

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

公路分隔帶開口設置準則之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2221-E-009-107-
執行期間：98年08月01日至99年07月31日
執行單位：國立交通大學運輸科技與管理學系(所)

計畫主持人：吳宗修

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：陳聖霖

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

公路分隔帶開口設置準則之研究

研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型

計畫編號：NSC98-2221-E009-107

執行期間：98 年 08 月 01 日至 99 年 07 月 31 日

執行單位：國立交通大學運輸科技與管理學系

計畫主持人：吳宗修

計畫參與人員：碩士班研究生 陳聖霖

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 10 月 14 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

公路分隔帶開口設置準則之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 98-2221-E009-107

執行期間：98 年 08 月 01 日至 99 年 07 月 31 日

計畫主持人：吳宗修

共同主持人：

計畫參與人員：陳聖霖

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學

中 華 民 國 99 年 10 月

摘要

國內外許多運輸部門在道路路面較寬的雙向多車道上，為達管制交通、增進行車效率及改善用路安全等目的，會增設不可跨越式之分隔帶。道路規劃為了提供汽車迴轉、慢車及行人穿越，必須在分隔帶上設置缺口，但任意地設置缺口則會嚴重影響車流之流暢度與安全性，增加對撞機率，容易造成致命性事故發生。為了解決中央分隔帶缺口設置問題，交通部公路總局曾經在民國 92 年訂定了「省道中央分隔帶開口設置要點」規定相鄰分隔帶缺口間距不得小於三百公尺，導致許多民眾申請設置缺口均被公路局駁回，但是經過實際測量卻發現，國內許多缺口間距實際上小於三百公尺，因此民眾屢屢對於公路總局所訂定要點之合理性提出質疑，懷疑其公平性與適當性。因此本研究嘗試從學理上加以探討，以交通安全為最高原則，檢核比對目前中央分隔帶設置規定是否合乎安全標準，結果發現目前設置準則大致符合安全理論，而缺口間距可依路段限速規定而調整，市區時速 50 公里路段最小安全間距為二百公尺，郊區時速 70 公里路段最小間距為三百公尺。

關鍵字：分隔帶缺口、缺口間距、設置準則

Abstract

For the smooth and efficient operation of highway traffic, medians are installed on the highway sections where its width is substantial. The functions of highway median are to separate directional opposite flows and different modes of traffic at same direction. It is necessary to provide openings in the medians when there is a need for vehicle U-turn, and bicycle and pedestrian crossing. However, discretionary openings of highway median may disrupt the operation and safety of traffic, increasing the likelihood of head-on collisions and fatal crashes. The current practice is to limit the opening beyond a 300-meter range. Nevertheless, it is not strictly observed. It is essential to conduct a study to rationalize the criteria of setting opening for highway median for future practice. The results reveal that the current criteria comply with traffic safety with practice, and the median opening spacing should vary according to speed limits, the shortest spacing of 200 meters at 50 km/h in urban highway, and 300 meters at 70 km/h in suburban area.

Keywords: median opening, median spacing, installation criteria

目錄

摘要.....	1
目錄.....	4
一、前言.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
二、文獻回顧.....	1
2.1 分隔帶缺口定義.....	2
2.2 缺口安全影響因子.....	2
三、研究方法.....	4
3.1 飽和流率、損失時間及有效綠燈.....	4
3.2 號誌化缺口車輛佇列長度.....	5
四、中央分隔帶缺口設置原則.....	5
4.1 功能域.....	5
4.2 中央分隔帶缺口設置概念.....	7
4.3 最短停車視距.....	8
4.4 中央分隔帶缺口間距.....	10
五、結論與建議.....	12
5.1 結論.....	12
5.2 建議.....	12
參考文獻.....	14
計畫自評.....	14

一、前言

1.1 研究背景與動機

近十餘年來，國內外許多道路交通主管單位在道路路面較寬的雙向多車道上，為達管制交通、增進行車效率及改善用路安全等目的，增設不可跨越式之道路交通島(亦稱劃分島、分隔帶、安全島)。交通島依設置地點之不同，包含有分隔帶、槽化島及圓環。其用以區分方向、分隔快慢車輛或供行人穿越之臨時庇護使用。而道路規劃為了提供汽車迴轉、慢車及行人穿越，實務上必須在分隔帶上設置缺口，但任意地設置缺口則又會嚴重影響車流之流暢度與安全性，增加對撞機率，容易造成致命性事故發生；因此缺口設置條件必須經過嚴謹安全考量後，訂定出符合交通安全之準則。為了解決中央分隔帶缺口設置問題，交通部公路總局曾經在民國 92 年訂定「省道中央分隔帶開口設置要點」；目前國內民眾如欲申請設置分隔帶缺口，其設置條件必須符合此設置要點才得以辦理。其中規定相鄰分隔帶缺口間距不得小於三百公尺，導致許多民眾申請設置缺口均被公路局駁回，但是經過實際測量卻發現，國內許多缺口間距也存在小於三百公尺的案例，因此民眾屢屢對於公路總局所訂定要點之合理性提出質疑，懷疑其公平性與適當性，認為分隔帶申請缺口是否成功與背後民意代表介入有關，亦或是缺口設置要點並非一體適用。因此本研究嘗試從學理上加以探討，以交通安全為基本原則，檢核比對目前中央分隔帶設置規定是否合乎安全標準，並找出適合台灣現況之缺口設置準則，以供政府相關部門參考之用。

1.2 研究目的

在主要幹道設置中央分隔帶以實施有限制性的進出口管制(limited access control)，可確保道路疏導交通之能力。台灣公路系統所分類之省道、縣道，具有道路路幅較寬與交通量較大之特性，因此中央分隔帶之設置除了可提升疏導交通之能力，亦可有效降低事故之發生。交通部及內政部營建署目前雖有省道中央分隔帶設置之相關規範，但目前國內許多具有中分分隔帶之省、縣道缺口數量過於密集，而公路總局所訂定之設置要點亦屢遭民眾質疑，因此本研究嘗試從學理上加以探討，以比對目前中央分隔帶設置規定是否合乎安全標準，藉以提高公路行車效能，並作為管理單位於規劃設計之依據。主要目的為：

1. 研擬中央分隔帶缺口之設置準則。
2. 以交通安全為考量基礎，計算出允許設置缺口之最短停車安全視距條件。
3. 檢討國內中央分隔帶缺口間距之安全性與合理性。

二、文獻回顧

本節中先對分隔帶缺口定義清楚，為了以交通安全為最高缺口設置準則之考量，本節也歸納出四點對缺口處之行車安全具有重要影響的因子，涵蓋了道路環

境、交通需求、視距限制以及道路幾何。

2.1 分隔帶缺口定義

交通島依設置地點之不同，包含有分隔帶、槽化島及圓環。但分隔帶一詞在國內並不廣用，國內民眾較常稱其為分隔島與安全島，而學術定義裡分隔島為槽化島之一種，因此一般民眾所用的名詞並不符合學術上的定義。中央分隔帶缺口可概分為兩類：

(1) 兩道路交叉地點

即為交叉路口(Intersection)，為道路路網之結點(Node)，可連接幹道與地區性服務道路，大部分此種缺口皆有周期性的號誌或閃光號誌控制，也就是較常見的號誌化交叉口

(2) 非兩道路交叉地點(街廓中之缺口)

設於兩交叉路口中間，目地在於提供車輛迴轉及具緊急性業務機關的車輛進出或穿通，該種缺口大部分沒有號誌控制，迴轉車流必須等候對向幹道上車流擁有足夠的車間時距時，才能進入對向車道完成迴轉行為。

兩中央分隔帶缺口之間隔長度則稱為分隔帶缺口間距。而分隔帶寬度(median width)、分隔帶缺口長度(median opening length)以及分隔帶缺口間距(median opening spacing)示意圖如圖 1：

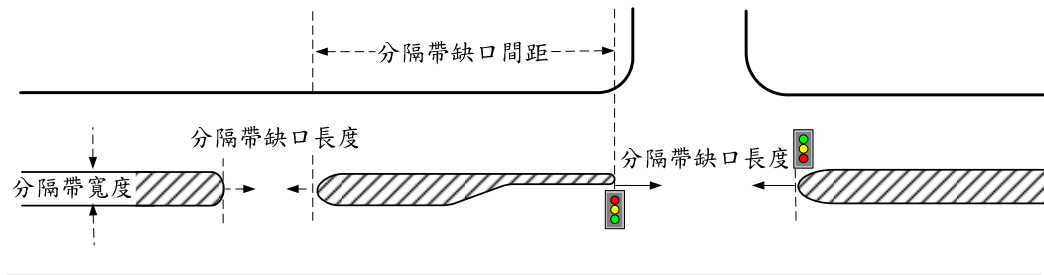


圖 1 分隔帶相關名詞示意圖

2.2 缺口安全影響因子

以下四點為歸納文獻「Safety of U-Turns at Unsignalized Median Openings」[11]所提及的缺口安全影響因子：

(1) 道路環境

「道路都市化程度」、「速限」以及「道路密度」皆為道路環境因子。都市地區的商業活動較熱絡，導致都市內部有許多因商業活動產生的車流，

其地方服務性高，因此會影響分隔帶缺口左轉量與迴轉量。當車輛於分隔帶缺口進行左轉與迴轉時，會與幹道上的直進車流產生交通衝突，當直進車流速度愈快時，不僅容易產生同向追撞，也容易在對向車道發生側撞事故，因此交通衝突風險也隨之提高。道路密度愈高代表車流的交通衝突點也愈多。而都市化程度的高低也會影響速限與道路密度，如都市地區的道路其速限較低而道路密度較高。

(2) 交通需求

「幹道交通量」、「支道交通量」以及「左轉量與迴轉量」皆為交通需求因子。幹道交通量愈高時，愈難有足夠的車間時距(headway)以供缺口車流進行左轉與迴轉，而且當車流從外車道駛進左轉車道(或內車道)時所需要的交織長度會較長。若缺口處有銜接支道，則支道車流左轉駛進幹道時會與幹道車流產生衝突，此時支道交通量愈高其風險也愈高。左轉量與迴轉量的多寡也會影響同向追撞的風險高低，當缺口處無設置左轉車道時，此風險會更高；若有設置左轉車道，則左轉車道的容量也必須視其需求量而適當訂定。

(3) 視距限制

設計分隔帶缺口時，用路人的視距範圍尤為重要。立於安全觀點，視距不足讓駕駛人對行車充滿不確定感，無法對當下之後的交通狀況作出預期而降低事故風險；基於駕駛行為觀點，若於支道停止線的駕駛人沒有足夠的視野觀察幹道車流，則容易把車輛停等於停止線之後(下游)，產生違規停車行為。

(4) 道路幾何

「車道數」與「分隔帶寬度」皆為道路幾何因子。當車道數多時，幹道左轉車流與支道左轉車流暴露於具有事故風險的路口時間愈長，因此發生事故的風險與機會量愈大。而車道數與分隔帶寬度同時影響迴轉車是否能一次完成迴轉，車輛迴轉半徑因車身長度與軸距不同而有所差異，當車輛迴轉外徑過大時則有可能發生爬上路緣石或是「三點式迴轉(3-point-turn)」行為；三點式迴轉為一非連續性迴轉行為，指的是車輛必須經由停止、倒車、調整向盤後，才能完成迴轉行為，其轉彎路徑如圖2所示。本文獻建議當車道數為雙向四車道且分隔帶寬度較小時，應設置便彎道(loops)以供缺口車輛迴轉；而雙向六車道時，無論分隔帶寬度大小皆可不必設置便彎道。

另有文獻指出分隔帶寬度與缺口車流所需的車間時距有顯著關係。Liu, Wang, Lu, Sokolow等三位學者所發表「Headway Acceptance Characteristics of U-Turning Vehicles at Unsignalized Intersections」[14]之研究裡，以二元羅吉特模式分析分隔帶寬度是否對於車間時距接受度造成顯著影響；其研究結果顯示，當分隔帶寬度較寬時，其臨界車間時距較小。換而言之，當分隔帶寬度能提供迴轉

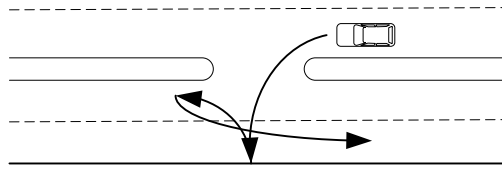


圖 2 三點式迴轉示意圖

車輛於缺口處庇護時，迴轉車能在較短時間內完成迴轉行為。另外，分隔帶寬度大於 21 英尺(約 6.3 公尺)時，迴轉車流能於外側車道順利完成迴轉行為，而不會有爬上路緣石或路肩的情況。

三、 研究方法

本研究於估算中央分隔帶缺口間距時，必須利用飽和服務流率(Saturation Flow Rate)、燈號轉換之損失時間(Lost Time)以及有效綠燈(Effective Green)之觀念以估算「號誌化」缺口車輛佇列長度，其概念如下：

3.1 飽和服務流率、損失時間及有效綠燈

如果一車道只有小客車而且車流不受其他車流或行人之干擾時，第一部停等車之平均疏解間距大約在 2.5 秒到 3.5 秒之間，第二部停等車之平均疏解間距較短，第三部停等車之平均間距更短，到第四或第五部車之後，平均疏解間距趨向一穩定值，如圖 3(a)所示，此穩定之平均疏解間距稱為飽和間距(saturation headway)。

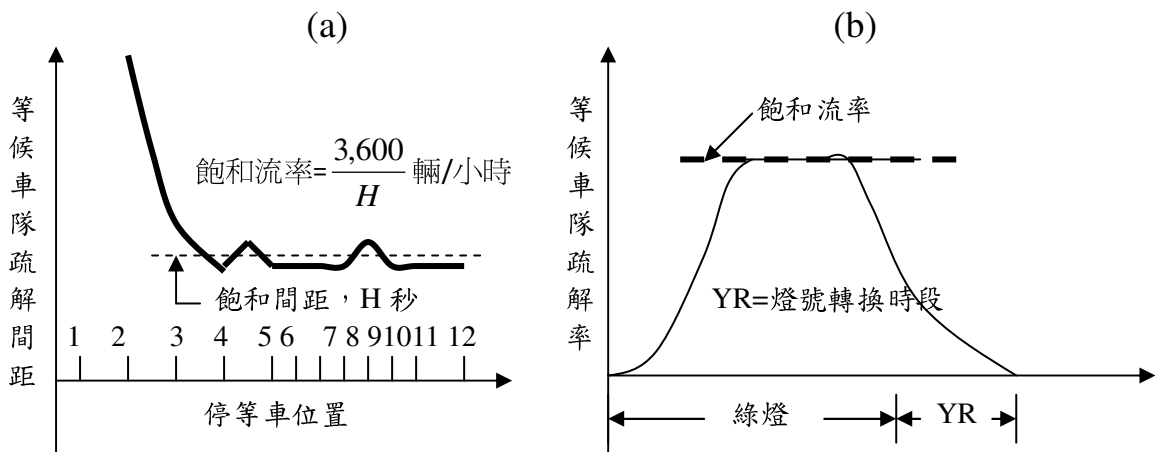


圖 3 飽和間距(saturation headway)及飽和流率(saturation flow rate)

註：圖片來源為 2001 年台灣地區公路容量手冊

圖 3(b)顯示在一時相內疏解率之變化。從此圖可知綠燈剛開始後的一短暫時間內疏解率小於飽和流率。這是因為最前面幾部車子起動之速率較慢而造成較大

之疏解間距，稱為啟動延滯。假設最前面五部車子在綠燈開始後 12 秒才全部通過路口停止線而飽和間距為 2 秒，則這五部車總共損失了 $12-5\times 2=2$ 秒。此損失時間稱為起動損失時間(starting lost time)。燈號轉換時段開始後，疏解率也會開始下降，其結果是一部份的燈號轉換時間不能以飽和疏解率以疏解車流。

若燈號轉換時間為 Y 秒、飽和間距為 H 秒、平均在燈號轉換時段(在有充份之車輛時)能疏解之車數為 N、則在燈號轉換時段內的損失時間為 $Y-NH$ 。例如 $N=1.2$ 車、 $H=2$ 秒、 $Y=4$ 秒，則燈號轉換時段之損失時間為 1.6 秒。每時相在一週期內之損失時間為起動損失時間與燈號轉換損失時間之和。有效綠燈則估計如下：

$$G_e = G + Y - L_t$$

其中 G_e =每時相之有效綠燈(秒)； G =綠燈時段(秒)， Y =燈號轉換時段(秒)，包括黃燈及全紅時段； L_t = 每時相之損失時間(秒)。

3.2 號誌化缺口車輛佇列長度

於估算號誌化缺口車輛佇列長度時，車輛會於「非有效綠燈」時段內於左轉車道佇列，其為號誌週期長度減去有效綠燈時段之長度，假設一綠燈時段下，因啟動延滯與燈號變換所導致的損失時間為 2.5 秒，而號誌化缺口之左轉車道設計佇列長度應滿足，一號誌周期下左轉車道車輛佇列長度之 1.5~2 倍長度。最少應為兩輛小客車之佇列長度(7.5 公尺)，因此估算號誌化缺口車輛佇列長度之公式如下，其中 L =左轉車道長(公尺)， N =尖峰小時左轉車輛數， L_v =車輛長度， G =綠燈時段(秒)。

$$L = 2 \times \frac{N}{3600} \times (C - G + 2.5) \times L_v \quad \text{或} \quad L = 1.5 \times \frac{N}{3600} \times (C - G + 2.5) \times L_v$$

四、 中央分隔帶缺口設置原則

非號誌化中央分隔帶缺口基本上也是一種交叉路口。左轉車道的設置有助於避免轉向車流與直進車流的同向追撞衝突，因為直進車道上的車流速度較輔助車道與外車道高，因此具有高速度碰撞導致死亡事故發生之危險，若轉向車流可駛進輔助的左轉車道減速，並於該車道上等候轉向所需之車間時距，則可有效降低死亡事故之發生。交通工程師於設計中央分隔帶缺口時，應注意道路環境所規定之「速限」、駕駛人剎車所需之「反應時間」與「剎車距離」、駕駛人行車可觀察之「視距」、以及左轉車道儲車容量。

4.1 功能域

「功能域」包含「反應時間行駛距離(Reaction Time)」、「減速行駛距離(Deceleration)」與「待轉車輛佇列長度(Storage)」，範圍如下圖灰色部分區域，分別敘述如下：

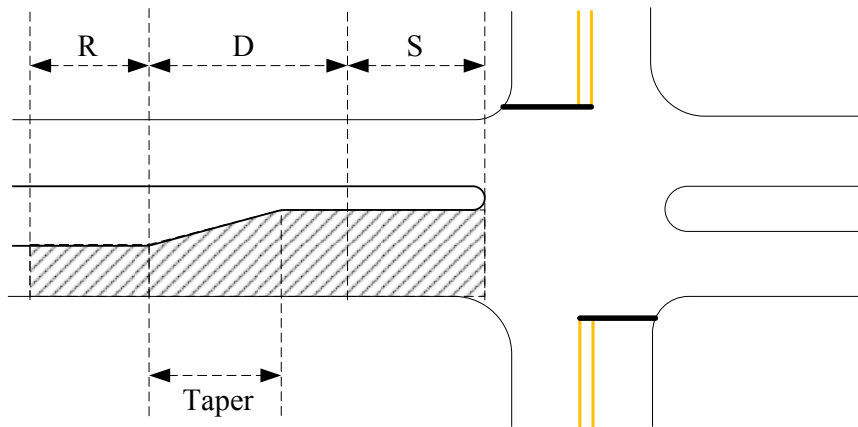


圖 4 功能域示意圖

(1) 反應時間

當車輛駕駛人於道路上意識到危險至決定踩剎車之時間段稱為「反應時間」，根據 Johansson 與 Rumar 兩位學者於實驗室中有預警測試下所得之最小反應時間為 0.64 秒，約有 10% 之受測者反應時間超過 1.5 秒，而無預警之剎車反應時間約多 1 秒為 1.64 秒，且有少數受測者反應時間高達 3.5 秒。駕駛人於正常的道路環境下所必須處理的資訊較為複雜，且不同駕駛人之反應時間變異大，因此道路設計所必須考慮之反應時間必須大於 1.64 秒。該研究顯示無預警測試下有 90% 之受測者能在 2.5 秒內反應，因此目前有許多研究皆以 2.5 秒為反應時間估算值。

(2) 減速行駛距離

減速行駛距離定義在漸變段(Taper)起點至左轉車道佇列車輛之尾端。當中央分隔帶缺口設計有左轉車道(left-turn lane, auxiliary lane)時，其設計長度必須依該路段之「速限」而定，左轉車道設置目的在於將轉向車流從直進車道上分離，以降低直進車道上因轉向減速導致車輛間車速變異大而發生之追撞風險，文獻「median handbook」[13]中便以「路段限速」及「左轉車道進入初速」為兩設計指標，在「左轉車道進入初速」低於「路段限速」每小時 10 英哩以下，設計足以讓轉向車流於左轉車道上順利減速停止之長度。

(3) 待轉車輛佇列長度

待轉車輛佇列長度與交通量有很大的關係，非尖峰時段的車速較快而轉向車流較少，而尖峰時段車速較慢而轉向車流多，雖然一天當中約有 80% 的交通量會出現在非尖峰的時段裡，但對於號誌化與非號誌化之中央分隔帶缺口左轉車道而

言，其所設計之車輛佇列長度必須能符合尖峰小時下之轉向車流需求。

對於非號誌化中央分隔帶缺口而言，AASHTO Green book[4]建議其設計佇列長度為：「左轉車道之設計佇列長度應滿足尖峰小時下，其平均每兩分鐘之轉向車輛數的佇列長度。最少應為兩輛小客車之佇列長度(7.5 公尺)。」

4.2 中央分隔帶缺口設置概念

「Center for Urban Transportation Research」[13]於2006年出版的手冊「Median Handbook」裡，提出了三點分隔帶缺口設置時應注意的原則，此三點原則如下：

1. 分隔帶缺口不應該與其他分隔帶缺口或交叉路口之「功能域」(functional area)重疊。「功能域」包含「反應時間行駛距離(Reaction Time)」、「減速行駛距離(Deceleration)」與「待轉車輛佇列長度(Storage)」。另外，功能域之周邊也不應有支道與其連接。
2. 分隔帶缺口之左轉車道不應與下游號誌路口左轉車道重疊。這種設計型式使得想要在分隔帶缺口迴轉之車輛與想要在前方號誌路口左轉之車輛共用同一條左轉車道。欲在前方號誌路口左轉之車流容易與對向幹道上之左轉車流產生衝突，尤其是前方燈號可供左轉車道車流轉向時，左轉車道上之車流易在車速較高的情況下因未注意對向左轉車流而發生嚴重性衝突。另外，當車道漸變段至分隔帶缺口之路段有兩輛車行駛時，後方之車輛駕駛人必須猜測前方車輛駕駛人之行為，若前方車輛欲在缺口迴轉，而後方車輛欲在號誌路口左轉，此時後方車輛就容易追撞前方車輛。因此，這種設計形式容易混淆駕駛人，當駕駛人產生錯誤判斷時，就容易導致事故發生。此設計型式如圖5所示。

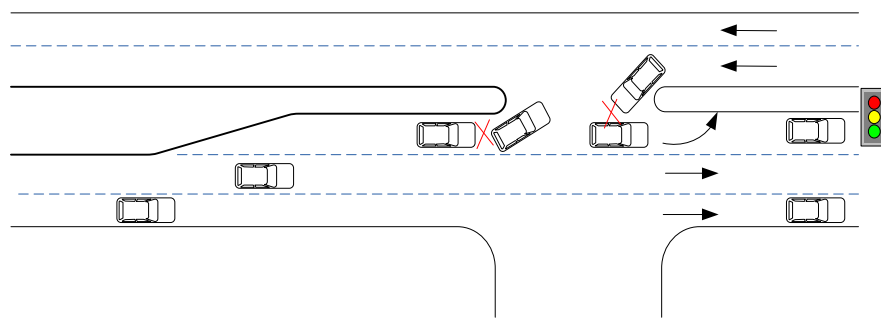


圖 5 兩缺口之左轉車道重疊示意圖

3. 分隔帶缺口設置位置與號誌路口的距離必須足夠。若此路段的交通量非常高，導致因停等時相而佇列之車輛長度與分隔帶缺口重疊時，直進車道上之車輛駕駛人可能因佇列車輛擋住視線而無法察覺對向車道是否有車輛左

轉，此時就容易產生交通衝突。

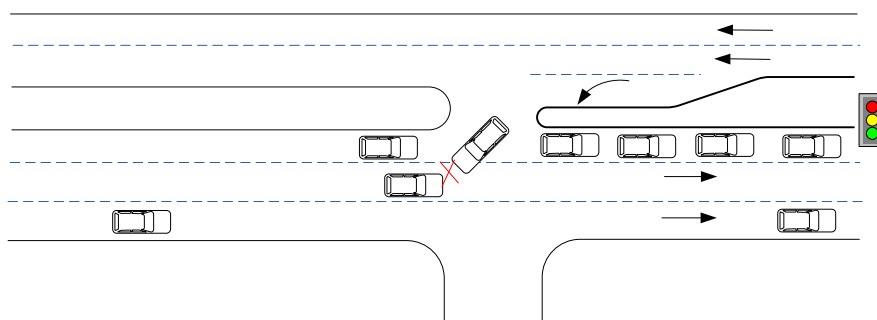


圖 6 內車道車輛佇列過長示意圖

中央分隔帶缺口之錯誤設置主因為該缺口之功能域不足，包含視距不足導致反應時間緊迫，間接造成減速距離不足，但最常見之情況是左轉車道太短而無法佇列所有具轉向需求之車流，導致轉向車流必須於直進車道上進行減速行為，增加了追撞事故發生之機會。因此，中央分隔帶缺口設置錯誤將造成以下兩點結果：

- (1) 左轉車道不足以佇列所有具轉向需求之車流
- (2) 具轉向需求之車流於直進車道上過度減速

當直進車流佇列長度大於左轉車道時，將使得具轉向需求之車流無法駛進左轉車道而停等在直進車道上，該車流必須等候至綠燈時段，直進車流消散時才能進入左轉車道，該情況不僅使得該缺口無法達到其設置功能，更降低了讓該交叉路口之容量。該情況如圖 7 所示，雙左轉車道之設計較容易導致該情況發生。

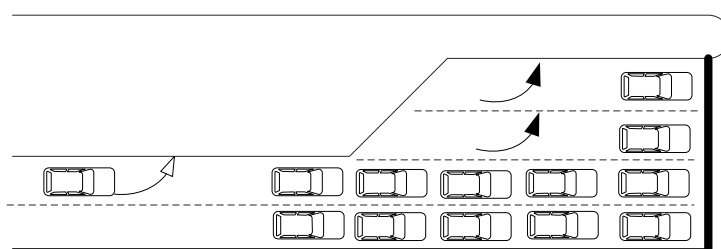


圖 7 左轉車道失能示意圖

4.3 最短停車視距

中央分隔帶缺口設置地點須有足夠之視距，以期幹道上之車輛駕駛人能提早發現或警覺。道路設計為確保駕駛人安全，必須讓駕駛人於道路上行駛時之視距大於學理上所估計出之最短停車視距，也就是缺口之設置地點必須可讓駕駛人在最短視距略長時便能看見，前 4.1 小節中，功能域所涵蓋之「反應時間行駛距離」、「減速行駛距離」，其加總即為最短停車視距，公式如下：

最短停車視距(S)=反應時間行駛距離(R)+剎車距離(D)

$$S = 0.278PV + \frac{V^2}{254(f \pm G)}$$

式中 S=最短停車視距(公尺)

P=反應時間(通常為 2.5 秒)

V=速限(KPH)

G=路面縱坡(上坡為+G，下坡為-G)

f=路面摩擦係數

為安全設想，表 1 以保守的濕鋪面(較低摩擦係數)試算不同速率下的停車視距。

表 1 停車視距(溼鋪面)

速率 (KPH)	剎車反應		溼鋪面 摩擦係數	剎車距離 (G=0, 公尺)	停車視距 (公尺)
	時間(秒)	距離(公尺)			
30	2.5	20.85	0.40	8.86	29.71
40	2.5	27.8	0.38	16.58	44.38
50	2.5	34.75	0.36	27.34	62.09
60	2.5	41.7	0.34	41.69	83.39
70	2.5	48.65	0.32	60.29	108.94
80	2.5	55.6	0.31	81.28	136.88
90	2.5	62.55	0.30	106.30	168.85
100	2.5	69.5	0.30	131.23	200.73
120	2.5	83.4	0.29	195.49	278.89

4.4 中央分隔帶缺口間距

如果道路具有路幅寬度較大、車道數較多、交通量較高等特性，通常都會導致交通事故率較高，因此中央分隔帶之設置不僅可提升道路疏導交通能力(traffic carrying capability)，也可降低事故發生之機會。但是道路規劃為了提供汽車迴轉、慢車及行人穿越，必須在分隔帶上設置缺口，因此缺口間距之研究實為中央分隔帶缺口設置準則不可缺少的部分。中央分隔帶缺口間距之定義如 2.1 小結所述，其間距長度應考量到以下幾點要素：

- (1) 反應時間行駛距離
- (2) 減速行駛距離
- (3) 待轉車輛佇列長度
- (4) 車輛轉彎半徑
- (5) 分隔帶全寬部分之長度

前三項要素即為一個缺口所需具備之「功能域」長度，而缺口間距長度涵蓋了道路兩行駛方向之功能域長度、車輛轉彎半徑長度、以及分隔帶全寬部分之長

度，如圖 9 所示：

「中央分隔帶缺口間距長度= 2*功能域長度+ 2*車輛轉彎半徑長度+分隔帶全寬部分之長度」

轉彎半徑長度參考內政部營建署「市區道路交通島設計手冊」[5]各類型設計車輛轉彎半徑而定，如表 2 所示，當車輛於缺口處低速迴轉時，其外前輪所行經之半徑為車輛之最小轉彎外徑，內後輪為最小轉彎內徑，本研究建議在設計缺口間距時，以 10 公尺為車輛轉彎半徑為參考值。

表 2 各類型設計車輛轉彎半徑(單位：公尺)

設計車輛	全長	最大轉彎外徑	最小轉彎內徑
小客車	5.5	8.05	4.94
大貨車	9.0	13.59	9.04
大客車	12.0	14.30	8.16
中型半聯結車	15.0	13.41	7.17
大型半聯結車	16.5	14.37	6.69
全聯結車	20.0	14.14	7.21
消防車	9.5	10.5	-

對於「非號誌化」中央分隔帶缺口而言，左轉車道之設計佇列長度應滿足尖峰小時下，平均每兩分鐘(120 秒)之轉向車輛數的佇列長度，其求算公式如下：
假設 L=左轉車道長(公尺)，N=尖峰小時左轉車輛數，L_v=車輛長度，C=號誌周期(秒)，G=綠燈時間(秒)

$$L = \frac{N}{3600} \times 120 \times L_v = \frac{N}{30} \times L_v$$

對於「號誌化」中央分隔帶缺口而言，左轉車道之設計佇列長度應滿足，一號誌周期下左轉車道車輛佇列長度之 1.5~2 倍長度，其求算公式如下：

$$L = 2 \times \frac{N}{3600} \times (C - G + 2.5) \times L_v \quad \text{或} \quad L = 1.5 \times \frac{N}{3600} \times (C - G + 2.5) \times L_v$$

而分隔帶全寬部分之長度一般會栽植植物，除了可美化環境，亦可減少噪音及空氣汙染，但對於交通安全而言，栽植有以下幾點重大優點：(1)栽植的變化與美感可減緩駕駛疲勞度(2)可遮擋對向車流眩光(3)緩衝車輛衝進對向車道之強度與機率，降低重大事故發生之機會量與傷亡度。文獻[5]建議兩分隔帶缺口間，分隔帶全寬部分之長度至少要有 40 公尺。

假設在一市區省道速限為每小時 50 公里處，分隔帶之上下游分別是「號誌化」與「非號誌化」缺口，則此分隔帶最小間距長度估算如下：

號誌化缺口功能域長度=停車視距長度+車輛佇列長度=

$$62.09 + 7.5 = 62.09 + 7.5 = 69.59(m)$$

非號誌化缺口功能域長度=停車視距長度+車輛佇列長度=

$$62.09 + 7.5 = 62.09 + 7.5 = 69.59(m)$$

分隔帶缺口間距=號誌化缺口功能域長度+非號誌化缺口功能域長度+ 2*車輛轉彎半徑長度+分隔帶全寬部分之長度=69.59+69.59+(2×10)+40=199.18(m)

功能域長度主要受停車視距所限制，也就是該路段之設計限速所影響，因此在不同的路段限速下，符合交通安全理論之分隔帶間距長度變化主要是受「路段限速」而有不同，表 3 為上述原理，整理出不同路段限速下所建議之分隔帶缺口間距長度：

表 3 不同速率下之缺口最小間距長度(單位：公尺)

速率 (kph)	停車視距	最小左轉車道長度	轉彎半徑	上下游功能域總長	分隔帶全寬	分隔帶最小缺口間距
30	29.71	7.5	10	94.4	40	134.4
40	44.38	7.5	10	123.8	40	163.8
50	62.09	7.5	10	159.2	40	199.2
60	83.39	7.5	10	201.8	40	241.8
70	108.94	7.5	10	252.9	40	292.9
80	136.88	7.5	10	308.8	40	348.8
90	168.85	7.5	10	372.7	40	412.7
100	200.73	7.5	10	436.5	40	476.5
120	278.89	7.5	10	592.8	40	632.8

國內目前的省道限速於市區路段為 50 或 60 公里，郊區路段為 70 公里，根據表 3 所估算之結果，限速為每小時 50 公里之路段，其中央分隔帶缺口間距建議為 200 公尺，限速為每小時 60 公里之路段，其中央分隔帶缺口間距建議為 240 公尺，限速為每小時 70 公里之路段，其中央分隔帶缺口間距建議為 300 公尺。

五、 結論與建議

5.1 結論

1. 目前省道於市區路段上常有間距長度不符合現況規定之情況，主要是因為市區因商業活動過於發達而導致道路連接密度高，間接使得中央分隔帶出現不連續的情況，也就是中央分隔帶缺口。但缺口設置過於密集的結果將與中央分隔帶之設置目的相佐，因此，高商業活動區、轉向需求高及車速較慢之路段，可不必設置中央分隔帶，若該地區有設置中央分隔帶，則缺口間距長度應該符合安全規定。
2. 本研究目地在於探討國內中央分隔帶缺口間距之安全性與合理性，以交通安

全為最高原則，檢核比對目前中央分隔帶設置規定是否合乎安全標準，結果發現目前「省道中央分隔帶開口設置要點」之相鄰缺口間距不得小於 300 公尺之規定，尚符合交通安全理論下所估算之結果，而本研究建議可依路段上之限速進行調整，建議最小間距如表 3，如限速每小時 50 公里之路段，缺口間距可調整為 200 公尺。

5.2 建議

目前「省道中央分隔帶開口設置要點」對於工廠前是否設置缺口另有規定，進出該工廠 15.24 公尺以上長度之車輛數與主線交通量全年中至少有半年以上一日交通量合於圖 8 關係時，同意設置開口，但與相鄰開口間距不得小於 200 公尺。原設置要點之關係圖有誤，圖 8 已修正。本研究不建議於非兩道路交叉點中設置缺口以供大型車輛進出工廠，大型車輛因車身長度與軸距較長之因素，導致其於該類型缺口進出時所需佔用之車道數較多，且完成一次轉向所需耗費之時間較長，這會嚴重影響幹道上車流行車流暢度與安全性。因此，於缺口處有轉向需求之車流應可經由其它替代道路而達其目的地，建議有大型車輛進入之工廠應作好替代路徑之規劃，讓大型車輛經由一般號誌化路口(兩道路交叉之號誌化分隔帶缺口)轉向後，於工廠前右轉進出。

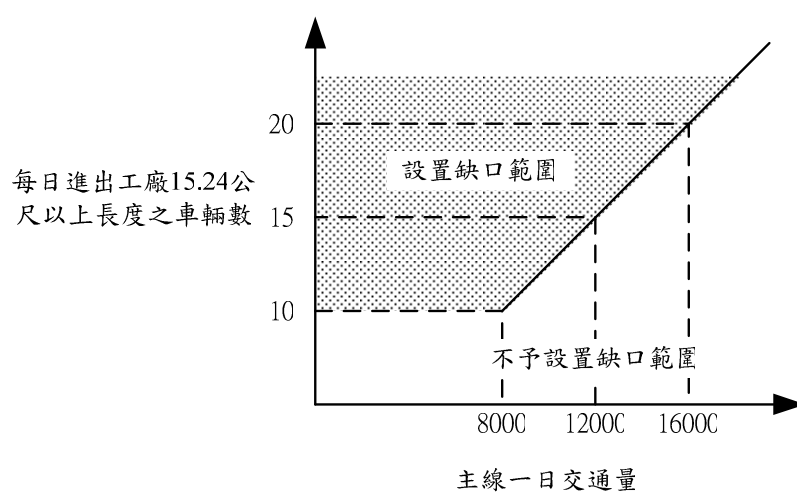


圖 8 工廠前之缺口設置條件關係圖

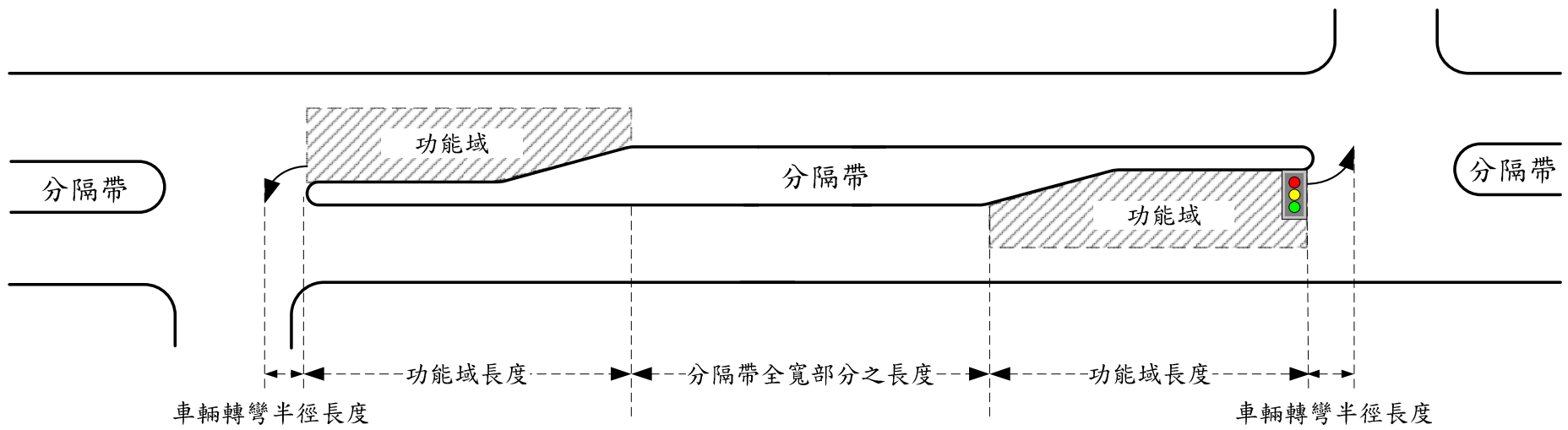


圖 9 缺口間距長度因子

參考文獻

1. 台灣省交通處公路局委託，台灣大學土木工程學研究所交通工程組辦理，「公路中央分向島設置標準之研究」，民國70年。
2. 交通部，「公路路線設計規範」，民國90年。
3. 內政部營建署，「市區道路工程規劃及設計規範之研究」，民國90年。
4. 交通部運輸研究所，公路容量手冊，民國92年。
5. 內政部營建署，「市區道路交通島設計手冊」，民國92年。
6. 交通部、內政部，「道路交通標誌標線號誌設置規則」，民國97年修正。
7. Johansson, G. and Rumar, K. "Drivers' Brake Reaction Times." Human Factors, Vol. 13, No. 1, February 1971, pp. 23-27
8. Adams, J. C., and Hummer, J. E., Effects of U-Turns on Left-Turn Saturation Flow Rates, Transportation Research Record 1398, TRB, National Research Council, pp. 90-100, 1993.
9. Oppenlander, Joseph and Oppenlander, Jane, Storage Requirements for signalized Intersections Approaches, ITE Journal, 1996.
10. Al-Masaeid, H. R., Capacity of U-Turn at Median Opening, ITE Journal, Vol. 69, No. 6, pp. 28-34, 1999.
11. Safety of U-Turns at Unsignalized Median Openings, NCHRP Report 524, Transportation Research Board, 2004.
12. Lu, Jian John, Liu, Pan, and Pirinccioglu, Fatih, Determination of the offset distance between driveway exits and downstream u-turn locations for vehicles making right turns followed by u-turns, University of South Florida, 2005
13. Petrisch, Theo, Leisch, Joel, and Stover, Vergil, Center for Urban Transportation Research, Median Handbook, 2006.
14. Liu, Pan, Wang, Xu, Lu, Jian, and Sokolow, Gary, Headway Acceptance Characteristics of U-Turning Vehicles at Unsignalized Intersections, Transportation Research Record, No. 2027, pp.52-57, 2007.

計畫自評：

本研究著重於分隔帶缺口設置地點之功能域與分隔帶缺口間距長度的探討，有關中央分隔帶之型式、寬度、缺口長度、平面設計與斷面設計較屬於工程上之施工範圍，不在本研究探討範圍，其可參考「市區道路交通島設計手冊」之建議。車輛於路段上行駛之速度對於自身的安全視距與剎車距離有很大關聯性，因此分隔帶缺口設置地點與間距必須考量到車速，交通工程師於設計缺口間距時可依路段之限速來估算缺口之功能域長度與缺口間距長度。省道市區路段每小時50公里之限速與郊區路段每小時70公里之限速下，分隔帶缺口間距分別建議為200公尺與300公尺。成果反映國內現況規定尚符合學理之要求標準。

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

98 年 10 月 22 日

報告人姓名	吳宗修	服務機構 及職稱	交通大學運輸科技與管理學系 副教授
時間 會議 地點	98.9.23-98.9.29 Hinckley, U.K.	本會核定 補助文號	NSC 98-2221-E-009-107
會議 名稱	(中文) 第九屆英國交通事故調查員協會年會 (英文) 9 th Institute of Traffic Accident Investigators Conference 2009		
發表 論文 題目	(中文) 應用影像解析路口號誌違規事故 - 台灣案例 (英文) Application of Video-aided Mapping in Verifying Signal Violation - A Case in Taiwan		

報告內容應包括下列各項：

一、參加會議經過

由於大會並沒有分場發表論文，全場均在同一會議廳報告。總共 18 篇論文，以及四場演講 (Keynote speech)。會場並有事故重建相關廠商擺攤展示，包括軟硬體設備等。

二、與會心得

ITAI 年會每兩年才舉辦一次，2009 年則係首次與歐洲事故研究與分析聯合協會 (European Association for Accident Research and Analysis, EVU) 共同舉辦聯合年會，規模與盛況自是空前。據大會發布資料，與會人數達 280 人。大多數是英國本地的事務調查協會 (ITAI) 會員，另外就是歐洲會員，由於 EVU 主事者為德國，可以發現德國參予者佔多數；也難怪大會官方語言是英語與德語。除本人外，東方人只有兩位香港官方代表 (香港特別行政區政府化驗所) Tai-wai WONG (黃大偉) 及 Wong Ping WONG [後記：香港黃大偉先生在 99 年二月初到台灣時，安排與其在彰化見面餐敘]。

三、考察參觀活動(無是項活動者省略)

大會前一天安排正式參觀活動是前往在 Leicestershire 的英國車輛工業研究中心 (Motor Industry Research Association, MIRA)，因係車輛工業之研發機構，現場禁止攝影，且在出發前即再三強調不得攜帶照相機進入該中心。除了 MIRA 的研發業務與設備介紹外，現場有贊助廠商產品展示，主要分為兩方面；一為車輛設備，包括德國 BOSCH 的汽車診斷與黑盒子資料擷取 (collision damage retrieval tool)、英國公路總局 (Highway Agency) 的道路安全設計與規劃、VOLVO XC90 慢速自動停車裝備 (city safety)，二為事故調查與重建設備，包括事故重建力學軟體、三維雷射事故測量儀 (3D Laser Scanners: Leica, FARO, Topcon)。主辦單位並特別安排許多特種車輛供與會者親自駕駛感受，包含雙節公車、雙層公車、油罐車、聯結車、消防車、大型拖吊車等。

四、建議

1. ITAI 年會每兩年才舉辦一次，係英國本領域內最重要之專業會議；因與歐洲專業協會聯合辦理，得以擴大認識專業人士，並涉獵最新事故調查與重建技術。宜鼓勵國內事故調查研究人員多投稿、參與，以增加我國在本領域之曝光度。
2. 本次研討會歐洲之外僅有個人一篇投稿獲接受發表，因安排在最後階段，變成「好酒沉甕底」現象，臨時亦在簡報中增加介紹台灣基本(土地面積、人口、交通、車輛、事故等)資料。

五、攜回資料名稱及內容

1. 本次年會之論文集 (英文版) 與光碟片，Proceedings of the 1st joint ITAI-EVU Conference 2009。
2. 現場購買前兩屆 ITAI 年會論文集與實車碰撞測試錄影光碟片。

其他：本研討會發表論文 PDF (英文版與德文版) 全文檔案已登載於國科會研究人員網頁中。

Application of Video-aided Mapping in Verifying Signal Violation – A Case in Taiwan

T. Hugh Woo

Abstract

The coverage of video surveillance at road intersections may not include clear image of signal displays of concerned directions to dissolve the disputing crashes involving signal violation. A fatal case involving a motor scooter and a jeep colliding in a rural signalized junction was under investigation by the District Attorney to determine which party violated signal regulation. Video evidence recorded by nearby surveillance cameras was scrutinized by the court. Video images provide only views of the minor road and part of the arterial. As the original purpose of these surveillance cameras is for security, it was not surprised that the video images did not directly cover any of the signals. With the correct signal phase and timing plan in hand, it was possible to use the mapping technique to cross-examine the likelihood of running red in a certain direction, by graphically scaling time axle and matching vehicle movements in all directions at parallel axles. There was a final recommendation presented by an Accident Investigator to and accepted by the court.

Background

Recent development of technology and savings in cost have made video monitoring more feasible in road junctions both for security surveillance and traffic data collection purposes in Taiwan. It has the advantage to identify vehicle license numbers or suspects involving crimes, and to provide acute traffic data in assisting intelligent signal systems in reducing junction delays. However, the video coverage may not include clear image of signal displays of concerned directions to dissolve the disputing crashes involving signal violation. Such cases have been found to grow recently. A fatal case involving a motor scooter and a jeep colliding in a rural signalized junction was under investigation by the Hsinchu District Attorney to determine which party violated signal regulation.

The Case and the Scene

The scooter was heading north on a divided arterial, while the jeep was heading west on a

minor road when the collision happen at 2:14:16 PM, as recorded on the video clock. The jeep driver claimed that he had the green signal light. Video evidence recorded by cameras from a nearby highway patrol headquarter situated on the east minor leg was scrutinized by the Attorney office. Unfortunately, video images provide only views of the minor road and north part of the arterial. As the original purpose of these surveillance cameras is for security, the video images did not directly cover any of the signal display to the extent to be clearly identified. An accident investigator was called in by the District Attorney to further resolve the blurs.

The arterial, West Coast Expressway, and the minor road, Tienfu Road, were nearly perpendicularly intersected. The highway patrol headquarter was situated in the northside of the east minor leg near the junction. A parking lot is at the west side next to the building. Three surveillance cameras, A, B, and C were installed around the Police headquarter, two of which faced the parking lot for security purpose. A fourth camera was set up facing out the front door of the building, which later provided information for speed estimation. Both vehicles collided at the northeast quadrant of the junction. Fig. 1 depicts the layout of the crash scene.

Signal Operation

At the time of the crash, it was determined that the signal was at regular operation with 2 simple phases at a cycle length of 85 seconds, including a 2-second all-red. Details of the signal was shown in Table 1.

The Issues

The disputed issue was who run the signal at red. However, the travelling speed of the jeep was also inquired during the later stage when

Phase	W.C. Expressway	Tienfu Road
Green	60	15
Amber	3	3
Red	22	67

Table 1: Signal Timing

signal condition was clarified.

Methods and Results

Video Image Processing

The video images recorded in the three cameras at the police headquarter were seized by the District Attorney office. As all the signal displays were not recorded on any video screen, it was decided that the mapping technique be used to match the traffic flows at all directions with the signal timing plan, in a hope to determine the point of crash time. Video images on tapes were first transferred into digital format with 10 frames per second. The followings are steps taken:

- Review the video carefully for all directions,
- Record all vehicle movements by direction, and at a row with time reference (every 6 seconds),
- Draw the signal time graph in colour for both E-W and N-S directions in the same scale as vehicle movement table in unit of second,
- Shift the graph on the table to match a position where the red duration covers no vehicle moving and the green duration covers vehicles moving,
- Locate the crash time on the signal time graph.

Vehicle movements were recorded as following categories: Through (T), Right-turn (R), Left-turn (L), Stop (P), Start (S), and Motorcycle (M). The crash vehicles were denoted with an asterisk (*).

Mapping

It was assumed that most motorists would obey the signal displays, with only very few exceptions. When shifting the colourful signal time graph on the vehicle movement table, an east-approach passenger car was discovered to turn right on red, at 2:12:30. The best fit of signal green start for N-S was found to be at 2:10:18, and subsequently 2:11:43, 2:13:08, 2:14:33 and 2:15:58, as displayed on Table 2. This will easily lead to a conclusion that the crash, which was recorded at 2:14:16, happened at the signal timing when E-W direction (for the jeep) was green, i.e. N-S direction (for the scooter) was red. The motor scooter has violated the traffic signal.

Speed Estimation

After the conclusion that the motor scooter has violated the traffic signal was adopted by the

district court and the high court, a question whether the jeep has been speeding was raised at a later time. The Accident Investigator was again called in to estimate the running speed of the jeep. Video images from camera A and the fourth camera pointing front door of the building were extracted and analyzed. Distance between the front door of the building and the parking entrance was measured to be 28.95 metres. Video images indicated that it took the jeep 2.7 seconds to travel the distance. Thus running speed of the jeep through the building and the parking lot could be calculated as 38.6 km/h.

$$(28.95 \div 2.7) \times (3600 \div 1000) = 38.6 \quad (1)$$

Since 10 frames per second was used in the speed analysis, the range of jeep running speed should be 37.22 to 40.08 km/h, with possible one frame error.

$$(28.95 \div 2.8) \times (3600 \div 1000) = 37.22 \quad (2)$$

$$(28.95 \div 2.6) \times (3600 \div 1000) = 40.08 \quad (3)$$

Discussion

In crash cases at signalized junctions, signal violation is a vital criterion in ruling the accountability. One of the challenges mostly faced in the mapping technique discussed in this paper is the accuracy of positioning the crash time in signal time graph, especially when the crash time was located at the point near the signal changing moments. Such circumstance would completely reverse the accountability of the case.

It should be noted that the accuracy can be improved by cutting short the time frame when recording the vehicle movements at all directions. However, this would require more labor inputs in adverse proportion to the time frame set.

The Accident Investigator was afterwards accused by the victim's family of perjury. Although it is not the interest of this article, that the perjury case later went through the high court and the supreme court may be worth mentioning.

T. Hugh Woo, Ph.D., P.E.

Associate Professor and Chairman
Dept. of Transportation
National Chiao Tung University
1001 University Road
Hsinchu 30010, TAIWAN
E-mail: thwoo@mail.nctu.edu.tw

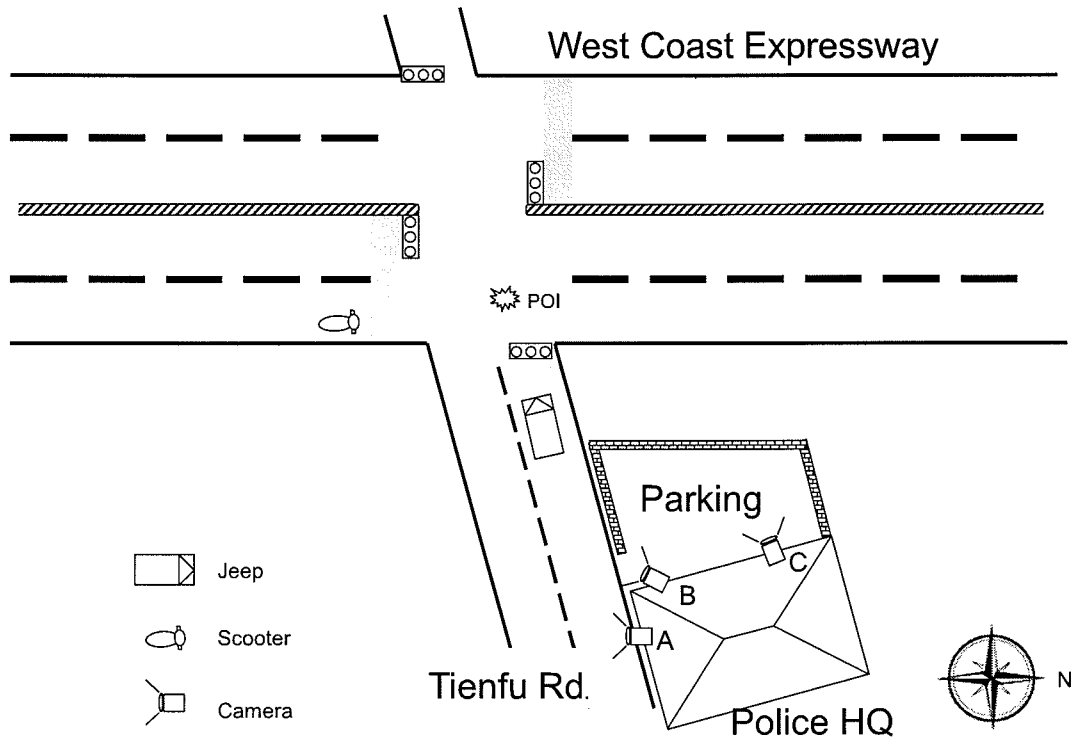


Fig. 1: Layout of the Crash Scene

H	M	S	WC Expressway		Tienfu Road		Remarks
			S→N	N→S	W→E	E→W	
14	10	00			R		
		06			T,M	L,M	
		12					
		18					
		24					
		30					
		36					
		42	R			P	
		48	T	T		P	
		54	T	T		P	
14	11	00	T,R			P	
		06		T		P	
		12		T		P	
		18				S	
		24					
		30			T,R		
		36					
		42		T			
		48		T	P		
		54	T	T	P		
14	12	00	T	T	P		
		06			P	P	
		12			P	P	
		18			P	P	
		24	T		P	PM	
		30			P	PR	14:12:30 R on red
		36		T	P	P	
		42			P	P	
		48			S	T	
		54			L		
14	13	00					
		06		T			
		12		T			
		18					
		24	T				
		30					
		36		T			
		42	R,M	T			
		48	T	T			
		54					
14	14	00					
		06					
		12		P			
		18	M*			T*	14:14:16 Crash
		24					
		30					
		36	R,M	T			
		42		T			
		48		T			
		54					
14	15	00	T	T			
		06	T,R	T			
		12	T				
		18					
		24					
		30	P	T			
		36					
		42					
		48			L,M		
		54		P			
14	16	00		T	P		
		06		T			
		12	T				
		18					
		24					
		30		T			
		36		T			
		42		T			
		48					
		54		T			

Fig. 2: Vehicle Movement and Signal Timing

無衍生研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：吳宗修		計畫編號：98-2221-E-009-107-					
計畫名稱：公路分隔帶開口設置準則之研究							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	1	1	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本研究著重於分隔帶缺口設置地點之功能域與分隔帶缺口間距長度的探討，有關中央分隔帶之型式、寬度、缺口長度、平面設計與斷面設計較屬於工程上之施工範圍，不在本研究探討範圍，其可參考「市區道路交通島設計手冊」之建議。車輛於路段上行駛之速度對於自身的安全視距與剎車距離有很大關聯性，因此分隔帶缺口設置地點與間距必須考量到車速，交通工程師於設計缺口間距時可依路段之限速來估算缺口之功能域長度與缺口間距長度。省道市區路段每小時 50 公里之限速與郊區路段每小時 70 公里之限速下，分隔帶缺口間距分別建議為 200 公尺與 300 公尺。成果反映國內現況規定尚符合學理之要求標準，對於實務界同仁長年執行的規定無異給予充分肯定，得以確保未來相關議題討論平台。