

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 結合放聲思考法與模擬實驗探討駕駛者動態路徑選擇行為

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-032-012-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：淡江大學運輸管理學系

計畫主持人：董啟崇

計畫參與人員：洪士傑 姜禹辰 蘇秋如 陳首源

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 30 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫報告

結合放聲思考法與模擬實驗探討駕駛者動態路徑選擇行為

## Dynamic Route Choice Experiments with Think-Aloud Approach

計畫編號：NSC 93-2211-E-032-012

執行期限：93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

主持人：董啟崇 執行機構及單位：私立淡江大學

### 一、摘要

近年來隨著國內外智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System) 之進步發展，先進駕駛者資訊導引系統 (Advanced Driver Information System)，或稱車內導航系統 (In-Vehicle Navigation System) 在國內外有逐漸形成標準配備之趨勢。此類系統主要功能為提供駕駛者相關之路況與道路相關訊息，但其對使用者之旅運行為反應，尤其是動態路徑之選擇確實影響，往往以一般性之跟從率 (Compliance Rate) 討論甚或忽略不談。承襲系列研究心得，本研究認為應從「影響人之認路行為因素」重新探討路網環境特性 (主動) 及行車資訊 (被動) 之意涵，並檢視以駕駛人認知之觀點針對行車資訊、駕駛人與路網環境三者之互動關係。換言之，即是以影響人的認路行為因素為研究基礎，並進一步以認知心理學之認知地圖 (cognitive map) 相關理論進行探討與分析。

本研究之主要內容與目的可歸納如下：

了解駕駛人如何描述其認知的路網。

1. 駕駛人如何描述其認知的路網。
2. 駕駛人是否會因資訊之提供而增進其認路能力 (或擴建其認知地圖)？
3. 從用路者之觀點，探討駕駛人之認知地圖如何與真實路網 mapping？
4. 比較設計者與用路者觀點下的路網分類有何不同？
5. 以用路者觀點，探討『在不同路網環境下，提供駕駛人資訊，其是否會遵循車內導引系統之指示而改變其路徑選擇行為』並構築對應之動態行為模式。

本研究擬以兩階段進行車內導航系統影響逐點動態路徑選擇行為的探討。第一階段包括封閉式問卷配合放聲思考法查以了解駕駛人 (受測者) 認知地圖之描

繪與路網特性因素分析，第二階段動態控制實驗結合放聲思考法觀察受測駕駛者在車內資訊系統模擬器下之資訊使用狀況。

最後本研究會以逐點變換模式(node-to-node switching)為基礎，並結合路網特性與用路人認路特性屬性變數之多項普羅比模式構建動態路徑選擇模式。

關鍵字：車內導航系統、認知地圖、控制實驗、放聲思考法、車內資訊系統模擬器

## Abstract

The in-vehicle navigation system provides significant interface between advanced travel information system (as subsystem of the Intelligent Transportation System) and the general auto drivers. Generally the navigation system provides road condition report, navigation and route guidance (recommendation) functions which may or may not alter the user's travelling (most significantly route choice) decisions. It is the author's belief that the interaction between the user's individual characteristics, provided information and the network configurations is the key to the success of such system's implementation. Previous related studies by the main author and his various research assistants have shown the importance of this issue related to user behavior.

In this research proposal a two-stage investigation will be performed. The first stage will be an altitude survey of selected auto-driving subjects followed by a series of statistical analysis to extract and identify the key factors affecting the individual's perception of the presence of the network configuration as well as the related way-finding characteristics. The network configuration was categorized by the cognitive map concept. The second stage will be a controlled experiment where the selected subjects will perform dynamic route choice driving experiment with a laboratory simulator. The simulator developed by the author and his research assistants can mimic the functions and displays of in-vehicle route guidance/navigation systems. Think-aloud approach will be implemented through both the first stage and the designed experiment process of the second stage to reveal how provided information is perceived and used to affect the dynamic route choice behavior. Finally, dynamic node-to-node route switching models will be constructed and calibrated in probit model structure.

Keywords: In-vehicle Route Guidance/Navigation, Cognitive Map, Controlled Experiment Think-aloud, Laboratory Simulator, Dynamic Route Choice

## 二、研究背景

自從第一套 turn-by-turn 路線導引系統於 1982 年歐洲提出後，車內導航指引系統(車內導引系統)在 80 年代便開始引起各界注意。尤其在 1989 年時，更是被多位地理資訊學家【1、2、3、4】廣泛性地探討並且提出車內導引系統應以人的認路模式為發展基礎之觀點。此外，其皆一致認為要減少駕駛者在資訊處理時的心智負荷以及使其不過度分心，則車內導引系統應依循此觀點設計，才能有效地將資訊提供給駕駛者。因此由此可知，這些地理資訊學家的論點乃是以行車安全為中心。

然而隨著資訊與機械技術的進步，許多研究亦隨之因應而生，開始對其所提供資訊的方式(如語音、文字、地圖、箭頭)、內容、功能、電子地圖等使用介面設計之相關課題進行研究，故車內導引系統也從第一代的地圖顯示系統發展至目前的第五代-即結合網際網路之路徑導引系統【5】。但以上課題大多偏重於硬體設備與人機介面的可操作性(如何種顯示方式才較容易為駕駛人擷取資訊以及何者才較能減輕其資訊處理的心智負擔)，且其多以運輸安全的角度對此議題進行探討，而並未深入地對「人是否真的需要車內導引系統」討論。換言之，發展車內導引系統的學者專家對於「在資訊提供下，人是否會遵循其指示，致使其改變路徑選擇行為」之課題則甚少有所著墨。

然此課題，卻也隨著智慧型運輸系統(ITS)快速地發展，逐漸引起運輸領域學者專家們高度重視，進而亦開始以不同方式、角度，研究交通資訊對駕駛人路徑選擇行為之影響，試圖以此為參考依據，提出可改善交通的策略。但在另一方面，則是有少數學者【6、7、8、9】認為，以往研究皆以駕駛人擁有相同資訊處理能力之假設來解釋其旅運行為，實屬不合理之描述。因此其認為應以「人是如何認路」的觀點，重新探討『資訊提供下，「人的空間能力」是否會影響其路徑選擇行為』。

綜上所述，吾人發現已有部分文獻支持本研究欲探討之課題，即皆以人的認路行為來探討車內導引系統與駕駛者的互動並且間接地指出，在車內導引系統發展過程中，認路行為的確扮演一個極重要的角色。但影響認路行為的因素不單只是上述研究所提到的空間能力，其實還有另一個重要因素，即物理環境(在此係指道路路網)，可是在上述研究中卻獨缺此方面的討論。此外，本研究發現大部分的研究多在探討駕駛者與車內導引系統兩者之間的互動關係，而極少有學者針對駕駛者、車內導引系統與道路路網三者間的交互作用進行研究；然而，吾人認為此議題對國內未來發展車內導引系統之相關產業具有相當程度的重要性。

故本研究認為應從「影響人之認路行為因素」重新對路網特性作一探討，亦即以駕駛人認知之觀點針對行車資訊、駕駛者與路網環境三者之互動進行研究，並藉此得知駕駛者在「何時」、「何地」，需要「何種」交通資訊，以供國內車內導引資訊系統設計者與相關產業(如電子地圖業者、衛星導航系統業者、車廠等)參考，進而發展出一套適於台灣的本土化車內導引資訊系統。

### 三、動態通勤行為決策架構

駕駛者決策行為包含認知、評估及反應與決策三部份，動態駕駛者決策行為架構可彙整如圖 1 所示。以逐點動態路徑選擇為例，駕駛者執行其選擇之方案後，該次之旅行績效則會納入決策經驗中，並加以學習，以作為後續決策之重要參考訊息；如此學習與預測週而復始的交互影響，可視為動態決策之概念。

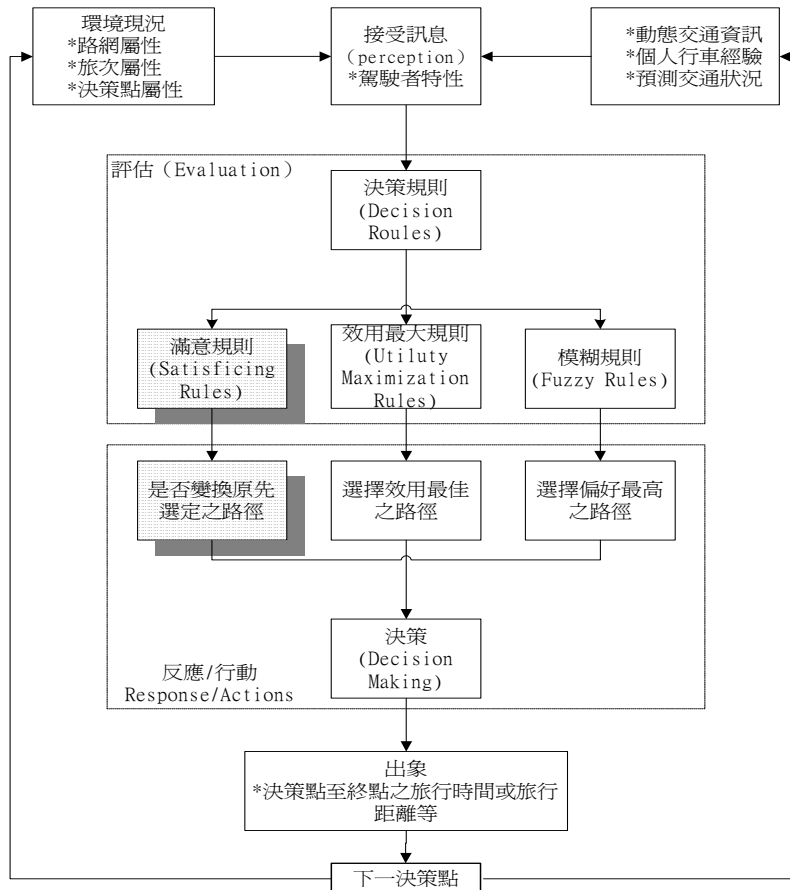


圖 1. 動態駕駛者決策行為架構圖

### 三、研究方法與流程

本研究採兩階段控制實驗法第一階段之認知地圖與第二階段之駕駛路徑決策模擬實驗，其中都市道路路網雖然主要係由路口(節點)與道路(節線)所組成，但對駕駛人而言，其中仍包含許多會影響其路徑選擇行為之變數，而這些變數可能來自於駕駛人本身(如個人習慣偏好、經驗、社經特性等)，亦有可能來自於路網環境(如街道配置、交通擁擠、交通管制等)。因此，本研究如何有效地從上述變數中取得具有解釋力的顯著變數(路網特性)進行，則端賴第一階段之認知地圖研究。受測者則於第二階段之駕駛路徑決策模擬實驗中於各決策點以放聲思考法說出決策之理由。故下表 1 即為本研究兩階段動態控制實驗之工作項目與內容，而對應之研究流程如圖 2 所示：

表 1. 研究方法

<p><b>第一階段--認知地圖研究分析</b></p> <p>●工作項目有：</p> <p>一、<b>空間能力量測</b> →空間能力自評問卷 →資料分析：群集分析</p> <p>二、<b>認知地圖調查</b> →研究方法探討 →設計認知地圖調查</p> <p>三、<b>因素分析</b></p>	<p><b>第二階段--動態控制實驗</b></p> <p>●工作項目有：</p> <p>一、<b>以實驗設計結合路網型態與交通情境</b></p> <p>二、<b>執行動態控制實驗</b> →準備實驗前之教學工作 →啓動「結合DYNASMART之車內資訊系統模擬器」 →引進「放聲思考法」</p>
---	---

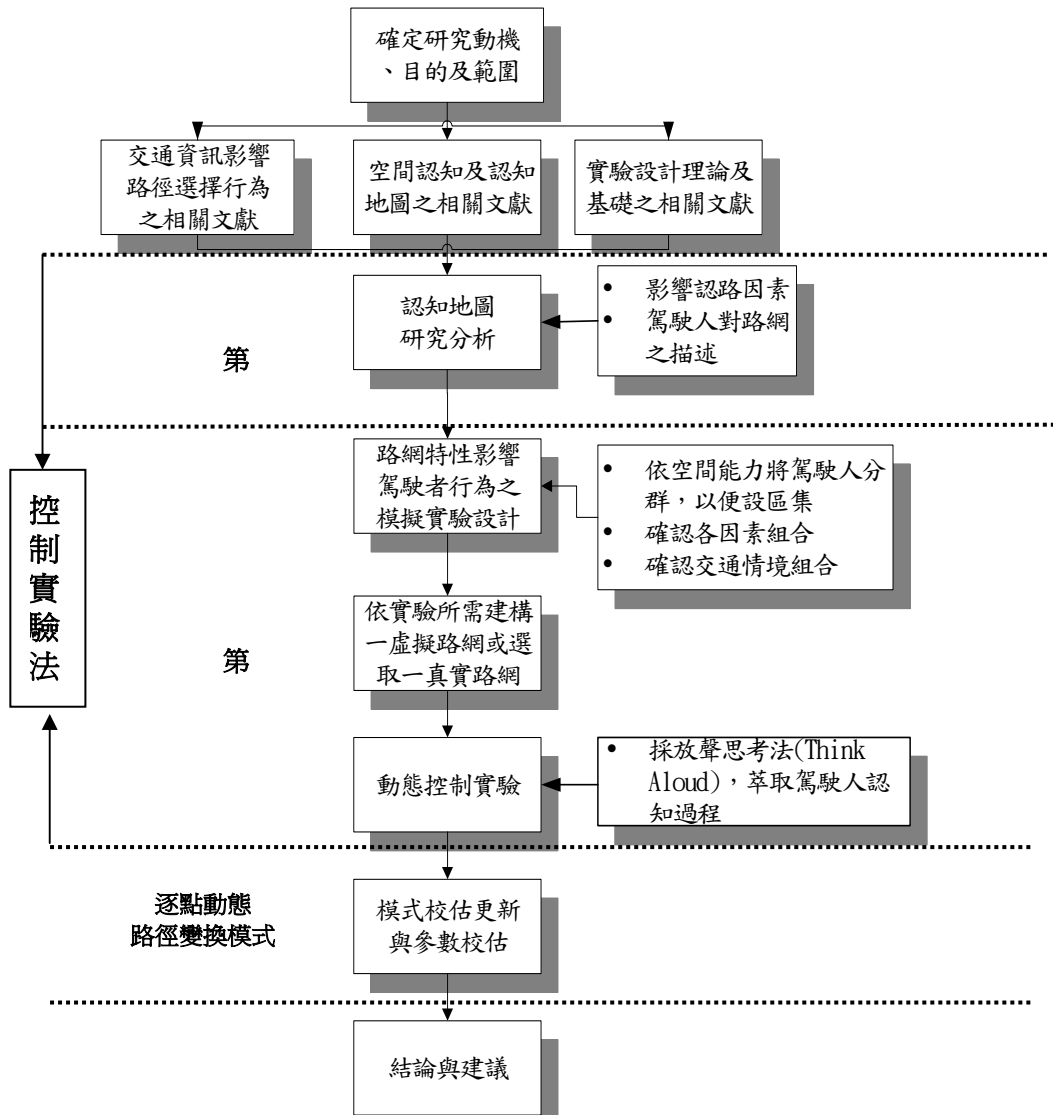


圖 2. 動態路徑決策研究流程圖

#### 四、認知地圖調查與分析

第一階段認知地圖調查問卷型式主要包含兩種，即分別是封閉式問卷與手繪簡圖(Sketch Map)。問卷結構及內容則是經由參酌、彙整相關文獻後，本研究依據研究目的重新設計成符合本研究需求之問卷，詳細內容如表 2 所示。

表1 問卷結構表

部分	大題	問項/受測者反應
一	駕駛者特性	(一)基本資料：性別、年齡、教育程度、實際開車經驗、收聽廣播習慣、使用資訊傾向、容易變換路線之傾向、經常尋找新的替代路線、目前是否有車內導航系統

		(二)駕駛者的空間能力自評	
二	認知地圖	(一) 畫一份簡單的地圖	
		(二) 對路線之熟悉度	
三	駕駛者如何認路	(一)認路策略的使用	【1】熟悉地區：  駕駛者在不同交通狀況下，其腦海中所浮現之圖像及使用的認路策略
			【2】不太熟與陌生地區：  駕駛者所採用的認路策略
		(二)地圖對駕駛者認路方式的影響	【1】使用地圖之習慣
			【2】認路過程
四	影響認路行為的路網特性		
五	參與第二階段動態實驗的意願		

資料來源：本研究整理

本研究應用第一階段調查資料所分析之相關探討議題結果，可彙整如下：

1. 以一標準量表之 15 個問項為駕駛者分群指標，並透過群集分析進一步將第一階段之樣本分為 2 群，分別命名為高空間能力(GSA)群與低空間能力(PSA)群。因此，本研究在進行第二階段動態控制實驗之前，將利用實驗設計把受試者設為區集(block)，以降低實驗所造成之誤差。
2. 經由單因子變異數分析與事後多重比較後，發現樣本在熟悉地區與陌生地區所採之認路策略有明顯差異，因此本研究在第二階段動態控制實驗時，將把熟悉度設為區集，以避免其與實驗產生交絡(confounded)而影響本實驗所可能獲得的結論。
3. 透過第一階段調查後，本研究將樣本於不同假設情境下所使用之認知地圖元素與於其腦海中所浮現之圖像彙整成表 3，詳細說明如后所述。

(1) 當樣本行駛在熟悉地區且交通狀況正常時，大部分皆表示其腦海中所



浮現之圖像會是一條習慣路徑或類似路徑式之圖像。

- (2) 不論是行駛於熟悉(除了單獨開車外)或陌生地區哪種假設情境下，樣本所採用之認知地圖元素大多相同。其中，最常被採用的認知地圖元素即是地標，其次為道路，最後則分別是節點與區域。

表 3 各種假設情境下之認知圖元素彙整表

		熟悉地區		陌生地區			
		單獨開車時	向他人描述時	未用地圖時		使用地圖時	
				途中	快到目的地	途中	快到目的地
認知圖元素	地標		√	√	√	√	√
	道路	√	√	√ (主要大路)	√ (先找大路再找小路)	√ (主要大路)	√ (先找大路再找小路)
	節點		√			√ (主要大路口)	
	區域			√	√		√
	邊界						
圖像	一條習慣路徑	路徑式簡圖	--				

4. 本研究利用因素分析將可能會影響樣本認路行為之路網特性縮減為 6 個共同因素，分別為綜合、定位、密集性、地標、道路結構與方向限制等具有代表性之共同因素，後續將以上述因素作為選擇實驗路網之基礎。

### 五、動態控制實驗與放聲思考法

本研究主要係以第二階段動態控制實驗蒐集構建逐點動態決策行為模式所需之資料；其中，蒐集資料方式有二，其一即以模擬器記錄樣本逐點決策結果，二則以放聲思考法了解樣本使用資訊內涵，期以此方式可進一步萃取影響其決策行為之路網特性。以下將針對第二階段動態控制實驗分為三階段進行說明，詳細內容如后所述。

#### (一) 初始階段

本研究先利用導引資訊系統模擬器之展示畫面，進行一趟旅次之全程模擬並同時進行教學，之後再讓受試者實際操作一次，以使其可更加熟悉導引資訊系統以及其所提供之各項資訊。此外，為使受試者熟悉放聲思考法之方式，本研究將於模擬器練習後，立即進行口述練習，期能藉此在實驗時獲得較完整之資料。

在實驗前，受試者必須先從兩種不同類型路網中選出其熟悉與不熟悉等兩個實驗地區，並決定實驗時所要行駛之路徑；爾後，再進一步要求受試者說明其選擇預定行駛路徑之原因。最後，依序將起點、迄點、預定行駛路徑以及出發時間輸入系統，才能開始進行實驗。

## (二) 實驗階段

初始階段結束後，即開始進行逐點動態路徑決策資料之蒐集；當實驗開始進行時，受試者除了必須依據模擬提供之資訊逐點作決策外，其亦必須同時依據本研究提問之問題大聲說出為何作此決策。此外為能將受試者口述資料完整記錄下來，本研究採錄音方式作記錄。以下即為本研究於實驗進行中對受試者所提問之問題，說明如下所示：

1. 請您預估此趟旅次所需要之旅行時間。
2. 請問您為何作此決策並說明選擇轉向或留在原路徑之原因？
3. 請問您覺得何時是剛出發不久、路線中段以及快到目的地？

## (三) 實驗結束

為避免受試者在實驗過程中未能完全將其作決策之原因即時說出，因此本研究將於實驗後要求其分別於三個不同區位(即剛出發不久、路線中段以及快到目的地)回想其在實驗中究竟使用哪些資訊以及說明使用的原因，以利於事後之分析。

### 1. 行前路徑規劃

經由編輯與不斷分割，本研究最後從原案中分割出三種情節，並且可依情節再作進一步歸類，故以下將以表 4 針對情節與分類作彙整並列舉幾個範例說明之。

表 4 行前路徑規劃分析清單

情節	分類	範例			
		GSA 群		PSA 群	
		熟悉	陌生	熟悉	陌生
道路	道路層級	H1: 因為台北車站附近有單行道, 要繞過去不能直接從台北穿越過去, 所以要走中華路, 因為路比較大條。 H5: 比較大條、比較好走。	H4: 找大路口、走直的路減少轉彎, 可以的話我會一直走在同一條路。 H7: 因為是大路、主要道路, 若是走錯可以到下個路口迴轉; 而且若是走次要道路, 很怕會到禁止左轉的問題, 會變得比較複雜。	L1: 都是大路、我不會走小路。  L2: 因為大智街比小條, 水碓街比較大  L7: 因為路比較大條。	L2: 因為忠孝東路比較大條。 L5: 選大的路。
	幾何形狀	H5: 比較順、就是直路這樣下來。	H5: 因為我喜歡走直的、走大路, 因為我知道基隆路是大路加上地圖上看起那條路是直的。 H8: 直路比較好走。	L3: 因為筆直、沒有太多轉彎, 比較好記。	L6: 因為我通常會選直的路, 我不喜歡彎彎曲曲的, 這樣比較不會有太多太複雜的選擇。
路口	數目	H4: 因為比較直接, 中間比較不需要經過太多路口。	H3: 不會轉很多路口、沒有很多決策點	R: 你的意思是指路口比較少、一直走在同一條路上, 是嗎?  L8: 對...對。	L3: 因為轉彎的路口比較少。
其他具體目標物	--	H2: 因為活動範圍都在這條路附近, 所以我要出來比較順; 因為走基隆路我要找地方繞過來, 而且基隆路與羅斯福路交叉口有個圓環, 我還要等兩段, 我不喜歡。 H4: 就是不會遇到交叉路口跟長的很像的建築。	--	L5: 因為仁愛路是單行道、比較快, 比較壅塞的情況是會比較快; 而市民大道也是很快但是他有一段路, 就是他有一段路, 就是微風廣場那會壅塞, 所以我會習慣走直線的。	--

資料來源：本研究整理

透過上述原案資料分析之結果, 本研究將進一步統計不同分群受試者行駛於不同地區時, 其在敘述選擇路徑原因出現之分類次數, 期能藉此了解受試者選擇路徑之主要準則。表 5 即為各種情境下之分類次數統計表, 表中結果顯示不論

GSA 群抑或是 PSA 群，其在不同熟悉度地區所採用規劃行前路徑之準則，多數皆集中在大路、直路以及路口數少之分類。

表 5 各種情境下之分類次數統計表(單位：%)

樣本組別 地區	GSA 群		PSA 群	
	熟悉	陌生	熟悉	陌生
大路	33	25	31	44
直路	27	50	31	22
路口數	13	17	23	33
距離	7	8	0	0
單行道	7	0	8	0
圓環	7	0	8	0
特殊性建築	7	0	0	0

資料來源：本研究整理

## 2. 途中提供資訊下之路徑決策行為

針對不同群以及不同地區等四種情境之口語資料進行歸類步驟，以利於可進一步作深入地分析。本研究將以表 6 針對各情境歸類後之變數作一彙整，以作為後續構建逐點動態路徑變換模式之基礎。表中分析結果顯示，透過放聲思考法所獲得之口語資料皆成功地反應出本系列研究以往所考量之近視屬性與遠視屬性等變數，此亦即驗證了本系列研究之路徑決策無異帶所包含之決策點屬性與交通資訊屬性(即近視屬性與遠視屬性)的確可有效地反應出駕駛者在逐點作決策之路徑變換行為。此外，不論是何群樣本行駛於熟悉地區時，區位亦皆被駕駛者所反應。此結果恰與模擬實驗之分析結果相呼應，即當樣本行駛在陌生地區時，其途中路徑決策行為可能不受決策點區位所影響。

表 6 各種情境之比對

	GSA 群	PSA 群
--	-------	-------

變數類別	變數	熟悉	陌生	熟悉	陌生
決策點屬性	區位	◎		◎	
近視屬性	目前行駛路徑	◎	◎	◎	◎
	建議路徑下一路段交通狀況	◎	◎	◎	◎
遠視屬性	剩餘旅行時間	◎	◎	◎	◎
	偏好一致性	◎	◎	◎	◎

資料來源：本研究整理

表 7 至表 10 即為各種情境下使用資訊時所反應出來之決策結果，詳細內容如表中說明所示。

表 7 GSA 群熟悉地區分析清單

情節	資訊分類	資訊內涵	範例
決策點屬性	區位	接近起迄點	H4：因為已經快 <u>到目的地</u> 了，所以我不會再去轉。 H4：我還會去注意我的習慣路徑，因為我走在習慣路徑上，但建議路徑我就 <u>不會去注意</u> 了，因為快到了，我就 <u>不會去變</u> 。
近視屬性	目前行駛路徑	目前所行走路徑	H4：我還會去注意我的習慣路徑，因為我走在習慣路徑上，但建議路徑我就 <u>不會去注意</u> 了，因為快到了，我就 <u>不會去變</u> 。 H7：剛出發不久與路線中段我會去注意建議路徑，快到目的地就 <u>不會</u> 了，因為我會走自己的習慣路徑。
	下一路段壅塞狀況	建議路徑下一路段壅塞狀況	H3：就剛剛民生西路到承德路二段，他建議走南京西路回來。其中，民生西路與南京西路，就交通狀況來說他們都是比較擁擠的，所以與其這樣還不如直走。 H3：所以在這種情況下，必須這 3 條路段要比原來中山北路的路況好很多，這樣我去轉移才有意義。 H7：如果我快到下一個紅綠燈之前，發現車流量很大，我

			可能就會改走洲美街。
遠視 屬性	剩餘旅行 時間差值	建議路徑與習慣路 徑之剩餘旅行時間 差	<p>H1：對，那我跟著建議路徑走。因為這樣走，建議路徑所剩餘旅行時間與距離比較短。</p> <p>H1：因為剛剛他提供的建議路徑所剩餘旅行時間與距離比較短。</p> <p>H4：就是建議路徑的剩餘旅行時間，但若是像這時間沒有差很多，我就會走習慣路徑。</p> <p>H4：因為這個沒有差很多，像剛剛就差了快一半的時間，一個是 10 分鐘另一個則是 19 分鐘。</p> <p>H4：奇怪了！建議路徑的時間比我的習慣路徑時間還長，我當然不會轉囉！繼續直走習慣路徑。</p> <p>H5：若是他時間比較短，我會選擇建議路徑。</p> <p>H5：因為基河路這樣繞過去的旅行時間少了一半，旅行距離比較短。</p> <p>H8：差 40 秒，那我要左轉習慣路徑，因為下個路口是圓環，不好轉向，所以要先在這裡轉，但是進來這裡有個缺點就是紅綠燈多可是不塞車，所以還好。</p>
	偏好一致 性	建議路徑與習慣路 徑重合	<p>H5：現在建議有跟習慣路徑重疊嗎？</p> <p>H7：直走習慣路徑(建議路徑與習慣路徑是重疊的)。</p> <p>H8：那就繼續走習慣路徑(建議路徑與習慣路徑是重疊的)。</p>

表 8 GSA 群不熟悉地區分析清單

情節	資訊分類	資訊內涵	範例
近視 屬性	目前行駛路徑	目前所行走路徑	<p>H3：因為不熟，所以會去注意，但快到目的地時就不去注意習慣路徑了，因為已經變換至建議路徑，所以只會注意下一個要走的路段。</p> <p>H7：剛出發與快到目的地會注意建議路徑的，路線中段則是會注意習慣路徑。因為那時候走在習慣路徑上。</p>
	下一建議路段 壅塞狀況	下一路段壅塞狀 況	<p>H7：剛出發的時候有，因為一開始我會去考慮要不要走建議路徑，會注意他的交通狀況，後來改走習慣路徑後就沒有再去注意了。因為不想走建議路徑。</p> <p>H8：因為建議路段塞車(1 個紅的加 1 個藍的)。</p>

遠視 屬性	剩餘旅行時間 差值	建議路徑與習慣 路徑之剩餘旅行 時間差	<p>H1：因為他建議的比我的習慣路徑還要長，然後現在又改了。</p> <p>H3：因為建議路徑與習慣路徑差滿多的。</p> <p>H4：直走，因為他沒什麼改變(指的是兩路徑的剩餘旅行時間)。</p> <p>H4：我會選擇轉彎的話，是除非他有另外給建議路徑而且兩條路徑的時間差很多，我才會選擇改變。像現在是兩條路徑重疊，我就會繼續選擇習慣路徑走。</p> <p>H4：他建議右轉且目的地在那邊，兩個剩餘旅行時間相差 1/5，差了還不少。</p> <p>H4：因為他的時間比較短，而且他給建議路徑不需要去繞路。</p> <p>H5：那是因為這次剛好習慣與建議路徑重疊，若是今天建議路徑是給另一條而且時間比較短，我就會遵循他給的資訊不是，在熟悉地區也會，主要是時間真的差很多的話，我就會選擇走他的建議路徑。</p> <p>H6：因為他剩餘旅行時間跟距離比較短。</p>
	偏好一致性	建議路徑與習慣 路徑重合	H5：那是因為這次剛好習慣與建議路徑重疊，若是今天建議路徑是給另一條而且時間比較短，我就會遵循他給的資訊。

資料來源：本研究整理

表 9 PSA 群熟悉地區分析清單

情節	資訊分類	資訊內涵	範例
近視 屬性	區位	接近起迄點	<p>L4：因為剛出發我不會亂走，我會一直直路走到底，走到需要作決策的路口再做決策。</p> <p>L6：因為<u>快到目的地</u>了，所以不變(即指留在習慣路徑)；而且走這邊不用轉彎。</p> <p>L7：剛出發不久到路線中段都會考慮變換路徑，因為覺得沒差，而<u>快到目的地</u>就不會換了。</p>
	目前行駛路徑	目前所行走路徑	L3：剛出發會注意習慣路徑與建議路徑，後來路線中段因為走在習慣路徑上，我就只有注意習慣路徑，快到目的時也是一樣。

	下一建議路段 壅塞狀況	下一路段壅塞狀況	L5：對，下一個建議路段還是綠色的(即指交通順暢)嗎？我不聽系統的，我要走習慣路徑。 L5：猶豫一下…濟南路可以，他是在台大醫院那裡。因為那邊幾乎都是綠的嘛！ L5：現在我要右轉，因為遇到紅的(壅塞路段)。 L7：直走建議路徑，因為承德路比較大條，不過等一下我會走回來，因為 <u>民族西路會塞</u> 。
遠視 屬性	剩餘旅行時間 差值	建議路徑與習慣 路徑之剩餘旅行 時間差	L3：因為建議路徑要花比較長的時間。 L4：如果建議路徑會比較快，我當然會跟著他走，所以左轉建議路徑。 L5：我接受走建議路徑，因為他時間比較短而且我知道那一段路還可以走。 L5：我還是照著建議路徑走，時間比較短。 L6：剛剛差2分鐘，還OK啦！我還是走原來的路徑。
	偏好一致性	建議路徑與習慣 路徑重合	L3：就是2條路徑疊在一起囉！ L6：走習慣路徑(現在建議路徑與習慣路徑重疊)。

表 10 PSA 群不熟悉地區分析清單

情節	資訊分類	資訊內涵	範例
近視 屬性	目前行駛路徑	目前所行走路徑	L2：剛出發會注意行前路徑，之後因為不是走在行前路徑上，就不會再注意了。
	下一建議路段 壅塞狀況	下一路段壅塞狀況	L5：恩，因為建議路徑的交通狀況都是綠的、順暢的，沒有什麼不同。 L6：這邊(指習慣路徑)是紅色(即交通壅塞)嘛！直走建議路徑好了。
遠視 屬性	剩餘旅行時間 差值	建議路徑與習慣路徑之剩 餘旅行時間差	L1：會，因為習慣路徑會走比較長。
	偏好一致性	建議路徑與習慣路徑重合	L2：現在再直走習慣路徑(現在習慣路徑與建議路徑是同一條)。

## 六、動態路徑變換模式

本研究構建之變換行為模式架構可由 6.1 式表示，若目前行駛路徑之延滯時間大於其所能容忍的無異帶，則駕駛者便會進行路徑的變換。

$$P(\text{switch}) = P(|TTS_{ij}| > |IBR_{ij}|) \quad [6.1]$$

$IBR_{ij}$ ：駕駛者無異帶



TTS<sub>ij</sub> : 基準路徑之延滯時間

I : 某駕駛者 i 集合

J : 決策點集合

駕駛者無異帶會受到駕駛者屬性、路網屬性、交通資訊屬性及各決策點屬性之影響，因此本研究根據可能影響無異帶的因素，將無異帶函數定義如 6.2 式：

$$IBR_{ij} = f(W_i, X_i, Y_{ij}, Z_{ij}, \theta_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad [6.2]$$

$f()$  : 無異帶函數

$W_i$  : 駕駛者屬性

$X_i$  : 路網屬性

$Y_{ij}$  : 交通資訊屬性 (或包含前一決策點之累積交通資訊,  $Y^*$ )

$Z_{ij}$  : 決策點屬性 (或包含前一決策點累積經驗,  $Z^*$ )

$\theta_{ij}$  : 參數向量

$\varepsilon_{ij}$  : 殘差項

納入無異帶模式之變數包含，駕駛者屬性、路網屬性、決策點屬性、累積經驗、近視交通屬性與遠視交通屬性等六類變數。無異帶內各變數符號定義如表 11 所示。

駕駛者屬性包含了駕駛年資、尋找新的替代道路傾向以及駕駛者於不同熟悉度地區採用之空間知識等變數。本研究前節之分析結果亦顯示出駕駛者所採用之空間知識(或認路策略)會因對地區之熟悉度而有所不同，故在此將其納入本研究之路徑決策無異帶中。

路網屬性包含了兩種不同類型之路網，此兩種路網乃是依據六個路網因素將本研究所採用之真實路網劃分而成的，第一種路網即指台北市區路網；而第二種

路網即指台北市區外圍路網(如三重、南港、淡水、北投與士林等)。此類變數之目的在於反應駕駛者之路徑變換行為是否會因不同型態之路網而有所影響。

決策點屬性乃指駕駛者目前所面臨決策點所在之區位；前節中顯示，駕駛者於接近起迄點之區位，相對於接近中點之區位的行為傾向略有不同；在此則進一步透過模式之參數校估進行驗證，並可由此得知其所造成之影響程度大小。

累積經驗包括累積路徑變換次數與累積資訊不一致，此兩項變數目的在於反應駕駛者所經歷過的經驗，對路徑變換行為所造成之影響；亦可反應駕駛者是否重視車內導引資訊系統建議路徑之不一致性。

近視屬性包括駕駛者目前所在路徑、建議路徑下一路段交通狀況、已旅行時間比例、資訊可靠度與資訊不一致。近視屬性目的在於反應駕駛者目前面臨的狀況，或駕駛者剛經歷過的狀況對其路徑變換行為的影響。此外目前所在路徑則可反應出，當駕駛者位於不同的路徑，其對路徑變換原始無異帶的調整量之差異。

遠視屬性包括剩餘旅行時間差值與偏好一致性，此類變數目的在反應目前決策點至終點的各项平均狀況，對駕駛者路徑變換行為之影響。剩餘旅行時間差值可反應，導引資訊系統所顯示之各路徑剩餘旅行時間是否對駕駛者之路徑變換行為造成影響。偏好一致性則在於瞭解當系統建議路徑與駕駛者習慣路徑重合程度越高時，對駕駛者路徑變換行為會造成何影響。

表 11 駕駛者之路徑決策無異帶

路徑決策無異帶	
$IBR_{ij} = a_1$ $+ a_2 * DIE_i + a_3 * NR_i + a_4 * PK_i + a_5 * SK_i$ $+ a_6 * NONE_i + a_7 * TWO_i$ $+ a_8 * LOC_{ij}$ $+ a_9 * CSW_{ij} + a_{10} * CCON_{ij}$	初始值 駕駛者屬 路網屬性 決策點屬 累積經驗

	近視交
	通特性
	遠視交
	通特性
	誤差項

資料來源：本研究整理

最佳路徑變換模式之參數校估結果，彙整其正負傾向於表 12，並說明如下。

## 1. 參數之意涵

### (1) GSA 群樣本

#### a. 熟悉地區

經概似比指標評估後以「動態路徑基準模式」較佳。其中，模式中變數之參數符號僅有找新路傾向、目前是否在其他路徑等呈現負號，其餘變數皆為正號(除了剩餘旅行時間差值為不顯著外)。因此，由此參數符號可知，此模式中會使駕駛者之路徑無異帶變窄，因而離開其目前行駛路徑之變數，即為具有強烈找新路傾向與目前在其他路徑。

#### b. 陌生地區

經概似比指標評估後以「行前路徑基準模式」較佳。模式中變數之參數符號有五個變數呈現負號，即分別為找新路傾向、累積路徑變換次數、目前是否在建議路徑、目前是否在其他路徑以及已旅行時間比例，而剩下其他變數則皆為正號。由上述之參數符號可知，此模式中會使駕駛者之路徑無異帶變窄，因而離開其於行前規劃好之路徑的變數，包含了具有強烈找新路傾向、累積路徑變換次數增加、目前在建議路徑、目前在其他路徑與已旅行時間比例增加等變數。

## (2) PSA 群樣本

### a. 熟悉地區

經概似比指標評估後以「習慣路徑基準模式」較佳。模式中有七個變數之參數符號呈現負號，分別為找新路傾向、第一種路網、區位、累積路徑變換次數、目前是否在建議路徑、目前是否在其他路徑與已旅行時間比例等，其餘變數皆為正號(除了第二種路網為不顯著外)。由上述之參數符號可知，此模式中會使駕駛者之路徑無異帶變窄，因而離開其經常行駛之習慣路徑的變數，包含了具有強烈找新路傾向、行駛在第一種路網、區位接近起迄點、累積路徑變換次數增加、目前在建議路徑、目前在其他路徑與已旅行時間比例增加等變數。

### b. 陌生地區

經概似比指標評估後可知以「動態路徑基準模式」較佳。其中，模式中有三個變數之參數符號呈現負號，即分別為第一種路網、累積路徑變換次數與已旅行時間比例，其餘變數(除了累積資訊不一致為不顯著外)則皆為正號。由此模式中會使駕駛者之路徑無異帶變窄，因而離開其目前行駛路徑之變數，包含了行駛在第一種路網、累積路徑變換次數增加與已旅行時間比例增加等變數。

## 2. 各模式之異同

### (1) 相同處

模式在某些變數上之參數符號皆為一致且呈正號。此即表示駕駛者之路徑變換無異帶會變寬，故駕駛者會較傾向於繼續留在其基準路徑。而這些變數即如下列所示：

- a. 駕駛者屬性：包括駕駛年資越高、駕駛者擁有的程序性知識與概觀性知識越多等變數。

- b. 路網屬性：即行駛在第二種路網(僅在 PSA 群樣本熟悉地區時不顯著)。
- c. 近視屬性：包括目前在習慣路徑、建議路徑下一路段交通狀況越嚴重、資訊可靠度越低、資訊越不一致等變數。
- d. 遠視屬性：包括剩餘旅行時間差值越大(僅在 GSA 群樣本熟悉地區時不顯著)以及偏好一致性越高(即指建議路徑與習慣路徑之重合度越高)等變數。

## (2) 相異處

以下就分別針對模式中具有不同參數符號之處及所代表意義作一簡單說明。

### a. 駕駛者屬性：

在“尋找新的替代道路傾向”變數方面，若此值越高，則代表駕駛者越具有高尋找新替代道路的特質。GSA 樣本不論在何種地區與 PSA 樣本熟悉地區在此項變數之參數符號皆呈現負號，此即代表當駕駛者尋找新替代道路的傾向越強，其延滯時間容忍度亦會隨之降低，因而使其較傾向於變換路徑。但 PSA 樣本陌生地區在動態路徑基準下，此項變數之參數符號呈現正號，即表示此群樣本較傾向於不變換其目前所行駛之路徑，原因可能是因為此群樣本的空間能力較低且行駛在一完全陌生地區，致使其更害怕迷路，因此大部分多會表示在行進過程中，雖有高尋找替代路徑傾向之數值也不敢輕易變換路徑，故多選擇繼續留目前所行駛之路徑上。

### b. 路網屬性：

路網屬性依路網型態區分為兩種，即“第一種路網”係指具有路網較密集、路口數多以及方向限制等特性之路網；而“第二種路網”則反之。然因從表 12 中結果顯示，四個模式於“第一種路網”變數之參數符號呈現不一致之現象，故在此將對其作進一步說明。GSA 群樣本不論何種地區在此項變數之參數符號皆為正號，而 PSA 群樣本則皆為負號，此即代表 GSA 群樣本之路徑無異帶會變寬，亦即較傾向於不變換路徑；反之，PSA 群樣本則相對地較傾向於變換路徑。此可解釋 GSA 群樣本會因自己本身空間能力較佳而較相

信自己所作之決策，故當其行駛在熟悉地區之動態路徑基準與行駛在陌生地區之行前路徑基準時，其較會傾向於繼續留在基準路徑。而 PSA 樣本則可能是因為空間能力較差再加上常遇到路口及方向限制所影響，因而使得其作決策時之心智負荷會隨之增加，故不論在熟悉或陌生地區下，皆較容易傾向於聽從車內導航系統之指示而選擇離開其基準路徑。

c. 決策點屬性：

GSA 群樣本不論何種地區與 PSA 群樣本陌生地區皆為正號，此即表示當駕駛者位於接近起迄點之區位時，其變換路徑之無異帶會變寬，亦即不論當 GSA 群樣本在熟悉地區之動態路徑基準或行駛在陌生地區之行前路徑基準以及當 PSA 群樣本行駛在陌生地區之動態路徑基準時，其多會較傾向於繼續留在其基準路徑。至於 PSA 群樣本則反而是在行駛於熟悉地區且越接近起迄點時，越會傾向於離開其經常行駛之習慣路徑。

d. 累積經驗：

在“累積路徑變換次數”變數方面，GSA 群樣本不論何種地區在此項變數之參數符號皆為正號，而 PSA 群樣本則皆為負號，此即代表當 GSA 群樣本累積路徑變換次數越多時，會使其路徑無異帶隨之變寬。此可解釋為不論當此群樣本在熟悉地區之動態路徑基準或行駛在陌生地區之行前路徑基準，其會因累積路徑變換次數越多而較傾向於繼續留在基準路徑；反之，當 PSA 群樣本行駛在熟悉地區時及行駛在陌生地區時，其則反而較傾向於選擇離開基準路徑。

在“累積資訊不一致”變數方面，不論何群樣本在熟悉地區之參數符號皆為正號，此即表示當建議路徑“累積資訊不一致”次數越高時，駕駛者變換路徑之無異帶會變寬，即因駕駛者對行駛地區已熟悉，所以當駕駛者感受到車內導引資訊系統之資訊變動度越高時，其愈會覺得資訊不可靠，而更傾向於繼續留在目前行駛路徑。而 GSA 群樣本行駛在陌生地區時，此變數之參數符號為負號，即表示駕駛者變換行前路徑之無異帶會變窄，此可能是因為此群樣本行駛在一完全不熟悉地區時，心中會有不確定性產生，因此在此種情境下，會較傾向遵循系統之指示而離開其行前規劃好之路徑。此

外，PSA 群樣本陌生地區在此變數之參數校估結果並不顯著。

e. 近視屬性

在“已旅行時間比例”變數方面，PSA 群樣本不論何種地區與 GSA 群樣本陌生地區皆為負號，此即表示當已旅行時間比例越大時，其變換路徑之無異帶會變窄。亦即當 PSA 群樣本行駛在熟悉地區之習慣基準與陌生地區之動態基準以及當 GSA 群樣本行駛在陌生地區之行前基準時，其會越傾向於選擇離開其基準路徑。至於 GSA 群樣本行駛在熟悉地區之動態路徑基準時，則是反而當已旅行時間比例越大時，越會使駕駛者傾向於繼續留在目前行駛路徑。

表 12 不同情境下最佳模式之符號彙整表

情境		項目名稱	GSA群樣本		PSA群樣本	
			熟悉地區	陌生地區	熟悉地區	陌生地區
變數類別	變數名稱		動態基準	行前基準	習慣基準	動態基準
[ $a_1$ ]常數項			+	+	+	+
駕駛者屬性	[ $a_2$ ]駕駛年資		+	+	+	+
	[ $a_3$ ]找新路傾向		-	-	-	+
	[ $a_4$ ]程序性知識		+	+	+	+
	[ $a_5$ ]概觀性知識		+	+	+	+
路網屬性	[ $a_6$ ]第一種路網		+	+	-	-
	[ $a_7$ ]第二種路網		+	+	不顯著	+
決策點屬性	[ $a_8$ ]區位		+	+	-	+
累積經驗	[ $a_9$ ]累積路徑變換次數		+	+	-	-
	[ $a_{10}$ ]累積資訊不一致		+	-	+	不顯著
近視屬性	[ $a_{11}$ ]目前是否在習慣路徑		+	+	+	+
	[ $a_{12}$ ]目前是否在建議路徑		+	-	-	+
	[ $a_{13}$ ]目前是否在其他路徑		-	-	-	+
	[ $a_{14}$ ]建議路徑下一路段交通狀況		+	+	+	+
	[ $a_{15}$ ]已旅行時間比例		+	-	-	-
	[ $a_{16}$ ]資訊可靠度		+	+	+	+
遠視屬性	[ $a_{17}$ ]資訊不一致		+	+	+	+
	[ $a_{18}$ ]剩餘旅行時間差值		不顯著	+	+	+
	[ $a_{19}$ ]偏好一致性		+	+	+	+

### 3. 各模式之整體意涵

此部份將以不同情境下模式校估後所得之最佳模式與放聲思考法所獲得之口語資料作一比對，期能藉此更加深入地了解每個模式所代表之意涵。表 13 即為不同情境下最佳模式與放聲思考法口語資料比對彙整表。



## (1) GSA 群樣本

### a. 熟悉地區：

由於此群樣本擁有較高之空間能力且對其行駛地區有一定的熟悉度，因此每當系統逐點提供資訊時，其會立即去評估要不要繼續留在其目前所行駛之路徑，故此群樣本之途中路徑決策行為以「動態路徑基準模式」來描述會較具解釋力。

### b. 陌生地區：

當此群樣本行駛於一陌生地區時，其會較傾向行駛在自己行前規劃之路徑，反而較不會去遵循系統所提供之建議路徑，而且大多數樣本在進行放聲思考法時也都表示其較相信自己的經驗，故此群樣本之途中路徑決策行為以「行前路徑基準模式」來描述會較具解釋力。

## (2) PSA 群樣本

### a. 熟悉地區：

空間能力較低之樣本行駛在熟悉地區時，其仍然較傾向於繼續留在經常行駛之習慣路徑，此可能是因為其認為自己無法立即對系統提供之資訊作出判斷，因此不敢輕易離開其所熟悉的路徑；亦即選擇導引系統之指示為輔助性參考，故此群樣本之途中路徑決策行為以「習慣路徑基準模式」來描述會較具解釋力。

### b. 陌生地區：

在執行放聲思考法時，此群樣本大多表示其害怕迷路，因此當其行駛在陌生地區時，其心中之不確定性會隨之提高，進而致使此樣本會逐點地注意目前所在路徑與系統所提供之資訊並作比較，故此群樣本之途中路徑決策行為以「動態路徑基準模式」來描述會較具解釋力。

表 13 不同情境下最佳模式與放聲思考法口語資料比對彙整表

駕駛者	GSA群樣本		PSA群樣本	
地區	熟悉地區	陌生地區	熟悉地區	陌生地區
最佳模式	動態基準模式	行前基準模式	習慣基準模式	動態基準模式
放聲思考 法範例	<p>H2：但是在這邊我就不會走他的建議路徑。(R：為什麼?)</p> <p>H2：因為這邊很複雜，這邊有凱悅、又有下去的地下道，反正這邊的路況最複雜了，他有往下直接到忠孝東路然後到仁愛路、到市政府，然後右轉到凱悅那邊我覺得路況很複雜所以我不會走這一條路。(R：習慣路徑與建議路徑呢?)</p> <p>H3：會一直注意，因為會一直比較。</p> <p>H4：對，我會去注意目前位置，然後會知道怎麼走，如果系統有提供建議路徑給我，我會在去注意目前位置跟建議路徑下一路口之間的關係。</p>	<p>H1：直走行前路徑。 (R：你不考慮走建議路徑嗎?)</p> <p>H1：因為我覺得他騙人、不可靠，這樣走不可能。 (之後，H1一直走在行前路徑上)</p> <p>H4：我會選擇轉彎的話，是除非他有另外給建議路徑而且兩條路徑的時間差很多，我才會選擇改變。像現在是兩條路徑重疊，我就會繼續選擇行前路徑走。</p>	<p>L1：假如前方路段車很多，紅綠燈等很久我就會試試看走建議路徑，不然基本上都是以習慣路徑為主。</p> <p>L4：因為我想一有機會就要回到習慣路徑上，建議路徑只是替代的。</p> <p>L5：會以習慣路徑為主，建議路徑當參考，若是我走過一次(建議路徑)發現他比較快，我以後都會走那一條。</p>	<p>L1：我會注意目前行駛的路徑。</p> <p>L2：剛出發會注意行前路徑，之後因為不是走在行前路徑上，就不會再注意了。</p> <p>L3：因為不熟，所以都會去注意行前路徑與建議路徑。</p> <p>L4：會一直注意行前路徑與建議路徑。</p> <p>L8：因為在不熟悉地區，所以會去注意系統所提供的資訊。</p>

## 七、結論

### 1. 第一階段認知地圖所獲得之結果

- (1) 經由單因子變異數分析與事後多重比較後，發現樣本在熟悉地區與陌生地區所採之空間知識(認路策略)具有明顯差異。本研究認為未來 ATIS 提供資訊時，應考慮駕駛者於不同地區所擁有之空間知識，如此一來才能更進一步地提供更客製化且更符合個人需求的交通資訊。
- (2) 透過第一階段調查後，本研究發現樣本行駛於熟悉與陌生地區且交通狀況正常時，其所採用之認知圖元素大多相同。其中，最常被採用的認知圖元素即是地標(除了熟悉地區單獨開車之情境外)，其次即為道路，最後則分別是節點與區域。
- (3) 不論樣本有無使用地圖，其於行駛途中與快到目的地時用以比對車外真實世界之目標物，在道路元素上之反應並不相同。即樣本於途中時用以比對之目標物主要係以大路為主；而快到目的地時則是會進一步地去找小路。因此，本研究建議未來車內導引資訊系統提供導航資訊時，應依所在區位之不同來提供資訊。
- (4) 根據第一階段調查結果可知，當駕駛者行駛於熟悉地區時，其腦海中所浮現之圖像會因不同交通狀況而有所差異。

### 2. 第二階段動態實驗所獲得之結果

- (1) 透過統計分析後，模擬實驗結果顯示不論是何種樣本或何種地區，其所在的決策點區位(陌生地區除外)、目前行駛路徑及路網型態多與其路徑變換行為有關。
- (2) 經由放聲思考法發現，不論駕駛者之空間能力高或低，抑或是其行駛於不同熟悉度之地區，其用以行前規劃路徑之準則，主要係以主要道路、幾何形狀為直線以及轉彎路口數少等為選擇行駛路徑之準則。

- (3) 透過放聲思考法所獲得之口語資料可成功地反應出本系列研究以往所考量之近視屬性與遠視屬性等變數，此亦即驗證了系列研究之路徑決策無異帶所包含之決策點屬性與交通資訊屬性的確可有效地反應出駕駛者在逐點作決策之路徑變換行為。

### 3. 逐點動態路徑變換模式之構建結果

- (1) 本研究依駕駛者、地區及路徑變換基準等三個因子交叉組合後，共構建了 12 個逐點動態路徑變換模式。經由模式校估後，結果顯示各模式之變數大部分多已達顯著水準。
- (2) 本研究成功地將空間知識與路網型態等變數納入逐點動態路徑變換模式中。
- (3) 經由模式校估結果可知，駕駛者之途中路徑變換決策行為會因其空間能力與其對地區熟悉度不同而有差異。
- (4) 將不同情境下模式校估結果與其放聲思考法之口語資料比對後，發現不同空間能力的駕駛者在不同熟悉度地區所反應出來的決策內涵與本研究所構建模式之校估結果相符合，此即表示放聲思考法的確可用以探討資訊提供下駕駛者途中路徑決策行為與深入了解其使用資訊後所作的決策結果。

### 參考文獻

- 1.Mark, D.M., "A conceptual model for vehicle navigation systems", Vehicle Navigation and Information Systems Conference, Conference Record, pp.448 -453, 1989
- 2.Gould, M.D., "Considering individual cognitive ability in the provision of usable navigation assistance", Vehicle Navigation and Information Systems Conference, Conference Record , pp. 443 -447, 1989
- 3.Freundschuh, S.M, "Does 'anybody' really want (or need) vehicle navigation aids? "Vehicle Navigation and Information Systems Conference, Conference Record, pp.439 -442, 1989
- 4.Petchenik, B.B., "The nature of navigation: some difficult cognitive issues in automatic vehicle navigation", Vehicle Navigation and Information Systems

Conference, Conference Record, pp.43 -48, 1989

5.翁文彬，結合網際網路之路徑導引之研究，國立台灣科技大學機械工程研究所碩士論文，民國 89 年 7 月

6.Moshe E. Ben-Akiva and M. Scott Ramming and Joan L. Walker, “Improving Behavioral Realism of Urban Transportation Models Through Explicit Treatment of Individuals’ Spatial Ability”, Conference on Social Change and Sustainable Transport Berkeley, California, March 10-13,1999

7.Michael Scott Ramming, “Network Knowledge and Route Choice”, Department of Civil and Environmental Engineering, MIT, 2002.2

8.P. G. Jackson, “How Will Route Guidance and Navigation Systems Affect Cognitive Maps?”, PICT International Doctoral Conference, 28<sup>th</sup>-30<sup>th</sup>, pp.1-28, 1994.3

9.Adler J.L., “Investigating the Learning Effects of In-Vehicle Routing and Navigation Systems”, Transportation Research 9C (1), pp.1-14, 2000