警示下出現異常僅有 2 件，亦即異常事件絕大部分是發生在有出現 ADAS 警示狀況下。因此本研究採用之警示下樣本，應足已討論分心對異常事件之影響。

3.3 警示事件異常程度定義與樣本數

根據 Wu 與 Jovanis^[20]及與客運駕駛教練訪談結果，依本車與前車之絕對距離、駕駛人因應動作以及事件發生當下是否危險等三個準則，分別就未保持安全距離、車道偏移、匝道車速過快等三大類本車與周遭車流互動狀況之 ADAS 警示事件，判定其異常等級：

- 不為異常：警示發生後，本車隨即因應並達解除警示之程度，例如將與前車的時間間距與絕對空間距離拉開，解除此警示狀態。
- 可能異常：警示發生後，本車駕駛未因應，或因應方式未達解除警示之程度，事件之安全性大幅度依賴駕駛者的專注與反應時間，稍有不慎仍會造成事故發生。
- 異常：警示發生後，本車駕駛未因應，或採取的因應方式導致與前車的時間間距與絕對空間距離逐漸縮短，其因應方式並未降低或解除風險，反而讓事故發生可能性增加。

以「前車突然減速且觸發 TTC (time-to-collision) 0.4 秒警示」之事件為例：當前車突然減速剎車，導致與前車碰撞時間小於或等於 0.4 秒，ADAS 即會發出 TTC 0.4 秒之警示。若本車隨即因應減速，將與前車的時間間距與絕對空間距離拉開；亦即本車駕駛立即應對此警示，解除此警示狀態，將判定為「不為異常」。若警示發生後，本車隨即因應減速，但僅減速至與前車同等速度，因此其與前車之時間間距與絕對空間距離並未拉開；亦即本車駕駛雖有注意並因應警示，但其採取動作並未達解除警示之程度，事件之安全性大幅度依賴駕駛者的專注與反應時間，稍有不慎仍會造成事故發生，將判定並標示為「可能異常」。若警示發生後，本車駕駛採取加速向左變換車道的方式因應，在此期間與前車的時間間距與絕對空間距離逐漸縮短，其因應方式並未降低或解除風險，反而讓事故發生可能性增加，將判定並標示為「異常」事件。

本研究所蒐集之原始資料為 200 趟次、2,558 個警示事件。警示與異常事件樣本分布整理如表 1 所示。

表 1 警示與異常事件樣本分布

警示事件類別	件 數	異常事件程度	件 數
FCWH 高速前車碰撞 ⁷	90	異常	102
FCWL 低速前車碰撞	201	可能異常	483
LDWL 向左車道偏移	202	不為異常	1,942
LDWR 向右車道偏移	189	無法辨識	31
SLDW 嚴重車道偏移	61		
SDW_0.4 未保安全距離 0.4 秒 ⁸	1,315		
SDW_1.2 未保持安全距離 1.2 秒	500		
小 計	2,558		2,558

7 前車碰撞警示為與前車可能發生碰撞時會提前 2.7 秒發出警示音；低速狀態 (FCWL) 為時速低於 30 公里，高速 (FCWH) 則大於 30 公里。

8 未保持安全距離之秒距 (0.4 或 1.2 秒) 分別代表距離前車之秒距。

3.4 事故鏈應用至 ADAS 警示事件

本研究提出圖 3 之警示事件鏈架構，分析駕駛車內分心動作對警示事件異常程度影響。此警示事件鏈分為五個階段，依時間順序分別為警示發生時之行車動態、警示發生當下之駕駛車內動作、發出警示之種類、警示後 10 秒之駕駛車內動作，以及事件本身之異常程度。除事件鏈本身外，本研究亦參考 SHRP2 NDS 的事故鏈結構，納入周遭車流環境、駕駛人特徵等因素對事件異常程度的影響。



圖 3 ADAS 警示事件鏈

3.5 分析方法

本研究主要使用二元羅吉斯特迴歸 (binary logistic regression, BLR) 與序列探勘 (sequential mining) 兩種方法進行分析。BLR 主要用來分析各因子與警示事件是否為異常(含可能異常)之關係，其數學式如下：

$$P(y_i = 1) = \text{logit}^{-1}(\alpha + \beta x_i + \sum_j \gamma_j z_{ij} + \epsilon_i)$$

其中 y_i 代表第 i 個警示事件之異常程度；當該警示事件為可能異常或異常時，其值為 1，若為不是異常，其值為 0。 x_i 即代表該警示事件包含分心行為， z_{ij} 為第 j 個其他解釋變數 (例如本車車速)。除主效果外，本研究亦會嘗試分心行為與其他解釋變數之交互作用，亦即分心行為是否在特定的行車動態或周遭車流狀況下會特別危險。本研究使用 SPADE (Sequential PAttern Discovery using Equivalence classes) 演算法進行序列探勘分析，該演算法是基於頻繁項目集合 (frequent item sets)，利用 lattice 階層式理論將原有的問題分解成較小的子問題，獨立進行探勘；詳細之演算法可參考 Zaki^[21] 之研究。

3.6 駕駛車內分心動作及其他變數定義

本研究納入的警示事件異常程度解釋變數共包含六個類別，駕駛車內分心動作、本車動態、周遭車流狀態、跟車行為、環境特徵以及駕駛人特徵。各類別變數之定義如下：

1. 駕駛車內動作變數：警示發生前（含發生當下），是否有出現以下動作。

- 手離開方向盤：左手、右手、單手、雙手。其中雙手離開方向盤包含左手及右手同時壓在方向盤上、左手及右手拳頭同時穿過方向盤、左手及右手同時交握壓在方向盤上。而左或右手離開方向盤則包含左手或右手壓在方向盤上、左手或右手拳頭穿過方向盤、左手或右手放置於另一手臂上。
- 操作車內設備：手離開方向盤後，是否觸碰駕駛艙內之車輛設備，例如駕駛座左側窗戶、前方儀錶板、駕駛座右前方、上方冷氣、方向盤左右側下方（即撥桿動作，例如打方向燈或油壓減速）、對講機、廣播設備等，請參考圖 2。
- 手拿東西：駕駛使用左手或右手拿取食物、手機、紀錄表、對講機、外套、衛生紙等，其中亦包含駕駛於影像開始本就持有或持續持有物品狀態。
- 用手機：駕駛使用左手或右手拿取智慧型手機看時間、回覆訊息等。
- 手靠近嘴巴：駕駛使用左手或右手拿取食物或飲品靠近嘴巴周圍、手摸口罩、抽菸、手於嘴巴周圍抓癢。
- 擺頭：駕駛出現頭部擺動之動作，包含小幅度及大幅度的向上擺頭、向下擺頭、向左擺頭、向右擺頭。
- 身體傾斜：前傾、右傾。身體前傾意指駕駛上半身軀幹前傾倚在方向盤上，或駕駛上半身軀幹前傾拿取物品或操作車內設備。右傾意指駕駛上半身軀幹向駕駛右方傾斜拿取物品或操作車內設備。

前述分心動作變數皆以二元變數定義，駕駛可能在同時出現多個動作，即多個動作變數同時標記為 1。例如同時出現擺頭及單手離開方向盤，或用手機時亦代表至少有單手離開方向盤。

2. 本車動態：

- 本車平均速度：警示發生前後特定時間範圍內之本車平均速度，時間範圍依迴歸分析結果決定。
- 本車平均加速度：警示發生前後特定時間範圍內之本車平均加速度，時間範圍依迴歸分析結果決定。
- 本車是否變換車道：警示聲響起時，本車是否正變換車道

3. 周遭車流狀態：

- 本車前方或周遭是否有車：警示發生前後特定時間範圍內，本車前方或周遭是否曾出現車輛，時間範圍依迴歸分析結果決定。本車前方意指同一車道，本車周遭意指左右鄰近車道、本車前後 40 公尺內。

- 本車前方或周遭是否大車：警示發生前後特定時間範圍內，本車前方或周遭是否曾出現大車，時間範圍依迴歸分析結果決定。前方與周遭定義同前述。
- 前車是否變換車道：警示聲響起時，前車是否正變換車道。

4. 跟車行為：

- 最小車距：警示發生前後特定時間範圍內，本車與前車車距之最小值，時間範圍依迴歸分析結果決定。
- 車距全距：警示發生前後特定時間範圍內，本車與前車車距變化之全距，時間範圍依迴歸分析結果決定。
- TETG (time exposed time gap)：警示發生前後特定時間範圍內，本車與前車之時距小於門檻值之時間間隔（見圖 4），門檻值與時間範圍依迴歸分析結果決定。
- TITG (time integrated time gap)：警示發生前後特定時間範圍內，本車與前車之時距與設定門檻值之差異積分，若本車與前車時距越小，則累積之總時距將越大（見圖 4），門檻值與時間範圍依迴歸分析結果決定。

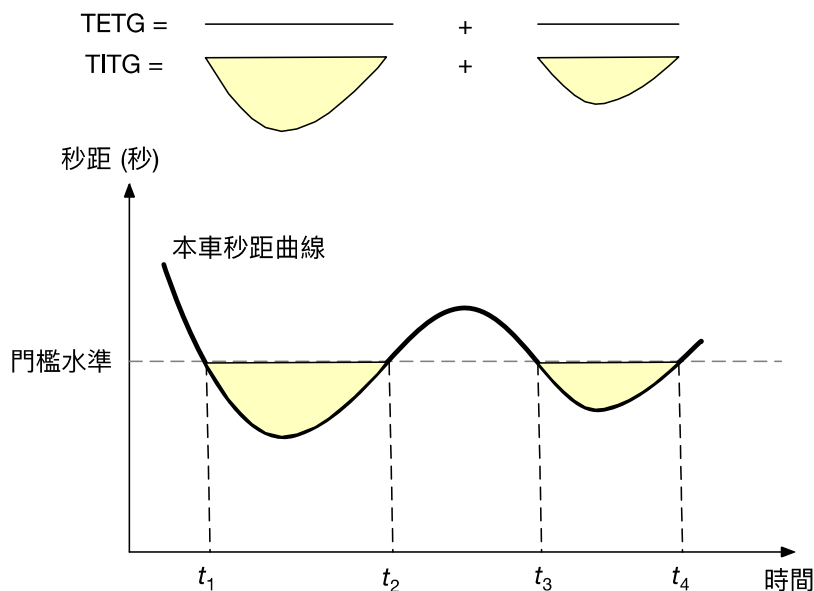


圖 4 TETG 與 TITG 定義

5. 環境特徵：

- 是否為夜間：警示發生時間是否超過日落時間，以氣象局公告當日日落時間為準。

6. 駕駛人特徵：

- 公司年資 (年)：警示發生日，該名駕駛進公司之年資。

四、研究結果與分析

4.1 車內分心行為敘述性統計

整體而言，在警示當下平均每個事件會出現 0.95 個手部分心動作；最常出現為一個動作 (1,127 個事件，占 44.5%)，其次為無任何動作 (831 個事件，占 32.8%)。在警示後 10 秒平均每個事件會出現 1.24 個手部分心動作；最常出現為一個動作 (1,038 個事件，占 41.0%)，其次為無任何動作 (634 個事件，占 25.0%)。相較於警示發生當下，警示發生後更常發生兩個動作或以上的組合分心動作。

表 2 為警示當下與警示後 10 秒之駕駛車內動作發生頻次統計，由統計結果可以發現，不管是警示當下或警示後 10 秒，駕駛在車內最常出現的分心動作為單手離開方向盤，其次為擺頭。發生頻次排序第三之分心動作，在警示當下為身體前傾，在警示後 10 秒則為手靠近嘴巴，其餘分心動作之發生頻次相對較少。

表 2 駕駛車內動作發生頻次統計：警示當下與警示後 10 秒

動作類別	警示當下		警示後 10 秒	
	次數	百分比	次數	百分比
正常駕駛	837	28.4%	640	16.83%
單手離開方向盤	1,030	34.9%	1,597	42.00%
擺頭	302	10.2%	605	15.91%
軀幹移動(身體前傾)	203	6.9%	158	4.16%
雙手離開方向盤	161	5.5%	185	4.87%
手靠近嘴巴	154	5.2%	264	6.94%
操作車內設備：撥桿	126	4.3%	164	4.31%
操作車內設備：非撥桿	59	2.0%	79	2.08%
拿東西	54	1.8%	90	2.37%
用手機(手持)	13	0.4%	12	0.32%
軀幹移動(身體右傾)	9	0.3%	8	0.21%
小計	2,948	100%	3,802	100%

註：一個警示事件樣本可能包含多於一個動作，因此動作頻次總和會大於總事件數 2,558。

比較警示當下與警示後 10 秒發生頻次可以發現，警示後 10 秒車內動作發生頻次高於警示當下，尤其單手離開方向盤增加了 567 次，擺頭亦增加了 303 次，手靠近嘴巴則增加

了 110 次；其餘如撥桿增加了 38 次，拿東西增加 36 次，雙手離開方向盤增加了 24 次，非撥桿增加 20 次。由以上分析可知，在警示發生後，手部分心動作反而增加，似與預期不符。然仔細觀察影片可以發現，部分駕駛在警示發生後會去按雙閃警示燈按鈕以消除 ADAS 警示音，導致單手離開方向盤頻次增加。另外，駕駛常在低速行駛 ADAS 發出警示音後，出現左右擺頭動作，可能目的在確認周遭車流狀況。

整體而言，在警示當下平均每事件會出現 0.95 個手部分心動作；最常出現為一個動作 (1,127 個事件，占 44.5%)，其次為無任何動作 (831 個事件，占 32.8%)。在警示後 10 秒平均每事件會出現 1.24 個手部分心動作；最常出現為一個動作 (1,038 個事件，占 41.0%)，其次為無任何動作 (634 個事件，占 25.0%)。相較於警示發生當下，警示發生後更常發生兩個動作或以上的組合分心動作。

另透過關聯法則 (apriori rules) 可以發現，警示發生當下最常出現的動作組合為單手離開方向盤且手靠近嘴巴 (137 個事件)，其次為單手離開方向盤且手拿東西 (40 個事件)。在警示發生後 10 秒最常見的動作組合則為單手離開方向盤且擺頭 (405 個事件)，其次為單手離開方向盤且手靠近嘴巴 (241 個事件)，由此可見警示當下與警示後 10 秒的駕駛車內動作有差異。值得注意的是，透過觀看影像可以發現，警示後的擺頭有可能是駕駛在聽到警示音後，在確認周遭車流。造成此差異的原因，以及不同分心動作對事件異常程度的影響，則在下述章節呈現。

圖 5 為警示發生當下為警示發生後 10 秒，在不同車行動態下有無出現手部分心動作之比例長條圖。圖 5 左為警示發生當下時，該駕駛人有出現手部分心動作下，在警示發生後 10 秒，是否又再出現手部分心動作；由統計結果可以看出，不管在哪一種行車動態下，皆有相當高的比例在警示發生後 10 秒亦會出現手部分心動作，尤其是在「其他」類別 (例如前車慢速行駛)。當警示發生當下駕駛人無任何手部分心動作時，其在警示發生後 10 秒亦相對不會出現手部分心動作。然在車道偏移行車動態中，駕駛相對容易在警示發生後出現手部分心動作，是值得注意的地方。

4.2 警示當下駕駛車內分心動作與事件異常程度關係

本研究首先用二元羅吉斯特迴歸分析車駕駛在警示當下車內的分心動作與事件異常程度之關聯，分析結果如表 3 所示。由於手離開方向盤與其他手部動作具一定關聯，表 3 共呈現三個模式，包含只包含擺頭及手是否離開方向盤變數之模式一、只包含手部動作的模式二，以及包含所有動作的模式三。由分析結果可以發現，只要在統計上顯著的變數，其參數估計值皆為正值；亦即，有出現駕駛車內分心動作的警示事件，相較於未出現駕駛車內分心動作的警示事件，其更有可能成為異常或可能異常事件。

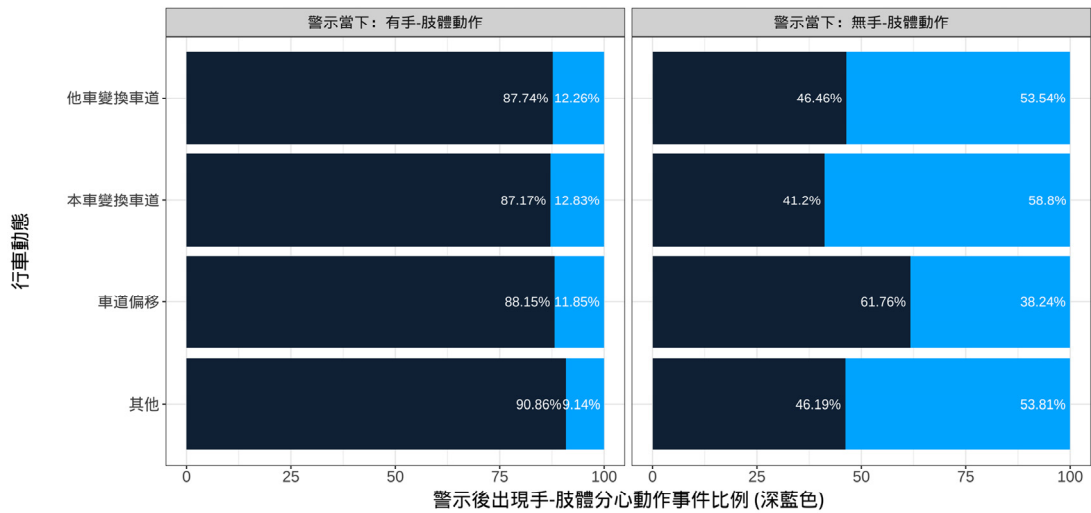


圖5 警示後出現手-肢體分心動作事件比例：警示當下有動作(左圖)、警示當下無動作(右圖)

表 3 三個模式以模式二的 AIC 與 BIC 值最小，即模式的整體配適狀況最好，且在模式一顯著的右手離開方向盤變數，在模式三為不顯著，且擺頭、身體前傾及其他手是否離開方向盤變數皆為不顯著。此結果隱含駕駛若手離開方向盤且進行特定動作，較有可能會出現異常事件；但單純的手離開方向盤，可能尚包括駕駛單手離開方向盤，但仍專注開車，不一定會提高異常事件發生的機率。

值得注意的是，雖然模式一、二、三尚未加入行車動態等變數，但其分箱殘差 (binned residuals) 皆在 95% 的信賴區間內，表示模式估計值與資料之間並無顯著差異，各分心動作變數之估計值應值得信賴。

根據前述分析結果，本研究以操作車內設備 (非撥桿)、拿東西、用手機 (手持) 三個駕駛車內分心動作為基礎，加上本車行車動態、本車與周遭車流的互動關係、駕駛環境 (例如白天/晚上)、駕駛年資等，分析車內外因素與警示事件異常程度的關係。

為了解加減速與左右偏移警示之異常影響原因之差異，除全部事件外，本研究亦特別將加減速相關警示事件 (即 FCWH 與 SDW 0.4) 及車道偏移相關警示事件分別建立模式，模式分析結果如表 4 所示。由分析結果可以發現，駕駛車內動作在納入其他變數後，多數仍呈現正向顯著分析結果，表示駕駛出現車內分心動作時之警示事件，的確較有可能為異常事件。其中加減速相關警示事件之異常程度與操作車內設備有顯著正向相關，車道偏移相關警示事件之異常程度與拿東西、用手機有顯著正向相關，皆符合預期。在加減速相關警示事件模式中，並未出現用手機案例，因此該參數無法估計。而在車道偏移相關警示事件模式中，操作車內設備案例僅 5 件，占該類事件 1.1%；由於樣本數太小，導致標準誤偏大。

表 3 警示發生當下駕駛車內分心動作與事件異常程度之關係：二元羅吉斯特迴歸分析結果(異常或可能異常=1)

	模式一		模式二		模式三	
	估計值	標準誤	估計值	標準誤	估計值	標準誤
截距	-1.232***	(0.069)	-1.248***	(0.050)	-1.253***	(0.069)
擺頭	0.193	(0.143)			0.165	(0.145)
手離開方向盤：左手	-0.204	(0.130)			-0.169	(0.133)
手離開方向盤：右手	0.261*	(0.118)			0.192	(0.121)
手離開方向盤：雙手	-0.190	(0.209)			-0.249	(0.214)
身體前傾	0.008	(0.175)			-0.172	(0.185)
身體右傾	0.820	(0.683)			0.448	(0.716)
操作車內設備：非撥桿			1.191***	(0.266)	1.155***	(0.275)
拿東西			0.798**	(0.287)	0.797**	(0.300)
用手機(手持)			1.248*	(0.580)	1.188*	(0.591)
手靠近嘴巴			-0.190	(0.211)	-0.147	(0.215)
AIC	2734.781		2713.893		2715.440	
BIC	2775.616		2743.061		2779.609	
Log Likelihood	-1360.390		-1351.946		-1346.720	
Deviance	2720.781		2703.893		2693.440	

行車動態變數在所有警示事件與加減速相關警示事件模式多呈顯著結果，但反觀在車道偏移相關警示事件模式皆未顯著，此結果隱含車道偏移警示事件異常程度與跟車行為、周遭車流狀態關聯較低，反而多與駕駛車內分心動作相關。綜整模式四與模式五的結果可獲得以下發現：警示前 3 秒前方有車、與前車車距全距 (range) 變化愈大、平均加速度愈低以及 TETG 愈大，愈容易成為異常事件。警示前後 3 秒之平均速度愈慢、最小車距愈小，亦愈容易成為異常事件。最後，若駕駛人在該公司年資愈短，其加減速相關警示事件，愈容易是異常事件，此結果可能與對車輛、路況熟悉度或本身駕駛經驗有關。

以模式六分析結果而言，除駕駛車內動作外，僅時間變數之參數估計值為顯著；當該車道偏移相關警示為白天，愈容易為異常事件。經檢視原始資料之異常事件比例，車道偏移相關警示若發生在夜間，其為異常事件之比例為 9.4% (=26/277)；若發生在白天，其為異常事件之比例為 21.3% (=35/164)，的確夜間之車道偏移警示事件是異常的比例較高。相對而言，加減速相關警示事件若發生在夜間，其為異常事件之比例為 37.5% (=118/315)，若發生在白天而為異常事件之比例為 33.0% (=357/1,082)。然須注意的是，本研究在處理資料時，部分夜間警示事件之光線過暗，無法辨識車輛周遭或駕駛車內狀況，因此予以剔除；而

ADAS 之車道偏移警示相較於加減速相關警示，更容易受到光線影響 (Teo 等人^[22])。綜合前述討論，雖然迴歸模式六之夜間變數為負向顯著，但仍需進一步研究以了解背後原因。

除模式四、五、六外，本研究亦嘗試發展車內分心動作與其他變數的交互作用模式，分析過程中發現大部分的分心動作與其他變數並無顯著交互作用，顯示分心動作對事件異常程度的影響是直接影響。然仍有少數交互作用呈現顯著影響，其分析結果如表 4 模式七所示。

顯著之交互作用皆與警示前後 3 秒本車與前車最小車距有關，顯著之分心動作為拿東西及操作車內設備；在納入此兩交互作用後，其他變數對事件異常程度之影響無明顯變化，顯示模式間之穩定度。圖 6 為此兩交互作用效果對警示事件異常程度之邊際影響，其中橫軸為最小車間距、縱軸為警示事件為異常的機率 (即模式七 $Y=1$ 之估計機率值)，灰底為 95% 的信賴區間。比較左右兩圖可以發現，拿東西對事件異常程度影響的區別主要出現在最小車間距大時，而操作車內設備對事件異常程度影響的區別則是出現在最小車間距小於 8 秒時。由於模式七中操作車內設備的主效果為正向顯著 (2.557***)，可見若此動作出現在最小車距小於 8 秒之警示事件鏈，其成為異常事件的機率將大幅增加。

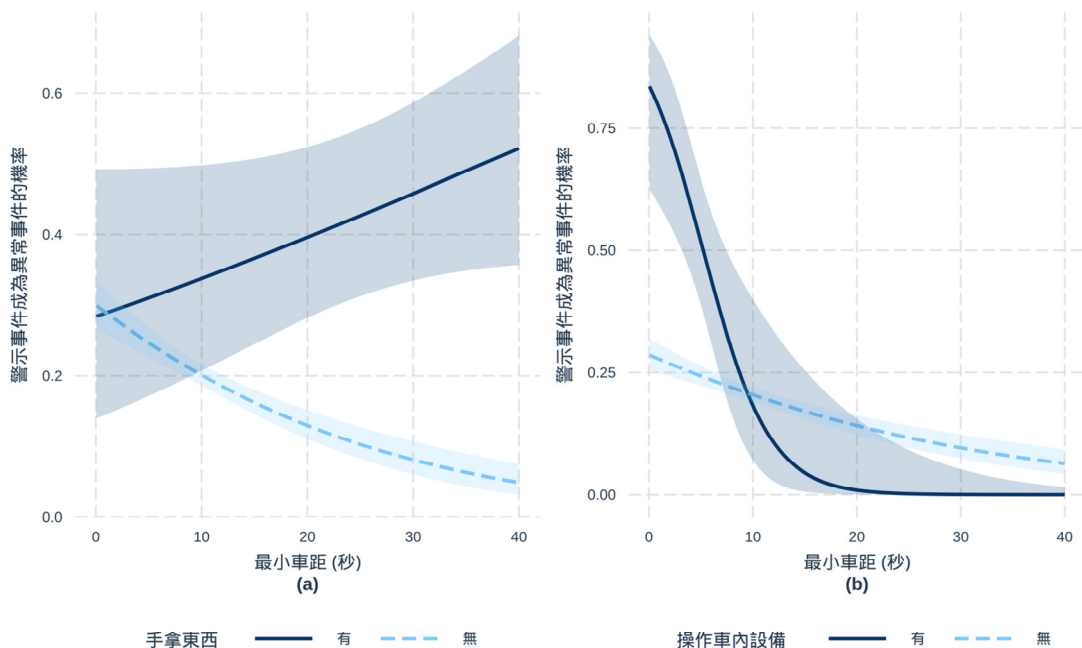


圖 6 警示發生當下動作與最小車距交互作用對警示事件異常程度關係：手拿東西(左圖)、操作車內設備(右圖)

註：陰影部分為 95%信賴區間

表 4 警示發生當下駕駛車內分心動作、警示前後行車動態及周遭車流與事件異常程度之關係：二元羅吉斯特迴歸分析結果(異常或可能異常=1)

	模式四 (所有警示事件)		模式五 (加減速相關 警示事件)		模式六 (車道偏移相關 警示事件)		模式七 (所有警示事件+ 交互作用)	
	估計值	標準誤	估計值	標準誤	估計值	標準誤	估計值	標準誤
截距	-1.096***	(0.331)	2.505***	(0.623)	0.496	(1.615)	-0.868*	(0.343)
駕駛車內動作：警示當下								
操作車內設備	0.996***	(0.285)	1.307***	(0.371)	-14.646	(1045.389)	2.557***	(0.684)
拿東西	1.693***	(0.329)	0.604	(0.645)	2.140***	(0.452)	-0.077	(0.545)
用手機(手持)	2.838***	(0.626)			2.388***	(0.646)	3.093***	(0.641)
警示前 3 秒動態								
前方無車(Yes = 1)	0.031	(0.156)	-0.533*	(0.209)	-0.482	(0.568)	-0.027	(0.158)
與前方車距全距 (秒)	0.030***	(0.007)	0.027**	(0.009)	0.026	(0.036)	0.029***	(0.007)
平均加速度 (m/s ²)	-0.835***	(0.221)	-1.026***	(0.286)	0.009	(1.122)	-0.873***	(0.223)
TETG：門檻值 0.5 秒	0.073***	(0.009)	0.034**	(0.011)	0.057	(0.040)	0.069***	(0.009)
警示前後 3 秒動態								
平均速度(m/s)	-0.002	(0.003)	-0.025***	(0.006)	-0.021	(0.016)	-0.003	(0.003)
最小車距(s)	-0.038***	(0.007)	-0.231***	(0.053)	0.015	(0.019)	-0.046***	(0.008)
本車變換車道 (Yes = 1)	-0.175	(0.115)	-0.413***	(0.125)			-0.191	(0.115)
夜間(Yes = 1)	-0.075	(0.116)	0.216	(0.143)	-0.952**	(0.317)	-0.082	(0.116)
公司年資	-0.035***	(0.008)	-0.038***	(0.010)	-0.053	(0.030)	-0.035***	(0.008)
分心與動態交互項								
最小車距(s)×拿東西							0.078***	(0.019)
最小車距(s)×操作車內設備							-0.270*	(0.118)
AIC	2461.259		1655.919		326.050		2439.151	
BIC	2537.096		1718.824		375.119		2526.655	
Log Likelihood	-1217.629		-815.960		-151.025		-1204.576	
Deviance	2435.259		1631.919		302.050		2409.151	

註：*** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05

4.3 警示鏈分析

考量不同行車動態下之警示發生原因可能不同，本研究依前車變換車道、本車變換車道以及本車車道偏移三種行車動態類別分別進行警示鏈分析，序列規則分析結果綜整如表 5、表 6、表 7。

不管是前車變換車道、本車變換車道或本車車道偏移，各規則之信賴度皆接近 1、支持度大部分小於 0.01，表示各規則的出現頻率不高，但一旦出現表格中所列之警示當下分心動作→警示類別→警示後 10 秒分心動作序列，此警示事件即有高度可能會出現對應之異常程度。另外，各規則的提升度約介於 1 至 7 之間，代表當出現該規則之分心動作→警示類別→警示後 10 秒分心動作組合時，此事件成為對應之異常程度事件之概率約為該類異常程度事件總體發生次數的 1 至 7 倍。由表中可發現本車車道偏移中可能異常或異常事件的提升度最高，約在 7 左右，表示若出現表 7 編號 1 至 7 的分心動作→警示類別→警示後 10 秒分心動作序列，出現可能異常或異常的概率為所有警示事件成為可能異常或異常的 7 倍。

4.3.1 前車變換車道

在前車變換車道行車動態中 (表 5)，主要出現之 ADAS 警示為未保安距 0.4 秒 (SDW 0.4) 及高速前車碰撞 (FCHW) 警示。經比較不為異常與可能異常或異常事件可以發現，在未保安距 0.4 秒警示事件中，若駕駛人僅出現手靠近嘴巴或僅在警示後出現撥桿動作，該警示事件通常不會成為異常事件 (規則編號 17~19)。表示駕駛人出現手靠近嘴巴時，大部分仍處於專心開車狀態。經觀察行車影像發現，駕駛人出現手靠近嘴巴時，通常出現的動作為調整口罩或吃東西，大部分之專注力應仍保持在車輛前方。然若未保安距 0.4 秒警示時，駕駛出現身體前傾、拿東西或其他單手離開方向盤動作，再加上前方有車切入本車道，且警示後 10 秒仍有身體前傾、手靠近嘴巴、擺頭或手離開方向盤等分心動作 (規則 1~10)，則此未保安距 0.4 秒事件容易成為可能異常或異常事件。

規則 11 為警示前後皆出現撥桿動作且該警示事件為可能異常或異常，經觀察影像發現，撥桿通常是駕駛在進行排檔動作；易言之，此事件是駕駛在持續排檔時，ADAS 出現未保安距 0.4 秒的警示，表示本車距前車過近且需快速降檔，其原因可能在於本車駕駛未注意前車切入本車道，或他車過快切入本車道致駕駛不及反應。

規則 12~14 為駕駛在警示前雙手離開方向盤，此行為通常發生在車流壅塞、車速較低時；若此時手有其他動作或駕駛擺頭，且前方有車切入本車道，就算駕駛馬上回復正常駕駛動作 (警示後 10 秒未出現分心動作)，仍然會導致事件可能異常或異常。規則 15 及 16 則是駕駛在未保安距 0.4 秒警示響起後，仍做出拿東西及其他手部複合分心動作，因動作相對複雜，亦容易成為可能異常或異常事件。

由規則 20~28 可以發現，當前方有車變換車道時，只要出現 FCWH，即有可能為可能異常或異常，顯見此警示類別之重要性。

表 5 示當下分心動作、發生警示類別、警示後 10 秒分心動作及導致事件異常程度序列法則：前車變換車道

編號	警示當下分心動作		警示類別	警示後 10 秒分心動作		異常程度	支持度	信賴度	提升度
1	身體前傾	單手離開方向盤	SDW_0.4	身體前傾		可能異常或異常	0.0034	1.0000	3.7261
2	身體前傾	操作車內設備	SDW_0.4			可能異常或異常	0.0034	1.0000	3.7261
3	身體前傾		SDW_0.4	手靠近嘴巴		可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
4	身體前傾		SDW_0.4	身體前傾	手靠近嘴巴	可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
5	身體前傾		SDW_0.4	操作車內設備		可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
6	拿東西		SDW_0.4	擺頭		可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
7	拿東西		SDW_0.4	雙手離開方向盤		可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
8	單手離開方向盤		SDW_0.4	拿東西	擺頭	可能異常或異常	0.0034	1.0000	3.7261
9	單手離開方向盤		SDW_0.4	撥桿	擺頭	可能異常或異常	0.0034	1.0000	3.7261
10	單手離開方向盤		SDW_0.4	雙手離開方向盤	手靠近嘴巴	可能異常或異常	0.0034	1.0000	3.7261
11	撥桿		SDW_0.4	撥桿		可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
12	雙手離開方向盤	撥桿	SDW_0.4			可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
13	雙手離開方向盤	操作車內設備	SDW_0.4			可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
14	雙手離開方向盤			擺頭		可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
15			SDW_0.4	拿東西	操作車內設備	可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
16			SDW_0.4	拿東西	雙手離開方向盤	可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
17	手靠近嘴巴		SDW_0.4	手靠近嘴巴	擺頭	不為異常	0.0034	1.0000	1.3668
18	手靠近嘴巴		SDW_0.4	手靠近嘴巴		不為異常	0.0256	0.8333	1.1390
19	無手部分心動作		SDW_0.4	撥桿		不為異常	0.0103	0.8571	1.1716
20	手靠近嘴巴		FCWH			可能異常或異常	0.0051	1.0000	3.7261
21	單手離開方向盤		FCWH			可能異常或異常	0.0085	1.0000	3.7261
22	撥桿		FCWH			可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
23			FCWH	手靠近嘴巴		可能異常或異常	0.0154	1.0000	3.7261
24			FCWH	手靠近嘴巴		可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
25			FCWH	身體前傾		可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
26			FCWH	撥桿		可能異常或異常	0.0017	1.0000	3.7261
27			FCWH	擺頭		可能異常或異常	0.0051	1.0000	3.7261
28			FCWH			可能異常或異常	0.0239	0.8235	3.0686

4.3.2 本車變換車道

在本車變換車道的行車動態中 (表 6)，主要之警示類別同樣是未保安距 0.4 秒及高速前車碰撞。規則 11 為唯一不為異常之未保安距 0.4 秒事件，其警示鏈僅有警示當下出現撥桿及擺頭動作，表示此動作應為駕駛在觀察周遭車流並因應進退檔，以進行變換車道動作。規則 1、8 同樣為本車變換車道時，僅在警示前駕駛有出現分心動作，但此事件卻為可能異常或異常事件。細究其警示前動作，包含操作車內設備、雙手離開方向盤或手靠近嘴巴等與行車無直接相關動作；類似狀況出現在規則 2~7，駕駛在本車變換車道時，警示前後皆有做出分心動作。由於變換車道為一複雜性較高之操作，此些規則可能可歸究於駕駛不專心開車或高估本身行車技巧。規則 4、9、10 警示鏈中則出現雙手離開方向盤動作，此為危險駕駛動作，尤其在本車變換車道時，警示事件更容易進一步變成可能異常或異常。

在高速前車碰警示中，比較規則 12、13 與 14~16 可以發現，若本車變換車道時，警示前出現的動作為身體前傾、單手離開方向盤或操作車內設備，此些動作與分心不一定有直接關聯。相反地，若駕駛在警示後出現分心動作，則容易成為異常或可能異常事件。

表 6 警示當下分心動作、發生警示類別、警示後 10 秒分心動作及導致事件異常程度序列法則：本車變換車道

編號	警示當下分心動作		警示類別	警示後 10 秒分心動作		異常程度	支持度	信賴度	提升度
1	身體前傾	操作車內設備	SDW_0.4			可能異常或異常	0.0092	1.0000	3.5912
2	身體前傾		SDW_0.4	無手部分心動作		可能異常或異常	0.0015	1.0000	3.5912
3	拿東西		SDW_0.4	手靠近嘴巴		可能異常或異常	0.0031	1.0000	3.5912
4	單手離開方向盤		SDW_0.4	雙手離開方向盤	手靠近嘴巴	可能異常或異常	0.0015	1.0000	3.5912
5	操作車內設備	單手離開方向盤	SDW_0.4	操作車內設備		可能異常或異常	0.0015	1.0000	3.5912
6	操作車內設備		SDW_0.4	擺頭		可能異常或異常	0.0031	1.0000	3.5912
7	擺頭		SDW_0.4	手靠近嘴巴		可能異常或異常	0.0062	1.0000	3.5912
8	雙手離開方向盤	手靠近嘴巴	SDW_0.4			可能異常或異常	0.0015	1.0000	3.5912
9	雙手離開方向盤		SDW_0.4	手靠近嘴巴		可能異常或異常	0.0015	1.0000	3.5912
10			SDW_0.4	拿東西	雙手離開方向盤 手靠近嘴巴	可能異常或異常	0.0015	1.0000	3.5912
11	撥桿	擺頭	SDW_0.4			不為異常	0.0062	1.0000	1.3889
12	擺頭		FCWH	操作車內設備		可能異常或異常	0.0015	1.0000	3.5912
13			FCWH	手靠近嘴巴		可能異常或異常	0.0015	1.0000	3.5912
14	身體前傾		FCWH			不為異常	0.0015	1.0000	1.3889
15	單手離開方向盤		FCWH			不為異常	0.0015	1.0000	1.3889
16	操作車內設備		FCWH			不為異常	0.0015	1.0000	1.3889

4.3.3 本車車道偏移

在本車車道偏移的行車動態中(表 7)，最常出現的警示類別為嚴重車道偏移 (SLDW)。經比較規則 1~6 與 8~20 可以發現，當出現嚴重車道偏移且伴隨雙手離開方向盤動作時，此嚴重車道偏移事件更容易成為可能異常或異常事件。而可能異常或異常的嚴重車道偏移事件也通常伴隨著多個動作，尤其是擺頭。此些規則顯示，嚴重車道偏移警示若伴隨雙手離開方向盤或擺頭，為特別值得關注之警示事件。

表 7 警示當下分心動作、發生警示類別、警示後 10 秒分心動作及導致事件異常程度序列法則：本車車道偏移

編號	警示當下分心動作		警示類別	警示後 10 秒分心動作		異常程度	支持度	信賴度	提升度
1	身體前傾	雙手離開方向盤	SLDW			可能異常或異常	0.0066	1.0000	7.2903
2	身體前傾		SLDW	擺頭		可能異常或異常	0.0022	1.0000	7.2903
3	擺頭	拿東西	SLDW	擺頭		可能異常或異常	0.0022	1.0000	7.2903
4	雙手離開方向盤	擺頭	SLDW	雙手離開方向盤		可能異常或異常	0.0022	1.0000	7.2903
5	雙手離開方向盤	拿東西	SLDW	擺頭		可能異常或異常	0.0022	1.0000	7.2903
6	雙手離開方向盤	拿東西	SLDW	雙手離開方向盤		可能異常或異常	0.0022	1.0000	7.2903
7			SLDW	手靠近嘴巴	雙手離開方向盤	可能異常或異常	0.0022	1.0000	7.2903
8	用手機		SLDW			不為異常	0.0044	1.0000	1.1710
9	身體前傾	單手離開方向盤	SLDW			不為異常	0.0177	0.8889	1.0409
10	單手離開方向盤		SLDW	雙手離開方向盤		不為異常	0.0044	1.0000	1.1710
11	單手離開方向盤		SLDW			不為異常	0.0863	0.8864	1.0379
12	無手部分心動作		SLDW			不為異常	0.0221	1.0000	1.1710
13			SLDW	無手部分心動作		不為異常	0.0288	1.0000	1.1710
14			SLDW	用手機		不為異常	0.0022	1.0000	1.1710
15			SLDW	手靠近嘴巴		不為異常	0.0155	1.0000	1.1710
16			SLDW	身體前傾		不為異常	0.0066	1.0000	1.1710
17			SLDW	拿東西		不為異常	0.0066	1.0000	1.1710
18			SLDW			不為異常	0.1173	0.8689	1.0174

五、結論與建議

駕駛分心被視為道路交通事故發生的主要原因之一，然過去研究對象多為小客車一般駕駛，缺乏對大型車職業駕駛分心樣態的了解。另外，自然人駕駛 (naturalistic driving) 研究多從事故鏈的角度，分析分心對事故的影響，研究範圍侷限在道路交通事故。然在感測設備不斷進步的狀況下，ADAS 警示、行車動態、車流狀況等資訊，提供研究者豐富資訊，可用以了解駕駛分心樣態以及對事件異常程度之影響關係。基於前述研究缺口與機會，本研究提出五階段警示事件鏈的架構，並以國內某國道客運為例，蒐集 200 趟次旅次共 2,558 件警示之 ADAS 系統、OBD 車機及影像資料，同時整合國道幾何、氣象局等外部資料，分析職業大客車駕駛在國道行駛時之分心樣態以及分心與異常程度關聯，主要研究結論如下：

- 國道客運職業駕駛在車內的手或肢體動作分心行為，以單手離開方向盤的發生頻率最高、其次為擺頭。然單純以手是否離開方向盤或擺頭與否判斷，並無法有效關聯警示事件異常程度；原因在於國道駕駛時間長，單手離開方向盤可能為駕駛放鬆姿態，不一定影響事件異常程度。然若能細究其為何種動作，則可有效關聯事件異常程度。以本研究實證資料而言，ADAS 警示下駕駛出現操作車內設備 (例如調整車內空調)、拿東西、持手機行為，皆顯著提升事件異常化之機率。
- 不同類型的 ADAS 警示可能與不同的分心動作有關，分心動作對事件異常化的影響不僅在主效果；在不同行車動態下，分心動作對事件異常化的影響可能增強。以本研究實證分析結果顯示，在加減速相關的警示事件中，操作車內設備是顯著影響變數；在車道偏移相關警示事件中，拿東西及持手機為顯著影響變數。前述分心動作在本車與前車的最小車距小於 8 秒時，警示事件異常化的機率將顯著增加。
- 本研究提出行車動態 警示發生當下駕駛車內動作 警示種類 警示後 10 秒駕駛車內動作 事件異常程度五階段警示事件鏈，並以序列探勘方法分析實證資料；研究結果發現，不同異常程度的事件鏈內涵的確有所差異。例如在本車車道偏移的行車動態下，若警示當下雙手離開方向盤且手拿東西或擺頭，警示發生後雙手持續離開方向盤，發生可能異常或異常的可能性為整體事件鏈平均的七倍。

根據本研究分析結果，提出以下建議：

- 本研究分析出之分心行為與警示事件異常化之關係，可作為業者平常教育訓練或主管機關職業駕駛考照或回訓之參考。由實證資料可看出，手離開方向盤為國道長途駕駛常見之行為，喝水、調整口罩等亦為不可避免之分心動作。然而，應教育駕駛人如何在車流環境相對安全下，短暫完成手部動作，以避免突如前來的車流變動，導致異常事件發生。駕駛不宜連續或同時出現多個手部分心動作，容易導致異常事件發生。在本車執行車道變換、本車行駛於彎道或匝道時，或 ADAS

警示發生後 10 秒內，不宜出現分心動作。法律規定不得出現之分心動作（例如持手機）或明顯有危害行車安全的分心動作（例如雙手離開方向盤），實證結果的確顯著增加警示事件異常程度，應嚴加禁止，並教育駕駛人不可輕忽。

- 在資料限制之下，本研究之分心衡量指標侷限於手部分心，然認知分心與眼部分心亦為文獻上常見之分心行為，建議進一步研究手部分心以外之分心行為樣態，以及不同分心行為對警示事件異常化之影響。另外，本研究之分析對象限於警示事件，抽樣分析結果雖顯示警示事件已包含大部分異常事件，但若目標在了解分心樣態之盛行率，亦應納入未警示下之駕駛行為，此可為未來研究方向。
- 本研究建議之五階段警示事件鏈可用以構築警示事件，並作為分析潛在因子對事件異常程度之影響。然而，若目的在分析分心動作對駕駛人感知反應之影響，則需更細緻的分心動作時間標記；例如，可透過分析手離開至回到方向盤時間，估計分心動作的潛在風險。
- 本研究以序列探勘方法驗證五階段警示事件鏈概念架構，此方法可有效辨識各階段多個因子間之組合順序關係，然模式未包含隨機誤差項，無法量化各階段各因子間之不確定性關係。目前常用的結構方程模式 (structural equation modeling) 雖為可結構化因子間關係之參數型方法，但多半侷限於線性關係與多變量常假設，然事故鏈或警示事件鏈的衡量變數多為類別變數，發展新的參數型方法分析此類結構關係有待未來研究。
- 本研究雖整合國道幾何、氣象局等外部資料進行分析，然分析結果僅有該警示是否發生於夜間變數納入最後模式，此可能與夜間或彎道之警示事件樣本數相對較少有關。但道路幾何與氣象條件為文獻中常見之異常駕駛行為重要外部因素，建議未來能針對此兩主題進行更深入的研究。

參考文獻

1. Wu, K.F. (Ken), and Wang, L., “Exploring the Combined Effects of Driving Situations on Freeway Rear-End Crash Risk Using Naturalistic Driving Study Data”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol.150, 2021, 105866.
2. Ayoub, J., Wang, Z., Li, M., Guo, H., Sherony, R., Bao, S., and Zhou, F., “Cause-and-Effect Analysis of ADAS: A Comparison Study between Literature Review and Complaint Data”, *Proceedings of the 14th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 2022, pp.139-149.
3. 交通部運輸研究所，應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (2/4)－車內異常事件影像辨識技術開發，民國 112 年。
4. Qin, L., Li, Z. (Richard), Chen, Z., Bill, A., and Noyce, D., “Understanding Driver Distractions in Fatal Crashes: An Exploratory Empirical Analysis”, *Journal of Safety Research*, Vol.69, 2019, pp.23-31.

5. Beanland, V., Fitzharris, M., Young, K.L., and Lenné, M.G., "Driver Inattention and Driver Distraction in Serious Casualty Crashes: Data from the Australian National Crash In-Depth Study", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.54, 2013, pp.99-107.
6. Ersal, T., Fuller, H., Tsimhoni, O., Stein, J.L., and Fathy, H.K., "Model-Based Analysis and Classification of Driver Distraction under Secondary Tasks", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol.11, No.3, 2010, pp.692-701.
7. Stutts, J., Feaganes, J., Reinfurt, D., Rodgman, E., Hamlett, C., Gish, K., and Staplin, L., "Driver's Exposure to Distractions in Their Natural Driving Environment", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.37, No.6, 2005, pp.1093-1101.
8. Regan, M.A., Hallett, C., and Gordon, C.P., "Driver Distraction and Driver Inattention: Definition, Relationship and Taxonomy", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.43, No.5, 2011, pp.1771-1781.
9. Wundersitz, L., "Driver Distraction and Inattention in Fatal and Injury Crashes: Findings from in-Depth Road Crash Data", *Traffic Injury Prevention*, Vol.20, No.7, 2019, pp.696-701.
10. Strayer, D.L., and Drews, F.A., "Cell-Phone-Induced Driver Distraction", *Current Directions in Psychological Science*, Vol.16, No.3, 2007, pp.128-131.
11. Horberry, T., Anderson, J., Regan, M.A., Triggs, T.J., and Brown, J., "Driver Distraction: The Effects of Concurrent in-Vehicle Tasks, Road Environment Complexity and Age on Driving Performance", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.38, No.1, 2006, pp.185-191.
12. 林志隆, 「汽車駕駛員在通話負荷下的目標管理」, 國立臺灣科技大學工業管理系碩士論文, 民國 91 年。
13. Harbluk, J.L., Noy, Y.I., Trbovich, P.L., and Eizenman, M., "An On-Road Assessment of Cognitive Distraction: Impacts on Drivers' Visual Behavior and Braking Performance", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.39, Iss. 2, 2007, pp.372-379.
14. Huisingh, C., Griffin, R., and McGwin, G., "The Prevalence of Distraction Among Passenger Vehicle Drivers: A Roadside Observational Approach", *Traffic Injury Prevention*, Vol.16, No.2, 2015, pp.140-46.
15. Bakiri, S., Galéra, C., Lagarde, E., Laborey, M., Contrand, B., Ribéreau-Gayon, R., Salmi, L.R., Gabaude, C., Fort, A., Maury, B., Lemerrier, C., Cours, M., Bouvard, M.P., and Orriols, L., "Distraction and Driving: Results from a Case-Control Responsibility Study of Traffic Crash Injured Drivers Interviewed at the Emergency Room", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.59, 2013, 588-592.
16. Choudhary, P., and Velaga, N.R., "Driver Behaviour at the Onset of Yellow Signal: A Comparative Study of Distraction Caused by Use of a Phone and a Music Player", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol.62, 2019, pp.135-148.
17. Zhao, N., Reimer, B., Mehler, B., D'Ambrosio, L.A., and Coughlin, J.F., "Self-Reported and Observed Risky Driving Behaviors among Frequent and Infrequent Cell Phone Users", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.61, 2013, pp.71-77.
18. Gariazzo, C., Stafoggia, M., Bruzzone, S., Pelliccioni, A., and Forastiere, F., "Association between Mobile Phone Traffic Volume and Road Crash Fatalities: A Population-Based

- Case-Crossover Study”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol.115, 2018, pp.25-33.
19. Alghnam, S., Towhari, J., Alkelya, M., Alsaif, A., Alrowaily, M., Alrabeeah, F., and Alabtain, I., “The Association between Mobile Phone Use and Severe Traffic Injuries: A Case-Control Study from Saudi Arabia”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol.16, No.15, 2019, pp.2706.
 20. Wu, K.F. (Ken), and Jovanis, P.P., “Crashes and Crash-Surrogate Events: Exploratory Modeling with Naturalistic Driving Data”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol.45, 2012, pp.507-516.
 21. Zaki, M.J., “SPADE: An Efficient Algorithm for Mining Frequent Sequences”, *Machine Learning*, Vol.42, 2001, pp31-60.
 22. Teo, T.Y., Sutopo, R., Lim, J.M.Y., and Wong, K.S., “Innovative Lane Detection Method to Increase: The Accuracy of Lane Departure Warning System”, *Multimedia Tools and Applications*, Vol.80, 2021, pp.2063-2080.

機票規定看仔細，安心旅遊趣！

訂票前仔細看 退票和行李規定。

訂票時再確認 機票上的英文名字
是否跟護照一致，這樣才能順利登機哦！

