

機械式行車紀錄紙蒐證技巧與判讀解析實作研究 Investigation Skill and Heuristic Analysis on Analogue Tachograph Chart

蘇梓見 Thu-Chien,Su¹

摘要

多數大型車輛配備機械式行車紀錄器(俗稱黑盒子)，駕駛人必須依規定安裝紙卡使用，車主或駕駛人為規避超速受罰或肇事後擔負肇事責任，常在員警稽查或事故蒐證時出現作弊(或偽造)手法，因此交通事故處理人員在沒有蒐證相關規範情形下，蒐集到的紙卡很有可能是作弊後的結果，後端分析人員很難發現，因此分析常見作弊手法及制定相關因應蒐證技巧及後送判讀相關流程、規定就顯得相當重要。再者，目前交通事故或交通違規舉發有爭議之紙卡送判讀，並無政府機關或專責單位進行，實務上由該車機械式行車紀錄器負責之定檢合格單開立廠商負責協助司法、警察機關判讀，惟送判讀之紙卡有不少情形逕以「不予判讀」退件結案。這些大型車輛之駕駛大多數是職業駕駛人，在道路之曝光時間相較於自用車駕駛高出很多，如果經常不更換紙卡造成交通事故後蒐證之重復刻畫紙卡一直都是無法判讀結案，抑或是故意輾壓、故意肇事、造成重大交通事故案件，這些重要而有利用價值之跡證無法發揮作用、無法釐清肇事責任就相當遺憾。因此，本文剖析紙卡判讀技巧、以臺中市為例之配套蒐證作為補充規定及如何利用現成開源免費的科研人員影像分析軟體 ImageJ 或 Fiji 之極座標轉換功能俾利紙卡更便利於人眼判讀，讓相關肇事分析或重建人員有機會讓手上重要交通事故案件之紙卡發揮應有之作用。

關鍵字：機械式行車紀錄器、紙卡、判讀、極座標轉換、黑盒子

一、前言

機械式行車紀錄器(俗稱黑盒子)相較於現有先進式自駕系統(ADAS, Advanced Driver Assistance Systems)各種偵測感知記錄或車輛碰撞資料回存記錄器(CDR, Crash Data Retrieval)相關技術，就顯得是老掉牙的舊科技，但是在導入先進科技運用在肇事重建之前，傳統的黑盒子依然是交通事故蒐證、責任判斷相當重要的一環。

依現行法規相當多 8 公噸以上汽車、營業大客車依規定(道路交通安全規則第 39 條、39-1 條)應裝設行車紀錄器，且在實施定期檢驗時應檢附行車紀錄器經定期檢測合格之證明，另依同規則第 89 條行車前要能確保正確運作並按時更換紀錄卡，

¹臺中市政府警察局保安警察大隊組長，臺中市潭子區豐興路 1 段 500 號，04-23270080,561192@gmail.com。

否則不得行駛。紀錄卡應妥善保存一年備查。違者依道路交通管理處罰條例第 18-1 條處 9,000-24,000 元罰鍰，且除未依規定保存行車紀錄器之紀錄資料之行為外，應責令其參加臨時檢驗。爰此，在國內大型車輛裝設具有連續記錄汽車瞬間行駛速率及行車時間功能之機械式行車紀錄器相當多，依規定行車紀錄器必須每 2 年經定期檢測合格並檢附合格證明。這些大型車輛不是載運人數眾多就是車重相當重，行駛中行車動能相當大、煞停時間及距離均較長，因為物理特性且若操作不當特別在下坡路段容易出狀況導致嚴重傷亡。

爰此，在這些車輛發生交通事故之後，紀錄卡就是交通事故處理人員蒐證的重要標的，也是這種大型車判斷肇事原因之重要物證。但是在實務工作時發現，駕駛人未依規定使用紀錄卡(未安裝或未按時換卡，以下簡稱紙卡)情況相當多，而且交通事故處理人員不諳紙卡判讀流程、職業駕駛人常見作弊手法等；故常造成蒐證之紙卡無法讓後端判讀、損壞，或所蒐證附卷之紙卡並非交通事故當時所使用之紙卡，因此，徒有完整的法令規定，但是卻存在種種亂象。未能落實讓紙卡發揮應有之功能相當可惜。

另外，國內並無政府機關負責或承接紙卡判讀之專業實驗室，大多仰賴行車紀錄器代理商以受過專業訓練之人員進行判讀之後將判讀結果送回併卷，代理商此區塊助益頗大。但代理商依是否有經過原廠授權、紙卡狀況、行車紀錄器是否檢測合格、重復刻畫、破損、非原廠(或不符合機器適用之認證標示)紙卡等情況，可能以無法判讀或不予判讀逕予回復。而這些紙卡是有可能可以進行解析的。

爰此，本文以臺中市經驗及過去所建立行車紀錄器蒐證補充規定及剖析紙卡判讀技巧，另導入以極座標紀錄不利人眼判讀之紙卡，藉由免費開源(開放原始碼)廣受全球科學研究人員所喜愛之 ImageJ 及安裝相關之插件軟體(Plugins)，轉換為適合人眼閱讀之形式，讓其他肇事重建或責任判斷人員(如車鑑會、覆議會、學術鑑定、司法機關)更能有機會了解事故當時情形。

二、文獻回顧

RF Lambourn(2013)描述行駛記錄器數據有兩個主要的取證應用：1 在道路事故調查，確定事故發生時和事故發生前速度、制動速度和駕駛方式；2 在一般刑事調查，查明車輛行駛路線和到達特定地點時間。紙卡是一個直徑 123mm 的圓盤，上面塗有在壓力下會變黑的材料。印刷在紙卡邊緣是 24 小時時間刻度。在內外圈時間刻度之間是記錄速度區域，更下面的是工作模式。最內側記錄行駛距離，用鋸齒線表示。往內或往外行程是 5 公里；一個完整的 V 表示行駛 10 公里。在中間區域是供手寫區，包含駕駛簽名、駕駛起點和終點、日期、車輛號牌和里程表讀數。

RF Lambourn(2013)認為紙卡分析原理系揭露行駛記錄器軌跡和分析量化數據。速度軌跡是由直線連接的一系列點；測量每個點的速度，以及它們之間的時間間隔。這提供了速度與時間的關係圖，然後可以將其整合以產生速度與距離的關係圖。其判讀結果可以使用表格及相關關係圖表示。進行這些測量有多種方法。從紙卡中獲取速度相對簡單，可以通過照片放大或顯微鏡來完成。必須考慮速度記錄的準確性。然而，時間間隔測量並不容易。因為圖表每 24 小時只旋轉一次，所以 1 分鐘只佔用 0.25 度，而在 1 秒內它只轉過 15 秒的弧。通常將紙卡安裝在由千分尺轉動的旋轉台上的顯微鏡下方。一塊玻璃板蝕刻 3 毫米(3um)寬垂直光標線被設計放在紙卡上方，此與目鏡中水平線相結合，在視野中形成“十字線”進行判讀。

SIEMENS VDO, DRABPOL(2000)敘述判讀精度約為 0.5 秒；重複刻畫或是損壞的紙卡，需要採用特殊打光方法，另外需要準備 10 倍放大輸出輔助判讀。

Peter Needham(1988)寫到改進後的顯微鏡包含一個旋轉轉盤，轉盤連接到千分尺，用於直接測量時間（精度為 0.5 秒）。

Artur Rygula, Andrzej W. MITAS, Andrzej DU(2010)認為將極坐標紙卡轉換為直角坐標顯著提高可讀性，最重要的是為分析事故重建中相對困難的問題提供支持，也有助於釐清偽造個案以及驗證紀錄數據正確性。最重要的參數是確認記錄在掃描紙卡圖像上每一個點的極坐標。此操作需要將每個圖像像素的坐標轉換為極坐標形式。由於四捨五入和轉換過程，轉換會導致誤差，更重要的是圓盤中心位置準確性。中心點坐標的指定不準確將導致直角坐標中圖像失真。失真程度取決於紙卡掃描解析度。解析度越高，可見的失真就越少。在事故重建的情況下，可以標記當地速度限制值的參考線，以評估駕駛員是否超過允許速度。重要的是，使用轉換後的圖像來確定加速度值。由於計算複雜性，所提出的算法僅限於 1200 dpi。

三、機械式行車紀錄器及紙卡

3.1 法規

機械式行車紀錄器相關法規有道路交通安全規則第 39 條、39-1 條、第 89 條；道路交通管理處罰條例第 18-1 條；交通部車輛安全檢測基準第 16 點。

3.2 機械式行車紀錄器種類及檢驗校正

機械式行車紀錄器種類、檢驗校正儀器，請參閱顏呈光(2013)機械式行車紀錄器及其定期檢測設備規格簡介；依訊號來源有機械式訊號(rpm)及電子方波訊號(pulse/km)，安裝前必須依車輛訊號來源選用。另相關檢驗標準及容許誤差值請參閱張誌煌(2010)汽車的黑盒子-行車紀錄器測試技術介紹。

3.3 紙卡類別

紙卡直徑都是 123mm,中心孔有圓孔及橢圓孔(或俗稱水滴孔)，最大速度值以 120、125、140 三種最常見，另有分 1 日卡、7 日卡；因此 1 圈 360 度紙卡有 24 小時及 26 小時之區別，紙卡必須搭配行車紀錄器使用才能正確記錄。

3.4 判讀實務運作情形

1.判讀因各機關需求而有不同，若是肇事案件，從事故現場處理、蒐證、備存、送判讀、判讀必須一氣呵成。目前警察實務單位送判讀作法：請駕駛人出具定期檢測合格證明，依出具證明之公司(如樺崎實業有限公司)提供判讀協助，或洽該證明內註明之代理店承轉判讀；有疑問均可洽各地區定檢站協助相關諮詢事項。

- 2.送判讀注意事項：由機關正式行文、附原本紙卡並妥善保存、附定期檢測合格證明影本、不收取解析費用，約 3-7 天完成寄回。
- 3.無權判讀：據樺崎實業股份有限公司於 105 年 4 月 20 日致函臺中市警察局交通警察大隊表示，大隊所送判讀車輛依所附行車紀錄器定期檢驗合格證明書係○
○汽車(股)公司所授權，非樺崎所授權定檢站，無權判讀該行車紀錄紙。
- 4.無法判讀：行車紀錄紙非原廠紀錄紙、沒有行車紀錄、重複紀錄、速度紀錄針故障、紀錄器故障、紀錄器安裝錯誤。
- 5.不判讀：不正確的紀錄紙、只送掃描檔(或文件)沒有原紙卡、沒有檢測合格紀錄。
- 6.判讀前初步檢查：行車紀錄器是否有形式審驗合格標章、是否有 2 年內定檢標章、確認紙卡(最高里程數)與機器(最高里程數)吻合、是否為原廠或符合認證標示紙卡(由判讀者確認即可，得查閱該行車紀錄器使用說明進行確認)、附行車紀錄器蒐證相片(取卡時間、確認與實際時間差)?附事故相關摘要資料?(註明碰撞類型、發生過程、發生時間)、待判讀情形(內容)。

四、常見作弊手法及標準作業流程補充規定

4.1 常見作弊手法

RF Lambourn(2013)指出行駛記錄儀總是容易被駕駛員試圖偽造記錄，以顯示較低的速度或較短的工作時間；大多數偽造在仔細檢查時很容易發現。電子式大大增加了此類篡改的範圍，因此相當多機種已包含了各種“診斷”功能，以顯示何時發生某些異常情況。

機械式大餅常見作弊手法有偷天換日、無影手(彎針)、畫地自限(異物擋針)、回到過去(時鐘回調)，另外車輛所有人改變輪框或輪胎尺寸(或輪胎過度磨損)，或者調整 k、w 特性參數相關部件都會讓紙卡記錄不正確。分述如下：

- 1.偷天換日：依規定必須安裝使用行車紀錄器之車輛駕駛人，需要逐日更換紙卡並確保正常運作，故至少每天會有一張已經記錄過的紙卡留存；數日之後，就會持有許多紙卡，所以發生交通事故之後，交通事故處理人員如未落實蒐證程序，僅要求駕駛人交付紙卡，這張紙卡就未必是當日或事故發生時所記錄之紙卡，這張附卷紙卡就一點用處都沒有，也且還有可能誤導肇因分析及責任判斷之正確性。
- 2.手動彎針：這種行車紀錄器運作是靠記錄針壓刻在紀錄紙上留下紀錄，一般駕駛人都不希望因為超速受罰，特別是行駛高速公路或是快速公路罰鍰較高，少數駕駛人會伸手去彎速度針，讓速度針的記錄比實際速度低，以降低受罰機會。但是速度針一彎，也同時讓速度 0 基準線往下移，只要在速度判讀時將下移部分進行等量修正即可得到真正速度值，所以彎針可謂多此一舉。
- 3.異物擋針：這種操作手法目的同前一項，只是駕駛人可能使用橡皮筋或類似物限制速度針移動範圍，讓速度針記錄不符實際。若發現有此疑慮時，以某路(時)段行駛里程除以行駛時間，即得平均行駛速度與該段最高速度值紀錄比對，可進行初步判斷。
- 4.時鐘回調：這種操作手法目的，一般是駕駛人顧慮違反駕駛時間管理之限制而動手。時鐘回調記錄針都會留下紀錄。

- 5.切斷訊號線：RF Lambourn(2013)電子式機種如果斷開脈衝發送器的連接以試圖顯示車輛沒有被驅動，則測速針將在 0 至 30 kmh 之間振盪，以形成一個寬頻帶。
- 6.故意變動輪胎尺寸或改變 k、w 係數，實務上並不容易發現；但是蒐證時只要留意些許細節(例如事故蒐證時檢查行車紀錄器本體及線路相關封鉛是否遭破壞或拆除，另輪胎尺寸只要使用標尺自地面量取輪胎高度,此即輪胎外徑)就可以發現。

面對這些常見作弊手法，在交通事故現場蒐證時，就必須事先預防，例如為避免出現偷天換日、異物檔針、時鐘回調、變動或破壞封鉛情形，取卡前必須會同駕駛人當面取證，並逐步拍照，開啟後取卡前先拍照，取卡後妥善保存等程序。爰此，為使得取卡後的紙卡成為有效的證據，必須遵守一定的作業流程。

4.2 蒐證補充規定:以臺中市為例

鑒於臺中市轄區中港，海線地區包括清水、大甲、烏日大型貨物運輸車輛為數眾多，加上轄區大肚山坡度陡，附近多條長下坡道路經常出現類似打保齡球重大交通事故，而且駕駛人常指稱煞車失靈，導致重大交通事故死傷慘重(例如 104 年 5 月 4 日臺中市沙鹿區向上路六段與自立路口貨櫃車駕駛自稱因煞車失靈，該案導致 3 人死亡 5 人受傷 26 輛車損壞)，加上臺中市轄及他轄遊覽車等大型大眾運輸車輛乘載人數多，只要發生交通事故造成傷亡損失慘重，而這些車輛多數依規定配備行車紀錄器。經警察局統計機械式行車紀錄器之比例不在少數。為重視大型車輛交通事故預防及發生交通事故後能夠釐清發生原因，找出因應對策、減少傷亡；能夠透過對機械式行車紀錄器紙卡正確蒐證作為，俾利後續判讀、釐清事故發生過程及原因，臺中市政府警察局自 105 年 6 月起實施機械式行車紀錄器蒐證掃描上傳補充規定，通函轄區各分局實施，相關內容摘述如下。

1.建立緣由：

- (1)103 年臺中市政府警察局結合美國北佛羅里達大學警察科技管理學院(IPTM)辦理大貨車肇事勘察訓練，學習煞車系統作動原理、肇事後勘察，實際運用在實務蒐證領域。
- (2) 104 年 5 月 4 日在沙鹿區向上路六段與自立路口貨櫃車重大交通事故造成 26 車 3 死 5 傷、105 年 4 月 7 日於相同路段貨櫃車交通事故 8 車 2 人受傷。
- (3) 為釐清肇事原因，作為研擬防制事故作為，提升事故處理品質及強化為民服務，爰律定本項蒐證補充規定。

2.機械式行車紀錄器相關規定:

- (1)道路交通安全規則第 39 條第 1 項第 24 款總聯結重量及總重量在 20 公噸以上之新登檢領照汽車，應裝設具有連續記錄汽車瞬間行駛速率及行車時間功能之行車紀錄器（以下簡稱行車紀錄器）。自中華民國 90 年 1 月 1 日起新登檢領照之 8 公噸以上未滿 20 公噸汽車、自中華民國 96 年 7 月 1 日起經車輛型式安全審驗及自中華民國 97 年 1 月 1 日起新登檢領照之 8 公噸以下營業大客車，亦同。並應檢附行車紀錄器經審驗合格之證明。
- (2) 道路交通管理處罰條例第 18-1 條第 1 項汽車未依規定裝設行車紀錄器者，處汽車所有人新臺幣 1 萬 2000 元以上 2 萬 4000 元以下罰鍰。第 2 項汽車裝設之行車紀錄器無法正常運作，未於行車前改善，仍繼續行車者，處汽車所

有人新臺幣 9000 元以上 1 萬 8000 元以下罰鍰。第 3 項未依規定保存行車紀錄卡或未依規定使用、不當使用行車紀錄器致無法正確記錄資料者，處汽車所有人新臺幣 9000 元以上 1 萬 2000 元以下罰鍰。第 4 項違反前 3 項之行為，應責令其參加臨時檢驗。

3.補充規定臚列如下：

- (1)取得行車紀錄器紙卡時，除特殊原因外(如駕駛人送醫或死亡)處理人員應會同駕駛人親自操作、取出(處理人員應全程監看)，並依下列原則全程拍照取證。
- (2)開啟機械式行車紀錄器前、後、取出行車紀錄紙請分別攝影、機械式行車紀錄器面板(涵蓋時鐘、時速指針位置)應完整拍攝，機械式行車紀錄器檢測合格證明貼紙亦併案拍攝一張，行車紀錄器紙卡正本蒐證後應妥善保存(直接裝入跡證保存袋，勿張貼在 A4 紙張上)，並逐案記明於補充資料表；若行車紀錄紙最高時速(如 120 公里/小時或 125 公里/小時)與行車紀錄器最高時速不一致時，請於補充資料表、跡證保存袋上註明。
- (3)行車紀錄器紙卡正本陳送:A1 類案件紙卡正本掃描後隨案送偵查隊移送;A2、A3 類逐案以跡證保存袋(尚未配發前得以機關信封代替，請註明處理單位、處理人員、發生日期、車牌號碼)依期限陳送本大隊事故處理組。
- (4)掃描及上傳交通事故 E 化系統作法:掃描時以平台式掃描器掃描(勿使用饋紙式)，600x600dpi 解析度 (1200x1200dpi 最佳)、色彩選擇全彩、涵蓋整張行車紀錄器一次掃描完成(存成影像檔儘可能選擇無破壞性壓縮格式，如.tiff 檔、.PDF 亦可，.jpg 屬破壞性壓縮應避免)；完成後上傳 E 化系統該案”其他文件”內。
- (5)行駛連續長下坡路段(如沙鹿區向上路六段)調查訪問程序增加詢問事項：1 行駛路線(哪裡下匝道、哪裡轉彎)、2 在哪裡停車(等)或休息、3 發現危險後採取甚麼動作?、4 駕駛人若指煞車失靈時，詢問下坡路段所採取的煞車動作為何(是否在下坡起點試踩煞車?、是否使用踏板煞車、使用頻度如何、是否使用半拖車煞車或駐車煞車)、是否使用引擎煞車、檔位如何操作? 5 車輛是否具備其他輔助煞車系統?名稱為何?碰撞前是否使用?如何使用? 6 車輛是否均為同一駕駛人所駕駛?若有更換駕駛人，何時換?駕駛人姓名聯絡電話?
- (6)相關違規事項及相關法條：經判讀行車紀錄器若超速則依處罰條例第 40 條或第 43 條第 1 項第 2 款舉發；違反道路交通安全規則肇事致人受傷、死亡則依處罰條例第 61 條第 3 項舉發；經判讀行車紀錄器若駕駛人連續駕車超過八小時經查屬實則依處罰條例第 34 條舉發；機械式行車紀錄器未依規定裝設、無法正常運作、未依規定使用、不當使用致無法正確記錄資料者均應依前揭處罰條例第 18-1 條落實違規舉發。

五、判讀技巧

5.1 記錄針與紙卡

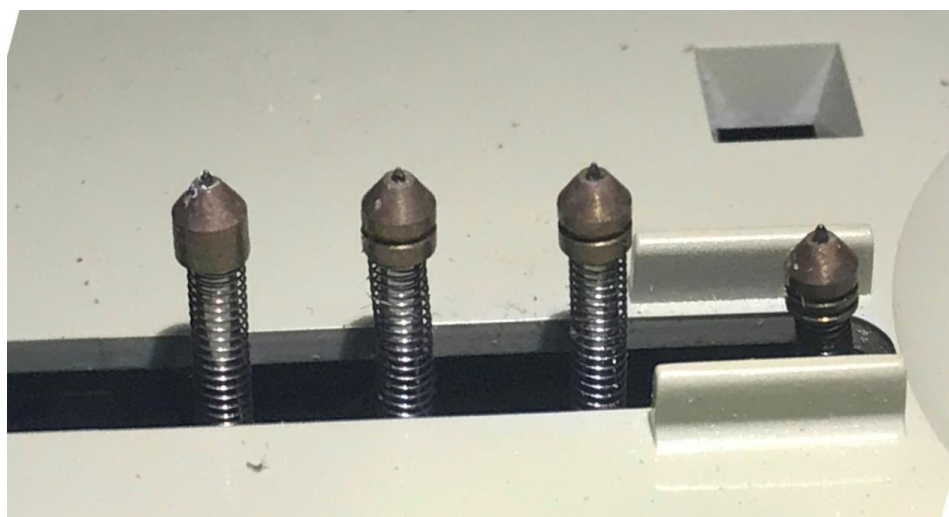
機械式紙卡以速度針、里程針、交換班針、工作模式針、引擎轉速針(少部分

才有，部分機型記錄在紙卡背面)刻畫在紙卡，記錄針如圖 1 及圖 2 所示相片。各針移動範圍如圖 3，紙卡以預先設定之旋轉速度轉動。



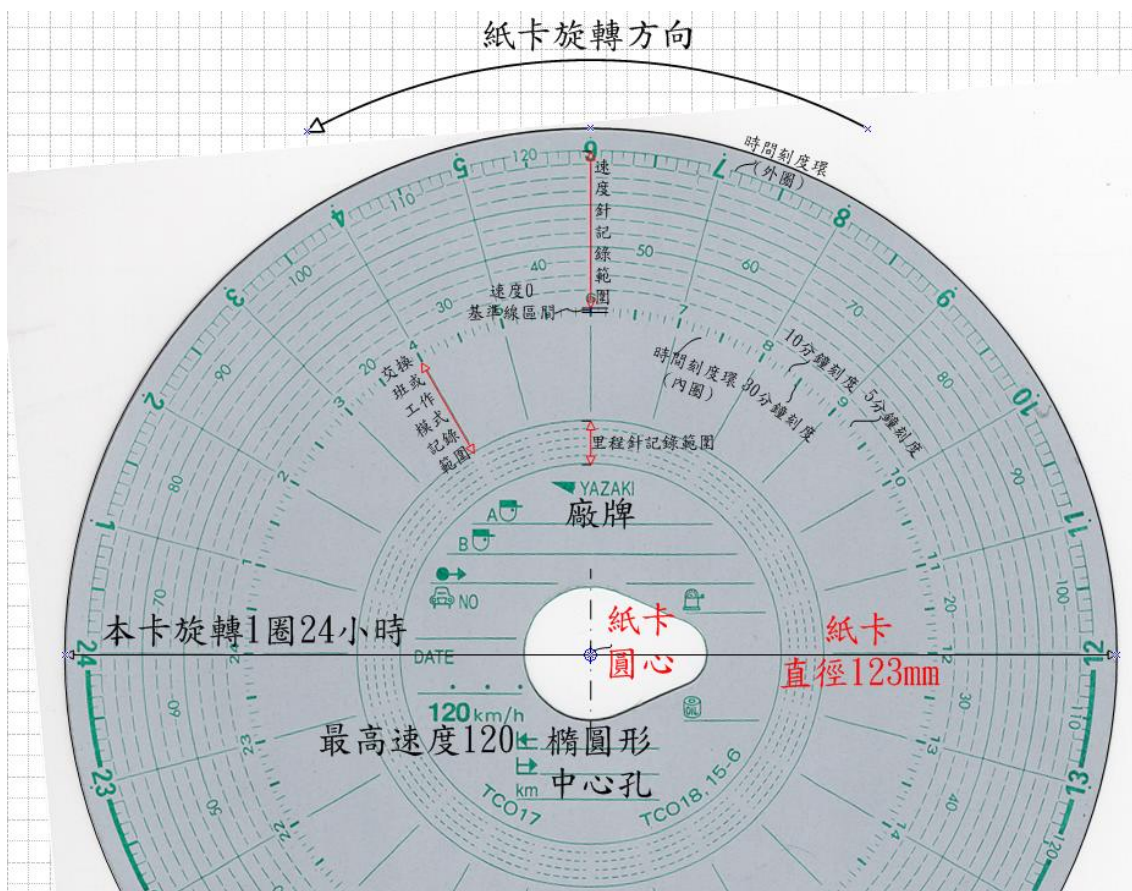
資料來源：本研究拍攝。

圖 1 各記錄針相片



資料來源：本研究拍攝。

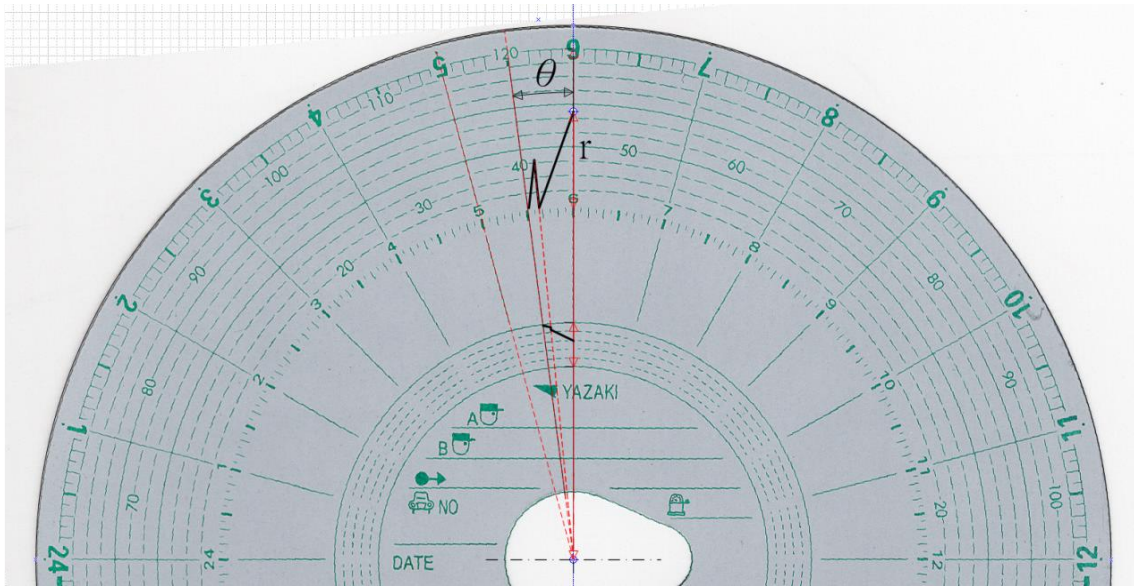
圖 2 各記錄針近拍相片



資料來源：本研究掃描繪製。

圖 3 紙卡簡介及各針移動範圍

圖 3 顯示紙卡具有許多同心圓，標示各針移動範圍、紙卡廠牌、最高速度值、內外圈時間刻度位置，本範例圖內中心孔為橢圓型中心孔、屬 1 日卡，旋轉 1 圈涵蓋 24 小時範圍，紙卡直徑為 123mm。紙卡旋轉方向如圖示。另圖 4 為紙卡極座標示意圖，圓形紙卡上每個點的座標值，係以角度(θ)、點距離圓心的半徑 r 等 2 個變項表示，屬於極座標系統。整體是以圓心為基準，故圓心座標正確性相當重要。圓型外圈速度值辨識較容易，而旋轉角度 θ 代表時間。



資料來源：本研究掃描繪製。

圖 4 紙卡極座標示意圖

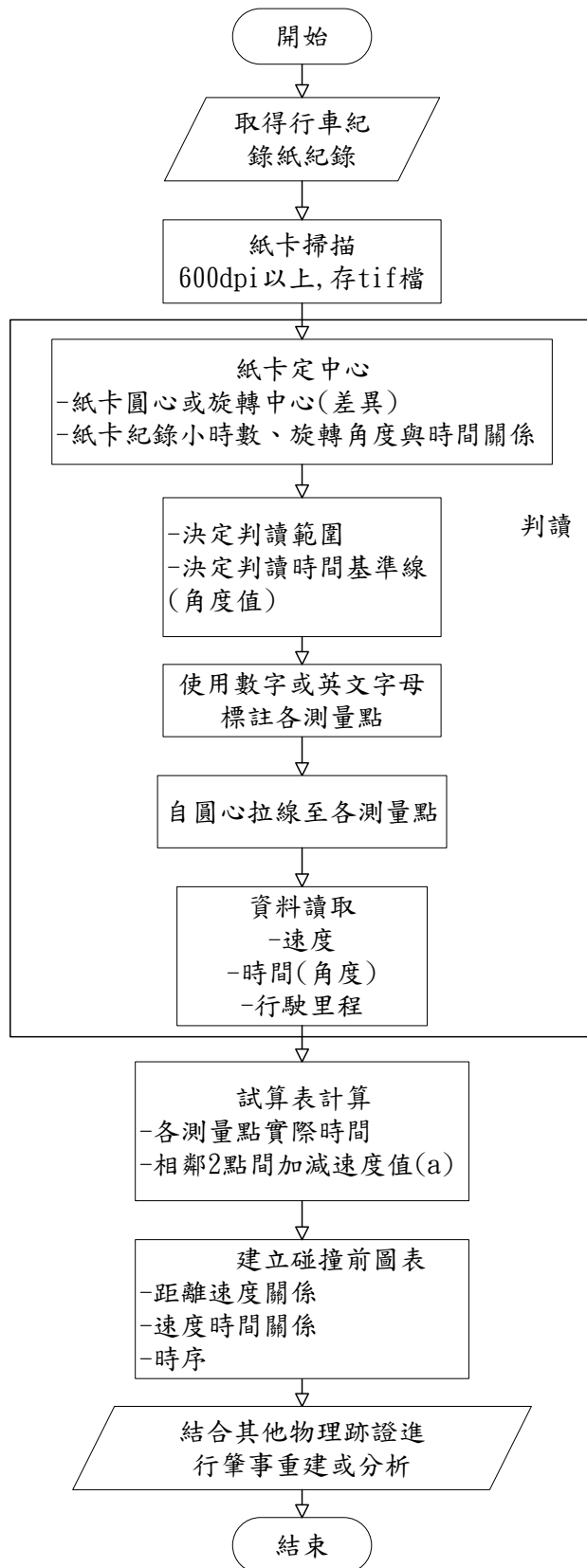
5.2 判讀流程

機械式紙卡判讀需要累積相當多的專業知識與經驗，一般由專業實驗室以精密機械轉盤搭配光學顯微鏡進行，須配備有使用千分尺控制旋轉角度之旋轉平臺立體顯微鏡，判讀人員一般會到機械式行車紀錄器生產廠商或專責訓練單位參訓再進行判讀。

這種專業用顯微鏡取得不易，也大多已停產，市面上要找到代用品還是有機會。但國內欠缺專責判讀之實驗室，加上因為現有交通法令規定，使用機械式紙卡的車輛還是不少。

本文介紹機械式紙卡掃瞄後判讀流程，希望交通事故責任分析或肇事重建人員能夠利用手邊的軟體及工具進行紙卡判讀。先求有再求好。

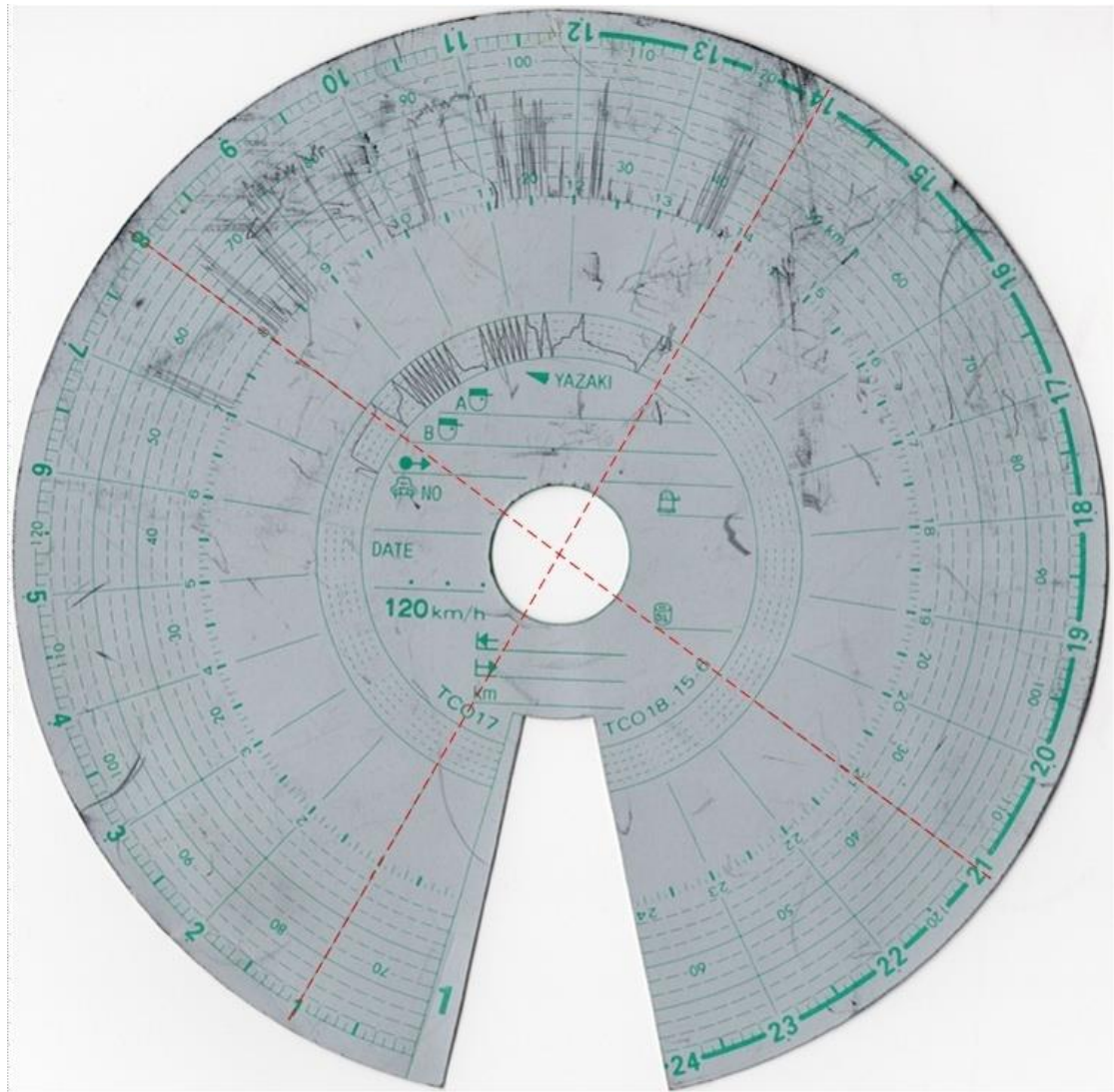
建議機械式紙卡判讀流程如圖 5，所須用到的軟體或工具為 600dpi(以上更佳)掃瞄器、向量式製圖軟體(如微軟 VISIO 等，臺中市政府警察局交通警察大隊在縣市合併前後陸續採購相當多套 Visio 軟體配發各單位作為現場圖數位化使用)、直尺(15 公分或 30 公分)。



資料來源：本研究整理。

圖 5 機械式行車紀錄器紙卡掃描判讀流程圖

- 1.取得行車紀錄卡：判讀前進行初步檢查包括行車紀錄器是否有形式審驗合格、有2年內定檢標章、確認紙卡(最高里程數)與機器(最高里程數)吻合、是否為符合該行車記錄器使用之認證標示紙卡(例如查閱 VDO 1324 行車紀錄器說明書，該機器標準紙卡為 125-24 EC 4K，另外亦可使用 e1 83 認證標示紙卡)、檢視行車紀錄器蒐證相片(取卡時間、確認與實際時間差)、事故相關資料(碰撞類型、發生過程、發生時間)、待判讀情形(內容)。是否有不依規定使用情形(重複使用、使用不正確)或異常、1日卡或7日卡、時間刻度確認(26小時、24小時、日間、夜間區別)；如要求精度，一定要有原紙卡、如另外準備放大鏡、顯微鏡、微距鏡頭及單眼相機拍攝台含打光用光源最理想(選項)。
- 2.紙卡掃瞄：至少 600dpi 解析度，文稿格式選擇相片、掃描尺寸選自動裁切，輸出格式選擇 Tiff。
- 3.使用 VISIO 軟體或類似向量式畫圖軟體操作：
 - (1)紙卡定中心：圓心位置座標對後續判讀精準度相當重要。如果還能進一步確定記錄針的旋轉中心更佳。如果有旋轉中心進一步比較與紙卡圓心之差異。以圓的4個整點時間對角線(以相交90度佳)交叉點為圓心。操作時盡可能將縮放比例放到最大，以減少操作誤差。操作結果如圖6。

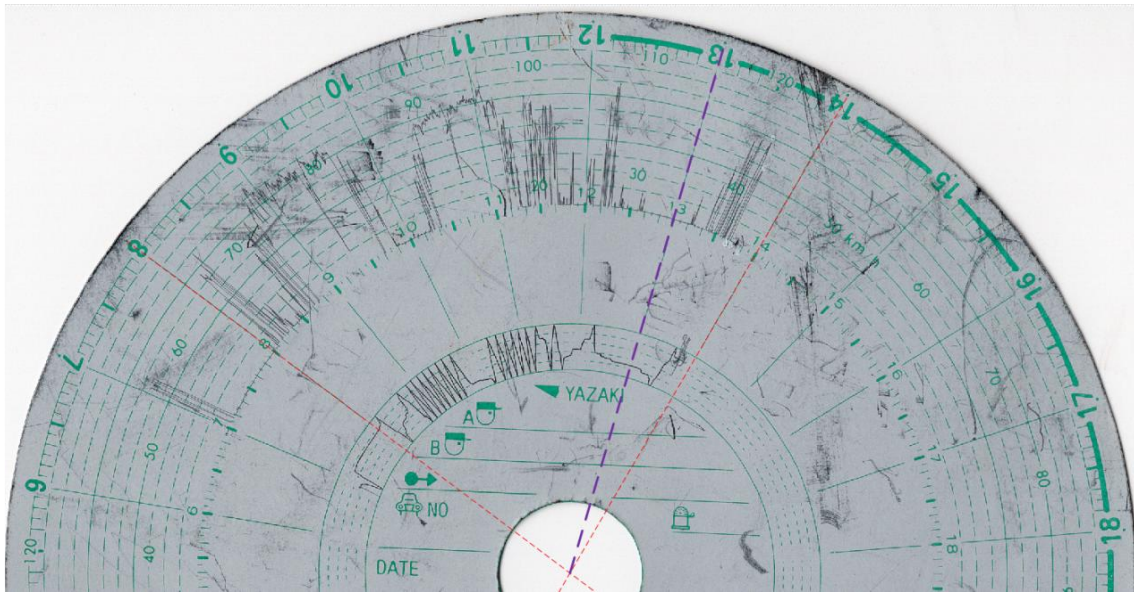


資料來源：本研究掃描繪製。

圖 6 決定紙卡中心

- (2) 確認旋轉角度與時間之關係：判讀精度的決定關鍵因素在角度(即時間)，所以在轉換或計算過程若出錯結果就會失真。時間刻度 26 小時 1 圈 360 度；共有 93,600s ($26 \times 60 \times 60$)；每 1 度涵蓋 260 秒 ($93,600/360=260s$)。另外時間刻度 24 小時 1 圈 360 度；共有 86,400s ($24 \times 60 \times 60$)；每 1 度涵蓋 240 秒 ($86,400/360=240s$)，即 24 小時卡 1 度範圍必須再切分 240 等分，精度才是 1 秒。本表(如圖 6)係 26 小時紙卡。
- (3) 決定判讀範圍：一般交通事故會以碰撞後終止位置或最後速度 0 點往前推(俗稱撞後推撞前)，往後推的時間距離隨個案而不同。簡單個案就推估到最後一個速度高點即可。其他個案視案情需要自行斟酌。本案自碰撞位置(即本例紙卡速度針及里程針有不規則震動紀錄處)，往前推到第 2 個速度高點開始應足夠。
- (4) 決定判讀時間基準線(角度值)：既然已經決定判讀範圍，時間基準線一般取整點定位精度較能夠掌控，例如取前一個整點(本例取 13 時整為時間基準線)。

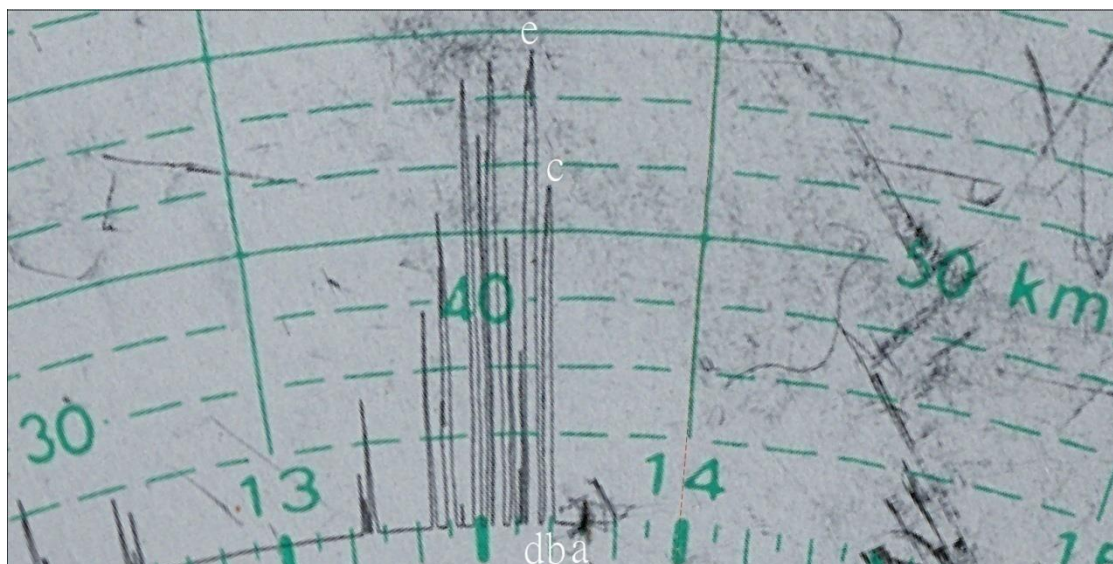
如圖 7 內紫色虛線。另外在決定各測量點時間時務必留意蒐證當時所紀錄紙卡時間與實際時間之差異，並進行調整。



資料來源：本研究掃描製作。

圖 7 決定時間基準線

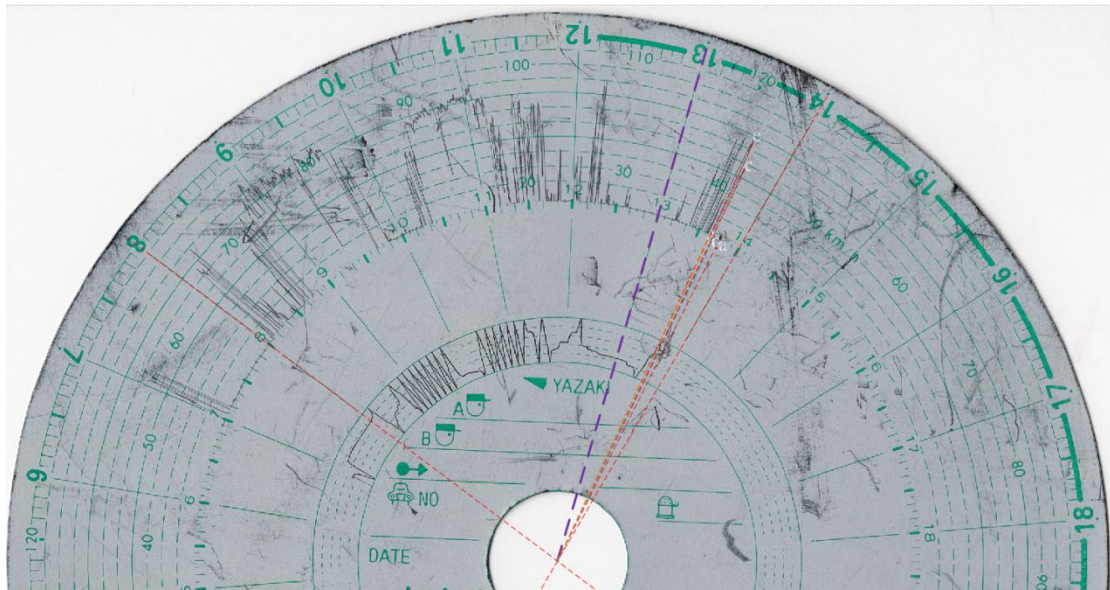
(5)使用數字或英文字母標註各測量點：利用 abc 或 123 直接在速度最高點、最低點、轉折點處標註，俾利後續判讀解析進行及後續分析說明。操作結果如圖 8。



資料來源：本研究掃描製作。

圖 8 決定判讀範圍及標註測量點

(6)自圓心拉線到各測量點：從圓心拉線到該整點外緣時間刻度的中心點。線的寬度設定為 0.001mm(越細越好)。啟用切齊或黏附功能，會讓定位更精確有效率。如圖 9。



資料來源：本研究掃描繪製。

圖 9 自圓心拉線到各測量點

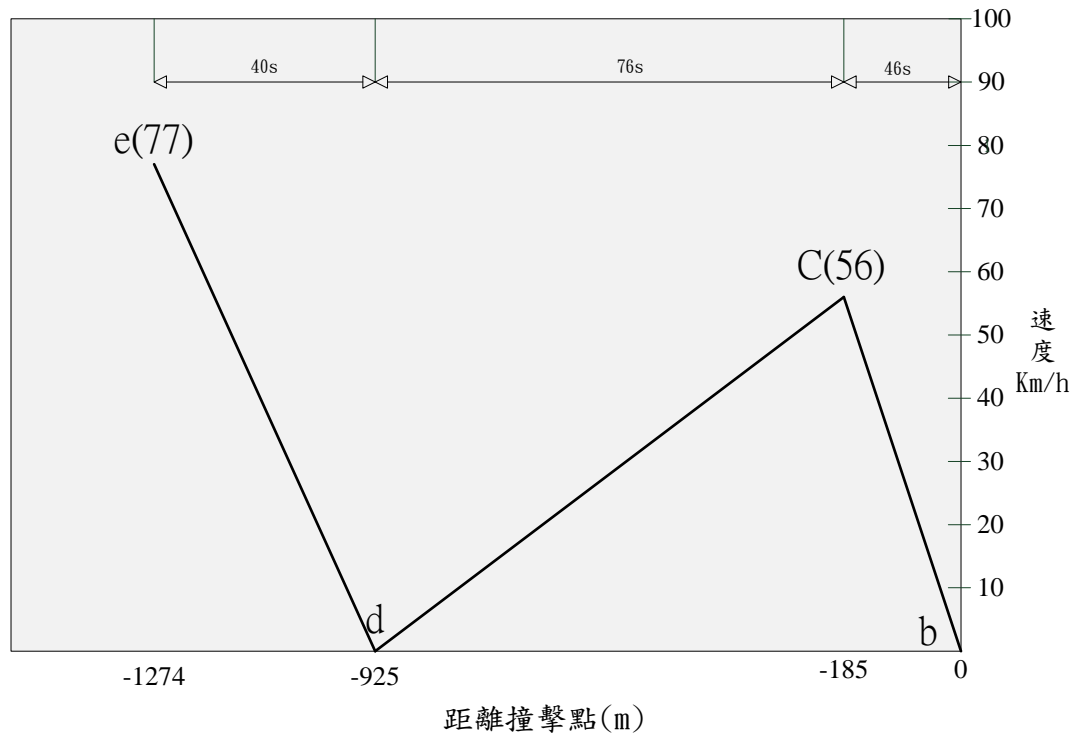
- (7)測量點資料讀取：逐一從各測量點取得角度、距離速度基準線高度、里程針位置，記錄到試算表軟體。速度高度依在該速度區間範圍依比例轉換為速度值。
- (8)試算表計算：各測量點實際時間(秒)，相鄰兩點間標註增減速度狀況：如加速、減速、停車；若屬加減速，進一步計算加減速度值。記錄及計算內容詳如表 1。

表 1 機械式行車紀錄器車速判讀紀錄表

機械式行車紀錄器車速推估									
位置標示	速度		時間		距離			加速度平均值	備註
	S	V	t	累計時間	D			$a = \Delta V / \Delta t$	
	km/h	m/s	s秒	s秒	里程m	累計里程m	反向累計里程m	m/s^2	
e	77	21.3	0	0	0	0	1274	0.00	e點速度值77km/h
d	0	0	40	40	349	349	925	0.53	e→d從77km/h減速到0km/h, 減速度值 $0.53m/s^2$
c	56	15.5	76	116	740	1089	185	0.20	d→c從0加速到56km/h, 加速度值 $0.2m/s^2$
b	0	0	46	162	185	1274	0	0.34	c→b從56km/h減速到0, 減速度值 $0.34m/s^2$
a	0	0	266	428	0	1274	0	0.00	停等266秒(4分26秒)後發生碰撞

資料來源：本研究整理。

- (9)製作碰撞前圖表：製作如圖 10 速度、距離時間關係圖，若案情需要得參考交通事故卷宗資料進一步建立交通事故發生時序。



資料來源：本研究整理製作。

圖 10 速度、距離時間關係圖

六、極座標轉換

6.1 極座標轉換簡介

機械式大餅紙卡記錄方式純粹是為了能夠實現以機器實時紀錄一天 24 小時內各時點車輛速度及行駛里程，以圓形的旋轉 1 圈 360 度代表 1 天的 24 小時或為配合 7 日卡使用將 1 圈 360 度時間代表 26 小時的設計，以速度針、里程針、替換班或工作模式針上下移動分別記錄速度、里程等資訊，純粹是為機器運轉而設計，而其座標系統即以角度(θ)、半徑運作。但是這種紀錄紙對人眼判讀極為不利，進行專業判讀必須具備專供 123mm 紀錄紙卡判讀使用的旋轉平台，以旋轉千分尺讓紙卡旋轉角度能夠分辨 0.00416667 度(即紙卡 1 秒)，加上旋轉平台上以 3 微米(μm , 即 0.003mm, μ 即 10^{-6})寬度玻璃上的蝕刻線與紙卡上針跡交叉定位透過適當打光技巧立體顯微鏡，操作者才能達到所要求精度；而該判讀顯微鏡具備高精度旋轉平台多已停產不易購得，而此設備對實驗室或許可以考慮，但對一般肇事重建人員進行肇因分析者來說根本遙不可及，準備 1 台也不切實際。所以本文介紹除了利用手邊現有的掃描器加上 Visio(或其他 CAD 軟體)及試算表軟體(微軟 Excel 或 LibreOffice Calc)搭配進行判讀。雖然已經讓進行基本判讀變為可能但是在操作過程中會發現，如果碰到車輛密集加速或重踩煞車，在定位各測量點時就會發現，囿限於分辨率不足、線的重疊、線的扭曲變形，加上細微角度差異導致相當困難而且很有可能結果是”無法進行”或是”做不到”。但如果在現有基礎能夠讓有限條件下判讀更容易進行或者變成可能，都值得判讀人員嘗試。所以接下來，介紹採用免費開

源軟體加上插件軟體把極座標的紙卡快速轉換為以直角坐標呈現的方式，有機會把前述無法進行或做不到的情境，轉化為”輕鬆做到”。

6.2 ImageJ 簡介及相關插件軟體

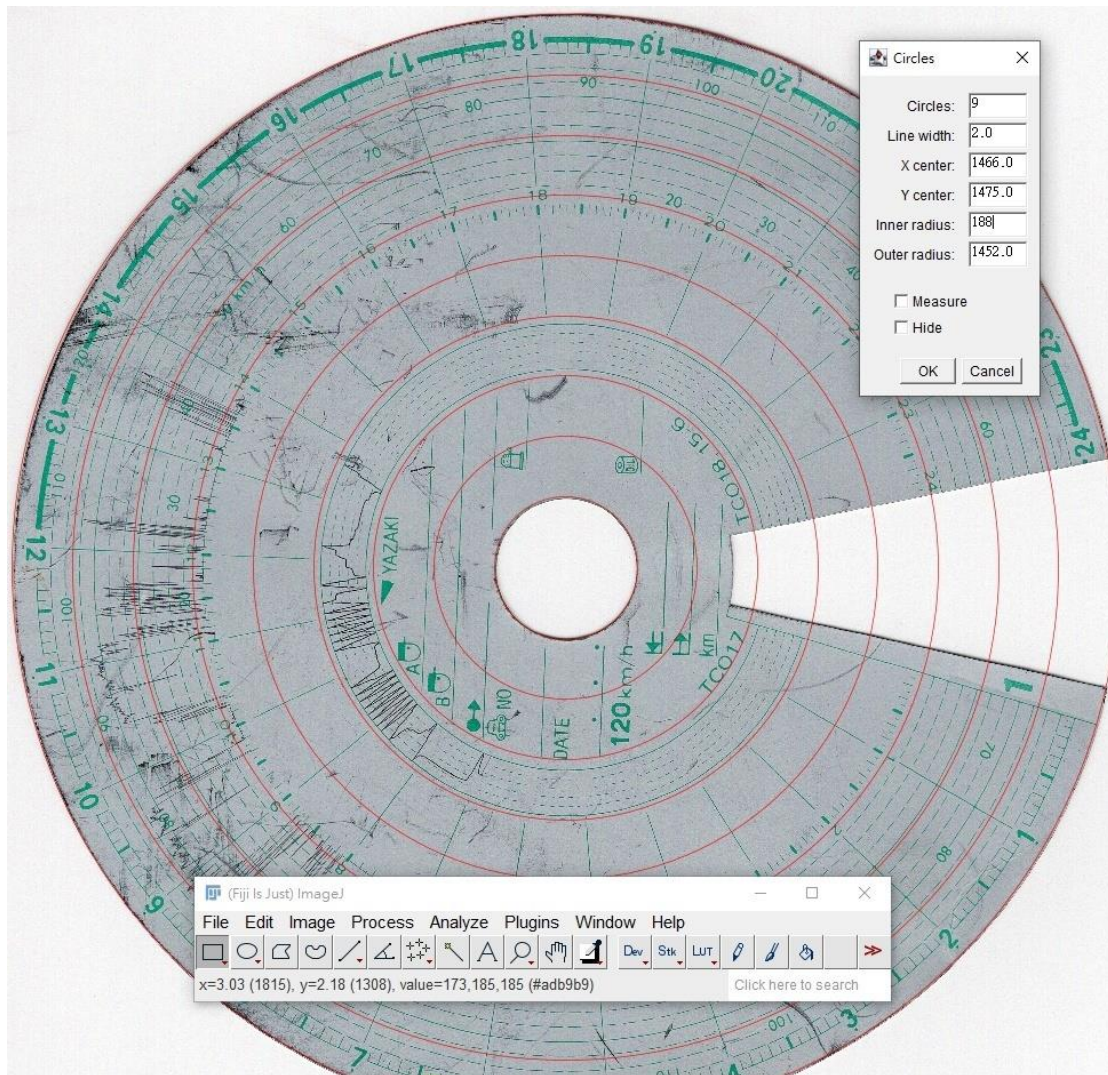
ImageJ 是由美國國立衛生研究院(National Institutes of Health ,NIH) 開發的一套影像分析軟體，免費、開源，以 JAVA 撰寫，可供 Windows, linux 或 mac 等平台使用，32-bit 或 64-bit 電腦皆可使用，擁有廣大社群和開發者且持續提供更新，有為數極多的插件軟體(plug-ins,或俗稱外掛)，支援多種影像檔案格式(TIFF 或 raw 原始檔、GIF、JPEG、BMP、PNG、PGM、FITS 或 DICOM)，能自行撰寫巨集或腳本語言，是十分強大且極具彈性的影像分析及處理工具，受全球眾多科學研究人員所喜愛。影像處理採多線程進行，處理速度相當快速有效率，它提供的堆棧 Stacks 相當適合用來分析或精準測量交通事故影像各影像畫格的人物或車輛資訊內容，這麼好用、免費且高效影像處理工具，身為交通事故偵查或重建人員或刑事鑑識人員絕不應該錯過。ImageJ (網站 <https://imagej.nih.gov/ij/>)或 FIJI-ImageJ (網站 <https://imagej.net/software/fiji/>或 <https://fiji.sc/>)依作業系統別下載。FIJI-ImageJ 係已經將相當多實用科學圖像分析插件軟體封裝在一起。

1.使用極座標轉換需要使用到的插件軟體(或俗稱外掛 plugin)

- (1)極座標轉換插件軟體 Polar Transformer：作者是 Edwin Donnelly 及 Frederic Mothe,下載連結在 <https://imagej.nih.gov/ij/plugins/polar-transformer.html>。使用前將 Polar_Transformer.class 下載到 plugins 文件夾或子文件夾中，重啟 ImageJ，Plugins 菜單或子菜單中會出現一個新的“Polar Transformer”功能表選項。該插件將極坐標圖像轉換為直角坐標。它假設原極坐標圖像使用 y 值來表示角度 (θ)，並使用 x 值來表示半徑 r (到中心的距離)。
- (2)同心圓插件軟體 Concentric Circles：其作者是 Wayne，下載到 plugins 文件夾或子文件夾，重新啟動 ImageJ，在 Plugins 菜單或子菜單中將有一個新的“Concentric Circles”功能表選項。主要是用來決定紙卡圓心座標供極座標轉換使用，同時可以用以確認掃描後紙卡縮放尺寸及紙上各同心圓標示線的真圓度。下載連結在 <https://imagej.nih.gov/ij/plugins/concentric-circles.html>。

6.3 實作過程

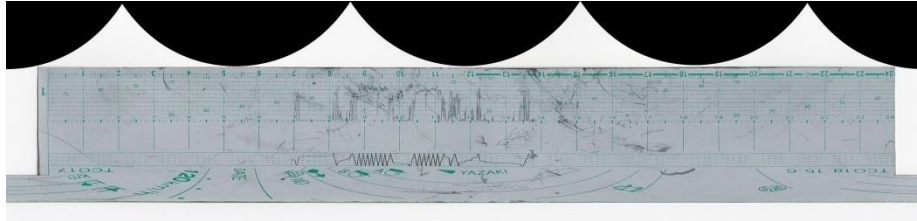
- 1.開啟檔案：使用 ImageJ 功能表選取 Open 開啟紙卡掃描圖檔(600dpi 或其他解析度的 Tiff 檔)。
- 2.確定圓心座標：圓心座標給定的正確與否，在判讀上扮演極度重要角色，所以務必盡力做到精確定位。接著在功能表 Plugins 點選 Concentric Circles，出現如圖對話框，選項分別是 Cicrles 同心圓數、Line width 線寬、x center 圓心 x 座標、y center 圓心 y 座標、Inner radius 最內圈半徑、Outer radius 最外圈半徑、Measure 測量、Hide 隱藏。我們最重要的目的是要確定紙卡的圓心座標，藉由改變 x center 圓心 x 座標、y center 圓心 x 座標、Outer radius 最外圈半徑，讓同心圓紅線與紙卡外圓套疊，在最吻合的情形下的 x center、y center 即圓心 x 座標及 y 座標。



資料來源：本研究掃描製作。

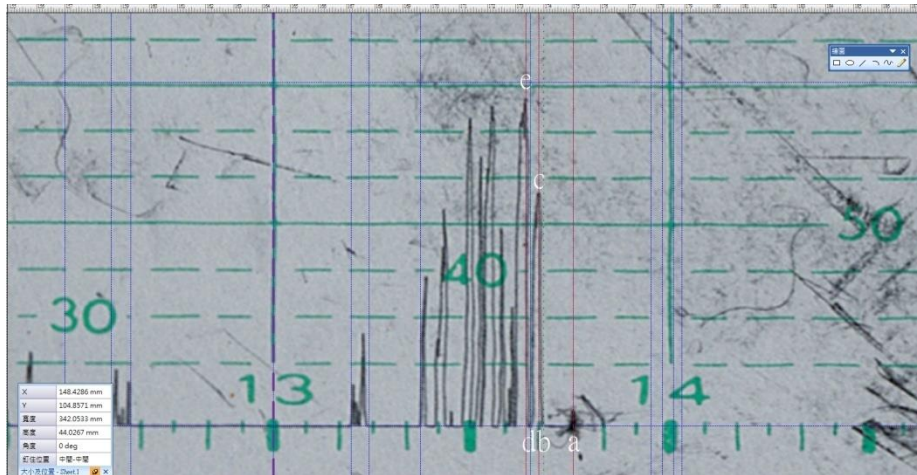
圖 11 ImageJ 執行同心圓定圓心及內外圓半徑畫面

3. 進行極座標轉換：接著在功能表 Plugins 點選 Polar Transformer，出現如圖 11 對話框，選項 Polar、Degrees used for polar space 360 度不要變更，取消勾選 Default center for Cartesian Space、for Polar Transforms; use one line per angle; 出現另一個對話方塊 Numbers of lines in Angle Dimension 建議輸入 8640 (讀者可以輸入其他數值進行測試)，接著輸入之前取得的圓心座標 x,y (例如本例為 1466,1475)。
4. 另存新檔：將影像向左旋轉、裁剪不必要之區塊後進行存檔。功能表選 Save as 選擇 Tiff 並指定檔名。圖 12 即為進行極座標轉換完成影像檔。



資料來源：本研究轉換製作。

圖 12 極座標轉換後直角坐標影像



資料來源：本研究轉換繪製。

圖 13 直角坐標標註及判讀過程

- 5.將極座標的紙卡轉換為直角坐標之後，極適合人眼判讀、標註或是進行測量或是解說。
- 6.轉換之後的直角座標影像，直接使用 Visio 軟體拉水平及垂直參考線即可輕鬆定位好各測量點的座標，定位完成後在時間、速度值及里程值的判讀解析就變得相對輕鬆容易。圖 13 係選取特定區域便於解讀與分析。此提供判讀人員另外一個極佳的選擇。不過有一點提醒特別在講究判讀精度的交通事故關鍵時點，還是要以原始紙卡為主。

七、結論建議與致謝

7.1 結論

RF Lambourn(2013)指出歐盟認為機械式行車紀錄器已經過時，從 2006 年開始註冊的車輛必須配備以電子方式存儲數據的數位行駛記錄儀。

因應實務用車需求各式行車紀錄器的開發與使用蓬勃發展，也因應時勢已漸走向數位化、晶片化、高取樣頻率，使用機械式記錄針也已大多加入電子式控制。而在國內，使用機械式行車紀錄器的車輛仍為數眾多。這種配備紙卡的車輛發生交通事故後，紙卡記錄的內容在交通事故肇因分析仍扮演重要角色。

雖然現在大多數車輛(包含大型車)已安裝行車影音記錄器(或行車視野輔助系統),而且解析度隨數位科技發展也不斷提高,也普遍都內建 GPS 衛星定位及碰撞重力感測器(G Sensor),讓交通事故後續責任判斷能較容易釐清。影像雖然有助於釐清行車速度,但是短時間內速度的變化就很難以影像畫格(frames)分析進行精準量化;而此短時間內速度的變化在釐清責任時可能是極重要的關鍵,所以徒具影像紀錄尚嫌不足。

而歐洲及美國均大力倡導多年車輛安裝或必須具備碰撞資料紀錄器 EDR(Event Data Recoder)或事故資料紀錄器 ADR(Accident Data Recorder),讓肇事後重建人員能夠藉由肇事碰撞前高取樣率之事故紀錄,了解事故當時駕駛人車輛車速及操控行為,雖然在歐美普及率逐年提高,而車輛製造商加入也漸踴躍(依據 Rick Ruth [2022]統計,2022 年能夠使用 Bosch CDR 系統讀取的車輛已達 90%、而其他讀取工具占 9%;合計已達 99%)。而國內在這此環節嚴重落後,尚待各界努力。

機械式行車紀錄設備在國內有相當多大型車輛依規定安裝使用,發生交通事故後透過適當的取證程序,送到訓練有素的專業人士藉由專用的顯微鏡或適當的操作,在一定精度要求下,對交通事故發生過程的釐清及重建有相當大的幫助。

判讀最重要的環節還是在紙卡記錄過程認知、解析誤差控管及精細操作技巧本身,本文介紹的方法讓肇事重建人員利用手邊的掃描器、套裝軟體及免費軟體進行符合事故重建要求的結果。

另外,本研究藉由免費開源軟體 ImageJ 搭載 2 種插件軟體的座標轉換,把機器紀錄用的圓餅圖轉換成直角座標,讓一般人更容易判斷及解說事故發生過程,而且對於事故重建處理密集加減速判讀極具優勢。相較於 Artur Rygula, Andrzej W. MITAS, Andrzej DU(2010)所提出複雜演算法,利用 ImageJ 進行不但免費開源,且具備操作簡單且效率極高。另外 ImageJ 採多線程處理架構,效率及速度均極具優勢。能夠處理紙卡的掃描解析度可以不受 600dpi 或 1200dpi 之限制,後續可以針對 7200dpi 掃描解析度進行研究。

送判讀後某些無法判讀、不予判讀而送回之紙卡,利用適當的方法,還是有機會可以進行的,這就叫做專業。只有這樣才能夠發揮黑盒子原來的功能。但是黑盒子還是有其限制的,有必要了解其紀錄的極限,才能避免解讀錯誤、犯了不該犯的錯。

7.2 建議

實務上,有相當多的大型車駕駛人未依規定安裝紙卡,或已安裝紙卡而一卡用多天(即重複劃記),這種車輛在發生事故後,那張卡就無法發揮作用。出現這種情形的合理推斷就是監理稽查及後續勞檢並沒有很落實執行,導致駕駛人存有僥倖心態,這必須由相關機關檢討及落實。

職業駕駛人在機械式行車紀錄器上動手腳(如彎針、異物擋針)情形時有所聞,這有賴落實監理稽查及執法改善。考量現有警政署道路交通事故處理規範尚無相關規定,建議警政署將本研究蒐證補充規定納為全國性蒐證流程。

發生交通事故車輛紙卡必須透過標準作業流程取得,才能讓後續判讀及解析順利進行,如果蒐證人員放任駕駛人自行取卡,駕駛人即有很能偷天換日,併卷可能就是一張無用的紙卡甚至誤導責任分析。另外,行車紀錄器及車輛連接部分的檢

驗及校準對後續判讀正確性影響很大，在蒐證時除了蒐集定檢合格證、合格貼紙拍照外，最好連輪胎外徑(進行尺寸測量)、行車紀錄器相關重要設定特性係數值及機器週邊所有封鉛處一併拍照記錄最理想。

目前，政府機關並沒有受理判讀機械式行車紀錄器的實驗室，大都仰賴諸如樺崎實業股份有限公司進行判讀，據了解該公司判讀人員都曾到德國接受專業訓練，對警察及司法機關協助判讀功不可沒。但送判讀的紙卡，在某些情況或因無代理權前提下該公司會以「不予判讀」回復並逕予退回；但是重要的交通事故，如果能夠讓紙卡發揮作用依然是值得努力的。所以，重建人員如果具備解析技巧在此時就可以發揮相當大的用處。

另外紙卡的品質不佳、精度不足、印刷品質不良，都極有可能造成判讀無法進行，故建議車主選擇原廠紙卡(或符合所安裝行車紀錄器適用之認證紙卡)俾利後續判讀能夠順利進行、維護權益是相當重要的，千萬別因小失大。

7.3 致謝

在筆者求知、學習行車紀錄器的過程感恩很多人不吝提供專業及到位之協助，讓我可以不斷往前推進；感恩中央警察大學副教授陳高村、樺崎實業股份有限公司總經理丁現昌、丁威仁、寰良有限公司黃志愷、林政宏。

參考文獻

- 丁現昌(2016)，樺崎實業股份有限公司-行車紀錄器安裝判讀,臺中市政府警察局交通警察大隊交通事故處理人員專責班講義。
- 丁威仁(2018)，樺崎實業股份有限公司-汽車行車紀錄器介紹及應用,107 年內政部警政署肇因分析重建班講義。
- 陳高村、蘇裕展(2004)，「行車紀錄器於肇事重建應用之研究」，道路交通安全與執法研討會。
- 顏呈光(2013),機械式行車紀錄器及其定期檢測設備規格簡介,車輛安全審驗中心，專題報導第 102-02 期。
- 張誌煌(2010)，汽車的黑盒子-行車紀錄器測試技術介紹，財團法人車輛研究測試中心零組件品質部/環境測試課，2010,電子報。
- Artur Rygula, Andrzej W. MITAS, Andrzej DU(2010), Analog Tachogram Analysis in the Euclidean Coordinates, Transport Problems, Volume 5 Issue 3.
- Artur Rygula, Andrzej MITAS(2007), Numeric Tools for Tachogram Analyse, Transport Problems, Volume 4 Book 4.
- Dipl.-Ing. Wolfgang Hugemann (1999), The Time-Price Evaluation of Tachograph Charts,
- Drabpol, website: <http://www.drabpol.pl/>.

- Drabpol, The Laboratory of Tachograph Records Analysis, Retrieved July 31, 2022, website: <https://drabpol.pl/wp-content/uploads/laboratorium-analiz-zapisow-z-tachografow.pdf>.
- Du A., Unarski J., Wach W.(2002), Granice interpretacji zapisów kart tachografów w przypadku analizy intensywnego hamowania. In: Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych, Zbiór referatów. Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz S dowych, Kraków, pp. 281-294.
- Edwin Donnelly, Frederic Mothe(2008),Retrieved July 31, 2022, website: <https://imagej.nih.gov/ij/plugins/polar-transformer.html>.
- Eugene S. Statnik, Alexei I. Salimon, Fatih Uzun and Alexander M. Korsunsky(2019), Member, IAENG,Polar Transformation of 2D X-ray Diffraction Patterns for 2D Strain Evaluation,Proceedings of the World Congress on Engineering 2019 WCE 2019, July 3-5, London, U.K.
- Fiji, website:<https://fiji.sc/>.
- ImageJ,Image processing and analysis in Java, website:<https://imagej.nih.gov/ij/>.
- Peter Needham(1988),Tachograph Chart Computer-Linked Microscopic Analysis,Forensic Science International,36,211-218,Elsevier Scientific Publishers Ireland Ltd.
- RF Lambourn(2013), Transport Research Laboratory, Wokingham, UK,Analog Tachograph Chart Analysis,Elsevier Ltd. All.
- RF Lambourn(1985), THE ANALYSIS OF TACHOGRAPH CHARTS FOR ROAD ACC:IDENT INVESTIGATION, Forensic Science International, 28, pp.181-199, Elsevier Scientific Publishers Ireland Ltd..
- Rick Ruth(2022),State of EDR in the US CDR Update June 2022 , Handout of IPTM Symposium on Traffic Safety,June 14-15.
- SIEMENS VDO,DRABPOL(2000),ISO9001,Przewodnik do odczytu oryginalnych wykresówek VDO (Kienzle).

