

重量對重型車操控性與穩定性之影響

李長脩^{*}；賴東閔^{**}

摘 要

重型車輛因載重大，一旦突發狀況發生，往往因駕駛員應變不及，導致失去對車輛的控制，而發生意外事故。事實上，道路交通事故的發生絕非單純人為因素所造成，大多結合車輛與環境之影響因素，然而在國內，此類之肇事檢討，大多歸咎於人為因素，而鮮少深入探索重量對車輛操控性與穩定性之影響。因此本文針對重型車重量如何影響車輛操控性與穩定性進行探討，期望使一般駕駛人員瞭解車輛的特性，並提供事故鑑定人員對意外事故重建之參考。

一、前言

近年來，隨著國內經濟的發展以及重大工程的投資與建設，帶動整體運輸業的蓬勃發展，其對國家建設之貢獻實不可抹滅，然而為使貨品有效及迅速運送到目的地，以求降低運輸成本與增加車輛使用率，業者往往藉助重型車輛的超載與超速來達成，一旦駕駛人稍有疏忽，即容易造成意外事故。

依據交通部統計資料顯示〔1〕，民國84年平均每萬輛車肇事件數以營業大客車之53.26件居首，營業大貨車53.20件居次，自用大客車23.94件居第三；若平均每萬輛意外事故死亡人數，前三名依序為營業大貨車52.33人，營業大客車45.41人，自用大客車31.91人。從以上資料顯示國內交通事故，仍以重型車為多。縱使如此，大部份之業者或駕駛員，為直接反應車輛運輸能量，仍頻頻向政府相關單位表達放寬載重等規範，然而重量的放寬與否，不僅應考慮運輸經濟的因素，更

^{*}財團法人車輛研究測試中心 測試技術處車輛安全實驗室重型車課課長

^{**}交通部路政司監理科

需要深入探討對道路、橋樑破壞的維修成本以及攸關生命的行車安全問題。特別是後者，由於生命是無價，一旦事故發生，將造成許多家庭的悲劇，對社會、國家無形中也有所傷害，因此政府相關單位當制定有關重型車輛重量法規時，應重視其對行車安全的影響。事實上，當法規的制定者在改變重型車重量限制時，並非對運輸能力有負面之影響。相反的，在安全的前提下適當的放寬重型車的總重限制，反而能使重型車輛在最大的運輸能量下提高效能，並平安的將貨品運抵目的地，而不致造成意外事故。

為能使大眾了解重量對重型車行車安全的影響，本文參考目前許多學者專家[2,3,7]對重型車動態或靜態行為研究之結果，深入的描述重量對車輛行駛之影響，對於重型車輛的操控性與穩定性進行討論，其中最主要包括三項，(1)靜態翻覆之臨界(2)車尾擺幅(3)煞車效能。期望藉此使大家了解重型車重量對行車安全的影響，同時對於制定政策者提供考慮之因素，以保障全體國民行車的安全。

二、重型車輛操控與穩定性之特性

2.1 靜態翻覆之臨界值 (Static Rollover Threshold)

靜態翻覆之臨界值是指重型車當等速轉彎時而不致翻覆的側向加速度之臨界點值(如圖1所示)。臨界點值愈高隱含愈能抗拒翻覆之能力。基本上翻覆臨界點對車輛寬度與重心高度之比值非常敏感，當車輛寬度愈大或重心高度降低，則翻覆臨界點值增加，意指車輛愈不易翻覆，反之則車輛愈不穩定。由於重型車翻覆臨界點受車輛重心高低尺度之影響，重心位置愈高，車身愈易翻覆，因而對同一車型之貨車其載運量越大，將使重心位置提高，增加車輛翻覆之可能，圖2所示[4]，即為車輛翻覆之可能性隨車輛之總重量增加而增大。從此圖亦可發現當翻覆臨界點小於0.4g時，重型車輛的翻覆對實際的翻覆臨界點非常敏感。

此外，車輛懸吊特性、輪胎之變形與大樑扭曲亦影響重型車翻覆之臨界點值，其主要原因乃車輛傾斜時懸吊系統與輪胎均非剛性體，因此會導致重心偏移之現象，相對增加車輛翻覆之可能性如圖3所示[9]，即重型聯結車隨輪胎與懸吊變形之影響，而依序降低翻覆之臨界值。雖然上述個別對臨界值影響不大，但

其總和則相當大。倘若再加上負載，則將因重心的提高而更降低其臨界值。

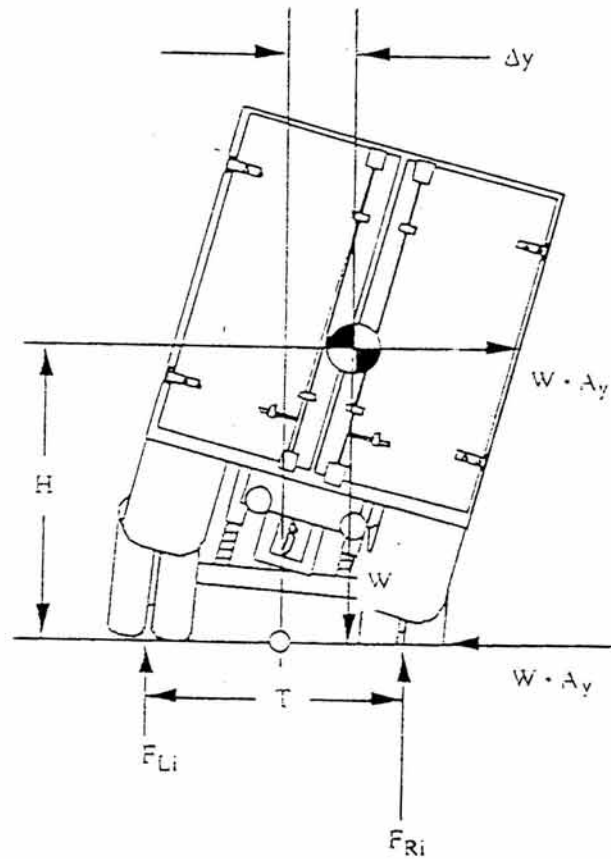


圖1 重型車靜態翻覆示意圖

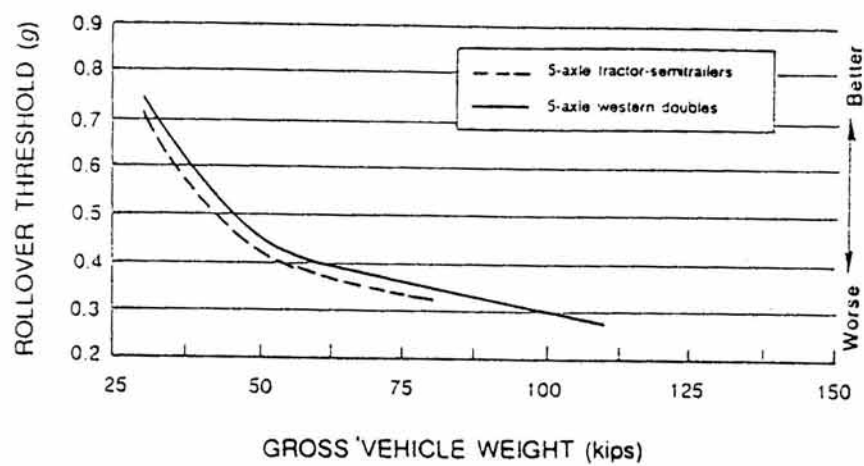


圖2 車輛總重量與車輛翻覆之關係

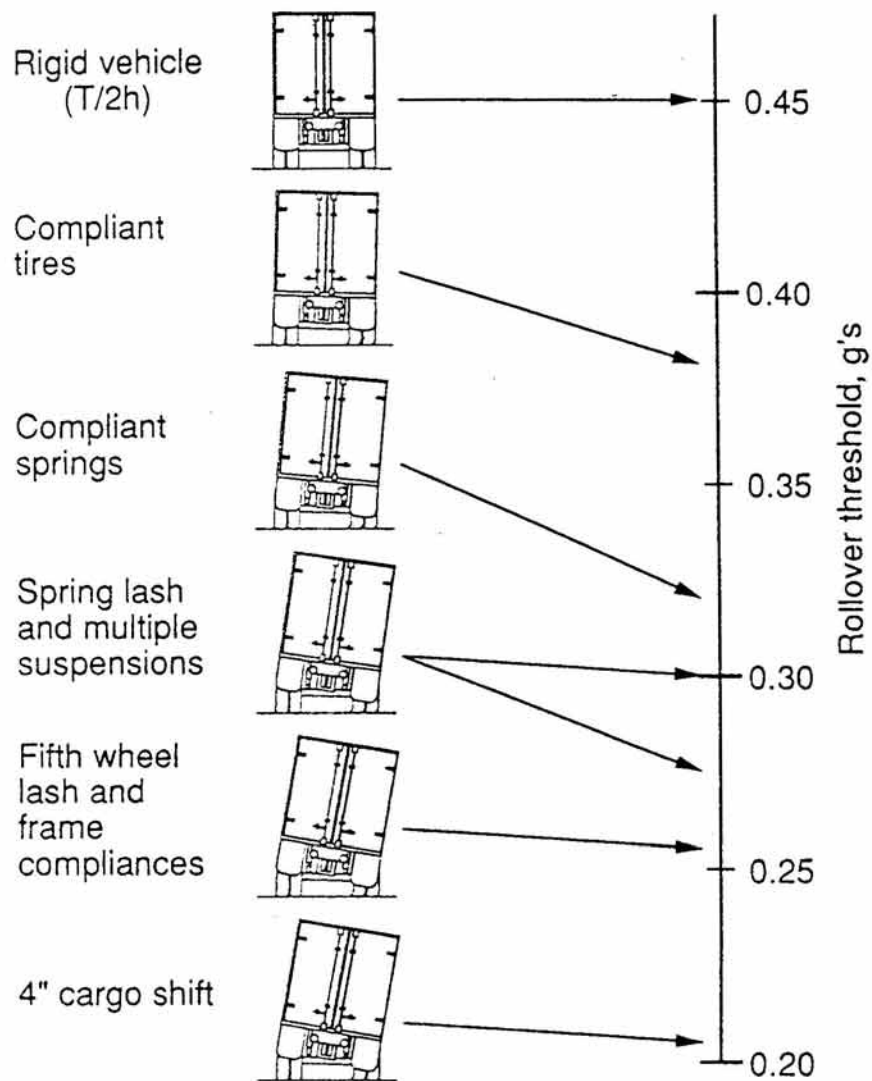


圖3 各種因素對翻覆臨界點值之影響

國內運輸業在市場惡性競爭下，往往藉由超載以降低運輸成本，然而由於超載導致重心提高，一旦急轉彎或緊急狀況下，極易造成車輛的翻覆，影響行車安全以及運輸速率，因此如何降低車輛重心高度，提高翻覆臨界點，實為防止車輛翻覆所必須正視之研究課題。

2.2 車尾擺幅(Rearward Amplification)

聯結車於高速行駛中，為閃躲障礙物或變換車道時，受強烈扭力作用下，使得車尾產生擺動振盪之現象。車尾擺幅的定義乃指最後節拖車的側向加速度與曳引車頭的側向加速度之比值，如圖4所示[10]。當車尾擺幅值愈大時，即表示拖車的側向加速度愈大於曳引車的側向加速度，倘若值過大時，將容易造成拖車的翻覆。一般而言車尾擺幅對全聯結車及多節的全拖車的行車安全較為重要，而半聯結車則較不易發生此現象。此外車速亦影響其操控及穩定性，當車速小於50公里/小時，較不易產生車尾擺幅的情形[5]。

車尾擺幅受聯結車之節數及拖車的軸距長度的影響，節數愈少，軸距長度愈長，均能減少車尾擺動幅度，此乃因節數少軸距長，所引起的車尾擺幅相對減少，駕駛人較能感受車尾的擺動，而能加以控制。

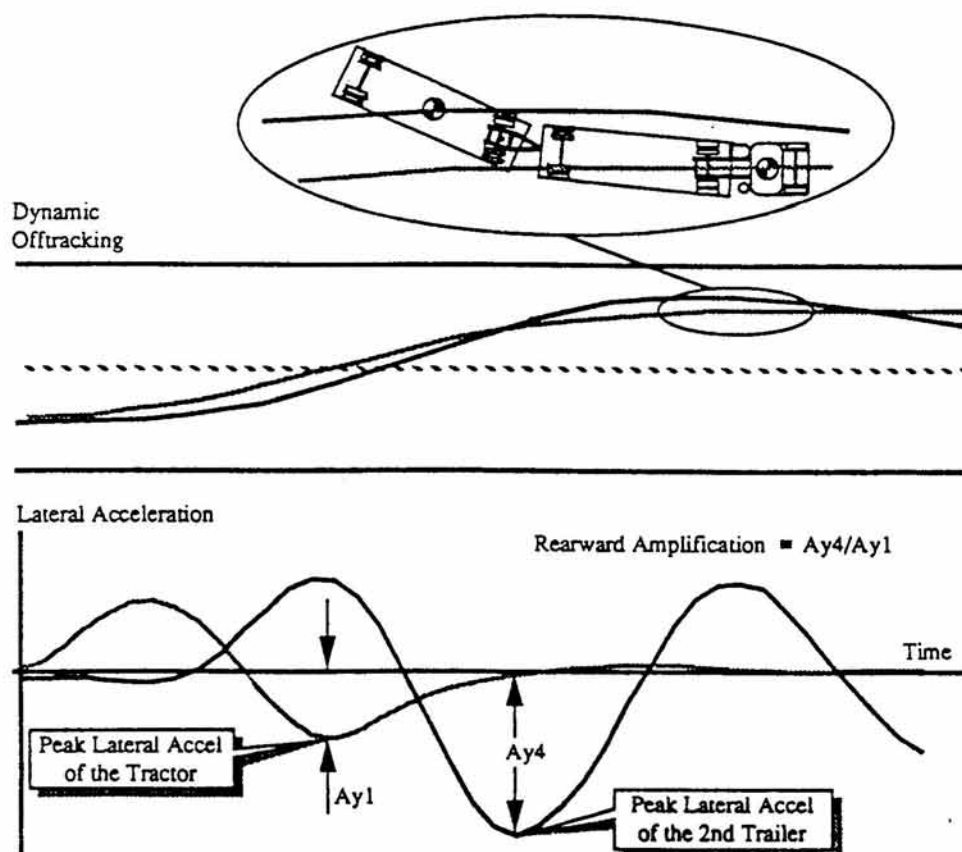


圖4 車尾擺幅示意圖

車輛總重量之多寡對車尾的擺動幅度亦有相當之影響，其因重量的增加，不僅增加車輛的慣性力，同時也影響到輪胎的轉向偏側特性(cornering property)。事實上，荷重的機構影響車尾擺幅相當大，其中包括輪胎偏側勁度(cornering stiffness)與垂直荷重的曲線關係，如圖5[11]。所謂輪胎的偏側勁度是指輪胎的側向力(lateral force)與滑動角(slip angle)的比值，偏側勁度愈高，表示在單位滑動角下，獲得較大的牽引力，亦較車輛弧形行駛時，較不易向外摔出去的傾向。由圖5 知當垂直荷重增加時，雖然輪胎偏側勁度增加，然而比較重量增加所提高的慣性力，仍顯較低，因此容易造成車尾翻覆的情況。圖6 所示，即為車輛總重量與車尾擺幅的關係，換言之，總重量愈大則車尾擺幅愈強，也愈不利於行車安全[4]。

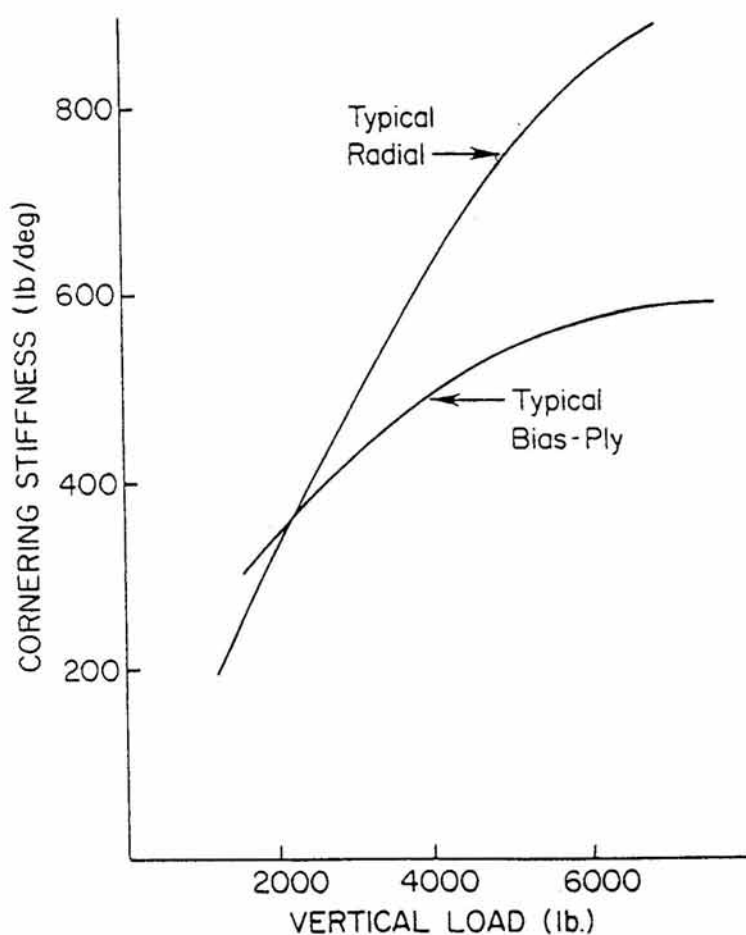


圖5 垂直荷重與輪胎偏側勁度的關係

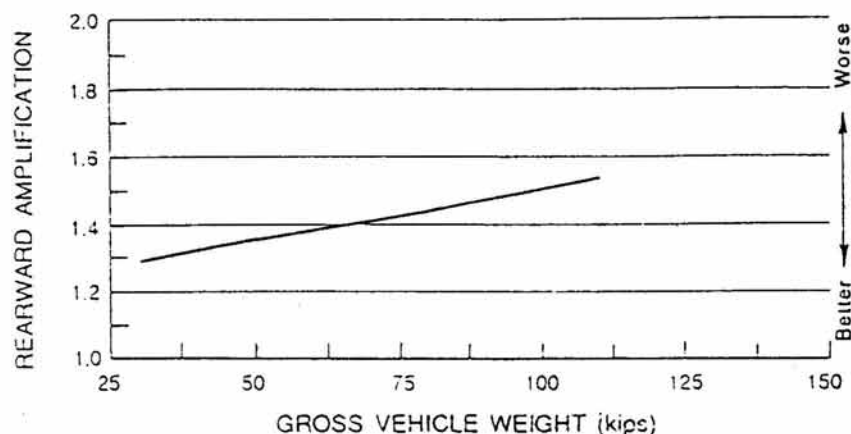


圖6 車輛總重量與車尾擺幅的關係

2.3 煞車效能(Braking)

車輛的煞車能力可由「煞車距離」與「車輛操控之穩定性」兩方面討論。「煞車距離」是指車輛在已知的車速下施以煞車，使車輛完全停止為止所需之距離，而影響煞車距離的因素，包括(1)輪胎路面間之摩擦力(2)車輛本身之煞車系統性能(3)軸重分布情形。然而重型車的型式與重量並不影響其煞車距離，不因它軸數的增加而增長。

「車輛操控之穩定性」則取決於煞車時輪軸是否鎖死，一般煞車均希望避免鎖死的情形，一旦輪軸有鎖死之情形，將可能導致車輛不穩定的情形。對半聯結車而言，假若曳引車前軸鎖死，將僅造成車輛直線行駛而無法轉向控制；若曳引車後軸鎖死，則因曳引車頭將對第五輪形成搖擺力矩，使得車輛形成摺合(jackknifing)的現象，此種情況很容易造成意外事故；倘僅有半拖車後軸鎖死，同樣會形成對第五輪的搖擺力矩，而形成拖車擺動(trailer swing)之現象，不過此種擺動遠小於摺合現象，原因是半拖車有較大的轉動慣量，因此較易控制。圖7分別為半聯結車在不同軸鎖死之情形[8]。基本上，煞車效率(braking efficiency)為量測輪軸是否鎖死的依據，其定義為減加速度對輪胎路面間摩擦係數之比。一個理想的煞車效率是百分之一百；當煞車效率從百分之百減少時，輪軸鎖死的機會變大。基本上，重型車在空車狀態下比在全負載的情形下，有較低的煞車效率，主要是因重型車的製造廠在設計車輛的煞車能力時，均考慮其全

負載的情形下，因此在空車狀態下，煞車力的大小不在相對於其軸重，而使得煞車失去平衡，換言之，在空車時，較容易產生所謂 jackknifing 及 trailer swing 的現象[6]。

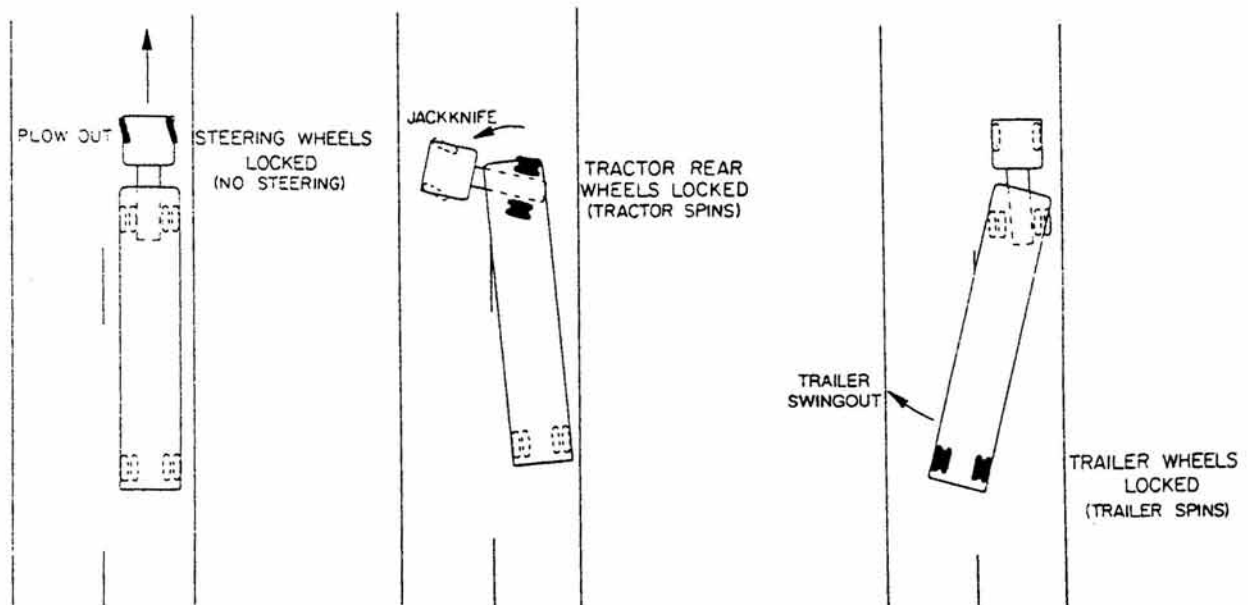


圖7 車輛摺合及車尾搖擺示意圖

三、結論

綜合上節的討論與說明，顯然重型車載重量對靜態翻覆臨界點、車尾擺幅、煞車效能影響相當大，即對其操控性與穩定性有非常深遠之影響。因此一旦駕駛人稍有疏忽，既易生意外事故，不但造成人員傷亡，更導致車流回堵之情形，無形中增加社會成本，民眾怨聲載道。以往由於國內缺乏這方面的研究工作，所以

無法深切明瞭車輛行車的特性，因此本文參考國外所進行的研究對車輛在高載重下，行駛時可能產生安全上之問題進行探討，希望藉由對問題的瞭解，減少重型車輛的危險性。

當然學理的研究及國外的資料，僅能做為參考，若要真正了解國內重型車輛的動態行為，仍需實際測試，方能真正反映國內道路及車輛使用現況。目前政府相關單位均非常重視運輸安全的工作，特別是大型載重車輛，而重型車之行車安全需要運輸業者、駕駛者、學術界、測試研究單位、民眾共同重視與配合，方能真正達到安全之要求。

參考文獻

1. 「交通部統計月報」，中華民國84年12月，第331期，交通部統計處。
2. Winkler, C.B., Fancher, P.S. "A Rationale for Regulating Roll Stability of Combination Vehicles", Proceeding of the Third International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions on 28 June-2 July 1992, pp323-330.
3. Fancher, P.S., Winkler, C.B. "A Methodology for Measuring Rearward Amplification", Proceeding of the Third International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions on 28 June-2 July 1992, pp352-358.
4. "Truck Weight Limits: Issues and Options", Transportation Research Board, special report 225, Washington, D.C., 1990.
5. "New Trucks for Greater Productivity and Less Road Wear", Transportation Research Board, special report 227, Washington, D.C., 1990.
6. Fitch, J.W. "Motor Truck Engineering Handbook", fourth edition, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA, 1994.
7. Fancher, P.S., Mathew, A., Campbell, K., Blower, D., and Winkler, C. "Turner Truck Handling and Stability Properties Affecting Safety-Volume 1", technical report, 1989.
8. "Reconstruction of Heavy Truck Accidents", SP-878.
9. Winkler, C. B., "A primer on the Mechanics of Commercial Vehicle Rollover", 1992 SAE International Truck & Bus Meeting & Exposition.
10. Winkler, C.B., Fancher, P.S. "Scenarios for Regulation of Commercial Vehicle Stability in the US", Fourth International Heavy Vehicle Seminar, Auckland, New Zealand, March 3-

5, 1992.

11. Ervin, R. D., Guy, Y., "Axioms Relating Size and Weight Constrains to the Response of Trailers in Combination Trucks", University of Michigan, Transportation Research Institute, technical report.

肇事現場還原方法之案例比較研究

王瑩璋* 丁國樑**

摘 要

由於肇事現場之拍攝工作，往往受限於可拍攝之位置及角度，現場處理時間及設備、人員安全、相片之處理成本等，無法取得足夠之現場攝影之重疊相片，且經常造成重要資料存在於單張相片內之情況，是故發展單張影像攝影測量方法以萃取相片中之重要資料有其絕對之必要性。本文針對目前已發展之幾個單張影像攝影測量方法，包括面對面透視投影轉換法、標竿設定法、及虛擬標竿設定法，在還原肇事現場景物之基本條件限制、還原範圍、現場作業方式、及事後還原作業程序，做一深入之比較及說明，並以實際肇事現場案例測試並比較上述方法還原之精確度。進一步提供實務上應用之參考。

一、前言

肇事現場相片可完整地記錄現場資料，有效彌補人為現場量測之不足，但因相片內影像之形成，乃是一種非線性的映射行為，無法直接由相片判斷其內物體之實際尺寸及位置，是故若能進一步以攝影測量方法萃取其內資料之實際尺寸及位置，則對於現場資料蒐集之正確性及完整性有莫大助益。

由於肇事現場之拍攝工作，往往受限於可拍攝之位置及角度、現場處理時間及設備、人員安全、相片之購置及處理成本以及缺乏一套現場攝影準則以供遵循等因素，於是經常發生重要資料只存在於單張相片內之情況[7,8,9]，是故發展單張影像攝影測量方法以還原相片內之重要資料有其絕對之必要性。

本研究針對目前國外較常用之單張影像攝影測量方法-面對面轉換法(plane-to-plane transformation method)[3,5]與國內自行發展之標竿設定法[1]及吾人所發展之虛擬標竿設定法[9]，以實際道路現場煞車痕跡之重建進行比較分析。首先說明其理論基礎及其實際現場處理與事後還原作業程序，再以實際現場煞車痕跡之還原結果進行還原精度及其作業成本與時間之比較分析，最後提出簡要之結論與建議。

*國立成功大學交通管理研究所博士班研究生(電話:(06)2757575-53226)
傳真:(06)2753882)

**國立成功大學交通管理研究所教授

二、理論基礎

針對面對面轉換法、標竿設定法、及虛擬標竿設定法之理論基礎分述如下：

(一) 面對面轉換法(plane-to-plane transformation method)

早期面對面投影轉換公式之推導乃由Hallert[5]所完成，其公式為(1)與(2)式，而點位轉換之幾何關係如圖1所示，經Bleyl將之應用於車禍現場。此法視肇事現場路面及相片面均為一平面，利用現場地面四個控制點及其相對之影像點，求解八個聯立方程式而得到其轉換參數。故可由相片上之點位(x,y)，直接推求其現場路面上之點位座標(X,Y)；即可求算任一相片點位之現場平面座標。基本上此法假設肇事現場路面為一平坦路面，而且現場路面與相片面之間是線性轉換的關係，並不考慮透鏡扭曲、底片不平、底片伸縮、相片沖製等誤差(遠小於轉換參數校估誤差)。

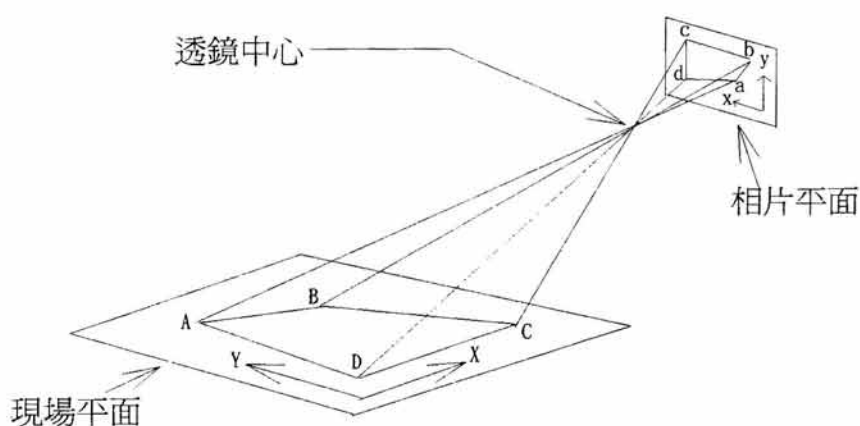


圖1 面對面轉換法示意圖

$$x = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3}{L_7 X + L_8 Y + 1} \quad (1)$$

$$y = \frac{L_4 X + L_5 Y + L_6}{L_7 X + L_8 Y + 1} \quad (2)$$

其中，

x,y:相片點位座標。

X,Y:現場點位座標。

$L_1 \dots L_8$:轉換參數。

此法在肇事現場上已應用多年，有諸多演算法被發展[4,8]，其中為尋求最佳之投影轉換平面，乃根據現場之多點量測(大於四點)，由此多個觀測點進行參數校估，找出最佳之四個控制點以建立投影轉換平面[4]，其後又有根據現場之多個觀測點，將上式轉為 $AL = b$ ，依最小平方方法校估其投影轉換參數

$L = (A^T A)^{-1} A^T b$ ，而在考慮各個觀測點量測精確度之差異性，加入權矩陣找出 $L_1 \dots L_8$ ，以得到更準確之轉換平面(8)。

(二) 標竿設定法

1992年，郭友中(1)提出以現場標竿擺設來還原路面剎車痕長度的作法，如圖2所示。其原理是以標竿實際長度與影像長度之函數關係對於在相片平面上之標竿設定曲線間，存在一個函數轉換關係；所設定之二次多項式如下(3)式所示，故可經由此轉換關係之建立，直接由相片上之影像長度推估其實際長度。

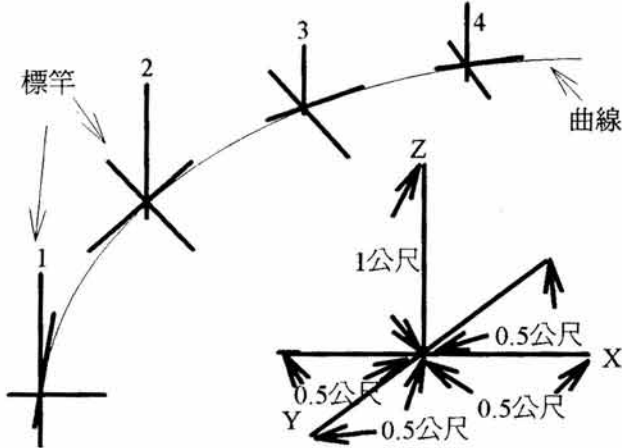


圖2 四支標竿設定於一條曲線上

$$\text{Length} = b_0 + b_1 \times S_i + b_2 \times S_i^2 \quad (3)$$

其中，

Length: 一個像元所代表之實際長度。

S_i : 在影像平面之曲線上，由原點至*i*點之影像長度。

a_0, a_1, a_2 : 參數。

(三) 虛擬標竿設定法

此法主要是植基於相機模式及數值地形模式，再結合電腦圖形學之理論及技巧，以正確地推估相片上點位之實際現場平面座標及空間高程，如圖3所示。其中相機模式採用直接線性轉換模式，如下式(4)及(5)所示，而採不規則網格法-區域搜尋法(6)建立數值地形模式，並以漸進法推估相片上任一接地點位之空間座標，再以虛擬標竿設定方式推估影像之實際長度(9)。

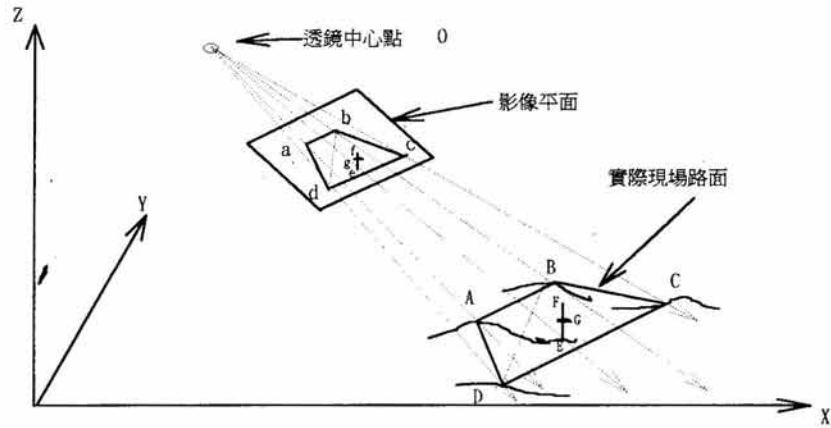


圖3 虛擬標竿設定法示意圖

$$x_r = x + \Delta x = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \quad (4)$$

$$y_r = y + \Delta y = \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \quad (5)$$

其中，

x, y : 相片座標。

x_r, y_r : 理想投影點座標。

$$\Delta x = (x - x_{op}) K_1 \left[(x - x_{op})^2 + (y - y_{op})^2 \right],$$

$$\Delta y = (y - y_{op}) K_1 \left[(x - x_{op})^2 + (y - y_{op})^2 \right]。$$

三、實際現場處理及事後還原作業程序

上述三種還原方法之作業程序分別說明如下：

(一) 面對面轉換法

(1) 現場處理作業程序

1. 在現場重要跡証周圍劃設地面標誌或選擇特徵點(自然點)。
2. 現場攝影時儘量將所劃設之地面點或特徵點含蓋。
3. 排除現場。

(2) 事後還原作業程序

1. 事後量測控制點(標記點或特徵點)之平面座標。
2. 影像重建。

(二) 標竿設定法

(1) 現場處理作業程序

1. 在現場重要跡證上設置已知尺寸之特徵物，諸如交通錐、三角警告標誌、標竿等。
2. 現場攝影時將所設置之地面特徵物含蓋。
3. 排除現場。

(2) 事後還原作業程序

1. 直接進行影像重建工作，勿需事後現場量測工作。

(三) 虛擬標竿設定法

(1) 現場處理作業程序

1. 在現場重要跡證及資料(如肇事車輛)周圍劃設地面標記。
2. 視現場道路環境之單調與否設定已知尺寸之特徵物。
3. 現場攝影時儘量將所劃設之地面點、特徵物及週邊地上固定物含蓋。
4. 排除現場。

(2) 事後還原作業程序

1. 事後量測控制點(標記點、特徵物及固定物上之自然點)之空間三維座標。
2. 影像重建。

四、案例研究

以一個實際道路上所遺留之煞車痕跡(如圖4所示)，利用上述三種單張影像攝影測量方法，依據第三節所述之現場處理及事後還原作業程序，進行地面點之標記、特徵物之設置、現場之攝影、控制點量測等工作，以取得現場重建所需之輸入資料後，再進行現場煞車痕之重建工作。茲分別針對面對面轉換法、標設定法、及虛擬標竿設定法說明其實際作業流程中各步驟之運作結果，最後針對運作結果再加以綜合比較。本研究採用之單位，長度為公尺，角度為度。

(一) 面對面轉換法

依據第三節中之作業程序，首先在現場跡證之週邊設定若干地面標記後(如圖4中之粗黑箭頭所指者)，直接進行現場拍攝，所取得之現場相片如圖4所示。其中之地面標記點，經現場量測後取得其點位之現場平面及其相對之影像座標，如下表1所示，

表1 現場點位及其影像點座標-四點

編號	現場座標		相片座標	
	X	Y	x	y
1	3.677175	2.146847	67	587
2	24.037368	2.585326	588	307
3	4.090771	6.351663	382	605
4	24.826870	6.357744	1452	391

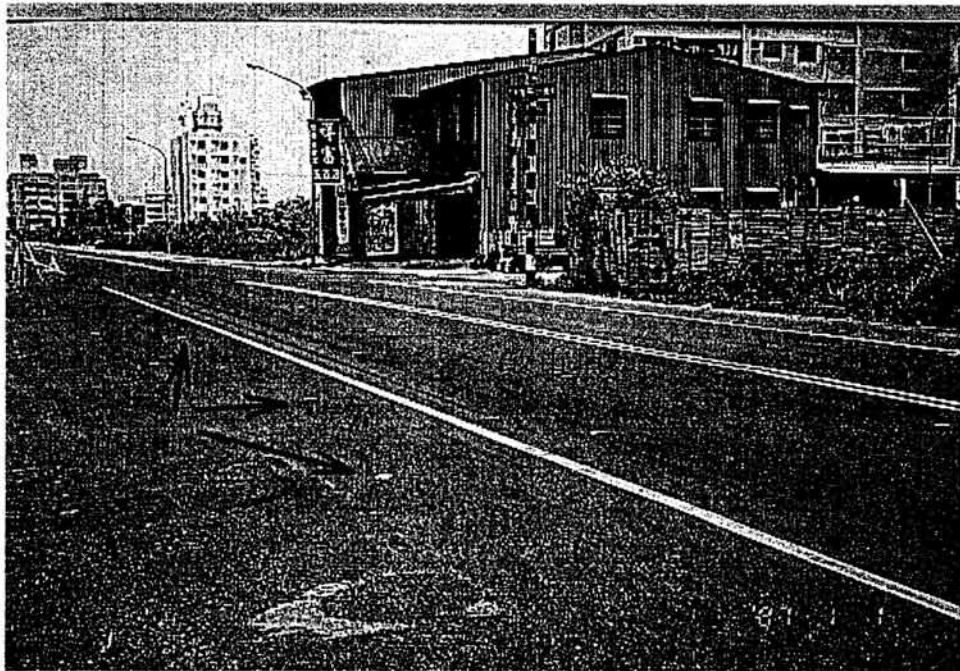
表2 現場點位及其影像點座標-六點

編號	現場座標		相片座標	
	X	Y	x	y
1	3.677175	2.146847	67	587
2	24.037368	2.585326	588	307
3	4.090771	6.351663	382	605
4	24.826870	6.357744	1452	391
5	4.2155	4.621	260	598
6	24.033	4.270184	920	379

以此四及六個控制點，利用最小平方方法進行投影轉換參數之校估，將校估所得之轉換參數代入式(1)及(2)，再求解此聯立方程式，可得知此平面上點位之實際現場平面位置，而現場煞車痕還原結果如下表3所示。其還原結果精度偏低之部份原因是相片之掃描解析度較低(300dpi)。

表3 面對面轉換法還原結果

類別	轉換參數	外側煞車痕	內側煞車痕
四點	$L_1: 2.88$	起點:	起點:
	$L_2: 73.68$	量測值 推估值 誤差	量測值 推估值 誤差
	$L_3: -107.38$	X: 4.819 4.34 0.48	X: 6.79 5.93 0.85
	$L_4: -22.83$	Y: 4.08 4.12 0.04	Y: 4.45 4.56 0.12
	$L_5: 14.56$	迄點:	迄點:
	$L_6: 590.74$	量測值 推估值 誤差	量測值 推估值 誤差
	$L_7: -0.03$	X: 23.15 22.55 0.61	X: 18.55 17.81 0.74
	$L_8: 0.017$	Y: 3.91 3.974 0.06	Y: 4.35 4.42 0.07
六點	$L_1: 2.92$	起點:	起點:
	$L_2: 73.03$	量測值 推估值 誤差	量測值 推估值 誤差
	$L_3: -106.2$	X: 4.819 4.45 0.38	X: 6.79 6.04 0.74
	$L_4: -22.63$	Y: 4.08 4.12 0.04	Y: 4.45 4.55 0.1
	$L_5: 13.95$	迄點:	迄點:
	$L_6: 590.55$	量測值 推估值 誤差	量測值 推估值 誤差
	$L_7: -0.03$	X: 23.15 22.65 0.51	X: 18.55 17.88 0.67
	$L_8: 0.015$	Y: 3.91 3.97 0.06	Y: 4.35 4.42 0.07



註: 地面標記:粗黑箭頭所指者
煞車痕:較細箭頭所指者

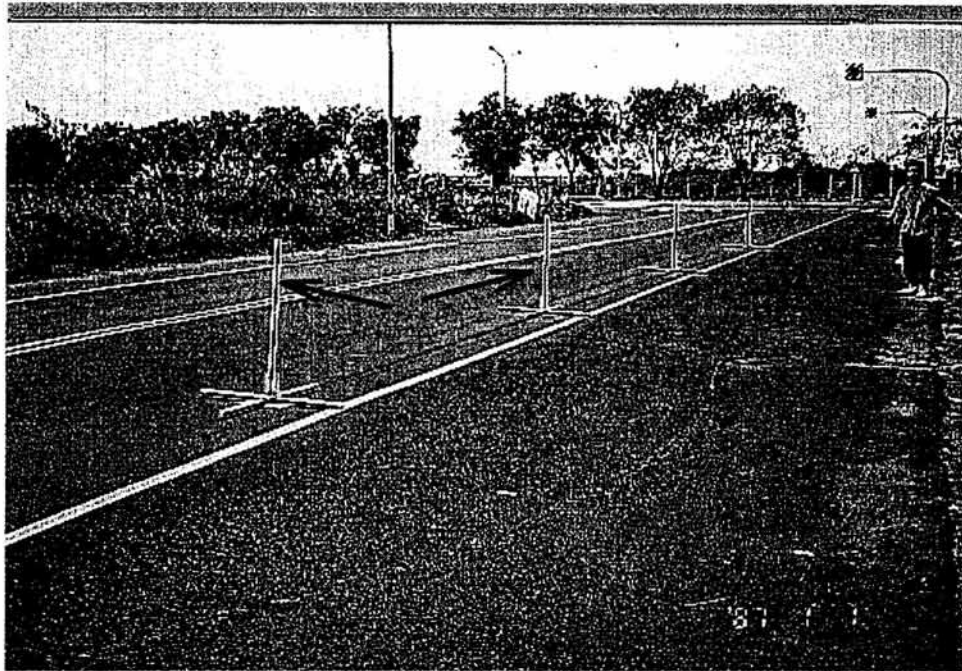
圖4 在煞車痕週圍設定地面標記

(二) 標竿設定法

根據第三節中之現場作業程序，首先於現場跡證上設定已知尺寸之特徵物(如圖所示)，諸如交通錐、三角警告標誌或已知尺寸之標竿，再進行現場的攝影，所取得之相片如圖5所示。此相片經數位化之後，取得各標竿控制點之螢幕座標如下表4所示，其中各支標竿均選取七個控制點。經計算結果得知外側煞車痕之長度為17.47公尺(量測值為18.337公尺)，其誤差為0.87公尺。因此法只能推估標竿設定位置下之跡證長度，故內側煞車痕需再設定標竿於其上，才能進行推估。

表4 標竿控制點影像座標

標竿 編號	相片座標
1	876,697,509,736,807,753,564,679,689,708,703,1132,695,930
2	1513,941,1274,958,1440,961,1349,935,1395,944,1400,1201,1397,1081
3	1816,1054,1643,1061,1750,1064,1709,1050,1732,1054,1733,1229,1731,1147
4	1985,1118,1856,1123,1931,1126,1911,1115,1923,1119,1926,1248,1923,1188



圖五 現場標竿設定示意圖

(三) 虛擬標竿設定法

依據第三節中之現場處理程序，在重要跡證週圍設定若干地面標誌，又因道路環境較為單調，故設定一些已知尺寸標竿於道路之周圍（不影響交通為原則）之後，進行現場拍攝，其所取得之現場相片如下圖6所示。經事後現場點位（標竿及固定物上）之量測取得控制點及地面標記點之現場空三度間座標後，進行相機模式及數值地形模擬之建立，其用以校估相機模式之現場點位及其影像點位座標如下表5所示。其模式之校估結果如下表6所示，而數值地形模擬結果如下圖7所示。經影像套疊後（如圖8所示），以虛擬標竿設定方法推估剎車痕的結果如下表7所示。其中X軸方向之推估精度較差，乃因為用以進行校估之控制點集中於角落標竿之空間點位，而地面點位較少，而部份原因是掃描解析度較低。

表5 相機模式校估用控制點及影像座標

現場座標				相片座標	
編號	X	Y	Z	x	y
1	13.557	2.169	0.052	0.010329	0.038015
2	13.557	2.169	1.052	0.009821	0.045974
3	24.037	2.585	0.052	0.036237	0.027940
4	24.037	2.585	2.120	0.034375	0.060960
5	4.0974	13.146	0.046	0.061468	0.044196
6	4.0974	13.146	1.266	0.061299	0.049869
7	17.546	12.747	-0.013	0.099737	0.040640
8	17.546	12.747	1.867	0.100161	0.055203
9	24.037	2.585	0.325	0.036068	0.031919
10	24.037	2.585	0.522	0.03589	0.0353
11	24.037	2.585	0.725	0.035644	0.038354
12	24.037	2.585	0.926	0.03539	0.041656
13	24.037	2.585	1.122	0.035306	0.044788
14	24.037	2.585	1.322	0.035052	0.04809
15	24.037	2.585	1.522	0.034882	0.051136
16	24.037	2.585	1.722	0.034713	0.05461
17	24.037	2.585	1.922	0.034459	0.057685
18	4.0974	13.146	0.466	0.061383	0.04614
19	24.826	6.357	0.131	0.089408	0.03302

表6 相機內外方位元素推估結果

平均誤差	像主點(x,y)	焦距	透鏡中心點(X,Y,Z)	方位角(ω, ϕ, κ)
0.015	0.074,0.036	0.15	33.49,0.187,1.45	84.34,1.43,61.4

表7 虛擬標竿設定法推估結果

外側煞車痕			內側煞車痕		
起點:			起點:		
量測值	推估值	誤差	量測值	推估值	誤差
X:4.819	5.01	0.19	X:6.79	7.26	0.48
Y:4.08	4.12	0.04	Y:4.45	4.39	0.05
迄點:			迄點:		
量測值	推估值	誤差	量測值	推估值	誤差
X:23.15	22.70	0.45	X:18.55	18.34	0.21
Y:3.91	3.92	0.01	Y:4.35	4.31	0.04

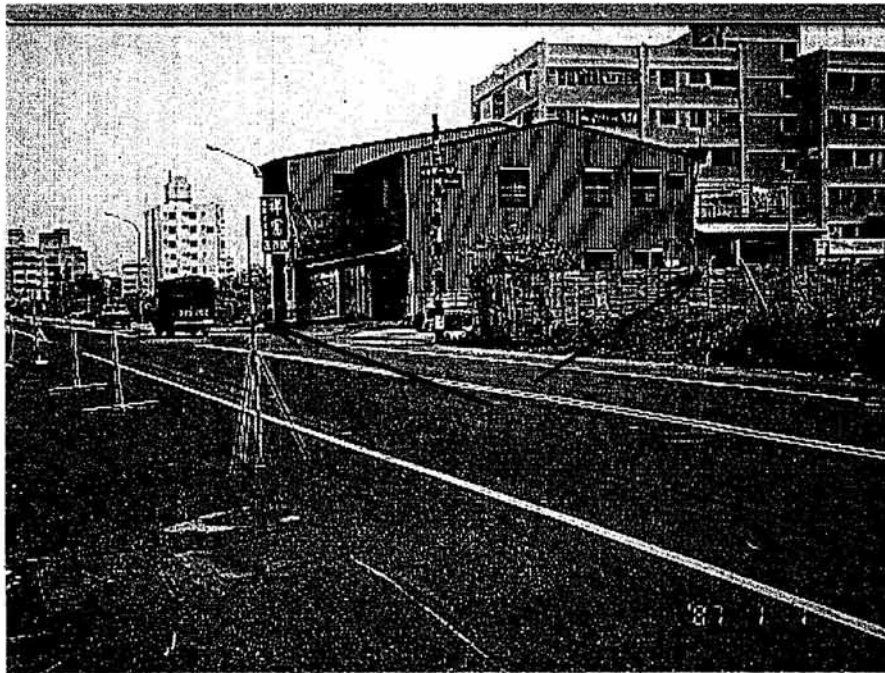


圖6 現場週邊標竿設定

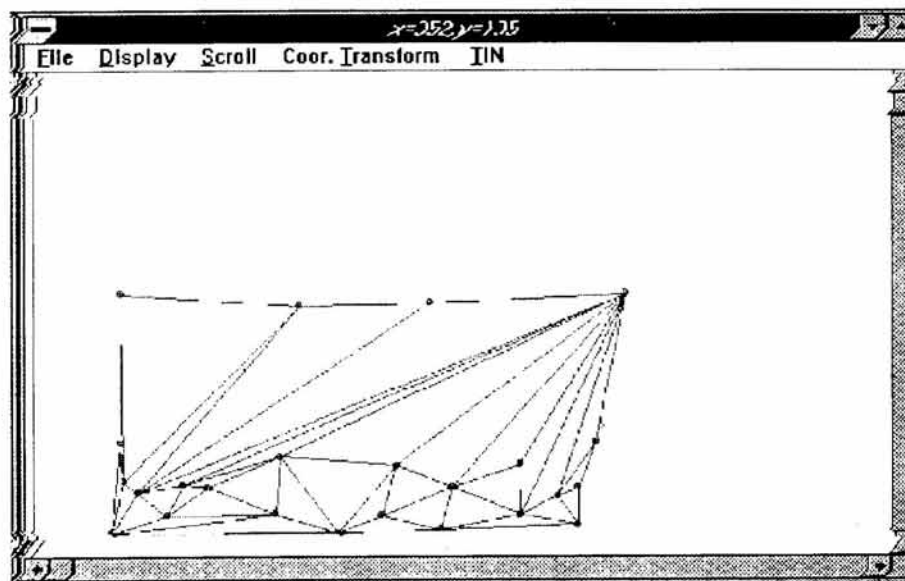


圖7 數值地形模擬結果



圖8 影像疊合示意圖

(四) 還原結果比較

由上述各方法之現場處理及影像重建過程可知，面對面轉換法在現場處理上，需劃記地面控制點或取得現場之固定物上之特徵點，而事後僅需根據這些控制點進行模式之校估，即可推估影像之實際平面位置。其精確度較標竿設定法稍優但明顯劣於虛擬標竿設定法。而標竿設定法，僅需於現場跡證上設定已知尺寸之標竿，即可進行跡證之重建，其作業程序最為簡易，但所還原範圍最小且其精確最差。而虛擬標竿設定法，雖其現場處理及事後現場量測較為繁複；需於跡證周圍劃設地面標記，並視現場道路環境之單調與否設定已知尺寸之特徵物，以及事後控制點位之量測，但其所推估之範圍可擴及整張相片內所有資料之實際三度空間位置及尺寸[9]，且精確度明顯優於面對面轉換法及標竿設定法。

五、結論與建議

由上述三種方法之實際作業流程及重建之結果，可得知面對面轉換法及標竿設定法在現場處理及事後之現場量測作業上較為簡易，但所還原之範圍僅限於相片內資料之平面位置且精度較差，而虛擬標竿設定法其現場處理及事後現場量測較為繁複，但其所推估之範圍可擴及整張相片內所有資料之實際三度空間位置及尺

寸且精確度明顯優於面對面轉換法及標竿設定法。其還原精確之優劣乃直接導因於理論基礎之限制，是故提昇其精確度之方向是：需儘量符合其基本假設前提，諸如面對面轉換法乃適用於較平坦之路面跡證之還原，標竿設定法適用於路面平緩變化之路面跡證還原(如彎道之側向滑痕)，而虛擬標竿設定法則適用於變化較大之地形且較為複雜之肇事現場的重建問題。

參考文獻

1. 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上之研究，國立成功大學交通管理研究所碩士論文，民國81年6月。
2. Abdel-Aziz, Y.I. and Karara, H.M., "Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates in Close-Range Photogrammetry", Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois, 1971.
3. Bleyl, R.L., "Using Photographs to Map Traffic Accident Scene: A Mathematical Technique", Journal of Safety Research, National Safety Council, Chicago IL, June 1976.
4. Brelvi, J.M., Cichowski, W.G. and Holcomb, M.P., "Photogrammetric Analysis Using the Personal Computer," SAE Paper 861416, Passenger Car Meeting & Exposition, Dearborn, Michigan, September 22-25, 1986.
5. Hallert, B., Photogrammetry, McGraw-Hill Book Company, Inc., N. Y., 1960, pp. 9-16.
6. Huang, Yih-ping, "Triangular Irregular Network Generation and Topographical Modeling", Computers in Industry, Vol. 12, 1989, pp. 203-213.
7. Richards, G.B., "The FBI Laboratory's Past, Present, and Potential Application of Photogrammetry", Close-Range Photogrammetry & Surveying: State-of-the-Art: Development the Art of Application, Proceedings of a Workshop held as part of the American Society of Photogrammetry, American Congress on Surveying & Mapping, Fall Convention, September 9-14, 1984.
8. Smith, G.C. and Allsop, D.L., "A Case Comparison of Single-Images Photogrammetry Method", SAE Paper 890737, Society of Automotive Engineers, International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, February 27-March 3, 1989.
9. Wang, Ying-Wei, Ting, Kuo-Liang, Hwang, Yih-Ping, "Image Reconstruction from An Accident Scene", 29th International Symposium on Automotive Technology & Automation, Florence, Italy, June 3rd-6th, 1996.