

應用存活分析法於機車紅燈怠速熄火 行為之研究

MODELLING MOTORCYCLISTS' BEHAVIOR OF IDLING STOP ON RED LIGHT USING SURVIVAL ANALYSIS

吳健生 Jiann-Sheng Wu¹

蕭羽媛 Yu-Yuan Hsiao²

蘇殷甲 Yin-Chia Su³

(99 年 5 月 4 日收稿，99 年 8 月 10 日第一次修改，99 年 12 月 3 日第二次修改，
100 年 1 月 5 日第三次修改，100 年 3 月 31 日第四次修改，
100 年 5 月 19 日第五次修改，100 年 6 月 16 日定稿)

摘 要

針對全球暖化及節能減碳議題，本研究透過問卷方式調查機車騎士紅燈怠速熄火行為之意願及其影響因素，並利用存活分析法中之 Cox 等比例危險模式，構建兩者之關係。研究結果顯示，全球暖化認知、紅燈怠速熄火降低污染意願、執法規範信念、熄火依從信念、年齡及家庭人數等 6 個變數，會顯著影響機車騎士紅燈怠速熄火之意願。整體而言，解釋變數與相對風險呈正向走勢。對環境認知或認同感愈強烈者，其相對風險亦愈高，亦即紅燈怠速熄火之意願亦愈高。然就年齡變數而言，每增長 1 歲，相對風險卻降低 1%，顯示年紀愈輕，反而愈具有環保意識，愈能接受怠速熄火節能減碳之觀念。經進一步分析發現，若能提升大眾的環境認知，則全體

-
1. 國立中央大學土木工程學系副教授 (聯絡地址: 32001 桃園縣中壢市中大路 300 號中央大學土木工程學系; 電話: (03)4227151 分機 34130; E-mail: wjs@ncu.edu.tw)。
 2. 臺中市捷運工程處工程員。
 3. 國立中央大學土木工程研究所碩士。

機車騎士當中將會增加 2.545%至 14.618%願意配合紅燈怠速時熄火。

關鍵詞：節能減碳；怠速熄火；存活分析法；Cox 等比例危險模式；相對風險

ABSTRACT

Aiming at the issues of global warming as well as energy saving and carbon reduction, we, in this study, investigate motorcyclists' will to turn off the engine at a red light, and its influence factors by means of a questionnaire. Using the Cox proportional hazard model in survival analysis, we further modeled the relationship between them. The result shows that motorcyclists' behavior of not idling at a red light is significantly influenced by six variables: global warming awareness, willingness to reduce air pollution by not idling, belief of ruling a non-idling stop by enforcement, belief of not idling by following other motorcyclists, age, and family population. As a whole, there appears to be a positive trend between relative risk and variables. The stronger the recognition of the environment, the higher the relative risk is, i.e. the higher the will to turn off the engine at a red light is. Nevertheless, the relative risk decreases by 1% as the age increases by 1 year. It depicts that the younger the motorcyclist is, the more he will accept the concept of not idling to save energy and reduce carbon. After further investigation, we find that the will to not idle will totally increase from 2.545% to 14.618%, if the recognition of environment can be escalated.

Key Words: Energy saving and carbon reduction; Idling stop; Survival analysis; Cox proportional hazard model; Relative risk

一、前言

根據交通部之統計^[1]，至民國 97 年底臺灣地區機車總數已高達 1,436 萬輛，密度則達到每平方公里 396.9 輛。在大量使用機車之下，其所排放出之 CO₂ 將大為助長溫室效應，危害生活的環境。機車廢氣的排放可藉由引擎技術與環保科技加以改良，然而若能更進一步針對其使用時機與方式加以改善，則將會有加成的效果。依據交通部運輸研究所「運輸部門能源節約及溫室氣體減量潛力評估與因應策略規劃」^[2]之估計，全臺灣機車於怠速時平均每 10 秒約排放 3.28 噸 CO₂。至於個別機車怠速熄火所能產生之節能減碳效果，近年來國內已有若干相關之測試分析報告^[3-5]。結果顯示，各型機車於怠速熄火下，均能明顯降低油耗及廢氣之排放。因此，若能就機車怠速空轉情形著手改進，將有助於大幅減少 CO₂ 的排放。

機車怠速空轉的原因很多，例如停車候人、暫停辦事、暫停購物等，目前國內已有部分縣市針對此一部分實施車輛怠速 3 分鐘以上熄火之規定^[6-8]。相較之下，路口紅燈停等

時，由於怠速時間較短，並無強制性規範引擎熄火。然而，為兼顧節能減碳與安全、便利及效果等之考量，初期較宜採取自發性做法，提高配合誘因及環保意識，使機車騎士自動自發配合，待時機成熟後再考慮強制性做法。

紅燈引擎怠速熄火之措施早年曾在德國試行過^[9]，當時實施之對象為汽車，採用路口加裝之藍色燈號提示駕駛人關閉與再發動引擎。此一措施並無強制性，僅為建議性質，故車輛駕駛人的配合意願極為重要。就目前國內之情形而言，強制性做法的時機尚未成熟，但市區已有許多路口加裝紅燈倒數計時裝置，提供紅燈停等熄火參考使用之良好條件。然而，成功與否最關鍵的因素－配合意願，則有待進一步了解。

有鑑於此，本研究特針對國內機車騎士紅燈怠速熄火之意願及其影響因素，透過問卷調查方式進行分析；並利用存活分析法中之 Cox 等比例危險模式構建兩者間之關係，以了解影響其配合意願之原因。最後，再根據相對風險之概念，利用建構完成之 Cox 模式推估影響因素改變後，對機車騎士配合紅燈怠速熄火意願之增減，其結果可供後續研究與相關政策推動之參考。

二、文獻回顧

存活分析 (survival analysis) 係採用模式來檢視事件發生時間之機率。自 Cox^[10]於 1972 年引介 Cox 等比例危險迴歸模式 (Cox proportional-hazards regression model) 以來，即受到廣泛地應用，並成為存活分析中最普遍使用的方法。交通運輸領域方面自不例外，至目前為止亦已有若干相關應用之研究，但多屬已發生行為影響因素之分析，至於直接探討用路人意願及其影響因素之文獻則付之闕如，以下分別回顧之。

國外方面，Schönfelder 與 Axhausen^[11]使用 Cox PH 與 Weibull 模式，針對旅運行為之週期性進行分析。研究結果發現，全職員工購物期間較長，且所得愈高者，購物之次數亦愈為頻繁。Akerstedt 等人^[12]則採 Cox 迴歸法，透過問卷分析調查睡眠障礙對工作中肇事之關聯性。結果顯示，男性有睡眠障礙及夜間工作等情形時，與致命之職業意外有較為顯著的關係。

Tiwari 等人^[13]藉由攝影記錄，以 Kaplan-Meier 法建立行人路口意外之因素分析，探討性別、等候型態及道路分布與意外發生之關係。研究結果得知，行人於路口願意等候的時間愈長，存活率即愈高，且男性行人之存活率較女性行人低。

至於國內方面，張新立等^[14]以問卷訪談方式調查機車失竊之原因，探討影響機車失竊之因素及風險值的訂定依據。由 Cox PH 模式顯示，機車的新舊與廠牌，以及尖峰時間與假日，對機車失竊有較為顯著的影響。葉祖宏^[15]結合 Cox PH 模式與競爭風險模式，彙整交通部統計處及行政院主計處之資料，以了解影響機車持有年限之相關屬性變數。結果得知，共有 8 項與個人及車輛有關之變數會增加機車持有之危險率，而縣市總體社經等變數中，則有 4 項與機車持有危險率有顯著的關聯。

除此之外，有關本研究之主要課題機車熄火，國內亦有若干相關之研究。洪金火^[3]以測試車方式，針對機車於路口紅燈停等時，熄火再啟動與未熄火怠速運轉是否有差異進行研究，並以國內市占率最高之三種廠牌機車，採用五種運轉型態行駛五個週期進行測試。結果顯示，熄火再啟動之廢氣排放量明顯低於未熄火怠速運轉。以山葉機車為例，行駛五個週期後，熄火再啟動較未熄火怠速運轉之 CO 排放量分別降低 21.7%、33.6%、21.5%、21.2%及 43.2%；HC 之累積濃度分別降低 41.9%、49.7%、61.3%、57.6%及 31.9%；而 CO₂ 之累積濃度則分別降低 34.8%、45.3%、35.2%、18.7%及 38.6%。

莊志偉^[4]根據車輛研究測試中心之研究，於停等型態下，50cc 機車之油耗效率為 5.18~10.04%，125cc 機車則為 10.09~19.87%。依此推估機車怠速熄火之效益，臺灣地區一年約可減少機車排放 31 萬公噸 CO₂，節省燃油 28 萬公秉。台達文教基金會^[5]亦利用實驗車輛測試車輛怠速時，引擎熄火再啟動對油耗及廢氣排放之影響，並以 TOYOTA VIOS 1500cc 型汽車與 YAMAHA SR125 型機車兩種車輛，分別進行 30、60、90、120、180、300、900 以及 1,800 秒之怠轉測試。測試結果發現，機車怠速時之油耗與時間成正比，亦即油耗隨怠速時間呈線性增加。大抵而言，怠速之油耗約為每秒 0.053g (0.0726 c.c./sec)，相當於每分鐘油耗 4.35 c.c.。至於污染物排放方面，亦約與怠速時間成正比，YAMAHA SR125 之 CO₂ 排放量約為每秒 0.1187g，相當於每分鐘排放 7.122g、而 CO 之排放量則約為每秒 0.01625g，相當於每分鐘排放 0.975g。

由以上文獻回顧可以得知，機車怠速停等之時間愈長，其能源消耗與廢氣排放即等比例增加，而熄火再啟動可有效節省油耗並降低污染的排放。因此，若能提高機車騎士紅燈熄火之意願，不但可節省能源之消耗，亦可大幅降低空氣的污染。存活理論可用於分析機車紅燈怠速（存活）之機率，而其所衍生之危險函數 (hazard function)，則可用以描述機車紅燈怠速熄火（事件發生）之行為。睽諸目前國內外相關之研究，均尚未引用此一理論於機車紅燈怠速熄火之研究，故決定採用其作為本研究之方法。

三、存活分析法

3.1 存活理論

存活分析係利用統計方法，分析個體經過某一特定時間後發生某特定事件之機率，而該特定事件稱之為失敗 (failure) 或死亡 (death)，其持續之時間則稱之為存活時間 (survival time)，為存活分析中重要之變數。存活分析法之優點主要在於可將發生特定事件所經歷之時間加以模式化，並專門用以處理設限資料 (censored data) 之分析，例如當觀測期間受限或部分樣本於觀測期間發生脫離即產生設限資料。

存活分析法的基礎應用為，建立存活表 (survival table)，或以 Kaplan-Meier 法 (簡稱 KM 法) 觀察群體不同存活時間之累積存活率或累積生存函數，以了解特定事件發生之存

活經驗。若需深入探討存活時間與危險因子間之關聯性，則須進一步建構存活模式。所幸目前已有多樣化之模式可供選擇使用，較常見者如 Cox 等比例危險模式 (proportional hazard model, PHM) 及加速失敗時間模式 (accelerated failure time, AFT) 等，前者為個體間危險函數成比率關係，模式具有半參數估計之特性，而後者則強調某停留狀態下時間與存活函數間之關係。此外，由於發生特定事件之時間恆為正，時間資料可能並非呈現常態分配，因此傳統之最小平方迴歸將無法適用。

存活分析雖著重於存活時間之分配，且已有若干方法用於推估非條件式之存活分配，但最廣泛引起興趣者，則為用於檢視存活與一或多個預測或解釋變數 (predictors) 間之關係，亦即存活與危險因子間之關係。本研究將機車紅燈怠速不熄火視為存活，怠速熄火視為死亡，不僅著重於不熄火時間 (存活時間) 之分配，更著重於影響熄火因素之分析，而 Cox 等比例危險模式能夠滿足此一需求，因此決定採用其作為主要研究方法進行深入之分析。

相較於其他方法，Cox 等比例危險模式更適合作為本研究之工具，其理由為：(1) 紅燈停等熄火與否，在本質上即屬時間上存活與否的問題，故相當符合本研究之標的；(2) Cox 等比例危險模式在應用上較具彈性，其解釋變數可為質化或量化，足以滿足本研究在變數選取上多樣化之要求；(3) 若能事先明確知道危險機率之特性，例如隨時間不變、遞增、遞減或先遞增再遞減等特定型態，則可界定危險函數為指數 (exponential)、韋布 (Weibull) 或對數常態 (lognormal) 等型態之模式；然而一般情況下並無法確定真實函數之型態，而 Cox 模式則無服從某種機率分配之要求，故適用於本研究中機車騎士行為模式尚不明確之情形。

3.2 Cox 等比例危險模式

危險函數用於評估瞬間死亡或消逝之風險。建構機車紅燈怠速熄火危險函數之前，必須先定義紅燈怠速熄火之存活函數。令存活時間 T 為機車紅燈怠速不熄火之時間，為一非負之連續性隨機變數，則 T 之累積分配函數 $F(t)$ 表示存活時間小於 t 之累積機率，其函數式為：

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(x) dx \quad (1)$$

其中 $f(x)$ 為存活時間之機率密度函數。存活函數 (survival function) $S(t)$ 可用以表示機車紅燈停等時持續不熄火時間達 t 以上之機率，即存活時間超過 t 之機率，其函數式如下

$$S(t) = P(T \geq t) = 1 - P(T \leq t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(x) dx \quad (2)$$

危險函數用於衡量瞬間發生失敗或死亡事件之機率，於本研究中失敗或死亡事件係指機車紅燈怠速熄火之行為，故危險函數表示至某一時點 t 依然存活 (不熄火) 之條件下，

於下一時刻 $(t + \Delta t)$ 發生死亡 (熄火) 之機率為：

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \quad (3)$$

已知 $F(t)$ ，對其做一階微分，可得機車紅燈怠速不熄火 (存活) 時間之機率密度函數 $f(t)$ ，並推導危險函數與存活函數間之關係如下：

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dS(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t)}{\Delta t} \quad (4)$$

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t)}{\Delta t \cdot P(T \geq t)} = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (5)$$

由此可知，機車紅燈怠速熄火之危險函數，等於機車存活時間機率密度函數與存活函數之比。

存活分析時，通常運用危險函數來探討特定危險因子或變數與存活時間之關聯性。若能明確知道危險機率之特性，例如隨時間不變、遞增、遞減或先遞增再遞減等特定型態，則可界定危險函數為指數 (exponential)、韋布 (Weibull) 或對數常態 (lognormal) 等型態之模式。然而，一般情況下並無法確定真實之函數型態，因此常使用 Cox 迴歸模式構建存活模式。

有鑑於此，本研究依循一般方式，採用 Cox 等比例危險迴歸模式，構建機車紅燈怠速熄火與相關解釋變數間之存活模式，其型式如下：

$$h(t) = h_0(t)e^{\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k} = h_0(t)e^{\sum_{i=1}^k \beta_i X_i} \quad (6)$$

其中 $h_0(t)$ ：基準危險函數 (baseline hazard function)；

β_i ：解釋變數 i 之參數；

X_i ：解釋變數 i ，含溫室效應態度與認知、機車使用特性與意向以及個人屬性等變項，詳見第四節；

k ：解釋變數之個數。

令 $X = [X_1, X_2, \dots, X_k]$ ， $\beta' = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k]$ ，則可將 Cox 等比例危險模式以矩陣型式表示如下：

$$h(t) = h_0(t)e^{X\beta} \quad (7)$$

3.3 模式配適檢定

Cox 等比例危險模式之參數 β 值，可採用最大概似法加以推定。假設 n 個觀測樣本中，有 m 個被觀測到發生事件（願意紅燈熄火），此 m 個樣本之存活（不熄火）時間依序為 $t_1 < t_2 < \dots < t_m$ 。令 $R(t_i)$ 表時間為 t_i 時之風險集合（risk set），即紅燈熄火發生時間大於或等於 t_i 之所有觀測樣本所組成之集合，或紅燈持續不熄火時間小於 t_i 之所有觀測樣本所組成之集合， $R(t_i) = \{j | t_j \geq t_i\}$ 。若受訪機車騎士 i 在時間 t_i 時願意熄火，則其熄火機率占整個風險集合熄火機率之比例為：

$$P(\text{樣本 } i \text{ 熄火} | R(t_i) \text{ 集合中所有樣本熄火}) = \frac{h(t_i | X_i)}{\sum_{j \in R(t_i)} h(t_j | X_j)} = \frac{e^{x_i(t_i)\beta}}{\sum_{j \in R(t_i)} e^{x_j(t_i)\beta}} \quad (8)$$

式中 $x_i(t_i)$ 表樣本 i 在時間 t_i 時之解釋變數值向量， $x_i(t_i) = [x_1(t_i), x_2(t_i), \dots, x_k(t_i)]$ ；而 β 則為解釋變數參數之向量， $\beta' = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k]$ ， k 為解釋變數之個數。

Cox^[16]建議採用偏概似函數（partial likelihood function）來校估參數 β 值，此一函數為上述 m 個獨立觀測樣本熄火機率比之聯合機率分配，即：

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^m \frac{e^{x_i(t_i)\beta}}{\sum_{j \in R(t_i)} e^{x_j(t_i)\beta}} \quad (9)$$

取其對數後，得對數概似函數（log likelihood function）如下：

$$LL = \ln L(\beta) = \sum_{i=1}^m \left(x_i(t_i)\beta - \ln \left[\sum_{j \in R(t_i)} e^{x_j(t_i)\beta} \right] \right) \quad (10)$$

解其一階與二階微分式，即可得 β 值。

Cox 迴歸模式係採用概似比檢定統計量（likelihood ratio test statistic, LRT）來進行模式之配合適合度檢定，其式如下：

$$x_{LRT}^2 = -2 \ln \frac{(\text{max likelihood without the variable})}{(\text{max likelihood with the variable})} = -2 \left[\ln L(\hat{\beta}_0) - \ln L(\hat{\beta}) \right] \quad (11)$$

式中 $\hat{\beta}$ 與 $\hat{\beta}_0$ 分別表全模式（full model）與縮減模式（reduced model）下所求出之最大概似估計值向量。若 $x_{LR}^2 > x_{LR}^2(v)$ ，表示在顯著水準 α 之下，拒絕虛無假設（null hypothesis） $H_0: \beta = 0$ ，其中 v 為自由度。

此檢定方法適用於整個模式或個別係數 β 之檢定，主要包括以下三種：(1) 整體模式

之配適，檢定模式所有參數是否均為 0，亦即檢定 $H_0: \beta=0$ ，其中 β 為模式參數向量；(2) 個別參數之配適，檢定是否須增減某一參數，亦即檢定 $H_0: \beta_i=0$ ，其中 β_i 為參數 i ；(3) 不同模式間配適之比較，檢定參數不同時，模式間是否存在顯著的差異，亦即檢定 $H_0: M_m=M_n$ ，其中 M_m 與 M_n 分別表示參數數目為 m 與 n 之 Cox 模式。

3.4 相對風險

相對風險 (relative risk, RR)，或稱危險比 (hazard ratio)，用以表示死亡風險或危險之預期改變量，於本研究中則表示解釋變數值改變時，對紅燈怠速熄火風險之影響大小，其定義如下：

$$RR = \frac{h(t|X^*, \beta)}{h(t|X, \beta)} = \frac{h_0(t)e^{X^*\beta}}{h_0(t)e^{X\beta}} = e^{(X^*-X)\beta} = e^{\sum_{i=1}^k \beta_i(X_i^*-X_i)} \quad (12)$$

其中 $X=[X_1, X_2, \dots, X_k]$ ， $X^*=[X_1^*, X_2^*, \dots, X_k^*]$ ，分別表示解釋變數值改變前後之向量，而 $\beta'=[\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k]$ 則為模式參數向量。

實際應用時，通常會在其他變數值不改變之假設下，針對某一解釋變數分析其值改變時對死亡風險或危險之影響。例如針對第 j 個變數 X_j 進行相對風險分析，因其他變數值不變，故：

$$RR_j = e^{\sum_{i=1}^k \beta_i(X_i^*-X_i)} = e^{\beta_j(X_j^*-X_j)} = e^{\beta_j X_j^* - \beta_j X_j} = \frac{e^{\beta_j X_j^*}}{e^{\beta_j X_j}} \quad (13)$$

就數值僅為 0 或 1 之二元變數 (dichotomous variable) 而言，若 X_j 值由 0 改變為 1，則

$$RR_j = \frac{e^{\beta_j \cdot 1}}{e^{\beta_j \cdot 0}} = e^{\beta_j} \quad (14)$$

另解釋變數雖非二元，但其改變量為 1 時，則仍適合使用上式計算相對風險。此種應用常見於分類型資料 (categorical data)，例如將配合意願變數 X_j 分為非常不願意、不願意、普通、願意以及非常願意 5 個類別，並分別定義其值為 1 至 5。若由原先之不願意改變為普通，即變數值由 2 改變為 3，則其相對風險仍為 e^{β_j} 。

相對風險可作為不同變數值之間，死亡風險或危險之相對差異比較。若 $RR=1$ ，表示解釋變數不影響事件的存活。若 $RR<1$ ，表示解釋變數與事件存活增加相關，即死亡風險降低，增加事件存活的機率。反之，若 $RR>1$ ，表示解釋變數與事件存活減少相關，會增加死亡的風險。舉例而言，當機車騎士對全球暖化的認知由不嚴重晉升一級至普通時，相對而言會有較高的配合意願於紅燈時熄火等待。換言之，死亡風險相對提高，故 $RR>1$ 。

四、資料調查與分析

4.1 資料調查

本研究採問卷調查方式，蒐集機車騎士於號誌化路口紅燈怠速時熄火之意願，以作為 Cox 等比例危險模式分析之樣本輸入。問卷內容係依據周延性 (inclusiveness)、應用性 (applicability) 以及特徵性 (characteristic) 三大原則進行設計，其中周延性是指涵蓋範圍的完整，應用性表示結果可以操作 (operable)，而特徵性則是在反映個人特質的差異。根據上述原則，最後設計出溫室效應認知與態度、機車使用特性與意向以及個人屬性三大類別。每一類別之下又再分為若干變數，其中除個人屬性變數，例如家庭人數係依實際數量加以分項之外，其餘變數因涉及受訪者之心理態度與意向，故適合採用李克特量表 (Likert scale)，將其選項分為最常採用之 5 個等級。而「紅燈怠速熄火降低汙染意願」變數則因涉及外部因素之影響，故增加一「可能會造成更大汙染」選項。另機車重新啟動時間雖以秒數計量，但仍可視為機車騎士之心理反應狀態，故亦劃分為 5 個等級，且以每一等級之中間值作為代表。各類內容分別說明如下：

1. 溫室效應認知與態度

本研究共設計 4 個溫室效應及全球暖化認知與態度變數，即全球暖化認知、紅燈停等廢氣排放嚴重之感受、紅燈怠速熄火降低汙染意願以及熄火再啟動廢氣排放不增之認知，以探討其對機車騎士紅燈怠速熄火意願之影響。一般對環境認知愈強烈者，愈願配合遇紅燈時怠速熄火，兩者呈正向關係。

2. 機車使用特性與意向

本研究採用每週使用機車天數、使用機車意願、機車重新啟動時間、執法規範信念以及熄火依從信念 5 個變數，探討機車使用特性與意向對紅燈怠速熄火意願之影響。其中，每週使用機車天數與使用機車意願用以解釋機車使用之強度，使用強度愈高，習慣性配合紅燈怠速熄火之意願即可能愈高。機車重新啟動時間係指紅燈熄火後，綠燈亮起前重新啟動機車之時間。愈早啟動，表示行為愈為保守，熄火之意願可能愈低。而執法規範信念與熄火依從信念，則用以解釋機車紅燈怠速時熄火之意向，愈在意法律規範熄火行為或依從他人熄火作法者，配合熄火之意願即愈高，兩者呈正向之關係。

3. 個人屬性

本研究依年齡、性別、家庭人數、教育以及所得 5 個屬性，調查其對機車紅燈怠速熄火意願之影響。一般而言，教育程度愈高者，對環境的認知愈為正面，故兩者應呈正向關係；而所得愈高者，則對油耗的敏感度愈低，紅燈怠速熄火之配合度即較差，故兩者呈現負向關係。然而，影響之強度如何，則仍有待實際調查資料作進一步的證實。

4. 願意熄火時間

在配適 Cox 等比例模式時，願意熄火時間須與上述解釋變數同時輸入進行校估，並用於建立存活表 (survival table)，或以 Kaplan-Meier 法 (簡稱 KM 法) 來觀察不同存活時間之累積存活率或累積生存函數。由於願意熄火時間屬假設性之意願問題，針對此類問題通常多採用條件評估法 (contingent valuation method, CVM) 來取得市場行為資料。本研究亦依循此一原則，運用條件評估法經由問卷方式，針對特定情境設立不同之假設性狀況，直接觀察受訪者量化選擇之行為，據以推估其行為屬性。具體而言，係在目前尚未規範紅燈停等熄火之情境下，假設路口紅燈時間長達 150 秒之狀況下，探求機車騎士停等紅燈時願意熄火之秒數，即紅燈剩餘幾秒時仍願意熄火。詢價時一般係由中間值作為起始點，而後往左 (較小值)、右 (較大值) 兩側逐步逼近，最後找出受訪者之意願值。為避免經由此種封閉式詢價方式，使問題答覆落入固定之秒數區段，本研究特設計 3 種問卷，分別以 60、70 以及 80 秒作為詢價之起始值，並採等比例方式發放問卷，藉以推估真實情況下機車騎士願意熄火之可能性。

4.2 資料分析

本問卷調查共計發放 575 份問卷，扣除不完整及無效問卷 30 份，得有效樣本數 545 份，約占整體樣本數之 94%。問卷調查時間為民國 98 年 4 月至 5 月間，採書面問卷及網路問卷兩種形式，其中網路部分有效問卷數為 272 份，書面部分則為 273 份。調查母體為 18 歲以上持有駕照且具有騎乘經驗之機車騎士，網路問卷以全國為對象發放，書面問卷則以大臺中地區為對象發放，並採用便利抽樣法 (convenience sampling) 進行抽樣調查。茲針對有效樣本之個人屬性與環境認知，分別分析說明如下：

(一) 受訪者個人屬性

就受訪者之性別而言，在 545 份有效樣本中，男性有 241 位，占全部受訪者之 44%；女性則有 304 位，占全部受訪者之 56%。就年齡分布而言，由於報考機車駕照須年滿 18 歲，因此受訪者皆為 18 歲以上，其中又以 21~40 歲之青壯年者居多。就教育程度而言，以大專程度者 (含就讀與畢業者) 最多，有 383 人，占全體之 70.28%；研究所以上程度者 (含就讀者) 則有 114 人，占 20.92%。本研究之取樣係以號誌化路口較多之都會區為考量，故受訪者均為居住於都市地區之民眾，其機車騎士以 21~40 歲之青壯年居多，因此教育程度以大學 (含) 以上者居多數，符合一般實際情況。

另就受訪者之月平均所得而言，本問卷調查將其分為 2 萬元以下、2 萬元以上至 3 萬元、3 萬元以上至 4 萬元、4 萬元以上至 5 萬元、5 萬元以上至 6 萬元以及 6 萬元以上等 6 類。經調查分析結果得知，各類所占比例分別為 16%、41%、25%、11%、3% 以及 4%，約略接近常態分配。至於受訪者家庭組成方面，係以家庭人數作為區分，人數 1 人，即單身者有 220 人，占全體之 40.37%；人數 2 人者有 34 位，占全體之 6.24%；3 人者有 62 位，

占全體之 11.38%；4 人以上者有 229 位，占全體之 42.02%。由此可知，受訪者之家庭組成以單身及 4 人以上之多口之家最為普遍，呈兩極分布之傾向。

(二) 受訪者環境認知

1. 全球暖化認知

有關全球暖化認知之問項為「您認為 CO₂ 造成全球暖化之問題嚴不嚴重？」，感受程度分為 5 個等級，結果約占總數 94.5%之受訪者對於全球暖化有嚴重的認知，僅不到 1%之受訪者認為不嚴重，如表 1 所示。

表 1 全球暖化認知問卷結果統計

全球暖化認知	人 數	百分比
非常嚴重	260	47.71%
嚴 重	255	46.79%
普 通	25	4.59%
不 嚴 重	3	0.55%
感覺不到	2	0.37%
總 計	545	100%

2. 紅燈怠速熄火降低污染意願

本問項之內容為「如果您能為全球暖化問題盡一些心力，在機車怠速時關閉引擎以減少油耗並降低 CO₂ 之排放，請問您的意願為何？」，配合意願共分為 6 個等級，調查結果如表 2 所示。由表可知，願意配合（含願意與非常願意）關閉機車引擎以降低 CO₂ 排放者之比例約達 57%。若加上普通意願者，則高達 81.47%，而不願配合者（含不願意、非常不願意與認為可能會造成更大污染）則占 18%左右。

表 2 紅燈怠速熄火降低污染意願問卷結果統計

紅燈怠速熄火降低污染意願	人 數	百分比
非常願意	88	16.15%
願 意	222	40.73%
普 通	134	24.59%
不 願 意	62	11.38%
非常不願意	15	2.75%
可能會造成更大污染	24	4.40%
總 計	545	100%

3. 執法規範信念

此問項之內容為「您贊成機車停等紅燈時熄火要落實，應以法律規範配合執法執行？」，共分為 5 個選項，調查結果如表 3 所示。由表可知，贊成者（含贊成與非常贊成）僅占 30.27%，不到 1/3。若加上普通者，則為 65% 左右，約達全體之 2/3。而不贊成者（含不贊成與非常不贊成）高達 1/3 以上（35.05%），顯見民眾對於法令的規範仍有疑慮，故呈現兩極的反應。

表 3 執法規範信念問卷結果統計

執法規範信念	人 數	百分比
非常贊成	30	5.50%
贊 成	135	24.77%
普 通	189	34.68%
不 贊 成	148	27.16%
非常不贊成	43	7.89%
總 計	545	100%

4. 熄火依從信念

本問項詢問受訪者依從他人行為於紅燈怠速時熄火之意願，內容為「如果大家騎乘機車紅燈停等時都熄火，您配合熄火之意願為何？」，調查結果如表 4 所示。由表可知，受影響而願意配合者（含配合與非常配合）約占全體的 2/3（64.04%），若加上普通意願者，則高達總數的 87% 左右，而不願配合者（含不配合與非常不配合）不到 13%，表示紅燈怠速熄火行為具有感染之效應。若有人養成習慣帶頭熄火，可有效影響他人追隨熄火。

表 4 熄火依從信念問卷結果統計

熄火依從信念	人 數	百分比
非常配合	85	15.60%
配 合	264	48.44%
普 通	125	22.94%
不 配 合	61	11.19%
非常不配合	10	1.83%
總 計	545	100%

由以上分析結果得知，都會區之機車騎士多為青壯年且高學歷者，月平均所得以 3 至 5 萬元居多，對全球暖化之嚴重性有極高的認知，且其中一半以上（約 57%）願意積極配

合，於紅燈停等時自行關閉機車引擎以降低 CO₂ 之排放，而不願意配合者不到 1/5 (約 18%)。另約有 2/3 (64.04%) 之機車騎士會因受到其他機車熄火之影響，而願主動配合熄火，不願配合者則不到 13%，表示紅燈怠速熄火行為具有感染性。然而，若採規範的方式，立法強制執行紅燈怠速熄火，則產生極分歧之意見，贊成、不贊成及普通三者約各占 1/3，分別為 30.27%、35.05%及 34.68%，顯見民眾仍偏好自由意願，不願受法規的約束。

五、實證分析

5.1 Cox 模式配適

完成機車騎士紅燈怠速熄火意願調查與分析之後，接著進行 Cox 等比例危險模式之迴歸分析。分析之前，須先定義問卷內容之各變項值。依據前述之設計，本研究將解釋變數劃分為「溫室效應認知與態度」、「機車使用特性與意向」以及「個人屬性」三大類，其下各變項內容之定義如表 5 所示。

表 5 存活模式解釋變數及其定義

解釋變數		變數定義
溫室效應認知與態度	全球暖化認知	非常嚴重：1；嚴重：2；普通：3 不嚴重：4；感覺不到：5
	紅燈停等廢氣排放感受	非常嚴重：1；嚴重：2；普通：3 不嚴重：4；感覺不到：5
	紅燈怠速熄火 降低汙染意願	非常願意：1；願意：2；普通：3 不願意：4；非常不願意：5 可能會造成更大汙染：6
	熄火再啟動汙染不增認知	非常清楚：1；清楚：2；普通：3 不清楚：4；從不知有這種情形：5
機車使用特性與意向	每週使用機車天數	未使用：0；1~2 天：1.5；3~4 天：3.5 5~6 天：5.5；每天使用：7
	使用機車意願	非常願意、願意、普通：1 不願意、非常不願意：0
	機車重新啟動時間	綠燈亮後：0 綠燈亮前 1~3 秒：2 綠燈亮前 3~5 秒：4 綠燈亮前 5~10 秒：7 綠燈亮前 10 秒以上：10

表 5 存活模式解釋變數及其定義 (續)

解釋變數		變數定義
機車使用特性 與意向	執法規範信念	非常贊成、贊成、普通：1 不贊成、非常不贊成：0
	熄火依從信念	非常配合、配合、普通：1 不配合、非常不想配合：0
個人 屬性	年 齡	依實際填寫年齡
	性 別	男性：1；女性：0
	家庭人數	1 人：1；2 人：2；3 人：3；4 人以上：4
	教 育	國小：1；國中：2；高中：3 大學或專科：4；研究所以上：5
	所 得	< 20,000 元／月：15,000 20,000 ~ 30,000 元／月：25,000 30,000 ~ 40,000 元／月：35,000 40,000 ~ 50,000 元／月：45,000 50,000 ~ 60,000 元／月：55,000 > 60,000 元／月：65,000

依據上述變數量化定義，將問卷調查所得資料輸入 SPSS 軟體進行分析，得如表 6 之整體校估結果。表中 β 為參數推定值，S.E.為標準誤 (standard error)， e^{β} 相當於 3.4 節所述之相對風險 RR，而 Wald 統計量則計算如下：

$$\text{Wald} = \left(\frac{\beta}{S.E.} \right)^2 \quad (15)$$

由概似比檢定統計量 $\chi^2_{LR} = 5358.801 > \chi^2_{14,0.05} = 23.6848$ 得知，在顯著水準為 0.05 時，Cox 等比例危險模式具有顯著性。

由表 6 之結果得知，在 0.1 之顯著水準下，部分變數不具顯著性，解釋能力不足，因此進一步採用迴歸分析中之向後逐步選取法 (backward stepwise) 來篩選解釋能力顯著之變數，並仍以 0.1 之顯著水準作為篩選的標準。其方法與步驟為：先將所有變數投入模式之中，而後再逐一淘汰顯著性最差之變數，直到所有變數均呈現顯著為止。於每一步驟之中，逐一設定模式中現存每一變數之 β 參數值為 0，而後分別評估檢定 P 值 (P-value)，最後將 P 值最大之變數 (最不顯著者) 去除。原始 14 個變數經逐一淘汰後，最後僅剩 6 個變數具有顯著性，結果如表 7 所示。將變數篩選前後結果相互對照，發現經逐步迴歸篩選之後，反較篩選之前多出一「年齡」變數具有顯著性。由此可知，在淘汰其他不顯著變數之後，年齡變數反而能夠突顯出其顯著性；而原本具有顯著性之 5 個變數則不變，仍維持其顯著的影響。

表 6 Cox 等比例危險模式參數校估結果

解釋變數		β	S.E.	Wald 統計量	自由度	顯著性	e^{β}
溫室效應 認知與 態度	全球暖化認知	-0.050	0.029	2.835	1	0.092*	0.952
	紅燈停等廢氣 排放感受	-0.014	0.028	0.264	1	0.607	0.986
	紅燈怠速熄火 降低汙染意願	-0.101	0.021	23.986	1	0.000*	0.903
	熄火再啟動汙染 不增認知	0.016	0.020	0.624	1	0.430	1.016
機車使用特性 與意向	每週使用機車 天數	-0.212	0.317	0.446	1	0.504	0.809
	使用機車意願	-0.129	0.106	1.483	1	0.223	0.879
	機車重新啟動 時間	0.004	0.026	0.030	1	0.863	1.004
	執法規範信念	0.268	0.117	5.926	1	0.015*	1.307
	熄火依從信念	0.676	0.117	36.184	1	0.000*	1.965
個人屬性	年 齡	-0.007	0.007	0.836	1	0.360	0.994
	性 別	0.109	0.097	1.277	1	0.258	1.115
	家庭人數	0.090	0.035	7.084	1	0.008*	1.095
	教 育	0.011	0.032	0.115	1	0.734	1.011
	所 得	0.000	0.000	0.463	1	0.496	1.000

註：*代表顯著水準 0.1 時顯著。

表 7 Cox 迴歸模式參數逐步校估結果

解釋變數		β	S.E.	Wald 統計量	自由度	顯著性	e^{β}
溫室效應認知 與態度	全球暖化認知	-0.053	0.027	3.757	1	0.053*	0.948
	紅燈怠速熄火 降低汙染意願	-0.106	0.020	26.985	1	0.000*	0.900
機車使用特性 與意向	執法規範信念	0.259	0.110	5.554	1	0.018*	1.296
	熄火依從信念	0.674	0.111	37.139	1	0.000*	1.961
個人屬性	年 齡	-0.010	0.006	3.028	1	0.082*	0.990
	家庭人數	0.094	0.034	7.744	1	0.005*	1.098

註：*代表顯著水準 0.1 時顯著。

由 Cox 模式整體概似比統計量 $\chi^2_{LR} = 5362.573 > \chi^2_{6,0.05} = 12.59$ 得知，縮減後之模式，即最終 6 個解釋變數之模式，具有整體顯著性。進一步檢定縮減後模式與原始模式間是否存在顯著之差異，其統計假設如下：

$$H_0 : M_6 = M_{14}$$

$$H_1 : M_6 \neq M_{14}$$

檢定統計量 $\chi^2 = -2(\ln L_6 - \ln L_{13}) = 8.32 < \chi^2_{8,0.05} = 15.507$ ，結果無法拒絕 H_0 ，表示縮減後 6 個解釋變數之模式，與原始 14 個解釋變數之模式同樣有效，兩者並無顯著的差異。

5.2 影響變數分析

本研究採用 3.4 節相對風險 (RR) 之概念，分析解釋變數改變時對機車怠速熄火之影響。經由上節之分析，最終得到 6 個解釋變數對機車怠速熄火具有顯著的影響。此 6 個變數又可分為質化與量化兩類，其中除年齡與家庭人數依實際數量定義為量化變數外，其餘均為質化或分類變數。質化變數之中，全球暖化認知分為 5 個等級，紅燈怠速熄火降低污染意願分為 6 個等級，而執法規範信念與熄火依從信念則歸併為兩類，故有 2 個等級，詳如表 5 所示。

以下根據問卷設計方式，將影響變數分為溫室效應認知與態度、機車使用特性與意向以及個人屬性三大類依序進行分析。為簡化分析之內容並彰顯變數值改變之效果，將依據問卷調查結果，以絕大多數受訪者作為相對風險分析之對象。例如分析溫室效應認知與態度中之「全球暖化認知」變數時，有高達九成四以上的受訪者，認為全球暖化問題已達「嚴重」或「非常嚴重」以上之程度，且兩者所占比例均高達 46% 以上（見表 1），故僅針對此兩個等級進行相對風險分析。又如分析機車使用特性與意向中之「執法規範信念」變數時，以「普通」一項所占比例最高，但亦僅約 34%，其餘均不足 30%（見表 3），單項改變之效果將不明顯，故先將「非常贊成」、「贊成」及「普通」三選項合併為「同意」，其餘「不贊成」與「非常不贊成」二選項則視為「不同意」，而後再針對此二項進行分析。

（一）溫室效應認知與態度

溫室效應認知與態度中之兩個顯著影響變數，全球暖化認知與怠速熄火降低污染意願，校估結果得其參數值均為負值，分別為 -0.053 與 -0.106 。由於變數定義為暖化認知愈嚴重或熄火意願愈高者其數值愈小，故全球暖化認知程度愈低者，其相對風險亦愈低。

首先探討全球暖化認知程度改變，對機車紅燈怠速熄火意願之影響。依據 3.4 節之定義與分析，認知程度等級間之相對風險 $RR = e^\beta$ 。將校估所得參數 -0.053 代入，得 $RR = e^{-0.053} = 0.9484$ 。以此作為變數值為 1 時，即暖化認知程度「非常嚴重」時之相對風險，亦即 $RR_{X=1} = 0.9484$ ，則當認知程度降為「嚴重」，即變數值增為 2 時，相對風險降至 $RR_{X=2} = RR_{X=1} \times e^{-0.053} = 0.9484 \times 0.9484 = 0.8995$ 。當認知程度續由「嚴重」降至「普通」，即變數值增至 3 時，相對風險降至 $RR_{X=3} = RR_{X=2} \times e^{-0.053} = 0.8995 \times 0.9484 = 0.8531$ 。依此

可續推算「不嚴重」與「感覺不到」兩種認知程度之相對風險分別為 $RR_{X=4} = 0.8090$ 與 $RR_{X=5} = 0.7673$ 。

相對風險愈高，表示紅燈怠速熄火之意願愈高。由以上計算結果得知，變數值愈小，相對風險即愈高。換言之，全球暖化認知程度愈高（嚴重），機車紅燈怠速熄火之意願即愈高，符合一般的認知。相對風險可用於評估解釋變數值改變時，對其影響的大小。例如全球暖化認知由「感覺不到」提升至「不嚴重」時，可依據上述計算結果，推算兩者間之相對風險為：

$$RR = \frac{RR_{X=4}}{RR_{X=5}} = \frac{0.8090}{0.7673} = 1.0543 \quad (16)$$

增加 0.0543，即 5.43%。若續提升至「普通」時，則

$$RR = \frac{RR_{X=3}}{RR_{X=5}} = \frac{0.8531}{0.7673} = 1.1118 \quad (17)$$

增加 0.1118，即 11.18%。依此可繼續推算提升至「嚴重」與最高等級「非常嚴重」時，將分別增加 17.23%與 23.60%。依此原則，可推算任二變數值間之相對風險。

另由回收問卷分析得知，雖有高達九成四以上的受訪機車騎士，認為全球暖化問題已達嚴重以上之程度，但其中仍有 46.79%認為問題尚未達到「非常嚴重」之程度，故仍存在改進的空間。若能針對此部分機車騎士，經由教育或宣導等手段提高其認知程度至非常嚴重，則可增加：

$$RR - 1 = \frac{R_{X=1}}{R_{X=2}} - 1 = \frac{0.9484}{0.8995} - 1 = 0.0544 = 5.44\% \quad (18)$$

之比例於紅燈怠速時熄火。換言之，全體機車騎士當中，願意於紅燈怠速時熄火之比例將增加 $46.79\% \times 0.0544 = 2.545\%$ ，如表 8 所示。

表 8 全球暖化認知程度與相對風險

全球暖化認知	調查比例	相對風險	相對增加比例	整體增加比例
非常嚴重	47.71%	0.9484	5.44%	2.545%
嚴重	46.79%	0.8995		

至於紅燈怠速熄火降低污染意願方面，其參數校估結果為 -0.106 ，依此計算不同意願程度間之相對風險為 $RR = e^{-0.106} = 0.8994$ 。同理，以此作為熄火意願為「非常願意」（變數值 1）時之相對風險，依序推算其餘「願意」、「普通」、「不願意」、「非常不願意」

以及「可能造成更大污染」(變數值由 2 至 6) 五種意願之相對風險,分別為 0.8090、0.7276、0.6544、0.5886 以及 0.5294。

另由回收問卷得知,雖有五成以上受訪者對於怠速時關閉引擎以降低 CO₂ 排放抱持願意的態度,但仍有將近一半的受訪者並不積極,甚至持反對的態度,故存在相當大的改進空間。若能透過教育或宣導,提供機車怠速熄火有效節能減碳之數據說明,說服機車騎士提升停車熄火之意願,即可有效降低 CO₂ 之排放。表 9 係以九成以上絕大多數之機車騎士為對象,在完全說服其提升熄火意願至「非常願意」之假設下,所估算出來之相對風險增加量。由表可知,全體機車騎士當中,願意紅燈怠速熄火之比例將會增加達 14.618%以上。

表 9 紅燈怠速熄火降低汙染意願與相對風險

紅燈怠速熄火 降低汙染意願	調查比例	相對風險	相對增加比例	整體增加比例
非常願意	16.15%	0.8994	0%	0%
願意	40.73%	0.8090	11.17%	4.551%
普通	24.59%	0.7276	23.61%	5.806%
不願意	11.38%	0.6544	37.44%	4.261%
合計	92.85%			14.618%

(二) 機車使用特性與意向

機車使用特性與意向當中,執法規範信念與熄火依從信念兩變數對紅燈怠速熄火意願具有顯著的影響,其參數校估值分別為 0.259 與 0.674。為簡化比較分析,將執法規範信念中之「非常贊成」、「贊成」及「普通」三選項歸類為「同意」,其餘「不贊成」與「非常不贊成」二選項則歸類為「不同意」。同理,將熄火依從信念中之「非常配合」、「配合」及「普通」三選項歸類為「同意配合」,其餘「不配合」與「非常不想配合」二選項則歸類為「不同意配合」。

首先計算執法規範信念之相對風險值為 $RR = e^{0.259} = 1.2956$,由於「同意」與「不同意」間僅為有無之差,故定義「同意」為 1,「不同意」為 0。當解釋變數為二元變數時,上述計算所得 RR 值即為兩者之相對風險,因此設定「不同意」之相對風險為 1,而「同意」之相對風險即為 $RR = 1.2956$ 。

另由問卷分析得知,雖有將近 65%之受訪者,對於立法規範機車紅燈怠速熄火降低 CO₂ 排放抱持同意的態度,但仍有 35%左右的受訪者不同意此一作法,故改進的空間仍然存在,其幅度計算如表 10 所示。由表可知,若能加強宣導並配合相關誘因,說服機車騎士接受立法規範概念,亦即由原先之「不同意」改變為「同意」,則不同意者中有 29.56%,全體中有 10.36% 之比例會改變想法,贊成以立法方式加以規範。換言之,贊成立法的比

例將由原先之 64.95%增加至 75.31%，有助於形成立法的共識。

表 10 執法規範信念相對風險

執法規範信念	調查比例	相對風險	相對增加比例	整體增加比例
同 意	64.95%	1.2956	29.56%	10.36%
不同意	35.05%	1.0		

至於熄火依從信念方面，其相對風險值為 $RR = e^{0.674} = 1.9621$ 。同樣，將「同意配合」定義為 1，「不同意配合」定義為 0，故「不同意配合」之相對風險為 1，而「同意配合」之相對風險則為 $RR = 1.9621$ 。另由問卷調查得知，高達 86.98%之機車騎士願意配合他人熄火而怠速熄火。若能再進一步提高不願配合者之認同感，則將再增加 12.53%之熄火意願比例（見表 11），使整體配合意願提升至 99.51%。

表 11 熄火依從信念相對風險

熄火依從信念	調查比例	相對風險	相對增加比例	整體增加比例
同意配合	86.98%	1.9621	96.21%	12.53%
不同意配合	13.02%	1.0		

(三) 個人屬性

個人屬性當中，年齡與家庭人數兩變數，對紅燈怠速熄火之意願有顯著的影響，其參數校估值分別為 -0.01 與 0.094。就年齡而言，相對風險為 $RR = e^{-0.01} = 0.99$ ，表示年齡每增長 1 歲，其相對風險反而降低 1% ($0.99 - 1 = -0.01$)，亦即熄火之意願降低 1%。換言之，年紀愈輕，反而愈能接受怠速熄火節能減碳之觀念，其原因可能是近年來環保教育向下紮根，造成年輕人有較高環保意識的結果；亦可能為年齡愈長，用車習慣已經養成，較不願改變現況所致。

為便於比較分析，以下依實際年齡、增加 5 歲、增加 10 歲、增加 15 歲以及增加 20 歲五種年齡級別，估算其相對風險分別為 0.99、0.9418、0.8958、0.8521 以及 0.8106，結果顯示相對風險呈緩慢遞減之趨勢。若以容許機車考照年齡 18 歲作為實際年齡，則年長其 5 歲，即 23 歲之機車騎士其相對風險為 0.9513 ($0.9418/0.99$)。換言之，年齡 23 歲之機車騎士，其紅燈怠速熄火之意願較年齡 18 歲者降低 4.87% ($0.9513 - 1$)。依此，分別估算各年齡級別之相對風險及增減比例如表 12 所示。若以 30 歲以下作為一年齡層，將其與 30 至 40 歲之年齡層相比較，紅燈怠速熄火之意願將增加約 9% ($18.12\% - 9.52\%$)，顯示年輕族群確實有較高的環保意識。

表 12 不同年齡級別相對風險

年齡級別	相對風險	相對增加比例
18 歲	1	0%
23 歲	0.9513	-4.87%
28 歲	0.9048	-9.52%
33 歲	0.8607	-13.93%
38 歲	0.8188	-18.12%

另就家庭人數而言，相對風險為 $RR = e^{0.094} = 1.0986$ ，表示家庭人數愈多，相對風險愈高；且每增加 1 人，相對風險即增加 9.86% ($1.0986 - 1 = 0.0986$)，亦即熄火意願增加 9.86%。家庭人數愈多愈能接受怠速熄火之觀念，其原因可能是對環境的維護有較為強烈的意識，尤其是有父母或子女的多口之家，希望擁有良好的生活環境，而紅燈怠速熄火能夠節能減碳，有助於改善居家的環境，因此有較高的配合願意。

依據前述方法及上述相對風險值，分別估算家庭人數 1 至 4 人之相對風險為 1.0986、1.2069、1.3259 以及 1.4567。若以最基本之 1 人家庭，即單身家庭作為比較的基礎，則可計算不同人口數下相對風險增減之比例如表 13 所示。由表可知，當家庭人口數達到最多之 4 人時，願意配合紅燈怠速熄火之比例較單身家庭多出 32.6%。

表 13 家庭人數相對風險

年齡級別	相對風險	相對增加比例
1 人	1.0986	0%
2 人	1.2069	9.86%
3 人	1.3259	20.69%
4 人	1.4567	32.60%

六、結論與建議

6.1 結論

1. 本研究將存活分析理論中之 Cox 等比例危險模式，應用於機車紅燈停等熄火行為之研究，經模式建立、問卷調查、資料整理、參數校估及模式配適檢定後發現，「溫室效應態度與認知」、「機車使用特性與意向」以及「個人屬性」三大類變數，確實可以有效解釋機車騎士紅燈怠速熄火意願之原因。
2. 將 545 份有效問卷樣本資料輸入 SPSS 軟體進行 Cox 模式配適檢定後發現，原始所建立

之三大類 14 項變數，經概似比檢定統計量檢定後得知具有整體顯著性。然而，經進一步逐步篩選檢定之後，最後剩下 6 個變數。此一 6 變數模式不但整體，而且個別變數均具有顯著性，可用來有效解釋機車紅燈怠速熄火之行為。此 6 個變數分別為溫室效應認知與態度類別中之「全球暖化認知」及「紅燈怠速熄火降低汙染意願」2 變數，機車使用特性與意向類別中之「執法規範信念」及「熄火依從信念」2 變數，以及個人屬性類別中之「年齡」及「家庭人數」2 變數。

3. 本研究採用相對風險之概念，分析上述 6 個解釋變數改變時對機車怠速熄火意願之影響。整體而言，解釋變數與相對風險呈正向走勢。對環境認知或認同感愈強烈者，其相對風險亦愈高，亦即紅燈怠速熄火之意願亦愈高。其中影響改變最大者為熄火依從信念，其相對風險增加量高達 96.21%，亦即在他人熄火之感染下，熄火意願之相對增加量將達 96.21%。
4. 就「全球暖化認知」變數而言，認知程度愈高（嚴重）者，相對風險亦愈高，亦即紅燈怠速熄火之意願亦愈高，符合一般的認知。當全球暖化認知由「感覺不到」分別提升至「不嚴重」、「普通」、「嚴重」與「非常嚴重」時，相對風險將分別增加 5.43%、11.18%、17.23%及 23.6%。另依據回收問卷資料，若能針對認知已達「嚴重」程度之 46.79%機車騎士，經由教育或宣導等手段將其提升至「非常嚴重」，則可增加 2.545%之全體機車騎士願意於紅燈怠速時熄火。
5. 就「怠速熄火降低汙染意願」變數而言，配合意願愈高者，相對風險亦愈高，亦即紅燈怠速熄火之意願亦愈高。當配合意願由「不願意」、「普通」與「願意」分別提升至「非常願意」時，相對風險將分別增加 37.44%、23.61%以及 11.17%。依據此增量百分比及回收問卷資料，推估全體機車騎士紅燈怠速熄火之配合願意比例將可增加 14.618%。
6. 就「執法規範信念」變數而言，若能加強宣導並配合相關誘因，說服機車騎士接受立法規範概念，使其由原先之不同意改變為同意，則不同意者當中將有 29.56%，全體當中將有 10.36%會改變想法，贊成以立法方式加以規範紅燈怠速熄火。換言之，贊成立法的比例將由原先之 64.95%增加至 75.31%，有助於形成立法的共識。
7. 就「熄火依從信念」變數而言，高達 86.98%之機車騎士願意配合他人熄火而關閉引擎停等紅燈。同樣，若能進一步提高不願配合者之認同感，則將再增加 12.53%之熄火意願比例，使整體配合意願提升至 99.51%。
8. 就「年齡」變數而言，年齡每增長 1 歲，相對風險反而降低 1%，即熄火之意願反而降低 1%。顯示年紀愈輕，反而愈有環保意識，愈能接受怠速熄火以節能減碳之觀念。若以機車考照年齡 18 歲作比較，則每增長 5 歲，由 23 歲、28 歲、33 歲至 38 歲時，相對風險將分別降低 4.87%、9.52%、13.93%及 18.12%。
9. 就「家庭人數」變數而言，可能因人口數愈多，對環境維護的意識愈為較強，故相對風險亦愈高；且每增加 1 人，相對風險即增加 9.86%，亦即熄火意願增加 9.86%。若以單身家庭作比較，當家庭人數由 2 人增至 4 人時，願意配合紅燈熄火之比例將較單身家庭

分別多出 9.86%、20.69%以及 32.6%。

6.2 建議

1. 本研究主要是以解釋變數之影響能力作為主要目標，然而其最終之效果仍應展現在節能減碳之成果上。因此，若能針對實際路口進行機車流量調查分析，並增加模式於紅燈倒數秒數熄火效果之分析與應用，則可進一步評估紅燈怠速熄火對節能減碳可能產生之實質效果。
2. 由本研究結果得知，確實存在一些因素會對機車怠速熄火之意願產生顯著的影響。為使研究成果能夠產生實質的貢獻，後續可進一步針對各影響變數研擬因應之策略，提出相關之積極作為與誘因，使其朝正面方向發展，促進機車騎士紅燈怠速熄火之意願，使節能減碳政策能夠真正地落實。而如何研擬積極的作為與誘因，以實際改變機車騎士的認知與意願，則涉及到其他相關之專業領域及政策，故後續可就此一方面擴大參與層面，以研究出具體可行的方法。
3. 本研究根據專業研判，將解釋變數區分為「溫室效應態度與認知」、「機車使用特性與意向」以及「個人屬性」三大類，進行初步分析。未來則可更週延地考量各種可能影響因素，或反向思考可能之政策性作為或資源，將其納入解釋變數，使分析的結果更具意義與實用性。
4. 本研究雖以機車紅燈怠速熄火之意願為主要研究對象，然而 Cox 等比例危險模式在節能減碳方面之應用並不受限於此，可以擴及至其他運具之分析，例如自行車持有因素之分析及其對節能減碳之效果評估等。因此建議，未來可根據 Cox 模式的特點，配合節能減碳政策，找尋各種可能之交通運輸相關研究課題。
5. 本研究是以節能減碳之效果作為終極目標，然而就交通運輸而言，目前仍以汽車為最大耗能與排碳之來源。因此，未來可進一步針對汽車駕駛人於路口停等熄火之意願進行調查分析，並與本研究成果相互比較，據以建構完整之節能減碳政策與措施。

參考文獻

1. 中華民國交通部官方網頁，「交通統計，主要國家交通統計比較」，<http://www.motc.gov.tw/mocwebGIP/wSite/ct?xItem=4881&ctNode=169&mp=1>，民國 98 年。
2. 交通部運輸研究所，運輸部門能源節約及溫室氣體減量潛力評估與因應策略規劃，民國 95 年。
3. 洪金火，「機車等停對空氣污染排放之影響研究」，朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文，民國 96 年。
4. 莊志偉，「柴油小客車節能效率以及汽機車 Idling Stop 技術評估研究」，低耗能車輛研究

與推廣研討會，經濟部能源局，民國 95 年。

5. FORMOSUN 先進動力研究中心，「車輛怠速測試計劃結果報告」，台達文教基金會，民國 97 年。
6. 新竹市政府，本市轄區內機動車輛怠轉超過 3 分鐘未熄火為空氣污染行為，民國 97 年 10 月。
7. 臺中市政府，機動車輛怠轉（怠速運轉）超過 3 分鐘未熄火為空氣污染行為，民國 96 年 4 月。
8. 臺南市政府，臺南市區道路管理自治條例草案，民國 96 年 8 月。
9. 吳健生，「改善都市環境品質所可採行之交通措施」，第四屆海峽兩岸環境保護學術研討會，國立中央大學，1996 年 12 月，頁 17-19。
10. Cox, D. R., "Regression Models and Life Tables (with Discussion)", *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 34, 1972, pp. 187-220.
11. Schönfelder, S. and Axhausen, K.W., "Modelling the Rhythms of Travel Using Survival Analysis", the 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Transportation Research Board, 2000.
12. Akerstedt, T., Fredlund, P., Gillberg, M., and Jansson, B., "A Prospective Study of Fatal Occupational Accidents Relationship to Sleeping Difficulties and Occupational Factors", *Journal of Sleep Research*, Vol. 11, 2002, pp. 69-71.
13. Tiwari, G., Bangdiwala, S., Saraswat, A., and Gaurav, S., "Survival Analysis: Pedestrian Risk Exposure at Signalized Intersections", *Transportation Research Part F*, Vol.10, 2007, pp. 77-89.
14. 張新立、吳舜丞、賴允勻，「以存活理論探討影響機車失竊因素之研究」，中華民國運輸學會第十五屆論文研討會，中華民國運輸學會，民國 89 年，頁 31-40。
15. 葉祖宏，「存活分析法應用於機車持有年限之研究」，*運輸計劃季刊*，第 34 卷，第 3 期，民國 94 年，頁 443-468。
16. Cox, D. R. and Oakes, D., *Analysis of Survival Data*, Chapman and Hall, London, 1984.

