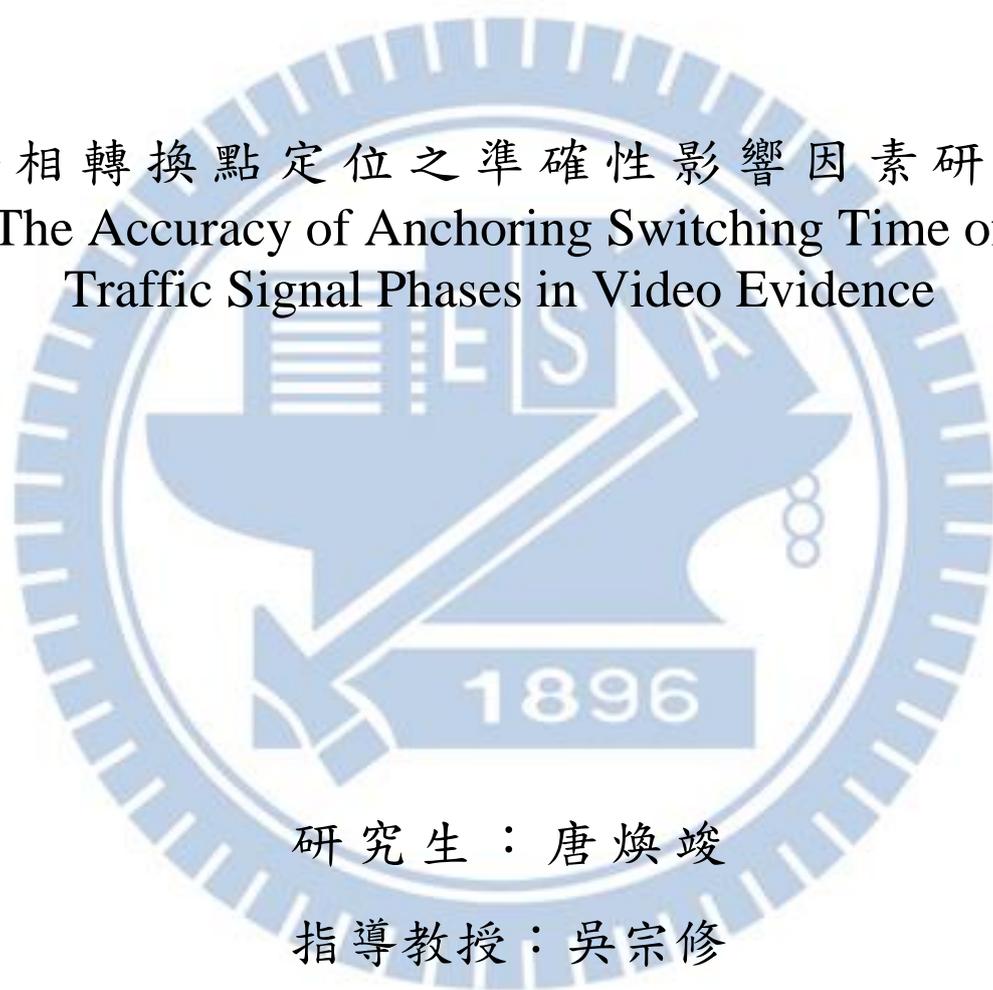


國立交通大學  
運輸與物流管理學系

碩士論文

時相轉換點定位之準確性影響因素研究  
The Accuracy of Anchoring Switching Time of  
Traffic Signal Phases in Video Evidence



研究生：唐煥竣

指導教授：吳宗修

中華民國一零八年七月

時相轉換點定位之準確性影響因素研究

The Accuracy of Anchoring Switching Time of  
Traffic Signal Phases in Video Evidence

研究生：唐煥竣  
Student: Huan-Chun Tang

指導教授：吳宗修  
Advisor: T. Hugh Woo

國立交通大學  
運輸與物流管理學系  
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management  
College of Management

National Chiao Tung University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of

Master  
in

Traffic and Transportation

July 2019

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國一零八年七月

# 時相轉換點定位之準確性影響因素研究

學生：唐煥竣

指導教授：吳宗修

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

## 摘要

死傷嚴重之事故發生後，多會進入當事人爭執責任歸屬與索求賠償之調解/訴訟階段。而事故所衍生之精神與財物損失、醫療支出與死者家屬撫卹等賠償金額計算皆奠基於兩造之索賠金額與肇事責任分攤比例。法院裁判肇責時，多參酌證據所揭示之路權歸屬，以及當事人於事故之發生所造成之貢獻程度而定；然時有無法透過物證直觀判定之案件，使得裁判困難而需委由專業鑑定人士進行關鍵資訊之鑑定。本研究即針對由 T. Hugh Woo (2009) 提出之「時相轉換點定位法」進行探討；該法核心概念在於透過影片物證中車流之通過情形、在時制計畫已知的前提下，推算未攝得號誌燈面影片證物中，各時間點合理之號誌狀態（孰紅孰綠）。該法目前被廣泛用於推測無法直接透過物證得知案發當下各行向號誌之案件，然方法之準確程度並無相關研究支持。本研究透過蒐集並分析超過 28 小時之擬路側監視器影片，探索性地研討該法於不同遮蔽情形、路口路型、交通特性等因素下之準確程度表現，並透過逐步邏輯斯迴歸（Stepwise Logistic Regression）嘗試找出正/負面影響力較大之因素；研究指出，在所有顯著變數中，正面影響力最大者為「停止線或其替代參照物數量」，負面影響力最大者為「攝入車道百分比」。研究結果並結合分割點查詢表，俾法官與鑑識人員應用本法前預先評估案件路口之適用性。

**關鍵字：**時相轉換點定位、鑑識科學、事故重建、逐步邏輯斯迴歸

# **The Accuracy of Anchoring Switching Time of Traffic Signal Phases in Video Evidence**

Student: Huan-Chun Tang

Advisor: T. Hugh Woo

Department of Transportation & Logistics Management  
National Chiao Tung University

## **Abstract**

After crashes, especially for those involved fatality or disablement, parties involved usually struggle in great agony while fighting for compensation. As either judicial decision or mediation is related to comparative responsibility of each party, objective evidence, which refers to information based on facts that can be proved by means of search, is apparently crucial. This research is based on T. Hugh Woo's (2009) study on the application of traffic signal phases switching time anchoring in verifying signal violation. The technique, developed for crash reconstruction, is often applied to deal with the issue—in the event of no-traffic-signal-included videos recorded by traffic or surveillance cameras, involving red-light running. As whether the involved parties running the red light or not is decisive to right-of-way that causes strict impact on claim request and judicial decision about penalty, this issue often is the battle field for parties in action in an intersectional crash lawsuit. However, the accuracy of Woo's technique is lack of sufficient accounts with scientific data under different traffic characteristics, affecting its degree of proof for the reconstruction result. In this case, this research is to examine the influence of factors on the accuracy of the technique mentioned above. By analyzing pseudo-reconstruction data of more than 28-hour video clips from several intersections, stepwise logistic regression indicates that “number of stop lines or it's reference” gains the greatest positive impact, while “percentage of lanes recorded” has the most negative impact among all factors. Two classification tables are derived from the analysis, which are applicable to forensic cases.

**Keyword: Traffic signal phases switching time anchoring, Forensic science, Accident reconstruction, Stepwise logistic regression**

## 致謝

對於能順利完成兩年碩士課程以及學位論文，由衷地感謝參與我學生生涯的老師、同學，以及支持我的家人。感謝日商三井住友海上集團明台產物保險公司，其所提供的研究獎助金使我突破資料蒐集階段人力困難的窘境、獲得豐沛的現場攝錄資料並順利完成研究；感謝四位口試委員提供寶貴的實務經驗與建議，以及對本研究的肯定；感謝指導教授吳宗修老師大學時期的啟蒙，讓我看見「事故鑑定」這個高中時期從未想像過的領域。在旁聽老師出庭、協助進行數起事故鑑定的前置作業後，漸漸發現這門專業的有趣之處，以及在社會層面的意義。透過科學的方法，極盡可能地協助事故當事人與仲裁人員逼近真相，在我的理想中便是權益的捍衛、正義的伸張。事故之仲裁不應奠基於談判時的虛張聲勢、市集一般的喊價殺價，以及為獲憐憫所搬出的悲情劇本，而應以事實為基底進行攻防與裁判——這是在 105 年接觸一起當事人顛骨骨折的嚴重車禍後產生的想法。

對於碩士二年所在的台北校區，感激之情實難以盡述。由於校區小巧，時常會與老師們在教室、走廊、電梯、餐廳（甚至洗手間）相遇，對於同學們的近況與研究進度關懷備至，亦師亦友的同時帶著恰到好處（或者更多）的壓力，其樂融融。印象最深的一次是某日午飯後刷牙時，左邊站著汪進財老師，右邊站著黃台生老師，三個人就站著邊刷牙邊聊天（不久鍾老師來了發現沒空位，只好去別的地方刷）。刷到一半，汪老師關心起我的研究狀況，我答完並提出現地調查遭遇人力方面的困難，黃老師忽然開了口：「交個女朋友就好啦！」一口泡沫差點嗆回嘴裡。（當然，除了透過躲也躲不掉的巧遇外，老師們也很樂意與學生約時間進行討論。）另一個令我感到非常幸運的，是愜意的同儕互動。都長這麼大了，竟然還會有在學校比在家耍廢還開心這種事！感謝思禹的隨機午餐、瑞璟的勵志小說，還有二人在我經歷低潮時的主動關心，在各種層面都有著深遠且正面的影響；謝謝佑星、彥勳跟佳雄，能一起認真地研討學習內容（或認真地漫天雜談）；謝謝宇姩和大家不斷在研究室囤積點心。能在這樣的環境裡度過碩士班的兩年，實在是完全意想不到又非常非常幸運的事！

最後，感謝家人沉靜而穩定的支持，使我在求學的路上無後顧之憂。謝謝你們給予我的自由、信賴，與包容。

煥竣 謹誌於

臺北 交大 中華民國 108 年 7 月

# 目錄

摘要.....	i
致謝.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	3
1.4 研究架構.....	3
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 以號誌時相為爭點之案例.....	5
2.2 交通事故鑑識之影像資料應用與技術發展.....	8
2.3 違反號誌行駛之定義與影響因素.....	14
2.4 小結.....	15
第三章 研究方法.....	16
3.1 準確性影響因素之擬定.....	17
3.1.1 交通特性與時制計畫.....	18
3.1.2 路型幾何.....	19
3.1.3 環境因素.....	20
3.1.4 影像資料、畫面特性與方法參數.....	21
3.2 影片資料規格與特性.....	31
3.3 時相轉換點定位法.....	31
3.4 時相轉換點定位結果誤差值之描述.....	32
3.5 逐步邏輯斯迴歸分析.....	33
第四章 資料蒐集與分析.....	34
4.1 影片錄製.....	34
4.2 影片記錄.....	35
4.3 車輛定義與判別.....	37
4.4 時相轉換點定位與誤差計算.....	39
4.5 誤差值與定位結果數之影響因素分析.....	40
第五章 結論與建議.....	48
參考文獻.....	51
附錄一 拍攝流程.....	53
附錄二 時相尺程式碼.....	54

附錄三	「誤差值等於+1」 邏輯斯迴歸分割點查詢表 .....	55
附錄四	「結果唯一」 邏輯斯迴歸 分割點查詢表.....	58
附錄五	資料蒐集實務.....	60
附錄六	攝錄資料表.....	63



# 圖目錄

圖 1、研究架構圖.....	4
圖 2、彈射方式與適用公式 (Cheng et al., 2015) .....	10
圖 3、利用影像資料進行鑑識之流程 (Milliet, Jendly, and Delemont, 2015) ....	13
圖 4、畫面特性案例：車道遭路樹遮蔽.....	23
圖 5、畫面特性案例：北來向淺色車輛因畫面過曝而難以識別.....	23
圖 6、二維簡化圖.....	25
圖 7、俯角 10 度拍攝簡化圖.....	25
圖 8、俯角 30 度拍攝簡化圖.....	26
圖 9、俯角 50 度拍攝簡化圖.....	26
圖 10、俯角 30 度遮蔽示意圖.....	27
圖 11、俯角 50 度遮蔽示意圖.....	27
圖 12、二維與三維之俯角計算.....	28
圖 13、監視器模擬畫面.....	29
圖 14、二維俯角對應地面攝入量百分比示意圖.....	29
圖 15、陸空比對陸地比作圖.....	30
圖 16、時相尺建構概念圖.....	31
圖 17、未 (上) / 已 (下) 最佳化之示意圖.....	32
圖 18、影片播放介面設定.....	36
圖 19、紀錄表表頭.....	36
圖 20、各行向車種代碼.....	36
圖 21、以公式計算代碼數量.....	37
圖 22、「大貨車」之判定基準.....	38
圖 23、找出綠燈通過量最大者.....	39
圖 24、定位結果 (部分) .....	40
圖 25、誤差值計數圖.....	41
圖 26、僅攝入路段之影像資料.....	44
圖 27、結果數計數圖.....	46
圖 28、時相轉換點定位法產生之結果不必然唯一.....	46
圖 29、(附錄) 器材架設完成示意圖.....	60
圖 30、(附錄) 器材擺放位置圖.....	61
圖 31、(附錄) 所攝畫面截圖.....	62

# 表目錄

表 1、影像-操作環境紀錄表 (Cheng et al., 2015) .....	9
表 2、路口路型與時制計畫 (洪龍勳, 2011) .....	15
表 3、初步變數擬定概覽表.....	16
表 4、有效線段百分率比較表.....	25
表 5、選用變數.....	42
表 6、「誤差值+1」之逐步邏輯斯迴歸結果 .....	43
表 7、「誤差值+1」之勝算比估計值 .....	44
表 8、「定位結果唯一」之逐步邏輯斯迴歸結果.....	45
表 9、「定位結果唯一」之勝算比估計值.....	47
表 10、「誤差值=+1」邏輯斯迴歸分割點查詢表 .....	55
表 11、「結果唯一」邏輯斯迴歸分割點查詢表.....	58
表 12、攝錄資料表.....	63



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

台灣交通事故發生頻繁且呈現成長趨勢，其中嚴重事故之發生地點又以路口為大宗。事故發生後往往會進入當事人爭執，責任歸屬與索求賠償的調解與訴訟階段，而事故所衍生之精神與財物損失賠償、傷者醫療支出賠償與死者家屬撫卹等皆奠基於索賠金額與兩造之肇事責任分攤比例（後簡稱「肇責比」）。法院裁判肇責比時，多參酌證據所示之路權歸屬，以及當事人於事故發生所造成之貢獻而定。在《刑事訴訟法》中，證據方法包含「人的證據方法」：被告、證人、鑑定人，以及「物的證據方法」：勘驗、文書（王子鳴，2018）。實務上，訴訟程序中常見爭端之一即為因勘驗所提供之資訊有限，而各當事人之自白各執一詞且說法相悖，連同證人所言事實之可信度、精確度皆難以客觀標準衡量，使司法人員難有穩固之客觀基礎衡量當事人之肇責輕重，進而難以下達決定性之裁判。

由於被告、證人之證詞往往涉及個體之認知、經驗、潛在的價值判斷等影響，故過去事故鑑定主要採以物證為主，如勘驗證據（影像紀錄、路面跡證、車損刮擦痕之樣態、事故車尺寸與鈹金凹陷深度...等）作為鑑定基礎，輔以當事人與證人之供詞／證詞；倘其與物證、碰撞原理並未相悖則酌情採用，反之則不予採納。

隨著科技進步，政府與民間自行裝設之監視器、行車影像記錄器等攝影設備逐漸普及，錄影技術之發展亦逐漸成熟，影像品質不論在影格率（fps, frame per second）或解析度皆大幅提升，鑑定者透過使用行車影像（行車紀錄器）與監視影像（路口監視器、住商防盜監視器...等）資料做為鑑定之核心物證，得以更全觀之視角觀察事發經過，同時可避免陷入供詞與證詞因「當局者迷」或蓄意誤導所產生之偏誤，進而有助產出誤判率更低、更貼近事發經過之鑑定報告。另一方面，如若當事人因天候不佳或高速行駛造成視域受限、能見度下降，或因事發前後注意力不集中、撞擊後因腦損傷導致短長期失憶或喪失表達能力，甚至因死亡而無法敘述事發經過，則影像資料做為記錄事發經過的「第三隻眼」對於勘驗與裁判存在關鍵性的影響。

然而，種種影像資料之分析皆奠基於影像品質之良莠，差劣的影像品質將限縮其能解析出之訊息，甚至降低其在訴訟程序上之證明力。實務上常見的不良影像品質包含：解析度過低導致畫面模糊不清、影格率過低以致漏失關鍵碰撞時刻之影像紀錄、影像畫面因拍攝角度不佳或遭遮蔽而未為能提供所需資訊...等。此類影像多來自發展中城市、郊區之路口監視器，以及路側商家自行安裝之防盜錄

影機；當上述品質不佳之影像成為紀錄事發經過之少數（核心）證物時，如何從中擷取最大可用資訊便成為鑑定機構進行重建的一大課題。此中，前二者（解析度過低、影格率過低）使得影像難以辨認係受錄影裝置之限制，交通事故相關鑑定機構較難進行有效之改善處理；尤以影格率問題最為嚴重，若因漏影格等因素而未記錄關鍵時刻之影像，將無法透過任何方式使其再現。然而，有關「影像畫面拍攝角度不佳」之情形，鑑定機構仍可透由畫面所揭露之其他資訊嘗試推敲事發情境。

T. Hugh Woo (2009) 於一起發生於鄉間號誌路口之死亡事故鑑定中，透過記錄監視影像中車輛之通過情形，配合當地交通局提供之該時段號誌時制計畫，找出符合各時點通過情形之對應時相，以此進行影像時間軸之時相轉換點定位（時相轉換點：號誌燈色轉換之時間點。例：北往南—紅轉綠、南往北—紅轉綠、東往西—紅、西往東—紅），據此進一步推算事發當時可能之號誌組態為何（號誌組態：各行向之號誌燈色，例：北往南—綠燈、南往北—綠燈、西往東—紅燈、東往西—紅燈）。該案因檢調單位取得之監視器畫面係社會維安之用而未攝及路口號誌，使兩造產生「孰人闖紅燈」之爭點（係表訴訟中主張之對立），而 Woo 使用時相轉換點定位法所做成之鑑定結果獲法院採納，成為審判進行之關鍵證據。

由此方法，鑑定機構可自未攝入路口號誌或無法直接辨識號誌時相之影像畫面中，合理有據地推敲事發時該路口之號誌組態，俾司法機構基於路權歸屬下達肇事責任之裁判。同時，亦為原先難以得知真相之案件帶來一絲曙光。

## 1.2 研究目的

T. Hugh Woo (2009) 所發表之「時相轉換點定位技術」，固然為懸而未決之路權歸屬裁判帶來一絲曙光，然其方法於不同環境特性下之應用性與準確度尚欠缺足量之科學數據加以描述。在實務面上，於其基本假設「多數用路人為遵循交通號誌行動之人」中，「遵循交通號誌行動之人」的比例可能因地域特性、時空條件、交通特性等而有所差異，進而使最佳匹配結果（紅燈之穿越路口數最小）不唯一、甚至產生眾多符合條件之結果，進而影響鑑定結果之正確率。

換言之，當紅燈穿越路口之車輛散佈於愈多個號誌週期，或於一週期內紅燈穿越量愈大（同一時窗內紅燈通過路口之車輛數愈多），尋求唯一之匹配結果愈難；但若交通量過低，乃至數個號誌週期內均無車輛通過，則即使偶有通過之車輛，亦欠缺足量之歷史通過量支持其通過時間確為綠燈。是故，任何有利（或不利）於尋出唯一「紅燈之穿越路口數最小」匹配結果之情境，均將影響本方法之準確度。

爰此，本研究將針對上述研究缺口，透由蒐集路口影像資料分別進行時相轉換點定位，比對該方法於不同路口環境下之準確度，同時彙整「此法得以有效施行」之路口所具特性，以及「此法難以有效施行」之路口所具特性，並嘗試研擬應對方針，盼使事故之利害關係人與司法機關更準確且合理地掌握鑑定結果之正確率，俾利損害賠償、保險理賠、司法判決之參考。

### 1.3 研究範圍

由於號誌管制路口為「以是否違反號誌而成為爭點」案件之必要條件，而本研究探討之「時相轉換點定位法」旨在協助釐清該爭點，故本研究調查之路口為臺灣之號誌管制路口，並以臺北市與新竹市為資料蒐集對象。受人力與研究期程之限制，在假設多數以「違反號誌而行」為肇因之事故路口為較常見之丁字型、十字型路口的前提下，本研究挑選丁字型與十字型路口進行資料蒐集。

### 1.4 研究架構

本研究以法院與當事人欲知曉未攝入號誌事故之影像證據中，特定時間點之號誌組態（各行向之號誌燈面顯示）的迫切需求，以及由 T. Hugh Woo (2009) 為此所提出之時相轉換點定位法作為研究背景，旨在探討不同路口路型、交通特性、畫面構圖中使用該法之準確率。結合研究者之實務經驗與文獻回顧，本研究詳細擬定影響準確率之可能因素，並從中選取欲探討之因素，據以進行資料蒐集。而後，對所蒐集之資料進行時相轉換點定位以重建號誌組態，並驗證定位結果是否與事實相符。最後，針對欲探討之依變量、自變量建立迴歸模式，並以驗證後之資料進行運算、取得結論。本研究之研究架構如圖 1 所示。

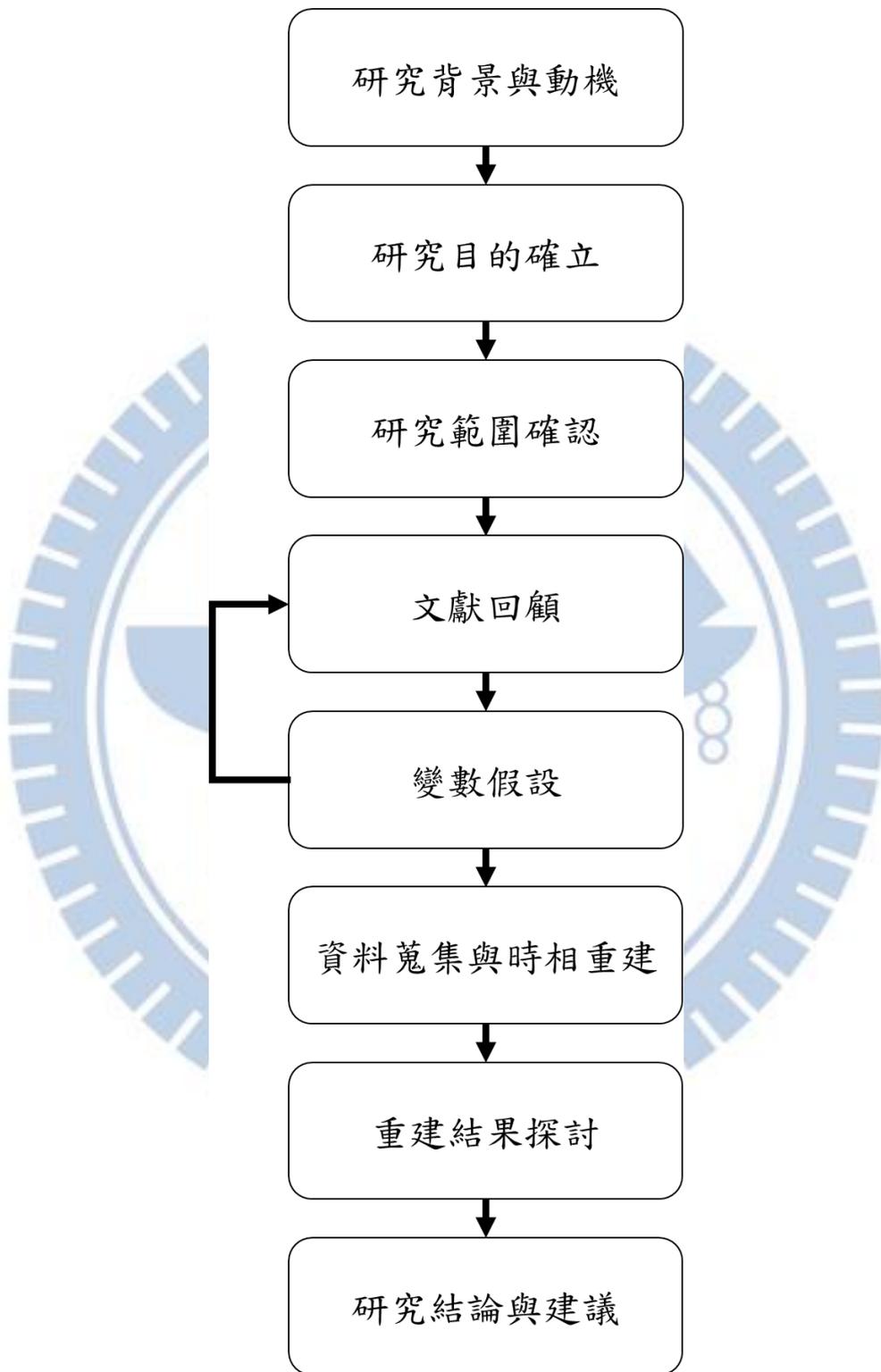


圖 1、研究架構圖

## 第二章 文獻回顧

事故重建旨在利用所有可及之線索還原事發當時之情境以釐清事件真相並判別肇因。於訴訟上，令當事人或其家屬攻防有據、法庭得以合理地裁判責任歸屬；於和解、保險理賠層面，使所有利害關係人可奠基於真相溝通協調，減少因事實渾沌不明使有心人從中圖利之可能。因此，本章以法院裁判書之回顧為首，了解實務上存在之需求與本研究所探討之「時相轉換點定位法」之必要性；其次，回顧以 Forensic Science International (FSI) 為主之法庭鑑識期刊，確認是否已存在與 Woo 所提出之方法雷同或更佳者。最後，根據研究者對「時相轉換點定位法」特性之掌握，主要影響準確率者除天候、遮蔽、畫面通過量外，違反號誌行駛（闖紅燈）的情形亦會對本法核心前提（「多數用路人為遵循號誌而行之人」）造成衝擊，故回顧闖紅燈相關研究以了解與之相關的交通特性，以供本研究後續進行實驗設計時路口挑選之參考，藉此探討影響闖紅燈之因素是否亦將影響本法準確率。

### 2.1 以號誌時相為爭點之案例

實務上，闖紅燈與否、孰人闖紅燈等爭點，即為對事發路口於事發當下之號誌時相之爭議，兩造所爭係「孰遵號誌而行」。此爭點之目的在於確定路權歸屬：具有路權或具有優於對造之路權者，其肇責必低於對造，甚至有機會使對造成為事故之原因而令己方無責，對於後續刑度裁量與損害賠償之影響至關重大。是故，於路口事故有關之訴訟程序中，以號誌時相為爭點之訴訟及其裁判書繁多不及備載，本節擇錄之。

臺灣臺中地方法院 103 年度交訴字第 313 號判決，貨車司機（後稱司機）於左轉專用道直行，與自交岔路口直行之重型機車（後稱機車）發生碰撞，致使機車乘客不治死亡，司機獲判有期徒刑六月並得易科罰金。本案，臺中市車輛行車事故鑑定委員會（後稱車鑑會）與交通部公路總局車輛行車事故鑑定覆議會（後稱覆議會）於號誌違規情形之見解不同。車鑑會認機車違反號誌管制（闖紅燈）行駛，為肇事原因、被告駕駛自用小貨車，無肇事因素；覆議會則認本案涉及號誌問題，卷附之監視器光碟畫面未拍攝到號誌燈面，雙方當事人各執一詞，卷附資料不足、跡證不足，未便據予覆議。而後該案送請國立成功大學車輛行車事故鑑定研究中心（後稱成大）進行鑑定，成大於本案假立出二種情境：(1) 可能性一：機車利用系爭交岔路口精武東路的左轉專用時相左轉；(2) 可能性二：機車利用系爭交岔路口精武東路的綠燈時相闖紅燈直行。由裁判書引述之卷證可見，三鑑定機構此時並未針對時相進行詳細推敲。

後司機不服地院判決，遂上訴至高等法院，遭駁回，而後上訴至最高法院，原判決撤銷、發回高等法院更審。最高法院 105 年度台上字第 2113 號判決中述「目擊證人... (略) 證述，發生本件交通事故時，精武東路由西向東係直行『紅燈』、左轉『綠燈』等情，核與卷附監視錄影連續翻拍照片似顯示，原先在『左轉專用道』停止之白色車輛開始左轉前行，以及藍色、黑色車輛陸續從『左轉專用道』左轉時，隨即發生本件交通事故等情，大致相符。」等語即顯示院方在參酌證詞後有重新審閱監視器影像之行動，並以車輛行為做為證詞正確性之參考。此舉雖頗有本研究所探討方法之神韻，然其觀察之區間過短（僅數輛車），相較於取數十分鐘之通過情形與時相尺套疊，其判斷之正確性顯難以服人。後「被告有無在『左轉專用車道』闖『紅燈』『直行』情形，攸關被告過失責任之多寡，因而影響量刑之輕重，自有進一步調查明白... (略) 及敘明其論斷理由之必要。」等語，則更進一步地展現重建號誌組態於此案之關鍵地位。

於更審裁判書（105 年度交上更(一)字第 36 號）中，第 284 行至第 403 行詳述院方參照時制計畫、供詞、監視器畫面、鑑定報告等證據推敲事發時相之過程，而後得出「本件案發時被告車行路段之號誌尚屬『綠燈直行』之時相，並非『左轉綠燈、直行紅燈』時相，而告訴人乙○○機車車行之號誌則為紅燈乙情，益堪認定。」之結論。此外，判決書中亦載成大鑑定云「...由白轎車（即白 A 車）緩慢左轉離開畫面的現象，表示當時號誌仍為精武路直行綠燈，而不是左轉綠燈，因為如果精武路左轉綠燈已經亮起，白轎車的行為會是快速離開，而不是監視器畫面的緩慢左轉離開。此外在 10:08:22 至 10:08:23 間白轎車左轉離開畫面時，東往西在黑色高車頂的休旅車後，又有 1 輛東往西的白色轎車在述西往東左白轎車的左側直行通過。所以可以相當明確的釐清『西往東左轉白轎車（即白 A 車）不是在左轉專用號誌亮起時左轉，而是利用直行綠燈違規左轉。』換言之，該輛白轎車沒有遵循號誌管制規定行駛」等語，再次地凸顯不論院方與鑑定方，皆盼透過影片畫面中車輛之行為推斷正確之時相，並且戮力為之。本案判決總計更迭六回，後續爭論皆圍繞於時相之辯證，纏訟過程投入龐大司法資源，過程之煎熬於兩造更難以想像，如能在學術鑑定一環即透過本方法重建號誌組態，提供院方有力可信之時相定位結果，或許有俾縮短繁訟，使雙方盡速回歸日常生活。

在另一起發生於高雄市的案件中（臺灣高雄地方法院 104 年度交易字第 24 號判決），被告陳○○騎乘普通重型機車沿高雄市三民區澄清路由北往南行駛，行至有燈光號誌之澄清路與覺民路口時超越停止線進入路口，適有郭○○駕駛自用小客車沿澄清路由南往北，在同上路口左轉往西至覺民路。陳騎乘之機車車頭撞擊小客車副駕駛座車門，致副駕駛座車窗玻璃破碎、車門凹陷，小客車駕駛因而受有頭部外傷（頭部撕裂傷）。本案卷附之監視器畫面未攝及號誌，而陳辯稱「並無搶黃燈或闖紅燈之行為，由監視錄影畫面可推知被告通過路口時燈號應屬綠燈，擁有路權，係小客車轉彎未讓直行車而肇事」云云。

為釐清案發時相之真相，法院透過權責機關提供之時制計畫，核對案發前後一段時間內車輛之通過情形與時制計畫中係爭行向之綠燈秒數推算實情。於判決書第 88 行至第 104 行所講述者係時制計畫之釐清：「係爭路口採遲閉二相模式運作，總週期 150 秒：第一時相澄清路南北向對開 77 秒（包括黃燈 4 秒、全紅 2 秒）後，接著澄清路南往北遲閉 23 秒（包括黃燈 4 秒、全紅 2 秒）（此時北往南為紅燈禁止通行）；第二時相覺民路東西向對開 50 秒（包括黃燈 4 秒，全紅 2 秒）...（註：依時制運作表所示，覺民路黃燈應為 3 秒而非函文所載之 4 秒，惟此與本案事實認定無關）。是於第一時相時，澄清路北往南行向綠燈為 71 秒（即共 77 秒扣除黃燈 4 秒及紅燈 2 秒），第 72 至 75 秒為黃燈，第 76 至 77 秒為紅燈，至澄清路南往北行向因有遲閉，綠燈為 94 秒（即雙向對開 77 加上南往北遲閉 23 秒，並扣除黃燈 4 秒及紅燈 2 秒），第 95 至 98 秒為黃燈，第 99 至 100 秒為紅燈乙節，首堪認定。」，第 110 行至第 126 行計算碰撞前該批車流中第一輛機車通過畫面至碰撞發生當下間格之秒數：「...37 分 35 秒，第 1 臺、第 2 臺機車出現在監視器畫面下方，開始通過澄清路與覺民路口而往澄清路北往南車道行去...其後陸續有同向車輛通過，於 74 至 75 秒後...尚有車牌號碼 00-0000 之黑色自小客車通過...於 76 秒時...郭○○駕駛之淺色自小車頭及擋風玻璃出現在監視器畫面左下角，於同秒郭○○自小客車行經監視器畫面下方時，被告陳○○頭戴淺色安全帽騎乘機車出現在畫面下方，隨即撞上郭○○駕駛之自小客車副駕駛座車門...足認...均在第 1 臺機車出現在畫面後之第 76 秒，並無疑義。」，第 127 行至第 135 行則配合時制計畫確認碰撞時間點是否落在所推算被告行向之綠燈時段內，並做出最終推斷：「而依上述高雄市政府交通局函示之澄清路與覺民路口時制運作，澄清路北往南行向綠燈 71 秒，黃燈 4 秒及紅燈 2 秒，已如前述，則以被告與郭○○發生碰撞時既然為第 1 臺、第 2 臺機車出現在畫面後之第 76 秒，顯然當時澄清路北往南之燈光號誌，應已由黃燈轉為紅燈，而為紅燈無疑。是被告陳○○當時行向燈光號誌既為表示禁止通行之紅燈，其仍然穿越停止線進入路口，並因此與郭○○駕駛之自小客車發生碰撞，其有應遵守燈光號誌闖越紅燈之過失，堪以認定。」至此，本案裁判被告陳○○過失傷害，郭○○無罪/責。

後本案被告陳○○不服判決，遂上訴至高等法院。於臺灣高等法院高雄分院 104 年交上易字第 122 號判決中，裁判書第 100 行至第 105 行院方重申因未攝及號誌僅得由車流動向推斷：「因該監視器所攝畫面為澄清路北往南車道，即被告陳○○行駛跨越覺民路後之澄清路車道及部分澄清路與覺民路口，並未攝及路口交通號誌運作情形，是本件僅能由該路口車流動向，還原事發交通號誌情形。」並詳述其勘驗過程與結果（第 84 行至第 175 行），另與學術鑑定機構國立交通大學之鑑定結果相符（第 177 行至第 187 行）。是故維持原判決，上訴駁回。

上訴人（即陳○○）所提最具挑戰性之爭點即質疑本法之假設前提「多數用路人為遵循交通號誌行動之人」為理想狀態，不必為事發環境當時狀態：「...辯

護人質疑鑑定人所持闖紅燈最小化理論，僅係最佳行車狀態，實際案發時是否如此，尚有疑問，認前開鑑定結果，純屬鑑定人主觀臆測...」裁判長當庭亦詢問鑑定人：「此法準確度為何？」然因本法尚未發展出準確度衡量模式而無法回答確切數值，僅重申本法運作之邏輯與前提，餘下交由法庭心證。裁判書後續有文如下：「因鑑定人就其鑑定方式已為詳盡說明，且依本院勘驗監視錄影畫面，所見系爭路口車流量非小，衡情不致會有多人甘冒危險在此路口闖越紅燈，而與鑑定人所稱闖紅燈最小化理論相符，均堪認前開鑑定意見具備一定參考價值。況本院依勘驗監視畫面結果，已足認定被告陳○○有闖越紅燈等情，業如前述，...，縱本院採納對上開鑑定報告意見均不予以援用，仍不影響前述對被告陳○○過失責任之認定。」由判決書可知，庭上認同鑑定人時相轉換點定位法之前提假設，其自行勘驗之過程亦與該法之邏輯相仿，足見本法於此類案件中扮演難以撼動之重要角色。

## 2.2 交通事故鑑識之影像資料應用與技術發展

於 Forensic Science International (FSI) 中，將影像物證應用於交通事故鑑定與重建者多以車速推估為主。而實務上常見使用影像推估車速之方法主要有二：透過畫面中研究對象通過參照物（複數個街燈、電線杆、路樹、標線等）所費時間以及參照物之間距求算速度，或錨定畫面上某一點做為參考點並在取得車身長度（或車軸間距）資料後計算車頭車尾（或前軸後軸）通過錨定點所費之時間進而求算車速。由於前者取用之參考點間距往往大於十公尺，故該法難以捕捉速率變化量大之瞬時車速，以及行駛距離小於參考點間距之車速；後者當對象高速行駛時若攝影器材影格率（fps, frame per second）較低，將難以精準捕捉兩端點恰通過錨定點之關鍵影格，而關鍵影格漏失造成之誤差長度相對車身長度（輪軸間距）占比頗大，因此易造成大幅之失準情形。

Han (2016) 將測繪學中之交比定律與投影轉換應用於行車紀錄器之影像，用以推估己身與其他車輛之車速。其特點在於己方車輛不必為靜止車輛、兩車輛行向不必完全平行或垂直而行亦可求算彼方車速。

Cheng et al. (2015) 蒐集兩年共十一筆具影像紀錄之車輛-行人事故，透過影像資訊推算車輛行進速度並觀察撞擊前是否採取煞車措施，以及各案件實際刊載之行人彈射距離，檢驗 Searle、Wood、Toor 等三位學者所分別提出之行人彈射距離經驗公式。並發現根據不同的操作環境如：車速、車輛類型、是否減速、鋪面材質、是否為斜坡路段等（表 1）與彈射方式（forward projection 或 wrap trajectory），適用之公式略有不同（圖 2）。

表 1、影像-操作環境紀錄表 (Cheng et al., 2015)

Case No.	Dynamic type	Vehicle	Accident location	Road surface	Gradient	Braking	Secondary impact	Speed (km/h)	Throw distance (m)
1	Forward projection	Van	Midblock (jaywalking)	Asphalt	0	Yes	No	43**	16.7
2	Forward projection	Light bus	Expressway	Asphalt	0	No	No	80	40
3	Forward projection	Van	Uncontrolled crossing	Asphalt	0	Yes	No	26	5.6
4	Wrap trajectory	Taxi	The nearside of road	Asphalt	3.2 upslope	No	Yes	47	16.5
5	Forward projection	Van	Traffic lights	Asphalt	0	Yes	No	33	8.6
6	Wrap trajectory	Taxi	Traffic lights	Asphalt	1.5 upslope	Probably yes	Yes	42	12.2
7	Forward projection	Goods vehicle	Uncontrolled crossing	Asphalt	0	Yes	No	41	15.6
8	Wrap trajectory	Taxi	Traffic lights	Concrete/Asphalt	0	Yes	Yes	42	12
9	Forward projection	Bus	Uncontrolled crossing	Asphalt*	5.8 downslope	Yes	No	36	14.4
10	Wrap trajectory	Taxi	Cross junction (jaywalking)	Concrete	0	No	Yes	63	27
11	Wrap trajectory	Saloon	Traffic lights	Concrete	0	Yes	Yes	42	16.4

\* Coefficient of tyre/road friction of Bus was measured to be 0.44.

\*\* Speed calculated by equation of motion.



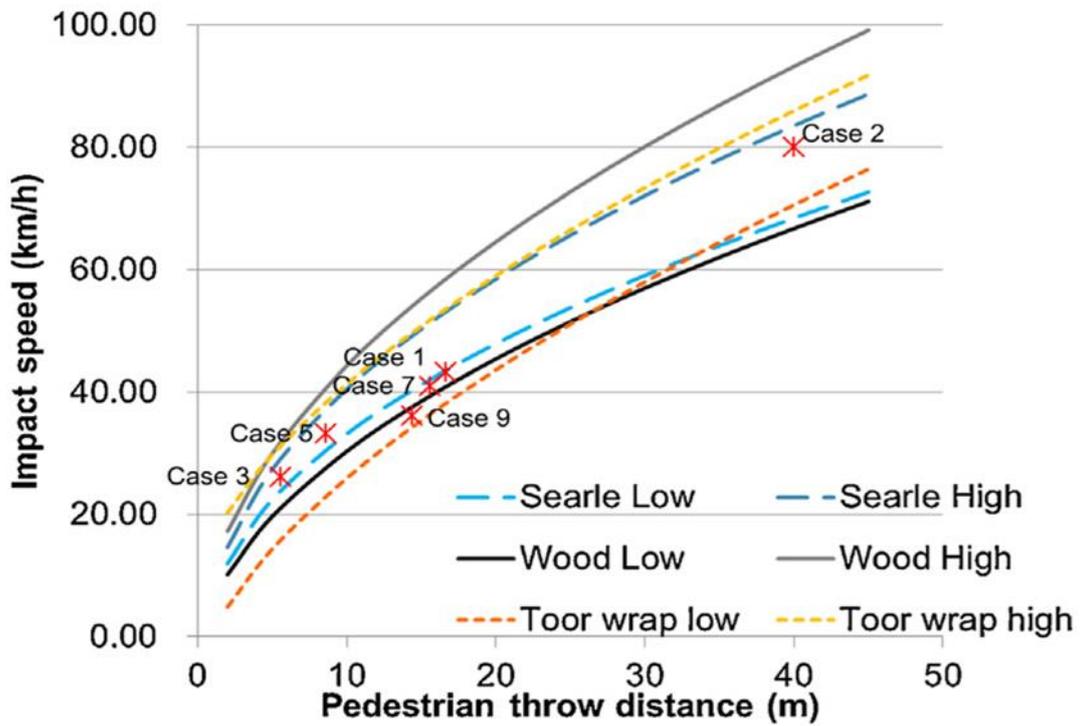
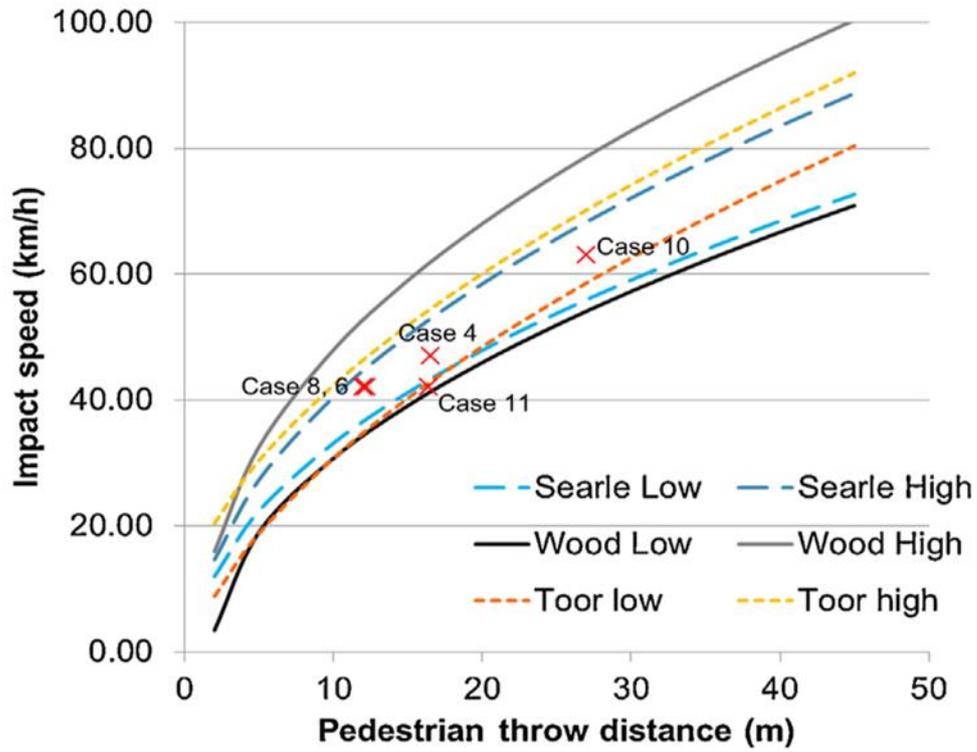


圖 2、彈射方式與適用公式 (Cheng et al., 2015)

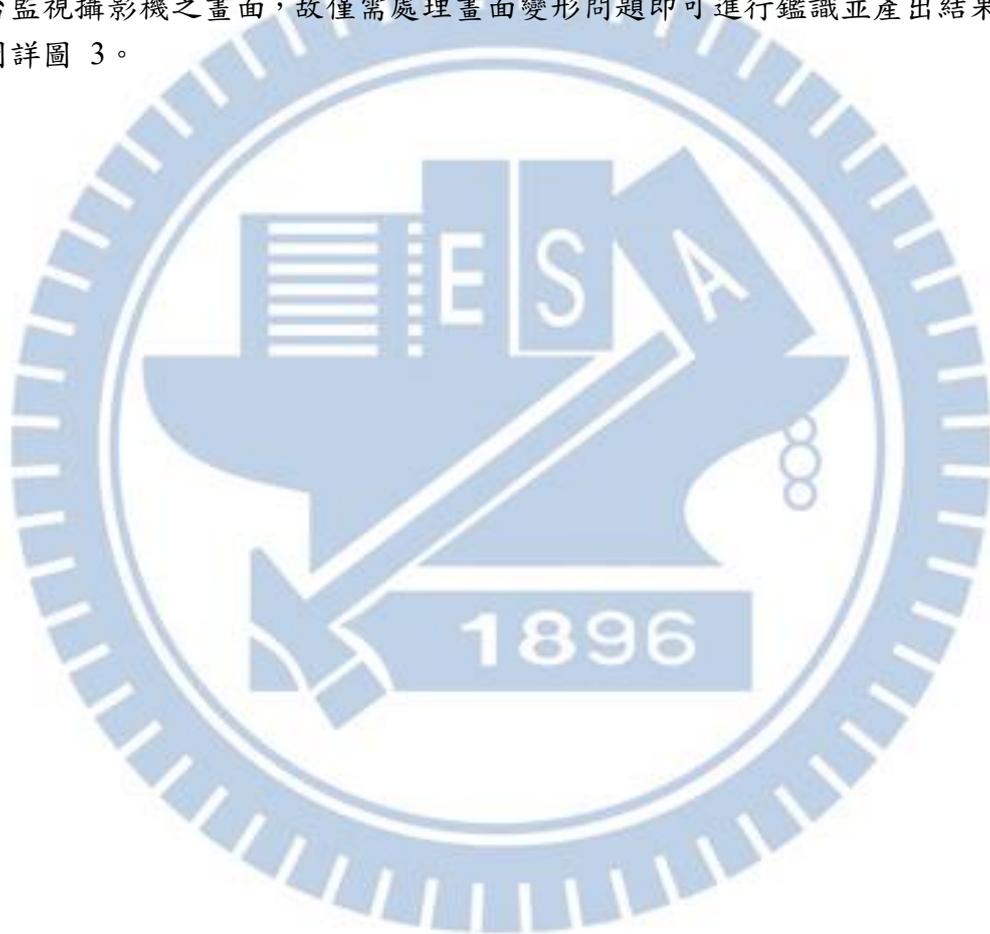
Milliet, Jendly, and Delemont (2015) 指出，過去透由影像紀錄進行鑑識之相關研究往往著重於其技術層面之縱深發展而未建置出一套具品質保證 (QA, quality assurance) 之標準作業程序。爰此，該研究採用紮根理論 (grounded theory) ——一種質化研究方法，經由系統化之資料蒐集對現象加以歸納整理，以由下而上之形式發掘反映社會現象之理論；其非先產生理論而後證實之，而是先鎖定一待研究領域，自此領域中產生出概念和理論 (葉乃靜，2012) ——透過焦點團體法 (focus group) 訪談十七位從事影像分析工作之專業鑑識人員，了解個別之影像鑑識作業流程，並試圖於鑑識人員間尋求共通性，產生一套具普適性之標準作業程序或鑑識之執行方針。該研究首先詢問八位受訪者之工作內容、專業經驗，以及過去鑑識之流程是否採用固定模式；其次，請受訪者舉出一個認為合適的鑑識經驗，由訪談人員逐步帶領、描繪出該次鑑識之進行流程；接著，與受訪者確認所共同建構之流程，允許重複修改至受訪者認為準確地描繪實情；最後，將其其他受訪者所舉出之鑑識案件提供給該受訪者進行鑑識，並將其先前完成之鑑識流程與之相互參照，允許受訪者參酌不同案件再次調整其鑑識流程。如此重複進行至受訪者全數受訪完畢，研究者得出一收斂之共通作業流程，再將此流程展示予另一組九人之受訪人員，令其比較其與該流程之異同處、考慮採納之流程、對其案件之影響以及其他建議等。最終，研究團隊得出五步驟之作業流程：

1. 初步分析 (pre-analysis)：  
判別鑑定之可行性。確認其欲進行之鑑定項目確實可行，且工作團隊有能力如期完成；同時與委託人確認雙方所掌握之資訊以利後續分析之用。
2. 分析 (analysis)：  
結合動力學、聲音、影像處理等各領域專家所長共同進行。影像分析之鑑識人員使用所有得以辨識之視覺資訊 (visual information) 進行分析，並參考由「現場工作 (下述)」獲得之參照資料，最後是來自影片之聲音資料。在影像分析中，關鍵往往在於某一特定人或物 (武器、交通工具) 及其位置：透由位置將能掌握該物件隨時間之運動情形。於此環節，參與研究之受訪者們強烈建議盡可能減少由負責其他項目之專家透露資訊予影像分析人員；雖可節省部分時間，但難保產生先入為主之偏誤。
3. 現場工作 (work on scene)：  
於分析前或分析後選擇性進行，蒐集除既有證據外有利分析之影像資料，包含現場照片、衣物、交通工具，以及測繪等。
4. 評估 (evaluation)：  
評估分析結果之準確度、連貫性、是否有其他結果之可能，以及檢查是否有反常之分析結果。如有必要，則再度返回「分析」環節。

5. 報告 (reporting) :

將評估過後之分析結果進行呈現，包含輔助說明所進行之圖像化描述(插圖、動畫)、不同觀點之詮釋 (perspective views) 以及同儕審查 (peer-review)。報告之呈現方式應根據受眾調整。

在「初步分析」、「分析」，以及「現場工作」三者間，同時存在資訊之選擇 (selection)、萃取 (extraction)、轉換 (conversion) 等操作。研究末期研究團隊與受訪專家將此流程套用至十八個個案，以了解其適用性，其中包含三件**交通事故**以及二件**超速事故**。最後，焦點團體指出此流程適合作為鑑識之作業方針，然個案彼此特質或許相異，故存在調整空間。如：警方委託案件之物證往往只包含一台監視攝影機之畫面，故僅需處理畫面變形問題即可進行鑑識並產出結果。流程圖詳圖 3。



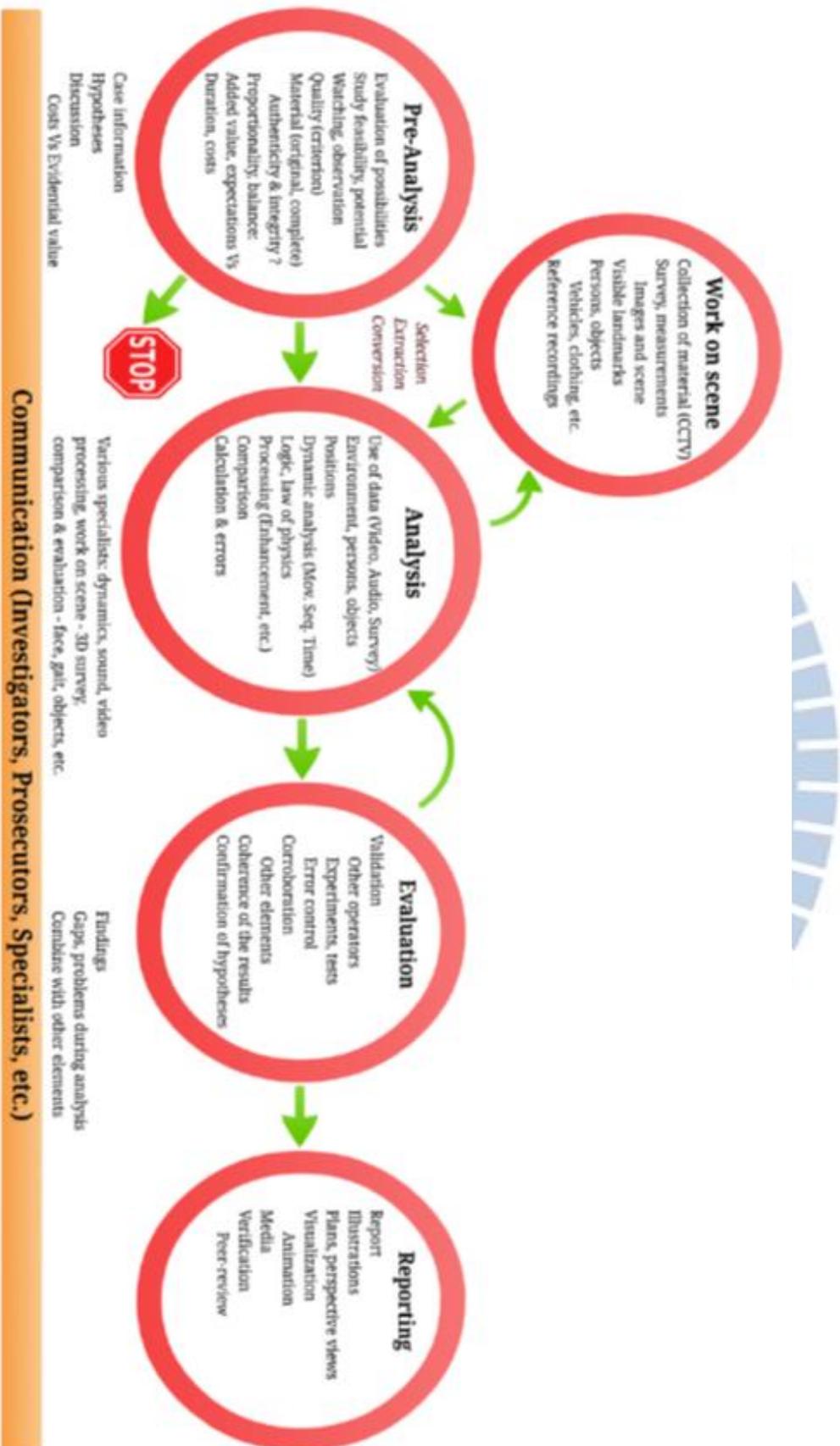


圖 3、利用影像資料進行鑑識之流程 (Milliet, Jendly, and Delemont, 2015)

## 2.3 違反號誌行駛之定義與影響因素

「闖紅燈」一詞於我國法規中尚缺乏明確之定義，惟交通部於研商闖紅燈認定標準之會議紀錄（交路字第 009811 號函，1993）中函釋摘要如下：

1. 車輛面對圓形紅燈時仍逕予穿越路口至銜接路段，含左轉、直行、迴轉及右轉（依箭頭綠燈允許行駛者除外）即視為闖紅燈之行為。
2. 有繪設路口範圍者：車輛無視於紅燈警示，有穿越路口之意圖，而車身已伸入路口範圍亦視同闖紅燈；若僅伸越停止線而未達路口範圍者，則視為不遵守標線指示。
3. 無繪設路口範圍者：以車輛無視於紅燈號誌，而有穿越路口之企圖，其車身並已伸越停止線並足以妨害其他方向人（若有行人穿越道）、車通行者亦以闖紅燈論處；若僅車身伸越停止線則以不遵守標線指示視之。

由上文知，法理上於闖紅燈之判定若僅以越過停止線為基礎恐有失法源依據，尚需將當事車輛越線後之行為納入考量，判別其是否有穿越之意圖、是否侵害他人路權、是否有穿越路口之事實等上列三者其一，以進行闖紅燈之判定。

洪龍勳（2011）在路口闖紅燈因素之研究中，探討路口路型、時段、號誌時制、車種、行向等對闖紅燈行為是否有所影響。為減少不同地區用路人駕駛特性之歧異，該研究選取路口之最遠直線距離約 2 公里，且速限相同、幹道車道數與車道寬度相近。該研究選取四個丁字路口與一個十字路口進行資料蒐集(表 2)，每一路口選定 17 時 30 分至 18 時 30 分為尖峰時段，10 時 30 分至 11 時 30 分或 14 時 30 分至 15 時 30 分為離峰時段，23 時 30 分至翌日 0 時 30 分為夜間時段。多數路口之調查時數為一小時，惟一路口因夜間車流量較少而改為調查兩日合計兩小時；各路口之調查日期非為同日。路口資料蒐集時，調查員以一部攝影機分別記錄幹道對向交通量，並以一小時之交通量乘以紅燈長度對整個號誌週期之占比做為紅燈時段抵達流量，復以此為基底計算闖紅燈車輛占該基底之比例。為觀察選定變因之影響，該研究選擇一路口（路口 I）作為基底，其餘四路口盡可能控制除探討對象以外之變因。亦即：路口 II—紅燈時相較長、路口 III—左轉遲閉時相、路口 IV—紅燈倒數顯示、路口 V—十字型路口。該研究後續使用卡方獨立性檢定檢驗路口間闖紅燈情形是否存在差異，得出白天與夜間、設置左轉保護時相與否、設置紅燈倒數計時與否對於闖紅燈有顯著影響；紅燈時相長度對闖紅燈則無顯著影響。

表 2、路口路型與時制計畫 (洪龍勳, 2011)

幹道時相		綠燈	黃燈	紅燈 (全紅)	週期	路口型態	幹道車道數	支道車道數	號誌時相
路口 I	離峰	110	3	37(2)	150	丁字路口	雙向四車道	雙向二車道	簡單二時相
	尖峰	110	3	37(2)	150				
路口 II	離峰	110	3	47(2)	160	丁字路口	雙向四車道	雙向二車道	簡單二時相
	尖峰	130	3	57(2)	190				
路口 III	離峰	90	20	3	37(2)	丁字路口	雙向四車道	雙向四車道	左轉遲閉二時項
	尖峰	90	20	3	37(2)				
路口 IV	離峰	105	3	42(2)	150	丁字路口	雙向四車道	雙向二車道	簡單二時項紅燈倒數
	尖峰	110	3	47(2)	160				
	夜間	60	3	27(2)	90				
路口 V	離峰	77	3	40(2)	120	十字路口	雙向四車道	雙向二車道	簡單二時項
	尖峰	77	3	40(2)	120				

Zhao and Liu (2017) 在評估左轉出口車道 (exit-lanes for left turn) 之安全性的研究中, 指出左轉出口車道之設計對於闖紅燈的發生率影響並不顯著。惟其資料蒐集結果中, 設有預告號誌 (pre-signal) 之路口闖紅燈率較高, 研究者認為係因用路人不熟悉該管制方式所致。

## 2.4 小結

回顧文獻, 無論鑑識科學或駕駛行為, 與號誌、監視器影像相關之研究所在者眾。然綜覽鑑識科學之期刊, 所載與監視器相關之研究主要以車速為探討對象, 於重建/鑑識流程則僅提供一概念性主軸, 於本研究欲探討之主題幾無重疊亦難以借鑒。而為了解時相轉換點定位法「多數用路人為遵循號誌之人」之假設是否合宜、於和環境較不易成立等所做之回顧, 則提供本研究於變數擬定時之參考。以號誌時相為爭點之案例點出當今本研究課題之重要性與必要性, 於實務面予研究者一踏實的需求基礎。

## 第三章 研究方法

為探討時相轉換點定位法之準確性及影響因素（變因），本研究首先依據研究者之時相轉換點定位法使用經驗擬定並羅列影響準確性之變因（參表 3），然礙於研究時程與規模之限制，僅挑選其中數個認為影響較大之變因進行探討。由於未攝及號誌之監視器多為民間所裝設、取得不易，故本研究須模擬此類監視器之裝設位置、高度、角度進行自主拍攝，以取得後續時相轉換點定位之素材。

表 3、初步變數擬定概覽表

影像資料、 畫面特性與方法參數	交通特性與時制計畫	路型幾何	環境因素
停止線 或其替代參照物之數量	紅燈通過率	路口類型	照明
畫面是否遭遮蔽， 或車輛難以識別	畫面通過量	路口車道數	天候
時相尺長度	畫面通過量-每車道	攝入車道百分比	
停止線過半數量比	通過量對時間之分布情形	中央分隔島有無	
器材朝向（上／下游）	車種	分隔島是否植樹	
垂直道路（是／否）	車輛到達與疏散情形		
器材位置（上／下游）	是否為簡單二時相		
陸空比	紅燈時比		
道路比			
可識別車道比			
單向最大可識別車道比			

在選定本研究欲探討之主要變因後，據此訂立拍攝畫面之要求與標準作業程序，並派員至符合條件、具時制計畫之路口進行拍攝。接著，記錄影片畫面中各行向每秒之通過量與車種，供時相轉換點定位法進行之用。最後，將方法得出之結果與實際之號誌組態對照（號誌組態：影片中每一秒各行向號誌燈面之顯示情形（燈色），例：[00:00:03]北往南—紅燈、南往北—紅燈、西往東—黃燈、東往西—圓綠），並記錄誤差秒數。若定位結果與實際組態相符，則誤差秒數計為「+0」；定位結果比實際組態晚 1 秒，則計為「+1」（例：定位結果認定某行向在影片時間為[00:00:20]時號誌由紅轉綠，然該行向實際由紅轉綠之時間為[00:00:19]，則該筆定位結果之誤差值計為「+1」）。

至此，每一筆資料將包含：定位結果之誤差值、定位結果之個數，以及欲探討之準確率影響變數數值。其中，定位結果之個數不必然唯一之原因，在於時相轉換點定位法將尋求「紅燈通過量最小」定為演算之唯一目標，因此可能出現多個符合該目標之演算結果。例：誤差值「+0」、「+1」、「+3」之紅燈通過量皆為 100，且 100 即是最小之紅燈通過量，則本法便會產生 3 種結果。

最後，本研究使用逐步邏輯斯迴歸探討二個重要項目之勝算比：

1. 定位結果之「誤差值為+1」對「誤差值不為+1」之勝算比。
2. 定位結果之「個數唯一」對「個數不唯一」之勝算比。

其中，在進行「誤差值是否為+1」之探討前，必須先排除「定位結果之個數不唯一」之資料：實務上，號誌組態之重建案件若產生兩種以上的結果，往往不利於判決之作成（例：倘定位結果之個數有二，分別為「誤差值為+0」與「誤差值為+2」，則難以透過客觀數據決定以何者作為裁量依據）；「定位結果之個數是否唯一」之探討則納入全部資料進行分析。

### 3.1 準確性影響因素之擬定

本研究依研究者之實務經驗，將影響時相轉換點定位準確度之因素歸為四大類，亦即交通特性與時制計畫、路型幾何、環境因素以及畫面特性。前三者規範並影響畫面中車輛與行人之行動，以及空間中畫面的呈現內容；畫面特性則影響畫面傳達路口（或路段）相關資訊的能力，進而影響記錄人員將影像內容記錄至試算表時的詳盡程度。「交通特性與時制計畫」以及「畫面特性」於時相轉換點定位法之影響尤巨。交通特性者以通過量為例，當影像畫面中車輛與行人通過量過低時，縱使所有人皆遵循交通號誌而行，此法仍難以根據各行向車輛與行人通過量多寡之變化區別紅燈與綠燈時段。時制計畫者以紅燈時比為例，當一行向紅燈時比低時，該行向之**未確定狀態**時間將較長，其原因為紅燈時段車輛皆**不得**通行，其狀態是**確定**的，然綠燈時段**不必然**有車輛通行，其狀態是不確定的，因此若一路口紅燈時比低且通過量不足導致綠燈時段通過之車流與車流間之間隔過大，則難以透過通過量區別紅燈與綠燈時段。畫面特性者，當影像畫面無法清楚或全面地拍攝路口時（例如：車道受建物或路樹遮蔽、未拍攝到停止線、停止線無法清楚識別...等），將造成記錄人員作業上的困難、增加記錄錯誤的可能，甚至導致完全無法識別車道使畫面通過量因無法識別而大幅下降。

此外尚有一點值得注意，針對時相轉換點定位法之基礎前提：「多數用路人為遵循交通號誌行動之人」，若使用此法之路口或路段違反號誌而行（如：闖紅燈）之行為愈頻繁，則定位結果愈不易準確。然闖紅燈之影響因素龐雜（如：天候、區域產業特性、通勤時段等），各因素間亦可能存在共線性而非屬本研究範

圍，故於此謹參考台灣丁字路口闖紅燈行為研究（洪龍勳, 2011）中所列舉之部分外部特性，探討具該特性之路口是否將存在較差之準確率表現。

### 3.1.1 交通特性與時制計畫

包含畫面之車輛通過量、車輛通過量對時間之分布情形、大型車佔比、車輛到達與疏散情形、是否為簡單二時相、紅燈時比等。此類變因在一日之中隨當地之尖離峰情形而異，強烈影響畫面所描繪之通過情形。以下詳述此類變因：

- 畫面通過量：為影像資料中，通過之車輛與穿越之行人數量總和。通過量愈大者愈能為時相轉換點定位法提供可信之基礎，亦令時相尺之套疊較為容易。
- 畫面通過量—每車道：將畫面通過量除以路口車道數，以修正路口大小對通過量基數造成的影響。
- 通過量對時間之分布情形：當總通過量固定，通過量於時間軸上之分布情形會影響時相轉換點定位法中時相尺挪移之正確性。試列數例如下：
  1. 通過量之時間分布過於平均：通行時段與禁行時段之通過量無明顯區隔，遂不易透過挪移時相尺求得闖紅燈數最小之配置，易出現多組闖紅燈數相同之挪移結果、難以尋得唯一解。此狀況易發生於交通量較低之路段。
  2. 通過量之分布過於稀疏（低通過量時）：  
在觀測時間長度固定的前提下，通過量分散於每一綠燈時段，將較集中於少數幾個綠燈時段，更不易尋得正確解。
- 車種：不同車種採取之駕駛行為各異，若假定愈小型之車輛（乃至行人）由於其機動性較高、瞬時應變性能較優之故，愈可能違背號誌指示而行，則反之愈大型之車輛愈不易違反號誌控制行動。當時相尺無論如何挪移皆產生數量相等之闖紅燈車輛時，車種可作為選擇（或排除）何種挪移結果之參考——若出現甲乙二種挪移結果，甲為一輛公車闖紅燈、乙為一行人闖紅燈，依前述推論，由於行人闖紅燈之可能性高於公車，故判斷乙為較可能發生之情形，採乙。因此當大型車佔比較高時，透過將大型車之通過作為基準，求得正確號誌組態的可能性應較高。
- 時制計畫是否為簡單二時相：時相轉換點定位法最易執行之時相係簡單二時相，早開、遲閉、左右轉保護等特殊時相將使此法之執行更為複雜、增加操作失誤之可能性，進而影響結果準確度。另一方面，此類特殊時制計畫路口之交通行為可能有別於簡單二時相路口。

- 紅燈時比：基於「多數用路人為遵循交通號誌行動之人」之假設，理想情況下綠燈時段通過數可不為零，而紅燈時段通過數卻必為零。故當某時段內畫面中無車輛通過，紅燈時段佔號誌週期之比例愈高，則愈可能是因該行向現為紅燈不得通行之故，而非為綠燈時段無車輛通過。
- 車輛到達與疏散情形：於時相轉換點定位法而言，最理想之情形係所有紅燈時段之通過量皆等於零，其餘時間皆有通過量。如此，通過量便能即時地反映號誌狀態。然而由於起動延滯等因素，畫面中之車輛不必然有能力即時反應號誌之變換：
  1. 若畫面攝於路口，則將面臨二種有違於此之情境：第一種為燈號由紅燈變為綠燈時，車輛因起動延滯而無法即時通過；第二種為燈號由綠燈變為紅燈後，於紅燈時段通過之車輛（即闖紅燈，常見於全紅時段）。
  2. 若畫面攝於路段上游，拍攝畫面距路口愈遠，畫面中車輛對下游號誌之反應愈不敏感——紅燈時，若排隊停等之車隊未累積至畫面拍攝處，則畫面中將持續有車輛通過，直至停等車隊排隊至此；綠燈時，排隊車輛之起動時間隨與路口之距離增加。當拍攝畫面距路口足夠遠時，畫面中之車輛行為將不受下游號誌影響，隨時通行。

◇ 此項資訊可由 3.1.4 小節中「停止線或其替代物之數量」獲得詮釋，迴避了實務上難以透由影片攝錄所得之有限資訊進行車流模式建構的困難門檻、更易於大眾使用，且該變因於 4.5 節中亦展現出優異的預測能力。

### 3.1.2 路型幾何

路型幾何係交通工程土建施作類之特性，包含路口類型（丁字、十字等）、車道數、中央分隔島有無、分隔島是否植樹等。此類因素除與通過車輛之行為有關，亦影響錄影畫面之資訊揭露度。

- 路口類型：與車輛之通過特性、轉向、紓解情形有關。
- 路口車道數：本研究中，路口車道數之計算僅計入「進入路口」者。原因在於時相轉換點定位法之「通過」判定準則為「後輪通過停止線」，而停止線之畫設僅限進入路口之車道、與離開路口之車道無涉，離開路口之車道於本法並無影響，故不計入。此變因間接描繪畫面資訊揭露度、道路寬度與路口大小。當視角（固定距離內鏡頭可容納之畫面範圍）、拍攝角度不變，車道數愈多則畫面中攝得之車輛通過資訊佔整體車輛通過資訊之比例愈低，亦即畫面對實際通過情形之資訊揭露度愈低。另一方面，車道數作為路口（或路寬）大小之代理指標其功能在於捕捉車輛通過之特性：路口較大（路寬較寬）

者往往為交通量較大之區域，車輛通過較頻繁，且因交通量大之故，違反號誌而行之比例可能較低；反之路口（或路寬）較小者交通量可能較低，通過之車輛零星，違反號誌而行（如：闖紅燈）之情形可能較為常見，佔比亦可能較高。

- 攝入車道百分比：即攝入之車道數除以路口總車道數之值，「車道」採用之定義同「路口車道數」。攝入車道百分比的設計目的在於用以捕捉「畫面對於整個路口的詮釋情形」——攝入車道百分比愈高，可得知之通過量、通過情形（如：轉向）等資訊將愈完整。進一步而言，其亦可詮釋攝入之行向數量（例：當攝入車道百分比為 50% 以上時，其必然攝入至少 2 種行向（來相）的車流）。
- 中央分隔島有無：於解析度有限之前提下，被攝物距攝影器材愈遠成像愈模糊。當錄影畫面攝入多車道時，中央分隔島之有無將間接描述分隔島遠端車道與攝影器材之遠近關係，進而影響畫面對分隔島遠端車道之資訊揭露度。具體而言，一車道距攝影器材愈遠，地上所繪設之停止線（或路側之停止線代理物，如燈桿、電箱等）將愈模糊，故難以精確判斷車輛何時通過，進而影響準確度。
- 分隔島是否植樹：分隔島如植樹，部分拍攝角度下將遮蔽停止線或其代理物。遮蔽效果因植樹種類（灌木、喬木）、攝影機高度與俯角而異。

### 3.1.3 環境因素

此項主要包含路側之遮蔽物以及其他環境因素。路側遮蔽物如號誌桿、標誌、燈桿、電杆、電箱、行道樹、路側停放之車輛等。此類物件可能遮蔽畫面中穿越之車輛、停止線或其代理物，使畫面記錄時難以準確判別車輛通過與否，甚至不易看清是否有車輛通過，使記錄資料精確度下降，進而影響時相轉換點定位法之準確度。其他環境因素尚有天候與照明等。

天候影響用路人之穿越行為與判斷力，與闖紅燈行為或有干係。研究者認為當天候不佳（陰天有雨、大雨、豪雨等）時，用路人為盡速返回室內環境避雨，將傾向採取較激進之穿越行為——蓄意或不經意地闖紅燈；另一方面，當雨勢較大時視距較短且模糊，影響用路人對前方狀況之判斷，使其行為異於天候晴朗之時。

照明之影響則可粗分為二：對用路人之影響，以及對攝影畫面之影響。於用路人而言，其影響與不良天候之影響相似，因視野、視距等受限而影響用路人對前方狀況之判斷能力。於照明對攝影畫面而言，則包含使停止線或其代理物不清晰，以及難以識別通過之行人與車輛等。前者導致不易判別通過與否，後者則難

以識別是否有車輛或行人通過。與天候相較，照明之影響對象以本法之使用者為主。

### 3.1.4 影像資料、畫面特性與方法參數

影像資料特性於實務上影響最為明顯之特性為「影片時間長度」。可供分析之影片時間長度愈長代表總通過量愈大、觀測之號誌週期數愈多，所得結果正確的機會應愈高。另一方面，此研究結果亦可提供警察機關於交付影片物證時之參考，以提供時相轉換點定位準確性最高之影片長度供鑑定人員使用。另一方面，由於時相轉換點定位法之時相尺係以一個號誌週期為最小單位進行延伸，故影片時間長度亦應以號誌週期為單位進行衡量；後續之分析於「影片時長」變因即以各路口對應之週期為單位計數。

畫面特性直接影響影像資訊揭露度，可分為與攝影機性能有關，以及與拍攝角度有關等二類。攝影機性能者如鏡頭視角（攝影機之透鏡中心至所攝像片涵蓋地區兩邊緣之夾角，亦稱視野或視場）、畫面變形（如：魚眼效果）、影像解析度、影像影格率、對比與色彩飽和度等。其中，解析度、對比與色彩飽和度關乎畫面中各物件（車輛、行人、標線、路側物件等）識別之難易，而影像影格率則直接影響對於關鍵畫面（記錄車輛恰通過停止線或其代理物的畫面）之捕捉。然而如今攝影器材之影格率普遍超過 15（每秒 15 張影像），而時相轉換點定位法之時間解析度為「秒」，故受其影響較小；利用影像進行事故重建的類型中，以計算車速者受時間解析度影響較為明顯。對於影像解析度、對比、色彩飽和度等，如需加強則有賴影像處理之專業人員進行調校，非交通領域之鑑定者所能處理。

拍攝角度牽連甚廣而畫面構成之因素龐雜。器材架設之高度、對道路之俯角與夾角、遮蔽物之有無、是否遭常態性遮蔽（如：隨風搖曳之路樹、臨停之貨車、電箱，三者影響皆不同）、遮蔽之效果（完全遮蔽與不完全遮蔽）、等皆有所影響。其影響畫面判讀之難易（進而影響記錄之正確率），以及畫面之於實際環境之資訊揭露度（如記錄對象遭遮蔽，則無以判讀）。

據經驗，即使在攝影器材規格固定、架設高度與擺放位置固定、拍攝環境相同的前提下，尚因器材與地平面之夾角（俯角）、與道路軸線之夾角差異而有所不同，遑論上列項目一同變動者。尤其倘拍攝路段存在遮蔽物，攝影機之位置、俯角夾角等與其之互動對畫面之呈現影響甚大，故認為不宜以攝影器材之設置高度、擺放位置、夾角、俯角等為分析之獨立因素。

由於不論器材與環境各物之互動如何，鑑定人員所見且可用者僅為影像畫面，故直接針對影像畫面進行變因設計（諸如：遮蔽物之有無、是否遭常態性遮蔽、

遮蔽之效果)或許是較為務實而貼切的做法。然本研究非探討影像辨識之研究,受辨識技術所累必須以肉眼觀察並分析,故於研究範圍內此做法易面臨難以量化之困境——至何種程度稱為「受遮蔽」?如何描述「畫面變形」之影響與程度?如何妥善衡量畫面揭露之道路資訊?如何從自然語言對畫面之論述句(如:「這個畫面只拍到車道的一部分」)抽取出可供分析之變因?於上述數則懸問中,部分問題即使辨識軟體問世亦無法輕易回答,何況於未有之時?又,上述困境必然為全體時相轉換點定位法使用者將面臨之問題,故本研究若以供實務之所用為目標,實乃不得不面對之挑戰。對於此類畫面特性之變因擬定,探討流程如下:

1. 針對所蒐集之畫面,觀察後以自然語言(即「口語」)詳盡描述之。
2. 自描述句摘出描述畫面之關鍵屬性。
3. 決定該屬性如何以數值方式呈現。如:有與無、等級、百分比或其他運算數值等。

藉此流程,本研究嘗試定義如下變數進行畫面描繪。由於拍攝之可控制變因繁多、所呈現之畫面特性龐雜,本研究難以盡數蒐集之亦難盡述之;於畫面特定物件對畫面整體之佔比等,則僅可目測度量而無法以精確數值描述之。種種限制,所得變因恐非絕對恰當,定有討論與改善空間。

- **停止線或其替代參照物之數量:**依「通過」之判定準則雖不必然需要停止線,然停止線或其替代物的存在,將使記錄人員得以更精準且標準一致地進行通過記錄。此變因所描述的另一項重要資訊為:若畫面於某一行向未拍攝到前述物件,即表示畫面僅拍攝到該行向之上游或下游,加上監視用鏡頭拍攝角度廣,若能不攝入前述物件,所攝之處必然與停止線存在一段十分長的距離;與停止線之距離將影響起動延滯,進而影響時相轉換點定位法之準確性。**畫面所攝處與停止線之距離資訊原難以透由畫面取得,透由此一變因即可在未知距離的前提下達到掌握距離的目的。**(註:此變因於各行向至多只計入一個,換言之丁字路口之最大值為3,十字路口最大值為4。其原因在於對一行向進行通過判定時,擁有一個參照物或多個參照物的效果是一樣的。)
- **畫面是否遭遮蔽或難以識別車輛:**路側監視器易受路樹、臨停車輛、標誌等遮蔽(圖4),難以識別車輛之情形則常見於畫面像素過低、正午日曬強烈使得畫面過度曝光、拍攝距離過遠等情形(圖5)。當上述情形發生時,記錄人員將難以準確且一致地進行通過判定,甚至難以識別是否有車輛通過,使得紀錄資料失準,進而影響以此為據進行分析之時相轉換點定位法之準確性。

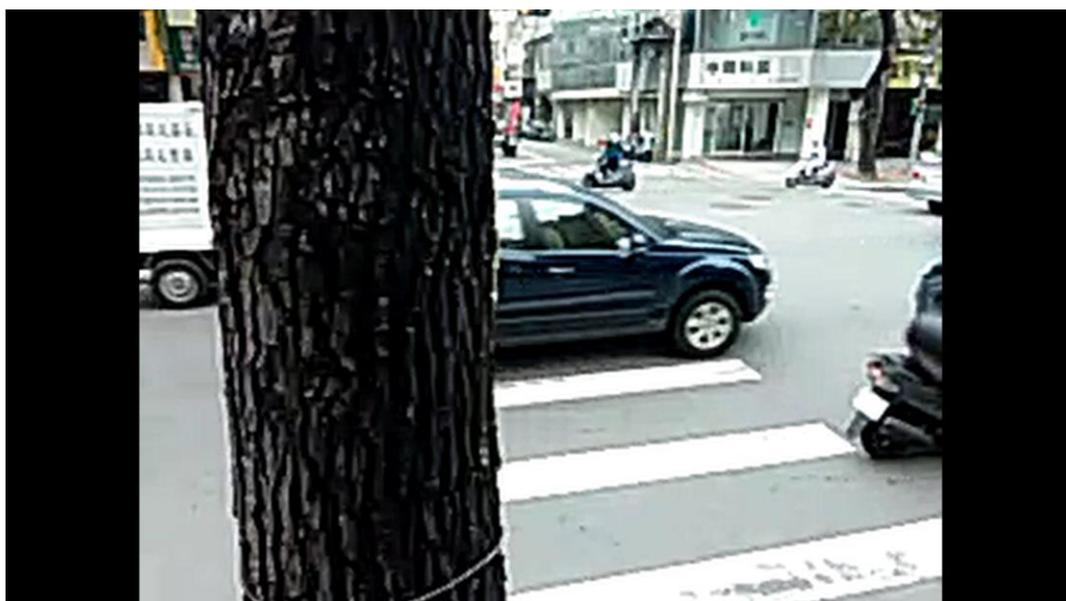


圖 4、畫面特性案例：車道遭路樹遮蔽

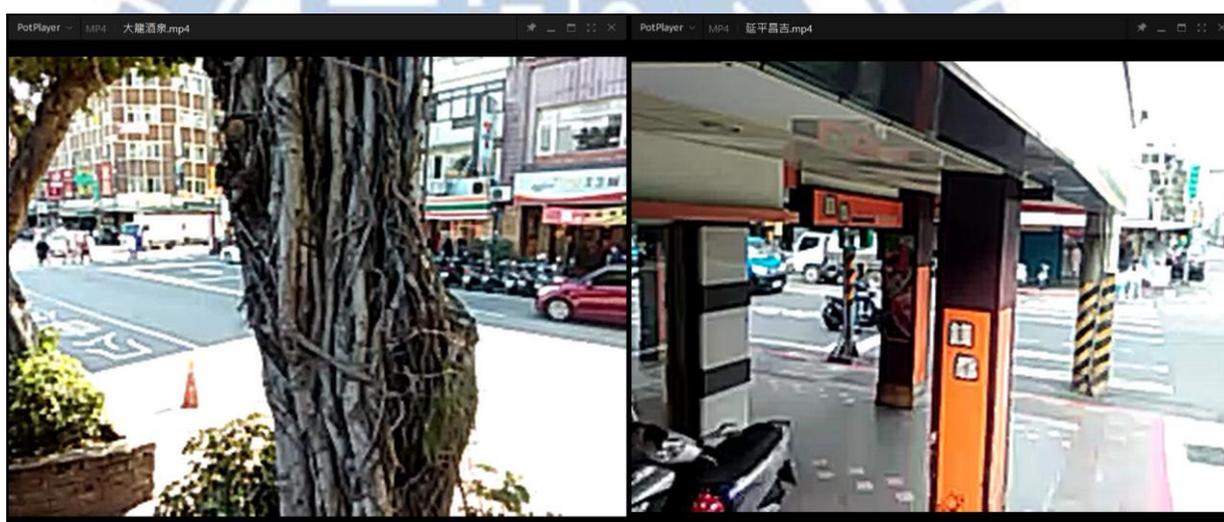


圖 5、畫面特性案例：北來向淺色車輛因畫面過曝而難以識別

- 停止線過半數量比：畫面中可識別車道之停止線長度大於等於二分之一停止線全長者即為過半；過半者佔可識別車道停止線數量之比例謂之。
- 可識別車道比：可識別之車道數佔總車道數之比例。

定義「可識別車道」：

1. 無併排情形下，駛於該車道車輛之可視部位佔車高三分之一以上。
2. 無併排情形下，影像畫面可完整拍攝該車道一輛小客車之可視部位。  
例：某車道小客車於影像之可視部位為車高 30 公分至 60 公分處，若該車道為「可識別車道」，則畫面中必然存在至少一個影格可自車頭至車尾完整描繪一小客車車高 30 至 60 公分處。

- 單向最大可識別車道比：單一行向可識別之車道數，佔該行向總車道數之比例最大者（舉例：某路口西向東共三車道，可識別者有二，則西向東可識別之佔比為三分之二；同路口東向西共四車道，可識別者有二，則東向西可識別比為二分之一。此路口單向最大可識別車道比為二分之一。）
- 器材朝向（上／下游）：畫面朝向與器材最近之停止線之上游或下游。
- 垂直道路（是／否）：畫面之拍攝與最近之車道行向是否垂直。
- 器材位置（上／下游）：器材設置於停止線之上下游
- 陸空比：以畫面中遠端之建築物與路面之交界為準，以上為空、以下為陸，以陸於畫面之佔比為分子、空於畫面之佔比為分母計算比值。
- 道路比：道路（行駛機動車輛，受號誌管制之地面設施）佔畫面整體之百分比。

上列變因中，研究者預期凡為比值者其對準確度之影響皆為正相關，惟「陸空比」與「道路比」除外。此二者之設計旨在將俯角、視角、裝置設置高度三者之影響合併討論，其原因在於此三者將共同影響畫面可分析資訊之揭露度。以下分別討論「道路比」、「陸空比」，嘗試配合圖說扼要說明俯角、裝置高度、被攝物高度與面積對於畫面資訊揭露度之共同影響，兼談擬定「道路比」變因之合理性，以及不使用「俯角」作為變因之原因。並於本小節末以二維作圖俯角與線段涵蓋率之關係，嘗試探討俯角於三維空間之影響。

首先討論「道路比」之設計理念與其缺陷。若暫不論三維空間中拍攝造成之透視變形效果以及鏡頭最佳焦距之影響，則三維空間拍攝範圍覆蓋率之變化可以二維作圖簡化之。在二維簡化圖（圖 6）中，底端水平線段代表路面，其中綠色段落為道路，即時相轉換點定位法可利用之部分；藍色段落則為本法無法利用之部分（如人行道等）。右側紅色三角形為攝影器材，其頂點為鏡頭所在處；下方黑色長條為架設攝影器材之號誌桿等物。圖 7 至圖 9 為視角 35 度之鏡頭於俯角 10 度（紅）、30 度（黃）與 50 度（綠）拍攝之簡化圖，其內對應顏色之線段表示畫面攝得之地面線段長以及對應位置。進一步計算道路比（表 4），可得俯角 10 度之佔比小於 14.74%、30 度佔比 54.07%、50 度佔比 79.05%，故若僅以道路佔比評選優劣，綠色為最優。然而，實際上黃色所拍攝之有效線段最長（11.73），理應能較綠色揭露更完整之道路資訊，進而產生更準確之推算結果。

表 4、有效線段百分率比較表

	有效線段長	無效線段長	有效線段百分率
俯角 10 度 (紅色)	1.67	> 9.66	< 14.74%
俯角 30 度 (黃色)	11.37	9.66	54.07%
俯角 50 度 (綠色)	8.79	2.33	79.05%

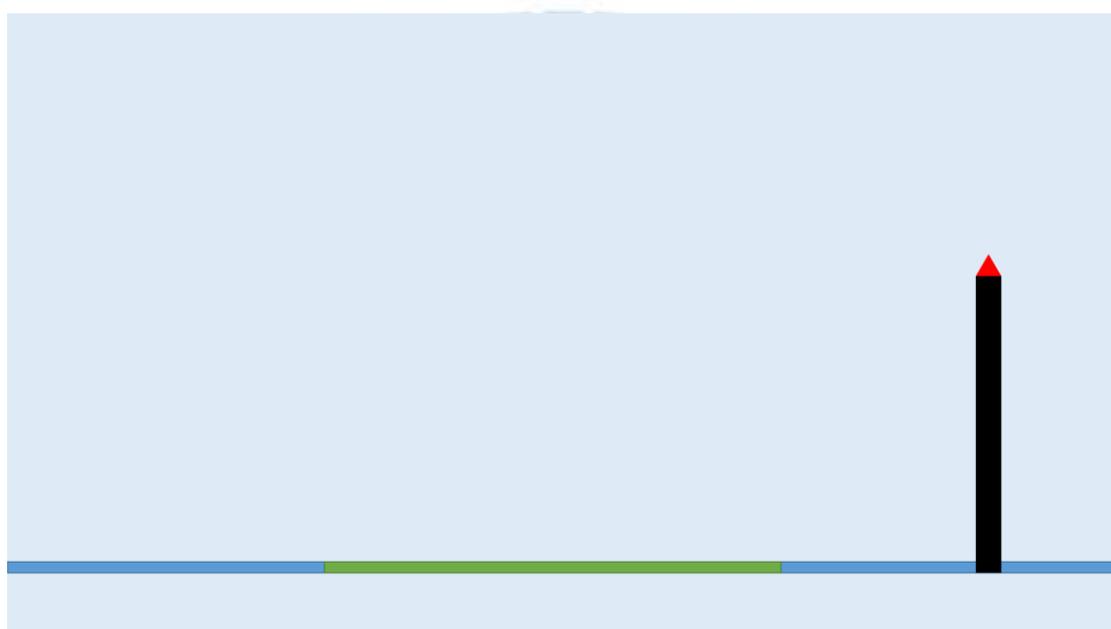


圖 6、二維簡化圖

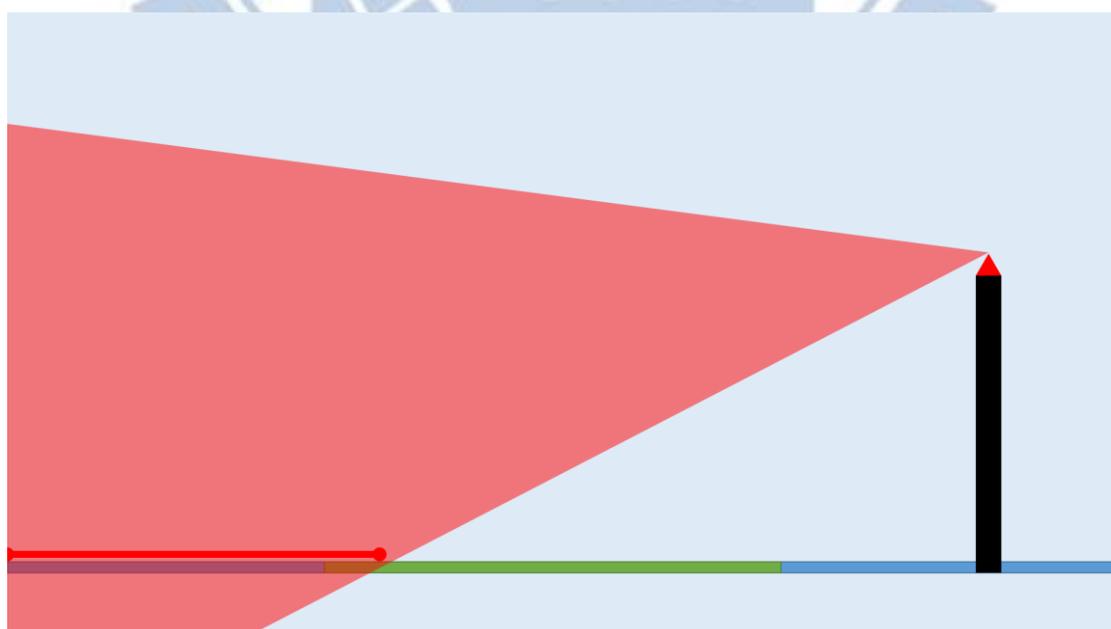


圖 7、俯角 10 度拍攝簡化圖

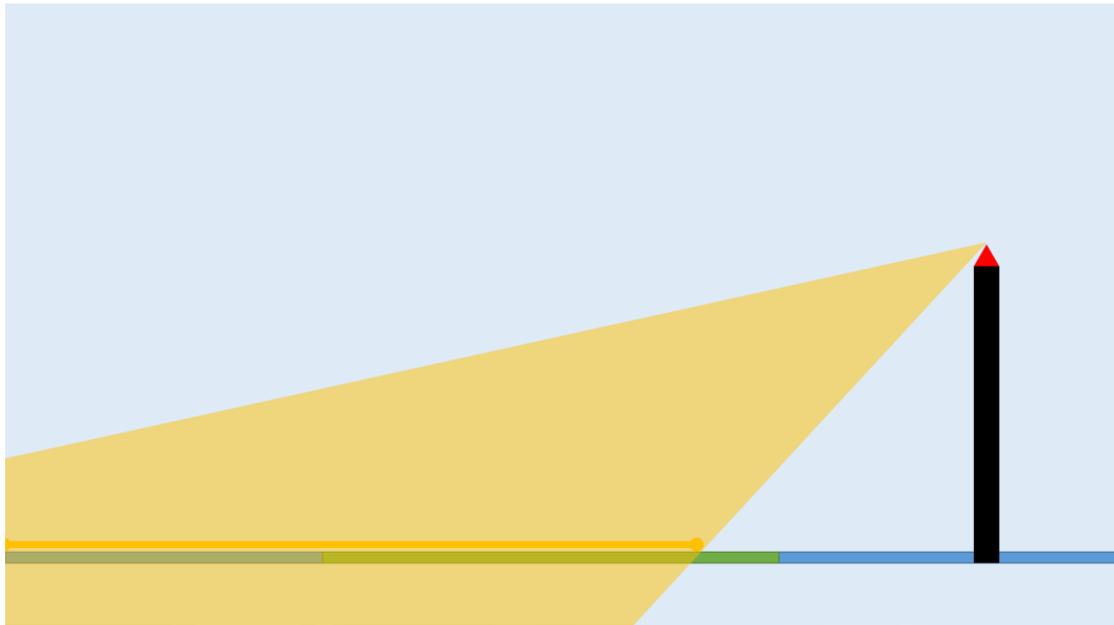


圖 8、俯角 30 度拍攝簡化圖

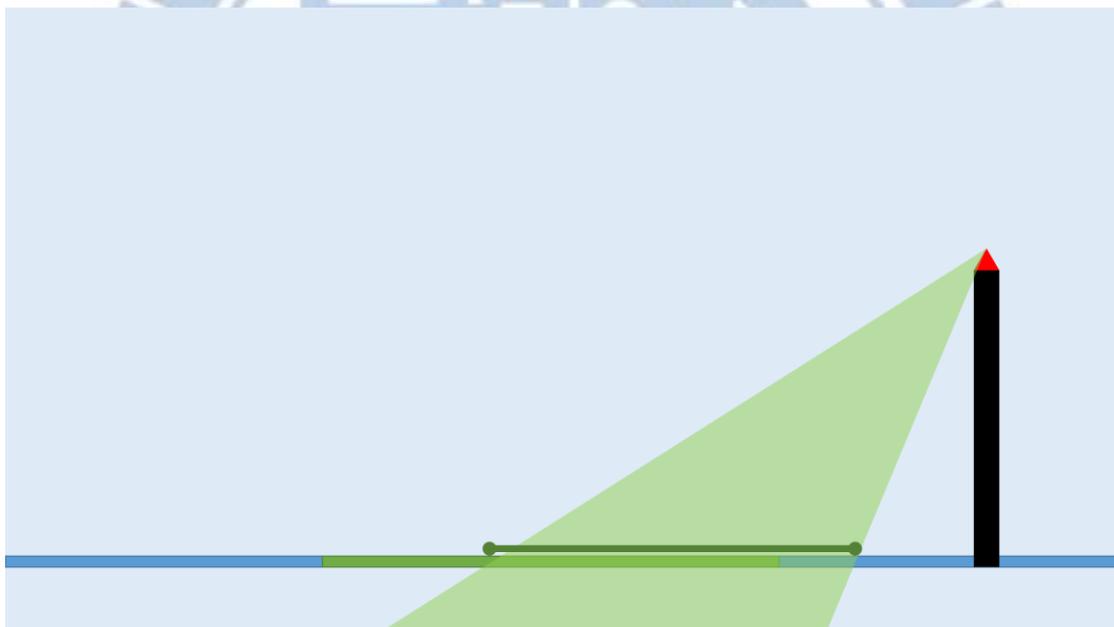


圖 9、俯角 50 度拍攝簡化圖

由於此簡化圖將被攝物（車輛）簡化為一維線段、忽略車身高度造成彼此遮蔽之影響，故若嘗試將車身高度納入考量，則道路比 54.07%與 79.05%之拍攝情形分別成圖 10 與圖 11 所示。兩者相較，道路比 54.07%者攝得之最大併行車輛數較多，道路比 79.05%者則可攝得道路邊界。攝得之最大併行車輛數愈高，畫面遺漏之通過車輛愈少，可得知之通過量愈大，愈利於時相轉換點定位法之操作；道路邊界之重要性則尤見於停止線無法攝得之情境，當停止線因故難以攝得時，將道路邊界附近之物件（如：號誌桿、燈桿等）基座視為停止線代理物乃必要之權宜之策。由於二者均對本法推算之結果造成影響，是故若考量「通行車輛造成

之遮蔽」，則難以輕易評比二者之優劣。進一步而論，當畫面提升至三維時，需額外考慮鏡頭與道路中線之夾角以及透視變形等因素，二者之詮釋能力因畫面特性而異之情形將更為常見、難以衡量。故「道路比」或許非最恰當之擬定變因，然應具後續研究進一步探討之價值。

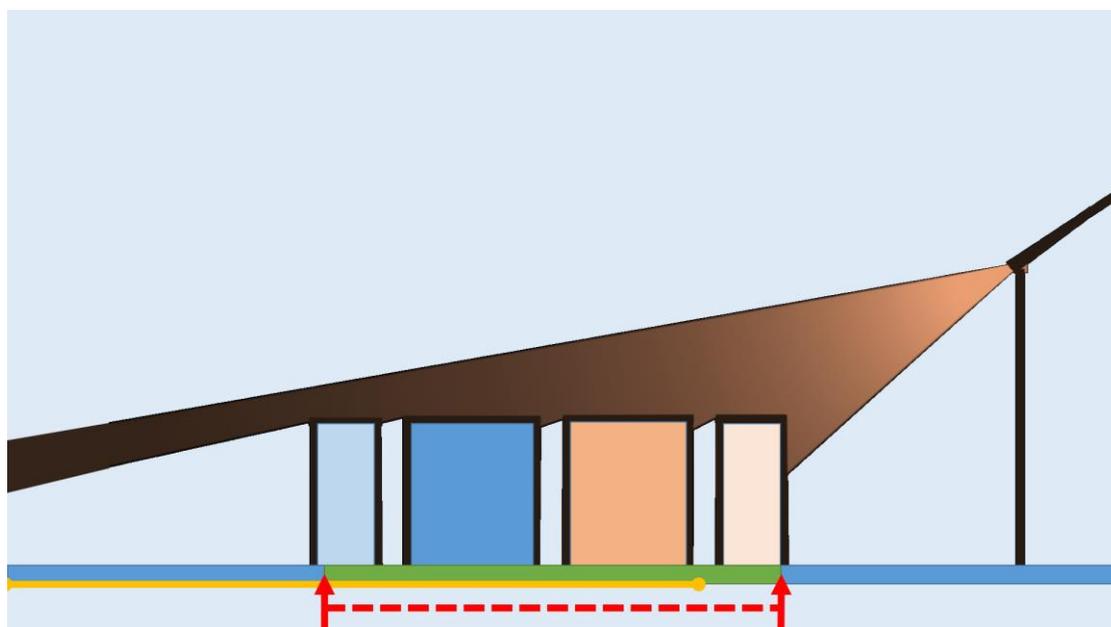


圖 10、俯角 30 度遮蔽示意圖

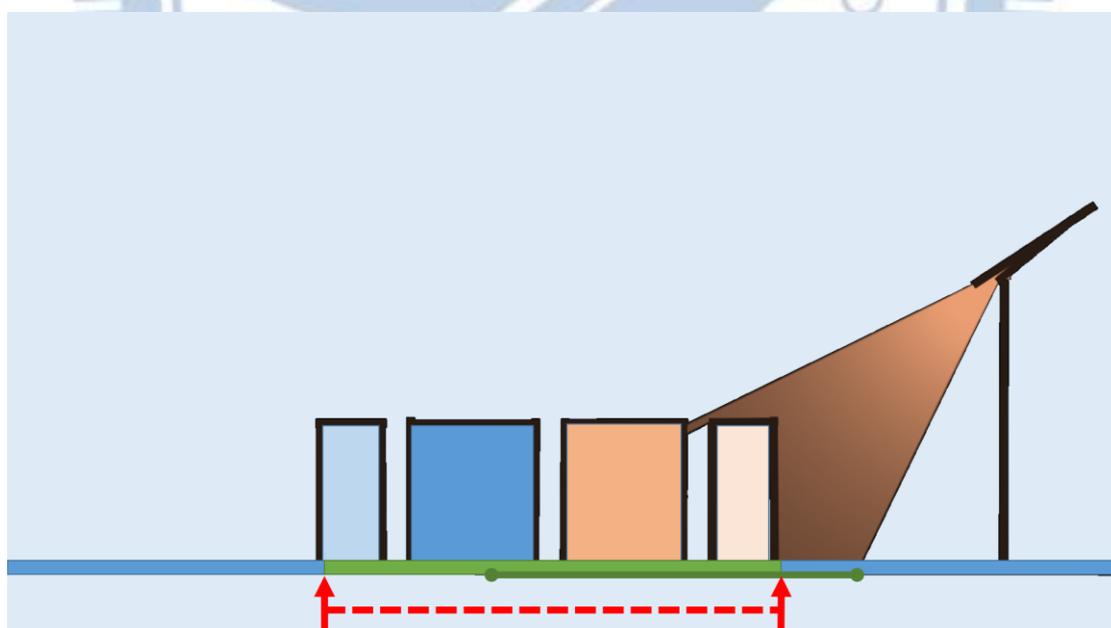


圖 11、俯角 50 度遮蔽示意圖

「陸空比」於揭露資訊之影響與俯角相關，亦受道路寬度、攝影器材高度、視角等因素影響。在視角不變的前提下，裝置高度愈低時，俯角愈小，所得影像中車輛與停止線或其代理物之關係愈明確而易於判讀，資訊揭露度愈高；裝置高

度愈高時則反之。具體而言，當裝置低至幾近置於路面時，平放可得輪胎輾過停止線之精確畫面，此時若將攝影機俯角增加，則攝入之車體將自車頂向下逐漸溢至影像畫面外——當俯角增加至 90 度時，攝影機將垂直拍攝其所擺放之地面而對時相轉換點定位毫無用處；當裝置足夠高時，鳥瞰（即俯角 90 度）可得車頭通過停止線之精確畫面，此時若將攝影機俯角減少，則攝入之「陸」將逐漸減少而「空」逐漸增加，——當俯角降至 0 度時，攝影機將與地面平行，原俯瞰之路面將溢至畫面外而不被記錄。由前述情形可推論，陸空比應存在一數值或區間，使得畫面資訊揭露度最佳，而非愈高／愈低愈好；同時亦可知，影像資訊揭露度至少同時受攝影器材高度與俯角影響，並不適合將二者拆解為二類變因分開討論。於此，或可說「陸空比」係將諸多因素共同產生之效果統合後之指標。

除上述與器材高度等對畫面資訊揭露能力存在共同影響的特性之外，不使用「俯角」尚有實務面之考量。俯角不同於陸空比與道路比可由影像畫面概略估計，計算所需之參數必須現地調查且量測不易。於二維空間（參圖 12 左），俯角( $\theta$ )之計算仰仗此三者中任二者：視點與地面之垂直距離 (a)、視點於被攝物所在平面之投影點與被攝物之距離 (b)、視點與被攝物之距離 (c)，亦即：攝影器材之裝設高度 (a)、攝影器材於地面之投影點與被攝物之距離 (b)、攝影器材與被攝物之距離 (c)；其中若攝影器材裝設於號誌桿、燈桿，則 (b) 即該桿於地面之基座與被攝物之距離。此計算固非難事，然若將討論維度升至三維空間（參圖 12 右），底角頂點之選擇將變得十分困難而含混。試想於一監視器畫面（圖 13）中，如何精確抉擇畫面何處作為底角之頂點？以直覺觀之，或可選擇「畫面中心」作為頂點，然卻無法僅透由畫面計算攝影機與其之距離；縱使得以現地勘查並以雷射測距器材進行量測，精準地於路面現地標定「監視器畫面中心」亦十分困難，而標定之精準與否將影響 $\theta$ 之正確性。除技術層面之量測困難外，實務上國內鑑定團隊（如各縣市車鑑會、覆議會、學術鑑定機構等）多因人力吃緊且業務繁重，難以調撥人力進行現地細部勘查，鑑定法若將俯角列入準確度影響變因之一，屆時反致鑑定人員難以使用。鑑此，求算攝影機俯角作為準確度之變因並不合適，本研究暫不為之。

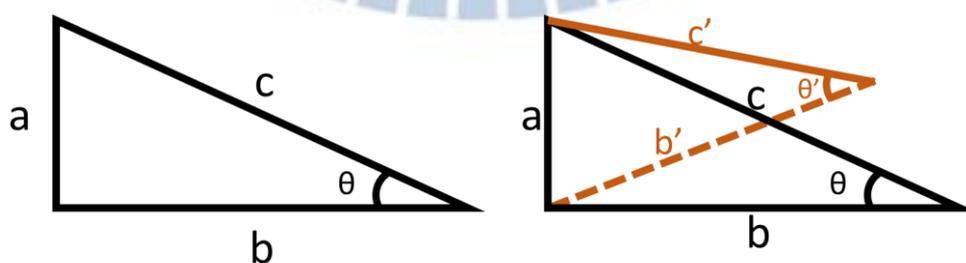


圖 12、二維與三維之俯角計算



圖 13、監視器模擬畫面

由二維俯角—路面攝入率圖（圖 14）可發現，如不論景深與地面物件遮蔽等影響，俯角 1 至 10 度已攝入最大可攝陸地的 90%，而自 10 度起至 90 度其攝入率成長趨緩，此趨勢與陸空比比值—陸地比圖（圖 15）自陸地比 0.90 至 0.01 相似。在不不論景深的前提下，由於道路監視器、商店監視器等視角泰半大於 50 度，本研究認為當監視器畫面遠端攝入天空或建物與陸地之交界，皆可視為已攝得「俯角 1 度處」，且可假設該處至畫面最近端之夾角應超過 10 度（若非如此，該畫面中應滿是建物而無道路），故適用二維俯角—路面攝入率圖進行類比。此一現象或可視為陸空比成功納入俯角特性的證明，然尚有待後進者進一步釐清。

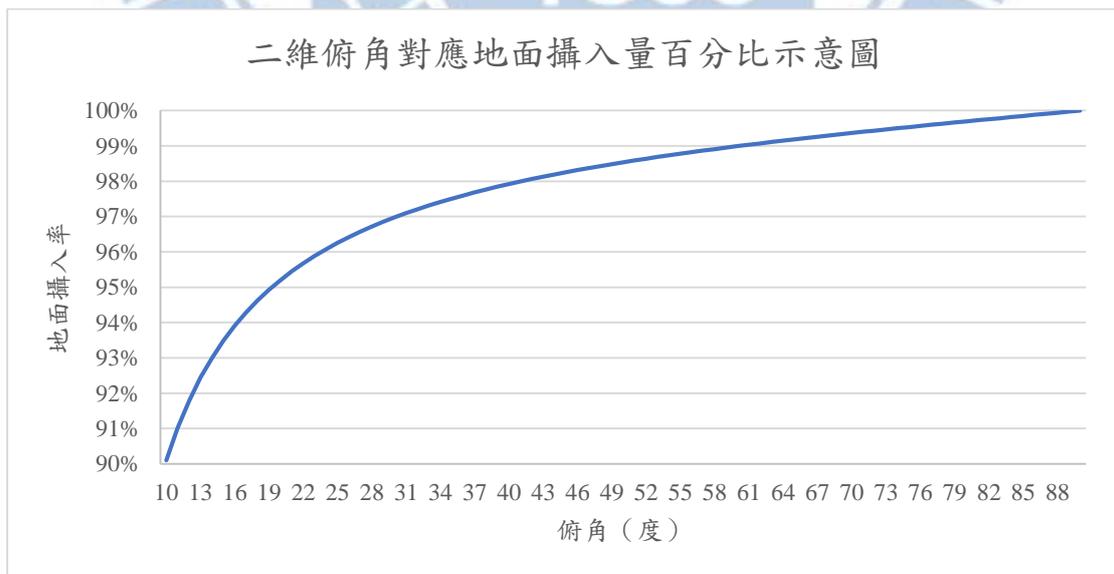


圖 14、二維俯角對應地面攝入量百分比示意圖

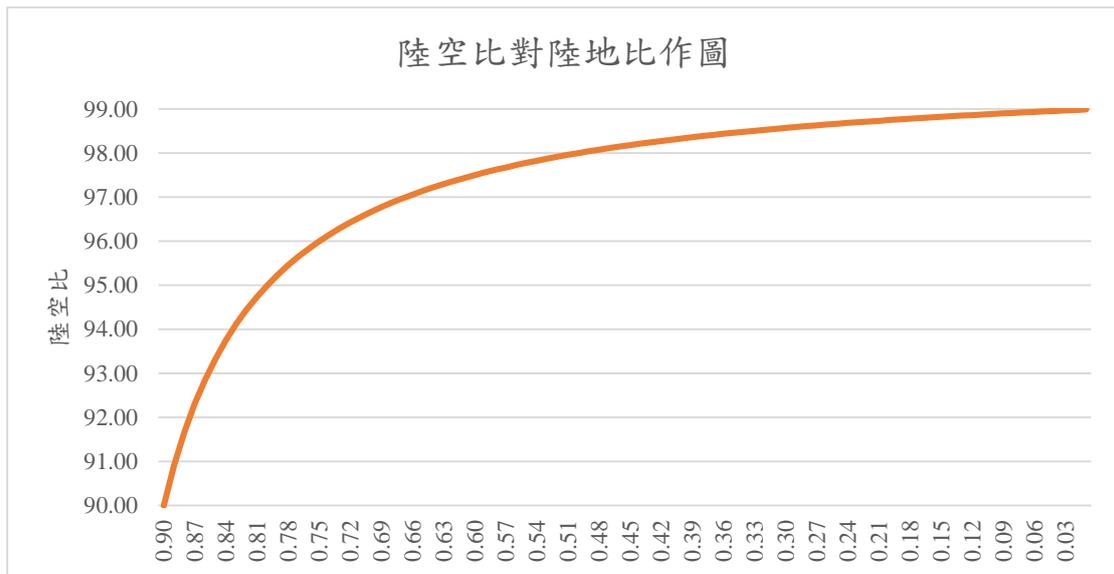


圖 15、陸空比對陸地比作圖

於方法參數部分，對於物證所能調整者甚少，除技術上難以對畫面進行加工外，畫面之拍攝角度等既成事實亦無法被修改。然而，本處存在一項實務上十分重要且可控之變因：時相尺長度（即分析所用之週期個數）。首先，分析週期愈長所得之結果理當更加穩健，然其對資料記錄階段所造成之負擔亦更加龐大。鑒此，為提升鑑定效率，是否存在「最小有效分析週期」將十分值得探討。其次，實務上影片物證之取得有賴司法／警察機關提送，若得以事先框定有效之分析時長，將有俾主管機關取得第一手資料時參考（按：倘知分析使用之影片需時 10 分鐘，承辦人員於擷取監視器畫面時便可參考此一資訊進行擷取，而避免因擷取片長過短導致分析失準與重新擷取物證等繁瑣程序）。綜上所述，以下描述此關鍵變因：

- 時相尺長度（單位：週期數）：時相尺係為分析所用、由已知之時制計畫建構之參照尺度，其建構方式係依時制計畫對所有行向由第一時相至最末時相，以「綠燈」、「紅燈」為元素建成（概念圖參圖 16）。一單位長之時相尺即分析時長為一個週期，二單位時長之時相尺即分析時長為二個週期，以此類推。理想上，時相尺愈長愈好，然實務上考量資料處理耗時、警察機關儲存空間有限等情形，需在準確性與處理效率間進行權衡。

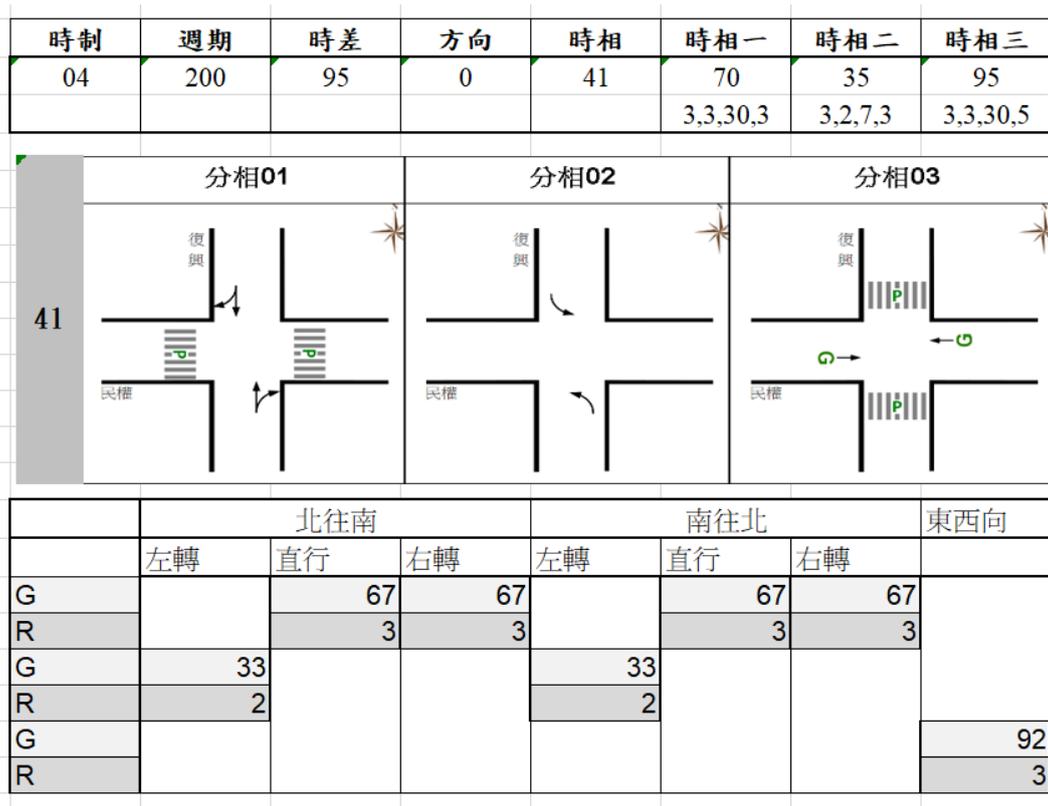


圖 16、時相尺建構概念圖

### 3.2 影片資料規格與特性

本研究使用之影像資料為自路側攝錄之影片，拍攝對象為路口、路段或兼而有之。每筆影片資料僅含視訊不含音訊，未遭移動、晃動之有效畫面時長至少達一小時。每筆影片資料之有效畫面不必然攝入號誌：攝入號誌者即可使用畫面中顯示之號誌燈面判讀影像時間軸上各點之正確號誌組態；未攝入號誌者則可透由影片前段之時相記錄橋段，配合該（下游）路口該調查時段之時制計畫，參照出整筆影片資料中各時點所對應之正確號誌組態。為使攝錄之影像與路側監視器相仿，影片畫質以 QVGA（Quarter VGA，240\*320 像素）為主。

### 3.3 時相轉換點定位法

本研究使用之方法脫胎於 Woo 提出並受臺灣法庭採納之時相轉換點定位法。以下首先介紹 Woo 之方法操作流程：

1. 取得該路口主管機關之時制計畫（如：南北向綠燈 23 秒，黃燈 3 秒，紅燈 30 秒；東西向綠燈 23 秒，黃燈 3 秒，紅燈 30 秒；全紅 4 秒），並依其時長，一秒一格塗製相同顏色之時相尺（以上述時相南北向為例，即綠色 23 格，黃色 3 格，紅色 30 格）。

2. 播放取得之監視器影片，並紀錄畫面中每秒之車輛通過情形（直行、左轉、右轉...等）。
3. 將時相尺併排於所記錄之秒-通過數旁，嘗試將秒-通過數紀錄表平移使紅燈時段通過之車輛數總和最低，即為所求。

該推算方法奠基於「多數用路人為遵循交通號誌行動之人」之假設，故其時相尺之移動係以「綠燈通過量最大化(即紅燈時段之車輛與行人穿越路口數最小化)」為目標進行，換言之本法之目標在於盡可能將所有通過量分配在「非紅燈時段」——盡可能淨空「紅燈時段」——以達成紅燈時段之車輛與行人之穿越路口數最小化／綠燈通過量最大化，亦即「多數用路人為遵循交通號誌行動之人」之假設。

圖 17 係參考上開方法進行改良，將紙本併排之時相尺轉化為 Excel 上時相色塊與路口每秒通過量統計圖所構成之疊圖：藍色線段表該秒通過路口之車輛數。圖中上半部為尚未進行綠燈通過量最大化之最佳化，下半部則已完成最佳化。然而實際進行時相轉換點定位時，為求能精準地使綠燈通過量最大化，令程式列舉所有時相尺平移之綠燈通過量，並擇其中最大者作為本法之定位結果。

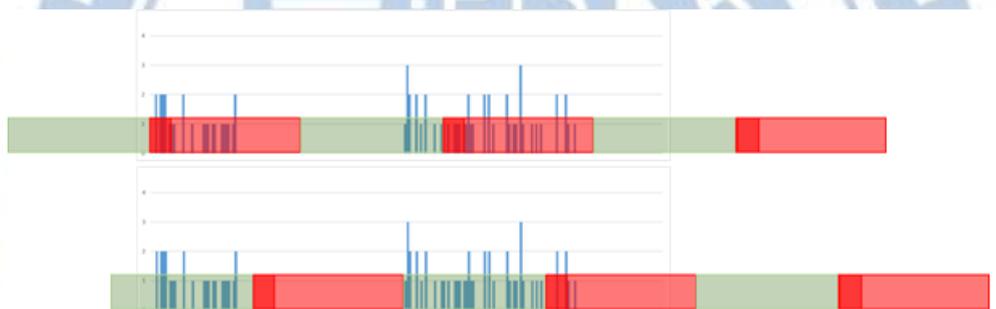


圖 17、未（上）／已（下）最佳化之示意圖

本研究中，用以進行判定者係每秒之「穿越路口數」，於通過之定義符合交通部於定義之函釋第一點「逕予穿越路口至銜接路段」。然而，若為透過通過車輛之行為推算可能之號誌時相，即令車輛伸越停止線便無故停止而未構成穿越路口之事實，其行為亦應象徵此刻時相應為紅燈，否則便不符合「紅燈停、綠燈行」之常理。是故，若因影像拍攝角度之限制而無法得知車輛是否完全通過路口，但該車已伸越停止線且於畫面中靜止，則其於「穿越路口車輛數」中之判定仍為未通過（通過數 +0），以表明此刻應為紅燈；反之，若車輛已離開影像畫面，則判定為通過（通過數 +1）。

### 3.4 時相轉換點定位結果誤差值之描述

本研究計算由時相轉換點定位法所得之時相定位結果與「正確答案」之誤差秒數，若無誤差者為眾，則對無誤差者與存在誤差者進行探討；若誤差若干秒者

(例：+1 秒，較「正確答案」晚一秒) 為眾，則提出「此法之定位結果應扣除／加上若干秒始為正確結果」之論述，並進一步探討影響「定位結果經秒數校正後無誤差者與存在誤差者」之特性。

### 3.5 逐步邏輯斯迴歸分析

本研究所探討之「存在誤差／不存在誤差」等結果皆為二元結果，因此採用邏輯斯迴歸進行分析，而由於考量的變因眾多，故採用逐步迴歸之形式進行變因之篩選。在一般的線性迴歸分析中，依變數為連續型變數，但若依變數不為連續型的數值型變數而是二元或多元類別資料(如：正確／錯誤、投放藥物／投放安慰劑／無投放)的型態時，則該分析法便是十分常見的分析方法，而該模式之自變數則可為類別變數或連續型變數。必須注意的是，邏輯斯迴歸分析產生之迴歸式中，依變數係勝算比之對數，而自變數之係數則被用以計算在控制其他變數的前提下，該變數值每增加 1 使勝算上升的倍率。

除依變數之特性外，邏輯斯的另一項特點在於沒有關於分佈類型、共變異數矩陣等方面的前提限制。然而，邏輯斯迴歸模型對多元共線性敏感，因此模型之自變數間可能存在多重共線性干擾。當變數間相關程度提高時，係數估計之標準誤將會急劇增加；同時，係數對樣本和模型設置都非常敏感，模型設置的微小變化、在樣本總體中加入或刪除資料等變動，均將導致係數估計值產生變化。

## 第四章 資料蒐集與分析

本研究以路型較常見之丁字型路口以及十字型路口作為資料蒐集對象，至 7 個丁字型、21 個十字型路口進行影片拍攝，拍攝時段為上午八點至午夜十二點半間任意一小時。而後將影像帶回於電腦播放，計算各車種與行人在各行向之通過量。此外，由於本研究需蒐集時間較長（三個號誌週期以上）之影片，又為判別時相轉換點定位法之準確性，需知曉該路口於影片中各時間點實際之號誌組態以利查照，且變因如：車道數、交通量、路口型態、是否攝入停止線或其參照物... 等均仰賴攝影資料之資訊揭露程度，故本研究之資料來源為現地蒐集而未採用既有監視器影像。為探討時相轉換點定位之結果與實際號誌組態之誤差，進行資料蒐集時須設法以直接或間接的方式取得影片各時點之號誌組態。前者在拍攝影片時，以攝入路口任一號誌燈面的方式進行，便可透過時制計畫推知影片中各時刻之號誌組態；後者則在攝影器材固定前，先拍攝任一路口號誌至其燈面變換，即可以該變換時刻配合時制計畫推展出影片中所有時刻之號誌組態。

### 4.1 影片錄製

於影片採集階段，研究者派員蒐集、錄製各式影像畫面。拍攝之注意事項從簡並採負面表列，除下述之要求為必須外並不多做限制：

- 畫面中必須包含道路與移動通行之車輛：無此者無法為本法所用。
- 攝影器材至少需伸高至離地 2.8 公尺：一般商家與路側監視器之最低高度。
- 攝影器材不挪動、轉向之時間至少 1 小時：多數情形下定焦監視器畫面幾不移動、晃動；固定之監視器比會轉動之監視器常見。

限制從簡之目的，在於盡可能不限縮拍攝者對路口拍攝畫面之想像。此係因鑑定實務中，影像物證之來源十分多元：路側商家裝設於騎樓用以監視進店門顧客之監視器、商家拍攝店門口收銀台作業狀況之監視器、商家於店內貨架間裝設朝向店門口之監視器、鄰里自設之維安用監視器... 等，此類裝設之目的多為拍攝店外或店內顧客、人行道之行人等，而非拍攝道路路況亦或路口號誌。警政署管轄之監視器則不盡然，部分監視器可得完整之路口畫面且影像十分清晰，部分僅攝得路口一隅而未攝入號誌，亦有僅攝入路段者，乃維安目的不同之故。使用時相轉換點定位法者即有需辨明事發時點之號誌者，亦即號誌未攝於畫面者，故本法必將面對路口資訊揭露度較低之影像畫面。欲拍攝資訊完整之畫面，或許正面表列拍攝注意事項即可，然資訊揭露度低之畫面成因眾多（參 3.1.3、3.1.4 小節），窮舉不盡，如欲列於注意事項內恐有疏漏。鑑此，研究者將拍攝限制與規

範從簡，並盡其所能尋找數名不同之拍攝人員於不同地點進行拍攝，降低所得畫面之「一致性」，減少畫面間存在（且觀者渾然不覺）之「共同標準」。此做法除使資料貼近鑑定實務之情境，亦可作為揭露度或準確率影響因素（參 3.1 節）調整之回饋素材。研究者透過拍攝者採集之畫面檢討當前擬定之變因是否得宜：畫面中是否存在難以透過現有變因描述而又對揭露度或準確率影響卓著之特性？擬定之變因是否可度量於所有影片（例：「交通分隔帶是否植樹」對於未設置交通分隔帶者並無意義且無法度量）？攝得之畫面愈多元，愈有助跳脫思維桎梏發現漏失而重要之變因，以及存在設計瑕疵之變因（如「交通分隔帶是否植樹」）並進行修正。

拍攝之詳細流程載於附錄一，其中特需注意處於本段擇要說明。首先，由於器材架設完畢後至少離地 2.8 公尺，拍攝者將無法對攝影設備進行操作，故於正式拍攝前須預先裝設於雲台上並啟動錄影，同時調整各伸縮關節樺扣以拍攝符合調查員預期之畫面。待認定調整完成，降回確認方才所攝為所欲攝始得正式錄製。其次，於正式錄製時先攝錄任一號誌至其時相轉換，用意在於將時相轉換點作為影片時間軸上之錨點——由於正式攝錄之畫面不必然攝入號誌，而本研究因驗證之需要必須知曉影片時間軸中各時點之正確時相：配合影片拍攝日對應時段之時制計畫所建之時相尺，以該錨點做為時相尺之套疊基準進行套疊，從而得知全影片時間軸上各點之正確時相。透由此法得知正確時相，即可與時相轉換點定位法執行所得之結果相比較，檢驗定位結果是否正確。

## 4.2 影片記錄

以時相轉換點定位法進行時相定位前，必須將畫面中每一單位時間各行向車輛之通過情形以表格記錄，方可以時相尺套疊；本研究以 PotPlayer 作為影片播放軟體，以 Microsoft Office Excel 2016 之試算表進行記錄與時相尺套疊。於本研究中，記錄車輛通過情形之最小時間單位為「秒」，亦即記錄每一秒各行向分別有多少車輛通過路口。

首先設定播放軟體，使得影片播放時可同步顯示當下之時間軸，以利記錄者核對試算表上之時間；同時，將影片之快進／快退時間跨度調整為 1 秒（即與採用之最小時間單位相同），以便仔細比較每秒間車輛之通過情形（圖 18）。在影片畫質較低或拍攝角度較差時，車輛行動較難識別，記錄者對於不清楚之片段往往需快退並重複觀看多次，因此設定恰當時間跨度有助於減少觀看時間之浪費。

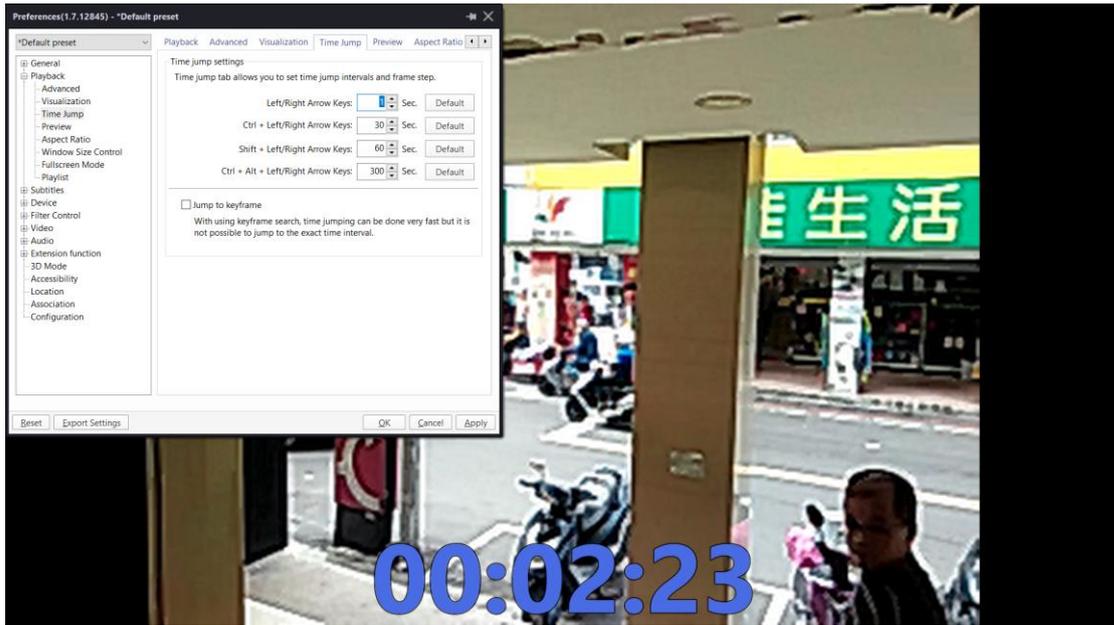


圖 18、影片播放介面設定

其次建立 Excel 試算表，表頭參圖 19 所示。在記錄作業開始之前，先設定各行向各車種對應之代碼圖 20，代碼之設定以記錄者方便操作之配置為原則(例：q、w、e、r、t)；接著，使用 LEN 與 SUBSTITUTE 之結合公式設定各行向各車種於每一秒之記錄欄，使其計算對應代碼之數量(參圖 21)；最後，凍結表頭與時間軸供記錄時參照用。

東往西												
左轉				直行				右轉				
大貨車	大客車	小客/貨車	機踏車	大貨車	大客車	小客/貨車	機踏車	行人	大貨車	大客車	小客/貨車	機踏車

圖 19、紀錄表表頭

左轉	大貨車	a		直行	大貨車	q		右轉	大貨車	u
	大客車	s			大客車	w			大客車	i
	小客/貨車	d			小客/貨車	e			小客/貨車	o
	機踏車	f			機踏車	r			機踏車	p
					行人	t				

圖 20、各行向車種代碼

M20      =LEN(\$C20)-LEN(SUBSTITUTE(\$C20,\$I\$3,""))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	代號定義		左轉	大貨車	a		直行	大貨車	q		右轉	大貨車	u	
2				大客車	s			大客車	w			大客車	i	
3	無攝入停止線 (採後輪進入畫)			小客/貨車	d			小客/貨車	e			小客/貨車	o	
4				機踏車	f			機踏車	r			機踏車	p	
5								行人	t					
6							可能不清楚(如果切得比較內線)							
7														
8							左轉			東往西 直行				
9	影片時間(自00:35起)		輸入欄				大貨車	大客車	小客/貨車	機踏車	大貨車	大客車	小客/貨車	機踏
10	00:00:35						0	0	0	0	0	0	0	0
11	00:00:36		e				0	0	0	0	0	0	0	1
12	00:00:37		e				0	0	0	0	0	0	0	1
13	00:00:38						0	0	0	0	0	0	0	0
14	00:00:39		e				0	0	0	0	0	0	0	1
15	00:00:40						0	0	0	0	0	0	0	0
16	00:00:41						0	0	0	0	0	0	0	0
17	00:00:42						0	0	0	0	0	0	0	0
18	00:00:43		e				0	0	0	0	0	0	0	1
19	00:00:44						0	0	0	0	0	0	0	0
20	00:00:45		ee				0	0	0	0	0	0	0	2
21	00:00:46						0	0	0	0	0	0	0	0

圖 21、以公式計算代碼數量

開始記錄時，記錄者一邊觀看影片中各行向於當秒通過之車種，一邊輸入對應代碼至輸入欄，以圖 21 為例，東往西在 00:00:45 有 2 輛小客／貨車左轉，則輸入兩次對應代碼 e，記錄欄便會產生對應之計數；影片時間每前進一秒，記錄者便按一次 Enter 使輸入欄位下移一秒。此操作方法可使記錄者專注於影像畫面，減少畫面切換、將手自鍵盤移至滑鼠點選欄位等造成之時間耗損，大幅提升操作效率。若遭遇流量較大之情形，可考慮一次記錄一個行向，換言之，若為十字路口則分四次記錄，若為丁字路口則分三次記錄；另一方面亦可考慮調整播放軟體使其慢速播放以利計算與判定；對於移動緩慢難以判定通過與否之車輛，則可考慮逐影格播放以精準確認其通過之時點。

### 4.3 車輛定義與判別

基於研究設計，模擬監視器畫面攝得之影像品質與揭露度往往較差，因此必須對諸多細節加以規範、明定判斷準則。於記錄階段，為「記錄影片中每秒通過畫面之車輛數」，定義何謂「通過」自為首要之務。本研究對「通過」之定義如下：

1. 若可清楚識別停止線，則車輛後輪通過停止線即為通過。

2. 若無法清楚識別停止線，但可合理判斷停止線位置，則視為可清楚識別者處理，並註記以畫面何處作為停止線之參照位置（即停止線代理物，如：安全島島頭、號誌桿、路側電箱...等）。
3. 若無法清楚識別停止線，亦無法判斷停止線之位置，則以「車輛後輪離開畫面」作為「通過」之標準。
4. 行人之通過判定標準，由於蒐集之資料中未達路口寬三分之一者常發生「見號誌轉紅而折返」之情形，故以通過路口寬三分之一做為判定通過之標準。
5. 若車輛後輪滯留於停止線/停止線參照物之上游（若為 3.之情形，則為畫面邊界以前），不可計為通過。

其次，對「轉彎車」之記錄方式進行定義：

1. 設一車由東向西之道路轉向北，則於「東向西」行向之欄位內計入其轉向。
2. 轉彎車輛通過之判定，以其進入路口之道路（來向）為基準，並參考「通過」相關定義進行判定。
3. 已符合通過之判定者便不須再理會。具體而言，諸如停在路心待轉之車輛等，由於已經被計為「通過」路口（參見「通過」定義），故後續無須再次記錄。

最後，對於「車種」之定義與記錄方式如下：

1. 大貨車：車體大於等於圖 22 中物流車之車輛者，記為大貨車。
2. 大客車：大於九人座休旅車者，記為大客車。
3. 小客／貨車：非屬上二者之四輪機動車輛者屬之。
4. 機踏車：機車、二輪車、三輪車屬之。
5. 腳踏車、電動助行車：於交通法規電動代步車應屬「行人」，而腳踏車屬「車輛」，然考量台灣用路人使用習慣，行人專用時相常有此二種車輛穿越，將代步車誤認為機動車輛之使用者亦所在多有，故腳踏車、四輪助行車於非行人專用時相通過時以機踏車記，於行人專用時相通過時以行人記。



圖 22、「大貨車」之判定基準

#### 4.4 時相轉換點定位與誤差計算

本段詳述時相轉換點定位之執行步驟，並輔以適量程式碼進行說明。首先，對影片資料依指定週期數建立一把時相尺。依行向不同，一週期內綠燈時間與紅燈時間的分布（黃燈因仍可通行，故納為綠燈時間）大致可分四種型態：A-Ox、B-xOx、C-OxOx、D-xOxOx（O 表綠燈，x 表紅燈），以型態 A 的 Setting dir\_1 為例（參附錄二），圖中「.Value=東往西\_直行」表行向為東向西之直行車輛，「.basic\_info」則記錄該行向於紀錄檔中之欄位位址，以及其綠燈秒數，「.calc\_redTime」則用來運算該行向於一個號誌週期內之紅燈秒數（即週期長減去綠燈時間）。

接著使用 VBA 程式碼令時相尺自紀錄檔中影片時間軸第一秒逐秒移至最後一秒，記錄每個挪移結果產生的綠燈通過量、找出綠燈通過量最大之挪移結果進行著色標記並作為定位結果。以圖 23 為例，時相轉換點定位法找出之最大綠燈通過量為將時相尺起點放置於影片時間 00:03:50 之結果，其綠燈通過量為 1376。同時，羅列該組態下各行向之通過量，俾進一步之判斷參考，如：是否剔除通過量分布情形與其他行向差異過大者（按：常見之失準情形有二類。一類為影片畫面受拍攝角度、遮蔽物等影響，使某些行向之車輛識別較為困難，可能造成該行向之記錄資料失準；第二類為某些行向未拍攝到停止線，使得該行向之通過判定較不準確，造成該行向之記錄資料失準。未拍攝到停止線的情形於本研究中較為常見。）

		東往西_左轉	東往西_直行	西往東_直行	西往東_右轉	南往北_左轉	南往北_直行	南往北_右轉	綠燈通過量
00:03:41	Iteration58	21	587	282	78	221	1	7	1197
00:03:42	Iteration59	21	598	292	81	223	1	7	1223
00:03:43	Iteration60	20	606	294	78	225	1	7	1231
00:03:44	Iteration61	20	616	300	80	226	1	7	1250
00:03:45	Iteration62	20	632	304	83	230	1	7	1277
00:03:46	Iteration63	20	650	308	86	230	1	7	1302
00:03:47	Iteration64	20	662	310	87	233	1	7	1320
00:03:48	Iteration65	20	678	316	92	236	1	7	1350
00:03:49	Iteration66	20	685	319	92	238	1	7	1362
00:03:50	Iteration67	20	695	321	94	238	1	7	1376
00:03:51	Iteration68	21	694	322	94	235	1	7	1374
00:03:52	Iteration69	21	678	309	94	204	1	7	1314
00:03:53	Iteration70	20	642	301	95	169	1	6	1234
00:03:54	Iteration71	19	616	287	97	136	1	5	1161
00:03:55	Iteration72	19	587	276	97	125	1	4	1109
00:03:56	Iteration73	16	565	269	96	115	1	3	1065
00:03:57	Iteration74	16	550	261	98	102	1	3	1031
00:03:58	Iteration75	15	530	256	99	93	1	3	997
00:03:59	Iteration76	15	512	251	101	88	1	3	971
00:04:00	Iteration77	15	497	245	103	81	1	3	945
00:04:01	Iteration78	12	483	240	103	73	1	3	915
00:04:02	Iteration79	10	472	237	104	70	1	3	897
00:04:03	Iteration80	10	465	233	102	64	1	3	878
00:04:04	Iteration81	10	454	233	103	62	1	3	866
00:04:05	Iteration82	9	443	230	102	58	1	3	846
00:04:06	Iteration83	9	432	226	102	52	0	2	823
00:04:07	Iteration84	9	426	221	101	45	0	1	803

圖 23、找出綠燈通過量最大者

在所有欲探討之週期數運算完畢後，為了解所得結果與「正確答案」是否相符，必須先得知「正確答案」。透過附錄一中第 4 步驟，便得以利用號誌變換之時間點對影片時間軸設定錨點。由於已掌握時制計畫，各行向號誌之秒數與切換關係皆為已知，因此可由已知行向的錨點（號誌變換時間點）推算時制計畫中第一時相之起始時間，進而得知整部影片各時間點的號誌組態，此即「正確答案」。於圖 23 中，以粗外框線框出之 00:03:49 為該筆資料期中某一週期之第一時相起始時間，亦即「正確答案」；以粗體標記之儲存格所在列（第 68 列，即 00:03:50 處）則為時相轉換點定位法運算得出之第一時相起始時間。由此，可知針對該筆資料，定位結果與「正確答案」存在 1 秒的延遲誤差。對於誤差秒數，倘定位結果早於「正確答案」計為負數，與之相等計為 0，晚於「正確答案」則計為正數；換言之，「較正確答案早 1 秒」計為「-1」，與正確答案相等計為「0」，「較正確答案晚 1 秒」計為「+1」。圖 24 為部分路口影像資料之定位結果。

1	路口名稱	運算週期數	運算結果數	綠燈通過量	每車道通過量	總通過量	紅燈通過量	紅燈通過率	運算結果	正確答案	誤差
2	公園路襄陽路	24	1	1985	306	2447	462	0.19	00:01:41	00:01:40	1
3	公園路襄陽路	15	1	1288	178	1423	135	0.09	00:06:41	00:01:40	1
4	公園路襄陽路	14	1	1204	170	1358	154	0.11	00:01:40	00:01:40	0
5	公園路襄陽路	10	1	885	123	985	100	0.10	00:06:41	00:01:40	1
6	公園路襄陽路	9	1	791	108	862	71	0.08	00:21:41	00:01:40	1
7	公園路襄陽路	8	1	709	98	780	71	0.09	00:16:41	00:01:40	1
8	公園路襄陽路	7	1	628	86	691	63	0.09	00:16:41	00:01:40	1
9	公園路襄陽路	6	1	553	76	608	55	0.09	00:16:41	00:01:40	1
10	公園路襄陽路	5	1	464	64	508	44	0.09	00:19:11	00:01:40	1
11	公園路襄陽路	4	1	388	53	424	36	0.08	00:21:41	00:01:40	1
12	公園路襄陽路	3	1	300	40	320	20	0.06	00:24:11	00:01:40	1
13	公園路襄陽路	2	1	209	27	219	10	0.05	00:26:41	00:01:40	1
14	公園路襄陽路	1	1	117	16	126	9	0.07	00:29:11	00:01:40	1
15	林森南路濟南路一段	24	1	1992	656	2622	630	0.24	00:02:38	00:00:06	2
16	林森南路濟南路一段	15	1	1274	417	1666	392	0.24	00:05:08	00:00:06	2
17	林森南路濟南路一段	14	1	1189	389	1554	365	0.23	00:07:38	00:00:06	2
18	林森南路濟南路一段	13	1	1112	361	1444	332	0.23	00:10:08	00:00:06	2
19	林森南路濟南路一段	12	1	1036	337	1348	312	0.23	00:12:38	00:00:06	2
20	林森南路濟南路一段	11	1	947	309	1237	290	0.23	00:12:38	00:00:06	2
21	林森南路濟南路一段	10	1	866	283	1132	266	0.23	00:17:38	00:00:06	2
22	林森南路濟南路一段	9	1	777	255	1021	244	0.24	00:17:38	00:00:06	2
23	林森南路濟南路一段	8	1	698	227	906	208	0.23	00:22:38	00:00:06	2
24	林森南路濟南路一段	7	1	612	198	792	180	0.23	00:25:08	00:00:06	2
25	林森南路濟南路一段	6	1	535	173	691	156	0.23	00:27:42	00:00:06	6
26	林森南路濟南路一段	3	1	275	86	345	70	0.20	00:35:12	00:00:06	6
27	林森南路濟南路一段	2	1	189	62	249	60	0.24	00:27:42	00:00:06	6
28	林森南路濟南路一段	1	1	98	31	123	25	0.20	00:37:43	00:00:06	7
29	林森北路民權東路二段	18	1	6981	612	7344	363	0.05	00:03:24	00:03:23	1
30	林森北路民權東路二段	15	1	5873	511	6135	262	0.04	00:03:24	00:03:23	1
31	林森北路民權東路二段	14	1	5504	479	5752	248	0.04	00:03:24	00:03:23	1
32	林森北路民權東路二段	13	1	5097	444	5332	235	0.04	00:06:44	00:03:23	1
33	林森北路民權東路二段	12	1	4694	410	4920	226	0.05	00:10:04	00:03:23	1
34	林森北路民權東路二段	11	1	4388	375	4496	108	0.02	00:03:24	00:03:23	1
35	林森北路民權東路二段	10	1	3995	341	4093	98	0.02	00:03:24	00:03:23	1
36	林森北路民權東路二段	9	1	3593	307	3685	92	0.02	00:03:24	00:03:23	1

圖 24、定位結果（部分）

#### 4.5 誤差值與定位結果數之影響因素分析

透過前揭步驟，針對每筆資料運算時相尺長度由 1 週期長至 15 週期長，以及最大可分析週期長之結果（最大可分析週期長：若影片時長 60 分鐘，號誌週期 2.5 分鐘，則最大可分析週期長為 24 週期長），所得資料如圖 24 所示。共計 28 個路口，每路口依 16 種時相尺長度產生 16 筆定位資料，共計 448 筆定位資

料，誤差值與對應資料筆數如圖 25 所示；擁有複數結果者則因誤差值不唯一，以「.」表示。資料中，誤差值以+1 的 134 筆為首，佔全體資料的 30%，+2 以 112 筆居次佔 25%，其餘誤差值之資料筆數則遠低於前者。誤差值為 0 者寡而為 +n 者眾之情形或可歸因於起動延滯。實際觀察所蒐集之影片資料，發現無論車種與時段、自紅燈轉為綠燈至鄰近停止線上游車輛之後輪通過停止線所需時間多在 1 秒左右。雖偶有提前起步的情形，但難以對此結果產生影響；甚至亦觀察到在正午與近凌晨時延滯時間近 2 秒者，故推測此情形發生於正午的原因在於日照眩光，使得號誌難以識別、發生於夜間者則可能導因於精神疲勞，注意號誌的能力以及見到號誌變換並採取行動的反應速度下降所致；然由於此二時段之樣本過少，無法進行具統計力之探討。

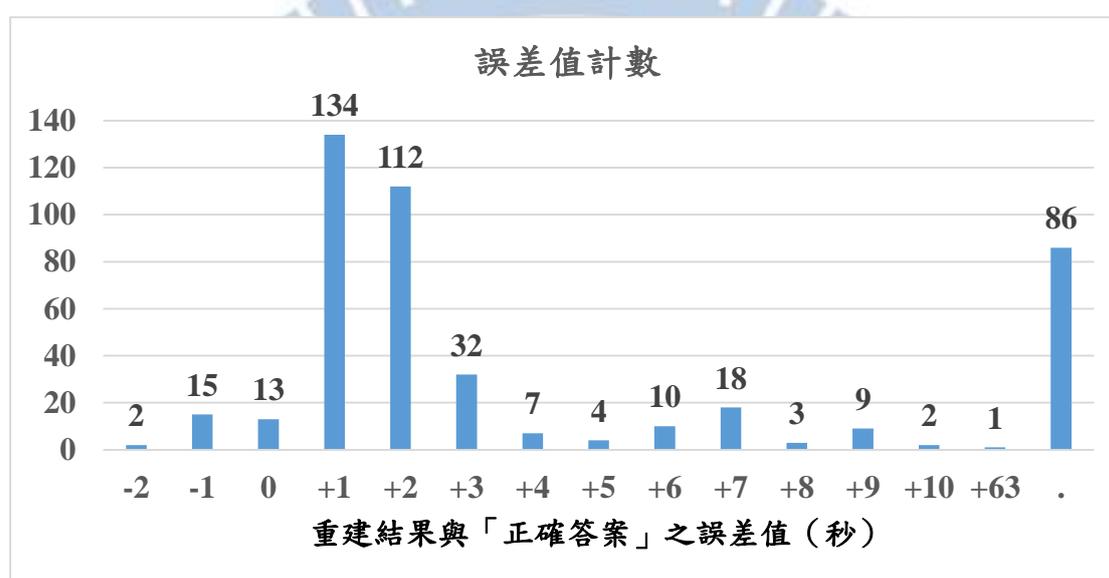


圖 25、誤差值計數圖

為達成時相轉換點定位法準確性評估之目的，乃至使得透由可控因素提升準確性成為可能，探討誤差值之影響因素為此目的之首要著力點。本研究依資料蒐集與資料處理之經驗，節選 3.1 節中以下自變數進入逐步邏輯斯迴歸分析，分別為：時相尺長度（單位：週期數）、綠燈通過量、紅燈通過量、總通過量、紅燈通過率（紅燈通過量除以總通過量）、停止線或其替代參照物數量、畫面是否遭遮蔽或難以識別車輛（是=1，否=0）、路口車道數、攝入車道百分比、路口型態（丁字=1，十字=0）等，共計 10 項自變數；依變數則為誤差值等於「+1」對誤差值不等於「+1」之勝算比之對數（參表 5）。有別於傳統「正確—錯誤」的表達型態，本研究透過「確定結果與結果之誤差值，即可得知正確值」之推論邏輯，將定位結果分為「誤差值為+1」與「誤差值不為+1」二類：「誤差值為+1」者，由於將結果減去誤差值（1 秒）後即為正確值，故可視為「正確」；「誤差值不為+1」則因無法得知校正值，故視為「錯誤」；未選擇「誤差值為『+0』與否」作為分類標準，乃因「誤差值為『+1』」之資料筆數於誤差值中居冠之故。由於時

間軸之可平移性，當透過所建模式判別定位結果之誤差值等於+1 時，只要將定位結果減去 1 秒，即可校正為正確結果，因此誤差值的選擇並不影響模式目的。

表 5、選用變數

依變數	自變數		
	類別變數	連續變數	
誤差值等於「+1」對 誤差值不等於「+1」 之勝算比之對數	路口型態 (丁字=1，十字=0)	時相尺長度	停止線或其替代 參照物數量
		綠燈通過量	路口車道數
	畫面是否遭遮蔽 或難以識別車輛 (是=1，否=0)	紅燈通過量	攝入車道百分比
		總通過量	紅燈通過率

透過逐步邏輯斯迴歸，所得模型如下所示（詳參表 6）：

$$\log\left(\frac{P(Y=1|X)}{1-P(Y=1|X)}\right) = 0.0660X_1 + 0.0012X_2 - 0.0095X_3 - 11.0822X_4 + 2.3857X_5 + 0.7283X_6 - 0.2522X_7 - 8.0568X_8 - 0.9015X_9 + 1.3996 \quad (1)$$

$X_1$ : 時相尺長度

(即分析使用之週期個數)

$X_2$ : 綠燈通過量

$X_3$ : 車道平均通過量

$X_4$ : 紅燈通過率

$X_5$ : 停止線或代理參照物數量

$X_6$ : 視野是否遭受遮蔽

$X_7$ : 路口車道數

$X_8$ : 攝入車道百分比

$X_9$ : 路口類型

在連續變數中，「車道平均通過量」、「紅燈通過率」、「路口車道數」與「攝入車道百分比」對依變數「誤差值為+1」之勝算比存在負向影響，其值愈高，誤差值為+1 的機率愈低；由標準化估計值將負向影響力由大而小排序為：攝入車道百分比 (-1.0926)、車道平均通過量 (-0.7084)、紅燈通過率 (-0.5329)、路口車道數 (-0.3309)。而存在正向影響力之連續變數則包含「時相尺長度」、「綠燈畫面通過量」與「停止線或代理參照物數量」。由標準化估計值將正向影響力排序由大而小依序為：停止線或代理參照物數量(+1.2644)、綠燈畫面通過量(+0.6596)、時相尺長度 (+0.2409)。類別變數中，「視野遭受遮蔽 (遭受遮蔽=1)」之情形將使「誤差值為+1」之機率上升，「路口類型 (丁字=1)」之情形則會使「誤差值為+1」之機率下降。式 1 中所有自變數在  $p=0.05$  之信心水準下均顯著。

表 6、「誤差值+1」之逐步邏輯斯迴歸結果

最大概度估計值分析							
參數	類別變數 之基底	DF	估計值	標準 誤差	Wald 卡方	Pr > ChiSq	標準化 估計值
截距	-	1	1.3996	1.0077	1.929	0.1649	-
時相尺長度**	-	1	0.066	0.0278	5.6294	0.0177	0.2409
綠燈畫面通過量**	-	1	0.0012	0.0004	12.8171	0.0003	0.6596
車道平均通過量**	-	1	-0.0095	0.0029	10.8512	0.001	-0.7084
紅燈通過率**	-	1	-11.082	3.7636	8.6707	0.0032	-0.5329
停止線或其替代參 照物數量**	-	1	2.3857	0.4245	31.5915	<.0001	1.2644
畫面遭遮蔽或難以 識別車輛**	0	1	0.7283	0.2379	9.3693	0.0022	0.3087
路口車道數**	-	1	-0.2522	0.0935	7.2835	0.007	-0.3309
攝入車道百分比**	-	1	-8.0568	1.4662	30.1957	<.0001	-1.0926
路口型態**	0	1	-0.9015	0.2639	11.668	0.0006	-0.4423

\* : p=0.1 ; \*\* : p=0.05 。

其中，對依變數「誤差值為+1」勝算比影響最大者為「停止線或代理參照物數量」，且當停止線或代理參照物數量愈多時「誤差值為+1」之勝算愈大。此結果當導因於攝得前述參照物時可縮減記錄員「自行判斷」之空間，使通過判定之標準齊一，弭除記錄人員進行影像記錄時之誤差，而令紀錄資料得以純粹反映畫面中車輛之行為。在對勝算比存在負面影響之變數中，居首的「攝入車道百分比」則與預期有異：原認為攝入車道愈全面、所獲資訊愈充分，得出期望結果之機率愈高，故該變數係數應為正數。然而，此結果或許指出另一種詮釋之可能：在畫面視野固定的情形下，攝入車道百分比愈高意味著在固定視野內湧入更多資訊，很可能導致「各車道皆看得見，卻看不清楚」的情形，而「看不清楚」便使得記錄人員難以維持齊一標準進行通過判定，甚至因難以識別而遺漏通過之車輛，進而影響資料之品質。

表 7 可見各變數在控制其他變數之情形下，每增加 1 單位對勝算比造成之效果。以「停止線或其替代參照物數量」為例，在控制其他變數的情況下，停止線或其替代參照物數量增加 1 單位(個)將使誤差值為+1 的勝算增加 10.867 倍。本研究亦實驗性地拍攝數支「路段」(例：圖 26) 影片進行記錄與時相轉換點定位，觀察無停止線或其替代參照物可能造成之影響，發現此類路段與「正確答案」之誤差動輒+3 乃至+9 秒，推測誤差之成因除無參照物使通過之判讀正確性下降外，攝錄畫面與路口之距離亦存在影響。若於某一行向未拍攝到停止線或其替代參照物，即表示鏡頭僅攝入該行向停止線之上游或下游，且所攝畫面未跨越該行

向之停止線；而監視用鏡頭視野已較一般鏡頭廣，尚且未攝入前述物件，表所攝畫面可能與停止線存在一段距離。又由於與停止線之距離將影響起動延滯，進而影響車輛自「號誌轉綠」至「車輛通過停止線」之時間間隔，因此當某行向之停止線或其替代參照物未被攝入時，該行向之通過判定將系統性地較實際通過時間早或晚（向前或向後平移），導致記錄失真，從而影響方法之準確性。

表 7、「誤差值+1」之勝算比估計值

勝算比估計值			
效果	點估計值	95% Wald 信賴界限	
停止線或其替代參照物數量**	10.867	4.729	24.968
畫面遭遮蔽或難以識別車輛**	4.292	1.689	10.907
時相尺長度**	1.068	1.012	1.128
綠燈畫面通過量**	1.001	1.001	1.002
車道平均通過量**	0.991	0.985	0.996
路口車道數**	0.777	0.647	0.933
路口型態**	0.165	0.059	0.464
紅燈通過率**	<0.001	<0.001	0.025
攝入車道百分比**	<0.001	<0.001	0.006

\*：p=0.1；\*\*：p=0.05。

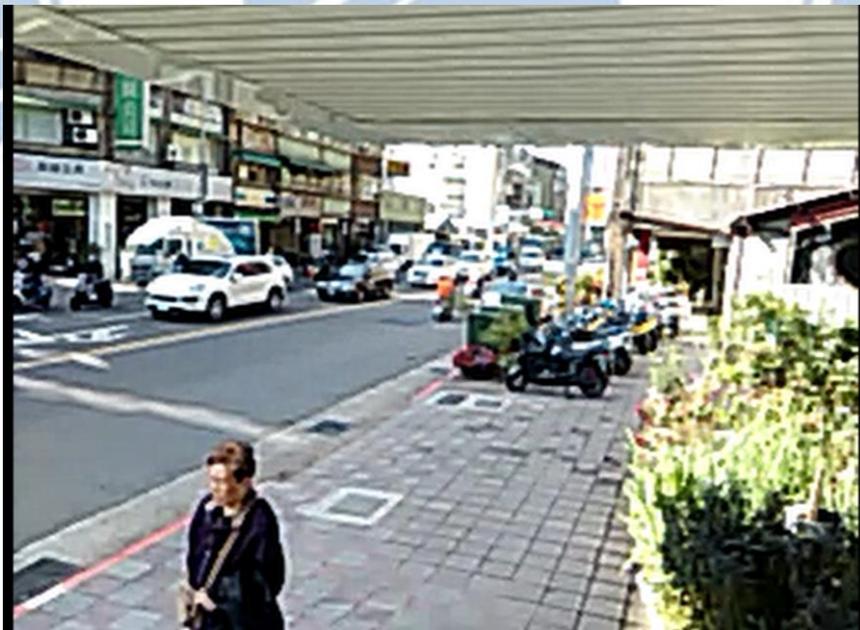


圖 26、僅攝入路段之影像資料

於所有 448 筆分析資料中，定位結果不唯一之數量共計 86 筆(圖 25 中「 . 」項)，佔總資料量的 19%。由於產生複數結果將使時相轉換點定位法難以產生裁

判可用之結論，為了解其發生情形，遂對數量進行統計（圖 27）。其中，定位結果唯一者居首共 362 筆，佔總資料量的 81%；定位結果數有二者共 65 筆，佔總資料量的 15%；定位結果數達三個以上者合計佔總量的 4%。時相轉換點定位法產生複數個結果之情形，導因於演算時複數個時相尺擺放位置之綠燈通過量相同且為最大值（參圖 28）。若發生此情形，便難以直接透過定位結果產生裁判可用之結論（實務上，「提出複數個可能的答案」之參考價值較低；號誌組態之鑑定案件若產生兩種以上的結果，往往不利於判決之作成。例如：倘定位結果之個數有二，分別為「誤差值為+0」與「誤差值為+2」，則難以透過客觀數據決定以何者作為裁量依據）因此，本研究對定位結果數進行統計並探討其影響因素，盼尋出其中的可控因素以降低實務上產生複數結果之可能。分析之依變數為「定位結果數唯一」之勝算比，自變數則與前段相同，並採邏輯斯逐步迴歸進行。所得模型如下（詳參

表 8)：

$$\log\left(\frac{P(Y=1|X)}{1-P(Y=1|X)}\right) = 0.0716X_1 + 0.0053X_2 - 2.0956X_3 - 0.0801X_4 + 2.5259X_5 - 1.2753 \quad (2)$$

$X_1$ : 時相尺長度

$X_3$ : 紅燈通過率

(即分析使用之週期個數)

$X_4$ : 路口車道數

$X_2$ : 車道平均通過量

$X_5$ : 攝入車道百分比

表 8、「定位結果唯一」之逐步邏輯斯迴歸結果

最大概度估計值分析						
參數	DF	估計值	標準誤差	Wald 卡方	Pr > ChiSq	標準化估計值
截距	1	-1.2753	0.5762	4.8984	0.0269	-
時相尺長度*	1	0.0716	0.039	3.3756	0.0662	0.2581
車道平均通過量**	1	0.00526	0.00195	7.2774	0.007	0.3831
紅燈通過率	1	-2.0956	1.3815	2.301	0.1293	-0.104
路口車道數	1	0.0801	0.0518	2.3894	0.1222	0.1121
攝入車道百分比**	1	2.5259	0.6865	13.5374	0.0002	0.3303

\* : p=0.1 ; \*\* : p=0.05 。

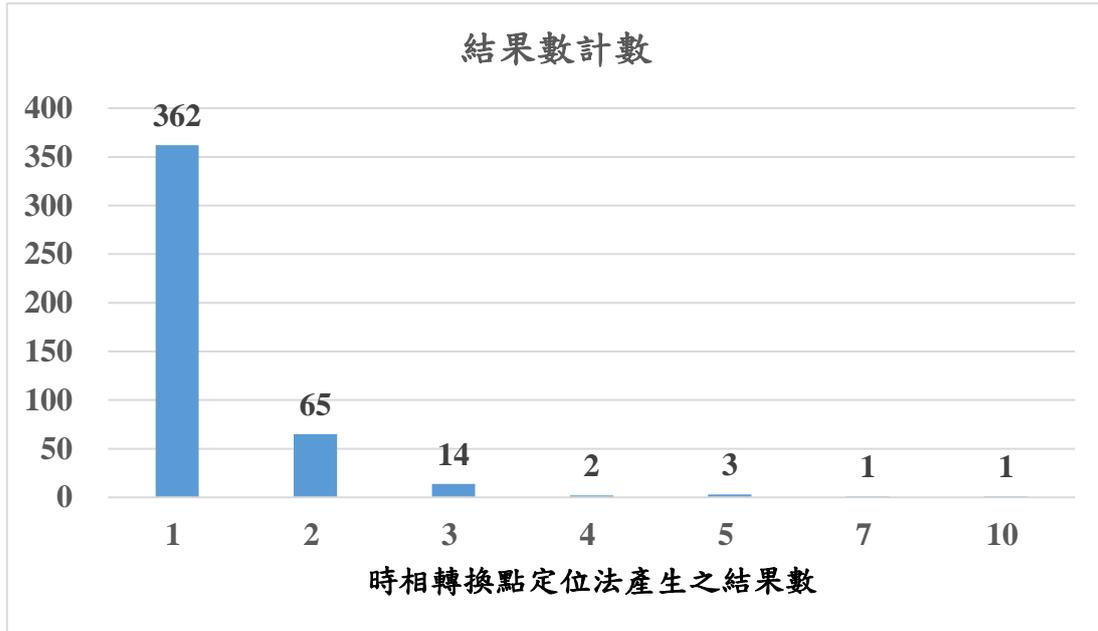


圖 27、結果數計數圖

A	B	I	J	K	L	M	N	O	P
		北往南 左轉	北往南 直行	北往南 右轉	南往北 左轉	南往北 直行	南往北 右轉		
00:46:44	Iteration2740	0	24	0	2	5	2		85
00:46:45	Iteration2741	0	24	0	2	5	2		85
00:46:46	Iteration2742	0	24	0	2	5	2		85
00:46:47	Iteration2743	0	24	0	2	5	2		85
00:46:48	Iteration2744	0	24	0	2	4	3		85
00:30:05	Iteration1741	0	14	2	4	7	3		84
00:30:06	Iteration1742	0	14	2	4	7	3		84
00:30:07	Iteration1743	0	14	2	4	7	3		84
00:46:39	Iteration2735	0	23	0	2	5	3		84
00:46:40	Iteration2736	0	24	0	2	5	2		84
00:46:41	Iteration2737	0	24	0	2	5	2		84
00:46:42	Iteration2738	0	24	0	2	5	2		84
00:46:43	Iteration2739	0	24	0	2	5	2		84
00:30:03	Iteration1739	0	14	2	4	7	3		83
00:30:04	Iteration1740	0	14	2	4	7	3		83
00:46:38	Iteration2734	0	23	0	2	5	3		83
00:46:49	Iteration2745	0	24	0	2	2	3		83
00:30:02	Iteration1738	0	13	2	4	7	3		82
00:30:08	Iteration1744	0	14	2	4	5	3		82
00:46:36	Iteration2732	0	22	0	2	5	3		82
00:46:37	Iteration2733	0	22	0	2	5	3		82

圖 28、時相轉換點定位法產生之結果不必然唯一

其中，對「定位結果數唯一」之勝算比存在正向影響者包含「時相尺長度」、「車道平均通過量」與「攝入車道百分比」，對其影響力依標準化估計值由大而小進行排序，依序為車道平均通過量 (+0.3831)、攝入車道百分比 (+0.3303)、時相尺長度 (+0.2581)、路口車道數 (+0.1121)；存在負向影響者則為「紅燈通過率 (-0.104)」。式中僅「車道平均通過量」與「攝入車道百分比」在  $p=0.05$  之信心水準下顯著，而「週期數」則在  $p=0.1$  之信心水準下顯著（

表 8)。「攝入車道百分比」代表畫面對路口的詮釋程度，同時亦與「畫面總通過量」相關(交通量固定的前提下，攝入車道愈多測得之通過量愈大)；「車道平均通過量」則可視為將通過量對路口大小進行校正後之數值，其值愈高表該筆資料於各用於時相轉換點定位之行向有愈大的通過量支撐，因此產生複數個綠燈通過量相同之最大值的機會將愈小。然「週期數」在 0.05 的信心水準下不顯著則不如預期：週期數愈大應造成愈大之通過量以及時相尺挪移的空間。

表 9 可見各變數在控制其他變數之情形下，每增加 1 單位對勝算比造成之效果。以「攝入車道百分比」為例，在控制其他變數的情況下，攝入車道百分比上升 1 將使定位結果數唯一的勝算增加 12.502 倍。

表 9、「定位結果唯一」之勝算比估計值

效果	勝算比估計值		
	點估計值	95% Wald 信賴界限	
攝入車道百分比**	12.502	3.256	48.013
路口車道數	1.083	0.979	1.199
時相尺長度*	1.074	0.995	1.16
車道平均通過量**	1.005	1.001	1.009
紅燈通過率	0.123	0.008	1.844

\* :  $p=0.1$  ; \*\* :  $p=0.05$  。

## 第五章 結論與建議

對於無法直接透由畫面判斷號誌燈面顏色之案件，T. Hugh Woo (2009) 研提結合時制計畫與監視影像之時相轉換點定位法，為過去極難解之案件帶來具邏輯基礎之推論。奠基於該時相轉換點定位法之貢獻與鑑定實務之需求，本研究分別探討此法之定位結果於不同情境之準確度表現，以及不同情境下定位結果不唯一之可能性（定位結果若不唯一，實務上將難以決定採用何者進行判決）。惟對於準確度之探討，有別於傳統「正確—錯誤」的表達型態，本研究透過「確定結果與結果之誤差值，即可得知正確值」之推論邏輯，將定位結果分為「誤差值為+1」與「誤差值不為+1」二類：「誤差值為+1」者，由於將結果減去誤差值（1）後即為正確值，故可視為「正確」；「誤差值不為+1」則因無法得知校正值，故視為錯誤。

誤差值之分析指出，**時相尺長度**（時相轉換點定位所分析之週期數，亦即增加供分析之影片時長）每增加 1 單位（1 個週期長），將使誤差值為+1 的機率增加 1.068 倍，此係實務面執行時**僅有的可控項**。是故，權責機關應盡可能提交時長足夠之影片予鑑定人以提升定位之準確率。若以號誌週期 200 秒進行估算，不考慮其他變因帶來的正面影響，提交一份 1000 秒（約 16.5 分鐘）的影片便可使誤差為+1 的機會增加 17.62 倍。理想情形中，同一路口在同一時制計畫（即「同一路口、同一時段」）內，各號誌週期之車流性質與行為應相仿，因此若存在產生定位誤差之因素，則必然為系統性因素，應會對整份資料造成影響而無關乎時相尺長度；然而，實務上即使「同一路口」之「同一時段」，通過路口之車輛其駕駛行為亦存在個體差異，因此時相尺愈短，時相轉換點定位法對個體差異愈敏感（愈易受個體差異影響），易導致準確率表現不穩定。故本研究建議權責機關盡可能提交長時數之影像予鑑定人，以協助提高本法準確率。除此之外，鑑定人亦可透由影像畫面中「停止線或其替代參照物數量」、「是否遭遮蔽或難以識別車輛」兩項主要影響因素，評估誤差值為+1 的機率，據以回答「有多少把握？」等實務上常見之詰問，甚至可進一步將其他統計顯著之項目納入計算，提供更精確之機率數據。

由勝算比估計值（表 7）可發現，在控制其他變數的前提下，每增加 1 個「停止線或其替代參照物數量」，誤差值為 1 的機率較誤差值不為 0 的機率多出 10.867 倍，為所有顯著變數中對勝算影響最大者。此情形十分合理：當畫面存在停止線或其替代參照物時，記錄人員得以準確且標準一致地記錄通過車輛，對於鑑定資料品質之提升具關鍵性影響。另一方面，若畫面於某一行向未拍攝到停止線或其替代參照物，即表示畫面僅拍攝到該行向之上游或下游且所攝畫面未跨越該行向

之停止線。而監視用鏡頭視野已較一般鏡頭廣，尚且未攝入前述物件，則所攝之畫面必然與停止線存在一段距離。又由於車輛與停止線之距離將影響起動延滯，進而影響該類型之畫面中車輛自「號誌轉綠」至「車輛通過停止線」之時間間隔。因此，當某行向之停止線或其替代參照物未被攝入時，該行向之通過判定將系統性地較實際通過時間早或晚（向前或向後平移），導致記錄失真，從而影響時相轉換點定位法之準確性。故執行時相轉換點定位法時，若「停止線或其替代參照物」不為零，可考慮將缺乏停止線或其替代參照物之行向排除，應有助提升準確率。由本研究之實驗性拍攝（參 4.5 節與圖 26）可知，拍攝畫面與停止線之距離將影響準確率，其影響力應值得未來研究進一步探討。

面對時相轉換點定位法產生複數結果之棘手情境，由定位結果數之迴歸分析可見，屬於唯一可控的「時相尺長度」仍對提升「定位結果結果唯一」之機率存在不可忽視之影響：時相尺每增加 1 單位長，將使定位結果唯一的機率提升 1.074 倍。對於週期較短（如：60 秒、120 秒）的路口而言，輸出 10 週期乃至 15 週期的影片資料並非難事卻可將機率提升至 10.74 至 16.11 倍，案件可能便因此得出唯一解而得以產生鑑定意見。另一方面，亦可由攝入車道百分比、車道平均通過量等主要影響因素預先判斷案件結果唯一的可能性，據此決定是否使用本法。

實務上，未來若欲應用此二邏輯迴歸模式預測一案件使用 Woo 之時相轉換點定位法之準確性，可分別參考附錄三與附錄四設定恰當之分割點。決定分割點時，不應僅擇正確率高者，當酌情並同時考量正確率、敏感度與特异性三者。例：當「誤差值等於+1」之結果將使當事人獲判有罪，而該案帶有「寧可錯殺不可漏放」之特性時，可將敏感度高者作為分割點之主要挑選準則，並確保正確率仍在可接受之範疇；依該準則進行分割點挑選之負面影響則在於偽陽性之機率亦將提高，可能使得將原應無罪之當事人獲判有罪。反之，在相同情境下若案件帶有「寧可誤放不可錯殺」之特性，則可將特异性作為分割點之主要挑選準則。

由於相似研究匱乏之因素，本研究首先發想並羅列眾多可能之準確性影響因素，並從中挑選所認為影響較大且有能力蒐集對應資料之因素進行探討，至此尚餘下眾多已列舉而尚未探討之可能影響因素（例：通過量對時間之分布情形、車種、時比、天候...等，參 3.1 節），待後繼者進行探討。其中，有關車種之影響亦可考慮依車種給予權重，賦予闖紅燈可能性較低之車種較高之權值，反之則給予較低之權值，並探討權值之設定對準確率之影響。

除此之外，研究者認為尚有巨觀與微觀二種面相可進行探討：巨觀尺度下，可探討不同縣市之準確率表現，並建構各縣市所適用之分割點查詢表以獲得更精確之準確率數值；微觀尺度下，由於時相轉換點定位法在未攝入停止線或其替代參照物時，將受影像畫面與停止線之距離影響，故該距離對準確率之實際影響數

值值得探討。若可進一步建立不同距離所造成之誤差，使得據以擬定不同距離對應之校正值，提升未攝入停止線或替代參照物案件之準確率。

未攝入號誌事故之訴訟真相難明，除為當事人帶來漫長之精神折磨，案件事實難定之繁訟亦對司法資源造成耗損，Woo 所發展之方法實為此類境況帶來一絲曙光，替「號誌難斷」之案件尋得一項過去未見的可能。故於此法，應值得更多研究者投入探索。在當今科技逐漸進步、監視系統的拍攝角度與廣度逐步改善、車載影像監視器逐漸普及的趨勢下，區域發展速度不均的事實勢必仍將產生此類需求；即使事件發生頻率不見得如一般事故頻繁，然而一旦事件發生，還原真相的手段便僅此唯一而別無他法。此時，訴訟程／調解程序中眾所矚目、望眼欲穿的便是事發真相與所用方法之準確性（可信度）。此研究旨在試圖織起一條真相的安全網，盼替博大精深的鑑識科學補上闕漏的一角，文中所討論之變因數量、面相或許不夠完整，所蒐集之資料亦僅限於台北、新竹市區，雖已透由調查離峰時段與中小型巷弄嘗試彌補市區交通量偏大可能造成的偏誤，然終究無法跳脫與兩都市共伴的第三級產業經濟特性；或許於一、二級產業為主的區域將因交通特性不同導致某些變因變得不顯著（或反之），而該性質之區域其監視錄影設備之完善程度很可能較市區低，致使產生多於都市的時相轉換點定位需求。衷心期待陸續出現後進者，一同將此法研究得更完備而周全，令當事人與司法／仲裁人員得以奠基於更堅實的真相基礎商討裁量、縮小心證空間、免除纏訟反覆之苦、提升全民福祉。

## 參考文獻

1. T. Hugh, Woo. (2009). Application of Video-aided Mapping in Verifying Signal Violation – A Case in Taiwan, *9th Institute of Traffic Accident Investigators Conference 2009*. UK: Hinckley.
2. Cheng, Y.-K., Wong, K.-H., Tam, C.-N., Tam, Y.-Y., Wong, T.-W., & Tao, C.-H. (2015). Validation of pedestrian throw equations by video footage of real life pedestrian/vehicle collisions. *Forensic Science International*, 257, 409-412. doi:10.1016/j.forsciint.2015.10.008
3. Han, I. (2016). Car speed estimation based on cross-ratio using video data of car-mounted camera (black box). *Forensic Science International*, 269, 89-96. doi:10.1016/j.forsciint.2016.11.014
4. Milliet, Q., Jendly, M., & Delemont, O. (2015). An innovative and shared methodology for event reconstruction using images in forensic science. *Forensic Science International*, 254, 172-179. doi:10.1016/j.forsciint.2015.07.028
5. Zhao, J., & Liu, Y. (2017). Safety evaluation of intersections with dynamic use of exit-lanes for left-turn using field data. *Accident Analysis and Prevention*, 102, 31-40. doi:10.1016/j.aap.2017.02.023
6. 洪龍勳，2011，丁字路口闖紅燈行為研究，國立交通大學運輸與物流管理學系碩士論文
7. 臺灣臺中地方法院 103 年度交訴字第 313 號判決
8. 最高法院 105 年度台上字第 2113 號判決
9. 臺灣高等法院臺中分院 105 年度交上更(一)字第 36 號判決
10. 臺灣高雄地方法院 104 年度交易字第 24 號判決
11. 臺灣高等法院高雄分院 104 年度交上易字第 122 號判決

12. 交路字第 009811 號函，1993，交通部
13. 葉乃靜，2012，《圖書館學與資訊科學大辭典》
14. 王子鳴，2018，《刑事訴訟法（下）》，高點文化



# 附錄一 拍攝流程

拍攝內容指示：

1. 將錄影器材妥當裝設於雲台上，確認攝錄功能正常運行。
2. 將器材各伸縮扣件伸至最大伸長量，以達研究之高度要求。
3. 啟動攝錄功能，並調整腳架之位置、朝向、懸吊桿與雲台之角度，待設置妥當後，降下伸縮桿並再次確認攝得畫面符合調查員之預期。隨後開始正式之錄製。
4. 自雲台取下攝錄器材，啟動錄像，並以手持形式攝錄路口任一號誌至其變號（綠轉紅或紅轉綠）。
5. 而後，在錄影狀態持續的前提下將攝錄器材裝回雲台，並重新將伸縮桿伸回原高度。
6. 待器材穩定不晃動後，等候一小時以錄製所需畫面。
7. 降下器材，結束錄製。

---

◆拍攝後當日請更新 Excel 紀錄表，並在各路口活頁簿內附上拍攝影片之截圖後回傳。

◆應標明截圖畫面中各方向路名。

◆若僅拍攝路口之一支，除記錄路名外，應標明畫面中路段近路口端為何處。

◆使用手機拍攝者請調降拍攝畫質，低至 QVGA 即可。

◎若使用手機拍攝需充電，將行充懸於腳架上之旋鈕即可邊充邊錄。

## 附錄二 時相尺程式碼

```
Option Explicit

Sub test()

Dim cycleTime As Integer
cycleTime = 120

Dim m As Integer
m = 1 '1個週期
For m = 1 To 15 '至多15個週期 (目前最大週期長為200, 不超過3600)

    '開一個存迴圈結果的分頁
    Dim newWS As Worksheet
    Set newWS = Sheets.Add
    newWS.Name = "迴圈結果_" & m & "週期"

    Dim recordWS As Worksheet
    Set recordWS = Worksheets("迴圈結果_" & m & "週期")

    '**型態A**
    Dim dir_A(1 To 3) As New StartAtBeginning_1Green

    'Setting dir_1
    recordWS.Cells(1, 2).Value = "東往西_左轉"
    dir_A(1).basic_info 4, 24, 27, 87
    dir_A(1).calc_redTime cycleTime

    'Setting dir_2
    recordWS.Cells(1, 3).Value = "東往西_直行"
    dir_A(2).basic_info 4, 28, 32, 87
    dir_A(2).calc_redTime cycleTime

    'Setting dir_3
    recordWS.Cells(1, 4).Value = "西往東_直行"
    dir_A(3).basic_info 4, 11, 19, 63
    dir_A(3).calc_redTime cycleTime

    '**型態C**
    Dim dir_C(4 To 4) As New StartAtBeginning_2Greens

    'Setting dir_4
    recordWS.Cells(1, 5).Value = "西往東_右轉"
    dir_C(4).basic_info 4, 20, 23, 63, 27, 27
    dir_C(4).calc_redTime2 cycleTime

    '**型態B**
    Dim dir_B(5 To 7) As New StartInMiddle_1Green

    'Setting dir_5
    recordWS.Cells(1, 6).Value = "南往北_左轉"
    dir_B(5).basic_info 4, 2, 5, 27, 90
    dir_B(5).calc_redTime2 cycleTime

    'Setting dir_6
```

# 附錄三 「誤差值等於+1」

## 邏輯斯迴歸分割點查詢表

以「分割點=0.56」為例：

1. 當數值代入模式所得之結果在 0.56 以上時，將其判定為「1」（表「成功」，即「誤差值等於+1」）、0.56 以下則判定為「0」（表「失敗」，即「誤差值不等於+1」）。
2. 以此分割點為基準預測本研究蒐集之資料，「正確判定誤差值=+1」者有 79 筆，「正確判定誤差值≠+1」者有 210 筆，「錯誤判定誤差值=+1」者有 18 筆，「錯誤判定誤差值≠+1」者有 55 筆。
3. 正確率：於該分割點，資料判定之結果正確者達 79.8%。
4. 敏感度 (Sensitivity)：於該分割點，判定誤差值等於+1，且誤差值確等於+1 之資料量達 59%。
5. 特異性 (Specificity)：於該分割點，判定誤差值不等於+1，且誤差值確不等於+1 之資料量達 92.1%。
6. 偽陽性 (False positive)：於該分割點，判定誤差值等於+1，但誤差值不等於+1 之資料量達 18.6%。
7. 偽陰性 (False negative)：於該分割點，判定誤差值不等於+1，但誤差值等於+1 之資料量達 20.8%。

表 10、「誤差值=+1」邏輯斯迴歸分割點查詢表

「誤差值=+1」邏輯斯迴歸分割點查詢表									
機率層級	正確		不正確		百分比				
	事件	非事件	事件	非事件	正確	敏感度	特異性	FALSE_POS	FALSE_NEG
<b>0.00</b>	134	0	228	0	37	100	0	63	.
<b>0.02</b>	134	49	179	0	50.6	100	21.5	57.2	0
<b>0.04</b>	132	58	170	2	52.5	98.5	25.4	56.3	3.3
<b>0.06</b>	131	63	165	3	53.6	97.8	27.6	55.7	4.5

<b>0.08</b>	131	68	160	3	55	97.8	29.8	55	4.2
<b>0.10</b>	131	72	156	3	56.1	97.8	31.6	54.4	4
<b>0.12</b>	130	88	140	4	60.2	97	38.6	51.9	4.3
<b>0.14</b>	128	97	131	6	62.2	95.5	42.5	50.6	5.8
<b>0.16</b>	126	105	123	8	63.8	94	46.1	49.4	7.1
<b>0.18</b>	124	115	113	10	66	92.5	50.4	47.7	8
<b>0.20</b>	119	119	109	15	65.7	88.8	52.2	47.8	11.2
<b>0.22</b>	114	126	102	20	66.3	85.1	55.3	47.2	13.7
<b>0.24</b>	112	128	100	22	66.3	83.6	56.1	47.2	14.7
<b>0.26</b>	111	136	92	23	68.2	82.8	59.6	45.3	14.5
<b>0.28</b>	106	144	84	28	69.1	79.1	63.2	44.2	16.3
<b>0.30</b>	102	151	77	32	69.9	76.1	66.2	43	17.5
<b>0.32</b>	101	156	72	33	71	75.4	68.4	41.6	17.5
<b>0.34</b>	101	162	66	33	72.7	75.4	71.1	39.5	16.9
<b>0.36</b>	97	164	64	37	72.1	72.4	71.9	39.8	18.4
<b>0.38</b>	95	168	60	39	72.7	70.9	73.7	38.7	18.8
<b>0.40</b>	91	173	55	43	72.9	67.9	75.9	37.7	19.9
<b>0.42</b>	90	175	53	44	73.2	67.2	76.8	37.1	20.1
<b>0.44</b>	88	180	48	46	74	65.7	78.9	35.3	20.4
<b>0.46</b>	88	184	44	46	75.1	65.7	80.7	33.3	20
<b>0.48</b>	87	190	38	47	76.5	64.9	83.3	30.4	19.8
<b>0.50</b>	86	198	30	48	78.5	64.2	86.8	25.9	19.5
<b>0.52</b>	85	201	27	49	79	63.4	88.2	24.1	19.6
<b>0.54</b>	83	205	23	51	79.6	61.9	89.9	21.7	19.9
<b>0.56</b>	79	210	18	55	79.8	59	92.1	18.6	20.8
<b>0.58</b>	75	212	16	59	79.3	56	93	17.6	21.8
<b>0.60</b>	74	214	14	60	79.6	55.2	93.9	15.9	21.9
<b>0.62</b>	71	216	12	63	79.3	53	94.7	14.5	22.6
<b>0.64</b>	68	219	9	66	79.3	50.7	96.1	11.7	23.2
<b>0.66</b>	68	221	7	66	79.8	50.7	96.9	9.3	23
<b>0.68</b>	63	222	6	71	78.7	47	97.4	8.7	24.2
<b>0.70</b>	60	223	5	74	78.2	44.8	97.8	7.7	24.9
<b>0.72</b>	57	224	4	77	77.6	42.5	98.2	6.6	25.6
<b>0.74</b>	54	225	3	80	77.1	40.3	98.7	5.3	26.2
<b>0.76</b>	51	225	3	83	76.2	38.1	98.7	5.6	26.9
<b>0.78</b>	48	225	3	86	75.4	35.8	98.7	5.9	27.7

<b>0.80</b>	46	225	3	88	74.9	34.3	98.7	6.1	28.1
<b>0.82</b>	45	226	2	89	74.9	33.6	99.1	4.3	28.3
<b>0.84</b>	41	226	2	93	73.8	30.6	99.1	4.7	29.2
<b>0.86</b>	36	226	2	98	72.4	26.9	99.1	5.3	30.2
<b>0.88</b>	31	226	2	103	71	23.1	99.1	6.1	31.3
<b>0.90</b>	21	226	2	113	68.2	15.7	99.1	8.7	33.3
<b>0.92</b>	14	226	2	120	66.3	10.4	99.1	12.5	34.7
<b>0.94</b>	11	227	1	123	65.7	8.2	99.6	8.3	35.1
<b>0.96</b>	3	227	1	131	63.5	2.2	99.6	25	36.6
<b>0.98</b>	0	228	0	134	63	0	100	.	37



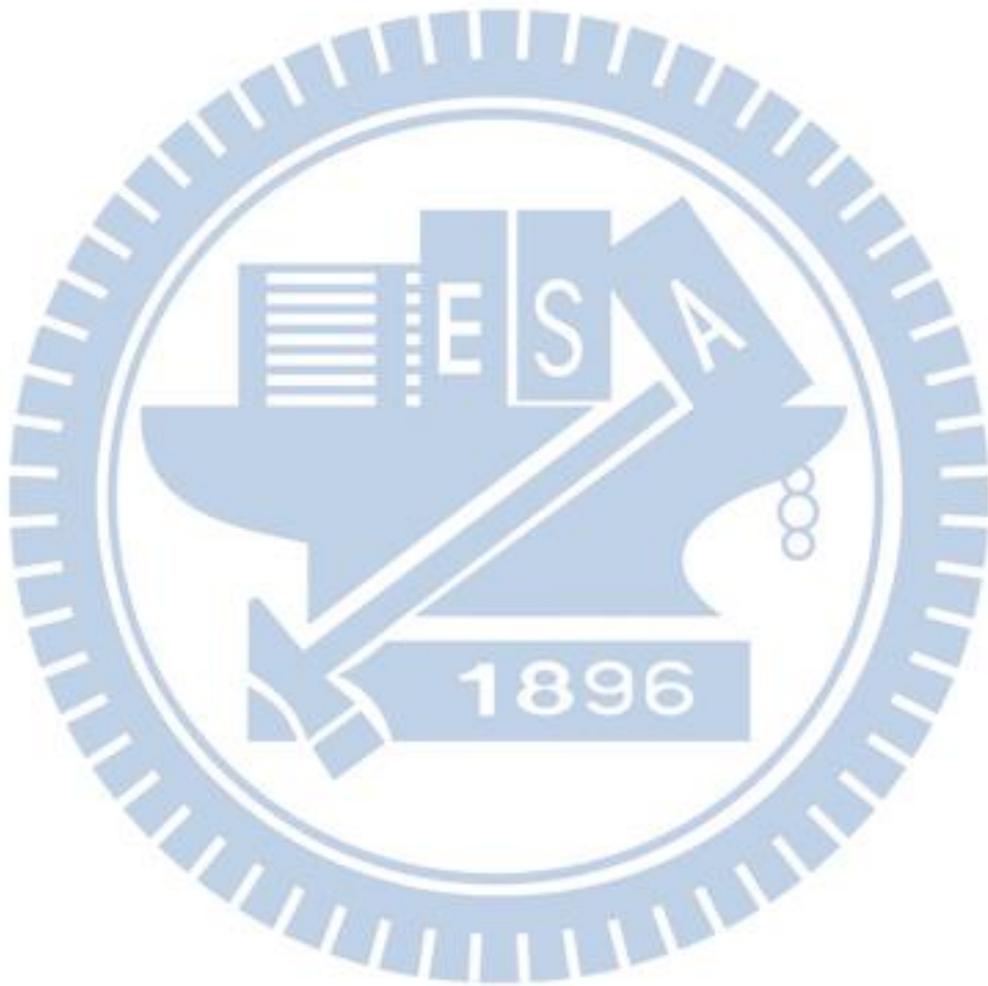
# 附錄四 「結果唯一」邏輯斯迴歸 分割點查詢表

查詢表之使用方式同附錄三。

表 11、「結果唯一」邏輯斯迴歸分割點查詢表

「結果唯一」邏輯斯迴歸分割點查詢表									
機率層級	正確		不正確		百分比				
	事件	非事件	事件	非事件	正確	敏感度	特異性	FALSE_POS	FALSE_NEG
0.38	362	0	86	0	80.8	100	0	19.2	.
0.40	360	0	86	2	80.4	99.4	0	19.3	100
0.42	358	0	86	4	79.9	98.9	0	19.4	100
0.44	357	1	85	5	79.9	98.6	1.2	19.2	83.3
0.46	355	3	83	7	79.9	98.1	3.5	18.9	70
0.48	355	3	83	7	79.9	98.1	3.5	18.9	70
0.50	351	7	79	11	79.9	97	8.1	18.4	61.1
0.52	350	7	79	12	79.7	96.7	8.1	18.4	63.2
0.54	349	13	73	13	80.8	96.4	15.1	17.3	50
0.56	343	14	72	19	79.7	94.8	16.3	17.3	57.6
0.58	341	18	68	21	80.1	94.2	20.9	16.6	53.8
0.60	336	21	65	26	79.7	92.8	24.4	16.2	55.3
0.62	332	25	61	30	79.7	91.7	29.1	15.5	54.5
0.64	326	26	60	36	78.6	90.1	30.2	15.5	58.1
0.66	320	32	54	42	78.6	88.4	37.2	14.4	56.8
0.68	311	38	48	51	77.9	85.9	44.2	13.4	57.3
0.70	300	43	43	62	76.6	82.9	50	12.5	59
0.72	292	45	41	70	75.2	80.7	52.3	12.3	60.9
0.74	281	49	37	81	73.7	77.6	57	11.6	62.3
0.76	266	52	34	96	71	73.5	60.5	11.3	64.9
0.78	252	54	32	110	68.3	69.6	62.8	11.3	67.1
0.80	239	59	27	123	66.5	66	68.6	10.2	67.6
0.82	220	63	23	142	63.2	60.8	73.3	9.5	69.3
0.84	208	65	21	154	60.9	57.5	75.6	9.2	70.3

<b>0.86</b>	188	70	16	174	57.6	51.9	81.4	7.8	71.3
<b>0.88</b>	166	72	14	196	53.1	45.9	83.7	7.8	73.1
<b>0.90</b>	141	76	10	221	48.4	39	88.4	6.6	74.4
<b>0.92</b>	112	79	7	250	42.6	30.9	91.9	5.9	76
<b>0.94</b>	84	82	4	278	37.1	23.2	95.3	4.5	77.2
<b>0.96</b>	51	84	2	311	30.1	14.1	97.7	3.8	78.7
<b>0.98</b>	19	85	1	343	23.2	5.2	98.8	5	80.1
<b>1.00</b>	0	86	0	362	19.2	0	100	.	80.8



## 附錄五 資料蒐集實務

本附錄以夜間拍攝臺北市新生南路三段與羅斯福路四段路口為例，嘗試說明器材設置之位置與所錄畫面之關係，以及可能產生之效果。圖 29 為將攝影器材架設於臺北市中正區羅斯福路四段 6 號門口，將攝影機升至離地 2.8 公尺，並朝北北東方向拍攝之配置圖(惟本研究每次拍攝時攝影器材之擺放位置與朝向皆不盡相同，此僅供示意)。圖 30 為架設點與路口之相對位置以及拍攝視野，器材位置以黑邊方框表示、攝影機之視野則以淺色扇形表示。



圖 29、(附錄) 器材架設完成示意圖

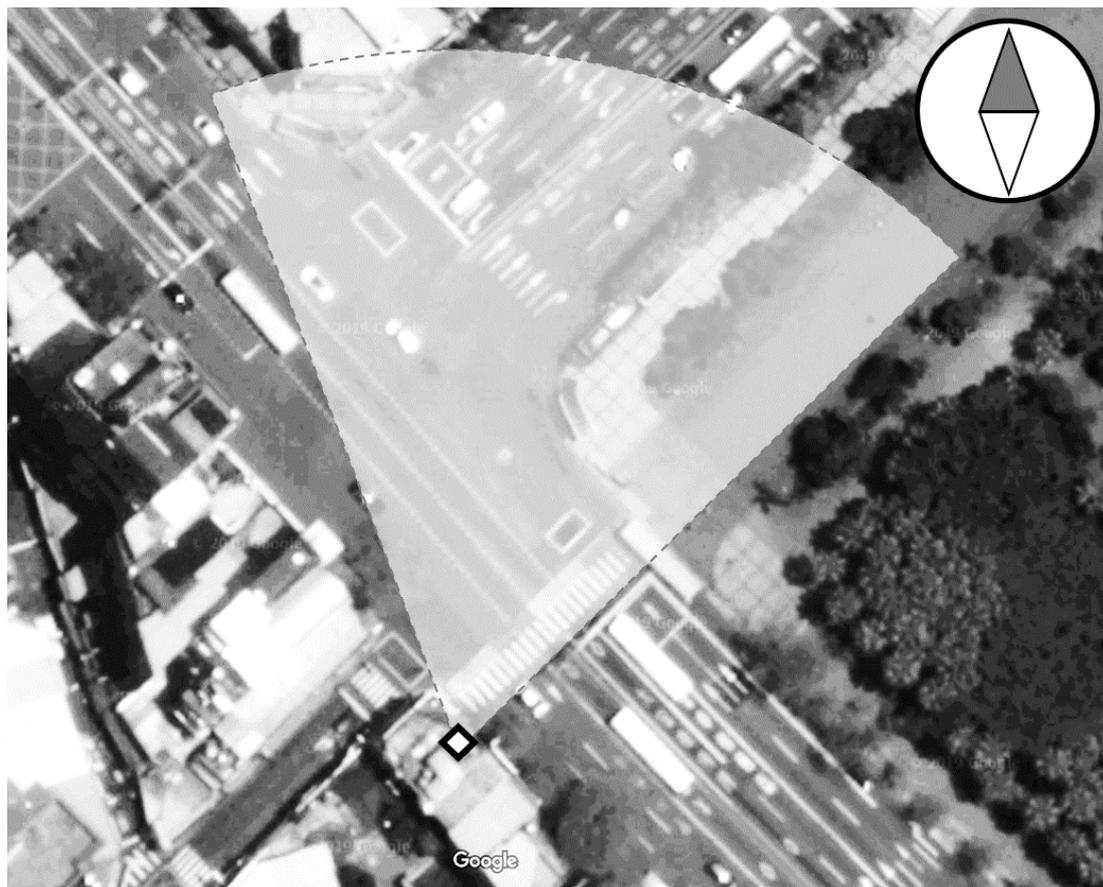


圖 30、(附錄) 器材擺放位置圖

此拍攝配置所得之畫面如圖 31 所示。畫面中可發現即使東北來向之停止線位於視野範圍內，然因距離過遠，使得停止線幾乎無法識別；西北來向之停止線完全落於視野之外，且該來向之車輛必須至少通過路口的二分之一，才會逐漸出現在畫面中；東南來向之停止線雖恰落於視野外，然若僅由圖 31 之畫面實難推敲停止線與畫面邊界之真實距離。此例直接地反映了實務應用可能遇見的主要問題：東北來向之停止線雖位於視野內卻難以識別，影響車輛通過判定之精確度，可能進而影響後續時相轉換點定位之準確率，同時因夜晚畫面過曝嚴重，使得停止線附近車輛密集處頭燈亮成一片、難以精確計算車輛數；西北來向之停止線離畫面所攝範圍過遠，難以準確掌握該來向車輛何時通過停止線進入路口；東南來向之停止線離畫面近但確切距離未知，亦難以準確掌握通過停止線之時間。由此可見，縱使畫面未受遮蔽且視野涵蓋半個路口有餘，仍難保有效地掌握所需資訊。對以此情形，可考慮從東北來向著手：仔細觀察多個週期東北來向車輛停等時之最前沿，將其定為停止線，並在螢幕上浮貼透明塑膠板後劃記於板上，便可獲得位置固定之停止線代理參照物。對於東南來向，首先配合 Google 街景嘗試掌握停止線位置，若距離畫面邊界不遠，則可考慮將通過之判定標準定為「車頭恰出現於畫面邊界」，藉以彌補距離造成之延遲。西北來向由於所攝位置距停止線過遠，車輛通過之延遲嚴重（燈號轉綠後數秒始有車輛出現於畫面中），因此可考慮針對西

北來向之通過紀錄進行若干秒之平移，平移量則可參考東北來向之通過趨勢配合時制計畫訂定；然依研究者之經驗以及本研究對類似資料進行時相轉換點定位之結果，捨棄該行向之資料或許有助於準確率之維持。原因在於該行向與視野邊界存在大角度的斜交關係，因此縱使以車頭恰出現於畫面計為「通過」，對於同一時間點出發之內外側車道車輛，內側車將早於外側車出現於畫面中。是故，即使進行秒數平移，仍無法同時正確校正內外側車道之通過時間（外側車道所需之校正量大於內側車道）。又因機車難以明確依行進軌跡劃分車道，而我國機車密度極高，故即便欲依車道由內側至外側給予不同之校正量，恐亦非當。因此，若其他行向資料足夠，建議捨棄該行向之紀錄。



圖 31、(附錄) 所攝畫面截圖

## 附錄六 攝錄資料表

表 12、攝錄資料表

日期	調查時間	城市	路口
108年1月16日	11:41-12:43	臺北市	公園路襄陽路
108年1月16日	14:23-15:25	臺北市	林森南路濟南路一段
108年1月23日	10:08-11:10	臺北市	林森北路民權東路二段
108年1月23日	11:34-12:36	臺北市	林森北路錦州街
108年1月23日	12:48-13:51	臺北市	民生東路一段新生北路二段(路段)
108年1月23日	13:59-15:01	臺北市	民生東路二段中原街
108年1月23日	15:10-16:11	臺北市	中原街吉林路144巷
108年1月29日	10:49-11:50	臺北市	民權東路三段復興北路(路段)
108年1月29日	13:56-14:58	臺北市	民生東路四段民生東路四段80巷(路段)
108年1月29日	16:22-17:25	臺北市	光復北路延壽街
108年1月30日	10:08-11:12	臺北市	酒泉街重慶北路三段(路段)
108年1月30日	11:24-12:25	臺北市	大龍街酒泉街
108年1月30日	14:16-15:18	臺北市	延平北路三段昌吉街
108年1月30日	15:35-16:37	臺北市	延平北路二段涼州街(路段)
108年3月27日	20:37-21:40	新竹市	慈雲埔頂路
108年3月27日	21:56-23:01	新竹市	慈雲埔頂二路
108年3月27日	21:59-22:59	新竹市	寶山園區三路
108年3月27日	23:36-24:36	新竹市	寶山高翠路
108年3月27日	23:57-00:58	新竹市	寶山食品路
108年3月28日	23:03-00:04	新竹市	南大西大路
108年3月28日	23:08-00:14	新竹市	西大林森路
108年3月29日	13:50-15:08	新竹市	食品路東南街
108年4月2日	13:24-14:27	新竹市	光復二學府路
108年4月3日	11:07-12:10	新竹市	光復二水源街
108年4月9日	15:00-16:00	新竹市	慈雲埔頂路
108年4月9日	19:50-20:50	新竹市	慈雲埔頂二路
108年4月10日	14:14-15:14	新竹市	寶山路與寶山路452巷
108年4月10日	15:45-16:45	新竹市	四維路西門街
108年4月11日	11:17-12:17	新竹市	研發六新安路
108年4月11日	11:50-12:50	新竹市	寶山高翠路
108年4月11日	21:42-22:44	新竹市	研發六新安路

108年4月12日	12:40-13:40	新竹市	園區二新安路
108年4月12日	13:00-14:00	新竹市	園區二園區三路
108年4月12日	22:24-23:24	新竹市	光復科學園路
108年4月12日	22:34-23:24	新竹市	光復一慈雲路

