

告別橫斷面：以事故風險商數法縱貫追蹤新北市高齡 駕駛人交通事故風險

Beyond the Cross-Sectional Approach: Longitudinal Tracking of Elderly Driver Crash Risk in New Taipei City with the Accident Risk Quotient

陳艾懃 Ai-Chin Chen¹

方柏雅 Po-Ya Fang²

摘要

人口老化是現今全球共同面臨的結構性課題，高齡駕駛所致之交通安全問題亦為各國所重視。然而現行高齡駕駛事故風險之相關研究多採橫斷面設計，於同一時間點比較不同年齡層之事故率，然而此類比較混合不同出生世代，易將「世代習慣」與「年齡老化」兩種效應混淆，難以判斷風險差異之真正成因。本研究提出以縱貫世代追蹤搭配事故風險商數（Accident Risk Quotient, ARQ）之分析架構，嘗試以較簡易之方法初步分離年齡效應與世代效應，本研究歸納四種典型之 ARQ 軌跡型態，並以新北市 95 年至 113 年共 19 年之 A1、A2 類交通事故資料與單齡人口統計為實證基礎，追蹤六個出生世代之 ARQ 軌跡。分析結果顯示，六個世代之 ARQ 全程低於 1 且隨年齡持續下降，反映 50 歲以上族群之事故涉入占比始終低於人口占比，且差距隨年齡擴大，主要受駕駛參與率隨年齡遞減之影響。橫向對照進一步發現，不同世代在到達相同年齡帶時之 ARQ 值落在相近區間，且年齡帶之間的落差明顯大於同一年齡帶內之世代間差異，初步支持年齡效應大於世代效應之判斷。本研究聚焦於縱貫世代追蹤搭配 ARQ 之分析架構建構與應用，可更精確地分離老化對駕駛風險之實質作用。

關鍵詞：高齡駕駛、縱貫世代追蹤、事故風險商數、年齡效應、世代效應

一、前言

人口老化是現今全球共同面臨的結構性課題，我國於 2018 年 65 歲以上人口占比超過 14%而進入高齡社會，僅隔 7 年即於 2025 年突破 20%門檻邁入超高齡社會，轉變速度遠快於多數國家。伴隨人口結構之快速老化，高齡駕駛所衍生之交通安全議題日益受到重視。根據交通部公路局統計，截至 113 年底我國 65 歲以上領有汽機車駕駛執照者計 470 餘萬人次，占總持照者之 16%，高齡持照人口規模相

¹中央警察大學交通學系暨交通管理研究所助理教授，桃園市龜山區大崗里樹人路 56 號，03-3282321 分機 5100，aichinchen@mail.cpu.edu.tw。

²中央警察大學交通學系暨交通管理研究所研究生。

當可觀。龐大之高齡駕駛人口亦反映於事故統計之上，以新北市為例，113 年 65 歲以上高齡駕駛者之 A1 及 A2 類交通事故死傷人數為 7,896 人，占全市事故死傷人數 62,868 人之 12.6%，相當於每 8 件事務中即有 1 件之當事人為高齡者；而當年度全國交通事故之高齡死傷人數為 76,009 人，亦可見新北市占全國事故人數之高占比。面對高齡駕駛人口持續擴大及其事故涉入比例漸增之趨勢，我國於 115 年 5 月 31 日起實施高齡駕駛者換照新制，將換照年齡由 75 歲下修至 70 歲，期藉由體格檢查、認知功能檢測與換照講習等機制，強化對高齡駕駛人之管理。

然而，無論換照制度之設計或相關研究之推展，其基礎皆有賴於對「高齡駕駛事故風險來源」之正確理解，即高齡者偏高之事故風險主要源自年齡增長伴隨之身心機能衰退（年齡效應），抑或源自其所屬出生世代長期累積、未隨時代更新之駕駛習慣與用路行為（世代效應），不同之歸因將導向截然不同之政策方向：若年齡效應為主導，則以身心機能檢測為核心之換照制度具有合理性；若世代效應亦扮演重要角色，則駕駛再教育與回訓制度或許更為關鍵。

現行國內外探討高齡駕駛事故風險之相關研究多採橫斷面設計，即於同一時間點比較不同年齡層之事故率或事故特性。此類研究設計能有效描繪「某一時間點各年齡層之風險分布」，卻存在一項根本性之方法局限：其所比較者實為不同出生世代。例如，於民國 113 年同時觀察 55 歲族群與 75 歲族群之事故率差異，兩者分屬不同世代，其成長背景、駕駛訓練經歷、用路習慣乃至所經歷之交通法規環境皆有差異。橫斷面設計無法判斷觀察到之風險差異究竟來自 20 歲之年齡差距，抑或兩個世代特性之差異，亦即「年齡效應」與「世代效應」在橫斷面架構中因無法分離而混為一談。此一問題在人口學與流行病學領域中被稱為年齡一期間一世代（Age-Period-Cohort, APC）之識別問題，已有大量方法論文獻加以討論，然而在交通安全研究領域，以縱貫視角追蹤同一世代之風險變化軌跡者仍屬少見。

本研究即針對此一方法論缺口，提出以縱貫世代追蹤搭配事故風險商數（Accident Risk Quotient, ARQ）之分析架構。所謂縱貫世代追蹤，係鎖定同一出生世代，逐年觀察其事故風險指標之變化，藉由將世代特性固定為不隨時間改變之背景因素，使年齡增長之效應得以浮現；再輔以不同世代在到達相同年齡時之橫向對照，檢驗年齡效應是否具有跨世代之一致性。ARQ 借鏡經濟學區位商數之概念，以特定世代之事故涉入占比與人口占比之相對關係衡量風險集中度，其無因次之特性適合長時序之跨年比較。在此基礎上，本研究進一步歸納數種典型之 ARQ 軌跡型態，各對應不同之效應解釋，構成一組可供研究者比對實際數據之判讀框架。

本研究以新北市為實證場域。新北市為我國人口規模最大之直轄市，65 歲以上高齡人口達 76 萬 8 千餘人，占全國高齡人口之 17.12%，其行政區涵蓋都會核心、衛星城鎮與山海混合地區，交通環境之多樣性使研究結果具有較廣泛之適用基礎。資料範圍為 95 年至 113 年共 19 年之 A1 及 A2 類交通事故，排除 A3 類之理由在於其通報基準於不同年度有顯著變動，跨年可比性不足因而將其排除。分析對象為依 95 年起始年齡劃分之六個出生世代，每世代涵蓋 5 歲年齡帶，自 50 至 54 歲起至 75 至 79 歲止，觀察期間內最年輕世代完整橫跨 65 歲高齡門檻，較年長世代則提供高齡中後段之軌跡資訊。

本研究之目的並非取代既有之橫斷面研究或完整之 APC 統計模型，而係嘗試以較簡易之資料與方法，提供有別於橫斷面設計之分析視角，使研究者得以在縱貫架構下觀察高齡駕駛事故風險之動態變化，並初步判斷其變化之主導成因。

二、文獻回顧

2.1 高齡者事故研究

高齡駕駛者之交通事故風險長期受到國內外研究者關注，相關文獻可大致歸納為事故特性描述、駕駛行為分析與換照制度成效評估三類面向，其中多數研究採橫斷面設計，於同一時間點比較不同年齡層之事故率或事故特性。

在事故特性方面，McGwin 及 Brown(1999)分析不同年齡層之交通事故特徵，指出年輕與最高齡駕駛者於事故中較可能為有責之一方，高齡駕駛者雖傾向規避風險、採取較熟悉之路線，但在未依規定讓車、未遵守號誌、轉彎及變換車道等情境中仍有較高之事故涉入率。國內研究方面，紀偉民等人(2015)以南投縣 65 歲以上 A1 類事故為對象，歸納其主要肇因為未依標誌標線穿越道路、未注意車前狀態、未依規定讓車與酒後駕駛，肇事車種以機車居多。董宜婷(2016)分析桃園市高齡當事人事故特性，發現交叉路口與行人穿越道為高齡者事故之顯著位置特性，肇因集中於未依規定讓車及左轉彎未依規定。上述研究皆屬於特定時間區段之橫斷面分析，有效描繪了高齡者事故之主要肇因。

在駕駛行為方面，Zhu 等人(2022)利用大規模行車紀錄器資料分析高齡駕駛者之操作與旅運行為，發現高齡者偏好白天短程出行，但急煞車、急加速等危險事件頻率隨年齡顯著上升，顯示單純改善道路基礎設施未必能充分降低高齡者事故風險。Parker 等人(2000)則指出高齡者常因視力衰退、反應變慢等因素主動限制駕駛情境，形成一種「補償行為」，其事故風險與整體生活型態具密切關聯。Kim 等人(2023)則以日本 1995 年至 2015 年資料進行分析，指出年齡因素對事故率之影響最為顯著，其中就單一車輛事故而言，80 歲以上男性及 70 歲以上女性事故率明顯增高，顯示由駕駛技能和判斷失誤導致的事故，隨著年齡增長而增加。此類研究揭示了高齡駕駛者行為面之特殊性，但其分析基礎仍為特定時間點之觀察，無法區分所觀察到之行為特徵係高齡者共通之老化表現，抑或特定世代之習慣養成。

在換照制度成效方面，研究結論並不一致。Siren 及 Haustein(2015)綜述多國研究，指出以年齡為基準之駕照評估計畫並無充分證據證明其安全效益，部分研究甚至發現強制性之年齡篩檢可能導致高齡者轉向步行或自行車等未受保護之交通方式，反而增加整體風險。顏楠章(2022)針對新竹市 2014 年至 2020 年 A1 及 A2 事故進行研究，發現 106 年高齡換照制度實施後，75 歲以上高齡者之平均死傷人數並未顯著下降，與前述國外研究結論相符。然而，Shu 等人(2025)分析澳洲新南威爾斯州 2008 年換照制度改革之效果，發現政策改革後年長駕駛者之事故率持續下降，換照者之事故風險較低，顯示制度設計之細節對成效有關鍵影響。

綜觀上述文獻，多數研究透過橫斷面設計有效呈現了高齡駕駛者之事故特性、行為模式與風險程度，但在方法上皆面臨同一根本限制：於同一時間點比較不同年齡層，實際上是在比較不同出生世代，無法區分觀察到之風險差異究竟源自年齡老化，抑或世代特性之不同。

2.2 年齡一期間—世代效應之識別

前節所述之「年齡效應與世代效應之混淆」，在人口學與社會科學領域中屬於一個已被廣泛討論之方法論議題。Ryder (1965) 在其經典論文中首先系統性地闡述出生世代作為社會變遷分析單位之重要性，指出每一出生世代因共享之成長背景、教育內容與歷史經驗而具有獨特之群體特性，此後世代分析逐漸成為人口學、流行病學與社會科學之重要研究取向。

在此基礎上，Mason 等人 (1973) 將時間維度上之變異正式拆解為三個成分，形成年齡一期間—世代 (Age-Period-Cohort, APC) 分析架構：年齡效應 (age effect) 係指隨個體年齡增長而產生之生理、心理與行為變化；期間效應 (period effect) 係指特定時間點之外在環境變化 (如法規修訂、道路改善、經濟景氣等) 對所有年齡層之共同影響；世代效應 (cohort effect) 則係指同一出生世代因共享之歷史經驗而具有之群體特性。然而，三者之間存在完全共線之數學關係，使得在統計模型中無法同時自由估計三者之獨立效果，學界稱之為 APC 識別問題 (APC identification problem)。此一識別問題自提出以來即引發持續之方法論辯論，Kupper 等人 (1985) 在流行病學領域發表之早期回顧論文中，即對當時各種處理 APC 共線性之統計策略進行系統性檢視與批判，並建議可採用雙向 (two-way) 模型或使用描述性圖表來呈現數據中不平行之趨勢。多年來，學者持續提出多種解決途徑，包括等值約束法 (Mason et al., 1973)、內在估計法 (Intrinsic Estimator; Yang et al., 2008)、階層式 APC 模型 (Hierarchical APC, HAPC; Yang & Land, 2013) 以及貝氏 APC 模型等 (Kim et al., 2023)。然而，此些方法皆需依賴特定之約束條件或分布假設，且其估計結果往往對約束之選擇具有敏感性。近年兩篇重要之回顧論文對 APC 方法論之現狀進行了全面性之評述。Fosse 及 Winship (2019) 所發表之系統性綜述論文指出，儘管已有眾多論文與專書，學界對於如何適切地分析 APC 資料仍未達成共識，並系統性地比較點識別 (point identification) 與部分識別 (partial identification) 兩類策略之優劣。Bell (2020) 之論文中進一步強調，APC 之共線性並非僅存在於樣本層次，而係根植於產生資料之底層機制本身，因此無論採用多精密之統計技術或多大之資料規模，皆無法從根本上解決此一識別問題，其論文標題即開宗明義地檢視 APC 分析中「應該做與不應該做」之事項。

在交通安全領域，APC 架構之應用雖非全無先例，但整體仍屬有限。賴冠霖 (2004) 以 Osmond 氏修正之卜瓦松對數線性迴歸模型，分析台灣 1972 年至 2001 年機動車事故死亡率之 APC 效應，發現年齡效應呈現青少年 (15~19 歲) 與老年人 (70 歲以上) 之「雙高峰」現象，世代效應則顯示 1967 年至 1982 年出生之世代具有較高之相對危險性，與該世代成長期間恰逢機車高度普及化及飆車風氣有關。該研究為台灣交通安全領域少數採用完整 APC 模型之實證研究。Kim 等人 (2023) 以貝氏 APC 模型分析日本 1995 年至 2015 年之交通事故資料，將不同年齡群與世代以 5 年為單位分類，分析有責駕駛人之事故數，並以車輛通過偵測器所紀錄之資料作為實際駕駛情況，以區別單純以持照人數做為估算母體之可能誤差，結果顯示世代效應與年齡因素均存在，其中 80 歲以上男性及 70 歲以上女性單一車輛事故率明顯增高，顯示較其他年齡族群更顯著之年齡效應。MartíndelosReyes 等人 (2024) 則以西班牙 1993 年至 2020 年之事故資料，採用 APC 內在估計模型分析駕駛人之死亡與住院風險，同樣發現年齡效應隨高齡而顯著上升，並識別出世代效應之存在，即較晚出生之世代呈現較低之事故嚴重度，推測與交通

安全教育之普及有關。上述研究顯示 APC 架構能夠為交通事故風險之成因歸因提供有價值之分析視角，但完整模型之識別問題與技術門檻亦限制了其在此領域之普及應用。

2.3 小結

綜合以上回顧，現行高齡駕駛事故研究在描述事故特性與風險程度方面已累積豐富之實證基礎，然在方法論上，以橫斷面設計為主流之研究取向使年齡效應與世代效應難以分離。APC 架構雖提供了處理此一問題之理論基礎，且已有少數研究將其應用於交通安全領域並獲得有意義之發現，但完整模型之識別問題至今仍未有公認之解決方案，加以技術門檻較高，使其在交通安全研究中之應用仍屬有限。在此背景下，如何以較簡易之方法，在縱貫架構下初步分離年齡效應與世代效應，成為值得探索之方向。本研究即嘗試回應此一課題，惟所採取之路徑並非 APC 統計建模，而是回歸研究設計本身之邏輯，即以縱貫追蹤固定世代因素、以橫向同齡對照檢驗年齡效應之跨世代一致性，搭配描述性之風險指標，達成年齡效應與世代效應之初步分離。

三、研究方法

本研究藉由追蹤同一出生世代自壯年步入高齡階段之交通事故風險變化，嘗試分離「年齡老化」與「世代習慣」兩種效應對高齡駕駛事故風險之影響。研究方法包含三個環節：首先建立出生世代追蹤架構，界定分析對象與對照邏輯；其次引入事故風險商數（ARQ）作為追蹤所需之風險衡量指標；最後依據 ARQ 軌跡之形狀歸納判讀邏輯，建立效應歸因之分析框架。

3.1 出生世代追蹤架構

現行高齡駕駛事故風險之相關研究多採橫斷面設計，於同一時間點比較不同年齡層之事故率，並據以推論高齡者之風險較高。然而，此類設計所比較者實為不同出生世代，例如於民國 113 年同時觀察 50 歲族群與 70 歲族群，兩者分屬不同世代，其成長背景、駕訓經歷與用路習慣皆有差異，所觀察到之事故率差異可能源自年齡老化，亦可能源自世代特性之不同，兩種效應在橫斷面設計中無法分離。

本研究提出以縱貫世代追蹤取代橫斷面比較。所謂縱貫追蹤，係鎖定同一出生世代，逐年觀察其風險指標之變化。由於追蹤對象始終為「同一群人」，其駕駛訓練背景、用路習慣、交通法規認知等世代特性可合理假定為相對穩定之因素，因此軌跡之變化主要反映年齡增長所帶來之效應。此即縱貫設計相較於橫斷面設計之根本優勢：將世代因素固定，使年齡效應得以浮現。

惟須說明者，本研究所稱之「同一群人」係以合成世代（synthetic cohort）方式建構，由於事故資料經去識別化處理，無法追蹤個別駕駛人表現，故以「同一出生年齡帶之群體」作為分析單位。以 95 年時 50 至 54 歲之世代為例，該世代涵蓋出生於民國 41 至 45 年間之所有新北市居民；至 96 年時該世代為 51 至 55 歲，至 113 年時為 68 至 72 歲。嚴格而言，各年度之世代成員可能因遷移或死亡等因素而

導致變動，因此並非完全相同，但在母體規模龐大情況下，群體層次之特性仍具穩定性，採用合成世代應為可接受之分析策略。

本研究之追蹤架構同時包含縱向與橫向兩個互補之對照面向，其中縱向追蹤係鎖定單一世代，觀察其 ARQ 隨年齡增長之變化軌跡，用以識別年齡效應。橫向對照則比較不同出生世代在到達相同年齡時之 ARQ 值。例如，甲世代於民國 100 年到達 70 歲時之風險水準，與乙世代於民國 110 年到達 70 歲時之風險水準進行比較。若不同世代在相同年齡之數值相近，則表示年齡對風險之影響具有跨世代之一致性，年齡效應為主導因素；反之，若同齡之數值因世代而有顯著差異，則指向世代效應之存在。將此兩個面向相互搭配比較，縱向追蹤提供「同一群人如何隨年齡改變」之圖像，橫向對照則檢驗「不同群人在同一年齡是否表現一致」，形成分離年齡效應與世代效應之基本分析架構。

本研究考量目前可取得資料限制，以民國 95 年為觀察起始年，依當年之年齡分為六個出生世代，每世代涵蓋 5 歲之年齡帶，即 50 至 54 歲、55 至 59 歲、60 至 64 歲、65 至 69 歲、70 至 74 歲及 75 至 79 歲。各世代自 95 年起逐年追蹤至 113 年，觀察期間共 19 年，各世代於期末分別到達 68 至 72 歲、73 至 77 歲、78 至 82 歲、83 至 87 歲、88 至 92 歲及 93 至 97 歲。其中，最年輕之 50 至 54 歲世代於觀察期間內完整橫跨 65 歲高齡門檻，自壯年進入少老階段；較年長之世代則提供高齡中後段之軌跡資訊。

3.2 事故風險商數 (ARQ)

前節所建構之追蹤架構需要一項風險衡量指標，使各世代於各年度之事故風險得以量化並進行跨年比較。此指標須滿足兩項條件：第一，應為相對值而非絕對值，使不同年度間之比較不受事故總量波動之干擾；第二，應能反映特定世代之事故涉入程度相較於其人口規模是偏高或偏低，以作為風險集中度之衡量。考量不同指標之適宜性後，本研究選用事故風險商數 (Accident Risk Quotient, ARQ) 做為評估指標。

ARQ 之概念係曾平毅與連瑋鑫 (2020) 從經濟學與經濟地理學中廣泛使用之區位商數 (Location Quotient, LQ) 延伸而來。區位商數用以衡量某區域特定產業之相對集中程度，其核心邏輯為將局部占比與整體占比進行比值運算。曾平毅與連瑋鑫 (2020) 運用該指標評估不同顏色車輛涉入交通事故之風險高低，本研究將該指標轉化為評估不同世代涉入交通事故之風險高低，即其計算方式為以特定世代之事故涉入占比與該世代之人口占比進行比值運算，衡量該世代於交通事故中之相對集中程度。本研究定義 ARQ 之計算公式如下：

$$ARQ_{ij} = \frac{c_{ij}/c_j}{P_{ij}/P_j} \quad (1)$$

其中， c_{ij} ：第 j 年事故資料中 i 世代之當事人數；

c_j ：第 j 年事故資料總當事人數，即所有年齡層合計；

P_{ij} ：第 j 年 i 世代總人口數；

P_j ：第 j 年總人口數。

ARQ 之判讀以 1 為基準：ARQ 大於 1，表示該世代於事故中之涉入占比高於其人口占比，風險相對較高；ARQ 小於 1，則表示涉入占比低於人口占比，風險相對較低。

選擇 ARQ 為本研究評估指標原因有三：第一，ARQ 為無因次之相對比值，其分子與分母皆為占比結構，不受事故總量或人口總量之逐年變動影響，適合進行 19 年之長時序追蹤比較。第二，ARQ 以全年齡人口為參照基準，所衡量者為特定世代相對於整體之風險集中程度，恰好對應本研究「觀察某一世代之風險地位如何隨年齡移動」之分析需求。第三，ARQ 之計算僅需事故涉入人數與人口數兩項資料，資料取得門檻較低，適合長時序、多世代之大規模追蹤分析。惟須留意 ARQ 之分母為該世代之總人口而非駕駛人口或行駛里程，因此所反映者係「包括駕駛參與率在內之綜合風險集中度」，而非純粹的肇事傾向。換言之，ARQ 之變化可能同時受到肇事風險本身之增減以及駕駛參與率之消長兩者影響，無法將兩者單獨分離，此一限制將於第四章討論中進一步闡述。

3.3 事故風險商數（ARQ）軌跡型態與判讀邏輯

結合前述之出生世代追蹤架構與 ARQ 指標，本研究將各世代逐年之 ARQ 值連結為一條隨年齡遞增之軌跡曲線。藉由觀察該軌跡與基準線 1 之相對位置及其隨年齡之變化方向，可初步判斷風險變化之主要成因。依據 ARQ 值之水準與趨勢，本研究歸納以下四種典型之軌跡型態：

型態一：全程大於 1：若某世代之 ARQ 自壯年階段即持續高於 1，且進入高齡階段後並無顯著攀升，則代表該世代在整個觀察期間之事故涉入占比始終高於其人口占比。此一型態指向世代效應為主導因素，即該世代可能因長期累積之用路習慣、駕駛訓練背景或交通環境養成等世代共通特性，而具有較高之事故風險，其風險並未因老化而有明顯變動。

型態二：由小於 1 翻轉為大於 1：若某世代之 ARQ 於壯年階段低於 1，而隨年齡增長逐漸攀升並跨越基準線 1，進入高齡階段後轉為大於 1，此一型態指向老化效應為主導因素，即該世代於年輕時並非高風險族群，風險之上升主要伴隨年齡增長與身心機能衰退而發生。

型態三：全程大於 1 且高齡階段再攀升：若某世代之 ARQ 自壯年起即高於 1，且於進入高齡階段後進一步加速上升，則同時呈現世代效應與老化效應之疊加，即該世代本身即屬高風險用路族群，而老化更進一步加劇其風險。

型態四：全程小於 1 且持續下降：若某世代之 ARQ 自觀察起始即低於 1，且隨年齡增長持續走低、與基準線 1 之差距不斷擴大，此一型態並不必然代表該世代之肇事風險隨年齡降低。更可能之解釋為：隨著年齡增長，該世代之駕駛參與率大幅下降，愈來愈多成員退出駕駛行為，使事故涉入人數之縮減速度快於人口縮減速度，致 ARQ 值持續走低。在此情境下，年齡效應確實存在，但其作用方式為曝光量下降，而非直接推升風險集中度；ARQ 因分母包含非駕駛人口而無法將兩者分離，須藉由其他排除曝光量之方法加以確認。

上述四種型態構成一組判讀框架。研究者可將實際觀察之世代 ARQ 軌跡與此框架進行比對，初步判斷風險變化之主導成因，並據以評估是否需要引入排除曝光量之補充方法進行進一步驗證。

3.4 資料來源與清理

本研究之資料來源有二：其一為新北市政府警察局交通警察大隊所提供之 95 年至 113 年道路交通事故「調查報告表（一）」及「調查報告表（二）」，以當事人為分析單位；其二為新北市政府民政局公布之各年底單齡（0 歲至 100 歲以上）人口統計資料，作為 ARQ 計算之人口分母。

事故資料之篩選條件如下：

1. 僅納入 A1 類（當場或 24 小時內死亡）及 A2 類（受傷或超過 24 小時死亡）交通事故。排除 A3 類（僅財物損失）之理由在於新北市 A3 類事故於 100 年以前之資料量遠低於其後年度，且 107 年實施 A3 事故簡化流程後通報基準再次變動，因通報與紀錄方式導致跨年度困難，納入分析將影響 19 年長時序分析之穩健性。
2. 篩選當事人地址登記為新北市者（99 年 12 月 25 日改制前為臺北縣之資料已回溯標示），以近似「同一空間母體」之假設。
3. 納入各事故之第一當事人及第二當事人作為事故涉入人數之計算基礎。

人口資料方面，以各年底新北市單齡人口數為分母，可精確對應各世代 5 歲年齡帶之人口數，避免以粗略年齡組距估算所產生之誤差。

四、資料分析與討論

4.1 世代劃分與對應年齡

本研究以民國 95 年為觀察起始年，依當年年齡將分析對象劃分為六個出生世代，各世代涵蓋 5 歲之年齡帶，自 95 年起逐年追蹤至 113 年，觀察期間共計 19 年。六個世代之起迄年齡如表 1 所示。

表 1 六個追蹤世代之年齡對照

世代	95 年起始年齡	113 年終止年齡	約略出生年（民國）
世代一	50～54 歲	68～72 歲	41～45 年
世代二	55～59 歲	73～77 歲	36～40 年
世代三	60～64 歲	78～82 歲	31～35 年
世代四	65～69 歲	83～87 歲	26～30 年
世代五	70～74 歲	88～92 歲	21～25 年
世代六	75～79 歲	93～97 歲	16～20 年

世代與年齡帶之選取基於以下考量：

1. 年齡涵蓋範圍須橫跨 65 歲高齡門檻：世代一至世代三於觀察期間內分別自

- 壯年或老壯年階段跨入高齡階段，可觀察跨越門檻前後之風險變化；世代四至世代六於起始年即已進入高齡，提供高齡中後段之資訊。
2. 19 年之觀察長度恰使最年輕世代（95 年時 50 歲）於期末到達 68 歲以上，具備足夠之高齡觀察區間。
 3. 六個世代以 5 歲為間距依序排列，相鄰世代之年齡帶每隔 5 個年度即完全重疊於同一年齡，為橫向對照提供精確之比較基礎。

4.2 縱向追蹤各世代事故風險商數變化

圖 1 呈現六個世代自 95 年至 113 年之逐年事故風險商數（ARQ）值。各世代每年隨年齡增長 1 歲，ARQ 值反映該世代當年度之事故風險集中度。

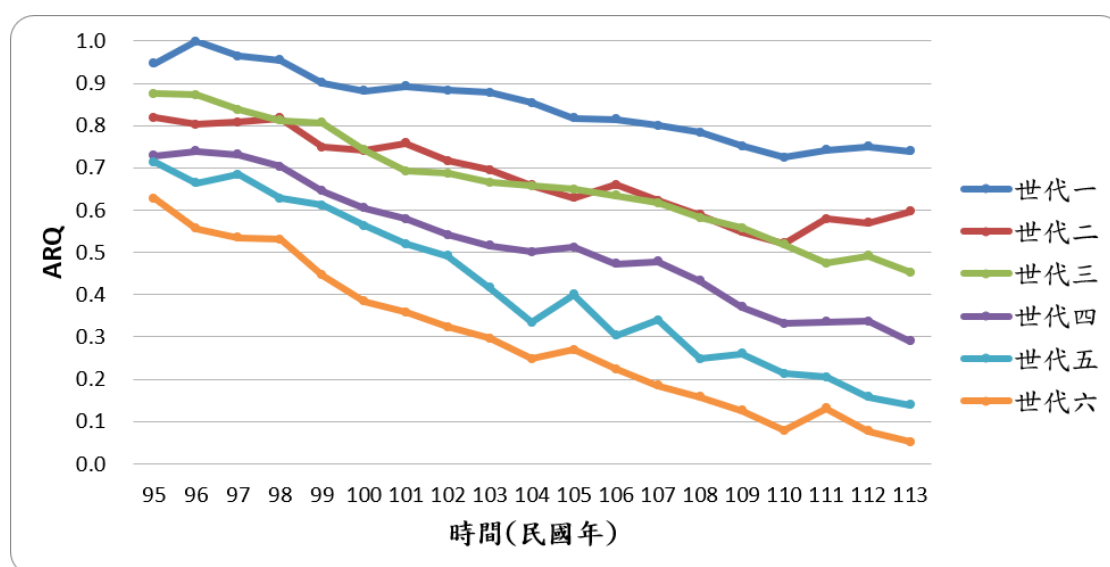


圖 1 各世代逐年事故商數變化

觀察圖 1 可發現以下現象：

1. 六個世代之 ARQ 值全程均小於 1：自觀察起始之 95 年起，所有世代之事故涉入占比即低於其人口占比，且無任何世代於觀察期間內突破基準線 1。
2. 各世代之 ARQ 值均隨年齡增長呈現下降趨勢：世代一之 ARQ 由 95 年之 0.95 降至 113 年之 0.74，降幅約 22%；世代六之 ARQ 則由 0.63 降至 0.05，降幅達 92%。整體而言，起始年齡愈高之世代下降速度愈快、終值愈低。
3. 除世代二與世代三外，其餘各世代數值並未交錯：顯示就事故風險而言，各世代之風險情況有明顯差異。95 年時年齡愈高之世代，ARQ 起始值愈低。世代一（50–54 歲）起始 ARQ 為 0.946，接近基準線 1；世代六（75–79 歲）起始 ARQ 僅 0.628。
4. 世代二與世代三具有相近趨勢：世代二與世代三雖最大年齡差達 10 歲，但於 110 年之前之數值幾近重疊，亦即此兩世代涉入事故風險相近，且具有相似趨勢。

將上述觀察結果對照第三章所建構之四種軌跡型態，六個世代之 ARQ 軌跡均符合型態四之特徵：全程小於 1 且持續下降。依據型態四之判讀邏輯，此結果並不一定代表高齡者之肇事風險隨年齡降低，更可能反映隨著年齡增長，世代成員之駕駛參與率大幅下降，致使 ARQ 值持續走低。

4.3 橫向對照不同世代於相同年齡之 ARQ 值

為進一步區分年齡效應與世代效應，本節進行橫向對照分析，即比較不同出生世代在到達相同年齡帶時之 ARQ 值。由於六個世代以 5 歲為間距依序排列，每隔 5 個年度即有兩個世代之年齡帶完全重合，例如世代一於 110 年到達 65–69 歲，與世代四於 95 年之年齡帶相同，可進行精確之同齡比較。表 2 列出四個目標年齡帶之橫向對照結果。

表 2 不同世代於相同年齡帶之 ARQ 比較

目標年齡帶	世代	到達目標年齡帶之時間	ARQ
60–64 歲	世代三	95 年	0.88
	世代二	100 年	0.74
	世代一	105 年	0.82
65–69 歲	世代四	95 年	0.73
	世代三	100 年	0.74
	世代二	105 年	0.63
	世代一	110 年	0.73
70–74 歲	世代五	95 年	0.71
	世代四	100 年	0.60
	世代三	105 年	0.65
	世代二	110 年	0.52
75–79 歲	世代六	95 年	0.63
	世代五	100 年	0.56
	世代四	105 年	0.51
	世代三	110 年	0.52

觀察表 2 可得以下發現：

1. 同一年齡帶下，不同世代之 ARQ 值落在相近之區間。以 65~69 歲為例，四個世代之 ARQ 值介於 0.63 至 0.74 之間；以 75~79 歲為例，四個世代之 ARQ 值介於 0.51 至 0.63 之間。各世代雖分別出生於不同年代、經歷不同之交通環境與社會背景，但到達同一年齡時所呈現之事故風險水準差異甚微。
2. 隨目標年齡帶提高，各世代之 ARQ 值同步走低。60~64 歲時 ARQ 約在 0.74 至 0.88 之間；65~69 歲時降至 0.63 至 0.74；70~74 歲時再降至 0.52 至 0.71；75~79 歲時進一步落至 0.51 至 0.63。此一隨年齡逐層遞降之趨勢在不同世代間具有一致性。
3. 同一年齡帶內之世代間差異，即同列最大值與最小值之差距，明顯小於不同年齡帶之間的落差。以 65~69 歲為例，世代間差距約 0.11；而 65~69 歲與

75~79 歲兩個年齡帶之平均值差距則達 0.17 以上。亦即，「到達幾歲」對 ARQ 之影響力大於「屬於哪個世代」。

上述結果初步支持年齡效應大於世代效應之判斷：不同年代出生之族群，在到達相同年齡階段時，呈現了相近之風險水準與一致之下降趨勢。

4.4 討論

根據上述分析結果，本研究提出三項討論：

（一）ARQ 全程小於 1 且全程下降之解讀：分母選擇探討

六個世代之 ARQ 值全程低於 1 且持續下降，直觀上似與「高齡者事故風險較高」之一般認知相悖。然而，須留意 ARQ 為相對指標，其數值之變動同時受分子（世代事故涉入占比）與分母（世代人口占比）兩端之影響，且以全年齡事故總量為參照基準。

從原始數據觀察，新北市 A1 及 A2 類事故之總涉入當事人數由 95 年至 113 年成長逾 3 倍，此一增幅主要來自年輕及壯年族群事故量之大幅擴張。在此背景下，即便中高齡世代之事故絕對人數維持穩定甚至微幅增加（例如世代一之事故人數由 1,973 人增至 4,018 人），其占事故總量之比例仍因分母膨脹而被稀釋，致使 ARQ 呈現下降。換言之，ARQ 之持續走低並不完全等同於高齡者事故風險降低，而是反映其事故涉入之相對集中度在整體事故結構擴張之背景下降低。

較年長世代之 ARQ 下降則更為陡峭，推測此與駕駛參與率之大幅縮減直接相關。以世代六（95 年時 75–79 歲）為例，其人口由 56,702 人減至 8,385 人（減少 85%），事故涉入人數由 257 人降至 9 人（減少 96%），事故人數之縮減速度遠快於人口流失速度，反映該世代成員因高齡、健康退化或主動停駕等因素大量退出駕駛行為。此一現象與文獻中所描述之高齡者「補償行為」相呼應——高齡者常因視力衰退、反應變慢、夜間視覺困難等因素，主動限制其駕駛情境（Parker et al., 2000），形成自我調節之用路模式；Kim 等人（2023）之研究為解決此等問題，採用小樣本之車輛偵測紀錄觀察取代持照人數，亦是觀察到高齡者駕駛頻率與數量之下降。因此，後續將考慮採用更能反映曝光量之方法進行分析。

（二）年齡效應與世代效應之初步分離

橫向對照結果顯示，不同世代在到達相同年齡帶時之 ARQ 值具有跨世代之一致性。此為本研究在方法論上相當具意義之發現。六個世代分別出生於民國 16 年至 45 年間，跨越近三十年，其成長背景涵蓋農業社會至工業化轉型、道路基礎設施由簡陋漸趨完善、駕訓制度由寬鬆至規範等截然不同之交通環境，然而此些世代差異並未在相同年齡之 ARQ 數值上造成根本性之分歧。此一結果意味著，就 ARQ 所衡量之事故風險集中度而言，年齡是比世代更為主導之影響因素。

此一發現與 Kim 等人（2023）以貝氏 APC 模型分析日本交通事故之結論方向一致。Kim 等人之研究指出年齡因素對事故率之影響最為顯著，且 80 歲以上男性及 70 歲以上女性之單一車輛事故率明顯增高。本研究雖採不同

之方法路徑，但在「年齡效應主導」此一基本判斷上得到相近之結論，顯示此一現象具有跨國、跨方法之穩健性。

（三）研究侷限

在解讀上述結果時，須留意以下方法上之限制。首先，本研究係以合成世代進行追蹤，各年度之世代成員因遷徙、死亡等因素而非完全固定。新北市與鄰近之臺北市、基隆市、桃園市構成生活區，跨縣市通勤與遷居頻繁，19 年間之母體組成必然有所變化。其次，存活者偏差可能影響高齡世代之軌跡判讀，高風險駕駛人可能因嚴重事故而退出觀察，使持續駕駛之成員趨於低風險化，造成 ARQ 隨年齡下降之部分原因為高風險成員之選擇性流失，而非全體成員風險均等降低。

再者，ARQ 之分母為全體人口而非駕駛人口，無法分離「肇事風險傾向」與「駕駛參與率」兩個構面，此為本研究最核心之方法侷限。如前所述，ARQ 之下降軌跡混合了兩種可能，其一為該世代實際肇事傾向降低，另一為該世代駕駛參與率縮減。本研究將持續針對比較分母與分析工具等方向進行調整，以期更完整地分離年齡老化對駕駛風險之實質影響。

五、結論

本研究針對現行高齡駕駛事故研究多採橫斷面設計、易將世代效應與老化效應混淆之方法論缺口，提出以縱貫世代追蹤搭配事故風險商數（ARQ）之分析架構，並以新北市 95 年至 113 年共 19 年之 A1、A2 類交通事故資料進行實證驗證。茲就本研究之主要內容與發現，彙整如下：

- （一）建構縱貫世代追蹤架構：本研究以合成世代追蹤取代傳統橫斷面比較，鎖定同一出生世代逐年觀察其風險變化，將世代特性固定為背景因素，使年齡效應得以浮現。同時搭配橫向世代對照，形成在不依賴複雜 APC 統計模型之前提下，以描述性方法初步分離年齡效應與世代效應之分析設計。
- （二）引入事故風險商數（ARQ）作為追蹤指標：借鏡經濟學區位商數概念，以特定世代之事故涉入占比與人口占比之比值衡量風險集中度，ARQ 大於 1 表示風險相對集中，小於 1 表示風險相對分散。ARQ 為無因次之相對比值，不受事故總量逐年波動之影響，適合 19 年長時序之跨年追蹤比較。
- （三）歸納四種 ARQ 軌跡型態與判讀邏輯：依據 ARQ 值與基準線 1 之相對位置及其變化方向，預先定義四種典型軌跡：全程大於 1（世代效應主導）、由小於 1 翻轉為大於 1（老化效應主導）、全程大於 1 且高齡再攀升（世代與老化疊加）、全程小於 1 且持續下降（年齡效應存在但受曝光量稀釋），構成一組可供比對實際數據之判讀框架。
- （四）實證發現六世代 ARQ 軌跡均符合型態四：追蹤新北市六個出生世代（95 年時涵蓋 50 至 79 歲），其 ARQ 全程低於 1 且隨年齡持續下降，起始年齡愈高之世代下降速度愈快。此一結果反映 50 歲以上族群之事故涉入占比始終低於人口占比，且差距隨年齡擴大，主要受駕駛參與率隨年齡遞減之影響。

(五)橫向對照支持年齡效應大於世代效應：不同世代在到達相同年齡帶時之 ARQ 值落在相近區間，且同一年齡帶內之世代間差異明顯小於不同年齡帶之間的落差，顯示「到達幾歲」對風險集中度之影響大於「屬於哪個世代」。此一結論與日本以貝氏 APC 模型所得之研究發現方向一致。

(六) ARQ 之侷限與後續精進方向：ARQ 以全體人口為分母，無法分離肇事風險傾向與駕駛參與率，此為本研究最核心之方法侷限。後續研究將考慮採用更能反映曝光量差異之方法，以期更精確地分離年齡老化對駕駛風險之實質影響。本研究之分析架構亦可擴展至其他縣市或全國資料，以檢驗發現之外部適用性。

在政策意涵上，橫向對照所呈現之「不同世代、同一年齡、相近風險」現象，意味著高齡駕駛之事故風險可能更多與年齡伴隨之身心理變化有關，而非特定世代之用路習慣所致。若此一判斷成立，現行以體格檢查與認知功能檢測為核心之換照制度在方向上具有合理性，惟其能否有效篩選出實際駕駛能力不足之個案，仍有賴更細緻之實證評估，本研究之縱貫分析架構可為此類政策效果評估提供方法論基礎。本研究仍屬高齡事故風險長期追蹤之初步探討，後續將針對比較分母與分析工具等方向進行調整精進，期可對於高齡事故風險有更完整之認知。

參考文獻

- 紀偉民、陳聰堅、李安景 (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。
- 曾平毅、連瑋鑫 (2020)，「小客車車輛顏色與交通事故關聯性之初探」，運輸計劃季刊，第四十九卷第二期，頁 117-146。
- 董宜婷 (2016)，「桃園市高齡者交通事故特性分析」，中央警察大學交通管理研究所碩士論文。
- 賴冠霖 (2004)，「台灣地區機動車事故死亡率之年齡、年代及世代效應分析」，臺北醫學大學傷害防治學研究所碩士論文。
- 顏楠章 (2022)，「我國高齡者駕駛執照制度變革對道路交通事故影響探討：以新竹市為例」，國立清華大學公共政策與管理研究所碩士論文。
- Bell, A. (2020), "Age Period Cohort Analysis: A Review of What We Should and Shouldn't Do," *Annals of Human Biology*, Vol. 47, No. 2, pp. 208-217.
- Fosse, E. and Winship, C. (2019), "Analyzing Age-Period-Cohort Data: A Review and Critique," *Annual Review of Sociology*, Vol. 45, pp. 467-492.
- Kim, K., Matsushashi, K., and Ishikawa, M. (2023), "Analysis of Primary-Party Traffic Accident Rates per Driver in Japan from 1995 to 2015: Do Older Drivers Cause More Accidents?," *IATSS Research*, Vol. 47, pp. 447-454.
- Kupper, L. L., Janis, J. M., Karmous, A., and Greenberg, B. G. (1985), "Statistical Age-Period-Cohort Analysis: A Review and Critique," *Journal of Chronic Diseases*, Vol. 38, No. 10, pp. 811-830.

- Martín-delosReyes, L. M., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E., Fernández Martínez, N. F., and Lardelli-Claret, P. (2024), "Evolution of the Risk of Death and Hospitalisation in Drivers Involved in Road Crashes in Spain, 1993–2020: An Age-Period-Cohort Analysis," *Injury Epidemiology*, Vol. 11, Article 55.
- Mason, K. O., Mason, W. M., Winsborough, H. H., and Poole, W. K. (1973), "Some Methodological Issues in Cohort Analysis of Archival Data," *American Sociological Review*, Vol. 38, No. 2, pp. 242-258.
- McGwin, G. and Brown, D. B. (1999), "Characteristics of Traffic Crashes among Young, Middle-Aged, and Older Drivers," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 31, pp. 181-198.
- Parker, D., McDonald, L., Rabbitt, P., and Sutcliffe, P. (2000), "Elderly Drivers and Their Accidents: The Aging Driver Questionnaire," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 32, pp. 751-759.
- Ryder, N. B. (1965), "The Cohort as a Concept in the Study of Social Change," *American Sociological Review*, Vol. 30, No. 6, pp. 843-861.
- Shu, C.-C., Brown, J., Nguyen, H., Rogers, K., and Keay, L. (2025), "Impacts of the 2008 NSW Older Driver Licensing Reform on Licensing Status and Crash Rates," *Journal of Transport & Health*, Vol. 44, 102097.
- Siren, A. and Haustein, S. (2015), "Driving Licences and Medical Screening in Old Age: Review of Literature and European Licensing Policies," *Journal of Transport & Health*, Vol. 2, pp. 68-78.
- Yang, Y., Fu, W. J., and Land, K. C. (2008), "The Intrinsic Estimator for Age-Period-Cohort Analysis: What It Is and How to Use It," *American Journal of Sociology*, Vol. 113, No. 6, pp. 1697-1736.
- Yang, Y. and Land, K. C. (2013), *Age-Period-Cohort Analysis: New Models, Methods, and Empirical Applications*, New York: CRC Press.
- Zhu, Y., Jiang, M., and Yamamoto, T. (2022), "Analysis on the Driving Behavior of Old Drivers by Driving Recorder GPS Trajectory Data," *Asian Transport Studies*, Vol. 8, 100063.