

車輛肇事速度推估軟體之建立

Development of Estimation Software for the Vehicle's Velocity in Accident

鄧作樑 Tso-Liang Teng¹

李國榮 Kuo-Jung Lee²

摘 要

由於交通事故與傷亡人數的提升，其所引發的肇事鑑定案件也層出不窮，而如何透過正確的行車肇事鑑定技術，釐清肇事責任則更為重要。因此，為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，本研究目的主要針對直線、碰撞及曲線煞車痕等三種狀況來進行肇事速度之推估，並加以驗證推估模式之正確性，以 Microsoft Access 建立資料庫提供計算推估使用。最後運用 C++ Builder 建立簡易肇事速度推估分析軟體，並以實際車禍事故現場跡証資料為驗證例，以驗證此軟體之實用性，可提供監理與司法相關單位做為肇事鑑定之參考依據。

關鍵詞：行車速度，肇事鑑定，煞車痕

Abstract

The technique of inspection in a car accident is a very important skill in nowadays due to the frequency of accident. Therefore, how to imitate the accident scene by using package of accident reconstruction, in order to provide a reliable information that can depend on to give a fair and objective conclusion in an

¹ 大葉大學機械與自動化系教授(聯絡住址：彰化縣大村鄉山腳路 112 號；電話：04-8511221；

² 大葉大學機械工程研究所研究生 E-mail：tliteng@mail.dyu.edu.tw)



accident, is the purpose of this study. This study is using the Microsoft Access DB to gather the different situations that obtain the different status of skid marks and yaw marks and crush energy, which are the three important elements to emulate an accident scene. Then, the study creates a C++ program system to analyze the data that is stored in the DB and to get reliable information. Additionally, we have performed the vehicle's velocity estimation of several actual accidents and have discussed the accuracy of present reconstruction software. This software can be useful to help the judiciary to identify responsibility for traffic accident, accidents reconstruction gives the possibility of reconstructing the original course of events.

Key Words: *Vehicle's Velocity, Accident reconstruction, Skid marks.*

壹、前言

由於科技的發達及經濟的快速成長，人類對於大眾交通工具的需求不斷提升，機動車之數量亦急劇增加，截至民國九十三年一月為止，國人所擁有之機動車數量已達一千八百多萬輛。當國人在享受大眾交通工具所帶來之舒適、便捷之餘，卻在這有限面積裡因大量使用機動車輛所帶來的問題所困擾，例如塞車與停車問題、空氣與噪音污染以及交通事故問題等。在如此高的肇事率與擁有率的情況下，其所引發的交通肇事事故是不容忽視。當交通事故發生時，輕者將導致財務的損失，重者則造成身體之傷害與死亡。因此除了肇事件數與受傷人數的提升，其所引發的肇事鑑定案件也層出不窮，由於肇事鑑定之正確性可直接影響當事人之權益與責任之歸屬，且現代民眾對於自身的權益也愈來愈重視，如何透過正確的行車肇事鑑定技術，以釐清肇事責任則更為重要，故司法或肇事鑑定單位應秉持公平公正之原則，再加上科學的專業方法以研判肇事責任之歸屬，才能確保當事人的權益。

一般車輛駕駛者若遇緊急危急狀況時，均會立即踩下煞車踏板，而造成輪胎鎖死，在路面上將留有輪胎橡膠與地面摩擦的煞車胎痕，此煞車胎痕為事故現場調查中被視為重要蒐集項目之一。在車禍事故鑑定時，則依據車禍現場所遺留之煞車痕長度，以及當時之路面材質、使用時間及乾溼狀況等車禍現場記錄資料，鑑定人員可經由煞車距離與行車速度對照表，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。



以煞車胎痕長度反推車輛肇事速度為目前肇事鑑定重要依據之一，然而影響煞車胎痕長度的因素有很多，如駕駛人操控行為、路面條件、車輛載重、行車速度、煞車系統、輪胎等因素，故在眾多影響煞車胎痕長度因素下，如何建立正確的肇事行車速度之推算關係式為肇事鑑定首要工作之一。

本研究之目的在針對國內外交通事故之處理作業流程，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。因此，本研究考慮事故現場直線與曲線煞車痕以及碰撞後之車子之變形這三種狀況來進行肇事速度之推估，且將推估模式中所需之參數如輪胎與地面間之摩擦係數、汽車之勁度等汽車相關資料，以 Microsoft Access 建立資料庫提供肇事速度推估計算使用。最後運用 C++ Builder 建立簡易肇事速度推估軟體，並以實際車禍事故現場跡証資料為驗證例，以驗證此軟體之實用性，可提供未來監理與司法相關單位做為肇事鑑定之參考依據。

貳、肇事行車速度推估理論

2.1 國內外相關研究

近年來各先進國家對於交通安全均相當的重視，不論是道路設計品質或汽車製造都有相當大的進步。對於交通事故發生之預防或肇事後之重建分析，均投入相當的人力與經費，而電腦科技快速發展及對龐大的複雜資料處理之優勢能力都相對提高，國內、外也陸續研究發展出肇事重建之應用軟體或相關試驗。在國內研究部分，丁國樑及王瑩瑋【1】利用肇事現場所遺留跡証建立完整的輔助肇事重建電腦碰撞模擬系統。陳高村【2】針對肇事者不法侵害他人路權而肇事之侵權型態事故，根據肇事重建理論建立肇事原因鑑定程序、方法與歸責法規，運用肇事重建技術完成 2D 碰撞模擬動畫。郭友中【3】應用電腦輔助繪圖與影像處理在完整汽車肇事鑑定作業程序之研究。鄭凱仁【4】應用 2D 重建技術以改進肇事重建分析之研究。曾慶忠【5】參考國外肇事作業方法，並利用 3D 重建技術以改進國內肇事處理作業之完整性及正確性。交通部運輸研究所【6】修訂現行汽車煞車距離、行車速度及道路摩擦係數對照表，並針對速度推估、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，並且利用 3D 事故鑑定軟體進行模擬分析。在國外研究部分，Day【7】等人發展出 EDCRASH 軟體，此軟體可經由車子遭受撞擊所產生的變形而計算出撞擊之速度。Mchenry[8]等人發展出 SMAC-87 軟體，此軟體利用牛頓定理再配合經驗公式所發展而成，主要在分析車輛之碰撞模擬。Mchenry【8】等人發展出 RICSAC-97 軟體，此軟體利用 12 種不同之撞擊測試之數據為依據所建構而成，主要為利用時間歷程來分析車子運動過程。目前國外發展較成熟之事故重建軟體尚有：CRASH(Calspan Reconstruction of Accident Speed on the Highway)由美國運輸部委託康乃爾航空實驗室所開發，此實驗室後來改組成為卡爾斯本公司，使用者只要輸入車輛特性參數、撞擊位置、停止位置及量測車輛損壞的數值後，即可模擬車輛在撞擊瞬間的速度，以及撞擊所造成的速度改變量。SMAC(Simulation Model of Automobile Collision Program)，由卡爾斯本公司所開發，此軟體依據車輛的碰撞速度、行駛方向以及車輛與道路的各項特性而模擬出車輛碰撞後的軌跡和損毀情形。HVOSM(Highway Vehicle Object Simulation Model)，由美國聯邦公路總署(FHWA)所開發，這套軟體具有強大的繪圖功能，可以描繪出汽車在三度空間中的運動情況。EES-ARM (Equivalent Energy Speed-Accident Reconstruction Program)，其主要功能是用來作為過去人工計算重建程序的輔助器。TBS(Tractor Braking and Steering Simulation)，由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)所完成的一套軟體，當輸入煞車或轉向條件等相關資料即可模擬卡車或聯結車之運動情形。IMPAC(Impact Collision Program)軟體，由美國汽車工程師學會(Society of Automotive Engineers, SAE)所發展，此程式是專為簡化角碰撞分析而設計的重建軟體，可免除繁雜的人工計算或 SMAC 程式之繁複程序，而能得到技術上可用的結果。VTS(Vehicle Trajectory Simulation Program)，由美國汽車工程師學會所發展，它可用來研究汽車於碰撞發生前和碰撞發生後的運動情形。CRASH 2000 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。ARCNetwork(Accident Reconstruction Network)軟體的操作相當快速，在軟體中超過 60 種以上的計算公式，且可避免複雜計算所產生的誤差。WinSMAC 由美國 ARSoftware 公司所發展的軟體，根據 NHTSA 所發展出來



的 SMAC 理論，寫成視窗版本。PC-Crash 由 DSD 公司所發展的事故重建軟體，它可載入最多 32 輛的車輛模擬，可以用複雜的 3D 車輛模擬也可用簡易的矩形來模擬。HVE 由美國 EDC(Engineering Dynamics Corporation)公司所研發，它為一個設定和執行人和車輛動態模擬的電腦環境。

2.2 直線煞車胎痕之行車速度推估法

在傳統的行車速度推估公式中，係假設踩下煞車後，所產生之煞車力為一定值，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，若將煞車系統反應時間的因素，加入行車速度推估中，可獲得較準確之推估結果。根據車輛煞車時之減加速度與時間關係圖，將煞車力開始建立到產生最大煞車力的時間 t_s 前之減加速度視為拋物線【6】，則煞車作動瞬間之車速如下：

(1) 乾燥路面：

$$V = \frac{\sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot s + 0.457 \cdot \mu}}{1 - 0.0196\mu} \quad (m/s) \quad (1)$$

(2) 潮溼路面：

$$V = \frac{\sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot s + 0.2809 \cdot \mu}}{1 - 0.0196\mu} \quad (m/s) \quad (2)$$

其中 V 為煞車作動瞬間之車速

g 為重力加速度

s 為煞車痕長度

μ 為路面磨擦係數

2.3 車損法之行車速度推估

上一節直線煞車胎痕之行車速度推估法中，係假設汽車煞車至停止時末速度為 0 條件下對肇事行車速度之推估，然而當汽車與前車產生碰撞時末速度並不為 0，上一節行車速度推估法則不適用，對於末速度並不為 0 時一般皆採用車損法理論予以計算肇事行車速度。由於 Mchenry 車損法【9】之理論除



了可推估一般之正面撞擊速度，亦可適用於偏置撞擊之速度推估，較符合實際之肇事情況，故本研究中以 Mchenry 車損法理論進行肇事行車速度之推估。Mchenry 車損法之理論推估一般之正面撞擊速度為

$$V_c = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot E}{m}} \quad (3)$$

其中 V_c 為撞擊時之速度(m/s)

m 為車子質量(kg)

g 為重力加速度(m/s^2)

E 為撞擊之能量($N \cdot m$)

若事故現場為正面之撞擊車輛，則撞擊之能量計算式為

$$E = \frac{L}{5} \left[5G + \frac{A}{2} (C1 + 2C2 + 2C3 + 2C4 + 2C5 + C6 + \frac{B}{2} (C1^2 + 2C2^2 + 2C3^2 + 2C4^2 + 2C5^2 + C6^2 + C1C2 + C2C3 + C3C4 + C4C5 + C5C6)) \right] \quad (4)$$

其中 $C1 \sim C6$ 為車輛前端受損變形量(m)，如圖 1 所示。

A 為單位寬度所能承受之最大力量

B 為單位長度之線性彈簧勁度

$G = \frac{A^2}{2B}$ 為判斷碰撞後物體是否會產生毀損永久變形

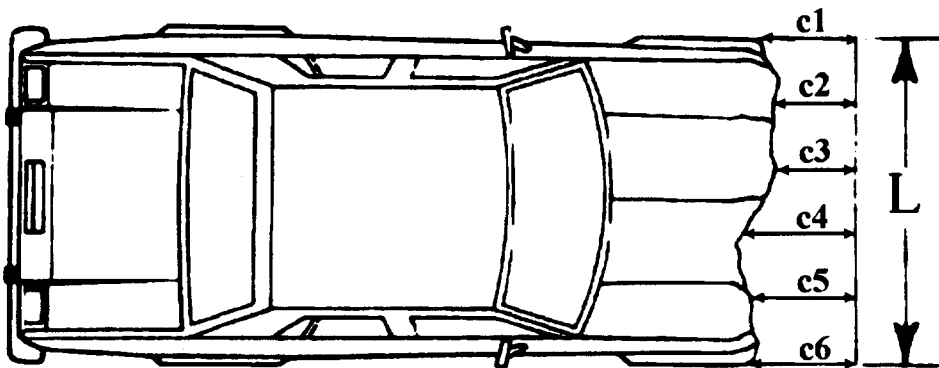


圖 1 車輛正向撞擊受損輪廓外形之量測[9]

若在事故現場之車輛碰撞並非正面之撞擊，而是有角度 θ 之偏置撞擊，則撞擊之能量為

$$E = \frac{L}{5} \left[5G + \frac{A}{2} (C1 + 2C2 + 2C3 + 2C4 + 2C5 + C6 + \frac{B}{2} (C1^2 + 2C2^2 + 2C3^2 + 2C4^2 + 2C5^2 + C6^2 + C1C2 + C2C3 + C3C4 + C4C5 + C5C6)) \right] (1 + \tan^2 \theta) \quad (5)$$

2.4 側滑煞車痕之行車速度推估法

一般車禍事故之煞車胎痕除直線痕跡外，尚且有側滑曲線痕跡，側滑之現象為輪胎自由轉動，但車子之行進方向為側向滑動，則肇事行車速度可推算【10】

$$V = 11.27 \sqrt{\mu \cdot R} \quad (km/hr) \quad (6)$$

上式中軌跡曲率半徑 R 之求法如下

1. 取全弧長三分之一(至少三分之一)當弧之弦長 l_c 。
2. 取弧至弦之距離為 M 。
3. 由數學式求得曲率半徑 $R = \frac{C^2}{8} M + \frac{M}{2}$ 。

參、軟體資料庫之建立

3.1 摩擦係數資料庫

一般路面大致可分成兩大類分別為剛性路面與柔性路面，其中剛性路面即是指水泥路面，而柔性路面則是指柏油路面，在台灣的路面一般均以柏油路面佔多數，其次為水泥路面。根據美國道路交通安全管理局 NHTSA 的研究發現，路面周圍溫度以及輪胎的溫度等週遭環境對於煞車距離並沒有很大的影響；且根據交通部運輸研究所分別以三種不同規格之輪胎進行實車試驗得知輪胎之寬度對煞車距離是沒有影響，但是不同的路面則會造成煞車距離的變化。路面不同的差異將會影響到摩擦係數的變化，且路面材質、路面使用情況、乾濕路面及路面坑洞等因素，都會對煞車距離造成影響，即使是在相



同路面，如果路面的使用頻率以及使用時間不同條件下亦會造成摩擦係數的改變。由前述得知，輪胎與路面之摩擦係數對於煞車距離是有直接之影響，所以摩擦係數在行車速度推估中佔有很重要的地位，因此，本論文參考了交通部運輸研究所【6】試驗結果之數據及美國西北大學【11】之行車速度與摩擦係數表等文獻，建立了柏油路面與水泥路面之摩擦係數資料庫。

3.2 車輛勁度係數資料庫

在車損法之速度推估理論中，首先車輛之勁度係數 A、B 值為一已知的重要參數，當發生車輛碰撞之交通事故時，車輛的外觀承受了很大的撞擊力，當外力移除後，車輛的損傷變形是不會改變的，因此，可藉由儀器的量測而得知車輛的損傷變形，進而可利用車損法推估理論求得撞擊時之速度。由於車輛之結構設計、鋼板材料材質等均會影響到撞擊損傷之變形量，因此，每輛車之勁度係數也不一樣，而即使是同一輛車為了安全考量在設計時其前端、後端、側邊之勁度係數亦不同。本論文僅探討車輛正面撞擊之肇事速度推估研究，因此，參考了美國道路交通安全管理局(NHTSA)撞擊測試之結果並且以國內常使用之汽車為主，建立了車輛前端勁度係數資料庫。

肆、肇事速度推估分析軟體之建立

4.1 分析軟體之架構

本研究建立之肇事速度推估分析軟體整體之架構可分成輸入、決策、輸出三個部分，在輸入部分也就是汽車及路面條件的選擇與輸入；決策部分也就是由直線模式、碰撞模式、曲線模式這三個部分所組成，使用者只須勾選其中的一個模式，然後程式會自動做選擇進行速度之計算；輸出部分除了車速以外也會顯示前面所選的條件讓使用者可再一次的核對資料是否有錯誤。

整個軟體之介面為運用 C++ Builder 所建立，分別由 6 個下拉式選單、16 個文字編輯盒、66 個標籤盒、3 個核對框、4 個功能按鈕、3 個影像盒及 2 個 ADO(Active Data Object)查詢物件所組成。使用者可藉由下拉式選單選擇車輛及路面之相關資料，在藉由核對盒選擇適合事故現場之模式(直線、碰撞、曲



線)，然後在由文字編輯盒輸入現場量測之資料進而計算肇事行車速度。ADO 查詢物件主要是做資料庫之連結與查詢使用。

在資料庫建立部份，本研究運用 Microsoft Access 建立了摩擦係數資料庫及汽車勁度係數資料庫。其建構過程如下述：

(1) 摩擦係數資料庫：

在此資料庫裡面總共包含有 24 筆資料分別由路面狀況、路面條件、煞車系統、摩擦係數這四種條件所組成。最先必需設定欄位資料類型例如路面狀況、路面條件、煞車系統設定為文字類型；摩擦係數設定為浮點數。路面狀況欄位裡包含乾燥路面與潮溼路面；在路面條件欄位裡包含柏油路面及水泥路面這兩大條件，然後依使用年限再將路面細分為三類；煞車系統欄位包含著有 ABS 及無 ABS 這兩大類。而由上述之條件組合則可得到不同之摩擦係數。

(2) 汽車勁度資料庫：

在此資料庫裡面總共包含有 160 筆資料分別由年份、車種、款式、勁度係數 A、勁度係數 B、係數 G 這六種條件所組成。欄位類型之設定如下：年份、車種、款式設定為文字類型，勁度係數 A、勁度係數 B 及係數 G 設定為浮點數。年份欄位裡之年份為 1990 年~2002 年；車種欄位裡包含有 TOYOTA、NISSAN、FORD 等 11 個台灣常使用之車種；款式欄位中配合著各車種之 51 種款式。而由上述之三條件組合即可求得不同之汽車勁度係數 A、汽車勁度係數 B 與係數 G 之值。

當資料庫與軟體介面均完成，便可利用程式來趨動。當程式撰寫前必須先了解所須設定之變數有那些，在本研究中所使用之變數有字串、整數及浮點數三種。於程式的開始時將藉由 ADO 查詢物件去判別使用者所選擇之條件，然後進行資料庫之蒐尋，將所蒐尋之值顯示於文字編輯盒以便於後續之計算。於個別模式下撰寫計算式在利用 if 條件來判別使用者所選擇之模式為何種模式，然後即可計算出行車速度。

4.2 分析軟體操作說明

本研究之肇事速度推估分析軟體是由 C++ Builder 所建立，因此，本節將介紹如何去使用肇事速度推估分析軟體，其操作說明如下：



(1)歡迎首頁：

設計此歡迎頁之主要目的除了歡迎使用本軟體外，並讓使用者得知此軟體已經開始執行，所有相關資料是否都已準備齊全，是否可以開始進行輸入，若已準備好則可按下”確定”，程式將自動轉往下一頁，如圖 2 所示。

(2)資料輸入頁：

資料輸入頁可分為車輛、路面條件輸入及選擇模式這兩部分。車輛及路面條件輸入之介面如圖 3 所示，使用者可介由下拉式選單選擇符合肇事現場汽車及路面之資料，而程式會依據使用者選擇之條件進行資料庫蒐尋，進而得知摩擦係數值與汽車之勁度係數。模式選擇部分可分為直線煞車痕、碰撞、曲線煞車痕這三個模式讓使用者選擇；選擇直線模式時，使用者只需輸入煞車痕長度即可得知速度，如圖 4 所示；選擇碰撞模式必須輸入車輛因碰撞而造成變形寬度及變形量，如圖 5 所示；選擇曲線模式模式須輸入曲線煞車痕之弦長與中心距離，如圖 6 所示。資料輸入頁如圖 7 所示，當使用者選完模式之後，程式會自動判別模式並進行速度之推估。

(3)結果頁：

在本頁主要目的是讓使用者得知推估之肇事行車速度，如圖 8 所示，除了顯示行車速度外，本頁還顯示前頁所選擇的條件，以便於使用者可以再一次的確認選擇是否有誤。

伍、實例分析

5.1 直線煞車痕之實例分析

當進行交通事故鑑定時，鑑定人員可經由現場所遺留之煞車胎痕，再依據煞車距離與行車速度對照表，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；因此當事故現場車輛未與前車產生碰撞而留有直線之煞車痕時，即可利用煞車痕反推事故前之行車速度。為了要驗證本研究建立之肇事速度推估軟體-直線煞車痕行車速度推估模式之適用性，本研究利用了 NISSAN CEFIRO 2.0 於車輛研究測試中心之煞車性能測試道低摩擦係數($\mu=0.3\sim0.4$)、高摩擦係數($\mu=0.7\sim0.8$)兩種路面進行試驗，並且根據實車試驗所截取之相關數據與(1)式之直線煞車胎痕行車速



度推估計算式及分析軟體來進行肇事行車速度之推估驗證比較，其結果如表 1 及表 2 所示。由各表可得知，在低摩擦係數路面與高摩擦係數路面中分析軟體之行車速度推估結果與(1)式推估值之誤差均在 1 %以下，而與實驗之數據誤差在 7 %以下。

表 1 直線煞車痕推估速度比較表 (低摩擦係數路面)

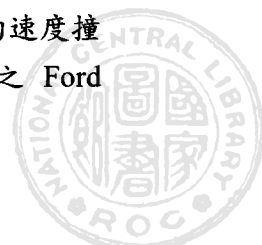
方法 速度	實驗數據 (km/hr) (A)	(1)式 推估值 (km/hr) (B)	分析 軟體 (km/hr) (C)	誤差(%) $(\frac{C-A}{A})$	誤差(%) $(\frac{C-B}{B})$
右前輪	101.32	96.08	96.29	4.96%	0.21%
左前輪	99.7	100.26	100.47	0.77%	0.2%
右後輪	100.99	97.02	97.2	3.75%	0.18%
左後輪	101.16	96.86	97.05	4.06%	0.19%

表 2 直線煞車痕推估速度比較表(高摩擦係數路面)

方法 速度	實驗數據 (km/hr) (A)	(1)式 推估值 (km/hr) (B)	分析 軟體 (km/hr) (C)	誤差(%) $(\frac{C-A}{A})$	誤差(%) $(\frac{C-B}{B})$
右前輪	103.32	109.22	109.69	6.16%	0.43%
左前輪	103.09	109.22	109.65	6.36%	0.39%
右後輪	103.32	103.6	104.03	0.68%	0.41%
左後輪	101.69	103.28	103.7	1.97%	0.4%

5.2 碰撞模式之實例分析

在交通事故之現場若發現車子已遭受碰撞而產生損傷變形時，一般均會對其變形範圍內均分成六等分，然後量測記錄這六等分之變形量。由現場所量測之變形量再配合車子之勁度即可計算求得車子於碰撞時之行車速度。為了要驗證本研究建立之肇事速度推估軟體-碰撞模式行車速度推估模式之適用性，因此本研究採用由美國道路交通安全管理局(NHTSA)之 EASi Engineering 所公開之 Ford Taurus 有限元素模型分別以 48.27 km/hr、40.23 km/hr 的速度撞擊剛性牆之模擬測試，並根據美國道路交通安全管理局(NHTSA)之 Ford



Taurus 實車撞擊資料做為參考依據，探討由車輛碰撞之變形能量進行推估車輛碰撞前之車速。碰撞後 Ford Taurus 模型之壓縮變形部分取六等份並量取變形量，再根據 NHTSA 撞擊資料庫中可得知 Ford Taurus 之勁度係數，其值分別為勁度係數 A 為 9673、勁度係數 B 為 13093.33、係數 G 為 3714.24，將所得之數據代入(4)式，可求得碰撞時之能量分別為 16993.45 焦耳與 14608.69 焦耳，最後再將碰撞時之能量代入(3)式即可求得撞擊時之速度分別為 53.24 km/hr 及 46.22 km/hr，與實際撞擊速度相比較其誤差分別為 10.29%、14.88%，如表 3 所示。而造成此誤差可能為本研究中 Ford Taurus 有限元素模型在車輛前端之材料或結構與 NHTSA 撞擊測試之車種有所差別所造成的誤差。若將車輛碰撞壓縮變形量輸入分析軟體中進行肇事行車速度推估，由表 3 中得知分析軟體之行車速度推估結果與(3)式推估值之誤差均在 1%以下，故本研究之肇事速度推估軟體可應用於碰撞模式中。

表 3 碰撞推估速度比較表

方法 次數	實際撞擊 速度 (km/hr) (A)	(3)式 推估值 (km/hr) (B)	分析軟體 (km/hr) (C)	誤差(%) $(\frac{C-A}{A})$	誤差(%) $(\frac{C-B}{B})$
測試 1	48.27	53.24	53.6	10.29%	0.67%
測試 2	40.23	46.22	46.23	14.88%	0.021%

5.3 側滑煞車痕之實例分析

當發生緊急情況時駕駛者除了踩煞車踏板外，為了閃避前方之來車或危急情況時而轉動方向盤造成車子產生側滑痕，在交通事故之現場若留有側滑之煞車痕時，可藉由量測煞車痕之弦長與中心長，即可算出弧之曲率半徑，進而可求得行車速度。為了要驗證本研究建立之肇事速度推估軟體-側滑煞車痕行車速度推估模式之適用性，本文以 Baxter【12】等人利用 Ford Taurus 所做的實車試驗結果進行側滑煞車痕速度之推估，Baxter 實驗中煞車試驗以量取現場之摩擦係數值，由現場量測之數據得知路面之摩擦係數為 0.85，進而在進行曲線煞車痕之實驗，並且量其弦長與中心距並記錄，若將 Baxter 實驗所記錄之弦長與中心距之值代入曲率半徑之數學式，即可求得曲率半徑，如表 4 所示，再將所計算之曲率半徑值與摩擦係數值代入(6)式中即可求得行車速

度，如表 5 所示，由表得知推估值與實際之車速誤差在 5% 以內。若將側滑之煞車痕曲率半徑輸入分析軟體中進行肇事行車速度推估並進行比較。由分析軟體其計算結果與(6)式推估值之誤差值均在 1% 以下，而與實際之車速度比較其誤差在 3% 以下，主要原因是第一次試驗速度量測係使用雷達測速器而並非放置於車上之速度計，因此誤差達 5%。由上述實例分析結果得知，本研究建立之肇事速度推估軟體可有效應用於車禍事故鑑定中。

表 4 Baxter 實驗數據【12】

條件 次數	實驗速度 (km/hr)	弦長 (m)	中心距 (m)	曲率半徑 (m)
測試 1	83.68	12.8	0.35	57.91
測試 2	96.55	24.38	0.81	92.04
測試 3	80.46	18.28	0.71	59.13

表 5 側滑煞車痕推估速度比較表

方法 次數	實驗數據 (km/hr) (A)	(6)式 推估值 (km/hr) (B)	分析軟體 (km/hr) (C)	誤差(%) $\frac{C-A}{A}$	誤差(%) $\frac{C-B}{B}$
測試 1	83.68	79.01	79.13	5.43%	0.15%
測試 2	96.55	99.77	99.14	2.68%	0.63%
測試 3	80.46	79.98	79.46	1.24%	0.65%

陸、結論

本論文以直線煞車痕、車損法與側滑煞車痕等三種行車速度推估理論，並使用 C++ Builder 程式語言及 Microsoft Access 資料庫建立一套簡易肇事速度推估分析軟體，由本論文分析結果顯示，各類推估理論之推估結果與實驗或文獻之數據皆非常接近。顯示本研究建立之肇事速度推估分析軟體中之直線煞車痕之行車速度推估理論、車損法之行車速度推估理論與側滑煞車痕之行車速度推估理論之適用性，故此肇事速度推估分析軟體可有效應用於車禍肇事鑑定中。由本論文研究所得結論有以下幾點：

1. 由此推估分析軟體結果與實驗或文獻之數據比較，其直線速度推估模式與側滑痕速度推估模式誤差均在 6% 以下，而車損法之速度模式與實際之誤差

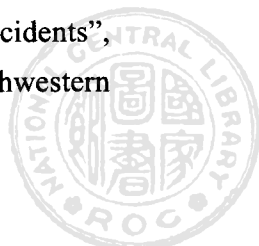


為 14%，而造成車損法之速度推估誤差較大的原因可能是 Ford Taurus 有限元素模型中，前方之材料或者結構與 NHTSA 撞擊測試之車種有所差別而造成。雖然車損法之速度推估模式與實驗數據誤差較大，但以推估分析軟體計算僅須將車輛碰撞後之變形量輸入即可計算肇事速度，對於以往人工繁瑣之計算可有效節省鑑定時間。

2. 本論文建立了各類型車輛之勁度係數資料庫，並且便於提供查詢，對於推估肇事行車速度或肇事鑑定等均有所助益。
3. 簡易肇事速度推估分析軟體的基本雛形已完成並可使用，對於日後須要使用推估行車速度的鑑定人或司法單位，本軟體可提供快速且有效的查詢與計算方式。

參考文獻

1. 丁國樑、王瑩瑋，“兩車平面碰撞肇事重建之專家系統雛形”，全國車輛行車事故鑑定、分析與處理技術研討會，第 165-204 頁，1991。
2. 陳高村，“肇事重建技術運用於碰撞模擬動畫制作之研究”，道路交通安全與執法研討會，第 235-250 頁，2003。
3. 郭友中，“應用電腦輔助繪圖與影像處理在完整汽車肇事鑑定作業程序上之研究”，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，1992。
4. 鄭凱仁，“HVE-2D 汽車碰撞模擬軟體輔助交通事故鑑定之評估”，台灣科技大學機械工程研究所碩士論文，2002。
5. 曾慶忠，“應用 3D 重現技術輔助汽車肇事之研究”，中央大學機械工程研究所碩士論文，2002。
6. 交通部運輸研究所，“肇事鑑定之煞車距離應用與行車速度推估方法之研究”，2003。
7. T. D. Day and R. L. Hargens, “An Overview of the Way EDCRASH Computes Delta-V”, SAE Paper No. 870045, pp. 183-198, 1987.
8. B. G. McHenry and R. R. McHenry, “RICSAC-97 Areevaluation of the Reference Set of Full Scale Crash Tests”, SAE Paper No. 970961, 1997.
9. G. W. Cooper, “Work,Energy,and Speed from Damage in Traffic Accidents”, Topic 870 of the Traffic Accident Investigation Manual, Northwestern



University Traffic Institute, 1990.

10. J. C. Collins, "Accident Reconstruction", Charles C. Thomas Publisher , 1979.
11. L. B. Frick and J. S. Baker, "Drag Factor and Coefficient of Friction in Traffic Accident Reconstuction", Traffic Accident Investigation Manual Vol2, Northwestern University Traffic Institute, 1990.
12. A. T. Baxter and J. R. Mentzer, "critical speed field testing of A passing vehicle", National Association of Traffic Accident Reconstructionists and Investigators.

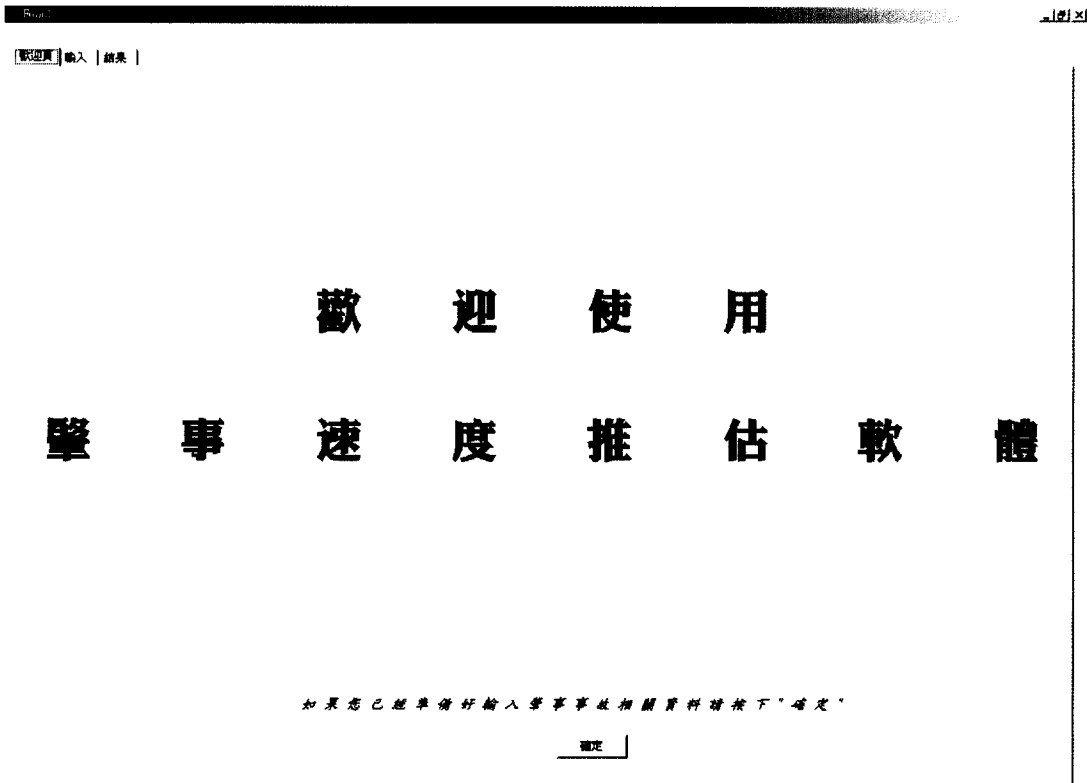


圖 2 歡迎首頁



歡迎頁 | 輸入 | 結果 |

請選擇汽車年份	2002	請選擇車輛	SAA	請輸入車重	2000	kg	請選擇路面條件	柏油路面(新鋪)	
請選擇煞車系統	有ABS	請選擇車款	ESIMV					請選擇路面狀況	乾濕路面

圖 3 相關參數輸入

☒ 直線煞車痕

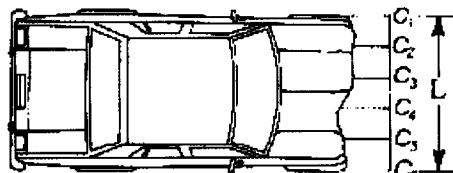
請輸入煞車痕長度 m



圖 4 直線煞車痕模式

☒ 碰撞

請輸入碰撞相關資料



請輸入變形寬度	1.803	m
請輸入變形量1	0.254	m
請輸入變形量2	0.292	m
請輸入變形量3	0.312	m
請輸入變形量4	0.323	m
請輸入變形量5	0.318	m
請輸入變形量6	0.292	m

圖 5 碰撞模式

☒ 曲線煞車痕

請輸入弦長(如圖ab長) m

請輸入弧至弦之距離(如圖cd長) m

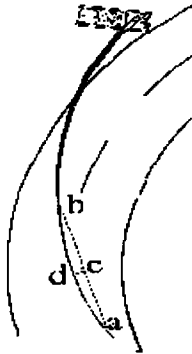


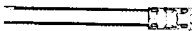
圖 6 曲線煞車痕模式

歡迎頁 | 輸入 | 結果 |

請選擇汽車年份 請選擇車種 請輸入車重 kg 請選擇路面條件
 請選擇煞車系統 請選擇車款 請選擇路面狀況

☐ 直線煞車痕

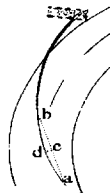
請輸入煞車痕長度 m



☐ 曲線煞車痕

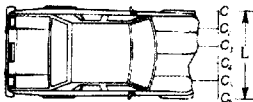
請輸入弦長(如圖ab長) m

請輸入弧至弦之距離(如圖cd長) m



☐ 車體

請輸入車體相關資料



請輸入變形寬度 m
 請輸入變形量1 m
 請輸入變形量2 m
 請輸入變形量3 m
 請輸入變形量4 m
 請輸入變形量5 m
 請輸入變形量6 m

確定

清除

圖 7 資料輸入頁

歡迎頁 | 輸入 | 結果 |

您選擇的汽車為 2000

您輸入的車重為 1725 (kg)

您選擇的路面為 乾濕地面

您輸入煞車碟長度為 20 (m)

您輸入的弦長為 0 (m)

您輸入弦至弦之距離為 0 (m)

您輸入雙行寬度為 0 (m)

您輸入變形量1為 0 (m)

您輸入變形量2為 0 (m)

您輸入變形量3為 0 (m)

FORD

柏油路面(1-3年)

您輸入變形量4為 0 (m)

您輸入變形量5為 0 (m)

您輸入變形量6為 0 (m)

TAURUS

摩擦係數為 0.73

您輸入變形量4為 0 (m)

您輸入變形量5為 0 (m)

您輸入變形量6為 0 (m)

A 11345

B 16525

C 4047.66

行車速度 62.29

若想要修改數據請按「上一頁」

←

圖 8 結果頁

