

自適性重型車輛節能駕駛行為警示系統判斷門檻之建立

呂仲生¹、張建彥²

¹財團法人車輛研究測試中心(副工程師)

²中華大學運輸科技與物流管理學系(副教授)

E-mail: chungsen@artc.org.tw

能源局計畫編號: 103-E0404

摘要

重型柴油車輛因其引擎具有較高油耗以及較高行駛里程特性，每年消耗油量亦相當可觀。除各種節能應用技術蓬勃發展之外，節能駕駛亦成為重要的課題。本研究以重型柴油車輛蒐集之行車資料，進行駕駛行為判斷門檻值調整方法試驗，以相同資料進行不同階段調整機制導入後之適用性分析。分析結果顯示，車輛原廠建議標準無法直接套用於所有駕駛員，利用具有自我改善能力之自適性判斷門檻調整機制，則可先分析駕駛者的習慣轉速域，以駕駛者本身的習慣轉速域作為判斷標準值的設定基準，提升系統應用之合理性，調整出適合該名駕駛者所適合之駕駛行為判斷門檻。

關鍵詞：節能駕駛 (Eco-driving)、駕駛行為分析 (Driving behavior analysis)、自適性 (Adaptive)。

1. 前言

近年來國際燃油價格持續波動，商用運輸車輛普遍具有排氣量大、較高油耗且平均行駛里程高之特性，因此其燃油使用及碳排放量之佔比相對較高。由於運輸系統是主要的移動污染源，節能駕駛開始受到一般民眾以及車隊管理者的矚目，只要駕駛者透過節能駕駛的操作，不需額外購買節能相關產品即可有效降低車輛耗油量，因此許多研究文獻或駕駛訓練手冊，均提供如何有效地節能駕駛或環保駕駛。依據英國 Safe and Fuel Efficient Driving (SAFED 計畫) [1] 研究，經由學習節能駕駛知識，平均節能效益可達 10% (1.9%~17% 不等)。美國福特汽車公司、日本日野汽車公司以及瑞典 SCANIA 汽車等其他車廠均已設置節能駕駛訓練中心或者駕駛訓練課程，協助客戶降低車輛耗油量，並於車輛儀表顯示節能範圍協助駕駛。

對於節能駕駛的實際改善方法坊間有各種方式流傳，目前國內現行重型柴油車輛舊型車種，尚無行車電腦計算即時油耗之功能，僅於儀表板標示節能範圍，車輛駕駛必須仰賴自有經驗修改其駕駛行為。本研究為協助駕駛者針對其車輛使用習慣進行修正，導入節能駕駛行為警示系統，透過駕駛行為分析輔助模組(如圖 1)之介面，設置於駕駛座前方明顯處，於車輛出勤過程中進行即時性駕駛行為分析，若出現非節能行為

時立即亮起燈號提醒駕駛者以修正行為。

此輔助模組裝置分為兩個區塊：一區塊為整體行為評價；另一區塊為耗油行為類型說明。耗油行為常見的五種行為超速、換檔轉速過高、未確實切換至最高檔位、急躁加減速以及怠速等來分類；評價則使用綠、黃、紅三種燈號顯示九種等級，區分出優良或者待改善的程度；開機時預設為滿分，當不良行為出現時分數燈號會逐一熄滅，對應之不良行為類型也隨之亮起，若不良行為較為嚴重時，行為分數燈號也會大量熄滅以顯示其嚴重程度，可使駕駛員得知目前行駛過程中所得到的評價分數，亦可得知確切本身需改善之行為。

輔助模組初始應用時，採用車輛原廠建議節能範圍設定為判斷標準，然而駕駛員特性與行為模式差異甚大，單一的門檻標準亦無法套用於不同道路使用條件及車種，因此，本研究透過已蒐集之行車資料進行資料模擬試驗，進行自適性駕駛行為判斷門檻之調整與應用，作為國內節能駕駛推廣單位以及業者之參考，使節能駕駛得以順利推廣，協助商用車隊或者一般民眾改善車輛油耗，達到節能減碳的目標。



圖 1 駕駛行為分析輔助模組

駕駛行為與油耗關係之研究在國際上已行之多年，主要是探討駕駛者接受訓練後以及車隊管理者透過駕駛行為管理制度建立對車輛油耗的影響。本研究列舉相關部分文獻，說明如後。

Leonard [2] 於 1979 年研究顯示若駕駛者避免較大的加速度，使用平緩的方式駕駛車輛並減少急煞車的次數，如行駛時間不變耗油量可減少約 14% 的程度。

Waters 與 Laker [3] 於 1980 年時以實車進行實驗，結果顯示較為平緩的駕駛習慣可減少約 15% 的耗油量。

Hooker [4] 於 1988 年針對影響油耗之因素進行研

究，探討何種駕駛型態可達到最佳之經濟節能效益，結果顯示換檔時機、車速與急加速行為具有顯著之影響。並說明若駕駛者減少低速檔至高速檔之時間、在引擎經濟轉速區域內行駛、避免急加速及急減速都可減少耗油量。

Ang 與 Fwa [5] 於 1989 年針對大眾運輸車輛油耗因素研究，研究發現其影響因素分別為車輛特徵、車輛使用率、路線特徵、駕駛行為以及道路環境。其中車輛特徵為廠牌、年份以及排氣量；路線特徵為乘客人數、車速、停等號誌次數以及道路狀況等。

蔡宗憲 [6] 於 2008 年利用數位式行車記錄器所擷取之動態行車資料進行分析，資料包含日期、時間、氣候、車號、車速、加速度、經緯度、連續停留時間、旅程時間等，並記錄車輛行駛該路線時之加油時間、公升數以及行駛里程，並建構多變量線性模型尋找影響油耗之重要因素。研究結果顯示較高平均車速、低速煞車行為以及高速時加減速之綜合表現均可能影響耗油量。

Barth 與 Boriboonsomsin [7] 於 2009 年以實車模擬以及即時監控技術來分析污染排放量以及油耗量，結果發現透過節能駕駛至少可降低 10% 至 15% 之耗油量以及污染排放量。

林彥志 [8] 於 2009 年之研究論文中，應用國內客運業者資料分析顯示駕駛者透過節能駕駛課程訓練後，可改善其駕駛習慣，節省 10% 至 15% 之燃油消耗。

Ryosuke 與 Yasuhide [9] 於 2012 年以豐田市 2009 至 2010 年節能駕駛執行狀況進行統計，分析影響節能駕駛效益之因素，結果顯示車輛使用者以及擁有者檢查駕駛員駕駛行為、車速及行駛距離的頻率，以及個人的因素皆有可能影響節能駕駛實際執行之成效。若期望有較佳之節能成效必須仰賴長時間確實執行節能駕駛。

2. 實驗資料分析模式

本研究初次導入駕駛行為分析輔助模組時，使用車輛原廠建議節能範圍設定為判斷標準，然而因駕駛者習慣之差異，對駕駛行為普通駕駛者而言原廠建議值可以適用；但對於原本駕駛行為已屬優良的駕駛者而言，其節能範圍判斷標準則過於寬鬆，已不再觸發顯示模組，亦無法再進一步達到更優良的駕駛習慣；反之，相同的標準若施用在駕駛行為屬於不佳的駕駛者而言，卻屬於過度嚴苛，觸發頻率過高易使駕駛者失去信心而不願意進一步改善其駕駛習慣。因此，有必要進一步發展適用之門檻調整機制，以符合駕駛員之需要。

本研究初步以車輛轉速作為實驗模擬資料，進行具有自我調整機制之駕駛行為門檻標準建立方式，並加以探討說明如後。

2.1 實驗資料

本研究試驗資料來源取自於實車行車資料，實驗車型為 HINO 700 型曳引車(如圖 2)，表 1 為車輛之規格，實驗時擷取任務出勤一天轉速資料紀錄，各車為

固定駕駛非公用車輛，資料記錄頻率為每秒一筆數據。

圖 3 至圖 5 為實驗轉速資料與原廠門檻標準之對照案例圖。圖 3 為實際轉速均低於門檻標準之狀況，屬於較節能之駕駛行為；圖 4 為實際轉速會超出門檻標準但超出不多之狀況，屬於一般駕駛行為；圖 5 則是實際轉速可能超出門檻標準較多之非節能不佳駕駛行為。



圖 2 實驗車輛類型

表 1 實驗車輛規格表

廠牌	日野	空車重量	6,635 kg
車輛型式	HINO 700	車輛總載重量	35,000 kg
型別	SH1EESG	排氣量	12,913 c.c.
制動馬力	309 / 1800	kW / rpm (SAE GROSS)	
引擎扭力	195 / 1100	kg-m / rpm (SAE GROSS)	

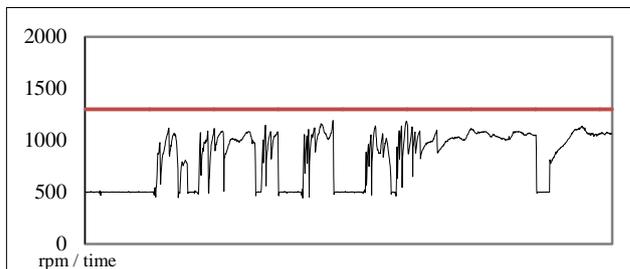


圖 3 優良駕駛員轉速資料與原廠建議標準值

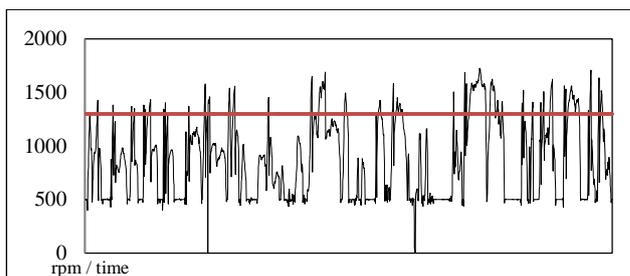


圖 4 普通駕駛員轉速資料與原廠建議標準值

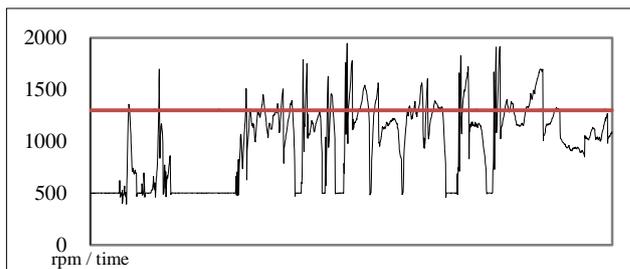


圖 5 不佳駕駛員轉速資料與原廠建議標準值

2.2 自適性門檻標準調整機制

本研究初次導入駕駛行為分析輔助模組時，使用車輛原廠建議節能範圍設定為判斷標準，對於原本駕駛行為已屬優良的駕駛者，其節能範圍判斷標準過於寬鬆，已不再觸發顯示模組，因此需要將標準值向下調整；對駕駛行為不佳的駕駛者，原廠建議值反而過度嚴苛，因此需要將其標準值向上調整。本研究針對標準值下調以及上調兩種調整方式進行標準調整機制的探討。

當在單位時間內，車輛正常行駛下，未超出標準值時或超出標準值達特定次數時，代表初始設定值已不敷使用，此時即啟動調整機制。

● 標準值下調

以圖3至圖5為例，車輛原廠建議標準為1400 rpm，由圖3可看出駕駛行為優良的駕駛者，其習慣換檔最高轉速皆在1400 rpm以下，在一天的出勤過程中不會超出標準線，輔助模組對其並無幫助，因此需要將標準線下調。調整方式為取出各次轉速最高峰值，將其值依其大小重新高低排序後，再取相對最高數值進行平均，即可取得向下調整後之標準值，如圖6所示。

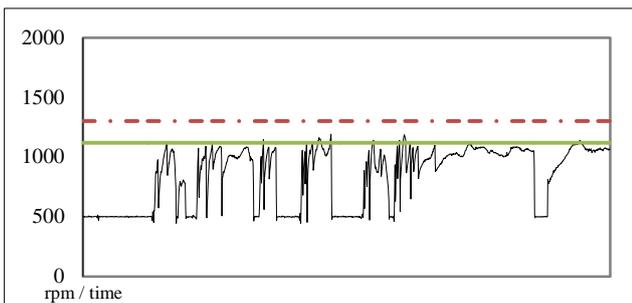


圖 6 標準值向下調整

● 標準值上調

對駕駛行為屬於不佳的駕駛者，必須將標準向上調整才可適用，調整機制仍比照下調標準值的方式進行，取出各次轉速最高峰值，將其值依大小重新高低排序後，再取相對最高數值進行平均，即可取得向上調整後之標準值，如圖7及圖8所示。

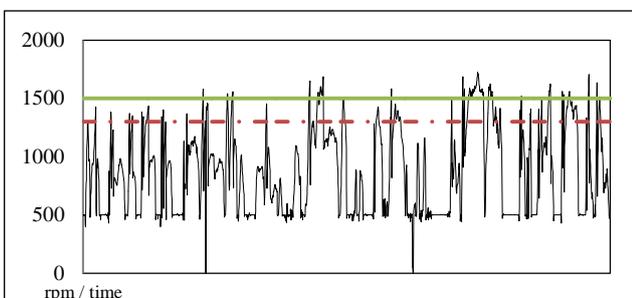


圖 7 標準值向上調整(a)

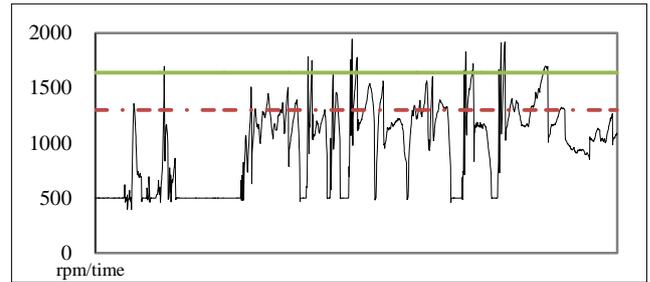


圖 8 標準值向上調整(b)

3. 標準值調整結果

進行第一循環運行時，因初步設定的基本標準值無法適用於不同習慣的駕駛員，優良駕駛行為之轉速曲線均低於基本標準值，普通駕駛行為之轉速曲線稍微超出基本標準值，不佳駕駛行為之轉速曲線則大額超出基本標準值。

第一循環結束後，則透過調整機制，利用個別駕駛者所記錄到的資料，取其自身轉速資料高峰以進行微調，平均後即設定為該駕駛之標準值。

進行第二循環運行時，使用自我改善式標準調整機制所得之標準值設定為駕駛行為分析輔助模組警示標準，由圖9至圖11可看出在相同的行車資料運行下，駕駛行為優良的駕駛員所適用之標準值已接近其換檔轉速，在最高峰時仍可能觸發輔助模組；對駕駛行為普通或者不佳的駕駛員，在標準值適度的調整後亦可解決觸發頻率過高的問題，如仍有不適用之情形則再次重複循環進行調整。

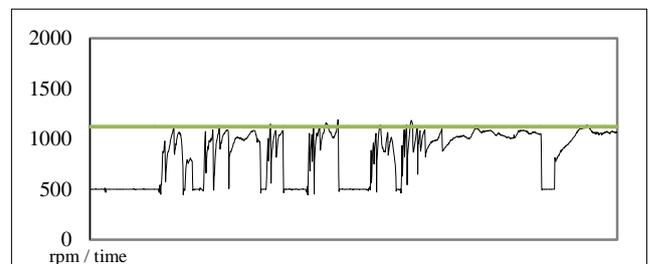


圖 9 優良駕駛員之調整後轉速資料與門檻標準

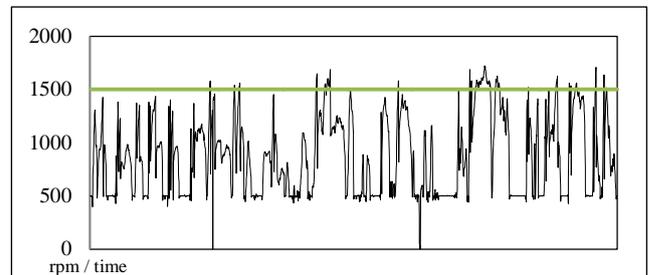


圖 10 普通駕駛員之調整後轉速資料與門檻標準

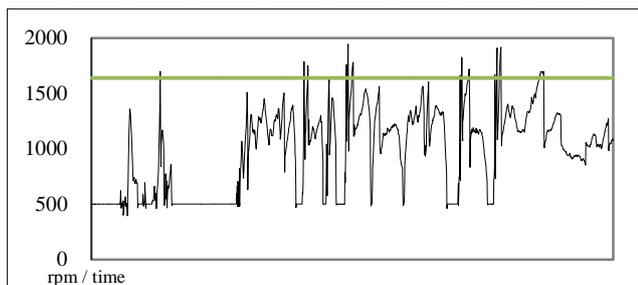


圖 11 不佳駕駛員之調整後轉速資料與門檻標

4. 結果與討論

根據本研究與車隊業者合作導入駕駛行為分析輔助模組進行道路運行實驗的實務經驗得知，車輛原廠建議標準值無法直接適用於旗下車輛，仍必須進行人工微調。若利用具有自我改善能力之自適性標準調整機制先分析駕駛者的習慣轉速域，以駕駛者本身的習慣轉速域作為判斷標準值的設定基準，可調整出適合該名駕駛者所適合之駕駛行為為判斷標準，對於駕駛行為已屬優良之駕駛員，在車輛動力允許範圍內，透過標準值的下調，可刺激優良駕駛進一步提升或維持節能駕駛行為；對於駕駛行為屬不佳之駕駛員，透過標準值適度的調整，暫時性提高其標準值，當駕駛者已開始修正其行為後再逐漸下調標準值。

本研究以轉速變化曲線進行調整機制試驗，因調整後之標準值取自於最差數值，為避免駕駛者形成其駕駛行為已改善之錯覺，必須將其再次設定出細部等級，本研究輔助模組設定為九級距，將調整後之標準值與原廠建議標準重新平均出九級判別標準，並應用於即時輔助模組系統如圖 1，經調整後以合理的方式亮燈促使駕駛員逐步修正其駕駛行為。

自我改善式標準調整機制除可成為即時輔助模組導入初期調整之用，亦轉換出該駕駛員之習慣轉速範圍，並成為該駕駛員之評量結果，如表 2 所示。本次進行試驗之駕駛員分別屬於優良、普通、不佳三類型，當調整機制啟動後，優良駕駛員因換檔轉速均不超過原廠建議標準，可取少量轉速峰值平均，或直接取其最高轉速設定為調整後之標準值；駕駛行為普通與不佳者，則必須在超標的數值中，取適當的數量進行平均設定為調整後之標準值。以本研究模擬所用之行車資料，可得表 2 之運算結果，其運算結果亦可成為車隊管理者進行評量或訂定個人化標準的方式。

表 2 標準值調整後結果

	初始標準值 (rpm)	調整後標準值 (rpm)	差異
駕駛 A	1400	1120	-20%
駕駛 B	1400	1513	+8%
駕駛 C	1400	1639	+17%

5. 結論

透過本研究分析結果可得以下結論：

1. 因應實驗車型特性，車輛最大扭力於 1100 rpm

即可輸出，原廠建議轉速範圍為 1400 rpm 以下，因此在最大扭力轉速至原廠建議之轉速範圍皆成為標準值參考範圍。

2. 在單位時間內，車輛正常行駛下，如未超出標準值時或超出標準值達特定次數時，代表初始設定值已不敷使用，此時即啟動調整機制。取出各次轉速最高峰值，將其值依大小重新高低排序後，再取相對最高數值進行平均，即可設定為調整後之標準值
3. 經第一循環運行調整後之標準值，除可適用於該車輛駕駛員外，將其調整後的數值取出後亦可成為該駕駛員之評量或訂定個人化標準的方式。
4. 透過最高轉速平均所得之標準值必須設定為最差等級，並將其重新分配出不同等級標準才具備駕駛員行為改善功用，避免駕駛員產生駕駛行為已改善之錯覺。
5. 自適性行為為判斷標準調整機制核心目標為協助駕駛員修正其行為，上調機制可作用於即時警示裝置導入初期，以減少對使用者之衝擊。因應駕駛行為較差而上調之標準，並非做為長期運行之用，後續仍必須與其他營運性質類似之駕駛員進行比較，並逐漸下調以成為節能駕駛行為督促之媒介。
6. 未來本研究可選定駕駛員進行長期道路試驗，以驗證多重循環調整機制之適用性，將可提供更完整各類重型柴油車輛之最佳調整機制，作為一般駕駛者或者商用車隊管理者進行節能駕駛設計時之參考依據。

6. 致謝

本研究為經濟部能源局委託財團法人車輛研究測試中心辦理之「重型車輛耗能管制與節能應用技術推廣計畫(1/3)」(計畫編號：103-E0404) 之部分成果。僅此致謝。

7. 參考文獻

- [1] http://uk-roadsafety.co.uk/ECO_Driving/ECO_Driving.htm, SAFED - Safe and Fuel Efficient Driving - UK Road Safety.
- [2] Leonard Evans, "Driver behavior effects on fuel consumption in urban driving", *Human Factors*, Vol. 21, No. 4, pp. 389-398, 1979
- [3] M. H. L. Waters, I. B. Laker, "Research on Fuel Conservation for Cars", *Transportation Research Laboratory*, Report No. 921, Crowthorne England, 1980.
- [4] J. N. Hooker, "Optimal driving for single-vehicle fuel economy", *Transportation Research Part A*, Vol. 22, No. 3, pp. 183-201, 1988
- [5] B. W. Ang, T. F. Fwa, "A study on the fuel-consumption characteristics of public buses Energy", *Energy*, Volume 14, Issue 12, pp. 797-803, 1989.

- [6] 蔡宗憲，“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，2008。
- [7] M. Barth, K. Boriboonsomsin, “Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system”, *Transportation Research*, Vol. 14, pp.400-410, 2009.
- [8] 林彥志，“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，2009。
- [9] Ryosuke Ando, Yasuhide Nishihori, “A study on factors affecting the effective eco-driving”, *Social and Behavioral Sciences*, EWGT, 2012.