

語音防撞警示系統與車內資訊系統使用者介面對年輕男性駕駛反應時間之影響¹

THE EFFECTS OF USER INTERFACES OF AUDITORY COLLISION AVOIDANCE WARNING SYSTEMS AND IN-VEHICLE INFORMATION SYSTEMS ON YOUNG MALE DRIVERS' REACTION TIME

陳菟蕙 Wan-Hui Chen²

吳富全 Fu-Chuan Wu³

李思葦 Szu-Wei Lee⁴

黃維信 Wei-Shin Huang⁵

(95 年 4 月 14 日收稿，95 年 8 月 10 日第一次修改，95 年 9 月 4 日第二次修改，
96 年 5 月 25 日定稿)

摘 要

交通事故的發生常是因駕駛者疏忽所導致，先進安全車輛所發展之防撞警示系統可提高駕駛者注意力，以預防碰撞。近年來車內資訊系統 (in-vehicle information systems, IVIS) 已日益普遍，該系統所提供的資訊內容非常多樣，如前述之防撞警示資訊及駕駛者開車速度等資訊。雖然 IVIS 系統可提升駕駛

-
1. 本文係交通部運輸研究所研究計畫 (編號 MOTC-IOT-94-SDB003) 之部分研究成果，作者感謝交通部運輸研究所之經費補助。
 2. 中華大學運輸科技與物流管理學系副教授 (聯絡地址：300 新竹市香山區東香里六鄰五福路 2 段 707 號中華大學運輸科技與物流管理學系；電話：03-5186534；E-mail：irischen@chu.edu.tw)。
 3. 國立中央大學機械工程學系碩士。
 4. 中華大學運輸科技與物流管理學系研究助理。
 5. 中臺科技大學資訊管理學系助理教授。

者行車的方便性與安全，但當駕駛者使用這些系統時，他們亦有可能會因分心而導致事故發生。本研究利用駕駛模擬器探討駕駛者使用不同 IVIS 介面造成不同駕駛分心情況下，遇到突發狀況（如：前方車輛突然緊急煞車或在路口遇到闖紅燈車輛等）時，不同語音防撞警示系統對於駕駛反應時間之影響。本研究結果發現，影響駕駛者對突發事件反應時間之變數包括：突發事件類型、是否為第一個事件、語音防撞警示系統類型、及 IVIS 資訊出現時機對駕駛者干擾程度。

關鍵詞： 駕駛模擬器、語音防撞警示系統、車內資訊系統

ABSTRACT

Traffic accidents are often caused by driver negligence. Vehicles with advanced safety features may use a collision avoidance warning system (CAWS) to help alert drivers and prevent collisions. In recent years, in-vehicle information systems (IVIS) have become a common way to provide a variety of useful information to drivers, including collision avoidance warning messages, actual driving speed and other information. These IVIS systems can enhance convenience and safety for drivers, but may also be a distraction and consequently lead to accidents. This study employs a driving simulator to explore, when drivers are distracted by different IVIS interfaces, the effects of different types of auditory collision warning messages on drivers' perception-reaction time when unexpected events occur (e.g. the preceding vehicle brakes suddenly or another vehicle runs a red light at an intersection). Our experimental findings indicate that the factors affecting drivers' perception-reaction time for unexpected events include types of events, whether an event is the first one, types of auditory collision warning systems, and the degree of interference on drivers of the timing of the appearance of IVIS messages.

Key Words: *Driving simulator; Auditory collision warning system; In-vehicle information system*

一、前言

根據內政部警政署警政統計通報 94 年第 50 號^[1]得知，民國 94 年 1 至 10 月 A1 類道路交通事故之主要肇事原因依序為：未注意車前狀況（共 361 件，占 18.20%）、酒醉（後）駕駛失控（共 338 件，占 17.04%）、未依規定讓車（共 186 件，占 9.38%）和違反號誌與標誌管制（共 185 件，占 9.33%）等。若與民國 93 同時期資料比較，上述四項主要肇事原因中，未注意車前狀況（成長 8.41%）和違反號誌與標誌管制（成長 7.56%）二項因素，相對於前一年同時期是呈現成長趨勢，故需特別注意。此外，由上述肇事原因發現，許多交通事故之發生，常是因為駕駛者注意力不足、分心或是因視距障礙沒看到而導致，先進車輛所發

展之防撞警示系統可提高駕駛者注意力，因此在危險狀況發生時，若可藉由防撞警示系統及時地提供駕駛者警示資訊，則可減低交通事故發生的風險。

國外許多研究曾提出裝設防撞警示系統可提高駕駛者對於路況的注意力，進而降低交通事故的發生，如：Suetomi 等人^[2]曾利用駕駛模擬器探討不同防撞警示聲音對於駕駛者之影響，其所探討之警示狀況包括：(1) 前方車輛突然減速狀況下提供警示，其警示聲音包括嗶嗶聲、說話聲以及嗶嗶聲加上說話聲；(2) 偏離車道狀況下提供嗶嗶聲、嗶嗶聲混合隆隆聲 (rumbling sound) 以及說話聲警示聲；以及(3) 行人衝出狀況下提供嗶嗶聲、嗶嗶聲混合喇叭聲 (horn) 以及說話聲之警示聲。根據該研究結果得知，在前方車輛突然減速之情況中，三種警示聲音無顯著差異，但在偏離車道和行人衝出之狀況中，說話聲之語音警示方式的駕駛者反應時間最快。說話聲防撞警示系統的反應時間，相對於嗶嗶聲防撞警示系統和嗶嗶聲混合模擬聲防撞警示系統的反應時間快；Harder 等人^[3]利用駕駛模擬器和實車實驗，探討側向語音防撞警示系統和前向語音防撞警示系統對於駕駛者之影響，根據該研究結果發現，前向防撞警示之「單聲尖銳刺耳聲音 (single screech warning)」和「雙聲尖銳刺耳聲音 (double screech warning)」對駕駛者反應時間有正面的警示效果，其平均反應時間分別在無警示之狀況下為 1.69 秒，警示聲為單種爆炸且尖銳刺耳聲音之狀況下為 0.86 秒，兩種爆炸且尖銳刺耳聲音之狀況下為 0.54 秒；側向防撞警示系統的警示聲為「嗶」或「嗶嗶」時，均對駕駛者變換車道反應時間有正面的警示效果，其平均變換車道反應時間 (lane change response times) 分別為 1.11 秒和 1.17 秒；另由 Suetomi 等人^[4]之研究結果得知，無論是「嗶」或「說話聲」，當警示聲音是來自危險方向時，可以更正確且安全地提供駕駛者危險方向的資訊；黃慶旭^[5]利用簡易型駕駛模擬器探討有無裝設防撞警示系統時，當駕駛者在能見度高和能見度低之狀況下對於駕駛行為之影響，該研究所探討的防撞警示系統，包括抬頭顯示器 (head-up display, HUD) 影像警告、語音警告、語音加 HUD 影像警告、無警告等四種，其中以語音加 HUD 影像警告方式最佳；曾建基^[6]曾利用駕駛模擬器，探討有無裝設語音防撞警示系統對於駕駛者遇到路口兩側闖紅燈違規車輛時之影響，根據該研究結果發現，當駕駛者因觀看液晶顯示器 (liquid crystal display, LCD) 和 HUD 上顯示資訊而導致視覺分心時，語音防撞警示系統有助於降低駕駛之反應時間。

此外，近年來隨著科技發達和生活水準提高，車內資訊系統 (in-vehicle information systems, IVIS) 已日益普遍，該系統所提供的資訊內容非常多樣，如前述之防撞警示資訊、駕駛者開車速度、以及即時路線導引等資訊。語音和 LCD 是現行主要之 IVIS 提供行車資訊的使用者介面，許多研究均對語音和 LCD 之使用是否會影響駕駛績效進行探討，例如上述之 Suetomi 等人^[2]、Harder 等人^[3]、Suetomi 等人^[4]和曾建基^[6]等研究中，皆是利用語音方式提供防撞警示資訊；Liu^[7]之研究中主要是利用語音和 LCD 來提供先進旅行者資訊 (如：路線指引、速限指示和車速等資料)，以探討不同顯示介面對於駕駛者工作負荷和駕駛行為之影響；Nowakowski 等人^[8]主要是利用 LCD 來呈現不同的電子地圖 (如：不同街道數和不同字體大小的街道名稱等資料)，藉此以探討駕駛者在閱讀不同電子地圖時所花費的時間；汪孝慈^[9]亦是利用 LCD 來呈現塞車資訊和顯示不同街道數的電子地圖，以探

討其對於駕駛者行為之影響。利用語音或 LCD 可提供駕駛者許多有用的資訊，但當駕駛者在聽或看 IVIS 所提供的資訊時，勢必會增加駕駛者的工作負荷，因此語音與 LCD 之使用，是否會導致駕駛者分心因而導致事故發生，是值得深入探討之課題。

綜合上述，國外許多研究已針對不同的語音防撞警示聲音進行探討，國內較少研究同時探討不同語音警示方式（如說話聲與嗶嗶聲之比較）對不同突發狀況之影響；國內外研究均較少探討駕駛者個人經驗，是否會影響駕駛者之反應；另鑑於 IVIS 之使用將日益普遍，因此，本研究利用交通部運輸研究所建置之駕駛模擬器，探討駕駛者使用不同車內資訊系統使用者介面造成駕駛分心的情況下，駕駛者遇到突發狀況時，不同語音防撞警示系統對於駕駛行為之影響，本研究亦考慮駕駛者經驗變數對駕駛反應之影響。

二、駕駛模擬器實驗規劃

2.1 實驗設計

根據內政部警政署警政統計年報^[10]得知，93 年交通事故肇事道路類型以市區道路為最多（占 28.58%），且發現肇事地點大多發生在直路（占 44.88%）與交叉路（占 39.49%）上。又依據內政部警政署警政統計通報^[1]得知，主要肇事因素之第一名「未注意車前狀況」和第四名「違反號誌與標誌管制」之肇事因素，相對於上一年同期成長了約 8%，需特別注意此二類事故之預防。因此，本駕駛模擬實驗中，設計路口闖紅燈與和前方緊急煞車等不同市區道路突發事件類型。

由於駕駛者在開車過程中使用 IVIS 時，會用到的資源包括「視覺」、「聽覺」和「思考」等，國內外相關研究在探討 IVIS 顯示介面對於駕駛者之影響時，常會利用視覺或聽覺等顯示介面，來顯示需要思考之數學問題。曾建基^[6]之研究中曾利用 HUD、語音和 LCD 來顯示數學問題；林志隆等人^[11]主要是利用語音方式透過免持行動電話，來詢問駕駛者數學加法問題；Takada 等人^[12]之研究中所探討的車內資訊系統，是利用 LCD 來顯示數學加法問題；Joanne 等人^[13]曾利用語音方式透過免持行動電話，詢問駕駛者數學加法問題。國內外相關文獻最常使用的視覺介面和聽覺介面分別為 LCD 和語音，此二車內資訊系統介面，亦是目前新上市車輛常見之資訊系統介面，本研究是以數學加法問題設計駕駛者次要作業內容，而數學問題顯示介面包括：語音播放、上方 LCD 及下方 LCD 位置三種。

常見的語音防撞警示方式有嗶嗶聲與說話聲二種，另規劃無警示系統，語音防撞警示方式因子共有三種水準，包括嗶嗶聲、說話聲及無警示系統。上述突發事件類型、語音防撞警示方式及數學問題顯示型態等三項實驗因子之水準數如表 1 所示，此為三因子的實驗設計，其模式為：

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

- y_{ijkl} ：第 l 個受測者在突發事件類型為 i 、語音防撞警示方式為 j 、數學問題顯示型態為 k 情況下之反應時間；
- μ ：整體反應時間平均值；
- α_i ：突發事件類型為 i 的影響， $i = 1, 2$ ；
- β_j ：語音防撞警示方式為 j 的影響， $j = 1, 2, 3$ ；
- γ_k ：數學問題顯示型態為 k 的影響， $k = 1, 2, 3$ ；
- $(\alpha\beta)_{ij}$ ：突發事件類型為 i 及語音防撞警示方式為 j 的二維交互影響；
- $(\alpha\gamma)_{ik}$ ：突發事件類型為 i 及數學問題顯示型態為 k 的二維交互影響；
- $(\beta\gamma)_{jk}$ ：語音防撞警示方式為 j 及數學問題顯示型態為 k 的二維交互影響；
- $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ ：突發事件類型為 i 、語音防撞警示方式為 j 、數學問題顯示型態為 k 的三維交互影響；
- ε_{ijkl} ：誤差項。

以下針對包括突發事件類型、語音防撞警示方式和數學問題顯示型態等實驗因子，說明其設計內容如下：

1. 突發事件類型

突發事件類型區分成「路口有車輛違反號誌管制闖紅燈事件」和「前方有車輛切入並緊急煞車」兩種突發狀況，其中路口闖紅燈車輛事件又區分為車輛從左方衝出與從右方衝出兩種，其出現方向乃採隨機方式決定。在整個實驗中，路口闖紅燈和前車緊急煞車事件皆設計出現 4 次，為避免受測者有預期心理，本實驗並安排路口無事件發生及非事件車輛超車切入駕駛車前方的情況。以下針對兩種突發事件的觸發情形進行說明：

- (1) 路口闖紅燈事件：當駕駛車距碰撞點 3 秒距離時，事件車將隨機從路口左方或右方駛出闖紅燈，事件車在觸發前是利用建築物加以遮蔽，如圖 1 所示。
- (2) 前方有車輛切入並緊急煞車：駕駛車行駛於路段上時，事件車會由駕駛右方車道切入駕駛前方，並與駕駛車輛維持 2 秒間距時，事件車會作緊急煞車動作，如圖 2 所示。

表 1 實驗因子與水準

因子	突發事件類型 ¹	語音防撞警示方式	數學問題顯示型態
水準	闖紅燈 前車緊急煞車	無警示 嗶嗶聲 說話聲	語音播放 上方 LCD 下方 LCD
水準數	2	3	3

註：1. 闖紅燈事件為在路口發生其他車輛違反號誌管制闖紅燈事件，前方緊急煞車事件為車輛突然切入並緊急煞車事件。



圖 1 路口左側車輛闖紅燈場景圖



圖 2 前車緊急煞車場景圖

2. 語音防撞警示方式

本研究之防撞警示系統，是利用聲音提供警示訊息，在實驗過程中當駕駛者遇到突發事件時，警示系統會隨機出現「嗶嗶警示聲」和「說話警示聲」或「無警示」等三種方式，其中說話警示聲會依照當時事件車出現方向的不同，而有不同的說話內容，語音說話聲之警示內容為：注意右邊、注意左邊以及注意前面三種，嗶嗶聲與說話聲的聲音長度皆為 1 秒。對於路口闖紅燈事件的警示時機，為駕駛者距離事件車 3 秒時則提供警示，對於前車緊急煞車事件的警示時機，為前車離駕駛車 2 秒間距時，若前車緊急煞車則提供警示。

3. 數學問題顯示型態

車內資訊系統的顯示介面，是藉由語音和 LCD 顯示數學問題以進行探討，數學問題的顯示方式分別為「語音播放」、「LCD 擺在上方」和「LCD 擺在下方」等三種情況，其中語音播放數學問題的播放速度為每分鐘 120 字。根據 AAM^[14] (alliance of automobile manufacturers, AAM) 的規範中指出，車內影視系統的擺放位置，應安裝於駕駛者視線水平向右 40 度角內，側向向下 30 度角內為較佳，故本實驗所採用的兩種擺放位置，LCD 擺在上方的角度為「水平向右 21 度和側向向下 16 度 (中央控制台上方，如圖 3 所示)」，以及 LCD 擺在下方的角度為「水平向右 27 度和側向向下 30 度 (中央控制台下方，如圖 4 所示)」，在 LCD 上顯示數學問題的時間為 5 秒，並於問題開始顯示同時，發出問題出現的提示聲音，LCD 上所顯示的數字高度為 0.9 公分 (如圖 5 所示)。本實驗並採用集區 (block) 方式，將三種數學問題顯示型態區分成三個實驗，以隨機方式指定數學問題顯示型態讓駕駛者進行實驗。

本實驗的車內資訊系統顯示介面，是以語音播放數學問題和 LCD 顯示數學問題方式進行，實驗過程中要求駕駛者以口頭方式回答所詢問的數學加法問題。本實驗的數學問題內容區分成簡單與中等複雜兩種，簡單數學問題是兩個個位數字相加 (如： $4 + 8$)，中等複雜數學問題是兩個不超過 45 的兩位數字相加 (如： $31 + 26$)，這兩種數學問題採隨機方式出現。數學問題出現時間點與突發事件觸發點之關係分為以下三種：(1) 突發事件剛發生



圖 3 上方 LCD 的擺放位置



圖 4 下方 LCD 的擺放位置

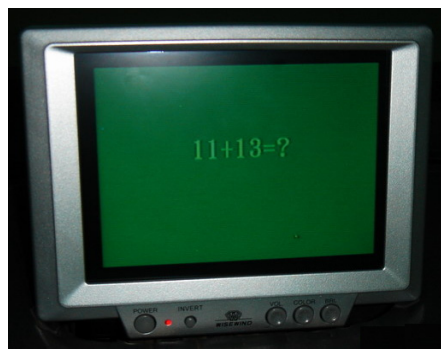


圖 5 LCD 顯示數學問題示意圖

後 2 秒詢問數學問題；(2) 突發事件發生前近距離 (2.5 至 6 秒隨機決定) 詢問數學問題；以及(3) 突發事件發生前遠距離 (10 至 17 秒隨機決定) 詢問數學問題。數學問題詢問點與事件發生點的距離，可以空間 (公尺) 和時間 (秒) 二種方式記錄，隨機決定時間點以後，再以 50 公里／小時之駕駛速度計算數學問題的詢問點。駕駛行為資料分析部分，除了上述三個實驗因子外，尚可考慮數學問題詢問時機、事件順序以及駕駛者個人因素等變數之影響。

2.2 實驗規劃

實驗場景為有分向線之雙向四車道 (單向兩車道) 的市區道路，車道寬和路肩寬分別為 3.5 公尺和 3 公尺，模擬時間為可見度佳之白天。實驗過程中為了避免駕駛者遇到路段或路口時有預期遇到突發狀況之心態，故設計了 11 個交叉路口和 12 個路段，路線總長度為 6.3 公里，其中只有 4 個路段 (第 4、8、11 與 12 路段) 和 4 個路口 (第 2、4、6 與 10 路口) 會有突發事件發生。為了避免駕駛者受到交通號誌之影響，因此受測者路過交叉路口的號誌皆為綠燈，並全程要求駕駛者行駛於內側車道且行駛車速需保持在 50 公里／小

時，其右側車道與對向二車道則會隨機產生車輛行駛。

正式實驗前受測者會進行 7 次駕駛模擬器學習性練習，以熟習駕駛模擬器之油門踏板、煞車踏板及方向盤的操作，此外，學習過程中並讓受測者熟習數學問題的顯示方式，模擬器練習時間約 15 至 20 分鐘，正式實驗時間約為 8 分鐘。

本研究之研究對象為 20 至 29 歲年輕男性駕駛者，本研究透過網路寄發 E-mail 和利用各大專院校的電子佈告欄系統 (bulletin board system, BBS) 公開公布招募受測者資訊，本研究共招募 33 位年齡為 20 至 29 歲男性來進行本研究之駕駛模擬實驗，這些駕駛者均持有小汽車駕駛執照且目前均仍在開車。

三、駕駛模擬器資料初步分析

3.1 駕駛者之突發事件反應時間分析

本實驗是為探討不同車內資訊系統顯示介面以及不同防撞警示系統，對於駕駛者之突發事件反應時間的影響，突發事件反應時間，定義為從突發事件觸發至駕駛者察覺危險後開始鬆開油門踏板之時間。本實驗之受測者共有 33 位，應有 264 筆事件反應時間資料，由於其中 31 筆資料因駕駛者在事件觸發前已開始鬆開油門，故無法擷取反應時間而將其刪除；另有 11 筆的反應時間小於 0.05 秒，依常理判斷其值過小，亦予以刪除，故有效反應時間值為 222 筆。駕駛者之反應時間平均數為 1.11 秒、中位數為 0.88 秒、標準差為 0.65 秒、最小值為 0.14 秒以及最大值為 3.05 秒。

(一) 實驗因子對駕駛者反應時間之影響

表 2 和圖 6 為不同突發事件類型、語音防撞警示方式和數學問題顯示型態之各種情況下的反應時間分析結果，對於突發事件之類型而言，路口闖紅燈事件的反應時間相對於前車緊急煞車事件的反應時間長 (t 檢定之 p 值 < 0.001)；數學問題顯示型態無明顯趨勢，另由 Duncan 多重比較法之分析結果得知，三種顯示型態間無顯著差異 ($\alpha = 0.05$)；由表 2 和圖 6 較難分辨出三種防撞警示方式之差異，另由 Duncan 多重比較法之分析結果得知，無警示較嗶嗶聲與說話聲的反應時間長 ($\alpha = 0.05$)。

(二) IVIS 資訊 (即數學問題) 出現時機對駕駛者反應時間之影響

本研究在進行駕駛模擬實驗過程中發現，受測者在遭遇到闖紅燈事件後 2 秒左右被詢問問題情況時，若受測者對事件反應完成後數學問題才出現，受測者的反應狀況尚可，但若尚未對事件反應，數學問題又已出現，受測者的反應會明顯較慢。為了解突發事件類型、數學問題詢問點與事件出現點的關係、回答數學問題及反應事件的順序、以及最後是否有回答數學問題對駕駛者負荷與反應時間的影響，本研究觀察所有相關實驗數據，依據上述因素將所有狀況區分為以下 16 種類別 (如表 3 所示)：

表 2 實驗因子之駕駛者反應時間彙整表

實驗因子組合編號	實驗因子			反應時間			
	突發事件類型	防撞警示方式	問題顯示型態	個數	平均數	中位數	標準差
1	路口闖紅燈	嗶嗶聲	語音撥放	11	1.46	1.47	0.6
2			上方 LCD	12	1.21	0.83	0.7
3			下方 LCD	12	1.28	1.08	0.7
4		說話聲	語音撥放	11	0.94	0.61	0.7
5			上方 LCD	11	1.34	1.19	0.9
6			下方 LCD	11	1.77	1.98	0.7
7		無警示	語音撥放	10	1.86	2.16	0.9
8			上方 LCD	17	1.70	1.83	0.7
9			下方 LCD	10	1.51	1.52	0.6
10	前車緊急煞車	嗶嗶聲	語音撥放	13	0.68	0.73	0.2
11			上方 LCD	16	0.82	0.77	0.3
12			下方 LCD	14	0.73	0.72	0.3
13		說話聲	語音撥放	13	0.82	0.84	0.2
14			上方 LCD	13	0.76	0.84	0.2
15			下方 LCD	10	0.93	0.89	0.3
16		無警示	語音撥放	10	0.88	0.90	0.3
17			上方 LCD	15	0.70	0.69	0.3
18			下方 LCD	13	0.88	0.70	0.5

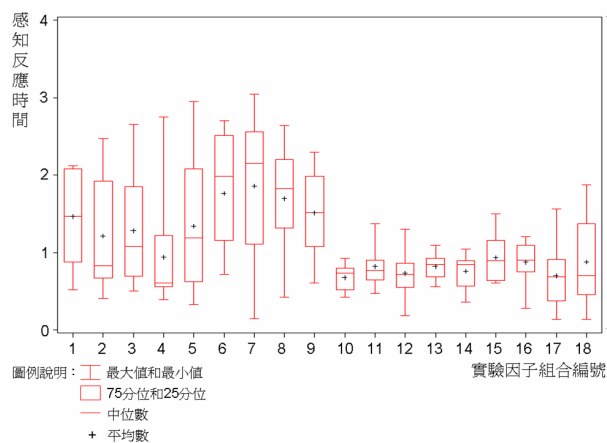


圖 6 各實驗因子之駕駛者反應時間盒型圖

(1) 闖紅燈事件發生後 2 秒詢問受測者數學問題：

- 類別 1：受測者已反應事件後數學問題才出現，受測者有回答數學問題。
- 類別 2：受測者已反應事件後數學問題才出現，受測者沒有回答數學問題。
- 類別 3：數學問題出現時受測者尚未反應事件，受測者有回答數學問題。
- 類別 4：數學問題出現時受測者尚未反應事件，受測者沒有回答數學問題。

(2) 闖紅燈事件發生前 2.5 至未滿 4.5 秒詢問受測者數學問題：

- 類別 5：受測者在事件發生前已回答數學問題，受測者有回答數學問題。
- 類別 6：受測者在事件發生後才回答數學問題（先反應事件再回答問題），受測者有回答數學問題。
- 類別 7：受測者在事件發生後才回答數學問題（先回答問題再反應事件），受測者有回答數學問題。（即其發生順序為：先問數學問題後，再觸發事件，事件發生後受測者才回答數學問題，最後反應事件。）

(3) 闖紅燈事件發生前 11.0 至未滿 14.0 秒詢問受測者數學問題：

- 類別 8：受測者在事件發生前已回答數學問題，受測者有回答數學問題。

(4) 闖紅燈事件發生前 14.0 秒以上詢問受測者數學問題：

- 類別 9：受測者在事件發生前已回答數學問題，受測者有回答數學問題。

(5) 前車緊急煞車事件發生後 2 秒詢問受測者數學問題：

- 類別 10：受測者已反應事件後數學問題才出現，受測者有回答數學問題。

(6) 前車緊急煞車事件發生前 2.5 至未滿 4.5 秒詢問受測者數學問題：

- 類別 11：受測者在事件發生前已回答數學問題，受測者有回答數學問題。
- 類別 12：受測者在事件發生後才回答數學問題（先反應事件再回答問題），受測者有回答數學問題。
- 類別 13：受測者在事件發生後才回答數學問題（先回答問題再反應事件），受測者有回答數學問題。（即其發生順序為：先問數學問題後，再觸發事件，事件發生後受測者才回答數學問題，最後反應事件。）

(7) 前車緊急煞車事件發生前 4.5 至未滿 11.0 秒詢問受測者數學問題：

- 類別 14：受測者在事件發生前已回答數學問題，受測者有回答數學問題。

(8) 前車緊急煞車事件發生前 11.0 至未滿 14.0 秒詢問受測者數學問題：

- 類別 15：受測者在事件發生前已回答數學問題，受測者有回答數學問題。

(9) 前車緊急煞車事件發生前 14.0 秒以上詢問受測者數學問題：

- 類別 16：受測者在事件發生前已回答數學問題，受測者有回答數學問題。

表 3 數學問題與突發事件關係之類別彙整表

類別編號	數學問題出現時機	問題詢問前是否已對事件反應	事件發生前是否已回答問題	是否回答問題
1	闖紅燈事件後 2 秒	是	—	是
2	闖紅燈事件後 2 秒	是	—	否
3	闖紅燈事件後 2 秒	否	—	是
4	闖紅燈事件後 2 秒	否	—	否
5	闖紅燈事件前 2.5—未滿 4.5 秒	—	是	是
6	闖紅燈事件前 2.5—未滿 4.5 秒	—	否 (先反應事件)	是
7	闖紅燈事件前 2.5—未滿 4.5 秒	—	否 (先回答問題)	是
8	闖紅燈事件前 11—未滿 14 秒	—	是	是
9	闖紅燈事件前 14 秒以上	—	是	是
10	前車緊急煞車事件後 2 秒	是	—	是
11	前車緊急煞車事件前 2.5—未滿 4.5 秒	—	是	是
12	前車緊急煞車事件前 2.5—未滿 4.5 秒	—	否 (先反應事件)	是
13	前車緊急煞車事件前 2.5—未滿 4.5 秒	—	否 (先回答問題)	是
14	前車緊急煞車事件前 4.5—未滿 11 秒	—	是	是
15	前車緊急煞車事件前 11—未滿 14 秒	—	是	是
16	前車緊急煞車事件前 14 秒以上	—	是	是

註：—表示無此類別。

本研究利用 Duncan 多重比較法，探討上述各種情況對駕駛者反應時間影響，其結果如表 4 所示，該表是以 A、B 和 C 符號來表示因子兩兩水準間之駕駛反應時間是否有顯著差異 ($\alpha = 0.05$)，若為相同符號則表示因子水準間無顯著差異，如編號第四個類別與第三個類別之駕駛者反應時間的檢定結果均為符號 A，則該二水準間之駕駛者反應時間是無顯著差異，若為不同符號則表示因子水準間有顯著差異，如編號第四個類別符號為 A，而第二個類別符號為 B，則該二水準間之駕駛者反應時間有顯著差異。很明顯的許多闖紅燈事件對駕駛者負荷是較前車煞車事件高，前車煞車事件是發生在駕駛者正前面，相較於闖紅燈事件是較容易被發現的。茲先將表 4 之數學問題出現時機與駕駛者反應分成三個駕駛者負荷類別：

1. 高度負荷 (表 4 之編號 4 與 3 情況)：闖紅燈事件觸發後 2 秒內受測者未能反應此突發事件，隨即又馬上被詢問數學問題。在此一情況下，駕駛者幾乎是需同時處理闖紅燈事件及回答問題，因而駕駛者負荷非常高。

表 4 數學問題出現時機與駕駛者反應行為對反應時間影響之 Duncan 多重比較

類別編號	駕駛者反應時間平均數	類別間多重比較結果 ¹		
4	2.29	A		
3	2.27	A		
2	1.75		B	
8	1.17			C
13	1.11			C
9	1.00			C
1	0.99			C
14	0.93			C
6	0.91			C
5	0.89			C
7	0.88			C
10	0.83			C
11	0.78			C
15	0.69			C
16	0.68			C
12	0.63			C

註：1. 該表以 A、B 和 C 符號表示檢定結果之因子水準間是否有差異($\alpha=0.05$)，若為同符號表示因子水準間無顯著差異，若為不同符號則表示因子水準間有顯著差異。

2. 中度負荷 (表 4 之編號 2 情況)：數學問題在闖紅燈事件後 2 秒出現，受測者對闖紅燈事件反應後數學問題才出現，但受測者並未回答數學問題，其原因可能為受測者尚被闖紅燈事件所影響，因而未能回答數學問題。
3. 低度負荷：上述以外的闖紅燈情況及所有的路段中前車緊急煞車事件。

3.2 反應時間決策樹分析 (C&RT)

反應時間之影響變數分析方面，本研究首先利用分類和迴歸樹 (classification and regression tree, C&RT) 來進行變數之類別合併以及決定連續型變數之切割點，並了解各變數對反應時間之影響趨勢。C&RT 分析流程是利用遞迴 (recursive) 方式，將資料區分成有顯著差異的兩個子集合，該處理方法反覆進行，直到無法再將資料區分為有顯著差異的子集合。C&RT 分析方法是利用最小平方誤差法 (least-squared deviation, LSD) 以進行解釋變

數 (X) 之類別劃分，依據 LSD 所計算出的數值越大，則代表解釋變數對於依變數的關係越顯著，在決策樹中是以「改善 (improvement)」表示之^[15]。

本研究所探討之影響變數包括：駕駛速度、突發事件類型、路口事件車出現的方向、防撞警示系統類型、數學問題顯示型態、數學問題詢問點與事件發生點的空間距離 (公尺)、數學問題詢問點與事件發生點的時間距離 (秒)、問題與事件關係、數學問題複雜度、數學問題答對率、數學問題回答時間、突發事件發生的順序、以及駕駛者負荷等變數。此外，本研究並探討駕駛者個人因素對於反應時間之影響，考慮變數包括：駕駛者年齡、持有汽車駕照年數、持有機車駕照年數、開車年數、開車天數和開車小時數等變數。根據本研究利用 C&RT 所探討之結果如圖 7 所示，由該圖中得知反應時間之影響因子包括：突發事件發生的順序、防撞警示系統、突發事件類型、駕駛者負荷、事件車出現的方向、平均每星期開車天數和年齡等變數。此外，亦發現突發事件發生順序和防撞警示系統，對於反應時間存在著交互影響關係，突發事件發生在第一路口時，說話聲之警示效果最好，突發事件若非發生在第一路口時，則說話聲與嗶嗶警示聲均具警示效果。此外，由 C&RT 分析結果可發現，駕駛者年齡變數可區分為低於 24 歲與高於 25 歲二類；平均每星期開車天數可區分為二天以內和三天以上二類；駕駛者負荷可由原先三個類別區分成兩個類別，主要是將高度負荷和中度負荷合併成一個類別，此兩個新類別即為：高度負荷（原高度負荷和中度負荷）和低度負荷。

四、駕駛者反應時間統計分析模式建立

4.1 變異數分析和多元迴歸模式

為了解本研究考慮變數對駕駛者反應時間之影響關係及影響程度，本研進行 ANOVA 模式分析，以決定主要影響因子與交互影響因子對駕駛者反應時間的影響關係，再依其結果建立駕駛者反應時間之多元迴歸模式，由該模式影響變數之推估參數值，即可了解個別變數對駕駛者反應時間的影響程度。本研究反應時間之變異數分析所考慮的影響因子，包括前述 C&RT 方法探討之實驗內容和駕駛者個人因素有關變數，其相關基本統計資料如表 5 與表 6 所示。對於數學問題詢問點與事件發生點的空間距離與時間距離二個變數，由於受測者駕駛速度不一樣，而在數學問題詢問後或事件發生後之駕駛速度維持也可能會不一樣，因此與 2.1 節中以駕駛速度為 50 公里／小時之三個類別的數據會有些許差異。

本研究所建立反應時間之變異數模式如表 7 所示，由該表得知事件方向、駕駛者負荷、年齡和開車天數，對於反應時間有顯著關係存在，防撞警示方式和事件順序對於反應時間存在著二維交互影響關係。數學問題顯示型態對於反應時間無顯著關係存在，本研究數學問題顯示於 LCD 的二個放置位置，皆符合 AAM 之規範，此二位置對於駕駛者之視覺負荷可能較小，因而對駕駛者反應時間之影響無顯著差異，建議未來研究可針對 LCD 擺放於

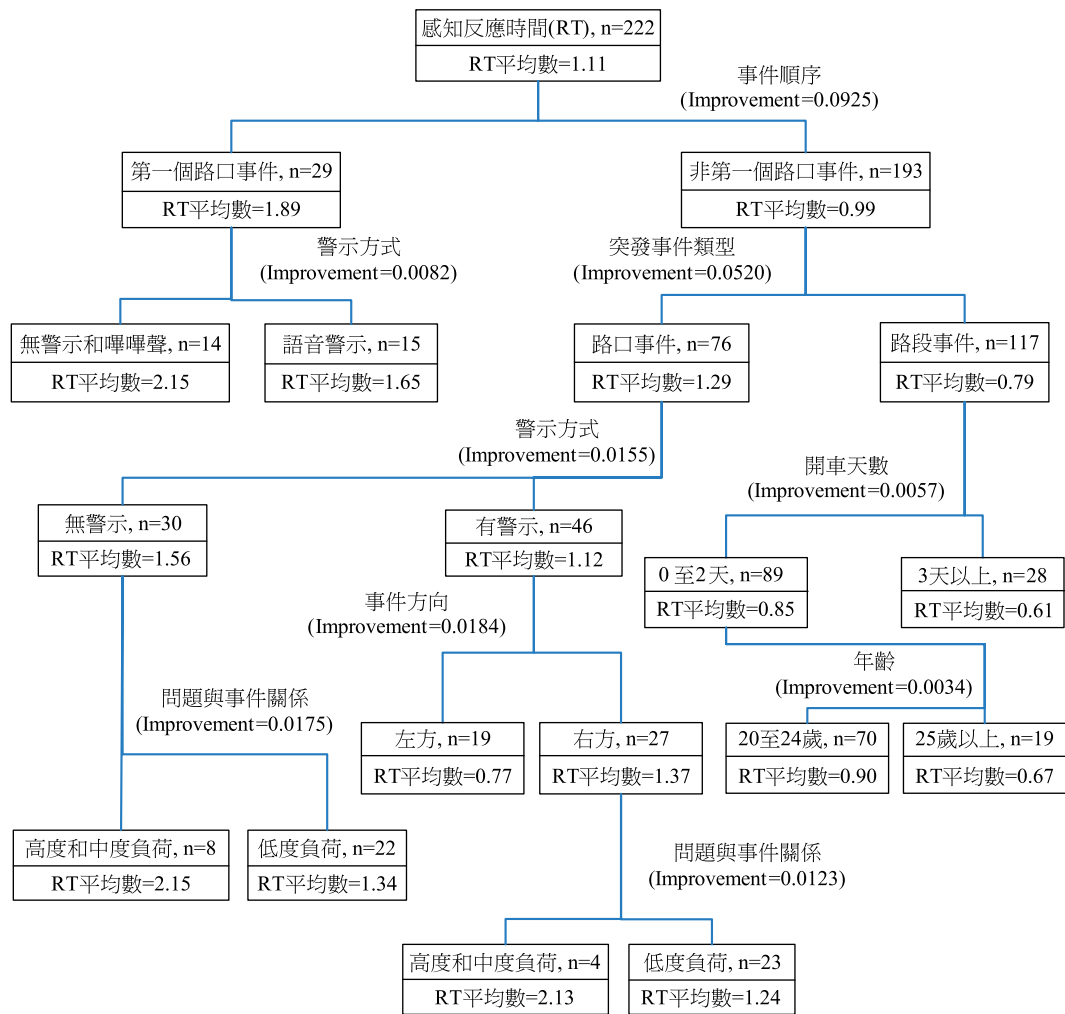


圖 7 駕駛者反應時間影響因子之 C&RT 決策樹

表 5 駕駛模擬實驗內容變數彙整表

變數名稱	變數分類	個數
事件觸發時的速度	12.600 公里／小時至 61.130 公里／小時 (平均數 = 48.84、中位數 = 49.56、標準差 = 6.28)	222
突發事件類型	0：路口事件 1：路段事件	105 117
事件車出現的方向	0：前方突然切入並緊急煞車 1：左方違規車輛衝出 2：右方違規車輛衝出	117 45 60

表 5 駕駛模擬實驗內容變數彙整表 (續)

變數名稱	變數分類	個數
防撞警示方式	0：無警示 1：嗶嗶聲警示方式 2：說話聲警示方式	75 78 69
數學問題顯示型態	0：語音 1：LCD 上方 2：LCD 下方	68 84 70
數學問題詢問點與事件發生點的空間距離 (公尺)	0：事件發生後 (16~32 公尺) 詢問數學問題 1：事件發生前近距離 (42 至 151 公尺) 詢問數學問題 2：事件發生前遠距離 (172 至 220 公尺) 詢問數學問題	56 81 85
數學問題詢問點與事件發生點的時間距離 (秒)	0：事件發生後約 2 秒 (1.9 至 2.1 秒) 詢問數學問題 1：事件發生前近距離 (2.7 至 6.4 秒) 詢問數學問題 2：事件發生前遠距離 (9.8 至 17.7 秒) 詢問數學問題	56 81 85
駕駛者負荷	0：低度負荷 1：高度負荷	210 12
數學問題複雜度	0：簡單數學問題 1：中等複雜數學問題	119 103
數學問題答對率	0：答錯 1：答對 2：沒有回答問題	4 212 6
數學問題回答時間	0.304 至 8.344 秒 (平均數 = 2.80、中位數 = 2.42、標準差 = 1.29)	222
事件順序	1：第一個路口事件 2：非第一個路口事件 (含路段和路口事件)	29 193

表 6 駕駛者因素彙整表

變數名稱	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值
年齡	23.35	23	2.18	20	29
持有機車駕照年數	6.10	6	2.59	1	12
持有汽車駕照年數	3.59	3	2.48	<1	10
實際開車年數	2.64	2	2.46	<1	10
平均每星期開車天數	1.87	1	1.74	<1	6
平均每天開車小時數	1.65	1	1.50	<1	6

其他位置及不同次要工作內容(如需記憶或按鈕操作的次要工作)進行探討。

由於數學問題顯示型態對於反應時間無顯著關係，故本研究在建立多元迴歸模式中未考慮此變數。多元迴歸模式結果如表 8 所示，該模式 R^2 值為 0.53，調整後之 R^2 值為 0.51。該模式之殘差圖如圖 8 所示，該殘差圖無特定型式，且殘差值皆在三倍標準差之內，圖 9 為殘差值的常態機率圖，由該圖之直線趨勢得知其符合常態分配，所以該模式為可接受之模式，該模式之各影響因子解釋分述如下：

1. 前方緊急煞車事件之事件方向為前方，闖紅燈事件方向則分左方或右方事件。相對於路口右方闖紅燈違規事件的反應時間，前方緊急煞車事件(短 0.45 秒)和路口左方闖紅燈違規事件(短 0.27 秒)的反應時間較短。駕駛者在開車時主要是注意前方的路況，因此當前方事件發生時，其反應較路口事件快。
2. 當數學問題出現時機與駕駛者對事件反應關係是屬於高度負荷時(即駕駛者幾乎需同時處理闖紅燈事件及回答問題之情況)，駕駛者反應時間相對於低度負荷狀況的反應時間長 1.00 秒，由此可見，當 IVIS 資訊出現時機對於駕駛者的干擾程度高時，則會增加駕駛者的工作負荷，並影響其對突發事件的處理。
3. 20 至 24 歲的駕駛人反應時間相對於 25 至 29 歲的駕駛人反應時間長 0.15 秒，其可能原因為 20 至 24 歲的駕駛行為較 25 至 29 歲的駕駛行為較不穩定成熟，故反應時間較長。
4. 一星期開車天數平均 2 天以內駕駛者的反應時間，相對於一星期開車天數平均 3 天以上駕駛者的反應時間長 0.15 秒，其可能原因為一星期開車天數較多的駕駛者，其開車經驗較為豐富，故遇到突發狀況時反應較快。
5. 防撞警示方式與事件順序，對於反應時間存在著二維交互影響，其交互影響關係如圖 10 所示，由該圖得知無論有無裝設防撞警示系統，在第一個路口事件的反應時間相對於非第一個路口事件(含路段和路口事件)的反應時間較長；另在第一個路口事件中，沒有裝設防撞警示系統(2.27 秒)和裝設嗶嗶聲(2.03 秒)提醒方式之警示系統的反應時間，皆長於裝設說話聲(1.65 秒)提醒方式之警示系統的反應時間；在非第一個路口事件(含路段和路口事件)中，駕駛者無警示時之反應時間會較有警示系統長，裝設嗶嗶聲(0.9 秒)或說話聲(0.92 秒)之差異性不大。其可能原因為在第一個路口事件中，駕駛者沒有預期會有路口事件發生，所以雖然有嗶嗶聲之方式來提醒駕駛者，但未進一步說明是左方或是右方有危險，故駕駛者對嗶嗶聲的反應時間較說話聲長；而在非第一個路口事件(含路段和路口事件)中，駕駛者在經歷過一個路口事件後，聽到警示聲會注意路口或路段發生的事件，故無論是說話聲或嗶嗶聲，駕駛者反應時間差異不大。

表 7 駕駛者反應時間影響因素之變異數分析表

變異來源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
防撞警示方式	2	3.26	1.63	7.84	0.0005**
數學問題顯示型態	2	0.01	0.004	0.02	0.9798

表 7 駕駛者反應時間影響因素之變異數分析表 (續)

變異來源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
事件方向	2	5.97	2.98	14.34	<0.0001**
事件順序	1	14.51	14.51	69.78	<0.0001**
駕駛負荷	1	9.85	9.85	47.36	<0.0001**
年齡	1	0.85	0.85	4.09	0.0444**
開車天數	1	0.77	0.77	3.69	0.0560*
防撞警示方式×事件順序	2	2.40	1.20	5.76	0.0037**

註：* 達到顯著水準 ($\alpha = 0.1$)；** 達到顯著水準 ($\alpha = 0.05$)。

表 8 駕駛者反應時間影響因素之多元迴歸模式

變數名稱	係數	P 值
B0	1.00	<0.0001**
防撞警示方式 無警示方式 嗶嗶聲 說話聲 (比較基準)	0.11 -0.06 —	0.1824 0.4598 —
事件方向 前方 左方 右方 (比較基準)	-0.45 -0.27 —	<0.0001** 0.0089** —
事件順序 第一個路口事件 非第一個路口事件 (含路段和路口事件，比較基準)	0.44 —	0.0037** —
問題與事件關係 高度負荷 低度干擾 (比較基準)	1.00 —	<0.0001** —
年齡 20-24 歲 25-29 歲 (比較基準)	0.15 —	0.0377** —
駕駛天數 一星期開車 2 天內 一星期開車 3-6 天 (比較基準)	0.15 —	0.0552* —
防撞警示方式×事件順序 無警示方式×第一個路口事件 無警示方式×非第一個路口事件 嗶嗶聲×第一個路口事件	0.69 — 0.71	0.0036** — 0.0048**

表 8 駕駛者反應時間影響因素之多元迴歸模式 (續)

變數名稱	係數	P 值
嗶嗶聲×非第一個路口事件	—	—
說話聲×第一個路口事件	—	—
說話聲×非第一個路口事件	—	—
$R^2 = 0.53$ ，調整後 $R^2 = 0.51$		

註：* 達到顯著水準 ($\alpha = 0.1$)；** 達到顯著水準 ($\alpha = 0.05$)。

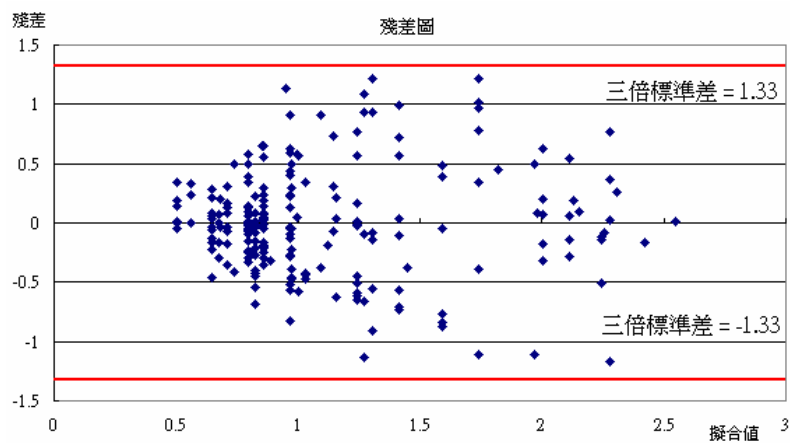


圖 8 駕駛者反應時間影響因素多元迴歸模式之殘差圖

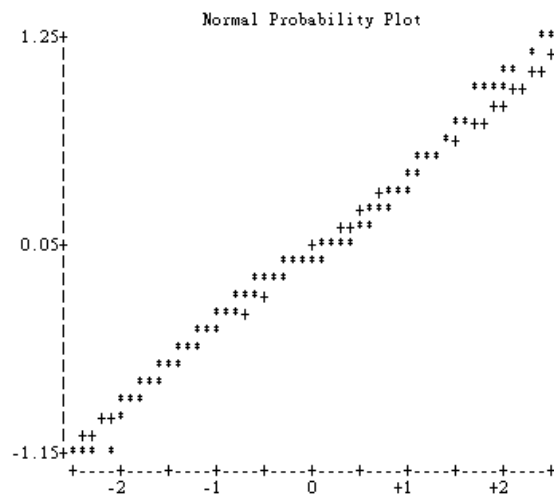


圖 9 駕駛者反應時間影響因素多元迴歸模式之殘差值的常態機率圖

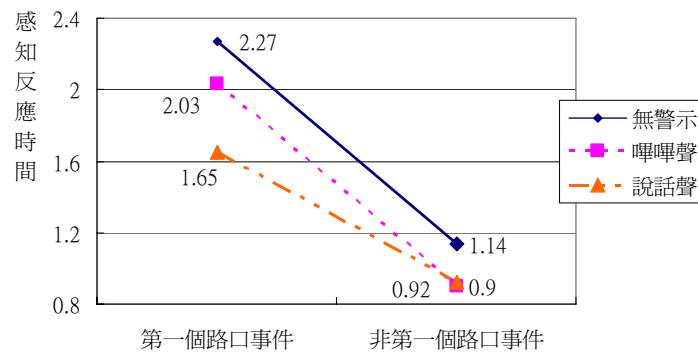


圖 10 防撞警示方式與事件順序對駕駛者反應時間之交互影響圖

4.2 重要實驗結果討論

根據本研究之實驗結果得知，在第一個路口事件中，無論有無裝設防撞警示系統，其反應時間均相對於非第一個路口事件（含路段和路口事件）的反應時間長，由此可知，當駕駛者沒有預期會有突發事件發生時，駕駛者對突發事件的反應則會較慢。此外，當駕駛者在無預期之狀況下遇到突發事件時（即第一個路口事件），有裝設說話聲防撞警示系統的反應時間，相對於無裝設防撞警示系統和裝設嗶嗶聲防撞警示系統的反應時間短，此研究結果與 Suetomi 等人^[2]之研究成果相似，在行人突然衝入及駕駛者偏離行駛車道情況下，說話聲防撞警示系統的反應時間，相對於嗶嗶聲防撞警示系統和嗶嗶聲混合模擬聲防撞警示系統的反應時間快。因此，在無預期的情況下，相較於嗶嗶聲，說話聲之防撞警示資訊內容對於駕駛者而言，能明確知道危險方向，故能更有效地達到警示駕駛者之效果。

當駕駛者遇到前方突然緊急煞車之突發事件時，其反應時間為最短，次之則是遇到左方違規闖紅燈衝出的突發事件，右方違規闖紅燈衝出之突發事件的反應時間為最長，駕駛者對來自左方與右方事件的反應時間具有顯著差異。表 8 所建立多元迴歸模式中，事件方向是以路口右方事件為比較基準，本研究另建立以前方事件為比較基準的多元迴歸模式，模式結果顯示駕駛者對路口左方事件的反應時間，明顯地較前方煞車事件長。綜合而言，駕駛者對前方突然緊急煞車、路口左方與右方闖紅燈事件等三種方向事件的反應時間均有顯著差異。由於本研究還在進行實驗時，即已先針對數個已完成的實驗資料進行分析，由初步分析結果中已發現路口闖紅燈事件中，駕駛者對右方違規闖紅燈事件的反應時間比左方違規闖紅燈事件長，為了了解此現象的原因，故擬一份問卷針對後續受測者進行調查，該問卷主要是詢問駕駛者一般駕駛在單向二車道的內側車道時，且當行車方向是綠燈而通過交叉路口之情況下，會先注意或較注意交叉路口左方或右方的狀況以及原因。問卷調查時間是在實驗結束後，總樣本數共有 21 份，根據問卷調查結果發現，有 67% 的駕駛者會先注意左方狀況，14% 的駕駛者會先注意右方狀況，另 14% 的駕駛者未特別注意會先注意

左方或右方狀況，5% 的駕駛者只會注意前方。駕駛者會先注意左方狀況的原因包括：「習慣會先注意左方」、「因為行駛在內車道上所以會先注意左方」、「發生碰撞時左方會先撞到所以會先注意左方」、以及「認為右方距離較遠會有足夠的時間進行反應」等。此問卷結果可呼應上述實驗結果，大多數的駕駛者過交叉路口時會因較注意或先注意左方，因而相較於右方違規闖紅燈衝出事件的反應時間，駕駛者對左方違規闖紅燈衝出事件的反應時間較短。

年齡為 20 至 24 歲駕駛者的反應時間，相對於 25 至 29 歲駕駛者的反應時間長，亦即較容易發生事故。Santokh^[16]之研究結果指出，24 歲以下 (≤ 24 歲) 的駕駛者有較高的風險會發生追撞事件，尤其是駕駛者本身去撞前車的比率，相對於被撞的比率高。此外，根據國外的駕駛者保險費用標準得知^[17]，24 歲以下男性 (含 24 歲) 的保險費用相對於其他年齡層高，其原因為 24 歲以下 (含 24 歲) 的男性發生事故的風險較高。針對此一研究結果，建議政府相關單位應多宣導 24 歲以下 (含 24 歲) 男性駕駛者使用 IVIS 時分心的危險性。此外，平均每週駕駛天數 2 天內的年輕男性駕駛者，亦是另一個需加強宣導的族群。

由表 8 之多元迴歸模式的係數值發現，駕駛者負荷變數與防撞警示方式和事件順序之二維交互影響變數的數值最高，這些變數是影響駕駛者反應時間最巨的三個變數。若駕駛者是處於視覺或聽覺分心，且需進行思考工作又需處理突發事件之高負荷情況時，對於駕駛安全之影響是相當大的。此外，當駕駛者在沒有預期心態下遇到路口闖紅燈突發事件時，說話聲之防撞警示資訊可讓駕駛者明瞭危險方位，對於駕駛者安全是相當有幫助的，許多突發狀況的發生是非預期的，由此可見，警示資訊需明確提供危險方位的重要性。

五、結論與建議

本研究利用交通部運輸研究所駕駛模擬器進行駕駛反應行為研究，以了解車內資訊系統介面使用與不同語音防撞警示系統對於駕駛反應時間之影響，本研究之研究對象為 20 至 29 歲年輕男性駕駛者，主要結論與建議分述如下：

1. 由本研究所建立之變異數模式得知，駕駛者對突發狀況之反應時間影響因素包括：防撞警示方式、突發事件類型 (包括路口左方或右方闖紅燈事件及前方緊急煞車事件)、是否為第一個路口事件、語音防撞警示系統類型、駕駛者負荷、年齡和開車天數，其中防撞警示方式與是否為第一個路口事件是交互影響因素。數學問題顯示型態對反應時間則無顯著影響，本研究數學問題所顯示之二個 LCD 位置皆符合 AAM 規範，其對駕駛者反應時間影響無顯著差異，建議未來研究可針對其他 LCD 位置及不同次要工作內容 (如需記憶或按鈕操作的次要工作) 進行探討。
2. 針對事件類型而言，駕駛者對於前方車輛突然切入並緊急煞車的反應時間較路口闖紅燈事件為短，而路口事件方向是以右方闖紅燈事件較左方為長。駕駛者在開車時主要是注意前方的路況，因此當前方視線發生狀況時，反應時間應較路口事件快。另由本研究之

問卷調查結果發現，實驗受測者在路口會先注意左方狀況的原因是：「習慣注意左方」、「行駛在內車道上所以會先注意左方」、「發生碰撞時左方會先撞到所以會先注意左方」及「右方距離較遠會有較多時間反應狀況」。

3. 防撞警示方式與事件順序對於反應時間存在著二維交互影響關係，在第一個路口事件中，無論有無裝設防撞警示系統，其反應時間相對於非第一個路口事件（含路段和路口事件）的反應時間較長，其原因應是當駕駛者沒有預期心理時，駕駛者對突發事件的反應則會較慢。此外，當駕駛者在無預期之狀況下遇到突發事件時（即第一個路口事件），相對於無裝設防撞警示系統（2.27 秒），說話聲防撞警示系統的反應時間最短（1.65 秒），嗶嗶聲防撞警示系統的反應時間次之（2.03 秒），即說話聲較嗶嗶聲好，其原因可能是說話聲能讓駕駛者了解危險方位在那裡，可立即做出反應，而嗶嗶聲僅讓駕駛者知道有狀況，但還是不知道那裡有危險，所以駕駛者反應時間較長，但仍較沒有裝設防撞警示系統的反應時間短。駕駛者對於第一個事件發生後的後續事件，因為從第一個事件中已知知道可能會有路口事件，故較會有預期心理，所以說話聲（0.92 秒）與嗶嗶聲（0.90 秒）之駕駛者反應時間相差不大，即二種方式均能發揮提醒駕駛者注意力的功能。一般而言，許多突發狀況的發生是非預期的，因此警示訊息內容需提供明確危險方位資訊是非常重要的。
4. 當駕駛者幾乎是需同時處理闖紅燈事件及回答數學問題之情況，即本研究所稱高度駕駛負荷時，駕駛者反應時間相對於低度負荷狀況長 1 秒，由此可見，若 IVIS 資訊出現時機對駕駛者的干擾程度高，則會增加駕駛者的工作負荷，並影響其對突發事件的處理能力。
5. 駕駛者年齡為 20 至 24 歲的反應時間相對於 25 至 29 歲的反應時間長，建議政府相關單位應多宣導 24 歲以下（含 24 歲）男性駕駛者使用 IVIS 時分心的危險性。此外，每週開車天數平均 2 天以內駕駛者的反應時間相對於一星期開車天數平均 3 天以上駕駛者長，因此平均每週駕駛天數 2 天內的年輕（20 至 29 歲）男性駕駛者是另一個需多加強宣導的族群。
6. 本研究發現防撞警示系統可減低駕駛者對突發事件的反應時間，但恐駕駛者會因依賴防撞警示系統之提示，而降低駕駛者對其他事件之注意力的依賴性問題，或當防撞警示系統故障時，可能會發生該警示而未警示或不該警示卻警示的系統可靠度問題，建議後續研究針對駕駛者之使用依賴性問題及系統可靠度問題進行深入探討。
7. 駕駛者在開車過程中使用 IVIS 時會用到的資源包括「視覺」、「聽覺」和「思考」等，本研究是以數學加法問題來進行這些工作負荷對駕駛者影響，建議未來研究可依車內系統資訊內容（如速限、目前行駛速率、即時路線指引系統）進行實驗設計，以探討這些實際即時資訊內容對駕駛行為的影響。

參考文獻

1. 內政部警政署，「警政統計通報 94 年第 50 號」，民國 94 年。
2. Suetomi, T. and Niibe, T., "A Human Interface Design of Multiple Collision Warning System", 9th World congress on Intelligent Transport Systems, Chicago, 2001.
3. Harder, K. A., Bloomfield, J., and Chihak, B. J., "The Effectiveness of Auditory Side and Forward-Collision Avoidance Warnings in Winter Driving Conditions", Minnesota Department of Transportation, Report No. MN/RC-2003-14, 2003.
4. Suetomi, T., Kido, K., Yamamoto, Y., and Hata, S., "A Study of Collision Warning System Using a Moving-Base Driving Simulator", Proceeding of the Second World Congress on Intelligent Transport System, Vol. 4, Japan: VERTIS, 1995, pp. 1807-1812.
5. 黃慶旭，「利用簡易型駕駛模擬器探討警示系統對駕駛者的影響」，國立清華大學工業工程與工程管理研究所碩士論文，民國 91 年。
6. 曾建基，「應用駕駛模擬系統探討車內資訊介面對行車安全的影響」，國立中央大學機械工程研究所碩士論文，民國 93 年。
7. Liu, Y. H., "Comparative Study of the Effects of Auditory, Visual and Multimodality Displays on Drivers' Performance in Advanced Traveler Information Systems", *Ergonomics*, Vol. 44, No. 4, 2001, pp. 425-442.
8. Nowakowski C. and Green, P., "Map Design: An On-the-Road Evaluation of the Time to Read Electronic Navigation Displays", Technical Report No. UMTRI-89-4, June, 1998.
9. 汪孝慈，「先進車輛系統之介面設計與人因考量」，國立清華大學工業工程與工程管理研究所博士論文，民國 90 年。
10. 內政部警政署，**臺閩地區道路交通事故—道路類別及道路型態別 (A1 類)**，民國 94 年。
11. 林志隆，「汽車駕駛員在通話負荷下的目標管理」，國立臺灣科技大學工業管理系碩士論文，民國 91 年。
12. Takada, Y. and Shimoyama, O., "Evaluation of Driving-Assistance Systems Based on Drivers Workload", Driving- Assistance, <http://ppc.uiowa.edu/driving-assessment/2001/Summaries/Downloads/download.html>, 2001.
13. Joanne, L. H. and Noy, Y. I., "The Impact of Internal Distraction on Driver Visual Behavior", *Transport Canada*, 2002.
14. Alliance of Automobile Manufacturers (AAM), "Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems", Statement of Principles, 2003.
15. SPSS. Inc., "AnswerTree 3.0 User's Guide", 2001.
16. Santokh, S., "Driver Attributes and Rear-end Crash Involvement Propensity", National Highway Traffic Safety Administration, Report No. DOT HS 809 540, 2003.
17. Texas Department of Insurance, <http://www.tdi.state.tx.us/commish/columns/cc1003.html>, 2005.