

國立交通大學  
運輸與物流管理學系

碩士論文

動作想像能力於道路穿越行為之應用：  
以臺灣高齡行人為對象之實證研究

Effect of motor imagery on road crossing  
behaviors: Case study of Taiwanese elderly  
pedestrians

研究生：張旗晏

指導教授：馮正民

鍾易詩

中華民國 106 年 6 月

動作想像能力於道路穿越行為之應用：

以臺灣高齡行人為對象之實證研究

Effect of motor imagery on road crossing behaviors:

Case study of Taiwanese elderly pedestrians

研究生：張旗晏

Student: Chang, Chi-Yen

指導教授：馮正民  
鍾易詩

Advisor: Feng, Cheng-Min  
Chung, Yi-Shih

國立交通大學  
運輸與物流管理學系  
碩士論文

A thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

June 2017

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國 106 年 6 月

# 動作想像能力於道路穿越行為之應用： 以臺灣高齡行人為對象之實證研究

研究生：張旗晏

指導教授：馮正民  
鍾易詩

國立交通大學運輸與物流管理學系

## 摘要

高齡行人是道路環境當中最脆弱的一環，然而面臨超高齡社會的到來，高齡行人的道路安全已是現代社會不得不面對的重要議題。高齡者在道路穿越上的危險往往來自於其行走速度、認知及感知能力的退化，以至於決策時容易接受過小的間距導致危險，本研究以受試者的動作想像能力作為主要指標，探討高齡行人在執行道路穿越任務時的問題。動作想像係指以想像取代實際執行一項動作的行為，也就是對自身能力的認知，在道路穿越的任務當中是作為能否安全穿越道路的考量因素，能力愈好者，愈可以做出安全的決定。

本研究招募 82 名受試者，其中包含 42 名高齡者與 40 名年輕人，於實驗室中架設模擬環境測試其行走時間、動作想像能力、車輛到達時間估計能力、道路穿越決策行為及安全性，並藉由加入時間提示的方式，嘗試提出對於促進道路穿越安全性的一種解決方式。

實驗結果發現高齡者無論是體能、動作想像能力或者對車輛到達時間預估能力都比年輕人差，導致容易需要更長的決策時間並接受更小的間距，以至於決策安全性較低，加上體能的退化無法及時完成道路的穿越任務。在時間提示加入後能有效提高行人的安全性，雖然高齡者對時間提示的信任程度稍差，仍可作為一種有效的輔助方式。

在體能、認知能力與感知能力皆退化之後，在道路環境中的高齡者曝露在高風險當中，實驗結果證明了認知能力與感知能力與間距選擇、道路安全間的關係，並提出了時間的提示可以提升道路安全。因此本研究建議在高齡者的道路安全教育中，應著重於對自身體能的認知，並配合時間提示發展行人的智慧型輔助設施。

關鍵詞：行人安全 動作想像 高齡者 穿越決策

# Effect of motor imagery on road crossing behaviors: Case study of Taiwanese elderly pedestrians

Student: Chang, Chi-Yen

Advisor: Feng, Cheng-Min  
Chung, Yi-Shih

Department of Transportation and Logistics Management  
National Chiao Tung University

## Abstract

Road safety of elderly pedestrians is now an important issue in Taiwan. Old pedestrians are more fragile in complicated road-crossing tasks. Due to their poor fitness, cognition and perception, old pedestrians tend to misjudge the situation and accept gaps too small. In this paper, we are going to present how Motor Imagery (MI) effects on road crossing safety. Human with better MI ability were expected to make safer choice in road crossing tasks.

In the research, 82 participants, includes 42 old and 40 young, were involved in the experiment, which would test their walking time, MI, time-to-arrival (TTA) estimation ability, and gap acceptance with the safety margin and proportion of safe crossing. Hints for time-to-arrival are also included to provide a solution for the problem.

Older participants were proved that they are easier to make unsafe choices than the youngers, due to their longer walking time, worse ability of MI and TTA, acceptance to small gaps and long decision time. In addition, the positive effect on decision making with time hint was in the result.

In the conclusion, we suggest that recognizing should be an important part of old pedestrians' safety education. Besides, supporting facilities, such as hint of time, would also be helpful for making safe crossing choice.

**Keywords:** pedestrian safety, motor imagery, elderly, crossing decision.

## 誌 謝

這是整本論文裡面被跳過機率最高的一頁，高於封面、目錄以及枯燥乏味的文獻回顧，且讓我自由發揮記錄一下現在的心情。

坐在重慶南路星巴克三樓的靠窗的位置，路口人來人往，紅燈綠燈為人們指示著動與靜，有些人從容過完馬路，有些人在最後必須加緊腳步，而總有那麼些人在紅燈亮起後仍未能完成任務。在綠燈開始後才來到路口的我，腳步從容的踏上斑馬線，看著小綠人倒數著時限，最後用小跑步勉強及時過完。

我有來自都計的包袱、對運輸的陌生，還有幼稚的性格跟雜亂的思路，抱持著想要做出一些對人們有幫助的想像便埋頭尋找什麼是我可以做的。在馮老師放任自由的情況下，我可以完全沒有束縛的去做一切有趣的事，而鍾老師是最後推了我一把，讓我真正決定做出這樣一個瘋狂的研究。感謝兩位老師的包容與毫無保留的指導，幫助我能順利走到這一步。

研究的發想，出於自己的私心大於對學界貢獻，笨拙而衝動的選擇了這個對自己而言過度困難但是極度有趣的方向，加入一些自以為是與不專業，耗費大量金錢與時間在這篇論文上面，但是我很高興我做完了這麼多。感謝每一個在過程中幫助我、陪伴我以及引導我的人。感謝同研究室的宜昀、復志、泰宇、顥瑄及乃維，包容與原諒我時不時的碎碎念與躁動；王易、Howard 在各種時間點的協助與寬容，還有一路上互相打氣的佑昇、品帆、依真。

也要不免俗地感謝，父母及家人從頭到尾在精神上與物質上的支持，並原諒我偶爾想住 lab 不想回家的任性，還有稱讚一下我母親在 20 多年前選擇住在三重的英明決定，讓我就算閉著眼睛騎機車都可以安全回到家。

從忠孝橋引道拆除前到拆除後，這兩年在交大的時間倏忽即逝，最後最重要的，我要感謝我自己，謝謝我這麼努力讓自己做了一個有勇氣的決定，給自己一個機會做一些不一樣的事情，謝謝我自己把這件事情完完整整的做好了。

2017 年 6 月於三重

## 目錄

|        |                                     |    |
|--------|-------------------------------------|----|
| 第一章    | 緒論 .....                            | 1  |
| 1.1.   | 研究背景與動機 .....                       | 1  |
| 1.2.   | 研究目的 .....                          | 3  |
| 1.3.   | 研究範圍 .....                          | 3  |
| 1.4.   | 研究架構 .....                          | 3  |
| 1.5.   | 研究假設 .....                          | 6  |
| 1.6.   | 研究流程 .....                          | 7  |
| 第二章    | 文獻回顧 .....                          | 8  |
| 2.1.   | 行人道路穿越之選擇行為 .....                   | 8  |
| 2.2.   | 高齡行人之研究 .....                       | 13 |
| 2.3.   | 動作想像(Motor imagery, MI) .....       | 16 |
| 2.3.1. | 定義與分類 .....                         | 16 |
| 2.3.2. | 量測方法 .....                          | 17 |
| 2.4.   | 車輛到達時間 (Time-to-arrival, TTA) ..... | 19 |
| 2.5.   | 小結 .....                            | 20 |
| 第三章    | 研究方法 .....                          | 21 |
| 3.1.   | 研究對象 .....                          | 21 |
| 3.2.   | 實驗流程 .....                          | 21 |
| 3.3.   | 實驗設計 .....                          | 23 |
| 3.3.1. | 穿越間距接受實驗 .....                      | 23 |
| 3.3.2. | 加入時間提示之穿越間距接受實驗 .....               | 25 |
| 3.3.3. | 車輛到達時間預估實驗 .....                    | 25 |
| 3.3.4. | 實際與想像穿越實驗 .....                     | 27 |
| 3.3.5. | 動覺與視覺想像能力量表(KVIQ) .....             | 29 |
| 3.3.6. | 基本資料問卷 .....                        | 31 |
| 3.3.7. | 特定情境穿越行為 .....                      | 31 |
| 3.4.   | 實驗室環境設置 .....                       | 32 |

|         |                                         |    |
|---------|-----------------------------------------|----|
| 第四章     | 實驗結果 .....                              | 34 |
| 4.1.    | 前測結果 .....                              | 34 |
| 4.1.1.  | KVIQ 量表前測 .....                         | 34 |
| 4.1.2.  | 實際與想像穿越實驗 .....                         | 36 |
| 4.1.3.  | 動作想像能力 .....                            | 37 |
| 4.2.    | 實驗成果 .....                              | 38 |
| 4.2.1.  | 受試者特性 .....                             | 38 |
| 4.2.2.  | 特定情境穿越行為 .....                          | 41 |
| 4.2.3.  | 穿越行走時間 .....                            | 44 |
| 4.2.4.  | 動作想像能力——視覺與動覺想像能力量表(KVIQ) .....         | 49 |
| 4.2.5.  | 動作想像能力——行走用時估計 .....                    | 50 |
| 4.2.6.  | 車輛到達時間估計正確率 .....                       | 55 |
| 4.2.7.  | 間距選擇 .....                              | 59 |
| 4.2.8.  | 最小接受間距迴歸模式 .....                        | 65 |
| 4.2.9.  | 決策時間 .....                              | 67 |
| 4.2.10. | 安全裕度 (Safety Margin) .....              | 68 |
| 4.2.11. | 穿越安全性邏輯斯迴歸(Logistic Regression)分析 ..... | 72 |
| 4.3.    | 討論 .....                                | 76 |
| 4.3.1.  | 實驗成果 .....                              | 76 |
| 4.3.2.  | 穿越安全性邏輯斯迴歸模式建構之比較 .....                 | 78 |
| 4.3.3.  | 時間提示的效果 .....                           | 80 |
| 4.3.4.  | 研究設計檢討與建議 .....                         | 80 |
| 第五章     | 結論與建議 .....                             | 82 |
| 5.1.    | 結論 .....                                | 82 |
| 5.1.1.  | 自我能力評估與間距選擇行為 .....                     | 82 |
| 5.1.2.  | 狀態評估能力與決策安全 .....                       | 82 |
| 5.1.3.  | 高齡者的能力退化 .....                          | 82 |
| 5.1.4.  | 提示介入對受試者的幫助 .....                       | 83 |

|        |           |    |
|--------|-----------|----|
| 5.2.   | 建議.....   | 84 |
| 5.2.1. | 後續研究..... | 84 |
| 5.2.2. | 政策意義..... | 84 |
| 參考文獻   | 85        |    |



## 圖目錄

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 圖 1 臺灣高齡人口占比推估(國家發展委員會，2014).....         | 1  |
| 圖 2 歷年事故中行人傷亡各年齡占比(交通部運輸研究所，2010).....    | 2  |
| 圖 3 道路穿越情境.....                           | 4  |
| 圖 4 研究架構圖.....                            | 5  |
| 圖 5 研究流程圖.....                            | 7  |
| 圖 6 實驗流程圖.....                            | 22 |
| 圖 7 實驗場景示意圖.....                          | 23 |
| 圖 8 穿越間距接受實驗影片設計示意圖.....                  | 24 |
| 圖 9 車輛到達時間預估實驗影片設計示意圖.....                | 25 |
| 圖 10 行走實驗施測方式示意圖.....                     | 27 |
| 圖 11 穿越情境設計.....                          | 31 |
| 圖 12 第一實驗室.....                           | 32 |
| 圖 13 路緣模擬裝置.....                          | 32 |
| 圖 14 第二實驗室.....                           | 33 |
| 圖 15 實驗影片畫面範例.....                        | 33 |
| 圖 16 視覺與動覺想像量表分數.....                     | 35 |
| 圖 17 實際與想像穿越行走秒數.....                     | 36 |
| 圖 18 KVIQ 與實際與想像穿越實驗.....                 | 37 |
| 圖 19 實際與想像行走用時比較.....                     | 46 |
| 圖 20 動覺想像與視覺想像能力.....                     | 49 |
| 圖 21 KVIQ 量表總分次數分配直方圖.....                | 50 |
| 圖 22 個別樣本用時差.....                         | 51 |
| 圖 23 KVIQ 與用時估計準確程度.....                  | 54 |
| 圖 24 平均車輛達時間估計差值 ( $\pm CI$ ).....        | 56 |
| 圖 25 平均車輛到達時間估計落差值 ( $\pm CI$ ).....      | 57 |
| 圖 26 不同情境下間距接受情形.....                     | 59 |
| 圖 27 車速 20km/hr 之最小接受間距累積機率 (年齡影響).....   | 61 |
| 圖 28 車速 40km/hr 之最小接受間距累積機率 (年齡影響).....   | 61 |
| 圖 29 車速 60km/hr 之最小接受間距累積機率 (年齡影響).....   | 61 |
| 圖 30 車速 20km/hr 之最小接受間距累積機率 (時間提示影響)..... | 62 |
| 圖 31 車速 40km/hr 之最小接受間距累積機率 (時間提示影響)..... | 62 |
| 圖 32 車速 60km/hr 之最小接受間距累積機率 (時間提示影響)..... | 62 |
| 圖 33 無時間提示之最小接受間距累積機率(速度影響).....          | 63 |
| 圖 34 有時間提示之最小接受間距累積機率(速度影響).....          | 64 |
| 圖 35 受試者平均決策時間.....                       | 68 |
| 圖 36 安全裕度.....                            | 70 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 圖 37 安全與不安全穿越比例..... | 71 |
|----------------------|----|



## 表目錄

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 表 1 行人道路穿越之選擇行為文獻彙整表.....                  | 11 |
| 表 2 2014 年全國交通事故行人傷亡人數統計表，以年齡分.....        | 13 |
| 表 3 穿越間距接受實驗操控項目與定義.....                   | 24 |
| 表 4 穿越間距接受實驗紀錄項目與定義.....                   | 24 |
| 表 5 車輛到達時間預估實驗紀錄項目與定義.....                 | 25 |
| 表 6 穿越實驗比較表.....                           | 26 |
| 表 7 實際與想像穿越實驗操控項目及定義.....                  | 28 |
| 表 8 實際與想像穿越實驗紀錄項目及定義.....                  | 28 |
| 表 9 動覺與視覺想像能力量表動作說明.....                   | 30 |
| 表 10 動覺與視覺想像能力量表李克特量尺說明.....               | 31 |
| 表 11 KVIQ 信度測試結果.....                      | 34 |
| 表 12 實際與想像穿越實驗前測平均秒數.....                  | 36 |
| 表 13 前測行走用時估計.....                         | 37 |
| 表 14 受試者組成 (單位：人).....                     | 38 |
| 表 15 受試者生活型態 (單位：人).....                   | 39 |
| 表 16 運具使用習慣 (單位：人).....                    | 40 |
| 表 17 態度組合分數.....                           | 41 |
| 表 18 特定情境穿越行為填答情形 (單位：人).....              | 42 |
| 表 19 想像與實際行走用時統計 (單位：秒).....               | 45 |
| 表 20 實際與想像用時相關係數表.....                     | 45 |
| 表 21 想像與行走用時成對樣本 T 檢定結果.....               | 47 |
| 表 22 高齡組與年輕組行走用時 T 檢定結果.....               | 48 |
| 表 23 行走用時差與用時落差結果統計表.....                  | 51 |
| 表 24 KVIQ 與用時差相關係數表.....                   | 53 |
| 表 25 車輛到達時間估計差值統計表.....                    | 56 |
| 表 26 車輛到達時間估計落差值統計表.....                   | 57 |
| 表 27 車輛到達時間估計落差相關係數.....                   | 58 |
| 表 28 無時間提示之速度對最小接受間距影響效果.....              | 63 |
| 表 29 有時間提示之速度對最小接受間距影響效果.....              | 64 |
| 表 30 最小接受間距線性迴歸模式變數說明.....                 | 65 |
| 表 31 最小接受間距迴歸模式建立結果.....                   | 66 |
| 表 32 穿越安全性 Logistic Regression 變數說明.....   | 73 |
| 表 33 穿越安全性 Logistic Regression 模式建立結果..... | 74 |
| 表 34 穿越安全性 Logistic Regression 模式調整.....   | 79 |

# 第一章 緒論

## 1.1. 研究背景與動機

根據聯合國世界衛生組織定義，65 歲以上人口為老年人，而當老年人口占全部人口的 7% 以上時，該社會便屬於高齡化社會(ageing society)，達 14% 則稱為高齡社會(aged society)，當老年人占所有人口比例 20% 以上時，即進入超高齡社會(super-aged society)。我國於民國 82 年起，已正式跨入高齡化社會，預計在民國 114 年起進入超高齡社會，至民國 150 年，65 歲以上的老年人口將占所有人口的 41.0%(如下圖 1)，因此，老年人口的生活品質將成為臺灣接下來必須要正視的重要議題。

食衣住行為人生活不可或缺之元素，其中「行」的自由乃是維持老人生活品質的首要條件，然而從交通部運輸研究所的交通事故資料庫不難發現，所有行人的傷亡人數中，65 歲以上老人占三成以上(如下圖 2)，顯示了關懷高齡行人的用路情形及給予適當的協助是當今社會所必需進行的事情。

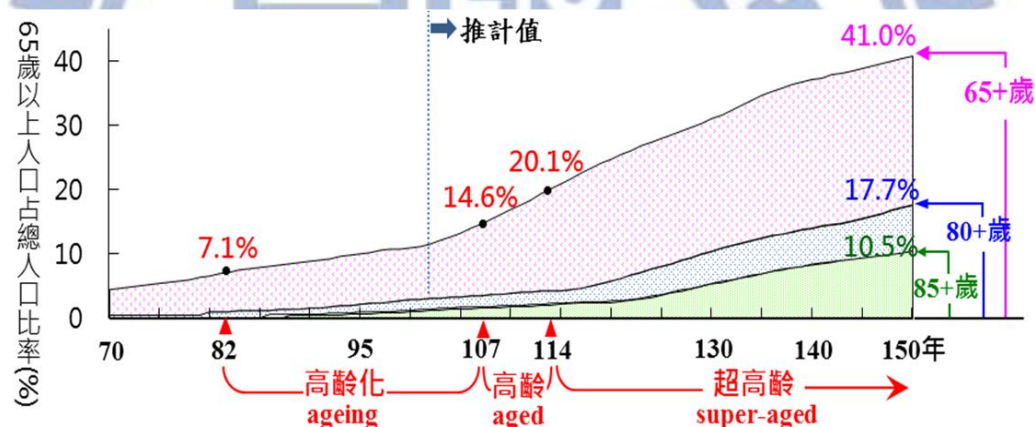


圖 1 臺灣高齡人口占比推估(國家發展委員會，2014)

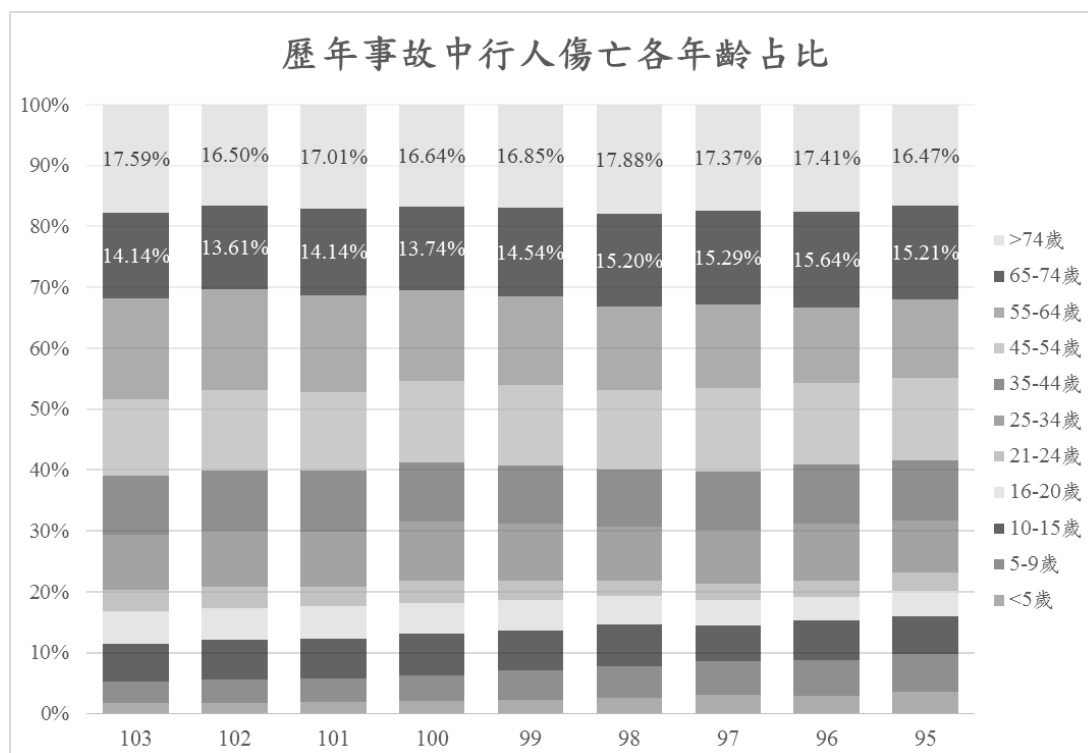


圖 2 歷年事故中行人傷亡各年齡占比(交通部運輸研究所，2010)

在行走的過程當中，最危險的情境當屬道路穿越。在沒有號誌輔助的場合，行人要從眼前的車流中尋找可以穿越的間距(gap)，這是一項複雜的任務，必須在過程中同時處理多項資訊。首先觀察道路設計，判斷並估計行走的距離及時間，接著觀察左右來車的車速，預測下一輛車到達的時間，最後根據上述資訊，決定這個間距是否足夠自己完成穿越任務。一般而言，行人必須認為自己可以安全穿越這個間距才會踏出第一步，反之則否，等待下一次的機會。理論上，判斷適當的間距是依靠「時間」，然而，Oxley, Ihsen, Fildes, Charlton 與 Day (2005) 卻發現，人在進行判斷時較依賴空間而非時間。

在道路穿越行為中，決定是否行動，須以自身既有之能力為基礎，考量其能力是否安全完成，整體流程可視為一完整的認知程序。完整的認知程序包含個體接受感覺訊息的輸入，經過中樞神經處理，包括知覺、注意、學習、記憶、思考、提出策略及解決問題，然後產生運動訊息，並交由「動器」執行個體意識主張的全部過程(秦秀蘭，2012)。高齡者的認知能力表現通常較差，從過去研究也發現，高齡者在評估車間距時，經常選擇過短的間距，儘管該間距對年輕人來說是可以安全穿越的，對於體能衰退的高齡者卻是不夠安全的選擇(C. Holland 與 Hill, 2010)。

動作想像(Motor Imagery)是人在腦中進行動作演練而沒有實際作為的一個動態認知過程(Mulder, 2007)，從腦神經科學上的證據可以發現，動作想像所使用的大腦區域及神經傳導物質和實際運動所使用到的雖然不完全相同，但大部分是相似的(Lotze 與 Halsband, 2006)，因此動作想像被認為是可以作為實際運動的代替行為，甚至透過動作想像可以增進實際運動的行為。過去國內外研究

動作想像大多用於三個方向：運動技能增強、傷害後復建及腦機介面應用，唯國外期刊有少量文章應用於道路穿越表現的評估上，僅比較動作想像與實際動作之落差，如：C. Holland 與 Hill (2010)及 Naveteur, Delzenne, Sockeel, Watelain 與 Dupuy (2013)。本文會將動作想像能力的想像與實際時間落差應用於行人在道路穿越行為分析上，嘗試尋找動作想像能力對道路穿越行為的影響。

本研究以動作想像為核心，針對國內高齡行人因為認知能力、感知能力及體能上的退化導致在道路穿越時做出不安全的決策。本文以都市內的道路穿越行為為主要場景，透過模擬實驗方法了解高齡行人的道路穿越及決策行為，並加入時間提示實驗作為輔助，了解具體時間訊息是否能協助高齡者的決策，以提供做為改善高齡者道路安全教育及交通工程設計之參考。

## 1.2. 研究目的

從運輸安全角度出發，研究臺灣高齡者在都市車流環境中所遭遇到的道路穿越困境。藉由道路穿越模擬實驗，研究受試者進行道路穿越決策時認知與實際執行之落差，並探討是否能藉由提示的介入修正。

因此，本研究目的包括以下兩點：

- (1) 了解高齡行人動作想像能力與道路穿越決策行為表現的關係
- (2) 分析提示的介入對於受試者道路穿越決策行為表現的提升效果

## 1.3. 研究範圍

道路穿越過程中，首重對於時間的估計與判斷，因此本文將研究行人的時間估計能力應用在道路穿越決策行為的效果，並探討以時間提示作為輔助手段的效力。本研究中，時間估計能力包含對自身的動作想像能力與對外在的車輛到達時間估計能力兩項。為減少複雜場景對受試者的影響，實驗場景設定在無號誌、無停止線、非路口的道路中段，單一車道、單一來車方向的街道。

研究內容並將包含受試者的基本體能測試及背景條件調查，體能測試將量測受試者以不同步伐行進所需使用的時間，背景條件以問卷方式進行，包含基本資料、生活習慣、行走及駕駛經驗、健康狀況。

## 1.4. 研究架構

道路穿越決策整個流程可概括分為三個階段，行人會先對所處狀態進行評估，接著做出穿越與否的決定，而這個決策實際上是否安全則會受到外在環境的真實狀態而定。如下圖 3 所示，行人若認為當下所剩餘可穿越的時間不足，進行穿越可能造成危險的話，則會選擇不進行穿越，倘若行人認為所剩餘時間可進行穿越的話，則行人則會做出行動；然而這一次穿越行為的成功與否則是由實際上行人的走路速度和剩餘穿越時間決定，很有可能實際上行人這一次的

穿越行動是危險的。

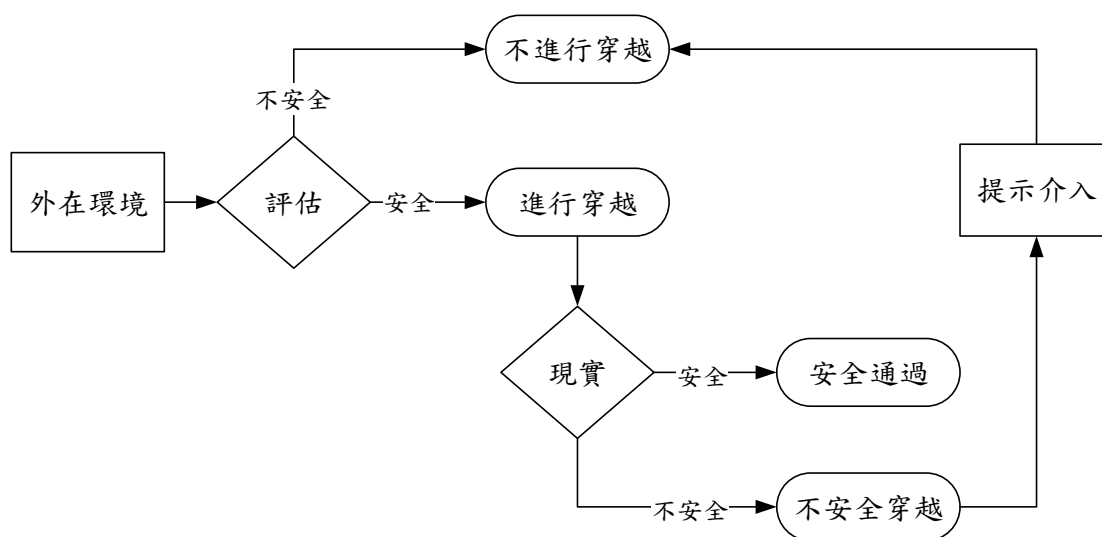


圖 3 道路穿越情境

本研究將以實驗的方式分別探討三個階段的內容(如圖 4 所示)，除了測試行人穿越對於間距的狀態、決策的安全性以外，更要了解行人對狀態評估的能力。在狀態評估的階段，本研究將其區分為自我能力評估及外在環境評估兩個部分，自我能力評估可以動作想像能力作為指標，而外在評估環境評估則可以車輛到達時間做為代表。行人的穿越決策可透過實驗的方法，歸納出最小接受間距，該臨界值將可作為行人穿越決策行為的指標。行人的決策績效就是每一個穿越決策的安全程度，個別穿越行動的安全程度可以用安全裕度(Safety Margin)作為指標，而該受試者的總體穿越安全程度則可用平均的安全裕度和安全穿越比例來檢視。

在這三個階段分別有一些因素會影響其結果。受試者的身體狀況是其中一項，動作想像能力與車輛到達時間估計都與人的知覺、認知能力息息相關，而人的心智和體能都會同時受到年齡和健康狀態影響。Kalicinski, Kempe 與 Bock (2015)發現，老化對於受試者的影響不是均質的，因為個體的老化程度而有所差異，Mulder, Hochstenbach, van Heuvelen 與 den Otter (2007)也主張動作想像能力會因為老化而下滑，主要是受到年長者腦神經能力衰退及相關疾病的影響，如：帕金森氏症。Zivotofsky, Eldror, Mandel 與 Rosenbloom (2012)的實驗中發現無論年輕人或高齡者都有高估自我能力的現象，在動作想像的過程中，估計所需要的道路穿越時間低於實際時間。

除此之外，環境也會影響受試者的表現。根據費茲定律(Fitts' Law) (Fitts, 1954)，當任務設計愈複雜，則執行者須要花上更多的時間去完成該項任務，想像複雜的任務，想像動作所需時間也會隨之拉長(Lotze 與 Halsband, 2006)。以路緣為例，若在實驗中加入階梯式路緣落差，會拉長受試者實際穿越道路所需的時間(Zivotofsky 等人，2012)，此外穿越路徑的長度跟車速也都會影響到任務的複雜度。實驗場景設計的真实度也會影響實驗結果，愈真實的場景除了可以

讓實驗結果貼近現實外，也可以幫助受試者進行動作想像時有更好的表現 (Kalicinski 等人，2015)。

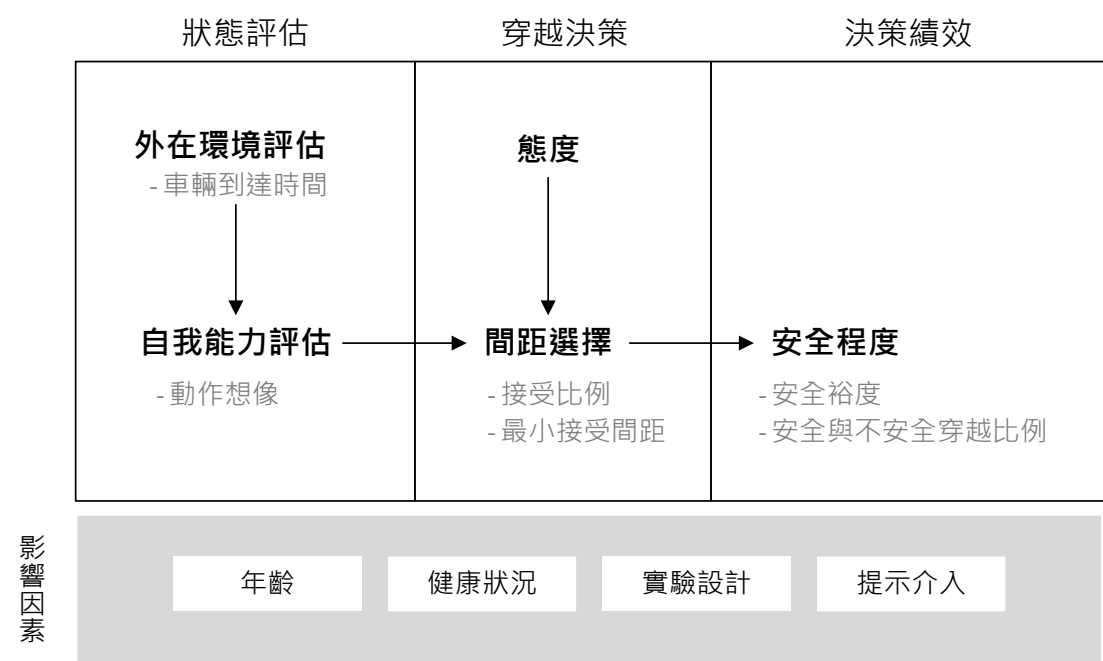


圖 4 研究架構圖



## 1.5. 研究假設

基於研究架構(見圖 4)，本研究認為行人面對是否進行道路穿越之決策主要取決於對狀態的評估，包含了自我能力和外在環境的綜合考量。然而高齡者面臨認知能力、體能及機動力的下滑，卻不自知，因而高估自身能力，導致做出不安全的用路行為。

因此本研究將從兩個方面討論，首先從高齡者的動作想像能力和車輛到達時間估計切入，探討高齡者對自身能力的估計和外在環境的判斷。其次則是要討論藉由給予提示的方式，輔助高齡者對於外在環境的判別，降低高齡行人不安全的穿越決策，將穿越行動從「不安全穿越行為」改為「不進行穿越行動」。

基於以上論述，提出下列假設：

假設一：對行走時間的估計愈長則接受的間距愈長

假設二：狀態評估能力愈好則穿越決策愈安全

2.1：動作想像能力越好則決策越安全

2.2：車輛到達時間估計能力越好則決策越安全

假設三：高齡者的動作想像能力與車輛到達時間估計能力較年輕人差

假設四：以提示介入取代對外在環境的評估會提升穿越決策的安全性

## 1.6. 研究流程

本研究以觀察到社會現狀及道路情境為基礎發想課題，經回顧行人決策行為及年長者體能、認知問題相關文獻後，提出研究假設後方進行實驗設計，除各項目實驗內容外，並包含了實驗流程、實驗環境設定、問卷設計…等。

實驗設計完成後，正式進入實驗期程，數據樣本收集完成後須經過分析，才能進行相關結果的交互討論，最後完成結論撰寫。

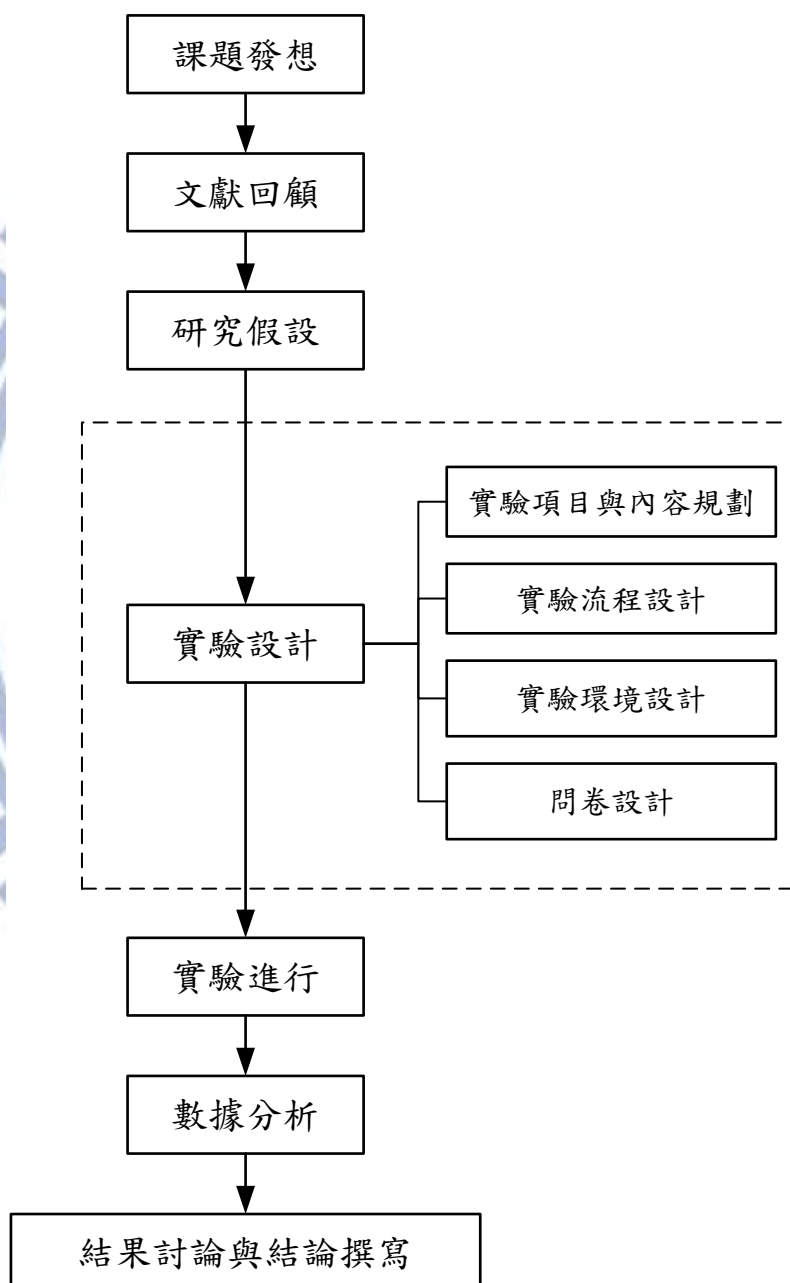


圖 5 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

本研究將探討高齡者的道路穿越行為及動作想像之運用，下面將針對行人的道路穿越之選擇行為、高齡行人的研究、動作想像及車輛到達時間分別進行探討。

### 2.1. 行人道路穿越之選擇行為

道路穿越是複雜的決策行為，行人應考量道路交通情況，判斷來車抵達時的剩餘時間(Available time)是否足以通過，並調整其動作以順利完成。其中最重要的能力為剩餘時間的判斷以及通過時間的需求，除了完全通過外，行人也會為自己保留一些安全裕度(Safety Margin)(Lobjois 與 Cavallo, 2007)，剩餘時間原則上要高於通過時間。

在道路穿越研究中，主要會針對受試者的臨界間距及受試者是否安全穿越的問題進行探討。臨界間距為受試者在相同的道路幾何設計條件下，選擇「過」與「不過」的不同間距長度。而受試者的安全穿越問題則會就受試者每次進行穿越時留下的安全裕度，以及總體的安全穿越比例來討論，其中安全裕度是指行人穿越道路後至下一部車輛車頭抵達穿越路徑的時間差。

過去對於道路穿越的選擇行為的研究方是分為道路實測研究及實驗室環境模擬測試兩種。道路實測研究中，施測者會在路口拍攝影片，並於實驗室回放進行分析。而實驗室環境模擬又可以根據給予的畫面內容以及進行方式來分類；從畫面內容來分，部份實驗會採用實際拍攝道路畫面，以加強實驗的真實性，部分實驗則採用電腦模擬動畫，以方便控制間距及道路環境設計；若以實驗進行方式來分類，有些研究會要求受試者單純回應「過」與「不過」，而有些實驗則會要求受試者在實驗室環境內進行完整的穿越行為。

行人在車流中決定穿越與否是基於車與車之間的間距，間距又可分為空間間距與時間間距，空間間距定義為前車車尾至後車車頭的距離，而時間間距則是前車車尾經過參考線至後車車頭到達參考線的時間。人類選擇接受或拒絕該間距的基準是基於「臨界間距」，臨界間距可定義為人類所願意接受之最小間距，大於臨界間距之間距將會被行人所接受。

Oxley 等人(2005)設計以 1 秒、4 秒、7 秒、10 秒為間距的情境，發現受試者在 1 秒的間距中選擇通過的比例接近 0%，而在 10 秒的間距時選擇通過比例接近 100%，因此歸納出臨界間距為 4~7 秒。然而，實驗結果發現，當車速加快，行人可能會選擇距離較大但是時間較短的間距，顯示行人在做出穿越決策時，主要會依賴車輛的距離而非時間間距和車速。作者在第二階段實驗中加入了選擇時間的限制，發現行人在有時間壓力的時候會更加依賴距離，並做出不安全的決定。

Lobjois 與 Cavallo (2007)也討論到關於時限對於決策的影響，實驗分為兩部分：行走時間測試及道路穿越決策，行走時間測試要求受試者以舒適速度及最快速度分別行走一次，而道路穿越決策則是在有時間限制即無時間限制下分別完成道路穿越決策。作者在實驗室中設計模擬實驗環境，實驗室兩側為路側，路寬約 4.2 公尺(單車道)，於來車方向設置投影螢幕，模擬車輛行進，以機車出現為信號，測試受試者是否接受後方車輛間的間距，受試者手持按鈕立於路側，若接受該間距則按下「Yes」，不接受則按下「No」。道路穿越決策實驗會記錄受試者的穿越所需時間、反應時間、平均接受空間間距、平均接受時間間距、安全裕度、各類穿越選擇出現次數(不安全穿越、安全穿越、驚險穿越(安全裕度在 0-1.5 秒間)、錯失安全間距)。作者發現，時間限制對於高齡者及年輕人都會造成干擾，使決策績效降低，但是在沒有時間限制的情況下，年輕人的決策不易受車速的影響，然而高齡者卻會因車速提升而選擇較短的時間間距。

模擬環境設置的差異在 Lobjois 與 Cavallo (2009)中被討論到，如同前面文獻採用模擬實驗環境，設置 4.2 公尺寬道路(單車道)，於來車方向設置三面投影，與其他研究不同的是，受試者站立於起始線，決定是否接受前方車流之兩車間距，若接受則起步前行至抵達對側路緣，沒有步行速度之限制，並以儀器紀錄受試者動作。車流狀況有 8 種時間間距(1-8 秒，逐次增加 1 秒)與 3 種速度(45、50、60km/h)共 24 種組合，紀錄受試者的平均接受時間間距、穿越行為及調整情形(包含：受試者位置、啟動時間、穿越時間、安全裕度)、各類穿越選擇出現次數(不安全穿越、驚險穿越(安全裕度在 0-1.5 秒)、拒絕穿越、錯失安全穿越)。與 Lobjois 與 Cavallo (2007)相比較，作者發現無論哪個年齡組都會因為在過程中觀察車輛行進而改變自己的腳步，盡可能安全穿越。

Dommes, Cavallo, Dubuisson, Tournier 與 Vienne (2014)主要在研究不同年齡受試者在面對雙向車道時在道路穿越決策能力上的差異，作者在實驗室中設置模擬環境，以 10 面螢幕投影三個角度的車流模擬動畫，車道為寬度 5.7 公尺的雙向車道，雙向俱有來車。受試者立於其中一側，於車輛通過時判斷是否為可穿越之車間距，雙向車道共有 17 種時間間距組合與 2 種車速排列共 34 種車流組合，若受試者接受眼前車間距則向前行走完成完整穿越。該研究測試紀錄受試者之接受次數、查看次數、查看時間、不安全穿越次數、安全穿越所需時間及安全間距。作者提到：受試者判斷時須注意雙向來車，否則容易出現不安全的穿越行為，然而高齡行人相較於年輕行人更容易出現忽略對向來車的問題。

高齡受試者中性別與駕駛經驗的影響被 C. Holland 與 Hill (2010)被討論，實驗分為兩部分，第一部分為道路穿越決策，以三種角度拍攝道路上的真實車流畫面，於實驗室中設置模擬環境，受試者位於畫面中央觀察車流，並判定當次車間距是否屬於可穿越的，若受試者認為可以接受，則說「Now」並向前踏出第一步，動作完成後回復到站立狀態，本階段實驗記錄受試者的穿越決策行為及穿越前準備動作，包含：起步前查看次數、方向及時間、起步延遲、總穿越次數、安全穿越次數、不安全穿越比例、錯失安全穿越次數、安全裕度。第

二部分實驗測試受試者之實際穿越路口時間與想像穿越時間，並比較兩者計算準確度。此研究抽樣對象多且年齡分布廣泛，結果發現隨著年紀增長，男性與女性會有不同的決策表現，而其中駕駛經驗無論對於男性或女性來說，都會是一項關鍵變數。

Sueur, Class, Hamm, Meyer 與 Pelé (2013) 認為，道路穿越的過程其實就是時間節省與事故風險間的取捨，因此文化可能是影響決策的因子，作者選擇日本愛知縣犬山市(Inuyama)與法國北部的史特拉斯堡(Strasbourg)兩座城市，於兩市中相似的四個路口進行為期 12 天的行人道路穿越的觀察紀錄，犬山市紀錄 245 份樣本，史特拉斯堡則有 315 份，樣本年齡介於 10 至 70 歲。實驗定義並記錄下列資訊：行人認為不可穿越之車間距為 Trisk，可穿越之車間距為 Tsafe，穿越前之決策時間為 Tdec。研究發現，史特拉斯堡的行人比犬山市的行人承擔更多風險，從性別效果上來看，唯有犬山市的男性較女性承擔更多風險，史特拉斯堡卻沒有此一現象，作者認為這是由於亞洲與歐洲文化不同所致。



表 1 行人道路穿越之選擇行為文獻彙整表

| 作者與年份                       | 主要課題                             | 量測指標                                                                                             | 道路穿越決策測試                     | 安全裕度定義                           | 結果                                              |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Oxley 等人<br>(2005)          | 年齡對行人道路穿越決策行為的影響，加入決策時間限制之效果     | 反應時間<br>接受間距比例<br>安全裕度                                                                           | 接受該間距時按下<br>接受按鈕<br>穿越時間另外測試 | 時間間距-(平均行走<br>時間+選擇時間)           | 決策主要基於空間<br>間距而非時間間距<br>年長者容易選擇較<br>小的間距        |
| Lobjois 與<br>Cavallo (2007) | 時間限制對不同年齡受<br>試者的決策績效影響          | 穿越所需時間<br>反應時間<br>平均接受空間間距<br>平均接受時間間距<br>安全裕度<br>各類穿越選擇出現次<br>數(不安全穿越、安全<br>穿越、驚險穿越、錯<br>失安全間距) | 接受該間距時按下<br>接受按鈕<br>穿越時間另外測試 | 時間間距與平均通<br>穿越時間之時間差             | 時間限制使決策績<br>效降低<br>高齡者即使沒有時<br>間限制也會被車速<br>影響決策 |
| Lobjois 與<br>Cavallo (2009) | 不同的模擬測試方式對<br>於不同年齡組受試者的<br>結果影響 | 平均接受時間間距<br>穿越行為及調整情形<br>(包含：受試者位置、<br>啟動時間、穿越時<br>間、安全裕度)<br>各類穿越選擇出現次<br>數(不安全穿越、驚險            | 接受該間距時進行<br>完整穿越動作           | 受試者抵達對面路<br>側至車輛抵達受試<br>者穿越路徑的時間 | 受試者會根據當下<br>與車輛間的位置關<br>係調整腳步                   |

|                          |                              |                                                                                          |                      |                            |                                                                    |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                          |                              | 穿越(安全裕度在 0-1.5 秒)、拒絕穿越、錯失安全穿越)                                                           |                      |                            |                                                                    |
| C. Holland 與 Hill (2010) | 性別、駕駛經驗對於高齡行人的影響             | 查看次數、方向與時間<br>起步延遲<br>總穿越次數<br>安全穿越次數<br>不安全穿越比例<br>錯失安全穿越次數<br>安全裕度<br>穿越時間估計<br>實際穿越時間 | 接受該間距時踏出第一步，後回復原站立姿勢 | 選擇後間距剩餘時間減去 7 公尺行走時間       | 高齡女性非駕駛製造較多的不安全穿越情形，而駕駛經驗可改善其問題<br>高齡男性與女性相反的是，有駕駛經驗的男性更容易做出不安全的決策 |
| Dommes 等人 (2014)         | 不同年齡受試者在面對雙向車道時在道路穿越決策能力上的差異 | 穿越時間<br>接受次數<br>查看次數<br>不安全穿越次數<br>安全穿越時間<br>安全裕度                                        | 接受該間距時進行完整穿越動作       | 受試者通過車輛行進軌跡至車輛抵達受試者穿越路徑的時間 | 受試者判斷時須注意雙向來車，否則容易出現不安全的穿越行為，<br>高齡行人相較於年輕行人更容易出現忽略對向來車的問題         |

## 2.2. 高齡行人之研究

歷年國內事故的行人傷亡人數中，65 歲以上的高齡者占多數，從民國 103 年的數據看來，65 歲以上行人發生交通事故死亡人數為 157 人，受傷人數為 5,101 人，可以見得高齡行人道路交通中屬於脆弱的族群。

表 2 2014 年全國交通事故行人傷亡人數統計表，以年齡分

| 年齡      | 死亡人數 | 受傷人數   | 合計    |
|---------|------|--------|-------|
| <5 歲    | 2    | 275    | 277   |
| 5-9 歲   | 3    | 595    | 598   |
| 10-15 歲 | 1    | 1018   | 1019  |
| 16-20 歲 | 1    | 883    | 884   |
| 21-24 歲 | 2    | 563    | 565   |
| 25-34 歲 | 4    | 1,493  | 1497  |
| 35-44 歲 | 11   | 1,574  | 1585  |
| 45-54 歲 | 18   | 2,055  | 2073  |
| 55-64 歲 | 43   | 2,676  | 2719  |
| 65-74 歲 | 48   | 2,295  | 2343  |
| >74 歲   | 109  | 2,806  | 2915  |
| 不明      | 2    | 95     | 97    |
| 總計      | 244  | 16,328 | 16572 |

不只國內，國外也有案例指出高齡行人屬於道路中脆弱的一方，Romero-Ortuno, Cogan, Cunningham 與 Kenny (2010)以愛爾蘭都柏林為調查範圍，抽樣 355 名 60 歲以上高齡行人，調查其走路步態與速度，發現行走速度有隨著年齡下滑的趨勢。該研究再以愛爾蘭的路口人行時相建議設計為基準對比高齡行人的步行速度，發現普遍而言都柏林的號誌對高齡行人不夠友善。

對於高齡行人傷亡機率較高的現象，Zivotofsky 等人(2012)提出了幾點原因，首先，高齡者屬於行人裡曝露於風險中時間較長的族群，因為高齡者通常仰賴大眾運輸及行走完成日常生活所需，加上行走速度較慢，使其在道路上行走的頻率與時間都高於其他年齡的族群。其次，運動能力的下滑也是高齡者的障礙之一，較慢的行走速度之外，也伴隨著平衡感不佳的問題與跌倒的風險。第三，認知能力上的退化，由於疾病及神經退化的影響，部分高齡者會苦於輕微失智及認知障礙的問題，多工思考能力也會隨著年齡增長而下滑，進而需要更多的時間才能完成計算、選擇及決策，加上聽覺及視覺問題，在面對道路穿越這種高度複雜的任務時，時常會錯失反應機會。最後且最嚴重的，高齡者的感知能力也較年輕人差，尤其是對於速度和時間的感受，造成車輛到達估計的錯誤，甚至是主觀時間較實際時間更短的時間扭曲問題(Naveteur 等人，2013)。

從道路穿越的決策和穿越行為來看，可以發現高齡者的決策與道路穿越能

力皆有所下滑的現象。Oxley 等人(2005)將受試者分為年輕(Young, 30-45 歲)、中高齡(Young-old, 60-69 歲)、高齡(Old-old, 75 歲以上)三組，文中發現，無論哪一組，受試者判斷該車間距是否能穿越主要依據空間距離而非時間長度，其中高齡組最容易出現誤判而選擇了不夠大的車間距(75%)，他們也需要比其他兩組受試者更長的決策時間。作者認為其主因在於高齡者受到老化造成的生理、知覺、認知及相關的衍伸能力退化限制。

Lobjois 與 Cavallo (2007)將受試者分為三組：20-30 歲、60-70 歲及 70-80 歲，分別測試在有時限及無時限下，受試者的決策表現是否有所不同。研究發現，有時間限制下，無論哪一個組別都會因為車速提高而選擇較短的時間間距，伴隨著在低速的情況下會錯失許多可以安全穿越的機會，且在高速情況下會做出較多不安全的選擇。在沒有時間限制下，不同年齡組有不同的現象，年輕人的選擇與車速關係不大，但是較高齡的受試者出現車速越高選的時間間距愈短的問題。作者推論，總體而言行人在決策是否進行穿越時，並不完全依賴時間或空間間距，而是會依照任務需求並調整其自身能力以達成任務之目標。

Lobjois 與 Cavallo (2009)採用在模擬環境下完成完整穿越的實驗方式探討不同年齡的道路穿越決策，發現相較於年輕人，高齡者會選擇較大的時間間距，同時他們的啟動時間會比年輕人短，但是就如同其他文獻所發現的，高齡者會在車速愈高時選擇愈短的時間間距。由於採用模擬畫面與完整穿越實驗，文中提到無論是哪一個年齡族群都會在穿越的過程中調整腳步，以免被畫面中的車輛「撞到」。另外，與 Lobjois 與 Cavallo (2007)相比，年輕的族群在實際穿越實驗中出現更多的驚險穿越和較少的錯失，但是高齡組卻沒有此一現象，顯示對於年輕人來說較能轉換穿越估計(以「Yes」、「No」作答)與實際(完整穿越)的差異，但對於老人來說，對於校準實際知覺與感知動作可行性的有困難。

Dommes 等人(2014)的模擬實驗發現，在雙向道路兩側皆有車流的情況下，只有年輕人(19 歲-35 歲)會因為較遠車道的車間距不足而拒絕接受該時間間距，年長者對較遠車道的車間距反應不佳。從穿越前的查看行為來看，唯有年輕人會對遠方車道投注較多的查看次數與時間，中高齡組(62 歲-71 歲)及高齡組(72 歲-85 歲)查看遠方車到的次數與時間不如較近車道的多。

C. Holland 與 Hill (2010)在英國 Aston University 周圍抽取 218 名樣本，年齡從 17 歲到 90 歲以上，此研究著重在不同性別中年齡所帶來的差異，發現女性會因為年紀的增長而出現更多的不安全穿越選擇、安全裕度較少且對於個體自身的行走速度估計準確度較低，然而對男性而言，年齡效果並不顯著，駕駛經驗和機動力才是關鍵，高齡(60 歲以上)男性且保有駕駛習慣者會有較不安全的決策行為，如：較短的安全裕度和面對人行道與路面的高度落差時需要較多的啟動時間，但是相較於非駕駛的族群來說，他們比較會記得在穿越路口前查看兩側來車。作者推論駕駛經驗可以作為預測高齡者決策能力的重要變數的原因在於：唯有在生理、知覺與認知能力較健康的狀態下，才能在老化後繼續駕

駛；另外，作者也提到：因為社經條件對於性別的影響有所不同，女性駕駛通常為社經條件較佳的族群，相對於非駕駛女性而言具有較好的決策表現，然而社經條件好壞並不影響男性選擇是否成為駕駛，所以和穿越行為決策績效的關係並不顯著。

Zivotofsky 等人(2012)的實驗中將受試者分為高齡組(n=19)及大學生組(n=17)於真實街道進行實測，分別在受試者日常生活的區域周邊選擇了他們熟悉的單向車道(約 7 公尺寬)，請受試者進行三次測試，第一次測試採用想像行走，受試者須立於路側，以心智想像整個過程，紀錄受試者估計的行走時間，第二次是實際行走測試，最後一次測試則又重複第一次測試所採用的想像行走。實驗結果發現大學生的準確率高，估計時間只略低於實際行走時間，但是高齡者的想像行走時間遠低於實際行走時間。

實際與想像行走時間的實驗另有 Naveteur 等人(2013)，作者從文獻中發現高齡者時常會低估自己穿越路口所需的時間，此中除了有體能衰退的因素外，和受試者主觀時間與實際時間的落差也有關係，因此設計了行走時間和時間感實驗。行走時間實驗在實驗室中架設 7 公尺長、1 公尺寬的走道，分別測定受試者之實際行走時間及想像行走時間，而時間感測定實驗則要求受試者分別在估計 5 秒、10 秒、29 秒、30 秒的時間長度。選取 48 名受試者，其中 12 人為年輕組(22 歲-31 歲)，其餘老人組 36 人中有 12 人為曾因疾病或受傷導致下肢行動不便(但仍有獨自外出的行走能力)，其於 24 人又分為 12 人中高齡組(64 歲-73 歲)和 12 人高齡組(74 歲-91 歲)。實驗發現，年輕組的主觀時間(時間感準確性)相較於其他組別都高，時間感估計準確性和行走時間準確性有相關，若將障礙組與非障礙組相比的話，障礙組的人傾向高估穿越道路所需的時間，而無障礙組則容易出現低估問題。另外值得一提的是，作者在行走測驗中設計了高度落差用以模擬路緣石，結果發現，有高度落差的實驗環境相較於沒有高度落差的實驗環境而言，實際行走時間會延長，但對想像行走並沒有影響，顯見受試者容易忽略路緣石的存在。

Dommes, Cavallo, Vienne 與 Aillerie (2012)著重於探討訓練是否有助於增進高齡者的道路穿越決策能力。抽樣 20 名年輕人及 20 名高齡者，於實驗室中進行模擬穿越實驗，於室內設置單向道路(4.2 公尺)環境，並於來車方向架設投影幕投影車流模擬動畫。實驗進行時，受試者立於路側，觀察畫面中車流情況，受試者接受兩車車間距則向前行直達對面路側，若不接受則不動作。每位高齡年長者會在訓練前、訓練後立即及訓練完成 6 個月後進行道路穿越之決策行為及步行實驗，年輕人為對照組，只進行一次測試。高齡者之訓練內容分為兩部分，第一部分為討論道路穿越時應注意之內容，第二部分則是模擬實驗情境，其中包含三個模組，畫面會播放不同的車速下，不同的時間間距的模擬動畫，年長者需選擇是否接受該間距，回饋方式分為兩部分，在年長者完成一次穿越之後，其安全裕度若高於 1.5 秒會被認定為安全，並進入下一次測試，若安全裕度低於 1.5 秒則被認定為不安全，受試者需與實驗人員討論該次穿越所

遭遇之問題，並再次進行測試。所有測試都會被記錄，並計算受試者所接受的時間間距之中位數，若該數值隨速度增加而減少，則實驗人員會再次重申時間間距之重要性。此研究發現，教育之介入無論在短期(訓練後立即)或長期(6個月後)都有正向的效果，有助於提升高齡用路人之安全性，包含提升安全裕度之提升及安全穿越比例、降低驚險穿越次數及不安全穿越選擇比例。然而，訓練後的高齡者在判斷車間距時依然會受到車速之影響，顯見之高齡者對於車速之感知能力並無法藉由訓練改善，反映了年齡影響的知覺與認知障礙是無法透過行為與教育訓練來補救的。

## 2.3. 動作想像(Motor imagery, MI)

### 2.3.1. 定義與分類

人類可以想像任何自己所能做到或無法達成的事情，在任何地方、任何時間，而動作想像則是一種想像自己或他人執行某種動作但沒有實際發生的過程。Hardy 與 Callow (1999) Mulder (2007) 這麼形容動作想像：「坐在阿姆斯特丹市中心的辦公桌前，我可以輕易的想像自己走鄉村的小路上；我可以想像那些不存在或不復存在的場景或物件；我可以在心中演練那些我現實中永遠無法做到的事情，想像自己是個頂尖的舞者，即使現實已經告訴我，我的運動網絡無力負擔那些反覆而有韻律的動作能力需求。」人類在想像時，可簡單區分成下列面向：聽覺、視覺、策略思考…等，而動作想像只是其中的一種。

Jeannerod (1994) 和 Jeannerod (1995) 提到，動作想像是一種動作意識的知覺程序結果，通常在實際動作前的準備程序時會無意識的進行。Lotze 與 Halsband (2006) 回顧前人的研究，探討動作想像與實際動作間的關係，作者提到，動作想像時會產生和實際運動相同的肌電圖，同時腦中的對側運動皮質區 (contralateral primary motor cortex, cM1) 也會隨之活躍。cM1 位於大腦額葉區，負責發出隨意運動指令 (Germann 與 Stanfield, 2005)。假設 cM1 只負責實際運動的話，其受損應只跟實際運動有關，然而研究發現因帕金森氏症等疾病或受傷造成 cM1 損傷的話，會同時影響到實際運動和動作想像的表現 (Dominey, Decety, Broussolle, Chazot 與 Jeannerod, 1995)，然而脊髓損傷患者卻只有影響到實際運動的表現，動作想像不受影響 (Decety 與 Boisson, 1990)。由此可證動作想像與實際運動所使用道的大腦部位和神經傳導物質有很大一部份重複，雖然其內容不盡相同，因此在動作想像時，中樞神經系統傳輸的資訊會使身體誤以為正在進行實際運動。動作想像被廣泛應用領域中，例如：運動訓練、音樂訓練、復健醫療與腦機介面…等需要且可於腦中演練之技能訓練。雖然動作想像訓練事實上無法取代實際操作，但是對比於完全不做動作，仍能增進實際運動時的表現 (Page, Levine, Sisto 與 Johnston, 2001)，尤其是在實際操作上有困難的時候，例如：運動員受傷、競賽前準備。

動作想像可以被分成兩種方式：視覺想像 (Visual Imagery) 與動覺想像

(Kinesthetic Imagery)。動覺想像為想像感覺到動作正在進行，即從心智上意識到肌肉的收縮與運動，而視覺像是透過心眼去看見動作的進行(Schott, 2012)，其中又以想像看見自己的動作為內在視覺想像(Internal Visual Imagery)，或稱第一人稱視覺想像；想像看見他人進行動作為外在視覺想像(External Visual Imagery)，或稱第三人稱視覺想像，一種從外在觀點去想像別人進行某種動作的想像力(Mulder 等人，2007)。

Guillot 與 Collet (2005)提到從動作想像與實際運動的時間準確性跟下列因子有關：個體能力(例如：菁英運動員表現較佳)、動作集中力(例如：限制姿勢使表現較差)、環境限制(例如：競賽時表現較差)、任務難度(快速及注意力需求較高的任務表現較差)。

Williams, Guillot, Rienzo 與 Cumming (2015)邀集許多有參與運動的受試者進行動作想像能力測試，將受試者的運動技能等級分為娛樂性、俱樂部、縣市代表、地區代表及菁英運動員五級，發現菁英運動員的動作想像生動度較高，尤其是動覺想像的感受強烈程度，但是動作時間估計的準確率卻沒根據受試者動作技能等級而有所差異。

Kalicinski 等人(2015)認為動作想像受到年紀、任務複雜度與任務環境設定的影響。過去的研究中提到，高齡者在行走速度(Schott, 2012)、手指、手臂動作的準確性都有下降的狀況，而研究設計的不同也會造成高齡者的準確性改變，例如：高齡受試者越熟悉該項任務，則可以有較高的準確性，而實驗的時空限制，例如：行走實驗中的移動長度、寬度限制，也會影響時間估計的準確性。除了年齡的影響之外，環境設計也會影響實驗結果，若實驗設計越貼近實際生活的動作可以增加受試者的估計準確性。而作者也利用實驗證明了上述的論點，他以 21 名高齡及 19 名年輕受試者，以日常購物活動場景為例，測試受試者三種不同動線任務在下，動作想像時間的準確性，發現在這樣的實驗設計之下，準確率會受到任務複雜度的影響，其中以高齡組的受試者尤甚，而實驗複雜度對準確率的影響主要建構在行走路徑的長度而非在行走過程完成中附加的其他動作。

年齡對於動作想像的影響主要出現在體能及認知能力的退化，Mulder 等人(2007)以動作想像生動度問卷(Vividness of Movement Imagery Questionnaire, VMIQ)測試 333 名受試者從平均 VMIQ 得分來看，看不到隨年齡上升而退化的情況，其中，相對另外兩組較年輕組別分有 31%(30 歲以下)和 32.9%(30-64 歲)的受試者在動作想像能力上表現較佳，64 歲以上高齡組的只有 15%，以上數據顯示表現能力較佳者，但並不保證其他人沒有動作想像能力。根據 VMIQ-Other(第三人稱動作想像能力)及 VMIQ-Self(第一人稱動作想像能力)的分別得分來看，相較於年輕受試者，高齡者的第一人稱動作想像能力出現了退化，顯示人們經歷老化後，動作想像能力會從內在(第一人稱)轉移至外在(第三人稱)。

### 2.3.2. 量測方法

從前人研究可以發現，動作想像能力是一種想像動作的能力，年齡對於動作想像能力是有影響的，主要是來自於年齡所造成的機動能力與認知能力的下滑。動作想像能力的量測方式主要有三種：動作想像能力量表、控制能力測試(Controllability of Motor Imagery test, CMI test)及心理測時法(Mental Chronometry)(Schott, 2012)。

動作想像能力量表(Motor Imagery Questionnaire, MIQ)(C. Hall, Pongrac 與 Buckholz, 1985)為發展最早的量表之一，共有 18 項動作，視覺想像與動覺想像向度各 9 項，每一項測驗分成四個步驟，從(1)起始動作開始，(2)依照指示實際進行動作後(3)進行動作的想像，最後則進行(4)是否容易想像的評分，後來發展出動作想像能力量表修訂版(Movement Imagery Questionnaire-Revised, MIQ-R)(C. R. Hall 與 Martin, 1997)，使用相同的四步驟測驗方式，但是將測驗項目減少，兩個向度測試各 4 項。由於研究範圍或對象的不同，又延伸出不同的量表類型，動作想像生動度量表(Vividness of Movement Imagery Questionnaire, VMIQ)(Isaac, Marks 與 Russell, 1986)主要之目的為量測動作想像的生動度，和 MIQ 及 MIQ-R 不同，VMIQ 不需要先進行實際動作，只依指示進行想像動作並評分，共有 48 項測試，分為兩個面向，各 24 項：動覺想像為想像自己進行動作，視覺想像則是想像其他人進行動作，為將動作想像生動度之面向更完整區分，Roberts, Callow, Hardy, Markland 與 Bringer (2008)發展出第二版動作想像生動度量表(VMIQ-2)，將動作想像分為個面向：內在視覺想像、外在視覺想像及動覺想像，各進行 12 項動作測試。針對特定對象之動作想像能力量表，如：兒童用動作想像能力量表(Movement Imagery Questionnaire for Children, MIQ-C)(Martini, Carter, Yoxon, Cumming 與 Ste-Marie, 2016)及動覺與視覺想像能力量表(Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire, KVIQ)(Malouin 等人，2007)，其中 KVIQ-20 的設計對象為需要引導及具有身體障礙者，共 20 項動作測驗，視覺想像及動覺想像向度各占一半，每項測驗分為五步驟：從(1)起始動作開始，由(2)實驗人員示範動作，(3)受試者需依實驗人員之動作實際進行一次，若該部位肢體無法動作則由對稱部位進行，如：左手截肢者可以右手進行動作，受試者完成實際進行後，則(4)進行動作想像，最後(5)進行想像難易度評分。KVIQ-20 完整測試需時約 45 分鐘，對於部分身心障礙及傷病中的受試者而言負擔過重，因此 Malouin 等人(2007)發展出 KVIQ-10 量表，將測驗項目縮減為 10 項，在維持相同信度及效度下降低難度。

國內已有動作想像量表(譯名：動作意向能力量表)中文化之研究，林孟嶽、鄭溫暖與張鼎乾 (2014)回顧前人研究整理出已完成中文化的動作想像量表共有三種：動作想像量表(MIQ)(張惠如，1994)、修訂版動作想像能力量表(MIQ-R) (林啟賢，2011)及動作想像能力量表第二版(VMIQ-2)。

控制能力測試(Controllability of Motor Imagery test, CMI test)也可以測試受試者的動作想像能力，又分為動作認知與動作再現兩部分，在動作認知測試中，受試者在此一測試中需要根據施測者的指令想像且不執行特定動作，在接

受完指令後需要在施測者所提供的照片中選擇出最接近先前被指定的動作影像，動作再現部分則要做出該指定動作(Naito, 1994)。

比較動作實際執行所需時間和想像執行時間估計的心理測時法(Mental Chronometry)，則會要求受試者執行某一特定動作後再進行想像動作，用受試者對於動作執行時間估計的準確率動作想像能力的指標。所執行的動作在不同的研究中有不同的應用，其中一種做法是以行走特定長度的方式(Schott, 2012)，亦有採用動作想像量表(MIQ-3)的方式(Williams 等人，2015)。Schott (2012)的實驗發現，高齡者的估計準確率較年輕人差，顯示年齡對心理測時法的影響，而行走的長度也影響了估計的準確率，行走距離愈長，所需時間亦愈長但是估計準確率卻會下降。Malouin, Richards, Durand 與 Doyon (2008)在研究中使用了兩種心理測時法，除了測定受試者想像特定動作的時間外，另外使用了測定在特定時間內，受試者以動作想像可完成幾次指定的動作，並發現這種量測方式對中風的受試者亦可以使用。

## 2.4. 車輛到達時間 (Time-to-arrival, TTA)

到達時間(Time-to-arrival)，指車輛從遠方某處抵達特定參考點所需的時間，若用於行人穿越時，則指車輛從遠方某處抵達行人穿越路徑的時間，或可稱接觸時間(Time-to-contact)，或撞擊時間(Time-to-collision)。

是否能夠做出正確的穿越決策，除了對於自身能力的了解之外，對於外在環境的理解也是必需的，對車輛到達時間的估計愈準確，愈能精準得到可穿越的剩餘時間，即可以做出比較正確判斷，對於車輛到達時間的誤判，可能會造成行人做出不安全的穿越決策。Schiff, Oldak 與 Shah (1992)及 Hancock 與 Manster (1997)研究都發現，TTA 的正確率會隨著速度增加而變高，但是高齡者的整體正確性較低，且女性比男性較差。

Petzoldt (2014)研究了車輛到達時間和行人道路穿越間距選擇的關係，發現受試者在模擬道路環境下，對於車速較高時，做出的車輛到達時間估計正確性較差，間距選擇會傾向選擇距離較長但時間較短的間距，因此在高速情況下容易做出不安全的穿越決策。但是作者將車輛到達時間估計值做為「主觀時間」，再次分析受試者的決策，發現受試者的錯誤選擇跟車輛到達時間估計扭曲情況是互相影響的。

## 2.5. 小結

在道路穿越決策中，行人必須要同時參考道路車流狀況及自身能力，才能做出安全的決定，在沒有號誌的情況下，行人要考慮的便是車輛的抵達時間(TTA，車輛到達時間估計)和自己道路所需的時間(MI，動作想像)，因此對於行人而言，車輛到達時間估計與動作想像能力愈好，愈可能做出安全的判斷。

然而單從道路穿越決策相關研究結果看來，高齡者往往會選擇過小的間距，為自身招致危險。過去的研究也證實，動作想像能力與車輛到達時間估計準確率都會受到年齡增長的影響，其中動作想像能力更是根據身體機能與認知能力的高低而決定，除了年齡以外，對於曾經生病、受傷的行人來說也會造成危險。

在過去的研究當中，道路穿越決策行為研究主要以年齡、性別、駕駛經驗與健康狀況為個別行人的特性。其中，用路人年齡的增長會伴隨著身體機能及認知能力的衰退，然而在道路穿越決策行為中卻極少探討到認知能力退化與穿越決策間的相關性。

C. Holland 與 Hill (2010)在研究中同時做了高齡者的決策行為和道路穿越時間估計準確性的實驗，卻未將二者間關聯妥善討論，只是作為統計變數的其中一項，其他文獻若非只關注高齡者的道路決策行為就是指研究高齡者的動作想像能力，從未將兩者共同討論，然本研究認為此二者間的關聯性值得探討。

而 Petzoldt (2014)則是少數研究了到達時間估計與道路穿越決策間的關係，並利用到達時間估計因受試者認知能力及車速造成的扭曲現象解釋車速對於受試者選擇兼具的影響。

本研究認為車輛到達時間估計(TTA estimation)能力和動作想像(MI)能力都可以做為用於討論在道路穿越場景下，高齡者身體機能與認知能力的指標，或探討及預測行人道路穿越能力，因此在接下來的研究中，會同時討論此二能力與行人道路穿越決策行為的關係。

## 第三章 研究方法

### 3.1. 研究對象

本研究以高齡行人為主要研究對象，於網路招募臺北市及新北市居民，年滿 60 歲以上具有獨立行走、獨立外出及獨立穿越道路能力者，包含曾經或當時受傷導致行走障礙者，不包含乘坐輪椅者。並另外選取 20~45 歲間之青壯年族群作為本次實驗對照組。共招募高齡組 43 人、年輕組 40 人。

### 3.2. 實驗流程

為了解國內行人的評估能力、間距選擇行為與安全程度的關係，本研究共設計 7 項實驗以量測各項指標，如下圖 6 所示。基於流程考量，實驗共分為三部份：前置作業、第一階段及第二階段實驗，前置作業準備包含實驗影片之攝製、問卷設計及 KVIQ 量表編譯作業，以上三者完成後架設實驗室環境，實驗室環境根據後續兩階段需求，分別設於兩空間架設穿越實驗所需之地面標線及決策行為實驗所需的多螢幕電腦系統。

完成前置作業後，進行正式實驗，所有實驗開始前向受試者說明實驗內容及流程，確認受試者了解實驗內容及流程，且當下之體力、健康狀況及認知能力足以完成全部實驗，並取得受試者口頭同意後，進入實驗階段。兩階段實驗將分別於兩間實驗室完成。第一階段實驗僅測定受試者之想像與實際行走用時，實驗室內設置模擬道路穿越之場景。第二階段實驗則包含動覺與視覺想像能力量表(KVIQ)、問卷及決策實驗，實驗室內設有三方向顯示器及辦公桌椅。

以上實驗程序完成後發放 500 元受測費用，時程約 60~90 分鐘，依個別受試者而定。

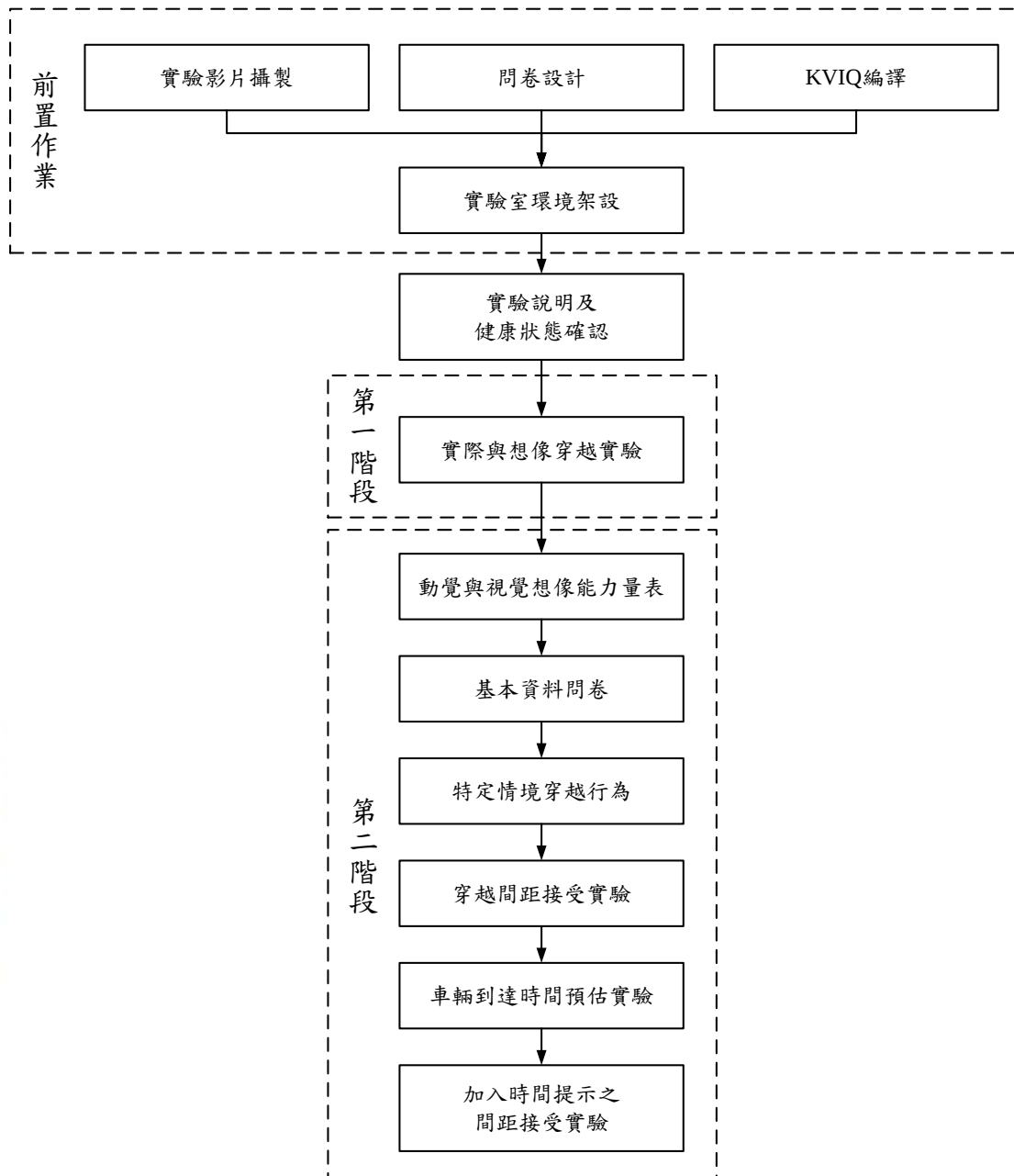


圖 6 實驗流程圖

### 3.3. 實驗設計

本研究實驗場景之設計為路段中間穿越，不考慮路口之行人穿越道及行人號誌的影響。為簡化實驗，採用單一車道、單一車輛且雙邊無車輛停放的道路設計，固定來車皆由右方進入，畫面中央設置參考線，如下圖 7 所示。

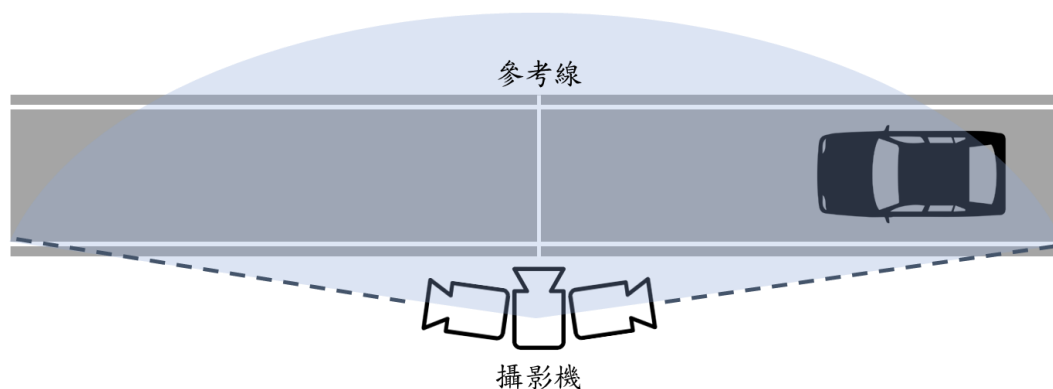


圖 7 實驗場景示意圖

#### 3.3.1. 穿越間距接受實驗

本階段將測試受試者在道路穿越所願意接受的時間間距、評估該決策的安全裕度，並計算最小接受間距。

實驗以影片模擬方式進行，以單一車道之道路(約 5 公尺寬)為場景拍攝影片，影片內駕駛者以實驗設計之車速於指定距離外向參考點行駛，每支影片來車方向固定。實驗室詳細配置請參照章節 3.4 實驗室環境設置及圖 12。

實驗操作流程如下：

1. 攝製車輛行駛影片：於路側設置三部攝影機，攝影高度約 150 公分以模擬行人於道路決策之視角，同設拍攝以行人穿越路徑方向為主之三角度影片。
2. 剪輯實驗影片：使用 Adobe Premiere 軟體剪輯，將三部攝影機畫面合成為畫面大小 4960p × 768p，影格速度 29fps 影片。於畫面左下角插入計時器。
3. 施測者操作：實驗室內依照拍攝畫面角度設置三部 23.9 吋顯示器連接電腦跨屏播放，以滑鼠操作。每一次受試者決策後記錄受試者的決策時間及決策內容。
4. 受試者操作：落坐於三方向顯示器之間，觀看影片並決定是否於來車抵達之前通過道路，若願意通過則按下鍵盤上之空白鍵表示「通過」，並回答在該情境下通過時會採用何種行走步伐。若受試者拒絕通過該間距則不進行任何動作，直到畫面結束。

實驗影片設計如下圖 8，影片開始後先播放 2 秒全黑色畫面為緩衝預備，

後進入實際畫面，受試者在決定通過該間距時按下空白鍵，並回答所採用之行走步伐，若無按下按鈕則播放至畫面結束，每種車速與間距組合影片以隨機順序播放。

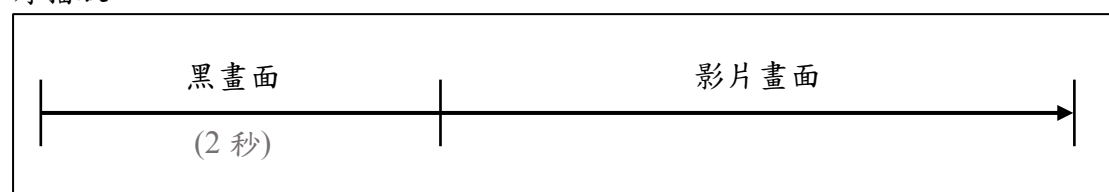


圖 8 穿越間距接受實驗影片設計示意圖

由於行人穿越之安全程度與車輛間的時間間距有關，因此本次實驗主要控制之項目為時間間距，時間間距設計由於國內尚無臨界數據，因此參考 Lobjois 與 Cavallo (2007)和 Lobjois 與 Cavallo (2009)之研究結果，在 4.2 公尺寬車道下的時間間距達 7 秒後則間距接受率為 100%，因此設計自 1 秒起至 9 秒間以 1 秒為單位遞增。而為了探討車輛速度之影響，設計車輛於時速 20、40 及 60 公里三種速度下行駛，以測試不同車速條件下之決策差異。計算安全裕度所需之行走時間則以所選擇的穿越步伐對照 3.3.4 實際與想像穿越實驗測得的實際步行時決定。

表 3 穿越間距接受實驗操控項目與定義

| 變數   | 內容                                  | 單位    | 定義                     |
|------|-------------------------------------|-------|------------------------|
| 穿越寬度 | 5                                   | 公尺    | 受試者所需穿越全長，近側路緣至遠側路緣之寬度 |
| 時間間距 | 1.0/2.0/3.0/4.0/5.0/6.0/7.0/8.0/9.0 | 秒     | 影片畫面開始至車輛抵達參考點時間       |
| 車速   | 20/40/60                            | 公里/小時 | 平均車速                   |

表 4 穿越間距接受實驗紀錄項目與定義

| 變數   | 項目內容     | 單位 | 說明                                      |
|------|----------|----|-----------------------------------------|
| 是否接受 | 是/否      | -  | 接受該間距則按下「是」，不接受則不動作                     |
| 決策時間 | 數值       | 秒  | 自影片開始至按下按鈕的時間，不接受則不紀錄，以畫面左下角計時器為準       |
| 通過步伐 | 普通走/快走/跑 | -  | 於每次影片結束後詢問，不接受則不問                       |
| 安全裕度 | 數值       | 秒  | 時間間距長度扣除決策時間及行走時間，不接受則不紀錄。行走時間依其通過步伐決定。 |

### 3.3.2. 加入時間提示之穿越間距接受實驗

為了解時間提示對於受試者穿越決策的影響效果，設計本階段實驗。沿用前一階段實驗影片及設計，惟獨在畫面中加上車輛到達時間之倒數計時器作為時間提示。

### 3.3.3. 車輛到達時間預估實驗

車輛到達時間估計實驗亦採用與穿越間距接受實驗相同之影片，惟畫面結束時間提早至車輛抵達參考線前 2 秒(如圖 9)，受試者將依據車輛行駛畫面的資訊，在畫面轉為全黑後作出車輛到達時間預估，在預估的車輛到達時間按下鍵盤的空白鍵表示認為車輛抵達參考線。受試者按下空白鍵後，施測者紀錄時間。

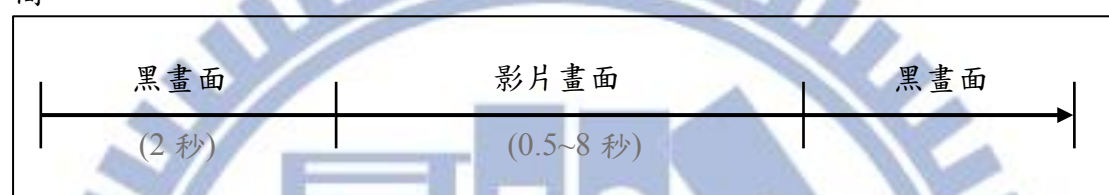


圖 9 車輛到達時間預估實驗影片設計示意圖

表 5 車輛到達時間預估實驗紀錄項目與定義

| 變數      | 項目類型 | 單位 | 說明                            |
|---------|------|----|-------------------------------|
| 到達時間估計值 | 數值   | 秒  | 自影片開始起至受試者按下按鈕之時間，以畫面左下角計時器為準 |

表 6 穿越實驗比較表

| 實驗                          | 實驗設計假設                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 實驗目的                                                                                                                                                       |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 穿越間距<br>接受實驗                | <p>受試者會根據車輛間距與自身能力作出接受或拒絕穿越的決定，當自身能力及道路穿越長度不改變的情況下，則間距將作為主要變因，藉由分析受試者接受的穿越間距可分析最小接受間距。</p> <p>出於安全考量，高齡者需要較大的間距，其最小接受間距應大於年輕組，然而高齡者的想像行走所需時間(Imagined walking time)偏誤與對車輛到達時間估計(time-to-arrival)的誤差，卻會造成受試者接受過小間距的問題。</p> <p>在來車車速較高時，會出現到達時間估計偏差的問題，以至於受試者對於間距判斷的失誤。</p> <p>時間間距扣除決策時間及實際行走時間後求取安全裕度(safety margin)，代表決策之安全性。</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 分析單純環境下個別受試者的最小接受間距數據</li> <li>2. 判斷受試者每次穿越決策安全與否</li> <li>3. 計算受試者每次穿越的安全裕度</li> <li>4. 計算受試者的安全穿越次數</li> </ol> |
| 加入時間<br>提示之<br>穿越間距<br>接受實驗 | <p>在沒有確切時間提示下，受試者對間距的判斷是用視覺，會受到速率、車型大小而影響，加上時間提示之後，可以減少決策時間、增加時間估計的準確性。</p> <p>因此時間提示提供後，應可提升受試者的決策安全性，包含安全愈度的提升與安全決策次數的提升。</p>                                                                                                                                                                                                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 時間提示對間距選擇的影響</li> <li>2. 時間提示對安全性的提升</li> </ol>                                                                  |
| 車輛到達<br>時間預估<br>實驗          | <p>車輛到達時間估計(TTA)是行人決策時對間距的感受，為決策之重要參考標的，TTA 的正確率會改變決策的安全性。</p> <p>高齡者 TTA 的正確性會因為知覺能力的退化而失準，此外車速也會造成 TTA 扭曲。</p>                                                                                                                                                                                                                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計算受試者的 TTA 正確度</li> </ol>                                                                                        |

### 3.3.4. 實際與想像穿越實驗

本階段測量受試者穿越道路所需時間，進行方式分為「實際」與「想像」兩種，行走步伐則分為「一般行走」、「快走」及「小跑步」三種方式，以及設有「階梯式路緣」時的「一般行走」步伐。受試者須於指定路徑以指定步伐行進，進行順序：「一般行走」、「一般行走(路緣)」、「快走」、「小跑步」，每次先進行「實際」執行後進行想像執行。

測試場地內畫設穿越路徑，在地面標示 5 公尺長的穿越路徑，兩端畫設起訖點。階梯式路緣以 15 公分高之木平台替代，起訖點各放置一處。實驗室詳細配置請參照章節 3.4 實驗室環境設置及圖 12。

「實際」行走時，受試者須站立於起點，待施測者發出「開始」指令並開始計時，受試者方可開始行走，直到抵達且雙腳踏入終點時需喊出「到」，施測者方停止計時。「想像」行走時，受試者全程站立於起點，施測者發出「開始」指令並開始計時，受試者須以想像方式行走至終點而無實際動作，在受試者想像抵達且雙腳踏入終點時喊出「到」，施測者停止計時。施測方式可參考下圖 10。

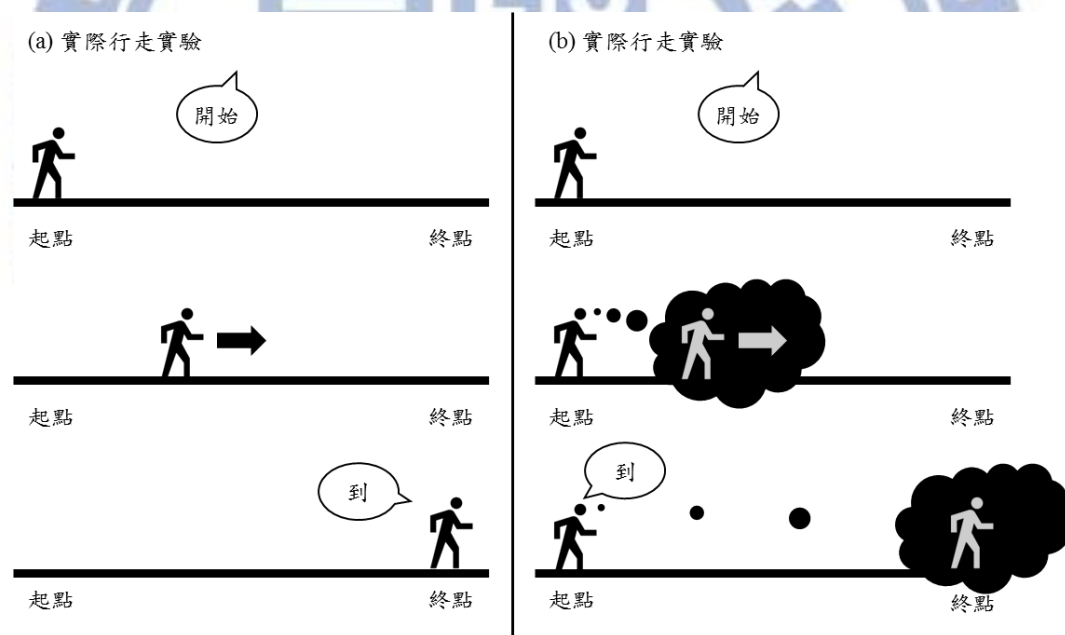


圖 10 行走實驗施測方式示意圖

表 7 實際與想像穿越實驗操控項目及定義

| 變數   | 內容          | 單位 | 定義                                                    |
|------|-------------|----|-------------------------------------------------------|
| 穿越路徑 | 5           | 公尺 | 受試者所需穿越全長，為前項實驗影片攝影場景中近側路緣至遠側路緣之寬度                    |
| 路緣高度 | 15          | 公分 | 為車道至人行道高度落差，以平均設計高度為準                                 |
| 路緣類型 | 無落差/階梯式     | -  | 無落差：實驗所需之對照環境，落差為 0 公分<br>階梯式落差：人行道與車道間有垂直落差，高度 15 公分 |
| 步伐   | 一般行走/快走/小跑步 | -  | 受試者應採用不同之步行速率測定，提供決策行為績效之判定使用                         |
| 執行方式 | 實際/想像       | -  | 受試者應以實際行走或想像方式完成任務                                    |

表 8 實際與想像穿越實驗紀錄項目及定義

| 變數     | 項目類型 | 單位 | 說明                                                                              |
|--------|------|----|---------------------------------------------------------------------------------|
| 實際穿越時間 | 數值   | 秒  | 受試者實際完成穿越所需之時間，計時由施測者說出：「開始」時開始計時，受試者抵達遠測路緣後需說出：「到」方停止計時。                       |
| 想像穿越時間 | 數值   | 秒  | 受試者以想像完成道路穿越所需之時間，此一期間受試者不進行實際穿越動作，計時由施測者說出：「開始」時開始計時，受試者想像抵達遠測路緣後需說出：「到」方停止計時。 |

### 3.3.5. 動覺與視覺想像能力量表(KVIQ)

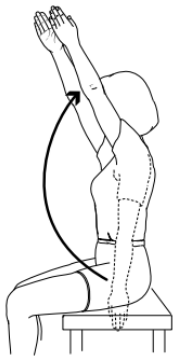
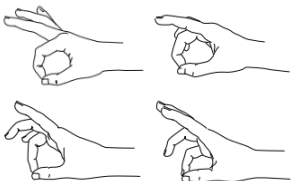
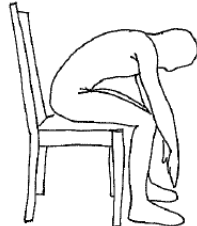
量表法屬於動作想像能力的量測方法之一，研究選用「動覺與視覺想像能力量表 (Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire, KVIQ)」作為量測受試者動作想像能力指標，以此測定受試者動作想像能力，用於分析動作想像能力與穿越決策績效間的關係。

動作想像能力量表種類繁多，Malouin 等人(2007)所設計的 KVIQ-10 量表具有適合老人、障礙者使用、題數較少、施測時間短、簡單易懂…等優點，甚至曾經罹患腦中風或有肢體障礙之病患皆可使用(Malouin 等人，2008)，因此適合作為本研究實驗之用。然而目前國內尚無 KVIQ-10 量表的翻譯(林孟嶽等人，2014)，本實驗施測前將先完成量表中文化，並進行信度測試。

KVIQ 量表分為兩部分：動覺與視覺，動覺想像部分要求受試者想像「自己正在動作時，身體運動的感覺，例如：肌肉的收縮與姿勢」並評估其感受強烈程度，視覺想像部分則要求受試者想像「有一個人正在動作的畫面」並評估該畫面的清晰程度。量表施測須於安靜的實驗室環境內進行，每個年齡組的受試者根據樣本編號奇偶數分組，奇數組先完成動覺量表後完成視覺量表，偶數組則順序相反。兩部分量表內的各有五個動作，彼此相同，每個動作皆須依以下程序進行：(1)採取起始動作、(2)施測者示範動作、(3)受試者根據示範動作實際執行一次、(4)受試者根據量表要求進行動覺或視覺動作想像，最後(5)受試者依照動作想像的感受強烈程度或畫面清晰程度評分。

本量表採用之 Malouin 等人(2007)所設計之動作，共五組，如下表 9。

表 9 動覺與視覺想像能力量表動作說明

|     | 起始動作           | 動作說明                                                | 範例圖片                                                                                                                                    |
|-----|----------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 動作一 | 雙手自然垂於身側       | 雙手伸直從前方向上抬起直到頭上<br>(Forward shoulder flexion)       |  <p>(圖片來源：Memorial Sloan Kettering Cancer Center)</p> |
| 動作二 | 慣用手手心向上輕鬆放在大腿上 | 以拇指依序輕碰食指、中指、無名指及小指<br>(Thumb-fingers opposition)   |  <p>(圖片來源：Memorial Sloan Kettering Cancer Center)</p> |
| 動作三 | 雙手輕放在大腿上       | 上半身前屈，盡量讓頭能碰到膝蓋、讓雙手能碰到地面<br>(Forward trunk flexion) |  <p>(圖片來源：Melbourne Osteopathy Group)</p>           |
| 動作四 | 站立姿勢，雙手輕扶椅背    | 請單腳站立，另一腳從身側向外抬起<br>(Hip abduction)                 |  <p>(圖片來源：HSP Research Foundation)</p>              |
| 動作五 | 雙手輕放於大腿上       | 雙腳原地踏步<br>(Foot tapping)                            |                                                                                                                                         |

量表之填寫選項採用李克特量尺(Likert scale)，共有五點選項，選項描述如下表所示：

表 10 動覺與視覺想像能力量表李克特量尺說明

| 動覺想像強烈程度    | 量尺 | 視覺想像清晰程度    |
|-------------|----|-------------|
| 感受強烈得有如正在進行 | 5  | 畫面清晰的像是正在看到 |
| 感受相當強烈      | 4  | 畫面相當清楚      |
| 感受普通        | 3  | 普通清楚        |
| 只有輕微感受      | 2  | 有一點模糊       |
| 完全沒感覺       | 1  | 完全沒畫面       |

### 3.3.6. 基本資料問卷

為了解受試者特性，設計問卷用以收集個別受試者資料，包含：健康狀況、生活型態、行走經驗與習慣、違規與事故經驗及其他基本資料。詳細問卷內容請見附錄一。

### 3.3.7. 特定情境穿越行為

為了解受試者的穿越決策行為是否受到其他影響，參考 C. A. Holland, Hill 與 Cooke (2009) 設計了包含特定情境及穿越行為問題，以計畫行為理論分析受試者的選擇行為。情境說明如下：「你正要前往對面的便利商店購物，面前的道路是一條約 10 公尺寬的雙向兩車道，速限是每小時三十公里(30 km/hr)，附近沒有行人穿越道(斑馬線)，路上有一些車子…」，針對態度、主觀規範、行為控制知覺以及行為意圖…等因素設計問項，完整問項請見附錄一。

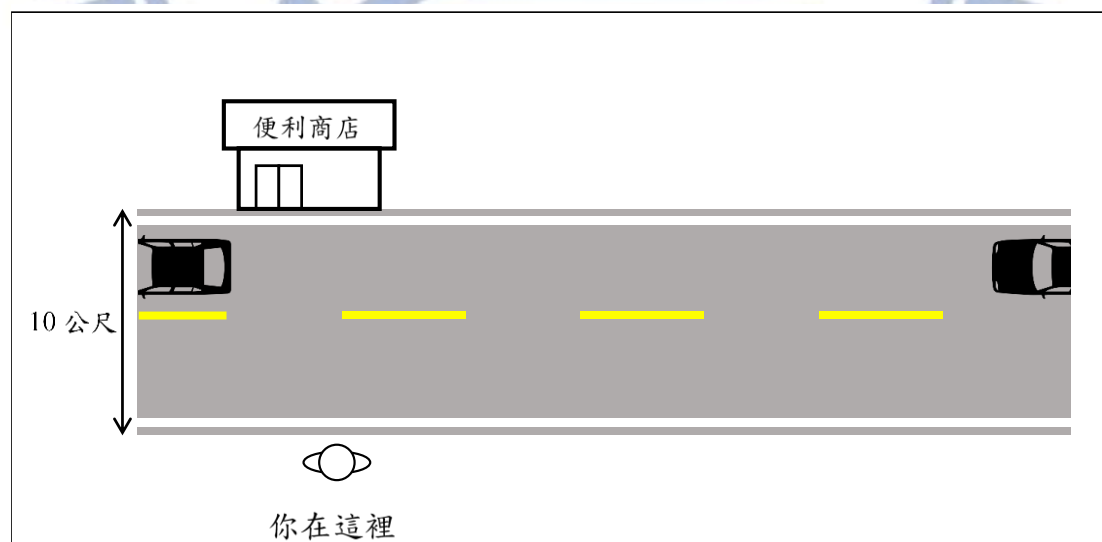


圖 11 穿越情境設計

### 3.4. 實驗室環境設置

根據兩階段實驗流程，分別於兩個空間進行實驗(如下圖 12、圖 14)，第一階段實驗須在較空曠的空間進行，包含走道及工作桌兩部分。工作桌(如圖 12(b)右下角)區域用於數據記錄使用。走道(參見圖 12(a))區域為測驗受試者的行走能力使用，以單一車道寬度 5m 尺為穿越路徑，受試者需站立於起始線之後，往結束線走，兩邊各設有放置模擬路緣裝置的區塊。路緣模擬裝置採用階梯型路緣設計，如圖 13，長、寬各 100 公分，高 15 公分，模擬路緣設備在使用時須成對使用，在起始區及結束區各放置一個。

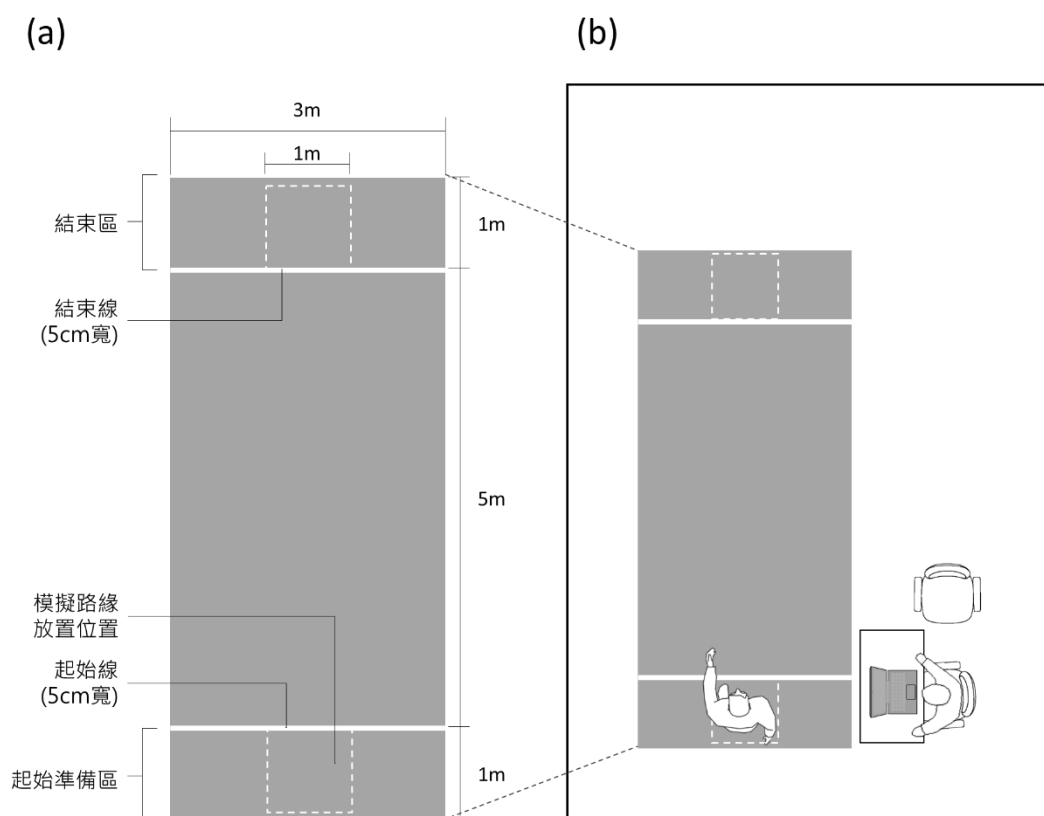


圖 12 第一實驗室

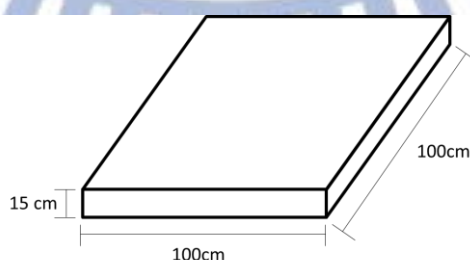


圖 13 路緣模擬裝置

第二階段實驗室需有一張大面積的桌子，並架設三方向顯示器，受試者坐在桌前，根據指示操作按鈕。施測者則於旁邊以電腦操作顯示器並記錄，此空間將可完成穿越決策類的實驗。三方向顯示器播放畫面如下圖 15 所示，車輛

由右方畫面遠方出現向左方行駛，受試者穿越路徑則位於中央畫面，並在提供時間提示之實驗中顯示剩餘時間，左方畫面則供受試者參考左方車流狀況，左下角附有計時器供施測者紀錄。

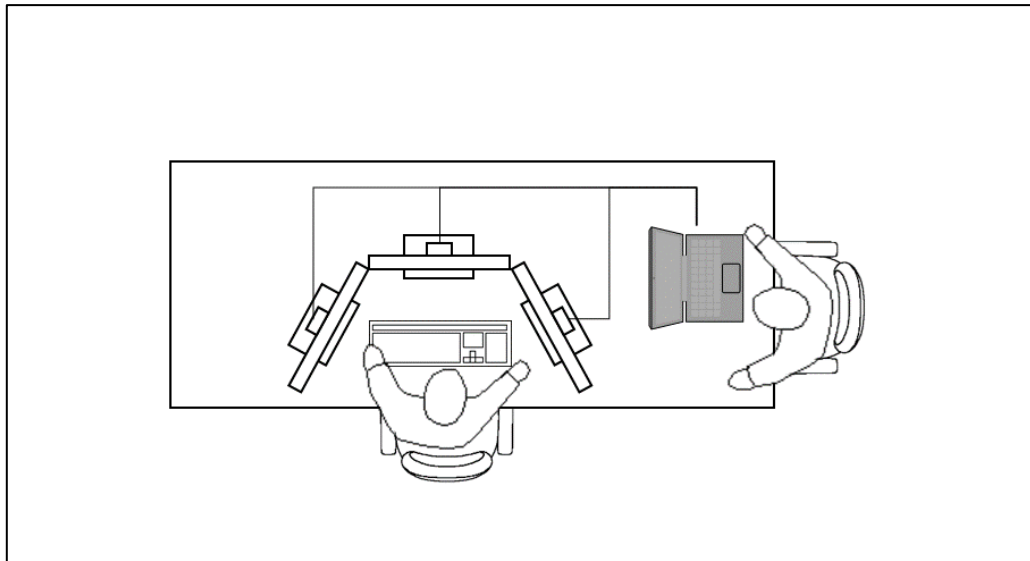


圖 14 第二實驗室



圖 15 實驗影片畫面範例

## 第四章 實驗結果

### 4.1. 前測結果

前測僅進行動覺與視覺想像能力量表及實際與想像穿越實驗兩部分。參與人數共 13 人，包含男性 11 人及女性 2 人，職業多為學生(10 人)，居住於臺北市(6 人)、新北市(5 人)及新竹市(2 人)。

#### 4.1.1. KVIQ 量表前測

由於國內目前尚無 KVIQ 量表中文版，故本研究將原文(Malouin 等人，2007)進行翻譯後引用至研究當中，並於前測針對其信度進行分析，本研究以 Cronbach's  $\alpha$  大於 0.8 表示該量表具有信度。根據前測結果，中文版 KVIQ-10 在視覺想像與動覺想像的部分 Cronbach  $\alpha$  皆大於 0.90，大於 0.8 的標準值，表示 KVIQ-10 量表中文版是可用的。

表 11 KVIQ 信度測試結果

|    | Cronbach's $\alpha$ |
|----|---------------------|
| 視覺 | 0.90                |
| 動覺 | 0.90                |

將視覺與動覺想像能力量表分數繪製成散布圖可以發現，動覺與視覺想像能力間雖存在趨勢，但沒有顯著相關。本研究推論可能的原因有二，其一：前測受試者樣本數較少，且可能存在部分極端值，無法將趨勢完整呈現。第二個可能的原因則是本量表測的是受試者在不同方面的想像能力，視覺想像能力為想像「有一個人正在執行動作」的畫面，而動覺想像能力則是想像「自己正在執行動作」時身體的感受，受試者或許只對其中一種想像能力較佳，而另一種較差。

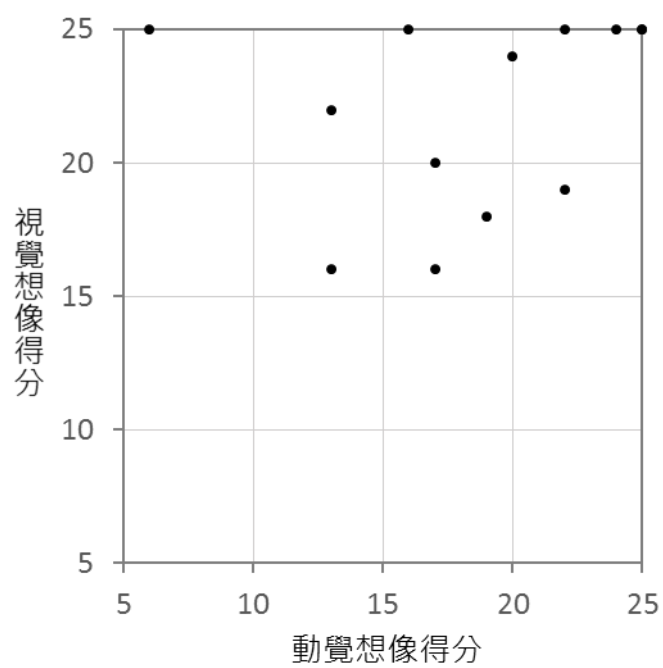


圖 16 視覺與動覺想像量表分數

#### 4.1.2. 實際與想像穿越實驗

實際與穿越想像實驗在前測部分進行了普通速率實際行走、普通速率想像行走、快走速率實際行走、小跑步速率實際行走。前測實驗路徑長 5 公尺，無人行道路緣落差設計。

表 12 實際與想像穿越實驗前測平均秒數

|          | 平均數(秒) | 標準差(秒) |
|----------|--------|--------|
| 一般行走(實際) | 6.41   | 0.92   |
| 快走       | 4.28   | 0.39   |
| 小跑步      | 3.13   | 0.46   |
| 一般行走(想像) | 6.35   | 1.40   |

從結果顯示，受試者平均需使用 6.41 秒能完成 5 公尺的穿越路徑，若使用快走則需時 4.28 秒，小跑步則可縮短至 3.13 秒，然而在受試者的想像當中，需時約 6.35 秒，略低於實際行走所需秒數。若將受試者採用普通速率想像與實際行走所需秒數會製成散布圖，則可看見明顯正相關，顯示受試者若在實際行走時使用越多的時間則在想像時也需要更多的時間。

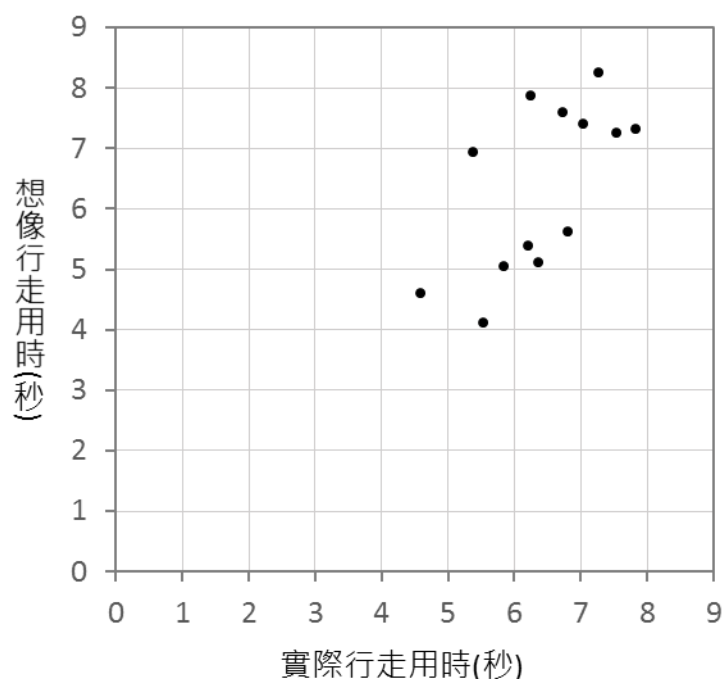


圖 17 實際與想像穿越行走秒數

本研究欲以行走用時估計能力作為受試者動作想像能力指標之一，因此將受試者的實際行走用時與想像行走用時相減後得到「行走用時估計差」，為方便後續分析，再對此差值取絕對值，是為「行走用時估計落差」。

$$\text{用時差} = \text{想像用時} - \text{實際用時}$$

$$\text{用時落差} = |\text{想像用時} - \text{實際用時}|$$

表 13 前測行走用時估計

|      | 平均數(秒) | 標準差(秒) |
|------|--------|--------|
| 用時差  | -0.05  | 1.06   |
| 用時落差 | 0.89   | 0.51   |

#### 4.1.3. 動作想像能力

KVIQ 量表與行走用時估計皆為動作想像能力的量測方法，為了解兩者之間的關係，對其進行相關性檢定，相關性不顯著( $r = -0.04$ ， $t = -0.14$ ， $p = 0.889$ )。實際與想像穿越實驗乃依照想像能力量測方法中的心理測時法所設計，以動作之執行時間估計的正確性為想像能力績效之表現，屬動作想像能力的一環，因此假設 KVIQ 分數與行走用時估計落差間應有負相關，然而實驗結果並不顯著，本研究認為此一現象乃因前測樣本數過少，應於正式施測時改善此一問題。

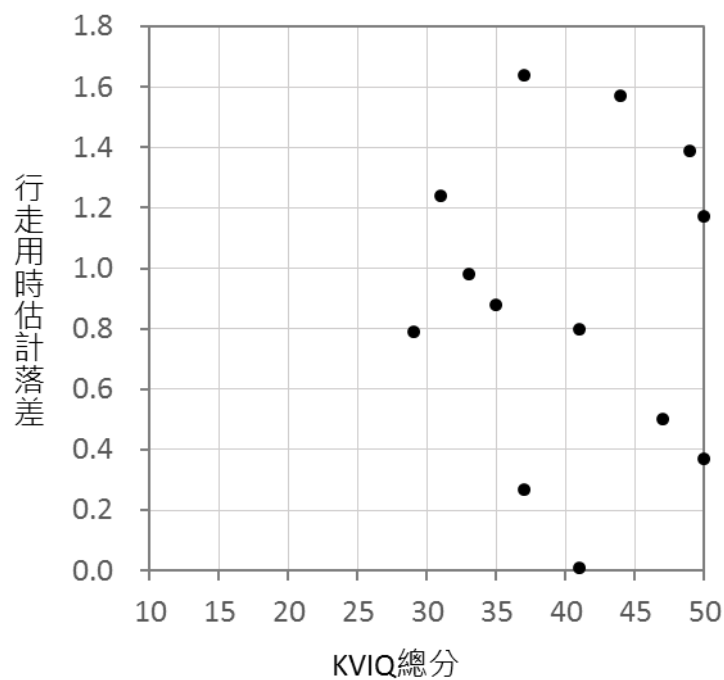


圖 18 KVIQ 與實際與想像穿越實驗

## 4.2. 實驗成果

### 4.2.1. 受試者特性

本次招收共 83 名受試者，其中 1 名年長男性因精神狀態不佳無法完成全部實驗故事為無效樣本，總計 82 名有效樣本。82 份樣本中，共包含 40 名 20~45 歲間之年輕組，及 60 歲以上之高齡組。兩組受試者平均 48.7 歲，其中高齡組受試者平均年齡 68.7 歲，年輕組為 27.7 歲，年紀最大的高齡組受試者為 88 歲。持有汽車駕照受試者共 43 人，其中 22 名為年輕人，21 人為高齡者。

有 13 名受試者在實驗進行時有「因疾病或受傷導致行走不便」，有 3 名受試者患腦部傷病，病別包含：帕金森氏症、腦中風。在所有受試者中有 1 名受試者同時罹患慢性病且行走不便，而有 67 名受試者健康狀況良好。

表 14 受試者組成 (單位：人)

|        | 年輕組 | 高齡組 | 總計 |
|--------|-----|-----|----|
| 性別     |     |     |    |
| 女性     | 27  | 27  | 54 |
| 男性     | 13  | 15  | 28 |
| 持有汽車駕照 |     |     |    |
| 無汽車駕照  | 18  | 21  | 39 |
| 有汽車駕照  | 22  | 21  | 43 |
| 健康狀況   |     |     |    |
| 行走不便   | 4   | 8   | 12 |
| 腦部傷病   | 1   | 1   | 2  |
| 皆有     | 0   | 1   | 1  |
| 皆無     | 35  | 32  | 67 |

每週外出五天以上的受試者屬於多數，共有 37 名年輕組成員，而高齡組亦有 30 人，顯示受試者每週外出次數皆不在少數。但是受試者每次外出時間在兩個年齡組有不同的分布情形，高齡組的受試者以外出 2~4 小時居多，其次則是 4~8 小時，顯示高齡組外出時間不長且活動範圍應只限於居住社區附近，但是年輕組受試者卻是以 8 小時以上及 4~8 小時居多，可能因其主要外出目的以上班、上學為主。為了解高齡受試者的生活型態與年輕時是否有所不同，於問卷中並詢問受試者過去與現在外出頻率的變化，有 43% 的受試者認為外出次數比過去相差不多，有 33% 的受試者認為現在外出頻率比過去更少，剩下的 24% 受試者則認為比過去更常外出。

表 15 受試者生活型態 (單位：人)

|               | 年輕組 | 高齡組 | 總計 |
|---------------|-----|-----|----|
| <b>每周外出天數</b> |     |     |    |
| 1 天           | 1   | 2   | 3  |
| 2 天           | 0   | 3   | 3  |
| 3 天           | 2   | 5   | 7  |
| 4 天           | 0   | 2   | 2  |
| 5 天           | 3   | 4   | 7  |
| 6 天           | 9   | 9   | 18 |
| 7 天           | 25  | 17  | 42 |
| <b>每次外出時間</b> |     |     |    |
| 不到 2 小時       | 3   | 4   | 7  |
| 2~4 小時        | 6   | 18  | 24 |
| 4~8 小時        | 13  | 16  | 29 |
| 8 小時以上        | 18  | 4   | 22 |
| <b>外出頻率變化</b> |     |     |    |
| 差不多           | -   | 18  | 18 |
| 較少            | -   | 14  | 14 |
| 較多            | -   | 10  | 10 |

受試者常用運具情形如下表 16 所示，多數受試者使用公車及自行車作為日常運具，而高齡者相較於年輕組更有機會使用汽機車。

根據受試者問卷填答結果，將常用運具再分為兩組：「汽車」、「機車」或「汽機車被載」合併為「汽機車」，其餘運具合併為「非汽機車」組。其中多數受試者常用運具為非汽機車，其中年輕組較高齡組更多。

高齡組受試者年輕時的常用運具，其中有 43% 為非汽機車，只有 57% 為汽機車，表示跟過去相比有，以汽機車為主要運具者減少了 20%。若以其變化來看，38% 高齡受試者無論過去或現在都持續使用非汽機車為日常主要運具，但是仍有 28% 的受試者則是持續使用汽機車，從非汽機車改為使用汽機車的受試者亦有 29%，停止使用汽機車的受試者僅在少數。

表 16 運具使用習慣 (單位：人)

|             | 年輕組 | 高齡組 | 總計 |
|-------------|-----|-----|----|
| <b>常用運具</b> |     |     |    |
| 汽機車         | 4   | 14  | 18 |
| 汽車          | 0   | 3   | 3  |
| 機車          | 4   | 8   | 12 |
| 汽車被載        | 0   | 3   | 3  |
| 非汽機車        | 36  | 28  | 64 |
| 公車          | 16  | 14  | 30 |
| 自行車         | 6   | 8   | 14 |
| 走路          | 6   | 3   | 9  |
| 捷運          | 8   | 3   | 11 |
| <b>運具變化</b> |     |     |    |
| 持續使用汽機車     | -   | 12  | 12 |
| 汽機車改非汽機車    | -   | 2   | 2  |
| 非汽機車改汽機車    | -   | 12  | 12 |
| 持續使用非汽機車    | -   | 16  | 16 |



#### 4.2.2. 特定情境穿越行為

截取問卷中「特定情境穿越行為」內屬於態度的問項，包含下列六題：

「b.我認為直接穿越馬路會讓我更快到達目的地」

「c.我認為直接穿越馬路來讓我更快到達目的地是一件好事」

「d.我認為直接穿越馬路會讓我節省時間」

「e.我認為直接穿越馬路來會讓我節省時間是一件好事」

「r.在上述情境中，我喜歡直接穿越馬路」

「s.在上述情境中，直接穿越馬路令我感到愉快」

根據 Breckler (1984)的整理，在態度三元模型(ABC model of attitudes)中態度由「認知態度(Cognition)」、「情感態度(Affective)」及「行為態度(Behavioral)」三項共同組合而成。認知態度屬於對於對象的評價，情感態度則參與了感受與情緒。因此在本研究的六種問項中，b、c、d、e 為認知態度問項而 r、s 為情感態度問項。

問卷採用李克特七尺度量表設計，分為「非常不同意」、「不同意」、「有點不同意」、「普通」、「有點同意」、「同意」、「非常同意」，編碼方式由 1 至 7 分，再由六題得分組合為認知態度及情感態度分數，組合方式如下：

$$\text{認知態度} = \frac{b \times c + d \times e}{2} = (\text{信念} \times \text{態度}) \text{平均}$$

$$\text{情感態度} = \frac{r + s}{2}$$

填答結果如下表 18，從統計圖表可以發現兩個年齡組的受試者對於「直接穿越道路」的行為抱持不同的態度，高齡者持負面態度為主而年輕人則偏向正面。

表 17 態度組合分數

|      | 年輕組   |       | 高齡組   |       |
|------|-------|-------|-------|-------|
|      | 平均值   | 標準差   | 平均值   | 標準差   |
| 認知態度 | 24.64 | 10.98 | 16.89 | 16.53 |
| 情感態度 | 3.78  | 1.48  | 3.31  | 2.08  |

表 18 特定情境穿越行為填答情形 (單位：人)

|                                   | 年輕組 | 高齡組 |
|-----------------------------------|-----|-----|
| <b>b.我認為直接穿越馬路會讓我更快到達目的地</b>      |     |     |
| 非常不同意                             | 1   | 12  |
| 不同意                               | 1   | 2   |
| 有點不同意                             | 1   | 2   |
| 普通                                | 3   | 3   |
| 有點同意                              | 6   | 7   |
| 同意                                | 14  | 6   |
| 非常同意                              | 14  | 10  |
| <b>c.我認為直接穿越馬路來讓我更快到達目的地是一件好事</b> |     |     |
| 非常不同意                             | 3   | 16  |
| 不同意                               | 7   | 6   |
| 有點不同意                             | 9   | 5   |
| 普通                                | 7   | 3   |
| 有點同意                              | 6   | 1   |
| 同意                                | 6   | 6   |
| 非常同意                              | 2   | 5   |
| <b>d 我認為直接穿越馬路會讓我節省時間</b>         |     |     |
| 非常不同意                             | 1   | 9   |
| 不同意                               | 0   | 5   |
| 有點不同意                             | 2   | 3   |
| 普通                                | 2   | 3   |
| 有點同意                              | 8   | 6   |
| 同意                                | 15  | 7   |
| 非常同意                              | 12  | 9   |
| <b>e 我認為直接穿越馬路來會讓我節省時間是一件好事</b>   |     |     |
| 非常不同意                             | 1   | 14  |
| 不同意                               | 4   | 9   |
| 有點不同意                             | 5   | 2   |
| 普通                                | 10  | 4   |
| 有點同意                              | 11  | 4   |
| 同意                                | 7   | 3   |
| 非常同意                              | 2   | 6   |

表 18 特定情境穿越行為填答情形(續)(單位：人)

|                              | 年輕組 | 高齡組 |
|------------------------------|-----|-----|
| <b>r 在上述情境中，我喜歡直接穿越馬路</b>    |     |     |
| 非常不喜歡                        | 2   | 12  |
| 不喜歡                          | 5   | 8   |
| 有點不喜歡                        | 10  | 4   |
| 普通                           | 6   | 5   |
| 有點喜歡                         | 10  | 4   |
| 喜歡                           | 3   | 3   |
| 非常喜歡                         | 4   | 6   |
| <b>s 在上述情境中，直接穿越馬路令我感到愉快</b> |     |     |
| 非常不愉快                        | 4   | 14  |
| 不愉快                          | 6   | 6   |
| 有點不愉快                        | 9   | 2   |
| 普通                           | 12  | 7   |
| 有點愉快                         | 5   | 4   |
| 愉快                           | 4   | 5   |
| 非常愉快                         | 0   | 4   |



#### 4.2.3. 穿越行走時間

受試者以一般行走速度穿越 5 公尺道路平均所需時間約為 5.72 秒，以快走步伐需要 4.52 秒，小跑步則需要 3.81 秒，若加上階梯式路緣後所需的行走時間約為 5.69 秒，比沒有時略少(如表 19)。無論使用哪一種步伐高齡組的受試者需要的時間比起年輕組的受試者更多。對行走所需時間的估計亦與行走步伐有關，受試者估計一般行走方式所需時間平均為 5.04 秒，以快走方式為 3.39 秒，小跑步則是 2.68 秒，加上路緣後為 5.02 秒，與一般行走的估計值相近。一般而言，受試者想像行走耗時都低於其實際上的行走耗時，顯然受試者有高估自己能力的傾向，高齡組情況尤其明顯。

在圖 19 中，顯示無論是哪一種步伐，實際行走時間與想像行走時間略呈正向關係，即實際的行走時間愈長則想像行走時間愈長，採用一般行走時，樣本數據較為分散，圍繞於相等線附近，但快走或小跑步的樣本數據分散較為緊密，位於相等線右側，實際行走時間略大於想像行走時間。在表 20 行走時間用時相關係數表，揭示了各項數據之間的相關性，顯示受試者無論採用哪一種步伐、實際或估計時間之間皆有顯著相關。

對受試者採用之實際行走用時及想像行走用時做成對樣本 T 檢定(表 21)，發現在不同步伐之中結果不盡相同。年輕組的受者在一般行走及加上路緣的一般行走兩組的想像與實際行走並無顯著差異，但是在快走及小跑步兩種步伐則有；高齡組受試者則無論採用哪種行走方式，都有顯著差異。顯示唯有年輕組的受者在使用一般行走的時間估計差異較不顯著，其餘情境則估計的差異較為顯著。

再分析不同步伐及執行方式在不同年齡組間的差異(表 22)，可以發現唯有實際執行的實驗中，高齡者與年輕者有顯著的差異，但是想像行走時，高齡組與年輕組的差異並不顯著。此一現象表示高齡受試者的實際體能已經與年輕組有所不同，然而他們卻尚未認知到此一現象。

表 19 想像與實際行走用時統計 (單位：秒)

|          | 全體   |      | 高齡組  |      | 年輕組  |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|
|          | 平均數  | 標準差  | 平均數  | 標準差  | 平均數  | 標準差  |
| 一般行走     |      |      |      |      |      |      |
| 實際       | 5.72 | 1.1  | 5.97 | 1.1  | 5.45 | 0.94 |
| 想像       | 5.04 | 4.67 | 5.03 | 2.36 | 5.06 | 1.96 |
| 一般行走(路緣) |      |      |      |      |      |      |
| 實際       | 5.69 | 1.4  | 6.01 | 1.35 | 5.35 | 0.88 |
| 想像       | 5.02 | 4.34 | 4.91 | 2.28 | 5.13 | 1.87 |
| 快走       |      |      |      |      |      |      |
| 實際       | 4.52 | 0.58 | 4.82 | 0.77 | 4.21 | 0.64 |
| 想像       | 3.39 | 1.98 | 3.59 | 1.54 | 3.18 | 1.23 |
| 小跑步      |      |      |      |      |      |      |
| 實際       | 3.81 | 0.77 | 4.3  | 0.93 | 3.29 | 0.39 |
| 想像       | 2.68 | 1.34 | 2.99 | 1.45 | 2.36 | 0.59 |

表 20 實際與想像用時相關係數表

|          |    | 一般行走    |         | 快走      |         | 小跑步     |         | 一般行走(路緣) |    |
|----------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----|
|          |    | 實際      | 想像      | 實際      | 想像      | 實際      | 想像      | 實際       | 想像 |
| 一般行走     | 實際 | 1       |         |         |         |         |         |          |    |
|          | 想像 | 0.65*** | 1       |         |         |         |         |          |    |
| 快走       | 實際 | 0.64*** | 0.38*** | 1       |         |         |         |          |    |
|          | 想像 | 0.49*** | 0.63*** | 0.56*** | 1       |         |         |          |    |
| 小跑步      | 實際 | 0.53*** | 0.24**  | 0.71*** | 0.35*** | 1       |         |          |    |
|          | 想像 | 0.52*** | 0.61*** | 0.53*** | 0.75*** | 0.60*** | 1       |          |    |
| 一般行走(路緣) | 實際 | 0.83*** | 0.66*** | 0.68*** | 0.53*** | 0.68*** | 0.62*** | 1        |    |
|          | 想像 | 0.61*** | 0.87*** | 0.39*** | 0.72*** | 0.20*   | 0.61*** | 0.67***  | 1  |

顯著性：\* p&lt;0.1; \*\* p&lt;0.05; \*\*\* p&lt;0.01

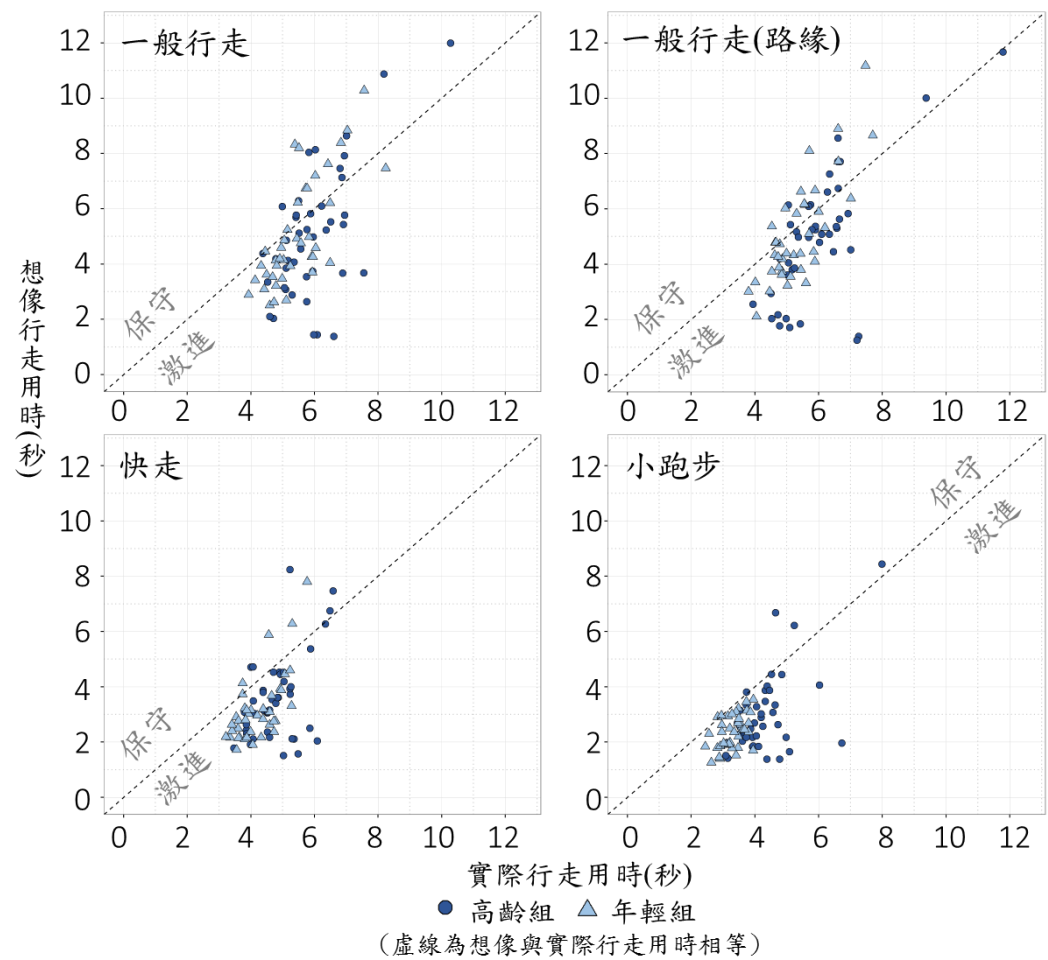


圖 19 實際與想像行走用時比較

表 21 想像與行走用時成對樣本 T 檢定結果

|          | 平均數差異<br>(實際-想像) | 95%CI  |        | t     | df | p-value |
|----------|------------------|--------|--------|-------|----|---------|
| 年輕組      |                  |        |        |       |    |         |
| 一般行走     | 0.40             | (-0.06 | 0.85 ) | 1.77  | 39 | 0.084   |
| 一般行走(路緣) | 0.21             | (-0.20 | 0.63 ) | 1.06  | 39 | 0.297   |
| 快走       | 1.04             | ( 0.74 | 1.34 ) | 7.04  | 39 | 0.000   |
| 小跑步      | 0.93             | ( 0.76 | 1.10 ) | 11.01 | 39 | 0.000   |
| 高齡組      |                  |        |        |       |    |         |
| 一般行走     | 0.94             | ( 0.35 | 1.52 ) | 3.24  | 41 | 0.002   |
| 一般行走(路緣) | 1.10             | ( 0.57 | 1.62 ) | 4.21  | 41 | 0.000   |
| 快走       | 1.23             | ( 0.80 | 1.65 ) | 5.85  | 41 | 0.000   |
| 小跑步      | 1.32             | ( 0.94 | 1.69 ) | 7.12  | 41 | 0.000   |



表 22 高齡組與年輕組行走用時 T 檢定結果

|          | 平均值  | 95%CI  |        | t     | df    | p-value |
|----------|------|--------|--------|-------|-------|---------|
| 實際       |      |        |        |       |       |         |
| 一般行走     |      |        |        |       |       |         |
| 高齡組      | 5.97 | ( 0.07 | 0.97 ) | 2.30  | 79.07 | 0.024   |
| 年輕組      | 5.45 |        |        |       |       |         |
| 一般行走(路緣) |      |        |        |       |       |         |
| 高齡組      | 6.01 | (0.16  | 1.16 ) | 2.63  | 71.00 | 0.010   |
| 年輕組      | 5.35 |        |        |       |       |         |
| 快走       |      |        |        |       |       |         |
| 高齡組      | 4.82 | ( 0.29 | 0.91 ) | 3.87  | 78.69 | 0.000   |
| 年輕組      | 4.21 |        |        |       |       |         |
| 小跑步      |      |        |        |       |       |         |
| 高齡組      | 4.30 | ( 0.71 | 1.33 ) | 6.54  | 55.44 | 0.000   |
| 年輕組      | 3.29 |        |        |       |       |         |
| 想像       |      |        |        |       |       |         |
| 一般行走     |      |        |        |       |       |         |
| 高齡組      | 5.03 | -0.98  | 0.93   | -0.05 | 78.53 | 0.961   |
| 年輕組      | 5.06 |        |        |       |       |         |
| 一般行走(路緣) |      |        |        |       |       |         |
| 高齡組      | 4.91 | -1.14  | 0.69   | -0.48 | 78.24 | 0.631   |
| 年輕組      | 5.13 |        |        |       |       |         |
| 快走       |      |        |        |       |       |         |
| 高齡組      | 3.59 | -0.20  | 1.03   | 1.35  | 77.76 | 0.181   |
| 年輕組      | 3.18 |        |        |       |       |         |
| 小跑步      |      |        |        |       |       |         |
| 高齡組      | 2.99 | 0.14   | 1.12   | 2.59  | 54.89 | 0.012   |
| 年輕組      | 2.36 |        |        |       |       |         |

#### 4.2.4. 動作想像能力——視覺與動覺想像能力量表(KVIQ)

Schott (2012)提到動作想像能力有多種量測方式，本研究採用了其中的量表法(Motor Imagery Questionnaire)與心理測時法(Mental Chronometry)，量表法選用了動覺與視覺想像能力量表(KVIQ)，心理測時法則是計算想像與實際行走時間的差異。

將受試者動覺與視覺想像能力量表(KVIQ)中動覺與視覺想像兩部分量表之得分繪製散佈圖(圖 20)，可以發現受試者的動覺與視覺想像能力是具有顯著相關性的( $r=0.69$ ， $P\text{-value}<0.05$ )。

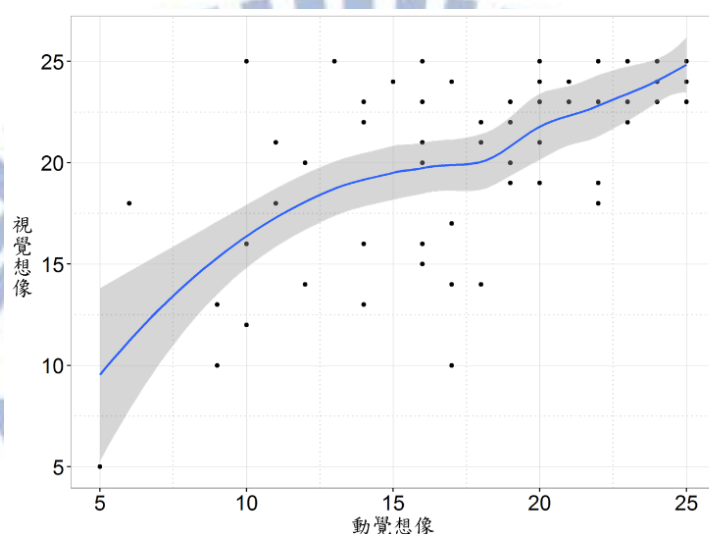


圖 20 動覺想像與視覺想像能力

將動覺與視覺想像兩部分量表得分加總後可得量表總分，全體平均分數為 42 分(標準差=8.96)，高齡組平均得分 47.5 分(標準差=9.21)，年輕組平均得分較低為 39 分(標準差=7.90)。此一結果與預期不符，高齡受試者的動作想像能力低於年輕受試者，理論上 KVIQ 總分應相對較低。在 Naveteur 等人(2013)文中亦有高齡組分數較高的類似結果，但是並沒有顯著的差異。

為了解可能的成因，首先對 KVIQ 總分進行 Shapiro-Wilk 常態性檢定，發現本組數據補屬於常態分配( $W=0.89259$ ， $p\text{-value}<0.05$ )，並繪製直方圖如下圖 21 所示，可以明顯看見高齡組有集中高分的傾向，勾選滿分 50 分的受試者占大多數，相對來說年輕組的受試者分布較為平均，集中於 40 分左右的區域。再進行 Wilcoxon 總和等級檢定，確定高齡組相對年輕組顯著得到較高的分數( $W=1218$ ， $p\text{-value}<0.05$ )。

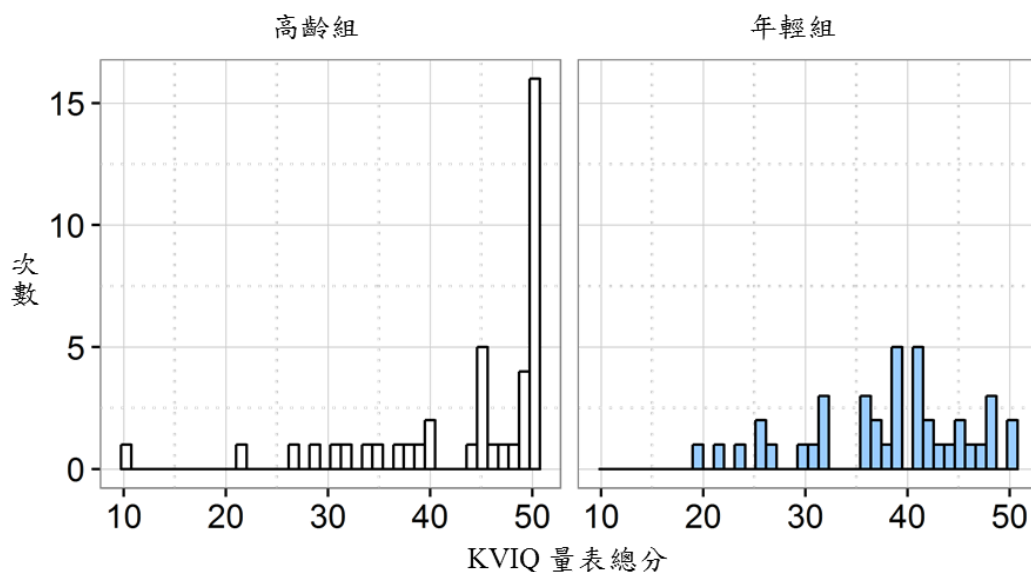


圖 21 KVIQ 量表總分次數分配直方圖

自上列圖表可以觀察到，高齡者得分集中在滿分 50 分，而年輕組的得分較為分散，自然得出與假設相反的統計結果。推論其成因與量表操作有關，本量表為自填式量表，由受試者依其感受填答，然而受試者的感受程度各有不同，即便在提供了量表選項說明的情況下，依舊造成了填答結果的誤差。

#### 4.2.5. 動作想像能力——行走用時估計

除了 KVIQ 量表以外，本研究並採用了比較受試者實際行走時間與想像行走時間的心理測時法為受試者動作想像能力的另一項指標。為了解受試者對其實際行走用時估計的準確率，以用時差及其絕對值用時落差作為指標，其計算方式如下：

$$\text{用時差} = \text{想像用時} - \text{實際用時}$$

$$\text{用時落差} = |\text{想像用時} - \text{實際用時}|$$

用時差可以展現出受試者對於自身行走能力的估計方向，從表 23 可以看見多數受試者的用時差為負值，表示受試者普遍認為行走 5 公尺的距離所需時間比它實際上使用的時間少，有高估自身能力的傾向，而高齡組的受試者的用時差更大。

將每一個受試者的用時差繪製成圖 22，可以更容易觀察這樣的現象，而且多數受試者的用時差落在 2 與 -2 之間，即多數受試者的用時落差在 2 秒之內。從圖中也可以發現，高齡組受試者相較於年輕組受試者來說，樣本間的離散程度更大，此一現象可能跟受試者老化情形不同有關。

表 23 行走用時差與用時落差結果統計表

|             | 全體     |       | 高齡組    |       | 年輕組    |       |
|-------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|             | 平均數    | 標準差   | 平均數    | 標準差   | 平均數    | 標準差   |
| <b>用時差</b>  |        |       |        |       |        |       |
| 一般行走        | -0.675 | 1.681 | -0.939 | 1.877 | -0.398 | 1.418 |
| 一般行走(路緣)    | -0.666 | 1.56  | -1.095 | 1.687 | -0.215 | 1.286 |
| 快走          | -1.135 | 1.166 | -1.225 | 1.357 | -1.039 | 0.933 |
| 小跑步         | -1.125 | 0.949 | -1.316 | 1.197 | -0.925 | 0.531 |
| <b>用時落差</b> |        |       |        |       |        |       |
| 一般行走        | 1.447  | 1.08  | 1.639  | 1.294 | 1.245  | 0.763 |
| 一般行走(路緣)    | 1.28   | 1.105 | 1.49   | 1.342 | 1.060  | 0.74  |
| 快走          | 1.384  | 0.851 | 1.488  | 1.054 | 1.275  | 0.557 |
| 小跑步         | 1.214  | 0.831 | 1.484  | 0.975 | 0.93   | 0.523 |

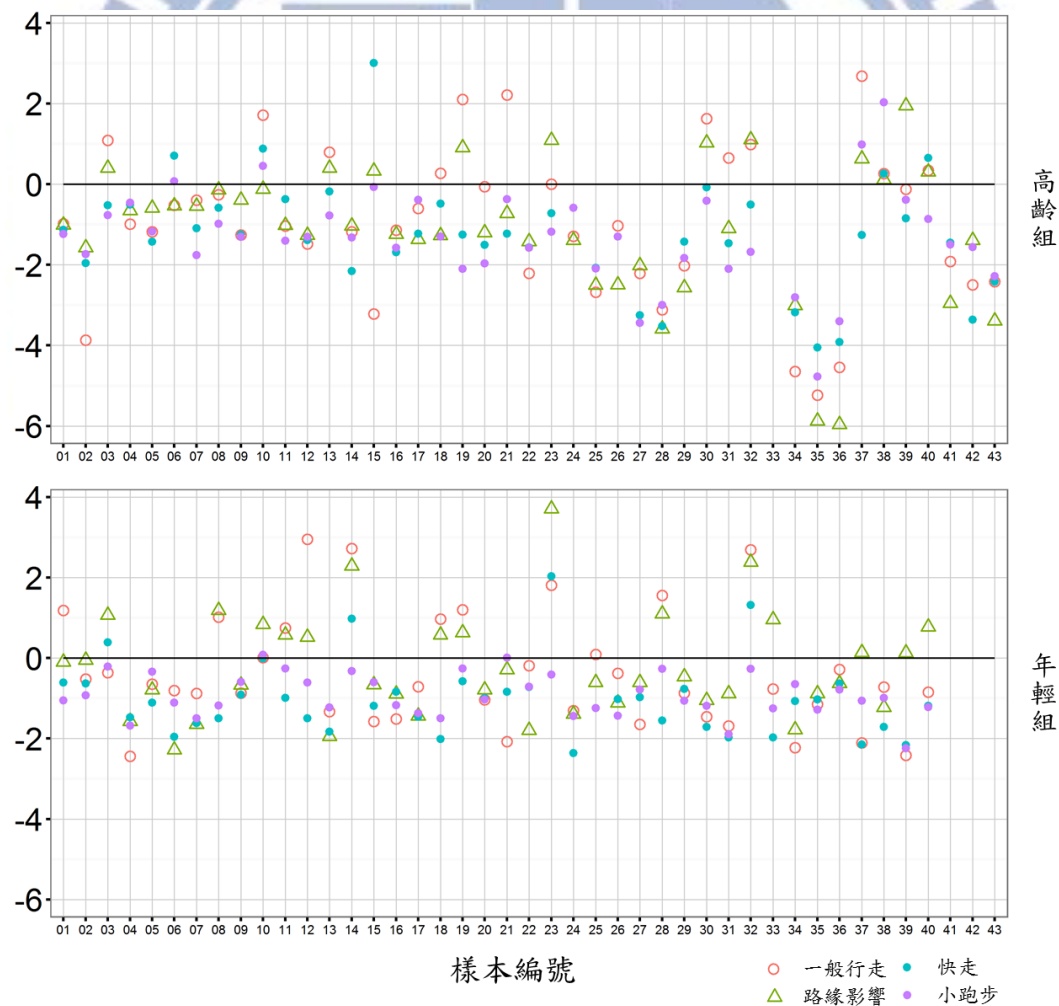


圖 22 個別樣本用時差

本研究欲以行走用時估計的準確程度為指標而不欲探究其高估或低估的方向，然而若採用「用時差」為指標則無法探就其準確程度，故以其絕對值「用

時落差」為後續研究變數。

量表與心理測時法皆屬於動作想像能力的測量方式之一，然而從前測起，本研究發現了量表的結果與心理測時法的結果並沒有顯著相關，這樣的結果在正式的實驗過程當中也有相同的現象。在圖 23 上可以發現一個有趣的現象，所有數據點集中於圖面右下半，表示 KVIQ 得分與用時估計落差有著正向關係。這項結果有違預期，若受試者的動作想像能力較好，則 KVIQ 得分較高的同時，其用時落差應較小。因此對 KVIQ 與用時估計落差作相關性檢定，如表 24，表中顯示受試者各種步伐用時落差之間是彼此顯著正相關的，同時 KVIQ 亦對於各種步伐的用時落差皆呈現正向關係，然而結果並不顯著。

回顧文獻，本研究推測這個結果產生的因素有二，其一乃肇因於實驗設計，受試者對於量表操作流程的不熟悉，且施測過程的「想像」及「評估」階段並沒有一致性的指標，導致部分受試者給予過高的評分。其二則是從文獻中發現自填式量表與心理測時法間的關係，Williams 等人(2015)以 MIQ-3 量表進行了想像生動度評分與動作用時估計正確率的相關性研究，研究顯示這類動作想像量表與心理測時法之間不存在顯著關係。作者推論其原因乃是此二者測試了受試者不同的想像能力，動作想像量表測試了受試者「想像特定畫面」的能力，而心理測時法則測試了受試者「估計動作用時」的能力，此二者所使用的屬於不同的想像能力，也因此兩種測試方法屬於互補關係。由於此一特性，作者建議根據所想要測試的能力採用不同的量測方式，而若想要量測較為全面的想像能力，則應該兩種方法同時使用才能達到更全面的效果。

本研究主要探討「時間」因素而非動作想像的「生動度」，因此後續僅保留心理測時法之實驗數據分析之標的。

表 24 KVIQ 與用時差相關係數表

|     | KVIQ | 平均值    | 一般行走   | 路緣影響   | 快走     | 小跑步    |
|-----|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 全體  | KVIQ | 1      | .280*  | .181   | .197   | .293** |
|     | 平均值  | .280*  | 1      | .837** | .849** | .882** |
|     | 一般行走 | .181   | .837** | 1      | .583** | .701** |
|     | 快走   | .293** | .882** | .701** | .632** | 1      |
|     | 小跑步  | .297** | .788** | .477** | .582** | .670** |
|     | 路緣影響 | .197   | .849** | .583** | 1      | .632** |
| 高齡組 | KVIQ | 1      | .222   | .123   | .210   | .258   |
|     | 平均值  | .222   | 1      | .878** | .902** | .905** |
|     | 一般行走 | .123   | .878** | 1      | .687** | .795** |
|     | 快走   | .258   | .905** | .795** | .720** | 1      |
|     | 小跑步  | .207   | .843** | .584** | .752** | .701** |
|     | 路緣影響 | .210   | .902** | .687** | 1      | .720** |
| 年輕組 | KVIQ | 1      | .277   | .165   | .019   | .318*  |
|     | 平均值  | .277   | 1      | .671** | .591** | .812** |
|     | 一般行走 | .165   | .671** | 1      | .184   | .359*  |
|     | 快走   | .318*  | .812** | .359*  | .280   | 1      |
|     | 小跑步  | .261   | .452** | .000   | -.128  | .560** |
|     | 路緣影響 | .019   | .591** | .184   | 1      | .280   |

顯著性：0 ‘\*\*\*’0.001 ‘\*\*’0.01 ‘\*’0.05 ‘.’0.1 ‘’1

平均值：一般行走、路緣影響、快走、小跑步用時落差之平均值

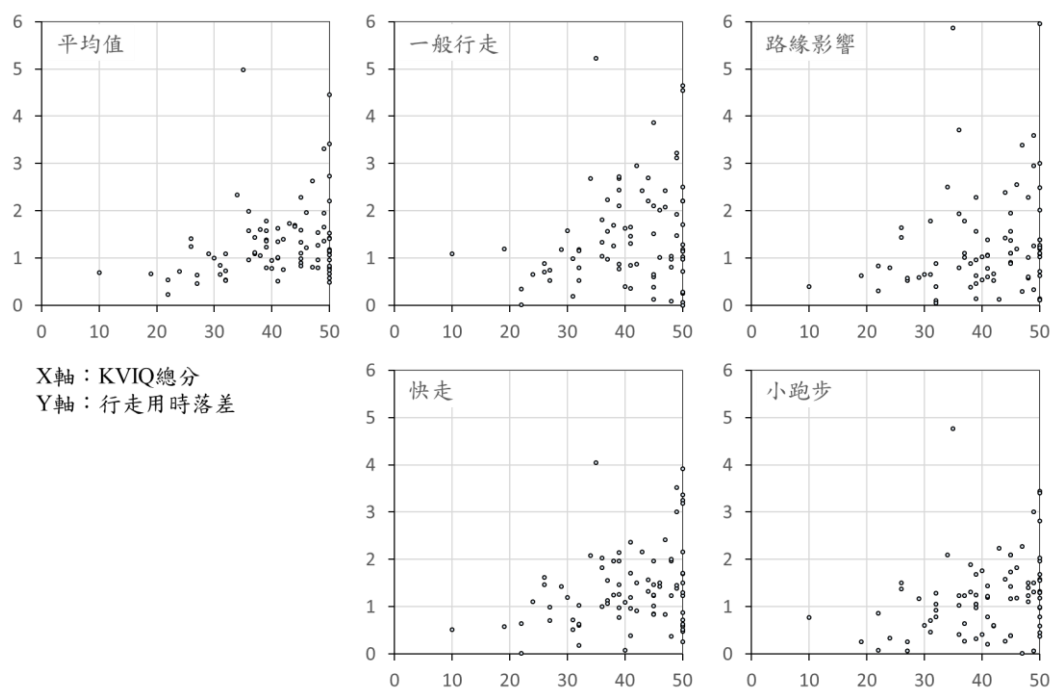


圖 23 KVIQ 與用時估計準確程度

#### 4.2.6. 車輛到達時間估計正確率

本研究欲以車輛到達時間估計之準確程度作為受試者對外界環境評估能力指標，車輛到達時間估計正確性以下式表示：

$$\text{車輛到達時間估計差值} = \text{預估車輛到達時間} - \text{實際車輛到達時間}$$

從圖 24 中可以發現，間距的大小對於受試者的估計差值有所影響，1~2 秒的間距估計差值與 3~9 秒的間距估計差值有所落差，其主因可歸咎於實驗影片設計。由於 1 秒與 2 秒間距的影片設計所設定之屏蔽時間分別為 0.5 及 1 秒，而 3~9 秒間距的影片設定之屏蔽時間為 2 秒，導致 1 秒與 2 秒間距之車輛到達時間差值產生較為集中的情形，且差值較小。在間距為 3~9 秒的影片中，間距大小並不影響受試者對於車輛到達時間的估計準確度。

不同年齡組對車輛到達時間的估計也有所不同，從到達時間估計差值來看，不難發現高齡組平均而言低於年輕組，甚至會在低速時出現負值，表示高齡組更容易認為車輛到達的時間較年輕組早，車速也會對於差值造成影響，車速愈高的情境中，對於車輛到達時間的認定會較低速情境更晚。此一結果應用於道路環境上，顯示行人對於較高車速情境下，會高估自己所剩餘的時間，影響穿越決策。

為了解實際上對於車輛到達時間估計的能力，將車輛到達時間估計差值取絕對值，作為實際的車輛到達時間估計正確程度：

$$\text{車輛到達時間估計落差值} = |\text{預估車輛到達時間} - \text{實際車輛到達時間}|$$

從圖 25 可以得知，平均的車輛到達時間估計落差值會受到車速的影響，無論哪個年齡組，在較高的車速會造成較大的落差值，表示其車輛到達時間估計能力較差，除了車速之外，高齡者對於到達時間的估計相較於年輕組來說更差，但是受到間距大小的影響較小，年輕組雖然平均而言落差較小，但是對 3~9 秒間不同的間距大小出現了因為間距擴大而落差值擴大的現象，在較大的間距中，其落差值與高齡組相去不遠。另一項值得注意的是，到達時間估計落差值在兩個年齡組間的差異有隨不同車速改變的現象，車速越高時，兩組間的差異越大。

以車速為分組，所有間距之車輛到達時間落差值做相關性檢定，彼此間顯著相關，因此將車速為分組計算平均車輛到達時間估計落差，以利後續分析。

表 25 車輛到達時間估計差值統計表

| 分組  | 速度 |    | 1    | 2     | 3     | 4    | 5     | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----|----|----|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| 高齡組 | 20 | M  | 0.15 | -0.02 | -0.11 | 0.00 | -0.30 | 0.05 | 0.13 | 0.39 | 0.24 |
|     |    | sd | 0.49 | 0.76  | 1.22  | 1.37 | 1.38  | 1.38 | 1.34 | 1.49 | 1.54 |
|     | 40 | M  | 0.19 | 0.31  | 0.18  | 0.52 | 0.47  | 0.54 | 0.62 | 0.52 | 0.58 |
|     |    | sd | 0.50 | 0.97  | 1.15  | 1.48 | 1.48  | 1.63 | 1.67 | 1.66 | 1.47 |
|     | 60 | M  | 0.27 | 0.31  | 0.75  | 0.51 | 0.75  | 0.75 | 0.90 | 0.96 | 0.88 |
|     |    | sd | 0.56 | 1.01  | 1.48  | 1.58 | 1.68  | 1.66 | 1.82 | 1.63 | 1.67 |
| 年輕組 | 20 | M  | 0.12 | 0.08  | 0.06  | 0.26 | 0.37  | 0.40 | 0.52 | 0.90 | 0.83 |
|     |    | sd | 0.26 | 0.43  | 0.96  | 0.94 | 0.78  | 1.38 | 1.06 | 1.16 | 1.25 |
|     | 40 | M  | 0.24 | 0.13  | 0.39  | 0.36 | 0.97  | 0.70 | 0.71 | 0.95 | 1.22 |
|     |    | sd | 0.50 | 0.42  | 0.99  | 1.09 | 1.08  | 0.96 | 1.13 | 1.39 | 1.20 |
|     | 60 | M  | 0.18 | 0.25  | 0.50  | 0.57 | 0.68  | 0.95 | 0.74 | 1.30 | 1.27 |
|     |    | sd | 0.46 | 0.72  | 1.08  | 1.10 | 0.90  | 1.27 | 1.36 | 1.31 | 1.37 |

M=平均數，Sd=標準差

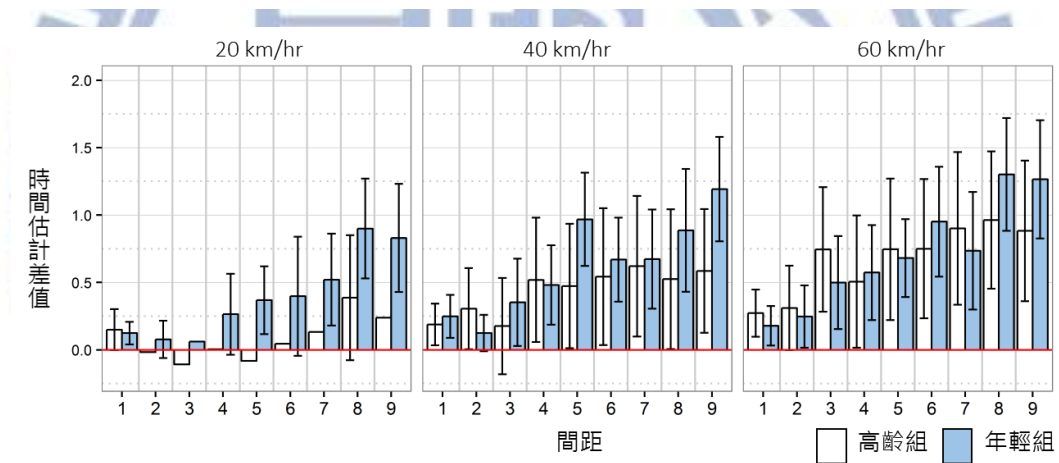


圖 24 平均車輛達時間估計差值 (±CI)

表 26 車輛到達時間估計落差值統計表

| 分組  | 速度 |    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 高齡組 | 20 | M  | 0.36 | 0.58 | 0.94 | 1.14 | 0.97 | 1.06 | 1.08 | 1.26 | 1.21 |
|     |    | sd | 0.36 | 0.48 | 0.78 | 0.74 | 1.01 | 0.86 | 0.80 | 0.86 | 0.97 |
|     | 40 | M  | 0.39 | 0.76 | 0.82 | 1.21 | 1.19 | 1.21 | 1.38 | 1.36 | 1.17 |
|     |    | sd | 0.35 | 0.66 | 0.82 | 0.98 | 0.98 | 1.21 | 1.12 | 1.08 | 1.06 |
|     | 60 | M  | 0.44 | 0.69 | 1.30 | 1.27 | 1.35 | 1.39 | 1.55 | 1.56 | 1.43 |
|     |    | sd | 0.44 | 0.79 | 1.02 | 1.05 | 1.24 | 1.16 | 1.29 | 1.06 | 1.22 |
| 年輕組 | 20 | M  | 0.24 | 0.31 | 0.78 | 0.73 | 0.68 | 1.04 | 0.93 | 1.15 | 1.20 |
|     |    | sd | 0.16 | 0.31 | 0.56 | 0.63 | 0.53 | 0.98 | 0.72 | 0.90 | 0.89 |
|     | 40 | M  | 0.34 | 0.32 | 0.72 | 0.83 | 1.11 | 0.92 | 0.96 | 1.27 | 1.29 |
|     |    | sd | 0.44 | 0.29 | 0.78 | 0.79 | 0.93 | 0.74 | 0.93 | 1.10 | 1.12 |
|     | 60 | M  | 0.29 | 0.46 | 0.81 | 0.92 | 0.82 | 1.14 | 1.07 | 1.48 | 1.41 |
|     |    | sd | 0.39 | 0.60 | 0.87 | 0.82 | 0.77 | 1.10 | 1.12 | 1.09 | 1.22 |

M=平均數，Sd=標準差

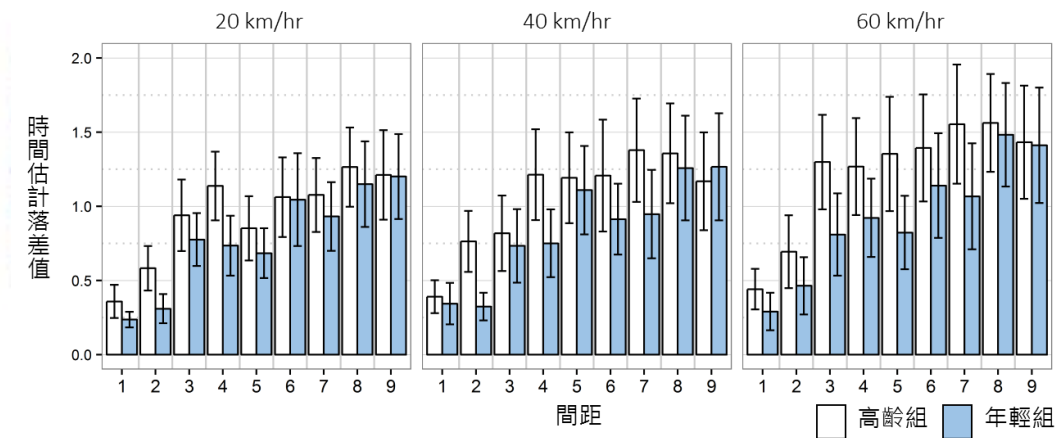


圖 25 平均車輛到達時間估計落差值 (±CI)

表 27 車輛到達時間估計落差相關係數

|   | 間距大小 (速度 20km/hr) |         |         |         |         |         |         |         |   |
|---|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
|   | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9 |
| 1 | 1                 |         |         |         |         |         |         |         |   |
| 2 | 0.46***           | 1       |         |         |         |         |         |         |   |
| 3 | 0.48***           | 0.57*** | 1       |         |         |         |         |         |   |
| 4 | 0.48***           | 0.48*** | 0.63*** | 1       |         |         |         |         |   |
| 5 | 0.18*             | 0.48*** | 0.45*** | 0.50*** | 1       |         |         |         |   |
| 6 | 0.37***           | 0.32*** | 0.60*** | 0.69*** | 0.51*** | 1       |         |         |   |
| 7 | 0.46***           | 0.50*** | 0.69*** | 0.68*** | 0.44*** | 0.62*** | 1       |         |   |
| 8 | 0.37***           | 0.37*** | 0.41*** | 0.50*** | 0.40*** | 0.46*** | 0.52*** | 1       |   |
| 9 | 0.29***           | 0.33*** | 0.42*** | 0.51*** | 0.34*** | 0.54*** | 0.52*** | 0.75*** | 1 |
|   | 間距大小 (速度 40km/hr) |         |         |         |         |         |         |         |   |
|   | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9 |
| 1 | 1                 |         |         |         |         |         |         |         |   |
| 2 | 0.38***           | 1       |         |         |         |         |         |         |   |
| 3 | 0.34***           | 0.51*** | 1       |         |         |         |         |         |   |
| 4 | 0.42***           | 0.64*** | 0.57*** | 1       |         |         |         |         |   |
| 5 | 0.40***           | 0.49*** | 0.61*** | 0.72*** | 1       |         |         |         |   |
| 6 | 0.30***           | 0.64*** | 0.59*** | 0.67*** | 0.70*** | 1       |         |         |   |
| 7 | 0.38***           | 0.48*** | 0.56*** | 0.69*** | 0.67*** | 0.53*** | 1       |         |   |
| 8 | 0.35***           | 0.54*** | 0.51*** | 0.71*** | 0.63*** | 0.69*** | 0.64*** | 1       |   |
| 9 | 0.29***           | 0.39*** | 0.42*** | 0.61*** | 0.69*** | 0.54*** | 0.55*** | 0.57*** | 1 |
|   | 間距大小 (速度 60km/hr) |         |         |         |         |         |         |         |   |
|   | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9 |
| 1 | 1                 |         |         |         |         |         |         |         |   |
| 2 | 0.63***           | 1       |         |         |         |         |         |         |   |
| 3 | 0.37***           | 0.53*** | 1       |         |         |         |         |         |   |
| 4 | 0.56***           | 0.67*** | 0.53*** | 1       |         |         |         |         |   |
| 5 | 0.44***           | 0.64*** | 0.43*** | 0.69*** | 1       |         |         |         |   |
| 6 | 0.51***           | 0.60*** | 0.52*** | 0.66*** | 0.72*** | 1       |         |         |   |
| 7 | 0.62***           | 0.66*** | 0.51*** | 0.69*** | 0.57*** | 0.70*** | 1       |         |   |
| 8 | 0.47***           | 0.51*** | 0.48*** | 0.61*** | 0.62*** | 0.69*** | 0.55*** | 1       |   |
| 9 | 0.38***           | 0.56*** | 0.52*** | 0.53*** | 0.63*** | 0.67*** | 0.63*** | 0.72*** | 1 |

#### 4.2.7. 間距選擇

首先本研究統計了各種情境下受試者對於間距的接受情形(如下圖 26)，可以發現在沒有時間提示的狀況下，受試者受到速度的影響較為明顯，在較小的間距接受程度較高，加入時間提示之後，受試者對小間距的接受度有所下降。不同年齡選擇間距的方式也不盡相同，高齡組的受試者對於較低間距的接受度較高，年輕組則不然。但是綜合車速、年齡及時間提示三種變數來看，在有時間提示的情況下，高齡受試者對低速行駛的車輛接受程度下降。

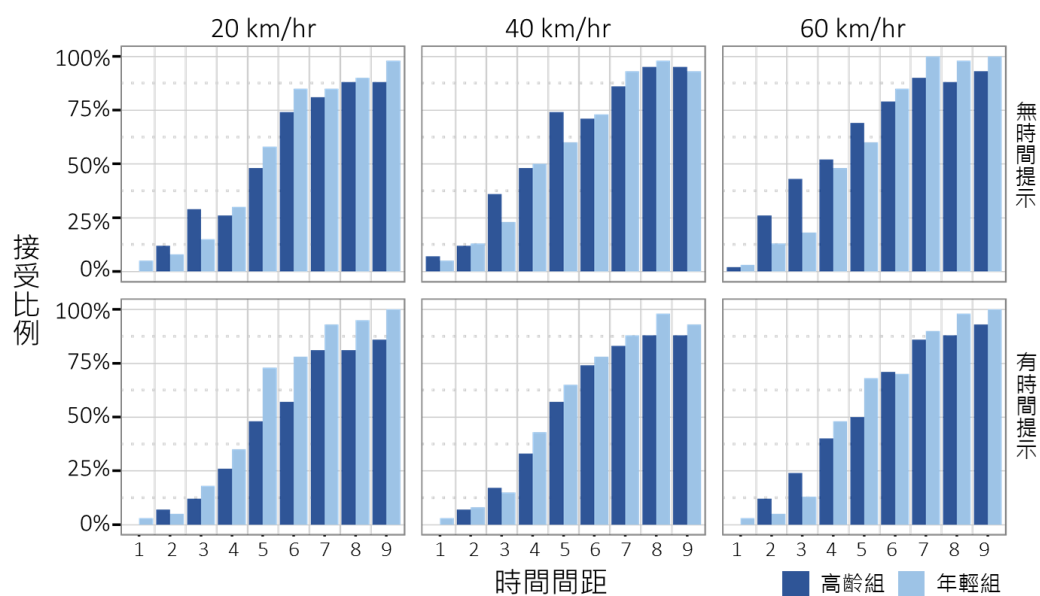


圖 26 不同情境下間距接受情形

最小接受間距定義為：「受試者在該情境中所接受的最小間距。」，即在穿越決策中，所有小於此間距之間距將會被行人所拒絕。本研究將受試者在每一個情境(車速及時間提示有無)中所願意接受的最小間距作繪製為累積機率折線圖，以便分析速度、年齡及提示的有無對最小接受間距的影響。

為更清楚其效力，本研究提出數值化「影響效果」，計算方式如下：

$$\begin{aligned} & \text{年輕組最小接受間距累積機率} - \text{高齡組最小接受間距累積機率} \\ & \text{無時間提示最小接受間距累積機率} - \text{有時間提示最小接受間距累積機率} \\ & \text{高速最小接受間距累積機率} - \text{低速最小接受間距累積機率} \end{aligned}$$

在沒有時間提示的情境下，高齡組的最小接受間距選擇累積機率線在小間距時位於年輕組的左側，但是在在大間距時則位於右側，表示對小間距的接受度較高，是相對激進的決策，尤其是車速較高的情境，時速 40 公里與 60 公里的情境中高齡受試者的間距接受度高於年輕組的情況分別持續至間距為 6 秒及 5 秒，然而時速 20 公里則只有 4 秒。時間提示給予後，高齡組受試者的最小接受間距選擇累積機率線位在年輕組的右側，且累積機率線的交叉發生在較小的間距，相對而言高齡組比年輕組更為保守。

時間提示的應用在多數情況下能使受試者選擇較大的時間間距，並且在不

同速度下有不同的效果，整理其影響效果於下圖 30、圖 31 及圖 32，在 20km/hr 情境中，時間提示對受試者的影響較小(0.476 及 -0.250)，然而到了 40km/hr 及 60km/hr 時則能得到更大的影響(0.905 及 0.275、0.786 及 0.425)，但是不論在什麼速度下，時間提示對高齡組的影響皆高於年輕組。其中有趣的是，年輕的受試者在低速(20km/hr)的情況下，時間提示對他們帶來的影響為負，即年輕的受試者在低速情況下會因為時間的提示而傾向選擇更小的時間間距。

速度對最小接受間距的影響在沒有時間提示的時候較為明顯，較高車速的最小接受間距累積機率線較偏左側，表示最小接受間距偏小，選擇較不安全，此一情形在高齡組更加明顯，影響效果大於年輕組。在有時間提示的情境中，高齡組的影響效果略為減少，車速的影響仍在，然而年輕組的影響效果大量減少，集中在 1 與 -1 之間，顯示有了時間提示之後，年輕受試者在對間距的選擇會趨近一致。

從前述分析本研究發現速度對臨界間距的影響對高齡組較為顯著，在沒有時間提示的場景中，高齡者累積機率線會隨著速度的提升而向左偏移、小間距的接受度提升，選擇較為激進。然而再加上時間提示之後，此一現象較為削弱，而且高齡者因為時間提示的給予而使累積機率線向右偏移現象也是隨著速度提升而更加明顯。時間提示的給予主要可以減少對時間間距的誤判，因此本研究推測高齡組比起年輕組更容易受到速度的影響對時間間距的判斷造成扭曲。但是實驗結果也顯示，年輕組也受惠於時間提示的給予，在不同速度中能做出一致性的決定，相對而言，高齡組對於時間提示的信任度較低，還是會因為車速不同而做出不同的決策。

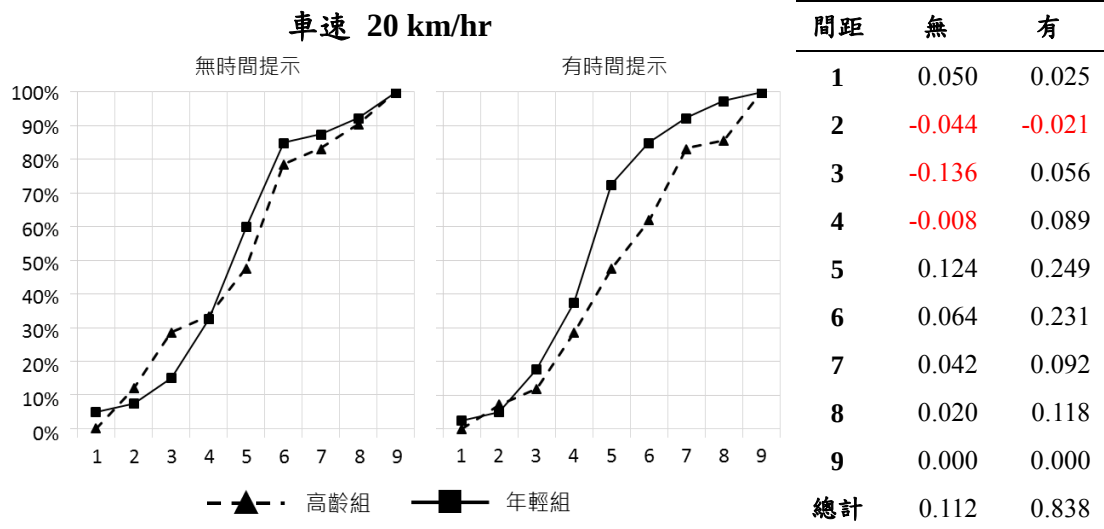


圖 27 車速 20km/hr 之最小接受間距累積機率 (年齡影響)

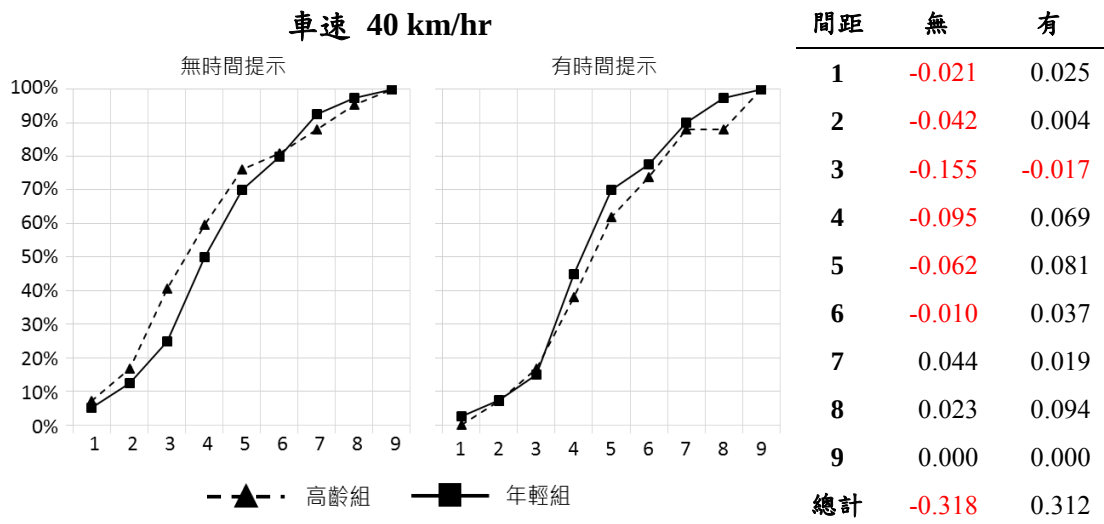


圖 28 車速 40km/hr 之最小接受間距累積機率 (年齡影響)

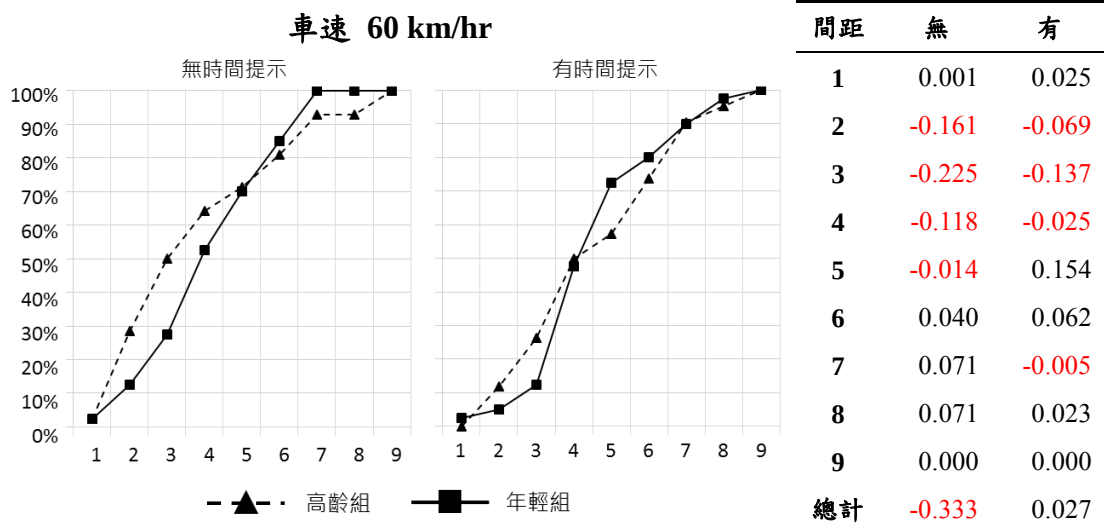


圖 29 車速 60km/hr 之最小接受間距累積機率 (年齡影響)

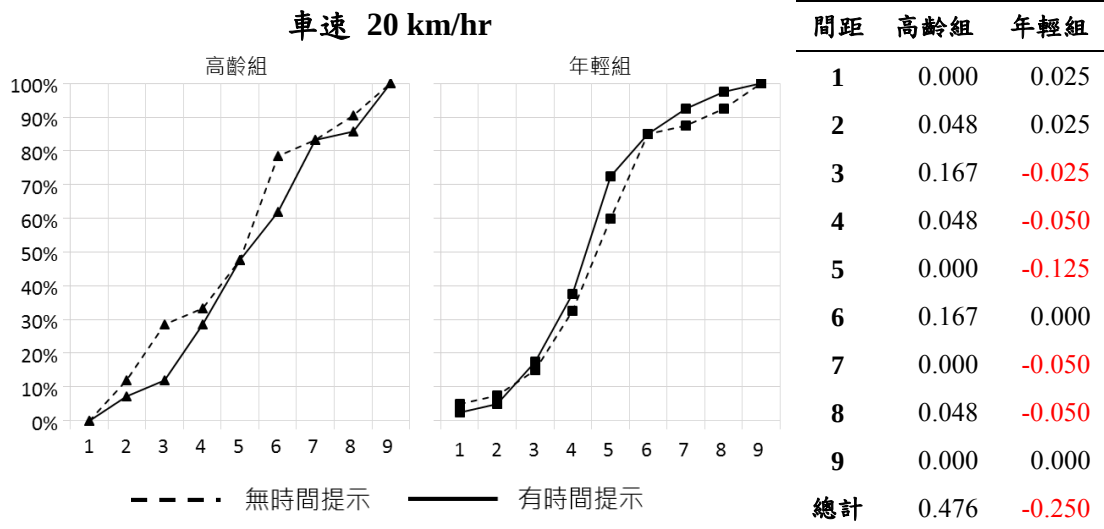


圖 30 車速 20km/hr 之最小接受間距累積機率 (時間提示影響)

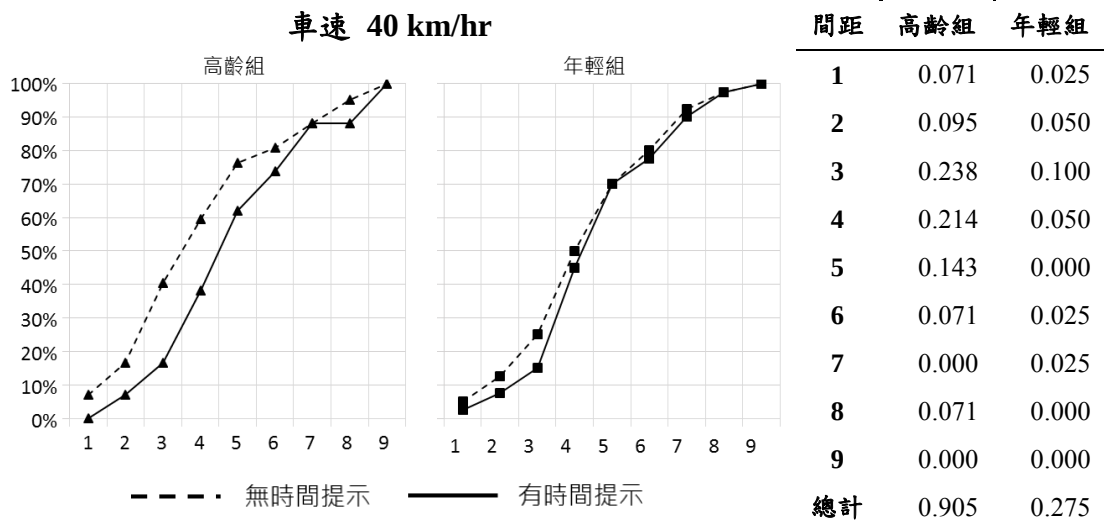


圖 31 車速 40km/hr 之最小接受間距累積機率 (時間提示影響)

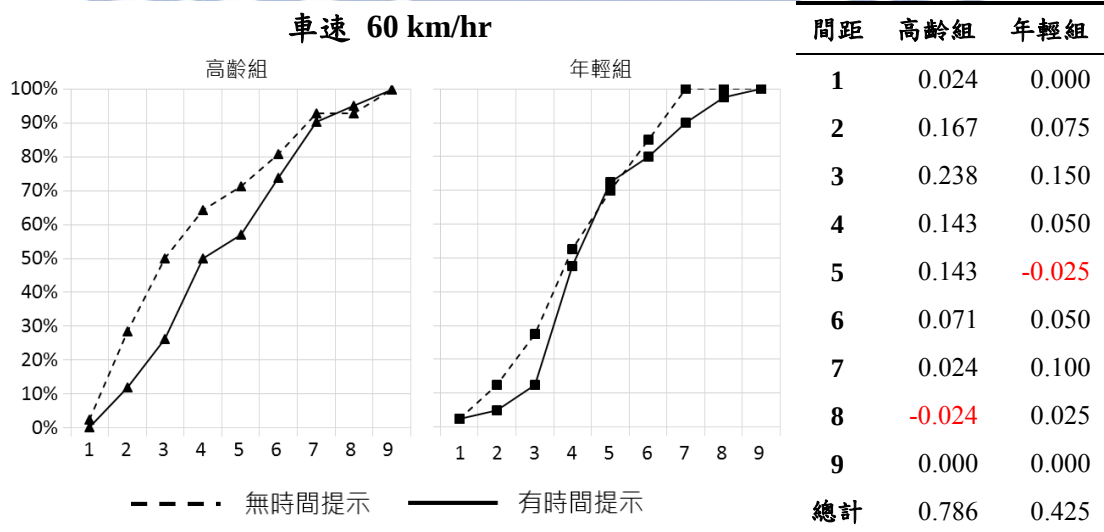


圖 32 車速 60km/hr 之最小接受間距累積機率 (時間提示影響)

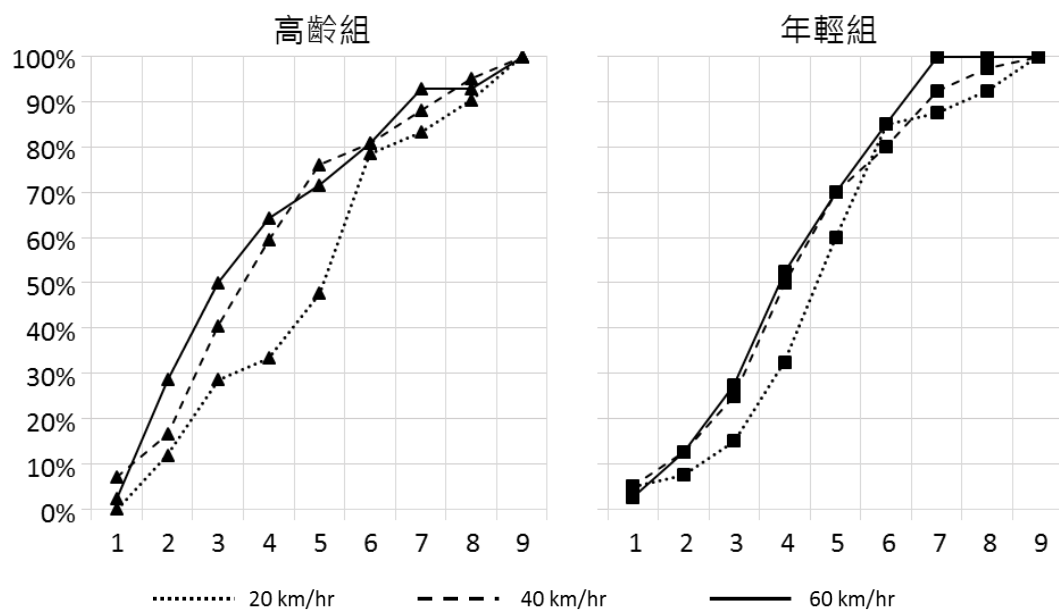


圖 33 無時間提示之最小接受間距累積機率(速度影響)

表 28 無時間提示之速度對最小接受間距影響效果

|    | 高齡組    |       |       | 年輕組    |        |        |
|----|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
|    | 60-40  | 60-20 | 40-20 | 60-40  | 60-20  | 40-20  |
| 1  | -0.048 | 0.024 | 0.071 | -0.025 | -0.025 | 0.000  |
| 2  | 0.119  | 0.167 | 0.048 | 0.000  | 0.050  | 0.050  |
| 3  | 0.095  | 0.214 | 0.119 | 0.025  | 0.125  | 0.100  |
| 4  | 0.048  | 0.310 | 0.262 | 0.025  | 0.200  | 0.175  |
| 5  | -0.048 | 0.238 | 0.286 | 0.000  | 0.100  | 0.100  |
| 6  | 0.000  | 0.024 | 0.024 | 0.050  | 0.000  | -0.050 |
| 7  | 0.048  | 0.095 | 0.048 | 0.075  | 0.125  | 0.050  |
| 8  | -0.024 | 0.024 | 0.048 | 0.025  | 0.075  | 0.050  |
| 9  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| 總計 | 0.190  | 1.095 | 0.905 | 0.175  | 0.650  | 0.475  |

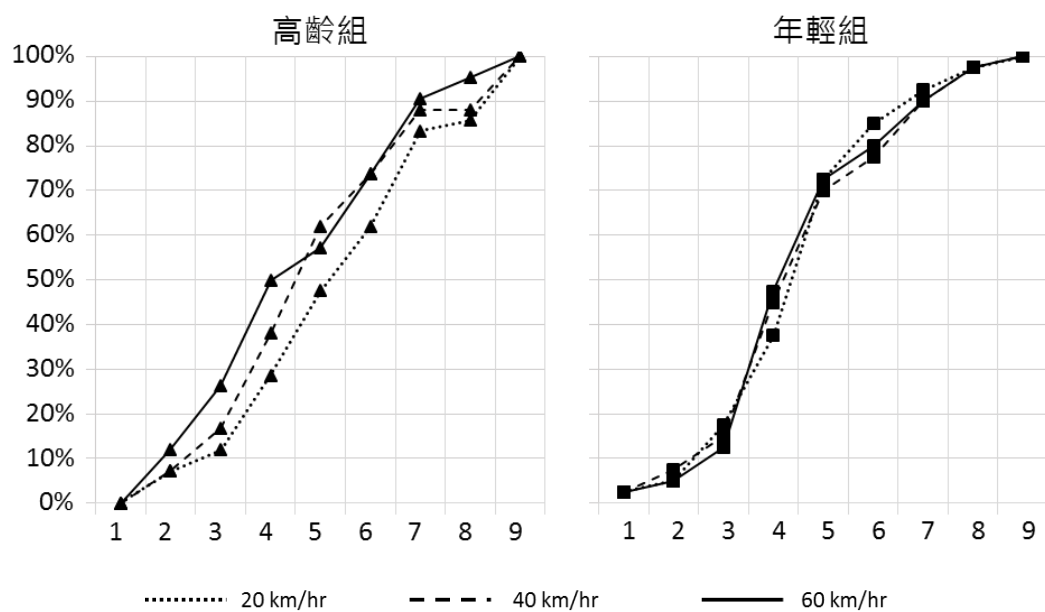


圖 34 有時間提示之最小接受間距累積機率(速度影響)

表 29 有時間提示之速度對最小接受間距影響效果

|    | 高齡組    |       |       | 年輕組    |        |        |
|----|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
|    | 60-40  | 60-20 | 40-20 | 60-40  | 60-20  | 40-20  |
| 1  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| 2  | 0.048  | 0.048 | 0.000 | -0.025 | 0.000  | 0.025  |
| 3  | 0.095  | 0.143 | 0.048 | -0.025 | -0.050 | -0.025 |
| 4  | 0.119  | 0.214 | 0.095 | 0.025  | 0.100  | 0.075  |
| 5  | -0.048 | 0.095 | 0.143 | 0.025  | 0.000  | -0.025 |
| 6  | 0.000  | 0.119 | 0.119 | 0.025  | -0.050 | -0.075 |
| 7  | 0.024  | 0.071 | 0.048 | 0.000  | -0.025 | -0.025 |
| 8  | 0.071  | 0.095 | 0.024 | 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| 9  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| 總計 | 0.310  | 0.786 | 0.476 | 0.025  | -0.025 | -0.050 |

#### 4.2.8. 最小接受間距迴歸模式

建立迴歸模式以討論各項變數對於受試者最小接受間距選擇之影響，變數可分為四類：實驗設計、受試者特性、受試者能力及受試者態度。

表 30 最小接受間距線性迴歸模式變數說明

| 組別    | 變數       | 變數類型 | 說明                                        |
|-------|----------|------|-------------------------------------------|
| 應變數   | 最小接受間距   | 連續變數 | 受試者所接受最小時間間距，以秒為單位，取其自然對數                 |
| 實驗設計  | 車速       | 類別變數 | 時速，20、40、60                               |
|       | 時間提示     | 類別變數 | 無時間提示=0<br>有時間提示=1                        |
| 受試者特性 | 年齡組      | 類別變數 | 高齡組=0<br>年輕組=1                            |
|       | 汽車駕照持有情形 | 類別變數 | 未持有汽車駕照=0<br>持有汽車駕照=1                     |
|       | 性別       | 類別變數 | 女性=0<br>男性=1                              |
|       | 行走困難     | 類別變數 | 當下是否因疾病或受傷導致行走困難<br>無=0，有=1               |
|       | 腦部疾病     | 類別變數 | 是否患有腦部疾病，腦中風或帕金森氏症，無=0，有=1                |
|       | 常用運具     | 類別變數 | 日常使用運具種類<br>為汽車、機車、汽車被載及機車被載=0<br>其餘=1    |
|       | 外出頻率     | 連續變數 | 每周外出天數，1日~7日                              |
|       | 外出時間     | 類別變數 | 每次出門時間<br>4小時以下=0，4小時以上=1                 |
| 能力    | 想像行走用時   | 連續變數 | 受試者想像行走用時，根據該間距所選步伐選用數據。                  |
| 受試者態度 | 認知態度     | 連續變數 | 受試者對直接穿越道路的認知態度，認為「好」或「不好」與程度，愈高分表示愈正面。   |
|       | 情感態度     | 連續變數 | 受試者對直接穿越道路的情感態度，認為「舒適」、「愉快」與否及程度，愈高表示愈正面。 |

表 31 最小接受間距迴歸模式建立結果

|                         |                     | 模式一                       | 模式二                        | 模式三                         | 模式四                        |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 實驗設計                    | 常數                  | 1.516***<br>(0.046)       | 1.202***<br>(0.091)        | 0.827***<br>(0.097)         | 0.770***<br>(0.102)        |
|                         | 車速=40               | -0.109**<br>(0.051)       | -0.109**<br>(0.049)        | -0.085*<br>(0.046)          | -0.085*<br>(0.046)         |
|                         | 車速=60               | -0.144***<br>(0.051)      | -0.144***<br>(0.049)       | -0.126***<br>(0.046)        | -0.125***<br>(0.046)       |
|                         | 時間提示<br>(有=1)       | 0.126***<br>(0.041)       | 0.126***<br>(0.040)        | 0.135***<br>(0.038)         | 0.135***<br>(0.038)        |
| 受試者特性                   | 年齡組<br>(年輕=1)       | 0.003<br>(0.041)          | -0.067<br>(0.045)          | 0.001<br>(0.043)            | -0.004<br>(0.045)          |
|                         | 汽車駕照<br>(有=1)       |                           | 0.162***<br>(0.049)        | 0.239***<br>(0.047)         | 0.232***<br>(0.047)        |
|                         | 男性                  |                           | -0.078<br>(0.049)          | -0.014<br>(0.047)           | -0.012<br>(0.047)          |
|                         | 行走困難<br>(有=1)       |                           | -0.124**<br>(0.057)        | -0.230***<br>(0.055)        | -0.239***<br>(0.055)       |
|                         | 腦部疾病<br>(有=1)       |                           | 0.294**<br>(0.114)         | 0.060<br>(0.111)            | 0.065<br>(0.112)           |
|                         | 日常運具<br>(非汽機車=1)    |                           | 0.165***<br>(0.061)        | 0.239***<br>(0.058)         | 0.237***<br>(0.058)        |
|                         | 外出頻率<br>(天/週)       |                           | 0.037***<br>(0.012)        | 0.022*<br>(0.012)           | 0.020*<br>(0.012)          |
|                         | 每次外出時間<br>(>4 小時=1) |                           | -0.070<br>(0.049)          | -0.086*<br>(0.046)          | -0.089*<br>(0.046)         |
| 能力                      | 想像行走用時<br>(秒)       |                           |                            | 0.100***<br>(0.012)         | 0.101***<br>(0.012)        |
| 態度                      | 認知態度                |                           |                            |                             | -0.0004<br>(0.002)         |
|                         | 情感態度                |                           |                            |                             | 0.024*<br>(0.013)          |
| R <sup>2</sup>          |                     | 0.036                     | 0.098                      | 0.209                       | 0.216                      |
| Adjusted R <sup>2</sup> |                     | 0.028                     | 0.078                      | 0.189                       | 0.193                      |
| Residual Std. Error     |                     | 0.457<br>(df = 487)       | 0.446<br>(df = 480)        | 0.418<br>(df = 479)         | 0.417<br>(df = 477)        |
| F Statistic             |                     | 4.515***<br>(df = 4; 487) | 4.765***<br>(df = 11; 480) | 10.523***<br>(df = 12; 479) | 9.376***<br>(df = 14; 477) |

顯著性：\* p&lt;0.1; \*\* p&lt;0.05; \*\*\* p&lt;0.01

將變數分組投入建立模型，從上表中可以比較各類變數分別投入的結果，其中年齡變數的結果出乎意料，年輕組係數為正，表示年輕組受試者的臨界間距較高齡組大，然而此項變數效果並不顯著，顯然不同年齡組的臨界間距沒有

顯著線性關係。車速變數對於受試者的臨界間距選擇有顯著影響，無論是時速 40 公里或 60 公里，相對於時速 20 公里皆會造成臨界間距的縮短，顯示車速會造成受試者對於間距判斷的改變，時間提示則可以提升受試者的臨界間距，表示有了時間提示之後，受試者所接受的最小間距會比沒有時間提示的時候更大。

受試者本身特性對模式亦有影響，男性受試者的臨界間距相較於女性而言更小；擁有汽車駕照的受試者的最小接受間距也比沒有汽車駕照者大。行走不便的受試者會選擇較小的間距，患有腦部疾病的受試者卻會選擇較大的，然而並不顯著，顯示行走不便可能會造成受試者偏向接受較小的間距，至於腦中風等腦部傷病對最小接受間距的影響不大則可能是因為樣本數過少的關係。日常使用汽機車以外的交通方式會使受試者的最小接受間距變大，外出頻率高者的最小接受間距也較大，而外出時間長者則會選擇較小的最小接受間距，顯示慣用運具與曝光度會影響受試者的選擇行為，可是從係數大小與顯著性來看，曝光度的影響相對較小。

模式三起加入受試者想像行走用時，代表受試者認為自己需要多少時間才能完成穿越過程，此一變數係數為正且在 99%信心水準下顯著，表示受試者的最小接受間距確實受到其主觀的行走用時影響，也就是受試者會根據自己所認為的行走時間決定是否穿越道路。模式四納入態度變數，取自問卷中的認知態度及情感態度問項，從結果可知，態度並不顯著影響受試者的最小接受間距。

#### 4.2.9. 決策時間

受試者決策時間係指自影片畫面開始至受試者按下「通過」按鍵時間，代表著受試者做出「通過」決策的時間，然而因為實驗設計限制，被受試者拒絕的間距將無法量測到受試者做出決策的時間。受試者的平均決策時間在 1.58 秒，高齡組為 1.89 秒，年輕組為 1.25 秒，T 檢定結果顯示差異顯著( $t = 14.79$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ )。從圖 35 可以觀察到，受試者的決策時間是會隨著時間間距而上升，高齡受試者此一傾向更加明顯，以 90%信心水準進行相關性檢定，高齡組的相關係數為 0.28( $t = 10.11$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ )，年輕組的相關係數為 0.212( $t = 7.68$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ )，證明受試者的決策時間與時間間距顯著相關。

以成對樣本 T 檢定分析時間提示的效果，在有時間提示的情境中，決策時間顯著減少( $t = 10.91$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ , 平均數差異=0.34)，從 ANOVA 檢定結果發現速度對於決策時間亦有影響，效果接近顯著( $F(2,2373)=2.895$ )， $p = 0.056$ )。

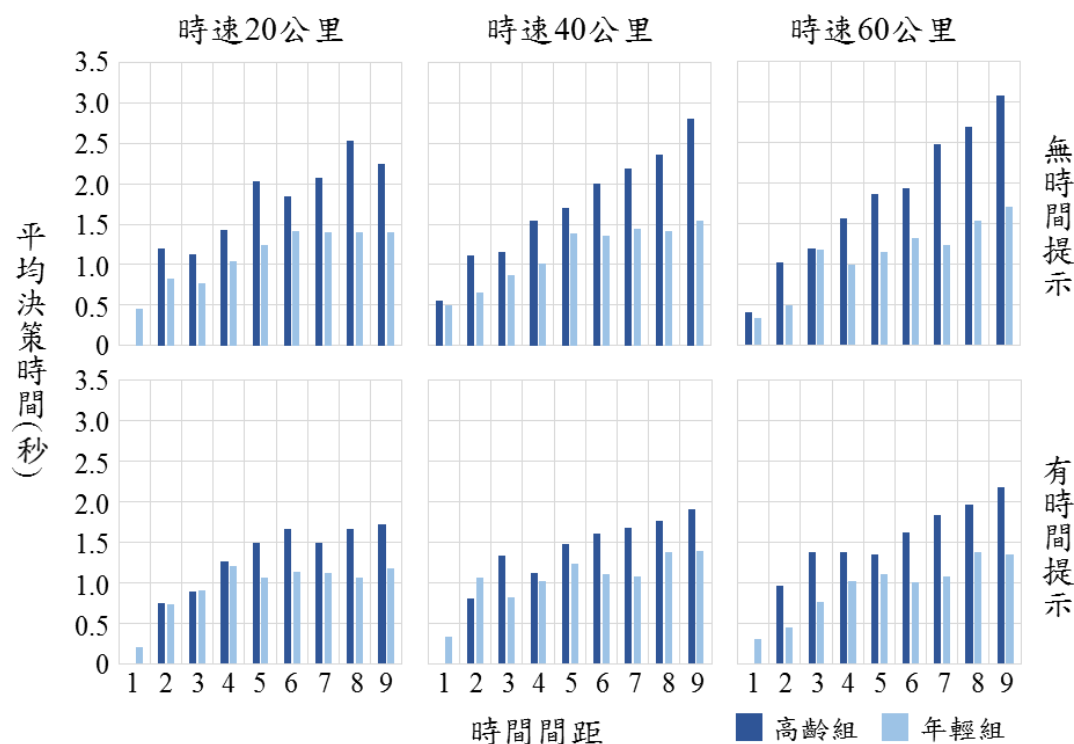


圖 35 受試者平均決策時間

#### 4.2.10. 安全裕度 (Safety Margin)

本研究採用模擬穿越決策的實驗方式，因此安全裕度的計算為判斷該次穿越行為是否安全的重要指標，安全裕度計算方式如下：

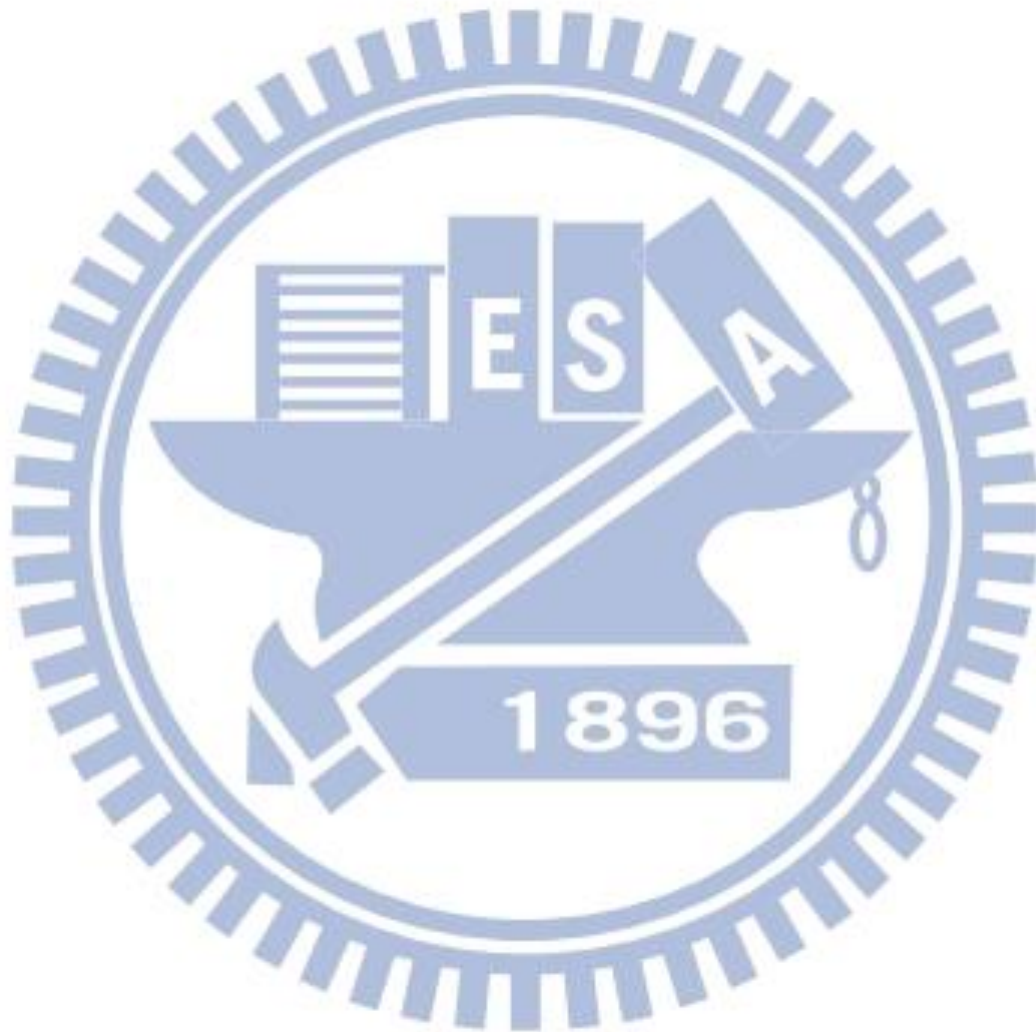
$$\text{安全裕度(秒)} = \text{時間間距(秒)} - (\text{決策時間(秒)} + \text{行走時間(秒)})$$

由於實驗中所紀錄之行走時間為路緣至路緣的總用時，亦即安全裕度代表當受試者抵達對側路緣後還有多久車輛會到達行人穿越時所走的路線。在此假設下，將該次穿越決策是否安全的門檻值訂為 0，安全裕度大於等於 0 者，表示該次穿越決策為安全的，若安全裕度小於 0 則表示該次穿越決策不安全。

安全裕度受到實驗設計的影響，其中間距為主要影響因素，根據本研究所採用的計算方式，每一位受試者有各自的行走時間，在行走時間固定的情況下，安全裕度主要跟著時間間距與決策時間變化，只要決策時間變化不大，則安全裕度主要跟隨時間間距變化。

平均每位受試者行走 5 公尺時間約需要 5.72 秒，加上平均決策時間 1.58 秒，可以發現只有在 7 秒以上的間距，才容易達成安全穿越，在圖 36 中，無論哪一組受試者在何種情境下，只有 4 秒以上間距存在安全穿越，但是安全穿越比例要到 7 秒以上間距才有較為顯著的提升。從圖面上還可以發現高齡受試者的安全裕度分布相較於年輕組更離散，對比高齡者的決策時間與實際行走用時皆有相似情形，顯示高齡組無論是能力或者安全性存在較大的組內落差。

高齡受試者的安全裕度平均而言較低，安全穿越比例也較低，高齡受試者對較小間距的接受度較高導致，在圖 37 中可以觀察到，在低速時高齡者與年輕組的不安全穿越比例較為相近，較高車速的情境相對而言不安全比例相差較多，其中年輕組的安全與不安全穿越比例受到車速的影響較小，然而高齡者卻容易在高速中做出不安全的決策，顯然車速對於高齡者在決策時的影響比起年輕人更加顯著。



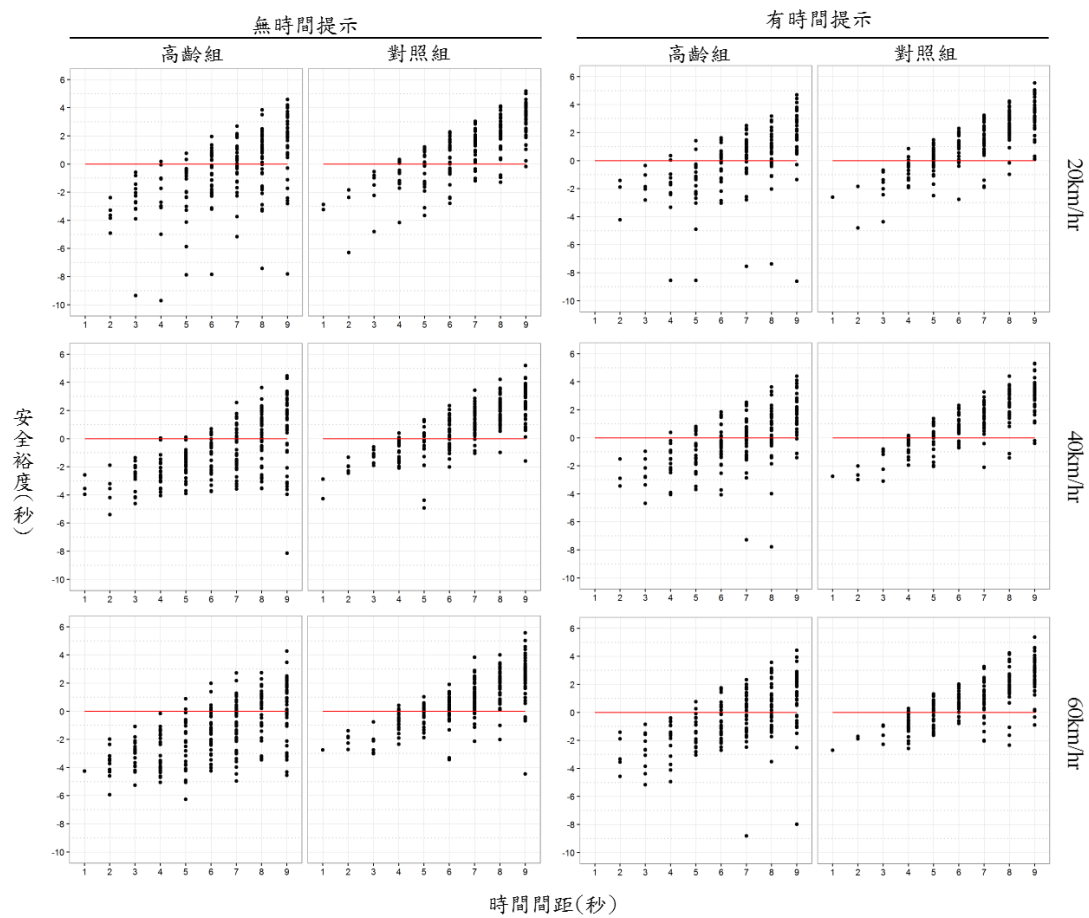


圖 36 安全裕度

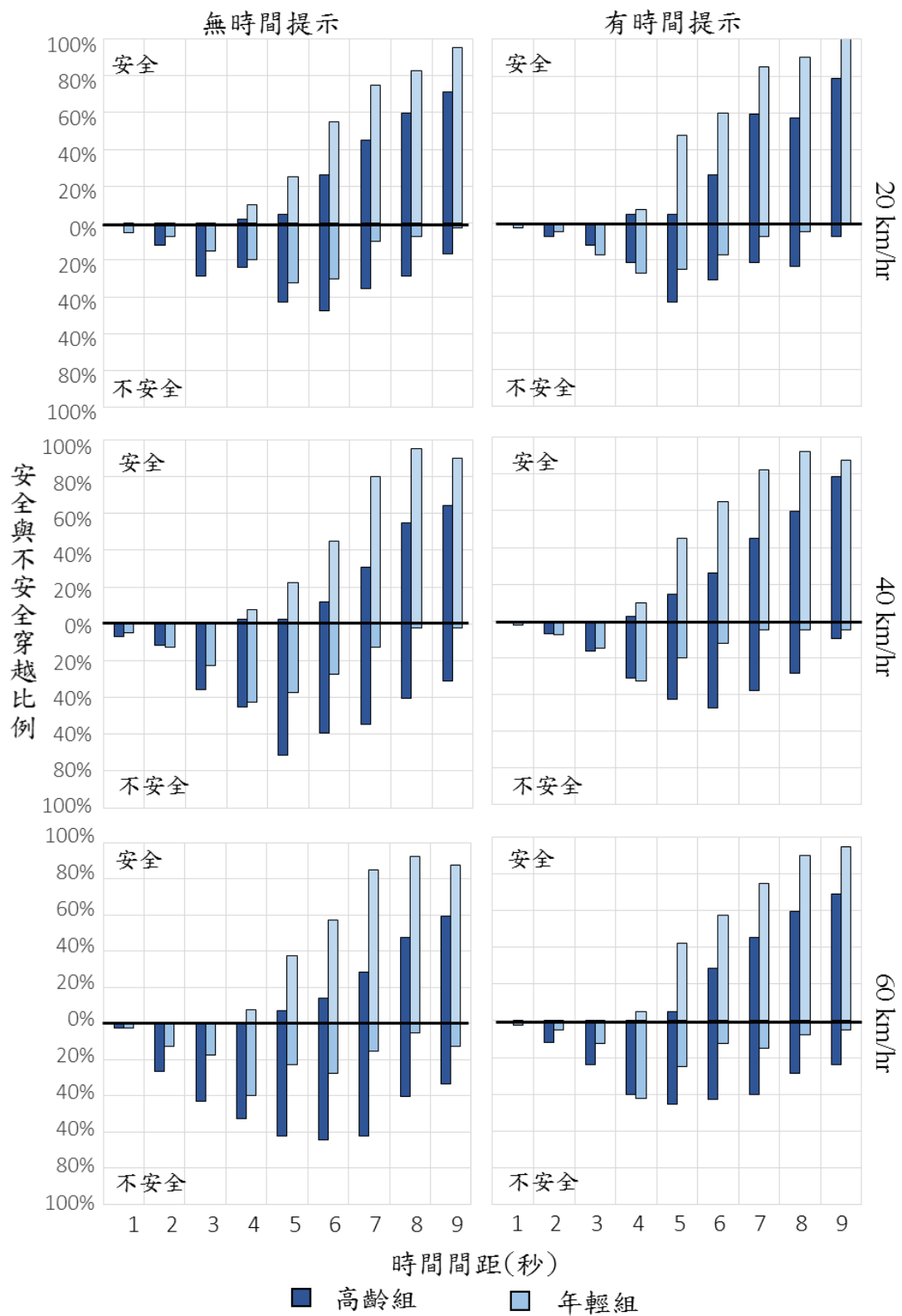


圖 37 安全與不安全穿越比例

#### 4.2.11. 穿越安全性邏輯斯迴歸(Logistic Regression)分析

以邏輯斯迴歸(Logistic Regression)針對所有被接受的間距分析其安全性，並了解各種變數對於受試者穿越安全的影響，變數可分為四類：實驗設計、受試者特性、受試者能力及受試者態度。

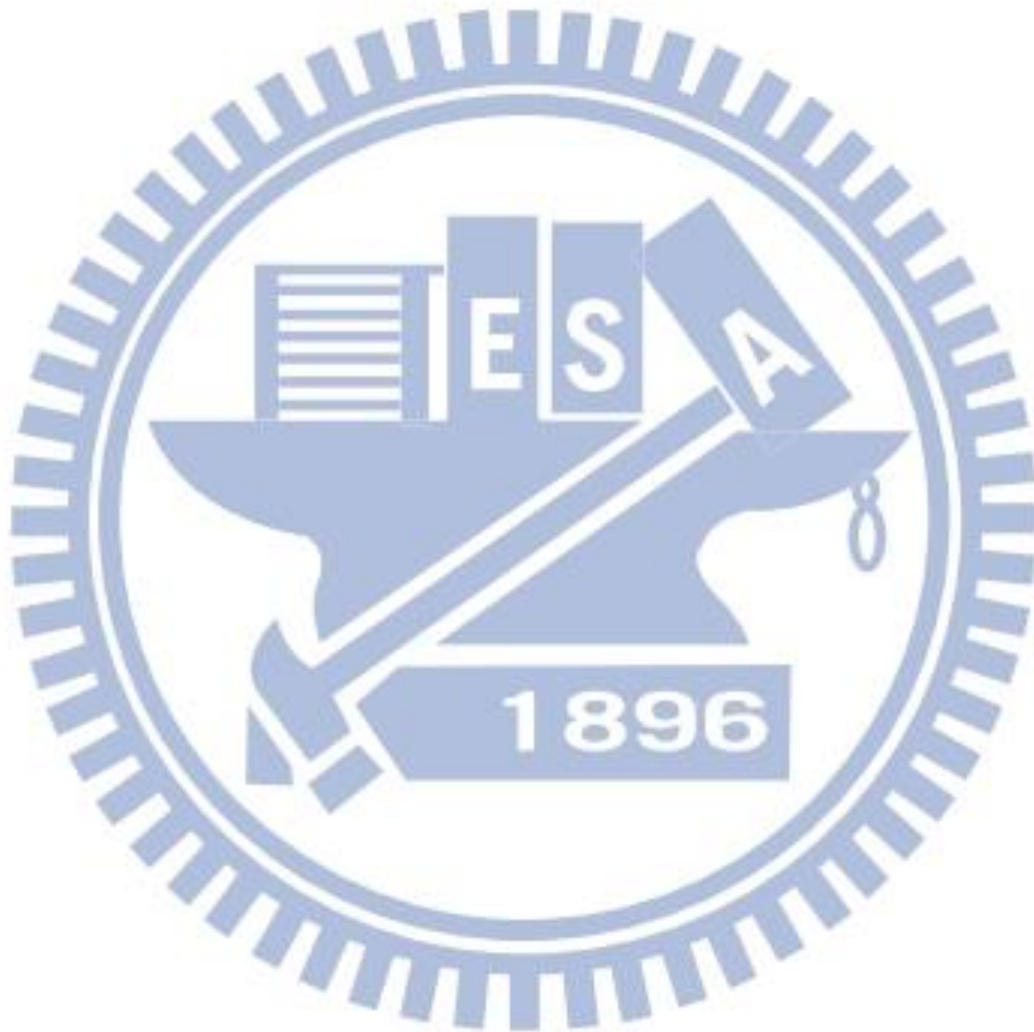


表 32 穿越安全性 Logistic Regression 變數說明

| 組別    | 變數             | 變數類型 | 說明                                                     |
|-------|----------------|------|--------------------------------------------------------|
| 應變數   | 穿越安全           | 類別變數 | 安全裕度大於或等於 0 表示安全。<br>不安全=0，安全=1                        |
| 實驗設計  | 車速             | 類別變數 | 時速，20、40、60                                            |
|       | 間距大小           | 連續變數 | 間距大小，1~9 秒逐秒遞增。                                        |
|       | 時間提示           | 類別變數 | 無時間提示=0<br>有時間提示=1                                     |
| 受試者特性 | 年齡組            | 類別變數 | 高齡組=0<br>年輕組=1                                         |
|       | 汽車駕照           | 類別變數 | 無=0<br>有=1                                             |
|       | 性別             | 類別變數 | 女性=0<br>男性=1                                           |
|       | 行走困難           | 類別變數 | 當下是否因疾病或受傷導致行走困難<br>無=0，有=1                            |
|       | 腦部疾病           | 類別變數 | 是否患有腦部疾病，腦中風或帕金森氏症<br>無=0，有=1                          |
|       | 常用運具           | 類別變數 | 日常使用運具種類<br>為汽車、機車、汽車被載及機車被載=0<br>其餘=1                 |
|       | 外出頻率           | 連續變數 | 每周外出天數，1 日~7 日                                         |
|       | 外出時間           | 類別變數 | 每次出門時間<br>4 小時以下=0，4 小時以上=1                            |
|       | 最小接受間距         | 連續變數 | 受試者於該情境下是之最小接受間距大小                                     |
|       | 決策時間           | 連續變數 | 影片開始至受試者按下接受的時間<br>以秒為單位                               |
| 受試者能力 | 行走用時估計<br>落差   | 連續變數 | 行走用時估計落差值，為動作想像能力，以<br>秒為單位                            |
|       | 車輛到達時間<br>估計落差 | 連續變數 | 車輛到達時間估計落差值，車輛到達時間<br>估計能力，以秒為單位                       |
|       | 認知態度           | 連續變數 | 受試者對直接穿越道路的認知態度，認為<br>「好」或「不好」與程度，愈高分表示愈正<br>面。        |
| 受試者態度 | 情感態度           | 連續變數 | 受試者對直接穿越道路的情感態度，認為<br>「舒適」、「愉快」、「高興」與否及程度，愈<br>高表示愈正面。 |

表 33 穿越安全性 Logistic Regression 模式建立結果

|       |                     | 模式一                  | 模式二                  | 模式三                  | 模式四                  |
|-------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 實驗設計  | 常數                  | -6.467***<br>(0.332) | -8.254***<br>(0.462) | -7.035***<br>(0.597) | -6.948***<br>(0.606) |
|       | 車速=40               | -0.351**<br>(0.142)  | 1.877***<br>(0.154)  | -0.374**<br>(0.188)  | -0.392**<br>(0.189)  |
|       | 車速=60               | -0.448***<br>(0.141) | -0.387**<br>(0.151)  | -0.424**<br>(0.190)  | -0.450**<br>(0.191)  |
|       | 時間間距                | 0.896***<br>(0.042)  | -0.537***<br>(0.151) | 1.468***<br>(0.078)  | 1.469***<br>(0.078)  |
|       | 時間提示<br>(有=1)       | 0.630***<br>(0.115)  | 0.915***<br>(0.048)  | 0.280*<br>(0.154)    | 0.292*<br>(0.155)    |
| 受試者特性 | 年齡組<br>(年輕=1)       | 1.988**<br>(0.130)   | 0.602***<br>(0.123)  | 1.622***<br>(0.190)  | 1.774***<br>(0.205)  |
|       | 擁有<br>汽車駕照          |                      | 1.280***<br>(0.163)  | 0.728***<br>(0.203)  | 0.733***<br>(0.205)  |
|       | 男性                  |                      | 0.558***<br>(0.153)  | 0.349*<br>(0.191)    | 0.415**<br>(0.194)   |
|       | 行走困難<br>(有=1)       |                      | -1.009***<br>(0.170) | -0.599***<br>(0.222) | -0.650***<br>(0.223) |
|       | 腦部疾病<br>(有=1)       |                      | -1.202***<br>(0.360) | -0.427<br>(0.446)    | -0.234<br>(0.460)    |
|       | 日常運具<br>(非汽機車=1)    |                      | 1.353***<br>(0.184)  | 0.542**<br>(0.236)   | 0.490**<br>(0.239)   |
|       | 外出頻率<br>(天/週)       |                      | -0.015<br>(0.036)    | -0.119**<br>(0.049)  | -0.111**<br>(0.050)  |
|       | 每次外出時間<br>(>4 小時=1) |                      | -0.627***<br>(0.149) | -0.271<br>(0.192)    | -0.320<br>(0.195)    |
|       | 最小接受間距              |                      | 0.135***<br>(0.041)  | 0.206***<br>(0.056)  | 0.197***<br>(0.057)  |
| 受試者能力 | 決策時間(秒)             |                      |                      | -0.049***<br>(0.004) | -0.049***<br>(0.004) |
|       | 行走用時估計<br>落差        |                      |                      | -0.573***<br>(0.089) | -0.587***<br>(0.091) |
|       | 車輛到達時間<br>估計落差      |                      |                      | -0.258***<br>(0.095) | -0.259***<br>(0.097) |
| 態度    | 認知態度                |                      |                      |                      | -0.027***<br>(0.007) |
|       | 情感態度                |                      |                      |                      | 0.135**<br>(0.054)   |

顯著性：\* p&lt;0.1; \*\* p&lt;0.05; \*\*\* p&lt;0.01

將各組變數分次投入建立模型，由於「時間提示」及「決策時間」兩變數間的內生性問題，以穩健迴歸方式進行模式建構。

在模式一中僅包含實驗設計相關變數及受試者所屬年齡組，年輕的年輕組受試者比高齡組更能做出安全的決策。四項實驗設計變數皆顯示實驗設計對受試者的安全性有顯著影響，其中時速 40 公里及 60 公里皆比時速 20 公里的情境下的安全性更低，較高的車速會造成受試者做出較不安全的決定。時間間距的大小也對受試者決策受到影響，越大的時間間距則越能做出安全的決策，時間提示亦然，比起沒有時間提示的情境，受試者更能做出安全決策。

模式二加入受試者個人特性變數。若受試者持有汽車駕照則比起未持有汽車駕照者更能做出安全決策；而男性受試者相對於女性而言更能做出安全決策。從健康狀況來看，行走不便者容易做出不安全決策，且影響顯著，患有腦部疾病的受試者亦容易做出不安全決策，但影響並不顯著。從生活型態來看，日常使用的運具不是汽機車的受試者比平常使用汽機車的受試者來說更能夠做出安全的決定，表示在日常生活中更多機會練習穿越馬路可以讓受試者做出更安全的判斷。外出頻率較高及外出時間較長的受試者做出不安全決策的機會較大，但是影響並不顯著，而最小接受間距愈大的受試者則更容易做出安全決策。

在模式三中加入了受試者能力，決策時間、動作想像能力、車輛到達時間估計能力與最小接受間距三者皆顯著影響受試者的決策安全性，若受試者做出判斷的時間愈長，則其決策可能愈不安全，同理，對自身的估計能力愈差則安全穿越比例越低，對外在估計能力愈差亦然。

模式四加入態度變數，在 99%信心水準下兩項變數皆顯著影響模式，對於「直接穿越道路」抱持正向認知態度的受試者做出安全決策的可能性較低，然而此一行為有正向情感的受試者卻相反，表示即使受試者認為直接穿越道路能有正向影響還是會基於能力做出決策，但認為直接穿越道路能令其愉悅者卻會因為出於情感態度而做出不安全的決定。

在模式調整的過程中，「時間提示」變數的顯著性變化相當有趣，在前二模式中為有顯著影響的變數，但是到了模式三開始加入了決策時間變數後，只在 90%信心水準下顯著，顯示時間提示變數的解釋力會受到決策時間的稀釋。

### 4.3. 討論

本研究試圖了解人對自身能力的掌握如何影響他在進行道路穿越的決策，前文提到，人在決定是否穿越道路時，先觀察道路車流情形，並根據自身體能，尋找合適的間距來通過。由此可知，人對來車到達時間的判斷以及對自己能力的認知將會是每一次穿越決策是否安全的關鍵，但是高齡行人往往因為對車輛到達時間的估計誤差以及對自我能力的認知偏誤而做出不安全的決策。本研究主要以實驗方式驗證前人之研究應用於臺灣的高齡者亦有類似的效果，並證明藉由時間提示的方法可以改善道路穿越的安全性。

#### 4.3.1. 實驗成果

高齡者從體能上即顯示出與年輕組有所差異，高齡者比起年輕人需要更多的時間才能完全程道路穿越的任務，然而在他們的想像當中尚未認知到這一點事實。在實驗結果中(表 22)，兩組受試者的估計行走用時並沒有顯著差異，但是實際行走用時的落差卻是顯著的，顯示高齡者的動作想像能力比年輕人更差，這與 Kalicinski 等人 (2015)的結果互相吻合。Schott (2012)認為，這樣的結果來自於高齡者體能下滑與認知之間的落差。然而 Naveteur 等人 (2013)認為，除了體能之外，時間感也可能是造成估計能力落差的原因之一，高齡行人對於時間的感受跟年輕人有所不同。

根據 Fitzpatrick 等人 (2006)整理的 2003 年 MUTCD 資料，在 106 名高齡者行走資料中，行走速率中位數為 1.30 m/s，15%位數為 0.92 m/s，行走 5 公尺所需時間分別為 3.85 秒及 5.43 秒，而在 2324 筆的年輕人資料中，行走速率中位數為 1.45 m/s，15%位數為 1.15 m/s，行走 5 公尺所需時間分別為 3.45 秒及 4.34 秒。然而本研究之實驗結果數據(表 19)卻與此有所不同，行走所需時間遠大於文獻記載，而在(圖 18)中可以看見，一般行走、一般行走(路緣)數據的分散程度相較於快走及小跑步來得大。此一現象的產生源自於實驗設計的限制，由於實驗室位於室內環境，與室外的真實場景不同，受試者在實驗過程中不自覺地放慢腳步，而在正式施測過程中，受試者亦有反映在不同情境中的一般行走步伐會有所不同，例如：室內行走、室外行走、道路穿越…等，後續研究應使用多次量測或實驗環境的設計來避免此一現象。

本研究採取兩種動作想像能力的量測方式：量表法與心理測時法。其中量表法採用動覺與視覺想像能力量表(KVIQ)，主要量測受試者想像生動度之量表，屬於自填式量表，結果容易受到受試者本身主觀感受影響。心理測時法即上述的想像與實際行走時間落差，量測到的是受試者對於時間的感受與預估能力，無論是實際動作或是想像動作，皆採用碼表計時，是較為客觀的量測方式。在前文中有提到，雖此二法皆為動作想像能力的量測方式，實驗結果卻顯示二者間無顯著相關性，主要是兩者的量測面向與量測方式客觀程度的差異導致。基於研究面向需求與客觀性條件，最後本研究採用了心理測時法的數據做

為動作想像能力的指標。

除了動作想像能力以外，高齡者在車輛到達時間預估能力的表現也較年輕組差，有較大的預測誤差，在 Schiff 等人 (1992) 的研究中也顯示出高齡組的車輛到達時間預估正確性較低的現象。本研究同時發現，車輛到達時間估計落差與來車車速也有關係，較高車速的情境當中，車輛到達時間估計的落差值亦較大，即估計正確程度較低。此現象與 Schiff 等人 (1992) 結果不同，該研究發現在較高車速的情境當中，受試者對到達時間的估計正確程度較高。究其緣由，乃實驗數據計算定義造成的差異，該研究採用「估計時間÷實際時間」，正確率愈高表示估計值愈高，而本研究採用「|估計時間－實際時間|」，落差值愈高亦代表估計值愈高，顯然在高速情境下，受試者會傾向延長預估車輛到達所需的時間。

高齡者需要比年輕人更多的時間來進行決策道路穿越決策，並且比年輕人更容易受到間距大小及車速的影響而消耗更多的時間來決定是否穿越道路。Zivotofsky 等人 (2012) 認為這個現象主要來自高齡者受到認知能力退化的影響，對於距離較遠、速度較快的車輛會需要更多時間觀察及判斷。

年齡對於間距選擇的影響主要體現在較小的間距上，高齡者對於小間距的接受程度較高，但是在給予時間提示的情境中，此一狀況有所改善。高齡者若接受過小的間距，會造成安全裕度與安全穿越比例的降低，在 Oxley 等人 (2005)、Lobjois 與 Cavallo (2007) 中提到，高齡者容易因為接受過小的間距而導致自身的危險。另外，在本研究所建立的最小接受間距模式當中，年齡並不顯著影響其最小間距，此現象是由於受試者可能會拒絕部分大於最小接受間距之測試組合，後續研究可藉由單一測試組合重複測試的方式來進行驗證。

本研究建立了穿越決策安全性的模式，發現實驗設計、受試者能力及態度三組變數對於決策績效的影響較為顯著，然而在受試者特性當中，主要是年輕組及持有汽車駕照的受試者能有較高的安全性，其餘有關於健康狀況及生活習慣則對於決策績效的影響較小。然而，Oxley 等人 (2005) 認為穿越能力的退化不但與年齡有關，對高齡者來說，主要受到老化程度的影響，Dominey 等人 (1995) 也認為動作想像能力的好壞受到受試者本人的健康狀況影響，秦秀蘭 (2012) 亦提及高齡者的老化程度與其生活型態有關。本研究認為相關現象並不明顯的原因是有健康問題的受試者在本次實驗中比例相對較低，後續研究可進一步招收有特定疾病及健康因素問題的受試者進行實驗。

#### 4.3.2. 穿越安全性邏輯斯回歸模式建構之比較

動作想像能力之心理測時法與車輛到達時間估計能力兩者為本研究中重要的指標及模式建構因子，為了呈現「能力」的意義，採用了「估計時間」與「實際時間」相減後取其絕對值的方式作為數值的呈現。本研究並非首度提出將想像行走時間及車輛到達時間估計作為模式建構因子的研究，Dommes, Cavallo 與 Oxley (2013)等文獻中亦有採用過類似概念，然而與過去文獻不同的是，本研究將行走時間與車輛到達時間的想像估計視作一種能力而非作為主觀時間結果，因此並未沿用過去研究所使用的「估計時間÷實際時間」做法，而是以「|估計時間－實際時間|」作為「能力」的代表值。

本研究之模式建構將穿越結果分為「拒絕」、「安全穿越」及「不安全穿越」。本研究曾嘗試將「拒絕」之間距列為「安全穿越」，並進行模式建構，如表 34 所示。從結果可知，在時間間距變數的係數值出現較大的不同，主要由於遭拒絕之間距多為小間距，影響了時間間距帶來的效果，並使模式結果與常理不同。然而由於遭拒絕之間距在實驗設計當中並無法量測出其決策是否安全，因此後續研究將該類間距移出模式建構的資料。

表 34 穿越安全性 Logistic Regression 模式調整

| 拒絕之間距               | 不列入計算             | 視為安全              |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| 常數                  | -6.948*** (0.606) | -0.667** (0.268)  |
| 車速=40               | -0.392** (0.189)  | -0.195* (0.109)   |
| 車速=60               | -0.450** (0.191)  | -0.199* (0.109)   |
| 時間間距                | 1.469*** (0.078)  | -0.076*** (0.017) |
| 時間提示<br>(有=1)       | 0.292* (0.155)    | 0.298*** (0.087)  |
| 年齡組<br>(年輕=1)       | 1.774*** (0.205)  | 0.786*** (0.110)  |
| 擁有汽車駕照              | 0.733*** (0.205)  | 0.668*** (0.115)  |
| 男性                  | 0.415** (0.194)   | 0.085 (0.112)     |
| 行走困難<br>(有=1)       | -0.650*** (0.223) | -0.471*** (0.114) |
| 腦部疾病<br>(有=1)       | -0.234 (0.460)    | -0.664** (0.262)  |
| 日常運具<br>(非汽機車=1)    | 0.490** (0.239)   | 0.588*** (0.130)  |
| 外出頻率<br>(天/週)       | -0.111** (0.050)  | -0.057** (0.027)  |
| 每次外出時間<br>(>4 小時=1) | -0.320 (0.195)    | -0.096 (0.109)    |
| 最小接受間距              | 0.197*** (0.057)  | 0.517*** (0.028)  |
| 決策時間(秒)             | -0.049*** (0.004) | -- <sup>註</sup>   |
| 行走用時估計落差            | -0.587*** (0.091) | -0.223*** (0.047) |
| 車輛到達時間估計落差          | -0.259*** (0.097) | -0.180*** (0.053) |
| 態度                  | -0.027*** (0.007) | -0.009** (0.004)  |
| 情感態度                | 0.135** (0.054)   | 0.010 (0.029)     |
| 觀測值                 | 2,376             | 4,428             |

顯著性：\* p&lt;0.1; \*\* p&lt;0.05; \*\*\* p&lt;0.01

<sup>註</sup>：拒絕之間距無法量測決策時間，故不列入

#### 4.3.3. 時間提示的效果

時間提示可以有效提升受試者的穿越決策安全程度，從受試者的安全裕度及穿越安全性邏輯斯迴歸模式當中可以確定時間提示的有效性。時間提示最主要作用在於改善高齡者選擇過小間距的現象，並減少受試者的決策時間。過去的穿越決策研究當中曾經利用教育訓練的方式嘗試提升受試者的穿越安全程度，Dommes 與 Cavallo (2012)發現以訓練的方法雖然能夠提高受試者的道路穿越安全性，卻無法改善他們對於速度及間距的判斷能力。Sugimoto 與 Nakamura (2008)則以無線通訊技術提供行人與汽車駕駛兩者交會的即時時間提示，並以實驗證明在時間提示的協助下，行人與汽車駕駛行為會受到改變。

本研究提出了以即時時間提示作為道路穿越的輔助方式，並確定這樣的方式可以有效幫助受試者減少決策時間及提升安全性，提供後續開發以時間提示為主的道路穿越輔助手段的理論基礎。未來亦可研究類似於時間提示的類似輔助措施，例如：利用道路設計、標誌標線設計配合教育訓練，增進對速度及時間間距的判斷能力。

#### 4.3.4. 研究設計檢討與建議

基於時間限制及實驗難度的考量，本研究實驗設計以簡單易懂為原則。為了減少受試者的負擔，本研究將穿越決策實驗的設計簡化為單一車道、單一方來車且道路兩側無車輛停留的場景，然現實環境中此情景的出現機率並不多。另外，實驗設計將來車方向全面控制為右方來車，只為將來車方向統一，並無其他考量，只與道路安全教育中要求查看來車方向「先左後右」的方向相反。後續研究可應用不同的道路幾何設計、車流、車種組合變化，使實驗場景更接近現實環境。穿越決策與車輛到達時間沿用相同影片也是為了便於受試者能更快速進入狀況，無須重新理解，後續研究亦可沿用此一模式，可在模式建構之外加入主觀時間的影響效果。

為避免實驗順序的學習效果影響受試者的決策，本研究每一組實驗影片 3 種速率、9 種間距共 27 支影片採隨機順序撥放，且每一組實驗之間皆有短暫休息時間，受試者並無法藉由任何方式獲得影片資訊進而引發學習效果，後續研究亦須注意影片撥放順序之效果，藉由隨機撥放可以減少學習現象。本研究為節省實驗時間，在實驗開始前並無準備練習階段，僅以施測者進行一次操作示範，然而在實驗過程中發現受試者仍容易誤解，後續研究應準備練習階段供受試者實際操作，能更容易理解實驗內容。

本研究設計之實驗包含多項實際操作配合時間、問卷紀錄之內容，本次實驗並未加入全程影像紀錄，後續研究或可加入影像紀錄資源，可收集受試者的細微動作並確保實驗記錄之正確性。

本研究採用動覺與視覺想像能力量表(KVIQ)作為動作想像能力之指標，然而成效不彰，並有與其他實驗結果衝突之現象，主因為量表之操作及受試者理

解之差異。在本研究中並未作為研究結果呈現，建議後續研究亦可採用類似之量表，唯須注意操作時的正確性及受試者的接受程度，以更精準的方式應用此一工具。

受試者的生活習慣及健康狀況一定程度的影響了其決策的安全性，然而在本研究當中因為擁有部分特性的受試者過少，而在數據分析中無法顯示其特性，後續之研究可針對生活習慣及健康狀況進行實驗設計。藉由相關資料的分析，可以簡單的問卷方式對於高齡者的穿越決策情形進行預測、評估及發展行人安全的分類模式。

在 Petzoldt (2014) 中認為受試者主觀時間與實際時間的落差是造成受試者對間距判斷偏誤的原因之一，並藉由主觀時間的分析來研究此一現象。在本文當中並沒有探討主觀時間造成的影響，後續研究或可深入討論不同年齡組的主觀時間誤差及其對於穿越間距選擇和決策安全性的影響。



## 第五章 結論與建議

### 5.1. 結論

為了瞭解高齡行人在道路穿越環境上的困境，並尋找可能的輔助措施，本研究針對行人的感知、認知能力及體能進行探討，藉由文獻回顧，我們了解到高齡者會接受對他們而言過小的間距，並因為身體機能的退化，對於外在環境及自身能力的評估都有不同程度的落差。基於探究高齡者的困境，從動作想像能力的角度出發，本研究招募高齡受試者及年輕對照組，在實驗室內進行實證研究，設計多項實驗以測定受試者的動作想像能力、車輛到達時間估計能力、決策行為及決策安全性，並建立模式探討實驗設計、受試者生活型態、受試者認知能力與決策行為對於決策安全程度的影響，根據本研究所提出之假設以及實驗結果，整理出以下結論：

#### 5.1.1. 自我能力評估與間距選擇行為

行人對於自我能力的評估會影像他們選擇兼具的行為，穿越道路所需要時間的估計代表著受試者對於行走距離判斷與對自身體能的了解。從實驗當中我們了解到高齡組的受試者的想像行走時間與年輕人相去不遠，然而實際行走時卻需要更多的時間才能完成，這顯示高齡者並不了解自身體能早有退化的情形。從 4.2.8 最小接受間距迴歸模式當中，我們也觀察到受試者的間距選擇與其想像穿越時間有顯著的相關性，表示認為自己走路較慢的受試者會選擇比較大的間距以確保安全。在圖 26 當中能觀察到高齡者對於過小間距接受度偏高的現象，顯示高齡者對於自身能力的高估的確致使他們選擇了過小的間距，驗證了 Oxley 等人 (2005) 中所提到的現象。

#### 5.1.2. 狀態評估能力與決策安全

動作想像能力愈好的受試者與對車輛到達時間估計越準確的受試者會做出愈安全的決策，對狀態評估的能力會決定受試者的穿越決策安全程度。從表 23 中我們可以觀察到受試者的行走時間估計用時差值多為負值，顯示行人所認定的行走時間短於其真正需要的行走時間，其中高齡者的低估現象較年輕組更為明顯。而在 4.2.6 車輛到達時間估計的結果中，可以發現平均的估計落差值為正，表示行人的估計會比實際車輛到達時間更晚，也就是會延長自己可以穿越道路的時間。無論是車輛到達時間的延後還是行走時間的縮短，諸如此類的估計結果將會為行人的道路穿越行為帶來危險。

#### 5.1.3. 高齡者的能力退化

研究實驗結果揭示了高齡組無論在動作想像能力或對車輛到達時間估計的能力都比年輕組差，驗證了文獻當中提到高齡者因為感知及認知能力的下滑，導致該族群於道路穿越的任務中容易做出不安全的決定(Zivotofsky 等人，

2012)。高齡者相對年輕組而言需要更多的行走時間，然高齡者的想像行走時間卻與年輕人相去不多，顯然高齡者並未意識到體能退化帶來的影響。高齡者對於車輛到達時間的估計落差值也比年輕人大，正確率偏低，然而從差值來看可以看到高齡組相對來說更為保守，對車輛到達時間點的估計事實上較年輕組更早。除了評估能力之外，本研究藉由實驗也驗證了文獻中提及高齡者所需判斷時間更長的問題(圖 35)。高齡者在體能及評估能力的退化導致他們對於偏小間距的接受程度偏高，加上過長的決策時間，造成整體安全裕度減少的問題。

然而老化並非均質的現象，每一個人的能力皆有程度高下的不同(Kalicinski 等人, 2015)，會受到其健康狀況與生活習慣影響。在本文 4.2.11. 穿越安全性邏輯迴歸分析當中顯示，健康狀況對於安全性的影響較大，生活習慣的影響則較小。生活習慣及健康狀態造成的影響在本研究當中僅能略作分析，尚有待後續研究進行更細緻的實驗以探討相關因素的影響。

#### 5.1.4. 提示介入對受試者的幫助

「時間提示」是本研究所提出之行人道路穿越輔助措施，並藉由實驗證明時間提示的介入可以有效提升決策的安全程度。時間提示主要用於取代車輛到達時間的估計，給予正確的剩餘穿越提問，並對「間距選擇」及「決策時間」造成直接的影響。在圖 26 中可以明顯看見高齡組在給予時間提示之後減少了小間距的接受比例，然而對於年輕組而言，影響並不那麼顯著(圖 30)，在 4.2.9. 決策時間一節中，我們也證明了給予提問提示之後，受試者的決策時間能顯著縮短。此二效果使高齡者拒絕不夠寬裕的間距以外，也增加了安全裕度，提升整體的決策安全性，相關的結果在圖 37 及表 33 中皆有出現。

## 5.2. 建議

本研究進行的過程當中，參考眾多國外研究文獻，嘗試以國內居民為對象進行實驗，由於實驗設計的限制本研究仍有許多不足之處，然而本研究之成果尚可為道路交通安全領域提出建議。

### 5.2.1. 後續研究

決策實驗方法尚有改進之處。本研究將實驗設計於室內進行，採用三角度液晶螢幕搭配按鈕回應，並只進行單一車輛的決策實驗，與實際環境尚有落差。後續之研究可更貼近現實環境，採用連續車流、混和車流、多車道場景…等設計，以驗證複雜環境中的間距選擇行為。此外，按鈕回應亦與現實決策之方式有所不同，後續之研究可加入身體動作，如：「踏第一步」、「完整穿越任務」，以模擬真實道路決策的動作。

模式建構應根據實驗設計改良。本研究採取重複量測的實驗方法，以多次實驗的方式了解受試者的能力與決策，然在分析方法上並未採取相應的分析方式，後續研究應注意相關條件限制。

主觀時間的效果應予以考慮。本次研究當中並未採用主觀時間來分析受試者的決策行為，後續之研究應加以考慮有關的實驗及數據處理方式，以了解主觀時間對與客觀時間之落差造成的影響程度。

### 5.2.2. 政策意義

時間提示能有效改善決策的安全性，可應用於高齡行人穿越之輔助措施。時間作為道路穿越任務中的關鍵因子，然而行人對時間的估計有其極限，並會隨著老化而加重偏差，即時提示可以縮短決策時間並減少對於過小間距的誤判，藉由資通訊技術，發展以物聯網為基礎的 ITS 行人輔助工具，時間倒數提示將會是應用方向之一。

行人的動作想像能力與車輛到達時間估計能力也是穿越安全性的關鍵因素，然而對於外在環境的認知能力無法借由訓練方式來提升，因此對於高齡者的交通安全教育應著重於對自身能力的掌握。

高齡者的對自身能力的認知和對外在環境感知的能力相較於年輕人而言較差，尤其在車輛高速行駛的時候，更容易做出較不安全的決策。因此高齡者聚居的社區附近，應針對此一特性設計能協助高齡者判斷的空間環境，並對車輛提出速限規範。

## 參考文獻

- Breckler, S. J. (1984). Empirical validation of affect, behavior, and cognition as distinct components of attitude. *Journal of personality and social psychology*, 47(6), 1191.
- Decety, J., & Boisson, D. (1990). Effect of brain and spinal cord injuries on motor imagery. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience, Volume 240*(1), 39-43.
- Dominey, P., Decety, J., Broussolle, E., Chazot, G., & Jeannerod, M. (1995). Motor imagery of a lateralized sequential task is asymmetrically slowed in hemi-Parkinson's patients. *Neuropsychologia*, 33(6), 727-741.
- Dommes, A., & Cavallo, V. (2012). Can simulator-based training improve street-crossing safety for elderly pedestrians? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(2), 206-218. doi: 10.1016/j.trf.2011.12.004
- Dommes, A., Cavallo, V., Dubuisson, J. B., Tournier, I., & Vienne, F. (2014). Crossing a two-way street: comparison of young and old pedestrians. *Journal of Safety Research*, 50.
- Dommes, A., Cavallo, V., & Oxley, J. (2013). Functional declines as predictors of risky street-crossing decisions in older pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 59, 135-143. doi: 10.1016/j.aap.2013.05.017
- Dommes, A., Cavallo, V., Vienne, F., & Aillerie, I. (2012). Age-related differences in street-crossing safety before and after training of older pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 44(1), 42-47. doi: 10.1016/j.aap.2010.12.012
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381-391. doi: 10.1037/h0055392
- Fitzpatrick, K., Turner, S. M., Brewer, M., Carlson, P. J., Ullman, B., Trout, N. D., . . . Lord, D. (2006). *Improving pedestrian safety at unsignalized crossings*.
- Germann, W. J., & Stanfield, C. L. (2005). *Principle of Human Physiology* (2nd ed.). San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.
- Guillot, A., & Collet, C. (2005). Duration of mentally simulated movement: a review. *Journal of Motor Behavior*, 37(1), 10-20. doi: 10.3200/JMBR.37.1.10-20
- Hall, C., Pongrac, J., & Buckholz, E. (1985). The measurement of imagery ability. *Human Movement Science*, 4(2), 107-118. doi: http://dx.doi.org/10.1016/0167-9457(85)90006-5
- Hall, C. R., & Martin, K. A. (1997). Measuring movement imagery abilities: A revision of the Movement Imagery Questionnaire. *Journal of Mental Imagery*, 21(1-2), 143-154.
- Hancock, P. A., & Manster, M. P. (1997). Time-to-Contact: More Than Tau Alone. *Ecological Psychology*, 9(4), 265-297. doi: 10.1207/s15326969eco0904\_2
- Hardy, L., & Callow, N. (1999). Efficacy of External and Internal Visual Imagery Perspectives for the Enhancement of Performance on Tasks in Which Form Is Important *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 21(2), 95-112.
- Holland, C., & Hill, R. (2010). Gender differences in factors predicting unsafe crossing decisions in

- adult pedestrians across the lifespan: a simulation study. *Accident Analysis and Prevention*, 42(4), 1097-1106. doi: 10.1016/j.aap.2009.12.023
- Holland, C. A., Hill, R., & Cooke, R. (2009). Understanding the role of self-identity in habitual risky behaviours: pedestrian road-crossing decisions across the lifespan. *Health Education Research*, 24(4), 674-685. doi: 10.1093/her/cyp003
- HSP Research Foundation. (2006). HSP and walking. *HSP Research Foundation*. from <http://www.hspersunite.org.au/hsp-and-walking/>
- Isaac, A., Marks, D. F., & Russell, D. G. (1986). An instrument for assessing imagery of movement: The Vividness of Movement Imagery Questionnaire (VMIQ). *Journal of Mental Imagery*, 10(4), 23-30.
- Jeannerod, M. (1994). The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 17(2), 187-245.
- Jeannerod, M. (1995). Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia*, 33(11), 1419-1433.
- Kalicinski, M., Kempe, M., & Bock, O. (2015). Motor imagery: effects of age, task complexity, and task setting. *Experimental Aging Research*, 41(1), 25-38. doi: 10.1080/0361073X.2015.978202
- Lobjois, R., & Cavallo, V. (2007). Age-related differences in street-crossing decisions: the effects of vehicle speed and time constraints on gap selection in an estimation task. *Accident Analysis and Prevention*, 39(5), 934-943. doi: 10.1016/j.aap.2006.12.013
- Lobjois, R., & Cavallo, V. (2009). The effects of aging on street-crossing behavior: from estimation to actual crossing. *Accident Analysis and Prevention*, 41(2), 259-267. doi: 10.1016/j.aap.2008.12.001
- Lotze, M., & Halsband, U. (2006). Motor imagery. *Journal of Physiology Paris*, 99(4-6), 386-395. doi: 10.1016/j.jphysparis.2006.03.012
- Malouin, F., Richards, C. L., Durand, A., & Doyon, J. (2008). Reliability of mental chronometry for assessing motor imagery ability after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(2), 311-319. doi: 10.1016/j.apmr.2007.11.006
- Malouin, F., Richards, C. L., Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Durand, A., & Doyon, J. (2007). The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for Assessing Motor Imagery in Persons with Physical Disabilities: A Reliability and Construct Validity Study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31(1), 20-29. doi: 10.1097/01.npt.0000260567.24122.64
- Martini, R., Carter, M. J., Yoxon, E., Cumming, J., & Ste-Marie, D. M. (2016). Development and validation of the Movement Imagery Questionnaire for Children (MIQ-C). *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 190-201. doi: 10.1016/j.psychsport.2015.08.008
- Melbourne Osteopathy Group - Osteopath Fitzroy North. General Information on Low Back and Pelvis Stretches. *Osteopath information resource*. from <http://www.osteoinfo.com.au/self-management/self-management-and-the-low-back/low-back-stretching>
- Memorial Sloan Kettering Cancer Center. Arm Exercise Program. *Memorial Sloan Kettering Cancer Center's Web site*. from <https://www.mskcc.org/cancer-care/patient-education/upper-extremity-exercise>

- Mulder, T. (2007). Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission*, 114(10), 1265-1278. doi: 10.1007/s00702-007-0763-z
- Mulder, T., Hochstenbach, J. B., van Heuvelen, M. J., & den Otter, A. R. (2007). Motor imagery: the relation between age and imagery capacity. *Human Movement Science*, 26(2), 203-211. doi: 10.1016/j.humov.2007.01.001
- Naito, E. (1994). Controllability of Motor Imagery and Transformation of Visual Imagery. *Perceptual and Motor Skills*, 78(2), 479-487. doi: 10.2466/pms.1994.78.2.479
- Naveteur, J., Delzenne, J., Sockeel, P., Watelain, E., & Dupuy, M. A. (2013). Crosswalk time estimation and time perception: An experimental study among older female pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 60, 42-49.
- Oxley, J. A., Ihsen, E., Fildes, B. N., Charlton, J. L., & Day, R. H. (2005). Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 37(5), 962-971. doi: 10.1016/j.aap.2005.04.017
- Page, S. J., Levine, P., Sisto, S. A., & Johnston, M. V. (2001). Mental practice combined with physical practice for upper-limb motor deficit in subacute stroke. *Journal of the American Physical Therapy Association*, 81(8), 1455-1462.
- Petzoldt, T. (2014). On the relationship between pedestrian gap acceptance and time to arrival estimates. *Accident Analysis and Prevention*, 72, 127-133. doi: 10.1016/j.aap.2014.06.019
- Roberts, R., Callow, N., Hardy, L., Markland, D., & Bringer, J. (2008). Movement Imagery Ability: Development and Assessment of a Revised Version of the Vividness of Movement Imagery Questionnaire. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 2008(30), 200-221.
- Romero-Ortuno, R., Cogan, L., Cunningham, C. U., & Kenny, R. A. (2010). Do older pedestrians have enough time to cross roads in Dublin? A critique of the Traffic Management Guidelines based on clinical research findings. *Age Ageing*, 39(1), 80-86. doi: 10.1093/ageing/afp206
- Schiff, W., Oldak, R., & Shah, V. (1992). Aging Persons' Estimates of Vehicular Motion. *Psychology and aging*, 7(4), 5118-5525.
- Schott, N. (2012). Age-related differences in motor imagery: working memory as a mediator. *Experimental Aging Research*, 38(5), 559-583. doi: 10.1080/0361073X.2012.726045
- Sueur, C., Class, B., Hamm, C., Meyer, X., & Pelé, M. (2013). Different risk thresholds in pedestrian road crossing behaviour: a comparison of French and Japanese approaches. *Accident Analysis and Prevention*, 58, 59-63. doi: 10.1016/j.aap.2013.04.027
- Sugimoto, C., & Nakamura, Y. (2008, 24-24 Oct. 2008). *Provision of information support by pedestrian-to-vehicle communication system*. Paper presented at the 2008 8th International Conference on ITS Telecommunications, Phuket.
- Williams, S. E., Guillot, A., Rienzo, F. D., & Cumming, J. (2015). Comparing self-report and mental chronometry measures of motor imagery ability. *European Journal of Sport Science*, 15(8), 703-711. doi: 10.1080/17461391.2015.1051133
- Zivotofsky, A. Z., Eldror, E., Mandel, R., & Rosenbloom, T. (2012). Misjudging Their Own Steps:

- Why Elderly People Have Trouble Crossing the Road. *Human Factors*, 54(4).
- 交通部運輸研究所 (2010)。運輸安全網站資料系統【網路資料庫】。取自 <http://talas-pub.iot.gov.tw/MainQuery.aspx>。
- 林孟嶽、鄭溫煥與張鼎乾 (2014)。大專運動員動作與運動意象能力：量表中文文化與現況分析。  
**運動研究**，23 (2)，頁 1-19。doi: 10.6167/JSR/2014.23(2)1
- 林啟賢 (2011)。中文動作意象量表修訂版之編製。**大專體育學刊**，13 (3)，頁 289-300。doi: 10.5297/ser.1303.008
- 秦秀蘭 (2012)。**認知老化的理論與實務**。新北市：揚智文化。
- 國家發展委員會 (2014)。**中華民國人口推計 (103 至 150 年)**。
- 張惠如 (1994)。**男女運動員與非運動員的心象能力和認知動作表現之差異**。碩士論文，國立臺灣師範大學體育研究所。



## 附錄一 問卷設計

### 動作想像能力於道路穿越行為之應用研究

您好：

本研究目的在瞭解行人在過馬路時，對於道路情況與車流狀態的判斷與道路穿越的決策能力，研究成果有助於改善臺灣的行人交通安全。

此次實驗將會分成三個階段進行，整個流程約 90 分鐘，首先要請您完成手上這份問卷，問卷共有六個部份，請依序填寫完成後交給工作人員，並聽從工作人員的指引進行下一段實驗。您的填答對於本研究能否完成十分重要，各題的答案並沒有對錯之分，請依照個人的經驗與想法填答即可。本研究所蒐集的資料僅用於學術研究使用絕不外流，感謝您熱心的協助。

國立交通大學運輸與物流管理研究所

指導教授：馮正民

鍾易詩

研究生：張旗晏

#### 第一部分 健康狀況

1. 請問您是否曾因生病或受傷導致現在行走困難？若有，請問造成原因為何？

☐是，因為\_\_\_\_\_ ☐否

2. 請問您是否患有下列疾病？(可複選)

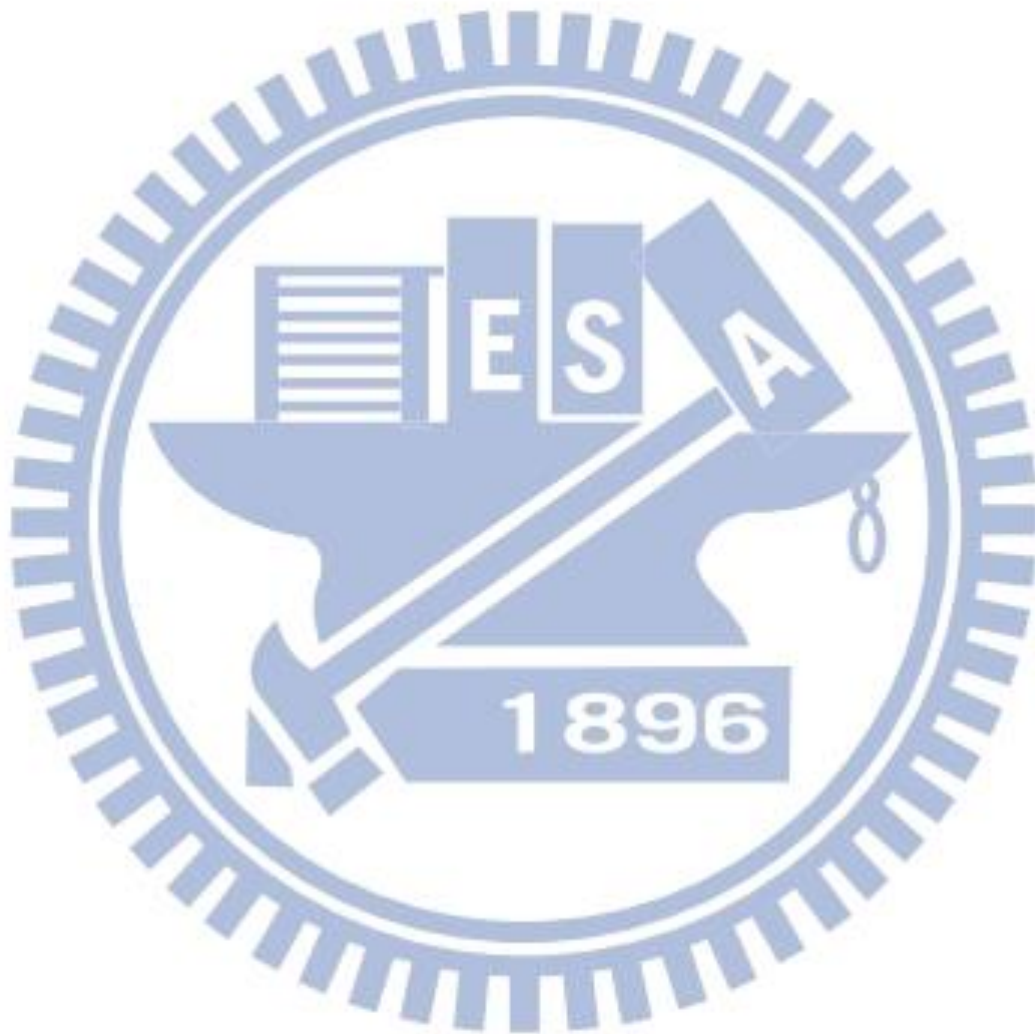
☐無 ☐腦中風 ☐阿茲海默症 ☐老人失智症 ☐帕金森氏症

☐亨丁頓舞蹈症 ☐憂鬱症 ☐心臟病 ☐高血壓 ☐糖尿病

☐其他腦部疾病：\_\_\_\_\_ ☐其他慢性病：\_\_\_\_\_

#### 第二部份 基本資料

1. 您的年齡：\_\_\_\_\_
2. 您的性別：☐男性 ☐女性
3. 您的職業：\_\_\_\_\_ (☐已退休請勾選)
4. 您目前居住的地區：\_\_\_\_\_市\_\_\_\_\_區
5. 持有駕照類型(複選)：☐機車 ☐汽車 ☐無



### 第三部分 生活型態

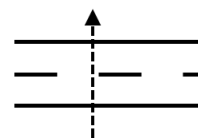
1. 請問您目前的居住狀態為？  
☐一個人住(續題 3) ☐安養中心(續題 3) ☐與他人同住(續題 2)
2. 同住人為您的(可複選)(若非與他人同住可不答)  
☐配偶/伴侶 ☐父母 ☐晚輩 ☐朋友/室友 ☐看護 ☐兄弟姊妹
3. 請問您有參加社團或進修活動嗎？  
☐是，活動類型：\_\_\_\_\_ ☐否
4. 請問您有參加社區服務嗎？  
☐是 ☐否
5. 請問目前生活中是否有看護人員照顧或陪同？  
☐是 ☐否
6. 請問您目前最常使用的交通工具為何？(單選)  
☐汽車 ☐機車 ☐汽車被載 ☐機車被載  
☐自行車 ☐走路 ☐公車 ☐捷運 ☐其他：\_\_\_\_\_
7. 請問您年輕時(20~40 歲)最常使用的交通工具為何？(單選)  
☐汽車 ☐機車 ☐汽車被載 ☐機車被載  
☐自行車 ☐走路 ☐公車 ☐捷運 ☐其他：\_\_\_\_\_

### 第四部分 行走經驗與習慣

1. 請問您每週大約有幾天會出門？ 每週\_\_\_\_\_天
2. 請問平均每次出門時間大約多長？  
☐不到 2 小時 ☐2~4 小時 ☐4~8 小時 ☐8 小時以上
3. 請問您出門時都有人陪同嗎？  
☐是，陪同者是\_\_\_\_\_ ☐否
4. 請問比起年輕時(20~40 歲)，您出門的頻率變化如何？  
☐較少 ☐差不多 ☐較多

5. 請問您最近走路穿越沒有紅綠燈的道路(如右圖)的機會是

☐很少 ☐偶爾 ☐普通 ☐經常 ☐幾乎每次都會



6. 請問您年輕時(20~40 歲)走路穿越沒有紅綠燈的道路(如上圖)的機會是

☐很少 ☐偶爾 ☐普通 ☐經常 ☐幾乎每次都會

## 第五部份 違規與事故經驗

1. 請問您在過去一年之內是否曾經收到過汽機車交通罰單(不含違規停車)

☐是，共\_\_\_\_\_次 ☐否

2. 請問您在過去一年之內是否曾經收到過行人交通罰單

☐是，共\_\_\_\_\_次 ☐否

3. 請問您在過去一年之內是否曾經在駕駛汽機車時發生過車禍？

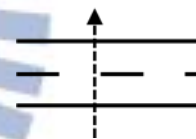
☐是，共\_\_\_\_\_次 ☐否

4. 請問您在過去一年之內是否曾經在走路時發生過車禍？

☐是，共\_\_\_\_\_次 ☐否

5. 請問您最近走路穿越沒有紅綠燈的道路時(如右圖)，幾乎要被其他車輛撞到的次數是

☐很少 ☐偶爾 ☐普通 ☐經常 ☐幾乎每次都會



6. 請問您最近走路穿越沒有紅綠燈的道路時(如上圖)，是否曾發生車禍？

☐是，有\_\_\_\_\_次 ☐否

7. 請您回想年輕時(20~40 歲)走路穿越沒有紅綠燈的道路時(如上圖)，幾乎要被其他車輛撞到的次數是

☐很少 ☐偶爾 ☐普通 ☐經常 ☐幾乎每次都會

8. 請您回想年輕時(20~40 歲)走路穿越沒有紅綠燈的道路時(如上圖)，是否曾發生車禍？

☐是，有\_\_\_\_\_次 ☐否

## 第六部份 特定情境穿越行為

接下來要請你依照假設的情境進行填答，你會遇到一些問題與選項，請依照你的同意程度回答，你可以參考選項的描述如右：

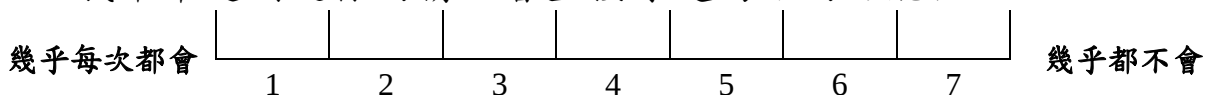
|   |       |
|---|-------|
| 1 | 非常不同意 |
| 2 | 不同意   |
| 3 | 有點不同意 |
| 4 | 普通    |
| 5 | 有點同意  |
| 6 | 同意    |
| 7 | 非常同意  |



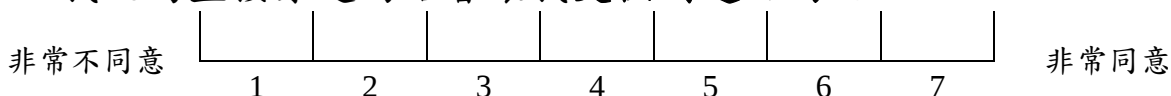
像是上面這張圖所畫的，你正要前往對面的便利商店購物，面前的道路是一條約 10 公尺寬的雙向兩車道，速限是每小時三十公里(30 km/hr)，附近沒有行人穿越道(斑馬線)，路上有一些車子...

請依照上面敘述的狀況回答下列題目：

a. 我平常遇到這樣的情況會直接穿越馬路的可能性：



b. 我認為直接穿越馬路會讓我更快到達目的地



c. 我認為直接穿越馬路來讓我更快到達目的地是一件好事

|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|------|
| 非常不同意 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常同意 |
|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|       | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |      |

d. 我認為直接穿越馬路會讓我節省時間

|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|------|
| 非常不同意 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常同意 |
|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|       | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |      |

e. 我認為直接穿越馬路來會讓我節省時間是一件好事

|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|------|
| 非常不同意 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常同意 |
|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|       | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |      |

f. 我認為直接穿越馬路會干擾到其他駕駛

|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|------|
| 非常不同意 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常同意 |
|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|       | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |      |

g. 我認為直接穿越是否會干擾到其他駕駛對我來說...

|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|------|
| 非常不重要 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常重要 |
|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|       | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |      |

h. 在上述情境中，我的朋友都會直穿越馬路

|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|------|
| 非常不同意 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常同意 |
|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|       | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |      |

i. 在上述情境中，我的家人都會直接穿越馬路

|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|------|
| 非常不同意 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常同意 |
|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|       | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |      |

j. 在上述情境中，像我這樣的人都會直接穿越馬路

|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|------|
| 非常不同意 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常同意 |
|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|       | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |      |

k. 在上述情境中，會選擇直接穿越馬路的人...

|     |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|-----|
| 非常少 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常多 |
|     |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |     |
|     | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |     |

l. 在上述情境中，我的朋友覺得我應該要直接穿越馬路

|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|------|
| 非常不同意 | <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |   |   |   |   |   |   |  | 非常同意 |
|       |                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |  |      |
|       | 1                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |      |

m. 在上述情境中，我的家人覺得我應該要直接穿越馬路

|       |   |   |   |   |   |   |   |      |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 非常不同意 |   |   |   |   |   |   |   | 非常同意 |
|       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |      |

n. 在上述情境中，其它路人覺得我應該要直接穿越馬路

|       |   |   |   |   |   |   |   |      |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 非常不同意 |   |   |   |   |   |   |   | 非常同意 |
|       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |      |

o. 在上述情境中，是否直接穿越馬路，是我可以自主決定的

|       |   |   |   |   |   |   |   |      |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 非常不同意 |   |   |   |   |   |   |   | 非常同意 |
|       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |      |

p. 在上述情境中，我有信心可以直接穿越馬路

|       |   |   |   |   |   |   |   |       |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| 非常沒信心 |   |   |   |   |   |   |   | 非常有信心 |
|       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |       |

q. 比起直接穿越馬路，等到車輛全部通過後才行動讓我覺得

|       |   |   |   |   |   |   |   |      |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 非常不舒服 |   |   |   |   |   |   |   | 非常舒服 |
|       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |      |

r. 在上述情境中，我喜歡直接穿越馬路

|       |   |   |   |   |   |   |   |      |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 非常不喜歡 |   |   |   |   |   |   |   | 非常喜歡 |
|       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |      |

s. 在上述情境中，直接穿越馬路令我感到愉快

|       |   |   |   |   |   |   |   |      |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 非常不愉快 |   |   |   |   |   |   |   | 非常愉快 |
|       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |      |

t. 這種情況下我幾乎都會選擇用跑步的

|      |   |   |   |   |   |   |   |       |
|------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| 幾乎都會 |   |   |   |   |   |   |   | 幾乎都不會 |
|      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |       |

問卷到此結束

請將問卷交給工作人員以繼續下一階段實驗

## 附錄二 動覺與視覺想像能力量表

### 動覺想像

這個部分將進行動覺想像能力測驗，動覺想像能力是需要你想像並感受動作時身體肌肉、姿勢的感覺，等以下的測試將分為四個階段，分別是(1)起始動作 (2)動作示範 (3)動作想像 (4)評估。在(2)動作示範時，請跟著工作人員一起執行一次動作，在(3)動作想像時請不要執行任何動作，只要去感受就好。在(4)評估時，請在下方量表處根據感受強烈程度勾選分數，你可以參考這下列關於強烈程度的敘述：

| 5             | 4      | 3    | 2      | 1     |
|---------------|--------|------|--------|-------|
| 感受強烈得有如正在進行動作 | 感受相當強烈 | 感受普通 | 只有輕微感受 | 完全沒感覺 |

| 動覺想像感受程度量表 |                                                 |        |   |   |   |      |
|------------|-------------------------------------------------|--------|---|---|---|------|
|            | 動作說明                                            | 感受強烈程度 |   |   |   |      |
|            |                                                 | 非常強烈   |   |   |   | 沒有感覺 |
|            |                                                 | 5      | 4 | 3 | 2 | 1    |
| 1          | 起始動作：雙手自然垂於身側<br>執行動作：雙手伸直從前方向上抬起直到水平           |        |   |   |   |      |
| 2          | 起始動作：慣用手手心向上輕鬆放在大腿上<br>執行動作：以拇指依序輕碰食指、中指、無名指及小指 |        |   |   |   |      |
| 3          | 起始動作：雙手輕放在大腿上<br>執行動作：上半身前屈，盡量讓頭能碰到膝蓋、讓雙手能碰到地面  |        |   |   |   |      |
| 4          | 起始動作：站立姿勢，雙手輕扶椅背<br>執行動作：請單腳站立，另一腳從身側向外抬起       |        |   |   |   |      |
| 5          | 起始動作：雙手輕放於大腿上<br>執行動作：雙腳輕輕踏步                    |        |   |   |   |      |

## 視覺想像

這個部分將進行視覺想像能力測驗，視覺想像能力需要你能想像你看見有一個其他人正在完成這個動作，等一下的測試將分為四個階段，分別是(1)起始動作 (2)動作示範(3)動作想像(4)評量。在(2)動作示範時，請跟著工作人員一起執行一次動作，在(3)動作想像時請不要執行任何動作，只要想像就好。在(4)評估時，請在下方量表處根據想像畫面清晰程度勾選分數，你可以參考這下列關於強烈程度的敘述：

| 5                       | 4      | 3    | 2      | 1     |
|-------------------------|--------|------|--------|-------|
| 畫面清晰的<br>像是正目睹<br>動作的進行 | 畫面相當清楚 | 普通清楚 | 畫面有點模糊 | 完全沒畫面 |

| 視覺想像感受程度量表 |                                                 |                                                                                      |   |   |   |      |
|------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|------|
|            | 動作說明                                            | 畫面清晰程度                                                                               |   |   |   |      |
|            |                                                 | 非常清楚                                                                                 |   |   |   | 沒有畫面 |
|            |                                                 |  |   |   |   |      |
|            |                                                 | 5                                                                                    | 4 | 3 | 2 | 1    |
| 1          | 起始動作：雙手自然垂於身側<br>執行動作：雙手伸直從前方向上抬起直到水平           |                                                                                      |   |   |   |      |
| 2          | 起始動作：慣用手手心向上輕鬆放在大腿上<br>執行動作：以拇指依序輕碰食指、中指、無名指及小指 |                                                                                      |   |   |   |      |
| 3          | 起始動作：雙手輕放在大腿上<br>執行動作：上半身前屈，盡量讓頭能碰到膝蓋、讓雙手能碰到地面  |                                                                                      |   |   |   |      |
| 4          | 起始動作：站立姿勢，雙手輕扶椅背<br>執行動作：請單腳站立，另一腳從身側向外抬起       |                                                                                      |   |   |   |      |
| 5          | 起始動作：雙手輕放於大腿上<br>執行動作：雙腳輕輕踏步                    |                                                                                      |   |   |   |      |