

比色法在事故現場跡證鑑識上之應用

王瑩瑋¹

摘要

為釐清事故現場相片中關於污染物是否為血漬之疑義，本文利用跡證之顏色特徵，透過電腦視覺採用直接比色法進行污染物與血漬之鑑別分析，以釐清爭議。其處理過程為，先將跡證相片掃描後取得數位影像，並均勻地擷取跡證上樣本點之 RGB 三原色值，再轉換為 HSI 值，且以色調及飽和度做為兩者區別之特徵量，再建立一污染物及血漬之特徵量均值差之假設檢定，並設定 α 風險值為 0.00001，經檢定的結果得知，污染物與血漬在色調上並無差異，但在飽和度上則有非常強烈顯著之差異。另為確認該污染物之真正歸屬，進行一油漬滴落模擬實驗，擷取油漬之顏色特徵量經檢定後發現，該污染物與油漬並無明顯差異，但該油漬則與血漬在飽和度上則有非常強烈顯著之差異，是故由本法比對之結果得知，該污染物之顏色特徵較接近於油漬並非血漬。

壹、前言

事故現場跡證，諸如車痕、血漬、油漬等，是事故現場調查上重要之項目，其可用以輔助推論及釐清車輛接近、碰撞、分離之動態過程，對於後續事故重建及肇事原因分析有實質正面之幫助，故一般事故現場處理人員，均會審慎地加以勘察、量測、記錄、並拍照存證。由於事故現場處理上，需於短時間內排除事故現場，以維持交通之順暢，故雖是訓練有素之處理人員於短時間內進行事故現場調查的工作，在跡證之觀察及蒐證過程中稍有不慎，即有可能遺漏重要跡證之測繪、記錄、及拍照的工作，然其可能對於後續事故重建及原因分析過程造成無法彌補或解釋之問題，進而造成責任鑑定甚或判定上之困擾。是故如何改進事故現場調查及處理工作之效能，一直是警政單位相當關注及禱力改進之課題。

事故現場具有不可回復性，當事故排除後，想回到原先之現場做進一步之觀察蒐證甚或跡證之比對確認，在短時間內或許可取得若干之有用之資料，但事故若已發生一段時間後(例如一年)，即有相當高之困難度且需仰賴若干特定之技術才可達到目的，例如：想了解事故發生當時現場上車輛、人、道路(含跡證)之相對位置，需利用現場照片配合現場重建之技術加以回復接近之事故現場。當然有些證物如果現場處理過程沒有記錄或採證，事後的調查及鑑別之成功機會將大幅降低，除非尚有適當的照片存證，例如：車輛碰撞後，車上零件掉落(如後視鏡)後之實際位置並無記錄，但有相片可藉以推估可能之位置，其精確度則視已知之條件而定。

¹國立澎湖科技大學行銷與物流管理學系副教授。

本文引用實際事故案例鑑定中，因現場跡證並未被調查員警加以詳實記錄及確認(僅有現場跡證相關相片)，所發生之跡證目視識別上之爭議(某污染物是血漬嗎?)，企圖採用電腦視覺上常用之比色方法，以論證該跡證或污染物之歸屬，加以澄清疑義，該結果可提供實務鑑識工作人員加以參考使用。本文以下重點回顧比色法在相關領域之應用概況，其次說明擬採用之顏色模式及跡證鑑別的方法，最後以一實際案例說明該鑑識方法之可行性，並再配合一實驗方法以進一步確認該污染物之真正歸屬，最後提出結論及建議。

貳、比色法相關應用文獻回顧

比色法主要是利用物體表面顏色之屬性以進行目標物之辨識工作，其實際操作上，可以肉眼做為辨識之工具，但因肉眼在顏色之分辨能力或效率上較差，一般而言，可採用機器視覺或電腦視覺以提高顏色分辨之準確性及效能[1]。因本文乃涉及污染物是否為血液爭議之論證，僅針對直接比色法在血液及標的物分類研究上之重要相關文獻回顧如下：

血液之顏色主要自於紅血球中之血紅色素，1900年芬蘭的Theodor Tallqvist [2]提出一種血液中血紅色素檢測之方法，它是一種非常簡易低成本之血紅色素檢測卡，係由若干頁之吸水紙(blotting paper)及一頁孔之色度表構成之小冊子(haemoglobin scale)，該法檢測時撕下吸水紙一小塊，自被檢驗者耳垂沾血一滴，置於色度表上目視比色以確定其血紅色素正常之比例，但實證結果相當不準確且不可靠，故早已被棄置不用。後經Lewis[3]等人之改良，目前已成為相當受歡迎簡便經濟之血紅色素直接比色計(每次檢測費用僅約 US\$0.02)，其準確度已提高至約97.5%[3,4,5]，該法目前常使用於無實驗室設備地區人民貧血之偵測診斷上。當然該法之精確度比不上實驗室中常用之貧血檢測方法，例如光電比色法。

另於食品之分類或分級上，亦有採用比色法成功之例子，例如：魚肉分級上，挪威出口之鮭魚即採用直接比色方法，以進行魚肉分級之工作，其操作上，即利用類似血紅色素色度卡方法，比對魚肉(切塊)表面之色澤與事先製作好之色卡，以進行魚品分級之動作，目前產地魚品分級仍採用比色法加以進行。

因目視比對方法需仰賴大量人力，且分級之品質受人的視力(辨色能力)好壞，主觀判定及操作經驗的影響，其準確度及穩定性較差，故實務上，乃有自動化鑑別分類或分級之需求；即以機器代替人力來從事更有效率及精準之辨識分類活動。而利用顏色屬性以機器視覺或電腦視覺為工具，進行標的物識別之應用有：標的物分類及索引(object classification and indexing) [6,7]、臉部辨識[8]、紋理切割[9]、及型態識別等，在標的物識別分類之研究上，農產品之分級是典型之運用，農產品外觀色澤是取悅購買者之重要因素，更是提高價值之有利條件，故自動識別之需求大，其相對之研究頗為豐富。

Shearer 和 Payne [10]即利用物體表面顏色之三色激值(tristimulus values)轉換為色調(hue)、飽和度(saturation)及亮度(intensity)參數值，並建立 8 個色調變數，做為顏色特徵，用以做為胡椒(bell pepper)分級之依據。Y. Tao et al [11]利用機器視覺

成功地進行馬鈴薯及蘋果顏色檢測，以色調方圖做為特徵，在馬鈴薯及蘋果顏色檢測上之準確度高達 90%，此系統可搭配其它特徵，諸如型狀、大小、瑕疵等，以進行完整的農產品分級工作。Choi et al. [12]發展一彩色影像分析程序，將新鮮蕃茄依據色調資訊分成 6 個熟度等級。Edan et al. [13]進一步發展一加權顏色參數，以建立一不受光源改變影響之模式，將蕃茄分成 12 個熟度等級。Symons et al. [14]有鑑於扁豆分類上，以訓練有素之檢查員目視分級工作，由於顏色認知之複雜性，存在高度的主觀性，經常是個別檢查人員分級結果相當一致，但不同檢查員間存有認知之差異(尤其是級別邊緣之產品分級)。為達成一致之分級結果，檢查人員往往需要停下來討論取得共識，往往導致檢查過程之延誤(因為沒有明確之顏色分級界限)。而為有效解決上述問題，因顏色及外觀是重要之分級因子，乃發展一以顏色為基礎之機器識別系統，研究中發現影像之顏色、顏色之分配及紋理特性是扁豆分級之良好指標，利用線性區別方法、K 最鄰近法、及類經網路分別建立分類器，其分類效果表現相當，其中線上分類系統(類神經網路分類器)之準確度超過 90%。

由上述之應用可知，以機器視覺或電腦視覺進行標的物之鑑別不僅具有客觀性，且速度快、準確度高。其常採用之顏色模式主要是 HSI 模式，因其利用 Hue 色調代表顏色，可避免以 RGB 值代表顏色在處理上之不便，進一步利用色調直方圖，以進行標的物顏色屬性之鑑別，此觀念相當值得參考。

參、顏色模型及鑑識方法

顏色模式或空間(Color model or Color space)乃是表示顏色之一種方式，不同之影像處理系統，考量不同之原因，使用不同之顏色模型。例如：印刷廠或出版社採用 CMY 模型；彩色 CRT 監視器和大部份電腦繪圖系統使用 RGB 彩色模型；若系統需分開處理色調、飽合度和亮度需採用 HSI 系統。

人眼對於顏色之知覺主要是取決於三種錐狀體(cones)之感光反應強度(response)，因此顏色均可以此三色激值(tristimulus values)加以表示。一般而言，針對事故現場照片中之跡證，以顏色進行鑑別，必須將照片經由掃瞄器轉成數位影像，並以 RGB 之顏色系統加以表示像點之三原色值，其顏色空間如下圖 1 所示。

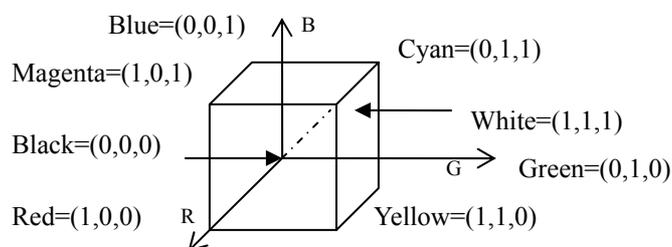


圖 1 RGB 彩色空間系統

因紅、綠、藍三原色有高度之相關性，在影像之處理上較為困難，例如：影

像均等化方法(Histogram equalization)僅需針對影像中之亮度(intensity)做處理，RGB 值必須轉換為 HSI 系統值，才能進行。是故為有效地進行顏色之識別，本文將污染物上取得之 RGB 值轉換為 HSI 值，其轉換公式如下所示：

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min (R, G, B)] \quad (2)$$

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right] \quad (3)$$

並以色調(hue)及飽和度(saturation)做為顏色區別之依據。再透過母體均數差之假設檢定的方法，判定兩群母體均值是否有明顯之差異，以確認其異同。

肆、案例研究

為有效說明比色法在事故現場跡證鑑識上使用之可行性，本文以一實際事故鑑定案例，肇因於調查人員並未記錄或確認現場中機車座墊上污染物是否為血跡，造成事故審理過程中，被告一直強烈地認定該污染物是血跡，且據以反駁原地方鑑定，覆議會鑑定以及再送學術界鑑定結果之正確性。然因事故現場污染物僅有相片可做為唯一鑑別之依據，且僅能由相片中污染物之顏色特性，加以分辨是否為血漬？是故本案例相當適合做為比色法運用及說明之範例。

以下就本案例先做一概略性之介紹，再就爭議點，以本文所提之比色法，進行資料之分析，最後再輔以一油漬滴落之模擬實驗，取得滴落痕顏色特性，再與原相片中污染物做一比對，再確認該污染物之可能歸屬。

4-1 案例說明

本案為一小汽車與機車事故，發生於八十九年十一月十一日，地點在新竹市牛埔南路浸水街口，事故發生後之現場圖，如下圖 2 所示。由圖中可知機車右側倒臥於對向車道之外側，小汽車則跨停於分向線上，小汽車行駛車道之內側車道上有一灘血跡，機車之座墊右後方及座墊右側下方車殼上有疑似污染物沾附及滴落痕跡，如下圖 3 之(g)及(h)圖所示。該相片中機車座墊及下方車殼上之污染物，以肉眼觀察其顏色似乎接近血液之顏色，故原告強烈認定污染物是為血跡，且倘若為血跡，其可能碰撞之動態過程，與原先地方、覆議會、及學術界再鑑定之結果完全不同，是故法院乃就原告之質疑--『……又系爭機車之座椅上為何沾有血跡？』，請求鑑定單位補充說明。本文僅就該部份所涉及之推論分析，加以說明如后。

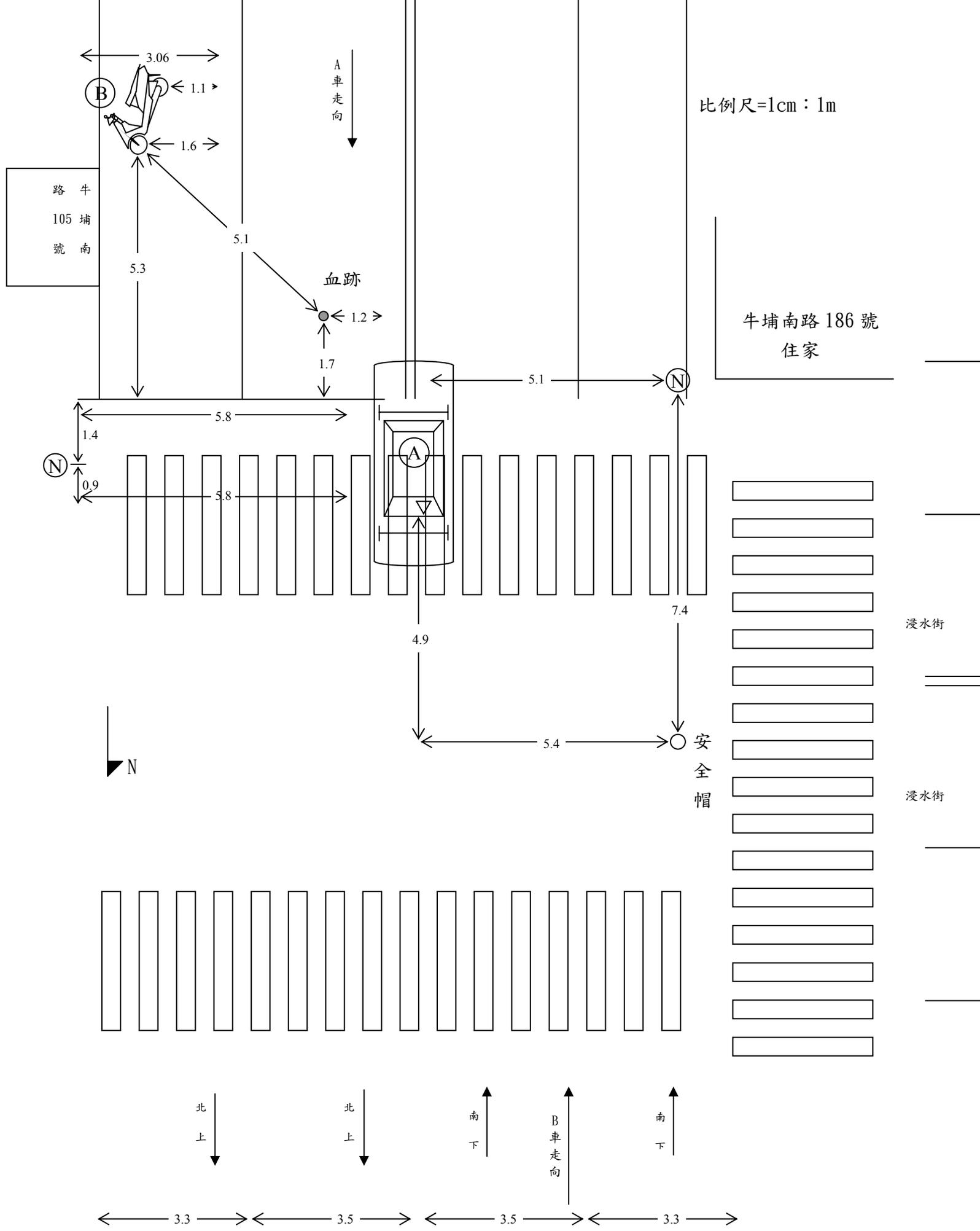


圖 2 事故現場圖



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

圖 3 事故現場照片

4-2 污染物顏色比對

該案之現場照片中，有 3 張是拍攝到路面上血跡，有 4 張拍攝到機車座墊上污染物 b 及 d 圖，因拍攝當時天候良好，相片中景物相當清楚。先將相片以掃瞄器(microtek scanner 5700)掃瞄取得其數位影像，以均勻取點方式(在血跡或污染物分佈之面積平均地選取代表樣本點)擷取血漬及污染物上像點之 RGB 顏，再利用上述所提到 HSI 轉換公式取得各點像 HSI 值，其擷取血漬及污染物分別有 60 個點位，其平均之色調(hue)及飽和度(saturstion)如下表 1 所示。而亮度(intensity)，表示顏色明亮程度對於顏色之區別較無直接作用，本文中未予考慮。

就上述之血漬及污染物之色調及飽和度分別建立一母體均數差之假設檢定，亦即令虛無假設 $H_0: \mu_{blood} = \mu_{stain}$ 表血漬之色調或飽和度的平均值與污染物的色調或飽和度相同；對立假設 $H_a: \mu_{blood} \neq \mu_{stain}$ ，表血漬之色調或飽和度平均值與污染物之色調或飽和度不相同。為儘量降低 α 風險(型 I 錯誤之機率；表 H_0 為真但絕 H_0 之機率)採取非常低之 α 為(0.00001)，其用意是假設血漬及污染物是同一物(原告之認定)，除非有非常強烈之證據證明兩者不同，才拒絕虛無假設並接受對立假設(即認為兩者不同)。由 T 檢定之結果如下表 2~3 所示。由檢定結果可知，血漬與污染物之色調並無明顯之差異，但血漬與污染物之飽和度有顯著之差異，其 99.999%信賴區間為(0.18460, 0.27071)並未包含 0，表兩者飽和度有非常強烈顯著之差異。

表 1 取樣之血漬及污染物之色調及飽和度

項 目	血 漬		污 染 物	
	平均值	標準差	平均值	標準差
色 調	18.45	6.478	18.55	18.61
飽 合 度	0.3842	0.0514	0.1565	0.0507

表 2 血漬與污染物母體均數差 T 檢定(色調) $\alpha=0.0001$

項 目	樣本數	平均數	標準差	99.999%信賴區間	決策
血 漬	60	18.45	6.48	(-12.18, 11.98)	不拒絕 H_0
污 染 物	60	18.6	18.6		

表 3 血漬與污染物母體均數差 T 檢定(飽和度) $\alpha=0.0001$

項 目	樣本數	平均數	標準差	99.999%信賴區間	決策
血 漬	60	0.3842	0.0514	(0.18460, 0.27071)	拒絕 H_0
污 染 物	60	0.1562	0.0507		

4-3 機油滴落模擬實驗

由事故現場照片(e)圖可知，機車車身倒地位置地面上，有一片油漬(中央尚有濕潤的油窪)，此乃因機車倒地時由側面滲油，並使機車坐墊右側邊緣沾染該油漬之可能原因。一般而言，機車之用油有三種，一為汽油、二為機油、三為齒輪油，其中汽油無色透明，故無法形成清楚可見之滴落痕。然齒輪油及機油，均可形成滴落痕，齒輪油原色為淺黃色呈黏稠狀，正常狀況下僅潤滑齒輪較不會受高熱變質，顏色較為穩定。反之，機油原色亦為淺黃色呈黏稠狀，但因在引擎內常受高熱逐漸變質，其顏色會慢慢加深(由淺黃→黃褐色→黑褐色(咖啡色))。是故機車倒地外漏之油漬，以油箱汽油及機油較為可能，然由本案坐墊右側塑膠護袋摺折破裂處污染物及其下沿板金上所遺留的滴落痕之顏色判斷，其較接近機油之顏色(咖啡色)。

為進一步確認該污染物是否為漏油所形成，本研究進行機油滴落機車板金實驗。採用已使用過之機油，滴落於機車板金上，並模擬事故現場之拍攝角度取得相片。相片經掃描後擷取其 RGB 顏色，再轉換為 HSI 值，其色度及飽和度之平均值及標準差如下表 4 所示。為確認污染物之顏色特徵是否接近油漬，以及血漬是否與油漬有明顯之顏色差異，再進行污染物與油漬及血漬與油漬之假設檢定。經 T 檢定之結果如下表 5~8 所示。由表中可知污染物與油漬之色調及飽和度均無明顯差異，而血漬與油漬在色調上雖無明顯差異，但飽和度上則有非常強烈顯著之差異。由此實驗結果可知，該污染物顯然較為接近油漬並非血漬。

表 4 血漬之色調及飽和度

項 目	平均值	標準差
色調	15.16	0.27
飽和度	0.2039	0.0398

表 5 污染物與油漬母體均數差 T 檢定(色調) $\alpha=0.0001$

項 目	樣本數	平均數	標準差	99.999%信賴區間	決策
污染物	60	18.6	18.6	(-16.13, 9.34)	不拒絕 H_0
油漬	26	15.6	6.27		

表 6 污染物與油漬母體均數差 T 檢定(飽和度) $\alpha=0.0001$

項 目	樣本數	平均數	標準差	99.999%信賴區間	決策
血漬	60	0.1565	0.0507	(-0.0018, 0.0966)	不拒絕 H_0
污染物	26	0.2039	0.0398		

表 7 血漬與油漬母體均數差 T 檢定(色調) $\alpha=0.0001$

項 目	樣本數	平均數	標準差	99.999%信賴區間	決策
血漬	60	18.45	6.48	(-4.03 , 10.62)	不拒絕 H_0
油漬	26	15.16	6.27		

表 8 血漬與油漬母體均數差 T 檢定(飽和度) $\alpha=0.0001$

項 目	樣本數	平均數	標準差	99.999%信賴區間	決策
污染物	60	0.3842	0.0514	(0.1308 , 0.2297)	拒絕 H_0
油漬	26	0.2039	0.0398		

伍、結論與建議

本文例舉一實際之事故鑑定案例，因現場調查上，員警並未記錄機車座墊上污染物是否為血漬，致使原告以目視觀察該污染物之特徵(顏色)相當接近血漬，強烈地認定座墊上沾有血漬，並質疑之前事故鑑定的結論，引發疑義。為論證該一污染物是否為血漬，本文採用直接比色法，利用電腦視覺上較為穩定且精確之顏色表示特性，以現場相片中污染物及血漬跡證上樣本點之 HSI 值中的色調及飽和度做為兩者區別之依據，由 T 檢定之結果得知，污染物與血漬在飽和度上有非常強烈之差異存在。為進一步確認該污染物是否為油漬，再以一機油滴落機車板金之實驗，取得其滴落痕之顏色特徵量，經 T 檢定後發現污染物與油漬無明顯之差異，但血漬與油漬在飽和度上有非常強烈之差異存在，顯見該污染物較接近油漬之特性並非血漬。由上述之跡證顏色比對論證過程，在原鑑定中，再輔以其他推論說明，事後被原告及法院所接受，不再爭議。

事故現場具有不可回復性，事故現場調查人員，在事故處理過程中必須儘可能地確實觀察及詳實記錄人、車、道路環境中重要之事故資料，以避免重要資料之遺漏，造成事故原因分析及責任鑑定過程中無法回復或解釋之問題，進而造成法院責任判定上之困擾。

參考文獻

1. Bevel, Tom., Gardner, Ross M., Bloodstain pattern analysis: with an introduction to crime scene reconstruction, 2002.
2. 鍾來如，血液學檢驗手冊，民國 75 年。
3. S. Mitchell LEWIS, Looking Backwards to the Future: The WHO Haemoglobin Colour Scale, Turk J. Haematol; 19(2):195-189, 2002.
4. S. M. Lewis, G J Stott, K. J. Wynn, An inexpensive and reliable new haemoglobin colour scale for assessing anaemia, Journal of clinical pathology, vol.51, PP. P21-24, 1998.
5. C. F. Ingram, S.M. Lewis, Clinical use of WHO haemoglobin colour scale:validation

- and critique, *Journal of clinical Pathology*, vol53, PP. P933-937, 2000.
6. Gevers T, Smeulders AWM. Color-based object recognition. *Pattern Recogn ; 32(2):453-64*, 1999.
 7. Swain MJ, Ballard DH. Color indexing. *Int J Comput Vision ;7(1)11-32*, 1991.
 8. Yoo T-W, Oh I-S. A fast algorithm for tracking human faces based on chromatic histograms. *Pattern Pattern Recogn Lett; 20(10): 967-78*, 1999
 9. Chang CC, Wang LL. Color texture segmentation for clothing in a computer-aided fashion design system. *Image Vision Comput ;14(9):685-702*, 1996.
 10. Shearer, S.A. and F.A Payne. Machine vision sorting with bell peppers. In *Proc. Of the 1990 Conf. On food processing and automation*, 289-300, 1990.
 11. Y.Tao, P.H. Heinemann, Z. Varghese, C.T. Morrow, H. J. Sommer III. Machine Vision for color inspection of potatoes and apples. *Transactions of the ASAE 38(5):1555-1561*, 1995.
 12. Choi, K., Lee, G., Han, Y.J., and Bun, J.M.. Tomato maturity evaluation using color image analysis. *Trans. Of the ASAE 38(1):171-176*, 1995.
 13. Edan, Y., Pasternak, H., Shmulevich, I., Rachmani, D., Guedalis, D., Grinberg S., Fallik E. color and firmness classification of tomatoes. *J of Food Science 62(4):793-796*, 1997.
 14. M.A. Shahin and S.J. Symons, A machine vision system for grading lentils, *CANADIAN BIOSYSTEMS ENGINEERING*, Volume 43, 2001.