

# 高齡者與年輕人之駕駛模擬器學習效果 與作業負荷之比較<sup>1</sup>

## COMPARING THE LEARNING EFFECT AND WORKLOAD BETWEEN OLD AND YOUNG DRIVERS DURING SIMULATING DRIVING

石裕川 Yuh-Chuan Shih<sup>2</sup>

鄭志展 Chih-Chan Cheng<sup>3</sup>

陳宜寧 Yi-Ning Chen<sup>4</sup>

洪憲忠 Shiann-Jorng Horng<sup>5</sup>

(104年5月26日收稿，105年2月15日第1次修改，  
105年5月5日第2次修改，105年6月25日定稿)

### 摘 要

本研究目的為比較高齡者與年輕人操作駕駛模擬器之學習成效及負荷；實驗共招募具駕照之高齡及年輕受試者各 10 位，受試者模擬駕駛相同路線 10 回合，並記錄每回合完成時間及第 1、5、10 回合的 NASA-TLX 負荷。將受試者的完成時間以學習曲線模式進行迴歸分析，得其第 1 次完成時間 ( $T_1$ ) 及學習率 ( $\phi$ )，並接續進行變異數分析。結果顯示高齡者之  $T_1$  顯著較年輕人長，但學習率 ( $\phi$ ) 則無顯著差異；另高齡者與年輕人的整體負荷無

- 
1. 本文係交通部運輸研究所研究計畫 (MOTC-IOT-103-SDA108：高齡者之駕駛模擬儀學習效果與作業負荷) 研究成果，謹此致謝。
  2. 國防大學運籌管理學系教授 (聯絡地址：112 臺北市北投區中央北路 2 段 70 號 國防大學運籌管理學系；電話：02-28966301#604992；E-mail：river.amy@msa.hinet.net)。
  3. 國防大學運籌管理學系講師 (聯絡地址：112 臺北市北投區中央北路 2 段 70 號 國防大學運籌管理學系；電話：02-28966301#604938；E-mail：dan700623@gmail.com)。
  4. 國防大學運籌管理學系碩士生。
  5. 交通部運輸研究所運輸安全組研究員。

顯著差異，然負荷隨練習次數增加而顯著降低，高齡者降幅更明顯，其中高齡女性負荷較高應值得注意。模擬器學習曲線之成果可提供駕駛訓練設計之參考，而高齡者除應給予足夠學習次數外，其至終仍無法達到年輕人表現水準，建議於高齡駕駛之管理或法規等議題可納入考量。

**關鍵詞：**學習曲線；NASA-TLX；駕駛模擬器；高齡駕駛

## ABSTRACT

*This study aimed to examine the elder drivers' learning effect and workload through a driving simulator. Twenty subjects, including 10 elder and 10 young adult drivers, participated in the study. They all had valid license of small vehicle. All participants drove on a simulator and the same driving route was repeated 10 times. Each finishing time was recorded and the workload assessed by NASA-TLX was evaluated after the first, fifth, and tenth practice. For each participant, these 10 data of finishing time were used to calculate the learning rate ( $\phi$ ) and theoretical first finishing time ( $T_1$ ) by means of regression.*

*The ANOVA result showed that elders had significant longer  $T_1$ , but learning rate ( $\phi$ ) and workload (NASA-TXL) between elder and young people were not significantly different. Interestingly, the workload decreased with numbers of practices. Especially, the decreasing amplitude of workload of elders was bigger than younger. And the workload of female elders was much higher than others. Understanding the learning effect could be helpful to trainers in determining how to allocate training resources and/or schedule practices so as to optimize the training effectiveness. Notably, that of elders having longer finishing time should be taken into account while legislating regulation, designing vehicle, and any actions for safety considerations.*

**Key Words:** Learning curve; NASA-TLX; Driving simulator; Elder drivers

## 一、前言

臺灣自民國 82 年高齡者人口突破 7% 後，開始進入高齡化國家。根據內政部戶政司 103 年「人口年齡結構指標」統計資料顯示，臺灣 65 歲以上人口已達 280 萬人（約占 11.99%）<sup>[1]</sup>，且按內政部 102 年「人口政策白皮書：少子女化，高齡化及移民」所示，預估在 107 年時，臺灣就會正式成為高齡國家（高齡者比例達 14%），至 114 年高齡人口比例將達到 20%，邁入超高齡社會（super aged society）<sup>[2]</sup>。另從 97 年「高齡社會研究簡介暨高齡社會調查」結果初步分析，65 歲以上高齡人口僅 17.1% 會開車、37.2% 會騎機車，但 45 至未滿 65 歲則有 52.1% 會開車、76.4% 會騎機車<sup>[3]</sup>；故隨著人口結構老化，40~50 歲開車族將成銀髮族，且對使用車輛的需求及依賴將快速增加，高齡者開車問題也將日益嚴重。

而依據內政部警政署「102 年道路交通事故高齡者特性分析」統計資料，全國 A1 類道路交通事故禍死亡的共有 1928 人，65 歲以上高齡者因交通事故死亡者有 555 人，占總死亡人數 28.8%；即因交通事故死亡者每 4 人就有 1 位是 65 歲以上的高齡者。且此類事故肇事當事者屬 65 歲以上高齡者占總件數高達 15.91%，若就各年齡層肇事率（肇事件數/年中人口數（每萬人））觀察，「60~65 歲」每萬人肇事件數為 1.02 件，而「65 歲以上」為每萬人 1.12 件，均高於「30~未滿 40 歲」、「40~未滿 50 歲」及「50~未滿 60 歲」等 3 個年齡組距（0.80、0.82 及 0.88 件）<sup>[4]</sup>，因此進行高齡者駕駛管理，有其必要性。

過去有多篇研究運用駕駛模擬器探討高齡駕駛之議題，其中駕駛模擬器已被證實對高齡者駕駛能力具有訓練效果<sup>[5]</sup>；但高齡者對於駕駛模擬器的操作學習能力及學習負荷等課題，則仍未有此方面之研究。故本研究將以學習曲線（learning curves）來比較高齡者與年輕人操作模擬駕訓之學習成效，並同時透過 NASA-TLX（task load index）主觀負荷量表來衡量操作模擬器之作業負荷，企藉由高齡者駕駛模擬器學習成效的探究，作為未來高齡駕駛能力訓練之參考應用。

## 二、文獻探討

### 2.1 高齡駕駛能力

依據陳子儀與陳雅珍<sup>[6]</sup> 調查研究報告顯示，我國 65 歲以上高齡者習慣每日固定外出運動或工作者中，7.6%的人每天都會駕駛汽車外出運動，另有 19.7%的人每天須駕駛汽車外出工作，且這種現象將隨我國高齡人口比例成長而快速增加，就如交通部「領有駕駛執照人數」統計資料顯示，高齡者（60 歲以上）占領有汽車駕照人數比例由 96 年 9.08% 上升至 102 年 14.98%<sup>[7]</sup>，由此可見，汽車對高齡者生活而言，仍將更顯重要。賴建丞等人<sup>[8]</sup> 分析臺灣 1986-2007 年事故傷害死亡趨勢發現，臺灣地區非蓄意性傷害死亡人數第 1 名為「運輸事故」，占 56.18%；另根據警政署統計資料顯示，民國 100 年至 102 年間，全臺死亡車禍事故分析結果，65 歲以上駕駛人死亡人數維持在 25.3% 到 28.8%，且比例逐年升高。由以上可見，高齡者之駕駛問題日趨普及與嚴重。

駕駛模擬器於高齡駕駛能力的運用研究方面，Lee 等人<sup>[9]</sup> 招募 129 名高齡者進行駕駛模擬器表現與道路實車駕駛能力的驗證實驗，結果顯示兩者間的迴歸模型具有正相關（ $R^2=0.66$ ），此說明駕駛模擬器能用以衡量實車駕駛能力，且相對道路實車駕駛而更安全方便與經濟實惠。而以模擬器探討高齡者駕駛表現的相關文獻中，交通部運輸研究所報告<sup>[10]</sup> 顯示 65 歲以上高齡者開車時的反應時間，比一般 30~49 歲的青壯年駕駛多 45%；邱士軒<sup>[11]</sup> 利用模擬器搭配問卷方式，探討不同性別及年齡在不同車流負荷下情境知覺反應，發現 55~65 歲之駕駛注意力明顯低於其他年齡層；陳冠倫<sup>[12]</sup> 利用模擬器搭配眼動儀，探討高齡駕駛面對不同路況之反應，結果顯示 65 歲以上高齡者凝視反應時間及動作反應時間均較年輕人慢，且有較高事故率。

吳欣潔等人<sup>[13]</sup>曾運用駕駛模擬器及駕訓班實際比例之虛擬場景，依中華民國實際駕駛路考科目之曲線進退（S型進退）等8項，以訓練前、後之8關卡完成時間比較其駕訓成效，結果顯示除「鐵路平交道」及「紅綠燈」等項目外，其餘項目的花費時間均有顯著減少，另劉伯祥等人<sup>[14]</sup>曾探討大貨車駕訓場為期4週的駕訓學習成效，並以駕訓科目的完成時間來衡量駕駛能力之進步。故以駕駛訓練之目的及學習成效而言，駕駛完成時間可用以衡量駕駛能力表現及其進步程度。

隨年齡增長，身體老化、視/聽覺、資訊處理之認知功能，及運動反應能力自然退化，勢必影響開車時的靈敏度。與駕駛能力相關的生理功能主要包括感覺（sensory）、認知（cognition）與心理性運動（psychomotor）技巧。感覺功能如視力、聽力會隨老化而衰退；認知功能包括注意力、記憶力與學習能力，也會隨著老化過程而退化；運動功能如反應時間會隨老化變慢<sup>[15]</sup>，所以高齡者普遍被認為駕駛反應能力較年輕人慢。此表示高齡者於操作駕駛模擬器時，因視力、警覺性、注意力與反應能力降低，故本研究推論高齡者操作駕駛模擬器時，在相同情境的駕駛任務中，其完成時間將較年輕人長。

## 2.2 學習曲線

學習效應（learning effect）又稱為經驗效應（experience effect）或學習現象（learning phenomenon），是指人類在進行重複性作業時，作業所需時間或成本會隨循環次數增加而逐漸減少的現象，後來被歸納成「學習曲線」理論（learning curves）。此理論最早於1936年由Wright<sup>[16]</sup>提出，Wright觀察發現在飛機製造生產線上，每當產量增加1倍時，所需要的作業時間就相對減少20%，而完成第2個產品所需要的作業時間是第1次的80%，第4次所需要的工時是第2次的80%依此類推，此情形稱為有80%的學習率，或稱為有20%的進步率<sup>[17]</sup>。故學習曲線是表示單位產品生產時間與所生產的產品總數量之間的一條關係曲線。

從早期1936年Wright發表第一篇學習曲線模式之後，數十年來不斷發展出很多不同的模式，這些後來所發展出來的模式考量更多學習因素，並且根據不同的環境狀況延伸出更適合的模式，Anzanello與Fogliatto<sup>[18]</sup>整理出包含對數模型（log-linear model）、指數模型（Exponential models）、雙曲線模型（Hyperbolic models）等多種模型，而Blancett<sup>[19]</sup>則認為對數線性模式被視為最佳且應用最廣的學習曲線代表模式，亦最被常使用來預測重複作業之生產效率，且其他學者Vits與Gelders<sup>[20]</sup>及Globerson等人<sup>[21]</sup>等認為對數模型用於探討人工作業型態為主的成本或時間而言，不但數學式簡單且準確度也可被接受。其公式如下：

$$T_n = T_1 n^b \quad (1)$$

其中

$n$ ：重複次數；

$T_n$ ：重複第  $n$  次作業所耗時間；

$T_1$ ：第 1 次作業所耗時間；

$b$ ：估計參數 ( $-1 < b < 0$ )。

而  $\phi=2^b$  則定義為學習率 (learning rate)，代表作業完成所需時間隨著練習而進步的速率。若將公式 (1) 取自然對數，則得線性公式 (2)，並可以線性迴歸 (linear regression) 計算得到上述參數值。

$$T'_n = Ln(T_n) = Ln(T_1) + bLn(n) = T'_1 + bn' \quad (2)$$

學習曲線有時又稱練習曲線 (practice curves)，也被視為評估人員學習新工作績效的有效工具；因此被用來估計完成作業不同重複次數時所需時間或成本。而其應用範圍非常的廣泛，諸如工時標準設定、獎工制度的訂定、自製及外購選擇標準、損益平衡分析、人力資源規劃、行銷規劃、意外事件次數評估、售後服務、標準成本制訂、存貨設定、物料日程量規劃、品質管制、作業績效制訂等，而現在學習曲線發展重心已經逐漸轉移至廣義的應用層面。

值得注意的是，學習可以分為認知 (cognition) 和動作技能 (motor skill) 學習兩部分；大部分的作業或任務通常涉及認知和動作學習兩部分，很少僅為單純的認知學習或動作學習而已。Dar-el 等人 [22] 指出，就一純粹的認知學習任務而言，其學習率約 0.7 左右；若就純粹的動作學習來說，則在 0.9 左右，而學習率的值愈小，代表認知的成分愈高，且也學習愈快。一般任務的學習歷程通常包含認知和動作技能兩部分，初期為經歷探索至理解之過程，屬學習進展較快 (學習率值較小) 之認知學習階段；之後則為動作重複練習至熟練過程，屬學習進展平穩 (學習率值較大) 之動作技能學習階段，故一般任務的學習率通常會介於 0.7~0.9 間。例如，Konz 與 Johnson [23] 研究顯示，加工和裝配小型鑄件之學習率為 0.74、裝配電子管為 0.83 及操作沖床為 0.89；另 Reid 與 Mirka [24] 亦使用學習曲線評估患者使用搬運輔助裝置，結果顯示學習率為 0.83。

而關於學習曲線及學習率應用於駕駛模擬器的研究，如 Sahami 等人 [25,26] 曾以冪函數 (如公式(1)) 探討受試者於實驗前之練習階段，對於模擬器之踏板及方向盤的操作適應情形，後續 Sahami 與 Sayed [27] 探討正式實驗前的練習方式 (包含不同的時間、次數、路線等) 對實驗結果的影響，結果指出練習階段的熟練差異度很大，且對主實驗造成分心的影響；Ronen 與 Yair [28] 研究指出實驗前的練習階段，對於不同類型的道路則應給予不同的練習時間。從上述駕駛模擬器的操作學習等文獻，發現都只應用於正式實驗前之儀器練習階段，僅探討是否足夠熟悉操作以進行正式實驗，但對於駕駛模擬器獨自全程的操作學習歷程，如認知與動作技能之學習歷程轉換與全程的學習曲線及學習率等則仍未被討論。

隨著老化，大腦會逐漸喪失神經元神經膠質細胞、大腦血液流量減少、大腦逐漸萎縮、神經元間突觸減少和訊息傳遞速度變慢，使人體的感覺與運動神經功能退化，導致反應時間變長與動作變緩慢，這些改變都會影響動作與認知能力 [29]。故高齡者在學習或適應動

作技能上常被認為受到老化的影響，如學習新的動作技能過程中，高齡者的動作表現比年輕人差，甚至透過練習也無法達到年輕人的績效<sup>[30,31]</sup>，但仍亦有學者提出高齡者可透過學習去適應新的動作技能<sup>[32,33]</sup>，甚至能透過反覆訓練而達到優於年輕人之較高幅度的進步表現，如 Dorbath 等人<sup>[34]</sup> 研究顯示，高齡者在訓練前的錯誤率遠高於年輕人，但在受過反覆訓練學習後，進步幅度反而比年輕人還大，然而關於高齡者與年輕人間駕駛模擬器之學習差異比較則仍付之闕如。

在駕駛模擬器已被證實具有訓練改善駕駛能力之同時，本研究將更進一步評估高齡者生理機能退化對於駕駛模擬器操作學習的影響。故本研究欲探究高齡者身體機能退化的同時，其駕駛模擬器之學習曲線、學習率 ( $\phi$ ) 及學習歷程的轉換情形，期能為高齡駕駛的學習訓練提供指引，以助於改善高齡駕駛問題。

### 2.3 作業負荷

人類處理信息 (如從顯示器，報警，記錄和通信)、記憶項目、決策和執行任務的能力都有其限制，過多的作業負荷 (workload) 可能會對人員績效造成影響，如較慢的工作績效和人為錯誤；而過低的作業負荷亦可能會對人員績效造成影響，如無聊，失去情境知覺能力或降低警覺性等。操作人員是一個人機系統的核心部分，操作人員作業負荷的評估對新的人機系統的設計有著至關重要的影響，我們可以透過作業負荷評估來了解系統的瓶頸和過載部分，以讓系統安全和有效的運作。

駕駛者的作業負荷不僅會影響反應靈敏度，亦會影響到駕駛績效，在作業負荷的測量上，主觀測量法 (subjective measures) 公認是最能被接受、最容易實施、也是被最廣泛使用的方法，比其他測量法更能擷取心智負荷的本質<sup>[35]</sup>。Hart 與 Staveland<sup>[36]</sup> 提出一套量測方法為 NASA-TLX (national aeronautics and space administration-task load index) 量表，主要將作業負荷量分成 6 個面向，分別為心智需求 (mental demand)、體力需求 (physical demand)、時間需求 (temporal demand)、難易程度 (effort)、挫折程度 (frustration)、績效與滿意度 (performance)，透過上述 6 個面向之負荷程度及相互兩兩成對比較之權重加乘計算而得出整體負荷程度，且此負荷量表已被證實為有效且高度靈敏之研究工具。而董基良等人<sup>[37]</sup> 於駕駛心理的研究報告指出國外研究多以 NASA-TLX 量表來衡量心智負荷，另 Fátima Pereira da Silva<sup>[38]</sup> 針對駕駛心智負荷的探討，說明 NASA-TLX 是最廣泛被使用，且具有效度、敏感度及多面項的評估工具。

已有許多研究將 NASA-TLX 量表運用於車輛駕駛作業負荷評估；施善羸與吳志富<sup>[39]</sup> 量測車用螢幕與座椅調整的配置模式對於不同的身高族群與性別在各項作業負荷種類以及疲勞度之間的差異；Jahn 等人<sup>[40]</sup> 在探討汽車周圍偵測設備及車內資訊系統的影響，及 Kim 等人<sup>[41]</sup> 評估車內資訊系統觸碰介面設計等議題，均以 NASA-TLX 作為衡量駕駛負荷之依據，近來劉伯祥等人<sup>[14]</sup> 亦以 NASA-TLX 評估大貨車 5 項駕訓科目之作業負荷及訓練成效，上述文獻顯示 NASA-TLX 對駕駛主觀作業負荷評估之可行性與普遍性。

Sanders 與 McCormick<sup>[42]</sup> 指出：學習及技巧增進的主要附加產物就是行為變得更加自動化，並且在較少意識控制的情況下，從而減少注意力的需求。Patten 等人<sup>[43]</sup> 還指出，增加培訓和經驗可以降低執行任務所需注意力的資源，使得駕駛更有餘裕去處理新的或未預期的交通狀況，且研究亦發現，駕駛員的視覺專注力與其經驗有關<sup>[44]</sup>。而 Leeuwen 等人<sup>[45]</sup> 在討論駕駛模擬器的遠、近程視野的駕駛訓練效果對駕駛行為影響之研究中，顯示 NASA-TLX 在 3 次的訓練過程中顯著地降低，此代表著隨著練習次數增加，作業負荷愈低。故本研究將以 NASA-TLX 瞭解高齡者與年輕人在駕駛模擬器操作學習過程的負荷變化情形，而依據上述文獻推論，隨著練習次數增加，作業負荷 NASA-TLX 隨之降低，並進一步探討高齡者與年輕人之負荷差異，藉以應用於駕駛訓練設計。

## 2.4 文獻總結

綜合上述文獻可知，本國人口有加速老化之趨勢，且汽車對高齡者仍是生活所需，但高齡者因生理機能老化衰退而伴隨著駕駛安全管理問題。駕駛模擬器已廣泛應用於駕駛能力評估及學習訓練，但關於駕駛模擬器的學習歷程、學習負荷，及高齡者與年輕人的學習差異等仍未被探討。學習曲線可用於探討重複同一動作從第一次到最後一次進步的幅度，若能藉由學習曲線探討比較年輕人與高齡者操作駕駛模擬器的學習差異，了解隨著年紀的增長，高齡者在駕駛重複練習的學習成效變化，或許有助日後高齡者駕駛能力訓練改善之參考，惟該方面卻鮮少有相關研究提出。

隨著逐次駕駛學習的過程，高齡者與年輕人的認知 (cognition) 學習與動作技能 (motor skill) 學習之轉換歷程的比較，從初期學習較快的的認知學習 (學習率較小) 轉換為學習進步較緩的動作技能 (學習率值較高) 的過程。此年齡差異對於駕駛模擬器的學習成效與負荷之影響，即為本研究探討主要議題，包含從未經學習的駕駛表現、逐次學習的過程、整體學習率、學習曲線及學習負荷等。

依據前述文獻，本研究推論高齡者生理功能因老化而退化，即高齡者的第 1 次作業時間 (T1：未經過學習影響的操作時間) 將較年輕人長，而駕駛學習負荷 (NASA-TLX) 亦將隨著練習次數增加而降低，另本研究以學習曲線 (learning curves) 模型計算駕駛模擬器的學習率，並比較高齡者與年輕人操作模擬駕駛之學習差異，以作為未來駕駛模擬器訓練駕駛學習能力之參考，藉此以強化高齡駕駛管理。

## 三、研究方法

### 3.1 受試者

本研究主要探討高齡者與年輕人在駕駛模擬器方面之學習與負荷的差異，受試者須擁有自用小客車駕照且排除駕駛新手 (須具有 5 年以上駕駛經驗)，其中高齡受試者參考過去

駕照最大持有年限與法定退休年齡 65 歲等法令，故高齡招募條件為尚未退休且目前生活仍有例行駕駛行為者，另亦考量高齡受試者招募便利性，本研究高齡受試者年齡以  $60 \pm 3$  歲為主要招募對象。

實驗招募受試者共 20 人，其中包括年輕（約 35 歲）與高齡（約 60 歲）各 10 人，視力經矯正後可達 0.8 以上且無色盲，無精神耗弱、癲癇、心臟病或其它足以影響汽車駕駛之疾病者，受試者基本資料統計表如表 1 所示。

表 1 受試者基本資料統計表

組別	年齡 (年)	駕駛年資 (年)
高齡-男 (5 人)	$62.4 \pm 2.7$	$29.6 \pm 7.4$
高齡-女 (5 人)	$59.4 \pm 2.3$	$23.4 \pm 9.0$
年輕-男 (5 人)	$33.8 \pm 3.6$	$10.4 \pm 4.9$
年輕-女 (5 人)	$33.6 \pm 3.3$	$12.0 \pm 2.7$

### 3.2 實驗場地及設備

本實驗場地為長 2.5 公尺，寬 2.5 公尺的方形實驗室，實驗時空調開啟設定溫度於攝氏  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ ，使受試者能在舒適的環境下進行實驗，避免因環境因素而導致表現誤差。實驗室內主要放置支援駕駛模擬器之各項硬體設備，各項設備配置圖如圖 1 所示。

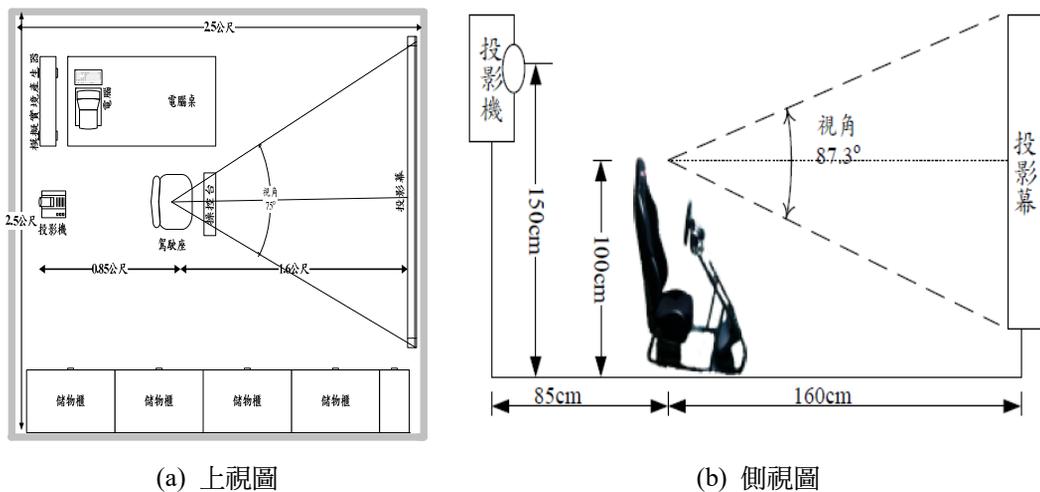


圖 1 實驗室位置配置圖

本實驗所使用的駕駛模擬器及虛擬實境組成主要分為三大部分：

(一)、電腦主機 (含銀幕) 乙台

主機型號為 Dell Precision T3400，作為模擬駕駛環境的系統控制台，其它配備有 Intel (R) Core (TM) Duo CPU E8400 3.00GHz，作業系統使用 WINDOWS XP SP3，顯示卡為 NVIDIA Quadro FX 570，記憶體 2.0 GB。

(二)、投影機乙台 (含投影幕乙幅)

型號為 HITACHI CP-X400，擁有 220W UHB 燈泡，並達到 3000ANSI 流明的高亮度；投影幕材質為薔白 (Matte) 之白塑布幕，尺寸 (不含黑邊) 為寬 162.6 公分×高 121.9 公分。

(三)、駕駛模擬座乙座 (如圖 2 所示)

1. 座椅背高 90 公分、椅背寬 52 公分，方向盤直徑為 24 公分。
2. 人員坐墊座高 25 公分、深 45 公分，其中座椅高度無法調整，但可前後調整 15 公分，模擬座踏板可前後調整 4 公分，所以受試者在進行實驗時可依本身體型調整座椅前緣至踏板頂部的距離，其最長距離為 65 公分，最短距離為 46 公分，使受試者能在舒適的情形下進行實驗。



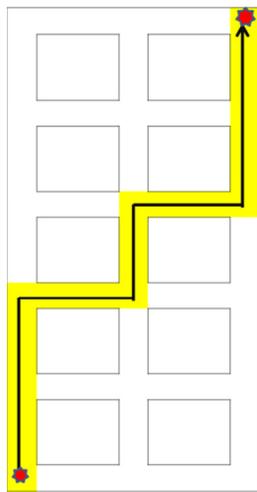
圖 2 駕駛模擬器

### 3.3 實驗場景及流程

本實驗路況場景為一般都市街道，駕駛路線共經過 5 個縱向街區及 2 個橫向街區，縱向街區總長為 840 公尺，路寬為雙向 6 線道；橫向街區總長為 540 公尺，路寬為雙向 4 線道，總實驗路線距離約 1380 公尺，起點為左下角街區，終點為右上角街區，道路行駛路線設計為 2 個右轉彎及 2 個左轉彎；另駕駛場景為避免影響駕駛干擾因素，將天候設定為晴 (白) 天，並關閉電腦模擬車流及道路突發狀況 (如街道施工及行人穿越)，以單純化駕駛路況，實驗駕駛路線及場景分如圖 3(a) 及 3(b) 所示。

本研究為觀察受試者操作駕駛模擬器，從生疏至熟練之學習過程及操作負荷，故並未讓受試者於實驗前進行儀器操作練習，實驗過程中由駕駛者自行控制速度，要求受試者學習適應模擬器之油門控制（加速及煞車）及轉彎順暢（不跨越車道線，均保持在內線車道內），在不違反交通規則（無速度限制，視個人能力增減速度），駕駛學習共連續進行 10 回合實驗，讓受試者逐步學習適應，觀察其每回合完成時間之學習進步情形及作業負荷的變化情形，實驗流程簡述如下：

1. 首先講解實驗目的與實驗流程，並簽署實驗同意書及填寫個人基本資料。
2. 由實驗人員對受試者進行相同內容的實機操作展示，說明實驗全程場景路線及規則，受試者於實驗前不得登機進行練習。
3. 正式實驗時，受試者依據模擬器場景進行駕駛，共連續重複 10 回合，並記錄每回合完成所費時間 ( $t_i, i=1,2,3,\dots,10$ )，每回合完成後閉眼休息 2 分鐘，以避免動暈症及眼睛疲勞。
4. 完成第 1 回合、第 5 回合與第 10 回合時，立即填寫 NASA-TLX 量表。



(a) 路線圖



(b) 場景圖

圖 3 駕駛路線與場景圖

### 3.4 實驗設計與資料處理

本研究首先將每位受試者之實驗完成時間 ( $t_i, i=1,2,3,\dots,10$ ) 帶入學習曲線公式 (2)，並以簡單線性迴歸計算推估第一次完成理論時間 ( $T_1$ ) 及學習率 ( $\phi=2^b$ )，再將  $T_1$ 、 $\phi$ ，及 NASA-TLX 以統計軟體 STATISTICA 8.0 進行敘述性統計與變異數分析 (ANOVA)，包含常態檢定及同質性檢定。

實驗設計採用巢形因子設計 (nested-factorial design)，因主要探討年齡因子 (高齡、年輕) 對於駕駛學習及負荷的影響，故性別因子 (男性、女性) 則巢形 (nested) 於年齡因子

之下，即性別（男、女）分別在年齡（高齡、年輕）因子之下討論，另將受試者伏集於年齡及性別因子之變異源視為誤差項，實驗統計顯著水準 ( $\alpha$ ) 為 0.05，自變項與依變項說明如下：

1. 自變項：

- (1) 年齡：高齡者、年輕人共兩種水準 (levels)。
- (2) 性別：伏集於年齡之下；高齡者、年輕人男女各 10 員。
- (3) 回合數：區分第 1 回合、第 5 回合及第 10 回合，共 3 種水準 (levels)，只用於 NASA-TLX 作業負荷評量。
- (4) 受試者：伏集於性別及年齡之下。

2. 依變項：

- (1) 第 1 次完成理論時間 ( $T_1$ )：代表學習理論所推估之第 1 次任務完成時間。
- (2) 學習率 ( $\phi$ )：代表作業完成所需時間隨著練習而進步的速率。
- (3) NASA-TLX 作業負荷評量：代表受試者逐次學習過程的負荷，僅施測第 1、5、10 回合，以了解逐次學習負荷的差異情形。

## 四、結果與討論

### 4.1 第一次理論完成時間 ( $T_1$ ) 及學習率 ( $\phi$ )

將各受試者 10 回合的完成時間套入學習曲線公式(2)計算，可得出各受試者學習理論所預測之學習曲線，包含第 1 次完成理論時間 ( $T_1$ ) 及學習率 ( $\phi$ )；再將上述學習曲線所推估  $T_1$  及  $\phi$ ，以巢狀 (nested design) 變異數分析進行分析。

第 1 次完成理論時間 ( $T_1$ ) 之 ANOVA 結果顯示，年齡 (高齡、年輕) 對第 1 次完成理論時間 ( $T_1$ ) 有顯著影響 ( $F(1,16)=17.088, p=0.0001$ )：高齡者(258.2 秒)顯著長於年輕人(182.9 秒)，此結果支持本研究推論。致此原因可能是高齡者因生理機能及認知功能退化而造成第 1 次完成理論時間 ( $T_1$ ) 之延長；而性別方面，同年齡組內，男女間之  $T_1$  則無顯著差異 ( $F(2,16)=0.097, p=0.9084$ )。

至於學習率 ( $\phi$ ) 方面，發現年齡間 (高齡、年輕) 並無顯著差異 ( $F(1,16)=3.470, p=0.0810$ )，此代表高齡者雖然生理功能退化，但仍具有與年輕人一樣之學習潛力；性別方面，同年齡組內男女間之學習率 ( $\phi$ ) 亦無顯著差異 ( $F(2,16)=0.596, p=0.5630$ )。另對照 Dar-el 等人<sup>[22]</sup> 研究，一般任務學習過程包含認知學習和動作技能學習兩種成份，其學習率通常會介於 0.7~0.9，本研究結果除了年齡對於學習率沒有顯著影響，從全體受試者總平均學習率 0.87 了解本駕駛模擬實驗偏向動作技能之學習，其中年輕人 (0.91) 略高於高齡者 (0.85)，表示高齡者仍較年輕人具有認知學習成份，其進步幅度略大於年輕人，相關敘述性統計則如表 2 所示。

表 2 第 1 次完成理論時間 ( $T_1$ ) 與學習率 ( $\phi$ ) 之敘述性統計表

因子	水準		$T_1$		$\phi$	
			平均值	標準差	平均值	標準差
全體			220.6	54.0	0.87	0.05
年齡	年輕( $n=10$ )		182.9	29.5	0.91	0.04
	高齡( $n=10$ )		258.2	46.0	0.85	0.04
年齡* 性別	年輕	女性( $n=5$ )	177.5	27.8	0.92	0.04
		男性( $n=5$ )	188.2	33.4	0.90	0.05
	高齡	女性( $n=5$ )	256.4	60.1	0.86	0.05
		男性( $n=5$ )	260.0	34.0	0.85	0.03

根據上述變異數分析結果：年齡族群（高齡、年輕）對  $T_1$  有顯著影響，但對  $\phi$  則無，且性別對  $T_1$  及  $\phi$  都無顯著影響，故將學習曲線區分成高齡組與年輕組進行建立預測模型。本研究續將各組內受試者每回合實際完成時間進行平均後（資料如表 3 所示），再依據公式(2)進行迴歸分析，獲得高齡組與年輕組的學習曲線如下公式(3)及公式(4)所示。

$$\text{高齡組： } T_n = 258n^{-0.2176} \quad R^2=0.78 \quad \text{公式(3)}$$

$$\text{年輕組： } T_n = 183n^{-0.1681} \quad R^2=0.69 \quad \text{公式(4)}$$

表 3 兩組每回合實際完成時間的平均值、 $T_1$  及  $\phi$

組別	回合 1-10 平均實際完成時間 (秒)										$T_1$	$\phi$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
年輕組	187	155	150	140	141	142	133	133	130	133	<b>183</b>	<b>0.91</b>
高齡組	252	233	197	190	177	177	165	162	155	153	<b>258</b>	<b>0.85</b>
差距倍數	1.35	1.50	1.32	1.36	1.25	1.25	1.24	1.22	1.19	1.15		

上述學習曲線公式之判定係數  $R^2$  接近 0.7 與 0.8，顯示此模型適用於本研究之模擬駕駛練習，並可獲得學習曲線之第一次完成理論時間 ( $T_1$ )、估計參數  $b$  及學習率 ( $\phi=2^b$ )。高齡組之學習曲線公式 (3) 得知，其  $T_1=258$  秒， $b=-0.2176$ ， $\phi=0.85$ ；年輕組之學習曲線公式 (4) 得知，其  $T_1=183$  秒， $b=-0.1681$ ， $\phi=0.91$ ，本研究將此二學習曲線之數學模式繪製於圖 4，兩組各自每回合平均實際完成時間如圖中曲線各對應之圖點。

從圖 4 發現，前半段練習的  $T_1$  下降快速，而後半段之  $T_1$  則下降逐漸趨緩，此代表前半段學習之進步速度較後半段快，此主要原因乃學習初期，認知成份主宰學習的成效（稱認知主導階段，the cognitive-dominant phase），導致學習快速進展，之後則由動作學習主導

(稱動作主導階段, the motor-dominant phase), 其進展則趨於緩慢<sup>[21]</sup>, 其中年齡的學習差異亦可發現高齡者初期進步速率高於年輕人, 其間的差距逐漸縮小, 而到後期學習進步速率均趨於平穩, 兩者間表現差距逐漸保持平穩。

另從圖 4 與表 3 觀察得知, 初期高齡組之實際完成動作時間約是年輕組之 1.35~1.5 倍, 但經 10 次練習之後, 差距則縮小至 1.15 倍, 若依學習曲線公式 (3) 與 (4) 預測模式推估, 當高齡組練習約需近千次 (933 次) 時, 其完成時間將會與年輕組相當, 但這樣的結果於現實世界中似乎難以實現, 如兩條學習曲線尾端呈現趨於平行而不會交接, 即高齡者無法趕上年輕人的速度。此表示高齡者的訓練學習過程中, 高齡者相對年輕人在學習初期經歷程序、設備等探索理解之認知學習, 其進步幅度較年輕人大, 使初期與年輕人表現差距快速縮小; 而待高齡者認知理解適應後, 進入到重複練習至動作熟練的學習階段, 屬進步幅度較小且穩定的動作技能學習, 但其表現仍與年輕人保持一定落差, 故此代表高齡者於駕駛模擬器學習訓練時, 應給予高齡者足夠學習練習次數, 使達到學習表現得穩定階段, 且於學習要求上, 應訂定相對於年輕人較低, 但仍符合安全規範的標準, 並據此標準安排規劃訓練期程, 以提升高齡者學習成效。

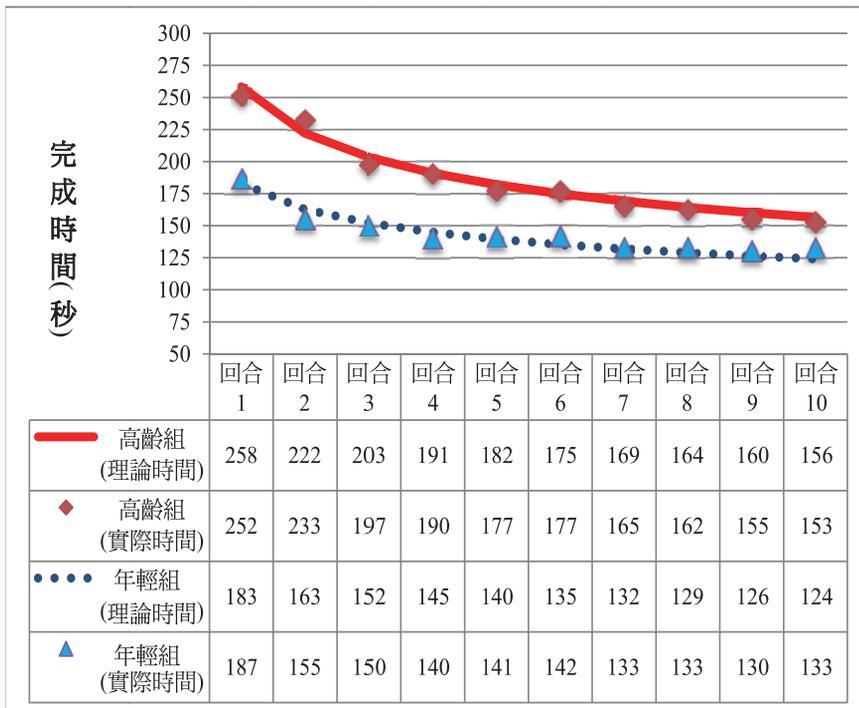


圖 4 高齡組與年輕組之學習曲線

## 4.2 作業負荷

NASA-TLX 相關敘述性統計資料如表 4 所示，本研究將 NASA-TLX 進行巢狀因子變異數分析後，發現雖然年齡（高齡組、年輕組）對作業負荷沒有顯著的影響 ( $F(1,32)=0.35$ ,  $p=0.5613$ )，兩組各自的平均負荷差異不顯著（高齡組：55.38；年輕組：56.97），而不同回合數（第 1、5、10 回合）的 NASA-TLX 則有顯著差異 ( $F(2,32)=3.90$ ,  $p=0.0305$ )，全體受測者的駕駛負荷從第 1 回合 61.17 下降至第 10 回合 52.08，但從年齡與回合數的交互作用發現對負荷呈現顯著影響 ( $F(2,32)=3.33$ ,  $p=0.0486$ )，茲將此交互作用繪製於圖 5。

圖 5 顯示高齡者初期負荷高於年輕人，隨著模擬器的操作學習回合數增加，高齡組負荷降幅明顯高於年輕組，年輕組的負荷變化則呈現相對穩定，此表示練習次數對高齡組降低作業負荷的效果優於年輕組，從上述負荷變化情形，可能代表高齡者對駕駛模擬器此類科技設備操作相對較陌生，導致初期操作因摸索適應而相對較緊張及需投入更多注意力資源，造成較高負荷，但隨著練習適應理解後則能明顯降低負荷，此部分符合本研究推論，代表多次練習使駕駛操作熟悉，使減少注意力資源投入，進而降低駕駛負荷；而年輕組可能對駕駛模擬器操作方面較無科技設備的適應問題，導致年輕組負荷無明顯負荷變化，故於探討駕駛模擬器不同年齡的學習訓練成效時，可能要多注意高齡者對於模擬器的設備接受度問題，應於學習訓練過程中了解其負荷變化，給予對應足夠之操作學習次數，使其舒緩適應初期高負荷，避免模擬器的操作適應負荷影響其學習成效。

在性別方面，發現各年齡族群內男女的 NASA-TLX 有顯著差異 ( $F(2,32)=3.30$ ,  $p=0.0496$ )，即各年齡族群裡的女性作業負荷均顯著高於男性之現象，尤其高齡組的男、女性差距更明顯（高齡男 50.6／高齡女 60.17；年輕男 55.91／年輕女 58.02），此代表女性在駕駛模擬器操作上須付出更多努力以完成駕駛任務，造成女性較男性感受更高的負荷，探究此因可能與兩性之駕駛經驗、駕駛頻率或科技設備操作接受度有關，故對於駕駛模擬器之女性操作學習成效，亦同樣須留意操作負荷問題，即使性別對前述的  $T_1$  與  $\phi$  並無顯著影響。

## 五、結論與建議

本研究為探討高齡者與年輕人駕駛模擬器操作學習的學習曲線，了解學習曲線的第 1 次完成理論時間 ( $T_1$ ) 與學習率 ( $\phi$ ) 之差異，及學習過程的作業負荷變化情形，以作為高齡駕駛學習訓練之參考。

實驗結果發現高齡者第一次完成理論時間 ( $T_1$ ) 明顯較年輕人久，此時間之差距，代表高齡的反應變慢，處理訊息能力及適應力下降，所需操作時間變長，但高齡者與年輕人在學習率 ( $\phi$ ) 方面則無顯著差異。透過學習曲線圖的觀察，並以學習曲線公式 (3) 與 (4) 來推算高齡者與年輕人練習次數與所對應之個別完成時間，結果顯示高齡者之學習能力並未因生理退化而低於年輕人，而從兩者學習曲線發現高齡者初期之進步幅度優於年輕人，

表 4 NASA-TLX 敘述性統計表

因子	水準	平均值	標準差	
全體		56.18	12.52	
年齡	年輕	56.97	9.46	
	高齡	55.38	15.10	
回合數	1	61.17	14.27	
	5	55.28	9.35	
	10	52.08	12.28	
年齡×性別	年輕	女性	58.02	9.04
		男性	55.91	10.07
	高齡	女性	60.17	17.01
		男性	50.60	11.56
年齡×回合數	年輕	1	58.03	13.44
		5	55.87	6.18
		10	57.00	8.19
	高齡	1	64.30	15.09
		5	54.70	12.07
		10	47.15	14.04

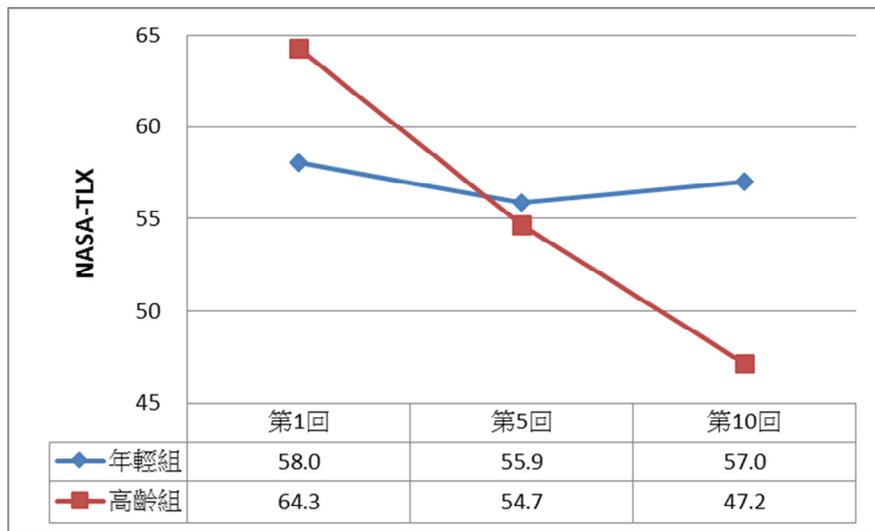


圖 5 回合數對 NASA-TLX 作業負荷的影響

兩者間有縮小表現差距之傾向，而至學習後期兩者間差距逐漸趨穩固定，代表高齡者於模擬器操作上終究難以達到年輕人相同績效水準，故未來對於高齡駕駛的安全規範或駕訓設

計方面有必要改變，如高齡駕駛能力檢測標準之設定，或駕駛訓練課程規劃是否足以達到穩定表現，或車輛安全輔助設備之加強以提升高齡駕駛能力。

在 NASA-TLX 作業負荷方面，全體駕駛負荷隨著學習過程有顯著的降低趨勢，尤其高齡者有相較年輕人有較明顯的降幅，代表高齡者初始摸索調適至後期動作熟練的學習過程，負荷感受明顯減少；而在性別方面，發現各年齡層女性作業負荷均顯著高於男性之現象，尤其高齡者男、女性差異更明顯，此代表駕駛模擬器的操作學習上，高齡與女性須付出更多努力調整適應，尤其高齡女性感受最深，故對於高齡與女性之駕駛模擬器操作學習方面，可能更須多留意避免操作負荷影響駕駛學習等問題。

本研究發現高齡者初期操作時間較長，即高齡駕駛所需反應時間或距離須增加；而在學習能力上高齡者與年輕人間並無差異，均可透過多次學習而進步，且高齡者初期學習表現有趕上年輕人之趨勢，特別的是高齡者的負荷隨著學習過程較年輕人明顯降低，代表駕駛模擬器用以訓練高齡駕駛能力方面，亦得到正向肯定的結果。

透過學習曲線了解高齡者對於模擬駕訓的學習成效，如不同水準表現所需相對的練習次數等，此結果對於高齡駕駛的管理或法規的設計均可納入考量，在高齡者駕駛管理方面，其應用價值包含了解駛模擬器訓練之實用成效，未來對於訓練內容之設計，如學習次數與學習成效之標準可提供參考，如高齡者需要相對較多練習次數以達到學習穩定；另對於高齡駕駛管理之法規面，除以往視力、辨色能力、聽力、活動能力等生理檢測外，亦可提供駕駛能力之模擬器檢測的參考方向，包含此檢測之練習表現的考核標準，如高齡者的駕駛表現或經過學習訓練後之駕駛表現是否達到符合安全的水準。本實驗對於未來高齡駕駛之訓練與考核管理提供一方向藍圖，但受限於設備及場景限制，後續可再進一步發展不同難度與類別（操作技能或風險認知等）的訓練課程，或此課程學習成效標準與相對應訓練資源投入之關係。

## 參考文獻

1. 內政部戶政司人口資料庫，「歷年全國人口統計資料－人口年齡結構指標」，<http://www.ris.gov.tw/346>，民國 104 年。
2. 內政部，人口政策白皮書：少子女化，高齡化及移民，民國 102 年。
3. 林萬億，「高齡社會研究簡介暨高齡社會調查結果初步分析」，高齡社會的來臨成果發表暨學術研討會論文集，行政院國家科學發展委員會高齡社會研究團隊，民國 97 年，頁 1-66。
4. 內政部，102 年道路交通事故高齡者特性分析，民國 102 年。
5. Roenker, D. L., Cissell, G. M., Ball, K. K., Wadley, V. G., and Edwards, J. D., "Speed-of-Processing and Driving Simulator Training Result in Improved Driving Performance", *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol. 45, No. 2, 2003, pp. 218-233.

6. 陳子儀、陳雅珍，「高齡者交通安全問題對策之研究」，交通部道路交通安全督導委員會研究報告，民國 82 年。
7. 交通部性別統計資料專區，「領有駕駛執照人數－按年齡」<http://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=62&parentpath=0,6>，民國 104 年。
8. 賴建丞、白璐、蔡行瀚、簡戊鑑、張瑋庭、林佳欣、洪宇箴，「臺灣 1986-2007 年事故傷害死亡趨勢分析」，*北市醫學雜誌*，第 6 卷，第 3 期，民國 98 年，頁 174-184。
9. Lee, H. C., Cameron, D., and Lee, A. H., "Assessing the Driving Performance of Older Adult Drivers: On-Road Versus Simulated Driving", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, No. 5, 2003, pp.797-803.
10. 交通部運輸研究所，*汽車駕駛模擬系統軟硬體之擴充與測試駕駛行為實例應用之研究*，民國 94 年。
11. 邱士軒，「性別及年齡差異對汽車駕駛的情境知覺之影響」，國立清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，民國 96 年。
12. 陳冠倫，「銀髮族駕駛行為模式分析」，南開科技大學車輛與機電產業研究所碩士論文，民國 101 年。
13. 吳欣潔、林稚婷、邱敏綺，「虛擬駕駛訓練系統的效用評估」，中國工業工程學會 101 年度年會暨學術研討會，大葉大學，民國 101 年。
14. 劉伯祥、石裕川、孫益生，「大貨車 5 項駕訓科目之工作負荷及訓練成效評估研究」，*運輸計劃季刊*，第 39 卷，第 3 期，民國 99 年，頁 251-276。
15. Eby, D. W., Trombley, D., Molnar, L. J., and Shope, J. T., "The Assessment of Older Driver's Capabilities: A Review of the Literature", *Ann Arbor*, Vol. 1001, 1998, pp.48109.
16. Wright, T. P., "Factors Affecting the Cost of Airplanes", *Journal of the Aeronautical Sciences*, Vol. 3, No. 2, 1936, pp.122-128.
17. Yelle, L. E., "The Learning Curve: Historical Review and Comprehensive Survey", *Decision Sciences*, Vol. 10, No. 2, 1979, pp. 302-328.
18. Anzanello, M. J. and Fogliatto, F. S., "Learning Curve Models and Applications: Literature Review and Research Directions", *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 41, No. 5, 2011, pp. 573-583.
19. Blancett, R. S., "Learning from Productivity Learning Curves", *Research-Technology Management*, Vol. 45, No. 3, 2002, pp. 54-58.
20. Vits, J. and Gelders, L., "Performance Improvement Theory", *International Journal of Production Economics*, Vol. 77, No. 3, 2002, pp. 285-298.
21. Globerson, S., Levin, N., and Shtub, A., "The Impact of Breaks on Forgetting When Performing a Repetitive Task", *IIE Transactions*, Vol. 21, No. 4, 1989, pp. 376-381.
22. Dar-el, E. M., Ayas, K., and Gilad, I., "A Dual-Phase Model for the Individual Learning Process in Industrial Tasks", *IIE Transactions*, Vol. 27, No. 3, 1995, pp. 265-271.
23. Konz, S. A. and Johnson, S, *Work Design: Industrial Ergonomics*, Holcomb Hathaway, Scottsdale, AZ, 2000.
24. Reid, S. A. and Mirka, G. A., "Learning Curve Analysis of a Patient Lift-Assist Device", *Applied Ergonomics*, Vol. 38, No. 6, 2007, pp. 765-771.

25. Sahami, S., Jenkins, J. M., and Sayed, T., "Methodology to Analyze Adaptation in Driving Simulators", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2138, No. 1, 2009, pp. 94-101.
26. Sahami, S. and Sayed, T., "Insight into Steering Adaptation Patterns in a Driving Simulator", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2185, No. 1, 2010, pp. 33-39.
27. Sahami, S. and Sayed, T., "How Drivers Adapt to Drive in Driving Simulator, and What Is the Impact of Practice Scenario on the Research ?", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 16, 2013, pp. 41-52.
28. Ronen, A. and Yair, N., "The Adaptation Period to a Driving Simulator", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 18, 2013, pp. 94-106.
29. 黃富順、楊國德，*高齡學*，五南文化事業，臺北，民國 100 年。
30. Buch, E. R., Young, S., and Contreras-Vidal, J. L., "Visuomotor Adaptation in Normal Aging", *Learning & Memory*, Vol. 10, No. 1, 2003, pp. 55-63.
31. Harrington, D. L. and Haaland, K. Y., "Skill Learning in the Elderly: Diminished Implicit and Explicit Memory for a Motor Sequence", *Psychology and Aging*, Vol. 7, No. 3, 1992, pp. 425-434.
32. Seidler, R. D., "Multiple Motor Learning Experiences Enhance Motor Adaptability", *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 16, No. 1, 2004, pp. 65-73.
33. Seidler, R. D., "Older Adults Can Learn to Learn New Motor Skills", *Behavioural Brain Research*, Vol. 183, No. 1, 2007, pp. 118-122.
34. Dorbath, L., Hasselhorn, M., and Titz, C., "Aging and Executive Functioning: A Training Study on Focus-Switching", *Frontiers in Psychology*, Vol. 2, No. 257, 2011, pp. 1-12.
35. Sheridan, T., "Mental Workload-What Is It? Why Bother with It?", *Human Factors Society Bulletin*, Vol. 23, No. 2, 1980, pp. 1-2.
36. Hart, S. G. and Staveland, L. E., "Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research", *Advances in Psychology*, Vol. 52, 1988, pp. 139-183.
37. 董基良、黃俊仁、馮君平、林志勇、黃維信、宋文旭，*駕駛人員生理功能、心理因素、行為特質與交通安全之關聯性研究 (1/3)*，交通部運研所，臺北，民國 96 年。
38. Fátima Pereira da Silva, "Mental Workload, Task Demand and Driving Performance: What Relation?", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 162, 2014, pp. 310-319.
39. 施善羸、吳志富，「*車用導航系統對於駕駛績效之影響研究*」，大同大學工業設計研究所碩士論文，民國 94 年。
40. Jahn, G., Oehme, A., Krems, J. F., and Gelau, C., "Peripheral Detection as a Workload Measure in Driving: Effects of Traffic Complexity and Route Guidance System Use in a Driving Study", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 8, No. 3, 2005, pp. 255-275.
41. Kim, H., Kwon, S., Heo, J., Lee, H., and Chung, M. K., "The Effect of Touch-Key Size on the Usability of In-Vehicle Information Systems and Driving Safety During Simulated

- Driving”, *Applied Ergonomics*, Vol. 45, No. 3, 2014, pp. 379-388.
42. Sanders, M. S. and McCormick, E. J., *Human Factors in Engineering and Design*, McGraw-Hill, New York, 1993.
43. Patten, C. J. D., Kircher, A., Östlund, J., Nilsson, L., and Svenson, O., “Driver Experience and Cognitive Workload in Different Traffic Environments”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 38, No. 5, 2006, pp. 887-894.
44. Konstantopoulos, P., Chapman, P., and Crundall, D., “Driver's Visual Attention as a Function of Driving Experience and Visibility-Using a Driving Simulator to Explore Drivers' Eye Movements in Day, Night and Rain Driving”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42, No. 3, 2010, pp. 827-834.
45. van Leeuwen, P. M., Happee, R., and de Winter, J. C. F., “Vertical Field of View Restriction in Driver Training: A Simulator-Based Evaluation”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 24, 2014, pp. 169-182.

