

第四章 號誌化平面路口對向直行左轉車輛安全通行分析模式之 構建

4.1 引言

本章主要在於利用第三章之理論基礎與研究方法，建立號誌化平面路口對向直行左轉車輛安全通行分析模式，而分析模式係以對向直行左轉車輛能否安全通行交通衝突區域為核心。

4.2 分析模式之構建

本研究依據第三章之理論基礎與研究方法，並在考量我國道路交通法規之對向直行左轉車輛之通行規範及其路權歸屬，係以空間（含位置、距離）之明確性形式規定，以及考慮道路幾何條件，如路口寬度、車道寬度、斑馬線寬度、停等線與路口之距離，與車輛尺寸、轉彎半徑等因素，建構號誌化平面路口對向直行左轉車輛安全通行分析模式，以求得各情境模擬下之對向直行左轉車輛衝突臨界速率，並利用實地調查所得之左轉車輛於一般情況下正常行駛速率分佈範圍之上下限，作為檢定各模擬情境下安全通行之門檻值，分析模式建構理念，如圖 4.1 所示。



4.2.1 變數定義

本研究所考慮變數之定義如下：

s ：直行車輛

l ：左轉車輛

V_l ：左轉車輛之行駛速率（公里/小時）

V_s ：直行車輛之行駛速率（公里/小時）

W_{rd} ：號誌化平面路口寬度（公尺）

W_l ：車道寬度（公尺）

W_p ：斑馬線寬度（公尺）

H ：停等線與路口之距離定值 4 公尺

R_1 ：左轉車輛之左前、後車輪行進軌跡之轉彎半徑為定值 5.5 公尺

R_2 ：左轉車輛之右前、後車輪行進軌跡之轉彎半徑為定值 7.3 公尺

(h,k) ：左轉車輛瞬時轉彎中心座標

d_s ：直行車輛行駛至衝突點之距離（公尺）

d_l ：左轉車輛行駛至衝突點之距離（公尺）

t_s ：直行車輛抵達衝突點所需時間（秒）

t_l ：左轉車輛抵達衝突點所需時間（秒）

L ：車長 5 公尺

W ：車寬 1.8 公尺

θ ：號誌化平面路口交角



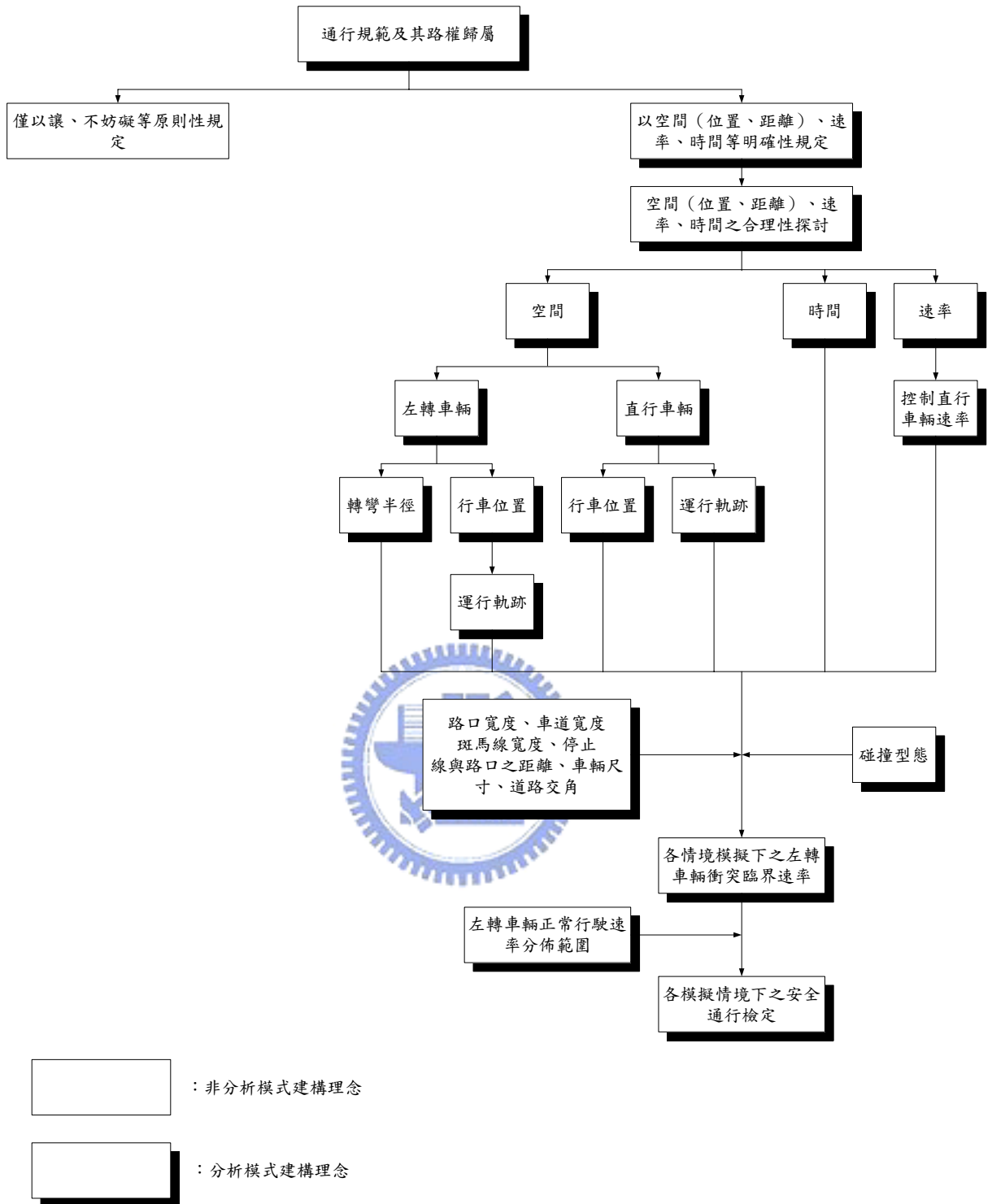


圖 4.1 分析模式建構理念圖

4.2.2 考慮變數與條件假設

本研究所構建號誌化平面路口對向直行左轉車輛安全通行分析模式之影響因素分析如下：

1. 路口寬度

號誌化平面路口之寬度受道路幾何條件影響而不盡相同，且車輛之行車速率易受臨近路口寬度之影響，如路口寬度愈寬，不論直行或轉彎車輛，為求順利通行路口，則行車速率或許會較路口寬度較小者快，而不同的行車速率下，亦會影響路口對向直行左轉車輛之行車路權與通行安全。因此，本研究情境模擬之道路幾何條件設定，乃假設路口之四個臨近路口寬度及大小相同，且考慮皆有斑馬線與停止線，如圖 4.2 所示，而斑馬線長為 3 公尺，停止線到路口長度為 4 公尺，並探討不同路口寬度下，其與不同速度間的相互影響關係。

又依據公路設計規範，道路寬度若為 6 公尺至 8 公尺，則屬市區巷道寬度，而 10 公尺至 20 公尺則為一般市區道路寬度，本研究並考慮路口寬度較小的路口之車輛轉彎運最小轉彎半徑之空間需求等因素，而選取 6 公尺、8 公尺、10 公尺、12 公尺、14 公尺、16 公尺、18 公尺、20 公尺共 8 種路口寬度，以進行模擬分析。

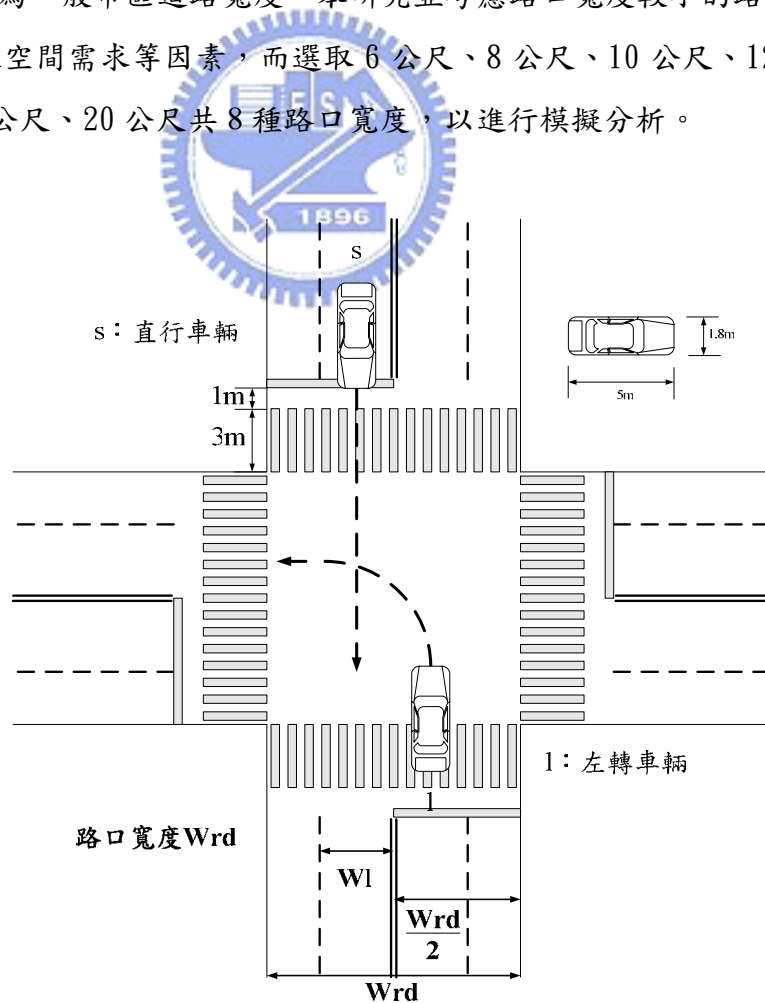


圖 4.2 路口寬度示意圖

2. 車輛尺寸

由於道路上車輛種類型式繁多，依交通部之臺閩地區機動車輛登記數統計項目，概括而言，可分為大客車、大貨車、小客車、小貨車、機器腳踏車等 5 類，其中又以小客車數量最多，因此本研究係以小客車作為探討對向直行左轉車輛安全通行之車種，並假設小客車之尺寸，車寬為 1.8 公尺，與車身長為 5 公尺，如圖 4.3 所示。

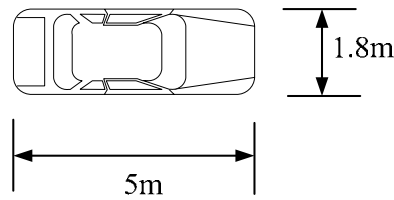


圖 4.3 車輛尺寸圖

3. 轉彎半徑

鑒於不同車廠生產之車輛型式差異頗大，且同一廠牌之車輛亦有不同車系之分別，致使雖同為小客車，但車輛規格不盡相同，因此本研究參考各車廠實際車輛狀況，並本研究車輛尺寸之選定，而假設左轉車輛之左前、後車輪行進軌跡之轉彎半徑為定值 5.5 公尺，至於左轉車輛之右前、後車輪行進軌跡之轉彎半徑則為定值 7.3 公尺，如圖 4.4 所示。

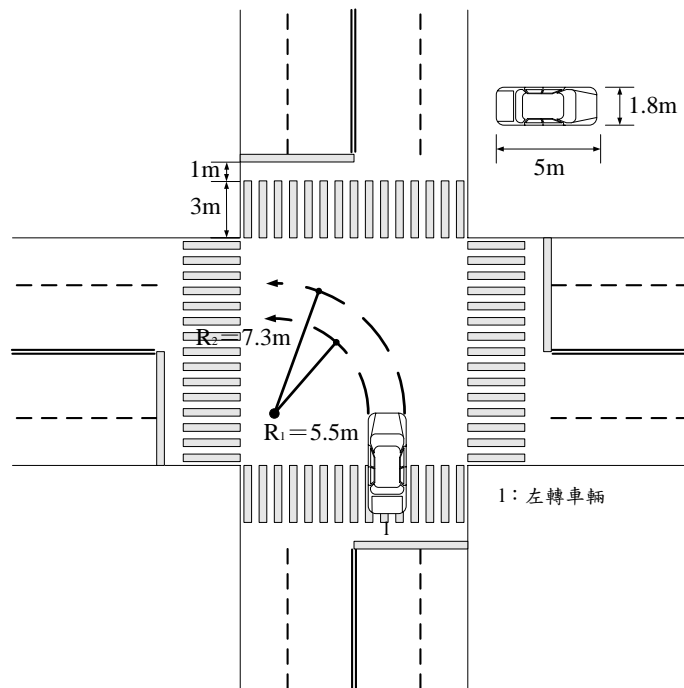


圖 4.4 左轉車輛轉彎半徑示意圖

4. 行車位置

基於我國道路交通管理處罰條例第 48 條第 6 款關於對向直行左轉車輛之通行規範，其中提及在特定行車位置組合狀況下，亦即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下，係由左轉車輛取得優先通行路權，並考量簡化車輛於接近路口時，行駛於車道上情境之複雜性，本研究之直行左轉車輛行車位置假設如下：

(1) 直行車輛

本研究首先假設直行車輛行駛於該行車方向之車道中央，且將其起始位置分為車頭抵達路口、抵達停止線兩種，以供作直行車輛尚未進入與已進入路口的臨界狀態之探討，分別如圖 4.5、4.6 所示。

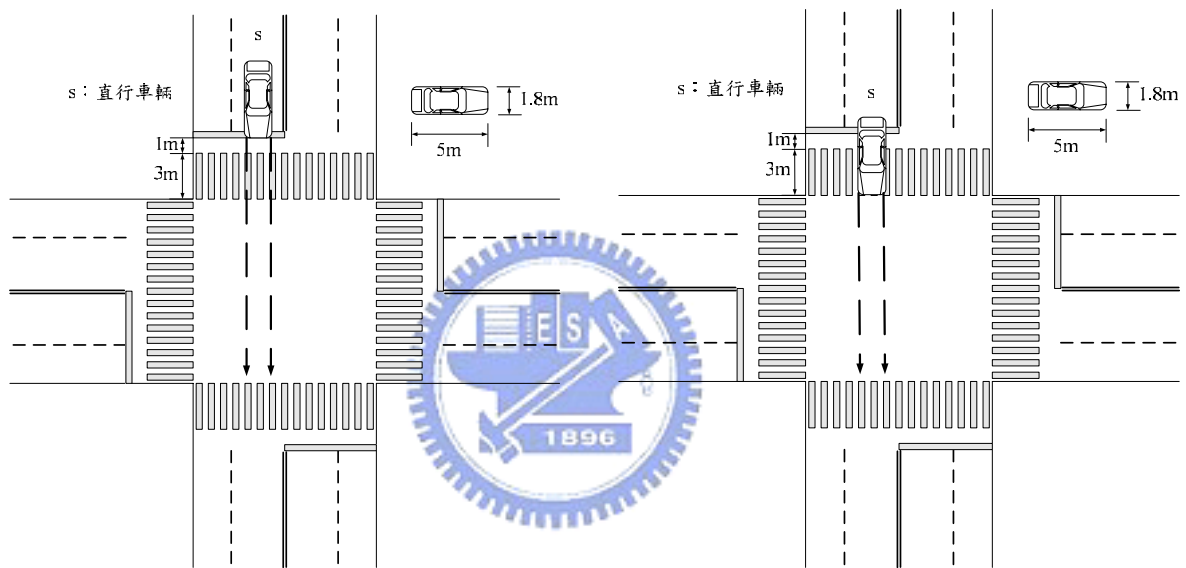


圖 4.5 直行車輛位抵達停止線圖

圖 4.6 直行車輛抵達路口圖

(2) 左轉車輛

本研究假設左轉車輛行駛於原行駛車道之正中央，且將其轉彎運行起始位置分為車頭抵達斑馬線、抵達路口、抵達橫街近端內側車道線之延伸線前、抵達橫街近端內側車道中心線之延伸線等四種，以作為左轉車輛不同轉彎運行軌跡探討之基礎，分別如圖 4.7、4.8、4.9、4.10 所示。

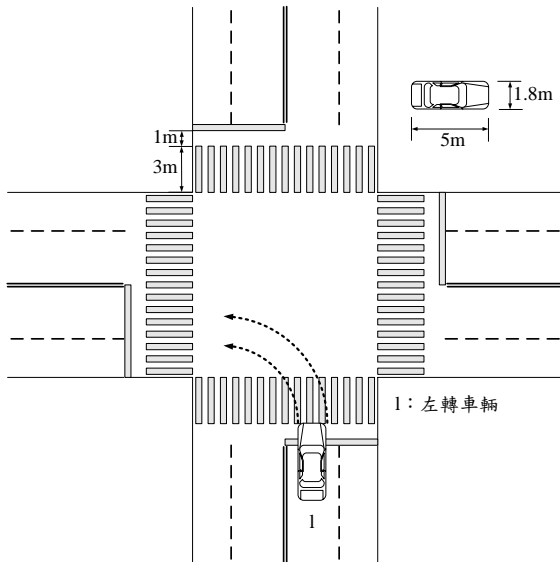


圖 4.7 左轉車輛抵達斑馬線圖

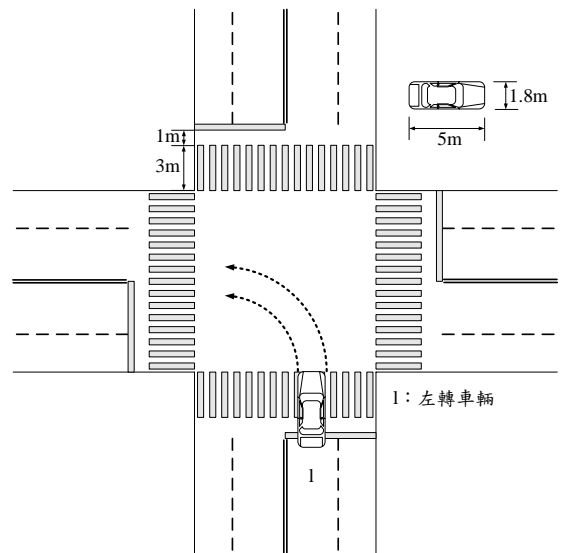


圖 4.8 左轉車輛抵達路口圖

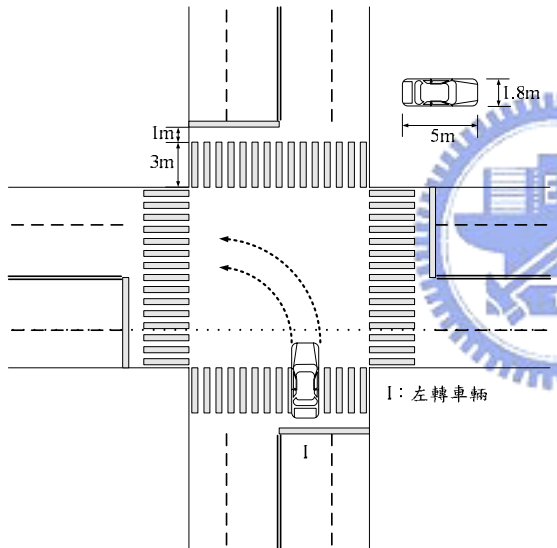


圖 4.9 左轉車輛抵達橫街近端內側車道線之延伸線前圖

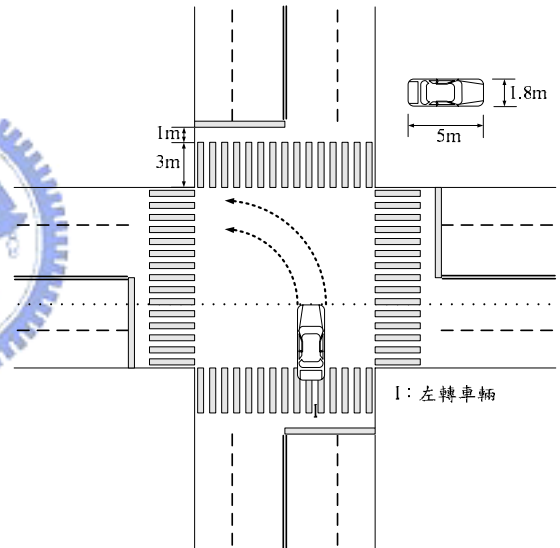


圖 4.10 左轉車輛抵達橫街近端內側車道中心線之延伸線圖

5. 行駛速率

不同的行駛速率將影響直行左轉車輛發生衝突之可能性，本研究考量交通法規速限下之一般市區道路車輛行駛速率，而以 5 KPH 為間隔，將直行車輛之平均行駛速率假設為 10 KPH、15 KPH、20KPH、25 KPH、30 KPH、35 KPH、40 KPH、45 KPH、50 KPH 等，共 9 種速率，以符合市區道路車流行駛速率；此外並假設直行與左轉車輛於通行路口過程中皆為等速率行駛狀態。

6. 其它

為便於情境模擬分析模式之運算，本研究乃採固定軌跡、固定衝突點之方式模擬路口對向直行左轉車輛運行，其中直行車輛運行係以直線軌跡加以表示，且其通過路口期間不變換車道，此部分與實際狀況差異較小，而左轉車輛運行則以圓形軌跡加以表示，此部分圓弧軌跡之於實際車輛運行軌跡之代表性而言，由於僅存有 5% 誤差 [10]，因此仍屬可接受結果，此外，本研究左轉之瞬時轉彎中心將依左轉運行軌跡之不同而改變。

4.2.3 交通衝突區域之構建

1. 衝突區域之建立

本研究對向直行左轉車輛之交通衝突區域係建立於左轉車輛僅考量以固定圓周運動之部分圓弧軌跡由內車道轉入橫向車道內車道，而直行車輛為直線行駛於最內側車道之正中央之前提下，如圖 4.11 所示，為 ABCD 所構成之區域。

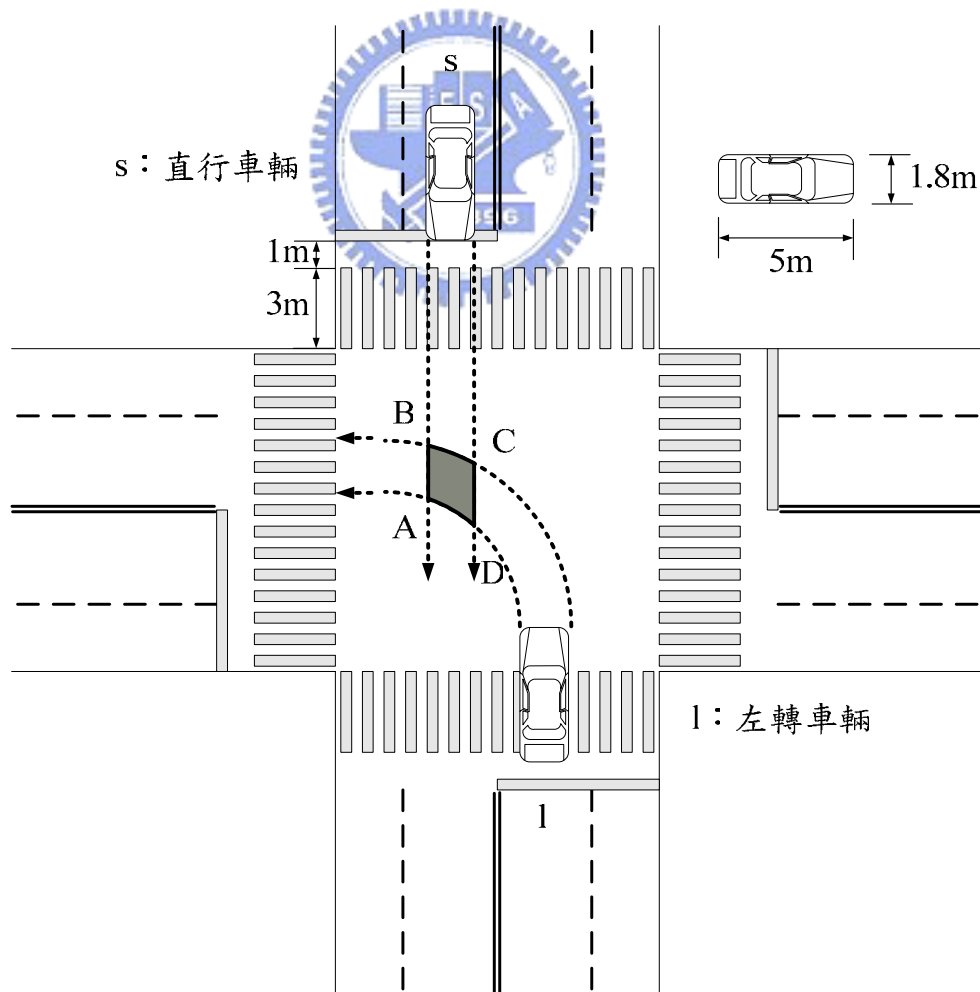


圖 4.11 對向直行左轉車輛交通衝突區域圖

2. 二維座標系統之建立

本研究之分析模式係以二維座標系統為基礎，而為顧及充分顯現左轉軌跡與路口中心處之相對關係，以及模式計算之方便性，其座標原點係建立於路口範圍之左下角點 o ，如圖 4.12 所示。

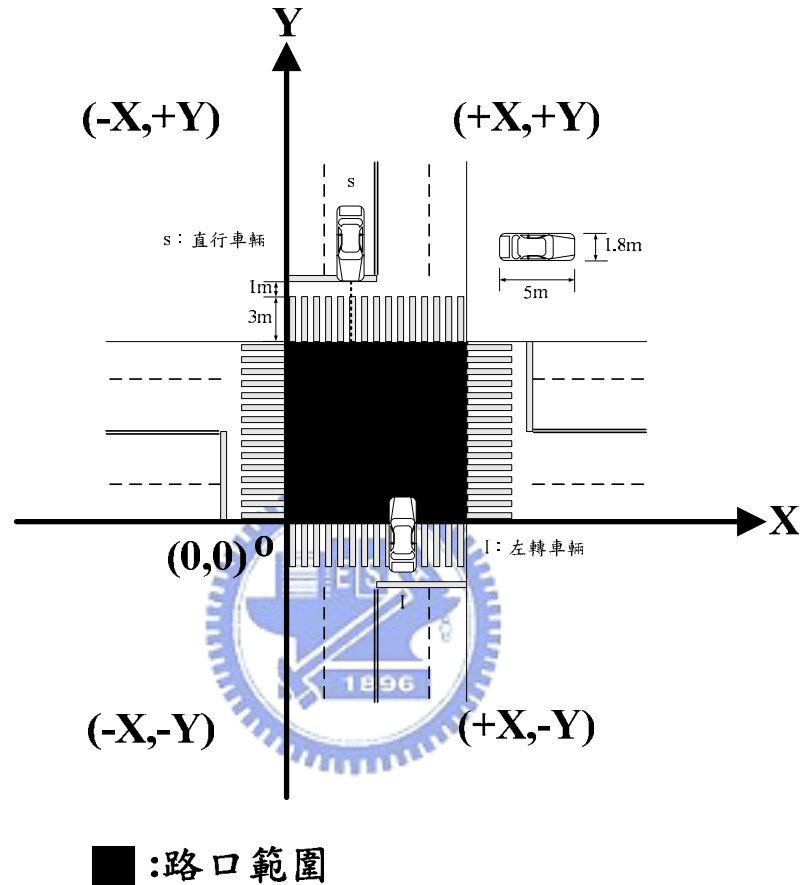


圖 4.12 座標系統圖

4.2.4 情境模擬與公式推導

本研究以數學函數解釋各情境，且予以公式化、數量化，考慮變數選取計有路口寬度、行駛速率、轉彎半徑、直行左轉車輛行駛至衝突點之距離、直行左轉車輛抵達衝突點所需時間、車輛尺寸、斑馬線及停止線與路口之距離、道路交角等。

4.2.4.1 情境模擬

本研究之情境模擬，係探討不同直行車輛之起始位置、左轉車輛之運行軌跡，以及兩車最終碰撞型態組合下，各種直行左轉車輛通行路口之可能情境。

1. 直行車輛起始位置

直行車輛之起始位置，分為抵達路口、抵達停止線兩種，其中以直行車輛之車頭抵達停止線代表車輛未進入路口，而直行車輛之車頭抵達路口代表車輛剛進入路口。

2. 左轉車輛運行軌跡

本研究為更明確顯示不同左轉運行軌跡間之差異，除考量交通部路政司第 05629 號函示，交岔路口中心處，係指路口中心，即各道路中心線延伸交岔處外，更進一步將路口中心處之意涵，以路口中心點與中央區域將其明確化，如圖 4.13 所示。其中，路口中心點即為原各道路中心線延伸交岔處，而中央區域則為臨近路口各向道路最內側車道中心線延伸交岔所形成之區域範圍，再依左轉車輛轉彎運行起始位置，配合運行軌跡與中心點、中央區域之相互關係，而將左轉車輛之運行軌跡，相對應不同轉彎起始位置而區分為搶先左轉、未繞過中心處、過中心處、繞過中心處 4 類：

(1) 搶先左轉

左轉車輛之轉彎運行起始位置為車頭抵達斑馬線，亦即為距離座標系統之 X 軸 W_p 公尺處，而其運行軌跡則為行經路口中央區域與中心點之下方，且皆未經過中央區域與中心點，如圖 4.14 所示，係表示左轉車輛未進入路口即開始左轉。

(2) 未繞過中心處

左轉車輛之轉彎運行起始位置為車頭抵達路口，亦即為距離座標系統之 X 軸 0 公尺處，而其運行軌跡則為行經路口中央區域與中心點之下方，並經過中央區域，但未經過中心點，如圖 4.15 所示，係表示左轉車輛剛抵達路口即開始左轉，。

(3) 過中心處

左轉車輛之轉彎運行起始位置為車頭距離座標系統之 X 軸 $\frac{W_{rd}}{2} - W_l - 1$ 公尺處，而其運行軌跡則為同時經過路口中央區域與中心點，如圖 4.16 所示，係表示左轉車輛已進入路口但未靠近路口中心處才開始左轉。

(4) 繞過中心處

左轉車輛之轉彎運行起始位置為車頭距離座標系統之 X 軸 $\frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$ 公尺處，而

其運行軌跡則為則為路口中央區域與中心點之上方，並經過中央區域，但未經過中心點，如圖 4.17 所示，係表示左轉車輛已進入路口且靠近路口中心處附近才開始左轉。

因此，本研究係將左轉車輛起始位置之相關考量納入左轉運行軌跡之假設中，並同時配合路口中心處之意涵，而考慮不同左轉運行軌跡之訂定。此外，本研究並假設左轉車輛皆行駛於原行駛車道之正中央。

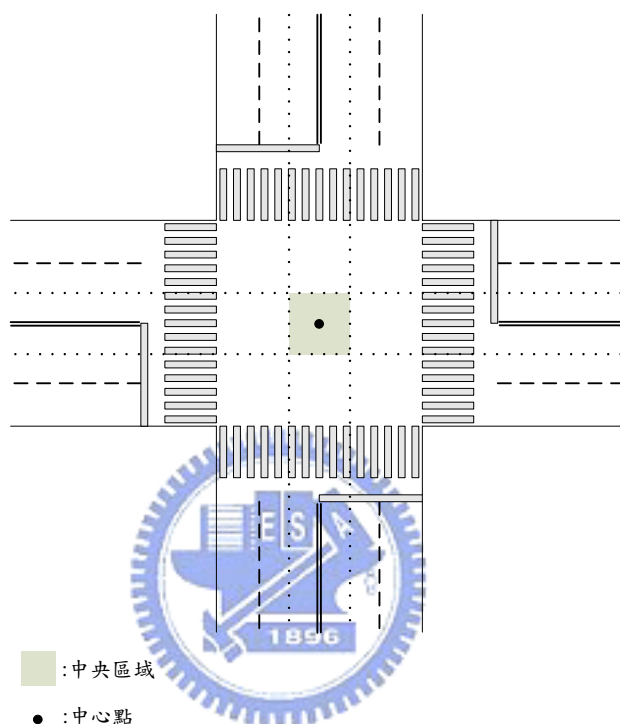


圖 4.13 路口中央區域與中心點示意圖

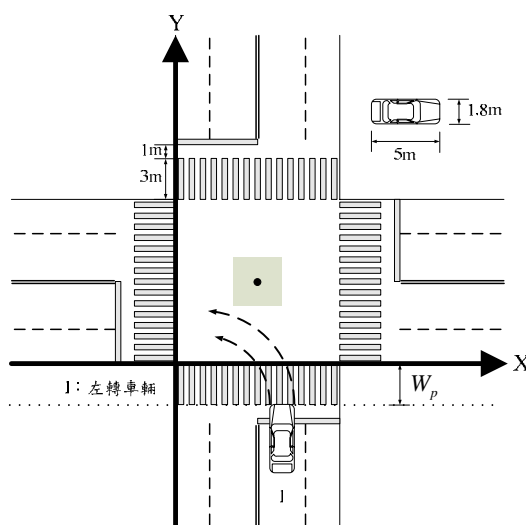


圖 4.14 左轉車輛搶先左轉圖

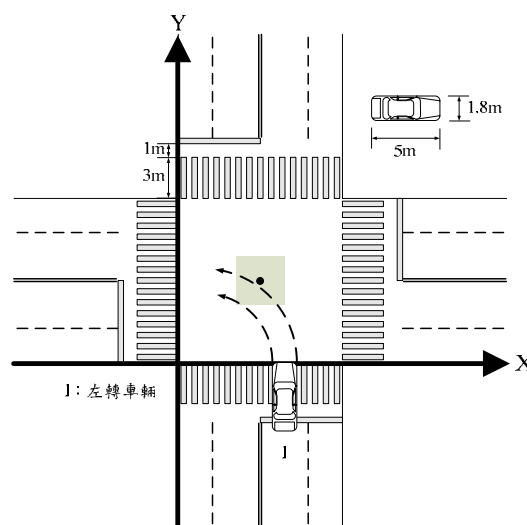


圖 4.15 左轉車輛未繞過中心處圖

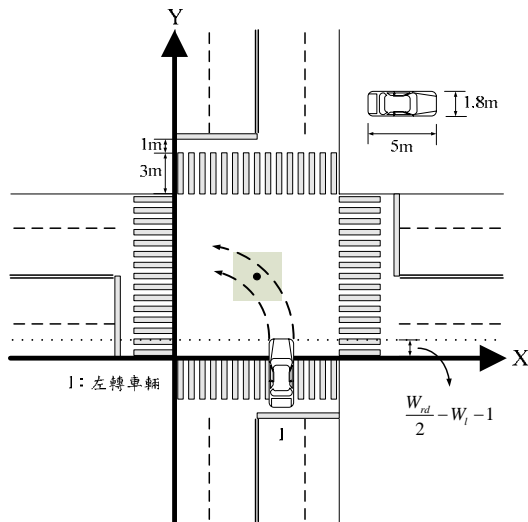


圖 4.16 左轉車輛過中心處圖

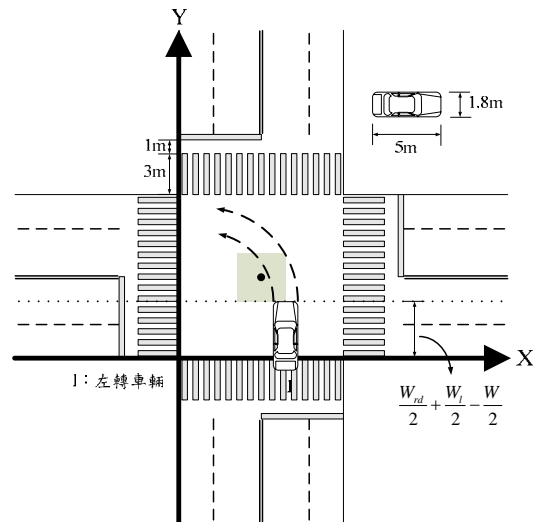


圖 4.17 左轉車輛繞過中心處圖

3. 最終碰撞型態

此外，本研究依車輛運行軌跡，將對向直行左轉車輛之最終碰撞型態分為：

- (1) 直行車輛左車頭碰左轉車輛右車頭（如圖 4.18 所示）。
- (2) 直行車輛右車頭撞左轉車輛右車尾（如圖 4.19 所示）。
- (3) 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車頭（如圖 4.20 所示）。
- (4) 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車尾（如圖 4.21 所示）。

共計 4 種，其中 (1) 直行車輛左車頭碰左轉車輛右車頭，與 (2) 直行車輛右車頭撞左轉車輛右車尾，係分別代表於左轉車輛被撞下之車輛碰撞臨界狀態之起始與終止。而 (3) 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車頭，與 (4) 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車尾，則分別代表於直行車輛被撞下之碰撞臨界狀態之起始與終止。

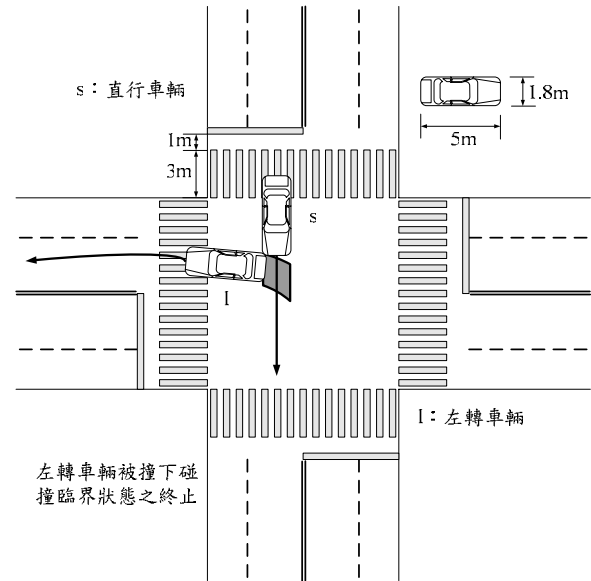
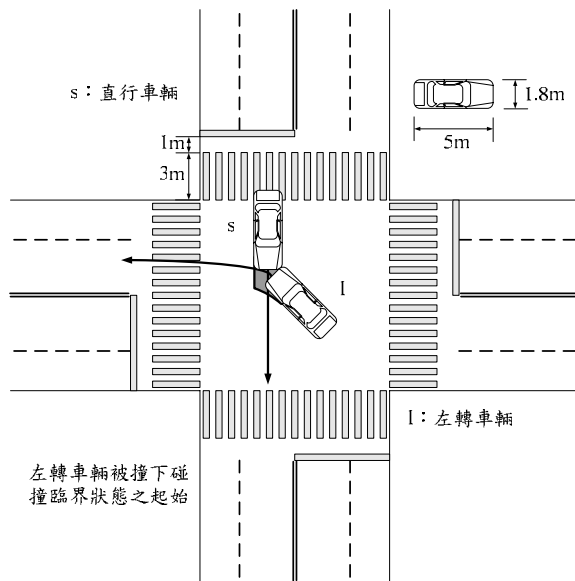


圖 4.18 直行車輛左車頭碰左轉車輛右車頭 圖 4.19 直行車輛右車頭撞左轉車輛右車

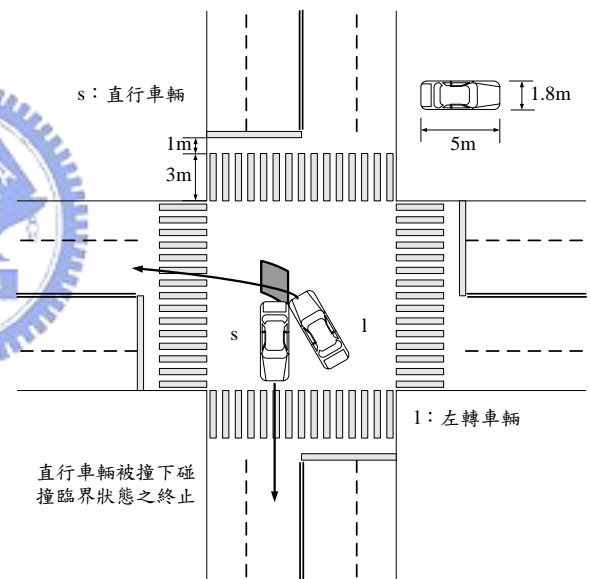
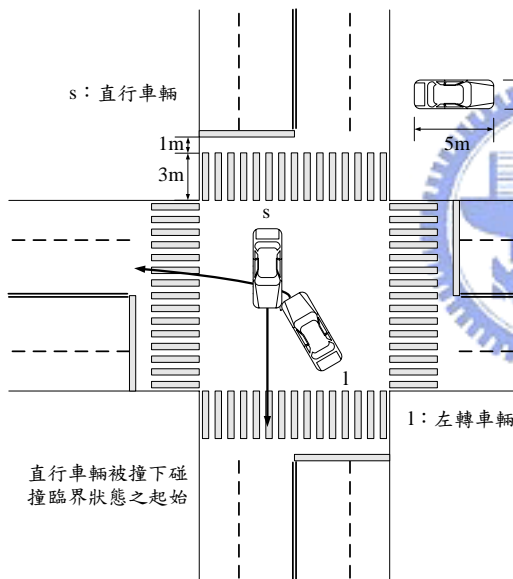


圖 4.20 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車頭 圖 4.21 左轉車輛左車頭撞直行車輛左車尾

4.2.4.2 公式推導

本研究之公式推導，主要係以參數方程式表現各種情境下直行左轉車輛之行駛軌跡，考慮因素包括路口寬度、行駛速率、轉彎半徑、抵達衝突點所需時間、車輛尺寸、斑馬線、停止線與路口之距離、道路交角等，並以路口左下角點為原點之座標系統，推導各種情境下車輛行駛軌跡。

1. 直行車輛行駛軌跡

(一) 等於 90 度下直行車輛行駛軌跡

(1) 等於 90 度下直行車輛抵達停止線 (通式 1)

當直行車輛起始位置為抵達停止線，如圖 4.22 所示，其 S_a 、 S_b 、 S_c 、 S_d 各角點之行駛軌跡分別為：

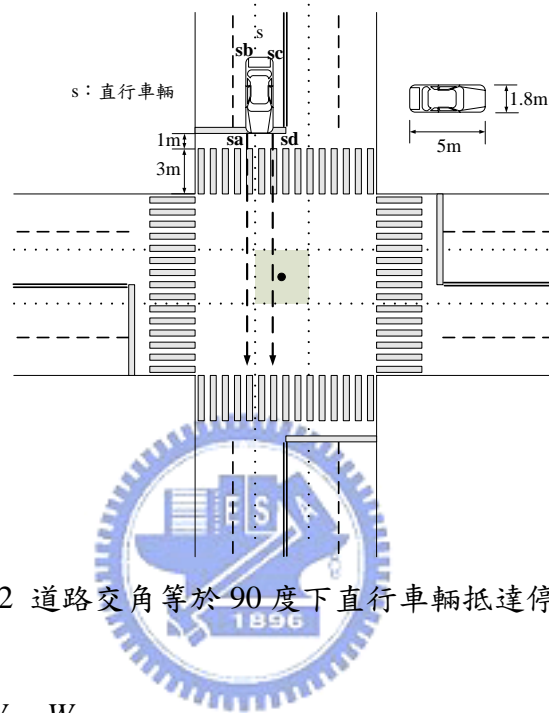


圖 4.22 道路交角等於 90 度下直行車輛抵達停止線圖

$$S_a : x(t) = \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = (W_{rd} + H) - V_s \times t$$

$$S_b : x(t) = \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = (W_{rd} + H + L) - V_s \times t$$

$$S_c : x(t) = \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = (W_{rd} + H + L) - V_s \times t$$

$$S_d : x(t) = \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = (W_{rd} + H) - V_s \times t$$

(2) 等於 90 度下直行車輛抵達路口 (通式 2)

當直行車輛起始位置為抵達路口，如圖 4.23 所示，其 S_a 、 S_b 、 S_c 、 S_d 各角點之行駛軌跡分別為：

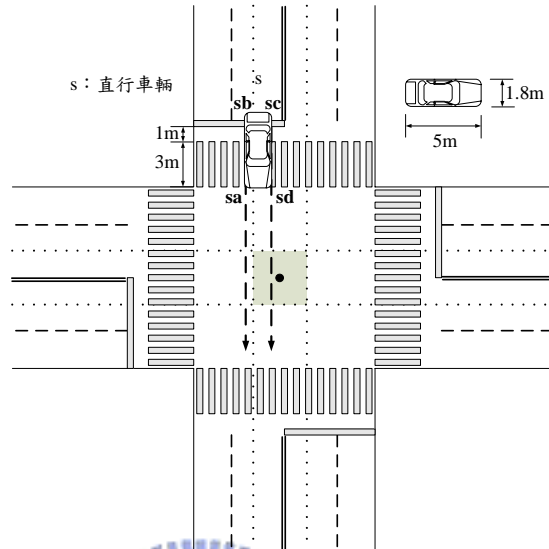


圖 4.23 道路交角等於 90 度下直行車輛抵達路口圖

$$S_a : x(t) = \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = W_{rd} - V_s \times t$$

$$S_b : x(t) = \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = (W_{rd} + L) - V_s \times t$$

$$S_c : x(t) = \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = (W_{rd} + L) - V_s \times t$$

$$S_d : x(t) = \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = W_{rd} - V_s \times t$$

(二) 小於 90 度下直行車輛行駛軌跡

(1) 小於 90 度下直行車輛抵達停止線 (通式 3)

當直行車輛起始位置為抵達停止線，如圖 4.24 所示，其 S_a 、 S_b 、 S_c 、 S_d 各角點之行駛軌跡分別為：

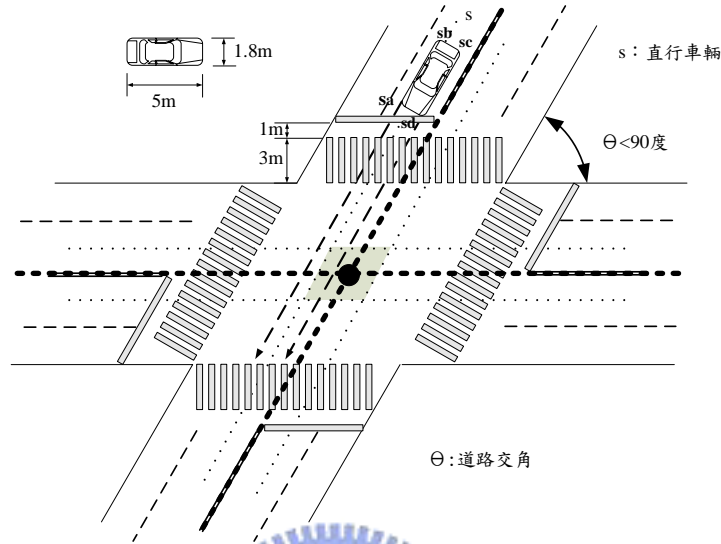


圖 4.24 道路交角小於 90 度下直行車輛抵達停止線圖

$$S_a : x(t) = \frac{(2 \cos \theta + 1)W_{rd} + 2 \cos \theta \times H - W_l + (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta)W}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \cos \theta \times t$$

$$y(t) = \frac{W_{rd} + H + \cos \theta \times W}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \sin \theta \times t$$

$$S_b : x(t) = \frac{(2 \cos \theta + 1)W_{rd} + 2 \cos \theta \times H - W_l + (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta)W + 2 \sin \theta \times \cos \theta \times L}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \cos \theta \times t$$

$$y(t) = \frac{W_{rd} + H + \cos \theta \times W + \sin \theta \times L}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \sin \theta \times t$$

$$S_c : x(t) = \frac{(2 \cos \theta + 1)W_{rd} + 2 \cos \theta \times H - W_l + W + 2 \sin \theta \times \cos \theta \times L}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \cos \theta \times t$$

$$y(t) = \frac{W_{rd} + H + \sin \theta \times L}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \sin \theta \times t$$

$$S_d : x(t) = \frac{(2 \cos \theta + 1)W_{rd} + 2 \cos \theta \times H - W_l + W}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \cos \theta \times t$$

$$y(t) = \frac{W_{rd} + H}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \sin \theta \times t$$

(2) 小於 90 度下直行車輛抵達路口 (通式 4)

當直行車輛起始位置為抵達路口，如圖 4.25 所示，其 S_a 、 S_b 、 S_c 、 S_d 各角點之行駛軌跡分別為：

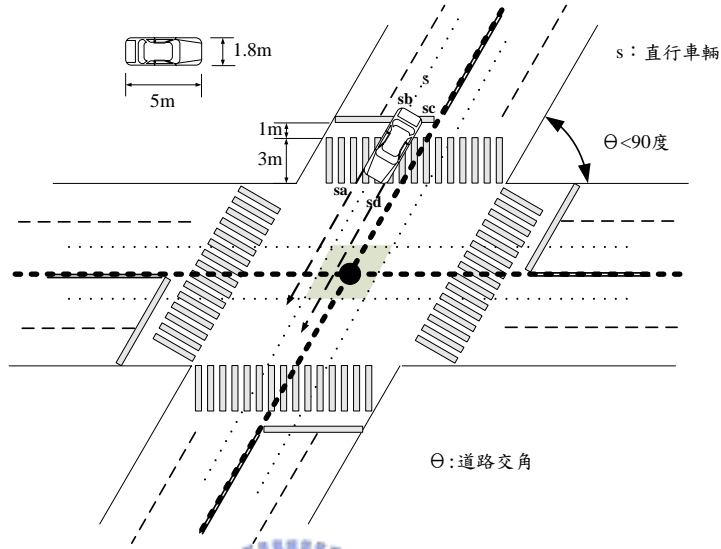


圖 4.25 道路交角小於 90 度下直行車輛抵達路口圖

$$S_a : x(t) = \frac{(2 \cos \theta + 1)W_{rd} - W_l + (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta)W}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \cos \theta \times t$$

$$y(t) = \frac{W_{rd} + \cos \theta \times W}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \sin \theta \times t$$

$$S_b : x(t) = \frac{(2 \cos \theta + 1)W_{rd} - W_l + (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta)W + 2 \sin \theta \times \cos \theta \times L}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \cos \theta \times t$$

$$y(t) = \frac{W_{rd} + \cos \theta \times W + \sin \theta \times L}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \sin \theta \times t$$

$$S_c : x(t) = \frac{(2 \cos \theta + 1)W_{rd} - W_l + W + 2 \sin \theta \times \cos \theta \times L}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \cos \theta \times t$$

$$y(t) = \frac{W_{rd} + \sin \theta \times L}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \sin \theta \times t$$

$$S_d : x(t) = \frac{(2 \cos \theta + 1)W_{rd} - W_l + W}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \cos \theta \times t$$

$$y(t) = \frac{W_{rd}}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)} - V_s \times \sin \theta \times t$$

2. 左轉車輛行駛軌跡

(一) 等於 90 度下左轉車輛行駛軌跡

(1) 等於 90 度下搶先左轉 (通式 5)

當左轉車輛搶先左轉，如圖 4.26 所示，其 l_a 、 l_b 、 l_c 、 l_d 角點行駛軌跡分別為：

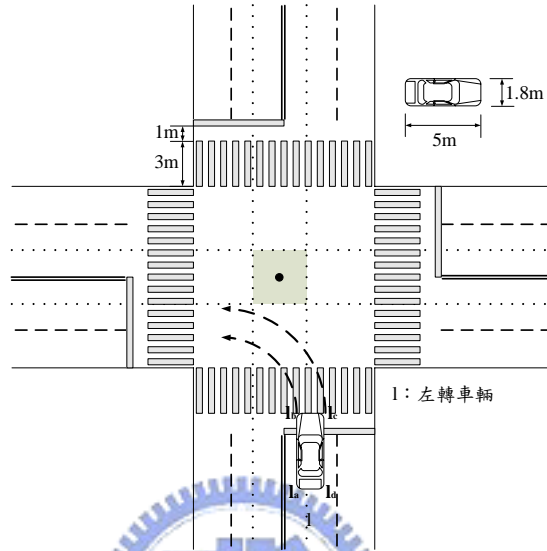


圖 4.26 道路交角等於 90 度下左轉車輛搶先左轉圖

$$l_a : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) - W_p - L$$

$$l_b : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) - W_p$$

$$l_c : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) - W_p$$

$$l_d : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) - W_p - L$$

(2) 等於 90 度下未繞過中心處 (通式 6)

當左轉車輛未繞過中心處，如圖 4.27 所示，其 l_a 、 l_b 、 l_c 、 l_d 各角點之行駛軌跡分別為：

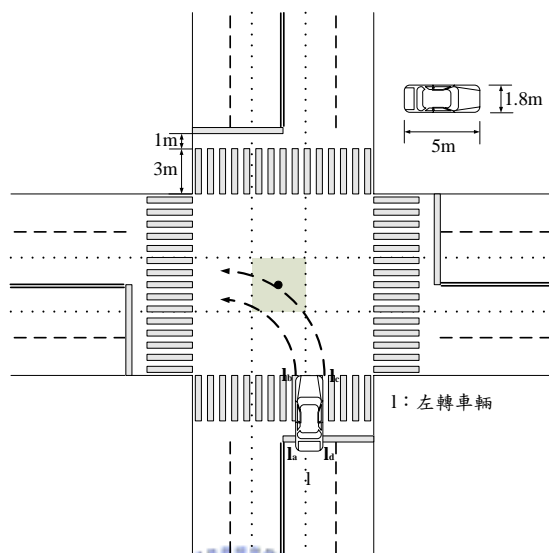


圖 4.27 道路交角等於 90 度下左轉車輛未繞過中心處圖

$$l_a : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) - L$$

$$l_b : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right)$$

$$l_c : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right)$$

$$l_d : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) - L$$

(3) 等於 90 度下過中心處 (通式 7)

當左轉車輛過中心處，如圖 4.28 所示，其 l_a 、 l_b 、 l_c 、 l_d 各角點之行駛軌跡分別為：

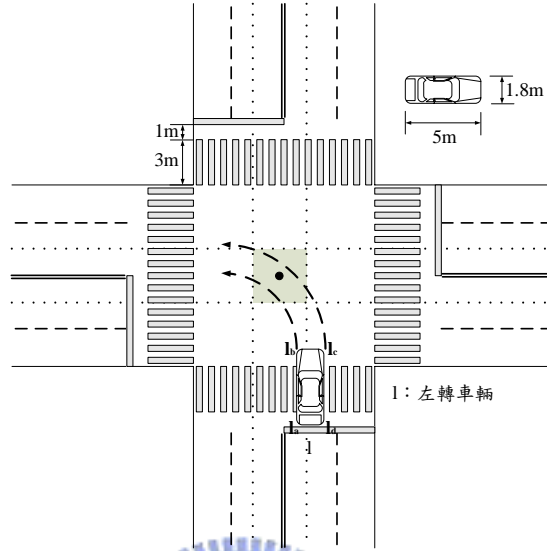


圖 4.28 道路交角等於 90 度下左轉車輛過中心處圖

$$l_a : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} - W_l - 1 - L$$

$$l_b : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} - W_l - 1$$

$$l_c : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} - W_l - 1$$

$$l_d : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} - W_l - 1 - L$$

(4) 等於 90 度下繞過中心處 (通式 8)

當左轉車輛繞過中心處，如圖 4.29 所示，其 l_a 、 l_b 、 l_c 、 l_d 各角點之行駛軌跡分別為：

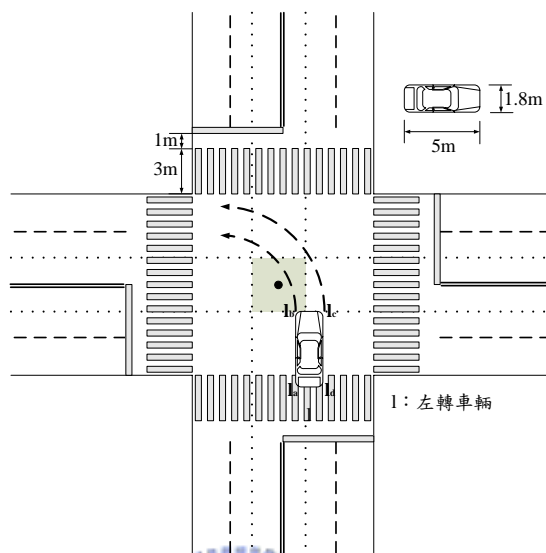


圖 4.29 道路交角等於 90 度下左轉車輛繞過中心處圖

$$l_a : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} - L$$

$$l_b : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2}$$

$$l_c : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2}$$

$$l_d : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} + \frac{W_l}{2} + \frac{W}{2}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} - L$$

(二) 小於 90 度下左轉行駛軌跡

(1) 小於 90 度下搶先左轉 (通式 9)

當左轉車輛搶先左轉，如圖 4.30 所示，其 l_a 、 l_b 、 l_c 、 l_d 各角點之行駛軌跡分別為：

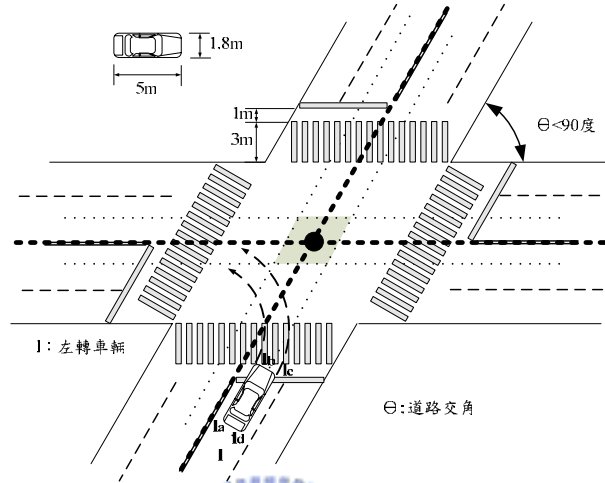


圖 4.30 道路交角小於 90 度下左轉車輛搶先左轉圖

$$l_a : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{-2 \cos \theta \times W_p + (W_{rd} + W_l - W) - 2 \sin \theta \times \cos \theta \times L}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{-W_p - \sin \theta \times L}{\cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$l_b : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{-2 \cos \theta \times W_p + (W_{rd} + W_l - W)}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) - \frac{W_p}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$l_c : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{-2 \cos \theta \times W_p + W_{rd} + W_l + (\sin^2 \theta - \cos^2 \theta)W}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{-W_p - \cos \theta \times W}{\sin \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$l_d : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{-2 \cos \theta \times W_p + W_{rd} + W_l + (\sin^2 \theta - \cos^2 \theta)W - 2 \sin \theta \times \cos \theta \times L}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{-W_p - \cos \theta \times W - \sin \theta \times L}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

(2) 小於 90 度下未繞過中心處 (通式 10)

當左轉車輛未繞過中心處，如圖 4.31 所示，其 l_a 、 l_b 、 l_c 、 l_d 各角點之行駛軌跡分別為：

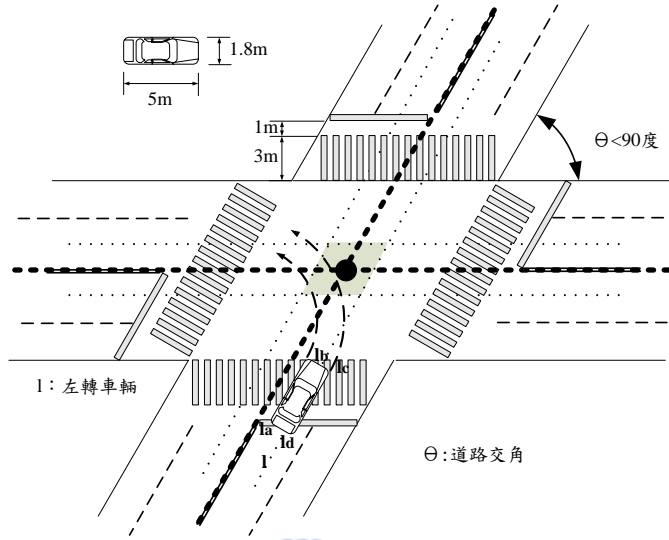


圖 4.31 道路交角小於 90 度下左轉車輛未繞過中心處圖

$$l_a : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{(W_{rd} + W_l - W) - 2 \sin \theta \times \cos \theta \times L}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) - \frac{L}{\cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$l_b : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} + W_l - W}{2 \sin \theta}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right)$$

$$l_c : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} + W_l + (\sin^2 \theta - \cos^2 \theta)W}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) - \frac{W}{\sin \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$l_d : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} + W_l + (\sin^2 \theta - \cos^2 \theta)W - 2 \sin \theta \times \cos \theta \times L}{2 \sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{-\sin \theta \times L - \cos \theta \times W}{\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

(3) 小於 90 度下過中心處 (通式 11)

當左轉車輛過中心處，如圖 4.32 所示，其 l_a 、 l_b 、 l_c 、 l_d 各角點之行駛軌跡分別為：

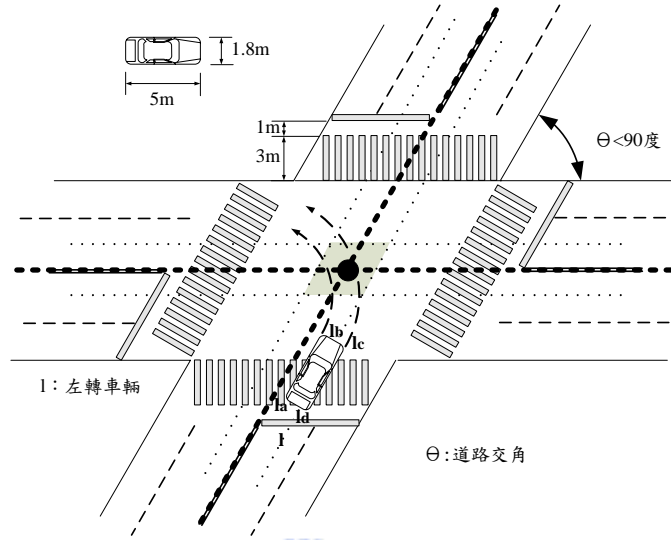


圖 4.32 道路交角小於 90 度下左轉車輛過中心處圖

$$l_a : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{(\cos\theta + 1)W_{rd} + (-2\cos\theta + 1)W_l - 2\cos\theta - W - 2\sin\theta \times \cos\theta \times L}{2\sin^2\theta \times \cos\theta \times (\tan\theta + \cot\theta)}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} - 2W_l - 2 - 2\sin\theta \times L}{2\cos\theta \times (\tan\theta + \cot\theta)}$$

$$l_b : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{(\cos\theta + 1)W_{rd} + (-2\cos\theta + 1)W_l - 2\cos\theta - W}{2\sin^2\theta \times \cos\theta \times (\tan\theta + \cot\theta)}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} - 2W_l - 2}{2\sin\theta \times \cos\theta \times (\tan\theta + \cot\theta)}$$

$$l_c : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{(\cos\theta + 1)W_{rd} + (-2\cos\theta + 1)W_l - 2\cos\theta + (\sin^2\theta - \cos^2\theta)W}{2\sin^2\theta \times \cos\theta \times (\tan\theta + \cot\theta)}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} - 2W_l - 2 - 2\cos\theta \times W}{2\sin\theta \times \cos\theta \times (\tan\theta + \cot\theta)}$$

$$l_d : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{(\cos\theta + 1)W_{rd} + (-2\cos\theta + 1)W_l - 2\cos\theta + (\sin^2\theta - \cos^2\theta)W - 2\sin\theta \times \cos\theta \times L}{2\sin^2\theta \times \cos\theta \times (\tan\theta + \cot\theta)}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} - 2W_l - 2 - 2\cos\theta \times W - 2\sin\theta \times L}{2\sin\theta \times \cos\theta \times (\tan\theta + \cot\theta)}$$

(4) 小於 90 度下繞過中心處 (通式 12)

當左轉車輛繞過中心處，如圖 4.33 所示，其 l_a 、 l_b 、 l_c 、 l_d 各角點之行駛軌跡分別為：

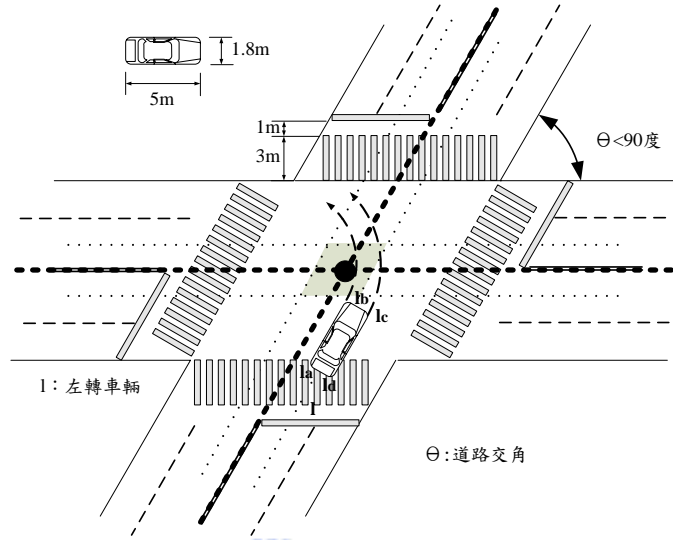


圖 4.33 道路交角小於 90 度下左轉車輛繞過中心處圖

$$l_a : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{(\cos \theta + 1)W_{rd} + (-\cos \theta + 1)W_l - W - 2\sin \theta \times \cos \theta \times L}{2\sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} - W_l - 2\sin \theta \times L}{2\cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$l_b : x(t) = R_1 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{(\cos \theta + 1)W_{rd} + (-\cos \theta + 1)W_l - W}{2\sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_1 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_1} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} - W_l}{2\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$l_c : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{(\cos \theta + 1)W_{rd} + (-\cos \theta + 1)W_l + (\sin^2 \theta - \cos^2 \theta)W}{2\sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} - W_l - 2\cos \theta \times W}{2\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$l_d : x(t) = R_2 \times \cos\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{(\cos \theta + 1)W_{rd} + (-\cos \theta + 1)W_l + (\sin^2 \theta - \cos^2 \theta)W - 2\sin \theta \times \cos \theta \times L}{2\sin^2 \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

$$y(t) = R_2 \times \sin\left(\frac{V_l \times t}{2\pi \times R_2} \times 2\pi\right) + \frac{W_{rd} - W_l - 2\cos \theta \times W - 2\sin \theta \times L}{2\sin \theta \times \cos \theta \times (\tan \theta + \cot \theta)}$$

4.2.5 號誌化平面路口型式與交角

號誌化路口型式係以四叉路口為考量，而路口交角則考慮不同角度交叉之變化，如圖 4.34 所示，目前本研究考慮路口交角為 90 度以下，並以特別角 90、75、60、45、30、15 為代表。

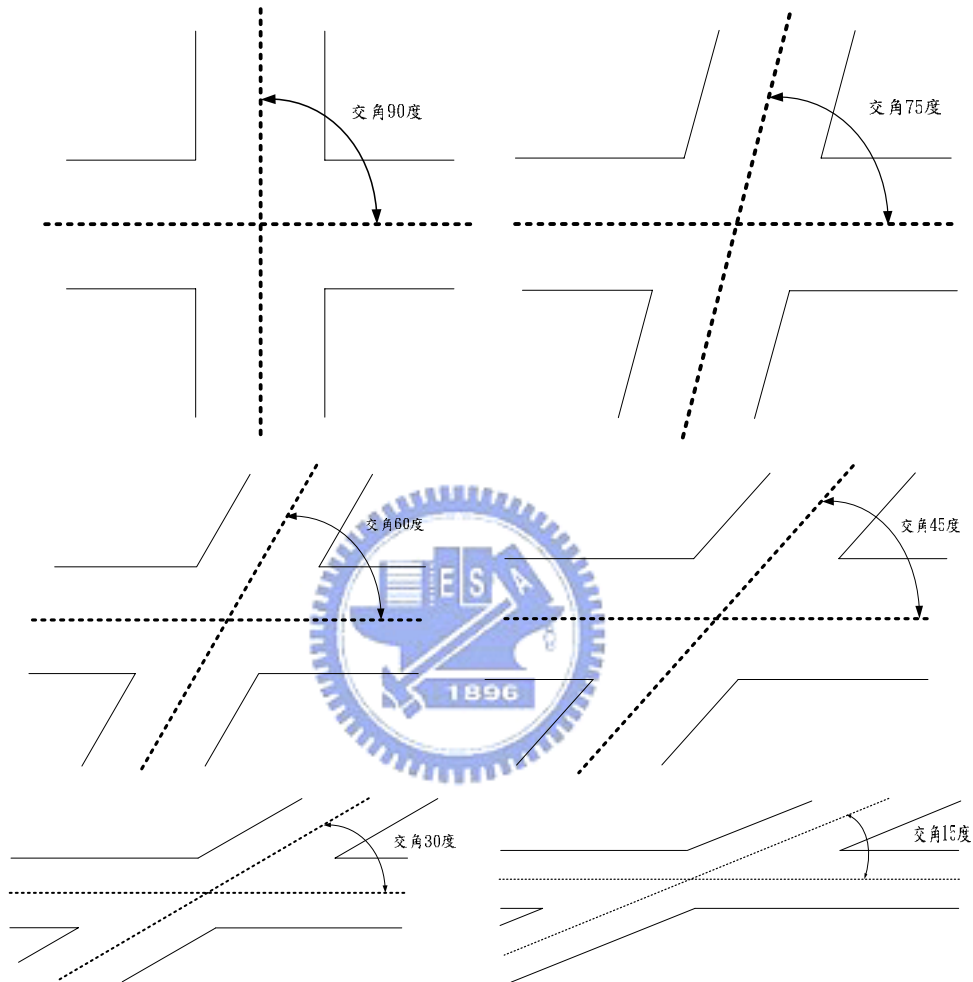
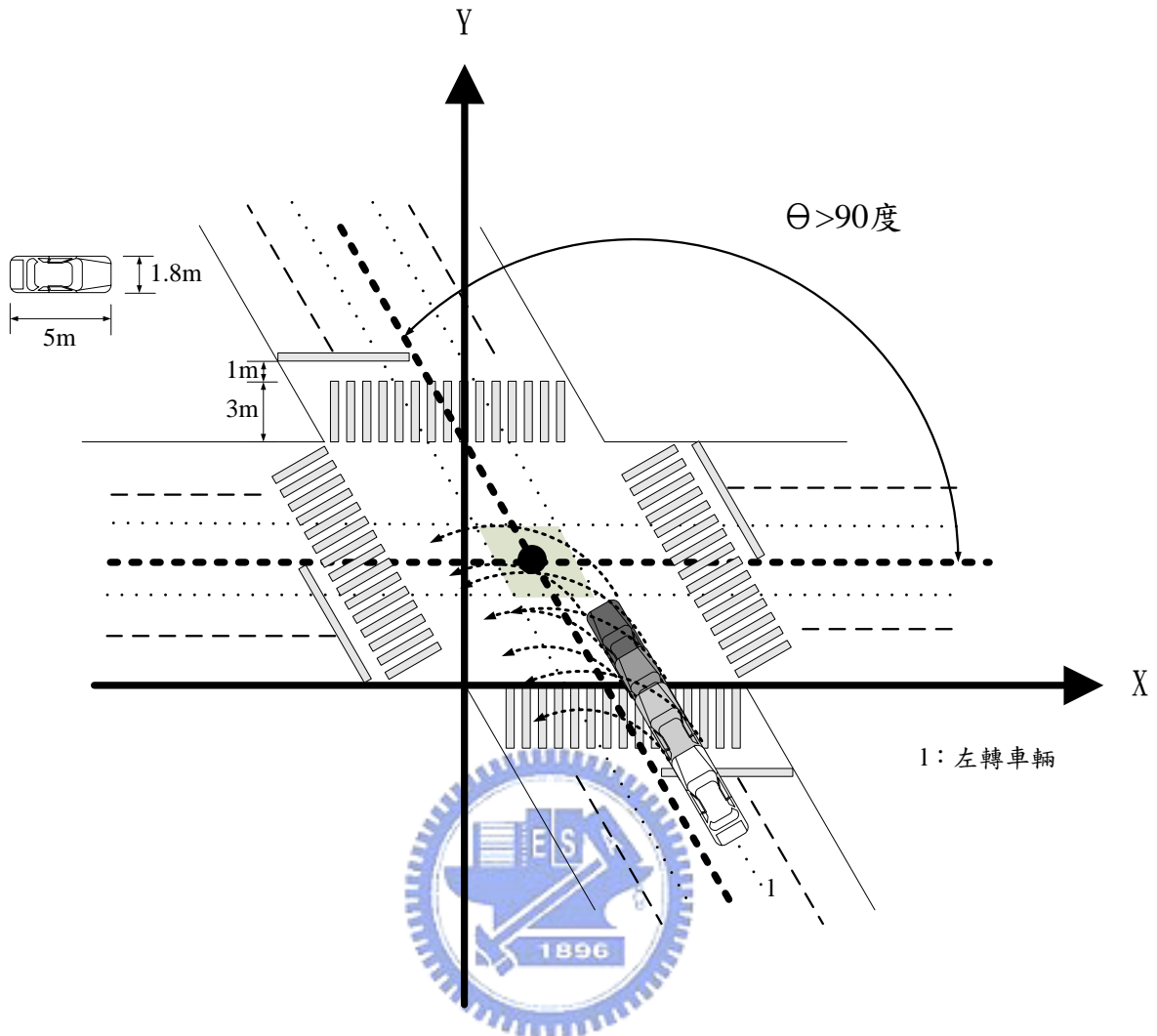


圖 4.34 道路交角型式示意圖

至於道路交角不考慮大於 90 度路口之原因，在於本研究係假設左轉車輛轉彎軌跡為圓周運動軌跡之部分圓弧，且依左轉車輛轉彎起始位置之不同，以及配合道路中心區域與中心點之概念，而進一步區分其運行軌跡為搶先左轉、未繞過中心處、過中心處、繞過中心處等四類，但當道路交角大於 90 度時，則左轉車輛將無法在本研究所設定之起始位置，以圓弧軌跡完成搶先左轉、未繞過中心處、過中心處、繞過中心處等運行行為，如圖 4.35 所示，故本研究未納入道路交角大於 90 度之路口。



- : 轉彎運行起始位置為車頭距離座標系統之X軸 W_0 公尺處
- : 轉彎運行起始位置為車頭距離座標系統之X軸 0 公尺處
- : 轉彎運行起始位置為距車頭距離座標系統之X軸 $\frac{W_{rd}}{2} - W_l - 1$ 公尺處
- : 轉彎運行起始位置為車頭距離座標系統之X軸 $\frac{W_{rd}}{2} - \frac{W_l}{2} - \frac{W}{2}$ 公尺處

圖 4.35 未納入道路交角大於 90 度之路口原因示意圖

4.2.6 模擬情境組合總數

由於不同左轉運行軌跡有其空間需求之必要性，因此路口寬度較小者，左車輛將無法以特定運行軌跡通行路口，而本研究分析模式所考慮之路口寬度，為 6 公尺、8 公尺、10 公尺、12 公尺、14 公尺、16 公尺、18 公尺與 20 公尺等 8 種，左轉運行軌跡則為搶先左轉、未繞過中心處、過中心處與繞過中處等 4 種。其中路口為 6 公尺寬者，基於本研究之假設條件，以及受限於最小轉彎半徑之道路空間需求，左轉車輛將無法以未繞過中心處、過中心處、繞過中心處等 3 種運行軌跡通行路口。而路口為 8 公尺寬者，則左

轉車輛將無法以過中心處、繞過中心處等 2 種運行軌跡通行。至於路口為 10 公尺寬者，左轉車輛將無法以繞過中心處之運行軌跡通行路口。換言之，若以搶先左轉之運行軌跡通行路口時，需考慮 8 種道路寬度變化，而以未繞過中心處之運行軌跡則需考慮 7 種道路寬度，以過中心處之運行軌跡則需考慮 6 種道路寬度變化，至於以繞過中心處之運行軌跡，則僅需考慮 5 種道路寬度變化。因此，在綜合考量運行軌跡、道路寬度、道路交角、行駛速率、最終碰撞型態、行車位置等因素下，本研究可得知模擬情境組合總數計算如下：

1. 搶先左轉之模擬情境組合數為 $8 \times 6 \times 9 \times 2 \times 2 = 1728$ 種
2. 未繞過中心處之模擬情境組合數為 $7 \times 6 \times 9 \times 2 \times 2 = 1512$ 種
3. 過中心處之模擬情境組合數為 $6 \times 6 \times 9 \times 2 \times 2 = 1296$ 種
4. 繞過中心處之模擬情境組合數為 $5 \times 6 \times 9 \times 2 \times 2 = 1080$ 種

故所有模擬情境組合總數為 $1728 + 1512 + 1296 + 1080 = 5616$ 種。



4.3 Matlab 情境模擬之構建

4.3.1 Matlab 程式模擬

本研究採用 **Matlab** 程式進行號誌化平面路口對向直行左轉車輛安全通行模擬分析。**Matlab** 之系統模擬對向直行左轉車輛安全通行時，分成對向直行左轉車輛不同衝突情境共 16 種迴圈，8 種路口寬度與 9 種直行車速，考慮道路交角 90 度以下之特別角，模擬對向直行左轉車輛在輸入不同的參數時(角度、直行車速、路口寬度)，得到衝突區域之距離與速率函數，並導入安全通行檢定理念，而得到安全通行次數、機率與期望次數，換言之，本研究係藉由計算碰撞衝突臨界狀態下號誌化平面路口對向直行左轉車輛至交通衝突區域之距離及速率，且利用左轉車輛衝突臨界速率分佈範圍與正常行駛速率分佈範圍之相互關係比較，進行不同情境下對向直行左轉車輛安全檢定，模擬過程中並計算允許左轉車輛安全通行之次數、安全通行機率、安全通行期望次數，以供作後續分析之基礎。

4.3 Matlab 程式模擬之邏輯與步驟

本研究利用 Matlab 程式語言之矩陣、迴圈、數學運算元、邏輯運算元、關係運算元等觀念，將 4.2.4 小節所推導分析模式之公式以 Matlab 程式撰寫，模擬號誌化平面路口對向直行左轉車輛不同情境下之通行組合，共 5616 種，而模擬程式之核心，則為基於路權理論以及一般狀況下，直行左轉車輛通行路口時，係以直行車輛擁有優先路權，因此，本研究在控制不同直行車輛行駛速率下，求取臨界碰撞狀態下之左轉車輛衝突臨界速率。整體假設在於兩車從起始位置到交通衝突區域之時間相同下，由碰撞臨界狀態之起始可得知左轉車輛衝突臨界速率之下限，而由碰撞臨界狀態之終止，則可得知左轉車輛衝突臨界速率之上限，如下所示。

$$t_s = t_l \Rightarrow \frac{d_s}{V_s} = \frac{d_l}{V_l} \Rightarrow V_l = V_s \times \frac{d_l}{d_s}$$

其中， t_s ：直行車輛抵達衝突點所需時間

t_l ：左轉車輛抵達衝突點所需時間

d_s ：直行車輛由起始位置行駛至衝突點之距離

d_l ：左轉車輛由起始位置行駛至衝突點之距離

V_s ：直行車輛之行駛速率

V_l ：左轉車輛之行駛速率

而Matlab模擬程式之數學邏輯推導步驟則如下所示。

dso：碰撞臨界起始狀態下直行車輛與衝突區域角點之距離

dlo：碰撞臨界起始狀態下左轉車輛與衝突區域角點之距離

Vlo：碰撞臨界起始狀態下左轉車輛之行駛速率

dst：碰撞臨界終止狀態下直行車輛與衝突區域角點之距離

dlt：碰撞臨界終止狀態下左轉車輛與衝突區域角點之距離

Vlt：碰撞臨界終止狀態下直行車輛與衝突區域角點之距離

Vu：正常行駛速率範圍之上限

Vd：正常行駛速率範圍之下限

St：號誌化平面路口對向直行左轉車輛安全通行期望次數

$$\text{Step 1. } Vlo = V_s \times \frac{dlo}{dso}$$

計算碰撞臨界起始狀態下對向直行左轉車輛與衝突區域角點之距離，與左轉車輛之衝突臨界速率。

$$\text{Step 2. } Vlt = V_s \times \frac{dlt}{dso}$$



計算碰撞臨界終止狀態下對向直行左轉車輛與衝突區域角點之距離，與左轉車輛之衝突臨界速率。

Step 3. 允許安全通行條件之判定

If $Vlo \leq Vd \ \& \ Vlt \geq Vu$	$Sf = 1$	不允許左轉車輛安全通行
If <i>Others</i>	$Sf = 0$	允許左轉車輛安全通行

左轉衝突臨界速率分佈範圍若完全涵括正常行駛速率分佈範圍，則左轉車輛無法安全通行路口。

Step4. 利用安全通行次數、機率，計算安全通行期望次數 (St)

$$\begin{aligned} \text{If } V_{lo} \leq V_d \ \& \ V_{lt} \geq V_u \quad St = 0 \\ \text{If } V_{lo} \leq V_d \ \& \ V_{lt} \leq V_u \quad St = 1 \times \left(\frac{V_u - V_{lt}}{V_u - V_d} \right) \\ \text{If } V_{lo} \geq V_d \ \& \ V_{lt} \geq V_u \quad St = 1 \times \left(\frac{V_{lo} - V_d}{V_u - V_d} \right) \\ \text{If } V_{lo} \geq V_d \ \& \ V_{lt} \leq V_u \quad St = 1 \times \left[\frac{(V_{lo} - V_d) + (V_u - V_{lt})}{V_u - V_d} \right] \\ \text{If } V_{lo} \leq V_d \ \& \ V_{lt} \leq V_d \quad St = 1 \\ \text{If } V_{lo} \geq V_d \ \& \ V_{lt} \geq V_u \quad St = 1 \end{aligned}$$

4.3.1.2 Matlab 之模擬情境

本研究以 Matlab 程式語言模擬之結果，進行路口安全通行分析，其模擬情境組合數，在考量不同直行車輛之起始位置、左轉車輛之運行軌跡，以及兩車最終碰撞型態之各種組合下，共有 16 種情境組合，如表 4.1 所示：

表 4.1 情境組合表

情境組合	模擬情境
(一)	直行車輛抵達停止線，且左轉車輛搶先左轉，以及左轉車輛被撞
(二)	直行車輛抵達停止線，且左轉車輛搶先左轉，以及直行車輛被撞
(三)	直行車輛抵達停止線，且左轉車輛未繞過中心處，以及左轉車輛被撞
(四)	直行車輛抵達停止線，且左轉車輛未繞過中心處，以及直行車輛被撞
(五)	直行車輛抵達停止線，且左轉車輛過中心處，以及左轉車輛被撞
(六)	直行車輛抵達停止線，且左轉車輛過中心處，以及直行車輛被撞
(七)	直行車輛抵達停止線，且左轉車輛繞過中心處，以及左轉車輛被撞
(八)	直行車輛抵達停止線，且左轉車輛繞過中心處，以及直行車輛被撞
(九)	直行車輛抵達路口，且左轉車輛搶先左轉，以及左轉車輛被撞
(十)	直行車輛抵達路口，且左轉車輛搶先左轉，以及直行車輛被撞
(十一)	直行車輛抵達路口，且左轉車輛未繞過中心處，以及左轉車輛被撞
(十二)	直行車輛抵達路口，且左轉車輛未繞過中心處，以及直行車輛被撞
(十三)	直行車輛抵達路口，且左轉車輛過中心處，以及左轉車輛被撞
(十四)	直行車輛抵達路口，且左轉車輛過中心處，以及直行車輛被撞
(十五)	直行車輛抵達路口，且左轉車輛繞過中心處，以及左轉車輛被撞
(十六)	直行車輛抵達路口，且左轉車輛繞過中心處，以及直行車輛被撞

1. 情境組合（一）

當直行車輛之起始位置為抵達停止線，且左轉車輛採搶先左轉，而碰撞型態為左轉車輛被撞時，如圖4.36所示，此情境代表直行車輛尚未進入路口時，左轉車輛以搶先左轉之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰狀型態為左轉車輛之車頭與車尾被直行車輛之車頭碰撞之組合。

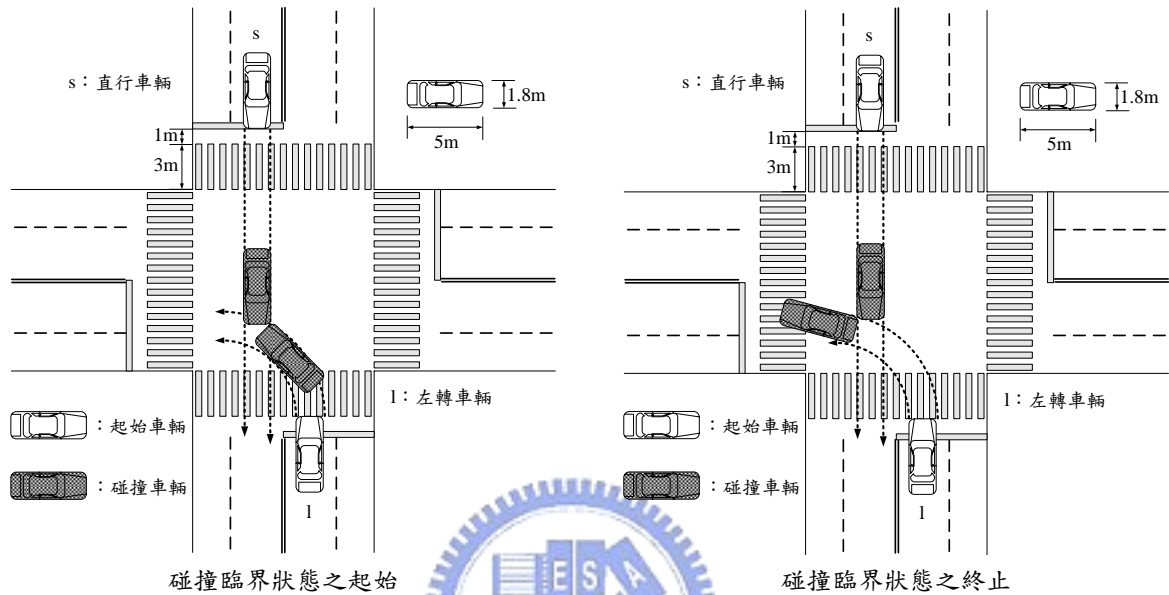


圖4.36 情境組合（一）示意圖

2. 情境組合（二）

當直行車輛之起始位置為抵達停止線，且左轉車輛採搶先左轉，而碰撞型態為直行車輛被撞時，如圖4.37所示，此情境代表直行車輛尚未進入路口時，左轉車輛以搶先左轉之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰狀型態為直行車輛之車頭與車尾被左轉車輛之車頭碰撞之組合。

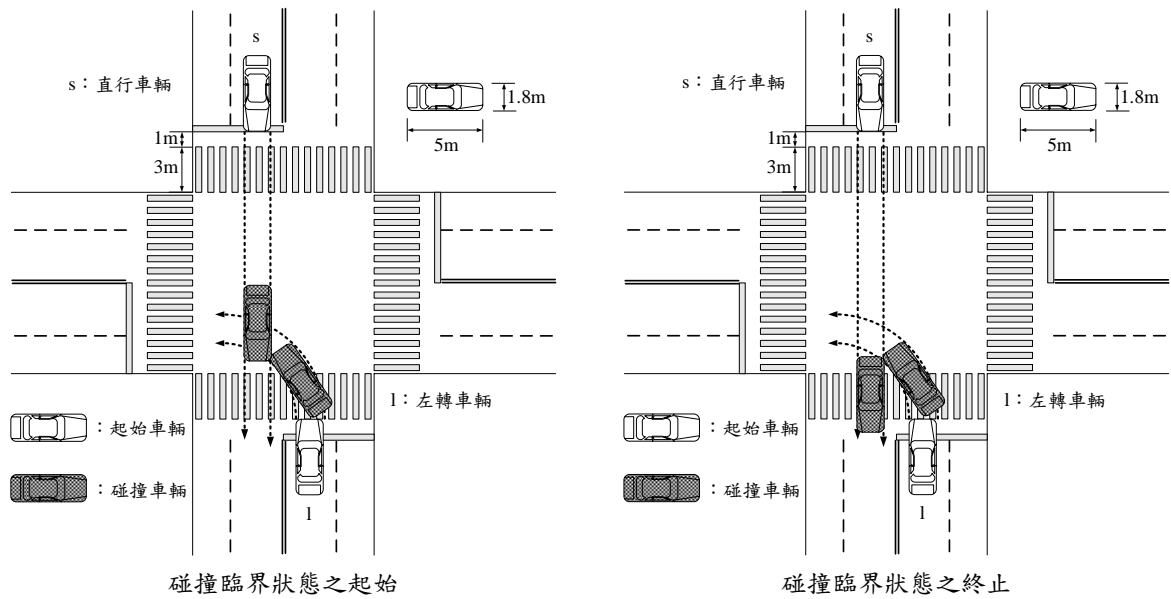


圖4.37 情境組合（二）示意圖

3. 情境組合（三）

當直行車輛之起始位置為抵達停止線，且左轉車輛未繞過中心處左轉，而碰撞型態為左轉車輛被撞時，如圖4.38所示，此情境代表直行車輛尚未進入路口時，左轉車輛以未繞過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰狀型態為左轉車輛之車頭與車尾被直行車輛之車頭碰撞之組合。

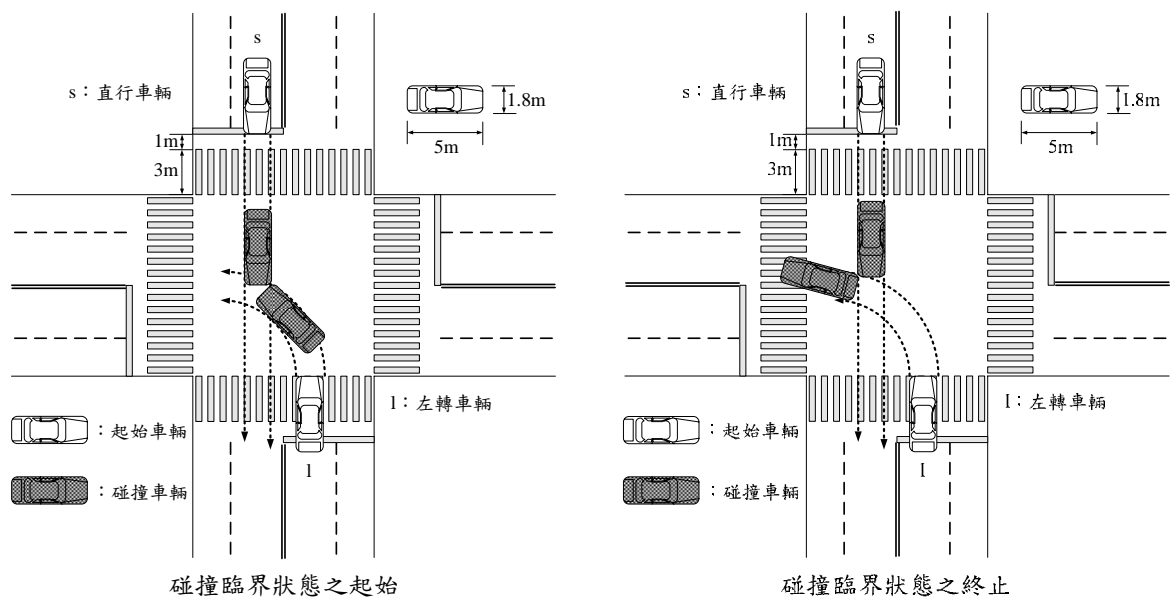
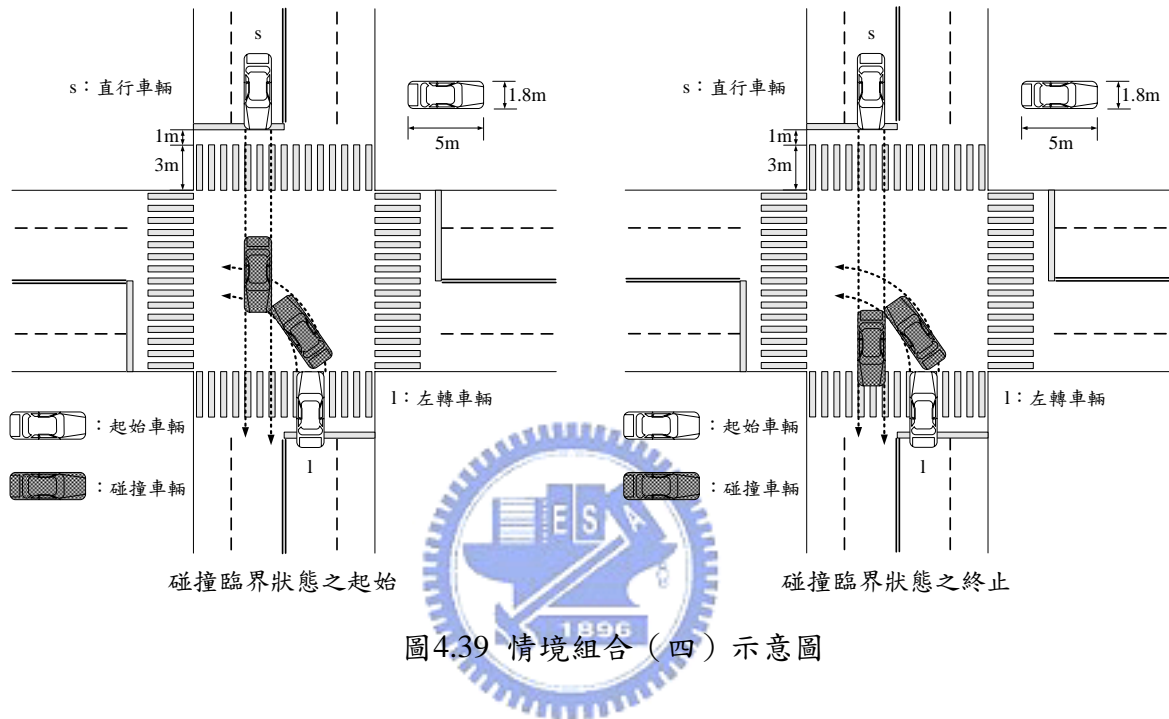


圖4.38 情境組合（三）示意圖

4. 情境組合（四）

當直行車輛之起始位置為抵達停止線，且左轉車輛未繞過中心處左轉，而碰撞型態為直行車輛被撞時，如圖4.39所示，此情境代表直行車輛尚未進入路口時，左轉車輛以未繞過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰撞型態為直行車輛之車頭與車尾被左轉車輛之車頭碰撞之組合。



5. 情境組合（五）

當直行車輛之起始位置為抵達停止線，且左轉車輛採過中心處方式左轉，而碰撞型態為左轉車輛被撞時，如圖4.40所示，此情境代表直行車輛尚未進入路口時，左轉車輛以過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰撞型態為左轉車輛之車頭與車尾被直行車輛之車頭碰撞之組合。

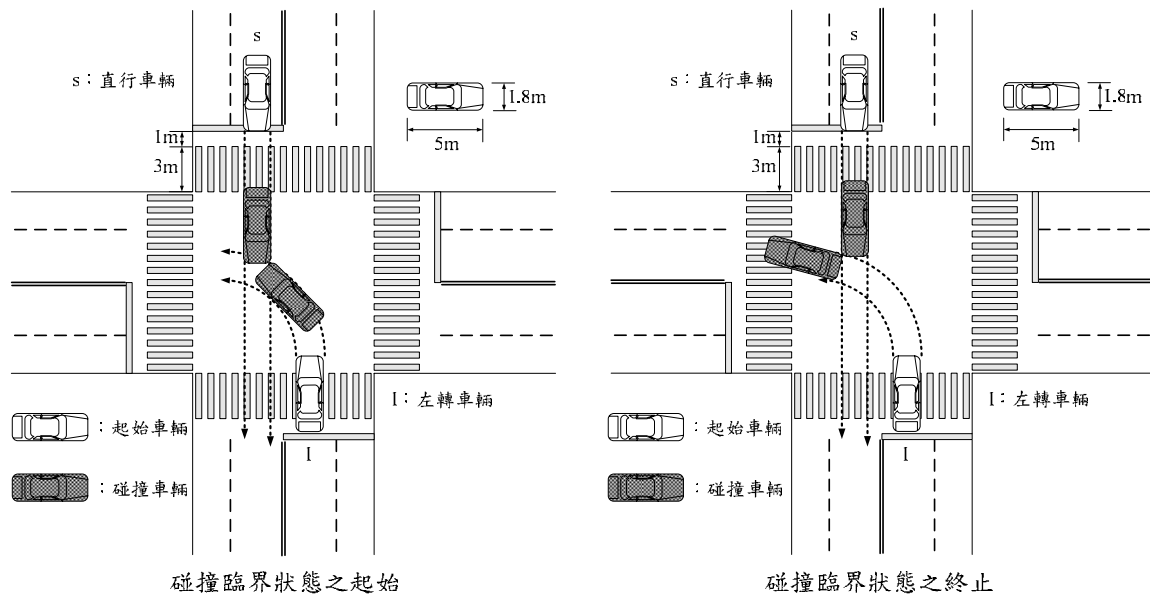


圖4.40 情境組合（五）示意圖

6. 情境組合（六）

當直行車輛之起始位置為抵達停止線，且左轉車輛採過中心處方式左轉，而碰撞型態為直行車輛被撞時，如圖4.41所示，此情境代表直行車輛尚未進入路口時，左轉車輛以過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰撞型態為直行車輛之車頭與車尾被左轉車輛之車頭碰撞之組合。

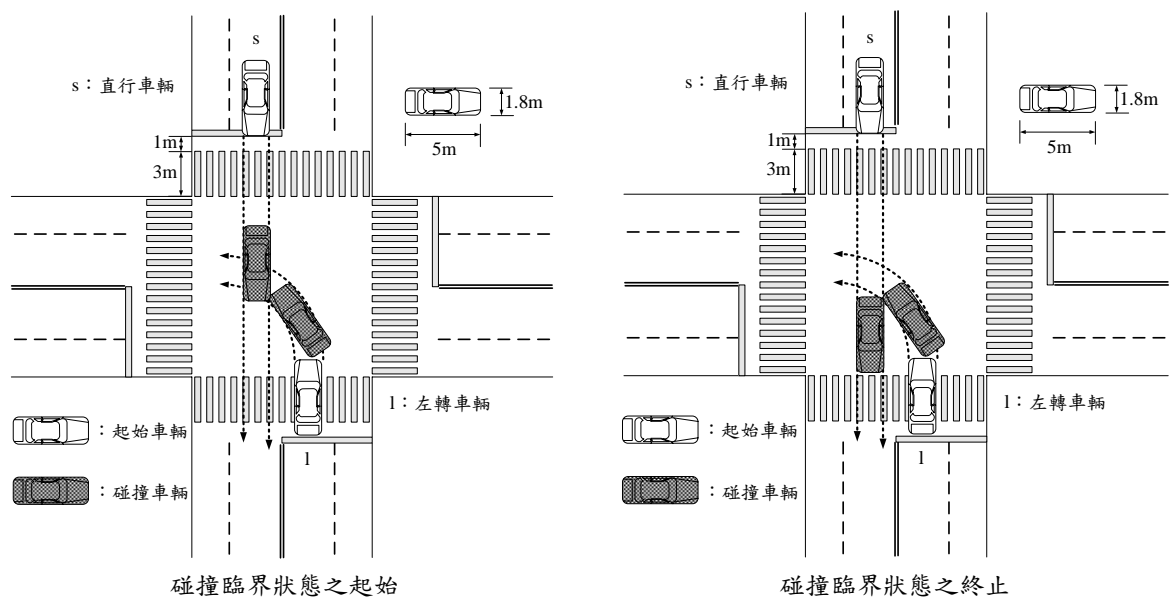


圖4.41 情境組合（六）示意圖

7. 情境組合（七）

當直行車輛之起始位置為抵達停止線，且左轉車輛採繞過中心處方式左轉，而碰撞型態為左轉車輛被撞時，如圖4.42所示，此情境代表直行車輛尚未進入路口時，左轉車輛以繞過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰狀型態為左轉車輛之車頭與車尾被直行車輛之車頭碰撞之組合。

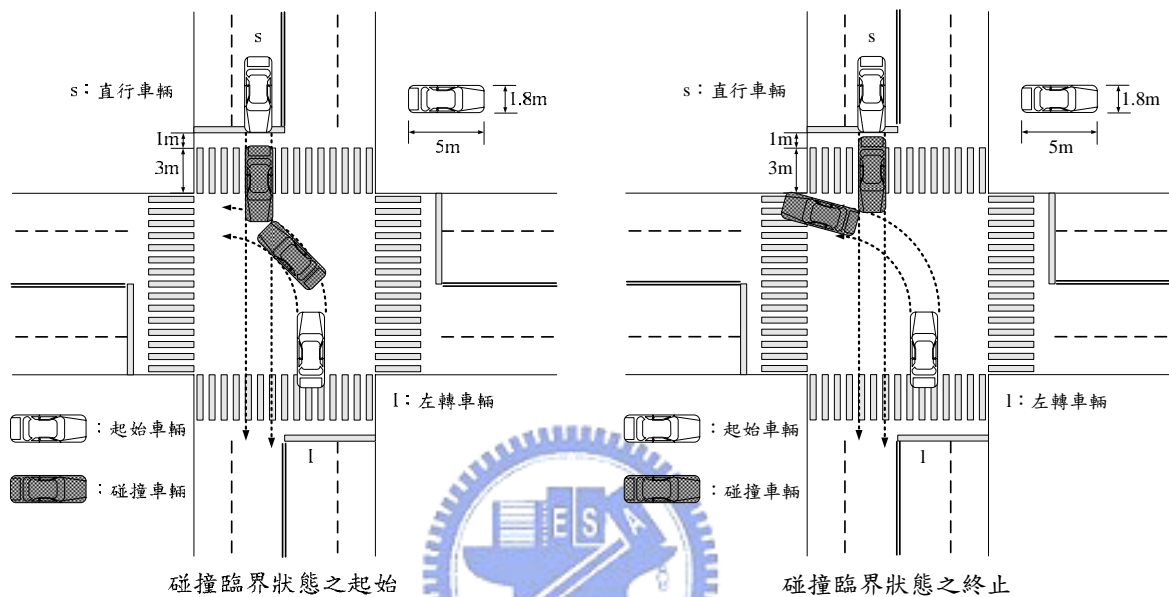


圖4.42 情境組合（七）示意圖

8. 情境組合（八）

當直行車輛之起始位置為抵達停止線，且左轉車輛採繞過中心處方式左轉，而碰撞型態為直行車輛被撞時，如圖4.43所示，此情境代表直行車輛尚未進入路口時，左轉車輛以繞過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰狀型態為直行車輛之車頭與車尾被左轉車輛之車頭碰撞之組合。

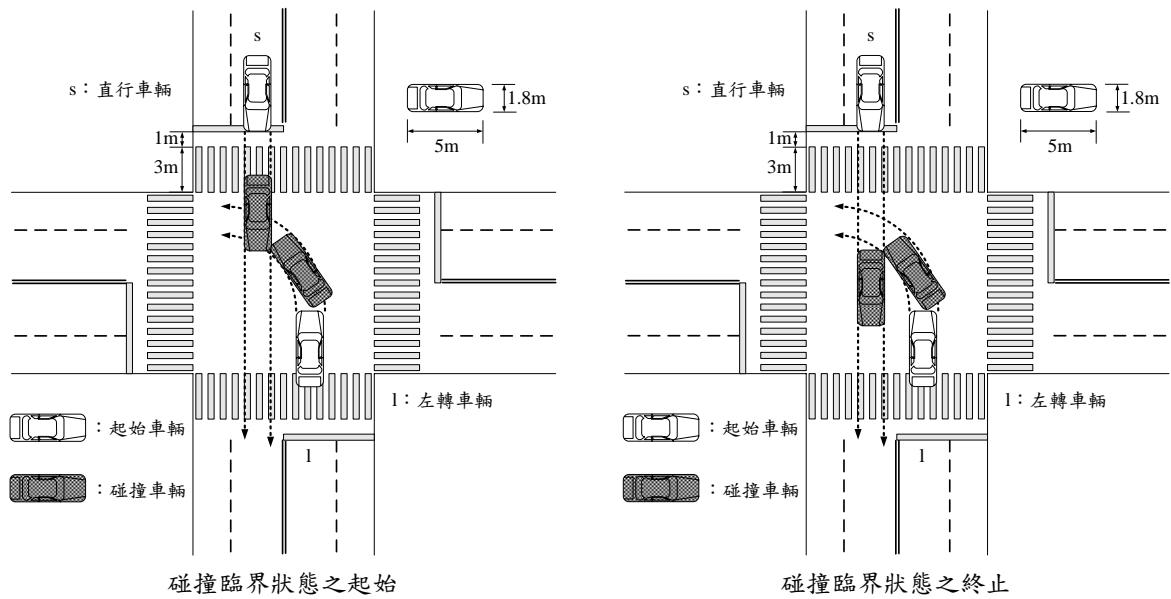


圖4.43 情境組合（八）示意圖

9. 情境組合（九）

當直行車輛之起始位置為抵達路口，且左轉車輛採搶先左轉，而碰撞型態為左轉車輛被撞時，如圖4.44所示，此情境代表直行車輛剛進入路口時，左轉車輛以搶先左轉之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰撞型態為左轉車輛之車頭與車尾被直行車輛之車頭碰撞之組合。

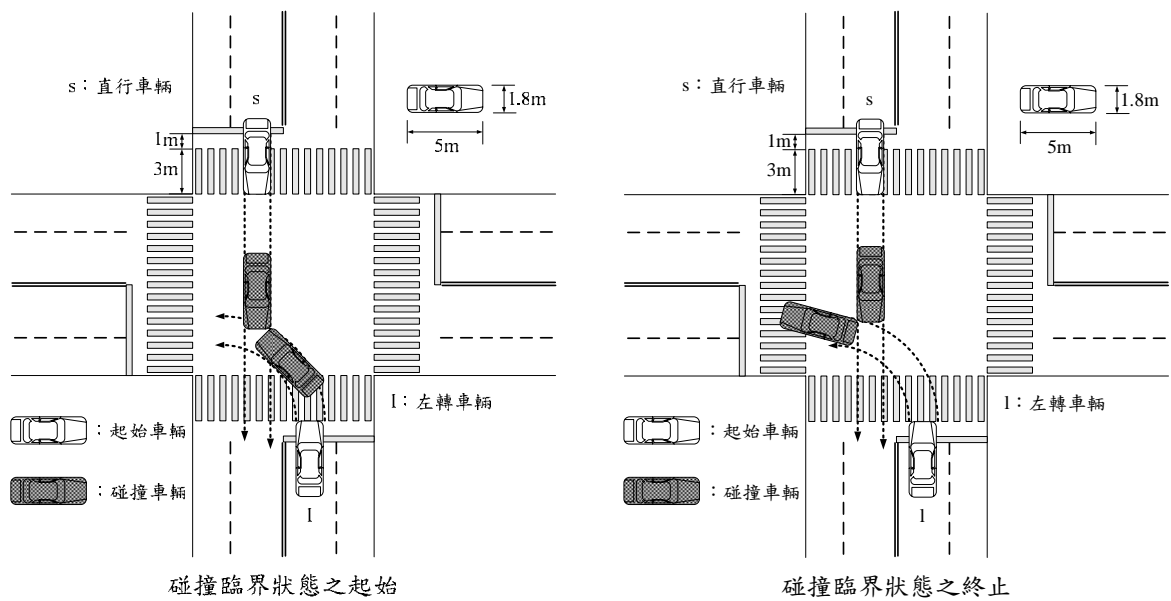


圖4.44 情境組合（九）示意圖

10. 情境組合（十）

當直行車輛之起始位置為抵達路口，且左轉車輛採搶先左轉，而碰撞型態為直行車輛被撞時，如圖4.45所示此情境代表直行車輛剛進入路口時，左轉車輛以搶先左轉之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰撞型態為直行車輛之車頭與車尾被左轉車輛之車頭碰撞之組合。

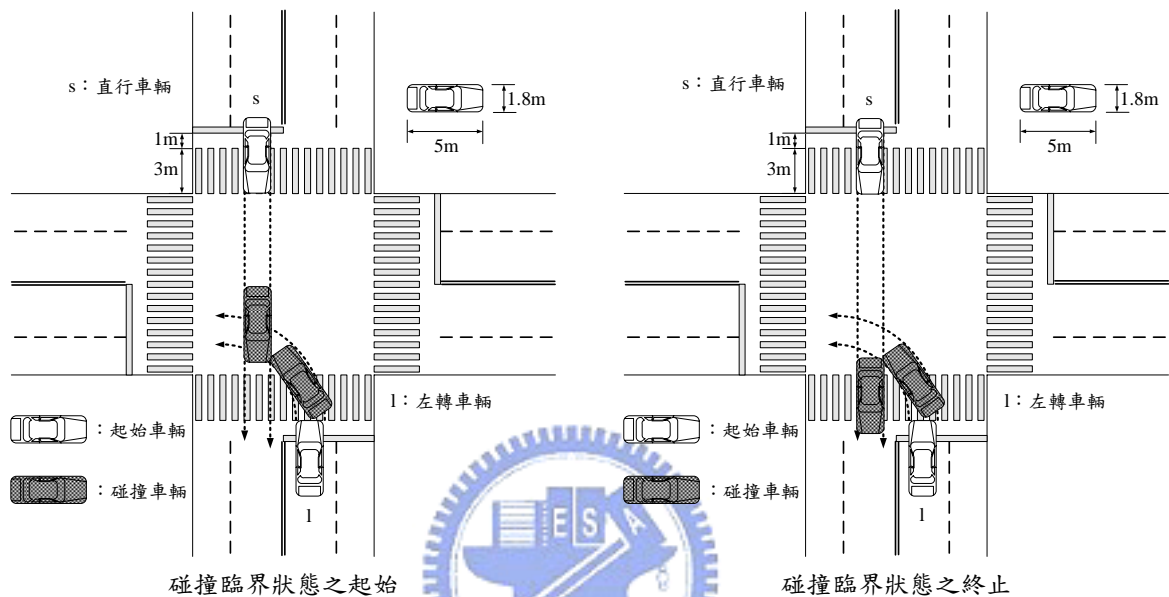


圖4.45 情境組合（十）示意圖

11. 情境組合（十一）

當直行車輛之起始位置為抵達路口，且左轉車輛未繞過中心處左轉，而碰撞型態為左轉車輛被撞時，如圖4.46所示，此情境代表直行車輛剛進入路口時，左轉車輛以未繞過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰撞型態為左轉車輛之車頭與車尾被直行車輛之車頭碰撞之組合。

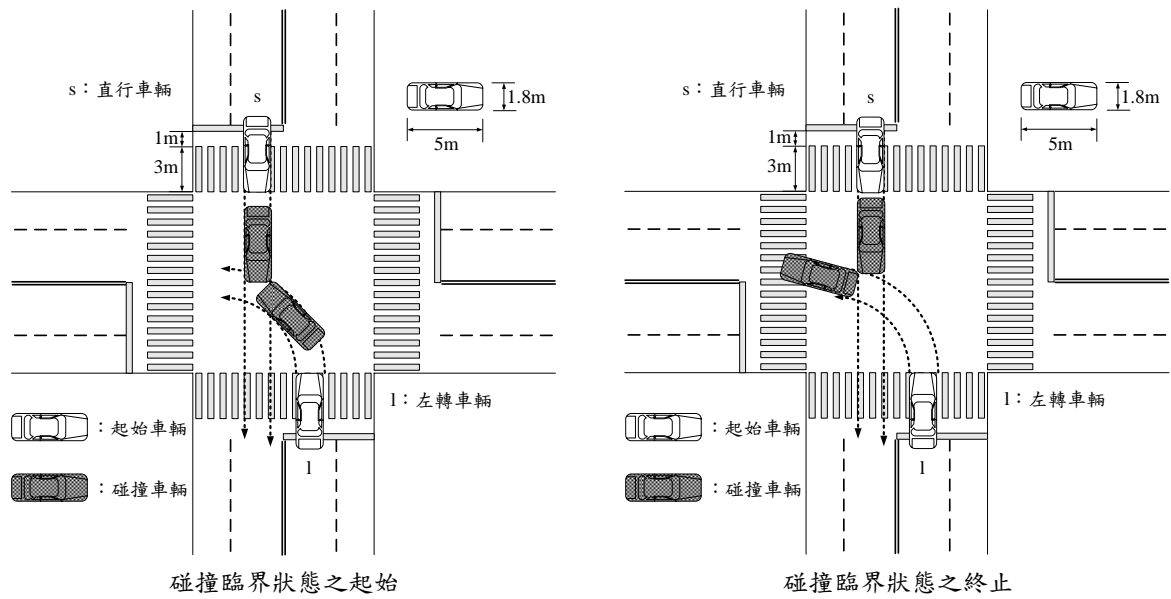


圖4.46 情境組合（十一）示意圖

12. 情境組合（十二）

當直行車輛之起始位置為抵達路口，且左轉車輛未繞過中心處左轉，而碰撞型態為直行車輛被撞時，如圖4.47所示，此情境代表直行車輛剛進入路口時，左轉車輛以未繞過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰撞型態為直行車輛之車頭與車尾被左轉車輛之車頭碰撞之組合。

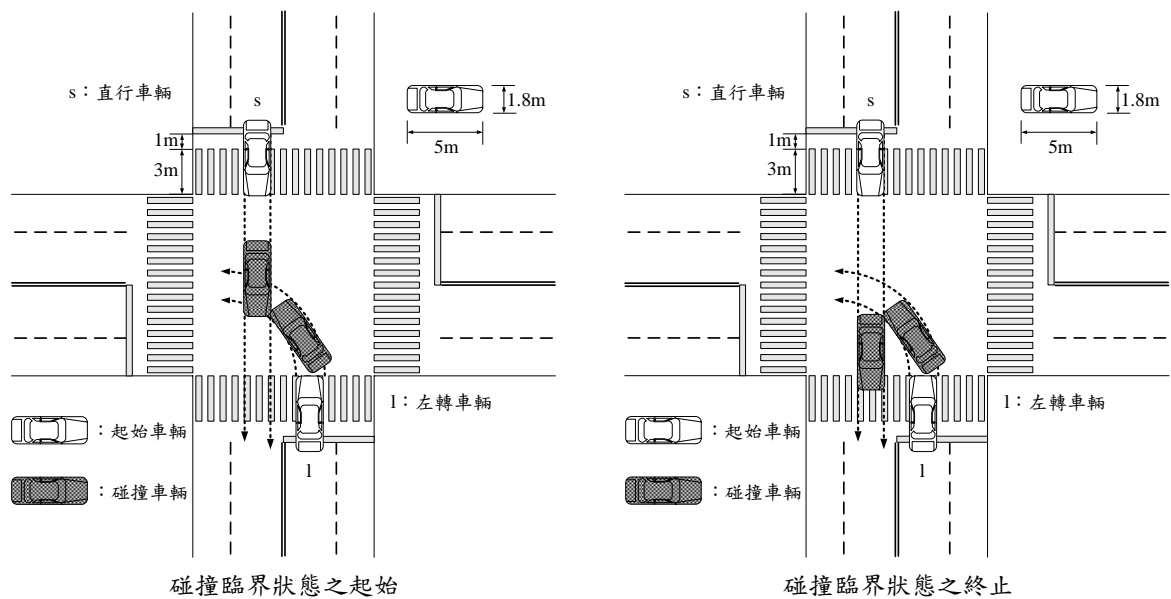


圖4.47 情境組合（十二）示意圖

13. 情境組合 (十三)

當直行車輛之起始位置為抵達路口，且左轉車輛採過中心處方式左轉，而碰撞型態為左轉車輛被撞時，如圖4.48所示，此情境代表直行車輛剛進入路口時，左轉車輛以過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰狀型態為左轉車輛之車頭與車尾被直行車輛之車頭碰撞之組合。

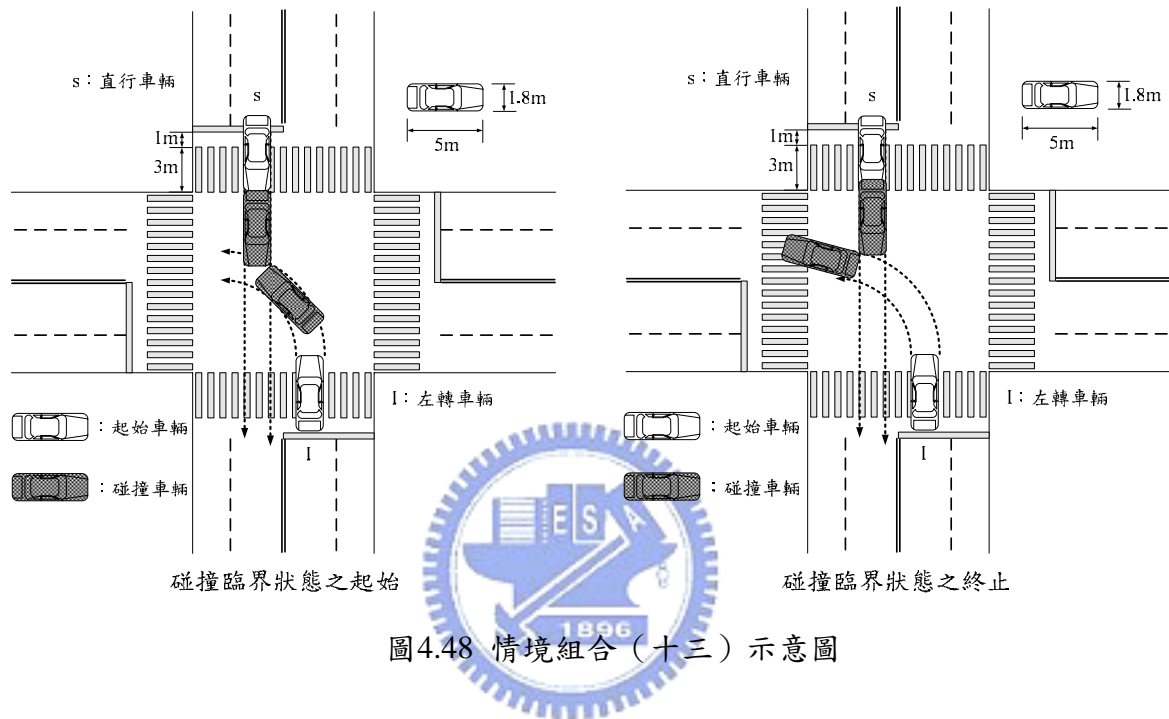


圖4.48 情境組合 (十三) 示意圖

14. 情境組合 (十四)

當直行車輛之起始位置為抵達路口，且左轉車輛採過中心處方式左轉，而碰撞型態為直行車輛被撞時，如圖4.49所示，此情境代表直行車輛剛進入路口時，左轉車輛以過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰狀型態為直行車輛之車頭與車尾被左轉車輛之車頭碰撞之組合。

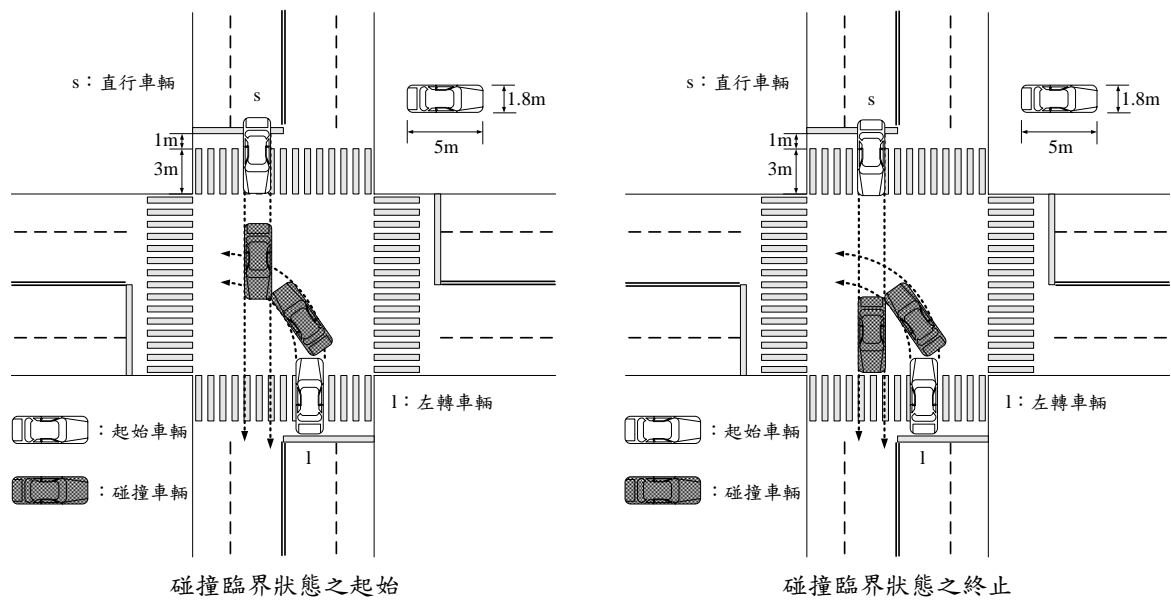


圖4.49 情境組合（十四）示意圖

15. 情境組合（十五）

當直行車輛之起始位置為抵達路口，且左轉車輛採繞過中心處方式左轉，而碰撞型態為左轉車輛被撞時，如圖4.50所示，此情境代表直行車輛剛進入路口時，左轉車輛以繞過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰撞型態為左轉車輛之車頭與車尾被直行車輛之車頭碰撞之組合。

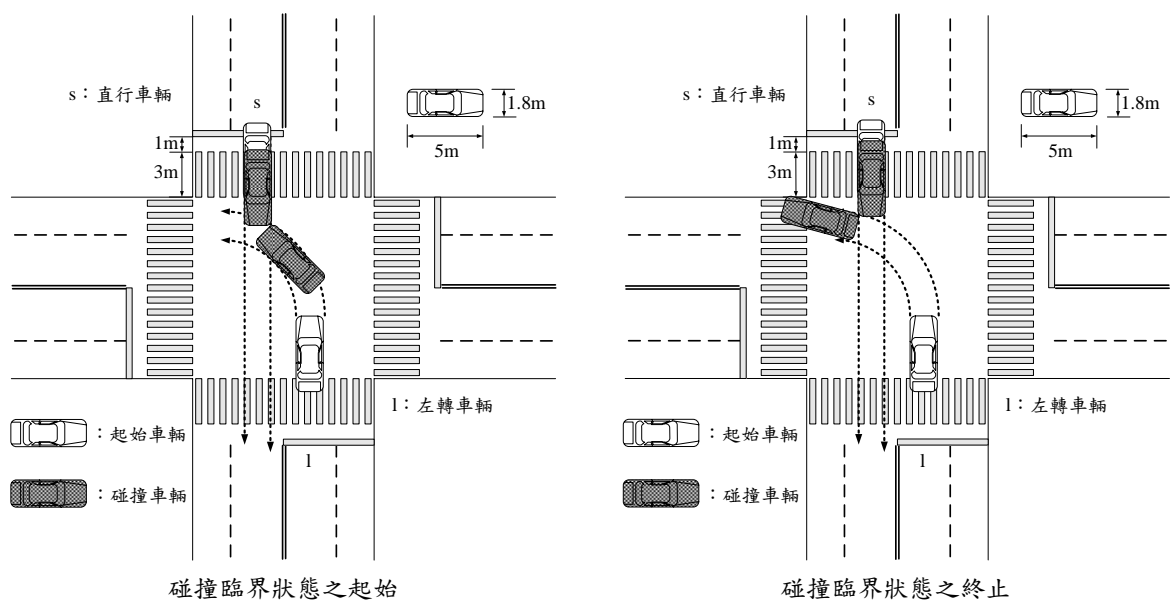


圖4.50 情境組合（十五）示意圖

16. 直行車輛抵達路口，且左轉車輛繞過中心處，以及直行車輛被撞

當直行車輛之起始位置為抵達路口，且左轉車輛採繞過中心處方式左轉，而碰撞型態為直行車輛被撞時，如圖4.51所示，此情境代表直行車輛剛進入路口時，左轉車輛以繞過中心處之運行軌跡通行路口，且兩車最終之碰撞型態為直行車輛之車頭與車尾被左轉車輛之車頭碰撞之組合。

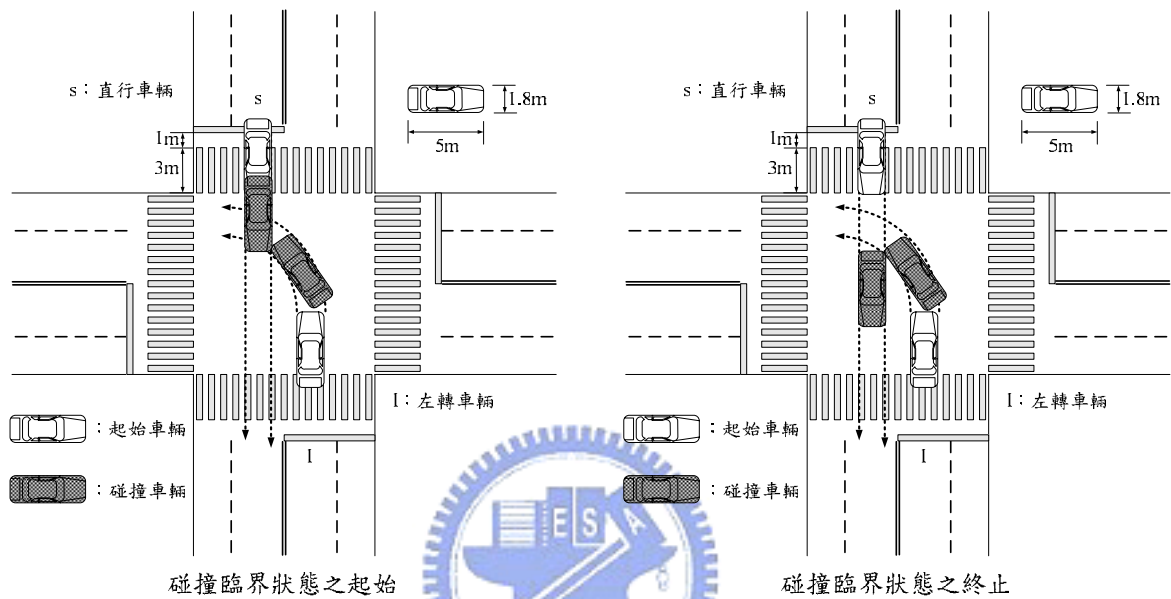


圖4.51 情境組合(十六) 示意圖

4.4 路口左轉車正常行駛速率分佈範圍之訂定

本研究藉由調查路口左轉車輛行駛速率資料，進而瞭解整體速率分佈情形，並於左轉車輛皆能安全行駛的前提下，選取行駛速率百分率累積第 85 百分位數速率作為正常行駛速率之臨界速率上限，且以行駛速率百分率累積第 15 百分位數速率作為正常行駛速率之臨界速率下限。

1. 調查地點之選擇

本研究選擇路口係以號誌化平面路口對象，路口選擇之原則如下：

(一) 無左轉專用時相或綠色燈號下允許左轉車輛通行之路口

號誌化平面路口具有左轉專用保護時相，或綠色燈號下不允許左轉車輛通行者，由於可能發生交通衝突之時空已被號誌管制所區隔，因此並不存在對向直行左轉車輛運行衝突之問題，故選擇路口時，必須排除所有行車方向皆具左轉專用保護時相，或綠色燈號下皆不允許左轉車輛通行之號誌化路口。

(二) 道路相交形式較為簡單之路口

道路交叉若為多肢形式，則路口交通動線衝突情形較為複雜，因此交叉路肢數目不宜過多。

(三) 有斑馬線與停止線之路口

配合本研究情境模擬分析之路口基本幾何條件之假設，因而需選擇具有斑馬線與停止線之路口。

本研究選定新竹市新安路與工業東二路、科技路交叉路口為調查路口。該路口於號誌時相部分，在工業東二路與科技路行車方向之綠色燈號下允許左轉車輛通行，且道路交叉路肢數為四叉，此外，臨近路口之各行車方向皆具有斑馬線與停止線，其道路幾何佈設以及觀測對象，如圖 4.52 所示。



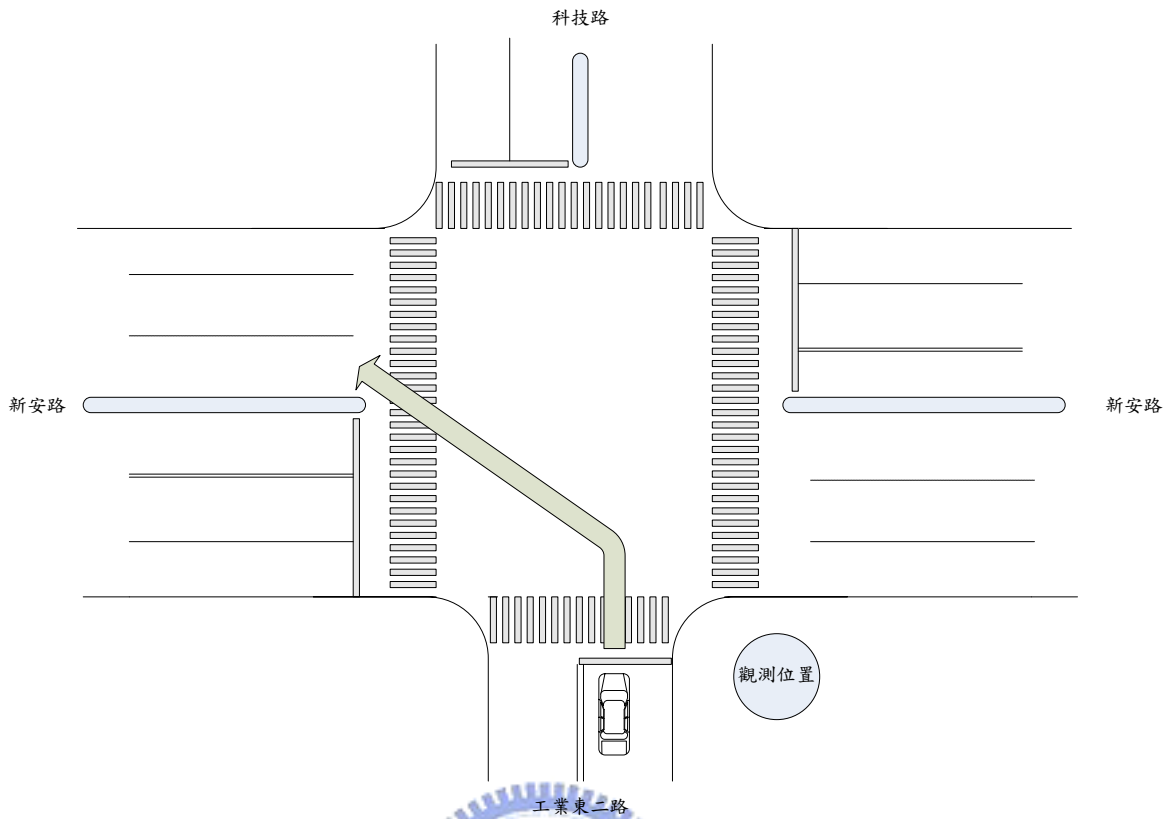


圖 4.52 新安路與工業東二路交叉路口之道路幾何佈設與觀測對象示意圖

2. 調查對象與時段

本研究為調查一般情況下左轉車輛之轉彎運行速率，在路口選擇原則之考量下，調查對象為工業東二路左轉新安路之左轉汽車，並於左轉車輛持續行進且臨近路口中心處時量測其行駛速率，而調查時段之選擇，則因考量尖峰時段左轉車輛靠近路口中心處發生停等延滯情形較多，資料蒐集較為不易，故調查時段盡量避開尖峰時刻，而選定為平常日之上午 10 時至 12 時，以及下午 2 時至 4 時，此外，本研究調查時間為民國 94 年 4 月 20 日。

3. 使用器材

主要為利用雷射測速槍量測持續行進且臨近路口中心處之左轉汽車於通行路口時之行駛速率。

4. 調查結果

調查資料共計 234 筆資料，其行駛速率次數分佈與以下累加百分比，如圖 4.53 所示，其中量測速率最小值為 5KPH，最大值為 34KPH，次數最高者為 22KPH。此外，由於在

交通工程設計時對於安全行駛速率之應用，通常係以速率百分率累積之第 85 百分位數速率作為臨界速率數值之上限，並以第 15 百分位數速率作為臨界速率數值下限，因此，本研究由整體速率以下累加百分比，選取行駛速率之第 15 百分位數 13KPH，作為在安全的前提考量下，左轉車輛之正常行駛臨界速率下限，並選取行駛速率之第 85 百分位數 25KPH，作為左轉車輛之常行駛臨界速率上限，換言之，本研究將左轉車輛正常行駛速率範圍，訂定為 13KPH~25KPH。

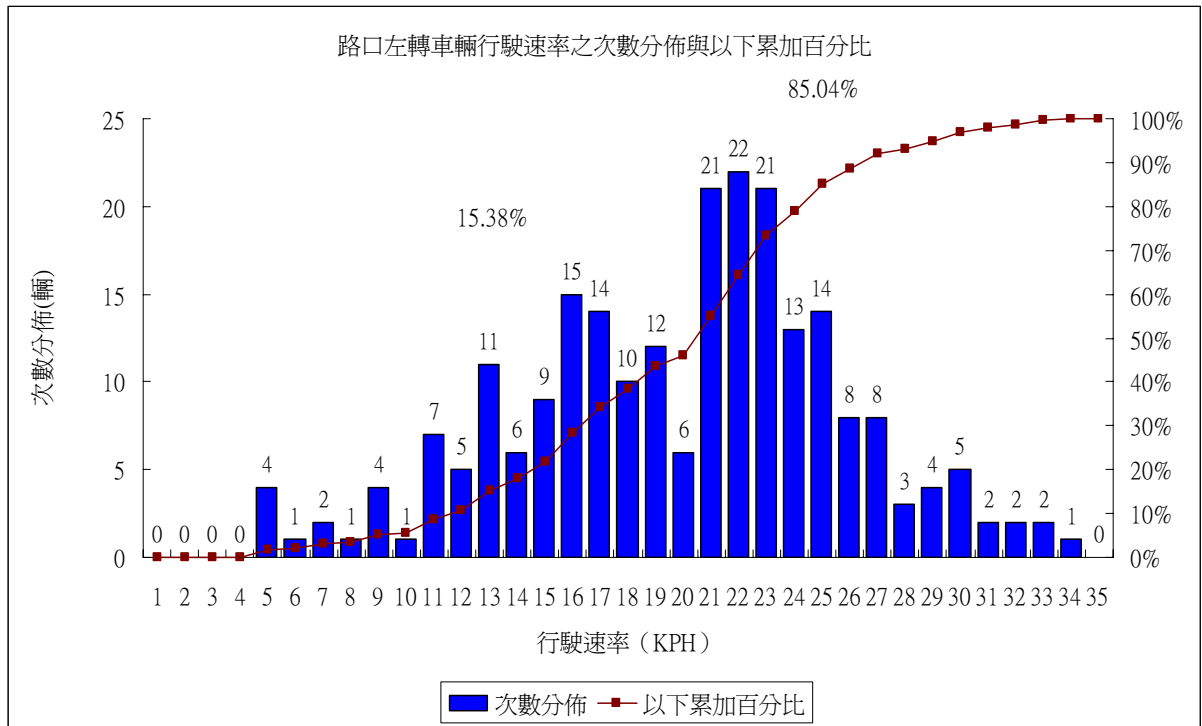


圖 4.53 路口左轉車輛行駛速率之次數分佈與以下累加百分比圖