

以改良網格法還原事故現場之實證研究

An Impirical Study of Using Perspective Grid Method For Accident Scene Reconstruction

程玉傑¹、李宏振²

摘要

交通事故現場相片最能完整記錄現場資訊，但缺乏像點或物件間之幾何關係，所以處理員警必須針對現場跡證逐一量測以繪製現場圖，為現場處理較為費時之作業項目，而在實務上，現場圖的錯漏亦為事故處理最常見的缺失項目。因此，本研究利用近景攝影測量(Close-range Photogrammetry)方法以獲得相片資訊，在兼顧警察單位現有設備、現場處理作業與精度需求等條件下，以改良透視網格法(Perspective Grid Method)為基礎，進行事故現場之還原，並利用數值影像配合使用簡易繪圖工具量測物體之相片座標，以試算表所開發之計算模組計算物體之空相對座標，獲得還原結果。在事故現場攝影與還原作業時，對可能造成誤差項目，如鏡頭種類、攝影角度、高度等、地面高程、像點定位等，本文均逐一進行測試分析，依誤差項目特性調整修正測距公式，分析誤差因子對測距的影響程度，以增加測距公式的穩定度並降低測距誤差。最後再以實際的事故現場進行實證測試，均獲致良好之還原結果。由於本法不需要特殊儀器裝備且在執行上亦不需調整現行事故處理程序，若員警在現場量測時，如有疏忽或遺漏，可藉由本法進行校核或補正。

關鍵詞：交通事故處理、事故現場圖、近景攝影測量、透視網格法

Abstract

Photos taken at the traffic accident scene preserve the situation of the scene and information of the accident better than any other types of records. However, due to its lacking of the geometric information among objects on the photo, police officers still need to measure the geometric data of every evidence at the scene to make an after-accident situation map. This takes not only more police hours, but also causes more human errors.

This study is trying to apply the close-range photogrammetry techniques to grab the geometric information on a picture to improve the proficiency and accuracy of reconstructing an accident scene. Based on the perspective grid method, it can be done by simply using an image processing software and digital images of the scene. A sensitivity study of the type of lens of the camera, the height and angle of camera while shooting, the difference of elevation of the surface, and the possible human errors of locating an object on a digital image was conducted and presented in this article. The result shows that an accident scene can be measured by using this modified perspective grid method and achieve the required precision without any extra special equipment or altering any regular procedures to the police work.

Keywords : Traffic Accident Investigation, After-Accident Situation Map, Close-range Photogrammetry, Perspective Grid Method

一、前言

交通事故現場通常都非常凌亂，有道路環境、車輛、地面痕跡、碎片、油水、落土或血漬等各項跡證。在實務上，處理人員不可能對所有的跡證進行測繪，只能依經驗初判肇事原因以決定跡證的重要性。然而，事故發生的原因很多，有些跡證在現場也許看似不重要，但在肇因鑑定或現場重建時，卻為關鍵因素，因此，事故現場的各項跡證均可能為肇因分析的重要項目，處理員警若未於現場及時量測，鑑定委員或司法人員日後僅能參考現場相片加以研判。現場相片可詳實記錄肇事現場原貌，但缺乏相片中各物件彼此間的距離關係，因此，若能運用近景攝影測量方法，來建立現場相片中的幾何關係，正確取得所需資訊，將有助於肇事重建與肇因分析作業。

事實上，早於 1985 年 Baker 便已將透視網格法(Perspective Grid Method)應用於還原肇事現場之測量上，其作法是在事故現場擺設一固定尺寸之方形參考板，攝影時將該參考板一併攝入，其邊線延伸之平行線在影像平面上可決定消失點，進而推導出平面網格，據此推算影像物體之實際位置及尺寸。網格法操作容易，不需特殊裝備或儀器，最適合應用在事故現場的還原，但由於人工還原過程繁複費時，時間

¹ 中央警察大學交通管理研究所副教授

² 內政部警政署交通組股長

成本高且還原品質難以有效控制，故在實務上迄今仍未能被廣泛的運用。然而由於時空的移轉、科技的進步，當年網格法應用上的瓶頸和困難，已因為電腦科進步得到解決，本文即利用電腦高速運算及影像處理能力，改善網格測距法之缺失，並探討其誤差因子之影響程度，最後運用於實際事故現場之還原，以驗證其操作特性與還原能力。

二、改良網格測距

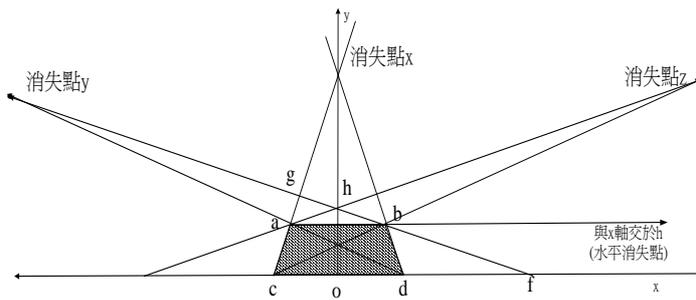
傳統網格法本屬圖解法之一種，改良網格測距原理仍應符合網格法原有的原理原則。針對傳統網格法之優劣缺失，本文改良傳統網格方法之主要項目有：

一、設定座標系統

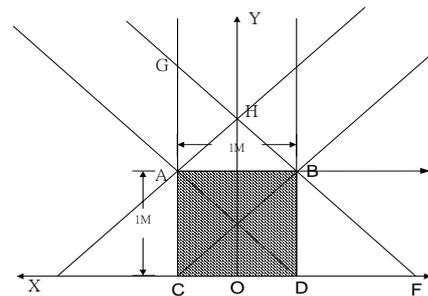
傳統網格法並無明確之座標系統，僅以網板建立所需網格，由目標點所在之網格數及已知網板的尺寸比例，推算空間距離。本文則由目標點圖素(pixel)座標(x,y)求算空間相對座標(Dx 與 Dy)，在空間相對座標系統使用 1 公尺正方形網板，網板下緣定為 X 軸，中點座標為原點，網板上、下緣中點線為 Y 軸，以決定各目標點之空間相對座標，有助於測距與還原作業。另有關本文座標名詞定義如下：

- 1.(x,y)：指相片像點座標，單位可為 pixel 或 mm。
- 2.(Dx,Dy)：係由(x,y)還原之空間相對座標，單位為公尺。
- 3.Dxm,Dym：為某一直線在空間相對座標系統與 X、Y 軸截距之空間距離，單位為公尺。
- 4.D(p,q)：為相片上 p 點與 q 點所代表之空間距離，單位為公尺。

由於視覺角度的影響，在空間平面中任一組平行線，在相片中兩線會交會於一點，稱為消失點，而任二組通過不同消失點之平行線所構成之四邊形，在空間中為一平行四邊形。由圖一各組平行線可產生消失點 x、y、z、h，為網格測距的首要步驟，比較圖一與圖二，ca 直線與 db 直線為平行線、yd 直線與 yf 直線為另一組平行線，兩組平行線交點為 agbd，其中 $D(a,g)=D(b,d)$ 且 $D(a,d)=D(b,g)$ 。



圖一、平行直線圖(相片)

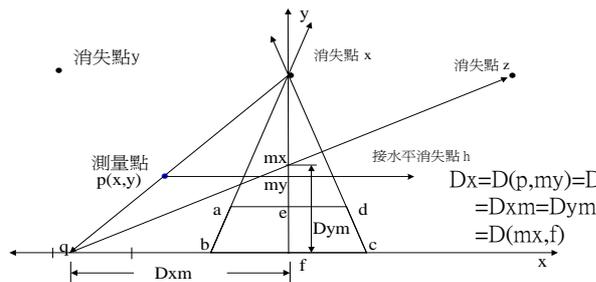


圖二、平行直線圖(實際空間)

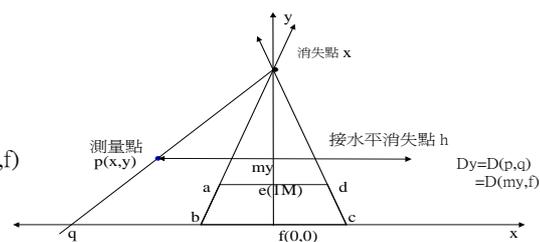
二、將 Dx 與 Dy 之距離關係轉換至 y 軸

消失點 y、z 係由網板上之平行線延伸而成，在網板所構成之座標系統上，任一通過消失點 y(或 z)之直線與 x、y 軸之截距 Dx 與 Dy 存有固定之比例關係。以圖二為例，網板為邊長 1 公尺之正方形，該組平行線斜率為 45 度，故 O,F 距離=O,H 距離，亦即 $Dxm=Dym$ ，對應於圖一， $Dxm=D(o,f)$ 、 $Dym=D(o,h)$ ，故 $Dxm=Dym$ ，即相片中所有通過消失點 y(或 z)之直線，均存有 $Dxm=Dym$ 之比例關係。

運用上述消失點的特性與幾何關係，可將待測點座標(x,y)與實際空間相對座標(Dx,Dy)之距離關係分別反映至 y 軸上，亦即在 y 軸上分別找出與 Dx、Dy 等距之 mx、my 兩點(如圖三、圖四)，再由 y 軸計算 mx 與 my 距原點之空間距離。



圖三、Dx 距離關係轉換圖



圖四、Dy 距離關係轉換圖

試項目應使用相同軟體。評估整體測距誤差以全部待測點位之均方根百分比誤差(RMSPE)表示，亦即

$$RMSPE = \sqrt{\sum (\text{待測點測距誤差百分比})^2 / n} = \sqrt{\sum [(Dist'_i - Dist_i) / Dist_i]^2 / n}$$

$Dist'_i$ = 第 i 點之測距距離

$Dist_i$ = 第 i 點之實際距離

3.2 誤差因子分析--靜態測試

本項包含像點定位誤差與地面高程對測距之影響，像點定位有網板端點定位與待測點定位誤差二項。

3.2.1 網板端點座標定位誤差

網格測距系統係由網板四個端點座標所構成，因此網板端點座標定位誤差對測距結果具有整體性的影響，調整端點座標，將改變消失點的位置，整體座標系統隨之改變，使任一點之(Dx,Dy)(由相片座標(x,y)還原之空間相對座標)產生變動。由測距公式測試端點調整對 Dx 與 Dy 變動方向彙整如表一所示。

表一 網板端點調整對測距變動方向彙整表

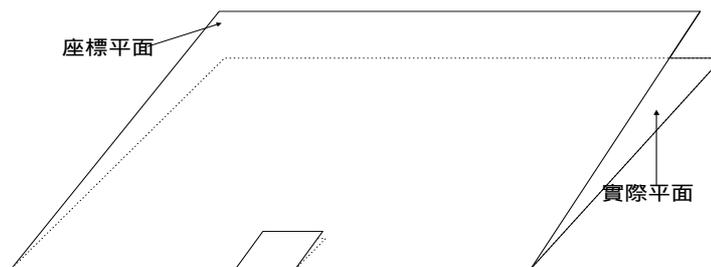
端點	座標	調整方向	變動方向	
			Dx	Dy
A	X	→	← →	↑
		←	→ ←	↓
	Y	↑	→	↓ ↑
		↓	←	↑ ↓
B	X	→	→ ←	↓
		←	← →	↑
	Y	↑	←	↑ ↓
		↓	→	↓ ↑
C	X	→	← →	↑
		←	→ ←	↓
	Y	↑	→	↓ ↑
		↓	←	↑ ↓
D	X	→	→ ←	↓
		←	← →	↑
	Y	↑	←	↑ ↓
		↓	→	↓ ↑

註：變動方向→|←者，表示：若 $Dx > 0$ ，則 Dx 值減少；若 $Dx < 0$ ，則 Dx 值增加。亦即 $|Dx|$ (絕對值) 變小。

網板端點座標定位誤差對測距影響最大，由於整個座標系統由網板四個端點所構成，其所構成之座標平面應符合實際地面，但在端點座標定位時，可能導致偏誤之原因如下：

- 一、網板所在地面不平整，致四個端點不在同一平面上。
- 二、網板尺寸有誤差，不為精確之 1 公尺。
- 三、因像面遮蔽之故，網板遠端 a、d 兩點無法定位在與地面接觸之點，只能定位在網板上端點，其中差距為網板之厚度。

端點定位誤差將導致整體座標系統之偏誤，且距離愈遠、誤差愈大，如圖六所示。在改良網格法的研究過程中，定位四個端點即可建立座標系統，的確較傳統方法更有效率，但經由前述測試發現端點定位誤差對測距變動過於敏感，因此，在決定網板端點座標前，應有調整校正機制，以確保測距品質。



圖六、網格座標與實際平面偏誤示意圖

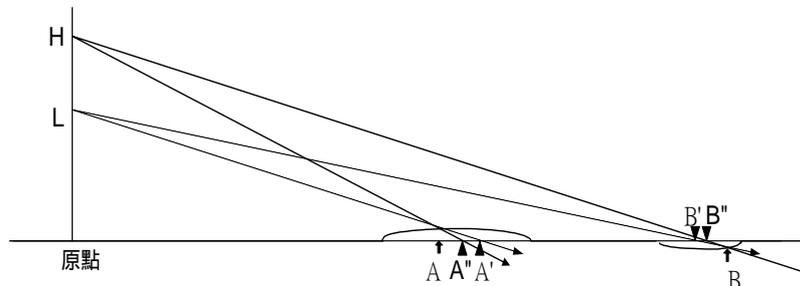
3.2.2 待測點座標定位誤差

除網板端點外，對欲測距之各點座標定位誤差，影響測距精度屬於個別性，假設某一相片像點座標定位有誤差，僅造成該點測距之誤差，並不影響其他像點之測距結果。定位誤差的影響程度則與距離有關，相片像點座標定位誤差對測距精度的影響，以座標 y 值較為明顯，距離愈遠者，影響愈大，但點位距離較遠者，相片像點座標亦較難辨識，因此，注意照相品質、謹慎、精確地測定相片像點座標，是減少測距誤差的必要條件。

3.2.3 地面高程

網格法適用的條件為一平面，但在實際的事故現場中鮮有理想的平面，路面上或多或少會有些高凸或凹陷，由於光線為直進，人類利用雙眼及經驗累積來判斷景深，而相片是由一個鏡頭所拍攝，在平面上並不容易判斷景深，因此，事故現場地面的高程差距為網格法測距的誤差來源之一，以圖 4.8 為例，A 點位於凸起之路面，B 點在凹陷的位置，在 L 點的高度拍攝相片，則 A 點的相片像點座標會落於 A' 的位置，B 點的座標落於 B' 的位置，造成 A' 點與原點距離大於 A 點，B 點與原點距離大於 B' 點，表示像點位置較平面為高者，測距結果會大於實際距離；反之則小於實際距離。

在現場操作時，處理人員可藉由提高攝影高度來降低地面高程之測距誤差，如圖七，將攝影高度提高至 H 點，則 A 點相片像點座標定位於 A'' 點，B 點相片像點座標定位於 B'' 點，A'' 與 B'' 點均較靠近 A、B 點，亦即攝影位置較高之 H 點測距誤差較 L 點為小。在實務上的操作，攝影高度通常以攝影者的眼睛高度為上限，在使用網格法時，如提高攝影高度，可減少高程誤差。



圖七、像點高程對測距影響示意圖

3.3 網板端點座標之最佳化—尋優法

在使用改良網格法之現場，由於未設置控制點，僅網板為已知資訊，無法進行修正，因此，在現場選擇若干個控制點，由其分佈代表測試現場之空間平面(地面)，在量測網板端點座標與控制點相片像點座標後，代入測距公式，比較控制點之測距結果與實際距離，依表一(端點座標與測距變動關係表)調整端點座標，當控制點之測距誤差達到最小時，該組端點座標即為最佳化之座標設定。

由表一端點座標與測距變動關係表中發現，提高端點 a 或 c 之座標 y 值或降低端點 b 或 d 之座標 y 值，均會造成 Dx 向右偏移(增加)，同樣的變動方向，有許多不同的調整方式，在調整端點座標時，實難以正確選擇應調整之端點與變動量，因此，本文以「尋優法」方式來決定端點調整之最佳化，尋優作業以測距程式為基礎，故仍以 Excel 開發，操作原理及說明如下：

- 一、於現場選擇 3 個控制點，點位分佈以能代表事故現場空間平面為原則，勿選擇極端位置，如過遠、過近或太側邊等，並量測控制點之空間相對座標。其他操作同前述網格法說明。
- 二、量測網板端點與控制點相片像點座標，在測距前先進行網板端點座標調整，調整時需輸入項目為：網板端點與控制點座標、控制點空間相對座標(Dx, Dy)與端點調整間距值 r ，依實際操作經驗，端點調整間距初始值可設定為網板 a,b 兩端點距離之 $1/100$ 。
- 三、尋優作業會依所給定之調整間距，將四個端點座標 x 值與 y 值逐一加減，連同原有之座標，共有 33 組端點座標之調整組合，如 $A(x,y)...$ 、 $A(x-2r,y)...$ 、 $A(x-r,y)...$ 、 $A(x+r,y)...$ 、 $A(x+2r,y)...$ 等，續對相同之控制點相片像點座標以測距公式逐一進行測距，測距結果與控制點空間相對座標進行評估，當各控制點測距誤差之總和最小者，將該組座標輸入原座標格位，重複進行調整作業，直到最小誤差和所在之端點座標值為原座標(第一組座標)，該組座標即為調整間距為 r 之狀況下所求得之最佳解。
- 四、縮小調整間距為 $r/2$ ，重複上述步驟求取最佳解，當縮減間距 3 次至 4 次後所求得之最佳解，即可視為尋優作業之最佳化端點座標，因調整間距太小將增加作業時程，對改善測距結果亦無顯著影響。
- 五、將最佳化之端點座標與其他待測點之座標輸入測距程式，所得的測距結果最符合控制點所構成之空間平面。但控制點的量測會增加現場人員的工作時程，但有助於提昇測距精確度，作業人員需面臨

取捨(trade-off)的問題，如果測距距離較遠、精度需求較高，則應先以尋優法調整網板端點座標。

3.4 誤差因子分析—動態測試

本節測試「鏡頭焦距」、「攝影高度」與「攝影角度」等三個項目，每個項目再區分三種狀況，每種狀況拍攝三張相片，底片感光度為 ASA-100，另網板端點由四個標示牌替代，以利定位。測試相片均以 3x5 吋沖印，以 300dpi 掃描數化，以「小畫家」測定相片像點座標，代入測距公式進行各項分析。

由於每一測試項目中均有三組測距資料，由於每個點位的測距誤差(單位為公尺)有正負之分，故以每個點位測距誤差之平方值，以單因子變異數分析(ANOVA)方法，檢定三組資料之測距誤差是否有所差異，如果有顯著差異者，再以 t 分配來檢定任二組資料間之測距誤差是否有顯著差異，藉以分析評估各攝影條件下對測距的影響情形。

3.4.1 鏡頭焦距

在鏡頭焦距方面，計使用廣角鏡頭(28mm)、標準鏡頭(50mm)與中距鏡頭(70mm)等三種鏡頭各拍攝三張相片，如圖八、圖九、圖十，其攝影高度、角度、位置均不變(攝影高度 1.5 公尺、攝影角度 10 度、攝影位置距原點 4 公尺)，由於鏡頭焦距不同，所涵蓋之攝角亦不同，在實驗場地 25 個點位中，使用廣角鏡頭可涵蓋所有點位，故三張相片計測得 75 個點位，使用標準鏡頭，三張相片計測得 72 點，使用中距鏡頭拍攝時，三張相片計測得 57 點。每張相片經測距後，再使用「尋優法」調整端點座標測距，每張相片以三個相同點位為控制點，結果分析如下：

- 一、相片像點座標測定時，廣角鏡頭因景深拉長，故距離較遠之像點較為模糊，不易定位，而中距鏡頭則有壓縮景深之效，遠距點位仍容易辨識，定位最為精準。
- 二、中距鏡頭之 RMSPE 最大，廣角鏡頭之 RMSPE 最小，標準鏡頭次之，但較接近廣角鏡頭(如表二)。
- 三、經調整端點之測距誤差大幅減少，改善率均在 84%以上，表示端點定位未臻理想，幸而控制點所構成之平面與實際地面頗為接近，故均能有顯著之改善。
- 四、使用單因子變異數分析(ANOVA)方法，將不同焦距之三組資料進行檢定(如表三)，在顯著水準為 0.05 情況下，不同之鏡頭焦距對測距誤差有顯著差異。經再以 t 檢定(如表四)將三組資料兩兩比較，發現中距鏡頭拍攝之測距誤差均顯著大於標準鏡頭與廣角鏡頭，而廣角鏡頭與標準鏡頭之測距誤差則無顯著差異。



圖八、標準鏡頭測試相片



圖九、廣角鏡頭測試相片



圖十、中距鏡頭測試相片

表二、鏡頭種類與測距誤差比較表

RMSPE	50mm	28mm	70mm
端點未調整	6.026%	5.680%	8.977%
端點調整	0.731%	0.736%	1.375%
改善率	87.869%	87.042%	84.683%
量測點位數	72	75	57

表三、鏡頭焦距與測距誤差變異數分析表(ANOVA)

鏡頭種類	個數	總和	平均數	變異數		
50mm	72	0.003852	5.350E-05	1.332E-08		
28mm	75	0.004059	5.412E-05	6.112E-09		
70mm	57	0.010778	1.891E-05	2.064E-07		
變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	7.516E-07	2	3.758E-07	5.8300	0.003457	3.040824

註: $\alpha = 0.05$, 當 F 值大於臨界質(P-值 < 0.05), 則為顯著, 應拒絕 $H_0: \mu_1 = \mu_2$.

表四、鏡頭焦距與測距誤差 t 檢定分析表

項目	28mm	28mm	50mm
	50mm	70mm	70mm
t 統計量	-0.039	-2.527	-2.437

註: $\alpha=0.05$, $t^* = \pm 1.978$, 若 $|t| > t^*$, 則為顯著, 應拒絕 $H_0: \mu_1 = \mu_2$

3.4.2 攝影高度

攝影高度係指鏡頭中心點與地面之距離, 分為 1.2 公尺、1.7 公尺與 2.2 公尺等三種高度各拍攝三張相片, 如圖十一、圖十二、圖十三, 其他攝影條件固定為: 鏡頭焦距 50mm、攝影角度 10 度、攝影位置距原點 4 公尺)。1.2 公尺與 1.7 公尺二組相片均測得 72 個點位, 2.2 公尺之相片則涵蓋所有點位, 三張相片計測得 75 個點位。每張相片經測距後, 以三個相同控制點使用「尋優法」調整端點座標測距, 結果分析如下:

- 一、攝影高度不同, 網板的成像亦不同, 攝影高度較低者, 相片中的網板較為寬扁; 攝影高度較高, 則網板成像較方正, 對消失點位置與整體座標系統有明顯不同。
- 二、在網板端點調整與未調整之二項測距結果, 均以攝影高度 1.2 公尺之 RMSPE 最大, 1.7 公尺與 2.2 公尺之 RMSPE 較低, 且兩者相近。(如表五)
- 三、經調整端點座標後, 測距誤差大幅減少, 改善率均在 85% 以上, 改善效果顯著。
- 四、以每個點位測距誤差之平方值, 使用單因子變異數分析(ANOVA)方法, 將不同攝影高度之三組資料進行檢定(如表六), 在顯著水準為 0.05 情況下, 攝影高度對測距誤差有顯著差異。
- 五、經再以 t 檢定(如表七)將端點座標調整後之三組資料兩兩比較, 發現攝影高度 1.2 公尺之測距誤差顯著大於 1.7 公尺與 2.2 公尺者, 而高度 1.7 公尺與 2.2 公尺之測距誤差則無顯著差異。

在 3.2.3 節中曾探討提高攝影高度, 可降低地面高程所造成之測距誤差, 在本節實驗中, 亦獲得證實。但在一般的事發現場攝影時, 欲提高攝影高度似有所困難, 多以攝影人員眼睛高度為上限。



圖十一、攝影高度 1.2 公尺



圖十二、攝影高度 1.7 公尺



圖十三、攝影高度 2.2 公尺

表五、攝影高度與測距誤差比較表

RMSPE	1.2M	1.7M	2.2M
端點未調整	5.998%	5.093%	5.115%
端點調整	0.899%	0.662%	0.622%
改善率	85.011%	87.001%	87.840%
量測點位數	72	72	75

表六、攝影高度與測距誤差變異數分析表(ANOVA)

鏡頭種類	個數	總和	平均數	變異數		
1.2M	72	0.005817	8.08E-05	1.18E-08		
1.7M	72	0.003156	4.38E-05	6.56E-09		
2.2M	75	0.002898	3.86E-05	2.43E-09		
變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	7.680E-08	2	3.84E-08	5.588129	0.004303	3.03767
組內	1.484E-06	216	6.87E-09			
總和	1.561E-06	218				

註: $\alpha=0.05$, 當 F 值大於臨界質(P-值 <0.05), 則為顯著, 應拒絕 $H_0: \mu_1 = \mu_2$.

表七、攝影高度與測距誤差 t 檢定分析表

項目	1.2M	1.2M	1.7M
	2.2M	1.7M	2.2M
t 統計量	3.047	2.314	0.471

註: $\alpha=0.05$, $t^* = \pm 1.976$, 若 $|t| > t^*$, 則為顯著, 應拒絕 $H_0: \mu_1 = \mu_2$

3.4.3 攝影角度

攝影角度係指鏡頭中心軸線之俯角, 分為 17 度、13 度與 10 度等三種角度各拍攝三張相片, 如圖十四、圖十五、圖十六, 其他攝影條件固定為: 鏡頭焦距 50mm、攝影高度 1.5 公尺、攝影位置距原點 4 公尺), 每一組三張相片各測得 72 個點位。每張相片經測距後, 再以三個相同控制點使用「尋優法」調整端點座標測距, 結果分析如下:

- 一、攝影角度不同, 相片中網板的成像相仿, 主要差別為網板所在相片之位置不同, 攝影角度較小者, 相片中的網板位置較高; 攝影角度較大者, 則網板位置較低, 每張相片之消失點相對位置與整體座標系統則無明顯差別。
- 二、攝影角度以 17 度與 13 度之 RMSPE 較大(均約 6%), 10 度為 4.871%; 調整網板端點座標後測距結果, 以攝影角度 13 度之 RMSPE 較大(1.067%), 其次為 17 度(0.97%), 10 度之 RMSPE 最低(0.88%)。(如表八)
- 三、經調整端點後, 測距誤差大幅減少, 改善率均在 81% 以上, 改善效果顯著。
- 四、以每個點位測距誤差之平方值, 使用單因子變異數分析(ANOVA)方法, 將不同攝影角度之三組資料進行檢定(如表九), 在顯著水準為 0.05 情況下, 攝影角度對測距誤差並無顯著差異, 以 t 檢定(如表十)將三組資料兩兩比較, 三組攝影角度資料間之測距誤差均不顯著。



圖十四、攝影角度 17 度



圖十五、攝影角度 10 度



圖十六、攝影角度 13 度

表八、攝影角度與測距誤差比較表

RMSPE	17 度	10 度	13 度
端點未調整	6.070%	4.871%	6.039%
端點調整	0.970%	0.880%	1.067%
改善率	84.020%	81.934%	82.332%
量測點位數	72	72	72

表九、攝影角度與測距誤差變異數分析表(ANOVA)

鏡頭種類	個數	總和	平均數	變異數		
17 度	72	0.006773	9.41E-05	1.67E-08		
10 度	72	0.005575	7.74E-05	1.47E-08		
13 度	72	0.008085	0.000114	1E-07		
變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	4.760E-08	2	2.38E-08	0.545117	0.580584	3.038465
組內	9.256E-06	213	4.37E-08			

註: $\alpha=0.05$, 當 F 值大於臨界質(P-值 <0.05), 則為顯著, 應拒絕 $H_0: \mu_1 = \mu_2$.

表十、攝影角度與測距誤差 t 檢定分析表

項目	17 度	10 度	13 度
	10 度	13 度	17 度
t 統計量	0.797	-0.911	-0.491

註: $\alpha=0.05$, $t^* = \pm 1.977$, 若 $|t| > t^*$, 則為顯著, 應拒絕 $H_0: \mu_1 = \mu_2$

四、實例驗證

一、事故現場

本案為 A3 事故，二輛自小客車於台中市南屯區惠文路與文心一路口發生追撞事故。惠文路與文心一路口均為雙向二車道，路口設置三色號誌。

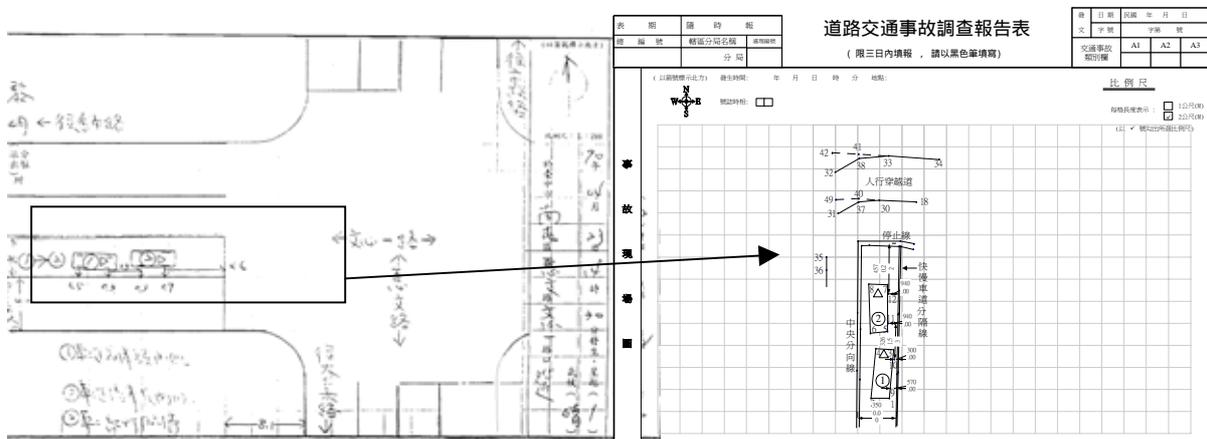
二、現場作業

本案處理員警係以車輪與車角噴漆定位，於現場選擇 3 個控制點，由於近端車輛(1 車)噴漆點位較明顯，故僅於遠方車輛與控制點放置定位標示牌，網板位置放置於 1 車後方，量測控制點與網板端點 B、C 之距離，照相後完成網格測距之現場作業。

另使用經緯儀取得兩輛事故車輛車角定位點之角度、距離與高程等資料，但事後取得警繪現場圖始發現員警以車輪位置標繪，故網格測距還原時，以車輪位置進行還原，並與警繪現場圖比較。

三、測距還原

現場相片以 3x5 吋沖印，解析度 300dpi 全彩模式掃描成 JPG 圖檔，以「小畫家」定位網板端點與控制點相片座標，轉貼至 Excel 測距公式，再以「尋優法」調整網板端點座標。依現場相片測定 42 個點位，以還原車角、車輪、中央分向線、快慢車道分隔線、停止線與人行穿越道等車輛與道路設施，以 Excel X-Y 散佈圖轉貼至 Visio，還原結果如圖十八，警繪現場圖如圖十七所示。



圖十七、警繪現場圖

圖十八、網格測距還原圖

四、網格測距還原圖與警繪現場圖比較分析如下：

- (一) 1 車右後輪與快慢車道分隔線中點距離：警繪現場圖為 0.5 公尺，網格測距還原圖為 0.57 公尺。
- (二) 1 車右前輪與快慢車道分隔線中點距離：警繪現場圖與網格測距還原圖均為 0.3 公尺。
- (三) 1 車右前輪與 2 車右後輪垂直距離：警繪現場圖為 3.3 公尺，網格測距還原圖為 3.26 公尺。
- (四) 2 車右後輪與快慢車道分隔線中點距離：警繪現場圖為 0.9 公尺，網格測距還原圖為 0.94 公尺。
- (五) 2 車右前輪與快慢車道分隔線中點距離：警繪現場圖為 0.9 公尺，網格測距還原圖為 0.94 公尺。
- (六) 2 車右前輪與停止線中點距離：警繪現場圖為 4.6 公尺，網格測距還原圖為 4.57 公尺。

第五章 結論與建議

由前述各節說明及實例測試，可歸納下列之結論與建議：

5.1 結論

- 一、網格法係以平面圖解方法，由相片座標還原空間相對座標，受到許多誤差因素影響，測距精度絕無法與雷射測距儀、經緯儀等測量工具相比，但由於現場圖的精度要求並非甚高，現場處理時程又不容許過長，因此，本文針對傳統網格法的缺失，提高測距精度並改善操作方法，以低廉的成本滿足實務需求，且現場相片可能內含許多重要資訊，得以事後還原，更是其他現場量測方法所不及。
- 三、網格法現場作業，不同的攝影條件，對測距精度有不同的影響程度，在不同的實驗測試，使用廣角(28mm)或標準鏡頭(50mm)，測距結果優於中距鏡頭(70mm)；攝影高度較高者(1.7 與 2.2 公尺)，測距

結果優於較低者(1.2 公尺)；而攝影角度的變動對測距則無顯著影響。因此，使用網格測距最佳的攝影方式為：使用標準或廣較鏡頭，以直立或以物品墊高攝影位置，將網板底部與相機視窗下緣保持平行，拍攝網板與所欲還原之現場範圍。

- 四、在還原作業中，相片像點座標定位偏差與地面高程為測距的影響因素，距離愈遠者，對測距結果變動愈大，故對於事故現場較遠或較模糊之跡證，應使用定位標示板以增加像點定位精確度。而地面高程會影響待測點在相片中之成像位置，造成測距誤差，在一般的事務處理程序中，處理員警無法得知各待測點之高程，但可藉由提高攝影高度，減少高程誤差。
- 五、網板端點座標的定位誤差對測距結果影響較大，為測距品質不穩定之主要因素之一，由於網板端點的變動會造成整個測距座標系統的改變，本文在事故現場主要量測區域內增加 3 個控制點，由控制點所構成之平面代表實際空間平面(地面)，以「尋優法」調整端點座標為最佳化，以提昇測距精度。在第二實驗場地多次實驗中，測距誤差多在 5%至 7%之間，經以「尋優法」調整網板端點，各次實驗之測距誤差均降低為 0.6%至 1.3%之間，改善效果相當顯著。
- 七、在實證測試中，使用網格測距現場操作所需時間甚短，事故現場還原品質亦符實務需求，在肇事車輛等主要測繪項目中，警繪現場圖與網格測距還原圖均相當接近，一般而言，距原點較近的點位，網格測距還原精確度較優於警繪現場圖，距離較遠者，則易受地面高程或定位誤差影響測距結果。
- 八、由於單張相片涵蓋範圍有限，通常無法攝取整個事故現場，且網格測距範圍亦有所限制，尚無法以網格法取代現行測繪程序。在實務的運用上，應著重於現場跡證相關位置的還原，對於處理人員量測錯誤或未予量測之重要跡證，網格測距提供了補救的機會，有助於事故重建與肇事責任鑑定。

5.2 建議

本文在網格法的改善與實務運用上，已獲致初步的成果，但在操作上及後續發展仍有下列建議：

一、改善網板設計

網板端點定位的精確度，對整體測距座標系統影響甚大，正確的端點位置，應是網板下緣與地面接觸之點(假設地面平坦)，但實際在測定端點座標時，上方端點(A、D)因網板厚度而遮蔽應測點位，故多定位於網板上緣，理想之網板應以薄而硬之材質，較薄者可減少端點遮蔽，易於定位；較硬者則不易因地面不平整而影響端點定位。較精確之網板定位配合「尋優法」調整，可得到較好之測距還原品質。

二、減少高程誤差

地面高程亦為造成測距誤差的重要因素，尤其距離愈遠，誤差愈大，雖然提高攝影高度，可減少高程影響，但實務上仍以處理人員直立高度為上限，改善效果有限，未來如配發交通事故處理車，可研議設置可升降之攝影設備，將大幅減少高程誤差，增加網格測距適用範圍。

三、增加還原作業效率

本文係運用 Excel、Visio、「小畫家」之現有功能，以完成還原作業之簡便方法，各項操作雖不複雜，但效率可進一步改善，後續研究可使用適當之程式軟體，整合還原作業項目，強化資料處理界面，如以滑鼠游標取得相片像點座標值，取代人工記錄；測距後以指定點位之空間相對座標(Dx,Dy)自動產生線段，無須手動繪製。

四、後續研究方向

(一)多張相片之結合

網格測距經研究改良後，對事故現場之還原能力已大幅提昇，但由於單張相片無法涵蓋全部事故現場，目前尚無法以網格法取代現行測繪程序，後續研究可針對兩張或多張網格測距相片進行結合，擴大測距範圍，進而還原完整之事故現場圖，網格測距將更具實用價值。

(二)二張相片之疊合

在同一地點對同一事故場景，於車輛移置前後各拍攝一張相片，以二個相同影像點之座標加以轉換，可將兩張相片還原之現場疊合，可釐清跡證與車輛移置前後之相關位置，對肇因研判工作更有助益。

參考文獻(略)