

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 探討駕駛者空間能力與其動態路徑選擇行為模式

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-032-013-

執行期間：94年08月01日至95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：蘇秋如 陳首源 彭柏凱 鄭佩琪

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 11 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫報告

## 駕駛者空間能力與其動態路徑選擇行為模式

### Modeling Dynamic Route Choice Behavior by Including Individual Spatial Ability

計畫編號：NSC 94-2211-E-032-013

執行期限：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日

主持人：董啟崇 執行機構及單位：私立淡江大學

#### 摘要

駕駛者之個別空間能力不同，影響其認路 (Wayfinding) 與路徑選擇 (Route Choice) 行為之相關課題，其實在其他非運輸領域已有若干研究成果，但根據各領域研究所探討課題不同，對空間能力之定義及研究處理方式亦有差異。

本研究駕駛者探討對環境之空間認知的整體認知架構，參考三大領域 (心理學、地理學、運輸領域) 對於空間能力研究累積之若干成果，進行三階段主題探討，包括一般空間能力、空間程序記憶及地理知識三階段主題研究，其中探討在第一階段一般空間能力研究分為兩大部分，其一將引用心理學領域所使發展與使用之標準量表，利用測驗量表型式量測一般空間能力，其二則利用被廣泛應用於地理學研究認路行為之手繪簡圖方式，萃取駕駛者之認知圖。第二階段之程序性記憶探討，本研究採用系列研究使用控制實驗環境方式控制設計實驗，由模擬環境執行所要求之決策反應，並記錄其決策過程之控制實驗方式探討其認知過程；第三階段地理知識研究，則採取地理學所探討之空間知識及所影響認路行為與態度之整體研究，以情境問卷內容型式用以了解駕駛者對於不同情境，所形成對環境主觀認知評量。

本研究將上述三階段執行結果，納入線性結構關係模式 (LISREL) 中，利用淡江大學教職員及一般駕駛者綜合樣本進行進行量測，成功校估一般空間能力、空間程序性記憶及地理知識三大影響元素間之相關係數，以構建整體駕駛者空間能力認知之線性結構關係，得以萃取代表駕駛者空間能力之隱藏性變數。本

研究將空間能力測量結果之因子得點形成隱藏性變數，納入其反應駕駛者屬性以隱藏性變數構建駕駛者逐點動態行為模式，就兩不同變數處理模式比較，結果發現將駕駛者屬性以隱藏性變數形式處理，使整體模式解釋力提高。

**關鍵詞：**空間能力、認路行為、地理知識、線性結構關係 (LISREL)、

### *Abstract*

*A three-stage study was implemented in this thesis, which was composed of selected battery of psychometric tests, experimental tasks and environmental learning as assessed by a series of macrospatial task for sampled auto-driving subjects followed by constructing a form of structural equations to extract and identify the individual's special ability as latent variables to represent the individual's way-finding characteristics at the presence of the network configuration and traffic information. Dynamic route switching models were then calibrated by inclusion of latent variables.*

**Keywords:** Spatial Ability、Wayfinding、Latent Variable、LISREL

## 一、研究背景與研究目的

駕駛者之個別空間能力不同，影響其認路 (Wayfinding) 路徑選擇 (Route Choice) 行為之相關課題，其實在其他非運輸領域已有若干研究成果，但根據各領域研究所探討課題不同，對空間能力之定義及研究處理方式亦有差異。本研究認為應從用路者認知差異觀點，針對動態資訊提供、用路者及路網特性等三者互動關係進行研究，並以測度其不同用路者之空間能力，以為影響個別駕駛者路徑選擇行為之基礎。

就旅行 (交通) 資訊影響其路徑選擇行為之相關課題；在心理學領域之多數研究多著重於認知探討於個人之資訊處理能力差異所產生對於環境學習方式差異；在地理學領域則用路者個別認路能力之差異，納入其影響因素之考量，其探討認路行為課題著重於人是如何認路，包括其認路使用方式及元素為何，通常利用設計情境方式來瞭解人的認路行為及其影響因素。而在運輸領域，對此人 (駕駛者)、車 (導引資訊)、路 (路網特性) 三者間之互動關係，甚少研究深入進行處理及探討，一般研究僅直接以傳統之社經變數描述用路人個別差異因素。

綜觀上述，可發現此研究議題在運輸領域、心理學、地理學等三個領域各有局部性之探討，並皆以其空間能力差異觀點切入討論與環境及資訊間之互動關係，且間接地指出資訊之提供給用路者，會因用路者之個別空間能力有差異與其接受資訊及其內部處理方式不同，進而影響其路徑選擇行為，因此可歸納出探討車內導引系統與駕駛者互動關係之過程中，其「用路者個別空間能力差異」確實為一重要之影響因素，成為探討影響路徑選擇行為之亟欲深入探討之另一核心課題。

另外，針對駕駛者對路網（環境）認知課題，以心理學領域而言，屬於探討空間認知過程，多數研究使用測驗型式了解其一般化的認知型態，不特別著重於而相關於路網認知及駕駛者特性之處理方式。以運輸領域方面，偶有少數研究提及用路者會因經驗或資訊處理能力等個別差異，影響其路徑選擇行為，但並未深入探討此存在之差異性，僅有極少數研究針對用路者之個別差異，進行探討，如張貴貞（民 92）、張碧琴（民 93）、Ben-Akiva（1999）等人之研究。對於駕駛者認知之處理，多利用駕駛者外顯特性，如性別、年齡、駕駛經驗等類別變數佐以主觀問卷型式，由駕駛者自我評比量度，反應駕駛者對路網認知之處理方式。其中如 Ben-Akiva（1999）等人之研究充分使用問卷形式，請用路者自評及填答，利用間接方式獲得用路者對路網認知、空間能力、選擇集合及偏好選擇模式，以形成替代性指標用來代表用路者之認路能力，由此利用替代性指標表示其用路者之個別差異。

就地理學領域而言，對路網認知的探討，則具有完整及具體之處理方式，發展認知地圖的形成與方法，萃取駕駛者認路元素，並配合放聲思考法之方式，用以描述其認路行為。應用地理學領域對認路行為課題探討於駕駛者認知課題中，如張碧琴（民 93）利用放聲思考法（Think-Aloud）主觀陳述駕駛者之認路行為，用以了解用路者使用某種形式來描述認路表現及行為。

歸納上述可知，相關研究使用主觀陳述方式，或間接利用問卷型式反應用路者本身存在之內隱特性，用以了解或取得其用路者之認路能力（行為），並視為影響認路能力指標。本研究之目的在將參考各領域之階段性研究工作內容與使用方法，作為本研究之主題探討使用發展工具，嘗試以客觀測驗方式，擬設計一系列空間能力測驗，直接針對用路者之空間能力進行量測，經由測驗量度結果形成指標參數，以進一步構建空間認知因素架構，可將所量測結果以隱藏性變數方式，作為影響駕駛者認路能力指標。本研究之章節安排如后；第二節為空間能力與認路行為，第三節為空間能力因素與研究方法，第四節及第五節分別為空間能力之線性結構關係模式及空間能力結構關係因子實證分析，最後則為本研究之結論。

## 二、空間能力與認路行為

由於本研究探討人與行駛環境認知過程課題，對於空間能力與環境相關因素之關係，以心理學所探討之空間能力觀點為出發點，並與地理學所探討之認路能力作結合，成為本研究探討駕駛者空間能力與認知課題之重心。影響用路者認路行為之環境因素，除了少數研究提及用路者對路網之熟悉度這項直接主觀定性因素外，甚少在運輸領域研究所重視，因此對此課題實有必要針對用路者本身認知領域進行深入研究及探討空間認知之形成與內涵。

Altman(1981)認為所謂空間認知（Spatial Cognition）是指個體如何建立空間許多刺激彼此間關係之系統，而使人在能在空間中自由行動與思考，另稍早之 Siegel & White（1975）對大空間之空間表徵，提出了一個階段性發展模式，及路標、路線及整體知識三種型態，相當具體且符合本研究之研究方向。由於空間能力非單一能力，具有結構關係，因此針對空間能力則依據因素分類方式，以 McGee（1979）提出空間能力分為空間視覺及空間定位兩種

之觀點為基礎，將空間能力進步一分類；在探討空間能力個體發展與學習成效方面則參考 Baird 等人（1982）之探討觀點，將對環境認知著重於幾何能力部分進行探討。此外地理領域所探討之認路能力，在近期 Lovelace 及 Montello（1997）研究發現可利用心理測驗方式，評估其空間能力指標，並以量測反應地理環境認知尺度方法，來代表其空間能力及認路能力之間之關係，另陳俊文（民 92）等人，以方向感、空間定位、探路決策及認知圖觀念為基礎，利用受試者探路口語以及事後訪談等兩種記錄，將探路思考決策思考方式，經口述、編碼，分析探路決策及使用資訊等基本要素，透過註記轉譯為行為圖表，應用於地圖設計。本研究綜合彙整以上研究結果，歸納得到空間能力影響之相關因素如圖 1 所示，分別為幾何能力、認知圖及地理知識三個相關影響因素構成影響認路行為，其中幾何能力可用於反應方向感與空間定位。

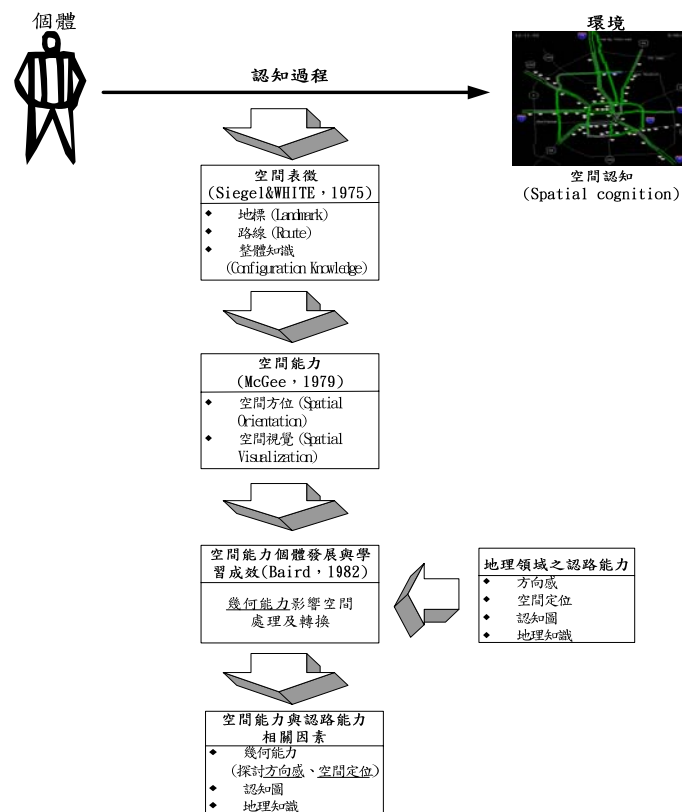


圖 1 空間能力與認路能力相關因素彙整結果圖

進一步分析空間能力影響認路能力部分，Allen 等人（1996）之研究之本質為探討人經由空間能力對環境學習過程之關聯性模式，使用一系列空間能力測驗、實驗方法及環境學習方式執行兩次實驗，來確認其模式與實驗假設之合理性。Marie（1995）之研究主要探討個別空間認知對認路能力造成差異可能影響因素，其研究中分別使用不同方法測試，發現性別、年齡、認知策略、駕駛經驗、認路態度等不同影響因素產生個別空間認知差異，產生認路能力不同之表現。在運輸領域，Ben-Akiva、Ramming 及 Walker（1999）利

用先前研究發現人對路徑選擇行為受認知及資訊處理能力影響，將運輸規劃與地理領域作結合，應用於路徑選擇模式，以空間能力、認知、選擇集合及偏好四個隱藏性變數構建選擇模式架構，以深入探討空間能力對旅運行為之影響，研究結果發現空間能力及路網認知之隱藏性變數為解釋影響駕駛者路徑選擇因素之重要變數。Wochlner 及 Boehm-Davis (1995) 其研究之主要目的為藉由量測個別空間能力之結果，進而延伸探討擁有不同空間能力及相關影響因素下，所遵循導航資訊之行為差異，衍生用路者不同導航能力，用以設計個人化導航系統之可行性。張碧琴 (民 93) 其研究對空間能力影響認路能力課題，主要探討駕駛者行駛於不同路網，其可能使用不同的認路策略 (意即空間知識) 進行認路工作，並進一步探討駕駛者行駛於不同熟悉度路網，所使用之認路策略，並整合於在資訊影響下之逐點動態路徑選擇行為模式。

綜合上所述彙整不同探討空間能力之主題及內容可知，在深入探討空間認知過程，均使用某些型式的測驗或量度方式作為研究方法，特別在運輸領域，已有少部份研究探討駕駛者空間能力影響駕駛者行為，少數研究已發現空間能力、空間知識及認路行為的直接關係，對於處理空間能力使用方法，多數研究則是利用主觀問卷方式，獲得駕駛者之空間知識、駕駛者特性或空間能力等影響因素，用以表達、處理駕駛者認知部分；已有研究將認知圖、放聲思考法與空間知識等概念運用至旅運行為，進一步深入了解駕駛者使用資訊之決策結果因此本研究在探討空間能力時，將以某種測驗型式，用以量測欲對應探討之空間能力。

### 三、空間能力因素架構與研究方法

經前節重要文獻回顧及彙整，發現本研究課題在運輸領域、心理學、地理學等三個領域皆有作階段性之探討，及皆以其空間能力差異觀點切入討論與環境及資訊間之互動關係，並且間接地指出資訊提供給用路者，會產生接受資訊及其內部處理方式不同之觀點，因此本研究將參考各領域之相關研究工作內容與使用方法，作為本研究之主題探討使用發展工具，以期保持各階段性研究之完整性，其各階段研究工作內容，彙整說明如后。

#### 3.1 空間能力因素架構

影響認路行為之個人空間能力因素主要包含兩種，分別為個人本身與生俱來的先天能力及經由後天學習所獲得之經驗；而先天能力分為三種，分別為個人能力、資訊處理能力及學習能力，後天經驗則包括對於某環境之經驗累積或總和，因此個人之認路行為會因先天能力以及後天經驗關係，影響個人之認路行為。

對於直接量測空間能力和環境學習之互動關係以反映於行使駛路網環境中之認路行為和方向辨識，Allen、Kirasic 與 Dobson (1996) 等人之研究發展一系列空間能力測驗作關連性結合，依照心理量測的測試與實驗測試環境學習方式，經驗證性因素分析結果，構建關聯性路徑分析模式，以一般空間能力、空間程序性記憶及地理知識三大影響元素對環境學習結果進行影響性驗證，並證實對環境學習其影響因子確實有交互關係存在。

本研究之空間能力因素架構，以延伸與修改 Allen (1996) 等人之環境認知研究架構，但其研究內容則依據需要進行部分調整，並維持整體模式及架構意義。在空間能力量度研究部分，本研究配合運用心理學領域對空間能力採用紙筆測驗方式及控制實驗方式進行，用以探討及萃取駕駛者空間能力及程序記憶之過程；其中探討在一般空間能力部分分為兩大部分，其一將引用心理學領域所發展與使用之標準量表，利用測驗量表型式量測一般空間能力，其二則利用被廣泛應用於認路行為之手繪簡圖方式，萃取駕駛者之認知圖兩大部分，利用一般空間能力與腦海認知圖兩大部分，來探討潛在影響駕駛者之一般空間能力。

另外在影響駕駛者對環境之另一因素為對環境所形成之空間能力，亦即空間知識，在地理學領域對於探討人對周遭環境之認知由路徑生成開始，以認知地圖之基本元素開始探討，提出藉由地標、節點形成路徑，並形成對整體環境認知，如地理知識，對環境認知多寡，影響其認路過程及行為（態度）；因此本研究對於駕駛者之地理知識部分，擬採取地理學所探討之空間知識及所影響認路行為與態度之反應，以情境問卷內容型式用以了解駕駛者對於不同情境，所形成對環境認知。

在探討認知過程之相關研究，多數研究則在實體（地）控制實驗環境（例如迷宮實驗及實地街道實驗）下控制設計實驗，並記錄其決策過程之控制實驗方式探討其認知過程；因此本研究沿用此執行研究方式，對程序性記憶過程進行探討。但由於研究經費及執行實地實驗過程之複雜性與控制難度，因此本研究將此程序性記憶過程，以模擬實驗過程取代。

本研究歸納前述相關研究文獻，並經延伸及修改 Allen 研究對環境認知架構，彙整、變更形成本研究探討對環境之空間認知的整體認知架構，如圖 2 所示。

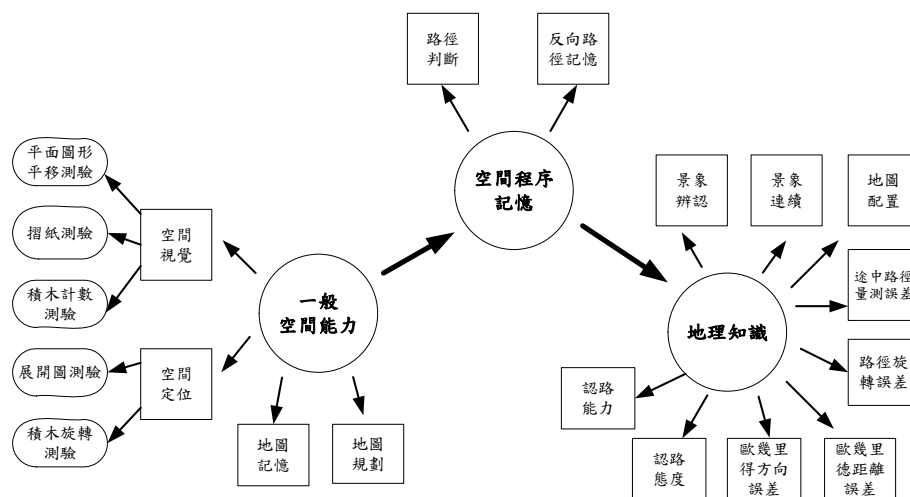


圖 2 空間因素架構圖

依據模式調整結果，本研究將分為三階段主題探討，從空間能力觀點出發，形成對環境學習之認知過程，其探討程序分為智力部分之一般空間能力、

空間程序記憶及地理知識三子題研究，其中所對應使用之研究方法分別為一般空間能力測驗、認知地圖及地理知識問卷之三部分，以作為實際執行之工作項目；根據探討主題及其對應研究方法如圖 3 所示，對應研究方法詳細說明如后。

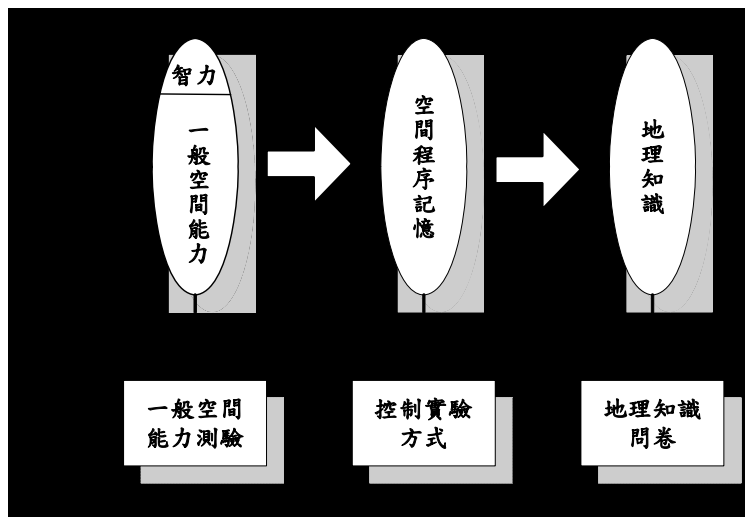


圖 3 空間認知研究方法圖

### 3.1.1 一般空間能力研究

本研究探討之一般空間能力分為兩部分執行量測，第一部分為心理學領域所發展使用之空間能力量表進行一般空間能力測驗，第二部分為地理學領域所應用之認知圖概念，本研究使用地圖測驗形式，進行空間能力量測，以下針對一般空間能力研究內容作詳細說明。

針對第一部份一般空間能力測驗，本研究所探討之一般空間能力，為智力論理所指之一般空間能力，在心理學領域已發展一系列之相關測驗量表，針對基本能力與空間相關能力進行量測。因此本研究將依據各測驗定義之研究目的及內涵，蒐尋與本研究課題相關之測驗，作為編製空間能力量表選擇測驗形式之依據。

由於對空間能力定義採用 McGee (1979) 空間能力因素萃取結果為本研究對一般空間能力之研究基礎，並參考所發展空間能力影響因素為架構，蒐集、彙整空間能力測驗使用文獻，選取符合本研究探討認路表現之相關因素間接比對，同時對應 McGee 之空間能力影響因素架構，以形成此一般空間能力研究階段工作，根據原始空間能力定義配合測驗認路表現所對應使用測驗如圖 4 所示。



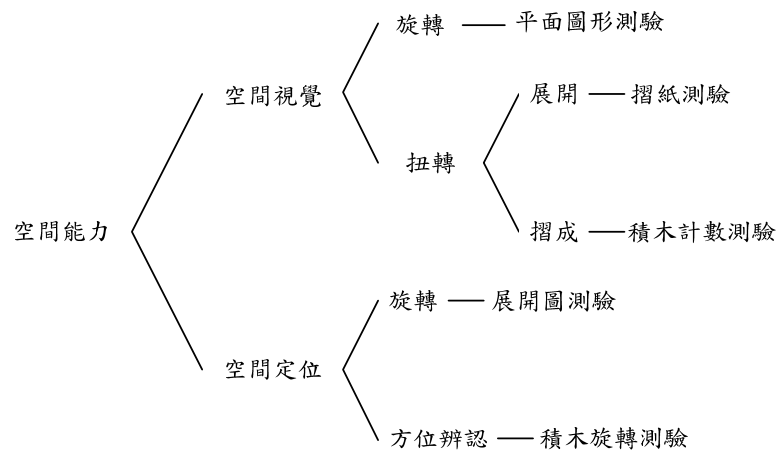


圖 4 測量空間能力執行測驗圖

根據 McGee 對空間能力之定義為基礎，依據心理學領域研究使用各種測驗之原始目的，對應欲探討之認路表現選擇使用；因此，所對應選擇使用之測驗分別為圖形平面旋轉測驗、摺紙測驗、積木計數測驗、展開圖測驗及積木旋轉測驗五個分測驗，依據選擇之原始測驗目的及所對應本研究探討之認路表現彙整如表 1 所示：

表 1 認路表現之對應測驗表

測驗名稱	測驗目的	測驗認路表現
圖形平面旋轉測驗	想像力、辨識力	接收資訊後，根據資訊內容在腦海形成，轉換為實際道路狀況
摺紙測驗	圖形靈敏度	測驗當給予資訊時，對地圖、地標對應顯現過程
積木計數測驗	精確、快速度	閱讀資訊後，能否精確、快速閱讀資訊
展開圖測驗	觀察力、立體觀	使用地圖，在心像圖中轉換為空間地圖，並實際對應位置及地圖圖像
積木旋轉測驗	空間感	當車用導引資訊，隨車輛移動位置旋轉方向之空間感

彙整上述分測驗依據定義空間能力內涵、相關空間能力研究及綜合本研究探討方向，並參考陳怡君(民 86)出版「實用型智力測驗」題庫，編製成一系列空間能力測驗量表，依量表题目的鑑別度及難度分析後，隨即將不適宜之題目予以刪除，其「空間能力量表」初稿完稿後，並經由預試樣本試測，經由修正調整後，以確定完成各分測驗試題編製。

以下將針對各分測驗之內容及型式、選題原則、測驗題數、測驗限制時間及計分方式進行說明，所編制之一般空間能力測驗量表型式完整內容，則

請參考趙凌佑（民 93）研究之附錄一。

### 1. 測驗內容及型式

#### (1) 圖形平面旋轉測驗

此部分題目在測試受試者是否能在二度空間之固定平面上，以各種可能的角度（0-360 度），利用旋轉固定圖形的能力。每題均有一個標準圖形及刺激圖形，受試者需判斷兩者在平面旋轉後，是相同或對應之圖形，因有兩種不同圖形，故分為兩個部分。

#### (2) 摺紙測驗

此部分題將量測受試者的靈敏度，受試者將考慮標準圖形，必須先在心裡想像把標準項摺合起來，或是記住標準項之特徵的方式；在選擇選項時，必須以整體外型相似來作選擇，或是依序將不相似選項剔除之方式作答。

#### (3) 積木計數測驗

此部分題目主要是量測受試者「化平面圖形成立體具象」之能力，受試者能運用心中的立體具象推斷出正面是角度不到的圖形中所隱藏之積木數目。在受試者作答之前，讓受試者充分瞭解積木的堆積原則，積木必須逐一架起，不可騰空，塊組積木背後亦沒有隱藏的積木，依此概念計算積木之數量。

#### (4) 展開圖測驗

此測驗主要為量測受試者的觀察力及立體觀察能力，受試者必須能夠在二度空間的紙平面上，想像物體被展開後的平面圖，將自動折疊標準組型，並注意紙平面各部分的細節關係，或是以角度或其他線索作為解題依據。

#### (5) 積木旋轉測驗

此部分題目在測出受試者能否在心中想像組合之積木立體圖像，在三度空間中做各種角度旋轉的能力。每題有一個標準圖形，其後在提供四個旋轉後的刺激圖形（選項），讓受試者選擇哪一個圖形為標準圖形所旋轉後形成。

第二部份之一般空間能力研究，亦由 Allen（1996）研究架構內容變更延伸，融入前期研究者張碧琴（民 93）使用認知地圖概念，作為探討另一空間能力研究使用之研究項目。本研究選定以使用某一區域地圖，經由特定學習時間學習地圖圖像內容，以限定繪圖時間測試受試者對地圖內容反應，並配合畫出其地圖內之道路路名及配置狀況，並配合道路狀況，依據地圖範圍指定特定起迄點，請受試者考量道路狀況，規劃一行駛路線。

此階段之地圖測驗主要目的在於了解駕駛者腦海中所浮現之認知圖。經參考 Daimon 與 Kawashima（1993）（1996）以及 Aginsky、Harris 與 Rensink 等人（1997）等相關文獻可知，最常使用的方法即是要求受試者畫出某一地區之手繪簡圖(sketch map)，並且大多採 Lynch 提出的認知地圖五元素（路

徑、邊界、節點、區域、地標) 進行分析, 藉由受試者所繪出認知圖, 除可得知駕駛者會以哪些元素對腦海中之認知圖進行描述外; 另外, 由 Aginsky、Harris 與 Rensink 等人 (1997) 曾提到人會隨著對環境熟悉度的增加而使其所使用的元素亦會隨之增加, 因此本研究在此部分將以熟悉度作為影響因素考量, 與其手繪簡圖中使用元素之相對百分比做交叉比較; 可進一步了解駕駛者在熟悉與不熟悉環境下, 所使用之認知地圖描述型式以及對於不同的道路配置狀況下 (如規則、不規則), 其所描述腦海中浮現認知地圖是否相同, 為此地圖測驗之研究重點之一。其二研究重點則為根據外部給予之道路資訊, 駕駛者是否能完全記憶及處理, 並依據資訊所提供道路狀況, 做為路徑選擇及規劃之考量; 因此此階段之地圖測驗研究分為兩部分, 一為地圖學習測驗, 二為路線規劃測驗; 其兩部分測驗皆依據上述探討目的設計, 其測驗內容分別說明如下:

### 1. 測驗內容

#### (1) 地圖學習

此測驗在於量測用路人接收資訊時, 資訊在腦海中記憶狀況; 給予車內資訊導引系統所提供地圖如圖 5, 地圖顯示範圍為台北車站鄰近地區放大圖, 內有主要道路配置及其道路名稱, 亦有鄰近地區主要目標物; 先詢問受試者對此地區之熟悉狀況, 並請受試者記憶地圖道路位置配置、道路名稱及主要目標物, 於限定時間記憶地圖內容, 依據受試者最佳記憶繪出道路位置配置、道路名稱及目標物, 越詳細 (完整) 越好。

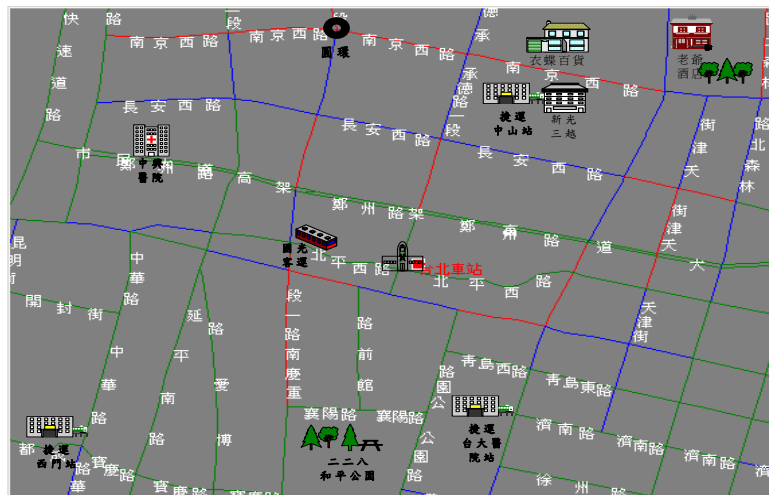


圖 5 地圖學習-台北車站鄰近地區放大地圖

#### (2) 路線規劃

此測驗主要目的在於了解受試者在閱讀資訊後, 學習資訊提供內容之狀況; 沿用地圖學習測驗所使用之台北車站鄰近地區放大地圖, 如圖 5, 並在不同路段上增加道路狀況, 分別以顏色及標記兩種方式表示, 其中道路狀況依顏色表示, 紅色輕度擁塞, 藍色行駛普通, 綠色行駛順暢; 以標記方式表示狀況, 如: 擁塞路段、發生車禍、設置路障及單、雙向道等道路狀況如圖 6, 亦給予適當看圖學習時間, 以

了解目前路況，依據先前繪製地圖上，考慮目前道路狀況，並規劃及繪出一行駛路徑。

此測驗給予受試者之情境為目前行駛位置於衣蝶百貨，欲開車前往二二八和平公園接送朋友，但限於各路段知道路狀況不同，礙於時間有限，考量目前提供道路狀況，請作一路線規劃，以能夠暢行無阻的抵達目的地。

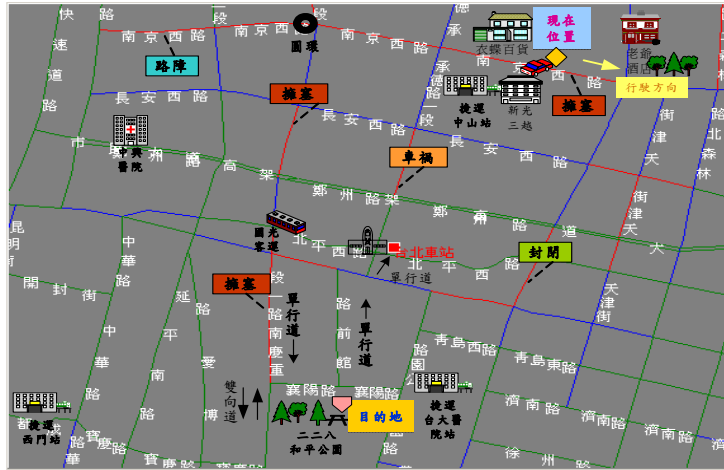


圖 6 路徑規劃測驗-道路狀況情境圖

## 2. 測驗之時間限制

為確實測量其個別能力，因此給予適當時間閱讀測驗地圖，並給予有限繪圖時間；而本研究則限制受試者閱讀地圖時間為三分鐘，繪圖時間為五分鐘，以進一步了解其個別能力差異。

### 3.1.2 空間程序記憶

地理知識之獲得由許多方式累積而成，如經驗累積、閱讀地圖、經由他人提供路徑，對一般駕駛人大多採用閱讀地圖或依實際經驗累積等兩種方式居多；然而從閱讀地圖所獲得地理知識，使駕駛者對某行駛區域有整體概念形成，故屬於「概觀性知識」，亦稱地圖式知識；反之，駕駛者利用實際行駛過程所獲得之地理知識，因行駛途中僅記憶當時行駛路徑之交通狀況，故無法產生整體性知識，因此此類地理知識則稱之為程序性記憶，亦可稱為「程序性知識」，亦可稱為路徑式知識。由於在地理知識研究，已包含概觀性知識進行探討，因此在完整空間能力研究中，另針對程序性記憶部分作探討，多數研究在探討程序性記憶課題，多利用虛擬實境設計迷宮方式，為探討受試者程序記憶過程之使用方式；因此本研究擬採實驗方式，針對駕駛者「空間程序記憶」課題進行探討，以了解駕駛者在行駛過程中，實際行駛路徑時之記憶狀況。

本研究之控制實驗採用駕駛者在資訊影響下之路徑選擇行為系列研究中楊雲榮（民 87）發展之車用導航模擬器，為模擬先是先進駕駛者行車導引系統，提供駕駛者點子地圖、導航資訊、定位資訊、交通條件等動態交通資訊，此系統亦有記錄模組功能，使用車內導引系統模擬器之顯示畫面如圖 7。在

系列研究陳士邦（民 89）、張貴貞（民 92）、張碧琴（民 93）等，皆使用所發展之車內導引模擬器，以控制實驗法進行逐點動態資料的蒐集以及利用模擬之交通狀況及實驗者之反應紀錄，分析在交通資訊提供下影響駕駛者行為之因素，並藉此構建逐點動態駕駛者路徑決策模式，故本研究以此車內資訊導引系統模擬器，作為控制實驗之工具，以進行空間程序記憶測驗。

原始探討空間程序記憶課題多數研究皆利用行走迷宮方式進行，需在相當程度之人力、物力及財物配合，本研究則藉助模擬實驗之程序，如圖 8 所示，要求受試者回答其正向與反向之程序記憶。而此空間程序性記憶測驗方式，在於了解駕駛者在開車時，形成認知記憶之正向與反向程序，因此利用控制實驗執行過程中，由調查員於途中隨機抽取一決策點，進行程序性記憶測驗，變相利用執行過程來探討程序性記憶；此測驗內容有二，其一為路徑判斷，在經由前段路徑學習後，請受試者判斷剩餘路段之行駛時間，並與模擬器之實際記錄時間比對；其二為反向路徑學習，請受試者回想其反向（先前）路徑之決策行為，將受試者口述資料完整記錄下來，並與調查員之原始記錄比對，以完成此一階段之程序性記憶測驗。



圖 7 車內導引資訊系統模擬器顯示畫面

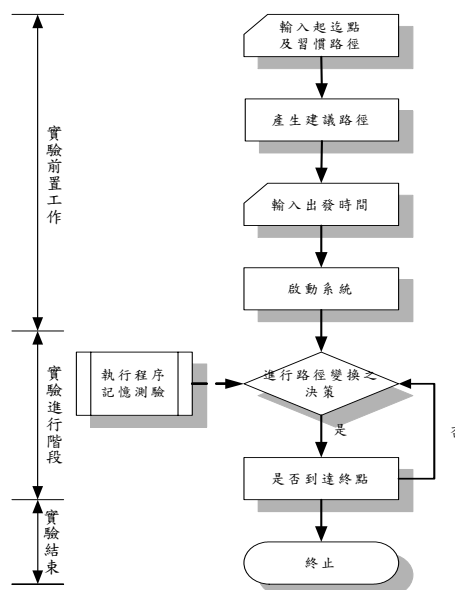


圖 8 控制實驗流程圖

### 3.1.3 地理知識

本研究針對探討地理知識，參考 Ramming (2002) 所使用之地理知識問卷內容及情境設計，以原有 Allen (1996) 研究地理知識影響元素為設計問卷基礎，以問卷內容比對地理知識影響因素，形成封閉式結構問卷，用以了解駕駛者對地理環境知識形成認知過程及方法，探討駕駛者對環境認知狀況對路徑選擇行為之影響。

在多數文獻探討中，發現由於認路經驗差異，成為駕駛者認路行為之影響因素；亦有文獻依駕駛者本身認路（尋路）特性及態度，將駕駛者分類，研究分別探討不同駕駛者本身特性，對認路能力結果之影響；因此本研究擬將地理知識形成因素分為駕駛者對環境認知、學習方式及駕駛者本身依駕駛經驗所形成之認路態度、能力等兩種地理知識組成要素，因此在問卷設計部份，包含地理知識形成類型及認路態度、經驗兩大部分組成整體地理知識問卷架構，其問卷架構內容詳細說明如后：

第一部份地理知識形成類型單元之問卷設計主要分類架構是參考 Allen (1996) 等人對環境學習研究所定義累積之地理知識包含七種，分別為路徑記憶及回溯 (Route Reversal)、距離判斷 (Euclidean Distance Error)、方向辨識 (Euclidean Direction Error)、景觀辨識 (Scene Recognition)、景觀連續 (Scene Sequencing)、途中距離誤差 (Intra-Route Distance Error) 及地圖配置 (Map Placement)；問卷情境內容則引用 Ramming (2002) 探討駕駛者認知差異研究所使用之地理知識問卷問題。

因此利用駕駛者在七種不同地理知識分類下配合三種不同情境狀態，在情境狀態內間接考量使用定位方式，以形成地理知識形成類型單元之問卷架構內容如圖 9 所示，此架構分類共 48 個問項，請駕駛者自評用以量度駕駛者地理知識形成及認知過程或方法。

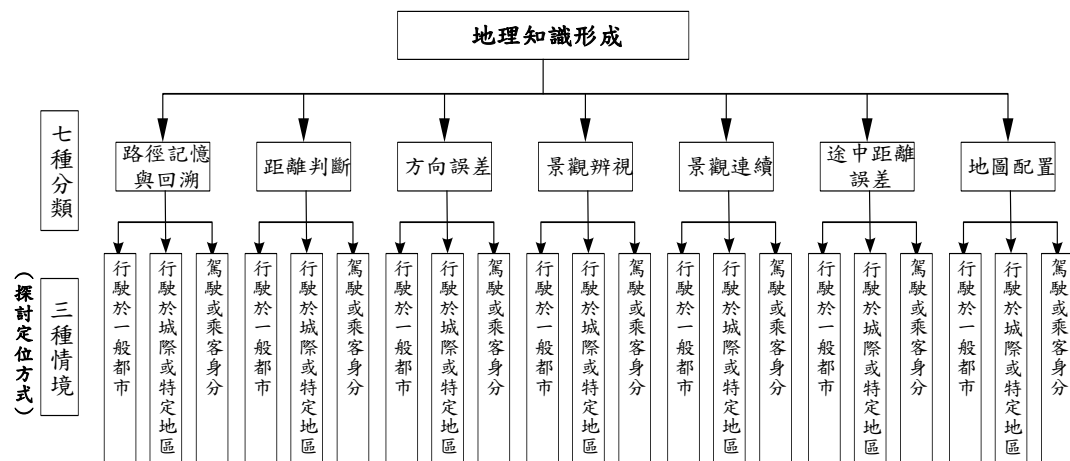


圖 9 地理知識形成架構圖

第二部分駕駛者駕駛經驗所形成之認路態度、能力，由於駕駛者的駕駛經驗會影響其認路之行為，進而影響其路徑選擇行為；如 Khattak 與 Khattak(1998)曾指出駕駛者的激進冒險特質會影響空間知識的獲得；因此本

研究中並嘗試以駕駛者本身認路（尋路）特性為基礎，進一步探討其認路態度與本身能力相互影響及影響所顯示之認路表現。

本研究將其駕駛者經驗依據認路態度及能力兩項特性分類，就駕駛（認路）態度而言，分為一般駕駛經驗及假設情境，由一般駕駛經驗涵蓋其平時習慣、認路感受及尋路傾向三種狀況，用以了解其依一般駕駛狀況時駕駛者基本反應態度；再者，利用假設情境以深入了解駕駛者對未知道路的狀況其認路感受及尋路傾向，以進一步定義駕駛者的認路態度；另外，以駕駛者之駕駛（認路）能力探討，由尋路傾向、自評能力及記憶能力三方面作為駕駛者特性之相對研究，其認路經驗與態度架構如圖 10 所示，此部分問卷設計共 23 個問項，請駕駛者自評其駕駛經驗及態度，用以形成量度駕駛者認路態度及態度指標。

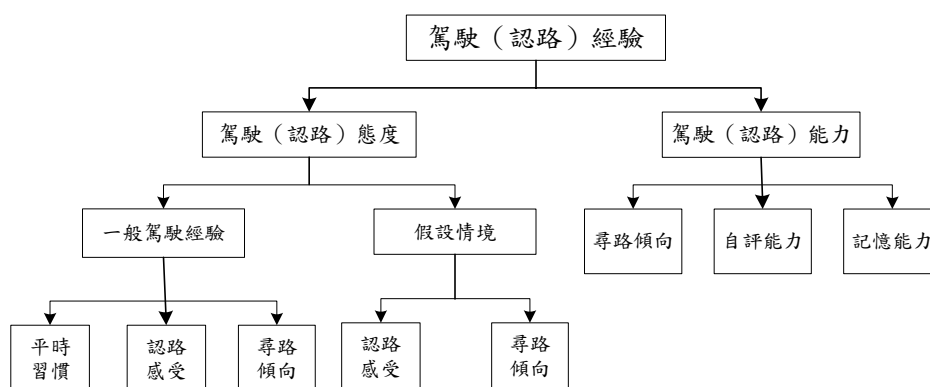


圖 10 認路經驗與態度架構圖

#### 四、空間能力之線性結構關係模式

所謂結構方程式 (Structural Equations)，係指探討潛伏內生變數  $(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m)$  對潛伏外生變數  $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$  之函數關係的統計模式。模式中，反應變量為變數  $\eta$ ，解釋變數則包括變數  $\xi$  及變數  $\eta$ ，可表示成 (1) 式。

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (1)$$

其中， $\eta$ ：潛在內生變數或潛在自變數，為  $m \times 1$  向量；

$\xi$ ：潛在外生變數或潛在自變數，為  $n \times 1$  向量；

$\zeta$ ：殘差向量，表示方程式的誤差和隨機干擾項，為  $m \times 1$  向量；

$B$ ： $\eta$  和其他  $\eta$  之迴歸係數矩陣，為  $m \times m$  矩陣；

$\Gamma$ ： $\eta$  和其他  $\xi$  之迴歸權重矩陣，為  $m \times m$  矩陣；

##### 4.1 發展理論模式與變數衡量

依據前章節所述，利用不同測驗形式量度形成指標，依據其指標間因果關係形成本研究探討之空間能力因素之線性結構方程式，故本研究提出一空間能力之線性結構關係模式如圖 11 所示。



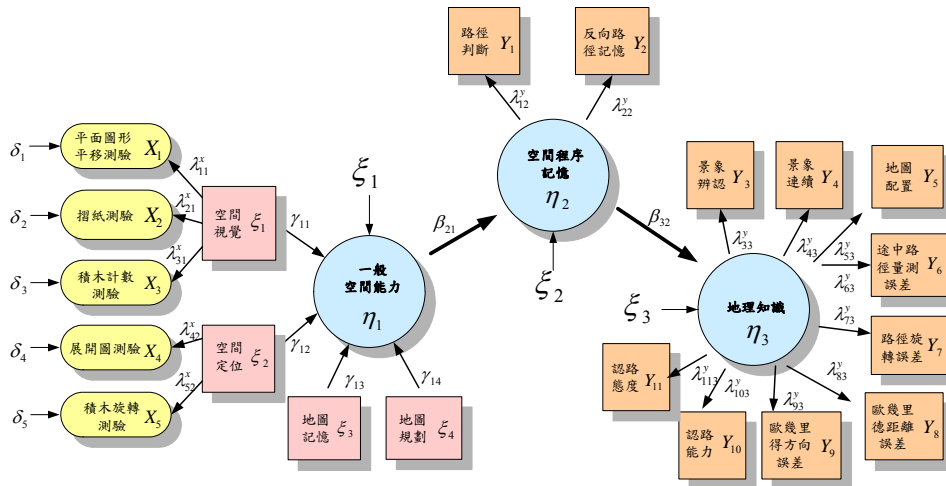


圖 11 本研究空間能力初始衡量模式

為正確衡量各潛在變數，對於衡量空間能力測驗，以直接判斷測驗結果方式為主，而利用衡量問項則盡量以正向敘述為主，主要採用李克特七點式尺度量表，對各問項係詢問受訪者對該敘述之能力強度或同意程度。

依據所使用之幾個潛在變相分別選定之量測指標說明如下：

1. 空間視覺：空間視覺主要為探討駕駛者在接受車內導引資訊，所比對實際道路之狀況；本研究在經由文獻回顧後，整理出與空間視覺相關測驗，並進一步利用測驗形成衡量空間視覺之外顯變數。所使用測驗分別包括「平面圖形平移測驗」(  $X_1$  )、「摺紙測驗」(  $X_2$  ) 及「積木計數測驗」(  $X_3$  )。
2. 空間定位：空間定位則探討在車輛行進間駕駛者接受資訊時，其轉換為實際行駛對應位置；經由文獻彙整後，本研究衡量空間定位使用測驗之外顯變數為「展開圖測驗」(  $X_4$  ) 及「積木旋轉測驗」(  $X_5$  )。
3. 地圖記憶：地圖測驗之目的在於量測用路人接收資訊時，資訊在腦海中記憶狀況，而本研究則以「地圖記憶測驗」為衡量地圖記憶之外顯變數(  $X_6$  )。
4. 地圖規劃：了解受試者在閱讀資訊後，學習資訊提供內容之狀況為地圖規劃之目的，因此本研究用以衡量地圖規劃之外顯變數為使用「地圖規劃測驗」(  $X_7$  )。
5. 一般空間能力：本研究所定義之一般空間能力為在智力論中所探討之一般空間能力，根據文獻彙整一系列測驗所定義測驗之目的及內涵，比對與本研究課題之相關測驗，以間接比對欲探討之認路行為，選擇符合相關研究課題之測驗，以利進行認路表現課題研究；因此本研究參考相關研究後，以上述列出之「空間視覺」(  $\xi_1$  )、「空間定位」(  $\xi_2$  )、「地圖記憶」(  $\xi_3$  ) 及「地圖規劃」(  $\xi_4$  ) 為整體衡量一般空間能力之潛在變數。
6. 空間程序記憶：由空間程序性記憶表達駕駛者之記憶程序與認知過程。本研究則參考相關研究後，以模擬實驗之程序，變相利用執行過程探討程序記憶，因此在衡量空間程序記憶之外顯變數為「路徑判斷」(  $Y_1$  ) 及「反向



路徑記憶」(Y<sub>2</sub>)。

7. 地理知識：地理知識則駕駛者在環境中移動而衍生，形成對整體環境認知；而對衡量地理知識所採用之外顯變數為「景觀辨認」(Y<sub>3</sub>)、「景觀連續」(Y<sub>4</sub>)、「地圖配置」(Y<sub>5</sub>)、「途中路徑量測誤差」(Y<sub>6</sub>)、「路徑旋轉誤差」(Y<sub>7</sub>)、「歐幾里德距離誤差」(Y<sub>8</sub>)、「歐幾里德方向誤差」(Y<sub>9</sub>)、「認路能力」(Y<sub>10</sub>)、「認路態度」(Y<sub>11</sub>)。

## 4.2 結構整合模式

對應於前述圖 10 之空間能力因素架構圖，本研究假設駕駛者對環境認知受一般空間能力 (η<sub>1</sub>)、空間程序記憶 (η<sub>2</sub>) 及地理知識 (η<sub>3</sub>) 三個相依隱藏性變數，所以本研究之結構方程式為：

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \gamma_{14} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \xi_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \beta_{21} & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{32} & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中，η：相依隱藏變數向量；η<sub>1</sub>為駕駛者在智力論之一般空間能力指標，η<sub>2</sub>為程序性記憶表達駕駛者之記憶程序與認知過程，η<sub>3</sub>為駕駛者在環境中移動而衍生，形成之整體地理知識指標；

B：η和其他η之迴歸係數矩陣，β<sub>21</sub>：為η<sub>2</sub>對η<sub>1</sub>直接效果，β<sub>31</sub>：為η<sub>3</sub>對η<sub>1</sub>直接效果；

Γ：η和其他ξ之迴歸權重矩陣，γ<sub>11</sub>：為η<sub>1</sub>與ζ<sub>1</sub>之權重，γ<sub>12</sub>：為η<sub>1</sub>與ζ<sub>2</sub>之權重，γ<sub>13</sub>：為η<sub>1</sub>與ζ<sub>3</sub>之權重，γ<sub>14</sub>：為η<sub>1</sub>與ζ<sub>4</sub>之權重；

ζ：殘差向量；

結構整合模式的另一部分為「衡量方程式」，主要用來說明隱藏變數與觀測指標之間的關係。假設有兩組觀測變數y'=[y<sub>1</sub>,...,y<sub>p</sub>]和x'=[x<sub>1</sub>,...,x<sub>q</sub>]分別代表上述所提的二種隱藏變數η和ξ，因此，對應於上式中結構整合模式之衡量方程式為(3)及(4)式。

$$Y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (3)$$

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \quad (4)$$

其中，Y：η的顯現變數，為p×1向量；

X：ξ的顯現變數，為q×1向量；

ε：Y的衡量誤差，為p×1向量；

δ：X的衡量誤差，為q×1向量；

Λ<sub>y</sub>：顯現變數Y對潛在變數η的迴歸係數矩陣，為p×m矩陣；

Λ<sub>x</sub>：顯現變數X對潛在變數ξ的迴歸係數矩陣，為q×n矩陣；

如上所述，本研究針對相關相依隱藏變數及潛在依變數加以討論，其中包含潛在依變數（ $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$ ）表現在七個指標（ $X_1, X_2, \dots, X_7$ ）以及隱藏性變數（ $\eta_1, \eta_2, \eta_3$ ），其隱藏性變數表現在十一個指標（ $Y_1, Y_2, \dots, Y_{11}$ ）上構成本研究衡量方程式如（5）及（6）式所示。

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11}^x & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{21}^x & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{31}^x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{42}^x & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{52}^x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{63}^x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{74}^x \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \xi_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \\ \delta_7 \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中， $X_1, X_2, \dots, X_7$ ： $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$ 之指標；

$\lambda_{11}^x, \dots, \lambda_{74}^x$ ：為 $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$ 之指標的迴歸係數；

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_7$ ：誤差項；

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \\ Y_5 \\ Y_6 \\ Y_7 \\ Y_8 \\ Y_9 \\ Y_{10} \\ Y_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \lambda_{12}^x & 0 \\ 0 & \lambda_{22}^x & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{33}^x \\ 0 & 0 & \lambda_{43}^x \\ 0 & 0 & \lambda_{53}^x \\ 0 & 0 & \lambda_{63}^x \\ 0 & 0 & \lambda_{73}^x \\ 0 & 0 & \lambda_{83}^x \\ 0 & 0 & \lambda_{93}^x \\ 0 & 0 & \lambda_{103}^x \\ 0 & 0 & \lambda_{113}^x \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \\ \varepsilon_7 \\ \varepsilon_8 \\ \varepsilon_9 \\ \varepsilon_{10} \\ \varepsilon_{11} \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中， $Y_1, Y_2, \dots, Y_{11}$ ： $\eta_1, \eta_2, \eta_3$ 的指標；

$\lambda_{12}^x, \lambda_{22}^x, \dots, \lambda_{113}^x$ ：為 $\eta_1, \eta_2, \eta_3$ 之指標的迴歸係數；

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{11}$ ：誤差項；

#### 4.3 空間能力衡量模式之資料處理

經空間能力紙筆測驗，在一般空間能力測驗部分，其計分方式分為一般空間能力測驗及地圖測驗兩部分；第一部份一般空間能力測驗之計分原比照一般心理學空間能力測驗型式，依答對題數計分，答錯不予扣分，依原始得

分計算；計分項目包含兩種，一為計算其作答時間，依據作答時間給予計分，作答時間越短者，分數越高；二為依據答對題數給分，每答對一題得一分，答錯不倒扣，作為本空間能力量表原始分數得分；第二部分地圖測驗，計分方式為經學習地圖後，在腦海裡形成認知圖型式，將記憶地圖內容依記憶狀況繪出，繪圖結果能正確反應測試地圖內容之地名、地標、道路配置狀況及規劃路線至目的地並能正確避開道路狀況等方式，以答對辨視圖像個數計分，作為原始分數得分。然在地理知識問卷部分，採李克特七點式量表，依駕駛者原始填答紀錄，作為地理知識問卷之計分方式。依據受試者意願進行程序性記憶測驗，將測驗結果以原始得分紀錄作為此測驗之原始得分。完成上述三部分空間能力之完整研究後，利用各階段所紀錄之原始得分，將施測所得之實際觀察資料，以前述線性結構方程式作為切入點，即可校估整個空間能力之線性結構關係 (LISREL)。

其中，本研究之樣本空間能力分析乃依據所編制之空間能力測驗量表及地圖測驗結果做為樣本分群之準則，計分方式先依據一般計分方式記錄答對得分，將原始記錄得分，利用 TOPSIS 類似理想解排序法，將每依計分準則標準化，轉換為 0 至 1 間之數值 [王慶瑞，民 86]，將所測驗項目中依整體樣本表現最佳與與最差為基準，以整體樣本表現評比，而後進行集群分析 (Cluster Analysis)，將樣本依紙筆測驗之空間能力結果分群；爾後可利用事後比較，以進一步了解樣本之分群指標。

編製問卷空間能力紙筆測驗結果為樣本分群準則，其紙筆測驗內容包含一般空間能力測驗及地理測驗兩部分；在一般空間能力測驗之計分準則含各分測驗的答對題數、作答時間；在地圖測驗部分，含記憶規則與不規則之道路路名、地標及道路配置狀況、道路情境與使用之道路轉彎數等 18 項分群準則。因此本研究以測驗結果之 18 項標準為準則變數，進行集群分析 (Cluster Analysis)，作為分群依據。

依上述 18 項標準準則之整體衡量標準，經集群分析後，將樣本分為兩群，分類屬於第一群樣本有 20 人、屬於第二群有 32 人，透過獨立樣本 t 檢定獲得 10 個衡量分群指標，除部分測驗作答時間、規則地圖記憶及情境狀況等衡量分群指標量測結果不顯著外，兩群樣本在其餘 10 種測驗結果之平均數皆有明顯差異，即第一群樣本之平均數高於第二群樣本，證明利用不同測驗型式可量測受試者個別差異，以進一步依測驗結果將受試者依不同能力分群；而分群依據則參考前期研究張碧琴(民 93)之定義，故將第一群稱為高空間能力群 (Good Spatial Ability, 簡稱 GSA)，第二群樣本稱為低空間能力群 (Poor Spatial Ability, 簡稱 PSA)，然根據以上分析結果如表 2 所示。

以本研究目前測驗空間能力分群指標結果，利用測驗形式獲得 18 個衡量分群指標，其中 10 個衡量分群指標，可量測兩群樣本間空間能力具有顯著差異；其餘五個量測指標結果不顯著以及產生三個量測指標不合預期，其可能推斷原因，其一為以目前進行量測樣本特性；其二為本研究使用此類型測驗，無法區分反應受試者之差異。

表 2 空間能力分群指標表

變數名稱		項目	GSA 群	PSA 群	T 值	P-Value
			平均數	平均數		
一般空間能力測驗	答對題數	1.圖形平面旋轉測驗	0.79	0.72	0.938	0.355
		2.摺紙測驗	0.78	0.56	2.378	<b>0.023*</b>
		3.積木計數測驗	0.84	0.47	4.177	<b>0.000*</b>
		4.展開圖測驗	0.62	0.40	2.705	<b>0.011*</b>
		5.積木旋轉測驗	0.94	0.67	3.138	<b>0.004*</b>
	作答時間	6.圖形平面旋轉測驗	0.40	0.31	0.880	0.385
		7.摺紙測驗	0.58	0.33	2.415	<b>0.021*</b>
		8.積木計數測驗	0.42	0.12	2.963	<b>0.006*</b>
		9.展開圖測驗	0.0	0.05	-0.764	0.450
		10.積木旋轉測驗	0.51	0.21	2.731	<b>0.010*</b>
地圖測驗	規則	11.地名	0.39	0.29	1.212	0.234
		12.地標	0.58	0.58	-0.052	0.959
		13.道路配置	0.55	0.47	1.043	0.305
	不規則	14.地名	0.55	0.32	2.612	<b>0.013*</b>
		15.地標	0.44	0.55	-0.884	0.383
		16.道路配置	0.60	0.41	2.172	<b>0.037*</b>
		17.記憶情境	0.65	0.64	0.110	0.913
		18.使用轉彎數	0.33	0.73	-3.108	<b>0.004*</b>

註：\*表示達顯著水準 ( $p < 0.05$ ) 故拒絕虛無假設  $H_0$  (兩組平均無差異)，及該變數為分群指標。

## 五、空間能力結構關係因子實證分析

### 5.1 替代性空間能力結構關係模式

為深入探討駕駛者之空間能力研究，其研究內容需給予限制時間性作答並記錄其作答時間，因此必須對調查樣本進行面對面訪談方式，以確保記錄作答時間之便利性及受訪者能確實了解問卷內容以獲得正確性較高之資料。

基於問卷內容複雜性及相關研究所調查之樣本數等因素依據為考量，調查樣本共面訪 52 人，其中有意願參與控制實驗樣本為 18 人。由於本研究假設之空間能力初始衡量模式如圖 11，因參與控制實驗時間耗時較長，受試者參與控制實驗人數有限，故無法顯著有效校估此假設之初始衡量模式，因此本研究改以初始架構為基礎，發展出以一般空間能力及地理知識兩部分之三種替代性空間能力結構關係模式，三種替代模式皆探討駕駛者之一般空間能力，其差異為地理知識架構關係，分別說明如后。替代模式 1 為將駕駛者個別認路表現納入所顯示表現之地理知識，其結構關係如圖 12 所示；替代模式 2 為加使者一般空間能力影響駕駛者個別認知，進一步影響其所表現之地理知識，其結構關係如圖 13 所示；替代模式 3 為一般空間能力分別影響其駕駛者個別認知及所表現之地理知識，結構關係如圖 14 所示。

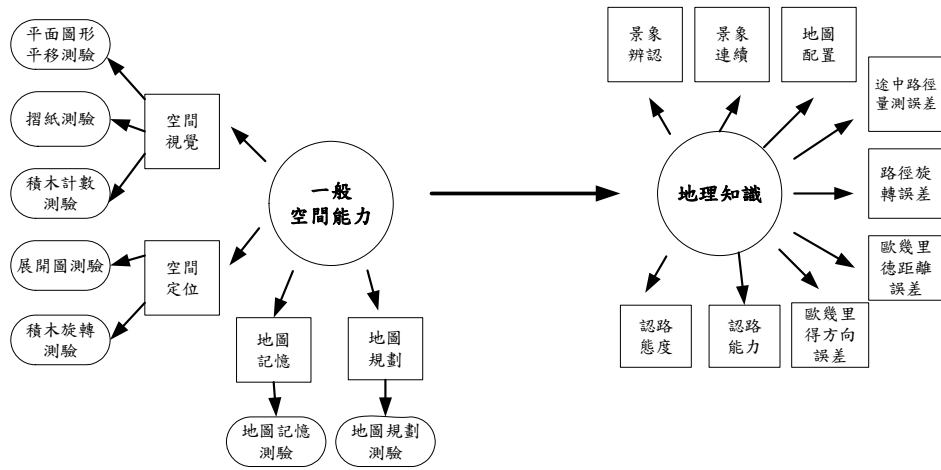


圖12 替代空間能力結構關係模式1

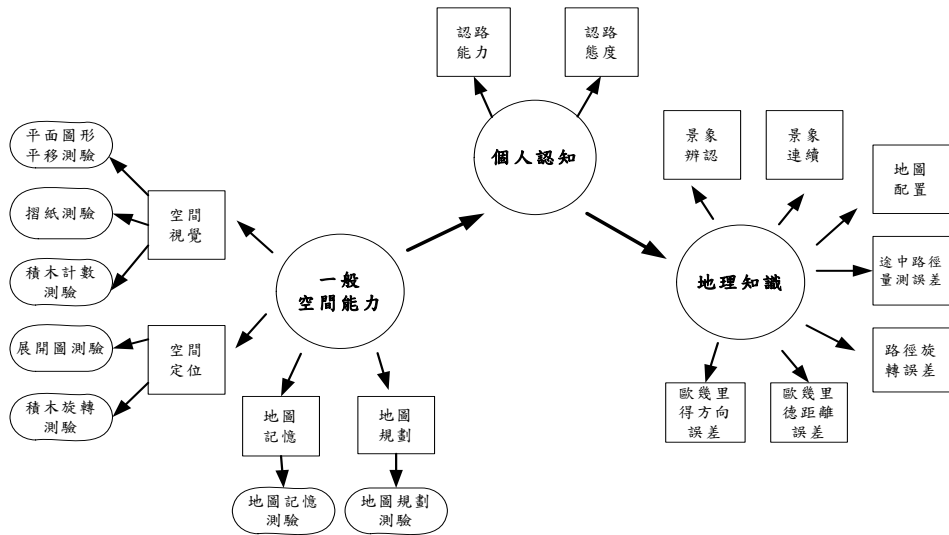


圖13 替代空間能力結構關係模式2

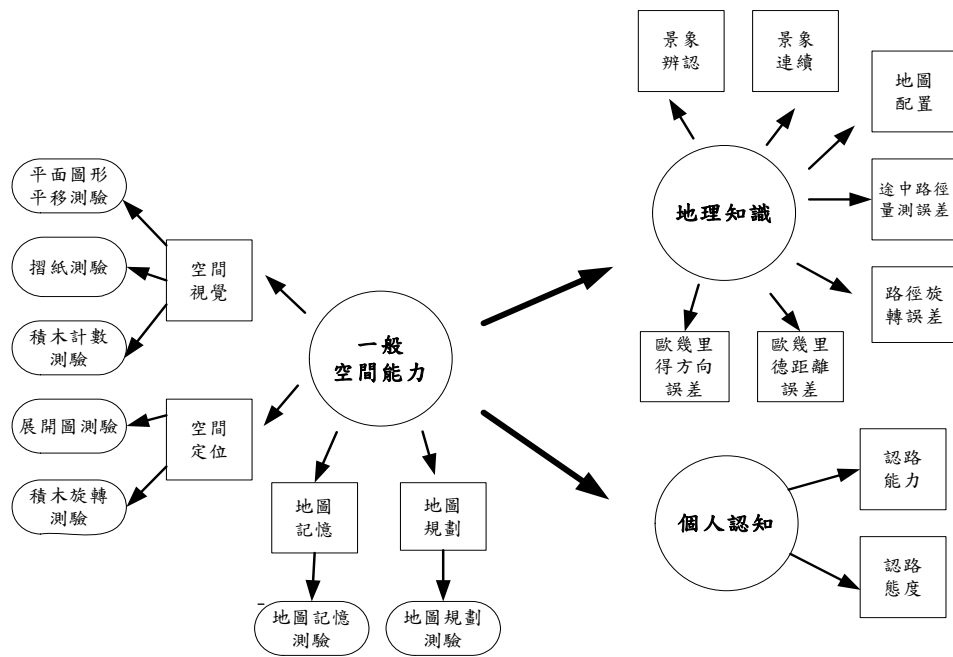


圖14 替代空間能力結構關係模式3

## 5.2 線性結構關係模式之校估結果與分析

由於觀察變數的共線性問題會影響到潛在變數被衡量的效果，因此必須先檢定所設定的觀察變數是否僅被其所屬之潛在變數所解釋，若有觀察變數同時被兩個以上的潛在變數所解釋，則顯示該觀察變數與其他潛在變數所解釋的觀察變數存在共線性問題，必須該刪除影響較大之潛在變數；而本研究經相關性檢定後，已確認觀察變數間無共線性問題存在，不影響潛在變數衡量效果。

本研究採用 SAS 套裝軟體的 CALIS PROC 進行分析，並採用 Anderson and Gerbing (1988) 所提出的兩階段步驟：先以確認性因素分析 (Confirmatory Factor Analysis, CFA)，衡量模式配適度，再對結構模式進行路徑分析，以驗證性因素分析對衡量資料配適進行配適度檢定。

針對本研究假設之三種替代衡量空間能力模式之初始衡量模式進行比較，比較分析結果如表 3 所示。各替代模式之初始衡量模式之配適結果發現，替代模式 1 之各項配適指標為替代模式中之最適初始衡量模式，故以替代模式 1 為本研究空間能力衡量模式之初始衡量模式，對此一初始衡量模式進行修正。

表 3 替代衡量模式初始衡量模式配適結果

	卡方統計量	適合度 (GFI)	調整後適合度 (AGFI)	殘差均值平方根 (RMR)
替代性模式 1	166.5203	0.7422	0.6230	0.1197
替代性模式 2	125.7918	0.5537	0.2337	0.1707
替代性模式 3	116.1490	0.5958	0.2926	0.1772

由於替代衡量模式之各項配適度指標結果不盡理想，因此必須進行修正；而在合併 X1-X3 及刪除 X4-X5 變數後，各配適度指標結果顯著變好。在整體結構關係模式分析結果中，首先觀察模式關係之符號，本研究已利用轉換方式將負面影響轉為正向，經比照結果後，發現符號與轉換結果並無不合理現象，驗證本研究假設之因果關係為正確，而各項變數間之因果關係顯著存在，整體模式配適度結果如表 4 所示，綜合判斷整體模式之配適度尚可，卡方檢定值在可接受範圍內，另外 GFI 為 0.7889、AGFI 為 0.6341 及 RMR 為 0.0807，這三個指標以符合標準，顯示數據資料結果並不拒絕本研究所構建之模式，而空間能力最適模式經路徑分析後，路徑分析結果如圖 14 所示。

表 4 LISREL 各階段模式配適結果

	卡方統計量	適合度 (GFI)	調整後適合度 (AGFI)	殘差均值平方根 (RMR)
初始衡量模式	166.5203	0.7422	0.6230	0.1197
合併 X1-X3	138.6005	0.7449	0.5941	0.1102
刪除 X4-X5	123.8513	0.7508	0.5801	0.1040
結構模式	98.6510	0.7889	0.6341	0.0807

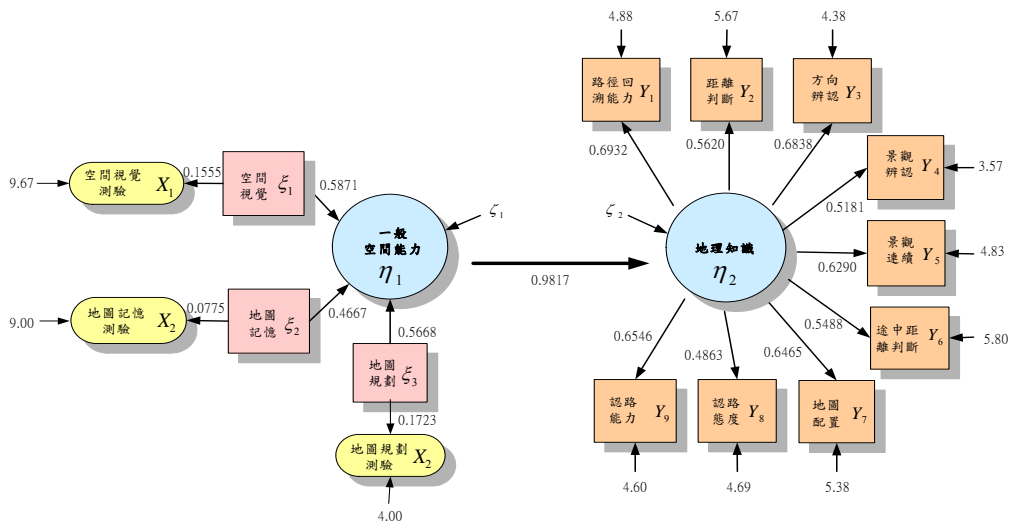


圖 14 空間能力線性結構關係之路徑分析結果

由圖 14 之路徑分析結果，發現一般空間能力能力指標可以空間視覺測驗、地圖記憶測驗及地圖規劃測驗分別量測獲得空間視覺、地圖記憶及地圖規劃之三項衡量指標；另一地理知識指標，可利用路徑回溯能力、距離判斷、方向辨認、景觀辨認、景觀連續、途中距離判斷、地圖配置、認路態度及認路能力等九項衡量指標衡量之；其中，地理知識表現受一般空間能力之正向影響。

## 六、逐點動態路徑選擇行為模式

### 6.1 逐點動態路徑選擇行為模式校估

本研究所構建之逐點動態路徑選擇行為模式，亦即在於校估駕駛者無異帶模式。本研究根據第一階段空間能力紙筆測驗結果，將駕駛者依空間能力分為 GSA 群與 PSA 群；且依將熟悉度分為熟悉地區與陌生地區，在此節將針對單一分群即 GSA 群，於熟悉地區於動態路徑基準下，利用使用不同變數型態所構建之逐點動態模式結果進行結果參數校估，故總共有 2 組模式，表 5 即為不同變數型態各模式內涵之定義，根據使用之動態路徑基準說明彙整如下：

- ◆ 『動態路徑基準』--即假設駕駛者以「目前行駛路徑」作為其路徑變換之比較基準，此「目前行駛路徑」有可能為建議路徑、也有可能是習慣(或行前)路徑或其他路徑等；當系統所顯示之目前行駛路徑所造成的延滯時間超過駕駛者所能忍受限度時，則駕駛者會離開目前行駛之路徑。根據此模式之校估結果，可了解駕駛者對目前行駛路徑之無異帶受各變數的影響為何。

表 5 兩模式內涵定義

分析範例	模式編號	模式內涵	變數處理型態
GSA 群-熟悉-動態基準	模式一	以張碧琴所構建之逐點動態路徑選擇行為模式，所探討影響駕駛者屬性變數為基礎，將本研究探討定義內涵相同之變數，以相同計分方式對變數進行變數處理，並構建逐點動態路徑選擇行為模式	直接變數
	模式二	以本研究所進行之空間能力研究為基礎，將空間能力研究所形成之線性結構關係 (LISREL)，利用所獲得之空間能力 ( $\eta 1$ ) 及地理知識 ( $\eta 2$ ) 兩隱藏性變數，納入駕駛者屬性變數，並構建逐點動態路徑選擇行為模式	隱藏性變數

資料來源：本研究整理



## 6.2 逐點動態路徑選擇行為模式分析結果

由於本研究所構建兩模式皆為同一情境範例（即 GSA-熟悉-動態路徑基準），因此對路網屬性、決策點屬性、累積經驗、近視屬性、遠視屬性之參數定義皆一致，僅針對單一之『駕駛者屬性』變數之使用及定義不同，本節將針對兩模式校估比較結果表 6. 所示，並說明如后，其中模式一為以直接變數模式型式，模式二為以隱藏性變數模式型式。

### 6.2.1 兩模式組成屬性相同部分

本小節針對兩模式之相同屬性變數所對應之校估參數值符號及參數意義兩部分相同處進行說明。

#### (1) 參數值符號

參數校估結果之正負符號含意，正號代表駕駛者之路徑決策變換無異帶函數會隨著該屬性數值變大而變寬，亦即駕駛者較傾向不變換路徑決策；而負號則反之。

由於影響駕駛者路徑選擇行為之影響因素眾多，依個別屬性特性影響層次不同，整合所有屬性之影響，即形成影響駕駛者路徑選擇行為之結果，而彙整兩模式包含相同屬性變數如下：

- a. 駕駛者屬性 (+)：駕駛經驗
- b. 路網屬性 (+)：第一種路網（即規則路網）、第二種路網（即不規則路網）
- c. 決策點屬性 (+)：區位
- d. 累積經驗屬性 (+)：累積路徑變換次數、累積資訊不一致
- e. 近視屬性 (+)：目前是否在習慣路徑、目前是否在建議路徑、建議路徑下一路段交通狀況、以旅行時間比例、資訊可靠杜、資訊不一致、目前是否在其他路徑 (-)
- f. 遠視屬性 (+)：剩餘旅行時間差值、偏好一致性

由結果得知，此二模式在多數變數之參數符號皆為正號，此意

含為 GSA 群駕駛者在熟悉地區且為動態路徑狀況下，個別變數對駕駛者路徑變換行為之整體無異帶函數會變寬，可容忍之延滯時間較長，故受不同變數之綜合屬性影響，駕駛者較傾向留在其目前行駛路徑基準；僅有單一變數（即目前是否在其他路徑）之參數符號為負值，表示受此變數，影響駕駛者路徑變換行為之整體無異帶函數會變窄，故駕駛者較傾向變換其目前行駛路徑基準。

## (2) 個別屬性變數之參數反應之行為解釋

對駕駛者逐點動態路徑變換行為課題，因影響駕駛者路徑選擇行為因素眾多，需以所整體構建之路徑選擇行為模式解釋，利用不同參數符號及代表意義可以解釋在不同情境（路徑變換基準）下駕駛者路徑變換行為，因本研究所探討二模式係以一 GSA 群-熟悉-動態路基準為逐點動態路徑變換行為之範例模式，針對該探討範例模式之個別屬性所對應之模式校估結果所反應於無異帶之局部參數影響，說明如下。

### a. 駕駛者屬性：

在「駕駛年資」變數方面，GSA 樣本於動態基準下，此項變數之參數符號為正號，代表實際駕駛經驗越高會使駕駛者對目前行駛路徑變換之整體無異帶函數變寬，即駕駛者之延滯時間容忍度會隨實際駕駛經驗而提高；此群樣本較傾向不變換目前所行駛路徑，其因可能為此群樣本的空間能力較高，在熟悉地區因駕駛經驗較豐富，因此駕駛經驗參數變大，使得整體無異帶函數變大，所能容忍的延滯時間較大，故受「駕駛年資」變數影響下，較傾向不變換目前行駛路徑。

### b. 路網屬性：

在「路網屬性」部分，則依路網型態分為兩種，分別為「第一種路網」即具有多個轉彎口、排列規則、多個路口形式及較為密集等特性，而「第二種路網」則反之。對 GSA 群樣本，行駛於熟悉地區，對兩種路網型態皆為正號；此即代表 GSA 群受路網型態變數影響下對路徑選擇行為之整體無異帶函數會變寬，亦即較傾向不變換路徑；此可解釋 GSA 群樣本在熟悉地區行駛於兩種不同路網型態下，會因空間能力較佳而相信自己的經驗，因此受「路網屬性」因素影響下，會較傾向繼續留在目前行駛路徑。

### c. 決策點屬性

以「區位」變數而言，對應參數顯示當 GSA 群樣本無論於何種區位皆為正號，此即代表當 GSA 群樣本在熟悉地區之動態路徑基準下，接近起迄點之區位時，影響變換目前行駛路徑之整體無異帶函數變寬，對目前行駛路徑之延滯時間的容忍度較大；此可代表當此群樣本受「區位因素」影響下，較傾向於留在目前行駛路徑。

#### d. 累積經驗

在「累積路徑變換次數」變數方面，此項參數符號為正號，表示累積路徑變換次數越多，影響駕駛者變換目前路徑之整體無異帶函數則會變寬；當 GSA 群樣本在熟悉地區且於動態路徑基準，累積變換此數越多，其整體無異帶變寬，可容忍之延滯時間較大，較傾向不變換目前行駛路徑；可解釋為當此群樣本在熟悉地區之動態路徑基準，會因「累積次數」因素影響下，較傾向留在目前行駛路徑上。

此外，在「累積資訊不一致性」變數部分，GSA 樣本群在熟悉地區之參數符號為正號，此即表示當建議累積資訊不一致次數越多，影響其路徑變換之整體無異帶函數變寬，可解釋為因 GSA 群樣本行駛於熟悉地區，接受車內導引資訊所提供資訊變動程度越高時，反而對資訊提供之信任感降低，較相信自己經驗，因此可容忍之延滯時間變寬，而較傾向於繼續留在目前行駛路徑；發現此群樣本受「累積資訊不一致」因素影響下，較傾向繼續留在目前行駛路徑。

#### e. 近視屬性

在近視屬性參數部分，GSA 群樣本於目前行駛路徑上，多數參數影響駕駛者變換目前行駛路徑之整體無異帶函數皆會放大，即較傾向於不變換目前行駛路徑，此結果於第五章之分析結果相符合；除「目前是否在其他路徑上」之變數其值為負號，表示在其他路徑影響下，影響整體無異帶較小，表可容忍之延滯時間較小，較傾向變換其目前行駛路徑，其因可能為 GSA 群樣本行駛於熟悉地區時，由於對地區熟悉，因此會形成習慣路徑或遵守系統提供之建議路徑行駛，而當行駛於其他路徑時，其可容忍之延滯時間較短，故影響整體無異帶函數；就此群樣本而言，受在「目前是否在其他路徑」因素影響下，較傾向變換目前行駛路徑。

而當建議路徑下一路段壅塞狀況越嚴重時，GSA 群樣本受此因素影響下，對路徑變換之整體無異帶帶函數會變大，可容忍之延滯時間也會增加；受時間壓力越大，會使此群樣本之可容忍延滯時間增加，使整體無異帶函數變大，因此受此因素影響下，此群樣本較傾向於不變換目前

行駛路徑；另外，GSA 樣本在熟悉地區行駛於動態基準，所預測之延滯越大與車內導引資訊系統之預測可靠度越低時，所影響之整體無異帶函數變寬，可容忍之延滯時間變大，故受此二因素影響下，此群樣本較傾向不變換目前行駛路徑。

f. 遠視屬性

GSA 群樣本對「旅行時間差值」及「偏好一致性」於熟悉地區皆為正號；此表示 GSA 群樣本在系統建議路徑相對於習慣路徑所能節省之旅行時間及系統建議路徑與習慣路徑之重合度越高時，對可容忍之延滯時間增加，影響變換目前路徑之整體無異帶函數會放大，故此群樣本受此二變數之影響下，較傾向留在目前行駛路徑。

表 6. GSA 群樣本於熟悉地區不同基準模式之參數校估彙整表

變數類別	變數名稱	模式一	模式二	
	常數項[a1]	+	+	
駕駛者屬性	駕駛年資[a2]	+	+	
	變數項目	找新路傾向[ $NR_i$ ]	-	
		程序性知識[ $PK_i$ ]	+	
		概觀性知識[ $SK_i$ ]	+	
	變數項目	路徑反轉[ $PR_i$ ]		+
		時間誤差[ $TE_i$ ]		+
		空間能力[ $SA_i^+$ ]		-
		空間能力[ $SA_i^-$ ]		+
		地理知識[ $GK_i^+$ ]		-
		地理知識[ $GK_i^-$ ]		+
路網屬性	第一種路網[a3]	+	+	
	第二種路網[a4]	+	+	
決策點屬性	區位[a5]	+	+	
累積經驗 (cumulate)	累積路徑變換次數[a6]	+	+	
	累積資訊不一致[a7]	+	+	
近視屬性 (myopic)	目前是否在習慣路徑[a8]	+	+	
	目前是否在建議路徑[a9]	+	+	
	目前是否在其他路徑[a10]	-	-	
	下一路段壅塞狀況[a11]	+	+	
	已旅行時間比例[a12]	+	+	
	資訊可靠度[a13]	+	+	
	建議下一路段一致性[a14]	+	+	
遠視屬性 (foresight)	剩餘旅行時間差值[a15]	+	+	
	偏好之一致性[a16]	+	+	
	$a_{ij}$	+	+	

## 6.2.2 兩模式組成相異屬性變數部分

以下將針對本研究所探討之『不同變數型態處理駕駛者屬性』，所構建之逐點動態路徑決策模式；對範例模式 GSA 群-熟悉-動態路徑基準模式，兩模式之參數值符號及參數意義相異處說明如下：

### a. 模式一（使用直接變數處理）

在『找新路傾向』變數方面，其值為負值，表此值越高代表此群樣本在熟悉地區越傾向找尋新路，對目前行駛路徑可容忍之延滯時間較短，影響其整體無異帶函數變窄，故受『找新路傾向』因素影響下，較傾向變換目前行駛路徑；在『程序性知識』及『概觀性知識』此二變數方面，此二項變數之參數符號皆為正值，其值越高表示 GSA 樣本對熟悉地區擁有之程序性知識及概觀性知識越多，可接受容忍之延滯時間較長，其影響之整體無異帶變寬，故針對此二變數之影響下，較傾向不變換目前路徑。

### b. 模式二（以隱藏性變數形式處理）

在『時間誤差』及『路徑反轉』變數，其參數符號皆為正值，表示 GSA 群樣本行駛於熟悉地區正向所判斷時間與實際行駛時間之誤差值越大，因瞭解其道路狀況，其可容忍之延滯時間較長，影響整體無異帶模式變寬，較傾向不變換目前行駛路徑；另外對其路徑反轉而言，其值越大，表示此群樣本可容忍之延滯時間變大，影響整體無異帶函數變寬，較傾向不變換目前行駛路徑，故受此二變數之影響下，此群樣本較傾向不變換目前行駛路徑。

就『空間能力』之隱藏性變數而言，依空間能力所獲得之標準化因素得分，將結果分為正得分與負得分兩變數進行探討，就空間能力正得分變數而言，其參數之符號為負值，空間能力正得分越高，其空間能力能力越高，所容忍之延滯時間較短，影響整體無異帶函數變寬，因此受『空間能力正得分』因素影響下，較傾向變換目前行駛路徑；對『空間能力負得分』變數而言，則反之；就『地理知識』之隱藏性變數，依地理知識所獲得之標準化因素得分，將結果分為正得分與負得分兩變數進行探討，就『地理知識正得分』變數而言，GSA 群樣本行駛於熟悉地區，因地理知識正得分越高，對此地區之地理知識越豐富，所能容忍之延滯時間較短，影響整體無異帶函數變窄，因此傾向變換目前行駛路徑；對地理知識低得分變數而言，則反之。

### 6.2.3 兩模式之整體模式比較

以下將根據兩模式整體模式評估結果，包括檢定參數值及整體模式配適度檢定兩部分，進行說明。

#### 1. 整體模式參數值檢定

利用漸進 t 檢定 (Asymptotic t-test) 檢測模式參數值，此檢定可用於檢測模式中每一變數之參數值是否為 0，因此若模式中變數之 t 值大於 1.96 (在顯著水準  $\alpha=0.05$  下) 或 1.645 (在顯著水準  $\alpha=0.10$  下) 時，即表示此變數之參數值達顯著標準，亦即不為 0，經檢定結果後可發現表 7 之參數值大部分已達顯著水準。

#### 2. 整體模式配適度檢定

##### (1) 概似比統計量 (Likelihood Ratio Statistics)

為一  $\chi^2$  分配，可用以檢定佔有率模式 (LL(0)) 與所測定之各模式間是否有顯著差異；因此，本研究所測定兩模式之  $-2\ln \lambda$  之查表值分別為 30.1 (即  $\chi^2(0.95, 19)$ ) 及 33.9 (即  $\chi^2(0.95, 22)$ ) 大時，即表示所測定之模式較等佔有率模式為佳，而此時自由度則為虛無假設  $H_0$  所指定數值之參數數目。

表 8 之結果顯示，兩模式之概似比統計量皆達查表值 30.1 及 33.9，即代表本研究利用不同變數型態所測定之模式，皆較佔有率模式為佳。

##### (2) 概似比指標 (Likelihood Ratio Index)

概似比指標  $\rho^2$  可衡量模式之適合度，且當其越接近 1 即表示所測定模式與數據間之配合能力越合適，故可藉此得知本研究所構建模式與數據間配合程度。表 8 為 GSA 群利用不同變數處理方式之整體模式評估結果彙整表，從表中結果可得知二模式之概似比指標，根據其概似比指標值結果顯示，模式二與數據間之配合程度較模式一高；利用此結果可發現，以模式二隱藏性變數處理駕駛者屬性之模式較利用直接變數方式處理為佳。

表 7 GSA 群樣本於熟悉地區不同基準模式之參數校估彙整表

變數類別	變數名稱	模式一	模式二	
	常數項[a1]	1.239 (3.215)	2.919 (5.614)	
駕駛者屬性	駕駛年資[a2]	0.855 (3.518)	2.294 (6.012)	
	變數項目	找新路傾向[ $NR_i$ ]	-0.345 (-4.110)	
		程序性知識[ $PK_i$ ]	1.900 (5.413)	
		概觀性知識[ $SK_i$ ]	2.119 (4.701)	
	變數項目	路徑反轉[ $PR_i$ ]		1.657 (7.172)
		時間誤差[ $TE_i$ ]		2.976 (6.006)
		空間能力[ $SA_i^+$ ]		-0.232 (-1.374)
		空間能力[ $SA_i^-$ ]		0.804 (5.923)
		地理知識[ $GK_i^+$ ]		-0.378 (-4.358)
		地理知識[ $GK_i^-$ ]		0.327 (7.014)
	路網屬性	第一種路網[a3]	2.561 (7.771)	2.650 (9.518)
		第二種路網[a4]	0.063 (4.559)	1.260 (4.087)
決策點屬性	區位[a5]	0.884 (5.897)	0.819 (4.794)	
累積經驗 (cumulate)	累積路徑變換次數[a6]	1.587 (4.901)	1.138 (5.725)	
	累積資訊不一致[a7]	0.564 (7.420)	1.516 (9.737)	
近視屬性 (myopic)	目前是否在習慣路徑[a8]	1.764 (2.620)	2.565 (5.749)	
	目前是否在建議路徑[a9]	1.486 (3.550)	2.303 (6.796)	
	目前是否在其他路徑[a10]	-1.296 (-4.385)	-0.243 (-2.435)	
	下一路段壅塞狀況[a11]	0.475 (5.878)	0.383 (2.988)	
	已旅行時間比例[a12]	2.770 (6.051)	2.000 (4.134)	
	資訊可靠度[a13]	2.202 (5.257)	1.442 (4.536)	
	建議下一路段一致性[a14]	1.733 (5.651)	1.463 (3.361)	



(續) 表 7 GSA 群樣本於熟悉地區不同基準模式之參數校估彙整表

遠視屬性 (foresight)	剩餘旅行時間差值[a15]	0.256 (5.524)	0.189 (2.400)
	偏好之一致性[a16]	1.998 (1.088)	2.310 (4.267)
	$a_{ij}$	2.427	1.686
	$\varepsilon_{ij}$	1.669	1.423

註：( ) 值表示該參數之 t 統計量

資料來源：本研究整理

表 8 GSA 群樣本於不同熟悉度地區之整體模式評估結果彙整表

項目名稱	熟悉地區	
	模式一	模式二
LL(0)	-152.707	-152.707
LL( $\bar{\beta}$ )	-120.127	-114.687
概似比統計量	65.16	76.04
概似比指標 $\rho^2$	0.213	0.249
N	139	139

註：模式一為直接變數型式

模式二為隱藏性變數型式

\*為達顯著水準之意(在顯著水準  $\alpha=0.05$  下)

資料來源：本研究整理

## 七 結論

本研究利用一系列空間能力測驗量測一般空間能力、以控制實驗方式執行空間程序記憶及使用問卷型式地理知識三者之相互影響關係，構建一空間能力之線性結構關係模式，利用完整空間能力研究調查之測驗量度作為指標參數；因受試者參與控制實驗人數有限，故以本研究以駕駛者之一般空間能力影響其表現之地理知識形成替代性結構關係模式，經由不同替代性結構關係模式之結果驗證，模式校估結果獲得以下結論。

1. 利用空間能力紙筆測驗結果，經統計方法之集群分析可反應駕駛者基本空間能力之差異群組，並分別命名為高空間能力（GSA）群及低空間能力（PSA）群。
2. 經獨立樣本 t 檢定後，發現本研究研擬十八種測驗指標中之十種測驗形式，可反應出兩群樣本間空間能力具有顯著差異；其餘量測指標結果不顯著或不合預測狀態，其可能推斷原因，一為以目前進行量測之樣本數

- 特性，影響形成此測驗結果；二為本研究使用此類型測驗，無法確實反應受試者之差異。
3. 以觀察模式關係中各變數之符號，均符合預期，驗證本研究假設之因果關係為正確關係。
  4. 就本研究觀察變數與潛在變數間，已經相關性檢定確認觀察變數間無共線性問題存在，因此本研究所構建之線性結構關係模式，已排除觀察變數間之共線性問題，不影響潛在變數衡量整體模式結構效果。
  5. 本研究以駕駛者擁有基本空間能力觀點，結合認路程序探討，及最終表現出地理知識間之影響關係，成功地利用多階段測驗型式，在有限樣本執行下，以示範性過程構建空間能力之研究架構，並經驗證性因素分析及整體模式配適度檢定，結果顯示以本研究所構建之空間能力結構關係模式之恰當性。
  6. 本研究經不同地理知識架構形成替代性結構關係模式，在有效樣本執行下，以駕駛者個別認路表現納入所顯示表現之地理知識為地理知識指標之替代模式架構為適當，形成代表空間能力認知之一般空間能力及地理知識兩隱藏性變數指標。
  7. 本研究成功地將駕駛者屬性以隱藏性變數（空間能力（ $\eta_1$ ）、地理知識（ $\eta_2$ ））型式，納入逐點動態路徑變換選擇行為模式。
  8. 本研究以兩種不同變數處理方式處理駕駛者屬性，構建逐點動態路徑變換模式；經模式校估後，結果顯示兩變數型態模式之變數大部分已達顯著水準。
  9. 與對照模式結果比較，結果發現將駕駛者屬性依隱藏性變數型式納入逐點動態路徑變換模式，可增加駕駛者路徑選擇行為整體模式之解釋能力。

## 參考文獻

- 王慶瑞，「運輸系統規劃」（民 85），亞聯顧問公司
- 張貴貞（民 92），「駕駛者在不同路網型態下途中路徑選擇行為之研究」，私立淡江大學運輸科學研究所碩士論文。
- 張碧琴（民 93），「駕駛者認知地圖與車內導引系統使用行為模式之探討」，私立淡江大學運輸科學研究所碩士論文。
- 陳怡君（民 86），「實用性向智力測驗」，文國書局。
- 陳士邦（民 89），「車內導引資訊影響下之逐點動態路徑選擇行為」，私立淡江大學運輸科學研究所碩士論文。
- 陳俊文、游萬來、邱上嘉（民 92），探路研究的方法及應用，設計研究，第三期，頁 222-233
- 楊雲榮（民 87），「建立探討車內資訊系統影響駕駛人動態路徑選擇/變換行為

- 所需之實驗環境」，私立淡江大學土木工程研究所碩士論文。
- 趙凌佑 (民 93)，「駕駛者空間能力差異對車內資訊影響下之動態路徑選擇行為」，私立淡江大學土木工程研究所碩士論文。
- Aginsky, V. and Harris, C. and Rensink, R. and Beusmans, J. (1997), "Two Strategies for Learning a Route in a Driving Simulator", *Journal of Environmental Psychology*, Vol.17, pp.317-331.
- Allen, G.L., Kirasic, K.C., Dobson, S.H., Long, R.G., & Beck, S. (1996), "Predicting environmental learning from spatial abilities: An indirect route." *Intelligence*, 22, 327-355
- Altman, I., Wohlwill, J. F., & Everett, P. B. (Eds.). (1981) "Human behavior and environment:" Vol. 5. Transportation and behavior. New York: Plenum Press.
- Ben-Akiva, Moshe E. and Ramming, M. Scott and Walker, Joan L. (1999) "Improving Behavioral Realism of Urban Transportation Models Through Explicit Treatment of Individuals' Spatial Ability", Conference on Social Change and Sustainable Transport Berkeley, California.
- Daimon, T., Kawashima, H (1996), "New viewpoints for evaluation of in-vehicle information systems: applying methods in cognitive engineering", *JSAE Review*, Vol.17, pp. 151-157.
- Khattak, Aemal J. and Khattak, Asad J. (1998) "Comparative Analysis of Spatial Knowledge and En Route Diversion Behavior in Chicago and San Francisco." *Transportation Research Record* 1621, pp. 27-35.
- K. Wohlinger and D. Boehm-Davis (1995) "The Effects of Age, Spatial Ability, and Navigational Information on Navigational Performance" FHWA-RD-95-166,
- Lovelace, K.L., & Montello, D.R. (1997), "Spatial cognition: Are there sex-related differences, and what do they mean?" Paper presented at meetings of the American Association of Geographers, Ft. Worth., 1997
- Marie Sjolinder, "Individual differences in spatial cognition and hypermedia navigation.", <http://www.sics.se/humle/projects/persona/web/littsurvey/ch5.pdf>
- Obata, T. and Daimon, T. and Kawashima, H, (1993) "A cognitive study of in-vehicle navigation systems: Applying verbal protocol analysis to usability evaluation", *Vehicle Navigation and Information Systems Conference*, Proceedings of the IEEE-IEE, pp. 232-237.