

# 騎乘自行車之潛在風險分析<sup>1</sup>

## ANALYSIS OF POTENTIAL RISKS FOR BICYCLIST

鄭永祥 Yung-Hsian Cheng<sup>2</sup>

田蕙寧 Hui-Ning Tian<sup>3</sup>

(103 年 5 月 16 日收稿，104 年 4 月 16 日第 1 次修改，104 年 9 月 5 日定稿)

### 摘 要

本研究針對都會區自行車使用者之潛在風險進行分析，期望了解造成自行車使用者所感知主觀風險之情境為何，本研究透過羅序 (Rasch) 模式分析自行車騎主觀風險認知；另一方面，則是透過自行車事故之客觀歷史資料進行迴歸分析，建構潛在風險因素和意外事故死亡人數之邏輯斯迴歸分析模式，並比較自行車使用者主觀風險和客觀資料所呈現之風險差異。本研究並透過羅序模式之 DIF 檢測與 ANOVA 分析，依基本特性將自行車使用者分類，找出風險感知度低之族群，並與自行車事故死亡機率的邏輯斯迴歸模型比較分析，進而找出對於行車環境中的高危險因子，但自行車使用者風險感知度低之高風險族群，並期望利用工程、教育與執法不同層面之改善來減少主觀和客觀因素間的風險落差，以提供自行車使用者一個安全舒適的行車環境。

**關鍵詞：**自行車；風險感知；Rasch 模式；logistic 迴歸

### ABSTRACT

*This study aims to investigate the potential risks for bicyclists. The Rasch*

- 
1. 感謝科技部大專學生參與專題研究計畫之補助；核定計畫編號：(100-2815-C-006-050-E)。
  2. 國立成功大學交通管理科學系副教授 (聯絡地址：701 臺南市大學路 1 號 國立成功大學交通管理科學系；電話：06-2757575 Ext.53227；E-mail：yhcheng@mail.ncku.edu.tw)。
  3. 國立成功大學交通管理科學系碩士 (E-mail：ning629147@hotmail.com)。

*model is used to measure bicyclists' subjective perceived risk, and logistic regression is constructed to find contributor to the bicycle accidents casualty. Besides, we compare the Rasch and logistic model to discuss the gap between subjective and objective view of the potential risks. Our result also demonstrates some situations may be dangerous but cyclist did not aware of it which is high potential risk. Furthermore, we characterize bicyclist by DIF test and ANOVA shows that male and older bicyclist ride at night has a higher risk to casualty accident. The finding of this study can help government to build a more safety riding environment for bicyclists.*

**Key Words:** *Bicycle; Perceived risk; Rasch model; Logistic model*

## 一、緒 論

面對氣候變遷、能源衰竭問題日益嚴重，各國致力於研究綠色運輸系統，政府為刺激大眾以自行車為都會區短距離之代步工具或是捷運作為捷運的接駁運具，在 2010 年底也完成 2,600 公里的自行車道。在環保意識抬頭以及政府大力推動下，產生自行車使用者快速增加現象，然而僅 13.7% 民眾將自行車作為近半年通勤（學）較常使用之運具中<sup>[1]</sup>，顯示自行車使用比例並不高，再進一步發現民眾認為能增加自己騎乘自行車意願的措施，是以「提供安全的自行車騎乘地區」居首，占 40.1%，此數據顯示民眾拒絕使用自行車為運具的主要原因是安全問題。交通部運研所<sup>[2]</sup>研究指出若以自行車使用者實際在道路上行駛的距離為曝光量，自行車使用者每十億公里死亡率為 411（死亡數／十億公里），明顯高於機車的 65（死亡數／十億公里）和汽車的 16（死亡數／十億公里），此自行車事故死亡率，更比歐洲國家中最高值的西班牙高出 2 倍，造成自行車使用者對於騎乘自行車的安全有所疑慮。

Wang 等人<sup>[3]</sup>指出在美國有 32.6% 的自行車使用者死亡與 52.6% 受傷是發生在交叉路口。Anderson 與 Sloss<sup>[4]</sup>調查資料顯示：自行車事故發生地點以交叉路口相關地點之比率最高（61.5%），其中自行車發生事故時道路有 53.1% 是設有交控設施（29.6% 有號誌，23.5% 有標誌或閃光號誌），40% 道路無設置交控設施。Summala 等人<sup>[5]</sup>研究結果發現無號誌化路口的減速設施，如：減速標誌、高起的腳踏車標誌、停車標誌等影響了汽機車駕駛者的視覺，提醒了駕駛者留意行車環境，並降低行車速度，因此形成自行車事故多發生在有號誌化路口的現象。

本研究以問卷調查自行車使用者所可能遭遇的主觀風險，量測自行車使用者對行車環境各種情境的風險感知；另一方面利用臺南區自行車行車事故 2001 年至 2011 年資料建構邏輯斯迴歸模式，其中「反應變數」設定為 A1 自行車事故與否，「預測變數」為發生自行車事故之肇事因素，研究結果即可明顯排序出威脅自行車使用者之客觀危險因子。最後將此邏輯斯迴歸模式和 Rasch 模式相比較，分析實際造成自行車事故的客觀風險因素和自行車使用者心中的主觀風險感知，了解兩者間的相關性或落差。本研究希望了解自行車使用者在臺南騎乘自行車之風險感知及客觀風險，並比較不同特性族群之自行車使用者於風險感知之差異，藉此改善自行車使用之交通環境。

## 二、文獻回顧與資料說明

### 2.1 自行車使用狀況與肇事特性

根據交通部統計處於 2010 年調查結果顯示：臺灣地區 12 歲以上民眾中，最近半年曾經騎過自行車（包括自有及租借用）之比例為 51.0%，其主要目的為休閒、運動、旅行。全體家庭自行車普及率略低於機車，但平均家庭自行車持有數（1.81 輛）則較機車（1.44 輛）為高，未來亦約有 25% 的家庭打算購買自行車<sup>[1]</sup>，可見自行車使用率預期將愈來愈高。

Wachtel 與 Lewiston<sup>[6]</sup> 針對自行車與機動車在路口碰撞情形所進行的研究指出，18 歲以上的自行車使用者與機動車發生意外事件為其他自行車使用者的 1.8 倍，性別對於造成自行車意外並無明顯差異，而逆向行駛的自行車使用者，所面臨的意外風險更是平均值的 3.6 倍。其中由於成年人的風險較高，所以可採用教育或強制執法的方式以降低風險。

交通部運研所<sup>[2]</sup> 調查資料顯示自行車 A1 肇事人數最多的時段為早上 5 點及下午 6 點，A2 肇事人數最多的時段為早上 7 點及下午 5 點；而 A1 與 A2 肇事人數皆以 67 歲以上年齡族群最高，事發地點分別以交叉路口內、快車道最多，肇事類型以側撞最多，其次分別為追撞、同向擦撞、路口交叉撞，肇事因素皆以原因不明占了大多數。而 Mikko 與 Heikki<sup>[7]</sup> 指出國外自行車事故最常發生之類型為右轉汽機車與對向直行腳踏車發生衝突所造成。

McClintock<sup>[8]</sup> 也提到在提供安全的自行車環境除了致力於道路上的安全措施，更重要的是人為因素：自行車使用者的態度、行為、反應，並可從以下 4 個方面減少自行車事故：保護、教育、法律、改變環境。英國研究<sup>[9]</sup> 發現絕大部分的自行車使用者，並不像其他駕駛者遵守交通規則，由此可見人為因素在事件發生中扮演著重要的角色。因此有研究指出使自行車騎乘環境更加安全的做法是透過自行車使用者訓練並加強取締違法<sup>[10,11]</sup>。Abrams 等人<sup>[12]</sup> 認為由於機動車駕駛和自行車使用者對於道路的使用產生了兩種不同的觀念：機動駕駛者認為自行車屬於不引人注意的運具，且是交通混亂的來源；自行車使用者則認為在路上騎乘自行車是他們的權利，無論白天或晚上只要他們希望即可騎乘自行車。此外，自行車使用者亦認為他們看得見機動車輛，所以機動車輛駕駛也看得見他們（但是自行車和機動車大小比例為 1:7）。因此產生了認知上的不同；但自行車使用者和機動車駕駛皆認為能見度輔助物能幫助自行車使用者更容易被注意，如亮色衣物、反光零件以及附加在自行車上的螢光物品<sup>[13]</sup>。

### 2.2 感知風險

感知風險 (perceived risk) 最早應用於心理學上，主要描述個體對於某事物的主觀風險，而不論此事物所造成的實際風險 (客觀風險)。Parkin 等人<sup>[14]</sup> 指出自行車使用者在路上騎乘自行車時，當其他車輛通過或環境改變時，會對自行車使用者造成壓力，此壓力會

因車輛大小而有所不同，且每個人對風險的感知度也不同。

Bovy 與 Bradley<sup>[15]</sup> 研究指出自行車專用道設施、交通情況、汽車速率以及容量都會影響自行車使用者之感知風險。Landis 等人<sup>[16]</sup> 提出交通流量、車種比例、車道寬度和鋪面情況亦有重要的影響。Sorton 與 Walsh<sup>[17]</sup> 證明了騎自行車除了外在環境的影響外，內在的精神因素也會影響自行車使用者，如生性樂觀的使用者認為發生事故的機率低，因此其風險感知度相對較生性悲觀者低。Lund 與 O'Neill<sup>[18]</sup> 表示由於風險感知的不同，會造成自行車使用者不同的駕駛行為，如風險感知度高者在騎乘自行車時將顯得更加小心；而當自行車駛入汽車道時，速度也會明顯不同，會比其在自行車道之速度低<sup>[19]</sup>。

### 三、研究方法與資料說明

傳統研究多採用古典測試理論，因此難以測量受測者的能力 (ability) 或潛在特質 (latent traits)，故本研究以心理學上用來量測受測者能力、個人特質的單參數模式：「Rasch 模式」進行分析，量測自行車使用者的風險感知能力，即自行車使用者對行車環境的主觀風險感知；此外透過客觀數據 (臺南區車鑑會自行車事故資料) 建構邏輯斯迴歸模式，以期找出威脅自行車使用者之危險因子。以下將進行 Rasch 模式和邏輯斯迴歸模式的介紹。

#### 3.1 邏輯斯迴歸分析 (logistic regression analysis)

當進行模型預測時，若應變數為連續變數多採用迴歸分析，但當應變數為類別變數或次序分類時，則適用之統計方法為對數線性模型 (log-linear model)，邏輯斯迴歸 (logistic regression) 即為其中的一種方法<sup>[20]</sup>。此模型在 1994 年由 J. Berkson 提出後，被廣泛應用於應變數為二分類變數之模型，此二分類變數編碼非 0 及 1，而自變數可以是連續變數或類別變數。其目的亦和一般迴歸模型相同，期望透過模型的建置了解自變數與應變數間之關係，按照不同之自變數代入後便能得出應變數 (成功的機率)。

假設  $Y$  為應變數，其代表某事件發生與不發生兩種情況，分別假設其值為 0 和 1；而  $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  為獨立且已知的觀測值，亦即為自變數，此自變數可為連續變數或類別變數； $P(x)$  表示在  $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  下成功之機率，此機率值因  $X$  而有所不同但界

於 0 和 1 之間，則事件發生之機率可表示成： $P(X) = \frac{e^{f(x)}}{1 + e^{f(x)}}$ ，事件不發生之機率：

$1 - P(X) = \frac{1}{1 + e^{f(x)}}$ ，故勝算比 (odds ratio) 可表示成： $\text{odds} = \frac{P(X)}{1 - P(X)} = e^{f(x)}$ ，此為事

件發生機率相對於不發生機率之強度，再將勝算比取對數後便可得出一線性方程式：

$$\ln\left(\frac{P(X)}{1 - P(X)}\right) = \ln(e^{f(x)}) = f(x) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (1)$$

通常邏輯斯迴歸模型的整體適配度可透過「對數概似值」(log likelihood, 簡稱 LL) 函數檢定, 邏輯斯迴歸之顯著性檢定包含整體模式檢定與個別參數檢定, 其中整體模式適配度檢定可透過 Pearson  $X^2$ 、Hosmer-Lemeshow 檢定量、擬似  $R^2$  值, 而個別參數的顯著性檢定則透過 Wald 檢定量。

### 3.2 單向度試題反應理論-Rasch 模式

試題反應理論即忽略受測者的試題反應組型, 利用對數勝算比的觀念建立具類等距與可累加特性之 logit 量尺, 利用不同受試者在不同試題難度的反應, 量測出受試者的能力值 (ability), 再利用受試者在回答試題時的答題情況校估出題目的難度 (difficult)。最大的特色是它對試題的特性與受試者的作答反應要求較嚴格, 在同時考慮受測者的試題反應模型及試題參數後, 經過有效校估每個問題的困難度、統計配適度, 可客觀的估計出每位受測者的能力及模式適配度。

Rasch 模式具有下列基本假設<sup>[21]</sup>, 當假設成立時, Rasch 模式才能被用來分析測驗資料, 假設包括: (1)單向度 (unidimensionality): 即一項測驗只能量測一種能力或潛在特質。由於單向度假設不易滿足, Hambleton 與 Swaminathan<sup>[22]</sup> 認為當測驗具有一影響結果之主要因素 (dominant factor), 則符合單向度假設。(2)局部獨立性 (local independence): 當受測者能力被固定時, 受測者在任何試題上的反應是各自獨立的, 即表示自行車使用者的能力才是影響自行車使用者在問卷試題上表現的唯一因素。通常單向度假設成立時, 局部獨立性假設亦會成立<sup>[23]</sup>。

Rasch 模式即為試題反應理論中的單參數羅吉特模式, 以直觀角度而言, 問卷試題越難則答高分的受試者相對較少, Rasch 模式即利用試題困難度的不同來量測「自行車使用者的能力」以及「試題的困難度」, 利用勝算比建立出等距的 logit 量尺, 使得不同難度間受試者所需跨越的距離相等, 因此透過數學式的轉換, Rasch 模式可由受試者對於問題的填答情況了解試題的難易度, 而利用題目的難度亦可了解受試者的能力, 因此 Rasch 模式可呈現出達對某問項之機率、不同的受試者能力與試題的難易度三者間的關係。

且傳統的統計分析是直接利用受試者對每個問項的得分加以分析, 因此研究結果會受樣本本身特性的影響, 然而 Rasch 模式的統計基礎建立在受測者對項目反應的「機率」, 不受樣本影響, 故較為穩定。

試題反應理論最簡單的公式架構即設定自行車使用者的答題能力上、下限值分別為  $d = 1$  和  $c = 0$ , 且所有試題的鑑別度均為 1。假定一問卷試題  $i$  為「我覺得晚上 7 點過後眼睛壓力上升」, 採用二元計分模式作答, 答案為是者令其 1, 答案為否者令其為 0, 其中  $\theta_j$  為自行車使用者  $j$  的能力,  $b_i$  是試題  $i$  的難度 (difficulty),  $e$  為自然對數 2.718, 而所計算出的  $P(X_{ji} = 1 | \theta_j, b_i)$  即是自行車使用者對某問卷試題答「是」的機率 (式 2 左), 答「否」的機率為 (式 2 右):

$$P(X_{ji} = 1 | \theta_j, b_i) = \frac{e^{(\theta_j - b_i)}}{1 + e^{(\theta_j - b_i)}}, \quad P(X_{ji} = 0 | \theta_j, b_i) = 1 - \frac{e^{(\theta_j - b_i)}}{1 + e^{(\theta_j - b_i)}} = \frac{1}{1 + e^{(\theta_j - b_i)}} \quad (2)$$

若將兩式相除，即可得知自行車使用者  $j$  對試卷問題  $i$  「回答同意」的勝算比，將此勝算比取自然對數 (nature log)，達到以 logit (羅基分數) 為單位的量尺，即能反應自行車使用者的能力及試題困難度：

$$\ln \left( \frac{P(X_{ji} = 1 | \theta_j, b_i)}{P(X_{ji} = 0 | \theta_j, b_i)} \right) = \ln(e^{(\theta_j - b_i)}) = \theta_j - b_i \quad (3)$$

由上式  $\theta_j - b_i$  之值，便可得知自行車使用者的答題表現，會受其自身能力及問卷試題困難度兩方面的影響。

第(3)式亦可推廣至多元資料評估 (Polychotomous Data)，Dawes<sup>[24]</sup> 研究指出，五尺度、七尺度、十尺度選項的數據，經過簡單的資料轉換後，其平均數、變異數、偏態、峰度皆極為相似。在多元資料評估模式中，自行車使用者的能力及試題困難從  $\theta_j - b_i$  修正為  $\theta_j - b_{iy}$ 。而本研究的每一試題應有不同的門檻值，故宜採用「部分計分模式」(Partial Credit Modal)<sup>[25]</sup>，即每個選項有自己的門檻值  $F_{iy}$ ，故試題的困難度可被修正為： $b_{iy} = b_i + F_{iy}$ ，因此部分計分模式的勝算值為： $\theta_j - b_i - F_{iy}$ ，推導回原式可得「第  $j$  位自行車使用者回答第  $i$  題問卷試題中第  $y$  個選項的勝算值」為：

$$P_{jiy} = \frac{e^{\sum_{p=0}^y (\theta_j - b_{iy})}}{\sum_{k=0}^m e^{\sum_{p=0}^k (\theta_j - b_{iy})}} \quad (4)$$

此模式的特色為能力屬性越強者，越能跨越其門檻轉而選擇配分更高的選項。 $k$  是指起始值為 0， $m$  是指等級尺度數 (本研究是五尺度)。

### 3.3 資料說明

邏輯斯迴歸模型分析所需之資料取自臺南區車鑑會之歷年統計數據，從民國 89 年 1 月至民國 100 年 12 月，以事故車種為條件篩選出自行車的事故資料，每筆資料包含事故時間、地點、相關當事人之性別、年齡、職業、傷亡情形、車種、天候、照明、道路條件、雙方證詞等，模型之「反應變數」為 A1 事故與否，「預測變數」為號誌路口發生自行車事故之肇事因素。

建構 Rasch 模式之資料為受訪者主觀資料，根據 Vlek<sup>[26]</sup> 表示風險感認為道路駕駛者對於 (危險) 環境，所量測之整體的錯綜複雜反應，即自行車使用者個體上主觀的對於潛在交通危險之感受。故本研究將問卷分為 3 部分：第 1 部分採用一般名目尺度設計問卷，以區分自行車使用者族群。第 2 部分為困難度量測，答題方式採用李克特 (Likert) 五尺度方式作答，選項分別為：(1)非常不同意；(2)不同意；(3)普通；(4)同意；(5)非常同意，使

自行車使用者能充分表達其感受。第 3 部分為開放式問項，使自行車使用者得以更具體描述其感知風險。

本研究問卷共發放 350 份問卷，根據交通部 99 年「民眾日常使用運具調查表」中自行車使用者之年齡比例隨機發放。問卷發放地點為臺南市都會區（東區、北區、西區），包含臺南區車鑑會、學校（國中、高中、大學）、公園、菜市場、火車站、公車站等地及其週邊環境，鎖定正在使用或在 1 個禮拜內曾使用自行車之使用者進行問卷施測。

## 四、風險感知能力與事故肇因比較分析

### 4.1 邏輯斯迴歸分析

#### 4.1.1 敘述性統計

資料來源使用臺南市車鑑會的歷年數據，從 2000 年至 2011 年，有效的自行車事故資料共 520 筆。由統計結果可發現，男性自行車使用者事故死亡人數明顯高於女性，此乃因男性自行車使用者曝光量高於女性，但若就死亡率看來，男性使用者（47.9%）仍高於女性使用者（35.1%）；在年齡部份，以 70-79 歲自行車使用者死亡人數最多，而 0-9 歲（100%）與 80 歲以上（69.8%）之自行車使用者死亡率分居為第 1、2 位；在天氣方面，陰雨天相較晴天之事故死亡率高；在道路照明方面發現雖然夜晚無照明的道路死亡人數最少，但其事故死亡率（65%）明顯高於夜晚有照明（41.1%）及白天自然光線（40.6%）的道路；而事故型態本研究區分為同向撞擊與對向撞擊，從資料看出發生同向撞擊的次數約為對向撞擊事故的 10 倍，且同向撞擊的自行車使用者死亡率亦較高；另從自行車發生事故之車種來看，本研究將撞擊車種依大小分為機車、小客貨車與大客貨車，可看出小客車與自行車發生死事故次數最高，且事故死亡率隨著事故車種大小變化，當車型體積愈大，事故死亡率也愈大，即大客貨車之事故死亡率（66%）大於小客貨（47.5%）車大於機車（32.8%）；行駛速度指的是與自行車使用者發生事故之車輛當時的行駛速度，乃根據警察作筆錄詢問當事人之資料紀錄，從資料發現駕駛行駛於 50km/hr ~ 60km/hr 區間所造成自行車事故死亡人數最高，但從整體行駛速度關係看來，在 30km/hr ~ 70km/hr 以上，當對方行駛速度愈高，自行車使用者事故死亡率亦愈高；在肇事者狀態方面，依警察局筆錄記錄當時肇事者的生理狀況（酒駕、用藥），資料顯示肇事者在用藥或酒駕後造成自行車使用者死亡率大為增加。

#### 4.1.2 邏輯斯迴歸模型

雖然將事故資料利用敘述性統計加以分析，但從次數上的多寡並無法直接得知自變數對應變數之影響，且變數間之關係亦無從得知，故本研究建構邏輯斯迴歸模型以分析各變數對自行車使用者傷亡情形的影響程度。在信心水準 90% 下，除了夜晚有照明之自變數

外，所有自變數皆拒絕虛無假設 ( $H_0: \beta=0$ )，而在模型適配度上，Nagelkerke  $R^2 = 0.326$ ，Hosmer 與 Lemeshow 的適合度檢定，假設  $H_0$ : Logistic 迴歸模式是適合的，檢定統計量卡方值為 11.386，顯著機率為  $0.181 > 0.05$  (顯著水準)，故無法拒絕虛無假設，表示其具一定之模式預測能力，且模式適配度是可接受的<sup>[27]</sup>。將此邏輯斯迴歸模型表示如下：

$$\begin{aligned} \text{Logit}(\pi) = & -2.813 + 0.452 \times \text{性別 (1)} + 0.034 \times \text{年齡} + 0.359 \times \text{夜晚有照明 (1)} \\ & + 0.883 \times \text{夜晚無照明 (1)} - 0.811 \times \text{事故型態 (1)} - 1.83 \times \text{車種 (機車) (1)} \\ & - 1.288 \times \text{車種 (小客貨車) (1)} + 0.033 \times \text{行駛速度} + 0.54 \times \text{有無違規 (1)} \quad (5) \end{aligned}$$

在係數意義的探討上，當自行車使用者之年齡增加 1 歲，其造成死亡事故之勝算比可解釋為當自行車使用者之年齡增加 1 歲，其造成死亡事故之機率將增加為  $e^{0.034} = 1.035$  倍。如表 1 所示：性別的勝算比為 1.571，表示男性發生自行車死亡事故為女性的 1.571 倍。而肇事方車輛若為機車，則發生死亡事故為大客貨車的 0.16 倍，可見大客貨車造成自行車死亡事故為機車的 6.25 倍；肇事方車輛若為小客貨車，則發生死亡事故為大客貨車的 0.276 倍，可見大客貨車造成自行車死亡事故為小客貨車的 3.623 倍。其中值得注意的是，雖然夜晚有照明並非顯著影響因子，但其勝算比為 1.432，表示夜晚有照明的情況下發生自行車死亡事故為白天自然光線的 1.432 倍，而在夜晚無照明的情況下發生自行車死亡事故更為白天自然光線的 2.419 倍。

本研究中所使用車鑑會事故鑑定資料顯示：自行車使用者最小年齡為 8 歲，最高齡者 90 歲，然將自行車使用者以年齡每 10 歲為一區間，可發現 10 歲以下之自行車使用者只有 2 人，占樣本數之 0.4%，10-19 歲之自行車使用者占樣本數之 18.8%，而 80-90 歲之自行車使用者占樣本 10.2%，表示 10-90 歲之自行車使用者占樣本 99.6%，故本研究推論在 10-90 歲區間，當自行車使用者之年齡增加 1 歲，將增加死亡事故率 1.035 倍。另將肇事者行駛速度以 10 km/hr 為區間，介於 10-90 km/hr 占樣本數 97.1%，故推論當肇事者行駛速度在 10-90 km/hr 間，當肇事者行駛速度增加 1 單位，將造成死亡事故增加 1.034 倍。

由邏輯斯迴歸模型可發現大客貨車造成自行車死亡事故的機率均大於機車與小客貨車，晚上發生自行車死亡事故的機率較白天大，且在夜晚無照明的道路上無疑是對自行車使用者形成重大威脅。透過邏輯斯迴歸分析，本研究以人、車、路之觀點來分析事故之特性如下：男性年長之自行車使用者遇上飲酒或服用藥物等精神狀況不佳之駕駛者，發生事故死亡機率將增加；當肇事者行駛大型車輛，且以越快速度同向撞擊自行車使用者，將造成死亡事故之機率上升；當自行車事故發生於晚上，且在夜晚無照明的道路上亦會提高事故死亡機率，無疑是對自行車使用者形成重大威脅。

表 1 自行車歷年事故邏輯斯迴歸模型參數勝算比表

Factor	Attribute	Control	Odds ratio(95%CI)
性別	男性	女性	1.571(1.034-2.386)*
年齡			1.035(1.024-1.045)**
事故型態	對向撞擊	同向撞擊	0.444(0.204-0.967)*
照明	夜晚有照明 夜晚無照明	白天自然光線	1.432(0.906-2.264) 2.419(1.078-5.427)*
肇事者車種	機車 小客貨車	大客貨車	0.160(0.075-0.344)** 0.276(0.129-0.591)**
肇事者狀態	違規	正常	1.716(0.966-3.050)
肇事者行駛速度			1.034(1.020-1.047)**

註：\*顯著水準為 5%；\*\*顯著水準為 0.1%。

## 4.2 Rasch 模式分析

本研究將有效問卷數為 302 份，進行基本資料結構分析，男性自行車使用者占總樣本數的 56.4%，較女性自行車使用者 (43.6%) 多，年齡方面以學生及老年人為主，55 歲以上之受訪者占樣本的 24.6%。受訪者收入大多不滿 30,000 元，占了全部樣本的 79.3%，推估主因是大多數受訪者為學生與 65 歲以上老年人，受訪者職業大多為退休人士與家管。旅次目的則是以上學補習為最多數 (58.4%)，運動 (36.1%) 為第 2 高，第 3 為購物 (26.2%)，此外亦有旅遊觀光 (12.1%)、通勤上班 (10.2%) 等。

由於 Rasch 模式建立在單向度 (unidimensionality) 假設上，即研究者必須確定問卷中的所有問項只量測一種困難度，故須先進行探索性因素分析 (EFA)，透過 SPSS.17 軟體分析，結果顯示所有問項中，第 1 因素解釋變異百分比為第 2 因素解釋變異百分比的 3.63 倍，且 KMO 值為 0.842，表示此份問卷的解釋能力良好，問項間相關性高，由上述結果可知本問卷符合單向度假設。

### 4.2.1 情境問項難度參數

確認資料符合基本檢定後，本研究透過 Winsteps 軟體進行 Rasch 分析<sup>[28]</sup>，下表 2 為各問項之難度參數，題目難度越高，表示受訪者對該問項所描述之情境，風險的感知能力越低，亦即自行車使用者對於難度高之問項所感受到的風險是較少的，也就是說該問項所描述之行駛環境使自行車使用者感覺越安全。

由表 2 可知，問卷困難度最高是者為問項 6，表示受訪者對此問項之回答選項多偏向「不同意」、「非常不同意」，即自行車使用者認為當黃昏天色變化時，騎自行車是不會感覺到危險的。問項 10 (雨後騎車比平時危險) 難度最低，表示該使用者之風險感知能力高於問項所描述之情境，即此問項最容易讓自行車使用者感到危險。問項難度值由高至

低，表示自行車使用者之風險感知度則由低至高，即環境讓自行車使用者覺得越來越危險，代表自行車使用者在上述問項所描述之情境騎自行車時，感知風險增加。

表 2 自行車使用者自我感知風險 Rasch 模式情境問項難度參數表

編號	問 項	難度	(安全) 較難	
6	我覺得黃昏天色變化時，騎自行車讓我感到危險	0.49		
13	我認為穿著亮色衣服騎乘自行車讓我感到危險	0.30		
16	騎乘自行車時，當路面坡度改變 (上、下坡)，我會擔心其他駕駛者看不到我，讓我感到危險	0.30		
4	騎乘自行車時，汽機車的鳴笛聲使我不安	0.26		
1	騎乘自行車時，我認為機車混合車流讓我感到危險	0.22		
2	騎乘自行車時，我認為汽車混合車流讓我感到危險	0.19		
3	當路口有其他來車或車流匯入讓我感到危險	0.05		
17	騎乘自行車時，當路面線型改變 (轉彎)，我會擔心其他駕駛者看不到我，讓我感到危險	0.03		
19	騎乘自行車時我認為無號誌路口比閃光號誌路口危險	0.02		
15	騎自行車時，標線不清讓我感到危險	0.02		
11	自行車上加裝車前燈讓我感到危險	-0.05		
7	我覺得清晨霧氣濃厚時，騎自行車讓我感到危險	-0.06		
5	我認為汽機車違規停車讓我感到危險	-0.19		
14	騎自行車時，路面坑洞與不平讓我感到危險	-0.19		
12	自行車上只裝有反光片 (車燈照才會反光) 讓我感到危險	-0.21		
8	我覺得雨天騎自行車比晴天更危險	-0.26		
9	我覺得晚上騎自行車比白天更危險	-0.28		
18	騎乘自行車時我認為路口比路段更危險	-0.28		
10	我覺得下過雨後騎自行車比平時危險	-0.37		較易 (危險)

Rasch 模式主要優點之一是能將受訪者校估後之能力參數與問項難度同時呈現在一個連續性 logit 尺度上，使研究者能同時對照兩變數之關係，如下圖 1 (person-item map) 所示。右邊之數字標示為 logit 值，由上往下遞減，而左側長條圖表示自行車使用者之風險感知能力，右側縱軸上的「M」代表受訪者與問卷的平均數，「S」代表距離平均數 1 倍樣本標準差之位置，「T」代表距離平均數兩倍樣本標準差之位置<sup>[29]</sup>。

從圖中可看出受訪者之平均能力高於試題難度，即表示自行車使用者普遍認為問項中所描述之行車環境是危險的，其中，最易感受到危險之行車環境為情境 10 (下過雨後)、情境 18 (路口)、情境 9 (晚上)；最不易感受到危險之行車環境為情境 6 (黃昏)、情境 13 (穿著亮色衣服)、情境 16 (上、下坡)。

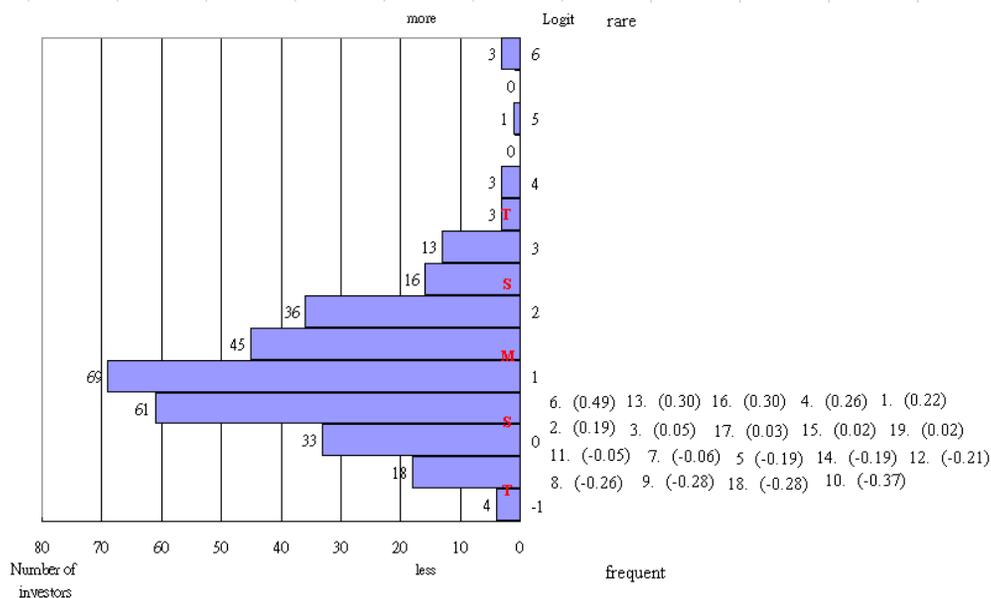


圖 1 Rasch 模式 person-item map

#### 4.2.2 試題功能差異評估 (DIF)

本研究先將問卷中每位自行車使用者經 logit 換算後的風險感知度進行 ANOVA 分析，以問卷中的基本問項 (性別、年齡、學歷、是否發生自行車事故、每週騎乘自行車頻率) 分類，其中以年齡和學歷有顯著差異。年齡分類乃依據臺南區車鑑會取得之自行車事故資料，發現自行車傷亡人數最多者分別是 65 歲以上及 18 歲以下之使用者，因此在 ANOVA 分析表中的年齡類別分為兩組，將 18 歲以下與 65 歲以上之自行車使用者分為一組，另一組為 18~65 歲之自行車使用者；學歷則將高中 (含) 以下分為一組，大學 (專) 以上 (含) 為另一組。表列如下。

表 3 Rasch 模式自行車使用者 ANOVA 分析

類別	項目	人數	平均數	標準差	p 值
年齡	18 歲以下與 65 歲以上	155	1.252	1.1809	0.079
	18~65 歲	150	1.4687	0.9555	
學歷	高中以下 (含)	113	1.0836	1.1339	0.001
	大學 (專) 以上 (含)	177	1.5806	1.0248	

ANOVA 分析可看出 18 歲以下與 65 歲以上之使用者的風險感知度較 18~65 歲的自行車使用者低，且若將顯著水準訂為 0.1，則 p 值小於顯著水準，表示在同一行車環境，18

歲以下與 65 歲以上之使用者較 18~65 歲使用者感覺不到危險，因此 18 歲以下與 65 歲以上使用者所產生的危險感會較 18~65 歲使用者平均低 0.22，表示 18 歲以下與 65 歲以上使用者在道路上感受不到危險因而成為高風險群。若將自行車使用者以學歷區分，從平均數中可發現高中 (含) 以下的自行車使用者明顯低於學歷在大學以上 (含) 的使用者，表示學歷在高中 (含) 以下之使用者其風險感知能力明顯較低，屬於事故發生的高風險群。故本研究以下進行年齡和學歷的 DIF 分析。

Differential item functioning (DIF) 表示對不同群體而言，該份問卷所代表的意義不同，即在主要量測能力以外，存在著其他能力足以影響受訪者之作答結果，以本研究而言，受訪者之填答結果依年齡和學歷而有所不同。下表為受訪者特性對問項填答顯著差異整理表，由於問項難度 logit 值較高者，表示該問項對此族群較難，所以此族群擁有較少的能力足以克服困難度，故會填答選項分數較低者，即較不能感受到該問項中所描述之行車環境的危險性，也就是說該族群對此問項之風險感知度較低。而根據 Lund 與 O'Neill<sup>[18]</sup> 表示由於風險感知的不同，會造成自行車使用者不同的駕駛行為，如風險感知度高者在騎乘自行車時將顯得更加小心，故本研究找出風險感知度較低者，推論因其風險感知度較低，使得在騎乘自行車時較易忽略行車環境所產生的危險，因而成為事故發生的高風險族群。即高風險感知度之自行車使用者屬於事故發生的低風險族群，反之，低風險感知度之自行車使用者則成為事故發生的高風險族群。

表 4 受訪者特性對問項填答顯著差異整理表

風險感知度高／低風險族群		風險感知度低／高風險族群		P 值
自行車使用者特性	難度值	難度值	自行車使用者特性	
1. 我認為機車混合車流讓我感到危險 (0.22)				
學歷大學 (含) 以上	0.05	0.46	學歷高中 (含) 以下	0.01
2. 我認為汽車混合車流讓我感到危險 (0.19)				
學歷大學 (含) 以上	0.05	0.36	學歷高中 (含) 以下	0.04
5. 汽機車違規停車讓我感到危險 (-0.19)				
年齡 18~65 歲間	-0.48	0.02	年齡 18 歲↓與 65 歲↑	0.00
學歷大學 (含) 以上	-0.41	0.03	學歷高中 (含) 以下	0.01
6. 黃昏天色變化時，騎自行車讓我感到危險 (0.49)				
學歷高中 (含) 以下	0.22	0.68	學歷大學 (含) 以上	0.00
7. 清晨霧氣濃厚時，騎自行車讓我感到危險 (-0.06)				
學歷高中 (含) 以下	-0.36	0.15	學歷大學 (含) 以上	0.00
8. 雨天騎自行車比晴天更危險 (-0.26)				
學歷大學 (含) 以上	-0.54	-0.02	學歷高中 (含) 以下	0.00
11. 加裝車前燈讓我感到危險 (-0.05)				
學歷高中 (含) 以下	-0.41	0.20	學歷大學 (含) 以上	0.00

表 4 受訪者特性對問像填答顯著差異整理表 (續)

風險感知度高／低風險族群		風險感知度低／高風險族群		P 值
自行車使用者特性	難度值	難度值	自行車使用者特性	
15. 標線不清讓我感到危險 (0.02)				
學歷高中 (含) 以下	-0.18	0.14	學歷大學 (含) 以上	0.05
19. 無號誌路口比閃光號誌路口危險 (0.02)				
學歷高中 (含) 以下	-0.23	0.20	學歷大學 (含) 以上	0.01

## 五、風險感知能力與事故肇因比較分析

Rasch 研究結果將 19 個問項難度值排列，發現 302 位受訪者認為「下過雨後騎車最危險」，「黃昏天色變化時騎車最不危險」，而在本研究問卷中有另一問項為雨天騎車比晴天危險，原以為受訪者對於雨天騎自行車會覺得比下過雨後危險，但研究結果恰好相反，由於從自行車基本特性中發現，自行車使用者之主要旅次目的為通勤學或運動、購物、旅遊，因此推測在下雨天時，並不適合戶外活動，且騎乘自行車將穿脫雨衣造成諸多不便，故在下雨天時自行車使用者多不出門，因而自行車使用者在雨天騎乘經驗較少也就不覺得雨天危險。

但在下雨過後，原本預計執行之活動將會在此時完成，故在此時產生較多旅次，因而道路上較多車輛與行人，自行車使用者在下過雨後外出活動將面臨較複雜之交通環境，且下過雨後路面濕滑，推測此為自行車使用者認為下過雨後騎乘自行車較雨天危險之原因。

此外，Wood 等人<sup>[13]</sup>指出自行車使用者和機動車駕駛皆認為能見度輔助物能幫助自行車使用者更容易被注意，如亮色衣物、反光零件以及附加在自行車上的螢光物品。但在 logistic 模型中發現自行車反光片變數並不顯著，表示自行車裝有反光片與否並不影響自行車使用者事故死亡的機率。而在 Rasch 模式中，自行車使用者認為加裝反光片與車前燈反而會感到危險，但穿著亮色衣服則不會感到危險，因此推測自行車使用者心理應是認為亮色衣物與反光片使得本身更容易被注意，但安全與否則另當別論。

藉由 Rasch 模式與 logistic 模型進行主觀與客觀間危險度之比較分析，找出自行車騎乘環境中，客觀資料顯示為易造成事故發生的危險因子，但自行車使用者卻風險感知度低的行車情境，此問項即為自行車使用者容易疏忽的危險行車環境，客觀危險因子與主觀風險感知度之象限分析圖如下：

從圖 2 了解橫軸為 Rasch 量測的主觀認知危險感 (原點之右是主觀感覺危險，原點之左是主觀感覺較不危險)，縱軸為邏輯斯迴歸模式預估之危險因子 (原點以上是指根據客觀事故資料影響事故顯著之因子，原點以下是指不顯著之影響因子)，第 2 象限是指實際資料分析所得之顯著危險因子，但自行車使用者在主觀認知上覺得並不危險。根據 Lund 與 O'Neill<sup>[18]</sup>表示由於風險感知的不同，會造成自行車使用者不同的駕駛行為，如風險感知

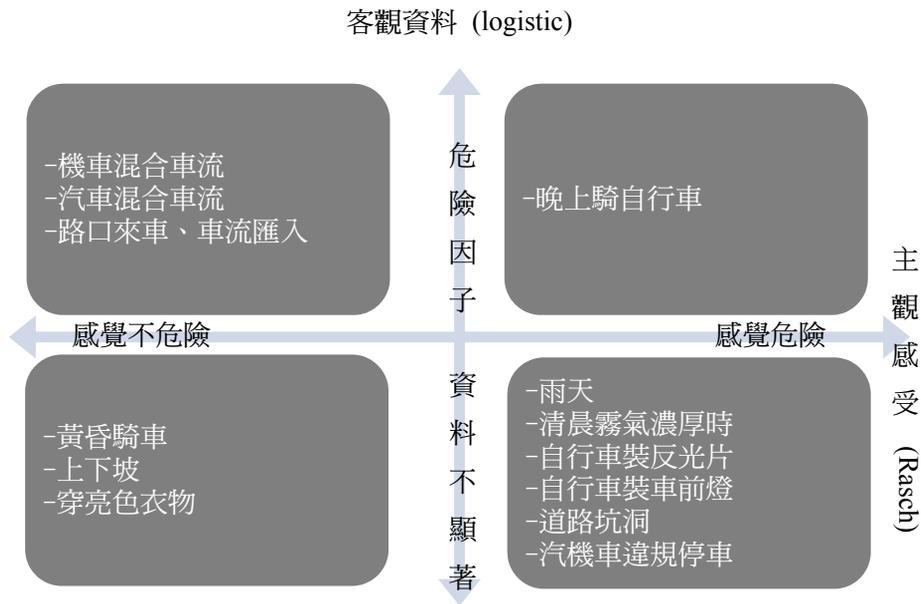


圖 2 客觀資料與主觀感受比較圖

度高者在騎乘自行車時將顯得更加小心。因此自行車使用者的風險感知能力較低者表示其風險感知較不足，表示其可能察覺不出危險的存在，尤其在面對易發生自行車使用者傷亡之行車環境時，容易疏忽危險性而造成自行車事故的發生，屬於事故發生的高風險族群（第 2 象限）。此行車環境為「自行車在路段行駛時處於機車混合車流中」、「自行車在路段行駛時處於汽車混合車流中」、「當路口有其他來車或車流匯入時」，上述的危險行車環境中自行車使用者並沒有危險感受，即身在危險境中卻渾然不知，形成容易忽略的安全死角。

在了解自行車使用者容易忽略的危險行車環境後，透過 DIF 分析可更進一步找出在此行車環境中風險感知能力較低者，發現學歷在高中（含）以下之自行車使用者對於汽車、機車混合車流之危險感知能力顯著低於學歷較高者。

## 六、結論與建議

本研究根據臺南車鑑會篩選 2000-2011 年之自行車事故資料，進行邏輯斯迴歸分析，結果發現：男性發生自行車事故死亡之機率大於女性，自行車使用者年齡愈高者發生事故死亡機率越高，夜晚發生事故的死亡機率大於白天，其中夜晚無照明的道路條件發生事故造成自行車使用者死亡的機率高於夜晚有照明之道路，自行車事故中的肇事車輛速度越快，自行車發生事故之肇事車種越大表示事故中自行車使用者的死亡機率越大，其中以大

客貨車死亡機率 > 小客貨車 > 機車。

Siman-Tov 與 Jaffe<sup>[30]</sup> 指出年齡和身體構造的不同是造成自行車使用者傷亡情況的主因。本研究發現自行車使用者年齡越高者其死亡機率越高，推測因為年紀越大者越無法承受車禍事故的撞擊力，身體復原的時間也更長，因此在邏輯斯迴歸分析，自行車使用者之年齡增加 1 歲，其造成死亡事故之機率將增加為  $e^{0.034}=1.035$  倍。

透過 Rasch 模式了解高齡者 (65 歲以上) 對自行車騎乘環境的風險感知能力，並和一般民眾比較，高齡者比一般人容易感受到其他車流匯入、上下坡以及無號誌路口的危險，但是難以感受到晚上、下過雨後、路邊違規停車的危險性。尤其在所有情境中，高齡者最難感受到的危險性是晚上騎車，表示高齡者並不覺得晚上騎車是危險的，但是透過事故資料分析可了解高齡者在夜晚無照明的道路上發生事故死亡率最高。

本研究希望利用教育 (Education)、工程 (Engineering)，及執法 (Enforcement) 之 3E 策略來降低自行車意外事故，透過教育建立高齡者風險觀念，提高其風險感知能力；如告知其：夜晚騎車很危險，下雨過後盡量不要騎車，行經違規停車者時也要特別小心。並透過工程面改善騎乘環境，包括自行車道裝設貓眼，夜間照明故障者應立即修復以提高能見度，並消弭視線死角，適度提供號誌或標誌等。此外，本研究顯示「汽機車之違規停車」會造成自行車使用者心中的危險感，而客觀資料並未顯示違規停車是造成自行車事故死亡的危險因子，因此應透過加強執法消弭自行車使用者心中之疑慮，取締違規停車者，使自行車使用者擁有足夠的行車空間；邏輯斯迴歸分析模型中亦發現肇事車輛速度越快，造成自行車使用者的死亡機率越高，因此執法人員要嚴加取締「超速」駕駛者，避免事故的發生。

打造安全的自行車環境，需要教育、工程、執法面的相互配合，主管機關亦應針對高齡者應建立自行車行車風險之觀念，加強其風險感知能力，並確實執法以禁止違規的駕駛行為，再搭配工程面的道路行駛環境改善，期望能提供自行車使用者更安全、舒適的行車環境。

## 參考文獻

1. 交通部運輸研究所，自行車使用狀況調查，民國 99 年。
2. 交通部運輸研究所，腳踏車肇事特性分析及因應措施，民國 93 年。
3. Wang, Y. and Nihan, N. L., "Estimating the Risk of Collisions between Bicycles and Motor Vehicles at Signalized Intersections", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 36, No. 3, 2004, pp. 313-321.
4. Anderson, S. A. and Sloss, G. S., "Analysis of Traffic Collisions Involving Pedestrians and Bicycles During 2000 and 2001 in Louisville, Kentucky Bicycle and Pedestrian Coordinator Jefferson County Planning & Development Services", Proceedings of the 16th Biennial Symposium on Visibility and Simulation, Transportation Research Board, 2002.

5. Summala H., Pasanen E., Räsänen M., Sievänen J., “Bicycle Accidents and Drivers' Visual Search at Left and Right Turns”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 28, No. 2, 1996, pp. 147-153.
6. Wachtel, A. and Lewiston, D., “Risk Factors for Bicycle-Motor Vehicle Collisions at Intersections”, *ITE Journal*, Vol. 64, No. 9, 1994, pp. 30-35.
7. Mikko, R. and Heikki, S., “Attention and Expectation Problems in Bicycle-Car Collisions : An In-Depth Study”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 30, No. 5, 1998, pp. 657-666.
8. McClintock, H., *The Bicycle and City Traffic*, Belhaven Press, London, 1992.
9. Jones, P., *Public Perceptions of Traffic Regulation in Urban Areas*, Transport Studies Unit, Oxford University, Published by HMSO, London, 1990.
10. Jeffrey, A. H., *Listening to Bike Lanes: Moving beyond the Feud*, University of Montana, Montana, 1996.
11. Sacks, J. J., Holmgreen, P., Smith, S. M., and Sosin, D. M., “Bicycle-Associated Head Injuries and Deaths in the United States from 1984 through 1988”, *JAMA*, Vol. 266, No. 21, 1991, pp. 3016-3018.
12. Abrams, B. S., Broker, J. P., and Hill, P. F., *Bicycle Accidents: Biomechanical, Engineering, and Legal Aspects*, Lawyers & Judges Publishing Company, Tucson, AZ, 2006.
13. Wood, J. M., Lacherez, P. F., Marszalek, R. P., and King, M. J., “Drivers’ and Cyclists’ Experiences of Sharing the Road: Incidents, Attitudes and Perceptions of Visibility”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 41, No. 4, 2009, pp. 772-776.
14. Parkin, J., Wardman, M., and Page, M., “Models of Perceived Cycling Risk and Route Acceptability”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39, No. 2, 2007, pp. 364-371.
15. Bovy, P. H. L. and Brandley, M. A., “Route Choice Analysed with Stated Preference Approach”, *Transportation Research Record*, Vol. 1037, 1985, pp. 11-20.
16. Landis, B. W., Vattikuti, V. R., and Brannick, M. T., “Real-Time Human Perceptions toward a Bicycle Level of Service”, *Transportation Research Record*, Vol. 1578, No. 1, 1997, pp. 119-126.
17. Sorton, A. and Walsh, T., “Bicycle Stress Level as a Tool to Evaluate Urban and Suburban Bicycle Compatibility”, *Transportation Research Record*, Vol. 1438, 1994, pp. 17-24.
18. Lund, A. K. and O'Neill, B., “Perceived Risks and Driving Behavior”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 18, No. 5, 1986, pp. 367-370.
19. Chen, Y., Wang, D., and TAO, Z., “Speed Character Study for Motor Vehicle and Bicycle at Non-Barrier Section”, *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol. 9, No. 5, 2009, pp. 53-57.
20. Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., and Neter, J., *Applied Linear Regression Models*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, New York, 2003.
21. 張新立、賴怡安，「計程車搭乘恐懼量測與其影響因素之探討」，中華民國運輸學會 98 年學術論文國際研討會論文，中華民國運輸學會，民國 98 年。

22. Hambleton , R. K. and Swaminathan, H., *Item Response Theory: Principles and Applications*, Springe, New York, 1983.
23. Hulin, C. L., Drasgow, F., and Parsons, C. K., *Item Response Theory: Application to Psychological Measurement*, Dorsey Press, Belmont, CA, 1983.
24. Dawes, J. G., “Do Data Characteristics Change According to the Number of Scale Points Used? An Experiment Using 5-Point, 7-Point and 10-Point Scales”, *International Journal of Market Research*, Vol. 51, No.1, 2008, pp. 61-77.
25. Geoff, N., “A Rasch Modal for Partial Credit Scoring”, *Psychometrika*, Vol. 47, No. 2, 1982, pp. 149-174.
26. Vlek, C. H., “Rational and Personal Aspects of Risk”, *Acta Psychologica*, Vol. 45, No. 1-3, 1980, pp. 273-300.
27. Sze, N. N. and Wong, S. C., “Diagnostic Analysis of the Logistic Model for Pedestrian Injury Severity in Traffic Crashes”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39, No. 6, 2007, pp. 1267-1278.
28. Linacre, J. M., *Many-Facet Rasch Measurement*, 2<sup>nd</sup> Ed., MESA Press, Chicago, 1994.
29. Brentari, E. and Golia, S., “Measuring Job Satisfaction in the Social Services Sector with the Rasch Model”, *Journal of Applied Measurement*, Vol. 9, No. 1, 2008, pp. 45-56.
30. Siman-Tov, M. and Jaffe, D. H., “Bicycle Injuries: A Matter of Mechanism and Age”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 44, No. 1, 2012, pp. 135-139.

