

以人體損傷條件建立之肇事重建模式

鄧作樑¹ 吳建昌²

1 大葉大學機械與自動化工程學系教授

2 大葉大學機械工程研究所研究生

摘 要

為能輔助監理與司法機構運用肇事重建技術判斷肇事雙方之肇事責任歸屬，本研究為增進現行肇事鑑定作業程序之客觀因素，增列未盡考量之乘員損傷部份，建構肇事重建之流程，反推車禍事故前之撞擊速度，作為「以果推因」之肇事重建模式，以提供相關單位作為肇事鑑定之參考。因此本研究將探討不同速度正面撞擊時，計算人偶頭部加速度值，並依據美國 FMVSS 208 法規計算頭部傷害指標 (HIC) 之量化值，來判斷乘客損傷程度與受傷量化值之關係，進一步由已知之受傷結果反推撞擊前之速度，以建構受傷量化值與撞擊速度之對應關係。為確定以人體損傷條件所建立肇事重建模式的正確性，本研究建構之肇事鑑定程序，經文獻中三個車禍事故實例比對，所得知之結果與實際車禍撞擊速度差異性小，由此可知，此方式可作為判定肇事鑑定之客觀因素與增進鑑定之可信度。

壹、前 言

由於時代的演進，人類對大眾交通運輸工具性能的需求與數量不斷提升，相對使得交通事故肇事率與乘客受傷率亦大幅提高，其所導致肇事案件糾紛層出不窮，引起許多民事訴訟；故乘客安全問題與肇事糾紛處理已成為現今民眾所關注之焦點。由於車禍的責任歸屬，將直接影響當事人的權益，故肇事責任的鑑定須具專業性及可信度，一般車輛行車事故鑑定必須依據員警現場處理所蒐集的證據，包括肇事人證詞、見證人證詞、現場跡證、車體跡證、人體跡證等，經由肇事重建的程序，分析出肇事原因，再經由道路交通安全法規的歸責法則，以判定當事人的肇事責任。車禍事故皆呈現最後的現場靜止狀態，而事故發生前及發生期間的真實情況難以窺探，只能依據事故現場與雙方的筆錄等資料來推估，惟其正確性爭議較大；故如何建立一正確之肇事重建系統為肇事鑑定技術發展的重要課題之一。所謂肇事重建(traffic accident reconstruction)主要藉由事故現場紀錄收集、調查與分析，將事故涉案車輛之時空關係，以力學及電腦工程等理論技術將真實肇事過程進行正確模擬與還原，即是由碰撞後終止位置反推回碰撞過程，在反推回碰撞前各車輛之運行狀態，藉以研判分析肇事原因。為能輔助監理與司法機構運用肇事重建技術判斷肇事雙方之肇事責任歸屬，建

立肇事重建資料之可信度及正確性為車輛行車事故鑑定之首要工作。

近年來各先進國家對於交通安全的研究相當重視，不論是道路設計品質的提昇或是汽車設計製造水準都有長足的進步。對於道路交通事故發生之預防或肇事後之肇事現場重建與原因分析，也都投注相當的人力與經費，致力於交通安全的改善研究，尤其在電腦科技快速發展後，以其對龐大複雜資料處理的優勢能力，不論在歐美各國或日本積極的陸續研究發展肇事重建之應用軟體。在國外常見肇事重建模式中，通常採用碰撞模式與軌跡模式來說明車輛碰撞前後行為，例如美國運輸部所資助研究的卡爾斯本公路肇事速率重建模式(CRASH：Calspan Reconstruction of Accident Speed on the Highway Program)、汽車碰撞模擬模式(SMAC：Simulation Model of Automobile Collision Program)、公路車輛模擬模式(HVOSM：Highway Vehicle Object Simulation Model)、能量速率等量肇事重建模式(ESS-ARM：Equivalent Energy Speed Accident Reconstruction Program)、平面角碰撞衡量模式(IMPAC：Impact Momentum of A Planar Angled Collision Program)、汽車彈射軌跡模擬模式(VTS：Vehicle Trajectory Simulation Program)及曳引車煞車轉向模擬(TBS：Tractor Braking and Steering Simulation)[1-3]。多數肇事重建模式大多使用二維空間表現，但 HVOSM 模式可以三維空間解釋。多數學者認為 HVOSM 模式和其他模式比較，為較佳的肇事重建模式。國內也有部分的學者致力於肇事重建模式之研究發展，例如丁國樑及王瑩璋教授[4-6]利用肇事線場所遺留跡證，建立完整的輔助肇事重建電腦碰撞模擬系統。廖慶秋先生等[7]探討車輛煞車距離及胎痕的影響因素，並建立由煞車胎痕長度推算肇事前行車速度之計算模式。陳高村教授[8]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、方法與歸責法則。曾慶忠先生[9]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。其相關資訊配合事故重現軟體，可更準確算出車子肇事時的車速及行向，更有效地輔助鑑定委員判斷肇事責任之歸屬。陳苑惠小姐[10]探討美國所發展的 HVE-2D 汽車碰撞模擬系統應用於國內雙車事故碰撞模擬的可行性，亦探討員警蒐證技術與設備等議題。鄭凱仁先生[11]利用 HVE-2D 碰撞軟體模擬實際交通事故案例，並發現 HVE-2D 之內建車輛碰撞資料庫，對於台灣目前所有之上市車種而言，有明顯的不足，此因素對於模擬結果的正確性有相當程度的影響。

一般肇事鑑定之重點在於人、車、路、環境等四大部份之分析，其中人的部份在於肇事者之現場筆錄及目擊者筆錄之敘述；車的部份在於撞擊型態、變形程度、散落物及煞車痕跡之蒐集；路的部份在於路權之使用，瞭解是否有侵權之行為；環境的部份在於肇事現場當時之天候、地形、地物等等。惟分析之條件，直至現今仍未從人體損傷分析的角度作考量，本研究為增進現行肇事鑑定作業程序之客觀因素，增列未盡考量之乘客損傷部份，建構肇事重建之流程，反推車禍事故前之撞擊速度，作為「以

果推因」之肇事重建模式，以提供相關單位作為肇事鑑定之參考。因此本研究將探討不同速度正面撞擊時，計算人偶頭部加速度值，並依據美國 FMVSS 208 法規計算頭部傷害指標（HIC）之量化值，來判斷乘客損傷程度與受傷量化值之關係，進一步由已知之受傷結果反推撞擊前之速度，以建構受傷量化值與撞擊速度之對應關係。為確定以人體損傷條件所建立肇事重建模式的正確性，並運用本論文重建模式與文獻中車禍實例進行分析與比較。

貳、肇事重建模式

2.1 肇事重建之損傷基礎

一般探討車禍撞擊中乘客受傷程度的研究範疇可區分四大部分來討論，其一是以實際的車禍事故中人體所受到的損傷程度來判斷，其判斷標準是由臨床醫生來判定人體損傷程度及簡易損傷指標（Abbreviated Injury Scale；AIS）等級之量化值。其二是進行死屍實驗來判斷損傷程度，在進行實驗前必須利用外科手術醫生於死屍之頭、胸、腰等部位植入加速規來量測人體各部位所受到撞擊時之加速度時間歷程圖，並藉由加速度來計算頭部受傷量化值（Head Injury Criteria；HIC）胸部受傷量化值（Chest Severe Injury；CSI）及 AIS 損傷等級之量化值。其三是建構與人類近似之實驗人偶來進行撞擊實驗，其損傷程度是依據人偶架設之加速規所量測之加速度時間歷程圖來判定損傷程度，並藉由加速度來計算頭部（HIC）胸部（CSI）及 AIS 損傷等級之量化值。其四是依據實驗人偶建構有限元素人偶模型來進行撞擊模擬，其損傷程度是依據實驗人偶所架設加速規之相對位置來建構有限元素加速規模型，量測加速度時間歷程圖判定損傷程度，並藉由加速度來計算頭部（HIC）胸部（CSI）及 AIS 損傷等級之量化值。

綜合上述研究過程，可得知利用 AIS 損傷等級是判斷損傷程度之主要標的，惟 AIS 損傷程度僅以量化值來表示，未能深入涵蓋人體各部位實際損傷程度及範圍，故如何建構完善 AIS 損傷等級區分與乘客損傷程度之關係是建立肇事重建模式「以果推因」作業平台之關鍵所在。為建立此作業平台須完成正面撞擊型態分析、撞擊速度與人體損傷程度分析、AIS 損傷等級與人體各部位量化值分析（頭部 HIC、胸部 CSI、腰部 G 值）作為前置工作，再利用臨床醫生所判斷之損傷程度，對應本研究所建構之人體各部位與 AIS 損傷等級區分表來判定 AIS 等級，即可以數值模擬分析方法重建車禍事故。

2.2 人體損傷量化值與 AIS 等級之關係

一般車禍事故中僅能藉由臨床醫生來判斷乘員損傷，無法進一步獲得 AIS 等級與人體各部位損傷量化值（HIC 值、CSI 值）；本研究將參考 Langwieder [12]等人針對

318 個正面撞擊車禍事故與數值模擬所建立人體各部位損傷與 AIS 等級之比對架構，並依其結果來建構肇事重建之作業平台。其研究過程共區分三階段：

(1) 第一階段：

首先建構相同的車禍事故環境 (Equivalent Accident Characteristic ; EAC) 平台；為了連接車禍事故與數值模擬之關係，須先行建立與兩者共同交集的車禍事故環境比對平台，其比對平台之架構，如圖 1 所示。

(2) 第二階段：

接著建構車禍事故乘客損傷等級 (AIS) 與數值模擬 (DL) 之關係平台與定義乘客損傷上、下曲線之範圍；一般在相同的車禍事故環境 (EAC) 的條件下，可分別得到藉由撞擊試驗與電腦模擬之數值模擬 (DL) 與相同的車禍事故環境關係圖形及車禍事故乘客損傷程度等級 (AIS) 與相同的車禍事故環境之關係圖形，藉由此對應關係可除去共同建構的車禍事故環境之條件，直接獲得車禍事故乘客損傷等級與數值模擬之關係，如圖 2 所示；然而，在車禍事故乘客損傷程度等級與相同的車禍事故環境關係中，必須考慮車禍事故中導致乘客損傷的內在參數，諸如乘客的生理機能 (年齡、身高、體重、性別) 個別的損傷標準、汽車外部及內裝幾何、乘客的抑制系統等等；在模擬過程中，除乘客損傷是必須深入考量的重要參數外，其餘必須將這些內在參數視為一個常數，取一個汽車均值 (average sized car) 作為模擬之基礎。為使乘客損傷之定義更具可信度，該研究將損傷範圍定義 5 %、50 %、95 % 等三條曲線來表示損傷程度之信賴區間，主要之目的在統括車禍事故初期撞擊所發生之損傷及第二次撞擊所發生之額外損傷。

(3) 第三階段：

最後建構車禍事故與數值模擬損傷標準對照圖；係依據 318 個車禍事故之撞擊型態範圍建立，主要包括正面撞擊與偏斜撞擊等兩大類，其餘側面撞擊或後面撞擊等撞擊型態不涵蓋在此。因此，為建構車禍事故與數值模擬損傷標準之關係，所採用之方法同第二階段之步驟。先在相同的車禍事故環境的條件下，分別得到數值模擬值之損傷結果 (頭部 HIC、胸部 CSI、腰部 G 值) 與相同的車禍事故環境關係圖形及車禍事故乘客損傷程度等級與相同的車禍事故環境之關係圖形，藉由此對應關係可除去共同建構的車禍事故環境之條件，直接獲得車禍事故乘客損傷等級與數值模擬所得到之頭部 (HIC)、胸部 (CSI)、腰部 (G 值) 等比對關係，完成車禍事故與數值模擬損傷標準對照圖，如圖 3~圖 5 所示。

2.3 人體損傷程度與 AIS 損傷等級關係之建構

為建構乘客各部位損傷程度與 AIS 損傷等級之關係，參考醫學規則系統章程 (The Medical Algorithms Project)[13] 與 IDIADA 汽車科技中心 (IDIADA—Automotive Technology Center) 之資料，將乘客損傷部位區分頭部、胸部、腹部與骨盤、脊骨、

四肢等五大部分作為乘客損傷區隔，並依據 AIS 所劃分之等級逐一建構 AIS 損傷等級與乘客各部位損傷程度之關係，如表 1~表 5 所示。

2.4 撞擊速度與頭部 HIC 值之對應關係

參考相關文獻[14,15]得到八條正面撞擊之不同速度的台車衝擊曲線加速度圖，如圖 6，進行台車衝擊試驗動態模擬，探討頭部在非接觸下求取人偶頭部受傷之量化值，其結果如圖 7 所示；並依據各別速度（X 軸）所得到之頭部量化值（Y 軸）建立座標位置，如表 6，且利用數值模擬分析軟體 - MATLAB 之曲線擬合（curve fitting）之功能，求取曲線化之頭部 HIC 值與速度之對應關係，如圖 8 所示，其撞擊速度推算方程式為：

$$HIC = 0.0028V^3 + 0.13V^2 - 0.89V - 5.5 \quad (1)$$

參、肇事重建之流程

本作業平台是以臨床醫生判定車禍事故中乘客損傷程度為起點，利用所判定之損傷對照本研究所建構之簡易損傷等級與乘客各部位損傷程度表，瞭解各部位所受傷之簡易損傷程度，並藉由簡易損傷程度與乘客各部位對應之關係，得到頭部（HIC）、胸部（CSI）、膝部（G 值），進一步將頭部 HIC 值帶入吾人所建構之撞擊速度-頭部損傷量化值方程式，即可反推撞擊前之速度，以為肇事鑑定「以果推因」之基礎，其作業平台流程圖如 9 所示；其反推撞擊速度之步驟如下：

步驟一：藉由臨床醫生判定乘員損傷程度，並由表 1~表 5 判定 AIS 等級。

步驟二：利用圖 3~圖 5 關係圖將 AIS 等級對應頭部 HIC 值、胸部 CSI 值、膝部 G 值，讀取 HIC 值、CSI 值、G 值大小。

步驟三：將 HIC 值、CSI 值、膝部 G 值代入反推速度之各關係式中，計算肇事撞擊前之速度。

肆、肇事重建實例分析

本研究為確認所建構肇事損傷重建模式「以果推因」之作業平台是否適用，將參考 Bruno[16]所統計的車禍事故撞擊損傷表來反推撞擊前之速度；以下就以三個車禍事故實例進行肇事速度重建：

1.實例一：21 歲男性駕駛以等效撞擊速度（Equivalent Energy Speed, EES）60km/h 作正面撞擊，造成頭部超過十五分鐘無意識及顱內損傷。

肇事重建：將其損傷程度，帶入本研究所建構之肇事重建之流程圖；第一步驟為判定 AIS 等級，以臨床醫生判定損傷程度對應簡易損傷標準表得到 AIS 為 3；第二步驟比對頭部 HIC 值，將 AIS 為 3 之等級對應至圖 3，得到頭部 HIC 值為 960；第三步驟反推撞擊速度，將 HIC 值為 960 代入（1）

式中即可推算得到撞擊前之速度為 58.78km/h，較實際車禍事故之撞擊速度低 1.22 km/h。

2.實例二：21 歲男性駕駛以等效撞擊速度 (Equivalent Energy Speed, EES) 55km/h 正面撞擊,造成部超過十五分鐘無意識 顱內損傷及三小時以內喪失記憶。

肇事重建：將其損傷程度，帶入本研究所建構之肇事重建之流程圖；第一步驟為判定 AIS 等級，以臨床醫生判定損傷程度對應簡易損傷標準表得到 AIS 為 3；第二步驟比對頭部 HIC 值，將 AIS 為 3 之等級對應至圖 3，得到頭部 HIC 值為 960；第三步驟反推撞擊速度，將 HIC 值為 960 代入 (1) 式中即可推算得到撞擊前之速度為 58.78km/h，較實際車禍事故之撞擊速度高 3.78 km/h。

3.實例三：27 歲男性駕駛以等效撞擊速度 (Equivalent Energy Speed, EES) 50km/h 正面撞擊，造成部超過十五分鐘無意識、臉部裂傷及顏骨破裂。

肇事重建：將其損傷程度，帶入本研究所建構之肇事重建之流程圖；第一步驟為判定 AIS 等級，以臨床醫生判定損傷程度對應簡易損傷標準表得到 AIS 為 2；第二步驟比對頭部 HIC 值，將 AIS 為 2 之等級對應至圖 3，得到頭部 HIC 值為 640；第三步驟反推撞擊速度，將 HIC 值為 640 代入 (1) 式中即可推算得到撞擊前之速度為 50.45km/h，較實際車禍事故之撞擊速度高 0.45 km/h。

綜合上述，在不考慮低速度撞擊產生嚴重傷害與高速撞擊之下毫髮無傷的情況下，得知本研究所建構之肇事重建流程，可以預估到撞擊前之速度；此肇事重建模式「以果推因」之作業平台可提供相關單位作為肇事鑑定之參考。

伍、結論

肇事重建模式之可信度及正確性為車輛行車事故鑑定之第一要務。本研究為增進現行肇事鑑定作業程序之客觀因素，增列未盡考量之乘客損傷部份，建構肇事重建模式「以果推因」之作業平台，以提升肇事重建的可信度與正確性。本研究建構之肇事鑑定程序，經三個車禍事故實例比對，所得知之結果與實際車禍撞擊速度差異性小，由此可知，以人體損傷條件建立之肇事重建模式可作為判定肇事鑑定之客觀因素與增進鑑定之可信度。由於對肇事重建模式之分析條件，直至現今仍未從人體損傷分析的角度作考量，目前本研究先從人體頭部損傷程度與車禍撞擊速度關係進行探討，但一般車禍事故之人體損傷為整體性的，故未來進行肇事損傷重建模式「以果推因」時，可朝向利用全車模型進行不同撞擊速度之模擬，以探討胸部 CSI、骨盤加速度值，並反推車禍事故前之撞擊速度；進一步可以整合頭部 HIC、胸部 CSI、骨盤加速度值所反推之速度，建構完善人體損傷反推撞擊前之速度，即是以一個整合量化值來反推撞

擊前之速度，則可使以人體損傷條件建立之肇事重建模式更加完整。

參考文獻

1. McHenry B. G. and McHenry R. R., "SMAC-97 - Refinement of the Collision Algorithm," SAE Technical Paper, 1997 International Congress and Exposition, 1997.
2. McHenry B. G. and McHenry R. R., "CRASH-97 - Refinement of the Trajectory Solution Procedure," SAE Technical Paper No. 97-0949, 1997 International Congress and Exposition, 1997.
3. McHenry B. G. and McHenry R. R., "HVOSM-87," SAE Technical Paper No. 880228, International Congress and Exposition, 1987.
4. 丁國樑，王瑩瑋，兩車平面碰撞肇事重建之專家系統雛型，中華民國運輸學會第六屆學術論文研討會，PP.413-429，1991。
5. 王瑩瑋，謝興盛，謝東岳，輔助肇事重建專家系統之建立，中華民國運輸學會第八屆學術論文研討會，PP.657-664，1993。
6. 王瑩瑋，丁國樑，肇事現場還原方法之案例比較研究，八十五年道路交通安全與執法研討會，PP.226-237，1996。
7. 廖慶秋，鐘國良，鐘日堂，交通事故鑑定中煞車胎痕反推行車速度模式建立之研究，中華民國第二屆運輸安全研討會，PP.239-247，1995。
8. 陳高村，龍天立，侵權型態事故肇事責任鑑定方法之建立，中華民國第二屆運輸安全研討會，PP.257-266，1995。
9. 曾慶忠，應用 3D 重現技術輔助汽車肇事鑑定之研究，碩士論文，中央大學機械工程研究所，2001。
10. 陳苑惠，許瓊今，彭玉伶，HVE-2D 汽車碰撞模擬系統應用於國內雙車事故模擬之研究，第八屆運輸安全研討會，pp.329-335，2001。
11. 鄭凱仁，以 HVE-2D 汽車碰撞模擬軟體輔助交通事故鑑定之評估，碩士論文，台灣科技大學機械工程研究所，2002。
12. Langwieder K. , Danner M. and Schmelzing W., "Comparison of Passenger Injuries in Frontal Car Collisions with Dummy Loadings in Equivalent Simulations" SAE Paper No.791009, 1979.
13. 美國醫學規則系統章程 <http://www.medal.org>
14. 楊秉文，車禍事故中人體頭頸部之損傷分析，碩士論文，國防大學中正理工學院兵器系統工程研究所，2002。
15. Morgan R. M., Eppinger R. H. and Haffner M. P., "Thoracic Trauma Assessment Formulations for Restrained Driver in Simulated Frontal Impact" SAE Paper No.942206,

1994.

16. Bruno J. Y., Trosseille X. and Coz J. Y., "Thoracic Injury Risk in Frontal Car Crashes with Occupant Restrained with Belt Load Limiter," SAE Paper No.983166, 1998.

表 1 頭部 AIS 等級

| AIS 等級 | 頭部 |
|-----------|---|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ● 頭痛、頭暈，但不會喪失意識 ● 頸部因鞭甩產生疼痛（不須解剖與 X 光來佐證） ● 眼睛構造產生擦傷或挫傷 ● 眼角膜色素層損傷 ● 視網膜溢血 ● 牙齒斷裂或移位 |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ● 頭顱破裂，十五分鐘內沒有意識、沒有因過度創傷而喪失記憶 ● 頭顱、顏骨破裂或鼻子多重的破裂 ● 眼睛及周圍有裂傷 ● 視網膜分裂 ● 臉部裂傷 ● 頸部因鞭甩產生較嚴重疼痛（不須解剖與 X 光來佐證） |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> ● 頭顱破裂，超過十五分鐘沒有意識、因過度創傷導致三小時以內喪失記憶 ● 未喪失意識的封閉式頭顱破裂及其他顱內損傷 ● 眼睛失明 ● 眼睛神經剝離 ● 顏骨及眼窩等部位破裂 ● 頸部脊骨破裂，索狀組織損壞 |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> ● 頭顱破裂，超過十五分鐘沒有意識、因過度創傷導致三至十二小時喪失記憶，且有明確的神經異常現象 ● 頭顱多重破裂 |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> ● 頭顱破裂，超過二十四小時沒有意識、因過度創傷導致十二小時以上喪失記憶 ● 頭顱溢血 ● 腦壓持續增加（意識心搏持續緩慢下降，血壓累進上升，瞳孔持續放大） ● 主要呼吸道閉塞 |
| 6 | <ul style="list-style-type: none"> ● 死亡或幾乎無法生存 |

表 2 胸部 AIS 等級

| AIS 等級 | 胸部 |
|-----------|---|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ● 肌肉疼痛 ● 肋骨骨折 |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ● 2-3 根肋骨骨折 ● 多數胸牆挫傷（沒有胸腔積血、氣胸、呼吸作用阻塞的現象） |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> ● 四根或多重肋骨骨折（沒有呼吸作用阻塞的現象） ● 胸腔積血 ● 氣胸 ● 橫隔膜破裂 ● 肺部挫傷 |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> ● 開放式的胸部創傷 ● 連枷胸 ● 腹腔縱隔 ● 心肌挫傷（沒有循環阻塞現象） ● 心囊損傷 |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> ● 主要呼吸道阻塞（氣管縱隔積血） ● 主動脈裂傷 ● 心肌破裂或挫傷、循環阻塞現象 |
| 6 | <ul style="list-style-type: none"> ● 死亡或幾乎無法生存 |

表 3 腹部與骨盤 AIS 等級

| AIS 等級 | 腹部及骨盤內之器官 |
|--------|---|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ● 肌肉疼痛 ● 安全帶擦傷 |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ● 多處腹腔牆挫傷 |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> ● 腹腔器官挫傷 ● 腹膜外的氣囊破裂 ● 疏尿管破裂 ● 尿道挫傷 ● 胸部與腰部脊椎破裂（沒有神經損傷） |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> ● 腹腔內器官輕度挫傷（包括脾臟、腎臟挫傷與胰臟尾部損傷） ● 腹腔內的氣囊破裂 ● 生殖器破裂 ● 胸部與腰部脊椎破裂導致半身不遂 |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> ● 腹腔內導管或器官嚴重破裂（除脾臟、腎臟與輸尿管外） |
| 6 | <ul style="list-style-type: none"> ● 死亡或幾乎無法生存 |

表 4 脊骨 AIS 等級

| AIS 等級 | 脊骨 |
|--------|--------------|
| 1 | 脫臼或扭傷 |
| 2 | 破裂（沒有索狀組織損壞） |
| 3 | 脊椎骨破裂及索狀組織損壞 |
| 4 | 殘骸骨隨症候群 |
| 5 | 四肢癱瘓 |
| 6 | 死亡或幾乎無法生存 |

表 5 四肢 AIS 等級

| AIS 等級 | 四肢 |
|--------|--|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ● 輕度扭傷與骨折 ● 手指或腳指脫臼 |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ● 多處手指或腳指骨折 ● 骨盆骨折（未變位） ● 重要關節扭傷 |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> ● 斷骨未刺穿皮膚之單純骨折 ● 多處手骨與腳骨骨折 ● 骨盆骨折及變位 ● 重要關節脫臼 ● 切除多處手指或腳指 ● 主要神經或四肢導管斷裂 |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> ● 四肢切除、骨盆壓破 |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> ● 多處開放式的四肢斷裂 |
| 6 | <ul style="list-style-type: none"> ● 死亡或幾乎無法生存 |

表 6 頭部加速度值與 HIC 值

| 撞擊速度 | 撞擊最大加速度 | 頭部最大加速度 | HIC 值 |
|--------|---------|---------|-------|
| 24km/h | 12.46g | 30g | 91.7 |
| 34km/h | 14.36g | 45g | 246 |
| 40km/h | 20.72g | 50g | 315 |
| 48km/h | 22.6g | 58g | 560 |
| 50km/h | 27.5g | 71g | 664 |
| 55km/h | 34.2g | 73g | 816.8 |
| 60km/h | 37.6g | 78g | 1020 |

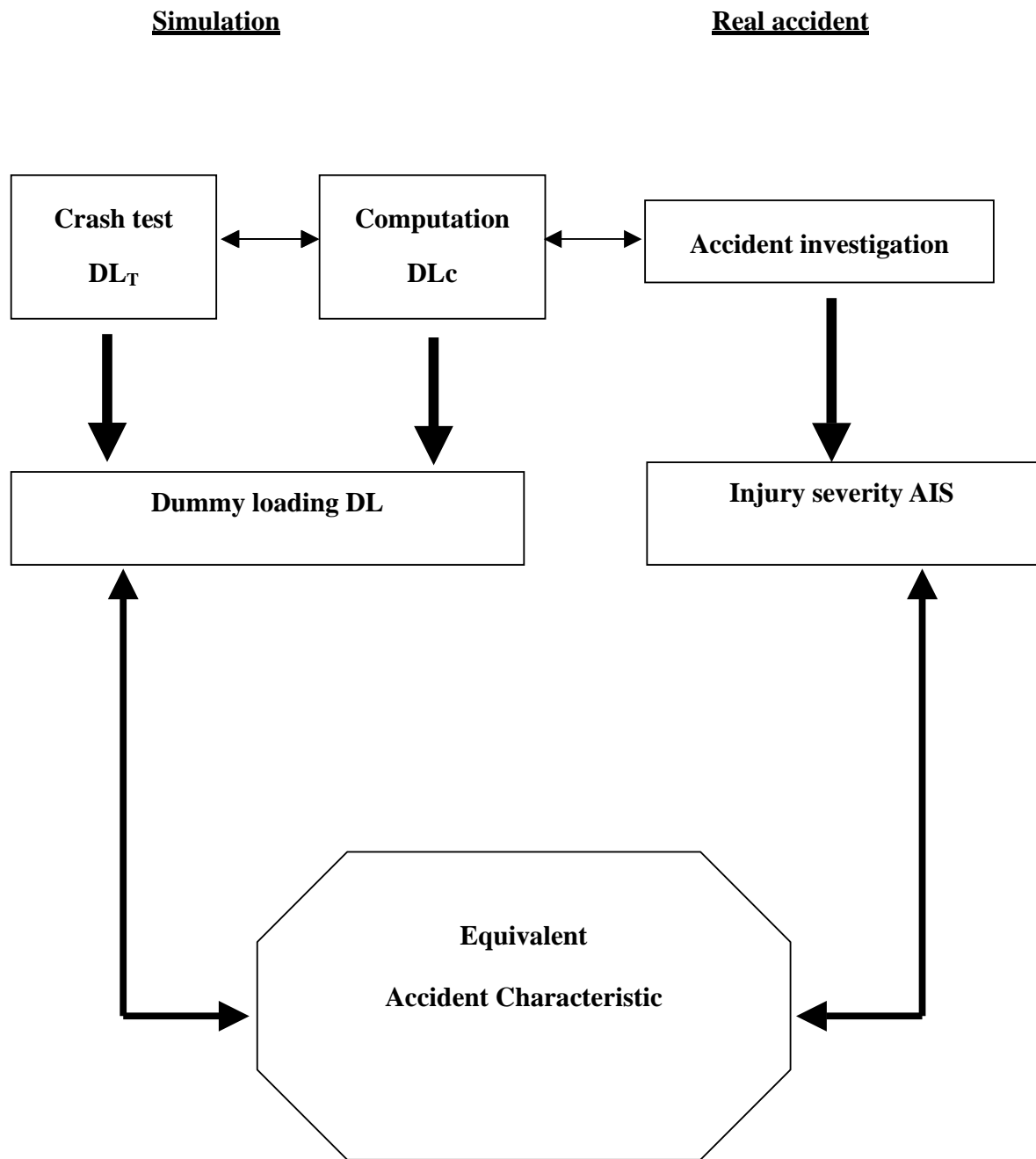
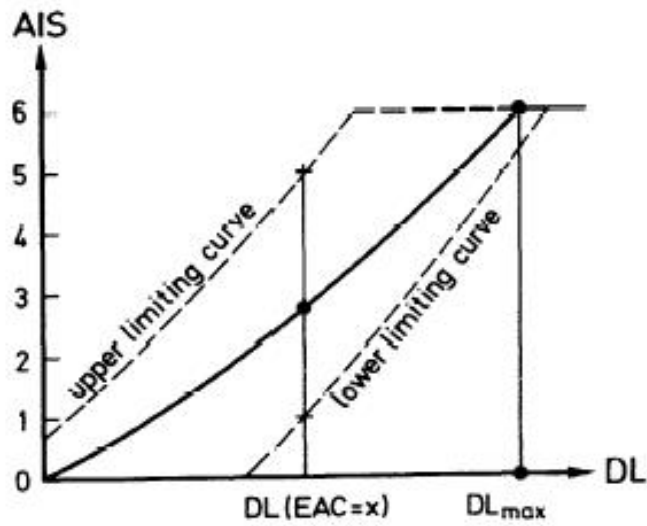
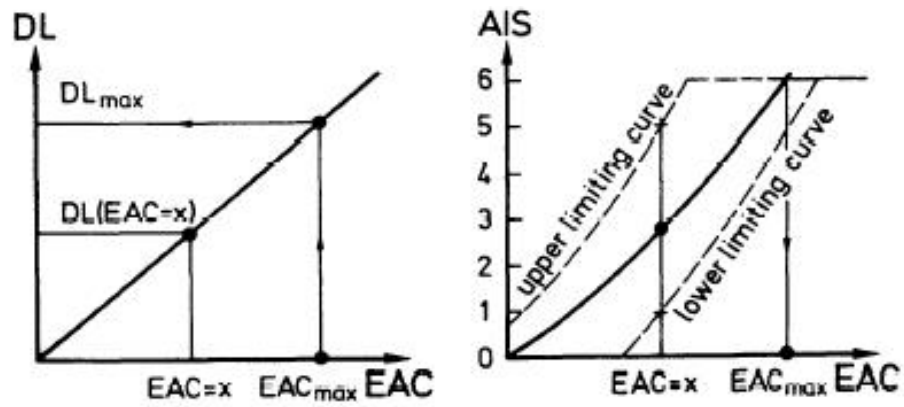


圖 1 車禍事故與數值模擬之車禍事故環境平台[12]



DL : Dummy loading

EAC : Equivalent Accident Characteristic

圖 2 損傷程度與數值模擬之對應關係[12]

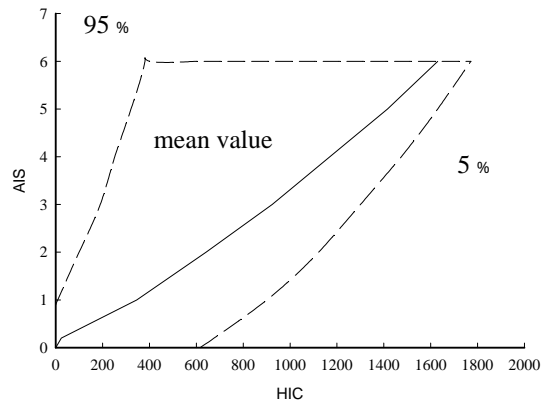


圖 3 頭部 HIC 值與 AIS 對應關係圖[12]

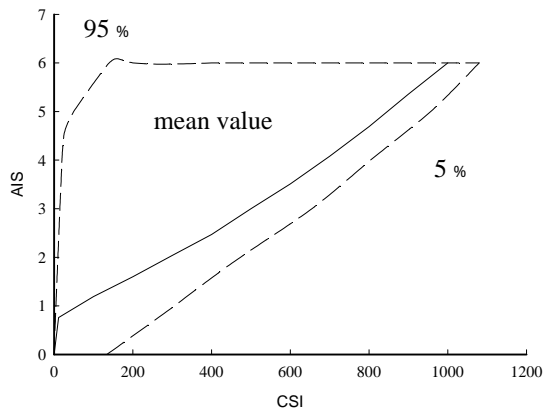


圖 4 胸部 CSI 值與 AIS 對應關係圖[12]

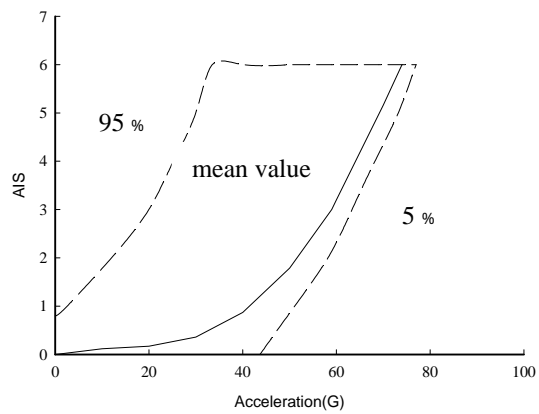


圖 5 膝部 G 值與 AIS 對應關係圖[12]

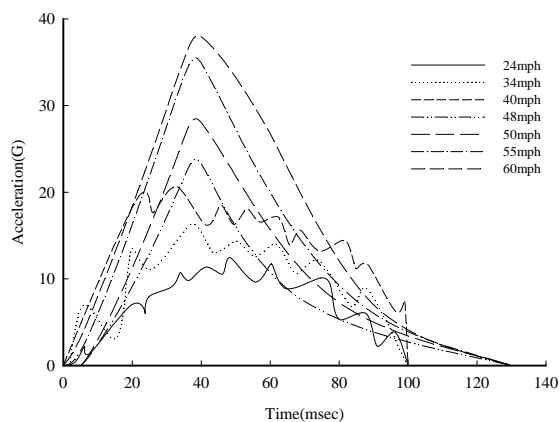


圖 6 不同速度之台車加速度曲線[14,15]

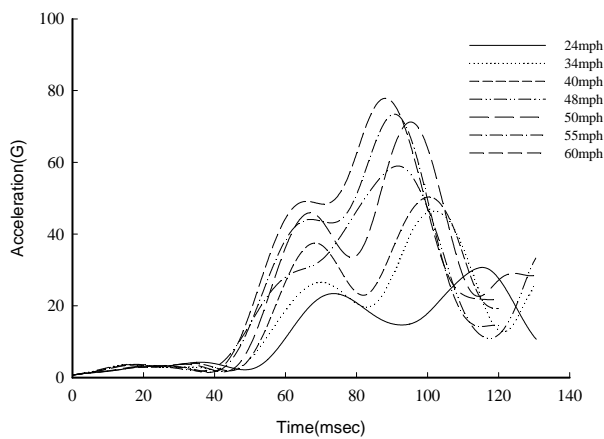


圖 7 不同速度之頭部加速度曲線

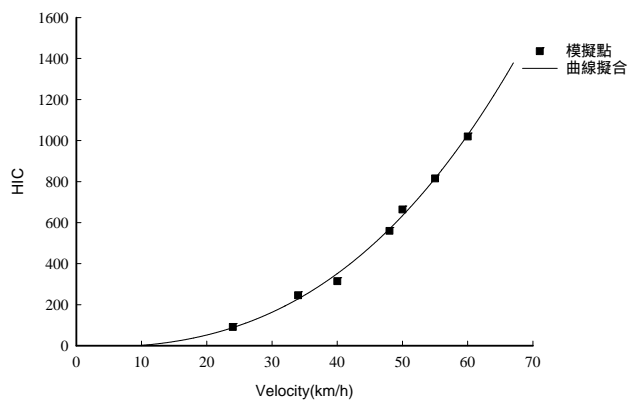


圖 8 頭部 HIC 值與速度之對應關係圖

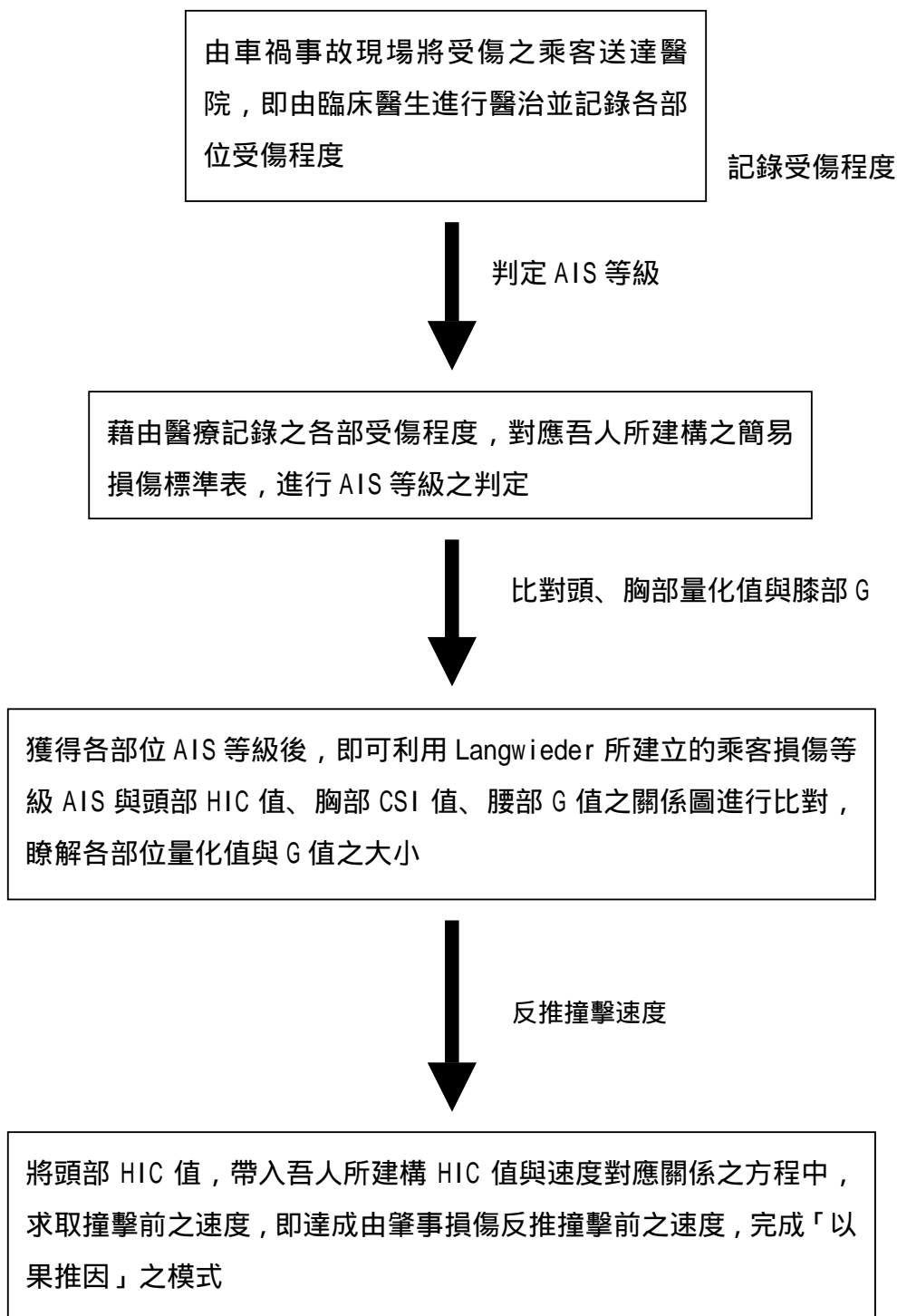


圖 9 肇事重建之流程圖