

重型柴油車輛駕駛行為分析模組開發與應用

林克衛¹、李明鴻²、張建彥³

^{1,2}財團法人車輛研究測試中心(副工程師)

³中華大學運輸科技與物流管理學系(副教授)

E-mail: linkewei@artc.org.tw

能源局計畫編號:101-D0406

摘要

由於車輛油耗議題直接關係到車隊經營成本，因此越來越受到車隊管理者的關注，而且運輸部門中柴油車輛所佔的能源消耗又屬大宗，是政府推動節能減碳最為重要的一環且具有立竿見影的成效。而在各項車輛節能的研究中，駕駛行為是影響車輛耗能重要的因素之一。因此本研究以國道客運為對象，利用財團法人車輛研究測試中心開發之行車紀錄模組取得車輛之速度、轉速與加速度等資料後，再利用自行開發之駕駛行為分析軟體對車輛駕駛進行分析，搭配加油紀錄換算車輛油耗，藉以找出該車輛駕駛者之影響油耗之關鍵行為。本研究亦利用資料探勘分析模式，並經由實例應用歸納出低速時引擎高轉速、引擎轉速標準差為油耗的相對關鍵因素，確認模式的應用性。研究結果顯示，透過此一套駕駛行為分析模組，可以擷取車輛相關資訊，並搭配分析軟體，可以明顯找出受測車輛駕駛的偏差行為，包括車輛加速度變異、超速、高轉速低速等異常駕駛行為。本系統開發主要可以提供車隊管理者進行駕駛行為分析，作為駕駛行為導正之依據，有助於車隊節省油耗，達到節省成本與節能減碳之多重效益。

關鍵詞：駕駛行為 (Driving behavior)、駕駛行為分析模組 (Vehicle recorder)、油耗 (Fuel consumption)

1. 前言

因應全球暖化日益嚴重，政府倡導針對各部門進行宣導與推動各項節能措施。在我國各部門溫室氣體排放上，運輸部門是僅次於工業部門之第二大排放部門，約佔 14~15%，主要是來自石化能源燃燒所致，其中又以公路運輸為最大宗，以 2007 年為例，公路運輸系統能源使用量約佔運輸部門總能源使用量之 95.2%，遠遠超過同期的其他運輸系統能源使用量，顯見公路運輸系統節能減碳的重要性。而在運輸部門中，運輸工具對能源的消耗亦占極大的比例，其中，公路運輸尤為重要，在公路運輸中，大貨車與大客車為隨處可見的運輸工具，多屬長時間使用之營業車輛且行駛里程較長，因此對於大貨車與大客車能源損耗與污染排放之影響是令人關注的重要對象。過去對於影響大貨車與大客車能源消耗與污染排放之重要因子的駕駛行為卻鮮少研究，是故本

研究分別以貨櫃貨運車輛與國道客運為研究對象，針對駕駛行為對於油耗影響之議題進行探討。

近年來各國政府均積極調整國家相關之節能政策，而政策之修正方向主要可區分為兩大類：第一類為鼓勵替代能源車輛之開發與使用；例如，補助客運業者購買油電混合大客車；另一類則為降低行駛在道路上車輛之能源損耗與空氣污染，如積極汰換老舊車輛、提倡節能駕駛觀念。在美國福特汽車公司透過「eco-driving」駕駛訓練，達到節省燃油之目的，之後德國、英國及日本國家車廠紛紛透過 eco-driving 駕駛訓練或環保訓練課程(eco-training)達到節能與減碳的雙重環保效果。大型車節能駕駛對國家與社會之整體層面而言，除可節省能源，亦可降低空氣污染。另一方面，近年油價高漲，汽車運輸業者對於如何節省燃油成本均十分重視，透過節能駕駛訓練可大幅降低油耗成本，並減少車輛零件之損耗，因此許多客運公司或貨運公司都設計「節油獎金」，鼓勵駕駛員儘量避免怠速、超速、及急加速與急減速等較易耗油之行為發生。

然而，推動節能駕駛若能有相關的行車紀錄器設備來蒐集車輛資訊才可以提供車隊管理者正確的資訊，作為節能駕駛教育與節能獎懲的依據。目前市面上已有許多的行車紀錄器，然而傳統式的行車紀錄器無法提供分析資訊，而市面上的數位式行車紀錄器紀錄駕駛員行駛過程中之各項操控行為，如：每個時間點之行車速度、引擎轉速、檔位資料、加速度及減速度等數值，可以透過分析軟體進行駕駛行為分析，但往往價格過高，且分析方式極為複雜，對於一般的中小型車隊來說，除了費用上的負擔外，更需要有專門的人力去進行分析，較無法滿足中小型車隊的使用。

有鑒於此，本研究透過本中心自行開發的駕駛行為分析模組進行分析，以「貨櫃運輸車輛」及「國道客運」為研究對象，希望結合資料探勘分析技術，搭配硬體設計開發出一套簡易之駕駛行為分析模組，針對車輛引擎轉速與車輛速度對於油耗的影響差異，供作節能駕駛推廣之參考，進而力行節能駕駛提升車輛能源使用效率，並減少溫室氣體排放。

1.1 文獻回顧

在歐美，針對駕駛行為影響油耗的研究已行之多年，主要是比較受過節能駕駛訓練後對於車輛油耗的差

異。在本研究列舉部分文獻如下：

Evans(1979) [1]研究顯示駕駛者減少加速度的程度，以溫和的方式駕駛並儘量減少急停的次數，假設旅行時間的不變狀況下，節省約 14% 的油料消耗。

Waters & Laker(1980) [2]以實車實驗駕駛習慣對油耗之影響，結果顯示較溫和的駕駛行為具更減少 15% 油耗的效果。

Hooker(1988) [3]研究何種因素影響油耗進而研究何種駕駛型態可以最經濟省能，結果顯示換檔時機、行駛速度、急加速為顯著影響之因素，並提出駕駛者將檔位由低速檔轉換至高速檔的時間減少、在引擎經濟轉速下行駛、避免急踩油門或煞車對於節省不必要之油耗皆更顯著貢獻。

Ang & Fwa (1989) [4]研究中指出，影響大眾運輸客運車輛的油耗因素分別為車輛特徵、車輛使用率與路線特徵、駕駛行為以及道路環境等因素，而車輛特徵包含車輛廠牌、年份以及汽缸大小等；路線特徵包含旅客承載數、行駛速率、號誌停等數以及道路狀況等。

林家聖(2002) [5]蒐集行車、保修費用(果)，配合駕駛人不當操作(因)，以迴歸模式建立其因果關係。將異常轉速、車速不穩、急加減速、冷車啟動、與違規超速歸為外生變數，將燃料費、附屬油料費、輪胎費及修車材料費歸為內生變數。先用一般聯立迴歸方程式裡的三階段最小平方法進行校估，再用近似無相關迴歸方程式裡的一般最小平方法進行校估，結果顯示對油耗影響較為顯著的為(1)違規超速(平均發生一次增加燃料費 2.78 元)；(2)車速不穩(平均發生一次增加燃料費 0.714 元)；(3)急加減速(平均發生一次增加燃料費 0.229 元)、(4)異常轉速(平均發生一次增加燃料費 0.228 元)。綜合而言，從過去的研究中可以得知行車記錄器可擷取之資料包括：駕駛員交通違規資料、駕駛員肇事資料、駕駛員基本資料、駕駛員駕駛資料等，其中駕駛資料中的旅次時間、車輛累積里程數、車輛最高行駛時速、超速時間、超速次數、引擎最大轉數、超轉數時間、超轉數次數、最大煞車速度、緊急煞車時間、緊急煞車次數、經濟駕駛區域外時間、怠速過久時間、怠速過久次數、怠速時間、準備時間、最大加速度、急加速時間、急加速次數更是衡量油耗的重要指標。

潘偉南 (2006) [6]，利用線性結構方程式探討車況、駕駛員、耗時、速度與耗油、駕駛績效之間的影響，在經過 SEM 檢定後所留下的變數跟駕駛績效有顯著關係的在探討與油耗的影響程度。結果顯示車況、耗時與速度等三項指標均會對油耗產生顯著影響。車齡越老且累積行駛里程越長等車況情形越差，對油耗有顯著影響。耗時指標裡的怠速時間過久、怠速次數與準備時間(即熱車時間)等變數均會對油耗產生顯著影響。在速度指標方面，當車輛處於速度離異過大與急加速、急減速時對於油耗影響顯著。

蔡宗憲(2008) [7]擷取數位行車紀錄器的動態行車資料。料，包含日期、時間、氣候、車號、行車時每秒速度、加速度、經緯度、連續停留時間、旅程時間，另外紀錄車次行駛該路線期間的加油時間、公升數及每車每天的里程數。架構一個多變量線性模型來尋找對油耗

的顯著影響因子，按照速度大小，將加速行為與煞車行為分別作累計合併產生新的變數，接著使用向前逐步選取法與所有可能迴歸法來選取變數。研究結果顯示(1)平均時速較高；(2)低速時的煞車行為；(3)高速時加速與煞車的綜合表現均會對油耗造成顯著影響。

Barth, M. & Boriboonsomsin, K. (2009) [8]研究中以實車模擬方式及即時監控技術來進行污染排放及油耗減量效果之分析，結果發現透過節能駕駛(eco-driving)後，至少可以減少 10%~20% 的污染排放量及油耗。

林彥志(2009) [9]，應用國內客運業者資料分析指出：受過 eco driving 課程的駕駛者，可透過駕駛習慣的改變進而節省 10%~15% 的能源消耗。

張慈芸(2010) [10]，藉由文獻彙整理出影響車輛污染排放及耗能之因子與產、官、學界之訪談，結果得知，政策法令、駕駛個性、駕駛教育訓練、車流特性、道路幾何特性及車輛設計與性能為大客車污染排放及耗能之關鍵影響因子。

2. 實驗設計

2.1 駕駛行為分析模組軟體設計

駕駛行為影響車輛油耗是極為直接的，但是為了要進一步瞭解駕駛人員造成油耗異常的主因，因此本研究開發出駕駛行為分析軟體，下圖 1 為駕駛分析軟體分析流程設計。

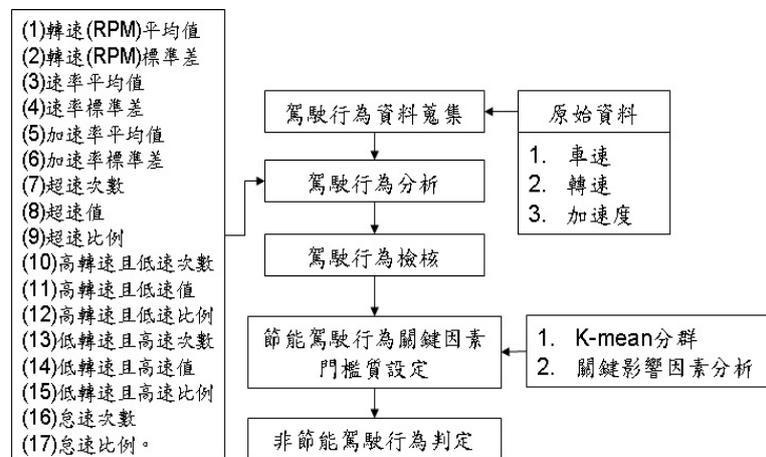


圖 1 駕駛行為軟體資料分析流程

● 基本分析項目

本駕駛行為分析模組軟體設計可以分析下列指標：

(1)轉速(RPM)平均值

其中：

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

：RPM 樣本平均值。

：每 0.5 秒擷取之 RPM。

n：分析時段內之所有的 RPM 樣本數。

(2)轉速(RPM)標準差

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

其中：

：RPM 樣本標準差。

：RPM 樣本變異數。

其他符號意義同(1)。

- (3)速率平均值：分析公式同(1)。
- (4)速率標準差：分析方式同(2)。
- (5)加速率平均值：分析公式同(1)。
- (6)加速率標準差：分析方式同(2)。
- (7)超速次數：分析時段內超速之次數累計(依路線須先設定速限，例如市區道路速限 50 公里/小時、快速道路 70 公里/小時、高速公路 90-110 公里/小時)。
- (8)超速值：列出分析時段內超速的數值。
- (9)超速比例：計算分析時段內超速次數佔所有樣本數的比例。
- (10)高轉速且低速次數：分析時段內高轉速且低速之次數累計(在市區道路速限 50 公里/小時之處，當速率低於 30 公里/小時、RPM 大於 1500 即視為高轉速且低速)。
- (11)高轉速且低速值：列出分析時段內高轉速且低速的數值。
- (12)高轉速且低速比例：計算分析時段內高轉速且低速次數佔所有樣本數的比例，計算方式同(7)。
- (13)低轉速且高速次數：分析時段內低轉速且高速之次數累計(在市區道路速限 50 公里/小時之處，當速率高於 50 公里/小時、RPM 小於 1000 即視為低轉速且高速)。
- (14)低轉速且高速值：列出分析時段內低轉速且高速的數值。
- (15)低轉速且高速比例：計算分析時段內低轉速且高速次數佔所有樣本數的比例，計算方式同(7)。
- (16)急速次數：分析時段內速率小於 5 公里/小時且旅行距離小於 1 公里之次數累計。
- (17)急速比例：分析時段內速率小於 5 公里/小時之里程(將每次擷取之速率值換算成公尺/秒，再乘以 0.1 秒加總)佔總里程的比例。

並可依照所要分析的對象進行選擇，其中包括：路線、車號、駕駛人。並可以分析不同日期與時段以及分析的方式等。分析的方式可以分為，排序方式與分群方式。

● K-means 分群

由於許多車隊對於節能管理都有不同的水準，而在水準較高的車隊中，駕駛員普遍駕駛行為都屬優良，因此若是單純以排序方式進行駕駛行為分析，則排序最後的駕駛員，並不是表示其駕駛行為較差，因此只用排序容易造成判斷與評比上的誤差。因此，本計畫的駕駛行為模組除排序外，也加入分群功能，本駕駛行為模組的分群功能是採用(K-means 的統計法)。本項功能可以提供使用者(業者)將司機的駕駛行為有效地分群，並針對耗油嚴重的司機分群進行教育訓練。由於採用距離近似

度的方式來進行分群，當司機之駕駛行為值差距很大時，更可以有效地適當分群，分群效果會比平均分群來得佳。

本模組依下列步驟來進行 K-means 分析，並舉範例如下：

- (1)計算選取時段範圍內所選取之每一分析項目的值。
- (2)將選取司機的駕駛行為分析項目值由小到大排序。
- (3)依下列步驟進行 K-Means 分群分析(本項功能初步設定 K=3，即分成低、中、高三群)：
 - a. 界定分群數(K)：依據研究對象特性之需要，界定分群數(K)，例如一般將風險或重要性分為高、中、低風險或重要性三類，則分群數(K)即為 3；若分為極高、高、中、低、極低風險或重要性五類，則分群數(K)為 5。
 - b. 隨機決定分群中心：隨機從資料集中選擇任 K 個資料點當作起始 K 群的群集中心。
 - c. 資料點之群集歸類：利用相似度計算公式，將資料點分別歸屬到距其最近的群集中心所屬的群集，形成 K 個群集。
 - d. 新群集中心點計算：利用各群集之資料點，重新計算各群集之群集中心點。
 - e. 群集中心點比較：假如由前一步驟得到之各群集中心與先前所計算之群集中心相同，或距離總偏移值不再改變，則結束分群計算，並輸出各分群結果，否則重覆步驟(c)到(e)。

2.2 駕駛行為分析模組硬體設計

由於目前市面上的數位式型車紀錄器價格不斐，且操作介面複雜，因此為簡化駕駛人員操作負擔，由本中心自行開發簡易型駕駛行為行車紀錄模組。硬體規格如下：

- 輸入電壓：10Vdc~26Vdc
- 可解析速度訊號與轉速訊號
- 內建三軸加速度計(解析範圍為 ±3g)
- 內建有 RTCC (PCA8565)，提供資料記錄之時間
- 附有 SD 卡插槽(目前最高僅可支援 2GB)
- 資料記錄頻率為 2Hz (每秒 2 筆)
- 鋁金屬外盒，尺寸：L10 x W8 x H2.5 (mm)

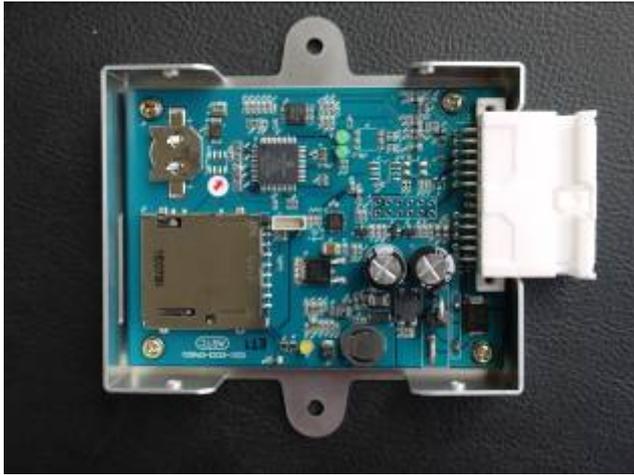


圖 1 行車資料擷取模組

利用簡單的 SD 記憶卡，可以儲存約 3 週以上的行車資料，減少駕駛人員的不便。

2.3 實驗車輛

本研究選擇國道客運車輛進行本套駕駛行為分析模組的驗證與分析。下表 1 為實驗車輛的規格表。下圖 2 為紀錄模組的安裝情形。本研究設計之紀錄模組主要擷取引擎轉速與車輛速度，利用跨接方式將此兩訊號接入紀錄模組之中。並且因本身具有 3 軸加速度計，故在安裝時需要特別考慮方向與穩定性，以避免造成雜訊產生。

表 1 實驗車輛規格表

廠牌	FUSO
引擎型式	6M70
出廠年份	2010
排氣量 (c.c.)	12882
聯結總重 (公噸)	35
最大馬力 (hp/rpm)	380hp/2000rpm
最大扭力 (kg-m/rpm)	175kg-m/1100rpm
污染排放標準	4 期

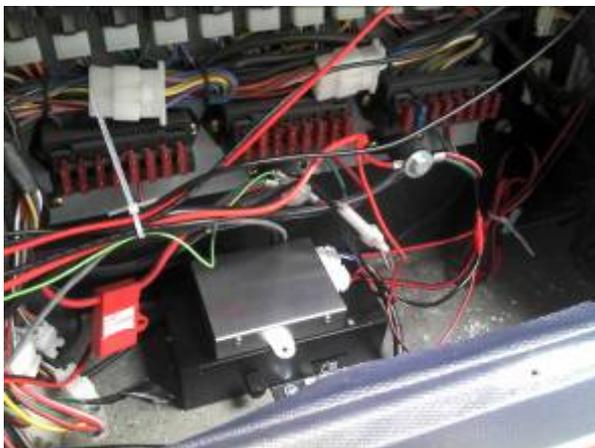


圖 3 行車資料擷取模組安裝

3. 資料分析

本研究利用紀錄模組擷取車輛動態資訊為每秒 2 筆，取得一固定車輛旅程內實驗數據後再進行數據分析。透過平均方式，將實驗資料減少為每秒一筆數據，再進行資料分析。本研究配合車輛運行里程進行數據量測，總里程為約為 126 公里，並以加油量為參考數據計算其單趟旅程之平均油耗，如下表 2。透過統計車輛平均油耗，作為駕駛行為分析的比較依據，找出影響油耗的主要駕駛行為。

表 2 駕駛之平均油耗

	司機甲	司機乙	司機丙	司機丁	司機戊
行駛里程 (km)	125.3	126.2	127.4	127.5	129.6
油耗(L)	30	29.5	34	31.5	30.5
平均油耗 (km/L)	4.18	4.28	3.75	4.05	4.25

由表 1 可以看出 5 位駕駛在平均油耗的差異從 4.28km/L 至 3.75km/L，相差 0.53km/L，差異達 14.1%。若以該車輛每日行駛 4 趟，每月行駛 25 天，則油耗約相差 420 公升，以現今高漲的柴油價格約 31.5 元計算，則每月相差 13230 元。可見其差異有多巨大。

4. 結果與討論

4.1 駕駛行為排序

本研究針對前述之駕駛行為為設訂項目進行分析，並進行排序，以提供車隊管理者判斷是否駕駛行為偏差，並進行行為改善。

下圖 4 為轉速標準差分析，由下圖可以看出司機甲轉速差異最大，其餘司機轉速標準差皆在 280rpm 到 320rpm 以內，根據資料顯示，轉速差異越小則影響車輛油耗應該相對減小。

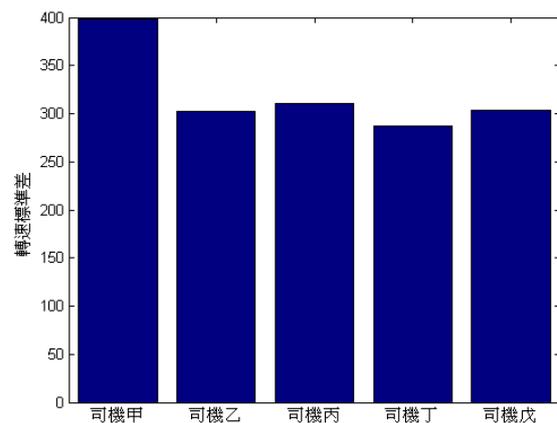


圖 4 轉速標準差分析

下圖 5 為車速標準差分析，由下圖分析得知司機乙到司機戊之車輛標準差皆在於 36~32km/hr 之間，而司機甲車速變異明顯過大。但比較其油耗表現，司機甲之油耗並非最差，因此可以知道速度標準差影響油耗之關

鍵程度較小。但仍可依此做為改善司機甲之駕駛行為參考。

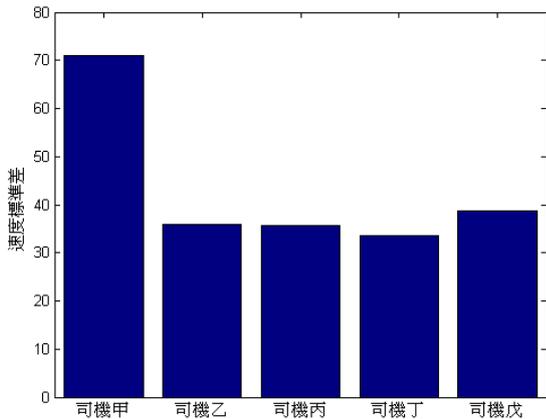


圖 5 速度標準差分析

下圖 6 為車輛加速標準差分析，由下圖分析得知司機乙到司機丁之車輛標準差皆在於 0.8~1.2 之間，而司機甲與司機戊之車輛加速度變異明顯過大。

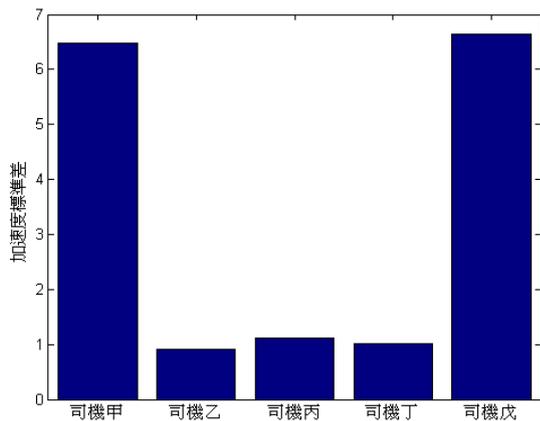


圖 6 加速度標準差分析

下圖 7 為車輛超速比例分析，由下圖分析得知司機甲、司機丙之超速比例明顯高於其他司機，由於本車超速標準設訂於 90km/hr，而國道客運在此一車速下，油耗差異不大。不過這對於車隊管理者自行設訂之超速比例具有參考價值，可做為駕駛員獎懲之依據。

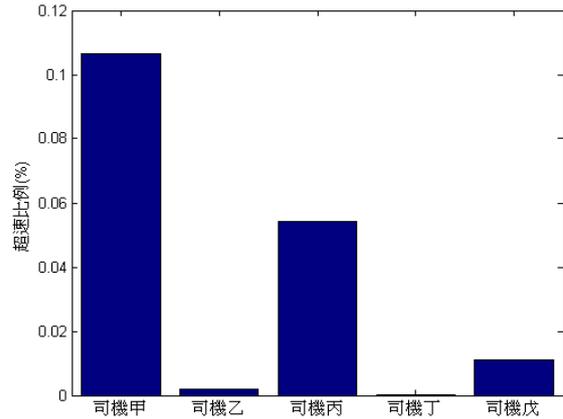


圖 7 超速比例分析

下圖 8 為車輛高轉速低速比例之分析，由下圖分析得知其排序為司機丙>司機丁>司機甲>司機戊>司機乙，與前述之車輛油耗一致，可見當車輛於低速時使用高轉速來帶動車輛是非常耗油的。這代表車輛沒有操作在經濟轉速範圍，是最需要導正的一項駕駛行為。

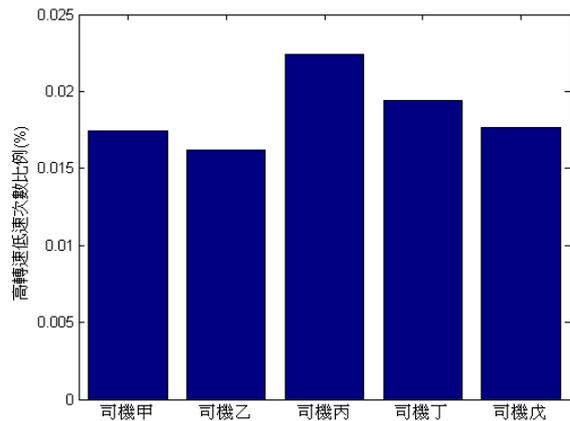


圖 8 高轉速低速次數比例分析

下圖 9 為車輛低轉速高速比例之分析，對應前述超速比例，司機甲的高轉速低速比例最高。這代表車輛在高速行駛下轉速偏低，可能是在國道上多利用滑行方式駕駛，使得此比例過高，但是依據研究，車輛忽快忽慢的駕駛也是會導致油耗增加的一項駕駛行為，所以仍然必須要進行改善。

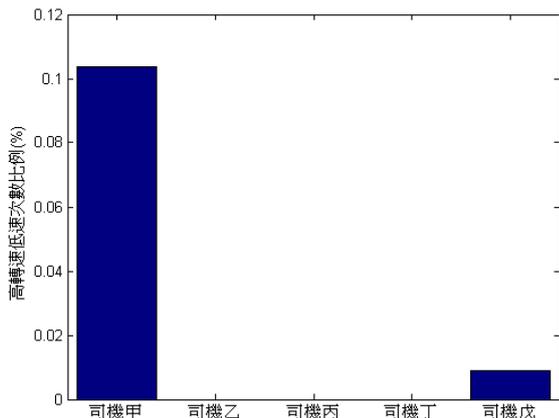


圖 9 低轉速高速次數比例分析

4.2 駕駛行為分群

由前述本研究預利用 K-means 分群來區隔駕駛人員的差異，避免因為排序方式導致不公平的狀況發生，進而導致車隊管理的失準。下表 3 為經過分析軟體計算後所列出的分群情況。

表 3 駕駛行為分群分析

	司機甲	司機乙	司機丙	司機丁	司機戊
轉速平均值	1	3	3	2	2
轉速標準差	3	2	2	1	2
速度平均值	3	2	2	1	2
速度標準差	3	2	2	1	2
加速度平均值	1	1	1	3	2
加速度標準差	3	1	2	2	3
超速次數	3	1	3	1	2
超速比例	3	1	3	1	2
高轉低速次數	2	1	3	3	2
高轉低速比例	2	1	3	3	2
高速低轉次數	3	1	1	1	2
高速低轉比例	3	1	1	1	2

以轉速平均值看出司機甲在同一旅次下相較於其他司機來得低，但是以轉速標準差來看，司機甲之則屬於第 3 群，雖然車輛轉速都在比較低轉速下，但變異太大。由司機甲可以看出其駕駛行為相較於其他駕駛較為不良的有轉速變異太大、車速標準差大，也就是速度變異太大，加速度標準差大與超速過大以及高速低轉比例等。

就司機乙來說，除轉速平均值略高以外，轉速標準差屬於第二群，其餘皆屬於第一群。相對於其他駕駛，司機乙的各項評估標準都較佳，相對於其駕駛油耗表現也是較佳的。

就司機丙，可以看出，其油耗表現最差，而對應分群結果，其超速與低速高轉接是屬於第三群。由此可知，超速與低車速高轉速是影響該駕駛油耗最重要的關鍵因素。就一般認知下，車輛在低速下引擎持續高轉速是非常耗油的駕駛行為，也就是換檔時機不節能，車輛沒有操作在經濟轉速區域。

以司機丁來說，其影響油耗的主要駕駛行為因素屬於加速度標準差與高速低轉，屬於第三群。如同司機

丙，除了高速低轉外，加速度變異過大，也是影響該車油耗的主要原因之一。

5. 結論

由於車輛油耗議題日益受到車隊管理者重視，因此利用研究駕駛行為對於車輛耗能的研究也日益受到重視。目前，除少數四期柴油車輛皆配備有 OBDII 功能外，一般車隊皆仍舊使用沒有 OBDII 之車輛，加上一股車隊無法負擔龐大的數位式行車紀錄器與具有分析能力的人員進行駕駛行為分析。因此本研究透過自行開發一套低成本與便利分析的駕駛行為分析模組，希望提供車隊進行駕駛行為分析以期達到協助車隊節能減碳的目標。透過本研究可以得到以下結論：

- (1) 由車輛研究測試中心所開發之駕駛行為分析模組可以進行車輛動態資訊擷取，搭配自行開發之軟體可進行駕駛行為分析，可以提供車隊一套低成本且簡易的模組，進行駕駛人員固定時間內的駕駛行為分析，提供車隊管理者做為車隊節能管理的參考。
- (2) 透過本分析軟體可以定義出每位駕駛者駕駛行為偏差的主要項目，其中包括：轉速變異、速度變異、超速比例、加速度變異、高速低轉比例、高轉低速比例等等。在比對其平均油耗，即可以針對該偏差項目進行節能駕駛教育訓練，以改善其駕駛行為，達到節能減碳之目的。
- (3) 由本研究受測的五位駕駛者發現，駕駛行為中，加速度變異與低速高轉變異為主要影響油耗的關鍵因素，其中司機丙在低速高轉速下影響油耗最為嚴重。
- (4) 透過駕駛者分群方式可以瞭解駕駛在五位受測的駕駛人員中的群組，若受評的駕駛人為數眾多則可以避免排序所造成的誤差。管理者可以同時搭配排序結果與分群結果找出受評駕駛者的偏差行為。
- (5) 由本研究結果顯示，分群後以司機乙的表現最為優良，比對油耗分析後，符合驗證結果。而司機甲的分群結果較差，但比對油耗結果後則排名第三，這可能是因為每項駕駛行為所影響油耗的比例並不相同，而司機甲表現較差的駕駛行為影響油耗比重較低，所出現的結果。
- (6) 本研究未來除持續增加受評駕駛人員進行分析以加強驗證本駕駛行為模組強健性外，未來將可考慮增加駕駛行為影響油耗權重參數，以更加精確的判斷駕駛行為，作為教育訓練的與管理的參考。

6. 致謝

本研究係經濟部能源局委託財團法人車輛研究測試中心辦理之「車輛節能應用技術研究計畫(2/3)」(計畫編號：101-D0406)的部分成果。謹此致謝。

7. 參考文獻

期刊論文：

- [1] Evans, L. (1979), "Driver behavior effects on fuel consumption in urban driving", *Human Factors*, Vol. 21, No. 4, pp. 389-398.
- [2] Waters, M. H. L. & Laker, I. B. (1980), "Research on Fuel Conservation for Cars", Report No. 921, Transportation Research Laboratory, Crowthorne, England.
- [3] Hooker, J. N. (1988), "Optimal driving for single-vehicle fuel economy", *Transportation Research Part A*, Vol. 22, No. 3, pp. 183-201.
- [4] Ang, B. W. & Fwa, T. F. (1989), "A study on the fuel-consumption characteristics of public buses Energy", Volume 14, Issue 12, pp. 797-803. ◦
- [5] 林家聖(2002)，「駕駛人不當操作行為對公路客運行車及保修費用影響之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- [6] 潘偉南(2006)，「影響國道客運駕駛績效與油耗因素之探討」，國立成功大學交通運輸研究所碩士論文。
- [7] 蔡宗憲(2008)，「應用數位行車資訊結合駕駛行為與人格特質之油耗因子關聯研究」，國立台北大學統計研究所碩士論文。
- [8] Barth, M. & Boriboonsomsin, K. (2009), "Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system", *Transportation Research*, Vol. 14, pp.400-410.
- [9] 林彥志(2009)，「使用公路客運行車紀錄器資料探討營業大客車駕駛人行為適性之研究」。逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- [10] 張慈芸(2010)，「大客車污染排放與耗能之關鍵影響因素分析」。逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文。