

102-147-3418
MOTC-IOT-101-SDB001

建立自行車騎士在道路上的 風險資料系統



交通部運輸研究所
中華民國 102 年 8 月

102-147-3418
MOTC-IOT-101-SDB001

建立自行車騎士在道路上的 風險資料系統

著者：許峻嘉、董基良、林志勇、張仁礦、張開國、賴靜慧、
孔垂昌

交通部運輸研究所
中華民國 102 年 8 月

國家圖書館出版品預行編目資料

建立自行車騎士在道路上的風險資料系統 / 許峻嘉等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，民 102.10
面；公分
ISBN 978-986-03-8440-6(平裝)

1. 交通安全 2. 腳踏車

557

102021071

建立自行車騎士在道路上的風險資料系統

著者：許峻嘉、董基良、林志勇、張仁礦、張開國、賴靜慧、孔垂昌

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 102 年 8 月

印刷者：良機事務機器有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 80 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：180 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1010202175 ISBN：978-986-03-8440-6 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究/共同研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：建立自行車騎士在道路上的風險資料系統			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-03-8440-6(平裝)	政府出版品統一編號 1010202175	運輸研究所出版品編號 102-147-3418	計畫編號 101- SDB001
本所主辦單位：運輸安全組 主管：張開國 計畫主持人：張開國 研究人員：賴靜慧、孔垂昌 聯絡電話：(02)2349-6861 傳真號碼：(02)2545-0429	合作研究/共同研究單位：龍華科技大學 計畫主持人：許峻嘉 研究人員：董基良、林志勇、張仁礦 地址：桃園縣龜山鄉萬壽路一段 300 號 聯絡電話：(02)82093211-5800		研究期間 自 101 年 2 月 至 101 年 11 月
關鍵詞：自然駕駛；自行車；資料編譯			
<p>摘要：</p> <p>本研究之目標在建立一個系統化之風險資料蒐集、處理與分析系統。進行方式為先利用 100 年所蒐集資料，設計一套調查資料的編譯方法，並於 100 年所建立之行為觀察軟硬體雛型基礎上，進行必要的設備調整。透過實車測試蒐集自然騎乘行為資料及進行調查資料的編譯工作，本研究已將原始記錄的資料，編譯成可進一步分析自行車騎士在道路上之風險因素的資料，建立自行車騎士在道路上的風險資料系統。</p> <p>本研究所建立之系統，包含由騎乘行為資料蒐集、資料前處理與匯入自行車騎乘行為資料庫、觀察事件與環境註記到各事件三階段分析之流程，以及完成各處理流程所需之程式介面設計與開發。同時建立一縮減資料量以加速資料註記進度之方法，此方法透過 6 項參數門檻，包括橫向加速度、縱向加速度、龍頭轉角值、左側超音波間距值、右側超音波間距值和車速微分縱向加速度，建立 3 組門檻值組合，透過此 3 項門檻值組合可篩選出原始資料約 20%之資料量，繼以資料整併流程再次縮減資料量至原始資料之 2%，作為資料註記的基礎。本研究並利用經過處理的資料，以個案分析方式確認其可應用性。</p>			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
102 年 8 月	224	180	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密</p> <p>（解密條件：<input type="checkbox"/> 年 月 日解密，<input type="checkbox"/> 公布後解密，<input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Develop a risk data system for bicyclists riding on the roads			
ISBN(OR ISSN) 978-986-03-8440-6	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010202175	IOT SERIAL NUMBER 102-147-3418	PROJECT NUMBER 101- SDB001
DIVISION: Safety Division DIVISION CHIEF: Chang, Kai-kuo PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang, Kai-kuo PROJECT STAFF: Lai, Ching-Huei; Kung, Chui-Chang PHONE: 886-2-23496861 FAX: 886-2-25450429			PROJECT PERIOD FROM February 2012 TO November 2012
RESEARCH AGENCY: Lung Hwa University of Science and Technology PRINCIPAL INVESTIGATOR: Hsu Chun-Chia PROJECT STAFF: Doong, Ji-Liang, Lin, Chih-Yung, Chang, Jen-Kuang ADDRESS: No.300,Sec.1,Wanshou Rd.,Guishan Shiang,Taoyuan County 33306,Taiwan (R.O.C.) PHONE: 886-2-82093211-5800			
KEY WORDS: Natural driving ; Bicycle ; Data Coding			
ABSTRACT: The pupose of this study was to build a system for traffic risk data collection, processing, and analyzing. Firstly, this study developed an annotation and reduction system to extract and code information relevant to naturalistic cycling data based on the data collected in a previous IOT study. Secondly, based on a prototype of instrumented bicycle proposed in the previous IOT study, some on-board instruments were modified as necessary. Finally, the data collected by the instrumented bicycle being ridden in the real traffic were reduced and annotated for risk analysis. An applicable risk data system for bicyclists riding on the roads was built in the present study. The system included cycling data collecting, data pre-processing and merging into a cycling behavior database, traffic and environment conditions annotating, and three-staged traffic event analysis. An assistant computer sofeware for data processing was also developed. Additionally, a data reduction and an annotation method were proposed. This method used six parameters' thresholds, including lateral acceleration, lognitudial acceleration, wheel angle, left-side ultrasonic sensed distance, right-side ultrasonic sensed distance, and lognitudial acceleration from speed differential, to set up three trigar rules. Such rules can reduce the numerous raw data to 20% with meaningful data. A combination procedure further reduced the numbers of data to 2% for data annotation. In the present study, some cases analysis have demonstrated the applicabilities of data treated through these procedures.			
DATE OF PUBLICATION August 2013	NUMBER OF PAGES 224	PRICE 180	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	IV
圖目錄.....	VI
第一章 緒論.....	1-1
第二章 文獻回顧.....	2-1
2.1 道路及交通環境因素對自行車騎士的損傷影響.....	2-1
2.2 道路及交通環境因素對自行車騎士的相容性影響.....	2-4
2.3 行為資料編譯相關文獻.....	2-8
2.4 小結.....	2-10
第三章 自行車騎乘行為偵測系統開發.....	3-1
3.1 自行車騎士騎乘行為偵測系統.....	3-1
3.1.1 行車影像記錄器.....	3-1
3.1.2 軌跡記錄器.....	3-4
3.1.3 可變電阻.....	3-4
3.1.4 三合一感測器(內含加速度計、電子羅盤和陀螺儀).....	3-5
3.1.5 近接開關.....	3-6
3.1.6 超音波測距儀.....	3-9
3.2 超音波測距儀驗證.....	3-10
3.2.1 靜態驗證.....	3-10
3.2.2 動態驗證(低速).....	3-13
3.2.3 超音波測距儀動態驗證(高速).....	3-17
3.2.4 超音波架設高度對偵測數值之影響驗證實驗.....	3-20
3.3 車速擷取設備驗證.....	3-26
3.4 三合一感測器與 Wii 加速度計驗證.....	3-28
3.5 龍頭轉角擷取設備驗證.....	3-30
第 4 章 實驗設計.....	4-1

4.1 實驗路線規劃構想.....	4-1
4.2 實驗路線替選方案之資料蒐集.....	4-3
4.3 實驗路線替選方案評估.....	4-15
4.4 實驗設計及流程.....	4-15
第 5 章 大量資料解析方法.....	5-1
5.1 建立參數門檻值組合之方法.....	5-1
5.2 評估參數之數據資料來源及建立門檻值組合 A.....	5-3
5.2.1 評估參數資料來源及個別門檻值.....	5-3
5.2.2 建立門檻值組合 A 與觸發條件.....	5-10
5.2.3 建立門檻值組合 B 與 C：2 項參數.....	5-14
5.2.4 其它門檻值組合方案評估結果彙整說明：2 項參數.....	5-22
5.3 驗證門檻值組合穩健性.....	5-24
5.4 資料縮減與整併方法.....	5-26
5.5 小結.....	5-31
第六章 資料解析處理流程與程式開發.....	6-1
6.1 數據資料與影像資料前處理.....	6-1
6.2 參數資料門檻值組合篩選與整併程式.....	6-3
6.3 資料觀察註記程式.....	6-6
6.4 道路環境資料註記程式.....	6-9
6.5 註記事件分類與事件第二階段註記程式.....	6-11
第七章 風險資料庫基本統計分析.....	7-1
7.1 受測者樣本資料.....	7-1
7.2 影像觀察註記事件統計.....	7-1
7.3 常見事件資料之統計分析.....	7-6
第八章 風險資料庫應用分析範例.....	8-1
8.1 左側超車事件分析.....	8-1
8.1.1 左側超車事件註記方法.....	8-1

8.1.2 影響超車事件左側橫向間距之因素探討與分析.....	8-3
8.1.3 實驗路段差異對左側橫向間距影響.....	8-6
8.2 騎乘路徑與路面參考線間距變化分析.....	8-10
8.3 自行車騎士風險資料系統未來可能應用.....	8-13
第九章 結論與建議.....	9-1
9.1 結論.....	9-1
9.2 建議.....	9-2
參考文獻.....	參-1
附錄 1 CCD 影像資料的變數定義	附-1
附錄 2 期中報告審查意見處理情形表.....	附-8
附錄 3 期末報告審查意見處理情形表.....	附-17
附錄 4 簡報資料.....	附-24

表目錄

表 2.1 自行車相容性指標中顯著因素彙整表(以 Bike ISI 變數為範圍)	2-7
表 3.1 自行車騎士騎乘行為觀察所需設備及可輸出資料項目	3-1
表 3.2 超音波感測器量測驗證結果	3-10
表 3.3 不同移動速度下不同障礙物距離之測試結果	3-13
表 3.4 物體自由落體高度與速度關係表	3-18
表 3.5 車速累計里程與實際距離比較	3-27
表 4.1 實驗路線之路段控制因素及其水準規劃	4-2
表 4.2 實驗路線之路口控制因素及其水準規劃	4-3
表 4.3 縣道 105 上類似自行車專用道之設施照片	4-6
表 4.4 實驗路線替選方案 1 與自行車騎乘空間相關之資料：林口長庚醫院附近	4-7
表 4.5 實驗路線替選方案 1 之各路段照片：林口長庚醫院附近	4-9
表 4.6 實驗路線替選方案 2 與自行車騎乘空間相關之資料：龍華科技大學附近	4-11
表 4.7 實驗路線替選方案 2 之各路段照片：龍華科技大學附近	4-13
表 4.8 實驗路線替選方案評估表	4-15
表 5.1 分析用樣本之龍頭轉角數據資料分布	5-4
表 5.2 分析用樣本之橫向加速度數據資料分布	5-5
表 5.3 分析用樣本之縱向加速度數據資料分布：Wii 加速度計及三合一感測器	5-7
表 5.4 分析用樣本之縱向加速度數據資料分布：速度微分後移動平均值	5-8
表 5.5 分析用樣本之左側、右側間距數據資料分布	5-9
表 5.6 5 項參數門檻值組合方案	5-11
表 5.7 5 項參數門檻值組合方案觸發之數據資料點數目分布	5-12
表 5.8 各門檻值組合方案之事件註記狀況	5-12
表 5.9 龍頭轉角與縱向加速度(速度微分及移動平均)之門檻值組合方案觸發的數據資料點數目	5-16
表 5.10 龍頭轉角與縱向加速度(速度微分及移動平均)之門檻值組合方案的新增	

事件彙整表.....	5-19
表 5.11 龍頭轉角與橫向加速度之門檻值組合方案觸發的數據資料點數目	5-21
表 5.12 參數門檻組合 A~C 註記之動態事件件數統計	5-21
表 5.13 龍頭轉角與右側間距之門檻值組合方案觸發的數據資料點數目	5-22
表 5.14 龍頭轉角與左側間距之門檻值組合方案觸發的數據資料點數目	5-23
表 5.15 參數門檻直組合 A+B+C 可觸發事件之驗證結果	5-24
表 5.16 參數門檻值組合 A 觸發之數據資料點數目分布	5-27
表 5.17 參數門檻值組合 B 及 C 觸發之數據資料點筆數	5-28
表 5.18 不同整併範圍之資料縮減結果	5-30
表 5.19 本研究提出之參數門檻值組合	5-31
表 7.1 騎乘資料蒐集實驗受測者背景資料	7-2
表 7.2 註記事件之每人平均次數統計表：龍華科技大學附近路線	7-3
表 7.3 註記員 A 和 B 註記事件次數比較	7-6
表 8.1 左側超車事件三階段註記定義	8-3
表 8.2 ANOVA 統計分析結果	8-4
表 8.3 各因素之橫向間距平均值、標準差與樣本數	8-5
表 8.4 自行車騎士行為及其影響因素：個體資料觀察	8-15

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	1-2
圖 2-1 部份間距記錄表格	2-9
圖 3-1 市售之行車錄影監視器	3-2
圖 3-2 市售之行車錄影監視器測試影像	3-2
圖 3-3 自行車搭載行車影像記錄器拍攝影像範圍(側視圖).....	3-3
圖 3-4 自行車搭載設備量測範圍(上視圖)	3-4
圖 3-5 GPS 衛星接收器	3-4
圖 3-6 可變電阻量測機構	3-5
圖 3-7 三合一感測器	3-5
圖 3-8 三合一感測器規格表	3-6
圖 3-9 裝置在輪幅上的近接開關	3-7
圖 3-10 Aloha 自行車碼錶於輪幅上安裝 1 個感應磁鐵用以偵測速度	3-8
圖 3-11 Garmin Edge 500 配備之自行車踏頻感測器	3-8
圖 3-12 踏頻感測器(左：曲柄感應磁鐵，中：踏頻器，右：速度感應磁鐵)	3-9
圖 3-13 超音波距離偵測設備	3-9
圖 3-14 實際距離 50cm 之靜態超音波偵測值測試	3-10
圖 3-15 實際距離 100cm 之靜態超音波偵測值測試	3-11
圖 3-16 實際距離 150cm 之靜態超音波偵測值測試	3-11
圖 3-17 實際距離 200cm 之靜態超音波偵測值測試	3-12
圖 3-18 實際距離 250cm 之靜態超音波偵測值測試	3-12
圖 3-19 超音波測距儀動態驗證實驗示意圖	3-13
圖 3-20 實際距離 50cm 之動態速度 1.2km/h 之超音波偵測值測試	3-14
圖 3-21 實際距離 50cm 之動態速度 1.8km/h 之超音波偵測值測試	3-14
圖 3-22 實際距離 50cm 之動態速度 3.6 km/h 之超音波偵測值測試	3-15
圖 3-23 實際距離 50cm 之動態速度 7.2km/h 之超音波偵測值測試	3-15
圖 3-24 實際距離 100cm 之動態速度 1.2km/h 之超音波偵測值測試	3-16
圖 3-25 實際距離 100cm 之動態速度 1.8km/h 之超音波偵測值測試	3-16

圖 3-26 實際距離 100cm 之動態速度 3.6km/h 之超音波偵測值測試	3-16
圖 3-27 實際距離 100cm 之動態速度 7.2 km/h 之超音波偵測值測試	3-17
圖 3-28 超音波測距儀高速動態驗證實驗示意圖	3-17
圖 3-29 超音波感測器高速動態驗證實驗情形	3-18
圖 3-30 物體速度 10 km/h 驗證結果	3-19
圖 3-31 物體速度 15 km/h 驗證結果	3-19
圖 3-32 物體速度 20 km/h 驗證結果	3-20
圖 3-33 超音波架設高度對偵測數值之影響	3-20
圖 3-34 不同超音波架設高度偵測數據變化情形	3-21
圖 3-35 超音波架設高度 60 至 80cm 之間	3-22
圖 3-36 一般自小客車車尾離地面高度 105cm	3-23
圖 3-37 125cc 機車車身高度為 85cm	3-24
圖 3-38 不同安裝高度與 125 cc 機車車身高度比較	3-24
圖 3-39 離地 65cm 之超音波數據曲線	3-25
圖 3-40 離地 85cm 之超音波數據曲線	3-25
圖 3-41 超音波測距儀架設情形	3-26
圖 3-42 第 1 次驗證實驗車速數據曲線圖	3-27
圖 3-43 第 2 次驗證實驗車速數據曲線圖	3-27
圖 3-44 加速度計架設情形	3-28
圖 3-45 Wii 加速度計與三合一感測器資料(原始資料)	3-29
圖 3-46 X 方向加速度	3-29
圖 3-47 Y 方向加速度	3-30
圖 3-48 Z 方向加速度	3-30
圖 3-49 測量龍頭轉角角度值實驗情形	3-31
圖 3-50 靜態測試 1:龍頭轉角由 90°變化至 120°	3-31
圖 3-51 靜態測試 2:龍頭轉角由 90°變化至 60°	3-32
圖 3-52 1 號受測者騎乘時之龍頭轉角變化	3-32
圖 3-53 2 號受測者騎乘時之龍頭轉角變化	3-33
圖 3-54 3 號受測者騎乘時之龍頭轉角變化	3-33
圖 4-1 實驗路線替選方案 1 全覽圖：林口長庚醫院附近	4-4

圖 4-2 實驗路線替選方案 2 全覽圖：龍華大學附近	4-4
圖 4-3 縣道 105 上類似自行車專用道之設置範圍	4-5
圖 4-4 資料蒐集流程圖	4-16
圖 5-1 資料解析方法流程圖	5-2
圖 5-2 參數門檻值組合分析驗證流程	5-3
圖 5-3 參數資料來源與門檻篩選機制示意圖	5-4
圖 5-4 資料整併概念示意圖	5-29
圖 5-5 資料整併完成示意圖	5-30
圖 6-1 資料解析處理流程	6-1
圖 6-2 原始資料前處理程式介面與資料流程示意圖	6-2
圖 6-3 數據資料整合與匯入資料庫流程	6-3
圖 6-4 行車資料匯入資料庫程式處理介面	6-4
圖 6-5 行車資料匯入資料庫程式處理程序操作步驟	6-4
圖 6-6 門檻組合篩選介面	6-5
圖 6-7 參數門檻值組合篩選程序操作步驟	6-6
圖 6-8 資料觀察註記程式介面	6-7
圖 6-9 資料觀察介面之註記程序操作步驟	6-8
圖 6-10 資料觀察與事件註記流程	6-9
圖 6-11 道路環境註記程式介面	6-10
圖 6-12 道路環境註記程序	6-10
圖 6-13 註記事件分類程式介面	6-11
圖 6-14 註記事件分類程序操作步驟	6-11
圖 6-15 事件第二階段註記程式	6-12
圖 6-16 事件第二階段註記程序操作步驟	6-13
圖 7-1 註記事件之每人平均次數分布圖：龍華科技大學附近路線	7-3
圖 7-2 註記事件之每人平均次數分布圖：100 年計畫	7-4
圖 7-3 註記事件之每人平均次數分布圖：龜山自行車道	7-5
圖 7-4 事件 1 橫向加速度平均值與標準差分布圖	7-7
圖 7-5 事件 1 左側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-8
圖 7-6 事件 1 右側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-8

圖 7-7 事件 1 龍頭轉角平均值與標準差分布圖	7-8
圖 7-8 事件 1 自行車車速平均值與標準差分布圖	7-9
圖 7-9 事件 1 縱向加速度平均值與標準差分布圖	7-9
圖 7-10 事件 1 左右側橫向間距平均值分布圖.....	7-9
圖 7-11 事件 2 橫向加速度平均值與標準差分布圖	7-10
圖 7-12 事件 2 左側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-11
圖 7-13 事件 2 右側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-11
圖 7-14 事件 2 龍頭轉角平均值與標準差分布圖	7-11
圖 7-15 事件 2 自行車車速平均值與標準差分布圖	7-12
圖 7-16 事件 2 縱向加速度平均值與標準差分布圖	7-12
圖 7-17 事件 2 左右側橫向間距平均值分布圖	7-12
圖 7-18 事件 3 橫向加速度平均值與標準差分布圖	7-13
圖 7-19 事件 3 左側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-14
圖 7-20 事件 3 右側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-14
圖 7-21 事件 3 龍頭轉角平均值與標準差分布圖	7-14
圖 7-22 事件 3 自行車車速平均值與標準差分布圖	7-15
圖 7-23 事件 3 縱向加速度平均值與標準差分布圖	7-15
圖 7-24 事件 3 左右側橫向間距平均值分布圖	7-15
圖 7-25 事件 6 橫向加速度平均值與標準差分布圖	7-16
圖 7-26 事件 6 左側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-17
圖 7-27 事件 6 右側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-17
圖 7-28 事件 6 龍頭轉角平均值與標準差分布圖	7-17
圖 7-29 事件 6 自行車車速平均值與標準差分布圖	7-18
圖 7-30 事件 6 縱向加速度平均值與標準差分布圖	7-18
圖 7-31 事件 6 左右側橫向間距平均值分布圖	7-18
圖 7-32 事件 13 橫向加速度平均值與標準差分布圖	7-19
圖 7-33 事件 13 左側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-20
圖 7-34 事件 13 右側橫向間距平均值與標準差分布圖	7-20
圖 7-35 事件 1 龍頭轉角平均值與標準差分布圖	7-20
圖 7-36 事件 13 自行車車速平均值與標準差分布圖	7-21

圖 7-37 事件 13 縱向加速度平均值與標準差分布圖	7-21
圖 7-38 事件 13 左右側橫向間距平均值分布圖	7-21
圖 8-1 機車準備超越自行車左側之影像(後方攝影機拍攝)	8-1
圖 8-2 機車超越自行車之影像(前方攝影機拍攝)	8-2
圖 8-3 左側超車事件三階段註記示意圖	8-2
圖 8-4 實驗路線各路段之左側橫向間距平均值	8-6
圖 8-5 龍華實驗路線各路段之道路環境情形	8-8
圖 8-6 中正路 1 路段之左側橫向間距值分布	8-9
圖 8-7 三俊街路段之左側橫向間距值分布	8-9
圖 8-8 光明路路段之左側橫向間距值分布	8-9
圖 8-9 龍安街路段之左側橫向間距值分布	8-10
圖 8-10 中正路 2 路段之左側橫向間距值分布	8-10
圖 8-11 三俊街路段之路面參考線(10 cm 白線).....	8-11
圖 8-12 龍安路路段之路面參考線(右側停車格之白線)	8-11
圖 8-13 三俊街及龍安路之騎乘路徑與路面參考線橫向間距變化分析	8-12

第一章 緒論

自行車騎士在道路上的安全議題，與整個交通的人、車、路及環境組成息息相關，人的部分，男性騎士和女性騎士具有不同的駕駛特性；不同車種通過自行車之行為亦會對自行車騎士的操控有不同的影響；以道路而言，交通設施的設計(例如交通號誌的時間)與國內人孔蓋鋪設的狀況，對於自行車騎士騎乘過程之安全性皆會有所影響。目前國內自行車使用道路型式分類依路權型式可分成自行車專用道路、自行車共用道路、自行車專用車道及自行車共用車道，其中在自行車專用車道及自行車共用車道部分，除了與汽機車共用慢車道或混合車道外，部分車道是以雙白實線、單白實線區隔方式設置自行車專用道。國內汽機車數量龐大，由於自行車的騎乘速度不快，因此自行車騎士在騎乘自行車專用車道及自行車共用車道時，容易受到通過之車輛影響，且依據 FHWA 的研究，不同車種通過自行車騎士身旁時，會產生不同的橫向壓力，雖然本所 2010 年所公布之「自行車道系統規劃設計參考手冊（第二版）」中，已對於自行車側向安全淨寬提出參考建議：(1)機動車輛行經自行車宜保持至少 1.0 m 之間距；(2)自行車與障礙物(如建物、圍牆、柱、交通標誌桿、路樹)間宜保持 0.2 m~0.5 m 之間距；(3)自行車與路邊停車車輛宜保持至少 0.75 m 間距。但是實際上機車、小客車、大客車、小貨車、大貨等不同類型之車輛通過自行車騎士時，自行車騎士之反應為何？現有自行車側向安全淨寬建議是否符合實際情況需求？而藉由本所在 100 年「對自行車騎士安全危害行為資料蒐集技術之研發」(以下簡稱「100 年計畫」)計畫建置之調查設備所蒐集的自行車騎士騎乘行為資料，應有助於應用在上述人、車、路及環境因素對於自行車騎士之騎乘行為影響的探討。

本所 100 年計畫成果中，已完成自行車騎乘行為觀察軟硬體雛型，所蒐集的資料包括利用定點攝影所錄製的影像，以及車載儀器所記錄的自行車騎士煞車、操舵、與他車橫向距離等等行為軌跡資料。惟 100 年計畫調查資料缺乏完整之資料編譯方法，較無法有系統將原始記錄資料轉化為適合風險分析之資料。近年來國外隨著自然駕駛行為觀察研究方法快速發展，在資料編譯部分(包括車載儀器所記錄之感測器數據以及數位影像)，用影像減量(Video Reduction)以及影像註記(Video Annotation)方式進行資料編譯，目前針對汽車部分已有初步成果。爰此，本研究之目標在建立一個系統化之風險資料蒐集、處理與分析系統，先利用 100

年計畫中的可用資料，設計一套調查資料的編譯方法(包括建置編譯系統所需的硬體及軟體)，將原始記錄的資料有系統地編譯成適合風險因素分析的資料。然後再於 100 年計畫所完成之行為觀察軟硬體雛型基礎上，進行必要調整，並透過實車測試蒐集自然騎乘行為資料，同時進行調查資料的編譯工作，將原始記錄的資料，編譯成可進一步分析自行車騎士在道路上之風險因素的資料，建立自行車騎士在道路上的風險資料系統。本研究之研究流程如圖 1-1 所示。

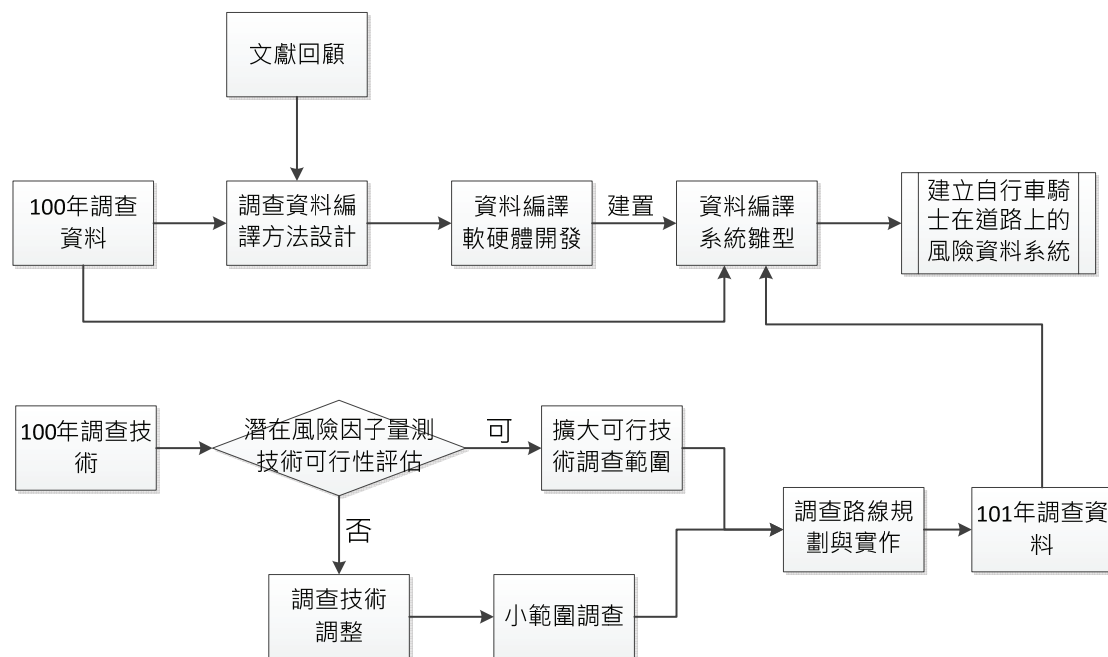


圖 1-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

自行車騎士在道路上所面臨的風險包含騎士本身、自行車車輛、道路及交通環境等層面，其中的風險因素可能在平時便讓騎士有不舒服或不安全的感覺(即自行車相容性不佳)，而可能最終會對騎士造成實質傷害。本研究著重在道路及交通環境層面資料的蒐集，故以此範圍分別依據騎士損傷及相容性課題，進行文獻回顧。另因需設計一套資料編譯方法和註記方法，故亦針對此部份進行文獻回顧。

2.1 道路及交通環境因素對自行車騎士的損傷影響

Aultman-Hall et al. (1999)利用一項 Toronto 通勤自行車騎士的調查計畫，蒐集騎士的事故歷史(自行報告12個月內的跌倒、損傷和嚴重損傷(需要就醫)事件，以及3年內的碰撞事件)，並比對1196位騎士的路線資料與GIS屬性資料，估測道路(on road)、路外路徑(off-road path)、人行道(sidewalk)上的事故發生率。研究結果指出，騎乘較長距離者，相對上較常使用路外路徑，而較少使用人行道，而騎乘年資在使用道路、路外路徑及人行道上的比例，並無顯著差異。以事件發生次數來看，跌倒是最常經歷的事件，道路是跌倒、損傷及碰撞事件的主要地區，但若觀察事件發生率，則顯示人行道、路外路徑是單位行駛距離下最常見的事件發生地點。整體而言，損傷及跌倒事件發生率在道路上最低、路外路徑上次高、人行道上最高；碰撞事件發生率在道路上最低、人行道次低、路外路徑上最高；相對於道路及路外路徑上，人行道上的損傷及嚴重損傷事件發生率相當高，而雖然損傷事件發生率在道路及路外路徑間差異不大，但達顯著水準；嚴重損傷事件發生率，在人行道上最高，而路外路徑的此種損傷發生率與人行道間的差異，並未達顯著。另一項針對自行車騎士團體的研究(Moritz, 1997)發現，事故發生率在人行道上最高、路外路徑上次之、道路上最低，亦有其它研究顯示在跌倒及損傷次數的相對比率上，自行車騎乘在道路上比騎乘在路外路徑、人行道上安全(Forster, 2001; Aultman-Hall et al., 1998; Moritz, 1998; Rodgers, 1997)。Aultman-Hall et al. (1998)研究進一步指出與習慣在非人行道上騎車的騎士相較，習慣在人行道上騎車的騎士，在道路上有較高的事故發生率。但Smith et al. (1988)及Pucher (2001)認為，自行車專用道路與自行車專用道為更安全的設施。此種不

一致的結果顯示，自行車的車禍風險變異很大，有安全、不安全的自行車路徑，正如有些地方騎乘在道路上比較安全，如寬的車道及友善的自行車環境，而有些地方騎乘在道路上比較危險，如狹窄且很少或沒有路肩的車道(Aultman-Hall et al. 1999)。

但一般來說，未涉及機動車輛或(及)未發生在道路上的騎士損傷事件，可能較不需要住院，而發生在道路上的自行車與機動車輛相撞的事件，則會有較嚴重的結果。Stutts et al. (1999)利用美國 California、New York、North Carolina 三州 8 所醫院急診室一年內所蒐集 2558 位受傷自行車騎士及行人訪問資料的分析結果便顯示，在道路上與機動車輛碰撞而就醫的騎士中有 1/4 住院，而其他類別的自行車損傷事件則僅有低於 10%的騎士需要住院，另 5/6 的死亡騎士(經運送到急診部門)也是在道路上與機動車輛碰撞；但整體而言，70%的自行車損傷事件並未牽涉機動車輛，而 69%的自行車損傷事件係發生在道路上，其餘 31%則發生在非道路處，例如：人行道、停車場或路外路徑。Karkhaneh et al. (2008)指出與其它損傷機構相較，自行車撞及移動車輛會顯著增加死亡風險，而与其它道路上(包括街道、巷道、郊區道路、校園或住家庭院)的自行車車禍相較，公路上的自行車車禍中騎士死亡風險高達 11 倍。一項針對二車道無分隔道路上之自行車車禍的研究指出，自行車騎士損傷程度會在較高速路段時較高，而路肩寬度和速限之交互關係對損傷程度有不同影響(Klop et al., 1999)，但雙向分隔道路會降低受傷嚴重性，因分隔道路通常較寬，以致於騎士和駕駛者間有更大的空間，而此可能意味有較多車禍為嚴重性較低的擦撞(Kim et al., 2007)。

Wedagama et al. (2006)利用 1998-2001 年警察報告的車禍資料結合 GIS 的結果顯示，並無證據顯示人口密度與自行車車禍有關，而路口密度與自行車車禍間，唯一具顯著相關的類別，為成人、市區、非工作小時的車禍。Welande et al. (1999)分析瑞典全國性的出院記錄、職業損傷記錄資料結果指出，郊區有較高的自行車相關損傷發生率，其認為此可能反映與都市地區相較，郊區通常有較高速的機動車輛、較不普及的自行車與機動車輛分隔設計，故其認為長期而言，可能僅有分隔交通、速限計畫、採用更永久性之被動式的結構及環境安全策略，可實質控制損傷狀況。但地區的使用特性也可能對自行車車禍有影響，Kim et al. (2002)比較 Honolulu 在 10 年間，平均每英畝土地使用類別的機動車輛與機動車輛、機動車輛與行人、機動車輛與自行車的車禍次數，研究發現機動車輛與機動車輛的車

禍，在商業與工業區最高，其次為外國人居住區，再其次為製造業及工業區，此順序與機動車輛與自行車的車禍稍有不同，後者在外國人居住區的车禍次數最高，其次為商業與工業區，再其次為公共服務區。

Kim et al. (2007)研究結果顯示，機動車輛的速度對自行車騎士之非失能(non-incapacitating)損傷的影響為正向，但小於對致命和致殘損傷的影響，此外其所估計之機動車輛撞擊速度，在 32.2 km/h (20 mph)出現門檻效應，即當速度超過此值時，騎士受傷或死亡的機率大幅提高，此支持在有自行車交通之住宅區內的 30 km/h 車速限制措施。而當速度超過 64.4 km/h (40 mph)時，騎士死亡的機率超過 10 倍。再者，已有證據顯示當機動車輛有較高的引擎蓋時，會撞擊騎士身體的中間或較上層部位，因而造成更大的傷害(Maki et al., 2003)，而 Kim et al. (2007)研究結果也顯示，大貨車與增加車禍中自行車騎士死亡及致殘損傷機率有關，即當自行車與大貨車相撞時，騎士較可能死亡，此與 McCarthy et al. (1996)指出大貨車較容易牽涉在騎士死亡的车禍中之研究結果一致，較重車輛、貨車(pickup trucks)和大貨車傾向增加騎士較嚴重損傷的機率，係合乎邏輯，因在特定速度下，較重車輛比小客車有更大的動能。

Eilert-Petersson et al. (1997)利用 12 個月(1989.11-1990.10)內緊急就醫的自行車相關損傷資料(指騎乘或上下自行車時所受損傷)，描述瑞典 Västmanland 地區的自行車相關損傷狀況。研究結果顯示，受傷騎士有一半以上是發生在有鋪面區域、大規模購物中心、自行車專用道上，20%的事件發生在市區道路上，而最常見的自行車損傷並無另一方(79%)，且事件通常是環境結合行為因素所致，例如：過高的速度、缺乏注意、違反法規或整合相關資訊的問題。研究中許多受訪騎士指出，自行車專用道的設計不良是損傷的主要原因之一，例如：有些專用道在接近地下通道入口時，會有陡降坡並接著急彎，此增加可視性差與高速的組合機會，另有部份受害者提到，相撞原因為缺乏對其它用路人的考慮，或不遵守交通法規，以及騎士企圖偏離以避免車禍，卻導致傾覆或撞到靜止物體。對騎士和駕駛者而言，最常見之自行車與機動車輛相撞的風險因素為未成功讓路(Thom et al., 1992)，而騎士比駕駛者更可能違反交通規定(Kim et al., 1996)。

2.2 道路及交通環境因素對自行車騎士的相容性影響

機動車輛與自行車之服務水準的主要差異，為自行車騎士騎乘的服務水準是由外在變數所影響，例如：道路及交通特性(尤其是機動車輛的速度與流量)，而機動車輛駕駛者的服務水準有相當程度是由機動車輛本身的流量所影響。近年來，研究者試圖發展對自行車騎士而言屬重要之道路操作狀況指標(通常為騎士本身所體認者)，研究並集中在 5 項描述性因素，即每車道的機動車輛交通量、機動車輛速度、右側車道寬度(包括自行車專用道或路肩)、整體路面品質、衝突交通動線。美國聯邦公路總署的研究(Carter et al., 2006)指出，美國 2000 年版公路容量手冊(Highway Capacity Manual, 2000)第 19 章所提出之自行車路線服務水準評估方法，是在已新增自行車設施下，依據自行車的路段平均速度、路口平均延滯評估服務水準，此並未包含自行車騎士騎乘者在機動車輛環境中，所感知到的舒適及安全。不過目前藉由這些指標預測自行車與機動車輛相撞車禍的結果，通常僅能解釋道路上車禍件數或嚴重度的少部份(不及 20%)變異(Epperson, 1994)。

澳洲 Geelong Planning Committee (1987)為由自行車騎士的角度對道路之騎乘合適性作更好的定義，便發展自行車騎士壓力水準(bicycle stress level)，此水準認為緣石邊車道寬度、機動車輛速度、交通流量是對自行車騎士影響最大的變數。此研究為首度由騎士觀點評估道路對騎乘的相容性；但此研究係由研究者騎乘自行車蒐集資料，之後有研究(Sorton et al., 1994)利用自行車騎士壓力水準的觀念，嘗試建立騎士對各種道路的騎乘觀點，與道路幾何、交通狀況間的關係，此研究首度嘗試蒐集實際使用者的觀點。另一方面，美國在 1987 年首先嘗試由騎乘自行車的角度，發展測度道路操作狀況的方法，此方法以道路實際特性建立自行車安全指標，包括路段指標 RSI (Roadway Segment Index)及路口指標 IEI (Intersection Evaluation Index)，並以加權方式結合此二個指標，而建立自行車安全指標評等 BSIR (Bicycle Safety Index Rating)。這類指標並已獲得美國實務界採用，例如：Florida 交通部門推廣到所轄各郡，其中 Hollywood 特別加重狹窄車道且機動車輛速度高情況的評等比重，Dade 則簡化區位及鋪面因素的形式，並加入寬的車道加上路肩時所造成之外側泥土與垃圾效果等因素。

自 1987 年以來，已有許多研究利用實際騎乘經驗、騎乘者觀察錄影帶、研

究者進行自然行為觀察的方式，發展自行車騎士相容性(bike compatibility)的相關指標，指標中同時考量道路幾何、道路操作特性、自行車騎士感知到的舒適及安全(即量測自行車騎士相容性)。例如：Harkey et al. (1998)發展道路路段(包括都市、近郊)之自行車騎士相容性指標(Bicycle compatibility index, BCI)，研究中蒐集的 67 處地點現場資料，分布在 5 個州的 11 個城市，包含不同的地理狀況，每個地點均錄影 40 秒，同時增加對騎士舒適水準有影響的狀況，包括：大貨車/大客車、右轉機動車輛、停放的機動車輛。受測騎士觀看在各個地點所拍攝之總計 15 分鐘的錄影帶，然後針對 4 個項目進行舒適水準評估，4 個項目包括機動車輛流量、機動車輛速度、自行車可騎乘的空間寬度、整體狀況。研究結果顯示影響 BCI 的因素包括：是否有自行車專用道或有鋪面的路肩、自行車專用道或有鋪面的路肩寬度、緣石邊車道寬度、緣石邊車道機動車輛流量、其他車道機動車輛流量、第 85 百分位的機動車輛速度、路邊停車位是否有 30%有停放車輛、路側發展型態、貨車流量、路邊停車迴轉率、右轉機動車輛流量。而 Jones et al. (2003)依據都市及近郊的 BCI 發展方法，發展郊區雙向 2 車道道路的 RBCI (rural bicycle compatibility index)，其所選擇的 32 處地點，除了考慮騎乘自行車所面對的各種狀況外，尚包括可能影響騎士騎乘舒適認知的重要因素，包括：機動車輛交通流量、大貨車流量、是否有路肩、騎士可用的空間(有路肩時為有鋪面的路肩，缺乏有鋪面的路肩時為車道寬度)，研究結果顯示影響有經驗或偶爾騎乘之騎士的 RBCI 均包含路肩寬度、與騎士同方向之大貨車流量因素。另有 Landis et al. (2003)利用自行車騎士實際騎乘在 27km 長的道路上，即時評估所騎經的現場狀況，搭配錄影帶及監督者的觀察，提出騎士直行通過路口時，對共用道路環境所感知到的危險指標，研究結果顯示臨近路口的每個直行車道機動車輛流量、外側直行車道及自行車專用車道(若存在時)的總寬度、路口通過距離為主要影響因素。此外，也有研究提出在郊區及都市邊緣地區的路線上，影響自行車騎士相容性因素以騎乘空間、小客車速度為最重要，其它尚包括：有鋪面的路肩、小客車與貨車流量、沙土/碎石/大量植物、溝渠、零售工業/住宅區入口、彎道及坡度、主要交岔路口 (Noël et al., 2003)。其它此類研究(Davis, 1987; Epperson, 1994; Harkey et al., 1998; Landis, 1994; Landis et al., 1997; Sorton et al., 1994)所考慮的因素包括：

1. 路段部份：機動車輛流量、道路速限、外側車道寬度、鋪面狀況、緣石邊車道的尖峰小時交通量、緣石邊車道的機動車輛速度、緣石邊車道的寬度、車

道數，以及許多道路幾何因素、土地使用資料。

2. 路口部份：機動車輛流量、號誌化種類、路口穿越距離、外側直行車道寬度，以及許多道路幾何因素。

但以上這些模式鮮少納入車禍、衝突資料。Carter et al. (2006)在美國 NHTSA 贊助下所發展的行人及自行車騎乘者路口安全指標(Pedestrian and Bicyclist Intersection Safety Indices)中，在自行車騎乘者部份(即 Bike ISI)，便同時考慮現場(主觀評分、客觀交通與幾何資料)、行為、車禍等三類因素。Bike ISI 中顯著的安全影響變數如表 2.1 中第 1 欄所示，這些變數均與 Bike ISI 呈現正相關，而 Bike ISI 越大表示安全性越低。以資料數量較多的迴避操作行為、主觀評分之結果來看，對此二者均具顯著影響的因素包括：主要道路機動車輛交通量、主要道路速限 ≥ 56 km/h (35 mi/h)、路口有交通號誌、主要道路臨近方向上有路邊停車；由於此二種安全量測指標有基本上的差異(例如：主觀評量認為自行車騎乘相當危險，而實際行為觀測時，可能因自行車多數騎乘在人行道上，而出現較少的迴避操作行為)，故共同指出的顯著因素，有其重要性。表 2.1 中同時彙整與 Bike ISI 具有相同顯著因素的其它前述騎士相容性指標。

表2.1 自行車相容性指標中顯著因素彙整表(以Bike ISI變數為範圍)

Bike ISI	Davis, 1987	Epperson, 1994	Harkey et al., 1998	Landis, 1994	Landis et al., 2003	Landis et al., 1997	Sorton et al., 1994	Noël et al., 2003
主要道路機動車輛交通量	V	V	V	V	V	V	V	V
主要道路速限 ≥ 56 km/h	V	V	V	V		V	V	V
有轉向機動車輛								
主要道路臨近方向上有右轉車道及其數目	V	V						
橫交道路機動車輛交通量								
路口有交通號誌	V							
主要道路臨近方向上有路邊停車	V	V	V					
供自行車騎乘者右或左轉時使用的車道數	V	V		V		V		
有自行車專用道	V	V	V		V			

Bike ISI研究指出,除了模式中的顯著因素外,實際評估自行車騎乘安全時,尚須考慮如下其它調整因素:

1. 匝道/槽化的右轉車道
2. 鋪面不平整(即破損柏油、軌道、排水溝/格柵等)
3. 大量行人通行量
4. 上下貨車輛停放在自行車行駛空間
5. 專用右轉車道右側的自行車專用道
6. 與車行方向垂直的路邊停車
7. 與自行車騎乘者有潛在互動可能性的公車進出區域
8. 非正交路口

9. 路邊停車位尺寸(即平行停車空間的寬度、臨近停車的自行車專用道)

此外，一份探討日本東京之自行車車禍風險的研究中，將機動車輛與自行車的車禍分為三類：自行車與直行機動車輛間的衝突、自行車與左轉機動車輛間的衝突、自行車與右轉機動車輛間的衝突，認為估測自行車發生車禍的風險，應考慮的因素包括：機動車輛流量、自行車流量、路口位置、視覺雜訊、行人天橋、分隔島寬度(Wang et al., 2004)。

至於不同設施對騎士的相容性差異部份，有研究指出自行車專用道或加鋪鋪面的路肩對在路口的自行車騎士相容性，不若在路段上重要(Landis et al., 2003)。而在外側車道以標線區隔機動車輛、自行車的區域，與相同外側車道寬度但無區隔的狀況相較，會讓自行車騎乘者感知到較安全(Landis et al., 1997)。Hunter et al. (1999)探討自行車專用道與寬的緣石邊車道間之差異結果顯示在寬的緣石邊車道上，自行車騎士較常見逆向行駛、騎乘人行道，同時由於騎士的超車行為，也造成較常見侵入鄰接車道現象，而自行車與機動車輛間的衝突次數則差異不大。

此外，由文獻亦可發現有關騎士可用的空間，會視車道配置情形而有不同的定義，在無自行車專用道的情形下，通常將緣石邊的車道空間定義為騎士可用的空間，包括：有鋪面的路肩或外側車道。

2.3 行為資料編譯相關文獻

應用於行為分析之「行為改變技術」，係利用來自學習心理學或其他實驗心理學所獲得的原理原則，以有效改變人類行為，包括良好行為的增進，以及不適當行為的矯正。其是一種應用學習原理改變行為的科學方法。在應用行為分析中所使用之行為資料觀察與記錄方式可分為：(陳榮華，2009)

1. 持續記錄法(duration recording)：在特定時間內記錄每次行為。例如：在用餐時間內，敲擊碗盤出聲的次數；在聽課一小時內，離座的次數等。
2. 時距記錄法(interval recording)：選擇特定的時間長度，例如觀察 30 分，然後將此時間長度分成同樣短時間的間距，例如 10 秒，接著記錄某特定行為在每一間距內是否出現。記錄方式又可再區分為 2 類：
 - (1) 部分間距記錄(partial-interval recording)：目標行為在一觀察間距內無論出現幾次、持續時間多長，均只記錄一次。
 - (2) 完整間距記錄(whole-interval recording)：目標行為在一觀察間距內出現

的時間必須持續整個間距，才予以紀錄一次。

- 時間取樣法(time-sampling)：在短時間間距內記錄行為是否出現，而每次間距相隔較久的時間。例如：每隔一小時，觀察孩子一次 15 秒是否坐在椅子上前後搖晃；每隔一小時，觀察孩子一次是否坐在椅子上前後搖晃(瞬間取樣，momentary time sampling)。

時距記錄法的優點為節省時間，操作簡單，缺點則是若「小時段」切分得太少，有欠精確，而太多卻又成為連續記錄(continuous recording)。劃定時距大小時，宜考慮目標行為的最大發生頻率，所劃定時距越能接近「目標行為」的發生次數與持續時間，則越容易幫助觀察者了解目標行為的真實現象。通常，行為發生頻率較高且持續時間較短的目標行為，宜用小時距，而發生頻率較低且持續時間較長的目標行為，則宜採用較長的時距。

Boyce and Geller (2001)利用部分間距記錄(Partial-interval recording)(如下圖)針對以車內針孔攝影機所記錄之駕駛影像進行資料編譯(Data coding)。其時距大小係依據 Kazdin (1994)研究，設定為 15 秒。研究中參考 Geller et al. (1989)研究方法，運用 safe behavior opportunity (SBO)方法，觀察駕駛人使用方向燈以及跟車行為。其作法為先以一組參數門檻，篩選出符合門檻值設定之資料點，繼之將受觸發之資料點所在的連續 15 秒影像截出，進一步就將事件開始後的 5 秒影像，切成每秒 30 張影像，然後逐張影像進行觀察。

Interval	1	Stop	2	Stop	3	Stop	4	Stop
Speed	S	AR	S	AR	S	AR	S	AR
Extraneous behavior								
With Directions	YES		YES		YES		YES	
Not involving Directions	YES		YES		YES		YES	
Passing Behavior								
We Pass	L	R	L	R	L	R	L	R
They Pass	L	R	L	R	L	R	L	R
Interval	5	Stop	6	Stop	7	Stop	8	Stop
Speed	S	AR	S	AR	S	AR	S	AR
Extraneous behavior								
With Directions	YES		YES		YES		YES	
Not involving Directions	YES		YES		YES		YES	
Passing Behavior								
We Pass	L	R	L	R	L	R	L	R
They Pass	L	R	L	R	L	R	L	R
Interval	9	Stop	10	Stop	11	Stop	12	Stop
Speed	S	AR	S	AR	S	AR	S	AR
Extraneous behavior								
With Directions	YES		YES		YES		YES	
Not involving Directions	YES		YES		YES		YES	
Passing Behavior								
We Pass	L	R	L	R	L	R	L	R
They Pass	L	R	L	R	L	R	L	R

Turn-Signal Use				Following Distance			
Frame #	Bch	Safe	At-Risk	Frame # Begin	Frame # End	Safe	At-Risk
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

圖2-1 部份間距記錄表格

2.4 小結

由以上文獻回顧可知，影響自行車騎士損傷及騎士在環境中相容性的道路及交通環境因素，除了土地使用狀況、鋪面狀況、沙土/碎石/大量植物、幾何線形等一般性因素以外，尚有下列影響主要因素：

1. 路口部份：路口號誌種類、路口穿越距離、分隔島寬度、右轉車道數目、供自行車騎士左轉車道數目、供自行車騎士右轉車道數目等。
2. 路段部份：道路速限、自行車專用道及其寬度、緣石邊車道(路肩或外側車道)狀況及其寬度、緣石邊車道(路肩或外側車道)上的機動車輛交通量及速度、分隔設施及形式、機動車輛種類(尤其是大型車輛)、右轉機動車輛、機動車輛速度、行人交通量、路側靜止物體、路邊停車狀況(方向及迴轉率)、公車進出區域、上下貨物之貨車停放位置等。

這些影響自行車騎士損傷及騎士在環境中相容性的道路及交通環境因素，可概分成動態及靜態因素 2 類，其中動態因素通常較不易藉由實驗路線規劃而加以控制，而需透過實驗過程的動態事件資料蒐集，例如：機動車輛種類、公車進出、卸貨等，但有些動態因素可間接加以控制，例如：機動車輛交通量/速度、路邊停車狀況可透過選擇不同服務功能之道路而加以間接控制。靜態因素雖然有部份也不容易控制，例如：鋪面狀況、沙土/碎石/大量植物、路側靜止物體等，但有些靜態因素係能透過適當的實驗路線規劃加以直接或間接控制，例如：土地使用狀況、路口號誌種類、路口穿越距離、分隔設施及形式、自行車專用道、車道配置情形(騎乘空間)等。故在規劃實驗路線時，若能盡可能有系統地考量這些因素，將其設計成實驗時的控制因素，則所蒐集的實驗資料將可能較有助於未來觀察這些風險因素對騎士的影響。

至於連續行為資料的編譯方式，有持續記錄、時距記錄及時間取樣等數種方法，而持續記錄法若能透過電腦輔助予以適當規劃，則所產生資料可為其他二種方法的應用來源。另以往應用文獻顯示時間資訊、事件資訊及二者間關係的資訊，是應用研究時行為資料編譯的重要內容，而透過篩選準則，找出具有潛在資訊的資料進一步處理，則是有效處理行為資料的技巧之一。

第三章 自行車騎乘行為偵測系統開發

3.1 自行車騎士騎乘行為偵測系統

本所 100 年計畫提出之自行車騎士騎乘行為觀察所需設備及可輸出資料項目，整理如表 3.1 所示。本研究仍將沿用該設備進行自行車騎士騎乘資料蒐集，相關設備內容茲說明如下。

表3.1 自行車騎士騎乘行為觀察所需設備及可輸出資料項目

量測設備	可輸出資料項目	直接輸出或須另外處理
行車影像記錄器	騎乘歷程影像 與前後車距離 與標線距離 本車位於車道位置	距離與位置，須另外透過數位影像技術分析處理。
軌跡記錄器	GPS 座標	直接輸出
可變電阻	相對轉角(龍頭相對於自行車車身)	輸出電阻的數值，再根據數值大小以程式換算成龍頭轉角。
Wii 加速度計	縱向、橫向與垂直加速度	直接輸出加速度值(G)
加速度計	縱向、橫向與垂直加速度	直接輸出加速度值(G)
電子羅盤	縱向、橫向與垂直絕對轉角	直接輸出方位角度
陀螺儀	縱向、橫向與垂直絕對轉角 角速度	直接輸出角速度值(度/s)
近接開關	車速	須另外撰寫程式轉換
超音波測距儀	與他車橫向間隔(如自行車通過路旁停放車輛、行人或其它自行車，以及汽機車通過自行車)	輸出為超音波訊號數值，而非間距數值(cm)，需透過程式將數值換算成間距。

註：加速度計、電子羅盤和陀螺儀是同時整合於三合一感測器的設備。

3.1.1 行車影像記錄器

本研究係使用市售之行車影像記錄器(已內建 GPS，如圖 3-1 所示)，主要考量其重量輕、影像解析度高(已達 1920x1080，如圖 3-2 所示)、記錄時間長(32G 記憶卡約可記錄 400 分鐘)，此外由於影像係直接儲存為數位格式，毋須經過轉檔，可縮短後續資料處理時間。



圖 3-1 市售之行車錄影監視器



圖 3-2 市售之行車錄影監視器測試影像

圖 3-3 為行車影像記錄器拍攝影像範圍的側視圖，黃色區域為前方和後方攝影機可照射的範圍，前方的攝影機俯角為 8.55° ，攝影機到可錄影區域近端邊緣的水平距離為 2.8m，攝影機離地面為 0.83m；後方的攝影機俯角為 10° ，攝影機到可錄影區域近端邊緣的水平距離為 3.4m，攝影機離地面為 1.17m。後方攝影機影像最遠可拍攝距離達 53.2m，而前方攝影機由於架設角度較小，故最遠可拍攝範圍較大，但因無法測量，故未呈現於示意圖中。

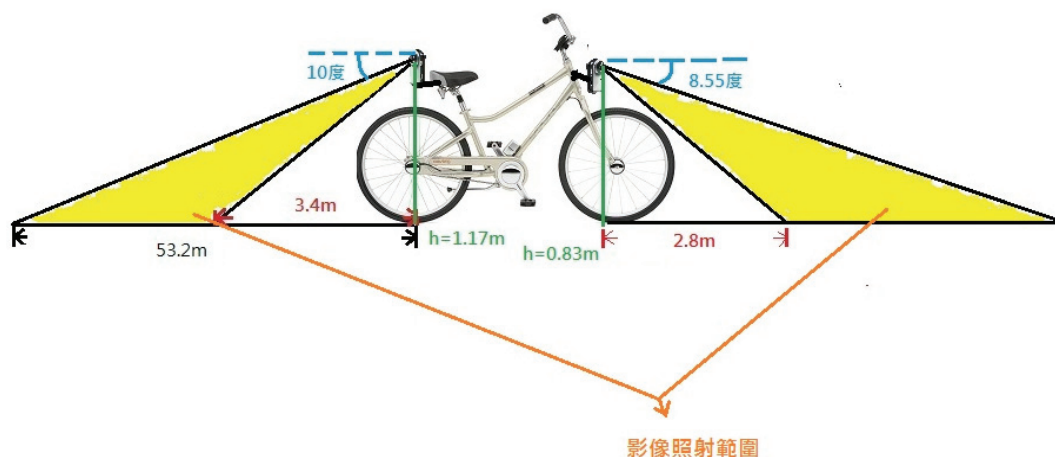


圖 3-3 自行車搭載行車影像記錄器拍攝影像範圍(側視圖)

圖 3-4 為搭載行車影像記錄器拍攝影像範圍上視圖，黃色區域為前方和後方攝影機可拍攝範圍，前方攝影機之拍攝視角為 31.9° ，攝影機之拍攝死角範圍為 2.8m；後方攝影機之拍攝視角為 32.7° ，攝影機之拍攝死角範圍為 3.4m。由於前方攝影機架設目的主要用來拍攝地面畫面，以便於利用網格法進行距離換算(例如計算自行車與車道邊線間距值)和輔助判斷路面瑕疵(如人手孔蓋等等)，而 100 年計畫架設位置造成該攝影機所拍攝之視角範圍與騎士之視角範圍差異較大，致註記人員不易觀察騎乘過程之事件。故本研究增加架設一行車影像記錄器於龍頭上方，其視角範圍設定正面拍攝車前影像，以輔助下方攝影機觀察前方視角不足的情形。

除了架設前方與後方攝影機來進行騎乘過程中之行為觀察外，由於 100 年計畫中觀察資料時發現，若僅架設前方和後方攝影機，對於自行車車側之影像觀察不易，僅能透過兩側超音波感測器確認是否有物體通過，故本研究於自行車後方之平台新增架設兩台行車影像記錄器分別拍攝自行車左右兩側影像，兩側攝影機之拍攝視角皆為 32.5° ，攝影機之拍攝死角範圍為 0.85m，可拍攝範圍亦如圖 3-4 自行車左右側之黃色區域所示。

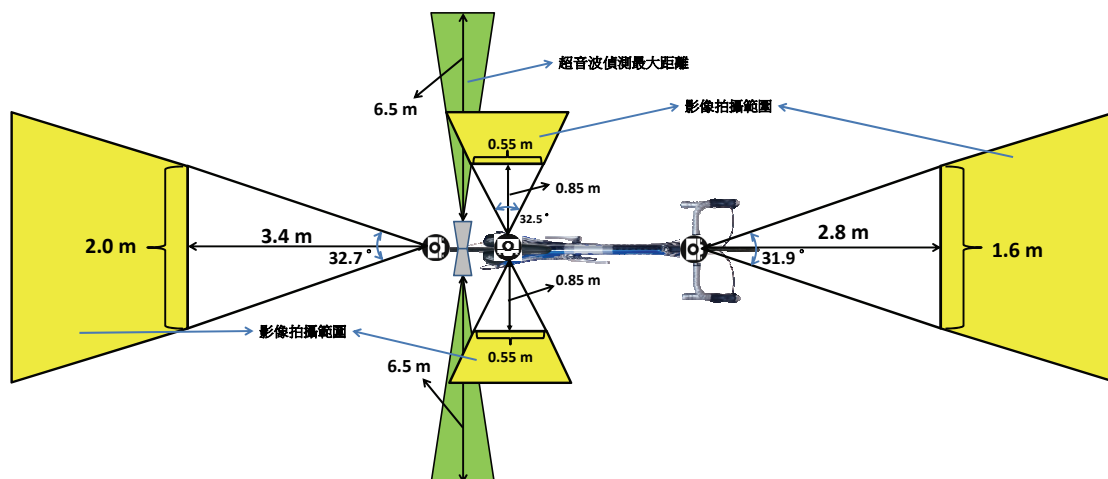


圖 3-4 自行車搭載設備量測範圍(上視圖)

3.1.2 軌跡記錄器

GPS 衛星接收器(如圖 3-5 所示)可紀錄騎乘過程中每一秒的經緯度座標點與地表高度，當騎乘資料進行後製階段匯入資料庫後，可於 Google Earth 地圖中還原出騎乘路線的 GPS 軌跡，以供後續在進行騎乘行為觀察時由軌跡中挑選欲觀察的路段。



圖 3-5 GPS 衛星接收器

3.1.3 可變電阻

本研究於自行車龍頭處設計一個齒輪轉向機構，如圖 3-6 所示，當自行車龍頭轉動時可變電阻之電阻值將隨之改變，進而換算出龍頭轉動之角度值。

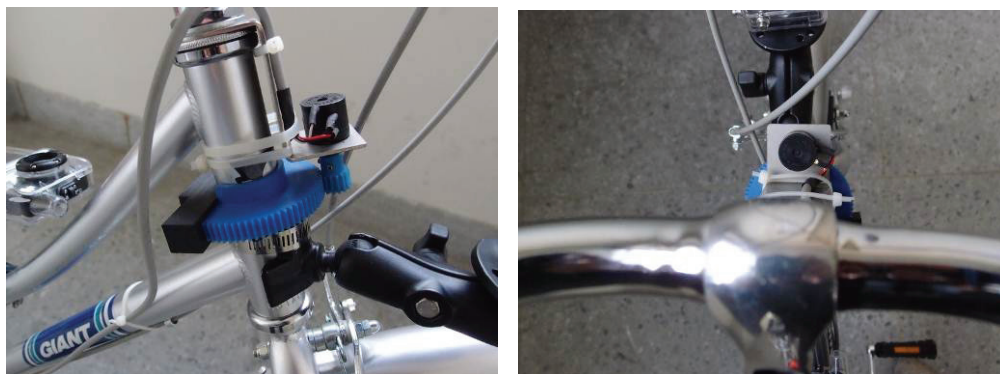


圖 3-6 可變電阻量測機構

3.1.4 三合一感測器(內含加速度計、電子羅盤和陀螺儀)

本研究所使用之三合一感測器中同時在一資料擷取卡中整合了加速度計、電子羅盤和陀螺儀，故只需安裝此一設備於自行車車體上，即可同時擷取多種數據，減少設備安裝數量和資料整合困難度。圖 3-7 與圖 3-8 為本研究所使用之三合一感測器及其規格表。

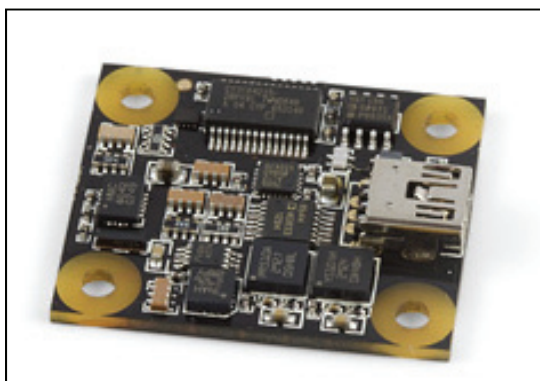


圖 3-7 三合一感測器

Compass

Resolution	400 μ G Minimum
Offset (°) from North	2° Typical

Gyroscope

Measurement Range	± 400 °/s
Resolution	0.02 °/s
drift / minute	4° Typical

Accelerometer

Acceleration Resolution	228 μ g
Typical error over rotation @ 1g	2mg
Acceleration Bandwidth @ 1ms sample rate	110 Hz
Measurement Range (XYZ Axis)	± 5 g (49m/s ²)
Axis 0 Noise Level (X axis)	300 μ g standard deviation (σ) at 128 samples/second
Axis 1 Noise Level (Y Axis)	300 μ g standard deviation (σ) at 128 samples/second
Axis 2 Noise Level (Z Axis)	500 μ g standard deviation (σ) at 128 samples/second

PhidgetSpatial 3/3/3 board

Data Rate	4ms to 1000ms per sample
	16ms to 1000ms over the webservice
Min/Max USB Voltage	4.75 - 5.25 VDC
USB Current Specification	45mA Max
USB Speed	Full Speed (12Mbit)
Operating Temperature	0 - 70°C

圖 3-8 三合一感測器規格表

3.1.5 近接開關

近接開關(Proximity Switch)又稱近接感測器，在許多自動化機械、產業機械、半導體設備、工具機等，是不可缺少的角色之一，它可以用來偵測物體的存在與否，以便讓控制器了解目前機構的有無、位置，同時也可以設計成計數感測，100年計畫即利用其計數感測之特性，將4個近接開關裝置在輪幅上(如圖 3-9 所示)，用以偵測自行車行進時車輪轉速，再轉換為車速。本研究於既有自行車輪幅上額外再加裝 4 個近接開關裝置，合計共安裝 8 個。



圖 3-9 裝置在輪幅上的近接開關

本研究建立之車速測量機構與目前市售自行車碼錶的車速量測方式相同，惟市售自行車碼錶於輪幅上安裝 1 個速度感應磁鐵，本研究則安裝 8 個。調查設備選擇的考量重點之一為資料同步記錄，而現有市售自行車碼錶多未提供資料擷取介面，故在資料擷取上仍有困難待克服。茲將目前國內市售自行車碼錶相關規格整理如下。本研究並未量測騎士踩踏頻率。

Aloha 自行車碼錶，如圖 3-10 所示。

- 可隨時切換行車里程、行車時間、車速變化等各種顯示。
- 可顯示總行車里程、總行車時間、最高車速。
- 具備溫度計、鬧鐘及碼錶功能。
- 使用電池驅動。
- 即刻反應行車增/減速與超速提示。



圖 3-10 Aloha 自行車碼錶於輪幅上安裝 1 個感應磁鐵用以偵測速度

Garmin Edge 500 全中文 GPS 自行車記錄器，如圖 3-11 和圖 3-12 所示。

- 內建氣壓式高度計，可記錄海拔高度變化。
- 可記錄與警示騎乘時的心跳、踏頻、車速、行程、坡度等十多項資訊。
(心跳記錄功能需選購心率監測器)
- 具備虛擬夥伴設計，能自我設定單車騎乘體能訓練。
- 可下載 Garmin Training Center 電腦軟體，進行自我體能管理分析。

自行車踏頻感測器(標準配備)



圖 3-11 Garmin Edge 500 配備之自行車踏頻感測器

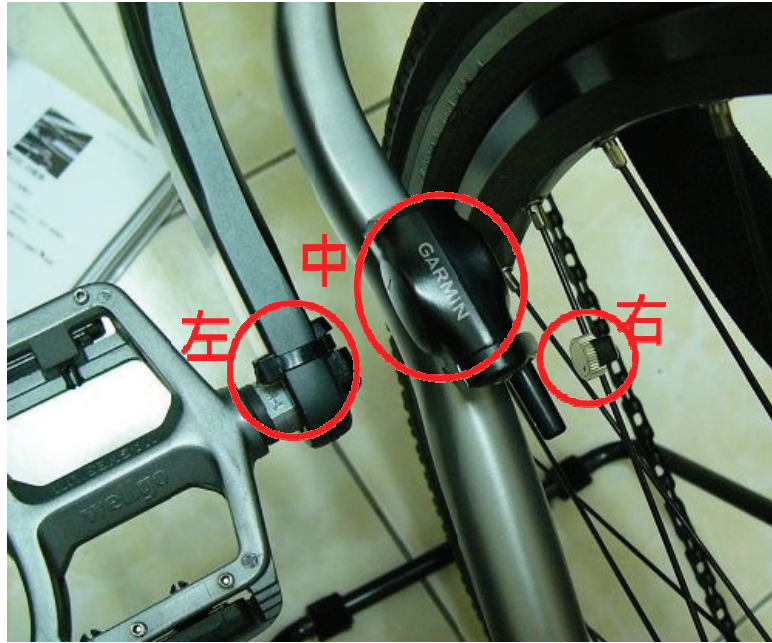


圖 3-12 踏頻感測器(左：曲柄感應磁鐵，中：踏頻器，右：速度感應磁鐵)

3.1.6 超音波測距儀

本研究使用市售的超音波發射器，並自行加工組裝後進行距離的量測，最遠量測距離為 6.5m。共架設兩組超音波設備於鋁擠型行車錄影監視器支架的下方，離地面高度約 65 cm，分別朝自行車左右兩邊發射超音波訊號，以偵測左右兩邊車輛超越時的超車間距(如圖 3-13 所示)。此外，超音波感測器架設於自行車後方分別用來偵測自行車與兩側物體之橫向間距，如其他車輛超越自行車時之超車間距或自行車與路邊停放車輛之間距等，目前所使用之超音波感測器可量測之最遠距離為 6.5m，如圖 3-4 之綠色區域所示。

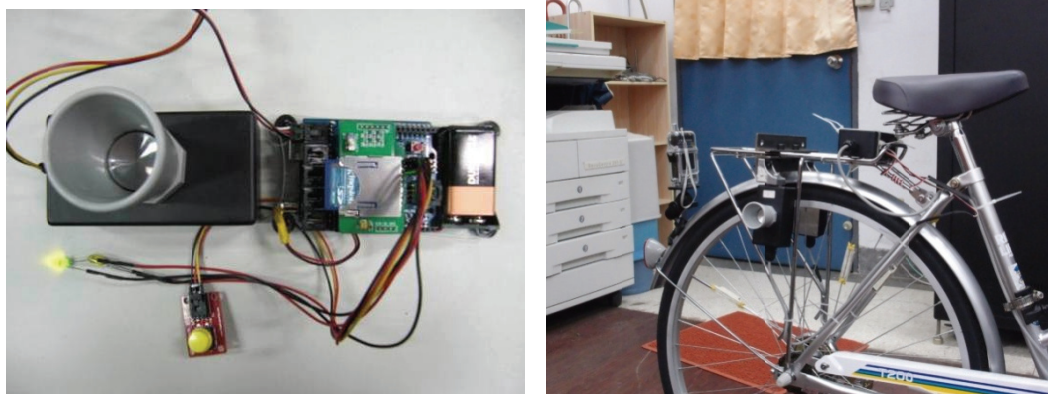


圖 3-13 超音波距離偵測設備

3.2 超音波測距儀驗證

3.2.1 靜態驗證

以靜態驗證實驗檢定超音波測距儀之準確性，實驗方法為靜態放置自行車，並將超音波對準靜止之障礙物(例如牆面)位置進行測量，逐一改變自行車上超音波感測器與障礙物之間距，並且以雷射測距儀記錄自行車與障礙物之實際間距，最後將超音波記錄之數據與實際間距進行比對，以驗證超音波感測器之數據準確性。在不同距離下的測試結果如表 3.2 和圖 3-14 至圖 3-18 所示。

表3.2 超音波感測器量測驗證結果

障礙物距離(cm)	50	100	150	200	250
感測器數值(cm)	46.8	94.8	143.2	179.4	215.4
誤差(%)	6.4%	5.2%	4.5%	10.3%	13.8%

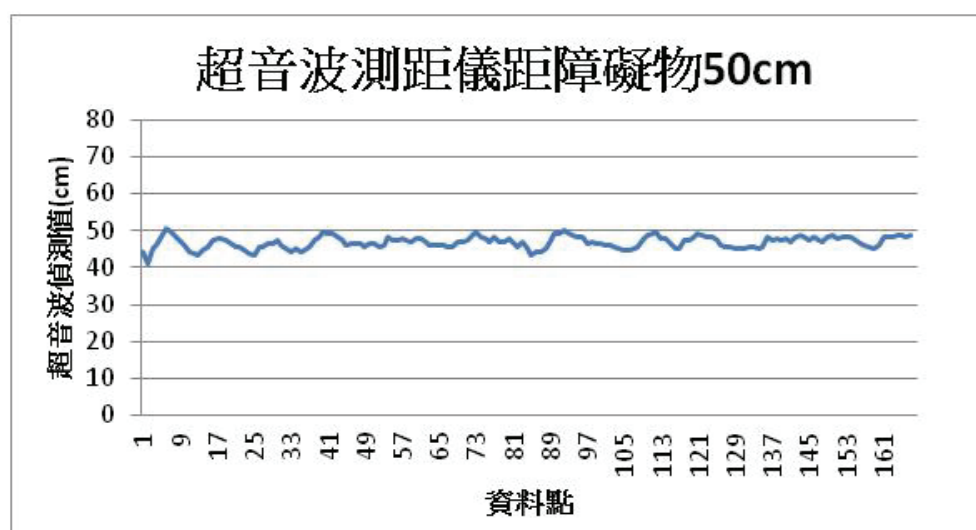


圖 3-14 實際距離 50cm 之靜態超音波偵測值測試

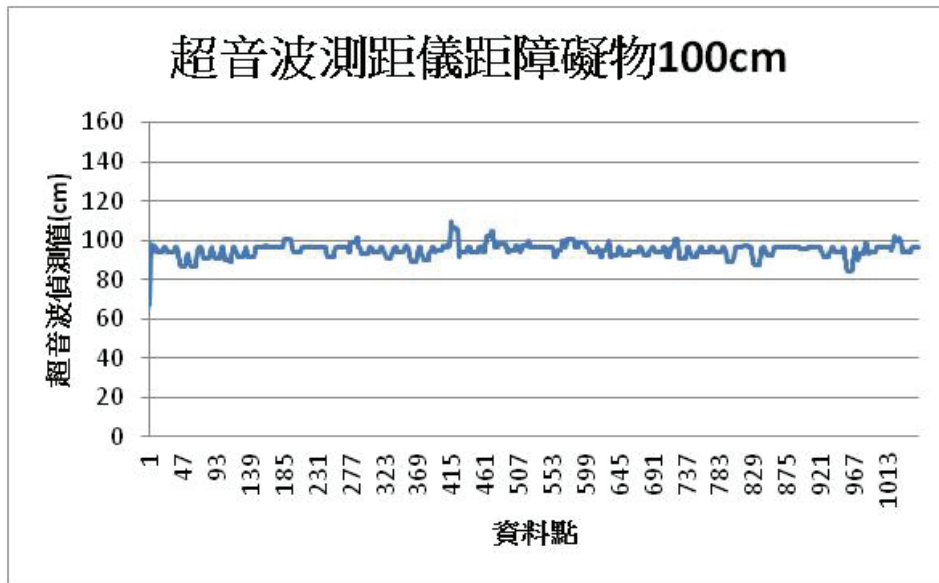


圖 3-15 實際距離 100cm 之靜態超音波偵測值測試

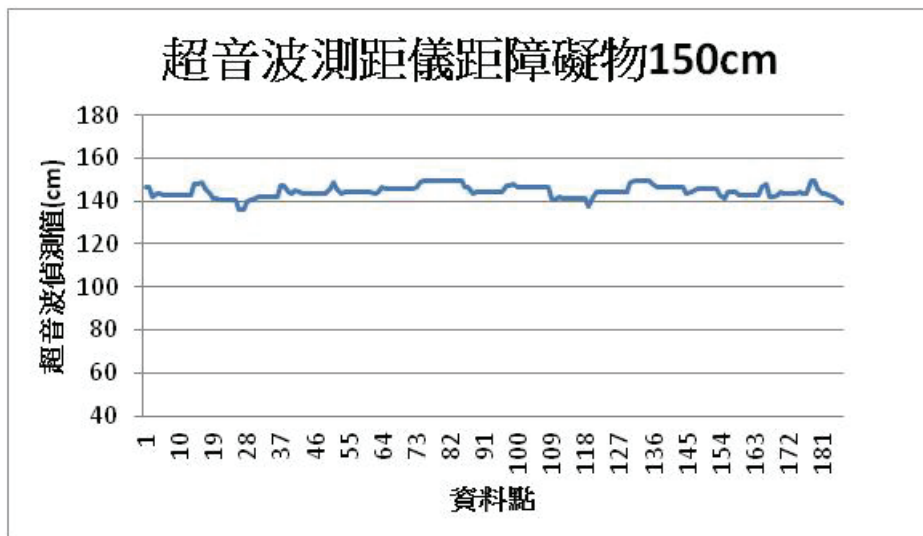


圖 3-16 實際距離 150cm 之靜態超音波偵測值測試

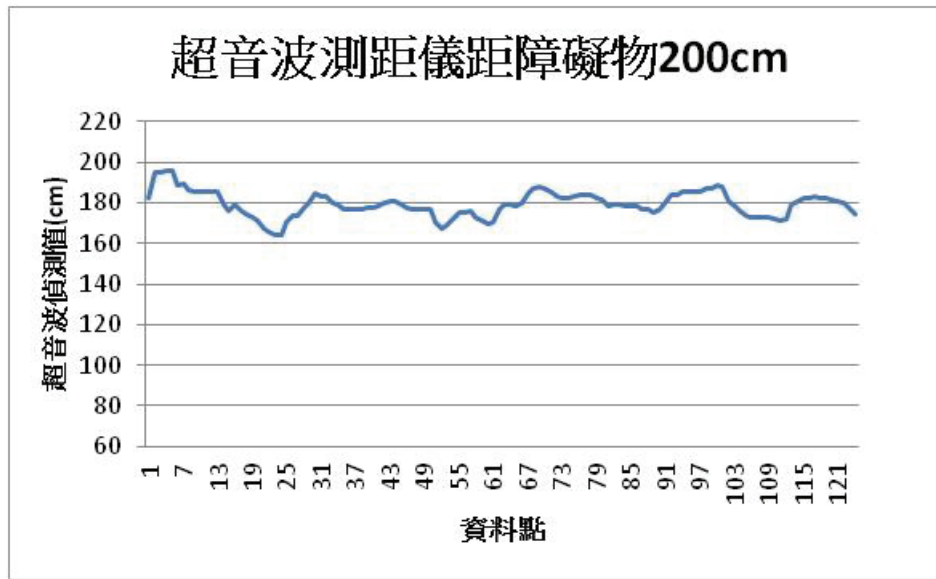


圖 3-17 實際距離 200cm 之靜態超音波偵測值測試

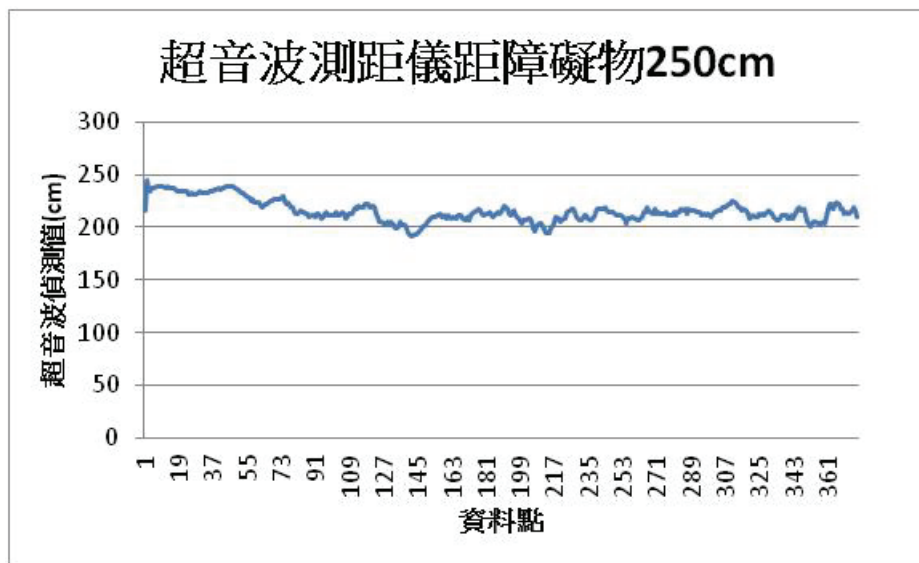


圖 3-18 實際距離 250cm 之靜態超音波偵測值測試

由實驗結果發現，在超音波測距儀靜態測試中，當實際量測距離分別為 50、100 和 150cm 時，靜態實驗數據與實際距離誤差分別為 6.4%、5.2%和 4.5%；當實際距離超過 150cm 時，以 200cm 和 250cm 為例，實驗數據與實際距離誤差分別為 10.3%和 13.8%。

3.2.2 動態驗證(低速)

除了以靜態實驗進行超音波測距儀準確性驗證外，由於該設備是在動態狀態下使用，故需以動態驗證之方式來驗證該設備在動態下之準確性，動態驗證實驗為靜止放置自行車，並將超音波所對準之障礙物，以不同之移動速度來控制超音波測距儀，以驗證在不同間距位置與不同移動速度下，超音波感測器測量之數據準確性，並與雷射測距儀記錄自行車與動態障礙物之實際間距進行比對，以驗證超音波感測器之數據準確性。超音波測距儀動態驗證實驗架設示意圖如圖 3-19 所示，測試數據整理如表 3.3。

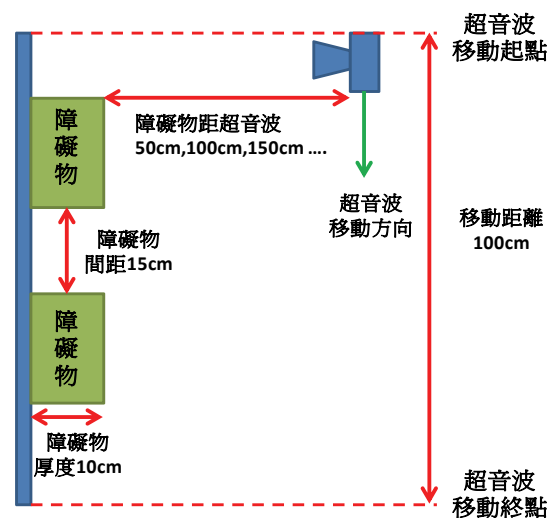


圖 3-19 超音波測距儀動態驗證實驗示意圖

表3.3 不同移動速度下不同障礙物距離之測試結果

障礙物距離(cm)/ 不同移動速度	50	100	150	200	250
3s-100cm	47.6	97.9	142.3	183.3	230.1
2s-100cm	48.8	98.9	140.1	180.2	222.6
1s-100cm	47.8	91.8	139.3	170.3	216.1
0.5s-100cm	47.6	92.7	135.2	168.2	198.3
平均值	48.0	95.3	139.2	175.5	216.8
標準差	0.6	3.6	3.0	7.4	13.6
誤差	4.1%	4.7%	7.2%	12.3%	13.3%

註：橫列數據為不同障礙物距離，縱列為不同移動速度下之超音波偵測距離。0.5-100cm 代表 0.5 秒內超音波移動距離 100cm，換算速度約為 7.2 km/h。

障礙物與超音波測距儀實際距離 50cm 狀況下，超音波測距儀以不同速度移動所偵測到距離值之變化曲線，測試結果如圖 3-20 至圖 3-23 所示。

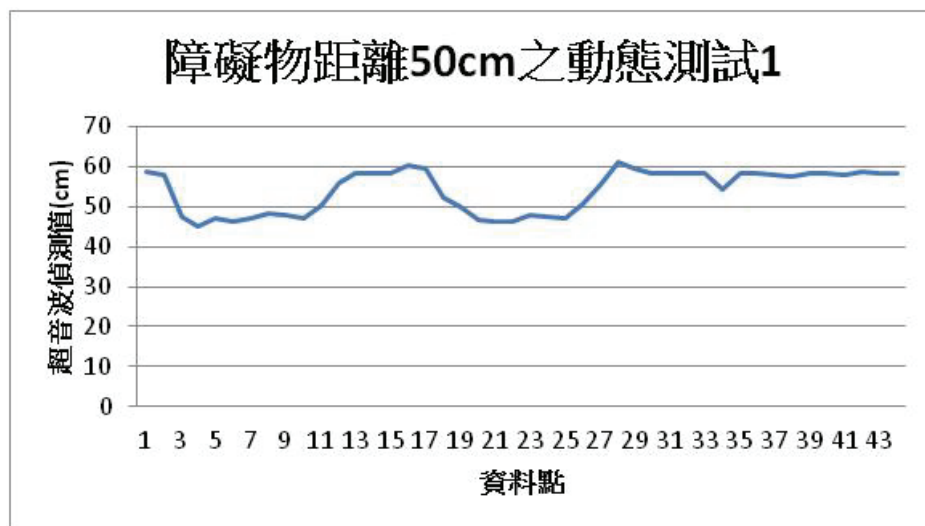


圖 3-20 實際距離 50cm 之動態速度 1.2km/h 之超音波偵測值測試

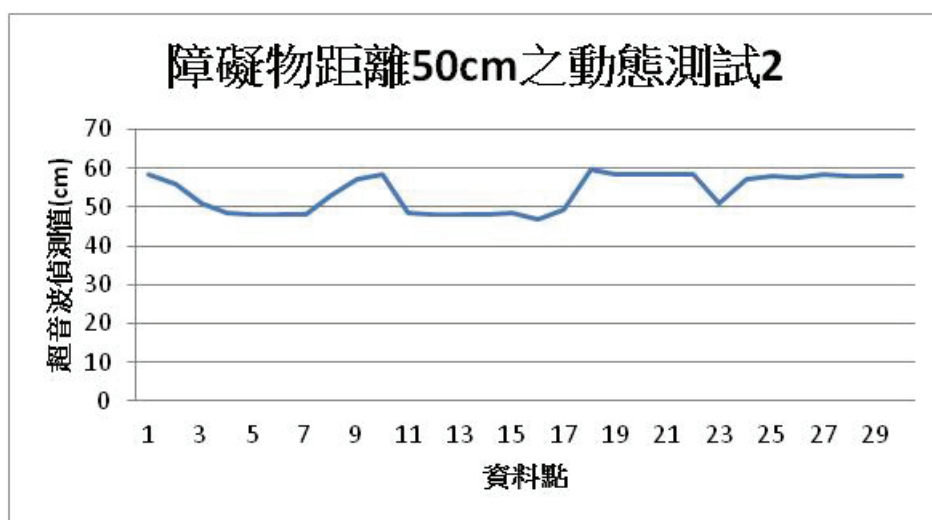


圖 3-21 實際距離 50cm 之動態速度 1.8km/h 之超音波偵測值測試

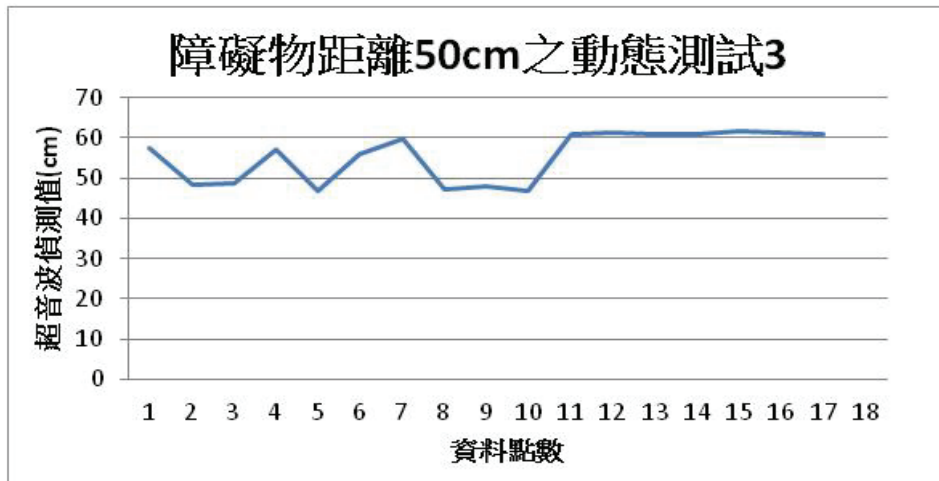


圖 3-22 實際距離 50cm 之動態速度 3.6 km/h 之超音波偵測值測試

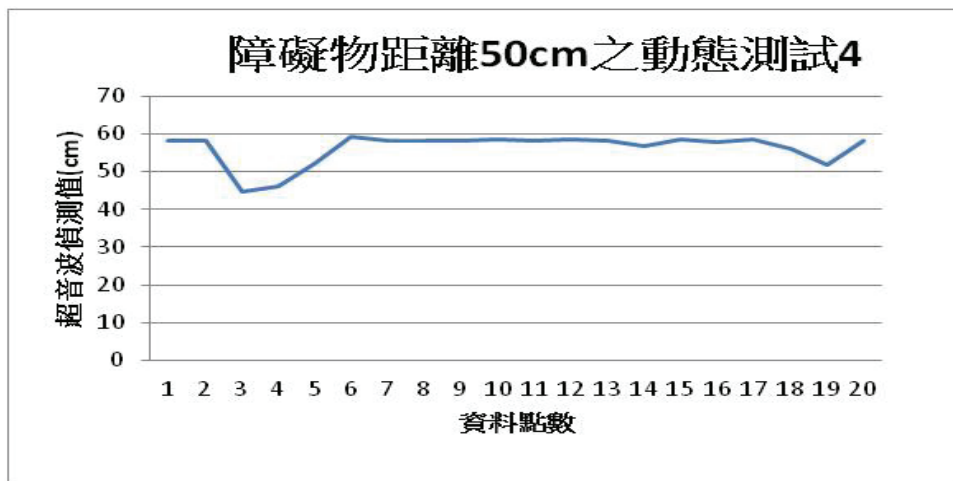


圖 3-23 實際距離 50cm 之動態速度 7.2km/h 之超音波偵測值測試

障礙物與超音波測距儀實際距離 100cm 狀況下，超音波測距儀以不同速度移動所偵測到距離值之變化曲線。測試結果如圖 3-24 至圖 3-27 所示。

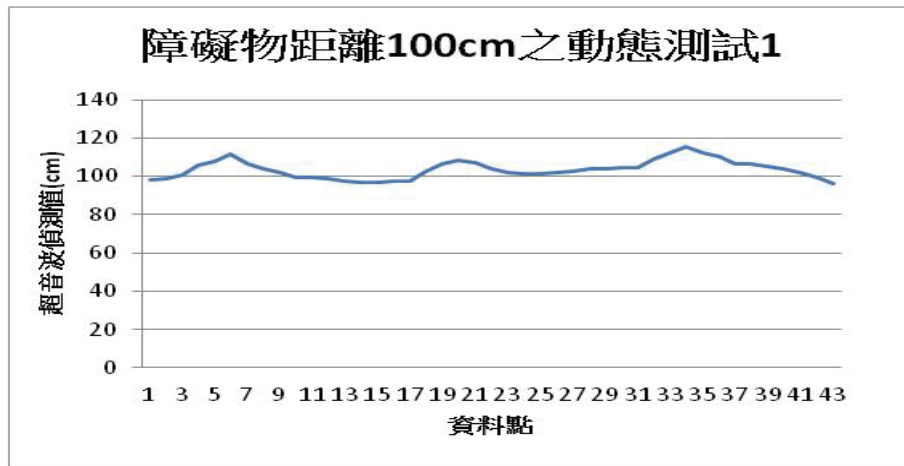


圖 3-24 實際距離 100cm 之動態速度 1.2km/h 之超音波偵測值測試

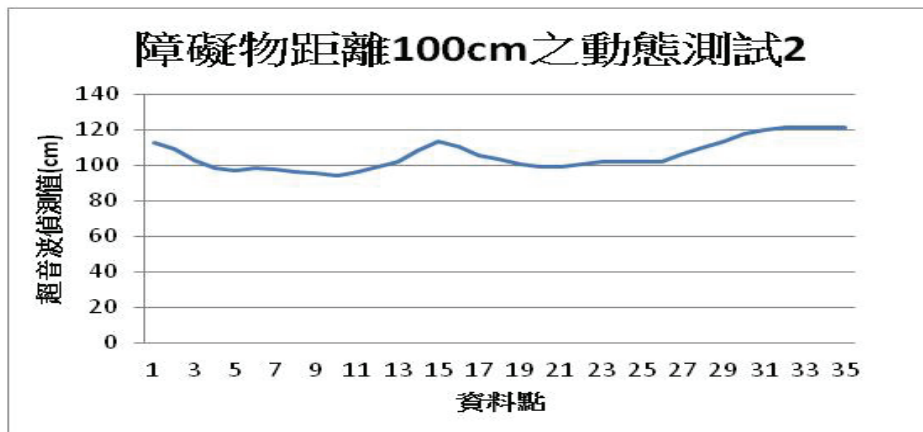


圖 3-25 實際距離 100cm 之動態速度 1.8km/h 之超音波偵測值測試

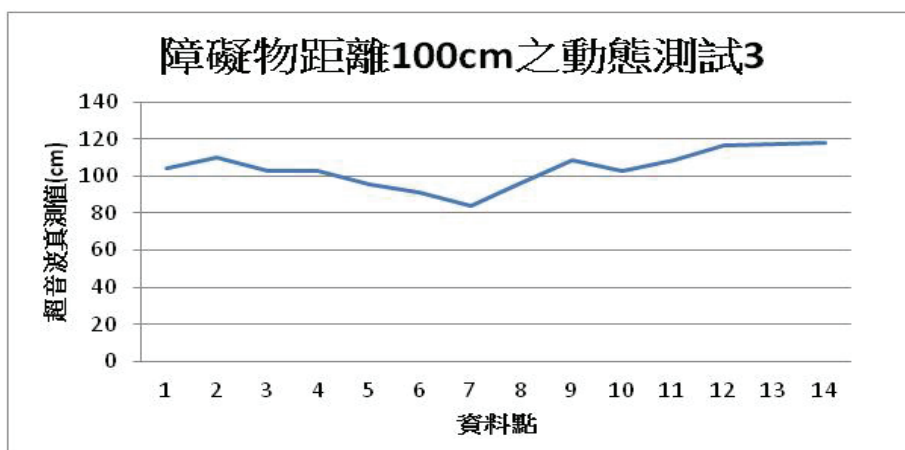


圖 3-26 實際距離 100cm 之動態速度 3.6km/h 之超音波偵測值測試

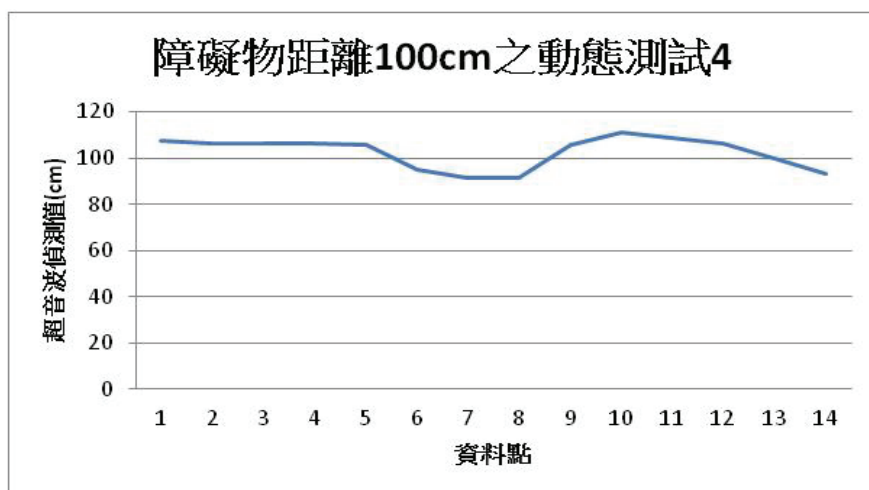


圖 3-27 實際距離 100cm 之動態速度 7.2 km/h 之超音波偵測值測試

由實驗結果發現，在超音波動態驗證測試中，當實際量測距離分別為 50、100 和 150cm 時，靜態實驗數據與實際距離誤差分別為 4.1%、4.7%、7.2%；當實際距離超過 150cm 時，以 200cm 和 250cm 為例，實驗數據與實際距離誤差分別為 12.3%與 13.3%。

3.2.3 超音波測距儀動態驗證(高速)

超音波發射架係透過發射超音波及接收超音波，來量測間距長度。自行車實驗施做時，除了自行車本身與道路周邊靜物的間距，還有許多的同行車輛或行人會通過自行車。因此超音波發射與接收並不是在靜止的狀態中進行，而是在動態的狀態中進行，有實驗自行車本身的速度或同行車輛行進的速度。因此設計一個實驗以驗證在動態的狀態中，超音波是否會遺漏。實驗示意圖如圖 3-28 所示。

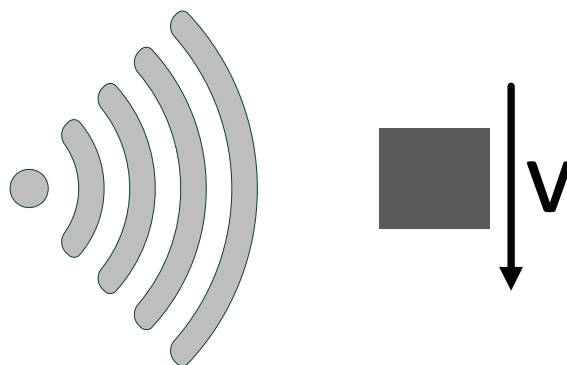


圖 3-28 超音波測距儀高速動態驗證實驗示意圖

假設扣除實驗自行車的速度後，其他車輛的速度分別為 10km/hr、15km/hr 與 20km/hr。超音波發射架距離牆面為 150cm，距離地面高度 65cm。為了模擬車輛的行進速度，使用自由落體方式來模擬行車速度，係透過 $v = \sqrt{2gh}$ 自由落體公式，推算模擬速度所需要之高度。其模擬速度所需高度如表 3.4 所示。自由墜落之物體為長方體，其尺寸為長 31 cm 寬 23 cm 高 25 cm。其實驗情形如圖 3-29 所示。

表3.4 物體自由落體高度與速度關係表

速度(km/hr)	所需高度(cm)	距離地面高度(cm)
10	39.3	104.3
15	88.5	153.5
20	157.3	222.3



圖 3-29 超音波感測器高速動態驗證實驗情形

由於超音波發射架距離牆面為 150 cm，而測試物體自由落體通過時其側是距離應縮減為 125 cm(因為物體尺寸為 25 cm)，不同通過車速其測試結果如圖 3-30、圖 3-31 和圖 3-32 所示。當物體速度為 10 km/h 情況下，三次測試結果，超音波偵測值為 125.92 cm、124.67 cm 和 125.60cm；當物體速度為 15 km/h 情況下，三次測試結果，超音波偵測值為 125.87 cm、127.39 cm 和 124.70 cm；當物體速度為 20 km/h 情況下，三次測試結果，超音波偵測值為 126.15 cm、123.05 cm 和 124.01cm。

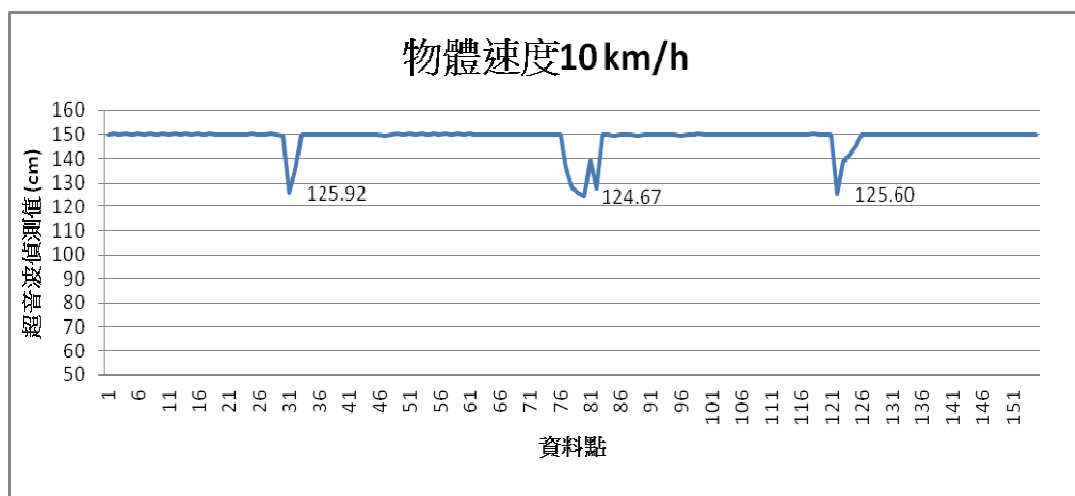


圖 3-30 物體速度 10 km/h 驗證結果

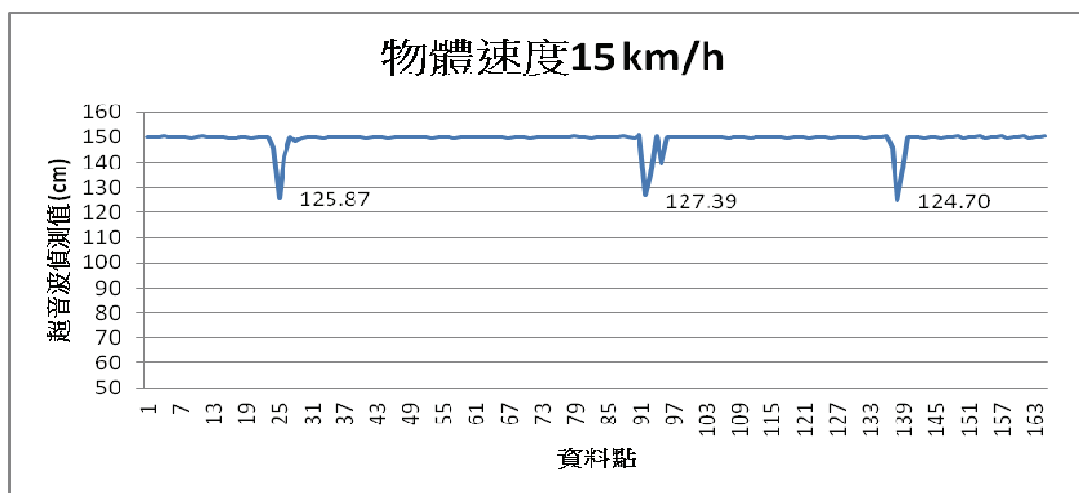


圖 3-31 物體速度 15 km/h 驗證結果

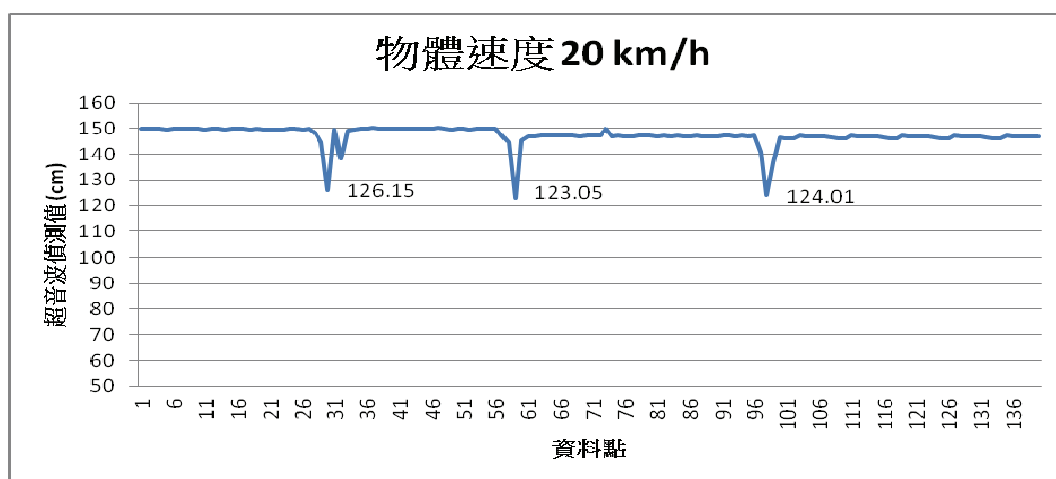


圖 3-32 物體速度 20 km/h 驗證結果

3.2.4 超音波架設高度對偵測數值之影響驗證實驗

實驗自行車與其他車輛間距是利用超音波的發射、回彈、接收並換算而得，超音波係透過裝置於自行車後方超音波發射架，來施作發射與接收的動作。超音波發射時呈現輻射狀的方式射出，若超音波發射架的位置，置於距離地面高度較低的位置則會受到地面的干擾導致超音波提早回彈，而產生誤差。若架設位置距離地面高度較高，機車經過時可能會錯過，係透過本檢驗來決定超音波發射架的高低與位置。如圖 3-33 所示。

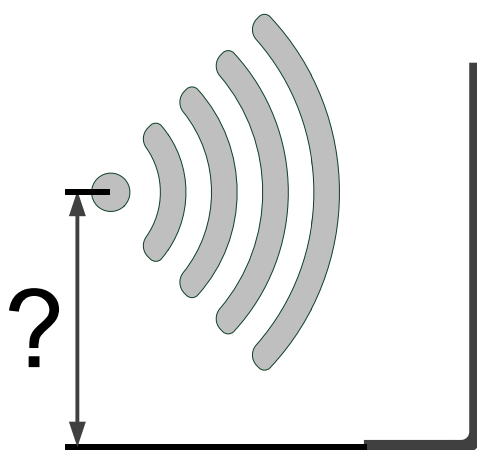


圖 3-33 超音波架設高度對偵測數值之影響

超音波發射架置於自行車的後方，左方與右方各一組，而實驗自行車設定時，希望外觀與一般道路上通勤的自行車外觀並無二致，故其自行車上的實驗設備可

以越不顯眼越好，越貼近車身亦是越不顯眼的方法，因此太高與太寬都將是考慮的重點。然而考慮超音波發射架與其原理，在使用時又不可以太貼近地面，以致於不會產生太多的誤差。本檢驗設定超音波發射架距離牆面 150cm，超音波發射器距離地面分別為 100cm、80cm、60cm、40cm、與 20cm，間隔皆為 20cm。共五組實驗，以驗證超音波發射器距離地面高度是否會發生誤差以及誤差發生的多寡。

實驗設計為在距離超音波發射器 150 公分處，放置一障礙物，並分別設定超音波發射器高度為 20cm、40cm、60cm、80cm 與 100cm 的記號。超音波發射器後方黏貼一雙面膠，可以隨時撕下，並黏於不同高度。實驗皆由靜止開始，並記錄 60 秒，前 10 秒部分不使用，取 30 秒，共 300 筆數據資料。實驗結果如圖 3-34 所示。

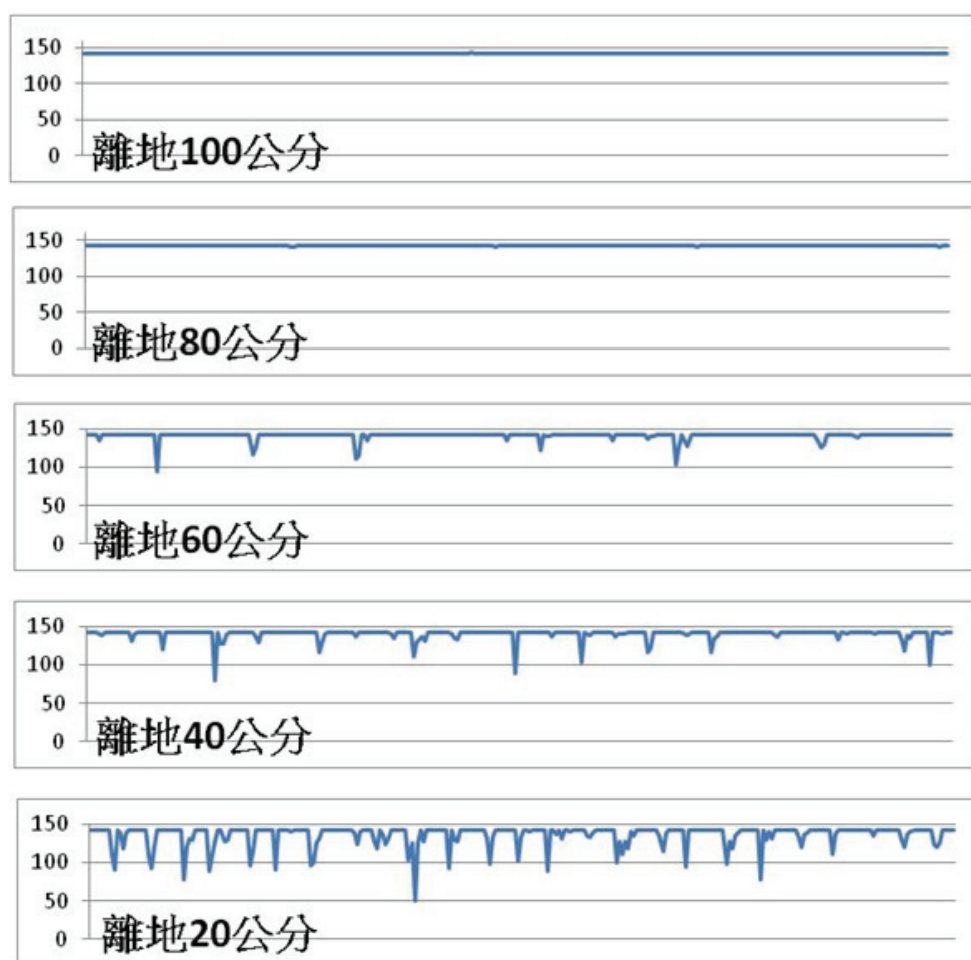


圖 3-34 不同超音波架設高度偵測數據變化情形

當超音波架設高度高度 80cm 與 100cm，兩個圖形並無二致，皆是相當平直的一條線，且幾乎沒有任何誤差的點產生。到距離地面高度 60cm 時，如圖所示，出現了一些誤差點，在 30 秒鐘出現了較大的誤差點約有 6 處。到了距離地面高度 40cm 與 20cm，其誤差點的產生幾乎占滿時間的一半以上，如圖與圖所示。已經知道超音波發射器距離地面高度越高，其誤差的產生亦是越少。故距離地面高度在 40cm 以下皆不在設置的範圍裏面。為了更進一步的驗證，在距離地面高度 60cm 至 80cm 間以 5cm 為間距，在進行一次實驗，其超音波發射器距離地面高度分別為 60cm、65cm、70cm、75cm 和 80cm。其實驗結果如圖 3-35 所示。

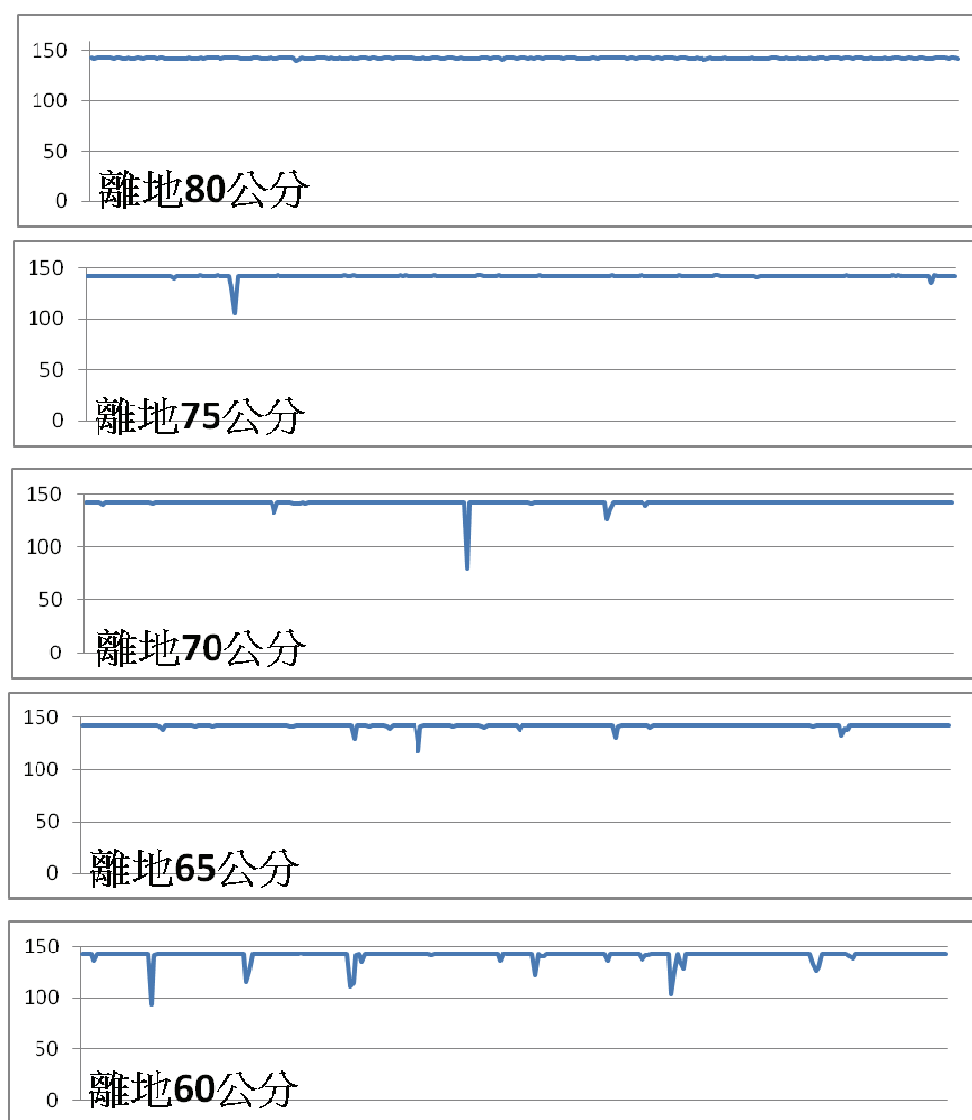


圖 3-35 超音波架設高度 60 至 80cm 之間

因此，從此一實驗可發現，本研究所使用之超音波發射器其架設高度會影響偵測數值的準確性，若架設高度低於 40cm 時，將有一半以上之偵測時間過程中會擷取到誤差值，架設高度 60cm 以上則偵測之誤差點開始減少，架設高度為 80cm 以上，則幾乎不會在偵測到有誤差之數據。故最好之架設高度應為 80cm 以上。

一般自小客車車尾高度大約 105cm，如圖 3-36 所示，而 125 cc 機車車身高度則大約為 85cm 左右，如圖 3-37 所示。因此，100 年計畫中超音波測距儀所架設高度 85cm，可能在偵測左右側同向機車通過時，由於高度較高而有未偵測到車輛通過之情形。故本研究為找出合適之設置高度，於自行車後方位置，同時架設兩部超音波測距儀，離地面高度分別為 65cm 和 85cm，架設情形如圖 3-38 所示，相對於 125cc 機車車身高度，可發現離地 65cm 之超音波可偵測到車身高度正中央位置，而離地 85cm 之超音波則可能會偵測到車身高度最頂端位置。

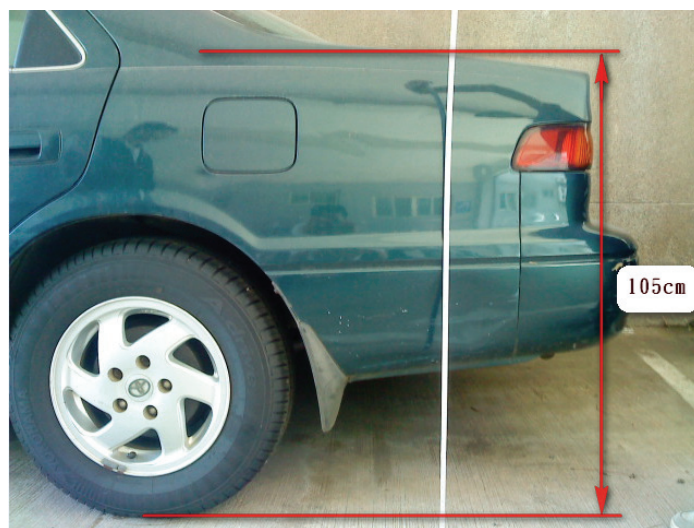


圖 3-36 一般自小客車車尾離地面高度 105cm



圖 3-37 125cc 機車車身高度為 85cm



圖 3-38 不同安裝高度與 125 cc 機車車身高度比較

實際騎乘以不同離地高度同時安裝兩部超音波測距儀之自行車於市區道路上，進行實車實驗。以觀察兩部超音波測距儀所偵測之數據差異情形。圖 3-39 為離地 65cm 之超音波測距儀偵測結果，圖 3-40 則為離地 85cm 之超音波測距儀偵測結果。

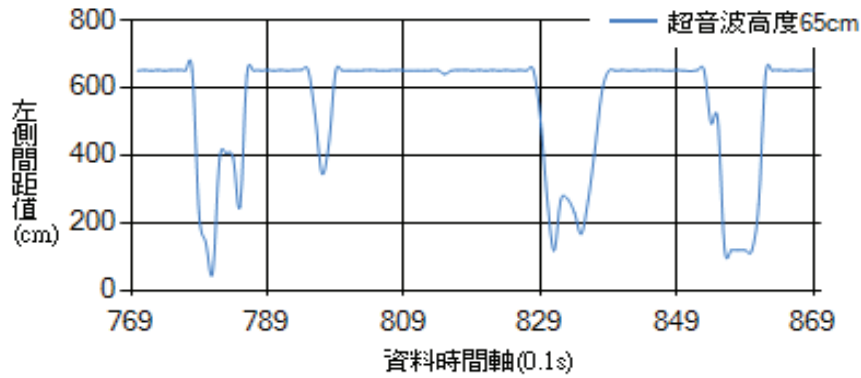


圖 3-39 離地 65cm 之超音波數據曲線

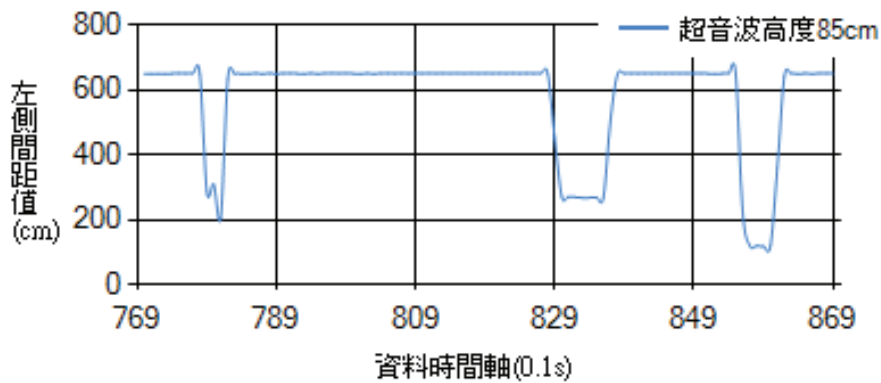


圖 3-40 離地 85cm 之超音波數據曲線

擷取實驗路段中，資料時間軸為 769 至 869 之超音波數據，此一過程，有連續車輛超越自行車之左側空間。其中資料時間軸為 769 至 789 之過程，有一機車近距離行駛通過自行車左側，由圖 3-39 及圖 3-40 可發現，離地 65cm 之超音波測距儀相較於離地 85cm 之超音波測距儀偵測數值可測得較小之左側間距值 52.6cm，然而離地 85cm 之超音波測距儀只能測得 200cm 之左側間距，顯示 85cm 之離地高度確實有可能發生無法偵測到機車通過的情形。資料時間軸為 829 至 839 之過程，亦有相同情形發生。

但資料時間軸為 849 至 869 之過程，則兩部超音波測距儀皆測得相近的左側間距值，表示當通過車輛具有較高之車身高度時，例如小客車，超音波架設離地 65cm 或是離地 85cm 皆可以測得相近的數據，但對於車身高度較低之機車或是自行車而言，超音波架設離地 65cm 之高度，由目前驗證結果看來則可測得更準確之車輛通過自行車時的左側間距數值。

因此，雖然在超音波測距儀架設高度的室內實驗中發現，當架設高度為 80cm 以上幾乎不會出現偵測誤差，但實車實驗發現，當超音波測距儀架設高度為 85cm 時，其偵測結果之整體準確性並不如架設高度 65cm。因此，本研究回顧 100 年計畫所開發之自行車騎乘行為偵測系統(第三代)，設備如圖 3-41 所示，發現該載具之重量可能會影響受測者騎乘，且載具顯眼的外型，亦可能造成其他用路人注目致改變行為，而影響自然觀察資料的準確性。故本研究改以簡易之夾具將超音波測距儀固定於自行車後方，且將架設高度設定為 65cm。



(a) 100 年計畫雛型



(b) 本研究改良

圖 3-41 超音波測距儀架設情形

3.3 車速擷取設備驗證

實驗方法為規劃一總距離為 45.4m 之直線實驗路段，實際騎乘自行車於該路段，並記錄騎乘過程之自行車車速，再將逐筆車速資料換算後累加計算該路段

之總里程，與實際距離比較。實驗結果如圖 3-42、圖 3-43 和表 3.5 所示。2 次實驗結果顯示誤差在 1% 以下。

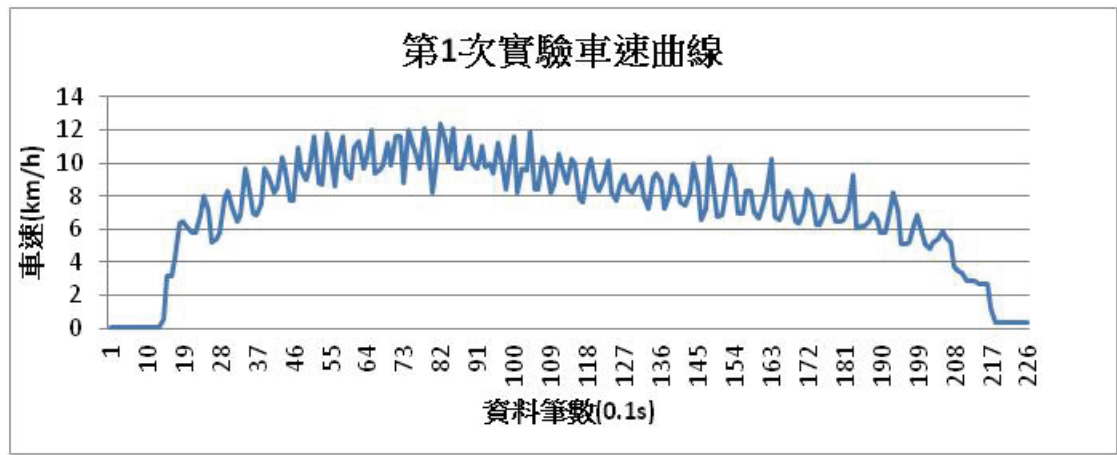


圖 3-42 第 1 次驗證實驗車速數據曲線圖

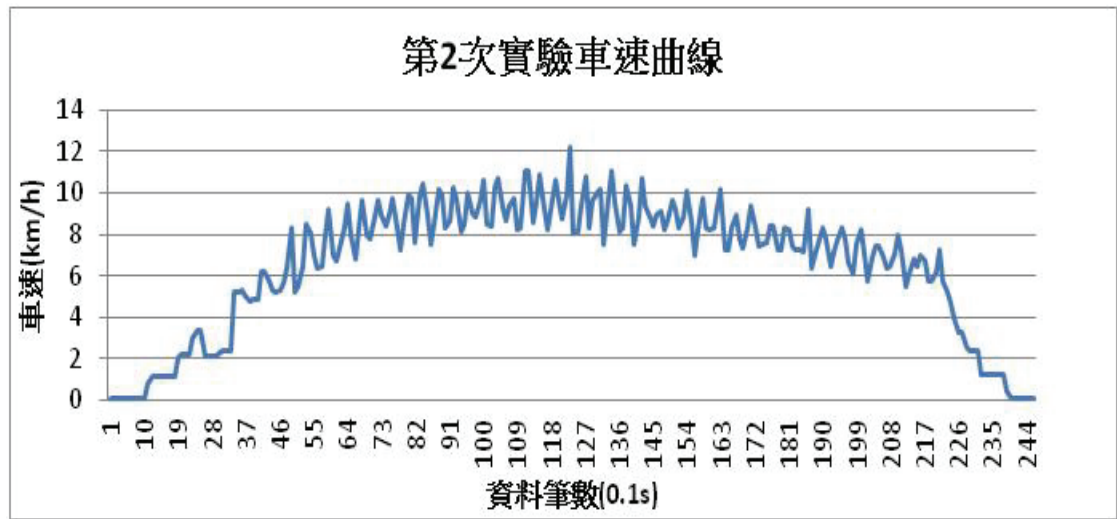


圖 3-43 第 2 次驗證實驗車速數據曲線圖

表3.5 車速累計里程與實際距離比較

	車速累計里程(m)	實際距離(m)	誤差(%)
第 1 次驗證實驗	45.80	45.4	0.89
第 2 次驗證實驗	44.97	45.4	0.94

3.4 三合一感測器與 Wii 加速度計驗證

為了驗證 Wii 加速度計的可用性，以三合一加速度計所測得加速度值為數據比對的標準值。實驗方式為同時將三合一感測器與 Wii 加速度計架設於小客車內，並實際行駛該車輛以記錄行駛過程之車輛加速度變化情形。設備實驗架設方式如圖 3-44 所示。架設時以盡可能將兩個加速規架設於同一水平面。圖 3-45 為 Wii 加速度計與三合一感測器由電腦同時擷取後所得之原始檔案。



圖 3-44 加速度計架設情形

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	index	wii手把加速度值			綜合加速計加速度值				
3		X軸	Y軸	Z軸	X軸	Y軸	Z軸		
4	1	0.038	0.037	1	0.022	0.033	0.996		
5	2	0	0	0	0.022	0.033	0.996		
6	3	0	0	0	0.022	0.033	0.996		
7	4	0.038	0	1	0.022	0.033	0.996		
8	5	0.038	0.037	1	0.022	0.033	0.996		
9	6	0.038	0	1	0.022	0.033	0.996		
10	7	0.038	0.037	1	0.022	0.033	0.996		
11	8	0.038	0	1	0.022	0.033	0.996		
12	9	0.038	0.037	1	0	0	0		
13	10	0.038	0	1	-0.031	-0.008	1.001		
14	11	0.038	0.037	1	0.083	0.021	1.004		
15	12	0.038	0.037	0.962	0.039	0.023	1.002		
16	13	0.038	0	1	-0.019	-0.032	0.997		
17	14	0.038	0.037	1	0.04	-0.019	1.014		
18	15	0.038	0	1	-0.032	-0.034	1.011		
19	16	0.038	0.037	1	0.053	-0.024	1.007		
20	17	0.038	0	1	0.051	0.027	0.989		
21	18	0.038	0.037	1	0.078	0.019	0.996		
22	19	0.038	0.037	0.962	0.078	0.019	0.996		
23	20	0.038	0	1	-0.01	0.015	0.991		
24	21	0.038	-0.037	1	-0.036	-0.027	0.994		
25	22	0.038	0.037	1	0.019	-0.028	1.001		
26	23	0.038	0	1	-0.004	0.024	0.987		
27	24	0.038	0.037	1	0.008	-0.026	1.003		
28	25	0.038	0	1	0.081	0.032	0.987		
29	26	0.038	0.037	0.962	0	-0.025	1.004		
30	27	0.038	0	1	0.021	0.025	0.992		
31	28	0.038	0.037	1	-0.005	-0.029	0.995		
32	29	0.038	0	1	0.023	0.035	0.989		
33	30	0.038	-0.037	1	0.023	0.035	0.989		
34	31	0.038	0	1	-0.016	-0.036	0.998		
35	32	0.038	0.037	1	0.068	-0.01	0.998		

圖 3-45 Wii 加速度計與三合一感測器資料(原始資料)

因擷取資料是使用同一台電腦，故三合一感測器與 Wii 加速度計皆為每秒鐘擷取 80 筆資料，取其每秒平均值如圖 3-46、圖 3-47、圖 3-48 所示，其中紅線是 Wii 加速度計、黑線是三合一感測器的加速度，可發現二者之變化具一致性，而 Wii 加速度計所測得資料約延遲 1 秒。

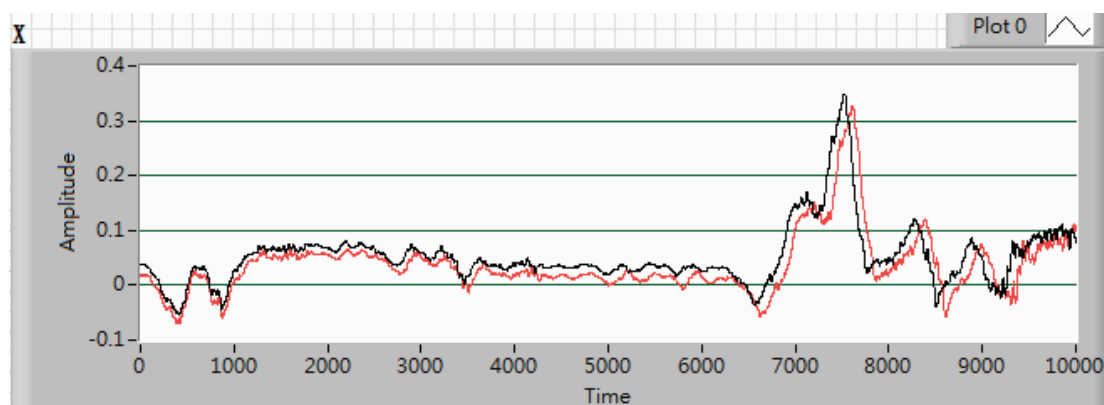


圖 3-46 X 方向加速度

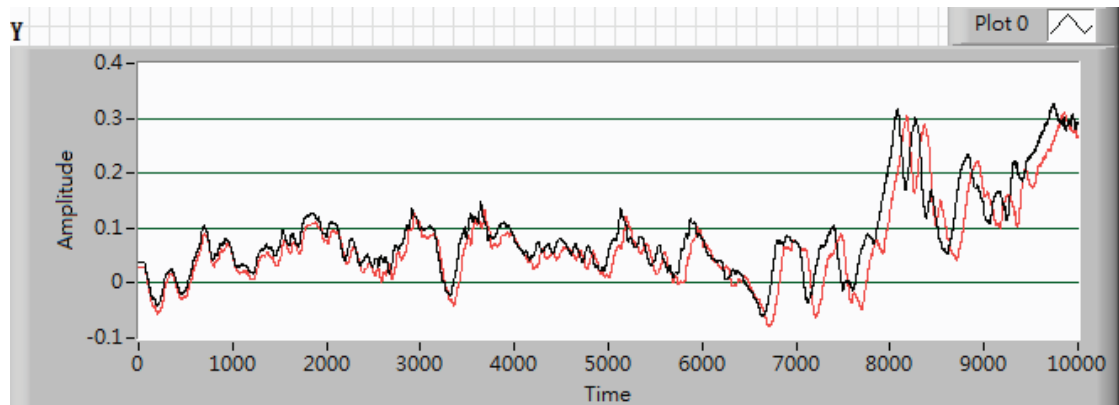


圖 3-47 Y 方向加速度

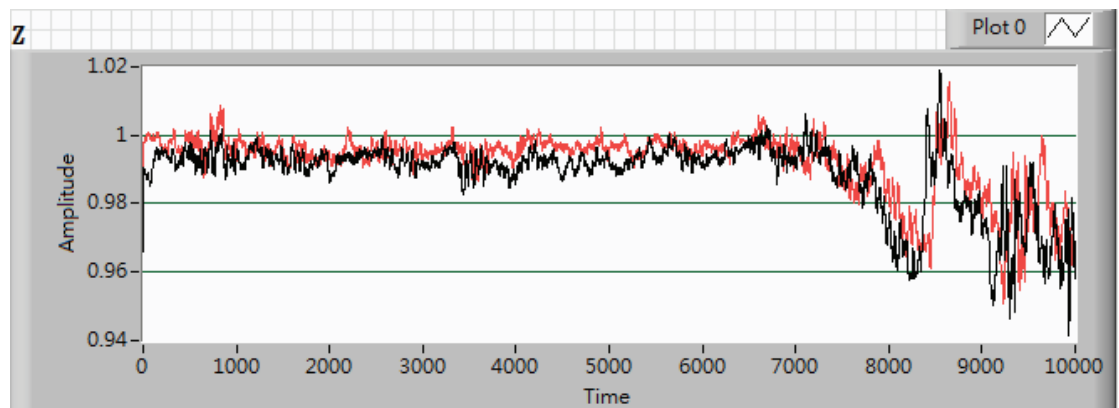


圖 3-48 Z 方向加速度

3.5 龍頭轉角擷取設備驗證

於可變電阻(龍頭轉角角度測量機構)之齒輪下方，繪製一可用來測量龍頭轉角角度值之量角器，如圖 3-49 所示，並透過人工轉動龍頭角度，由正中央分別往左右兩側進行龍頭轉角測試，以每次增加轉角 5° 之方式觀察龍頭轉角之數值變化。



圖 3-49 測量龍頭轉角角度值實驗情形

圖 3-50 為龍頭轉角測試 1 之轉角變化曲線，測試開始時，龍頭位於正中央不產生任何偏擺，此時，可所擷取到之可變電阻值經由換算後，可得轉角角度值為 90° ，爾後，透過所繪製位於龍頭下方之量角器，以每次增加轉角值 5° 之方式，持續將龍頭向左側轉動至 120° 轉角位置，每次停留約 5 秒之靜態停等時間。測試結果發現，所測得轉角變化數值與實際轉動龍頭之角度變化情形吻合。

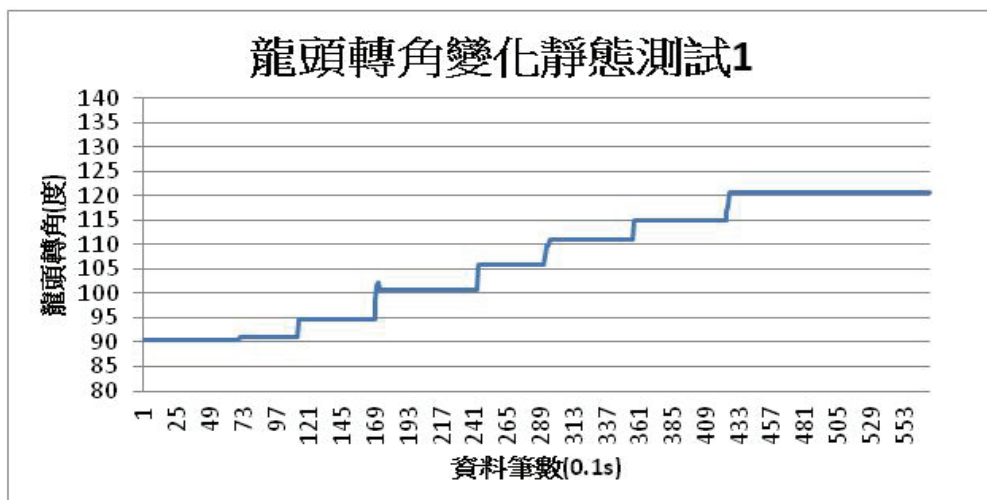


圖 3-50 靜態測試 1:龍頭轉角由 90° 變化至 120°

測試實驗 2 同樣以每次增加轉角值 5° 之方式，持續將龍頭由正中央向右側轉動至 60° 之轉角位置，每次並停留約 5 秒之靜態停等時間。測試結果亦可發現，所測得轉角變化數值與實際轉動龍頭之角度變化情形吻合。實驗結果如圖 3-51 所示。

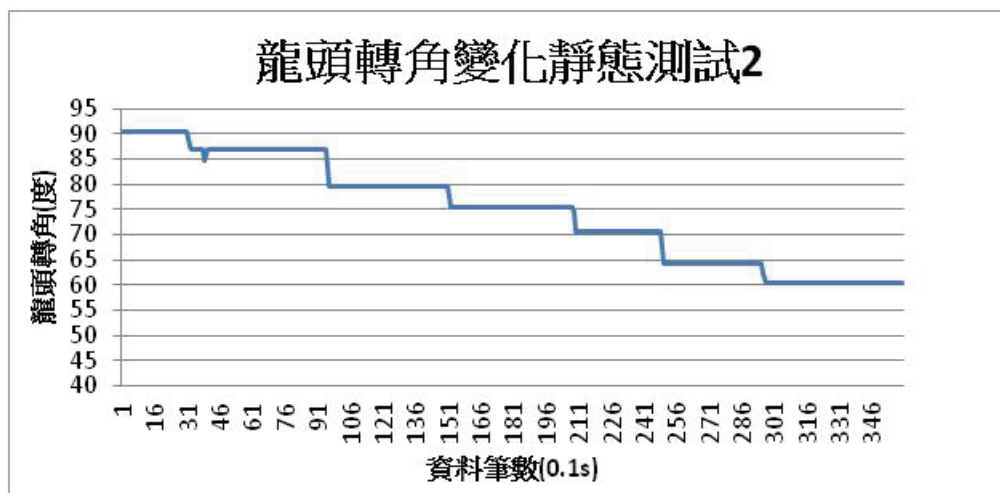


圖 3-51 靜態測試 2:龍頭轉角由 90°變化至 60°

根據上述之龍頭轉角靜態測試結果，可發現龍頭實際轉動角度與龍頭轉角擷取設備所測得之數值一致。進一步以實車實驗動態測試 3 位自行車騎士在正常且未閃避任何障礙物情況下騎乘直線道路的龍頭角度偏擺情形，實驗結果如圖 3-52、圖 3-53、圖 3-54 所示。

從 3 位受測者之龍頭轉角測量數據可發現，在正常騎乘下，自行車龍頭轉角的變化範圍在 85°至 95°之間，即龍頭左右偏擺各 5°的轉角範圍。此一正常動態騎乘之龍頭轉角觀察結果，可供後續第六章資料分析中設定龍頭轉角資料篩選門檻時參考。

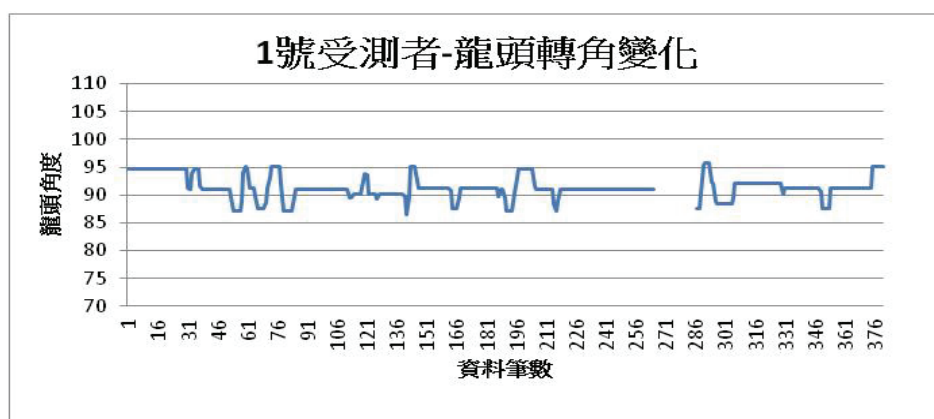


圖 3-52 1 號受測者騎乘時之龍頭轉角變化

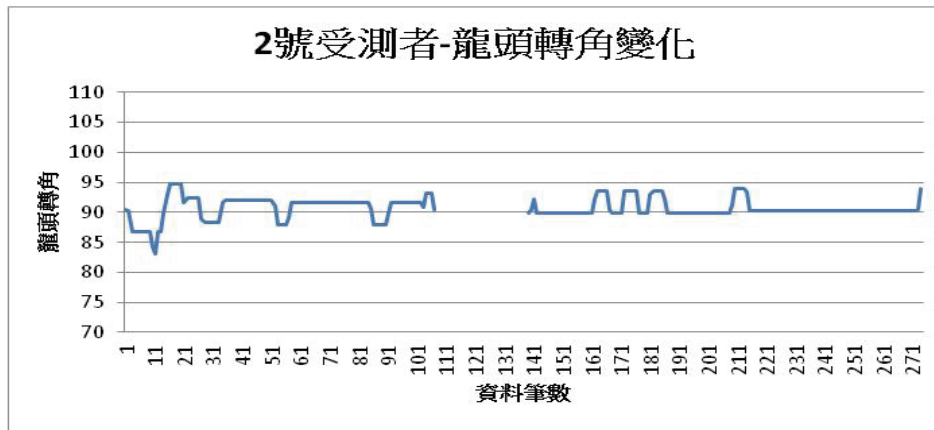


圖 3-53 2 號受測者騎乘時之龍頭轉角變化

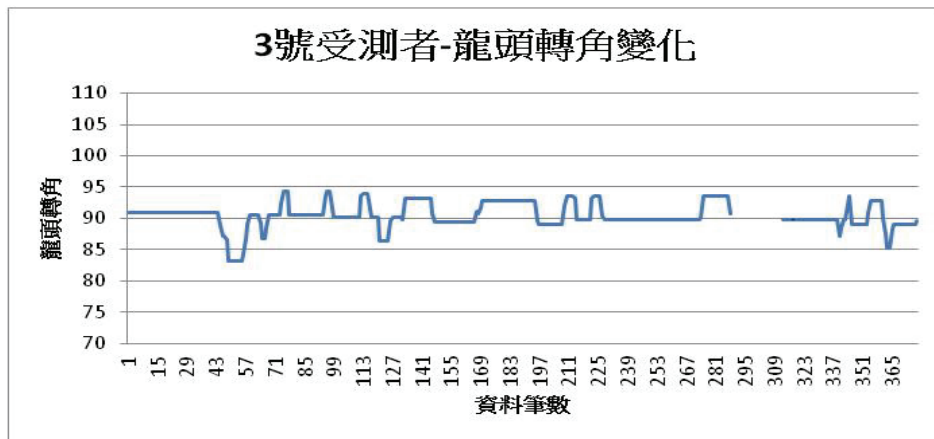


圖 3-54 3 號受測者騎乘時之龍頭轉角變化

此頁空白

第 4 章 實驗設計

4.1 實驗路線規劃構想

由本研究之文獻回顧可發現，影響自行車騎士損傷及騎士在環境中相容性的道路及交通環境因素，可概分成動態及靜態因素 2 類，在規劃實驗路線時，若能盡可能有系統地考量這些因素，將其設計成實驗時的控制因素，則所蒐集的實驗資料將較有助於觀察這些因素對騎士的影響。

動態因素常較不易藉由實驗路線規劃而加以控制，而需透過實驗過程的動態事件資料蒐集，例如：機動車輛種類、公車進出、卸貨等，但有些動態因素可間接控制，例如：機動車輛交通量/速度、路邊停車狀況可透過選擇不同服務功能之道路而加以間接控制。靜態因素雖然有部份也不容易控制，例如：鋪面狀況、沙土/碎石/大量植物、路側靜止物體等，但有些靜態因素能透過適當的實驗路線規劃而加以直接或間接控制，例如：土地使用狀況、路口號誌種類、路口穿越距離、分隔設施及形式、自行車專用道、車道配置情形(騎乘空間)等。

基此，本研究之實驗路線規劃考量內容如下：

1. 以市區道路為範圍，路段組合為主，路口組合為輔，路段部分以共用車道之路線為主。
2. 避免轉向過多的實驗路線，以免受測者迷路。
3. 避免相同道路屬性的路段調查長度過長或過短。
4. 自行車專用的設施，為納入實驗路線的首要考量，但此設施需與法定設施相似度高且設置方式具一般交通工程合理性。設置於人行道上的自行車相關設施，暫不列入考量。
5. 適度考量法規中的速限規定。我國法規對於市區道路速限一般性規定為無速限標誌或標線時，行車速限不得超過 50 km/h，但針對無分向或無分道標線之道路、慢車道則特別規定其速限不得超過 40 km/h。
6. 路段的控制因素如下，各因素規劃之水準如表 4.1 所示。
 - (1) 騎乘空間的橫向寬度淨寬相關因素，採自行車各種騎乘空間寬度、路邊停車狀況；
 - (2) 機動車輛速度相關因素，採道路速限(區位)。

7. 路口的控制因素如下，各因素規劃之水準如表 4.2 所示。

- (1) 路口控制等級相關因素，採行車管制號誌；
- (2) 自行車轉向相關設施，採自行車穿越道、2 段式左轉；
- (3) 通過路口的可視性相關因素，採通過路口的騎乘距離(即各相交道路寬度)。

假設有分隔島時，臨進路口島頭 $w < 1\text{m}$ 且無樹叢遮蔽，若非此狀況，則加註。

由於路段及路口的控制因素與其水準數目所組合而成的狀況相當多，故本研究將依據現場路線之實際狀況，僅針對各控制因素的部份水準進行實驗資料蒐集作業，未來可透過更多實驗路線而逐步加以蒐集完整。

表4.1 實驗路線之路段控制因素及其水準規劃

因素		水準			
自行車各種騎乘空間寬度 [註 1]	自行車專用道	無	有 ($\leq 1\text{m}$)	有 ($1\text{m} < w \leq 1.5\text{m}$)	有 ($w > 1.5\text{m}$)
	慢車道	無	有 ($\leq 1\text{m}$)	有 ($1\text{m} < w \leq 2\text{m}$)	有 ($w > 2\text{m}$)
	分向混合車道(最右側)	無	有 ($\leq 3.25\text{m}$)	有 ($3.25\text{m} < w \leq 3.5\text{m}$)	有 ($w > 3.5\text{m}$)
	雙向混合車道(1/2車道寬)	$w \leq 3.5\text{m}$	$w > 3.5\text{m}$		
	路肩	無	有 ($\leq 1\text{m}$)	有 ($1\text{m} < w \leq 2\text{m}$)	有 ($w > 2\text{m}$)
路邊停車狀況	停車格位	無	有		
	停車程度	停車 $\geq 30\%$	停車 $< 30\%$		
道路速限(區位)		40 km/h 以下 (市區/高度開發巷道)	40-50 km/h (市區/高度開發主要道路)	50 km/h 以上 (郊區/低度開發道路)	

註：1.自行車各種騎乘空間有些可能會同時存在(如「路肩」與其他空間等)，有些則不會同時存在(如「慢車道」與「分向混合車道(最右側)」等)。

2.「w」表示寬度。

表4.2 實驗路線之路口控制因素及其水準規劃

因素 [註 1]		水準			
行車管制號誌		無	有		
自行車穿越道		無	有		
2 段式左轉		無	有		
路寬 (From)	$w \leq 10m$	路寬(To) $w \leq 10m$	路寬(To) $10m < w \leq 20m$	路寬(To) $20m < w \leq 25m$	路寬(To) $w > 25m$
	$10m < w \leq 20m$	路寬(To) $w \leq 10m$	路寬(To) $10m < w \leq 20m$	路寬(To) $20m < w \leq 25m$	路寬(To) $w > 25m$
	$20m < w \leq 25m$	路寬(To) $w \leq 10m$	路寬(To) $10m < w \leq 20m$	路寬(To) $20m < w \leq 25m$	路寬(To) $w > 25m$
	$w > 25m$	路寬(To) $w \leq 10m$	路寬(To) $10m < w \leq 20m$	路寬(To) $20m < w \leq 25m$	路寬(To) $w > 25m$

註：1.各項因素有些可能會同時存在，有些則不會同時存在。

2.「w」表示寬度。

4.2 實驗路線替選方案之資料蒐集

本研究先利用 Google Map 與其街景圖服務功能，依據前述實驗路線的控制因素及其水準考量，於室內初步規劃實驗路線替選方案，然後分別於尖峰、非尖峰時段，利用行車紀錄器沿路線拍攝，並實地量測與自行車騎乘有關的空間寬度及紀錄重要狀況資料，最後研析所蒐集資料，確定實驗路線與時段。

本研究共規劃 2 條實驗路線替選方案，分別位於林口長庚醫院附近(圖 4-1)及龍華科技大學附近(圖 4-2)，而前者有部份路段，在道路二側有類似自行車專用道的設施。此外，圖 4-1 範圍沿縣道 105 號道路上(圖 4-3)，於 16.5K~22.5K(桃園縣龜山鄉忠義路一段與長壽路交叉口)間之道路二側各設置有 1 條寬度為 160 cm、類似自行車專用道的車道空間，雖然其設置並不符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」的相關規定，但標有「自行車專用道」之標字及類似設置規則中的自行車符碼，如表 4.3 所示。2 條實驗路線替選方案實際量測及紀錄所得相關資料如表 4.4 及表 4.6，各表中每個路段的照片請分別另詳表 4.5 及表 4.7。



圖 4-3 縣道 105 上類似自行車專用道之設置範圍

資料來源：底圖來自 Google Earth，路線為本研究繪製。

表4.3 縣道105上類似自行車專用道之設施照片

	
22.5K(桃園縣龜山鄉忠義路一段與長壽路交叉口)處	
	
快慢車道分隔路段	
	
速限設置情形(左圖：40 km/h，右圖：60km/h)	
	
坡道路段	16.5K 處

註：本研究自行拍攝。

表4.4 實驗路線替選方案1與自行車騎乘空間相關之資料：林口長庚醫院附近

編號	路段	分段	自行車道 [註1]	停車格位 [註1]	人行道 [註1]	自行車道寬 (cm) [註1]	邊線寬度 (cm) [註2]	邊線至停車格間距 (cm) [註2]	邊線至人行道間距 (cm) [註2]	停車格寬度 (cm) [註3]	路口號誌 [註3]	兩段式左轉 [註4]	環境 註記 [註5]
1	忠義路二段	1 起點至頂湖路	V		V	160	白 10		314		紅	無	3
2	忠義路二段	2 頂湖路至忠義路二段 489 巷	V		V	160	白 10		296		紅	有	3
3	忠義路二段	3 忠義路二段 489 巷至復興一路			V		白 15		290		紅	有	2
4	復興一路			V	V		白 15	75	324	249	紅	無	2
5	文化七路				V		白 15		177		紅	無	1
6	文化七路 54 巷										無	無	1
7	文東五街	1 冂字型路段 1									無	無	1
8	文東五街	2 冂字型路段 2									無	無	1

資料來源：本研究自行調查。

註：1.「V」表有該項設施。

2.「邊線」包含快慢車道分隔線及路面邊線，依據法規，快慢車道分隔線為 10 cm，路面邊線為 15 cm，禁止臨時停車線(即紅線)及禁止停車線(即黃線)可為路面邊線。

3.註記該路段上之路口號誌種類，「紅」表示為行車管制號誌(即紅綠燈)，「閃」表示為閃光號誌。若該路段上有 2 個(含)以上的號誌路口，則以斜線(/)區隔，例如：閃/紅/紅，表示該路段有 3 個號誌路口，第 1 個號誌路口為閃光號誌，第 2 個號誌路口為紅綠燈，第 3 個號誌路口為紅綠燈。

4.註記該路口是否設置兩段式左轉標誌，「有」表示設有兩段式左轉標誌，「無」表示未設兩段式左轉標誌。例如：若該路段「路口號誌」欄註記為「閃/紅/紅」，而「兩段式左轉」欄註記為「有/有/無」，表示第 1 個號誌路口為閃光號誌且設有兩段式左轉標誌，第 2 個號誌路口為紅綠燈且設有兩段式左轉標誌，第 3 個號誌路口為紅綠燈但未設有兩段式左轉標誌。

5.註記該路段周遭環境，「1」表示為住宅區，「2」表示為商家，「3」表示為工業區，「4」表示為學校，「5」表示為其他。6.表中空白表示無該項設施。

表 4.4 實驗路線替選方案 1 與自行車騎乘空間相關之資料：林口長庚醫院附近(續)

編號	路段	分段	自行車道 [註 1]	停車 格位 [註 1]	人行 道 [註 1]	自行車 道寬 (cm)	邊線寬 度(cm) [註 2]	邊線至停 車格間距 (cm) [註 2]	邊線至人 行道間距 (cm) [註 2]	停車格 位寬度 (cm)	路口號 誌 [註 3]	兩段式左 轉 [註 4]	環境 註記 [註 5]
9	文東五街	3 ㄇ字型路段 3			V		紅 10		70		紅	無	1
10	文化七路	1 學校			V		白 15		156		紅	無	4
11	文化七路	2 商店區			V		白 15		157		紅	無	2
12	文化三路				V		白 15		412		紅	有	2
13	復興二路				V		白 10		272		紅	無	4
14	文化二路			V	V		白 15	183	440	257	紅/紅/紅 /紅/紅	無/有/無/ 無/有	2
15	復興一路			V	V		白 15	51	303	252	紅	無	2
16	文興路			V	V		白 15	12	215	203	紅	有	2
17	公園路			V	V		白 10	26	256	230	紅	無	2
18	文化三路			V	V		白 15	138	387	249	紅/紅	有/有	2
19	復興一路			V	V		白 15	43	313	270	紅/紅/紅	無/無/有	2
20	忠義路二段	1 復興一路至忠義 路二段 489 巷	V		V	127	白 10		295		紅	有	3
21	忠義路二段	2 忠義路二段 489 巷至終點	V		V	136	白 10		213		紅/紅	有/有	3

相關註解請詳本表第一頁。

表4.5 實驗路線替選方案1之各路段照片：林口長庚醫院附近

	
忠義路疑似自行車專用道路段	忠義路無自行車專用道路段
	
復興一路混合式車道	文化七路雙向單一車道
	
文東五街住宅區無道路邊線路段	文東五街住宅區有道路邊線路段
	
文化七路國民小學路段道路環境	文化七路商店街路段道路環境

資料來源：本研究自行調查。

表4.5 實驗路線替選方案1之各路段照片：林口長庚醫院附近(續)

	
<p>文化三路</p>	<p>復興二路</p>
	
<p>文化二路</p>	<p>復興一路</p>
	
<p>文興路</p>	<p>公園路</p>

資料來源：本研究自行調查。

表4.6 實驗路線替選方案2與自行車騎乘空間相關之資料：龍華科技大學附近

編號	路段	分段	自行車道 [註 1]	停車 格位 [註 1]	人行 道 [註 1]	自行車 道寬 (cm) [註 2]	邊線 寬度 (cm) [註 2]	邊線至 停車格 位間距 (cm) [註 2]	邊線至 人行道 間距 (cm) [註 2]	停車 格位 寬度 (cm) [註 3]	虛線至 路面邊 線(cm) [註 3]	虛線至 路邊 緣(cm) [註 4]	號誌 路口 [註 5]	兩段式 左轉 [註 6]	速限	環境 註記 [註 7]
1	萬壽路一段	1			V		紅 15		93		355		紅/紅	有/有	50	2
2	中正路	1					紅 10		90		350		紅/紅/ 紅	有/有/ 有	50	2
3	中正路	2			V		紅 10		154		334		紅	有	50	2
4	三俊街	1					白 10		468			165	紅/紅/ 紅/紅/ 紅/紅	無/無/ 無/無/ 無/無		2

資料來源：本研究自行調查。

註：1.「V」表有該項設施。

2.「邊線」包含快慢車道分隔線及路面邊線，依據法規，快慢車道分隔線為 10 cm，路面邊線為 15 cm，禁止臨時停車線(即紅線)及禁止停車線(即黃線)可為路面邊線。「邊線寬度(cm)」欄註記標線顏色及寬度，例如：「白 10」表示為白色 10 cm 標線。

3.「虛線」係指最右側的車道線。

4.「車道虛擬線」在無分向線及車道線之路段，為道路中線，而在有分向線但無車道線之路段，通行方向之道路中線。

5.註記該路段上之路口號誌種類，「紅」表示為行車管制號誌(即紅綠燈)，「閃」表示為閃光號誌。若該路段上有 2 個(含)以上的號誌路口，則以斜線(/)區隔，例如：閃/紅/紅，表示該路段有 3 個號誌路口，第 1 個號誌路口為閃光號誌，第 2 個號誌路口為紅綠燈，第 3 個號誌路口為紅綠燈。

6.註記該路口是否設置兩段式左轉標誌，「有」表示設有兩段式左轉標誌，「無」表示未設兩段式左轉標誌。例如：若該路段「路口號誌」欄註記為「閃/紅/紅」，而「兩段式左轉」欄註記為「有/有/無」，表示第 1 個號誌路口為閃光號誌且設有兩段式左轉標誌，第 2 個號誌路口為紅綠燈且設有兩段式左轉標誌，第 3 個號誌路口為紅綠燈但未設有兩段式左轉標誌。

7.註記該路段周遭環境，「1」表示為住宅區，「2」表示為商家，「3」表示為工業區，「4」表示為學校，「5」表示為其他。

8.表中空白表示無該項設施。9.此路段為位於大水溝旁之車道，故環境註記為 5。10.此路段上紅色邊線繪製於停車格位上。11.此路段向右侧加寬 1 倍。

表 4.6 實驗路線替選方案 2 與自行車騎乘空間相關之資料：龍華科技大學附近(續)

編號	路段	分段	自行車道 [註 1]	停車 格位 [註 1]	人行 道 [註 1]	自行車 道寬 (cm)	邊線 寬度 (cm) [註 2]	邊線至 停車格 位間距 (cm) [註 2]	邊線至 人行道 間距 (cm) [註 2]	停車 格位 寬度 (cm)	虛線至 路面邊 線(cm) [註 3]	車道虛 擬線至 路緣邊 緣(cm) [註 4]	號誌 路口 [註 5]	兩段式 左轉 [註 6]	速限	環境 註記 [註 7]
5	光明路 [註 9]	1		V			白 10	20		230		212.5				5
6	光明路	2			V		紅 10		75			182.5	紅	無		4
7	龍安路 [註 10]	1		V	V		紅 10		76	120		232.5	紅/紅/ 紅/紅/ 閃/紅/ 紅/紅	無/無/ 無/無/ 無/無/ 無/無		2
8	龍安路	2 頂好&龍 安國小)			V		紅 10		74			230	紅	有		2
9	中正路	1			V		紅 10		34		410	N/A	紅	有	50	2
10	中正路	2			V		白 10		178		435	N/A	紅	有	50	2
11	中正路 [註 11]	3			V		紅 10		75		810	N/A	紅	有	50	2
12	中正路	4			V		白 15		350		345	N/A	紅	有	50	4

相關註解請詳本表第一頁。

表4.7 實驗路線替選方案2之各路段照片：龍華科技大學附近

	
實驗路線起點萬壽路一段混合式車道	萬壽路一段混合式車道
	
中正路混合式車道分段 1	中正路混合式車道分段 2
	
三俊街道路環境-右側騎乘空間較大	三俊街道路環境-路邊車輛停放複雜
	
光明路單一車道環境-分段 1	光明路單一車道環境-分段 2

資料來源：本研究自行調查。

表 4.7 實驗路線替選方案 2 之各路段照片：龍華科技大學附近(續)

 <p>2012/03/19 15:27:41</p>	 <p>2012/03/19 15:27:05</p>
龍安路道路環境-分段 1	龍安路道路環境-分段 2
 <p>2012/03/19 15:28:01</p>	 <p>2012/03/19 15:28:12</p>
中正路道路環境-分段 1	中正路道路環境-分段 2
 <p>2012/03/19 15:28:24</p>	 <p>2012/03/19 15:28:25</p>
中正路道路環境-分段 3(右側加寬)	中正路道路環境-分段 4

資料來源：本研究自行調查。

4.3 實驗路線替選方案評估

本研究依據實驗路線規劃時的考量內容，評估 2 項實驗路線替選方案如表 4.8，由該表可知，以實驗的可操作性而言，替選方案 2 是較佳的選擇，但替選方案 1 的路線包含一段有自行車專用道的路段，故經整體考量後，決定本研究之實驗路線採替選方案 2，但加入替選方案 1 中的自行車專用道路段，故實驗將會分 2 階段進行。

表4.8 實驗路線替選方案評估表

	實驗路線替選方案 1： 林口長庚醫院附近	實驗路線替選方案 2： 龍華科技大學附近
路線轉向數目	16 處	5 處
相同道路屬性的路段長度過長或過短	多	少
自行車專用的設施	有(自行車專用道)	無
路段的控制因素	所有控制因素，且水準數目較多	所有控制因素，但水準數目較少
路口的控制因素	有	有
路線里程	6.9 km	5.4 km
騎乘時間	40 分	30 分

4.4 實驗設計及流程

本研究選取龍華科技大學附近之自行車實驗路線做為受測者騎乘路線，資料蒐集時間為早上 9 點半至 11 點之間與下午 1 點半至 3 點之間，並由 101 年 4 月底開始進行資料蒐集，於七月中旬完成 40 位受測者之招募與騎乘行為資料蒐集。每位騎乘者之騎乘時間約為 30 至 35 分鐘，因此，所蒐集之騎乘行為資料累積約為 20 至 24 小時。實驗開始前，研究團隊人員先將騎乘行為偵測設備運至實驗路線之起點位置，並開始進行偵測設備之設定、安裝與校正，準備工作完成後，受測者開始進行自行車之騎乘，第一階段騎至實驗路線之中繼點後，進行第一次數據資料儲存，然後受測者繼續騎乘至實驗路線終點處，並進行數據資料第二次儲存與影像資料儲存，資料蒐集流程如圖 4-4 所示。

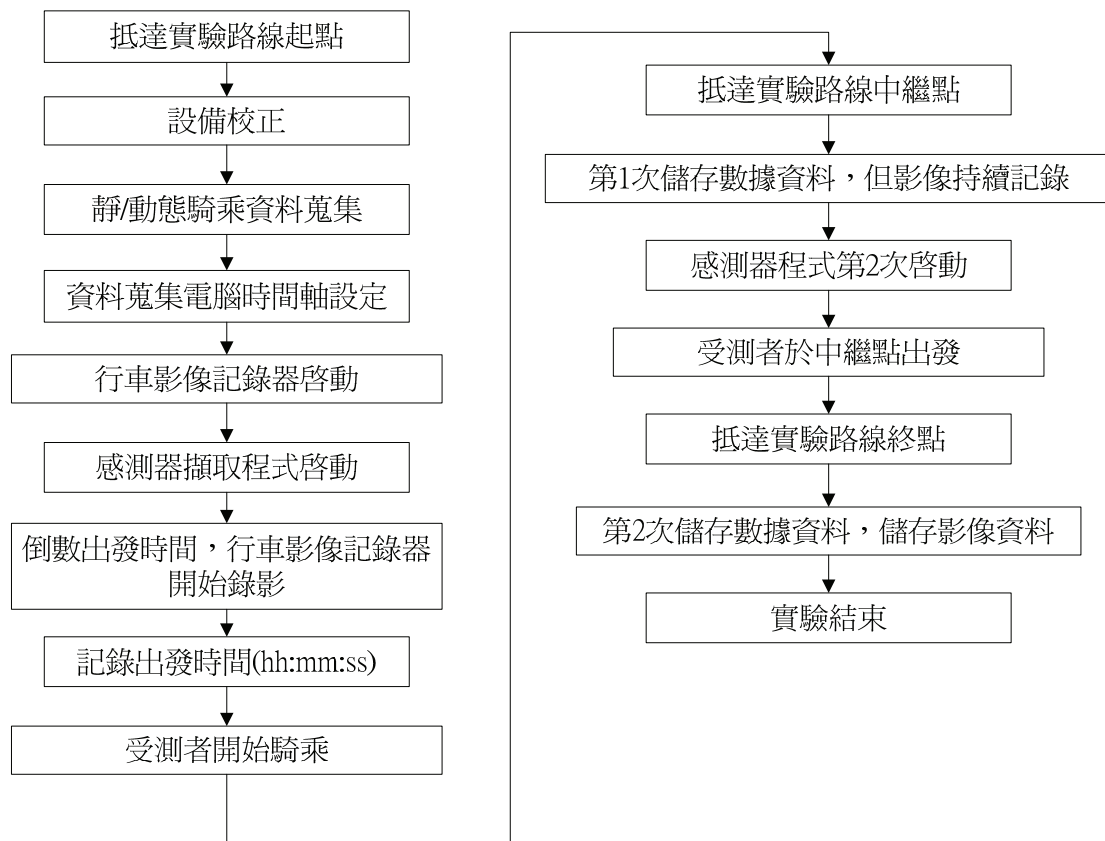


圖 4-4 資料蒐集流程圖

實驗前之設備校正包括行車影像記錄器架設高度與角度校正，需校正之行車影像記錄器包含前方 2 台影像記錄器、後方影像記錄器、左右側影像記錄器。因不同之影像記錄器架設角度可對應一固定之影像死角範圍，故校正方法為透過固定影像記錄器之架設高度，以固定影像死角範圍，並放置一死角範圍參考物，調整影像記錄器拍攝該參考物於畫面中之位置，即可調整該影像記錄器於正確之架設角度。

靜態騎乘資料蒐集部份，蒐集目的為透過靜態騎乘資料可供後續進行資料處理或資料分析時，確認感測器原始數值是否有偏差或異常之情況，如龍頭轉角數值為透過可變電阻換算求得，若可變電阻因某些原因其數值變換異常時，則可能換算出錯誤之龍頭轉角值，此時，透過蒐集靜態騎乘資料，確認龍頭在無任何偏擺時，感測器所擷取並換算求得之轉角值是否正確。靜態騎乘資料蒐集方法為將自行車水平擺設，龍頭朝正前方，不造成任何角度偏擺，開始擷取約 1 分鐘之靜態資料。

動態騎乘資料部份，透過規劃一空曠且無任何其他動態車輛之騎乘環境，讓受測者於該騎乘環境下，騎乘一直線路段，並記錄下此騎乘過程之數據資料，此資料即為動態騎乘資料。動態騎乘資料可供後續進行資料分析和探討時，做為操控行為的比較基準，由於後續所蒐集之騎乘行為資料為實際於道路上進行實驗，所騎乘之環境與動態騎乘資料蒐集之環境有所差異，相對地，環境對自行車騎士之操控行為亦將有不同影響，因此，先蒐集和建立在無任何外在環境影響下，自行車騎士之操控行為資料，做為後續分析在複雜道路環境下自行車騎士之操控行為時之比較基準。

此頁空白

第 5 章 大量資料解析方法

由於在道路上複雜的用路行為，目前仍難以直接利用車載儀器設備所紀錄(log)的數據及影像資料，以自動化的方式，進行判別與定義。故對於車載儀器設備所蒐集的數據及影像資料，國際上通常是先建立一套數據資料的門檻值組合(trigger values)，以此作為影像資料減量(video reduction)的工具，透過觀看減量後影像註記發生在道路上的各種事件。即藉由門檻值的篩檢，僅觀察符合門檻值組合之數據資料所對應時間點的影像資料，減少註記事件時所需觀看的影像資料量。

當所設定之車載儀器設備的數據資料門檻值組合，造成影像資料減量幅度過大時，會遺漏發生在道路上的重要事件。而當所設定之門檻值組合，造成影像資料減量幅度過小時，則會增加註記事件時的工作量，即觀看人員會看到許多無事件狀況的影像，以 30 分鐘的影像、0.1 秒儲存成一筆影像資料為例，會有 18,000 筆影像資料，1%即有 180 筆影像資料需要觀看、判斷、註記，以有經驗的影像資料處理人員而言，此約需 1 個工作天。因此，車載儀器設備的數據資料門檻值組合設定，對於處理車載儀器設備所紀錄之資料而言，是相當關鍵性的工作。

本研究之車載儀器設備所紀錄的數據資料項目眾多，1 項數據資料可能代表 1 項有意義的參數(如縱向加速度、速度等)，也可能需要多項數據資料才能產生 1 項參數，而透過數據資料的運算亦可能產生新的參數，且每項數據均為連續性資料，以 30 分鐘的 5 項數據、0.1 秒儲存成一筆資料為例，即有 90,000 筆不斷變化的數據資料。如此眾多且變化繁複的數據資料，需要一套解析數據資料門檻值的有效流程，以精確、有效率地建立參數門檻值組合。基此，本研究以 100 年計畫所蒐集資料，測試及建立車載儀器設備的參數門檻值組合，以應用於本研究實際蒐集的騎乘行為資料。茲說明如下。

5.1 建立參數門檻值組合之方法

參數門檻值設定的目的，是期望能由騎士的整趟騎乘的數據資料中，捕捉到騎士在道路上所遭遇之事件歷程中的資料點，然後以此資料點為線索，再回到與各該資料點相同時間點的影像資料中，針對該時間段的影像進行觀察、判斷及註記事件細節。故較佳的參數門檻值，係能以最少量的線索(即受觸發資料點)完

成大量的事件註記工作，基此，本研究提出下列 2 項參數門檻值評估準則：

1. 據以註記的事件次數最大化，以不低於人工直接觀察影像所得事件次數之 80 % 為目標。
2. 回到影像觀察資料的次數最小化，以不超過受觸發資料點之 10 % 為限。

上述參數門檻值評估準則應用於資料解析流程如圖 5-1 所示，第一階段資料篩選，主要透過建立參數門檻值組合來進行資料的篩選，篩選完畢後，根據所篩選出的資料點進行影像觀察和事件註記，根據本研究所訂評估準則第一項，註記事件之次數以不低於人工觀察事件數之 80% 為限，例如同筆資料以人工逐筆觀察影像來進行事件註記可得到 20 筆事件，若以門檻值組合篩選資料並觀察影像註記事件可求得 15 件，則篩選成功率為 75 %，未達到第一項評估準則標準。故第二階段資料篩選中，調整第一階段所設定之參數門檻值組合，進行第二階段資料篩選與事件註記，並與人工觀察之事件筆數進行比對，評估所調整之門檻值組合篩選結果之成功率，調整篩選門檻值組合直到篩選事件成功率達到 80% 以上。

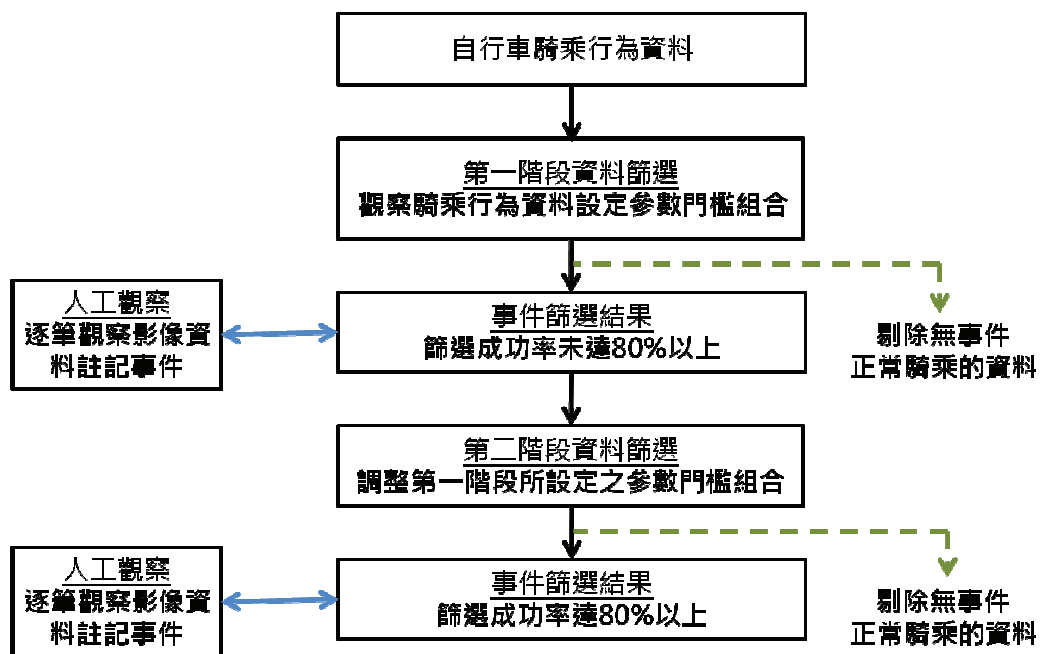


圖 5-1 資料解析方法流程圖

因此，本研究以 100 年計畫蒐集之部份受測者的騎乘行為資料做為分析用樣本，先建立參數的個別門檻值再結合而形成一門檻值組合。再依據圖 5-1 流程建

立參數門檻值組合，然後以 100 年計畫所蒐集之其他樣本進行該門檻組合之穩健性驗證，以驗證該門檻組合套用於其他受測樣本時亦可篩選出 80%以上之事件資料。參數門檻值組合分析驗證流程如圖 5-2 所示。

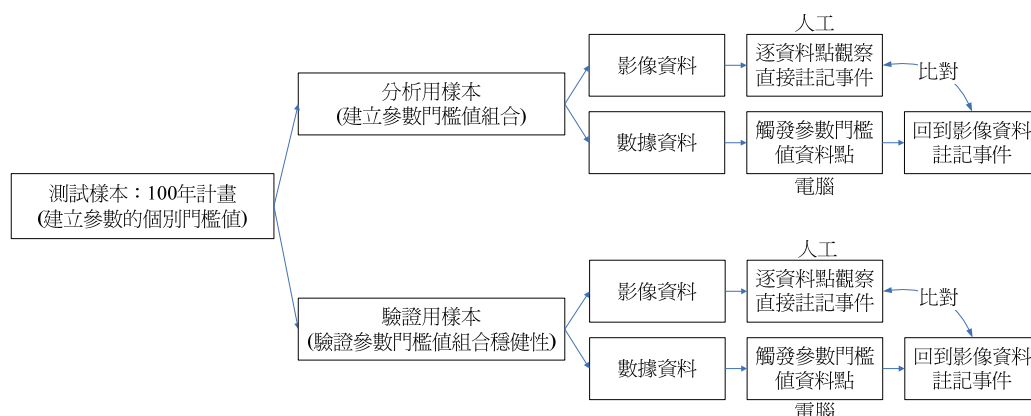


圖 5-2 參數門檻值組合分析驗證流程

5.2 評估參數之數據資料來源及建立門檻值組合 A

5.2.1 評估參數資料來源及個別門檻值

本研究以 100 年計畫中所蒐集的 3 位受測者騎乘資料為建立參數之個別門檻值的分析用樣本。所選擇之參數為龍頭轉角、橫向加速度、縱向加速度、左側間距、右側間距等 5 項，其中，龍頭轉角及左(右)側間距分別僅有 1 種數據資料來源，而橫向加速度及縱向加速度則有多種數據資料來源，故同時針對橫向加速度及縱向加速度進行數據資料來源的評估分析，最後，再以所擇定之數據資料來源，建立 5 項參數的門檻值組合，示意圖如圖 5-3 所示。

1. 龍頭轉角

龍頭轉角的數據資料是來自裝設在龍頭之可變電阻所紀錄數據。分析用樣本之龍頭轉角數據資料分布如表 5.1 所示，表中係統計資料點的數目。該表顯示龍頭轉角數值多數介於 85~95°之間，與正常騎乘下龍頭轉角的範圍為 85°至 95°之間結果一致，故以龍頭轉角此項參數而言，可先初步假設當自行車的龍頭轉角 $\leq 85^\circ$ 或 $\geq 95^\circ$ 時，可能有需要操舵反應的事件發生。

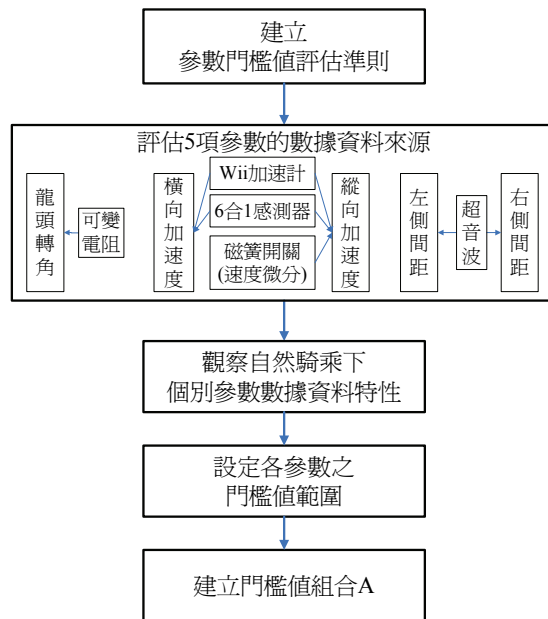


圖 5-3 參數資料來源與門檻篩選機制示意圖

表5.1 分析用樣本之龍頭轉角數據資料分布

資料編號 龍頭轉角(°)	20111104K	20111104L	20111104M
0~5	51	42	3
5~10(不含 5)	0	0	0
10~65(不含 65)	0	0	0
65~70(不含 70)	0	8	2
70~75(不含 75)	9	8	5
75~80(不含 80)	19	194	15
80~85(不含 85)	144	162	214
85~90(不含 90)	1178	2011	1546
90~95(不含 95)	2379	1740	1902
95~100(不含 100)	48	76	93
100~105(不含 105)	6	26	56
105~110(不含 110)	8	3	12
110~115(不含 115)	6	0	7
115~120(不含 120)	2	0	3
120~125(不含 125)	2	0	0
125~130(不含 130)	7	0	0
130 及以上	0	0	0

註：表中係統計各該龍頭轉角範圍內的資料點數目，以 5°為間距進行統計。

2. 橫向加速度

橫向加速度的數據資料有 2 種來源：Wii 加速度計及三合一感測器。分析用樣本來自此 2 種車載儀器設備紀錄之橫向加速度數據資料分布如表 5.2.所示，表中係統計資料點的數目。該表顯示 Wii 加速度計的橫向加速度(G)值多數介於-0.1G~0.05G 之間，而三合一感測器的橫向加速度(G)值則是介於-0.15G~0.05G 之間，兩種加速度計所得之數據資料分布有些微差異，此係因 2 種設備無法架設在自行車的同一水平面所致。但由此 2 種設備的比對資料顯示，正常行駛下的橫向加速度值通常介於-0.15G~0.05G 間。故以橫向加速度此項參數而言，可先初步假設當自行車的橫向加速度 $\leq -0.15G$ 或 $\geq 0.05G$ 時，可能有需要反應的事件發生。

至於橫向加速度的數據資料來源，因 Wii 加速度計及三合一感測器之橫向加速度的量測結果具相當一致性(詳第四章設備驗證內容)，考量到後續設備使用的可及性，本研究規劃則採用 Wii 加速度計。

表5.2 分析用樣本之橫向加速度數據資料分布

設備 橫向 資料編號 加速度(G)	Wii 加速度計			三合一感測器		
	20111104K	20111104L	20111104M	20111104K	20111104L	20111104M
$ax < -0.3$	0	0	0	0	0	0
$-0.3 \leq ax < -0.25$	0	0	0	0	2	0
$-0.25 \leq ax < -0.2$	1	14	0	3	18	4
$-0.2 \leq ax < -0.15$	46	78	24	109	194	52
$-0.15 \leq ax < -0.1$	290	434	261	690	958	501
$-0.1 \leq ax < -0.05$	851	1000	965	1020	1320	1499
$-0.05 \leq ax < 0$	1623	1798	1747	1411	1117	1405
$0 \leq ax < 0.05$	848	713	706	667	699	528
$0.05 \leq ax < 0.1$	341	388	350	148	201	115
$0.1 \leq ax < 0.15$	55	91	54	11	27	2
$0.15 \leq ax < 0.2$	3	21	2	0	3	0
$0.2 \leq ax < 0.25$	1	2	0	0	0	1
$0.25 \leq ax$	0	0	0	0	0	0

註：1.橫向加速度為正值，代表向右的加速度，負值代表向左的加速度。

2.表中係統計各該橫向加速度範圍內的資料點數目，以 0.05G 為間距進行統計。

3. 縱向加速度

縱向加速度的數據資料除了直接來自 Wii 加速度計及三合一感測器等 2 種車載儀器設備所紀錄數據以外，也可透過速度的微分計算而得，而本研究車載儀器設備中的磁簧開關便可獲得速度參數。分析用樣本來自 Wii 加速度計及三合一感測器紀錄之橫向加速度數據資料分布如表 5.3 所示，而由速度微分後，以移動平均計算而得之縱向加速度數據資料分布則如表 5.4 所示，表中均為統計資料點的數目。

表 5.3 顯示 Wii 加速度計及三合一感測器所紀錄之數據資料多數介於 0.1G 到 -0.15G 間，故以縱向加速度此項參數而言，可先初步假設當自行車的縱向加速度 $\geq 0.1G$ 或 $\leq -0.15G$ 時，可能有需要反應的事件發生。此外，表 5.3 亦可發現縱向加速度最大值均約介於 0.2G 至 0.25G 之間，而縱向減速度的最大值則均約介於 -0.35G 至 -0.3G 之間，此似乎指出自行車的加速行為可能不太明顯，減速行為可能較為明顯，故縱向減速度可能會有較多的參考價值。自行車的加速行為不明顯可能是因為騎士在起步或騎乘速度上因依賴本身的體力驅動而較慢，致不易產生較大的瞬間加速度值。

另因 Wii 加速度計及三合一感測器之縱向加速度的量測結果具相當一致性，詳第四章設備驗證內容之三合一感測器與 Wii 加速度計驗證結果，考量到與橫向加速度之數據資料來源的一致性，以及後續設備使用的可及性，本研究規劃採用 Wii 加速度計作為縱向加速度的數據資料來源。

以 Wii 加速度計及三合一感測器所紀錄之縱向加速度屬瞬間的數據資料，而透過速度微分並以移動平均處理資料雜訊後所得之縱向加速度則較屬於呈現 1 次反應的整體狀況，故表 5.4 之數據資料分布與表 5.3 頗為不同。表 5.4 呈現較為平滑的分布狀態，鮮少出現資料點數目為 0 的縱向加速度範圍，且似乎加速、減速的資料點數目差異不大，但與表 5.3 類似的是縱向加速度多數介於 -0.1G 到 0.1G 之間。不過，以不同資料點數目所計算的移動平均值會有差異，當計算移動平均值之資料點數目較多時，可能會增加後續門檻值觸發過多資料點，而降低事件註記的可操作性，例如：3 筆資料點計算之移動平均值下，共有 551 筆縱向加速度 $< 0G$ 的數據資料，而 5、7、9、11 筆資料點計算之移動平均值下，則分別有 826、1095、1293 及 1417 筆縱向加速度 $< 0G$ 的數據資料，資料數量差異最高可達約 3 倍。故較可行之策略，應係以較少資料點數目計算之移動平均值為數據來源。

表5.3 分析用樣本之縱向加速度數據資料分布：Wii加速度計及三合一感測器

設備 資料編號 縱向 加速度(G)	Wii 加速度計			三合一感測器		
	20111104K	20111104L	20111104M	20111104K	20111104L	20111104M
$ay < -0.45$	1	0	0	0	0	0
$-0.45 \leq ay < -0.4$	2	0	0	0	0	0
$-0.4 \leq ay < -0.35$	1	0	0	0	2	0
$-0.35 \leq ay < -0.3$	15	8	2	1	4	0
$-0.3 \leq ay < -0.25$	39	35	4	7	9	3
$-0.25 \leq ay < -0.2$	130	117	29	64	49	3
$-0.2 \leq ay < -0.15$	272	349	178	169	150	35
$-0.15 \leq ay < -0.1$	550	648	676	353	400	291
$-0.1 \leq ay < -0.05$	1208	1383	1334	695	729	1012
$-0.05 \leq ay < 0$	726	790	954	1439	1749	1436
$0 \leq ay < 0.05$	552	619	531	637	711	910
$0.05 \leq ay < 0.1$	261	219	131	411	494	324
$0.1 \leq ay < 0.15$	113	82	38	213	169	76
$0.15 \leq ay < 0.2$	30	23	4	54	54	15
$0.2 \leq ay < 0.25$	1	6	0	14	19	1
$0.25 \leq ay < 0.3$	0	1	0	1	0	1
$0.3 \leq ay < 0.35$	0	1	0	0	0	0
$0.35 \leq ay < 0.4$	0	0	0	1	0	0
$0.4 \leq ay$	0	0	0	0	0	0

註：1.縱向加速度為正值，代表加速度，負值代表減速度。

2.表中係統計各該縱向加速度範圍內的資料點數目，以 0.05G 為間距進行統計。

表5.4 分析用樣本之縱向加速度數據資料分布：速度微分後移動平均值

資料編號 平均值資料點 縱向加速度(G)	20111104K				
	3 筆	5 筆	7 筆	9 筆	11 筆
$ay < -0.5$	52	47	48	45	33
$-0.5 \leq ay < -0.45$	6	9	0	17	11
$-0.45 \leq ay < -0.4$	8	8	7	1	23
$-0.4 \leq ay < -0.35$	6	6	13	0	11
$-0.35 \leq ay < -0.3$	24	20	18	26	1
$-0.3 \leq ay < -0.25$	9	17	20	25	10
$-0.25 \leq ay < -0.2$	20	26	36	19	51
$-0.2 \leq ay < -0.15$	36	42	30	50	43
$-0.15 \leq ay < -0.1$	67	66	98	107	79
$-0.1 \leq ay < -0.05$	116	194	175	197	209
$-0.05 \leq ay < 0$	207	391	650	806	946
$0 \leq ay < 0.05$	261	555	890	1173	1355
$0.05 \leq ay < 0.1$	195	273	307	256	205
$0.1 \leq ay < 0.15$	100	92	67	85	113
$0.15 \leq ay < 0.2$	44	36	45	54	26
$0.2 \leq ay < 0.25$	25	28	33	17	16
$0.25 \leq ay < 0.3$	14	19	14	12	21
$0.3 \leq ay < 0.35$	12	13	6	15	1
$0.35 \leq ay < 0.4$	12	5	1	0	11
$0.4 \leq ay < 0.45$	2	5	12	2	7
$0.45 \leq ay$	47	43	42	52	48

註：1.縱向加速度為正值，代表加速度，負值代表減速度。

2.表中係統計各該縱向加速度範圍內的資料點數目。

考量以速度微分方式獲得之縱向加速度特性不同於以 Wii 加速度計所獲得之瞬間縱向加速度，本研究亦將以速度微分並採移動平均方式獲得之縱向加速度，作為建立參數門檻值組合時的數據資料來源之一，以補充瞬間數據資料，但衡酌煞車反應的事件重要程度可能較高，故以縱向減速度($G < 0$)為範圍，至於計算移動平均值的資料點數目，則將以 3 筆、5 筆、11 筆資料點為後續門檻值建立時的評估方案，以 11 筆資料點的結果來確認 3 筆及 5 筆資料點的結果，不會遺漏重要事件。

4. 左側間距及右側間距

左側間距及右側間距的數據資料是來自裝設在自行車左後方、右後方各 1 具超音波測距儀所紀錄數據，此數據反應的是與左側、右側物體間的距離，左側物體如通過的機車或汽車等，而右側物體則如停放在路側的車輛等，此間距越小，代表可能對騎士的騎乘威脅越大。分析用樣本之左側及右側間距數據資料分布表 5.5 所示，表中係統計資料點的數目。

在考量路側停車的車門開啟所需空間下，通常建議騎士騎乘時，距離路邊停車的右側間距至少 1m 以上，而對於機動車輛超越自行車的橫向淨寬，則通常建議維持至少 1~1.5m 以上。而表 5.5 顯示，右側間距 $\geq 200\text{cm}$ 時的數據資料數目開始明顯減少，且多數集中在 100cm~200cm 間，由於分析用樣本所騎乘的路線中，絕大部分路段之右側物體均為路邊側停車，而多數時候左側並無車輛近距離通過(此由左側間距之資料分布亦可窺見)，此似乎指出，當騎士可以較自由地決定如何維持右側間距時，可能傾向與路邊停車保持至少 100cm 的間距，但此項推測未來仍須詳細分析實際資料的加以確認。表 5.5 的左側間距數據資料亦揭露，確實有些機動車輛在超越自行車時，維持與自行車的橫向淨寬 $\leq 150\text{cm}$ 。

本研究在衡酌相關建議及分析用樣本的資料分布特性後，初步針對左側間距及右側間距此 2 項參數，假設當左側間距 $\leq 150\text{cm}$ 、右側間距 $\leq 100\text{cm}$ 時，可能有具潛在威脅的事件發生。

表5.5 分析用樣本之左側、右側間距數據資料分布

資料編號 間距(cm)	左側間距			右側間距		
	20111104K	20111104L	20111104M	20111104K	20111104L	20111104M
$d < 50$	0	1	10	25	46	12
$50 \leq d < 100$	1	8	29	65	54	109
$100 \leq d < 150$	67	35	73	496	401	408
$150 \leq d < 200$	90	111	147	306	324	425
$200 \leq d < 250$	58	138	92	130	111	131
$250 \leq d < 300$	82	127	71	146	112	121
$300 \leq d < 350$	64	56	90	114	127	162
$350 \leq d$	3540	3805	3369	2620	3106	2513

註：表中係統計各該間距範圍內的資料點數目，以 50cm 為間距進行統計，但呈現時考量到當間距 $\geq 350\text{cm}$ 時，通常已無用路安全之虞，故整併間距 $\geq 350\text{cm}$ 的範圍。

5.2.2 建立門檻值組合A與觸發條件

根據上述利用 100 年計畫分析用樣本之參數數據資料分布分析結果，可初步建立各參數的個別門檻值形成一門檻值組合(後續將稱此門檻值組合為 A-1)，門檻組合 A-1 其各參數門檻值設定如表 5.6。分析用樣本(資料編號 20111104K)以這些參數門檻值組合方案可以觸發之數據資料的資料點數目如表 5.7 所示，以門檻值組合 A-1 為例，5 項參數均超過門檻值的資料點數目為 0，有 4 項參數均超過門檻值的資料點數目為 1，有 3 項參數均超過門檻值的資料點數目為 26，即同時觸發 3 項及 3 項以上之參數的資料點有 27 筆。

以此 27 筆資料點為線索，回到影像資料進行觀察，再對照另行直接觀察影像資料，逐資料點註記事件的結果時發現，僅有 7 筆資料點可觀察到 4 件事件而由表 5.8 可知，直接觀察影像資料並逐資料點註記事件時，可註記達 42 件動態及靜態事件，故此門檻組合 A-1 篩選資料成功率僅 17%。因此需調整組合 A-1 的參數門檻值，增加觸發資料點數目，以提高組合篩選資料的成功率達到 80% 以上，故選擇門檻值尚有較多調整空間的龍頭轉角及右側間距等 2 項參數，分別進一步發展門檻值組合方案 A-2a~A-2c 及 A-3a~A-3d-c。

而由表 5.7 可發現，在既有組合 A-1 下，僅變動 1 項參數門檻值時，同時觸發 3 項及以上之參數的資料點數目，會分別在組合 A-2b 及 A-3b 開始較明顯增加，故以組合 A-2b 的龍頭轉角門檻值、A-3b 的右側間距門檻值，取代組合 A-1 而形成新的門檻值組合 A。門檻值組合 A 同時觸發 3 項及以上之參數的資料點數目可達 149 點。

繼之，以此 149 筆資料點為線索，回到影像資料進行觀察，並對照另行直接觀察影像資料所註記的事件，可發現依據組合 A 所觸發之資料點，回到影像資料觀察時，可註記到 19 件動態事件(不含路面問題類之靜態事件)中的 13 件，成功率達 68%，並捕捉到直接觀察影像資料註記事件時所遺漏的 6 件事件，如表 5.8 所示。因此，參數門檻值組合 A 搭配同時觸發 3 項及以上參數的觸發條件，基本上具有相當程度的有效性，可列為基本的參數門檻值組合，但仍須補充其它的門檻值組合，以提高有效性。

表5.6 5項參數門檻值組合方案

編號	門檻值組合	
A-1	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 86^{\circ}$ ，角度 $\geq 94^{\circ}$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.15G$ ， $a_y \geq 0.1G$ 左側間距門檻值(cm)： $d \leq 150\text{cm}$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 100\text{cm}$	
A-2a	龍頭轉角門檻值(°)： 角度 $\leq 87^{\circ}$ ，角度 $\geq 93^{\circ}$	其他參數門檻值： 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.15G$ ， $a_y \geq 0.1G$ 左側間距門檻值(cm)： $d \leq 150\text{cm}$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 100\text{cm}$
A-2b	龍頭轉角門檻值(°)： 角度 $\leq 88^{\circ}$ ，角度 $\geq 92^{\circ}$	
A-2c	龍頭轉角門檻值(°)： 角度 $\leq 89^{\circ}$ ，角度 $\geq 91^{\circ}$	
A-3a	右側間距門檻值(cm)： $d \leq 125\text{cm}$	其他參數門檻值： 龍頭轉角門檻值(°)： 角度 $\leq 86^{\circ}$ ，角度 $\geq 94^{\circ}$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.15G$ ， $a_y \geq 0.1G$ 左側間距門檻值(cm)： $d \leq 150\text{cm}$
A-3b	右側間距門檻值(cm)： $d \leq 150\text{cm}$	
A-3c	右側間距門檻值(cm)： $d \leq 175\text{cm}$	
A-3d	右側間距門檻值(cm)： $d \leq 200\text{cm}$	
A	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^{\circ}$ ，角度 $\geq 92^{\circ}$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.15G$ ， $a_y \geq 0.1G$ 左側間距門檻值(cm)： $d \leq 150\text{cm}$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 150\text{cm}$	

表5.7 5項參數門檻值組合方案觸發之數據資料點數目分布

門 檻 值 組 合 編 號	觸發之參數項目				
	5 項	4 項	3 項	2 項	1 項
A-1	0	1	26	275	1240
A-2a	0	1	27	307	1275
A-2b	0	3	55	478	1502
A-2c	0	7	103	785	1502
A-3a	0	1	38	363	1327
A-3b	0	3	49	405	1399
A-3c	0	4	63	464	1448
A-3d	0	4	69	494	1463
A	0	9	149	773	1625

註：表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

表5.8 各門檻值組合方案之事件註記狀況

事件 序 號	類別	直接觀察影像資料並逐資料 點註記之事件	資料點數目		
			直接觀察影像	組合 A-1	組合 A
1	4	人手孔蓋	27		3
2	4	污染物：沙/碎石/泥/紙屑	29		1
3	1	違規停車(小客車)	64		1
4	4	2 種(含)以上路面瑕疵同時存在	65	1	
5	4	人手孔蓋	28		3
6	4	人手孔蓋	34		
7	1	同向車輛由右側插入(小客車)	27		
8	4	人手孔蓋	34		3
9	1	雙排停車(小客車)	76		1
10	4	人手孔蓋	30		
11	4	人手孔蓋	30		3
12	3	道路右側臨時工程	78		8
13	1	同向車輛接近後轉向或離開 自行車騎乘空間(機車)	65	1	

註：1.表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

2.類別為 1, 2, 3 及 5 的事件視為動態事件，類別 4 則視為靜態事件。

3.直接觀察影像的資料點數目包含事件前、當時、後的完整歷程。

表 5.8 各門檻值組合方案之事件註記狀況(續 1)

事件 序號	類別	直接觀察影像資料並逐資料 點註記之事件	資料點數目		
			直接觀察影像	組合 A-1	組合 A
14	2	其它車輛形成等候線，自行車 由其右側空間行進	109	3	6
15	2	停等號誌	143		11
16	5	右轉	116		2
17	4	人手孔蓋	99		
18	4	人手孔蓋	31		
19	4	人手孔蓋	24		
20	4	人手孔蓋	24		4
21	4	2 種(含)以上路面瑕疵同時存 在	167		1
22	1	同向車輛接近後轉向或離開 自行車騎乘空間(小客車)	45		
23	5	右轉	87		4
24	4	人手孔蓋	24		1
25	4	路面瑕疵	25		
26	2	停等號誌	411		2
27	4	人手孔蓋	29		3
28	1	臨時停車(收費員)	47		2
29	4	人手孔蓋	21		
30	1	同向車輛超越後通過(機車)	43		
31	1	同向車輛超越後通過(2 輛(含) 以上機車)	78		
32	4	人手孔蓋	24		
33	4	人手孔蓋	22		3
34	1	同向車輛超越後通過(2 輛(含) 以上機車)	130	2	3
35	4	人手孔蓋	21		
36	4	人手孔蓋	22		
37	5	右轉	65		13
38	1	同向車輛超越後通過(小客 車；自行車右轉過程)	27		(右轉中)

註：1.表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

2.類別為 1, 2, 3 及 5 的事件視為動態事件，類別 4 則視為靜態事件。

3.直接觀察影像的資料點數目包含事件前、當時、後的完整歷程。

表 5.8 各門檻值組合方案之事件註記狀況(續 2)

事件 序號	類別	直接觀察影像資料並逐資料 點註記之事件	資料點數目		
			直接觀察影像	組合 A-1	組合 A
39	4	人手孔蓋	23		
40	4	2 種(含)以上路面瑕疵同時存在	40		
41	5	右轉	61		4
42	1	路邊停車開車門	29		
	門檻 值觸 發資 料點 之新 增事 件	停等號誌後啟動			2
		停等號誌後啟動			5
		小汽車左側通過，右側有小汽車停車，右側間距約 1m			5
		迴避路邊停車超出停車格位			3
		迴避路段起點第 2 輛路邊停車超出停車格位			2
		迴避路邊停車超出停車格位			7

註：1.表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

2.類別為 1, 2, 3 及 5 的事件視為動態事件，類別 4 則視為靜態事件。

3.直接觀察影像的資料點數目包含事件前、當時、後的完整歷程。

5.2.3 建立門檻值組合B與C：2項參數

為了在參數門檻值組合 A 的基礎上，提高參數門檻值組合的有效性，本研究針對未由組合 A 及其觸發條件(同時觸發 3 項及以上參數)觸發之資料點，再發展同時觸發 2 項參數的門檻值組合方案。

首先，利用由速度微分並以移動平均方法計算而得之縱向加速度，搭配龍頭轉角，建立 36 種參數門檻組合方案，並區分 3 筆、5 筆及 11 筆資料點計算之縱向加速度移動平均值，進行整體評估。各方案在 3 種縱向加速度移動平均值計算方式下所觸發之資料點數目如表 5.9 所示。繼之，依據所有方案觸發之資料點，逐一回到影像資料進行觀察及註記，然後再對照另行直接觀察影像資料，逐資料點註記事件的結果，並與參數門檻值組合 A 比較，以分析何種方案能以觸發最少之資料點數，找到比組合 A 為多的事件數目。資料分析分為二部份，一為依據直接觀察影像資料，逐資料點所註記之事件，統計各組合方案在各該事件中所觸發之資料點數目，另一為整理組合 B-1~B-36 註記事件時，可較以組合 A 註記時新增的事件如表 5.10，由該表可知，在直接觀察影像資料所註記之事件部份，

採用 3 筆、5 筆、11 筆資料點平均值計算所得之縱向加速度，與龍頭轉角搭配時，可找到較組合 A 為多的動態(5 筆資料點平均值下，可再得到 1 件車輛右側插入事件與 1 件車輛接近後轉離事件)與靜態事件，其中，5 筆資料點平均值計算所得之縱向加速度，可找到較 3 筆資料點平均值為多的動態事件，而以 11 筆資料點平均值計算所得之縱向加速度，則因平滑效果致新增事件最少，此外，3 種平均值計算所得之縱向加速度，均能找到直接觀察影像資料註記事件時所遺漏的新事件。故 5 筆資料點平均值計算所得之縱向加速度，搭配龍頭轉角，是較佳的選擇，至於 36 種方案中，經衡酌各事件之觸發資料點數目分布狀況，本研究採用組合 B-16，稱之為「門檻值組合 B」，即「龍頭轉角門檻值($^{\circ}$)：角度 $\leq 88^{\circ}$ ，角度 $\geq 91^{\circ}$ ；縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$ 」。

本研究並以相同方法評估及建立龍頭轉角及橫向加速度等 2 項參數的門檻值組合。此部份共發展 12 種門檻值組合方案(C-1~C-12)，各方案所觸發之資料點數目如表 5.11 所示。由於龍頭轉角及橫向加速度等 2 項參數的門檻值組合可找到較組合 A 為多的動態事件(可再得到 1 件車輛右側插入事件及 1 件路邊停車開門事件)，其中有些利用門檻參數組合 B 中也可找到，但亦可找到組合 A 及 B 以外的事件。經考量資料點數目分布狀況後，本研究採組合方案 C-8 作為「門檻值組合 C」，即「龍頭轉角門檻值($^{\circ}$)：角度 $\leq 88^{\circ}$ ，角度 $\geq 92^{\circ}$ ；橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.08G$ 」。

參數門檻組合 A、B、C 可找到直接觀察影像資料所註記之 19 件動態事件中的 16 件(成功率約 85%；遺漏之事件為「同向車輛接近後轉向或離開自行車騎乘空間(機車)」、「同向車輛超越後通過(機車)」、「同向車輛超越後通過(2 輛(含)以上機車)」)，並可找到直接觀察時未發現的 7 件動態事件(表 5.12)。

表5.9 龍頭轉角與縱向加速度(速度微分及移動平均)之門檻值組合方案觸發的數

據資料點數目

編號	門檻值組合	移動平均值之資料點數目		
		3筆	5筆	11筆
B-1	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.03G$	79	93	109
B-2	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$	54	65	73
B-3	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.09G$	40	56	48
B-4	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.12G$	37	46	43
B-5	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.03G$	72	100	139
B-6	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.03G$	40	55	74
B-7	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.03G$	25	32	41
B-8	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.03G$	111	138	174
B-9	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.03G$	64	70	76
B-10	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.03G$	132	169	206
B-11	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.03G$	100	124	141
B-12	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.03G$	85	101	108
B-13	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$	58	78	74
B-14	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$	32	43	47
B-15	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$	19	24	26

註：表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

表 5.9 龍頭轉角與縱向加速度(速度微分及移動平均)之門檻值組合方案觸發的數

據資料點數目(續 1)

編號	門檻值組合	移動平均值之資料點數目		
		3筆	5筆	11筆
B-16	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$	80	100	100
B-17	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$	41	46	52
B-18	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$	97	120	126
B-19	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$	71	85	99
B-20	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.06G$	58	66	78
B-21	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.09G$	49	64	47
B-22	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.09G$	27	37	30
B-23	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.09G$	16	22	14
B-24	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.09G$	62	83	65
B-25	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.09G$	29	41	32
B-26	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.09G$	74	93	83
B-27	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.09G$	52	66	66
B-28	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.09G$	41	51	50
B-29	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.12G$	47	43	37
B-30	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.12G$	25	30	28

註：表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

表 5.9 龍頭轉角與縱向加速度(速度微分及移動平均)之門檻值組合方案觸發的數

據資料點數目(續 2)

編號	門檻值組合	移動平均值之資料點數目		
		3筆	5筆	11筆
B-31	龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 87^{\circ}$, 角度 $\geq 93^{\circ}$ 縱向加速度門檻值(G): $a_y \leq -0.12G$	16	15	12
B-32	龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 88^{\circ}$, 角度 $\geq 91^{\circ}$ 縱向加速度門檻值(G): $a_y \leq -0.12G$	59	59	52
B-33	龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 88^{\circ}$, 角度 $\geq 93^{\circ}$ 縱向加速度門檻值(G): $a_y \leq -0.12G$	28	31	27
B-34	龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 89^{\circ}$, 角度 $\geq 91^{\circ}$ 縱向加速度門檻值(G): $a_y \leq -0.12G$	65	69	54
B-35	龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 89^{\circ}$, 角度 $\geq 92^{\circ}$ 縱向加速度門檻值(G): $a_y \leq -0.12G$	43	56	45
B-36	龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 89^{\circ}$, 角度 $\geq 93^{\circ}$ 縱向加速度門檻值(G): $a_y \leq -0.12G$	34	41	29

註：表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

表5.10 龍頭轉角與縱向加速度(速度微分及移動平均)之門檻值組合方案的新增

事件彙整表

門檻值 組合	事件及移動平均值之資料點數目														
	事件 a			事件 b			事件 c			事件 d			事件 n		
	3 筆	5 筆	11 筆	3 筆	5 筆	11 筆	3 筆	5 筆	11 筆	3 筆	5 筆	11 筆	3 筆	5 筆	11 筆
B-1	V	V	V		V								V	V	V
B-2	V	V	V		V								V	V	V
B-3	V	V	V										V	V	
B-4	V	V	V										V	V	V
B-5			V		V		V	V		V	V		V	V	V
B-6			V										V	V	V
B-7			V												
B-8	V	V	V		V		V	V		V	V		V	V	V
B-9	V	V	V		V										
B-10	V	V	V		V		V	V		V	V		V	V	V
B-11	V	V	V		V								V	V	V
B-12	V	V	V		V								V	V	V
B-13			V										V	V	V
B-14			V										V	V	V
B-15			V												
B-16	V	V	V		V								V	V	V
B-17	V	V	V		V										
B-18	V	V	V		V								V	V	V
B-19	V	V	V		V								V	V	V
B-20	V	V	V		V								V	V	V

註：

- 1.表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。
- 2.表中「V」表示該種組合與移動平均計算方式可找到該件事件。
- 3.事件 a：同向車輛由右側插入(小客車)(資料起點 704，資料迄點 730)；事件 b：同向車輛接近後轉向或離開自行車騎乘空間(小客車)(資料起點 1945，資料迄點 1989)；事件 c：人手孔蓋(資料起點 1690，資料迄點 1713)；事件 d：2 種(含)以上路面瑕疵同時存在(資料起點 3721，資料迄點 3760)；事件 n：新增事件—小汽車左側通過，右側有小汽車停車，右側間距約 1m (資料起點及迄點 3483-3484, 3492-3493)。

表 5.10 龍頭轉角與縱向加速度(速度微分及移動平均)之門檻值組合方案的新增

事件彙整表(續)

門檻值 組合	事件及移動平均值之資料點數目														
	事件 a			事件 b			事件 c			事件 d			事件 n		
	3 筆	5 筆	11 筆	3 筆	5 筆	11 筆	3 筆	5 筆	11 筆	3 筆	5 筆	11 筆	3 筆	5 筆	11 筆
B-21			V										V	V	V
B-22			V										V	V	V
B-23			V												
B-24	V	V	V		V								V	V	V
B-25	V	V	V		V										
B-26	V	V	V		V								V	V	V
B-27	V	V	V		V								V	V	V
B-28	V	V	V		V								V	V	V
B-29			V										V	V	V
B-30			V										V	V	V
B-31			V												
B-32	V	V	V		V								V	V	V
B-33	V	V	V		V										
B-34	V	V	V		V								V	V	V
B-35	V	V	V		V								V	V	V
B-36	V	V	V		V								V	V	V

註：

- 1.表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。
- 2.表中「V」表示該種組合與移動平均計算方式可找到該件事件。
- 3.事件 a：同向車輛由右側插入(小客車)(資料起點 704，資料迄點 730)；事件 b：同向車輛接近後轉向或離開自行車騎乘空間(小客車)(資料起點 1945，資料迄點 1989)；事件 c：人手孔蓋(資料起點 1690，資料迄點 1713)；事件 d：2 種(含)以上路面瑕疵同時存在(資料起點 3721，資料迄點 3760)；事件 n：新增事件—小汽車左側通過，右側有小汽車停車，右側間距約 1m (資料起點及迄點 3483-3484, 3492-3493)。

表5.11 龍頭轉角與橫向加速度之門檻值組合方案觸發的數據資料點數目

編號	門檻值組合	資料點數目
C-1	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$	167
C-2	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.08G$	100
C-3	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.1G$	57
C-4	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$	122
C-5	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.08G$	74
C-6	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 87^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.1G$	44
C-7	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$	284
C-8	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.08G$	200
C-9	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.1G$	88
C-10	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$	239
C-11	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.08G$	148
C-12	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 93^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.1G$	75

註：表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

表5.12 參數門檻組合A~C註記之動態事件件數統計

參數門 檻組合	直接觀察影像資料並逐資料點 註記之事件(19件)	門檻值觸發資料點之新增事件
A	可找到13件	6件
B	可於組合A之外，再找到2件	可於組合A之外，再增加1件
C	可於組合A+B之外，再找到1件	0

註：表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

5.2.4 其它門檻值組合方案評估結果彙整說明：2項參數

本研究以龍頭轉角、右側間距等 2 項參數發展的 12 種門檻值組合方案如表 5.13，所有方案各依據其所觸發之資料點，回到影像資料進行觀察及註記，並与其它參數門檻值組合比較後發現，表 5.13 中的方案均無法找到較門檻值組合 A 為多的事件，即龍頭轉角、右側間距等 2 項參數的門檻值組合，有效性不足。

表5.13 龍頭轉角與右側間距之門檻值組合方案觸發的數據資料點數目

編號	門檻值組合方案	資料點
1	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 150$ cm	148
2	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 120$	84
3	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 100$	46
4	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 150$	94
5	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 120$	61
6	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 100$	38
7	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 150$	182
8	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 120$	96
9	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 100$	49
10	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 150$	128
11	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 120$	73
12	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 100$	41

註：表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

此外，本研究亦以龍頭轉角、左側間距等 2 項參數發展的 12 種門檻值組合

方案如表 5.14，其中有 4 種組合方案並未觸發資料點，而其它 8 種方案各依據其所觸發之資料點，回到影像資料進行觀察及註記，並与其它參數門檻值組合比較後發現，這些方案均無法找到較門檻值組合 A 為多的事件，即龍頭轉角、左側間距等 2 項參數的門檻值組合，有效性不足。

表5.14 龍頭轉角與左側間距之門檻值組合方案觸發的數據資料點數目

編號	門檻值組合方案	資料點
1	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 150 cm	19
2	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 120	3
3	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 100	0
4	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 150	9
5	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 120	2
6	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 100	0
7	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 150	22
8	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 120	5
9	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 91^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 100	0
10	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 150	12
11	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 120	4
12	龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 89^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 左側間距門檻值(cm)：d ≤ 100	41

註：表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

5.3 驗證門檻值組合穩健性

為確認以分析用樣本建立的參數門檻組合 A、B、C，針對其它樣本具有適用性，本研究將此組合套用於驗證用樣本，所觸發之資料點數目如表 5.15 所示，由該表可發現，比對直接觀察影像資料逐資料點所註記之事件，這些觸發之資料點可找到 19 件動態事件中的 17 件(成功率達約 90%；遺漏之事件為「同向車輛接近後轉向或離開自行車騎乘空間(小客車)」、「同向車輛超越後通過(機車)」)，同時可找到不少但數量仍偏低的路面瑕疵類之靜態事件(約 40%)，此外，可於直接觀察影像資料所註記的事件外，發現更多可註記的動態(15 件)與靜態(2 件)事件。此整體結果與分析用樣本所得相似，故本研究初步認為參數門檻組合 A、B、C 係屬穩健可操作的組合。

表5.15 參數門檻直組合A+B+C可觸發事件之驗證結果

事件 序號	類別	直接觀察影像資料並逐資料點註 記之事件	直接觀察影像 之資料點數目	門檻組合 A+B+C 觸發事件
1	4	人手孔蓋	32	V
2	4	人手孔蓋	26	
3	1	同向車輛接近後轉向或離開自行 車騎乘空間(小客車)	17	
4	4	人手孔蓋	24	
5	4	2 種(含)以上路面瑕疵同時存在	98	
6	1	同向車輛超越後通過(2 輛(含)以上 機車)	71	V
7	4	人手孔蓋	33	V
8	2	在等候車隊中穿梭	163	V
9	2	自行車侵入路側停車空間	80	V
10	4	人手孔蓋	29	V
11	4	人手孔蓋	28	
12	1	路邊車輛停車中(小客車)	45	V
13	4	人手孔蓋	28	V
14	3	道路右側臨時工程	89	V

註：1.表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

2.類別為 1, 2, 3 及 5 的事件視為動態事件，類別 4 則視為靜態事件。

3.直接觀察影像的資料點數目包含事件前、當時、後的完整歷程。

表 5.15 參數門檻直組合 A+B+C 可觸發事件之驗證結果(續 1)

事件 序號	類別	直接觀察影像資料並逐資料點註 記之事件	直接觀察影像 之資料點數目	門檻組合 A+B+C 觸發事件
15	5	右轉	60	V
16	4	2 種(含)以上路面瑕疵同時存在	49	
17	1	違規停車(小客車)	65	V
18	4	人手孔蓋	17	
19	1	同向車輛超越後通過(機車)	68	V
20	4	人手孔蓋	43	
21	4	人手孔蓋	23	
22	1	同向車輛超越後通過(機車)	64	
23	4	人手孔蓋	40	V
24	4	2 種(含)以上路面瑕疵同時存在	208	V
25	5	右轉	84	V
26	4	人手孔蓋	22	
27	1	同向車輛超越後通過(2 輛(含)以上 機車)	184	V
28	4	路面瑕疵	29	
29	4	2 種(含)以上路面瑕疵同時存在	32	
30	1	同向車輛超越後通過(2 輛(含)以上 機車)	302	V
31	4	人手孔蓋	20	V
32	4	人手孔蓋	44	V
33	1	動態用路人(行人)	27	V
34	4	人手孔蓋	21	
35	4	人手孔蓋	20	
36	1	同向車輛超越後通過(機車)	15	V
37	4	人手孔蓋	18	
38	2	其它車輛形成等候線，自行車由其 右側空間行進	51	V
39	4	2 種(含)以上路面瑕疵同時存在	69	
40	5	右轉	77	V
41	1	同向車輛由右側插入(小客車)	65	V
42	4	人手孔蓋	32	V

註：1.表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

2.類別為 1, 2, 3 及 5 的事件視為動態事件，類別 4 則視為靜態事件。

3.直接觀察影像的資料點數目包含事件前、當時、後的完整歷程。

表 5.15 參數門檻直組合 A+B+C 可觸發事件之驗證結果(續 2)

事件 序號	類 別	直接觀察影像資料並逐資料點註 記之事件	直接觀察影像 之資料點數目	門檻組合 A+B+C 觸發事件
43	4	2 種(含)以上路面瑕疵同時存在	39	V
44	5	右轉	64	V
門檻 值 觸 發 資 料 點 之 新 增 事 件		違規停車(小客車)	13	
		騎士接近並穿梭於停等號誌後剛 啟動之機動車輛車隊中	23	
		通過路口(有機動車輛車隊)	27	
		不適當路線調整(停車格區-->慢車 道)	7	
		同向車輛超越後通過(機車)	1	
		同向車輛超越後通過(小客車)	2	
		同向車輛超越後通過(1 機車+1 小 貨車)	1	
		同向車輛超越後通過(1 機車+1 小 客車)	1	
		人手孔蓋	6	
		同向車輛超越後通過(小客車)	6	
		同向車輛超越後通過(機車)	4	
		同向車輛超越後通過(小客車)	6	
		同向車輛超越後通過(機車)	3	
		人手孔蓋	2	
		同向車輛超越後通過(小客車)	5	
		同向車輛超越後通過(小客車)	1	
		同向車輛超越後通過(小客車)	1	

註：1.表中為分析用樣本(資料編號 20111104K)的資料點數目。

2.類別為 1, 2, 3 及 5 的事件視為動態事件，類別 4 則視為靜態事件。

3.直接觀察影像的資料點數目包含事件前、當時、後的完整歷程。

5.4 資料縮減與整併方法

透過 5.2 節所建立之三組門檻值組合已可有效的將原始大量之數據進行有效之減量，但實際應用於 101 年更大量之實驗資料時發現，仍須再進行資料減量，故本研究再發展資料縮減與整併方法，以進一步提高資料處理效率。以下以 101 年實際蒐集之 1 位受測者(資料編號 Bike001)的騎乘資料為例，說明此一程序發

展過程。

資料編號 Bike001 之實驗日期為 2012/3/19，開始騎乘時間為 14:30:20 至 14:58:00，騎乘過程共歷時 27 分鐘 40 秒，總計共蒐集 16610 筆資料點(1 秒 10 筆資料點)，這些資料先使用表 5.16 參數門檻值組合 A 篩選同時觸發 1~5 項參數門檻之資料點數目分布。由該表可得知，同時有 5 項參數門檻值受觸發之資料點數最少，共 2 筆資料；同時有 4 項參數門檻值受觸發之資料點數，共 95 筆資料；同時有 3 項參數門檻值觸發之資料點數，則共有 1321 筆資料。合計同時有 3 項以上之參數門檻值受觸發之資料點共 1418 筆，占原始資料總筆數之 8.5%。此 1418 筆資料點註記為 A 類資料點。

表5.16 參數門檻值組合A觸發之數據資料點數目分布

參數門檻值組合 A	觸發之參數項目				
龍頭轉角門檻值(°)：角度 $\leq 88^\circ$ ，角度 $\geq 92^\circ$ 橫向加速度門檻值(G)： $a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$ 縱向加速度門檻值(G)： $a_y \leq -0.15G$ ， $a_y \geq 0.1G$ 左側間距門檻值(cm)： $d \leq 150\text{cm}$ 右側間距門檻值(cm)： $d \leq 150\text{cm}$	5 項	4 項	3 項	2 項	1 項
資料點數目	2	95	1321	4766	5969

繼之，尚未被註記為 A 類資料點之資料，則使用表 5.17 參數門檻值組合 B 進行篩選，可計算求得如表所示之資料點筆數，由該表可知，若原始資料直接以參數門檻值組合 B 進行篩選可篩選出 2274 筆 B 類資料點，但若先篩選出 A 類資料點，則使用參數門檻值組合 B 可篩選出 1195 筆 B 類資料點，表示 2274 筆 B 類資料點中有 1079 筆資料點與 A 類資料點重複，占高達 47.4%，故為求資料處理效率，需先篩選出 A 類資料點後，再以參數門檻值組合 B 持續篩選其餘未註記之資料點。因此，透過參數門檻值組合 B 可再多篩選出 1195 筆資料點，此 1195 筆資料點註記為 B 類資料點。

表5.17 參數門檻值組合B及C觸發之數據資料點筆數

參數門檻值組合	符合觸發門檻之資料筆數	
B 龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 88^{\circ}$, 角度 $\geq 91^{\circ}$ 縱向加速度門檻值(G): (速度微分及 5 筆資料點移動平均) $a_y \leq -0.06G$	原始資料篩選-B 類資料點筆數	2274
	篩選 A 類資料點後-B 類資料點筆數	1195
C 龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 88^{\circ}$, 角度 $\geq 92^{\circ}$ 橫向加速度門檻值(G): $a \leq -0.1G$, $a \geq 0.08G$	原始資料篩選-C 類資料點筆數	2957
	篩選 A 及 B 類資料點後-C 類資料點筆數	1974

最後，尚未被註記為 A 類資料點和 B 類資料點之數據，則使用表 5.17 之參數門檻組合 C 進行篩選，可計算求得如表所示之資料點筆數。由該表可知，若原始資料直接以參數門檻值組合 C 可篩選出 2957 筆 C 類資料點，但若先篩選出 A 類資料點和 B 類資料點，則使用參數門檻值組合 C 可篩選出 1974 筆 C 類資料點，表示原始資料 2957 筆 C 類資料點中有 983 筆資料點與 A 類和 B 類資料點重複，占達 33.2%。因此，為提高效率，資料篩選流程需依一定之參數門檻值組合篩選流程，即先以門檻值組合 A 篩選出 A 類資料點，再由剩下之資料點中篩選出 B 類資料點，最後再由剩下之資料點中，以門檻值組合 C 篩選出 C 類資料點。

Bike001 資料透過三組參數門檻值組合，得到之 A 類、B 類和 C 類資料點筆數分別為 1418 筆、1195 筆和 1974 筆資料，總計 4587 筆資料點，占原始資料總筆數之 27.6%。

由於自行車騎士騎乘過程中，若有外在環境事件觸發門檻值組合時，往往並非僅僅產生單一點時間點之觸發(單一資料點為 0.1 秒)，而是連續觸發數筆資料點，觀察 Bike001 資料中 A 類、B 類和 C 類資料點分布情形，目前發現最長之連續觸發資料點數目為 15 筆。表示 4587 筆資料點中有部份資料點被觸發是源自於同一觸發事件來源，故若屬於同一觸發事件來源，人工觀察 A 類、B 類和 C 類資料點時則需要避免重複觀察之情形。致需進行第二階段的資料縮減，盡可能

將來於屬於同一觸發事件之資料點整併為同一資料點，此稱為資料整併。此資料整併之概念如圖 5-4 所示。

由於 A 類資料點為至少同時觸發 5 項參數門檻值中的 3 項，相較於 B 類和 C 類資料點為同時觸發僅 2 項參數門檻值而言，其代表觸發事件的強度較強，故 A 類資料點應優先整併其他類型資料點。故整併順序以 A 類資料點為第一優先順位，整併方式為當資料為 A 類資料點時，將以該資料點為整併中心，其前後 n 筆資料點作為資料整併範圍，如圖所示，例如 Data Index =a+3 此資料點為 C 類資料點，位於資料整併範圍內，故將其整併為歸屬 A 類料點。Data Index =a-2 此資料點為 B 類資料點，位於資料整併範圍內，故亦將此資料點整併至歸屬 A 類資料點。反之，Data Index =a-(n+1)和 a+(n+1)由於位於資料整併範圍之外，因此，該資料點類別維持不變。

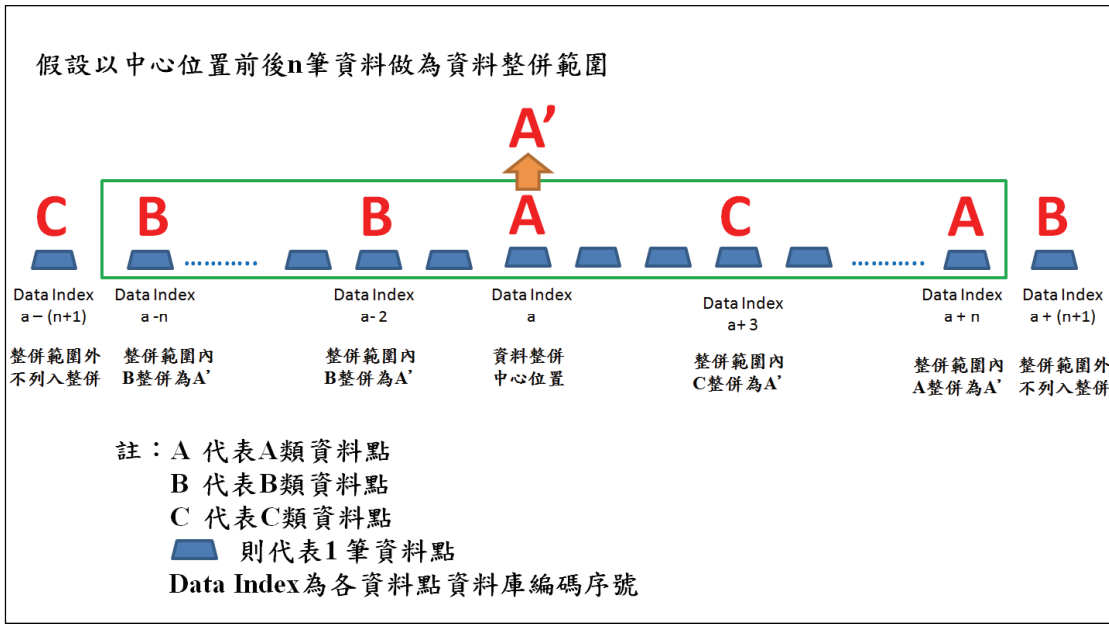


圖 5-4 資料整併概念示意圖

按此圖 5-4 之資料點整併結果如圖 5-5 所示，歸屬於同一個 A 類資料點的所有資料點，以此群資料點的中心資料點 A' 為惟一代表，而超過資料整併範圍之資料點類別則維持不變。完成 A 類資料點之資料整併並標註出 A' 類資料點後，

以相同方式繼續依序整併整 B 類、C 類資料點，標註出 B'類、C'類資料點。

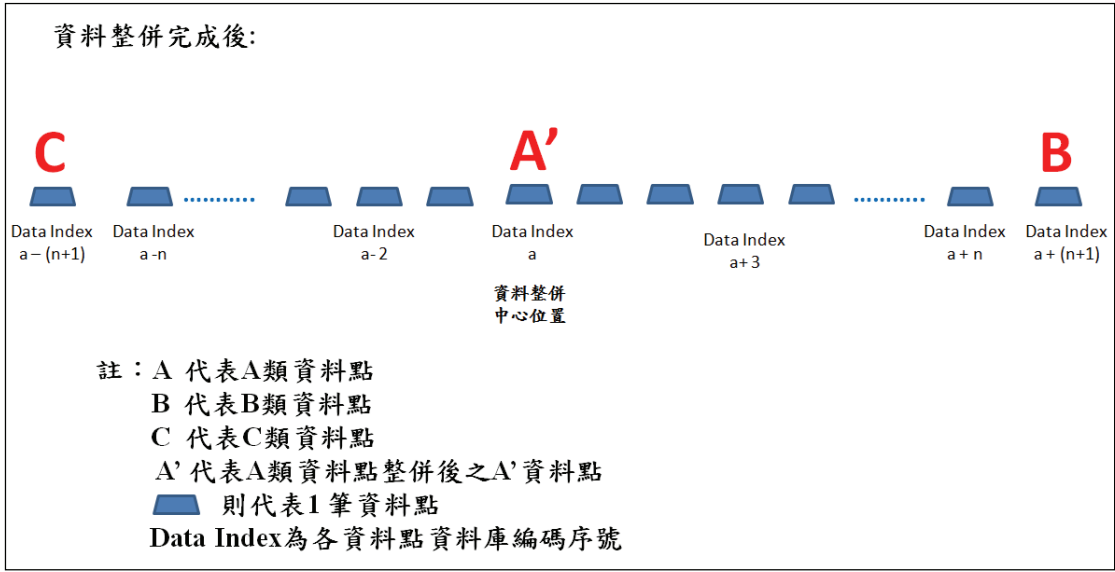


圖 5-5 資料整併完成示意圖

此一整併方式可將 4587 筆資料點再次縮減，但資料整併後，數據縮減數量多寡則與資料整併範圍之資料筆數有關，因此，需先針對資料整併範圍設定對於數據縮減的程度進行測試。表 5.18 為不同整併範圍對於 4587 筆資料點數目之資料減縮差異。隨著資料整併範圍越大，則資料縮減程度越大，其中整併範圍筆數 n 為 30 (即 3 秒)時，將原先 4587 筆資料點縮減至 363 筆資料點，占篩選資料的 7.9%。

表5.18 不同整併範圍之資料縮減結果

整併後資料類別	資料整併範圍資料點筆數					
	n=5	n=10	n=15	n=20	n=25	n=30
A'	574	414	345	300	263	236
B'	493	300	201	138	111	89
C'	321	156	87	68	54	38
總計	1388	860	633	506	428	363

5.5 小結

依據分析用樣本的分析與驗證結果，表 5.19 之參數門檻值組合可找到多數動態事件。測試資料顯示可找到 85%以上直接觀察影像資料所註記之動態事件，並可再增加 30%以上直接觀察時所遺漏的動態事件。本研究依據分析用樣本的資料處理經驗，權衡註記效率及完整性後，針對車載儀器設備所觸發之資料點，提出下列的處理程序：

1. 參數門檻值組合應用時，有其順序，依序為組合 A、B、C。組合 A 已觸發之資料點，組合 B 不再處理，而組合 B 已觸發之資料點，組合 C 則不再處理。
2. 先註記動態事件，當動態事件發生時，亦有路面瑕疵類靜態事件同時發生，則註記為靜態事件。路面瑕疵類靜態事件的較完整及有效率之註記方式，則需再進一步研析。
3. 事件註記的資料點為事件在自行車車身範圍內的時間區段。
4. 一件複雜或嚴重事件，例如「其它車輛形成等候線，自行車由其右側空間行進」事件，在事件發生的時間區段內，通常會由組合 A、B、C 觸發不同資料點，故應先加以整併處理後，再以適當的單一資料點為線索，提供進行註記。

表5.19 本研究提出之參數門檻值組合

參數門檻值組合	觸發門檻
A (至少同時觸發 3 項)	龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 88^{\circ}$, 角度 $\geq 92^{\circ}$ 橫向加速度門檻值(G): $a_x \leq -0.1G$, $a_x \geq 0.05G$ 縱向加速度門檻值(G): $a_y \leq -0.15G$, $a_y \geq 0.1G$ 左側間距門檻值(cm): $d \leq 150\text{cm}$ 右側間距門檻值(cm): $d \leq 150\text{cm}$
B (同時觸發)	龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 88^{\circ}$, 角度 $\geq 91^{\circ}$ 縱向加速度門檻值(G): (速度微分及 5 筆資料點移動平均) $a_y \leq -0.06G$
C (同時觸發)	龍頭轉角門檻值($^{\circ}$): 角度 $\leq 88^{\circ}$, 角度 $\geq 92^{\circ}$ 橫向加速度門檻值(G): $a \leq -0.1G$, $a \geq 0.08G$

此外，與直接觀察影像資料所註記之事件結果(此處簡稱「直接註記」)相比，先由車載儀器設備的參數門檻值組合觸發的資料點，再回到影像資料觀察(此處簡稱「篩檢註記」)的方法，會有如下特性：

1. 會遺漏直接註記時，多數可得到的路面瑕疵類靜態事件。
2. 可增加直接註記時，因觀察者未知覺、未注意或疲倦等因素而遺漏的動態事件。如：直接註記時，因缺乏篩檢註記所具有的線索提醒機構，故觀察者可能一時未注意到快車道上的狀況，而遺漏小客車由左側超車的事件。
3. 可發現可能的潛在事件，供未來另外進一步釐清。例如：當自行車左側(含左前及左後)無任何行駛的機動車輛，而右側路邊停車位有些有停放車輛，有些未停放車輛，致使路邊停車格位呈現空、滿交互出現的狀況時，是否可能使騎士的操舵變異加大？相當寬的外側車道(混合車道)上無其它行駛的機動車輛，且路邊停車少時，是否也會有類似影響？

第六章 資料解析處理流程與程式開發

本研究主要透過蒐集自行車騎士之騎乘資料，進行資料處理、資料註記和資料分析，並據以建立起一標準研究流程，本章將說明騎乘行為蒐集後之資料解析處理流程(圖 6-1)以及所開發之輔助程式。

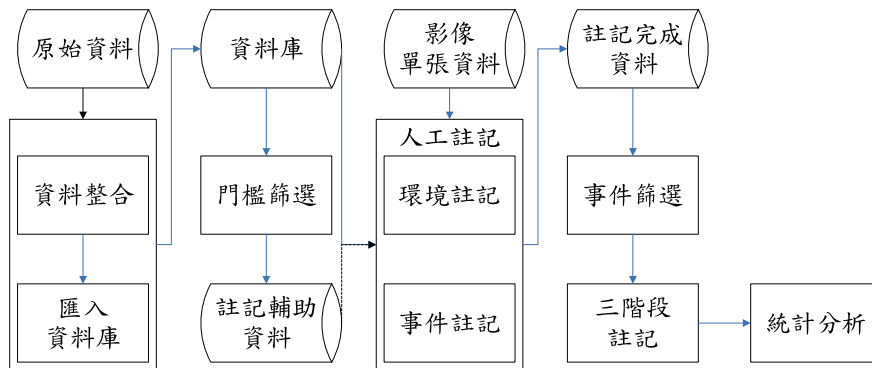


圖 6-1 資料解析處理流程

6.1 數據資料與影像資料前處理

當受測者完成自行車之騎乘實驗後，該實驗共記錄兩類資料，一為數據資料，另一為影像資料。數據資料部分，由於透過兩個不同程式進行感測器數據之擷取，故分別儲存兩個數據檔案，其檔案格式皆為 txt 檔。因該實驗於路線中繼點會做一次數據資料儲存動作，再繼續紀錄下半段騎乘過程之數據資料，故最終產生 4 個數據資料，以下稱為原始資料。

此 4 個原始資料需將其整合為同一時間軸、同一檔案，且格式為 excel 的數據資料，方可透過程式匯入本研究所建立之自行車騎乘行為資料庫中，以利於持續進行的資料註記與資料分析。4 個原始數據資料，其紀錄的數據一秒皆超過 10 筆，故要透過平均的方式使數據資料儲存為一筆資料 0.1 秒的設定，此係透過自行開發的時間軸同步程式，其介面與流程如圖 6-2 所示。

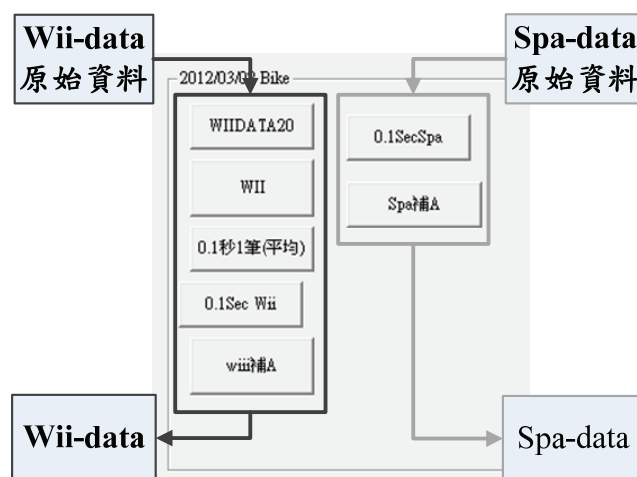


圖 6-2 原始資料前處理程式介面與資料流程示意圖

註：Wii-data 為 Wii 加速度計所記錄之數據，Spa-data 為自行車騎乘行為偵測系統之其它設備所記錄之數據。

Wii-data 與 Spa-data 數據資料，經過時間軸同步程式處理後，皆為一秒 10 筆資料。將 4 份原始資料，都經過時間軸同步程式處理，先整合成一份新的數據資料，再透過實驗紀錄下的開始實驗時間，將時間同步，然後保留需要的數據資料，再轉換為 Excel 格式，整合後的數據資料係為行車資料。每位受測者皆有一份行車資料，行車資料上的數據包含資料點編號(Index1)、錄影時間(Index2)、日期(Logdate)、GMT 時間(Logtime)、騎士編號(Bikeid)、Wii 橫向加速度(Xacc)、Wii 縱向加速度(Yacc)、Wii 垂直加速度(Zacc)、Wii 俯仰加速度(Pitchacc)、Wii 側傾加速度(Rollacc)、緯度(Longitude)、經度(Latitude)、高度(Height)、GPS 速度(Gpsspeed)、GPS 方向(Direction)、左側超音波數據(Ultraleft)、右側超音波數據(Ultraright)、龍頭角度(Bikeangle)、磁簧開關脈衝狀態(Speeddate)、磁簧開關脈衝換算之速度(Speed)，速度微分加速度(V Acc)、三合一感測器橫向加速度(Ax)、三合一感測器縱向加速度(Ay)、三合一感測器垂直加速度(Az)、三合一感測器橫向角加速度(Gx)、三合一感測器縱向角加速度(Gy)、三合一感測器垂直角加速度(Gz)、三合一感測器橫向磁場向量(Cx)、三合一感測器縱向磁場向量(Cy)、三合一感測器垂直磁場向量(Cz)、三合一感測器俯仰角(P)、三合一感測器側傾角(R)與三合一感測器方位角度(B)，共計 33 項。其中 V Acc 係透過速度(Speed)微分求得。處理流程如圖 6-3 所示。

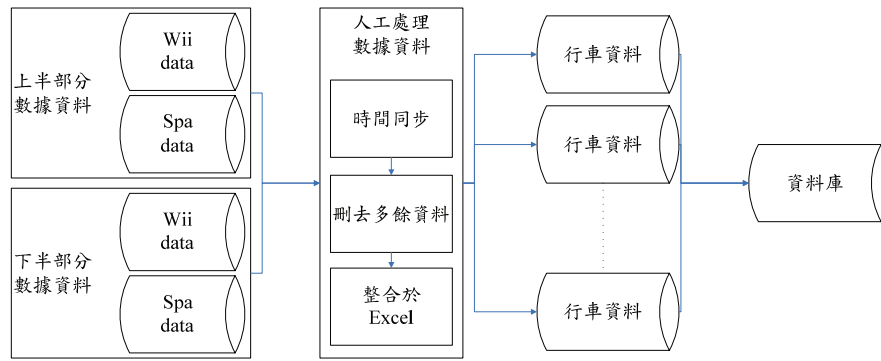


圖 6-3 數據資料整合與匯入資料庫流程

影像資料部分，由於行車影像記錄器之影像擷取是透過 6 部獨立式之影像記錄器個別啟動，分別記錄及儲存不同方位之騎乘影像，其與數據資料同步方法，除了透過同時開啟行車影像記錄器之錄影按鍵以外，並透過資料蒐集完成後的人工檢查及微調來處理開始錄製時間的微幅時間差問題。由於本研究將影像檔案轉換為 1 秒 10 張之圖檔，故可分別透過觀察個別影像由實驗開始時之靜止狀態變為啟動狀態之過程，來逐一調整 6 部行車影像記錄器之影像記錄時間差。

6.2 參數資料門檻值組合篩選與整併程式

本研究自行開發行車資料匯入資料庫程式，處理介面如圖 6-4 所示，以集中管理與分析所蒐集的騎乘資料。讀取 Excel 按鈕係選取與讀入 1 位受測者的行車資料，行車資料讀取後會顯示於下方欄位中，介面右方為騎士基本資料，程式操作者需依序填入騎士編號、騎士性別、實驗日期與實驗開始時間，並點選騎士資料儲存。空欄位補值按鈕係處理數據資料不連續的狀態。資料儲存按鈕係儲存所有增修資料於行車資料中並匯入 Access 資料庫。

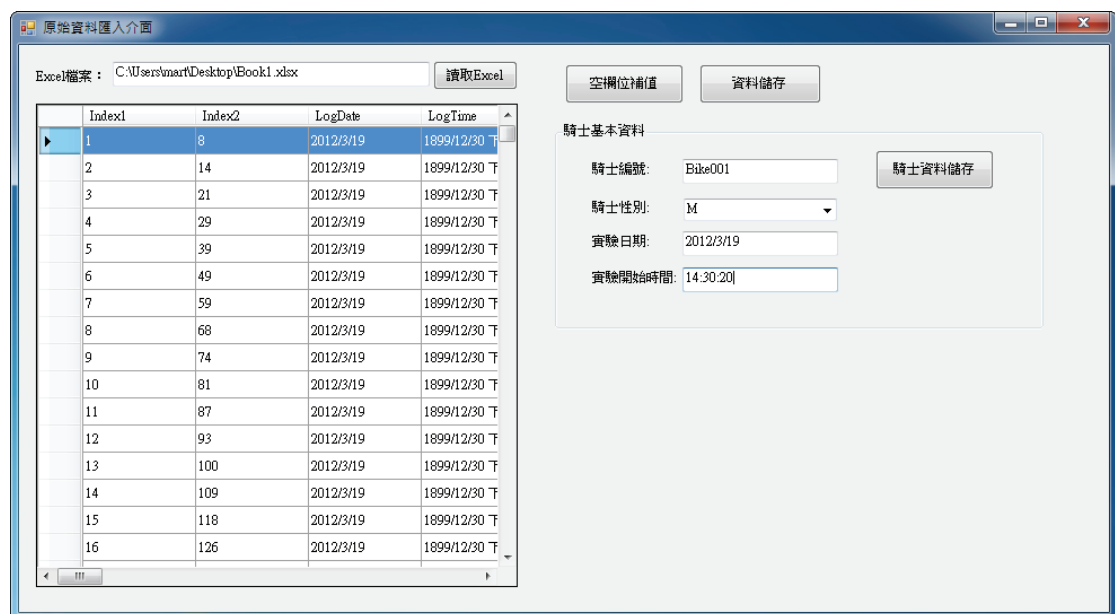


圖 6-4 行車資料匯入資料庫程式處理介面

行車資料匯入資料庫程式處理程序之步驟如圖 6-5 所示，步驟 1 為讀取上一處理流程已完成之行車資料檔案(.xls 檔案格式)。步驟 2 為輸入該次實驗背景資料，如受測騎士實驗編號、性別、實驗日期和實驗時間，輸入完成後儲存。步驟 3 為點選空欄位補值之按鈕，將資料中之空值數據點補一數據值，最後儲存資料於資料庫。

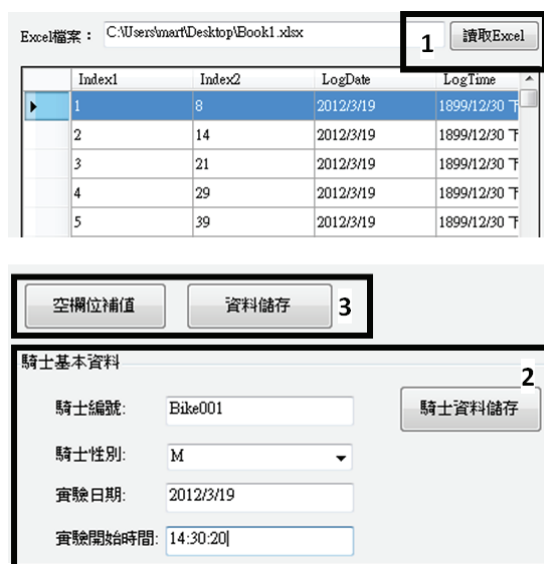


圖 6-5 行車資料匯入資料庫程式處理程序操作步驟

由於受測者騎乘時間約 30 至 35 分鐘，且資料前處理將數據資料同步為一秒 10 筆資料點，故前處理後之數據資料其資料筆數將介於 18000 筆至 21000 筆之間。當進行資料註記時若逐筆觀察影像資料，所需花費之人工觀察時間將非常長，故資料匯入自行車騎乘行為資料庫後，將透過本研究自行開發之參數門檻值組合篩選程式進行門檻篩選之處理。

此程式介面如圖 6-6 所示，畫面右方有三個門檻條件可以設定，門檻值組合一可設定龍頭角度、wii 橫向加速度、wii 縱向加速度、左側(超音波測距儀)間距值與右側(超音波測距儀)間距值；門檻值組合二可以設定龍頭角度與車速換算的縱向加速度；門檻值組合三可以設定龍頭角度與 wii 橫向加速度。受門檻值觸發的資料點會於行車資料新增的 Combination3 欄位中，依類別分為 A、B 與 C 三類。

Index1	Index2	LogDate	LogTime	BikeID	XAcc
1	8	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.08
2	14	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.08
3	21	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.08
4	29	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.08
5	39	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.08
6	49	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.08
7	59	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.08
8	68	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.08
9	74	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.08
10	81	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.069
11	87	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.073
12	93	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.073
13	100	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.046
14	109	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.076
15	118	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.062
16	126	2012/3/19	1899/12/30 下午 ...	Bike001	-0.065

門檻組合一

- 1. 龍頭角度 >= 92 (度), <= 88 (度) (G)
- 2. wii 橫向加速度 >= 0.05 (G), <= -0.1 (G)
- 3. wii 縱向加速度 >= 0.1 (G), <= -0.15 (G)
- 4. 左側間距值 <= 150 (cm)
- 5. 右側間距值 <= 150 (cm)

門檻組合二

- 1. 龍頭角度 >= 91 (度), <= 88 (度)
- 2. 車速換算縱向加速度 <= -0.06 (G)

門檻組合三

- 1. 龍頭角度 >= 92 (度), <= 88 (度)
- 2. wii 橫向加速度 >= 0.08 (G), <= -0.1 (G)

Buttons: 門檻組合一篩選, 篩選結果儲存, 資料整併, 整併資料儲存, 30, Label22

圖 6-6 門檻組合篩選介面

參數門檻值組合篩選處理程序之步驟，如圖 6-7 所示，步驟 1 為讀取欲處理之騎乘資料的受測者編號(該資料已於上一處理程序儲存於資料庫中)。步驟 2 為設定三項門檻組合之參數門檻值範圍。步驟 3 為先執行門檻組合篩選處理並儲存後，再執行資料整併之處理動作並儲存，其中資料整併之筆數範圍亦可按照處理之需求進行調整，目前預設的資料整併範圍為前後 30 筆資料。

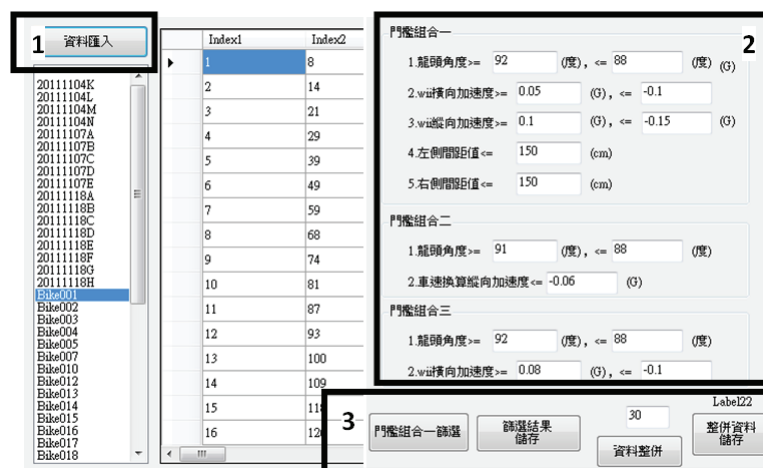


圖 6-7 參數門檻值組合篩選程序操作步驟

6.3 資料觀察註記程式

事件的註記係資料註記人員透過輔助註記的受觸發資料點、單張影像與數據的發生時間點交互觀察，並重複確認，於事件發生的時間點註記。本研究開發之資料觀察註記程式介面如圖 6-8 所示。整個觀察介面包含 6 個影像、資料庫匯入的欄位、註記選單、6 項主要數據資料、6 項主要數據的曲線圖、影片的播放欄位、影像與數據落差調整，影像與影像落差調整與 GPS 軌跡顯示。數據與影像資料間的時間差調整方法為透過觀察影像，在開始騎乘時是否與車速曲線變化一致，即影像中受測者開始移動時，車速曲線也應由零開始上升。

此外，觀察介面中有 6 個欄位用來調整不同行車影像記錄器所錄製之影像間的時間落差，使 6 個影像畫面之時間軸一致，以利於註記人員在進行影像觀察時能更準確的進行事件判斷；此 6 個影像畫面，分別為前方低角度影像、前方高角度影像、後方影像、受測者頭部方位影像、左方影像與右方影像。前方高角度影像利於觀察環境事件，道路寬窄、車流多寡、路邊障礙等，前方低角度影像利於判斷與前方障礙物或地面標線的距離，左方與右方影像可以判斷通過車輛及路邊障礙的遠近，後方影像則可以作為前方、左方或右方影像的輔助與確認。介面下方有 3 個按鈕分別為播放、暫停與倒轉，其功能為控制影像播放，利於反覆觀察。資料註記介面區域包含註記起訖點與註記選單兩個部份。



圖 6-8 資料觀察註記程式介面

介面下方的中間區域係將數據資料利用圖形化原件使其可採動態曲線方式和影像畫面進行同步播放，此功能可透過曲線圖立即得知此時間點的各參數資料數值，縮短註記人員觀察影像和註記資料的時間，動態曲線所顯示之數據項目分別為加速度(包含橫向加速度與縱向加速度)、左側(超音波測距儀)間距、右側(超音波測距儀)間距、速度、龍頭角度與速度換算縱向加速度。

資料觀察註記介面操作步驟，如圖 6-9 所示，步驟 1 為讀取欲觀察之騎乘行為影像和數據資料的受測者編號，並匯入資料於觀察介面中。步驟 2 為調整數據與影像的時間落差，以及調整影像之間的時間落差。步驟 3 則為透過播放影像畫面資料，並觀察動態數據曲線，於左下角之資料註記介面區域進行事件註記。步驟 4 為將前一步驟所註記之資料儲存於資料庫中。

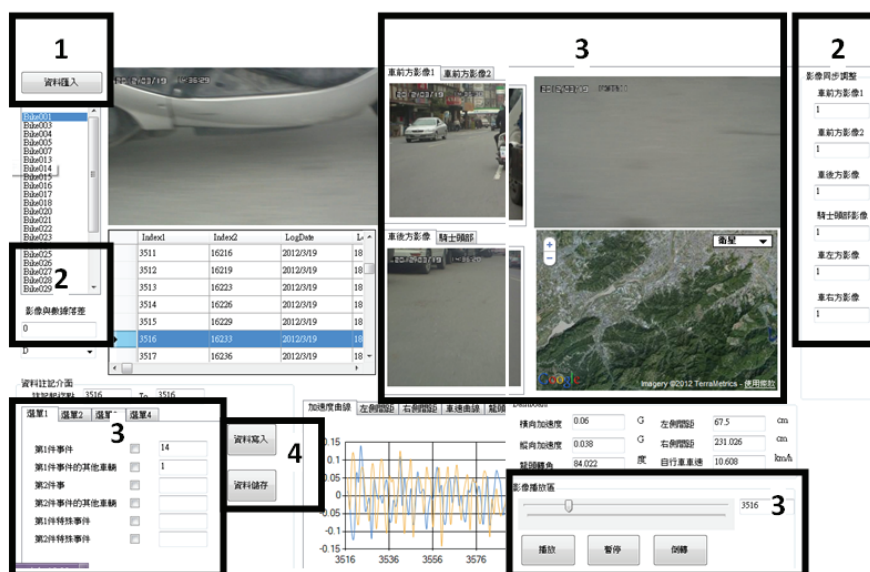


圖 6-9 資料觀察介面之註記程序操作步驟

當註記人員從影像中觀察到本研究所定義之事件類型時，則會透過資料註記介面區域中的註記功能，將該事件發生之時段以該事件所屬之代碼進行註記，分別鍵入事件起始時間點與結束時間點。註記功能中共包含了 4 個選單，項目包含第 1 件事件、第 1 件事件的其他車輛、第 2 件事件、第 2 件事件的其他車輛、第 1 件特殊事件、第 2 件特殊事件、路面、路上障礙、視線、分項設施、分項設施-快車道間、分項設施快慢車道間、路面邊緣、路口管制、車輛動向、道路幾何、天候、光線、不安全事件分類、與前車距離、與左側標線距離、與右側標線距離和頭部偏移角度，共 23 項，註記事件定義與註記代碼如附錄 1。

開啟輔助註記資料查詢受門檻值組合觸發之資料點，並點選該點前 30 筆之時間點開始觀察影像。例如透過左側(超音波測距儀)間距曲線圖發現向下的突出點，可推斷可能有左側超車行為，再觀察影像，發現後方影像中有車輛接近，而左側影像亦接著出現車輛或車輛陰影，此時可確認此事件為超車事件，故可於左側間距曲線圖中找出超音波值最低的資料點，再至選單中鍵入左側超車事件的代碼。影像觀察與事件註記流程如圖 6-10 所示。

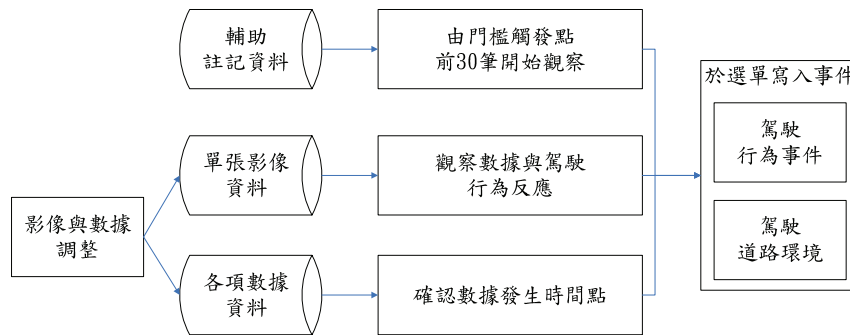


圖 6-10 資料觀察與事件註記流程

6.4 道路環境資料註記程式

由於道路環境對於騎士之騎乘行為有一定程度之影響，故在註記工作當中，除了上述註記騎乘過程之事件外，需進一步註記騎乘過程中之道路環境資料，例如實驗路線各路段之分道設施、分向設施、路口號誌和路面邊緣類型等等。由於實驗路線為固定路線，故透過 Google Earth 地圖事先將實驗路線之經緯度座標標註於道路環境註記程式介面中之電子地圖中，如圖 6-11 之道路環境註記介面中之左下角所示，並加入該路口的 Google 街景圖影像於介面下方的中間區域。以本研究之龍華自行車實驗路線為例，該路線會通過 26 個路口，故道路環境註記介面中的電子地圖上標註出此 26 個路口之座標點，註記人員將根據此 26 個座標點進行路口位置之註記，但由於實驗中之 GPS 軌跡記錄會有誤差，依經驗，GPS 記錄之座標與實際位置誤差有時可達 5m 左右，故為求註記上更加準確，在此道路環境註記介面之右下方位置，設計一影像觀察介面，加入實驗時之前方與後方影像，透過此一觀察介面可與 26 個路口處之 Google 街景圖影像進行比對，以輔助註記人員更準確地進行路口範圍的標註工作。當完成路口註記工作時，路口之間的路段因已事先於資料庫中以 1 張資料表定義實驗路線中各路段之道路環境型態，故可直接套用至各受測騎士之個別資料中。道路環境資料則可同時透過程式一併匯入資料庫中，即完成路口與路段之道路環境註記工作。

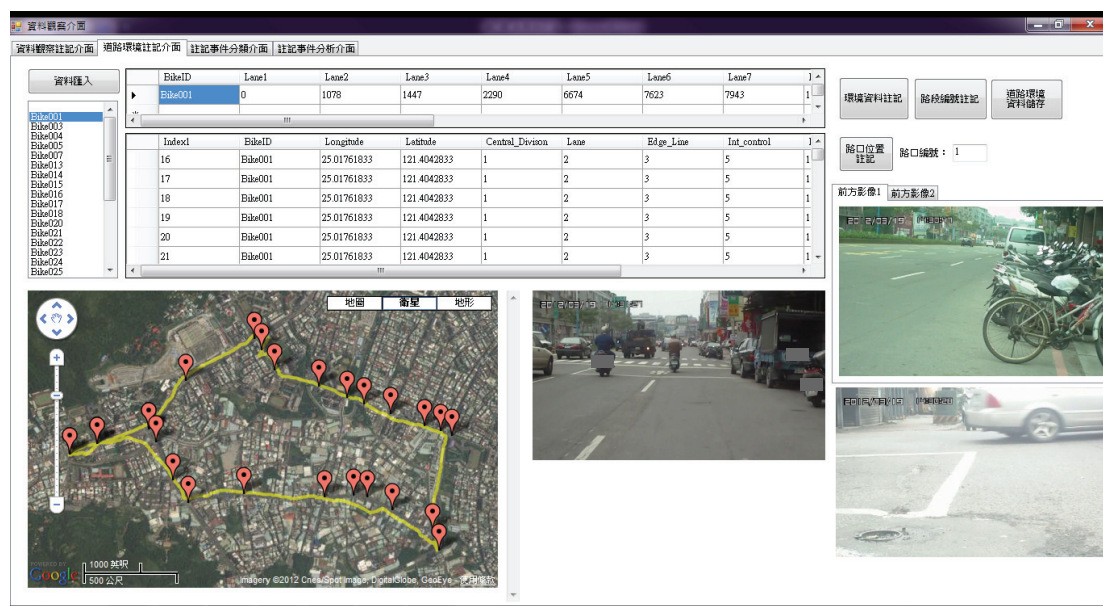


圖 6-11 道路環境註記程式介面

道路環境註記介面之操作步驟，如圖 6-12 所示，步驟 1 為讀取欲註記道路環境資料之受測者編號。步驟 2 為寫入各路段之道路環境型態，如分向設施與分道設施類型等。步驟 3 為透過 GPS 路線軌跡圖定位實驗路線中之各路口位置座標，並以該路口之影像畫面輔助標註路口範圍。步驟 4 則為將所註記之路段和路口道路環境資料儲存於資料庫中。

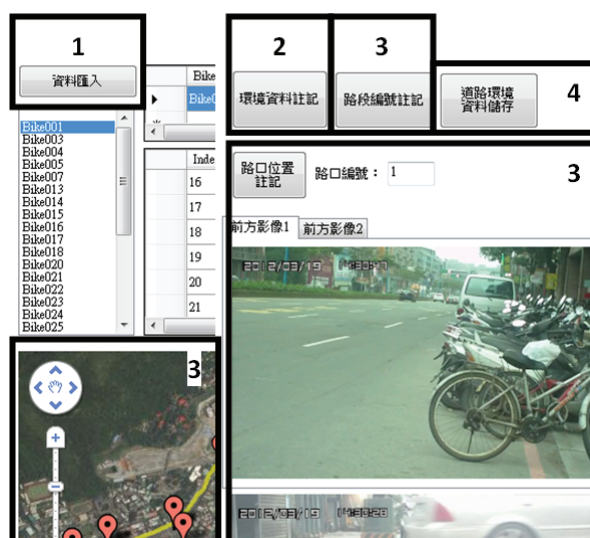


圖 6-12 道路環境註記程序

6.5 註記事件分類與事件第二階段註記程式

完成騎乘資料中的事件註記與道路環境註記工作後，即完成初步的註記作業，但因目前事件註記中有多達 17 種事件類型(未包含特殊事件)，故為使後續運用及分析註記事件時可加便利，本研究再開發一程式將各註記事件的資料分類並於資料庫中儲存成不同之資料表，例如透過此介面選取欲篩選註記之事件為編號 6 左側超車事件(定義見附錄 1)，僅會將此事件篩選出來並儲存於資料庫中專門用來儲存各受測者左側超車事件之資料表。此程式介面如圖 6-13 所示。



圖 6-13 註記事件分類程式介面

註記事件分類程序之操作步驟，如圖 6-14 所示，步驟 1 為選取欲處理之受測者編號，並匯入資料。步驟 2 為選取事件種類之編號。步驟 3 為將所選事件編號之所有資料篩出，並計算該類事件之次數，且儲存於資料庫中該類事件之個別事件資料表中。



圖 6-14 註記事件分類程序操作步驟

透過註記事件分類後，可透過資料庫匯出不同註記事件並進行分析，此時，應用分析人員可能需要針對所匯出之註記事件來進行第二階段的註記，以本研究所探討之左側超車事件分析為例(此部份分析內容詳第八章)，因應用分析人員需要每件左側超車事件能區分出超車前階段、超車時階段和超車後階段，故本研究據此開發第二階段註記程式，如圖 6-15 所示。註記人員可透過此程式介面所呈現之各超車事件左側橫向間距曲線圖進行左側超車事件之三階段歷程註記工作。目前此一註記程式係根據左側超車事件之應用分析需求進行設計，未來探討其他事件類型時，需根據不同事件之應用分析需求而調整程式，例如若探討右側路邊違規停車事件時，則需繪製右側橫向間距之曲線圖，而非左側橫向間距曲線圖。

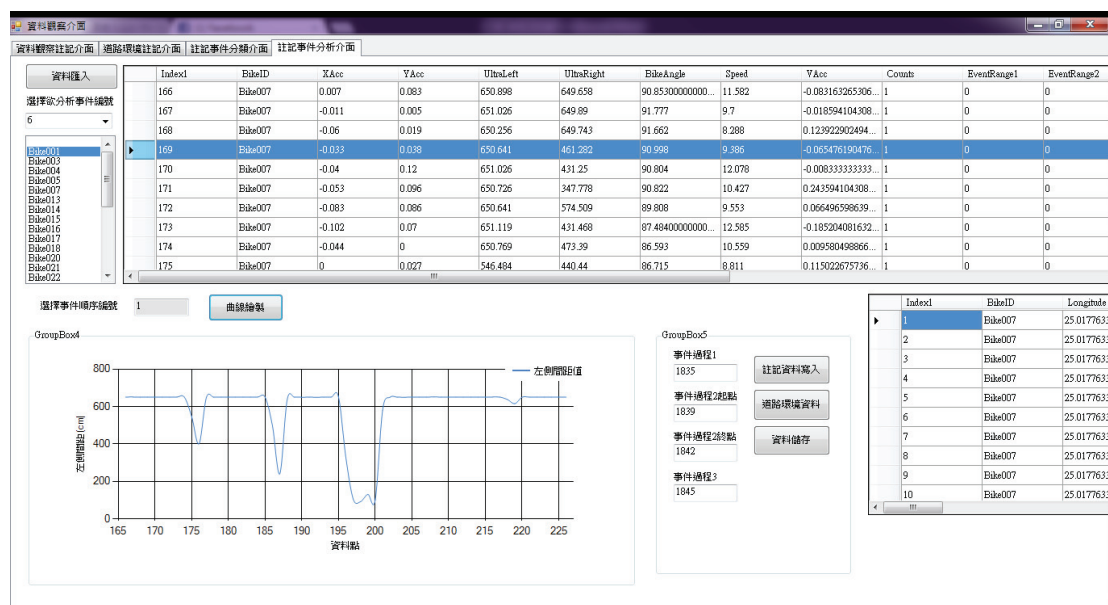


圖 6-15 事件第二階段註記程式

事件第二階段註記程序之操作步驟，如圖 6-16 所示，步驟 1 為選取欲進行第二階段註記之受測者編號，並匯入資料。步驟 2 為繪製單一事件之數據曲線(以左側超車為例，即繪製左側超音波值之曲線)，判斷事件過程之三個階段。步驟 3 為根據數據曲線變化，將事件歷程分為前、中、後等三個階段。步驟 4 為將註記資料寫入，及寫入道路環境資料，並存儲至個別事件的行車資料中。

1

資料匯入

選擇欲分析事件編號

6

Bike001
Bike003
Bike004
Bike005
Bike007
Bike013
Bike014
Bike015
Bike016
Bike017
Bike018
Bike020
Bike021
Bike022

選擇事件順序編號

1

2

曲線繪製

Index	BikeID
166	Bike007
167	Bike007
168	Bike007
169	Bike007
170	Bike007
171	Bike007
172	Bike007
173	Bike007
174	Bike007
175	Bike007

3

事件過程1

1835

事件過程2起點

1839

事件過程2終點

1842

事件過程3

1845

4

註記資料寫入

道路環境資料

資料儲存

3

圖 6-16 事件第二階段註記程序操作步驟

6-13

此頁空白

第七章 風險資料庫基本統計分析

7.1 受測者樣本資料

本研究自行車騎乘行為資料蒐集實驗，共招募 40 位受測者，男性和女性各 20 位，年齡層以 20~25 歲之大專生居多，共 28 名，其餘為 25 歲以上之社會人士，年齡層分布達 40 歲以上。自行車騎乘年資部份，騎乘經驗以 10~15 年居多，有 6 位具有 20 年以上自行車騎乘經驗。機車考照與駕駛年資部份，有 6 位未曾考取機車駕照，其餘駕駛年資則以 5 年以下和 5~10 年居多，共 26 位。汽車考照與駕駛年資部份，大多數無汽車駕照，共 21 名，有汽車駕照者，駕駛年資則以 5 年以下和 5~10 年居多，共 16 位。40 位受測者騎乘自行車頻率調查結果，有 8 位選擇以天為單位填寫頻率，6 位選擇以週為單位填寫，4 位選擇以月為單位填寫，22 位選擇以年為單位填寫，可用較短的時間單位填寫頻率者暗示其可能較常使用自行車，由此推知，40 位受測者中，大多數較少騎乘自行車作為日常生活之代步工具。表 7.1 為 40 位受測者背景資料整理。

7.2 影像觀察註記事件統計

1. 龍華科技大學附近路線所蒐集資料之 17 項註記事件次數統計

本研究共定義 17 項事件，分別以涉入事件對象為人與車輛等兩類定義 2 項及 15 項事件。涉入對象為人之部分，分為靜態用路人與動態用路人。另外，涉入對象為車輛之部分，亦分為靜態事件類型和動態事件類型，分別為 4 項靜態事件及 11 項動態事件觀察項目。表 7.2 及圖 7-1 為龍華科技大學附近路線所蒐集之 40 位受測者各觀察事件之每人平均次數統計結果。其中以「雙排停車」、「違規停車」、「臨時停車」、「同向車輛左側超越後通過」及「連續車輛通過」等 5 種註記事件發生次數較多，並以「臨時停車」與「同向車輛左側超越後通過」為最多，分別平均次數為 48 次及 18 次。而其他事件項目其發生次數較少，如「同向車輛超越後右轉」事件每人平均次數僅 0.06 次，為 17 項註記事件中最少。

表7.1 騎乘資料蒐集實驗受測者背景資料

背景資料項目	範圍	人數	百分比 (%)
性別	男	20	50.0
	女	20	50.0
年齡	20-25 歲	28	70.0
	25-30 歲	7	17.5
	30-35 歲	3	7.5
	35-40 歲	1	2.5
	40 歲以上	1	2.5
學歷	大專	28	70.0
	研究所	12	30.0
騎乘自行車年資	5 年以下	3	7.5
	5-10 年	3	7.5
	10-15 年	23	57.5
	15-20 年	5	12.5
	20 年以上	6	15.0
機車考照與年資	無駕照	6	15.0
	5 年以下	15	37.5
	5-10 年	11	27.5
	10-15 年	4	10.0
	15-20 年	3	7.5
	20 年以上	1	2.5
汽車考照與年資	無駕照	21	52.5
	5 年以下	8	20.0
	5-10 年	8	20.0
	10-15 年	1	2.5
	15-20 年	1	2.5
	20 年以上	1	2.5
騎乘頻率	每天為單位	8	20.0
	每週為單位	6	15.0
	每月為單位	4	10.0
	每年為單位	22	55.0
發生自行車車禍經驗	無	37	92.5
	有	3	7.5

表7.2 註記事件之每人平均次數統計表：龍華科技大學附近路線

涉入事件對像	事件類型	編號	事件名稱	每人平均次數	次數標準差
人	靜態	4	靜止用路人	0.32	0.73
	動態	5	動態用路人	0.50	1.16
車	靜態	1	雙排停車	4.76	3.10
		2	違規停車	13.15	10.54
		3	臨時停車	18.00	16.68
		10	路邊停車開門	0.09	0.29
	動態	6	同向車輛左側超越後通過	48.03	21.66
		7	同向車輛超越後右轉	0.06	0.34
		8	同向車輛由右側插入	0.12	0.54
		9	對向車輛超越分向線後通過	0.09	0.38
		11	同向車輛接近後轉向自行車騎乘空間	0.09	0.51
		12	路邊停車中	0.26	1.54
		13	連續車輛通過	7.91	5.10
		14	並行行駛於自行車左側	0.12	0.41
		15	並行行駛於自行車右側	0.09	0.38
		16	車輛未按照停車格規畫停車	0.29	0.63
		17	同向車輛從右側超越後通過	1.38	5.43

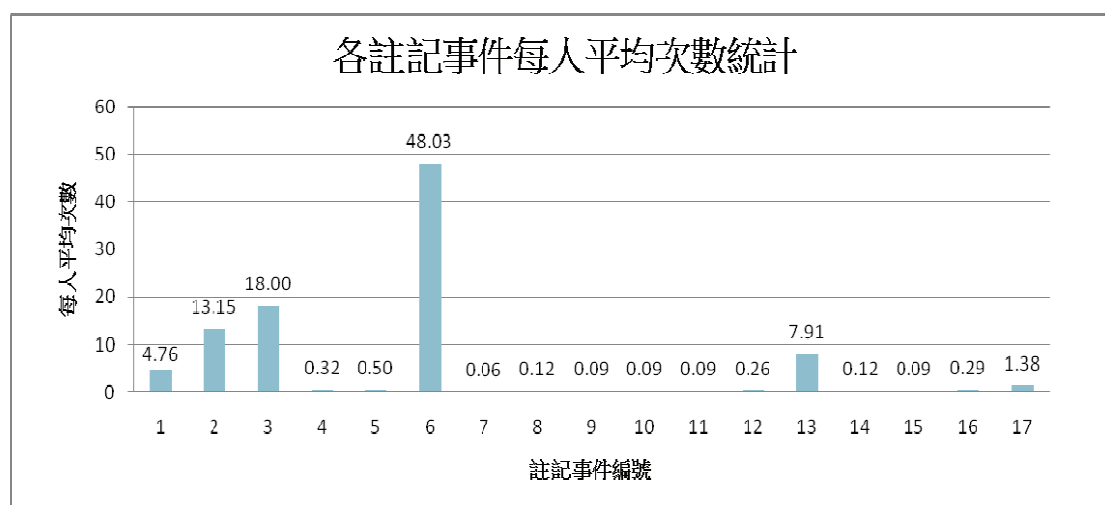


圖 7-1 註記事件之每人平均次數分布圖：龍華科技大學附近路線

2. 100 年計畫和龜山自行車道路線所蒐集資料之 17 項註記事件次數統計

圖 7-2 為 100 年計畫中，蒐集之 17 位受測者資料並完成事件觀察後的註記事件次數統計結果，註記次數的結果其趨勢與龍華科技大學附近路線之資料的註記結果大致相同，註記事件中以事件 6 的「同向車輛左側超越後通過」事件其發生頻率最高，每人平均 10.82 次，其次為事件 13 的「連續車輛通過」事件，每人平均次數為 5.59 次。再其次則為事件 1 至事件 3 的每人平均次數，其他事件之次數則較少，如事件 7 至事件 12，每人平均次數約為 0.12 至 0.35 次左右。

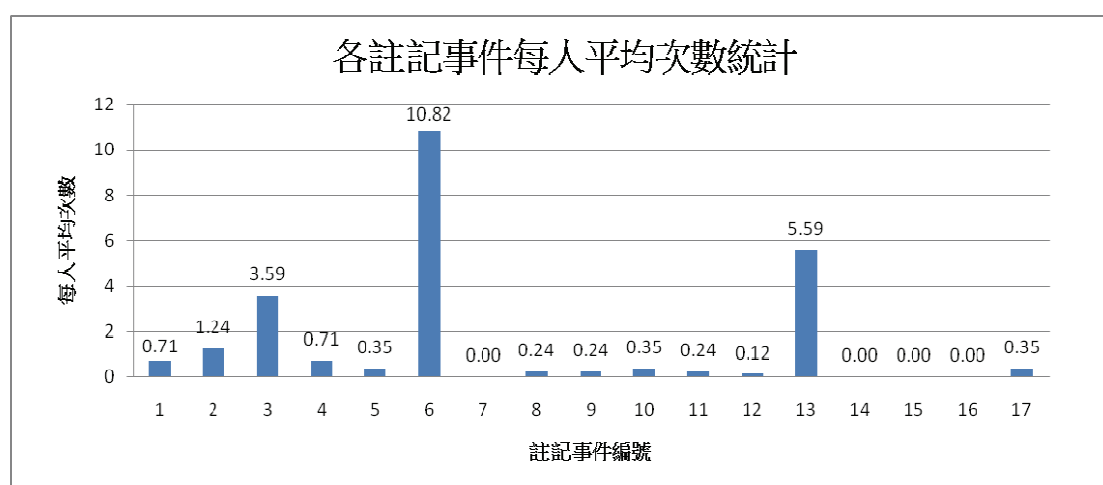


圖 7-2 註記事件之每人平均次數分布圖：100 年計畫

圖 7-3 為龜山自行車道 1 人次受測者的騎乘資料，由於該路線約僅有 400m 左右之直線自行車車道，故所觀察註記之數量相對較少，但與前 2 份資料的註記結果一樣，以事件 6 的「同向車輛左側超越後通過」事件，事件次數最多，共 15 次，其次則為事件 2 的「違規停車」事件，次數為 5 次。整體而言，可觀察到的事件項目與前 2 份的資料大致相同。

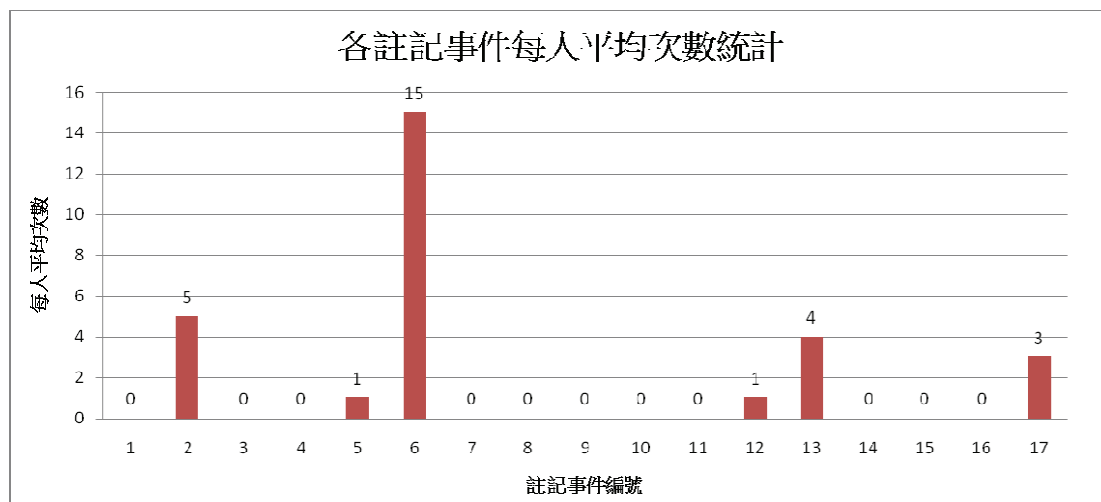


圖 7-3 註記事件之每人平均次數分布圖：龜山自行車道

3. 註記資料一致性探討

由於本研究蒐集之騎乘行為資料進行影像觀察註記事件時，需仰賴大量人力與時間，故需以多名註記人員同步進行註記工作，以完成 20 小時以上資料編譯目標。進行時，本研究先對每位註記人員進行訓練，如說明事件註記方法、註記介面操作流程和各註記事件之定義等。由於 1 人次的騎乘行為資料主要由 1 位註記人員進行處理，而每人觀察影像後進行的判斷可能會有主觀認知方面的差異，故為瞭解差異程度，以下針對同 1 人次騎乘行為資料由 2 位不同註記人員處理之註記結果差異進行一致性探討。

將 Bike029 騎乘行為資料由註記員 A 與註記員 B 同時以標準資料註記流程進行影像觀察和註記工作，完成後，統計各註記事件之次數差異，各事件次數統計結果如表 7.3 所示。大多數有註記之事件，註記員 A 和 B 之註記次數差約 1 次左右，次數差異不大。而「違規停車」和「臨時停車」事件之次數差各為 3 次，探討差異原因為註記員 A 將 3 次屬於「違規停車」之事件註記為「臨時停車」事件，表示「臨時停車」事件定義與「違規停車」事件定義可能有其模糊地帶，未來可能需調整此兩項註記事件定義或考慮將此兩項事件整併為同一項事件。另外，事件 6「同向車輛從左側超越後通過」的次數差為 10 次，探討差異原因有兩項，一為該事件發生比例為 17 種事件中最高，故註記人員在進行註記時會發生註記遺漏的情形。另一為註記人員 B 將事件 13 之「連續車輛通過」過程中，每一輛通過之車輛皆註記為事件 6 之單一同向車輛從左側超越後通過，故其事件

6 次數較多。

表7.3 註記員A和B註記事件次數比較

事件編號	事件名稱	資料編號 Bike029	
		註記員 A	註記員 B
1	雙排停車	1	2
2	違規停車	11	14
3	臨時停車	18	15
4	靜止用路人	0	0
5	動態用路人	0	0
6	同向車輛從左側超越後通過	64	74
7	同向車輛超越後右轉	0	0
8	同向車輛由右側插入	0	0
9	對向車輛超越分向線後通過	0	2
10	路邊停車開車門	1	1
11	同向車輛接近後轉向或離開自行車騎乘空間	0	0
12	路邊車輛停車中	0	0
13	連續車輛通過	6	7
14	並行行駛於自行車(本車)左側	0	0
15	並行行駛於自行車(本車)右側	0	0
16	車輛未按照停車格規劃停車	0	0
17	同向車輛從右側超越後通過	0	1

7.3 常見事件資料之統計分析

龍華科技大學附近路線之資料，透過影像資料觀察並進行事件註記結果顯示(表 7.2)，17 類註記事件中以事件 1、2、3、6 及 13 之每人平均次數較多，本節將以這些事件根據不同性別之受測者進行分類，繪製不同註記事件其參數資料的分布圖，以呈現不同事件下，自行車騎士騎乘過程中的動態資料變化情形。以下依序將這些註記事件之每件事件資料的橫向加速度、左側橫向間距、右側橫向間距、龍頭轉角、車速、縱向加速度的平均值與標準差，以及左側橫向間距與右側橫向間距的平均值繪製成分布圖。

圖 7-4 至圖 7-10 為註記事件 1「雙排停車」的資料分析結果。橫向加速度平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於-0.10G 至 0.05G 之間，少部分則集中於

-0.30G 至 -0.20G 之間。女性集中於 -0.08G 至 0.10G 之間。女性的分布範圍相較於男性更為集中，男性在接觸雙排停車事件時，橫向移動的情形多於女性。左側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 400cm 至 700cm 之間，少部分則分布於 150cm 至 400cm 之間。女性大部分集中於 450cm 至 700cm 之間，少部分則分布於 200cm 至 450cm 之間。男性與女性的分布情況大致上是相似的，僅有少部分男性的平均值偏小，男性較接近左側車道的情況多於女性。右側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性與女性皆分布於 50cm 至 400cm 之間，分布情形相似。龍頭轉角平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 85° 至 90° 之間，少部分則分布於 70° 至 80° 之間。女性集中於 85° 至 93° 之間。平均值部分女性相較於男性更為集中，男性轉動龍頭的情況多於女性。自行車車速平均值與標準差分布圖，男性與女性皆分布於 0km/h 至 20km/h 之間。女性在平均值部分，特別集中於 0km/h 至 5km/h 之間，車速降低的情形多於男性。縱向加速度平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 -0.20G 至 0.15G 之間，女性大部分集中於 -0.15G 至 0.1G 之間，大部分男性平均值小於 0G，女性則較均勻分布。左右側橫向間距平均值分布圖，女性的分布範圍相較於男性較集中。由以上可知，男性在接觸雙排停車事件時，大部分採取橫向移動、偏向左側車道、轉動龍頭、與降低縱向加速度，亦即接觸雙排停車時，快速剎車並轉動龍頭，靠向左側車道並通過。大部分女性則採取較緩和的行為，輕輕剎車降低車速，小幅轉動龍頭並通過。

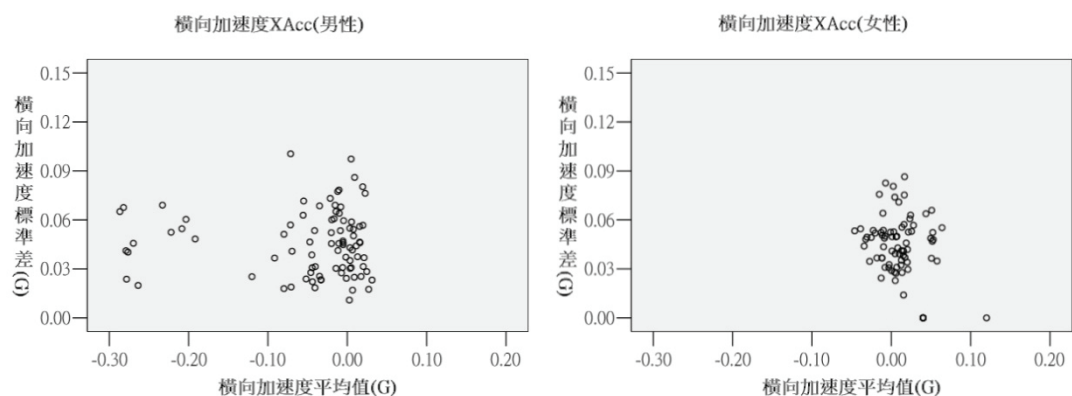


圖 7-4 事件 1 橫向加速度平均值與標準差分布圖

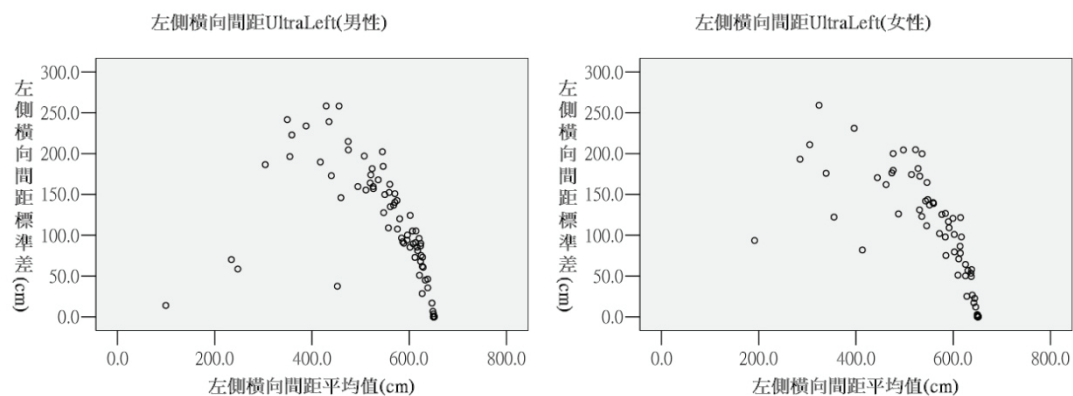


圖 7-5 事件 1 左側橫向間距平均值與標準差分布圖

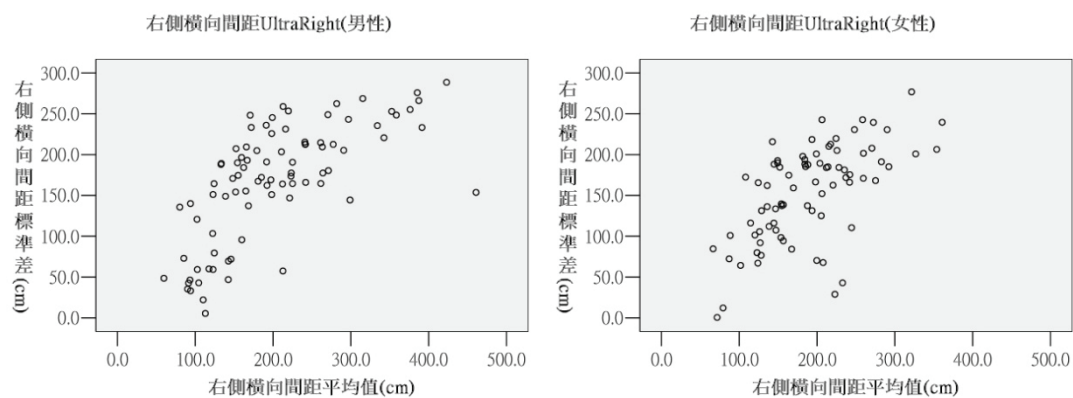


圖 7-6 事件 1 右側橫向間距平均值與標準差分布圖

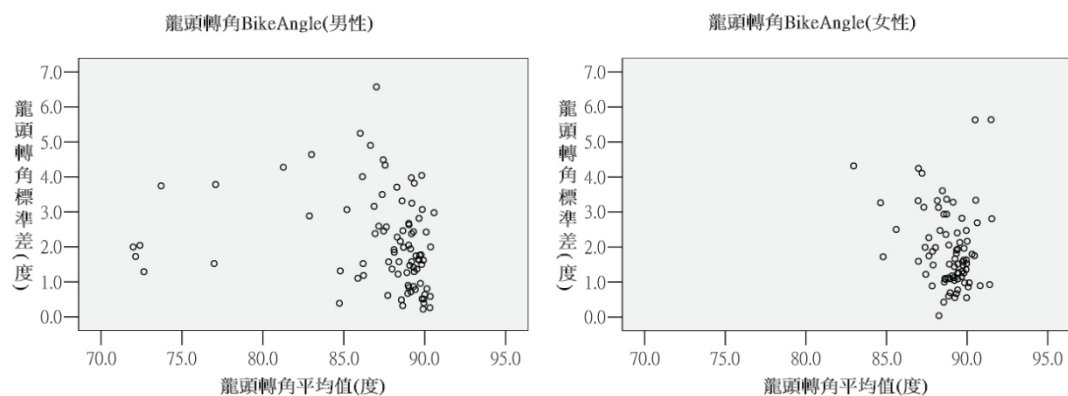


圖 7-7 事件 1 龍頭轉角平均值與標準差分布圖

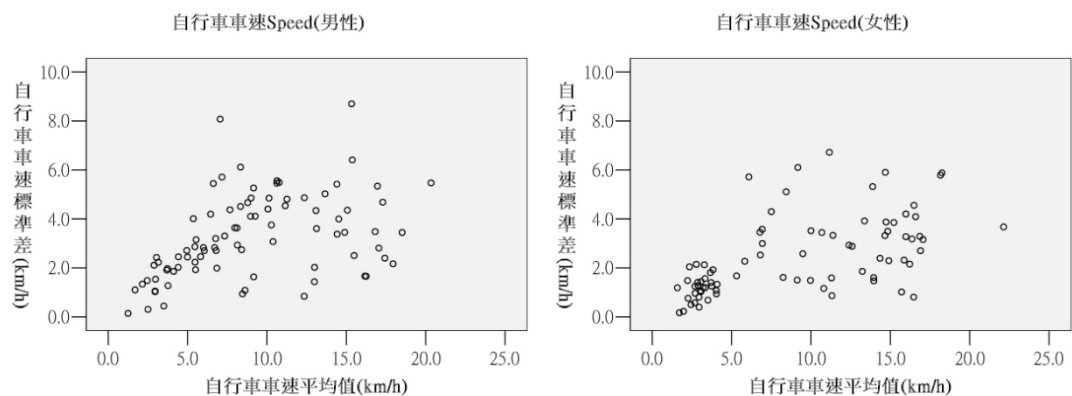


圖 7-8 事件 1 自行車車速平均值與標準差分布圖

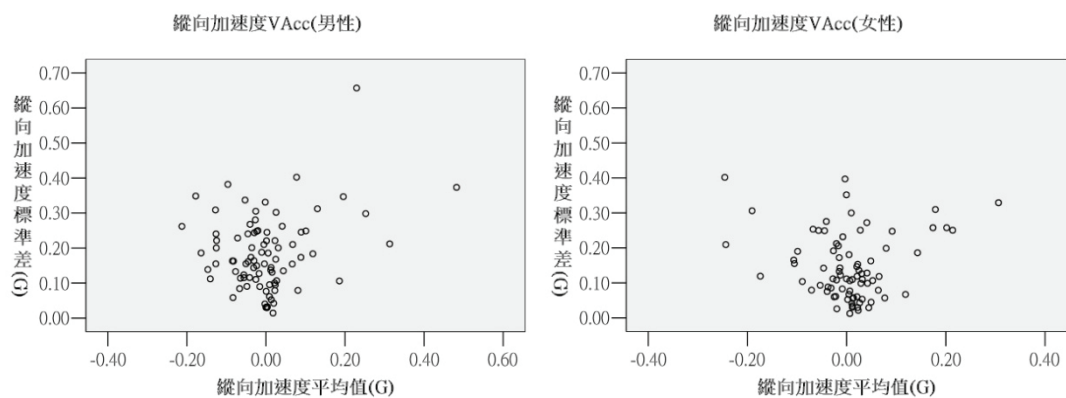


圖 7-9 事件 1 縱向加速度平均值與標準差分布圖

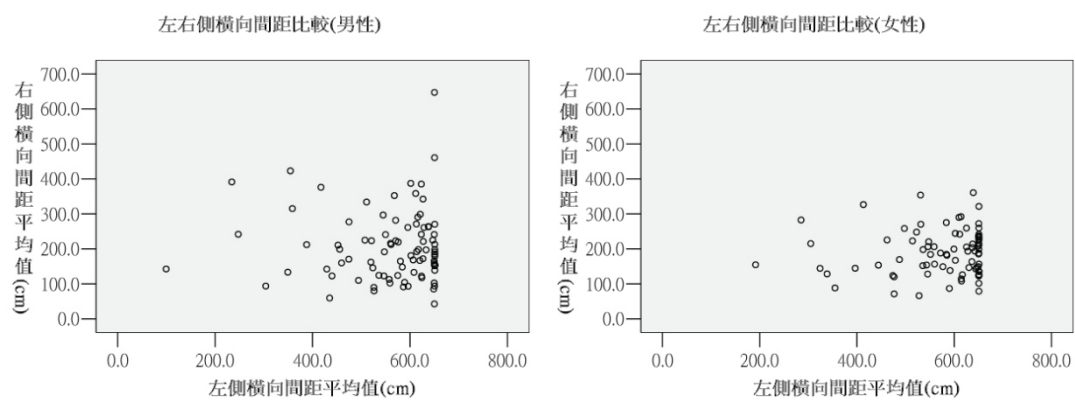


圖 7-10 事件 1 左右側橫向間距平均值分布圖

圖 7-11 至圖 7-17 為註記事件 2「違規停車」的資料分析結果。橫向加速度平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於-0.10G 至 0.05G 之間，少部分則集中於-0.30G 至-0.25G 之間。女性集中於-0.05G 至 0.10G 之間。平均值部分，女性較男性更集中。左側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 400cm 至 700cm 之間，少部分則分布於 100cm 至 400cm 之間。女性大部分集中於 300cm 至 700cm 之間，少部分則分布於 100cm 至 250cm 之間。男性與女性的分布情況十分的相似。右側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性與女性皆集中於 50cm 至 500cm 之間。男性與女性的分布情況相似。龍頭角度平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 85°至 92°之間，少部分則分布於 70°至 80°之間。女性大部分集中於 85°至 93°之間。平均值部分，女性比男性更為集中，而男性少部分則集中於 70°至 80°之間。男性於接觸「違規停車」事件時，轉動龍頭的行為較女性多。自行車車速平均值與標準差分布圖，男性與女性皆分布於 0km/h 至 20km/h 之間。男性的分布狀況比女性均勻，而女性則有集中於 0km/h 至 5km/h 之間的現象。女性於接觸「違規停車」事件時，自行車車速較慢。縱向加速度平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於-0.20G 至 0.15G 之間，女性大部分集中於-0.15G 至 0.15G 之間。平均值部分，男性與女性的分布相似。左右側橫向間距平均值分布圖，女性的右側間距平均值分布的範圍，比男性更窄。由以上可知，男性在接觸違規停車事件時，會有往左側車道靠近的現象。「違規停車」事件與「雙排停車」事件的行為相似，男性仍是快速剎車並轉動龍頭，靠向左側車道，而女性亦為輕輕剎車降低車速，小幅轉動龍頭並通過。

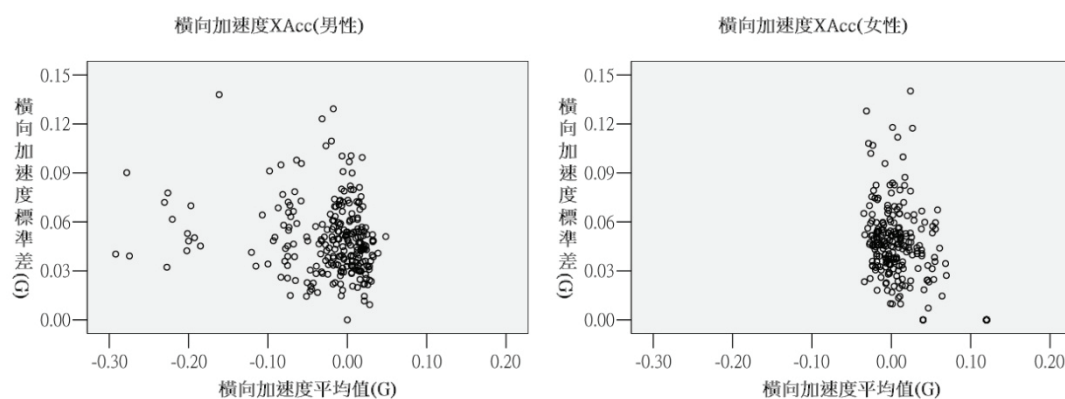


圖 7-11 事件 2 橫向加速度平均值與標準差分布圖

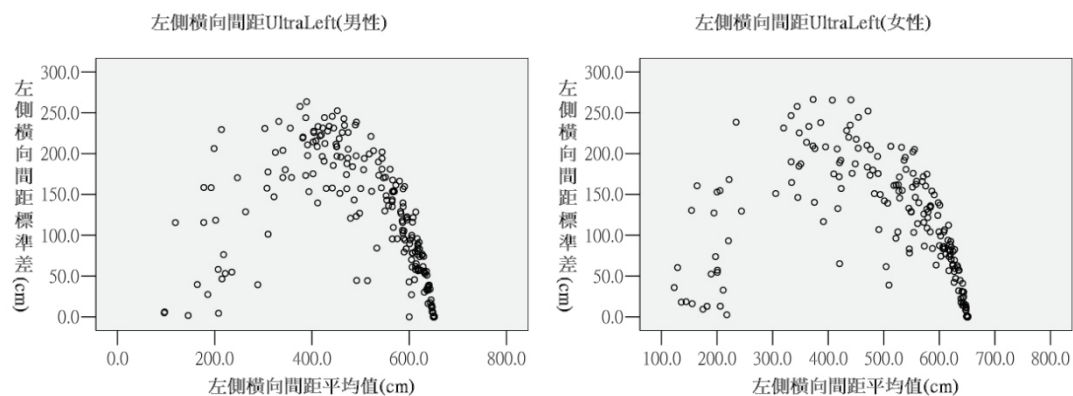


圖 7-12 事件 2 左側橫向間距平均值與標準差分布圖

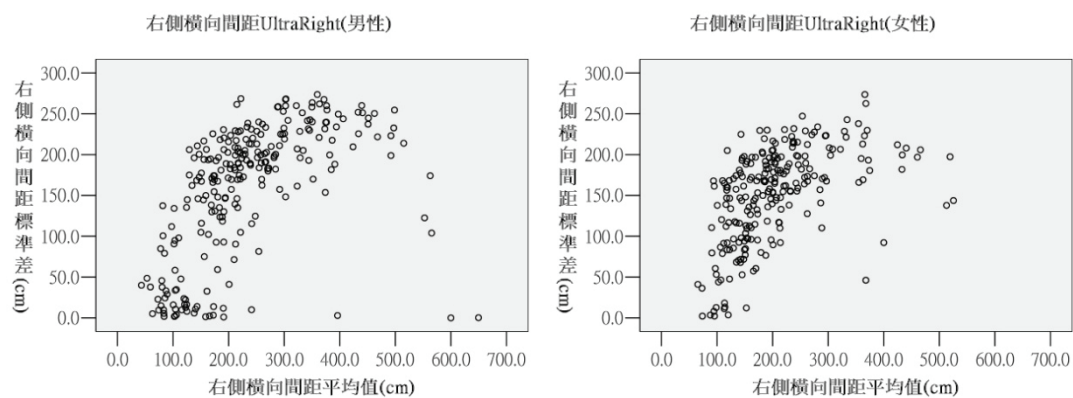


圖 7-13 事件 2 右側橫向間距平均值與標準差分布圖

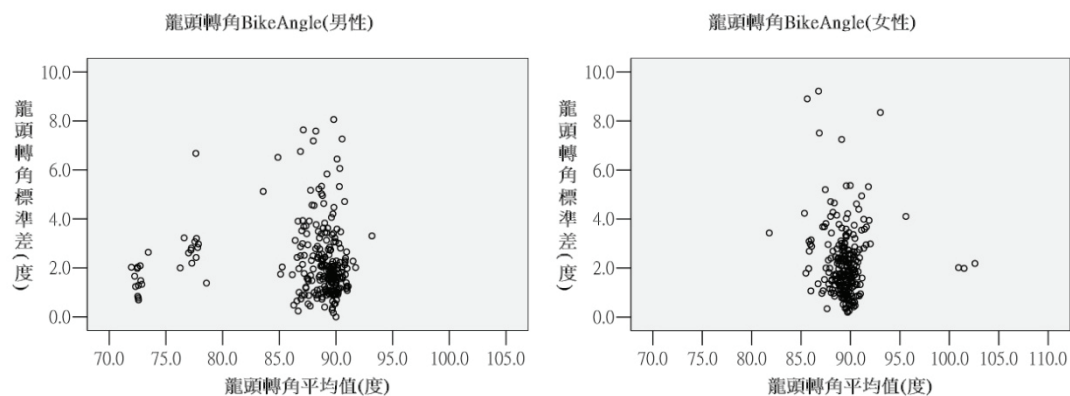


圖 7-14 事件 2 龍頭轉角平均值與標準差分布圖

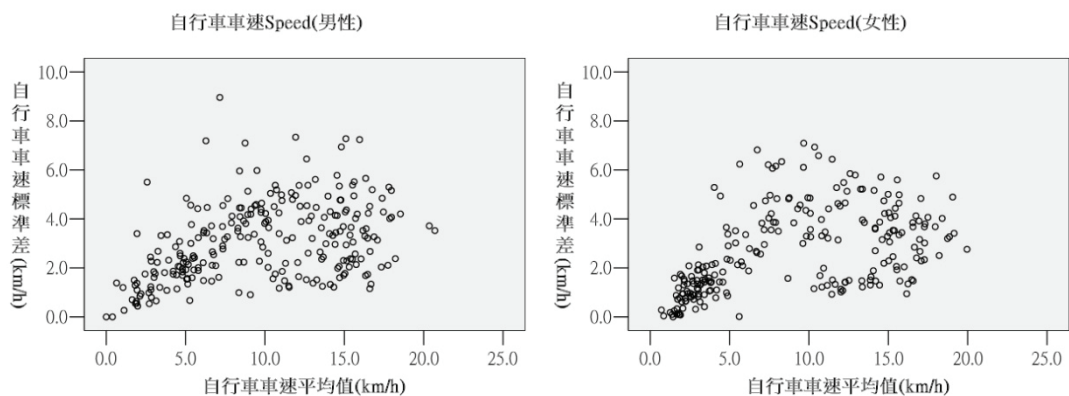


圖 7-15 事件 2 自行車車速平均值與標準差分布圖

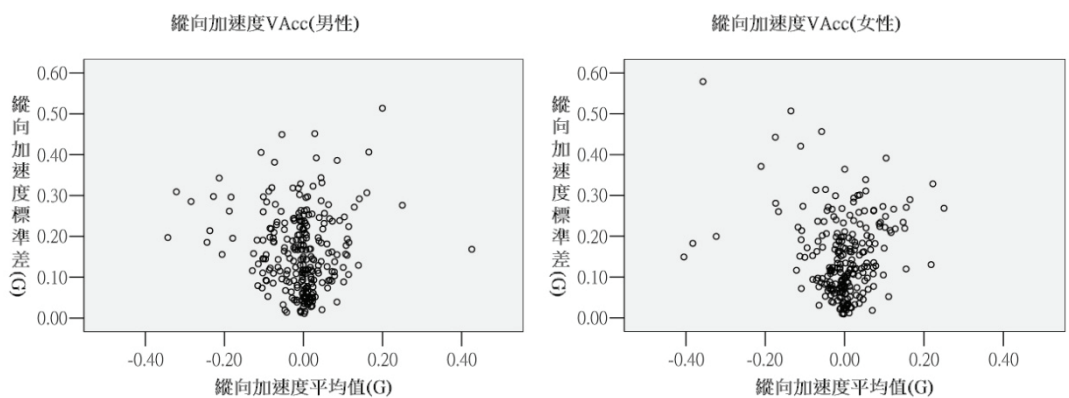


圖 7-16 事件 2 縱向加速度平均值與標準差分布圖

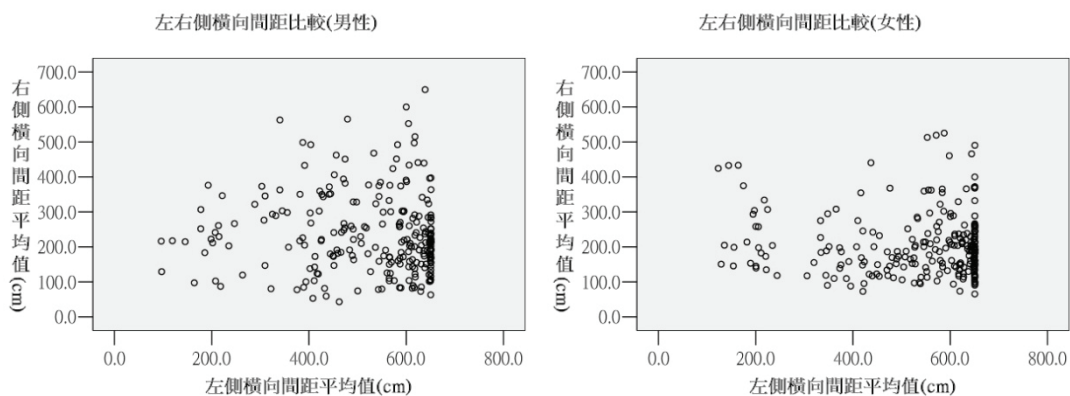


圖 7-17 事件 2 左右側橫向間距平均值分布圖

圖 7-18 至圖 7-24 為事件 3「路邊停車」的資料分析結果。橫向加速度平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於-0.10G 至 0.05G 之間，少部分則集中於-0.30G 至-0.20G 之間。女性集中於-0.08G 至 0.10G 之間。平均值部分女性較男性的集中，而男性則大略分布在兩個區塊，在接觸「路邊停車」事件時，男性有較多橫向移動的情況。左側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性及女性大部分集中於 400cm 至 700cm 之間，少部分則分布於 150cm 至 400cm 之間，男性與女性的分布情形相似。右側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 50cm 至 300cm 之間，少部分則分布於 300cm 至 500cm 之間。女性大部分集中於 50cm 至 400cm 之間。男性與女性的分布情形相似。龍頭轉角平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 85°至 95°之間，少部分則分布於 70°至 85°之間。女性集中於 85°至 95°之間，少部分則分布於 95°至 100°之間。平均值部分男性與女性皆集中於 90°附近，男性有少部分分散於 70°至 80°之間，女性有少部分分散於 95°至 100°之間。自行車車速平均值與標準差分布圖，男性與女性皆分布於 0km/h 至 20km/h 之間。縱向加速度平均值與標準差分布，男性與女性分布情形相似。男性與女性皆大部分集中於-0.20G 至 0.20G 之間，少部分則在此範圍之外。平均值部分，男性與女性分布情形相似。左右側橫向間距平均值分布圖，女性的右側間距平均值分布範圍，比男性更窄。由以上可知，「路邊停車」事件中男性與女性的行為模式相似，但行為表徵未如「雙排停車」及「違規停車」顯著。其原因可能為路邊停車格，較不會影響到自行車行車路線，進而不會導致有需要閃避車輛的情況發生。

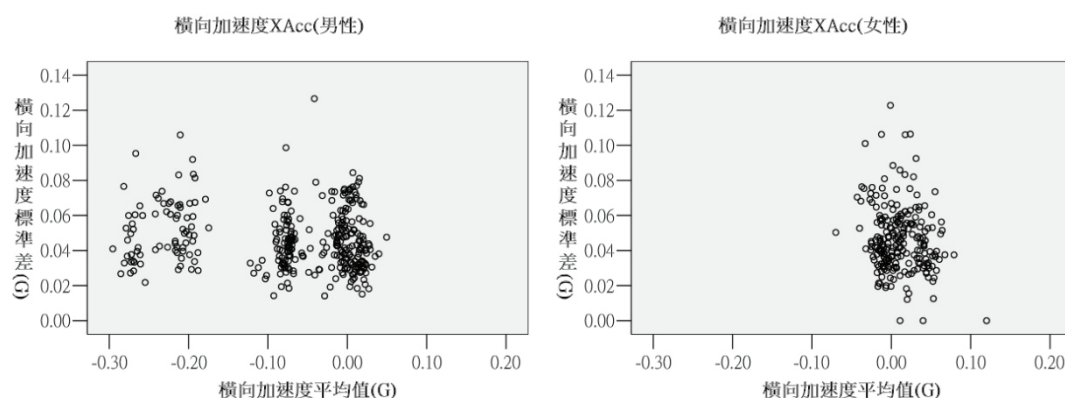


圖 7-18 事件 3 橫向加速度平均值與標準差分布圖

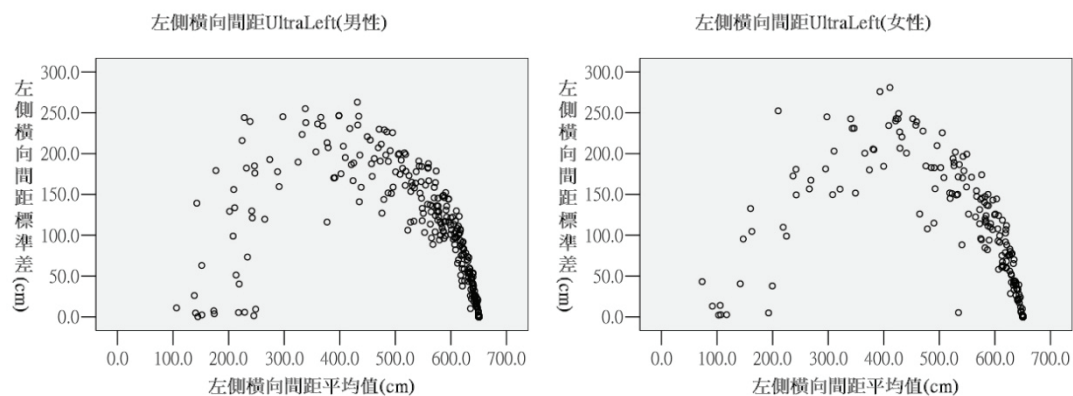


圖 7-19 事件 3 左側橫向間距平均值與標準差分布圖

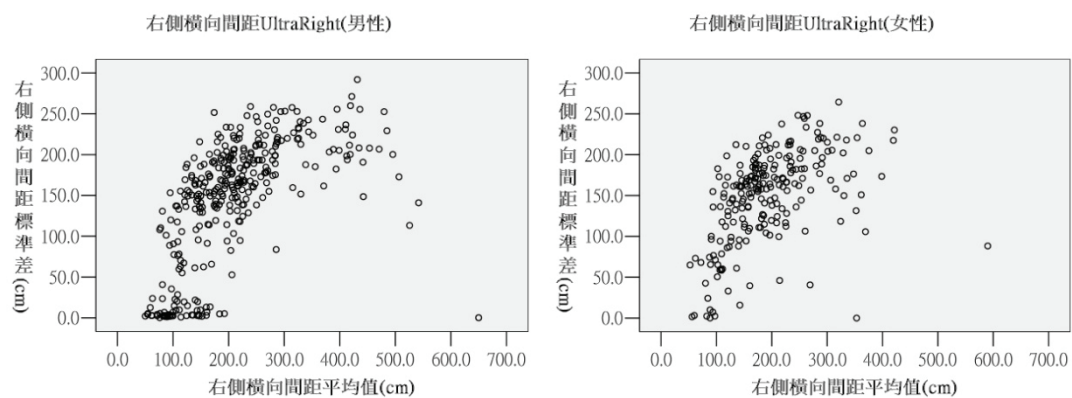


圖 7-20 事件 3 右側橫向間距平均值與標準差分布圖

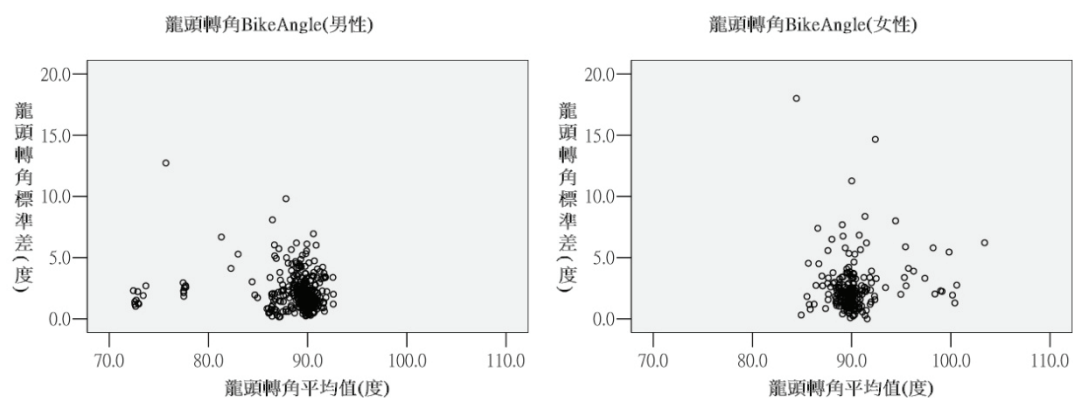


圖 7-21 事件 3 龍頭轉角平均值與標準差分布圖

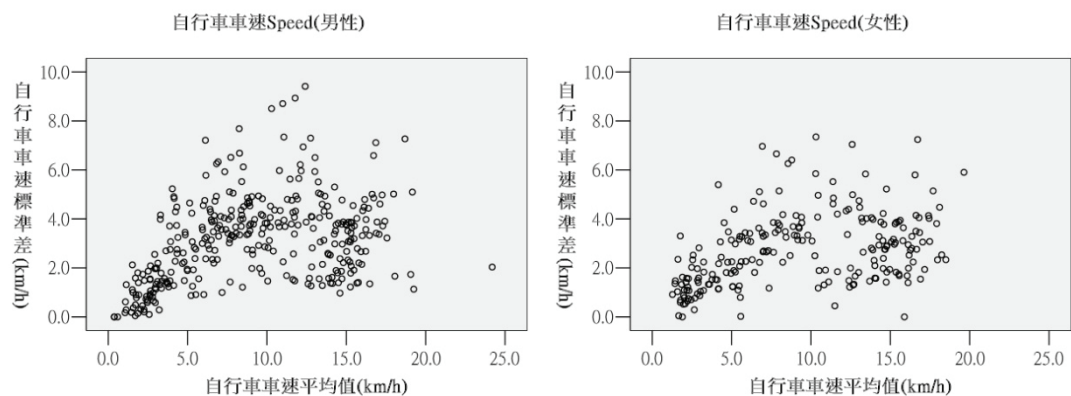


圖 7-22 事件 3 自行車車速平均值與標準差分布圖

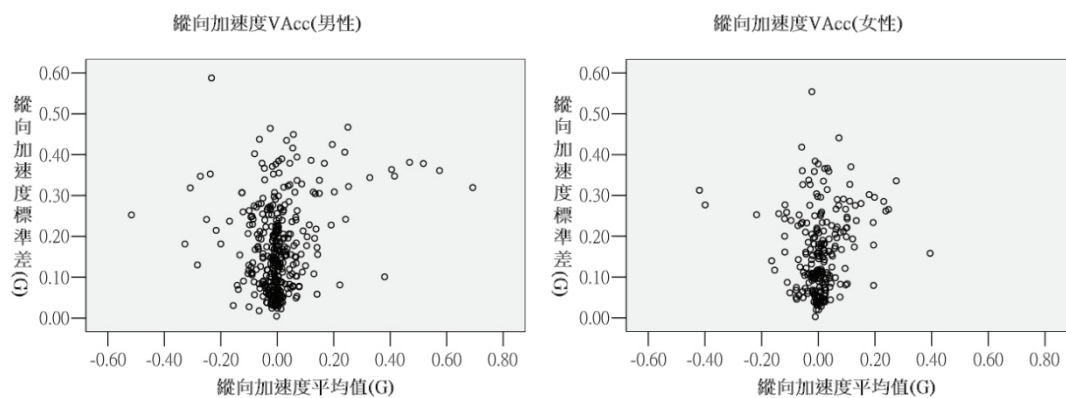


圖 7-23 事件 3 縱向加速度平均值與標準差分布圖

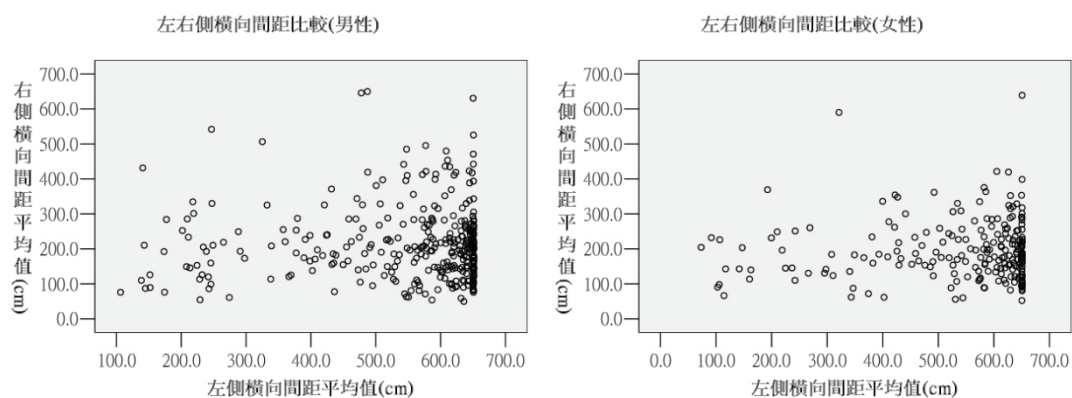


圖 7-24 事件 3 左右側橫向間距平均值分布圖

圖 7-25 至圖 7-31 為事件 6「同向車輛從左側超越後通過」的資料分析結果。橫向加速度平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於-0.10G 至 0.10G 之間，少部分則集中於-0.30G 至-0.10G 之間。女性集中於-0.10G 至 0.10G 之間。平均值部分，女性較男性更集中，男性在接觸超車事件時，少部分會有明顯橫向移動的行為。左側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 50cm 至 250cm 之間，少部分則分布於 250cm 至 350cm 之間。女性大部分集中於 50cm 至 300cm 之間。平均值部分，男性與女性的分布情形相似。右側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性與女性皆分布於 0cm 至 650cm 之間。平均值部分，男性與女性的分布情形相似。龍頭轉角平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 85°至 95°之間，少部分則分布於 70°至 85°之間。女性集中於 82°至 95°之間，少部分則分布於 95°至 105°之間。自行車車速平均值與標準差分布圖，男性與女性皆分布於 0km/h 至 20km/h 之間。平均值部分，男性與女性的分布情形相似，且在速度較低的區塊皆有比較集中的現象。縱向加速度平均值與標準差分布圖，男性與女性大部分集中於-0.50G 至 0.5G 之間。平均值部分，女性比起男性更為集中。左右側橫向間距平均值分布圖，女性在左側橫向間距平均值部分的分布範圍較男性為廣。由以上可知，同向車輛左側超車事件中，由於超車車輛速度為自行車的數倍，故自行車騎士多處於被動狀態，其反應多為轉動龍頭、或適切的降低速度。男性在龍頭轉角平均值的分布情形便顯示較多轉動龍頭的情況，且在橫向加速度平均值部分，亦較女性分布為廣，男性在閃避超車車輛的行為上表現得較女性快速，女性多採取繼續維持速度與方向的行為，由縱向加速度平均值的分布情況亦可觀察出此一現象，男性的分布範圍較女性廣。

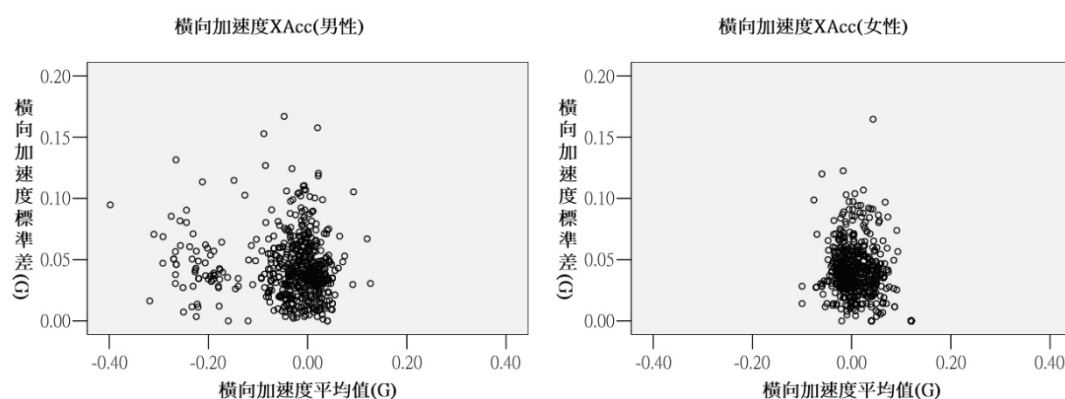


圖 7-25 事件 6 橫向加速度平均值與標準差分布圖

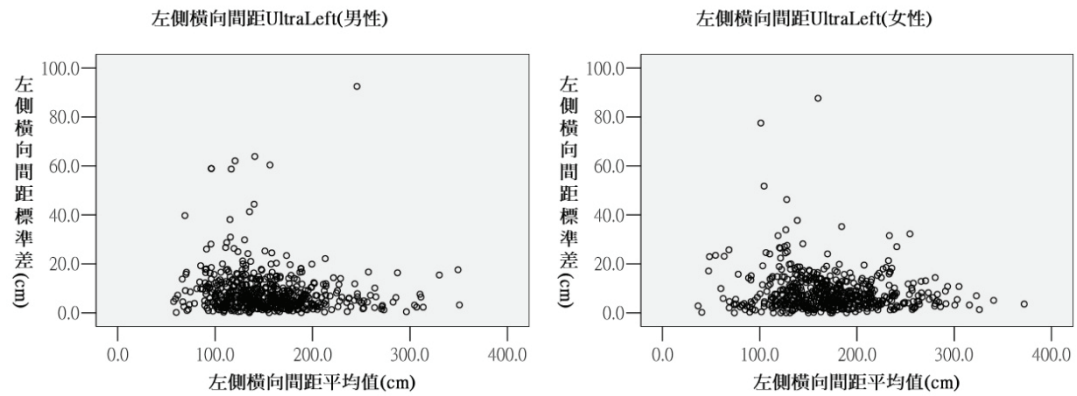


圖 7-26 事件 6 左側橫向間距平均值與標準差分布圖

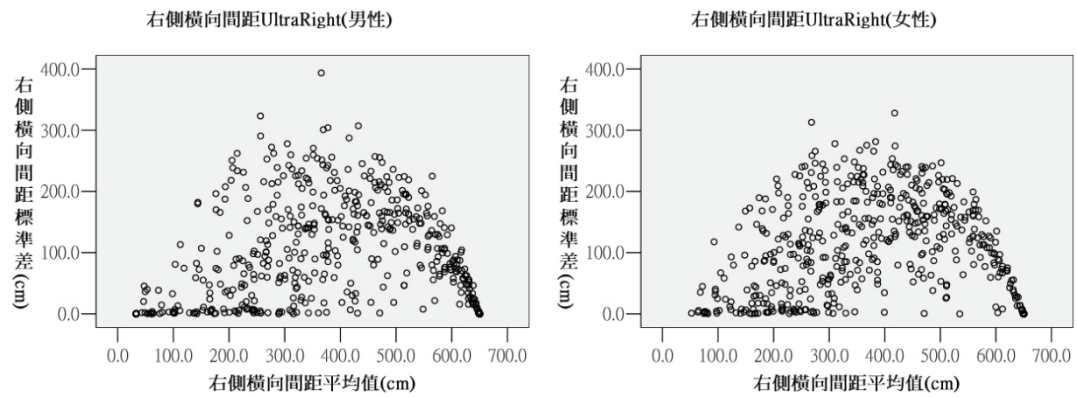


圖 7-27 事件 6 右側橫向間距平均值與標準差分布圖

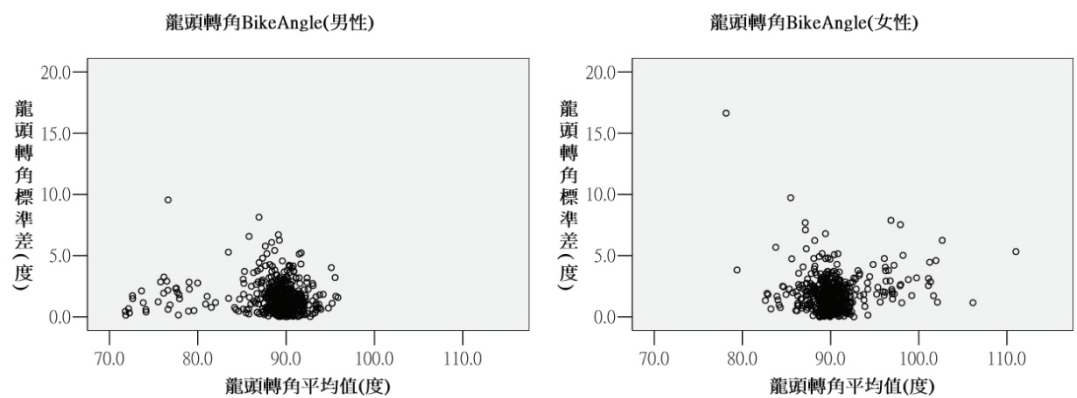


圖 7-28 事件 6 龍頭轉角平均值與標準差分布圖

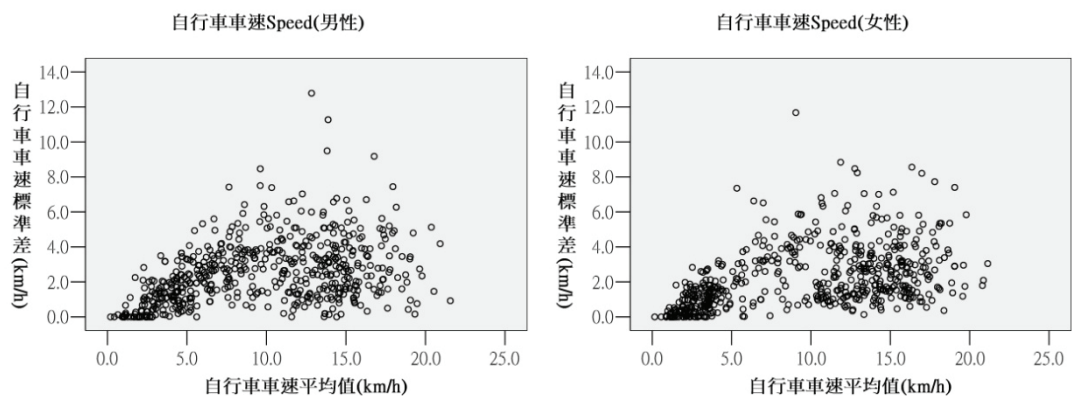


圖 7-29 事件 6 自行車車速平均值與標準差分布圖

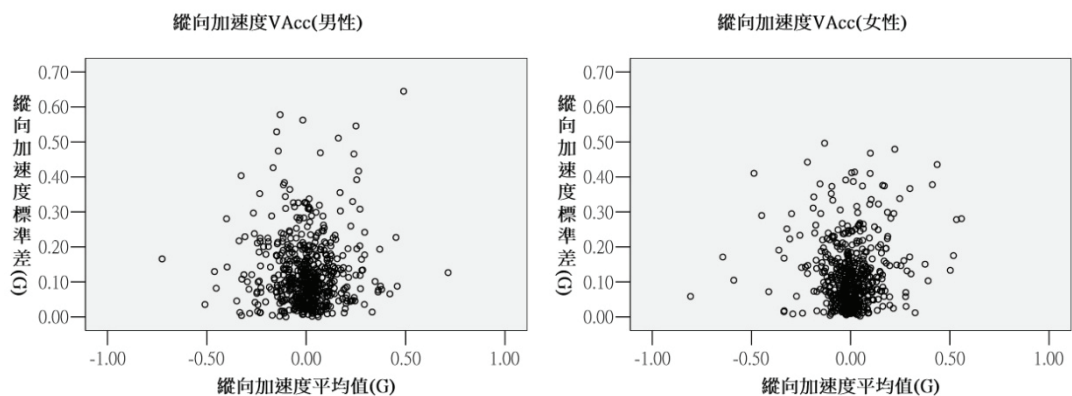


圖 7-30 事件 6 縱向加速度平均值與標準差分布圖

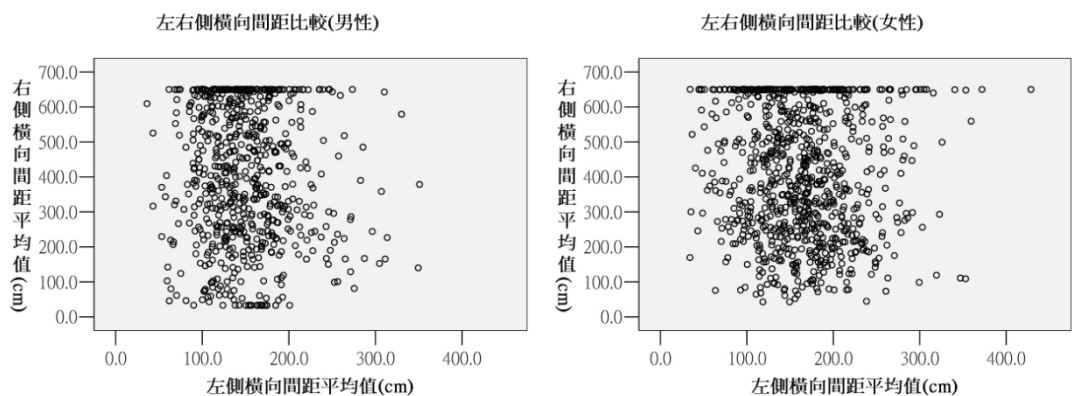


圖 7-31 事件 6 左右側橫向間距平均值分布圖

圖 7-32 至圖 7-38 為事件 13「連續車輛通過」的資料分析結果。橫向加速度平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於-0.10G 至 0.05G 之間，少部分則集中於-0.30G 至-0.20G 之間。女性集中於-0.08G 至 0.08G 之間。男性接觸「連續車輛通過」事件時，產生橫向移動的情況比女性多。左側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 300cm 至 500cm 之間。女性大部分集中於 300cm 至 600cm 之間。男性與女性在左側橫向間距平均值的分布情形相似。右側橫向間距平均值與標準差分布圖，男性與女性皆分布於 0cm 至 650cm 之間。男性的平均值分布情況與女性相似。龍頭轉角平均值與標準差分布圖，男性大部分集中於 85°至 93°之間，少部分則分布於 70°至 80°之間。女性集中於 82°至 92°之間。男性於「連續車輛通過」事件中，轉動龍頭角度的情況比女性多。自行車車速平均值與標準差分布圖，男性分布於 0km/h 至 20km/h 之間。女性分布於 0km/h 至 18km/h 之間，少部分集中於 0km/h 至 5km/h 之間。男性與女性的自行車車速平均值分布大致相同。縱向加速度平均值與標準差分布圖，男性與女性皆大部分集中於-0.05G 至 0.05G 之間，分布情形相似，此小範圍的變動顯示在接觸「連續車輛通過」事件時，並無明顯的加減速動作產生。左右側橫向間距平均值分布圖，男性與女性的分布情形相似。由以上可知，在接觸「連續車輛通過」事件時，不論男性或女性，其行車數據的表現與「同向車輛從左側超越後通過」事件甚為相似。男性操控龍頭偏擺的幅度比女性多，不過自行車速度及縱向加速度部分則無明顯的差異，橫向間距平均值亦相似。

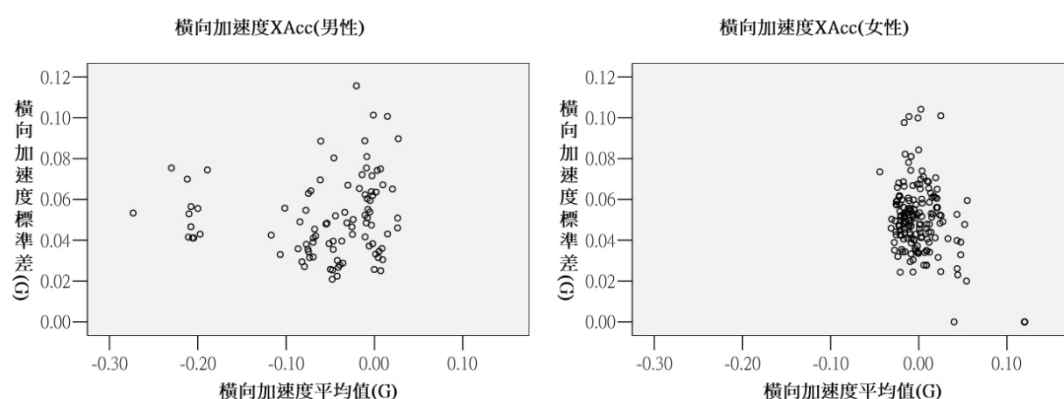


圖 7-32 事件 13 橫向加速度平均值與標準差分布圖

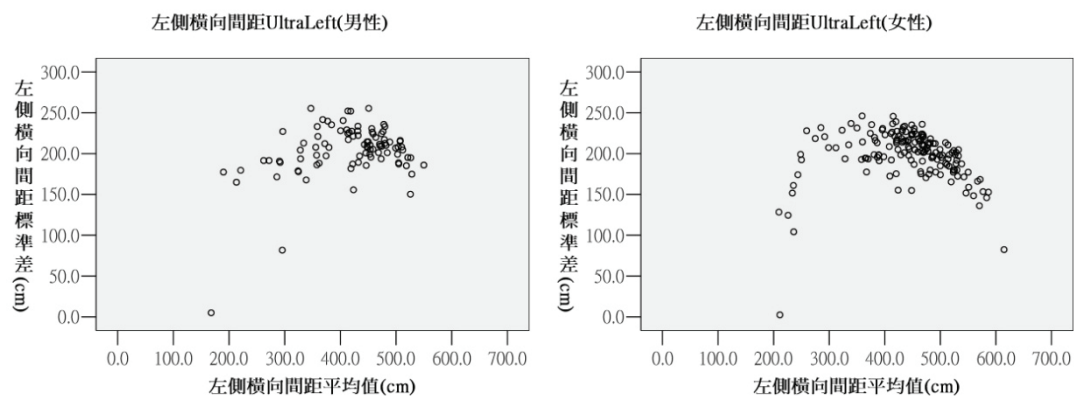


圖 7-33 事件 13 左側橫向間距平均值與標準差分布圖

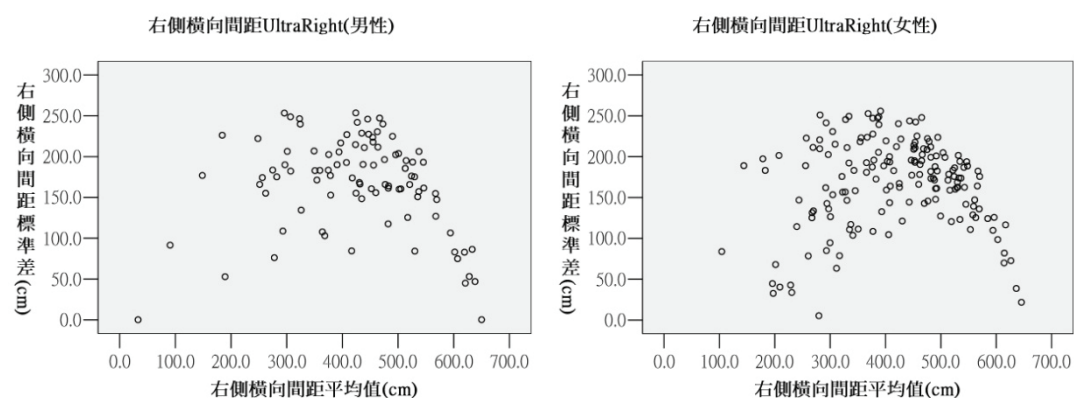


圖 7-34 事件 13 右側橫向間距平均值與標準差分布圖

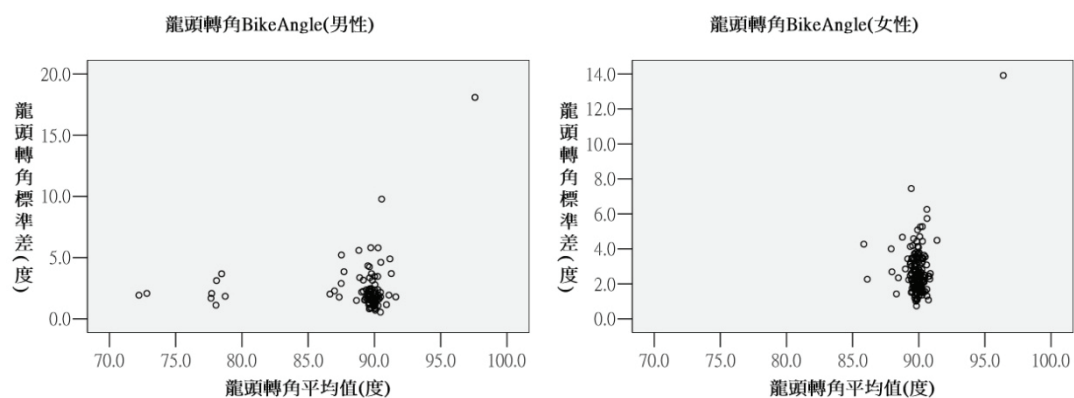


圖 7-35 事件 13 龍頭轉角平均值與標準差分布圖

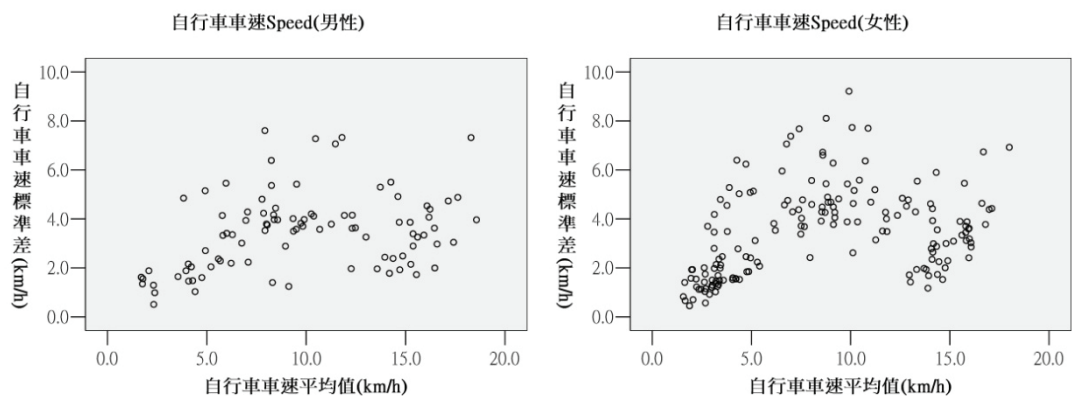


圖 7-36 事件 13 自行車車速平均值與標準差分布圖

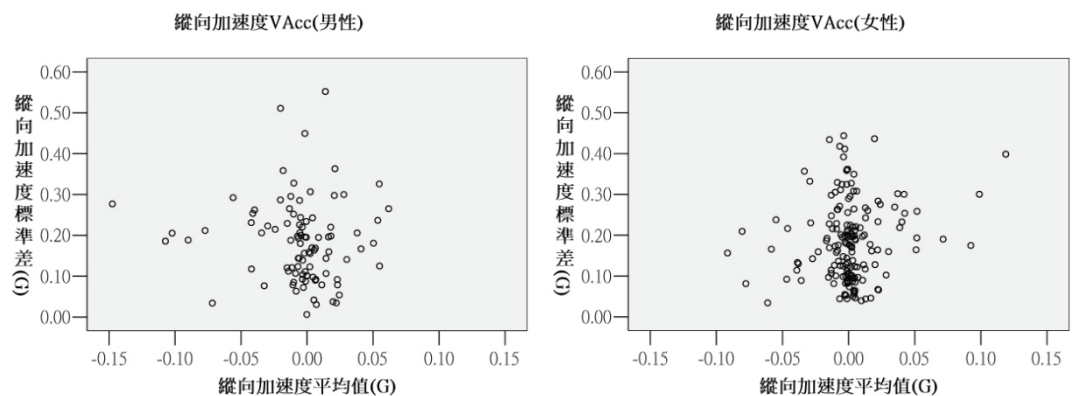


圖 7-37 事件 13 縱向加速度平均值與標準差分布圖

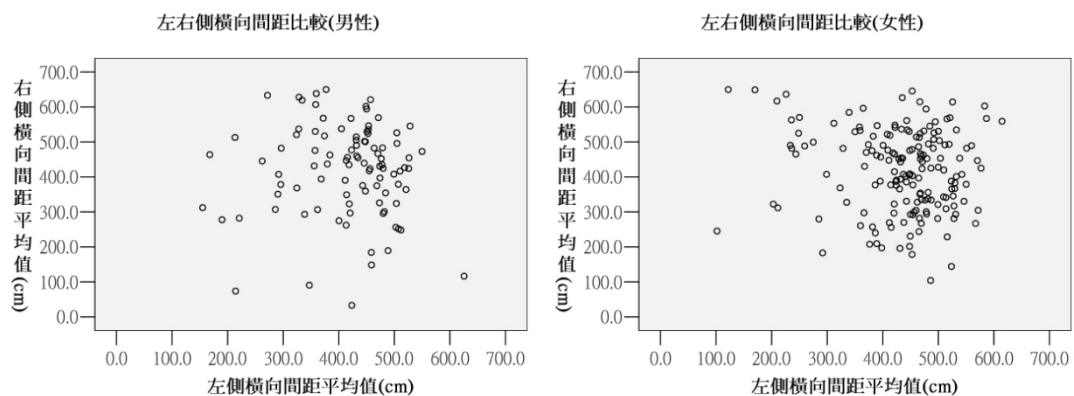


圖 7-38 事件 13 左右側橫向間距平均值分布圖

此頁空白

第八章 風險資料庫應用分析範例

8.1 左側超車事件分析

8.1.1 左側超車事件註記方法

由於「同向車輛左側超越後通過」為 17 項註記事件中每人平均發生次數最高之事件項目(如圖 7-1)。因此，本研究以此一事件為範例進行初步探討(後續內容以「左側超車事件」代表「同向車輛左側超越後通過」事件名稱)。

左側超車事件係註記人員先藉由參數門檻值觸發的資料點，透過影像觀察確認左側是否有機動車輛(包括汽車及機車)通過，並依序出現在後方、左方、前方攝影機的影像中，如圖 8-1 和圖 8-2 所示。確認有車輛超越並通過自行車後，第一階段註記人員透過觀察註記程式介面上之左側超音波動態曲線圖來判斷該超車過程中，超音波測距儀所偵測到之最小距離的時間點，並將該時間點透過資料註記介面以左側超車事件編碼「6」和超車車種編碼輸入自行車騎乘行為資料庫中。



圖 8-1 機車準備超越自行車左側之影像(後方攝影機拍攝)



圖 8-2 機車超越自行車之影像(前方攝影機拍攝)

完成第一階段左側超車事件註記後，第二階段左側超車事件註記處理方法為透過程式將第一階段註記人員所標記的事件註記點其前後各 30 筆資料點，共 61 筆資料點的左側超車間距值繪製成曲線圖，如圖 8-3 上半部所示。由左側超車間距曲線圖可發現，在車輛超越自行車時，超音波值下降至 150 到 200cm 左右，並持續約 1 秒左右(此間距值與時間會因不同情況而有所差異)，而該超車階段之前後階段則間距值無變化。因此，第二階段之註記人員透過此左側間距曲線圖將每件左側超車事件皆再註記三個事件階段，分別為超車前階段、超車時階段和超車後階段，此三階段左側超車事件註記定義如表 8.1 所示。後續則可根據此不同階段來分析和比較受測者在不同超車階段時之操控行為的差異情形。

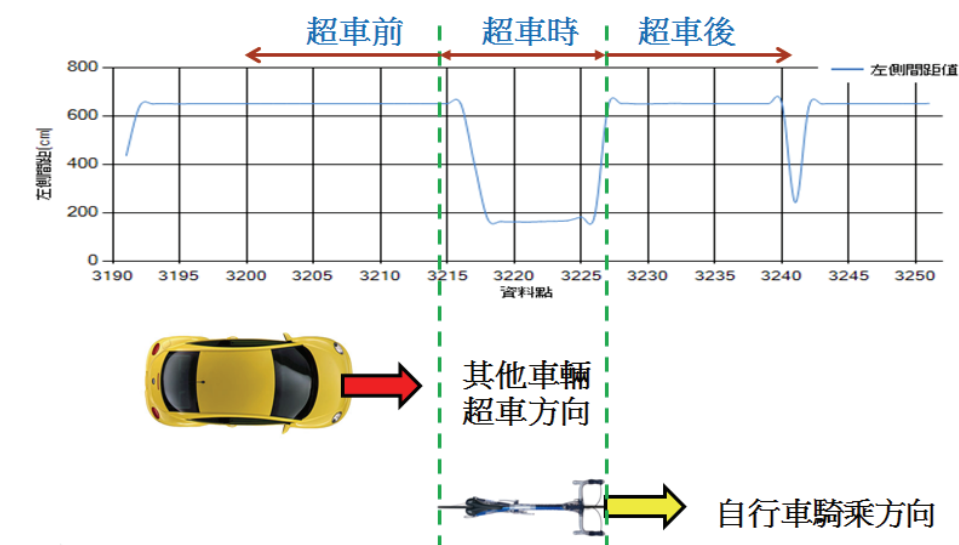


圖 8-3 左側超車事件三階段註記示意圖

表8.1 左側超車事件三階段註記定義

事件階段	定義
超車前階段(t1)	超車時階段之前 5 筆資料(約 0.5 秒)
超車時階段(t2)	依據左側間距數據判斷左側間距值明顯減少的範圍 (第二階段註記需先註記此超車時階段)
超車後階段(t3)	超車時階段之後 5 筆資料(約 0.5 秒)

8.1.2 影響超車事件左側橫向間距之因素探討與分析

左側超車事件分析中，車輛超越自行車時之左側橫向間距(以下簡稱「橫向間距」)為影響自行車騎乘安全的一個重要因素，因此，美國有許多城市，如馬里蘭州的巴爾的摩城市等，有鑑於自行車事故增加，在車輛超越自行車之安全行為考量上，提出超車間距 3 英尺以上之法規建議(Three-foot law)，3 呎距離約為 1m。

影響左側超車事件中之橫向間距的因素，可能包括機動車輛部分的超車車輛之車種差異等、道路因素的路面狀態及道路型態差異等，此外，自行車騎士在超車前之騎乘行為如車速或龍頭擺動情形等，也可能造成超車車輛在超越自行車時所選擇之橫向間距。因此，車輛因素、道路因素和自行車騎士因素為後續本節探討之影響橫向間距的自變數項目，而超車時之橫向間距則為依變數。

本研究針對三類因素就實驗中所蒐集到之實驗參數項目進行整理，並以單變量 ANOVA 檢定其影響顯著性。車輛因素部份，選擇超車車輛之車種。道路因素部份，選擇超車前階段之路面狀況、分向設施、分道設施、路面邊緣類型與路段種類。自行車騎士因素部份，選擇自行車騎士之性別、在超車前階段之龍頭轉角與車速的平均值與變異數，其中自行車騎士在超車前階段之龍頭轉角與車速的平均值與變異數為連續變數，而其他自變數則為類目變數。

ANOVA 檢定結果如表 8.2 所示，超車車種、超車前階段路面狀況、路段種類、騎士性別及超車前階段龍頭轉角平均值，對於其他車輛由左側超車時與自行

車維持的橫向間距有顯著影響($p < 0.05$)。

表8.2 ANOVA統計分析結果

因素	自由度(v_1)	F ($v_1, v_2=1287$)	p 值
超車車種	4	11.002	<0.001
超車前階段路面狀況	1	4.801	0.029
分向設施種類	1	0.075	0.784
分道設施及路面邊緣種類	3	1.283	0.279
路段種類	6	3.928	0.001
自行車騎士性別	1	19.57	<0.001
自行車騎士在超車前階段 龍頭轉角平均值	1	13.047	<0.001
自行車騎士在超車前階段 龍頭轉角變異數	1	2.094	0.148
自行車騎士在超車前階段 車速平均值	1	3.844	0.05
自行車騎士在超車前階段 車速變異數	1	3.142	0.077

表 8.3 為各因素之橫向間距平均值、標準差及樣本數。不同車種超車時與自行車維持之橫向間距有顯著影響，左側超車事件樣本中，以機車與小客車之樣本數最多，分別為 671 筆與 472 筆，其餘小貨車、大客車及大貨車樣本則分別為 150 筆、31 筆和 58 筆，其中橫向間距平均值以車種為大客車時最小，平均值為 148.29cm，標準差為 67.85cm，但樣本僅有 31 筆，其次為機車，平均值為 150.34 cm，標準差為 52.10cm。

表8.3 各因素之橫向間距平均值、標準差與樣本數

因素	類別	超車時之橫向間距		
		平均值(cm)	標準差(cm)	樣本數
超車車種	機車	150.34	52.10	671
	小客車	166.55	52.47	472
	小貨車	169.28	56.89	150
	大客車	148.29	67.85	31
	大貨車	170.01	52.86	58
超車前階段路面狀況	無	159.52	54.09	1341
	有	135.02	36.17	44
分向設施種類	寬式中央分隔島	165.30	56.19	578
	行車分向線	152.69	49.92	733
分道設施及路面邊線種類	車道線+路面邊線(白線)	163.76	57.58	146
	無車道線+路面邊線(白線)	164.69	49.87	562
	車道線+路面邊線(紅線)	161.55	62.74	265
	無車道線+路面邊線(紅線)	142.57	44.54	338
路段種類	中正路	165.10	61.75	376
	三俊街	166.54	54.81	382
	光明路 1	171.44	45.22	138
	光明路 2	155.53	39.66	62
	龍安路 1	140.78	45.61	294
	龍安路 2	146.45	42.24	118
	萬壽路	145.62	64.10	15
自行車騎士性別	男性	149.06	47.40	538
	女性	164.89	56.64	847

超車前階段路面狀況對於車輛超越時與自行車維持之橫向間距亦有顯著影響，超車前路面有瑕疵時，其橫向間距相較於無路面瑕疵時之平均值 159.52cm 為小，平均值為 135.02cm，標準差 36.17cm，樣本數 44 筆。

不同實驗路段對於車輛超車時與自行車維持之橫向間距亦有顯著影響，以龍安路路段具有最小之橫向間距，分別為 140.78cm 及 146.45cm，龍安路路段的騎乘環境是實驗路線中，自行車可騎乘空間較小之路段，根據路線調查資料顯示，該路段之自行車可騎乘空間分別為 308.5cm 和 304cm。此外，橫向間距最大的路段為光明路路段，該路段為水溝旁、單向行駛路段，自行車可騎乘空間按調查資料為 462.5cm。

最後，騎士性別對於車輛超越自行車時所維持橫向間距亦具有顯著影響，當騎士為男性時，橫向間距平均值為 149.06cm，小於騎士為女性時的 164.89cm，男性和女性分析樣本分別為 538 筆和 847 筆。

8.1.3 實驗路段差異對左側橫向間距影響

以上發現實驗路線之不同路段的橫向間距具有顯著差異，表示該實驗路段在不同道路交通環境狀況下，對於機動車輛在超越自行車時所保持之橫向間距值是有不同影響。龍華實驗路線部分路段之橫向間距平均值如圖 8-4 所示。

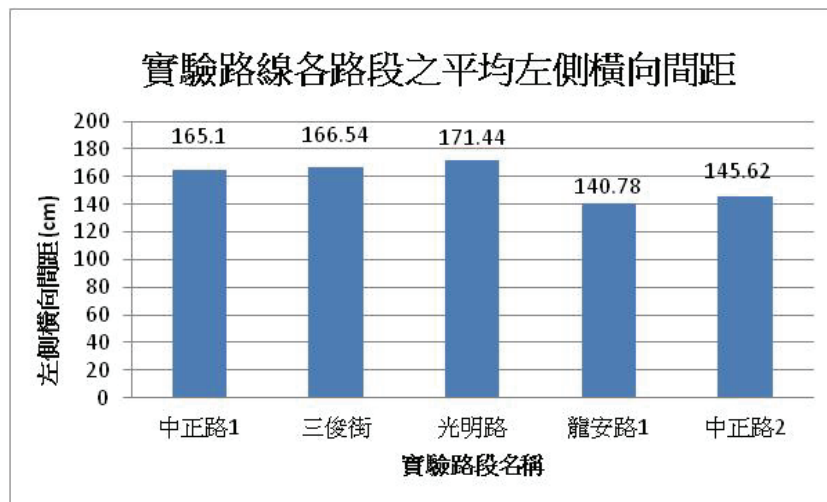


圖 8-4 實驗路線各路段之左側橫向間距平均值

龍華實驗路線各路段中，以龍安路路段中的左側超車事件之橫向間距平均值最小為 140.78cm，而以光明路路段中的左側超車事件之橫向間距平均值最大為 171.44cm，其他路段例如中正路 1 路段之橫向間距平均值則為 165.1cm，三俊街路段之橫向間距平均值為 166.54cm，中正路 2 路段之橫向間距平均值則為 145.62cm。各路段之道路環境如圖 8-5 所示，中正路 1 路段和中正路 2 路段皆為混合式車道，該路段經常有大型車輛通行，且車流量較大；三俊街路段該車道上繪有一 10cm 之快慢車道線，且該路段右側之自行車可騎乘空間達 400cm 左右，故自行車可騎乘範圍較為寬廣；光明路路段則為一單向車道，且路邊沿路皆設置停車格，但實驗過程中多數停車格都無停放車輛，故自行車騎士可騎乘範圍也較廣；最後，龍安街路段除了雙向皆單一車道外，其右側所設置之停車格位置與行駛車道有重疊的情形，且該路段為客運營運之路段，故常有大客車經過，車流量亦較大，因此，在車流量大且自行車可騎乘之車道範圍狹小的情況下，該路段所蒐集之左側超車事件的橫向間距值為龍華實驗路線中最小之路段，且該路段亦是自行車問卷中最多受測者提及騎乘時感到最危險且最具騎乘壓力之路段，同時受測者感覺有可能被超車車輛碰觸之路段。

圖 8-6 至圖 8-10 為各路段之左側超車事件其橫向間距值的分布情形，假設以超車間距 3 英呎為參考基準，於各圖中橫向間距為 100cm 處繪製一參考線，可發現各路段橫向間距小於 100cm 之左側超車事件數都較少，大部份左側超車事件之橫向間距值均大於 100cm 以上。其中，圖 8-9 龍安街路段之左側超車事件橫向間距分布介於 100cm 至 150cm 之間較多，而其他路段橫向間距值分布範圍較大，如中正路 1 路段橫向間距分布介於 100cm 至 200cm 之間，光明路路段則分布介於 150cm 至 200cm 之間，顯示龍安街路段的道路交通環境使得自行車騎士可騎乘範圍較小之情形，確實影響了該路段車輛由左側超越自行車時之橫向間距值，當左側超車之橫向間距值越小時，相對來說，該自行車騎士騎乘時發生危險之可能性亦會越高，而此部分也與本研究針對此 40 位受測者進行問卷調查之

結果吻合，多數人提到騎乘於該路段時心理壓力最大且最感到有與其他車輛發生碰撞之可能。

中正路 1 路段



三俊街路段



光明路路段



龍安街路段



中正路 2 路段



中正路 2 路段



圖 8-5 龍華實驗路線各路段之道路環境情形

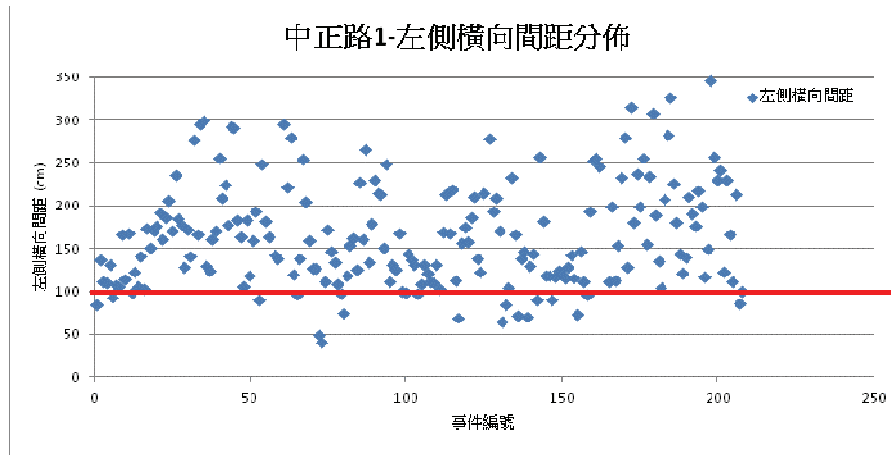


圖 8-6 中正路 1 路段之左側橫向間距值分佈

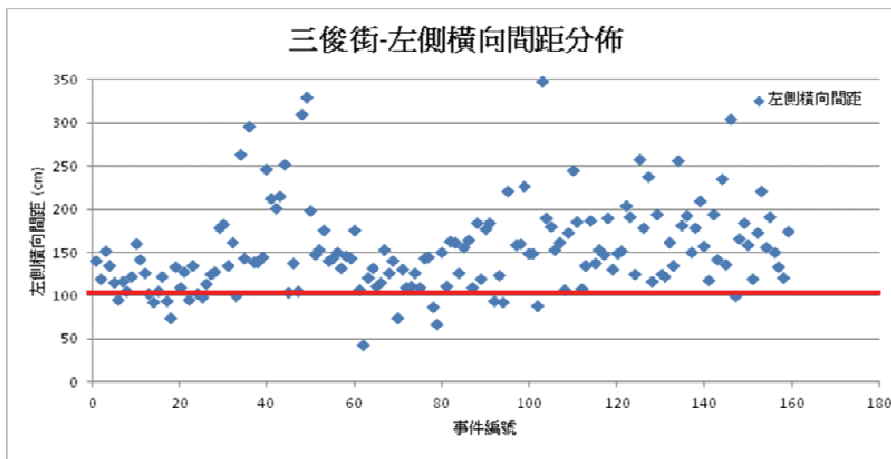


圖 8-7 三俊街路段之左側橫向間距值分佈

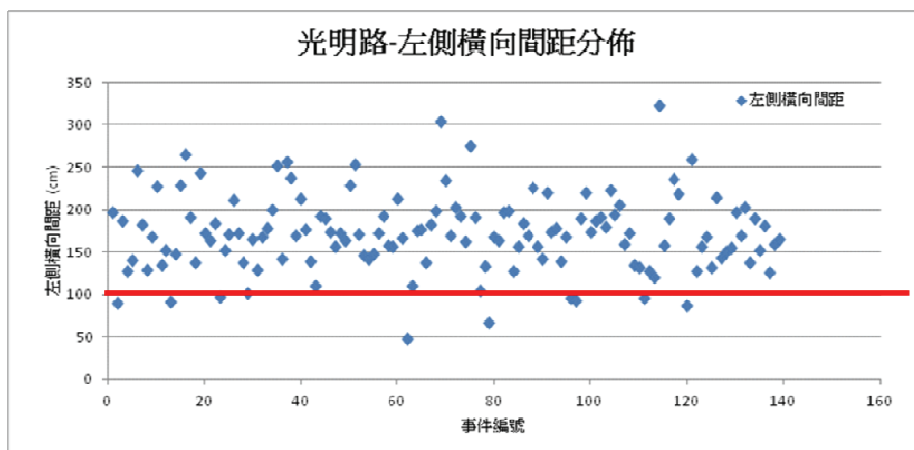


圖 8-8 光明路路段之左側橫向間距值分佈

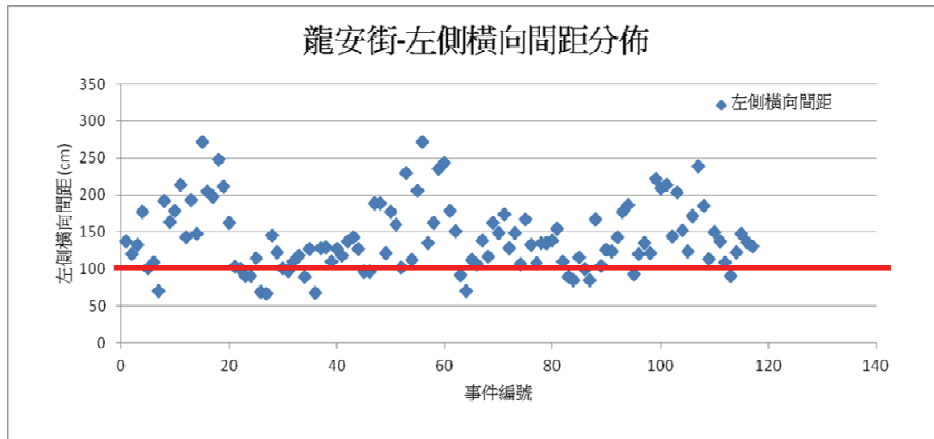


圖 8-9 龍安街路段之左側橫向間距值分布

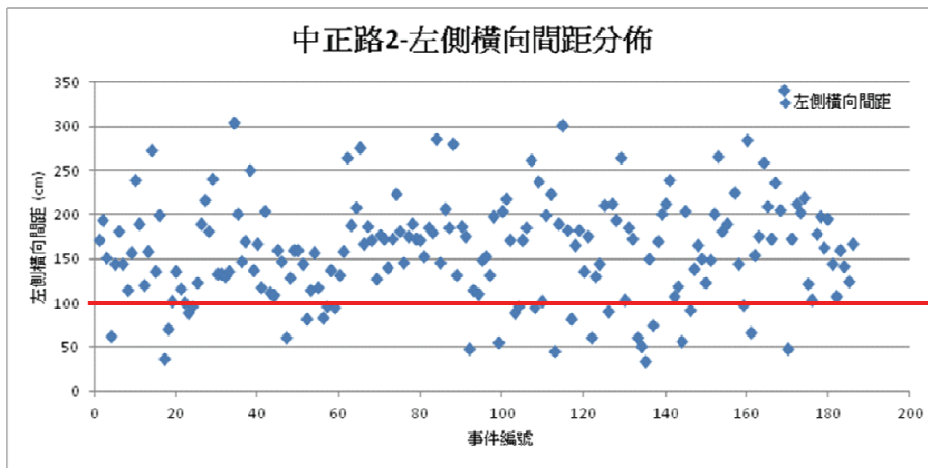


圖 8-10 中正路 2 路段之左側橫向間距值分布

8.2 騎乘路徑與路面參考線間距變化分析

自行車騎士騎乘過程中除了可能會受外在事件(如上述之左側超車事件)影響外，道路環境之因素亦可能會影響其騎乘過程之安全性，如本研究騎乘行為資料蒐集實驗路線中，涵蓋之路段分別具有車道右側可騎乘空間較大與右側無騎乘空間之路段，而根據騎士調查問卷亦發現右側無騎乘空間之路段為多數受測者騎乘時感到有心理壓力之路段，故以下針對實驗路線中之三俊街和龍安街兩路段來探討騎士騎乘範圍的差異。

實驗路線中之三俊街路段，車道右側騎乘空間大，本研究道路環境調查資料顯示，該路段最外側車道線至右側人行道間距為 468 cm (如圖 8-11)，為實驗路線中右側自行車可騎乘空間最大之路段。以下將以此路段之最外側車道線做為參考線，探討受測騎士騎乘於該路段時之騎乘範圍變化情形。



圖 8-11 三俊街路段之路面參考線(10 cm 白線)

實驗路線中之龍安路路段，由於自行車騎士騎乘於該路段時，需與其他機動車輛共同騎乘於車道上，且有路邊停車格位(如圖 8-12)，故該路段自行車騎士騎乘空間將因其左側車輛超越情形和右側停車狀況而遭到壓縮。以下以此路段右側之停車格邊緣線為參考線，探討受測騎士騎乘於該路段時之騎乘範圍變化情形。



圖 8-12 龍安路路段之路面參考線(右側停車格之白線)

以資料編號 Bike001 之騎乘行為資料為例，篩選出無涉及任何事件之時段，以騎乘時間 0.5 秒為單位時間擷取 1 筆資料點，計算騎士騎乘該路段 5 秒期間與路面參考線之橫向間距變化情形，三俊街與龍安路路段橫向間距計算結果，如圖 8-13 所示，圖中各線段為該路段中 1 段路徑之計算結果。

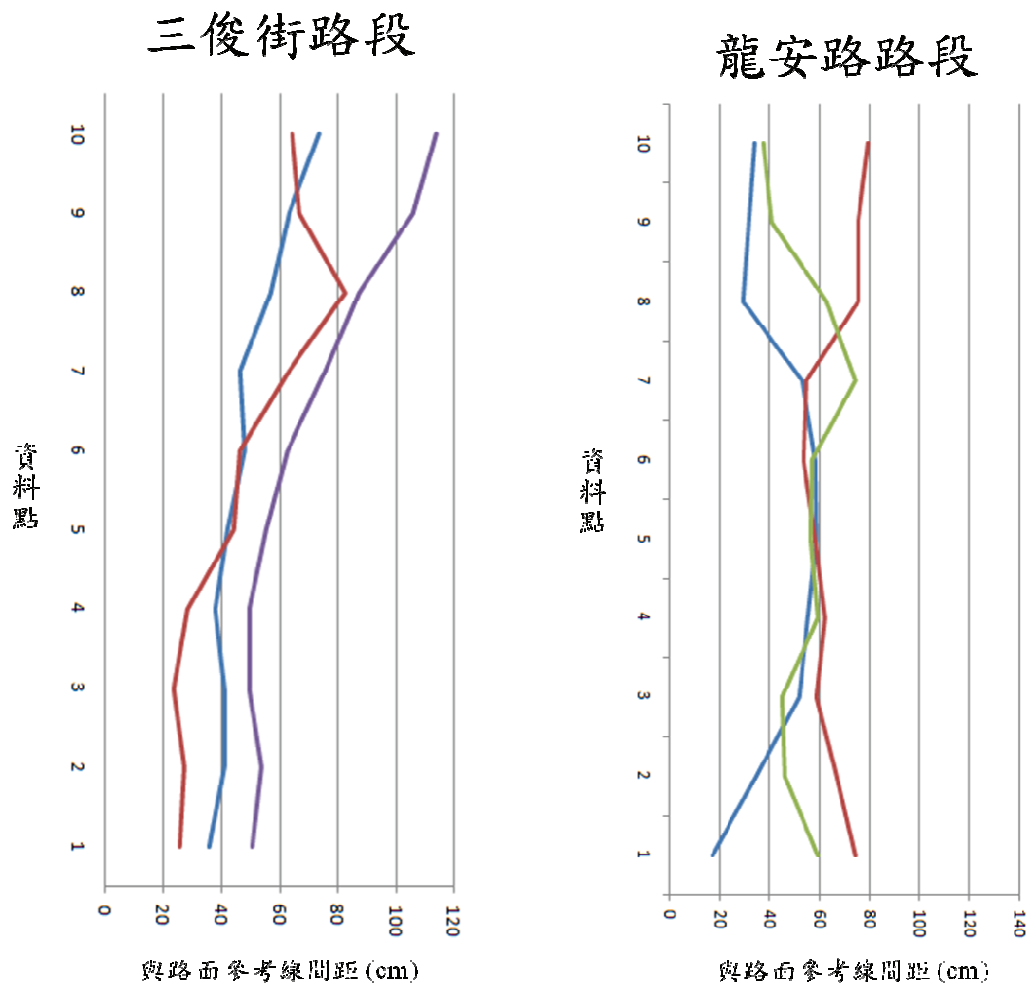


圖 8-13 三俊街及龍安路之騎乘路徑與路面參考線橫向間距變化分析

由三俊街之橫向間距曲線圖可發現，可能由於該路段之參考線右側騎乘空間較大，因此，該受測者騎乘過程中之路徑會逐漸地往右側偏移，路徑 1 由 25 cm 偏移至 80 cm、路徑 2 由 35 cm 偏移至 70 cm 和路徑 3 由 50 cm 偏移至 110 cm。初步發現當受測騎士在無涉及外在事件的情況下，其騎乘路徑範圍大約距離該路段之路面參考線橫向間距 25 cm 至 110 cm 的範圍內。

龍安路之橫向間距計算結果有別於三俊街路段，該受測者騎乘過程中會將其維持於固定騎乘範圍中，路徑 1 由 20 cm 偏移至 60 cm 再偏回至 30 cm、路徑 2 由 60 cm 偏移至 75 cm 再偏回至 40 cm、路徑 3 由 75 cm 偏移至 60 cm 再偏回至 80 cm。初步發現當受測騎士在無涉及外在事件的情況下，其騎乘路徑範圍大約距離該路段之路面參考線橫向間距 20 cm 至 80 cm 的範圍內。

初步分析發現，受測者與其騎乘之該路段之參考線保持約 20 cm 以上之橫向間距，而騎乘過程之路徑範圍則為因該路段之可騎乘空間差異而有所不同，當該路段之騎乘空間較大時，如本實驗路線之三俊街路段，其騎乘路徑範圍大約為 25 cm 至 110 cm 之間。若該路段之騎乘空間較小時，如本實驗路線之龍安路路段，而其騎乘路徑範圍則較小，約為 25 cm 至 80 cm 之間。

8.3 自行車騎士風險資料系統未來可能應用

Institute for Road Safety Research (SWOV)為荷蘭一專門探討道路安全之研究單位，該研究單位指出荷蘭約有 1600 萬人口，估計約有 1400 萬輛的自行車，平均一位荷蘭人便擁有一輛自行車，為一自行車使用密度極高的國家。然而，在 2009 年，荷蘭約有 185 位自行車騎士死於交通意外，並有高達 8,000 人於事故中嚴重受傷。故 SWOV 開始致力於研究如何建立一更安全的自行車騎乘環境，以減少自行車騎士於騎乘過程中發生事故之風險，以下為該研究單位針對幾項影響自行車騎乘安全的主題進行觀察和分析。

1. 因駕駛視線死角造成自行車騎士死亡之因素分析
2. 交通基礎設施與騎乘環境對自行車騎乘安全之影響
3. 自行車騎乘聽音樂和使用手機對騎乘安全性之影響
4. 騎乘自行車配戴安全帽之優缺點分析
5. 從駕駛車輛至騎乘自行車之交通習性改變對交通安全性之影響探討

近年來，有些研究採第 3 者角度觀察自行車騎士行為的方式，由個體資料分析影響自行車騎士用路的潛在因素，相關文獻中所觀察的行為與所探討的影響因素整理如表 8.4。這些研究通常是在自行車騎士較多的現場，錄製自行車騎士實際的用路狀況，然後再進行各種衝突狀況的分析。多數研究所觀察的騎士行為

包括騎乘位置控制、直行、速度控制，而潛在影響因素包括機動車輛侵入自行車空間、自行車可用空間、同向機動車輛右轉。但由 ATKINS (2005)及 Hunter et al. (2005)研究中可知，仍有許多受到關注的騎士行為(如行向不定)、騎士實際與機動車輛、道路及交通環境間的狀況(如坑洞等)，尚未受到廣泛探討。本研究所建立的風險資料系統可應用於觀察到其中不少受關注的行為與因素，例如：龍頭轉角的資料可快速篩選出方向控制變化的行為，而透過同步的影像資料則可進一步觀察其係為變換車輛或由人行道進入車道等行為，同時，結合註記的資料可探討影響當時行為的騎士本身、機動車輛、道路及交通環境等人、車、路可能因素。而在緩慢或停止移動之機動車輛車隊中蛇行前進、蛇行、行向不定等自行車騎士行為，也可用同樣方法探討。

表8.4 自行車騎士行為及其影響因素：個體資料觀察

參考文獻	行為					因素										
	位置控制 ^a	速度控制 ^b	方向控制 ^c	直行	右/左轉	其它	機動車輛侵入自行車空間 ^e	自行車可用空間 ^f	地理位置	行人/機動車輛種類	與機動車輛距離過近 ^g	同向機動車輛右轉 ^h	同向機動車輛左轉	到達之號誌時段	騎士不正確行駛路線 ⁱ	其它
Dill et al. (2006)	*						*	*	*			*				
Allen et al. (2005)	*	*	*	*		通過、交織	*	*	*	*		*	*	*		j
Carter et al. (2007)		*	*	*	*			*								k
Hunter et al. (1999)				*		蛇行		*		*		*		*	*	l
ATKINS (2005)	*			*	*	d	*		*	*	*	*	*	*	*	m
Van Houten et al. (2005)	*							*								
Hunter et al. (2005)	*							*			*					

^a 包括橫向及縱向位置。^b 包括煞車中、停車中、停止踩踏。^c 包括變換車輛。^d 包括通過、在緩慢或停止移動之機動車輛車隊中蛇行前進、蛇行、行向不定、由人行道上進入車道。^e 包括機動車輛侵入騎士路徑、機動車輛侵入騎士路口停車空間、機動車輛侵入騎士臨近路口的空間、公車侵入臨近路段、機動車輛由路側進入道路。^f 包括自行車路口停車區及其色彩、自行車在路段上空間(自行車專用道、寬的緣石邊路肩、車道分隔等等)、自行車的路口臨近路段及其色彩。^g 包括橫向距離及縱向距離。^h 包括前方同向機動車輛右轉、同向機動車輛超車後右轉。ⁱ 例如由機動車輛右側左轉、由機動車輛左側右轉、由人行道匯入、由公車前方切入。^j 即車道數、騎士數量。^k 即幹道流量、橫交道路流量、速限、路邊停車(臨近路段)、路口控制種類。^l 即違規停車、乘員進出機動車輛。^m 即騎士不適當決策(如在靜止公車二側鑽行)、機動車輛擠壓騎士與其它機動車輛空間、機動車輛由右側近距離切入騎士路徑後左轉。

表8.4 自行車騎士行為及其影響因素：個體資料觀察(續)

參考文獻	行為						因素									
	位置控制 ^a	速度控制 ^b	方向控制 ^c	直行	右/左轉	其它	機動車輛侵入自行車空間 ^e	自行車可用空間 ^f	地理位置	行人/機動車輛種類	與機動車輛距離過近 ^g	同向機動車輛右轉 ^h	同向機動車輛左轉	到達之標誌時段	騎士不正確行駛路線 ⁱ	其它
Hunter et al. (2000)		*				轉頭掃視		*								自行車專用道色彩
Johansson et al. (2011)		*		*		轉頭掃視		*	*							n
Dill et al. (2012)		*	*				*	*				*		*		
Hunter et al. (2005)				*	*		*			*	*	*	*	*	*	o

^a 包括橫向及縱向位置。^b 包括煞車中、停車中、停車中、停止踩踏。^c 包括變換車輛。^d 包括通過、在緩慢或停止移動之機動車輛車隊中蛇行前進、蛇行、行向不定、由人行道上進入車道。^e 包括機動車輛侵入騎士路口停車空間、機動車輛侵入騎士臨近路口的空間、公車侵入臨近路段、機動車輛由路側進入道路。^f 包括自行車路口停車區及其色彩、自行車在路面上空間(自行車專用道、寬的緣石邊路肩、車道分隔等等)、自行車的路口臨近路段及其色彩。^g 包括橫向距離及縱向距離。^h 包括前方同向機動車輛右轉、同向機動車輛超車後右轉。ⁱ 例如由機動車輛右側左轉、由機動車輛左側右轉、由人行道匯入、由公車前方切入。^j 即車道數、騎士數量。^k 即幹道流量、橫交道路流量、速限、路邊停車(臨近路段)、路口控制種類。^l 即違規停車、乘員進出機動車輛。^m 即騎士不適當決策(如在靜止公車二側鑽行)、機動車輛擠壓騎士與其它機動車輛空間、機動車輛由右側近距離切入騎士路徑後左轉。ⁿ 即機動車輛速度、道路設施(如 hump 與行穿)間之距離。^o 即機動車輛進入路側、路面坑洞、公車進入停靠站、路邊停車開門、路口控制種類。

第九章 結論與建議

本所於 100 年已完成自行車騎乘行為觀察軟硬體雛型，所蒐集的資料包括利用定點攝影所錄製的影像，以及車載儀器所記錄的自行車騎士煞車、操舵、與他車橫向距離等等行為軌跡資料。惟該調查資料需透過完整之資料編譯方法，有系統地將原始記錄資料轉化為適合風險分析之資料。爰此，本研究之目標在建立一個系統化之風險資料蒐集、處理與分析系統，除了設計一套調查資料的編譯方法(包括建置編譯系統所需的硬體及軟體)以外，並再擴大蒐集與編譯自然騎乘行為資料，建立自行車騎士在道路上的風險資料系統。

9.1 結論

1. 本研究今年度沿用並調整本所 100 年度自行車研究計畫所開發之設備，並依據文獻回顧結果，考量影響自行車騎士損傷及騎士在環境中相容性的道路及交通環境之動態(如：機動車輛種類、公車進出、卸貨等)及靜態因素(如：鋪面狀況、沙土/碎石/大量植物、路側靜止物體等)因素，規劃 2 條實驗路線替選方案(一為林口長庚醫院附近，一為龍華科技大學附近)，經實地評估後決定採用龍華科技大學附近作為實驗路線。招募 40 位受測者進行實驗路線騎乘，並且完成 40 人次自行車騎士騎乘行為資料蒐集實驗。
2. 本研究建立之系統，包含由騎乘行為資料蒐集、資料前處理與匯入自行車騎乘行為資料庫、觀察事件與環境註記到各事件三階段分析之流程，並完成各處理流程所需之程式介面設計與開發，這些成果後續可直接套用至不同實驗路線所蒐集之行為資料處理。
3. 本研究建立一縮減資料量以加速資料註記進度之方法，此方法透過 6 項參數門檻，包括橫向加速度、縱向加速度、龍頭轉角值、左側超音波間距值、右側超音波間距值和車速微分縱向加速度，建立 3 組門檻值組合，透過此 3 項門檻值組合可篩選出原始資料約 20%之資料量。此 20%資料量以資料整併流程整併各資料點前後 30 筆資料量，可再次縮減資料量至原始資料之 2%。後續則以此 2%資料點做為影像觀察之時間點，並註記事件之發生起迄點，並於今年度完成 20 小時資料量之事件註記和道路環境註記工作。
4. 透過以人工觀察影像方式完成今年度之資料註記工作，所註記之 17 項觀察事件中，以「同向車輛左側超越後通過」事件次數最多，事件數約 1,379 筆，

並進行影響該事件之左側橫向間距值之因素分析結果發現，超車車輛之車種、騎乘環境路面瑕疵狀況、實驗路線路段之環境差異和受測者性別在統計分析上具有顯著性差異，其中由實驗路段環境差異分析發現，各路段大部份事件其超車左側橫向間距值大於 100cm 以上。

5. 本研究所開發自行車騎乘行為資料蒐集系統中之自行車龍頭轉角偵測機制已申請中華民國新型專利，並獲通過。

9.2 建議

1. 本研究透過所蒐集之騎乘行為資料進行事件註記工作，並探討有關於車輛超越自行車之事件發現，大部分超車事件其超車時之左側橫向間距超過 100cm 以上，但各實驗路段的道路設計的差異，會影響超車車輛其超車左側橫向間距的大小，建議後續可透過本研究所建立之騎乘行為資料庫持續探討分析和影像觀察。
2. 由於今年研究目的旨在於建立騎乘資料蒐集與風險資料系統作業流程，並非針對特定主題進行探討，故實驗路線今年度僅以龍華實驗路線為主要資料蒐集實驗路線，所涵蓋之道路類型特性有限，建議未來可擴充其他道路類型條件如自行車專用道或共用道等類型，進行實驗路線蒐集騎乘行為資料。此外，受測者年齡層分布和實驗車種部分亦同，今年度受測者年齡層集中 20~25 歲學生，建議未來可擴充蒐集其他年齡層等不同類型之受測者資料，但需考量高年齡之受測者實驗過程之騎乘安全的問題。車種的部分則建議未來可擴及公路車與登山車之騎乘資料蒐集，以探討不同車種對騎乘行為之影響差異。至於天候狀況部份，未來雖然也可擴大調查，但建議需特別考量較惡劣天候對於受測者的騎乘安全及影像可讀性之影響，如雨天或夜間。
3. 回顧市售之自行車碼錶皆可測量自行車之行駛車速，但普遍不具備資料檔案匯出之功能，並且資料擷取頻率多數為 1 秒 1 筆資料點，與本研究要求之 1 秒 10 筆資料點之擷取頻率有所落差，建議未來若有相關市售產品符合以上需求，且更加輕便，則可用以取代本研究目前之車速擷取設備。
4. 由於在超車事件中，左側超車間距為該事件之安全性之評估重點指標，報告書中已考量不同車種對於左側超車間距的影響，統計結果有顯著性的差異。但由於目前本研究之設備未能測量超越車種之車速，故無法探討在不同超車

車速下對左側超車間距之影響分析，因此，未來若有相關量測設備可用來測量超車車輛之車速，建議可納入調查設備中，進行相關資料的擷取和蒐集。此外，自行車車載儀器中增加煞車量測的機構，也值得予以考量，且此機構設計時應以不妨礙自行車騎士的正常操作為前提。

此頁空白

參考文獻

1. Allen, D., Bygrave, S., Harper, H. (2005) Behaviour at cycle advanced lines. Project Report PPR 240, November 2005. TRL Limited, contracted by Transport for London.
2. ATKINS. (2005) Advanced stop line variations research study. Job No. 503 1271, Findings Report, May 2005. Contracted by Transport for London.
3. Aultman-Hall, L., Adams, M.F. Sidewalk bicycling safety issues. Transportation Research Record, 1636 (1998), pp. 71-76.
4. Aultman-Hall, L., Kaltenecker, M.G. (1999) Toronto bicycle commuter safety rates. Accident Analysis and Prevention, 31, 675-686.
5. Boyce, T. E., Geller, E. S. (2001) A technology to measure multiple driving behaviors without self-report or participant reactivity. Journal of Applied Behavior Analysis, 34(1), 39-55.
6. Carter, D.L., Hunter, W.W., Zegeer, C.V., Stewart, J.R., Huang, H.F. Pedestrian and Bicyclist Intersection Safety Indices: Final Report. FHWA-HRT-06-125. November 2006. VA,US: Turner-Fairbank Highway Research Center, Federal Highway Administration.
7. Carter, D. L., Hunter, W. W., Zegeer, C. V., Stewart, J. R., Huang, H. (2007) Bicyclist intersection safety index. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2031, 18-24.
8. Davis, J. Bicycle Safety Evaluation. Auburn University, City of Chattanooga, and Chattanooga- Hamilton County Regional Planning Commission, Chattanooga, TN, June 1987.
9. Dill, J., Monsere, C., McNeil, N. (2006) Evaluation of bike boxes at signalized intersections. Report No. OTREC-RR-11-06, January 2011. Oregon

Transportation Research and Education Consortium (OTREC), contracted by City of Portland Office of Transportation.

10. Dill, J., Monsere, C. M., McNeil, N. (2012) Evaluation of bike boxes at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 44, 126-134.
11. Eilert-Petersson, E., Schelp, L. (1997) An epidemiological study of bicycle-related injuries. *Accident Analysis and Prevention*, 29(3), 363-372.
12. Epperson, B. "Evaluating the Suitability of Roadways for Bicycle Use: Towards a Cycling Level of Service Standard." *Transportation Research Record*, 1438 (1994), pp. 9-16.
13. Forster, J. The bikeway controversy. *Transportation Quarterly*, 55 (2) (Spring 2001)
14. Geelong Planning Committee. Geelong Bikeplan. Geelong Planning Committee, Geelong, Australia, 1978.
15. Geller, E. S., Lehman, G. R., & Kalsher, M. R. (1989). Behavior analysis training for occupational safety. Newport, VA: Make-A-Difference, Inc.
16. Harkey, D. L., Reinfurt, D. W., Knuiman, M. Development of the bicycle compatibility index. *Transportation Research Record*, 1636 (1998), pp.13-20.
17. Harkey, D.L., Reinfurt, D. W., Knuiman, M., Stewart, J.R., Sorton, A. Development of the Bicycle Compatibility Index: A Level of Service Concept. Report No. FHWA-RD-98-072. Federal Highway Administration, McLean, VA, December 1998.
18. Hunter, W. W., Feaganes, J. R., Srinivasan, R. (2005) Conversions of wide curb lanes – The effect on bicycle and motor vehicle interactions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1939, 37-44.

19. Hunter, W. W., Harkey, D. L., Stewart, J. R., Birk, M. L. (2000) Evaluation of blue bike-lane treatment in Portland, Oregon. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1705, 107-115.
20. Hunter, W. W., Thomas, L., Stutts, J. C. (2005) BIKESAFE: Bicycle countermeasure selection system. FHWA-SA-05-006, May 2006. Federal Highway Administration, Washington, D.C. US.
21. Hunter, W.W., Stewart, J.R., Stutts, J.C. “Study of Bicycle Lanes Versus Wide Curb Lanes.” Transportation Research Record, 1674 (1999), pp. 70-77.
22. Johansson, C., Rosander, P., Leden, L. (2011) Distance between speed humps and pedestrian crossings: Does it matter? Accident Analysis and Prevention, 43, 1846-1851.
23. Jones, E. G., Carlson, T. D. Development of bicycle compatibility index for rural roads in Nebraska. Transportation Research Record, 1828 (2003), pp.124-132.
24. Karkhaneh, M., Naghavi, M., Rowe, B. H., Hagel, B. E., Jafari, N., Saunders, D. (2008) Epidemiology of bicycle injuries in 13 health divisions, Islamic Republic of Iran 2003. Accident Analysis and Prevention, 40, 192-199.
25. Kazdin, A. E. (1994). Behavior modification in applied settings (5th ed.). Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
26. Kim, J. K., Kim, S., Ulfarsson, G. F., Porrello, L. A. (2007) Bicyclist injury severities in bicycle-motor vehicle accidents. Accident Analysis and Prevention, 39, 238-251.
27. Kim, K., Li, L. Modeling fault among bicyclists and drivers involved in collisions in Hawaii, 1986-1991. Transportation Research Record, 1538 (1996), pp. 75-80.
28. Kim, K., Yamashita, E. Motor vehicle crashes and land use—empirical analysis from Hawaii. Transportation Research Record, 1784 (2002), pp. 73-79.

29. Klop, J.R., Khattak, A.J. Factors influencing bicycle crash severity on two-lane, undivided roadways in North Carolina. *Transportation Research Record*, 1674 (1999), pp. 78-85.
30. Landis, B.W. "Bicycle Interaction Hazard Score: A Theoretical Model." *Transportation Research Record*, 1438 (1994), pp. 3-8.
31. Landis, B.W., Vattikuti, V.R., Brannick, M.T. "Real-Time Human Perceptions: Toward a Bicycle Level of Service." *Transportation Research Record*, 1578 (1997), pp. 119-126.
32. Landis, B.W., Vattikuti, V.R., Ottenberg, R.M., Petritsch, T.A., Guttenplan, M., Crider, L.B. "Intersection Level of Service for the Bicycle Through Movement." *Transportation Research Record*, 1828 (2003), pp.101-106.
33. Maki, T., Kajzer, J., Mizuno, K. Comparative analysis of vehicle-bicyclist and vehicle-pedestrian accidents in Japan. *Accident Analysis and Prevention*, 35 (6) (2003), pp. 927-940.
34. McCarthy, M., Gilbert, K. Cyclist road deaths in London 1985–1992: drivers, vehicles, maneuvers and injuries. *Accident Analysis and Prevention*, 28 (2) (1996), pp. 275-279.
35. Moritz, W.E. A survey of North American bicycle commuters—design and aggregate results. *Transportation Research Record*, 1578 (1997), pp. 91-101.
36. Moritz, W.E. Adult bicyclists in the United States characteristics and riding experience in 1996. *Transportation Research Record*, 1636 (1998), pp. 1-7.
37. Noël, N., Leclerc, C., Lee-Gosselin, M. "CRC Index: Compatibility of Roads for Cyclists in Rural and Urban Fringe Areas." Presented at the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January 2003.
38. Pucher, J. Cycling safety on bikeways vs. roads. *Transportation Quarterly*, 55 (4) (2001), pp. 11-99.

39. Rodgers, G.B. Factors associated with the crash risk of adult bicyclists. *Journal of Safety Research*, 28 (4) (1997), pp. 233-241.
40. Smith, R.L., Walsh, T. Safety impacts of bicycle lanes. *Transportation Research Record*, 1168 (1988), pp. 49-56.
41. Sorton, A., Walsh, T. Bicycle stress level as a tool to evaluate urban and suburban bicycle compatibility. In *Transportation Research Record*, 1438 (1994), pp.17-24.
42. Stutts, J. C., Hunter, W. W. (1999) Motor vehicle and roadway factors in pedestrian and bicyclist injuries: an examination based on emergency department data. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 505-514.
43. Thom, R.G., Clayton, A.M. Low-cost opportunities for making cities bicycle-friendly based on a case study analysis of cyclist behavior and accidents. *Transportation Research Record*, 1372 (1992), pp. 90-101.
44. Transportation Research Board. *Highway Capacity Manual*, Chapters 19 (Bicycles). Transportation Research Board, Washington, DC, 2000.
45. Van Houten, R., Seiderman, C. (2005) How pavement markings influence bicycle and motor vehicle positioning. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1939, 3-14.
46. ang, Y., Nihan, N.L. "Estimating the Risk of Collisions Between Bicycles and Motor Vehicles at Signalized Intersections." *Accident Analysis and Prevention*, 36, 2004, pp. 313-321.
47. Wedagama, D. M. P., Bird, R. N., Metcalfe, A. V. (2006) The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 1049-1057.
48. Welande, G., Ekman, R., Svanström, L., Schelp, L., Karlsson, A. (1999) Bicycle injuries in Western Sweden: a comparison between counties. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 13-19.

49. 陳榮華，行為改變技術，五南出版社，2009 年 3 月 9 日。

附錄 1 CCD 影像資料的變數定義

「事件」係指其它行動、靜止的人或車輛，侵入自行車騎乘的空間，如：最外側的(混合)車道(右半邊)、慢車道、路肩、單一(混合)車道的道路右半邊。路面、障礙物等其他觀察物體的位置亦與事件相同。

「特殊事件」係指無法區分出單獨事件或非屬「第 1 件事件」、「第 2 件事件」定義的事件。

變數中文名稱	變數英文名稱	編碼	中文定義	英文定義	說明
行程編號	Trip	#			編碼：直接輸入行程編號 時間起點(s)：畫面(前方及後方)中參考線與標線平行 時間迄點(e)：畫面(前方)看見行程起點處的標記(如移動式三角形故障標誌)
騎士編號	ID				
星期	Weekday				
第 1 件事件	Event 1	1	雙排停車	double park	不論是否有壓到車道線，只要是雙排停車皆屬違規行為 • 時間起點(s)：前方影像觀察自行車開始偏左，如無明顯偏左行為，則透過前方和右側影像判斷通過時機 • 時間迄點(e)：當右側超音波數值變大(即通過雙排車輛)。 • 禁止臨時停車線(紅線)、路口內停車、車輛未停在停車格內 • s/e 同上
		2	違規停車	illegal park	
		3	臨時停車	temporary park	• 未禁止停車、停車收費員臨停收費 • s/e 同上
		4	靜止用路人	static users	• s/e 同上
		5	動態用路人	walking users	s/e 同上
		6	同向車輛超越後通過	passing	• s：左側超音波間距值開始下降(即超車車輛準備超車)，如左側超音波值無明顯下降，則以超車車輛消失於後方影像為起點。

變數中文名稱	變數英文名稱	編碼	中文定義	英文定義	說明
					<ul style="list-style-type: none"> • e：超車車輛出現於前方影像中 • s/e 同上
		7	同向車輛超越後右轉	passing & RT	
		8	同向車輛由右側插入	pulling into	<ul style="list-style-type: none"> • s：右側超音波間距值開始下降(即超車車輛準備超車)，如右側超音波值無明顯下降，則以超車車輛消失於後方影像為起點。 • e：超車車輛出現於前方影像中
		9	對向車輛超越分向線後通過	oncoming	<ul style="list-style-type: none"> • s：對向車輛完全進入車道 • e：車輛出現畫面(後方)或車輛離開畫面(前方)
		10	路邊停車開車門	door-opening	<ul style="list-style-type: none"> • s/e 同“雙排停車事件”
		11	同向車輛接近後轉向或離開自行車騎乘空間		<ul style="list-style-type: none"> • s：車輛開始跟車於自行車後方 4.e：車輛轉向或離開(後方畫面)
		12	路邊車輛停車中		<ul style="list-style-type: none"> • s/e 同“雙排停車事件”
		13	連續車輛通過		<ul style="list-style-type: none"> 5. • 2 部車輛(包含)以上，且每部車輛超越自行車時的時間間距為 3 秒內 • s/e 同“同向車輛超越後通過”事件
		14	並行行駛於自行車(本車)左側		<ul style="list-style-type: none"> • 當超車車輛通過自行車時，並非直接通過，而是並行行駛於自行車左側 • s：左側超音波間距值開始下降(即超車車輛準備超車)，如左側超音波值無明顯下降，則以超車車輛消失於後方影像為起點。 • e：並行後超車車輛遠離
		15	並行行駛於自行車(本車)右側		<ul style="list-style-type: none"> • 當超車車輛通過自行車時，並非直接通過，而是並行行駛於自行車右側 • s：右側超音波間距值開始下降(即超車車輛準備超車)，如右側超音波值無明顯下降，則以超車車輛消失於後方影像為起點。 • e：並行後超車車輛遠離
		16	車輛未按照停車格規畫停車(垂直或斜向停車)		<ul style="list-style-type: none"> • s/e 同“雙排停車事件”
		17	同向車輛從右側超越後通過		<ul style="list-style-type: none"> • s/e 同“同向車輛從左側超越後通過”事件

變數中文名稱	變數英文名稱	編碼	中文定義	英文定義	說明
第1件事件的其它車輛	Event 1 V2	1	機車	motorcycle	註：雙排停車時，係指第2排車輛。 連續車輛通過時，係指第1輛車輛(?)。
		2	小客車	car	
		3	小貨車	S-truck	
		4	大客車	bus	
		5	大貨車	L-truck	
		6	行人	pedestrian	
		7	公車停靠站的等車乘客	bus stop pedestrian	
		8	以上2種及多種同時存在	multiple users	
		9	其它	other	
第2件事件	Event2				定義同”第1件事件”
第2件事件的其它車輛	Event 2 V2				定義同”第1件事件的其它車輛”
第1件特殊事件	Special event 1	1	其它車輛彼此超越而侵入自行車騎乘空間：小客車超越小客車	car-over-car	目前尚未觀察到此事件，故先不進行定義
		2	其它車輛形成等候線，自行車由其右側空間行進	queue	<ul style="list-style-type: none"> • s：自行車開始在車流空隙中行進 • e：自行車停車或等候線開始移動
		3	多種事件在同一區域幾乎同時發生，無法分辨出單獨的事件	multiple events	目前尚未觀察到此事件，故先不進行定義
		4	自行車侵入路側停車空間	lose control	<ul style="list-style-type: none"> • s：自行車開始偏離路徑 • e：自行車回到原有路徑上
		5	停等號誌	signal-stop	<ul style="list-style-type: none"> • s：畫面(前方)靜止 6.e：畫面(前方)開始顯示自行車往前行移動
第2件特殊事件	Special event 2				定義同”第1件特殊事件”
路面	Surface	1	路面瑕疵	poor pavement	<ul style="list-style-type: none"> • 路面瑕疵：如洞坑/破裂/凸塊/回填不平
		2	人手孔蓋	hand/man hole cover	<ul style="list-style-type: none"> • s：觀察物體(如人手孔蓋)於前方影像2中消失

變數中文名稱	變數英文名稱	編碼	中文定義	英文定義	說明
		3	污染物：潮濕/淹水/雪	wet	• e：觀察物體出現於後方影像
		4	污染物：冰/霜	icy	
		5	污染物：石油/柴油	oily	
		6	污染物：沙/碎石/泥/紙屑	sand	
		7	減速標線	rumble strip	
		8	以上 2 種及多種同時存在	multiple	
		1	道路右側臨時工程	temporary work zone	
			(一)不良		
路上障礙 視線	Barrier Sight line		(一)不良		• s/e 同上 註：定義參考「道路交通事故調查報告表(一)」。 如：標誌結構/橋樑結構/護欄/牆壁/圍籬 如：突出於上方的樹/突出於上方的灌木林/突出於上方的農作物 如：路邊停放的車輛/停止在車流中的車輛 如：高的車輛/寬的車輛
		1	建築物	building	
		2	植物	plant	
		3	路上停放車輛	parked vehicles	
		4	路上移動車輛	moving vehicles	
		5	其他	others	
			(二)良好		
		6	良好	good	
分向設施	Central Division		(一)中央分向島		s/e：以路段(不含路口)為單位進行編碼 註：定義依據「道路交通事故調查報告表(一)」。
		1	寬式(50cm 以上),有種樹和草。	island - wide (>50cm)	
		2	窄式(50cm)	island - narrow, fencing	
		3	行車分向線		
		4	無分向設施		
		5	其他 (例如:龍華實驗路線光明路路段)	no	
分道設施	Lane	1	禁止變換車道線	change prohibited, reflectors	• s/e 同上 註：定義(單向)參考「道路交通事故調查報告表(一)」，編碼為 2 碼，第 2 碼(x)表示車道數目。
		2	車道線	reflectors	
		3	未繪設車道線	no	
		4	寬式快慢車道分隔島(50cm 以上)	island - wide (>50cm)	
		5	窄式快慢車道分隔島	island - narrow, fencing	

變數中文名稱	變數英文名稱	編碼	中文定義	英文定義	說明
路面邊線	Edge Line	6	快慢車道分隔線	line	
		7	自行車專用道		
		1	有(白線)	white	<ul style="list-style-type: none"> s/e 同上 註：定義為單向。
		2	有(黃線)	yellow	
路口管制	Int. control	3	有(紅線)	red	
		4	無	no	
		1	無	no	
		2	停標誌/標線	stop	
自行車車輛動向	Movement	3	讓標誌/標線	yield	
		4	閃光標誌	flash signal	
		5	行車管制標誌(宏綠燈)	signal control	
		6	其它	others	如：有停止線管制行進、停止。
道路幾何	Alignment	1	停車	stop	
		2	起步	start	
		3	直行	go straight	
		4	左轉	left turn	
		5	右轉	right turn	
		6	起步至左轉待轉區	Start to left turn location	
		7	其他	others	
		1	水平直線	straight level	
		2	水平彎道	curve level	視距良好的彎道
		3	上坡直線	straight up	
		4	下坡直線	straight down	
		5	不利的彎道，向左	disadvantage curve, left turn	如：轉彎半徑非常小的彎道、有坡度的彎道
		6	不利的彎道，向右	disadvantage curve, right turn	
		7	暫時道路配置	temp alignment	如：施工區
		8	誤導/複雜道路配置	complex	

變數中文名稱	變數英文名稱	編碼	中文定義	英文定義	說明
天候	Weather	9	其它	others	註：定義依據「道路交通事故調查報告表(一)」。
		1	暴雨	rainstorm	註：此部分註記以當天做實驗時進行記錄，而不從影像進行人工註記。
		2	強風	stiff wind	
		3	風沙	sandstorm	
		4	霧或	fog	
		5	煙	smoke	
		6	雪	snow	
		7	雨	rain	
		8	陰	cloudy	
		9	晴	clear	
光線	Light	1	日間自然光線	daylight	註：此部分註記以當天做實驗時進行記錄，而不從影像進行人工註記。
		2	陽光眩光	sun glare	如：直接來自太陽/由潮濕路面反射
		3	晨光	dawn	
		4	暮光	dusk	
		5	夜間有照明	darkness, lighted	
		6	夜間無照明	darkness, not lighted	
不安全事件分類	Unsafe event	1	無事件	baseline	
		2	有牽涉失誤的事件	incident	
		3	接近車禍	near-crash	
		4	車禍但未報警	crash, not police-reported	
		5	車禍有報警	crash, police-reported	
與前車距離	Headway distance				
與左側標線的距離	Dis. to left delineation				左側標線：快慢車道分隔線(10cm 寬的白實線)、路面邊緣(15cm 寬的白實線)
與右側邊緣	Dis. to right delineation				右側邊緣：路面邊緣(15cm 寬的白實線)、緣石、停車格標線、禁

變數中文名稱	變數英文名稱	編碼	中文定義	英文定義	說明
緣的距離					止停車的紅線、禁止臨時停車的黃線
頭部偏移角度	Head angle				

附錄 2 期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫第 2 類

■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：MOTC-IOT-101-SDB001 建立自行車騎士在道路上的風險資料系統

執行單位：龍華科技大學

參與審查人員 及其所提之意見	研究機構處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
(一) 台北市政府交通管制工程處陳榮明總工程司		
1. 超音波架設高度的驗證之適合(宜)性應可再補充研判方式說明，而非僅 85cm 或 65cm 兩種高度擇一，或許 65cm 以下有更好的偵測效果。	參考委員建議，除現有 85cm 或 65cm 兩種超音波架設高度驗證外，擬再增加 1~2 種高度進行測試。	同意。
2. 所提 2 項參數門檻值評估準則，應可再補充說明兩者次數最小化或最大化的門檻值或找出量化值(或程序及判斷標準)。	依據期中研究成果，關於 2 項參數門檻值評估準則之量化值，初步訂定如下 1. 回到影像資料的次數最小化(以不超過篩選事件之 10% 為限)。 2. 註記的事件次數最大化(以不低於人工觀察事件數之 80% 為限)。	相關說明請於期末報告中補充。
3. 應可針對資料分析的方法再予補充說明，若可行，應可利用 ANOVA 或群落分析的方法，來判斷其參數門檻值組合方式，似較為客觀且較具體。	參數門檻組合係參考國外自然觀察研究方法，在資料樣本不足時，先利用 1 個人次樣本資料配合人工觀察判斷，建立初期篩選門檻值，並將參數門檻組合所篩選出之事件與實際人工觀察篩選事件結果相比較(成功率已達 85%)，相同參數門檻組合套用另外 1 個人次資料樣本，篩選成功率亦達 90%。此外，本研究再基於前述基礎上，針對參數門檻組合進行微調分類，作進一步驗證。 由於目前已累積一定數量之受測樣本資料，關於委員建議利用 ANOVA 或群落分析的方法，來判	悉。

	斷其參數門檻值組合方式，研究團隊將再與甲方(運研所)討論。	
4. 報告書 P108 頁中，間距計算結果樣本數不足 30 筆，似較不符合統計檢定上的要求，建議再予增加樣本或再補充取樣數。	期中報告係先利用既有已完成註記之資料進行初步資料統計分析，故樣本數較為不足，目前資料註記仍在持續進行中，期末報告將會補足資料樣本數。	悉。
5. 編輯系統在操作觀察和註記上應考量人為判斷的誤差，或註記錯誤的檢視，以利資料的有效性運用。	本研究今年度註記工作，係先由 1 人操作觀察和註記，然後再由另 1 人進行檢查，為考量人為判斷的誤差，本研究擬就 2 人看同一份資料，用統計檢定其一致性，實際作法將先與甲方(運研所)討論。	悉。
6. 針對未來所需完成至少 20 小時資料編譯需求(含 100 年及本次調查長度或取樣方式等)，建議能於期末報告時再予補充說明之。	本研究今年度已初步完成 40 人次之受測樣本資料收集，每個人次至少 30 分鐘，應可符合 20 小時資料編譯需求，未來仍將持續進行受測樣本資料收集。	悉。
(二) 功學社 KHS 單車學校謝文秀校長		
1. 期中報告未能看到此研究之願景，例如國外文獻報告中提及汽車右轉時，因駕駛者只注意左側來車，而忽略右側用路人，故較容易與自行車發生車禍。希望期末時能看到類似這樣的具體結果。	目前期中報告書中，分析資料由於累積樣本尚不足，因此，尚無具體應用分析結論，後續將朝委員建議方向努力。	悉。
2. 實驗路線之道路條件的選取，應更多樣化。	今年度研究目的旨在於建立騎乘資料收集和風險資料系統作業流程(資料收集、註記和分析流程)，並非針對特定主題進行探討，實驗路線規劃亦已先參酌相關文獻。未來當此一流程建立後，可進而擴充其他道路條件之實驗路線資料收集。委員建議將納入未來建議事項。	謝謝委員意見，本所將會納入後續相關研究參考。
3. 自行車受測者的選取，應更多樣化。	同(二)之 2 點，本研究今年度並非針對特定主題進行探討，且自行車受測者選取，初期已將性別(男女各半)考量。今年度流程建立後，未來可擴充收集其他年齡層等不同類型之受測者資料。委	謝謝委員意見，本所將會納入後續相關研究參考。

	員建議將納入未來建議事項。	
(三) 財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心常挽瀾經理		
1. 調查設備之使用車種，應擴展至登山車、公路車，而非僅以城市車進行資料收集調查，因為不同車種對於騎乘者之操控靈敏度差異甚大。	本研究建立調查設備已將考量設備可拆裝性，未來移至登山車或公路車上，僅需略作調整。惟本研究今年度旨在於建立騎乘資料收集和風險資料系統作業流程(資料收集、註記和分析流程)，並非針對特定主題進行探討，故暫以城市車作為實驗車種。委員建議將納入未來建議事項。	同意。
2. 報告書 P25 圖 3-3 之前方攝影機拍攝視角範圍與騎士之騎乘視角差異大。	報告書 P25 圖 3-3 之前方攝影機架設目的主要用來拍攝地面畫面，以便於利用網格法進行距離換算(例如與邊線之距離等)和輔助判斷路面瑕疵(如人手孔蓋等)。今年度，另外架設一攝影機於龍頭上方用來輔助下方攝影機觀察前方視角不足的情形。	謝謝委員意見，本所將會納入後續相關研究參考。
3. 報告書 P33 圖 4-2 超音波動態驗證，車速越大其超音波偵測誤差越大，而實驗中所使用之動態測試車速範圍為 1.2km/h~7.2km/h，與實際騎乘車速 12km/h~15km/h 差異大。	超音波動態驗證將依委員建議，重新進行測試，並調整測試速度與實際騎乘相符。	同意。
4. 報告書 P107 表 6.24 有關於超車前之車速等級對超車間距影響分析，車速等級分成低速(<5km/h)、高速(>5km/h)，車速等級分類有點過低。	此車速等級分成低速(<5km/h)、高速(>5km/h)是依據當時之 29 筆超車事件樣本資料而決定，目前超車事件樣本已超過 200 筆以上，後續會再繼續增加樣本數，因此，車速等級會根據事件樣本增加而進行調整至更合適的車速等級設定。	謝謝委員意見，本所將會納入後續相關研究參考。
5. 有關於測量自行車車速之機構，建議可參考市面上專門用來測量自行車車速和騎士踩踏頻率之碼錶，使得設備更加輕量化。	目前市售自行車碼錶的車速量測方式與本研究建立車速測量機構相同，惟市售自行車碼錶僅於輪幅上安裝 1 個速度感應磁鐵，本研究今年度已安裝 8 個。此外，騎士踩踏頻率部分，本研究並未量測記錄。本研究建立調查設備的考量重點之一，為資料同步記錄，惟現有市售自行車碼錶多未	同意。

	提供資料擷取介面，故在資料擷取上仍有困難待克服。本研究將參考委員建議之相關市售產品進行分析，並納入期末報告中。	
6. 受測者年齡層太過集中，會造成騎乘行為反應差異過小。	本研究今年度並非針對特定主題進行探討，且自行車受測者選取，初期已將性別(男女各半)考量，未來在擴充受測樣本時，將再納入「年齡」考量。	謝謝委員意見，本所將會納入後續相關研究參考。
7. 簡報 P45 超車間距以大貨車最大，但在簡報 P45 中龍頭轉角標準差卻最大，而一般常理推側，應該是超車間距越小時，造成龍頭轉角越大，研究團隊應進一步探討原因。	由於現有資料樣本數不足，目前僅就現有資料呈現初步敘述性統計和 T 檢定結果，後續將進一步進行原因之探討。	悉。
(四) 交通大學運輸科技與管理學系吳宗修副教授：		
1. 國內與自行車騎乘行為研究之相關文獻值得加入報告書中，上一年度研究成果宜簡要納入報告書，簡報時的文獻亦請補足。	遵照辦理	悉。
2. 實驗車種選擇一或兩樣通用型進行調查資料收集應足夠，但受測人員的組合建議要更多元。	本研究建立調查設備已將考量設備可拆裝性，未來移至登山車或公路車上，僅需略作調整。惟本研究今年度旨在於建立騎乘資料收集和風險資料系統作業流程(資料收集、註記和分析流程)，並非針對特定主題進行探討，故暫以城市車作為實驗車種，謝謝委員寶貴意見。另關於受測人員組合部分，由於本研究今年度並非針對特定主題進行探討，且自行車受測者選取，初期已將性別(男女各半)考量。今年度流程建立後，未來在受測人員的組合上可依委員建議，朝多元化方式招募。委員建議將納入未來建議事項。	謝謝委員意見，本所將會納入後續相關研究參考。
3. 分析影像資料的註記人員之訓練應說明。	分析影像資料的註記人員係由本計畫研究人員負責，註記人員在完成初次資料註記後，會由另 1 人員進行檢查確認，之後並與甲	悉。

	方討論確認後，再繼續後續註記作業，分析影像資料的註記人員之訓練應說明，將於期末報告中補充。此外，為考量人為判斷的誤差，本研究擬就 2 人看同一份資料，用統計檢定其一致性，實際作法將先與甲方(運研所)討論。	
4. 報告書中的圖像清晰度可加強或放大。	遵照辦理。	悉。
5. 報告書 P38 中，超音波測距的誤差已經得到，但對本實驗的影響最好仍有交待。	將於期末報告中補充說明。	悉。
6. 參數(觸發)門檻值組合在每個階段均應註明是在何種規模下的暫時成果，免滋誤會。	期中報告書中之參數門檻組合皆以同一人之完整資料分析求得門檻值，再以不同受測者資料進行此門檻組合穩健性驗證。	請於期末報告中補充說明。
(五) 臺北市政府交通局：		
1. 本案研究範圍是否係針對特定年齡或性別之族群。若否，則建議受測者之年齡及性別仍應平均分配為宜。	同(二)謝文秀委員之第 3 點意見回覆。	悉。
2. 不同性別或年齡之使用者可能會有不同之騎乘行為，是否會考量兩者間是否有顯著差異，若有，則性別與年齡是否也需納入觀測因素中。	同(二)謝文秀委員之第 3 點意見回覆。	悉。
3. 本研究之環境因素如何訂定或控制(例如不同天候條件、車流量、騎乘時間、河濱自行車道或市區自行車等，皆可能有不同之騎乘行為)，是假設固定不變或納為變異因素。	今年度研究係採用自然觀察方式，在實驗路線之設計上，已有環境因素控制，請參見期中報告第 5 章。	同意。
4. 報告書中提及於超車階段之左側超車間距為安全性之評估重點指標，然目前統計結果，不同自行車速度及車種對於左側間距值並無顯著性差異；考量可能係因樣本數	目前資料註記已包含不同車種，超越車輛之車速目前並未量測。	謝謝意見，本所將會納入後續相關研究參考。

<p>不足，故未來將納入其他受測者之樣本數據進行分析。而考量不同車種及車速可能皆會影響左側超車間距之可能因素，故建議應將速度納入探討因素中。</p>		
<p>5. 門檻組合建立，為何僅選擇較少部份(如左側間距<150cm，右側間距<100cm)之資料為觀測資料，是否有其他考量原因。</p>	<p>本研究門檻組合建立，主要仍以用路安全為考量。左側間距及右側間距的數據反應的是與左側、右側物體間的距離，左側物體如通過的機車或汽車等，而右側物體則如停放在路側的車輛等，此間距越小，代表可能對騎士的騎乘威脅越大。國際文獻(reference)通常建議騎士騎乘時，距離路邊停車的右側間距至少 1m 以上，而對於機動車輛超越自行車的橫向淨寬，則通常建議維持在 1~1.5m 以上(reference)。本研究衡酌國際文獻的相關建議及測試樣本的資料分佈特性後，初步針對左側間距及右側間距此 2 項參數設定門檻，以篩選可能有具潛在威脅的事件觀測資料。</p>	<p>門檻組合建立之原始意涵，請於期末報告中補充說明。</p>
<p>(六) 高雄市政府交通局：</p>		
<p>1. 建議實驗路線應包含都會通勤型與運動休閒型自行車道。另自行車專用道與共用道等類型應納入實驗。</p>	<p>今年度研究目的旨在於建立騎乘資料收集和風險資料系統作業流程(資料收集、註記和分析流程)，並非針對特定主題進行探討，實驗路線規劃亦已先參酌相關文獻。所提意見將納入未來建議事項。</p>	<p>同意。</p>
<p>2. 受測者樣本建議應涵蓋各年齡層、學歷和職業等。</p>	<p>同(二)謝文秀委員之第 3 點意見回覆。</p>	<p>悉。</p>
<p>3. 建議如路面平整性、道路防滑性、道路設施完整性等路面設施，納入道路上的風險實驗。</p>	<p>目前資料註記中初步已含路面平整性(如路面瑕疵和人手孔蓋等)、道路設施(分向設施、分道設施和路面邊線等)等資訊。</p>	<p>悉。</p>
<p>(七) 台南市政府交通局：</p>		
<p>1. 建議本研究案之成果能對於地方政府未來推動自行車道業務有所幫</p>		

助，例如：		
(1) 在混合/共用車道，建議自行車騎乘在車道之何處？	目前資料註記並未包括自行車騎乘於車道何處，故現階段尚無法提供分析所需資料。惟建議意見為交通單位之實務需求，本研究將與甲方(運研所)討論是否納入今年度註記內容內。	同意。
(2) 無法規劃自行車專用道時，混合/共用車道，特別是與機車共用之車道，建議寬度至少為多少公尺以上，以避免事故發生或降低事故風險。	今年度研究目的旨在於建立騎乘資料收集和風險資料系統作業流程，並非針對特定主題進行探討，惟建議意見將納入期末報告建議事項中。	謝謝意見，本所將會思考本研究所蒐集資料是否可支援此項實務需求。
(3) 在交叉路口，建議自行車騎乘在機車停等區前方？後方？亦或是行人穿越道上？以避免事故發生或降低事故風險。	同上。	悉。
(八) 桃園縣政府交通處：		
1. 此研究計畫是否有部分假設條件存在？建議可在報告書中先列出研究假設條件項目，再進行研究。	今年度研究範圍為風險資料系統建立，並建立一資料收集、註記和分析流程，故在調查設備、實驗路線規劃、樣本招募等，並未針對特別主題探討。	同意。
2. 前研究中受測者大多以學生為主，可能會造成資料分析結果有所偏頗，建議可納入其他年齡層之受測者。	同(二)謝文秀委員之第 3 點意見回覆。	悉。
3. 實驗路線的部分，以共用車道路線為主要騎乘環境，因此，建議此一研究假設可納於報告書中寫清楚，除方便讀者未來之閱讀外，可能亦可將其研究成果建議納入運研所出版之自行車騎乘手冊中對騎乘於共用道路之建議項目中。	今年度實驗路線規劃已先參酌相關文獻，並盡可能涵蓋較多類型之道路環境或車道型態。將依建議於期末報告中補充說明，另今年度成果亦將提供運研所參考。	悉。
(九) 運安組(書面意見)		
1. 期中報告書已針對 100 年的研發軟硬體技術進行	敬悉。	--

改善，完成多數的受測者實驗測試，並建立資料編譯系統，開始編譯所蒐集資料，計畫執行內容、進度均符合契約要求。		
2. 文獻回顧部份，後續請再加強下列內容：		悉。
(1) 補充所蒐集之資料編譯方法的相關文獻。	遵照辦理。	
(2) 期中報告 2.1 節，請補充一段小結。	遵照辦理。	
(3) 請於此章或其他適合章節處，建立文獻回顧與應用回顧等二者間的關連。	遵照辦理。	
3. 請將 100 年所調查之資料，以今年開發之編譯系統，納入所建置之資料庫中。	遵照辦理。	悉。
4. 期末報告書撰寫時，請調整期中報告書第 6 章的表達方式，以提高可讀性：		悉。
(1) 按照不同資料分析目的(如：為了找出需註記的可能資料點、為了減少重複觀察的資料點、針對特定行為的應用分析等)，再分成數章。	遵照辦理。	
(2) 補充資料分析程序的完整圖說(類似期中報告書之圖 5-4 資料收集實驗流程圖)，並建立上項(1)所提之各章間的關連性。	遵照辦理。	
(3) 統一所描述對象的用詞，如：資料點、資料點數目、資料筆數、此筆資料等。建議可考量先行建立定義表。	遵照辦理。	
5. 未來工作項目部份，尚有針對自行車專用車道路段的實驗測試。	遵照辦理，擬於 9 月進行。	悉。

(十) 主席結論：		
1. 請研究團隊於報告書中更完整、清楚地說明本研究之目的，因與會委員、單位代表多數關切、期待本研究成果的實務應用，而實際上就研究團隊的說明，本研究的目標及成果是在建立一個系統化之風險資料蒐集、處理與分析系統，目的之差異會造成預期上的落差，故請研究團隊務必說明清楚。至於未來如何利用已經建立之系統化方法，則可將會中各位所提實務應用上需要考慮的因素列為建議。	遵照辦理。	請確實於期末報告中說明清楚。
2. 會議中各位委員意見、出席單位代表意見及主辦單位書面意見，請研究團隊加以列表並逐項回應，作為後續報告書修訂之依據。	遵照辦理。	悉。
3. 經審查委員一致同意期中審查原則通過，請研究團隊依據合約辦理後續請款等相關事宜。	敬悉。	悉。

附錄 3 期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫第 2 類

☐期中 ☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：MOTC-IOT-101-SDB001 建立自行車騎士在道路上的風險資料系統

執行單位：龍華科技大學

參與審查人員 及其所提之意見	研究機構處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
(一) 臺北市政府交通管制工程處陳榮明總工程司書面意見		
1. 研究成果及內容，大致符合原研究主題與重點之工作項目需求。	敬悉。	悉。
2. 研究成果有助於國內加強自行車用路者行車行為及安全維護之事故防制。	敬悉。	謝謝委員意見。
3. 可補充彙整編譯方法流程作業及操作方式(或修編成技術手冊)。	已將編譯流程與操作方式以逐步說明方式補充於定稿報告書第六章中。	悉。
4. 資料系統的格式與其可應用性，應可再補充說明。	已將使用之資料庫格式和程式介面開發軟體補充於定稿報告第六章中。另資料表的格式請見定稿報告附錄二。	悉。
5. 報告書 5.1 節(P.5-2)所列評估準則應注意操作性需求。	目前所開發之資料門檻篩選介面其門檻設定部分可彈性的調整，研究人員可根據其分析需求改變門檻值的範圍設定。	同意。
6. ANOVA 統計檢定之結果需再進行檢查。	已修改於定稿報告 8.1 節。	悉。
7. 表 4.1 之資料請加入百分比。	已修改於定稿報告 7.1 節。	悉。
(二) 功學社 KHS 單車學校謝文秀校長		
1. 於單車環島時，通過蘇花公路路段時，發現越大型的車輛，居然對單車騎士越友善，而小型車輛反而對單車騎士越不友善，有時行車間距甚至只有 30 公分，研究團隊是否可以針對不同車	敬悉。	謝謝委員意見。

種之駕駛員心態的差異性，進行進一步的研究。		
2. 研究團隊研究報告中觀察各路段之超車事件車輛超越自行車橫向間距多數情況下為 100 cm 以上之觀察結果，建議可作為車輛超越行人及單車左側間距範圍立法之參考依據。	本研究透過自然觀察方式收集自行車騎士之騎乘行為資料，目前觀察資料可發現多數車輛超越自行車時保持之安全間距約在 100 cm 以上。感謝委員之建議，定稿報告中已將修法建議納入建議事項。	悉。
(三) 財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心常挽瀾經理		
1. 研究團隊進行了兩年的計畫，並蒐集了大量的數據資料，建議可以參考歐美自然騎乘觀察的實際應用，例如，車輛的安全設計改良、道路的設計、法規的修改等，加強說明研究結果如何實際應用到實際規劃。	本研究結果有關於應用層面之說明請參考定稿報告書 8.3 節。	悉。
2. 研究主題跟重點中提到，資料數據蒐集的目的是為了建立在自行車上的風險與危害，但是在結案報告中並未清楚點出自行車道路騎乘時的風險因素，亦或是如何危害自行車騎士與其他用路人，建議補充於結案報告中。	本研究所收集之騎士騎乘資料中之外在事件對自行車騎士的影響和道路環境資料即為一種道路風險資料。	同意。
(四) 臺北市政府交通局(書面意見)		
1. 提供安全的自行車騎乘環境能有效提升民眾騎乘自行車之意願，故本案針對自行車騎士騎乘資料收集與風險資料系統作業流程之研究探討，對於提升自行車騎乘安全及降低騎乘風險實為重要且有相當之益處。	敬悉。	謝謝意見。
2. 計畫書中提及影響自行車騎士損傷及騎士在環境中相容性的道路及交通因素可分為動態及靜態因素，建議未來之研究可增加動態/靜態影響因素之蒐集，以多方了解可能造成自行車騎	本研究於資料註記過程中，已將騎乘過程中可能發生之動態與靜態因素納入資料庫當中，動態事件如左側車輛超車事件、動態行人事件等，靜態事件如路面瑕疵等，詳細之事件分類定義	同意。

乘安全之風險因子，俾利預為因應並改善。	可參考定稿報告附錄二之資料註記說明文件。	
3. 計劃書中探討影響左側超車事件中之左側橫向間距因素，在機動車輛部分如超車車輛之車種差異、道路因素(路面狀態)及道路型態差異等皆可能會在超車時造成不同之左側橫向間距。考量道路交通流量亦可能影響超車行為，故建議可於未來之研究中納入考量。	車種、道路因素和道路型態類型於本研究資料註記過程中已進行定義和資料記錄，相關定義與說明可參考定稿報告附錄二之資料註記說明文件。另外，道路交通流量部分於本研究當中並未考量，建議後續相關研究可納入此項因素進行參考。	悉。
(五) 新北市政府交通局(書面意見)		
1. 本局在推行通勤型自行車道時亦多利用人行道採人車共道形式，因此，建議未來實驗路線規劃上可再考量人行道上自行車行為；另肇事資料亦可參考警察局之肇事資料庫內之自行車道事故種類。	本研究今年度之實驗路線規劃部分，主要以路段組合為主，路口組合為輔，其中路段組合以共用車道路線為主要道路類型，相關路線規劃考量內容可參考定告報告書 4.1 節說明。肇事資料部分，本研究已於 100 年度計畫進行分析，故今年度工作項目並無此部分。	同意。
2. 本案主要係在建立自行車騎士在道路上的風險資料系統，而於路段選擇上僅規劃 2 條實驗路線，建議後續可再針對自行車專用道、人車共道等路段進行實驗，以利蒐集更齊全之資料。	自行車專用道的部分，今年度已調查一些資料，建議後續相關研究計畫可擴大此類型資料的收集。	悉。
(六) 花蓮縣政府警察局		
1. 研究團隊研究出資料蒐集與編譯的方法，但今年度研究受限於某一路線路段，以及以學生為主的受測樣本，而這兩年主要探討的議題以騎士騎乘於道路上受到外來因素影響時之行為操作反應為主。	今年度研究目的旨在於建議騎乘資料收集和風險資料系統作業流程的建立，而實驗路線規劃亦已先參酌相關文獻的重要控制參數。有關於路線受限和受測樣本過於集中之情形將納入定稿報告之建議事項中。	悉。
2. 惟單車事故中，造成傷害的嚴重程度與騎士的剎車程度有關，期許未來能設計出可探討各種不同年齡、不同性別和騎士煞車時採用的	受測者之年齡和性別因素已於本研究中有考量，目前受測樣本男性與女性各半。騎士煞車行為觀察的部分，今年並未於調查設備中	悉。

煞車角度之行為收集實驗，以作為未來在教育道路設計上之參考。	架設此一偵測設備，主要考量係因該偵測設備需於煞車手把處加裝一可變電阻進行量測，可能會影響騎士騎乘中之安全性，惟煞車行為確實值得觀察，此已納入定稿報告之建議事項中。	
(七) 桃園縣政府交通局		
1. 研究團隊在樣本挑選時受限於校園周邊，以學生為主要受測者，且研究都會型路線，此在適用性上是否會約束研究成果，若會則應於報告書中開宗明義地說明研究的限制。	今年度研究目的旨在於建議騎乘資料收集和風險資料系統作業流程的建立，實驗路線規畫亦已先參酌相關文獻中的重要控制參數。有關本研究之目的，已補充於定稿報告第一章最後一段內容中。	悉。
2. 研究資料的參考與使用方法，是否可以針對數據資料的風險門檻設計出如最小值、最大值、平均值等，以利公務機關的使用。亦可以應用於教育用途。	目前本研究所建立之資料庫中可計算受測者騎乘過程中騎乘行為之龍頭轉角角度、車速、左右側橫向間距和加速度之最小值、最大值和平均值，詳細資料內容請參考定稿報告書 7.2 節。實際應用時的風險門檻設定，則宜由交通安全相關學者專家利用本研究所調查的資料，進行研析與討論。	悉。
(八) 臺中市政府交通局(書面意見)		
1. 針對實驗路線之選擇，請詳細說明理由與道路環境分析。	請參考定稿報告書 4.1 節之實驗路線考量內容。	同意。
2. 報告書內蒐集資料時間皆為白天日間，請將晚上夜間時間納入。	本研究今年度實驗時段皆為白天，主要考量到騎士之騎乘安全和記錄影像之可觀察性，夜間調查資料的收集建議已納入定稿報告中。	悉。
3. 自行車騎士於道路行駛時，其行為與道路之幾何特性、交通特性息息相關(如照明設備、道路鋪面、交通號誌、標誌及標線等交通管制措施)，建議納入自行車騎士之行為影響一併分析。	道路鋪面、交通號誌、標誌及標線等交通管制措施皆已透過資料註記納入資料庫當中，相關資料的定義和分類請參考定稿報告書之附錄二。	同意。

4. 請將路線行為資料之分析與該路段之所在鄉鎮人口數、交通流量進行交叉分析比對。	經與運研所討論，此項交叉分析比對非本研究重點，報告書中個案分析之目的僅為說明此資料庫之可使用方式之一。	同意。
(九) 高雄市政府交通局(書面意見)		
1. 建議規劃單位分析實驗數據，提供可應用於提升自行車行車安全之具體措施。	本研究結果有關於應用層面之說明請參考定稿報告書 8.3 節。	悉。
2. 建議研究成果除數據分析外，可增加實用性探討。	同上。	悉。
(十) 本所運安組		
1. 由於期中和期末審查會議中，多數與會單位都有提及此研究之潛在可應用性部分需要加強說明，雖然此部份並非契約約定的工作內容，但希望研究團隊能允諾可於定稿報告中，透過分析已蒐集之文獻、於此研究中累積之經驗或審查會議中各單位提出之意見，補充一章節來說明本研究所建置之風險資料系統的潛在可能應用。	已補充於定稿報告書 8.3 節。	悉。
2. 本計畫已針對 100 年的研發軟硬體技術進行改善，並建立資料編譯系統，完成至少 20 小時之自然行為調查資料的編譯，建立一個風險資料系統，計畫執行內容符合契約要求。	敬悉。	--
3. 本計畫目標是在建立一個系統化之風險資料蒐集、處理與分析系統，請於第一章中，明確、清楚地說明，以避免閱讀者對於本計畫中有實務應用成果的預期。	已補充於定稿報告第一章最後一段內容。	悉。
4. 本計畫進行過程中(包括期中及期末)，有關實務應用面的各項意見，請完整整理，並有系統地列於結論與建議中。	已補充於定稿報告書 8.3 節。	悉。
5. 期末報告初稿之結論部	風險資料系統量化規模已	悉。

份，過於薄弱，請盡可能以量化方式，說明本計畫進行過程中所投入的資源，以及所完成的風險資料系統規模與內容豐富性，並補充此資料系統的潛在可能應用。	補充於定稿報告書 9.1 節進行說明。另外，資料系統之潛在可能應用則補充於定稿報告書 8.3 節。	
6. 本計畫已將去(100)年所調查之資料納入系統中，並已完成有關自行車專用道的騎乘行為調查與資料註記，請補充說明，以完整呈現今年度的工作成果，以及所蒐集資料的全貌。	已將期末報告初稿中該部分資料獨立成第六章。	悉。
7. 請補充整個風險資料的概況，如：不同事件或不同道路的各項行為參數(龍頭轉角、速度等)的最大/小值、平均數及標準差等。	此部分資料已補充於定稿報告 7.2 節。	悉。
8. 報告書定稿請確認已完成下列項目：		
(1) 期中審查意見的回應中，允諾於期末補強說明的部份，有部份尚未完整(另詳本組檢還之報告書中標示)。	已逐項檢核並補充定稿報告內容。	悉。
(2) 淺詞用字修改為定稿時之語氣，並請重新潤飾段落銜接。	定稿報告已重新檢核修正。	悉。
(3) 依據最後之配置，重新繪製自行車車載儀器的量測角度與距離示意圖。	已重新繪製圖 3-4 於定稿報告中。	悉。
(4) 補充資料處理與分析程序的完整圖說，並請以更具結構性的方式，清晰表達此部份的整個程序。	已補充圖 5-1 於定稿報告中，並補強說明。	悉。
(十一) 主席結論		
1. 本計畫經審查委員一致同意期末審查原則通過，請研究團隊依據合約辦理後續請款等相關事宜，並於 101 年 12 月 5 日前提提交定稿報告。	遵照辦理。	悉。

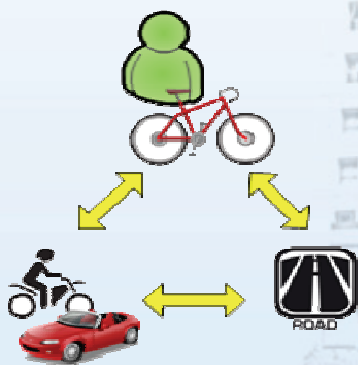
2. 各位委員意見、單位意見及主辦單位意見，請研究團隊加以列表並逐項回應，作為報告書修訂之依據。	遵照辦理。	悉。
--	-------	----

附錄 4 簡報資料



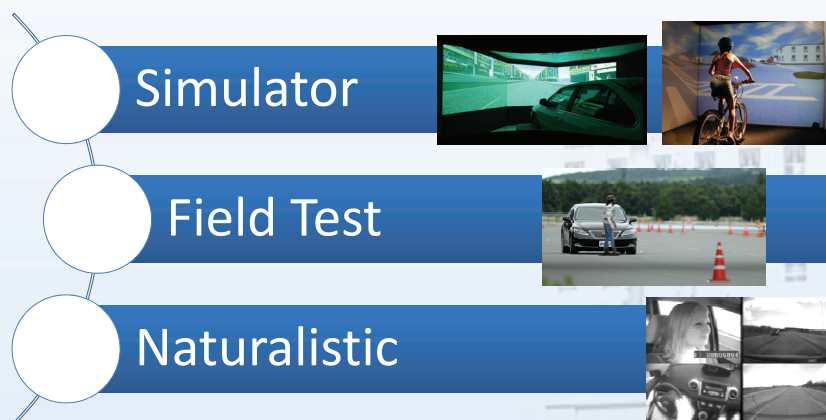
前言

- 自行車騎乘行為與人車路等因素有關
 - 自行車車種、騎士性別年齡對行為之影響？
 - 道路環境設計對騎士騎乘行為之影響？



3

前言



4

今年工作項目

- 檢視及調整100年計畫調查技術
 - 沿用調查100年調查設備，並驗證設備其準確度。
- 擴大調查資料蒐集範圍，需兼顧不同性別受測者
 - 完成40人次(男女各半) 騎乘行為資料收集，資料時間累積約20.5小時。
- 設計調查資料之編譯系統
 - 建立資料編碼流程和程式介面，進行今年度收集資料之註記工作。
- 進行調查資料編譯工作，完成至少20小時資料編譯。
 - 目前完成40人次之調查資料事件註記工作，約8.5小時之調查資料。
- 新型專利申請

5

文獻回顧-自然觀察資料可量測項目

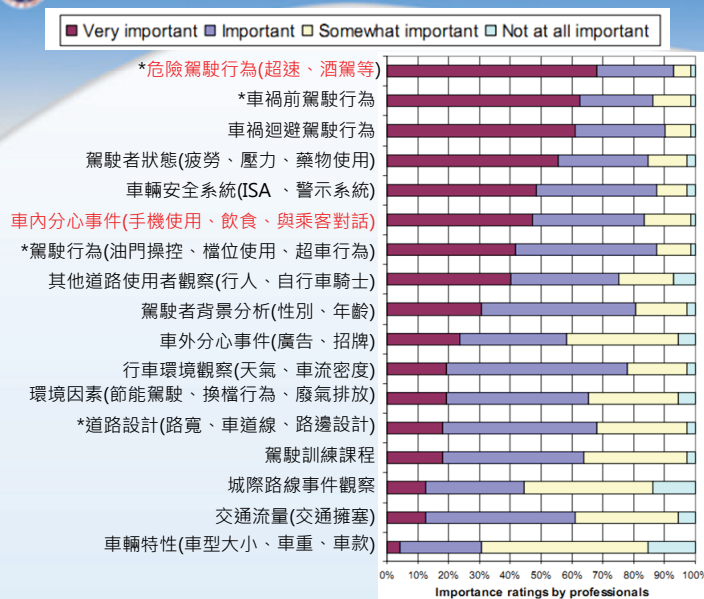
- speed
- acceleration
- lateral (lane) positioning
- eye tracking
- position relative to other vehicles
- event identification aids (由駕駛人自行記錄事件，設加速度門檻篩選事件數量有限)
- environmental factors
- road type (map matching)
- physiological data of the driver
- CAN data (i.e. all kinds of information from the vehicle)

6

文獻回顧-自然駕駛觀察應用研究

- Driver distraction and inattention
- Drowsiness and fatigue
- In-vehicle systems
- Lane-change behavior
- Heavy vehicle – light vehicle interaction
- Driver characteristics and states
- Eco-driving
- Traffic flow/traffic management (lane change behavior)
- Relation between self-report and naturalistic observation

7



文獻回顧：歐盟自然駕駛
觀察應用領域重要性評估

8

文獻回顧-自然駕駛觀察資料編碼

• 2005 THE EFFECTS OF SECONDARY TASKS ON NATURALISTIC DRIVING PERFORMANCE

- Precipitation
- Road Condition
- Seatbelt
- Location of eyes at first frame
- Eyes on task at first frame
- Hand location at time first frame
- Eyes in transition
- Time away from forward scene, glances 1-4
- Secondary behaviors

Secondary behaviors

(Used in this report. Coding of secondary behaviors)

0 = None

10 = Cellular phone: Conversation, in use (Conversation could include listening, talking, or both while using the cellular phone).

11 = Cellular phone: Reaching for phone (This classification refers to when the driver reached for the handheld phone in order to speak on that phone. If the driver reached for the phone simply to answer the phone, but then commenced speaking while using a headset, then the classification was "Other.")

12 = Cellular phone: Dialing phone

20 = Headset, hands-free phone: Conversation (This was selected when the reviewer could tell that the driver was in a conversation on a hands-free phone).

21 = Headset, hands-free phone: Reaching for headset

22 = Headset, hands-free phone: Unsure of activity level (The driver was wearing a headset but it was not clear whether the headset was in use. The driver may have been listening to someone or wearing it in case of an incoming call.)

9

文獻回顧-自然駕駛觀察資料編碼

• 2011 Towards Developing a US-EU Common Distracted Driving Taxonomy: Updating a Naturalistic Driving Data Coding Approach

1. Driver Distraction

Note: You may code up to four distractions from the following list, with the primary distraction coded as such; you will mark whatever behaviors occur within the 5 s prior to the event onset and 1 s after.

INTERNAL DISTRACTION: Person or Object (i.e., AGENT)

- 01 = Talk/sing/dance with no indication of passenger – Driver appears to be vocalizing either to an unknown passenger, to self, or singing to the radio. Also, in this category are instances where the driver exhibits dancing behavior or is whistling.
- 02 = Interact with or look at other occupant(s) – Driver is talking to a passenger sitting in the passenger's seat or in the sleeper berth that can be identified by the person encroaching into the camera view or the driver is clearly looking at and talking to the passenger.
- 03 = Look at internal object – Driver removes attention from the forward roadway to look at an object inside the vehicle. This option should only be marked if the driver is not engaging in any other behavior at the same time (e.g., reaching for object, eating/drinking, etc.).
- 04 = Reach for object in vehicle (including cell phone, CB/other communications device) – Driver may or may not remove attention from the forward roadway to reach for an object inside the vehicle. This option should only be marked if it is unknown what the object is or if driver only reaches for object and does not perform any other behavior (e.g., if driver reaches for cell phone and then dials, then only "dial cell phone" would be marked).
- 05 = Look back in Sleeper Berth – Driver turns body to look behind him/her into the Sleeper Berth.
- 06 = Use calculator – Driver uses hand-held calculator. Assumes driver is looking at and may reach for object.

IMPACT TO DRIVING TASK

- 50 = Latitudinal error (e.g., steering wheel control error leading to unintended lane deviation/violation)
- 51 = Longitudinal error (e.g., acceleration/deceleration error leading to headway maintenance violation)
- 52 = Other (specify in drop-down box)

URGENCY

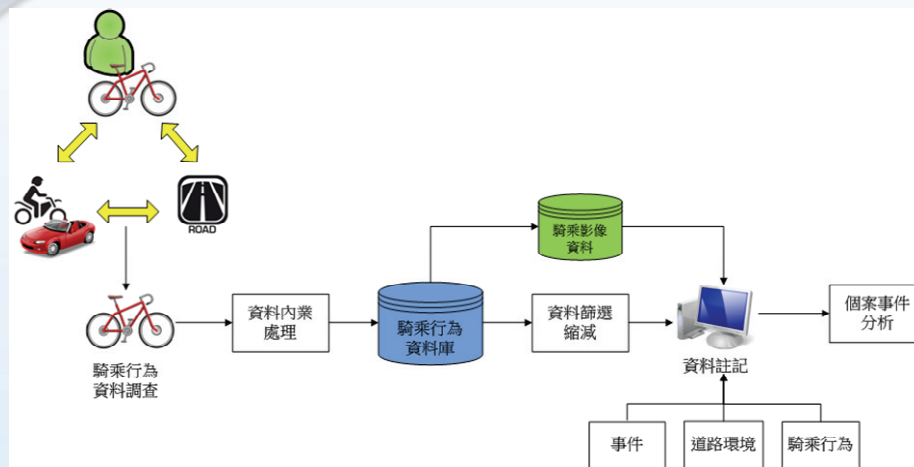
- 53 = Urgent (e.g., lit cigarette in lap)
- 54 = Not-urgent (e.g., texting)
- 55 = Urgency Unknown (e.g., responding to dispatcher message)

TYPE (can be more than one)

- 56 = Visual distraction (eyes off road and to distracting Agent)
- 57 = Manual distraction (hands off wheel and on distracting Agent)
- 58 = Cognitive distraction (mind off driving and on distracting Agent). (NOTE: Serves as placeholder as video, without audio, may not be sufficient to determine. CAUTION: Future sensors, procedures may be required.)
- 59 = Auditory distraction (hearing off driving and on distracting Agent). (NOTE: Serves as placeholder as video, without audio, may not be sufficient to determine. CAUTION: Future sensors, procedures may be required.)

10

研究流程



11

資料收集-騎乘行為調查設備

- 國外騎乘行為調查資料設備新增影像記錄器，記錄左右側與前方之影像

	研究設備	研究方法	分析方式
Ian (2007)	攝影機× 1 超音波× 1	攝影機： 記錄行車過程 超音波： 記錄超車間距	人工判讀影像計算超車次數， 和超音波記錄之超車間距，分 析不同路邊間距時，超車間距 的差異。
John (2010)	攝影機× 2	車前方： 記錄行車過程 車右方： 記錄超車情形	人工判讀超車影像並換算超車 間距，分析有無自行車道規劃 路線超車間距的差異。

12

資料收集-騎乘行為調查設備

• 調查設備調整與新增設備項目

- 新增影像記錄器，記錄左右側與前方之影像
- 近接開關新增至8個，提高速度偵測之準確度
- 超音波架設高度調整下降至65cm



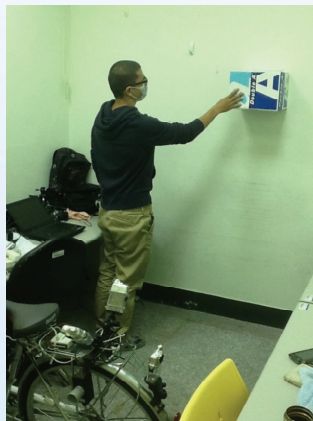
設備名稱	100年設備	101年設備
行車影像記錄器	3部	6部
加速計	1組	沿用
三合一感測器	1組	沿用
近接開關	4個	8個
超音波	2個	架設高度調整
龍頭轉角機構	1組	沿用

13

資料調查-騎乘行為調查設備

• 不同速度物體通過之超音波於驗證

- 速度範圍10 km/h ~20 km/h



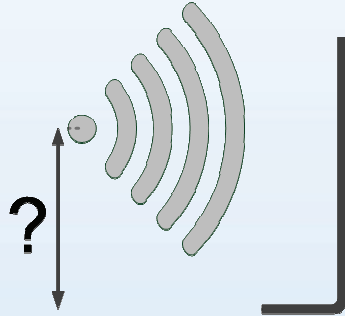
超音波距物體 距離 125 cm	速度 (km/h)		
	10	15	20
第1組測試	125.9	125.8	126.1
第2組測試	124.6	127.3	123.0
第3組測試	125.6	124.7	124.0
平均值	125.4	125.9	124.4
誤差	-0.32 %	-0.79 %	0.48 %

14

資料調查-騎乘行為調查設備

• 超音波架設高度之靜態驗證

- 架設高度對超音波偵測值影響，以架設高度60 cm以上誤差值低於1 %。



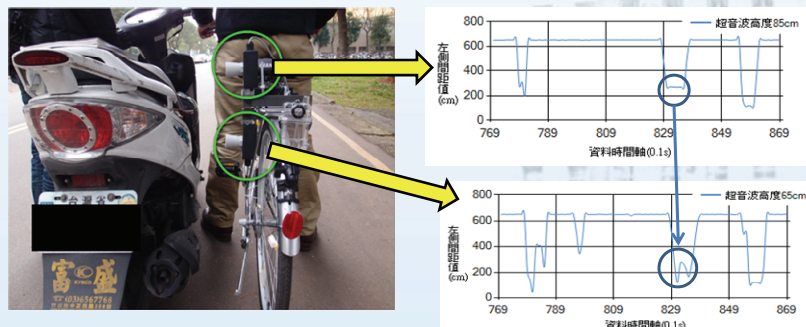
超音波架設高度 (cm)	障礙物距離150 cm	
	平均值(cm)	誤差(%)
20	143.6	4.21%
40	147.8	1.46%
60	148.8	0.78%
80	149.9	0.04%
100	150.1	0.08%

15

資料調查-騎乘行為調查設備

– 超音波架設高度之調整

- 由於一般小客車車尾高度為105cm，而機車車身高度則為85cm，因此將超音波架設高度由85cm調整至65cm，可減少偵測數據遺漏之情形



16

騎乘行為偵測系統驗證

- 自行車車速偵測設備
 - 市售之車速擷取碼錶
 - Aloha自行車碼錶和Garmin Edge 500 碼錶



1. 缺乏資料擷取檔案匯出功能
2. 資料擷取頻率僅1秒1筆資料點
實驗要求1秒10筆資料點



17

騎乘行為偵測系統驗證

- 以8個近接開關(Proximity Switch)擷取自行車車速資料。
- 數據驗證方式：車速單位換算為m/s，進行累加，並與該路段實際距離比對。

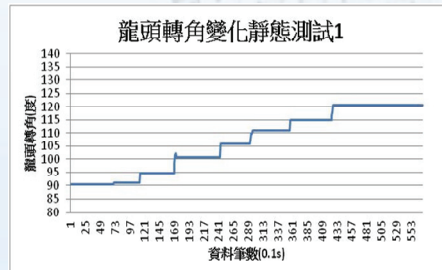


	車速累 計里程 (m)	實際距 離(m)	誤差 (%)
第1次驗證實驗	45.8	45.4	0.89
第2次驗證實驗	44.9	45.4	0.94

18

資料調查-騎乘行為調查設備

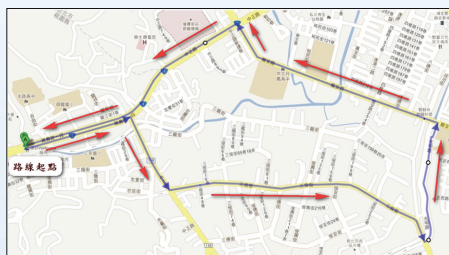
- 設備驗證
 - 龍頭轉角測試 - 每次增加5度進行測試



19

資料收集-實驗路線

- 實驗路線
 - 實驗路線替選方案2：龍華大學附近道路



20

資料收集-受測者背景

- 實驗樣本
 - 收集40人次自行車騎乘行為資料，男女樣本各半。
 - 回收40份有效問卷，平均騎乘自行車年資為11.1年。

受測者年齡範圍	人數
20-25歲	28
25-30歲	7
30-35歲	3
35-40歲	1
40歲以上	1

21

資料收集-受測者背景

- 多數樣本不常騎乘自行車，故其單次騎乘時間亦較長(騎乘自行車可能為其休閒工具之一，而非代步工具)

受測者騎乘自行車頻率調查				
	每天	每週	每月	每年
人數	8	6	4	22
次數	2.9	3.7	3.7	3.3
平騎乘時間 (多數選項)	10~20分鐘	10~20分鐘	20~30分鐘	20~30分鐘

22

資料收集-受測者背景

- 40 位受測者使用機車之經驗，平均考取駕照年資為5年，其中有34人已考取機車駕照
 - 相較於自行車，較多受測者以機車作為日常代步工具，且多數以考取機車執照，故對於交通法規可能較為熟悉。

受測者騎乘機車頻率調查				
	每天	每週	每月	每年
人數	17	6	3	1
次數	2.5	5.0	9.0	6.0

23

資料收集-實驗數據資料

- 100年與101年研究騎乘行為資料

	100 年研究	101年研究
受測者人數	17人	40人
總資料量	3 小時	20.5 小時
受測性別比例	皆男性	男女性各半
實驗路線里程	1.1 km	5.4km

24

資料收集-篩選事件

- 資料解析方法之目的與方法



大量之影像
和數據資料



資料解析
方法建立



觀察特定影像
和數據資料

25

資料收集-篩選事件

- 國際上，通常以建立一數據資料門檻組合(trigger values)，達到資料減量(data reduction)之目的，再以觀察影像之方式註記各種事件。
- 以美國100-Car 自然觀察研究為例：

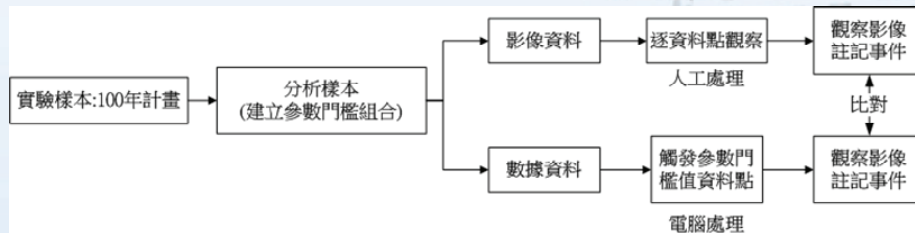
以「縱向加速度」和「橫向加速度」做為門檻篩選參數

Trigger Type	Description
1. Lateral Acceleration	Lateral motion equal or greater than 0.X g
2. Longitudinal Acceleration	Acceleration or deceleration equal or greater than 0.X g
3. Critical Incident Button	Activated by the driver upon pressing a button located on the dashboard when an incident occurred that he/she deemed critical.
4. Lane Deviation	Activated if the driver crosses the solid line border (Boolean occurrence).
5. Normalized Lane Position	Activated if the driver's path deviates by X.X% of centerline.
6. Forward Time-to-Collision (TTC)	Activated if the driver followed the preceding vehicle with a TTC (range/range rate) of less than X seconds.
7. Rear Time-to-Collision	Activated if the driver following the experimental vehicle has a TTC (range/range rate) of less than X seconds.
8. Yaw Rate	Activated if the lateral motion of the vehicle is 0.X radians per second.
9. ABS Brake Status	Activated if the ABS brakes are active. Note: this will only be applicable to those vehicles that have ABS brakes.
10. Airbag Status	Activated if the airbag is deployed.
11. RF Sensor	Activated if the driver is using a cell phone or a PDA when the vehicle is on.

26

資料收集-篩選事件

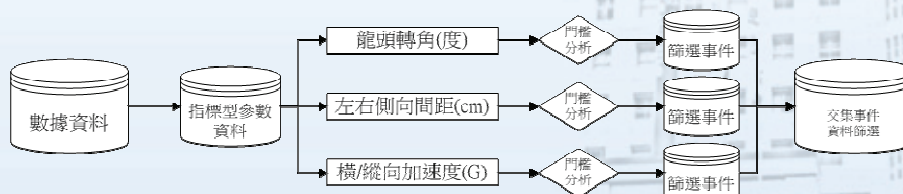
- 若以「篩選觸發門檻資料點輔助觀察」方式可取代「逐筆觀察影像」費時費力之方法，則可改善資料註記之效率。
 - 分析流程



27

資料收集-篩選事件

- 參數門檻組合建立，以100年資料進行測試
 - 選擇龍頭轉角、橫向加速度、縱向加速度、左側間距和右側間距作為建立門檻組合之參數
 - 以下為門檻組合資料篩選流程

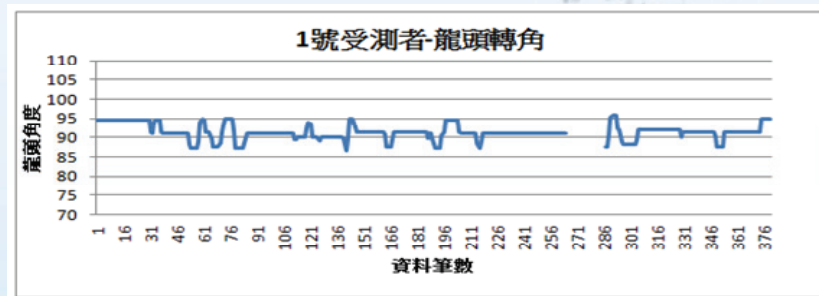


28

資料收集-篩選事件

● 龍頭轉角之門檻建立

- 龍頭轉角為85~95度之擺動範圍時，自行車為穩定行駛狀態
- 故龍頭轉角範圍設定為 $\theta \leq 85$ 度與 $\theta \geq 95$ 度

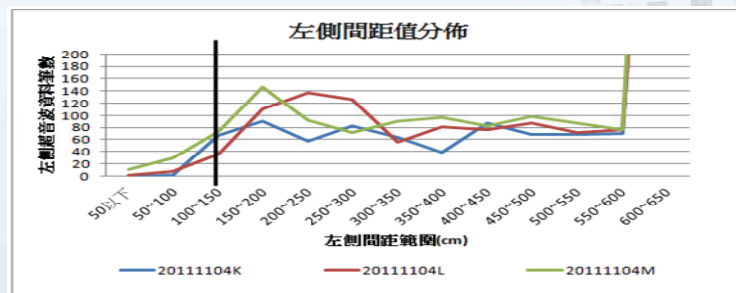


29

資料收集-篩選事件

● 左側間距之門檻建立

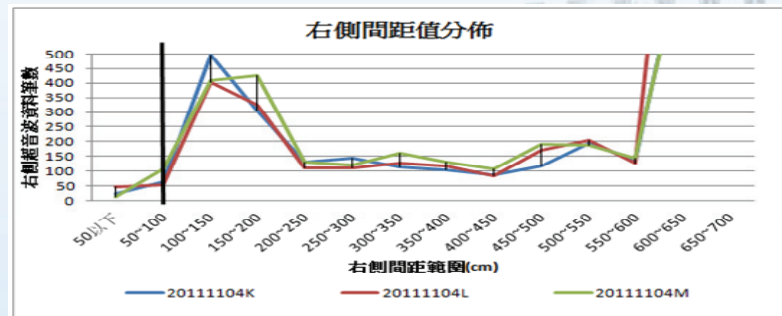
- 左側間距值小於150cm數據點有明顯減少之趨勢
- 故左側間距門檻值設定 $d_L \leq 150$ cm



30

資料收集-篩選事件

- 右側間距之門檻建立
 - 右側間距值小於100cm數據點有明顯減少之趨勢
 - 故右側間距門檻值設定 $d_R \leq 100\text{cm}$



31

資料收集-篩選事件

- 橫向加速度之門檻建立
 - 當橫向加速度介於-0.1G至0.05G範圍，共有81.9%的資料筆數介於此範圍內。
 - 故橫向加速度門檻值設定為 $a_x \leq -0.1\text{G}$ ， $a_x \geq 0.05\text{G}$

橫向加速度範圍(G)	20111104K	
	資料筆數	百分比
-0.4~-0.35	0	0.0%
-0.35~-0.3	0	0.0%
-0.3~-0.25	0	0.0%
-0.25~-0.2	1	0.0%
-0.2~-0.15	46	1.1%
-0.15~-0.1	290	7.1%
-0.1~-0.05	851	21.0%
-0.05~0	1623	40.0%
0~0.05	848	20.9%
0.05~0.1	341	8.4%
0.1~0.15	55	1.4%
0.15~0.2	3	0.1%
0.2~0.25	1	0.0%
0.25~0.3	0	0.0%
0.3~0.35	0	0.0%
0.35~0.4	0	0.0%

32

資料收集-篩選事件

- 縱向加速度之門檻建立
 - 縱向加速度介於-0.15G至0.1G範圍時，共有77.8%的資料筆數介於此範圍內。
 - 故縱向加速度門檻值設定為 $a_y \leq -0.15G$ ， $a_y \geq 0.1G$

縱向加速度範圍(G)	20111104K	
	資料筆數	百分比
-0.4~-0.35	1	0.0%
-0.35~-0.3	13	0.3%
-0.3~-0.25	39	1.0%
-0.25~-0.2	130	3.3%
-0.2~-0.15	272	7.0%
-0.15~-0.1	550	14.1%
-0.1~-0.05	1208	31.0%
-0.05~0	726	18.6%
0~0.05	552	14.2%
0.05~0.1	261	6.7%
0.1~0.15	113	2.9%
0.15~0.2	30	0.8%
0.2~0.25	1	0.0%
0.25~0.3	0	0.0%
0.3~0.35	0	0.0%
0.35~0.4	0	0.0%

33

資料收集-篩選事件

- 各指標型參數設定完成後，透過程式將大量之數據以此門檻值進行篩選

參數名稱	代號	單位	門檻值設定
龍頭轉角	θ	度	$\theta \leq 85$ 度， $\theta \geq 95$ 度
左側間距	d_L	cm	$d_L \leq 150$ cm
右側間距	d_R	cm	$d_R \leq 100$ cm
橫向加速度	a_x	G	$a_x \leq -0.1G$ ， $a_x \geq 0.05G$
縱向加速度	a_y	G	$A_y \leq -0.15G$ ， $a_y \geq 0.1G$

- 篩選結果：

參數名稱	橫向加速度	縱向加速度	龍頭轉角	右側間距	左側間距
超過門檻之資料筆數	747	615	354	90	68

34

資料收集-篩選事件

• 交集事件篩選

- 篩選出同時觸發多項參數門檻之資料點

資料編號	參數交集				
	5	4	3	2	1
受測者1	0	3	65	526	1570
受測者2	0	2	76	589	1905
受測者3	0	6	61	433	1558
受測者4	0	1	46	421	1654
受測者5	0	4	40	431	1645
受測者6	0	2	46	398	1589
受測者7	0	22	73	414	1715
受測者8	0	2	42	774	1407
受測者9	0	1	30	391	1400

35

資料收集-篩選事件

- 調整門檻組合設定：

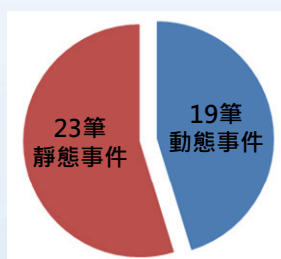
參數名稱	龍頭轉角	左側間距	右側間距	橫向加速度	縱向加速度
組合編號	(度)	(cm)	(cm)	(G)	(G)
A	88, 92	150	150	-0.1, 0.05	-0.15, 0.1
A-1	86, 94	150	100	-0.1, 0.05	-0.15, 0.1
A-2a	87, 93	150	100	-0.1, 0.05	-0.15, 0.1
A-2b	88, 92	150	100	-0.1, 0.05	-0.15, 0.1
A-2c	89, 91	150	100	-0.1, 0.05	-0.15, 0.1
A-3a	86, 94	150	125	-0.1, 0.05	-0.15, 0.1
A-3a	86, 94	150	150	-0.1, 0.05	-0.15, 0.1
A-3a	86, 94	150	175	-0.1, 0.05	-0.15, 0.1
A-3a	86, 94	150	200	-0.1, 0.05	-0.15, 0.1

36

資料收集-篩選事件

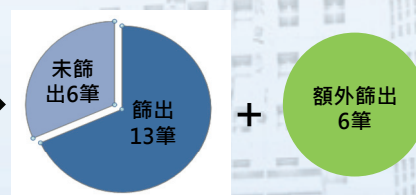
- 比對上述門檻組合A資料篩選結果與「逐筆觀察影像」方式，事件筆數之差異。
 - 門檻組合A動態資料篩選成功率達68%

逐筆觀察影像調查結果



動態事件:左側超車、路邊違規停車
靜態事件:人手孔蓋、路線瑕疵

門檻組合A篩選，並透過影像調查之結果



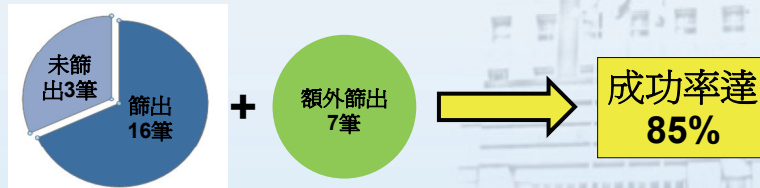
動態事件資料

37

資料收集-篩選事件

- 由於門檻組合A尚有未篩選出之動態事件，故再發展其他門檻值組合方案(觸發2項參數)
 - 門檻組合B：龍頭轉角(度)：角度 ≤ 88 度，角度 ≥ 91 度；縱向加速度(G)： $ay \leq -0.06G$
 - 門檻組合C：龍頭轉角門檻值(度)：角度 ≤ 88 度，角度 ≥ 92 度；橫向加速度門檻值(G)： $ax \leq -0.1G$ ， $ax \geq 0.08G$

門檻組合A、B、C篩選，並透過影像調查之結果



動態事件資料

38

資料收集-篩選事件

- 門檻組合穩健性驗證：
 - 以100年收集資料(20111104K)建立門檻組合，在以另一資料(20111104L)驗證其門檻組合穩健性
 - 初步認為參數門檻組合ABC屬於穩健可操作之組合，並可降低註記人員觀察資料之時間

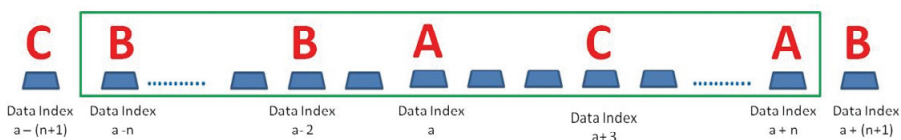
資料編號		20111104K	20111104L
動態事件數	逐筆影像觀察	19	19
	門檻組合A B C 篩選結果	16	17
	門檻組合成功率	85%	90%
	額外篩出之事件	7	15

39

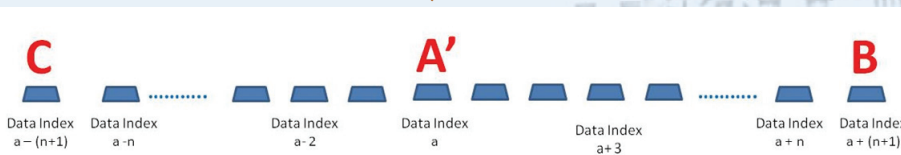
資料收集-篩選事件

- 資料整併方法示意圖

資料整併前



資料整併後



40

資料收集-篩選事件

• 不同資料整併範圍，資料筆數減縮情形

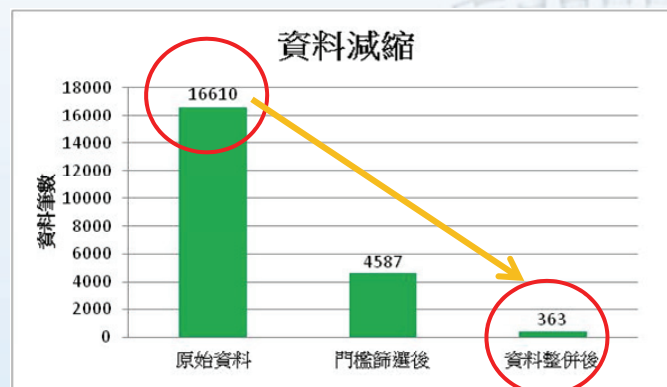
整併後資料 類型	資料整併範圍筆數					
	n=5	n=10	n=15	n=20	n=25	n=30
A'	574	414	345	300	263	236
B'	493	300	201	138	111	89
C'	321	156	87	68	54	38
總計	1388	860	633	506	428	363

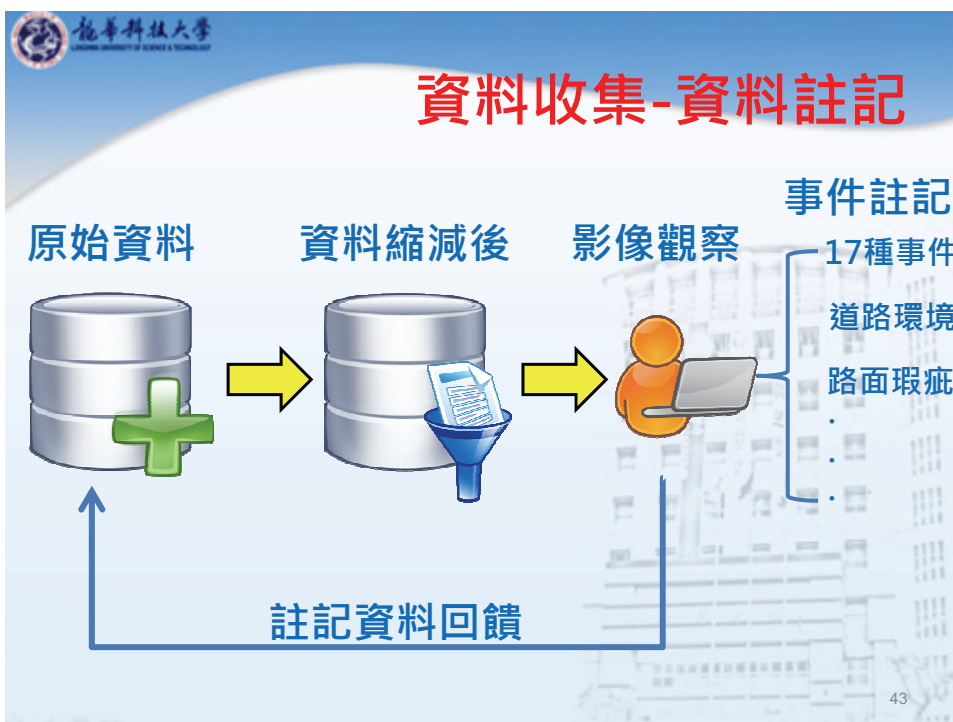
資料整併範圍 n



資料收集-篩選事件

- 資料縮減流程之成效
 - 可有效減少註記人員需要觀察影像之次數和時間





資料收集-資料註記

- 門檻篩選和資料縮減整併介面
— 門檻值可根據不同需求進行調整和設定

Index1	Index2	LogDate	LogTime	DataID	XAcc
0		2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.08
2	14	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	0.00
3	21	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.00
4	29	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.00
5	39	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.08
6	49	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.08
7	59	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.08
8	68	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.08
9	74	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.08
10	81	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.069
11	87	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.073
12	93	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.073
13	100	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.046
14	109	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.076
15	118	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.062
16	126	2012/3/19	1859/4/20 下午...	Data001	-0.065

45

資料收集-資料註記

- 資料註記介面
— 根據門檻組合篩選出之資料點，以人工觀察影像方式進行事件註記

46

資料收集-資料註記

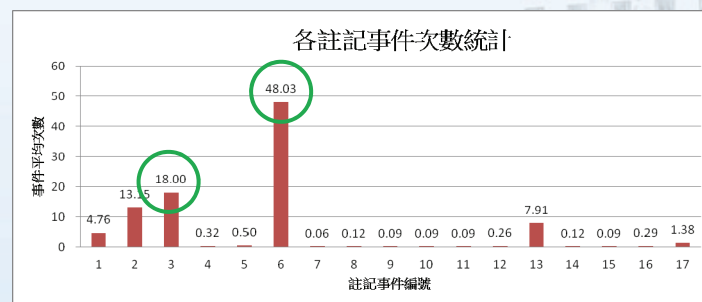
- 道路環境註記介面
- 結合GPS路口定位與騎乘影像



47

資料收集-資料註記

- 40人行為次資料註記結果
 - 以左側超車事件和臨時停車事件平均發生次數最多



48

資料收集-資料註記

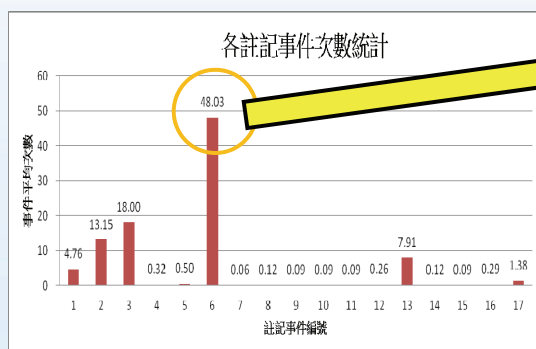
- 行為資料處理時間與資料量
 - 40人次資料處理時間共280小時
 - 40 人次總影像和數據資料量為480 GB

	1 人次
實驗設備安裝	10 min
騎乘資料收集時間	30 min
實驗資料前處理 (匯入資料庫、門檻篩選處理)	30 min
實驗影像轉單張	3 hr
事件資料註記	5 hr
道路環境資料註記	1 hr
行為事件第二階段註記(如超車事件)	1 hr
數據和影像資料量 (GB)	12 GB
資料處理時間總計	7 hr 10 min

49

資料分析

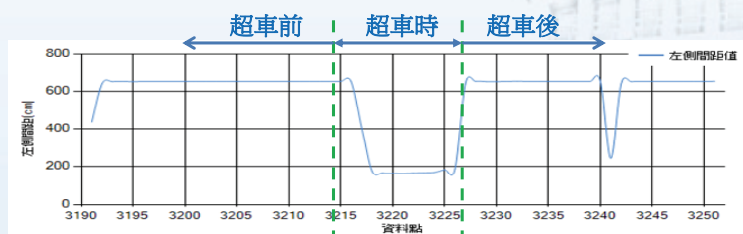
- 事件次數統計以同向左側超車事件(事件6)發生次數最多，平均每位受測者48次。



50

資料分析

- 同向左側超車事件分析：
 - 超車事件分析方法:將超車事件過程根據左側間距值分類成三階段。



其他車輛
超車方向

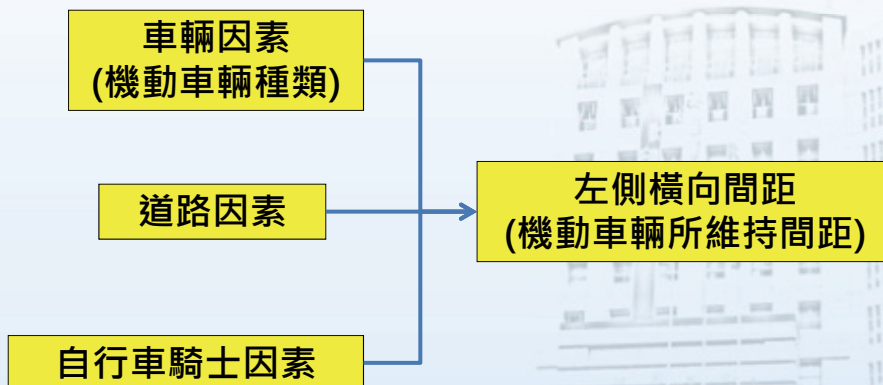


自行車騎乘方向

51

資料分析

- 探討影響超車事件左側橫向間距之因素



52

資料分析

• 超車事件統計分析結果

- 以T檢定分析，以超車車種因素達顯著性差異水準，大客車超越自行車時其平均保持間距較小。

影響因素類型	註記資料名稱	左側超車間距		
		平均值(cm)	標準差(cm)	樣本數
車種	機車	150.34	52.10	671
	小客車	166.55	52.47	472
	小貨車	169.28	56.89	150
	大客車	148.29	67.85	31
	大貨車	170.01	52.86	58

53

資料分析

• 超車事件統計分析結果

- 以T檢定分析，騎士性別因素達顯著性差異水準，其他機動車輛超越男性騎士相較於超越女性騎士，以較近の間距超越。

影響因素類型	註記資料名稱	左側超車間距		
		平均值(cm)	標準差(cm)	樣本數
性別	男	149.06	47.40	538
	女	164.89	56.64	847

54

國立中山大學
NATIONAL SUN YAT-SEN UNIVERSITY

資料分析

- 透過問卷調查，詢問受測者騎乘過程之主觀經驗
 - 問卷問項：哪一實驗路段，騎乘時會感到壓迫，甚至有危險？感到危險的原因為何？

受測者之主觀經驗：

- 龍安路道路狹小，車輛擁擠
- 中正路大型車輛較多
- 路面不停造成騎乘不穩定

受測者編號	主觀經驗內容
Q1	
R0a001	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a002	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a003	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a004	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a005	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a006	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a007	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a008	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a009	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a010	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a011	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a012	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a013	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a014	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a015	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a016	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a017	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a018	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a019	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a020	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a021	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a022	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a023	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a024	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a025	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a026	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a027	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a028	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a029	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a030	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a031	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a032	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a033	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a034	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a035	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a036	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。
R0a037	龍安路路段車流多，車速慢，所以騎乘時會感到壓迫，甚至有危險。

國立中山大學
NATIONAL SUN YAT-SEN UNIVERSITY

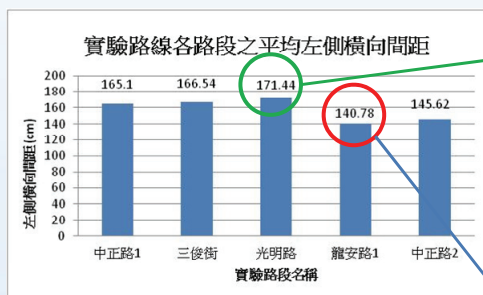
資料分析

- 超車事件統計分析結果
 - 實驗各路段差異對左側超車間距之影響顯著

影響因素類型	註記資料名稱	左側超車間距		
		平均值(cm)	標準差(cm)	樣本數
實驗路段	中正路	165.10	61.75	376
	三俊街	166.54	54.81	382
	光明路1	171.44	45.22	138
	光明路2	155.53	39.66	62
	龍安路1	140.78	45.61	294
	龍安路2	146.45	42.24	118
	萬壽路	145.62	64.10	15

資料分析

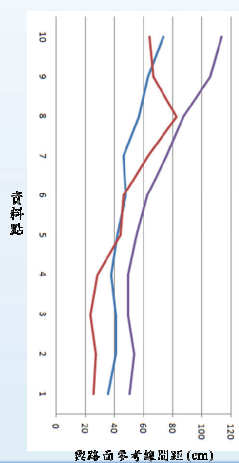
- 龍安路上之超車事件其平均左側超車間距為各路段中最小。



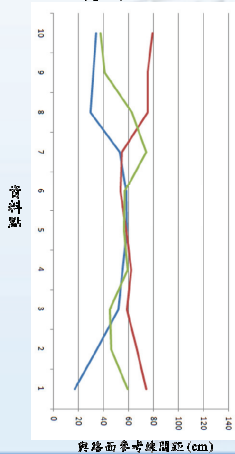
資料分析

- 受測騎士騎乘於龍安路路段之騎乘範圍變化亦較小，約20~80 cm之間(距離該路段之參考線)。

三俊街路段

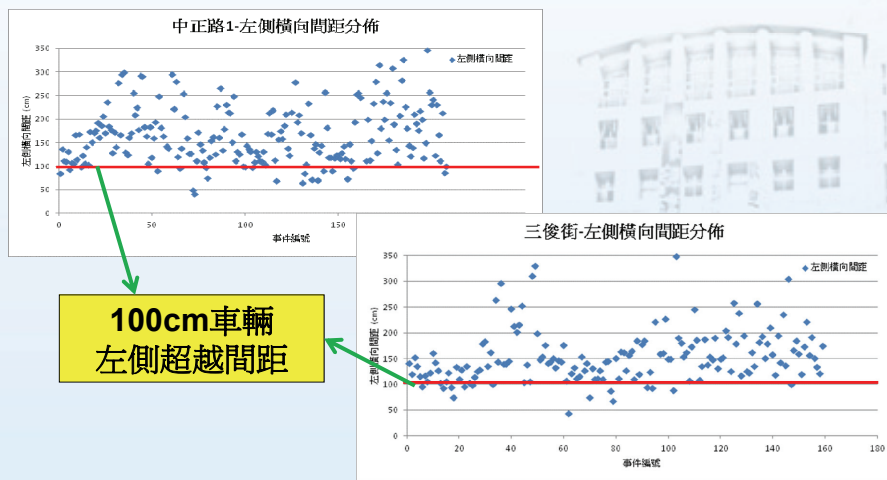


龍安路路段



資料分析

- 車輛超越自行車之間距大多數維持在100 cm 以上



結論與建議

- 結論
 - 建立資料收集流程，並完成40人次受測者騎乘資料收集。
 - 建立篩選事件和資料註記流程，並將今年度收集之20小時資料量以人工註記成可觀察分析資料
 - 分析左側超車事件，並探討影響間距大小之因素，統計檢定發現車種、騎士性別和實驗路段差異因素有影響。
 - 以本研究行為偵測設備之龍頭轉角偵測機制申請新型專利通過。

結論與建議

- 建議

- 今年度建立自行車騎乘行為資料收集和分析方法流程，故收集之資料可探討因素有限，如車種差異、道路類型差異等，建議未來可擴充其他道路類型如自行車專用道、實驗車種如公路車登山車等等收集騎乘行為資料。
- 本研究探討超車事件分析結果，初步發現道路環境設計之差異會影響超車時保持之安全間距，建議後續可持續透過本研究建立之行為資料庫持續探討和分析。