

號誌化平面十字路口對向直行左轉車輛通行安全之研究

吳水威¹ 黎俊彬² 鄧乃晨² 徐立新²

摘要

交叉路口係為連接道路系統間之節點，具有共用空間之性質，必須藉由制定號誌時制時相，或設置標線、標誌等交通管制措施，以及依據道路交通法規，分配車輛使用道路時間或空間上之通行權利，以控制車流之穿越、併入或分流運行，減少交通衝突發生。就台灣地區非具有專用左轉保護時相之號誌化交叉路口而言，由於綠燈號誌管制下允許車輛左轉運行，造成左轉車輛與對向直行車輛間行車動線之相互干擾，進而增加駕駛者通行路口之危險性。本研究將探討號誌化交叉路口對向直行左轉車輛通行時之衝突行為，分析路口交通環境與駕駛者安全通行之合理性與關聯性，並研析相關交通法規規範路口優先通行路權之爭議。本研究將考慮路口大小、車輛尺寸、行車位置、行車速率等影響之因素，同時納入駕駛之預期心理、正常與違規行為等人為因素，並利用路權理論、交通衝突理論、運動定律、車輛運行軌跡、文獻評析法、系統分析法、實地觀測法等進行本項研究，研析號誌化平面十字路口對向直行左轉車輛通行之安全性，建構路口對向直行左轉車輛安全通行之原則，以期減少事故發生機率，增進行車安全與效率。

關鍵字：直行左轉車輛、衝突行為、通行安全

壹、前言

由於台灣地區非具有專用左轉保護時相之號誌化交叉路口於綠色燈號下允許車輛左轉運行，因此，左轉車輛與對向直行車輛間並未因路口號誌化而消除行車動線之相互干擾與潛在碰撞之交通衝突，彼此間路權歸屬判定仍具有相當的不確定性，法規雖以左轉車輛侵入對向車道之運行行為，係構成侵犯對向直行車輛之侵權行為為前提，加重左轉車輛之注意義務，使其產生路權限縮之變異，由直行車輛取得優先通行路權，但相關法規規範左轉車輛與直行車輛間之優先通行路權較諸歐美等國之規定複雜，因而造成部份駕駛者判斷路權時之疑惑，又車輛行

1. 國立交通大學運輸科技與管理學系副教授(新竹市大學路 1001 號，E-Mail：suwu@faculty.nctu.edu.tw)

2. 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士生

駛於路口所面臨的交通環境原較路段上更具危險性，以及駕駛之預期心理、違規行為等影響因素，駕駛者於交叉路口進行轉彎或直行運行時，若遭遇突發狀況或交通事故，心理上之壓迫感、危機感，與思想上的緊張狀態等將延誤認知環境（轉彎半徑、路面狀況、對向來車、臨近路口狀況等）決定是否通行（減速、停等、避讓、加速穿越）的過程，在決策時間緊迫的情況下，常發生駕駛策略錯誤或應變措施執行不當的情況，更增加車輛通行路口之困難度。因此，本研究將探討交叉路口直行左轉車輛之運行行為與法規現況分析，分析路口交通環境影響因素及通行方式與駕駛者安全通行之相關性，並考量路口大小、車輛尺寸、行車速率、行車位置、車輛運行軌跡等，而以運動定律、路權理論、交通衝突理論研析直行左轉通行之安全性，進而提出交叉路口對向直行與左轉車輛安全通行之原則，以減少肇事發生。

貳、文獻回顧

現行台灣地區號誌化交叉路口對向直行左轉車輛間運行之相關規範，係以道路交通管理處罰條例第四十八條第六款[1]與道路交通安全規則第一百零二條第六款[2]為主要依據，規定車輛行經交叉路口時，轉彎車應讓直行車輛先行，但於特定條件下直行車輛應讓左轉車輛先行。美國加州駕駛人手冊[3]，路權歸屬係為左轉車輛應讓直行車輛先行之直行車輛擁有絕對優先路權之型式；香港道路使用守則[4]則規定右轉車輛應先行駛至路中央偏左處等候（靠左行駛制度下），直至轉彎範圍內，無對向車輛迎面駛來，始可轉彎，綜合研析國內外對於號誌化交叉路口對向直行左轉車輛通行之相關規定，皆以左轉車輛通行交叉路口必須佔用對向車道，係構成侵犯對向直行車輛路權之侵權行為，應課以左轉車輛較多的注意義務作為立法精神與理念基礎，因此，左轉車輛應讓直行車輛先行，唯國內為求法規之周延，再另行附加但書供作左轉車輛判斷通行時機之依據。

陳高村君[5]係以交通法規、車輛運行原理為研究基礎，說明不同情境下之優先通行路權歸屬與判定原則，關於非具左轉專用保護時相之號誌化交叉路口之優先通行權部分，闡述基於侵權行為概念，左轉車輛應付出更多的注意義務，而於對向直行車輛流具有足夠之車間空程時才可通行，因此，法規上主張直行車輛擁有優先通行路權，左轉車輛應讓直行車輛先行。孫信泰君[6]係針對號誌化路口具允許左轉時相之衝突左轉車輛流為研究範疇，首先於台北市部分路口實地調查衝突左轉車流之特性，並以系統分析法探討左轉車輛道飽和流率與號誌時制設計之關係，再依路口調查資料建構衝突左轉車輛流飽和容量模式，最後以 UTSS 模擬模式分析衝突左轉車輛流特性，求解左轉車輛對於號誌化路口各參數間之影響。許添本君[7]藉由蒐集 1995 年間台北市之肇事、流量、幾何特性等交通資料，分析交叉路口左轉肇事之影響因素，將左轉肇事因素分為交叉口管制措施、交叉口交通特性、交叉口幾何特性等，並以多變量解析法求取影響左轉肇事之重要因素。

另外，吳水威君等[14]進行非號誌化平面十字路口左右方車路權優先次序之研究。以往研究雖探討左轉車輛運行相關主題，然其研究內容卻分散於各應用領域，對於直行左轉車輛間運行問題僅約略涉及，由於車輛通行交叉路口並非僅考量路權優先次序，尚需顧及能否安全通過，因此，針對號誌化交叉路口對向直行左轉車輛間通行安全分析之研究有其必要性。

參、理論基礎與研究方法

3.1 理論基礎

1. 交通衝突理論

當車輛臨近平面交叉路口時，可能維持使用原車道行駛，或由原車道變換至另一車道，或執行其他駕駛行為，不論如何車輛間都將發生分流、併入、交叉（穿越）等交通衝突行為，其潛在之車輛碰撞與衝突將影響用路人之預期心理與駕駛策略，陳高村[8]係將交通衝突分為分出衝突、併入衝突、交叉穿越衝突、迫近衝突等不同型態。號誌化交叉路口無專用左轉保護時相設計者，其對向直行左轉車輛間之交叉穿越衝突無法消除，肇事多為對撞或角撞型態。

2. 路權理論

路權概念形成係因道路具有共用空間之性質，在空間資源有限下，為維持交通次序、保障用路人通行安全，必須透過區隔時間或空間的方式，分配道路的使用權利。路權在一般情況下係為用路人使用道路之權利，但在特定交通情境下，則指取得道路使用之先後次序。路權歸屬係以單一使用者持有為原則，唯特殊條件下才由二人（車）共同持有[9]，當路權於特殊道路或交通情況下，其範圍與內容將發生變化，即為路權變異（路權限縮、路權擴張、路權共用、路權取消、路權降等、路權擬制）。交叉路口對向直行左轉車輛通行路權係以路權理論為基礎，法規賦予為形式，道路交通管制措施（標誌、標線、號誌）為實施方法，直行車輛經由路權競合而取得優先通行路權。

3. 信賴原則

信賴原則應用於交通過失上，係指駕駛者信賴其他交通參與者亦同將遵守交通規則，則無需顧慮他人突然違反交通規則之必要[10]，換言之，參與交通行為之用路人，因信賴另一方必定遵守交通法規，不致於出現違反交通次序與危害交通安全之行為發生，因此，對於他人不遵守交通法規而發生違反交通次序所導致之危險結果，不負注意義務之責任，可免除過失責任，故正常情況下，駕駛者將因信賴原則而預期其他用路人之交通行為，就直行車輛行經號誌化交叉路口無左轉專用保護時相而言，基於法規所賦予之優先通行權，駕駛者將預期左轉車輛係採避讓停等之駕駛行為；左轉車輛則基於信賴原則判斷未進入交叉路口之對向直行車輛將不會突然改變駕駛行為（超速、蛇行等）。

4. 防衛性駕駛

防衛性駕駛 (Defensive Driving) 係指駕駛者於交通運行中，不僅需避免侵犯其他車輛之路權、道路優先權、安全邊際等，同時亦需預防其他用路人突然侵犯 [11]，換言之，駕駛者在交通行為中具有彼此相互限制與干擾之特性，唯有藉由注意及禮讓，才能保障交通安全，因此，駕駛者必須具有責任感，不作出危害安全行駛之行為，並隨時提防可能或正在遭遇的外來衝擊與危險，避免遭受無妄災禍之牽連，號誌化交叉路口綠色管制燈號下，直行車輛雖取得優先通行路權，但仍須注意對向左轉車輛不當之駕駛違規行為，而左轉車輛雖判斷對向車道具有足夠車間空程可供穿越，但仍須注意其他用路人 (行人、腳踏車等) 動向。

3.2 研究方法

1. 運動定律

道路車輛行進過程中，駕駛者必須適當改變駕駛策略與行為，以因應各種可能的突發狀況，當駕駛者煞車減速時，其車速將因減速度 a 之產生由速度 V_0 減速為 V ，並從位置 S_0 前進到 S ，該段車輛位移，即為煞車減速後的行駛距離，而從踩煞車到完成減速之期間，則稱為減速時間或車輛行駛煞車距離所需時間 t 。直行車輛鄰近交叉路口時，將會因感識對向左轉車輛的遠近、速度、行駛動向而採取減速通行、停等避讓或加速通過策略；左轉車輛則必要時須於路口中心處前停等、避讓，待對向車道具有足夠車間空程或行進空間時才通行。一般對於車輛的行車相對位置、運動軌跡，可利用運動定律加以描述與分析，其數學關係方程式如下：

$$V = V_0 + at$$

$$S = S_0 + 1/2at^2$$

式中 V =車輛減速後之速度 (公尺/秒)，
 V_0 =車輛減速前之速度 (公尺/秒)，
 a =車輛之減速度 (公尺/秒²)，
 S =車輛減速行駛後之最終位置 (公尺)，
 S_0 =車輛減速行駛前之初始位置 (公尺)，
 t =減速時間或車輛行駛煞車距離所需時間 (秒)。

2. 行車軌跡

(1) 直線運動

直行車輛依駕駛行為延續性原理，除外力介入，或不可抗力之事故發生，將不會突然改變駕駛行為，以致發生危害行車安全之危險狀況，故直行車輛將採直線前進方式延續運行行為，其行車軌跡並不會突然發生偏移或轉向，如圖 1 所示。



圖 1 直行車輛之行車軌跡圖

(2) 圓周運動

左轉車輛若依正常直角左轉之中性轉彎方式通行交叉路口，則轉彎時之運動

方式係為沿著某一瞬間轉彎中心之圓周運動，其行車軌跡可以圓周之部分圓弧表示，如圖 2 所示。

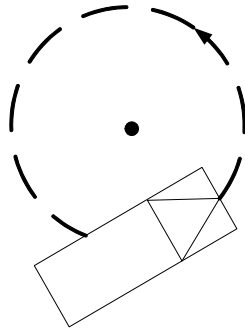


圖 2 左轉車輛之行車軌跡圖

3. 定性、定量評估法

(1) 定性評估法

定性評估法係依知識、經驗、綜合分析判斷能力，對照評估參考標準，分析評判預定評估對象於各項評估指標內容之表現，本研究將考慮實際車輛運行之交通需求、道路交通法規之內容完整性與執法可行性，分析路口直行車輛與左轉車輛之通行安全性。

(2) 定量評估法

定量評估法亦稱為評估模型法，即以實際數量資料基礎，透過數學模型評判分析預定評估對象於各項評估指標內容之表現，本研究將考慮路口大小、行車速率、行車相對位置、行駛時間、車輛尺寸，建立路口不同情境組合下車輛之行車位置、行駛距離、行車速率關係式以評估路口通行安全性。

肆、交叉路口直行左轉車輛之運行行為與現況分析

4.1 直行車輛之運行行為分析

直行車輛於交叉路口之運行行為，除駕駛者突然改變其駕駛行為外（如左右轉彎、迴轉、變換車道、蛇行），將依駕駛行為延續性原理，以直線前進方式穿越路口。

4.2 左轉車輛之運行行為分析

本研究考量相關道路交通法規以及車輛行經軌跡與路口中心處(含點)之相對關係，將左轉車輛之運行行為分類如表 1 所示。

4.3 交叉路口對向直行左轉車輛碰撞型態分析

本研究係以[12]所建立之肇事型態為基礎，並考慮車輛相對碰撞位置之差異（如車頭、車身、車尾），將常見之對向直行左轉車輛碰撞型態彙整如下表 2 所示。

表 1 左轉車輛運行型態表

搶先左轉	未繞過中心處 (內側)	過中心處	繞過中心處 (外側)

表 2 常見對向直行左轉車輛碰撞型態表

(1) 	(2) 	(1)
(2) 	(3) 	(4)

4.4 相關法規分析

1. 號誌化交叉路口對向直行左轉車輛相關法規

本研究將號誌化交叉路口對向直行左轉車輛通行之相關道路交通法規整理如下表 3 所示。

2. 相關法規條文內容之缺失

(1) 「路口中心處」並無較為明確之定義與說明

我國之道路交通管理處罰條例、道路交通安全規則雖於條文內提及交岔路口之中心處，但並無進一步明確說明或注釋，造成駕駛者行經路口時認知上之困擾，駕駛者僅能以所受之駕駛教育與訓練、駕駛經驗與習慣自行認定路口中心處之範圍，並採取適當駕駛策略，以維持車輛運行，然而，由於個別駕駛者自由心證之判斷具有極大的差異性，因此常有駕駛策略不當或錯誤的情況發生。

表 3 號誌化交叉路口對向直行左轉車輛相關法規

法規	條款	違規事項或運行規定	備註
道路交通管理處罰條例	第四十八條	第三款：行經交岔路口未達中心處，佔用來車道搶先左轉彎者。 第六款：轉彎車不讓直行車輛先行，或直行車輛尚未進入交岔路口，而轉彎車已達中心處開始轉彎，直行車輛不讓轉彎車先行者。	路口違規
道路交通安全規則	第一百零二條	第六款：轉彎車應讓直行車輛先行。但直行車輛尚未進入交岔路口，而轉彎車已達中心處開始轉彎，直行車輛應讓轉彎車先行。	路口運行
	第一百二十五條	第五款：左轉彎時，應繞越道路中心處左轉進入右側慢車道行進。 第七款：轉彎車輛應讓直行之汽車、慢車及行人優先通行。	路口慢車

(2) 「搶先左轉彎」規定不適用於路寬較小之交叉路口

道路交通管理處罰條例第四十八條第三款規定，『車輛行經交岔路口未達中心處，不得佔用來車道以搶先左轉彎』。就實際道路交通狀況而言，由於車輛轉彎運行受限於最小轉彎半徑之道路空間需求，在路口寬度較小的交叉路口，左轉車輛進入路口而未抵達中心處前，即須提前轉彎才能順利通行路口，如圖 3 所示，因此法規對於車輛於較小交叉路口必須抵達中心處始可轉彎之要求，尚有未能符合車輛實際交通需求之疑慮。

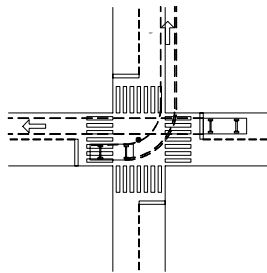


圖 3 車輛於路寬較小之交叉路口之轉彎運行示意圖

3.關於「轉彎車」與「直行車輛」優先路權之規定過於複雜

道路交通管理規則第一百零二條第六款規定『轉彎車應讓直行車輛先行』，並在附加規定『轉彎車已達中心處開始轉彎，直行車輛應讓轉彎車先行者』，然而但書之規定卻經常造成駕駛者轉彎加速搶道，以取得優先通行路權之情形，嚴重干擾行車秩序、危害路口通行安全甚鉅，此外，由於法規之規定繁複，不僅令駕駛

者產生無法判斷特定情境組合下之優先路權次序之疑惑，如表 4 所示，亦增加肇事責任鑑定工作者對於鑑定交叉路口直行車輛與對向左轉車輛間肇事責任之困難度。

表 4 現行法規下特定情境組合之優先路權歸屬表

左轉車輛		直行車輛		行車位置	
				已進入路口	未進入路口
行車位置 與轉彎運行	已抵達中心處	已開始轉彎	直行車輛	直行車輛	左轉車輛
		未開始轉彎	直行車輛	直行車輛	路權不明
	未抵達中心處	已開始轉彎	直行車輛	直行車輛	路權不明
		未開始轉彎	直行車輛	直行車輛	無優先路權問題

伍、路口交通環境影響因素與駕駛者安全通行之關聯性分析

車輛行進路口時，駕駛者應提高警覺性與環境敏感性，並隨時準備採探緊急應變措施，以因應各種可能突發狀況，本研究將影響車輛通行路口之交通環境因素分為人為因素、交通條件及道路條件等三類，並將其與車輛通行安全之關聯性研析整理如表 5 所示。

陸、號誌化交叉路口對向直行左轉車輛通行安全之分析

6.1 基本假設

本研究將探討左轉車輛及直行車輛於路口通行時情境下之相對速率，相關基本假設及條件說明如圖 4 所示，其中 V_l =左轉車輛速率(公尺/秒)， V_s =直行車輛速率(公尺/秒)， W_{rd} =路寬(公尺)。

1. 路口大小

路口大小將決定鄰近路段車道數之多寡(車道數越多，則左轉車輛與對向直行車輛的衝突點就越多)，本研究將假設路口寬度為 6 公尺、8 公尺、10 公尺、12 公尺、14 公尺、16 公尺、18 公尺及 20 公尺(路寬 6 公尺時，車道寬為 3 公尺，其餘路寬下車道寬均設為 3.5 公尺，不足者不列入車道考慮)，而直行車輛在路寬 6~14 公尺僅考慮單車道，路寬 14~20 公尺考慮雙車道，停止線到路口長度為 4 公尺。

2. 車輛型式

由於公路上行駛之車輛種類繁多，一般可分為大型車、小型車、及機車，本研究將考慮車輛型式為寬度 1.8m、長度 5m 之小型車(如圖 4)，其轉彎半徑則為 5 公尺(以車頭中心處計算)。

3. 行車位置

本研究將假設直行車輛之位置為抵達停止線(圖 5)、抵達交叉路口(圖 6)兩種；

表 5 路口交通環境影響因素與駕駛者通行安全之關聯性表

分類	影響因素	駕駛關係人		關係說明
		左轉車輛	直行車輛	
人為因素	預期心理			左轉車輛將依對向直行車輛之行車位置、速率等因素，研判並預期安全通行之可行性。 直行車輛亦將依左轉車輛之行車位置、運行行為等因素，預期安全通行之可行性。
	違規行為			左轉車輛常見違規行為：(1) 搶先左轉、(2) 不讓已進入交叉路口之直行車輛先行。 直行車輛常見違規行為：(1) 不讓已達路口中心處開始轉彎之左轉車輛先行。
	行人干擾			左轉車輛應禮讓行人穿越道上之行人優先通行，故左轉彎運行之連續性將受影響。
交通條件	車輛形式			車輛型式將影響轉彎半徑大小，並決定車輛轉彎行車軌跡。
	行車速率			不同的行車速率將影響直行車輛與左轉車輛之駕駛策略（加速通過、避讓）。
	交通量			交通量越大則增加左轉車輛利用對向車道車間隙進行轉彎動作之困難度。
	車輛相對位置			直行車輛未到交叉路口，左轉車輛已到交叉路口中心處且已開始轉彎，則直行車輛應讓左轉車輛先行。 直行車輛進入交叉路口，則左轉車輛應讓直行車輛先行。
道路條件	路口大小			路口大小影響左轉、直行車輛通行交叉路口之速率，路口越大者，通行速率越高。
	路口型態			路口型態將影響安全視距，並影響左轉車輛運行之順暢性。
	車道數			車道數將增加左轉車輛與對向直行車輛通行之衝突點數，唯在三車道以上路口，通常設有專用左轉號誌。
	中央分隔設施及障礙物			中央分隔設施（中央綠帶）將影響左轉車輛及直行車輛間之三角視域之淨空。
	鄰近路口道路中心線偏移			道路中心線偏移將影響左轉車輛運行之順暢性。
	鋪面			路面的情形將影響行車安全性。
	坡度			坡度將影響行車視距及車輛操作（上坡車輛之熄火、溜動等）。

V_l : 左轉車速
 V_s : 直行車速
 W_{rd} : 路寬
 P : 左轉車輛之瞬間轉彎中心
 R : 左轉車輛之轉彎半徑
 O : 道路處(含點)

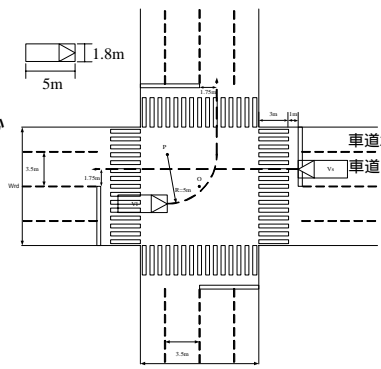


圖 4 基本假設及條件說明圖

左轉車輛之行車位置則固定在其轉彎起始點上，且車輛皆行駛於該行車方向之車道中央。

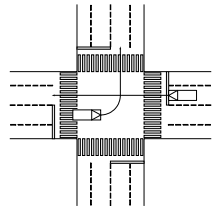


圖 5 直行車輛位於停止線

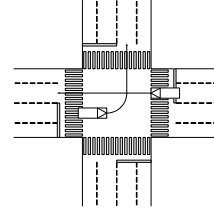


圖 6 直行車輛抵交叉路口

4. 行車速率

不同的行車速率將影響直行車輛與左轉車輛發生衝突之可能性，本研究假設左轉車輛之轉彎速率分別為 10 公里/時、20 公里/時、30 公里/時；直行車輛及左轉車輛皆以等速率通過路口，並經由與路口大小及行車位置之相關分析，得知直行車輛安全通行路口的行車速率範圍。

5. 其它

本研究僅考慮正十字平面交叉路口，且為考慮符合車輛實際運行情況，左轉車輛僅考量由內車道轉入橫向車道內車道，並以最小轉彎半徑所形成的圓之 1/4 弧為轉彎軌跡，其瞬時轉彎中心均為相對路口中心處之 $\{- (1/2 \text{ 車道寬} - \text{轉彎半徑})\}$ ；而直行車輛則考慮通過路口期間不變換車道。直行車輛與左轉車輛之衝突情形則考慮如圖 7、8、9、10 等四種(當直行車輛於車道 2 時，因左轉車輛已完成轉彎動作改做直線運動，故不考慮圖 9 的衝突型式，改以圖 7 型式代替)。

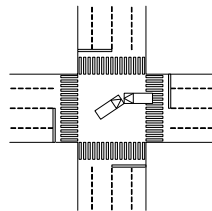


圖 7 直行車輛左車頭撞左轉車輛右車頭

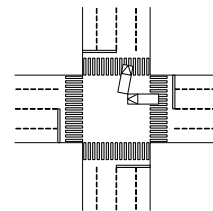


圖 8 直行車輛右車頭撞左轉車輛右車尾

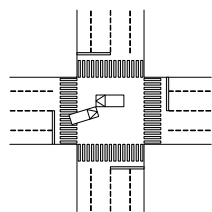


圖 9 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車頭

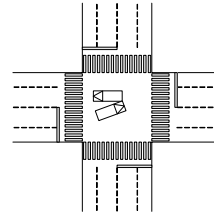


圖 10 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車尾

計算方式主要以運動定律及運行軌跡計算兩車於路口的衝突點及衝突時的相對速率關聯性。計算式以座標的方式表示，以期在將來能對其他更多的狀況做研究。座標原點為兩道路的中心線交匯處 0，因此左轉車輛的轉彎圓心座標於 6 公尺路寬時為 $(-3.5, -3.5)$ ，於其他路寬時為 $(-3.25, -3.25)$ 。以 t 代表行進時間，而

找出兩車的相對速率在何時會有相同的 t 值，此時即代表兩車會產生衝突。並以定量分析法固定左轉車輛速率為 10、20、30 公里/時，找出直行車輛撞左轉車輛及左轉車輛撞直行車輛時直行車輛的速率範圍。另由於六公尺寬路口車道寬僅 3 公尺，故另外特別計算之。

6.2 左轉車輛軌跡及直行左轉車輛碰撞衝突點關係式

1. 左轉車輛軌跡

左轉車輛的車頭中心點行進軌跡-六公尺路口

$$x(t) = 5 \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.5 \quad y(t) = 5 \sin\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.5$$

左轉車輛的車頭中心點行進軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = 5 \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25 \quad y(t) = 5 \sin\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25$$

2. 直行左轉車輛碰撞衝突點關係式

(1) 直行車輛左車頭撞左轉車輛右車頭 (如圖 7)

左轉車輛衝突點行進軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = 5 \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25 + \frac{1.8}{2} \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right)$$

$$y(t) = 5 \sin\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25 + \frac{1.8}{2} \sin\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right)$$

(2) 直行車輛右車頭撞左轉車輛右車尾 (如圖 8)

左轉車輛衝突點行進軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = 5 \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25 + \frac{1.8}{2} \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) + 5 \sin\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right)$$

$$y(t) = 5 \sin\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25 + \frac{1.8}{2} \sin\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 5 \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right)$$

(3) 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車頭 (如圖 9)

左轉車輛衝突點行進軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = 5 \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25 - \frac{1.8}{2} \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right)$$

$$y(t) = 5 \sin\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25 - \frac{1.8}{2} \sin\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right)$$

(4) 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車尾 (如圖 10)

左轉車輛衝突點行進軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = 5 \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25 - \frac{1.8}{2} \cos\left(\frac{Vt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right)$$

$$y(t) = 5 \sin\left(\frac{Vlt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right) - 3.25 - \frac{1.8}{2} \sin\left(\frac{Vlt}{2\pi \times 5} \times 2\pi\right)$$

6.3 直行車輛軌跡及直行左轉車輛碰撞衝突點關係式

1. 直行車輛軌跡

(1) 直行車輛於車道 1 的車頭中心點-六公尺路口

$$x(t) = -\frac{3}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點}$$

直行車輛於車道 1 的車頭中心點行駛軌跡-六公尺路口

$$x(t) = -\frac{3}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點} - V_s \times t$$

直行車輛於停止線，起點=4m

直行車輛於路口，起點=0m

(2) 直行車輛於車道 1 的車頭中心點-非六公尺路口

$$x(t) = -\frac{3.5}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點}$$

直行車輛於車道 1 的車頭中心點行駛軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = -\frac{3.5}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點} - V_s \times t$$

直行車輛於停止線，起點=4m

直行車輛於路口，起點=0m

2. 直行左轉車輛碰撞衝突點關係式

(1) 直行車輛左車頭撞左轉車輛右車頭 (如圖 7)

a) 直行車輛行駛於車道 1 時，衝突點行進軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = -\frac{3.5}{2} + \frac{1.8}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點} - V_s \times t$$

b) 直行車輛行駛於車道 2 時，衝突點行進軌跡-十四至廿公尺路口

$$x(t) = -\frac{3 \times 3.5}{2} + \frac{1.8}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點} - V_s \times t$$

(2) 直行車輛右車頭撞左轉車輛右車尾 (如圖 8)

a) 直行車輛行駛於車道 1 時，衝突點行進軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = -\frac{3.5}{2} - \frac{1.8}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點} - V_s \times t$$

b) 直行車輛行駛於車道 2 時，衝突點行進軌跡-十四至廿公尺路口

$$x(t) = -\frac{3 \times 3.5}{2} - \frac{1.8}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點} - V_s \times t$$

(3) 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車頭 (如圖 9)

a) 直行車輛行駛於車道 1 時，衝突點行進軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = -\frac{3.5}{2} + \frac{1.8}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點} - V_s \times t$$

(4) 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車尾 (如圖 10)

a) 直行車輛行駛於車道 1 時，衝突點行進軌跡-非六公尺路口

$$x(t) = -\frac{3.5}{2} + \frac{1.8}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點} + 5 - V_s \times t$$

b) 直行車輛行駛於車道 2 時，衝突點行進軌跡-十四至廿公尺路口

$$x(t) = -\frac{3 \times 3.5}{2} + \frac{1.8}{2} \quad y(t) = \frac{Wrd}{2} + \text{起點} + 5 - V_s \times t$$

6.4 直行左轉車輛通行安全速率分析

經由本研究所研析之理論基礎與研究方法並考量左轉車輛及直行車輛碰撞型態、影響因素再根據上述之基本假設而導出直行左轉車輛軌跡及碰撞衝突關係式。根據直行左轉車輛軌跡及碰撞衝突關係式進行不同情境模擬運算分析，由於運算資料繁多，茲將重要結果彙整如表 6、表 7 所示。

根據研析所得之結果如表 6、表 7，顯示不同路口寬度下對向直行左轉車輛間之安全通行行駛速率，依各個路口的規定速率找出最適合左轉車輛及直行車輛的安全速率。出現負值即代表路口太小，直行車輛已經佔用到左彎車的左轉軌跡，如直行車輛不後退則左轉車輛定會撞上直行車輛。直行左轉車輛於不同路寬之交叉路口，其安全通行速率將隨之不同，得知於 12 公尺以下路口限制左轉車輛通行速度為 20 公里/時以下，而直行車輛於停止線時需視左彎車是否過中心線決定將速率降於 2 公里/時以下或加速至 62 公里/時上通過；於 14 公尺以上路口同樣限制左轉車輛通行速度為 20 公里/時以下，而直行車輛於停止線時需視左彎車是否過中心線決定將速率降於 5 公里/時以下或加速至 78 公里/時上通過，將可增進直行左轉車輛通行之安全。亦即當左轉車輛通過中心線而直行車輛尚未達停止線時即應禮讓左轉車輛先行，否則需以統一規定，一律左轉車輛讓直行車輛，以達成通行安全之目的。

柒、號誌化交叉路口對向直行左轉車輛之通行安全原則

由於非具左轉專用保護時相之號誌化交叉路口，其對向直行左轉車輛間運行衝突並未消除，直行車輛可能因擁有優先通行路權，反而疏忽注意道路交通環境之變化；左轉車輛則急於通過路口，搶先左轉或轉彎不當，二者都將影響駕駛者通行路口之安全性，因此，經由本研究結果將就駕駛行為及行車速率等，研議直行左轉車輛在號誌化交叉路口之通行安全原則。

表 6 衝突型態：直行車輛撞左轉車輛

路口寬度	行車相對位置		行車速率(公里/時)		
			左轉車輛	直行車輛(車道 1) 如圖 7、圖 8	直行車輛(車道 2) 如圖 7、圖 8
12 m 以下	直行車輛 抵達停止 線前	左轉車輛 開始轉彎	10	<2.2 ; >14.5	
			20	<4.3 ; >29.0	
			30	<6.5 ; >43.6	
	直行車輛 抵達交叉 路口前	左轉車輛 開始轉彎	10	<-0.9 ; >7.6	
			20	<-1.9 ; >15.1	
			30	<-2.8 ; >22.7	
14 m 以上	直行車輛 抵達停止 線前	左轉車輛 開始轉彎	10	<5.2 ; >21.5	<7.8 ; >12.7
			20	<10.5 ; >42.9	<15.5 ; >25.4
			30	<15.7 ; >64.4	<23.3 ; >38.0
	直行車輛 抵達交叉 路口前	左轉車輛 開始轉彎	10	<2.0 ; >14.5	<4.0 ; >8.2
			20	<4.1 ; >29.0	<8.1 ; >16.4
			30	<6.2 ; >43.6	<12.1 ; >24.6

表 7 衝突型態：左轉車輛撞直行車輛

路口寬度	行車相對位置		行車速率(公里/時)		
			左轉車輛	直行車輛-車道 1 (如圖 9、圖 10)	直行車輛-車道 2 (如圖 7、圖 10)
12 m 以下	直行車輛 抵達停止 線前	左轉車輛 開始轉彎	10	<15.9 ; >30.9	
			20	<31.7 ; >61.9	
			30	<47.6 ; >92.8	
	直行車輛 抵達交叉 路口前	左轉車輛 開始轉彎	10	<7.4 ; >22.2	
			20	<14.8 ; >44.4	
			30	<22.2 ; >66.7	
14 m 以上	直行車輛 抵達停止 線前	左轉車輛 開始轉彎	10	<22.2 ; >39.1	<9.3 ; >20.3
			20	<44.4 ; >78.3	<18.7 ; >40.5
			30	<66.7 ; >117.4	<14.6 ; >47.4
	直行車輛 抵達交叉 路口前	左轉車輛 開始轉彎	10	<13.8 ; >30.7	<4.9 ; >15.8
			20	<27.5 ; >61.4	<9.7 ; >31.6
			30	<41.3 ; >92.0	<14.6 ; >47.4

附註:表 6、表 7 並未完全列出不同路口大小下之通行安全速率,僅列出路口寬度 12 公尺以上及 14 公尺以上之通行安全速率。

1.路口駕駛行為安全原則

(1)直行車輛之安全駕駛原則

直行車輛鄰近路口應遵守交通號誌、標誌、標線、標字之指示，與交通法規之規定，行進間則保持與前車之跟車距離，且減速行駛，並於信賴原則下，不作出其他用路人所不能預測之駕駛行為（變換車道、超速），此外，直行車輛雖具有法規所賦予之優先通行路權，但仍須存有隨時準備避讓之防衛駕駛心態。

(2)左轉車輛之安全駕駛原則

左轉車輛亦應遵守交通號誌、標誌、標線、標字、交通法規之指示與規定，於距離路口前方三十公尺處顯示方向燈，以告知其他用路人行駛意圖，若於四車道以上或同向二車道之道路，則應先切入最內側車道；開始轉彎前應減速，以獲得充裕時間讀取路口交通環境，判斷轉向角度與行駛軌跡，轉彎過程中應以平穩之車速通過，並基於信賴原則，不作其他用路人所不能預測之駕駛行為（搶先左轉），必要時應於路口中心處前停等、避讓，待對向車道具有足夠車間空程或行進空間時才通行，最後則應注意行人穿越道上之行人，並留意對向車輛及其後方突然竄出之機車。

2.行車速率安全原則

根據研析所得之結果如表 6、表 7，顯示不同路口寬度下對向直行左轉車輛間之安全通行行駛速率，直行左轉車輛於不同路寬之交叉路口，其安全通行速率將隨之不同，得知於 12 公尺以下路口限制左轉車輛通行速度為 20 公里/時以下，而直行車輛於停止線時需視左彎車是否過中心線決定將速率降於 2 公里/時以下或加速至 62 公里/時上通過；於 14 公尺以上路口同樣限制左轉車輛通行速度為 20 公里/時以下，而直行車輛於停止線時需視左彎車是否過中心線決定將速率降於 5 公里/時以下或加速至 78 公里/時上通過，將可增進直行左轉車輛通行之安全。亦即當左轉車輛通過中心線而直行車輛尚未達停止線時即應禮讓左轉車輛先行，否則需以統一規定，一律左轉車輛讓直行車輛，以達成通行安全之目的。

3.相關安全原則

(1)路口中心處

將路口中心處之定義明確化，改變以往任由個別駕駛者自行判斷路口中心處之定義與範圍之情形，以實體之標線方式將路口中心處表現為道路之中心點或中心圈，並配合增訂相關左轉車輛運行軌跡之規範，以提供駕駛者遵循並採取適當駕駛策略之依據。

(2)搶先左轉彎

對於「搶先左轉彎」之規定可羅列除外條款，用以規範較小路口之車輛轉彎運行，以滿足實際交通需求。本研究於考量路口大小因素下，藉由觀察左轉車輛採直角轉彎運行時之行車軌跡，發現路寬較小之交叉路口，車輛若以直角轉彎方式運行，必須於進入交叉路口不久後，立即準備開始轉彎，倘若於接近路口中心處才開始轉彎，則車輛將無法以正常、中性轉彎進入橫街道路之內外、側車道。

捌、結語

現行道路交通法規對於左轉車輛與直行車輛間之相關規範尚有缺失，或語意不夠明確，或型式繁複，或與實際車輛運行現象不盡相符之情形，皆將影響駕駛者於通行路口時之駕駛策略與行為。駕駛者除依法規所賦予的路權為通行路口之依據，亦考慮人為因素，交通條件、道路條件等交通環境因素變動情形，就左轉車輛而言，將待對向車道具有足夠車間空程或行進間距，以求迅速安全通行路口，惟仍需留意對向游移不定之直行車輛，而直行車輛雖具有優先通行路權，但仍需注意左轉車輛之違規行為、行駛意圖、侵略性等。依本研究研析得知可依各個路口的規定速率找出最適合左轉車輛及直行車輛的安全速率。未來可以本研究為基礎，進行不同情況模擬研究。

參考文獻

1. 道路交通管理處罰條例，交通部，民國 92 年 1 月。
2. 道路交通安全規則，交通部，民國 92 年 7 月。
3. 美國加州駕駛人手冊，網址，<http://www.leginfo.ca.gov/index.html>。
4. 香港道路使用守則，www.info.gov.hk/td/chi/advice/code_index.html。
5. 陳高村，「優先通行路權之探討」，警學叢刊，民國 82 年 12 月。
6. 孫信泰，「號誌化路口衝突左轉車輛流量之研究與 UTSS 模式之應用」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 87 年 6 月。
7. 許添本、張家豪，「號誌化交叉口之左轉肇事特性分析」，85 年道路交通安全與執法研討會，民國 85 年 6 月。
8. 陳高村、葉文啟，「交通違規行為為害交通程度與處罰標準之研究」，九十一年中華民國運輸年會研討會，民國 91 年 12 月。
9. 湯儒彥，「通行權、路權與道路使用正當性」，89 年道路交通安全與執法研討會，民國 89 年 6 月。
10. 廖正豪，「過失犯論」，三民書局股份有限公司，民國 82 年 2 月。
11. 張家祝，「把交通的病找出來」，財團法人台北市交通文教基金會，民國 81 年 1 月。
12. 陳高村，「道路交通事故處理與鑑定」，中華彩色印刷股份有限公司，台北市，民國 86 年 5 月。
13. 鄭祺樺，「非號誌化平面十字交叉路口左右方車行車路權之研究」，國立交通大學運輸科技與管理研究所碩士論文，民國 92 年 6 月。
14. 吳水威、鄭祺樺等，「非號誌化平面十字路口左右方車路權優先次序之研究」，九十一年道路交通安全與執法研討會，民國 91 年 10 月。