

# 國立交通大學

## 工業工程與管理學系

### 碩士論文

探討狹窄可傾車輛對駕駛生理不適和駕駛績效的影響

Exploring the Effects of Narrow and Tilting Vehicles on Driver's  
Sickness and Driving Performance

研究生：林昭吟

指導教授：許尚華 博士

中華民國九十八年八月

探討狹窄可傾車輛對駕駛生理不適和駕駛績效的影響

Exploring the Effects of Narrow and Tilting Vehicles on Driver's  
Sickness and Driving Performance

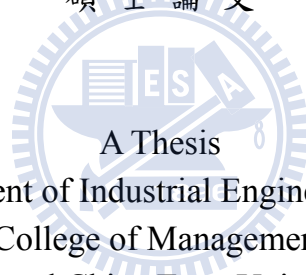
學生：林昭吟

Student：JHAO-YIN Lin

指導教授：許尚華

Advisor：Dr. 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

August 2009  
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年八月

# 探討狹窄可傾車輛對駕駛生理不適和駕駛績效的影響

學生：林昭吟

指導教授：許尚華博士

國立交通大學工業工程與管理學研究所碩士班

## 摘 要

在現今都市化的社會中，都市人口稠密造成交通壅塞，且因為能源需求龐大又尚無開發出充足的新能源，使得能源短缺，為了減輕交通壅塞與能源短缺，交通工具也往小型化、機動化發展，狹窄可傾車輛(Narrow Tilting Vehicle, NTV)因而發展出來。但狹窄可傾車輛的駕駛環境不同於一般的車輛，為了探討其改變對於駕駛者的影響，本研究利用真實的狹窄可傾車輛去進行駕駛模擬，進而發現傾斜輔助系統會造成駕駛者生理不適程度加重，有別於一般駕駛者不會因為動態環境而產生不適的觀念，證實了狹窄可傾車輛的特性會影響駕駛生理不適。且駕駛者的生理不適程度對於駕駛績效有所影響，且因生理不適程度不同對駕駛績效的影響也有所不同，因此必須重視由於傾斜輔助系統所帶來的影響，在未來狹窄可傾車輛的研究不應該只著重在車身穩定性與機動性的發展，在開發傾斜輔助系統的同時應該也考慮到如何降低其對駕駛者的不良影響，使得狹窄可傾車輛的發展能更兼顧到安全、舒適的考量。

關鍵詞：狹窄可傾、動暈症、駕駛績效

# Exploring the Effects of Narrow and Tilting Vehicles on Driver's Sickness and Driving Performance

Student : JHAO-YIN Lin

Advisor : Dr. Shang-Hwa Hsu

Department of Industrial Engineering and Management  
National Chiao Tung University

## **Abstract**

In the urbanized society, high population density causes traffic jammed. Besides, huge energy resources demand and lack of new energy resources exploration cause energy resources shortage. In order to solve these problems, the narrow and tilting vehicle (NTV) is developed. The driving environment of NTV is different from other cars. In order to explore the effect of different driving environment on drivers, the research uses a narrow and tilting vehicle simulator to simulate driving tasks. The results show that tilting auxiliary system affects drivers' physiological discomfort level. Besides, drivers' physiological discomfort makes driving performance poorer. When tilt angle is small, the nausea scale scores correlates with total time of driving tasks. When tilt angle is large, the nausea and oculomotor scale scores correlate with car collision and deflection.

Keywords : Narrow Tilting Vehicle 、 Motion sickness 、 Driving performance

## 誌謝

兩年的研究所生活終於要在寫完這最後的誌謝後即將謝幕，回顧這兩年的生活充滿了很多回憶同時也充實了許多知識。在這兩年裡，首先要感謝指導老師許尚華博士的指導，老師不只悉心給予專業課程與論文的指導，拓展學生對於人因工程的眼界，老師的鼓勵讓學生增長不少見聞與經驗，非常感謝老師讓學生的研究生涯獲益匪淺。也很感謝口試委員們對於論文的建議，老師們的意見讓學生的論文更趨近於完善。

接著要謝謝兩年生活中的所有朋友，謝謝人因實驗室博班的人偉學長，感謝你兩年裡在學業與生活上給我的協助，在我們需要協助時總是將自己的事放在一邊給予我們意見，有你的帶領才能讓我們的計劃有不錯的結果，同時也讓我學習到如何做研究。還有共同奮鬥的怡君、家鼎、嘉靖與蘊茹，無論是課業上的討論與分享或是生活中玩樂，你們都是我最好的夥伴，我會記得我們一同努力、歡笑的點點滴滴。以及 96 級的同班同學們，蘭嶼的畢業旅行中雖然出現很瞎的事，但過程中的歡樂都是研究生活的美好回憶。

另外也要感謝我身邊的朋友，陪我喝酒、聽我抱怨、一起玩樂，在我低潮收拾行囊去環島時給予我無限度的支持與幫助，讓我在旅程中看見人生不同的寬廣度。

最後，我要感謝我親愛的父母以及家人，真的非常謝謝媽媽一手辛苦地拉拔我長大，還有在我遇到挫折總會鼓勵我和陪我宣洩壓力的姐姐，無論何時都會要求我將目光放遠的姑姑與姑丈，希望我未來能以我的成就，來加倍地回報家人對我的愛。

## 目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
附錄.....	VIII
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究架構.....	2
第二章 文獻探討.....	4
2.1 狹窄可傾車輛.....	4
2.1.1 狹窄可傾車輛的發展.....	4
2.1.2 狹窄可傾車輛的特性.....	4
2.1.3 狹窄可傾車輛相關研究議題.....	6
2.2 駕駛環境與生理不適.....	7
2.2.1 動暈症與視覺引起的動暈症.....	7
2.2.2 狹窄可傾車輛的動暈症影響因子與機制.....	10
2.2.3 動暈症的評估方法.....	11
2.3 駕駛模擬器與駕駛績效量測.....	14
第三章 研究方法 .....	16
3.1 研究假設.....	16
3.2 研究方法.....	16
3.2.1 受測者篩選.....	17
3.2.2 實驗設備.....	17
3.2.3 實驗設計.....	18
3.2.4 實驗變項.....	19
3.2.5 實驗程序.....	20
3.2.6 資料分析方法.....	20

第四章 研究結果 .....	22
4.1 影響生理不適感的因子分析.....	22
4.2 生理不適與駕駛績效的相關性分析.....	23
第五章 研究結論與建議 .....	25
5.1 研究結論與討論.....	25
5.2 研究貢獻.....	26
5.3 未來研究建議.....	26
參考文獻.....	28



## 表目錄

表 2.1 動暈症量測工具的使用與相關研究.....	13
表 2.2 過往研究對於駕駛績效指標的定義.....	16
表 3.1 實驗設計.....	19
表 4.1 模擬器動暈症問卷分數前後差異分數分析結果.....	23
表 4.2 大傾角時不適向度與駕駛績效指標的 Pearson 相關係數.....	23
表 4.3 小傾角時不適向度與駕駛績效指標的 Pearson 相關係數.....	24
表 4.4 不傾角時不適向度與駕駛績效指標的 Pearson 相關係數.....	24





## 圖目錄

圖 1.1 研究架構圖.....	3
圖 2.1 車輛軸向示意圖.....	10
圖 2.2 狹窄可傾車輛的動暈症影響因子與機制.....	10
圖 3.3 研究問題.....	18
圖 3.4 本實驗示意圖.....	19
圖 4.1 不同傾斜情況下的模擬器動暈症問卷前後差異分數.....	24



## 附錄

附錄一：動暈症敏感度問卷(MSSQ).....	36
附錄二：模擬器動暈症問卷(SSQ).....	44



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

都市化的結果，造成大都會區的人口稠密，相對地產生了交通壅塞的問題，根據國際道路協會(IRF)的交通統計，每公里道路的機車、汽車數目逐年增加，台灣地區機車數目由2000年為324.2部/公里增加到2007年為385.3部/公里；台灣地區汽車數目由2000年為156.6部/公里增加到2007年為170.6部/公里，此問題日越嚴重，無法解決。並且現今社會遭遇能源短缺的困境，根據國際能源總署(IEA)的能源技術展望2008報告中，其預估到2050年全球經濟將成長達4倍，石油需求將成長70%，全球急需發展新的技術進行節能省碳。為了解決此兩項問題，交通工具也往小型化、機動化發展，狹窄可傾車輛(Narrow Tilting Vehicle, NTV)因而發展出來。

狹窄可傾車輛是將車輛輪距縮小、車型窄化，但由於車寬大幅變窄，在轉彎的過程中容易造成傾覆，因此藉由車輪的傾斜去降低翻覆發生的機率，使其藉由窄而靈活的车身，在狹小的巷弄、壅塞的車潮可以穿梭自如，提升道路的使用率，進而降低交通壅塞情形的發生率，而在停車時也具有便利性的優勢。並且小型車由於體積小、重量輕，擁有低耗油量的優勢，在未來，狹窄可傾車輛將會是一種發展趨勢。但是狹窄可傾車輛的駕駛環境不同於一般的車輛，而其改變對於駕駛者的影響是需要進行探究。

當使用者處在動態環境有時會產生一種短時間、持續削弱的噁心與不適感，而此種不適感稱之為動暈症(Motion Sickness)，其發生與使用者處在動態環境有關(Golding & Markey, 1996; Lawther & Griffin, 1987; McCauley, Royal & Wylie, 1976)，無論是大眾運輸工具或是汽車、機車，只要具有轉彎、加速、煞車的低頻運動(頻率 $< 1$  Hz)，就有可能發生動暈症，而狹窄可傾車輛也不例外。此外，狹窄可傾車輛的可傾特性會施加側向加速度在駕駛者以及乘客身上，此外其A柱貼近駕駛者的視野且在轉彎時A柱在視野中晃動，

可能增加不適程度，倘若狹窄可傾車輛的可傾特性會增加駕駛的不適程度，我們必須探討其是否亦會造成駕駛績效低落的可能性並常是降低其影響，駕駛績效與交通安全息息相關，我們必須避免其影響到駕駛安全，造成交通危害。

## 1.2 研究目的

探討狹窄可傾車輛的狹窄可傾特性對駕駛者的生理不適程度的影響，並了解在不同的駕駛情境下，駕駛績效是否被生理不適程度增加影響，進而找出狹窄可傾車輛的合適駕駛情境。期望本研究可以經由研究結果對此新型交通工具的發展可以提供從安全駕駛角度上的設計建議。

## 1.3 研究架構

本研究共包含研究問題確認、研究方法與結果三個部份，如圖 1 所示。整個研究的架構為先確認研究背景與動機，接著做文獻探討以蒐集與研究議題相關的資料，經過整理及歸納來確立研究的問題及目的，接著設計研究方法來探討。研究方法共分為三個階段，先針對研究問題與目的找出欲探討的因子並進行實驗設計，接著進行實驗蒐集資料並進行資料分析，最後對整個研究做討論與結論。

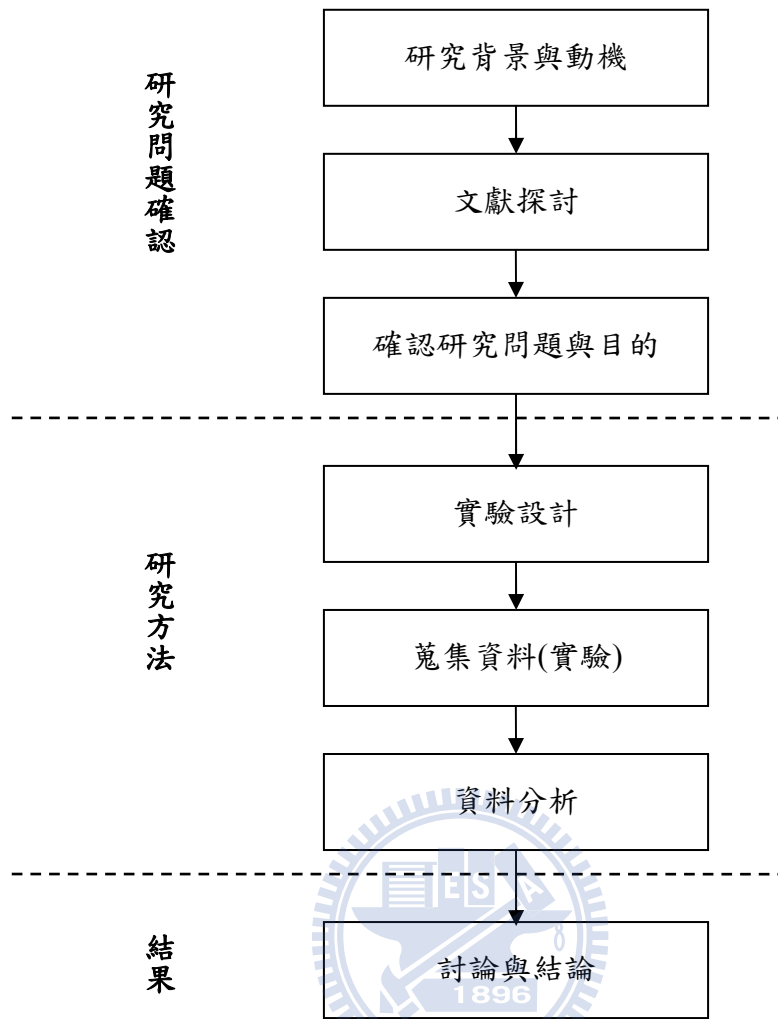


圖 1.1 研究架構

## 第二章 文獻探討

### 2.1 狹窄可傾車輛(Narrow Tilting Vehicle, NTV)

狹窄可傾車輛是較一般車輛狹窄，行駛過程會傾斜的兩人座車輛。根據 Narrow Tilting Vehicle 網站的定義，狹窄可傾車輛的定義為(1)車輛的窄度只有一公尺，(2)車輛必須達到汽車般的穩定性，(3)車輛的控制方式有如汽車般簡易。因此廣義來說，只要符合以上之定義，無論是汽車或機車，皆稱為狹窄可傾車輛。狹窄可傾車輛的起源來自於為了解決都會交通壅塞問題 (Gohl, Rajamani, Alexander, and Starr, 2003, 2004; Piyabongkarn, Keviczky, and Rajamani, 2004; Gohl, Rajamani, Alexander, Starr, and Donath, 2008)，藉由窄而靈活的車身，提升道路的使用率，進而降低交通壅塞情形的發生率。

#### 2.1.1 狹窄可傾車輛的發展

狹窄可傾車輛的發展在業界和學界已經有相當多的成果。業界方面，早在 1950 年代，福特(Ford)汽車公司提出的 Gyron 原型車即可以說是今日狹窄可傾車輛的濫觴，它具有穩定車身的迴轉儀(Gyroscope)，以及停車時可以收起的輪圈；通用汽車公司(General Motors, GM) 則於 1970 年代發表 Lean Machine 的三輪原型車，它的特色是具有可迴轉的車身，以及固定式的後輪；德國的朋馳(Mercedes Benz)公司在 1997 年於法蘭克福車展也發表了名為 F300 Life-jet 的概念車，其配備液壓作動器(Hydraulic actuator)以穩定整個車身。在學術界方面，近年來明尼蘇達大學機械系也從事了相當多 NTV 設計與傾斜控制的研究，期望可以提升狹窄可傾車輛的穩定性。

#### 2.1.2 狹窄可傾車輛的特性

狹窄可傾車輛受限於狹窄的空間，車輛的窄度只有一公尺，在轉彎的過程中容易造成傾覆，因此藉由車輪的傾斜去降低翻覆發生的機率，因此其與

一般車輛最大的不同在於其狹小的車體與其在轉彎時可傾的特性。而對於駕駛而言，側傾機制與過往的控制方式不同、狹小的車體會造成 A 柱貼近駕駛視野。

狹窄可傾車輛受限於狹窄的空間，使得其重心較一般車輛高，因此穩定車身的控制系統變得相當重要。目前狹窄可傾車輛的控制系統分成兩類，包括直接傾斜控制(Direct tilt control)與轉向傾斜控制(Steering tilt control) (Gohl et al., 2003)。直接傾斜控制是透過車輛懸吊系統的作動器(如，液壓作動器)來催動傾斜，轉向傾斜控制則是透過轉向作動器來達到所需要的傾角，兩種傾斜控制皆試圖利用機械力學的方式維持車體的穩定性。

根據汽車設計(黃百福編譯，1999)，A 柱(A-pillar)位於車體的前側面，連結於車身底板的外門檻連接著左右側的 A 柱(又稱為前柱)、B 柱(又稱為中柱)、C 柱(又稱為後柱)。最主要的作用就是負責支持車體的結構，尤其是遭遇車輛事故時，一個堅固的 A 柱將可以承受外部的衝擊力量，增加乘員獲救的機會。

目前多數的汽車是用車架把發動機、底盤與車身中各主要總成連成一個整體，車架的功用是做這些總成的安裝機體，承受這些總成的重量及其傳給車架各種力與力矩，對車架的要求為以下四點，而 A 柱在車體中扮演著支持車頂以及側面碰撞時的支撐性，因此其需要具有高度的鋼性，避免其支持性不佳。

一、 具有足夠的強度：保證汽車在大修里程內，車架的主要零組件不因受力而破壞。

二、 具有足夠的抗彎剛性：貨車車架的最大彎曲撓度應小於 10mm，以免車架上的總成因變形過大而早期損害。

三、 車架要有合適的扭轉鋼度：使車架兩端的扭轉鋼度大些，而中間一段小些。

四、 車架要輕：一般其自身重量應在整車整備重量的 10% 以內。

根據美國聯邦汽車乘員安全協會(Federal Motor Carrier Safety Administration, FMCSA)的規範，A 柱的一般設計原則應該為：(1) A 柱與地平面的角度應該接近 40 度；(2) A 柱應該盡量保持垂直；(3) A 柱不應該太細。在尺寸規範方面，訂定汽車尺寸所要考慮的因素主要是機械布局和使用要求，而各國的尺寸規範也不相同。目前規範只有針對整體的汽車尺寸(長度、寬度、高度、輪距)，對於 A 柱沒有相關的規格規範，但是 A 柱卻和汽車的支撐性和抗撞性相關，而需要高度的鋼性，因此雖然沒有規範，但必須使車架的抗撞和耐久性達到安全標準。目前一般市售小型車輛的 A 柱寬度約在 4 公分到 8.8 公分之間，差距約有兩倍之多。

### 2.1.3 狹窄可傾車輛相關研究議題

Alexander et al. (2008)認為狹窄可傾車輛控制系統未來改善的挑戰是如何在傾斜狀態之下達到穩定性與安全性，以提升使用者的接受度。而目前無論是學術界或是業界的研究也著重於側傾系統的研發，強調其能輔助車體穩定達到無翻覆危險。在 A 柱的研究方面，在過往的一般車輛研究中，其著重 A 柱對汽車的風阻係數以及駕駛視線的影響，根據之前研究顯示 A 柱的形狀會影響汽車的風阻係數，且因為 A 柱位於駕駛視的前方，因此 A 柱的設計普遍被認為會影響駕駛視野。Quigley, Cook, and Tait (2001)明確地指出，A 柱的大小和位置會造成駕駛的視覺障礙。同樣地，在 Wade 與 Hammond(2002)的研究中顯示，不良的 A 柱設計會造成前方視野盲點(Forward Looking Blindspot, FLB)，而使駕駛有視覺障礙，並降低駕駛績效，進而影響駕駛安全。但以上的研究均為針對一般車輛的研究結果。

而以人因工程的觀點視之，車輛的穩定性與動暈症等不適症狀有關，因為長期暴露在動態不穩定的環境可能會造成動暈症；安全性則會影響使用者的操作感受，且不安全之設計可能導致使用受到傷害。目前狹窄可傾車輛在人因工程方面的研究並不多，因此尚需要相當多的實驗研究來驗證狹窄可傾



車輛環境下的人因議題。

## 2.2 駕駛環境與生理不適

駕駛環境為動態環境中的一種，當使用者處在動態環境有時會產生一種短時間、持續削弱的噁心與不適感，而此種不適感稱之為動暈症，其發生與使用者處在動態環境有關(Golding & Markey, 1996; Lawther & Griffin, 1987; McCauley, Royal & Wylie, 1976)，無論是大眾運輸工具或是汽車、機車，只要具有轉彎、加速、煞車的低頻運動(頻率 $< 1$  Hz)，就有可能發生動暈症，交通工具(如汽車、火車、船)引起的動暈症對使用者的不適感，會影響使用者的使用意願，進而影響新型交通工具的普及與日常使用。

### 2.2.1 動暈症與視覺引起的動暈症(Visual-induced Motion Sickness, VIMS)

一般動暈症所指的為人處於動態環境中所引起的不適感，動暈症的發生與使用者處在動態環境有關(Golding & Markey, 1996; Lawther & Griffin, 1987; McCauley, Royal & Wylie, 1976)，而在非動態的環境中可能也會產生類似的不適。虛擬環境中的使用者會因為視覺場景的流動引起相似如動暈症的症狀，稱之為視覺引起的動暈症(Visual-induced Motion Sickness, VIMS)。早期的動暈症評估多採用主觀方式，利用問卷分數進行評估，現今有許多研究正努力的發展客觀評估指標。

動暈症對於患者來說是一種短時間、不斷削弱的不適感，可能發生於空中、海上、道路與太空旅行等環境中(Mcintosh, 1998)。其所造成的症狀包括眼睛疲勞、頭痛、臉色蒼白、嘴唇乾燥、胃脹、迷失方向、暈眩、運動失調、噁心和嘔吐等(Joseph, 2000)。但即使是在同樣的環境與相同的刺激之下，動暈症所造成的影響存在著個人差異(Reason, 1975; Kolasinski, 1995)，也就是個人的敏感程度有高低之分。動暈症敏感問卷(Motion Sickness Susceptibility Questionnaire, MSSQ)是藉由對於各種症狀的主觀感受進行評比，常被用來

測量不同受試者對動暈症的敏感程度。Mcintosh (1998)認為，在一個常態母體中，約有 5% 的人對動暈症非常敏感，5%的人很難受動暈症影響，其餘的人會受到一般性的影響。此外，不同心理狀態的人對於動暈症的症狀也有所差異。Owen、Leadbetter 與 Yardley(1998) 即指出，正常人與焦慮症患者的動暈症症狀是不同的，症狀可稱之為空間與動作的不舒適感(Space and motion discomfort, SMD)。

動暈症形成的原因尚未被真正的確定(Mcintosh, 1998)，許多的研究試圖去尋找動暈症的成因。Reason(1978)提出動暈症形成原因為感官衝突(Sensory conflict)或是知覺衝突，也就是在動態環境中，人類預測的感官輸入與實際的感官輸入間的不契合(Mismatch)進而導致動暈，一般認為感官和預期的落差被認為是形成動暈症嚴重程度和持續時間的因子。感官系統的運作與前庭系統有關，前庭系統包含末端及中央前庭系統，主要功能是(1) 提供中樞神經系統加、減速度的資訊；(2) 協助眼部肌肉的控制以進行視覺定向，即所謂的前庭眼動反射(vestibulo-ocular reflex, VOR)；以及(3) 控制肌肉以維持適當的姿態(Henriksson, 1974; Henriksson et al., 1972)。末端前庭系統由內耳石及半規管組成，內耳石對於頭部靜態及動態的直線加速度移動很敏感，半規管則是對於動態的角加速度比較敏感，但是半規管在大約 60 秒的旋轉之後便無法偵測持續的轉動。

感官衝突雖然為直覺的動暈症形成因素，但是相對較低的預測有效性(Draper, Viire. Gawron, and Furness, in press; Stoffregen and Riccio, 1991)限制了其在虛擬環境和模擬器動暈的發展。感官衝突論的問題在於不夠精確，Ebenholtz, Cohen 與 Linder (1994)更認為感官衝突是難以實驗證實的，因此許多學者試著透過各種主客觀的測量來預測感官衝突和動暈症的相關性。Stoffregen et al. (1998) 認為動暈症與視覺刺激(Visual stimuli)有關，在產生動暈症之前，會先發生視覺刺激引起的姿態不穩定(Postural instability)。Owen et al. (1998)指出，對動暈症越敏感的受試者，其姿態不穩定會越明顯，他也發

現有焦慮症的患者發生動暈症的可能性較一般人為大。除了感官衝突理論，Riccio 與 Stoffregen(1991)提出維持身體平衡為動物的本能性行為，在不平衡的時候就會產生不適感，因此，當人們處在新的環境時(如，虛擬環境)，必須重新學習新的圖樣(Pattern)以控制其姿態平衡。

動覺推論是當運動認知大於眼睛對於運動的感覺時產生的錯覺。例如：看夜晚的天空，當雲在動的時候，反而會覺得月亮動了。其可以分為兩種：(1) 物件關聯(Subjective-relative)，由和框架相關的運動所引起(框架動但是感覺目標物在動)，身軀中線(body midline)是由框架所定義，當框架動時，會接收到非視網膜所產生的訊號，產生錯誤認知。(2) 認知關聯(objective-relative)，由認知關聯的位置改變所引起或是目標物的移動(目標物動但是感覺框架在動)，而人會將視野的巨大物件或是周圍場景視作固定不動的框架。動覺推論是由框架所引起的錯覺，例如：Duncker (1929)發現當觀察者看到框架往右移，他們會認為是固定的目標物往左移。因此動覺推論會造成感官衝突，而使人姿勢不平衡，進而影響動暈症的產生。而有許多研究即採用動覺推論的觀點去設計動態顯示，Lin, Abi-Rached, Kim, Parker, and Fumed (2002) 經由動覺推論的觀點，發現自然的獨立視覺背景可以降低動暈症嚴重程度。A 柱過度貼近駕駛視野，在轉彎時 A 柱的移動，容易產生動覺推論進而增加不適程度。

過往有許多研究在探討動暈症的影響因子，Lawther & Griffin (1987) 認為垂直震動頻率以及加速度變化會導致感覺衝突，進而影響動暈症的嚴重性。Forstberg (1998, 2000)進行了一系列傾斜列車的動暈症研究，透過列車路線與實驗變數的操作，探討傾斜列車在何種情境下動暈的風險最大，以作為改進列車傾斜設計之用。Atsumi, Tokunaga, Kanamori, Sugawara, Yasuda, and Inagakic (2002)針對車輛的震動頻率與加速度改變去發展動暈症嚴重程度的預測模型。

探討動態環境下的動暈症之貢獻，乃是若可以發展出客觀性測量來預測

動暈症，且能找出動暈症的因子並減少此因子發生的可能性，就可以促進動暈症的防治(Stoffregen, Hettinger, Haas, Roe, and Smart, 2000)。

### 2.2.2 狹窄可傾車輛的動暈症影響因子與機制

根據文獻回顧，在動態環境中，影響不適程度的主要因素為車體震動頻率與加速度的變化(Lawther & Griffin, 1987; Atsumi et al. 2002)，而在傾車系統中，和一般車輛相比，我們必須考量到縱向的側傾角度的影響。傾車角度的設定(為設定方向盤打到底的最大傾角角度)會影響到在轉彎時的傾角角度的大小與下傾速度(傾角設定越大則下傾的速度也必須變大)，因此駕駛者所感受到的加速度變化量也會增加。此外 A 柱貼近駕駛者的視野且在轉彎時 A 柱在視野中晃動，而當 A 柱寬度越大時越有此現象，而增加駕駛產生動覺推論的可能性，動覺推論會增加動暈症嚴重程度(Lin et al., 2002)。經由先前的文獻整理出狹窄可傾車輛的不適程度影響因子與機制如圖所示：

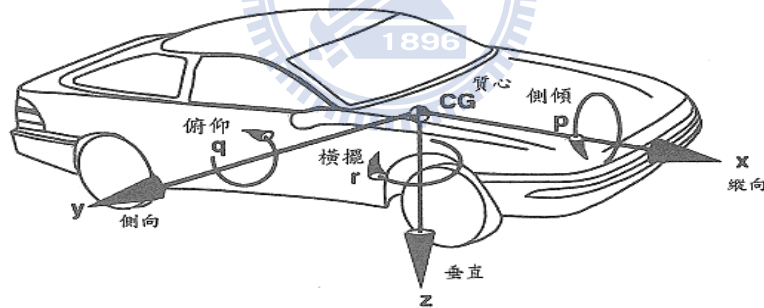


圖 2.1 車輛軸向示意圖 (資料來源: TD Gillespie, 1992)

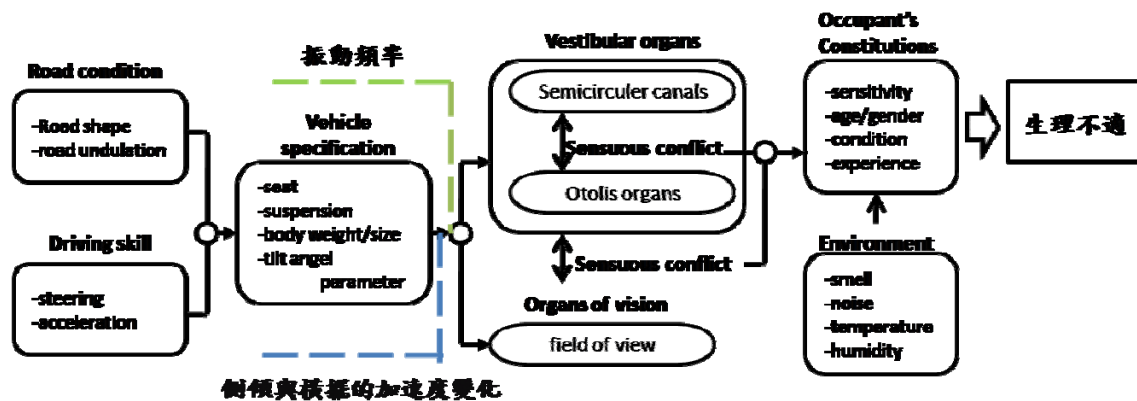


圖 2.2 狹窄可傾車輛的動暈症影響因子與機制

### 2.2.3 動暈症的評估方法

動暈症的評估包括主觀評估和客觀評估。主觀評估常用的是模擬器動暈症問卷和媒介過程。模擬器動暈症問卷是以問卷的方式評估受試者所經歷實驗操作後的動暈症狀，媒介過程則為自我對運動感覺混亂的評估。Kennedy, Lane, Berbaum, and Lilienthal 在 1993 提出的模擬器動暈症問卷(Simulation Sickness Questionnaires, SSQ)為常用的模擬器動暈症量測工具，此外 Kennedy and Lilienthal (1995) 及 Kennedy and Stanney (1996) 研究發現，在有模擬器動暈症的經歷後，姿態穩定性會有所不同；Cobb and Nichols (1999) 亦發現，姿態穩定性的衰減和模擬器動暈症問卷中的動眼神經不適/迷向類別具有高度相關，因而姿態穩定性可以作為模擬器動暈症的指標。模擬器動暈症問卷常作為研究其他評估指標時的比較基準。Cobb et al. (1999) 即採用模擬器動暈症問卷作為 9 個實驗的量測工具，Lee et al. (1997)和 Mourant et al. (2000)亦採用模擬器動暈症問卷作為動暈症主觀量測工具。

Tschermak (1931)提出自我運動的感覺混亂是由於觀看動態圖樣(pattern)所導致，Dichgans and Brandt (1978)由視覺所引起的媒介過程會經由身體的運動表現出來(如，車子退後時，身體會前傾)。Dichgans and Brandt (1978)指出，大視野的運動顯示器(FOV Display)容易引起媒介過程(Vection)。Hettinger and Riccio, Stoffregen and Smart (1998)研究發現，受試者有動暈症時，同時會感到媒介過程。Smart, Stoffregen, and Bardy(2002)則認為媒介過程是動暈發生的誘因，有媒介過程未必會有動暈，但有動暈就必定經歷到媒介過程。故媒介過程可以用來當作動暈症的指標。

在動暈症的客觀量測方面，可以分成生理量測和姿態穩定性量測。動暈症可能會引起生理上的反應，已有許多學者對動暈症引起的生理變化進行研究。Holmes and Griffin (2001)比較心搏率(Heart rate)與主觀評比分數的相關性；他們發現，隨著症狀嚴重程度的增加，心搏率也會顯著上升，此與 Stout,



Toscano and Cowings (1995)的研究結果一致。Kim, Kim, Kim, Ko, and Kim (2005)用 3D 模擬作為視覺刺激，也發現心搏率會隨著模擬的進行而顯著增加。心搏率的變化與反胃及嘔吐症狀的嚴重程度有關連(Crampton, 1955)，Cowings, Naifeh and Toscano (1990)及 Holmes and Griffin (2001)皆指出，反胃越嚴重心搏率會增加越多。Hu, Grant, Stern and Koch (1991)及 Cobb, Nichols, Ramsey and Wilson (1999)的研究也都顯示心搏率隨動暈症症狀而增加的現象，顯示心搏率可作為測量動暈症狀變化的指標。Kim et al. (2005)的 3D 虛擬駕駛實驗，顯示心跳周期(Heart period)隨著數位動暈症(Cybersickness)症狀減少的現象，與前述對於心搏率的研究發現相符。此外，Kim et al. (2005)及 Hu et al. (1991)還發現心率變異度(Heart rate variability)會隨症狀的產生而降低。Mullen, Berger, Oman and Cohen (1998)則是指出在中等程度的反胃時，心率變異度沒有顯著改變。

人們面對刺激或壓力時，大腦皮層的活動可能產生變化，因此近來有許多學者利用腦電圖(EEG)來測量動暈症對腦波的影響(Chinn, 1950; Morale, Chelen and Kabrisky, 1990; Wood, Stewart, Wood and Manno, 1990; Chelen, Kabrisky and Rosers, 1993)。Chelen et al. (1993)的研究指出，受試者的  $\delta$  波強度在面臨動暈症時會比基準值來得高，也有其他學者的研究得到相似的結果(Cobb et al., 1999; Kim et al., 2005; Min, Chung, Min and Sakamoto, 2004)。此外，Cobb et al. (1999)發現延長曝露於虛擬實境時， $\alpha$  波信號會降低，Min et al. (2004)的 3D 模擬實驗及 Kim et al. (2005)的虛擬駕駛實驗皆得到與此相似的結果。除了  $\alpha$  及  $\delta$  波段的變化，Min et al. (2004)的研究發現  $\beta$  及  $\theta$  波段也會隨著動暈症的發生而產生顯著變化。

在姿態穩定性方面，Kennedy and Stanney(1996) 提出姿勢穩定性可以用評比的方式來量測，並且可以用於預測虛擬環境所帶來的干擾程度。Cobb and Nichols(1998) 認為平衡干擾和模擬器動暈症具有高相關性，而此想法和 Hamilton, Kantor and Magee(1989) 研究結果是相同的，Thomas A. Stoffregen,

Lawrence J. Hettinger, Michael W. Haas, Merry M. Roe, L. James Smart (2000) 研究發現頭部的擺動幅度和動暈症程度具有相關性，因此姿態不穩定性也可以作為動暈症的指標。而姿態穩定性的量測工具最常使用的為靜態單腳站立 (Standing on One Leg) 及動態跟趾行走 (Walking Toe to Heel)。Mourant and Thattacheny (2000) 即採用單腳站立 (Standing on the Preferred Leg, SOPL) 作為動暈症的客觀指標。Duh, HBL, Parker, DE, and Furness, TA (2001) 也利用單腳站立法量測姿態的不穩定性，其量測項目為站立中斷情況 (Stance Break) (有或無)、站立中斷延續時間 (Latency to Stance Break) (最長 10 秒為限)、受試者主觀評比 (1~10 尺度)。

表 2.1 動暈症量測工具的使用與相關研究

評估工具	作者	使用方法	研究議題
模擬器動暈症問卷	Lee et al. (1997)	比較在試驗前後的模擬器動暈症問卷分數	探討在固定式模擬器中動暈症、駕駛績效、媒介過程和姿勢擺動的關係
模擬器動暈症問卷	Cobb et al. (1999)	比較在試驗前後的模擬器動暈症問卷分數	研究在虛擬環境中的動暈症情況，並嘗試找出其與姿勢不穩定性和生理指標的相關性，共有 9 個實驗
模擬器動暈症問卷	Kim et al. (2005)	比較在試驗前後的模擬器動暈症問卷分數	以問卷分數作為基準，嘗試找出動暈症的生理指標
媒介過程	Hettinger et al. (1998)	感覺到媒介過程時進行回報	受試者有動暈症時，同時會感到媒介過程
媒介過程	Smart et al. (2002)	在實驗中採用手握式按鈕去進行計數	媒介過程可以用來當作動暈症的指標
姿態穩定性 (身體擺動)	Hamilton et al. (1989); Cobb et al. (1998)	比較實驗前與實驗中受試者身體擺動的頻率	平衡干擾和模擬器動暈症具有高相關性
姿態穩定性 (頭部擺動)	Thomas et al. (2000)	在實驗中記錄受試者頭部擺動的情況	頭部的擺動幅度和動暈症程度具有相關性
姿態穩定性 (單腳站立)	Mourant et al. (2000); Duh et al. (2001)	比較在試驗前後的單腳站立情況	動暈症與身體不穩定性具有相關性
心搏率	Hu et al. (1991); Stout et al. (1995); Cobb et al. (1999); Holmes et al. (2001)	比較心搏率與主觀評比動暈症分數的相關性	隨著症狀嚴重程度的增加，心搏率也會顯著上升

腦電圖( $\delta$ 波)	Chelen et al. (1993), Cobb et al.(1999); Kim et al. (2005); Min et al. (2004)	在試驗中量測受試者的 腦電波	$\delta$ 波強度在面臨動暈症時會比基準值來得 高
腦電圖( $\alpha$ 波)	Cobb et al. (1999); Min et al. (2004); Kim et al. (2005)	在試驗中量測受試者的 腦電波	延長曝露於虛擬實境時， $\alpha$ 波信號會降低
腦電圖( $\beta$ 及 $\theta$ 波)	Min et al. (2004)	在試驗中量測受試者的 腦電波	$\beta$ 及 $\theta$ 波段也會隨著動暈症的發生而產生 顯著變化。

### 2.3 駕駛績效量測

駕駛績效主要受到駕駛時的工作負荷影響，在之前的研究中，在探討各項因子對於駕駛績效的影響時，大多採用多種駕駛情境去進行實驗，主要在於不同的駕駛情境下，其工作負荷會有所不同，當工作負荷到達駕駛維持正常駕駛績效時，因子增加駕駛的工作負荷，則駕駛績效會明顯下降。過往的研究主要在於多項任務對駕駛績效的影響，例如評估開車使用手機(Briem and Hedman, 1995; Alm and Nilsson, 1995; Reed and Green, 1999; Consiglio et al., 2003)；車內資訊系統設計(Dingus, 1989; Green, 1996, 1999, 2001)；與駕駛視覺需求研究(Horrey and Wickens, 1995; Wierwille, 1995)；李永輝(2002)使用 Cefiro 3.0 實車進行車內行動電話及資訊系統的行為研究；黃雪玲(2002)以自製之駕駛模擬器進行車內警示系統之設計評估；柳永青(2002)以 STI 公司製造之駕駛模擬器進行抬頭顯示器於 ATIS 系統之效用評估。而在駕駛生理狀態方面，已有許多的研究顯示駕駛者的生理狀態對於駕駛績效具有影響力，且會影響到交通安全。早期的研究多在駕駛疲勞對於駕駛安全的影響，Hattori(1987)認為駕駛疲勞可以分為三個階段，一、清醒：駕駛者並無感到疲倦感；二、輕度疲勞：駕駛者感覺到疲倦感且想睡，目光隨意的飄動而非專注於一點上，車速不會因路況而改變，會維持在一定的車速，此時駕駛者已經降低了安全上的注意力；三、極度疲勞：駕駛者眨眼次數明顯下降，無法良好控制車輛，對於路況能有即時的反應，因此駕駛疲勞程度的不



同，其對於駕駛績效的影響程度也會隨之改變。近年來更有許多關於昏睡與酒醉的相關研究(Fairclough & Graham, 1999)，其研究顯示駕駛的生理狀態會影響到其駕駛績效，甚至產生交通安全上的疑慮。而駕駛安全不完全取決於駕駛者的駕駛行為，也會受到路況變數的影響(張季倫，2002)，當路況不佳時，駕駛員發生異常駕駛的機率會隨之提高。

使用駕駛模擬器的基本原理為透過實驗變項的操弄，藉由受試者進行駕駛作業，並量測其駕駛績效，許多的駕駛模擬器研究因為其目的、環境、與設備的不同，對於駕駛績效的定義也大不相同，例如 Briem and Hedman (1995)採用偏離車道、碰撞次數、車速做為駕駛績效指標; Alm and Nilsson (1995)採用反應時間、前進距離、水平位置、NASA TLX 做為駕駛績效指標; Reed and Green (1999)使用偏離車道、車速、方向盤轉動、踩油門幅度做為駕駛績效指標；Consiglio et al. (2003)採用煞車反應時間做為駕駛績效的指標。本研究考量狹窄可傾車輛的傾斜特性，以及實驗室的環境，採用偏離車道、碰撞次數、完成時間做為駕駛績效量測的指標(表 2-2)。

表 2.2 過往研究對於駕駛績效指標的定義

研究	實驗環境	模擬器類型	駕駛績效指標
Briem & Hedman (1995)	實驗室	固定式模擬器	偏離車道、碰撞次數、車速
Alm & Nilsson (1995)	實驗室	移動式模擬器	反應時間、前進距離、水平位置、NASA TLX 分數
Reed & Green (1999)	實驗室；上路實驗	固定式模擬器；實驗車	偏離車道、車速、方向盤轉動、踩油門幅度
Consiglio et al. (2003)	實驗室	固定式模擬器	煞車反應時間

## 第三章 研究方法

### 3.1 研究假設

本研究的目的是為找出在狹窄可傾車輛的駕駛環境中，其是否會增加駕駛者的生理不適程度並找出影響因子，再進一步去確認在此環境中，生理不適程度的增加是否會使駕駛績效低落。根據以前研究所指出的影響動暈症的因素發現，根據文獻，動態環境造成感覺衝突的兩大因素為加速度變化與震動頻率(Lawther & Griffin,1987; Atsumi et al. 2002)，窄而可傾車輛增加了縱向加速度變化量；而動覺推論也會影響動暈症(Lin et al.,2002)，A 柱過度貼近駕駛視野，在轉彎時 A 柱的移動，容易產生動覺推論進而增加不適程度，因此狹窄可傾的特性可能會使駕駛者產生生理不適。而根據文獻顯示駕駛者疲勞會使其注意力下降，且會因其嚴重程度不同而影響駕駛績效程度有所不同(Hattori, 1987)，因此駕駛者生理不適程度對於影響駕駛績效的程度會有所不同，因此本研究有以下的假設：

1. 狹窄可傾車輛的特性會增加駕駛者的生理不適程度。
2. 當駕駛者的不適程度越嚴重時，駕駛者的不適程度變化量對駕駛績效影響程度會更為顯著。

### 3.2 研究方法

本研究所要探討的為狹窄可傾車輛中的特殊駕駛環境對動暈症的影響，而狹窄可傾車輛的可傾特性會使得在轉彎時車體會隨方向盤的轉動而側傾，進而給予駕駛者在縱向面的側傾加速度，當車子設定的側傾角度越大時，加諸在駕駛者的側傾加速度的變化也就越大，根據文獻顯示當加速度變化量愈大時，越容易增加生理不適程度。此外 A 柱貼近駕駛者的視野且在轉彎時 A 柱在視野中晃動，而當 A 柱寬度越大時越有此現象，而使駕駛有動覺推論，增加生理不適程度。而狹窄可傾車輛與一般車輛最大不同處便是

在轉彎時造成的影響，因此道路形狀（彎道多寡）也會是影響要素。

因此本研究認為在此環境中傾角角度設定、A 柱寬度的粗細以及道路形狀會是影響生理不適程度的因素，且不同的駕駛情境下，駕駛者的不適程度變化量對駕駛績效影響程度會有所不同。本研究必須經由實驗進行資料蒐集，取得駕駛在狹窄可傾車輛中的特殊駕駛環境中，進行駕駛作業後的生理不適程度與駕駛績效的相關資料。

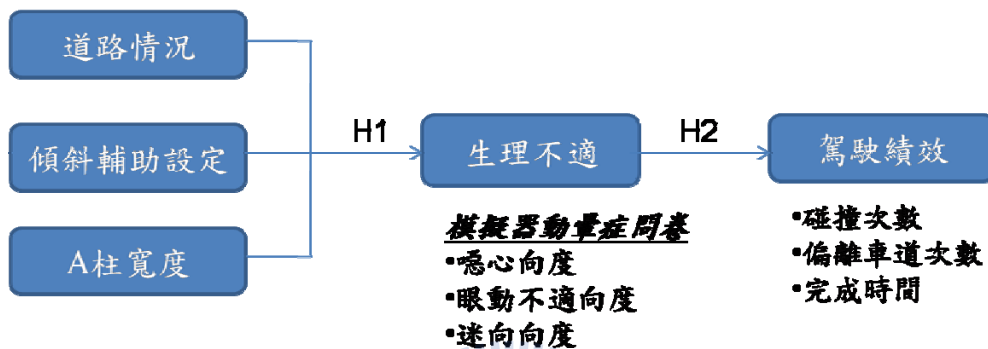


圖 3.3 研究問題

研究方法共分為三個階段，先針對研究問題與目的進行實驗設計，接著進行實驗蒐集資料並進行資料分析。

### 3.2.1 受試者篩選

本研究所有受試者必須具有機車駕照、視力正常、不為長時動態職業者、不具有長期偏頭痛的疾病史、不具有聽覺障礙。所有報名的候選受試者先要求其填寫動暈症敏感度問卷，將其依敏感度由低至高排序，再從動暈敏感度高於 50% 且低於 95% 者隨機選取 12 名進行實驗，以確認其對動暈症有高敏感度，使其可以呈現出因子對於生理不適程度的影響。參與實驗之受試者於實驗前十二小時前，不可服用藥物、咖啡等刺激物質。受試者被要求在模擬器中進行駕駛作業。本研究包含 12 位受試者，其中 1 位因生理極度不適而中斷實驗，此筆資料不列入分析。

### 3.2.2 實驗設備

本研究模擬環境為在實驗室內，使用一具備側傾機制的駕駛座艙作為模擬器，其側傾機制需設定車速與最大側傾角度，在本研究中傾斜輔助系統的參數車速設定固定，駕駛時轉彎的車體傾斜角度是由最大傾角範圍與方向盤轉動角依比例輸出(例如:方向盤最大轉動角度為 $\pm 45$ 度，最大傾角範圍為 $\pm 15$ 度，則當方向盤向右轉動3度時，車體會向右侧傾1度)，並以黑色帆布包覆車體，減少視覺線索。在車把裝上Wii控制器，利用投影機在車體前方投射場景，搭配Wii賽車遊戲軟體，進行實驗。在駕駛座艙後架設一個攝影鏡頭，拍攝遊戲進行畫面，以做為駕駛績效分析的資料。

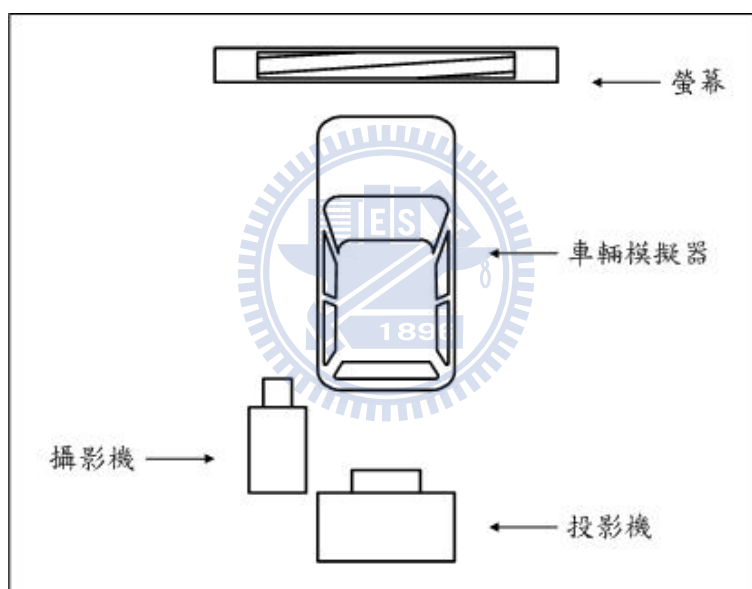


圖 3.4 本實驗示意圖

### 3.2.3 實驗設計

將受試者隨機分為A組(控制組)、B組、C組。A組為模擬器不會依照受試者駕駛而傾斜的情況，B組為模擬器會依照受試者駕駛而傾斜，且傾斜角度設定為小傾角，C組為模擬器會依照受試者駕駛而傾斜，且傾斜角度設定為大傾角。此外A柱寬度的粗細則搭配道路類型去進行操弄，組成四次試驗，收集其生理不適程度資料與駕駛績效資料，實驗設計如表所示。

表 3.1 實驗設計

A 組 (不傾斜)	多彎	A 柱粗
		A 柱細
	少彎	A 柱粗
		A 柱細
B 組 (小傾角)	多彎	A 柱粗
		A 柱細
	少彎	A 柱粗
		A 柱細
C 組 (大傾角)	多彎	A 柱粗
		A 柱細
	少彎	A 柱粗
		A 柱細

### 3.2.4 實驗變項

#### A、因子(Factors)

本研究共有 3 個自變項，如下所示。

1. 傾斜輔助系統角度設定：模擬器可傾角度範圍的設定，本研究設定為 3 個水準，不傾斜、小傾角(傾角範圍在 $\pm 8$ 度)、大傾角(傾角範圍在 $\pm 15$ 度)。
2. 道路情況：為駕駛作業中所其所行駛的道路形狀，本研究設定為 2 個水準，多彎型道路(長度 3.181 公里，包含了 66 個彎道)與少彎型道路(長度 4.254 公里，包含了 24 個彎道)。
3. A 柱寬度：為模擬器的 A 柱寬度，本研究設定為 2 個水準，粗(6.5 公分)與細(3 公分)。

#### B、生理不適程度與駕駛績效量測

本研究將對生理不適程度與駕駛績效進行評估，生理不適程度採用一項指標進行評估，而駕駛績效採用三項指標進行評估，如下所示。

1. 生理不適程度評估：以模擬器動暈症問卷(附錄一)評估受試者對於生理不適程度的主觀感受，共有 16 題，受試者依照其當時的身體情況勾選題目

中描述的症狀的嚴重程度，包含沒有感覺、輕微、中度、嚴重四個程度，經由計算後得到動暈症分數。

2. 駕駛績效評估：實驗後透過受試者於實驗中操作模擬器的影片進行駕駛績效分析，分析之駕駛績效包括完成時間(Total time)、碰撞次數(Collision)及偏移車道次數(Deflection)。

甲、完成時間：記錄受試者完成每個試驗的時間(秒)，由於多彎型車道及少彎型車道的長度不同，避免車道長度影響績效的分析結果，將其除以該類型的車道長度(公里)，轉換成時間(秒/公里)

乙、碰撞次數：為受試者在遊戲中車輛碰撞到車道兩側的次數，由於多彎型車道及少彎型車道的長度不同，避免車道長度影響績效的分析結果，將其除以該類型的車道長度(公里)，轉換成碰撞次數(次/公里)

丙、偏離車道次數：受試者在遊戲中車輛偏離車道邊線的次數，由於多彎型車道及少彎型車道的長度不同，避免車道長度影響績效的分析結果，將其除以該類型的車道長度(公里)，轉換成偏離車道次數(次/公里)。

### 3.2.5 實驗程序

受試者在隨機分組後，必須參與 4 次試驗，試驗順序為隨機排序。受試者在實驗進行前，先填寫模擬器動暈症問卷與進行駕駛練習，方可進行第一次試驗。在每次試驗結束後，受試者必須再填寫一次模擬器動暈症問卷。每次試驗之間受試者必須休息 15 分鐘，消除其因動暈症所產生的不適感。

### 3.2.6 資料分析方法

#### A. 影響生理不適程度的因子分析

使用變異數分析(ANOVA)去檢定每個因子是否生理不適程度有所影響

( $\alpha=0.05$ )。若有影響，再進一步進行後續檢定。

1. 自變項：傾角角度設定(3 level)、A 柱粗細(2 level)、道路類型(2 level)
2. 應變項：生理不適的增加程度(實驗開始前的模擬器動暈症問卷分數作為基準值，在與每次試驗後的模擬器動暈症問卷分數相減求得該次試驗的動暈症增加的嚴重程度)。

#### B. 動暈症與駕駛績效的分析

將資料依照傾斜輔助設定水準分為三組，使用 Pearson 相關係數去檢定三個不適向度與三個駕駛績效指標間的相關性。

1. 各向度分數的變化量(實驗開始前的向度分數作為基準值，在與每次試驗後的向度分數相減求得該次試驗的向度分數的變化量)
2. 各駕駛績效指標變化量(取四次試驗的平均值作為基準值，在與每次試驗後的駕駛績效指標值相減後之值除以平均值，以消除個人化的差異)





## 第四章 研究結果

### 4.1 影響生理不適感的因子分析

根據受試者的模擬器動暈症問卷進行 ANOVA 分析，分析結果(表 4-1)，不同傾斜角度呈現顯著差異( $p < 0.05$ )，傾斜角度的大小會影響模擬器動暈症問卷分數。而彎道和 A 柱粗細則對於模擬器動暈症問卷分數沒有顯著影響。

表 4.1 模擬器動暈症問卷分數前後差異分數分析結果

Source	SS	df	MS	F	p-value
傾斜輔助設定	93527	2	46764	3.818	.032*
道路情況	477	1	477	.039	.845
A 柱寬度	49	1	49	.004	.95
傾斜輔助設定*道路情況	15823	2	7912	.646	.531
傾斜輔助設定*A 柱寬度	588	2	294	.024	.976
道路情況*A 柱寬度	6107	1	6107	.498	.485
傾斜輔助設定*道路情況*A 柱寬度	9215	2	4608	.376	.690
Total	516396	43			

\* $p < .05$

透過 Duncan's test 對三種不同傾斜情況之下的模擬器動暈症問卷分數進行後續檢定，結果發現依照模擬器動暈症問卷分數，不傾和小傾沒有顯著差異，小傾和大傾沒有顯著差異，但不傾和大傾有顯著差異。大傾的駕駛情境下，駕駛者的不適程度比不傾的駕駛情況來得嚴重。

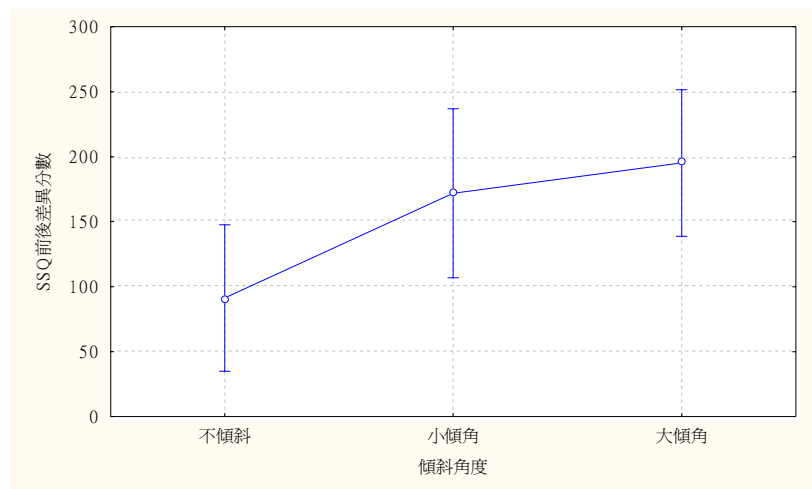


圖 4.1 不同傾斜情況下的模擬器動暈症問卷前後差異分數



## 4.2 生理不適與駕駛績效的相關性分析

將資料依照傾斜輔助設定水準分為三組，使用 Pearson 相關係數去檢定三個不適向度與三個駕駛績效指標間的相關性。

### 傾斜輔助設定: 大傾角

採用 Pearson 相關係數去分析在傾斜輔助設定為大傾角的情況下，不適向度與駕駛績效指標的相關性，分析結果顯示噁心向度與碰撞次數、偏移車道次數、完成時間皆具有顯著正相關，Pearson 相關係數分別為 0.5159 ( $p<0.05$ )，0.5955 ( $p<0.05$ )，0.5908 ( $p<0.05$ )。眼動不適向度與碰撞次數、偏移車道次數、完成時間亦具有顯著正相關，Pearson 相關係數分別為 0.6261 ( $p<0.01$ )，0.7295 ( $p<0.001$ )，0.5488 ( $p<0.05$ )。因此當噁心向度以及眼動不適向度的不適程度越重時，碰撞次數、偏移車道次數就會越多，並且增加駕駛作業的完成時間。

表 4.2 大傾角時不適向度與駕駛績效指標的 Pearson 相關係數

	collision average	deflection average	total time average
Nausea	.5159 p=.041*	.5955 p=.015*	.5908 p=.016*
Oculomotor	.6261 p=.009**	.7295 p=.001***	.5488 p=.028*
Disorientation	.1436 p=.596	.2603 p=.330	.1811 p=.502

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

### 傾斜輔助設定: 小傾角

採用 Pearson 相關係數去分析在傾斜輔助設定為小傾角的情況下，不適向度與駕駛績效指標的相關性，分析結果顯示各個向度與三個駕駛績效指標皆不具有顯著相關性( $\alpha=0.05$ )。

表 4.3 小傾角時不適向度與駕駛績效指標的 Pearson 相關係數

	collision average	deflection average	total time average
Nausea	.3326 p=.291	.3068 p=.332	.4965 p=.101
Oculomotor	.0474 p=.884	.0384 p=.906	.1423 p=.659
Disorientation	.0733 p=.821	.0327 p=.920	.2064 p=.520

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

**傾斜輔助設定: 不傾**

採用 Pearson 相關係數去分析在傾斜輔助設定為小傾角的情況下，不適向度與駕駛績效指標的相關性，分析結果顯示各個向度與三個駕駛績效指標皆不具有顯著相關性( $\alpha=0.05$ )。

表 4.4 不傾時不適向度與駕駛績效指標的 Pearson 相關係數

	collision average	deflection average	total time average
Nausea	-.1794 p=.506	-.2085 p=.438	-.1466 p=.588
Oculomotor	-.1201 p=.658	-.1222 p=.652	-.1039 p=.702
Disorientation	-.2010 p=.455	-.2419 p=.367	-.1852 p=.492

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

## 第五章 結論與建議

### 5.1 研究結論與討論

根據所有受試者的模擬器動暈症問卷進行變異數分析結果，傾斜輔助設定角度的大小會影響模擬器動暈症問卷分數。而道路情況和 A 柱寬度則對於模擬器動暈症問卷分數沒有顯著影響，其它交互作用也不顯著。因此傾斜輔助設定上會對於駕駛生理不適程度有所影響，在轉彎時的車體傾斜會造成駕駛生理不適。

傾斜輔助設定為大傾角的情況下，噁心向度、眼動不適向度與碰撞次數、偏移車道次數、完成時間皆具有顯著正相關，尤其在眼動不適向度與偏移車道次數呈高度相關 0.7295 ( $p < 0.001$ )，表示噁心向度、眼動不適向度的嚴重性增加時，駕駛者更容易發生碰撞、偏移車道的駕駛失誤，且駕駛作業所需時間會更長。但在不傾與小傾角的情況下不具有相關性，可能是因為大傾角的情況下，駕駛生理不適使其對車輛的操控力不如正常情況，或是對於路況的注意力與反應力降低，因而造成碰撞次數與偏移車道次數增多，連帶的使駕駛完成作業時間上升。

傾斜輔助設定的傾斜角度會造成駕駛者的生理不適，在不傾斜與小傾角的情況下，生理不適對於駕駛績效沒有相關性，而在大傾角的情況下，駕駛對車輛的操控力降低，或是對於路況的注意力與反應力降低，造成碰撞次數與偏移車道次數上升，容易造成交通安全危害。因此傾斜角度的設定主要為防止車輛翻覆，因此在可抗翻覆力的範圍內，應使傾斜角度越小越好，可以使得駕駛者的生理不適較低且對駕駛績效的影響較小。根據文獻顯示減少車體的震動可以降低動暈症 (Atsumi et al., 2002)，並且駕駛者頭部的擺動是動暈症嚴重程度的指標 (Stoffregen, Hettinger, Haas, Roe, and Smart, 2000)，若能降低駕駛者頭部的晃動可以降低動暈症的嚴重程度，因此駕駛座艙的設計應往降低駕駛者頭部的晃動或是在車體設計上考慮

使用或是開發不同的懸吊系統去降低車體的震動，以降低駕駛時產生的生理不適。

## 5.2 研究貢獻

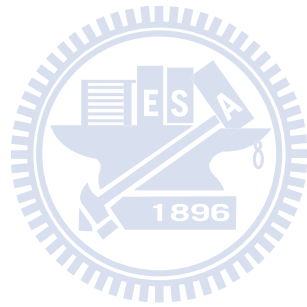
本研究針對狹窄可傾車輛進行駕駛環境變更對於駕駛者的影響，利用真實的窄而傾斜車輛去進行駕駛模擬，進而得到因為傾斜輔助系統會造成駕駛者生理不適程度加重，有別於一般駕駛者不會因為動態環境而產生不適的觀念。且由分析結果顯示在大傾角的情況下駕駛者的生理不適程度和駕駛績效是具有正相關性，因此必須重視由於傾斜輔助系統所帶來的影響，在未來狹窄可傾車輛的研究不應該只著重在車身穩定性與機動性的發展，在開發傾斜輔助系統的同時應該也考慮到如何降低其對駕駛者的不良影響，使得狹窄可傾車輛的發展能更兼顧到安全、舒適的考量。

## 5.3 未來研究建議

本研究僅討論狹窄可傾車輛特性對於駕駛者生理不適與駕駛績效所造成的影響，研究結果顯示傾斜輔助系統的設定對於駕駛者生理不適有所影響且其會造成駕駛績效低落。因此在未來的研究可以探討傾斜輔助系統的設計如何兼顧車體穩定性與降低其對於駕駛者的負面影響。此外，在駕駛座艙的設計上，駕駛者頭部的擺動是動暈症嚴重程度的指標，若能降低駕駛者頭部的晃動可以降低動暈症的嚴重程度，因此可以針對這一因素進一步針對駕駛座艙做研究與設計，降低駕駛者不適程度。

本研究在傾斜角度上只有採用三個角度去探討傾斜輔助角度設定是否對於駕駛生理不適具有影響，未來研究可以利用更多角度去探討權衡車體穩定性、靈活性與駕駛生理反應的曲線，嘗試找出可使車輛具有靈活與穩定且不會影響駕駛生理不適的最佳角度範圍。

另一方面本研究的受試者多為年輕族群，根據文獻指出小孩與老年人更容易產生動暈症的情況，因此在未來的研究中應該對於老年人加以探討，如果狹窄可傾車輛對於老年人所造成的生理不適更為嚴重的話，狹窄可傾車輛對於老年人便為不適當的交通工具，應給予警示，避免老年人在駕駛時發生交通危險。這些都是在未來探討狹窄可傾車輛的駕駛環境時值得深入探討的議題。



## 參考文獻

1. Alm H., & Nilsson, L. (1995). The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation. *Accident Analysis and Prevention*, 27(5), 707-715.
2. Bles, W., and Bos, J. E. (1994). *Een ruimtelijk orientatiemodel*: TNO Human Factors Research Institute, Soesterberg, the Netherlands, Report A-58.
3. Bles, W., Bos, J. E., Graaf, B. d., and Gr, E. (1998). Motion sickness: Only one provocative conflict? *Brain Research Bulletin*, 47(5), 481-487.
4. Bos, E. J., and Bles, W. (1998). Modelling motion sickness and subjective vertical mismatch detailed for vertical motions. *Brain Research Bulletin*, 47(5), 537-542.
5. Briem, V., & Hedman, L. R. (1995). Behavioural effects of mobile telephone use during simulated driving. *Ergonomics*, 38, 2536-2562.
6. Bunji Atsumi, Haruhisa Tokunaga, Hitoshi Kanamori, Tomoko Sugawara, Eiichi Yasuda, Hajime Inagaki (2002), *Evaluation of vehicle motion sickness due to vehicle vibration*, Vehicle Evaluation & Engineering Division 1, Vehicle Evaluation & Engineering Division 2 Toyota Motor Corporation 1, Toyota-cho, Toyota, Aichi 471-8572, Japan; Human Factors Division, Toyota Central R&D Labs., Inc., Nagakute, Aichi 480-1192, Japan
7. Carwindshields website (<http://www.carwindshields.info>)
8. Chelen, W. E., Kabrisky, M., and Rosers, S. K. (1993). Spectral analysis of the electroencephalographic response to motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 64, 24-29.
9. Chinn, H. I. (1950). Motion sickness in the military services. *Military Surgery*, 108, 20-29.
10. Cobb, S. V., Nichols, S., Ramsey, A., and Wilson, J. R. (1999). Virtual reality-induced symptoms and effects. *Presence*, 8, 169-186.
11. Cobb, S.V.G., Nichols, S.C. (1998). *Static posture tests for the assessment of postural instability after virtual environment use*. *Brain Research Bulletin*, 47(5), 459-464
12. Consiglio, W., Driscoll, P., Witte, M., & Berg, W. P. (2003). Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 495-500.
13. Cowings, P. S., Naifeh, K. H., and Toscano, W. B. (1990). The stability of individual patterns of autonomic response to motion sickness stimulation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 61, 399-405.
14. Crampton, G. H. (1955). Studies of motion sickness XVII. Physiological changes accompanying sickness in man. *Journal of Applied Physiology*, 7, 501-514.

15. Dingus, T. A., Antin, J. F., Hulse, M. C., Wierwille, W. W. (1989), Attention demand requirements of an automobile moving-map navigation system. *Transportation Research*, 23A (4), pp.301-315.
16. Duh, HBL, Parker, DE, and Furness, TA, (2001). *An "independent visual background" reduced balance disturbance evoked by visual scene motion: implication for alleviating simulator sickness*. CHI 2001 ,31 MARCH – 5 APRIL
17. Emoto., M., Sugawara., M., and Nojiri., Y. (2008). Viewing angle dependency of visually-induced motion sickness in viewing wide-field images by subjective and autonomic nervous indices. *Displays*, 29(2), 90-99.
18. Förstberg, J. (2000). *Ride Comfort and Motion Sickness in Tilting Trains: Human Responses to Motion Environments in Train Experiment and Simulator Experiments*: KTH TRITA-FKT Report.
19. Förstberg, J., Andersson, E., and Ledin, T. (1998). Influence of different conditions for tilt compensation on symptoms of motion sickness in tilting trains. *Brain Research Bulletin*, 47(5), 525-535.
20. Fujita, K. (2004). *Influence of attention and predictive visual cue on motion perception and sickness in immersive virtual environment*. Paper presented at the Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS.
21. TD Gillespie (1992), *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Society of Automotive Engineers", Warrendale, Pa.
22. Golding, J. F., Bles, W., Bos, J. E., Haynes, T., and Gresty, M. A. (2003). Motion Sickness and Tilts of the Inertial Force Environment: Active Suspension Systems vs. Active Passengers. *Aviat Space Environ Med*, 74(3), 220-227.
23. Green. P., (1996), In-Vehicle Information: Design of Driver Interfaces for Route Guidance. *Transportation Research Board Meeting*, Washington, D.C .Session 258B.
24. Green. P., 1999, The 15-Second Rule for Driver Information Systems, *Intelligent Transportation Society of America Conference Proceedings*.
25. Green. P., 2001, Variations in Task Performance between Younger and Older Drivers: UMTRI Research on Telematics. *Association for the Advancement of Automotive Medicine Conference on Aging and Driving*.
26. Hamilton, K.M., Kantor, L., and Magee, L.E. (1989). *Limitations of postural equilibrium tests for examining simulator sickness*. *Aviation, Space, and Environment Medicine*, 59, 246-251
27. Hattori, H., Matsuura, Y., Narumiya, K., Araki, K. and Ohnaka, H. (1987). Effect of vibration stimulus in lowering alertness levels of drivers. *Proceedings of the Fourth International Pacific Conference of Automotive Engineers* (pp.249.1-249.10). Society of Automotive Engineers.
28. Henriksson, N. G. (1974). *Om yrsel*: Täby: Sandoz AB.



29. Henriksson, N. G., Pfaltz, C. R., Torok, N., and Rubin, W. (1972). *A synopsis of the vestibular system*: Basel: Sandoz Ltd.
30. Hettinger, L. J., Berbaum, K. S., Kennedy, R. S., Dunlap, W. P., and Nolan, M. D. (1990). Vection and Simulator Sickness. *Military Psychology*, 2(3), 171-181.
31. Holmes, S. R., and Griffin, M. J. (2001). Correlation Between Heart Rate and the Severity of Motion Sickness Caused by Optokinetic Stimulation. *Journal of Psychophysiology*, 15(1), 35-42.
32. Horrey, W. J., Wickens, C. D., 2002, Driving and Side Task Performance: The effects of display Clutter, Separation, and Modality, *Aviation Human Factors Division Institute of Aviation, Technical Report AHFD-02-13/GM-02-2*.
33. Hu, S., Grant, W. F., Stern, R. M., and Koch, K. L. (1991). Motion sickness severity and physiological correlates during repeated exposures to a rotating optokinetic drum. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 62, 308-314.
34. IEA(2008). Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050.
35. Jaeger, B. K., and Mourant, R. R. (2001). *Comparison of simulator sickness using static and dynamic walking simulator*. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting.
36. James Jeng-Weei Lin, Habib Abi-Rached, Do-Hoe Kim, Donald E. Parker, Thomas A. Fumed (2002). *A Natural Independent Visual Background Reduced Simulator Sickness*. Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting
37. Joseph J. and LaViola. (2000). A Discussion of Cybersickness in Virtual Environments. *Sigchi Bulletin*, 32(1).
38. Kidane, S., Alexander, L., Rajamani, R., Starr, P., Donath, M., (2008). "A fundamental investigation of tilt control systems for narrow commuter vehicles " *Vehicle System Dynamics* 46(4): 295-322.
39. Kim, Y. Y., Kim, H. J., Kim, E. N., Ko, H. D., and Kim, H. T. (2005). Characteristic changes in the physiological components. *Psychophysiology*, 42, 616-625.
40. Kennedy, R. S. and Stanney, K. M. (1996). *Postural instability induces by virtual reality exposure: Development of certification protocol*. *International Journal of Humancomputer Interaction*, 8(1), 25-47.
41. Kolasinski, E. M. (1995). *Simulator Sickness in Virtual Environments*: U.S. Army Research Institute Simulator Systems Research Unit.
42. Lawther, A., and Griffin, M. J. (1987). Prediction of the incidence of motion sickness from the magnitude, frequency, and duration of vertical oscillation. *J. Acoust. Soc. Am.*, 82(3), 957-966.
43. Mayne, R. (1974). A systems concept of the vestibular organs. In H. H. Kornhuber (Ed.), *Handbook of sensory physiology IV/2: vestibular system* (pp. 493-580): Berlin: Springer-Verlag.



44. McCauley, M. E., Royal, J. W., Wylie, C. D., O'Hanlon, J. F., and Mackie, R. R. (1976). *Motion sickness incidence: exploratory studies of habituation, pitch and roll, and the refinement of a mathematical model*: Human Factors Research Inc. Technical Report 1733-2.
45. McIntosh, I. (1998). Motion Sickness-Questions and Answers. *JTravel Med*, 5, 89-91.
46. Min, B. C., Chung, S. C., Min, Y. K., and Sakamoto, K. (2004). Psychophysiological evaluation of simulator sickness evoked by a graphic simulator. *Applied Ergonomics*, 35, 549-556.
47. Morales, R., Chelen, W. E., and Kabrisky, M. (1990). Electroencephalographic theta band changes during motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 61, 507.
48. Mouloua, M., Smither, J., Kennedy, R. C., Kennedy, R. S., Compton, D. E., and Drexler, J. M. (2005). *Visually-Induced Motion Sickness: Effects Of Adaptation*. Paper presented at the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 49th Annual Meeting.
49. Mourant, R. R., and Thattacheny, T. R. (2000). *Simulator sickness in a virtual environments driving simulator*. Paper presented at the Proceeding of the IEA 2000/HFES 2000 Congress.
50. Muth E. R., A. W., M Fiorello (2006). "Effects of Uncoupled Motion on Performance." *Human Factors* 48(3): 600-607.
51. Mullen, T. J., Berger, R. D., Oman, C. M., and Cohen, R. J. (1998). Human heart rate variability relation is unchanged during motion sickness. *Journal of Vestibular Research-Equilibrium and Orientation*, 8, 95-105.
52. Oene, C. H., Lee, Y. Y., and Jones, S. (1997). Investigation of Driving Performance, Vection, Postural Sway, and Simulator Sickness in a Fixed-Based Driving Simulator. *Computers ind. Engng*, 33(3-4), 533-536.
53. O'Hanlon, J. F., and McCauley, M. E. (1974). Motion sickness incidence as a function of the frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion. *Aerospace Med*, 45, 366-369.
54. Oman, C. M. (1982). A heuristic mathematical model for the dynamics of sensory conflict and motion sickness. *Acta Otolaryngol. Suppl*(392), 1-44.
55. Ohno, H. (1996). What aspect is needed for a better understanding of tilt sickness? *Quarterly report of RTRI*, 37(1), pp. 9-13.
56. Owen, N., Leadbetter, A.G. and Yardley, L. (1998). Relationship between postural control and motion sickness in healthy subjects. *Brain Research Bulletin*, 47, 471-474.
57. Piyabongkarn, D., Keviczky, and T., Rajamani (2004). Active Direct Tilt Control for Stability Enhancement of A Narrow Commuter Vehicle. *International Journal of Automotive Technology* 5(2): 77-88.
58. Quigley, C., Cook, S., and Tait, R. (2001). Field of vision(A-pillar Geometry): a review

- of the needs of drivers. Final report. ICE Ergonomics Ltd.
59. Rajamani, R., Gohl, J., Alexander, L., and Starr, P. (2003). Dynamics of Narrow Tilting Vehicles. *Mathematical & Computer Modelling of Dynamical Systems* 9(2): 209-231
  60. Reason, J. T. (1978). Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *J. R Soc. Med.*, 71(11), 819-829.
  61. Reason, J. Y., and Brand, J. I. (1975). *Motion sickness*. New York: Academic Press.
  62. Reed, M. P., & Green, P.A. (1999). Comparison of driving performance on-road and in a low-cost simulator using a concurrent telephone dialing task. *Ergonomics*, 42, 1015-1037.
  63. Riccio, G. E., and Storffregen, T. A. (1991). An ecological theory of motion sickness and postural instability. *Ecological psychology*, 3(3), 195-240
  64. Smart, L. J., Stoffregen, T. A., and Bardy, B. G. (2002). Visually Induced Motion Sickness Predicted by Postural Instability. *Human Factors*, 44, 451-465.
  65. Stephen H. Fairclough & Robert Graham (1999). Impairment of driving performance caused by sleep deprivation or alcohol: a comparative study. *Human Factors v. 41 no. 1 (March 1999)* p. 118-28.
  66. Stoffregen, T. A., Smart, L. J. (1998). Postural instability precedes motion sickness. *Brain Res Bull*, 47, 437-448.
  67. Stout, C. S., Toscano, W. B., and Cowings, P. S. (1995). Reliability of psychophysiological responses across multiple motion sickness stimulation tests. *Journal of Vestibular Research*, 5, 25-33.
  68. Sugita, N., Yoshizawa, M., Abe, M., Tanaka, A., Yambe, T., Nitta, S., et al. (2005). *Biphasic Effect of Visually-Induced Motion Sickness Revealed by Time-Varying Correlation of Autonomic Nervous System*. Paper presented at the 11th International Conference on Human-Computer Interaction.
  69. Tilting Vehicle website (<http://www.tiltingvehicle.net>)
  70. Ueno, M., Ogawa, T., Nakagiri, S., Arisawa, T., Mino, Y., Oyama, K., Kodera, R., Taniguchi, T., Kanazawa, S., Ohta, T., et al. (1986). Studies on motion sickness caused by high curve speed railway vehicles. *Japanese Journal of Industrial Health*, 28, pp. 266-274.
  71. Wade, M. G. and Hammond C. (2002). FORWARD LOOKING BLINDSPOTS: A Report of A-Pillar Induced Field-of-View Obstruction and Driver Performance in a Simulated Rural Environment. Technical Report. Minnesota Department of Transportation.
  72. Watt, D. G. (1983). Sensory and motor conflict in motion sickness. *Brain. Behav. Evol.*, 23(1-2), 32-35.
  73. Wierwille, W.W. 1995, Development of an initial model relating driver in vehicle visual demands to accident rate. *Third Annual Mid-Atlantic Human Factors Conference*

- Proceedings*, Blacksburg, VA: Virginia Polytechnic Institute and State University.
74. Wikipedia (<http://www.wikipedia.org/pillar>)
  75. Wood, C. D., Stewart, J. J., Wood, M. J., and Manno, J. (1990). Therapeutic effects of antimotion sickness medications on the secondary symptoms of motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 61, 157-161.
  76. Yokota, Y., Aoki, M., Mizuta, K., Ito, Y., and Isu, Y. (2005). Motion sickness susceptibility associated with visually induced postural instability and cardiac autonomic responses in healthy subjects. *Acta Oto-Laryngologica*, 125, 280-285.
  77. Yoshizawa, M., Sugita, N., Tanaka, A., Abe, K., Yambe, T., and Nitta, S. (2001). *Quantitative and physiological evaluation of three dimensional images*. Paper presented at the 7th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Berkeley, U.S.A.
  78. 李永輝，2002，道路駕駛以及使用車輛資訊系統的行為研究(II)，行政院國家科學委員會研究計畫NSC90-2218-E-011-024 成果報告。
  79. 黃雪玲，2002，智慧型車輛安全系統之人因工程考量(二)，行政院國家科學委員會研究計畫 NSC90-2218-E-007-031 成果報告。
  80. 林百福編譯，1999，汽車設計，全華出版。
  81. 柳永青，2002，抬頭顯示器用於先進旅行者資訊系統之效用評估，行政院國家科學委員會研究計畫NSC90-2218-E-224-019 成果報告。
  82. 張季倫，2002，公路客運行車監控之研訂及駕駛與車輛資料庫管理系統之研發—數位式行車記錄器之應用，交通大學交通運輸研究所碩士論文。

## 附錄一、動暈症敏感度問卷(MSSQ)

您好：

我們是國立交通大學工業工程與管理學系的研究生。本問卷的目的是要了解國人：(1) 對於交通工具引起動暈症的敏感度，以及(2) 何種類型的交通工具最容易引起不適感。請仔細閱讀問卷中的問題，並依照您的實際狀況，在最符合的空格裡「打勾」。我們確保您的個人資料不會外洩，您提供的所有資料將僅提供作學術研究之用，敬請放心填答。您的熱心填答對本研究十分重要，感謝您的參與及協助。

0. 您的基本資料：

\_\_\_\_\_  
年齡：

\_\_\_\_\_  
性別：

\_\_\_\_\_  
所在縣市：

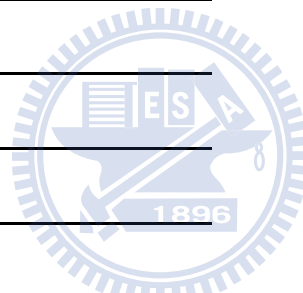
\_\_\_\_\_  
身高：

\_\_\_\_\_  
體重：

\_\_\_\_\_  
職業：

\_\_\_\_\_  
有無機車駕照：      有      無

\_\_\_\_\_  
有無偏頭痛病史：      有      無



1. 去年，您曾經以乘客的身分搭乘下列交通工具多少次？（請依您的印象作答）

	不曾	1 次	2~3 次	4~15 次	16~63 次	64~255 次	256 次以上
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. 去年，當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾有幾次感到不舒服的情況？（請依您的印象作答）

	不曾	1 次	2 次	3 次	4~7 次	8~15 次	16 次以上
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. 去年，當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾經發生過幾次嘔吐的情形？（請依您的印象作答）

	不曾	1 次	2 次	3 次	4~7 次	8~15 次	16 次以上
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. 當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾經感到身體發熱或是出汗嗎？

	不曾如此	偶爾如此	經常如此	總是如此
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. 當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾經感到頭痛嗎？

	不曾如此	偶爾如此	經常如此	總是如此
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. 當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾經發生皮膚/臉色發白的現象嗎？

	不曾如此	偶爾如此	經常如此	總是如此
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



7. 當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾經不自主地流口水嗎？

	不曾如此	偶爾如此	經常如此	總是如此
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. 當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾經感到疲憊暈倦嗎？

	不曾如此	偶爾如此	經常如此	總是如此
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. 當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾經感到頭暈目眩嗎？

	不曾如此	偶爾如此	經常如此	總是如此
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. 當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾經感到反胃想吐嗎？

	不曾如此	偶爾如此	經常如此	總是如此
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. 當您以乘客的身分搭乘下列交通工具時，曾經發生過嘔吐的情況嗎？

	不曾如此	曾經如此
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. 您會因為乘坐下列類型的交通工具時會產生動暈症，而避免搭乘這些交通工具嗎？

	不曾如此	偶爾如此	經常如此	總是如此
機車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
汽車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
市區公車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
長途客運	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小船、渡輪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪船	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飛機	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列車	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. 下列的描述中，何者最適合用來描述您對動暈症的敏感度？

- \_\_\_\_\_  
比平均低很多
- \_\_\_\_\_  
略低於平均
- \_\_\_\_\_  
平均
- \_\_\_\_\_  
略高於平均
- \_\_\_\_\_  
比平均高很多

14. 您曾經經歷重大的疾病或傷害嗎？

- \_\_\_\_\_  
是
- \_\_\_\_\_  
否

15. 您現在是否正在接受藥物治療，或是日常生活受到殘疾影響嗎？（不限於動暈症）

- \_\_\_\_\_  
是
- \_\_\_\_\_  
否



## 附錄二、模擬器動暈症問卷(SSQ)

您好：我們是國立交通大學工業工程與管理學系的研究生。本問卷的目的是要了解您的動暈症嚴重程度。請仔細閱讀問卷中的問題，並依照您的實際狀況，在最符合的空格裡「打勾」。我們確保您的個人資料不會外洩，您提供的所有資料將僅提供作學術研究之用，敬請放心填答。您的熱心填答對本研究十分重要，感謝您的參與及協助。

您的基本資料：

姓名：

年齡：

性別：

身高：

請依照您的實際情況勾選最符合的症狀嚴重程度？

題號	項目	沒有不適	輕微	中度	嚴重
1.	一般不適	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	疲倦	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	想睡	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	厭煩	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	頭痛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	眼睛疲勞	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	視線很難專注於固定點	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	唾液分泌增加	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	唾液分泌減少	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	出汗	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11.	噁心反胃	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	很難集中注意力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	精神沮喪	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	頭部脹痛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	視線模糊	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	剛張開眼睛時有頭昏眼花的感覺	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	剛閉上眼睛時有頭昏眼花的感覺	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.	暈眩	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19.	幻覺	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.	昏厥	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.	呼吸有異樣感	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.	胃部有異樣感	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23.	沒有胃口	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24.	胃口增大	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25.	有想排便的感覺	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26.	思緒混亂	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27.	打嗝	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28.	嘔吐	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29.	其他:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>