

國立成功大學

交通管理科學系

碩士論文

探討高齡者友善之新型態機車設計考量要素

**Exploring the Design Considerations of Elderly-Friendly
Motorcycle**

研 究 生：張舜傑

指導教授：魏健宏 博士

中華民國一百一十一年六月

國立成功大學

碩士論文

探討高齡者友善之新型態機車設計考量要素

Exploring the Design Considerations of Elderly-Friendly
Motorcycle

研究生：張舜傑

本論文業經審查及口試合格特此證明

論文考試委員：

陶沅中

吳昆峰

鄭祖睿

魏健宏

指導教授：

魏健宏

單位主管：

鄭子祥

(單位主管是否簽章授權由各院、系(所、學位學程)自訂)

中華民國 111 年 6 月 27 日

摘要

我國即將於 2025 年進入超高齡化社會，由於醫療技術的演進，已有愈來愈多可以自主行動的高齡者活躍於交通系統當中，然而其生理機能卻在逐漸退化，使得高齡者駕駛機車出行時風險提升，從而導致事故發生的機率增加，高齡交通事故死亡人數更已達 40% 以上，可見高齡交通安全室相當嚴重的問題。但我國之城鄉發展不均，且人行道建設及大眾運輸普及率在許多地區皆嚴重不足，以上諸多因素迫使駕駛能力退化的高齡者，仍須使用機車作為其主要交通工具，此種缺乏合於自身身體條件下的運具選擇困境，已形成高齡交通環境中日漸惡化的破口。因此設計符合高齡者使用需求且以安全為首要考量之新型態機車，將可在考量其移動能力的前提下，提供更安全易操作的運具選擇，而對操作能力要求較低的設計，亦可減少因自身操作不當而衍生的交通事故風險。

以往國內外交通安全相關研究多以道路設計及肇事特性等方向切入，本研究改從車輛之設計考量要素進行分析及調查，並以我國目前最為迫切之機車安全問題為目標，解決長期無法改善的高齡機車駕駛人高事故率問題。由於道路環境為社會大眾所共享，投入新型態運具將涉及多群體的使用權益及互動關係，故本研究將綜合考量各利害關係人所重視的事項，納入高齡使用者本身之特性與需求、製造商的技術及成本因素、政府管理及法規制度、對一般用路人之影響等多面向議題，研析與調查不同立場之意見與關聯，歸納得出高齡者友善之最適新型態機車所需具備的設計考量要素。

透過本研究建立之層級分析架構得知，研發高齡友善新型態機車之各構面與評估準則重要性以車輛的易操作性、駕駛資格、行駛穩定性、道路環境以及車種定位相對重要，建議優先作為研發設計考量要素。

關鍵詞：高齡化社會、交通安全、電動機車、運具選擇、層級分析法

Exploring the Design Considerations of Elderly-Friendly Motorcycle

Shun-Chieh Chang

Chien-Hung Wei

Department of Transportation and Communication Management Science, College of Management

SUMMARY

Taiwan will enter a super-aged society in 2025. Due to the evolution of medical technology, the number of the elderly that can act autonomously in the transportation system are increasing. However, the gradually deteriorating physiological functions increase the risk for the elderly to ride motorcycles and leads to a higher probability of accidents. In fact, the death toll from traffic accidents for the elderly has exceeded 40%, demonstrating the urgency of improving the traffic safety. In Taiwan, sidewalk construction and public transportation are unevenly distributed between urban and rural areas. The inadequate traffic infrastructures force elderly people with degraded driving ability to still use motorcycles as their main means of transportation, and the limited mode choice has gradually worsened the traffic environment for them. Therefore, the design of a new scooter that meets the needs of the elderly and takes safety as the priority is required to decrease the traffic accidents resulted from improper operation.

In the past, the research related to domestic and foreign traffic safety mostly focused on road design and accident characteristics. However, this research focuses on analyzing and investigating the design considerations of motorcycles, to alleviate the high motorcycle accident rate among the elder users. Since the road environment is shared by the public, the use of new types of vehicles should involve the rights and interactions of multiple groups. Therefore, this study will comprehensively consider the matters that are valued by all stakeholders, such as the needs and characteristics of the elder users, the current technology and cost of the manufacturer, the laws and regulations and the impact on general users. By analyzing and investigating opinions and correlations of different positions, this research will conclude the required considerations of designing the new type of elder-friendly motorcycle.

Through the AHP framework established in this study, it is known that the importance of various aspects and evaluation criteria for the development of new elderly-friendly motorcycle is relatively important in terms of ease of operation, driving qualifications, driving stability, road environment and vehicle type.

Keywords: Aging society, Traffic safety, Electric motorcycle, Mode choice, Analytic Hierarchy Process (AHP)

INTRODUCTION

Over the past 50 years, Taiwan has moved from a time of rapid economic growth and prosperity to a time of stagnant economic growth. The prolonged economic downturn, stagnant wages, and high housing prices have not only put unprecedented pressure on the young generation, but affected their desire to get married and have children, resulting in a low birth rate and fewer children, and deepening the problems caused by an aging society.

A safe transportation environment is the highest principle of any transportation system. The high traffic accident fatality rate faced by senior citizens in our country is a matter of great urgency and needs to be improved.

A sound and sustainable transportation is one of the basic demands of modern transportation development, which is to serve all users safely and to allow them to freely choose any means of transportation to reach their destinations without the pain of unequal infringement and crowding. At the same time, due to the psychological and physical degeneration of the elderly, their driving skills and ability to cope with different modes of transportation will face different degrees of difficulties, especially the traditional two-wheeled motorcycle relies on the sense of balance, which is a riskier means of transportation for the elderly. However, Taiwanese have long been accustomed to using motorcycles as their main means of transportation, especially the elderly, who have a higher demand for short-distance trips and can only use motorcycles to travel in areas where public transportation is less popular.

The main purpose of this study is to study the traffic problems, accident risks, and transportation needs of the elderly, and to develop a new type of three-wheeled electric motorcycle design based on the three-wheeled motorcycle.

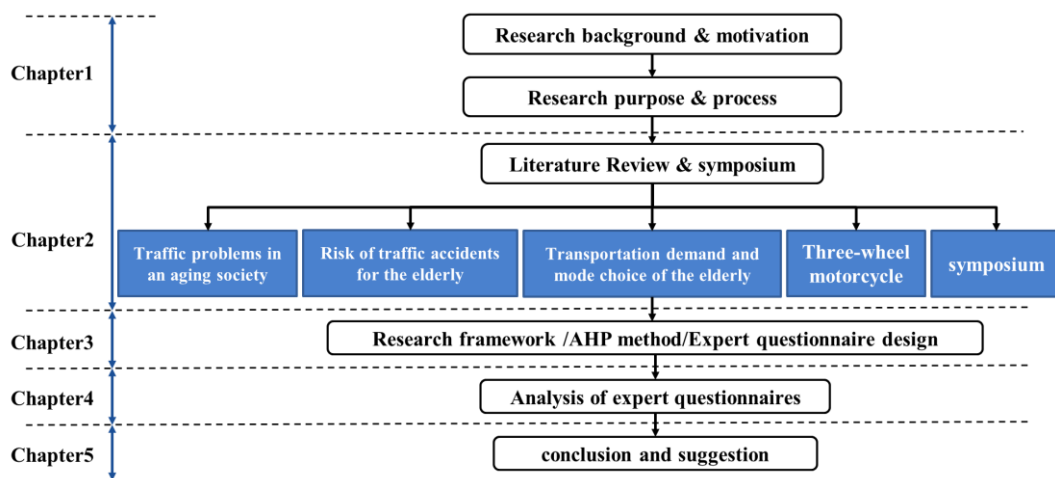


Figure 1. Research flow chart

MATERIALS AND MATHODS

To quantify the analysis of subjective judgment and to measure the priority of key considerations, this study investigates the use of the Analytic Hierarchy Process (AHP). AHP is a simple and easy-to-use method that can fully capture multiple expert opinions and systematically analyze independent and complex decision problems in a hierarchical manner, while reducing the risk of decision errors.

Based on literature collection and expert opinions, AHP is used to establish a demand-driven evaluation model for new motorcycle design considerations for the elderly. And expert questionnaires are used to analyze the relative weights and priorities of each component and evaluation criteria. In view of the aging society and the increasing safety risks of motorcycles for the elderly, this study aims to provide the government and motorcycle manufacturers with safety design guidelines for reference, while considering the market and social benefits.

To analyze the current traffic problems and transportation needs faced by the elderly in Taiwan through literature, and to collect domestic and foreign literature related to the improvement of the safety of elderly vehicles, as well as to review the various data and characteristics of tricycles, and to formulate the design aspects required for elderly-oriented tricycles, and then to provide the views of experts and scholars in related fields to enhance the validity, which will then be used as the basis for questionnaire design.

The AHP hierarchical analysis method was used to combine the expert questionnaires to measure the relative importance of the key considerations of safety-oriented tricycles for the elderly in four major areas: appearance and operation, power performance, technology cost, and government regulation, and to identify their priorities in order to achieve a balanced research and development framework and provide the government and industry with specific and feasible policy recommendations and research and development guidelines, so as to improve the increasing number of elderly traffic fatalities.

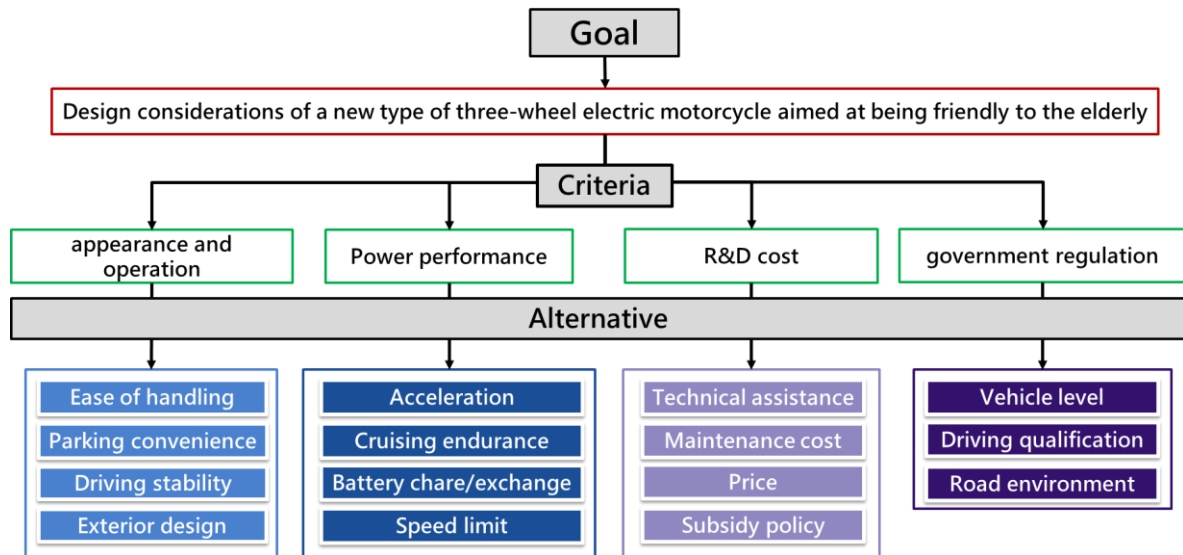


Figure 2. AHP architecture

RESULTS AND DISCUSSION

Expert Choice 2000 was used to analyze the overall hierarchical relative weights, and the results are shown in Figure 3. Among the four major components, the appearance and operation factor accounted for nearly 38%, the government regulation factor also accounted for nearly 27%, and the R&D cost and power performance factors were relatively weak, which can be more clearly found that the appearance and operation and government regulation factors showed higher influence, among which the three evaluation criteria of the government regulation factor ranked second, third and fifth, showing that experts are not only concerned about the senior's own This shows that experts are not only concerned about the operation experience of senior citizens, but also about government policy support measures and regulatory measures.

Analysis of the results based on the weighting of the target components showed that the top six overall evaluation criteria were 17.4% for ease of operation; 12.1% for driving qualification; 12.0% for driving stability; 9.0% for road environment; 6.6% for vehicle type level; and 5.6% for cruising endurance.

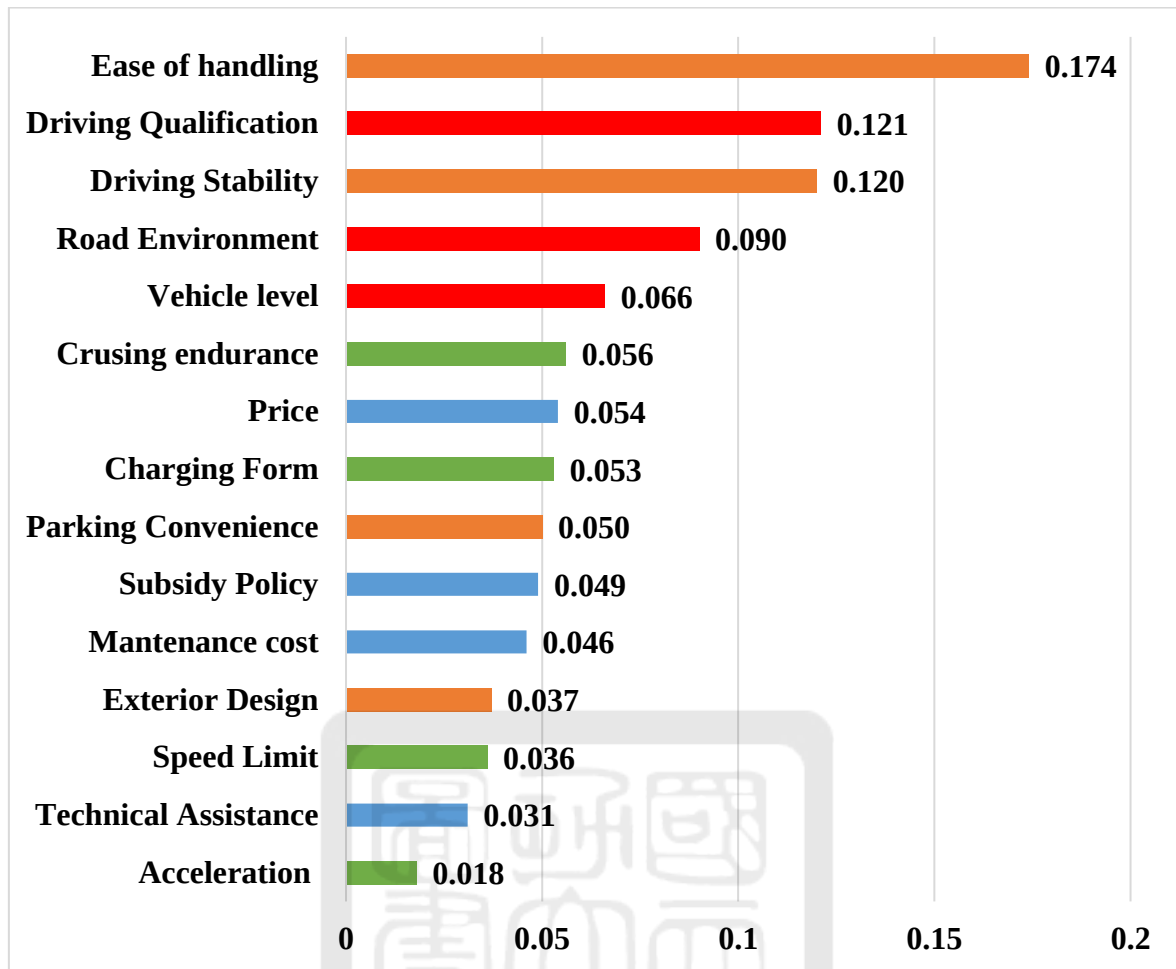


Figure 2. AHP overall relative weighting chart

CONCLUSION

Many advanced countries that are the first to enter this stage have already proposed a variety of policies to reduce the problems that may arise in the social environment as a result of demographic changes. Therefore, in recent years, the government has repeatedly mentioned traffic safety improvement programs for the elderly in its national transportation policy guidelines, with the aim of providing a safe and convenient transportation environment for active aging, enhancing the social participation of the elderly, and protecting the traffic safety of other road users.

In this study, a new type of senior-friendly transportation vehicle, between traditional two-wheeled motorcycles and electric mobility scooters, will be introduced in Taiwan to fill the risk gap in the current transportation options for senior citizens. After a complete data review

of senior transportation problems, accident risks, and transportation needs, and after browsing domestic and international data on senior transportation design, it was concluded that a new senior-friendly transportation vehicle, the three-wheeled electric motorcycle, is safe, stable, environmentally friendly, and in compliance with laws and regulations, and is one of the vehicles that have been developed by domestic manufacturers for logistics use in recent years. In addition, this study also held expert seminars to discuss and collect the potential research and development points of senior-friendly three-wheeled electric motorcycles in advance, and then established a hierarchical analysis framework after concentrating and filtering to give the consultation experts a predetermined context to enhance the efficiency of filling out the questionnaire.

Based on the results of the AHP expert questionnaire analysis and the results of the questionnaire released by the Institute of Transportation Research, Ministry of Transportation (2021), the following conclusions were made regarding the key design considerations for the development of new senior-friendly three-wheeled electric motorcycles.

1. Appearance and operation factors

According to the summary of this study, the three-wheeled design of the motorcycle can provide the elderly with sufficient driving stability and indirectly reduce the chance of falling due to the instability of the center of gravity and the lack of muscle strength of the legs. The best choice is the three-wheeled electric motorcycle.

The main difference between senior citizens and ordinary drivers is that senior citizens are physically weaker. In the expert questionnaire analysis, ease of operation and driving stability ranked first and third, indicating that experts attach great importance to these two factors and should prioritize the needs of senior citizens at the early stage of research and development, while considering the potential differences between urban and rural areas.

Although the analysis results show that parking convenience and exterior design are less important, previous studies have investigated the reasons why senior citizens are reluctant to use the new type of conveyance, including the fear that the body is too heavy and affects parking, and that the exterior is too like the special motorcycles for the physically challenged.

2. Power performance factors

Range has always been one of the key performance indicators of electric motorcycles. Although the average daily travel distance of senior citizens is relatively short, the new type of vehicle is designed to replace the traditional two-wheeled motorcycles. Therefore, we should prioritize the market demand for electric vehicles to develop suitable models.

Currently, Gogoro is the main method of replenishing the energy of electric motorcycles in Taiwan, and its power exchange stations are already quite large in scale.

Software control of vehicle speed reduction in specific areas or situations can be used by regulators as a safety control method, but it is relatively difficult to implement at the current technical level and is a non-essential function that may increase development costs.

The activities of senior citizens are mainly short-distance movements such as shopping and resting areas around their homes, and experts believe that there is no need to prioritize the acceleration capability of the new type of vehicles.

3. R&D and cost factors

According to previous studies and the results of this study, the price of the new type of transport is one of the most important factors related to the R&D cost, and the motorcycles purchased by the senior citizens are mostly with a price of 50,000 to 70,000 NTD.

Government subsidies and technical assistance are one of the opportunities to lead domestic motorcycle manufacturers to invest in research and development of new types of vehicles.

4. Government regulation factors

Our country has implemented a system for senior citizens to renew their licenses at the age of 75, in the hope of replacing those who are unable to drive or suggesting them to pay back voluntarily. However, although the new type of senior-friendly conveyance is developed with a three-wheeled motorcycle structure, its riding experience is more stable and its balance requirements are lower, so it can be used by senior citizens with weaker physiological functions.

The road environment and vehicle type level ranked fourth and fifth respectively in this study, showing that experts are more concerned about what kind of road the vehicle should be driven on and what kind of qualification it should be licensed for before the new type of vehicles are developed and produced.

誌謝

還記得當初報考交管所的動機只是發現錄取率頗高，身邊的人都鼓吹我來試試看，沒想到已經不知不覺走到畢業的這天。這當中首先要感謝我從大學以來一直幫助我的學術夥伴李卓育，從大學時期熬夜待在麥當勞算 OR 跟管數，過年陪我到路易莎念書備考，到碩班時期 carry 我無數個課程報告，甚至在我畢業之時介紹我工作機會，沒有你我無法順利走過這六年的學術生涯，期待你往後能繼續造福他人，早日脫魯。

能夠如期畢業並且累積這麼多的專業能力，都要感謝魏健宏老師從我初步入您的辦公室之時，就願意用最後一個名額收留靠著備取名額遞補的我，短短兩年之間讓我投身參與我最感興趣的交通安全相關研究，縱使過程中不免艱辛，但我依然秉持以人為本的理念進行研究，也很感謝老師都願意傾聽並採納我的各種想法，給予我的研究許多寶貴建議。

再來是要謝謝我的研究室夥伴們，學長姐俊杰、邱馳、鈺雯、旻瑋、家偉、嘉珍，都提點我很多研究所生活的生存之道，同屆的凱文、鈺婷、孟崢也都能在彼此面臨瓶頸時，互相聆聽並給予幫助，在此特別感謝 Jam 常常中午幫我買飯，還有鈺婷熬夜在研究室陪我查資料。賴 K、欣庭、詹ㄟ，感謝學弟妹們口試審查時的幫助，祝你們順利畢業；2 樓的朋友們，顏、May、Shu、10G、昱琄，有你們的存在，讓我的碩士生活增添了許多色彩，桌遊、唱歌、喝酒、出遊都不能沒有你們。

要感謝的人還有太多，但最後要謝謝我最愛的家人以及雅涵，謝謝我的父母讓我能在衣食無憂的環境下順利完成這 25 年的學業，；謝謝阿公在我每次回去老家時都塞給我生活費，謝謝雅涵在我因為課業壓力喘不過氣的時候，給我最溫暖的鼓勵，還常常坐車來台南找我，你是我最堅強的後盾。

總之我要畢業了，雖然我的研究現階段難以實現，但身為重視交通安全的一員，在此感謝前人對我國交通安全的貢獻並提前感謝同樣關注此議題的後進，我國的交通安全是一個比新冠病毒還可怕的存在，無時無刻蠶食著無數條寶貴的生命，期許將來看到這篇論文的你同樣致力於改善交通安全，為我們的國家盡一份心力！

張舜傑 謹致於成大交通管理科學系 502 研究室 111 年 8 月 3 日

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 研究流程與內容	5
第二章 文獻回顧	7
2.1 高齡化社會之交通問題	7
2.1.1 高齡者之定義	7
2.1.2 高齡者之老化	8
2.1.3 高齡者身心特性對交通安全之影響	9
2.1.4 高齡化現況趨勢	10
2.1.5 小結	12
2.2 高齡者交通事故風險特性	12
2.2.1 我國高齡者交通事故資料分析	13
2.2.2 各縣市交通事故特性之年齡族群比較	16
2.2.3 高齡者道路交通事故之運具使用分析	19
2.2.4 小結	21
2.3 高齡者之運輸需求與運具選擇	21
2.3.1 我國高齡者之運輸需求	21
2.3.2 我國高齡者現有之運具選擇	25
2.4 國內外三輪機車資料蒐集	31
2.4.1 三輪機車機械特性與應用	31
2.4.2 國內外三輪機車發展	33
2.5 專家座談交流議題彙整	35
2.6 新型態高齡友善運具使用因素	39
第三章 研究架構與方法	41
3.1 層級分析法(AHP)	41
3.1.1 層級分析法之理論與應用範圍	41
3.1.2 層級分析法之基本假設	43
3.1.3 層級分析法之進行步驟	44
3.2 建立 AHP 層級架構	47
3.3 專家問卷設計	52
3.3.1 評估尺度	52
3.3.2 問卷設計	53
3.4 問卷調查與專家選擇	53
3.5 問卷前測與修正	54
第四章 問卷結果分析	55
4.1 問卷處理流程	55

4.1.1 目標構面分析	56
4.1.2 外觀操作因素構面相對權重分析	57
4.1.3 動力性能因素構面相對權重分析	58
4.1.4 研發成本因素構面相對權重分析	59
4.1.5 政府監管因素構面相對權重分析	60
4.1.6 整體層級相對權重分析	61
4.2 小結	63
第五章 結論與建議	66
5.1 結論	66
5.2 建議	69
5.2.1 針對產業面之建議	69
5.2.2 針對政策面之建議	70
5.3 研究限制與未來研究之建議	71
參考文獻	73
附錄一 專家問卷	76
附錄二 我國 30 日死亡交通事故人數對比全國高齡人口數占比圖	86



表目錄

表 2-1 我國高齡人口結構百分比推估表	10
表 2-2 主要國家 1970-2070 年 65 歲以上人口占總人口比率 (%)	11
表 2-3 我國高齡者之交通事故 30 日死亡人數 (民國 105-109 年)	13
表 2-4 我國高齡者之 A1 交通事故類型及型態統計 (民國 105-109 年)	15
表 2-5 我國高齡者之 A2 交通事故類型及型態統計 (民國 105-109 年)	16
表 2-6 大眾運輸「方便」與「不方便」地區高齡者之旅次目的與運具使用 ...	23
表 2-7 高齡者就醫旅次之運具使用比率 (%)	25
表 2-8 電動輔助自行車與電動自行車之比較	27
表 2-9 交通管理處罰條例機車與慢速運具使用道路之規定	29
表 2-10 市面常見電動代步器性能諸元彙整	30
表 2-11 不同使用導向之可傾斜式燃油三輪機車比較	32
表 2-12 研發新型態友善運具改善高齡者機車交通風險座談會與會專家名冊 ..	35
表 2-13 新型態運具設計相關特性重視程度	39
表 2-14 各縣市新型態三輪電動機車使用意願	40
表 3-1 評估矩陣的隨機指標值 (R.I.值)	47
表 3-2 評估準則之定義與說明	50
表 3-3 AHP 評估尺度之定義與說明	52
表 3-4 AHP 問卷設計範例	53
表 4-1 AHP 專家問卷一致性檢定結果 (C.R.值)	56
表 4-2 目標構面相對權重值與排序	56
表 4-3 外觀操作因素評估準則相對權重值與排序	57
表 4-4 動力性能因素評估準則相對權重值與排序	58
表 4-5 研發成本因素評估準則相對權重值與排序	59
表 4-6 政府監管因素評估準則相對權重值與排序	60
表 4-7 整體相對權重值與排序	61

圖目錄

圖 1-1 過去 20 年我國 65 歲以上高齡人口比率之發展趨勢	2
圖 1-2 各縣市 65 歲以上高齡人口所占比率（民國 110 年 4 月）	3
圖 1-3 研究流程圖	6
圖 2-1 我國各年齡族群之交通事故受傷與死亡人數（民國 109 年）	14
圖 2-2 各縣市各年齡群之年平均交通事故死亡率（民國 105-109 年）	18
圖 2-3 各縣市各年齡群之年平均交通事故死傷率（民國 105-109 年）	18
圖 2-4 男性交通事故死亡之運具使用比率（民國 105-109 年）	19
圖 2-5 女性交通事故死亡之運具使用比率（民國 105-109 年）	20
圖 2-6 高齡運具需求之比較	26
圖 2-7 三輪車設計方式	32
圖 2-8 宏佳騰 Ai-2 Gather	34
圖 2-9 SYM EF-3	34
圖 2-10 各式身障者特製改裝機車圖	38
圖 3-1 高齡友善新型態三輪電動機車設計考量要素評估層級架構圖	49
圖 4-1 整體評估準則相對權重排序圖	62

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

過去 50 年間，我國從經濟快速成長、國民富裕繁榮的年代，轉向經濟成長停滯的困境。長年的景氣低迷及薪資停滯與高漲的房價，不但讓年輕一代的國人背負著前所未有的生活壓力，進而影響他們結婚與生兒育女的意願，帶來出生率低迷的少子化現象，加深了高齡社會所帶來之問題。

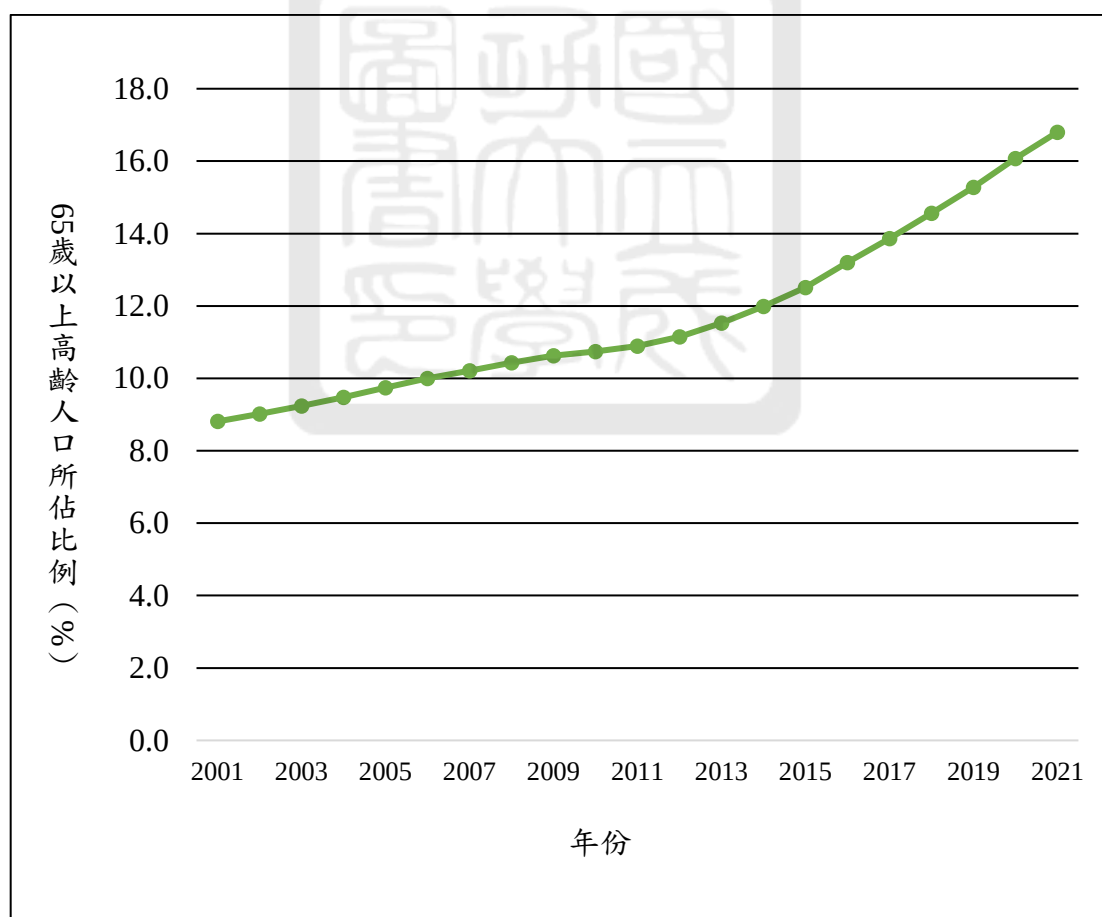
依照內政部統計，我國 65 歲以上高齡人口在 2001 年時，占總人數之比率為 8.81%，至 2018 年成長至 14.55%（如圖 1-1），跨越高齡社會之門檻（14%），正式擠身高齡國家之林。且根據進一步之人口預測顯示，我國高齡人口之占比將於 2025 年達 20%，成為超高齡之國家；至 2040 年將超過 30%；而到 2060 年更將超過 40%，讓每五個國民中就擁有兩位年齡超過 65 歲之高齡者，每十位國民中就有一位 85 歲以上之高齡者。

社會的高齡化程度會隨著其「所處區位的生活條件」及「產業發展狀況」而有極為明顯的差異。一個行政區如果適合高齡者居住，自然會吸引更多的高齡者留住，其高齡化程度也會因此而攀升；一個都市如果工作機會較多，就會吸引更多年輕人居住，其高齡者人口比率就會降低（胡淑貞等，2018）。從內政部統計（圖 1-2）之各縣市之高齡人比率可發現，發展較早的都會區及工商產業化程度較低之縣市，其人口高齡化的程度愈形明顯。

能夠自由且安全的移動，是人們邁入高齡後繼續社會參與及維持人際關係，進而達成活躍老化（active aging）的關鍵。在醫療技術進步之下，我國已於 2018 年正式邁入高齡社會（65 歲以上人佔比 14%），並且預計將於 2025 年成為超高齡社會（65 歲以上人佔比達 20%）。於此同時，高齡者於交通事故死亡人數占比，在近五年來逐年攀升，已從 105 年的 31%遞增至 109 年的 40%，高齡人口與事故占比兩者皆逐年上升之數據（見附錄二）可遇見，若

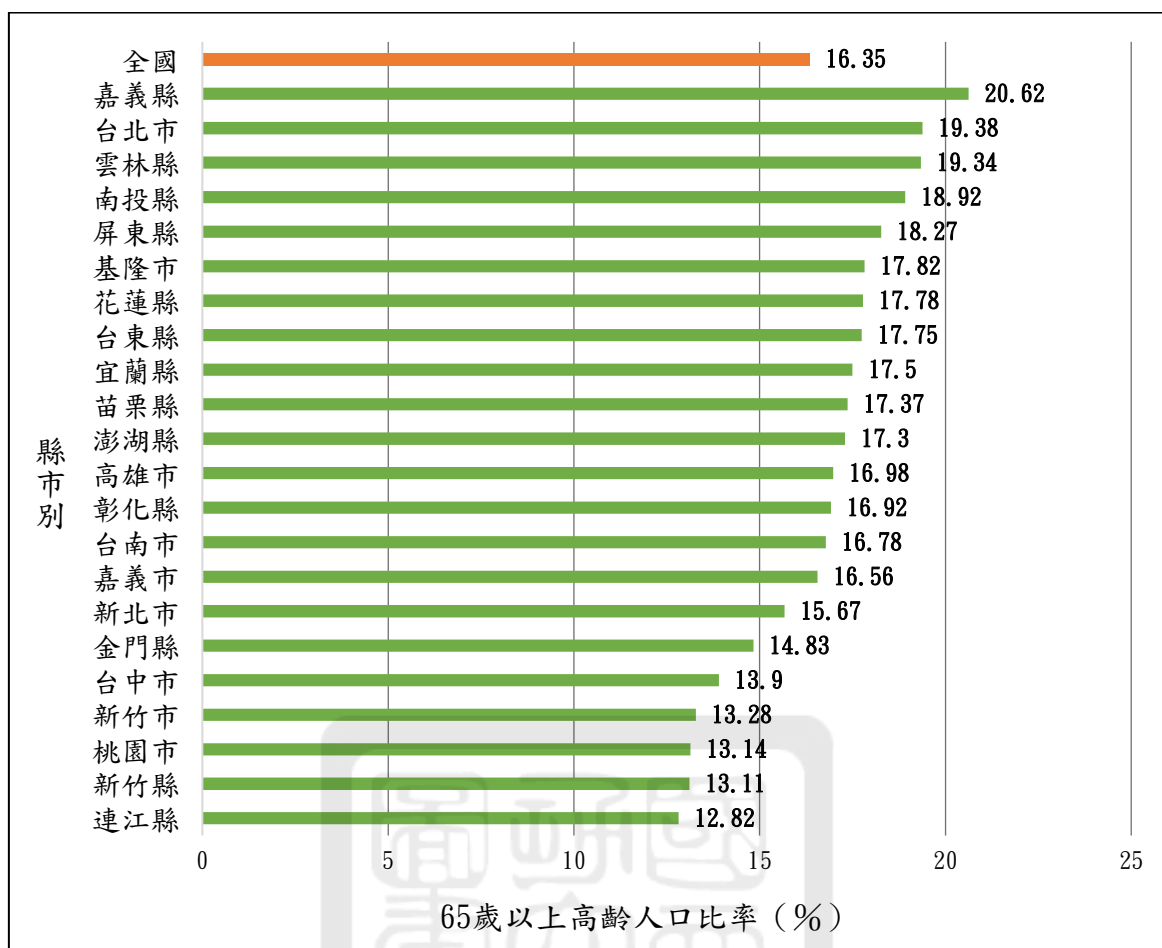
持續未有實際作為改善高齡者之交通安全問題，將會有更加嚴重且難以挽回之後果，這已是現今社會無法閃避的重要議題。

然而，傳統交通安全改善策略，一般會先針對事故資料進行分析，或是從易肇事路段之改善策略開始做起，但高齡者由於生理機能已無法與一般青壯年比擬，導致我們時常忽略許多高齡族群特有之問題，如高齡者較慢的行車及行走速率、較差的視覺、較慢的反應力及平衡感等，因此需要更加深入且仔細的研究，才得以發現箇中的關鍵問題，在擬定改善方案時，也需要將高齡者心理層面的顧慮有所考量。當中特別是運具安全相關之議題，以現有的事故資料無法反映高齡者實際使用各項運具時，究竟面臨何種障礙導致其有較高的事故風險，特別是長期困擾我國的高齡者機車安全問題，尚未看見明顯改善方針。



資料來源：內政部統計

圖 1-1 過去 20 年我國 65 歲以上高齡人口比率之發展趨勢



資料來源：內政部統計

圖 1-2 各縣市 65 歲以上高齡人口所占比率（民國 110 年 4 月）

1.2 研究目的

安全的交通環境，為建置任何交通系統之最高原則，我國高齡者所面臨之高交通事故死亡率已是刻不容緩且亟需改善的事項，而政府機關雖長年推動交通安全改善措施、高齡者駕照管理制度以及路老師等政策，試圖降低高齡者交通安全之風險，而在運具設計之檢討方面，則並未有所著墨。

一個健全且永續的交通，係以安全的服務所有用路人為宗旨，用路人得以自由選擇任何交通工具到達目的地，而免於不平等的侵害與排擠之苦，已是現代交通運輸發展的基本訴求之一。於此同時，高齡者因心理與生理的退化，在使用不同的交通工具時，其駕駛技術與應變能力也會面臨不同程度的困境，特別是傳統二輪機車仰賴平衡感操控，對高齡者而言無疑是更加具有

風險之運具。但我國人民長期習慣使用機車作為主要運具，特別是高齡者之短距離旅次需求較高，在大眾運輸普及率較低之地區只能使用機車出行，直至其自認身心狀況無法負擔駕駛機車後，才會轉而使用電動代步器或改搭大眾運輸系統。

承上所述，在傳統二輪機車與電動代步器之間尚缺乏一種適合高齡者使用的高穩定度運具，本研究主要的目的即是深入研究高齡者的交通問題、事故風險及運輸需求，並以三輪機車為研發基礎，廣邀各領域專家學者進行座談，研擬高齡者需求導向之新型態三輪電動機車設計構面。

由於新型態車輛之設計涉及諸多面向，且通常難以兼顧，各領域之專家意見也有多種看法及見解，為了將主觀判斷的分析量化，再加以衡量各關鍵考量要素之優先順序，本研究探討使用層級分析法（Analytic Hierarchy process；簡稱AHP），AHP的架構評比模式簡單易用，且可充分擷取多元專家意見，將原本獨立且複雜的決策問題系統化進行分層分析，同時降低決策錯誤的風險，為決策領域中十分常見且成熟的方法之一。

基於文獻蒐集及專家意見，利用 AHP 建立高齡者需求導向之新型態機車設計考量要素評估模式，再藉由專家問卷調查分析求取各構面與評估準則相對權重與優先順序。因應超高齡化社會，在高齡者機車安全風險日益加重之際，提供政府及機車製造商可供參考的安全設計指引，同時兼顧市場價值與社會利益，本研究預期達到之目的分述如下：

1. 透過文獻資料分析我國高齡者目前所面臨之交通問題與運輸需求，並蒐集國內外有關高齡者運具安全改善相關文獻，同時回顧三輪機車之各式資料與特性，擬定高齡者導向之三輪機車所需具備之設計構面，再提供其構面予有關領域之專家學者表達意見以提升效度，進而作為問卷設計之依據。
2. 利用 AHP 層級分析法結合專家問卷，從外觀操作、動力性能、技術成本與政府監管四大構面，藉此衡量高齡者安全導向三輪機車關鍵考量要素

之相對重要性，並找出其優先順序，以期從中取得平衡之研發架構，提供政府及產業界具體可行之政策建議與研發指引，以此改善逐年升高的高齡交通事故死亡人數。

1.3 研究流程與內容

本研究之研究流程主要將區分成六個階段，研究流程如圖 1-3 所示，各階段內容編排之說明如下：

1. 緒論

說明本研究之背景與動機，闡述研究目的，並擬定研究流程架構圖。

2. 文獻回顧與專家座談

基於本研究所需，此章節將先從高齡化社會下所面臨之交通問題進行回顧，進而延伸至高齡者交通事故風險、運輸需求與運具使用面向，以確立我國高齡者目前事故風險偏高的因果關係與所涉議題。再藉由舉辦專家座談會的方式，邀集各領域之專家進行討論，更加完善新型態三輪電動機車所需具備的關鍵設計考量要素構面，作為後續問卷設計之基礎。

3. 研究架構與方法

介紹與說明本研究所採用之研究方法，層級分析法（Analytic Hierarchy process；簡稱 AHP），以及層級架構之建立，從外觀操作因素、動力性能因素、技術成本因素及政府監管因素四個構面進行專家問卷設計。

4. 專家問卷整理分析

歷經座談會與專家問卷填答之後，將收回的問卷資料，以各構面之評估指標進行整理分析，用以決定高齡者需求導向之新型態機車設計考量要素各評估準則之相對重要性與優先順序。

5. 結論與建議

根據文獻之蒐集整理與專家問卷之分析成果，歸納提出結論與建議。

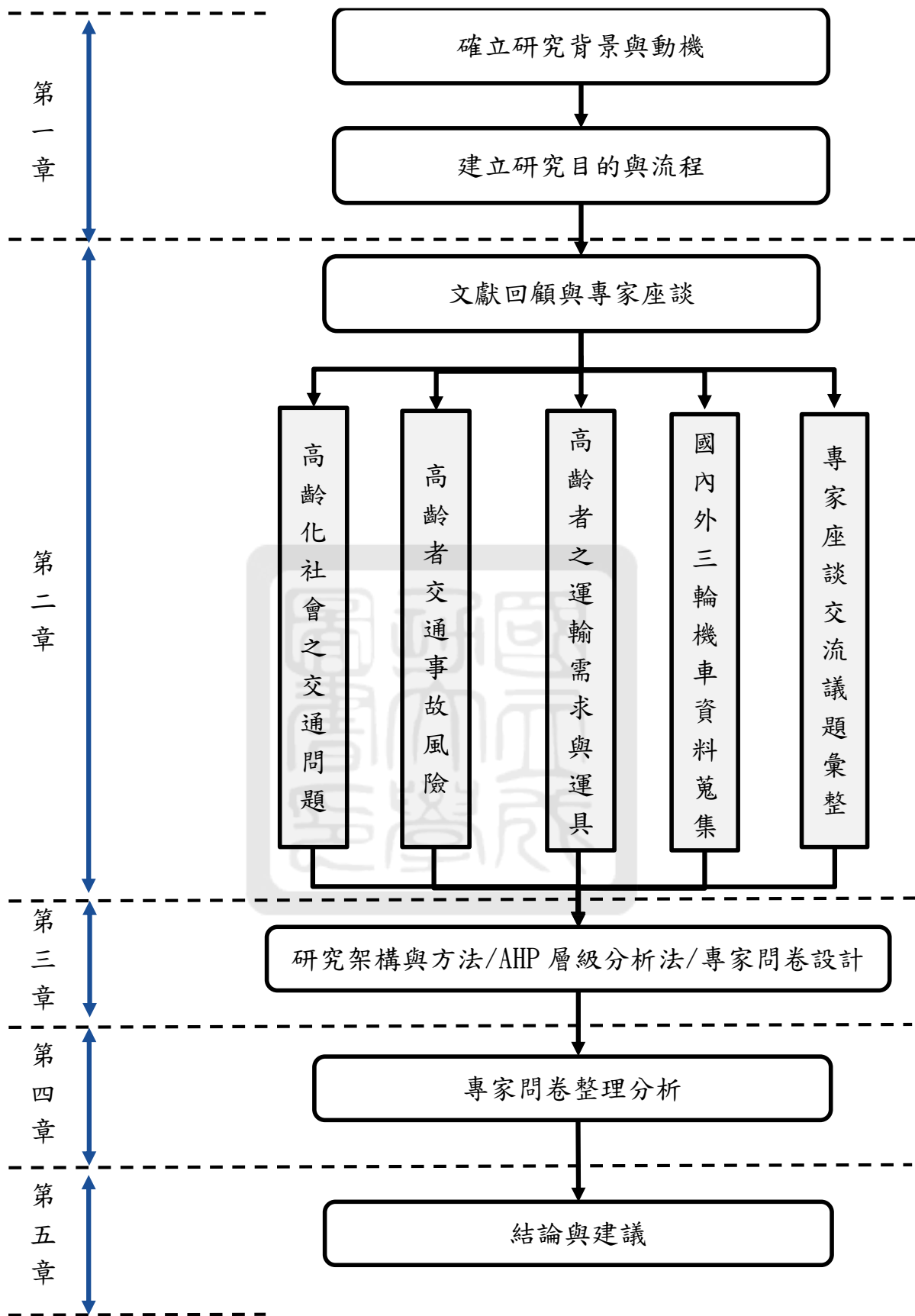


圖 1-3 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本章節將先就高齡化社會之交通問題與目前我國高齡化現況趨勢做完整回顧，再逐步深入討論高齡者交通事故之風險與高齡者之運輸需求與運具使用，最後蒐集國內外三輪機車有關資料，以及專家座談之交流成果，作為問卷構面設計之依據。

2.1 高齡化社會之交通問題

2.1.1 高齡者之定義

依照不同的組織、國家及學科，針對高齡者的年齡定義也不盡相同，依照我國「中高齡及高齡者就業促進法」第三條之定義，高齡者為逾 65 歲之人，年滿 45 歲至 65 歲之人，則稱為中高齡者，而「公務人員退休法」第五條亦以 65 歲為退休年齡之依據，國家發展委員會則將 85 歲以上之老年人口，稱作超高齡人口，由此可見我國於法律定義上將 65 歲以上稱為高齡者。

在國際方面，聯合國世界衛生組織（World Health Organization, WHO）將 60 歲以上人群稱之為老年人，但聯合國亦不反對以 65 歲做為界定老年人的標準，西方多數國家之法定退休年齡則在 60 至 68 歲不等。學術方面，老人學、人口學及人口統計學領域，一般認為人到了 65 歲即開始進入衰老階段，因此多數以此做為進入老年人的階段。

有些研究則會將高齡者更加細分為初老（65-74 歲）、中老（75-84 歲）、老老（85 歲以上）三種等級，依據 Riley and Riley（1986）的研究指出，初老、中老與老老之身體狀態存在顯著差異，張桂霖與張金鶚（2014）以縱斷面之研究也發現，初老較為強壯、健康，但到了老老階段的特徵則大多為女性組成，教育程度低且無偶，因此在高齡政策上，針對不同階段之高齡者，應有不同程度的協助策略，特別是交通與居住之問題，更為重要（Hooyman and Kiyak, 2005）。

2.1.2 高齡者之老化

以巨觀的角度來說，人的老化泛指生理層面之退化，意即器官結構功能隨時間推移產生衰退，為任何人無法避免之過程，眾所周知，衰老過程會導致肌肉力量、活動能力和姿勢平衡等身體能力的逐漸變化。Sayer et al. (2008) 指出，與年齡相關的肌肉力量下降可能導致喪失安全執行日常任務的能力，伴隨老化過程而來的生理變化會導致肌肉功能下降，從而影響活動能力並增加跌倒風險 (Lang et al., 2010)。

以生理學之觀點而言，高齡者的肌力與骨骼機能，因為體質因素與後天之影響，導致其衰老的過程將有很大的個體差異。有些人得以享受著健康的身體快樂生活；有些人卻在老化的過程中出現明顯的骨質疏鬆、退化性關節炎、反應遲緩等疾病，後者將會增加老人跌倒與受傷的比例較其他年齡層高 (王劼, 1997)。隨著年齡增加，自 50 至 80 歲的男性老人體能每年下降約 1.43%；女性則為 1.64% (Era et al., 1998)，65 歲高齡者相較年輕時的肌力減少約 20%，至 75 歲則減少約 40% (牟鍾福, 2010)。

然而近年來「活躍老化」逐漸成為世界各國所追尋的目標之一，世界衛生組織 (2002) 將活躍老化定義為「優化健康、參與和安全機會以提高人們隨著年齡增長的生活質量的過程」，而活躍的內涵即在於人們參與從身體、社會、經濟和文化到日常活動的一系列活動，黎沛嫻與謝佳容 (2020) 也表示家庭、社區和社會活動都是活躍老化之元素。而 Angeli et al. (2020) 的研究則指出，高齡者在活躍老化的過程中，個人有能力執行某項活動的能力與信念，是對行為決策影響最大的因素，其次則是感知規範和態度。da Silva Sousa & de Azevedo Barros (2020) 調查結果表明，參與活動的程度不僅僅取決於個人選擇，社會、經濟、環境、交通、生理和心理環境都會產生強大的影響。由此可知，伴隨科技之進步，現代社會已賦予高齡者得以輕易追求更高品質的健康程度，若提供高齡者完善的社會參與程度，可進而達到「活躍老化」要素之一，而良好的交通環境設施，即為高齡者從是社會參與的關鍵媒介。

2.1.3 高齡者身心特性對交通安全之影響

國內外針對高齡者之生理退化或心理特性對交通行為之影響，有不少研究成果，但多數研究皆是以汽車駕駛與行人為主，除此之外亦有行駛特性與機車較為相似的電動自行車或電動輔助自行車相關研究。

在身體狀況方面，與年輕駕駛人相比，高齡者的駕駛能力更有可能受到與健康相關變化的影響。Antin et al. (2017) 分析身體功能與高齡駕駛人駕駛風險的影響，結果表明較差的身體功能能力將帶來碰撞風險，而較低的每年行駛里程，也會衍生較高的碰撞的機率，而各種已知會影響視覺、認知和精神運動功能的疾病（例如黃斑部病變、癡呆症、帕金森氏症等）在老年人中更為普遍（Anstey et al., 2005），除此之外，聽力、視力、神經肌肉骨骼系統和認知障礙也是高齡者於生理退化的特徵之一（Schaie, 2003），Kuniyoshi et al. (2021) 使用駕駛模擬器搭配眼動追蹤系統分析高齡駕駛者於對速度感知的反應能力，發現不同年齡的速度、注意力及記憶力水平雖沒有差異，但在速度感知的反應能力會隨年齡增加而有所退化，Cicchino & McCartt (2015) 發現高齡駕駛人相較年輕駕駛，在緊急情況下易有過度補償行為而做出高風險駕駛動作。除了視覺上的速度感知退化之外，聽覺退化會導致高齡者在接收外界危險警訊反應較慢，或是無法接收到警告訊息，如汽車喇叭聲、平交道警示聲等，潛在危險也會因此提高（周長志，2004），Laosee et al. (2018) 調查泰國 60 歲以上用路人之個人特徵、病史、危險行為、認知功能和交通事故傷害之關聯，發現高齡者的認知功能水平、吸菸行為和關節炎問題與其交通事故之發生率有關。

而心理層面更是影響高齡者駕駛車輛或步行時做出行為決策的重要因素，高齡者由於心裡機能之退化，張俊一（2008）指出，高齡者除了面臨身體器官功能的衰退外，尚須面對社會角色的轉變與心理衝擊，吳怡諄（2013）表示，有關記憶、理解、認知、推理能力與問題解決能力都會隨年紀增長而退化，因此在面臨較為複雜的交通環境時，即容易有誤判之情形。

2.1.4 高齡化現況趨勢

我國自 2020 年人口開始呈現負成長，依照國家發展委員會統計資料，我國已於 1993 年邁入高齡化社會（老年人口占總人口比率超過 7%），並於 2018 年成為高齡社會（超過 14%），預估將於 2025 年成為超高齡社會（超過 20%）。2020 年年 65 歲以上老年人口所占比率為 16.0%，至 2040 年將升至 30.2%，2070 年持續增加至 41.6%，且其中超過四分之一為 85 歲以上之超高齡老人（見表 2-1）。

表 2-1 我國高齡人口結構百分比推估表

年別	人口數(萬人)				年齡結構百分比(%)			
	合計	65-74 歲	75-84 歲	85 歲以上	合計	65-74 歲	75-84 歲	85 歲以上
2020	378	236	104	39	100.0	62.3	27.4	10.3
2030	557	320	184	53	100.0	57.4	33.1	9.5
2040	670	315	254	102	100.0	47.0	37.9	15.1
2050	746	343	255	147	100.0	46.0	34.2	19.7
2060	726	284	283	160	100.0	39.1	38.9	22.0
2070	658	240	237	180	100.0	36.5	36.1	27.4

資料來源：國家發展委員會「中華民國人口推估（2020 至 2070 年）報告」

2019 年六月，聯合國釋出最新全球人口展望報告（WPP2019），提及目前世界人口之趨勢分別為新生人口減少、老年人數急速成長及許多國家人口數下滑，在此基礎之下，至 2050 年每 6 人會有 1 人為六十五歲以上高齡者、比值約 17%，若將此數值與 2019 高齡人口佔比數（每 11 人中有 1 人為年齡超過 65 歲的高齡者，比值約 9%）相比是近 2 倍的成長。到了 2050 年全球超過 80 歲老年人預期將較現在的 1.43 億人成長 3 倍，來到 4.26 億人。首當其衝的是世界許多先進國家都先後面臨到高齡化的問題，與我國鄰近的日本已率先於 2005 年進入超高齡化社會，韓國的高齡人口比率則與我國相當，西方先進國家如美國、英國、德國等，其高齡人口占比亦領先台灣 2 至 10%（見表 2-2）。

表 2-2 主要國家 1970-2070 年 65 歲以上人口占總人口比率（％）

年別	中華民國	日本	韓國	美國	英國	德國	法國
1970	2.9	7.1	3.1	9.8	13.1	13.8	12.9
1975	3.5	7.9	3.5	10.5	14.1	15.0	13.5
1980	4.3	9.1	3.8	11.3	15.0	15.5	13.8
1985	5.1	10.3	4.3	11.9	15.3	14.7	13.0
1990	6.2	12.1	5.1	12.5	15.8	14.9	14.0
1995	7.6	14.6	5.9	12.7	15.9	15.6	15.1
2000	8.6	17.4	7.2	12.4	15.8	16.6	15.9
2005	9.7	20.2	9.0	12.4	15.9	19.3	16.4
2010	10.7	23.0	10.8	13.1	16.4	20.6	16.7
2015	12.5	26.6	12.8	14.9	17.9	21.1	18.9
2020	16.0	28.9	15.7	16.9	18.8	22.0	20.8
2025	20.0	30.0	20.3	18.9	20.1	23.5	22.5
2030	24.0	31.2	25.0	20.6	21.8	25.9	24.2
2035	27.4	32.8	29.5	21.4	23.3	27.6	25.7
2040	30.2	35.3	33.9	21.6	24.0	27.8	26.8
2045	33.8	36.8	37.0	21.7	24.3	27.9	27.3
2050	36.6	37.7	39.8	22.0	24.8	28.1	27.8
2055	38.2	38.0	41.4	22.6	25.5	28.4	28.3
2060	40.0	38.1	43.9	23.4	26.0	28.3	28.3
2065	41.6	38.4	46.1	—	26.2	28.4	28.5
2070	41.6	—	—	—	26.2	28.4	28.8
年別	挪威	瑞典	荷蘭	芬蘭	奧地利	義大利	西班牙
1970	12.9	13.8	10.2	9.3	14.1	11.0	9.7
1975	13.8	15.2	10.9	10.8	15.0	12.2	10.4
1980	14.9	16.4	11.6	12.1	15.3	13.2	11.2
1985	15.9	17.4	12.2	12.6	14.3	13.2	12.2
1990	16.3	17.8	12.9	13.5	15.0	15.1	13.8
1995	15.9	17.5	13.3	14.3	15.2	16.9	15.5
2000	15.1	17.2	13.6	15.0	15.4	18.4	16.9
2005	14.7	17.3	14.3	16.0	16.4	19.9	16.6
2010	15.1	18.5	15.6	17.5	17.6	20.5	17.1
2015	16.4	19.8	18.2	20.5	18.4	22.0	18.7
2020	17.8	20.1	19.8	22.7	19.2	23.4	19.9
2025	19.3	20.7	21.8	24.5	21.0	25.1	21.8
2030	20.7	21.5	23.9	26.0	23.4	27.6	24.3
2035	22.2	22.3	25.6	26.9	25.6	30.2	27.0
2040	23.3	22.8	26.3	27.0	26.6	32.4	29.6
2045	23.9	23.1	26.4	27.5	27.1	33.5	31.9
2050	24.6	23.6	26.5	28.4	27.9	33.7	32.7
2055	25.5	24.7	26.8	29.4	28.4	33.6	32.8
2060	26.4	25.6	27.3	30.7	28.9	33.4	32.5
2065	27.2	25.9	28.0	31.5	29.1	33.2	32.1
2070	27.9	26.4	28.6	32.2	29.3	33.4	32.0

資料來源：國家發展委員會「中華民國人口推估（2020 至 2070 年）報告」

2.1.5 小結

根據本節之回顧可得知，國內外針對高齡者之定義多以 65 歲做為基準，而多項針對高齡者老化之研究表明，高齡者隨著年紀逐漸增大，其身體機能如視覺搜尋與記憶力將隨之退化，在生理特性弱化的過程為緩慢漸進的情況下，高齡者容易錯估其自身能力，進而產生交通風險，而在心理層面如反應力及推理認知能力之退化，亦會降低高齡者於複雜交通環境的資訊處理能力或是危機處理能力。影響交通安全的因素不外乎涉及人、車、路，上述高齡者退化之相關研究成果，可間接表示高齡者之退化將先涉及有關「人」的要素，而有關「車」與「路」的設計，則須因應高齡者特有的身心特性。

本節亦蒐集國內外高齡化之現況趨勢，發現許多先進國家皆已率先邁入超高齡化社會，而我國也即將於 2025 年進入此階段，這將表示我國之道路環境中的高齡者將會迅速增多，在前述「活躍老化」增進高齡者社會參與的目標之下，保障高齡者之交通能力勢必為關鍵的要素之一，而考量高齡者身心退化之狀態與需求，實為本研究所需關注的課題之一。

2.2 高齡者交通事故風險特性

由於交通環境差異，國際上有關於高齡者之交通事故風險相關研究，主要針對行人及汽車駕駛人進行研究，鮮少有人以高齡機車駕駛風險作為研究主題，單以事故發生機率來看，Lombardi et al. (2017) 一項針對美國高齡者事故發生機率統計的研究指出，85 歲以上駕駛機動車輛的高齡者相較於 50 到 55 歲的青壯年，擁有兩倍的事務致死率，但 Tay (2006) 於澳洲的研究則指出高齡駕駛涉入死亡事故的機率較低，Tay (2008) 於加拿大的統計數據亦表明有駕照的高齡駕駛人數與死亡事故之數據並於顯著關係，此不一致性可能在於許多研究認為高齡駕駛人具有較多的道路經驗、較短的旅次距離以及較少的旅次頻率 (Hajek et al., 2019)，或是不同居住區位 (Chang et al., 2019) 因而促使事故特性存在差異，故本節以我國事故資料差別分析做為回顧基礎。

2.2.1 我國高齡者交通事故資料分析

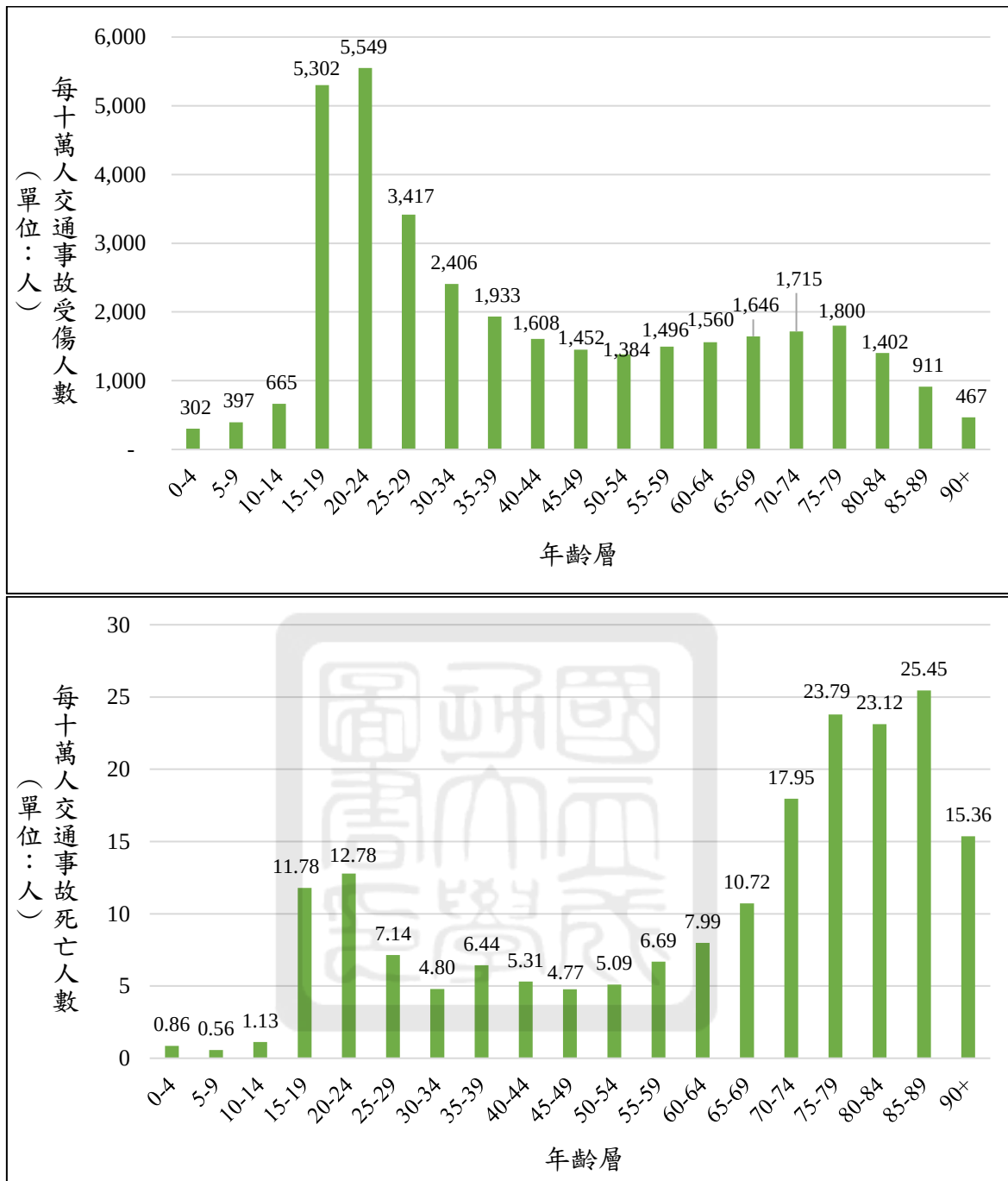
根據交通部道安會統計，從民國 105 至 109 年之五年間，我國每年均有逾千名之高齡者因道路交通事故而結束其生命，更有五萬餘名高齡者因交通事故而受傷，且此數量還在逐年快速成長中（如表 2-3 所示）。民國 109 年我國交通事故死亡人數中，65 歲以上之高齡者計占 41.2%，遠高於其在全國人口之占比 16.07%，明顯呈現高齡者擁有不成比例之高交通事故死亡風險。

表 2-3 我國高齡者之交通事故 30 日死亡人數（民國 105-109 年）

年份	年齡							事故比 (%)	人口比 (%)
	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90以上	小計		
105	236	238	280	176	100	27	1,057	37.1	12.17
106	249	219	250	163	91	27	999	37.0	13.86
107	248	249	271	173	104	22	1,067	38.4	14.56
108	282	231	258	228	114	46	1,159	40.4	15.28
109	313	284	262	211	117	48	1,235	41.2	16.07
小計	1,328	1,221	1,321	951	526	170	5,517	38.9	

資料來源：整理自交通部道安會網站

進一步考慮各年齡族群之人數，分別計算其交通事故之死亡率及受傷率（如圖 2-1），更可看出我國高齡者之交通事故死亡率明顯高於其他之年齡族群，且從 65 歲開始逐步爬升，在 80-84 歲間達到交通事故死亡率的最高峰；至於高齡者之交通事故受傷率，雖非所有年齡族群之最高者，惟從 65 歲開始亦有逐漸攀升之趨勢，並於 70-80 歲間達到最高峰，然後才逐步滑落。高齡者外出之機會或次數預期應少於其他年齡族群，暴露於危險道路環境之機會量（Exposure）也應較其他年齡族群為少，因此以每十萬人數作為比較基礎之交通事故「死亡率」及「受傷率」，可能都存在著低估高齡者相對於其他年齡族群之交通事故死亡及受傷風險情況，高齡者之道路交通事故風險可能更高。



資料來源：整理自交通部道安會網站

圖 2-1 我國各年齡族群之交通事故受傷與死亡人數（民國 109 年）

根據「內政部警政署 105-109 年事故調查資料」，本研究擷取 65 歲以上高齡者機車事故資料統計後，分別列出 A1 及 A2 之事故類型及型態於表 2-4 及表 2-5，可得知高齡機車 A1 事故型態以側撞（31%）為最多，五年下來共有 579 名高齡者因此離世，A2 事故類型亦以側撞（35%）佔最多數，五年共有

59,268 名高齡者因此受傷，依照交通部之定義，側撞為「車輛於路口轉向過程中（不含變換車道）與其他直行車發生撞擊之情況」，本研究推論高齡者由於平衡能力較年輕駕駛差，若面臨側撞將更容易跌倒且脆弱的身軀也更容易因此受到嚴重傷害。除此之外，本研究將以下事故型態包含「路上翻車、摔倒」、「衝出路外」、「撞護欄（樁）」、「撞號誌、標誌桿」、「撞交通島」、「撞橋梁、建築物」、「撞路樹、電桿」、「撞動物」、「撞工程施工」及「機車本身因素」歸類為「自撞」事故型態類別，而高齡者 A1 及 A2 事故自撞比例分別占有 15%與 8%，整體比例偏高。

在高齡者駕駛二輪機車慢速行駛時須倚賴平衡感操控，但由於其本身之身體機能逐漸退化，若於駕駛時發生輕微擦撞或是操作失誤，將會增加「側撞」與「自撞」類別之事故發生機率，因此新型態機車須以更加穩定及容錯性高的設計角度進行研發，以減少高齡者承受輕微側面擦撞或是本身失去平衡感而衍生出的車身翻覆，進而改善事故發生機率及事故嚴重程度。

表 2-4 我國高齡者之 A1 交通事故類型及型態統計（民國 105-109 年）

A1 事故類型及型態	年份					合計人數	所占比率(%)
	105	106	107	108	109		
同向通行中	0	0	1	0	0	1	0
穿越道路中	1	2	0	3	1	7	0
其他(人與汽(機)車)	0	0	0	0	1	1	0
對撞	8	5	5	6	8	32	2
對向擦撞	10	8	7	6	7	38	2
同向擦撞	54	39	35	43	58	229	12
追撞	21	25	21	24	23	114	6
倒車撞	2	2	3	4	3	14	1
路口交叉撞	77	61	87	91	90	406	22
側撞	106	101	101	137	134	579	31
其他(車與車)	27	31	36	40	36	170	9
自撞	48	48	46	66	69	277	15
合計人數	354	322	342	420	430	1,868	100

資料來源：內政部警政署 105-109 年事故調查資料

表 2-5 我國高齡者之 A2 交通事故類型及型態統計（民國 105-109 年）

A2 事故類型及型態	年份					合計人數	所占比率 (%)
	105	106	107	108	109		
對向通行中	16	21	17	18	19	91	0
同向通行中	83	77	72	85	104	421	0
穿越道路中	130	143	158	208	212	851	0
在路上嬉戲	0	1	1	0	3	5	0
在路上作業中	6	4	7	8	13	38	0
衝進路中	1	1	5	5	8	20	0
從停車後(或中)穿出	0	2	3	5	5	15	0
佇立路邊(外)	13	11	15	9	14	62	0
其他(人與汽(機)車)	91	90	111	121	110	523	0
對撞	282	301	347	361	387	1,678	1
對向擦撞	1,046	1,027	1,143	1,307	1,331	5,854	3
同向擦撞	4,337	4,449	4,820	5,365	5,954	24,925	15
追撞	2,074	2,098	2,511	2,785	3,282	12,750	7
倒車撞	307	311	348	390	421	1,777	1
路口交叉撞	4,067	4,092	4,830	4,997	5,584	23,570	14
側撞	10,263	10,126	11,583	12,827	14,469	59,268	35
其他(車與車)	4,444	4,490	5,145	5,535	5,726	25,340	15
衝過(或撞壞)遮斷器	1	0	1	0	0	2	0
正越過平交道中	0	0	0	1	0	1	0
自撞	2284	2327	2639	2881	3135	13266	8
合計人數	29,445	29,571	33,756	36,908	40,777	170,457	100

資料來源：內政部警政署 105-109 年事故調查資料

2.2.2 各縣市交通事故特性之年齡族群比較

過去五年間，我國高齡者交通事故死亡率之平均值為 32.1 人/每年每十萬人，約為全國交通事故死亡率之 2.7 倍，是我國國民中最飽受交通事故死亡風險威脅的族群，而當進一步比較各縣市不同年齡族群之交通事故死亡率時，亦發現高交通事故死亡率之縣市其在各年齡層之交通事故死亡率也一致地較高（如圖 2-2），明顯地呈現出環境、設施、活動與文化等區域特色所隱藏的交通事故死亡風險。全國交通事故死亡率最高的五個縣市中，其各年齡層之交通事故死亡率也大多名列前五名。事故死亡率最高之台東縣，在本研究所

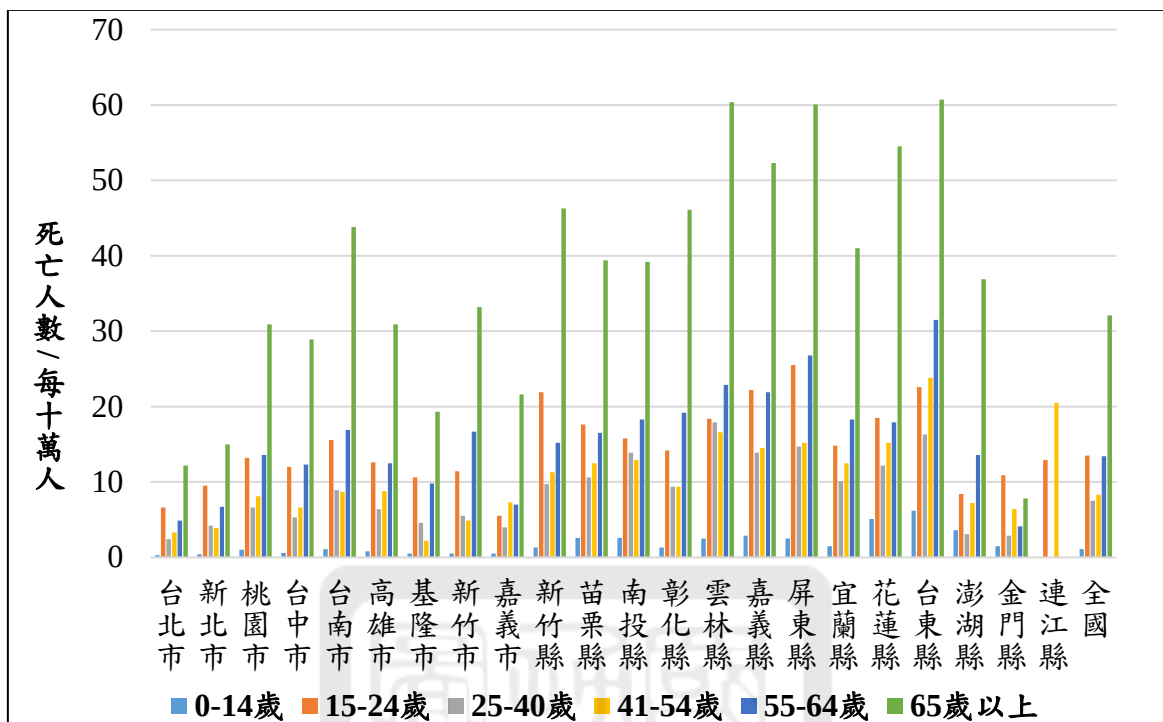
分析之六個年齡族群中，有四個年齡族群之交通事故死亡率為全國最高。台東、屏東及雲林等三個縣的高齡者交通事故死亡率均超過 60 人/每年每十萬人，為全國平均值的五倍，而其次之花蓮縣及嘉義縣也均超過 50 人/每年每十萬人，高度凸顯我國偏鄉縣市由於公共運輸不足，高齡者必須使用機車作為其主要之交通工具，進而造成機車交通事故死亡問題具有城鄉差距特性。

圖 2-3 顯示各年齡族群間之交通事故死傷率頗有差異，然而各縣市間之交通事故「死傷率」差距卻不若「死亡率」那麼懸殊，且嚴重程度的排序也有很大的變化。屏東縣之交通事故死傷率（2439 人/每十萬人）為全國最高，在六個年齡族群中除了 25-40 歲族群外，其餘年齡族群之交通故死傷率均為全國最高，其 15-24 歲族群（6372 人/每十萬人）及 65 歲以上高齡族群（2389 人/每十萬人）之交通事故死傷率更顯著高於其他縣市。新竹市之交通事故死傷率（2391 人/每十萬人）居次，但擁有 25-40 歲族群全國最高的交通事故死傷率（3230 人/每十萬人）；交通事故死傷率較高之縣市尚有高雄市（2311 人/每十萬人）及台南市（2232 人/每十萬人），此三縣市之特色為年輕學生聚集、新興科技產業匯集，但大眾運輸卻不甚發達，導致機車使用普遍，因而造成極高之交通事故死傷率。

交通事故死傷率「次高之群組縣市」依序包括花蓮縣（2199 人/每十萬人）、宜蘭縣（2195 人/每十萬人）、新竹縣（2182 人/每十萬人）、桃園市（2173 人/每十萬人）、台中市（2144 人/每十萬人）及台東縣（2113 人/每十萬人）。此群組縣市之特色為轄區較廣、地形起伏，且大眾運輸服務不夠普及。

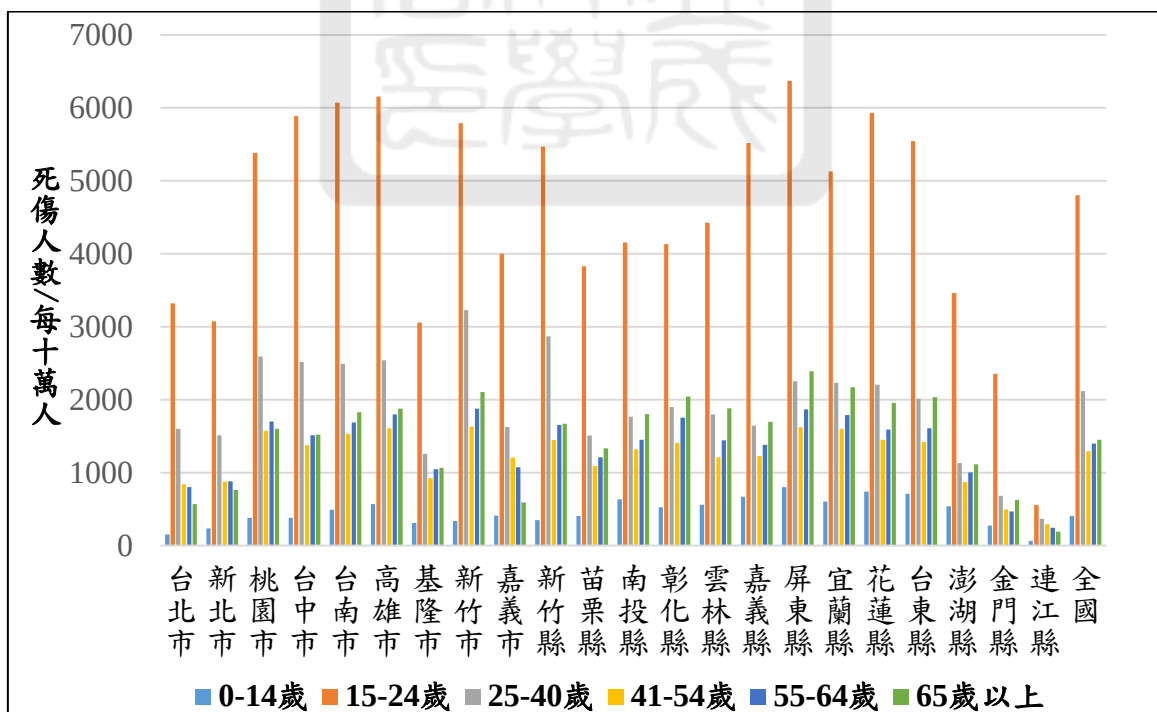
至於 65 歲以上高齡者之交通事故死傷率則以屏東縣（2389 人/每十萬人）為最高，其次依序另有宜蘭縣（2171 人/每十萬人）、新竹市（2104 人/每十萬人）、彰化縣（2045 人/每十萬人）及台東縣（2034 人/每十萬人）等縣市，均屬高齡者具較高交通事故傷亡威脅之地區。除離島外，高齡者交通事故死傷率較低之台北市（568 人/每十萬人）、嘉義市（592 人/每十萬人）、新北市（764 人/每十萬人）及基隆市（1064 人/每十萬人）仍多屬都市化程度高且公

共運輸服務較為便利之地區。高齡者交通事故死傷率最高之屏東縣，其值為最低之台北市的 4.2 倍，兩者之差距確實相當明顯（見圖 2-3）。



資料來源：整理自交通部道安會網站

圖 2-2 各縣市各年齡群之年平均交通事故死亡率（民國 105-109 年）

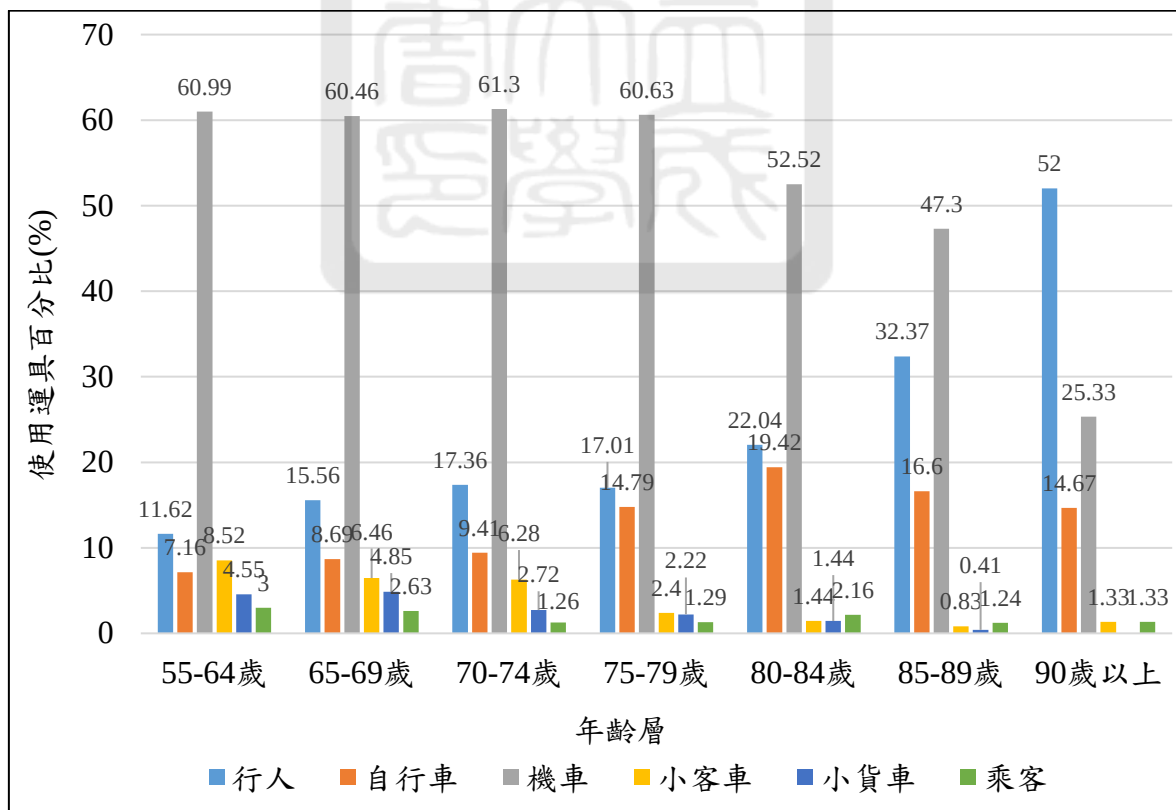


資料來源：整理自交通部道安會網站

圖 2-3 各縣市各年齡群之年平均交通事故死傷率（民國 105-109 年）

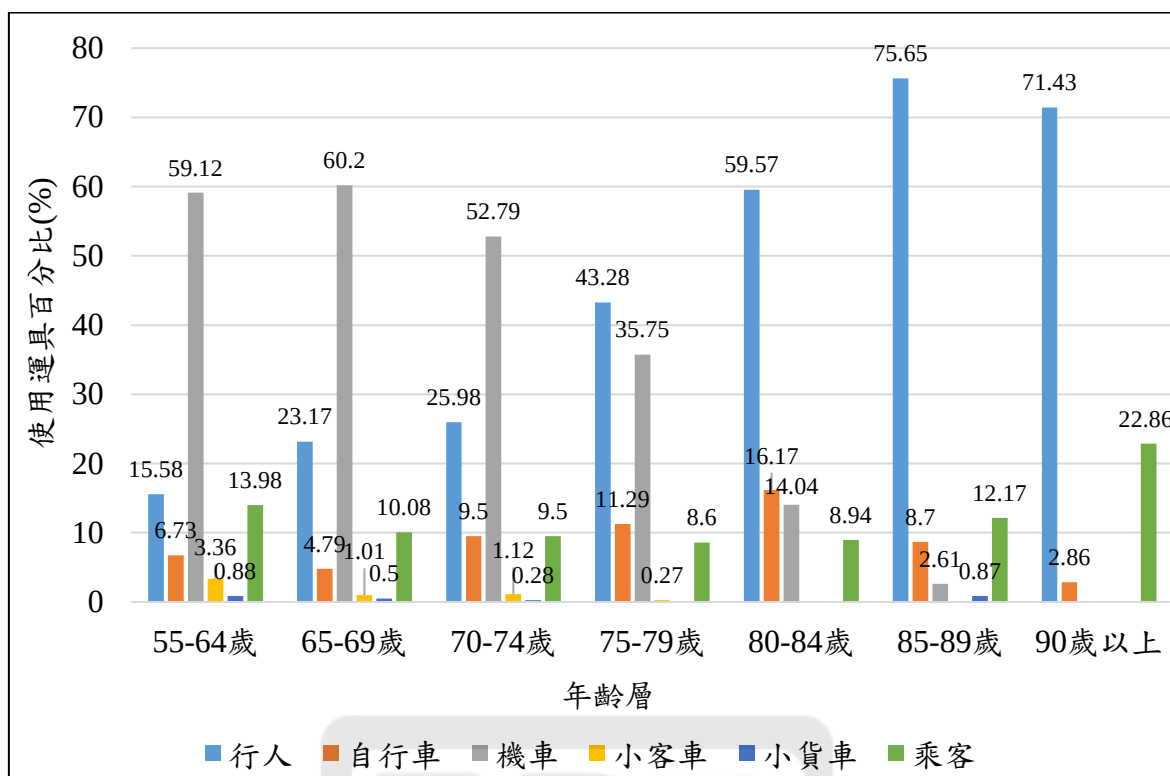
2.2.3 高齡者道路交通事故之運具使用分析

高齡者隨著年齡增長所帶來之身體機能退化及活動類型的改變，在交通工具之使用上也會跟著調整與變化，因此在其所涉入之交通事故中所使用的交通工具也有所不同。圖 2-4 及圖 2-5 為我國高齡者於民國 105 至 109 年間因交通事故死亡者之交通工具使用情況，本研究為能充分掌握高齡者隨著年齡增長之交通工具使用狀況及運具使用風險，將進入高齡階段之 55-64 歲族群之統計資料也一併納入比較以利分析。統計之結果顯示，在邁入高齡前之 55-64 歲族群中，男性因交通事故而死亡者，其交通工具之使用以機車為最多（60.99%），行人（11.62%）居次，小客車（8.52%）再居次，自行車（7.16%）居第四位，小貨車（4.55%）第五位，乘客（3.00%）居第六位；女性也以機車為最多（60.46%），行人（15.58%）居次，但乘客（13.98%）居第三位，自行車（6.73%）第四位，小客車（3.36%）第五位，小貨車（0.88%）居第六位。



資料來源：整理自交通部道安會網站

圖 2-4 男性交通事故死亡之運具使用比率（民國 105-109 年）



資料來源：整理自交通部道安會網站

圖 2-5 女性交通事故死亡之運具使用比率 (民國 105-109 年)

隨著高齡者邁入 65 歲後，可能因為退休或逐漸減少外出工作需求而改變其日常生活之交通工具使用，因此交通事故死亡者所使用之交通工具也隨之產生些許的變化。不論男性或女性，在各個年齡階段因交通事故而死亡者，其所使用之主要運具仍為「55-64 歲階段」之六種運具（如圖 2-4、2-5），只是在使用比率上會逐階段產生變化。我國高齡者在初步邁入高齡之「65-69 歲階段」，男性與女性高齡交通事故死亡者都以駕駛機車的比率為最高，且男性（60.46%）與女性（60.20%）的機車占比相當；然而隨著年齡之增長，女性高齡者使用機車發生交通事故致死的比率下滑，至 80-84 歲階段已降至 14.04%，至 85-89 歲階段更降至 2.61%。而男性高齡者隨年齡增長，比率卻仍持續維持在 60%，直到 80-84 歲階段才稍微降至 52.52%，至 85-89 歲階段再降至 47.30%，即使高至 90 歲以上仍有 25.33% 的男性交通事故死亡者使用機車。

2.2.4 小結

整體而言，由交通事故相關資料可以確認我國高齡者對機車的依賴程度極高、不輕易放棄使用，此現象對高齡男性尤為明顯。高齡者隨年齡增加，步行比重提升，危險也迅速攀爬，高齡女性隨年齡增加而發生步行交通事故傷亡之比率較高齡男性為高。高齡女性搭乘汽與機車所發生交通事故死傷人數之比率，皆較高齡男性高出甚多，值得加以關心與注意。高齡者於 70 歲後逐步放棄駕駛小客車之現象明顯，而自行車則是部分高齡者之機車替代運具，由此可見，高齡者對機車之依賴所衍生之問題，為目前首要改善方向。

2.3 高齡者之運輸需求與運具選擇

國際間針對高齡者的運輸需求及運具使用相關研究方向與政策之擬定，多數圍繞於如何建立「方便的居住環境」，使高齡者免於進行長距離之移動，或是以各種方式提升高齡者「公共運輸之使用」，或是提供復康巴士、無障礙計程車、醫療接駁車等專用運輸服務（顏佳瑄，2019；陳毓婷，2017），但我國不同於西方國家採取住商分離的都市規劃，住商混合的居住環境雖然可以給予高齡者便利的生活環境，大部分生活需求皆可於住家附近完成，但眾多的短程旅次不僅公共運輸難以服務，極為不足的人行設施，也衍生出長期以來我國非常高的機車使用率（魏惠娟與蔡齡儀，2017），因此我國的高齡者運輸需求與運具使用將有其獨特性，以至於國外文獻之研究成果難以完整對應我國之實際情況，故本研究將著重於國內現有文獻之回顧，以分析我國高齡者之運輸需求與運具使用情況特性，用以研擬新型態機車之關鍵設計考量要素。

2.3.1 我國高齡者之運輸需求

高齡者由於身體各項機能逐漸退化，經濟情況也可能因退休而不再寬裕，加以社會變遷或子女外出工作造成之獨居生活，其日常生活所需之食、

衣、住、行、育、樂等活動與內容也不盡與青壯年民眾相同，往往需要特別的設施與服務，才能滿足其需要。在國家整體之高齡化政策上，為了讓高齡者能「自由且健康」地生活，除了提供完善且方便的健康照護與醫療服務，維護高齡者之身心健康，以享受具合理品質的生活；另一方面更需要提供安全且方便之運輸服務，滿足高齡者能夠自由外出從事各項活動的需要。

國際上有關高齡者使用機車的需求之研究較少，多半探討的議題為高齡者捨棄汽車改用電動自行車作為主要交通工具之議題。Johnson & Rose (2015) 研究訪問澳洲 65 歲至 88 歲的高齡者使用電動自行車作為其新型態交通方式，結果表明電動自行車的獨立移動特性、低成本、環保等特性吸引高齡者投入使用，並且對他們的生活帶來正面效果，增加高齡者主動出門的意願，並且建議特許 65 歲以上高齡者可以於人行道騎乘電動自行車以降低其於道路上行駛的風險。

而近年來，國內對於高齡者運輸需求與交通工具使用的研究並不多，陳佑伊 (2007) 及麥朗澂 (2013)，係少數有關高齡者運輸需求與交通工具使用之研究，其內容多是依附在大型研究中的一小部分，或是針對高齡者特殊活動需要（例如前往醫療機構）及特種運輸服務（例如復康巴士）（陳明石等，2020），能夠對老人活動需求及交通工具使用進行周延且深入調查之研究寥寥無幾。陳苑蕙等（2009）一項針對高齡化旅運特性與就醫需求的問卷調查結果發現，高齡者最常走路出門活動，而機車和自行車則是高齡者非常重要的私人運輸工具，尤其是在大眾運輸工具不方便的地方，充分表明高齡者運輸需求與運具使用需考量城鄉差距與大眾運輸的發展程度與品質。台大林萬億教授所主持「高齡社會的來臨：為 2025 年的台灣社會規劃整合型研究計畫」之交通運輸議題研究（林萬億，2008），是少數對我國高齡者運輸需求特性及交通工具使用進行較為深入調查並分析的重要研究（見表 2-6）。該研究曾對台灣地區 1273 位 65 歲以上高齡者之外出活動及運具使用情況進行調查，受訪對象更以離峰時段大眾運輸服務之班距是否高於 20 分鐘分成大眾運輸「方

便」與「不方便」兩種地區進行比較分析。

該研究發現，在大眾運輸「方便」與「不方便」地區之高齡受訪者中，「前往醫院或診所看病」之比率分別高達 98%及 97%，但其每月發生頻率則只有 1.2 及 1.7 次，且沒有步行之交通方式，由此可推論高齡者之醫療旅次可能為距離較長之旅次，因此多半依賴大眾運輸或是汽車進行接送，在不方便地區部分，政府已有逐漸推行復康巴士等特殊運輸服務，有望改善目前汽車接送及自騎機車比率較高之情況，也由於每月頻率不高，高齡者所需負擔的金錢費用應在可接受之範圍之內，而在其餘的活動類型中，大眾運輸「方便」地區之高齡者多半以公車/客運及步行作為主要的交通方式，但在「不方便」地區之高齡者，除步行之外則有相當之比例需自己騎機車出門，且明顯高於大眾運輸「方便」地區，顯現高齡者交通事故之城鄉差距明顯，因此研發高齡友善的新型態機車須納入城鄉差距之因素，才可兼顧各種使用情境。

表 2-6 大眾運輸「方便」與「不方便」地區高齡者之旅次目的與運具使用

活動類型	大眾運輸「方便」地區 (離峰班距小於 20 分鐘)			大眾運輸「不方便」地區 (離峰班距大於 20 分鐘)		
	需求比率	每月平均發生頻率	主要運具	需求比率	每月平均發生頻率	主要運具
前往醫院診所看病	98%	1.2	1.公車/客運(33%) 2.步行(22%) 3.汽車接送(15%) 4.其他(13%) 5.自騎機車(7%)	97%	1.7 次	1. 汽車接送 (27%) 2. 自騎機車(21%) 3. 機車接送 (11%) 4. 其他 (12%) 5.公車/客運 (10%)
外出運動	55%	21.7	1.步行 (76%) 2.公車/客運(12%) 3.自行車(3%) 4.自開汽車(3%) 5.自騎機車(3%)	50%	23.8	1. 步行 (82%) 2. 自騎機車(7%) 3. 自行車(7%) 4. 自開汽車 (2%) 5. 機車接送 (1%)
購物逛	34%	12.0	1.步行 (60%) 2.公車/客運(24%) 3.自開汽車 (6%)	27%	12.0	1.步行 (35%) 2.自騎機車 (28%) 3.自行車 (10%)

活動類型	大眾運輸「方便」地區 (離峰班距小於 20 分鐘)			大眾運輸「不方便」地區 (離峰班距大於 20 分鐘)		
	需求比率	每月平均發生頻率	主要運具	需求比率	每月平均發生頻率	主要運具
街			4.汽車接送 (5%) 5.自騎機車 (2%)			4.公車/客運 (9%) 5.機車接送 (7%)
鄰居串門	23%	18.5	1.步行 (97%) 2.自騎機車 (3%)	38%	18.4	1.步行 (90%) 2.自騎機車 (5%) 3.自行車 (3%)
休閒旅遊	23%	6.2	1.公車/客運(27%) 2.其他 (23%) 3.步行(17%) 4.汽車接送(16%) 5.機車接送(6%)	11%	8.0	1.步行 (23%) 2.其他 (23%) 3.汽車接送 (16%) 4.公車/客運 (11%) 5.自騎機車 (6%)
宗教活動	21%	6.2	1.公車/客運(41%) 2.步行(25%) 3.汽車接送(9%) 4.其他(9%) 5.自騎機車(6%) 6.機車接送(6%)	15%	6.6	1.步行 (29%) 2.自騎機車(19%) 3.汽車接送 (11%) 4.自行車 (11%) 5.公車/客運 (10%) 6.機車接送(10%)
外出用餐	21%	4.5	1.公車/客運(28%) 2.汽車接送(23%) 3.步行(22%) 4.其他(14%) 5.自騎機車(1%) 6.機車接送(1%)	4%	3.5	1.汽車接送 (42%) 2.自騎機車(18%) 3.自開汽車 (16%) 4.機車接送 (11%) 5.公車/客運 (5%) 6.其他(5%)
探親訪友	12%	5.81	1.公車/客運(33%) 2.步行(17%) 3.汽車接送(13%) 4.自騎機車(10%) 5.其他(10%) 6.機車接送(7%)	12%	8.3	1.自騎機車(34%) 2.步行(15%) 3.汽車接送 (14%) 4.自行車 (13%) 5.公車/客運 (9%) 6.自開汽車(7%)
下田／工作	2%	4.1	1.步行(83%) 2.自騎機車(17%)	15%	22.7	1.步行 (37%) 2.自騎機車(31%) 3.自行車(26%) 4.機車接送(4%)

資料來源：林萬億（2008）

沈添財等（2003）也指出，高齡者就醫旅次之交通工具使用狀況會因不同縣市而有很大之區別，在台北市以搭乘公車/客運（32%）為主，搭乘私人

運具（22%）及走路（22%）次之、搭乘計程車及騎自行車再次之，駕駛汽車及機車前往之比率並不高。在台南市則以搭乘私人運具（57%）為最高，其次為駕駛機車（30%），少數會搭乘計程車、駕駛汽車及自行車。在嘉義市同樣以搭乘私人運具（58%）為最高，其次為駕駛機車、騎自行車及步行。而花東地區，則以搭乘私人運具（32%）及搭乘公車/客運（28%）為主，其次為駕駛機車、步行及駕駛汽車，少數搭乘計程車及騎自行車。其調查結果也表明大眾運輸之發達程度確實影響高齡者運具選擇行為。

表 2-7 高齡者就醫旅次之運具使用比率（%）

運具別	台北市	台南市	嘉義市	花東地區
計程車	13	7	5	4
公車/客運車	32	-	-	28
搭乘私人運具	22	57	58	32
駕駛汽車	3	3	6	9
駕駛機車	3	30	11	13
自行車	6	3	10	1
步行	21	-	10	13
總計	100	100	100	100

資料來源：沈添財（2003）

上述有關我國高齡者旅運活動需求及運具使用資料，雖可協助本研究對我國高齡者旅運交通活動的了解，惟該調查至今已有十多年之時間落差。而這段期間正逢「嬰兒潮世代」邁入高齡階段之時機，這些初老（65-75 歲）的高齡者可能擁有的不同生活型態及追逐自主的用車觀念，另許多因應高齡者活動需要的特殊運輸服務及電動代步器也陸續推出，勢必會對此批新進之高齡者的外出活動意願及車輛使用產生衝擊。

2.3.2 我國高齡者現有之運具選擇

依照「交通部 109 年民眾日常使用運具狀況調查摘要分析」之統計指出，高齡者使用公共運輸出行之比率僅 16.8%、而使用機車出行之比率則高達 46.6%。上述數據表示目前高齡者選擇使用機車的人數仍然為大宗，推估其原因固然與公共運輸服務不足有關，另一可能原因係高齡者所需的行動自主

性、自由度，以維持其社會參與程度。

當前高齡者出行之運具選擇方式，可綜合考量其生理機能、心理偏好、自駕能力和是否將駕駛車輛視為自我存在價值，本研究將其劃分為四個族群，「高度運具追求者」、「可擇優選擇運具者」、「只能選擇公共運輸者」、「特殊個人運具需求者」（如圖 2-6 所示）。在大眾運輸與人行設施較為發達的先進國家，高齡者若感受到自身生理機能有所退化，將可捨棄自己駕駛汽車，轉而以步行或是自行車搭配公共運輸，但在台灣，因為基礎建設與公共運輸的不足，上述這些高齡者只能被迫繼續選擇使用傳統二輪機車，直到其相關機能退化至無法駕駛機車，不得不轉而使用電動輔具。

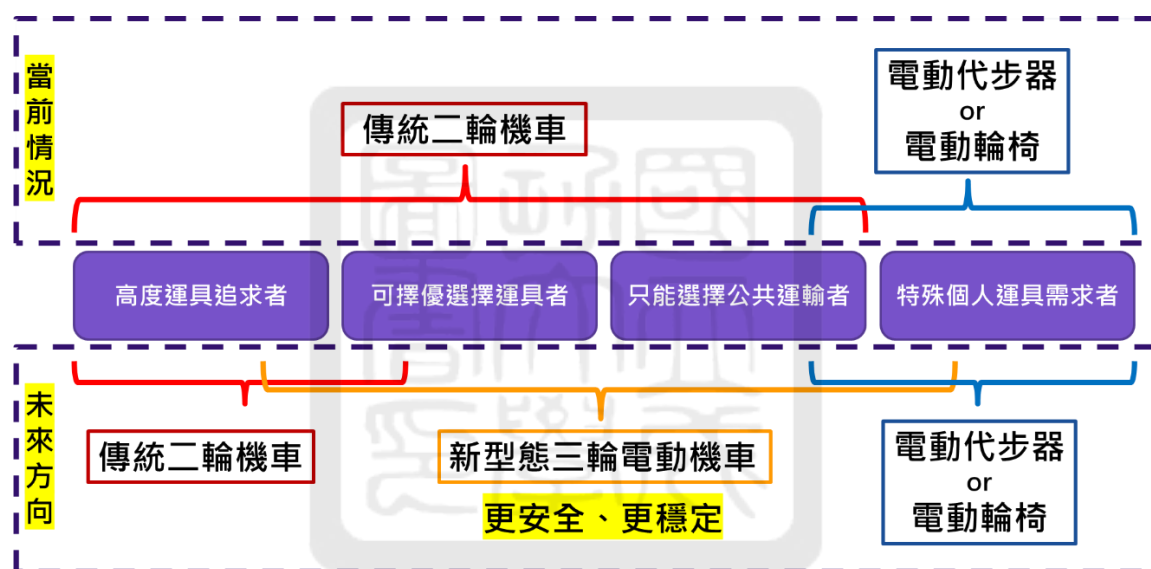


圖 2-6 高齡運具需求之比較

當前我國高齡者之事故類型主要發生於機車、慢車及行人（包含電動代步器），因此有必要於本節針對我國現有之機車、慢車及電動代步器相關定義及審驗法規進行盤點與整理，以了解前開運具之個別特性，進而幫助本研究評估如何由運具之構面謀求新型態運具研發策略。

一、各式自行車之定義

依「道路交通管理處罰條例第 69 條第 1 項」規定，慢車之種類分為「自行車」及「三輪以上慢車」兩大類，同條項第 1 款規定「自行車」依其機械裝

置及動力輔助情形分為三類：

1. 腳踏自行車：一般泛指其動力來源完全靠騎者腳踏行駛，無其他動力輔助裝置者，法規之定義並未就其功能屬性再區分「公路車」、「登山車」、「學生通勤車」、「城市街車」、「旅行車」)。
2. 電動輔助自行車：以人力為主、電力為輔，最大行駛速率在每小時 25 公里以下，且車重在 40 公斤以下之二輪車輛。
3. 電動自行車：指經型式審驗合格，以電力驅動，最大行駛速率在每小時 25 公里以下，且車重（不含電池）在 40 公斤以下之二輪車輛。

電動輔助自行車與電動自行車，最大的差異為前者需要踩踏，後者不用，電動輔助自行車一定要踩踏板，電力才會介入輔助省力；相對的，電動自行車之操作方式與機車相近，轉動油門就可以騎行，外觀也相當近似機車，因此一般消費者常將兩者誤認為同一類別產品，並拿來比較。電動自行車與電動機車的主要差異是「時速限制」，25km/hr 以下是電動自行車，超過 25 km/hr 則是電動機車。騎電動自行車免牌照、免駕照、免稅金；電動機車則皆需要。本研究依照現行相關規範，彙整為表 2-8，當中電動輔助自行車與一般腳踏自行車之附載規定相同。

表 2-8 電動輔助自行車與電動自行車之比較

車款種類	電動輔助自行車	電動自行車
整車重量	40KG 以下	不含電池 40KG 以下 含電池 60KG 以下
動力來源	人力為主，電力為輔	全電力驅動
速度上限	25km/hr	25km/hr
有無踏板	有	無
駕駛資格	不限	不限
是否需要檢驗標章	是	是
是否佩戴安全帽	建議配戴	強制配戴
是否可載人	可（限幼童）*	不可
* 前座椅者：一歲以上四歲以下且重量十五公斤以下幼童 後座椅者：一歲以上六歲以下且重量二十二公斤以下幼童		

資料來源：整理自交通部電動輔助自行車及電動自行車安全審驗管理辦法

二、電動輔助自行車與電動自行車審驗項目

依據車輛型式安全審驗管理辦法，電動輔助自行車與電動自行車製造商須受交通部委託辦理之國內車輛專業機構依法定審驗項目審驗，並登記發放檢驗合格標章。交通部亦於今年（民國 110 年）增加多項審驗項目，目的即是改善當前電動（輔助）自行車之安全標準（如燈具、車身尺寸等），以及將其與電動機車明確區別出來，以利有關單位進行管理與辨識。

除增訂車身規格相關規定之外，交通部也因應電動輔助自行車及電動自行車裝設 LED 光源燈具之需求增加，以及產業界建議其檢測基準之光源規定，應比照汽、機車開放使用 LED，因而參考車輛安全檢測基準之 LED 光源燈具規定，增訂該基準部分條文，修正重點則主要針對車身燈具的規格、安裝位置、燈色等項目。

三、電動代步器之定義

依現行道路交通管理處罰條例第 69 條規定，慢車行駛速度需為 25km/hr 以下，本研究將慢車簡易劃分為自行車與其他慢車兩類，其中自行車種類須為二輪車輛，慢車須人力為主，而電動輔具如電動輪椅與電動代步器屬以電力為主之三輪以上車輛，並不屬於前開提及之任一慢車種類，故電動代步器依法非屬慢車，並不具備與慢車相同之路權（見表 2-9）。

在路權方面，依照交通部解釋，經衛福部公告屬於醫療器材之「醫療用電動三輪車」、「動力式輪椅」等，係視為行人活動之輔助器材，其於道路上應遵守一般行人之管制規定。代步器之使用必須遵守「道路交通安全規則」第 7 條、第 133 條至第 139 條有關行人之管制規定；惟如該等車輛經確認非屬醫療用電動代步器，但仍有行駛道路之需要，即應依一般汽車規定，經車輛型式安全檢測審驗合格，領有合格證明書後，向公路監理機關登檢領照。因此如表 2-5 所示，所有慢車依法可行駛於慢車道，電動代步器原則上只能行駛於人行道，而在人行設施缺乏之區域，電動代步器需使用慢車道，這將導致混流情況嚴重，增加事故之風險。

表 2-9 交通管理處罰條例機車與慢速運具使用道路之規定

運具種類	運具範圍	行駛道路範圍			
		一般車道 或 快車道	慢車道	自行車道	人行道
機車	大型重型	✓	▲ (註 2)	×	×
	普通重型	▲ (註 1)	✓	×	×
	普通輕型 (>45KPH)	▲ (註 1)	✓	×	×
	小型輕型機車 (≤45KPH)	▲ (註 1)	✓	×	×
慢車	自行車	腳踏自行車	▲ (註 3)	✓	✓
		電動自行車 (≤25KPH)	▲ (註 3)	✓	▲ (註 4)
		電動輔助自行車 (≤25KPH)	▲ (註 3)	✓	▲ (註 4)
	其他	三輪以上人力、 獸力行駛	▲ (註 3)	✓	×
電動輔具	電動代步器或輪椅	▲ (註 5)	▲ (註 5)	×	✓
電動載具	動力載具、 運動休閒器材	×	×	×	×
備註	1.未劃分快慢，最外側二車道；以劃分快慢，最外側快車道。 2.起始、準備轉彎、準備停車或臨時停車。 3.未劃設慢車道，靠右側路邊行駛。 4.設有「遵 22-1」專供行人及自行車通行，並以行人通行為優先。 *部分縣市禁止電動（輔助）自行車行駛 EX:台北市、新北市。 5.路權比照行人，未劃設人行道之道路，應靠邊行走。				

資料來源：黃慧娟、周文生（2018）

我國針對電動代步器檢驗事項有關之標準包含「經濟部標準檢驗局 CNS 14964」與「衛福部醫療器材管理辦法第三條附件一-醫療器材分類分級品項（3800 醫療用電動代步器、3860 動力式輪椅）」，其針對電動輔具出廠時的動態穩定性、耗能及速度等內容進行規範，並無道路行駛相關要求，且上述內容並無強制力，導致市面上（見表 2-10）眾多電動代步器廠商皆會透過自

行加裝燈具、更改馬達出力及電池容量等方式，迎合消費者之需求，此舉導致電動代步器規格眾多，卻無法規確保其改裝過後是否安全，僅能由消費者自行評斷而後購買。

表 2-10 市面常見電動代步器性能諸元彙整

電動代步器形式	 三輪	 四輪（佔多數）
車長	130~160cm	
車寬	65~75cm	
車重	約 150kg	
最高時速	規定 10km/hr 以下	
爬坡能力	5~15 度	
馬達出力	400~2500W	
電池容量	12V 50Ah *2 or 12V 75Ah *2 等	
	（可根據行駛需求加大容量，壽命兩到三年）	
續航里程	依電池容量而定，普遍 40KM 以上	
售價	2~6 萬	2~17 萬
客製化選配項目	電池容量、避震器、各式座椅（單人或雙人）	
	頂棚、燈具、置物箱、拐杖座等	

圖片來源：宏龍電動車（三輪）、康陽行動輔具（四輪）

資料來源：本研究自行整理

由上述整理之資料可得知，目前電動自行車及電動輔助自行車僅能為二輪之設計，行駛特性與傳統機車差距不大，依然需要自身平衡力來駕駛車輛，無法改善高齡者因身體機能退化，而需有更加穩定車輛之需求。再者，

若要修改交通管理處罰條例對電動自行車不能為三輪之規定加以鬆綁，將面臨重量、車身尺度等規範亦須同步修改的繁瑣過程，因此執行面上較為困難。而三或四輪電動代步器之行駛特性雖然可以符合高齡者之需求，但其審驗法規並不夠健全，缺乏燈光、車身尺度、煞車系統等規範，將導致其道路行駛能力不足以行駛於道路，貿然投入於道路中行駛將衍生更多危險，因此本研究將優先以「三輪機車」作為研究對象，以機車作為研發級距，可銜接固有的駕照換發、駕駛增能訓練等既有政策，亦可行駛於慢車道，對現有交通環境與制度的影響較小。

2.4 國內外三輪機車資料蒐集

2.4.1 三輪機車機械特性與應用

三輪機車較傳統二輪機車在行駛上較為穩定且更為安全 (Palanivendhan et al., 2021; Vadysinghe et al., 2018)，兩輪機車在操作穩定性、車輛控制系統及車輛防護設備方面比三輪機車較為不利，操控上比較像汽車且容易保持車身的穩定且由於車重與駕駛者重量分布於三個點，因此在煞車、加速、轉彎有較佳平衡性，毋須刻意透過身體的傾斜來防止車輛翻覆，故對身體的肌肉負擔比較小。目前國內法規可審驗通過之之機械構造可分為前一後二 (Delta Trike) 及前二後一 (Tadpole Trike) (如圖 2-7)，此二種車輪配置之行駛特性不盡相同並且都可加入傾斜機構進一步增加轉向穩定性，Antony & Jayabal (2016) 的研究指出，在搭配傾斜機構之後，不論是前一後二或是前二後一的機械配置，當車身整體質量集中於左右兩輪之中心點，即可獲得更大的行駛穩定性，此結果可推論後置引擎的機車重心較接近後軸，理論上以前一後二的傾斜機構設計，將可獲得較高的行駛穩定性。Tang et al. (2018) 以前一後二之懸吊設計進行測試，發現此設計之車輛若有足夠之傾斜角度，即可穩定平衡車輛並同時保持車體緊湊，以節省貨物或乘客空間，除此之外前一後二的設計可在「低速」時提供較前二後一高的穩定性 (Shah, 2018)。



資料來源：EngineerGog.com (<https://engineerdog.com/2015/09/09/engineering-a-3-wheel-vehicle-chassis/>)

圖 2-7 三輪車設計方式

經本研究之整理回顧，目前已經量產且市面上可供選購之三輪機車主要可以「物流使用導向」及「日常休閒導向」兩類做為區分（如表 2-11），而前者又多以前一後二為設計架構，其講求低速穩定性，確保貨品裝載之安定，後者則多採用前二後一的設計，講求高速行駛與激烈操駕之穩定性，故多以普通重型或大型重型機車級距上市。

表 2-11 不同使用導向之可傾斜式燃油三輪機車比較

用途	物流使用導向	日常休閒導向
品牌	HONDA	YAMAHA
型號	GYRO	Tricity 155
動力形式	汽油（氣冷二行程）	汽油（水冷四行程單缸 4V）
排氣量	49c.c.	155c.c.
重量	49KG	165KG
長/寬/高	1,760mm/685mm/1,010mm	1,980mm/750mm/1,210mm
領牌級距	小型輕型機車	普通重型機車
三輪機構	前一後二	前二後一
圖例		
優點	●設計簡單 ●低速穩定	●造型酷炫 ●高速穩定 ●適應崎嶇路面
缺點	●配有差速器導致車重增加	●製造成本高

資料來源：本研究彙整

2.4.2 國內外三輪機車發展

國外三輪機車發展方面，最早可追溯 1884 年於英國所推出的三輪車，採用煤油發動力驅動，當時的輪胎配置為前一後二，因當時缺乏資金該項車輛並沒有成功推出，故那時期的機車大多以二輪為主。現代化的三輪機車可源自於義大利 Piaggio 的車款，其推出的原因主要為克服歐洲崎嶇不平的各式路面，在機車轉向時，兩個前輪可在同一時間依照轉彎角度與車身側傾，作出不同的伸縮與張伸表現，使其在高速行駛下仍保有相對穩定性。

我國自民國 100 年起導入三輪機車法規，由於車體本身之設計差異，毋須機車腳架之相關規定，其餘安全法規則大致與二輪機車相同，並以歐盟 EC 指令及聯合國 UNECE 之相關規定為基礎訂定（VSCC，2012）。

國內三輪機車發展方面，2011 年宏佳騰與義大利車廠 Quadro 合作生產前二後一之三輪車輛（AEON 3D-350），該車款為排氣量 346c.c. 的黃牌車種，於 2015 年通過國內審驗法規，成為國內第一台掛牌上路的三輪機車。

近年來由於環保意識抬頭，國內外車廠逐漸將研發主力放在電動化項目上，除了電動汽車之外的電動機車，具有零碳排放、低噪音、高性能及維修保養問題較少等優點，我國眾多機車廠商推出電動三輪概念車，且多以商用物流導向的可傾斜式前一後二機構設計，推出相關車款之廠商包括宏佳騰智慧電車 Ai-2 Gather（見圖 2-8）、SYM EF-3（見圖 2-9）等，此類車款以普通重型或普通輕型機車級距推出，車輛設備包括差速器、傳動軸、煞車系統與倒車裝置，注重慢速騎乘時的穩定性，兼顧機動性與載貨能力，善於穿梭巷弄。若考量高齡者之使用情況，前述兩種級距之車輛為目前國內機車銷售之主力，電力驅動下可進行電子限速及油門靈敏度之改良，以因應高齡者騎乘速度較慢之需求，上述特性對高齡者而言皆比傳統二輪機車更為友善且又能保有其原先的駕駛方式，故以前一後二設計之物流導向車輛，將是本研究主要探討於高齡友善機車之研發設計基礎。



資料來源：u-car.com.tw (<https://motor.u-car.com.tw/motor/article/65453>)

圖 2-8 宏佳騰 Ai-2 Gather



資料來源：GLOBAL SYM (<https://www.youtube.com/watch?v=jWQ-qL28c5k>)

圖 2-9 SYM EF-3

2.5 專家座談交流議題彙整

本研究屬於針對國內特有之高機車使用率的交通環境下衍生之研究議題，不論是國內外之各學科領域皆無特別針對高齡者的機車設計考量要素，再加上我國政府單位雖長期推動相關計畫，試圖以駕駛人管理與道路環境之面向改善機車事故率逐年提高之窘境，但目前仍未見顯著之成效。故本研究考量後續專家問卷之問項效度與全面性，於民國 110 年 10 月 12 日線上舉行「研發新型態友善運具改善高齡者機車交通風險座談會」，藉由邀請「中央主管機關、高齡產業團體、地方政府交通單位與機車製造廠商」(見表 2-12)，分別以不同利害關係人之立場，洞悉目前國內政策面、法規面及技術面，對高齡者友善新型態機車的支持態度與相關意見。

表 2-12 研發新型態友善運具改善高齡者機車交通風險座談會與會專家名冊

專業領域	單位	部門	職稱
中央監管 與 法規政策	內政部營建署	道路工程組	分隊長
			副工程司 兼分隊長
	交通部路政司	-	秘書
	交通部公路總局	監理組	正工程司
			幫工程司
	交通部運輸研究所	運輸安全組	助理研究員
	工業技術研究院	電動機車產業推動計畫	專員
地方執行	財團法人車輛安全審驗中心	-	處長
	台南市交通局	智慧交安科	股長
高齡產業	社團法人台灣銀髮產業協會	秘書室	秘書長
		團體會員 (輔具家 ATHome)	營運長
機車技術	宏佳騰動力科技 股份有限公司	營運中心	副總經理
		研發中心	副總經理
	三陽工業股份有限公司	產品設計部	副總研究員
		研究發展部	主任研究員
	台灣山葉發動機 研究開發中心股份有限公司	車體開發課	工程師
	中華汽車工業股份有限公司	品牌行銷組	產品 企劃專員

本次座談會依序由機車技術、高齡產業、地方執行與中央監管與法規政策之專家，針對以下三項交流議題進行發言討論：

1. 高齡者安全導向之三輪機車設計考量要素
 - 高齡者導向之研發因素構面討論
 - 關鍵構面之評估準則討論
 - 車廠研發意願與政府監管考量因素
2. 高齡友善三輪電動機車資源整合與推動
 - 技術整合運用與成本因素限制
 - 研發期程評估與政府補助介入
 - 政府可支持之事項（車輛法規、政策、經費）
3. 我國高齡者之使用需求與電動機車環境
 - 高齡者機車與電動代步器市場消費特性
 - 高齡者使用特性（身體限制、使用習慣等）
 - 適合高齡者的能源提供方式與配置（充/換電）

本研究依照座談會各與會專家所討論之重要議題進行以下彙整。

1. 外觀操作與行駛特性

三輪機車無論行駛穩定性較一般二輪機車優異，可顯著避免車輛打滑傾倒發生，煞車距離亦較二輪機車縮短 20~40%，可因應高齡者因反應較慢所損失的反應時間。車輛外觀部分由於傳統三輪機車為身障者所特製改裝使用，因此新型三輪機車外觀除了要與電動代步器有所區別之外，亦要符合時代具潮流感，以提高高齡者使用意願。在操作上，多位專家提及高齡友善三輪機車之操作特性應與傳統二輪機車相似，以減少高齡者騎乘轉換的過渡。

身障者特製機車及電動代步器目前衛福部有提供補助金，而特製機車之

申請率約為電動代步器的三倍，且特製機車補助款項中有 30%為申請改裝「倒退輔助」功能，因此期待未來設計可納入此裝置，以及拐杖放置空間。

多位專家皆針對停車便利性提出討論，認為未來設計之三輪機車須考量寬度不宜過寬，方便停車之餘，也不影響行駛於機車道時的安全。

2. 動力性能特性

中高齡者需要友善車輛，但依照不同年齡層、健康程度將有不同的性能需求（例如：25、45、75KPH），因此可透過限制動力輸出使車輛有多種動力模式，以符合不同使用族群需求，同時可考慮依照晝夜區分電動馬達出力峰值，使其夜晚的速度較慢。

地方政府交通局也提議使用慢速設計將可減緩碰撞之後的死傷嚴重程度，因此車速之設計須妥善規劃。

3. 技術開發成本與補助政策

三輪機車成本較二輪機車較高，以宏佳騰為例，開發新型車輛將花費新台幣 6 千萬至 1.5 億元不等，若完全依照銷售量進行損益平衡將無法達成，若要售價控制在七萬元以內，前期需要倚賴政府購車補助，以車輛開發觀點，由於成本攤提問題，車廠不希望車輛研發僅針對少部分市場進行販售，因此期望新型態機車將是一輛高齡友善之運具，但一般大眾不會排斥購買使用，進而降低生產研發成本攤提。

價格與維修成本預期將是高齡者選擇此三輪機車的主要考量，產品投入初期期望明訂高齡友善三輪機車的車輛標準規範，比照 ABS 及 CBS 補助模式進行補助，經濟部工業局現有之 TES（Taiwan E-Scooter）電動機車補助政策亦可接受三輪電動機車進行申請。

4. 政府監管與執行

車安中心表示我國已於民國 104 年開放三輪機車審驗，若要針對符合台灣的在地化法規都可進行研議，例如更加便於高齡者使用的操作功能或是倒車輔助功能等。

內政部營建署自民國 95 年開始逐漸推動人本交通建設，進行車道縮減及闢建人行道等工程，使道路空間分配更為合理，更於 110 年 8 月進行市區道路及附屬工程設計標準部分條文修正，明訂慢車道之寬度不得小於 1.5 公尺，且將一改傳統車種分流管理，轉為推動車速分流管理，因此高齡友善三輪機車需要考量其路權之定位，以安全行駛於車道。

目前電動機車動力規格已有規定，高齡者友善之運具從以往輔具角度提升為機車層次納入慢車類別，將無法對駕駛人進行管理，目前針對機車方面有實施高齡駕駛人換照管理制度，因此若納入電動機車則可藉由換照來確保駕駛人能力。

除此之外，需考量新型態運具於社會上之觀感是否認為使用三輪機車即代表行動能力不足，或是聯想至身障者特製改裝之機車（見圖 2-10），進而使高齡者產生排斥心理。



資料來源：（左、中-成昇實業官方網站 <http://www.c-s.com.tw/index.html>）、（右-中華民國身心障礙聯盟網站 <https://www.enable.org.tw/>）

圖 2-10 各式身障者特製改裝機車圖

2.6 新型態高齡友善運具使用因素

筆者參與交通部運輸研究所（2021）一項有關高齡友善交通政策之研究時，針對高齡者於使用新型態運具時可能考量的因素進行調查，考量高齡者問卷填答能力與篇幅限制，將各因素分類成騎乘體驗相關、性能相關、成本相關以及車輛特性等四個大項，給予高齡者進行填答，並詢問其整體是否願意使用新型態運具，調查族群為 65-74 歲、75-84 歲、85 歲以上高齡者，台北 170 人次及台南、台東各 120 人次。

該研究依照各區域高齡者所填入之排序加以權重後進行計算，得到以下表 2-13 結果，可發現在騎乘體驗部分，高齡者較重視騎乘平穩度與座椅舒適度；性能相關部分，高齡者較重視車輛續航力與速度要夠快；成本相關部分，則以販售價格與維修成本較為重視；車輛特性部分，臺北市與臺東縣的高齡者十分重視車體重量必須要夠輕，臺南市與臺東縣的高齡者可能因平時有雙載需求，而較重視車輛是否可以載人。

表 2-13 新型態運具設計相關特性重視程度

相關特性	各項特性因素	各縣市重視程度加權分數*		
		臺北市	臺南市	臺東縣
騎乘體驗相關	騎起來很平穩	3.6	3.0	3.0
	座椅舒適度	2.9	3.3	3.8
	車前擋風玻璃	1.8	1.9	2.0
	後背腰靠	1.6	1.8	1.2
性能相關	能騎夠遠	3.1	2.5	2.9
	速度夠快	2.0	2.5	3.3
	能爬陡坡	2.7	2.5	2.2
	加速夠快	2.2	2.5	1.7
成本相關	販售價格	3.4	2.6	2.9
	維修成本	2.0	2.5	3.1
	電池與充電成本	0.6	0.9	0.1
車輛特性	車重夠輕	3.7	2.1	2.8
	可以載人	1.4	2.3	2.8
	有倒車功能	0.9	1.6	0.4

註*：〔(排序 1 次數*4)+(排序 2 次數*3)+(排序 3 次數*2)+(排序 4 次數*1)〕/該項總次數=加權分數
資料來源：交通部運輸研究所（2021）

本研究之調查問卷亦針對高齡者是否願意嘗試使用新型態三輪電動機車進行調查，結果呈現出頗大的城鄉差距（見表 2-14），臺北市的高齡者可能因大眾運輸較為發達，本身並無騎乘機車的習慣，導致其初步想法已較為排斥使用機車相關運具，臺南市與臺東縣的高齡者則都有過半數填答者表示願意嘗試使用。

表 2-14 各縣市新型態三輪電動機車使用意願

縣市	項目	人次	百分比
臺北市	是	62	36.5
	否	108	63.5
	總計	170	100
臺南市	是	71	51.2
	否	49	40.8
	總計	120	100
臺東縣	是	72	60.0
	否	48	40.0
	總計	120	100

資料來源：交通部運輸研究所（2021）

該研究請高齡者針對不願意使用新型態運具之原因進行開放式填答，結果顯示臺北市的高齡者有 20%擔心車輛販售價格過高；另有 20.5%考量車體過大衍生的停車便利性問題；有 17%認為本身年紀大，騎車太危險。在臺南市與臺東縣不願使用的原因中，則以外觀像身障者特製改裝機車，不美觀、電池後續成本太高、電力續航不足等原因為最多，並無任何高齡者針對售價提出質疑，由此可推論非都會區的高齡者對電動機車存在許多刻板印象，因此新型態運具之推廣，亦須考量每個地區電力補充設施的方便性與車輛本身的持有成本必須被高齡者所接受。

根據上述調查，可得知高齡者對新型態運具之設計考量要素存在相當的城鄉差距，此結果亦顯示將來若有機車廠商或地方政府試圖推動此運具，須優先考量各地特性，以不同城鄉發展程度為基礎進行溝通與調查，確立產品設計方向與定位。

第三章 研究架構與方法

在確立本研究之目的及回顧有關文獻之後，將於第三章進行研究架構的建立與方法論之說明。為了可以同時擷取多位決策者的意見，由於本研究屬於創新研究，過去少有類似文獻可供參考，因此選擇過去曾使用於車輛購買偏好相關研究的層級分析法（Analytic Hierarchy Process；簡稱 AHP）作為研究方法，建立高齡友善新型態機車設計考量要素評估模式，研擬各重要構面與評估準則，再藉由專家問卷調查進行相對重要性之交叉比較，再進行各構面與評估準則之重要程度排序，當作關鍵設計考量要素之優先順序依據。3.1 節將先就層級分析法進行完整說明；3.2 節建立本研究之 AHP 層級架構；3.3 節說明問卷設計構面與評估準則；3.4 節說明本問卷欲調查之專家選擇。

3.1 層級分析法(AHP)

層級分析法（AHP）是由匹茲堡大學教授 Thomas L. Saaty 於 1971 年提出，該方法論之目的係將複雜之問題系統化，以層級結構將不同層面剖析分解，再透過量化方法分別對各層級進行評估比較後予以整合，簡化原本大型且複雜的問題，使問題變得容易進行決策，提供決策者更加適當的方案。往後學術界也衍生出模糊 AHP 等對應不同問題的層級分析法，本研究探討之議題具體且容易理解，故使用傳統 AHP 分析已足以獲得具有價值的研究成果。

3.1.1 層級分析法之理論與應用範圍

AHP 為多準則決策中較為簡單易操作且同時極具實用性之方法，自 1971 年被發明以來，已在規劃、判斷、預測、資源分配及投資組合被學術界、研究單位及產業界廣泛使用，且成效結果優異。

決策問題所涵蓋的範圍甚廣，從個人決策、社會團體、地方政府到中央機關甚至國家層級，皆會面臨眾多需要決策之事項。若是尺度較小的個人或家庭決策問題，由於所涉及的層面較小，因此多半倚賴個人經驗進行判斷；

然而政府機關等較為大型的團體，所做出的決策將會影響廣大的民眾或是動用龐大的資金，其所涉及的層面廣大，因此決策者需要更加小心得利用科學方法進行評估，進而產生合理的決策。

AHP 主要應用於不確定性情況下及具有多數個評估準則得決策問題上，分層結構可使決策者更加了解問題本身的意義，在選擇適當的方案時，依據評估準則進行各構面之評估，以決定各構面之優勢順位，進而找出執行的優先順序。

AHP 之優點在於系統化之層級架構可以確保決策進行時的全面性，且可同時提高決策品質及一致性。經由匯集不同之專家意見，將問題以不同層面進行拆解，以各類別尺度進行成對比較，建立成對比較矩陣，進而求得特徵向量則代表階層內之要素之優先順序，之後以特徵值來判斷各成對比較矩陣的一致性強弱程度。

層級分析法之應用範圍廣泛，其包含許多研究與實務應用，Saaty (1990) 認為下述類型之問題皆可應用 AHP 來進行分析：

1. 決定優先順序 (Setting Priorities)
2. 產生替代方案 (Generating Set of Alternative)
3. 選擇最佳方案 (Choosing the Best Policy Alternative)
4. 決定需求 (Determining Requirements)
5. 資源分配 (Allocating Resources)
6. 預測結果 (Predicting Outcomes)
7. 評估績效 (Measuring Performance)
8. 設計系統 (Designing a System)。
9. 確保系統穩定性 (Ensuring System Stability)。
10. 最佳化 (Optimizing)。

11. 規劃 (Planning)。
12. 衝突解決與矛盾 (Conflict Resolution)
13. 風險評估 (Risk Assessment)

3.1.2 層級分析法之基本假設

層級分析法的基本假設，主要可分為下列九項（曾國雄與鄧振源，1989）。

1. 一個系統可被分解成許多種類 (Classes) 或成分 (Components)，並形成有向網路的層級結構。
2. 層級結構中，每一層級的要素均假設具獨立性 (Independence)。
3. 每一層級內的要素，可以用上一層級內某些或所有要素作為評準，進行評估。
4. 進行比較評估時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度 (Ratio Scale)。
5. 成對比較後，可使用正倒值矩陣 (Positive Reciprocal Matrix) 處理。
6. 偏好關係滿足遞移性 (Transitivity)。不僅優劣關係滿足遞移性 (A 優於 B，B 優於 C，則 A 優於 C)，同時強度關係也滿足遞移性 (A 優於 B 二倍，B 優於 C 三倍，則 A 優於 C 六倍)。
7. 完全具遞移性不容易，因此容許不具遞移性的存在，但需測試其一致性 (Consistency) 的程度。
8. 要素的優勢程度，經由加權法則 (Weighting Principle) 而求得。
9. 任何要素只要出現在階層結構中，不論其優勢程度是如何小，均被認為與整個評估結構有關，而並非檢核階層結構的獨立性。

3.1.3 層級分析法之進行步驟

實際使用層級分析法進行問題處理時，可分為以下六步驟進行操作 Saaty (1990)：

一、確立問題與相關因素

對於欲研究的議題，應該盡可能擴大整體研究之系統範圍，多方審視可能影響到問題的相關因素，以成立規劃群並將問題之範圍加以界定。確立問題可利用文獻分析或是腦力激盪法 (brainstorming method) 等方式，蒐集可供確認問題的性質、範圍、影響因素及可用資源等資訊，隨後視需要構思可能之方案。

二、建立層級架構

層級之建立，並無固定的構建方法與程序，惟每一層級與其上一級的關聯需自然不牽強，而所有層級的最上級為「總目標」，總目標以下依照決策問題的複雜程度可包含多個層級，每個層級的要素則須具備獨立性，Saaty (1990) 提到，由於人類無法同時對 7 種以上事物進行比較，故每一層級內的要素不可超過 7 個。因此，有效的層級數可用 $n/7$ 估計，如此可進行有效的成對比較，與獲得較佳一致性。

三、問卷設計與調查

建立各層級與評估要素後進行問卷調查，每一層級要素要基於上個層級的某一要素，進行成對比較。Saaty (1990) 推薦以 9 個評估尺度進行成對比較的衡量，其中基本評估尺度劃分為絕對重要、極重要、頗重要、稍重要以及同等重要五個等級，其餘之評估尺度將介於上述五個基本尺度之間，讓受訪者填寫每一成對要素間的比較尺度，問卷必須清楚地設述每一成對比較的問題，並附加詳細的引導說明，且以不超過 9 個尺度為原則，以免造成判斷者之負擔。

四、建立成對比較矩陣

依照上述調查所取得之數值，將每位填答者之結果數值進行幾何平均及可建立各層級之成對比較矩陣，如下所示：

$$A = [a_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} W_1/W_2 & W_1/W_2 & \cdots & W_1/W_n \\ \vdots & W_2/W_2 & \ddots & \vdots \\ W_n/W_2 & W_n/W_2 & \cdots & W_n/W_n \end{bmatrix} \end{matrix}$$

五、計算優先向量與最大特徵值以求得要素間之相對權重：

成對比較矩陣求得後，利用數值分析中的特徵值（eigen value）解法求取特徵向量（eigen vector）或稱優勢向量 W （priority vector），計算過程如下（1）式，再根據此優勢向量計算最大特徵值。

1. 製作要素成對比較矩陣 A

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_n/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 $a_{ij} = w_i/w_j$ ， w_i 與 w_j 各為要素 i 與要素 j 之權重。要素比較成對矩陣 A 為正倒值矩陣，符合矩陣中各要素為正數，且具有倒數特性，如下（2）式。

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \quad (2)$$

2. 求取最大特徵值

將上述要素成對矩陣 A 以各要素權重所成的向量後得式 W （4）、（5）。

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^t \quad (3)$$

$$AW = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_n/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$AW = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

由於 a_{ij} 為決策者主觀判斷所給予的評比值，與真實的 w_i/w_j 值會有些許差異，導致 $AW = nW$ 無法成立，因此 Saaty (1990) 建議以矩陣 A 中的最大特徵值 λ_{max} 取代 n，如式 (6)。

代入後所得之最大特徵向量及為各要素之權重，如式 (7)。

$$AW = \lambda_{max} W \quad (6)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left(\frac{w_1}{w_1} + \frac{w_2}{w_2} + \dots + \frac{w_n}{w_n} \right) \quad (7)$$

六、計算各層級一致性指標

若要將填答者之答案視為有效問卷，則須先確定問卷內容的合適性，Saaty (1990) 建議計算一致性指標 (consistency index, C.I.) 與一致性比率 (consistency ratio, C.R.)，以檢定成對比較矩陣的一致性，若 C.I.=0 代表前後判斷完全一致，C.I.>0 則表示前後判斷不一致，因此 Saaty 表示若 C.I. ≤ 0.1 則符合一致性檢定，其公式如下式 (8)、(9)：

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \leq 0.1 \quad (9)$$

其中隨機性指標（random index；R.I.）由評估尺度 1 至 9 所產生的正倒值矩陣，在不同階數下，所產生的一致性指標值如表 3-1。

表 3-1 評估矩陣的隨機指標值（R.I.值）

階數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58

資料來源：Saaty（1990）

3.2 建立 AHP 層級架構

Saaty（1990）指出，將原有龐大複雜的問題區分多層級並以系統化方式分別進行評估後加以整合，以降低整體決策之難易度，且具有以下優點：

1. 以要素建立層級架構，有助於工作的達成。
2. 對於描述系統的結構面及功能面較容易。
3. 有助於描述要素間彼此的影響程度。
4. 自然系統通常是以層級方式組成，且層級是一種有效的方式。
5. 層級具有穩定性（Stability）與賦彈性（Flexibility）。微量的變化就會產生影響，但對於架構良好的層級而言，增加一個層級對於整個層級系統的有效性不會影響。

本研究依據第二章之文獻回顧發現，高齡者確實存在身體機能逐漸老化而減退之事實，惟國內外眾多關於高齡者身心狀況與駕駛能力的研究多以汽車本位進行探討，幾無高齡者機車駕駛相關研究，因此本研究擷取高齡者常使用的電動代步器相關機械特性與二輪機車的機械特性進行交叉比對，研擬出「外觀操作因素」構面，其所屬評估準則將盡可能結合電動代步器與機車之特色，同時與身障者特製機車有所區別，綜合各項優缺點列出新型態機車所應具備之外觀操作設計考量要素。

除外觀操作因素之外，本研究於回顧文獻時亦得知，高齡者對於速度感知方面將隨年紀增長而減退，造成高齡者更趨於以慢速行駛於道路上，由於此涉及新型態機車之動力性能之配置，因此研擬「動力性能因素」構面。

經蒐集我國機車產業之發展現況，開發成本及販售價格將直接影響車廠開發意願與民眾之購買意圖，本研究雖無探討民眾之願付價格但考量我國電動機車之發展前期係由經濟部工業局執行電動機車補助專案，並且以往針對 ABS 及 CBS 等安全煞車系統亦提供過專案補助，藉由座談會也得知，機車廠商希望高齡友善機車得以依循此模式推出，故整合「研發成本因素」構面。

我國之機車安全問題複雜，當中政府機關長期對機車的治理態度，著實牽動我國機車安全政策，當中針對路權分配之議題已長期受到關注，內政部營建署為市區道路主管機關，其於座談會時表示人本交通之推動策略之一為落實車速管理，我國現有的車種分流制度將逐漸回歸國際普遍採用的車向車速分流制度，高齡友善之車輛為符合高齡者使用之低速車輛，預期將需要足夠的慢車道空間，又我國道路規劃單位涉及公路總局、營建署、地方政府等權責機關，因此高齡友善運具之投入勢必會因不同城鄉環境而面對不同道路情形。在駕駛資格方面，目前公路總局針對 75 歲以上之高齡者設有駕照管理制度，雖然依照現行法規制度，三輪機車需以機車進行研發而非慢車，因此原本駕照制度將不受影響，但可參酌國際「日間駕照」制度，透過註記方式限制高齡者使用高齡友善的三輪機車，作為權衡方式，故本研究依上述設置「政府監管因素」構面。

本研究綜整文獻之蒐集、專家座談會之討論以及腦力激盪之增減，建構層級要素結構圖（見圖 3-1），並逐項說明各評估準則之意涵（見表 3-2）。

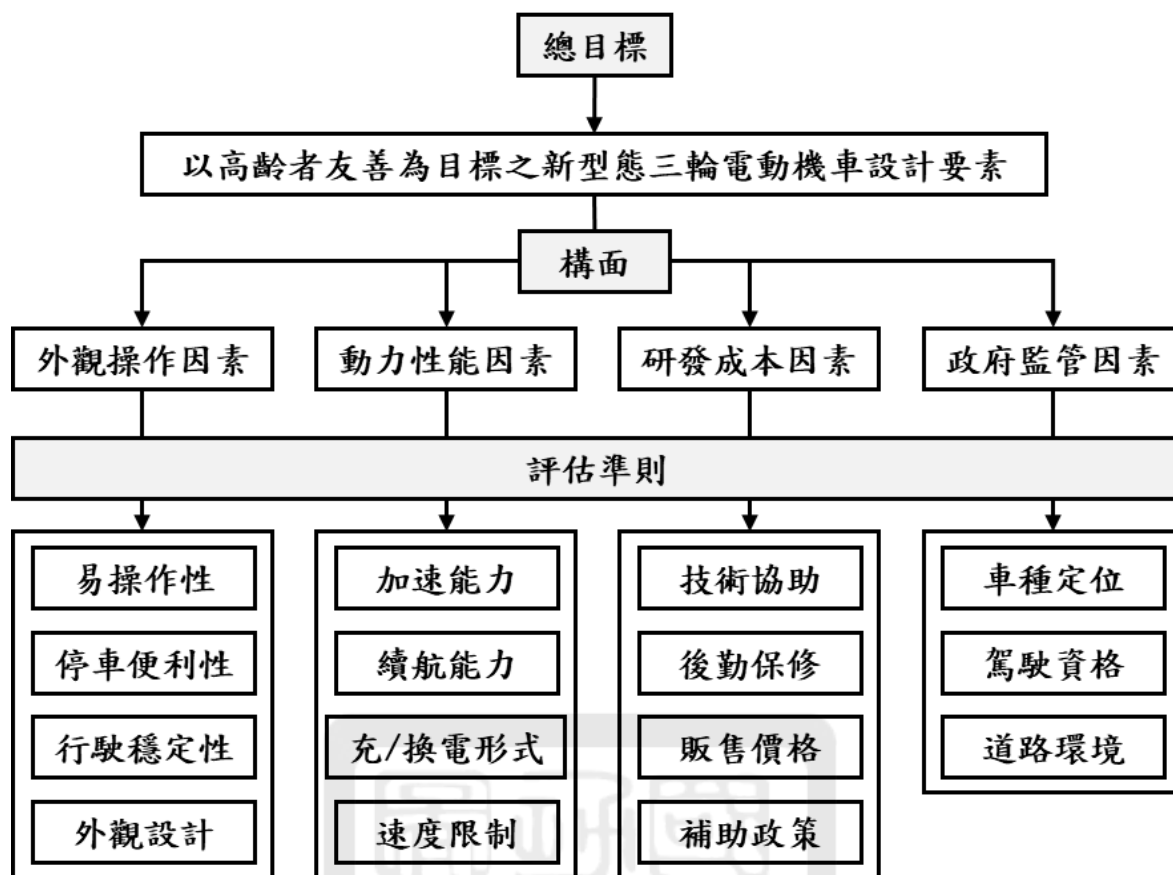


圖 3-1 高齡友善新型態三輪電動機車設計考量要素評估層級架構圖

表 3-2 評估準則之定義與說明

構面	評估準則	評估準則說明
外觀操作因素	易操作性	高齡者依年齡增長，肌力、平衡力及學習能力逐漸退化，對環境外在影響亦有較低的忍受度，因此車體設計將符合簡單易操作之特性，例如簡單的人機互動介面、方便的置物空間、車頂棚、擋風鏡等，同時高齡者自二輪機車轉用三輪機車時，保有相同的騎乘方式。
	停車便利性	傳統二輪機車停車時，常面臨需要發力移動車輛的情境，對高齡者而言是一項負擔，因此導入如倒車輔助功能及較窄的車身設計，可減緩停車或起駛時對高齡者的負擔。
	行駛穩定性	三輪機車之設計先天上已較二輪機車還要穩定，但高齡者對於顛簸之感受、轉向之穩定或是車輛加減速可能需要更高的穩定性需求，因此需要特別優化之設計。
	外觀設計	由於現有身障者特製機車亦為三輪（或四輪）之外觀，因此高齡友善的三輪機車容易與其造成聯想，進而使高齡者自認使用了會有某程度的自卑感，所以在外觀設計上需要新穎且符合潮流，與身障者車輛有所區別。
動力性能因素	加速能力	高齡者雖對速度之要求較低，但實際遭遇較陡的道路坡度使用情境，足夠的加速能力將可因應不同的行駛需求，因此車輛整體設計雖以低速為主要訴求，但依然期望有足夠的動力設計。
	續航能力	車輛之續航能力將影響高齡者之選購意願，過短的續航能力意味著需要更頻繁的充換電頻率，但較長的續航能力則可能超過高齡者日常的使用需求。
	充/換電形式	採用充電、換電或充/換電並行之能源模式將對應不同之動力系統設計，並受基礎設施之佈建以及相關配套設施所影響。
	速度限制	藉由車載電腦之軟體編寫，依不同情境如夜晚、特殊區域、限定駕駛資格等需要慢速需求時，動態控制動力輸出峰值以限制車輛最高速度。

構面	評估準則	評估準則說明
研發成本因素	技術協助	國內三輪車體之研發較不成熟，所衍生之成本將影響車廠開發之意願，因此由政府領導進行高齡友善車體設計研發，協助機車廠商取得相關技術，或是先行導入類似車輛進行測試研究。
	後勤保修	車輛於售後所需的保養維修成本將直接影響消費者之購買意圖，因此需控制其花費在合理可接受之範圍，以免持有成本過大。
	販售價格	受開發成本攤提之影響。車輛之販售價格過高將降低高齡者購買之意願，基於企業社會責任與提升高齡者交通安全角度，機車廠商以最低利潤之販售價格上市，而非以大量營利為目標進行研發。
	補助政策	循目前電動機車補助模式，先由政府制定符合「高齡友善」標準之車輛規格要求再於購車時給予補助，除了降低研發成本之攤提，亦降低購買門檻。
政府監管因素	車種定位	由於採用機車類別進行研發，高齡友善三輪機車將與現有機車共用一切基礎設施與相關法規約束，如停車位、慢車道、道安規則、稅金制度等，若於法規上給予特殊地位，如保障停車格位設置數量、部分人行道行駛權、免課稅等配套措施，將可增加高齡者使用意願。
	駕駛資格	高齡者於 75 歲屆齡換照年齡，經生理檢驗後認定無法駕駛機車時，改於機車駕照上特殊註記，使其得繼續駕駛符合高齡友善標準之三輪機車，可避免一次性剝奪其駕駛權利。
	道路環境	我國道路監管單位不一，各級道路依照所屬區域之不同，設計之橫斷面配置亦有所差異，高齡者在行駛於無設置慢車道，但速限又高於其習慣駕駛速率之道路時，依然無法避免速差過大之風險問題，因此藉由普設慢車道，先提供慢速車輛行駛空間，建立友善道路環境予高齡友善三輪機車行駛。

資料來源：本研究整理

3.3 專家問卷設計

3.3.1 評估尺度

本研究依據前述之層級架構，將每個層級內之要素捉對進行評估比對，已設計 AHP 專家問卷，問卷內容將包含目標層級與各構面之評估準則，前者將用以評估主要構面之相對重要性，後者則評估各評估準則的相對重要性。

根據 Saaty (1990) 所提出 AHP 之方法論設計，評估尺度將分為 1 至 9 項衡量值（如下表 3-3），並劃分五個主要評估尺度為絕對重要、極重要、頗重要、稍重要及同等重要，8、6、4、2 衡量值則介於五個基本尺度之間。

表 3-3 AHP 評估尺度之定義與說明

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	兩比較方案的貢獻度具同等重要。(Equal)
3	稍重要 (Weak Importance)	經驗與判斷稍微傾向喜好某一方案。(Moderately)
5	頗重要 (Essential Importance)	經驗與判斷強烈傾向喜好某一方案。(Strongly)
7	極重要 (Very Strong Importance)	實際顯示非常強烈傾向喜好某一方案。(Very Strong)
9	絕對重要 (Absolute Importance)	有足夠證據肯定並絕對喜好某一方案。(Extremely)
2、4、6、8	相鄰尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷值時。

資料來源：Saaty (1990)

3.3.2 問卷設計

本研究將每層級內的要素兩兩比對之評估方法來設計 AHP 專家問卷，整體內容可分為兩大部分，第一部分為目標層級：歸納評估主要構面之相對重要性。第二部分為各構面之組成要素：評估各評估準則之間的相對重要性。下表 3-4 為 AHP 問卷設計範例。

表 3-4 AHP 問卷設計範例

構面 A	重要性程度 A：B									構面 B
	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍不重要	頗不重要	極不重要	絕對不重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
A.外觀操作因素										B.動力性能因素
										C.技術成本因素
										D.政府監管因素
B.動力性能因素										C.技術成本因素
										D.政府監管因素
C.技術成本因素										D.政府監管因素

3.4 問卷調查與專家選擇

本研究涉及機車技術研發、高齡者之使用需求與產業特性、中央政府之管理與地方政府政策執行，為使本研究之結果更加貼近實際情形，且取得各面向之利害關係人的意見，本研究邀請「機車產業技術專家、高齡友善社團/協會、中央主管機關、地方政府執行單位與學術專家」，每領域邀請 3 位專家，共計 15 位問卷填答者，並成功回收 14 份問卷（見表 3-5）。

本問卷以紙本發放與線上表單方式進行填答，於邀請信件詳細說明整份問卷意涵並同時附上研究摘要，使受訪者更加明瞭後再進行問卷填答，以期問卷結果符合一致性。

表 3-5 AHP 問卷設計範例

序號	專業領域	專家背景	專業領域年資
A-1	機車產業技術	機車廠商-副總	20 年
A-2		機車廠商-資深經理	6 年
A-3		機車廠商-工程師	30 年
B-1	高齡友善社團/協會	高齡產業協會-秘書長	2.5 年
B-2		輔具設計廠商-營運長	10 年
B-3		高齡友善協會-秘書長	35 年
C-1	中央主管機關	車輛安全審驗中心	12 年
C-2		營建署道路組	29 年
C-3		公路總局監理組	18 年
D-1	地方政府與執行單位	運安會-調查官	25 年
D-2		南部六都交通局-股長	8 年
D-3		北部六都交通局-副局長	30 年
E-1	學術專家	高齡福祉科技-助理教授	8 年
E-2		職能治療-教授	22 年
E-3		高齡交通安全-退休教授	35 年

3.5 問卷前測與修正

本研究依據層級分析法之層級架構設計原始問卷，除參考相關設計外，並請指導教授協助修改問卷內容與用詞，使整份問卷之加順暢，用以避免填答者在填答時對於問卷內容產生誤解，導致結果前後不一致之情形。

建立完整問卷之後，本問卷為求後續填答成果達一致性，預先邀請兩位同儕進行填寫，並以 Expert Choice 2000 軟體進行分析，結果均符合一致性檢定，同時也給予多位非交通專業背景的人士協助審視問卷措辭與內容，逐步修改問卷用詞與排版至明顯易懂的程度，降低後續填答專家閱讀上的負擔。

第四章 問卷結果分析

本研究之目的在於利用層級分析法做為高齡友善新型態機車設計考量要素架構的評估模式，盤點與檢視我國若投入研發高齡友善之新型態運具所需考量的構面與因素，再透過專家問卷之評估，以取得車輛研發時所需考量的因素彼此間的優先順序。

本研究使用 Saaty 參與研發之 AHP 專用軟體 Expert Choice 2000 進行分析，將回收之問卷建立成對比較矩陣，經由相對權重值分析，權衡四大構面及各項評估準則的相對權重值，最後透過一致性檢定驗證結果之合理性。

本章首先將說明問卷的處理流程，再依目標構面、外觀操作因素、政府監管因素、研發成本因素、動力性能因素與整體層級進行相對權重分析。

4.1 問卷處理流程

本研究依照 3.3 節問卷設計結果製作問卷進行發放，並依照 3.4 節之專家選擇考量諮詢五大領域各 3 至 4 位，共計發送 17 份問卷，回收 16 份，其中 15 份為有效問卷。問卷發放期間為 111 年 2 月至 4 月。調查方式為電子郵件寄送紙本問卷與 Google 表單同時發放，若未通過一致性檢定門檻，則親自致電說明問卷細部內容，協助專家修正填答內容，藉以通過一致性。Saaty(2008)雖表示 C.R.值須低於 0.1 才表示填答內容符合一致性，但考量專家個別填答判斷時易有隨機方式給定答案的情況發生，若 C.R.值介於 0.21 以下，仍屬可容許的範圍之內 (Byun, 2001)。本問卷歷經多次與專家反覆確認答案之後回收 15 份有效問卷。

問卷回收後，逐一輸入 Expert Choice 2000 建立個別成對比較矩陣，產生 C.I.值後自行換算 C.R.值進行一致性檢定，確認皆通過後再利用 Combined 鍵整合全體專家資料，求得加權綜合排序並呈現各構面的相對重要性，進而決定評估準則的優先順序。

表 4-1 AHP 專家問卷一致性檢定結果 (C.R.值)

	四大構面	外觀操作	動力性能	研發成本	政府監管
專家 1	0.044	0.044	0.044	0.056	0.068
專家 2	0.178	0.167	0.167	0.122	0.189
專家 3	0.167	0.133	0.100	0.178	0.018
專家 4	0.144	0.000	0.089	0.133	0.000
專家 5	0.044	0.044	0.044	0.022	0.000
專家 6	0.044	0.044	0.100	0.044	0.103
專家 7	0.100	0.044	0.111	0.078	0.069
專家 8	0.100	0.078	0.089	0.100	0.000
專家 9	0.122	0.100	0.189	0.178	0.103
專家 10	0.033	0.044	0.100	0.044	0.138
專家 11	0.098	0.111	0.111	0.178	0.103
專家 12	0.022	0.100	0.044	0.044	0.069
專家 13	0.122	0.156	0.078	0.156	0.069
專家 14	0.200	0.167	0.156	0.200	0.206
專家 15	0.100	0.089	0.089	0.100	0.067

資料來源：本研究分析整理

註： $C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$

4.1.1 目標構面分析

本研究之四大目標構面為外觀操作因素、動力性能因素、研發成本因素與政府監管因素，經權重分析過後的外觀操作因素 38.1%；動力性能因素 16.3%；研發成本因素 17.9%；政府監管因素 27.7%，C.R.值 0.022 小於 0.1 符合一致性門檻要求，詳細構面排序見表 4-2。

表 4-2 目標構面相對權重值與排序

目標構面	權重值	排序
外觀操作因素	0.381	1
動力性能因素	0.163	4
研發成本因素	0.179	3
政府監管因素	0.277	2
C.R.值：0.007		

資料來源：本研究分析整理

4.1.2 外觀操作因素構面相對權重分析

外觀操作因素主要評估高齡友善新型態機車的易操作性、停車便利性、行駛穩定性及外觀設計等偏向直覺使用面的要素。根據權重值分析結果顯示（見表 4-3），易操作性佔 45.6%；停車便利性佔 13.1%；行駛穩定性佔 31.5%；外觀設計佔 9.7%，C.R.值小於 0.1 符合一致性要求。相較於一般的駕駛人，易操作性與行駛穩定性是高齡者實際駕駛體驗中最需特別關注的因素，因此專家最為重視，其次則為停車便利性與外觀設計。

表 4-3 外觀操作因素評估準則相對權重值與排序

評估準則	權重值	排序
易操作性	0.456	1
停車便利性	0.131	3
行駛穩定性	0.315	2
外觀設計	0.097	4
C.R.值：0.022		

資料來源：本研究分析整理

4.1.3 動力性能因素構面相對權重分析

動力性能因素主要評估高齡友善新型態機車的加速能力、續航能力、充/換電形式及速度限制等偏向性能的設計考量要素。根據權重值分析結果顯示（見表 4-4），加速能力佔 11.4%；續航能力佔 34.2%；充/換電形式佔 32.4%；速度限制佔 22.0%，C.R.值小於 0.1 符合一致性要求。在動力性能要素中，續航能力與充/換電形式皆有超過 3 成以上的權重值，可見專家較重視高齡者日常行駛之續航範圍需求，以及充電方式是否對高齡者造成操作或是學習上的負擔；其次則為速度限制與加速能力。

表 4-4 動力性能因素評估準則相對權重值與排序

評估準則	權重值	排序
加速能力	0.114	4
續航能力	0.342	1
充/換電形式	0.324	2
速度限制	0.220	3
C.R.值：0.000		

資料來源：本研究分析整理

4.1.4 研發成本因素構面相對權重分析

研發成本因素主要評估高齡友善新型態機車的技術協助、後勤保修、販售價格及補助政策等偏向廠商技術研發與使用者持有成本的要素。根據權重值分析結果顯示（見表 4-5），技術協助佔 17.1%；後勤保修佔 25.5%；販售價格佔 29.9%；補助政策佔 27.4%，C.R.值小於 0.1 符合一致性要求。在研發成本要素中，前三名的評估準則權重值較為接近，相差不到 5 個百分點，整體分佈相當平均幾乎同等重要，凸顯販售價格會是新型態運具推出後首要考量，而政府的補助政策與廠商的後勤保修成本控管，將牽動此運具推動之成效。技術協助位居第四名則可見專家群認為我國機車製造能力已有相當水平，不太需要額外的補助政策與技術協助即可研發生產高齡者友善的新型態機車。

表 4-5 研發成本因素評估準則相對權重值與排序

評估準則	權重值	排序
技術協助	0.171	4
後勤保修	0.255	3
販售價格	0.299	1
補助政策	0.274	2
C.R.值：0.022		

資料來源：本研究分析整理

4.1.5 政府監管因素構面相對權重分析

政府監管因素主要評估高齡友善新型態機車的車種定位、駕駛資格及道路環境偏向法制規範與社會影響的要素。根據權重值分析結果顯示（見表 4-6），車種定位佔 43.6%；駕駛資格佔 23.9%；道路環境佔 32.5%，C.R.值小於 0.1 符合一致性要求。根據分析數據，政府監管因素中，駕駛資格為專家最重視的評估準則，我國雖已推行高齡者換照制度，但若於市場推出介於傳統二輪機車與電動代步器的新型態機車，就需要事先完善駕照制度並明訂駕駛資格，為高齡者與其他用路人提供安全保障，其次是道路環境與車種定位，也分別佔有相當之比例。

表 4-6 政府監管因素評估準則相對權重值與排序

評估準則	權重值	排序
車種定位	0.239	3
駕駛資格	0.436	1
道路環境	0.325	2
C.R.值：0.003		

資料來源：本研究分析整理

4.1.6 整體層級相對權重分析

利用 Expert Choice 2000 進行整體層級相對權重分析，其結果如表 4-7 所示。而在四大構面之中，外觀操作因素佔了近三成八的比例，政府監管因素也佔了近二成七，研發成本及動力性能因素則顯得相對較弱，此現象充分表示專家認為外觀操作與政府監管因素對於研發高齡友善新型態電動機車較具影響力。

建立於目標構面權重結果之下的分析數據顯示，整體評估準則權重的前六名分別為易操作性 17.4%；駕駛資格 12.1%；行駛穩定性 12.0%；道路環境 9.0%；車種定位 6.6%；續航能力 5.6%。

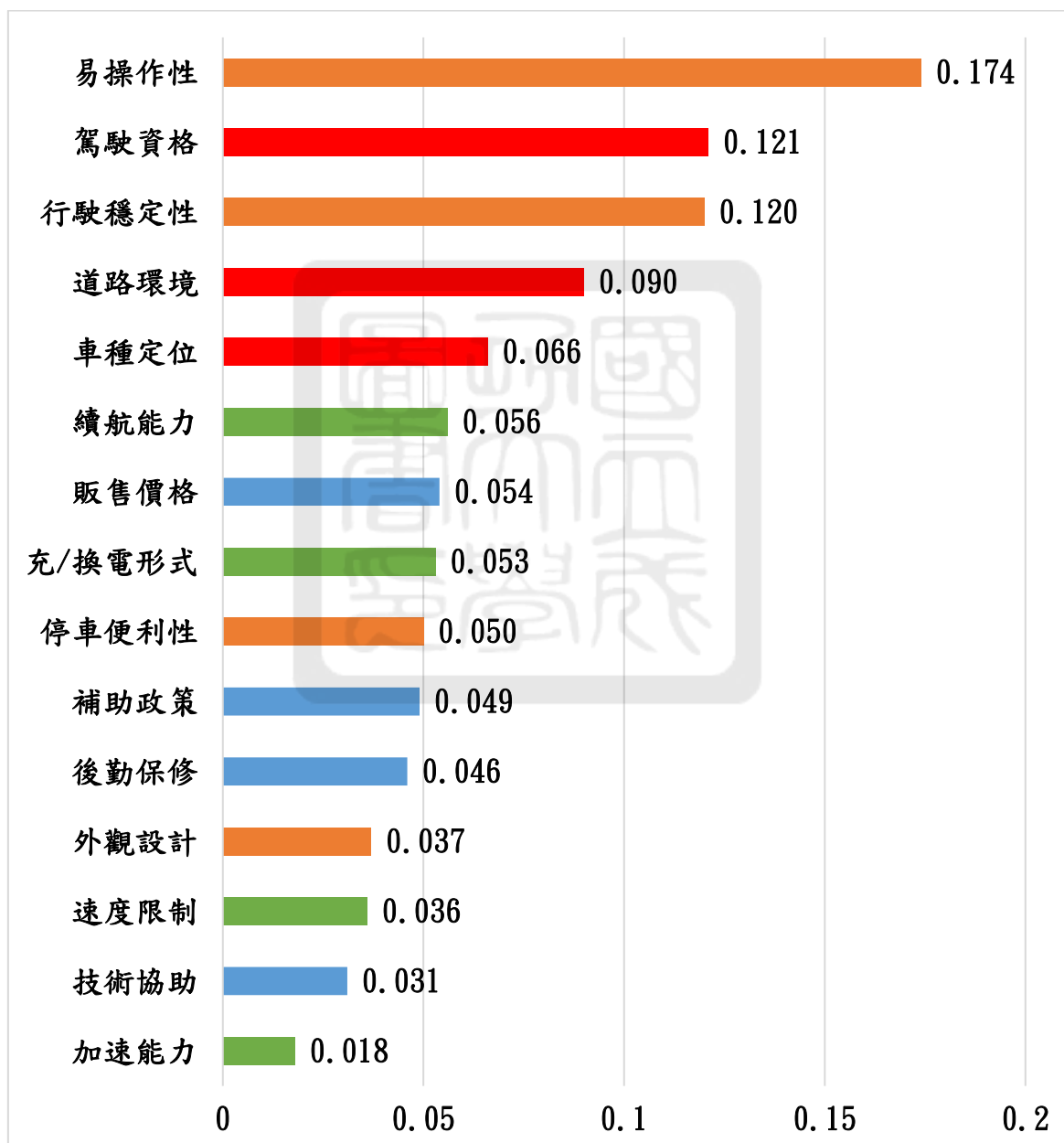
表 4-7 整體相對權重值與排序

目標構面	構面 權重	構面 排序	評估準則	準則 權重	整體 權重	整體 排序
外觀操作因素	0.381	1	易操作性	0.456	0.174	1
			停車便利性	0.131	0.050	9
			行駛穩定性	0.315	0.120	3
			外觀設計	0.097	0.037	12
動力性能因素	0.163	4	加速能力	0.114	0.018	15
			續航能力	0.342	0.056	6
			充/換電形式	0.324	0.053	8
			速度限制	0.220	0.036	13
研發成本因素	0.179	3	技術協助	0.171	0.031	14
			後勤保修	0.255	0.046	11
			販售價格	0.299	0.054	7
			補助政策	0.274	0.049	10
政府監管因素	0.277	2	車種定位	0.239	0.066	5
			駕駛資格	0.436	0.121	2
			道路環境	0.325	0.090	4

資料來源：本研究分析整理

圖 4-1 為各個構面中的評估準則按權重大小排序整理後的長條圖，並以四種不同顏色進行標註以增加辨識效果，當中橘色表示外觀操作因素、綠色表示動力性能因素、藍色表示研發成本因素、紅色表示政府監管因素。

由圖 4-1 可更加明確發現外觀操作與政府監管因素展現較高的影響力，當中政府監管因素的三項評估準則更是位居第二、三、五名，顯現專家除了關注高齡者本身的操作體驗之外，也同樣關心政府政策配套措施與監管手段。



資料來源：本研究分析整理

圖 4-1 整體評估準則相對權重排序圖

4.2 小結

本研究當中研擬的十五項評估準則中，以易操作性與行使穩定度佔整體權重第一、三名，專家普遍認為新型態運具需要以高齡者的生理特性進行設計，且須避免新型態運具的駕駛方式與高齡者過去使用的二輪機車有過大的差異，並以駕駛舒適度為首要設計考量，過度科技化的配備如液晶儀表、免鑰匙系統等，都可能導致高齡者難以理解使用，徒增其操作負擔，因此簡單的人機互動介面與較為實用置物、遮風避雨的硬體配置，將可同時確保高齡者使用上的流暢度與舒適度，更加穩定的行駛路感與轉向安定性也能確實發揮三輪設計先天上較為穩定的優勢。

駕駛資格在本研究中統計為第二名，顯示專家十分著重新型態運具的駕駛資格配置，顯示專家認為新型態運具雖然已有較穩定、容錯度高、方便操作等特性，但不變的是高齡者於道路上的駕駛行為依然無法從運具角度進行改變，因此駕駛教育層面的駕照控管就顯得格外重要，因此有必要於現有駕照制度中加以註記新型態運具駕駛資格，搭配交通安全講習，增加高齡者的駕駛能力同時增進其對自我身心狀況的瞭解，提昇交通安全相關知識技能。

道路環境與車種定位為權重排序的第四、五名，與前述的駕駛資格皆屬政府監管要素下的評估準則，我國道路環境由於所屬的監管單位不盡相同，設計方式與橫斷面配置也常有不同版本出現，在此背景下已使高齡者行經不同路段時須負擔多種不同的道路資訊，再加上高齡者因反應能力下降，習慣以較為慢速的方式行駛，過大的速差與複雜的道路環境若加入新型態運具將無法有效降低行駛風險，因此專家認為我國需先建立以車速分流的道路環境，將新型態運具置於其他速度相近運具的車道，以給予其友善的行駛環境。本研究由於試圖找尋目前法規與技術上最為妥適的車輛設計作為高齡友善的新型態運具，而選擇三輪電動機車作為研究標的，但基於保障高齡者安全與推廣高齡者使用三輪機車，專家認為除了可直接銜接現有機車法規之外應給予其特殊地位，如保障車位、稅金補助等方式提升高齡者的使用意願。

續航能力、販售價格、充/換電形式、停車便利性位居第六、七、八、九名，彼此權重值百分比十分接近，由於城鄉發展之差距，不同區域、生活方式、生活習慣的高齡者皆有不同程度上對續航力的要求，販售價格則會依照製造廠商的成本攤提以及市場接受度而影響，充/換電形式則會跟據地方換電設施建置普及程度，以及當地房屋特性等要素而定，停車便利性則屬於高齡者對車輛操作容易程度的重要指標，由於三輪設計將可能增加車身淨重，加上台灣機車停車位時有不足，常常需要搬動車輛，在停車時增加負擔，因此可能需要實際請高齡者協助測試，找尋有效方案解決此困難。整體而言專家認為前述四項評估準則幾乎同等重要，且須有更加深入的市場調查才可確切獲知發展方向。

補助政策及後勤保修，所佔權重值皆在百分之五以下，位居第十、十一名，同屬研發成本要素。補助政策之介入可以協助機車廠商在研發初期獲得支持，或是降低消費者的購買成本，由於本研究已經使用三輪電動機車作為假定的研究標的，專家可能認為新型態運具已經享有電動機車推廣政策的相關福利，不須再額外提供太多補助，後勤保修的部分則是因電動車的後勤維修成本已明顯低於傳統燃油機車，故專家較不重視此準則。

外觀設計、速度限制、技術協助與加速能力則位居整體評估準則的最後四名。檢視市場上高齡者時常騎車之傳統二輪機車車款為例，可發現外觀設計與動力性能皆非所屬車款類型的主打產品優勢，專家認為過度追求外觀的潮流與新穎程度可能無助於拓展高齡者市場，因此外觀設計並非專家重視的項目之一。

依照不同情境給予新型態運具速度限制雖可適時管理車輛速度，使新型態運具可以稍微兼具電動代步器之功能或是於夜間提供額外保護，但專家認為此種構想可能過於理想，且涉及的法規與技術課題很多，現階段較無發展之必要。

我國機車製造經驗豐富，專業且具規模的廠家林立，專家認為政府應無需提供額外的技術協助，且目前市場上逐漸有多款的三輪電動車上市，代表歷經近年政府投入之電動機車推廣計畫的幫助下，國內多家車廠皆已掌握三輪電動機車的關鍵核心技術，僅需針對人因工程與人機互動部分進行市場需求分析即可。加速能力則是本次受訪專家認為重要程度最低的評估準則，主要原因是專家認為高齡者本身對動力要求不高，且電動車的加速能力已先天上較傳統燃油機車優異，沒有變速箱的設計也使油門反應更加線性，不須額外投入研發，就已可應付新型態運具所應具備的性能要求。



第五章 結論與建議

5.1 結論

超高齡化社會已是全球即將面臨的社會結構劇變，許多率先進入此階段的先進國家皆已對各自國家的政策提出多種方案，目的即是降低人口結構改變後，社會環境可能浮現的種種問題。我國實施交通安全改善多年，雖已在部分議題中有所成效，但高齡者機車死傷風險卻是逐年惡化，因此政府近年來已多次於國家交通政策方針中提及高齡者交通安全改善相關方案，以活躍老化為目的，提供安全便利的交通環境，提升高齡者的社會參與度，同時也保障其他用路人的交通安全。

本研究以車輛角度出發，探討於我國投入一種介於傳統二輪機車與電動代步器的高齡者友善新型態運具，用於填補目前高齡者運具選擇當中仍存在的風險缺口。歷經完整的高齡者交通問題、事故風險與運具需求等資料回顧，並瀏覽國內外有關高齡者運具設計資料後，研判以三輪電動機車作為高齡友善新型態運具可兼顧安全、平穩、環保、合乎法規，同時也是國內車廠近年投入研發於物流使用的車種之一，非常適合作為本研究之問卷設計基礎，除此之外，本研究亦舉辦專家座談會，事先討論蒐集高齡者友善三輪電動機車潛在的研發重點，加以濃縮篩選後建立層級分析架構，給予諮詢專家具體的預設情境，提升填答效率。

依據本研究 AHP 專家問卷分析結果，同時對照交通部運輸研究所（2021）發放之問卷成果，針對研發高齡友善新型態三輪電動機車之關鍵設計考量因素做成以下結論：

一、 外觀操作因素

- （一）根據本研究之歸納整理，三輪設計的機車可以給予高齡者足夠的行駛穩定性，間接降低因重心不穩、腿腳肌力不足等原因而摔車

的機率，且我國已經具備三輪機車法規，並積極推動機車電動化與高齡者導入三輪化或微型化運具的願景，因此三輪電動機車是目前作為高齡者友善新型態運具的最佳選擇之一。

- (二) 高齡者相較於一般駕駛人的主要差異即為高齡者的身體機能較為弱勢，在專家問卷分析結果中，易操作性與行駛穩定性分居第一、三名，顯示專家十分重視這兩項要素，須於研發初期優先考慮高齡者使用面的需求，並同時考量城鄉差距下潛在的差異性。
- (三) 雖然分析結果顯示停車便利性及外觀設計之重要程度較低，但先前研究調查高齡者不願意使用新型態運具的原因有包含擔心車身過重影響停車，以及外觀過度形似於身障者特製機車，是故仍須考慮前述要素，避免實際產品不被市場接受。

二、 動力性能因素

- (一) 續航能力一直是電動汽機車的關鍵性能指標之一，雖然高齡者平均的日常旅次距離較短，但新型態運具係為替換傳統二輪機車而生，預計會有許多使用者生活在缺乏大眾運輸的郊區，一整天的出行需求可能皆須倚賴機車，因此有關於動力性能方面應優先對續航能力進行市場需求調查，研發妥適車款。
- (二) 目前我國的電動機車能源補充方式以Gogoro的換電方式為主，其換電站之佈建已頗具規模，但搬動電池的方式將對高齡者造成困難，因此同時提供高齡者直接充電的選項將更有彈性。
- (三) 以軟體控制車輛於特定區域或情境降低速度雖可提供監管機關作為安全管制的方式，但目前技術層面相對難以實現，且為非必要的功能，可能徒增開發成本，可列為後續車款的新增項目。
- (四) 高齡者的活動範圍以住家周圍的購物、休憩區域等短距離移動為主，專家認為無須優先考量新型態運具的加速能力。

三、 研發成本因素

- (一) 根據先前的研究或是本研究問卷結果皆表明，新型態運具販售之價格為研發成本相關因素中最重要的項目之一，高齡者選購之機車多為 5~7 萬元的國民車款，這對新研發初入市場的三輪機車來說是難以達到的低價，因此需有政策配套或是以共用其他車款零件等方式降低販售價格與保養成本至可接受之水準。
- (二) 政府補助政策與技術協助是帶領國內機車廠商投入研發新型態運具的契機之一，在提升公共運輸使用率之餘，私人運具之使用仍將占相當之比例，政府應以交通安全平等角度切入思考，制定更多配套作為。

四、 政府監管因素

- (一) 我國已推行高齡者 75 歲換照制度等相關制度，期望汰換無法駕駛的高齡者，或建議其主動繳回。然而，高齡友善的新型態運具雖然是以三輪機車架構研發，但其騎乘體驗較為平穩，對平衡能力的要求也較低，可供生理機能較弱的高齡者使用，因此在駕駛資格方面可用特殊資格辦理，制定詳細評估機制，將新型態運具作為無法駕駛二輪機車後的替代方案，彈性管理高齡者駕駛資格，藉以作為研發新型態運具的重要基礎。
- (二) 道路環境與車種定位分別位居本研究問卷排名之四、五名，顯現專家較重視新型態運具研發生產以前，需優先思考該車輛應該行駛於何種道路，以及應該以何種資格領牌上路。

5.2 建議

我國雖已極力推廣高齡者使用公共運輸，試圖舒緩高齡者事故死傷率逐年攀升的情況，但因我國城鄉差距仍大，許多地區之大眾運輸系統尚不普及，伴隨原有龐大的機車使用人口，高齡者在身體退化後，將會加深其於駕駛機車時的潛在風險，礙於目前社福長照政策上無法涵蓋高齡者日常生活所需的短程旅次，導致高齡者社會參與意願低落、生活品質難以改善。惟鑑於我國高齡者長期使用機車，對既方便自由又極為經濟之機車大都愛不釋手，甘冒交通事故死傷之風險，也不輕易放棄如此高性價比之運輸工具，本研究提出設計一專屬於高齡者之新型態運具，並依照研究之資料蒐集分析及問卷成果分別提供產業及政策面之優先建議事項如下：

5.2.1 針對產業面之建議

1. 我國機車事故死亡情形嚴重，造成之社會成本大至無法估計，因此建議眾家機車廠商基於企業社會回饋角度研發高齡友善的三輪電動機車，共同建立永續安全的機車交通環境。
2. 針對高齡者的機車駕駛行為習慣，宜投入心力進行人因工程相關研究，並以高齡者之易操作性為主要原則進行車體設計，例如線性的油門控制、易於上下車的低底盤，直覺的人機互動介面等。
3. 當今市場上高齡者多選購中低價位之國民車款，設計上較不主打操控及騎乘舒適度，而多注重置物空間或是油耗表現，但高齡者肌力、平衡力及注意力皆較一般年輕人還要不足，理應要騎乘更加穩定的車款，特別是懸吊設定宜以舒適為及安全導向進行調教，並且加入 ABS、CBS 或 TCS 等系統，降低失控風險。
4. 能源補充方式預估是高齡者選購新型態車輛的重要因素之一，除了續航能力之考量外，抽換電池過於費力也是高齡者排斥使用的潛在問題，建議可研發輕量化的電池、更加省力的換電裝置，或提供專屬場站配置專

人為高齡者抽換電池。同時也建議提供住家充電方案給予高齡者彈性選用，以因應不同生活型態的高齡者需求。

5. 以目前市面上之三輪機車為例，物流導向之車款較類似於高齡友善電動三輪機車，因此建議機車廠商可探尋將原有車款零件共用之可行性，藉以降低車輛研發製造所帶動的販售價格以及車主後續保養維修之成本。
6. 三輪機車之外觀設計容易與身障者特製機車產生聯想，建議廠商研發時盡量避免車身外型與身障者特製機車過度類似，提升高齡者選購意願。
7. 三輪設計具有較高的安全性，除了將其作為物流及高齡友善車款之外，應逐步推廣至一般消費族群，提升整體機車交通安全環境，同時降低生產成本以壓低販售價格。
8. 考量研發製造成本，三輪機車初入市場偏高的價格勢必會影響消費者的購買意願。因此可思考以出租方式來取代購買，此類商業模式在汽車產業已經行之有年，可作為價格過高的解決方式之一。

5.2.2 針對政策面之建議

1. 超高齡社會即將來臨，除了推行公共運輸政策之外，給與高齡者更加安全運具來替代傳統二輪機車實屬必要，建議政府開展有關研發計畫，並制定高齡友善三輪運具生產標準，作為後續研發協助與購車補貼等政策之依據。
2. 我國長期以來以車種分流方式管理交通，將機車壓縮於路緣與慢車混流之下造成許多路段存在龐大之速差，高齡者習慣以慢速行駛卻需要與其他速度快的汽機車混流，係我國機車交通安全隱憂之一，推廣高齡友善運具雖可大幅改善高齡者因自身駕駛失誤，或是其他可能干擾其行駛導致跌倒或摔車的危害，但若非上述原因造成之碰撞或危險的駕駛行為，則較難以運具方式改善，因此建議有關單位優先提升現有道路環境設施，改以車速分流方式重新建立高齡者及一般用路人的行車觀念，給予

不同速度下的用路人合適的駕駛區域，進而與高齡友善運具發揮道路安全之綜效。

3. 我國現行法規限制電動自行車以兩輪設計，且另有車重及極速的規範，與不須駕照即可行駛的特性，因此未將三輪設計之電動自行車納入高齡友善車輛研究範疇。但於資料蒐集之過程中發現，歐洲先進國家已有多種電動三輪自行車上市販售，提供物流、載人、提高穩定性等不同需求的人選購，建議我國法規與時俱進，開放三輪電動自行車進入台灣市場。充分考量增加民眾選擇的多樣性，使原有使用機車的民眾願意轉為使用電動三輪自行車，將對環境更為友善。
4. 建議新型態運具發展初期可由政府主動舉辦各種推廣活動，讓高齡者了解此種運具的優勢優點，同時減少廠商於推廣時的行銷成本，除此之外，考量高齡者的經濟來源時常來自其子女或其他家庭成員，所以除了在高齡族群增加曝光度之外，也應向一般大眾建立三輪設計較為安全的形象，增加整體使用意願，並逐步推廣至所有年齡層的消費者。
5. 由於我國國情特殊，高齡者使用機車出行之比率明顯大於其他先進國家，故建議政府開展高齡者騎乘機車時的駕駛行為、駕駛習慣、身心理特性等研究，補足國際間較無高齡者與機車相關研究的缺口。
6. 我國所採行之換照制度若納入對高齡者駕駛資格的控管，進而影響其駕駛權利時，宜考量不同生活型區域或其生活習慣，再給予高齡者適當的教育或推薦其合適的交通運具或交通方式。

5.3 研究限制與未來研究之建議

1. 由於市場上尚未有以高齡者友善為導向設計之三輪機車，因此缺少實際車輛範例供專家諮詢時參考，故本研究先透過資料蒐集和座談會方式，以多元概念性的要素進行問卷設計，可能無法於各面向都周詳考量。因此建議後續研究先以車輛技術角度，或政策擬定為主題，建立較為具體

的架構後，應可更加聚焦此議題。

2. 由於我國法規限制，本研究未以三輪電動自行車納入高齡者新型態運具研發標的，建議後續研究可充分考量高齡者的使用需求及適駕性等因素，另外開展有關研究，評估除了電動三輪機車之外，是否另有妥適且安全的選項，得以改善目前高齡者的運具選擇困境。
3. 由於筆者並非機車技術專業，對於三輪機車有關之機械結構並未能深入研析各項利弊，建議後續研究可補足此缺口，找尋對高齡者使用上最為合適的硬體配置。
4. 在本研究進行同時，交通部持續大力支持機車車聯網應用於提升交通安全，產業界也陸續有實體產品問世。建議未來研究可朝向探討車聯網相關科技，導入高齡者駕駛安全相關議題的可行方案。
5. 關於 AHP 專家問卷之發放，本研究部份問卷以線上表單之方式填寫，初步分析結果後發現，受諮詢專家可能因閱讀困難，導致易有一致性檢定未能通過之情形發生，建議後續研究避免以此方式進行調查。
6. 我國目前有關於高齡者交通調查資料仍屬稀缺，建議未來研究可持續補足此缺口，為高齡者交通安全建立良好的分析基礎。
7. 雖然本研究所探討之電動三輪機車特性，係針對高齡者進行設計考量要素之探討，但研究分析結果應可對照於中壯年女性等對動力性能與續航力較不重視的潛在使用族群，建議後續研究可持續將此安全運具持續推廣。
8. 高齡者個體差異大，因此以往高齡者相關研究需針對不同高齡者進行前測，導致相關研究難度較高，因此數量也較少，但本研究以較大框架的方式先尋找可行的高齡者友善運具，建議後續研究持續精進，充分考量不同身體狀態之高齡駕駛者，使研究成果更貼近使用者層面。

參考文獻

- 交通部運輸研究所 (2021)，高齡友善交通政策之研訂：長期推動策略、行動計畫與觀測指標，期末報告。
- 牟鍾福、陳建松 (2010)，我國老人運動政策之研究，行政院體育委員會委託研究
- 沈添財、王國材、李永駿、張琪華、陳一昌、黃運貴、張益城 (2003)，智慧型運輸系統技術於高齡化社會之應用研究，交通部運輸研究所委託研究。
- 周長志 (2004)。高齡者交通安全風險感認影響因素之探討。國立陽明交通大學運輸科技與管理學系，碩士論文。
- 林萬億 (2008)，「高齡社會研究簡介暨高齡社會調查結果初步分析」，*高齡社會的來臨成果發表暨學術研討會論文集*，頁 1-66。
- 財團法人車輛安全審驗中心，2012，「三輪機車及其安全法規介紹」，*車安通訊季刊*，第一百零四卷，第一期，頁 1-12。
- 張俊一 (2008)，「老年人運動休閒互動建構的社會意義」，*體育學報*，第四十一卷，第四期，頁 105-117。
- 許志誠、周文生 (2019)，「個人行動輔具使用與規範問題之研究」，*108 年道路交通安全與執法研討會*。
- 許志誠、周文生、周文靜 (2020)，「動力慢速運具安全管理之研究」，*交通學報*，第二十卷，頁 39-74。
- 許志誠、周文生、張開國、周文靜 (2018)，「自行車及類似運具安全管理之研究」，*107 年道路交通安全與執法研討會*。
- 許雅維 (2015)，先進駕駛輔助系統於不同年齡與情境下作動之使用者評估，國立台北科技大學互動媒體設計研究所，碩士論文。
- 陳佑伊 (2007)，高齡者旅運特性與運輸障礙分析，私立中華大學運輸科技與物流管理研究所碩士論文。
- 陳明石、柯耀宗、陳毓婷、彭加樂 (2020)，「高齡者就醫交通整合平台之行動設計」，*福祉科技與服務管理學刊*，第八卷第一期，頁 1-19。
- 陳皇木 (2015)，「銀髮族 A1 類交通事故肇因研究」，*福祉科技與服務管理學刊*，第三卷第三期，頁 375-376。
- 陳菀蕙、徐淵靜、呂寶靜與高桂娟 (2009)，「高齡者旅運特性與就醫需求回應運輸系統需求分析」，*運輸學刊*，第二十一卷第三期，頁 329-354。
- 陳毓婷 (2017)。整合高齡者就醫交通工具之設計研究。私立東海大學工業設計系，碩士論文。

- 麥朗澂 (2013)，高齡者非醫療旅次之旅運特性與移動力探討，私立淡江大學運輸管理學系碩士班碩士論文。
- 黃慧娟、周文生 (2019)，「我國慢速運具行駛規範修訂之探討」，108 年道路交通安全與執法研討會。
- 鄧振源、曾國雄 (1989)，層級分析法 (AHP) 的內涵特性與應用 (上)。
- 顏佳瑄 (2019)。復康巴士服務再造。國立成功大學交通管理科學系，碩士論文。
- 魏惠娟、蔡齡儀 (2017)，「鄉村高齡者對於友善用路環境的評估」，*福祉科技與服務管理學刊*，第五卷第三期，頁 191-205。
- Anstey, K. J., Wood, J., Lord, S., and Walker, J. G. (2005), "Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults," *Clinical psychology review*, Vol. 25, No. 1, pp. 45-65.
- Antin, J. F., Guo, F., Fang, Y., Dingus, T. A., Hankey, J. M., and Perez, M. A. (2017), "The influence of functional health on seniors' driving risk," *Journal of Transport & Health*, Vol 6, pp. 237-244.
- Antony, J. J. and Jayabal, K. (2016), "Rollover dynamics of a narrow tilting three-wheeled vehicle," *MATEC Web of Conferences*, Vol. 51, No. 01002, pp. 6.
- Byun, Dae-Ho. (2001), The AHP approach for selecting an automobile purchase model. *Information & management*, Vol. 38, No.5, pp.289-297.
- Cheng, L., De Vos, J., Shi, K., Yang, M., Chen, X., and Witlox, F. (2019), "Do residential location effects on travel behavior differ between the elderly and younger adults?," *Transportation research part D: transport and environment*, Vol. 73, pp. 367-380.
- Cicchino, J. B. and McCartt, A. T. (2015), "Critical older driver errors in a national sample of serious US crashes," *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 80, pp. 211-219.
- da Silva Sousa, N. F., & de Azevedo Barros, M. B. (2020), "Level of active aging: Influence of environmental, social and health-related factors," *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Vol. 90, pp. **-**.
- Era, P., Schroll, M., Hagerup, L., and Jurgensen, K. S. (1998). Physical fitness of Danish men and women aged 50 to 80 years. *Ugeskrift for laeger*, Vol.159, No. 43, pp. 6366-6370.
- Hooyman, N. R. and Kiyak, H. A. (2008), *Social gerontology: A multidisciplinary perspective*, Pearson Education.
- Johnson, M., & Rose, G. (2015). Extending life on the bike: electric bike use by older Australians. *Journal of Transport & Health*, 2(2), 276-283.
- Kuniyoshi, J. R. G., Costa, A. T., Figueira, A. C., Kabbach Jr, F. I., and Larocca, A. P. C. (2021), "Driver's visual perception as a function of age. Using a driving simulator to explore driver's eye movements in vertical signs," *Transportation*

Research Interdisciplinary Perspectives, Vol. 11, pp.**-**.

- Lang, T., Streeper, T., Cawthon, P., Baldwin, K., Taaffe, D. R., and Harris, T. B. (2010), "Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment," *Osteoporosis international*, Vol. 21, No. 4, pp. 543-559.
- Laosee, O., Rattanapan, C., and Somrongthong, R. (2018), "Physical and cognitive functions affecting road traffic injuries among senior drivers," *Archives of gerontology and geriatrics*, Vol. 78, pp. 160-164.
- Lombardi, D. A., Horrey, W. J., and Courtney, T. K. (2017), "Age-related differences in fatal intersection crashes in the United States," *Accident; Analysis and Prevention*, Vol. 99, pp. 20–29.
- Palanivendhan, M., Devanand, S., Chandradass, J., Philip, J., and Reddy, S. S. (2021), "Design and analysis of 3-wheeler chassis," *Materials Today: Proceedings*, Vol. 45, pt. 7, pp. 6958-6968.
- Riley, M. W., and Riley, J. W. (1986) , "Longevity and social structure: The potential of the added years," *Our aging society: Paradox and promise*, pp. 53-77.
- Saaty, T. L. (1988), "What is the analytic hierarchy process?" *Mathematical models for decision support* , Springer Publishing Company.
- Saaty, T. L. (1990), " How to make a decision: the analytic hierarchy process," *European journal of operational research*, Vol. 48, No. 1, pp. 9-26.
- Sayer, A. A., Syddall, H., Martin, H., Patel, H., Baylis, D., and Cooper, C. (2008), " The developmental origins of sarcopenia," *The Journal of Nutrition Health and Aging*, Vol. 12, No. 7, pp. 427-432.
- Schaie, K. W., and Charness, N. (2003), *Impact of technology on successful aging*, Springer Publishing Company.
- Shah, V. C. (2018), Designing and investigating of electric tricycle , Master's Thesis, Kauno technologijos universitetas.
- Tang, C., He, L., and Khajepour, A. (2018), "Design and analysis of an integrated suspension tilting mechanism for narrow urban vehicles," *Mechanism and Machine Theory*, Vol. 120, pp. 225-238.
- Vadysinghe, A. N., Katugaha, B. H. M. K. D., Piyarathna, C., and Colombage, S. M. (2018), "Injury patterns and causes of death among occupants of three-wheelers succumbed to their injuries from road traffic accidents in sri lanka," *International journal of Medical Toxicology and Forensic medicine*, Vol. 8, No. 2, pp. 55-64.
- World Health Organization. (2002), Active ageing: A policy framework (No. WHO/NMH/NPH/02.8) , World Health Organization.
- Yang, M., Chen, X., and Witlox, F. (2019), "Do residential location effects on travel behavior differ between the elderly and younger adults?," *Transportation research part D: transport and environment*, Vol. 73, pp. 367-380.

附錄一 專家問卷



國立成功大學

交通管理科學系暨電信管理研究所

「探討高齡者友善之新型態機車設計考量要素」權重問卷

親愛的受訪專家先進 您好：

這是一份有關運用「層級分析法(AHP)」的學術性問卷表，目的乃是研究探討高齡者友善之新型態機車設計考量要素。鑒於近年我國即將邁入超高齡化社會，高齡者機車事故死傷人數也同時逐年攀升，已成為社會重要的安全議題。

「活躍老化」已是現代高齡者所追求之目標，為使高齡者同時保有其生活自主性與社會參與能力，政府長年積極改善偏鄉與無障礙公共運輸服務，希望改善高齡者之交通安全，惟我國高齡者因其生活地區及習慣之差異，依然存在駕駛私人運具之需求，因此需要有一符合其使用需求與駕駛習慣之更加安全的交通工具選項。本研究歷經完整資料蒐集與專家座談之後，評估以電動三輪機車作為高齡者友善之新型態機車的設計基礎，並希望藉由此份問卷調查此種電動三輪機車未來若投入研發製造，應該優先考量何種設計考量要素，提供本研究評估準則賦予相對權重，以作為研發廠商或政府單位執行之參考依據。

本研究問卷主要受訪對象為從事機車技術研發製造、高齡友善社會團體、政府主管機關與相關領域學術專家，並採匿名形式僅供學術研究之用，填答時間約為 20 分鐘，您的填答內容與個人資訊將絕對保密且不另作他用，敬請放心填答。您的回覆及參與是本研究重要之一環，懇請您的指導，並深摯地感謝您的協助。

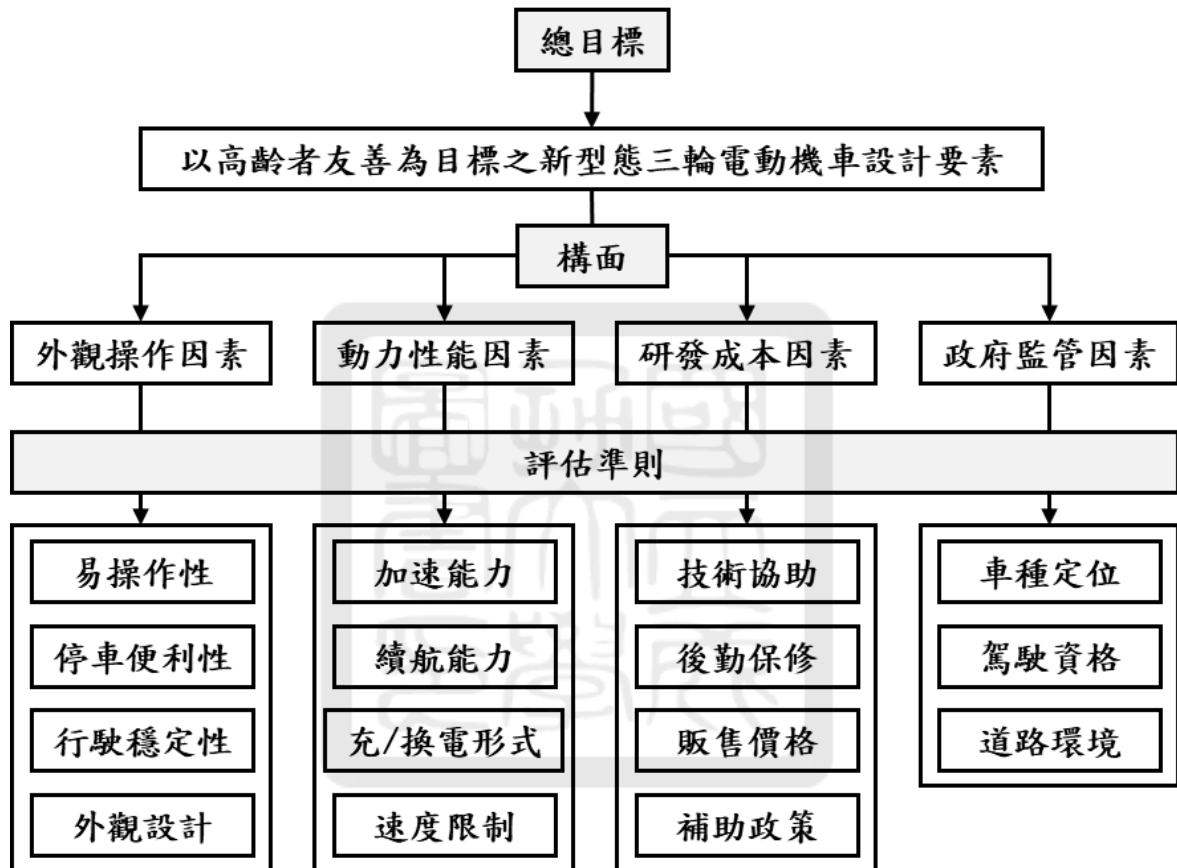
國立成功大學交通管理科學所

指導教授 魏健宏 博士

研究生: 張舜傑

《問卷內容說明》

本研究將每層級內的要素兩兩比對之評估方法來設計 AHP 專家問卷，整體內容可分為兩大部分，第一部分為目標層級：歸納評估主要構面之相對重要性。第二部分為各構面之組成要素，整體問卷架構如下：



本研究擬以「外觀操作因素」、「動力性能因素」、「研發成本因素」、「政府監管因素」四大構面來評估研發高齡友善新型態運具的關鍵設計考量要素，其內涵說明如下表所示：

構面	評估準則	評估準則說明
外觀操作因素	易操作性	高齡者依年齡增長，肌力、平衡力及學習能力逐漸退化，對環境外在影響亦有較低的忍受度，因此車體設計將符合簡單易操作之特性，例如簡單的人機互動介面、方便的置物空間、車頂棚、擋風鏡等，同時高齡者自二輪機車轉用三輪機車時，保有相同的騎乘方式。
	停車便利性	傳統二輪機車停車時，常面臨需要發力移動車輛的情境，對高齡者而言是一項負擔，因此導入如倒車輔助功能及較窄的車身設計，可減緩停車或起駛時對高齡者的負擔。
	行駛穩定性	三輪機車之設計先天上已較二輪機車還要穩定，但高齡者對於顛簸之感受、轉向之穩定或是車輛加減速可能需要更高的穩定性需求，因此需要特別優化之設計。
	外觀設計	由於現有身障者特製機車亦為三輪（或四輪）之外觀，因此高齡友善的三輪機車容易與其造成聯想，進而使高齡者自認使用了會有某程度的自卑感，所以在外觀設計上需要新穎且符合潮流，與身障者車輛有所區別。
動力性能因素	加速能力	高齡者雖對速度之要求較低，但實際遭遇較陡的道路坡度使用情境，足夠的加速能力將可因應不同的行駛需求，因此車輛整體設計雖以低速為主要訴求，但依然期望有足夠的動力設計。
	續航能力	車輛之續航能力將影響高齡者之選購意願，過短的續航能力意味著需要更頻繁的充換電頻率，但較長的續航能力則可能超過高齡者日常的使用需求。
	充/換電形式	採用充電、換電或充/換電並行之能源模式將對應不同之動力系統設計，並受基礎設施之佈建以及相關配套設施所影響。
	速度限制	藉由車載電腦之軟體編寫，依不同情境如夜晚、特殊區域、限定駕駛資格等需要慢速需求時，動態控制動力輸出峰值以限制車輛最高速度。

構面	評估準則	評估準則說明
研發成本因素	技術協助	國內三輪車體之研發較不成熟，所衍生之成本將影響車廠開發之意願，因此由政府領導進行高齡友善車體設計研發，協助機車廠商取得相關技術，或是先行導入類似車輛進行測試研究。
	後勤保修	車輛於售後所需的保養維修成本將直接影響消費者之購買意圖，因此需控制其花費在合理可接受之範圍，以免持有成本過大。
	販售價格	受開發成本攤提之影響。車輛之販售價格過高將降低高齡者購買之意願，基於企業社會責任與提升高齡者交通安全角度，機車廠商以最低利潤之販售價格上市，而非以大量營利為目標進行研發。
	補助政策	循目前電動機車補助模式，先由政府制定符合「高齡友善」標準之車輛規格要求，再於購車時給予補助，除了降低研發成本之攤提，亦降低購買門檻。
政府監管因素	車種定位	由於採用機車類別進行研發，高齡友善三輪機車將與現有機車共用一切基礎設施與相關法規約束，如停車位、慢車道、道安規則、稅金制度等，若於法規上給予特殊地位，如保障停車格位設置數量、部分人行道行駛權、免課稅等配套措施，將可增加高齡者使用意願。
	駕駛資格	高齡者於 75 歲屆齡換照年齡，經生理檢驗後認定無法駕駛機車時，改於機車駕照上特殊註記，使其得繼續駕駛符合高齡友善標準之三輪機車，可避免一次性剝奪其駕駛權利。
	道路環境	我國道路監管單位不一，各級道路依照所屬區域之不同，設計之橫斷面配置亦有所差異，高齡者在行駛於無設置慢車道，但速限又高於其習慣駕駛速率之道路時，依然無法避免速差過大之風險問題，因此藉由普設慢車道，先提供慢速車輛行駛空間，建立友善道路環境予高齡友善三輪機車行駛。

《問卷填寫說明》

請您就兩兩要素評估建議妥適的高齡者友善之新型態機車設計考量要素之相對重要程度，其比值依您個人專業領域之意見主觀認定，就兩兩要素比較各評估準則間之重要性，區隔出您認為較為重要之影響類別，並在適當之格子中打（V）。例如 A 比較 B，評估前者較後者之衝擊程度為較大，且程度達到「絕對重要」者，請於相當重要之格子中打（V）。A 比較 C，評估後者較前者的衝擊程度為較大，且程度達到「稍微重要」者，請於稍微重要之格子中打（V），以此類推，茲舉例說明如下：

構面 A	重要性程度 A：B									構面 B
	絕對重要	極為重要	頗為重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	頗為重要	極為重要	絕對重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
外觀操作因素	V									動力性能因素
						V				研發成本因素
										政府監管因素
動力性能因素										研發成本因素
										政府監管因素
研發成本因素										政府監管因素

◎ 下表為「構面暨評估準則之優先順序判斷表」，請您填寫
評估構面與評估準則的影響程度排序，再以此表結果進行
問卷作答，感謝您的配合～

評估構面排序 (1 為最重要)	評估構面	評估準則	評估準則排序 (1 為最重要)
	外觀操作因素	易操作性	
		停車便利性	
		行駛穩定性	
		外觀設計	
	動力性能因素	加速能力	
		續航能力	
		充/換電形式	
		速度限制	
	研發成本因素	技術協助	
		後勤保修	
		販售價格	
		補助政策	
	政府監管因素	車種定位	
		駕駛資格	
		道路環境	

受訪人：_____

任職單位：_____ 任職職稱：_____

專業領域任職年資：_____年

《問卷內容》

本問卷共分為兩大部分，請您依前頁「構面暨評估準則之優先順序判斷表」之結果進行填答：

- 第一部分為衡量四大構面的相對重要性，請依您個人專業領域的意見，藉以兩兩比對之方式，評定您認為影響構面的相對重要性。
- 第二部分為評估影響該構面評估準則之間的相對重要性，請以上述同樣方式，評估各項準則影響研發高齡友善新型態運具的相對重要性。
- 比較並填答兩兩要素間的重要程度時，務必考量要素間的關係遞移性，以減少填答不一致的情形發生。關係遞移性填答範例：若 1 優於 2，2 優於 3，則 1 優於 3；若 1 優於 2 二倍，2 優於 3 三倍，則 1 優於 3 六倍。

第一部分：評估構面之相對重要性

請依您個人專業領域的意見，比較四項構面（「外觀操作因素」、「動力性能因素」、「研發成本因素」、「政府監管因素」）的重要性程度，區隔出您所認為較重要的影響因素進行兩兩比較，並在適當的格子中打（V）：

構面 A	重要性程度 A：B									構面 B
	絕對重要	極為重要	頗為重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	頗為重要	極為重要	絕對重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
外觀操作因素										動力性能因素
										研發成本因素
										政府監管因素
動力性能因素										研發成本因素
										政府監管因素
研發成本因素										政府監管因素

第二部分：評估準則之相對重要性

一、就「外觀操作因素」而言，請依您個人專業領域的意見，比較四項評估準則（「易操作性」、「停車便利性」、「行駛穩定性」、「外觀設計」）的重要性，區隔出您所認為較重要的影響因素進行比較，並在適當的格子中打（V）：

評估準則 A	重要性程度 A：B									評估準則 B
	絕對重要	極為重要	頗為重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	頗為重要	極為重要	絕對重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
易操作性										停車便利性
										行駛穩定性
										外觀設計
停車便利性										行駛穩定性
										外觀設計
行駛穩定性										外觀設計

二、就「動力性能因素」而言，請依您個人專業領域的意見，比較四項評估準則（「加速能力」、「續航能力」、「充/換電形式」、「速度限制」）的重要性，區隔出您所認為較重要的影響因素進行比較，並在適當的格子中打（V）：

評估準則 A	重要性程度 A：B									評估準則 B
	絕對重要	極為重要	頗為重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	頗為重要	極為重要	絕對重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
加速能力										續航能力
										充/換電形式
										速度限制
續航能力										充/換電形式
										速度限制
充/換電形式										速度限制

三、就「研發成本因素」而言，請依您個人專業領域的意見，比較四項評估準則（「技術協助」、「後勤保修」、「販售價格」、「補助政策」）的重要性，區隔出您所認為較重要的影響因素進行比較，並在適當的格子中打（V）：

評估準則 A	重要性程度 A：B									評估準則 B
	絕對重要	極為重要	頗為重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	頗為重要	極為重要	絕對重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
技術協助										後勤保修
										販售價格
										補助政策
後勤保修										販售價格
										補助政策
販售價格										補助政策

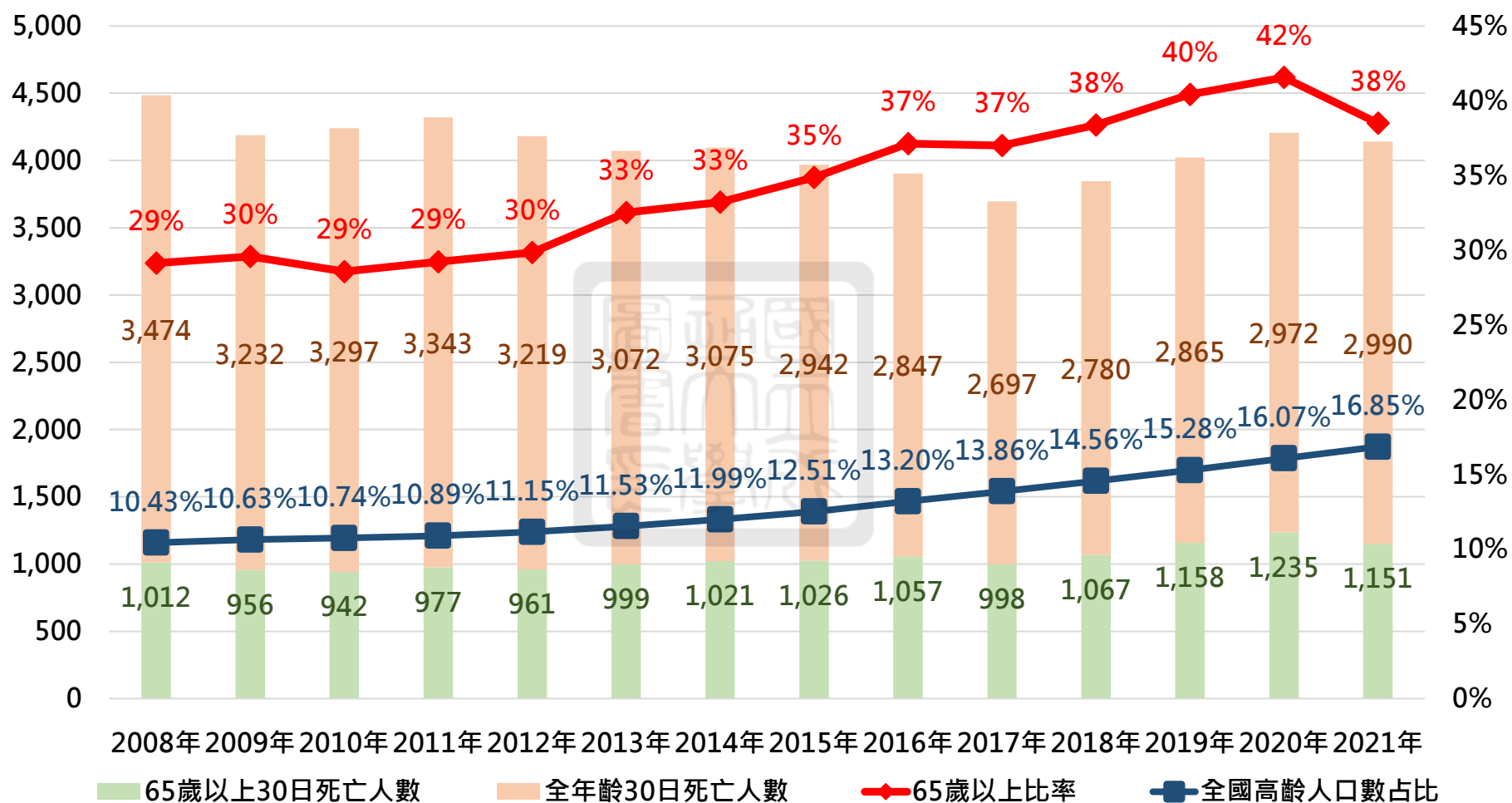
四、就「政府監管因素」而言，請依您個人專業領域的意見，比較三項評估準則（「車種定位」、「駕駛資格」、「道路環境」）的重要性，區隔出您所認為較重要的影響因素進行比較，並在適當的格子中打（V）：

評估準則 A	重要性程度 A：B									評估準則 B
	絕對重要	極為重要	頗為重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	頗為重要	極為重要	絕對重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
車種定位										駕駛資格
										道路環境
駕駛資格										道路環境

對本研究之建議：

——本問卷到此結束，感謝您的耐心填答——

附錄二 我國 30 日死亡交通事故人數對比全國高齡人口數占比圖



資料來源：交通部道安資訊平台 30 日死亡交通事故檔、內政部人口統計資料