國　立　交　通　大　學
工業工程與管理學系

碩士論文

車內資訊系統的控制與顯示相容性對於駕駛者分心程度的影響

The Effect of Display and Controller Compatibility to Distracting Drivers on In-vehicle Computing System

指導教授：許尚華博士

研究生：林石隆

中華民國九十四年三月

車內資訊系統的控制與顯示相容性對於

駕駛者分心程度的影響

The Effect of Display and Controller Compatibility to

Distracting Drivers on In-vehicle Computing System

研究生：林石隆　　Student：Shih-Loan Lin

指導教授：許尚華博士　　Advisor：Shang-Hwa Hsu

國立交通大學

工業工程與管理學系

碩士論文

A Thesis
Submitted to Department of Industrial Engineering and Management
College of Management
National Chiao Tung University
In partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Industrial Engineering and Management
March, 2005
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年三月

車內資訊系統的控制與顯示相容性對於駕駛者分心程度的影響

研究生：林石隆　　指導教授：　許尚華博士

國立交通大學工業工程與管理學系

摘要

車內資訊系統常常需要駕駛者分心去注意該系統的訊息並且操作控制它，因此，造成駕駛者忽略路況而導致交通意外的發生，本研究希望藉由比較按鍵式操作控制類型與選單結構的相容性，瞭解兩者之間的互動關係對於駕駛者在注意路況的同時所造成分心的影響，並提供一個參考準則適合於車內動態環境使用的控制類型與選單結構，作為設計者在設計車內資訊系統的參考。

研究的結果發現，具高相容性的選單控制組合可以讓駕駛者有縮短作業完成時間，可以讓駕駛者有更多的時間注意路況，也可以避免視覺過度偏移路況所導致的意外，而選單結構淺而廣的設計，可以讓駕駛者較快的取得與控制顯示的資訊，提升駕駛者完成選單作業達成操控的目的。

關鍵詞：相容性、選單結構、按鍵控制器、車內資訊系統、分心狀態

The Effect of Display and Controller Compatibility to Distracting Drivers on In-vehicle Computing System

Student：Shih-Loan Lin Advisor：Shang.H. Hsu,Ph. D.

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

Abstract

In-vehicle computing systems often require drivers to distract from the road. It easily leads to traffic accident. The system usually designed to enhance driver's navigation and provide access to communication as well as entertainment functions. Integrating HCI design guidelines is the key point to avoid the effect of distraction. The purpose of this document is to provide human-machine interface design concept for the system. The aim of the study was to understand the relationship among compatibility, the interaction of human-machine interface and personal capability constraint from ergonomic viewpoint. In order to solve the overload problem of visual demand and to avoid traffic accident. The study want to research Menu structure, controller and compatibility how to influence driver distract on the road.

Key word：Compatibility, Menu structure, controller, In-vehicle computing systems.

誌謝

有許多的感想每當我回想起在研究所的點點滴滴，經歷了許多的過程，面對了很多的事情，常常讓我覺得原來給你最多壓力的人往往讓你的成長也最大，而許多的機會都必須靠自己去爭取，感謝許尚華老師給我最多的壓力也給我最多的機會去嘗試不同的挑戰，朋友和同學給了我面對壓力的勇氣，每當夜深人靜的時候我待在研究室，不管是作實驗器材或是寫論文，現在回憶起來都讓我感覺很有意義，感謝工研院的雅雯大姊給我很多的鼓勵，不管我剛開始的作品有多差，她都會再給我嘗試的機會，應藝所的至煌常常教我許多設計的技巧與觀念，每當他傳給我他的作品時，都激起了我的鬥志，心理很希望可以跟他做的一樣好

在研究所結交了不少好朋友同研究室的慧貞、swatch 常常跟我一起討論論文與工作，詠涵、盈月在論文與學業上都幫了我不少忙，另外許許多多幫我作實驗的同學，我都很感謝他們熱情的參與和協助，當然少不了一起運動的朋友，冠人與榮輝、與一堆 ” 阿 ” 字輩同學讓我在研究所的日子一點都不會無聊，學弟、學妹們也都很努力的為研究室的未來努力打拼，明輝學長算是我見過脾氣最好的人類，我常常想如果我是他的話我大概會爆炸，因為研究室的大小事物都需要透過他耐心的協調與溝通，俊佳學長交了我許多做人處事的道理，也為研究室規劃了許多的制度與遠景，讓未來的學弟有明確的目標與方向。

最後，我最要感謝的是我的母親，在我回家的時候都會為我準備豐盛的食物，讓我除了學業以外沒有其他的後顧之憂，一個終點的結束是另一個起點的開始，回想過去不如面對現在，希望大家未來的路都可以很有趣。

目錄

中文摘要……..… I
英文摘要…….. II
誌謝……..III
目錄…….…IV
圖目錄……..VI
表目錄……..VII

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機……..……...1
1.2 研究目的…….....2
1.3 研究流程……..…...3
1.4 研究問題與假設……6

第二章 文獻探討

2.1 注意力資源分配對注意力的影響……..….….9
2.2 分心的測量方法…….……..……..11
2.3 分心與狀態察覺…….……..……13
2.4 空間刺激反應相容性…....…….……..…….....14
2.5 使用者介面設計…….……..…….....15
2.5.1 駕駛者認知能力的限制……...…16
2.5.2 控制裝置與使用者之間的互動關係……...18
2.5.3 顯示裝置與使用者之間的互動關係……...21
2.6 車內環境變化的影響…….……..…….....23

第三章 研究方法

3.1 實驗設計……..……..……..……..……..……..……24
3.1.1 相容性之比較……..……..…...24
3.1.2 控制型態與選單類型組合之比較……..…….....25
3.1.3 獨立變數……..……..…...26
3.1.4 相依變數……..…….....28
3.2 實驗程序……..…..…29

3.3 受試者……..…….30
3.4 實驗設備……..…….31
3.5 實驗作業內容……..…….31
3.6 實驗情境與裝置……..…….32

第四章 研究結果

4.1 資料分析方法……..……..……..……..……..……..33
4.2 煞車反應時間的分析……..……..……..……..……....34
4.2.1 單因子重複量數實驗設計……..……..…...34
4.2.2 將煞車反應時間轉換為煞車距離……..……....35
4.3 完成作業時間分析……..……..……..……..……37
4.3.1 單因子重複量數實驗設計……..……..…...37
4.4 分析結果……..……..……..……..……..……..……39

第五章 結論與討論

5.1 結論……..……..……..……..……..……40
5.1.1 相容性對於作業完成步驟時間的影響與觀察結果……..……..…...40
5.1.2 相容性對於煞車反應時間的影響與觀察結果……..……....41
5.4 討論……..……..……..……..……..……43
5.2.1 實驗觀察與檢討……..……..…...44
5.2.2 未來研究與檢討……..……....44

參考文獻……..45

圖目錄----------

圖 1-1 研究流程圖……..……..5
圖 2-1 行為模式….……..……11
圖 2-2 Mercedes-Benz SLK(1)……...……19
圖 2-3 Mercedes-Benz SLK(2)……...……20
圖 2-4 BMW Drive……..……..……...……20
圖 2-5 VW ConceptR….……..……21
圖 2-6 順序式選單設計…...…..……..……22
圖 2-7 開放式選單設計……..……22
圖 3-1 單階選單設計……..……27
圖 3-2 三階選單設計……..……27
圖 3-3 實驗程序圖……..……..……...30
圖 3-4 實驗情境……..……..……...32

表目錄----------

表 2-1 視覺分時作業四個構面的說明…..…….....9
表 2-1 來源與需求的測量……..…….....12
表 3-1 單因子重複量數實驗設計(相容性)……..……...……..25
表 3-2 單因子重複量數實驗設計(組合類型)……..……...……...26
表 3-3 組合類型特性說明……...…..……...….....28
表 3-4 受試者分配……...31
表 4-1 相容性對於煞車反應時間的 **ANOVA** 分析結果……34
表 4-2 組合類型對煞車反應時間的 **ANOVA** 分析結果……...34
表 4-3 煞車反應時間的 Duncan Test 事後比較…….....35
表 4-4 煞車距離**平均值**結果…..……...……....…….…….....35
表 4-6 相容性對於完成作業步驟時間的 **ANOVA** 分析結果……..37
表 4-7 組合類型對於完成作業步驟時間的 **ANOVA** 分析結果……37
表 4-8 完成作業步驟時間的 Duncan test 事後比較……..38

第一章緒論

1.1 研究動機

由於科技的發達，車內駕駛者漸漸增加許許多機會使用不同的電子產品從以前的 Radio、CD 到現在的手機、MP3、導航系統與影音多媒體，這些動態、機動力高的電子消費產品，在車內使用的狀況下已經成為安全上重大的潛在危機，我們可以看見無論是國內外的報告都不斷指出，這些電子消費產品並未有效的考慮在行車過程中操作與讀取時，所可能造成對於駕駛這產生額外的負荷，造成注意力分散引發分心，導致意外的發生率上升，因此近年來許多車廠都希望藉由車內的中控系統，整合人們對於這些電子產品的需要並期望能更有效的提供安全的使用者介面、顯示與人機互動，因此車內資訊系統為了提供更安全更舒適的駕駛環境應蘊而生，運用 GPS、GPRS 使得駕駛者能有系統的規劃、或接收路徑資訊，然而車內的環境的特色是具有高動態性與機動性，截然不同於一般我們使用電腦的環境，對於使用者介面設計的要求也相對的比一般電子消費產品為高，因此我們必須對人因方面的議題作更深入的探討，就一般而言行車時的主要作業還是在駕駛與觀察路況上，這包括了視覺、聽覺與手部的反應控制配合駕駛者對於環境、狀態的認知，而車內資訊系統提供的次要作業也需要駕駛者使用相同的注意力資源去使用該系統，就以目前的分類來看車內資訊系統整合的功能不外乎三類：導航、娛樂、通訊與輔助系統，對於駕駛者來說車內資訊系統的確是會造成許多不必要分心的來源之一，因此，要如何使車內資訊系統的人機介面設計與互動降低駕駛者注意力資源的分散與浪費，並期望提升使用者介面的操作、接收、並有效的存取車內資訊系統顯示的訊息？這是我們在研究車內資訊系統設計介面與軟體互動、資訊呈現的重點，關於顯示的資訊配置與呈現資訊內容上，國內外已經有許多的探討包括：字型、字體與排列方式等…，而在操作的設計上的議題多擺在控制介面設計上、或是探討一些有關觸覺、擺設方式、

按鍵間距等方面…而本篇論文主要是希望瞭解相容性對於分心的影響，並藉由整合顯示與控制介面不同操作模式與呈現，所產生的不同作業方式，主要希望瞭解控制介面類型與顯示方式的相容性與呈現、控制方式之間對於駕駛者接受資訊時有何影響與關連性，而對於駕駛者所造成分心的影響與改變之間的關係，並進而希望提出對於車內資訊系統設計介面、軟體互動的建議使車內資訊系統的操作獲得有效的改善。

1.2 研究目的

本研究的主要目的所想要探討的問題是在設計車載資訊系統時，探討控制介面與選單結構之間相容關係所發生的兩個議題，而這兩議題都與相容性有關，以下是對這兩個問題的簡述：

一、控制與顯示介面的相容性的高低對駕駛者注意力分散的影響為何？

當在設計控制與顯示介面時，我們常常會考慮到介面的設計與規劃的問題，尤其是介面互動之間的相容性，因為相容性與使用者的關係是密不可分的，而相容性對於控制與顯示介面而言所代表的意義是與使用者概念的接近程度，因此我們可以想見當控制與顯示介面的互動不接近使用者原有的概念時，會產生許多問題如：學習不易、容易發生失誤與使用者反應不佳等…現象，因此對於駕駛者分心的影響也會相對的提高。

二、何種選單資訊的排列方式、層階與控制介面配置的組合其相容性較高對於駕駛者分心的影響較小？

本研究希望由不同控制介面與選單結構的搭配可以讓駕駛這分心程度較低，並由實驗的研究分析與觀察中，瞭解其中的原因並做進一步的分析與討論，而為了釐清這相容性、按鍵配置與選單結構的議題對於駕駛者分心的影響程度，進而改善設計車內資訊系統時所發生的矛盾，以下是本研究對於相容性這主要議題概念的詳述：

一、操作介面與選單結構之間的相容關係：

（一）高相容性的介面與選單配置讓駕駛者更容易接受與容易學習，因此所造成分心程度的影響較低。

（二）低相容性的介面與選單配置讓駕駛者較難接受與學習，因此造成分心程度的影響較高。

1.3 研究流程

首先確認研究問題的背景與動機，並決定本研究之假設與目的，本研究的流程如下：

一、利用文獻回顧的方式，來修正之前的研究問題。

二、依據研究的問題與目的，選擇適當的研究方法，並決定研究的實驗變項，利用研究的實驗變項，探討過去之相關文獻。

三、利用實驗設計的方式，進行實驗，以收集實驗資料數據。

四、利用實驗設計解釋所得數據的結果，同時與過去文獻結果作一比較。

五、最後針對研究結果提出結論與發現，並提供建議與檢討。

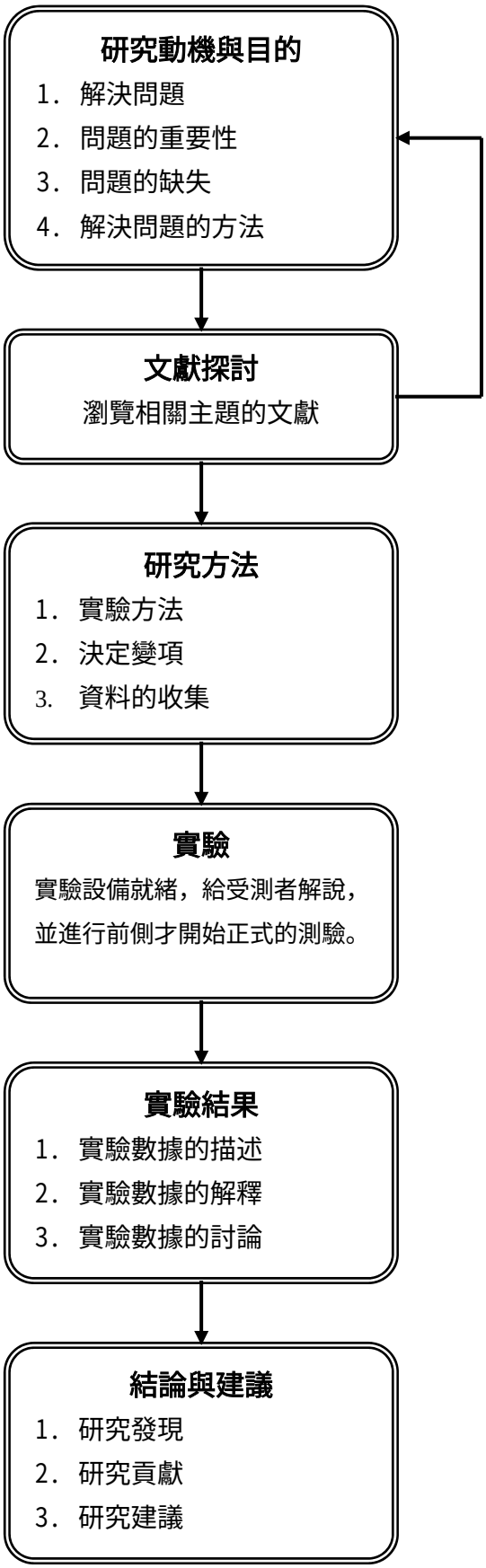
研究動機與目的
1. 解決問題
2. 問題的重要性
3. 問題的缺失
4. 解決問題的方法
文獻探討
瀏覽相關主題的文獻
研究方法
1. 實驗方法
2. 決定變項
3. 資料的收集
實驗
實驗設備就緒，給受測者解說，
並進行前側才開始正式的測驗。
實驗結果
1. 實驗數據的描述
2. 實驗數據的解釋
3. 實驗數據的討論
結論與建議
1. 研究發現
2. 研究貢獻
3. 研究建議

圖 1-1 研究流程

1.4 研究問題與假設

第一個部分是關於相容性對於控制介面與選單結構關係假設：當按鍵與選單結構具有相容性關係存時可以有效的降低注意力資源的分散而讓駕駛者更可以專心的注意路況，另外當按鍵與選單結構不具有相容性關係存在時，駕駛者必須花更多的注意力在操作控制器與選單而相對造成注意力資源的浪費，與駕駛者的負擔，以下是對於控制介面與選單結構相容性之間關係的假設。

（一）高相容性的介面與選單配置讓駕駛者更容易接受分心程度較低

（二）低相容性的介面與選單配置讓駕駛者較難接受與學習，因此分心程度較高

第二部分是有進一步探討有關控制介面按鍵與選單階層組合之間關係的假設：由於控制操作的步驟與選單介面結構的相容關係會影響操作的便利性，因此希望可以找出較佳的控制介面與選單組合如何造成降低分心的影響，以下是對各組合控制介面與選單階層的特徵說明與假設：

（一）二維選單與二維控制器組合：相容關係佳可以減少駕駛者分心的程度高，但是控制介面上的按鍵較多，而選單的配置也比較分散。

（二）二維選單與一維控制器組合：相容關係不佳，對於操作者來說學習比較不容易，其控制介面上的按鍵較少，而選單的配置也比較分散。

（三）一維選單與二維控制器組合：相容關係不佳，對於操作者來說學習比較不容易，而其控制介面上的按鍵較多，而選單的配置也比較集中。

（四）一維選單與一維控制器組合：相容關係佳，對於操作者來說學習比較容易，其控制介面上的按鍵較少，而選單的配置也比較集中。

由以上對於各個組合的描述與說明之中，我們可以發現除了相容性外，選單本身的特色與配置樣式，還有控制器操作的方式與按鍵配置與數量都會對於測量造成一定程度

的影響，而在第一個部分有關相容性的探討，選單類型與配置方式和控制器的設計的干擾可以經由配對組合的方式加以抵銷，而第二部分組合類型則更進一步探討相容性、選單類型和控制器的設計三者之間的關係。

第二章文獻探討

車內資訊系統可以說是無所不在的電腦進入人類生活中「行」的層面的一個過程，當電腦系統融入我們日常生活中會發生一個現象，就是背離原本設計電腦時所預設的辦公室情境和人的認知、行為，我們可以想見未來的世界人與電腦的關係將更為融洽，更可以說是合作共生，而車內的資訊系統將電腦引入「行」的日常生活時所發生的情境、所產生與電腦互動的行為想必會與原本的辦公室電腦在設計上有很大的差異性，所需考慮的觀點與環境、發生的狀況與先前對於電腦設計時所考量重點必定大不相同。

車內屬於動態且駕駛者必須注意路況，對於駕駛者來說車內資訊系統的顯示與控制屬於額外的作業，（IRC,1999）美國的一項研究調查中，發現有 84%的行動電話使用者相信使用行動電話會分心並提高發生意外的可能性，另外有 61%的受訪者在車內駕駛的過程中使用行動電話，而其中 30%的有高的使用率。在日本使用車內導航與行動電話所發生的事故隨著，這類產品的普及而日益升高（Green,2000），而這些有關導航與行動電話所造成的行車事故，其主因是駕駛者視覺需求的負荷過重所導致（Green,2001），現今有許多國家都已明令禁止車內使用手機如巴西、以色列、澳洲等（Redelmerier, Rober & Tibshirani,1997），而由現今的趨勢看來行動裝置日益的普遍，駕駛時使用行動裝置的機率與可能性也會大大的提升，因此對於有關這方面的相關研究將會日益的增加，而有關車內資訊系統，我們可以發現行動裝置並不是為了車內狀態而設計的，再加上若在車內使用許多不同行動裝置的操作介面會造成分心的影響將更大，因此車內資訊系統的誕生，除了迎合駕駛者娛樂、通訊與服務的需求外，更重要的是提供一個合乎駕駛狀態的整合式操作介面，以避免駕駛這使用一些其他行動裝置造成安全上的顧慮。

2.1 注意力資源分配對注意力的影響

縱觀車內資訊的服務從以前簡單的 Radio、CD 播放，發展到現今多樣的服務內容可分為（1）無線通訊服務（2）駕駛者行車輔助系統（3）多媒體影音娛樂服務（4）車內狀態資訊系統（F. Bellotti, A. De Gloria, 2000），並將其整合成為一套單一的車內電腦系統，因此我們可以想見人機介面的控制與顯示對於駕駛者而言，必定產生更為複雜的操作控制互動，因此而造成駕駛工作負荷增加，產生分心、注意力分散，而使駕駛作業受到操控車內資訊系統的影響，進而產生行車安全的危害，相關的研究指出車內的顯示裝置會增加視覺的負荷進而產生分心的結果（Summala, Nieminen &Punto, 1996），分心乃指無法提供足夠的注意力資源在所有現存的作業上（M.H. Marten &W. van Winsum, 2000）,而分心會造成資訊窄化的現象，也就是說，周邊視覺的偵測能力受損，而漏失路面的資訊（Migual A. Recarte, &Luis M. Nunes, 2003），因此我們必須對分散式注意力與注意力資源的理論其歷程作更進一步的瞭解。

分時作業（Time-sharing task）常常用來說明在操作車內資訊系同時，一方面又在駕駛的狀況，（Tsimhoni & Green, 2003）將視覺分時作業區分為四個構面(表 2-1)並分析其對於駕駛行為的影響中發現，在不同水準的駕駛作業下發現，總瞥視時間沒有顯著差異而總作業完成時間在不同的作業下有顯著差異，而單一的瞥視時間會因為駕駛作業難度的不同而有發生分時作業策略的變化。

Construct	Comment	Effect on Time Sharing
1. Time pressure to look at the road	A sense of immediacy to look back at the road induces efficiency in performing the task.	Shorter (more efficient) glances at the display
2. Interference of concurrent driving	Cognitive demands of concurrent driving may distract the driver while looking at the display, thus degrading task performance.	Longer total glance time
3. Postponed processing and planning	The driver can process some information after looking away from the display and plan ahead for the next glance.	Shorter total glance time
4. The cost of task partitioning	If a task is stopped before completion, parts of it might need to be repeated due to forgetting or changes in the displayed information.	Longer glances at the display

表 2-1 視覺分時作業四個構面的說明

因此，以這樣將視覺分時作業的分類來看，總完成作業的時間代表了駕駛者對於狀況作策略上的變化，也代表了作業的負荷發生了變化。

在駕駛者行車狀況下，分散式注意力是指必須同時執行兩個或兩個以上的作業（Sanders & McCormick,1998），因此我們可以在車內操作資訊系統時發現，駕駛者必需同時注意路況，造成注意力分散的現象，而由多重注意力資源理論中（Wickens, 1984），說明當共用的資源層次與向度接近時其發生干擾的程度也越大，因此車內的分心影響因子加以區分為四類：（一）視覺分心（二）聽覺分心（三）生物力學分心（四）認知分心（Goodman, M., 2000），所以當我們使用車內資訊系統時會牽涉到兩個主要的視覺反應作業（一）行車路況（二）車內的螢幕資訊，與一個有關觸覺的控制器操作，而其中車內的螢幕資訊屬於視覺分心的來源，另外控制器操作則屬於生物力學分心，這兩類的分時作業同時對行車路況的視覺注意與控制發生影響，由此我可以瞭解到分散式注意會造成偵測周邊線索的能力與反應下降。

2.2 分心的測量方法

由於車內的情況的特殊性，我們必需要更進一步討論駕駛者注意力與車內行為模式之間的關係，並由模式中探索車載資訊系統與駕駛分時作業進行的同時，會造成影響或衝突的來源，並由這些來源之中，可以發現許多不同分心的來源，如圖 2-1 所示：

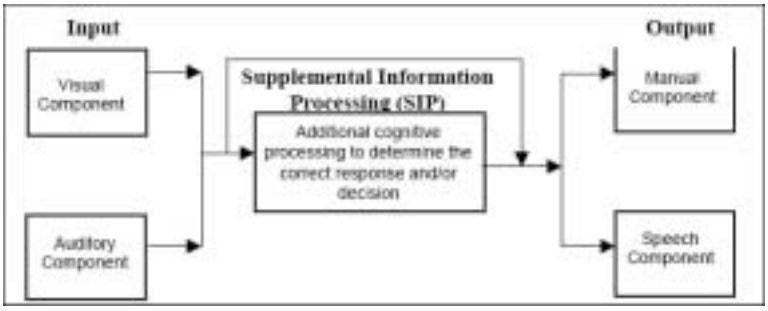

圖 2-1：行為模式

由圖 2-1 我們可以很明顯的區分出注意力需求的來源與對於駕駛行為可能發生分心的來源有許多不同的需求，而其中我們可以很明顯的看出這些元件間彼此的關係並非獨立而是同時存在的，例如：當駕駛者在操作車內資訊系統的過程中，需要利用視覺與手部的操作控制，並決定執行作業，由這個過程中我們就可以找出分心可能發生的來源，並進一步討論其原因，因此對於模式的瞭解是分心量測的重要關鍵。

當我們瞭解分心的衝突來源後，接下來我們必須根據分心的來源進行進一步的探討，而為測量的項目必須考慮到來源與駕駛行為間的關連性，在駕駛的過程中，駕駛者必須對許多的環境、狀態加以注意並作判斷與決策，而作業的目標（Goodman, M., 2000）將其區分為三個部分（一）與駕駛有直接關係的作業例如：踩煞車、調後照鏡等…（二）與駕駛沒有直接關連性的作業例如：導航、看地圖等…（三）與駕駛無關的作業例如：聽音樂、聊天…，這些作業在資源上或多或少都會對於駕駛作業所需的資源產生影響，，因此綜合作業特性與來源的關係和許多的實驗所測量的項目，可以歸納成以下的測量需求與來源關係如表 2-2 所示：

Resource	Demand Measure
Visual	Mean Single Glance Time (sec)
	Mean Number of Glances
	Mean Eye Transition Time (sec)
	Visual Time
Auditory	Mean Number of Message Presentations
	Mean Message Duration (sec)
Supplemental Information Processing (SIP)	Subjective SIP Time-sharing Demand Rating
	Subjective SIP Mental Demand Rating
	Subjective SIP Frustration Level Rating
Manual	Hand at Task Time (sec)
	Hand Travel Time to Task (sec)
	Hand Travel Time from Task (sec)
Speech	Expected Command Input Time per Attempt (sec)
	Expected Number of Command Attempts
	Probability of a Recognition Error
	Probability of a Substitution Error
Overall	Time to complete task
	Expected % of Drivers Unable to Complete the Task

表 2-2 來源與需求的測量

由表 2-2 我們可以在許多相關研究中找出對應的分心的量測方式，雖然使用測量的目的有許多不同的目標，但對於車內駕駛者分心測量的方式，但是其目的不外乎是希望瞭解駕駛行為會受到的影響，如（Alm & Nilsson, 1994）在研究有關車內使用手機的相關研究中利用速度、道路偏移與反應時間進行測量，另外（Consiglio, 2003）的實驗中是利用煞車燈出現時要求受試者作踩煞車的反應並記錄時間，而以其他的方式進行駕駛者是否受到分心作業的影響（Parkes, A.M. & Hooijmeijer, 2001）的研究中，綜合客觀的煞車反應與速度等…資料，另外也根據狀態察覺的論點，要求駕駛者知覺環境狀態並描述現在狀態與預測未來可能發生的狀態採用回答問題取得相關分心的資料，而本實驗是希望駕駛者經由周邊偵測作業發現刺激並對該刺激進行煞車的反應並測量反應時間，因此接下來對於視覺周邊作業的偵測作進一步的討論。

關視覺周邊偵測作業的漏失，駕駛者會呈現在刺激與反應的知覺過程上，當發生分心的狀況時，相關的研究發現（M.H. Marten &W. van Winsum, 2000）當視覺作業需求增加時，路況的線索漏失的比率會增加，而對於周邊視覺偵測作業的反應時間也會隨之增

加，另外有關視覺注意力窄化的研究中（Rantanen & Goldherg, 1999, Willians, 1985, 1988）也發現類似的現象，當越多需注意的訊號在中央區域出現時，其周邊的視覺注意力也隨之下降，因此歸結以上的研究我們可以發現，視覺注意力資源分散在不同的作業時，其周邊視覺區域的作業由於視覺注意力資源分配的不足而造成視覺周邊偵測作業的受損，進而表現在線索漏失的比率與周邊視覺偵測作業的反應時間增加，因此我們可以利用測量反應時間與漏失率來比較不同作業的差異性，並經由對於刺激偵測的反應進行量測與分析。

2.3 分心與狀態察覺

就整體而言車內的視覺注意力資源分散在許多不同的位置，除了前方的路況外，其他的部分如後照鏡，左右方來車的資訊等…都需要我們去注意，相關的研究指出駕駛分心的原因，（Wierwille, & Tijweina, 1996）在行車的過程之中視覺注意力資源會分散在許多的位置包括：前方路況、後照鏡、顯示螢幕與控制器如方向盤、面版按鍵等…而在駕駛的過程之中，必需適當的分配資源並統合這些視覺的資訊，去完成駕駛的程序，意外事故的發生類型會因為對於某一個位置，其資源分散不足所導致，因此我們可以想見車內資訊系統的加入將會造成視覺注意力資源相對的更加減少，注意力資源分配不佳的狀況發生意外的可能性也會相對的提升，駕駛者會統合各方位置的資訊並產生較為具體的決策並判斷未來可能的狀況，與駕駛行為，（Endsley,1994）提出狀態察覺指在某一時段與過程中人對於環境中各個被知覺的元素加以解釋、理解並將其投射在未來可能發生的狀態下，而當狀態察覺的狀況不佳時相對也會產生不佳的表現（Endsley,1990）關於狀態察覺可以區分為三個層階（一）知覺環境中的元件（二）理解狀態（三）投射在未來可能發生的狀況（Endsley,1993），以行車駕駛看來，我們可以想見分心，在第一個階段中產生漏失或反應過慢的狀態將會造成後續理解與判斷上的誤差，進而影響駕駛者對於後續行車狀況的判斷。

2.4 空間刺激-反應相容性

在許多的設計上我們都必須探討有關空間 S-R 相容性的關係，因為相容性對於控制器與顯示器的關係是具有舉足輕重的地位，（Chapanis & Lindenbaum, 1959, Proctor & Van Zandt, 1994）人機介面控制與顯示的互動代表刺激與反應之間關係的呈現，當 S-R 具有更快的控制反應關係所代表的是相容性與一致性程度對應，也代表介面的互動更加理想，而在（Sanders & McCormick,1998）控制器與顯示器的配置相容性所指的是控制與顯示的關係正是與人們期望一致的程度，空間 S-R 相容性的好處不但可以讓使用者學習與反應更快，另外也失誤也較少，另外也保存了刺激-反應與空間的一致關係（Hommel & Prinz, 1997），因此我們可以有以上的說明中瞭解相容性代表了將空間與環境的對應關係融入介面互動設計之中，而可以由人與介面互動時所產生的反應了解介面設計的好壞，有關於空間 S-R 相容性的關係的類型（Worringham & Beringer, 1989）提出使用者面對的方向與移動的關係，可區分為三類(1)控制-顯示相容性(2)視線-移動相容性(3)視線-身體相容性，由此我們對照車載資訊系統的控制、顯示位置與駕駛者的關係可以發現是面對面的關係，因此當視線-移動相容性發生時，控制-顯示相容性也會同時產生，空間關係的確立可以幫助使用者操作介面時，更容易使用與學習，而在許多器具與裝置的設計，都將相容性的原則視為相當重要的安全考量原因之一（Proctor & Reeve, 1990）。

而有關車內資訊系統的設計上，對於相容性、分心與介面設計三者之間的關係似乎並沒有很明顯，由一些相關資料與準則，我們可以由接下來的資料發現介面設計與分心的關係，我們也可以由上面的資料中發現相容性與控制、顯示介面設計的關係，但是相容性對分心是否有影響卻很少可以找到相關的資料，因此接下來便是探討使用者介面設計與分心的關係。

2.5 使用者介面設計

使用者介面可以說是系統與駕駛者之間重要的橋樑，除了使用者本身外，介面的內容包含：控制裝置、顯示裝置與人機互動的作業，而人機互動的作業特性也被歸類為影響分心的因素之一（Goodman, M.,2000），另外 NHTSA （National Highway Traffic Safety Administration）在近來的相關研究中也探討的手機手持或免持使用介面對於駕駛行為的影響，沿伸到未來的研究中更想進一步的瞭解，Auto-PC 手動控制或語音控制對於駕駛者的影響，我們可以發現介面的議題隨著 Auto-PC 的普及已經被視為相當重要的議題，完全使用語音控制雖然最直覺，在 NHTSA 相關研究中也發現使用者偏好用語音控制，不過我們可以發現關於語音控制的兩個問題（一）受干擾的範圍擴大，因為除了駕駛者外還有其他乘客可能需要使用該系統（二）系統的複雜度 Auto-PC 發展至今，功能不斷的增加，一旦轉變為語音控制時，勢必要考慮指令與人的記憶力限制，因此，本篇論文探討重點就是以手部操控的介面設計與互動對駕駛者分心作業的影響為主，所以我們必須對使用者介面的組成元件與車內操作環境間的關係做更為詳盡的探討，使用者介面的組成元件就其探討的議題可以分為三個主要的部分：

一、駕駛者認知能力的限制

二、控制裝置與使用者之間的互動關係

三、顯示裝置與使用者之間的互動關係

2.5.1 駕駛者認知能力的限制

關於第一個部分主要是在探討車內資訊系統造成駕駛者在分心的影響下產生的限制，由於駕駛者在動態的車內環境下接收、或控制介面同時也必須兼顧車外的路況，處於注意力是屬於分散的狀態，如相關的研究中提出在車內環境下快速辨別資訊的重要性，並希望需要使注視的時間不超過 2 秒，且不需要超過連續兩次以上的注視（Wierwille,1998; Zwahlen,1988），因為注視介面的時間過長與頻率過高表示會造成對駕駛作業的注意力資源下降，而危害駕駛的安全，另外資訊內容的可理解度部分車內的狀況都比一般狀態要求更高，資訊可立即的明瞭，不管是 symbols and message 都要考慮到駕駛者的知識水平(Y. Ian Noy,1997)，另外在資訊呈現的部分相關研究結果也限制了資訊呈現的數目，約 3~4 個 traffic information 中間有時間的延遲，且注視時間不超過兩秒 chunks (information units)為最佳正確率接近 100% (Y. Ian Noy,1997)，而關於操作介面時也需要考量車內特殊的狀況加以限制操作的時間，如 SAE J2364 規範中，提到在開車時，駕駛者若要操作導航系統的作業，從手離開方向盤到系統出現回饋，其間時間不能超過 15 秒（Green, 1999）。駕駛者本身的能力與在車內的環境之下認知與行為都會因為車內環境本身的特殊性而對介面本身與駕駛者產生不小的變化與限制。

然而瞭解人的認知能力在駕駛環境下的限制，是不夠的因為限制代表的是駕駛者在認知條件的限制下有一個受限的空間可以接收訊息，而受限的空間如何被充分的利用呢？我們必須要探究資訊呈現的方式與提供有效的資訊，因為人代表決策的一方，對於資訊呈現的方式也必須考慮到人類要能有效的辨別。而呈現的時機過早容易造成其他交通訊息的干擾而產生遺忘的現象，過晚又可能造成來不及反應的危險，另外有關於車內資訊設計上，較為具體的準則：

辨識與理解螢幕上的資訊 (Y. Ian Noy,1997)

1.字體的大小：0.25~0.75degrees

2.當背景與字體的彩度相同時，歧見的亮度對比至少要大於 1.5

3.背景的的亮度應使反射與炫光最小化

4.地圖的方位以上方為車子前進的方向。

5.資訊數目要小於（the number of crossings<5）

Driver Focus-Telematics Working Group(2003)所提出有關於資訊呈現的準則，說明了車內資訊系統呈現在螢幕上的資訊，必須要讓駕駛者可以預期並有順序式的呈現資訊讓駕駛者可以在最短的凝視下獲得所需的資訊，而不影響駕駛作業，以下是對於視覺凝視時間與頻率相關研究的整理：

1.單一注視的時間盡量避免超過兩秒（Rockwell,1988），而相關的研究中也發現（Green,1999）這樣的現象，並認為使駕駛者視覺偏移路面不超過兩秒的原因是由於駕駛者自身對於路況的危機感所造成，Wierwille, Hulse, Ficher, 和 Dingus（1988）發覺單一注視的時間會因為交通狀況的不同而有所差異。

2.注視的頻率限制的研究（Chiang & Weir, 2001）在導航系統的實驗中發現注視的次數並不影響駕駛行為的表現，（Dingus, 1987）也提出了相同的觀點。

3.總凝視時間的相關文獻中，(Tijerina, 2000)發現受試者使用導航系統平均總凝視時間超過 60 秒，但是路徑偏移的現象與操作 Radio 沒有顯著的差異。

由以上對於視覺注視的整理中我們可以發現，一般的駕駛者會根據路況的情形與使用裝置的時機適時的配合凝視的時間與頻率，來完成駕駛以外的其他作業，因為一般路況下，駕駛的過程之中，偏移視覺注意離開路面過久對於駕駛這而言會產生不安全的感覺，我們可以常常發現交通較壅塞的時候，駕駛者視覺注意偏移的時間會較長，主要是因為對於路況有一定的掌握。

2.5.2 控制裝置與使用者之間的互動關係

就現今的潮流而言，車內資訊系統的控制器可以大體區分為三大類。由於車內特殊的環境，除了影響視覺感官上的接收訊息外，外在動態的環境也會影響我們在控制動作上的操作穩定性，進而決定我們在車內環境下所適用的控制裝置，下列比較兩種常見的車內資訊系統控制器以及它們在車內動態環境下所受到的影響：

一、觸控式螢幕：

相關文獻(Woodrow & Thomas ,1997)指出觸控式螢幕優缺點：

優點：

1.觸控式螢幕操控可手與眼直接整合協調控制，直接視覺讀取及最佳直接控制讀取。

2.不需要記憶指令。

3.透過直接的指令順序來引導駕駛員操作。

4.訓練需求最小。

5.使用者的接受度高

缺點：

1.沒有觸覺的回饋，需要不斷的注視螢幕。

2.銀幕容易污損降低能見度

3.有可能因為角度而產生視覺誤差進而誤觸

4.螢幕容易損壞

Zwahlen Adams 和 DeBald (1987)評估在駕駛中使用觸控式銀幕對駕駛行為的影響，發現觸控式銀幕的使用會使駕駛偏離中線，有安全的顧慮。另外，Monty（1984)也發現駕

駛時觸控式銀幕的使用會比傳統的按鍵需要更多瞄看時間，而導致更多的疏失，由此可知觸控式螢幕並不適合車內資訊系統在操作控制時的情境。

二、按鍵式操作系統：

就目前來所算是最為普遍且使用普及性最高的，比較按鍵式控制器與游標式控制器的控制實驗（Manes & Green,1997）發覺按鍵式控制器比游標式控制器在控制時間上縮短 9%而且錯誤率也降低 3%，但是卻缺乏相關的資料去有效的分類按鍵式控制器系統並且瞭解不同的按鍵式系統所適用的情境，因此本研究希望藉由控制器與資訊呈現之間關係的探討了解在車內的顯示裝置與控制器應該如何的設計與搭配？讓使用者能快速而有效的利用控制器獲得系統所提供的資訊，以目前的車款為例可以分為兩大主流的按鍵式控制類型：

（一）按鍵面版型控制器(圖 2-2) (圖 2-3)：

目前最為常見的操作控制面版具有許多按鍵與旋鈕，雖然說具有較佳的觸覺回饋，使駕駛者按錯的機會降低，不過這樣的面版有一個重大的缺陷，因為絕大多數這類的控制器的擺設多放置於駕駛者右下方的位置，而其面版有許多的控制按鍵，除了一些常用的鍵外，不常用的按鍵仍然需要用視覺去確認所按下的按鍵，而造成短暫的視線過度離開路面而造成，駕駛者在安全上的空期。

圖 2-2 按鍵面版型控制器(Mercedes-BenZ SLK)

圖 2-3 按鍵面版型控制器(Mercedes-BenZ SLK)

（二）操作選擇控制器(圖 2-3)(圖 2-4)：

許多國外車廠漸漸採用的控制器，也許不久的將來會成為車內主流的車內資訊系統控制配備，其特性如下：

1. 可避免視覺去確認所按下的按鍵，因為其概念如同軌跡球、滑鼠，通常可以利用單手操作並且可以觸碰到所有的控制鍵。
2. 操作程序較通常會比按鍵面版型控制器要多。
3. 需要注意螢幕的時間較長

圖 2-4 操作選擇控制器(BMW I-Drive)

圖 2-5 操作選擇控制器(VW Concept R MMI 中央控制旋鈕系統)

2.5.3 顯示裝置與使用者之間的互動關係

為了便於駕駛者找尋熟悉所需的功能除了探討控制器使用的控制方式以外，在選單內導航（navigation within menus）也是另一個設計的重點，一般來說，選單的結構應該提供廣而淺（broad and shallow）的隱喻式設計，也就是說，讓使用者覺得層次不會過深。Spreng（2002)發現在駕駛中，在深層選單結構內搜尋功能的過程會阻礙駕駛行為。因此，選單的隱喻式設計應盡量限制於三層，最多不超過五層。選單每一層次應提供顯明的「指示標記」，以供使用者辨識目前所在位置。選單依功能群組，在同一層級的項目應依使用頻率或重要性來安排，以利操作。

結構式的互動，代表資訊顯示的流動的方向，由於車內資訊系統介面操作是駕駛者的次要作業，為避免駕駛作業分心，車載電腦系統的資訊顯示介面應該具有順序式的結構性(圖 2-6)而非分散的跳動資訊(圖 2-7)在各個角落，要讓駕駛者有系統的預測下一步應該注意螢幕的哪一個部分，避免重複而無所適從的視覺搜索，利用簡單清楚、層次分明流動地引導駕駛者找尋所需功能，以下提供兩類不同的選單內導航設計，由於設計的隱喻方式不同，而在選單的布置與設計上產生不同的差異性。

圖 2-6 順序式的結構性程序顯示

圖 2-7 高開放性的自由選擇顯示

我們可以由以上的兩種顯示的選單結構發現，順序式的結構性程序顯示選單，以線狀的方式結構化選單內容的順序，每一個層階都可以使用一維的控制器加以操作，而反觀高開放性的自由選擇顯示選單，選項分佈於同一層的單元較多其面狀的結構需要利用二維控制器較有利於操作控制這樣的選單。

2.6 車內環境變化的影響

關於駕駛的環境我們可以很明確的瞭解，外在環境並不屬於一個穩定的狀態，簡單的說，在駕駛的狀況下我們可以明顯的感受到日夜周遭環境的差異，另外路況的變化例如：高速公路、郊區、市區等…各種環境的變化都會對駕駛這產生一定的影響效果，將範圍縮小到開車過程中會有的各種情況，由於車內資訊系統的設計必須強調要兼顧實用性與安全性，這有賴於對駕駛者能力與需求的瞭解並確認環境與路況，進一步提供有用的資訊，駕駛持續進行時，就必須分配一定程度的注意力在況路上，無論是停車、等紅燈、行進中…因此，這就是我們不可避免的要談論到注意力與路況環境之間的關係，另外一個重點就是日夜變化對注意力與視覺的影響，在車內資訊系統上的設計需要考慮日夜環境的變化，所造成駕駛者的注意力與視覺的改變以下三點是我們在設計所需注意有關視覺明暗變化的三個重點（Sanders & McCormick,1998）。

一、暗適應與光適應的現象：當我們在夜間一面注視 LCD 光亮的螢幕時，視覺回到黑暗的路況時，會產生視覺調適的的狀況。

二、對符號與顏色視覺敏感度的變化：車內資訊系統的硬體介面上必須配置一些 icon、文字等…抽象化的資訊，有時需要依靠視覺去確認按鍵位置，因此我們必須注意到顏色的選擇與文字、icon 的關係變化。

三、視銳度的變化：由於夜間光照亮度下降，視覺分辨細節的能力相對下降，可以想見在設計資訊顯示時，必須考慮昏暗環境下顯示的情形。

由以上三點，進而選擇較為適當的車內資訊系統顯示與操作模式，讓我們可以從各種角度去瞭解環境對駕駛狀態下造成的影響，進而設計周邊附屬作業的顯示與操作模式提升車內系統對與環境的敏感度，確保駕駛者在各種環境狀況下能維持安全，並有效的操作接收車內資訊系統所獲得的資訊。

第三章 研究方法

3.1 實驗設計

主要的程序是先比較控制裝置與顯示選單結構配置之間的相容關係對於分心的影響，然後更進一步瞭解控制裝置本身的設計包括：按鍵的介面設計、配置…和選單結構配置的層階設計對於分心的影響，最後希望可以找出最佳的控制裝置與顯示選單結構配置的組合類型。

3.1.1 相容性之比較

第一個部分主要是比較關於控制裝置與顯示選單結構配置之間的相容關係，並希望瞭解，當介面具有明顯的相容關係時，駕駛者操作時的狀態，而利用具體的數據瞭解其間與分心的關係，主要是希望藉有周邊作業偵測的方式所取得的客觀數據包括：煞車反應時間與作業完成步驟時間的數據，並在實驗的過程中加以觀察與紀錄駕駛者操控介面的狀況，綜合以上的資訊，以瞭解並解釋相容的關係對於駕駛者操作控制時所造成的效果為何？是否可以有效的降低操作系統時所造成的分心，因此，本實驗的第一個設計方式採用單因子重複量數實驗設計(repeated factorial design) ，以相容性為因子共有兩個水準，並將相容關係顯著的設計組合視為高相容性水準，而相容關係顯著不顯著的視為低相容性水準，然後藉由煞車反應時間與作業完成步驟時間的數據，以期能夠瞭解相容的關係的高低對於分心程度的影響，相容關係以及其水準與配對組合如表 3-1 所示。

表 3-1 相容性（單因子重複量數實驗設計）

獨立變項		水準數
相容性	高	二維選單與二維控制器設計
		一維選單與一維控制器設計
	低	一維選單與二維控制器設計
		二維選單與一維控制器設計
相依變項		
		煞車反應時間
		作業步驟完成時間

3.1.2 控制型態與選單類型組合之比較

第二個部分主要是希望進一步瞭解控制介面型態與選單層階結構的組合哪一組對於的分心影響較為小？是否會因為介面按鍵的型態與選單的層階本身的特性而對相容性造成影響？因此這個實驗採用單因子重複量數實驗設計(repeated factorial design)如表 3-2 所示，並進行比較與分析希望探討其間與相容性的關係，因為分心程度本身除了受到相容關係的影響外，還會因為控制裝置的設計與螢幕顯示的配置方式所影響，因此，分析的目的是希望能更進一步的瞭解之間的變化與關係。

表 3-2 組合類型（單因子重複量數實驗設計）

獨立變項	水準數
組合類型	二維選單與二維控制器設計
	二維選單與一維控制器設計
	一維選單與二維控制器設計
	一維選單與一維控制器設計
相依變項	
	煞車反應時間
	作業步驟完成時間

本實驗主要可以分析的部分與想要探討的問題列出如下所示：

一、相容性對於駕駛者分心程度的影響如何？

二、何種搭配的控制介面與選單設計相容性最佳並可以獲得最佳的控制績效進而降低分心造成的影響？

3.1.3 獨立變數

在此首先說明各控制介面與選單設計獨變項水準的特徵與定義其說明如下所示：

（一）一維選單：當選到某一個階層的時候，其選單的層階為線狀排列（一維排列）如圖 3-1 所示。

（二）二維選單：當選到某一個階層的時候，其選單的層階為面狀排列（二維排列）如圖 3-2 所示。

（三）一維控制器：選取的方式以線狀的方式移動，使用循環控制器設計例如：循環鍵、旋鈕、滑桿等…。

（四）二維控制器：選取的方式以平面的方式移動，使用方向控制器設計例如：方向鍵、觸控板、軌跡球等…。

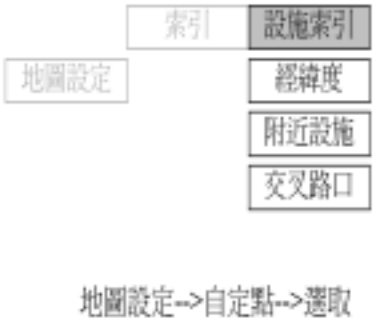

圖 3-1 一維選單設計樣式

圖 3-2 二維選單設計樣式

本實驗的第一個部分有一個獨立變項為相容性，其水準分別為：

（一）高相容（二維選單與二維控制器設計、一維選單與一維控制器設計）

（二）低相容（二維選單與一維控制器設計、一維選單與二維控制器設計）

在本實驗的第二個部分利用選單與控制介面的組合類別來分析四種組合類型哪一組相容性較佳，以下分別說明四種組合的特色：

（一）二維選單與二維控制器組合：相容關係佳可以減少駕駛者分心的程度高，但是控制介面上的按鍵較多，而選單的配置也比較分散。

（二）二維選單與一維控制器組合：相容關係不佳，對於操作者來說學習比較不容易，其控制介面上的按鍵較少，而選單的配置也比較分散。

（三）一維選單與二維控制器組合：相容關係不佳，對於操作者來說學習比較不容易，而其控制介面上的按鍵較多，而選單的配置也比較集中。

（四）一維選單與一維控制器組合：相容關係佳，對於操作者來說學習比較容易，其控制介面上的按鍵較少，而選單的配置也比較集中。

表 3-3 組合類型特性說明

組合類型特性	相容性	按鍵數	資訊呈現
(1)二維選單與二維控制器設計	高	多	分散
(2)一維選單與二維控制器設計	低	多	集中
(3)二維選單與一維控制器設計	低	少	分散
(4)一維選單與一維控制器設計	高	少	集中

3.1.4 相依變數

本實驗有兩個相依變數，分別為煞車反應時間、作業步驟完成時間，定義如下：

1. 煞車反應時間：計算受試者發現紅點並踩踏煞車的時間，單位為毫秒。

2. 作業步驟完成時間：受試者完成一個步驟所花費的時間，單位為毫秒。

3.2 實驗程序

研究共可分為以下三個步驟：

一、實驗說明與練習：

（一）實驗說明：告知所進行的測驗其硬體面版中各個控制鍵的功能與作用，然後說明顯示內容與配置。

（二）前測與練習：隨機任選 5 題作業要求受試者根據先前的實驗說明，控制與操作面版，當前測完成後開始正式測驗。

二、實際測驗進行

受試者必須依照實驗說明與前測練習的過程，完成 48 組隨機的作業，並在執行作業的同時主螢幕上會隨機出現紅點，受試者必須於發現紅點的同時踩下煞車。

三、記錄與觀察

施測者於實驗進行的同時，觀察受試者的行為並在實驗完成後，詢問施測者所觀察與發現的一些現象，並說明受試者對此控制顯示的配置有何意見與看法？

主要的問題包括：

一、在實驗的過程中，找不到目標作業時，會如何解決這樣的問題，會影響你對於紅點的煞車反應嗎？

二、你覺得這樣的選單設計的配置對於你來說，有哪些地方你會常常讓你覺得不容易察覺的？

三、按鍵的配置與設計對於你在選取作業時有何影響，如果有請說明你覺得影響的原因為何？

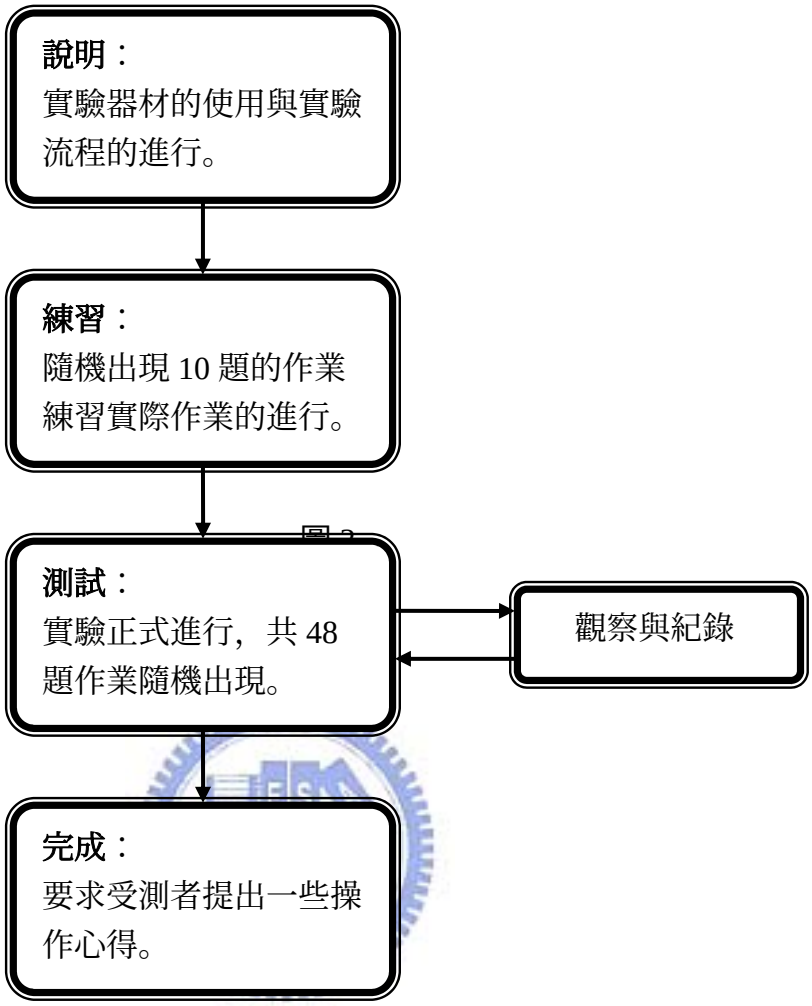

圖 3-3 實驗程序圖

3.3 受試者

受試者主要為交通大學大學部及研究所的學生，共計 60 人，採用實驗設計分析。並隨機指派控制型態(單鍵循環控制與四鍵方向控制)，顯示層階(單階選單設計與三階選單設計)，受試者必須具有駕照並且視力與四肢反應協調正常。

表 3-3 受試者分配

控制介面類型 選單類型	一維控制器	二維控制器
一維選單設計	15 名受試者	15 名受試者
二維選單設計	15 名受試者	15 名受試者

3.4 實驗設備

此實驗使用兩部個人電腦及 19 吋 VGA（模擬並顯示路況資訊）與 7 吋 LCD（模擬車內資訊系統資訊顯示）螢幕顯示，實驗軟體包括：路況之紅點偵測模擬與四種資訊顯示與控制型態都是利用 Flash MX 的 Action Script 語法所撰寫。在實驗過程中作業是採隨機選取的方式，受試者必須在使用控制器 LCD 內操作選單的同時，注意 VGA 所隨機出現的紅點並在發現時踩下煞車。

3.5 實驗作業內容

在此實驗中所模擬的系統為汽車導航系統的選單內容作業。現在市面上汽車導航系統雖然所有的功能不盡相同但是期間內容上的差異卻不會很大，因此我選擇一款最為複雜的汽車導航系統選單內容作為我選單內容設計的題材。

3.6 實驗情境與配置

為了模擬駕駛者在操作車內資訊系統的同時，必須利用周邊視覺同時偵測路況，因此，利用 19 吋的銀幕置於中央，其內容為隨機出現的紅點來模擬有車靠近時，後車燈漸漸變大的線索，下方有煞車當駕駛者發現紅點時踩踏，並由程式記錄駕駛者的反應時間，而利用 7 吋 LCD 銀幕模擬車內電腦的顯示螢幕，運用程式模擬選單的顯示控制的狀況並且利用程式記錄完成作業的時間，整體實驗情境的配置如下圖所示：

圖 3-4 實驗情境

第四章 研究結果

本論文研究的主要目的是希望瞭解控制類型與顯示方式的相容性與呈現方式、控制型態對於駕駛者接受資訊時，所造成分心的影響與改變，主要是希望能夠藉由實驗的分析與研究瞭解控制類型與顯示方式的相容關係對於注意力資源與分心的影響，並探討選單設計層階的隱喻與控制按鍵的配置之間的關係，以瞭解駕駛者接受車內資訊資訊時，所產生對於路況分心的影響程度，最後藉由不同的依變項來進行實驗的分析，透過此實驗來說明在操作車內資訊系統的選單設計與控制介面時對於駕駛者在行車對於路況覺察所造成的影響。並由此提出對於車內資訊系統設計介面、軟體互動的建議使車內資訊系統的操作獲得有效的改善。

4.1 資料分析方法

本研究包含了兩個依變項，分別是煞車反應時間和完成作業時間。故採用實驗設計中的二因子重複量數實驗設計來進行實驗結果的分析與解釋。若因子有顯著的主作用(main effect)，且因子與因子間有顯著交互作用，再進行主效果檢驗(simple main effect test)與事後比較 Duncan test(post-hoc comparison)另外，為了比較選單設計與控制介面的四種組合設計哪一組具有較佳的煞車反應時間和完成作業時間，故採用實驗設計中的單因子重複量數實驗設計來進行分析。

4.2 煞車反應時間的分析

4.2.1 單因子重複量數實驗設計

主要的目的是希望能從結果中瞭解相容性對於分心的影響並從而瞭解何種組合類型具有較佳的煞車反應時間，由表 4-1 可知，相容性對於煞車反應時間上並未產生統計上的顯著差異，但另外由表 4-2 可知，組合類型對煞車反應時間對於煞車反應時間有顯著的差異性，另外我們可以由表 4-3 的事後比較中發現看出一維選單與一維控制器設計的組合是煞車反應時間最短的組合，因此接下來便利用這樣的結果近一步探討煞車反應時間與煞車距離間的關係。

表 4-1 相容性對於煞車反應時間的 **ANOVA** 分析結果

Source	**SS**	**DF**	**MS**	**F**	**P-值**	**Result**
相容性	0.072802	1	0.072802	1.174189	0.283026	P>0.05
組內	3.596097	58	0.062002			
總和	3.668898	59				

表 4-2 組合類型對煞車反應時間的 **ANOVA** 分析結果

Source	**SS**	**DF**	**MS**	**F**	**P-值**	**Result**
組合類型	0.476325	3	0.158775	2.785026	0.049088	*P<0.05
組內	3.192573	56	0.05701			
總和	3.668898	59				

表 4-3 煞車反應時間的 Duncan test 事後比較

組合類型	**0.854**	**0.975**	**0.768**	**0.75**
(1)二維選單與二維控制器設計		0.170	0.328	0.267
(2)一維選單與二維控制器設計	0.17		0.027*	0.02*
(3)二維選單與一維控制器設計	0.328	0.027*		0.837
(4)一維選單與一維控制器設計	0.267	0.02*	0.837	

4.2.2 將煞車反應時間轉換為煞車距離

由以上對於煞車反應時間的結果中我們雖然並未發現相容性對於煞車反應時間有顯著的影響，但是在表 4-2 中我們可以發現組合類型在統計上為顯著因子（***p<0.05**）表示組合類型對於煞車反應時間的結果是顯著的，經過表 4-3 事後比較發現組合類型中的一維選單與一維控制器設計其煞車反應時間的平均值為最低。在煞車反應時間上，組合類型對於反應時間有顯著的影響，而煞車反應的時間最直接的影響就是表現在煞車的距離上，因此我們將煞車反應時間的平均值與一般路況的平均車速(60km/hr)相乘轉換為煞車距離其結果如下表所示。

表 4-4 煞車距離的**平均值**結果

摘要	一維選單	二維選單
一維控制器	12.5	12.8
二維控制器	16.2	14.2

由表 4-4 可知，控制類型的設計中，煞車平均時間採用最短的組合（一維選單與一維控制器設計）與最長的組合（一維選單與二維控制器設計）煞車平均時間所相差的煞車距離為 3.4 公尺，對於在一般車速為 60km/hr 的條件，駕駛者操控選單時更應該保持更長的車距或是降低車速以避免行車過程中發生不必要的危險，另外在設計上亦可以於行車過程操作車內資訊系統時，提醒或警示駕駛者車速的相關資訊，以提升駕駛者對於所處狀態的覺察與認知。

4.3 完成作業步驟時間的分析

4.3.1 單因子重複量數實驗設計

對於完成作業步驟時間的分析主要的目的是希望能從結果中瞭解相容性對於分心的影響以便於接下來瞭解何種組合類型具有較佳的完成作業步驟時間，由表 4-6 可知，相容性的高低並對作業完成步驟時間發生顯著的影響，然而在表 4-7 組合類型對於完成作業步驟時間上產生統計的顯著差異，另外從表 4-8 中我們可以發現四種組合高相容性組合（一維選單與一維控制器設計）在完成作業步驟時間上最短顯著優於其他組合。

表 4-6 相容性對於完成作業步驟時間的 **ANOVA** 分析結果

Source	SS	Df	MS	F	P-值	Result
相容性	6.13E-05	1	6.13E-05	6.707111	0.012123	*P<0.05
組內	0.00053	58	9.15E-06			
總和	42.55034	59				

表 4-7 組合類型對於完成作業步驟時間的 **ANOVA** 分析結果

Source	SS	Df	MS	F	P-值	Result
組合類型	0.000212	3	7.07E-05	10.42044	1.51E-05	*P<0.05
組內	0.00038	56	6.78E-06			
總和	42.55034	59				

表 4-8 完成作業步驟時間的 Duncan test 事後比較

組合類型	0.02102	0.02273	0.019893	0.017558
(1)二維選單與二維控制器設計		0.285	0.636	0.003*
(2)一維選單與二維控制器設計	0.285		0.021	0.001*
(3)二維選單與一維控制器設計	0.636	0.021		0.078
(4)一維選單與一維控制器設計	0.003*	0.001*	0.078	

歸結以上分析的結果我們可以很明顯的發現相容性高的設計其完成作業的步驟時間較短，因此具有顯著相容關係的設計對於減少駕駛者分心的狀態的確有顯著的效果，因此我們接下來便更進一步的探討四種組合類型中何種組合配對可以讓介面減少分心程度具有最佳效果，由事後比較的結果可知選擇高相容性的一維選單與一維控制器介面可以得到最佳的效果。

4.4 分析結果

由以上分析的結果與本實驗所想要研究的問題做比較下列是簡略的說明實驗所想要瞭解的問題與分析結果的對照：

一、相容性對於駕駛者分心程度的影響為何？

對於第一個問題相容性的關係對於作業完成步驟時間的影響有顯著的差異性，另外對於煞車反應時間的影響沒有顯著的差異性，我們發覺造成結果不顯著可能是因為選單的選項數目在本實驗的系統並不多，因此造成相容性的關係對於煞車反應時間造成了影響不顯著，因為在選項少的狀況下一維與二維控制器選擇的差異性並不大，。

二、何種搭配的控制選單設計可以獲得最佳的控制績效進而降低分心造成的影響？

接下來對於第二個問題，我們可以由實驗結果得知，在煞車反應時間的單因子變異數分析，發覺相容性的不同在四種組合上並無顯著差異（$p>0.05$），而在作業完成時間的單因子變異數分析，發覺相容性的不同在四種組合上有顯著差異（$*p<0.05$），而以四種組合中高相容性組合（單鍵循環控制*單階選單設計）在完成作業時間上最短顯著優於其他組合。

第五章 結論與討論

5.1 結論

本論文主要是針對車內資訊系統控制與顯示的相容性與分心之間關係的做進一步的瞭解與認識，在實驗的過程中發現在行車的過程中操作車內資訊系統，除了牽涉到系統本身控制與顯示之間相容性的關係外，其選單結構本身的特性對於訊息呈現的方式與控制器本身的設計按鍵擺設的位置、定義都有很大的關連性，相容性牽涉到使用者對於系統中控制、顯示的關係與使用者本身期望一致的程度，也就是操作系統時，當系統的配置關係與互動概念與使用者產生共鳴的時候，相容性就會造成良好的互動效果而讓使用者易學易用，而這樣的設計，又必須建構在好的控制類型與顯示方式的規劃，因此相互之間都會有很大的影響，操作車內資訊系統本身對於駕駛行為是一個分心的來源，而系統本身的特性決定了影響駕駛行為造成分心的程度，相容性就是系統與駕駛者習習相關的重要特性，但是之間的關係會受到控制類型本身的設計、配置所影響而讓相容性的優點受到干擾，另外選單類型的配置方式也會干擾相容性人與系統之間的互動關係。

5.1.1 相容性對於作業完成步驟時間的影響與觀察結果

本論文在作業完成步驟時間的分析與觀察中，在單因子變異數分析中發現相容性高的組合對於作業完成步驟時間的縮短有顯著的效果，而組合類型的分析中也發現，一個相容性高的組合(一維控制器與一維選單設計)與其他的組合有顯著的差異性，不過我們可以從選單的內容中發現，選單的選項太少或許是導致另一組二維控制器與二維選單設計的關係不顯著的原因之一，因為當選單選項不多的時候，一維控制器與二維控制器在操作上差異不大，但是當選單的選項增加到一定程度的時候，或許二維控制器的優點就

會被突顯出來，另外由實驗的觀察中也常常可以發現一些特殊的現象，當受試者的視覺注意力集中在選取作業的同時，必須持續的注意螢幕的內容與選單的排列，因此當採用二維選單式設計時，資訊是分散在各處的並沒有像一維選單設計集中並提供連貫性的順序線索，而二維選單設計常常讓受試者必須同時注意左上方的層階指示與控制選單的本身的內容，因此在觀察受試者做實驗的時候常常會發現受試者忽略層階指示而發生找不到目標作業的現象使得完成作業的時間增長，這或許也是其中的原因之一，而另一種一維選單由於資訊多集中於視覺區域中央的部分，一維選單設計與視覺的關係是由左而右，與一般閱讀視覺移動的方式接近，加上與上一層選單接近性較高，因此當發生錯誤時確認選單的上一個層階不需要像三階選單式設計將視覺遊移到左上角層階指示的地方，因而增加了完成作業的便利性，由研究的觀察與結果中發現一些可能造成干擾的原因，可以作為以後研究思考的方向。

由以上的說明比較四種不同的控制與選單的組合類型對於作業完成時間的影響，我們可以發現一維控制與一維選單組合在完成作業步驟時間上顯著的優於其他設計，其主因除了是因為控制模式與單階選單的設計產生較佳的相容性外，另外一方面讓受試者在控制與視覺上的移動相符合與集中性也是或許重要的因素之一。

5.1.2 相容性對於煞車反應時間的影響與觀察結果

在煞車反應時間的分析與觀察中，我們可以發現在單因子變異數分析中，相容性高的兩個設計組合並未顯著的優於其他的控制類型，歸納其原因我們可以由觀察中發現影響煞車反應時間的主要原因可能與控制器的設計有很大的關連性，因此當控制類型為二維控制器（按鍵較多）的時候，煞車反應時間可能受到手部控制的干擾，而這個現象在實際的觀察中我們也發現，雖然在實驗進行的觀察中，一維控制器會造成當受試者選錯的時候需要按較多次才能按回目標選項，但是由於選項的數目不多，因此，很快就可以按回目標項目，但是這樣的錯誤發生在二維控制器選錯時，會產生選擇要按哪一個按鍵

鍵的時間浪費，甚至需要分散注意力去注意控制介面方向控制鍵，因而間接的影響了受試者對於前方路況的注意，而增加煞車的反應時間的影響。因此雖然在作業的標準步驟上，方向鍵介面的設計步驟上較循環鍵介面少，不過事實上卻會犧牲受試者選擇性注意的反應時間，甚至可能需要受試者移開路況的注意資源分心去注意面版要選哪一個控制鍵，這樣的現象在觀察實驗中的二維選單與二維控制器的這組的受試者最常發現，因為這組所需的按鍵數最多，而 back 鍵通常是在選錯時使用，而且用的機會比其他鍵為少，因此每當受試者要選 back 的時候，有的是用觸覺去摸索，有些受試者甚至會用眼睛去確認 back 的位置，而我們知道車內的面版通常置於駕駛者右下方的位置，我們可以想見這樣會造成視覺偏移路面車況的程度有多大，當前方有來車的時候，或許會因為這樣的因素導致意外的發生，由實驗進行的觀察中，我們時常可以發現這樣的現象。另外由實驗的觀察中，也發現到方向控制模式較單鍵循環控制模式手部動作複雜許多，加上腳部踩煞車與手部的肢體動作根據多重注意力資源看來都是屬於肢體上的反應動作可能會有相互干擾的情形發生，從這些外顯的反應動作我們可以發現，選擇的反應會因為動作的複雜度的增加而相對提高動作完成的時間，運用的注意力資源（根據多重注意資源論注意力資源屬於同一個層階時容易造成注意之間的相互干擾而產生競爭的現象）也會因為同為反應的注意力資源階層，而造成控制煞車反應時間變慢。

5.2 討論

在本實驗中發現了幾個關於設計車載資訊系統時，所需注意的相關要點並做成以下的整理：

一、選單設計與控制器操作模式的相容性的關係的確有助於減少分心的作用，不過在本實驗之中卻也由於控制與選單類型的設計影響了相容關係效果的顯著性，因為控制與選單類型的設計直接的干擾了駕駛者操作系統的便利性，而造成分心的效果。

二、關於控制器的設計由本實驗的觀察發現，盡量簡化按鍵數量或是使用單手可以完全掌握的控制器，將可以有效降低分心，因為當控制器按鍵的越多雖然可以減少完成作業的步驟，但是選擇反應時間與觸覺或視覺上的搜索卻會由於視線過度偏移路面與分散視覺注意力資源造成分心的影響，進而使得注意力資源更加不足。

三、當我們在操作車載資訊系統我們必須用中央視覺去注意螢幕，而周邊視覺偵測的作用就是注意外在的路況，不管是在車輛為動態或靜態的狀況下，因此簡化按鍵數或是使用單手可以完全掌握的控制面版設計，可以降低我們因為選擇反應與視覺注意到面版而忽略路況的頻率，畢竟銀幕的擺放位置較面版更能利用周邊視覺注意路況，而作業時間縮短的好處，除了讓駕駛者快速的選擇目標外，更重要的是讓駕駛者中央視覺盡早回到路面上。

四、關於選單的設計，我們得到與之前文獻相同的結論，也就是說選單的結構應該提供廣而淺（broad and shallow）的設計，可以讓處於分心作業下的駕駛者有較佳的完成作業績效。

五、選單類型本身的結構、資訊的配置與呈現的方式也會造成駕駛者增加對與資訊搜尋的困難度而影響駕駛者增加凝視螢幕的時間，間接增加駕駛者注意力分散的風險。

六、實驗選單的選項數目並不多，因此在比較一維與二維控制器上的關係中其造成的影

響並不會太明顯，而未來的車內資訊系統其控制選單的選項勢必更加複雜，因此，在選單選項多的狀況，或許可以做為未來的探討的地方。

實驗分析中也發現一些有趣的現象，有些控制的組合具有高的相容性卻因為無法兼顧控制裝置與選單配置適當的配合而造成相容效果不顯著的結果，因此要如何取得相容性、控制裝置與選單配置相互的平衡，讓相容性的優點能有效的在駕駛者與車載資訊系統的互動中可以被突顯，有賴於設計者對於介面的瞭解與拿捏。

5.2.1 實驗觀察與檢討

在實驗的進行過程中，發現許多特別而有趣的現象值得進一步探討，當受試者發現選擇錯誤時，發覺沒有辦法進入下一個作業，開始觀察螢幕顯示資訊是否與目標作業有所差異來確定並修正錯誤這時候，常常造成完成作業時間變長的結果，因此這時候螢幕資訊的選單結構與配置方式較佳的設計可以讓受試者降低修正錯誤的時間，而在本實驗的結果看來單階選單的結構似乎具有較佳的效果。

另外錯誤發生的時候，受試者除了會觀察螢幕顯示資訊是否與目標作業有所差異另外一個動作就是會確認自己是否有按錯按鍵？有的受試者會利用視覺直接去確定所按的按鍵是否正確，另外有些受試者則是利用觸覺去確認正確按鍵的位置，有時會產生手忙腳亂的現象。

5.2.2 未來研究與檢討

組合類型在作業完成時間為單鍵控制設計其可能發生的原因，是由於設計選單的選項太少，因此造成方向控制鍵的設計其優點無法顯著，因此未來的研究應該提高選單的選項以分辨控制類型所造成的影響，另外在一維的控制器設計上可以改採其他不同的一

維控制器如旋鈕、滑桿等…，因為現在有許多的車內資訊系統利用旋鈕的方式控制選單，而有關實驗過程中的一些有趣的觀察現象，或許也可以讓重新我們思考分心的造成原因，例如：作業錯誤時駕駛者如何去發現錯誤、進而修正錯誤，而在修正錯誤的過程之中，駕駛者分心的現象會發生如何的變化？另外顯示介面的配置方式對於作業錯誤的修正其作用為何？，另外，在無法掌控所有控制按鍵的條件下，不常用的按鍵需要被使用時，駕駛者會如何進行這樣的作業？而對駕駛者造成明顯的注意力分散的狀態，或許可以進一步作為未來探討的議題。

參考文獻

文獻資料：

1. 莊忠益，”車用電腦中央控制介面之階層式選單對駕駛者績效之影響”，清華大學工業工程與工程管理研究所，民國九十二年。

2. Tsimhoni, O.,& Green, P.(2003), Time-sharing of a visual in-vehicle task while driving: The effect of four key constructs. Proceedings of the 2nd International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design, Park City, Utah, pp. 113-118.

3. Green, P. (2001), Safeguards for On-Board Wireless Communications. Presentation at second Annual Plastics in Automotive Safety Conference, Tory, Michigan.

4. Green, P. (2000), The Human interface for ITS Display and Control Systems：Developing International Standards to Promote Safety and Usability. Invited paper presented at the International Workshop on ITS Human Interface in Japan,Utsu, Japan

5. Green, P. (1999). SAE J2364-Navigation and route guidance function accessibility while driving (Draft). Warrendale, PA: Society of automotive engineers.

6. Wiewille, W.W.(1995), Development of an Initial Model Relating Driver In-vehicle Visual Demands to Accident Rate, Proceedings of the 3rd Annual Mid-Atlantic Human factors Conference, Blacksburg

7. Manes, D. and Green, P.(1977), Evaluation of a Driver Interfaces: Effects of Control Type(Knob Versus Buttons) and Menu Structure(Depth Versus Breadth). Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transportation Research Institute

8. Redelmeier, Robret, &Tishirani (1997), Association between cellular telephone call and

motor vehicle collisions. The New England Journal of Medicine 336, Number 7.

9. Parkes, A.M.& Hooijmeijer, V.(2001).Driver situation awareness and carphone use. Proceedings of the 1st Human-Center Transportation simulation Conference.

10. Alm, H. & Nillson, L.(1994). Changes in driver behavior as a function handsfree mobile phones-A simulator study. Accident Analysis and Prevention, 26(4),441-451.

11. Consiglio W., Driscoll, P., Witte M., & Berg, W.P.(2003). Effect of celluar telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response. Accident Analysis and Prevention, 35, 495-500.

12. Endsley, M.R. (1994). Measurement of situation awareness in dynamic systems. Department of Industrial Engineering, Texas Technical University, Lubbock, Texas.

13. Endsley, M.R. (1993). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Department of Industrial Engineering, Texas Technical University, Lubbock, Texas.

14. M.H. Martens & W. van Winsum.(2001). Measuring distraction: the peripheral detection task. TNO Human Factors, Soesterberg, The Netherlands.

15. Bossi, L. L., Ward, N. J., Parkes, A.M. & Howarth, P.A.(1997). The effect of vision enhancement systems on driver peripheral visual performance. Ergonomics and safety of intelligent diver interfaces.(239-260).

16. Recarte, M. A., & Nunes. L. M., (2000). Effects of verbal and spatial-imagery task on eye fixations while diving. Journal of Experiment Psychology: Applied, 6, 31-43.

17. Barickman, F.S., and Goodman, M.j.(1999).Micro DAS: In-vehicle portable data acquisition system. Transportation Research Record 1689. 1-8.

18. Goodman, M., Bents, F. D., Tijerina, L., Wierwille, W. W., Lerner, N., and Benel,

D.(1997). An investigation of the safety implications of wireless communications in vehicles. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.

19. Goodman, M., (2000). NHTSA Driver Distraction Research: Past, Present, and Future. NHTSA Research and Development, Washington, DC.

20. Hankey, J. M., Dingus, T. A., Hanowski, R. J., Wierwille, W. W. (Virginia Tech Transportation Institute), Monk, C. A. (Science Applications Internationl Corporation), & Moyer, M. J. (Federal Highway Administration)(2003). The development of a design evaluation tool and model of attention demand. http://www-nrd.nhtsa.dot.gov.

21. Chiang, D.P., Brooks, A.M., Wier, D.H. (2001): An Experimental Study of Destination Entry with an Example Automobile Navigation System. SAE-paper 2001-01-0810.

22. Dingus, T.A. (1987): Attentional demand evaluation for an automobile moving-map navigation system. Unpublished doctoral dissertation, Virginia Polytechnic institute and State University, Blacksburg, VA.

23. Dingus, T.A., Antin, J.F., Hulse, M.C.& Wierwille, W.W. (1989): Attentional demand requirements of an automobile moving-map navigation system. In: Transportation Research, A 23(4), 301-315.

24. Rockwell, T H.(1988): Spare visual capacity in driving-revisited: new empirical results for an old idea. In a. G. Gale et al.(eds.), Vision in vehicle(pp.317-324). Amsterdam: Elsevier.

25. Tijerina, L.(2000): Driver distraction with wireless telecommunications and route guidance systems: Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.

26. Driver Focus-Telematics Working Group. (2003): Statement of Principles, Criteria and

Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems. (Draft Version 3.0).

27. Chapanis, A. & Lindenbaum, L.E. (1959), A reaction time study of four control-display linkages, Human Factors,1,1-7.

28. Hommel, B., & Prinz, W. (1997). Theoretical issues in stimulus-response compatibility. Amsterdam:North-Holland.

29. Proctor, R.W., Van Zandt, T., C-H., & Weeks, D.J.(1993). Stimulus-response compatibility for moving stimuli: Perception or affordance of directional coding? Journal of Experiment Psychology: Human Perception and Performance, 19,18-19.

30. Proctor, R. W. and Reeve, T.G.(1990), Stimulus-Response Compatibility: An integrated perspective. Amsterdam: North-Holland.

書籍資料：

31. Sanders,Mark S., and McCormick, Ernest J.（1998）.Human Factors in Engineering and Design 7th .McGraw-Hill, Singapore.

32. Woodrow Baefield , and Thomas A. Dingus（1997）. Human Factors in Intelligent Transportation Systems. Lawrence Erbaum Associates,Publishers .

33. Y. Ian Noy (1997).Ergonmics and Safety of Intelligent Driver Interfaces. Lawrence Erbaum Associates,Publishers.