

92-43-3243
MOTC-IOT-91-SB06

肇事鑑定之煞車距離應用與 行車速度推估方法之研究



交通部運輸研究所
國立中央大學
合作辦理

中華民國九十二年六月

92-43-3243
MOTC-IOT-91-SB06

肇事鑑定之煞車距離應用與 行車速度推估方法之研究

著者：董基良、黃俊仁、馮君平、林志勇、林豐福、黃明正
、田養民

交通部運輸研究所
國立中央大學
合作辦理

中華民國九十二年六月

GPN : 1009201370

定價 300 元

肇事鑑定之煞車距離應用與行車速度推估方法之研究

著 者：董基良、黃俊仁、馮君平、林志勇、林豐福、黃明正
、田養民

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十二年六月

印 刷 者：承亞興企業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 200 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：300 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組 • 電話：(02)23496880

三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓•電話：(02)23617511

三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓•電話：(02)25006600

國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25787542

五南文化廣場：台中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市光復路 177 號•電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓•電話：(07)3324910

GPN：1009201370

ISBN：957-01-4194-8(平裝)

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：肇事鑑定之煞車距離應用與行車速度推估方法之研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 957-01-4194-8 (平裝)	政府出版品統一編號 1009201370	運輸研究所出版品編號 92-43-3243	計畫編號 91-SB06
本所主辦單位：本所運輸安全組 主管：林豐福 計畫主持人：林豐福 研究人員：黃明正、田養民 聯絡電話：02-23496863 傳真號碼：02-25450429		合作研究單位：國立中央大學 計畫主持人：董基良 研究人員：黃俊仁、馮君平、林志勇 地址：桃園縣中壢市中大路 300 號 聯絡電話：03-4220575	
研究期間 自 91 年 2 月 至 91 年 11 月			
關鍵詞：阻力係數、煞車胎痕、事故重建			
摘要： 本研究的重點在於改善及修正現行「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」，並針對速度推估法、事故重建軟體、事故記錄器及現場作業流程等項目進行探討。 由於國內現行之速度推估表，所使用之阻力係數範圍過大，本研究利用國內外汽車煞車試驗資料庫，配合改良之推估方法進行 t_s 值與阻力係數推估，同時輔以實車測試驗證。本研究已能較準確地估算阻力係數，減少推估行車速度之誤差值，並提出一個新的速度推估表供未來現場使用之參考，未來可根據每輛車之煞車測試資料，透過本研究所提出之方法及當時路面情況，可較準確地推估每輛車的 t_s 值與阻力係數。 本研究為了解事故重建軟體之可行性，針對目前國外各種事故重建軟體進行比較分析，其中以PC-Crash6.2與EDC二套最佳。本研究利用PC-Crash6.2軟體，針對所收集之國內外道路交通事故案例，與本研究之實車煞車試驗進行模擬，分析結果比對後可得頗為接近之結果，未來可將事故重建軟體之分析結果，提供作為肇事鑑定之參考。未來現場資訊收集所得之項目應配合事故現場重建電腦模擬軟體分析所需之參數。 本研究為了解事故紀錄器對於意外事故分析及重建上的助益，針對國外已有之相關研究和相關產品進行探討。目前由於各家廠商事故記錄器的資料格式尚未統一，因此在事故發生時缺乏統一的資料讀取及重現介面，增加作業的時間及複雜性。由於事故記錄器須與國際接軌，因此待國際規範確定及列為必要設備後再考慮未來之作法。 對於肇事現場的資訊收集，可利用現場攝影方法快速記錄現場狀況，除可完整保留現場資訊外，並可藉由3D重建技術重現車輛損害程度，配合事故重現軟體重現肇事當時之情形，幫助鑑定委員推估肇事當時車輛的行車方向及駕駛模式，有助於鑑定委員判定肇事責任之歸屬。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
92 年 6 月	438	300	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。
機密等級： <input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密【限】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） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
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: Using stopping distance to estimate vehicle speed for accident arbitration			
ISBN(OR ISSN) ISBN 957-01-4194-8 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009201370	IOT SERIAL NUMBER 92-43-3243	PROJECT NUMBER 91-SB06
DIVISION: Transportation Safety DIVISION CHIEF: Lin, Fong-Fu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lin, Fong-Fu PROJECT STAFF: Ming-Cheng Huang, Yang-Min Tien PHONE: 886-2-23496856 FAX: 886-2-25450429			PROJECT PERIOD FROM February 2002 TO November 2002
RESEARCH AGENCY: National Central University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Doong, Ji-Liang PROJECT STAFF: Huang, Jiun-Ren; Fung, Chin-Ping; Lin, Jr-Yung ADDRESS: 300 Jung-Da Rd., Jung-Li 32054, Taiwan, R.O.C PHONE: 886-3-4220575			
KEY WORDS: Drag Factor, Skid Mark, Accident Reconstruction			
ABSTRACT: <p>The purpose of this study is to improve and revise current “braking distance of automotive, driving speed, and cross reference chart of road friction coefficient, and to further discuss methods of speed estimation, accident re-construction software, event data recorder and on-spot operation procedure.</p> <p>Based on current chart of speed estimation in Taiwan, the range of resistance coefficient is too big. Thus, domestic and foreign databases of automotive brake experiment are used. An Improved way of estimation for t_s value and resistance value is also adapted. To better verify the status, tests were conducted. From these methods, this study can accurately estimate resistance value and minimize the estimation tolerance of driving speed. Furthermore, a new estimation chart of driving speed is submitted for further reference. In the future, by using the proposed methods, road condition, and brake test information of each automotive, each t_s value and resistance value can be estimated more accurately.</p> <p>To compare various foreign accident re-construction software, PC-Crash6.2 and EDC are the best two choices. The simulation result by using PC-Crash6.2 is close to the result of real traffic accidents. The simulation result can be the reference of accident arbitration. Information collected on the spot should be referred to the items needed for software simulation.</p> <p>We understand that EDR (Event Data Recorder) can be helpful for the analysis of accident and reconstruction of the accident scenes, we therefore have further discussion on relevant study and products from overseas. At the moment, information of EDR is not yet unified because different companies are using different interface, which causes difficulties of interpretation to meet different formats and needs additional operation time. Therefore, it is a necessity to follow international standard, which can save time and decrease the complexity. We will suggest companies to follow the standard after the international standard is confirmed.</p> <p>To collect the information of the accident spot, it is feasible to record the on-the-spot situation by taking photos. Not only can we completely reserve the on-the-spot information, but we can also reconstruct the accident via the vehicle damage level reproduced by 3D reconstruction technology. That will help the arbitration committee members to figure out the vehicle directions and the driving modes of the accident, and then decide which parties should be responsible of the accident.</p>			
DATE OF PUBLICATION June 2003	NUMBER OF PAGES 438	PRICE 300	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

第一章 緒論

1.1 研究背景與目的.....	1-1
1.2 研究對象與範圍.....	1-4
1.3 研究內容.....	1-6
1.3.1 文獻收集與整理.....	1-6
1.3.2 肇事行車速度推估.....	1-6
1.3.3 新式煞車系統.....	1-6
1.3.4 事故記錄器.....	1-7
1.3.5 肇事現場調查流程.....	1-7
1.4 研究項目.....	1-8
1.5 研究成果.....	1-9

第二章 煞車胎痕長度與行車速度之推估

2.1 煞車系統.....	2-1
2.1.1 傳統煞車系統.....	2-2
2.1.2 ABS 煞車系統.....	2-2
2.1.3 其它新式煞車系統.....	2-7
2.2 ABS 煞車系統的煞車效益.....	2-11
2.3 影響煞車距離的因素.....	2-15
2.3.1 人為因素的影響.....	2-15
2.3.2 車輛因素的影響.....	2-17
2.3.3 環境（路面）的影響.....	2-20
2.3.4 機車側滑的影響.....	2-25

2.4 煞車胎痕.....	2-27
2.5 利用煞車胎痕推估行車速度.....	2-31
2.5.1 國內外行車速度推估研究.....	2-31
2.5.2 傳統行車速度推估法.....	2-31
2.5.3 Neptune 速度推估法.....	2-36
2.5.4 本研究之速度推估法.....	2-38
2.6 國內相關煞車試驗數據分析(無 ABS 煞車系統).....	2-39
2.6.1 使用 Neptune 推估公式.....	2-39
2.6.2 使用本研究推估公式.....	2-40
2.6.3 煞車力開始建立到產生最大煞車力時間 t_s 分析結果.....	2-41
2.6.4 阻力係數分析結果.....	2-42
2.7 國內相關煞車試驗數據分析(有 ABS 煞車系統).....	2-48
2.8 國外煞車距離資料庫.....	2-50
2.8.1 日本新車測試中心 (OSA) 之煞車測試資料.....	2-50
2.8.2 德國(Movit)煞車距離資料庫.....	2-51
2.8.3 澳洲(NRMA)煞車距離資料庫.....	2-51
2.9 本研究實車驗證.....	2-52
2.10 本研究實驗結果與討論.....	2-62
2.10.1 實驗結果.....	2-62
2.10.2 結果分析與討論.....	2-64
2.11 行車速度推估表.....	2-74
2.12 小結.....	2-78

第三章 事故重建軟體

3.1 SMAC.....	3-1
3.1.1 撞前相位.....	3-2

3.1.2 衝撞相位.....	3-3
3.1.3 撞後相位.....	3-5
3.2 CRASH.....	3-6
3.2.1 軌跡分析演算法 (Trajectory Analysis Algorithms)	3-7
3.2.2 損壞分析演算法 (Damage Analysis Algorithms)	3-7
3.3 由車損法推估撞擊前之速度.....	3-8
3.3.1 車損法理論.....	3-8
3.3.2 Campbell 車損法理論.....	3-8
3.3.3 CRASH3 車損法軟體.....	3-14
3.4 意外事故重建軟體.....	3-17
3.4.1 意外事故重建軟體簡介.....	3-17
3.4.2 軟體所需參數.....	3-20
3.4.3 事故重建軟體比較.....	3-21
3.5 EDCRASH.....	3-22
3.5.1 EDCRASH 之輸入及輸出.....	3-22
3.5.2 EDCRASH 之基本流程.....	3-22
3.5.3 EDCRASH 之計算法則.....	3-23
3.6 EDSMAC4.....	3-25
3.6.1 EDSMAC4 之輸入及輸出.....	3-25
3.6.2 EDSMAC4 之基本流程.....	3-25
3.6.3 EDSMAC4 之計算法則.....	3-26
3.7 PC-Crash6.2.....	3-27
3.7.1 PC-Crash6.2 之輸入及輸出.....	3-27
3.7.2 PC-Crash6.2 之基本流程.....	3-28
3.7.3 PC-Crash6.2 之理論基礎.....	3-29
3.7.3.1 運動學模式.....	3-29

3.7.3.2 座標系統.....	3-30
3.7.3.3 車輛所受外力.....	3-32
3.7.3.4 車輛運動方程式.....	3-35
3.7.3.5 撞擊模式.....	3-38
3.7.3.6 多重物體模式.....	3-40
3.7.4 PC-Crash 之模組範例.....	3-47
3.7.5 PC-Crash 案例模擬.....	3-53
3.8 PC-Rect.....	3-56
3.8.1 PC-Rect 之理論基礎.....	3-56
3.9 實例模擬之比較.....	3-58
3.9.1 實際案例.....	3-58
3.9.2 PC-Crash6.2 之模擬.....	3-58
3.9.3 EDSMAC4 之模擬.....	3-59
3.9.4 PC-Crash6.2 與 EDSMAC4 之比較.....	3-60
3.10 小結.....	3-62

第四章 事故記錄器

4.1 簡介.....	4-1
4.2 事故記錄器之相關研究.....	4-3
4.3 事故記錄器的發展.....	4-7
4.4 事故記錄器相關產品.....	4-9
4.4.1 通用公司.....	4-9
4.4.2 福特公司.....	4-10
4.4.3 Safety Intelligence System 公司.....	4-11
4.4.4 VDO 公司.....	4-12
4.4.5 Drive Cam 公司.....	4-13
4.4.6 Independent Witness Incorporate 公司.....	4-14
4.4.7 Rowan 大學.....	4-15

4.5 事故記錄自可收集到的資料種類.....	4-17
4.6 事故記錄器資料的讀取與重現.....	4-19
4.7 事故記錄器的應用.....	4-20
4.8 事故記錄器資料與車禍測試資料的比較.....	4-21
4.8.1 GM 的 EDR 與 FMVSS208 測試資料比較.....	4-21
4.8.2 IWI 的 EDR 與 VRTC 測試資料比較.....	4-21
4.8.3 加拿大運輸局的撞擊測試.....	4-22
4.9 事故記錄器應用於實際意外事故重建的實例.....	4-25
4.9.1 2000 Pontiac Sunfire 與 1999 Buick Century 的事故重建....	4-25
4.9.2 2000 Buick Regal 與 1997 Voyager 的事故重建.....	4-26
4.9.3 Sunfire 的事故重現.....	4-27
4.9.4 EDR 應用於釐清責任事實的實例.....	4-28
4.10 結論.....	4-30

第五章 現場處理程序

5.1 現場資訊取得.....	5-1
5.2 肇事資料之蒐集.....	5-11
5.3 肇事資料的蒐集比較及改進.....	5-14
5.4 事故重建與責任歸屬之鑑定.....	5-17
5.5 事故現場 3D 重建及資料蒐集之探討.....	5-18
5.5.1 實驗步驟.....	5-19
5.5.2 實際道路現場重現之分析.....	5-22
5.6 實際肇事案例之分析.....	5-27
5.6.1 偵訊筆錄、道路交通事故調查報告、事故現場相片.....	5-27
5.6.2 肇事現場重現結果.....	5-28
5.6.3 肇事車變形程度的量測.....	5-32
5.6.4 事故重現軟體(PC-Crash)之模擬分析.....	5-35
5.7 道路交通事故處理資料.....	5-40
5.8 現有交通意外事故調查表的評估與建議.....	5-40

第六章 綜合結論與未來建議及研究方向

6.1 結論.....	6-1
-------------	-----

6.2 未來建議及研究方向.....	6-3
--------------------	-----

參考文獻

附錄 A 速度推估公式及推估結果	
附錄 B 以改良之速度推估公式反推 t_s 曲線圖	
附錄 C 日本煞車距離資料庫	
附錄 D MOVIT 網站煞車距離測試資料	
附錄 E 澳洲煞車距離資料庫	
附錄 F 實驗數據圖	
附錄 G 學者專家座談會會議記錄與意見答覆	
附錄 H 期中報告審查意見回覆	
附錄 I 期末報告審查意見回覆	
附錄 J 「道路交通事故處理實務手冊」	
附錄 K 期末簡報資料	

表目錄

表 1.1 九十年道路交通事故統計.....	1-1
表 2.1 ABS 的發展歷史.....	2-6
表 2.2 ABS 煞車系統對停車距離改善效益的百分比.....	2-12
表 2.3 汽車測試 9 種路面及不同組合的測試表.....	2-13
表 2.3 (續)汽車測試 9 種路面及不同組合的測試表.....	2-14
表 2.4 目前採用之大型車輛安全煞車距離.....	2-14
表 2.5 踏板力等級劃分.....	2-16
表 2.6 不同胎壓在不同路面的煞車距離 (<i>feet</i>)	2-18
表 2.7 不同路面的摩擦係數.....	2-22
表 2.8 機車之阻力係數.....	2-26
表 2.9 各國行車速度推估法.....	2-31
表 2.10 不同路面與不同載重之 t_s 推估公式.....	2-42
表 2.11 阻力係數分析結果(Corona、三義).....	2-43
表 2.12 阻力係數分析結果(Corona、大甲)	2-43
表 2.13 阻力係數分析結果(Vannette、三義)	2-44
表 2.14 阻力係數分析結果(Vannette、三義)	2-44
表 2.15 不同路面 (乾地、濕地) 的阻力係數變化.....	2-44
表 2.16 不同載重 (輕載、滿載) 的阻力係數變化.....	2-45
表 2.17 本研究修改後之阻力係數表(乾地).....	2-46
表 2.18 本研究修改後之阻力係數表(溼地)	2-47
表 2.19、ABS_ON 與 ABS_OFF 之阻力係數推估.....	2-49
表 2.20 柏油路面之阻力係數推估(有 ABS).....	2-49
表 2.21 日本 OSA 煞車資料庫之阻力係數分析.....	2-50
表 2.22 實驗儀器整備.....	2-54

表 2.23 里程計校正結果.....	2-58
表 2.24 ABS 煞車系統與一般煞車系統之實驗數據(Honda Civic)...	2-67
表 2.25 本研究實車測試之阻力係數推估.....	2-67
表 2.26 Honda Civic 車輛測試資料(ABS)	2-68
表 2.27 Honda Civic 車輛測試資料(一般煞車系統)	2-69
表 2.28 Geo Prizm 車輛測試資料(乾).....	2-70
表 2.29 Geo Prizm 車輛測試資料(溼)	2-71
表 2.30 Ford Tierra 車輛測試資料(ABS)	2-72
表 2.31 Ford Tierra 車輛測試資料(一般煞車系統)	2-73
表 2.32 「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(無 ABS).....	2-75
表 2.33 「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(有 ABS).....	2-76
表 2.34 民國八十四年汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數的對照表.....	2-77
表 3.1 事故重建軟體使用上及功能上之差異.....	3-21
表 3.2 PC-Crash 輸入及輸出表.....	3-29
表 3.3 案例報告中的資料.....	3-53
表 3.4 車輛資料.....	3-54
表 3.5 車型資料.....	3-54
表 3.6 PC-Crash 模擬結果與案例資料比較.....	3-55
表 3.7 EDSMAC4 與 PC-Crash6.2 輸入參數比較.....	3-61
表 4-1 記錄器之應用.....	4-4
表 4-2 記錄器之應用(續).....	4-5
表 4-3 記錄器之應用(續).....	4-6
表 4-4 EDR 相關產品特性比較表.....	4-16
表 4-5 EDR 可收集到的資料.....	4-17

表 4-6 48Km/hr 固定障礙物撞擊測試.....	4-23
表 4-7 40km/hr 40%偏移可變形障礙物撞擊測試.....	4-23
表 4-8 後方撞擊測試.....	4-24
表 4-9 2000 Pontiac Sunfire 撞擊前的資料.....	4-26
表 5.1 國內與美國現行肇事事故調查評估比較表.....	5-7
表 5.2 車損、人員受傷部位判定原則表.....	5-8
表 5.3 煞車滑痕型態特徵.....	5-9
表 5.4 國內外肇事現場處理作業比較表.....	5-12
表 5.5 道路交通事故調查表項目.....	5-13
表 5.6 柯達 DX3900 數位相機.....	5-19
表 5.7 不同拍攝距離所重現的尺寸.....	5-21
表 5.8 不同拍攝角度所重現之尺寸.....	5-22
表 5.9 使用不同張數的相片所重現的剛架尺寸.....	5-22
表 5.10 現場實際的尺寸.....	5-24
表 5.11 還原尺寸和實際尺寸之比較表.....	5-25
表 5.12 肇事筆錄摘要資料.....	5-28
表 5.13 員警所量測的尺寸及位置跟重現的 3D 模型的比較表.....	5-31
表 5.14 小客車變形尺寸表.....	5-33
表 5.15 小貨車變形尺寸表.....	5-35
表 5.16 輸入 PC-Crash 軟體之基本資料.....	5-36
表 5.17 肇事者口述與 PC-Crash 模擬比較.....	5-38
表 5.18 現有交通意外事故調查表的評估與建議表.....	5-41

圖目錄

圖 1-1 計劃流程圖.....	1-6
圖 2-1 碟式煞車(左)與鼓式煞車(右).....	2-2
圖 2-2 ABS 零組件裝設位置.....	2-2
圖 2-3 ABS 與傳統煞車之比較.....	2-4
圖 2-4 煞車力與滑動比關係圖.....	2-5
圖 2-5 電磁式煞車之結構.....	2-7
圖 2-6 安裝齒輪箱和後輪傳動器間(左)、安裝後輪傳動軸(右).....	2-7
圖 2-7 拖車 ECBS 調節器(左)與伺服閥(右).....	2-9
圖 2-8 電子式煞車與不同煞車系統之比較.....	2-9
圖 2-9 電子式煞車與傳統煞車煞車距離比較圖.....	2-10
圖 2-10 煞車歷程圖.....	2-15
圖 2-11 標準踏板力曲線圖.....	2-16
圖 2-12 等級 A，B，C，D 曲線圖.....	2-17
圖 2-13 不同踏板力等級對平均煞車距離的影響.....	2-17
圖 2-14 煞車距離與 Delta-V 關係圖.....	2-18
圖 2-15 不同車輛的煞車距離.....	2-19
圖 2-16 不同荷重在乾柏油路面的煞車距離.....	2-19
圖 2-17 不同荷重在濕柏油路面的煞車距離.....	2-20
圖 2-18 車輛輕載在不同路面下的煞車距離.....	2-20
圖 2-19 車輛滿載在不同路面下的煞車距離.....	2-21
圖 2-20 不同場地所造成的煞車距離差異.....	2-21
圖 2-21 摩托車傾倒圖.....	2-26
圖 2-22 (a) Impending Skid Mark (b) Skid Mark.....	2-29
圖 2-23 Sideslip Mark.....	2-29

圖 2-24Scrub Mark.....	2-29
圖 2-25Spin Skid Mark.....	2-29
圖 2-26 由空拖車所造成的 Skip Skid Mark.....	2-30
圖 2-27 Intermittent Skid Mark.....	2-30
圖 2-28 煞車距離的量測.....	2-30
圖 2-29 偏離煞車胎痕.....	2-33
圖 2-30 車輛掉落的情況.....	2-34
圖 2-31 車輛發生空翻的情況.....	2-34
圖 2-32 撞擊分離時有旋轉及滑行的情況.....	2-35
圖 2-33 減速度與時間關係圖.....	2-36
圖 2-34 t_s 與車速之關係(Corona_三義).....	2-42
圖 2-35 測試環境(乾).....	2-52
圖 2-36 測試環境(溼).....	2-53
圖 2-37 試驗場地的規劃圖.....	2-53
圖 2-38 里程計安裝位置示意圖.....	2-54
圖 2-39 加速規安裝位置.....	2-55
圖 2-40 電源供應器.....	2-55
圖 2-41 不斷電系統 (UPS)	2-56
圖 2-42 訊號擷取卡.....	2-56
圖 2-43 筆記型電腦.....	2-57
圖 2-44 出發點.....	2-59
圖 2-45 煞車點.....	2-59
圖 2-46 煞車痕.....	2-60
圖 2-47 量測距離.....	2-60
圖 2-48 加速規的原始訊號圖.....	2-62

圖 2-49 加速速規訊號對時間積分之速度圖.....	2-62
圖 2-50 速度對時間積分之煞車距離圖.....	2-63
圖 2-51 煞車訊號圖.....	2-63
圖 2-52 不同速度推估法比較圖.....	2-64
圖 2-53 ABS 系統車輛的加速度圖.....	2-65
圖 2-54 ABS 系統車輛的速度圖.....	2-65
圖 2-55ABS 系統車輛的口令訊號圖.....	2-65
圖 2-56ABS 系統車輛的煞車訊號圖.....	2-66
圖 2-57 不同煞車系統之減速度.....	2-66
圖 3-1 剛體碰撞圖.....	3-5
圖 3-2 撞擊速度與殘留損壞的關係.....	3-9
圖 3-3 撞擊速度與殘留損壞的關係.....	3-10
圖 3-4 車輛外形損壞量測.....	3-11
圖 3-5 撞擊方向的夾角.....	3-12
圖 3-6 座標系統.....	3-31
圖 3-7 車輛的旋轉.....	3-32
圖 3-8 掛點力矩與相對轉角關係圖.....	3-34
圖 3-9 兩車撞擊示意圖.....	3-38
圖 3-10 慣性與固定座標系統.....	3-41
圖 3-11 接點的定義.....	3-43
圖 3-12 橢圓與橢圓的接觸.....	3-45
圖 3-13 橢圓與平面的接觸.....	3-46
圖 3-14 撞擊前的情形.....	3-47
圖 3-15 撞擊後的結果.....	3-48
圖 3-16 速度與時間的關係圖.....	3-48

圖 3-17 行駛方向與時間關係圖.....	3-49
圖 3-18 加速度與時間關係圖.....	3-49
圖 3-19 小客車在撞擊人之前.....	3-50
圖 3-20 撞擊結果.....	3-50
圖 3-21 速度與時間的關係圖.....	3-51
圖 3-22 加速度與時間關係圖.....	3-51
圖 3-23 人體各部位的速度與時間關係圖.....	3-52
圖 3-24 人體各部位的轉動角度與時間關係圖.....	3-52
圖 3-25 人體各部位的加速度與時間關係圖.....	3-52
圖 3-26 事故現場相關位置圖.....	3-53
圖 3-27 PC-Crash 模擬結果.....	3-54
圖 3-28 兩者比較圖.....	3-55
圖 3-22 透視投影至平面上.....	3-56
圖 3-30 轉換照片至平面.....	3-57
圖 3-31 結果比較圖.....	3-57
圖 3-32 事故案例現場圖.....	3-58
圖 3-33 事故現場圖與 PC-Crash6.2 之撞擊模擬結果比較.....	3-59
圖 3-34 事故現場圖與 EDSMAC4 之撞擊模擬結果比較.....	3-60
圖 3-35 PC-Crash6.2 與 EDSMAC4 的輸出結果比較.....	3-60
圖 4- 1SDM 之結構.....	4-9
圖 4- 2 車輛撞擊時之速度變化.....	4-10
圖 4- 3 車輛撞擊前的資料.....	4-10
圖 4- 4 Ford 公司之 EDR 所量得之資料.....	4-11
圖 4- 5 SIS 公司之 EDR.....	4-11
圖 4- 6 VDO 公司之 UDS EDR.....	4-12

圖 4- 7 UDS EDR 之系統元件.....	4-12
圖 4- 8 UDS EDR 系統之資料圖形.....	4-13
圖 4- 9 左為 DriveCam 之外型、右為其安裝位置.....	4-13
圖 4- 10 DriveCam 安裝位置.....	4-14
圖 4- 11 DriveCam 所取得之資料.....	4-14
圖 4- 12 IWI 公司之 EDR.....	4-14
圖 4- 13 Rowan University 之 EDR.....	4-15
圖 4- 14 Vetronix 公司之 CDR 系統.....	4-19
圖 4- 15 EDR 數據與撞擊測試數據的比較.....	4-21
圖 4- 16 IWI 與測試設備的加速度數據.....	4-22
圖 4- 17 IWI 與測試設備的速度變化數據.....	4-22
圖 4- 18 2000 Pontiac Sunfire.....	4-25
圖 4- 19 1999 Buick Century.....	4-25
圖 4- 20 為兩車的損傷圖形.....	4-26
圖 4- 21 Regal 的 EDR 的撞擊前的資料.....	4-27
圖 4- 22 1999 Pontiac Sunfire 的損傷.....	4-27
圖 4- 23 速度變化數據.....	4-28
圖 4- 24 加速度變化數據.....	4-28
圖 4- 25 車禍現場圖.....	4-29
圖 4- 26 EDR 所讀取的資料.....	4-29
圖 5-1 行車速度推估與肇事鑑定之關聯圖.....	5-5
圖 5-2 肇事現場調查流程圖.....	5-6
圖 5-3 事故現場處理與肇事鑑定思維程序分析圖.....	5-10
圖 5-4 記錄車子損壞的專用表格.....	5-16
圖 5-5 使用輔助器材來量測車子變形的程度照片.....	5-16

圖 5-6 事故現場圖的格式.....	5-17
圖 5-7 相機校正時八個不同的拍攝角度位置.....	5-20
圖 5-8 鐵架.....	5-20
圖 5-9 不同拍攝距離的位置圖.....	5-21
圖 5-10 不同拍攝夾角的位置圖.....	5-21
圖 5-11 為重現現場相片.....	5-23
圖 5-12 為重現現場的簡圖.....	5-23
圖 5-13 重現現場之上視圖.....	5-24
圖 5-14 重現現場之側視圖.....	5-25
圖 5-15 重現現場之正視圖.....	5-25
圖 5-16 還原尺寸和實際尺寸之誤差比例圖.....	5-26
圖 5-17 利用貼圖功能重現車子有刮痕的地方.....	5-26
圖 5-18 員警繪製之肇事現場圖.....	5-27
圖 5-19 Photomodeler 軟體所重現的 3D 模型.....	5-29
圖 5-20 重畫的肇事現場圖.....	5-29
圖 5-21 員警量測尺寸及位置與 3D 重現之比較.....	5-30
圖 5-22 量測車子變形程度的方法.....	5-32
圖 5-23 小客車受損情況相片圖.....	5-32
圖 5-24 重現後之小客車受損圖.....	5-33
圖 5-25 小客貨車受損情況相片.....	5-34
圖 5-26 重現後之小客貨車受損圖.....	5-34
圖 5-27 肇事發生之經過圖(一).....	5-36
圖 5-28 肇事發生之經過圖(二).....	5-36
圖 5-29 肇事發生之經過圖(三).....	5-37
圖 5-30 肇事後位置比較圖.....	5-38

圖 5-31 甲車推估速度值比較.....	5-39
圖 5-32 乙車推估速度值比較.....	5-39

第一章 緒論

1.1 研究背景與目的

交通安全一直是政府與研究人員所關注的目標，同時也是與一般大眾息息相關的一個問題，在意外事故發生之後，肇事鑑定就成了一相當重要的工作，因為它關係著肇事責任和法律刑責判定。

隨著國內機動車輛激增，加上駕駛人守法的觀念及駕駛習慣不佳，導致汽車肇事事件層出不窮，根據表 1.1 內政部統計處的資料顯示，90 年死亡類道路交通事故發生計 3,142 件，造成死亡 3,344 人。道路交通事故除了造成人員生命的損失外，由事故所衍生的社會成本更是難以估計，顯見目前國內交通安全問題的嚴重性，然而在事故發生後，不僅造成當事人財務上之損失及身心上難以平復之傷害或生命的消失，更可能導致家庭之破碎及衍生嚴重的社會問題，而此時肇事鑑定之單位，若無法正確地確認肇事責任之歸屬，則當事人的傷害將更形加劇。

表 1.1 九十年度道路交通事故統計[1]

年別	機動車輛 (年月底數) (輛)			警察機關處理道路交通事故 (A1 類)			
	合計	汽車	機車	肇事件數	肇事率(1) (件/萬輛)	死亡人數	受傷人數
民國 81 年	11,268,253	3,618,942	7,649,311	3,489	3.2	2,717	2,929
民國 82 年	11,856,526	3,989,133	7,867,393	2,696	2.3	2,349	2,115
民國 83 年	12,377,083	4,342,574	8,034,509	3,603	3.0	3,094	2,937
民國 84 年	13,201,471	4,684,447	8,517,024	3,528	2.8	3,065	2,933
民國 85 年	14,273,465	4,989,551	9,283,914	3,619	2.6	2,990	2,939
民國 86 年	15,345,743	5,294,130	10,051,613	3,162	2.1	2,735	2,428
民國 87 年	15,959,135	5,430,095	10,529,040	2,720	1.7	2,507	2,007
民國 88 年	16,317,768	5,359,299	10,958,469	2,487	1.5	2,392	1,636
民國 89 年	17,022,689	5,599,517	11,423,172	3,207	1.9	3,388	1,541
民國 90 年	17,465,037	5,731,835	11,733,202	3,142	1.8	3,344	1,490
比較增減(%)	2.60	2.36	2.71	-2.03	(2) -0.1	-1.30	-3.31
資料來源：內政部警政署及交通部。							
說明：85 年以前資料不含福建省。							
附註：(1)採年中車輛數計算。(2)係指增減數。							

目前司法機關對於交通事故之審理，均送請各地區之肇事鑑定委員會代為鑑定，鑑定委員會係由地方監理機關、公路或市區道路公務機關、警察機關、大專院校及社會團體等單位派代表參加，然而交通事故肇因分析與責任歸屬之鑑定是一複雜、繁瑣且具高難度技術性的工作，但國內在處理肇事事故上，從現場資料的收集到判斷責任之歸屬，都是以人工進行，但常常因為人為因素以及鑑定人力的不足，容易造成判斷作業上的困難及疏失，因此研究國內外交通事故之處理作業的流程，找出可提高現場資料收集之完整性及精確度的工具及方法，同時配合肇事重建軟體之應用，以增加鑑定結果之公正性、客觀性與準確性，減少人為因素的影響，並提高鑑定之效率，乃是本研究動機。

以往發生車禍事故時，肇事鑑定人員可經由煞車距離與行車速度對照表，依據車禍現場所遺留之煞車痕長度，以及當時道路之路面材質、使用時間及乾濕狀況等車禍現場紀錄資料，推算肇事車輛之行車速度，進而重建車禍過程中各車輛之位置與行進軌跡，以釐清個別之肇事責任。

隨著汽車科技不斷進步，各式可提高煞車效能之系統與零件不斷被研發及運用，不但煞車距離與行車速度對照表之適用性遭到質疑，此外車輛加裝防鎖死煞車系統（Anti-Locked Braking System，簡稱ABS）、或其他輔助煞車系統如電磁式煞車系統（Electromagnetic Braking System，簡稱EMBS）及電子控制式煞車（Electronically Control Braking System，簡稱ECBS）等，所遺留之煞車痕跡長度與傳統式煞車不同，容易造成行車速度推估誤差。除了煞車系統的影響外，不同的車輛設計(影響車輛的慣性)以及輪胎胎紋及胎壓(影響輪胎與路面的摩擦係數)均會影響車輛的煞車行為，對於肇事鑑定之結果與品質造成很大的影響。傳統之路面摩擦係數對照表之摩擦係數範圍較大，因此推估之速度範圍也較大，造成推估結果的誤差，本研究經由實車驗證，研擬車輛於不同路面之阻力係數對照表，將阻力係數之範圍縮小，可減少速度推估範圍之誤差，以增加速度推估之準確性。

民國 84~86 年交通部運輸研究所，曾經針對肇事鑑定之煞車距離應用與行車速度推估方法，進行為期三年之研究，其重點在於進行實車的測試，雖然此一為期三年之研究進行了相當多的試驗，但在煞車距離的推估方式均採用傳統之方式，亦即加速度假設為一定值的情況下之推估值，此一假設不但與實際狀況有很大之差距，一般加速度會隨著時間而改變，實際煞車時，煞車來令片開始摩擦輪胎後，才開始產生煞車力，使減速度由零開始增加到達穩定值，傳統公式並未考

慮這段煞車力建立時間 t_s ，而且從踩下煞車踏板到來令片張開開始摩擦之前，並未產生煞車力；若再考慮此車輛反應時間（ t_{nb} ），則速度推估結果，會更符合實際煞車情形。此外，前述計畫重點在於實車試驗，對於相關理論及參考文獻之查考上較不完備，因此不易看出其對於協助意外事故重建的具體成果。

近年來國外在此一方面已有長足之發展，不但各種推估的理論模式以及 ABS 的應用均有相關文獻發表，更有許多意外事故重建軟體被發展出來，事故重建軟體可輔助肇事鑑定，用以了解事故的前因後果，並提供一客觀結果做為鑑定參考使用。國外對於相關的軟體已有相當程度的發展，並有幾套軟體實際運用於肇事鑑定上。國內台北市車輛行車事故鑑定委員會與中華大學均有引進事故重建電腦輔助軟體，藉由電腦動畫將事故發生前的車輛位置、軌跡及現場圖等繪設出來，以重建事故前的現場，證明肇事雙方供詞的正確性。在模擬軟體方面，如有較正確的數據輸入，包括車輛、路面及駕駛人的行為等，才可使軟體發揮更大功能。同時事故記錄器（Event Data Recorder，簡稱 EDR），於肇事鑑定之貢獻已受到肯定，部份新車已將 EDR 視為標準配備之一。現場肇事調查流程在肇事責任規屬上扮演很重要的角色。現場資料收集的完整性和正確性會影響到後續的分析結果，警察大學曾經針對國內外現場肇事調查流程做比較，可發現國內的調查流程並不完整。

綜上所述，為提高肇事鑑定之品質與公正性，本研究目的在於：

1. 透過回顧國內外行車速度推估之相關文獻，收集並分析國外肇事鑑定推估行車速度之方法與過程，再利用國內外車輛測試資料庫，配合一些新的推估方法，與現行的煞車距離與行車速度對照表做比對及實測驗證，並加以修正，研擬一套較適合我國推估行車速度之方法，並提出相關分析結果與建議，作為交通部未來制定行車速度推估方式之參考。
2. 針對 ABS、EMBS 及 ECBS 等新式煞車系統的煞車距離與行車速度的推估，收集相關文獻並參考國外的實驗數據與資料，建立合理之推估理論與可行方案。
3. 對於意外事故重建軟體，利用收集相關文獻和軟體介紹以了解軟體的功能和相關理論基礎，亦引進兩套軟體進行實際模擬，並評估事故重建軟體在肇事鑑定上的應用。
4. 收集國外 EDR 之相關文獻和各種產品介紹，及 EDR 的實驗及實際應用實例，參考國外目前的發展狀況以了解其商業應用之

實用性和成效，並評估國內使用之可行性。

5. 現場作業流程方面，收集國內外之現場作業流程，比較其優缺點，對國內之現場作業流程程序和資料收集上提出建議，並評估 3D 影像重建技術的可行性。

1.2 研究對象與範圍

本研究的重點在於改善及修正現行煞車距離與行車速度推估表，以改善現行肇事鑑定之準確性。圖 1-1 為本計畫進行之流程。

本研究的主要工作為收集國外的相關資料，包含相關之參考文獻、車輛之車型資料庫、車輛撞擊測試資料庫、煞車測試資料庫及較新的行車速度推估公式等。採用新的行車速度推估公式對傳統的速度推估表做一修正，並利用相關數據資料庫來比較傳統式煞車系統和新式煞車系統（主要是 ABS）之煞車距離與行車速度推估表的差異。根據修正後的推估表，進行相關的驗證實驗，以証明推估表的可行性。

國外在事故重建上已發展出相關的軟體為輔助，本研究針對事故重建軟體之技術及理論進行了解，比較各軟體之適用性及差異性，並利用國內外之事故紀錄進行分析模擬驗證，以確認事故重建軟體之可行性，並進一步探討國內引進或開發之可行性。

而在事故記錄器方面，係收集國外相關技術資料，了解國外已有之相關研究和相關產品，以及事故記錄器在意外事故分析及重建上的幫助，進而評估在國內局部性研發此產品之可行性及未來應用方向。

現場作業流程對於整個肇事重建和鑑定工作十分重要，因此本研究乃收集國外之肇事現場作業流程，並了解國內的相關作業流程，做一比較，未來更可評估事故記錄器於現場作業流程之相關工作。

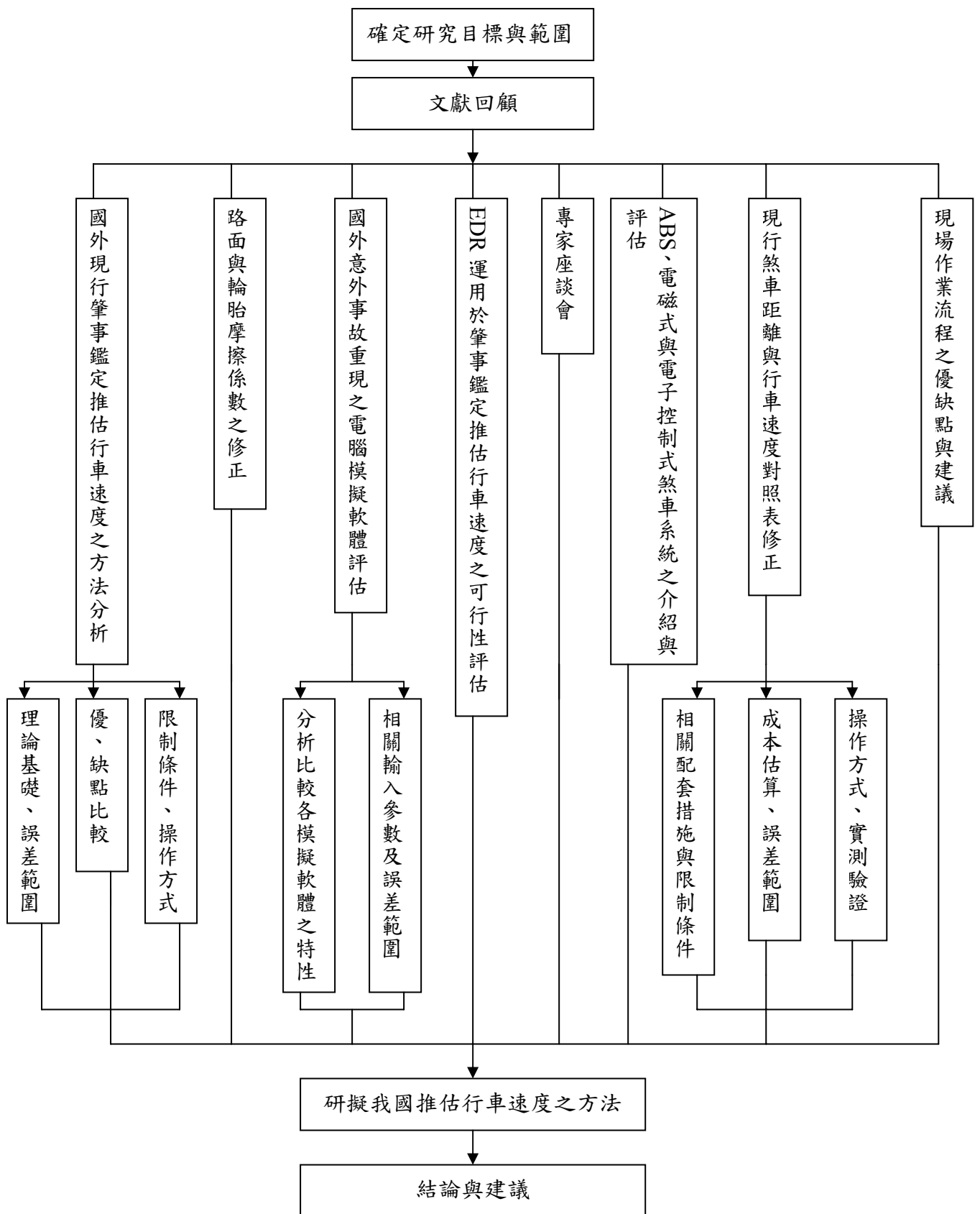


圖 1-1 計畫流程圖

1.3 研究內容

1.3.1 肇事行車速度推估

國內目前現行推估行車速度的方法，是以肇事現場所遺留的煞車胎痕作為參考依據，再根據現有「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」，來推算當時的行車速度，但此行車速度並未考慮煞車力建立時間(t_s)及車輛反應時間(t_{nb})，所以結果與實際情形差異較大。但是隨著科技的不斷進步，現在煞車系統的煞車能力和以前煞車系統的煞車能力已經不相同了，使用以前的速度推估方式來推估現在車輛的行車速度，會有一定的誤差產生，而且輪胎種類及車型的不同亦會影響煞車的表現，因此以前的行車速度對照表已經不適用，必須加以修正。

國外目前現行行車速度推估法，分為乾地與濕地兩種不同的情況，且將地面所遺留的煞車胎痕區分成輪胎鎖死與未鎖死前所遺留的兩種情形，本計畫發展出區分一般煞車系統與 ABS 的行車速度推估法，使國內之行車速度推估法更趨完備。

1.3.2 事故重建技術

事故重建技術的發展在國外已行之有年了，反觀國內事故重建技術卻仍在起步階段。為發展適合國內之事故重建技術，就必需參考國外先進國家的事故重建技術狀況，選擇一套較適合國內車輛、路況以及法令等相關因素的事故重建技術，加以適當的修正，以研擬一套完整且合乎國內需求的事故重建系統。

國外事故重建相關文獻資料相當充足且完整，由網際網路或圖書館中皆可獲得相當多的參考資料，彙整之後可對國外目前事故重建技術有完整的了解。此外由國外的煞車測試資料庫中，對於不同的車型有不同的煞車距離，可利用此資料庫，分析不同車型的阻力係數及煞車距離的差異，了解不同的 t_s 及 t_{nb} 對結果的影響。分析國外事故重建技術，並比較國內目前現行的肇事重建技術，相信對於提升國內肇事重建技術之層次，有一定的幫助。

1.3.3 新式煞車系統

隨著汽車工業的發展，對於駕駛安全的相關配備也有相當程度的改善，新式煞車系統為提升駕駛安全中不可或缺的配備之一。當車輛行駛中，輪胎與道路之抓地力會因為不同的道路狀況而有不同，當駕駛踩下煞車之後，會造成四個輪胎的轉速不同，而造成車輛失控，進而影響車輛行駛之安全，因而有所謂防鎖死煞車系統(ABS)的發展，

ABS 是利用油壓電磁閥及回油幫浦的作用來作增壓（增加煞車力）、保壓（保持煞車力）、降壓（減少煞車力）三個功能以控制各車輪的轉速，保持速度差在一定的範圍之內，使駕駛緊急踩下煞車時，仍然可使車輛保持穩定之狀態。近年來，部份車廠新車上市時，皆將 ABS 視為新車標準配備之一，這代表著 ABS 對於駕駛安全維護上有相當程度的貢獻。

此外，電磁式煞車系統(EMBS)及電子控制式煞車系統(ECBS)也陸續被發展出來，不但可以大幅縮短煞車距離，同時也可維持車輛的穩定，是相當進步之煞車系統。未來隨著科技的進步，或許有其他更安全的煞車系統被發明，更能夠維護駕駛及乘客的安全。本研究收集國外煞車系統相關發展狀況，以了解不同煞車系統所留下的胎痕差異。

1.3.4 事故記錄器

事故記錄器(EDR)的功能類似用於飛航安全的飛航紀錄器(俗稱黑盒子)，是用來擷取行車資訊的裝置。EDR 由多種感測器、微處理器及記憶體等所組成，感測器可依需求裝設，絕大部分之 EDR 有裝設加速規，可用來測量事故發生時的速度變化，也可由此得知車輛在撞擊時所承受的力量；裝設電位計可測得油門的打開程度；SWITCH 開關可了解駕駛在事故發生時的煞車狀況；里程計可得知車輛在撞擊時的車速。

隨著科技的發展，微處理器及電腦技術已大量使用於車輛工業上，亦包括 EDR，由感測器中之加速規所量得的資料為一電壓值，在微處理器中可將此電壓值換算成加速度與時間關係的資料，再經由微處理器判斷後，會開一迴路來記錄，直到儲存到記憶體最後一個位址時再由第一個位址覆寫資料，如此反覆儲存，當車輛受到撞擊時，記憶體會再開另一迴路來儲存事故的相關資料，如此即可得知車輛在撞擊前、撞擊時及撞擊後的資料。未來的事務重建技術可用事故記錄器作為輔助，使事故重建更加精準。本研究就國外有關 EDR 的技術、應用法規及未來的可能發展作完整的說明，以供國內未來實際應用時的參考。

1.3.5 肇事現場調查流程

國內外對於事故現場的調查方式不盡相同，國內肇事現場調查[2]通常會使用的資料包括：事故現場圖、肇事經過摘要、拍照存證、筆錄、天候、光線、道路障礙、交通設施、事故類型及形態、當事人行動狀態及駕駛人飲酒、服用藥物情形，對於現行事故鑑定技術而言，

所收集的資料似乎足夠，但是對於新式事故重建技術或事故重建軟體而言，所收集的資料就不敷使用，因此為配合新式事故重建技術所需要的資料，並參考國外現行肇事現場調查流程，與國內現行肇事現場調查流程加以比較，提出國內需要修改的地方。

1.4 研究項目

綜合 1.3 節所述的研究內容，本計畫之具體工作項目可歸納如下：

1. 回顧國內外對於行車速度推估之相關文獻，探討與分析影響行車速度推估之相關因素及影響程度。
2. 收集並分析國外（主要為美國、日本及澳洲等資料庫）之肇事鑑定推估行車速度之方法。
3. 現行「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」使用限制及改善方式，利用改進的推估公式以修正對照表所列之摩擦係數值和煞車距離，並進行相關的驗證實驗。
4. 目前電腦模擬運用於肇事鑑定推估行車速度之狀況，分析比較各模擬軟體之特性及推估行車速度之理論基礎。並將相關輸入參數詳細列表，作為現場資訊收集時的重要參考項目。
5. 評估事故記錄器運用於肇事鑑定推估行車速度之可行性。
6. 根據以上五點所得之分析結果，並依不同車輛特性，研擬我國推估行車速度之方法及其實證，以滿足肇事鑑定之需要。
7. 辦理專家座談會，討論本計畫之相關研究，並收集各專家之意見，改善及修正本計畫之初步成果與進一步之研究。
8. 收集國外之肇事現場作業流程，並了解國內肇事現場作業流程，分析比較其優缺點，並提出建議及未來可行方向。

1.5 研究成果

本研究之具體成果如下：

1. 研讀國內外事故重建及速度推估相關之書籍與文獻，了解影響行車速度推估之相關因素及影響程度。
2. 蒐集國外之肇事鑑定推估行車速度之方法，提出國內目前行車速度推估公式相關研究中所需修正的部份。
3. 分析國外現行事故重建軟體之理論基礎，比較各套軟體在功能上及操作上的優缺點，並引進一國內適用之事故重建軟體。
4. 蒐集國外事故記錄器之發展及運用於肇事鑑定推估行車速度之情況。
5. 提出國內事故鑑定分析流程，以健全國內事故鑑定之方式。
6. 蒐集新式煞車系統之相關文獻，了解新式煞車系統之原理及煞車能力。
7. 收集並分析國外煞車測試資料庫。
8. 研擬我國推估行車速度之方法，並完成新式行車速度推估公式之煞車驗證實驗。
9. 比較國內外事故現場調查流程，分析國內外於肇事現場所記錄之資料，並提出國內現場調查需改善之處。
10. 收集與機車相關的煞車阻力係數資料，可提供機車事故之分析研究。

第二章 煞車胎痕長度與行車速度之推估

目前國內在處理道路交通事故上，對於行車速度之推估皆以現行「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」作為參考之依據。但由於車輛設計日新月異，同時在道路施工的技術上也有大幅之進步，因此有必要針對現行所使用之「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」加以修正，以因應目前交通環境與新世代車輛的變化。由於在行車速度推估公式中，均是以阻力係數作為計算參數，而非摩擦係數，且在事故現場所量測的是煞車胎痕而非煞車距離，因此建議將「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」名稱改為「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」。

目前國內「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」所使用之行車速度推估公式，是將煞車胎痕長度當作總煞車距離，並未考慮到煞車力開始作用到產生最大煞車力的時間 t_s ，因此所推估出來的速度會比實際速度低。本研究針對所收集之國內外煞車試驗數據，利用傳統行車速度推估法、Neptune 行車速度推估法以及本研究改良之行車速度推估法進行阻力係數推估比較，並配合實車測試以驗證本研究之推估結果。詳細內容茲分述如下。

2.1 煞車系統

近年來防鎖死煞車系統（Anti-Locked Braking System，簡稱 ABS）、電磁式煞車系統（Electromagnetic Braking System，簡稱 EMBS）及電子式煞車系統（Electronically Controlled Braking System，簡稱 ECBS）已經被大量的使用在小客車及大型車輛上，除了 ABS 煞車系統有較多的文獻可供參考外，由於其他煞車系統大都是製造廠商自行開發出來，而無較詳細之資料可供參考。因此針對其他型式之煞車系統，本研究收集相關資訊並整理之，以供實用之參考。然而目前國內所使用之「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」所適用的煞車系統為傳統的煞車系統，並未考慮其他不同型式煞車系統的影響。針對此點，本研究藉由參考以往國內外之相關文獻及研究成果，嘗試研擬出適用 ABS 系統之「汽車煞車距離、行車速度及阻力係數對照表」，並規劃以小客車實車路試來驗證推估法之正確性。事實上，每一個系統應用在不同的車上均有不同的效果，因此本研究將以各國之新車測試中心（New Car Assessment Program，簡稱 NCAP）為資料收集依據，嘗試整理為資料庫，再根據第三章所建立的推估技術，作不同速度與煞車痕跡的對照表，以供現場實務上之使用。

2.1.1 傳統煞車系統

Limpert[8]曾經指出碟式煞車產生煞車力的方式，和腳踏車煞車的原理相同，利用煞車盤和附在卡鉗（Caliper）上之來令片摩擦所產生，如圖 2-1 之左圖所示。Limpert 同時也指出鼓式煞車置於車輪輞（Wheel Rim）和車輪轂（Wheel Hub）之間，如圖 2-1 之右圖所示。當煞車時，煞車皮摩擦車輪，產生摩擦力，進而降低車速。

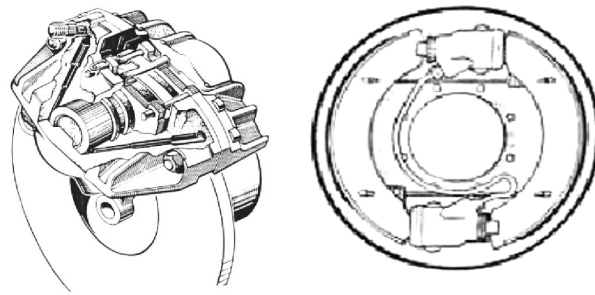


圖 2-1 碟式煞車(左)與為鼓式煞車(右)[8]

2.1.2 ABS 煞車系統

趙志勇[3]曾提及 ABS 煞車系統結構如圖 2-2 所示。主要可分為輪速感知器、作動器、控制單元以及煞車油路。其設計為在作動器發生作用後，經由煞車總泵使煞車來令片張開摩擦車輪，輪胎轉速開始降低，這時候輪胎會處於一種滾動加滑動的情況，再經由輪速感知器得到車輪的轉速，當車輪接近鎖死時，將訊號傳給電子控制單元，從而控制煞車總泵，將鎖死輪胎的力量放鬆，再重新施加煞車力，如此往覆作用，以求煞車時能保持最大的煞車力。

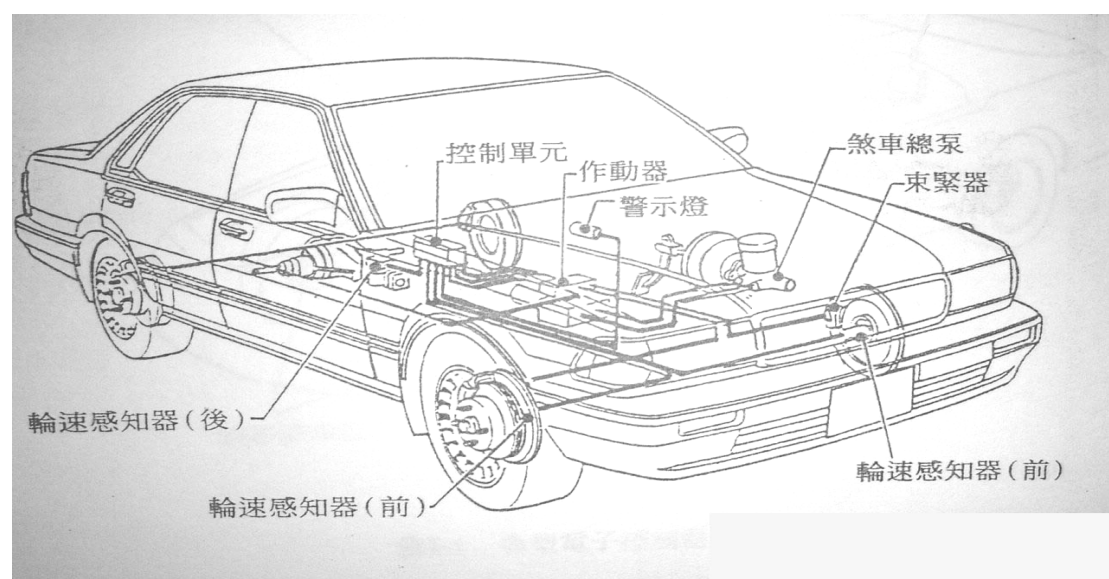


圖 2-2ABS 零組件裝設位置[3]

圖 2-3 為 ABS 與兩種傳統煞車系統之比較圖，①是由 ABS 控制之車輛；②是由一位富駕駛經驗的駕駛，以點煞方式操作煞車；③是指一般人以一腳踩到底的方式操作煞車。由圖中之比較可知，ABS 系統就像是一個經驗非常豐富的駕駛者，能以每秒 12 次的頻率做點煞方式的煞車動作，使車輛能夠在很短的時間及很短距離內就可煞停。由於人為方式的點煞是利用腳來控制，因此無法像 ABS 系統能利用微電腦有效控制點煞時間間隔，此外 ABS 系統可以讓車輛在煞車過程中達到最大煞車力(最大減速度)，但是人為點煞可能無法達到此一功能，所以車輛使用 ABS 系統，其煞車距離最短，人為用腳點煞方式則不一定。然而 ABS 的優點不僅止於提供最大的煞車力量與縮短煞車距離，由於在緊急煞車時可防止車胎鎖死，因此駕駛者除了可以控制行車的方向外，車輛也不易因急煞而產生側滑或打轉的情況。其他附加的好處是輪胎不因急煞鎖死而產生不正常的磨損，因此可以延長輪胎的壽命。此外，在一般乾燥路面上 ABS 與傳統煞車系統相比並無太大差異，但若在較為濕滑之路面（濕滑路面阻力係數較乾燥路面低）上，ABS 的確能有效縮短煞車距離並防止車輛失控。

圖 2-4 乃用以表示煞車力與輪胎打滑兩者之間的相對關係。縱座標為煞車力，橫座標為滑差（滑動比），圖中標示之 1 為穩定之煞車範圍。圖中標示之 2 為不穩定之煞車範圍。煞車力的變化可以視為阻力係數的改變，開始煞車時，煞車力迅速的增加，但滑動比的值只有緩慢的增加，等達到最大煞車力（車輛滑動比大約 15%~20%）時，煞車力減小而滑動比迅速增加，車輪迅速的鎖死。

採用 ABS 有下列特點：

1. 使用精密電子控制煞車力，達到輪胎與路面間最大的阻力係數，在大部分的路面皆能縮短煞車距離。
2. 由於 ABS 不會鎖死車輪，在煞車時也不會喪失方向盤的控制性，煞車時駕控性更好。
3. 緊急煞車時可以避免後輪鎖住，造成類似甩尾的動作（偏向一邊），在直線行駛時可維持方向。
4. 避免緊急煞車時造成輪胎之磨損，可延長輪胎的壽命。
5. 當故障安全功能有作用時，顯示燈能夠警告駕駛人 ABS 出現問題。當 ABS 控制系統出現問題時，一般煞車系統尚能維持作用。

6. ABS 具有自我診斷功能，對於車輛的維修及保養有幫助

7. ABS 的駕駛者在緊急事故時，較不恐慌。

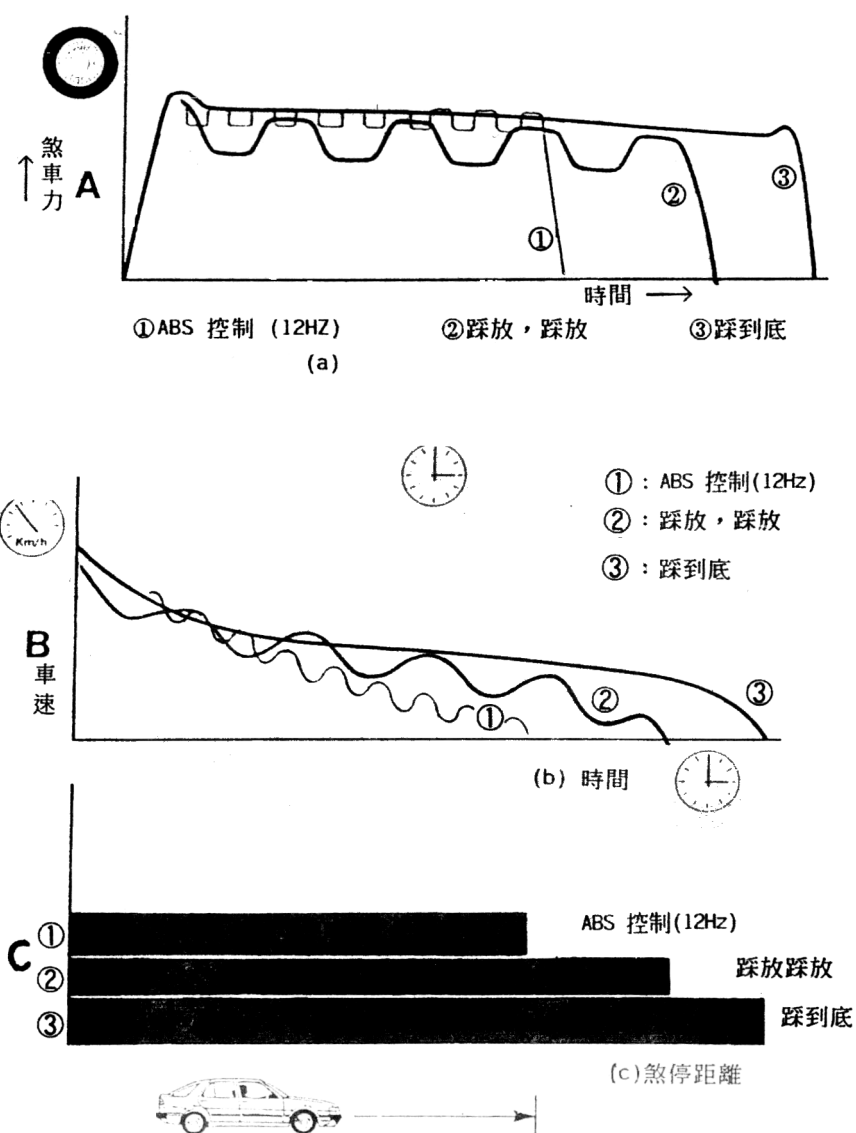


圖 2-3 ABS 與傳統煞車之比較 [3]

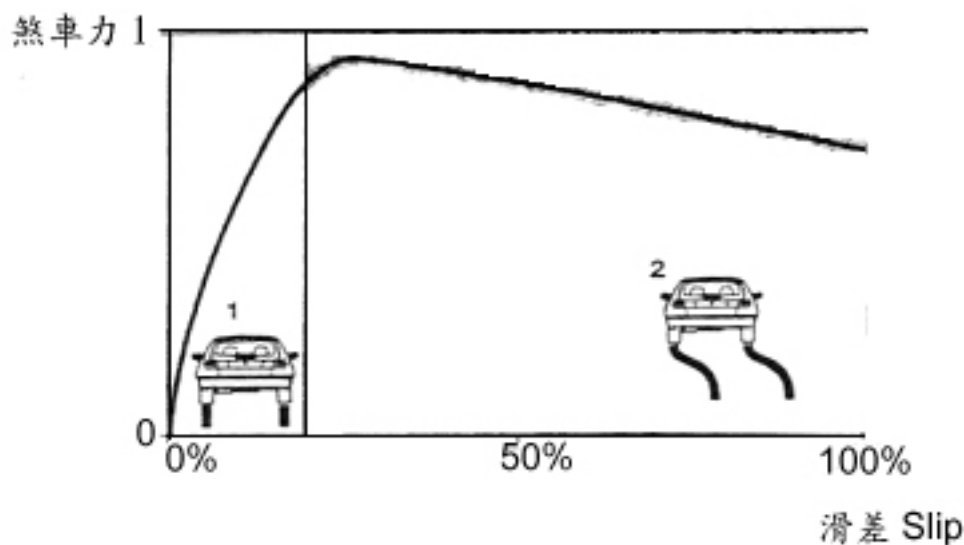


圖 2-4 煞車力與滑動比關係圖[3]

Leonard[4]曾經提出有關 ABS 的發展歷史，如表 2.1 所示。Kahane[5]在其研究報告中指出，配備有 ABS 的車輛在一般多車撞擊事故中，死亡車禍發生的機率可以減少 24%，無人死亡車禍發生的機率可以減少 14%。Macher[6]曾經指出，防鎖死煞車系統（Anti-Locked Braking System，簡稱 ABS）於 1960 年代末期開始出現在車輛上。一直到了 1980 年代末期，四輪 ABS 系統已成為少數新車（主要為跑車、輕型卡車或高級汽車）出廠時的標準配備之一。近年來，ABS 的使用更加普遍，許多汽車和輕型卡車在出廠時，都將 ABS 視為標準配備，在 1996 年所出廠的車輛中，有 62% 的車輛有配備四輪 ABS 系統。

Hertz、Hilton 與 Johnson[7]曾經在研究報告中提出，一般小客車在道路上行駛的事故種類（無其他行駛中的車輛撞擊），可分成三類：翻覆、正向撞擊停放在路旁的汽車或固定的障礙物、側向撞擊停放在路旁的汽車或固定的障礙物等情況。如果以乾燥的路面來說，配備有 ABS 的車輛，可以減少 17% 翻覆情況的發生機率，而以正向或側向撞擊停放在路旁的汽車或固定的障礙物來說，配備有 ABS 的車輛，可以分別降低 13% 與 7% 的發生機率。

表 2.1 ABS 的發展歷史[4]

年份	ABS 相關發展
1932	英國專利“An Improved Safety Device for Preventing the Jamming of the Running Wheels of Automobiles when Braking”發表
1936	英國專利編號 2,038,144“Apparatus for Preventing Wheel Sliding”發表
1943	Westinghouse Air Brake Co.得到鐵路防鎖死 (Railroad Anti-Lock) 的專利，成為第一家將防鎖死系統商品化的公司
1951	Goodyear Aircraft Corp.展示卡車之防鎖死系統
1953	Dunlop 的 Maxaret 進入飛機防鎖死系統市場
1957	Westinghouse 公司將 ABS 應用至工業用車輛
1967	WABCO 開始 ABS 在德國的發展
1969	Thunderbird 和 Lincoln 成為美國最早配備 ABS 的車輛
1970	NHTSA 提議在工業用車輛上強制裝備 ABS
1981	Daimler Benz 成為第一家提供 ABS 配備的卡車設備製造商
1990	Rockwell 和 WABCO 形成聯合企業 (Rockwell WABCO V.C.S.)，供應北美的 ABS 市場
1991	歐洲商業委員會 (European Economic Commission，簡稱 EEC) 要求車重超過 16 公噸的車輛需配備 ABS
1994	NHTSA 完成兩年有關 ABS 的短期測試
1997	FMVSS121 要求所有的拖車需配備 ABS
1998	FMVSS121 要求所有的氣壓煞車卡車、巴士及拖車需配備 ABS

2.1.3 其他新式煞車系統

Telma[9]曾針對典型之電磁式煞車的作動提出說明，電磁式煞車是由定子（Stator）與轉子（Rotor）所組成，轉子在受到電磁體影響後，產生煞車力，降低車速。定子包括了16個感應線圈（Induction Coils），分成四組，一次激發一組，且定子以防振動拖架為支撐，裝設於車輛底盤。電磁式煞車之控制方式分為五種情況，第一種情況為關閉（電磁體無激發），其他情況依次序增加減速力，圖 2-5 為電磁式煞車之結構。電磁式煞車系統安裝的位置有兩處可選擇，第一個位置在齒輪箱和後輪傳動器之間，如圖 2-6 之左圖所示，另外可安裝在車輛的底盤，後輪傳動軸上，如圖 2-6 之右圖所示。如果車輛之齒輪箱和後車輪軸之間有足夠的空間，電磁式煞車系統安裝工作就不會太困難。電磁式煞車可提供車輛在煞車時，有更好的操控性能。

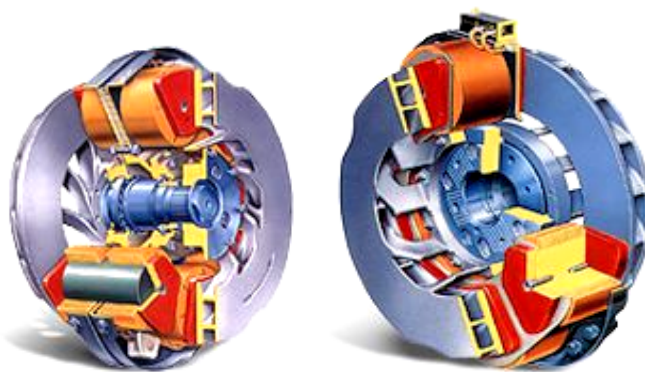


圖 2-5 電磁式煞車之結構[9]

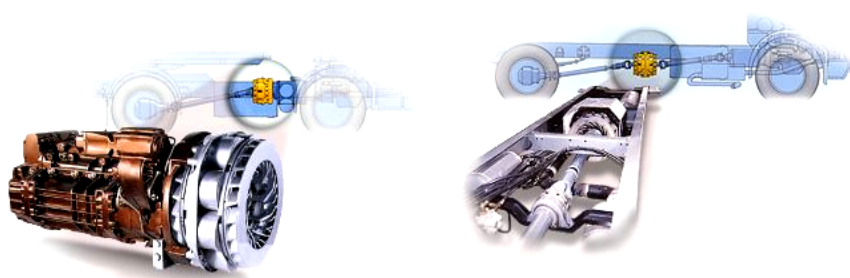


圖 2-6 安裝齒輪箱和後輪傳動器間(左)、安裝後輪傳動軸(右)[9]

Reverdin[10]曾經指出，電磁式煞車所提供的反向減速力，大約為一般引擎最大動力輸出的兩倍。如此出色之減速能力，使電磁式煞車比起其他的減速裝置，擁有更多的競爭優勢。Wouterse[11]曾經指出電磁式煞車系統由煞車盤及電磁體所組成，當電磁式煞車系統作用時，電磁體受到輸入電流的激發，而產生磁力，煞車盤受到此磁力的影響，產生一反向的感應電流迴路及磁場，造成反向的制動

力，以降低車輛行駛之速度。

WABCO[12]，曾經提出配備電子式煞車系統之車輛，可大幅減少煞車皮的磨耗程度，並降低煞車器的保養費用。另外，電子式煞車系統可確保在任何時間下，拖車與拖掛車有一致的煞車效率，並可縮短煞車距離，進而提高煞車時車輛之穩定性。電子式煞車系統，被視為一項可提供更短煞車距離之技術。此系統具有改善動態之煞車力分佈、改善組合車輛煞車平衡、自我診斷分析及連續煞車監測系統[13]，並可擴充至其他車輛煞車系統及動態控制系統。因為此系統相當複雜，所以美國卡車製造廠商聯盟於 1999 年 8 月 31 日至 9 月 2 日在美國田納西州召開之國家運輸安全委員會中，建議工業界及政府必須合作進行煞車系統之操作測試，以提高工業車輛之安全性。由於目前大型車輛(聯結車等)的煞車系統常因煞車損壞、煞車系統過熱以及載物過重導致無法及時煞車等因素，影響煞車性能，因此許多煞車專家表示需要一些適合的電子控制系統來改善這種情況。

電子式煞車系統必須符合下列標準[13]：

1. 設計連接在大多數工業車輛之標準氣壓驅動鼓式煞車（傳統煞車）上。
2. 必須以駕駛之煞車踏板輸入，經由電子訊號及電子氣壓閥對基本煞車機構提供適當的電子控制。
3. 必須能提供 FMVSS No.121, Air Brake System（49CFR 571.121）中所定義之氣壓煞車防鎖死功能。
4. 控制系統中之電子零件或氣壓發生故障時，車輛必須能符合 S5.7.2 of FMVSS No.121 中之緊急煞車停止距離。
5. 系統設計必須可與氣動控制煞車系統（Pneumatically Controlled Braking System，簡稱 PCBS）同時運作，當拖車與曳引車分別配備 ECBS 及 PCBS 時，可以提供車輛較安全的操控能力。
6. 系統必須是耐久且可靠的，並能夠克服工業車輛操作時之惡劣環境及操作車輛之各種情況。

徐業良[14]提到在電子式煞車系統中，煞車踏板類似電門開關，不是直接驅動油壓幫浦，而是將電子訊號傳至系統的電子控制單元（Electronic Control Unit, 簡稱 ECU），ECU 考慮了各種車況訊

號輸入後，決定了獨立施加在各個車輪的最佳煞車力，再經由油壓系統施加到各個車輪上，對煞車力道的控制可以更精確。圖 2-7 分別為拖車之 ECBS 調節器及伺服閥，圖 2-8 為電子式煞車與全鼓式煞車、全碟式煞車、前碟後鼓式煞車之煞車距離比較圖[15]。



圖 2-7 拖車 ECBS 調節器(左)與伺服閥(右)[16]

汽車上使用電子式煞車系統有下列之優點[17]：

1. 提高完整煞車系統的診斷。
2. 偵測煞車皮變薄及在損耗臨介點時通知駕駛。
3. 縮短煞車距離。
4. 改進車輛的穩定性及駕駛的操控。

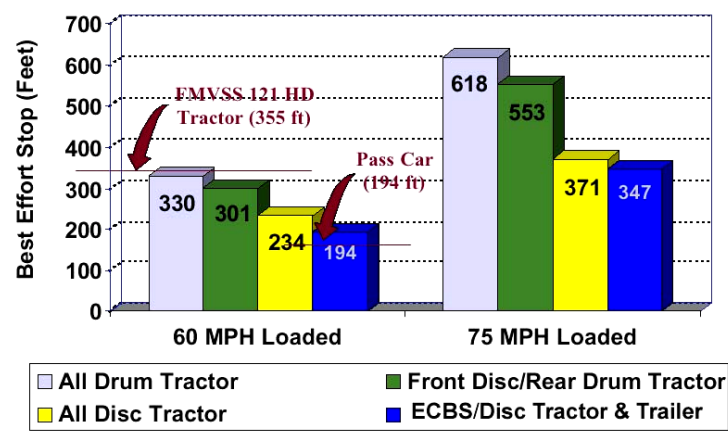


圖 2-8 電子式煞車與不同煞車系統之比較[15]

而在拖車上裝設電子式煞車系統有下列優點[16]：

1. 拖車與曳引車的煞車力可有最佳的平衡點。
2. 可有最短的反應時間，且煞車力在拖車及其所有的曳引車都可同時作用。

3. 以電子式控制壓力可改進反應時間、縮短煞車距離及提升拖車及拖掛車連結的穩定性。
4. 氣壓壓力改以電子式控制，取代原有氣壓閥門設計。
5. 簡化煞車系統的安裝。
6. 提高產品測試的可信度。
7. 診斷功能可擴充至整個煞車系統。

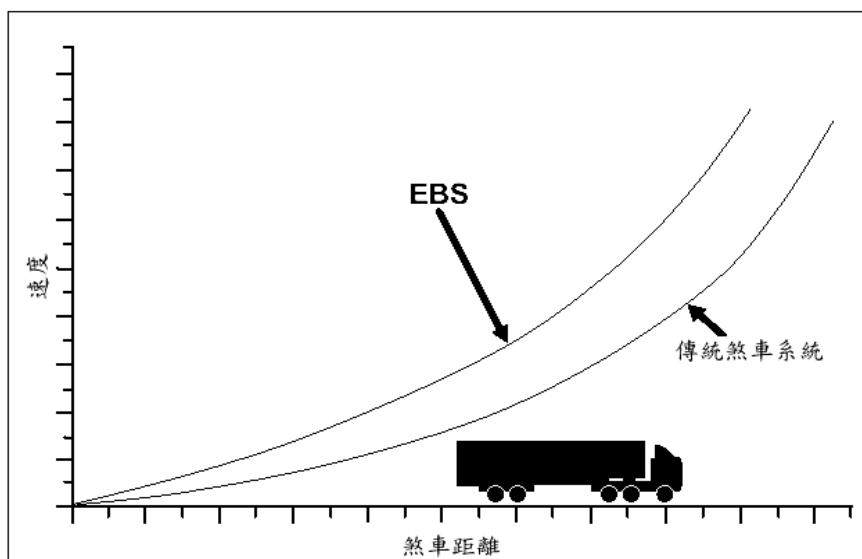


圖 2-9 電子式煞車與傳統煞車煞車距離比較圖[18]

2.2 ABS 煞車系統的煞車效益

NHTSA 針對 ABS 煞車系統的效益作過系列研究[19](表 2.2)，該研究選定 9 種不同年份的車型 (1993~1997)，針對 9 種路面進行廣泛的試驗。表 2.3 試驗結果顯示：一般而言 ABS 系統可以增進安全，除了碎石路面 (Loose Gravel) 與輕負載下的草地，ABS 反而會增加煞車距離 30%與 7.1%以外，其餘的路面及負載均可減少煞車距離，效果最高可達 32.4%，最少也達到 4.6%，一般均在 10~20%之間。而在碎石路面的情況下，一般煞車系統的煞車距離會較短，其原因為在碎石路面時，輪胎在碎石中滑動的摩擦力比輪胎滾動時要大。

NHTSA[20]在 ABS 系統發展的同時，原本在重型車輛(如卡車、拖車等)一直無法改善的煞車距離問題也開始受到重視。在車輛安全方面，原本因為煞車系統不夠優良，導致大型車輛的煞車距離一直無法縮短，因此車輛安全標準也一直無法降低，不過由於電磁式及電子式煞車系統的引用，可以重新擬定大型車輛的安全煞車距離標準，表 2.4 為現時美國 NHTSA 所使用的重型卡車安全標準；目前 NHTSA 正在進行重新擬定標準的工作，其重點放在縮短安全距離及是否有其他增加煞車力的方式。

表 2.2 ABS 煞車系統對停車距離改善效益的百分比[19]

測試路面	Benefit (or Disadvantage) Percentage(%)	
	Lightly Laden	Fully Laden
Dry Concrete Straight Line	9.8	12.7
Wet Polished Concrete Straight Line	16.7	23.1
Wet Asphalt Straight Line	11.4	17.2
Wet Jennite Straight Line	17.6*	26.6
Grass Straight Line	(7.1)	6.9
Loose Gravel Straight Line	(30.0)	(24.6)
ABS Test Pad #0	7.6	11.6
ABS Test Pad #1	6.2	10.3
ABS Test Pad #2	6.1	10.9
ABS Test Pad #3	4.6*	7.9*
Wet Asphalt/Wet Epoxy Split-mu	11.3	11.4
Dry Asphalt Curve	11.9	19.5
Wet Jennite Curve	18.9*	32.4

表 2.3 汽車測試 9 種路面及不同組合的測試表[19]

Surface	Nominal ASTM Skid No. (Peak/Slide)	Maneuver	Speed
Dry Concrete	90/75	Straight Line (Uniform)	97 Km/hr (60 mph)
Wet Polished Concrete	Unknown/60	Straight Line (Uniform)	64 Km/hr (40 mph)
Wet Asphalt	85/65	Straight Line (Uniform)	80 Km/hr (50 mph)
Wet Jennite	30/10	Straight Line (Uniform)	64 Km/hr (40 mph)
Grass	Unknown	Straight Line (Uniform)	40 Km/hr (25 mph)
Loose Gravel	Unknown	Straight Line (Uniform)	56 Km/hr (35 mph)
Wet Asphalt to Wet Jennite	(85/65) to (30/10)	Straight Line (Transition)	64 Km/hr (40 mph) Transition at 40 Km/hr (25 mph)
Wet Jennite to Wet Asphalt	(30/10) to (85/65)	Straight Line (Transition)	56 Km/hr (35 mph) Transition at 40 Km/hr (25 mph)
Wet Asphalt across comer of Wet Epoxy to Wet Asphalt	(85/65) across comer of (20/3) * to (85/65)	Straight Line (Transition)	64 Km/hr (40 mph) Transition at 40 Km/hr (25 mph)

表 2.3 (續)汽車測試 9 種路面及不同組合的測試表[19]

Surface	Nominal ASTM Skid No. (Peak/Slide)	Maneuver	Speed
ABS Test Pad #0	85/65	Straight Line (Transition)	64 Km/hr (40 mph)
ABS Test Pad #1	(85/65) to (30/10) to (85/65)	Straight Line (Transition)	64 Km/hr (40 mph)
ABS Test Pad #2	(85/65) to (30/10) to (85/65) to (30/10) to (85/65) to (30/10) to (85/65)	Straight Line (Transition)	64 Km/hr (40 mph)
ABS Test Pad #3	(85/65) to unknown to (85/65)	Straight Line (Transition)	64 Km/hr (40 mph)
Wet Asphalt/Wet Epoxy	(85/65) / (20/3) *	Straight Line (Split-mu)	48 Km/hr (30 mph)
Dry Asphalt	90/80	Curve (91.4 m radius)	80 Km/hr (50 mph)
Wet Jennite	30/10	Curve (152.4 m radius)	64 Km/hr (40 mph)
Dry Asphalt	90/80	J-turn	80 Km/hr (50 mph)
Wet Asphalt to Wet Asphalt/ Wet Epoxy Split	(85/65) to (85/65) / (20/3) *	Single Lane Change to Split-mu	80 Km/hr (50 mph)

表 2.4 目前採用之大型車輛安全煞車距離[20]

車型	煞車距離 60 mph 無負載	煞車距離 60 mph 有負載
Bus	280 ft	280 ft t
Single Unit Trucks (Except Buses)	335 ft	310 ft t
Truck-Tractors	335 ft	n / a
Truck-Tractors with unbraked Control Trailer	n / a	355 ft
Semi-Trailers, Trailers, and Converter Dollies	Dynamometer Requirement	Dynamometer Requirement

2.3 影響煞車距離的因素

在現行道路交通事故處理的過程中，行車速度的推估主要是利用事故現場所留下之煞車距離作為參考依據。然而影響煞車距離的因素很多，主要可以分為：人、車及環境等三方面，茲分述如下：

2.3.1 人為因素的影響

在人為因素方面，駕駛習慣以及不同之煞車操作方式，都會造成煞車距離的差異。目前國外在人為因素影響的研究可分為二種：(1)緊急狀況之反應時間(2)踏板交替時間與踩踏煞車踏板的方式。茲分述如下：

1. 駕駛人對於緊急狀況認知與反應時間的影響：圖 2-10 為煞車過程之時間分析圖[3]，圖中之 a 即為駕駛人意識到危險情況所需之感知時間；b 為駕駛人從判定危險情況到踩下踏板所花費的反應時間；圖中之 t_a 即本研究使用之 t_{nb} (踩下煞車踏板至產生減速度的時間)； t_s 則是煞車胎痕產生時間； t_{vt} 除了來令片張開時間外，尚包含來令片接觸輪胎表面後，車輛減速度不明顯的時間。Baker[21]指出感知時間為 1.5 秒，反應時間大約介於 0.7~0.8 秒之間。而國內一般認定感知時間為 0.75 秒，反應時間為 0.75 秒。[22]

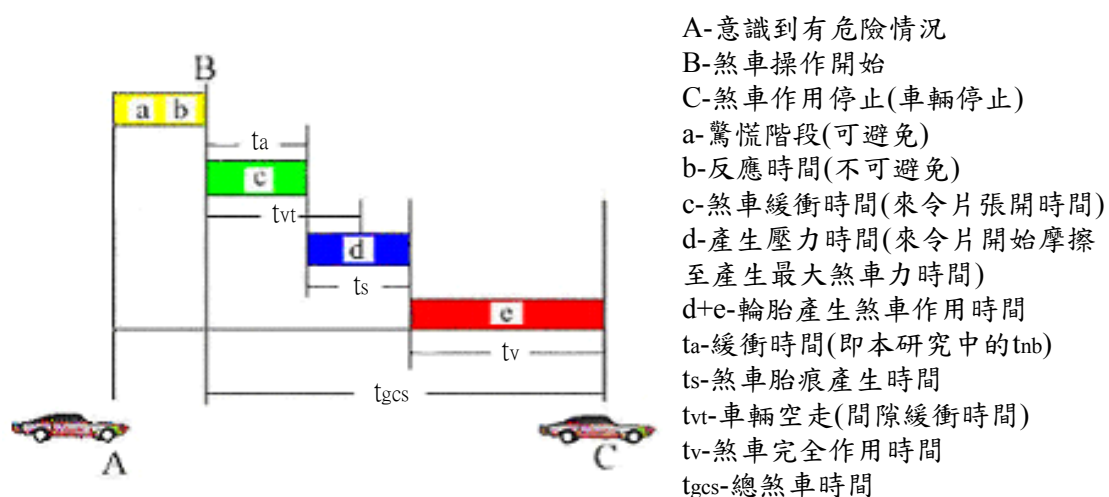


圖 2-10 煞車歷程圖[3]

2. 駕駛踩踏方式之影響：在踏板應用方式上，駕駛人的踩踏力量及踩踏次數，均會影響車輛之煞車距離。一般而言，煞車方式可分為一腳踩死及點煞兩種方式，兩種煞車方式在相同車速下，其煞車距離亦不相同。在低速行駛時以一腳踩死方式，會有較短之煞車距離；但在高速行駛時，點煞方式能獲得較短的

煞車距離。在 NHTSA 相關的文獻[23]中也提到，對於一個經驗豐富的駕駛，其煞車方式會因為車速的不同而有所不同。但對於一般人而言，在遇到緊急狀況時，大部份都是使用一腳踩死的方式。

在踏力方面，NHTSA[23、24]將踏力分成四個等級，如表 2.5 所示。若以圖 2-為一個標準踏板力曲線，則四個等級之踏板力曲線如圖 2-12 所示。該研究指出，若煞車初期的踏力太小，所產生的煞車效果並不明顯。

表 2.5 踏板力等級劃分[23]

等級	0.1 秒	0.2 秒	0.3 秒
A	Over 445N	Over 445N	Over 445N
B	334-445N	Over 445N	Over 445N
C	222-334N	Over 445N	Over 445N
D	0-222N	222-445N	Over 445N

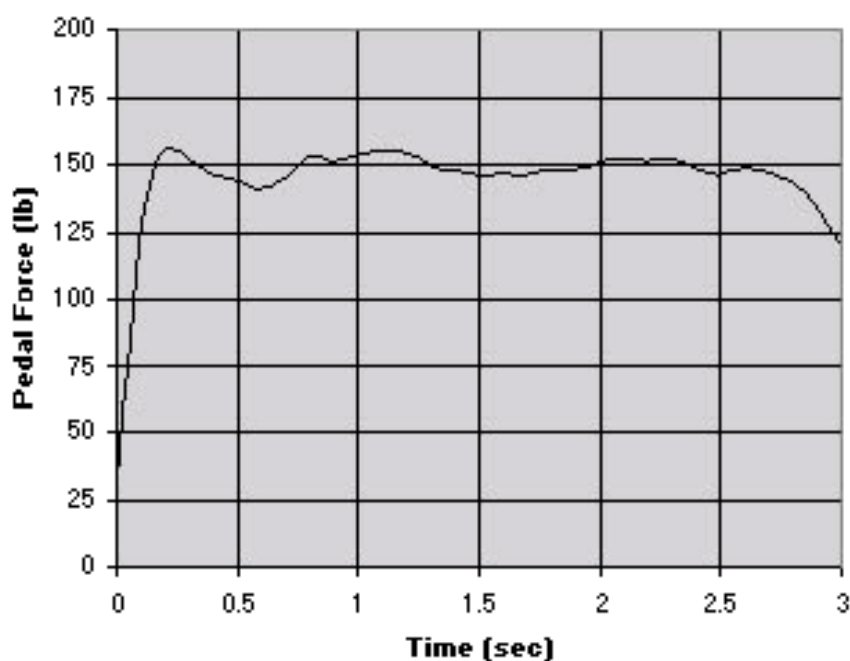


圖 2-11 標準踏板力曲線圖[23]

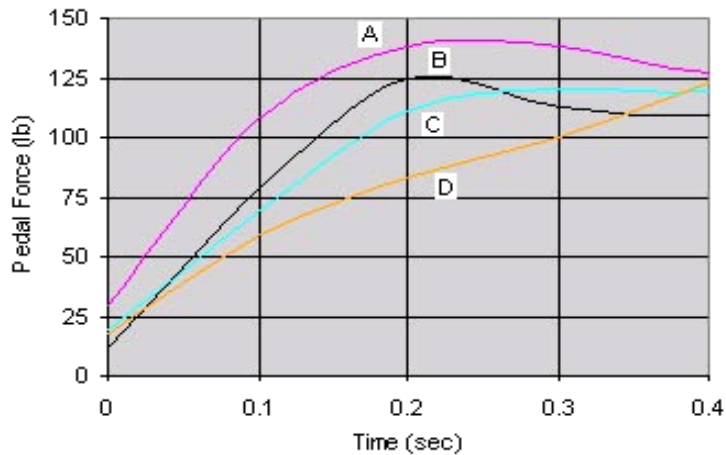


圖 2-12 等級 A，B，C，D 曲線圖[23]

此外 NHTSA[25]也評估過不同駕駛、不同車輛及不同路面使用狀況，所造成煞車距離的變化，並針對不同踏板應用能力對於煞車距離的影響進行探討。由圖 2-13 之結果發現，不同踏板力對於煞車距離的影響並不明顯，對於一般人而言，在遇到緊急狀況時，大部份都是使用一腳踩死的方式，因此本研究在推估行車速度時，並不考慮此一因素。

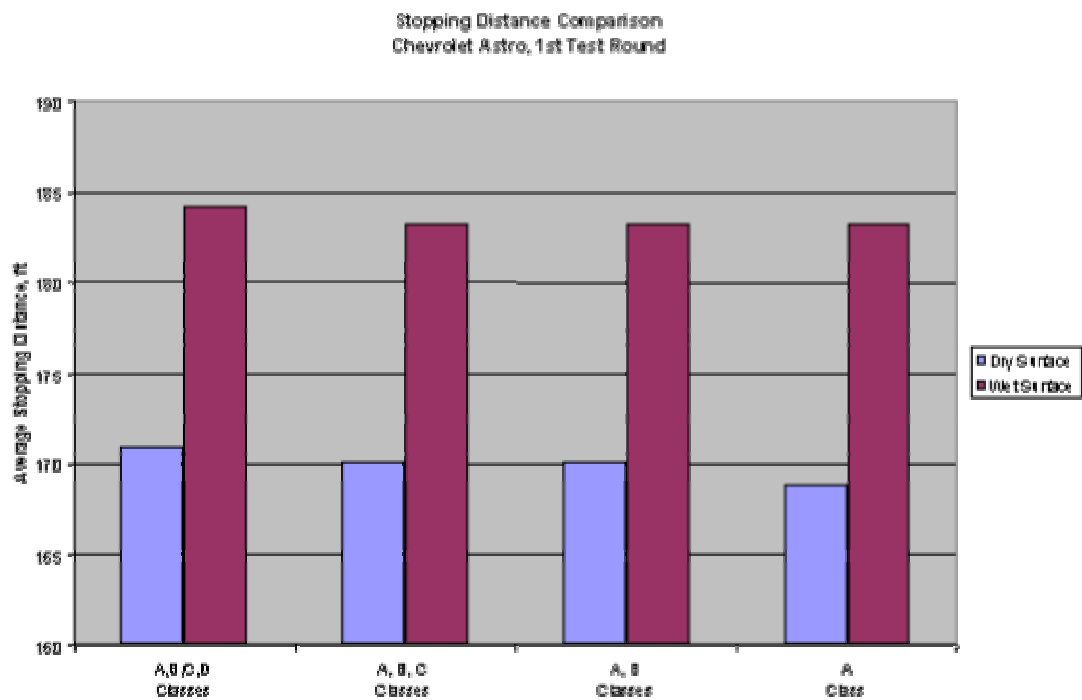


圖 2-13 不同踏板力等級對平均煞車距離的影響[25]

2.3.2 車輛因素的影響

車輛因素對於煞車距離的影響主要分為三方面：輪胎設計、車

輛設計以及煞車系統設計等。

1. 輪胎設計：不同輪胎的設計(如胎紋及尺寸等)都會影響到輪胎與路面的摩擦係數。就同一個輪胎而言，輪胎設計之目的為在特定的胎壓下，使輪胎與路面的摩擦力有最好的表現，反應在煞車距離上，即可達到最短的煞車距離。NHTSA[26]提出胎壓過低時，輪胎會影響車輛的行為，如車輛的搖晃和煞車距離的長短。表 2.6 為時速 60mph 下，不同胎壓之煞車距離測試資料。由數據可以發現雖然在乾地時，胎壓對煞車距離的影響不大。但就整體而言，胎壓為 35psi 時，煞車距離較短。當胎壓不足時，會增加煞車距離。當胎壓介於 15~30psi 時，不同路面會有不同的煞車距離。在水泥路面，胎壓增加則煞車距離減少，在柏油路面上煞車距離反而增加。在正確的胎壓下，煞車距離跟速度變化的關係，如圖 2-14 所示。煞車初期車速變化較緩，車輛停止前則會劇烈減速。即在低速時，速度變化率變大，煞車距離較短。因此當車速較高時，在煞車過程中，速度變化率低的部分增加，故煞車距離增加。

表 2.6 不同胎壓在不同路面的煞車距離 (feet) [26]

胎壓 路面	15 psi	20 psi	25 psi	30 psi	35 psi
濕水泥	148.8	147.5	145.9	144.3	146.5
乾水泥	142.0	143.0	140.5	140.4	139.8
濕柏油	158.5	158.6	162.6	161.2	158.0
乾柏油	144.0	143.9	146.5	148.2	144.0

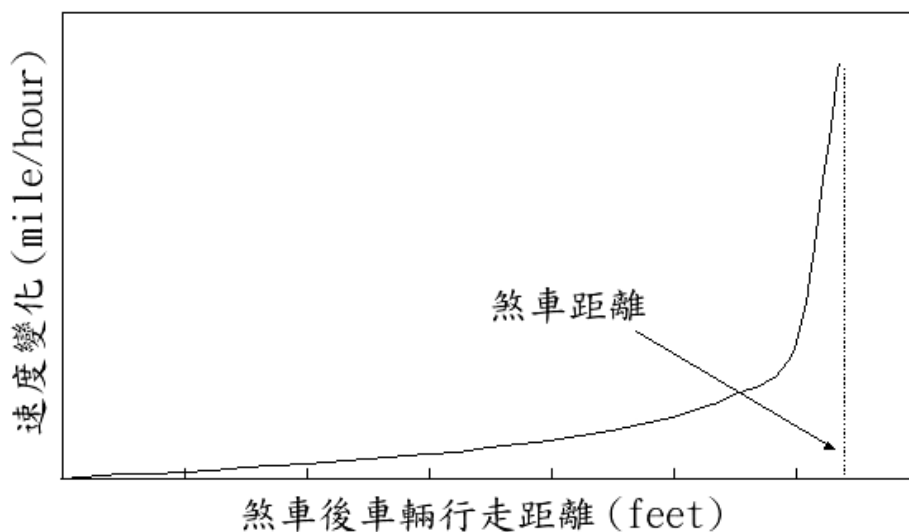


圖 2-14 煞車距離與 Delta-V 關係圖[26]

1. 車輛設計：不同的車輛設計會有不同的煞車力表現。但就同一部車而言，車重及重心高度也會影響車輛的慣性運動，進而影響車輛煞車距離的長短(如圖 2-15 所示)。因此，對不同車輛若直接以同樣的傳統公式 $V_{trad} = \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s}$ 做速度推估，則會有顯著的誤差。此外，車輛的負載對煞車距離也有明顯的影響，根據 NHTSA[23]提到不同的車輛荷重，會改變車輛的慣性力，而造成煞車距離的改變。一般來說，荷重越大，煞車距離越長。圖 2-16 及圖 2-17 為不同載重之車輛在乾地和濕地上的煞車距離差異。一般而言，載重車輛的煞車距離較長，因為其慣性力較大。

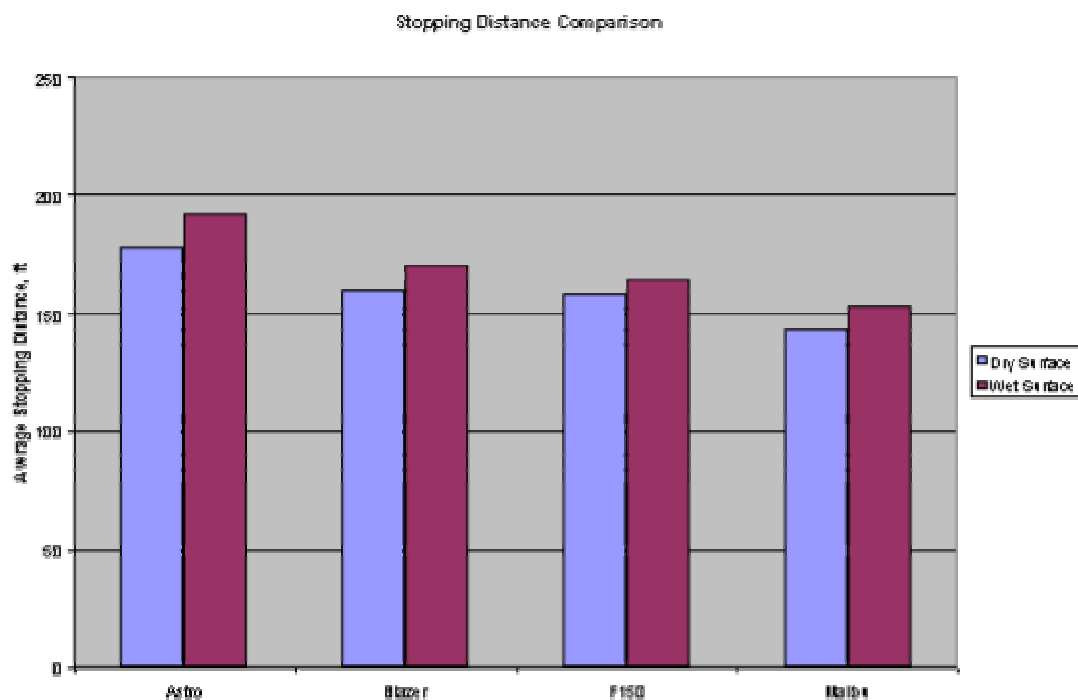


圖 2-15 不同車輛的煞車距離[25]

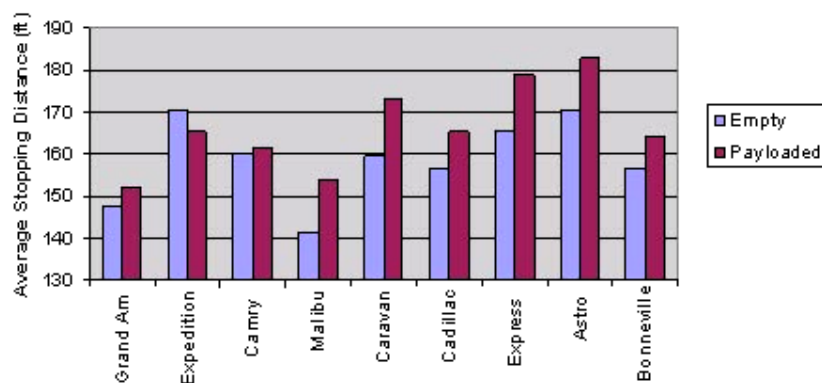


圖 2-16 不同荷重在乾柏油路面的煞車距離[23]

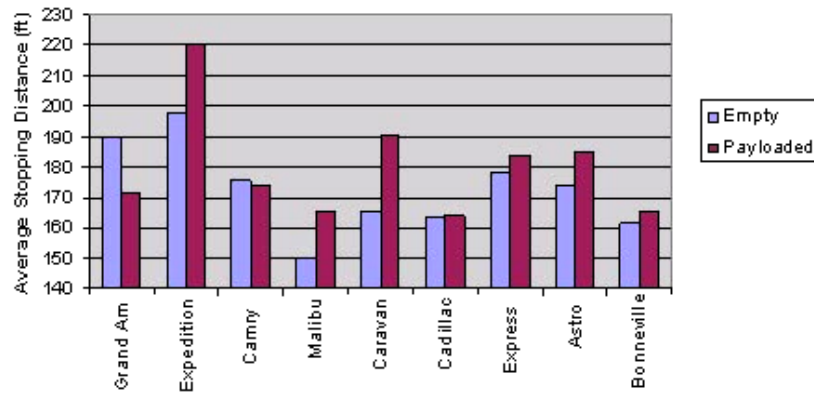


圖 2-17 不同荷重在濕柏油路面的煞車距離[23]

- 煞車系統設計：煞車系統中，來令片的間隙及摩擦係數會影響煞車距離。在踩下煞車踏板後，來令片張開的時間為車輛空走的時間，而來令片完全張開後，與輪胎的摩擦係數也會影響煞車壓力建立的時間。此外根據 NHTSA[23]研究指出，煞車器溫度會影響煞車距離，煞車器溫度越低，煞車距離越短，但溫度過低時，會造成煞車器過冷（Cold Brake）之現象，也會影響煞車距離。因此在進行煞車試驗時，煞車器溫度必須控制在 65~100 °C 之間。

2.3.3 環境（路面）的影響

不同路面有不同的摩擦係數。路面材質、路面使用情況、乾濕路面及路面坑洞等，都會影響煞車距離。根據 NHTSA 的研究[23]，風速、輪胎溫度及路面周圍溫度等週遭環境對於煞車距離並沒有很大的影響，但是不同的路面環境則會造成煞車距離的變化。由圖 2-18 和圖 2-19 可以發現，不論車輛輕載或滿載，車輛在乾地時的煞車距離，皆較濕地短（Cadillac 車除外），其主要因素為乾地之摩擦係數較大，而濕地會產生水膜現象，造成車輛滑動。

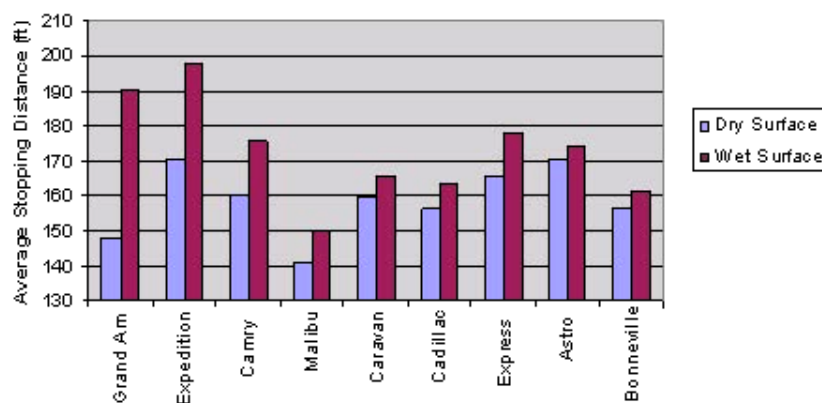


圖 2-18 車輛輕載在不同路面下的煞車距離[23]

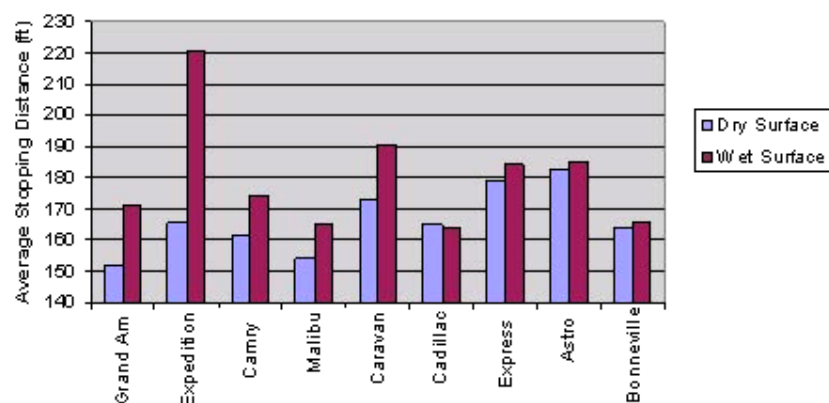


圖 2-19 車輛滿載在不同路面下的煞車距離[23]

另外，同樣的路面，不同的使用頻率及使用時間，會反應在路面的摩擦係數，造成地面摩擦力的改變，進而影響煞車距離，如圖 2-20 所示。表 2.7 為 Baker[27]針對不同路面之阻力係數所做的研究，研究中發現，阻力係數會隨著車速的不同而改變，尤其低速時的變化更明顯，這是由於低速時，速度變化率較大，煞車距離較短，車輪鎖死時間，在整個煞車歷程中所佔的時間比例較大。

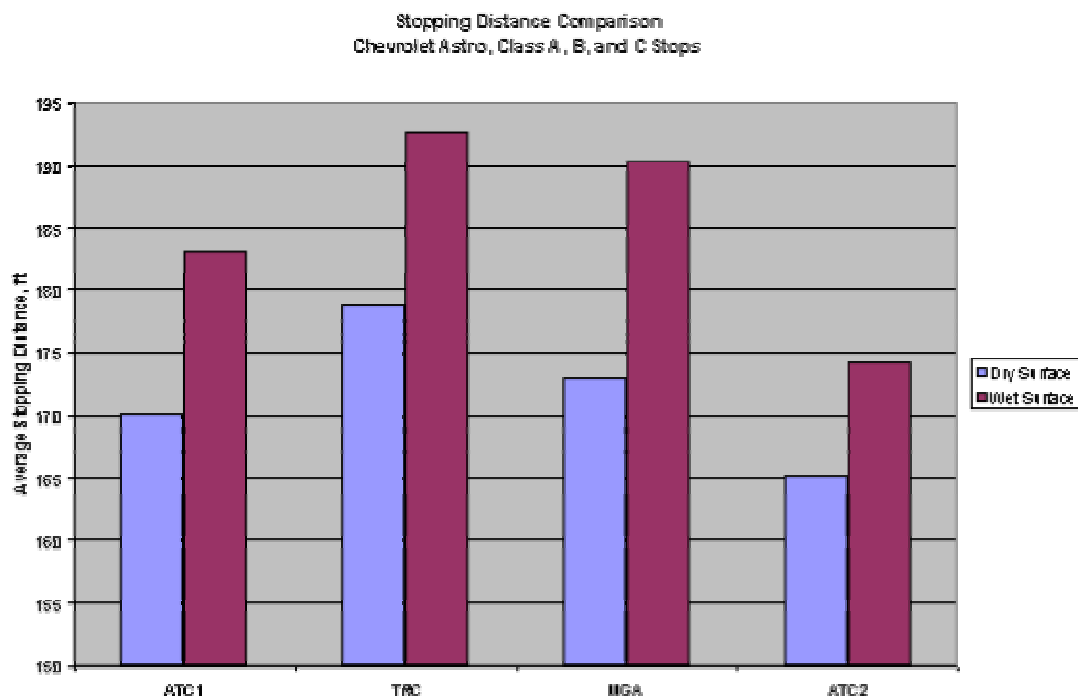


圖 2-20 不同場地所造成的煞車距離差異[25]

綜上所述，目前國內所使用之「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」並未考慮到來令片開始摩擦輪胎，煞車力開始作用到產生最大煞車力的時間 t_s ，因此在行車速度推估上會產生誤差。針對此一問題本研究將廣泛收集國外煞車測試資料庫，並針對不同路面的阻力係數以及速度推估公式等進行適當的修正。

表 2.7 不同路面的摩擦係數[27]

路面型式	乾地		濕地	
	速度小於 30mph	速度大於 30mph	速度小於 30mph	速度大於 30mph
水泥地(PORTLAND CEMENT)				
新的(New, Sharp)	0.80~1.20	0.70~1.00	0.50~0.80	0.40~0.75
走過的(Traveled)	0.60~0.80	0.60~0.75	0.45~0.70	0.45~0.65
磨到光滑的(Traffic Polished)	0.55~0.75	0.50~0.65	0.45~0.65	0.45~0.60
柏油路(ASPHALT or TAR)				
新的(New, Sharp)	0.80~1.20	0.65~1.00	0.50~0.80	0.45~0.75
走過的(Traveled)	0.60~0.80	0.55~0.70	0.45~0.70	0.40~0.65
磨到光滑的(Traffic Polished)	0.55~0.75	0.45~0.65	0.45~0.65	0.40~0.60
磨掉瀝青的(Excess Tar)	0.50~0.60	0.35~0.60	0.30~0.60	0.25~0.55
礫石地(GRAVEL)				
緊密的(Packed, Oiled)	0.55~0.85	0.50~0.80	0.40~0.80	0.40~0.60
鬆散的(Loose)	0.40~0.70	0.40~0.70	0.45~0.75	0.45~0.75
煤渣(CINDERS)				
緊密的(Packed)	0.50~0.70	0.50~0.70	0.65~0.75	0.65~0.75
石子地(ROCK)				
壓碎的(Crushed)	0.55~0.75	0.55~0.75	0.55~0.75	0.55~0.75
冰地(ICE)				
光滑的(Smooth)	0.10~0.25	0.07~0.20	0.05~0.10	0.05~0.10
雪地(SNOW)				
緊密的(Packed)	0.30~0.55	0.35~0.55	0.30~0.60	0.30~0.60
鬆散的(Loose)	0.10~0.25	0.10~0.20	0.30~0.60	0.30~0.60

在利用煞車距離推估行車速度均使用阻力係數作為計算參數，而非摩擦係數。只有當輪胎完全鎖死時，阻力係數會等於摩擦係數。以下僅就摩擦係數之測定之方式作一說明：

1. 英國手提輕便防滑度測定儀法：

原理：又稱為擺式試驗法（Pendulum Method），利用能量不減定律，將位能轉變為運動能，再轉變為摩擦能，進而測出路面之摩擦係數。

測定方法：將裝有橡膠擺鐘（Pendulum）之滑溜裝置，自一定高度自由擺下，與路面產生摩擦，觀其下擺之讀數，測出路面防滑程度。所得之防滑值（Skid Number）接近最大靜摩擦係數（Critical Friction Coefficient）。

使用範圍：本試驗結果和其他類型之摩擦試驗儀所測定之結果一樣，僅供參考，試驗者必須對影響路面摩擦之各項因素充分瞭解，並將試驗結果與其他不同條件之試驗結果比較，才有意義。

2. 拖車法：

原理：以牽引車（Towing Truck）牽引測定輪前進，當測定輪（Tow-Wheel Trail）制動時，其摩擦係數或防滑值，並不直接等於牽引力除測定輪重量，而必須將輪重減去牽引軸上之垂直力，此力是由牽引軸之力矩（ $P \cdot r$ ）所引起的，因此 $Na = P \cdot r$ ，即 $N = P \cdot r/a$ ，故測定輪之淨垂直力為 $W - (r/a)P$ ，所得之摩擦係數或防滑值為：

$$\mu = P/[W - (r/a)P] = SN$$

其中： a 為測定輪至牽引軸支點之距離

r 為牽引軸支點至地面距離

P 為牽引力，以動力計（Dynamometer）求之

W 為輪重

SN 為防滑值

μ 為摩擦係數

測定方法：以牽引車牽引測定輪，量測在一定之速率下加以制動所須的牽引力（以動力計求之）。防滑值測定標準速率為

40mph，也可使用 60~70mph。

使用範圍：可求出車速和摩擦係數或防滑值之關係，此值為縱向摩擦係數。

3. 橫向摩擦係數測定儀法：

原理：利用牽引車以定速前進，並測定標準輪胎之側向力（Side Force），以側向力和車輪重之比值，即為摩擦係數。

測定方法：將牽引車及尾車（Mu-Meter）結合，尾車之主要設備為二個摩擦產生輪（Friction-Producing Running Wheels）、一個記錄輪（Recording Wheel）、平衡設備（Ballast）、自動記錄系統（Recorder System）、輪胎框架（Dual Frame）等，測定速度為 $40 \pm 3\text{mph}$ ，也可以使用 100mph，可用紙帶及計數器（Digital Counter）等方式記錄。

使用範圍：可測出車速和摩擦係數之關係，所測得之摩擦係數為橫向摩擦係數。

4. 減速度法：

原理：利用車輪力平衡之原理，即牽引力(T)=阻力($f \cdot W$)。

其中： f 為阻力係數

R = 行駛阻力（Running Resistance）

包括：滾動阻力 R_r （Rolling Resistance），空氣阻力 R_a （Air Resistance），坡度阻力 R_g （Gradient Resistance）及加速阻力 R_i （Inertia Resistance）。可用下式表示：

$$R = R_r + R_a + R_g + R_i = U \cdot W + \left(C \frac{\rho}{2 \cdot g} \right) \cdot A \cdot V^2 + W_e \cdot G + \left(\frac{W + G}{g} \right) \cdot a$$

其中： U 為滾動摩擦係數，會因路面及車速而不同，在低速時可視為 0。

ρ 為空氣密度

g 為重力加速度

G 為坡度%

A 為汽車橫斷面投影面積

V 為行車速率

W_e 為車輛傳動系統加速阻力

W 為車輛重量

a 為減加速度，即制動力

減速度法中，滾動摩擦係數及空氣阻力係數可忽略不計， G 在平地時為 0%， W_e 在低速時甚小， a 值為減速度，可用減速度儀（Decelerometer）求之，因此以減速度法求摩擦係數可得 $f = a/g$ 。

5. 制動停止距離法：

原理：制動停止距離法（Stopping Distance Method），以駕駛人開始踩煞車踏板制動車輛至停止的距離，來計算阻力係數，所使用之公式如下式：

$$f = V^2 / (254S) - e$$

其中： f 為阻力係數

V 為煞車前車速（Km/hr）

S 為煞車距離（m）

e 為路面坡度，平地時 $e = 0$ ，所以 $f = V^2 / 254S$ 。

2.3.4 機車側滑的影響

在事故重建時，機車側滑為推估其行車速度之重要因素，當機車的前輪因轉彎而失去抓地力時，機車往往會傾斜且會與本來轉彎相反之方向做旋轉，且駕駛者會被甩至機車的前方，例如，在一右彎之道路上，傾到之機車會以逆時針方向旋轉且面向道路的左側倒下，如圖 2-21。如果在轉彎時，後輪先失去抓地力，則駕駛者會與機車分離，機車會沿著原本的方向行進，而駕駛者會留在機車之後方。機車在後輪失去抓地力的情形下，會比前輪失去抓地力時有較高的可能性留在原來的車道，且在此情形下，駕駛可減少因機車與其他車輛或障礙物撞擊時之傷害。當機車傾倒時，機車本來的動能皆消耗於機車與地面摩擦，表 2.8 為國外一研究指出在不同機車與路面在各速度下之阻力係數參考值[28]。

表 2.8 機車之阻力係數[28]

車速 (mph) 車種與路面	30	50	65
重型機車，柏油路	0.50~0.55	0.40~0.50	0.35~0.40
一般機車，柏油路	0.75	0.65	0.60
腳踏車，柏油路	0.80	0.70	0.65
草地	0.90~1.1		

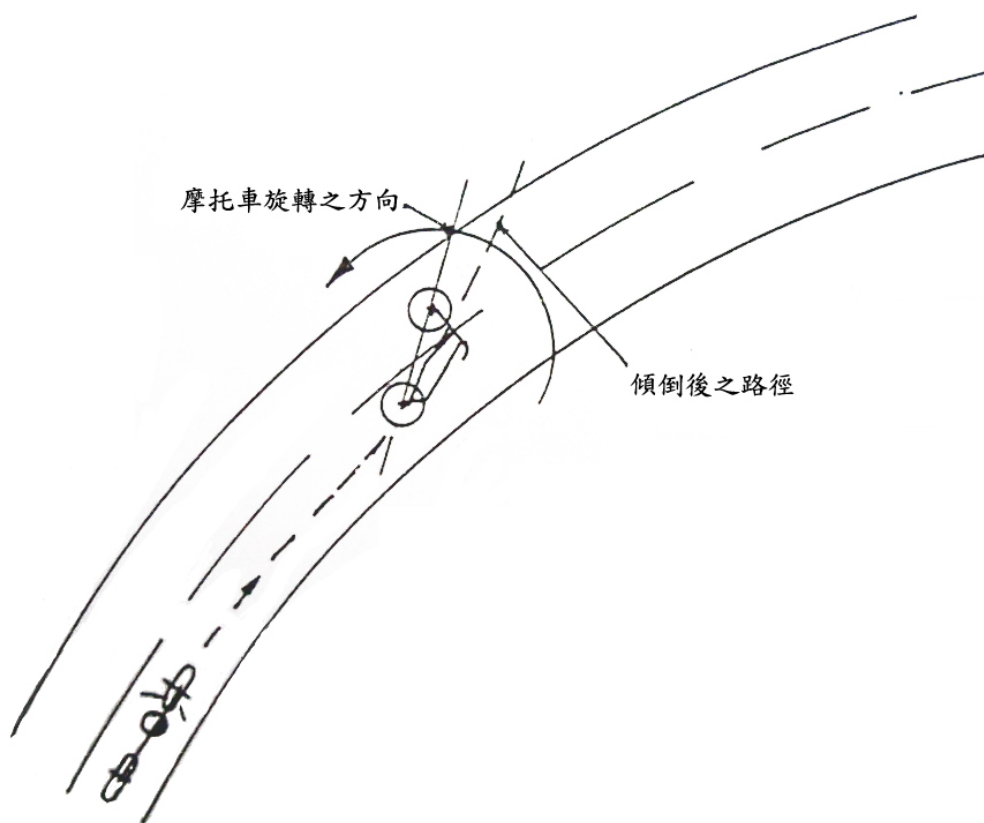


圖 2-21 機車傾倒圖

2.4 煞車胎痕

輪胎在路面上所留下之痕跡，一般稱之為輪胎胎痕。胎痕可分為兩類：(1) 摩擦胎痕：車輪滑動或側滑所留下之胎痕，如煞車胎痕或偏擺胎痕等。(2) 刻印胎痕：車輪滾動（無滑動）所留下之胎痕，如車輪輾過泥土或雪地等。目前國內所使用的「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」對於行車速度的推估主要是依據事故現場所留下之煞車距離(煞車胎痕長度)以及路面種類(道路摩擦係數)作為推算參考，煞車胎痕除了作為行車速度推估之依據外，透過煞車胎痕也可以判斷車輛從何處開始煞車、事故發生時車輛的行駛路徑以及撞擊前位置。

煞車胎痕為摩擦胎痕的一種，其發生的原因為當車輛輪胎鎖死時，於路面產生滑動所留下之痕跡，一般發生於緊急煞車時。煞車胎痕可見度與路面之組成有關，在瀝青柏油路面（Asphalt）之煞車胎痕可見度較佳，在水泥路面（Concrete）則較差，其他如碎石子（Loose Gravel）、草地（Grass）或鬆軟泥地（Epoxy / Sand Surface）上均可留下清楚胎痕。此外，一般濕地之煞車胎痕，可見度較差，較難量測。

一般而言，煞車胎痕可分為以下幾類[29]：

1. Impending Skid Mark：車輪仍在滾動時所留下之胎痕，如圖 2-22 之（A）所示。
2. Skid Mark：車輪完全鎖死後所留下之胎痕，如圖 2-22 之（B）所示。
3. Sideslip：側滑所留下之胎痕，如圖 2-23 所示。
4. Scuff Mark：車輪同時旋轉和滑動所留下之痕跡。與 Impending Skid Mark 的差別在於，Scuff Mark 不是煞車胎痕，而是加速或側滑所留下之胎痕。如加速痕、偏移痕和洩氣的輪胎痕。
5. 搖晃胎痕：車輪失去胎壓所造成之胎痕。
6. Scrub Mark：車輛撞擊後，鎖死的車輪在路面留下之胎痕，如圖 2-24 所示。
7. Spin Skid Mark：旋轉的煞車胎痕，類似甩尾的動作，如圖 2-25 所示。
8. Skip Skid Mark：跳動的煞車胎痕，鎖死的輪胎撞到洞後，彈跳所造成之煞車胎痕，如圖 2-26 所示。
9. 間斷的 Skip Skid Mark：鎖死的車輪放鬆後又再鎖死，發生在駕駛者採用點煞的煞車方式，如圖 2-27 所示。

當車輛開始煞車時，會在路面上留下直線煞車胎痕，即使車輛在行進中突然轉向，也會在路面上留下煞車胎痕。若駕駛者在緊急狀況時，先轉動方向盤，然後踩下煞車踏板，則煞車胎痕會輕微彎曲。當車輛無法避開撞擊，則煞車胎痕在撞擊後可能會改變方向(如圖 2-24 中之 A 點)。重建事故現場時，可用來決定車輛的撞擊點。但是胎痕有時並不明顯，在堅硬的路面上，如水泥地，煞車胎痕常常不易被發現，若再考慮遭受天候或被其他經過之車輛破壞等因素，則在堅硬路面上的煞車胎痕存在時間很短。此外，煞車胎痕和側滑痕在濕地亦不明顯，由於煞車胎痕產生的主要原因是熱摩擦力，但是雨水會冷卻輪胎，降低熱摩擦力的影響，導致遺留在路面上的胎痕不明顯。

在重建事故現場時，煞車胎痕能夠顯示出車輛的相關位置，如在錯誤的車道方向，或是在行人穿越道等，在這些情況下，所量測的煞車胎痕要儘可能的準確。量測煞車胎痕時，最少需量得15cm的長度（若少於15cm，會造成重建現場誤差過大）。量測煞車胎痕，要分別量測車輪停止滾動前的痕跡，及車輪鎖死後的痕跡。不同情況下的量測原則如下[30]：

1. 當四輪接近同時鎖死：四輪幾乎同時產生胎痕，量測時記錄最長的煞車胎痕。車禍現場的平行煞車胎痕，如果幾乎同時產生，則可以只測量一個煞車胎痕。
2. 四輪鎖死時間不接近：分別記錄其煞車胎痕，計算時使用平均煞車胎痕。
3. Skip Skid Mark：視為一般的煞車胎痕，記錄起點到終點的長度。
4. Intermittent Skid Mark：將可見的煞車胎痕長度相加，忽略兩段胎痕中的間隙。
5. 處理 Spin Skid Mark：記錄胎痕的起點到終點的長度，但是記錄時需判斷是否有側滑的現象。
6. 煞車時經過不同的路面：分別記錄煞車胎痕長度，並註明路面的種類，其他彎曲的胎痕如輕微彎曲煞車胎痕（Slight Curve）和嚴重彎曲煞車胎痕（Offset Skid Mark），則測量全部的痕跡。由煞車胎痕推估行車速度之公式，將於 2-6 節中詳細敘述。

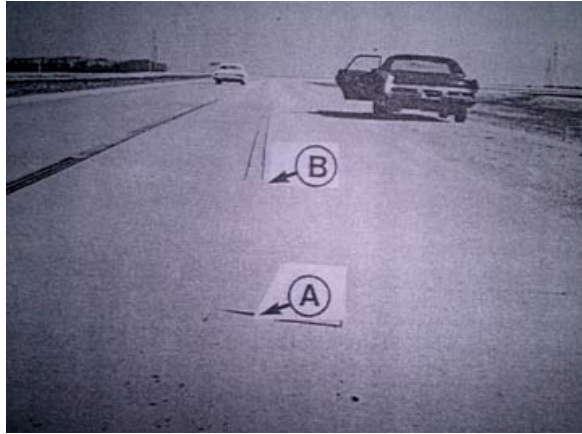


圖 2-22 (a) Impending Skid Mark (從 A 到 B) (b) Skid Mark (B 以後) [29]



圖 2-23 Sideslip Mark [29]

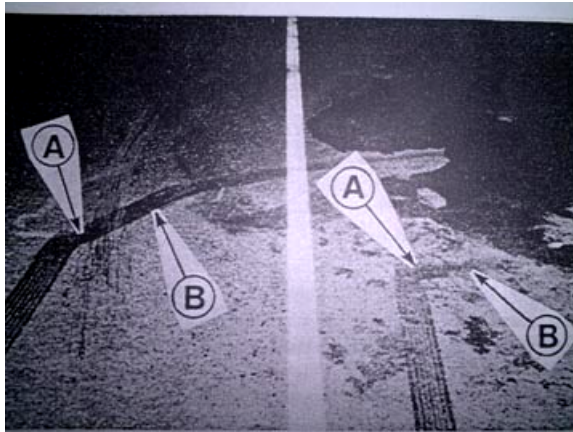


圖 2-24 Scrub Mark (A 為碰撞點，B 為 Scrub Mark) [29]

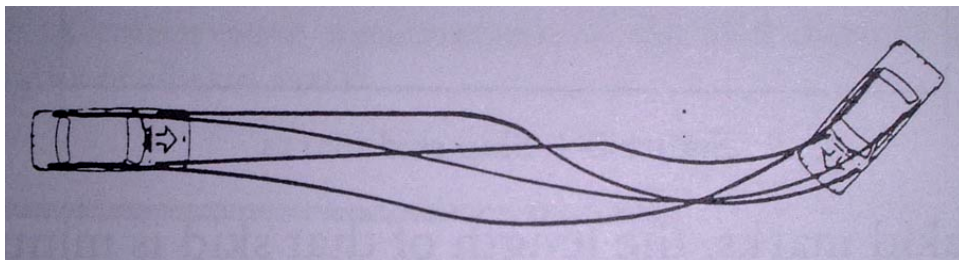


圖 2-25 Spin Skid Mark [29]



圖 2-26 由空拖車所造成的 Skip Skid Mark[29]



圖 2-27 Intermittent Skid Mark[29]

在事故現場所得到的煞車距離，通常都是量測路面上所遺留的煞車胎痕長度。但是在路面上所遺留的煞車痕跡，如圖 2-28 之 C，包括了真實煞車距離和車輛的輪軸距（Wheel Base）。因此真實煞車距離，必須將路面上所遺留的煞車胎痕減去車輛的輪軸距，如圖 2-28 之 A 和 B 所示。

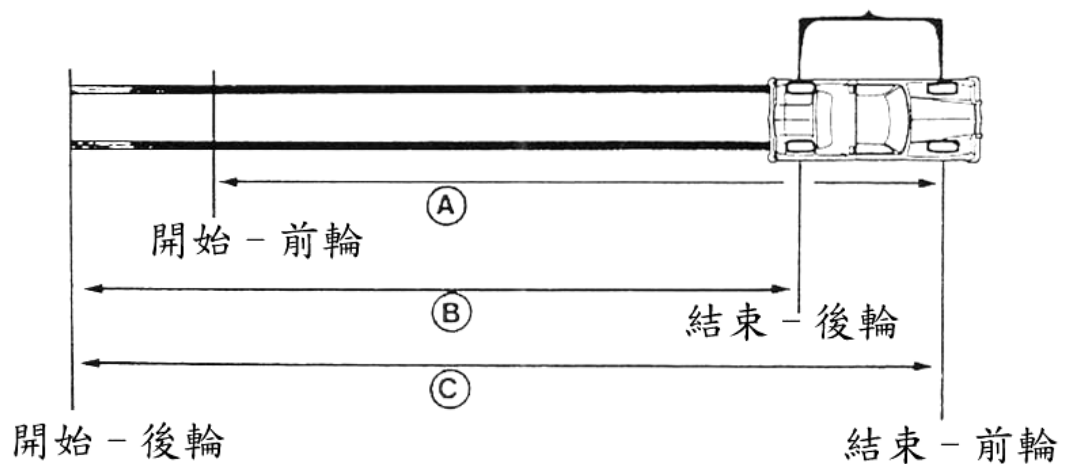


圖 2-28 煞車距離的量測[31]

2.5 利用煞車胎痕推估行車速度

2.5.1 國內外行車速度推估研究

在美國、日本及澳洲等國家，目前仍有利用傳統公式計算行車速度，而在美國及日本亦利用車損法及軟體模擬等方法，來增加推估結果的參考資料，表 2.9 為各國行車速度推估法的整理。

表 2.9 各國行車速度推估法

	速度推估表	速度推估公式	其他速度推估法
美國	無	$V = \sqrt{254 \cdot f \cdot S}$	車損法、軟體模擬
德國	尚無資料	尚無資料	尚無資料
日本	無	$V = \sqrt{254 \cdot f \cdot S}$	動量守恒、軌跡法、車損法、軟體模擬 (PC-Crash)
澳洲	無	$V = \sqrt{254 \cdot f \cdot S}$	尚無資料

國內部分，交通部運研所曾經針對肇事鑑定之煞車距離應用與行車速度推估方法之研究進行為期三年之研究[31~33]，具體成果如下：

1. 84 年針對影響汽車煞車距離有關之參數進行分析，探討汽車煞車距離、行車速度、載重與路面種類、狀況之相關性，以及量測目前暢銷國產汽車於各種載重、天候、路面不同情況下之緊急煞車距離。
2. 85 年，加入人、車、環境等三大方面影響煞車距離之因素加以探討。本研究主要針對影響煞車距離之道路鋪面狀況(新、舊路面)、輪胎性質、煞車系統、來令片材質、車輛負載情況、路面溫度、車輛種類、駕駛人情況(新手、老手)、路面材質等因素加以探討，並以實車測試來加印證。
3. 86 年，則從國產車中擇二部不同型之車輛(自小客及廂型貨車)進行實車路試，以測試結果加以驗證，以確認該草案之正確性。並就實際運用該對照表時之方法條件及限制等提出說明。實車路試之測試條件涵括新、舊柏油鋪裝，乾燥、潮濕路面，滿載重、輕載重及車速從 30，40，50 至 100 Km/hr 等各條件組合之情況。

2.5.2 傳統行車速度推估法

車輛在緊急煞車時，經常會在路面留下四條煞車胎痕。煞車胎

痕除了作為判斷車輛從何處開始煞車、事故發生時車輛的行駛路徑以及撞擊前位置之依據外，也可以用來作行車速度之推估。傳統的行車速度推估法，主要是依據熱力學第一定律（封閉系統，能量不會散失或增加）以及牛頓運動定律所推導出來，公式如下所示：

$$V_{trad} = \sqrt{2 \cdot f \cdot g \cdot S_s} \quad (2-1)$$

其中 f 為阻力係數， S_s 為事故現場遺留的煞車胎痕（Skid Marks）

若車輛在停止前發生碰撞或其他情形（如翻車），則必須將車輛撞擊前之車速（ V_c ）考慮進去，因此將(2-1)改寫成(2-2)：

$$V_{trad} = \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s} \quad (2-2)$$

關於車輛撞擊前之車速（ V_c ），可利用車損法來進行推估(詳見第三章 3-2 節)。然而在使用上述公式推估行車速度時，必須先量得煞車胎痕。

關於公式(2-1)與(2-2)中的 f (阻力係數)的定義為：兩相互滑動平面之間的摩擦(friction)、牽引(traction)以及附著(adhesion)程度的度量，公式如下所示：

$$f = \frac{F}{W} \quad (2-3)$$

其中 F 為在一水平或傾斜平面上，讓物體沿平面滑動所需之水平作用力， W 為物體的垂直作用力。

若輪胎為鎖死狀態，此時阻力係數等於摩擦係數。由於車輛在煞車的過程中，輪胎並非一開始就呈現鎖死狀態，而是先從純滾動狀態到滾動與滑動狀態，接著再到純滑動狀態，因此一般在處理交通事故時均採用阻力係數而非摩擦係數。

以下僅就常見之事故狀況，說明推估公式之應用：

1. 直線、平坦及單一路面的煞車距離與行車速度之關係，如 2-4 式所示：

$$V = \sqrt{254 \cdot S \cdot f \cdot n} \quad (2-4)$$

其中： V 為速度（ Km/hr ）

S 為煞車距離（ m ）

f 為阻力係數

n 為煞車效率（ $\%$ ）

2. 當煞車胎痕於兩種以上路面時，各段煞車胎痕必須分開考慮，推估公式如 2-5 式所示：

$$V = \sqrt{254 \cdot n \cdot [(f_1 \cdot S_1) + (f_2 \cdot S_2)]} \quad (2-5)$$

其中： f_1 與 f_2 為不同路面之阻力係數

S_1 與 S_2 為不同路面之煞車距離 (m)。

3. 當煞車胎痕包括了偏移痕或側滑痕時，推估速度時，須考慮偏離弧（全弧長的三分之一）的弦長(如圖 2-29 之 C)，及弧至弦中心的距離(如圖 2-29 之 M)，速度的推估公式如 2-6 式所示：

$$V = 11.27 \cdot \sqrt{(f \pm e) \cdot R} \quad (2-6)$$

其中： e 為邊坡斜度 (%)

$$R \text{ 為煞車胎痕半徑 (公尺)} = \frac{C^2}{8 \cdot M} + \frac{M}{2}$$

C 為弦長 (公尺)

M 為中心距離 (公尺)

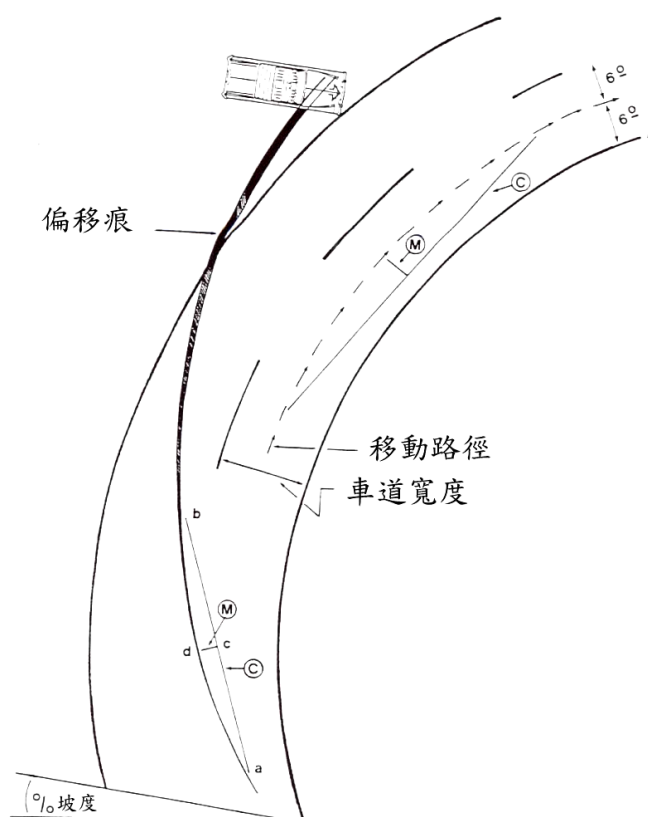


圖 2-29 偏離煞車胎痕[34]

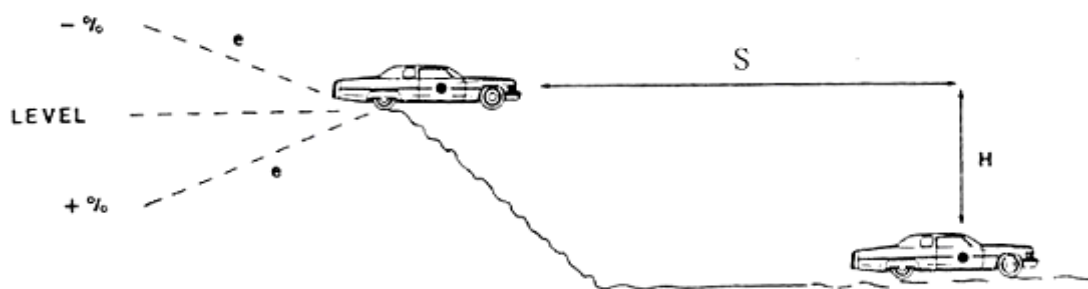


圖 2-30 車輛掉落的情況[34]

4. 車輛發生掉落的情況，如圖 2-30，速度推估公式如 2-7 式所示：

$$V = \frac{7.97 \cdot S}{\sqrt{H \pm (S \cdot e)}} \quad (2-7)$$

其中：H 為垂直高度 (m)

S 為水平距離 (m)

5. 車輛發生空翻的情況，如圖 2-31，速度推估公式如 2-8 式所示：

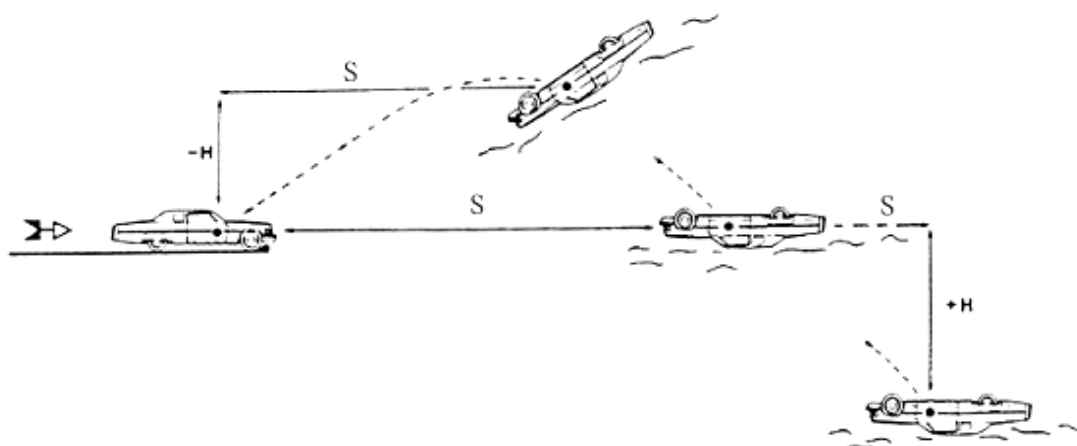


圖 2-31 車輛發生空翻的情況[34]

$$V = \frac{11.27S}{\sqrt{S \pm H}} \quad (2-8)$$

6. 撞擊分離時發生旋轉及滑行的情況，如圖 2-32，則旋轉及滑行之角速度及切線速度如 2-9 式及 2-10 式所示：

2.5.3 Neptune 速度推估法[35]

在傳統的行車速度推估公式中 ($V_{trad} = \sqrt{2 \cdot f \cdot g \cdot S_s}$)，係假設踩下煞車後，所產生之煞車力即為一定值，且立即產生煞車胎痕。但是實際煞車時，須等煞車來令片開始產生摩擦後才會產生煞車力，使得減速度由零開始增加到達穩定值，傳統公式並未考慮這段煞車力開始建立到產生最大煞車力的時間 t_s ，雖然此一時間過程中的煞車胎痕不甚明顯，但在這段時間內車輛之動能也在損失。因此若將 t_s 之因素，加入行車速度推估法中，可獲得較準確之推估結果。

圖 2-33 為煞車時之減速度曲線，圖中虛線部分為實際之減速度。Neptune 將減速度曲線分為兩部分：一部份的減速度與時間成正比，另一部份的減速度為定值。傳統速度推估公式中所推估之速度實際上為產生煞車胎痕時之速度，並非踩下煞車時之速度，如 2-12 式所示：

$$V_s = \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} \quad (2-12)$$

其中 V_s 為車輛開始打滑時之速度

a 為車輛在煞車過程中之減速度

S_s 為車輛產生可見煞車胎痕後所行走的距離

此外根據牛頓第二運動定律 ($F = m \cdot a$) 及摩擦力公式 ($F = m \cdot f \cdot g$)，可推導出煞車時之減速度公式，如 2-13 所示：

$$a = f \cdot g \quad (2-13)$$

其中 f 為阻力係數

g 為重力加速度

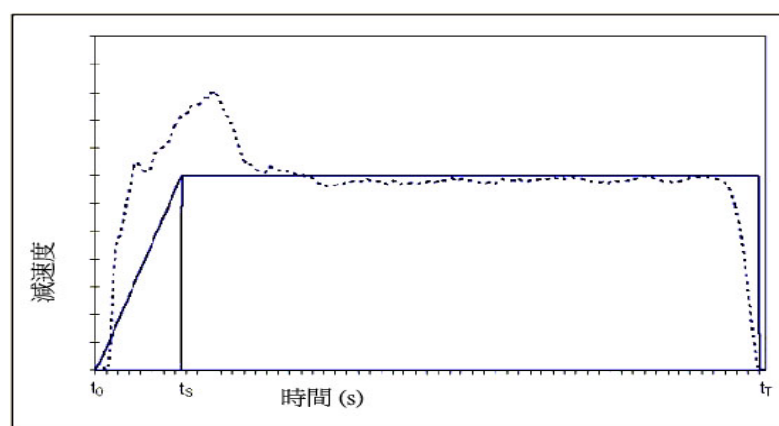


圖 2-33 減速度與時間關係圖[35]

在 Neptune 公式中，將煞車力開始建立到產生最大煞車力的時間（ t_s ）內之減速度，定義為線性增加之減速度，最大煞車力之後到車輛停止前之減速度，視為定值，如 2-14 式及 2-15 式所示：

$$a(t) = a \cdot \frac{t}{t_s} \quad t_0 \leq t \leq t_s, t_0 = 0 \quad (2-14)$$

其中： a 為即將穩定之減速度

$$a(t) = a \quad t_s \leq t \leq t_T \quad (2-15)$$

其中： t_s 為胎痕產生時間

t_T 為車輛停止時間

若考慮胎痕產生前之煞車距離，可將 2-12 式改寫成 2-16 式：

$$V = \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s} + \frac{1}{2} \cdot f \cdot g \cdot t_s \quad (2-16)$$

其中： V_c 為發生撞擊前之速度

若將 2-16 式再積分一次，則可得到全部的煞車距離 S_T ，如 2-17 所示：

$$S_T = S_s + \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s} \cdot t_s + \frac{1}{3} \cdot f \cdot g \cdot t_s^2 \quad (2-17)$$

撞擊前之全部煞車時間，如 2-18 式所示：

$$t_T = \frac{V_s - V_c}{a} + t_s \quad (2-18)$$

$$t_s = \frac{S_t \cdot I_\omega \cdot \omega_0}{f \cdot F_z \cdot R_w} + \frac{f \cdot F_z \cdot R_w}{k} \quad (2-19)$$

其中 F_z 為輪胎正向力

I_ω 為輪胎之質量慣性矩

k 為煞車器力矩作用速率，緊急煞車時介於 8000 ~ 40000 lb·in./Sec。

R_w 為輪胎半徑

ω_0 為輪胎初始角速度

f 為輪胎與路面的阻力係數

S_t 為輪胎的滑率

根據參考文獻[36]指出， t_s 可由 2-19 式得到，式中可看出 $V = R_w \cdot \omega_0$ ， t_s 會隨車速增加而增大。

2.5.4 本研究之速度推估法

在 Neptune 的推估法中，將 t_s 時間內的車輛減速度與時間視為一線性關係。但根據車輛煞車減速度曲線圖，若將 t_s 時間內之減速度與時間視為一拋物線關係，則會更接近實際之車輛減速度曲線。此外，當駕駛踩下煞車踏板，來令片張開到摩擦輪胎之前，煞車力並未產生，此時車輛是空走的情況，若是再將車輛反應時間（ t_{nb} ）考慮進去，則速度推估結果會更符合實際煞車情形。本研究亦規劃實車測試，並根據實車驗證數據，驗證 t_s 與 t_{nb} 之值。

本研究根據車輛煞車時之減速度與時間關係圖，並將煞車力開始建立到產生最大煞車力的時間時間 t_s 前之減速度視為拋物線，以建立改良之速度推估公式。如 2-20 式所示：

$$a(t) = a \cdot \sqrt{\frac{t}{t_s}} \quad 0 \leq t \leq t_s \quad (2-20)$$

將 2-20 式積分，可得 2-21 式：

$$\int_0^{t_s} a(t) \cdot dt = \int_0^{t_s} a \cdot t_s^{-1/2} \cdot t^{1/2} \cdot dt = a \cdot t_s^{-1/2} \cdot \frac{2}{3} t^{3/2} \Big|_0^{t_s} = \frac{2}{3} \cdot a \cdot t_s \quad (2-21)$$

根據 2-12 式及 2-21 式，可得到煞車時之初速，如 2-22 式所示：

$$V_0 = \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s} + \frac{2}{3} f \cdot g \cdot t_s \quad (2-22)$$

其中： $\sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s}$ 為胎痕產生時之車速（ V_s ）

產生煞車胎痕前之速度，如 2-23 式所示：

$$V = V_0 - \frac{2a}{3} \cdot t_s^{-1/2} \cdot t^{3/2} \quad (2-23)$$

將 2-23 式積分，再加上煞車胎痕長度，可得到總煞車距離，

$$S_T = S_s + \int_0^{t_s} \left(V_0 - \frac{2}{3} \cdot a \cdot t_s^{-1/2} \cdot t^{3/2} \right) \cdot dt \quad (2-24)$$

整理 2-24 式，可得 2-25 式如下：

$$S_T = S_s + V_0 \cdot t_s - \frac{4}{15} \cdot a \cdot t_s^2 \quad (2-25)$$

再將 2-22 式代入 2-25 式，整理後可得總煞車距離，如 2-26 式：

$$S_T = S_s + \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s} \cdot t_s + \frac{2}{5} \cdot f \cdot g \cdot t_s^2 \quad (2-26)$$

2.6 國內相關煞車試驗數據分析(無 ABS 煞車系統)

依據 86 年交通部運輸研究所之煞車試驗數據[33]，再利用三種不同之行車速度推估公式來反推阻力係數與胎痕產生時間，以驗證各公式之正確性。

在 86 年交通部運輸研究所的報告中，曾利用兩部試驗車輛 (Corona、Vannette) 在大甲及三義路段進行煞車試驗，並以傳統行車速度推估公式來推估阻力係數，但是由於傳統行車速度推估公式並沒有考慮到從煞車力開始建立到產生最大煞車力的時間 (t_s)，再則報告中是以煞車距離作為煞車胎痕，忽略了煞車器作用時間 (t_{nb})，因此所推估出來的阻力係數(f)較高。由於報告中煞車試驗方法是以煞車踏板上之煞車開關為煞車起始訊號，而且採用一腳踩死之煞車方式，因此為符合實際煞車情形，必需將 t_{nb} 及 t_s 的影響考慮進去。

在不考慮反應時間、踏力、風速及其他環境因素的影響前提下，本計劃利用 Neptune 推估法和本研究改良之推估法，反推不同路面環境的胎痕產生時間 (t_s) 及阻力係數 (f)，其推估流程茲分述如下。

2.6.1 使用 Neptune 推估公式

Neptune 推估公式如 2-27 式及 2-28 式：

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_s \quad (2-27)$$

$$S_T = S_s + \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} \cdot t_s + \frac{1}{3} \cdot a \cdot t_s^2 + V_0 \cdot t_{nb} \quad (2-28)$$

其中： V_0 為煞車初始車速

a 為煞車減速度

S_s 為煞車胎痕長度

S_T 為總煞車距離

t_s 為胎痕產生時間

根據 86 年交通部運輸研究所報告[33]之試驗數據，只有煞車減速度 (a) 及胎痕產生時間 (t_s) 未知，由 2-27 式可推導出 2-29 式：

$$t_s = \frac{2 \cdot V_0 - \sqrt{8 \cdot a \cdot S_s}}{a} \quad (2-29)$$

將 2-29 式代回 2-28 式，可得 2-30 式：

$$S_{T1} - S_s = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} - 4 \cdot a \cdot S_s + \frac{4}{3} \cdot V_0^2 - \frac{8}{3} \cdot V_0 \cdot \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} + \frac{8}{3} \cdot a \cdot S_s}{a} \quad (2-30)$$

$$\text{其中： } S_{T1} = S_T - V_0 \cdot t_{nb}$$

整理 2-30 式，可得 2-31 式：

$$a(3 \cdot S_{T1} + S_s) - 4 \cdot V_0^2 = -2 \cdot V_0 \cdot \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} \quad (2-31)$$

兩邊各自平方，可得 2-32 式，

$$a^2(3 \cdot S_{T1} + S_s)^2 - 8 \cdot V_0^2 \cdot a \cdot (3 \cdot S_{T1} + S_s) + 16 \cdot V_0^4 = 4 \cdot V_0^2 \cdot 2 \cdot a \cdot S_s \quad (2-32)$$

整理後，可得 2-32 式：

$$a^2(3 \cdot S_{T1} + S_s)^2 - a \cdot 8 \cdot V_0^2(3 \cdot S_{T1} + 2 \cdot S_s) + 16 \cdot V_0^4 = 0 \quad (2-33)$$

將 $(3 \cdot S_{T1} + S_s)^2$ 假設為 L ， $-8 \cdot V_0^2 \cdot (3 \cdot S_{T1} + 2 \cdot S_s)$ 假設為 M ， $16 \cdot V_0^4$ 假設為 N ，求解 a ，可得 f 值，如 2-34 式：

$$a = \frac{-M \pm \sqrt{M^2 - 4 \cdot L \cdot N}}{2 \cdot L} = f \cdot g \quad (2-34)$$

代回 2-29 式可求出 t_s 。

2.6.2 使用本研究推估公式

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} + \frac{2}{3} \cdot a \cdot t_s \quad (2-35)$$

$$S_T = S_s + \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} \cdot t_s + \frac{2}{5} \cdot a \cdot t_s^2 + V_0 \cdot t_{nb} \quad (2-36)$$

由 2-35 式可推導出 2-37 式：

$$t_s = \frac{3 \cdot V_0 - \sqrt{18 \cdot a \cdot S_s}}{2 \cdot a} \quad (2-37)$$

將 2-37 式代回 2-36 式，整理可得 2-38 式：

$$10 \cdot a \cdot S_{T1} - 2 \cdot a \cdot S_s = 9 \cdot V_0^2 - 3 \cdot V_0 \cdot \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} \quad (2-38)$$

$$\text{其中： } S_{T1} = S_T - V_0 \cdot t_{nb}$$

整理 2-38 式，可得 2-39 式：

$$-2 \cdot a \cdot (5 \cdot S_{T1} + S_s) + 9 \cdot V_0^2 = 3 \cdot V_0 \cdot \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} \quad (2-39)$$

兩邊各自平方，可得到 2-40 式：

$$4 \cdot a^2 \cdot (5 \cdot S_{T1} + S_s)^2 - 36 \cdot V_0^2 \cdot a \cdot (5 \cdot S_{T1} + S_s) + 81 \cdot V_0^4 = 9 \cdot V_0^2 \cdot 2 \cdot a \cdot S_s \quad (2-40)$$

經過整理後，可得 2-41 式：

$$a^2 \cdot (100 \cdot S_{T1}^2 + 40 \cdot S_{T1} \cdot S_s + 4 \cdot S_s^2) - a \cdot (180 \cdot S_{T1} \cdot V_0^2 + 54 \cdot S_s \cdot V_0^2) + 81 \cdot V_0^4 = 0 \quad (2-41)$$

將 $(100 \cdot S_{T1}^2 + 40 \cdot S_{T1} \cdot S_s + 4 \cdot S_s^2)$ 假設為 L ， $-(180 \cdot S_{T1} \cdot V_0^2 + 54 \cdot S_s \cdot V_0^2)$ 假設為 M ， $81 \cdot V_0^4$ 假設為 N ，求解 a ，可得 2-42 式：

$$a = \frac{-M \pm \sqrt{M^2 - 4 \cdot L \cdot N}}{2 \cdot L} = f \cdot g \quad (2-42)$$

代回 2-37 式可求出 t_s 。

2.6.3 煞車力開始建立到產生最大煞車力時間 t_s 分析結果

86 年交通部運輸研究所報告[33]中之煞車距離數據，是以光學第五輪量測所得。所測得之煞車距離，已包括煞車器反應時間 (t_{nb}) 內車輛所行走之距離。在分析時必須扣除此一距離，以修正實際測得之煞車距離。關於 t_{nb} 值的大小，本研究在實車驗證後，發現 t_{nb} 值介於 0.02~0.03 秒之間，因此最後計算過程 t_{nb} 值均採用 0.025 秒。附錄 B 中之 t_s 變化曲線係利用 Neptune 之速度推估公式以及本研究改良之速度推估公式分別推估所得。根據 t_s 推估公式 2-67 可知， t_s 與車速為一線性關係，而附錄 B 中之數據迴歸線亦為線性關係。因此本研究利用線性迴歸法分析附錄 B 中之數據，並依據不同路面、不同載重以及不同速度範圍等條件，推導出 t_s 推估公式，如表 2.10 所示。為方便未來現場使用，在乾地部分，車速小於 40km/h 時， t_s 值設定為 0.2 秒；車速大於 90km/h 時， t_s 值為 0.35 秒。溼地則依據表 2.10 所列公式。

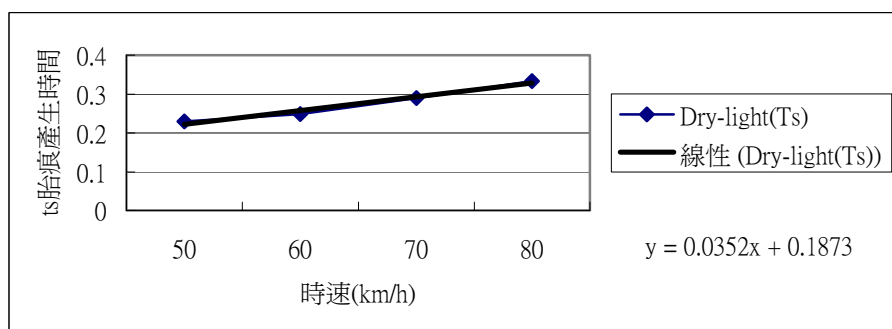


圖 2-34 t_s 與車速之關係(Corona_三義)

表 2.10 不同路面與不同載重之 t_s 推估公式

不同路面與不同載重之 t_s 推估公式			
	車速 < 40 km/hr	40 km/hr < 車速 < 90 km/hr	90 km/hr < 車速
乾地輕載	$t_s = 0.2(\text{Sec})$	$t_s = 0.003V + 0.07$	$t_s = 0.35(\text{Sec})$
乾地滿載	$t_s = 0.2(\text{Sec})$	$t_s = 0.003V + 0.08$	$t_s = 0.35(\text{Sec})$
溼地輕載	$t_s = 0.003V + 0.043$		
溼地滿載	$t_s = 0.003V + 0.05$		

2.6.4 阻力係數分析結果

表 2.11~2.14 係依據 86 年交通部運輸研究所報告[33]中之煞車距離數據，並利用三種行車速度推估法進行阻力係數之反推。由表 2.11 與 2.12，在相同路面狀況下，車輛輕載時的阻力係數比滿載時大，其原因與慣性力有關。當車輛在滿載狀況下煞車，由於慣性力較大，因此需要較長時間才能停止，煞車距離較長，所以阻力係數較小。此外，若載重情況相同，則乾地的阻力係數比溼地大。其原因在於潮濕路面會有水膜現象，造成車輛在煞車過程中需要較長的煞車距離才能將車輛停止，所以溼地的阻力係數會比較小。

比較表 2.11、2.12 與表 2.13、2.14 後發現，由表 2.11、2.12 所推論出之結果並不適用於表 2.13、2.14，其原因在於 Vannette 為箱型客貨車，煞車系統配備有負荷感應閥（Left Superior Pulmonary Vein，簡稱 LSPV），其主要功能在於當車重改變時，該系統會自動根據車重調整煞車力。因此當車輛荷重增加時，煞車距離並不一定會增加，有時反而會減少，造成推估的阻力係數不降反昇。此外在 86 年交通部運輸研究所報告[33]中也提到，Vannete 車進行濕地輕載煞車測試時，可能因為路面潮濕情況不同，造成煞車穩定性不佳，導致駕駛為保持車輛之穩定性，煞車時並未一腳踩死，使得阻力係數推估結果不準確，速度推估時之誤差亦較大。

依據上述結果，比較不同路面（乾地、濕地）的阻力係數變化(如表 2.15)，當路面為乾地時，滿載與輕載的比值約為 0.86；路面為溼地時，滿載與輕載的比值約為 0.825。比較不同載重（輕載、滿載）的阻力係數變化(如表 2.16)，車輛為輕載時，乾地與溼地的比值約為 1.13；車輛為滿載時，乾地與溼地的比值約為 1.185。由於 Vannette 的試驗數據誤差較大，因此並未採用。

表 2.11 阻力係數分析結果(Corona、三義)

乾、溼地及載重對阻力係數的影響(Corona、三義)									
時速(km/h)	推估方法	50	60	70	80	90	100	平均值	標準差
乾地輕載	傳統公式	1.02	0.99	0.97	0.96	0.95	0.94	0.97	0.03
	SAE1995	0.88	0.87	0.85	0.84	0.84	0.85	0.86	0.01
	本研究	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.82	0.82	0.01
乾地滿載	傳統公式	0.91	0.87	0.84	0.82	0.81	0.81	0.84	0.04
	SAE1995	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.73	0.74	0.02
	本研究	0.72	0.72	0.71	0.70	0.69	0.71	0.71	0.01
溼地輕載	傳統公式	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82	0.81	0.00
	SAE1995	0.76	0.74	0.74	0.73	0.74	0.74	0.74	0.01
	本研究	0.74	0.72	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.01
溼地滿載	傳統公式	0.68	0.64	0.62	0.61	0.60	0.59	0.62	0.03
	SAE1995	0.63	0.61	0.60	0.56	0.56	0.55	0.59	0.03
	本研究	0.61	0.60	0.59	0.55	0.55	0.54	0.58	0.03

表 2.12 阻力係數分析結果(Corona、大甲)

乾、溼地及載重對阻力係數的影響(Corona、大甲)									
時速(km/h)	推估方法	50	60	70	80	90	100	平均值	標準差
乾地輕載	傳統公式	1.01	0.95	0.92	0.90	0.89	0.88	0.93	0.04
	SAE1995	0.85	0.83	0.84	0.84	0.82	0.84	0.84	0.01
	本研究	0.81	0.79	0.81	0.81	0.79	0.81	0.80	0.01
乾地滿載	傳統公式	0.82	0.80	0.78	0.77	0.77	0.76	0.78	0.02
	SAE1995	0.72	0.72	0.72	0.71	0.73	0.71	0.72	0.01
	本研究	0.69	0.69	0.70	0.69	0.70	0.69	0.69	0.01
溼地輕載	傳統公式	0.80	0.78	0.76	0.75	0.75	0.74	0.76	0.02
	SAE1995	0.76	0.74	0.76	0.72	0.75	0.71	0.74	0.02
	本研究	0.74	0.72	0.74	0.70	0.72	0.69	0.72	0.02
溼地滿載	傳統公式	0.68	0.65	0.64	0.63	0.63	0.62	0.64	0.02
	SAE1995	0.63	0.63	0.61	0.64	0.63	0.60	0.62	0.01
	本研究	0.62	0.61	0.60	0.62	0.61	0.58	0.61	0.01

表 2.13 阻力係數分析結果(Vannette、三義)

乾、溼地及載重對阻力係數的影響(Vannette、三義)									
時速(km/h)	推估方法	50	60	70	80	90	100	平均值	標準差
乾地輕載	傳統公式	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.00
	SAE1995	0.82	0.82	0.81	0.83	0.78	0.79	0.81	0.02
	本研究	0.78	0.79	0.78	0.80	0.75	0.76	0.78	0.02
乾地滿載	傳統公式	0.91	0.91	0.92	0.92	0.93		0.92	0.01
	SAE1995	0.77	0.81	0.82	0.83	0.81		0.81	0.02
	本研究	0.74	0.78	0.79	0.80	0.78		0.78	0.02
溼地輕載	傳統公式	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.85	0.86	0.01
	SAE1995	0.62	0.70	0.68	0.72	0.64	0.66	0.67	0.03
	本研究	0.60	0.68	0.66	0.70	0.63	0.65	0.65	0.03
溼地滿載	傳統公式	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79		0.79	0.00
	SAE1995	0.71	0.73	0.76	0.77	0.74		0.74	0.02
	本研究	0.69	0.70	0.74	0.75	0.72		0.72	0.02

表 2.14 阻力係數分析結果(Vannette、三義)

乾、溼地及載重對阻力係數的影響(Vannette、大甲)									
時速(km/h)	推估方法	50	60	70	80	90	100	平均值	標準差
乾地輕載	傳統公式	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.00
	SAE1995	0.80	0.81	0.79	0.82	0.79	0.80	0.80	0.01
	本研究	0.77	0.78	0.76	0.79	0.76	0.77	0.77	0.01
乾地滿載	傳統公式	1.01	0.95	0.92	0.90	0.89		0.93	0.04
	SAE1995	0.81	0.78	0.78	0.77	0.80		0.79	0.01
	本研究	0.78	0.75	0.75	0.75	0.77		0.76	0.01
溼地輕載	傳統公式	0.81	0.77	0.74	0.72	0.71	0.70	0.74	0.04
	SAE1995	0.72	0.70	0.70	0.67	0.66	0.64	0.68	0.03
	本研究	0.69	0.68	0.68	0.65	0.64	0.63	0.66	0.02
溼地滿載	傳統公式	0.85	0.81	0.79	0.78	0.77		0.80	0.03
	SAE1995	0.75	0.71	0.71	0.67	0.68		0.70	0.03
	本研究	0.72	0.69	0.69	0.65	0.66		0.68	0.02

2.15 不同路面（乾地、濕地）的阻力係數變化

	乾地	溼地
	滿載/輕載	滿載/輕載
Corona、三義	0.86	0.8
Corona、大甲	0.86	0.85
Vannette、三義	1	1.1
Vannette、大甲	0.98	1.03

表 2.16 不同載重（輕載、滿載）的阻力係數變化

	輕載	滿載
	乾地/溼地	乾地/溼地
Corona、三義	1.14	1.23
Corona、大甲	1.12	1.14
Vannette、三義	1.19	1.08
Vannette、大甲	1.16	1.11

由於目前所分析之煞車試驗數據均為柏油路面，至於其他路面如水泥地或石子地等均缺乏相關試驗數據。但因為美國西北大學已經針對不同路面進行試驗，並求出摩擦係數(如表 2.7)。而本研究已依據 86 年交通部運輸研究所報告[33]中之煞車距離數據，推估出柏油路乾地輕載的阻力係數為 0.81；而溼地輕載的阻力係數為 0.72。因此在乾地部分，將表 2.7 中的摩擦係數範圍取平均值後(如速度大於 30mph，新柏油路之摩擦係數平均值為 0.83)，再將該值更改為 0.81，其餘欄位則依據 0.81/0.83 之比值修改(如表 2.17 所示)。溼地部分則比照上述方法修改(如表 2.18)。上述修改方法係假設阻力係數與摩擦係數之間為一線性關係，故表 2.17 與表 2.18 之數據僅供參考。

表 2.17 與表 2.18 中所列其他不同路面(柏油路除外)之阻力係數，未來可作更多試驗加以驗證，故表中所列之值(如水泥地、石子地等)僅止於參考階段，目前並不適用於交通事故鑑定上。由於阻力係數會隨著車速而有些微改變，而且在低速時計算的誤差會較大，再則國內外的煞車試驗均在時速 50 公里以上進行，故時速大於 50 公里以上的阻力係數數據較具參考價值。

表 2.17 本研究修改後之阻力係數表(乾地)

		乾地					
		時速< 50Km/hr			時速> 50Km/hr		
		輕載		滿載	輕載		滿載
水泥地	新的	1.00	0.98	0.84	0.85	0.83	0.72
	走過的	0.70	0.69	0.59	0.68	0.66	0.57
	磨到光滑的	0.65	0.64	0.55	0.58	0.56	0.49
柏油路	新的	1.00	0.98	0.84	0.83	0.81	0.70
	走過的	0.70	0.69	0.59	0.63	0.61	0.53
	磨到光滑的	0.65	0.64	0.55	0.55	0.54	0.46
	磨掉瀝青的	0.55	0.54	0.46	0.48	0.47	0.40
礫石地	緊密的	0.70	0.69	0.59	0.65	0.64	0.55
	鬆散的	0.55	0.54	0.46	0.55	0.54	0.46
煤渣	緊密的	0.60	0.59	0.51	0.60	0.59	0.51
石子地	壓碎的	0.65	0.64	0.55	0.65	0.64	0.55
冰地	光滑的	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11
雪地	緊密的	0.43	0.42	0.36	0.45	0.44	0.38
	鬆散的	0.18	0.17	0.15	0.15	0.15	0.13
原西北大學摩擦係數							
本研究修正之阻力係數							

註：柏油路面之阻力係數有輔以實驗數據驗證，具相當之可信度；
其他路面僅供參考，未來可再進行更多實驗加以驗證。

表 2.18 本研究修改後之阻力係數表(溼地)

		溼地					
		時速< 50Km/hr			時速> 50Km/hr		
		輕載		滿載	輕載		滿載
水泥地	新的	0.65	0.78	0.64	0.58	0.69	0.57
	走過的	0.58	0.69	0.57	0.55	0.66	0.54
	磨到光滑的	0.55	0.66	0.54	0.53	0.63	0.52
柏油路	新的	0.65	0.78	0.64	0.60	0.72	0.59
	走過的	0.58	0.69	0.57	0.53	0.63	0.52
	磨到光滑的	0.55	0.66	0.54	0.50	0.60	0.50
	磨掉瀝青的	0.45	0.54	0.45	0.40	0.48	0.40
礫石地	緊密的	0.60	0.72	0.59	0.50	0.60	0.50
	鬆散的	0.60	0.72	0.59	0.60	0.72	0.59
煤渣	緊密的	0.70	0.84	0.69	0.70	0.84	0.69
石子地	壓碎的	0.65	0.78	0.64	0.65	0.78	0.64
冰地	光滑的	0.08	0.09	0.07	0.08	0.09	0.07
雪地	緊密的	0.45	0.54	0.45	0.45	0.54	0.45
	鬆散的	0.45	0.54	0.45	0.45	0.54	0.45
原西北大學摩擦係數							
本研究修正之阻力係數							

註：柏油路面之阻力係數有輔以實驗數據驗證，具相當之可信度；
其他路面僅供參考，未來可再進行更多實驗加以驗證。

2.7 國內相關煞車試驗數據分析(有 ABS 煞車系統)

在「83 年交通部運輸研究所-車輛安全配備 ABS 防鎖死煞車系統效用評估」報告[37]中曾針對 ABS 防鎖煞車系統作一效用評估，測試車輛為裕隆 Primera，測試方法分為下列四種：

1. 在乾燥和潮濕的柏油路面進行直線煞車測試
2. 在直線煞車時會經過兩種不同摩擦係數的路面
3. 車道變換測試
4. 轉彎時煞車

由該份報告中發現在固定路面上進行直線煞車測試時，當車速在 40 Km/hr 以上，可縮短煞車時間約 0.4~1.6 秒；若車速在 60 Km/hr 以上時，煞車距離的增益更是明顯增加。在時速 40 Km/hr 以下時，ABS 系統增益較小的主要原因，在於低速時受到煞車器作用時間及煞車壓力建立時間 (t_s) 的影響較大，即輪胎鎖死的時間不長。因此 ABS 系統及點煞方式煞車的增益較小。但是當車輛在高速時，輪胎鎖死的時間較長，此時 ABS 系統及點煞方式，煞車的增益較大。

由於 83 年交通部運輸研究所報告[37]中，煞車試驗數據為總煞車距離而非煞車胎痕距離，因此在進行阻力係數推估時，必須將試驗時的口令反應時間 t_{rp} 與 t_{nb} 因素考慮進去。依據前述國內外參考文獻之數據，本研究將 t_{rp} 設為 0.08 秒， t_{nb} 設為 0.03 秒，並參考表 2.10 不同路面與不同載重之推估公式，當時速為 40 公里時， $t_s=0.2$ ；當時速在 60~80 公里時， $t_s=0.25$ ；當時速為 100 公里， $t_s=0.35$ 。利用 Neptune 推估公式與本研究改良公式推估在不同路面及不同載重情況下 ABS_ON 與 ABS_OFF(一腳踩死)的阻力係數值，結果如表 2.19 所示。

由表 2.19 之結果，依據路面狀況與載重情形將不同速度之阻力係數比值取平均值，則乾地輕載時 ABS_ON/ABS_OFF 的比值為 1.19；乾地滿載為 1.32；溼地輕載為 1.32；溼地滿載為 1.55。利用上述不同路面及不同載重下，ABS_ON/ABS_OFF 的比值以及表 2.17、2.18 之阻力係數(無 ABS)可以推出在不同的柏油路面狀況，以及不同載重情形下之阻力係數值(有 ABS)，如表 2.20 所示。

表 2.19、ABS_ON 與 ABS_OFF 之阻力係數推估

		車速(km/h)					
		40			60		
		阻力係數		阻力係數比值	阻力係數		阻力係數比值
		ABS_ON	ABS_OFF	(ABS)ON/OFF	ABS_ON	ABS_OFF	(ABS)ON/OFF
乾地輕載	SAE1995	1.07	1.10	0.97	1.10	0.92	1.20
	本研究	1.01	1.03	0.98	1.04	0.88	1.18
乾地滿載	SAE1995	1.05	0.87	1.21	1.05	0.89	1.18
	本研究	0.99	0.83	1.19	0.99	0.85	1.16
溼地輕載	SAE1995	1.15	0.87	1.32	1.02	0.87	1.17
	本研究	1.07	0.83	1.29	0.97	0.84	1.15
溼地滿載	SAE1995	0.94	0.88	1.07	0.94	0.64	1.47
	本研究	0.89	0.84	1.06	0.91	0.62	1.47
		車速(km/h)					
		80			100		
		阻力係數		阻力係數比值	阻力係數		阻力係數比值
		ABS_ON	ABS_OFF	(ABS)ON/OFF	ABS_ON	ABS_OFF	(ABS)ON/OFF
乾地輕載	SAE1995	1.09	0.91	1.20	1.08	0.91	1.19
	本研究	1.04	0.87	1.20	1.03	0.87	1.18
乾地滿載	SAE1995	1.05	0.76	1.38	1.05	0.73	1.44
	本研究	1.00	0.73	1.37	1.01	0.71	1.42
溼地輕載	SAE1995	1.10	0.75	1.47	1.01	0.73	1.38
	本研究	1.05	0.73	1.44	0.97	0.71	1.37
溼地滿載	SAE1995	0.96	0.62	1.55	0.97	0.58	1.67
	本研究	0.92	0.60	1.53	0.93	0.56	1.66

表 2.20 柏油路面之阻力係數推估(有 ABS)

柏油路	乾地				溼地			
	時速> 50Km/hr							
	輕載		滿載		輕載		滿載	
	ABS_OFF	ABS_ON	ABS_OFF	ABS_ON	ABS_OFF	ABS_ON	ABS_OFF	ABS_ON
新的	0.81	0.96	0.70	0.92	0.72	0.95	0.62	0.96
走過的	0.61	0.73	0.53	0.70	0.63	0.83	0.54	0.84
磨到光滑的	0.54	0.64	0.46	0.61	0.60	0.79	0.52	0.80
磨掉瀝青的	0.47	0.55	0.40	0.53	0.48	0.63	0.41	0.64

2.8 國外煞車距離資料庫[38]

2.8.1 日本新車測試中心（OSA）之煞車測試資料

根據日本新車測試中心（National Organization for Automotive Safety & Victims' Aid）的煞車測試資料，ABS 系統車輛在 100 Km/hr 的時速下，其在乾、濕柏油路面的煞車距離詳細資料如附錄 C。

日本新車測試中心（OSA）的測試報告主要以車輛的排氣量（c.c.）為分類，並分別測試不同路面下的煞車距離。與其他測試報告相同，乾燥路面上的煞車距離都比潮濕路面短。從其煞車距離來看，排氣量介於 1500~2000 c.c. 的車種，其煞車距離最短，排氣量小於 1500 c.c. 的車輛，其煞車距離最長。其可能原因為不同的車種設計會有不同的煞車力，不同車種可能裝置不同增加煞車性能的配備（如負荷感應器），並非純粹看車子的重量做判定，即使是相同的一款車子，也會因為車輛的部分設計（如引擎設計）而影響其煞車距離。本研究以修正公式來分析日本煞車資料庫，並加入 t_s 與 t_{nb} 的影響，將 S_s 與 f 設為未知數，以 2-35 式、2-36 式解聯立方程式，可得 S_s 、 f 的關係式如下。

$$S_s = \frac{\left(v - \frac{2}{3}at_s\right)^2}{2a} \quad (2-43)$$

$$a = \frac{2S_{T1} - \frac{2}{3}vt_s \pm \sqrt{\left(\frac{2}{3}vt_s - 2t_s\right)^2 + \frac{16}{45}t_s^2v^2}}{\frac{-8t_s^2}{45}} \quad (2-44)$$

由於試驗車速為時速 100 公里，因此依據表 2.10，將 t_s 值設為 0.35。 t_{nb} 值的範圍在 0.02~0.03 秒之間，但由於 t_{nb} 值的改變對結果的影響很小，因此在推估過程中將 t_{nb} 值設為 0.03 秒，分析結果如表 2.21。在乾地輕載，有 ABS 系統車輛其阻力係數平均值為 0.98；溼地輕載為 0.89。

表 2.21 日本 OSA 煞車資料庫之阻力係數分析

	Mini-sized Car	500 cc or less	500 to 2000 cc	over 2000 cc	小卡車或箱型車
乾地	0.94	0.95	1.03	0.98	0.98
溼地	0.86	0.87	0.95	0.90	0.88

2.8.2 德國(Movit)煞車距離資料庫[39]

根據德國(Movit)的煞車測試資料，ABS 系統車輛在 100 *Km/hr* 的時速下，以車輛的空車及滿載時的煞車距離詳細資料如附錄 D。德國(Movit)的測試報告主要以不同廠商的各車型做實驗，並分別測試不同負載下的煞車距離。與其他測試報告相同，車輛空車的情形其煞車距離都比車輛滿載短。

2.8.3 澳洲(NRMA)煞車距離資料庫[40]

根據澳洲(NRMA)的煞車測試資料，ABS 系統車輛在 80 *Km/hr* 的時速下，以各車廠及其不同車型的煞車距離詳細資料如附錄 E。澳洲(NRMA)的測試報告主要以不同廠商的各車型做實驗，將不同廠商的各種車型分為大、中、小、運動型房車及四輪傳動來做測試。

2.9 本研究實車驗證

由於 t_s 與 t_{nb} 會影響對煞車胎痕推估行車速度之結果，因此本研究利用實車試驗，找出 t_s 與 t_{nb} 值，並比較三種不同行車速度推估法的差異。

1. 試驗場地：實驗場地選擇在林口重劃區，主要考慮下列優點(如圖 2~36)：

- (1) 鋪設之瀝青柏油路，路面清潔性佳。
- (2) 地形平坦，且無斜度變化。
- (3) 長度 600 公尺之四線道，足以供應各項實驗條件。
- (4) 來往車輛少，交通狀況易維持。



圖 2-35 測試環境(乾)



圖 2-36 測試環境(溼)

2. 試驗車輛：Geo Prizm 1.6、Honda Civic 1.6、Ford Tierra 1.8
3. 場地規劃及駕車法：將實驗車由靜止加速到規定車速，維持此車速 5~10 秒後，以一腳踩死之方式踩煞車。為配合實驗之進行，將測試路段劃分為加速路段（500 公尺）及煞車路段（100 公尺）。在加速及煞車路段之起點，設置起始點，如圖 2-所示。

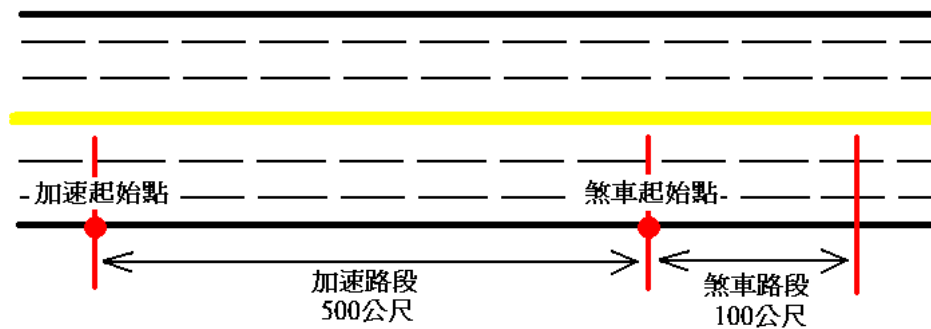


圖 2-37 試驗場地的規劃圖

4. 實驗儀器：表 2.22 為實驗儀器的整備及用途，並使用 LabVIEW 軟體進行訊號的擷取和資料的分析，電腦必須加裝訊號擷取卡，以收集里程計、加速規及煞車訊號產生器之訊號。NHTSA[23]曾提

出風速、輪胎溫度及環境溫度對煞車距離的影響不大。所以在進行測試時，考慮一般風速（小於 $5m/s$ ）、一般環境溫度及安全範圍內之胎壓，不另準備風速計、溫度計及胎壓計。但是在進行煞車試驗時，必須考慮煞車器溫度的影響，故每次試驗後，必須以時速 $50Km/hr$ 行駛 $6\sim 8$ 分鐘，利用車輛行進時之自然風，來降低煞車器溫度[23]。

表 2.22 實驗儀器整備

實驗儀器	用途
里程計	計算車速和行駛距離，取樣頻率為 $100Hz$ 。
加速規	量測車輛加速和煞車時之加速度，取樣頻率為 $100Hz$ 。
煞車訊號產生器	記錄踩下煞車之時間。
紀錄器（電腦）	收集並分析實驗資料。
電源供應器（Power Supply）	供應里程計及訊號放大器之電源。
不斷電系統（UPS）	供應電腦及電源供應器之電源。
特製圓管	輔助判斷煞車起始點的位置
皮尺	量測煞車距離及煞車胎痕長度
粉筆	做記號用。

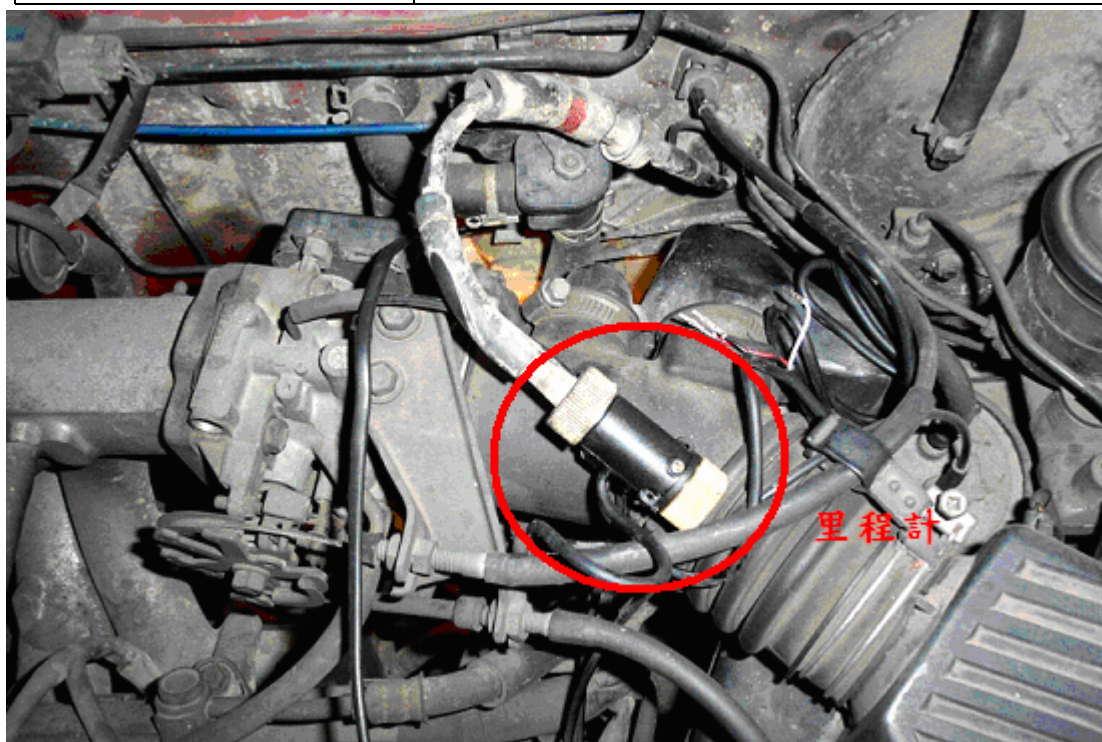


圖 2-38 里程計安裝位置示意圖



圖 2-39 加速規安裝位置



圖 2-40 電源供應器



圖 2-41 不斷電系統 (UPS)

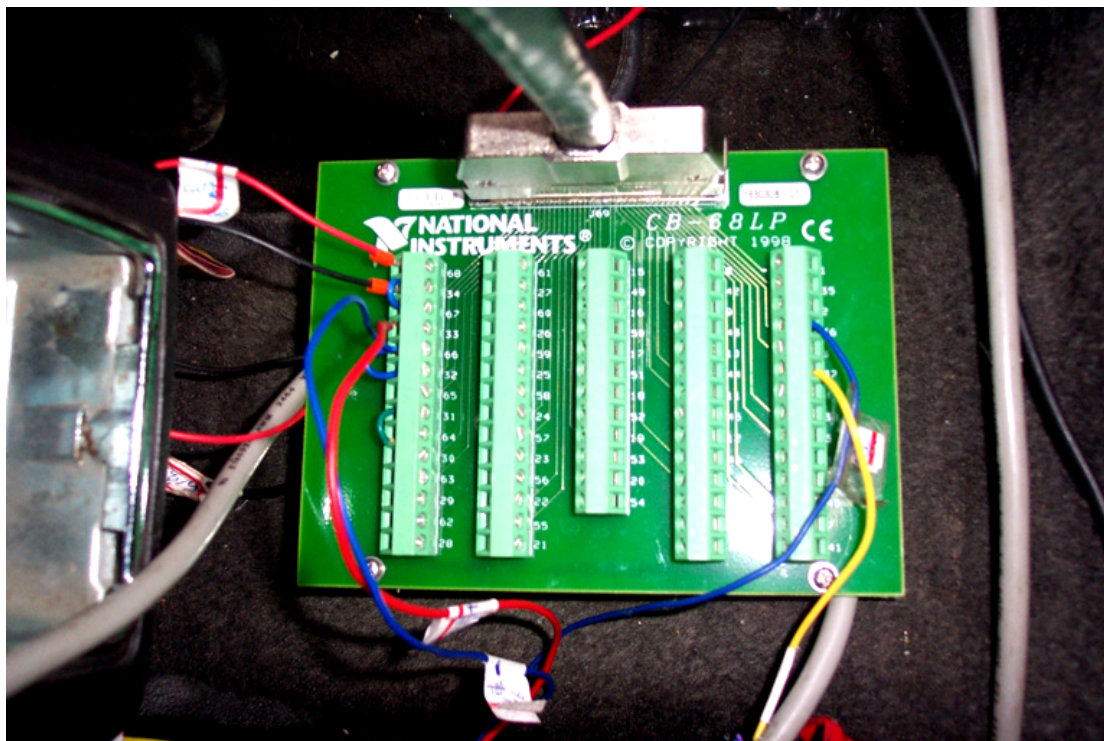


圖 2-42 訊號擷取卡



圖 2-43 筆記型電腦

5. 實驗條件：

(1) 車輛載重：輕載重-空車重+2 名測試人員及儀器(約 150 公斤)

(2) 實驗路面：乾柏油和濕柏油路面。

(3) 實驗車速：時速 50、60、70、80 及 90 Km/hr。

(4) 人員配置：一位駕駛，一位操作儀器，兩位維護交通狀況。

6. 實驗儀器驗證：為確保實驗資料之正確性，本實驗做了加速規校正和里程計驗證。

(1) 加速規的校正：委由三聯科技公司代為校正。

(2) 里程計的驗正方法：

以皮尺量測一 400 公尺之直線距離。

計算車輛行駛 400 公尺時，里程計產生之計數。

把 400 公尺除以所得之計數，即可得到每一計數下，車輛所走之距離。

里程計驗正實驗共做五次，取其平均值。

(3) 里程計校正注意事項：

將實驗車的載重及胎壓調整至實驗條件。

車輛行走時，要保持直線前進，以減少誤差。

驗證路面要平坦。

- (4) 里程計校正結果如表 2.23 所示，計數平均為 1562 次，因此每一計數車輛行走 0.256 公尺。

(5) 表 2.23 里程計校正結果

實驗的次數	計數
第一次	1561 次
第二次	1564 次
第三次	1559 次
第四次	1560 次
第五次	1566 次
平均	1562 次

7. 實驗步驟：

- (1) 實驗路段以警告標示封住，並將實驗路面清理乾淨。
- (2) 實驗路段中劃分出加速路段及煞車路段，並設置起始點(圖 2-44)。
- (3) 裝設實驗儀器。
- (4) 整車輛載重。
- (5) 實驗車輛從起始點開始加速到實驗車速，並保持均速，車輛檔位仍置於 D 檔，使車輛維持在實驗車速 $\pm 3\text{Km/hr}$ 以內。
- (6) 判斷煞車點之人員戴上特製圓管，向垂直於行車方向觀看，當到達煞車點時，立即通知駕駛(圖 2-45)。
- (7) 駕駛聽到煞車命令時，以一腳踩死之方式踩煞車，直到車輛停止。
- (8) 本實驗擷取的訊號為加速規訊號、里程計訊號及煞車訊號。
- (9) 用粉筆先畫下四個輪胎的位置，然後移動車輛。

(10)皮尺量測煞車胎痕及煞車距離(圖 2-46、圖 2-47)。



圖 2-44 出發點



圖 2-45 煞車點



圖 2-46 煞車痕



圖 2-47 量測距離

8. 實驗注意事項：

- (1) 輛完全停止後，將煞車來令片充分冷卻後，重複 4~9 的步驟。
- (2) 一車速下，執行四次有效量測數據試驗後，再執行另一車速

之試驗。

- (3) 測得之煞車胎痕需減去車輛之輪軸距。
- (4) 實際車速 ($V_{act.}$) 與目標車速 ($V_{tar.}$) 不同，且誤差在 $\pm 3 Km/hr$ 以內時，可利用下式進行修正：

$$S'_s = \frac{\left(V_{tar.} - \frac{1}{2} a \cdot t_s \right)^2}{\left(V_{act.} - \frac{1}{2} a \cdot t_s \right)^2} \cdot S_{s\ act.}$$

其中： S'_s 為修正煞車距離

$V_{tar.}$ 為目標車速

$V_{act.}$ 為實際車速

$S_{s\ act.}$ 為實際煞車距離

- (5) 煞車方式為一腳踩死。

2.10 本研究實驗結果與討論

2.10.1 實驗結果

1. 加速規訊號：加速規黏貼在駕駛座右邊，靠近車輛之中心位置，且垂直於地面。由加速規訊號對時間積分，可得車輛行駛速度，再將速度對時間積分，可得到車輛之行駛距離。圖 2-48 為實驗車速 80 Km/hr，並參考 Neptune[35] 之分析法，將加速規訊號以低通 5Hz 濾波後，所得之減速度圖。圖中橫軸為時間，單位為 Sec，縱軸為減速度，單位為 m/s^2 。當減速度值小於 0 時，車輛為加速狀態，當減速度值大於 0 時，車輛為減速狀態。圖 2-49 為減速度對時間積分，所得到車輛之速度圖，圖中橫軸為時間，單位為 Sec，縱軸為速度，單位為 Km/hr。圖 2-50 為速度對時間積分，所得到車輛之距離圖，圖中橫軸為時間，單位為 Sec，縱軸為距離，單位為 m。

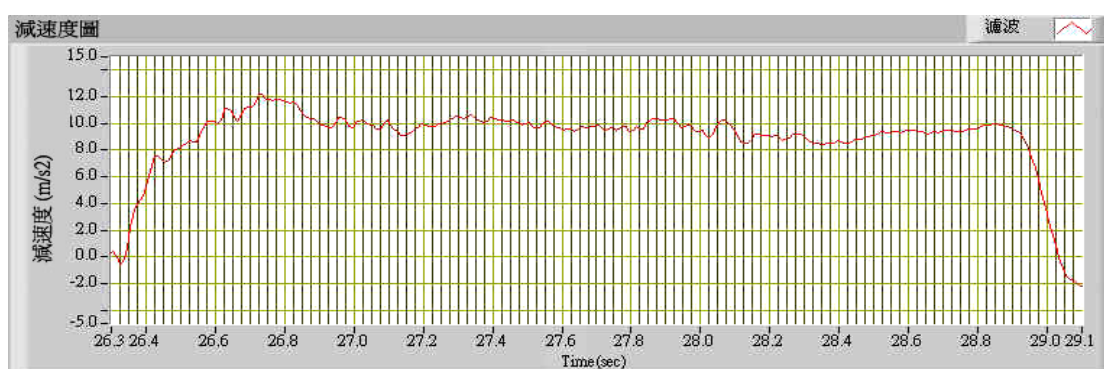


圖 2-48 加速規的原始訊號圖（低通 5Hz 濾波）

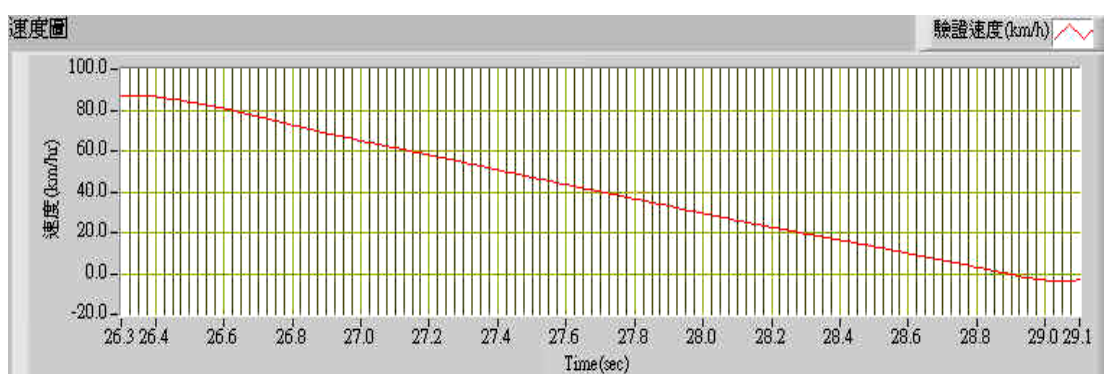


圖 2-49 加速速規訊號對時間積分之速度圖

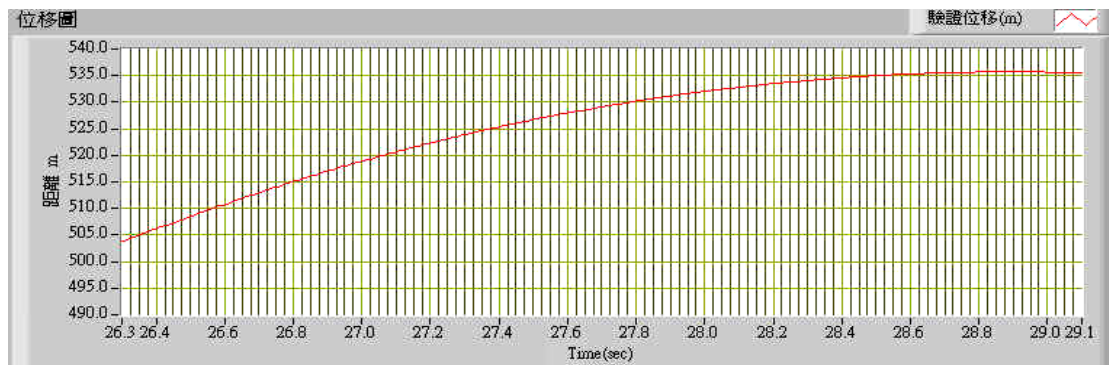


圖 2-50 速度對時間積分之煞車距離圖

2. 里程計訊號：里程計裝設於變速箱輸出軸，里程計轉一圈，產生 6 個計數 (Count)。經由里程計驗正實驗，可得到每一個計數，車輛所行走之距離。因此在實驗時，就可由里程計得到車輛行駛距離，再把每一個計數所走的距離，除以產生一個計數所需時間，就可得到車輛行駛速度。以圖 2-49 的實驗資料案例做驗證，里程計每一計數下車輛所行走的距離，除上每一計數產生時間，所求得之車速為 84.5 Km/hr ，而由加速規訊號推算 (積分) 所得之時速為 86.5 Km/hr ，兩者之誤差不大 (2.37%)，所以我們可由加速規訊號積分所得之速度和距離資料，作為判斷的數據。
3. 煞車訊號：煞車訊號是從煞車燈線路中得到，當踩下煞車踏板時，會產生一 $3.5V$ 的電壓訊號，由煞車訊號可判斷踩下煞車時間。圖 2-51 為煞車訊號圖，電壓值 $0V$ 時，表示駕駛沒踩煞車踏板，電壓值 $3.5V$ 時，表示駕駛踩下煞車踏板。

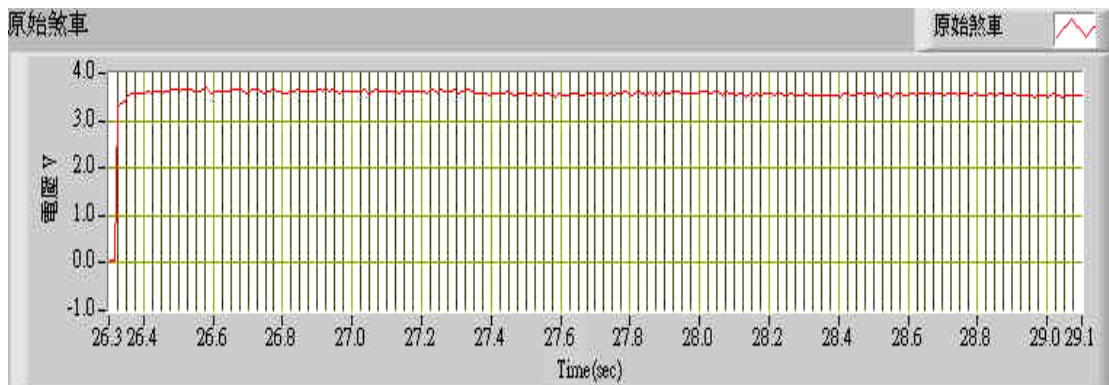


圖 2-51 煞車訊號圖

2.10.2 結果分析與討論

1. t_s 與 t_{nb} 值： t_{nb} 值可由減速度圖與煞車訊號圖求得。由圖 2-51，可得煞車踏板之應用時間，而由圖 2-48，可得煞車減速度起始時間。若將訊號圖放大，可判斷 t_{nb} 值為 0.03 秒，放開油門到踩下煞車踏板之時間 (t_{rp})，大約為 0.01 秒。圖 2-52 為圖 2-48 之訊號放大圖，由圖 2-52 中可判斷 t_s 約為 0.3 秒，與 Neptune[35]研究成果之 t_s 值的範圍相符。圖 2-52 中之 A 為原始濾波訊號，B 為 Neptune[35]所使用之直線，C 為本研究所使用之拋物線。積分減速度圖所得之速度，最接近實際煞車初速者，應為本研究之拋物線。



圖 2-52 不同速度推估法比較圖

2. 結果討論：在實驗數據的擷取與分析方面，判斷 t_s 與 t_{nb} 時，可以由加速度圖與煞車訊號圖得到， t_{nb} 值的判定可以由圖 2-48 及圖 2-50 得到，由煞車訊號圖，可以得到踩下煞車踏板的時間約在 26.32 秒，而煞車減速度起始時間約在 26.325 秒， t_{nb} 大約為 0.05 秒，若將訊號圖放大，可以得到 t_{nb} 值為 0.03 秒。另外，由圖 2-51，可以看出放開油門到踩下煞車踏板所需的時間和 t_s ，踏板交替動作的時間大約為 0.01 秒。關於速度分析法，本研究採用改良之速度推估法，也就是以拋物線的方式，推估本研究所做之實驗數據資料，以拋物線的方式推估行車速度，雖然仍然會低估行車速度，但與傳統之速度推估法相比較，則可得知以拋物線推估的方法將大幅改善速度推估之結果。圖中之 A 為原始的濾波訊號，B 為 Neptune 所使用之曲線，C 為本

研究所使用之拋物線，由加速度積分得到之速度，以本研究之拋物線最為接近實際之煞車初速，另外，由圖中可看出 t_s 約為 0.3 秒，與 Neptune 的研究成果相符。關於 ABS 系統對煞車行為的影響，圖 2-53~56 為使用 ABS 系統煞車時，車輛的減速度、速度以及反應時間和煞車器作用時間的關係圖。由圖可知 ABS 煞車系統在煞車時所產生的煞車減速度，較傳統煞車系統煞車時所產生的煞車減速度大，因此可有效縮短煞車距離。在分析 ABS 煞車系統的實驗數據時，仍然採用本研究之拋物線速度推估的方法。圖 2-57 則為兩種煞車系統之減速度比較圖，詳細資料如附錄 F。

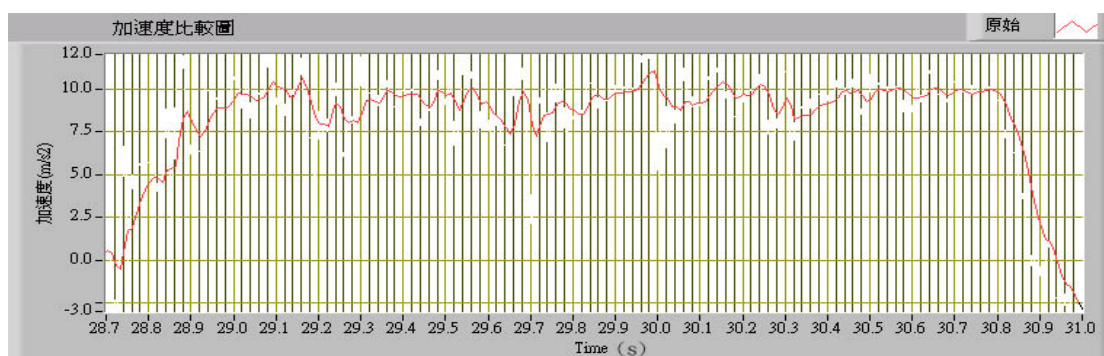


圖 2-53 ABS 系統車輛的加速度圖

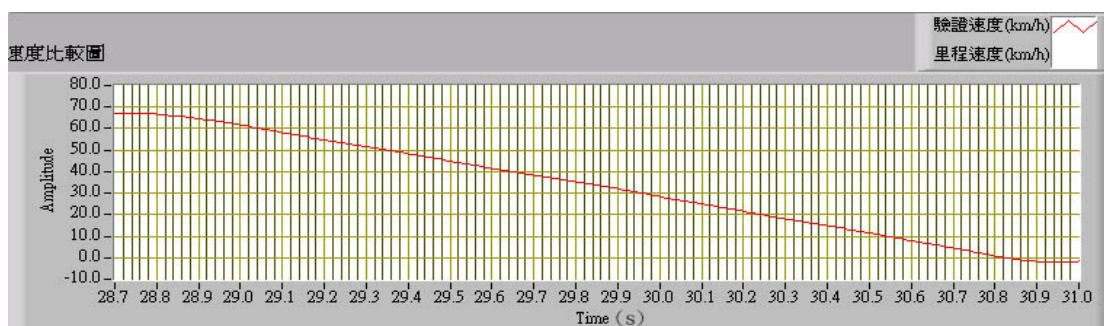


圖 2-54 ABS 系統車輛的速度圖

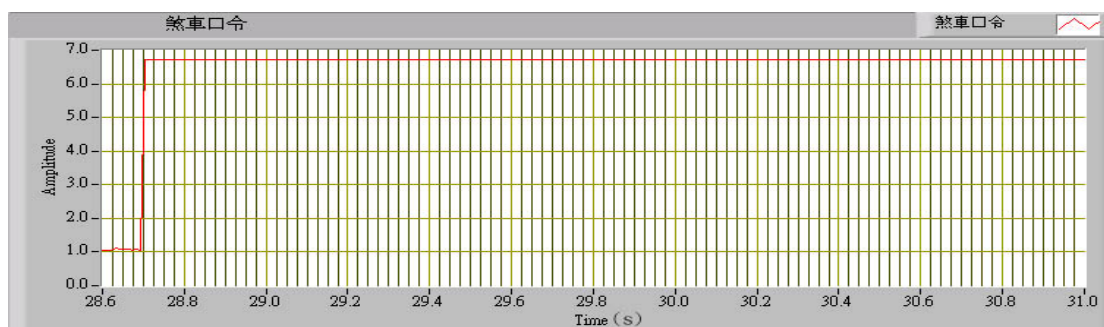


圖 2-55 ABS 系統車輛的口令訊號圖

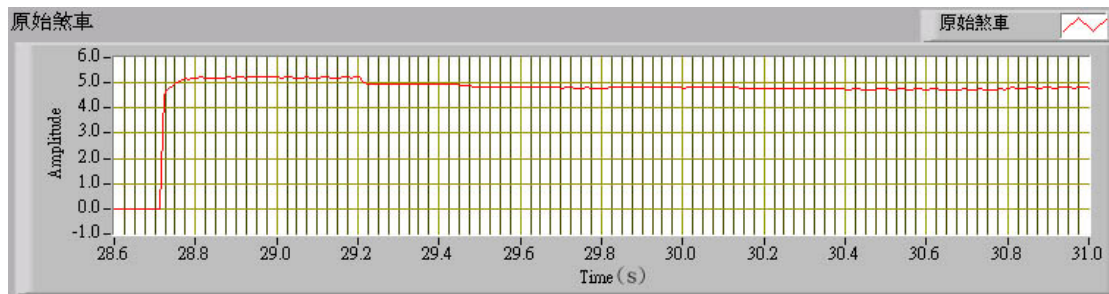


圖 2-56 ABS 系統車輛的煞車訊號圖

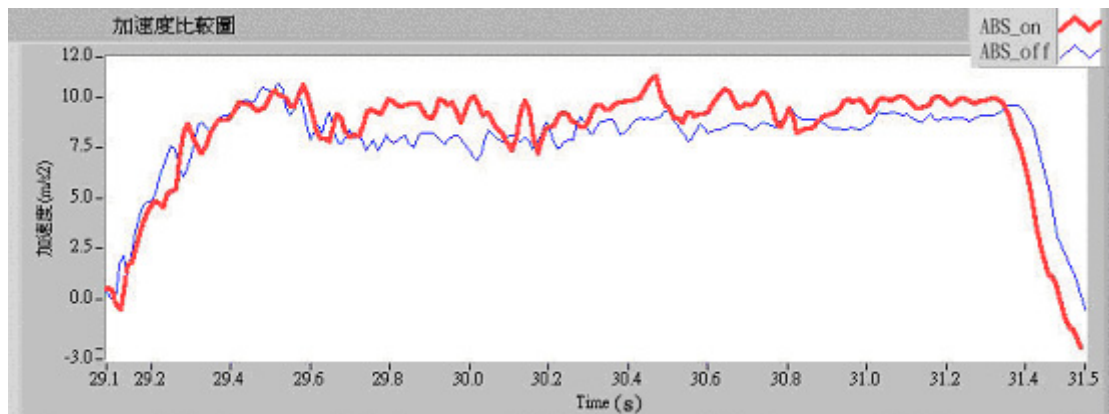


圖 2-57 不同煞車系統之減速度

由圖 2-57 可以看出 ABS 系統車輛煞車時能保有較大的煞車力，在車輛開始減速後，大約 0.3 秒到達最大之減速度，然後保持一約為 0.95G 之減速度直至車輛停止，而一般煞車系統車輛在車輛開始減速後，同樣大約 0.3 秒到達最大之減速度，不過之後減速度開始降為 0.8G，直至車輛停止。另外，兩者到達最大煞車力所需時間同樣約為 0.3 秒，不過 ABS 系統之總煞車時間較短，表 2.24 為圖 2-53 及圖 2-57 的原始實驗數據，ABS 系統在緊急煞車時仍有煞車胎痕產生，但並不明顯，視線良好時較易觀測，ABS 系統之煞車胎痕較傳統煞車系統短，同一輛車的 t_{nb} 及 t_s 並不會因為煞車系統的不同而有所改變。但是不同的車輛會影響 t_{nb} 值。

從煞車時之減速度圖可以發現，ABS 系統與一般煞車系統的最大差別在於到達最大煞車力之後的穩定減速度，由於 ABS 煞車系統能夠保持較大之煞車力，因此 ABS 煞車系統之煞車時間與煞車距離比一般煞車系統短。

表 2.26 到表 2.31 為本研究之實車煞車試驗數據，利用修正後速度推估公式進行阻力係數之推估(結果如表 2.25)。Geo 測試車之阻力係數不管是在乾地或溼地都比較小，原因在於該車輛車齡老舊，煞車效果較不理想。在有 ABS 的測試條件下，Honda 與 Ford 測試車在乾

地輕載的阻力係數平均值分別為 0.97 與 1，83 年運研所報告中乾地輕載的阻力係數推估值為 0.96，而日本 OSA 資料庫乾地輕載的阻力係數為 0.98，三者數值相當，證實本研究改良之速度推估公式亦適用於 ABS 系統車輛。因此在本研究將有 ABS 系統的阻力係數設為 0.96。

此外由實車測試數據資料，ABS 煞車系統與一般煞車系統的最大差別在於，一般煞車系統在車輪鎖死之後會開始滑動，使得煞車力下降到一穩定的減速度，而防鎖死煞車系統(ABS)能夠保持車輪的滾動，當車輪鎖死之際馬上放鬆油壓力，使車輪繼續滾動，然後再重新鎖死車輪，使得車輛能保持在一較高的減速度；因此在煞車胎痕產生時間方面，ABS 系統與一般煞車系統之差異不大，車輛反應時間亦相同，

表 2.24 ABS 煞車系統與一般煞車系統之實驗數據(Honda Civic)

煞車系統	煞車初速 (Km/hr)	煞車痕(m)	t _{rp} (s)	t _{nb} (s)	t _s (s)	煞車距離(m)
ABS	67.16	15.18	0.20	0.02	0.31	20.56
一般系統	64.95	16.6	0.28	0.02	0.29	20.58

表 2.25 本研究實車測試之阻力係數推估

	車速(km/h)	50	60	70	80	平均值
Geo Prizm1.6	乾地	0.72	0.71	0.77	0.82	0.75
	溼地	0.68	0.75	0.71		0.71
Honda Civic1.6	ABS_OFF	0.90	0.86	0.87	0.88	0.88
	ABS_ON	0.92	0.94	0.98	1.05	0.97
Ford Tierra1.8	ABS_OFF	0.77	0.84	0.89	0.99	0.87
	ABS_ON	0.97	0.98	1.01	1.03	1.00

表 2.26 Honda Civic 車輛測試資料(ABS)

檔案編號	初速(km/h)	量測煞車距離 (m)	推估鎖死車速 (km/h)	推估煞車胎痕 (m)	推估阻力係數	修正初速 (km/h)	修正鎖死車速 (km/h)	修正煞車胎痕 (m)
50 1	53.45	14.23	45.66	9.03	0.91	50.0	43.90	8.34
50 2	53.00	13.69	45.84	9.22	0.90	50.0	43.97	8.46
50 3	57.49	15.13	48.98	9.86	0.96	50.0	43.56	7.78
50 4	56.10	14.72	48.93	10.29	0.92	50.0	43.83	8.22
平均						50.0	43.82	8.20
60 1	67.16	20.56	60.16	15.18	0.94	60.0	53.70	12.08
60 2	62.40	17.19	57.21	13.65	0.94	60.0	53.70	12.08
60 3	62.58	18.72	57.05	13.83	0.93	60.0	53.77	12.24
60 4	61.85	17.32	55.16	12.71	0.94	60.0	53.70	12.08
平均						60.0	53.72	12.12
70 1	74.63	24.09	68.06	18.09	1.01	70.0	63.23	15.58
70 2	77.12	25.67	72.71	21.05	0.99	70.0	63.36	15.97
70 3	71.08	22.01	63.64	16.55	0.96	70.0	63.56	16.57
70 4	67.14	20.37	60.19	14.99	0.95	70.0	63.63	16.78
平均						70.0	63.45	16.22
80 1	82.99	29.10	74.02	21.15	1.02	80.0	73.16	20.66
80 2	84.98	30.45	78.28	23.79	1.01	80.0	73.23	20.90
80 3	85.62	29.91	79.91	21.20	1.19	80.0	72.02	17.16
80 4	84.96	31.36	78.10	23.54	1.02	80.0	73.16	20.66
平均						80.0	72.89	19.85

表 2.27 Honda Civic 車輛測試資料(一般煞車系統)

檔案編號	初速(km/h)	量測煞車距離 (m)	推估鎖死車速 (km/h)	推估煞車胎痕 (m)	推估阻力係數	修正初速 (km/h)	修正鎖死車速 (km/h)	修正煞車胎痕 (m)
50 1	48.57	11.85	41.87	8.00	0.86	50.0	44.24	8.96
50 2	48.90	10.89	46.24	8.89	0.95	50.0	43.63	7.89
50 4	51.91	13.07	48.12	10.10	0.90	50.0	43.97	8.46
平均						50.0	43.94	8.43
60 1	69.07	23.79	56.69	14.63	0.87	60.0	54.17	13.28
60 2	64.95	20.58	58.87	16.06	0.85	60.0	54.30	13.66
60 3	66.75	21.36	59.24	16.05	0.86	60.0	54.24	13.46
平均						60.0	54.24	13.47
70 1	75.16	26.63	66.40	19.48	0.89	70.0	64.03	18.14
70 2	70.03	22.92	65.33	19.34	0.87	70.0	64.17	18.63
70 3	69.08	22.28	61.40	16.98	0.87	70.0	64.17	18.63
70 4	70.44	23.94	65.10	19.38	0.86	70.0	64.24	18.89
平均						70.0	64.15	18.57
80 1	84.05	35.21	76.20	26.84	0.85	80.0	74.30	25.57
80 2	88.09	35.55	81.48	28.66	0.91	80.0	73.90	23.63
80 3	83.64	32.62	76.66	26.57	0.87	80.0	74.17	24.89
80 4	85.73	34.46	80.16	28.62	0.88	80.0	74.10	24.56
平均						80.0	74.12	24.66

表 2.28 Geo Prizm 車輛測試資料(乾)

檔案編號	初速(km/h)	量測煞車距離 (m)	推估鎖死車速 (km/h)	推估煞車胎痕 (m)	推估阻力係數	修正初速 (km/h)	修正鎖死車速 (km/h)	修正煞車胎痕 (m)
50 1	57.66	20.05	45.25	15.40	0.72	50.0	45.17	11.14
50 2	57.32	20.01	36.95	15.43	0.71	50.0	45.22	11.28
50 3	56.41	19.10	40.92	14.58	0.73	50.0	45.13	11.04
50 4	56.82	19.69	38.66	15.14	0.71	50.0	45.22	11.29
平均						50.0	45.18	11.19
60 1	63.83	24.12	54.52	18.78	0.73	60.0	55.11	16.38
60 2	65.47	25.50	56.35	20.02	0.72	60.0	55.17	16.64
60 3	58.30	21.58	46.12	16.70	0.68	60.0	55.44	17.80
60 4	66.36	26.89	53.13	21.32	0.70	60.0	55.31	17.20
平均						60.0	55.26	17.00
70 1	73.60	28.95	63.79	22.78	0.80	70.0	64.64	20.56
70 2	74.61	30.25	66.49	28.97	0.79	70.0	64.70	20.86
70 3	78.67	32.62	64.92	26.02	0.81	70.0	64.57	20.26
70 4	72.68	31.92	59.44	25.81	0.70	70.0	65.31	23.99
平均						70.0	64.81	21.42
80 1	87.01	40.01	78.24	32.69	0.80	80.0	74.64	27.41
80 2	88.64	40.25	87.33	32.79	0.83	80.0	74.44	26.28
80 3	88.94	41.44	77.89	33.95	0.81	80.0	74.57	27.03
80 4	85.38	39.25	76.00	32.07	0.79	80.0	74.70	27.81
80 5	86.88	37.52	79.55	30.22	0.86	80.0	74.24	25.23
平均						80.0	74.52	26.75

表 2.29 Geo Prizm 車輛測試資料(溼)

檔案編號	初速(km/h)	量測煞車距離 (m)	推估鎖死車速 (km/h)	推估煞車胎痕 (m)	推估阻力係數	修正初速 (km/h)	修正鎖死車速 (km/h)	修正煞車胎痕 (m)
50_1	51.93	17.50	47.08	13.17	0.67	50.0	45.51	12.17
50_2	55.25	18.34	49.15	13.74	0.73	50.0	45.11	10.97
50_3	51.68	18.10	47.42	13.79	0.64	50.0	45.71	12.85
50_4	52.72	17.56	46.99	13.17	0.69	50.0	45.37	11.75
平均						50.0	45.43	11.94
60_1	60.78	22.25	64.33	17.17	0.72	60.0	55.17	16.64
60_2	65.32	24.56	70.00	19.09	0.75	60.0	54.97	15.86
60_3	62.62	22.40	66.40	17.17	0.76	60.0	54.91	15.62
60_4	64.44	23.65	67.69	18.26	0.76	60.0	54.91	15.62
平均						60.0	54.99	15.93
70_1	70.49	28.45	72.37	22.54	0.75	70.0	64.97	22.16
70_2	72.33	29.03	66.87	22.97	0.77	70.0	64.84	21.49
70_3	69.78	29.72	72.50	23.86	0.70	70.0	65.31	23.99
70_4	67.02	29.22	68.95	23.59	0.65	70.0	65.64	26.10
平均						70.0	65.19	23.43

表 2.30 Ford Tierra 車輛測試資料(ABS)

檔案編號	初速(km/h)	量測煞車距離 (m)	推估鎖死車速 (km/h)	推估煞車胎痕 (m)	推估阻力係數	修正初速 (km/h)	修正鎖死車速 (km/h)	修正煞車胎痕 (m)
50 1	50.52	11.33	44.61	7.20	1.04	50.0	43.03	7.01
50 2	49.79	11.94	45.72	7.92	0.94	50.0	43.70	8.00
50 3	53.39	13.99	49.87	9.66	0.91	50.0	43.90	8.34
50 4	49.36	11.27	44.12	7.30	0.99	50.0	43.36	7.48
平均						50.0	43.50	7.71
60 1	63.71	18.51	57.99	13.32	0.97	60.0	53.50	11.62
60 2	62.41	17.93	55.01	12.84	0.96	60.0	53.56	11.77
60 3	61.37	17.42	55.94	12.34	0.96	60.0	53.56	11.77
60 4	58.35	14.60	50.55	9.88	1.05	60.0	52.96	10.52
平均						60.0	53.40	11.42
70 1	72.40	22.21	67.99	16.30	1.04	70.0	63.03	15.04
70 2	71.83	22.81	64.06	16.94	0.99	70.0	63.36	15.97
70 3	77.13	25.04	70.62	18.73	1.04	70.0	63.03	15.04
70 4	77.43	26.23	75.32	19.88	0.99	70.0	63.36	15.97
70 5	72.99	23.07	64.38	17.10	1.01	70.0	63.23	15.58
平均						70.0	63.20	15.52

表 2.31 Ford Tierra 車輛測試資料(一般煞車系統)

檔案編號	初速(km/h)	量測煞車距離 (m)	推估鎖死車速 (km/h)	推估煞車胎痕 (m)	推估阻力係數	修正初速 (km/h)	修正鎖死車速 (km/h)	修正煞車胎痕 (m)
50 3	52.22	14.67	45.21	10.35	0.83	50.0	44.44	9.37
50 4	47.49	13.21	38.56	10.46	0.76	50.0	44.91	10.45
50 5	50.35	14.86	45.58	10.76	0.75	50.0	44.97	10.62
50 6	52.55	16.03	41.83	11.74	0.76	50.0	44.91	10.45
平均							44.81	10.22
60 1	67.88	24.28	58.32	18.71	0.82	60.0	54.50	14.26
60 2	59.41	19.09	52.60	14.22	0.81	60.0	54.57	14.47
60 3	68.19	23.19	64.17	17.51	0.87	60.0	54.17	13.28
60 4	62.70	20.11	56.40	14.98	0.85	60.0	54.30	13.66
60 5	62.87	20.68	55.57	15.53	0.83	60.0	54.44	14.06
平均							54.40	13.94
70 1	75.39	26.94	70.37	20.75	0.91	70.0	63.90	17.66
70 2	71.04	24.44	65.17	18.61	0.90	70.0	63.97	17.90
70 3	77.54	29.62	66.70	23.23	0.87	70.0	64.17	18.63
70 4	70.77	24.35	63.42	18.55	0.89	70.0	64.03	18.14
平均							64.02	18.08

2.11 行車速度推估表

在 2.6 節中，本研究利用改良的速度推估公式，針對 86 年運研所報告的煞車試驗數據(無 ABS 系統)進行阻力係數分析。在乾地輕載時，阻力係數為 0.81；乾地滿載為 0.70；溼地輕載為 0.72；溼地滿載為 0.59。由於實車測試結果與上述分析結果相近，因此本研究採用上述阻力係數值並配合改良的速度推估公式，提出新的無 ABS 系統「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」，如表 2.32 所示。

此外在 2.7 節與 2.8 節中，本研究針對 83 年運研所報告之煞車試驗數據以及日本 OSA 煞車試驗資料庫，配合改良的速度推估公式進行有 ABS 系統的阻力係數推估。依據上述無 ABS 系統的阻力係數值及 83 年運研所報告 ABS_ON/ABS_OFF 比值分析結果，有 ABS 系統的阻力係數，乾地輕載為 0.96；乾地滿載為 0.92；溼地輕載為 0.95；溼地滿載為 0.96。日本 OSA 資料庫在乾地輕載的阻力係數為 0.98，溼地輕載為 0.89。本研究利用 Honda Civic 與 Ford Tierra 進行實車測試，在乾地輕載的阻力係數為 0.98。在乾地輕載部分，由於國內外煞車試驗數據與本研究實車測試結果所推估之阻力係數相當，因此本研究在乾地輕載部分採 0.96，乾地滿載採 0.92。溼地部分，由於國內煞車試驗數據的分析結果，溼地輕載為 0.95，溼地滿載為 0.96，不管輕載或滿載均比乾地之阻力係數大，而且溼地滿載的阻力係數也比溼地輕載大，明顯有誤差存在，而且國內除 83 年運研所報告外並無其他參考數據，故該分析結果不予採用。在日本 OSA 資料庫中所收錄之資料，均為其國內上市之新車煞車試驗數據，樣本較多，同時該資料庫亦收錄國內目前常見車款之試驗數據，因此在溼地輕載阻力係數部分，本研究採 0.89。在溼地滿載方面，由於日本 OSA 資料庫的測試條件為時速 100km/h，因此依據前述溼地輕載阻力係數 0.89 及 83 年運研所報告中，時速 100km/h 的溼地滿載/輕載比值 0.96，二者相乘即可得到本研究所採用之溼地滿載阻力係數，0.85。依據以上結果，本研究提出新的有 ABS 系統「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」，如表 2.33 所示。

上述「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」適用於一般柏油路面(鋪設時間：一年內)。在相同的煞車胎痕長度下，對於不同阻力係數誤差所造成之行車速度推估誤差，本表已將換算方式條列於表中，以表 2.32 為例，若路面與載重條件為乾地輕載，且現場量測之煞車胎痕長為 14.83 公尺，則行車速度應為 60km/h，但是若阻力係數增加 5%，則行車速度應改為 61.6km/h，誤差為 2.7%；若阻力係數增加 10%，則行車速度應改為 63.2km/h，誤差為 5.3%。由於阻力係數誤差與行車速度推估誤差，二者關係近似線性，因此未來在實務上若須快速計算，可直接視為線性關係，其衍生之誤差不大，尚在容許範圍內。

表 2.32、「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(無 ABS)

「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(無 ABS)											
行車速度(km/h) 煞車胎痕長度(m)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
乾燥柏油輕載(阻力係數 0.81)	10.20	12.41	14.83	17.47	20.32	23.39	26.68	30.19	33.90	37.92	42.34
乾燥柏油滿載(阻力係數 0.70)	12.01	14.61	17.46	20.57	23.93	27.54	31.41	35.53	39.91	44.79	49.94
潮濕柏油輕載(阻力係數 0.72)	11.94	14.49	17.28	20.33	23.61	27.15	30.93	34.95	39.23	43.74	48.51
潮濕柏油滿載(阻力係數 0.59)	14.88	18.05	21.53	25.32	29.41	33.81	38.52	43.53	48.85	54.47	60.40
本對照表適用於柏油路面(鋪設時間：一年內)											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數增加 5%，行車速度推估：乾地增加 2.7%、溼地增加 2.6%											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數減少 5%，行車速度推估：乾地減少 2.7%、溼地減少 2.7%											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數增加 10%，行車速度推估：乾地增加 5.3%、溼地增加 5.2%											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數減少 10%，行車速度推估：乾地減少 5.5%、溼地減少 5.4%											

使用範例：在某一事故現場量測煞車胎痕(Skid Mark)長度為 16 公尺，該路段為乾柏油路面(鋪設時間：一年內)，事故車輛乘客二人(車上並無其他物品)，依據上述條件選用乾燥柏油路輕載(阻力係數為 0.81)，又煞車胎痕長度 16 公尺介於 14.83 公尺(60km/h)與 17.47 公尺(65km/h)之間，利用內插法求出速度為 62.2km/h。若該路面鋪設時間超過一年半，假設阻力係數減少 5%，則所推估之速度應為 $62.2 \times (1 - 0.027) = 60.5 \text{ km/h}$ 。

表 2.33、「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(有 ABS)

「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(有 ABS)											
行車速度(km/h) 煞車胎痕長度(m)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
乾燥柏油輕載(阻力係數 0.96)	8.32	10.13	12.12	14.28	16.63	19.15	21.85	24.73	27.79	31.11	34.78
乾燥柏油滿載(阻力係數 0.92)	8.67	10.57	12.65	14.92	17.38	20.02	22.85	25.87	29.07	32.71	36.55
潮濕柏油輕載(阻力係數 0.89)	9.34	11.35	13.54	15.93	18.52	21.30	24.27	27.44	30.80	34.36	38.11
潮濕柏油滿載(阻力係數 0.85)	9.80	11.91	14.22	16.73	19.45	22.37	25.50	28.83	32.37	36.11	40.06
本對照表適用於柏油路面(鋪設時間：一年內)											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數增加 5%，行車速度推估：乾地增加 2.7%、溼地增加 2.7%											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數減少 5%，行車速度推估：乾地減少 2.8%、溼地減少 2.7%											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數增加 10%，行車速度推估：乾地增加 5.3%、溼地增加 5.3%											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數減少 10%，行車速度推估：乾地減少 5.6%、溼地減少 5.5%											

表 2.34、民國八十四年汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數的對照表

路面情況	載重	摩擦係數	行車速度 (km/h)																
			20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
瀝青路面			煞車距離 (m)																
新築		0.85	1.8	2.8	4.2	5.6	7.4	9.3	11.5	14.0	16.6	19.9	23.0	26.2	30.0				
乾 1~3 年		0.75	2.0	3.2	4.6	6.4	8.4	10.5	13.0	16.0	18.0	22.8	26.0	30.0	34.0				
燥 3 年以上		0.70	2.2	3.4	5.5	6.9	9.0	11.5	14.1	17.0	20.2	24.0	27.9	32.0	36.0				
乾 一年以內	輕載	0.81			4.7	6.2	8.0	9.9	12.2	14.6	17.3	20.3	23.5	26.9	30.5	34.4	38.5	42.9	47.4
	滿載	0.71			4.8	6.6	8.7	11.2	13.9	16.8	20.1	23.7	27.5	31.6	36.5	40.7	45.7	50.9	56.5
	輕載	0.87			3.9	5.4	7.1	9.1	11.3	13.7	16.3	19.2	22.3	25.6	29.2	32.9	37.0	41.2	45.7
	滿載	0.71			4.8	6.6	8.8	11.2	13.9	16.9	20.1	23.7	27.5	31.7	36.1	40.8	45.8	51.0	56.6
新築		0.80	1.9	3.2	4.4	6.0	8.8	10.0	12.2	15.0	17.9	21.0	24.5	28.0	32.0				
潮 1~3 年		0.65	2.4	3.7	5.4	7.4	9.5	12.2	15.4	18.4	22.0	26.0	30.0	35.0	37.0				
濕 3 年以上		0.60	2.6	4.1	5.9	8.0	10.5	13.4	16.5	20.0	24.0	28.5	32.2	37.0	41.0				
潮 一年以內	輕載	0.76			4.9	6.3	8.0	10.2	12.9	15.9	19.4	23.3	27.7	32.5	37.7	43.3	49.4	55.9	62.8
	滿載	0.67			5.3	6.8	8.9	11.6	14.7	18.4	22.7	27.4	32.8	38.6	45.0	51.9	59.3	67.3	75.8
	輕載	0.83			4.0	6.3	8.4	9.5	11.8	14.4	17.2	20.3	23.6	27.2	31.0	35.0	39.3	43.8	48.6
	滿載	0.72			4.2	6.3	8.4	10.8	13.8	17.1	21.0	25.2	30.0	35.5	40.8	46.9	53.5	60.5	68.0
砂石路面		0.68	2.3	3.1	5.2	7.2	9.0	11.6	14.0	17.2	21.0	24.0	28.0	32.0	36.0				
備註	(1) 本表乃依 Ford Festiva 1.3 A/T GLX 三廂四門車型之測試結果所修訂。																		
	(2) 使用本表時以肇事車輛之車輪中，最長之煞車胎痕為判斷對象，並考慮其載重情況。																		
	(3) 本表中所指滿載係由空車重+400kg 而得。																		
	(4) 本表不適用配備 ABS 及肇事前車輛功能已異常之車輛。																		
	(5) 若肇事車輛牽涉較大之變形 (動量變化)，推算其速度時，必須將此列入考慮。																		
	(6) 表中之摩擦係數乃以本表中之煞車距離 (50km/h) 換算而來。																		

2.12 小結

本研究利用修正後之速度推估公式，針對 83~86 運研所的實驗數據進行分析，將推估結果與實車測試數據進行驗證後發現，用修正後之速度推估公式，求得之阻力係數值較為準確，因此未來可根據本研究成果，重新擬定一煞車胎痕長度與行車速度推估表，方便實務上簡單推估行車速度。本章具體結論如下：

1. 在行車速度推估公式中均是以阻力係數作為計算參數，而非摩擦係數；此外現場量測為煞車胎痕長度而非煞車距離，因此建議將「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」改為「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」。
2. 傳統之速度推估公式未考慮煞車力開始作用到產生最大煞車力的時間 t_s 的影響，造成誤差較大。本研究加入 t_s 的影響，提出新的數學模式以修正現行之速度推估公式。
3. 煞車力產生時間 t_{nb} ，會隨著車種及煞車器的不同而有所不同，範圍在 0.02~0.03 秒之間，一般情況下採用平均值 0.025 秒來計算。
4. 煞車胎痕產生時間 t_s 與行車速度成一正比的關係，範圍在 0.2~0.37 秒之間。在乾柏油路面，車速低於 40km/h 採用 0.2 秒，車速高於 90km/h 時建議 0.35 秒當作上限來計算。車速介於 40km/h 與 90km/h 之間可利用公式 $t_s = 0.003V + 0.08$ 求出 t_s 值；在溼柏油路面則可利用公式 $t_s = 0.003V + 0.05$ 求出 t_s 值。
5. 國內現行之速度推估表，所使用之阻力係數範圍很大。本研究可較準確估算阻力係數對照表，減少推估行車速度之誤差值。柏油路面有輔以實驗數據驗證，具相當之可信度，其他路面未來可再進行更多實驗。
6. 本研究針對 83 年運研所報告之煞車試驗數據以及日本 OSA 煞車試驗資料庫，配合改良的速度推估公式，進行有 ABS 系統的阻力係數推估，並輔以實車驗證，乾地輕載部分採 0.96，乾地滿載採 0.92，溼地輕載採 0.89，溼地滿載採 0.85。根據前述結果，本研究已提出一個新的速度推估表(有、無 ABS)，未來可供現場使用參考。
7. 未來根據每輛車之煞車測試資料，利用本研究所提出之方法及當時路面情況，可較準確推估每輛車適用的阻力係數與 t_s 值，來作速度推估。
8. 未來可將本研究所提出的計算方式，以電腦程式配合資料庫供現場快速使用。

第三章 事故重建軟體

交通事故肇事責任的歸屬，往往只能依據路權及當事人的說詞來作判決，而此種判斷方式相當主觀，無法準確重建事故發生的真實原因。事故現場重建電腦模擬軟體的發展，為意外事故現場重建，提供一較客觀的方法。

1952 年，第一套針對公路安全的軟體 ACIR (Automobile Crash Injury Research Program) 被發展出來，此軟體設計之目的是用來決定車輛事故發生時，乘客所受到的傷害，以改善車輛的設計。此軟體在美國當時大約有 50000 個研究案例，ACIR 軟體是利用對照損壞車輛的照片，來作為損壞程度分類的主要依據。自此之後，陸續有許多意外事故重建電腦模擬軟體被發展出來[41]。

目前國外意外事故重建軟體開發的理論基礎主要分成二類：SMAC (Simulation Model of Automobile Collision) 以及 CRASH (Calspan Reconstruction of Automobile Speeds on the Highway)。以下各節將作詳細說明。

3.1 SMAC

SMAC 為發展來模擬車輛事故情況之電腦模擬軟體。1970 年代，NHTSA 參與一項公路意外事故重建軟體的研究專題，發展出來的電腦模擬軟體的原型就是 SMAC[41]。NHTSA 於 1974 年結束 Calspan 的研究計劃，NHTSA 發表初步的 SMAC 電腦軟體版本，稱為 NHTSA SMAC 電腦軟體。後來雖然陸續有許多關於 SMAC 的研究，但是與 1974 年所發表的 NHTSA SMAC 電腦軟體比較，並沒有其他更有意義的改變。直到 1986 年，Day 和 Hargens[41]發展出以 Basic 語言編寫的電腦軟體 EDSMAC，此軟體(SMAC-97)相關重點如下[41-42]：

- (1) 碰撞介面：由兩車所受撞擊力之向量，可用來定義撞擊面。
- (2) 撞擊型式：在 SMAC 軟體中，撞擊面有三種撞擊結構的型式 (END、SIDE 和 CORNER)。
- (3) 相對運動的限制：有些撞擊結構以壓縮力和庫倫摩擦力來組合而成，有時是不恰當的。除了主要的壓縮力外，車輛碰撞的真實界面包括了重要的拉張力、相對旋轉的力矩。
- (4) 車輛撞擊的偵測邏輯：車輛可視為一矩形，當某一矩形的角碰觸到另一矩形時，即視為碰撞發生。

使用 SMAC 為理論基礎的電腦軟體模擬事故時時，必須要有一

些車輛的基本資料，包括車輛重量、車輛尺寸及其他車輛參數，來建立一完整撞擊測試分析（Full Scale Crash Test Analysis）。在使用時，使用者必須設定車輛初始位置、初始方向和初始速度，並開始執行模擬車輛開始撞擊至停止之運動情形，最後使用者必須比較使用 SMAC 所模擬的結果和事故證據。不斷重複模擬，直到尋找出一組與事故證據相符的初始位置、初始方向和初始速度。

SMAC 為車輛動態模擬[43]方式的一種。事故重建時，可將車輛的碰撞情況分為三個相位，即撞前相位（Pre-Impact Phase）、衝撞相位（Impact Phase）及撞後相位（Post-Impact Phase），不同撞擊相位之情況分述如下[44]：

3.1.1 撞前相位

車輛在撞擊前的運動，可視為一剛體運動，作用於車輛的力，只需考慮路面與輪胎的摩擦力，其行為模式可分為直線滑動，和以質心為轉軸的旋轉滑動兩種模式。

直線滑動，車速會隨煞車時間的增加而減小，其關係式如 3-1 式所示：

$$V_t = V - a_x \cdot t \quad (3-1)$$

其中： V_t 為煞車與煞車時間之關係

V 為煞車瞬間車速

a_x 為煞車時的減速度

t 為煞車的時間

而車速與煞車距離的關係，可由 3-2 式表示：

$$V_t = \sqrt{V^2 - 2 \cdot a_x \cdot S} \quad (3-2)$$

在一般的情況下，減速度 a_x 可如 3-3 式所示：

$$a_x = f \cdot g \quad (3-3)$$

其中： g 為重力加速度

f 為路面摩擦係數

旋轉滑動，相似於直線滑動，車體以質心為轉軸旋轉的角速度，亦隨旋轉時間增加而減小，其關係式如 3-4 式所示：

$$\omega_t = \omega - \alpha_f \cdot t \quad (3-4)$$

其中： ω_t 為旋轉 t 時間後之角速度

ω 為開始旋轉的角速度

α_f 為因路面摩擦所生之角減速度

t 為旋轉的時間

且由於 3-5 式：

$$\alpha_t = \alpha_f \cdot r \quad (3-5)$$

其中： α_t 為切線角減速度

r 為旋轉半徑

切線角減速度為使旋轉減緩乃至停止的主因，其起因為與路面作用，因摩擦力作用而減速，故其值與減速度 a_x 相同。

若以 $\alpha = a_x / r$ 代入 3-4 式中，則可得 3-6 式：

$$\omega_t = \omega - a_x \cdot t / r \quad (3-6)$$

其與角位移 Φ 及旋轉時間 t 的關係，如 3-7 式所示：

$$\Phi = \omega \cdot t - 1/2(a_x / r)t^2 \quad (3-7)$$

其中： $t = r\omega / a_x$

對於平面旋轉的車輛來說，旋轉半徑決定於車輛的長度與寬度，其關係式如 3-8 式所示：

$$r = \sqrt{(L_x^2 + L_y^2)} / 12 \quad (3-8)$$

其中： L_x 為車長

L_y 為車寬

3.1.2 衝撞相位

碰撞過程中，衝撞相位是最複雜也是牽涉的學理最廣的一相位，一般對於此相位都是以線性動量守恆來求解，如 3-9 式所示：

$$M_a \cdot u_a + M_b \cdot u_b = M_a \cdot U_a + M_b \cdot U_b \quad (3-9)$$

其中： M_a 為 A 車質量

M_b 為 B 車質量

u_a 為 A 車衝撞初速

u_b 為 B 車衝撞初速

U_a 為 A 車衝撞末速度

U_b 為 B 車衝撞末速度

但此模式未考慮角動量，在衝撞過程中，除非受力線正好通過質心，否則會發生轉動而消耗動能，所以如果忽略角動量，則會低估車速。如圖 3-1，若假設 A、B 兩車於圖中 C 點相撞，在未分離前，以 C 為軸心發生轉動，撞擊後完全分離，再以個別的角速度分別旋轉至消耗所有動能。根據角動量守恆可得 3-10 式：

$$I_a \cdot (\omega_a - \Omega_a) + I_b \cdot (\omega_b - \Omega_b) + M_a \cdot (d_2 + d_4) \cdot (u_{ay} - U_{ay}) + M_b \cdot (d_1 + d_3) \cdot (u_{bx} - U_{bx}) = 0 \quad (3-10)$$

其中： $d_1 = d_b \sin(\theta_b + \Phi_b)$

$d_2 = d_b \cos(\theta_b + \Phi_b)$

$d_3 = d_a \sin(\theta_a + \Phi_a)$

$d_4 = d_a \sin(\theta_a + \Phi_a)$

I_a 為 A 車之轉動慣量

I_b 為 B 車之轉動慣量

ω_a 為 A 車衝撞前之角速度

ω_b 為 B 車衝撞前之角速度

Ω_a 為 A 車衝撞後之角速度

Ω_b 為 B 車衝撞後之角速度

θ_a 為 A 車的行進方向與 X 軸之夾角

θ_b 為 B 車的行進方向與 Y 軸之夾角

Φ_a 為 C 點與 A 車質心連線對車行方向之夾角

Φ_b 為 C 點與 B 車質心連線對車行方向之夾角

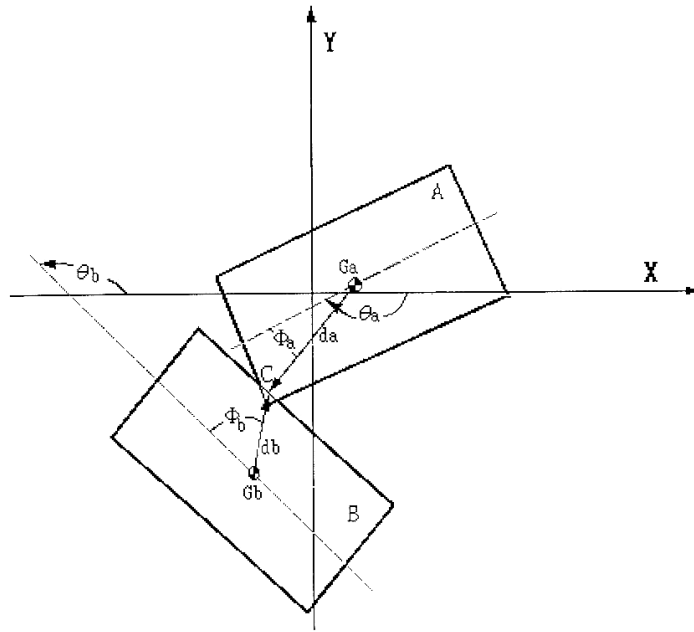


圖 3-1 剛體碰撞圖[43]

以上是由剛體碰撞原理所推導之結果，如能加入恢復係數等物理特性作修正，則可獲得更正確的結果，一般而言，恢復係數約在 0~1 之間，而 Emori[45]在 1970 年曾指出直角的汽車碰撞之恢復係數近乎為 0。

3.1.3 撞後相位

車輛於衝撞後，若仍未分開，則可視為一完全非彈性碰撞之情況。多數的撞擊情況，兩車會以衝撞後所得的衝撞末速分開而各自運動，此時各車輛可視為單一運動體，其運動狀況與撞前相位相同。

3.2 CRASH

CRASH 意外事故重建電腦模擬軟體，最初設計的目的是為了讓 SMAC 的使用者決定第一次的速度估計值。NHTSA 將原始的 CRASH 理論與 NASS (National Accident Sampling Study) 的研究整合在一起，更加強了 CRASH 的功能[46]。原始的 CRASH 軟體利用軌跡解 (Trajectory Solution Procedure) 和損壞分析 (Damage Analysis Procedure) 來提供最初的速度估計值[47]。軌跡法 (Trajectory-based) 是由使用者輸入車輛特性參數、撞擊位置、停止位置以及車輛損壞量測的數值後，以模擬車輛在撞擊前瞬間的速度，以及撞擊所造成的速度改變量 (ΔV)。撞擊速度改變量的定義為車輛在發生碰撞時，發生在主撞擊力方向撞擊速度改變量。當事故發生到最後停止之前，車輛輪胎和地面會有摩擦的情況產生，利用事故現場所遺留的煞車痕跡，和車輛最後停止的位置，可推估事故發生時之車速。損壞法 (Damage-based) 則是定義車輛外觀剛性係數，並假設車輛損壞與撞擊速度為一線性關係，藉由量測殘留在車輛上永久損壞區域之損壞程度 (Crush Depth)，推估造成此永久損壞的能量值，進而推估撞擊時的速度。

CRASH3 是一個車輛事故的簡化數學分析法。對於任何分析流程而言，在分析過程中的簡化假設，可用來降低軟體的複雜程度及花費。使用 CRASH3 時，如果違反其假設的規則，會降低輸出結果的正確性，甚至在一些極端特別的例子，可能完全違背了 CRASH3 的假設，而無法使用。因此，CRASH3 的使用者雖然不必知道詳細的分析過程，但是有必要了解軟體的簡化假設，以應用於適當的事故案例。CRASH3 的基本假設如下[48]：

- (1) 車輛撞擊後，旋轉至停止之前，為固定的轉動情形
- (2) 撞擊過程，車輛方向盤不會產生主動式控制。
- (3) 路面與車輛間的摩擦係數為定值。
- (4) 撞擊過程中撞擊點速度相同 (Common Velocity)。
- (5) 兩輛車在平坦、單一摩擦係數的路面。
- (6) 軟體依車輛的特性將車輛分類。
- (7) 車輛前面、側面和後面的剛性係數是獨立的，且每一面的剛性係數是均勻的。

根據以上假設，CRASH3 的兩種演算法分別敘述於以下章節中。

3.2.1 軌跡分析演算法 (Trajectory Analysis Algorithms)

行車速度在大多數的車輛事故中，是一相當關鍵的因素。因此在交通事故研究中，一個相當重要的研究方向，就是如何推估車輛撞擊前的行車速度[46-47]。以牛頓第二運動定律、牛頓第三運動定律及動量守恆定律為基礎，可以作為車輛與車輛間碰撞事故中，推估撞擊速度的理論基礎[47]。分析過程中，假設整個系統是封閉的，並且由輪胎或其他可能原因所造成的外力，與撞擊力的大小相比較，很小時可以忽略。然而，若這些值大到某一程度時，則不可以完全被忽略。軌跡解過程的重點如下[46]：

- (1) 由車輛分離至最後停止的過程來求分離速度。
- (2) 使用分離速度和動量守恆定律來求初始撞擊速度。
- (3) 利用撞擊前的過程和撞擊速度可推求初始速度。
- (4) 由撞擊速度和分離速度的差值來決定每輛車的撞擊速度改變 (ΔV)。

3.2.2 損壞分析演算法 (Damage Analysis Algorithms)

車輛撞擊時，車輛的外觀承受很大的撞擊力，在外力移除之後，永久的損傷仍然會存在，可以用儀器量測車輛的損傷量，而所量得的損傷量，可能會與真正車輛發生撞擊時之最大損傷量，有些微的差距，因為車輛在變形時，可能會有一些恢復力 (Restitution) 產生，但是對於遭受到嚴重撞擊的車輛來說，這些恢復力並不會造成很大影響，所以可以忽略，但在某些低速的撞擊時，可能就必須考慮恢復力的影響[47]。

依據撞擊測試分析結果顯示， ΔV 的範圍在 40.5 至 73 km/hr (25 至 45 MPH) 之間[47]。CRASH 損壞分析演算，是根據車輛殘留的損壞與撞擊速度成一簡單的線性關係，來推估行車速度[49]。舉例來說，如果車輛以 33 km/hr (30 ft/sec) 的速度在行駛，當車輛撞上一個不可移動且不會變形的障礙物時，車速會降到零且會有 75807 Nt·m (55900 ft·lb) 的能量消耗掉，在假設障礙物未發生變形的情況下，由車輛的損傷來消耗這些能量，因為由能量的觀點可求得車輛的損傷，所以在事故重建時常常使用車輛外觀的損傷量來求得車輛撞擊前的行車速度。

3.3 由車損法推估撞擊前之速度

3.3.1 車損法理論

1968 年，Emori[45]曾提出車輛撞擊時之動能損失，與車輛變形間的關係，以及車輛在撞擊時受到之減速力，與殘留之變形量成比例，因此 Emori 在研究中，進一步假設車輛的損壞與彈簧的變形一樣，都是能量的損失，而彈簧動能與位能的轉換可由 3-11 式表示：

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \quad (3-11)$$

其中： m 為質量 (kg)

V 為速度 (m/s)

k 為彈簧常數 (Nt/m)

x 為變形量 (m)

實際的變形，會與彈簧的剛性係數有關，依此類推，如果車輛的永久變形，與剛性係數已知，則可由車輛的損壞，來推估總能量損失。因此 Emori 指出單一車輛的損壞變形量，與車輛的撞擊速度成比例，其關係式如 3-12 式所示：

$$C = 0.9 \cdot V_c \quad \text{or} \quad V_c = 1.1 \cdot C \quad (3-12)$$

其中： C 為最大的變形量 ($in.$)

V_c 為撞擊速度 (mi/hr)

1972 年，Mason 和 Whitcomb[50]求得一近似方程式，可估算不同事故情況下，車輛之撞擊速度，同時也證明了 Emori 理論中，變形量與撞擊速度是線性關係的說法，Mason 和 Whitcomb 的方程式如 3-13 式所示：

$$C = a + bV_c \quad (3-13)$$

其中： C 為變形量 ($in.$)

a 、 b 為常數

V_c 為撞擊速度 (mi/hr)

3.3.2 Campbell[50]車損法理論

1974 年，Campbell 提出以車輛外形的變形與車輛的剛性係數，

可求得車輛在撞擊過程中，所損失的能量。Campbell 更進一步說明車輛的剛性係數，可由障礙物撞擊測試結果得到，更肯定了 Emori、Mason 和 Whitcomb 的說法。圖 3-2 為障礙物撞擊測試結果之關係圖，可得到如 3-14 式之線性關係式：

$$V_c = b_0 + b_1 C \quad (3-14)$$

其中： V_c 為撞擊速度 (mph)

C 為永久變形量 (in.)

b_0 為截距 (mph)

b_1 為斜率

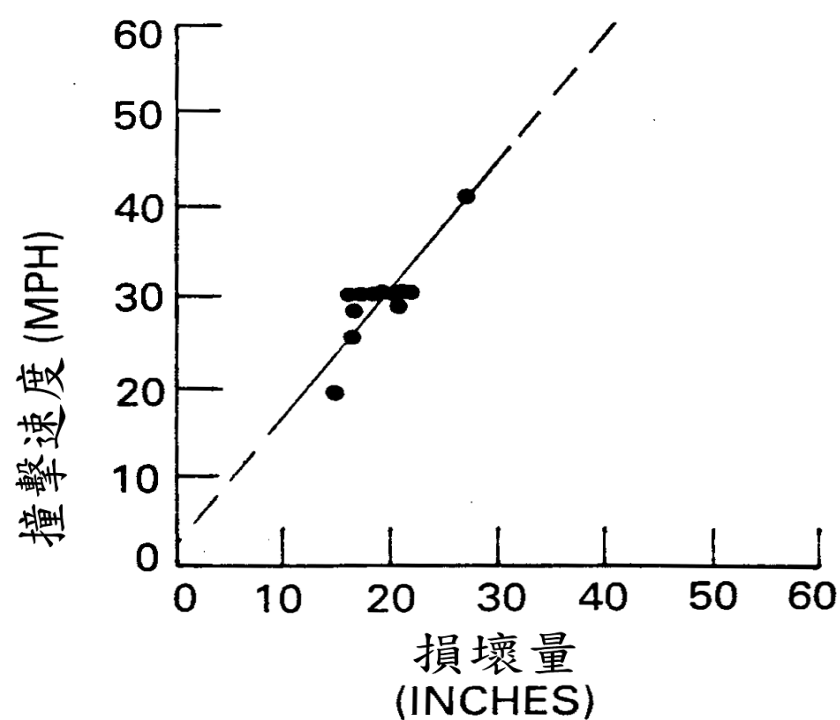


圖 3-2 撞擊速度與殘留損壞的關係[50]

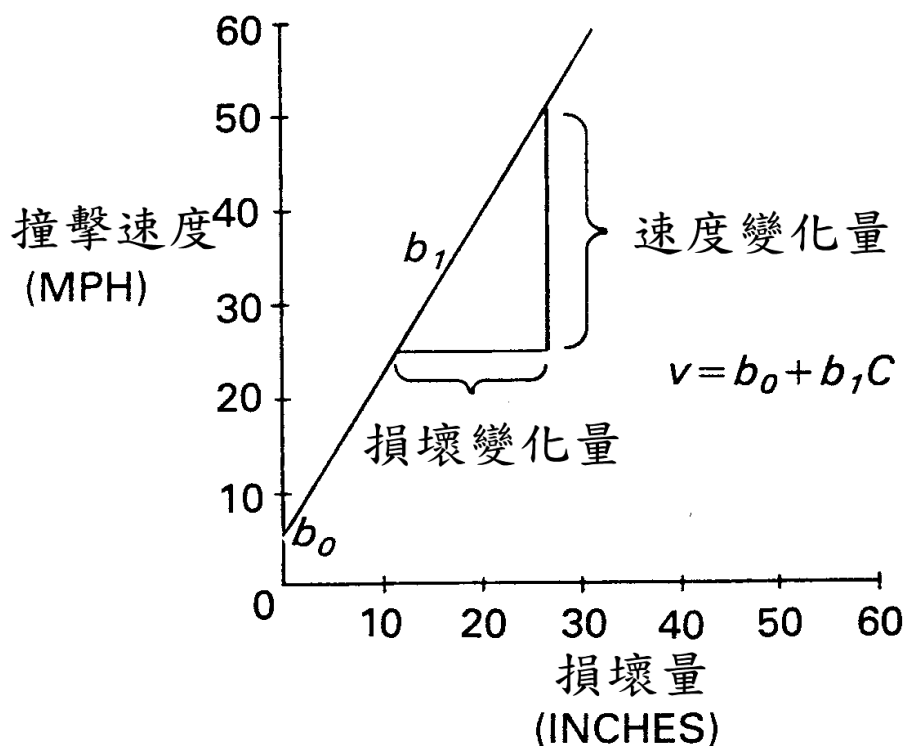


圖 3-3 撞擊速度與殘留損壞的關係[50]

圖 3-3 中之斜率 b_1 ，是速度變化量與損壞量的比值，截距 b_0 為不發生變形之最大撞擊速度。斜率 b_1 及截距 b_0 可由障礙物撞擊測試結果中得到，Campbell[50] 進一步根據此方程式，推導求得單位損傷寬度量的受力，McHenry[50] 應用這個理論於 CRASH (Calspan Reconstruction of Accident Speeds on the Highway) 之事故重建軟體程式中，推估撞擊速度，如 3-15 式所示：

$$F/L = A + BC \quad (3-15)$$

其中： F/L 為單位損傷寬度的受力 (lb/in.)

A 為單位損壞區寬度未造成永久損壞之最大撞擊力 (lb/in.)

B 為單位損壞區寬度之彈簧剛性係數 (lb/in.²)

C 為損傷深度 (in.)

A 及 B 為車輛剛性係數，反映車輛之剛性特性，每一輛車的前面、後面及側面，都有不同的剛性係數，Campbell 利用 b_0 及 b_1 來計算 A 及 B ，如 3-16 式所示：

$$\begin{aligned} A &= Wb_0b_1/gL \\ B &= Wb_1^2/gL \end{aligned} \quad (3-16)$$

其中： W 為車重 (lb)

$$g = 32.2 \text{ ft/sec}^2$$

L 為損壞寬度 ($in.$)

車輛損壞程度的量測，可利用與原來車輛外形比較的方法，(如圖 3-4) 所示，最後車輛外形損壞所損失之能量，可由 3-17 式求得：

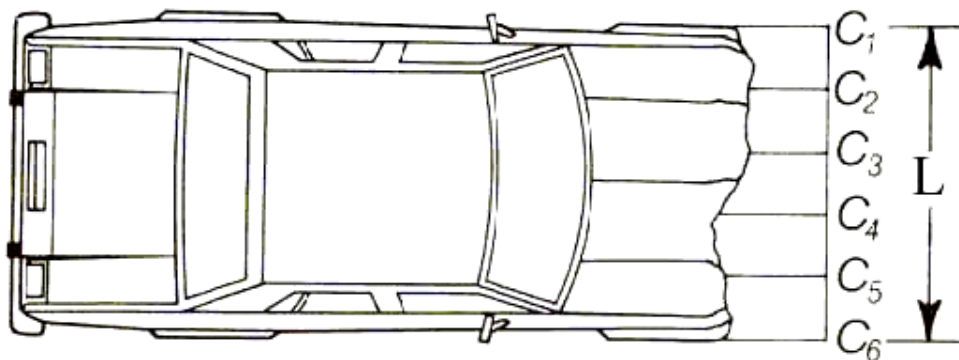


圖 3-4 車輛外形損壞量測[50]

$$E = L \left[G + \frac{A}{2}(C_1 + C_2) + \frac{B}{6}(C_1^2 + C_2^2 + C_1 C_2) \right] (1 + \tan^2 \theta)$$

$$E = \frac{L}{5} \left[5G + \frac{A}{2} \left(\frac{C_1 + 2C_2 + 2C_3 + 2C_4 + 2C_5 + C_6}{2C_4 + 2C_5 + C_6} \right) + \frac{B}{2} \left(\frac{C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + 2C_4^2 + 2C_5^2 + C_6^2 + C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_4 + C_4 C_5 + C_5 C_6}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_4 + C_4 C_5 + C_5 C_6} \right) \right] (1 + \tan^2 \theta)$$

$$E = \frac{L}{6} \left[6G + A(C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4) + \frac{B}{3}(C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + C_4^2 + C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_4) \right] (1 + \tan^2 \theta)$$

(3-17)

其中： θ 為撞擊方向的角度，如圖 3-5 所示。

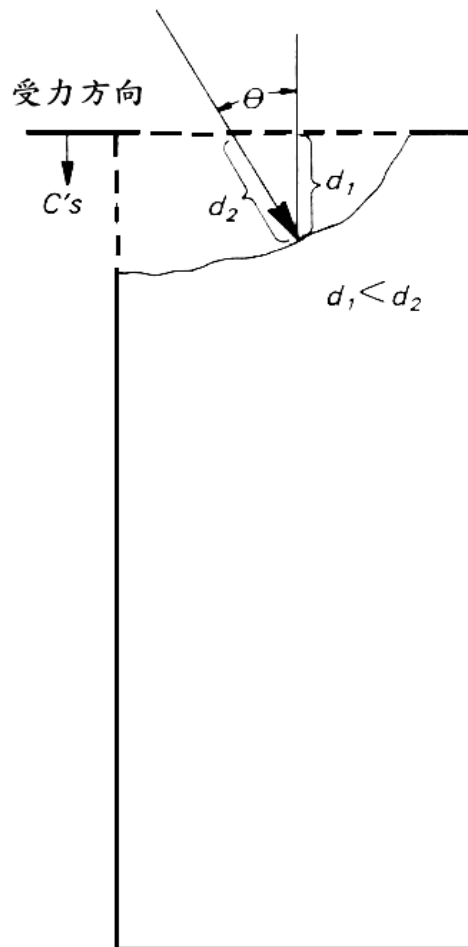


圖 3-5 撞擊方向的夾角[50]

車損法求車輛撞擊速度時，如何求得與車輛剛性特性相關之 A 及 B，是相當重要的問題。Flynn[51]曾經提出工程師如何由 NHTSA 的撞擊資料庫，求得車損法所需之剛性係數。NHTSA 之車輛撞擊測試資料庫（Vehicle Crash Test Data Base，簡稱 VCTDB）的撞擊資料庫中，有超過 1000 輛車，包括了 1979 年以前到 1979 年所生產的車型，以下為 VCTDB 撞擊測試之型式：

- (1) 前方固定障礙物撞擊（Frontal Fixed Barrier，簡稱 FFB）
- (2) 有角度之 FFB 撞擊
- (3) 前 / 後可移動不可變形之障礙物撞擊（Frontal/Rear Movable Non-deformable Barriers，簡稱 F/RMNB）

Campbell[51]提出由 FFB 撞擊資料中，可歸納出車輛撞擊速度和撞擊殘留的損壞值，成一線性關係，而此關係可以 3-18 式表示：

$$V = b_0 + b_1 \cdot C \quad (3-18)$$

利用此線性公式之斜率 b_1 ，可將所得之資料延伸至零損壞的情況，也就是截距 b_0 ，而 b_0 通常介於 3.0 ~ 6.85mph 的範圍內。Campbell 以此線性關係為基礎，提出車輛前方受撞擊時，受力和變形量的關係。Campbell 推斷單位損壞寬度的外力作用，和外形損壞的程度，成一簡單線性關係，如 3-19 式所示：

$$F = A + B \cdot C \quad (lb/in.) \quad (3-19)$$

其中： A 為無損壞情況下，單位面積所受之最大外力值。 $(lb/in.)$

B 為單位接觸面積所受之外力，和損壞深度之比值。 $(lb/in.^2)$

C 為損壞深度 $(in.)$

使用 Campbell 的理論，可定義造成車輛損壞之能量與等效障礙物撞擊速度 (Equivalent Barrier Speed，簡稱 EBS) 之關係，如 3-20 式所示：

$$Crush\ Energy(E) = \frac{W}{2 \cdot g} \cdot (EBS)^2 \quad (3-20)$$

損壞能量可由 3-19 式積分二次而得，Campbell 認為無造成車輛損壞之撞擊，車輛結構吸收之能量為定值。積分公式如 3-21 式所示：

$$E = \int_0^L \int_0^C (A + B \cdot C) \cdot dC \cdot dL + Constant \quad (3-21)$$

其中： L 為撞擊損壞寬度

將 3-18 式代入 3-20 式中之 EBS 項，Campbell 將剛性係數 A 和 B 以 b_0 及 b_1 表示，如 3-22 式、3-23 式及 3-24 式：

$$A = \frac{W \cdot b_0 \cdot b_1}{g \cdot L} \quad (3-22)$$

$$B = \frac{W \cdot b_1^2}{g \cdot L} \quad (3-23)$$

$$Constant = \frac{W}{2 \cdot g} \cdot b_0^2 \quad (3-24)$$

將 3-22 式、3-23 式及 3-24 式代回 3-20 式及 3-21 式，可得：

$$\frac{W \cdot (EBS)^2}{2 \cdot g} = \frac{W}{g \cdot L} \int_0^L \int_0^C (b_0 \cdot b_1 + b_1^2 \cdot C) \cdot dC \cdot dL + \frac{W \cdot b_0^2}{2 \cdot g} \quad (3-25)$$

最後，Campbell 將 3-25 式積分，可求得 *EBS*。

3.3.3 CRASH3 車損法軟體

事故重建軟體之 CRASH3 理論，是以 Campbell 的研究為基礎所發展的，同樣假設外力和變形程度成線性關係，CRASH3 還將其擴充應用至車輛側面和車輛後面的情況。Campbell 的 *EBS* 和 CRASH3 演算法最大的不同，在於 Campbell 認為無造成損壞之撞擊，車輛結構所吸收之能量為定值，而 CRASH3 演算法認為和接觸寬度成比例，如 3-26 式所示：

$$\frac{\frac{W}{2 \cdot g} \cdot b_0^2}{L} = \frac{W \cdot b_0^2}{2 \cdot g \cdot L} = \frac{A^2}{2 \cdot B} \quad (3-26)$$

另外，CRASH3 演算法將車輛撞擊時的運動，視為剛體運動，因此撞擊程度只和速度改變量 (ΔV) 有關。將 3-25 式以 CRASH3 演算法之速度改變量 (ΔV) 改寫，並將 *A* 及 *B* 經由不規則撞擊表面 ($C_1 \sim C_6$) 積分，最後，撞擊損壞所吸收之能量，可以 3-27 式表示：

$$E = \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{A \cdot \alpha}{2} + \frac{B \cdot \beta}{6} + \frac{5 \cdot A^2}{2 \cdot B} \right) = \frac{W}{2 \cdot g} (\Delta V)^2 \quad (3-27)$$

其中： $\alpha = C_1 + 2(C_2 + C_3 + C_4 + C_5) + C_6$

$\beta = C_1^2 + 2(C_2^2 + C_3^2 + C_4^2 + C_5^2) + C_6^2 + C_1C_2 + C_2C_3 + C_3C_4 + C_4C_5 + C_5C_6$

$C_1 \sim C_6 =$ 為損壞深度 (*in.*)

各種撞擊情況之計算方法如下：

1. FFB 撞擊：3-12 式和 3-13 式定義由 b_0 及 b_1 所求得之剛性係數，如果 b_0 接近 5mph 是合理的，代入式中， b_1 是唯一無法直接由撞擊測試資料所得之項目，而此斜率 b_1 可將 3-8 式改寫求得，如 3-28 式：

$$b_1 = \frac{V - b_0}{C} \quad (3-28)$$

此公式應用至 FFB 撞擊測試資料時，撞擊程度 *C* 是均勻之損壞值。對於測試資料而言，將 3-28 式代入 3-22 式及 3-23 式，可得到 3-29 式及 3-30 式：

$$A = \frac{0.802 \cdot W \cdot b_0 (V - b_0)}{L \cdot C} \quad (lb/in.) \quad (3-29)$$

$$B = \frac{0.802 \cdot W \cdot (V - b_0)^2}{L \cdot C^2} \quad (\text{lb/in.}) \quad (3-30)$$

其中： b_0 為 FFB 撞擊中，造成損壞的初始速度（Onset Speed）。

C 為均勻的損壞深度（in.）

L 為損壞寬度（in.）

W 為車輛重量（lb）

V 為 FFB 撞擊速度（mph）

由於 FFB 之撞擊損壞通常不是均勻的，因此 3-27 式必需以 b_0 及 b_1 改寫，並重組來求解 b_1 ，如 3-31 式所示：

$$b_1 = -b_0 \cdot \alpha + \frac{\sqrt{(b_0 \cdot \alpha)^2 - \frac{20 \cdot \beta}{3} \cdot (b_0^2 - V^2)}}{\frac{2}{3} \cdot \beta} \quad (3-31)$$

接下來的分析中，會使用 A 及 B ，如 3-32 式及 3-33 式：

$$A = \frac{0.802 \cdot W \cdot b_0 \cdot b_1}{L} \quad (\text{lb/in.}) \quad (3-32)$$

$$B = \frac{0.802 \cdot W \cdot b_1^2}{L} \quad (\text{lb/in.}^2) \quad (3-33)$$

2. 有角度的 FFB 碰撞：在有角度的 FFB 碰撞中，車輛間的作用力，並非垂直於車輛表面，但在量測損壞深度時，卻以垂直的方式量測，所以需要再量測沿非垂直方向的外形損壞，CRASH3 以一能量校正因素，來計算此附加的距離，如 3-34 式所示：

$$E_{corrected} = E \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \theta} \right) = \frac{E}{\cos^2 \theta} \quad (3-34)$$

其中： θ 為主應力方向，與垂直於車輛表面的夾角

重組 3-34 式，求解未校正之損壞能量，如 3-35 式所示：

$$E = \frac{W}{2g} \cdot (V)^2 \cdot \cos^2 \theta = \frac{W}{2g} \cdot (V \cdot \cos \theta)^2 \quad (3-35)$$

由此可得等效速度 V_{eff} ，如 3-36 式所示：

$$V_{eff} = V \cdot \cos \theta \quad (3-36)$$

3-32 式可重新改寫為有角度 FFB 碰撞的型式，如 3-37 式所示：

$$b_1 = \frac{-b_o \cdot \alpha + \sqrt{(b_o \cdot \alpha)^2 - \frac{20 \cdot \beta}{3} \cdot (b_o^2 - V_{eff}^2)}}{\frac{2}{3} \cdot \beta} \quad (3-37)$$

將此式的 b_1 解出後，代入 3-25 式及 3-26 式中，則可解出有角度之 FFB 的剛性係數 A 及 B。

3. F/RMND 碰撞：在可移動障礙物中，會有額外的平衡能量，此額外的能量會產生一等效速度 $V_{v, eff}$ (mph)，此代表造成垂直方向損壞之撞擊速度，如 3-38 式所示：

$$V_{v, eff} = \sqrt{\frac{W_b}{W_v} \cdot (V_{b1}^2 - V_{b2}^2) + (V_{v1}^2 - V_{v2}^2)} \quad (3-38)$$

其中： V_{b1} 為障礙物碰撞速度 (mph)

V_{b2} 為障礙物分離速度 (mph)

V_{v1} 為車輛撞擊速度 (mph)

V_{v2} 為車輛分離速度 (mph)

W_b 為障礙物重量 (lb)

W_v 為車重 (lb)

將 VCTDB 中之值代入 3-38 式中，則可得 $V_{v, eff}$ ，再將 3-32 式改寫，可得所需之 b_1 (mph/in.)，如 3-39 式所示：

$$b_1 = \frac{-b_o \cdot \alpha + \sqrt{(b_o \cdot \alpha)^2 - \frac{20 \cdot \beta}{3} \cdot (b_o^2 - V_{v, eff}^2)}}{\frac{2}{3} \cdot \beta} \quad (3-39)$$

最後將 b_1 代入 3-32 式及 3-33 式中，可得 F/RMNB 的剛性係數。

使用車損法推估車輛之撞擊速度時，必須考慮一些使用上的限制。使用車損法時，必須得到該車之撞擊剛性係數 A、B 之資料，且車損法只適用於正向撞擊之事故情況。經由車損法，可得到事故發生時之撞擊速度，再利用軌跡法及其他速度推估法，可得知車輛在不同撞擊階段之速度，而推估車輛初速及行進路線。

3.4 意外事故重建軟體

3.4.1 意外事故重建軟體簡介

以下就目前國外相關的意外事故重建軟體作初步說明[43]：

1. CRASH：“Calspan Reconstruction of Accident Speeds on the Highway”，為諸多事故重建軟體中，最常被使用的一種。由美國運輸部委託康乃爾航空實驗室（Cornell Aeronautical Labs）所開發，該實驗室後來改組成卡爾斯本公司（Calspan Corporation），又針對第一代 CRASH 的缺點加以改進，遂陸續有 CRASH2 和 CRASH3 的發表。CRASH 的特色是完全放棄傳統以煞車距離和動量關係來求取肇事前後車速變化的方法，而改以車體的毀損情形來進行重建工作。此外，CRASH 也有用到傳統方式的旋轉軌跡和線動量守恆（Spinout Trajectories and Conservation of Linear Momentum）來作重建分析。
2. SMAC：SMAC 系統之全名為“Simulation Model of Automobile Collision Program”，亦是卡爾斯本公司的產品，能根據車輛的衝撞速度（Impact Speeds），行進方向（Heading Angles）以及車輛與道路的各项特性而模擬出車輛撞後的軌跡和毀損情形。SMAC 的一個基本假設是，車輛的衝撞點（Impact Positions）已知，使用者透過反覆調整輸入的車輛初速（Initial Speeds）以比對實際的撞後軌跡及毀損，並與模擬出來的結果比較是否一致。然而在肇事重建的實務上，衝撞點往往並非如此明確，故須不斷試著調整衝撞點位置，車行方向及車速等，以期能獲致令人滿意的結果。
3. HVOSM：這是第一個由美國政府負責開發的汽車行為模擬軟體，全名為“Highway Vehicle Object Simulation Model”，由美國聯邦公路總署（Federal Highway Administration，FHWA）費時五年完成。這套軟體具有較強的繪圖功能，可以描繪出汽車在三度空間中的運動情形。此外，HVOSM 有兩個不同功能的版本，即 HVOSM-RD 和 HVOSM-VD，分別可以應用在路緣設計（Roadside Design）和車輛動力學（Vehicle Dynamics）的模擬方面。
4. EES-ARM：歐洲廣泛使用的事故重建軟體，全名為“Equivalent Energy Speed-Accident Reconstruction Program”，其主要功能是用來作為過去手算方式重建程序的輔助器；對於衝撞相位

的車速計算，EES-ARH 是以動量和能量的基本定理。和 CRASH3 一樣，EES-ARM，需要使用者提供碰撞時的詳細資料。

5. TBS：美國機動車輛製造業者協會（Motor Vehicle Manufacturers Association）贊助美國公路安全研究院（Highway Safety Research Institute）完成了一套名為 TBS 的模擬軟體，它的全名為“Tractor Braking and Steering Simulation”，用以模擬卡車（Truck）或聯結車（Tractor-trailer）在輸入煞車或轉向條件時的運動情形。最初的 TBS 是專為模擬聯結車煞車與轉向行為而設計的，後來針對卡車的特性加以修改簡化，而形成了兩個可交互作用的電腦副程式，即適用於卡車的 TBSTR 和適用於聯結車的 TBSTT。
6. IMPAC：由美國汽車工程師協會（Society of Automotive Engineers, SAE）所發展，全名為 Impact Collision Program 的 IMPAC 程式是專為簡化角碰撞分析而設計的重建軟體，可以免除冗長的人工計算或 SMAC 程式之繁複程序，而仍能得到技術上可用的結果。其原理亦是根據線動量守恆而設計，由於每一次的碰撞皆可單獨考慮，故可應用在多次碰撞的案例中。此套軟體除了可單獨使用外，尚可配合 VTS 程式進行車輛軌跡分析，或當作 SMAC 的前處理器（Preprocessor）以減少 SMAC 的執行次數。
7. VTS：全名為“Vehicle Trajectory Simulation Program”，也是由美國汽車工程師協會所發展出來的，它可用來研究車輛於碰撞發生前，和碰撞發生後的運動情形，所得的資料可作為其他特定碰撞程式的輸入資料，以進行事故重建。
8. CRASH2000：CRASH2000 在其內建的資料庫中包括了 30000 輛車輛的詳細規格而其資料庫可更新，軟體內建的計算公式可計算距離、時間、速度、加速度、動量、摩擦力、轉彎、空翻等不同事故情況的相關資料，其計算公式也可由使用者自行定義，可由輸入末速、摩擦係數及煞車距離推求煞車前的初始速度。
9. ARC：ARC 軟體的操作相當簡單快速，在軟體中包括超過 60 種以上的計算公式，且可避免複雜計算所產生的誤差，可將結果儲存或將結果列印出來，缺點為無法合併計算複雜的事故情況。
10. WinSMAC：由美國 ARSoftware 公司所發展的事故模擬軟

體，WinSMAC 是根據 NHTSA 所發展出來的 SMAC 理論，寫成視窗版軟體，可自行設計報告的內容，也可將相關的數據以圖表的方式表現出來。

11. WinCRASH：也是 ARSoftware 公司所發展的，它是一個事故重建軟體，和其他以 CRASH3 為基礎的事故重建軟體一樣，主要是求取撞擊速度和撞擊速度改變。在內建的資料庫中，有車輛剛性係數的資料，且軟體加強使用者輸入的介面，使用上更方便。
12. PC-Crash6.2：由澳洲 DSD (Dr. Steffan Datentechnik) 公司所發展的事故重建軟體，它可在模擬案例中載入最多 32 輛的車輛模擬。PC-Crash6.2 可由載入 DXF 檔或是使用 PC-Crash6.2 內建的繪圖工具或是載入平面場景的 Bmp 檔來載入場景資料。PC-Crash6.2 可以使用複雜的 3D 車輛模型模擬，也可以用簡單的矩形來模擬，以減少螢幕更新的時間。
13. HVE4.1：由美國 EDC (Engineering Dynamics Corporation) 公司所發展的事故重建軟體作業軟體，它本身不是一個事故重建軟體，它是一個設定和執行人和車輛動態模擬的電腦環境。更確切的說，它是執行相容事故重建軟體的作業系統，就如同 Microsoft Windows 是執行 PC 相容軟體的作業環境一樣。HVE 可執行的相容軟體有 EDSMAC、EDCRASH、EDVDS、EDGEN、EDVSM 等事故重建軟體[54]。
14. EDCRASH：也是美國 EDC 公司的產品，是一與 HVE4.1 相容之事故重建軟體，必須在 HVE4.1 的環境下使用。EDCRASH 可以 3D 顯示車輛損壞及車輛與環境間的關係。
15. EDSMAC4：也是美國 EDC 公司的產品，是一與 HVE4.1 相容之事故模擬軟體，必須在 HVE4.1 的環境下使用。使用時，輸入車輛之初始位置、速度、方向及其他控制車輛參數，進行撞擊模擬。可以 3D 顯示車輛損壞及車輛與環境間的關係。
16. m-CRASH：由美國 McHenry 軟體公司所發展的軟體，它是一重建軟體，它是以 CRASH 的理論所發展的，它可以由輸入事故現場資料來計算事故中車輛的撞擊速度和撞擊速度改變。
17. m-SMAC：也是由美國 McHenry 軟體公司所發展的事故模擬軟體，它是以 SMAC 的理論所發展出來的，它可設定車輛和固定障礙物或車輛的撞擊。可由載入 CAD 檔來載入場景資料，可在軟體中以 2D 的方式模擬車輛運動的軌跡。

3.4.2 軟體所需參數

汽車動態模擬系統，主要用來模擬汽車在各種不同的駕駛條件之下的反應狀況，以作為汽車在碰撞發生前與碰撞發生後的運動情形。汽車動態模擬系統在國外已經發展多年，許多理論完整而且著名的汽車動態模擬系統都應用在汽車駕駛模擬器上，能表現汽車非線性的動態特性，其可精確地算出車輛行進中的各種特性，因此模擬器能更真實的模擬出車禍產生時的各種狀況。

就動態系統而言共分為車輛運動模式、加速度模式及碰撞模式等三部份，其中車輛運動模式是由操控模式及傾覆模式所組成，而操控模式則包括懸吊系統、輪胎模式、及空氣動力模式。碰撞模式則將碰撞瞬間的情況，如速度、碰撞角等數據輸入碰撞模式中，以計算車輛因碰撞而產生的動態變化。此碰撞模式是將車輛視為一剛體，再由線動量守恆、角動量守恆、彈性碰撞等原理來計算車輛發生事故時所產生的碰撞情形[52]。另外 Day[53]曾提出發展車輛動態模擬軟體，一定會使用數學/物理的模型來代表車輛，並提出了HVE車輛模型。其詳細規格包括模型車輛參數（車型、尺寸、慣量、懸吊系統）、輪胎特性（尺寸、慣量、滑移、轉彎、曲道、剛性）、駕駛員控制系統（引擎、傳動系統、差動系統、煞車、方向盤）、安全系統（安全帶、安全氣囊）的定義。這篇論文也提出HVE與時間相關的輸出參數（運動學、動力學、輪胎資料、方向盤資料、車輛連接、駕駛員控制、接觸表面應力和安全系統受力等）[54]。

以下就六套事故重建軟體，說明其所需之參數：

1. PC-Crash6.2：為 DSD 公司的產品，其介面使用簡單，有支援 ABS 煞車系統，支援 2D 或 3D 的撞擊模型，並含有學習資料庫和最佳化設定，能夠自行創造 3D 的平面。所需要的輸入有車輛速度、車輛位置、是否配備 ABS 系統、煞車延遲時間及駕駛員對車輛煞車及油門的控制等，其輸出有車輛位置軌跡、撞擊速度、停止位置等。
2. HVE V4.1：為 EDC 公司所製作。操作的介面便利和人性化，可同時模擬乘客、車體和環境對事故相互的影響，並有更強大的計算器，可計算更多車軸的車輛，其資料庫相當完整，包含車型、外觀、輪胎、車輪等資料庫，讀取資料庫的相關資料，可以提供給其他軟體使用。HVE 為 EDC 公司所發展執行 EDC 公司相關事故重建軟體的系統，實際的輸入與輸出必須看使用模組的不同（模組包括 EDCRASH、EDSMAC4、EDVDS、EDGEN 及 EDVSM 等與 HVE4.1 相容之事故重建軟體），而有

所不同。而其特色為可模擬車輛輪胎爆胎與車上乘客反應等較細節的事故因素。

3. EDCRASH：同樣是 EDC 公司的產品。其軟體的輸入有車輛型式、輪胎型式、環境及車輪資料等，輸出則有數據報告（事故歷程、車輛損壞資料、車輛資料）、圖表報告（位置圖、外觀損壞、動量圖）。
4. EDSMAC4：同樣也是 EDC 公司的產品。可用來驗證由其他軟體所得到的初始條件是否符合事故現場。其輸入有 HVE 內建的資料庫、3-D 輪胎模型、輪胎爆胎參數、車輪位移、加速規等。其輸出有車輛動力學資料、車輛運動學資料、車輛外觀損壞資料、加速規輸出資料、輪胎資料及車輪資料等。
5. m-Crash：為 McHenry 公司所發展。其輸入有車輛軌跡、撞擊位置、停止位置、車輛損壞的量測值、及車輛的數值化參數。輸出則有車輛撞擊速度、撞擊速度改變。
6. m-SMAC：同樣也是 McHenry 公司所發展。其輸入有詳細的外觀尺寸、輪胎參數、初始速度、初始角度、駕駛員控制參數。其使用方式與輸出和 EDSMAC4 相同，必須對初始假設條件做重覆驗證，確認是否和事故現場符合。

3.4.3 事故重建軟體比較

表 3.1 為目前收集到現有的事故重建軟體，並比較其使用上及功能上差異。根據表 3.1 的說明，將就一些國外事故重建軟體中，選擇其中功能較完整的三套軟體（PC-Crash6.2、EDCRASH 及 EDSMAC4），於下面章節中，作較詳細的軟體介紹。

表 3.1 事故重建軟體使用上及功能上之差異

軟體名稱	理論基礎	撞擊速度	2D	3D	多車碰撞	拖車	ABS	資料庫	價格
PCCrash6.2	SMAC、CRASH	○	○	○	○	○	○	○	\$4895.00
EDCRASH	CRASH	○	○	○	○	○	○	○	\$10367.51
EDSMAC4	SMAC	○	○	○	○	○	○	○	\$10367.51
m-SMAC	SMAC	○	○	×	○	○	×	○	\$1250.00
WinSMAC	SMAC	○	○	×	×	×	○	○	\$769.00
WinCRASH	CRASH	○	○	×	×	×	○	○	\$469.00
CRASHEX	CRASH	○	○	×	×	×	×	○	\$995.00
REC-TEC	CRASH	○	○	○	×	○	○	○	£100.00
CRASH-2000	CRASH	○	×	×	×	×	×	○	\$500.00
ARC	CRASH	○	×	×	×	×	×	×	\$10.00

3.5 EDCRASH[55]

EDCRASH (Engineering Dynamics Corporation Reconstruction of Accident Speeds on the Highway) 是一個用來分析和重建單輛車或多輛車的車輛事故重建軟體。CRASH 為基礎所發展，包括了 NHTSA 和 EDC 公司所提出對於這個理論的改善和強化。這個軟體可利用事故現場圖來決定撞擊狀況，包括車輛撞擊速度及撞擊速度改變，另外需輸出依據輸入的車輛資料，最少需要輸入車輛的損壞資料。因此，如果事故現場的資料無法提供，輸出結果將會限制撞擊程度的分析，EDCRASH 對於研究事故細節是一個相當好的工具，這些細節包括人物、車輛和環境對於撞擊前、撞擊期間和撞擊後的作用，並可快速且準確的反複檢視不同輸入所造成的輸出結果，改變不同的輸入值可以驗證單獨變數對於輸出結果的影響。

3.5.1 EDCRASH 之輸入及輸出

EDCRASH 的輸入包括單輛車或兩輛車和任意的環境設定。事件設定輸入參數包括車輛的位置（位置可以指定，除非撞擊位置和最後的停止位置有指定，否則車輛撞擊速度無法求得）、駕駛員控制（輪胎鎖死比率）和外觀損壞（指定外觀損壞，否則斜向碰撞的撞擊速度無法求得）。EDCRASH 分析的主要輸出為撞擊速度和撞擊速度改變。輸出報告包括數值報告（訊息、事故歷程、車輛資料、損壞資料和程式資料）、圖表報告（事故現場圖、外觀損壞、動量圖）等輸出。資料分析流程如下所示：

1. 資料取得：由事故現場量測或其他研究中取得未經處理過的資料。
2. 資料簡化：將取得的未經處理的資料減化成為分析需要的資料。
3. 資料分析：利用物理定律分析資料。

3.5.2 EDCRASH 之基本流程

以下為其流程：

- (1) 使用車輛編輯器加入一輛或多輛車輛。
- (2) 使用環境編輯器編輯事故現場的場景。
- (3) 使用事件編輯器設定和執行 EDCRASH。
 - i. 選擇單輛車或多輛車。

- ii.選擇 EDCRASH 模擬。
- iii.選擇需要的軌跡選項。
- iv.將車輛設定在環境中指定的位置。
- v.指定各車輛的外觀損壞。
- vi.指定各車駕駛員參數（方向盤轉動資料）。

(4) 執行事件重建。

- i.修正事件設定參數以減少誤差。
- ii.最後使用播放編輯器觀看報告和軌跡模擬。

3.5.3 EDCRASH 之計算法則

EDCRASH 的分析技術，和之前版本的 CRASH 軟體相同，動態的分析包括車輛間的接觸，主要的目的是用來求取速度的改變量，若是兩車的撞擊角度小於或等於 10 度，稱為正向碰撞，否則為斜向碰撞。正向碰撞結果的分析一半需要靠經驗分析，以損壞為基礎的分析不是基於能量守恆定律，更確切的說是基於牛頓第二運動定律 $F = ma$ 。經驗參數用來決定車輛外觀的彈簧率，彈簧率 k 和變形量 δ 相乘，來推估質量為 m 的車輛所受外力的和。基於牛頓第二運動定律，兩輛車的方程式如 3-40 式及 3-41 式所示（假設忽略輪胎受力）：

$$\sum F_1 = k_1 \delta_1 = m_1 a_1 \quad (3-40)$$

$$\sum F_2 = k_2 \delta_2 = m_2 a_2 \quad (3-41)$$

因為 $\sum F_1 = \sum F_2$ ，上述兩式可以合併為 3-42 式之微分方程式：

$$\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \ddot{\delta} - \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \delta = 0 \quad (3-42)$$

此問題可以被簡化成一包含兩個彈簧的單質量系統，因此微分方程式的解為 3-43 式及 3-44 式：

$$\delta = A \sin(\omega \cdot t) + B \cos(\omega \cdot t) \quad (3-43)$$

$$\dot{\delta} = \omega \cdot A \cos(\omega \cdot t) - \omega B \sin(\omega \cdot t) \quad (3-44)$$

$$\text{其中： } \omega^2 = \frac{k_1 k_2 / (k_1 + k_2)}{m_1 m_2 / (m_1 + m_2)}$$

利用下列 $t=0$ 的初始條件，如 3-45 式及 3-46 式所示：

$$\delta = 0 \quad (3-45)$$

$$\dot{\delta} = \delta_1 - \delta_2 = V_{Closing} \quad (3-46)$$

第一個情況設定為在兩車剛剛接觸且變形量都為 0 的時候，因此第二個情況設定為初始變形率，也就是接近速度。

由簡化儲存在每個彈簧的能量 $E = \frac{k\delta^2}{2}$ ，系統的衝量 \bar{I} 如 3-47 式：

$$\bar{I} = \sqrt{2(E_1 + E_2) \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}} \quad (3-47)$$

當求得系統衝量之後，求得每輛車的速度變化就很簡單了，兩輛車的速度變化如 3-48 及 3-49 式所示：

$$\Delta \bar{V}_1 = \bar{I} / m_1 \quad (3-48)$$

$$\Delta \bar{V}_2 = \bar{I} / m_2 \quad (3-49)$$

3.6 EDSMAC4

EDSMAC4 (Engineering Dynamics Corporation Simulation Model of Automobile Collisions, 4th Revision) 是由 Calspan 為 NHTSA 所發展的電腦軟體 SMAC 所發展出來的，再由 EDC 公司發展及擴充，為一個單輛車或多輛車撞擊模擬分析的電腦軟體。EDSMAC4 讓使用者設定初始狀態，如位置、速度和一些駕駛員控制的參數來模擬最後的情況。EDSMAC4 可以模擬車輛的軌跡及車輛外觀損壞的結果。EDSMAC4 的輸出包括了車輛的運動學（位置、速度、加速度）、動力學（車輛重心受輪胎力及撞擊力的總和）、輪胎煞車痕跡的時間歷程。這個電腦軟體也可以計算車輛外型的損壞、主應力方向(PDOF)、撞擊速度的改變(delta-V)、每個損壞區域的最大撞擊加速度。事故調查人員可以使用 EDSMAC4 來決定發生撞擊原因。重複的調整初始狀態、煞車（或加速）及方向盤控制等輸入值，使用者可以讓模擬的最後結果越來越接近事故的現場證據（通常是停止位置、煞車痕跡和車輛的損壞）。除了車輛與車輛之間的撞擊之外，也可以模擬許多形式障礙物撞擊的情況（包括撞擊桿子）。在使用上最大的特色是可以快速及簡單的檢查結果和輸入值的關係，改變不同的輸入值可以驗證單獨變數對於輸出結果的影響。

3.6.1 EDSMAC4 之輸入及輸出

在 EDSMAC4 中輸入單輛車或多輛車的初始值，事件設定的參數包括車輛的初始位置、速度和駕駛員控制參數（方向盤、煞車和油門）。接著模擬撞擊，然後輸出事故歷程、損壞資料、駕駛員資料、環境資料、事件資料、訊息、程式控制資料、車輛資料、變數輸出、軌跡模擬和外觀損壞模擬等結果。

3.6.2 EDSMAC4 之基本流程

以下為其流程：

- (1) 使用車輛編輯器加入一輛或多輛車輛。
- (2) 使用環境編輯器編輯事故現場的場景。
- (3) 使用事件編輯器設定和執行 EDSMAC4
 - i. 選擇單輛車或多輛車
 - ii. 選擇 EDSMAC4 模擬
 - iii. 在環境中指定各車輛的位置並指定速度
 - iv. 設定駕駛員控制參數（方向盤、油門和煞車）
 - v. 執行事件模擬並比較模擬結果和真實或量測的結果。
- (4) 修正需要修改的輸入值，使模擬結果和真實結果相同。

3.6.3 EDSMAC4 之計算法則

EDSAMC4 是一個車輛撞擊程序的動態分析工具，可分析單輛車或是多輛車的碰撞過程。此軟體可計算輪胎受到地面的作用力，以及車輛之間的碰撞力。牛頓運動定律可以計算每一輛車在使用者定義的時間間隔內的運動，最後的加速度可以由每個時間間隔的位置及速度積分得到。

EDSMAC4 的數學模式是由 EDC 公司所發展的 EDSMAC 模式所擴充而得的，而 EDSMAC 模式是由 Calspan 的 SMAC 模式所發展而得的，可充分瞭解車輛的動態情況。

EDSAMC4 是採用 3D 模式進行分析，車輛的運動是在固定的水平座標 x 和 y 以及垂直的 z 座標上計算的。車輛的速度向量（大小和方向）由固定在車輛上的座標（ u 、 v 、 w ）決定前進速度（ u 速度）和側向速度（ v 速度）的方向。每輛車所需要的運動公式如 3-50 式、3-51 式及 3-52 式所示：

$$\sum F_x = m(\dot{u} - vr) \quad (3-50)$$

$$\sum F_y = m(\dot{v} - ur) \quad (3-51)$$

$$\sum M_z = I_z \dot{r} \quad (3-52)$$

其中： m 為質量

I_z 為轉動慣量

u 為前進速度

v 為側向速度

r 為 z 軸的轉動角度

$\sum F_x$ 為 x 方向的合力

$\sum F_y$ 為 y 方向的合力

$\sum M_z$ 為 z 軸的合力矩

EDSAMC4 利用這些公式計算車輛在不連續（使用者定義）的時間間隔內的運動，然後使用數值積分的方法計算下一個時間間隔的運動，而且不斷的重複這個計算。因為 EDSMAC4 沒有垂直方向移動的自由度，所以在計算的時候必須忽略滾動、傾斜和垂直方向的加速度。而路面的斜坡最大可允許到達 15° 的角度（若超過，會出現訊息告知），因此只可用以模擬車輛在斜率不高的小山或是在道路邊坡的運動。

3.7 PC-Crash6.2[56]

典型事故重建的第一步驟是由車輛資料庫中載入實例車輛，而在 PC-Crash6.2 的車輛資料庫提供了北美從 1972 年迄今的車輛，在模擬中最多可以載入 32 台車輛（包括汽車、卡車、拖車、行人和固定的障礙物），若是車輛不在資料庫中，則車輛的資料可經由手動輸入。載入車輛後，可以在車輛尺寸對話盒中檢視及修改車輛的尺寸，可以指定車輛重心的高度，若重心的高度為零，則之後的模擬是在 2D 的狀態，另外也可以指定 ABS 是否為車輛的配備。可以載入拖車，並接上車箱，同時模擬多輛拖車。另外，可以指定每一輛模擬車輛在撞擊前後之煞車、方向盤、駕駛員反應等其他因素。

PC-Crash6.2 可由載入 DXF 檔或是使用其內建的繪圖工具或是載入平面場景的圖檔來建立場景。可以指定車輛在每一時間的位置的速度和其他的撞擊參數，包括開始、撞擊及停止的位置，模擬結果，可以附加撞擊前的路徑，作反向模擬撞擊前的路徑，所有的輸入及輸出可以在螢幕上顯示或列印出來。模擬可以使用複雜的 3D 車輛模型模擬，或利用簡單的矩形來模擬，以增快模擬結果展示，可以使用任何位置角度觀看；在 3D Visualization 視窗中可以動態的表現撞擊結果，照相機設定可以在固定的位置或是跟著車輛移動。

3.7.1 PC-Crash6.2 之輸入及輸出

可輸入單輛車或多輛車的初始值，事件設定的參數包括車輛的初始位置、速度和駕駛員控制參數（方向盤、煞車和加速度），進行模擬撞擊，然後輸出撞擊前後的資料（如速度、方向、速度變化等）、環境資料、損壞深度等數值資料，也可以輸出速度與位移的關係圖等。另外，包含了 CRASH3 理論的計算模式，使用者輸入車輛撞擊後之損壞情況，利用車輛之剛性係數，可求得撞擊時的速度改變量。

將其依可模擬的模組項目分類，如車輛、人及障礙物等，其各模組在模擬時需輸入的參數，如車重、重心位置、車輛損壞尺寸、剛性數係及物體之座標等，及撞擊後所輸出之資料，如速度與時間關係圖、航向與時間關係圖、加速度與時間關係圖、車輛正向撞擊前後的速度差、各部分的加速度與時間關係圖、各部分轉動角度與時間關係圖及各部分的速度與時間關係圖等，其輸入及輸出如表 3.2。

一般的汽車雜誌中，有關於車輛各種規格及配備等資料，也可用於軟體模擬中，但大部分的雜誌中缺乏有關車輛重心及懸吊系統之特性的資料，可建立相關此部分之資料庫，提供軟體模擬時使用。

3.7.2 PC-Crash6.2 之基本流程

以下為其流程：

- (1) 使用車輛編輯器加入一輛或多輛車輛。
- (2) 使用環境編輯器編輯事故現場的場景。
- (3) 使用事件編輯器設定和執行 PC-Crash6.2。
 - i. 選擇單輛車或多輛車
 - ii. 在環境中指定各車輛的位置並指定速度
 - iii. 設定駕駛員控制參數（方向盤、加速度或煞車）
 - iv. 執行事件模擬並比較模擬結果和真實或量測的結果。
- (4) 修正需要修改的輸入值，使模擬結果和真實結果相同。

表 3.2PC-Crash 輸入及輸出表

	模組	內容	
模擬項目	車輛	機車、汽車、貨車、卡車、拖車	
	人	行人、駕駛	
	障礙物	樹、牆壁	
輸入資料	車輛	車重、重心位置、輪胎尺寸、恢復係數、有無 ABS、懸吊系統特性(彈簧剛性係數、阻尼係數)、車輛之座標位置、車速	雜誌的資料 引擎系統、傳動系統、機械結構、車身尺碼等
	車輛損壞相關資料	車輛損壞參數 $C_1 \sim C_6$ 、撞擊損壞寬度 L 、撞擊角度及車輛剛性資料庫 A 、 B 值	
	駕駛行為	駕駛的反應時間、車輛(或煞車)反應時間、煞車(加速)的減(加)速度、輪胎轉動角度	
	人	各個部位之尺寸、剛性係數、恢復係數、重量、在環境中的座標位置	
	障礙物	尺寸、在環境中的座標位置	
輸出資料	車輛	PDOF、速度與時間關係圖、航向與時間關係圖、加速度與時間關係圖、轉動角度與時間關係圖、轉動速度與時間關係圖、轉動角加速度與時間關係圖、輪胎在 x 、 y 、 z 方向之受力與時間關係圖	
	人	各部分的速度與時間關係圖、各部分的加速度與時間關係圖、各部分轉動角度與時間關係圖、各部分轉動速度與時間關係圖、各部分角加速度與時間關係圖、各部分受力與時間之關係圖	
	等效撞擊速度 (EBS)	車輛正向撞擊前後的速度差	

3.7.3 PC-Crash6.2 之理論基礎

在 PC-Crash6.2 模擬撞擊時，可選擇不同之撞擊運動理論基礎，分別為運動學模式 (Kinematics Model) 及動力學模式 (Kinetics Model)：

3.7.3.1 運動學模式

運動學模式所應用之理論公式，如 3-53 式所示：

$$a = g \frac{\sum F_{x''i}}{\sum F_{z''i}} \quad (3-53)$$

其中： g 為重力加速度

$F_{z''_i}$ 為每個輪胎的正向力

$F_{x''_i}$ 為每個輪胎的加速度或煞車力， $F_{x''_i} \leq \mu_i F_{z''_i}$ ， μ_i 為輪胎摩擦係數。

車輛在不同時間的速度，如 3-54 式所示：

$$v = v_0 + a \cdot \Delta t \quad (3-54)$$

運動力學模式：運動力學模式與運動學模式的不同為，運動力學考慮外界對車輛的作用力。輪胎所受之側向力（Lateral Force）及縱向力（Longitude Force），可由側滑角度及加（減）速度計算求得。一般來說，輪胎的受力可分成三部分：

- (1) 正向力 $F_{z''}$ ，與車輛重量有關。
- (2) 縱向力 $F_{x''}$ ，與 $F_{z''}$ 、煞車力 F_b 、滑動角度 S 及摩擦係數 μ 有關。
- (3) 側向力 $F_{y''}$ ，與 $F_{z''}$ 、煞車力 F_b 、滑動角度 S 及摩擦係數 μ 有關。

重心加速度及轉動角加速度，可由車輛所受之外力求得，以區域（Local）座標表示。將區域座標表示之加速度轉換成全域（Global）座標，以求出全車之加速度。以 $5ms$ 為時間間隔積分。將全車之加速度積分，以計算速度的變化及新的重心座標。以懸吊系統參數及所有荷重，重新計算新的胎輪受力。

3.7.3.2 座標系統：

在模擬車輛的運動情況時，車輛被假設為一剛體，為了將車輛外形定義簡化，PC-Crash 將模擬之座標系統分成全域（ $x、y、z$ ）、車輛（ $x'、y'、z'$ ）及輪胎（ $x''、y''、z''$ ）三個座標系統，如圖 3-6 所示。在全域座標系統中，將車輛的重心以 x_m 來表示，車輛的轉動以旋轉矩陣 T 來表示（以 ϕ_1 表示車輛重心在 x 軸的旋轉角度，以 ϕ_2 表示在 y 軸的旋轉角度，以 ϕ_3 表示在 z 軸的旋轉角度），如圖 3-7 所示。式 3-55、式 3-56 及式 3-57 的旋轉矩陣，定義全域座標轉換為車輛座標的方式：

$$M_3 = \begin{bmatrix} \cos \phi_3 & \sin \phi_3 & 0 \\ -\sin \phi_3 & \cos \phi_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3-55)$$

$$M_2 = \begin{bmatrix} \cos \phi_2 & 0 & -\sin \phi_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi_2 & 0 & \cos \phi_2 \end{bmatrix} \quad (3-56)$$

$$M_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi_1 & \sin \phi_1 \\ 0 & -\sin \phi_1 & \cos \phi_1 \end{bmatrix} \quad (3-57)$$

全域座標轉換成車輛座標之三軸旋轉矩陣 T 為： $T = (M_1)(M_2)(M_3)$ 或如 3-58 式所示：

$$T = \begin{bmatrix} \cos \phi_2 \cos \phi_3 & \cos \phi_2 \sin \phi_3 & -\sin \phi_2 \\ \sin \phi_1 \sin \phi_2 \cos \phi_3 - \cos \phi_1 \sin \phi_3 & \sin \phi_1 \sin \phi_2 \sin \phi_3 + \cos \phi_1 \cos \phi_3 & \sin \phi_1 \cos \phi_2 \\ \cos \phi_1 \sin \phi_2 \cos \phi_3 + \sin \phi_1 \sin \phi_3 & \cos \phi_1 \sin \phi_2 \sin \phi_3 - \sin \phi_1 \cos \phi_3 & \cos \phi_1 \cos \phi_2 \end{bmatrix} \quad (3-58)$$

式 3-58 的反矩陣如式 3-59 所示：

$$T^{-1} = \begin{bmatrix} \cos \phi_2 \cos \phi_3 & \sin \phi_1 \sin \phi_2 \cos \phi_3 - \cos \phi_1 \sin \phi_3 & \cos \phi_1 \sin \phi_2 \cos \phi_3 + \sin \phi_1 \sin \phi_3 \\ \cos \phi_2 \sin \phi_3 & \sin \phi_1 \sin \phi_2 \sin \phi_3 + \cos \phi_1 \cos \phi_3 & \cos \phi_1 \sin \phi_2 \sin \phi_3 - \sin \phi_1 \cos \phi_3 \\ -\sin \phi_2 & \sin \phi_1 \cos \phi_2 & \cos \phi_1 \cos \phi_2 \end{bmatrix} \quad (3-59)$$

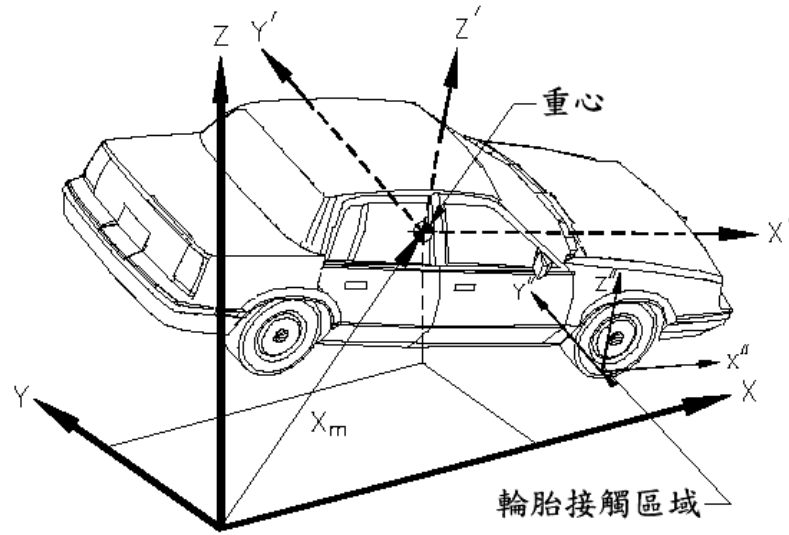


圖 3-6 座標系統

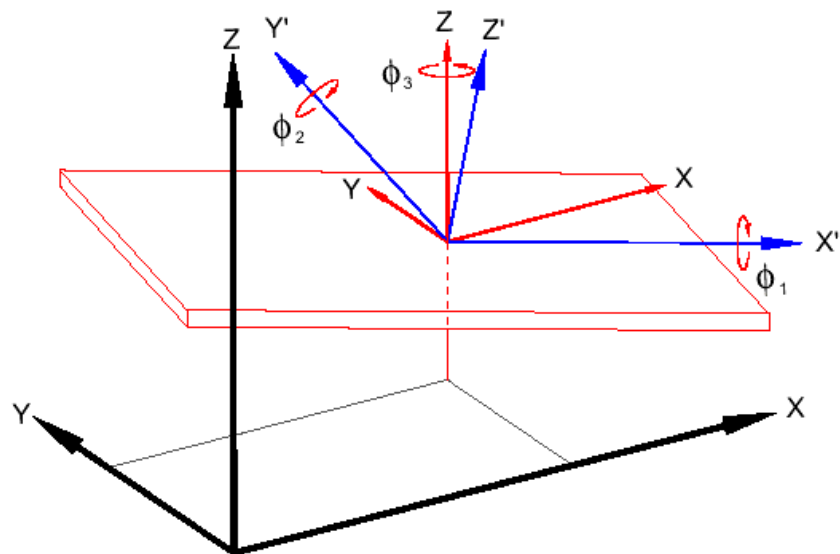


圖 3-7 車輛的旋轉

3.7.3.3 車輛所受外力

車輛除撞擊力外，所受的外力可分為輪胎力、空氣阻力、重力及拖掛車的拖動力等，將分別討論如下。

- (1) 輪胎力：(分為 x'' 、 y'' 、 z'' 三個方向，其中： z'' 為垂直輪胎與地板的接觸點的方向， y'' 為車輪輪軸投影到地面的方向， x'' 為右手定則決定之方向)，輪胎的縱向力 (x'' 方向)，會受輪胎正向力，輪胎縱向滑動率及側滑角度的影響。縱向滑動率可由輪胎中心之速度縱向分量與輪胎轉速的比值求得，式 3-60 及式 3-61 為加速及煞車時，縱向滑動率的定義，在煞車時 $v_{x''} > r \cdot \omega$ ， SL_{brake} 之值在 1~0 之間，在加速度時 $v_{x''} < r \cdot \omega$ ， SL_{accel} 之值在 0~-1 之間：

$$\text{煞車滑動：} SL_{brake} = \frac{(V_{x''} - r \cdot \omega)}{v_{x''}} \quad (3-60)$$

$$\text{加速滑動：} SL_{accel} = \frac{(V_{x''} - r \cdot \omega)}{r \cdot \omega} \quad (3-61)$$

其中： SL 為縱向滑動率

$V_{x''}$ 為輪胎中心在 x'' 方向的絕對速度

r 為輪胎半徑

ω 為輪胎轉動之角速度

輪胎側向力主要定義為側滑角的函數，側滑角的定義為輪胎中心的速度方向與輪胎縱向速度方向的夾角，如式 3-62 所示：

$$\tan(\alpha_r) = V_{y''}/V_{x''} \quad (3-62)$$

- (2) 空氣阻力：風力的作用和車輛車速所造成的空氣阻力，在 PC-Crash 中可加以計算。風力所造成的阻力，可由式 3-63 計算而得：

$$F_w = C_d \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2 \quad (3-63)$$

其中： V 為車輛與風的相對速度

ρ 為空氣密度

$C_d \cdot A$ 為空氣阻力係數與車輛投影面積之乘積（前、後、側的投影面積）

縱向與側向的空氣阻力，是由各別的阻力係數計算而得的。風的方向、強度及周期性可由下列參數來描述： α_w 等於 0° 時，表示風吹向螢幕右邊、 V_w 表示風速、 dT_{on} 表示風吹的周期、 dT_{off} 表示風停的周期。在全域座標中的風速（ ω_x 、 ω_y 、 ω_z ）可用下列公式計算：

$$\begin{aligned} w_x &= V_w \cdot \cos(\alpha_w) \\ w_y &= V_w \cdot \sin(\alpha_w) \quad t^* < dT_{on} \\ w_z &= 0 \end{aligned} \quad (3-64)$$

$$\begin{aligned} w_x &= 0 \\ w_y &= 0 \quad t^* > dT_{on} \\ w_z &= 0 \end{aligned} \quad (3-65)$$

其中： $t^* = \text{remainder}\left(\frac{t}{d \cdot T_{on} + d \cdot T_{off}}\right)$ ，而 t 為模擬開始到目前的時間

- (3) 重力：以全域座標來說，重力方向與其 z 軸的方向相反，如式 3-66 所示：

$$F_{gz} = -m \cdot g \quad (3-66)$$

- (4) 拖掛車的拖動力（ H ）：對於車輛來說，拖掛車的拖動力是一

外力，在全域座標下，拖掛車的拖動力如式 3-67 所示：

$$H = \begin{bmatrix} H_x \\ H_y \\ H_z \end{bmatrix} \quad (3-67)$$

各輛所產生的拖掛車的拖動力矩可獨立計算，分為下列兩種模式：

- i. 摩擦力矩：為常數且與拖車及拖掛車的夾角無關。
- ii. 比例力矩：比例力矩和拖車及拖掛車夾角成一線性關係的函數，如圖 3-8 中的 a 曲線。進一步來說，在最小旋轉角度 φ_{\min} 時，無力矩的作用（或只有摩擦力矩作用），如圖 3-8 中的 b 曲線。而拖掛車的力矩的計算，如式 3-68 所示：

$$M = S_0 + (\varphi - \varphi_{\min}) \cdot S - \dot{\varphi} \cdot D \quad (3-68)$$

其中： S_0 為摩擦力矩

φ 為相對旋轉角度

φ_{\min} 為 S 開始的角度

S 為旋轉的剛性係數

$\dot{\varphi}$ 為旋轉的角速度

D 為阻尼數係數

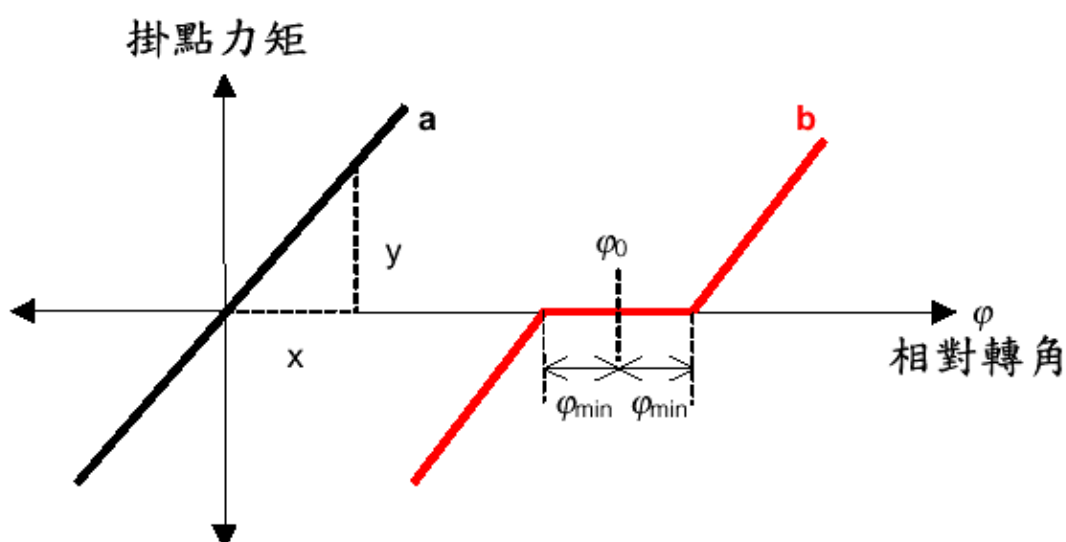


圖 3-8 掛點力矩與相對轉角關係圖

3.7.3.4 車輛運動方程式

在計算完車輛所受的外力後，車輛的運動方程式可以式 3-69 表示如下：

$$\sum F = ma \quad (3-69)$$

而由外力所造成的加速度，可以式 3-70 表示：

$$a = \sum F/m \quad (3-70)$$

將加速度以各別之座標軸 x 、 y 、 z 來看，可以式 3-71、式 3-72 及式 3-73 表示：

$$\ddot{x} = \sum F_x/m \quad (3-71)$$

$$\ddot{y} = \sum F_y/m \quad (3-72)$$

$$\ddot{z} = \sum F_z/m \quad (3-73)$$

對力矩的動量守恆，如式 3-74 或式 3-75 所示：

$$L = \sum M \quad (3-74)$$

$$\theta_c \cdot \dot{\omega} + \omega \times \theta_c \cdot \omega = \sum M \quad (3-75)$$

$$\text{其中：} \theta_c = \begin{bmatrix} I_{x'} & -I_{x'y'} & -I_{x'z'} \\ -I_{x'y'} & I_{y'} & -I_{y'z'} \\ -I_{x'z'} & -I_{y'z'} & I_{z'} \end{bmatrix}, \text{為車輛重心的質量張量}$$

以車輛座標系統為參考依據時， x' - z' 平面的交線定義為車輛的對稱軸，此時 y' 為主座標軸，因此可得 $I_{x'y'} = 0$ 及 $I_{y'z'} = 0$ ，而在 PC-Crash

中亦假設 $I_{x'z'} = 0$ ，則 $\theta_c = \begin{bmatrix} I_{x'} & 0 & 0 \\ 0 & I_{y'} & 0 \\ 0 & 0 & I_{z'} \end{bmatrix}$ ，而式 3-75 微分方程系統可被分成

獨立的方程式，如式 3-76、式 3-77 及式 3-78 所示：

$$I_{x'} \dot{\omega}_{x'} = \sum M_{x'} - I_{z'} \omega_{y'} \omega_{z'} + I_{y'} \omega_{y'} \omega_{z'} \quad (3-76)$$

$$I_{y'} \dot{\omega}_{y'} = \sum M_{y'} - I_{z'} \omega_{x'} \omega_{z'} + I_{x'} \omega_{x'} \omega_{z'} \quad (3-77)$$

$$I_{z'} \dot{\omega}_{z'} = \sum M_{z'} - I_{y'} \omega_{x'} \omega_{y'} + I_{x'} \omega_{x'} \omega_{y'} \quad (3-78)$$

Euler 法積分運動方程式，計算車輛之車速及位置等，此法可適用於有相似的剛性係數的不同方程式中，積分時間間隔可改變。在全

域座標中的加速度，如式 3-79、式 3-80 及式 3-81 所示：

$$\ddot{x} = \sum F_x / m \quad (3-79)$$

$$\ddot{y} = \sum F_y / m \quad (3-80)$$

$$\ddot{z} = \sum F_z / m \quad (3-81)$$

積分後，隨著時間 Δt 改變之速度，如式 3-82、式 3-83 及式 3-84 所示：

$$\dot{x}_{(t+\Delta t)} = \dot{x}_{(t)} + \ddot{x}_{(t)} \cdot \Delta t \quad (3-82)$$

$$\dot{y}_{(t+\Delta t)} = \dot{y}_{(t)} + \ddot{y}_{(t)} \cdot \Delta t \quad (3-83)$$

$$\dot{z}_{(t+\Delta t)} = \dot{z}_{(t)} + \ddot{z}_{(t)} \cdot \Delta t \quad (3-84)$$

再將式 3-82、式 3-83 及式 3-84 積分，則隨著時間 Δt 改變之位置，如式 3-85、式 3-86 及式 3-87 所示：

$$x_{(t+\Delta t)} = x_{(t)} + \dot{x}_{(t)} \cdot \Delta t + \ddot{x}_{(t)} \frac{\Delta t^2}{2} \quad (3-85)$$

$$y_{(t+\Delta t)} = y_{(t)} + \dot{y}_{(t)} \cdot \Delta t + \ddot{y}_{(t)} \frac{\Delta t^2}{2} \quad (3-86)$$

$$z_{(t+\Delta t)} = z_{(t)} + \dot{z}_{(t)} \cdot \Delta t + \ddot{z}_{(t)} \frac{\Delta t^2}{2} \quad (3-87)$$

其中： Δt 為數值積分的時間間隔。

將速度轉換成區域座標系統，如式 3-88 所示：

$$V' = T^{-1}V \quad (3-88)$$

車輛座標系統的轉動角加速度，如式 3-89、式 3-90 及式 3-91 所示：

$$\dot{\omega}_{x'} = \frac{(\sum M_{x'} - I_{z'}\omega_{y'}\omega_{z'} + I_{y'}\omega_{y'}\omega_{z'})}{I_{x'}} \quad (3-89)$$

$$\dot{\omega}_{y'} = \frac{(\sum M_{y'} - I_{z'}\omega_{x'}\omega_{z'} + I_{x'}\omega_{x'}\omega_{z'})}{I_{y'}} \quad (3-90)$$

$$\dot{\omega}_{z'} = \frac{(\sum M_{z'} - I_{y'}\omega_{x'}\omega_{y'} + I_{x'}\omega_{x'}\omega_{y'})}{I_{z'}} \quad (3-91)$$

隨著時間 Δt 改變之角速度，假設在 Δt 時間內角加速度為定值，如式 3-92、式 3-93 及式 3-94 所示：

$$\omega_{x'(t+\Delta t)} = \omega_{x'(t)} + \dot{\omega}_{x'} \cdot \Delta t \quad (3-92)$$

$$\omega_{y'(t+\Delta t)} = \omega_{y'(t)} + \dot{\omega}_{y'} \cdot \Delta t \quad (3-93)$$

$$\omega_{z'(t+\Delta t)} = \omega_{z'(t)} + \dot{\omega}_{z'} \cdot \Delta t \quad (3-94)$$

隨著時間 Δt 改變之轉動角度，如式 3-95、式 3-96 及式 3-97 所示：

$$\phi_{x'(t+\Delta t)} = \phi_{x'(t)}\Delta t + \dot{\omega}_{x'(t)} \cdot \frac{\Delta t^2}{2} \quad (3-95)$$

$$\phi_{y'(t+\Delta t)} = \phi_{y'(t)}\Delta t + \dot{\omega}_{y'(t)} \cdot \frac{\Delta t^2}{2} \quad (3-96)$$

$$\phi_{z'(t+\Delta t)} = \phi_{z'(t)}\Delta t + \dot{\omega}_{z'(t)} \cdot \frac{\Delta t^2}{2} \quad (3-97)$$

在慣性系統中之旋轉軸，如式 3-98 所示：

$$e_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad e_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ c_1 \\ -s_1 \end{bmatrix} \quad e_3 = \begin{bmatrix} -s_2 \\ s_1 \cdot c_2 \\ c_1 \cdot c_2 \end{bmatrix} \quad (3-98)$$

$$\text{其中：} \quad s_1 = \sin(\phi_1) \quad c_1 = \cos(\phi_1)$$

$$s_2 = \sin(\phi_2) \quad c_2 = \cos(\phi_2)$$

$$s_3 = \sin(\phi_3) \quad c_3 = \cos(\phi_3)$$

將角速度由車輛座標系統轉變到 1、2、3 座標系統，如式 3-99 所示：

$$\phi_{1,2,3} = \bar{T} \cdot \phi_{x,y,z} \quad (3-99)$$

$$\text{其中：} \quad \bar{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -s_2 \\ 0 & c_1 & s_1 \cdot c_2 \\ 0 & -s_1 & c_1 c_2 \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{c_2} \begin{bmatrix} c_2 & s_1 \cdot s_2 & c_1 \cdot s_2 \\ 0 & c_1 \cdot c_2 & -s_1 \cdot c_2 \\ 0 & s_1 & c_1 \end{bmatrix}$$

在 1、2、3 座標系統上之車輛旋轉角度 (ϕ)，如式 3-100、式 3-101 及式 3-102 所示：

$$\Delta\phi_1 = \Delta\phi_{x'} + \frac{s_1 \cdot s_2}{c_2} \cdot \Delta\phi_{y'} + \frac{s_2 \cdot c_1}{c_2} \cdot \Delta\phi_{z'} \quad (3-100)$$

$$\Delta\phi_2 = c_1 \cdot \Delta\phi_{y'} - s_1 \cdot \Delta\phi_{z'} \quad (3-101)$$

$$\Delta\phi_3 = \frac{s_1}{c_2} \cdot \Delta\phi_{y'} + \frac{c_1}{c_2} \cdot \Delta\phi_{z'} \quad (3-102)$$

3.7.3.5 撞擊模式

PC-Crash 的撞擊模式考慮車輛之恢復係數，Kudlich[57]及 Slibar [58]提出恢復係數模式將撞擊接觸部分，視為單一撞擊點。其中包含正向撞擊：撞擊之兩輛車有達到相同速度（Common Speeds）的情形，及斜向撞擊：撞擊之兩輛車沒有達到相同速度的情形。

牛頓運動定律將撞擊的情形，劃分成兩部分：壓縮相及恢復相，則恢復係數可定義如 3-103 式：

$$\varepsilon = \frac{S_R}{S_C} \quad (3-103)$$

其中： S_R 為恢復力

S_C 為壓縮力

則撞擊時所受之合力如 3-104 式：

$$S = S_C + S_R = S_C \cdot (1 + \varepsilon) \quad (3-104)$$

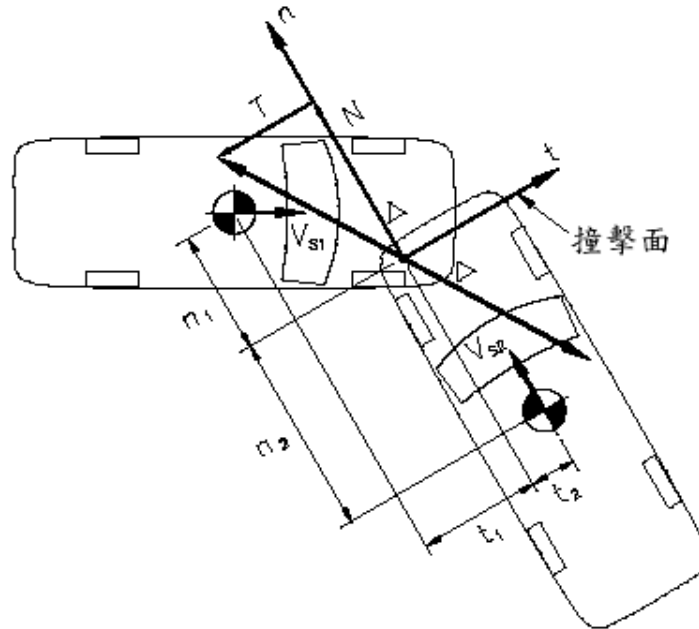


圖 3-9 兩車撞擊示意圖

圖 3-9 為兩車撞擊示意圖，以區域座標來表示，此區域座標是以垂直及平行撞擊面來表示，3-105 式及 3-106 式為第一輛車的切線速度及法線速度：

$$V_{T1} = V_{Tcg1} - \omega_{z1} \cdot n_1 \quad (3-105)$$

$$V_{N1} = V_{Ncg1} - \omega_{z1} \cdot t_1 \quad (3-106)$$

其中： V_{Ncg1} 為第一輛車重心的法線速度

V_{Tcg1} 為第一輛車重心的切線速度

ω_{z1} 為第一輛車的角速度

n_1 為重心到 t 座標的距離

t_1 為重心到 n 座標的距離

則兩車的相對速度，可以 3-107 式及 3-108 式表示：

$$V_T = V_{T1} - V_{T2} \quad (3-107)$$

$$V_N = V_{N1} - V_{N2} \quad (3-108)$$

則兩車受力的合力，可以 3-109 式、3-110 式、3-111 式及 3-112 式表示：

$$m_1 \cdot (V'_{Tcg1} - V_{Tcg1}) = T \quad (3-109)$$

$$m_1 \cdot (V'_{Ncg1} - V_{Ncg1}) = N \quad (3-110)$$

$$m_2 \cdot (V'_{Tcg2} - V_{Tcg2}) = -T \quad (3-111)$$

$$m_2 \cdot (V'_{Ncg2} - V_{Ncg2}) = -N \quad (3-112)$$

角動量的平衡，如 3-113 式及 3-114 式所示：

$$l_{z1} \cdot (\omega'_{z1} - \omega_{z1}) = -T \cdot n_1 + N \cdot t_1 \quad (3-113)$$

$$l_{z2} \cdot (\omega'_{z2} - \omega_{z2}) = T \cdot n_2 - N \cdot t_2 \quad (3-114)$$

則兩輛車對於撞擊點之相對速度，可以 3-115 式及 3-116 式表示：

$$V'_T = V_T + c_1 \cdot T - c_3 \cdot N \quad (3-115)$$

$$V'_N = V_N - c_1 \cdot T + c_3 \cdot N \quad (3-116)$$

$$\text{其中：} c_1 = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{n_1^2}{l_{1z}} + \frac{n_2^2}{l_{2z}} \quad c_2 = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{t_1^2}{l_{1z}} + \frac{t_2^2}{l_{2z}}$$

$$c_3 = \frac{t_1 n_1}{l_{1z}} + \frac{t_2 n_2}{l_{2z}}$$

由於撞擊的型式不同，則撞擊後的速度計算方式也有所不同。撞擊方式可分成正向撞擊與斜向撞擊兩種。在正向撞擊時，兩車間沒有相對運動，撞擊後兩車視為單一運動體，撞擊後無相對速度。此模式有以下兩個假設。

- (1) 壓縮時，切線力與向正力如 3-117 式及 3-118 式所示：

$$T_c = \frac{V_N \cdot c_3 + V_T \cdot c_2}{c_3^2 - c_1 c_2} \quad (3-117)$$

$$N_c = \frac{V_N \cdot c_1 + V_T \cdot c_3}{c_3^2 - c_1 c_2} \quad (3-118)$$

- (2) 其恢復係數如 3-103 式所示：

撞擊之總動量如 3-119 式及 3-120 式所示：

$$T = T_c \cdot (1 + \varepsilon) \quad (3-119)$$

$$N = N_c \cdot (1 + \varepsilon) \quad (3-120)$$

這些正向撞擊之方程式，可用來模擬所有正向撞擊的情形。

斜向撞擊：此模式有以下之假設。

- (1) 垂直於兩車撞擊面的方向，兩車沒有相對運動。 N_c 可由 3-118 式求得。
- (2) 切線力受兩車間摩擦係數（ μ ）的限制，如 3-121 式所示：

$$T = \mu N \quad (3-121)$$

- (3) 恢復係數如 3-103 式所示，總動量可由 3-119 式及 3-120 式計算而得。

大部分的撞擊測試，顯示車輛從撞擊到最大損壞的時間，約為 30~60ms，所以從開始撞擊到停止的距離，可由撞擊前速度乘以這段時間而得，PC-Crash6.2 以此方式來決定車輛的位置，當車輛到達此位置，則撞擊過程即算完成。而恢復係數大約在 0.1~0.3 的範圍內，只有在低速撞擊時，恢復係數才會出現大於 0.3 的情況[59-60]。

3.7.3.6 多重物體模式

在一般的事務模擬中，常將車輛視為剛體，這種假設對於車對車、車對拖車及車撞擊剛體障礙物來說是可行的，但對於撞擊路人或模擬乘客等由多個物體連接而成的多重物體，這種模擬方式是不準確

的，多重物體是數個剛體用關節互相連接而成的系統，以這個系統模擬撞擊路人就如同模擬車對車之撞擊一樣容易。

模型描述多重物體的元件（頭、軀幹、下肢等）以樞軸作為連接，對於不同的人體，有不同的特性（如外形、重量等），元件及接點的數量會影響模擬計算時間，元件及接點的數愈多，模擬時間就會愈長，所以模型複雜度和時間，必須加以取捨。

- (1) 座標系統：多重物體之模擬使用二種座標系統，其一為慣性座標系統，另一為元件固定座標系統如圖 3-10 所示。其中元件固定座標系統為橢圓的半軸，而此二個座標系統皆為右手定則之座標系統。

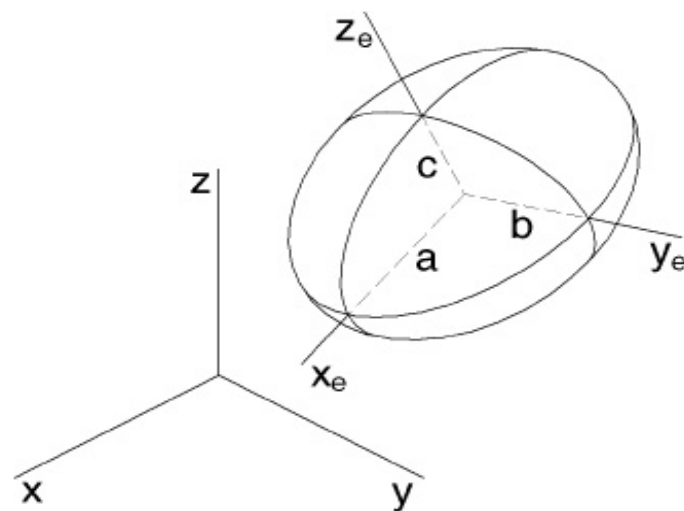


圖 3-10 慣性與固定座標系統

- (2) 身體屬性：多重物體組成架構的屬性皆可獨立說明：
- i. 幾何形狀：多重物體的部分以橢圓表示，而橢圓的等級（degree n）也可改變，當等級為 2 時， a 、 b 、 c 等長，即為球體。
 - ii. 質量與慣性力矩：必須指定每個部分三軸的慣性力矩及質量。
 - iii. 剛性係數：每個部分有其剛性係數，可用來計算接觸力。
 - iv. 摩擦係數：必須指定二個摩擦係數，一為橢圓與車輛的接觸摩擦係數，一為橢圓與橢圓或與地面的接觸摩擦係數。以下之方程式，為以 a 、 b 、 c 三軸產生之橢圓方程式：

$$P = \begin{bmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{bmatrix} \quad (3-122)$$

$$X_e(u, v) = a \cdot \cos^{\frac{2}{n}}(v) \cdot \cos^{\frac{2}{n}}(u) \quad (3-123)$$

$$Y_e(u, v) = b \cdot \cos^{\frac{2}{n}}(v) \cdot \sin^{\frac{2}{n}}(u) \quad (3-124)$$

$$Z_e(u, v) = c \cdot \sin^{\frac{2}{n}}(v) \quad (3-125)$$

$$\begin{aligned} \vec{n}(u, v) = & \frac{1}{a} \cdot \cos^{2-\frac{2}{n}}(v) \cdot \cos^{2-\frac{2}{n}}(u) \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \\ & \frac{1}{b} \cdot \cos^{2-\frac{2}{n}}(v) \cdot \sin^{2-\frac{2}{n}}(u) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \\ & \frac{1}{c} \cdot \sin^{2-\frac{2}{n}}(v) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3-126)$$

其中： u 為橢圓 X_e 軸到 $X_e - Y_e$ 平面的角度

v 為在 $X_e - Y_e$ 平面上的角度

其範圍如下：

$$u \in [-\pi, \pi] \quad v \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right] \quad (3-127)$$

- (4) 運動方程式：在模擬多重物體時，需計算外力（如重力、摩擦力）對每個部分的影響，而每個部分受外力的影響是獨立的，對於每個部分 i 所受的影響，以力平衡及角動量守恆來計算[61-62]，如式 3-128 及式 3-129 所示：

$$m_i \cdot \ddot{\vec{x}}_i = \sum_j \vec{F}_j \quad (3-128)$$

$$\theta_i \cdot \dot{\vec{\omega}}_i + \vec{\omega}_i \times \theta_i \cdot \vec{\omega}_i = \sum_j \vec{M}_j \quad (3-129)$$

$$\text{其中：}\theta_i = \begin{bmatrix} I_{xx} & -I_{xy} & -I_{xz} \\ -I_{xy} & I_{yy} & -I_{yz} \\ -I_{xz} & -I_{yz} & I_{zz} \end{bmatrix}, \quad \theta_i \text{ 為元件 } i \text{ 在元件系統中的質量張量 (mass tensor)}$$
(3-130)

m_i 為元件 i 的質量

\ddot{x}_i 為元件在慣性系統的加速度

\bar{F}_j 為元件 i 在慣性系統的外力

$\dot{\bar{\omega}}_i$ 為元件 i 在元件系統中的角加速度

$\bar{\omega}_i$ 為元件 i 在元件系統中的角速度

\bar{M}_j 為元件 i 在元件系統中的外力矩

以 Euler 法積分上述方程式，指定時間間隔為 $0.1\text{ ms} \sim 1\text{ ms}$ 。

- (5) 接點的定義：每個接點 J_i 用來連接二個部分，如圖 3-11 所示，接點的座標 \bar{d}_{i1} 及 \bar{d}_{i2} 是以各部分的座標系統來表示，使用球體與凹槽配合的關節（球體的直徑為 2 cm ），必須確定其摩擦係數及旋轉剛性。可提高某軸的旋轉剛性來限制其活動。

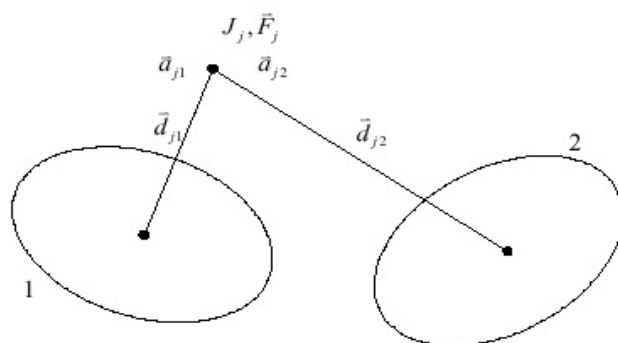


圖 3-11 接點的定義

在每個計算時間間隔，必須滿足下面二個條件：

- i. 同接點的二個部分，其連接力必須大小相同、方向相反。
- ii. 同接點的二個部分，其加速度必須相等。

計算時，先計算反作用力的影響，再加入力矩的影響，如果有摩擦力，則再計算一次，重覆運算，直到沒明顯外力作用時，才算完成。此為 La Grange 倍數 (multiplier) 計算

法則，是一種常用的多重物體動態演算法[63-64]，首先，先計算在不受外力影響之接點位置，再陸續加入外力，然後計算接點位置。接點位置的加速度與力為線性關係，以此關係則 A 矩陣必須每個時間間隔計算一次。

$$\begin{bmatrix} \bar{a}_{1,1} - \bar{a}_{1,2} \\ \bar{a}_{2,1} - \bar{a}_{2,2} \\ \vdots \\ \bar{a}_{j,1} - \bar{a}_{j,2} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \bar{F}_1 \\ \bar{F}_2 \\ \vdots \\ \bar{F}_j \end{bmatrix} \quad (3-131)$$

其中： $\bar{a}_{j,1}, \bar{a}_{j,2}$ 為 j （元件 a 與元件 b 的接點）加速度

A 為接點 j 的接觸力與加速度的 3×3 矩陣

\bar{F}_j 為接點 j 的接觸力

- (6) 接觸方法：以線性剛體之方程式來計算二個物體的接觸力，以恢復係數之數值定義接觸時的恢復量。當有正向力作用時，計算其摩擦力，將此力作用於二物體間，可計算出擦撞與正向撞擊的受力。

$$\bar{F}_{napproaching} = \lambda \cdot S \quad (3-132)$$

$$\bar{F}_{nseparating} = \varepsilon \cdot \lambda \cdot S \quad (3-133)$$

其中： $\bar{F}_{napproaching}$ 為元件接近時的正向力

$\bar{F}_{nseparating}$ 為元件分離時的正向力

S 為剛性係數

λ 為穿刺深度

ε 為恢復係數

穿刺量的位置及方向，以接觸的型式可分為下列三種：

- (7) 橢圓與橢圓的接觸：假設其接觸點在兩橢圓表面兩點的連線上，切線面在平行且離二個面最短距離處。正確的位置可以物體的剛性係數求得如圖 3-12 所示。以下為使用二維簡化法[65]求解 λ 。

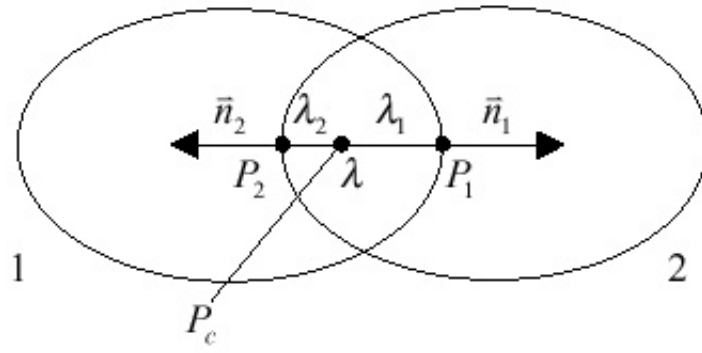


圖 3-12 橢圓與橢圓的接觸

$$\vec{n}_1 = -\vec{n}_2 \quad (3-134)$$

$$\lambda = |P_1 - P_2| = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (3-135)$$

$$\lambda \rightarrow \min. \quad (3-136)$$

$$\vec{F}_{n1} = -\vec{F}_{n2} \quad (3-137)$$

$$\vec{F}_{n1} = -\lambda_1 \cdot S_1 \cdot \vec{n}_1 \quad (3-138)$$

$$\vec{F}_{n2} = -\lambda_2 \cdot S_2 \cdot \vec{n}_2 \quad (3-139)$$

$$P_c = P_1 - \vec{n}_1 \cdot \lambda_1 = P_2 - \vec{n}_2 \cdot \lambda_2 \quad (3-140)$$

$$\mu_c = \min(\mu_1, \mu_2) \quad (3-141)$$

$$\vec{F}_{t1} = |\vec{F}_{n1}| \cdot \mu_c \cdot \|\vec{V}_{Pc2} - \vec{V}_{Pc1}\| \quad (3-142)$$

$$\vec{F}_{t2} = |\vec{F}_{n2}| \cdot \mu_c \cdot \|\vec{V}_{Pc1} - \vec{V}_{Pc2}\| \quad (3-143)$$

其中： $\vec{F}_{n1}, \vec{F}_{n2}$ 為橢圓1,2的正向接觸力

$\vec{F}_{t1}, \vec{F}_{t2}$ 為橢圓1,2的切線接觸力

μ_c 為接觸摩擦力

接觸力的切線部分是以摩擦係數較低的部分來計算，而切線力方向則以接觸點的相對速度來定義。這個接觸法不適用於有共同接觸點的橢圓。

- (8) 橢圓與車輛的接觸：在 PC-Crash 中將車輛視為剛體，車輛的表面是由多個三角平面所組成的，接觸點會落在三角平面上，穿透距離為橢圓上的一點到接觸面的距離如圖 3-13 所

示。切線力是以橢圓-車輛摩擦係數及接觸點的相對速度來算。關係式如下：

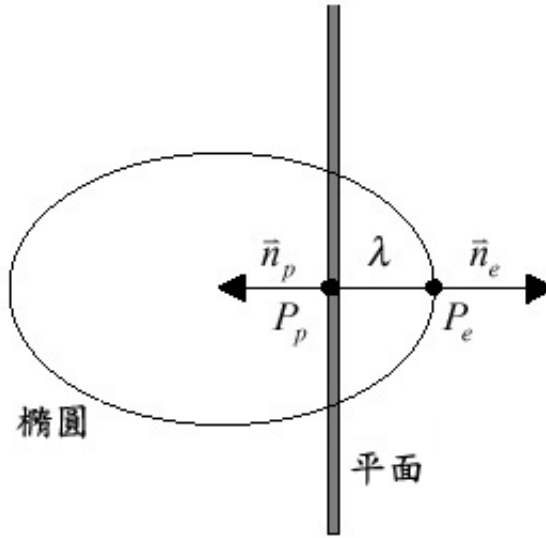


圖 3-13 橢圓與平面的接觸

$$\vec{n}_e = -\vec{n}_p \quad (3-144)$$

$$\lambda = |P_e - P_p| \quad (3-145)$$

$$\vec{F}_{ne} = -\lambda \cdot S_e \cdot \vec{n}_e \quad (3-146)$$

$$\vec{F}_{np} = -\vec{F}_{ne} \quad (3-147)$$

$$\vec{F}_{te} = |\vec{F}_{ne}| \cdot \mu \cdot \|\vec{V}_{Pcp} - \vec{V}_{Pce}\| \quad (3-148)$$

$$\vec{F}_{tp} = |\vec{F}_{np}| \cdot \mu \cdot \|\vec{V}_{Pce} - \vec{V}_{Pcp}\| \quad (3-149)$$

其中： $\vec{F}_{ne}, \vec{F}_{np}$ 為橢圓與平面的正向接觸力

$\vec{F}_{te}, \vec{F}_{tp}$ 為橢圓平面的切線接觸力

μ 為接觸摩擦力

- (9) 橢圓與地面的接觸：其計算方法與上述方法相似，惟地面不會有速度。

3.7.4 PC-Crash 之模組範例

(1) 拖車與小客車

在 PC-Crash 中可以模擬拖車的撞擊模式，此例為拖車與小客車直角相撞的情形，及小客車再撞擊固定障礙物（牆壁），為多重撞擊的情形，以下為各車輛的廠牌及型號，以及各車輛在撞擊前的初始設定：

- 車型(拖車)：BMW-318i，初速=65 km/h，減速度=3.10 m/s^2 。
- 車型：Chevrolet-Corvette，初速=63 km/h，減速度=2.2 m/s^2 。
- 牆壁。
- 車型(掛車)：ANHUI (unsteered)，初速=65 km/h，減速度=7.85 m/s^2 。

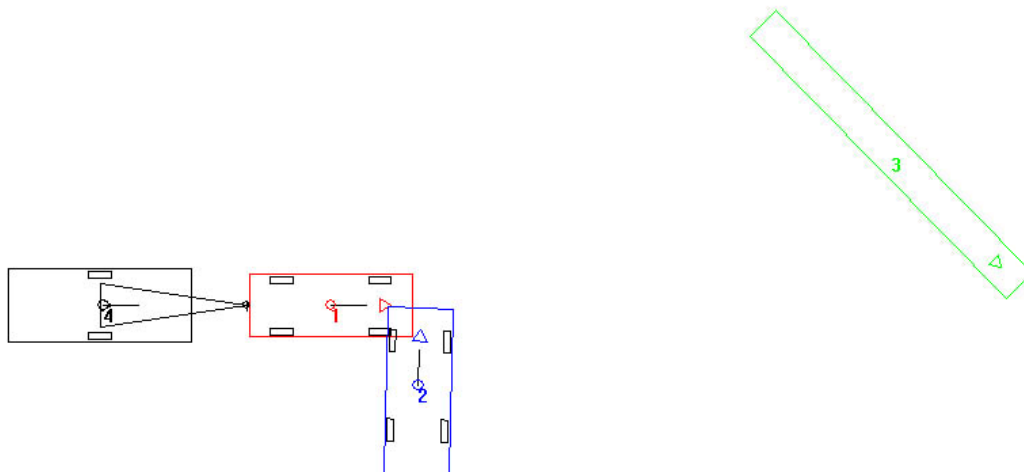


圖 3-1 撞擊前的情形

圖 3-14 及圖 3-15 為撞擊前及撞擊後的情形，一開始拖車以 65 km/h 的速度前進，而小客車以 63 km/h 的速度前進，兩車在相撞之後，拖車以 3.10 m/s^2 的減速度減速，而小客車以 2.2 m/s^2 的減速度減速，小客車因撞擊後，前進方向受撞擊力而改變因而再次撞擊固定障礙物（牆壁），而拖車在撞擊後繼續前進，但因受掛車的甩尾拉力影響，拖車及掛車被拉向右方移動，使得掛車撞上小客車。圖 3-16 為速度與時間的關係圖，圖 3-17 為行駛方向與時間關係圖，圖 3-18 為加速度與時間關係圖。

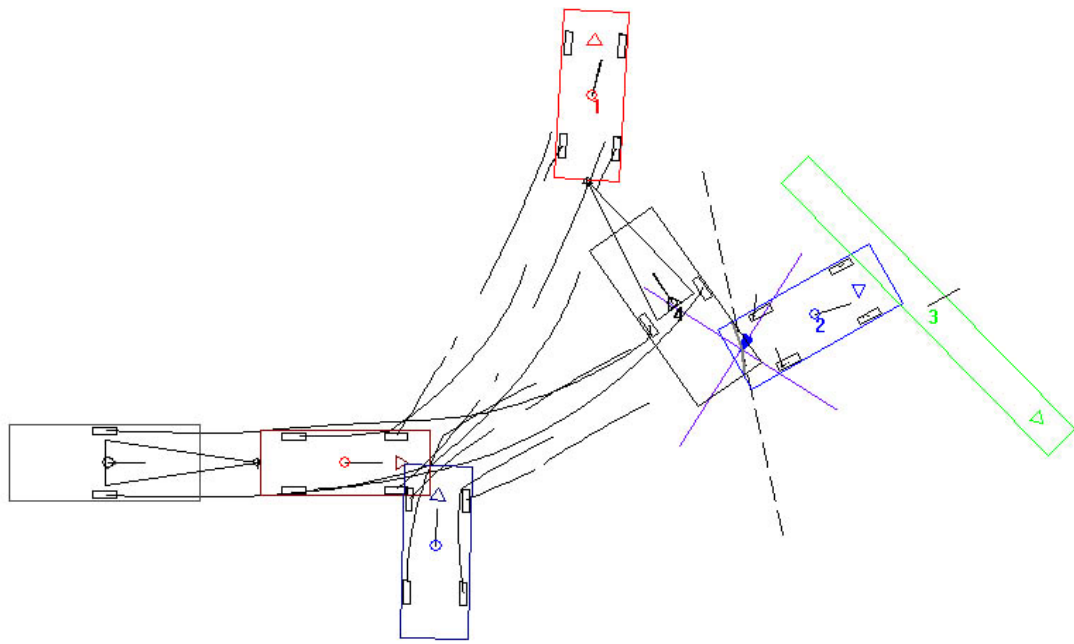


圖 3-15 撞擊後的結果

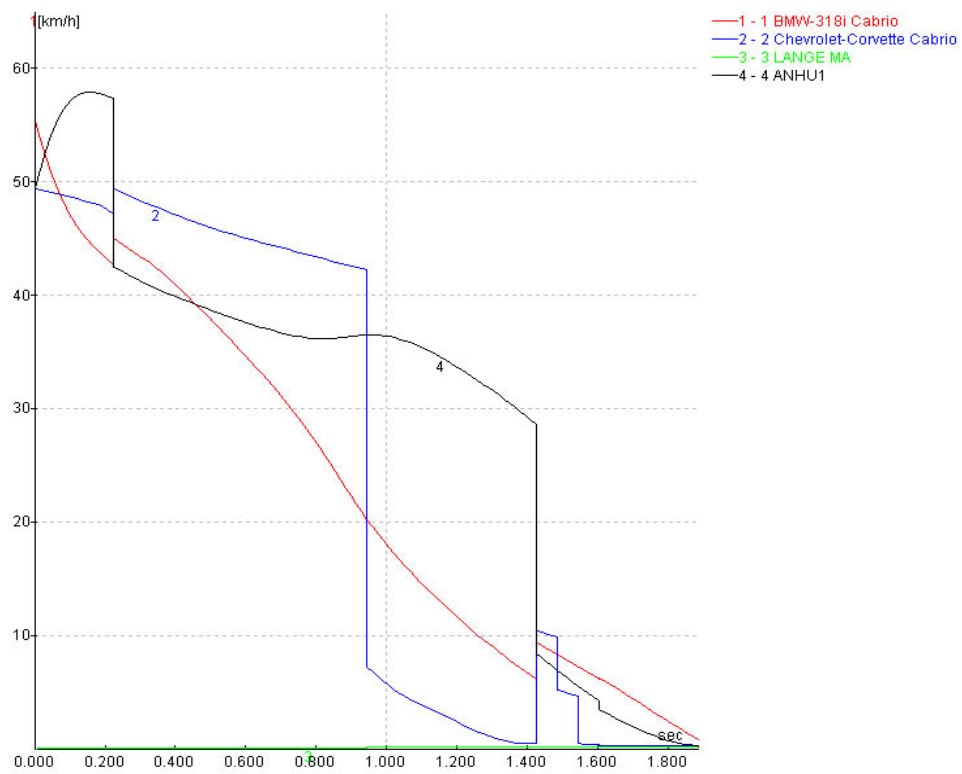


圖 3-16 速度與時間的關係圖

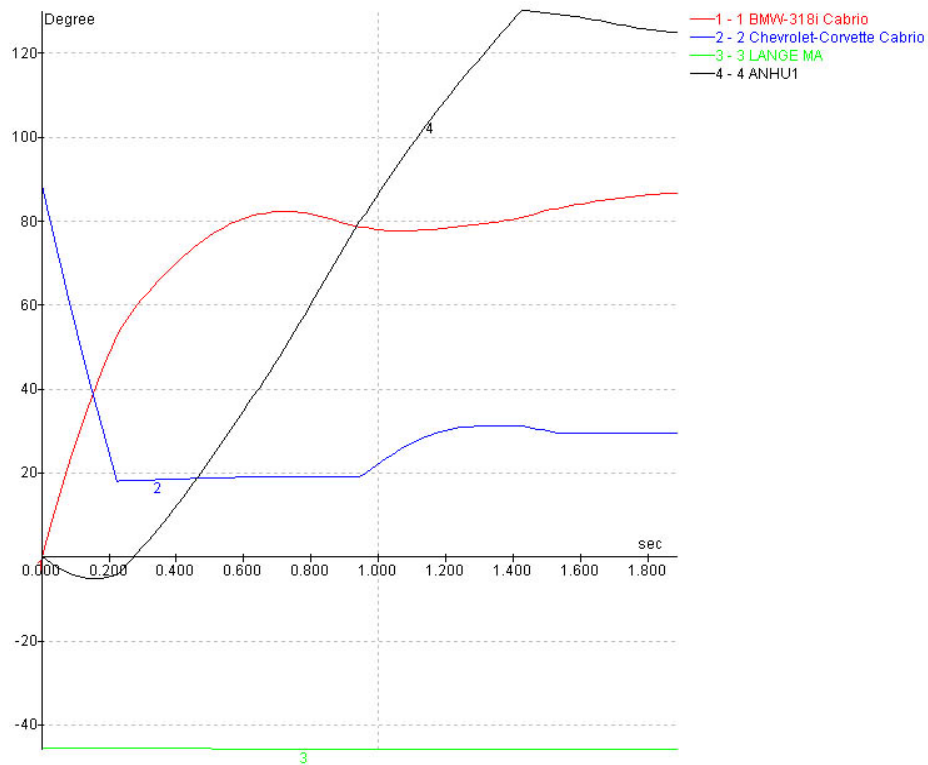


圖 3-17 行駛方向與時間關係圖

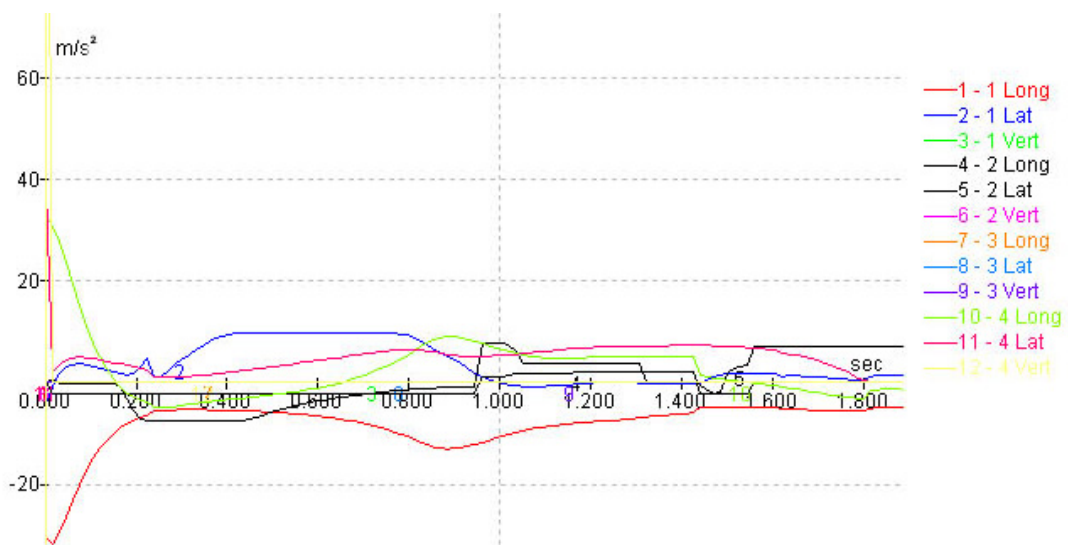


圖 3-18 加速度與時間關係圖

(2) 行人與小客車

在 PC-Crash 中可以模擬人體的撞擊模式，此例為小客車撞到行人的情形，以下為各車輛的廠牌及型號，以及各車輛在撞擊前的初始設定：

- a. 車型：VW-Passat，初速=55 km/h，減速度=7.85 m/s²。

b. 行人。

撞擊前後的情形在圖 3-19 及圖 3-20，小客車以 55 km/h 的速度前進，可能因煞車不及撞上行人，之後以 7.85 m/s^2 的減速度減速。

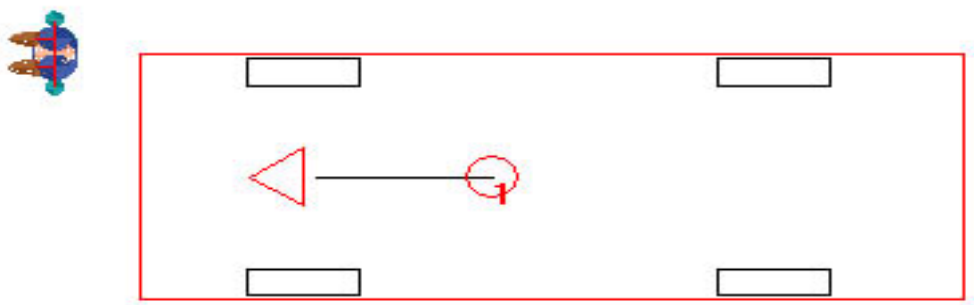


圖 3-19 小客車在撞擊人之前

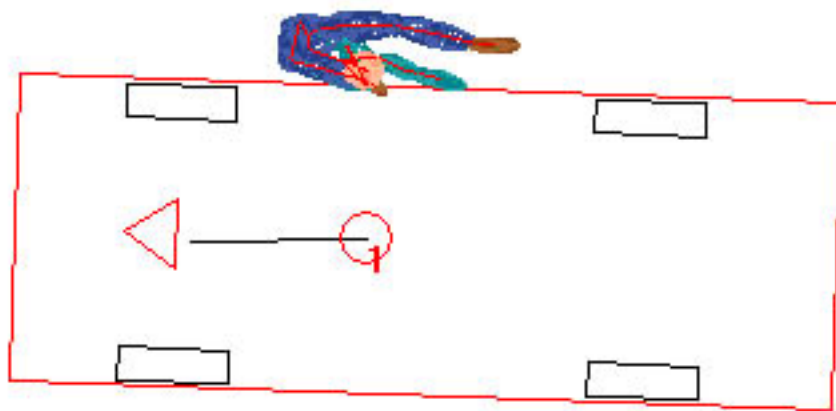


圖 3-20 撞擊結果

圖 3-21 為速度與時間的關係圖，圖 3-22 為加速度與時間關係圖。圖 3-23 為人體各部位的速度與時間關係圖，圖 3-24 為人體各部位的轉動角度與時間關係圖，圖 3-25 為人體各部位的加速度與時間關係圖。

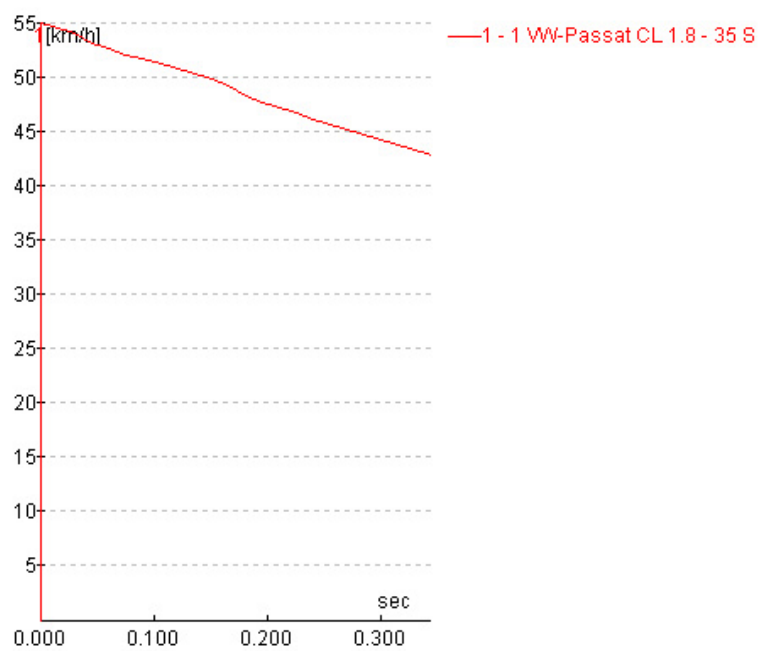


圖 3-21 速度與時間的關係圖

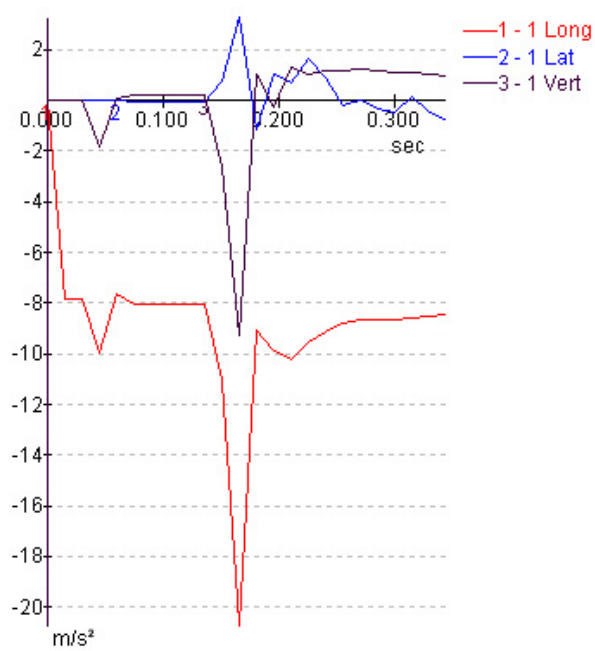


圖 3-22 加速度與時間關係圖

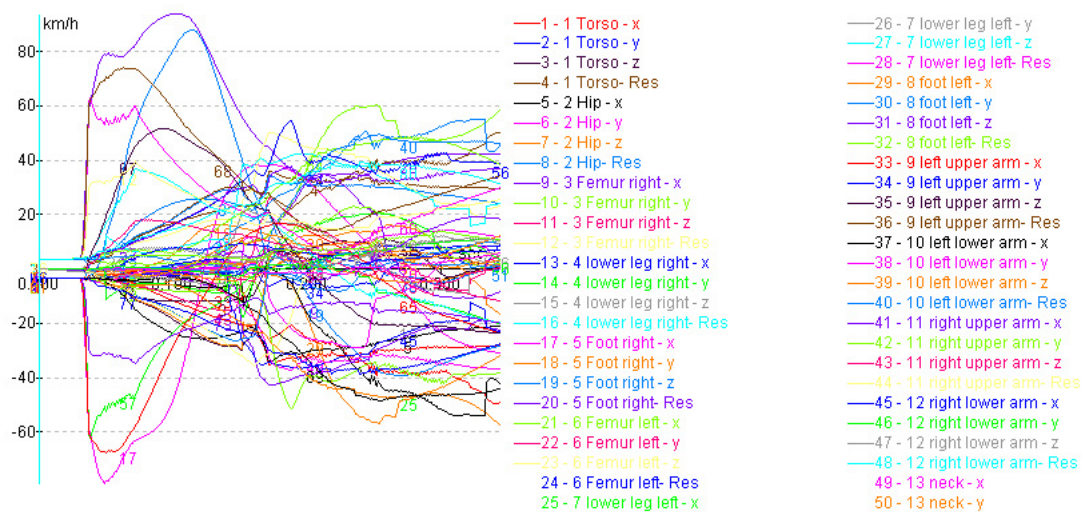


圖 3-23 人體各部位的速度與時間關係圖

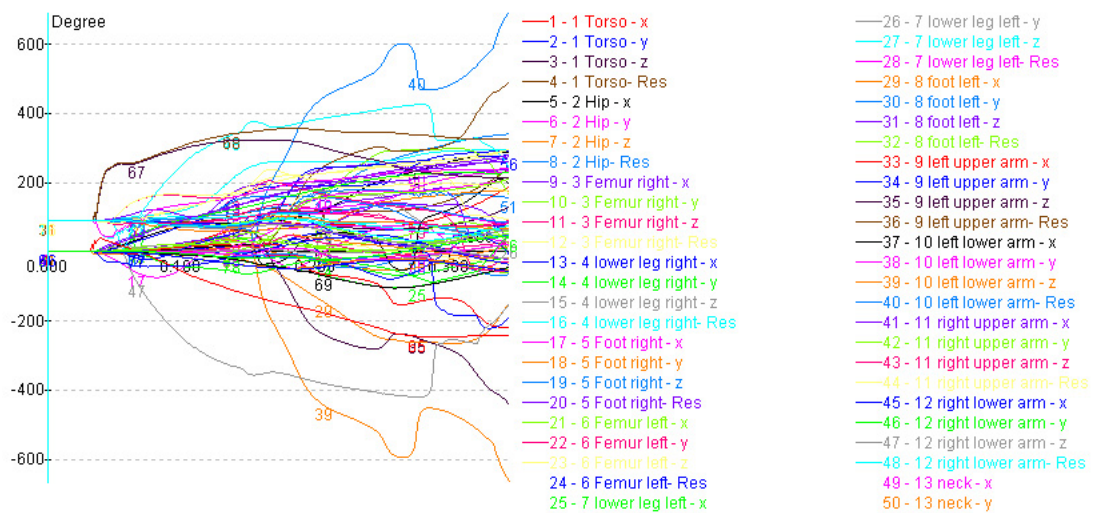


圖 3-24 人體各部位的轉動角度與時間關係圖

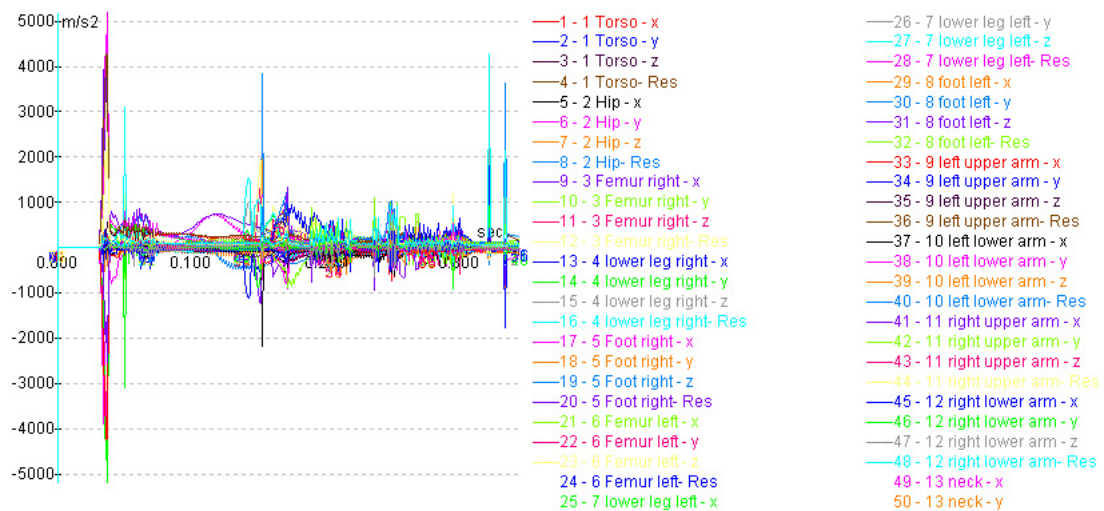


圖 3-25 人體各部位的加速度與時間關係圖

3.7.5 PC-Crash 案例模擬

此例為汽車與汽車直角對撞的情形[66]，車 1 為 Ford，車 2 為 Honda，車 1 為南行接近十字路口，車 2 為東行接近十字路口，二車在行經十字路口相撞，車 2 的前方撞擊到車 1 的右方，撞擊後車 1 開始逆時針旋轉，而車 2 開始順時旋轉，因此車 1 的右後方撞擊到車 2 的左方，之後車 2 繼續順時旋轉，最後面向西北方而停止，而車 1 繼續向東南方前進，最後因撞到行道樹而停止。表 3.4 為車輛資料。報告中有現場的事故相關位置圖(如圖 3-26)、6C、因損壞所產生的 ΔV 及撞擊方向等(如表 3.3)。

表 3.3 案例報告中的資料

		6C(cm)						$\Delta V (km/h)$	PDOF($^{\circ}$)	大約初速 (km/h)
內容	車 1	0	27	22	17	13	6	26	60	48
	車 2	13	27	24	19	12	6	20.8	-30	48

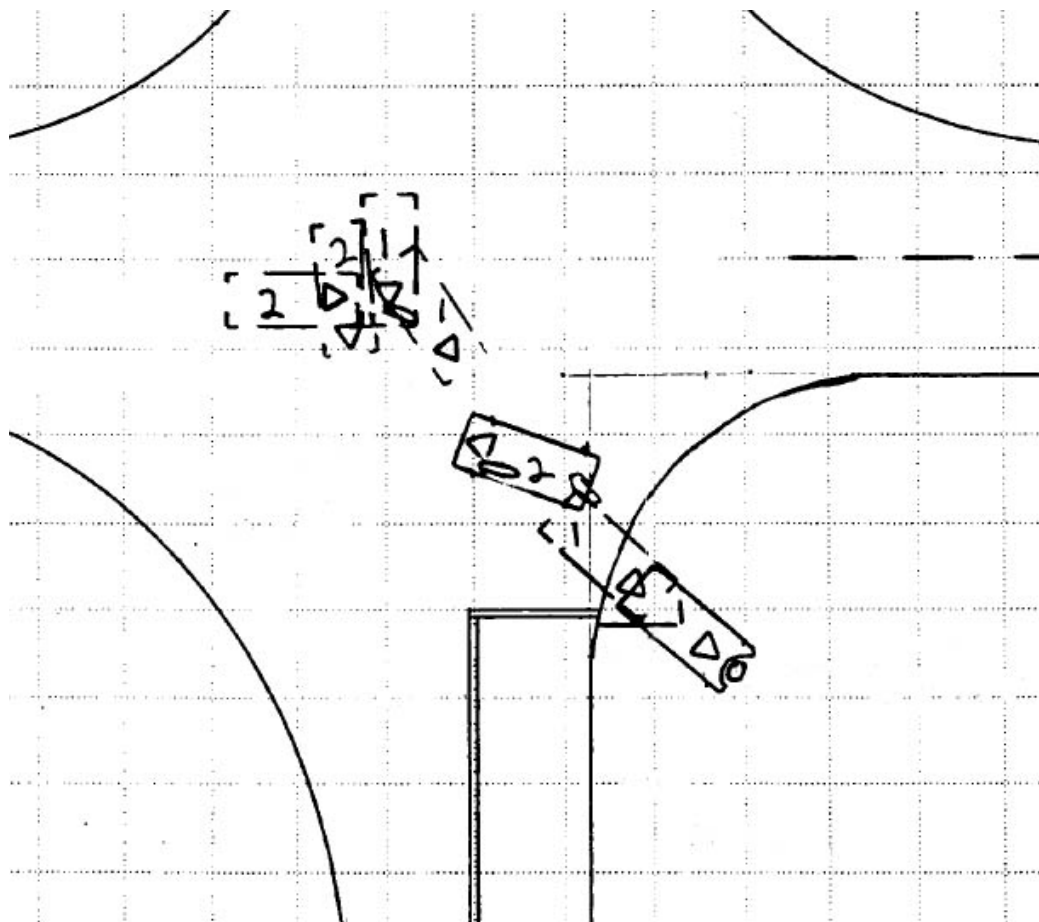


圖 3-26 事故現場相關位置圖

表 3.4 車輛資料

車輛編號	型式	年份	製造商	型號
1	Subcompact	1995	Ford	Escort
2	Compact	1995	Honda	Prelude

在 PC-Crash 中，先將報告中可得撞擊位置、停止位置及大約初速等資料輸入 PC-Crash 中模擬，模擬撞擊後，判斷最後位置來是否符合，再反覆輸入預測的速度、減速度及轉動角度值來模擬，表 5 為車型資料及初始設定，車 1 在撞擊前之速度為 48 km/h ，撞擊後以 3.7 m/s^2 的減速度來減速且輪胎向左轉動約 6° ，繼續前進直到撞到行道樹後而停止，而車 2 撞擊前的速度為 53 km/h ，撞擊後則以 4.6 m/s^2 減速度值來降低速度至停止，而在車上的人員部分，兩車皆只有駕駛，其中，車 1 的駕駛體重為 74 kg ，車 2 的駕駛體重為 92 kg ：

表 3.5 車型資料

車輛編號	型式	年份	製造商	型號	撞擊前速度(km/h)	減速度(m/s^2)	輪胎轉動角度($^\circ$)
1	Subcompact	1995	Ford	Escort	48	3.7	6
2	Compact	1995	Honda	Prelude	54	4.6	0
3	行道樹						

將資料輸入 PC-Crash 中反覆模擬，其模擬結果如圖 3-27。

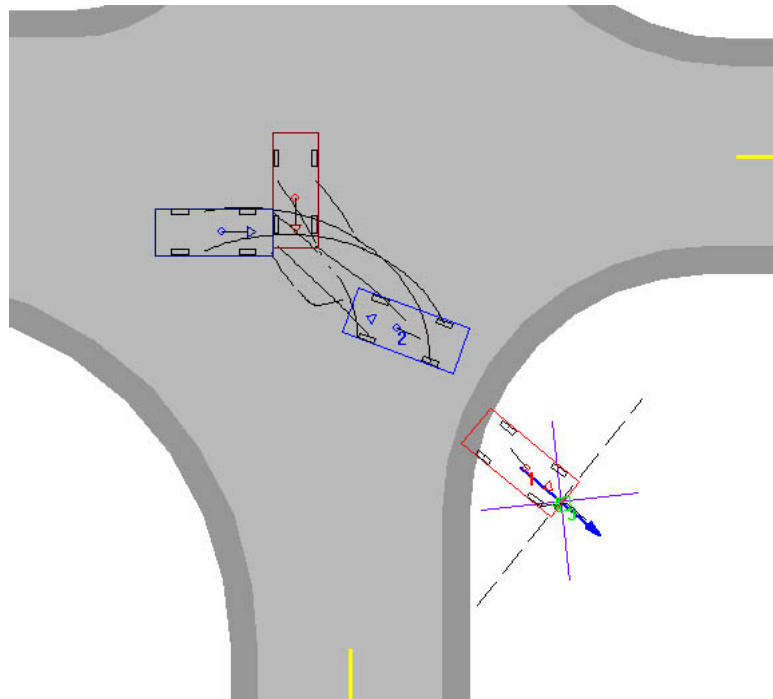


圖 3-27 PC-Crash 模擬結果

圖 3-28 為事故現場圖與 PC-Crash 模擬結果的比較圖，由圖中可看出模擬的結果與現場十分相近，報告指出車 1 的撞擊角度為 60° ，而車 2 的撞擊角度為 -30° ，以 PC-Crash 所得資料為，車 1 之撞擊角度為 59.58，車 2 為 -30.65，與案例報告結果極為相近。

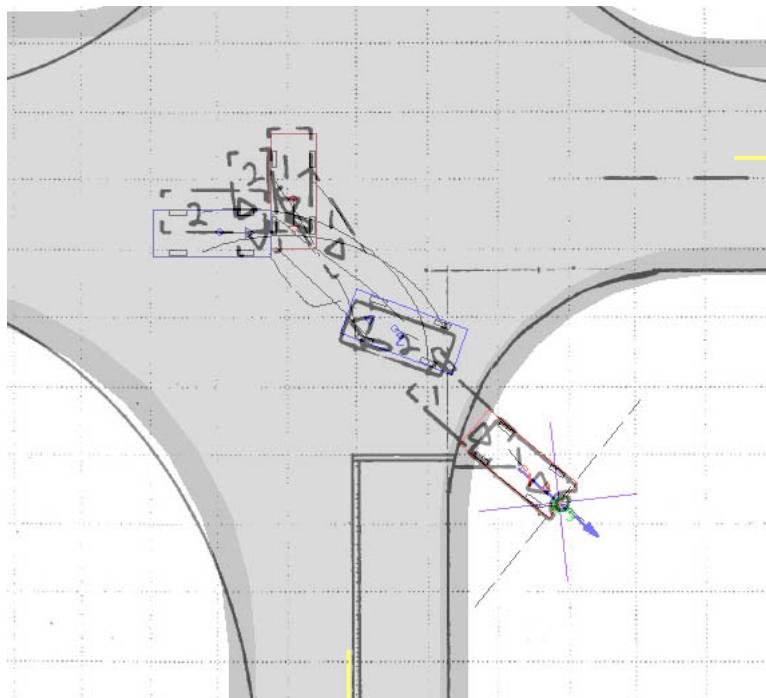


圖 3-28 兩者比較圖

報告中車 2 在第一次撞擊時之 ΔV 為 20.8 km/h ，而車 1 與行道樹撞擊的 ΔV 為 26 km/h ，將報告上所得車 2 的 6C 及撞擊角度，輸入 PC-Crash 中的 EBS 中計算 ΔV ，可得 ΔV 為 21.4 km/h ，而車 1 撞擊行道樹的 6C 及撞擊角度輸入之後，可得 ΔV 為 28.8 km/h ，表 3.6 為 PC-Crash 模擬結果與案例資料比較，由此可知以 PC-Crash 模擬所得結果的可信度很高。而誤差的原因可能為資料庫不足，因為並不是所有的車輛的資料都有，所以往往只能找大約相近的車輛來模擬，可能會造成模擬上的錯誤。

表 3.6 PC-Crash 模擬結果與案例資料比較

	PDOF($^\circ$)		$\Delta V (\text{km/h})$	
	案例	PC-Crash	案例	PC-Crash
車 1	60	59.58	26	28.8
車 2	-30	-30.65	20.8	21.4

3.8 PC-Rect

PC-Rect 為包含於 PC-Crash 中的另一套軟體，PC-Rect 可將傾斜的照片影像轉換成平面的圖片，即由空中鳥瞰的影像，如此使用者即可由此轉換後的影像，了解影像中物體其相關位置之距離及角度之關係，使用於事故現場照片之轉換，可簡化照像的程序，方便計算車輛及環境中各物品之距離及角度。

3.8.1 PC-Rect 之理論基礎[66]

要將照片的影像轉換成平面的圖片，是使用透視投影法，詳細的轉換圖形如下圖。

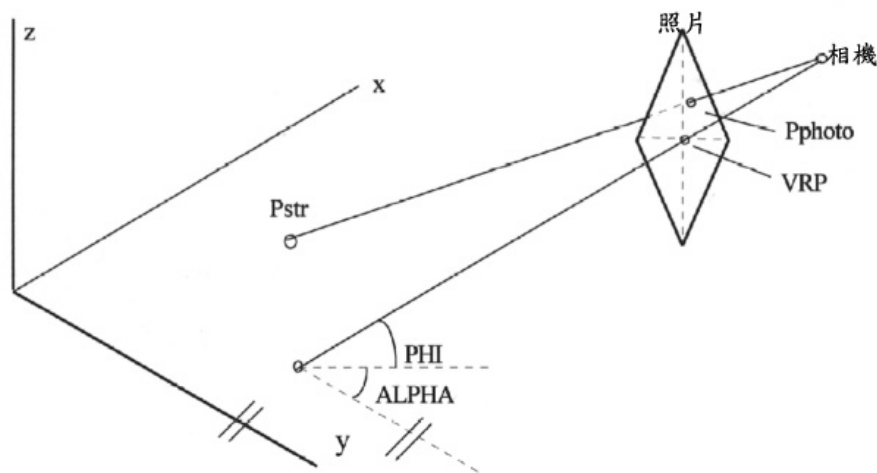


圖 3-29 透視投影至平面上[66]

P_{photo} 為照片上的一點，投影至平面上為 P_{str} ， P_{str} 與下列幾個因素有關：

1. 相機在空間中的座標位置。
2. 相機的傾斜角度 $PHI(\varphi)$ 。
3. $ALPHA$ 角。
4. 照片的尺寸和照片到相機的距離之間的關係。
5. 照片相對於平面的轉角。

為了簡化計算，有下列之假設：

- (1) 相機的 x 座標為 0。
- (2) 相機的 y 座標為 0。
- (3) 照片上之參考點(View Reference Point，簡稱 VRP)的 x 座標為 0。
- (4) $ALPHA$ 角為 0。
- (5) VRP 為照片之中心點。
- (6) 平面上所有的點落在 $x-y$ 平面上。

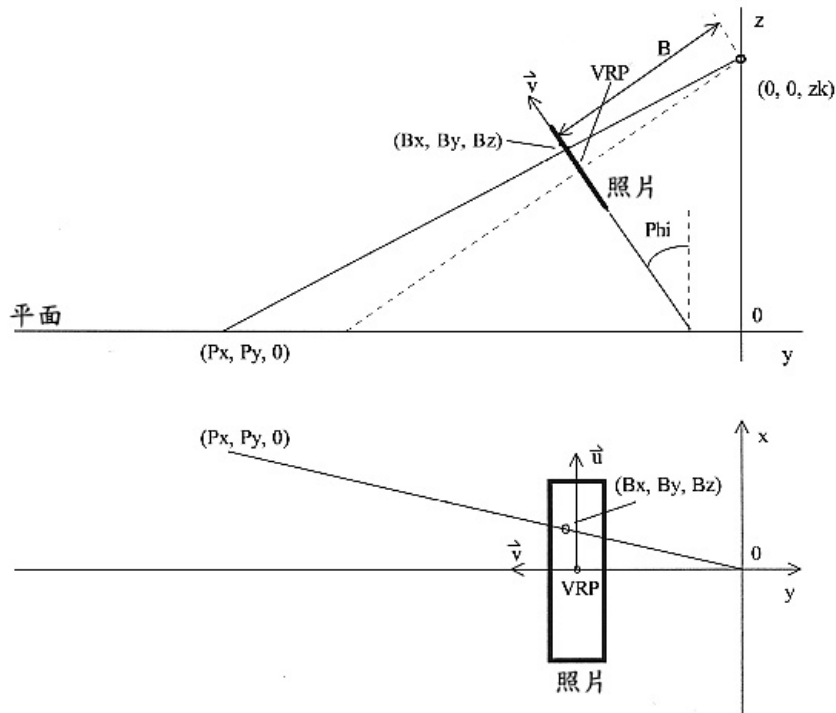


圖 3-30 轉換照片至平面[66]

將照片上的一點轉換至平面上，圖 3-30 為轉換的圖示，圖中可知 $PHI(\varphi)$ 、 z_K 、照片高(H)、照片寬(W)、VPR 至相機的距離(B)及照片中的一點(B_x, B_y, B_z)，可利用三角形相似法計算出平面上的一點(P_x, P_y)。

$$\frac{P_x}{B_x} = \frac{P_y}{B_y} \rightarrow P_x = \frac{P_y B_x}{B_y} \quad (3-150)$$

$$\frac{-P_y}{B_y - P_y} = \frac{z_K}{B_z} \rightarrow P_y = \frac{B_y z_K}{z_K - B_z} \quad (3-151)$$

圖 3-31 左邊為道路現場照片，右邊為由軟體轉換而成的平面圖。



圖 3-31 結果比較圖

3.9 實例模擬之比較

以下針對國內台北縣車輛行車事故鑑定委員會之實際事故案例，以二套較完整之事故重建軟體（PC-Crash6.2 及 EDSMAC4）進行事故過程之分析模擬，並比較二套事故重建軟體在輸入及輸出上的異同。

3.9.1 實際案例

事故車輛甲（裕隆 1.6 旅行車）於路口欲左轉時，與其左方來車乙（三菱得利卡自小客貨車）發生事故。甲車當事人描述事故過程：「我駕駛車輛欲左轉時，突然發現左方來車（乙車），當時我的車頭已在對方之車道上，兩車相距大約 10 公尺，當時我的車速約 10 Km/hr 至 15 Km/hr，我立即踩煞車，但還是撞上乙車。」；乙車當事人描述事故過程：「我駕駛車輛直行至路口時，發現右前方一部車輛（甲車）欲左轉，當時我車時速約 30 Km/hr 至 40 Km/hr，當時我有踩煞車、按喇叭並將方向盤向左打以閃避甲車，而甲車並未有任何措施，我雖然有踩煞車，但右前車角還是撞上甲車。」圖 3-32 為事故現場調查人員所繪製之事故現場圖。

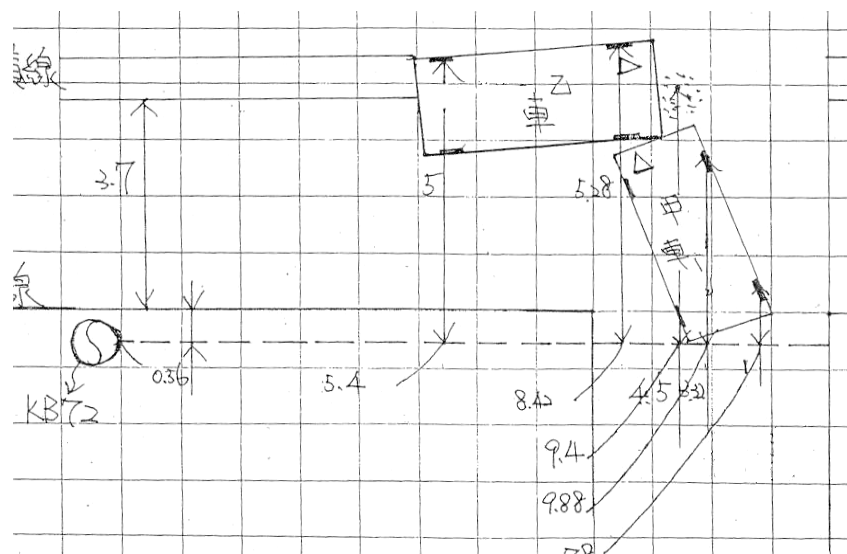


圖 3-32 事故案例現場圖

3.9.2 PC-Crash6.2 之模擬

在 PC-Crash6.2 中，選擇與事故車輛型號及重量相近之車輛進行模擬，故選擇裕隆-Primera (1.6) 為模擬車輛甲，選擇三菱-DELICA 為模擬車輛乙。在分析模擬的過程中，必須不斷的改變輸入數值及條件，使最後模擬撞擊之結果與事故現場圖相符，當最後模擬撞擊之結果與事故現場圖相符時，則輸入的數值及條件為事故發生當時的情

況。分析模擬的結果，模擬車輛甲的初速為 15Km/hr ，煞車之減速度為 1.10m/s^2 ，輪胎轉動之角度為向左 61° 。模擬車輛乙的初速為 30Km/hr ，煞車之減速度為 4.40m/s^2 ，輪胎轉動之角度為向左 4° 。以 PC-Crash6.2 所模擬出來的撞擊結果，與當事人所描述事故情況相符合。圖 3-33 為事故現場圖與 PC-Crash6.2 之撞擊模擬結果之比較。

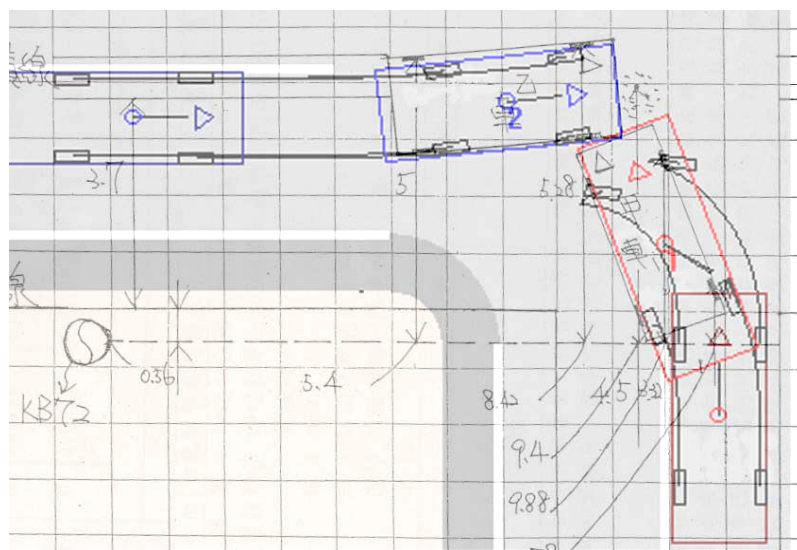


圖 3-33 事故現場圖與 PC-Crash6.2 之撞擊模擬結果比較

3.9.3 EDSMAC4 之模擬

在 EDSMAC4 的模擬，與 PC-Crash6.2 的模擬方式相同，需選擇與事故車輛型號及重量相近之車輛進行模擬，且在分析模擬的過程中，必須不斷的改變輸入數值及條件，使最後模擬撞擊之結果與事故現場圖相符，當最後模擬撞擊之結果與事故現場圖相符時，則輸入的數值及條件為事故發生當時的情況。分析模擬的結果，模擬車輛甲的初速為 15Km/h ，煞車效率為 14% ，車輪轉動之角度為向左 45° 。模擬車輛乙的初速為 30Km/h ，煞車效率為 56% ，方向盤轉動之角度為向左 4° 。以 EDSMAC4 所模擬出來的撞擊結果，與當事人所描述事故發生情況相符合。圖 3-34 為事故現場圖與 EDSMAC4 之撞擊模擬結果之比較。

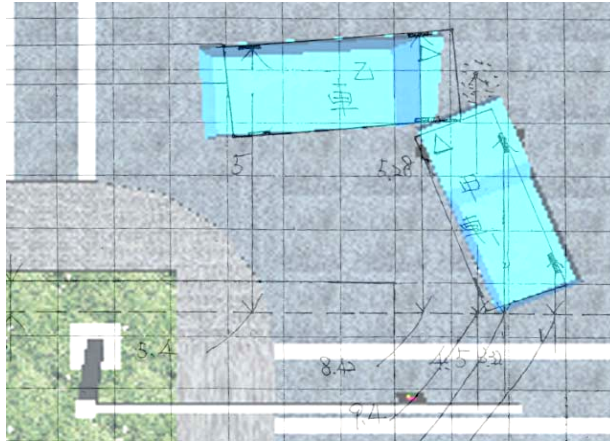


圖 3-34 事故現場圖與 EDSMAC4 之撞擊模擬結果比較

3.9.4 PC-Crash6.2 與 EDSMAC4 之比較

PC-Crash6.2 與 EDSMAC4 的理論基礎同樣都是 SMAC。因此為比較二套軟體的差異，必須比較二套軟體在相同條件下之位置輸出結果是否相同，經過比較之後，發現此二套事故重現軟體在相同輸入條件下，輸出結果大致相同。圖 3-35 為 PC-Crash6.2 與 EDSMAC4 的輸出結果比較。

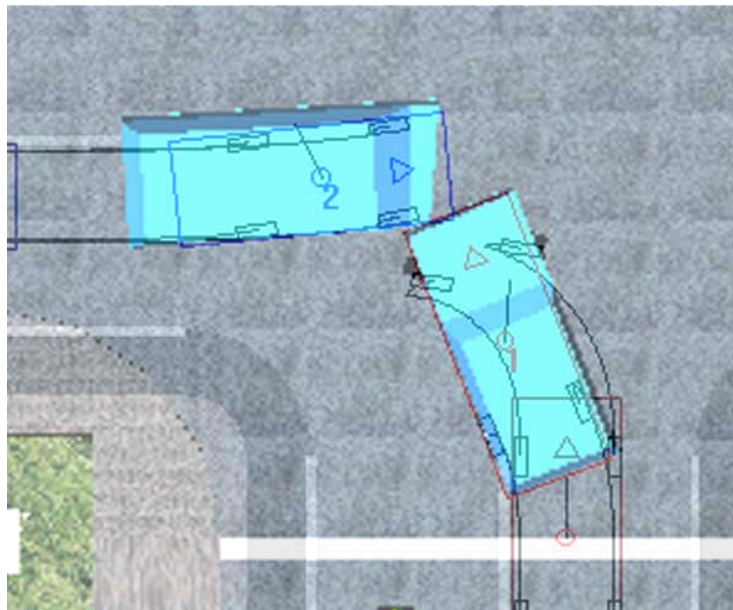


圖 3-35 PC-Crash6.2 與 EDSMAC4 的輸出結果比較

另外也將 EDSMAC4 與 PC-Crash6.2 在模擬時輸入的參數，如車輛設定、駕駛行為及環境設定等之功能做一比較。表 3.7 為 EDSMAC4 與 PC-Crash6.2 所需輸入參數之比較表，由表中可看出 EDSMAC4 與 PC-Crash6.2 最大的不同為，PC-Crash6.2 內建完整的資料庫可方便模擬，但 EDSMAC4 中只有一般汽車為內建，其他模擬需要另外加入。

表 3.7EDSMAC4 與 PC-Crash6.2 輸入參數比較

項目	種類	EDSMAC4	PC-Crash6.2
模組	車輛	可載入之型式較少，增加模組需另購資料庫	機車、汽車、貨車、卡車、拖車
	人	可載入之型式較少，增加模組需另購資料庫	行人、駕駛（需有MADYMO 模組）
	障礙物	可載入之型式較少，增加模組需另購資料庫	樹、牆壁
車輛設定	乘客與貨物	無	乘客與貨物的位置（前、後）重量（Kg）
	初始設定	起始位置 車速 方向	起始位置 車速 方向
駕駛行為	煞車	煞車作用時間（Sec） 輪胎煞車力（N） 煞車效率（%）	煞車作用的距離（m）或時間（Sec） 煞車（ m/s^2 ）
	油門	油門作用時間（Sec） 牽引力（N） 引擎效率（%）	油門作用的距離（m）或時間（Sec） 油門（ m/s^2 ）
	方向	方向盤作用的時間（Sec） 方向盤旋轉的角度（度） 輪胎旋轉的角度（度）	輪胎旋轉的角度（度） 變換車道
	其他	輪胎側向位移 爆胎 安裝加速規	駕駛反應時間（Sec） 煞車反應時間（Sec） 爆胎
環境設定	路面	路面摩擦係數	路面摩擦係數（乾地、濕地、雪地、冰地、非常濕地）

3.10 小結

事故現場重建電腦模擬軟體可為意外事故現場重建，提供一較客觀的方法，將在事故現場所記錄、拍攝等所得的相關資料，輸入模擬軟體中，可經由軟體計算出可能的結果，將軟體所呈現的結果與事故現場與所記錄或拍攝的相關資訊比對，可推測出可能之事故過程，如軟體模擬可得各車與環境中的相對關係，可由與現場所拍攝或繪製之位置圖比對，來看出大約初速、煞車及轉彎的情形。本章具體重點如下：

1. 分析比較國外現行之事故重建軟體後，引進一套適合國內情況之事故重建軟體 PC-Crash6.2。
2. 有關事故模擬軟體的理論基礎有詳細介紹，對未來如何應用軟體模擬有清楚的了解。
3. 事故模擬軟體所需的輸入數據有列表，未來國內可據此建立相關資料庫及現場資訊收集時應得到之項目，以利軟體模擬。
4. 利用此軟體模擬國內外實際案例，可得到不錯之結果。
5. 國內目前缺乏有關車輛撞擊測試之車輛剛性係數資料庫，國內需建立相關資料庫，否則無法以損壞程度計算出撞擊時的速度差。
6. 軟體模擬時需要車輛重心、懸吊系統特性等車輛基本參數資料庫，國內需建立相關資料庫，以提高軟體模擬的可靠性。

第四章 事故記錄器

4.1 簡介

事故記錄器 (Event Data Recorder, 簡稱 EDR) 是用來記錄事故發生前後資訊的一種裝置。一般的 EDR 由多種感測器、微處理器及記憶體等元件所組成。其中感測器可依需求裝設, 大部分使用加速規來記錄事故發生時的加速度變化及車子在撞擊時所承受的力量。透過電位計與 SWITCH 開關的裝設, 可以測得油門的打開程度, 並得知駕駛在事故發生時踩煞車的時間, 也可得知車子煞車性能是否正常等。搭配裝設里程計可得知車輛撞擊前的速度[67]。隨著科技的發展, 微處理器及電腦技術已大量使用在車輛工業上, 也包括了 EDR, 以微處理器及電腦技術可得知車子撞擊前、撞擊時及撞擊後的資料, 再據以判斷發生事故之原因[68-69]。EDR 裝設在車輛上, 在車輛受到撞擊時, EDR 也可能受到破壞, 所以需考慮 EDR 的保護措施, 以確保資料能保存不會遭到損毀, 根據美國 NHTSA EDR 工作小組的研究指出, 在設計製造及安裝時需考量因素如下[70]:

1. 安裝位置: 選擇在不易受到撞擊的位置裝設, 不同車型適合的位置不同。
2. 衝擊力: EDR 在受到衝擊 50ms 內, 至少具備可承受 300g 的能力。
3. 溫度: 需耐寒, 規定在 -40°C 下可保存 8 小時。
4. 液體浸泡: 下雨天事故發生時, 可能會漏油或落入水中, 因此需在不同液體 (鹽水、水、油等) 下可保存 8 小時。
5. 穿刺力 (Penetration): 在事故發生時, EDR 可能會被其他物體擊中, 所以需有防止被穿刺的能力, EDR 工作小組研究指出 EDR 需能承受 200lb 的物體, 從 3ft 落下, 其接觸點直徑須在 0.5in 以下。
6. 壓壞 (Crush): 車子受到撞擊後可能會翻轉或受到壓迫, 而 EDR 也可能遭到擠壓變形而破壞, 所以需要在受到相當外力擠壓時仍可保存資料, 此擠壓力為 500lb。
7. 獨立電源: 在有些事故中, EDR 可能會失去車子的電源, 此時需要有獨立的電源供應, 使 EDR 能記錄並儲存資料。
8. 資料儲存的能力: 在事故發生時, EDR 可能會遺失, 未能即

時被找到，在這種情形下資料需在沒有外接電源時，能保存 30 天以上。

由以上說明可知，EDR 的技術評估十分嚴謹，目前雖然市場上有一些 EDR 相關產品出現，但都只僅於各家公司的發展，並未有政府規範的具體標準。

在 91 年交通部運研所「數位式行車記錄器功能技術規範建立與示範應用之研究」計劃[71]中，提到另一種功能與事故記錄器類似的產品，行車記錄器。行車記錄器(Tachograph)於 1925 年在德國發明，到目前已有數十年的歷史，tachograph 是從德文的回轉速度器(Tachometer)和記錄(Graphik)兩個文字組合演變而成，最初的主要功能在於記錄駕駛的行車時間，以避免駕駛員因長時間開車產生疲勞進而影響交通安全，以及車輛過度運轉而引起事故。行車記錄器主要使用在歐洲國家的車隊如巴士、重型貨車及緊急救援車輛，其他國家亦強制規定商用車輛必須裝設行車記錄器，以日本為例，租用巴士、八噸以上貨車、以及部分地區的出租車輛及計程車應依規定安裝行車記錄器。

行車記錄器主要應用於行車管理上，早在 1921 年即有相關產品被發展出來，如速度記錄圖（用於大型卡車上）。速度記錄圖可記錄車子的行駛速度、引擎轉速等。由於行車記錄器的主要功能在於記錄駕駛在行駛過程中車輛里程及速度等相關資料，與事故記錄器用來記錄事故發生前後資料的功能訴求不同，故本研究僅就事故記錄器之相關研究進行探討。

4.2 事故記錄器之相關研究

Yamawaki[72]曾經提出 EDR 最主要是由感測器、記憶體及控制系統所組成。而資料重現系統則是將感測器所收集到的資料加以處理，再以數位方式儲存。Yamawaki 同時也提出未來 EDR 可能的改善方向，例如加大記憶體的容量，使 EDR 記錄更多的資料，利用半導體技術，使整個 EDR 體積變小等。資料重現系統包括：

1. 加速度量測的計算，用來處理三個方向加速度的數據。
2. 角速度量測的計算，用來處理三個方向角速度的數據。
3. 儲存系統用來儲存加速度、角速度等的資料。
4. 控制系統給予資料時間及判斷有無撞擊發生。

Brede 等[73-74]也曾將微處理器及電腦技術應用至 EDR 上，感測器所量得的資料為電壓值，微處理器可將電壓值，換算成加速度與時間關係的資料，記憶體反覆儲存，直到微處理器判斷車輛受到撞擊時，記憶體會再另外儲存事故的資料，如此一來，即可得知車子撞擊前、撞擊時及撞擊後的資料，再據以判斷發生事故之原因。NHTSA[75]考慮到 EDR 保存的重要性，EDR 裝設在車輛上，因安裝位置的不同，在車輛受到撞擊時 EDR 也可能受到破壞，及其在受撞擊時的衝撞力、浸泡在液體中的時間等，都是在製造及裝設時需考慮 EDR 的保護措施，使 EDR 在受到撞擊時，資料能保存不會遭到損毀。

Grossi[76]曾經提出事故記錄器 (Even Data Recorder, 簡稱 EDR) 在各種交通工具上的應用。1953 年，EDR 首先在飛機上使用，稱為飛航記錄器 (Flight Data Recorder, 簡稱 FDR)。後來才逐漸發展成為車輛使用之事故記錄器，表 4-1~4-3 為記錄器在各種交通工具上的應用。German 等[77]曾經指出 EDR 裝設在汽車或輕型卡車，以調整安全氣囊的感測和控制系統的使用狀況。除了以上的功能之外，這些資料對於交通安全研究有很大的幫助，記錄的資料提供了很多關於路上安全研究的資料。記錄在 EDR 中的撞擊前資料，可以提供撞擊前車速、駕駛員動作如煞車等的良好證據，這些資料可以在沒有煞車痕跡時幫助了解特定的撞擊狀況。

表 4-1 記錄器之應用[77]

類型	記錄器	日期	管理機構／參考資料	細節/特徵
航空	飛行記錄器 (Flight Data Recorder, 簡稱 FDR)	1940 年代	地方航空局規則(Civil Aeronautics Board 簡稱 CAB)	需要飛行記錄儀器，但在後期被淘汰
		July 1,1958	民用航空局 (Civil Aviation Authority, 簡稱 CAA)	FDR 為類比記錄器，可記錄五個參數：時間、高度、空氣速度、垂直加速度及航向
		Dec. 10,1972	聯邦航空局 (Federal Aviation Administration, 簡稱 FAA)/14 CFR 121.343	FDR 為數位記錄器，需要 20 位以上的乘客擔保，1969 年後可記錄 17 個以上的參數
		Sep. 12,1997	聯邦航空局 (Federal Aviation Administration, 簡稱 FAA) / 14 CFR 121.344	預計 2002 年 8 月 8 日之後運輸系統將建立可記錄 88 個以上參數的 FDR
	座艙聲音記錄器 (Cockpit Voice Recorder, 簡稱 CVR)	1960 年之前	地方航空局 (CAB) 建議	建議將航行時全體機員的對話記錄下來
		Jan. 1,1967	聯邦航空局 (FAA)	飛機安裝 CVR 記錄最後 30 分鐘的談話
		Mar. 1,1999	國家運輸安全局建議 (National Transportation Safety Board, 簡稱 NTSB)	CVR/DFDR 在 2003 年 1 月 1 日後，對於事前及事後皆需有獨立的電源供應系統

表 4-2 記錄器之應用(續)[77]

類型	記錄器	日期	管理機構／參考資料	細節/特徵
航海	航海記錄器 (Voyage Data Recorder, 簡稱 VDR)	Mar. 2,1976	國家運輸安全局建議 (NTSB)/美國沿海警衛隊 (US Coast Guard) M-76-8	需安裝自動記錄儀器來記錄航行的資訊
		July 17,1995	國家運輸安全局建議 (NTSB)/美國沿海警衛隊 (US Coast Guard) M-95-6	建議 IMO 船的淨重超過 500 噸時需裝設 VDR
		Nov. 27,1997	國際航海組織 (International Marine Organization, 簡稱 IMO)	建立 14 個參數的標準, 包括日期、時間、位置、航向、雷達資訊、風速及方向、與駕駛台連繫聲音訊號等
		Dec. 6,2000	海洋生物安全的國際會議 (International Convention for Safety of Life at Sea, 簡稱 SOLAS)	計劃 2002 年 6 月 1 日後每艘遊船需裝設可記錄 12 小時以上的 VDR。
鐵路	火車記錄器 (Locomotive Event Recorder, 簡稱 LER)	May 26,1995	聯邦鐵路局 (Federal Railroad Administration, 簡稱 FRA)	在船速超過 30mph 時記錄速度、方向、時間、距離、油門、煞車的使用及操作, 可記錄 48 小時。
		Aug.28,1997	國家運輸安全局建議 (NTSB)	對於航行時全體航員對話的應用及公開性做一適當的限制

表 4-3 記錄器之應用(續)[77]

公路	即時記錄器 (On-Board Recorder, 簡稱 OBR)	Sep.30,1988	聯邦公路管理局規則 (Federal Highway Administration, 簡稱 FHWA) /49 CFR 395.15	服務時限規則 (Hours-of-Service) 中的商務車駕駛可用 OBR 來記錄責任歸屬、駕駛所行駛的距離及時間
		Feb. 5,1990	國家運輸安全局建議 (NTSB) /FHWA H-90-28	需要有自動化及防偽的記錄儀器,如自動迴轉速度計 (Tachography)、電腦行車日誌
		Aug. 5,1998	國家運輸安全局建議 (NTSB) /卡車團體 H-98-23	建議車隊安裝自動化及防偽的記錄儀器
	事故記錄器 (Event Data Recorder, 簡稱 EDR)	July 1,1997	國家運輸安全局建議 H-97-18 給 NHTSA, H-97-21 給汽車業	擬定發展及實行計劃,利用現有或擴增撞擊感測器儀器來收集更佳的事實資訊,
		Nov. 2,1999	國家運輸安全局建議 H-99-53 及 H-99-54 給 NHTSA	2003 年 1 月 1 日之後學校的公車、巴士需記錄至少 17 個事故參數

4.3 事故記錄器的發展

事故記錄器的技術在早期就有相關產品出現，但卻一直沒有普及化，直到 1970 年代，NHTSA 才開始針對 EDR 的相關問題進行討論與研究，在參考文獻[78]中對 EDR 的發展歷史作有完整回顧。

1990 年以後，許多與 EDR 相關的討論及會議分別舉行。1992 年，車輛安全監控及自動記錄評估協會（Safety Assessment Monitoring on Vehicle with Automatic Recording，簡稱 SAMOVAR）在車上裝設 EDR 作為期 12 個月測試，發現 EDR 可減少 28% 的交通事故發生和降低 40% 之成本損失。1994 年，Johns Hopkins 大學的應用物理研究室提出事故通知（Accident Crash Notification，簡稱 ACN）這項技術，而 ACN 目的是在挽救生命與減少損傷並提供快速與精確的緊急狀況醫療服務（Emergency Medical Services，簡稱 EMS），雖然 ACN 與 EDR 並不是直接有關，但卻是利用相同的觀念作設計。1998 年五月，提高車輛安全（Enhanced Safety of Vehicles，簡稱 ESV）會議在加拿大舉行，這次會議主要討論關於緊急救援的技術。1999 年五月，美國交通安全局（National Transportation Safety Board，簡稱 NTSB）在 Arlington Virginia 舉行車輛行車記錄的國際座談會。內容主要是由使用者來分享他們的經驗與知識，進而提出改善交通安全與效率的可能性。2000 年 4 月，NTSB 針對交通安全與交通法規舉行研討，而整個會議的焦點是 21 世紀交通安全的改善。

NHTSA 在 EDR 的相關發展也有一系列的進展，從 1996 年開始，NHTSA 的特殊事故研究（Special Crash Investigation，簡稱 SCI）方案開始收集車子撞毀的資料，資料中顯示大部分較早的意外事故死亡是由於安全氣囊展開太慢所造成。1997 年四月，美國太空總署（National Aeronautics Space Administration，簡稱 NASA）的噴射推進研究室（Jet Propulsion Laboratory，簡稱 JPL）建議 NHTSA 直接安裝 EDR 以得到車輛撞擊的資料並分析其可行性。1998 年四月，車輛研究諮詢委員會（Motor Vehicle Research Advisory Committee，簡稱 MVSRAAC）建議 NHTSA 成立研究 EDR 的工作小組（Working Group，簡稱 WG），專門研究 EDR 的相關問題。1998 年十月，NHTSA 的 WG 在美國聯邦政府舉行會議。此次會議的目標有三：（1）了解現在 EDR 的技術，（2）了解撞毀資料的需求，（3）確定工作小組的目標。1998 年十一月，NHTSA 的安全標準小組（NHTSA Office of Safety Performance Standards，簡稱 NPS）收到請願文件，要求在所有的新車上安裝 EDR，但是由於 EDR 的技術還未成熟，故此要求未被收受。1999 年二月及六月，NHTSA 的 WG 再度進行討論，分別針對 WG 的

工作目標及資料輸入作探討但並未作出最後結論。2000 年六月，NHTSA 的 EDR 工作小組在 Washing DC.再度舉行會議，而這一次會議在四個方面有具體進展：(1) 資料收集與儲存之方式，(2) 資料去重現的方式，(3) 記錄資料的正確性，(4) 示範 EDR 技術。2000 年六月及十月，NHTSA Truck 及 Bus 的 EDR 工作小組分別舉行二次會議，針對 EDR 的資料在 NTSB 事件進行分析，從 VDO 公司概略看一下可使用之產品並顯示撞擊的狀態、撞擊的型式，而由其中或許可看出 EDR 的優點。2001 年二月，NHTSA 的卡車及巴士 EDR 工作小組舉行第三次會議，會議決定由 Smiths 小組來決定 EDR 的核發和正確地升級新的 EDR 技術及 VDO 公司撞擊記錄器。2001 年八月，此工作小組的會議中，強調 EDR 對於改善車輛和公路的安全很有幫助。

綜合以上所述，由於事故需收集的資料各家廠商未統一，讀取及重現的工具尚未標準化，對於資料的公開與私密性的劃分仍未解決，因此 EDR 至今仍未有具體規範。雖然如此，但有關 EDR 的商品化及標準化的推動一直持續在進行，在不久的未來，應可見到明確的結論，而可依據規範及法規，以提升意外事故的現場重建及肇事責任的判定。

4.4 事故記錄器相關產品

目前 EDR 使用情形並不普及，有些車輛製造公司或零組件供應商有開發出 EDR 的產品，但各家功能不一，本節僅就目前市場上已有的 EDR 產品，作初步介紹。

4.4.1 通用公司（General Motor，簡稱 GM）

通用公司自 1974 年起即在車上裝設安全氣囊的設備，並將 EDR 結合安全氣囊，記錄其展開情形及撞擊損害程度，以判斷安全氣囊是否有效展開[79]。其後在 1976 年加入感測及診斷（Sensing & Diagnostic，簡稱 SDM）技術，以判斷撞擊是否發生。1990 年，GM 公司再增加診斷及能量儲存模組（Diagnostic and Energy Reserve Module，簡稱 ERM）以了解感測器是否正常運作。1999 年，此技術已可記錄撞擊前車輛的速度、引擎轉速、油門、煞車等資料，發展成更完整的 EDR。通用公司的 EDR 利用加速規（縱向）來量測使安全氣囊展開時所受的衝擊力，且收集“將展開”時所受到的衝擊力，利用收集到的資料來改善安全氣囊的效能。GM 公司的 SDM 分成 SDM-R 與 SDM-G 兩種，SDM-R 用於 GM1999 年之前所生產的車，只可記錄撞擊時的資料。SDM-G 用於 GM1999 年後所生產的車，可記錄撞擊前、撞擊時的資料。其取樣頻率為 3205Hz，當連續兩次取樣值大於 2g 時則判斷為事故發生。

圖 4-1 為 SDM 的結構圖，顯示 SDM 可判斷感測器所取得的資料是否有事故發生，再判斷是否應展開安全氣囊。圖 4-2 與圖 4-3 分別為車子受到撞擊時的速度變化 vs. 時間關係圖，與撞擊前車子的行駛速度、引擎轉速、油門的打開程度及煞車的情形。

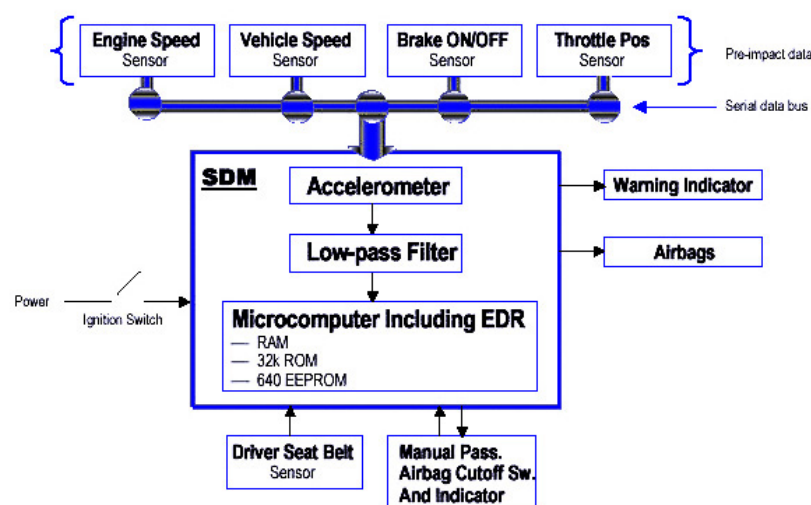


圖 4-1 SDM 之結構[79]

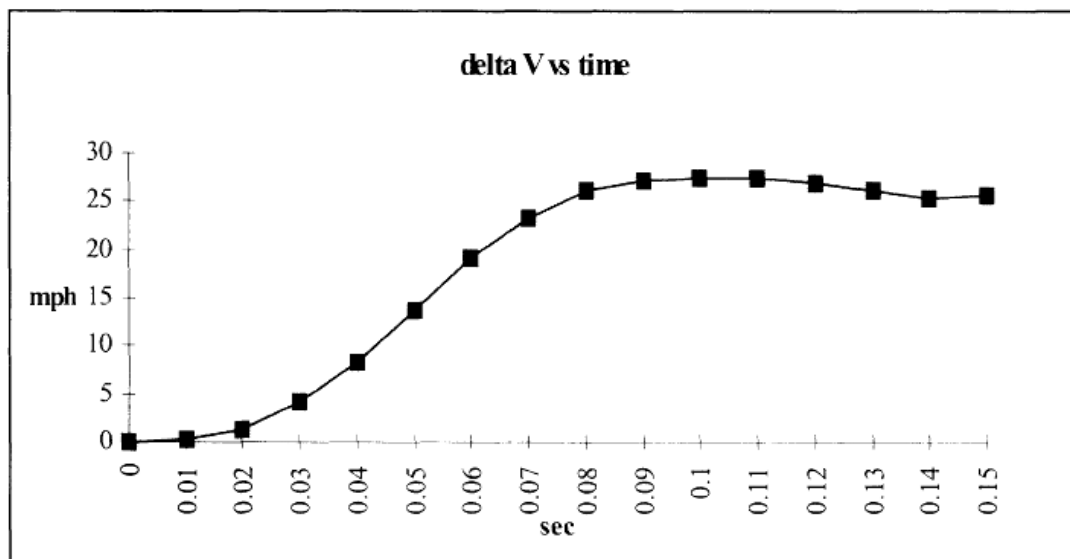


圖 4-2 車輛撞擊時之速度變化[79]

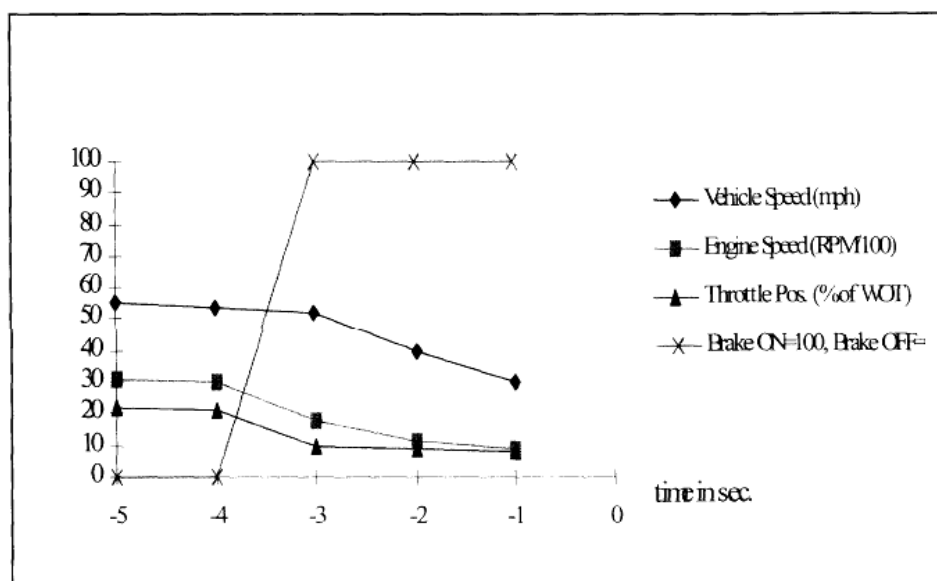


圖 4-3 車輛撞擊前的資料[79]

4.4.2 福特公司 (Ford Motor Company)

福特公司在車子設計上較著重於乘客的安全設備，EDR 系統為安全氣囊控制系統的一部份，可記錄駕駛員狀況、安全氣囊狀態、縱向加速度及側向加速度的數值。圖 4-4 為從福特公司的 EDR 所讀得的資料[79]。

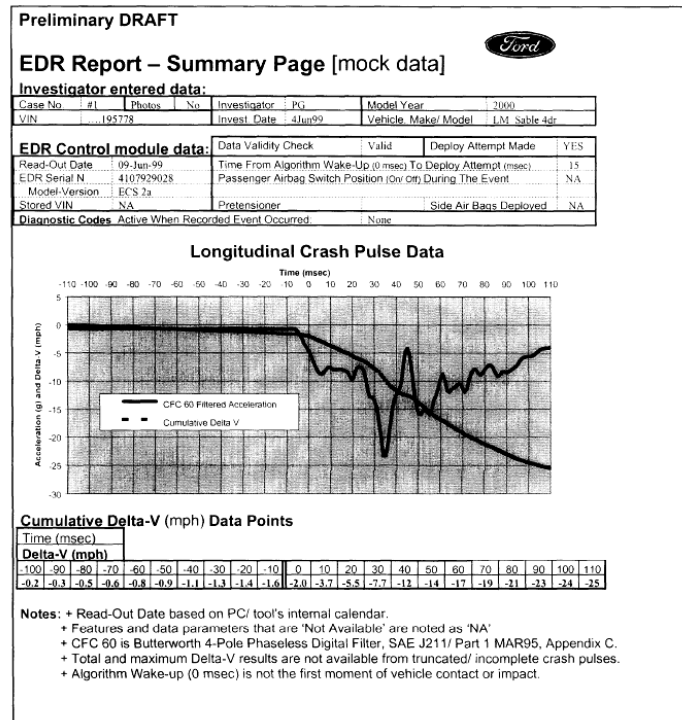


圖 4- 4 Ford 公司之 EDR 所量得之資料[79]

4.4.3 Safety Intelligence System 公司（簡稱 SIS）

SIS 之前為 LMS 公司（Loss Management Services，簡稱 LMS），SIS 公司的產品為 MAC（Mobile Accident Camera）Box，此系統具有兩軸向加速規，可量測縱向及側向加速度，其取樣頻率為 2000Hz [80]。MAC 可收集、傳送、儲存、處理事故資料。將事故的數位影像資料經壓縮後，可儲存 15 秒的資料（10Frames/sec 播放），同時它亦具有無線網路的功能，可將事故訊息即時傳送給急救醫療中心，可加速急救的速度及效率。圖 4-5 為 SIS EDR 的外型。



圖 4- 5 SIS 公司之 EDR[79]

4.4.4 VDO 公司

VDO 公司的 UDS (Umfall Data Schreiber) 系統可顯示車子速度，記錄橫向加速度和縱向加速度及駕駛方向。取樣頻率可以到 500Hz 。此系統除了可確認引擎發動的時間、煞車時間以外，有一個額外功能，是在緊急情況使用警報器和閃光。當 UDS 處於操作中時，資料記錄是連續的。如果發生事故時，系統是記錄事故前 30 秒和事故以後的 15 秒，所以總共儲存 45 秒。UDS 有三個不同的操作模式：開車、停車、和睡眠模式。當車子停止數秒後系統會進入“停車模式”。在車子熄火時它會進入“睡眠模式”，但此時系統還是有作用。當車子發動時，系統會進入“開車模式”而開始運作。圖 4-6 為 UDS 的圖片，圖 4-7 為 UDS 系統的主要元件，而圖 4-8 為 UDS 系統所取得的資料圖形[79]。



圖 4-6 VDO 公司之 UDS EDR[79]

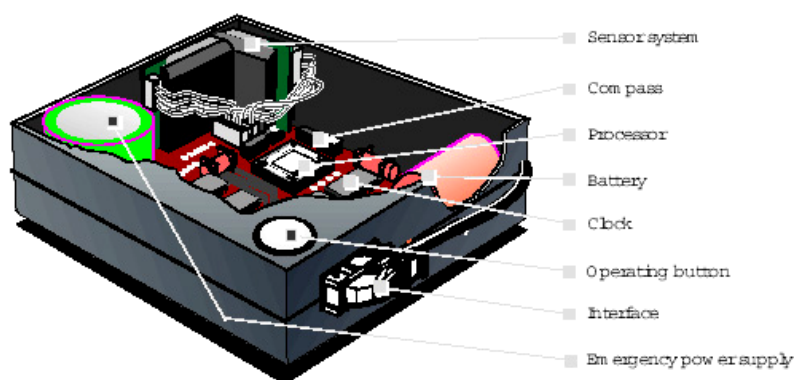


圖 4-7 UDS EDR 之系統元件[79]

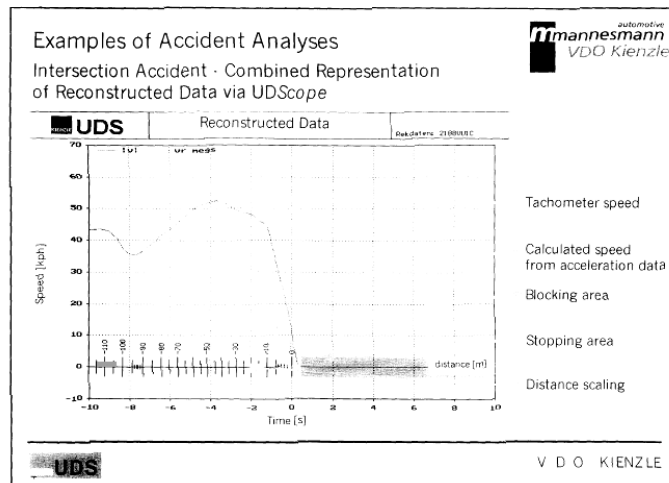


圖 4- 8 UDS EDR 系統之資料圖形[79]

4.4.5 Drive Cam 公司

Drive Cam 公司的 EDR 相關產品為 DriveCam，在車輛的後照鏡上面安裝一系列由大到小排列的錄影機。DriveCam 透過姆趾般大的記憶體，連續不斷記錄開車的影像與聲音，記錄的方向是 G-force 的方向。且在任何時候可由駕駛者手動操作 DriveCam。DriveCam 包含 Video，可記錄到駕駛所看到的情形。也裝設 Audio，可錄下駕駛所聽到的聲音，用 $\pm 50g$ 的加速規量縱向和橫向加速度，可知道駕駛所承受的感覺[81]。DriveCam 的影像資料讀取，可用一般的錄放影機來播放，且可任意選擇需要的部分重覆播放，DriveCam 可記錄事故前 10 秒，事故後 10 秒的資料。圖 4-9 為 DriveCam 的外型，圖 4-10 為安裝的位置，圖 4-11 為 DriveCam 所量得的資料。



圖 4- 9 左為 DriveCam 之外型、右為其安裝位置[81]



圖 4- 10 DriveCam 安裝位置[81]

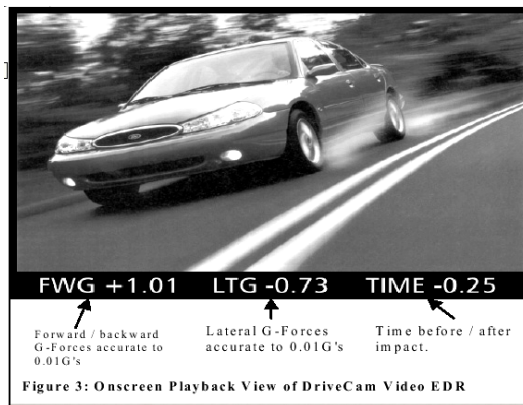


圖 4- 11 DriveCam 所取得之資料[79]

4.4.6 Independent Witness Incorporate 公司（簡稱 IWI）

IWI 所生產的 EDR 產品為 Witness，Witness 可記錄行車狀況和車子出事日期、衝擊力方向和加速方向。在 Witness 中儲存的資料可與桌上型電腦連線，並可透過桌上型電腦檢查事件的起末或刪除資料。Witness 安裝容易，技術成本很低，Witness 使用 SAE J211[82]的規範來收集資料（即10000 Samples/sec，解析度為10bit）。圖 4-12 為 Witness 的外型。



圖 4- 12 IWI 公司之 EDR[83]

4.4.7 Rowan 大學

Rowan 大學之 EDR 系統為紐澤西政府贊助而發展的。Rowan 大學之 EDR 具有 GPS 系統可知事故地點，具有雙軸向的加速規量測撞擊強度（取樣頻率為 1000Hz ），具有無線傳輸功能，可將事故訊息傳送至急救站，以加速急救的速度。可承受 $10g$ 以上的衝擊，預計提高至 $30g$ [79]。圖 4-13 為 Rowan 大學之 EDR。表 4-4 為 EDR 各項相關產品的特性比較表。

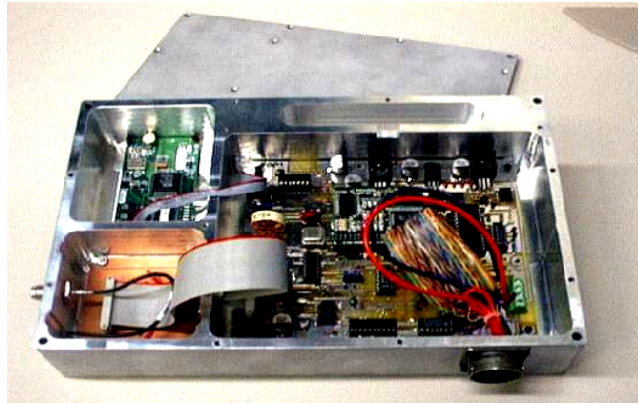


圖 4-13 Rowan University 之 EDR[79]

表 4-4 EDR 相關產品特性比較表

產品名稱	特性
通用公司 (General Motor)	1.利用加速規收集“將展開”時所受到的衝擊力。 2.記錄撞擊前車輛的速度、引擎轉速、油門、煞車等資料。 3.加入 SDM (Sensing and Diagnostic Module) 來判斷是否發生事故。取樣頻率為 3205Hz ，連續兩次取樣值大於 2g 時則判斷為事故發生。
福特公司 (Ford)	1.福特公司的 EDR 系統為安全氣囊控制系統的一部份。 2.記錄駕駛員、安全氣囊狀態、縱向及側向加速度。
Independent Witness Incorporate 公司	1.記錄日期、時間、三軸加速度。 2.用 SAE J211 的規範來收集資料。
Safety Intelligence System 公司	1.MAC (Mobile Accident Camera) Box system 2.有兩軸加速規可量測縱、橫向加速度 (取樣頻率 2000Hz)。 3.傳送、儲存、處理及報告事故資料。 4.有無線網路的功能
VDO 公司	1.記錄車輛速度、方向的改變、縱向及側向加速度 (取樣頻率為 500Hz)。 2.在救護車上可記錄警報器的使用。 3.儲存 45 秒的資料，事故前 30 秒，事故後 15 秒。 4.有駕駛模式、停車模式及休息模式 (為了省電)。
Drive Cam 公司	1.Video、Audio、用加速規(range：±50g)量縱向和橫向加速度。 2.以一般的錄放機來播放。 3.記錄事故前、後各 10 秒的資料。
Rowan 大學	1.具有 GPS 系統可知事故地點。 2.具有雙軸向的加速規量測撞擊強度 (取樣頻率為 1000Hz)。 3.具有無線傳輸功能，可將事故訊息傳送至急救站。 4.可承受 10g 以上的衝擊，預計提高至 30g 。

4.5 事故記錄自可收集到的資料種類

EDR 可收集到的資料依各家廠商而不同，表 4-5 為 EDR 可收集到資料的分類及內容。

以下就各種資料對意外事故的貢獻作進一步說明[79]：

1. 縱軸、橫軸加速度及主要受力方向：量測加速度及主要的受力方向可用來改善車子性能的設計，也可得知在車禍發生時車子間的互相作用情形。主要的受力方向有利於現場環境的判斷，可得知更接近事故現場的情形。

表 4-5 EDR 可收集到的資料

類別	內容
安全系統	安全氣囊、安全帶
撞擊程度	速度改變、 <i>g-force</i>
車子情況	行車速度、引擎轉速、排檔、ABS、定速系統、雨刷
駕駛控制情形	煞車、方向盤、油門、航向、車燈
其他	時間、乘客數、身分識別、時間、事故地點

2. 事故地點：可了解各路段的設計情形對車禍的影響，使相關單位能增加改善公路的資料。
3. 安全帶的使用情形與座位位置的關係：可幫助了解一些未知的傷害，也可以用在安全帶的設計改進。
4. 乘客數及各乘客的位置：因為大部分的乘客都不會使用安全帶，所以在車禍發生後不易由現場判斷各乘客的位置，如能記錄各乘客的位置，則可提供急救中心儘早判斷車內各乘客的傷害情形，事先準備急救物品。
5. 撞擊前的資料：如方向盤的角度、是否使用煞車器、行車速度等，這些資料可以用來判斷駕駛在將撞擊時的反應行為。
6. 事故發生的時間：通常事故發生的時間都是未知的，所以可在 EDR 中記錄事故發生的時間。
7. 車子是否翻覆：許多車禍事故都會有車子翻覆的情形發生，得知此資料可了解在何種情形下的車禍，易有車子翻覆的情況發生（如：行進中的車撞上停止的車），這個資料將有利製造商

設計車子，使車子減少在車禍時發生翻覆。

8. 車子偏航的角度：車子自動行駛系統是與偏航的角度有關，所以可以利用此資料來改善單一車輛的交通事故。
9. ABS 等其他資料的記錄：這個資料可得知在事故發生時，這些控制設備是否發生作用，製造商可用這些資料於改善控制系統。
10. 安全氣囊的相關資料：安全氣囊是一個緊急安全系統，所以得知安全氣囊在事故時的使用情形是很重要的，它包括安全氣囊的展開時間及展開情形，EDR 是記錄此資訊的最佳方法。

4.6 事故記錄器資料的讀取與重現

在資料的讀取方面，不同的 EDR 產品會有不同的讀取工具，而 GM 和 Ford 的 EDR 的讀取工具，是使用 Vetronix 公司的事故資料讀取（Crash Data Retrieval，簡稱 CDR）設備，其事故記錄器的資料可以圖、表的型式讀出。目前的讀取工具是以線路連接為主，通常將讀取工具連線至車子來取得資料，但讀取的方式在未來發展會著重於以無線的方式讀取，如此這些系統可將事故的資訊，直接與急救單位或警察單位連繫，且可傳送詳細的資料，使急救單位可事先準備傷患所需的急救物品，而目前的 Mac Box 則提供了類似的功能，它可以經由無線網路傳送、下載資料。圖 4-14 為 Vetronix 公司之 CDR 系統，可將 EDR 所儲存的資料以圖、表的型式輸出[84]。

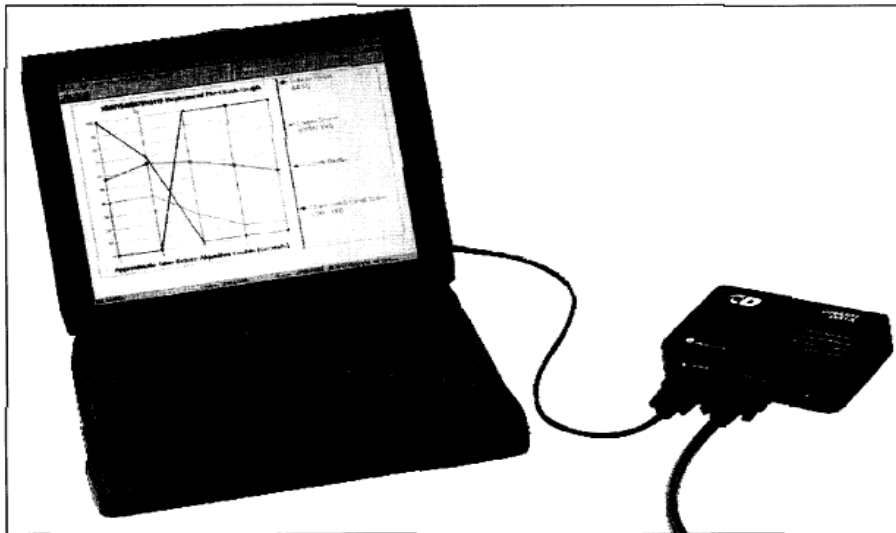


圖 4-14 Vetronix 公司之 CDR 系統[79]

4.7 事故記錄器的應用

EDR 技術可加速交通急救技術、防止意外事故系統及車輛診斷系統等的發展。而 EDR 技術包含收集、重現及儲存資料的功能，可用來幫助車輛及環境品質的改進。EDR 的應用很廣，以下是目前的一些應用項目[78]：

1. 汽車設計與公路基礎建設改善。
 - (1) 汽車設計系統：安全氣囊設計，調整車輛的主動控制系統。
 - (2) 公路基礎建設：路肩安全設施設置規範，改進車輛系統與公路系統及系統的安全。
2. 提供意外事故現場重現所需之基本資訊。
 - (1) 法院訴訟。
 - (2) 汽車加速度。
 - (3) 車輛撞擊與安全氣囊啟動之過程。
3. 建立駕駛者駕駛行為資料庫。
 - (1) 車輛撞擊事故前駕駛者的駕駛情形（煞車與操控狀況）。
 - (2) 幫助辨認附加安全裝置的使用條件和情形，並收集統計資料（如安全帶的使用等）。
 - (3) 車輛行車速度。
 - (4) 幫助了解事故發生時，車輛的狀況和司機所做的反應，進而改善其安全性。

未來更可擴展到平時可記錄行車資訊，意外發生時可記錄碰撞前、碰撞時及碰撞進行過程中的相關數據作更精確與有效的分析。

4.8 事故記錄器資料與車禍測試資料的比較

為了解 EDR 在實際使用狀況的效果，本節將就三個實際案例作詳細比較[79]，第一個為 GM 公司的 EDR 與 FMVSS208 (Federal Motor Vehicle Safety Standard) 的撞擊測試資料的比較，第二個為 IWI 的 EDR 與 NHTSA 之車輛研究測試中心 (Vehicle Research and Test Center, 簡稱 VRTC) 的加速規數據來作比較，第三個為加拿大的撞擊測試資料。

4.8.1 GM 的 EDR 與 FMVSS208 測試資料比較

FMVSS208 測試的資料記錄方式是由貼在駕駛座附近的加速規所量得的加速度資料，而 GM 公司的 EDR 為其記錄安全氣囊開關的測試資料。數據的比較圖形如圖 4-15，整體而言，資料之趨勢相同，但由圖中可發現 EDR 的圖形比撞擊測試數據的圖形略低，其原因是因為 GM 的安全氣囊展開是經 SDM 的系統判斷，而 SDM 判斷是否張開安全氣囊的標準是 $2g$ ，所以 EDR 所讀出的曲線圖會略低於 FMVSS208 所作的撞擊測試之曲線圖[79]。

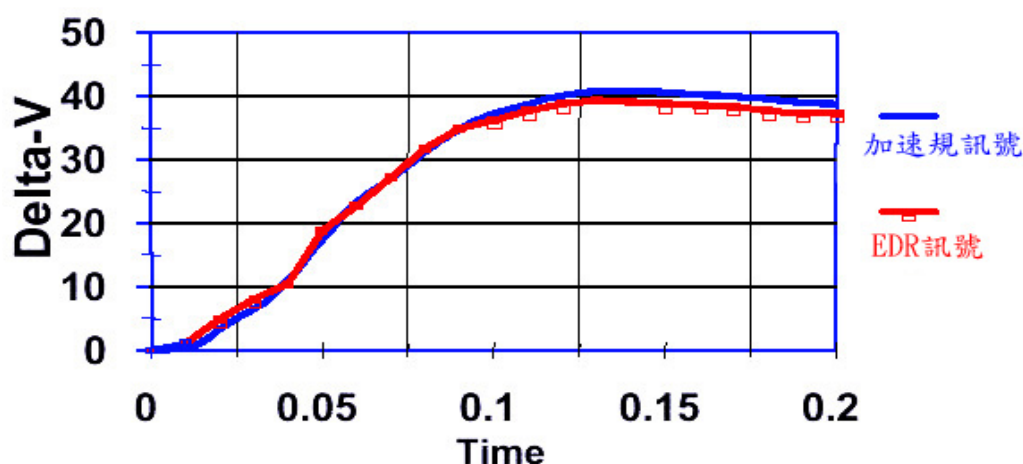


圖 4-15 EDR 數據與撞擊測試數據的比較[79]

4.8.2 IWI 的 EDR 與 VRTC 測試資料比較

VRTC 的試驗是將一個以車子撞擊會移動且可變形的障礙物，車子在接近障礙物時的速度為 $70mph$ ，而 VRTC 在測試時，是將加速規放在重心量測其加速度的數值。同時用 IWI 的 EDR 來記錄。圖 4-16 為其加速度的比較，圖中的實線部分表示 VRTC 的資料曲線，虛線為 IWI 的 EDR 所量得的資料曲線，用紅線圈出的為 IWI 開始有訊號時的位置，由圖中可以看出 IWI 的 EDR 在約 $18g$ 的減速度時才開始記錄，比 VRTC 所開始量得的資料約慢 0.005 秒，且圖中的曲線也可發

現 IWI 的曲線振動也比較多，量測的時間會有落後的原因是，IWI 的 EDR 要開始記錄是需達到展開安全氣囊的標準，而標準為 $2.5g$ ，所以 IWI 的曲線會有落後。而 IWI 的曲線振動較多的原因是，EDR 與車子的相互影響，使得 IWI 的曲線有較多的振動。由圖 4-16 中可得 VRTC 的最大減速度為 $39g$ ，而 IWI 的最大減速度為 $45g$ [79]。

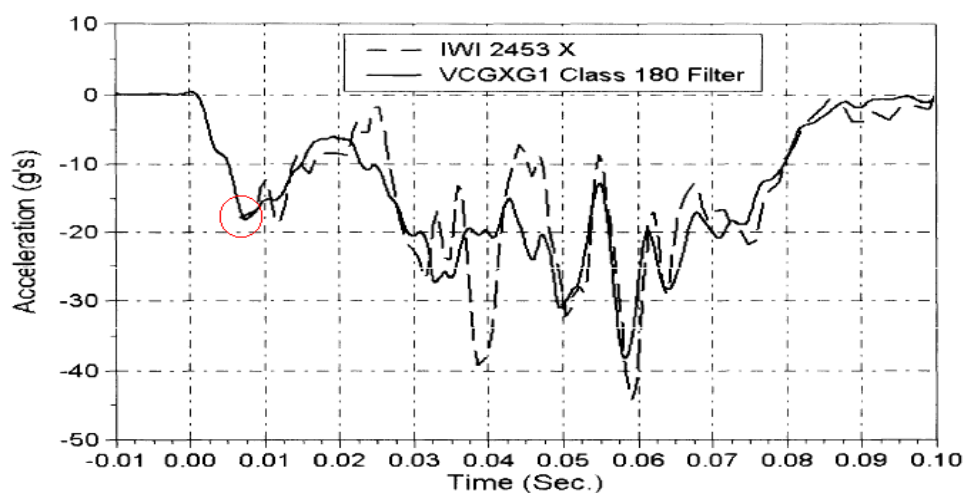


圖 4-16 IWI 與測試設備的加速度數據[79]

圖 4-17 為速度變化的比較，速度變化的數據由加速度的數據積分而來，圖中可看出 IWI 的速度變化約為 $28mph$ ，而 VRTC 的速度變化為 $33.2mph$ ，原因也是因為安全氣囊的展開條件為 $2.5g$ 。

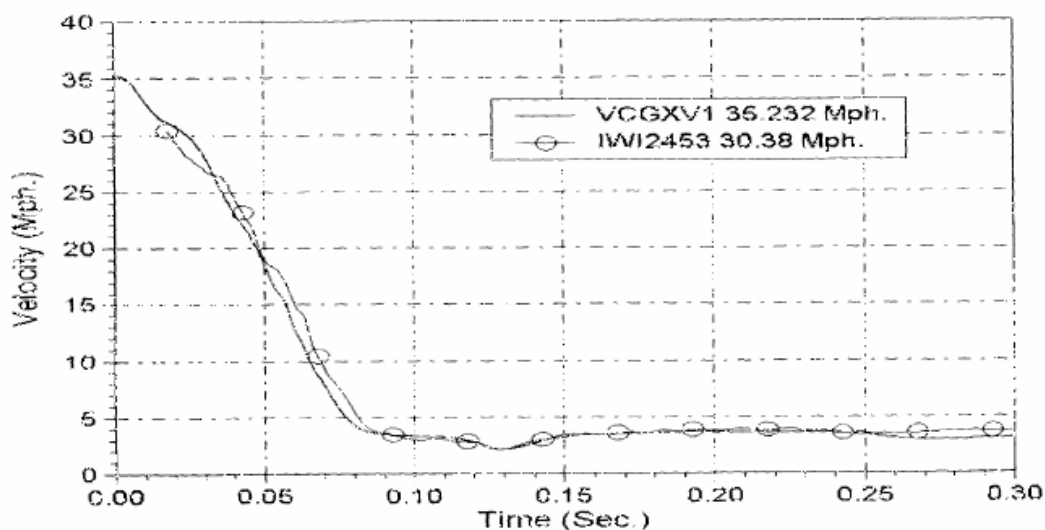


圖 4-17 IWI 與測試設備的速度變化數據[79]

4.8.3 加拿大運輸局的撞擊測試[85]

三項撞擊試驗，同時用 EDR 系統量測撞擊的速度及速度改變量，分述於下。

1. 48 Km/hr 固定障礙物撞擊測試：讓車輛以時速 48 Km/hr 的速度，正向撞擊一堅固且不可移動的障礙物，測試結果見表 4-6。

表 4-6 48 Km/hr 固定障礙物撞擊測試[85]

固定障礙物撞擊測試		
測試編號	撞擊速度 (Km/hr)	EDR 記錄之速度變化 ΔV (Km/hr)
1998 Chevrolet Malibu		
98-010	48.0	48.8 (喪失電力)
1999 Chevrolet Cavalier		
99-236	46.8	51.5
99-238	47.1	50.5
2000 Ford Taurus		
00-111	47.8	53.6

在結果列表中可以知道由 EDR 所量測的速度改變量(ΔV)比車輛的撞擊速度稍大，這些是由撞擊後反彈所造成的結果。

2. 40 Km/hr 40% 偏移可變形障礙物撞擊測試：讓車輛以時速 40 Km/hr 的速度及 40% 的偏移正向撞擊一可變形障礙物。EDR 所記錄的速度改變量，有些部份比衝擊速度大。其中有些能量被障礙物的結構變形所吸收了。撞擊結果見表 4-7。

表 4-7 40km/hr 40% 偏移可變形障礙物撞擊測試[85]

偏移可變形障礙物撞擊測試		
測試編號	撞擊速度 (Km/hr)	EDR 記錄之速度變化 ΔV (Km/hr)
1998 Chevrolet Cavalier		
98-212	40.1	46.6
98-213	40.2	43.4
98-214	40.3	42.4
1999 Chevrolet Malibu		
99-219	39.6	40.6
2000 Oldsmobile Alero		
00-216	40.2	38.6
2000 Ford Taurus		
00-204	39.9	21.6 (78ms 內)

3. 後方撞擊測試：由此撞擊測試中 EDR 的記錄可知道車輛的電力系統常在撞擊後失效，見表 4-8，這些結果可以看出有些合理的微反彈發生。

表 4- 8 後方撞擊測試[85]

後方撞擊測試		
測試編號	撞擊速度 (Km/hr)	EDR 記錄之速度變化 ΔV (Km/hr)
1998 Chevrolet Cavalier		
98-501	48.9	50.5 (喪失電力)
98-502	48.9	49.4
98-503	64.8	56.8 (喪失電力)

4.9 事故記錄器應用於實際意外事故重建的實例

EDR 常裝設在汽車或輕型卡車上來調整安全氣囊的感測和控制系統。這些資料對於交通安全研究的幫助很大，它可以提供很多關於路上安全研究的新資料。以下為加拿大運輸局的二個實際應用例子：

4.9.1 2000 Pontiac Sunfire 與 1999 Buick Century 的事故重建[85]

這實例是 2000 Pontiac Sunfire 與 1999 Buick Century 在十字路口相撞，因為 2000 Pontiac Sunfire 的駕駛在來不及闖紅燈時緊急煞車，所以撞到 1999 Buick Century 的左側。Pontiac 前面的最大損害量為 29 公分，側面的最大損害量為 34 公分，以 Damage analysis 可得 Pontiac 在縱軸的最大速度變化為 25 Km/hr ，接近時的速度為 55 Km/hr ，而從 Pontiac 的 EDR 所得的資料顯示，縱軸的最大速度變化為 22 Km/hr ，接近時的速度為 53 Km/hr ，這表示 EDR 所得的資料與損壞分析所得的分析結果很相近。圖 4-18 與圖 4-19 分別為 2000 Pontiac Sunfire 的車子損傷與 1999 Buick Century 的車子損傷圖。



圖 4- 18 2000 Pontiac Sunfire[85]



圖 4- 19 1999 Buick Century[85]

表 4-9 為 2000 Pontiac Sunfire 撞擊前的資料，AE（Algorithm Enable）為系統的演算結果達到展開安全氣囊的標準時，表中可得 Pontiac 的速度在 2 秒內由 63Km/hr 減速至 53Km/hr，這樣的煞車情形其平均減速度大約為 0.28g。

表 4-9 2000 Pontiac Sunfire 撞擊前的資料[85]

AE 之前的時間 (Sec)	車速 (Km/hr)	引擎轉速 (rpm)	油門 (%)	煞車狀況
-5	61	1344	12	關
-4	63	1408	12	關
-3	63	1344	12	關
-2	63	1344	12	關
-1	53	1216	0	開

4.9.2 2000 Buick Regal 與 1997 Voyager 的事故重建[86]

這個實例是介紹 2000 Buick Regal 與 1997 Voyager 在十字路口相撞，原因是 Regal 正在左轉時被對面車道的 Plymouth 撞上，Plymouth 的前面撞到 Regal 的右前側，Plymouth 的行駛速度大約為 60Km/hr，兩車的安全氣囊都有展開，圖 4-20 為兩車的損傷圖形。

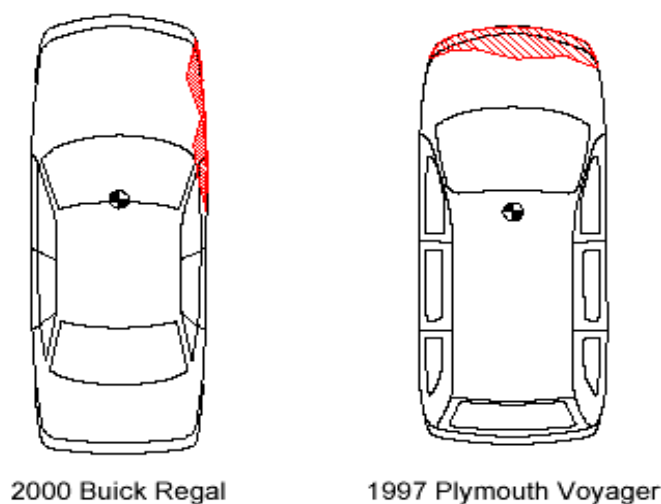


圖 4-20 為兩車的損傷圖形[86]

Regal 車上有裝設 SDM-G，SDM-G 可量得撞擊前、撞擊時的資料，圖 4-21 為 Regal 上所裝設的 EDR 所得的資料，SDM 並沒有擷取完整的加速度資料，但仍可看出 Regal 的速度變化趨勢，其速度由撞擊前 5 秒的 13Km/hr（8mph）加速到撞擊前 2 秒的 24Km/hr（15mph），平均加速度約為 0.1g，而撞擊前的資料也顯示駕駛在 AE 前 1 秒踩煞

車，雖然系統演算的時間與撞擊前資料並非同步，但車子在撞擊時的速度變化在 0~23 Km/hr 之間卻是正確的。

由 SDM 在 AE 後所演算出來 Regal 的撞擊資料，可以得到縱軸的速度變化為 12.7 Km/hr，而由 PC-Crash 模擬軟體來預估其速度變化。Regal 所受到的撞擊力的主應力方向約為 50°，所以由 PC-Crash 的模擬可得在撞擊角度 50° 時，其速度變化約為 13 Km/hr [86]，另外以 PC-Crash6.2 所模擬出來的結果，撞擊角度為 45°，雖結果相近，但因過程的資料不足，無法判別其準確性。

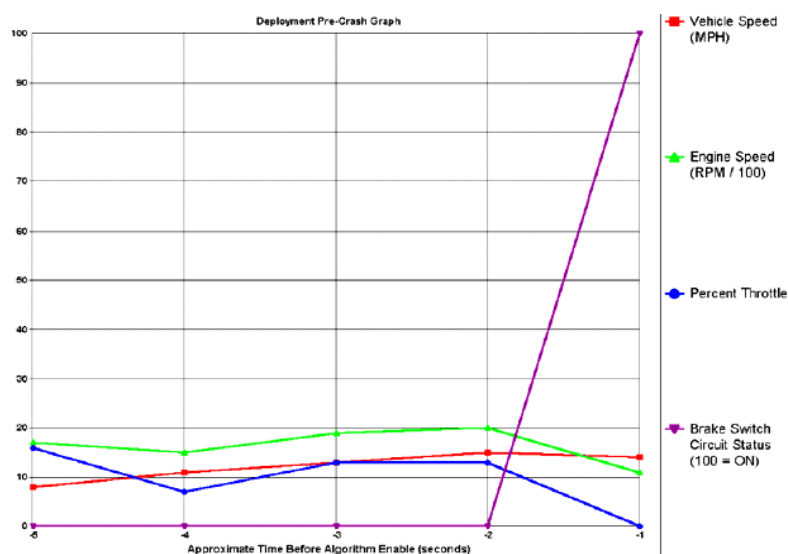


圖 4- 21 Regal 的 EDR 的撞擊前的資料[86]

4.9.3 Sunfire 的事故重現[86]

此例是發生在窄道中的意外事故，被撞擊的車子為 Sunfire，Sunfire 被左方的車子撞上，其損害形況在圖 4-22，而安全氣囊的展開和相關資料有記錄。車子裝有只能量得撞擊後資料的 SDM-R。



圖 4- 22 1999 Pontiac Sunfire 的損傷[86]

圖 4-23 為所量得速度變化的數據，由圖 4-23 可看出最大的速度變化為 6Km/hr ，但此值小於安全氣囊展開的標準值 $13 \sim 22\text{Km/hr}$ 。

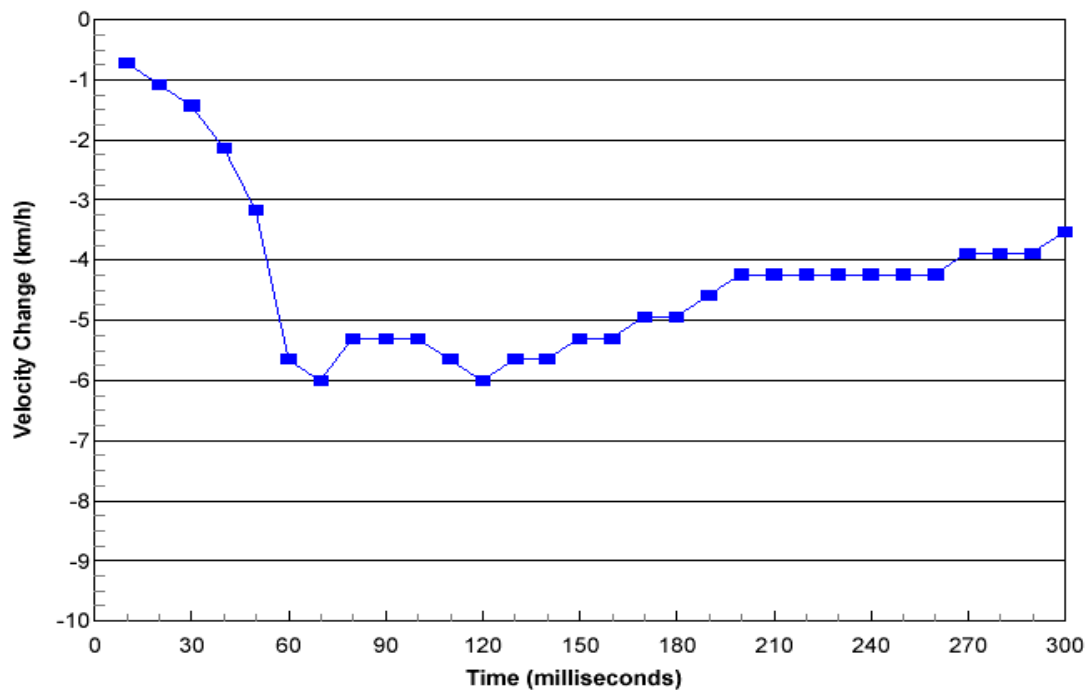


圖 4-23 速度變化數據[86]

將 $v-t$ (圖 4-23) 數據微分可得 $a-t$ 曲線圖 (圖 4-24)，圖 4-24 中顯示最大加速度在 60ms 時為 $-7g$ 及 20ms 後的 $+2g$ ，由此例可知安全氣囊的展開不能只看速度變化[86]，也須考慮加速度值。

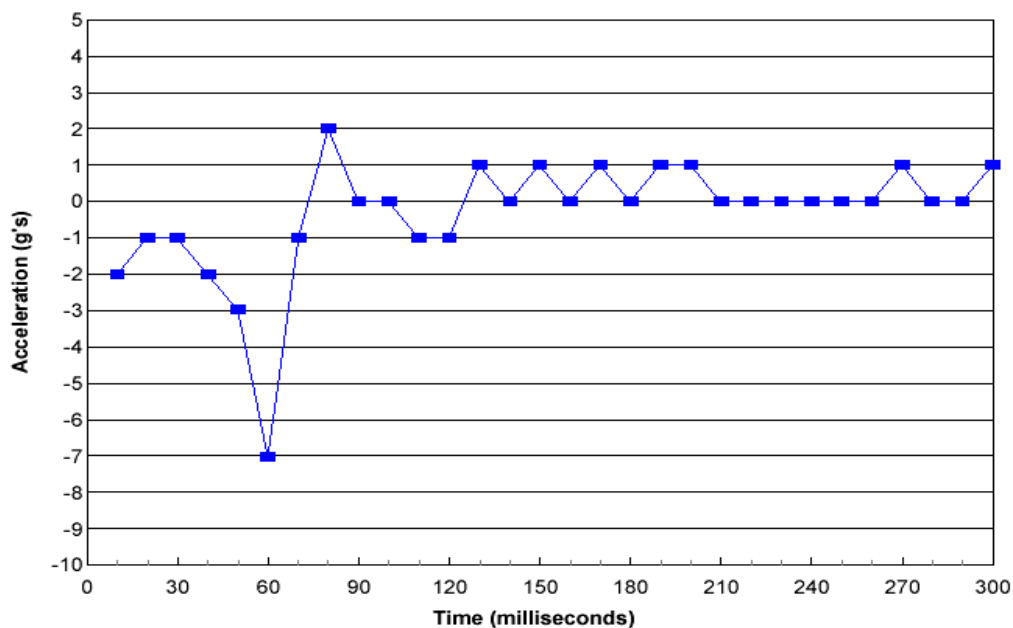


圖 4-24 加速度變化數據[86]

4.9.4 EDR 應用於釐清責任事實的實例[87]

圖 4-25 中右方的來車明顯的有優先路權，但左方的來車卻將責任歸咎於右方的車，他指出以下的證明：

1. 右方來車在進入叉路時未減速。
2. 右方的車打右邊方向燈，所以使他（左邊的車）仍進入叉路。
3. 右邊的車未踩煞車。

但從右邊車中的之 EDR 所記錄的資料來看(圖 4-26)，並未有打方向燈的記錄，且有煞車的動作，所以有裝設 EDR 則可很輕易的釐清事故的事實。

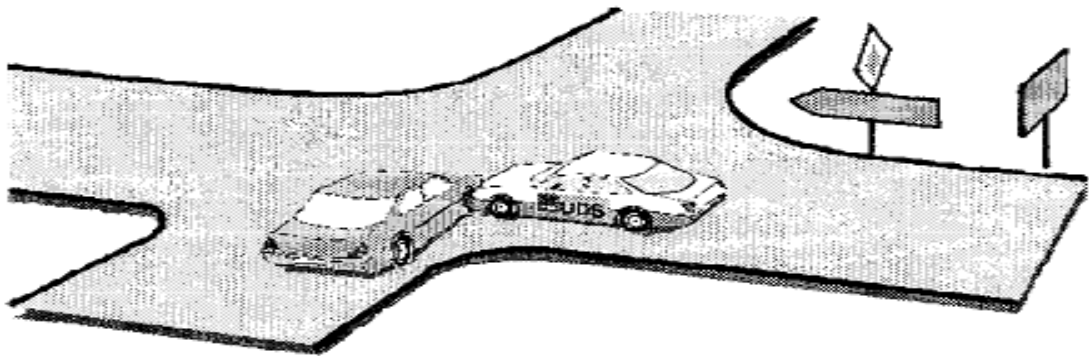


圖 4-25 車禍現場圖[87]

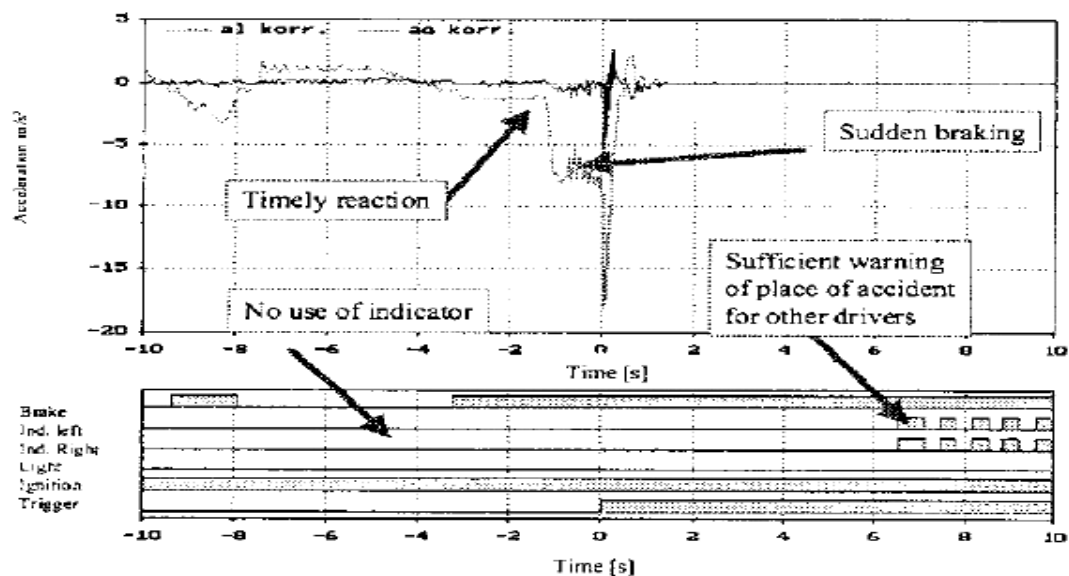


圖 4-26 EDR 所讀取的資料[87]

4.10 小結

車輛的安全問題很複雜且包含範圍很廣，利用 EDR 技術可加速行車安全技術的發展。車輛加裝 EDR 也可判斷意外事故的發生主因，如人為錯誤及車子的設計問題等。本章具體結論如下：

1. EDR 為事故研究的有利工具，可釐清責任歸屬，平時可增加駕駛的注意力，使駕駛學習安全的駕駛行為，減少意外的發生率。
2. EDR 中的感測器，可改善安全系統設備的設計，使安全系統可於更適當的情形下作用。
3. EDR 中如有配備 GPS 系統及無線收發系統，則可在事故發生時迅速通知急救中心，加速救援的速度。
4. 雖然 EDR 的優點很多，但至今卻尚未規定在每台車上必須裝設，主要原因如下：
 - (1) 事故收集的資料，各家廠商未統一。
 - (2) 讀取及重現的工具依各家公司的 EDR 產品而有所不同，事故發生時沒有統一的重現工具，會增加作業的時間及複雜性。
 - (3) 資料的公開與私密性的界定，仍未解決。
5. 由於事故記錄器須與國際接軌，因此待國際規範統一確定及列為必要設備後再考慮未來之作法。

第五章 現場處理程序

車禍意外事故重建技術在國外已行之有年了，但是在國內卻仍在起步階段，事故重建相關的研究領域相當廣泛，相關的文獻書籍雖然有介紹，但與其它領域比起來，仍顯不足。

行車速度推估與肇事鑑定之關聯如圖 5-1，事故重建研究主要包括三部份：1.資料蒐集與提供，2.事故責任鑑定要素，3.事故責任鑑定。經由交通事故調查報告、交通事故現場圖、交通事故現場攝影、煞車胎痕量測、車損量測、有無 ABS 及有無 EDR 等所收集到的資料及相關訊息，可以經員警研判、煞車胎痕速度推估或事故模擬軟體分析，而求得行車速度、行車方向與軌跡及駕駛行為，輔以交通規則與法令，以提供事故責任鑑定之參考。以下各章節將依據上述分類，回顧國內外各研究單位所發展之事故現場資訊收集及重建技術，且將相關研究發展作較完整回顧[88-89]。

5.1 現場資訊取得

所謂的肇事資料運用，即利用肇事現場相關資料，以人、車輛、環境等觀點探求事故發生之原因。圖 5-2 為警察大學研擬之肇事現場調查流程圖[88]，其中模式 1 為行人與汽機車事故、模式 2 為汽機車與障礙物、模式 3 為汽機車與汽機車於路段對向行駛事故、模式 4 為汽機車與汽機車於路段同向行駛事故、模式 5 為汽機車與汽機車於無號誌路口對向行駛事故、模式 6 為汽機車與汽機車於無號誌路口同向行駛事故、模式 7 為汽機車與汽機車於無號誌路口不同向行駛事故、模式 8 為其他路況事故、模式 9 為綜合分析其他違規行為因果關係。

肇事現場資料之取得及運用敘述如下[88]：

1. 肇事資料取得：

- (1) 事故現場圖：提供人、車輛、掉落物、煞車痕、刮地痕等跡證在道路上之位置、距離、走向、長度、寬度等事故資訊，有助於說明事故發生時車輛的運行軌跡、方向、碰撞位置、車速、駕駛行為及路權優先使用順序。
- (2) 肇事經過摘要：提供事故發生時間、地點、當事人、行駛路徑方向、碰撞型態、受傷部位及嚴重度等資訊。
- (3) 拍照存證：提供事故車輛之終止位置、車輪在路面所留痕跡、道路之毀損狀況、掉落物、車損、人員受傷部位、

人車遺留物、異常之道路狀況等資訊，藉此可判定事故發生時當事人之行向、駕駛行為、碰撞情形。

- (4) 筆錄：提供事故當事人在事故前活動、行程規劃、行駛路徑與方向、碰撞前後之所見所聞、所採取之閃躲策略、事後之位置與所採取之動作等資訊，可以協助釐清事故發生當時或稍後人或車之行向與位置、交通號誌管制情況、何者應注意而未注意、何者應禮讓而未禮讓及其他相關之資訊，亦是法院判定事故責任重要依據。
- (5) 天候及光線：天候因素對於肇事原因有很大的影響，引用適當之天候資料有助於瞭解事故發生當時之安全視距，太陽眩光或建築物玻璃幕眩光均會影響駕駛人感知距離及速率判斷，可憑此求證駕駛人證詞。
- (6) 道路障礙：道路障礙物會影響駕駛人之安全視距，可藉此判別駕駛人能否在緊急情況下正常操控車。
- (7) 交通設施：提供號誌運作及標誌、標線設置及車道劃分等資訊，可藉此判斷道路之優先權。
- (8) 事故類型及形態：提供事故之類型，包括人與汽機車、汽機車本身、車與車、平交道事故及其撞碰型態等資訊。
- (9) 當事人行動狀態：包車與人的行向與動態，藉此可協助瞭解駕駛行為優先權，判別應注意、應禮讓、應減速慢行之程度。
- (10) 駕駛人飲酒、服用藥物情形：可藉此瞭解駕駛人之生理狀態，判別其操控車輛之能力。

表 5.1 為國內現行肇事事故調查評估與美國現行肇事事故調查評估方式之比較表。

2. 肇事資料運用：

由肇事處理機關所收集之資料分析可知，事故現場跡證產生原因與人操控車輛具有高度牽連性。以下即從感知與反應、車輛碰撞毀損與人員受傷情形及路面跡證之種類及成因，進而推估肇事發生時之車輛速度。

- (1) 感知與反應[90]：感知，即察覺某些物體或情況並理解其意義的整個過程。反應，即從感知到危險或其他情況的有

意識或無意識對於感官刺激的回應。研究駕駛人感知與反應的價值在於可估算車輛可能的停止距離，通常可用於決定在特定情況下，該車是否能避免危險；估算感知延誤，作為決定注意力的指標。根據研究顯示[90]，粗略的估算，一般成人的簡單反應時間約為 0.2 秒、複雜反應時間約為 0.4 秒、情況完全未知則約 0.8 秒，在能見度低、號誌模糊等情形可略加一點點，複雜反應時間，即遭遇不可預期、不熟悉的危險情況或較多的刺激物，通常所需的反應時間較長，一般而言，單純反應時間實驗量測的平均值約為 0.25 秒，複雜反應時間約為 0.5 秒。Baker[91]曾經提到提到每個人的感知時間都不相同，在一般的情況下，感知時間約介於 0~0.8 秒之間，反應時間大約介於 0.7~0.8 秒之間；我國設定感知時間為 0.75 秒，反應時間也為 0.75 秒，而全美州際公路交通協會(Northern Assn. Of State Highway & Transportation Officials,NASHTO)，所使用的感知時間為 1.5 秒，反應時間為 1 秒。

(2) 車輛碰撞情形分析[90]：事故車輛之毀損部位、毀損寬度、毀損深度、毀損高度、刮痕顏色與走向等資訊，均可研判車輛碰撞接觸情形及受力方向。根據前述資訊，再由車輛碰撞原理、碰撞過程中之變化，進而分析碰撞情形。碰撞分析中常假設碰撞前後的總能量相同，而碰撞前後速率的差異即表示能量、動量之轉移及車損或熱能。事故發生時的能量改變情形，可分成以下數種情況[88]：

- 速率改變：可視為能量型態的改變，動能轉換為位能、車損與熱能。
- 旋轉：將車體視為單一個體，外力與質心的距離形成「力矩」，產生旋轉現象。
- 車行方向改變：在碰撞後車行方向可能會改變。
- 運動中車輛撞擊固定物：撞擊力的方向即為車行方向且車損程度完全來自本身動能的耗損。
- 運動中車輛撞擊靜止車輛：最初撞擊力方向即為運動中車輛行駛方向，且運動中車輛之車速會因動能耗損而降低，靜止車輛則因外力動能的作用產生位移或旋轉。

- 兩運動中車輛相互撞擊：車速會影響撞擊角度、旋轉方向，特別是撞擊力方向與車速較高之車輛有關。碰撞後，兩車位移距離的多寡與其本身速率、重量有關。單就車損程度無法推斷行車速率。
 - 車損：車輛行進運動方向及車輛間相對行動方向與車損關係較為密切。且車損與車速、撞擊位置及車體剛性有關。作用力會隨著車輛的移動而改變，由車損可看出車輛所受的作用力位置及大小。不同的接觸方向及接觸角度會在接觸範圍留下不同痕跡（如凹痕、刮痕等）。車輛兩側刮痕深淺、走向及前後兩端車損高度比對，可研判車輛行駛方向、超越或加減速撞擊情況。
- (3) 人員受傷情形分析[88]：從人員受傷情形可判定誰是駕駛者、乘客如何受傷等情形。從車損及駕駛人、乘客、行人受傷部位，可判車輛行向、前後關係、行人走向等，進而分析肇事原因，其判定原因之原則如表 5.2 所示。
- (4) 路面跡證分析[88]：在事故發生過程中，所遺留在道路表面或相關設施及環境中的跡證，稱之為路面跡證，探討路面跡證可研判撞過程、車輛運行軌跡、路權優先順序，路面跡證可分為動態及靜態兩種，動態的路面跡證包括輪跡、散落物及道路損壞痕跡等三種，靜態的路面跡證即環境狀況如鋪面凹凸不平、坑洞及其他道路環境中的安全設施等。表 5.3 為煞車情形與判定原則。
- (5) 車速推算[88]：由於交通事故發生前行駛速率之大小，不但會影響撞擊力之大小，亦會影響其煞車距離，車速是一項提供肇事原因分析之重要參考因素。煞車痕長度及側滑曲率半徑，配合基本運動學之公式，可合理推估車速。
- (6) 肇事原因分析原則與方法[88]：台北市政府警察局交通警察大隊印行之「道路交通事故處理手冊」中曾經提及分析肇事原因的程序，包括重組肇事經過、確定碰撞地點、研判直接造成碰撞點之原因行為或事實、研判其他與肇事相關之原因行為或事實。

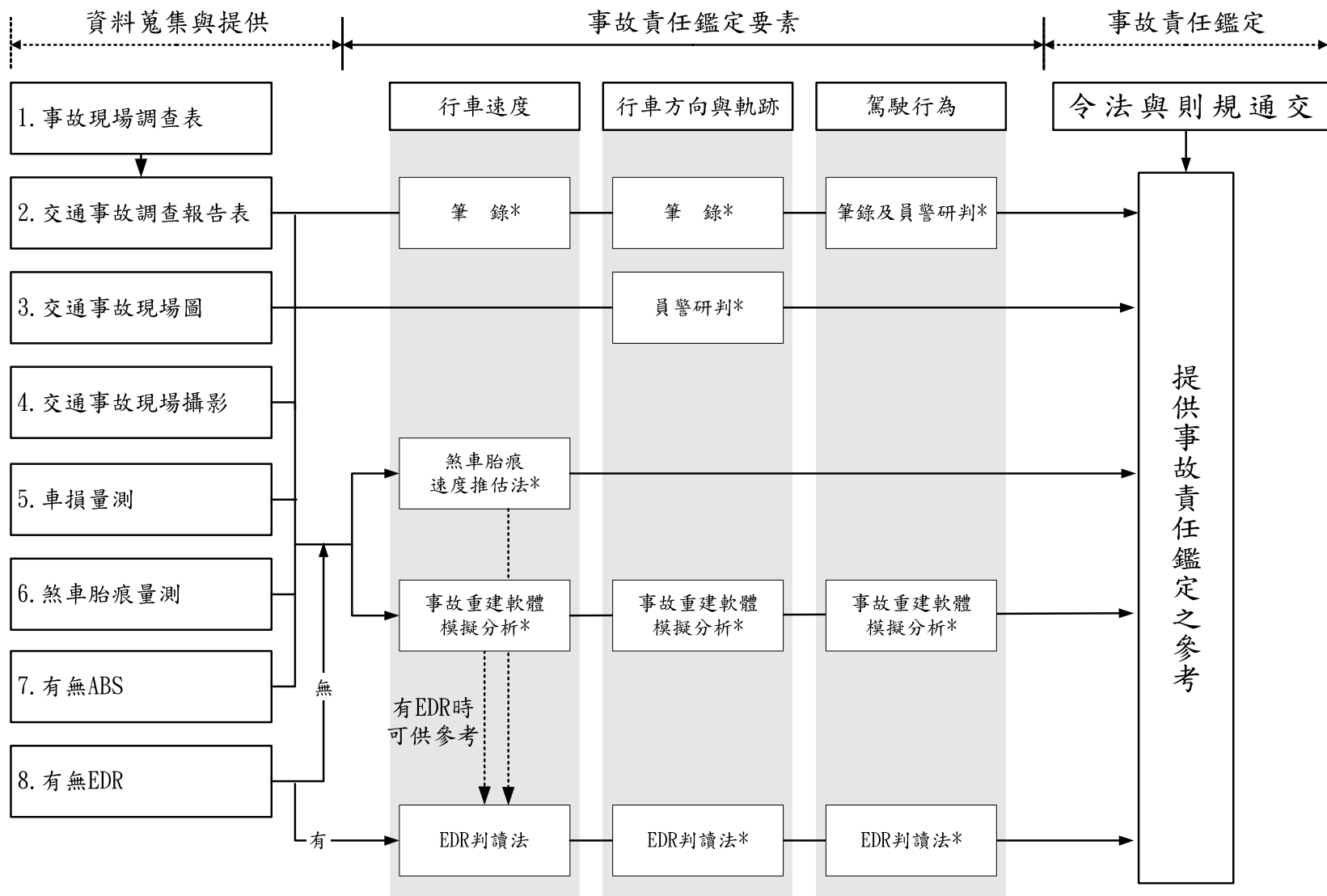


圖 5-1、行車速度推估與肇事鑑定之關聯圖

備註：1.*表示不能完整得到該項鑑定要素。例如：EDR 依設計功能而會影響資料的完整；又如 EDR 及軟體模擬皆可得到駕駛行為之煞車效能，但模擬軟體無法得到打方向燈等駕駛行為。

2.煞車胎痕速度推估法：有煞車胎痕，可進行速度推估及事故重建軟體模擬分析；若無煞車胎痕，只能依據事故現場圖及車輛資料庫，以事故重建軟體模擬分析。若車輛有配備 ABS，以 ABS 之阻力係數表推估速度；若無配備 ABS，以傳統煞車之阻力係數表推估速度，但二者皆需考慮載重及路面種類及乾濕狀況。

3.如有 EDR 可判讀行車速度時，以煞車胎痕速度推估法及事故重建軟體模擬分析所得之行車速度則為參考。

圖 5-2 肇事現場調查流程圖[88]

表 5.1 國內與美國現行肇事事故調查評估比較表

項目	台灣肇事事故調查評估	美國肇事事故調查評估
事故現場圖	對於方位、號誌情形並沒有詳細註明，部份案例無實際量測煞車痕距離來判斷車速，僅依據當事人筆錄的口述方式來判斷車速。於繪製事故現場圖部份，未將車體的長、寬、軸距列入量測範圍內。	有標示方位，並以圖示標示出肇事第一現場、停止後位置，也有註明道路寬度、道路速限，將車體的量測列入專門的車輛量測表中。
肇事經過摘要	依據筆錄的口述方式作為肇事經過描述。	對肇事前後作詳細的詢問有專門表格填寫，不以口述紀錄作為肇事摘要。
拍照存證	對於煞車痕跡、當事人受傷部位並未拍照，僅拍攝車輛位置及損毀狀況。	1.煞車痕跡量測照片。 2.車體外觀受損照片。 3.量測車體外觀損壞。 4.由車內看外部視角。 5.安全氣囊爆開後情況。 6.肇事後車體內部狀況。
天候光線	已描述紀錄於肇事經過摘要內	有設計專門表格詢問填寫。
道路障礙	對於道路障礙及視距僅依據當事人筆錄描述。	對於道路障礙及視距，依據當事人的描述填入設計內的表格。
交通設施	在路況方面簡述道路型態、有無號誌、及速限等。	有設計專門表格詢問填寫。
事故類型與型態	一同描述紀錄於肇事經過中，但卻未明確寫出是何種型態的碰撞。	有設計事故類型表可選擇以方便理解是何種型態碰撞。
當事人行動狀態	已描述紀錄於肇事經過摘要內。	有設計專門表格詢問填寫。
駕駛人飲酒情況	會將酒測結果附於紀錄中。	於人體健康檢查表中有驗血、驗尿紀錄。
肇事因素分析	鑑定委員會依據筆錄、肇事經過摘要及現場肇事圖，依據法規判斷肇事主要原因，次要原因等。	依據問卷填寫的方式、車輛受損肇事經過摘要、以及現場肇事圖，依據法規判斷肇事主要原因。

表 5.2 車損、人員受傷部位判定原則表[88]

分類	判定原則	
判定車輛與行人走向	1.確認車損高度及人員受傷部位 2.研判是否未注意車前狀況撞擊行人 3.研判行人穿越道路是否未注意來往車輛 4.研判行人是否未靠邊行走	
判定汽車與機車行向、行為	機車追撞前行汽車	機車車頭損、機車騎士臉部、頭受傷、汽車後保險桿部份損壞
	機車左轉未注意左後來車	機車左側受損、機車騎士左腿傷、汽車右側損、把手及後照鏡
	機車右轉未注意右後來車	機車右側車損、機車騎士右腿傷、汽車左側損、把手及後照鏡
	機車逆向行駛或來車對撞	機車車前損、機車騎士臉部、頭部受傷、汽車車前損
判定駕駛者	汽車	胸部撞擊方向盤受傷、安全氣囊火藥味、安全帶勒傷方向、頭部撞擊前擋風玻璃
	機車	多為明顯外傷，若為對撞型態附載者常彈射較遠

將肇事原因分析過程或結果，輔以現行交通的相關規定，諸如路權法規、交通安全或管制規定等，再根據違規行為來認定有無肇事責任，分析因果關係認定責任歸屬。陳高村[92]指出事故原因分析方法有：當事人陳述筆錄的比對、跡證鑑識比對、事故現場圖重建、肇事重建、碰撞行為模擬。事故原因歸因法則有：道路施工工程設施不當、行車前人車不安全因素、侵權行為等。侵權型態事故規則方法一般常以肇事現場圖法拼湊事故現場圖，來重建事故過程，協助事故原因分析工作進行，其主要關鍵在於事故現場資料之收集紀錄，並依所收集紀錄之事故現場資料、車輛尺度資料與道路實際資料繪製成圖，並由圖上的碰撞前痕跡、碰撞點痕跡與碰撞後痕跡之位置，配合車輛之碰撞損毀與痕跡，佐以路權之規定來判定「侵權行為」之肇事責任歸屬。此外，張漢威[93]則是就事故現場處理程序及肇事責任釐清等方面，提出事故處理人員於事故現場所需蒐證的重點，如路況、現場跡證、撞擊點及車輛行進方向等。另外也

提出事故人員鑑定時，所需判斷之重點，如駕駛行為、是否違規及路權優先順序等項目。圖 5-3 為事故現場處理與肇事鑑定思維程序分析圖[93]。

表 5.3 煞車滑痕型態特徵[88]

分類	意義	判定原則	注意事項
先煞後撞	預見車前狀況 未採安全措施(可能因超速或閃避失當) 顯示行駛方向	責任較重 1.預見狀況未有安全措施 2.超速 3.未注意車前狀況	1.研判撞擊前之行車方向、駕駛行為 2.比對胎紋、輪軸間距是何車所留
先煞後撞 再煞	預見車前狀況 未採安全措施(可能因超速或閃避失當) 顯示行駛方向	責任不一 1.預見車前狀況採取之措施不及 2.未注意車前狀況	3.比對車損刮痕走向 4.拍攝路況與煞車痕之關係位置，以研判何車為侵權行為？何車閃避失當？何車為受害者
先撞後煞	無預見(有一方突然出現) 未注意(駕駛不當、分心、睡覺、酒醉、其他)	責任不一 1.若未超速則有一方突然出現，另一方反應不及，責任較輕 2.若因未注意或分心等情況，未及煞車撞擊對方，則責任較重	

由於現場資訊的收集對於後續事故重建工作具有極為重要的影響，因此本研究的研究重點有三：

1. 探討國內、外肇事資料收集之項目、資料內容、收集方法、使用工具、資料運用、資料分析、肇事重建技術、肇事原因分析原則與方法，以了解肇事鑑定程序進而對肇事資料收集提出改進方法。
2. 收集肇事現場重現之相關研究以及探討目前各國所使用的現場重現技術，以了解 3D 現場重現技術在肇事現場資料蒐集上的優點，之後選擇一 3D 重建軟體應用於事故現場重建上，並了解 3D 重建技術重現肇事現場的精確度，找出最佳的拍攝位置、拍攝角度、拍攝相片的張數及最適合員警蒐集、判斷肇事現場的方法，進而探討 3D 重建技術對在目前事故處理上有何幫助。本研究選擇 Photomodeler 為 3D 重建之工具軟體。
3. 選擇一實際肇事案例進行模擬，利用 Photomodeler 軟體來重現事故現場及車子變形之程度，同時配合 PC-Crash 軟體推估肇事車輛發生碰撞時的車速，並將肇事當時所發生之情形予以重現，並比較實際碰撞案例和 PC-Crash 所推估碰撞時的行駛車速、路徑、方向、駕駛行為，以了解 Photomodeler 軟體配合 PC-Crash 軟體來肇事重現的可行性。

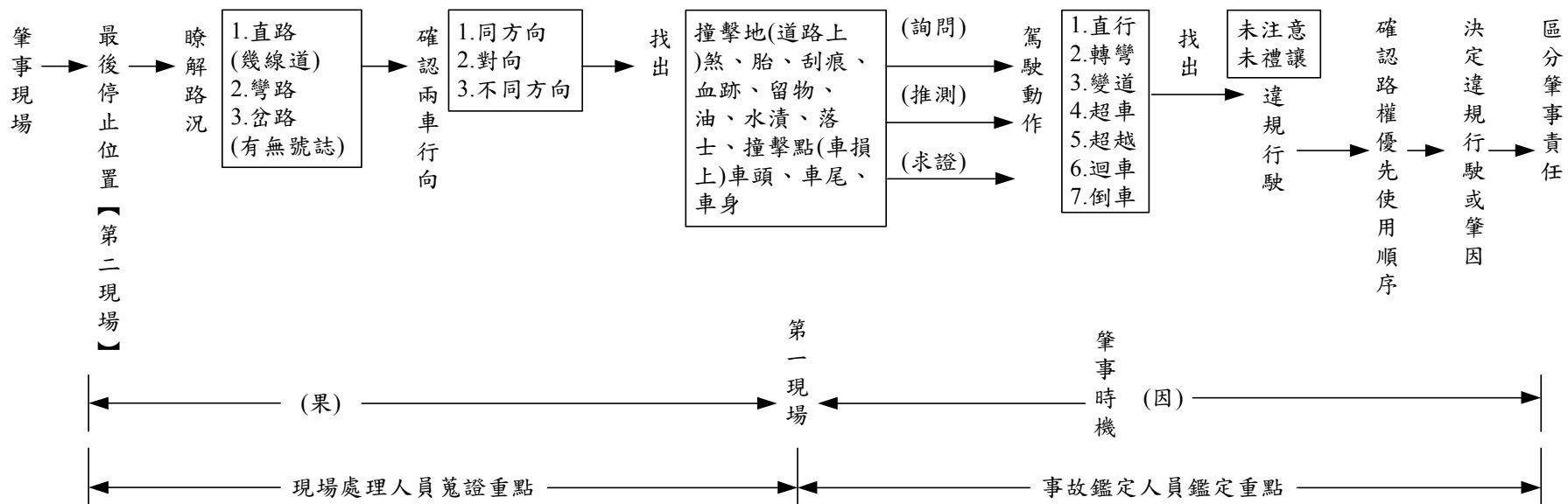


圖 5-3 事故現場處理與肇事鑑定思維程序分析圖[93]

5.2 肇事資料之蒐集

本節探討現行道路交通事故鑑定作業制度、肇事資料之蒐集與運用分析、國內外相肇事重建技術及肇事原因分析之原則與方法，藉以了解鑑定委員如何利用肇事資料研判案情。由交通肇事事故處理程序的方法，探討 3D 重建技術在國內交通事處理上之應用。

依據道路交通事故處理辦法第十三條，其法令之主旨為「交通事故之處理首重於現場」。此條文明訂處理機關應就現場有關之事故發生地點、方位、週遭環境狀況、地面因事故形成之各項痕跡、散落物的位址、人車損傷之痕跡、程度、被害人及肇事相關車輛於事故後在現場之位置、形態、以及肇事過程中之人車動態其相關位置之確定等事項詳加勘查、蒐集事證、詢問關係人，並以現場圖及攝影作成紀錄，詳實填寫道路交通事故調查報告表，對事當事人及證陳述作成筆錄。

表 5.4 為國內外肇事現場處理作業比較表，從表中可知道國內、外在處理肇事現場有那些不同的地方，參考不同於國內的現場處理方法，進而了解本實驗可針對國內的缺點做改進。

目前國內對於交通事故現場之記錄描述為內政部警政署印行使用之「道路交通事故調查報告表」。內容主要計有事故現場圖、肇事經過摘要、拍照存證項目等。表 5.5 為道路交通事故調查表項目，由表可了解國內的員警蒐集肇事現場資料的內容。

表 5.4 國內外肇事現場處理作業比較表

	台 灣	美 國	日 本	德 國
死亡認定	24 小時	一年	24 小時	一年
處理單位	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 派出所或交通分隊 ◇ 狀況通知鑑定會 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 巡邏人員先維持現場 ◇ 專門處理人員赴現場 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 交通隊 ◇ 視狀況通知專門處理人員 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 交通隊 ◇ 視狀況通知專門處理人員
救援組織	視情況通知救護車、拖吊車、及消防車	組隊處理	組隊處理	組隊處理
照相技術	一般照相技術	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 一般照相機 ◇ 網格透視法 ◇ 錄影 	立體照相機	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 一般照相機 ◇ 立體照相機 ◇ 錄影
測繪技術	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 以皮尺測繪 ◇ 依草圖還原成比例圖 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 以皮尺測量 ◇ 以科學儀器輔助 	還原立體相機照片技術	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 以皮尺測量 ◇ 以科學儀器輔助
汽車檢查表	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 在交通事故報告表 ◇ 以照相取證 ◇ 無專門檢查表 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 含於調查表內 ◇ 專門調查表 ◇ 照相取證 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 還原立體照片 ◇ 專屬檢查表 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 含於調查表內 ◇ 專門調查表 ◇ 照相取證
機車檢查表	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 含在交通事故報告表 ◇ 照相取證 ◇ 無專門檢查表 	照片及專門檢查表	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 還原立體照片 ◇ 專屬檢查表 	照片及專門檢查表
人體檢查表	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 未含在交通事故報告表 ◇ 無專門檢查表 	具人體傷害檢查表	具人體傷害檢查表	具人體傷害檢查表
訊問筆錄	自由詢問	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 預設格式 ◇ 自由詢問 	自由詢問	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 預設格式 ◇ 自由詢問
危險物品	尚未建立通報制度	通知專門機關處理	立即通知主管機關處理	通知專門機關處理
當事人交換資訊	未規定	必需	必需	必需
當事人填具報告	未規定	必需	必需	必需
酒類及其他麻醉品	檢查酒精、查扣麻醉品	查扣、檢查血液及尿液	查扣並檢查	查扣、檢查血液及尿液
照片整理	未依序整理說明	依序整理說明	依序整理說明	依序整理說明

表 5.5 道路交通事故調查表項目

項目	內容	明 細
事故現場圖	發生時間、地點、標示方位、號誌時相、煞車痕、肇事後停止之位置、刮擦地痕、散落物狀況、道路交通設施、事故現場資料	
肇事經過摘要	當事人、交通工具、時間、地點、行駛方向	
拍照存證	血跡、煞痕、拖痕、碎片、胎痕、落土、遺留物、機車倒地處、車損、當事人受傷部位、其他	
天候光線	天候	暴雨、強風、風沙、霧或湮、雪、雨、陰、晴
	光線	日間自然光線、晨或暮光、夜間(或隧道)有無照明
道路障礙	障礙物	道路工事中、有堆積物、路上有停車、其他障礙物
	不良視距	彎道、坡道、建築物、樹木、農作物、路上停放車輛、濃煙、濃霧、其他
交通設施	號誌	種類：行車管制號誌、行人專用號誌、閃光號誌、無號誌 動作：正常、不正常、無動作、無號誌
	車道劃分設施	分向設施：交通島、雙向禁止超車線、單向禁止超車線、行車分向線、無方向設施
		分道設施：車道線、禁止變換車道線、交通島、快慢車道分隔線、路面邊線
	標誌	有標誌、無標誌
事故類型與型態	人 與 汽 (機)車	對向通行中、同向通行中、穿越道路中、在路上戲、在路上作業中、衝出路中、從停車後穿中、佇立路邊
	車與車	對撞、擦撞(對向、同向)、追撞、倒車撞、路口交岔撞、側撞、其他
	汽車本身	撞交通設施(護欄、號誌、標誌桿、收費亭、交通島、非固定設施) 撞其他物(橋樑、建築物、路樹、電桿、停放中車輛、動物、工程施工、其他)
當事人行動狀態	車的行動	起步、倒車、超車、左轉、右轉、插入行例、迴轉或橫越道路中、急減速或急停止、向前直行中、靜止或其他
	人的行動	步行、靜立、奔跑、上下車、其他
駕駛人飲酒情況	是否飲酒或酒後駕車	

5.3 肇事資料的蒐集比較及改進

近年來警政署為提昇道路交通事故處理品質，作了以下幾點改進措施，成果斐然，包括(1)提昇員警處理交通事故專業能力(2)建立「交通事故處理作業管理規範」(3)充實事處理裝備(4)修正「道路交通事故調查報告表」(5)健全交通事故案件審核制度(6)加強為民服務工作。本研究參考美國目前之肇事調查方法，對國內道路交通事故處理方法提出以下幾點常見問題，並針對各類資料蒐集的作法及目的做一說明，

1. 用人工量測容易產生人為問題：

員警在繪製道路交通事故現場圖時，是依據現場所繪製之草圖還原成相對比例，但由於現場是以皮尺或測距輪進行量測，容易產生人為誤差。

2. 以人工繪製肇事現場圖，造成資料的相對位置及比例不準確：

處理員警以人工繪製肇事現場圖，重要資料之相對位置及比例精確度不佳，且經常由於現場量測資料不足及人員疏失或作業時間有限、繪圖訓練不足等，造成圖形的繪製錯誤，導到事後鑑定上的誤導及困擾。

3. 肇事現場處理人員安全性不高：

由於肇事現場常在路段中或路口，來往的車輛相當多，使得現場處理員警危險性提高。

4. 現場處理時間太長，造成道路車流之延滯及干擾：

現場處理員警為了取得正確及完整之資料，造成現場處理時間太長，如此不僅使得肇事路段車流之延滯及干擾，無形增加了社會成本，而且經常誘發二次車禍，對於道路交通安全形成重大的破壞。

5. 無法繪製道路真實的幾何圖形：

處理員警在繪製肇事現場時，為了簡化繪圖的程序，大都是以直線為主，對於道路有彎曲的現場無法真實的繪製，常使的真實的路況無法正確的繪出。

6. 煞車痕跡資料與散落物位置資料蒐集不完整：

現場員警對於現場資訊收集的記錄通常不太完整，無法提供完整資料供鑑定委員參考。

7. 忽略車子的刮痕的記錄：

由車子的刮痕可了解車輛肇事時所翻轉、滾動的情況，在台灣肇事資料的蒐集上，沒有量測及記錄車子的刮痕長度及位置。

8. 道路的坡度只能用文字敘述：

對於肇事現場道路斜度的變化只能用文字序述為主，照片為輔，造成鑑定委員無法了解現場坡度的變化。

9. 車子的損害程度無法明確量測：

在修正後的「道路交通事故調查報告表」中，已有車輛撞擊位置之記錄，但對於車子損害程度量測，並未用測量工具進行量測，只有用相片紀錄或用文字記錄車子毀損的位置、零件、零件損害的程度。在美國除了有專用的表格來記錄車子損壞的程度外，也有輔助器材可供量測車子變形的程度，圖 5-4 為記錄車子損壞的專用表格，圖 5-5 為使用輔助器材來量測車子變形的程度照片。

10. 肇事人視野的影響之調查：

道路週圍的景物、交通號誌、障礙物在設計不當時，會影響駕駛者的視野，容易造成車禍的發生，關於駕駛視野對肇事之影響，通常都是由肇事者口述，鑑定人員且只能藉由道路交通事故現場圖及肇事者口述，來了解肇事當時駕駛人之視野。

11. 事故現場圖之所記錄的範圍太小：

目前國內員警所使用的道路交通事故現場圖，所能繪製的範圍太小，只能記錄下長度 50 公尺左右的肇事現場，然而高速所造成之車禍現場，從肇事起點到車子停止的位置往往超過 100 公尺，因此目前所使用之道路交通事故現場圖格式似乎小了一些。圖 5-6 為事故現場圖的格式，每一黃色格子所代表的面積為 2 x2 公尺，最大所能繪製的長度為 50 公尺左右。

對於上述的問題，本研究將於 5.4 節探討 3D 現場重建技術對於上述之改進方法，並了解 3D 現場重建軟體在做事故現場重現時之操作原則及技巧。

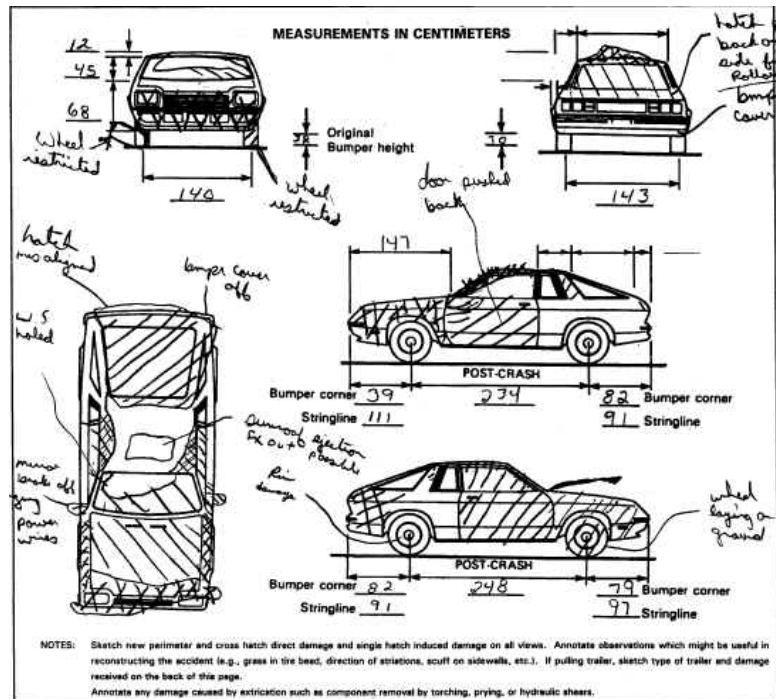


圖 5-4 記錄車子損壞的專用表格



圖 5-5 使用輔助器材來量測車子變形的程度照片

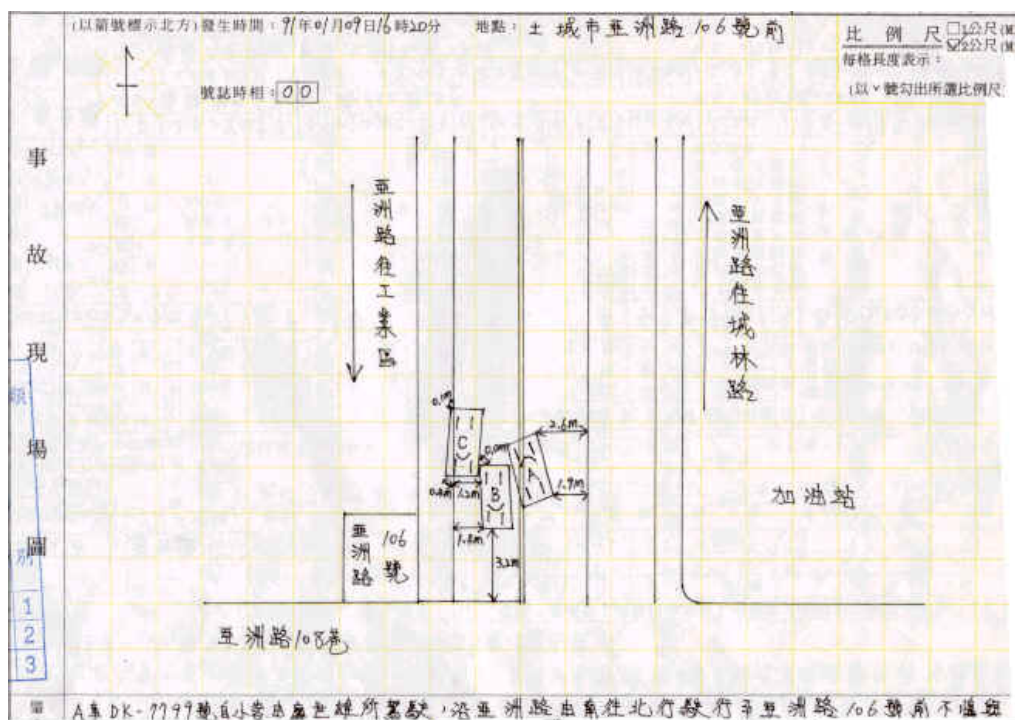


圖 5-6 事故現場圖的格式

5.4 事故重建與責任歸屬之鑑定

事故重建是以肇事後的結果來反推肇事發生前的狀況與述肇事發生過程。是一個「以果推因」的過程。目前國內的肇事重建工作，則仍採集體討論方式，根肇事現場資料進行研判，針對各項有效證據，以拼湊及推理方式推測撞前之駕駛行為，並據以分析肇事責任之規屬，但此種做法會產生幾個問題：

1. 鑑定委員會人力不足且流動率高，造成經驗無法傳承。
2. 交通事故常為一突發狀況，當事人常無法準確描述事故之前因後果。
3. 當事人有意規避責任而謊報事故發生的經過，或對於肇事經過故意交代不清，以模糊對自己不利的記錄。

針對上述的問題，本研究藉由 3D 重建技術重現車子損害程度，配合肇事重建軟體重現肇事當時之情形，幫助鑑定委員推估肇事當時車子的行駛方向及駕駛模式，有助於鑑定委員判定肇事責任之歸屬。

5.5 事故現場 3D 重建及資料蒐集之探討

使用相片重現肇事現場，乃是由像空間與物體空間座標點之轉換關係，從而可由像空間座標之量測進而推求物體空間一般資料。一般攝影量測都採用量測專用相機，但由於成本昂貴、使用程序複雜且笨重，因此近年來近景攝影測量均採用一般相機再配合其他數學理論，以這樣的處理過程在實際的應用上不僅可減少設備成本，亦方便操作。茲將國內外相關研究分述如下：

陳文志[94]針對三度空間物體之二度空間投影行為進行實證研究，證明所假設的投影轉換公式可以採用，誤差範圍 8% ~ 30%，但缺點為在蒐集現場的照片時，其誤差會受到肇事現場地型的影響，且處理事故的員警要受過一些基本的訓練，才能使誤差減少。李宏振[95]將實際空間中網格板下緣中點定為空間原點，藉由量測物體在影像中的座標位置，進而推算物體相對於空間原點之距離，並配合電腦圖解分析，以改良傳統網格法，提高還原精度。王瑩瑋等人[96]將標竿擺設法應用於求取肇事現場帶狀區域內資料的實際空間距離關係，結果在標竿設定範圍內之資料，誤差範圍在 8% 以內，還原準確度相當，而且成本低、時間短，唯其缺點是只能還原帶狀區域的現場。楊心輝[97]利用非量測型相機在直接轉換解法的情況下，加入諸多附加參數來改善系統誤差模式，且以多攝影站或多方位攝影等方法來提高精度。Kahn-Jetter[98]將懸臂樑之自由端施力，利用二架非量測型相架進行一連串的拍照，同樣採取類似立體相機法，計算出懸臂樑的變形曲線，與力學理論值相比較，其誤差範圍在 0.004 % ~ 8.25 %。Hatzopoulos[99]採用類似立體相機的照相法，針對實驗的區域(3D 立體區域)做精度分析實驗，而其實驗乃使用三架非量測相機，實驗內容為三張相片涵蓋一目標區 100%，其實驗結果誤差在 1 % 以下。Hyzer[100]提出圖形法(Graphical Method)，利用肇事現場擺設的參考板擺設於肇事現場，進行拍攝，類推相片其餘資料位置，方法簡單，但只適用於平地。Baker[101]提出相機反射法(Camera Reverse Projection Method)來還原肇事現場，此法是攜帶肇事現場調查當時拍攝之底片，重返現場，利用特殊之觀察設備，再進行人為比對路面跡證之工作，精確度高，但耗時、成本高。Smith[102]提出分析反射法(Analytical Reverse Projection Method)來還原肇事現場，利用現場量測之校估點，進行投影數學參數之校估，進而決定相機之觀測角度及所在之位置，並模擬相機實投影行為。

本研究引進 Photomodeler 3D 重現軟體，可將現場物品尺寸及位置藉攝影方法保留並重現，對於事故處理極有助益。本軟體是利用二

張以上之相片來重現 3D 的模型，具體步驟及應用分述於以下章節。

5.5.1 實驗步驟

1. 相機選擇

Photomodeler 軟體所使用的相片，可用普通相機、數位相機及 D8 等相片所拍的相片來重現事故現場的 3D 模型，但由於各種相機解析度及成相的方法不同，因此重現時之精確度也會不同。而若相機的解析度愈高，則 3D 場景重現的精確度也會相對提高。本實驗所使用相機為柯達 DX3900 數位相機，表 5.6 為相機基本資料。

表 5.6 柯達 DX3900 數位相機

CCD 感應器	330 萬畫素
最高解析度	2160 X 1440 畫素
鏡頭	光學鏡頭 35-70 mm
光學變焦	2 X
數位變焦	3 X
LCD 螢幕	1.5 吋
拍攝距離	0.07m 至無限遠

2. 相機校正

理想相機其光線經過透過透鏡中心映射置相片平面上之單一，光線不會因為透鏡而扭曲，有如針孔相機一般。但實際上相機之投影行為，會因為透鏡之畸變、底片面不平、底片之變形、底片之沖製過程等因素，而產生點位之扭曲。因此利用 Photomodeler 進行 3D 重建時，必須先進行相機校正。校正方法如圖 5-7 所示，首先將一長度寬度已知的矩形件(如 A4 紙)固定於牆壁上，利用腳架固定相機高度對準矩形件的中心處並拍攝照片，之後依序輸入相機焦距、矩形件長寬以及相機與矩形件之水平距離，Photomodeler 會自動進行相機校正。

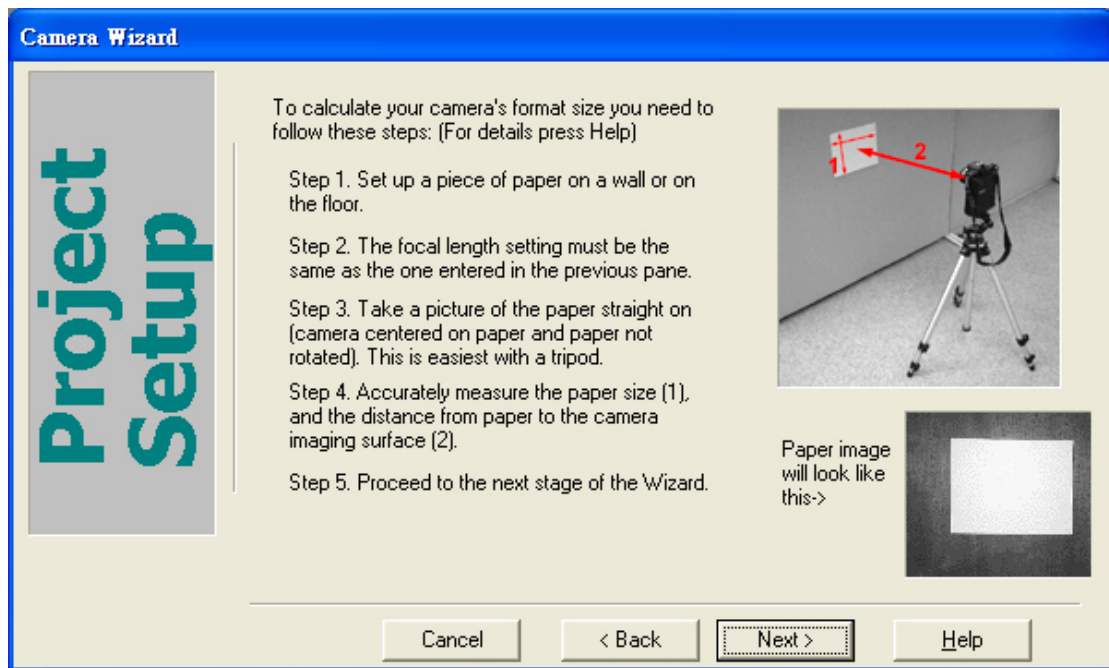


圖 5-7 相機校正方法

3. 拍攝距離的影響

本研究選擇一深色的鐵架作為實驗主體，其長×寬×高分別為 132.2 cm × 45.5 cm × 45.5 cm。如圖 5-8 所示。同時考慮三組不同拍攝距離條件，圖 5-9 為不同拍攝距離的位置圖，中間的長方形為鐵架的位置，A 點為第一組實驗拍攝位置點，B 點為第二組實驗拍攝位置點，C 點為第三組實驗拍攝位置點。由圖 5-9 可知相機繞鐵架四周每隔 90° 將相片拍下，每一組各拍四張相片，而拍攝距離，第一組為相機距離鐵架中心為 2.5 m 以等距離拍攝，第二、三組的拍攝距離為隨機設置。表 5.7 為不同拍攝距離所重現的尺寸，跟真實的剛架 132.2 cm × 45.5 cm × 45.5 cm 比較，兩次實驗所重現的尺寸和真實的尺寸誤差在 1 % 以內，由此可知拍攝距離的不同，不會影響重現的精確度。



圖 5-8 鐵架

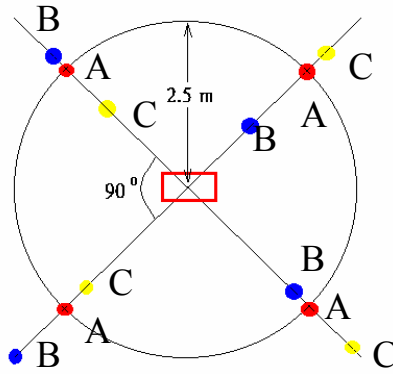


圖 5-9 不同拍攝距離的位置圖

表 5.7 不同拍攝距離所重現的尺寸

實驗條件	長 (cm)	寬 (cm)	高 (cm)	平均誤差值 (%)
等距離拍攝組(紅色)	132	44.9	45.5	0.5
不等距離拍攝組(藍色)	131.8	45.9	44.8	0.9
不等距離拍攝組(黃色)	132.3	45	45.9	0.7

4. 拍攝夾角的影響

此外為了解拍攝角度不同對 3D 重現的影響，所以拍攝的距離固定為 2.5 m，拍攝夾角分別為 30° 、 60° 、 90° ，每一種角度各拍二張相片。圖 5-10 為不同拍攝夾角的位置圖，圖中間的長方形為鐵架的位置，A 點為第一張拍攝位置點，B 點為各組第二張拍攝位置點。表 5.8 為不同拍攝角度所重現的尺寸，跟真實的剛架 132.2 cm x 45.5 cm x 45.5 cm 比較，由表所示當拍攝的夾角為 90° 時，所重現的的誤差值最小為 2.7 %，可得知當拍攝的角度為 90° 所重現的精確度會愈高。

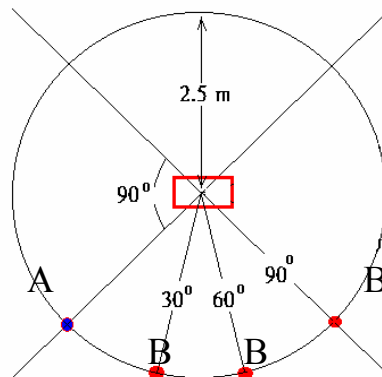


圖 5-10 不同拍攝夾角的位置圖

表 5.8 不同拍攝角度所重現之尺寸

相片夾角	長 (cm)	寬 (cm)	高 (cm)	平均誤差值(%)
30 ⁰	123.4	40.4	49.5	8.9
60 ⁰	128.1	42.5	48.1	5.1
90 ⁰	130.1	44.2	47.2	2.7

5. 相片張數的影響

不同張數的相片，來重現鐵架的形狀及尺寸，相片在拍照時距離固定為 2.5 m，拍攝夾角二張相片時為夾角 90⁰，三張相片以上時，其拍攝夾角將 360⁰ 等分，其條件列於表 5.9。使用的相片愈多，重現的精確度愈高，當重現的相片在 4 張時以上時，其精確度達到一穩定狀態，由實驗可知重現 3D 模型時，所使用的相片愈多，所重現的精確度愈高。

表 5.9 使用不同張數的相片所重現的鐵架尺寸

相片張數	夾角	長 (cm)	寬 (cm)	高 (cm)	最大的誤差值 (%)
二張相片重現	90 ⁰	131.1	43.2	47.2	3.2
三張相片重現	120 ⁰	130.5	44.4	46.3	1.8
四張相片重現	90 ⁰	132.5	45.7	45.9	0.5
五張相片重現	72 ⁰	132	44.9	45.5	0.5
六張相片重現	60 ⁰	132.6	45.6	45.1	0.5

5.5.2 實際道路現場重現之分析

1. 現場資料

由於肇事重建主要目的為得知肇事車輛和跟周圍景物的相對位置、標示方位、煞車痕、刮擦地痕、散落物及道路交通設施等，所以模擬一肇事現場，是實際駕駛車輛於一般的道路上，而後採取緊急煞車的動作，使路面產生煞車胎痕跡，並在車後放置一木板，模擬散落物，並在現場拍攝八張相片。圖 5-11 為重現場相片。



圖 5-11 為重現場相片

圖 5-12 為重現場的簡圖，圖中藍色正方形為拍攝的位置圖，E、I 為前輪停止位置，D、H 為後輪停止位置，C、G 為煞車痕跡起始位置，F 為掉落物位置，L 為水溝蓋板位置。本實驗欲還原之尺寸有煞車胎痕長度、車體尺寸，路面寬度、散落物位置、車子位置等，其實際的尺寸列於表 5.10。

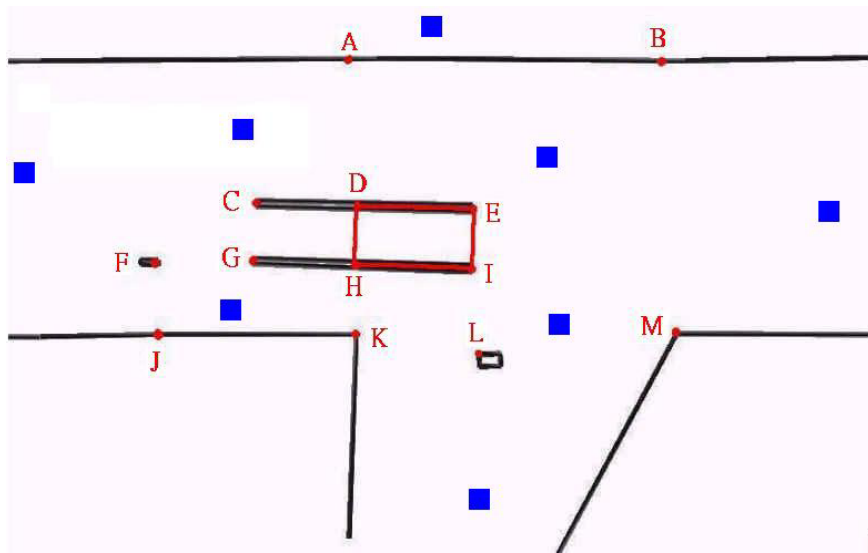


圖 5-12 為重現場的簡圖

表 5.10 現場實際的尺寸

點位置	名稱	尺寸 (cm)
A-K	主道路寬	682
K-M	巷子出口路寬	780
C-E	煞車胎痕長度 1	540
G-I	煞車胎痕長度 2	545
F-J	散落物和路旁之間的距離	172
H-K	後車輪和路旁之間的距離	170
I-L	前車輪和水溝蓋板之間的距離	210
	全車長	4435
	全車寬	1715
	輪胎高	56

2. 結果與討論

將 8 張相片輸入 Photomodeler 軟體，重現其現場之 3D 模型，圖 5-13 為重現現場之上視圖，圖 5-14 為重現現場之側視圖，圖 5-15 為重現現場之正視圖。所還原尺寸和實際尺寸之比較列於表 5.11，圖 5-16 為還原尺寸和實際尺寸之誤差比例圖，由表 5.11 及圖 5-16 可知 Photomodeler 軟體除了小型 3D 模型之重現外，也可用在車禍現場大範圍之重現，且重現之誤差可達 3 % 以下，精確度非常高。而在巷子出口寬度的誤差值會最大，是由於實驗當天太陽很大，使得相片在巷子出口的部分形成反光，造成判讀上的困難因而造成誤差增大。

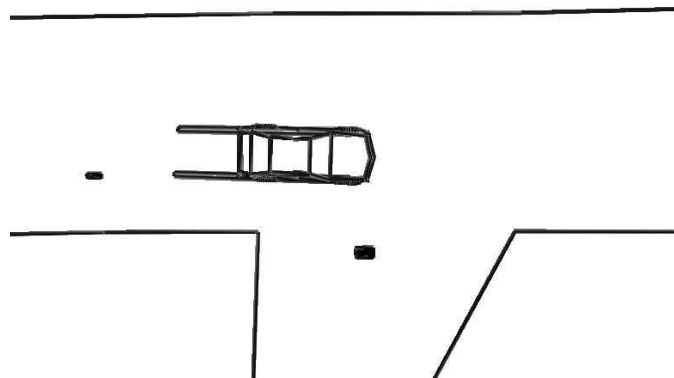


圖 5-13 重現現場之上視圖



圖 5-14 重現現場之側視圖



圖 5-15 重現現場之正視圖

表 5.11 還原尺寸和實際尺寸之比較表

名稱	實際尺寸(cm)	還原尺寸(cm)	誤差值(cm)	誤差比 (%)
主道路寬	682	686	-4	0.6
巷子出口路寬	780	799	-19	2.4
煞車胎痕長度 1	540	549	-9	1.7
煞車胎痕長度 2	545	541	4	0.7
散落物和路旁之間的距離	172	170	2	1.2
後車輪和路旁之間的距離	170	169	1	0.7
前車輪和水溝蓋板之間的距離	210	208	2	1.0
全車長	4435	4381	54	1.2
全車寬	1715	1694	21	1.2
輪胎高	56	55.2	0.8	1.4

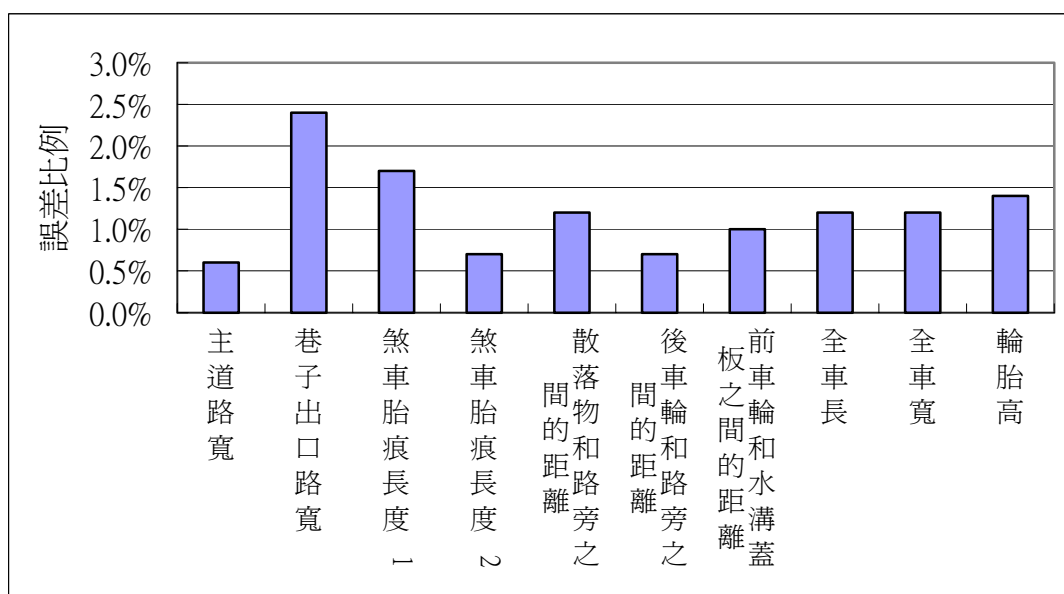


圖 5-16 還原尺寸和實際尺寸之誤差比例圖

由重現的 3D 模型圖可得知 Photomodeler 軟體配合現場所拍攝的相片，可將煞車痕跡重現出來，並且可量測出煞車痕跡的長度，對於鑑定委員了解肇事的速度及行車方向有很大的幫助。此外對於真實的幾何形狀、現場的散落物位置及尺寸、車輪與車框的曲線和道路彎曲幾何形狀與坡度，也可真實的呈現。由於 Photomodeler 可重現較複雜的形狀，且誤差也小，所以可以利用此軟體來重現肇事車輛毀損部位、毀損寬度、毀損高度及毀損的深度，由車子毀損的變形程度可以了解車子碰撞的接觸情形、受力的方向及碰撞力的大小，進而推估出車子碰撞時行向及肇事車輛速度的變化。此外，本軟體也可利用貼圖的功能將車子外殼鍍漆重現出來，在蒐集肇事資料時，可以利用貼圖功能，將車子有刮痕的地方完整的重現出來(見圖 5-17)。

綜上所述，在 5-2 節所提到的國內肇事現場資料蒐集的一些缺失，可利用此技術作較大幅度的改善。



圖 5-17 利用貼圖功能重現車子有刮痕的地方

5.6 實際肇事案例之分析

本實驗選擇了一調查資料較完整的實際肇事之案例，將 3D 重現技術以及肇事重建軟體應用在此實際肇事案例裡，以了解本研究在實際肇事案例的幫助，選擇此案例的主要因素有：

1. 肇事現場的有較多明顯之記號，能夠增加處理員警重建肇事現場的精確度。
2. 處理事故員警紀錄的資料非常完整，可讓人充分了解肇事現場和肇事發生之情形。
3. 肇事者無吸毒、喝酒，肇事者在製作筆錄時能清楚的回答。
4. 事故現場的相片很多，對於事故現場之重現有很大的幫助。

5.6.1 偵訊筆錄、道路交通事故調查報告、事故現場相片

以下為處理事故的員警所做的道路交通事故調查報告、肇事現場圖以及肇事現場相片。表 5.12 為肇事筆錄摘要資料，圖 5-18 為員警所繪製的肇事現場圖。

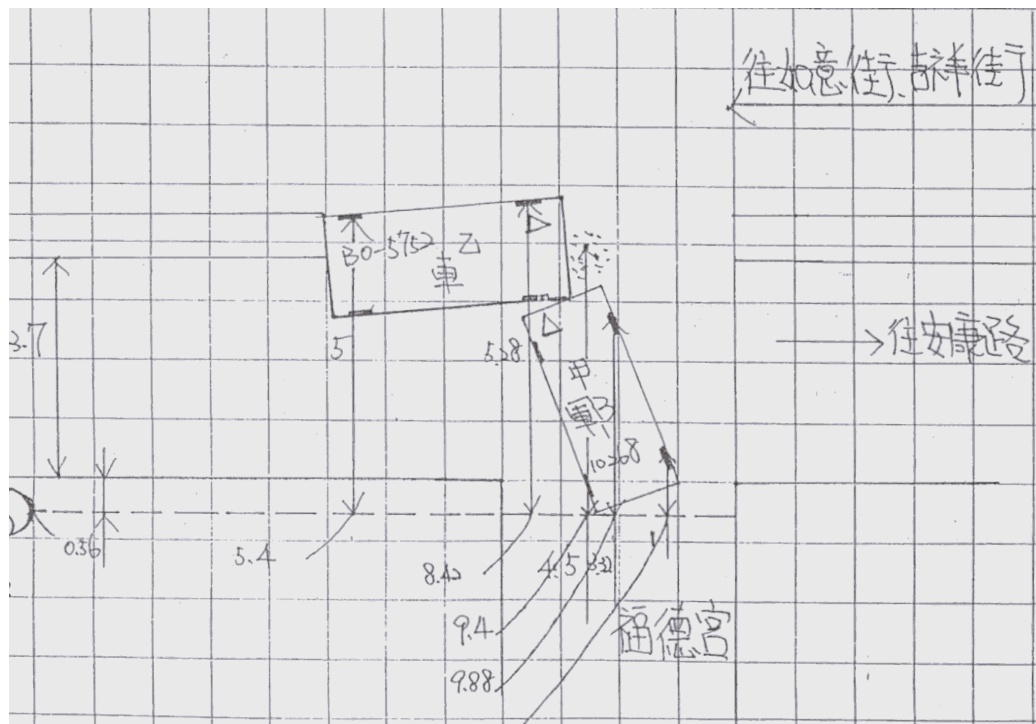


圖 5-18 員警繪製之肇事現場圖

表 5.12 肇事筆錄摘要資料

肇事時間		90 年 8 月 8 號 6 時 0 分		肇事地點		新店市玫瑰路福德宮前		
姓名		性別	出生年月	車號、車種		職業	駕照	住址
小王(甲)		男	691012	A1111、小客車		軍	有照	台北市
小李(乙)		男	410215	B2222、小貨車		自由業	有照	台北縣
現場處理單位			台北縣警察局新店分局			警 員		
一般狀況		傷亡情形：小王(甲)無傷、小李(乙)無傷 車輛損壞情形：車號 A1111 自小客車車頭損壞，車號 B2222 小客貨車右保險桿彎曲，右前方向燈蓋破壞。 天候：晴 光線：日間自然光線 路況：市區道路，限速 40 公里，彎曲路及附近無號誌，坡路						
肇事經過		小李(乙)駕駛自小客貨車，於前述時間，沿玫瑰路往安康路新向行駛，行經肇事地點，與右方小王(甲)駕駛自小客車從福德宮出來欲左轉玫瑰路時發生碰撞。						
特別狀況		小王(甲)「警訊略…我駕駛自用小客車由福德宮欲左轉至玫瑰路往吉祥街，轉彎前兒向左方查看有無來車，再向右方查看，雙方向並來車，我接著踩油門準備左轉，再向左看時，對方車已從如意街駛出，兩車距離約 10 公尺，我立即踩煞車，就撞上；問…你看到對方車子從如意街要駛出時位置在何處…如何處置…答…我的車頭已經在玫瑰路上，當時我想他會讓我所以就把車子開出去，當我看到再踩煞車就撞上；當時車速約小時 10 至 15 公里」 小李(乙)「警訊略…駕駛自小客貨車走玫瑰路往安康路新店方向，當我車開到玫瑰路 38 號前，發現有一部軍車…從福德宮出來要左轉玫瑰路，我當時踩煞車、按喇叭、並將方向盤向左打以閃避軍車，而軍車未有任何措施，導致軍車撞上我的右前車角，當時時速約 30 左右公里/小時」						

5.6.2 肇事現場重現結果

根據員警所製作之道路交通事故調查報告表及肇事現場圖可得知肇事現場各物件之尺寸及位置，另外由 Photomodeler 軟體配合肇事

現場相片，重現肇事現場的 3D 模型，如圖 5-19 所示。

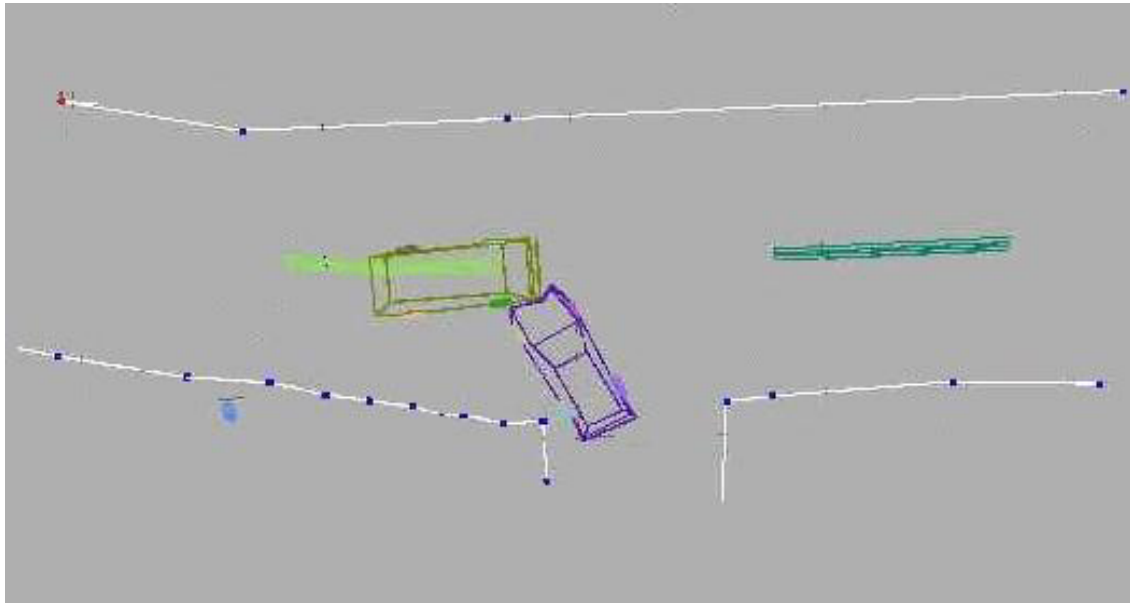


圖 5-19 Photomodeler 軟體所重現的 3D 模型

由於員警所繪製的肇事現場圖經掃瞄器儲存進電腦之後，變得比較不清楚，所以重畫一張肇事現場圖(見圖 5-20)，其中 A 點為小貨車的左後輪，B 點為小貨車的左前輪，C 點為小客車的右前輪，D 點為小客車的右後輪，E 點為電線桿的位置，F 點為從 A 點出發平行 Y 軸之直線跟人行道的交點，G 點為從 B 點出發平行 Y 軸之直線跟人行道的交點，H 點為從 C 點出發平行 Y 軸之直線跟人行道的交點，I 點為從 D 點出發平行 Y 軸之直線跟人行道的交點。

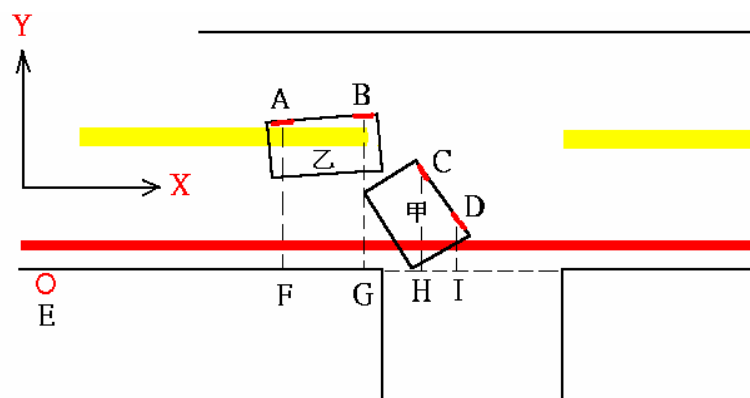


圖 5-20 重畫的肇事現場圖

表 5.13 為員警所量測的尺寸及位置跟重現的 3D 模型的比較表，圖 5-21 為員警所量測的尺寸及位置跟重現的 3D 模型的比較圖，在車

子長寬高的重現尺寸誤差在 5 %之內，跟第四章相機有校正的誤差值 3 %比較，誤差是較大，主要原因為不知道員警所使用的相機是那種型式，所以不知道相機的基本參數，造成了誤差較大。各物件的位置誤差值最大到 9 %，原因是各物件的位置長度是由員警用人工量測紀錄，此誤差也包含了人為的誤差，可能造成誤差值的提高。

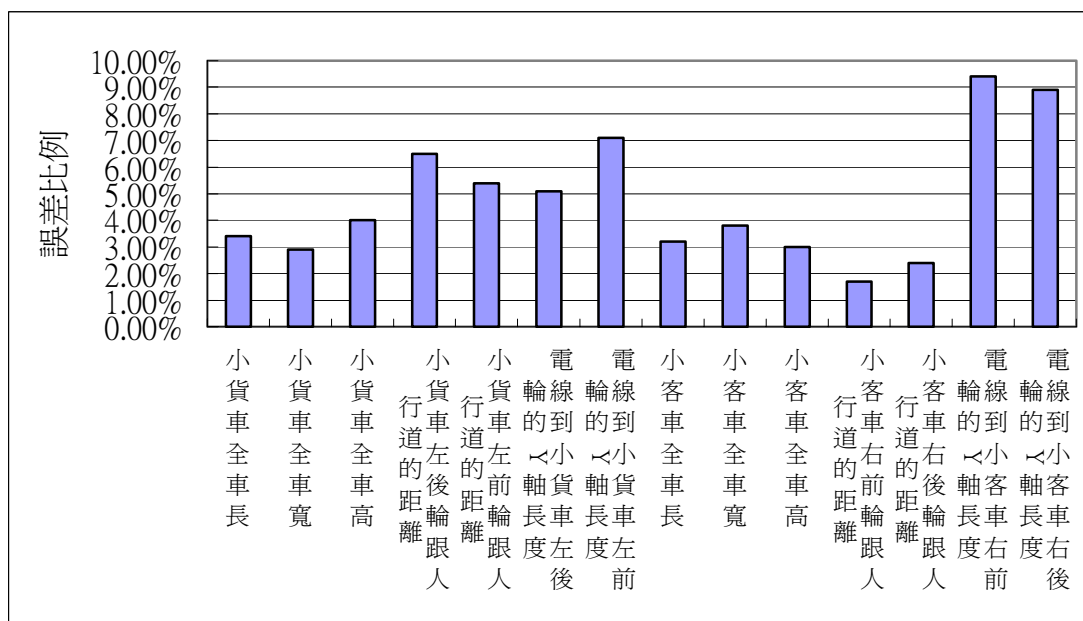


圖 5-21 員警量測尺寸及位置與 3D 重現之比較

表 5.13 員警所量測的尺寸及位置跟重現的 3D 模型的比較表

線 段	尺寸名稱	量測值(cm)	3D 重現的值(cm)	誤差(%)
	小貨車全車長	4.870	470.6	3.4
	小貨車全車寬	1.745	169.5	2.9
	小貨車全車高	1.920	184.4	4.0
A---F	小貨車左後輪跟人行道的距離	500.0	532.4	6.5
B---G	小貨車左前輪跟人行道的距離	528.0	556.4	5.4
E---F	電線到小貨車左後輪的 Y 軸長度	540.0	567.8	5.1
E---G	電線到小貨車左前輪的 Y 軸長度	842.0	781.9	7.1
	小客車全車長	431.6	445.2	3.2
	小客車全車寬	167.5	161.2	3.8
	小客車全車高	151.5	156.1	3.0
C---H	小客車右前輪跟人行道的距離	332.0	337.5	1.7
D---I	小客車右後輪跟人行道的距離	100.0	97.6	2.4
E---H	電線到小客車右前輪的 Y 軸長度	988.0	1080.4	9.4
E---I	電線到小客車右後輪的 Y 軸長度	1078.0	1174.4	8.9

5.6.3 肇事車變形程度的量測

由重建的汽車模型可以量測出車子變形的程度，將車子所變形的值輸入肇事重建軟體可將肇事當時之情況重現出來，圖 5-22 為量測車子變形程度的方法，首先將汽車的保險桿長度取六個點，分為五等分，此六點的名稱分別為 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 ，然後使用 3D 重現軟體量測各點變形的程度。

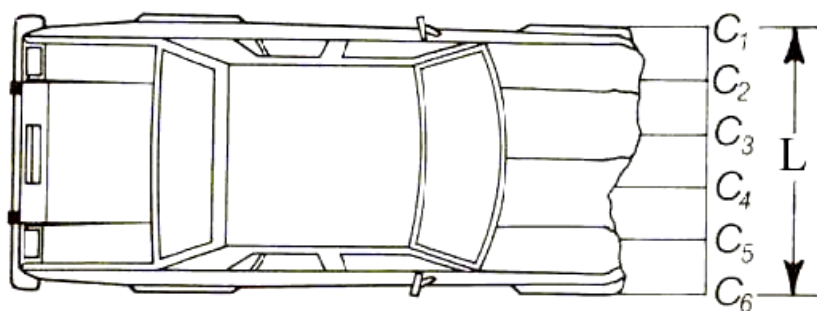


圖 5-22 量測車子變形程度的方法

1 小客車變形的量測

由筆錄及相片我們知道，小客車前保險桿凹陷、水箱破裂、右大燈及方向燈損壞、引擎蓋凸起。車子損害報告，員警所記錄的為文字敘述為主，相片為輔，可知道車子損壞的部位以及零件，但卻沒有車子變形的程度，Photomodeler 可重現車子損壞的 3D 模型，並可精確的量測出車子變形的程度。圖 5-23 為小客車受損情況相片圖，圖 5-24 為利用相片重現的甲車(小客車)受損情況圖，由量測的結果可知保險桿長度為 1.55 m，本研究延保險桿高度，把保險桿平均分為十個斷面，量測肇事車輛變形尺寸，表 5.14 為沿車(小客車)十個斷面的變形尺寸表。



圖 5-23 小客車受損情況相片圖

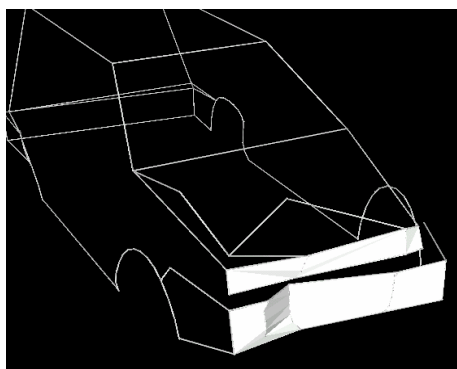


圖 5-24 重現後之小客車受損圖

表 5.14 小客車變形尺寸表

變形點名稱	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
變形點的位置(m)	0	0.31	0.62	0.93	1.24	1.55
第一層變形尺寸(m)	0.000	0.037	0.103	0.043	0.013	0.000
第二層變形尺寸(m)	0.000	0.039	0.106	0.044	0.014	0.000
第三層變形尺寸(m)	0.000	0.049	0.107	0.052	0.027	0.000
第四層變形尺寸(m)	0.000	0.059	0.121	0.069	0.031	0.000
第五層變形尺寸(m)	0.000	0.123	0.232	0.159	0.080	0.000
第六層變形尺寸(m)	0.000	0.103	0.222	0.143	0.079	0.000
第七層變形尺寸(m)	0.000	0.097	0.206	0.127	0.072	0.000
第八層變形尺寸(m)	0.000	0.079	0.167	0.111	0.060	0.000
第九層變形尺寸(m)	0.000	0.064	0.151	0.103	0.056	0.000
第十層變形尺寸(m)	0.000	0.056	0.127	0.075	0.048	0.000

2 小貨車變形的量測

由筆錄及相片我們知道，小貨車右前防撞桿斷裂及右前角板金往內縮，右大燈蓋尾方向燈壞。圖 5-25 為小貨車受損情況的相片，圖 5-26 為利用相片重現的小貨車受損情況圖，由量測的結果可知乙車(小貨車)重現的保險桿長度為 1.69 m，表 5.15 為小貨車十個斷面的變形尺寸表。



圖 5-25 小客貨車受損情況相片

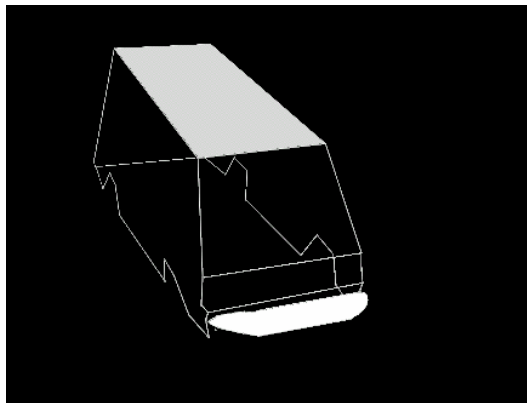


圖 5-26 重現後之小客貨車受損圖

表 5.15 小貨車變形尺寸表

變形點名稱	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
變形點的位置(m)	0	0.34	0.58	1.01	1.35	1.69
第一層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.169
第二層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.167
第三層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.168
第四層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.166
第五層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.170
第六層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.168
第七層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.168
第八層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.169
第九層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.165
第十層變形尺寸(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.168

5.6.4 肇事重建軟體(PC-Crash)之模擬分析

PC-Crash 軟體由肇事調查報告表的資料來分析肇事時的駕駛行為，由第四章知 PC-Crash 操作時要輸入的資料有汽車的型號、道路的情況、汽車的變形程度等，而由人為推估的資料有碰撞時車速、汽車減速度、車輪轉向角等。

由肇事現場調查報告表找出欲輸入 PC-Crash 軟體的基本資料(見表 5.16)，然後使用試誤法，依照肇事筆錄來推估肇事當時的碰撞車速、減速度、車輪轉向角度，並由軟體的動畫來得知肇事發生的經過。圖 5-27~29 為肇事發生之經過圖。

表 5.16 輸入 PC-Crash 軟體之基本資料

甲車的型號	NISSAN 所生產的 N-RV 車款
甲車的載重	二人約 120 公斤
甲車的變形量	由重現的 3D 模型所得
甲車的行向	出巷口欲左轉到玫瑰花路
乙車的型號	三菱汽車所生產的 DELICA 車款
乙車的載重	一人 60 公斤
乙車的變形量	由重現的 3D 模型所得數據
乙車的行向	沿玫瑰路直行
道路的幾何形狀	三岔路
地面的乾溼	乾路面

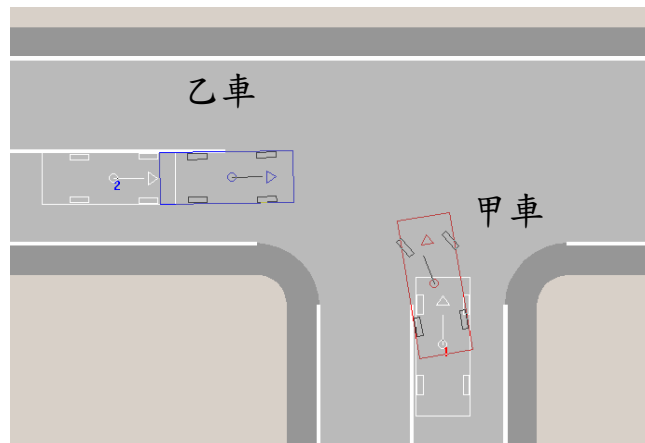


圖 5-27 肇事發生之經過圖(一)

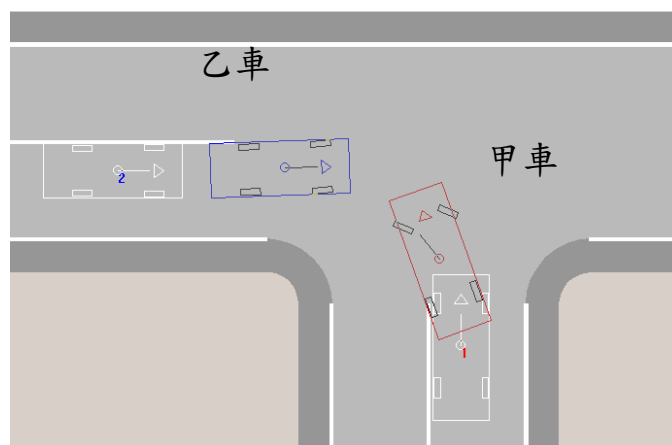


圖 5-28 肇事發生之經過圖(二)

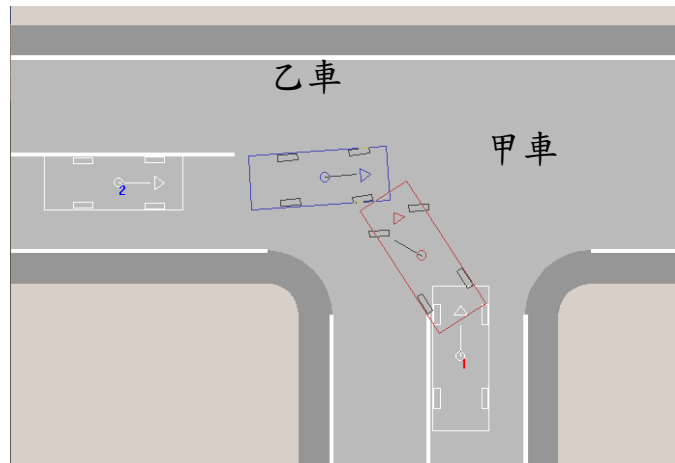


圖 5-29 肇事發生之經過圖(三)

當 PC-Crash 所模擬出來的肇事車位置與車禍後所繪製的事故現場圖接近時，所推估出來的碰撞車速、減速度、車輪轉向角度為肇事當時之行駛情況。圖 5-30 為肇事後位置比較圖

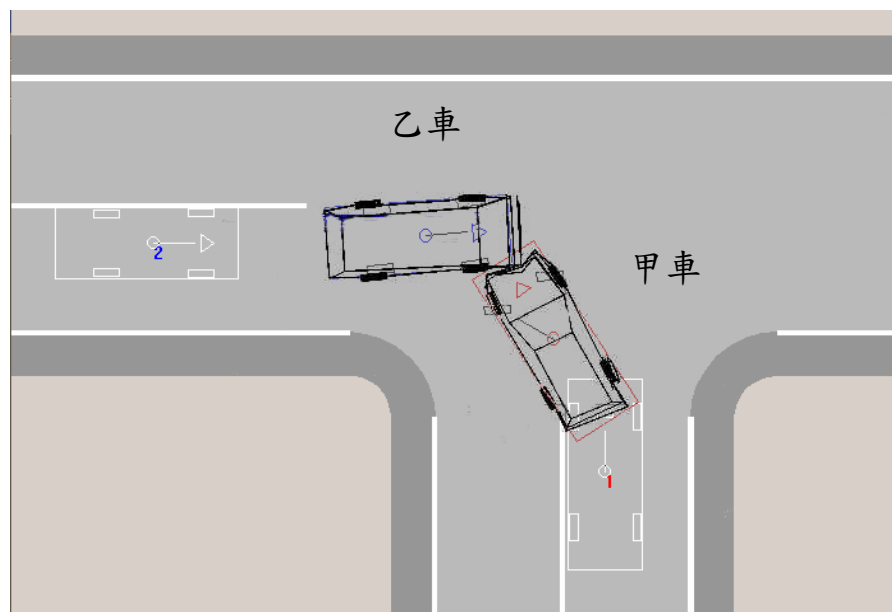


圖 5-30 肇事後位置比較圖

表 5.17 為肇事者雙方口述與 PC-Crash 軟體模擬之結果比較，表中之斷面層數之定義茲說明如下：一層斷面係指最大的變形尺寸，三層斷面則是以最大的變形尺寸為基準再加上上下各一組後取平均值，五層斷面則上下各取二組後取平均，餘依此類推。

表 5.17 肇事者口述與 PC-Crash 模擬比較

斷面層數	肇事車輛	斷面變形尺寸(m)						當事人口述			PC-Crash 模擬結果		
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	(km/h) 車碰撞當時速	(m/s ²) 減速度	車輪轉向	(km/h) 車碰撞當時速	(m/s ²) 減速度	車輪轉向
1	甲車	0.000	0.123	0.232	0.159	0.080	0.000	甲車碰撞當時車速約為 10 (km/h)。 乙車碰撞當時車速約為 30 (km/h)。	甲車與乙車在肇事當時均有煞車動作。	甲車：出巷口欲左轉到玫瑰路時發生碰撞。 乙車：將方向盤向左轉以閃避軍車。	15	0.2	向左 63°
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.170				31	1.3	向左 5.5°
3	甲車	0.000	0.095	0.192	0.124	0.063	0.000				12.3	0.2	向左 63°
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.168				30	1.3	向左 5.5°
5	甲車	0.000	0.086	0.178	0.110	0.058	0.000				11.5	0.1	向左 62°
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.170				31	1.2	向左 5.4°
7	甲車	0.000	0.078	0.166	0.101	0.052	0.000				11.1	0.1	向左 62°
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.169				30.6	1.2	向左 5.4°
10	甲車	0.000	0.071	0.154	0.093	0.048	0.000				10.7	0.7	向左 61°
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.168				30	1.1	向左 5.2°

由於此案例只有在碰撞時的車速有較明確的記錄，所以本研究以肇事筆錄所記錄的碰撞速度與各組所推估的碰撞速度比較，找出各組影響推估值的趨勢。

圖 5-31 為甲車推估速度值比較表，由圖可以看出，肇事車變形的尺寸的斷層取的愈多，所建的 3D 模型愈真實，推估的碰撞速度值愈接近實際的碰撞速度。圖 5-32 為乙車推估速度值比較表，由於各斷面的變形尺寸值相近，所以推估的碰撞速度值變化不大，且接近實際的碰撞速度。在實務上若可以找到撞擊點的位置，則可以更明確地找到 C1~C6 值來作為碰撞車速之計算。

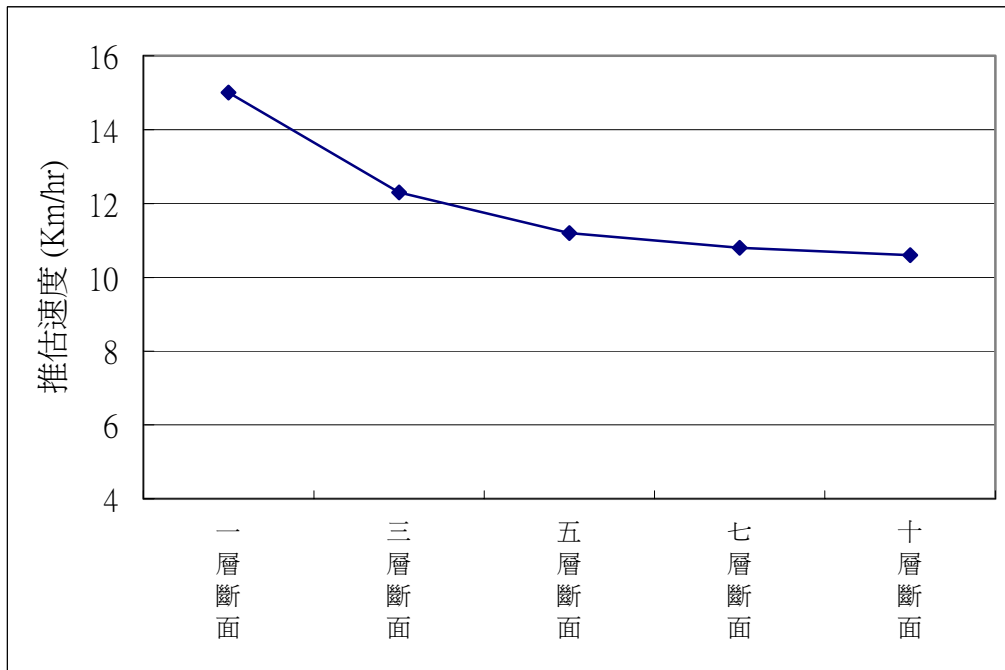


圖 5-31 甲車推估速度值比較

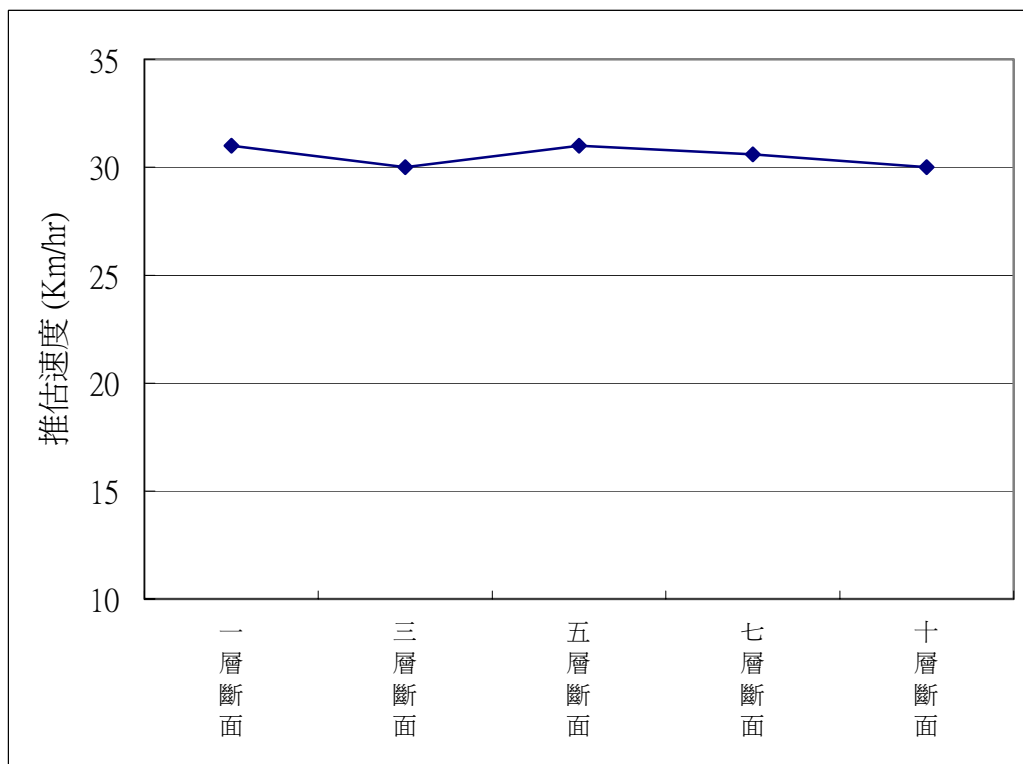


圖 5-32 乙車推估速度值比較

5.7 道路交通事故處理資料

目前國內有關道路交通事故處理的資料共有兩項，第一項為民國 89 年 11 月由交通部道安委員會與內政部警政署所編印的「道路交通事故處理手冊」，該手冊由於尺寸較小因此方便員警隨身攜帶，此外其內容注重在現場處理的程序，有關肇事原因調查則僅列出交通法規的違規事項判斷原則，故該手冊較適合現場員警在處理交通事故之現場程序及後續處理使用。第二項為民國 83 年 6 月內政部警政署所編印之「道路交通事故處理實務」，該書除了對上述所提之手冊有更詳細的說明之外，同時還包含有行車速度之推估計算，但因為書中所提之內容較為簡單，茲將較為不足之處敘述如下：

1. 書中花了許多篇幅在敘述現場資訊的收集，但是並無適當的表格及分類供員警快速填寫及勾選。
2. 應加強現場識別部分，並配合現代科技 3D 現場重建技術，以大幅減少現場資訊記錄遺漏的缺陷。
3. 現場重建技術的描述較為欠缺，此外在現場調查的資訊收集部分，並未考慮肇事意外重建軟體所需要的資訊，因此較不容易作進一步的分析。

因此本研究將針對上述過與不及之處提出改進以較適合現場員警需求的「道路交通事故處理手冊」為目標，並就內容編訂之具體方向部分提出幾點建議：

1. 建議將第一項「道路交通事故處理手冊」內容中所述之原則與理論部分併入第二項「道路交通事故處理實務」的內容中，供教育訓練及員警處理的主要參考資料用，以簡化現場即時處理的內容。
2. 檢討現場資訊收集內容並將表格圖形
3. 補充現場重建技術。
4. 現場拍攝方法改進。

5.8 現有交通意外事故調查表的評估與建議

為了提高現場員警在處理交通意外事故時之效率，同時也能有效且完整地收集後續事故重建所需之現場資訊，故針對目前國內所使用之交通意外事故調查表進行評估，並提出相關建議事項以提供相關單位參考。茲將建議改進事項整理如下表。

表 5.18 現有交通意外事故調查表的評估與建議表

現有表格已有之內容	建議改進事項
事故現場圖	尺寸常有不足的地方，建議現場攝影時加入參考尺寸，同時對於重要之物證應逐一攝影存證。
筆錄	建議以標準化內容建立表格，以利後續資料庫管理。
拍照注意事項與 12 項須拍證存證之物品	建議增加環場攝影(至少 8 張照片，每隔 45 度拍一張，相鄰兩張應有重複點。)與定點攝影(拍攝位置之夾角須介於 $45^0 \sim 80^0$ 之間，且相鄰兩張應有重複點。)
肇事車輛資料(車號)	建議增加廠牌型號、車輛重心位置，車輛載重狀況、是否配備 ABS、是否配備事故記錄器、車輛是否改裝(輪胎、ABS 系統)以及車損資料。
道路狀況以及意外當事人資料	建立國內路面摩擦係數資料庫
填寫表格之選項對照表	建議可將現有調查表電腦化，並提供下拉選單功能方便員警使用。
分 A1、A2、A3 三類表格	建議將表格簡化成一種。

第六章 綜合結論與未來建議及研究方向

本研究的重點在於改善及修正現行「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」，並針對現場作業流程、速度推估法、事故重建軟體及 EDR 等項目進行探討。關於本研究之結論，茲分述如下：

6.1 結論

1. 在行車速度推估方面：

- (1) 在行車速度推估公式中均是以阻力係數作為計算參數，而非摩擦係數；此外現場量測為煞車胎痕長度而非煞車距離，因此建議將「汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表」改為「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」。
- (2) 傳統根據煞車痕之速度推估公式未考慮 t_s 的影響，造成誤差較大。本研究已加入 t_s 的影響，並提出修正之速度推估數學模式。
- (3) 國內現行之速度推估表，所使用之阻力係數範圍過大。本研究已能較準確地估算阻力係數，以減少推估行車速度之誤差值，並提出新的速度推估表(詳見表 2.32 與 2.33)，提供未來事故現場使用之參考。
- (4) 上述對照表適用於一般柏油路面(鋪設時間：一年內)。在相同的煞車胎痕長度下，對於不同阻力係數誤差所造成之行車速度推估誤差，本表已將換算方式條列於表中，以無 ABS 系統為例，在乾地輕載時，現場量測之煞車胎痕長為 14.83 公尺，則行車速度應為 60km/h，但是若阻力係數增加 5%，則行車速度應改為 61.6km/h。
- (5) 未來可根據每輛車之煞車測試資料，透過本研究所提出之方法及當時路面情況，可較準確地推估每輛車的 t_s 值與阻力係數。

2. 在事故現場重建電腦模擬軟體方面：

- (1) 經比較分析國外目前所使用之各種事故現場重建電腦模擬軟體後，以 PC-Crash6.2 與 EDC 二套最佳。
- (2) 現場資訊收集所得之項目應配合事故現場重建電腦模擬軟體分析所需之參數。

- (3) 本研究利用 PC-Crash6.2 軟體，針對所收集之國內外道路交通事故案例，與本研究之實車煞車試驗進行模擬，分析結果比對後可得頗為接近之結果。未來可將事故重建軟體之分析結果，提供作為肇事鑑定之參考。

3. 事故記錄器方面：

- (1) 事故記錄器(EDR)技術除了可加速行車安全技術的發展外，同時也可以協助判斷意外事故的發生主因，以釐清肇事責任歸屬。
- (2) 事故記錄器中如有配備 GPS 系統及無線收發系統，則可在事故發生時迅速通知急救中心，加速救援的速度。
- (3) 由於目前各家廠商事故記錄器的資料格式尚未統一，因此在事故發生時缺乏統一的資料讀取及重現介面，增加作業的時間及複雜性。由於事故記錄器須與國際接軌，因此待國際規範確定及列為必要設備後，再考慮未來之作法。

4. 現場資訊收集

- (1) 利用現場攝影方法快速記錄現場狀況，除可完整保留現場資訊外，並可藉由 3D 重建技術重現車子損害程度，配合肇事重建軟體重現肇事當時之情形，幫助鑑定委員推估肇事當時車子的行向及駕駛模式，有助於鑑定委員判定肇事責任之歸屬。
- (2) 環場攝影應以事故現場為中心，依據 0° 、 45° 、 90° 、 135° 360° 等 8 組不同拍攝角度拍攝 8 張照片，相鄰兩張應有重複點，拍攝範圍應包括撞擊點位置、散落物位置、車輛停止位置、人員倒地位置以及地面上各種痕跡之位置。
- (3) 針對撞擊點位置(至少 1 張)、車輛停止位置(2 張/每輛車)、人員倒地位置(2 張/每個人)以及車輛損壞情況(3 張/每輛車)須再作定點攝影，相鄰兩張應有重複點。
- (4) 使用 3D 重建軟體時，不同種類相機須先行校正，不同拍攝距離對於重建結果影響不大。
- (5) 根據所拍攝照片，利用 3D 重建軟體將現場各物件之尺寸及位置予以還原，可解決肇事現場平面圖所不能記錄的缺點，如汽車高度、輪胎高度及地形坡度等。

6.2 未來建議及研究方向

由於車禍意外事故的行車速度推估與現場重建問題十分複雜，除了技術方面之外，尚且牽涉到行政體系的權責問題。因此本研究提出以下幾點建議，供相關單位參考：

1. 為提高車禍意外事故的行車速度推估與現場重建之準確度，車輛資料庫之建立確有其必要性，但由於目前國內上市新車之資料並不齊全，因此為使新車之登記資料更加完備，故建議未來在國內上市之新車須提供車輛重心(必須增加)、煞車試驗數據(必須增加)、輪胎軌跡寬度(必須增加)、是否配備 ABS(必須增加)、是否配備事故記錄器(必須增加)、碰撞試驗(未來再考慮)等數據。
2. 目前國外如日本、澳洲等國已逐步建立其國內煞車試驗資料庫，由於煞車試驗之數據對於車禍意外事故的行車速度推估十分重要，因此建議針對過去所出廠的國產車以及上市新車建立煞車試驗資料庫。
3. 關於相關法令與配套措施之擬定，建議由交通部會同經濟部邀集國內汽車製造商、汽車代理商以及公路監理單位，針對車輛基本資料庫、車輛剛性係數資料庫以及煞車資料庫之建立進行討論。
4. 在前述尚無具體共識之前，建議先依據公路監理單位目前「汽車新領牌照登記書」上現有之登記資料，同時參考加拿大國家資料庫內容，建立初步之車輛基本資料庫，缺少之項目如重心位置、懸吊系統與輪胎軌跡寬度等參數，在軟體模擬時，可假設重心位置位於車輛中心點，而懸吊系統與輪胎軌跡寬度則以事故重建軟體所附車輛資料庫中類似車型之設定作為預設值。未來待重心、懸吊系統與輪胎軌跡寬度資料庫建立後，可提高模擬的可靠度。
5. 為計算車輛撞擊前之速度(利用車損法)，須有車輛的剛性係數，但國內目前並無相關資料庫，因此建議未來在國內上市之新車須提供車輛撞擊測試數據，以逐步建立車輛剛性係數資料庫。在目前缺少車輛剛性係數資料庫的情形下，建議可利用美國 NHTSA 之新車撞擊資料庫數據，建立國內類似車型之車輛剛性係數資料庫，或是參考事故重建軟體所附車輛撞擊資料庫中類似車型數據，求出車輛剛性係數。
6. 未來在建立車輛基本資料庫、車輛剛性係數資料庫以及煞車資料庫時所需之試驗場地，建議可由財團法人車輛測試中心(ARTC)

與國內各家車廠協助提供。

7. 路面摩擦係數資料庫部分，建議由交通部行文各公路工程單位將已有之路面摩擦係數量測資料予以彙整並建立資料庫。關於新鋪路面之路面摩擦係數資料庫，建議由交通部修訂相關法令要求各路權單位在新鋪路面後須進行路面摩擦係數量測，並將數據彙整送交主管單位。
8. 為了提高現場員警在處理交通意外事故時之效率，同時也能有效且完整地收集後續事故重建所需之現場資訊，因此建議將現有交通意外事故調查表中各種表格進行資訊數位化，以建立現場資訊收集數位化之能力。
9. 建議整合現有公路監理單位之車籍資料庫，並配合前述數位化現場資訊收集建立道路交通事故資料庫，透過網路系統與各行車事故鑑定會之電腦連線，提供肇事鑑定所需之相關資料。
10. 建議未來可成立「道路交通事故肇因分析中心」，該中心須具備事故重建模擬及 3D 肇事現場重建技術，針對申訴案件或重大肇事進行分析，並將結果送交行車事故鑑定會作為判定肇事責任歸屬之參考。
11. 建議設計並建立現場資訊收集所需標準工具箱，以加速現場員警之作業程序。同時改善現場攝影方法並加入環場攝影，配合 3D 重建技術之建立，以提高肇事現場重建之準確性。

參考文獻

1. 內政部統計資訊服務網 <http://www.moi.gov.tw/W3/stat/>
2. 周文生、陳蔚文，“道路交通事故肇事原因分析程序性模式之研究”，中央警察大學，1998
3. 趙志勇，“汽車煞車系統 ABS 理論與實際”，全華，台灣台北，1997。
4. Leonard C. Buckman, P.E., “Commercial Vehicle Braking Systems : Air Brakes, ABS and Beyond”, The 43rd L. Ray Buckendale Lecture, Meritor WABCO SAE SP-1405
5. Kahane, C. J., “Preliminary Evaluation of the Effectiveness of Antilock Brake Systems for Passenger Cars”, Technical Report No. 808 206 Washington, DC : National Highway Traffic Safety Administration, 1994
6. Macher, F. E., “Safety is a Standard, Not an Option”, Remarks to Auto Press Association, Detroit, MI, November 1997
7. Hertz, E., Hilton, J., and Johnson, D. M., “Analysis of the Crash Experience of Vehicles Equipped with Antilock Brake System (ABS) – An Update”, ESV 98-S2-O-07, Enhanced Safety of Vehicles Conference, February 1998
8. Limpert Rudolf, “Brake Design and Safety”, 1992
9. 趙志勇，“汽車煞車系統 ABS 理論與實際”，全華，台灣台北，1997
10. <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/vrtc/ca/HeavyTruck.htm>
11. Wouterse, J.H., “Critical Torque of Eddy Current Brake with Widely Separated Soft Iron Poles,” IEEE Proceedings, Vol. 138, July 1991
12. WABCO Fahrzeugbremsen, “EBS (EPB) -Electronically Controlled Braking System”, 1998
13. Federal Register / Vol. 66, No. 221 / Thursday, November 15, 2001 / Notices
14. 徐業良,”汽車購買指南雜誌”，2002/2
15. Gary Ganaway, ArvinMeritor, “Air Disc Brake Production, Use & Performance”, January 28, 2002
16. WABCO Fahrzeugbremsen, ”Trailer EBS-System Description”, 1999

17. <http://www.meritorwabco.com>
18. Charlie Schott, "Electronic Braking System(EBS)", January 28, 2002
19. Garrick J. Forkenbrock, Mark Flick, and W. Riley Garrott, "A Test Track Study of Light Vehicle ABS Performance Over a Broad Range of Surfaces and Maneuvers", National Highway Traffic Safety Administration Vehicle Research and Test Center, 1999
20. <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/vrtc/ca/HeavyTruck.htm>
21. Baker J. Stannard, "PERCEPTION AND REACTION IN TRAFFIC ACCIDENTS", Topic 864 of the Traffic Accident Investigation Manual, Northwestern University Traffic Institute, 1990
22. 內政部警政署, "道路交通事故處理實務", 1994/6
23. U.S Army Aberdeen Test Center, "Consumer Braking Information, Work Performed by U.S. Army Aberdeen Test Center, Phase I", National Highway Traffic Safety Administration, 1998
24. Garrick J. Forkenbrock, Mark Flick, and W. Riley Garrott, "A Test Track Study of Light Vehicle ABS Performance Over a Broad Range of Surfaces and Maneuvers", National Highway Traffic Safety Administration Vehicle Research and Test Center, 1999
25. U.S. Army Aberdeen Test Center, "Consumer Braking Information, Work Performed by U.S. Army Aberdeen Test Center, Phase II", National Highway Traffic Safety Administration, 1999
26. Office of Regulatory Analysis and Evaluation, "Tire Pressure Monitoring System FMVSS No.138", National Highway Traffic Safety Administration, 2001
27. Baker J. Stannard, "Traffic Accident Investigation Manual", Northwestern University Traffic Institute, 1975
28. Manfred Becke, "Motorcycle Sliding Deceleration," Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, 2/85
29. R.W. Rivers, "Technical Traffic Accident Investigators' Manual", Charles C Thomas, USA, 1995
30. 1. R.W. Rivers, "Technical Traffic Accident Investigators' Manual", Charles C Thomas, USA, 1997
31. 林大煜、廖慶秋, "我國汽車煞車距離與行車速度關係之測試與研究", 交通部運輸研究所, 台灣台北, 1995

32. 林豐福、廖慶秋，“煞車距離與行車速度影響關係之試驗與研究”，交通部運輸研究所，台灣台北，1997
33. 林大煜、廖慶秋，“影響汽車煞車距離相關因素之探討與分析”，交通部運輸研究所，台灣台北，1996
34. Gary W. Cooper, “Work, Energy, and Speed from Damage in Traffic Accidents”, Topic 870 of the Traffic Accident Investigation Manual, Northwestern University Traffic Institute, 1990
35. James A. Neptune, James E. Flynn, Philip A. Chavez, and Howard W. Underwood, “Speed From Skids: A Modern Approach”, SAE 950354, 1995
36. Rudolf L., “Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis, Third edition”, The Michie Company, Charlottesville, Va, 1989
37. 林大煜、廖慶秋，“車輛安全配備 ABS 防鎖死煞車系統效用評估”，交通部運輸研究所，台灣台北，1996
38. 日本新車測試中心 <http://www.osa.go.jp/indexe.html>
39. Movit 煞車器公司 <http://www.movit.de/home.htm>
40. 澳洲國家公路和車輛協會 <http://www.nrma.com.au/Page/Public?PageId=welcome>
41. McHenry B. G., “SMAC Computer Program”, McHenry Software, Inc.
42. McHenry B. G., and McHenry R. R., “SMAC-97 Refinement of the Collision Algorithm”, SAE 970947, 1997
43. 呂岱穎，“汽車系統動態模擬及事故重現”，國立中央大學機械工程研究所，1998
44. Weir D. H., Shortwell C. P., and Johnson W. A., “Dynamics of the Automobile Related to Driver Control”, SAE 680194, February 1968.
45. Emori, R.I., “Analytical Approach to Automobile Collisions”, SAE 680016, 1968
46. McHenry, B. G., and McHenry, R. R., “CRASH-97 Refinement of the Trajectory Solution Procedure”, SAE 970949, 1997
47. Brain G. McHenry, “The Algorithms of CRASH”, McHenry Software,

Inc

48. Terry D. Day, and Randall L. Hargens, "Application and Misapplication of Computer Programs for Accident Reconstruction", SAE 890738, 1989
49. R. W. Rivers, "Traffic Accident Investigators' Manual 2nd Edition A Levels 1 and 2 Reference, Training and Investigation Manual", Charles C. Thomas Publisher
50. Gary W. Cooper, "Work, Energy, and Speed from Damage in Traffic Accidents", Topic 870 of the Traffic Accident Investigation Manual, Northwestern University Traffic Institute, 1990
51. James A. Neptune, George Y. Blair, and James E. Flynn, "A Method for Quantifying Vehicle Crush Stiffness Coefficient", Blair, Church & Flynn Consulting Engineering, SAE 920607, 1992
52. Brian G. McHenry, "Accident Reconstruction Techniques and Accuracy", McHenry Software Inc
53. Donald E. Siddall, and Terry D. Day, "Updating the Vehicle Class Categories", SAE 960897, 1996
54. Terry D. Day, "An Overview of the HVE Vehicle Model", SAE 950308, 1995
55. "HVE Manual Forth Edition", Engineering Dynamics Corporation, February 2001
56. "PC-Crash6.2 Technical Manual", Macinnis Engineering Associates, October, 2001
57. Kudlich H., "Beitrag zur Mechanik des Kraftfahreug-Verkehrsunfalls", Dissertation TU-Wien, 1966.
58. Slibar A., "Die mechanischen Grundsätze des Stoßvorganges freierund geführter Körper und ihre Anwendung auf den Stoßvorgang von Fahrzeugen", Archiv für Unfallforschung, 2.Jg., H. 1, 1966, 31ff.
59. Bailey, M.N., Wong, B.C., Lawrence, J.M., "Data and Methods for Estimating the Severity of Minor Impacts ", SAE 950352, 1995
60. Moser, A.and Steffan, H., "Automatic Optimization of Pre-Impact Parameters Using Post-Impact Trajectories and Rest Positions", SAE 980373.
61. J. Wittenburg, Dynamics of Systems of Rigid Bodies", B.G. Teubner Stuttgart 1977.

62. Huston, Ronald L., Multibody Dynamics, Butterworth-Heinemann 1990.
63. Führer,C.; Leimkuhler B., "Formulation and Numerical Solution of the Equations ofConstrained Mechanical Motion", DFVLR Forschungsbericht; DFVLR 89-08.
64. Haug, E.J., "Computer Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems", Volume I: Basic Methods, Allyn and Bacon Series in Engineering, Allyn and Bacon, Boston 1989.
65. William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, "Numerical Recipes in C", 2 nd Edition, Cambridge University Press 1992.
66. Dr. Steffan Datentechnik, "PC-Rect Operation & Technical Manual", Macinnis Engineering Associates, January, 1997.
67. Yamawaki, "Traffic Accident Data Recorder and Traffic Accident Reproduction System", Patent_US5446659, Aug.29, 1995
68. Brede, Flach, Gawlick, Hirschmann, and Kreibich, "Electronic Sensor for Triggering Safety Device during the Crash of Vehicles", Patent_US3870894, March 11, 1975
69. Zottnik, "Accident Data Recorder", Patent_US4638289, January 20, 1987
70. NHTSA EDR Working Group, "NHTSA Research Public Meeting November", November 2001
71. 交通部運研所,"數位式行車記錄器功能技術規範建立與示範應用之研究", 2002
72. Yamawaki, "Traffic Accident Data Recorder and Traffic Accident Reproduction System", August 1995
73. Brede, Flach, Gawlick, Hirschmann, and Kreibich, "Electronic Sensor for Triggering Safety Device during the Crash of Vehicles", Patent_US3870894, March 11, 1975
74. Zottnik, "Accident Data Recorder", Patent_US4638289, January 20, 1987
75. NHTSA EDR Working Group, "NHTSA Research Public Meeting November", November 2001
76. Grossi, D.R., "Aviation Recorder Overview: Proceedings from the International Symposium on Transportation Recorders", pp153-164,

1999

77. Alan German, Kevin J. McClafferty, and Joseph Chan, "The Use of Event Data Recorders in the Analysis of Real-World Crashes", 2001
78. <http://www.nhtsa.dot.gov/>
79. NHTSA EDR Working Group, "Event Data Recorders", August 2001
80. Jon J. Mackey, Christopher J. Brogan, Edward Bates, Stephen Ingalls, and Jack Howlett, "Digital Eye-Witness Systems-LMS System", Loss Management Services
81. <http://www.DriveCam.com>
82. "Instrumentation for Impact Test", SAE J211, October 1988
83. <http://www.iwiwitness.com/>
84. Alan German, "Event Data Recorders New Resource for Traffic Safety Research", Transport Canada
85. Alan German, Kevin J. McClafferty, and Joseph Chan, "The Use of Event Data Recorders in the Analysis of Real-World Crashes", Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference VII, London, Ontario, June 10-13, 2001
86. Joe T. Correia, Ken A. Iliadis, Ed S McCarron, and Mario A. Molej, "Utilizing Data from Automotive Event Data Recorders", Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference VII, London, Ontario, June 10-13, 2001
87. Gerhard Lehmann, and Alan Cheale, "The Contribution of Onboard Recording Sys to Road Safety & Accdient Analysis", United States Paper Number 98-S2-O-34
88. 周文生、陳蔚文, "道路交通事故肇事原因分析程序性模式之研究", 中央警察大學, 1998
89. NASS, "1997 Crashworthiness Data System Data Collection, Coding, and Editing Manual", U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration National Center for Statistic and Analysis Washington D.C., January 1997
90. Fricke, L.B., "Traffic Accident Reconstruction Volume 2 of The Traffic Accident Investigation Manual", Northwestern University Traffic Institute, 1990
91. Baker J. Stannard, "PERCEPTION AND REACTION IN TRAFFIC

ACCIDENTS,” Topic 864 of the Traffic Accident Investigation Manual, Northwestern University Traffic Institute,1990.

92. 陳高村，“由交通行為因果論事故原因競合之肇事責任，中華民國第四屆運輸安全研討會”，民國 86 年，p449-452
93. 張漢威，“車禍處理與鑑定實務”，民國 86 年 6 月再版
94. 陳文志，肇場三度空間投影行為之研究，成功大學交通管理學系碩士論文，民國 83 年。
95. 李宏振，改良網格測距法以還原事故現場之研究，中央警察大學交通管理研究所，民國 90 年。
96. 王瑩偉、丁國樑，影向處理應用於肇事現場帶狀區資料的重現，中華民國運輸學會第七屆論文研討會論文集，民國 83 年。
97. 楊心輝，直接線性轉換法與非量測相機配合應用之精度研究，國立成功大學航空測量研究所碩士論文，民國 83 年。
98. Z. L. Kahn-Jetter, J. A. Turso, and P. J. Pritchard, “Deformed Surface Curve Measurements Using Photogrammetric Techniques,” Experimental techniques(ISSN 0732-8818) Vol. 16, 1992.
99. J. N. Hatzopoulos , “An Analytical System for Close-range Photogrammetry,” Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1985.
100. W. G. Hezer , “ Perspective Grid Photography,” Imaging Technique in Research and Development, 1985.
101. J. S. Baker, and L. B. Fricke, “Traffic Accident Investigation Manual ,” Northwestern University Traffic Institute, 1986.
102. G. C. Smith, “A Method of Photogrammetry from Single Photographic Prints,” Brigham Young University, 1988.

附錄 A 速度推估公式及推估結果

表 A-1 Corona 車，三義路段，乾地輕載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.79	5.79	9.64	14.35	19.91	26.33	33.61	41.75
實測煞車距離 (m)	5.09	8.53	13.13	18.86	25.94	34.17	42.76	52.3
V_1 (Km/hr)	25.53	36.78	46.16	56.31	66.33	74.95	84.68	94.38
V (Km/hr)	28.78	40.03	49.53	60.15	70.63	79.55	89.72	99.57
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.35
推估煞車距離 (S_T)	4.58	8.29	13.01	18.94	25.88	33.71	42.68	52.10
煞車距離誤差 (%)	-10.04	-2.85	-0.88	0.42	-0.25	-1.33	-0.20	-0.39
推估速度誤差 (%)	-4.07	0.08	-0.94	0.25	0.90	-0.57	-0.31	-0.43
阻力係數 (f)	0.92	0.92	0.87	0.87	0.87	0.84	0.84	0.84
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

$V_1 = \sqrt{2aS_s}$, V_1 為煞車痕產生時的車速

$V = \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} + \frac{1}{2} a \cdot t_s$, V 為推估的煞車初速

$S_T = S_s + \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} \cdot t_s + \frac{1}{3} \cdot a \cdot t_s^2 + V \cdot t_{nb}$ 表 A-1~A-16 皆使用 Neptune 之推估公式

表 A-2 Corona 車，三義路段，乾地滿載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.66	6.22	10.79	16.38	22.99	30.61	39.25	48.9
實測煞車距離 (m)	5.42	9.93	15.61	21.76	29.68	39.38	50.77	59.61
V_1 (Km/hr)	24.11	36.86	45.34	55.86	66.18	74.82	84.73	94.57
V (Km/hr)	27.14	39.90	48.38	59.30	70.02	78.89	89.17	99.01
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.35
推估煞車距離 (S_T)	4.36	8.71	14.23	21.08	29.11	38.17	48.53	59.22
煞車距離誤差 (%)	-19.53	-12.25	-8.82	-3.12	-1.92	-3.08	-4.42	-0.66
推估速度誤差 (%)	-9.53	-0.26	-3.24	-1.16	0.02	-1.39	-0.92	-0.99
阻力係數 (f)	0.86	0.86	0.75	0.75	0.75	0.72	0.72	0.72
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-3 Corona 車，三義路段，濕地輕載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	4.44	7.81	12.14	17.42	23.67	30.89	39.06	48.2
實測煞車距離 (m)	5.48	9.69	14.27	21.3	29.1	38.63	47.88	58.51
V_1 (Km/hr)	28.69	38.06	48.09	57.61	67.15	76.20	85.69	95.19
V (Km/hr)	31.27	40.63	50.74	60.56	70.50	79.89	89.77	99.66
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
推估煞車距離 (S_T)	6.38	10.35	15.33	21.61	29.13	37.74	47.50	58.39
煞車距離誤差 (%)	16.41	6.84	7.40	1.46	0.10	-2.30	-0.80	-0.21
推估速度誤差 (%)	4.23	1.58	1.48	0.93	0.71	-0.13	-0.25	-0.34
阻力係數 (f)	0.73	0.73	0.75	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-4 Corona 車，三義路段，濕地滿載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.22	8.11	14.4	22.08	31.15	41.63	53.49	66.76
實測煞車距離 (m)	6.1	10.96	17.42	24.63	34.1	48.35	60.64	76.11
V_1 (Km/hr)	24.44	38.78	47.24	58.49	69.47	76.95	87.23	97.45
V (Km/hr)	27.01	41.35	49.39	60.97	72.27	79.82	90.39	100.91
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35
推估煞車距離 (S_T)	4.92	10.69	17.52	26.42	36.89	48.65	62.18	77.29
煞車距離誤差 (%)	-19.30	-2.43	0.58	7.28	8.17	0.62	2.54	1.55
推估速度誤差 (%)	-9.96	3.39	-1.22	1.61	3.25	-0.23	0.43	0.91
阻力係數 (f)	0.73	0.73	0.61	0.61	0.61	0.56	0.56	0.56
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-5 Corona 車，大甲路段，乾地輕載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.2	5.49	9.72	14.88	20.99	28.03	36.02	44.94
實測煞車距離 (m)	5.3	9.21	13.54	19.7	26.14	34.09	43.86	53.04
V_1 (Km/hr)	22.92	36.21	45.54	56.35	66.92	75.94	86.09	96.16
V (Km/hr)	26.24	39.52	48.80	60.05	71.07	80.37	90.95	101.16
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.35
推估煞車距離 (S_T)	3.85	7.96	13.05	19.46	26.99	35.49	45.21	55.45
煞車距離誤差 (%)	-27.43	-13.60	-3.60	-1.20	3.27	4.11	3.07	4.54
推估速度誤差 (%)	-12.55	-1.19	-2.40	0.09	1.53	0.46	1.05	1.16
阻力係數 (f)	0.94	0.94	0.84	0.84	0.84	0.81	0.81	0.81
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-6 Corona 車，大甲路段，乾地滿載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.53	7.22	11.97	17.78	24.64	32.55	41.53	51.55
實測煞車距離 (m)	5.96	10.06	15.65	22.32	30.19	39.64	48.87	61.44
V_1 (Km/hr)	26.11	37.33	46.79	57.02	67.13	76.62	86.54	96.42
V (Km/hr)	28.79	40.02	49.71	60.33	70.81	80.63	90.93	100.81
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.35
推估煞車距離 (S_T)	5.33	9.73	15.50	22.56	30.83	40.26	50.98	62.04
煞車距離誤差 (%)	-10.58	-3.31	-0.96	1.06	2.12	1.58	4.31	0.98
推估速度誤差 (%)	-4.05	0.04	-0.58	0.54	1.16	0.78	1.03	0.81
阻力係數 (f)	0.76	0.76	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-7 Corona 車，大甲路段，濕地輕載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.58	7.38	12.26	18.23	25.28	33.42	42.64	52.94
實測煞車距離 (m)	5.54	9.6	14.68	21.41	28.33	38.74	47.4	61.34
V_1 (Km/hr)	26.63	38.24	47.68	58.14	68.47	77.09	87.07	97.02
V (Km/hr)	29.38	40.99	50.26	61.01	71.72	80.58	90.94	101.26
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
推估煞車距離 (S_T)	5.41	9.94	15.42	22.45	30.83	40.33	51.18	63.29
煞車距離誤差 (%)	-2.32	3.54	5.05	4.86	8.82	4.10	7.98	3.17
推估速度誤差 (%)	-2.05	2.48	0.51	1.69	2.46	0.73	1.04	1.26
阻力係數 (f)	0.78	0.78	0.73	0.73	0.73	0.70	0.70	0.70
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-8 Corona 車，大甲路段，濕地滿載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	4.13	8.68	14.53	21.68	30.12	39.87	50.91	63.25
實測煞車距離 (m)	6.33	10.94	17.3	24.88	34.61	43.29	55.51	71.49
V_1 (Km/hr)	26.71	38.72	47.45	57.96	68.32	77.95	88.09	98.18
V (Km/hr)	29.11	41.12	49.60	60.43	71.11	81.02	91.47	101.89
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35
推估煞車距離 (S_T)	5.95	11.25	17.66	25.99	35.77	46.98	59.69	73.87
煞車距離誤差 (%)	-5.96	2.86	2.10	4.45	3.36	8.53	7.53	3.33
推估速度誤差 (%)	-2.97	2.80	-0.80	0.72	1.59	1.28	1.64	1.89
阻力係數 (f)	0.68	0.68	0.61	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-9 Vannette 車，三義路段，乾地輕載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.72	6.56	10.21	14.68	19.96	26.05	32.95	40.66
實測煞車距離 (m)	5.4	9.33	14	19.89	27.22	34.53	46.02	55.85
V_1 (Km/hr)	27.67	36.74	46.40	55.63	64.87	74.11	83.35	92.59
V (Km/hr)	30.52	39.60	49.62	59.29	68.97	78.65	88.33	97.71
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.35
推估煞車距離 (S_T)	5.61	9.04	13.59	19.21	25.80	33.36	41.89	50.83
煞車距離誤差 (%)	3.94	-3.11	-2.91	-3.40	-5.21	-3.39	-8.98	-8.99
推估速度誤差 (%)	1.75	-1.01	-0.77	-1.18	-1.47	-1.69	-1.86	-2.29
阻力係數 (f)	0.81	0.81	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-10 Vannette 車，三義路段，乾地滿載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90
實測煞車痕 (m) (S_s)	5.53	9.586667	14.28333	19.59	26.37667	33.86333	43.77
實測煞車距離 (m)	5.78	9.92	14.7	20.09	26.96	34.53	44.52
V_1 (Km/hr)	28.02	36.70	46.98	56.12	65.29	75.41	84.73
V (Km/hr)	30.66	39.35	50.22	59.79	69.39	80.04	89.80
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35
推估煞車距離 (S_T)	6.02	9.54	14.42	20.23	27.04	34.94	43.79
煞車距離誤差 (%)	4.23	-3.83	-1.93	0.70	0.31	1.20	-1.65
推估速度誤差 (%)	2.21	-1.63	0.45	-0.35	-0.88	0.05	-0.23
阻力係數 (f)	0.75	0.75	0.80	0.80	0.80	0.82	0.82
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75

表 A-11 Vannette 車，三義路段，濕地輕載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.57	6.88	11.13	16.33	22.47	29.56	37.59	46.57
實測煞車距離 (m)	6.46	10.84	17.68	22.53	31.38	38.98	54.19	64.85
V_1 (Km/hr)	25.73	35.72	45.12	54.65	64.11	73.53	82.91	92.29
V (Km/hr)	28.30	38.29	47.66	57.48	67.32	77.12	86.89	96.65
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
推估煞車距離 (S_T)	5.34	9.29	14.15	20.33	27.71	36.20	45.78	56.47
煞車距離誤差 (%)	-17.26	-14.27	-19.98	-9.75	-11.70	-7.14	-15.52	-12.92
推估速度誤差 (%)	-5.65	-4.27	-4.68	-4.20	-3.83	-3.60	-3.46	-3.35
阻力係數 (f)	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

附註：本次推估誤差較大的原因可能是實驗時，路面潮濕程度不同所致。

表 A-12 Vannette 車，三義路段，濕地滿載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90
實測煞車痕 (m) (S_s)	4.57	8.04	12.5	17.96	24.41	31.86	40.29
實測煞車距離 (m)	6.23	10.47	15.61	21.94	28.47	36.52	47.71
V_1 (Km/hr)	28.10	37.27	47.81	57.31	66.82	77.39	87.03
V (Km/hr)	30.49	39.67	50.35	60.23	70.12	81.17	91.20
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32
推估煞車距離 (S_T)	6.47	10.53	15.67	22.25	29.98	38.96	49.02
煞車距離誤差 (%)	3.85	0.60	0.37	1.39	5.30	6.69	2.75
推估速度誤差 (%)	1.65	-0.84	0.71	0.39	0.17	1.47	1.34
阻力係數 (f)	0.68	0.68	0.72	0.72	0.72	0.74	0.74
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75

表 A-13 Vannette 車，大甲路段，乾地輕載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.8	6.93	10.95	15.86	21.67	28.36	35.95	44.44
實測煞車距離 (m)	5.47	9.24	14.24	19.99	27.65	34.88	45.54	55.34
V_1 (Km/hr)	27.61	37.29	47.17	56.77	66.36	75.92	85.47	95.03
V (Km/hr)	30.40	40.08	50.28	60.30	70.31	80.29	90.27	99.97
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.35
推估煞車距離 (S_T)	5.69	9.44	14.38	20.47	27.62	35.81	45.07	54.83
煞車距離誤差 (%)	3.97	2.15	0.95	2.38	-0.11	2.68	-1.02	-0.92
推估速度誤差 (%)	1.34	0.20	0.55	0.50	0.44	0.36	0.30	-0.03
阻力係數 (f)	0.79	0.79	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-14 Vannette 車，大甲路段，乾地滿載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.22	5.5	9.7	14.85	20.92	27.94	35.88
實測煞車距離 (m)	5.6	9.4	14.14	20.8	28	36.7	45.1
V_1 (Km/hr)	22.65	35.66	44.95	55.62	66.01	74.88	84.85
V (Km/hr)	25.86	38.87	48.28	59.38	70.21	79.34	89.73
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35
推估煞車距離 (S_T)	3.85	7.93	13.13	19.55	27.05	35.53	45.20
煞車距離誤差 (%)	-31.30	-15.61	-7.14	-6.02	-3.41	-3.20	0.21
推估速度誤差 (%)	-13.79	-2.83	-3.45	-1.04	0.29	-0.83	-0.30
阻力係數 (f)	0.91	0.91	0.82	0.82	0.82	0.79	0.79
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75

表 A-15 Vannette 車，大甲路段，濕地輕載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.75	6.84	12.1	18.52	26.12	34.88	44.81	55.91
實測煞車距離 (m)	6.02	10.33	15.52	22.59	30.65	41.54	52.77	66.95
V_1 (Km/hr)	23.64	37.28	46.38	57.39	68.15	76.47	86.67	96.82
V (Km/hr)	26.46	40.10	48.85	60.14	71.27	79.76	90.32	100.81
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
推估煞車距離 (S_T)	4.42	9.35	15.19	22.69	31.64	41.73	53.31	66.22
煞車距離誤差 (%)	-26.61	-9.50	-2.16	0.44	3.23	0.46	1.02	-1.09
推估速度誤差 (%)	-11.79	0.26	-2.29	0.23	1.82	-0.29	0.35	0.81
阻力係數 (f)	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.66	0.66	0.66
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-16 Vannette 車，大甲路段，濕地滿載時，使用 Neptune 公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.06	6.79	11.59	17.45	24.38	32.38	41.44
實測煞車距離 (m)	6.11	9.97	14.96	22.38	30.29	41.3	51.55
V_1 (Km/hr)	24.78	36.91	46.36	56.88	67.24	75.33	85.22
V (Km/hr)	27.57	39.70	48.93	59.85	70.59	78.86	89.12
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32
推估煞車距離 (S_T)	4.79	9.28	14.68	21.71	29.98	39.30	50.00
煞車距離誤差 (%)	-21.61	-6.95	-1.89	-2.99	-1.02	-4.83	-3.01
推估速度誤差 (%)	-8.11	-0.75	-2.13	-0.26	0.84	-1.42	-0.98
阻力係數 (f)	0.79	0.79	0.73	0.73	0.73	0.69	0.69
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75

表 A-17 Corona 車，三義路段，乾地輕載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.79	5.79	9.64	14.35	19.91	26.33	33.61	41.75
實測煞車距離 (m)	5.09	8.53	13.13	18.86	25.94	34.17	42.76	52.3
V_1 (Km/hr)	24.54	35.36	45.08	55.00	64.79	73.60	83.16	92.68
V (Km/hr)	28.54	39.36	49.38	59.88	70.26	79.51	89.64	99.35
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.35
推估煞車距離 (S_T)	4.54	8.22	12.97	18.87	25.79	33.64	42.58	51.98
煞車距離誤差 (%)	-10.87	-3.62	-1.22	0.07	-0.59	-1.55	-0.42	-0.61
推估速度誤差 (%)	-4.86	-1.61	-1.25	-0.19	0.37	-0.61	-0.40	-0.65
阻力係數 (f)	0.85	0.85	0.83	0.83	0.83	0.81	0.81	0.81
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

$V_1 = \sqrt{2aS_s}$, V_1 為煞車痕產生時的車速

$V = \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} + \frac{2}{3} a \cdot t_s$, V 為推估的煞車初速

$S_T = S_s + \sqrt{2 \cdot a \cdot S_s} \cdot t_s + \frac{2}{5} \cdot a \cdot t_s^2 + V \cdot t_{nb}$

表 A-17~A-32 皆使用本研究改良之速度推估公式

表 A-18 Corona 車，三義路段，乾地滿載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.66	6.22	10.79	16.38	22.99	30.61	39.25	48.9
實測煞車距離 (m)	5.42	9.93	15.61	21.76	29.68	39.38	50.77	59.61
V_1 (Km/hr)	23.10	35.33	44.42	54.73	64.84	73.78	83.54	93.25
V (Km/hr)	26.82	39.05	48.32	59.14	69.75	79.04	89.30	99.01
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.35
推估煞車距離 (S_T)	4.32	8.64	14.19	21.02	29.03	38.12	48.46	59.14
煞車距離誤差 (%)	-20.34	-12.99	-9.07	-3.38	-2.18	-3.21	-4.55	-0.80
推估速度誤差 (%)	-10.60	-2.39	-3.36	-1.44	-0.35	-1.20	-0.77	-0.99
阻力係數 (f)	0.79	0.79	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.70
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-19 Corona 車，三義路段，濕地輕載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	4.44	7.81	12.14	17.42	23.67	30.89	39.06	48.2
實測煞車距離 (m)	5.48	9.69	14.27	21.3	29.1	38.63	47.88	58.51
V_1 (Km/hr)	28.30	37.53	47.45	56.84	66.25	75.16	84.52	93.89
V (Km/hr)	31.64	40.87	50.88	60.66	70.59	79.96	89.82	99.70
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
推估煞車距離 (S_T)	6.37	10.34	15.31	21.58	29.09	37.69	47.44	58.31
煞車距離誤差 (%)	16.30	6.70	7.27	1.33	-0.03	-2.43	-0.93	-0.34
推估速度誤差 (%)	5.46	2.18	1.76	1.11	0.85	-0.06	-0.20	-0.30
阻力係數 (f)	0.71	0.71	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-20 Corona 車，三義路段，濕地滿載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.22	8.11	14.4	22.08	31.15	41.63	53.49	66.76
實測煞車距離 (m)	6.1	10.96	17.42	24.63	34.1	48.35	60.64	76.11
V_1 (Km/hr)	23.58	37.43	46.85	58.01	68.90	76.26	86.45	96.58
V (Km/hr)	26.78	40.63	49.67	61.26	72.57	80.01	90.59	101.10
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35
推估煞車距離 (S_T)	4.89	10.63	17.51	26.41	36.87	48.62	62.14	77.25
煞車距離誤差 (%)	-19.89	-3.02	0.54	7.23	8.12	0.56	2.48	1.49
推估速度誤差 (%)	-10.73	1.57	-0.66	2.09	3.67	0.02	0.65	1.10
阻力係數 (f)	0.68	0.68	0.60	0.60	0.60	0.55	0.55	0.55
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-21 Corona 車，大甲路段，乾地輕載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.2	5.49	9.72	14.88	20.99	28.03	36.02	44.94
實測煞車距離 (m)	5.3	9.21	13.54	19.7	26.14	34.09	43.86	53.04
V_1 (Km/hr)	21.79	34.43	44.72	55.33	65.72	75.00	85.02	94.96
V (Km/hr)	25.79	38.43	48.91	60.09	71.05	80.76	91.34	101.47
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.35
推估煞車距離 (S_T)	3.79	7.87	13.02	19.42	26.93	35.45	45.16	55.39
煞車距離誤差 (%)	-28.41	-14.56	-3.82	-1.42	3.04	4.00	2.96	4.42
推估速度誤差 (%)	-14.02	-3.93	-2.18	0.16	1.50	0.95	1.48	1.47
阻力係數 (f)	0.85	0.85	0.81	0.81	0.81	0.79	0.79	0.79
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-22 Corona 車，大甲路段，乾地滿載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.53	7.22	11.97	17.78	24.64	32.55	41.53	51.55
實測煞車距離 (m)	5.96	10.06	15.65	22.32	30.19	39.64	48.87	61.44
V_1 (Km/hr)	25.23	36.09	45.80	55.82	65.72	75.53	85.32	95.05
V (Km/hr)	28.57	39.42	49.54	60.04	70.42	80.73	91.00	100.73
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.35
推估煞車距離 (S_T)	5.29	9.67	15.46	22.49	30.74	40.21	50.91	61.96
煞車距離誤差 (%)	-11.19	-3.88	-1.24	0.78	1.84	1.43	4.17	0.84
推估速度誤差 (%)	-4.76	-1.44	-0.93	0.07	0.60	0.91	1.11	0.73
阻力係數 (f)	0.71	0.71	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-23 Corona 車，大甲路段，濕地輕載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.58	7.38	12.26	18.23	25.28	33.42	42.64	52.94
實測煞車距離 (m)	5.54	9.6	14.68	21.41	28.33	38.74	47.4	61.34
V_1 (Km/hr)	25.94	37.25	47.35	57.74	68.00	76.53	86.45	96.33
V (Km/hr)	29.42	40.73	50.74	61.52	72.28	81.13	91.53	101.89
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
推估煞車距離 (S_T)	5.39	9.90	15.42	22.45	30.82	40.32	51.17	63.27
煞車距離誤差 (%)	-2.76	3.11	5.04	4.84	8.80	4.08	7.96	3.15
推估速度誤差 (%)	-1.93	1.82	1.48	2.53	3.26	1.41	1.70	1.89
阻力係數 (f)	0.74	0.74	0.72	0.72	0.72	0.69	0.69	0.69
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-24 Corona 車，大甲路段，濕地滿載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	4.13	8.68	14.53	21.68	30.12	39.87	50.91	63.25
實測煞車距離 (m)	6.33	10.94	17.3	24.88	34.61	43.29	55.51	71.49
V_1 (Km/hr)	25.91	37.56	47.06	57.48	67.75	77.30	87.35	97.36
V (Km/hr)	28.92	40.58	49.88	60.73	71.42	81.32	91.79	102.22
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35
推估煞車距離 (S_T)	5.92	11.20	17.66	25.98	35.76	46.96	59.66	73.83
煞車距離誤差 (%)	-6.48	2.38	2.05	4.41	3.31	8.47	7.48	3.28
推估速度誤差 (%)	-3.59	1.44	-0.24	1.21	2.03	1.66	1.99	2.22
阻力係數 (f)	0.64	0.64	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-25 Vannette 車，三義路段，乾地輕載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.72	6.56	10.21	14.68	19.96	26.05	32.95	40.66
實測煞車距離 (m)	5.4	9.33	14	19.89	27.22	34.53	46.02	55.85
V_1 (Km/hr)	26.97	35.82	45.26	54.28	63.29	72.30	81.32	90.33
V (Km/hr)	30.60	39.44	49.35	58.92	68.49	78.06	87.63	96.83
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.35
推估煞車距離 (S_T)	5.59	9.00	13.54	19.14	25.71	33.24	41.74	50.65
煞車距離誤差 (%)	3.51	-3.49	-3.27	-3.76	-5.55	-3.74	-9.31	-9.30
推估速度誤差 (%)	1.99	-1.39	-1.30	-1.80	-2.16	-2.42	-2.63	-3.17
阻力係數 (f)	0.77	0.77	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-26 Vannette 車，三義路段，乾地滿載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90
實測煞車痕 (m) (S_s)	5.53	9.586667	14.28333	19.59	26.37667	33.86333	43.77
實測煞車距離 (m)	5.78	9.92	14.7	20.09	26.96	34.53	44.52
V_1 (Km/hr)	27.26	35.71	46.09	55.06	64.06	74.02	83.17
V (Km/hr)	30.60	39.05	50.25	59.77	69.31	79.96	89.67
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35
推估煞車距離 (S_T)	6.00	9.50	14.38	20.18	26.98	34.86	43.69
煞車距離誤差 (%)	3.73	-4.25	-2.17	0.45	0.06	0.96	-1.87
推估速度誤差 (%)	2.00	-2.38	0.51	-0.38	-0.98	-0.05	-0.36
阻力係數 (f)	0.71	0.71	0.77	0.77	0.77	0.79	0.79
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75

表 A-27 Vannette 車，三義路段，濕地輕載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.57	6.88	11.13	16.33	22.47	29.56	37.59	46.57
實測煞車距離 (m)	6.46	10.84	17.68	22.53	31.38	38.98	54.19	64.85
V_1 (Km/hr)	24.65	34.22	43.85	53.11	62.30	71.46	80.58	89.69
V (Km/hr)	27.80	37.37	47.04	56.68	66.35	75.98	85.58	95.17
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
推估煞車距離 (S_T)	5.29	9.22	14.09	20.25	27.60	36.06	45.61	56.26
煞車距離誤差 (%)	-18.04	-14.95	-20.31	-10.11	-12.04	-7.50	-15.84	-13.24
推估速度誤差 (%)	-7.33	-6.57	-5.91	-5.54	-5.22	-5.02	-4.91	-4.83
阻力係數 (f)	0.67	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

附註：本次推估誤差較大的原因可能是實驗時，路面潮濕程度不同所致。

表 A-28 Vannette 車，三義路段，濕地滿載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90
實測煞車痕 (m) (S_s)	4.57	8.04	12.5	17.96	24.41	31.86	40.29
實測煞車距離 (m)	6.23	10.47	15.61	21.94	28.47	36.52	47.71
V_1 (Km/hr)	27.68	36.71	47.14	56.51	65.88	76.33	85.84
V (Km/hr)	30.78	39.82	50.44	60.30	70.16	81.25	91.26
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32
推估煞車距離 (S_T)	6.46	10.52	15.65	22.22	29.94	38.91	48.96
煞車距離誤差 (%)	3.71	0.44	0.23	1.26	5.15	6.55	2.62
推估速度誤差 (%)	2.61	-0.45	0.88	0.50	0.23	1.56	1.40
阻力係數 (f)	0.66	0.66	0.70	0.70	0.70	0.72	0.72
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75

表 A-29 Vannette 車，大甲路段，乾地輕載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.8	6.93	10.95	15.86	21.67	28.36	35.95	44.44
實測煞車距離 (m)	5.47	9.24	14.24	19.99	27.65	34.88	45.54	55.34
V_1 (Km/hr)	27.09	36.58	46.28	55.70	65.10	74.48	83.85	93.23
V (Km/hr)	30.66	40.15	50.26	60.22	70.17	80.09	90.01	99.57
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.35
推估煞車距離 (S_T)	5.67	9.41	14.34	20.42	27.55	35.73	44.97	54.71
煞車距離誤差 (%)	3.73	1.89	0.71	2.13	-0.35	2.44	-1.25	-1.14
推估速度誤差 (%)	2.20	0.38	0.53	0.37	0.25	0.12	0.01	-0.43
阻力係數 (f)	0.76	0.76	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-30 Vannette 車，大甲路段，乾地滿載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.22	5.5	9.7	14.85	20.92	27.94	35.88
實測煞車距離 (m)	5.6	9.4	14.14	20.8	28	36.7	45.1
V_1 (Km/hr)	21.50	33.85	43.84	54.24	64.38	73.44	83.23
V (Km/hr)	25.36	37.70	48.06	59.01	69.70	79.16	89.48
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35
推估煞車距離 (S_T)	3.79	7.84	13.08	19.47	26.95	35.44	45.09
煞車距離誤差 (%)	-32.26	-16.57	-7.50	-6.37	-3.76	-3.43	-0.03
推估速度誤差 (%)	-15.46	-5.74	-3.88	-1.65	-0.43	-1.05	-0.57
阻力係數 (f)	0.82	0.82	0.78	0.78	0.78	0.76	0.76
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75

表 A-31 Vannette 車，大甲路段，濕地輕載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100
實測煞車痕 (m) (S_s)	2.75	6.84	12.1	18.52	26.12	34.88	44.81	55.91
實測煞車距離 (m)	6.02	10.33	15.52	22.59	30.65	41.54	52.77	66.95
V_1 (Km/hr)	22.58	35.61	45.72	56.56	67.17	75.30	85.35	95.34
V (Km/hr)	26.02	39.05	48.92	60.13	71.22	79.56	90.06	100.50
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
推估煞車距離 (S_T)	4.37	9.27	15.16	22.66	31.59	41.67	53.23	66.12
煞車距離誤差 (%)	-27.43	-10.30	-2.30	0.29	3.08	0.31	0.87	-1.24
推估速度誤差 (%)	-13.28	-2.38	-2.17	0.21	1.74	-0.55	0.07	0.50
阻力係數 (f)	0.73	0.73	0.68	0.68	0.68	0.64	0.64	0.64
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75	0.83

表 A-32 Vannette 車，大甲路段，濕地滿載時，使用本研究改良公式之速度推估

時速 (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90
實測煞車痕 (m) (S_s)	3.06	6.79	11.59	17.45	24.38	32.38	41.44
實測煞車距離 (m)	6.11	9.97	14.96	22.38	30.29	41.3	51.55
V_1 (Km/hr)	23.82	35.48	45.40	55.70	65.84	74.23	83.98
V (Km/hr)	27.25	38.92	48.69	59.49	70.12	78.80	89.02
t_s (Sec)	0.20	0.20	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32
推估煞車距離 (S_T)	4.75	9.21	14.64	21.65	29.90	39.25	49.92
煞車距離誤差 (%)	-22.29	-7.63	-2.15	-3.24	-1.27	-4.97	-3.15
推估速度誤差 (%)	-9.15	-2.71	-2.62	-0.85	0.17	-1.49	-1.09
阻力係數 (f)	0.73	0.73	0.70	0.70	0.70	0.67	0.67
t_{nb} (Sec)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
t_{nb} 所行走距離	0.25	0.33	0.42	0.5	0.58	0.67	0.75

附錄 B 以改良之速度推估公式反推 t_s 曲線圖

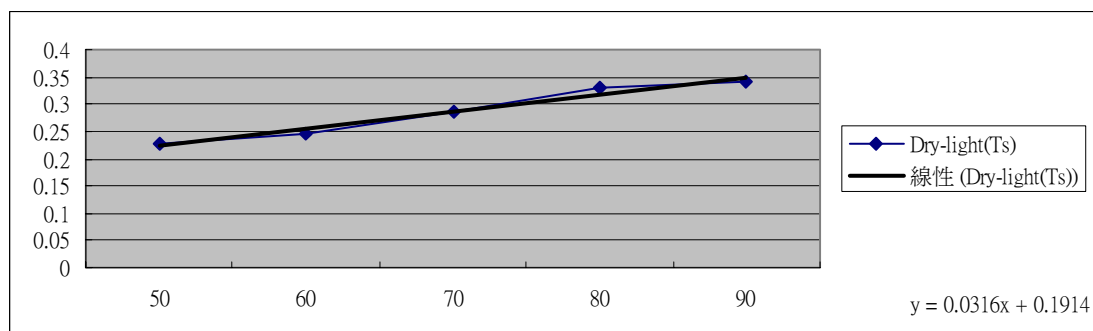


圖 B-1 CORONA 車於三義路段乾地輕載時，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

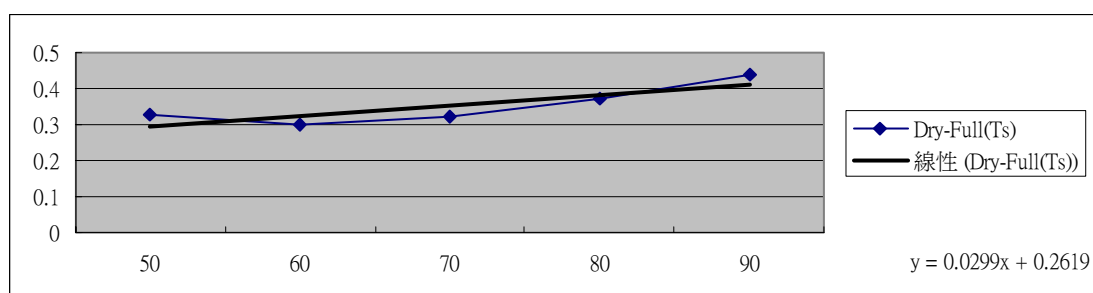


圖 B-2 CORONA 車於三義路段乾地滿載時，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

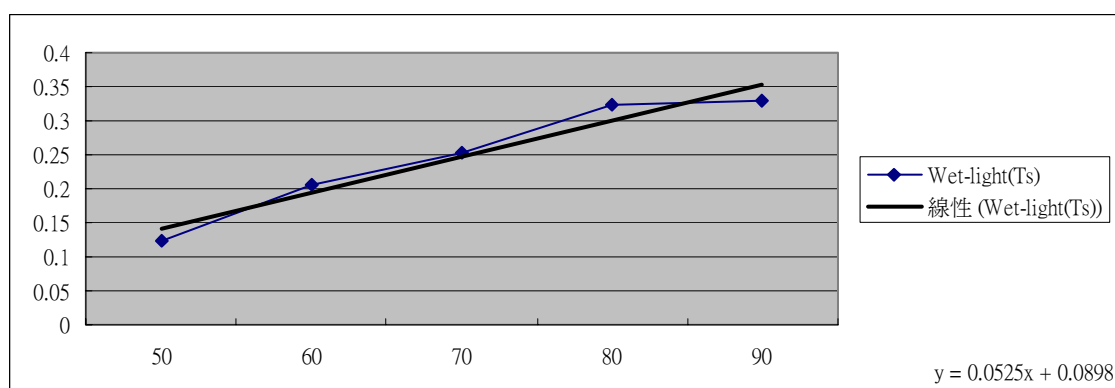


圖 B-3 CORONA 車於三義路段溼地輕載時，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

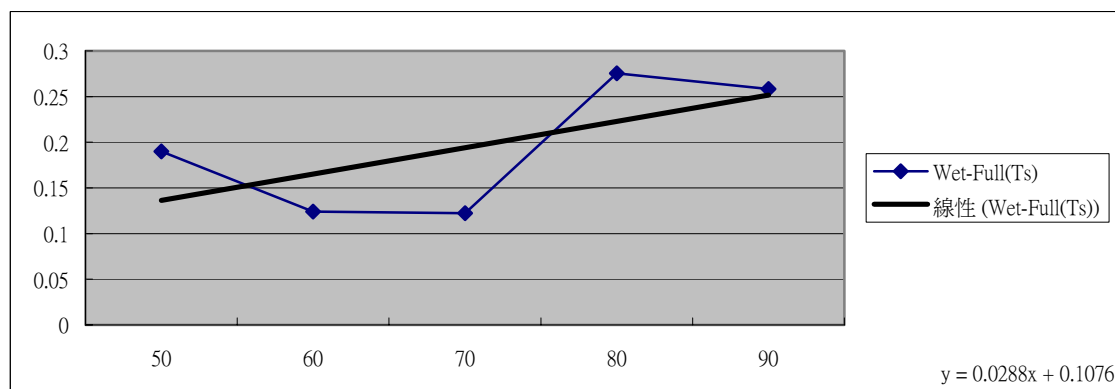


圖 B-4 CORONA 車於三義路段溼地滿載時，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

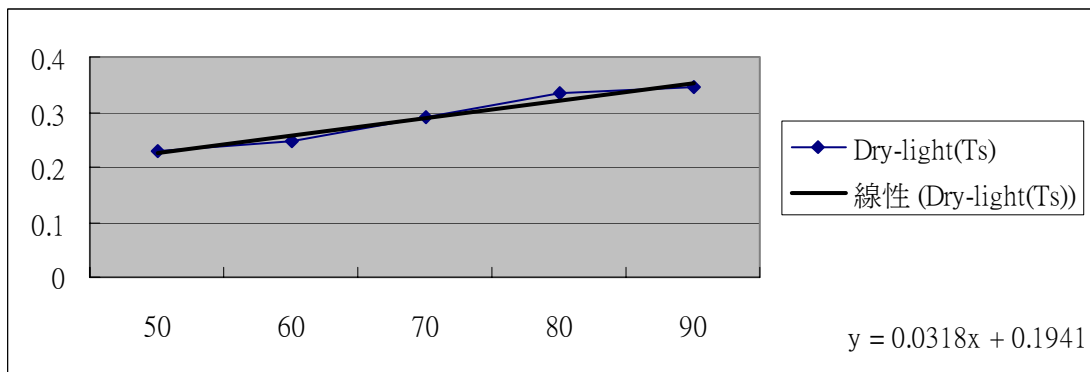


圖 B-5 CORONA 車於三義路段乾地輕載時，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

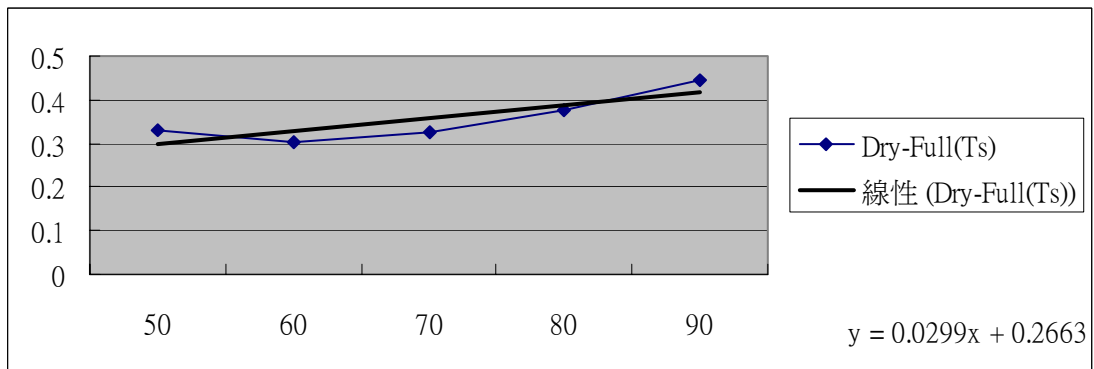


圖 B-6 CORONA 車於三義路段乾地滿載時，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

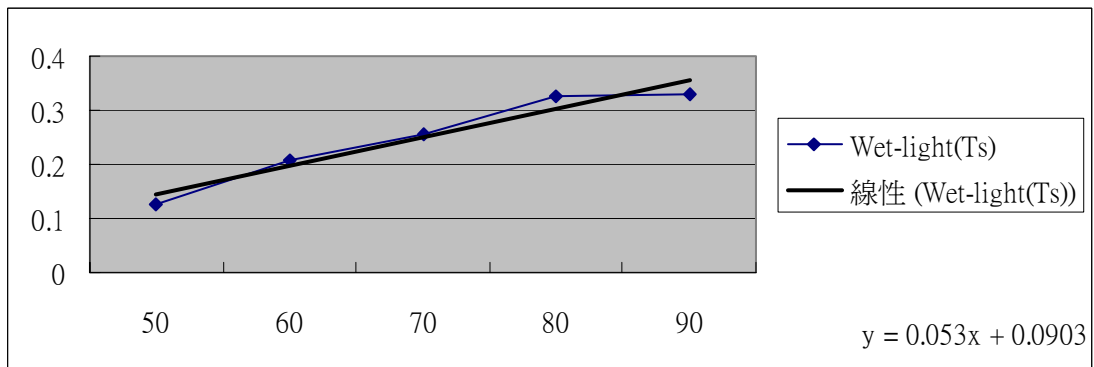


圖 B-7 CORONA 車於三義路段溼地輕載時，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

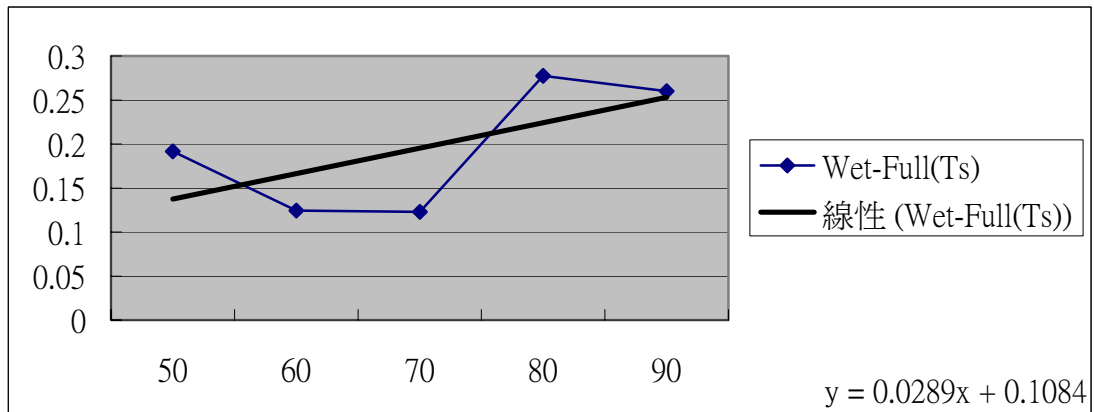


圖 B-7 CORONA 車於三義路段溼地滿載時，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

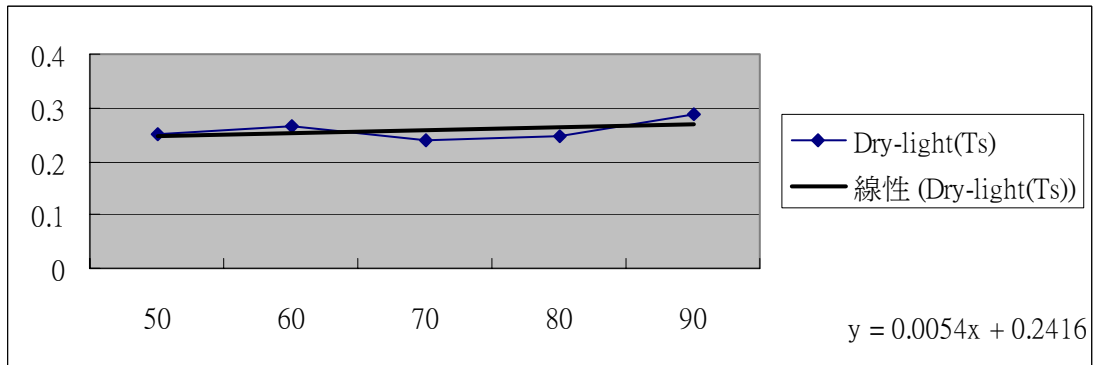


圖 B-9 CORONA 車於大甲路段乾地輕載時，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

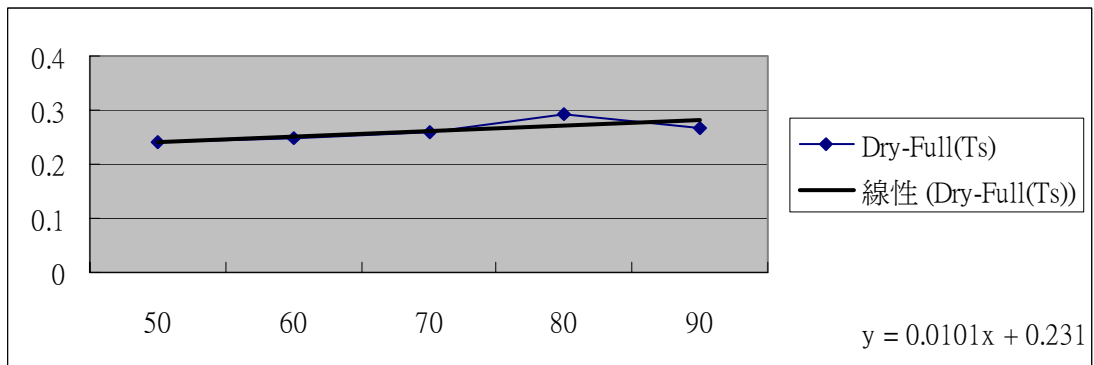


圖 B-10 CORONA 車於大甲路段乾地滿載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

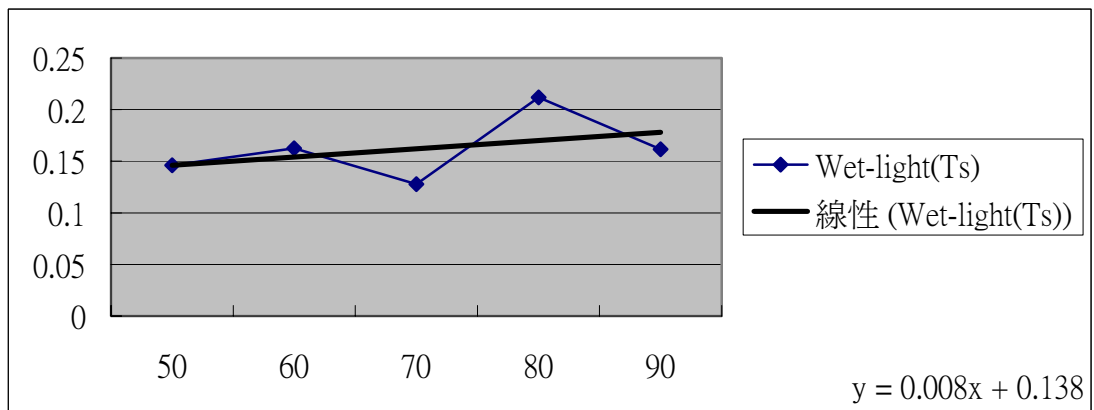


圖 B-11 CORONA 車於大甲路段溼地輕載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

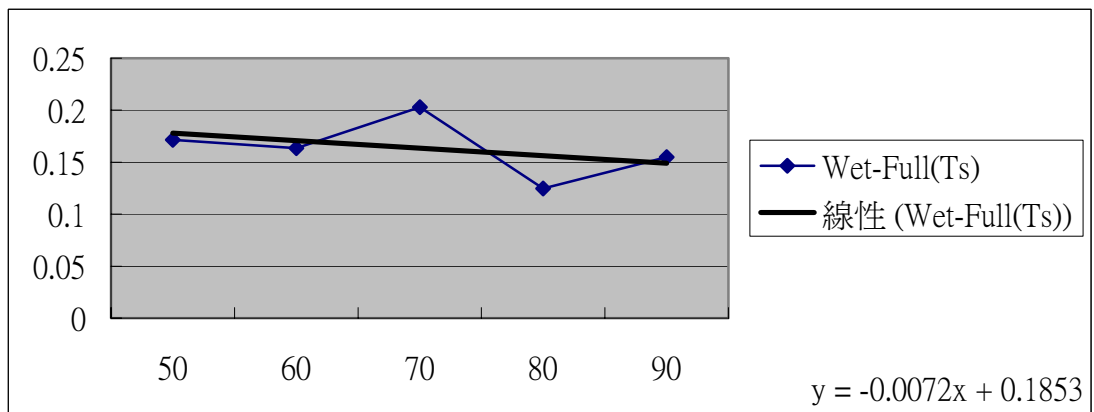


圖 B-12 CORONA 車於大甲路段溼地滿載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

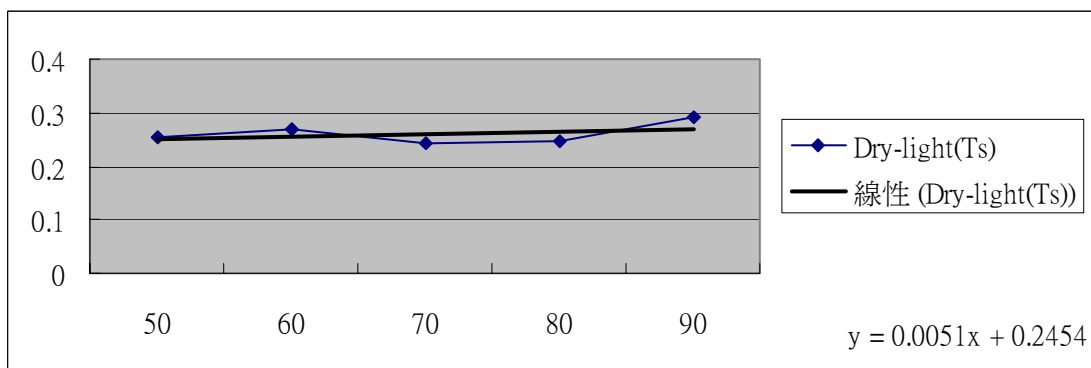


圖 B-13 CORONA 車於大甲路段乾地輕載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

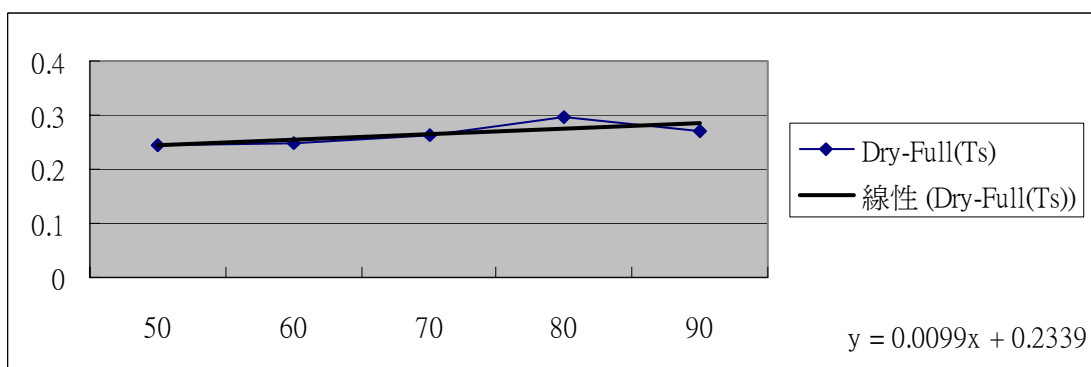


圖 B-14 CORONA 車於大甲路段乾地滿載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

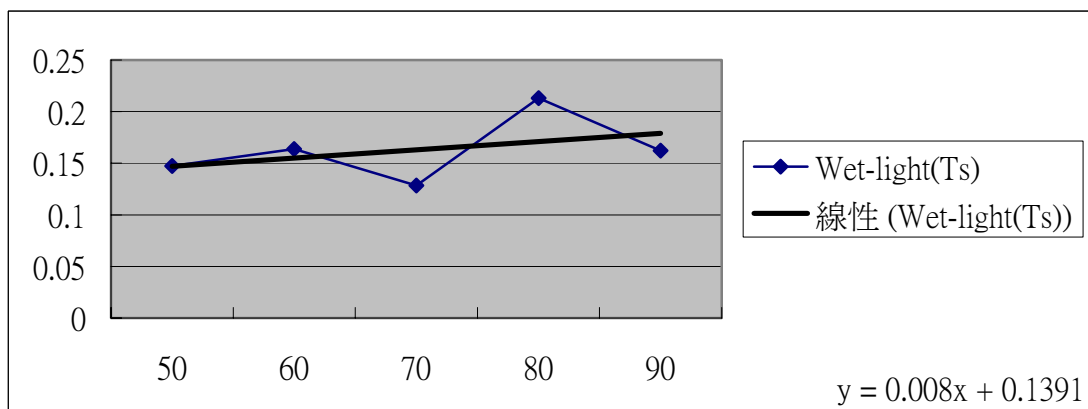


圖 B-15 CORONA 車於大甲路段溼地輕載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

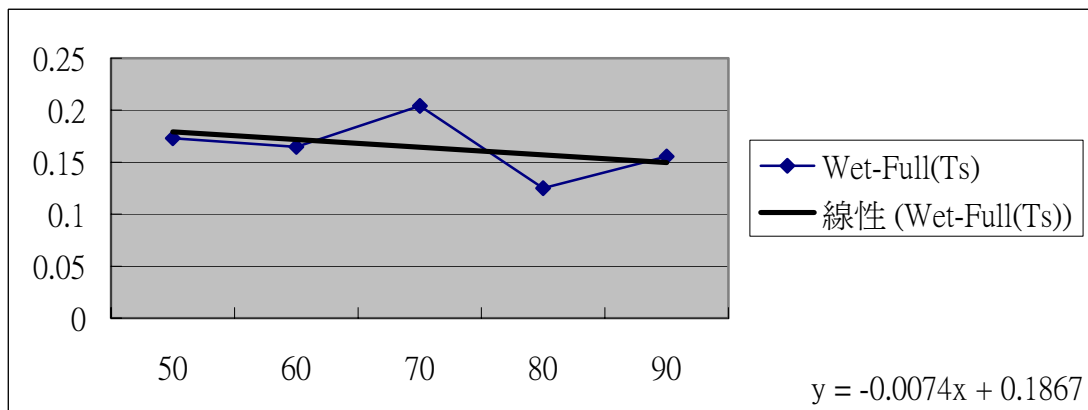


圖 B-16 CORONA 車於大甲路段溼地滿載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

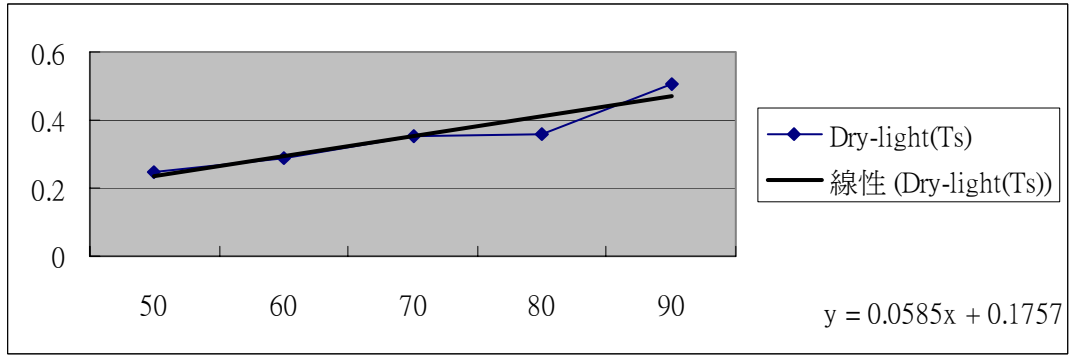


圖 B-17 Vannette 車於三義路段乾地輕載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

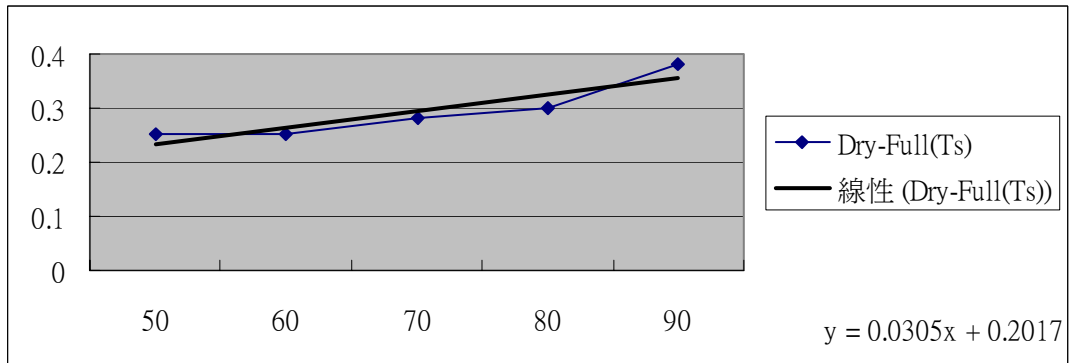


圖 B-18 Vannette 車於三義路段乾地滿載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

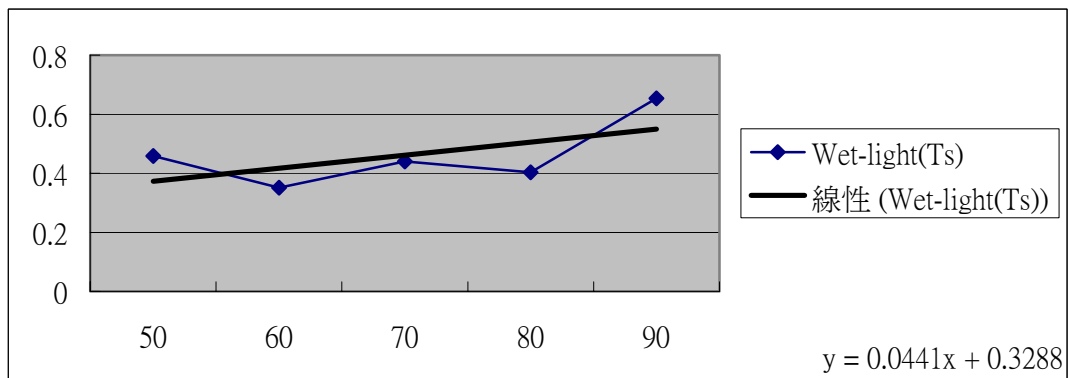


圖 B-19 Vannette 車於三義路段溼地輕載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

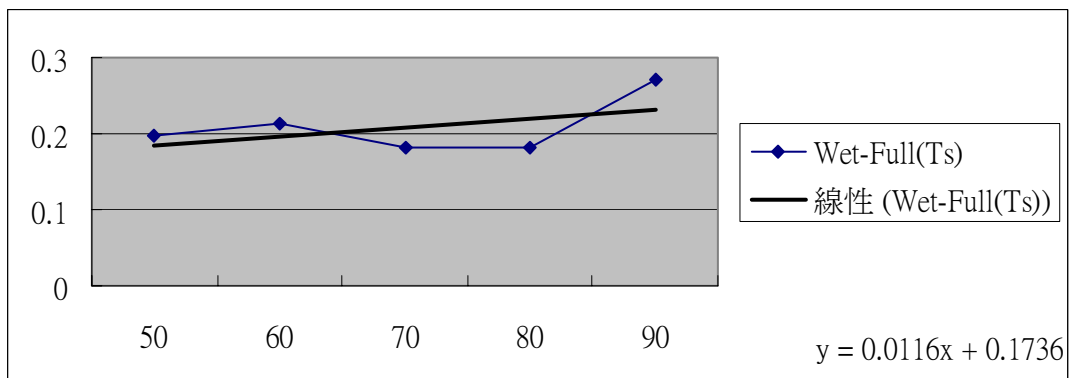


圖 B-20 Vannette 車於三義路段溼地滿載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

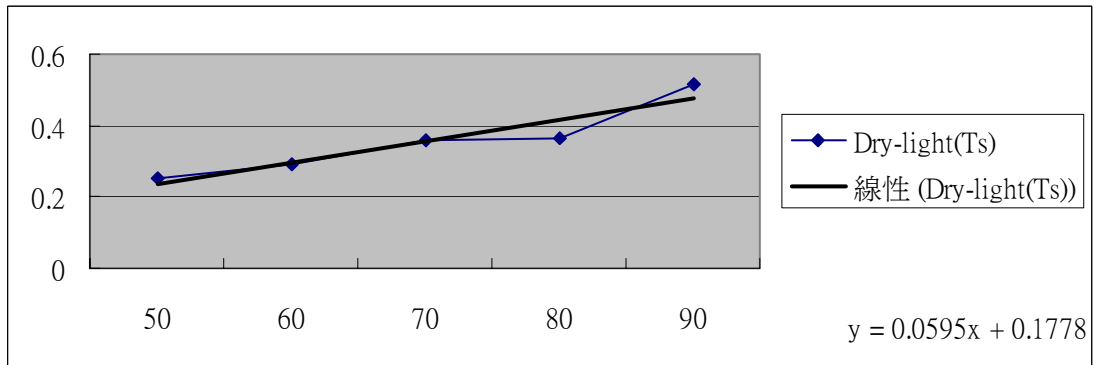


圖 B-21 Vannette 車於三義路段乾地輕載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

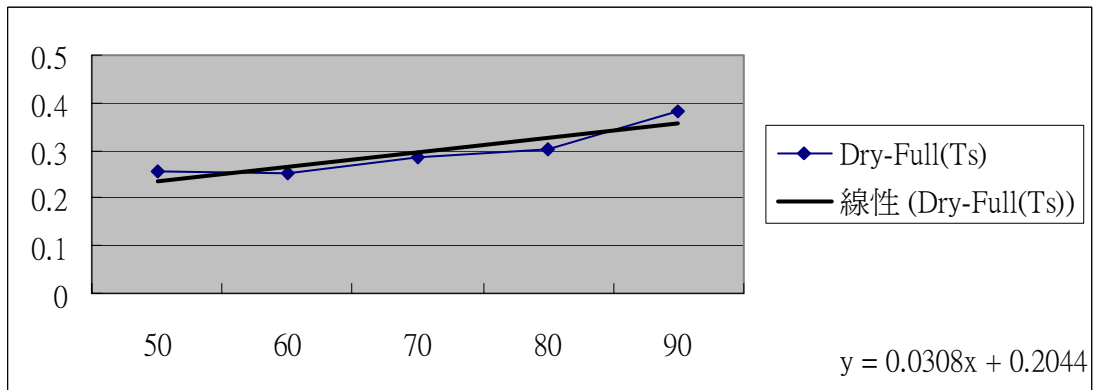


圖 B-22 Vannette 車於三義路段乾地滿載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

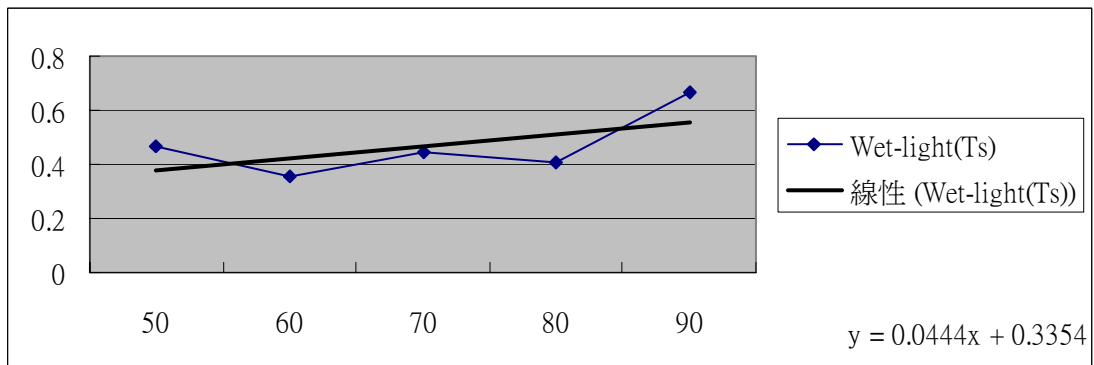


圖 B-23 Vannette 車於三義路段溼地輕載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

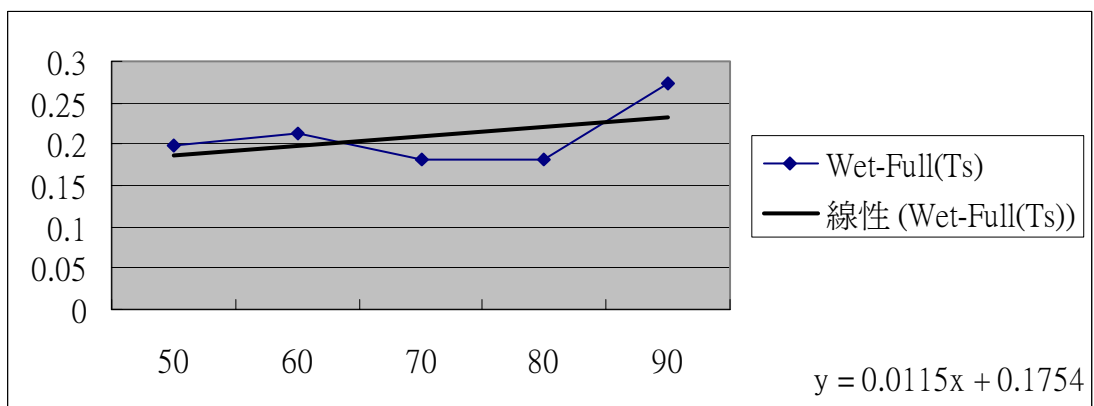


圖 B-24 Vannette 車於三義路段溼地滿載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

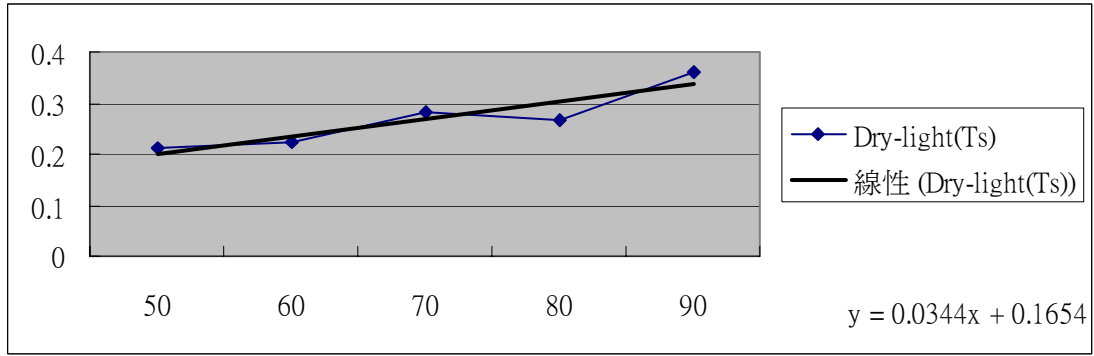


圖 B-25 Vannette 車於大甲路段乾地輕載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

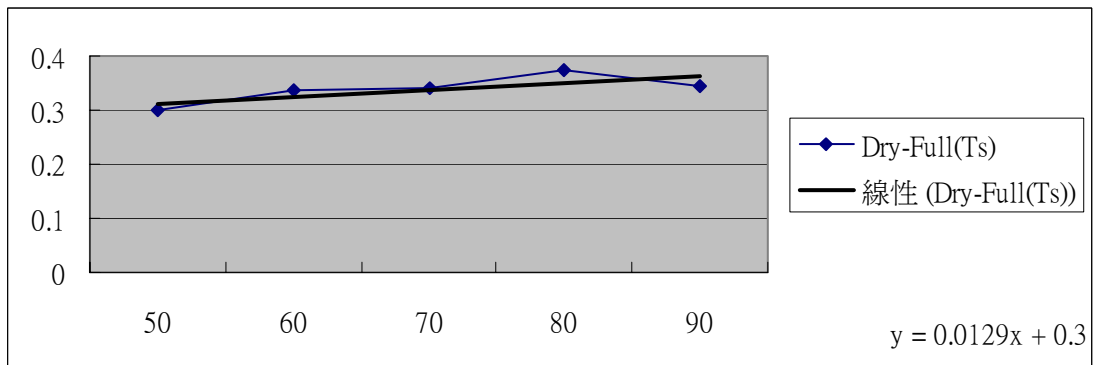


圖 B-26 Vannette 車於大甲路段乾地滿載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

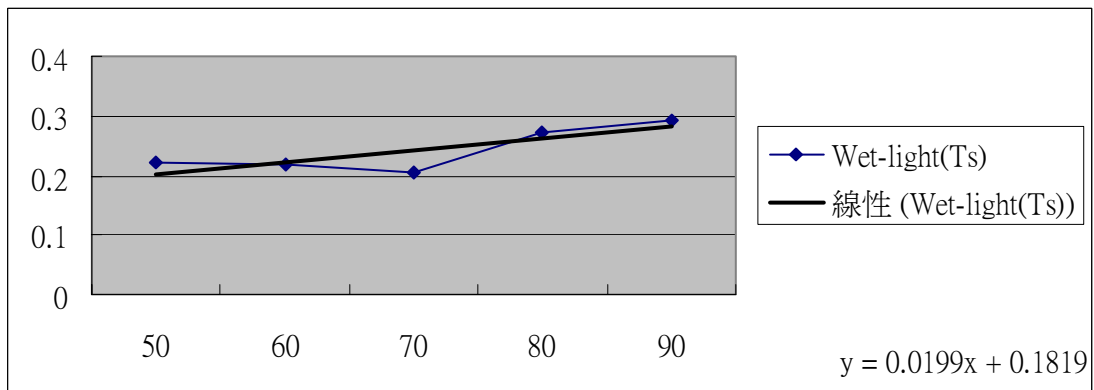


圖 B-27 Vannette 車於大甲路段溼地輕載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

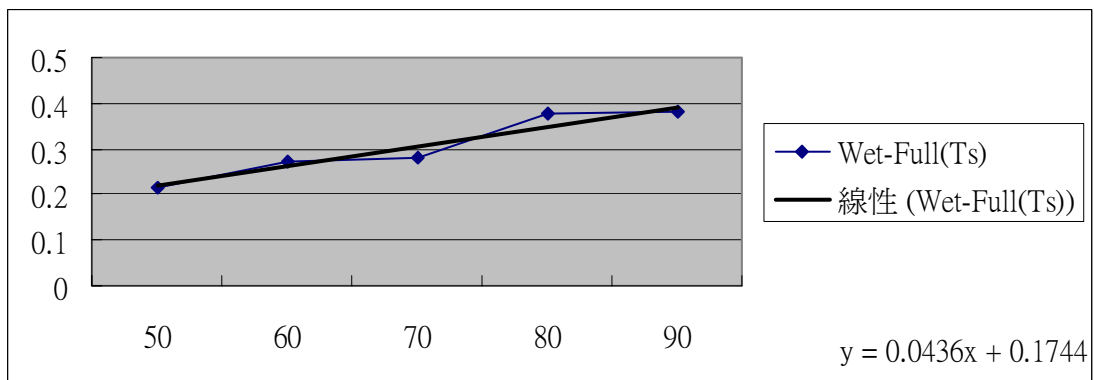


圖 B-28 Vannette 車於大甲路段溼地滿載，使用 Neptune 公式推導之 t_s 曲線圖

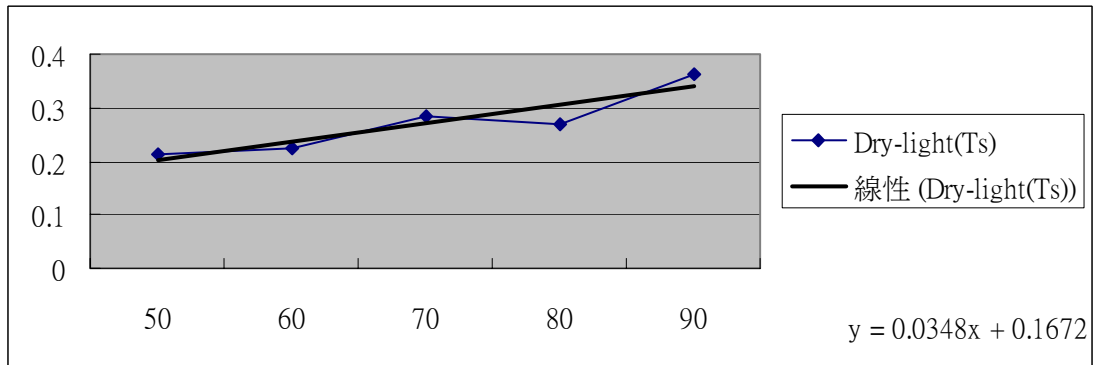


圖 B-29 Vannette 車於大甲路段乾地輕載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

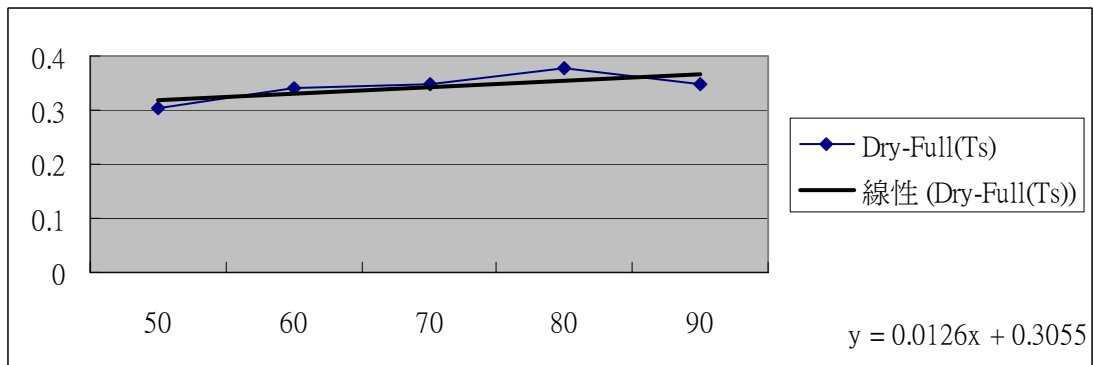


圖 B-30 Vannette 車於大甲路段乾地滿載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

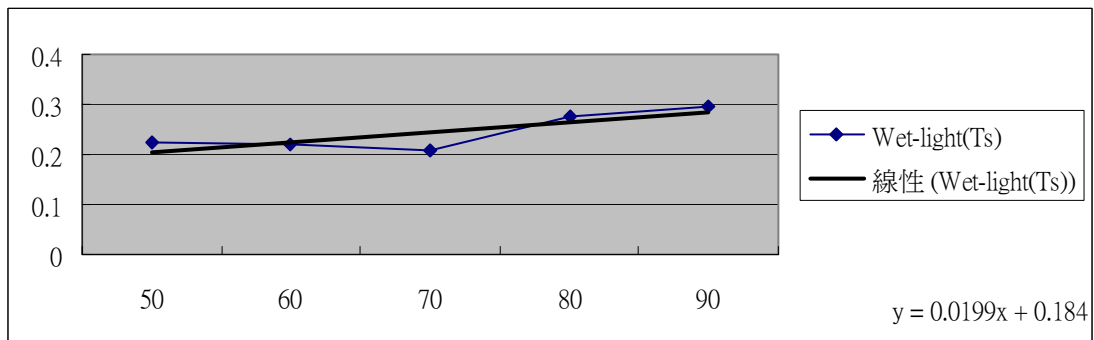


圖 B-31 Vannette 車於大甲路段溼地輕載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

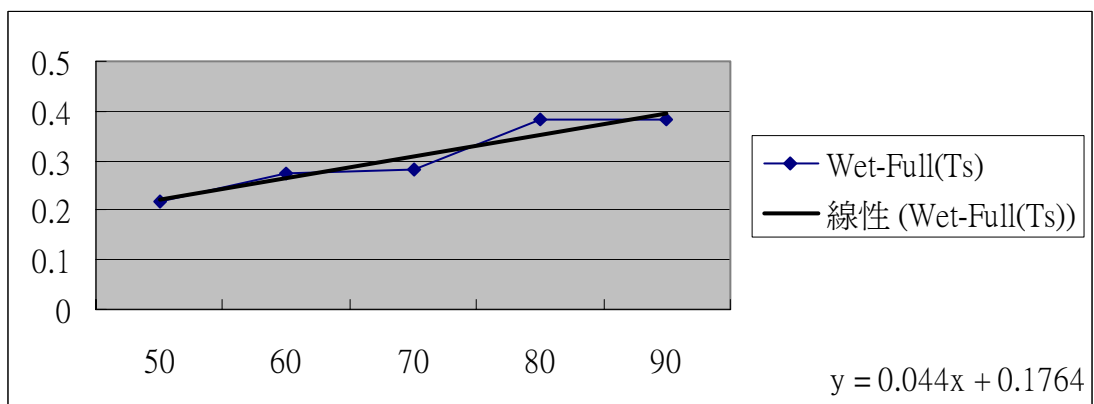


圖 B-32 Vannette 車於大甲路段溼地滿載，本研究改良公式推導之 t_s 曲線圖

附錄 C 日本煞車距離資料庫

車輛分類	車型	廠牌	測試年份	ABS	排氣量 (c.c.)	煞車距離(100 Km/hr)		煞車距離平均值	
						乾地	溼地	乾地	溼地
小型車	Alt	Suzuki Motors Corporation	2000	◎	658	45	49.0	45.6857	49.7143
	MIRA	Daihatsu Motor Co., Ltd	1999	◎	659	44.9	48.4		
	LIFE	Honda Motor Co., Ltd.	1999	◎	660	45.4	47.8		
	WAGON R	Suzuki Motors Corporation	2000	◎	658	44.1	46.4		
	TOPPO BJ	Mitsubishi Motors Corporation	1999	◎	657	46.8	53.7		
	MOVE	Daihatsu Motor Co., Ltd.	1999	◎	659	48.9	53.1		
	PLEO	Fuji Heavy Industries Ltd.	1999	◎	658	44.7	49.6		
小於 1500 cc	VITZ (OLD)	Toyota Motor Corporation	1999	◎	997	45.8	49.6	45.27	49.13
	VITZ	Toyota Motor Corporation	1999	◎	1348	45.8	49.6		
	CUBE	Nissan Motor Co., Ltd.	1999	◎	1298	43.8	48.1		
	FUNCARGO (OLD)	Toyota Motor Corporation	2000	◎	1298	45.3	48.1		
	FUNCARGO	Toyota Motor Corporation	2000	◎	1298	45.3	48.1		
	COROLLA	Toyota Motor Corporation	2000	◎	1496	44.2	45.9		
	SUNNY	Nissan Motor Co., Ltd.	1999	◎	1497	42.8	47.7		
	CIVIC	Honda Motor Co., Ltd.	2000	◎	1496	50.4	58.1		
	WINGLOAD	Nissan Motor Co., Ltd.	2000	◎	1497	44.5	48.1		
	PRIUS	Toyota Motor Corporation	2000	◎	1496	44.8	48.0		

車輛分類	車型	廠牌	測試年份	ABS	排氣量 (c.c.)	煞車距離(100 Km/hr)		煞車距離平均值	
						乾地	溼地	乾地	溼地
1500 ~ 2000 cc	MARK II	Toyota Motor Corporation	2000	◎	1988	44	48.8	42.3	45.6
	LEGACY	Fuji Heavy Industries Ltd.	2000	◎	1944	40.6	42.4		
大於 2000 cc	CROWN	Toyota Motor Corporation	1999	◎	2491	43.2	46.4	44.05	47.6
	CEDRIC	Nissan Motor Co., Ltd.	1999	◎	2987	44.9	48.8		
小卡車 箱型車	DION	Mitsubishi Motors Corporation	2000	◎	1997	43.9	47.0	44.32	48.78
	SERENA	Nissan Motor Co., Ltd.	2000	◎	1998	44.2	53.4		
	ODYSSEY	Honda Motor Co., Ltd.	2000	◎	2253	44.3	49.5		
	ESTIMA	Toyota Motor Corporation	2000	◎	2362	44.7	46.8		
	MPV	Mazda Motor Corporation	2000	◎	2494	44.5	47.2		

Tnb=0.025，Ts=0.285 之各車型各車速之煞車胎痕長度

乾地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Alt $f=0.94406563$	Ss	0.779443	2.336668	4.727895	7.953123	12.01235	16.90558	22.63282	29.19405	36.58928
MIRA $f=0.94318673$	Ss	0.780842	2.34001	4.733957	7.962682	12.02619	16.92447	22.65753	29.22537	36.62799
LIFE $f=0.932030539$	Ss	0.798852	2.383001	4.81192	8.08561	12.20407	17.1673	22.9753	29.62808	37.12562
WAGON R $f=0.961602527$	Ss	0.752125	2.271326	4.609319	7.766103	11.74168	16.53605	22.1492	28.58115	35.8319
TOPPO BJ $f=0.902151229$	Ss	0.849525	2.503621	5.030466	8.430061	12.7024	17.8475	23.86534	30.75593	38.51928
MOVE $f=0.860757226$	Ss	0.926144	2.685167	5.358909	8.947372	13.45056	18.86846	25.20108	32.44843	40.61049
PLEO $f=0.947724287$	Ss	0.773651	2.322827	4.702785	7.913525	11.95505	16.82735	22.53043	29.0643	36.42895

乾地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
VITZ (OLD) 0.926308702	Ss	0.808277	2.405471	4.852654	8.149825	12.29699	17.29413	23.14127	29.8384	37.38551
VITZ 0.926308702	Ss	0.808277	2.405471	4.852654	8.149825	12.29699	17.29413	23.14127	29.8384	37.38551
CUBE 0.972014168	Ss	0.736426	2.233701	4.540997	7.658314	11.58565	16.32301	21.87039	28.22779	35.39522
FUNCARGO (OLD) 0.937327634	Ss	0.790241	2.362455	4.774665	8.026872	12.11908	17.05127	22.82347	29.43566	36.88785
FUNCARGO 0.937327634	Ss	0.790241	2.362455	4.774665	8.026872	12.11908	17.05127	22.82347	29.43566	36.88785
COROLLA 0.96251607	Ss	0.750733	2.267991	4.603263	7.75655	11.72785	16.51717	22.1245	28.54984	35.7932
SUNNY 0.996599521	Ss	0.70081	2.148128	4.385485	7.412881	11.23031	15.83779	21.2353	27.42285	34.40044
CIVIC 0.835896872	Ss	0.976156	2.80319	5.572149	9.283033	13.93584	19.53057	26.06723	33.54582	41.96632
WINGLOAD 0.955513326	Ss	0.761484	2.29373	4.649985	7.83025	11.83452	16.66281	22.3151	28.7914	36.09171
PRIUS 0.94861166	Ss	0.772253	2.319487	4.696725	7.903968	11.94121	16.80847	22.50572	29.03298	36.39025

乾地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
MARK II 0.967241822	Ss	0.743575	2.250842	4.572126	7.707428	11.65675	16.42008	21.99744	28.38881	35.5942
LEGACY 1.055318386	Ss	0.62328	1.960702	4.044204	6.873787	10.44945	14.77119	19.83901	25.65292	32.2129
乾地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CROWN 0.986617762	Ss	0.71503	2.182331	4.447663	7.511027	11.37242	16.03185	21.48931	27.7448	34.79832
CEDRIC 0.94633319	Ss	0.775847	2.328077	4.712309	7.928544	11.97678	16.85702	22.56927	29.11352	36.48977
乾地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
DION 0.969622128	Ss	0.74	2.24227	4.556561	7.68287	11.6212	16.37155	21.93392	28.3083	35.49471
SERENA 0.96251607	Ss	0.750733	2.267991	4.603263	7.75655	11.72785	16.51717	22.1245	28.54984	35.7932
ODYSSEY 0.960170454	Ss	0.754314	2.276568	4.618835	7.781115	11.76341	16.56571	22.18803	28.63036	35.8927
ESTIMA 0.95090112	Ss	0.768662	2.310899	4.681143	7.879393	11.90565	16.75991	22.44218	28.95245	36.29073
MPV 0.955513326	Ss	0.761484	2.29373	4.649985	7.83025	11.83452	16.66281	22.3151	28.7914	36.09171

Tnb=0.025，Ts=0.2715 之各車型各車速之煞車胎痕長度

溼地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Alt 0.859193	Ss	0.96514	2.753325	5.457895	9.078849	13.61619	19.06991	25.44002	32.72652	40.9294
MIRA 0.867923	Ss	0.948108	2.713251	5.385563	8.965043	13.45169	18.84551	25.14649	32.35465	40.46997
LIFE 0.87955	Ss	0.925989	2.661151	5.291489	8.817003	13.23769	18.55356	24.7646	31.87082	39.87221
WAGON R 0.90793	Ss	0.874582	2.539789	5.072191	8.471787	12.73858	17.87256	23.87374	30.74211	38.47768
TOPPO BJ 0.777163	Ss	1.145422	3.175419	6.218527	10.27475	15.34407	21.42651	28.52206	36.63072	45.75249
MOVE 0.786474	Ss	1.122929	3.122941	6.12407	10.12631	15.12968	21.13415	28.13975	36.14645	45.15428
PLEO 0.845566	Ss	0.99249	2.817598	5.573859	9.261275	13.87984	19.42957	25.91045	33.32248	41.66566

溼地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
VITZ (OLD) 0.848094	Ss	0.95122	2.744387	5.465932	9.115854	13.69416	19.20083	25.63589	32.99932	41.52726
VITZ 0.848094	Ss	0.95122	2.744387	5.465932	9.115854	13.69416	19.20083	25.63589	32.99932	41.52726
CUBE 0.876397	Ss	0.931924	2.675136	5.316745	8.856749	13.29515	18.63195	24.86714	32.00073	40.03271
FUNCARGO (OLD) 0.876397	Ss	0.931924	2.675136	5.316745	8.856749	13.29515	18.63195	24.86714	32.00073	40.03271
FUNCARGO 0.876397	Ss	0.931924	2.675136	5.316745	8.856749	13.29515	18.63195	24.86714	32.00073	40.03271
COROLLA 0.921499	Ss	0.851222	2.484507	4.972216	8.314351	12.51091	17.5619	23.46731	30.22714	37.8414
SUNNY 0.884267	Ss	0.917197	2.640422	5.254048	8.758076	13.1525	18.43733	24.61256	31.6782	39.63423
CIVIC 0.716887	Ss	1.306113	3.549069	6.890319	11.32986	16.8677	23.50383	31.23826	40.07097	50.00199
WINGLOAD 0.876397	Ss	0.931924	2.675136	5.316745	8.856749	13.29515	18.63195	24.86714	32.00073	40.03271
PRIUS 0.878352	Ss	0.92824	2.666455	5.301068	8.832079	13.25949	18.58329	24.80349	31.92009	39.93309

溼地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
MARK II 0.862958	Ss	0.957749	2.73594	5.426518	9.029484	13.54484	18.97258	25.31271	32.56522	40.73012
LEGACY 1.003664	Ss	0.724517	2.182934	4.425828	7.453201	11.26505	15.86138	21.24218	27.40747	34.35723
溼地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CROWN 0.910846	Ss	0.869498	2.527766	5.050452	8.437556	12.68908	17.80502	23.78538	30.63015	38.33935
CEDRIC 0.862958	Ss	0.957749	2.73594	5.426518	9.029484	13.54484	18.97258	25.31271	32.56522	40.73012
溼地	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
DION 0.898383	Ss	0.891481	2.579729	5.144387	8.585455	12.90293	18.09682	24.16712	31.11383	38.93695
SERENA 0.783952	Ss	1.128965	3.137029	6.14943	10.16617	15.18724	21.21265	28.2424	36.27648	45.31491
ODYSSEY 0.849924	Ss	0.98364	2.79681	5.536359	9.202287	13.79459	19.31328	25.75835	33.12979	41.42761
ESTIMA 0.902499	Ss	0.884147	2.562402	5.113069	8.536149	12.83164	17.99955	24.03987	30.9526	38.73774
MPV 0.894304	Ss	0.898821	2.597062	5.175711	8.634767	12.97423	18.1941	24.29438	31.27507	39.13616

附錄 D Movit 網站煞車距離測試資料

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Alfa Romeo 166 3.0	2001	2959	◎	41.5	43.3
Alfa Romeo 145 1.4 Twin	1998	1712	◎	41.0	41.0
Alfa Romeo 146 1.6 Twin				40.8	
Alfa Romeo 156 1.9 JTD	2001	1910		41.5	43.8
Alfa Romeo 156 2.4 TD	1997	2387	◎	42.9	48.1
Alfa Romeo GTV 2.0 TS	1999	1976	◎	39.7	
Alfa Romeo Spider	1993	2000		51.4	40.6
Alfa Romeo Spider 2.0 TS	1997	2000	◎	39.8	49.5
Alpina B10 V8	1999	4600	◎	37.1	38.5
Aston Martin Vantage	1998	5340		41.9	47.0
Aston Martin DB7 Vantage	2000	5935	◎	37.8	40.2
Audi A2	2002	1390	◎	41.0	41.5
Audi A3 1.6	2001	1595	◎	38.6	37.5
Audi A3 1.8	2001	1789	◎	39.0	40.6
Audi A3 T	2001	1800	◎	37.8	

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Audi A4 1.6	1999	1595	◎	40.2	41.5
Audi A4 2.8 Quattro	2000	2800	◎	37.1	42.6
Audi A4 2.8 Avant	2002	2771	◎	41.9	45.4
Audi A6 1.8 Avant Quattro	1999	1781	◎	43.1	
Audi A6 Avant 2.6	2000	2771	◎	40.6	43.1
Audi A6 2.5 TDI	2001	2461	◎	38.2	39.0
Audi A8 4.2 Quattro	2001	4172	◎	39.8	42.4
AUDI S4	2002	2671	◎	41.5	37.5
Audi TT 1.8 T	2001	1781	◎	38.2	39.8
Audi TT 1.8 T Quattro	2000	1781		36.1	37.5
Audi TT B&B				39.0	
Audi TT WKR				41.5	
Audi TT Hohenester				39.4	
Audi TT Projektzwo				42.4	
Bentley Arnage	1999~2002	4398	◎	39.8	42.4

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
BMW 316 i	1999	1596	◎	39.4	40.6
BMW 318 i	2001	1895	◎	41.2	
BMW 318 is Coupe	2002	1895	◎	40.6	
BMW 320 I	2002	2171	◎	39.4	45.4
BMW 320 d	1999	2000	◎	36.7	37.8
BMW 323 ti compact				37.8	38.6
BMW 328 i	1996	2793	◎	38.2	38.6
BMW 328 i Touring				38.2	38.6
BMW 330 Ci	2001~2002	2979	◎	38.6	39.0
BMW 523 i Touring				39.0	39.0
BMW 528 i	1997	2800	◎	40.2	41.5
BMW 530 d				38.6	40.6
BMW 540 i	1999	4398	◎	40.1	40.4
BMW 540 i Hartge	1999	4398	◎	37.8	39.0
BMW M3 neu	1998~2002	3246	◎	38.2	38.6

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
BMW M 5 neu	2000~2002	4941	◎	38.6	39.2
BMW 740 i	1999	4398	◎	41.9	41.0
BMW 750 il	1999	5379	◎	37.8	43.3
BMW M Coupe Digi Tec	1999~2002	3246	◎	38.2	
BMW M Coupe Hamann	1999~2002	3246	◎	41.0	
BMW M Coupe Hartge	1999~2002	3246	◎	38.2	
BMW M Roadster	1998~1999	3246	◎	37.1	37.8
BMW X5 4.4i	2000~2002	4398	◎	41.5	43.3
BMW Z3 1.9	1996	1900		38.5	39.8
BMW Z3 1.9 MK Motorsp				38.2	39.9
BMW Z3 2.0	1999	1991	◎	38.2	37.5
BMW Z3 2.8	2001	2793	◎	36.7	39.0
BMW Z8	2000~2001	4941	◎	37.5	37.5
Camaro Z 28				37.8	41.0
Cadillac Escalade	1999~2002	5967	◎	110 kph 72.60	

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Cadillac Seville STS	1997~2002	4565	◎	38.6	41.0
Chevrolet Tahoe LT	1996~2002	5326	◎	48.2	62.2
Chrysler 300 M 2.7				39.4	42.9
Chrysler 300 M 3.5	1999~2002	3518	◎	46.0	
Chrysler Viper GTS	2000	8000		40.2	42.4
Citroen C5 2.2 HDI	2001	2179	◎	41.5	37.8
Citroen C5 3.0i V6 Exclusive				37.8	40.2
Corvette C5	2000	5680	◎	39.4	
Corvette C5 cabrio				38.6	37.8
Daewoo Leganza 2.0 CDX	1999~2001	2198	◎	42.3	
Ferrari F 355 F1	1999	3496	◎	36.6	37.5
Ferrari Maranello	1998~2002	5474	◎	38.2	37.8
Ferrari Modena	1999	1747	◎	37.1	37.5
Fiat Barchetta	1995	1581	◎	41.9	45.4
Fiat Brava 1.6 16v ELX	1998	1581		43.9	

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Fiat Bravo 155 20V HGT	1998	1995		40.2	
Fiat Coupe 2.0 20 V				38.8	
Fiat Multipla JTD 105 ELX		1581	◎	42.4	43.8
Fiat Punto Sporting	2000	1200	◎	39.8	41.9
Ford Cougar 24 V Wild	2001	2500		38.0	40.2
Ford Escort 1.8TD Turnier		1753	◎	40.6	46.4
Ford Fiesta 1.3				40.2	47.7
Ford Focus 1.4 i 16v				42.4	45.4
Ford Focus 1.8 DI Ghia				41.5	44.3
Ford Focus 1.8 DI Turnier				41.0	44.3
Ford Focus 2.0 i 16V				40.6	
Ford Galaxy 2.3 Trend				40.6	55.1
Ford Mondeo 2.0 i GLX	2000	1988	◎	37.8	42.0
Ford Mondeo 2.5 V6 24 V	1999	2544	◎	44.4	
Ford Mondeo 2.5 V6 Ghia				37.1	39.8

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Ford Puma Wolf				38.2	
Ford KA	1997	1000		44.3	46.6
Honda Accord 1.8i ES				40.6	40.6
Honda CR-V 2.0 RVSi	2000	1972		47.4	
Honda Integra Type R	2000~2002	1997	◎	37.8	38.2
Honda S 2000	1999	1975	◎	37.1	36.1
Hyundai Coupe				41.1	
Hyundai Galopper 2.5 TDI				46.50	
Hyundai H1 Starex	1997	2600		44.3	61.5
Hyundai Lantra	1999	1599		41.5	47.1
Jaguar S	2000~2002	2967	◎	38.6	39.8
Jaguar X -Type 3.0 V6 Sport	2002	2495	◎	36.8	38.7
Jaguar XL8 4.0 Sovereign				40.2	45.9
Jaguar XJR 4.0	1990	3980	◎	41.5	
Jaguar XK8	2001~2002	3996	◎	43.3	56.7

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Jaguar XKR Cabrio	2001~2002	3996	◎	39.0	38.2
Jeep Grand Cherokee 4.7 Limited	1998~2002	4701	◎	37.5	52.1
Kia Sportage	1999~2002	1908	◎	55.9	71.7
Lancia Delta HPE 2.0 HF	1999	1995	◎	37.8	46.8
Lancia K 2.4 JTD LS				43.7	
Lancia Kappa Coupe				41.0	40.6
Lancia Y elefantino				45.9	51.7
Lancia Z 2.1 td				44.5	
Landrover Freelander 2.0	2002	2497	◎	43.8	57.6
Landrover Discovery V8i	1998~2002	3950	◎	44.9	59.4
Lexus GS 300	2001~2002	2997	◎	39.4	47.0
Lexus LS 400	1996~2000	3996	◎	37.5	51.4
Lexus Lx 400	2000		◎	110 kph/66.30	
Lincoln Navigator	1998~2002	5408	◎	110 kph/73.3	
Lotus Elise 111s	2000	1795		44.3	38.6

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Lotus Esprit GT3	1998~2002	3588	◎	42.9	41.1
Lotus Esprit Sport 350	2001	3506		40.2	41.9
Lincol Navigator				56.7	53.6
Maserati Quattro.V8 Evo				38.6	38.9
Mazda 626 1.8 GLX SW	2001	1991	◎	45.0	
Mazda 626 TD				40.2	42.9
Mazda MPV 2.5 TD	2000	2498	◎	43.8	
Mazda MX-5 1.9 16v	2000	1839	◎	37.5	48.2
MCC Smart	1998	600	◎	45.4	50.1
Mercedes A 140	2001	1397	◎	39.8	40.6
Mercedes A 160	2001	1598	◎	38.2	40.6
Mercedes A 170 CDI	2001	1689	◎	42.4	44.9
Mercedes C 180	2002	1998	◎	39.0	39.0
Mercedes C 200 cdi	2002	1998	◎	37.5	39.5
Mercedes C 220 cdi	2002	2148	◎	37.1	38.5

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Mercedes C 280	2000	2799	◎	37.8	38.3
Mercedes C 280 T				37.1	40.2
Mercedes CLK Cabrio				40.2	39.4
Mercedes CLK 320	2000~2002	3199	◎	36.1	38.2
Mercedes CLK 430	2000~2002	4266	◎	36.4	39.4
Mercedes E 280	2001	2799	◎	40.2	39.4
Mercedes E 320	1998~2002	3199	◎	40.2	41.9
Mercedes E 430	1998~2002	4266	◎	40.2	40.8
Mercedes ML 320	1998~2002	3199	◎	43.8	49.5
Mercedes ML 430	1999	3199	◎	43.8	42.4
Mercedes S 430	2000~2002	4266	◎	39.8	39.4
Mercedes S 500 L	2000~2002	4966	◎	41.6	
Mercedes SL 500 Cabrio	1998~2002	4966	◎	38.6	40.7
Mercedes SL 600	2002	5987	◎	38.6	38.6
Mercedes SLK 200	2002	2000	◎	41.5	40.2

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Mercedes SLK 230 Kompr	1998~2001	2295	◎	37.5	37.5
Mercedes SLK Carlsson CK 23				39.4	38.2
Mercedes AMG C 36				40.6	40.6
Mercedes AMG E 5.5	2002	5500	◎	35.4	42.8
Mercedes AMG S 5.5				38.6	39.4
Mitsubishi Carisma 1.8				41.1	48.3
Mitsubishi Carisma GT	2001	1997		39.8	
Mitsubishi Eclipse 2.0	1999	1996	◎	40.2	
Mitsubishi Galant	1998~2002	2350		41.9	43.8
Mitsubishi GDI Space wagon	1999	2350	◎	40.6	42.4
Mitsubishi GT Evo 5				39.8	40.6
Mitsubishi Pajero 2.5 TDI				50.2	
Mitsubishi Pajero 3500 V6	1998	3497	◎	44.3	55.9
Nissan Primera 2.0 16v				44.1	
Opel Astra 1.6 Caravan	1998	1598	◎	41.0	41.9

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Opel Astra 1.6 16V Sport				44.0	
Opel Astra 2.0 16V				39.8	
Opel Astra 2.0 DI 16 v				41.5	42.2
Opel Astra 2.0 DI caravan				39.8	41.0
Opel Corsa 1.0 12 V	2002	1398	◎	49.5	55.9
Opel Corsa 1.2 16V	1998	1398	◎	48.2	52.1
Opel Frontera 2.2 DTI				41.0	48.2
Opel Monterey 3.5 V6 LTD				44.3	47.6
Opel Omega 2.0 16 V	2000	1998	◎	39.6	
Opel Tigra 1.6				39.0	45.9
Opel Vectra 1.8 16v SW	1999	1799	◎	42.3	
Opel Vectra 2.0 DTI 16v	1999	1988	◎	39.4	40.6
Opel Vectra 2.0 16V Sport	1999	1988	◎	37.3	36.9
Opel Vectra i 500				38.2	39.8
Peugeot 206 1.1				40.8	41.7

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Peugeot 206 1.4 xt				45.2	
Peugeot 306 S 16	1998	1761	◎	38.6	
Peugeot 306 XR Break				42.4	44.3
Peugot 405 1.8 SR GPL				45.0	
Peugot 406 2.0 hdi st	1999	1998	◎	40.6	41.9
Peugot 406 Coupe	1999	2946	◎	41.3	
Peugot 806 2.0 16 v Premium				41.9	54.3
Porsche Carrera 4	2002	3600	◎	37.5	
Porsche Carr.Cabr.				36.4	35.1
Porsche 911 Turbo				36.0	34.9
Porsche 911 GT2	2002	3600	◎	35.5	36.7
Porsche GT3	1999	3387	◎	35.1	35.1
Porsche 911 GT3 Cup				32.2	
Porsche Boxter	1999~2002	2687	◎	39.0	38.2
Porsche Boxter S	2000~2002	3179	◎	36.4	35.1

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Range Rover	2002	4554	◎	110 kph/ 62.7	
Renault Clio				43.4	
Renault Espace 2.0 16V RXE				42.4	47.6
Renault Espace V6				47.6	44.9
Renault Laguna W2.2 dt				48.2	killed
Renault Laguna 3.0 V6 24V				38.6	38.6
Renault Megane 1.9 dTi		1870		45.6	
Renault Megane 1.9 dTi RXE		1870		39.8	40.6
Renault Megane Scenic 1.9 dti				43.3	49.1
Renault Megane 2.0 16v				39.4	
Renault Megane Coach				44.9	52.1
Renault Scenic RX4	2001	1998	◎	41.5	42.4
Renault Twingo 1.2	1999	1149		47.0	58.5
Rover 220 SDi	1999	2000		43.2	
Rover 620 Si	1997	1997	◎	42.5	

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Saab 9-3SE 2.2 TID	1999~2002	2290	◎	42.4	45.9
Saab 9-5 SE 2.3 Kombi	2002	1985	◎	40.6	41.9
Saab 9-5 3.0 V6 t SE	2000	2962	◎	40.2	47.6
Seat Alhambra 1.9 TDI				44.9	
Seat Ibiza Cupra 2				36.4	39.4
Seat Ibiza Cupra 2.0 16v	1977	1984	◎	43.3	
Skoda Octavia 1.6		1595		46.5	
Skoda Octavia 1.8				41.1	40.9
Skoda Octavia 1.9 tdi slx				41.8	
Subaru Impreza Turbo GT				41.9	42.9
Subaru Outback H6-3.0	2000~2002	2999	◎	43.6	43.6
Suzuki Jimny	2001	1300		45.9	47.6
Toyota Avensis Station W				43.4	
Toyota Celica 2.0 16v	1994~2002	1794		43.4	
Toyota Corolla 1.3 G6	1997	1300	◎	46.5	

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
Toyota Landcruiser 100 V8 special	1995~2002	4664	◎	45.9	51.4
Toyota Previa	1991~1997	2438		38.6	39.8
Toyota RAV4	1997~2002	1998	◎	45.9	64.3
Volvo S 40 1.8	2002	1948	◎	40.2	47.7
Volvo S 40 2.0 T	2000~2001	1948	◎	41.5	41.9
Volvo S60 2.4	2000~2001	2435	◎	40.7	43.2
Volvo S 70	2000	1984	◎	39.0	41.5
Volvo S 80 2.9	1999~2002	2922	◎	41.0	48.8
Volvo V 40	2000~2002	1948	◎	41.7	
Volvo V 70	1998~2002	2319	◎	48.2	47.8
VW Beetle 2.0	2000	1984	◎	38.2	39.2
VW Beetle Digi Tec 1.8T	2002	2327	◎	42.2	
VW Beetle Muggianu VR6	2002	1595	◎	42.4	
VW Beetle Wendland TDI	2002	1800	◎	43.8	
VW Beetle ascari TDI				41.0	

車型	年份	排氣量 c.c	ABS	煞車距離	
				100 kmh - 0 empty	100 kmh - 0 loaded
VW Bora 2.3 V5	2000	2324	◎	37.1	40.2
VW Golf 1.6	2002	1600	◎	42.3	
VW Golf 1.8 20V				39.8	41.2
VW Golf 1.8 T GTI				38.2	
VW Golf 1.9 TDI	2002	1900	◎	38.6	41.9
VW Golf Variant TDI				42.9	45.9
VW Golf V5 4 motion				38.6	
VW Passat TDI	2000	1781	◎	41.0	40.6
VW Passat V5 Comfortline	2001~2002	2324	◎	38.9	41.9
VW Passat VR5				37.8	39.9
VW Polo 75	2001	1390	◎	42.9	44.3
VW Sharan	2000	2792	◎	43.3	46.5

附錄 E 澳洲煞車距離資料庫

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Small	Citroen Xsara 1.8L	1999	1761		34.8
	Citroen Xsara 2.0L	1999	1998		31.5
	Citroen Xsara VTR Coupe	2001	1587	◎	27.9
	Daewoo Matiz	1999	796		35
	Daihatsu Sirion	1998	1590		30.9
	Daihatsu Sirion GTvi	2001	1298	◎	30
	Ford KA	1999	1299		34.2
	Holden Barina Swing	1998	1389		35.6
	Holden Barina XC	2001	1389		40.2
	Honda Civic	2001	1668	◎	29.8
	Honda Civic CXi	1999	1590		41.6
	Honda Civic VTi-R	1999	1595	◎	34.4
	Honda Insight Two-door coupe	2001	995	◎	31.4
	Hyundai Accent	2000	1495		33.6
	Hyundai Excel Sprint	1998	1495	◎	29.5
	Kia Rio	2000	1493		32.1
	Mazda 121 Metro 'Shades'	2000	1498		30.5
	Mazda 323 Astina SP20	2001	1991	◎	27.4
	Mercedes Benz A-Class Avantgarde	1998	1598	◎	28
	Mercedes Benz A190	1998	1898	◎	27.5

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Small	Mitsubishi Mirage	1998	1468		31.9
	Peugeot 206 XT	2001	1587		30.8
	Peugeot 307	2001	1997	◎	28.3
	Proton Satria Gti	2000	500	◎	30.6
	Seat Ibiza Cupra	1999	1984	◎	26.9
	Suzuki Baleno GL	1999	1590		45.2
	Suzuki Baleno GLX	1999	1590		40.7
	Suzuki Ignis	2001	1328		31.9
	Suzuki Liana	2002	1586	◎	40.3
	Suzuki Wagon R+ GL	1998	996		32.1
	Toyota Echo	1999	1299		31.1
	Toyota Starlet Life	1998	1332	◎	33.4
	Volkswagen Golf GLE 1.8L	1999	1781	◎	29.2
	Volkswagen Golf GL 1.6L	1999	1595	◎	29.5
	Volkswagen Golf GTi	1998	1781	◎	28.3
	Volkswagen Polo	1998	1598		35.1
Mid size	Chrysler PT Cruiser	1999	1995	◎	27.8
	Citroen Xantia 3.0L V6	2000	2956	◎	31
	Citroen Xantia 2.0L	1999	1998	◎	28.9
	Citroen Xsara 1.8L Manual	1999	1761		34.8
	Citroen Xsara 2.0L Manual	1999	1998		31.5

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Mid size	Citroen Xsara VTR	2001	1587	◎	27.9
	Daewoo Leganza	1999	2198	◎	32.6
	Daewoo Nubira	2000	1998	◎	31.6
	Daihatsu Pyzar GRV	1999	1590		30.9
	Daewoo Nubira CDX	1998	1998		30.4
	Ford Laser KN LXi 1.6L Manual	1999	1598		37.4
	Ford Laser KN GLXi 1.8L Manual	1999	1840		30.1
	Ford Laser SR2	2001	1991	◎	27
	Ford Mondeo ST24	2000	2544	◎	28.6
	Holden Astra	2000	1796		34.4
	Holden Astra City	1998	1796		32.1
	Holden Astra Hatch	2001	1796		30.2
	Holden Vectra GL	1998	2198	◎	28.7
	Holden Vectra JS Series II 2.2L	1999	2198	◎	30.6
	Holden Vectra JS Series II 2.6 V6	2000	2597	◎	31.1
	Honda Accord 3.0L V6 Automatic Sedan (OHC)	1998	2997		31.4
	Honda Accord 3.0L V6 Automatic Sedan (SOHC)	1999	2997		28.6
	Honda Accord VTi	1998	2254	◎	28.9
	Honda Accord VTi-L	1999	2254	◎	33.3
	Hyundai Elantra XD	2000	1975	◎	32.6
	Hyundai Lantra GLS	1999	1975		30.6

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Mid size	Hyundai Sonata GLE 2.0L	1998	1997		32.9
	Hyundai Sonata GLS 2.5L	1998	2493		31.8
	Hyundai Sonata EF-B	2001	2657		28.5
	Kia Cremos	1998	1998		28.7
	Kia Mentor GLX	1998	1793		28.3
	Lexus IS200 2.0L Manual	1999	1988	◎	25.4
	Lexus IS200 2.0L Automatic	1999	1988	◎	27.9
	Mazda 323 Protege 1.6L Automatic	1998	1598		32.9
	Mazda 323 Astina 1.8L Manual	1998	1840		32.9
	Mazda 626 Classic 2.0L Manual Station Wagon	1998	1991	◎	31.3
	Mazda 626 Classic 2.0L Manual Sedan	2000	1991	◎	29.9
	Nissan Pulsar LX 1.6 Litre Manual	2000	1597	◎	29.9
	Nissan Pulsar ST 1.8 Litre Auto Sedan	2000	1769		36.6
	Nissan Pulsar Hatch	2001	1769		29.1
	Subaru Impreza RX 2.0 Litre Manual	2000	1994	◎	27.5
	Subaru Liberty GX 2.0L Automatic	1999	1994	◎	27.4
	Subaru Liberty Heritage 2.5 Litre Automatic	2000	2457	◎	27.6
	Subaru Liberty Heritage 2.5L Automatic	1998	2457	◎	27.9
	Subaru Liberty Heritage 2.5L Manual	1998	2457	◎	28.2
	Subaru Liberty RX 2.5L Manual	1998	2457	◎	27.6
	Toyota Corolla Conquest	1998	1762		34.8

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Mid size	Toyota Corolla CS 1.6L DOHC Manual	1989	1587		31.9
	Toyota Corolla CSX 1.8L Manual	1998	1762	◎	28.2
	Toyota Corolla Levin	2000	1762	◎	28.3
	Toyota Prius Hatch	2002	1497	◎	27.6
	Volkswagen Bora 2.0L 4-cylinder Manual	2000	1984	◎	32.1
	Volkswagen Bora 2.3L V5 Manual	2000	2324	◎	32.1
	Volkswagen Beetle 2.0 Litre Manual	2000	1984	◎	26.8
	Volkswagen Passat 2.8L V6 Automatic	1998	2771	◎	29.7
	Volkswagen Passat 1.8L Automatic	1998	1781	◎	28.6
	Volkswagen Passat Syncro 2.8L V6 Automatic	1999	2771	◎	29.7
	Volvo S60 Sedan 2.4 litre 20 valve SE automatic	2001	2435	◎	29.2
	Volvo S60 Sedan 2.3 litre T5 Geartronic automatic	2001	2319	◎	26.2
Large	Citroen C5 Estate 2.0 Manual	2001	1997	◎	27.3
	Ford Fairlane Ghia 4.0 Litre Automatic	2000	3984	◎	28.9
	Ford Falcon AU Forte 4.0L 6 Cylinder Automatic	1998	3984		29.4
	Ford Falcon AU Futura 4.0L Automatic	1999	3984		35.3
	Ford Falcon Futura AU Ser.II 4.0 Litre Auto	2000	3984	◎	29.1
	Ford Futura LPG AU Series II 4.0 litre Auto	2000	3984	◎	26.6
	Holden Commodore S VT 3.8L V6 Automatic	1998	3791		28.5
	Holden Commodore VT Series II Automatic	1999	3791	◎	27.7
	Holden Commodore VX 3.8 Litre V6 Automatic	2000	3791	◎	27.5

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Large	Holden Monaro CV6 Automatic	2002	3791	◎	27.7
	Holden Monaro CV8 Manual	2002	5665	◎	29.3
	Hyundai Grandeur 3.0L Automatic	1999	2972	◎	27.8
	Hyundai Sonata GLE 2.0L Automatic	1998	1997		32.9
	Hyundai Sonata GLE & GLS	1998	2493		31.8
	Hyundai Sonata EF-B 2.7 Litre GL automatic	2001	2657	◎	28.5
	Mitsubishi TH Magna 3.5L Automatic	1999	3497		31.3
	Mitsubishi Magna TJ 3.5L Automatic	2000	3497	◎	30
	Nissan Maxima ST 3.0L Automatic	2000	2988	◎	28
	Peugeot 406 ST Hdi 2.0 Litre Manual	2000	1997	◎	33.4
	Peugeot 406 ST Hdi 2.0 litre automatic	2001	1997	◎	26.9
	Toyota Avalon CSX 3.0 Litre Automatic	2000	2995	◎	28.5
	Toyota Camry Csi 3.0L V6 Automatic	1998	2995		30.3
	Toyota Camry Touring 3.0L V6 Automatic	1999	2995	◎	27.1
People	Chrysler Grand Voyager 3.3 Litre SE Automatic	2001	3301	◎	26.5
	Chrysler Voyager 3.3 Litre LX LWB Automatic	2000	3300	◎	30.6
	Daewoo Tacuma 2.0 Litre 5 Door Auto	2001	1998		33.2
	Daewoo Tacuma 2.0 Litre 5 Door Manual	2001	1998		30.1
	Holden Zafira 2.2 Litre Automatic	2001	2198	◎	28
	Honda Odyssey 2.3L Automatic	1998	2254	◎	32.3
	Honda Odyssey 3.0 Litre V6 Automatic	2000	2997	◎	33.2

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
People	Hyundai Trajet 2.7 Litre V6 Automatic	2000	2700		31.2
	Kia Carens 1.8 Litre Automatic	2000	1793		35
	Kia Carnival 2.5L V6 Automatic	1999	2497		32.7
	Kia Carnival LS 2.5L Automatic	2002	2497		35.5
	Mazda MPV 2.5L V6 Automatic	2000	2498	◎	30.7
	Mazda Premacy 1.8 Litre	2001	1839	◎	30.3
	Mitsubishi Nimbus 2.4 L V4 Automatic	1998	2351		32.4
	Renault Scenic 2WD Manual	2001	1998	◎	29.2
	Renault Scenic 4WD Manual	2001	1998		35.2
	Toyota Spacia 2.0L Manual	1998	1998		34.2
	Toyota Tarago 2.4 Litre GLX Automatic	2000	2362		27.4
	Volkswagen Caravelle 2.5L Automatic	1998	2461		31.3
Sport	Alfa Romeo 166 3.0 litre V6 Sportronic	2001	2959	◎	27.3
	Citroen Xantia 2.0L Manual Coupe	1998	1970	◎	31.6
	Citroen Xantia 3.0L V6 Manual	1998	2959	◎	26.4
	Audi A4 Quattro 2.4L V6 Manual	1998	2393	◎	31
	BMW Z3 1.9L 4 Cylinder Manual	1998	1895	◎	26.2
	Ford Cougar 2.5L V6 Manual	1999	2500	◎	29
	Ford Mustang Cobra 4.6 Litre V8 Manual	2001	4600	◎	30
	Holden Monaro CV6	2002	3791	◎	27.7
	Holden Monaro CV8	2002	5665	◎	29.3

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Sport	Honda Integra Type R 1.8L Manual	2002	1797	◎	25.6
	Honda S2000 2.0L Manual	1999	1997	◎	30.6
	Jaguar S-Type 3.0L V6 Manual	1999	2967	◎	27.9
	Jaguar XJ8 4.0L Automatic	1998	3996	◎	27.9
	Lexus SC 430 Convertible/Coupe	2002	4293		33.7
	Mazda MX-5 1.8L Manual	1998	1839		27.8
	Mazda MX-5 Sports 1.8 Litre Six-speed Manual	2001	1839	◎	27.1
	Mercedes Benz CLK230 2.3L Automatic	1998	2295	◎	29.6
	MG F Roadster 1.8 Litre Stepspeed Automatic	2001	1796	◎	29.5
	Nissan 200SX Coupe 2.0L Turbocharged Manual	2001	1998	◎	26
	Porsche 911 Carrera 3.2 litre six-speed manual	1998	3179	◎	31.2
	Porsche Boxter S 3.4L Tiptronic	2000	3387		26.8
	Renault Megane Cabriolet 1.6 Litre	2001	1598	◎	31.8
	Saab 9-3 Aero Convertible 2.0L Automatic	2001	1985	◎	27.1
	Subaru Impreza WRX 2.0L Manual	1999	1994	◎	27.1
	Subaru Impreza RV 2.0 Litre Manual	1999	1994	◎	27.8
	Toyota Celica 1.8 Litre Manual	2000	1796	◎	28.6
	Toyota MR2 Spyder 1.8L Manual	2000	1794	◎	26.5
	Volvo C70 2.4L Light Pressure Turbo Automatic	2000	2435	◎	27.2
Luxury	Alfa Romeo 156 2.0 Litre Twin Spark Manual	1999	1970	◎	29.1
	Alfa Romeo 156 2.0 Litre Selespeed	2000	1970	◎	40.1

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Luxury	Audi A3 Five-door .6 Litre Manual	2001	1595	◎	31.1
	Audi A6 2.8L V6 Automatic	1998	2771	◎	30.1
	Audi S4 2.7 litre six speed manual	2000	2671	◎	27.6
	BMW 318i 1.9L 4 Cyl Manual	1998	1895	◎	30.7
	Ford Fairlane GHIA 4.0L Automatic	1999	3984	◎	30.5
	Ford Fairmont AU Ghia 4.0L VCT Automatic	1998	3984		30.2
	Holden Calais VT 5.0L V8 Automatic	1998	4987	◎	29
	Holden Statesman WH 5.7L V8 Automatic Sedan	1999	5665	◎	27.6
	Honda Accord VTi-L 2.3 Litre 4 Door Manual	2001	2254	◎	30.4
	Honda Legend 3.5L V6 Automatic	1999	3473	◎	26.3
	Honda Legend with Traction Control Automatic	1998	3474	◎	27.3
	Lexus ES300 3.0 Litre V6 Automatic	2002	2995	◎	26.8
	Lexus GS300 3.0L Automatic Sedan	1998	2997	◎	26.7
	Lexus LS430 4.3 Litre Automatic	2001	4293	◎	28
	Lexus SC 430 Convertible/Coupe	2002	4293	◎	33.7
	Mazda Eunox 800 2.3 L V6 Miller Cycle Automatic	1999	2254	◎	28.3
	Mazda Millenia 2.3 Litre V6 Automatic	2001	2254	◎	27.2
	Mercedes Benz C240 Automatic	2001	2597	◎	28.7
	Mercedes Benz C320 Automatic	2001	3199	◎	28.4
	Mercedes Benz E280 2.8 Litre V6 Automatic	2000	2799		27.1
	Mercedes Benz S-Class 3.2L V6 Automatic	1999	3199		29

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Luxury	Mercedes Benz S-Class 4.3L V8 Automatic	1999	4266		27
	Peugeot 607 3.0L V6 Automatic	2002	2946	◎	25.2
	Rover 75 Connoisseur 2.5 Litre Automatic	2001	2497	◎	27.4
	Saab 9-5 AERO Sedan 2.3 Litre manual	2000	2290	◎	26.1
	Saab 9-3 Aero 5-Door Sedan 2.0 Litre automatic	2000	1985	◎	26
	Saab 9-3 Monte Carlo 2L Manual	1999	1985	◎	31.7
	Saab 9-3 S 2.3L Automatic	1998	2290		32.5
	Saab 9-5 2.3L light pressure turbo Automatic	1998	2290		30.9
	Saab 9-5 Aero Estate 2.3 Litre Automatic	2000	2290	◎	26.6
	Saab 9-5 Arc 2.3t sedan	2002	2290	◎	26.8
	Saab 9-5 Estate 2.3L Turbo Automatic	1999	2290	◎	31.8
	Saab 9-5 SE Auto Sedan 2.3 Litre	2001	2290	◎	29.3
	Volvo S80 T6 2.8L Automatic	2002	2783	◎	27.1
	Volvo V70 SE 2.4L Automatic	2001	2435	◎	26.8
	Volvo V70 T 2.5L Automatic	1998	2435	◎	32.3
4WD	BMW X5 4WD wagon 4.4 Litre Automatic	2001	4398	◎	27.3
	BMW X5 4WD wagon 3.0 Litre Automatic	2001	2979	◎	26.8
	Chrysler Jeep 4.7L V8 Automatic	1999	4000	◎	28.4
	Ford Explorer 4.0 litre automatic	2002	4009	◎	29.4
	Daewoo Korando 3.2L Automatic	1999	3199	◎	34.8
	Daewoo Musso 2.9L Turbo Diesel Automatic	1998	2874		32.6

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
4WD	Holden Frontera 3.2L V6 Manual	1999	3165	◎	39.3
	Holden Jackaroo 3.0L Turbo Diesel Manual	1998	2999		33.2
	Holden Jackaroo 3.5L V6 Petrol Automatic	2001	3494		31.5
	Holden Jackaroo Monterey 3.0 Litre Automatic	1998	2999		31.5
	Holden Suburban 5.7L Petrol Engine Automatic	2000	5734	◎	35.6
	Honda CR-V Sport 2.0L Manual	1999	1973		29.3
	Honda HR-V Five Door 1.6 Litre	2000	1590		29.5
	Honda HR-V Sport 1.6L Manual	1999	1590	◎	27.8
	Hyundai Santa Fe 2.7 Litre Automatic	2001	2656		27.5
	Kia Sportage 2.0 Litre Manual	2001	1998		33.8
	Land Rover Discovery SE7 2.5L Tdi Auto	1998	2495	◎	32.3
	Land Rover Discovery SE7 Td5 2.5L Turbo Diesel	1999	2495	◎	31.2
	Land Rover Freelander 2.5 V6 Automatic	2001	2497	◎	28.9
	Land Rover Freelander XE 2.0L Turbocharged Diesel	1998	1994	◎	37.5(wet track)
	Lexus LX470 4.7L V8 Automatic	1998	4664	◎	31.1
	Mazda Tribute 3.0 Litre V6 Automatic	2001	2967	◎	30.1
	Mercedes Benz ML320 3.2L V6 Automatic	1998	3199	◎	32.5
	Mitsubishi Challenger 3.0L V6 Automatic	1998	2972		29.6
	Mitsubishi Challenger LS 3.0 Litre V6 Automatic	2000	2972	◎	33.1
	Mitsubishi Pajero iO 1.8L Manual	1999	1834		40.3
	Mitsubishi Pajero NM 3.5 Litre Automatic	2000	3497	◎	34.7

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
4WD	Nissan GU Patrol ST 2.8L Turbo Diesel Manual	1998	2826		39.3
	Nissan GU Patrol Ti 4.5L Automatic	1998	4479		34.6
	Nissan Pathfinder Series 2 ST 3.3L Automatic	1999	3274	◎	32.9
	Nissan Patrol ST 4.2L Turbo Diesel Manual	1999	4169		35.5
	Nissan Patrol ST 3.0L Limited Automatic	2000	2953		31.2
	Subaru Forester 3.0 Litre Turbo Diesel Manual	2000	1994	◎	29
	Subaru Forester GT 2L Turbocharged Automatic	1999	1994	◎	28.5
	Subaru Outback H6 3.0 Litre Automatic	2000	2999	◎	28.2
	Suzuki Grand Vitara 2.5L Automatic	1998	2493	◎	33.8
	Suzuki Grand Vitara 2.0L Manual	1999	1995		33.6
	Suzuki Jimny 1.3L Automatic	1999	1298		32
	Suzuki XL-7 4WD 2.7 Litre V6 Manual	2001	2736	◎	30.4
	Toyota Landcruiser 4.2 Litre Manual	2000	4164	◎	36
	Toyota Landcruiser 100 Series Standard 4.5L Manual	1998	4477	◎	35.6
	Toyota Landcruiser 100 Series GXV 4.7L V8 Automatic	1998	4664	◎	30.5
	Toyota Landcruiser 78 series 4.2L Diesel Manual	1999	4164	◎	40.1
	Toyota Prado 3.0L Turbo Diesel	2000	2982		31.7
	Toyota RAV4 Cruiser 2.0 Litre Five Door Manual	2000	1998	◎	38.1
Commercial	Citroen Berlingo 1.4L Manual	1999	1360		無測試資料
	Ford Falcon AU Ute XL 4.0L Manual	1999	3984		無測試資料

	廠牌	測試年份	排氣量(c.c.)	ABS	煞車距離(80 km/h)
Commercial	Ford Falcon AUII Utility XR8 Pursuit automatic	2001	4942	◎	26.7
	Holden Rodeo 3.2L V6 Manual	1998	3165		34.2
	Holden VU Utility 3.8 litre Automatic Ute	2001	3791	◎	37.2
	Holden VU Utility 5.7 litre Manual SS	2001	5665	◎	26.8
	Mazda Bravo 2.5L Turbo Diesel Manual	1999	2500		32.6
	Toyota Hilux 2.7L Petrol Manual	1998	2694	◎	38.3
	Toyota Hilux 3.0 litre Turbo Diesel Manual	2000	2982	◎	無測試資料

Tnb=0.02，Ts=0.255 之各車型各車速之煞車胎痕長度(有 ABS)

廠牌	車速 阻力係數	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Citroen Xsara VTR Coupe	0.988	0.788	2.307	4.622	7.733	11.641	16.345	21.846	28.143	35.236
Daihatsu Sirion GTvi	0.913	0.909	2.591	5.136	8.542	12.811	17.941	23.933	30.787	38.503
Honda Civic	0.919	0.897	2.564	5.087	8.465	12.699	17.789	23.734	30.535	38.192
Honda Civic VTi-R	0.787	1.166	3.192	6.217	10.242	15.266	21.289	28.312	36.334	45.355
Honda Insight Two-door coupe	0.869	0.99	2.782	5.479	9.082	13.591	19.006	25.326	32.551	40.682
Hyundai Excel Sprint	0.929	0.88	2.523	5.013	8.35	12.532	17.561	23.436	30.157	37.725
Mazda 323 Astina SP20	1.007	0.76	2.24	4.5	7.541	11.363	15.966	21.349	27.513	34.458
Mercedes Benz A-Class Avantgarde	0.984	0.794	2.32	4.646	7.772	11.697	16.421	21.945	28.269	35.391
Mercedes Benz A190	1.003	0.766	2.253	4.524	7.58	11.419	16.042	21.448	27.639	34.614
Peugeot 307	0.972	0.811	2.361	4.72	7.887	11.864	16.649	22.243	28.646	35.858
Proton Satria Gti	0.893	0.943	2.673	5.283	8.774	13.145	18.397	24.53	31.543	39.437
Seat Ibiza Cupra	1.028	0.732	2.172	4.378	7.349	11.085	15.586	20.853	26.884	33.681
Suzuki Liana	0.665	1.517	4.004	7.674	12.528	18.565	25.786	34.191	43.779	54.551
Toyota Starlet Life	0.812	1.107	3.055	5.971	9.855	14.707	20.528	27.316	35.072	43.797
Volkswagen Golf GLE 1.8L	0.94	0.863	2.483	4.94	8.234	12.365	17.333	23.138	29.779	37.258

廠牌	車速 阻力係數	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Volkswagen Golf GL 1.6L	0.929	0.88	2.523	5.013	8.35	12.532	17.561	23.436	30.157	37.725
Volkswagen Golf GTi	0.972	0.811	2.361	4.72	7.887	11.864	16.649	22.243	28.646	35.858
Chrysler PT Cruiser	0.992	0.783	2.293	4.598	7.695	11.586	16.269	21.746	28.017	35.08
Citroen Xantia 3.0L V6	0.881	0.967	2.727	5.381	8.928	13.368	18.701	24.928	32.047	40.06
Citroen Xantia 2.0L	0.95	0.845	2.442	4.866	8.118	12.198	17.105	22.839	29.402	36.791
Citroen Xsara VTR	0.988	0.788	2.307	4.622	7.733	11.641	16.345	21.846	28.143	35.236
Daewoo Leganza	0.834	1.06	2.946	5.774	9.546	14.261	19.919	26.52	34.064	42.551
Daewoo Nubira	0.863	1.002	2.809	5.528	9.16	13.703	19.158	25.525	32.803	40.994
Ford Laser SR2	1.024	0.737	2.186	4.402	7.387	11.141	15.662	20.952	27.01	33.836
Ford Mondeo ST24	0.961	0.828	2.402	4.793	8.003	12.031	16.877	22.541	29.024	36.325
Holden Vectra GL	0.958	0.834	2.415	4.818	8.041	12.086	16.953	22.641	29.15	36.48
Holden Vectra JS Series II 2.2L	0.893	0.943	2.673	5.283	8.774	13.145	18.397	24.53	31.543	39.437
Holden Vectra JS Series II 2.6 V6	0.878	0.972	2.741	5.406	8.967	13.424	18.777	25.027	32.173	40.215
Honda Accord VTi	0.95	0.845	2.442	4.866	8.118	12.198	17.105	22.839	29.402	36.791
Honda Accord VTi-L	0.815	1.101	3.041	5.946	9.816	14.651	20.451	27.216	34.946	43.641

廠牌	車速 阻力係數	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Hyundai Elantra XD	0.834	1.06	2.946	5.774	9.546	14.261	19.919	26.52	34.064	42.551
Lexus IS200 2.0L Manual	1.095	0.647	1.971	4.013	6.773	10.252	14.449	19.364	24.998	31.35
Lexus IS200 2.0L Automatic	0.988	0.788	2.307	4.622	7.733	11.641	16.345	21.846	28.143	35.236
Mazda 626 Classic 2.0L Manual Station Wagon	0.872	0.984	2.768	5.455	9.044	13.535	18.929	25.226	32.425	40.527
Mazda 626 Classic 2.0L Manual Sedan	0.916	0.903	2.578	5.111	8.504	12.755	17.865	23.834	30.661	38.347
Nissan Pulsar LX 1.6 Litre Manual	0.916	0.903	2.578	5.111	8.504	12.755	17.865	23.834	30.661	38.347
Subaru Impreza RX 2.0 Litre Manual	1.003	0.766	2.253	4.524	7.58	11.419	16.042	21.448	27.639	34.614
Subaru Liberty GX 2.0L Automatic	1.007	0.76	2.24	4.5	7.541	11.363	15.966	21.349	27.513	34.458
Subaru Liberty Heritage 2.5 Litre Automatic	0.999	0.771	2.266	4.549	7.618	11.474	16.118	21.548	27.765	34.769
Subaru Liberty Heritage 2.5L Automatic	0.988	0.788	2.307	4.622	7.733	11.641	16.345	21.846	28.143	35.236
Subaru Liberty Heritage 2.5L Manual	0.976	0.805	2.347	4.695	7.849	11.808	16.573	22.144	28.52	35.702
Subaru Liberty RX 2.5L Manual	0.999	0.771	2.266	4.549	7.618	11.474	16.118	21.548	27.765	34.769
Toyota Corolla CSX 1.8L Manual	0.976	0.805	2.347	4.695	7.849	11.808	16.573	22.144	28.52	35.702
Toyota Corolla Levin	0.972	0.811	2.361	4.72	7.887	11.864	16.649	22.243	28.646	35.858
Toyota Prius Hatch	0.999	0.771	2.266	4.549	7.618	11.474	16.118	21.548	27.765	34.769

廠牌	車速 阻力係數	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Volkswagen Bora 2.0L 4-cylinder Manual	0.848	1.031	2.877	5.651	9.353	13.982	19.538	26.022	33.433	41.772
Volkswagen Bora 2.3L V5 Manual	0.848	1.031	2.877	5.651	9.353	13.982	19.538	26.022	33.433	41.772
Volkswagen Beetle 2.0 Litre Manual	1.032	0.726	2.159	4.354	7.311	11.029	15.51	20.753	26.758	33.525
Volkswagen Passat 2.8L V6 Automatic	0.923	0.891	2.551	5.062	8.427	12.643	17.713	23.635	30.409	38.036
Volkswagen Passat 1.8L Automatic	0.961	0.828	2.402	4.793	8.003	12.031	16.877	22.541	29.024	36.325
Volkswagen Passat Syncro 2.8L V6 Automatic	0.923	0.891	2.551	5.062	8.427	12.643	17.713	23.635	30.409	38.036
Volvo S60 Sedan 2.4 litre 20 valve SE automatic	0.94	0.863	2.483	4.94	8.234	12.365	17.333	23.138	29.779	37.258
Volvo S60 Sedan 2.3 litre T5 Geartronic automatic	1.058	0.692	2.078	4.208	7.08	10.696	15.055	20.158	26.004	32.593
Citroen C5 Estate 2.0 Manual	1.011	0.754	2.226	4.476	7.503	11.307	15.89	21.25	27.387	34.303
Ford Fairlane Ghia 4.0 Litre Automatic	0.95	0.845	2.442	4.866	8.118	12.198	17.105	22.839	29.402	36.791
Ford Falcon Futura AU Ser.II 4.0 Litre Auto	0.943	0.857	2.469	4.915	8.195	12.309	17.257	23.038	29.654	37.103
Ford Futura LPG AU Series II 4.0 litre Auto	1.041	0.715	2.132	4.305	7.234	10.918	15.359	20.555	26.507	33.214
Holden Commodore VT Series II Automatic	0.995	0.777	2.28	4.573	7.656	11.53	16.193	21.647	27.891	34.925
Holden Commodore VX 3.8 Litre V6 Automatic	1.003	0.766	2.253	4.524	7.58	11.419	16.042	21.448	27.639	34.614
Holden Monaro CV6 Automatic	0.995	0.777	2.28	4.573	7.656	11.53	16.193	21.647	27.891	34.925

廠牌	車速									
	阻力係數	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Holden Monaro CV8 Manual	0.936	0.868	2.496	4.964	8.272	12.421	17.409	23.237	29.905	37.414
Hyundai Grandeur 3.0L Automatic	0.992	0.783	2.293	4.598	7.695	11.586	16.269	21.746	28.017	35.08
Hyundai Sonata EF-B 2.7 Litre GL automatic	0.965	0.823	2.388	4.769	7.964	11.975	16.801	22.442	28.898	36.169
Mitsubishi Magna TJ 3.5L Automatic	0.913	0.909	2.591	5.136	8.542	12.811	17.941	23.933	30.787	38.503
Nissan Maxima ST 3.0L Automatic	0.984	0.794	2.32	4.646	7.772	11.697	16.421	21.945	28.269	35.391
Peugeot 406 ST Hdi 2.0 Litre Manual	0.812	1.107	3.055	5.971	9.855	14.707	20.528	27.316	35.072	43.797
Peugeot 406 ST Hdi 2.0 litre automatic	1.028	0.732	2.172	4.378	7.349	11.085	15.586	20.853	26.884	33.681
Toyota Avalon CSX 3.0 Litre Automatic	0.965	0.823	2.388	4.769	7.964	11.975	16.801	22.442	28.898	36.169
Toyota Camry Touring 3.0L V6 Automatic	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Chrysler Grand Voyager 3.3 Litre SE Automatic	1.045	0.709	2.118	4.281	7.195	10.863	15.283	20.456	26.381	33.059
Chrysler Voyager 3.3 Litre LX LWB Automatic	0.893	0.943	2.673	5.283	8.774	13.145	18.397	24.53	31.543	39.437
Holden Zafira 2.2 Litre Automatic	0.984	0.794	2.32	4.646	7.772	11.697	16.421	21.945	28.269	35.391
Honda Odyssey 2.3L Automatic	0.842	1.042	2.905	5.7	9.43	14.093	19.69	26.221	33.686	42.084
Honda Odyssey 3.0 Litre V6 Automatic	0.818	1.095	3.028	5.922	9.778	14.596	20.375	27.117	34.82	43.485
Mazda MPV 2.5L V6 Automatic	0.89	0.949	2.686	5.307	8.812	13.201	18.473	24.629	31.669	39.593

廠牌	車速									
	阻力係數	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Mazda Premacy 1.8 Litre	0.903	0.926	2.632	5.209	8.658	12.978	18.169	24.231	31.165	38.97
Renault Scenic 2WD Manual	0.94	0.863	2.483	4.94	8.234	12.365	17.333	23.138	29.779	37.258
Alfa Romeo 166 3.0 litre V6 Sportronic	1.011	0.754	2.226	4.476	7.503	11.307	15.89	21.25	27.387	34.303
Citroen Xantia 2.0L Manual Coupe	0.863	1.002	2.809	5.528	9.16	13.703	19.158	25.525	32.803	40.994
Citroen Xantia 3.0L V6 Manual	1.049	0.703	2.105	4.256	7.157	10.807	15.207	20.356	26.255	32.904
Audi A4 Quattro 2.4L V6 Manual	0.881	0.967	2.727	5.381	8.928	13.368	18.701	24.928	32.047	40.06
BMW Z3 1.9L 4 Cylinder Manual	1.058	0.692	2.078	4.208	7.08	10.696	15.055	20.158	26.004	32.593
Ford Cougar 2.5L V6 Manual	0.947	0.851	2.456	4.891	8.157	12.253	17.181	22.939	29.528	36.947
Ford Mustang Cobra 4.6 Litre V8 Manual	0.913	0.909	2.591	5.136	8.542	12.811	17.941	23.933	30.787	38.503
Holden Monaro CV6	0.995	0.777	2.28	4.573	7.656	11.53	16.193	21.647	27.891	34.925
Holden Monaro CV8	0.936	0.868	2.496	4.964	8.272	12.421	17.409	23.237	29.905	37.414
Honda Integra Type R 1.8L Manual	1.086	0.659	1.998	4.062	6.85	10.363	14.6	19.562	25.249	31.66
Honda S2000 2.0L Manual	0.893	0.943	2.673	5.283	8.774	13.145	18.397	24.53	31.543	39.437
Jaguar S-Type 3.0L V6 Manual	0.988	0.788	2.307	4.622	7.733	11.641	16.345	21.846	28.143	35.236
Jaguar XJ8 4.0L Automatic	0.988	0.788	2.307	4.622	7.733	11.641	16.345	21.846	28.143	35.236

廠牌	車速 阻力係數	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Mazda MX-5 Sports 1.8 Litre Six-speed Manual	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Mercedes Benz CLK230 2.3L Automatic	0.926	0.886	2.537	5.038	8.388	12.588	17.637	23.535	30.283	37.881
MG F Roadster 1.8 Litre Stepspeed Automatic	0.929	0.88	2.523	5.013	8.35	12.532	17.561	23.436	30.157	37.725
Nissan 200SX Coupe 2.0L Turbocharged Manual	1.067	0.681	2.051	4.159	7.003	10.585	14.904	19.959	25.752	32.282
Porsche 911 Carrera 3.2 litre six-speed manual	0.875	0.978	2.755	5.43	9.005	13.48	18.853	25.127	32.299	40.371
Renault Megane Cabriolet 1.6 Litre	0.857	1.013	2.836	5.578	9.237	13.814	19.31	25.724	33.055	41.305
Saab 9-3 Aero Convertible 2.0L Automatic	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Subaru Impreza WRX 2.0L Manual	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Subaru Impreza RV 2.0 Litre Manual	0.992	0.783	2.293	4.598	7.695	11.586	16.269	21.746	28.017	35.08
Toyota Celica 1.8 Litre Manual	0.961	0.828	2.402	4.793	8.003	12.031	16.877	22.541	29.024	36.325
Toyota MR2 Spyder 1.8L Manual	1.045	0.709	2.118	4.281	7.195	10.863	15.283	20.456	26.381	33.059
Volvo C70 2.4L Light Pressure Turbo Automatic	1.016	0.749	2.213	4.451	7.464	11.252	15.814	21.151	27.262	34.147
Alfa Romeo 156 2.0 Litre Twin Spark Manual	0.943	0.857	2.469	4.915	8.195	12.309	17.257	23.038	29.654	37.103
Alfa Romeo 156 2.0 Litre Selespeed	0.668	1.505	3.976	7.624	12.45	18.453	25.634	33.991	43.526	54.239
Audi A3 Five-door 1.6 Litre Manual	0.878	0.972	2.741	5.406	8.967	13.424	18.777	25.027	32.173	40.215
廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100

	阻力係數									
Audi A6 2.8L V6 Automatic	0.909	0.915	2.605	5.16	8.581	12.866	18.017	24.032	30.913	38.659
Audi S4 2.7 litre six speed manual	0.999	0.771	2.266	4.549	7.618	11.474	16.118	21.548	27.765	34.769
BMW 318i 1.9L 4 Cyl Manual	0.89	0.949	2.686	5.307	8.812	13.201	18.473	24.629	31.669	39.593
Ford Fairlane GHIA 4.0L Automatic	0.896	0.938	2.659	5.258	8.735	13.089	18.321	24.43	31.417	39.281
Holden Calais VT 5.0L V8 Automatic	0.947	0.851	2.456	4.891	8.157	12.253	17.181	22.939	29.528	36.947
Holden Statesman WH 5.7L V8 Automatic Sedan	0.999	0.771	2.266	4.549	7.618	11.474	16.118	21.548	27.765	34.769
Honda Accord VTi-L 2.3 Litre 4 Door Manual	0.9	0.932	2.646	5.234	8.697	13.034	18.245	24.331	31.291	39.126
Honda Legend 3.5L V6 Automatic	1.054	0.698	2.092	4.232	7.119	10.752	15.131	20.257	26.129	32.748
Honda Legend with Traction Control Automatic	1.011	0.754	2.226	4.476	7.503	11.307	15.89	21.25	27.387	34.303
Lexus ES300 3.0 Litre V6 Automatic	1.032	0.726	2.159	4.354	7.311	11.029	15.51	20.753	26.758	33.525
Lexus GS300 3.0L Automatic Sedan	1.036	0.72	2.145	4.329	7.272	10.974	15.435	20.654	26.633	33.37
Lexus LS430 4.3 Litre Automatic	0.984	0.794	2.32	4.646	7.772	11.697	16.421	21.945	28.269	35.391
Lexus SC 430 Convertible/Coupe	0.805	1.125	3.096	6.045	9.971	14.875	20.756	27.615	35.451	44.264
Mazda Eunos 800 2.3 L V6 Miller Cycle Automatic	0.972	0.811	2.361	4.72	7.887	11.864	16.649	22.243	28.646	35.858
Mazda Millenia 2.3 Litre V6 Automatic	1.016	0.749	2.213	4.451	7.464	11.252	15.814	21.151	27.262	34.147
廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100

	阻力係數									
Mazda MX-5 Sports 1.8 Litre Six-speed Manual	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Mercedes Benz CLK230 2.3L Automatic	0.926	0.886	2.537	5.038	8.388	12.588	17.637	23.535	30.283	37.881
MG F Roadster 1.8 Litre Stepspeed Automatic	0.929	0.88	2.523	5.013	8.35	12.532	17.561	23.436	30.157	37.725
Nissan 200SX Coupe 2.0L Turbocharged Manual	1.067	0.681	2.051	4.159	7.003	10.585	14.904	19.959	25.752	32.282
Porsche 911 Carrera 3.2 litre six-speed manual	0.875	0.978	2.755	5.43	9.005	13.48	18.853	25.127	32.299	40.371
Renault Megane Cabriolet 1.6 Litre	0.857	1.013	2.836	5.578	9.237	13.814	19.31	25.724	33.055	41.305
Saab 9-3 Aero Convertible 2.0L Automatic	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Subaru Impreza WRX 2.0L Manual	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Subaru Impreza RV 2.0 Litre Manual	0.992	0.783	2.293	4.598	7.695	11.586	16.269	21.746	28.017	35.08
Toyota Celica 1.8 Litre Manual	0.961	0.828	2.402	4.793	8.003	12.031	16.877	22.541	29.024	36.325
Toyota MR2 Spyder 1.8L Manual	1.045	0.709	2.118	4.281	7.195	10.863	15.283	20.456	26.381	33.059
Volvo C70 2.4L Light Pressure Turbo Automatic	1.016	0.749	2.213	4.451	7.464	11.252	15.814	21.151	27.262	34.147
Alfa Romeo 156 2.0 Litre Twin Spark Manual	0.943	0.857	2.469	4.915	8.195	12.309	17.257	23.038	29.654	37.103
Alfa Romeo 156 2.0 Litre Selespeed	0.668	1.505	3.976	7.624	12.45	18.453	25.634	33.991	43.526	54.239
Audi A3 Five-door .6 Litre Manual	0.878	0.972	2.741	5.406	8.967	13.424	18.777	25.027	32.173	40.215
廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100

	阻力係數									
Mercedes Benz C240 Automatic	0.958	0.834	2.415	4.818	8.041	12.086	16.953	22.641	29.15	36.48
Mercedes Benz C320 Automatic	0.969	0.817	2.375	4.744	7.926	11.919	16.725	22.343	28.772	36.014
Peugeot 607 3.0L V6 Automatic	1.105	0.636	1.944	3.964	6.697	10.141	14.297	19.166	24.746	31.039
Rover 75 Connoisseur 2.5 Litre Automatic	1.007	0.76	2.24	4.5	7.541	11.363	15.966	21.349	27.513	34.458
Saab 9-5 AERO Sedan 2.3 Litre manual	1.063	0.687	2.065	4.183	7.042	10.64	14.979	20.059	25.878	32.437
Saab 9-3 Aero 5-Door Sedan 2.0 Litre automatic	1.067	0.681	2.051	4.159	7.003	10.585	14.904	19.959	25.752	32.282
Saab 9-3 Monte Carlo 2L Manual	0.86	1.007	2.823	5.553	9.198	13.758	19.234	25.624	32.929	41.15
Saab 9-5 Aero Estate 2.3 Litre Automatic	1.041	0.715	2.132	4.305	7.234	10.918	15.359	20.555	26.507	33.214
Saab 9-5 Arc 2.3t sedan	1.032	0.726	2.159	4.354	7.311	11.029	15.51	20.753	26.758	33.525
Saab 9-5 Estate 2.3L Turbo Automatic	0.857	1.013	2.836	5.578	9.237	13.814	19.31	25.724	33.055	41.305
Saab 9-5 SE Auto Sedan 2.3 Litre	0.936	0.868	2.496	4.964	8.272	12.421	17.409	23.237	29.905	37.414
Volvo S80 T6 2.8L Automatic	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Volvo V70 SE 2.4L Automatic	1.032	0.726	2.159	4.354	7.311	11.029	15.51	20.753	26.758	33.525
Volvo V70 T 2.5L Automatic	0.842	1.042	2.905	5.7	9.43	14.093	19.69	26.221	33.686	42.084
BMW X5 4WD wagon 4.4 Litre Automatic	1.011	0.754	2.226	4.476	7.503	11.307	15.89	21.25	27.387	34.303

廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

	阻力係數									
Mazda MX-5 Sports 1.8 Litre Six-speed Manual	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Mercedes Benz CLK230 2.3L Automatic	0.926	0.886	2.537	5.038	8.388	12.588	17.637	23.535	30.283	37.881
MG F Roadster 1.8 Litre Stepspeed Automatic	0.929	0.88	2.523	5.013	8.35	12.532	17.561	23.436	30.157	37.725
Nissan 200SX Coupe 2.0L Turbocharged Manual	1.067	0.681	2.051	4.159	7.003	10.585	14.904	19.959	25.752	32.282
Porsche 911 Carrera 3.2 litre six-speed manual	0.875	0.978	2.755	5.43	9.005	13.48	18.853	25.127	32.299	40.371
Renault Megane Cabriolet 1.6 Litre	0.857	1.013	2.836	5.578	9.237	13.814	19.31	25.724	33.055	41.305
Saab 9-3 Aero Convertible 2.0L Automatic	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Subaru Impreza WRX 2.0L Manual	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Subaru Impreza RV 2.0 Litre Manual	0.992	0.783	2.293	4.598	7.695	11.586	16.269	21.746	28.017	35.08
Toyota Celica 1.8 Litre Manual	0.961	0.828	2.402	4.793	8.003	12.031	16.877	22.541	29.024	36.325
Toyota MR2 Spyder 1.8L Manual	1.045	0.709	2.118	4.281	7.195	10.863	15.283	20.456	26.381	33.059
Volvo C70 2.4L Light Pressure Turbo Automatic	1.016	0.749	2.213	4.451	7.464	11.252	15.814	21.151	27.262	34.147
Alfa Romeo 156 2.0 Litre Twin Spark Manual	0.943	0.857	2.469	4.915	8.195	12.309	17.257	23.038	29.654	37.103
Alfa Romeo 156 2.0 Litre Selespeed	0.668	1.505	3.976	7.624	12.45	18.453	25.634	33.991	43.526	54.239
Audi A3 Five-door .6 Litre Manual	0.878	0.972	2.741	5.406	8.967	13.424	18.777	25.027	32.173	40.215
廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100

	阻力係數									
Audi A6 2.8L V6 Automatic	0.909	0.915	2.605	5.16	8.581	12.866	18.017	24.032	30.913	38.659
Audi S4 2.7 litre six speed manual	0.999	0.771	2.266	4.549	7.618	11.474	16.118	21.548	27.765	34.769
BMW 318i 1.9L 4 Cyl Manual	0.89	0.949	2.686	5.307	8.812	13.201	18.473	24.629	31.669	39.593
Ford Fairlane GHIA 4.0L Automatic	0.896	0.938	2.659	5.258	8.735	13.089	18.321	24.43	31.417	39.281
Holden Calais VT 5.0L V8 Automatic	0.947	0.851	2.456	4.891	8.157	12.253	17.181	22.939	29.528	36.947
Holden Statesman WH 5.7L V8 Automatic Sedan	0.999	0.771	2.266	4.549	7.618	11.474	16.118	21.548	27.765	34.769
Honda Accord VTi-L 2.3 Litre 4 Door Manual	0.9	0.932	2.646	5.234	8.697	13.034	18.245	24.331	31.291	39.126
Honda Legend 3.5L V6 Automatic	1.054	0.698	2.092	4.232	7.119	10.752	15.131	20.257	26.129	32.748
Honda Legend with Traction Control Automatic	1.011	0.754	2.226	4.476	7.503	11.307	15.89	21.25	27.387	34.303
Lexus ES300 3.0 Litre V6 Automatic	1.032	0.726	2.159	4.354	7.311	11.029	15.51	20.753	26.758	33.525
Lexus GS300 3.0L Automatic Sedan	1.036	0.72	2.145	4.329	7.272	10.974	15.435	20.654	26.633	33.37
Lexus LS430 4.3 Litre Automatic	0.984	0.794	2.32	4.646	7.772	11.697	16.421	21.945	28.269	35.391
Lexus SC 430 Convertible/Coupe	0.805	1.125	3.096	6.045	9.971	14.875	20.756	27.615	35.451	44.264
Mazda Eunos 800 2.3 L V6 Miller Cycle Automatic	0.972	0.811	2.361	4.72	7.887	11.864	16.649	22.243	28.646	35.858
Mazda Millenia 2.3 Litre V6 Automatic	1.016	0.749	2.213	4.451	7.464	11.252	15.814	21.151	27.262	34.147
廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100

	阻力係數									
Mazda MX-5 Sports 1.8 Litre Six-speed Manual	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Mercedes Benz CLK230 2.3L Automatic	0.926	0.886	2.537	5.038	8.388	12.588	17.637	23.535	30.283	37.881
MG F Roadster 1.8 Litre Stepspeed Automatic	0.929	0.88	2.523	5.013	8.35	12.532	17.561	23.436	30.157	37.725
Nissan 200SX Coupe 2.0L Turbocharged Manual	1.067	0.681	2.051	4.159	7.003	10.585	14.904	19.959	25.752	32.282
Porsche 911 Carrera 3.2 litre six-speed manual	0.875	0.978	2.755	5.43	9.005	13.48	18.853	25.127	32.299	40.371
Renault Megane Cabriolet 1.6 Litre	0.857	1.013	2.836	5.578	9.237	13.814	19.31	25.724	33.055	41.305
Saab 9-3 Aero Convertible 2.0L Automatic	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Subaru Impreza WRX 2.0L Manual	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Subaru Impreza RV 2.0 Litre Manual	0.992	0.783	2.293	4.598	7.695	11.586	16.269	21.746	28.017	35.08
Toyota Celica 1.8 Litre Manual	0.961	0.828	2.402	4.793	8.003	12.031	16.877	22.541	29.024	36.325
Toyota MR2 Spyder 1.8L Manual	1.045	0.709	2.118	4.281	7.195	10.863	15.283	20.456	26.381	33.059
Volvo C70 2.4L Light Pressure Turbo Automatic	1.016	0.749	2.213	4.451	7.464	11.252	15.814	21.151	27.262	34.147
Alfa Romeo 156 2.0 Litre Twin Spark Manual	0.943	0.857	2.469	4.915	8.195	12.309	17.257	23.038	29.654	37.103
Alfa Romeo 156 2.0 Litre Selespeed	0.668	1.505	3.976	7.624	12.45	18.453	25.634	33.991	43.526	54.239
Audi A3 Five-door .6 Litre Manual	0.878	0.972	2.741	5.406	8.967	13.424	18.777	25.027	32.173	40.215
廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100

	阻力係數									
Mercedes Benz C240 Automatic	0.958	0.834	2.415	4.818	8.041	12.086	16.953	22.641	29.15	36.48
Mercedes Benz C320 Automatic	0.969	0.817	2.375	4.744	7.926	11.919	16.725	22.343	28.772	36.014
Peugeot 607 3.0L V6 Automatic	1.105	0.636	1.944	3.964	6.697	10.141	14.297	19.166	24.746	31.039
Rover 75 Connoisseur 2.5 Litre Automatic	1.007	0.76	2.24	4.5	7.541	11.363	15.966	21.349	27.513	34.458
Saab 9-5 AERO Sedan 2.3 Litre manual	1.063	0.687	2.065	4.183	7.042	10.64	14.979	20.059	25.878	32.437
Saab 9-3 Aero 5-Door Sedan 2.0 Litre automatic	1.067	0.681	2.051	4.159	7.003	10.585	14.904	19.959	25.752	32.282
Saab 9-3 Monte Carlo 2L Manual	0.86	1.007	2.823	5.553	9.198	13.758	19.234	25.624	32.929	41.15
Saab 9-5 Aero Estate 2.3 Litre Automatic	1.041	0.715	2.132	4.305	7.234	10.918	15.359	20.555	26.507	33.214
Saab 9-5 Arc 2.3t sedan	1.032	0.726	2.159	4.354	7.311	11.029	15.51	20.753	26.758	33.525
Saab 9-5 Estate 2.3L Turbo Automatic	0.857	1.013	2.836	5.578	9.237	13.814	19.31	25.724	33.055	41.305
Saab 9-5 SE Auto Sedan 2.3 Litre	0.936	0.868	2.496	4.964	8.272	12.421	17.409	23.237	29.905	37.414
Volvo S80 T6 2.8L Automatic	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Volvo V70 SE 2.4L Automatic	1.032	0.726	2.159	4.354	7.311	11.029	15.51	20.753	26.758	33.525
Volvo V70 T 2.5L Automatic	0.842	1.042	2.905	5.7	9.43	14.093	19.69	26.221	33.686	42.084
BMW X5 4WD wagon 4.4 Litre Automatic	1.011	0.754	2.226	4.476	7.503	11.307	15.89	21.25	27.387	34.303

廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

	阻力係數									
Mitsubishi Pajero NM 3.5 Litre Automatic	0.78	1.183	3.233	6.291	10.358	15.433	21.518	28.61	36.712	45.822
Nissan Pathfinder Series 2 ST 3.3L Automatic	0.826	1.078	2.986	5.848	9.662	14.428	20.147	26.818	34.442	43.018
Subaru Forester 3.0 Litre Turbo Diesel Manual	0.947	0.851	2.456	4.891	8.157	12.253	17.181	22.939	29.528	36.947
Subaru Forester GT 2L Turbocharged Automatic	0.965	0.823	2.388	4.769	7.964	11.975	16.801	22.442	28.898	36.169
Subaru Outback H6 3.0 Litre Automatic	0.976	0.805	2.347	4.695	7.849	11.808	16.573	22.144	28.52	35.702
Suzuki Grand Vitara 2.5L Automatic	0.802	1.13	3.11	6.069	10.01	14.931	20.832	27.714	35.577	44.42
Suzuki XL-7 4WD 2.7 Litre V6 Manual	0.9	0.932	2.646	5.234	8.697	13.034	18.245	24.331	31.291	39.126
Toyota Landcruiser 4.2 Litre Manual	0.75	1.26	3.411	6.612	10.861	16.16	22.508	29.905	38.352	47.848
Toyota Landcruiser 100 Series Standard 4.5L Manual	0.759	1.237	3.356	6.513	10.706	15.936	22.203	29.507	37.847	47.224
Toyota Landcruiser 100 Series GXV 4.7L V8 Automatic	0.896	0.938	2.659	5.258	8.735	13.089	18.321	24.43	31.417	39.281
Toyota Landcruiser 78 series 4.2L Diesel Manual	0.668	1.505	3.976	7.624	12.45	18.453	25.634	33.991	43.526	54.239
Toyota RAV4 Cruiser 2.0 Litre Five Door Manual	0.706	1.385	3.7	7.13	11.675	17.334	24.109	31.998	41.002	51.121
Ford Falcon AUII Utility XR8 Pursuit automatic	1.036	0.72	2.145	4.329	7.272	10.974	15.435	20.654	26.633	33.37
Holden VU Utility 3.8 litre Automatic Ute	0.724	1.332	3.576	6.908	11.326	16.831	23.422	31.101	39.866	49.718
Holden VU Utility 5.7 litre Manual SS	1.032	0.726	2.159	4.354	7.311	11.029	15.51	20.753	26.758	33.525
Toyota Hilux 2.7L Petrol Manual	0.702	1.397	3.728	7.179	11.752	17.446	24.261	32.197	41.254	51.433

Tnb=0.02，Ts=0.255 之各車型各車速之煞車胎痕長度(無 ABS)

廠牌	車速 阻力係數	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Citroen Xsara 1.8L	0.777	1.189	3.247	6.316	10.397	15.489	21.594	28.71	36.838	45.978
Citroen Xsara 2.0L	0.866	0.996	2.795	5.504	9.121	13.647	19.082	25.425	32.677	40.838
Daewoo Matiz	0.773	1.201	3.274	6.365	10.474	15.601	21.746	28.909	37.09	46.29
Daihatsu Sirion	0.884	0.961	2.714	5.357	8.889	13.312	18.625	24.828	31.921	39.904
Ford KA	0.792	1.154	3.164	6.168	10.164	15.154	21.137	28.113	36.081	45.043
Holden Barina Swing	0.759	1.237	3.356	6.513	10.706	15.936	22.203	29.507	37.847	47.224
Holden Barina XC	0.666	1.511	3.99	7.649	12.489	18.509	25.71	34.091	43.653	54.395
Honda Civic CXi	0.643	1.595	4.183	7.996	13.032	19.293	26.778	35.487	45.42	56.578
Hyundai Accent	0.807	1.119	3.082	6.02	9.932	14.819	20.68	27.515	35.325	44.109
Kia Rio	0.848	1.031	2.877	5.651	9.353	13.982	19.538	26.022	33.433	41.772
Mazda 121 Metro 'Shades'	0.896	0.938	2.659	5.258	8.735	13.089	18.321	24.43	31.417	39.281
Mitsubishi Mirage	0.854	1.019	2.85	5.602	9.275	13.87	19.386	25.823	33.181	41.461
Peugeot 206 XT	0.887	0.955	2.7	5.332	8.851	13.257	18.549	24.729	31.795	39.748
Suzuki Baleno GL	0.588	1.812	4.682	8.888	14.43	21.309	29.525	39.078	49.967	62.193
Suzuki Baleno GLX	0.658	1.541	4.059	7.773	12.683	18.789	26.091	34.59	44.284	55.174

廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

	阻力係數									
Suzuki Ignis	0.854	1.019	2.85	5.602	9.275	13.87	19.386	25.823	33.181	41.461
Suzuki Wagon R+ GL	0.848	1.031	2.877	5.651	9.353	13.982	19.538	26.022	33.433	41.772
Toyota Echo	0.878	0.972	2.741	5.406	8.967	13.424	18.777	25.027	32.173	40.215
Volkswagen Polo	0.77	1.207	3.288	6.39	10.513	15.657	21.822	29.009	37.217	46.445
Citroen Xsara 1.8L Manual	0.777	1.189	3.247	6.316	10.397	15.489	21.594	28.71	36.838	45.978
Citroen Xsara 2.0L Manual	0.866	0.996	2.795	5.504	9.121	13.647	19.082	25.425	32.677	40.838
Daihatsu Pyzar GRV	0.884	0.961	2.714	5.357	8.889	13.312	18.625	24.828	31.921	39.904
Daewoo Nubira CDX	0.9	0.932	2.646	5.234	8.697	13.034	18.245	24.331	31.291	39.126
Ford Laser KN LXi 1.6L Manual	0.72	1.344	3.604	6.957	11.403	16.943	23.575	31.3	40.118	50.03
Ford Laser KN GLXi 1.8L Manual	0.909	0.915	2.605	5.16	8.581	12.866	18.017	24.032	30.913	38.659
Holden Astra	0.787	1.166	3.192	6.217	10.242	15.266	21.289	28.312	36.334	45.355
Holden Astra City	0.848	1.031	2.877	5.651	9.353	13.982	19.538	26.022	33.433	41.772
Holden Astra Hatch	0.906	0.92	2.618	5.185	8.619	12.922	18.093	24.132	31.039	38.814
Honda Accord 3.0L V6 Automatic Sedan (OHC)	0.869	0.99	2.782	5.479	9.082	13.591	19.006	25.326	32.551	40.682
Honda Accord 3.0L V6 Automatic Sedan (SOHC)	0.961	0.828	2.402	4.793	8.003	12.031	16.877	22.541	29.024	36.325

廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

	阻力係數									
Hyundai Lantra GLS	0.893	0.943	2.673	5.283	8.774	13.145	18.397	24.53	31.543	39.437
Hyundai Sonata GLE 2.0L	0.826	1.078	2.986	5.848	9.662	14.428	20.147	26.818	34.442	43.018
Hyundai Sonata GLS 2.5L	0.857	1.013	2.836	5.578	9.237	13.814	19.31	25.724	33.055	41.305
Hyundai Sonata EF-B	0.965	0.823	2.388	4.769	7.964	11.975	16.801	22.442	28.898	36.169
Kia Cremos	0.958	0.834	2.415	4.818	8.041	12.086	16.953	22.641	29.15	36.48
Kia Mentor GLX	0.972	0.811	2.361	4.72	7.887	11.864	16.649	22.243	28.646	35.858
Mazda 323 Protege 1.6L Automatic	0.826	1.078	2.986	5.848	9.662	14.428	20.147	26.818	34.442	43.018
Mazda 323 Astina 1.8L Manual	0.826	1.078	2.986	5.848	9.662	14.428	20.147	26.818	34.442	43.018
Nissan Pulsar ST 1.8 Litre Auto Sedan	0.736	1.296	3.494	6.76	11.093	16.495	22.965	30.503	39.109	48.783
Nissan Pulsar Hatch	0.943	0.857	2.469	4.915	8.195	12.309	17.257	23.038	29.654	37.103
Toyota Corolla Conquest	0.777	1.189	3.247	6.316	10.397	15.489	21.594	28.71	36.838	45.978
Toyota Corolla CS 1.6L DOHC Manual	0.854	1.019	2.85	5.602	9.275	13.87	19.386	25.823	33.181	41.461
Ford Falcon AU Forte 4.0L 6 Cylinder Automatic	0.933	0.874	2.51	4.989	8.311	12.476	17.485	23.336	30.031	37.569
Ford Falcon AU Futura 4.0L Automatic	0.766	1.219	3.315	6.439	10.59	15.769	21.975	29.208	37.469	46.757
Holden Commodore S VT 3.8L V6 Automatic	0.965	0.823	2.388	4.769	7.964	11.975	16.801	22.442	28.898	36.169

廠牌	車速 阻力係數	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Hyundai Sonata GLE 2.0L Automatic	0.826	1.078	2.986	5.848	9.662	14.428	20.147	26.818	34.442	43.018
Hyundai Sonata GLE & GLS	0.857	1.013	2.836	5.578	9.237	13.814	19.31	25.724	33.055	41.305
Mitsubishi TH Magna 3.5L Automatic	0.872	0.984	2.768	5.455	9.044	13.535	18.929	25.226	32.425	40.527
Toyota Camry Csi 3.0L V6 Automatic	0.903	0.926	2.632	5.209	8.658	12.978	18.169	24.231	31.165	38.97
Daewoo Tacuma 2.0 Litre 5 Door Auto	0.818	1.095	3.028	5.922	9.778	14.596	20.375	27.117	34.82	43.485
Daewoo Tacuma 2.0 Litre 5 Door Manual	0.909	0.915	2.605	5.16	8.581	12.866	18.017	24.032	30.913	38.659
Hyundai Trajet 2.7 Litre V6 Automatic	0.875	0.978	2.755	5.43	9.005	13.48	18.853	25.127	32.299	40.371
Kia Carens 1.8 Litre Automatic	0.773	1.201	3.274	6.365	10.474	15.601	21.746	28.909	37.09	46.29
Kia Carnival 2.5L V6 Automatic	0.831	1.066	2.959	5.799	9.585	14.317	19.995	26.619	34.19	42.707
Kia Carnival LS 2.5L Automatic	0.761	1.231	3.343	6.488	10.668	15.88	22.127	29.407	37.721	47.069
Mitsubishi Nimbus 2.4 L V4 Automatic	0.84	1.048	2.918	5.725	9.469	14.149	19.766	26.321	33.812	42.24
Renault Scenic 4WD Manual	0.768	1.213	3.301	6.414	10.551	15.713	21.898	29.108	37.343	46.601
Toyota Spacia 2.0L Manual	0.792	1.154	3.164	6.168	10.164	15.154	21.137	28.113	36.081	45.043
Toyota Tarago 2.4 Litre GLX Automatic	1.007	0.76	2.24	4.5	7.541	11.363	15.966	21.349	27.513	34.458
Volkswagen Caravelle 2.5L Automatic	0.872	0.984	2.768	5.455	9.044	13.535	18.929	25.226	32.425	40.527

廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

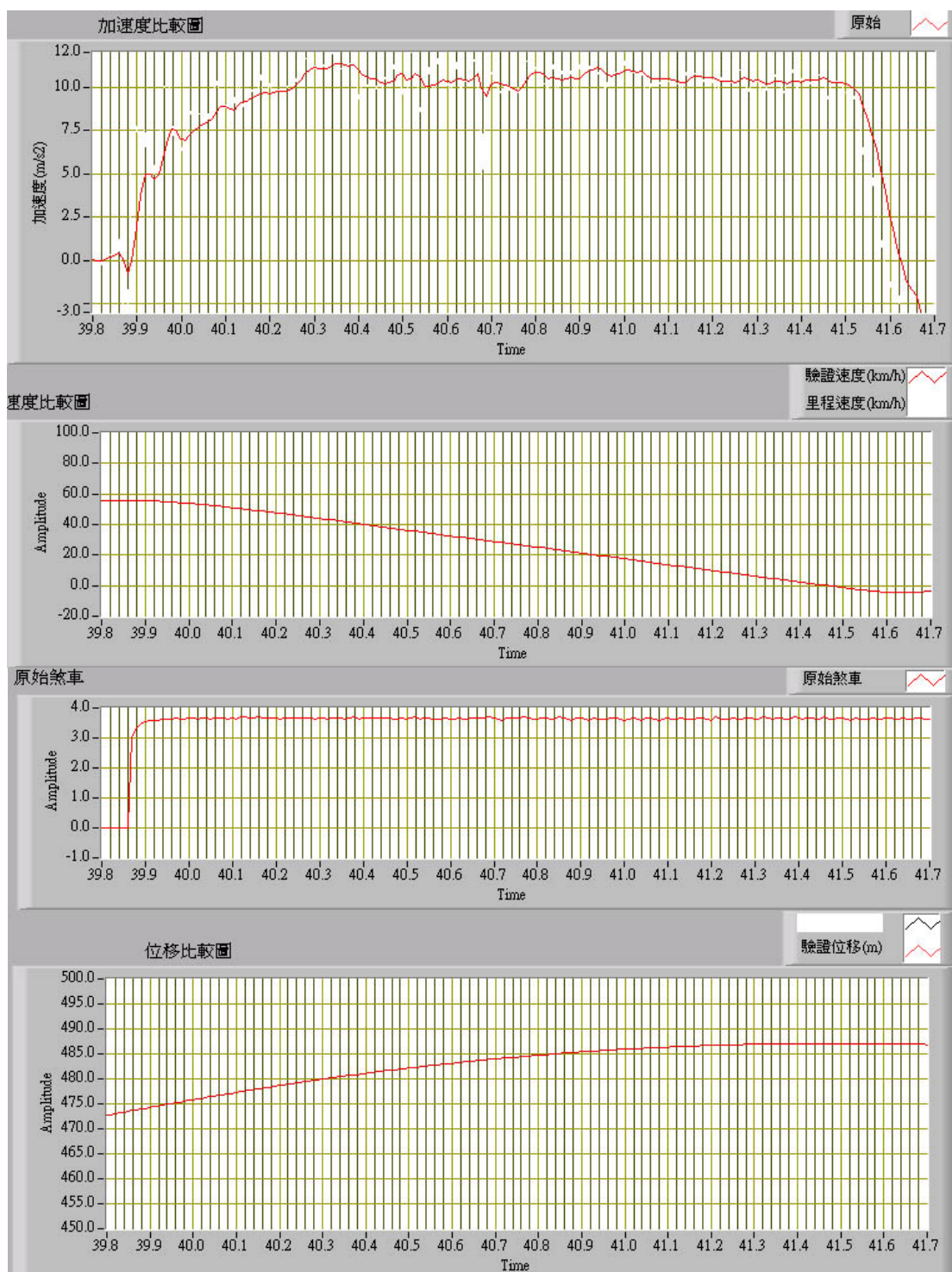
	阻力係數									
Lexus SC 430 Convertible/Coupe	0.805	1.125	3.096	6.045	9.971	14.875	20.756	27.615	35.451	44.264
Mazda MX-5 1.8L Manual	0.992	0.783	2.293	4.598	7.695	11.586	16.269	21.746	28.017	35.08
Porsche Boxter S 3.4L Tiptronic	1.032	0.726	2.159	4.354	7.311	11.029	15.51	20.753	26.758	33.525
Ford Fairmont AU Ghia 4.0L VCT Automatic	0.906	0.92	2.618	5.185	8.619	12.922	18.093	24.132	31.039	38.814
Mercedes Benz E280 2.8 Litre V6 Automatic	1.02	0.743	2.199	4.427	7.426	11.196	15.738	21.051	27.136	33.992
Mercedes Benz S-Class 3.2L V6 Automatic	0.947	0.851	2.456	4.891	8.157	12.253	17.181	22.939	29.528	36.947
Mercedes Benz S-Class 4.3L V8 Automatic	1.024	0.737	2.186	4.402	7.387	11.141	15.662	20.952	27.01	33.836
Saab 9-3 S 2.3L Automatic	0.837	1.054	2.932	5.75	9.507	14.205	19.843	26.42	33.938	42.395
Saab 9-5 2.3L light pressure turbo Automatic	0.884	0.961	2.714	5.357	8.889	13.312	18.625	24.828	31.921	39.904
Daewoo Musso 2.9L Turbo Diesel Automatic	0.834	1.06	2.946	5.774	9.546	14.261	19.919	26.52	34.064	42.551
Holden Jackaroo 3.0L Turbo Diesel Manual	0.818	1.095	3.028	5.922	9.778	14.596	20.375	27.117	34.82	43.485
Holden Jackaroo 3.5L V6 Petrol Automatic	0.866	0.996	2.795	5.504	9.121	13.647	19.082	25.425	32.677	40.838
Holden Jackaroo Monterey 3.0 Litre Automatic	0.866	0.996	2.795	5.504	9.121	13.647	19.082	25.425	32.677	40.838
Honda CR-V Sport 2.0L Manual	0.936	0.868	2.496	4.964	8.272	12.421	17.409	23.237	29.905	37.414
Honda HR-V Five Door 1.6 Litre	0.929	0.88	2.523	5.013	8.35	12.532	17.561	23.436	30.157	37.725

廠牌	車速	20	30	40	50	60	70	80	90	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

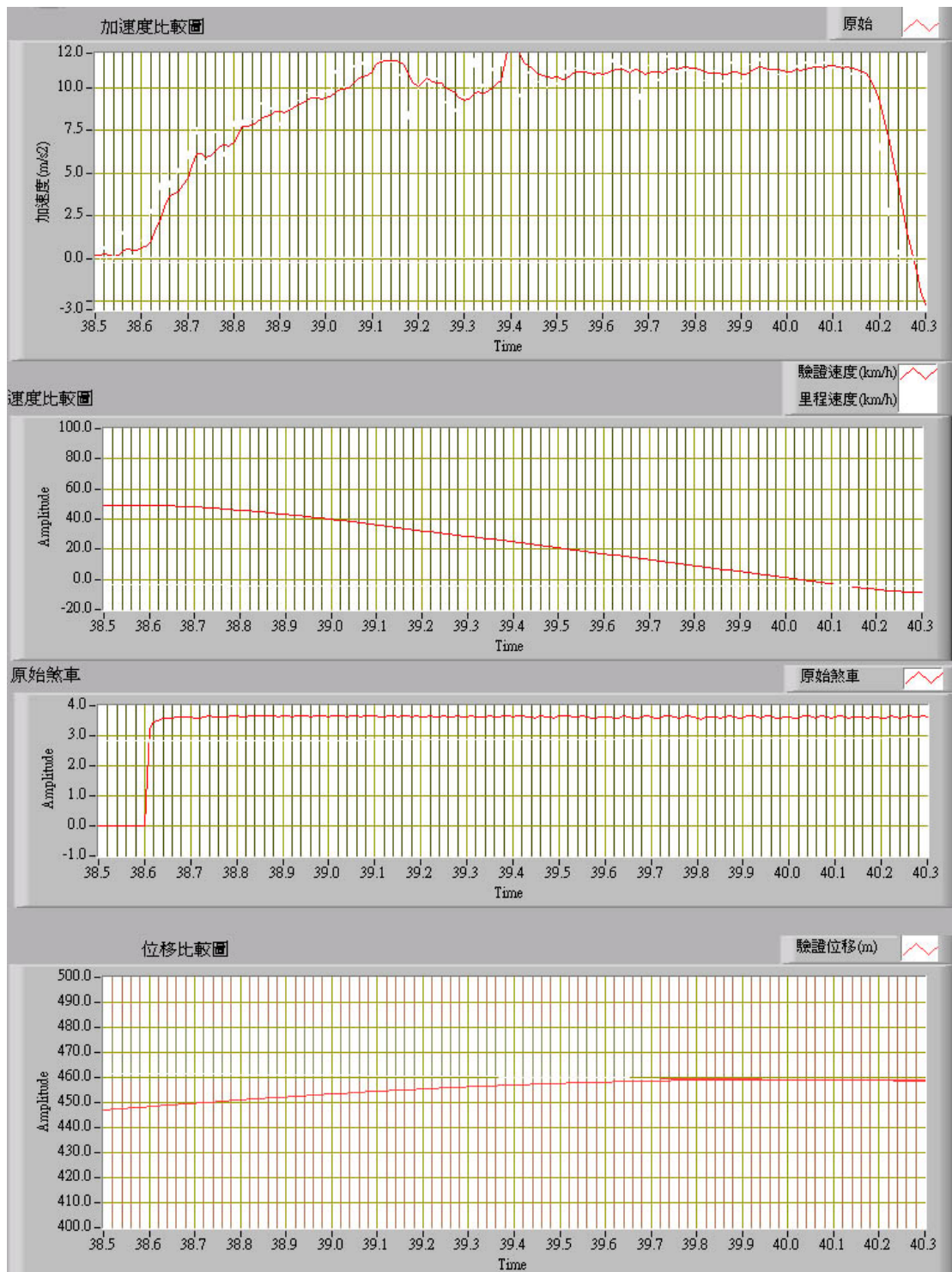
	阻力係數									
Hyundai Santa Fe 2.7 Litre Automatic	1.003	0.766	2.253	4.524	7.58	11.419	16.042	21.448	27.639	34.614
Kia Sportage 2.0 Litre Manual	0.802	1.13	3.11	6.069	10.01	14.931	20.832	27.714	35.577	44.42
Mitsubishi Challenger 3.0L V6 Automatic	0.926	0.886	2.537	5.038	8.388	12.588	17.637	23.535	30.283	37.881
Mitsubishi Pajero iO 1.8L Manual	0.665	1.517	4.004	7.674	12.528	18.565	25.786	34.191	43.779	54.551
Nissan GU Patrol ST 2.8L Turbo Diesel Manual	0.683	1.457	3.866	7.427	12.14	18.006	25.024	33.194	42.517	52.992
Nissan GU Patrol Ti 4.5L Automatic	0.782	1.178	3.219	6.266	10.319	15.378	21.441	28.511	36.586	45.666
Nissan Patrol ST 4.2L Turbo Diesel Manual	0.761	1.231	3.343	6.488	10.668	15.88	22.127	29.407	37.721	47.069
Nissan Patrol ST 3.0L Limited Automatic	0.875	0.978	2.755	5.43	9.005	13.48	18.853	25.127	32.299	40.371
Suzuki Grand Vitara 2.0L Manual	0.807	1.119	3.082	6.02	9.932	14.819	20.68	27.515	35.325	44.109
Suzuki Jimny 1.3L Automatic	0.851	1.025	2.864	5.627	9.314	13.926	19.462	25.923	33.307	41.617
Toyota Prado 3.0L Turbo Diesel	0.86	1.007	2.823	5.553	9.198	13.758	19.234	25.624	32.929	41.15
Holden Rodeo 3.2L V6 Manual	0.792	1.154	3.164	6.168	10.164	15.154	21.137	28.113	36.081	45.043
Mazda Bravo 2.5L Turbo Diesel Manual	0.834	1.06	2.946	5.774	9.546	14.261	19.919	26.52	34.064	42.551

附錄 F 實驗數據圖

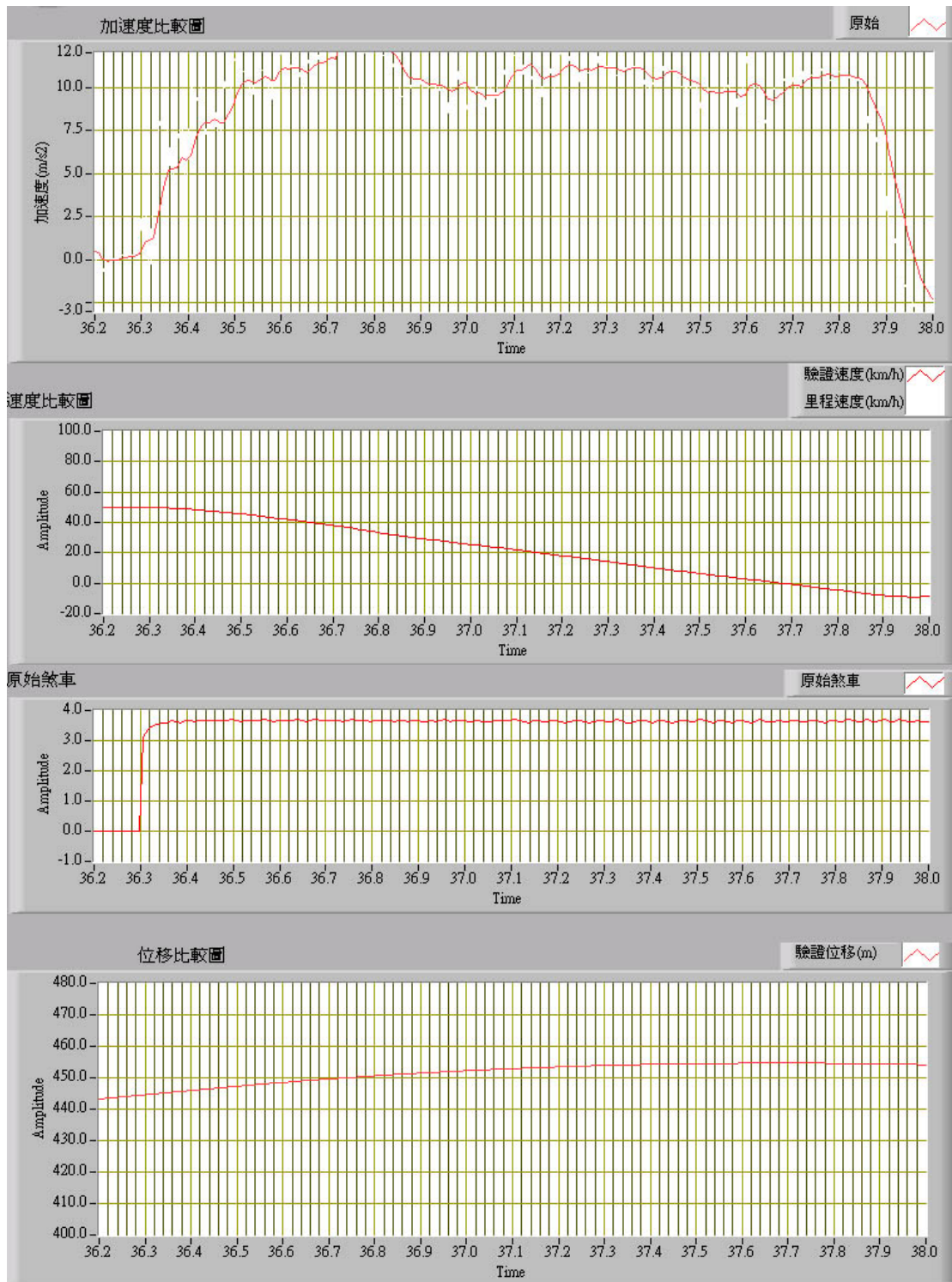
Honda Civic 實驗數據圖



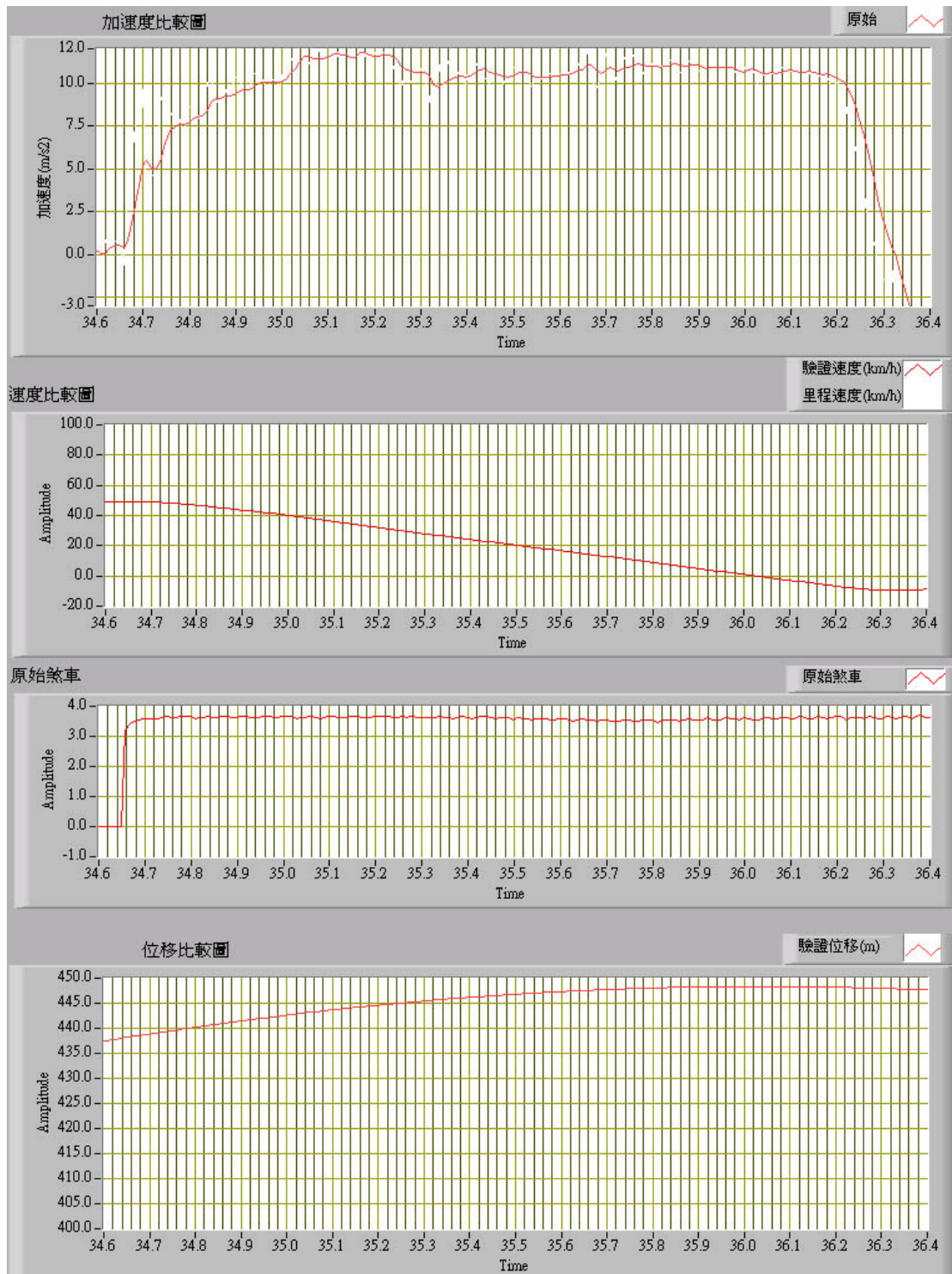
50_1 實驗數據圖



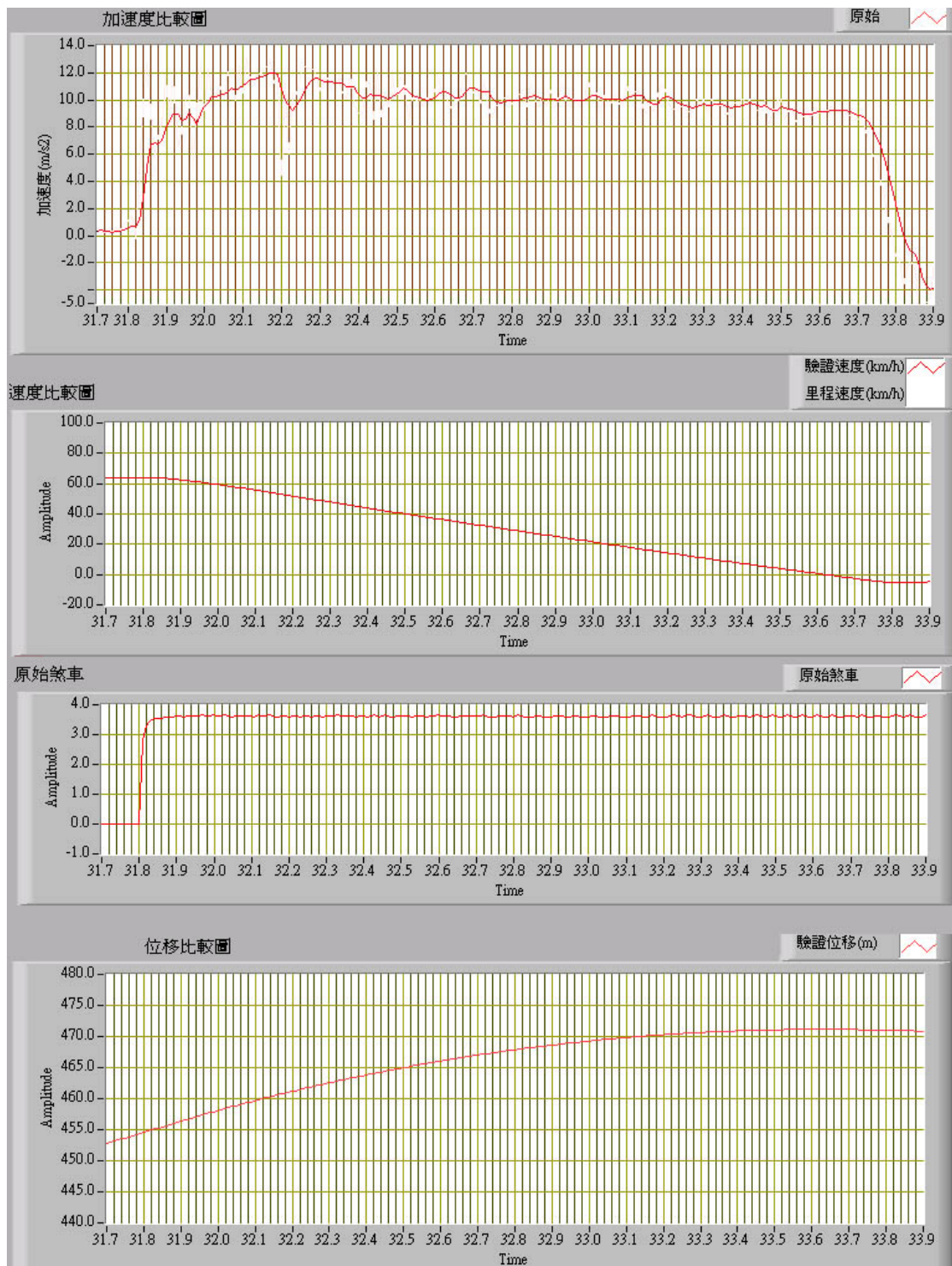
50_2 實驗數據圖



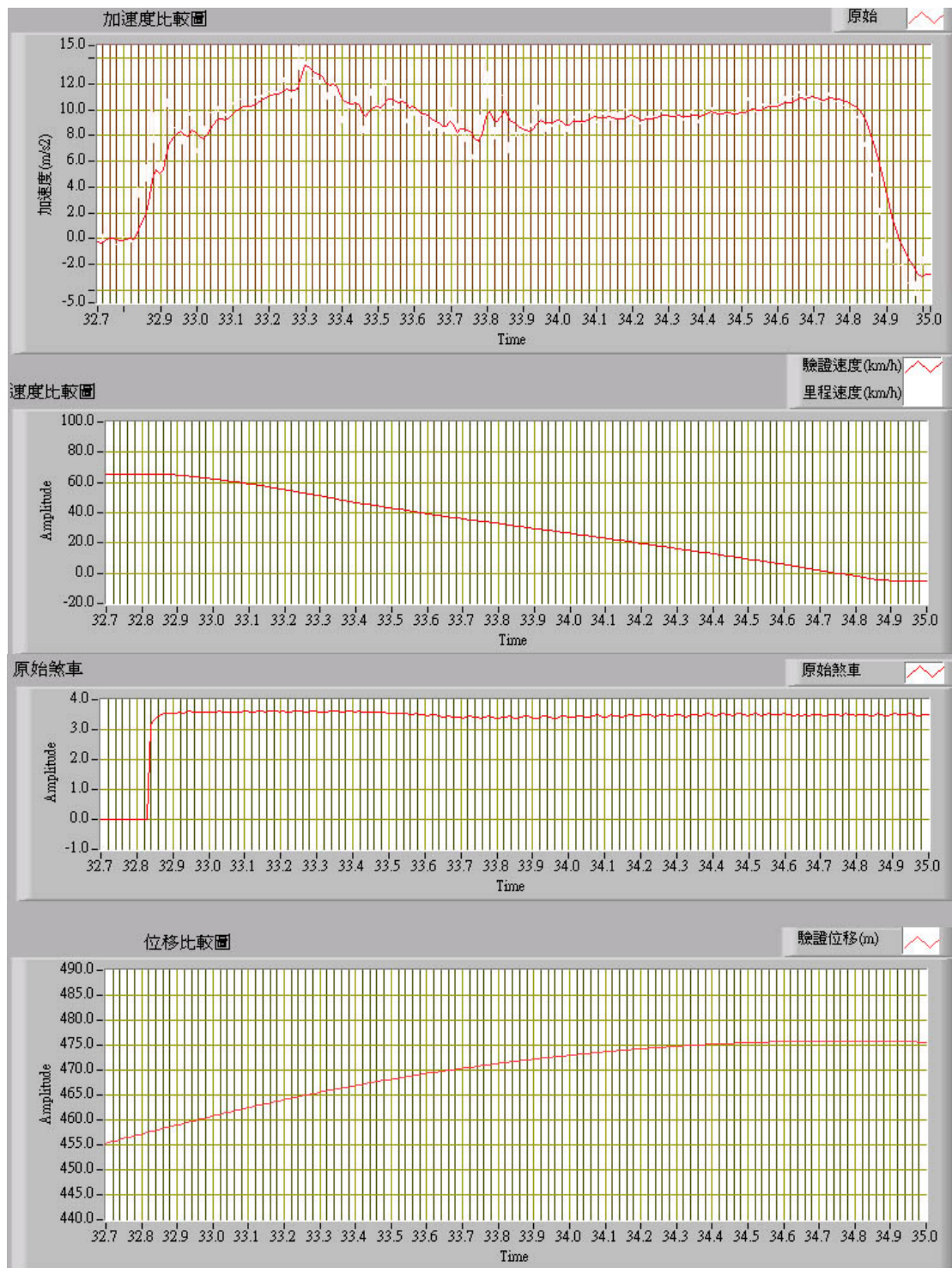
50_3 實驗數據圖



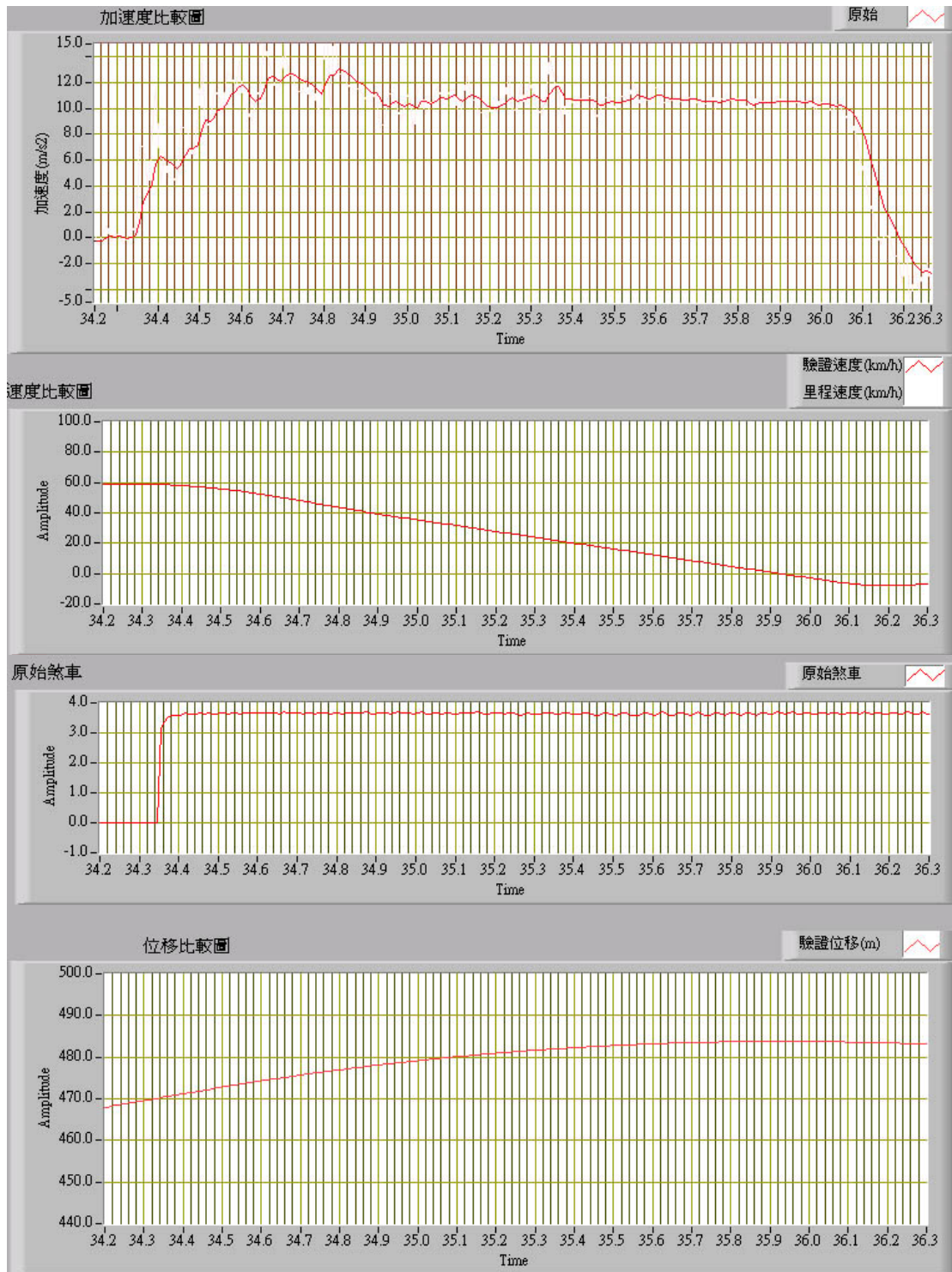
50_4 實驗數據圖



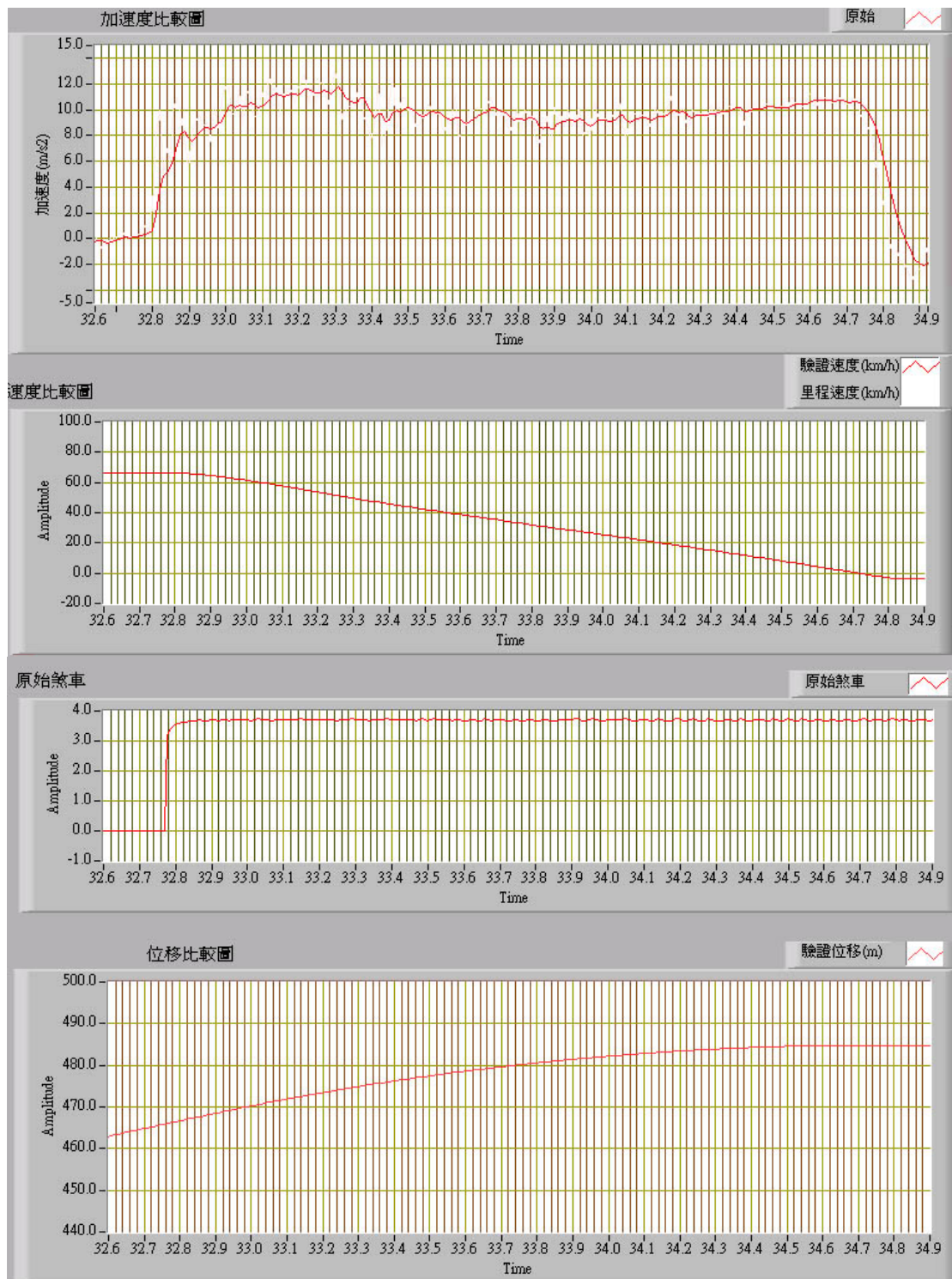
60_1 實驗數據圖



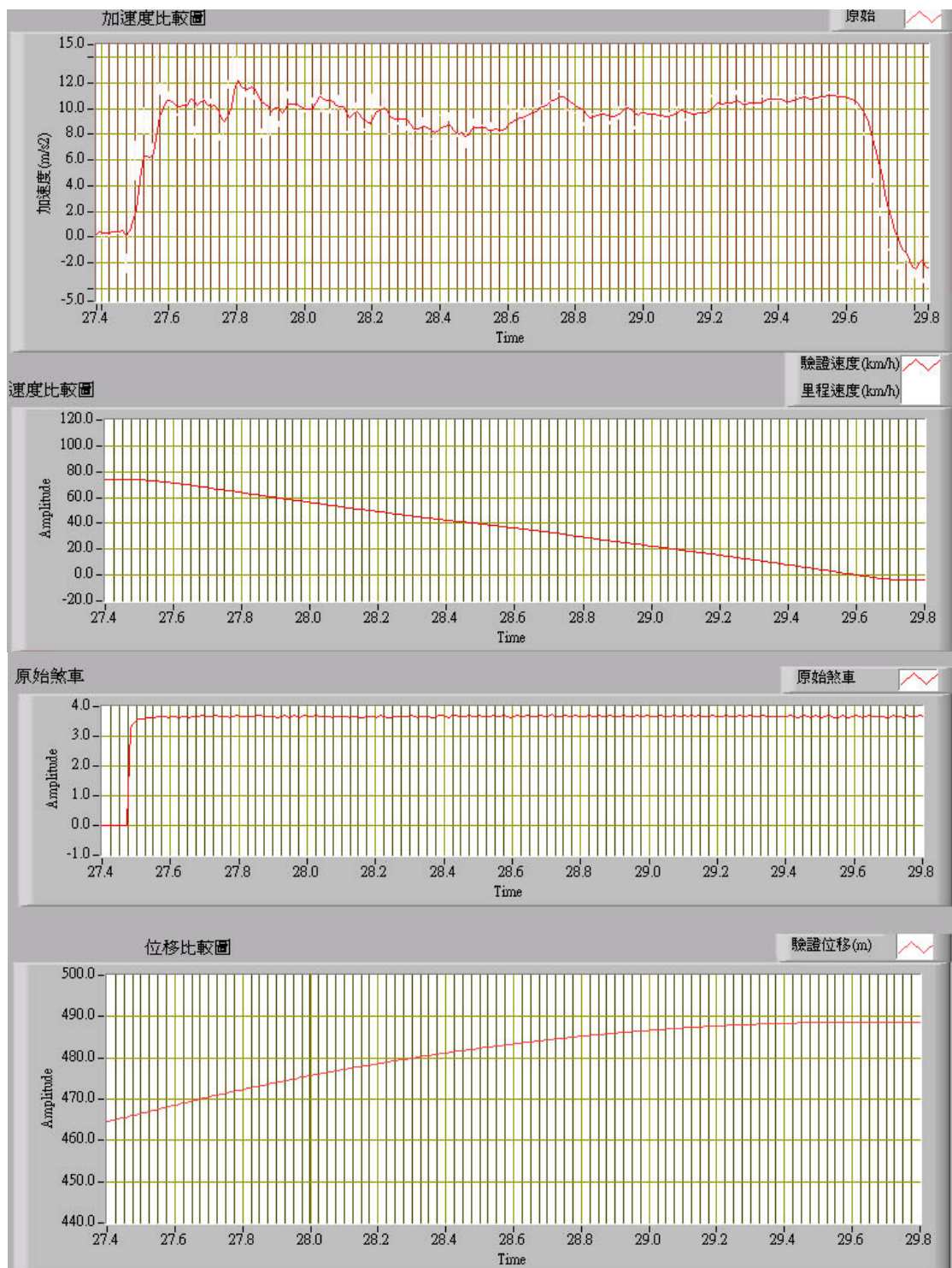
60_2 實驗數據圖



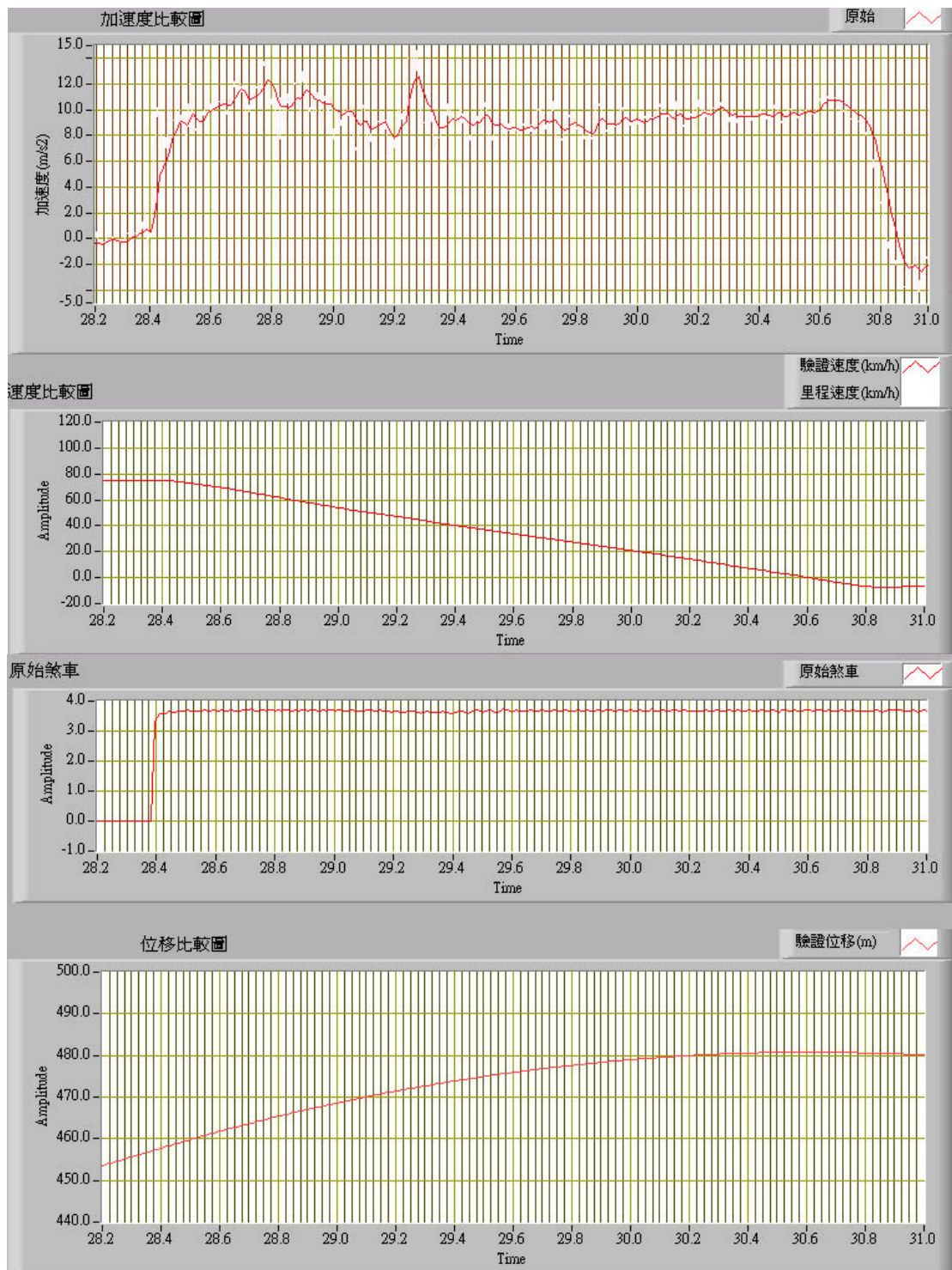
60_3 實驗數據圖



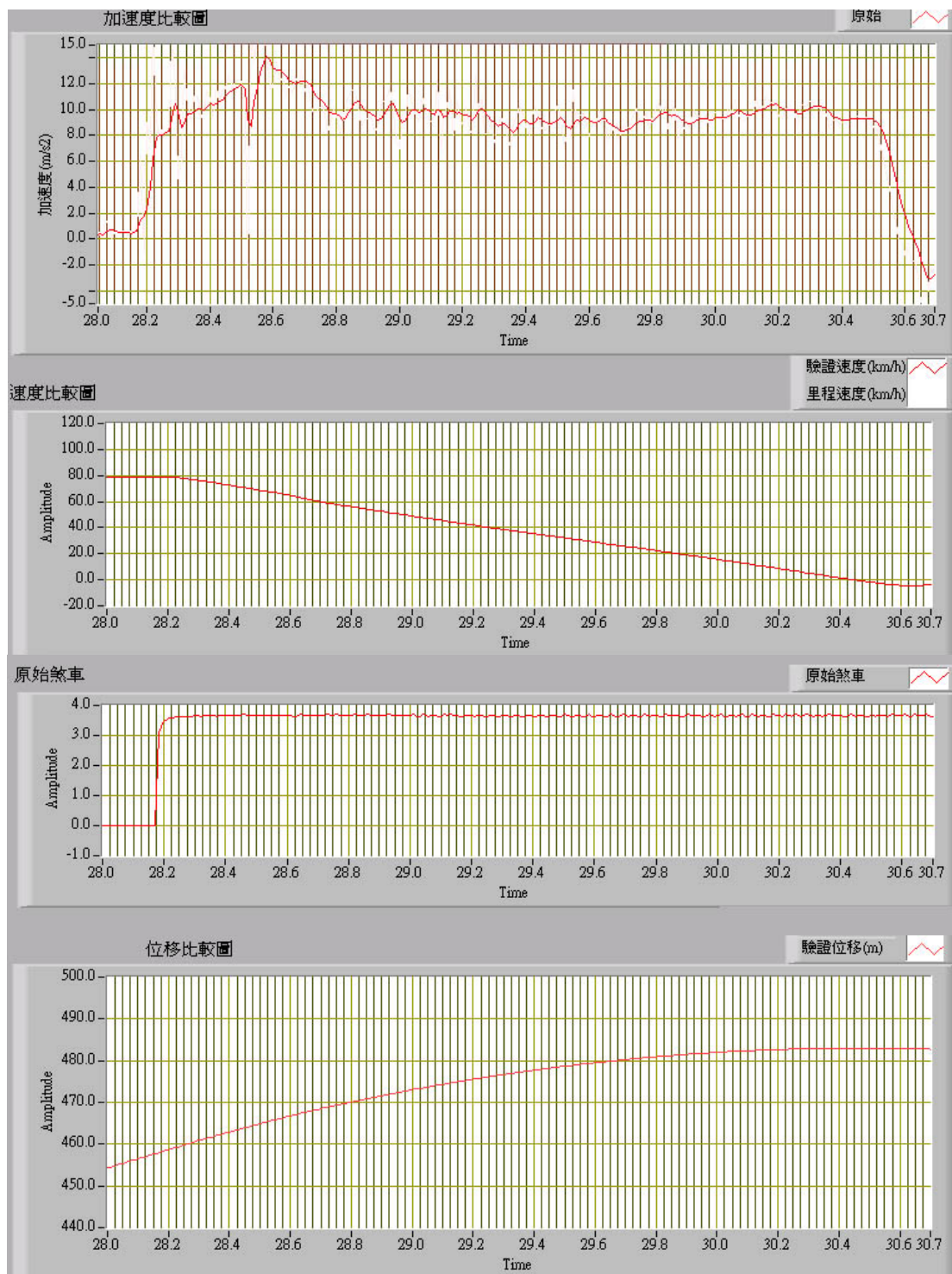
60_4 實驗數據圖



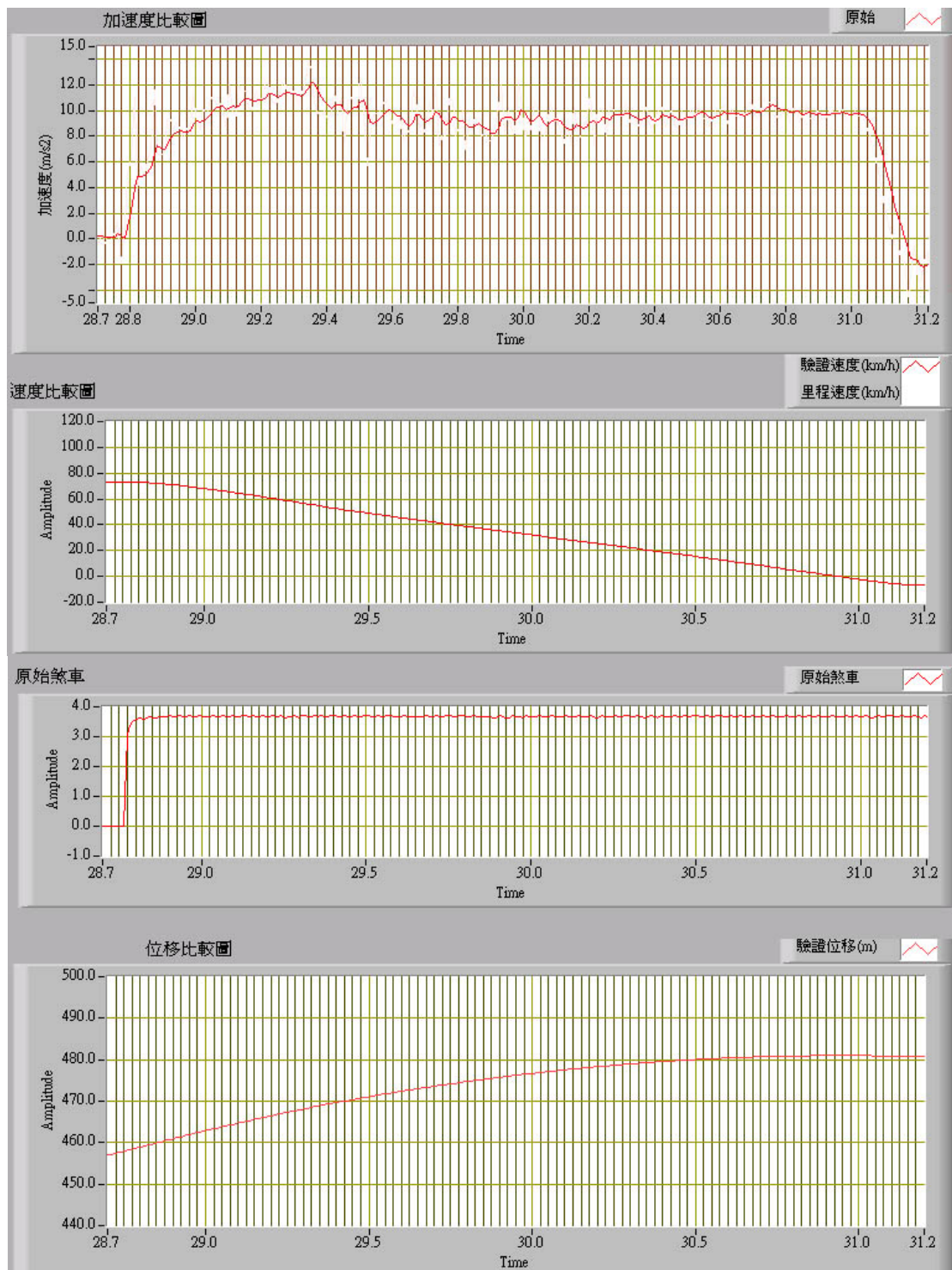
70_1 實驗數據圖



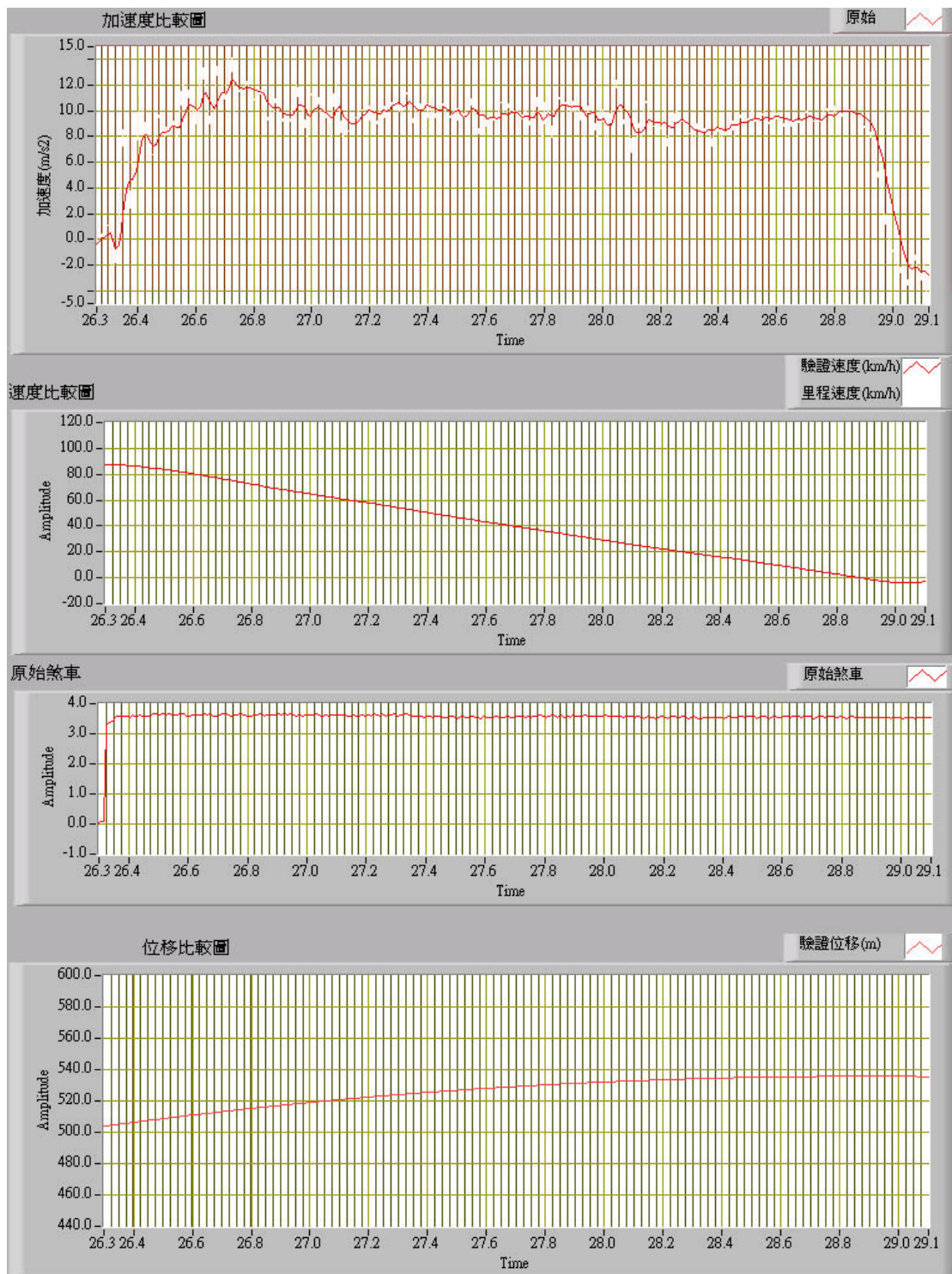
70_2 實驗數據圖



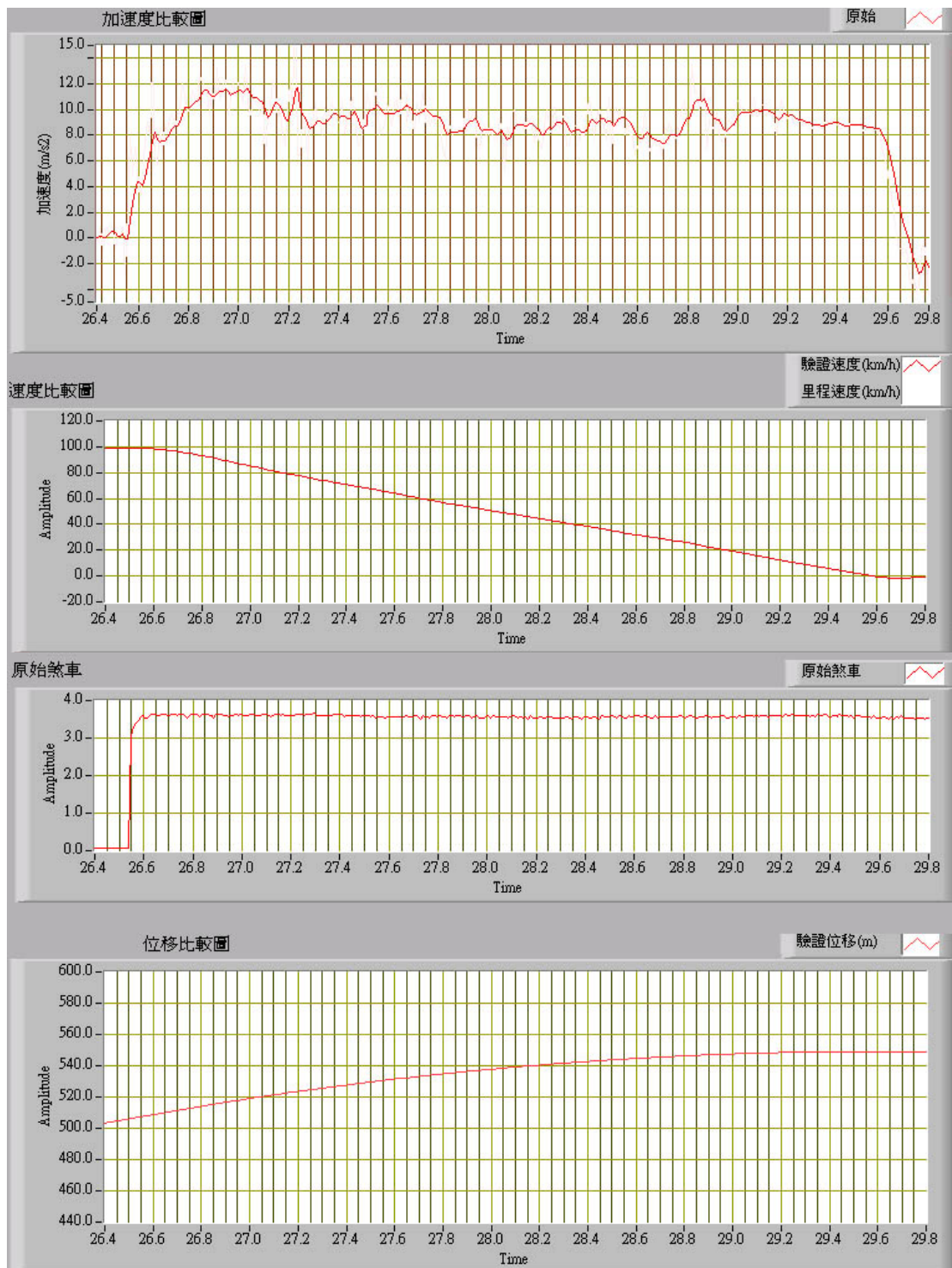
70_3 實驗數據圖



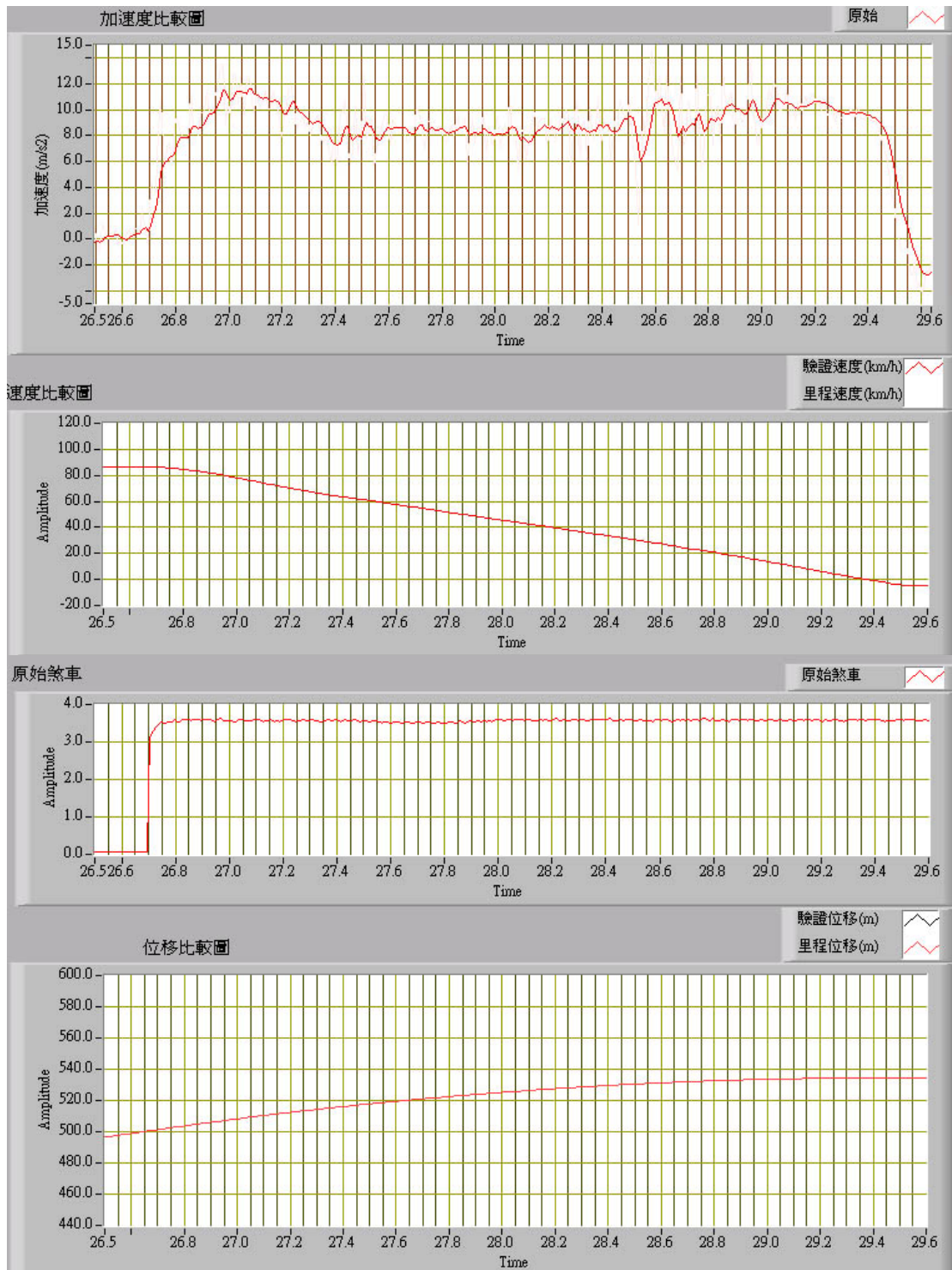
70_4 實驗數據圖



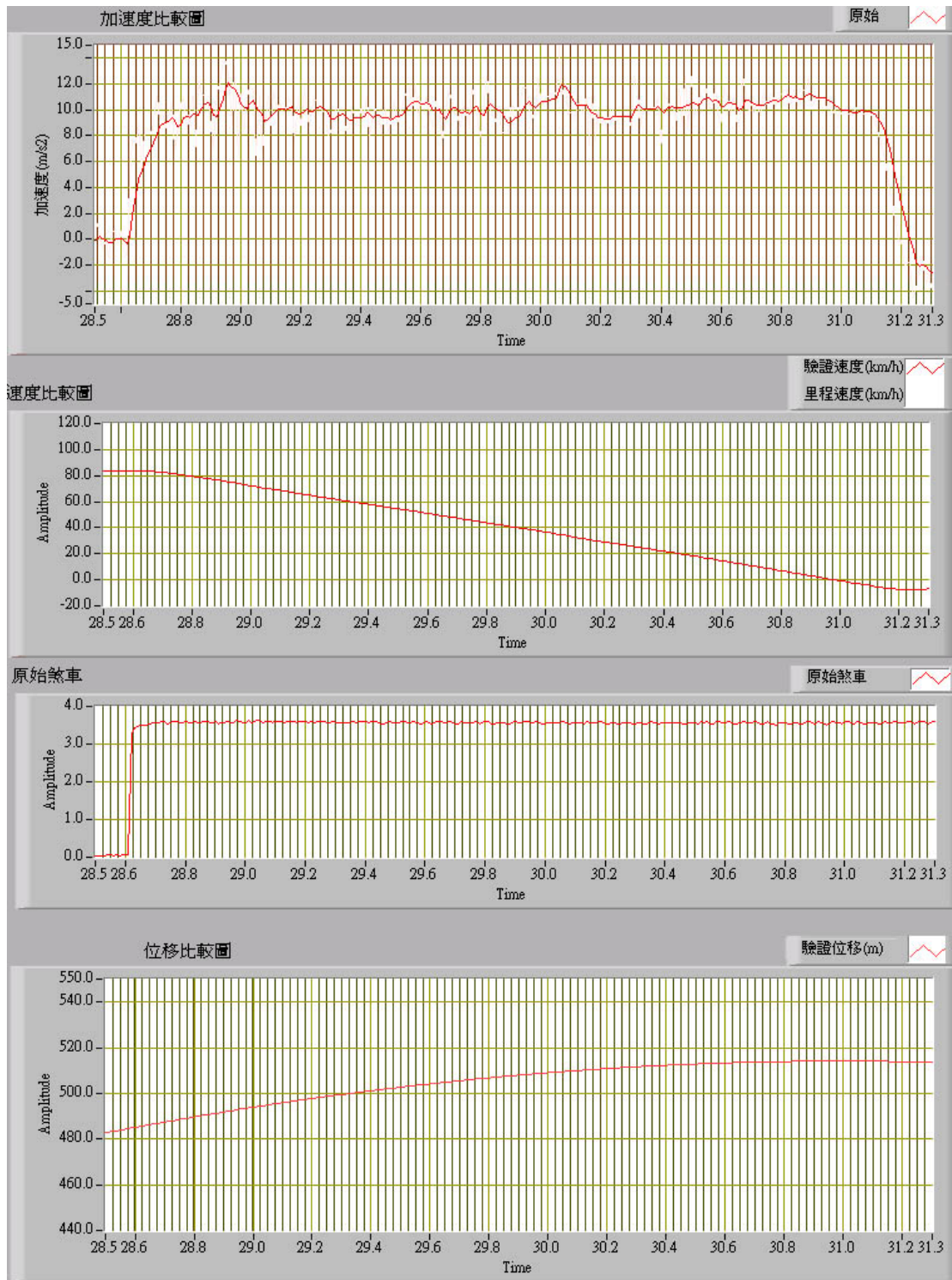
80_1 實驗數據圖



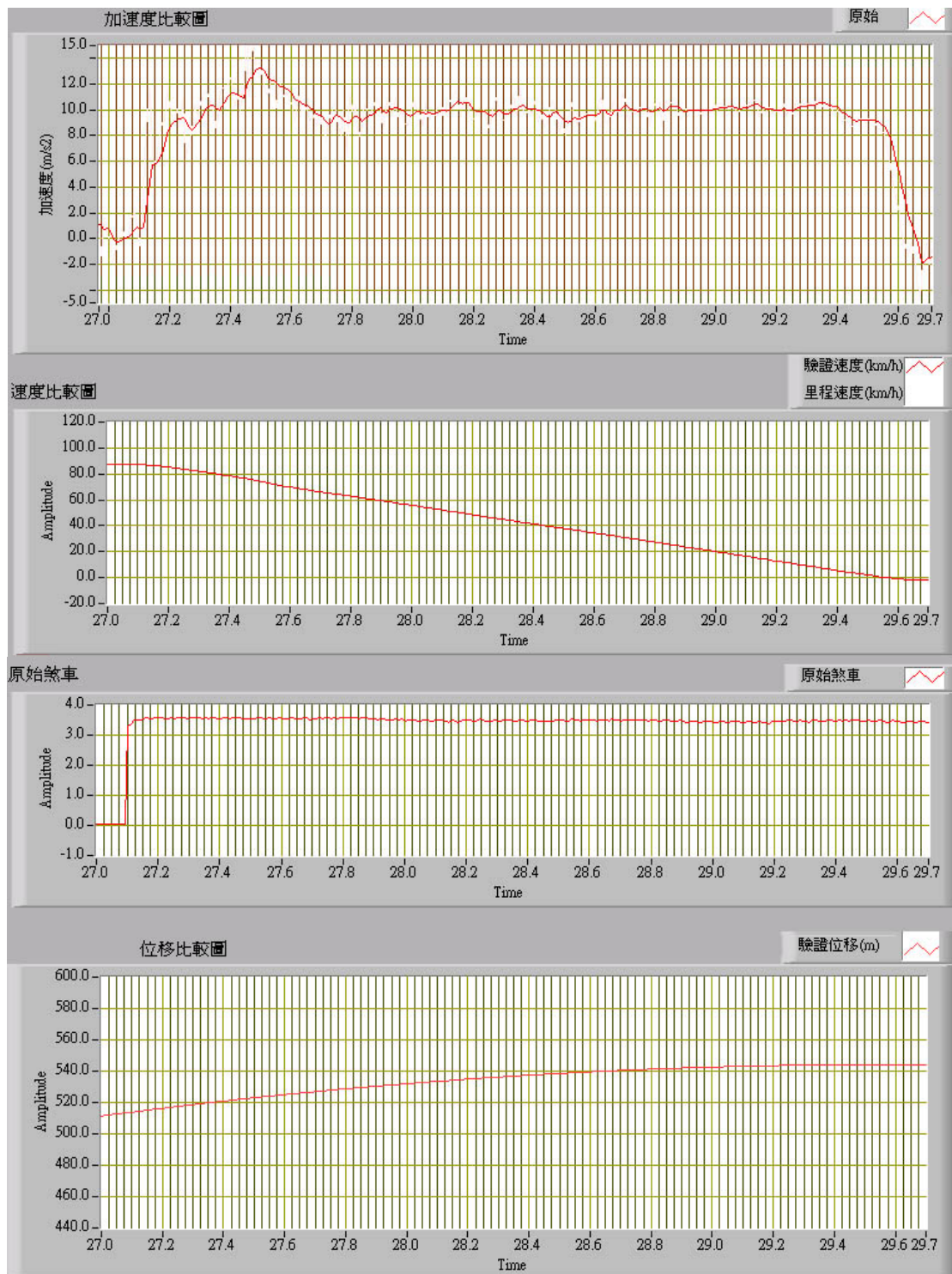
80_2 實驗數據圖



80_3 實驗數據圖

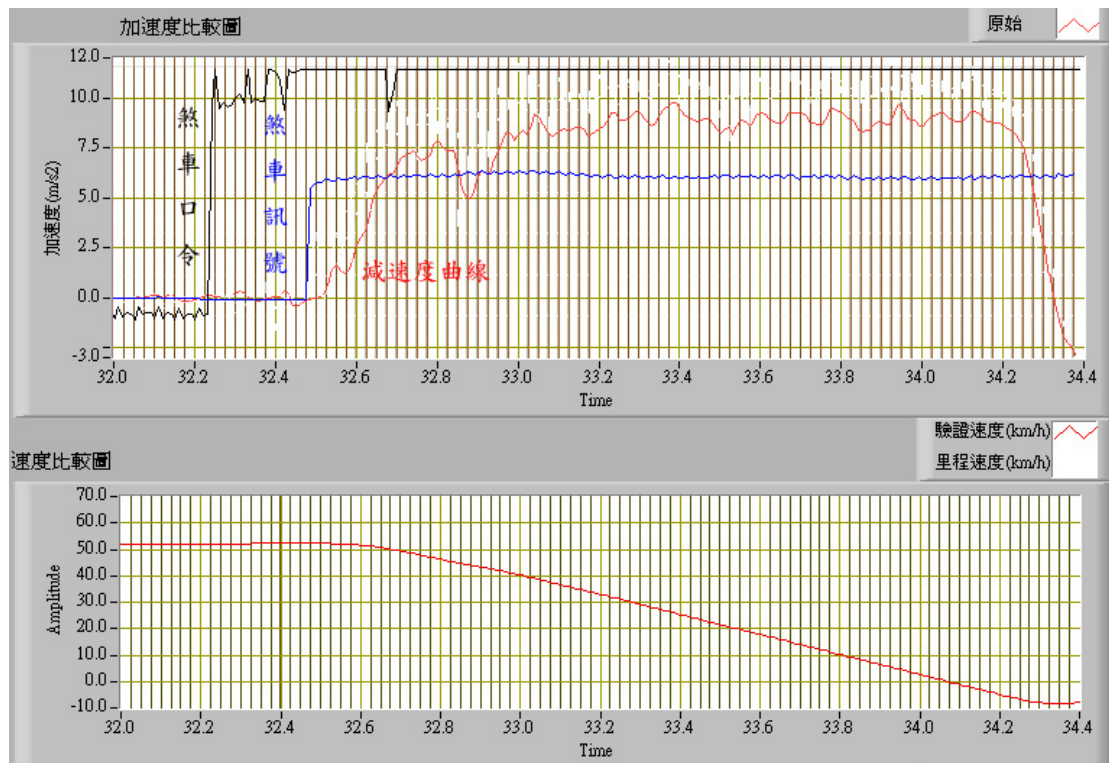


80_4 實驗數據圖



80_5 實驗數據圖

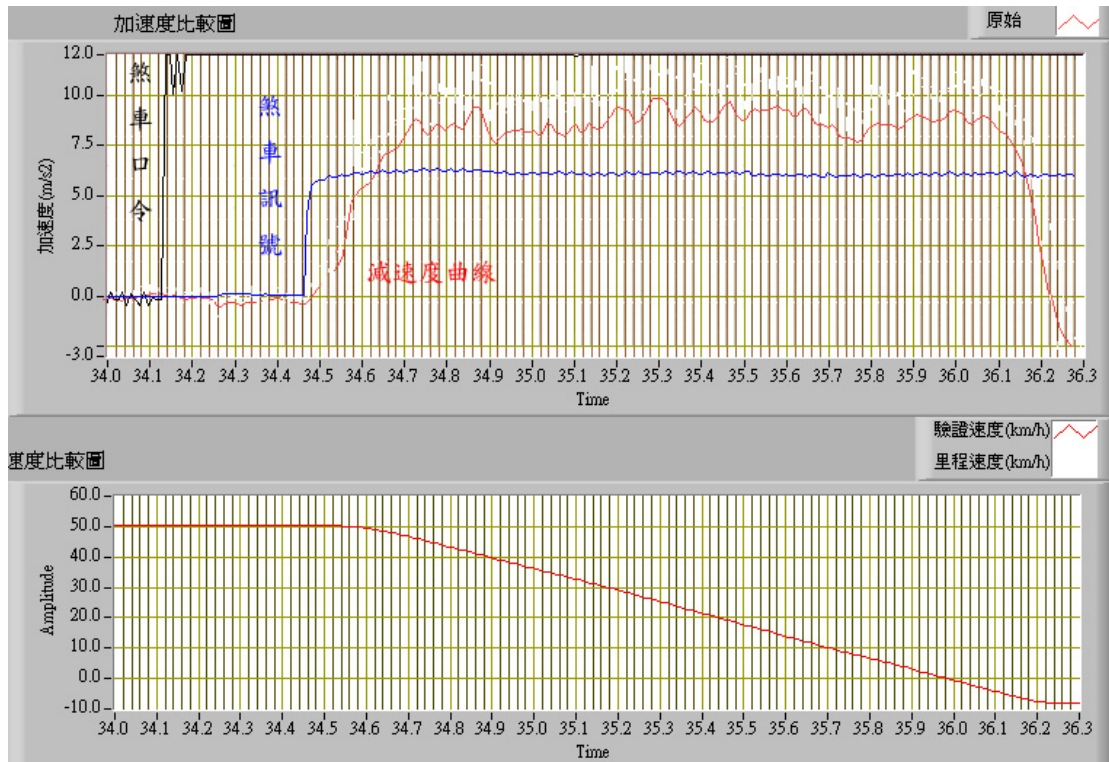
Ford Terrier 實驗數據圖 無 ABS



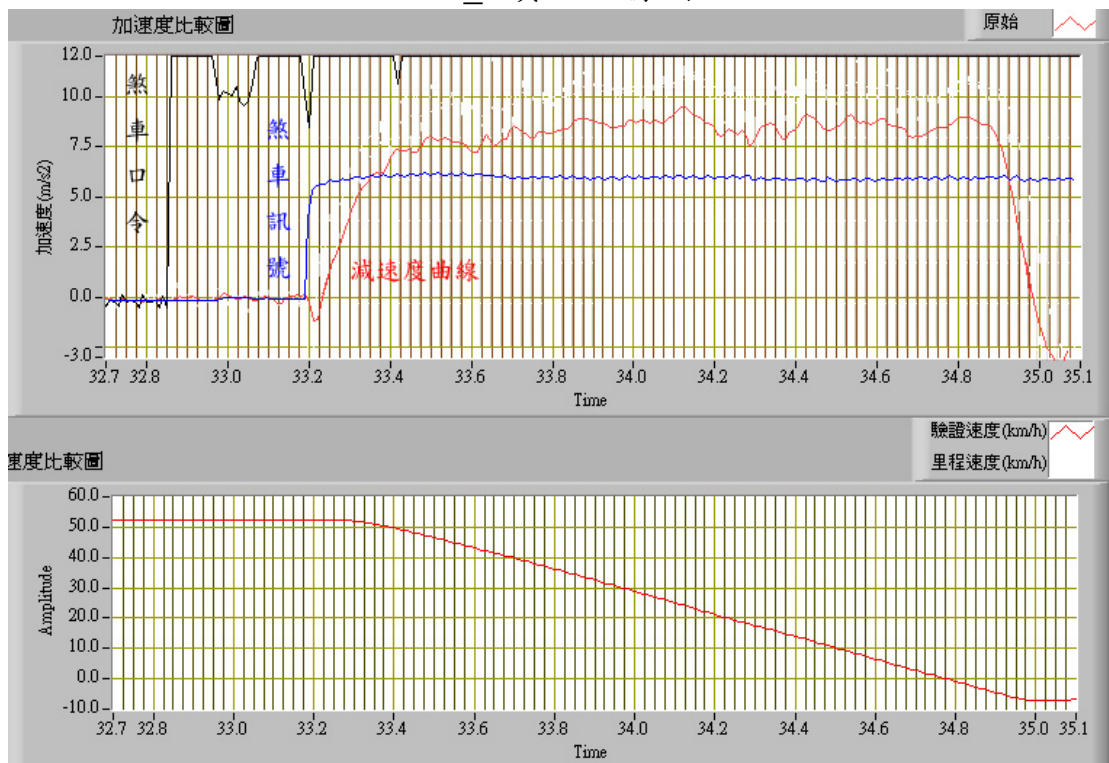
50_1 實驗數據圖



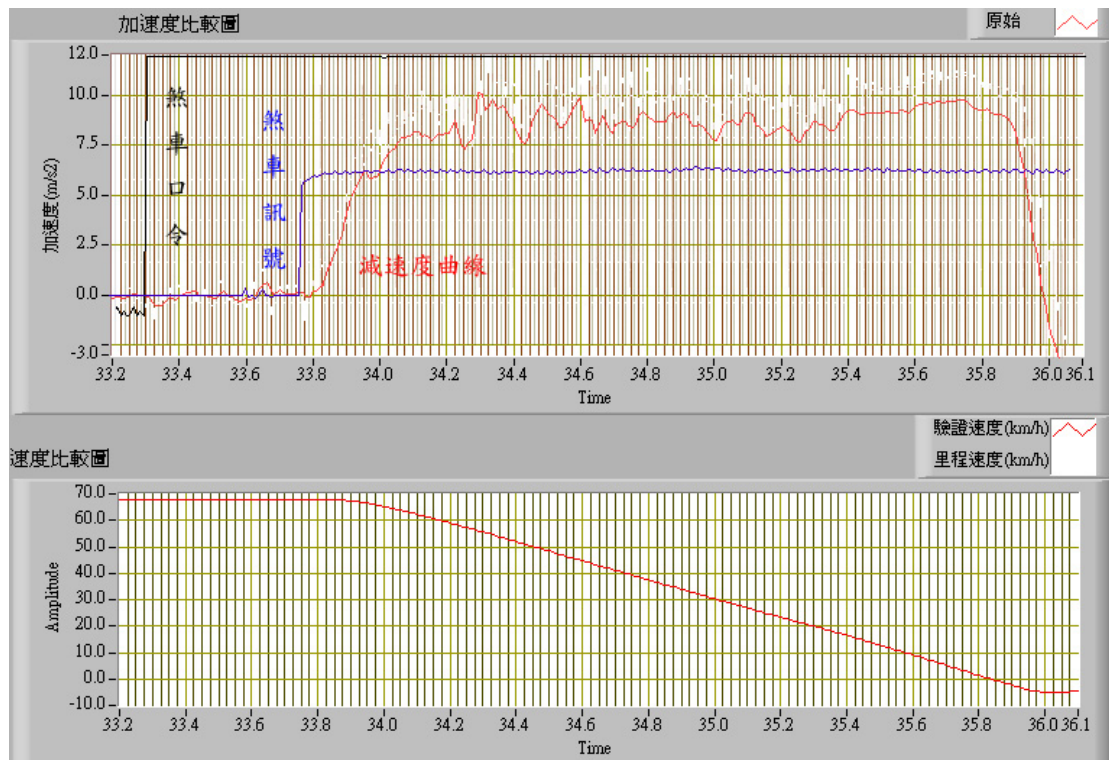
50_2 實驗數據圖



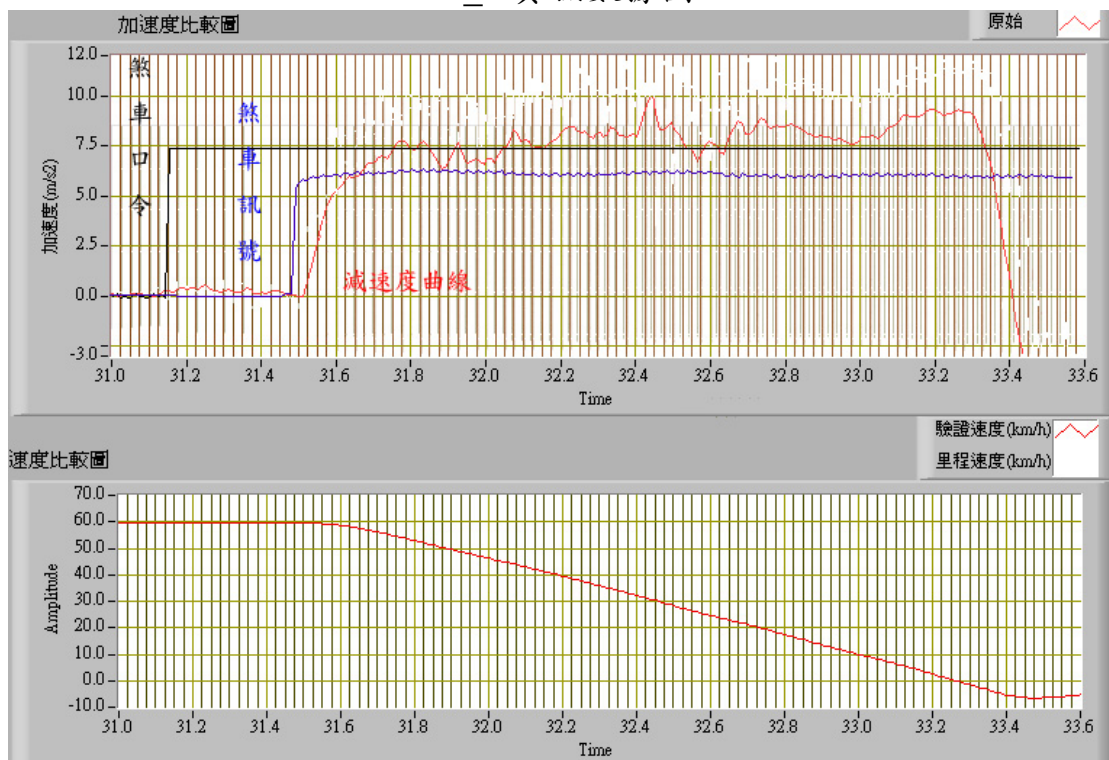
50_3 實驗數據圖



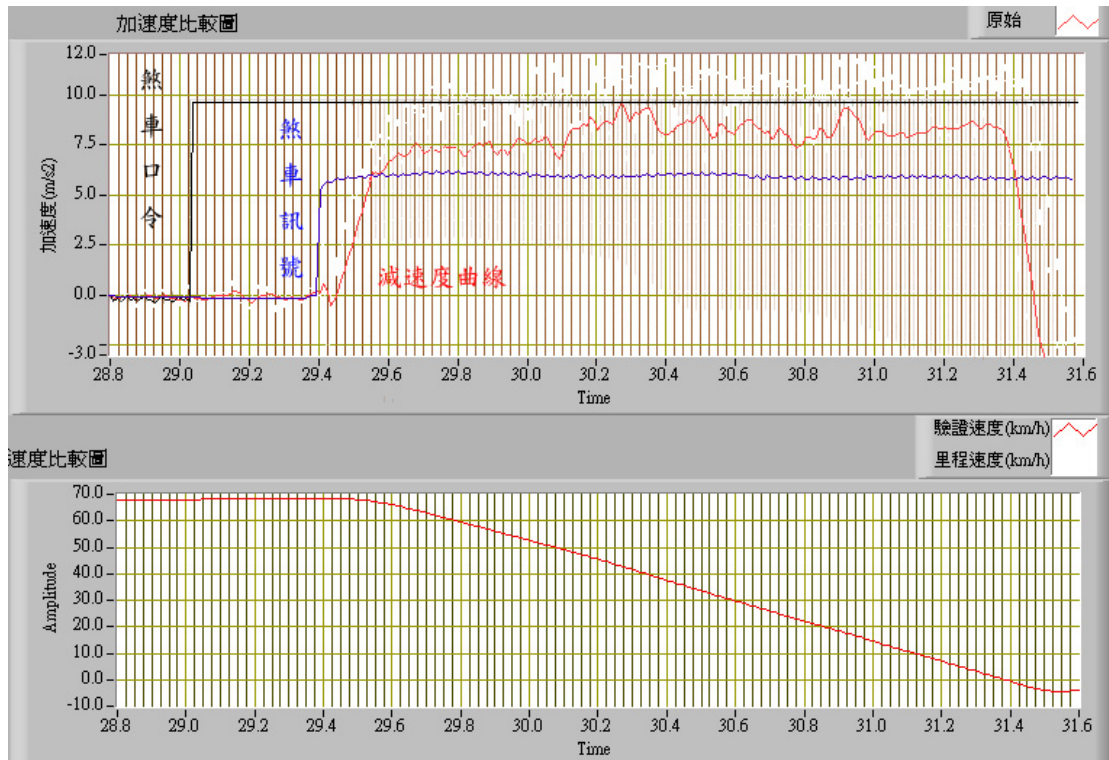
50_4 實驗數據圖



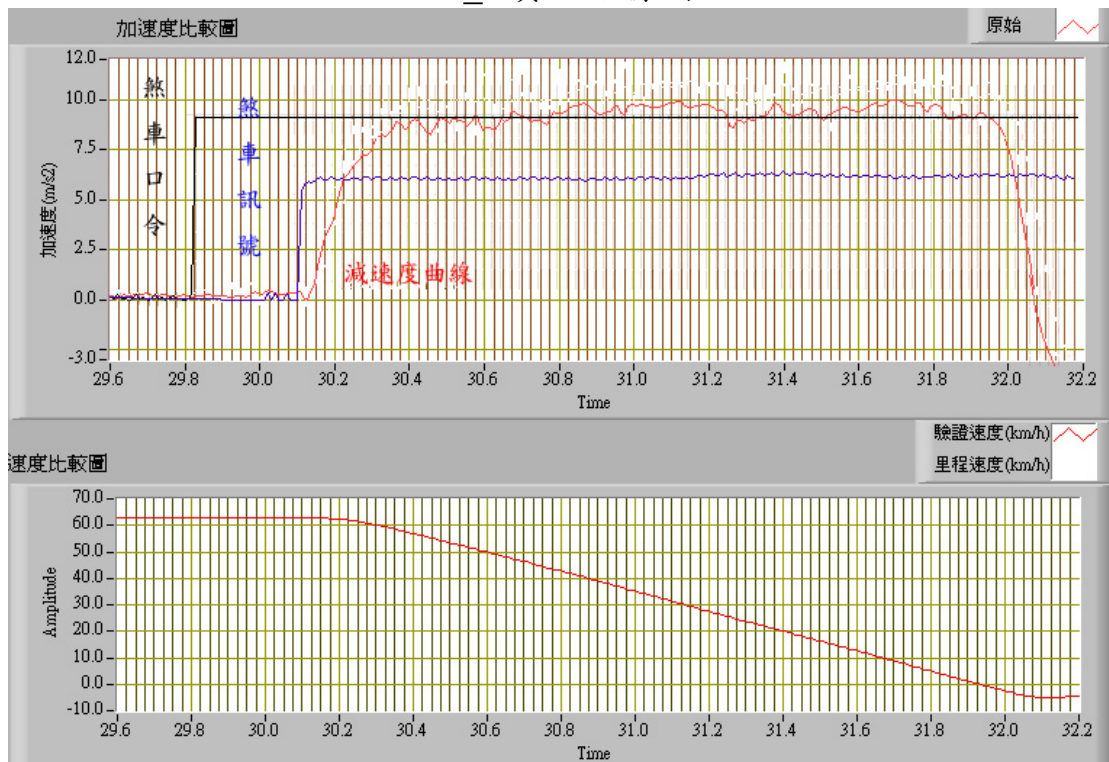
60_1 實驗數據圖



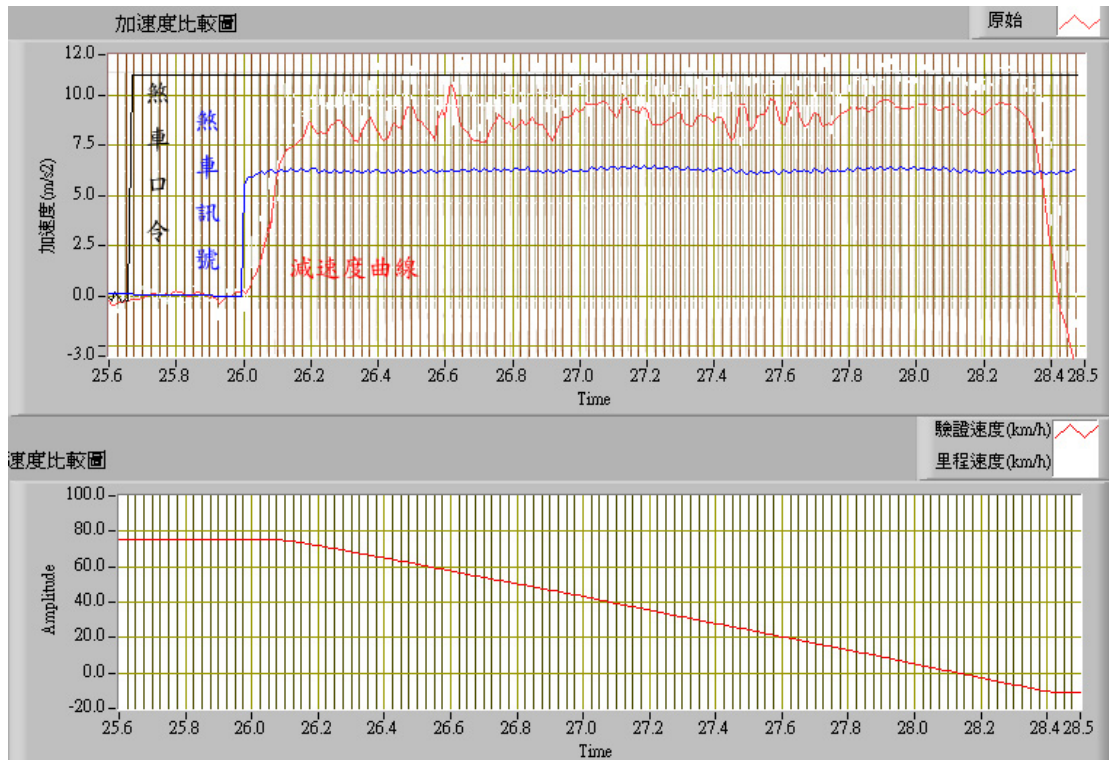
60_2 實驗數據圖



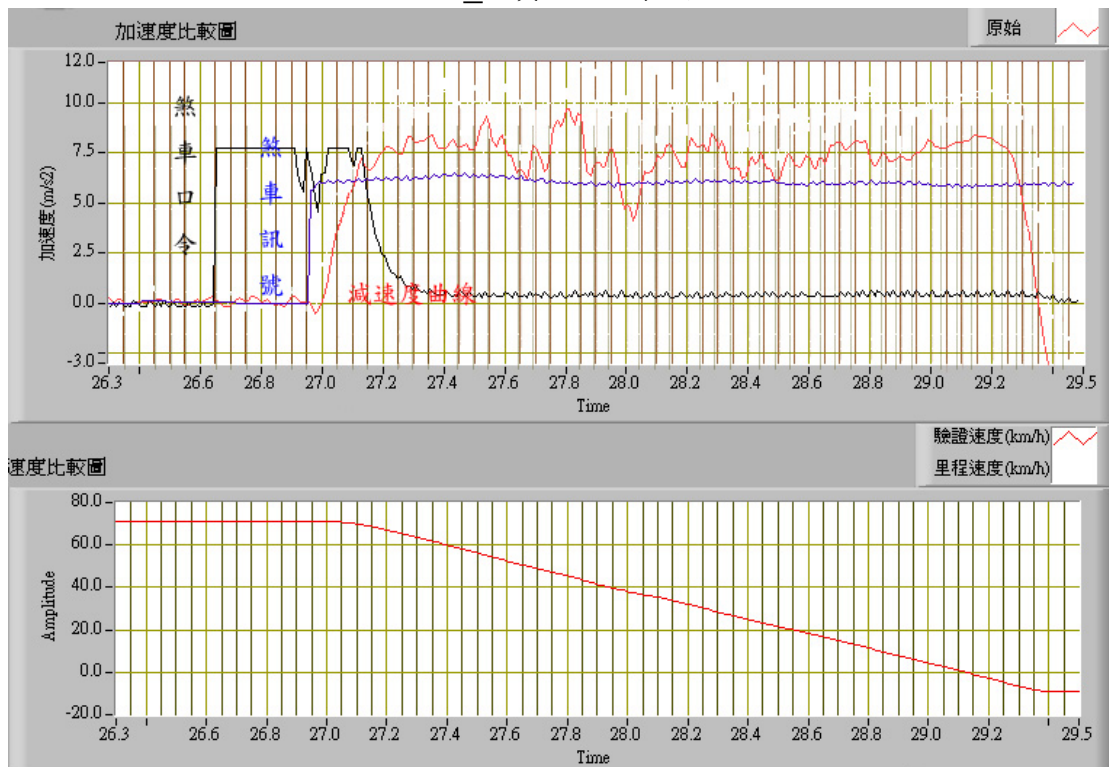
60_3 實驗數據圖



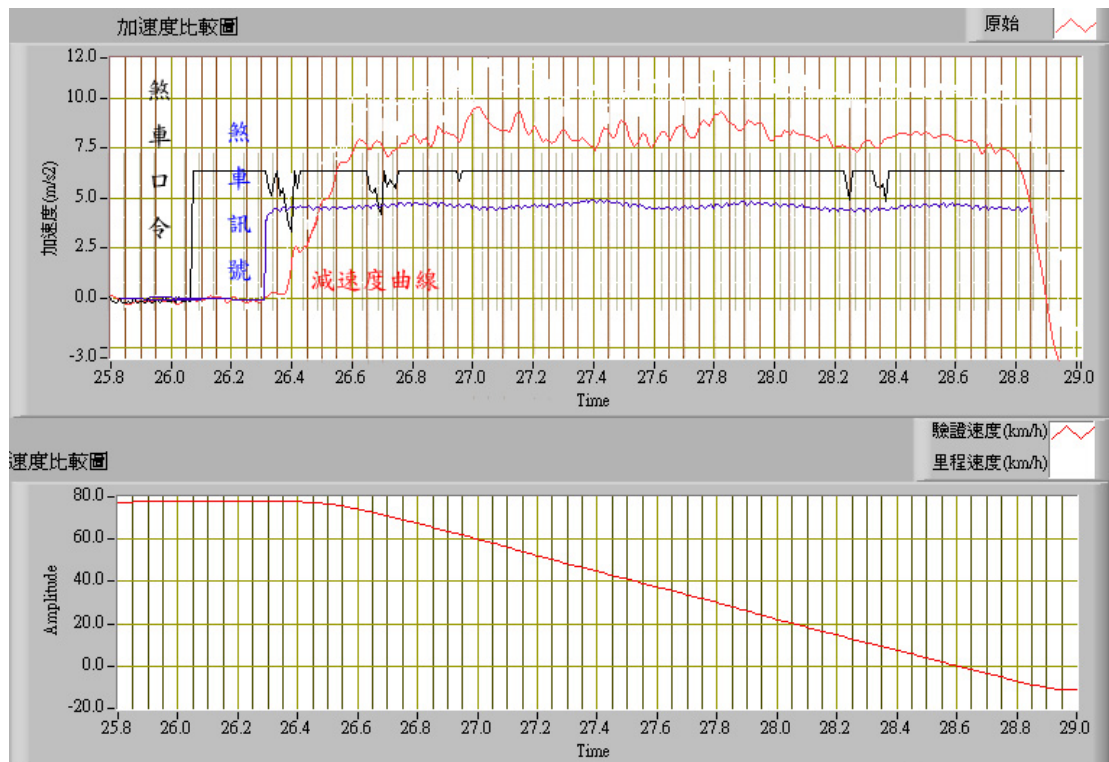
60_4 實驗數據圖



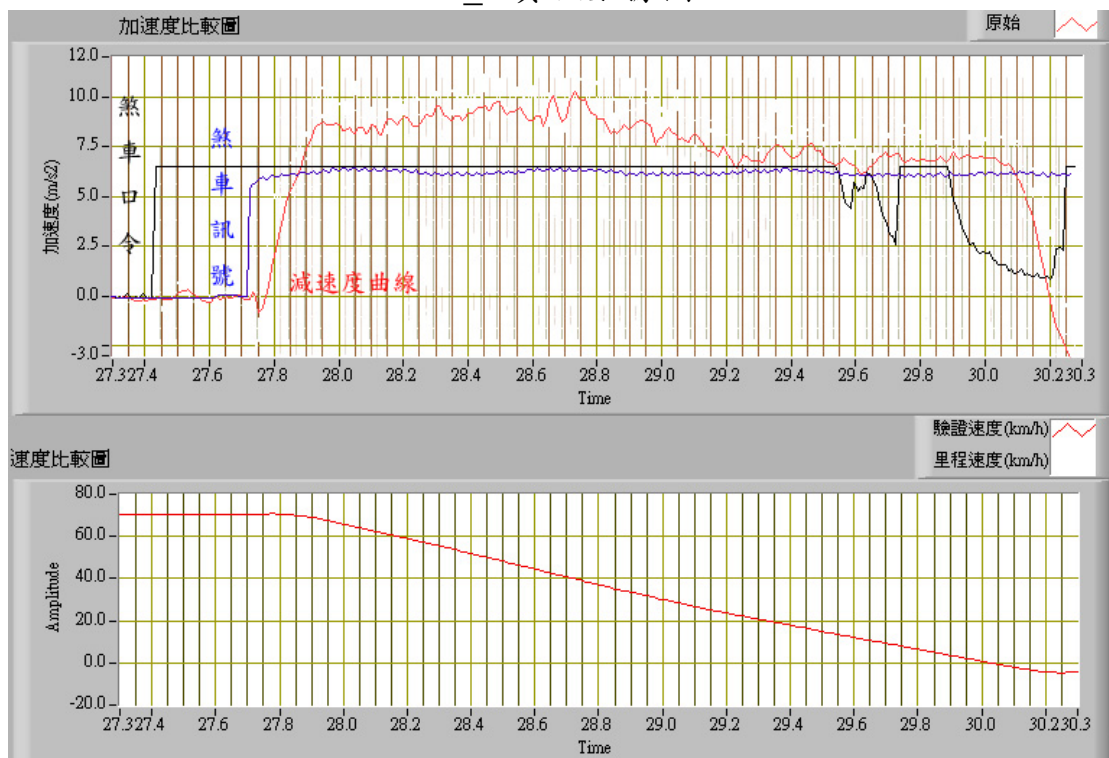
70_1 實驗數據圖



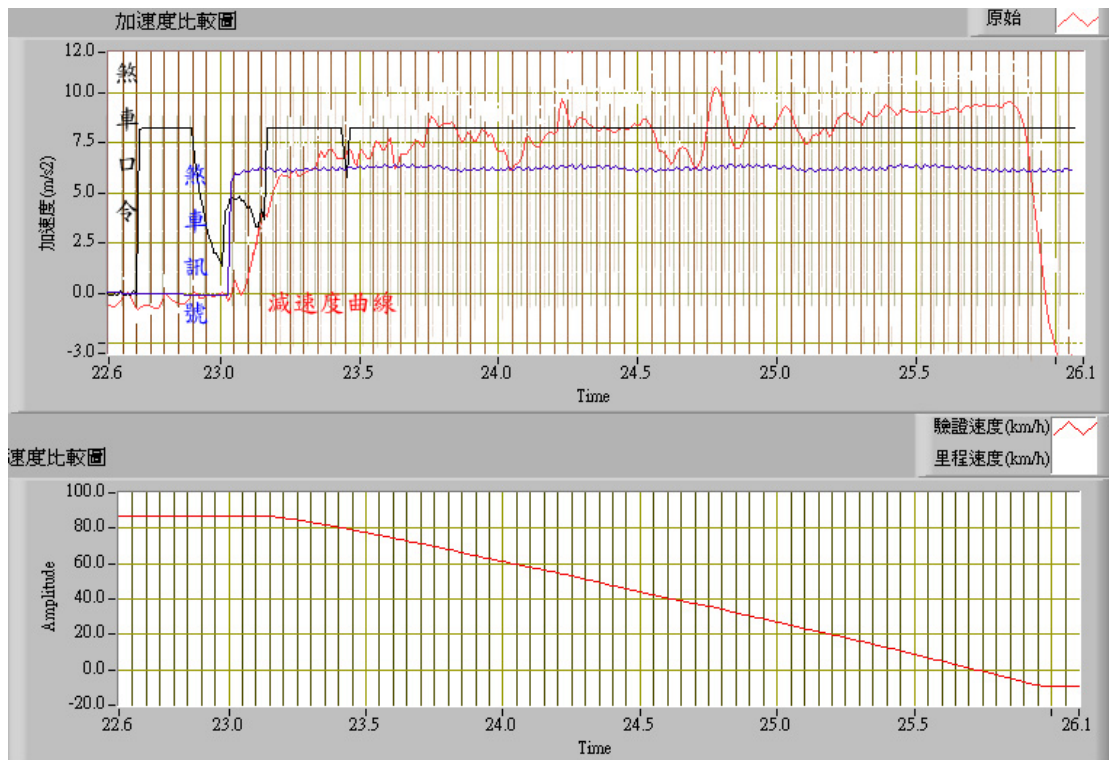
70_2 實驗數據圖



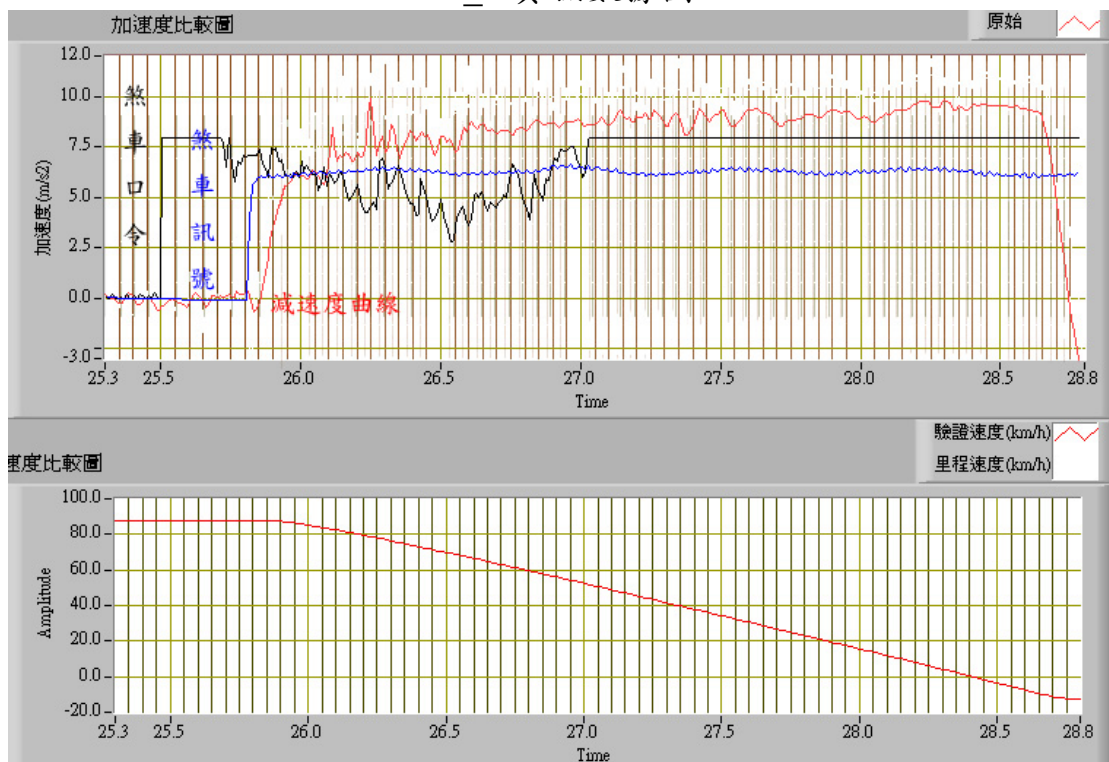
70_3 實驗數據圖



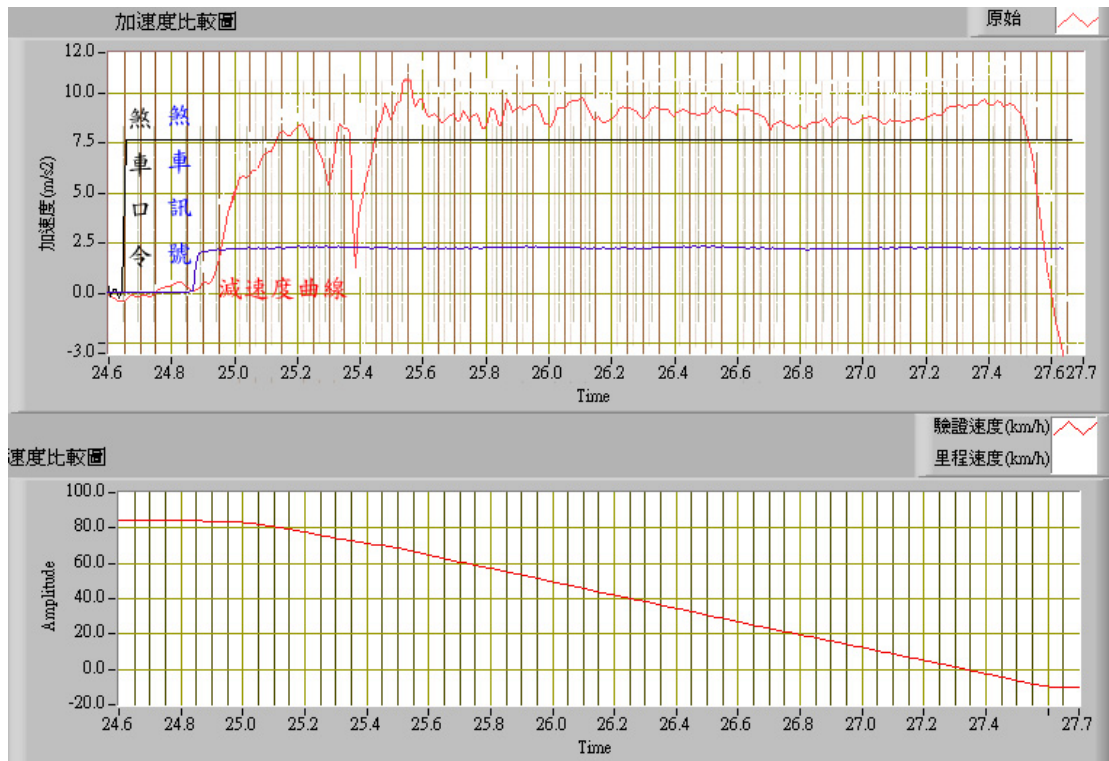
70_4 實驗數據圖



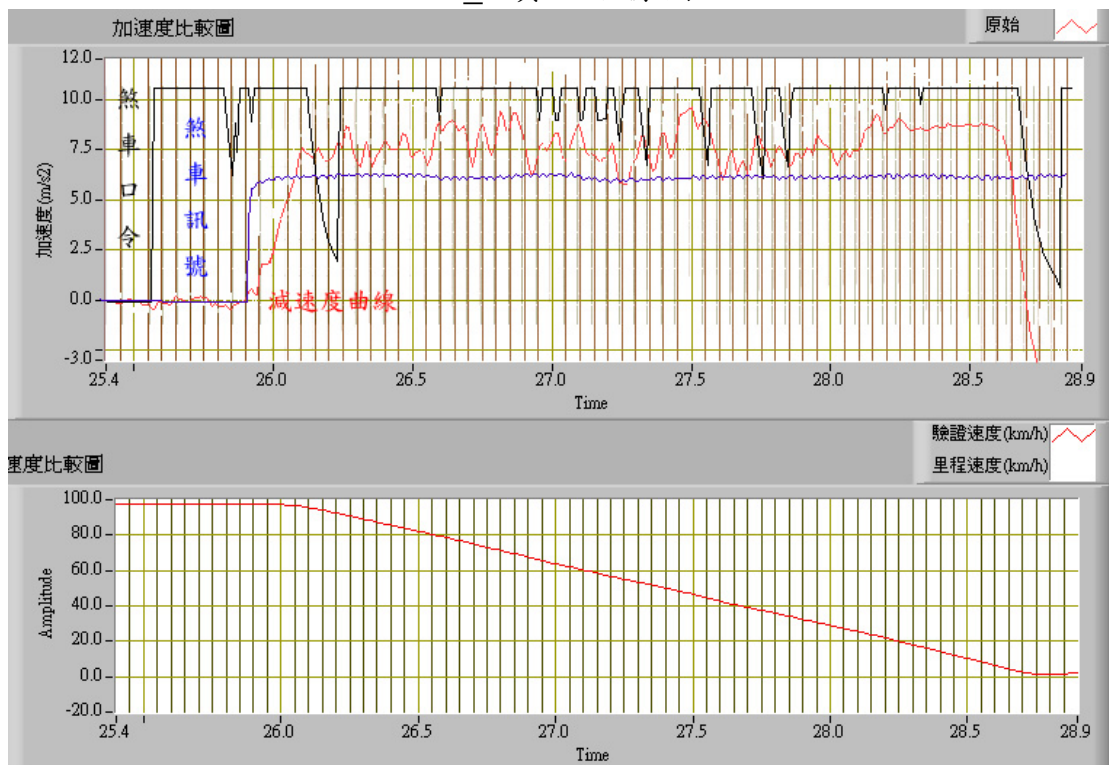
80_1 實驗數據圖



80_2 實驗數據圖

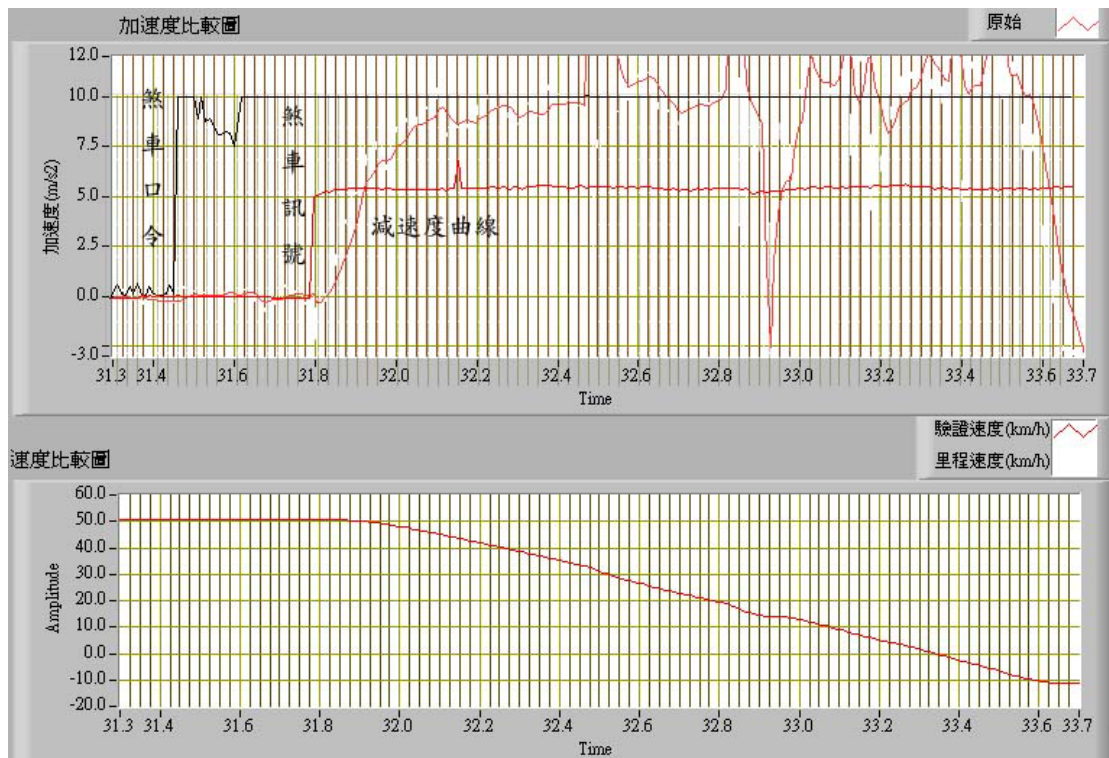


80_3 實驗數據圖

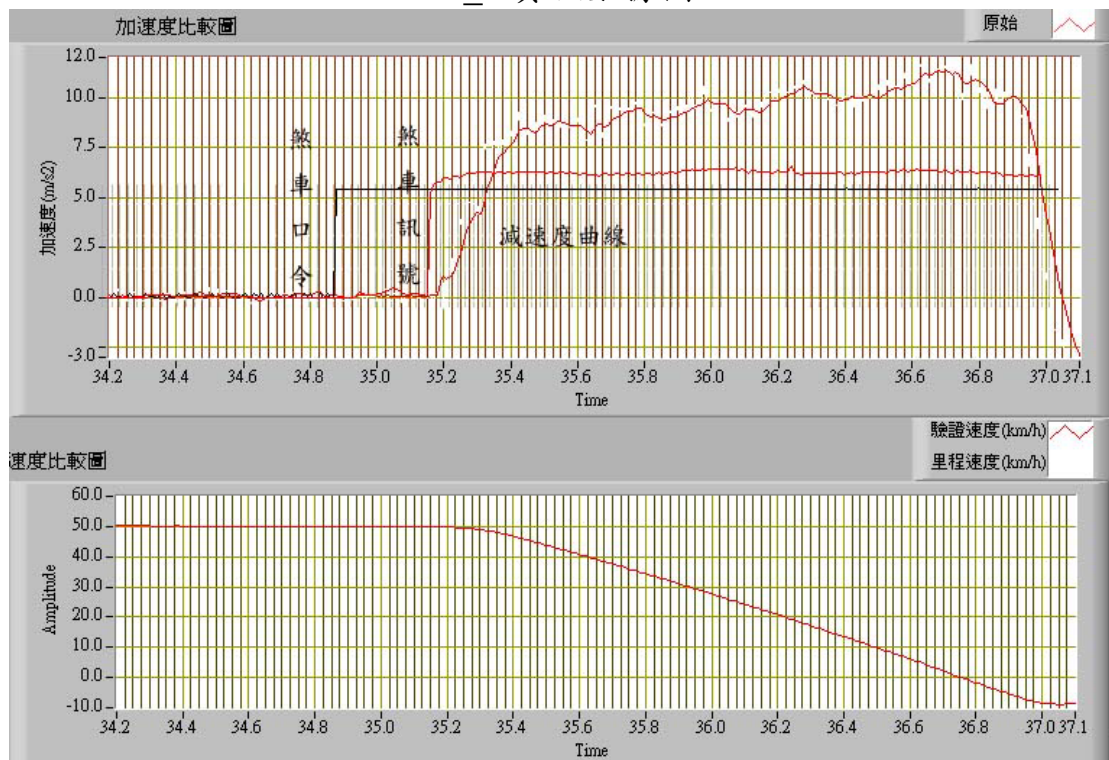


80_4 實驗數據圖

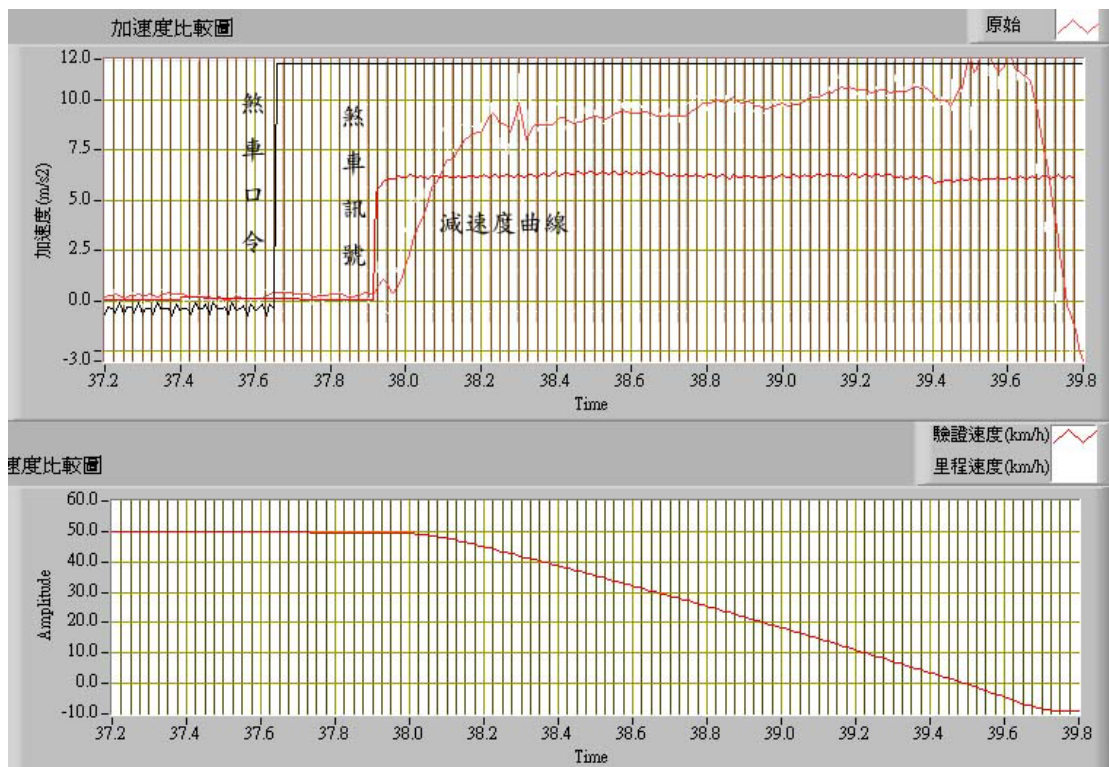
Ford Terrier 實驗數據圖 有 ABS



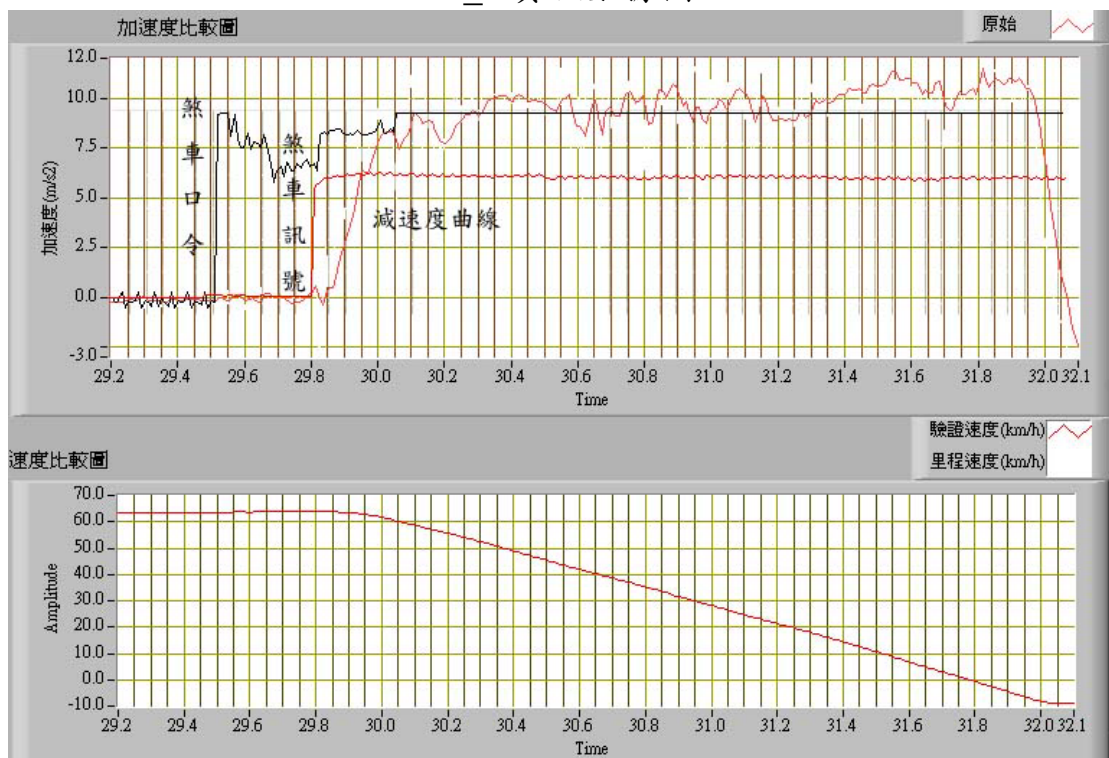
50_1 實驗數據圖



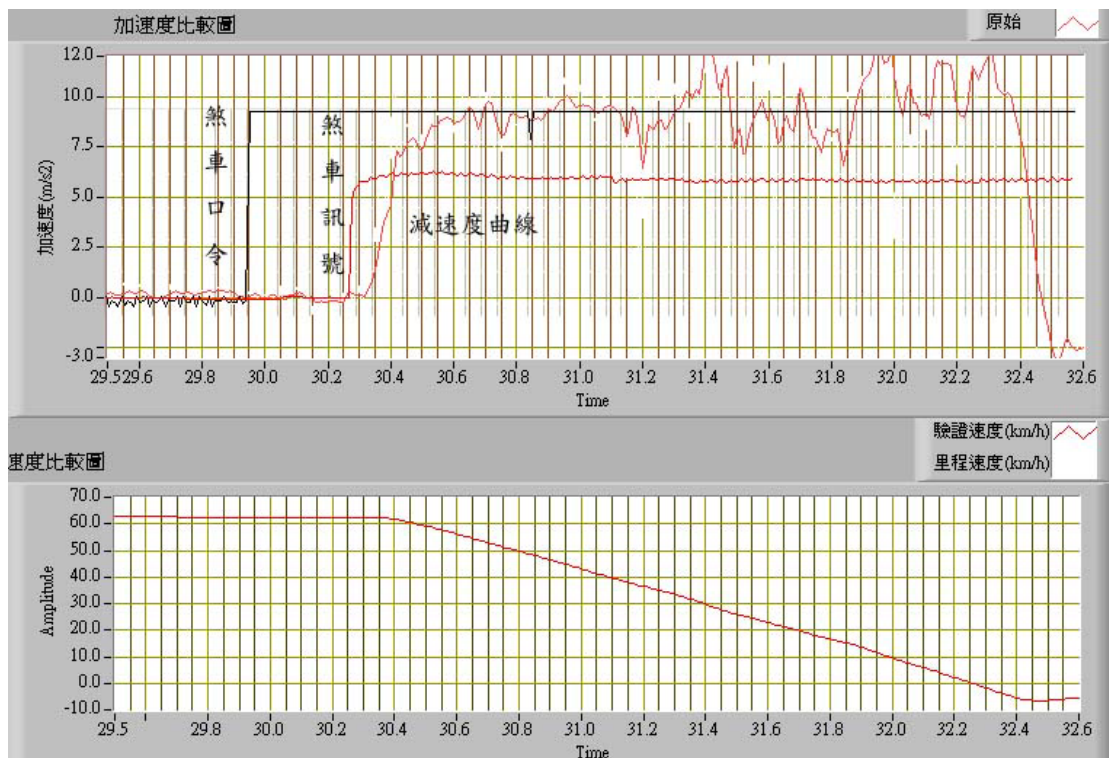
50_2 實驗數據圖



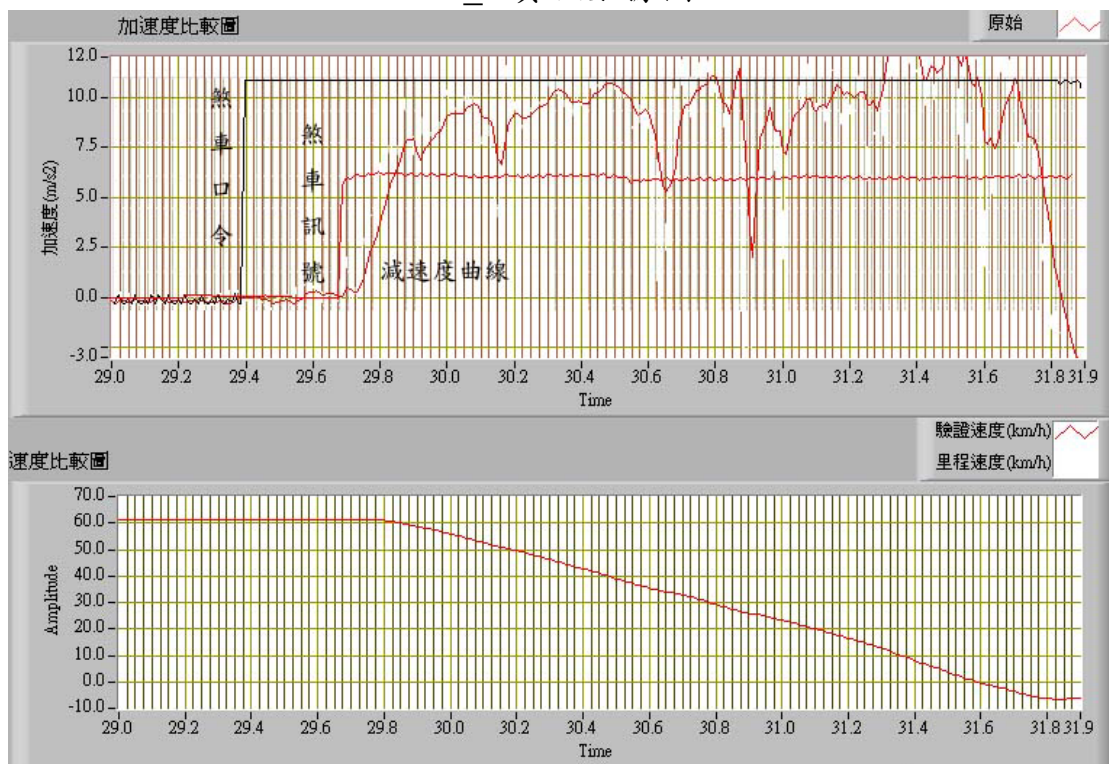
50_3 實驗數據圖



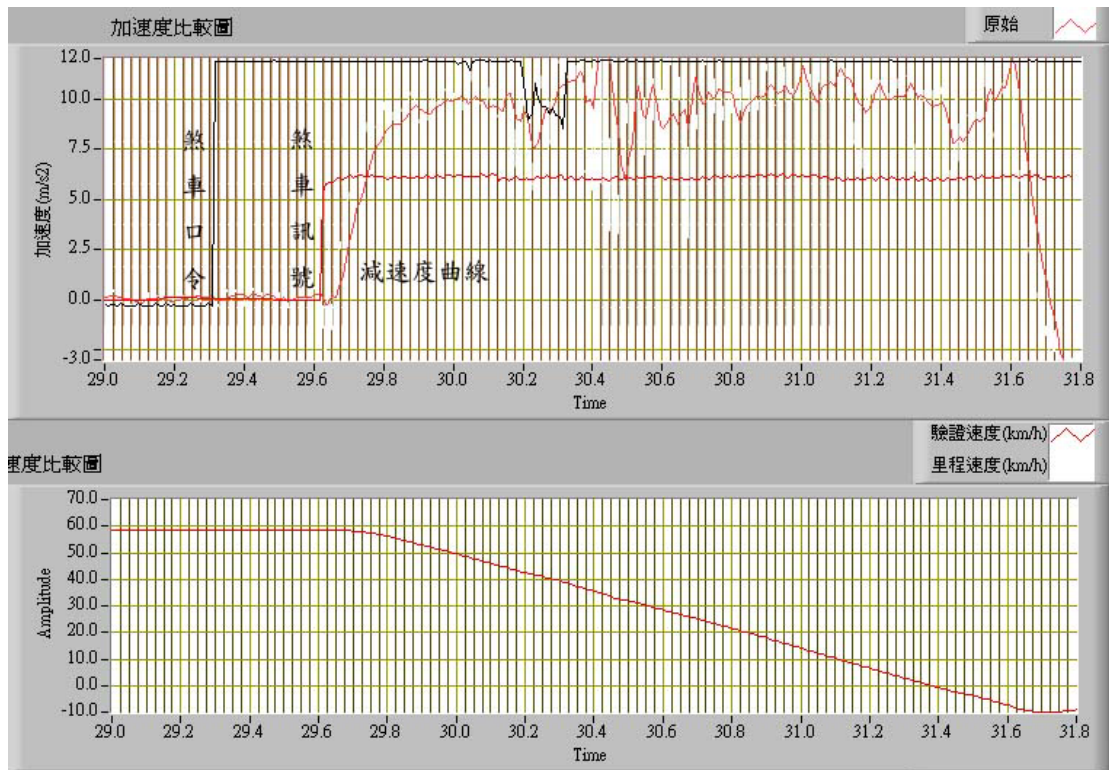
60_1 實驗數據圖



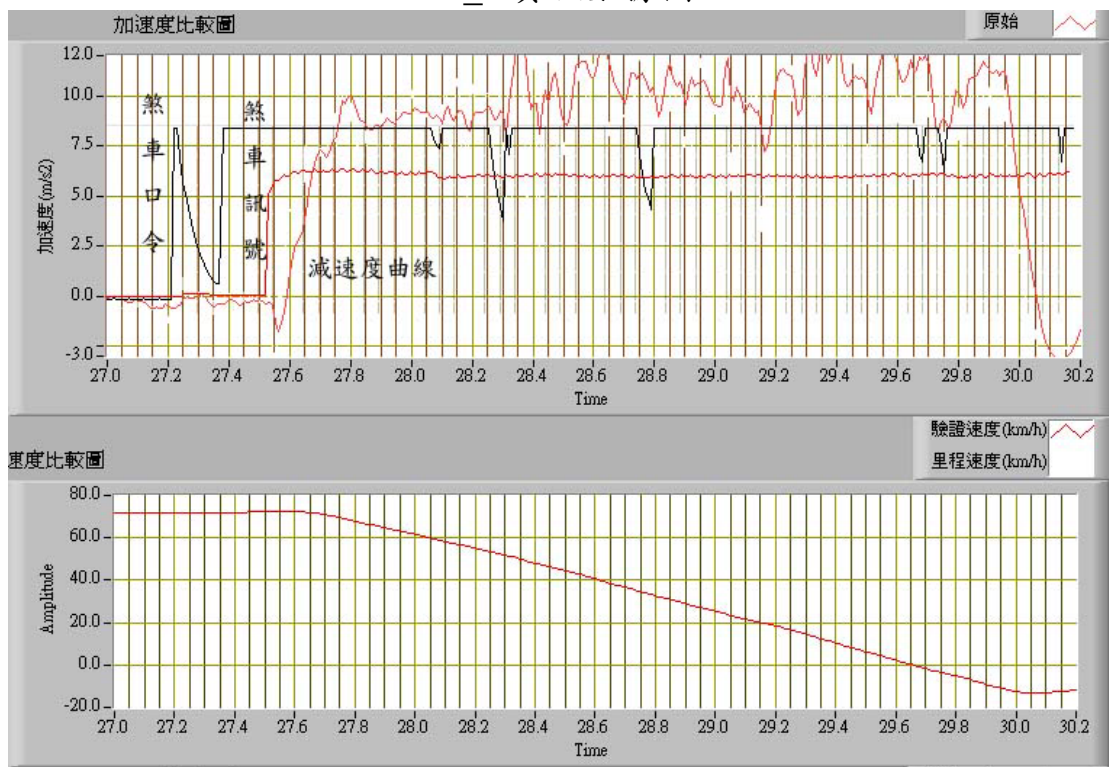
60_2 實驗數據圖



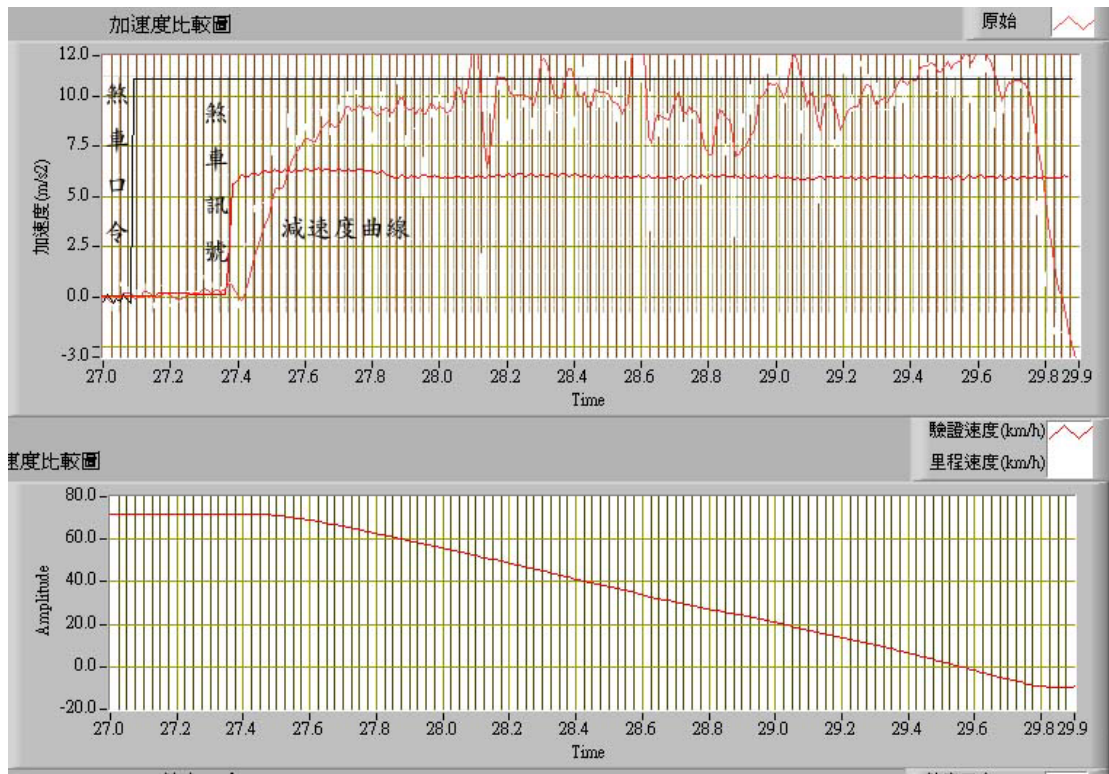
60_3 實驗數據圖



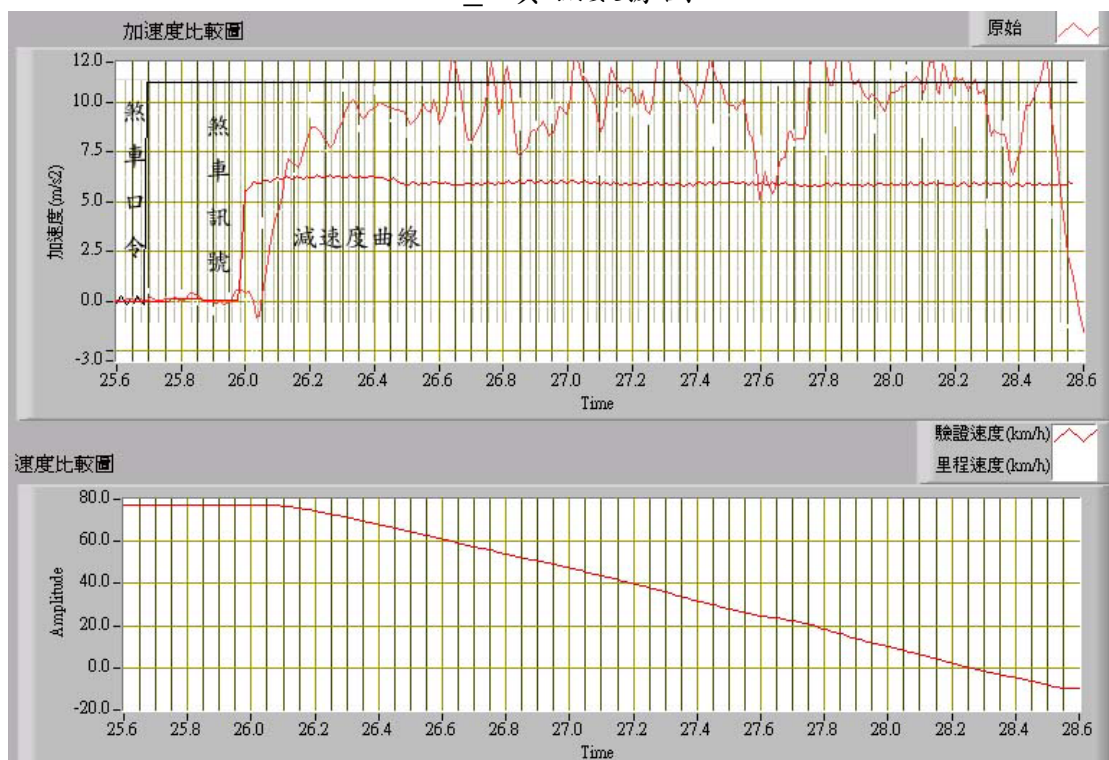
60_4 實驗數據圖



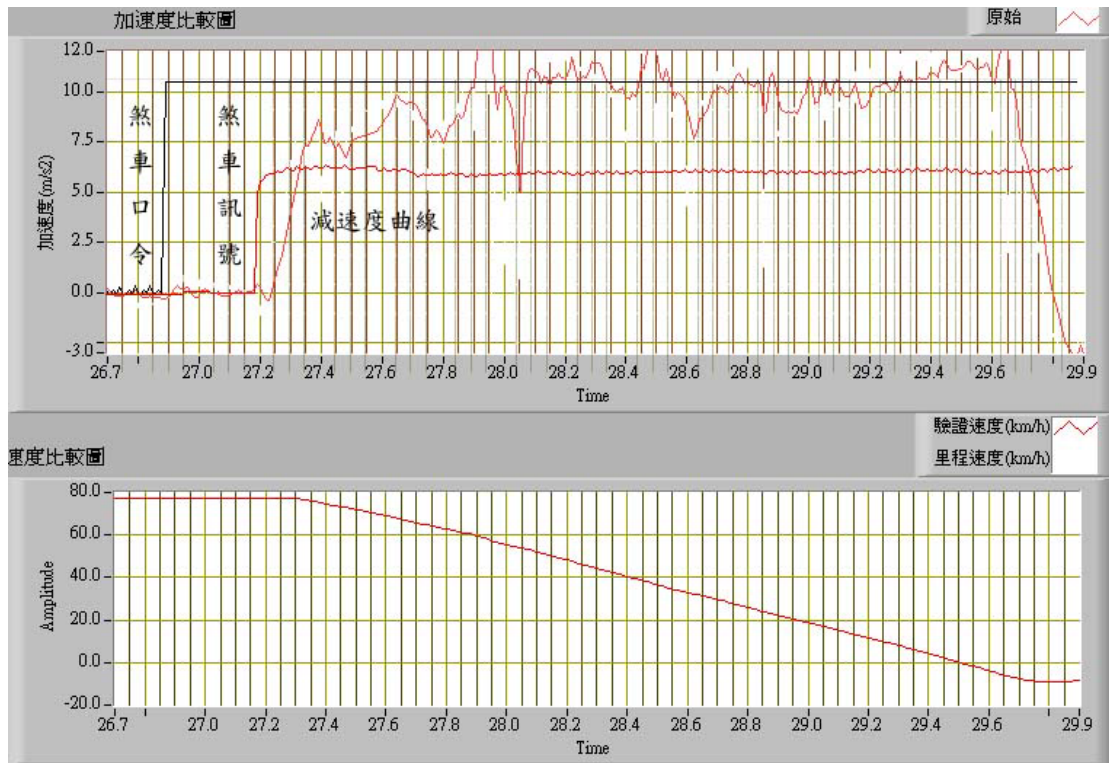
70_1 實驗數據圖



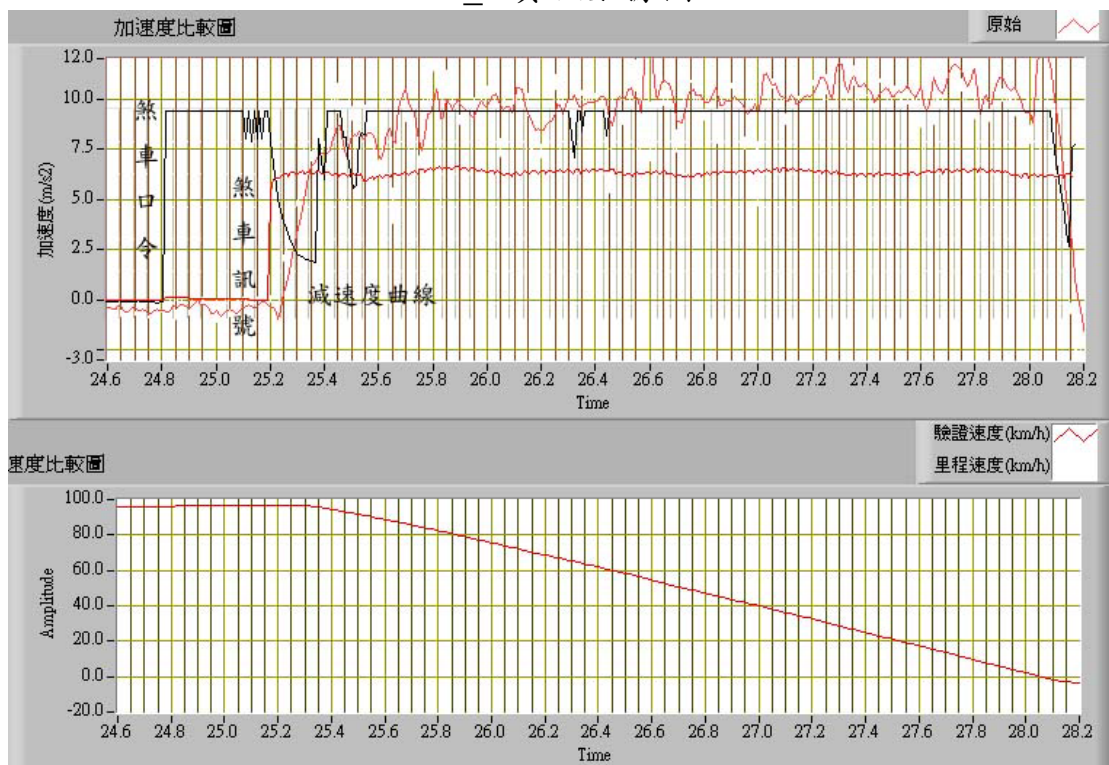
70_2 實驗數據圖



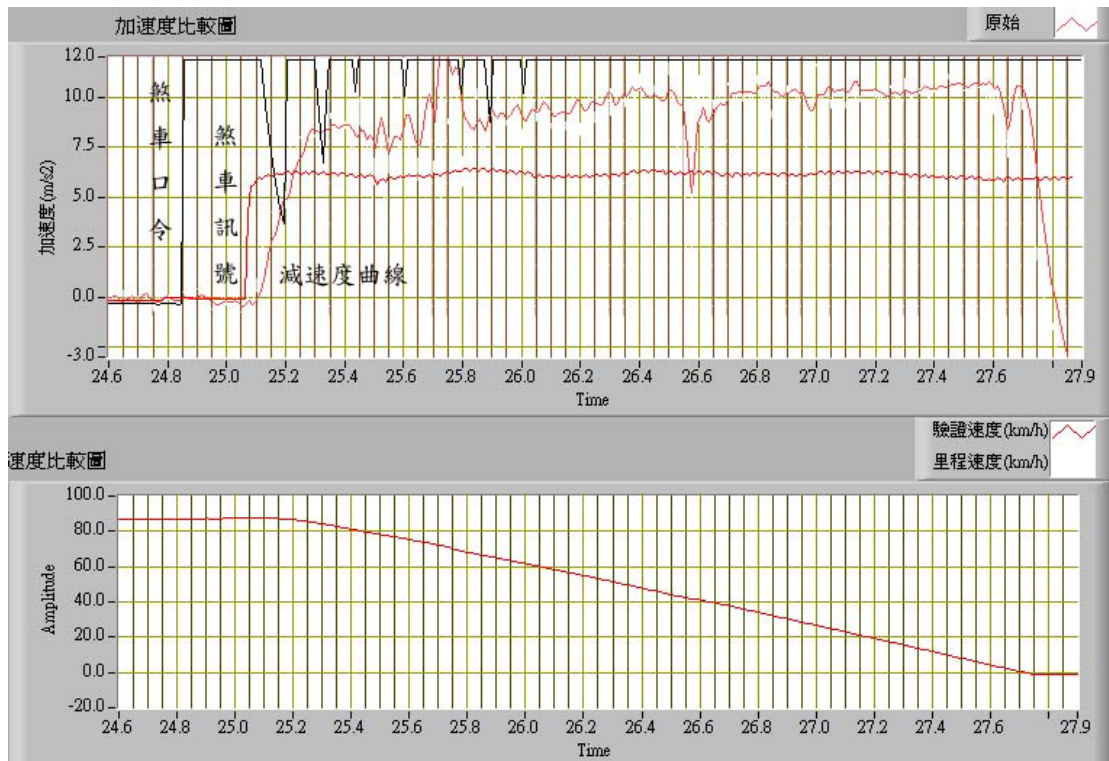
70_3 實驗數據圖



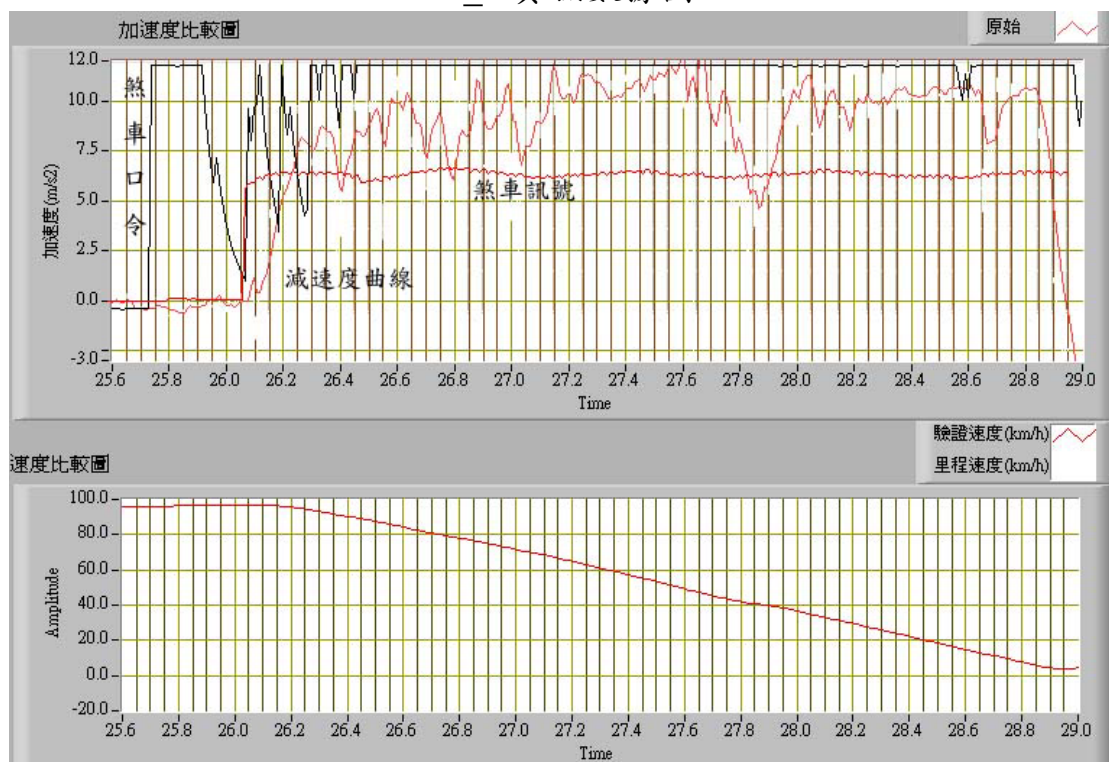
70_4 實驗數據圖



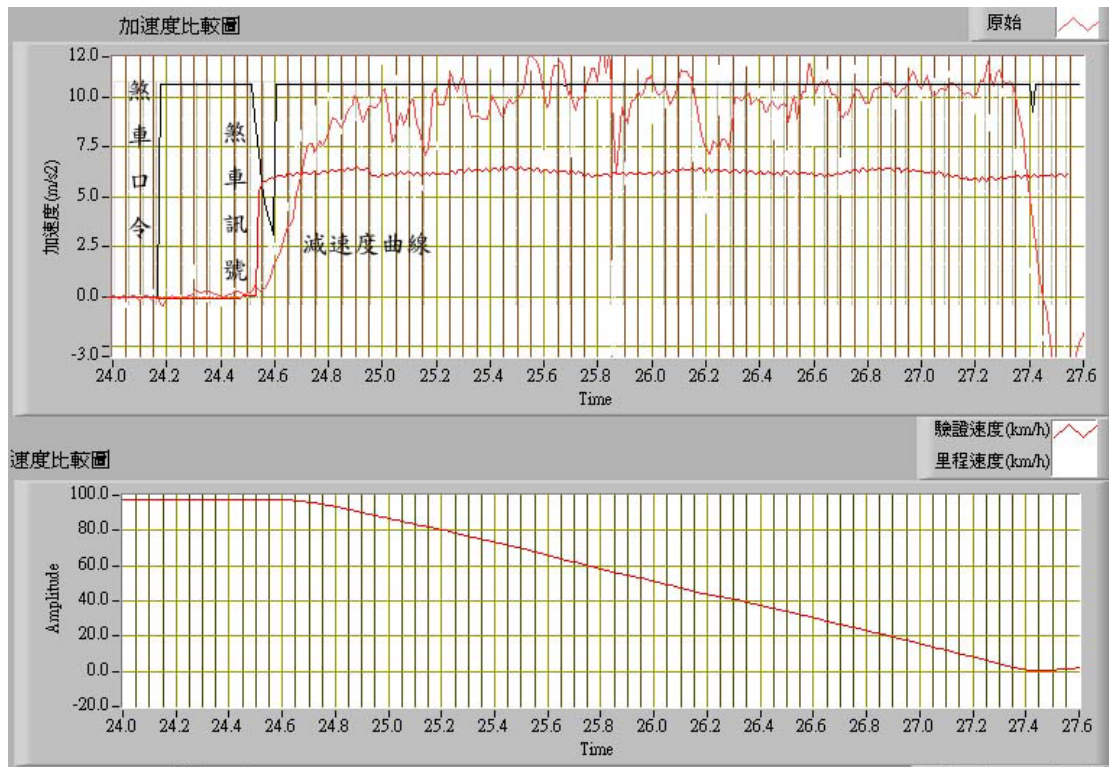
80_1 實驗數據圖



80_2 實驗數據圖

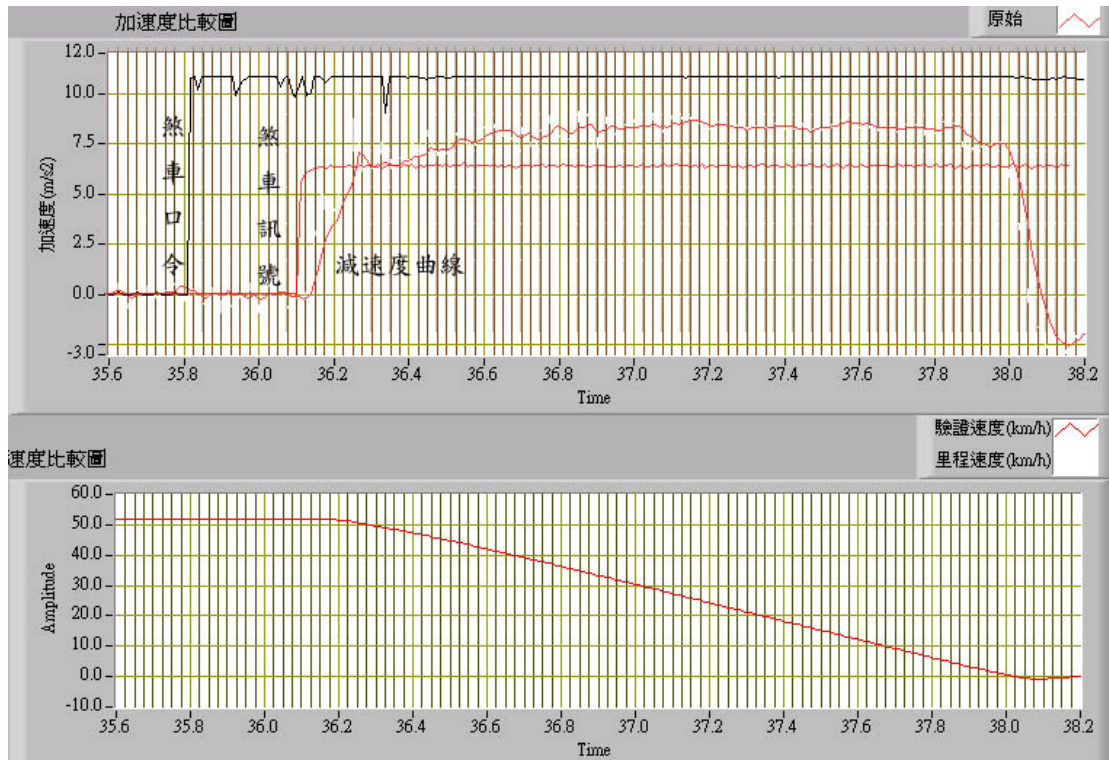


80_3 實驗數據圖

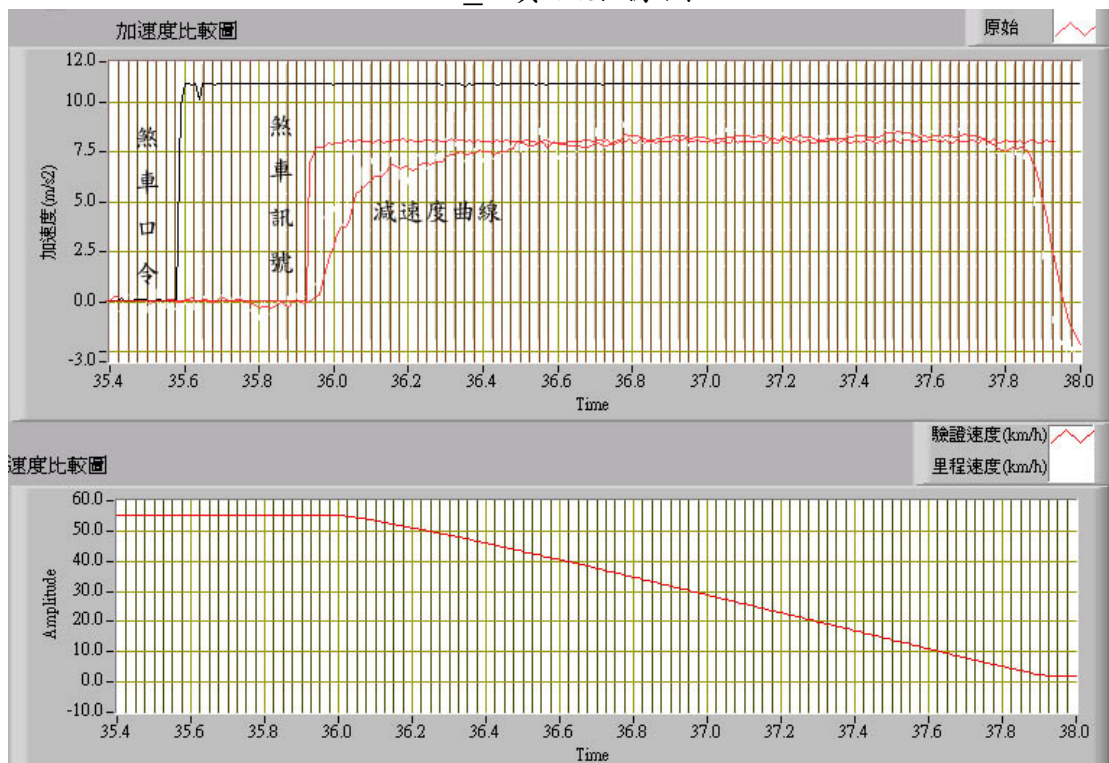


80_4 實驗數據圖

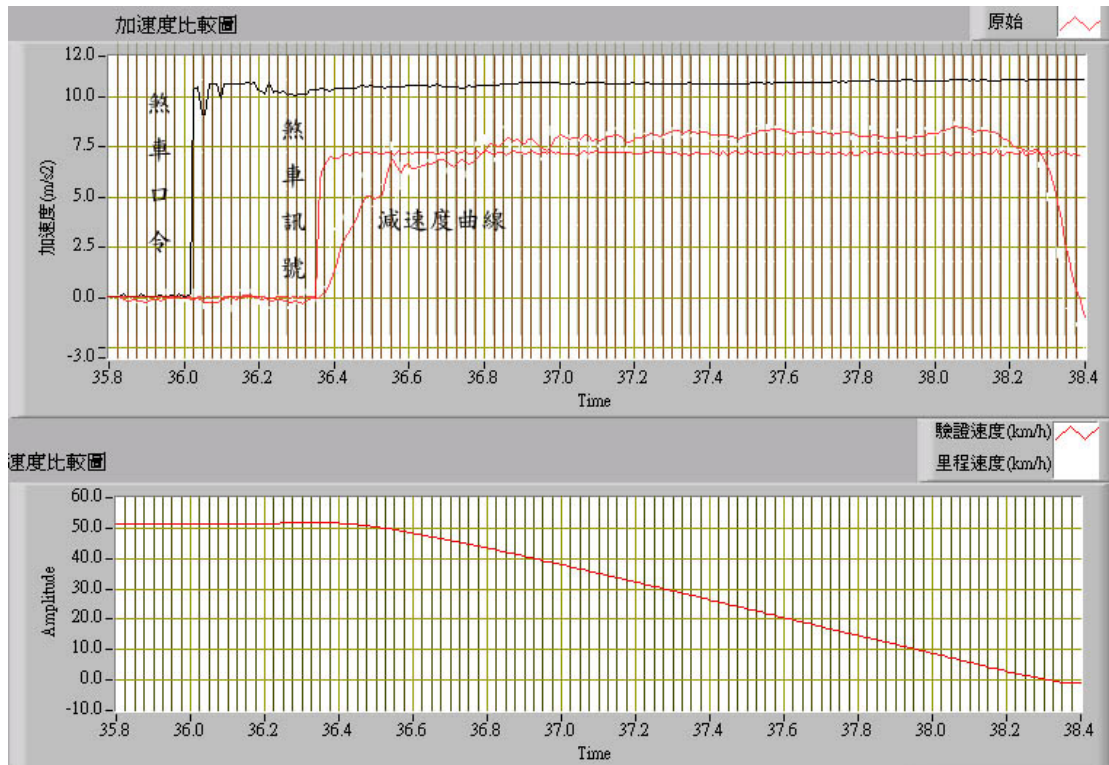
Geo Prizm 溼地



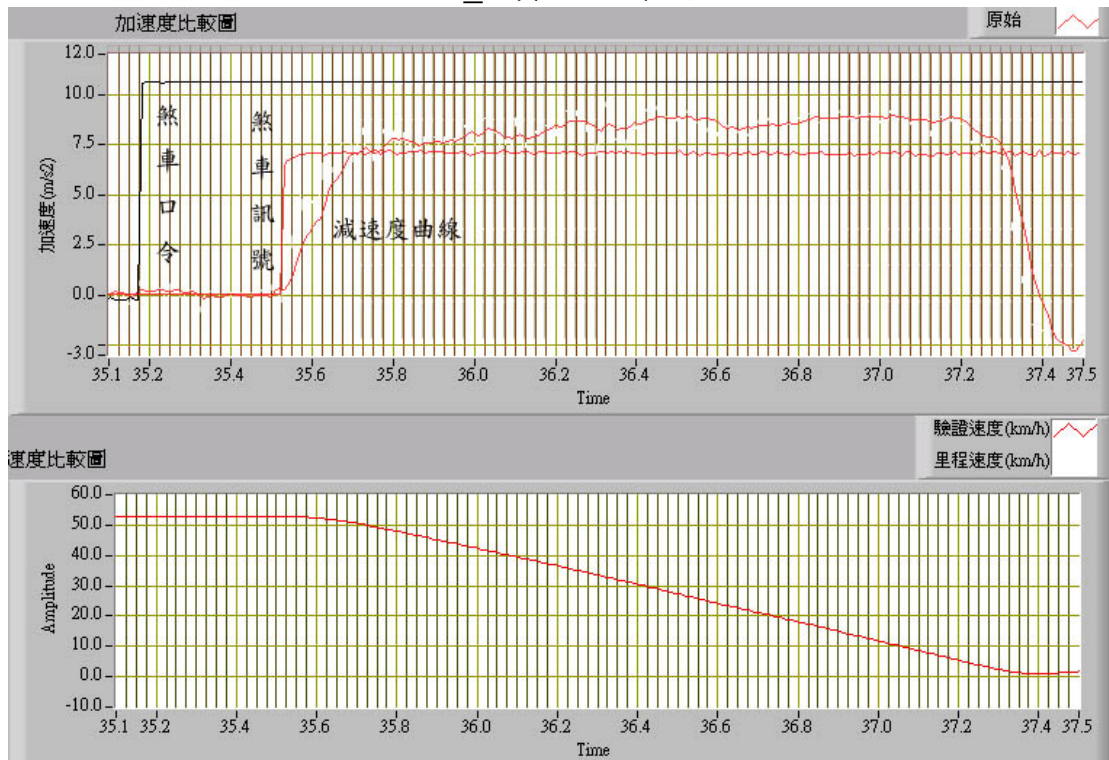
50_1 實驗數據圖



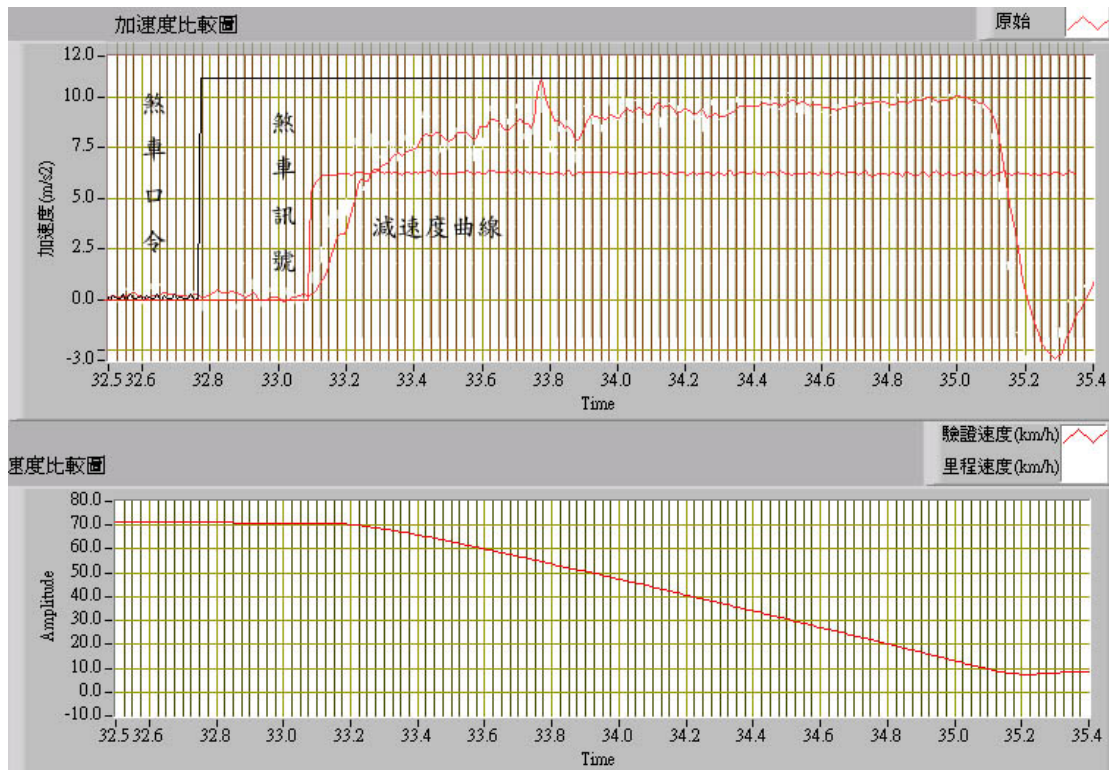
50_2 實驗數據圖



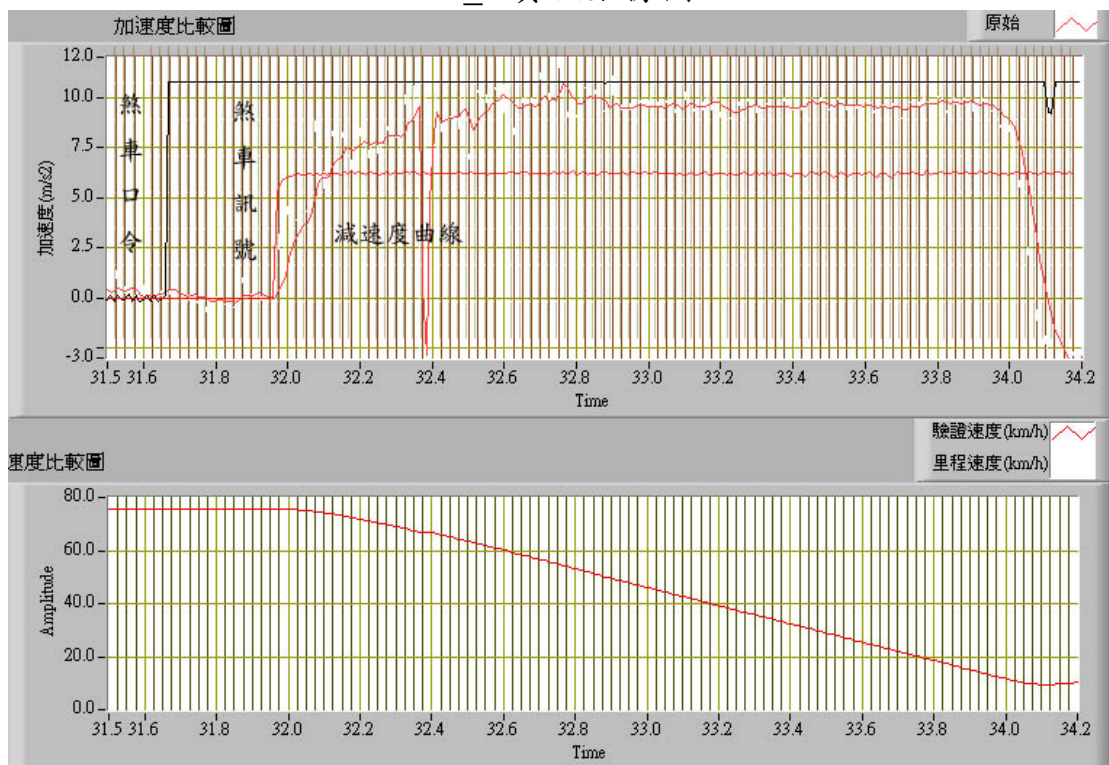
50_3 實驗數據圖



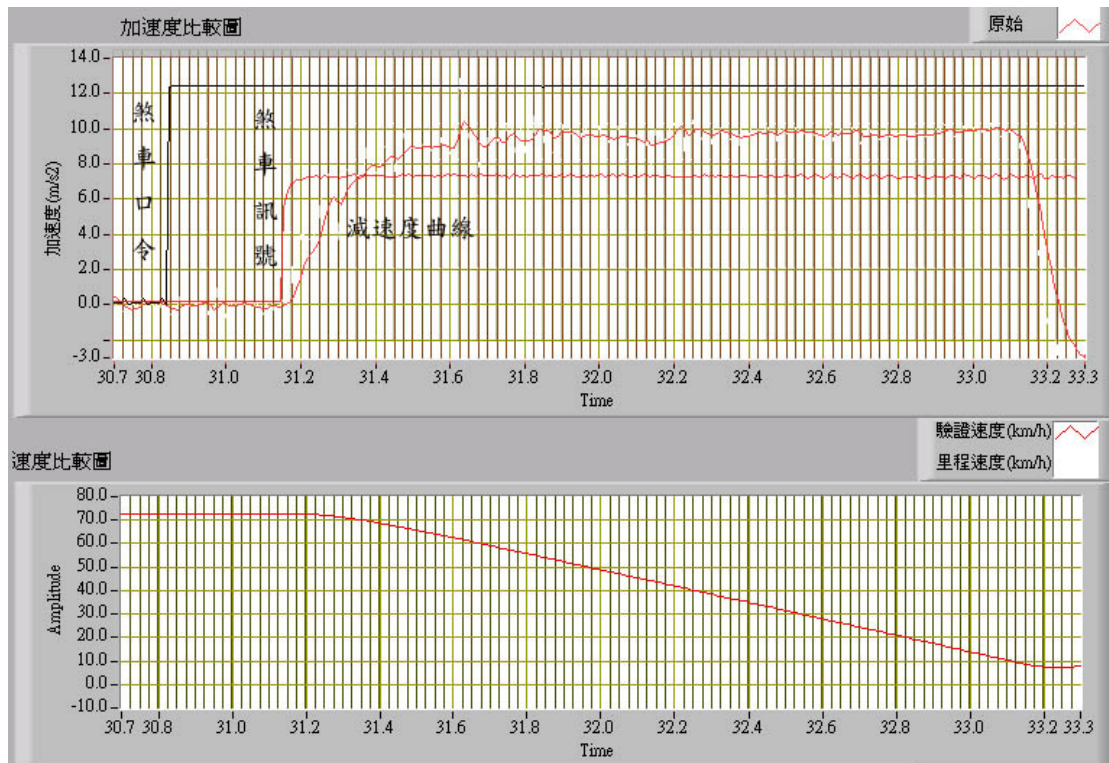
50_4 實驗數據圖



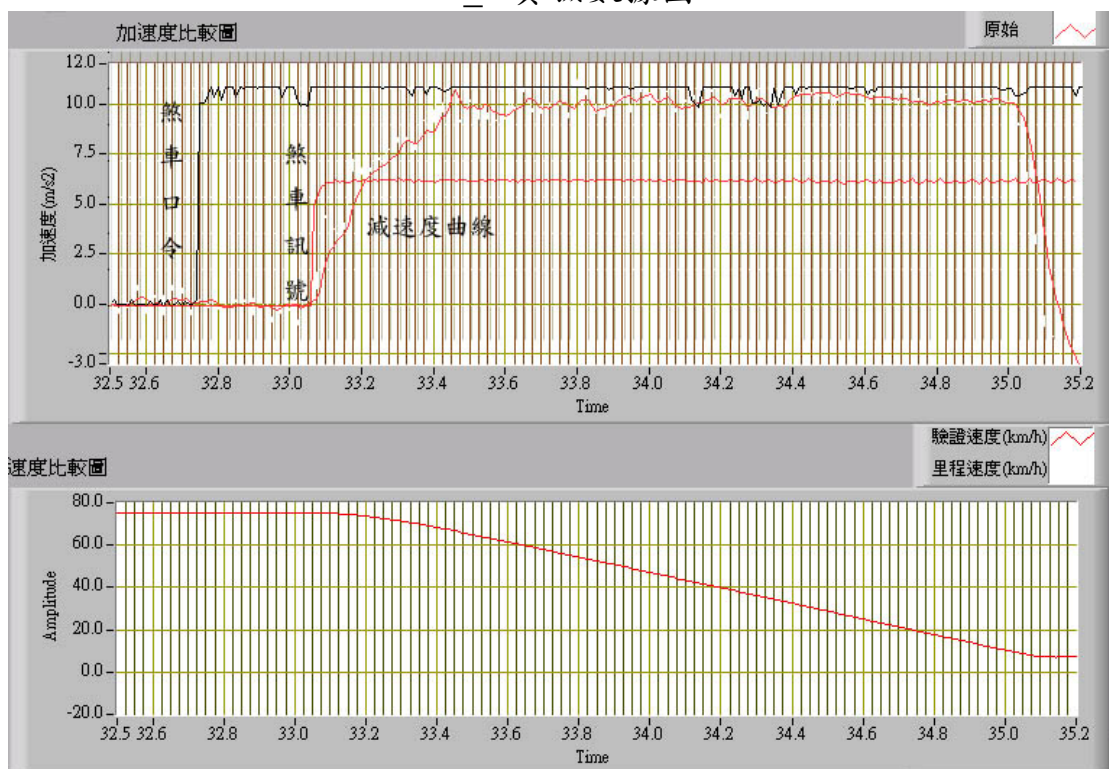
60_1 實驗數據圖



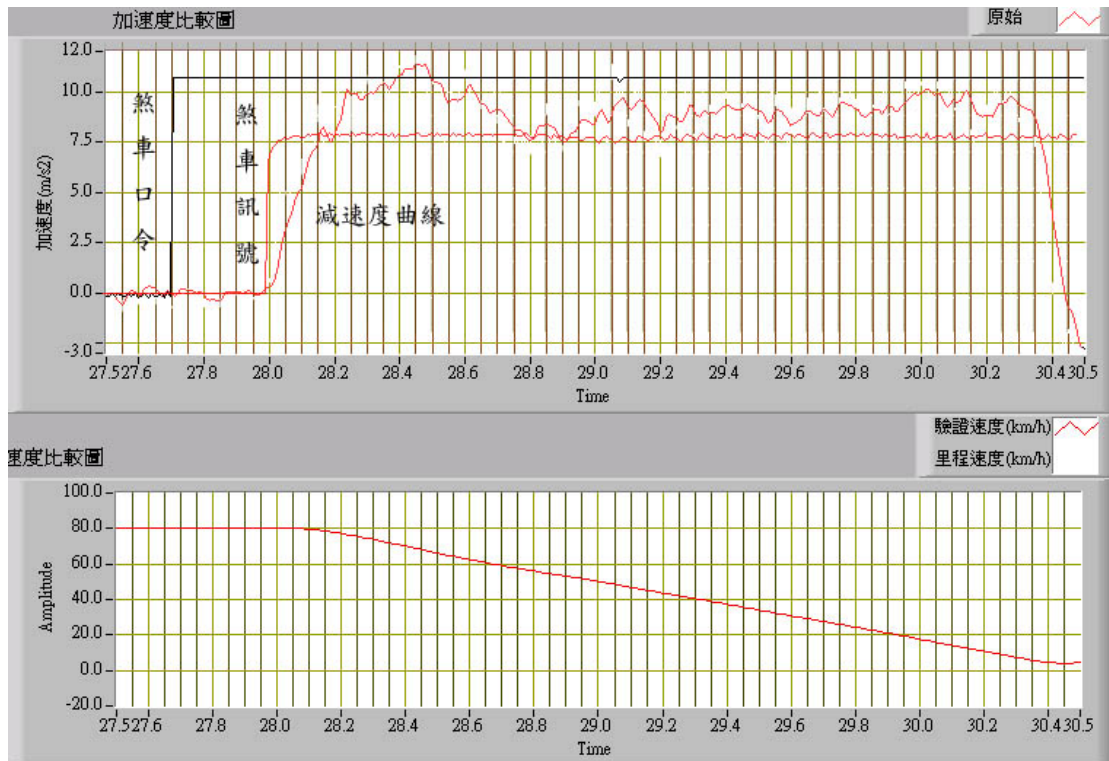
60_2 實驗數據圖



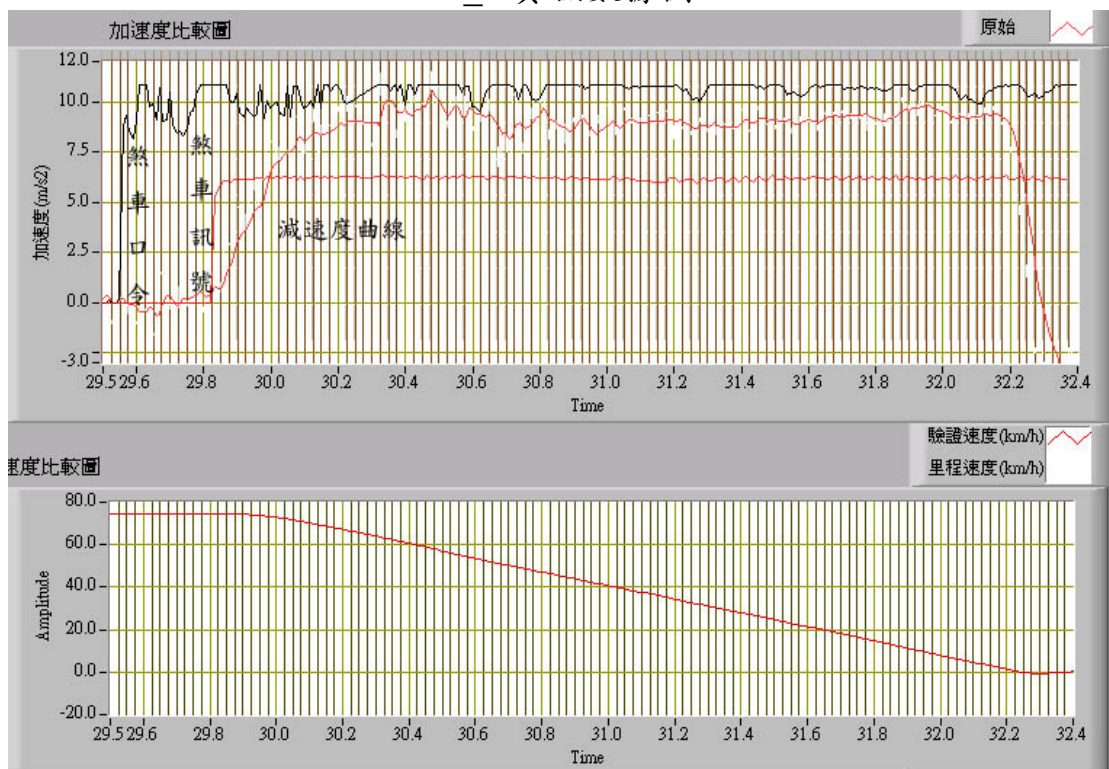
60_3 實驗數據圖



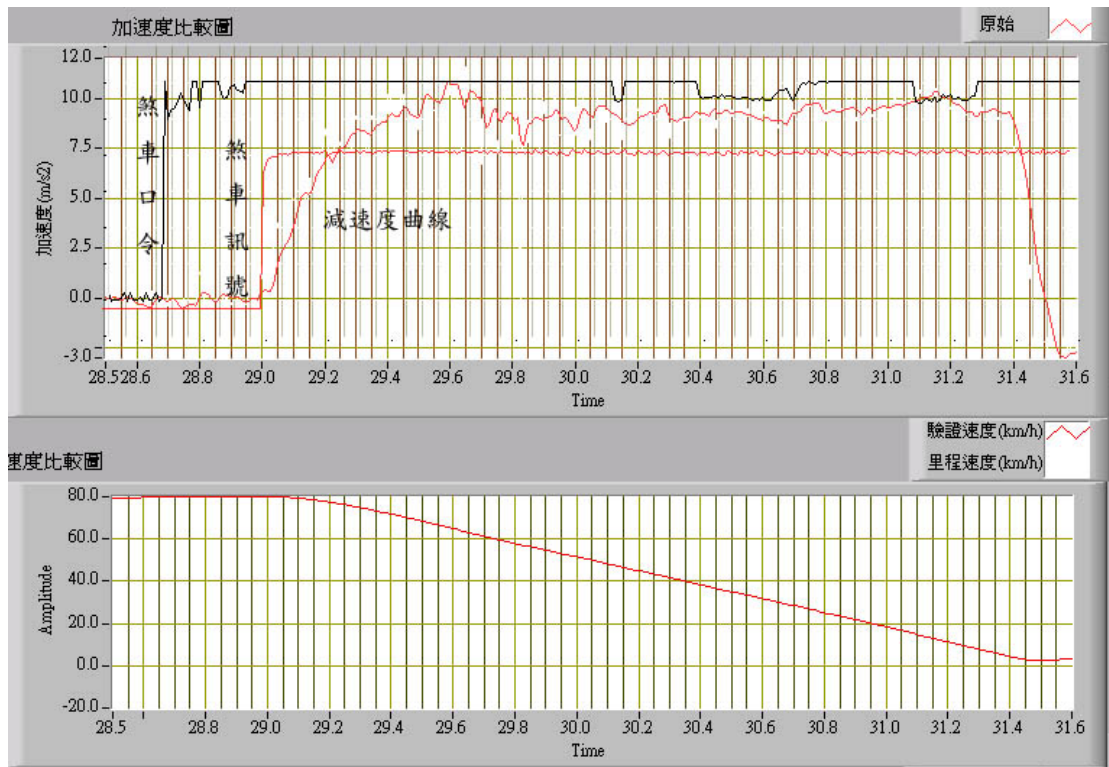
60_4 實驗數據圖



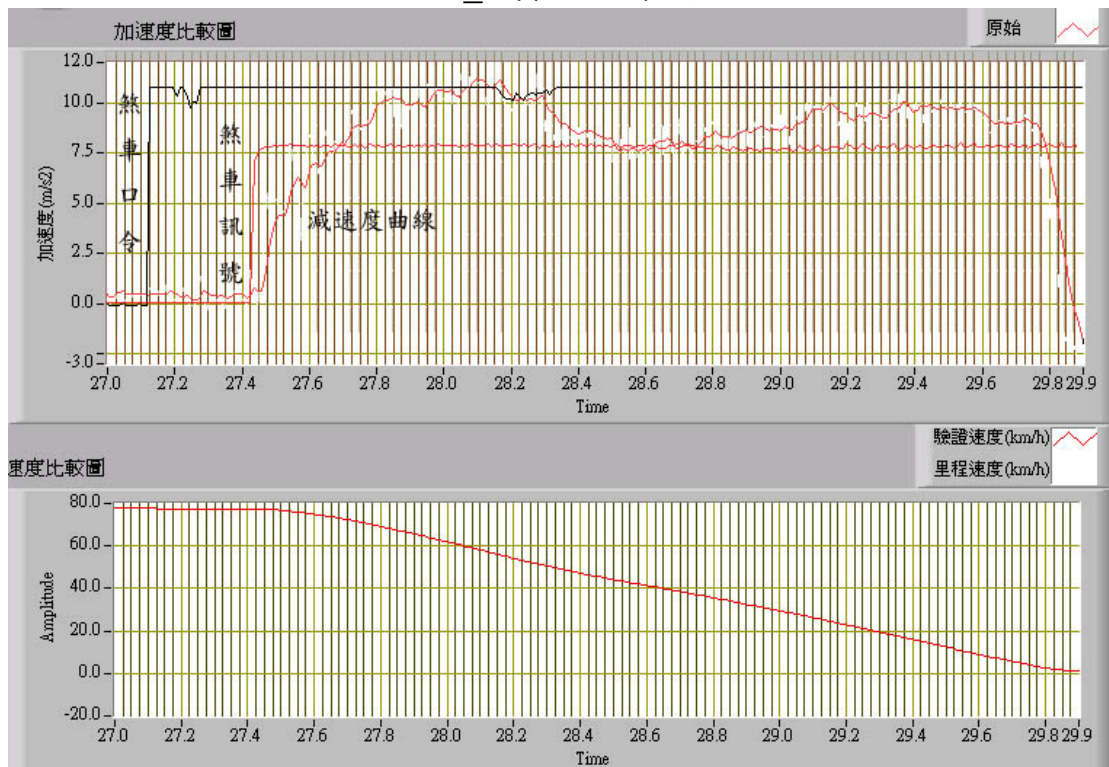
70_1 實驗數據圖



70_2 實驗數據圖



70_3 實驗數據圖



70_4 實驗數據圖

附錄 G 學者專家座談會記錄與意見答覆

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>一、程玉傑教授</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 車損法，只可由撞擊之 Energy 來求撞擊時的速度差 ΔV，並無法求得撞擊速度，ΔV 要合併撞擊前後之速度計算，才可真正求得行車速度。 2. 車輛發生側滑時的計算方法與直線之 Skid Mark 不同，車輪的方向和行進的方向不同時發生，若能夠求出側滑痕之半徑 R 及路面阻力係數 f，則可精確求得行車速度。 3. 警方需要簡單可行的方法，無法使用複雜的方法。 4. 現場通常只能求得 Skid Mark，只用 Skid Mark 來推估速度，會嚴重低估速度，以警方的想法，不需求得精確的速度，若推估之速度已超速，則必定有超速行為。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 敬悉。 2. 胎痕的種類與量測法以及不同胎痕的速度推估法，將於期中報告時作一說明。 3. 將 t_{nb} 及 t_s 內建在軟體中，警方不需要作計算的工作，只要直接對照求值即可，使用上相當簡單。 4. 本研究初步發現會低估 15% 以上，因此若在超速與否的判定正好落在此範圍內，本研究的速度推估可改善 10~15% 以上。
<p>二、陳立文教授</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ABS 車輛煞車時的阻力係數接近 1，請說明一下阻力係數接近 1 的意義為何？ 2. ABS 車輛的阻力係數會不會因為不同的型式而有所不同？ 3. 對於電磁式煞車系統及電子控制式煞車系統的因應對策？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以物理的觀點來說，最大的煞車力為物重，因此最大的減速度為一個 g 值，因此阻力係數最大約為 1 左右。 2. 不同的煞車設計確實會有所差異，但若是能由監理單位取得每輛車的驗車資料，則可解決此一問題。 3. 電磁式煞車為一輔助型的煞車系統，可降低車輛傳動軸的轉速，因而降低車輛速度，而電子控制式煞車系統則是依據當時車輛狀態分配煞車力，使煞車距離降低，二者功能皆為縮短煞車距離，但若產生煞車胎痕時，配合新車登記的煞車資料庫，則仍然可使用本研究之方法。
<p>三、內政部警政署</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 傳統的速度推估表有誤差，但仍沿用至今，此計劃之結果，期望能夠 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究對傳統的速度推估表作改善，並加入 t_{nb} 及 t_s，預計可改善 10%~15%，落實實務應用，必需政府

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>落實更新實務上的應用。</p> <p>2. 此計劃所發展之公式及操作方式，需考慮員警的方便性。</p> <p>3. 量測煞車胎痕時，不能只量測 Skid Mark，必需要將 Impending Skid Mark 考慮在煞車胎痕中。</p>	<p>之正式行政命令。</p> <p>2. 未來可考慮以 Palm 或 WinCE 等程式工具，方便現場警員直接輸入，較複雜的分析計算，交由技術中心處理。</p> <p>3. Impending Skid Mark 為煞車作用到 t_s 間所產生的胎痕，因為已經有考慮 t_s，因此在計算時，只要考慮完整之 Skid Mark。</p>
<p>四、交通部路政司</p> <p>1. 已通知各鑑定委員會，傳統速度推估表使用已久，是否適用，請各鑑定委員會自行斟酌。</p> <p>2. 期待本計劃能落實。</p>	<p>1. 本研究團隊為學術單位，關於如何落實本研究之研究成果，仍需要透過政府單位的推動配合。</p>
<p>五、交通部公路總局</p> <p>1. 依據法令規定，8 噸至 39 噸之重型車輛需裝設 EDR，而一般小客車未建立此一法令，因此必需使用煞車距離推估行車速度。</p> <p>2. 未來鑑定時，參考表的可信度有多少？</p> <p>3. 民間代檢廠的公信力有多少？</p>	<p>1. EDR 必需有很高的耐久性考量，小車尚未建立一 EDR 之統一標準，因其牽涉的商機太大，無法統一執行。</p> <p>2. 車輛不同，參考表必會有誤差，此時可以肇事重建軟體輔助模擬。</p> <p>3. 民間代檢廠的驗車資料，也可作為參考的依據，代檢廠若有包庇的行為，應採取重罰的手段遏止。</p>
<p>六、台灣省政府經建組</p> <p>1. 先進科技輔助鑑定工作，如肇事重建軟體，可提升鑑定之品質，建議完成相關資料庫之建立。</p>	<p>1. 資料庫建立部份，國內勢在必行，目前國外類似資料庫已相當完整；在國內，ARTC 已有煞車試驗場地，應可逐步建立國內煞車資料庫。車輛的基本資料庫可與 PC-Crash 整合，加入國內車輛的基本資料，可得更準確之模擬結果。撞擊試驗花費較大，目前可參考國外已有之撞擊試驗資料，慢慢加入資料，未來逐步完成建立。</p>
<p>七、台灣省覆議會</p> <p>1. 目前我們仍然沿用西北大學的速度推估表，但是目前的車輛種類很多，且大型車輛的煞車設計與一般小客車不同，是否適用？</p>	<p>1. 大型車輛的煞車系統多為氣壓式煞車系統，t_{nb} 值較大，但是產生 Skid Mark 時，皆是輪胎鎖死的情況，不同的煞車系統，可因建立煞車資料庫而得知其中的差異性。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
2. 若是車輛有改裝，是否可以適用此推估表？ 3. 國內資料庫的建立，有其困難性存在。 4. 大型車輛撞擊小型車輛時，小型車受損較嚴重，如何正確判定事故當時各車之車速？	2. 改裝車之種類過多，無法以單一方法考量，應在事故發生後，採取自行舉證的方式，自行提出此改裝對於車輛性能的改善，配合新車登記的煞車資料庫可解決此問題。 3. 建立國內肇事分析相關資料庫，確有其困難性，但為提高分析之精確度，未來仍需逐步建立。 4. 事故發生後，可以事故現場最後車輛分佈的情況，配合軟體模擬來推估事故當時的撞擊情況。
八、南投縣區車鑑會 1. 目前國內之 A、B 值資料庫尚未建立，是否能夠藉由本計劃，推動建立。且警員於事故現場應收集何種資料？	1. A、B 值國內若沒有，可參考國外合作車種的資料。 2. PC-Crash 及 HVE 肇事重建軟體之輸入資料可整理成一表格，期末報告將加入建議。
九、台北市車鑑會 1. 肇事重建軟體模擬之行車速度與實際車輛速度的關係？ 2. 是否能將各種肇事重建軟體的輸入資料作一整理？	1. 現場筆錄、相片、車輛資料及各物體之相關位置尺寸資料很重要，可減少軟體模擬的時間。軟體模擬是模擬事故現場圖，筆錄資料越詳細，模擬之結果就越有可信度，但是速度推估的工作不能只依靠軟體，軟體模擬僅供參考。 2. PC-Crash 及 HVE 肇事重建軟體之輸入資料可整理成一表格。
十、竹苗區車鑑會 1. 如何得到電腦模擬軟體所需設定之參數？	1. 本研究在期中報告時，會先就肇事重建軟體所需參數，進行整理。
十一、車禍關懷協會 1. 速度推估表是事故鑑定及司法判定的依據，但是並沒有一公信力，常常會被別人質疑。若本研究報告可有一公信力，可輔助司法的判決。 2. 現場處理警員的素質需提升。 3. 期望能成立交通處理體系，如交通警察局。	1. 現場處理警員的素質需提升及交通處理體系等事務，有賴政府決策單位的執行，本研究團隊可提供相關技術支援。 2. 本研究無法完全解決所有的問題，但應可改善 10%~15% 的準確性。
十二、中華大學	1. PC-Crash 可模擬模組較 EDC 的

學者專家意見	合作單位答覆意見
1. EDC 的資料庫需要向國外補充，且可以模擬的模組沒有 PC-Crash 那麼多。	多，且資料庫部分可供使用者自行新增車輛。
<p>十三、交通部運研所</p> <p>1. 對照表目前主要以小客車為主，是否可適用於大型車輛。且目前之對照表的使用，是否有條件上的限制？</p> <p>2. 希望研究團對於期末報告前，提出事故現場調查手冊，且於期末前與相關單位討論其可行性。</p> <p>3. 對於需要行政單位配合的部份，希望研究團隊能加以整理。</p>	<p>1. 每一車種需建立煞車資料庫，則可較有效的找出對應之阻力係數及煞車性能有關之 t_s 值等參數，才可應用對照表。</p> <p>2. 軟體可輔助事故鑑定，但是不可完全依賴軟體模擬，軟體模擬之結果，可供參考。</p> <p>3. 事故現場調查手冊需參考警政署所提供之「道路交通處理事故手冊」，並作進一步的修改。</p> <p>4. 現場作業需考慮其可行性及方便性，且於現場紀錄之資料必需相當正確，因此現場作業流程必需標準化。</p>

附錄 H 「肇事鑑定之煞車距離應用與行車速度推估方法之研究」
期中報告審查意見回覆

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>一、台北市車輛行車事故鑑定委員會：</p> <p>1. 本會目前進行簡單的事故軟體重建工作，案例較少，且只有小汽車方面，其基本資料亦採用國外，與國內車型有很大的差距。故此工作目前剛起步，仍有許多地方須克服。</p>	<p>1. 國內在肇事分析方面均為起步階段，貴會在使用的經驗上仍是國內少數且僅有的幾個單位之一。</p>
<p>一、台灣省政府經建組：</p> <p>1. 本組十二區鑑定會目前似無使用事故重建軟體，如果本研究能提供何種軟體較好用，本組十二區鑑定會可找一區進行推廣示範單位。</p> <p>2. 本研究有結果後，是否建議交通部廢止原有行車速度對照表或採用新表，以有法令依據。</p>	<p>1. 敬悉。</p> <p>2. 由於本研究團隊為學術單位，因此相關行政配套措施須由政府單位來協助推動。</p>
<p>三、程玉傑教授：</p> <p>1. 對照表係由 $\sqrt{254df}$ 公式計算出來，本身沒有什麼意義，可在沒有計算機的情況下對照，但以對照表來估算會低估車速。</p> <p>2. 中央大學希望能找到正確的速度，但這在每一部車裝設事故記錄器之前都做不到，因 t_{nb} 不知道多少，且煞車前減速的距離也不知道。在警察的立場，實務上推估只能用看得見的痕跡，如果推估出來的車速高於速限，則可確定其超速；但如加上前面 t_{nb} 是看不見，因沒有痕跡及證據，在訴訟的過程中會產生許多爭議。</p> <p>3. 報告中 EMBS 並不是煞車而是減速，因大車在長途下坡一直踩煞車會使煞車過熱，EMB 可使其自動減速而不會用到煞車的來令，不會對煞車器造成影響，但不是使車子停止。</p> <p>4. 在模擬軟體部分，CRASH 與 SMAC 的發展過程不同，SMAC 先發展出來，但其模擬需要初速，因此發展出 CRASH 來估算初速，因此 CRASH 是一重建的軟體，而非模擬的軟體，SMAC 才是模擬的軟體。</p>	<p>1. 基本之速度推估表與推估公式的結果是相同的，推估表的功能是為了現場方便實務使用</p> <p>2. 在事故記錄器普及之前，無法真正求得正確的行車速度，本研究的目標是在降低目前使用的推估速度表之誤差。</p> <p>3. 對於 EMBS 等新式減速系統於期末報告中會加以敘述。</p> <p>4. 敬悉。</p> <p>5. 目前在警方的實務資料上有此一項目之說明，主要問題在於如何執行，如量測方法及方便性。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>5. 由於在每一部車裝設事故記錄器之前都無法精確推估車速，建議目前可改善部分，是於表中加入阻力係數，但因阻力係數於實驗後又會不一樣，造成對於阻力係數沒有信心，因此建議請警方於現場量測該路段的阻力係數。</p>	
<p>四、中華民國車輛交通事故鑑定技術研究學會：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本會對於煞車作過許多試驗，心得為不同的系統、材質、煞車方式及駕駛行為，在相同速度下，所得到的煞車距離(胎痕)會不同，提供此實務經驗供研究單位參考。 2. 以煞車痕去判斷速度，並非車禍鑑定所要的，鑑定所要的是法律上所說的「應注意能注意而未注意」，應將煞車痕加上反應的距離。因此除了煞車痕以外，希望本研究能找出還有那些因素會影響駕駛人的反應，以判斷駕駛人是否有足夠的反應時間與距離。 3. 由車損判斷速度有幾個盲點，第一是日本所作的車損是沒有煞車動作，但實際上是否煞車與煞車時間長短對於結果有很大的影響，因此應將車損與煞車距離一併評估車速會更好。第二，煞車的過程中或撞擊前，以左手或右手打方向盤對於車損影響非常大，也就是側撞時以左前角或右前角撞擊所造成的車損完全不同，但此兩種情況輸入軟體所得的結果是一樣的，將此實務經驗提供研究單位參考。 4. 國外做車禍模擬是針對交通安全，也就是評估車子材質好壞、安全氣囊裝置位置等，但不是用於車禍鑑定責任認定。因此在做模擬時，應將道安規則、處罰條例、道路幹支道、不同車輛讓或注意的程度納入模擬，所得結果才有用。 5. 電磁式煞車以電磁的力量使車輛減速，而不會使用到煞車系統；電子式 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 敬悉。 2. 本研究之目地在於利用煞車胎痕推估行車速度，對於法院訴訟的部份，不在本研究之範圍內。 3. CRASH的結果可與SMAC結合使用，CRASH3的軟體即是根據此一原則。作SMAC模擬時，撞擊點的評估為一主要考慮因素。 4. 本研究之目地在於利用煞車胎痕進行行車速度推估，對於車禍鑑定責任認定所需道安規則及處罰條例等部份，則不在本研究之範圍內。 5. 同意委員所述之意見。 6. 大貨車部分已有簡易的行車記錄器，但國內目前主要作為行車管理之用，在等級及應用層面上與國外(NHTSA)所敘述的事故記錄器要求並不相同。基本上本研究團隊同意事故記錄器是解決問題之極重要且根本的方法。 7. 國外已有一些煞車資料庫，但在國內仍需逐步建立。本研究團隊將繼續收集事故記錄器之相關資訊，並於期末報告中補充說明。 8. 本研究團隊過去亦曾發展鋪面檢測車之軟硬體，並已成功整合GPS與陀螺儀，但此項技術與本研究計劃之目標並無太大之關聯。

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>煞車則可在瞬間改變前後輪重量比例，避免車重集中於前輪，兩者皆不會留下煞車痕跡。因此煞車是要看時機，而非僅以煞車痕來判斷，只有行車記錄器可以解決此問題。</p> <p>6. 數位式行車記錄器可以記錄駕駛行為，也就是駕駛者何時反應。目前國內的行車記錄器所記資料對於車禍鑑定並無幫助，其應能記錄駕駛人行為，將時間、速度、與前後左右車距離、及碰撞四者結合，來判斷駕駛者的行為。此外，日本三年前已廢止以煞車痕判斷速度，目前其國內約有三千輛大卡車進行行車記錄器測試。目前我國及日本均已將 Radio、GPS 與 GSM 合而為一，再加上數位式行車記錄器，如果能判斷駕駛人的行為及能不能預見的時機，要不要為車禍負責任，這是我們最需要的，希望能在最短時間運用到所有駕駛人。</p> <p>7. 最後有兩點建議，第一是每一個車系做一種測試，以縮小誤差範圍，但此不可運用在電磁式煞車與電子式煞車。第二建議本研究報告多著墨於數位式行車記錄器，較符合世界趨勢，以提供未來研究者及決策者更好的思維方式及政策訂定。</p> <p>8. 數位式行車記錄器要裝陀螺儀，以避免 GPS 誤差大於車道寬度而影響肇事鑑定。此外，目前正與大陸研究，將 GPS 地圖比例由兩千五百分之一放大至一百分之一，圖上一公分等於實際一公尺，剛好在三·五公尺車道寬度誤差範圍內，使得 GPS 配合數位式行車記錄器，對於車禍鑑定較有效。</p>	
<p>五、陳立文副教授：</p> <p>1. 認同對照表不適用裝有電磁式煞車與電子式煞車的車輛，但對一般車輛而言此方法仍有其價值，如沒有裝設 ABS，改良式推估方法是較以前更精確的推估方式。此推估方法仍有改進</p>	<p>敬悉。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
的空間，將於會後與研究團隊討論。	
<p>六、黃品誠課長：</p> <ol style="list-style-type: none"> 建議於速度推估表加註附記，說明此表在那些條件與狀況可以使用。 在阻力係數驗證部分，請加強警員與執勤人員現場驗證部分。 在事故重建軟體部分，因軟體眾多，建議於期末報告將輸入條件予以表格化，可作為未來資料庫建立與警方現場資料蒐集之參考。 請加強煞車胎痕相關影響因素(如輪胎材質、配重、載重、路面條件、溫度、老化程度等)之資料蒐集。 在 ABS 肇事鑑定部分，是否有解決的方案？ 以車損來推估速度，不僅單純以車損推估，還包括綜合現場胎痕、刮痕等，來做總能量的評估以推算速度。在實車碰撞資料部分，如未來要朝此方向，因許多國產車均在國內打造，與原廠之設計有所出入，加上國內對於震動、噪音會加以改善，而增加結構的強度，建議國內應建立自己的資料庫，對於日後事故的重建與判斷有正面的影響。 國內 ABS 系統的開發較少由國內車廠自行開發，大多結合國外的原廠，約有七、八成以上的車廠 ABS 系統走向國際化，其調校與系統零組件的選用都與國外同步，甚至在 ARTC 未能提供服務前，都將車輛送至國外原廠進行驗證，因此國內 ABS 系統亦有一定的水準。 	<ol style="list-style-type: none"> 遵照辦理。 因限於經費及公權力執行的問題，本研究以目前較無車輛行駛的林口工業區為測試路段。 對於事故重建軟體的輸入部份，本研究已在進行中，將於期末報告中補充。 敬悉。 本研究已在進行 ABS 之相關研究工作。 敬悉。 敬悉。
<p>七、運研所運計組：</p> <ol style="list-style-type: none"> 目前的實驗數據是假設四個輪子相同，如果四個輪子制動力不同，是否會出現不一樣的結果？是否有方法可以解決？ 由於煞車前有一段煞車油送進的時間，而 ABS 是點煞系統，是否會因 	<ol style="list-style-type: none"> 對於四輪制動力的問題，可以監理單位驗車資料得知。由於煞車為車輛整體反應結果，所以在行車速度推估時並未考慮此一問題。 煞車前的問題，本研究以 t_s 值來考慮。 本研究不考慮此一細節問題。建議

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>此而影響推估結果？</p> <p>3. 中華民國車輛交通事故鑑定技術研究學會：近來發現飆車族會將煞車盤與來令片加大，以提高煞車力縮短煞車距離，建議將此納入研究。</p>	<p>未來發生事故時，可在現行調查表格上加上車輛改裝項目。</p>
<p>八、公路總局：</p> <p>1. 由於砂石聯結車的肇事件數很多，建議將半拖車煞車情況納入研究，以供肇事鑑定參考。</p>	<p>1. 本研究的軟體模擬 PC-CRASH 可模擬半拖車之事故情況。</p>
<p>九、運研所運安組：</p> <p>1. 1-3 頁計畫進行流程圖中「研擬我國推估行車速度之方法」，應於未來研究成果中具體列為重要成果。</p> <p>2. 雖然行車記錄器是推估車速最重要、最可信的數據，但在行車記錄器全面普遍化與法制化前，推估行車速度方法仍然很重要。此推估方法不止是一個公式或一個表，還要包括將來輸入的參數，並對於現行事故處理程序列出所需蒐集的項目。</p> <p>3. 1-3-3 新式煞車系統及 2-4 新式煞車系統，缺少對於電磁式煞車之敘述，請補充。</p> <p>4. 第二章文獻回顧，請於文中註明文獻來源編號。</p> <p>5. 報告書中所引用其它研究之圖表，如過於模糊影響閱讀者，建議能重新繕打或掃描。</p> <p>6. 2-3 行車速度推估法，應有美、日、英、德對於行車速度推估方法之比較，請補充。</p> <p>7. 報告中出現之國外機構名稱及簡稱，只須於第一次出現時註明即可，後續重複註明部分請刪除，例如 p2-10 表 2-6。</p> <p>8. p3-18 第 1 行煞車距離，請註明對應之代號。又圖 3-18 請註明 A、B 所代表之意義。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 遵照辦理。</p> <p>3. 遵照辦理。</p> <p>4. 遵照辦理。</p> <p>5. 遵照辦理。</p> <p>6. 遵照辦理。</p> <p>7. 遵照辦理。</p> <p>8. 遵照辦理。</p> <p>9. 遵照辦理。</p> <p>10. L 為損壞寬度。</p> <p>11. 利用熱電偶量測。</p> <p>12. 依據國外研究指出，阻力係數會隨著車速改變，低速時的阻力係數會較高速來的大，此外由於低速阻力係數推估的誤差較大，因此國外煞車試驗速度均在 50km/h 以上。</p> <p>13. 二者為同一公司不同模組之產品。</p> <p>14. 利用軟體模擬的前提必須要現場資訊收集完整，並非所有案例均可模擬。軟體模擬所需時間需視案例之複雜程度而定。</p> <p>15. 此為該產品之說明，至於詳細設計則無法得知；Witness 仍需連接在車輛上以記錄事故資訊。</p> <p>16. 遵照辦理。</p> <p>17. 遵照辦理。</p> <p>18. 遵照辦理。</p> <p>19. 遵照辦理。</p> <p>20. 遵照辦理。</p> <p>21. 遵照辦理。</p> <p>22. 遵照辦理。</p> <p>23. 遵照辦理。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>9. 報告中摩擦係數(μ)與阻力係數(f)之代號未統一，例如f有時代表阻力係數，有時又代表摩擦係數，請統一代號所代表之意義。</p> <p>10. p3-27 公式 3-19 未說明 L 之定義，請補充。</p> <p>11. p3-35 實驗注意事項第 1 點，如何量測溫度以確定煞車器初溫為 80~100℃，請說明。</p> <p>12. p3-46 敘述若使用兩種改良推估公式，可推算出更準確的行車速度，但比較表 3-13 至表 3-15 之數據，除了時速 20 公里所得推估速度較準確外，其它時速所得結果反而誤差較大，請說明原因。</p> <p>13. p5-7 第 2 段第 2 行所提到的軟體 EDCRASH 及 EDSMAC4，為何表 5-1 未列出，請說明原因。</p> <p>14. 5-8 實例模擬所舉案例狀況較單純，能否另外提供一較複雜之案例？又請說明案例經過幾次軟體模擬及所花費時間，可得到最終的模擬結果。</p> <p>15. p6-7 第 7 行「當熄火數秒後系統會進入“停車模式”。在車子熄火時它會進入“睡眠模式”，其中“停車模式”與“睡眠模式”在時間上有所重疊。又 p6-11 第 6 行敘述 Witness 不連接在車輛上，其如何記錄車輛狀態，請說明。</p> <p>16. 對於 6-3 節介紹 EDR 相關產品，建議將相關產品列表比較其特色，使閱讀者能更快瞭解各產品間的差異。</p> <p>17. p1-3 圖 1-1 中，相關「配」套措施漏字，請更正。</p> <p>18. p1-4 第 5 段第 2 行「未」發展適合...應為「為」，請更正。又該段第 5 行「可駕駛在事故發生時...」之敘述是否有漏字，請更正。</p> <p>19. p2-7 第 1 段第 7 行並「伊索」收集...</p>	<p>24. 遵照辦理，事故記錄器可直接記錄安全氣囊的展開時間。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>應為「依所」，請更正。</p> <p>20. p3-12 第 3 段第 3 行「Cadillic」應為「Cadillac」，請更正。</p> <p>21. p3-20 及 p3-21 之公式 3-4 與 3-5 水平距離為 S，但圖 3-21 及圖 3-22 水平距離為 D，請更正。</p> <p>22. p4-3 圖 4-2 之[1]應為[4-1]，請更正。</p> <p>23. p6-2 第 2 段第 4 行「CAN」應為「ACN」，請更正。</p> <p>24. p6-3 第 4 段第 1 行「並結合在一起紀錄安全氣囊...」中，「紀錄」應為「記錄」，並請說明與何者結合。</p>	
<p>十、施明璋教授(書面意見)</p> <p>1. 此份報告內容以資料之收集與整理居多</p> <p>2. P.1-5 1-3-3 第六行：鎖住(保持煞車力)一詞，亦造成誤解，建議以保壓取而代之。</p> <p>3. P.3-3 圖 3-3 文字說明：B 為 Scuff Mark 有誤，應為 Scrub Mark。</p> <p>4. P.3-10 第二行提到：Class A 能達到最短煞車距離，也就是一腳踩死的方式。但實際上，一腳踩死造成車輪完全鎖死時之滑差為 100%，此時輪胎與地方間之煞車力應為最小(圖 4-3)，故此行敘述是否有誤？</p> <p>5. P.3-17 表 3-3：不同路面之摩擦係數為何以速度 30mph 做區隔？其中有何特殊關係嗎？實際上，輪胎與路面之黏著係數應與車輛之滑差有關，而非速度 30mph。</p> <p>6. P.3-18 倒數第四行提到：當所有輪胎已經鎖死，也就是有 100%的煞車效率時。煞車效率的定義為何？一般而言，車輪鎖死應為煞車效果最差之時，而非最好。</p> <p>7. P.3-36 圖-30 此訊號為加速規通過地通 5Hz 濾波後的結果，然表 3-4 提到加速規取樣頻率為 100Hz，如此低的濾波頻率造成的訊號失真是否過大？</p> <p>8. P.3-52 第四行起：介於 1500~2000c.c.</p>	<p>1. 敬悉。</p> <p>2. 遵照辦理。</p> <p>3. 遵照辦理。</p> <p>4. 該研究主要在說明，若煞車初期的踏力太小，所產生的煞車效果並不明顯。</p> <p>5. 該表為美國西北大學依據其實驗數據整理所得。</p> <p>6. 該煞車效率係指輪胎鎖死程度。</p> <p>7. 經實車量測分析後發現，煞車過程所記錄之加速規訊號均為低頻，故採 5Hz 低通濾波。</p> <p>8. 該數據為日本 OSA 所公佈，煞車胎痕長度與阻力係數有關，而阻力係數會隨不同車輛設計(如重心位置高度)等等因素而有所差異。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>的車種....。煞車距離與車輛應無絕對關係，c.c.數最小煞車距離最長...一語有誤。且一般車輛的 c.c.數應只汽缸容積才對，而非文中所提之油箱容量。</p>	
<p>十一、張新立教授(書面意見)</p> <ol style="list-style-type: none"> 研究單位對相關資料之收集相當用心，對研究課題了解亦相當深入。 章節之編號相當混亂。章節之層次不夠清楚閱讀上頗為困難。 研究題目與研究內容之搭配缺乏系統性之介紹。整本報告有條理的導讀。例如介紹了許多影響剎車距離之因素。而最後談及如何利用剎車距離以推估行車速率時卻僅用簡單的參數。期間之落差似應有合理的說明。 研究內容中。那些項目屬資料之整理？哪些項目則屬本研究要實際執行之實驗？請加以明確說明以免讀者對每一個課題均抱以相當高的期望。 本報告中許多內容之參考文獻未明確標示。尤其是第一章與第二章最為明顯。 表 2-1 中對我國肇事事務調查評估之說明與實際情況略有出入，請求證其說法之正確性。例如我國之事故報告書中對剎車痕長亦有丈量數據，且拍照留證。 文中許多「圖」均以英文書寫，請改以中文表達。 第三章中對本研究所採取之改良方法之介紹嫌不足，單以一車種所作之數據是否足以做全面之銓釋與應用，值得加以更深入說明。 本研究之究主題為數可觀，未來之成果是否會成為介紹性之文章，而缺乏研究性之探討？ 現有之事故鑑定軟體中，那些是適合我國現有之條件與環境使用呢？請加以推薦。 報告中有多錯字，請研究單位加以檢查並修正。 	<ol style="list-style-type: none"> 敬悉。 敬悉，期末報告將作調整。 影響煞車距離的因素很多，目前國外行車速度推估公式主要考慮煞車胎痕長度與阻力係數，本研究即在此一基礎下提出改良方法。 敬悉，期末報告將作調整。 敬悉，期末報告將作調整。 遵照辦理。 遵照辦理。 遵照辦理。 本研究主要針對行車速度推估方面進行較深入之探討，其他主題將廣泛收集資料，並提出相關建議。 目前正在評估中，相關建議將於期末報告中提出。 遵照辦理。
<p>十二、高速公路局(書面意見)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 遵照辦理。

學者專家意見	合作單位答覆意見
<ol style="list-style-type: none"> 計畫進行程圖無法看出各研究子項目之次序性、關聯性等，且流程圖中的研究成果(僅為單一成果)、研究項目(未全列)，其與 1.1 及 1.2 所敘述不一致，建議修正。 1.3 節主要為敘述研究內容，但現行太著重於系統及設備之文獻回顧、發展敘述及說明，並未完整陳述本案欲進行之工作內容，建議修正。 1.5 研究成果僅針對現階段成果撰寫，建議針對本案完成之預期研究成果進行撰寫 1.1、1.2、1.3、1.4 所陳述之研究項目、內容不甚一致，請重新檢觀修正。 圖 2-1 肇事現場調查流程圖中之模式 1-9 所指為何？ 3-6 章部分內容為文獻回顧，建議移置於第 2 章一併敘述，以利章節明確及方便閱讀。第 3-6 章則建議僅針對本研究引用方法或技術、驗證、分析等進行說明。 事故重建軟體： <ol style="list-style-type: none"> 5.4.1 軟體簡介、5.4.2 軟體所需參數、5.4.3 軟體比較、5.5-5.7 軟體介紹各節未見連貫性。 (1) 5.4.2 所陳述部分軟體所需之參數中，部分軟體 5.4.1 軟體簡介中未介紹。 (2) 5.4.3 軟體比較，部分軟體於 5.4.2 軟體所需參數、5.4.1 軟體簡介中未介紹。 (3) 5.5-5.7 軟體介紹三種功能較完整之軟體介紹，非由 5.4.3 軟體比較衍生而出。 	<ol style="list-style-type: none"> 遵照辦理。 遵照辦理。 遵照辦理。 模式 1 為行人與汽機車事故、模式 2 為汽機車與障礙物、模式 3 為汽機車與汽機車於路段對向行駛事故、模式 4 為汽機車與汽機車於路段同向行駛事故、模式 5 為汽機車與汽機車於無號誌路口對向行駛事故、模式 6 為汽機車與汽機車於無號誌路口同向行駛事故、模式 7 為汽機車與汽機車於無號誌路口不同向行駛事故、模式 8 為其他路況事故、模式 9 為綜合分析其他違規行為因果關係。 遵照辦理。 關於軟體目前正在進行評估中，將於期末報告提出完整說明。
<p>十三、主席：</p> <ol style="list-style-type: none"> 為推估行車速度，「煞車距離與行車速度對照表」的適用時機與適用條件為何？應用時應調查那些項目？希望能於報告中特別加以敘述。 在能運用「煞車距離與行車速度對照表」的情況下，如何修訂該表以提高 	<ol style="list-style-type: none"> 對於事故現場應調查的項目，將於事故現場調查流程圖中加以敘述 遵照辦理。 遵照辦理。 遵照辦理。 目前歐盟已要求大型車輛，自 2004 年起均需加裝數位式行車記錄器。 遵照辦理。

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>其精確性與參考價值。</p> <p>3. 所有可能推估行車速度的方法，包括事故重建軟體、事故記錄器的裝設與判讀等，請有系統加以整理及提出建議。</p> <p>4. 請以流程手冊方式，提供行車速度推估之整個調查、分析的流程與方法。</p> <p>5. 數位式行車記錄器在國外有那些國家訂為強制性設施，如有，希望提供其法令規定與裝設時程，以便將來必要時可建議裝設此裝置。</p> <p>6. 各專家學者口頭與書面建議及運安組書面意見，希望於期末報告參考回應。</p>	

附錄 I 「肇事鑑定之煞車距離應用與行車速度推估方法之研究」
期末報告審查意見回覆

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>高速公路局：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 報告是否能提供大型載重車的分析？ 2. 隧道因 RC 路面經常發生事故，希望研究單位提供隧道內的落塵對於阻力係數的換算方法。 3. p2-2：我國設定之感應知時間為 0.75 秒，反應時間也為 0.75 秒相較於美國短很多，請說明引用之文獻。 4. 圖 2-2 肇事現場調查流程圖之備註第 4 點為何，請說明。另交通事故現場圖似亦為肇事重建軟體分析所需資料之一，圖中並未顯示該關聯性。 5. P2-26：請加註說明各車種之基本資料如長度、寬度、動力等，以利參考。 6. 表 3-20 及 21 和 3-18 及 19 之差異為何，請說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國內並無相關單位從事大型車煞車試驗，未來可進行相關試驗，以了解與小型車的差異。 2. 由於試驗方法並不困難，因此可直接於隧道內 RC 路面進行煞車試驗，求出阻力係數。貴單位若有需要，可提供此方面之技術支援。 3. 遵照辦理。 4. 備註第 4 點已取消；利用肇事重建軟體分析時須輔以事故現場圖，才能進行後續模擬。本研究團隊將針對上述說明修改圖 2-2，並補充至期末報告定稿。 5. 敬悉。 6. 表 3-18，3-19 是 86 年運研所分析數據的上下限，未來可取消。而表 -20，-21 是以最後決定的阻力係數（有 ABS 0.96 無 ABS 0.82）上下誤差 5%計算所得應與手冊中的表 4 與表 5 相同。
<p>陳立文教授：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 手冊中表 4 及表 5 與報告書表 3-18~21 有所差異，其不同之處為何？ 2. 如有一情況為柏油輕載，煞車胎痕為十八公尺，則由對照表所得之速度為某個範圍或一個值？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 表 3-18，3-19 是 86 年運研所分析數據的上下限，未來可取消。而表 3-20、3-21 是以最後決定的阻力係數（有 ABS 0.96 無 ABS 0.82）上下誤差 5%計算所得，結果應與手冊中的表 4 與表 5 相同。 2. 所得是一個值，但由誤差範圍$\pm 5\%$可得胎痕為一範圍（未來將改成推估速度的誤差範圍）。
<p>黃品誠課長：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在肇事現場由於 ABS 的胎痕不易量測，因此第 3-45 及 3-47 頁的對照表在實際應用時可能有問題。 2. Civic 在林口所作的實驗數據，以實驗角度而言，反應時間 t_s 可實際運 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 沒有胎痕時無法用對照表，而可用其他方法，例如軟體模擬。 2. 實驗主要在於驗證 ABS 有無的差異，而實驗結果與 83-86 年運研所數據推論結果均大致相符。 3. 遵照辦理。

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>用，但因若干實驗條件未控制得宜，不適合以其煞車距離反推至對照表。</p> <p>3. 本研究能提出的修正表公實際使用，是很大的成果，但在實際使用時，應提醒使用的員警選用正確的路面與載重等條件。</p> <p>4. 肇事重建軟體所需輸入的數據，包含人、車之剛性、彈性等較詳細的資料，其來源取得困難，並非員警在現場或軟體操作者可輕易取得，故目前國外仍以研究性質居多，以達事故重建視覺化的目的，較不適合真正推算行車速度。</p> <p>5. 結論建議第七項關於未來車輛相關資料庫的建立，是很好的建議，可為將來事故調查與鑑定良好的起點。又第六點建議建立路面摩擦係數資料庫，因道路更新率較高，對於維持資料正確性與時效性相當困難。</p>	<p>4. 有關車輛及道路資料庫的建立是未來必須持續進行的工作。</p> <p>5. 敬悉。</p>
<p>中華民國車輛交通事故鑑定技術研究學會：</p> <p>1. 國外肇事重建軟體是測試車輛駕駛、材料或造型是否安全，係以安全為著眼點，沒有用於肇事分析。且本報告在軟體及推估的數據中，能不能確定駕駛行為才是最重要的，但目前尚未有軟體可以推估駕駛行為。</p> <p>2. 以肇事鑑定而言，除非當兩車相撞時後車並未踩煞車降低其速度，否則不能使用車損推算速度。</p> <p>3. 在測反應時間時，不是以看到的方式，而是以喊口令的方式踩煞車，會有 0.2 至 0.5 秒的差距。又踩煞車的方式為一腳踩死，但小客車不論</p>	<p>1. 駕駛行為可由一些客觀的證據來推斷，目前國外如日本等，已利用肇事重建軟體進行肇事分析模擬（日本有 e-mail 回復）。</p> <p>2. 車損法只是在推斷撞擊前的速度，相撞前若有煞車可由胎痕長度配合推估行車速度。</p> <p>3. 在意外事故時，駕駛人常因心慌而一腳踩死煞車；國外及國內(86 年實驗)大都作此相同假設。</p> <p>4. 有配備 ABS 的車輛，其煞車胎痕痕跡較淡，在事故現場較不易判別，但若能量測其長度，仍可利用本研究修正後之速度推估表。</p> <p>5. 行車記錄器與事故記錄器定位不同，不建議結合。國外有影像式事</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>前碟後鼓或四碟，特別忌諱一腳踩煞車，其煞車效果最差，其所得結果將只適用 Civic 加上一腳踩的方式。此外，台灣目前有許多煞車系統，若只考慮一種煞車系統，將使對照表不準確。若以後還有類似測試，建議將踩煞車的方式加入實驗，會使結果更客觀。</p> <p>4. ABS 並不會縮短煞車距離，但煞車痕長度會相差很多，未來將如何表達？</p> <p>5. 台灣目前製造數位式行車紀錄器有十二家廠商，但所有行車紀錄器都無法測定碰撞時踩煞車、打方向盤、打方向燈等駕駛行為，但如無法記錄駕駛行為，則事故記錄器對於肇事鑑定事無用的。如能突破電腦軟體記錄駕駛行為的瓶頸，才能將數位式行車紀錄器與測定駕駛行為結合在一起。</p> <p>6. 建議將實務手冊第二頁中的「駕駛行為」移至「提供事故責任鑑定之參考」的前面，因最前面的一至八項都是提供作為判斷駕駛行為。</p>	<p>故記錄器可拍攝駕駛者反應但很昂貴。</p> <p>6. 敬悉。</p>
<p>內政部警政署：</p> <p>1. 以往警察處理事故現場有多缺失，但近年來已在制度與管理進行改革，亦對交通事故調查報告表使用不便之處與以改進，自明年起將查表改為勾選的方式，表已簡化與大幅修正，車損照片亦以簡圖勾選方式，會後將提供本署新式表格給研究單位參考。</p> <p>2. 報告中以 3D 現場圖改善現有缺失部分，傾向透過教育訓練來改進，如以 3D 的處理方式，在處理效率、現場操作時間及事後還原的時間與</p>	<p>1. 本研究團隊將依據貴單位所提供之資料，更新本研究期末報告內容。</p> <p>2. 敬悉。</p> <p>3. 敬悉。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>成本考量，無法完全取代員警在現場手繪的方式，亦無法完全解決報告中所提到的問題，故未來會將 3D 部分作為事故調查的補充資料，在教育訓練時會要求員警儘量配合提供。</p> <p>3. 手冊第二頁中第一、二項可以合併，本署亦希望員警於現場可以完成勾選，而不要分兩階段。明年新的報告表實施一段時間後，如有需要將 3D 納入時，會再作檢討。</p>	
<p>徐台生組長：</p> <p>1. 道安會近年來支援警政署對於員警的事故處理、訓練及設備採購，均有經費支助，了解其有很大的改善，希望能對於警政署近年來改進的成果，能將事前、事後的比較納入報告。</p> <p>2. 行車速度、煞車胎痕與阻力係數對照表仍有相當大的參考價值，可提供相關單位參考，建議加註如何使用對照表及其使用限制。</p> <p>3. 結論建議採用 PC-Crash 6.2 肇事重建軟體，是否有其他更好的軟體？國內、外使用情形如何？是否建議某鑑定會或覆議會試行引入，使國內了解實際的成果。</p> <p>4. 結論建議包括車輛剛性係數、煞車與基本資料等資料庫之建立，涉及汽車製造商、代理商及公路監理車籍資料建立，希望嘗試在結論建議中提出相關法規修正之具體建議。又道安規則對於事故記錄器僅規範八噸以上車輛需裝設，如要求各類車輛都到裝設，應提出相關法規修正之具體建議。</p> <p>5. 建立資料庫除涉及法令制度外，還</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 遵照辦理。</p> <p>3. 由於日本所提供的意見與本研究所收集的資訊相同，PC-CRASH 與 EDC 公司的產品在功能上受到肯定。但在價格及資料庫的擴充及與外部軟體整合的功能上 PC-CRASH 較佔優勢。此外國內已有 2 個單位擁有 EDC 的部分模組，本計劃一開始先試用，並與 PC-Crash 作的結果比較，在報告中將詳細說明此部份，其他部份將遵照委員意見辦理。</p> <p>4. 遵照辦理，目前八噸以上車輛需裝設的是行車紀錄器而非事故記錄器(事故記錄器)。事故記錄器須與國際接軌，待成本及規範確定後再考慮未來之作法。</p> <p>5. 遵照辦理；此外，關於資料庫整合，技術上並無問題。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>涉及公路監理電腦系統，甚至行車事故鑑定會是否建立自己的電腦系統，將相關軟體納入，如能提出未來資料庫建立之具體建議，對於以後行車事故資料庫的建立會有完整的依據。此外，在建立路面摩擦係數資料庫建議交通部行文各公路工程單位彙整，但比較澈底的辦法應是從法源規定路權主管單位應將相關數據建立何種制度，推動上才有依據。</p>	
<p>程玉傑教授：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在機車倒地案例中，因輪胎與機車車體的摩擦係數不同，故公式中$\mu=0.8$有問題。 2. 手冊中第七頁的表是依據量測煞車痕長度推估速度，故該表名稱與表達意義並不相符。又表中所用 f 易使人誤會，建議改採其他符號。 3. 據所知 PC-Crash 只能模擬 2D，無法處理機車的 3D 動態，故是否能模擬機車？ 4. 第六頁第四張投影片，表中 9.5g 與 8g 之數字所指為何？阻力係數應不會這麼大。又第六張投影片中，有無 ABS 看不出是在乾地或溼地測試。 5. 路面摩擦係數由公路機關提供有所困難，因發生車禍時道路已使用一段時間，與全新路面有所不同，是否下雨議會影響。如國內願意研發摩擦係數測試設備，則可要求員警當場測試摩擦係數值。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 案例中阻力係數取 0.8 係舉例說明，在 83 年的實務手冊中有提到機車刮地痕的阻力係數較大。但在報告中有提到國外一篇文獻，提到機車刮地痕的阻力係數為 0.6~0.75，故根本方法是在現場作實驗。 2. 遵照辦理，並參考國外文獻所用符號。 3. 本研究計劃所引進之肇事重建軟體 PC-Crash 可模擬 2D 與 3D 的事故碰撞，但 3D 模擬需要較多參數，如重心高度等，才能提高準確度。 4. 應為 9.5m/s 而非 9.5g。 5. 實務手冊中也提到有必要時須現場作試驗，本研究的試驗方法頗為方便，可提供主管機關參考推動。
<p>運工組：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 所引進的兩套事故模擬軟體是否給本所，以及新手能操作該軟體需多久的訓練時間。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結案後移交給運研所；在操作方面部分相當容易，只須 1-2 天即可；但要作的好並可實際解決問題，則需累積相當經驗。

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>運安組：</p> <p>1. 警政署代表提到有新的報告表，請研究單位針對新表進行檢查，並配合調整手冊內容。</p>	<p>1. 遵照辦理</p>
<p>運安組(書面意見)：</p> <p>1. 改良修正後之煞車距離與行車速度對照表是一個表還是多個表？是否為一個公式或需發展成一套推算軟體？其限制條件為何？ABS 若無煞車痕時是否可以適用？</p> <p>2. p3-9 最後一段說明 NHTSA 曾評估不同駕駛踩踏板的方式，請補充說明為何推估行車速度時並不考慮此因素。</p> <p>3. p3-26 第一段摩擦係數計算方法敘述有誤？又說明阻力係數是當車輛尚未鎖死時使用，其敘述是否有誤？請修正。</p> <p>4. 以車損法推估行車速度時，需建立車輛撞擊測試資料庫以輸入車體剛性係數，目前國外的資料庫除了小客車外，是否有機車、大型車、拖車等非小客車車種之車體剛性係數？</p> <p>5. p4-6 之 4-3-2 第一行請補充說明以內插/外插計算方式之假設與背景。</p> <p>6. Photomodeler 在夜晚及天候不佳(雨天、濃霧等)的情況，其辨識平面照片建立 3D 模型的能力是否會受到影響？如有影響，請說明其限制條件。</p> <p>7. 目前所開發的 EDR 是以加速規、里程計還是其他方式取得車輛的加、減速度資料？以 EDR 作為判斷行車速度之依據，是否有其限制條件？</p> <p>8. p5-14 第一段倒數第三行敘述 IWI</p>	<p>1. 修正表(有 ABS 與 ABS)係依據本研究所提出之改良公式，配合 83-86 運研所煞車試驗分析結果以及實車測試所得之柏油路面阻力係數製作而成；未來可進行更多不同車種不同路面的煞車試驗，並建立資料庫，同時依據改良後之速度推估公式開發應用軟體，並配合上述煞車試驗資料庫，提供現場使用。若現場無煞車胎痕，修正表無法使用，須利用肇事重建軟體模擬。</p> <p>2. 一般駕駛人在遇到緊急狀況時，大部分都是一腳踩死煞車，因此本研究僅考慮此一情形。</p> <p>3. 摩擦係數計算方法敘述將重新修正；目前行車速度推估皆以阻力係數為參數，而非摩擦係數；不同車種、路面以及載重情形，阻力係數都不相同。</p> <p>4. 目前 NHTSA 車輛撞擊資料庫主要以小客車為主，尚無機車、大型車、拖車等非小客車車種之撞擊資料。</p> <p>5. 遵照辦理。</p> <p>6. 若事故現場光線不足會影響還原精度，未來現場須使用其他輔助設備，如反光標示等。</p> <p>7. 不同產品其設計亦不盡相同，目前國外事故記錄器大部分都裝有加速規以記錄事故過程車輛的速度變化。事故記錄器的資料取樣頻率至少在 1000Hz 以上，取樣頻率愈</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>的曲線振動較多的原因，是 EDR 與車子的相互影響，請說明所指「相互影響」為何？又此問題未來是否會造成 EDR 運用時的錯誤？</p> <p>9. p5-21 第 5 點之國際發展係以美國為主，但以目前汽車法規調和趨勢而言，主要是以歐盟 ECE 法規為主，且歐盟亦計畫於 2004 年於大型車強制裝設數位式行車記錄器，請修正並補充歐盟 ECE 法規相關計畫內容。</p> <p>10. 第七章結論部分，請具體說明本研究建議的行車速度推估方式，如有煞車距離與行車速度對照表，應整理未來實務單位可直接運用之對照表，並註明相關限制與估計誤差值，以提供交通部日後是否採行之依據。</p> <p>11. 請以一實例說明操作手冊之使用。</p> <p>12. 有關報告中錯字或排版部分，請於會後洽本組修正。</p>	<p>高，資料愈準確。</p> <p>8. 振動問題係因事故記錄器未完全固定所造成，未來只要確實固定即可解決此一問題。</p> <p>9. 遵照辦理。</p> <p>10. 遵照辦理。</p> <p>11. 遵照辦理。</p> <p>12. 遵照辦理。</p>
<p>運管組(書面意見)：</p> <p>1. 根據國內外一般的定義，event data recorder 為事故資料記錄器，專門應用在事故鑑定上，tachograph 為行車記錄器(或稱為 trip data recorder)，主要應用在行車安全管理及車隊管理上，關於事故資料的記錄太少，報告書第二章與第五章似將兩者相混淆，建議將報告書的 event data recorder 改稱為事故資料記錄器，第二章再增加關於 tachograph 的介紹。</p> <p>2. P2-28 文中一段”Grossi[2-58]曾經提出事故資料記錄器(event data recorder，簡稱事故記錄器)”之翻譯未統一，建議採納 1.之方式處理。</p>	<p>1. 遵照辦理</p> <p>2. 遵照辦理</p> <p>3. 將於期末報告中予以補充說明。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>3. 第五章所引用案例偏重北美地區，較少歐洲方面之敘述，事實上，歐盟已大體整合完成，並將定於 2004 年起規定使用數位式行車記錄器，而台灣車輛有一定之比例係從歐洲或日本進口，尤其重型車輛，因此建議研究內容能適當加強與本土化類似案例之說明，俾使報告更臻完善。</p>	
<p>張新立教授(書面意見)：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究所蒐集之資料極為豐富，研究人員之研究態度亦極為認真，對事故鑑定科學與技術之介紹甚為詳盡，是一份可讀性甚高之技術報告。 2. 本研究報告內容所包含之研究課題繁多，報告撰寫結構如何與研究題目相呼應是重要之工作內容之一。建議能從目前事故鑑定工作在「煞車距離應用與行車速度推估」上所遭遇之難題著手，分別介紹可用之基本科學理論及純熟之技術與產品，並提出為使用上述原理與產品之資料需求及準備工作，如此方能讓讀者具全面性之了解。 3. 行車速度推估方法之選用依所擁有資料之多寡與正確性、分析設備之有無而有很大之差異。為使鑑定工作能順利進行，研究報告是否能依據圖 1-1 之工作項目「研擬我國推估行車速度之方法」，提出具體建議。 4. 第二章文獻回顧之內容與隨後各章所介紹之內容有相當程度之重疊，為方便報告撰寫，建議考慮廢掉「第二章文獻回顧」，而將其內容分散於相關之各章中介紹與檢討。 5. 報告中許多地方之文句太長(整段 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 敬悉。 2. 敬悉。 3. 本研究已提出「道路交通事故處理實務手冊」草案供主管機關參考。 4. 遵照辦理。 5. 遵照辦理。 6. 遵照辦理。 7. 遵照辦理。 8. 遵照辦理。 9. 遵照辦理。

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>僅有一個句點)，請加以適當斷句以利閱讀。</p> <p>6. 「表名」請置於該表格之上，以符合科技報告之慣用撰寫格式。</p> <p>7. 參考文獻亦請作整體之彙整與編號，不要各章分別編號而出現「太多的重覆」。</p> <p>8. 第三章之表格編排極為混亂，讀起頗為辛苦。P33 頁中所提之表 3-17 與表 3-18 之出現極為突然，又遠落在後面。請加以修正。</p> <p>9. 本研究中所用之「意外事故」所指範圍太廣，建議改為「車輛交通事故」或「交通事故」。</p>	
<p>主席：</p> <p>1. 本報告已針對國內外所蒐集之煞車距離實驗、肇事重建軟體以及事故記錄器相關資料，儘可能進行分析及歸納工作，並提出現場處理程序的建議，大致符合報告之要求。</p> <p>2. 道路交通事故調查報告表已修正資料，請配合加以修正。</p> <p>3. 有關不同腳煞車動作、不同煞車系統及不同車輛種類，對於煞車距離之影響為何，會變大還是變小，希望能有一簡單分析，以作為後續研究或修正計畫之參考。</p> <p>4. 駕駛行為配合其他跡證與本研究速度推估加以判斷，才能獲得整個肇事鑑定的參考依據，本研究所得到的速度與煞車距離推估並非唯一的跡證，只是肇事責任鑑定中的一個項目，而非全部。</p> <p>5. 「道路交通事故處理手冊」原非本報告主要要求，對煞車距離與行車推估在事故責任鑑定之定位，已有大致描述，但仍有部分內容需修正</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 遵照辦理。</p> <p>3. 遵照辦理。</p> <p>4. 遵照辦理。</p> <p>5. 遵照辦理。</p> <p>6. 遵照辦理。</p> <p>7. 遵照辦理。</p>

學者專家意見	合作單位答覆意見
<p>使其更完善。如何修正手冊內容使一般人容易看懂很重要，未來亦要透過訓練使一般鑑定者能有完整的觀念。</p> <p>6. 對於車輛配備、道路參數的要求或事故調查報告表提出具體建議。</p> <p>7. 各專家學者口頭與書面意見，希望於期末報告中回應，並於十二月二十三日前完成期末報告修訂，並送本所辦理驗收工作。</p>	

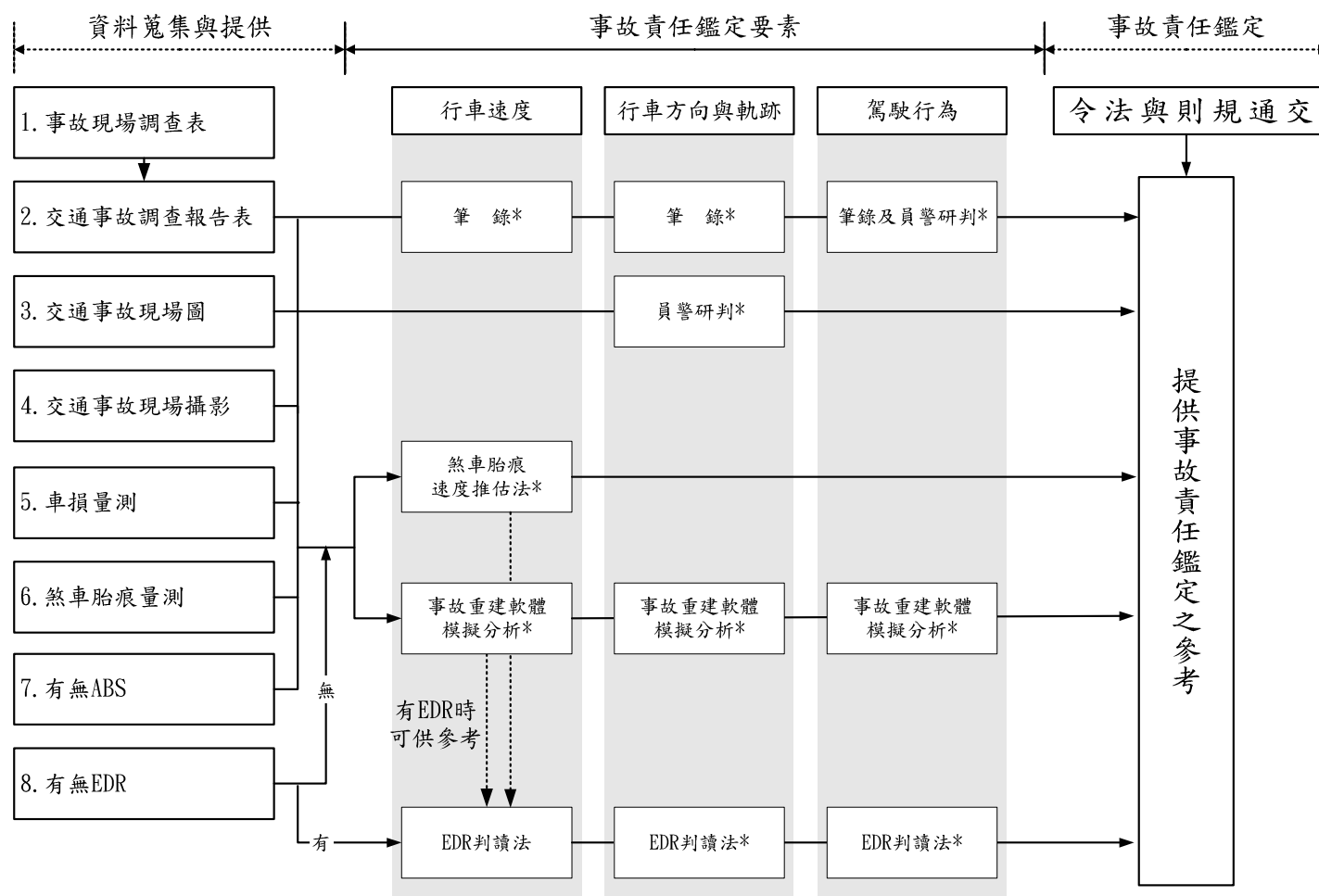
附錄 J 「道路交通事故處理實務手冊」

在行車事故責任鑑定要素部分主要考慮行車速度、方向、軌跡與駕駛行為等因素，圖一為行車速度推估與肇事鑑定之關聯圖。肇事分析方式除了透過筆錄及員警研判外，尚有三種具體方法可供參考配合使用：

- (1) 由現場遺留的煞車胎痕推估行車速度；
- (2) 利用肇事重建軟體模擬；
- (3) 事故記錄器。

上述各種方法均有其使用限制，而且所得結果僅為肇事責任鑑定中的項目之一，並非唯一的跡證。但其共同目的均在於將分析結果或記錄資訊提供給事故鑑定單位，作為責任歸屬判定時之參考。本手冊旨在提供員警處理道路交通事故現場參考使用，關於事故責任鑑定部分不在本手冊範圍之內。茲將上述三種方法的使用限制說明如下：

- (1) 有煞車胎痕，可進行速度推估及事故重建軟體模擬分析。
- (2) 若車輛有配備 ABS，以 ABS 之阻力係數表推估速度；若無配備 ABS，以傳統煞車之阻力係數表推估速度，但二者皆需考慮載重及路面種類及乾濕狀況。
- (3) 若無煞車胎痕，只能依據事故現場圖及車輛資料庫，以事故重建軟體模擬分析。
- (4) EDR 依設計功能而會影響資料的完整，EDR 及軟體模擬皆可得到駕駛行為之煞車效能，但模擬軟體無法得到打方向燈等駕駛行為。
- (5) 如有 EDR 可判讀行車速度時，以煞車胎痕速度推估法及事故重建軟體模擬分析所得之行車速度則為參考。



圖一、行車速度推估與肇事鑑定之關聯圖

備註：1.*表示不能完整得到該項鑑定要素。例如：EDR 依設計功能而會影響資料的完整；又如 EDR 及軟體模擬皆可得到駕駛行為之煞車效能，但模擬軟體無法得到打方向燈等駕駛行為。

2.煞車胎痕速度推估法：有煞車胎痕，可進行速度推估及事故重建軟體模擬分析；若無煞車胎痕，只能依據事故現場圖及車輛資料庫，以事故重建軟體模擬分析。若車輛有配備 ABS，以 ABS 之阻力係數表推估速度；若無配備 ABS，以傳統煞車之阻力係數表推估速度，但二者皆需考慮載重及路面種類及乾濕狀況。

3.如有 EDR 可判讀行車速度時，以煞車胎痕速度推估法及事故重建軟體模擬分析所得之行車速度則為參考。

一、道路交通事故調查報告表與肇事車輛資料表

雖然目前警政署新修訂之「道路交通事故調查報告表」，已簡化為項目填選方式，方便員警使用且有助於現場資訊快速收集，但仍缺乏肇事車輛資料，而且由於車輛會有不同配備(如ABS、EDR等)及改裝之可能性，因此在現場資訊蒐集時，請現場處理員警依據表1之肇事車輛資料填寫項目詳實記錄。

表1、肇事車輛資料表

肇事車輛 資料	填寫項目	<input type="checkbox"/> 第一輛	<input type="checkbox"/> 第二輛	<input type="checkbox"/> 第三輛	<input type="checkbox"/> 第四輛
	車號				
	廠牌				
	型號				
	CC 數				
	乘客數目				
	其他物品重量				
	輪胎尺寸	吋	吋	吋	吋
	輪胎型號				
	配備 ABS	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
	配備事故記錄器	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
	車輛改裝	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
	改裝項目	<input type="checkbox"/> 輪胎	<input type="checkbox"/> 輪胎	<input type="checkbox"/> 輪胎	<input type="checkbox"/> 輪胎
		<input type="checkbox"/> 煞車系統	<input type="checkbox"/> 煞車系統	<input type="checkbox"/> 煞車系統	<input type="checkbox"/> 煞車系統
		<input type="checkbox"/> 前後保險桿	<input type="checkbox"/> 前後保險桿	<input type="checkbox"/> 前後保險桿	<input type="checkbox"/> 前後保險桿

二、道路交通事故現場圖與事故現場攝影

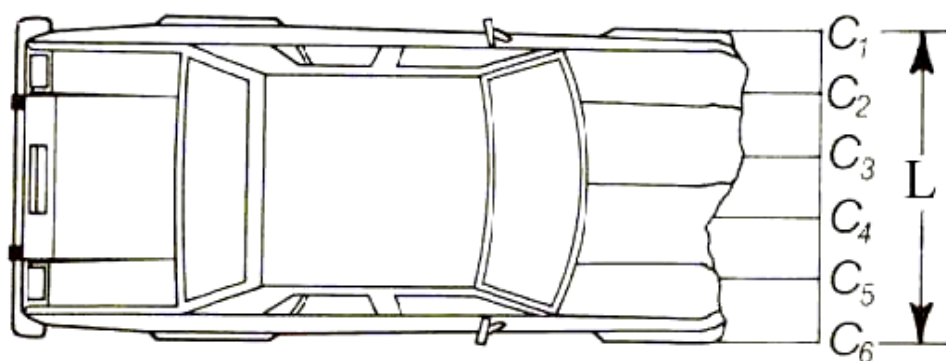
目前在「道路交通事故處理規範」中已明確指出現場處理員警在繪製「道路交通事故現場圖」時，必須包括人(人員倒地位置)、車(車輛停止位置)、物(散落物)、痕(煞車胎痕尺寸及軌跡、撞擊點位置)、其他(現場與肇事相關之狀況或設施)。但是由於「道路交通事故現場圖」對於事故現場道路彎度與坡度等無法完整表示，因此尚須配合現場攝影以完整保留事故現場環境與相關跡證。在現場攝影部分請現場處理員警依據表2所列之方法，進行事故現場之環境與定點攝影。

表 2、事故現場攝影

使用工具*：照相機、軟片、閃光燈、標尺、標示物、蠟筆、噴漆罐。	
環場攝影**	<input type="checkbox"/> 8 張照片，包括散落物及地面各種痕跡。
定點攝影***	<input type="checkbox"/> 撞擊點位置照片至少 1 張
	<input type="checkbox"/> 車輛停止位置照片：2 張/每輛車
	<input type="checkbox"/> 人員倒地位置照片：2 張/每個人
	<input type="checkbox"/> 車輛損壞情況照片：3 張/每輛車
<p>* 現場攝影應先於適當位置放置標示物或標尺作為參考點及尺寸依據。</p> <p>** 環場攝影應以事故現場為中心，依據 0°、45°、90°、135°.....360° 等 8 組不同拍攝角度拍攝 8 張照片，相鄰兩張應有重複點，拍攝範圍應包括撞擊點位置、散落物位置、車輛停止位置、人員倒地位置以及地面上各種痕跡之位置。</p> <p>*** 定點攝影拍攝位置之夾角須介於 45°~80° 之間，且相鄰兩張應有重複點。</p>	

三、車損量測

關於事故現場肇事車輛車損量測記錄部分，請現場處理員警依據圖二所示，將車輛損壞部份分成 6 等分，並量測損壞深度 C_1 ~ C_6 及損壞部份之寬度 L ，並依據表 3 格式記錄。



圖二、車輛損壞的量測

表 3、車輛損壞值

量測位置	<input type="checkbox"/> 第一輛車	<input type="checkbox"/> 第二輛車	<input type="checkbox"/> 第三輛車	<input type="checkbox"/> 第四輛車
C1				
C2				
C3				
C4				
C5				
C6				
L				

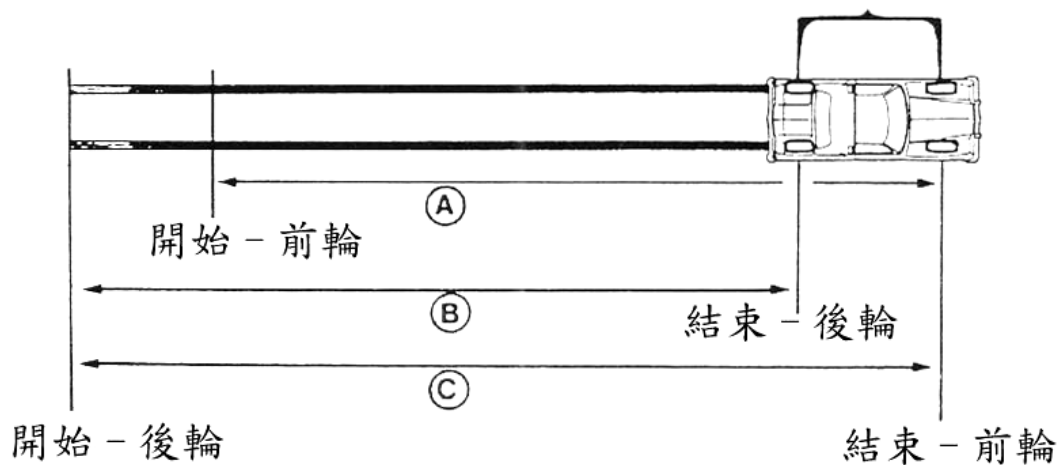
四、煞車胎痕量測與行車速度推估

若事故現場留有煞車鎖死胎痕(Skid Mark)、偏移痕或側滑痕軌跡等，請現場處理員警依據下列量測方式進行實地量測並記錄於事故現場圖上。

在行車速度推估方面，若事故現場遺留痕跡為煞車鎖死胎痕(Skid Mark)，利用量測所得之煞車鎖死胎痕長度、事故現場路面情況(乾地或溼地)、車輛載重情形以及有無 ABS 等資料，由表 4 或 5 推估肇事車輛行車速度。若事故現場遺留痕跡為偏移痕或側滑痕，則依據(2)中所列之公式推估。

(1) 煞車鎖死胎痕(Skid Mark)：

量測時須將量得之煞車胎痕減去輪軸距，最少需量得 15 公分的長度，如圖三所示。



圖三、煞車距離的量測

(2) 偏移痕或側滑痕軌跡量測：

量測偏離弧的弦長（全弧長的三分之一），如圖四之 C 所示。

量測弧至弦中心的距離，如圖四之 M 所示。

量測邊坡斜度（%） e 。

$$\text{計算煞車胎痕半徑 } R \text{ (公尺)} = \frac{C^2}{8 \cdot M} + \frac{M}{2}$$

$$\text{推估行車速度 } V = 11.27 \cdot \sqrt{(f \pm e) \cdot R}$$

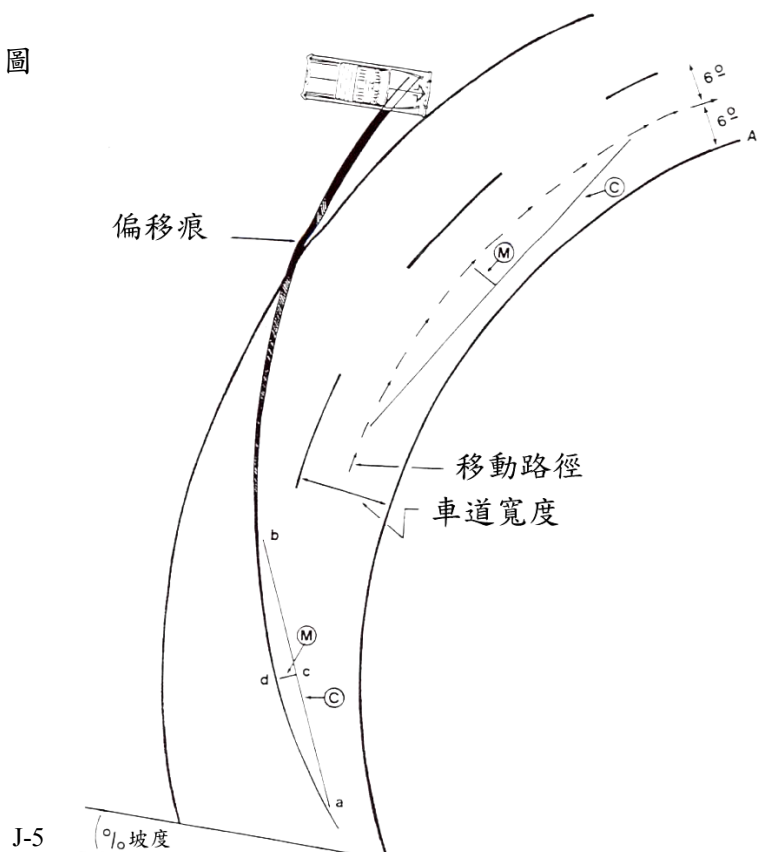


表 4、「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(有 ABS)

「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(有 ABS)											
行車速度(km/h) 煞車胎痕長度(m)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
乾燥柏油輕載(阻力係數 0.96)	8.32	10.13	12.12	14.28	16.63	19.15	21.85	24.73	27.79	31.11	34.78
乾燥柏油滿載(阻力係數 0.92)	8.67	10.57	12.65	14.92	17.38	20.02	22.85	25.87	29.07	32.71	36.55
潮濕柏油輕載(阻力係數 0.89)	9.34	11.35	13.54	15.93	18.52	21.30	24.27	27.44	30.80	34.36	38.11
潮濕柏油滿載(阻力係數 0.85)	9.80	11.91	14.22	16.73	19.45	22.37	25.50	28.83	32.37	36.11	40.06
本對照表適用於柏油路面(鋪設時間：一年內)											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數增加 5%，行車速度推估：乾地增加 2.7%、溼地增加 2.7%											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數減少 5%，行車速度推估：乾地減少 2.8%、溼地減少 2.7%											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數增加 10%，行車速度推估：乾地增加 5.3%、溼地增加 5.3%											
相同煞車胎痕長度，若阻力係數減少 10%，行車速度推估：乾地減少 5.6%、溼地減少 5.5%											

使用範例：在某一事故現場量測煞車胎痕(Skid Mark)長度為 16 公尺，該路段為乾柏油路面(鋪設時間：一年內)，事故車輛乘客二人(車上並無其他物品)，依據上述條件選用乾燥柏油路輕載(阻力係數為 0.81)，又煞車胎痕長度 16 公尺介於 14.83 公尺(60km/h)與 17.47 公尺(65km/h)之間，利用內插法求出速度為 62.2km/h。若該路面鋪設時間超過一年半，假設阻力係數減少 5%，則所推估之速度應為 $62.2 \times (1 - 0.027) = 60.5$ km/h。

表 5、「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(無 ABS)

「汽車煞車胎痕長度、行車速度及道路阻力係數對照表」(無 ABS)												
行車速度(km/h) 煞車胎痕長度(m)		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
乾燥柏油輕載(阻力係數 0.81)		10.20	12.41	14.83	17.47	20.32	23.39	26.68	30.19	33.90	37.92	42.34
乾燥柏油滿載(阻力係數 0.70)		12.01	14.61	17.46	20.57	23.93	27.54	31.41	35.53	39.91	44.79	49.94
潮濕柏油輕載(阻力係數 0.72)		11.94	14.49	17.28	20.33	23.61	27.15	30.93	34.95	39.23	43.74	48.51
潮濕柏油滿載(阻力係數 0.59)		14.88	18.05	21.53	25.32	29.41	33.81	38.52	43.53	48.85	54.47	60.40
本對照表適用於柏油路面(鋪設時間：一年內)												
相同煞車胎痕長度，若阻力係數增加 5%，行車速度推估：乾地增加 2.7%、溼地增加 2.6%												
相同煞車胎痕長度，若阻力係數減少 5%，行車速度推估：乾地減少 2.7%、溼地減少 2.7%												
相同煞車胎痕長度，若阻力係數增加 10%，行車速度推估：乾地增加 5.3%、溼地增加 5.2%												
相同煞車胎痕長度，若阻力係數減少 10%，行車速度推估：乾地減少 5.5%、溼地減少 5.4%												

附錄 K 期末簡報資料

肇事鑑定之煞車距離應用與行車速度推估方法之研究

期末報告

文獻回顧~肇事現場調查

- 1990年Baker等提出以人、車及環境等因素探討事故現場調查之方式。
- 1995年Rivers提出肇事現場調查人員對於事故現場調查所需之準備工作。
- 1997年美國NASS (National Automotive Sampling System) 指出美國肇事現場調查完整流程及記錄內容。
- 1998年陳蔚文提出國內肇事現場調查之相關流程。

研究背景

- 由煞車距離與行車速度對照表，可推算車禍事故發生時車輛行車速度。
- 因煞車效能不斷提高，傳統煞車距離與行車速度對照表已不適用。
- 國外肇事重建軟體可實際運用於肇事鑑定。
- 事故記錄器於事故重建之貢獻受到肯定。

文獻回顧~行車速度推估

- 1968年Emori提出車輛撞擊時所受的減速力，與車輛殘留的變形成比例。
- 1974年Campbell提出車輛變形的能量法。
(車損法)
- 1995年Neptune提出修正傳統之速度推估公式。
- 2001年McHenry提出由碰撞過程重建撞擊速度。
(軌跡法)

研究目的

- 利用國外煞車資料庫及新的推估法修正現行之「行車速度和煞車距離對照表」。
- 收集ABS相關文獻及國外之試驗數據，建立推估理論與可行方案。
- 收集肇事重建軟體相關文獻，並評估其應用。
- 收集事故記錄器相關文獻，評估國內之可行性。
- 收集國內外現場作業流程，對國內現行方式提出改善建議。
- 研擬適合我國之行車速度推估法。

文獻回顧~ABS煞車系統

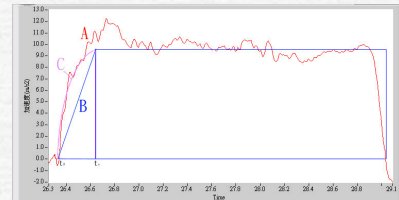
- 1994年Kahane指出配備ABS可減少死亡車禍的發生。
- 1997年Macher指出在1996年之新車中，有62%的車輛配備四輪ABS。
- 1998年Hertz等提出配備ABS車輛可減少翻覆、正向或側向撞擊固定障礙物車禍的發生。
- 2000年Forkenbrock等提出ABS車輛於九種不同路面之煞車距離差異。

文獻回顧~肇事重建軟體

- 1980年CALSPAN發展肇事重建軟體。
- 1989年Day等提出因不了解肇事重建軟體之理論而常誤用的情況。
- 1990年Day等又指出利用電腦執行事故分析可簡化複雜的計算工作。
- 1997年McHenry等指出SMAC的理論基礎。
- 1997年McHenry介紹原始版本的CRASH中之相關理論。

傳統推估法未考慮之因素

- 來令片開始摩擦輪胎到胎痕產生時間 t_s
- 以煞車胎痕當作煞車距離，忽略了煞車器作用時間 t_{nb}



文獻回顧~事故記錄器

- 1995年Yamawaki提出EDR的組成及未來改善方向。
- 1999年Grossi提出EDR在各種交通工具上的應用。
- 2001年German指出EDR之資料對於交通安全研究的幫助。
- 2001年NHTSA EDR Working Group回顧市面上各種EDR產品，並指出EDR可改善乘客安全系統及輔助事故重建工作。

影響煞車距離的因素

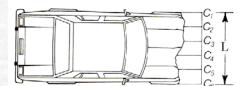
- 人為因素
 - 對緊急狀況之反應時間
 - 踏板交替時間與踩踏煞車踏板的方式
- 車輛因素
 - 輪胎設計
 - 車輛設計
 - 煞車系統設計
- 環境（路面）因素

本研究之重點

- 煞車距離與行車速度推估表之改善修正
- 事故現場3D重建與行駛過程電腦模擬軟體之評估
- EDR之可行性評估
- 肇事現場作業流程之評估

行車速度推估 (由車損法推估碰撞速度)

- A、B為車輛剛性係數
- 可由NHTSA的撞擊資料庫求得



$$E = \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{A \cdot \alpha}{2} + \frac{B \cdot \beta}{6} + \frac{5 \cdot A^2}{2 \cdot B} \right) = \frac{W}{2 \cdot g} (\Delta V)^2$$

$$\alpha = C_1 + 2(C_2 + C_3 + C_4 + C_5) + C_6$$

$$\beta = C_1^2 + 2(C_2^2 + C_3^2 + C_4^2 + C_5^2) + C_6^2 + C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_4 + C_4 C_5 + C_5 C_6$$

行車速度推估 (由煞車胎痕推估速度)

傳統推估公式	$V = \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s}$
Neptune推估公式	$V = \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s + \frac{1}{2} \cdot f \cdot g \cdot t_s}$ $S_T = S_s + \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s \cdot t_s + \frac{1}{3} \cdot f \cdot g \cdot t_s^2} + (V_0 \cdot t_{nb})$
本研究之推估公式	$V = \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s + \frac{2}{3} \cdot f \cdot g \cdot t_s}$ $S_T = S_s + \sqrt{V_c^2 + 2 \cdot f \cdot g \cdot S_s \cdot t_s + \frac{2}{5} \cdot f \cdot g \cdot t_s^2} + (V_0 \cdot t_{nb})$

V_c 為撞擊前之速度 S_s 為Skid Mark胎痕長度 f 為阻力係數

阻力係數分析結果(無ABS)

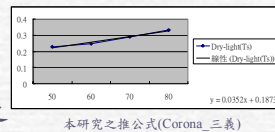
數據來源：86運研所報告-煞車距離與行車速度影響關係

乾、溼地及載重對阻力係數的影響(Corona、大甲)									
時速(kmh)	推估方法	50	60	70	80	90	100	平均值	標準差
乾地輕載	傳統公式	1.01	0.95	0.92	0.90	0.89	0.88	0.93	0.04
	SAE1995	0.85	0.83	0.84	0.84	0.82	0.84	0.84	0.01
	本研究	0.81	0.79	0.81	0.81	0.79	0.81	0.80	0.01
乾地滿載	傳統公式	0.82	0.80	0.78	0.77	0.77	0.76	0.78	0.02
	SAE1995	0.72	0.72	0.72	0.71	0.73	0.71	0.72	0.01
	本研究	0.69	0.69	0.70	0.69	0.70	0.69	0.69	0.01
溼地輕載	傳統公式	0.80	0.78	0.76	0.75	0.75	0.74	0.76	0.02
	SAE1995	0.76	0.74	0.76	0.72	0.75	0.71	0.74	0.02
	本研究	0.74	0.72	0.74	0.70	0.72	0.69	0.72	0.02
溼地滿載	傳統公式	0.68	0.65	0.64	0.63	0.63	0.62	0.64	0.02
	SAE1995	0.63	0.63	0.61	0.64	0.63	0.60	0.62	0.01
	本研究	0.62	0.61	0.60	0.62	0.61	0.58	0.61	0.01

胎痕產生時間分析結果(無ABS)

數據來源：86運研所報告-煞車距離與行車速度影響關係

t_s 與車速v成正比之關係
 t_{nb} 值介於0.02-0.03秒之間



本研究之推估公式(Corona、三義)

不同路面與不同載重之 t_s 推估公式			
	車速 < 40 km/hr	40 km/hr < 車速 < 90 km/hr	90 km/hr < 車速
乾地輕載	$t_s = 0.2(\text{Sec})$	$t_s = 0.003V + 0.07$	$t_s = 0.35(\text{Sec})$
乾地滿載	$t_s = 0.2(\text{Sec})$	$t_s = 0.003V + 0.08$	$t_s = 0.35(\text{Sec})$
溼地輕載		$t_s = 0.003V + 0.043$	
溼地滿載		$t_s = 0.003V + 0.05$	

阻力係數分析結果(無ABS)

數據來源：86運研所報告-煞車距離與行車速度影響關係

乾、溼地及載重對阻力係數的影響(Vannette、三義)									
時速(kmh)	推估方法	50	60	70	80	90	100	平均值	標準差
乾地輕載	傳統公式	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.00
	SAE1995	0.82	0.82	0.81	0.83	0.78	0.79	0.81	0.02
	本研究	0.78	0.79	0.78	0.80	0.75	0.76	0.78	0.02
乾地滿載	傳統公式	0.91	0.91	0.92	0.92	0.93		0.92	0.01
	SAE1995	0.77	0.81	0.82	0.83	0.81		0.81	0.02
	本研究	0.74	0.78	0.79	0.80	0.78		0.78	0.02
溼地輕載	傳統公式	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.85	0.86	0.01
	SAE1995	0.62	0.70	0.68	0.72	0.64	0.66	0.67	0.03
	本研究	0.60	0.68	0.66	0.70	0.63	0.65	0.65	0.03
溼地滿載	傳統公式	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79		0.79	0.00
	SAE1995	0.71	0.73	0.76	0.77	0.74		0.74	0.02
	本研究	0.69	0.70	0.74	0.75	0.72		0.72	0.02

註：溼地試驗時為維持車輛穩定性，煞車時未一腳踩死。

阻力係數分析結果(無ABS)

數據來源：86運研所報告-煞車距離與行車速度影響關係

乾、溼地及載重對阻力係數的影響(Corona、三義)									
時速(kmh)	推估方法	50	60	70	80	90	100	平均值	標準差
乾地輕載	傳統公式	1.02	0.99	0.97	0.96	0.95	0.94	0.97	0.03
	SAE1995	0.88	0.87	0.85	0.84	0.84	0.85	0.86	0.01
	本研究	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.82	0.82	0.01
乾地滿載	傳統公式	0.91	0.87	0.84	0.82	0.81	0.81	0.84	0.04
	SAE1995	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.73	0.74	0.02
	本研究	0.72	0.72	0.71	0.70	0.69	0.71	0.71	0.01
溼地輕載	傳統公式	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82	0.81	0.00
	SAE1995	0.76	0.74	0.74	0.73	0.74	0.74	0.74	0.01
	本研究	0.74	0.72	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.01
溼地滿載	傳統公式	0.68	0.64	0.62	0.61	0.60	0.59	0.62	0.03
	SAE1995	0.63	0.61	0.60	0.56	0.56	0.55	0.59	0.03
	本研究	0.61	0.60	0.59	0.55	0.55	0.54	0.58	0.03

阻力係數分析結果(無ABS)

數據來源：86運研所報告-煞車距離與行車速度影響關係

乾、溼地及載重對阻力係數的影響(Vannette、大甲)									
時速(kmh)	推估方法	50	60	70	80	90	100	平均值	標準差
乾地輕載	傳統公式	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.00
	SAE1995	0.80	0.81	0.79	0.82	0.79	0.80	0.80	0.01
	本研究	0.77	0.78	0.76	0.79	0.76	0.77	0.77	0.01
乾地滿載	傳統公式	1.01	0.95	0.92	0.90	0.89		0.93	0.04
	SAE1995	0.81	0.78	0.78	0.77	0.80		0.79	0.01
	本研究	0.78	0.75	0.75	0.75	0.77		0.76	0.01
溼地輕載	傳統公式	0.81	0.77	0.74	0.72	0.71	0.70	0.74	0.04
	SAE1995	0.72	0.70	0.70	0.67	0.66	0.64	0.68	0.03
	本研究	0.69	0.68	0.68	0.65	0.64	0.63	0.66	0.02
溼地滿載	傳統公式	0.85	0.81	0.79	0.78	0.77		0.80	0.03
	SAE1995	0.75	0.71	0.71	0.67	0.68		0.70	0.03
	本研究	0.72	0.69	0.69	0.65	0.66		0.68	0.02

註：溼地試驗時為維持車輛穩定性，煞車時未一腳踩死。

乾溼地不同載重之阻力係數比

- 本研究乾地滿載與輕載的比值：0.86，溼地滿載與輕載的比值：0.825

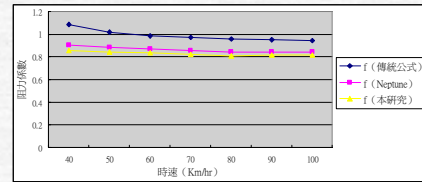
	乾地	溼地		輕載	滿載
	滿載/輕載	滿載/輕載		乾地/溼地	乾地/溼地
Corona、三義	0.86	0.8	Corona、三義	1.14	1.23
Corona、大甲	0.86	0.85	Corona、大甲	1.12	1.14
Vannette、三義	1	1.1	Vannette、三義	1.19	1.08
Vannette、大甲	0.98	1.03	Vannette、大甲	1.16	1.11

速度與阻力係數關係圖 (無ABS)

數據來源：86運研所報告-煞車距離與行車速度影響關係

傳統推估公式

- 阻力係數變化較大
- 出現阻力係數大於1之情況



不同推估公式所推估之速度與阻力係數關係圖

阻力係數表

		乾地					
		時速< 50Km/hr			時速> 50Km/hr		
		輕載		滿載	輕載		滿載
水泥地	新的	1.00	0.98	0.84	0.85	0.83	0.72
	走過的	0.70	0.69	0.59	0.68	0.66	0.57
	磨到光滑的	0.65	0.64	0.55	0.58	0.56	0.49
柏油路	新的	1.00	0.98	0.84	0.83	0.81	0.70
	走過的	0.70	0.69	0.59	0.63	0.61	0.53
	磨到光滑的	0.65	0.64	0.55	0.55	0.54	0.46
礫石地	磨掉瀝青的	0.55	0.54	0.46	0.48	0.47	0.40
	緊密的	0.70	0.69	0.59	0.65	0.64	0.55
	鬆散的	0.55	0.54	0.46	0.55	0.54	0.46
煤渣	緊密的	0.60	0.59	0.51	0.60	0.59	0.51
石子地	壓碎的	0.65	0.64	0.55	0.65	0.64	0.55
冰地	光滑的	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11
雪地	緊密的	0.43	0.42	0.36	0.45	0.44	0.38
	鬆散的	0.18	0.17	0.15	0.15	0.15	0.13
原西北大學摩擦係數							
本研究修正之阻力係數							

ABS煞車系統之阻力係數分析

數據來源：83運研所報告-車輛安全配備ABS防鎖死煞車系統效用評估

考慮 t_{tp} 與 t_{nb} 的影響： $t_{tp}+t_{nb}=0.11\text{Sec}$

時速40， $t_s=0.2$ 、時速60~80， $t_s=0.25$ 、時速100， $t_s=0.35$ 。

		車速(km/h)					
		40			60		
		阻力係數		阻力係數比值	阻力係數		阻力係數比值
		ABS ON	ABS OFF	(ABS ON/OFF)	ABS ON	ABS OFF	(ABS ON/OFF)
乾地輕載	SAE1995	1.07	1.10	0.97	1.10	0.92	1.20
	本研究	1.01	1.03	0.98	1.04	0.88	1.18
乾地滿載	SAE1995	1.05	0.87	1.21	1.05	0.89	1.18
	本研究	0.99	0.83	1.19	0.99	0.85	1.16
濕地輕載	SAE1995	1.15	0.87	1.32	1.02	0.87	1.17
	本研究	1.07	0.83	1.29	0.97	0.84	1.15
濕地滿載	SAE1995	0.94	0.88	1.07	0.94	0.64	1.47
	本研究	0.89	0.84	1.06	0.91	0.62	1.47

阻力係數表

		溼地					
		時速< 50Km/hr			時速> 50Km/hr		
		輕載		滿載	輕載		滿載
水泥地	新的	0.65	0.78	0.64	0.58	0.69	0.57
	走過的	0.58	0.69	0.57	0.55	0.66	0.54
	磨到光滑的	0.55	0.66	0.54	0.53	0.63	0.52
柏油路	新的	0.65	0.78	0.64	0.60	0.72	0.59
	走過的	0.58	0.69	0.57	0.53	0.63	0.52
	磨到光滑的	0.55	0.66	0.54	0.50	0.60	0.50
礫石地	磨掉瀝青的	0.45	0.54	0.45	0.40	0.48	0.40
	緊密的	0.60	0.72	0.59	0.50	0.60	0.50
	鬆散的	0.60	0.72	0.59	0.60	0.72	0.59
煤渣	緊密的	0.70	0.84	0.69	0.70	0.84	0.69
石子地	壓碎的	0.65	0.78	0.64	0.65	0.78	0.64
冰地	光滑的	0.08	0.09	0.07	0.08	0.09	0.07
雪地	緊密的	0.45	0.54	0.45	0.45	0.54	0.45
	鬆散的	0.45	0.54	0.45	0.45	0.54	0.45
原西北大學摩擦係數							
本研究修正之阻力係數							

ABS煞車系統之阻力係數分析

數據來源：83運研所報告-車輛安全配備ABS防鎖死煞車系統效用評估

		車速(km/h)					
		80			100		
		阻力係數		阻力係數比值	阻力係數		阻力係數比值
		ABS ON	ABS OFF	(ABS ON/OFF)	ABS ON	ABS OFF	(ABS ON/OFF)
乾地輕載	SAE1995	1.09	0.91	1.20	1.08	0.91	1.19
	本研究	1.04	0.87	1.20	1.03	0.87	1.18
乾地滿載	SAE1995	1.05	0.76	1.38	1.05	0.73	1.44
	本研究	1.00	0.73	1.37	1.01	0.71	1.42
溼地輕載	SAE1995	1.10	0.75	1.47	1.01	0.73	1.38
	本研究	1.05	0.73	1.44	0.97	0.71	1.37
溼地滿載	SAE1995	0.96	0.62	1.55	0.97	0.58	1.67
	本研究	0.92	0.60	1.53	0.93	0.56	1.66

ABS煞車系統之阻力係數表

本研究ABS_ON與ABS_OFF之比值

- 乾地輕載：1.19
- 乾地滿載：1.32
- 溼地輕載：1.32
- 溼地滿載：1.55

		乾地						溼地			
		時速> 50km/hr									
		輕載				滿載					
		ABS OFF		ABS ON		輕載		輕載		滿載	
柏油路	新的	0.81	0.96	0.70	0.92	0.72	0.95	0.62	0.96		
	走過的	0.61	0.73	0.53	0.70	0.63	0.83	0.54	0.84		
	磨到光滑的	0.54	0.64	0.46	0.61	0.60	0.79	0.52	0.80		
	磨拉磨膏的	0.47	0.55	0.40	0.53	0.48	0.63	0.41	0.64		

國外煞車試驗資料庫

日本OSA

- 試驗時速100km/h
- 車輛均配備ABS系統

澳洲NRMA

- 試驗時速80km/h
- 車輛分為有ABS系統及無ABS系統兩種

德國Movit

- 測試該公司所生產之煞車器效能
- 試驗時速100km/h

行車速度、煞車胎痕與阻力係數對照表 (無ABS)

車速(km/h)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
乾地	10.67	12.96	15.48	18.21	21.17	24.35	27.76	31.38	35.23	39.37	43.86
柏油路	10.09	12.26	14.65	17.24	20.04	23.05	26.28	29.72	33.36	37.28	41.55
輕載	-5.40%	-5.38%	-5.36%	-5.35%	-5.34%	-5.33%	-5.32%	-5.31%	-5.30%	-5.29%	-5.26%
滿載	11.31	13.73	16.39	19.29	22.42	25.79	29.39	33.23	37.30	41.67	46.41
乾地	5.97%	5.95%	5.93%	5.92%	5.90%	5.89%	5.88%	5.87%	5.86%	5.85%	5.82%
柏油路	12.51	15.19	18.14	21.34	24.81	28.54	32.53	36.77	41.26	46.24	51.48
輕載	-5.33%	-5.32%	-5.30%	-5.29%	-5.27%	-5.26%	-5.26%	-5.25%	-5.24%	-5.23%	-5.19%
滿載	13.25	16.09	19.20	22.59	26.36	30.20	34.42	38.91	43.68	48.91	54.44
乾地	5.90%	5.88%	5.86%	5.84%	5.83%	5.82%	5.81%	5.80%	5.79%	5.77%	5.74%
柏油路	12.36	14.99	17.87	21.00	24.39	28.03	31.92	36.06	40.46	45.11	50.02
輕載	-5.25%	-5.24%	-5.23%	-5.22%	-5.21%	-5.21%	-5.21%	-5.20%	-5.20%	-5.20%	-5.20%
滿載	13.08	15.86	18.90	22.22	25.80	29.64	33.76	38.14	42.79	47.71	52.89
乾地	5.81%	5.79%	5.79%	5.78%	5.77%	5.76%	5.76%	5.75%	5.75%	5.75%	5.74%
柏油路	15.32	18.58	22.14	26.02	30.22	34.72	39.54	44.68	50.12	55.88	61.95
輕載	-5.53%	-5.51%	-5.50%	-5.49%	-5.48%	-5.47%	-5.46%	-5.45%	-5.44%	-5.43%	-5.42%
滿載	16.20	19.64	23.40	27.50	31.93	36.70	41.70	47.21	53.36	59.05	65.46
乾地	5.72%	5.71%	5.70%	5.69%	5.68%	5.68%	5.67%	5.67%	5.66%	5.66%	5.66%

日本OSA煞車資料庫之阻力係數分析

$$t_s=0.35, t_{nb}=0.03$$

阻力係數分析(日本OSA煞車資料庫, ABS_ON, 時速100km/h)

	Mimi-sized Cars	1500 cc or less	1500 to 2000 cc	over 2000 cc	小卡車或箱型車
乾地	0.94	0.95	1.03	0.98	0.98
溼地	0.86	0.87	0.95	0.90	0.88

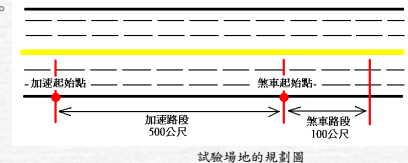
行車速度、煞車胎痕與阻力係數對照表 (有ABS)

車速(km/h)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
乾地	8.78	10.67	12.75	15.02	17.46	20.10	22.91	25.92	29.10	32.54	36.29
柏油路	8.30	10.09	12.05	14.20	16.51	19.00	21.67	24.51	27.53	30.78	34.35
輕載	-5.53%	-5.50%	-5.48%	-5.47%	-5.45%	-5.44%	-5.43%	-5.42%	-5.41%	-5.39%	-5.36%
滿載	9.32	11.32	13.53	15.92	18.52	21.31	24.29	27.47	30.84	34.48	38.44
乾地	6.11%	6.09%	6.06%	6.05%	6.03%	6.02%	6.00%	5.99%	5.98%	5.96%	5.93%
柏油路	9.16	11.14	13.31	15.68	18.24	21.00	23.95	27.09	30.42	34.14	38.07
輕載	8.65	10.53	12.58	14.83	17.25	19.86	22.65	25.62	28.78	32.31	36.04
乾地	-5.53%	-5.50%	-5.48%	-5.46%	-5.45%	-5.43%	-5.42%	-5.41%	-5.40%	-5.37%	-5.33%
滿載	9.72	11.82	14.12	16.63	19.34	22.26	25.38	28.71	32.24	36.16	40.31
柏油路	6.11%	6.09%	6.06%	6.04%	6.02%	6.01%	6.00%	5.98%	5.97%	5.93%	5.90%
輕載	9.06	11.00	13.12	15.43	17.92	20.60	23.47	26.53	29.77	33.20	36.81
乾地	8.57	10.40	12.41	14.60	16.96	19.50	22.21	25.10	28.17	31.42	34.85
柏油路	-5.42%	-5.41%	-5.39%	-5.38%	-5.37%	-5.37%	-5.36%	-5.36%	-5.35%	-5.35%	-5.34%
輕載	9.61	11.65	13.90	16.34	18.99	21.82	24.86	28.10	31.53	35.16	38.99
乾地	5.90%	5.88%	5.86%	5.85%	5.84%	5.83%	5.82%	5.81%	5.80%	5.79%	5.78%
滿載	8.91	10.82	12.91	15.18	17.65	20.29	23.12	26.14	29.34	32.72	36.29
柏油路	8.42	10.23	12.21	14.36	16.69	19.20	21.88	24.73	27.76	30.97	34.35
輕載	-5.45%	-5.44%	-5.42%	-5.41%	-5.40%	-5.39%	-5.38%	-5.38%	-5.37%	-5.37%	-5.36%
滿載	9.45	11.47	13.68	16.09	18.70	21.50	24.50	27.69	31.08	34.66	38.44
乾地	6.03%	6.01%	6.00%	5.98%	5.97%	5.96%	5.95%	5.95%	5.94%	5.93%	5.93%

本研究實車驗證

試驗方法：

- 將實驗車由靜止加速到規定車速，維持此車速5~10秒後，以一腳踩死之方式踩煞車。
- 每次試驗後，須以時速50公里行駛6~8分鐘，利用車輛行進時之自然風，來降低煞車器溫度。



實驗儀器

實驗儀器	用途
里程計	計算車速和行駛距離，取樣頻率為100Hz。
加速規	量測車輛加速和煞車時之加速度，取樣頻率為100Hz。
煞車訊號產生器	記錄踩下煞車之時間。
紀錄器（電腦）	收集並分析實驗資料。
電源供應器	供應里程計及訊號放大器之電源。
不斷電系統	供應電腦及電源供應器之電源。
特製圓管	輔助判斷煞車起始點的位置
皮尺	量測煞車距離及煞車胎痕長度
粉筆	做記號用。

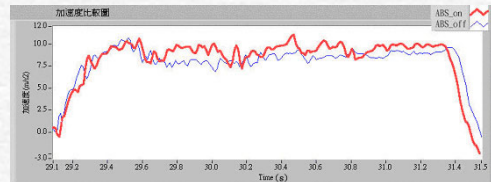
不同煞車系統之減速度比較

ABS系統車輛

- 在車輛開始減速後，大約0.3秒到達最大之減速度，然後保持一約為 9.5m/s^2 之減速度直至車輛停止。

一般煞車系統

- 在車輛開始減速後，大約0.3秒到達最大之減速度，之後減速度開始降為 8m/s^2 ，直至車輛停止。



實驗條件

- 車輛載重：輕載重-空車重+2名測試人員及儀器(約150公斤)
- 實驗路面：乾柏油和濕柏油路面。
- 實驗車速：50、60、70、80、90(km/h)。
- 實驗車型：
 - Geo Prizm 1.6
 - Honda Civic 1.6
 - Ford Tierra 1.8



測試環境(溼)



測試環境(乾)



煞車底



量測距離

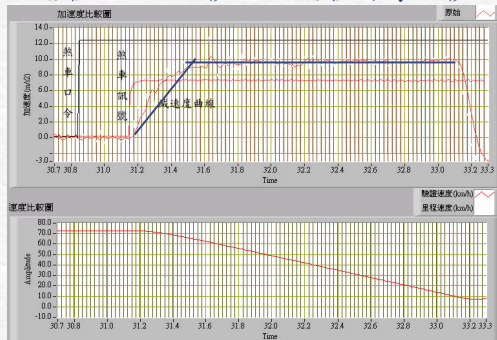
Honda Civic車輛測試資料(ABS)

檔案編號	初速(km/h)	量測煞車距離(m)	預估煞車距離(km/h)	預估煞車距離(m)	預估阻力係數(km/h)	修正初速(km/h)	修正煞車距離(km/h)	修正煞車距離(m)
50_1	53.45	14.23	45.66	9.03	0.91	50.0	43.90	8.34
50_2	53.00	13.69	45.84	9.22	0.90	50.0	43.97	8.46
50_3	57.49	15.13	48.98	9.86	0.96	50.0	43.56	7.78
50_4	56.10	14.72	48.93	10.29	0.92	50.0	43.83	8.22
平均						50.0	43.82	8.20
60_1	67.16	20.56	60.16	15.18	0.94	60.0	53.70	12.08
60_2	62.40	17.19	57.21	13.65	0.94	60.0	53.70	12.08
60_3	62.58	18.72	57.05	13.83	0.93	60.0	53.77	12.24
60_4	61.85	17.32	55.16	12.71	0.94	60.0	53.70	12.08
平均						60.0	53.72	12.12
70_1	74.63	24.09	68.06	18.09	1.01	70.0	63.23	15.58
70_2	72.12	25.67	72.71	21.05	0.99	70.0	63.36	15.97
70_3	71.08	22.01	63.64	16.55	0.96	70.0	63.56	16.57
70_4	67.14	20.37	60.19	14.99	0.95	70.0	63.63	16.78
平均						70.0	63.45	16.22
80_1	82.99	29.10	74.02	21.15	1.02	80.0	73.16	20.66
80_2	84.98	30.45	78.28	23.79	1.01	80.0	73.23	20.90
80_3	85.62	29.91	79.91	21.20	1.19	80.0	72.02	17.16
80_4	84.96	31.36	78.10	22.94	1.02	80.0	73.16	20.66
平均						80.0	72.89	19.85

Honda Civic 車輛測試資料(ABS)

實驗結果(無ABS)：

t_{nb} 值0.02~0.03秒 t_s 值約為0.3秒



Geo Prizm實驗數據(溼地60km/h)

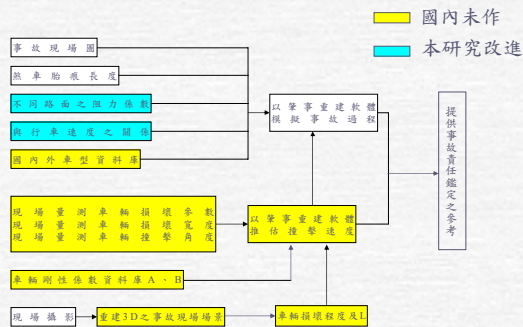
本研究實車測試結果 阻力係數推估

Geo Prizm • HONDA CIVIC • FORD TIERRA

- 乾地：0.75 — 無ABS：0.88
- 溼地：0.71 — 有ABS：0.97
- 無ABS：0.87
- 有ABS：1.00

	車速(km/h)	50	60	70	80	平均值
Geo Prizm 1.6	乾地	0.72	0.71	0.77	0.82	0.75
	溼地	0.68	0.75	0.71		0.71
Honda Civic 1.6	ABS OFF	0.90	0.86	0.87	0.88	0.88
	ABS ON	0.92	0.94	0.98	1.05	0.97
Ford Tierra 1.8	ABS OFF	0.77	0.84	0.89	0.99	0.87
	ABS ON	0.97	0.98	1.01	1.03	1.00

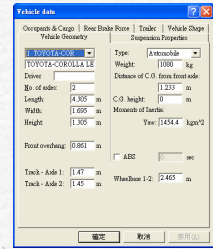
四、肇事重建軟體分析



PC-CRASH輸入項目

車輛

- 車長(Length)
- 車寬(Width)
- 車高(Height)
- 車重(Weight)
- 軸距(Wheelbase)
- 輪距(Track Width)
- 車輛重心高度(Height Center of Gravity)
- 保險桿至前輪軸距離(FOH, Front OverHang)
- 車輛重心與前車軸之距離(Dist. Center of Gravity to Front Axle)
- 有無ABS(若有則須輸入cycling time，一般介於0.07~0.1之間)

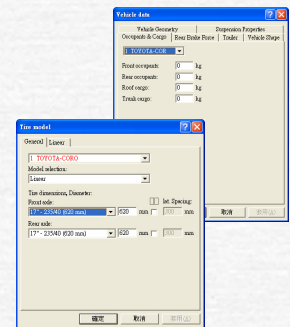


肇事重建軟體

- 國外肇事重建軟體比較
- PC-Crash之功能介紹
- 實例模擬
 - 國外案例
 - 煞車試驗

PC-CRASH輸入項目

- 載重
 - 前方乘客重量
 - 後方乘客重量
 - 車頂載物重量
 - 車廂載物重量
- 輪胎尺寸

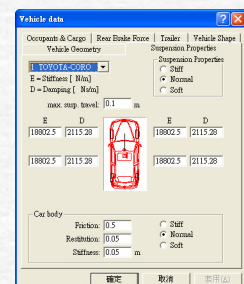


國外肇事重建軟體比較

名稱	理論	2D	3D	多車碰撞	拖車	ABS	資料庫	價格
PC-Crash6.2	SMAC	○	○	○	○	○	○	\$4895.00
EDCRASH	CRASH	○	○	○	○	○	○	\$10367.51
EDSMAC4	SMAC	○	○	○	○	○	○	\$10367.51
m-SMAC	SMAC	○	×	○	○	×	○	\$1250.00
WinSMAC	SMAC	○	×	×	×	○	○	\$769.00
WinCRASH	CRASH	○	×	×	×	○	○	\$469.00
CRASHEX	CRASH	○	×	×	×	×	○	\$995.00
REC-TEC	CRASH	○	○	×	○	○	○	£100.00
CRASH-2000	CRASH	×	×	×	×	×	○	\$500.00
ARC	CRASH	×	×	×	×	×	×	\$10.00

PC-CRASH輸入項目

- 懸吊系統參數
 - E：剛性係數
 - C：阻尼係數

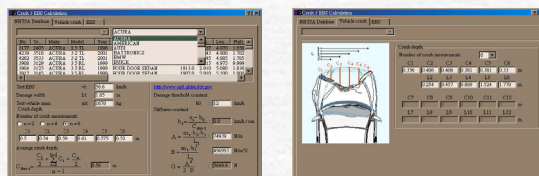


PC-CRASH輸出項目

輸出資料	車輛	PDOF、速度與時間關係圖、航向與時間關係圖、加速度與時間關係圖、轉動角度與時間關係圖、轉動速度與時間關係圖、轉動角加速度與時間關係圖、輪胎在x、y、z方向之受力與時間關係圖
	人	各部分的速度與時間關係圖、各部分的加速度與時間關係圖、各部分轉動角度與時間關係圖、各部分轉動速度與時間關係圖、各部分轉動角加速度與時間關係圖、各部分受力與時間之關係圖
	等效撞擊速度 (EBS)	車輛正向撞擊前後的速度差

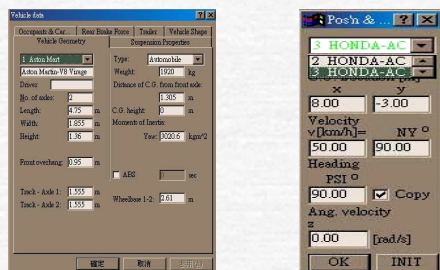
PC-Crash(CRASH3)

- 選擇車輛資料庫
- 設定外觀損壞



PC-Crash(SMAC)

- 輸入車輛詳細資料
- 設定初始模擬參數

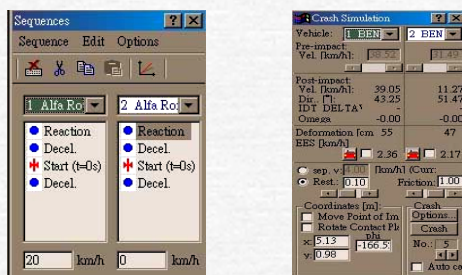


PC-Crash模組功能

- 車輛與車輛的撞擊：
 - 拖車與小客車
 - 拖車與拖車
 - 拖車與卡車
 - 拖車與摩托車
 - 摩托車與汽車
 - 小客車與小客車
 - 卡車與卡車
 - 卡車與小客車
 - 卡車與摩托車
 - 摩托車與摩托車
- 車輛與行人的撞擊：
 - 行人與拖車
 - 行人與小客車
 - 行人與卡車
 - 行人與摩托車
- 車輛與障礙物的撞擊：
 - 拖車撞擊障礙物
 - 卡車撞擊障礙物
 - 小客車撞擊障礙物
 - 摩托車撞擊障礙物

PC-Crash(SMAC)

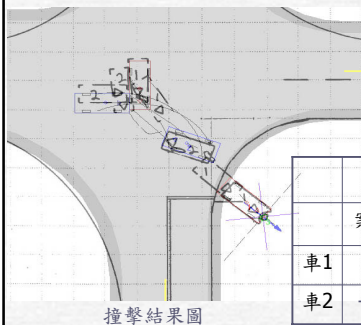
- 設定事故程序
- 撞擊結果模擬數據



實例模擬(一)~國外案例

- 事故過程
 - 此例為汽車與汽車直角對撞的情形，車1為Ford，車2為Honda，二車在行經十字路口相撞，車1最後因撞到行道樹而停止。
- 資料來源
 - 美國NHTSA

實例模擬(二)~結果比較



撞擊結果圖

		PDOF(°)		ΔV (km/h)	
	案例	PC-Crash	案例	PC-Crash	
車1	60	59.58	26	28.8	
車2	-30	-30.65	20.8	21.4	

實例模擬(二)~有ABS

ABS	實驗數據	PC-Crash模擬(傳統)	PC-Crash模擬(Neptune)	PC-Crash模擬(本研究)
速度 (km/hr)	62.4~62.6	62.4	62.4	62.4
t_s (Sec)	0.21	0	0.21	0.21
減速度 a (m/s^2)	9.63	9.63	9.63	9.63
煞車胎痕 (m)	13.362	15.6	13.67	13.27
誤差 (%)	0	16.75	2.3	-0.688

實例模擬(二)~煞車試驗

- 以PC-Crash模擬本研究之煞車實驗，分別以傳統公式、Neptune公式及本研究的改良公式來模擬。
- 由模擬結果可看出，以本研究的推估公式可得較正確的煞車胎痕。

車輛資料庫

- 車輛基本資料庫
 - 國外
 - 肇事重建軟體
 - 國內
 - 無
- 撞擊資料庫
 - 國外
 - NHTSA
 - 國內
 - 無
- 煞車資料庫
 - 國外
 - NRMA
 - OSA
 - Movit
 - 國內
 - 無

實例模擬(二)~無ABS

無ABS	實驗數據	PC-Crash模擬(傳統)	PC-Crash模擬(Neptune)	PC-Crash模擬(本研究)
速度 (km/hr)	65.0~66.3	65.0	65.0	65.0
t_s (Sec)	0.26	0	0.26	0.26
減速度 a (m/s^2)	8.47	8.47	8.47	8.47
煞車胎痕 (m)	16.062	19.25	16.55	16.25
誤差 (%)	0	19.86	1.79	1.17

五、事故記錄器 (EDR)

- 簡稱EDR，由感測器、微處理器及記憶體組成，用以記錄行車資訊。

類別	內容
安全系統	安全氣囊、安全帶
撞擊程度	速度改變、g-force
車子情況	行車速度、引擎轉速、排檔、ABS、定速系統、雨刷
駕駛控制情形	煞車、方向盤、油門、航向、車燈
其他	時間、乘客數、身分識別、時間、事故地點

- 提供意外事故現場重現所需之基本資訊。
- 可加速交通急救技術、防止意外事故系統及車輛診斷系統等的發展。

EDR之發展歷史

- 1970，NHTSA針對EDR的相關問題進行研究。
- 1992，SAMOVAR(車輛安全監控及自動記錄評估協會)發現EDR可減少28%的交通事故發生和降低40%之成本損失。
- 1997，NASA建議直接安裝EDR以收集車輛撞擊資料。
- 1998，NHTSA收到請願文件要求在所有的新車上安裝EDR，但由於EDR技術尚未成熟，故此要求未被收受。
- 2000，NHTSA Truck及Bus的EDR工作小組決定由Smiths小組來決定EDR的核發與負責提昇EDR技術。

EDR相關產品



Drive Cam



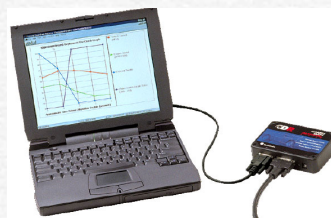
Rowan University

EDR相關產品

廠商名稱	產品特色
GM	記錄撞擊速度、引擎轉速、油門、煞車等資料。
FORD	安全氣囊控制系統的一部份。 記錄駕駛員、安全氣囊狀態、縱向及側向加速度。
IWI	記錄日期、時間及三軸加速度。 以SAE J211為規範收集資料。
SIS	MAC Box，有兩軸加速規，有無線網路的功能。
VDO	兩軸加速規，有駕駛、停車及休息模式。
Drive Cam	Video、Audio及兩軸加速規。
Rowan University	有GPS系統、兩軸加速規及無線傳輸系統。

EDR資料讀取與重現

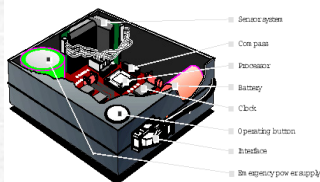
- Vetronix CDR(GM與FORD)



EDR相關產品



SIS



VDO

EDR之實例分析 (意外事故重建之應用)

- 車損法分析：

Pontiac

- 縱軸最大速度變化為25km/h
- 接近時之速度為55km/h

- EDR所得的資料：

Pontiac

- 縱軸的最大速度變化為22km/h
- 接近時的速度為53km/h



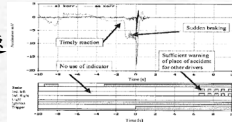
EDR之實例分析 (釐清責任事實)

左方來車之陳述：

- 右方來車進入叉路時未減速
- 右方來車打右邊方向燈
- 右方來車未踩煞車

右方來車之EDR記錄：

- 未有打方向燈之記錄
- 有煞車動作



EDR所讀取的資料



國內外肇事現場處理作業比較

	台灣	美國	日本	德國
照相技術	一般照相技術	一般照相機 網格透視法 錄影	立體照相機	一般照相機 立體照相機 錄影
測繪技術	以皮尺測繪 依草圖還原成比例圖	以皮尺測量 以科學儀器輔助	還原立體相機照片技術	以皮尺測量 以科學儀器輔助
汽車檢查表	含於交通事故報告表 以照相取證 無專門檢查表	含於調查表內 專門調查表 照相取證	還原立體照片 專屬檢查表	含於調查表內 專門調查表 照相取證
機車檢查表	含於交通事故報告表 照相取證 無專門檢查表	照片及專門檢查表	還原立體照片 專屬檢查表	照片及專門檢查表

結論

- EDR為事故研究的有利工具，可釐清責任歸屬
- 配備GPS及無線收發系統，可加速救援速度
- EDR至今仍未有具體規範
 - 各家廠商對於事故資料之格式尚未統一
 - 讀取及重現的工具尚未標準化
 - 資料公開與私密性劃分之問題仍未解決

交通事故調查與攝影有關項目

事故現場圖

- 標示方位、煞車痕、肇事後停止之位置、刮擦地痕、散落物狀況、血跡、機車倒地處、車損、當事人受傷部位

道路障礙

- 道路工事中、有堆積物、路上有停車、彎道、坡道、建築物、樹木、農作物等

交通設施

- 標誌、標線、交通島、號誌、護欄等

六、現場處理程序

- 比較國內外肇事現場處理作業程序
- 評估選擇3D重建工具軟體
- 利用Photomodeler軟體重現事故現場及車子變形之程度
- 配合PC-CRASH軟體推估肇事車輛發生碰撞時的車速

現有調查方法之困難

- 人為誤差
- 現場處理時間長影響車流
- 無法繪製道路真實幾何圖形及道路坡度
- 煞車痕跡與散落物資料蒐集不完整
- 無法明確量測車子的損害程度
- 無肇事人視野影響之調查
- 未記錄車子的刮痕
- 現場圖之所記錄的範圍太小

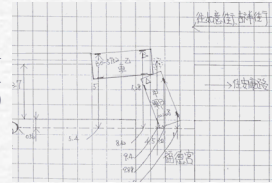
Photomodeler 3D重建軟體之探討

- 拍攝距離的不同，並不會影響重現的精確度。
- 90°的拍攝角度，重現效果較為精確。
- 所使用的相片愈多，重現的精確度愈高。

實際案例

當事人口述

- 甲車(小客車)：出巷口欲左轉到玫瑰時發生碰撞，車速約為10 (km/h)。
- 乙車(小貨車)：將方向盤向左轉以閃避軍車，車速約為30 (km/h)。
- 均有煞車



員警繪製之肇事現場圖

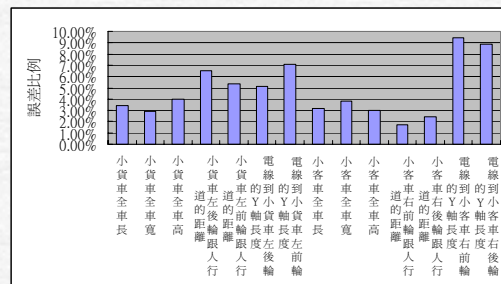
實際道路現場重現之分析

模擬流程：

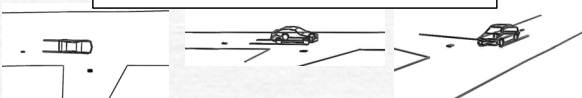
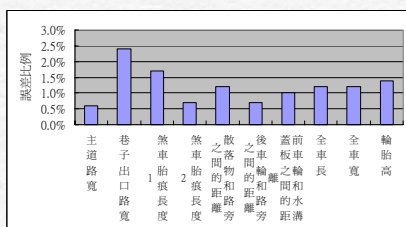
- 車輛急駛
- 緊急煞車
- 路面產生煞車胎痕
- 在車後放置一木板，模擬散落物之散落。
- 在現場拍攝八張相片



警員量測與3D重現之比較

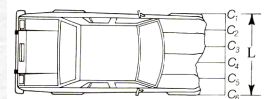


重現結果



肇事車變形程度量測

- 利用重建後的3D模型，量測出車輛C1~C6變形量。
- 利用事故重現軟體以車損法推估肇事當時之車速。



小客車受損情況與3D重現



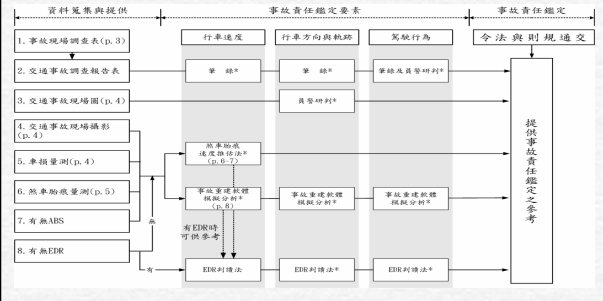
小貨車受損情況與3D重現

肇事者口述與PC-CRASH模擬比較

圖面 圖號	肇事車輪	斷面變形尺寸(m)					當事人口述		PC-CRASH 模擬結果	
		C1	C2	C3	C4	C5	時速 碰撞前	碰撞後 速度	碰撞 速度	碰撞 角度
1	甲車	0.000	0.123	0.232	0.159	0.080	0.000	乙車碰撞時車速約為 30 km/h。	15	0.2
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.170	甲車與乙車在肇事當時均有煞車動作。	31	1.3
3	甲車	0.000	0.095	0.192	0.124	0.063	0.000	乙車：由出口向左轉以閃避發生碰撞。	12.3	0.2
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.168	甲車與乙車在肇事當時均有煞車動作。	30	1.3
5	甲車	0.000	0.086	0.178	0.110	0.058	0.000	乙車：由出口向左轉以閃避發生碰撞。	11.5	0.1
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.170	甲車與乙車在肇事當時均有煞車動作。	31	1.2
7	甲車	0.000	0.078	0.166	0.101	0.052	0.000	乙車：由出口向左轉以閃避發生碰撞。	11.1	0.1
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.169	甲車與乙車在肇事當時均有煞車動作。	30.6	1.2
10	甲車	0.000	0.071	0.154	0.093	0.048	0.000	乙車：由出口向左轉以閃避發生碰撞。	10.7	0.7
	乙車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.168	甲車與乙車在肇事當時均有煞車動作。	30	1.1

現有事故調查表的評估與建議

編製「道路交通事故處理實務手冊」草案供參考。



道路交通事故處理資料

89/11「道路交通事故處理手冊」

- 尺寸較小因此方便攜帶
- 適合現場員警在處理交通事故之現場程序及後續處理使用

83/6「道路交通事故處理實務」

- 內容詳細且包含行車速度推估
- 無適當的表格及分類供員警快速填寫及勾選
- 欠缺現場重建技術的描述

現場事故調查表

發生時間	年 月 日 時 分
發生地點	天氣 <input type="checkbox"/> 暴雨、 <input type="checkbox"/> 強風、 <input type="checkbox"/> 風沙、 <input type="checkbox"/> 霧、 <input type="checkbox"/> 雪、 <input type="checkbox"/> 雨、 <input type="checkbox"/> 陰、 <input type="checkbox"/> 晴
地點	種類 <input type="checkbox"/> 行車管制號誌、 <input type="checkbox"/> 行人專用號誌、 <input type="checkbox"/> 閃光號誌、 <input type="checkbox"/> 無號誌 動作 <input type="checkbox"/> 正常、 <input type="checkbox"/> 不正常、 <input type="checkbox"/> 無動作、 <input type="checkbox"/> 無號誌
行車速率限制	<input type="checkbox"/> 公里以下
事故類型及形態	人與汽(機)車 <input type="checkbox"/> 對向通行中、 <input type="checkbox"/> 同向通行中、 <input type="checkbox"/> 穿越道路中、 <input type="checkbox"/> 在路邊上場 <input type="checkbox"/> 在路面上作業中、 <input type="checkbox"/> 衝進路中、 <input type="checkbox"/> 從停車後(或中)穿過 <input type="checkbox"/> 佇立路邊(外)、 <input type="checkbox"/> 其他
	車與車 <input type="checkbox"/> 對撞、 <input type="checkbox"/> 追撞、 <input type="checkbox"/> 側車撞、 <input type="checkbox"/> 路口交叉撞、 <input type="checkbox"/> 側撞 <input type="checkbox"/> 擦撞(對向)、 <input type="checkbox"/> 擦撞(同向)、 <input type="checkbox"/> 其他
	汽(機)車本身 撞交通設施 <input type="checkbox"/> 護欄(橋)、 <input type="checkbox"/> 號誌或標誌桿、 <input type="checkbox"/> 收費亭、 <input type="checkbox"/> 交通島 <input type="checkbox"/> 非固定設施
	撞其他物 <input type="checkbox"/> 橋樑、建築物、 <input type="checkbox"/> 路樹、電桿、 <input type="checkbox"/> 停放中車輛 <input type="checkbox"/> 動物、 <input type="checkbox"/> 工程施工、 <input type="checkbox"/> 其他
平交道事故	<input type="checkbox"/> 衝過或(撞壞)遮斷器、 <input type="checkbox"/> 正越過平交道中、 <input type="checkbox"/> 暫停位置不當 <input type="checkbox"/> 在平交道內無法行動、 <input type="checkbox"/> 其他

改進建議

- 將兩項之原則與理論合併
- 檢討現場資訊收集內容並將表格圖形化
- 補充現場重建技術
- 現場拍攝方法改進

現場事故調查表(續)

肇事車輛資料	填寫項目	<input type="checkbox"/> 第一輛	<input type="checkbox"/> 第二輛	<input type="checkbox"/> 第三輛	<input type="checkbox"/> 第四輛
	車號				
	廠牌				
	型號				
	CC 數				
	乘客數目				
	其他物品重量				
	輪胎尺寸	吋	吋	吋	吋
	輪胎型號				
	配備 ABS	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
改裝項目	配備行車記錄器	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
	車輛改裝	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
	輪胎	<input type="checkbox"/> 輪胎	<input type="checkbox"/> 輪胎	<input type="checkbox"/> 輪胎	<input type="checkbox"/> 輪胎
	煞車系統	<input type="checkbox"/> 煞車系統	<input type="checkbox"/> 煞車系統	<input type="checkbox"/> 煞車系統	<input type="checkbox"/> 煞車系統
特殊車輛	前後保險桿	<input type="checkbox"/> 前後保險桿	<input type="checkbox"/> 前後保險桿	<input type="checkbox"/> 前後保險桿	<input type="checkbox"/> 前後保險桿
	不明(肇事逃逸)				
慢車 <input type="checkbox"/> 腳踏車、 <input type="checkbox"/> 人力三輪車、 <input type="checkbox"/> 獸力車、 <input type="checkbox"/> 兒童用車、 <input type="checkbox"/> 其他慢車					

事故現場攝影

使用工具*: 照相機、軟片、閃光燈、標尺、標示物、蠟筆、噴漆罐。	
現場攝影**	<input type="checkbox"/> 8 張照片，包括散落物及地面各種痕跡。
定點攝影***	<input type="checkbox"/> 撞擊點位置照片至少 1 張
	<input type="checkbox"/> 車輛停止位置照片：2 張/每輛車
	<input type="checkbox"/> 人員倒地位置照片：2 張/每個人
	<input type="checkbox"/> 車輛損壞情況照片：3 張/每輛車
*現場攝影應先於適當位置放置標示物或標尺作為參考點及尺寸依據。	
**現場攝影應以事故現場為中心，依據 0°、45°、90°、135°.....360° 等 8 組不同拍攝角度拍攝 8 張照片，相鄰兩張應有重複點，拍攝範圍應包括撞擊點位置、散落物位置、車輛停止位置、人員倒地位置以及地面上各種痕跡之位置。	
***定點攝影拍攝位置之夾角須介於 45°~80° 之間，且相鄰兩張應有重複點。	

綜合結論與建議(續)

- 配合國際上EDR的發展，未來可大幅改善意外事故之鑑定
- 建議未來在國內應建立車輛基本資料庫、煞車試驗資料庫以及車輛剛性資料庫，以提高模擬分析之準確度。
- 建議國內應建立車輛維修及驗車資料庫的連線以提供佐證供肇事鑑定用。

車損量測



量測位置	<input type="checkbox"/> 第一輛車	<input type="checkbox"/> 第二輛車	<input type="checkbox"/> 第三輛車	<input type="checkbox"/> 第四輛車
C1				
C2				
C3				
C4				
C5				
C6				
L				

綜合結論與建議

- 現行推估表低估車速，本研究可做更精確計算，並更新速度推估表，約可改善15%。
- 現行現場調查程序常無法提供充足資訊，本研究提出一個現場調查表，現場量測及攝影方法供未來用軟體做3D重建之用。
- 3D軟體模擬分析可提供更多有用資訊供肇事鑑定用，本計劃引進2套軟體供國內使用。