

都會地區無號誌路口事故因子分析與安全提升對策

雷衍苓¹、許添本²、陳彥向³、王映筑⁴

摘要

分析臺灣交通事故數量發生於無號誌路口佔總體事故約 21%，因此，如何緩解此類事故以維護生命財產安全，成為不可忽視的課題。然而，現行道路事故資料平台多聚焦於號誌化路口，尚無法有效呈現無號誌路口之易肇事位置，使難以從整體路口環境面進行系統性分析。是以，本研究以「提升無號誌路口安全」為目標，聚焦於都會地區之四岔路口，針對臺北市傷亡（A1 及 A2 類）事故資料分析。首先，運用密度為基礎的 DBSCAN 聚類演算法，結合事故經緯度，並結合地點文字紀錄進行校正，建立「以事故資料識別交岔口位置」的方法，補足現有道安平台無法顯示事故熱點之缺口。接著，針對辨識後之無號誌交岔口，依據一年平均交叉撞事故數與控制型態，抽樣調查臺北市 204 處四岔無號誌路口，採用卜瓦松迴歸模型分析。分析計量結果，清楚的「停」標誌之碰撞修正因子（CMF）為 0.763（可改進 23.7%）、使視距受限之無截角建築 CMF = 1.274（事故多 27.4%）、停車場入口設置於無號誌路口，CMF = 1.275（事故多 27.5%）。因此，建議擬定政策：(i) 儘速修法使停讓路口不能僅以鋪面上之「標字」搪塞，而須有「標誌」——修訂《道路交通標誌標線號誌設置規則》第 177 條為『「停」標字，用以指示車輛至此必須停車再開。設於停止線將近之處』之後半段為「不論是否有本標字，均應設置第五十八條所述之「停車再開」標誌」。(ii) 地方政府開發案審議應確認保留建築截角以提供視距。(iii) 主管機關須確認停車場出入口勿於無號誌路口。

關鍵詞：無號誌路口（非號誌路口）、DBSCAN、事故分析、停標誌、路口視距

一、緒論

臺灣 2021、2022 年無號誌路口事故人數佔總交通事故人數比例為 21% 至 22% 之間（交通部，2025），雖然比例較號誌化路口低，仍不容忽視。僅臺北市於 2022 年就有 5,585 件傷亡事故（含 A1 及 A2 事故），計 12,546 名當事人（次），不僅僅為當事者之傷亡損失、造成家庭破碎、無工作能力或經濟困難等不幸，警方亦因應高事故頻次而疲於奔命。然而，文獻中與實務上之事故分析，多著重於號誌化路口，對無號誌路口的認識較為不足。探究原因，「人、車、路」三安全面向中，對於「路」的理解相對不足。詳細來說，警方關於「人」的調查較為充足，因此可由交通部（2025）道安資訊平台可見「未依規定讓車」之肇因約佔 45%。

¹ 至善交通科技有限公司交通技師。

² 亞聯工程顧問股份有限公司董事長；國立臺灣大學土木工程學系退休教授。

³ 國立臺灣大學土木工程學系助理教授（聯絡地址：106 臺北市大安區羅斯福路四段 1 號，電話：02-336642629，E-mail: yenchel@ntu.edu.tw）。

⁴ 國立臺灣大學土木工程學系交通組研究生。

反觀，無號誌路口的事故熱點，未被有效辨識與系統歸類，使得探討時難以從「路」的層面進行系統性分析。

進一步來看，目前資訊平台本身，能查詢到的各縣市肇事熱點資料，大多是號誌化路口，彙整資料可容易得到多事故（易肇事）號誌路口位置；反之，多事故（易肇事）無號誌交岔口卻不易了解，也難以進一步由道路幾何、環境等實際因素去系統性檢視無號誌路口的安全問題。此外，無號誌路口事故最大肇因「未依規定讓車」為「人」的層面，但基於其駕駛心理與感知，是否可歸咎於駕駛對道路環境的認知不足，則涉及標誌、標線等資訊用於劃分路權。但交通事故調查表乃聚焦在肇事責任而非道路診斷，自然沒有對此詳細紀錄，所以也沒辦法從而對環境造成的風險進行探討。

鑒於前述背景，本研究目標為提升都市地區無號誌路口的安全，具體研究目的如下：

1. 建立「以事故資料識別交岔口位置」的方法，解決以往未能對大量無號誌交岔口道路環境探討的問題。
2. 了解無號誌交岔口控制型態與環境因素情形，並透過建立事故頻次模型分析事故因子。
3. 擬定具體改善對策，包含優先權標誌設置準則與建築截角不足改善策略。

二、文獻回顧

2.1 無號誌路口安全相關研究

回顧無號誌路口事故因子之相關研究，主要可歸類為「路口視距」（intersection sight distance, ISD）、「控制型態」、「路權規則」等重要議題。

路口視距：由於無號誌路口之車輛行止，由交通規則定義，取決於用路人之間的關係。因此，是否能清楚查看其他用路人——路口視距是否充足——則理所當然成為是否進入路口衝突區的決策。Himes 等（2016）分析「停」標誌之事故因子，僅有路口視距與幹道速限為顯著。該研究使用負二項迴歸建立無號誌交岔口的路口視距與事故頻次的關係，證實目標事故與可用視距有關，而路口視距對事故頻次的影響，隨著主次要道路交通量之變化而改變。NCHRP 報告 #383（Harwood 等，1996）及 #500（Neuman 等，2003）皆討論關於提升路口視距以改善無號誌路口的安全對策。

控制型態與路網觀點：我國無號誌路口最大宗肇因為未依規定讓車，其又與以標誌劃分路權之控制型態有關，控制型態（如停、讓標誌）是否設置，以及設置方式的清晰程度，與事故頻率密切相關。對比發現，提升管制水準未必降低事故數，反而可能提升特定類型事故，需謹慎評估（Polus, 1985；Lum & Stockton, 1982）。交岔口安全議題應從路網著眼，以更整體的角度探討無號誌交岔口安全。不同的道路在路網中有層級（hierarchy）之分，現行設計規範如《公路路線設計規範》、《市區道路及附屬工程設計標準》對道路層級雖有分類，但缺乏明確反映於交岔口設計上。例如不同公路等級橫斷面差異不明，交叉方式僅針對高速公

路立體交叉有規範，未名列一般平面交叉。美國《AASHTO⁵ Green Book⁶》將道路劃分為郊區與市區系統，並進行功能分類，但未明確規定不同層級交會時的設計準則。相較於臺灣與美國目前未有公路系統與市區道路系統更上位的「路網概念」，德國《RIN⁷ - 路網佈設規範》與《RASt⁸ — 市區道路佈設規範》提供完整的道路層級與交岔口類型對照，例如在都市區依交通量與車道數決定交岔口型式。其分級與設計標準間具清楚對應，強調整體路網思維。

路權規則：若遇有停、讓標誌者，則應讓路予幹道。而若未有停、讓等「無管制」狀況，則由另外三條件判斷。也就是說，我國須遵守以下層級 (i) 是否有停讓標誌、(ii) 車道數目、(iii) 轉彎車讓直行車、(iv) 左方車讓右方車…等決策順序，如圖 1，較為複雜。吳宗修（1998）指出無控制路口之路權，可繪製為矩陣，以利事故責任鑑定。不從肇事鑑定角度，純粹從用路人負載（workload），可發現用路人或許無法一邊駕車一邊思考路權矩陣。換句話說，相比一般發達國家，我國道路環境要求用路人須於短時間內做出複雜決策，或亦造成用路人資訊過載。圖 2(a) 顯示德國用路人行經無號誌路口之路權判斷；圖 2(b) 顯示我國相對應之決策，由決策分枝與節點的數量眾多來看，確實甚為複雜（Chen 等，2024）。

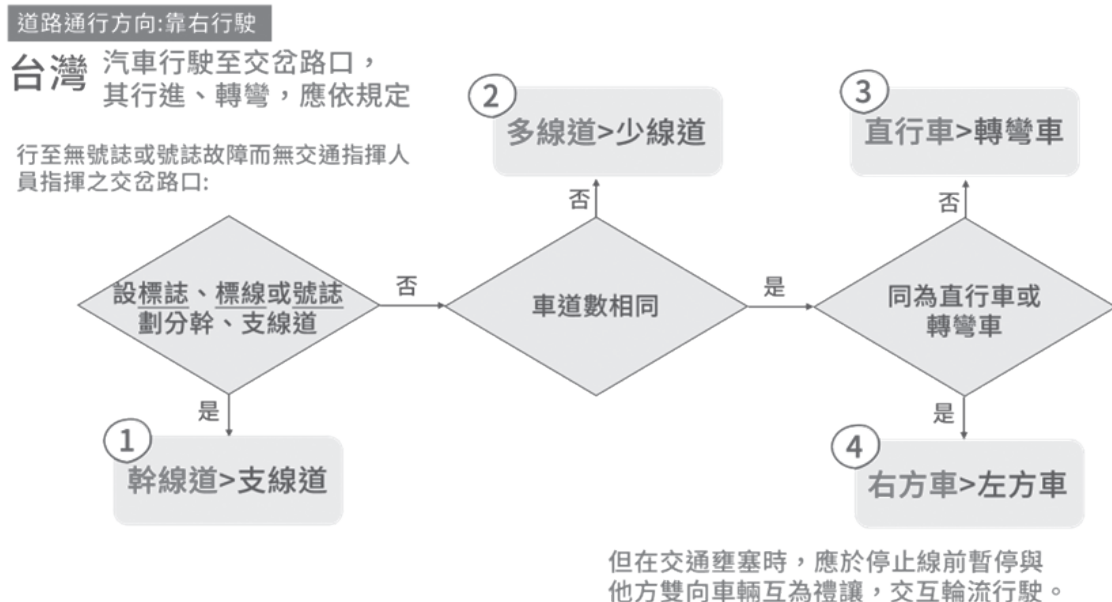


圖 1 臺灣無號誌交岔口路權規則——依道路交通安全規則 §102.I.(2)

⁵ 全稱為 The American Association of State Highway and Transportation Officials。

⁶ 原名為 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets。

⁷ 全稱為 Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung。

⁸ 全稱為 Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen。

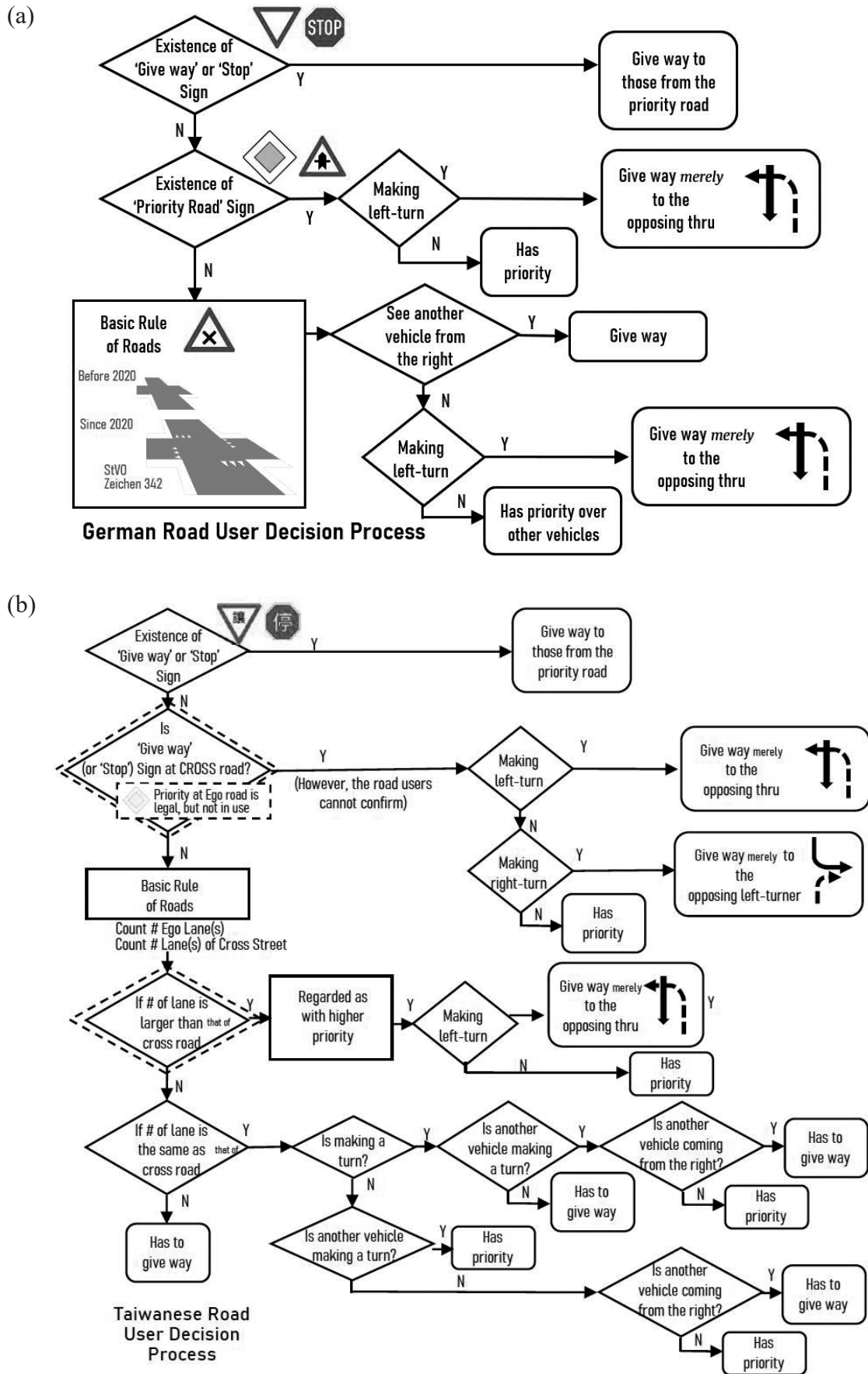


圖 2 守法用路人於無號誌路口的決策樹 (a) 德國；(b) 臺灣。

2.2 以事故資料識別空間位置

臺灣道路交通事故調查報告表中的肇事地點文字紀錄在相同地點有多種文字紀錄方式，無法直接識別多筆資料的事故情形，因此本研究設想透過經緯度資訊，以 DBSCAN⁹ 演算法識別，將事故資料視為空間資料處理。

Szenasi 等（2018）指出 DBSCAN 空間聚類演算法可作為種辨識道路熱點發生的位置的方式。Mashfiq 等（2021）透過資料探勘與資料視覺化技術，以 DBSCAN 演算法辨識多事故區域，並以輪廓係數（Silhouette Score）找到最佳聚類數量。Agrawal 等（2018）同樣使用經緯度資料，以 DBSCAN 演算法分析道路交通事故地點。若將「聚類結果之群集視為交岔口」時，可透過事故資料聚類後識別交岔口位置，並於本研究處理目前尚未有研究針對交岔口參數設定的議題。

2.3 小結

參考各文獻過去探討之因子（例如：路口視距）同時亦探索是否有文獻中尚未著墨的安全因素。由各文獻延伸來看，本研究聚焦於圖 2(b) 之前兩列，有路權高低之路口，並以嘗試建立「建築截角」與「優先權管制設施的設置方式」變數，補足為以往研究尚未量化者，期望能對於無號誌路口之安全有所提升。

三、研究方法

3.1 研究範圍

本研究之資料來源，為臺北市政府資料開放平台內，臺北市政府警察局交通警察大隊 2020 年至 2022 年間死傷事故（即 A1 及 A2 類）。而 A3 事故資料僅記錄經緯度資訊，未具備更詳細的道路交通事故調查表內容，故本研究無法使用此類型事故資料。

本研究採納的樣本為符合以下條件之臺北市無號誌交岔口：

1. 路口控制型態於研究期間不改變。
2. 交通標誌、標線設置不具幹支道爭議——暫時排除優先權設定之因素而聚焦標誌標線設定本身。
3. 路口幾何為典型狀態——排除圓環、具大型分隔島、高架橋下…等或造成離群值之處，以免使模型有偏誤）。
4. 岔路數為四岔路口，且路口將近之處¹⁰車道數均為雙向二車道（含）以下。推定雙向四線道之用路行為與雙向二車道為不同，而本研究僅聚焦特定型態。
5. 路口將近之處均為都市計畫道路——由於非聚居地區（鄉區）與聚居地區（市區）有不同之特性，本研究僅聚焦於市區道路。

⁹ 全稱為 Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise。

¹⁰ 「將近之處」（approach）依《道路交通標誌標線號誌設置規則》之用語，惟學術界亦稱「臨近路口路段」。本文以較早定義之專有名詞為準。

3.2 交岔口位置識別方法

3.2.1 基於密度的聚類演算法 DBSCAN

DBSCAN 為一種基於密度的空間聚類方法，能有效將鄰近的事故點聚集為同一群集（cluster），進而辨識事故熱點位置。此演算法可用於處理具經緯度資料的交通事故點位，可過濾雜訊（noise）。主要透過兩個參數進行分群：*eps*（鄰域半徑）以及 *minPts*（最小群內點數量）。

設定完成後，任選一個核心點，該點在距離 *eps* 範圍內包含的點數量大於 *minPts*；接著檢索上述核心點所有密度可達的點，以獲得包含該核心點的群集。最終即可得到資料分群結果，一個點只會被分到一個群集內，而所得之群集，其中點資料數量均大於或等於 *minPts*，未被分至任何一個群集的點資料，則成為雜訊。

因為 DBSCAN 演算法屬於非監督式學習（unsupervised learning），即在缺乏已知的真實分類標籤（ground truth labels）的情況下基於密度進行聚類，本研究採用輪廓係數（Silhouette Coefficient）作為評估聚類結果品質的客觀指標。輪廓係數綜合考量個別點在群內的緊密程度及與其他群的分離程度，數值介於-1 至 1 之間，數值越高表示分群效果越佳，0 表示重疊的群集，-1 表示錯誤的分群。透過此指標輔助選定適當的聚類參數，提升交岔口識別的準確性。

3.2.2 事故資料與資料前處理

本研究使用臺北市政府警察局交通警察大隊提供之 2020 年至 2022 年間 A1 與 A2 類事故資料，屬於含有人員死傷的交通事故紀錄，具備完整的事故經緯度與事故地點文字紀錄欄位，共計 172,446 筆資料。前處理步驟包含去除重複資料、自訂事故編號、篩選出發生於無號誌交岔口之事故，得出涉及 36,895 當事人的 16,457 筆無號誌交岔口事故資料，如表 1。

表 1 臺北市 A1 及 A2 類交通事故統計

年度	臺北市 A1 及 A2 類交通事故					
	事故件數		當事人數			
	全市 (1)	無號誌路口 (2)	占比 (3) ^a	全市 (4)	無號誌路口 (5)	占比 (6) ^b
2020	25,648	5,356	20.88%	58,867	11,963	20.32%
2021	24,153	5,516	22.84%	55,366	12,386	22.37%
2022	25,421	5,585	21.97%	58,213	12,546	21.55%

備註：資料來源政府資料開放平台、本研究整理

a)[(欄 2) / (欄 1)] ×100%

b)[(欄 5) / (欄 4)] ×100%

3.2.3 以 DBSCAN 演算法識別無號誌交岔口位置

「肇事地點」欄位之文字紀錄，在同一個交岔口可能被紀錄成多種名稱。因此本研究使用「經度」與「緯度」欄位，將各當事人資料視為空間資料，以 DBSCAN 聚類演算法取得之。本研究使用 scikit-learn 機器學習庫中的聚類（clustering）模組中的 DBSCAN 演算法並以 python 撰寫之，步驟如下：

1. 經緯度座標轉換，確立距離單位為「公尺」：故將事故資料經緯度之座標系統從 EPSG 4326 轉換至 EPSG 3826（臺灣 TWD97 二度分帶）座標系統。
2. 決定 DBSCAN 演算法之參數 eps 及 $minPts$ ：本研究所有事故點資料皆須分群，結果不應出現雜訊，因此最佳參數的必要條件是使 $noise = 0$ 。考量實際情況後假設：

(a) eps ：以 5 至 30 公尺為範圍。(b) $minPts$ ：採取 1。

以輪廓係數為指標，選擇輪廓係數最接近 1 的 $eps = 10$ ，其值為 0.929923 為最大，有 7,455 個群集，所有無號誌交叉口均成功獲得分群 ($noise = 0$)。

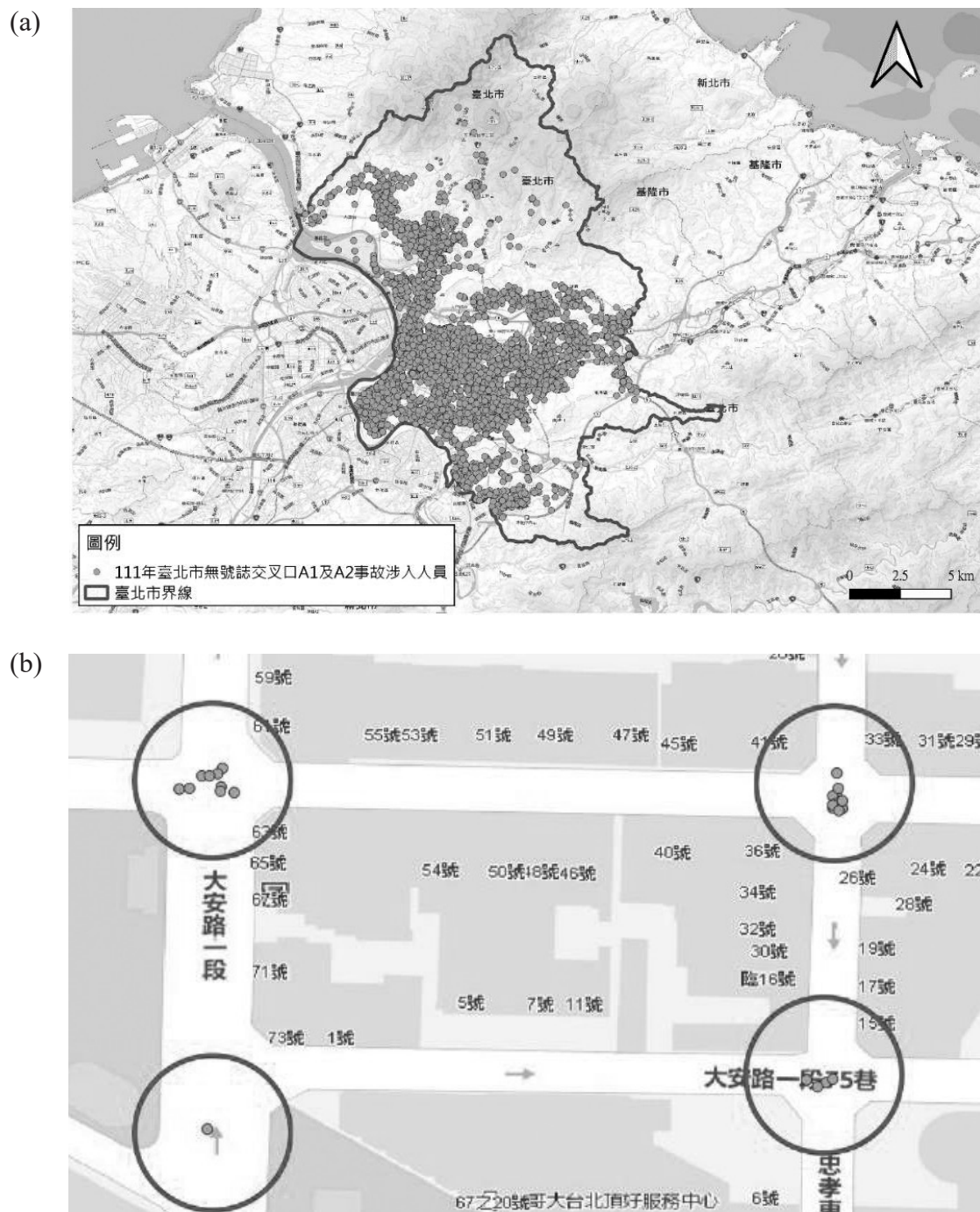


圖 3 整理篩選後之無號誌路口事故 (a) 全臺北市全境；(b) 某一街廓為例。

3.2.4 修正基於 DBSCAN 演算法特性最佳分群結果

考慮 DBSCAN 可能因事故地點文字記錄差異、交岔口範圍較大等問題而分群錯誤，對事故資料進行修正，步驟如下：

1. 刪除肇事地點文字紀錄之贅字，以利後續判別「事故資料『肇事地點』文字記錄相同時，應要被分在同一個以 DBSCAN 演算法處理之群集內」。
2. 檢查「肇事地點」文字欄位相同的資料，是否都在同一個 DBSCAN 群集中，並同時取得各群集出現最多次的肇事地點名稱，稱其為「排序第一群集」。
3. 取出「肇事地點文字欄位相同，但 DBSCAN 群集不同」的資料。
4. 進一步區別「包含『與』字」以及「未包含『與』字」的資料。
5. 同一門牌號碼者判斷為同一地點，故將「未包含『與』字，且包含『號』字」，排序第一群集以外的群集資料，併入排序第一群集內。
6. 「包含『與』字」者將排序第一群集以外的群集資料，併入排序第一群集內。

經上述方式處理，36,895 筆的無號誌交岔口事故人數中，共有 6,891 筆資料具「肇事地點文字欄位相同時，被 DBSCAN 演算法分群至兩個以上群集」的情形。修正後從原先的 7,455 個群集減少至 6,664 個群集數。

3.3 事故資料概述與例外樣本處理

所研究時段之 3 年期共識別出 6,664 個無號誌交岔口位置，曾發生「交叉撞」事故者有 1,722 個，本研究選擇以具備 130 個交岔口的「平均一年 2 件以上交叉撞」為多事故無號誌交岔口之門檻值，進一步探討。

回顧 3.1 節的研究範圍定義，透過有時間紀錄的 Google 街景以及臺北市歷史圖資展示系統觀察路口，篩選後剩餘 102 個路口符合條件，然而，為了讓模型不僅僅能解釋多事故無號誌交岔口的交叉撞件數，樣本亦納入了「平均一年未達 2 件交叉撞」的路口，其中也包含「零交叉撞事故路口」。

表 2 本研究無號誌交岔口模型樣本組成

平均一年交叉撞件數	路口樣本數	備註
2 件以上	102 個	本研究定義之「多事故無號誌交岔口」
未達 2 件	102 個	包含 78 個隨機抽取之「超過 0 件且未達 2 件交叉撞的路口」，以及 24 個「零交叉撞事故路口」。其中零交叉撞事故路口，係臺北市 12 個行政區各隨機選取 2 個路口。
總計	204 個	-

資料來源：本研究結果彙整

四、無號誌交岔口事故因子之建模

4.1 事故頻次模型

事故頻次於計數型態 (count data) 資料，因此可使用古典統計方法之卜瓦松迴歸模型 (Poisson Regression Model)，探討與其有關之解釋變數，並評估影響

程度，以及它們對事故頻次的預測效果。卜瓦松迴歸模型假設應變數——路口之事故頻次——服從卜瓦松分布（Poisson Distribution）， $Y_i \sim \text{POISSON}(\lambda_i)$ ，使符合計數型態，同一般事故統計分析，如式（1）。

$$\log(Y_i) = \beta_0 + \sum_{j=1} \beta_j \cdot X_j^i + \epsilon_i \quad (1)$$

4.2 解釋變數

本研究蒐集以與視距對應之因子納入潛在解釋變數，例如路口設有建築時的「建築截角變數」，並考量路口臨近路段若設有人行道，延伸路口空間增加可用視距（available sight distance）情形的「人行道設置變數」。另外，儘管從文獻回顧可知，路口違規停車、占用等因素亦為影響路口視距之要素，惟不易蒐集此類情形並量化之，是為研究限制。

在優先權管制設施設置方面，因本研究樣本 204 個路口，僅包含以停標誌或停字管制之「停管制路口」，以及未有任何優先權管制設施之基本規則（basic rule of roads，圖 2）「無管制路口」，未有讓管制路口之樣本，故本研究對優先權管制設施設置方式以「停標誌、停字設置方式變數」表示之。

此外，本研究亦考量都會地區部分停車場出入口設置於路口，車輛進出可能造成更多路口衝突點的情形，建立無號誌交岔口「停車場出入口設置變數」。

表 3 本研究模型變數彙整表

	環境因素變數			控制型態變數
	建築截角變數	人行道設置變數	停車場出入口設置變數	停標誌、停字設置方式變數
二元變數	路口行車方向視距		路口具停車場出入口 (IP)	路口設有 ・ 停標誌 (ISS) ・ 完整的停標誌 (ISS_c) ・ 完整且清楚的停標誌 (ISS_{ccl}) ・ 設有停字 (ISW) ・ 設有停標誌或停字 ($ISSoW$) *
	具建築且無截角 (IST_b)	臨近路段均不具人行道 (IST_{sw})		
* 路口設有停標誌或停字 ($ISSoW$)：即路口採停管制。另因本研究僅有停管制與無管制路口，故當 $ISSoW=1$ 時，路口為停管制； $ISSoW=0$ 時，路口為無管制。				

建築截角變數：本研究「具建築且無截角（IST_b）」定義：視距對應位置「地形圖或航測圖具房屋、臨時性棚架超過具截角的都市計畫線時」；若都市計畫線於路口不具截角，該路口具建築者亦視為無截角樣態。只要路口中有任一行車方向視距對應位置「具建築且無截角」，IST_b=1，反之 IST_b=0，如圖 4。另考量一路口之四個角，另根據各隅成比例以分數表達。

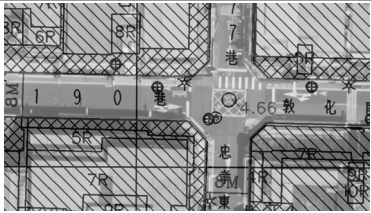
地形圖與航測圖之疊圖	建築截角變數描述
	為北向南單行道管制，東西雙向之路口，故路口行車方向視距對應之位置於路口「東北角」與「西北角」。儘管地形圖顯示路口西北角與東北角房屋（黑色斜線）均於都市計畫線（紅線）內，然而檢視航測圖可發現，實際上西北角之建築（橘色屋頂）已超過都市計畫線，因此： $IST_b = 1; IST_{bIC} = \frac{1}{2} = 0.5。$
(25.0426, 121.5472)	

圖 4 整建築截角變數算例（圖片來源：臺北市歷史圖資展示系統、本研究彙整）

人行道設置變數：本研究「臨近路段均不具人行道 (IST_{sw})」定義：視距對應位置之位置，垂直行向的臨近路段均不具人行道時。「人行道」包含未具遮蔽，可供行人通行之空間，除一般的實體人行道外，尚包含標線型人行道、公園、建築退縮空間。只要路口中有任一行車方向視距對應位置「臨近路段均不具人行道」， $IST_{sw} = 1$ ，反之 $IST_{sw} = 0$ 。

停車場出入口設置變數：本研究「路口具停車場出入口 (IP)」定義：只要當路口 10 公尺內具停車場（或停車空間）出入口時， $IP = 1$ ，反之 $IP = 0$ 。

停標誌、停字設置方式變數：以橫交道路路緣延伸線往路口上游約 10 公尺處為觀察點。本研究「完整的停標誌」定義：僅能以路口層級觀察，當所有支道的方向均設置停標誌，視為完整；若僅有一支道設有停標誌，另一支道僅設停字者，為不完整。本研究「清楚的停標誌」定義：(1) 考量行車方向，停標誌設在右側，不設在左側（若為單行道且單車道，可不適用此條件）；(2) 停標誌未受車輛、樹木或其他設施遮蔽；(3) 停標誌未有嚴重牌面汙損；(4) 停標誌未在屋簷下或融入建築物內；(5) 觀察點未能清楚辨識標誌牌面情形，例如標誌角度偏移或標誌位置已偏離道路。

表 4 停標誌、停字設置方式定義

變數	描述
路口設有停標誌 (ISS)	路口任一支道設有停標誌時， $ISS = 1$ ，反之 $ISS = 0$ 。
路口設有完整的停標誌 (ISS_c)	路口所有支道設有停標誌時， $ISS_c = 1$ ，反之 $ISS_c = 0$ 。
路口設有完整且清楚的停標誌 (ISS_{ccl})	路口所有支道設有停標誌，且停標誌清楚時， $ISS_{ccl} = 1$ ，反之 $ISS_{ccl} = 0$ 。
路口設有停字 (ISW)	路口任一支道設有停字時， $ISW = 1$ ，反之 $ISW = 0$ 。
路口設有停標誌或停字 ($ISSoW$)	路口任一支道設有停標誌或停字時， $ISSoW = 1$ ，反之 $ISSoW = 0$ 。

4.3 敘述統計

由前述候選解釋變數，進行敘述統計分析。所取樣之 204 個路口樣本中，有 179 個路口為停管制，僅 25 個路口為未設任何優先權管制設施之無管制路口。

表 5 樣本路口之控制型態統計

	控制型態	路口個數		佔比	
停管制			179		87.8%
	路口設有停字	85		41.7%	
	路口設有停標誌	56		27.5%	
	路口設有停字與停標誌	38		18.6%	
無管制		25	25	12.2%	12.2%
總計		204	204		100.0%

表 6 停管制路口樣本中各變數統計

	停管制路口個數		
	是 (值為 1)	否 (值為 0)	總計
路口設有停標誌 (ISS)	94	85	179
路口設有完整的停標誌 (ISS_c)	79	100	
路口設有完整且清楚的停標誌 (ISS_{ccl})	53	126	
路口設有停字 (ISW)	123	56	

在視距因素方面，「路口行車方向視距 - 具建築且無截角」者，占比約 55%，超過一半，「路口行車方向視距 - 臨近路段均不具人行道」者，占比約 9 成，即僅約 1 成的路口在路口行車方向視距處之臨近路段均設有人行道

表 7 視距樣本中各變數統計

	路口個數		
	是 (值為 1)	否 (值為 0)	總計
路口行車方向視距：具建築且無截角 (IST_b)	112	92	204
路口行車方向視距：臨近路段均不具人行道 (IST_{sw})	184	20	

最後，對於「路口具停車場出入口 (IP)」變數，樣本中有 53 個路口具有停車場出入口，約佔 26%。

五、事故頻次模型結果與分析

5.1 回歸式

納入不同解釋變數之組合，最終採下列模型回歸（為了簡潔忽略樣本足標），詳如表 8：

$$\log(\lambda) = 0.388 - 0.2697 ISS_{ccl} + 0.242 IST_b + 0.1256 IST_{sw} + 0.2426 IP$$

可見對於安全有顯著效果者如下：

- 路口設有完整且清楚的停標誌，有較低之事故，係數為 $\{-0.2697\}$ (p 值為 0.034*)。
- 具建築且無截角而使視距受限者，有較高之事故，係數為 0.2424 (p 值為 0.024*)。
- 路口具停車場出入口，有較高之事故，係數為 0.2426 (p 值為 0.037*)。

以往有排除不顯著之解釋變數後重新回歸的見解，惟當代計量學 (modern econometrics) 之見解為，保留其成為控制變數 (control variable) 方能使模型無偏誤 (unbiased) (Imbens & Angrist, 1994; Angrist & Pischke, 2009)：

- 臨近路段均不具人行道，僅為控制變數 (p 值 > 0.10)，確認其 VIF 為 2.875 小於 10.0 不具共線性 (collinearity)，係數為 0.1256。

由本回歸模型可見，所有的變數之質化部分符合預期，亦即正負號與一般之常識相符。而本文重點為量化之對策效果（treatment effect）則待詳細分析。

5.2 對策效果

對策效果（treatment effect）：由計量（econometrics）分析可量化對策效果

- 清楚的停標誌，將使事後、事前事故比為 $[Y_i | ISS_{ccl} = 1] / [Y_i | ISS_{ccl} = 0] = \exp\{\beta_o - 1 \times 0.2697 + \sum_{j \neq ISS_{ccl}} \beta_j \cdot X_j^i\} / \exp\{\beta_o - 0 \times 0.2697 + \sum_{j \neq ISS_{ccl}} \beta_j \cdot X_j^i\} = \exp\{-0.2697\} = 0.763$ ，亦即清楚的停標誌 CMF 為 0.763。
- 承上，我國實務界習慣以百分比來看，則等效上來說，清楚的停標誌比起未有清楚的停標誌，可使事故下降 23.7%（由 $(0.763 - 1) \times 100\%$ 而得）。
- 同理，具建築且無截角而使視距受限者，使事故上升，CMF 為 1.274。換句話說，使視距受限之無截角建築物使事故上升 27.4%。
- 相同的計算方式，停車場出入口設置於無號誌路口，CMF 為 1.275，或是使事故上升 27.5%。

表 8 交叉撞頻次之回歸暨解釋變數

樣本數：204 分配：卜瓦松 應變數：交叉撞頻次（件數／年）				
變數	係數	標準誤	P 值	VIF
（常數項）	0.3881	0.185	0.036	-
ISS_{ccl} （路口設有完整且清楚的停標誌）	-0.2697	0.127	0.034*	1.410
IST_b （路口行車方向視距－具建築且無截角）	0.2424	0.107	0.024*	2.267
IST_{sw} （路口行車方向視距－臨近路段均不具人行道）	0.1256	0.189	0.506	2.875
IP （路口具停車場出入口）	0.2426	0.116	0.037*	1.394
Log-Likelihood -363.12				
Deviance 285.15				
Pearson's chi-squared 289				
Pseudo-R-squared 0.06417				
AIC 736.233				

5.3 政策探討

針對前述之統計模型，建議政策面採取各項應對措施，以提升安全，並明確公告對策效果以使用量化證據服眾。

政策一、「停」標誌為應設立而非擇一之選項：目前法規並未明訂路權較低之支線須設立「停」標誌，而是標字與標誌擇一。《交通標誌標線號誌設置規則》第 177 條第 1 項：

「停」標字，用以指示車輛至此必須停車再開。設於停止線將近之處，本標字與第五十八條「停車再開」標誌得同時設置或擇一設置。

鑒於分析結果，「停」標誌而非僅鋪面上之標字可有效提升安全，換句話說，僅有「停」標字則事故紀錄較差，學理上可以推論為視距之顯然不同所致。鋪面上之標字，用路人需接近後方可看清，而若前車較長或速率較慢，甚有完全遮蔽標字之可能，造成動態視距為 0，極為危險。而「停」標誌之反光以及牌面大小為有憑據之工程標準，確保上游處即可使用路人預先採取相應動作（認知與煞停）。

建議儘速修法使停讓路口不能僅以鋪面上之「標字」搪塞，而須有「標誌」——修訂道路交通標誌標線號誌設置規則第 177 條為『「停」標字，用以指示車輛至此必須停車再開。設於停止線將近之處』之後半段為「不論是否有本標字，均應設置第五十八條所述之『停車再開』標誌」，如下：

法規	現行條文	（本研究擬）修訂條文	（本研究擬）說明
交通標誌標線號誌設置規則第 177 條第 1 項	「停」標字，用以指示車輛至此必須停車再開。設於停止線將近之處，本標字與第五十八條「停車再開」標誌得同時設置或擇一設置。	「停」標字，用以指示車輛至此必須停車再開。設於停止線將近之處， <u>不論是否有本標字，均應設置第五十八條所述之「停車再開」標誌。</u>	為了促進交通安全：經統計分析，「停車再開」標誌之存在，而非僅鋪面「停」標字，可提升交通安全（降低交叉撞）。
交通標誌標線號誌設置規則第 177 條第 1 項之 1	（無，本項新增）	<u>前項所述路口若為既存支線，則應於公告實施起 10 年內設置完畢。若為新設路口或有相關公共設施變動，則應於完工時完成前項之規定。</u>	為了使各主管機關能於合理充裕時間內逐步提升安全。

建議擬定 177 條第 1 項之 1 是因無號誌路口眾多，茲事體大，因此給予長時間緩衝（10 年），以便逐漸調整。若未來確實達成此項目，預計可提升道路安全——無號誌路口可降低 23.7% 之交叉撞事故。

而實務界認知為我國狹巷多，立桿困難，因此時有反對之議，例如圖 5(a)。然而量化結果既出，已無法逃避坐視 23.7% 之無謂傷亡。因此，以下亦提供立桿困難之工程面如何克服。

- 法 I：幹道立桿，橫向懸臂至支線停止線上方。時有狹巷無空間，但利用幹道較廣闊之空間立桿，再懸臂至支線上方，如圖 5(b)。
- 法 II：對向立桿，斜向懸臂至支線停止線上方。時有狹巷無空間且本側幹道亦無空間，則可利用對向立桿後，斜向延伸至支線上方，如圖 5(c)。

另若人行道淨寬不足，擔心立桿影響行人權益，則可採以下方法：

- 法 III：貼牆立柱搭配懸臂，短懸臂延伸。此短懸臂延伸比行人高度為高（例如 2.50 至 3.00 公尺）則無行人淨空無問題亦不過度干擾人行道淨寬，如圖 5(d)。

政策二、建築須於路口有截角以提供視距：此為地方政府機關權責，建議地方政府之自治條例以及開發案審議確認保留建築截角以提供視距。若達成此項目，可維護道路安全——無號誌路口可降低 27.4% 之交叉撞事故。

政策三、出入口勿設於無號誌路口：此為地方政府機關權責，建議列於自治條例並於鄉鎮開發案審議明確就圖面審查。若達成此項目，可維護道路安全——無號誌路口可降低 27.5% 之交叉撞事故。

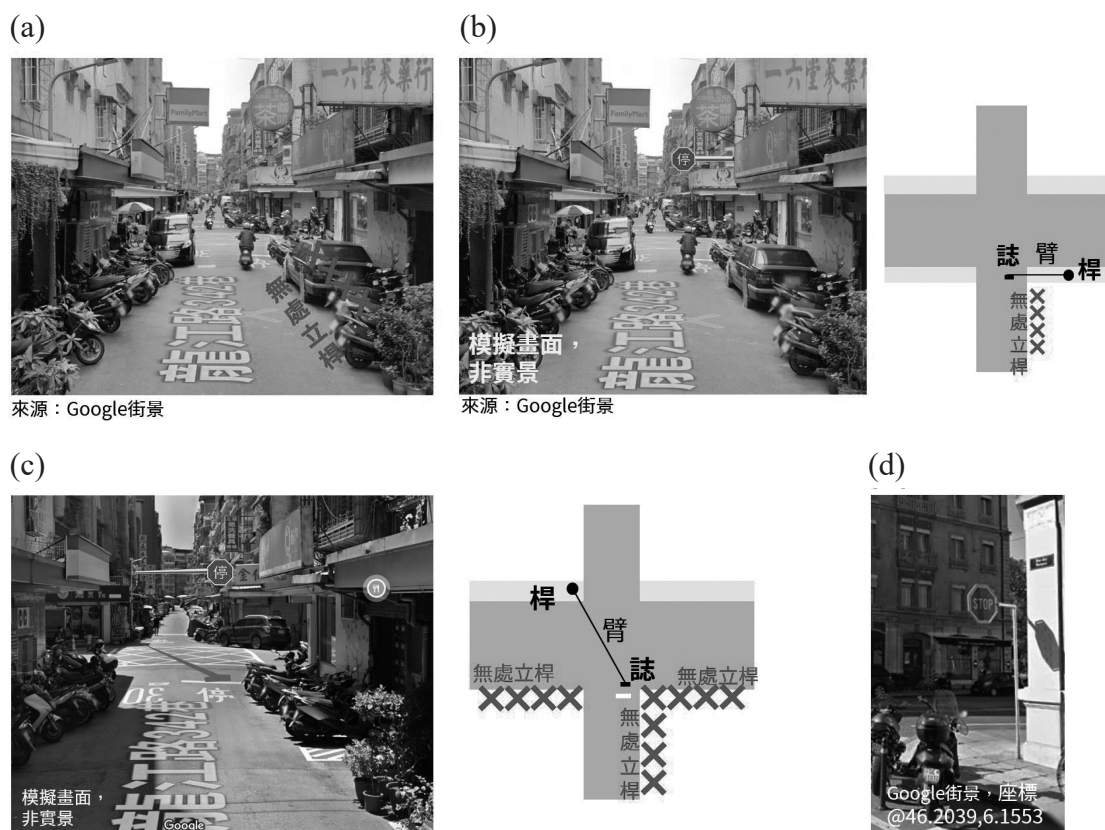


圖 5 「停車再開」或「讓路」標誌（而非僅標字）之佈設

- (a) 現況；(b) 法 I- 立桿於幹道（模擬畫面）；(c) 法 II- 立桿於路口對面（模擬畫面）；
(d) 法 III- 「停」標誌貼牆立柱搭配短懸臂（實景）。

六、結語

過去受限於資料整合，無號誌路口之研究較難以開展。幸承蒙近年來政府機關公開資料之政策，得利用多個資料庫（安全、都市發展與土地使用…等）進行進一步探討。本研究利用臺北市公開之資料庫，以 DBSCAN 聚類演算法處理資料後，有效擷取無號誌路口之事故資料，得以進行詳細分析。蒐集道路環境變數後，找尋對於交叉撞之合理解釋變數。經統計分析後發現三大可提升安全的要素：(i) 「停車再開」標誌之設立，而非僅鋪面標字；(ii) 建築應有截角提升視距；(iii) 停車場出入口避免設於無號誌路口，分別可降低無號誌路口交叉撞 23.7%、27.4%、27.5%。該量化成果明確支持了幾下幾點應為之政策：（甲）應立法明訂支線立「停車再開」標誌，而非標誌與鋪面標線「標字」則一、（乙）建築於轉角應附有截角提升視距、（丙）停車場出入口應避免設於無號誌路口。為了免除實務界無處立桿之疑慮，本研究另列出支線無處可立桿時該如何利用主線空間立桿並延伸至支線停止線上方「停車再開」標誌的解方，祈能使我國無號誌路口更加安全。

七、參考文獻

- 交通部 (2024)，交通部道安資訊平台，擷取：2024 年，網站：<http://60.250.134.139/motegis>
- 吳宗修 (1998)，「非號誌化交岔路口事故責任鑑定原則之探討」，八十七年道路交通安全與執法研討會。
- 政府資料開放平台 (2024)，臺北市 A3 交通事故資料，擷取：2024 年，網站：<https://data.gov.tw/dataset/135091>
- 政府資料開放平台 (2024)，臺北市道路交通事故斑點圖，擷取：2024 年，網站：<https://data.gov.tw/dataset/136123>
- 臺北市政府都市發展局 (2024)，臺北市歷史圖資展示系統，擷取：2024 年，網站：<https://www.historygis.udd.gov.taipei/urban/>
- Agrawal, K., Ruth, V. M., Nandini, Y., & Sravani, K. (2018). Analysis of road accident locations using DBSCAN algorithm. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*.
- Angrist, J. D., & Pischke, J. S. (2009). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton University Press.
- Chen, Y.-H., Lei, Y.-C., Lee, M.-T., & Su, Y.-R. (2024), Reviewing the Safety of Junction Right-of-Way Rules with Safety Chain, ICTCT '24, Den Haag.
- Harwood, D. W., Mason, J. M., Brydia, R. E., Pietrucha, M. T., & Gittings, G. L., (1996), NCHRP Report 383: Intersection Sight Distance, TRB.
- Imbens, G. & Angrist, J. (1994). Identification and Estimation of Local Average Treatment Effects, *Econometrica*, Vol. 62, No. 2. pp. 467-475.
- Mashfiq Md. Rizvee, Md Amiruzzaman, and Md. R. Islam, "Data Mining and Visualization to Understand Accident-Prone Areas," *Algorithms for Intelligent Systems*, Springer Singapore, 2021, pp. 143–154.
- Neuman, T., Pfefer, R., Slack, K., & Harwood, D. (2003). *A Guide for Addressing Unsignalized Intersection Collisions*, NCHRP Report 500. TRB.
- Szenasi, S., I. Felde, G. Kertesz, and L. Nadai, "Comparison of Road Accident Black Spot Searching Methods," in 2018 IEEE 18th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI), Budapest, Hungary.
- Polus, A. (1985). Driver behaviour and accident records at unsignalized urban intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 17(1), 25-32.
- Lum, H. S., & Stockton, W. R. (1982). STOP sign versus YIELD sign. *Transportation Research Board*.

