

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

即時安全資訊系統之建構、分析與應用

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2221-E-009-116-MY3

執行期間：2008年8月1日至2011年07月31日

計畫主持人：汪進財

共同主持人：

計畫參與人員：黃士軒、蕭力文

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學交通運輸研究所

中華民國 98 年 5 月 31 日

中文摘要

過去道路安全相關研究多著重於高事故風險之情境分析，然而透過高事故風險情境之擷取僅能呈現事故外顯的結果，無法探知其成因；因此，為更深入探討事故之肇因與原型，本研究透過駕駛者心理特質互動之探討進一步分析事故的發生過程。研究第一階段結合駕駛工作需求與心智能力的概念，提出一整合性心智負荷模式，藉由探討駕駛工作需求與心智能力的影響因素了解心智負荷於駕駛過程當中的變化。然而在駕駛心智負荷模式當中，各項影響因素的互動極為複雜，難以清楚界定個別因素對駕駛心智負荷之影響，此外，駕駛工作需求與心智能力亦無法透過可觀察的指標加以衡量；是故，研究之第二階段提出以「車輛領域」之概念，將駕駛心智負荷模式當中複雜的互動透過車輛領域相關可觀察變數加以呈現，藉以進行駕駛心智負荷分析。此外，透過「車輛領域」之概念，研究得以更進一步探討資訊提供對行車安全與心智負荷之淨效果，考量不同之駕駛環境條件下，設計一最佳化之行車安全資訊，期望透過資訊之提供，幫助駕駛者提升安全並避免因增加負擔而造成事故風險。

英文摘要

Past road safety studies have mostly focused on the identification of scenarios involving high accident risk. Such risky scenarios can only describe accident outcomes rather than the real causality. Discussion of driver's cognitive interaction while driving is a necessity for deeper exploration about the nature of accident. To comprehend the entire structure of mental workload, the first section of this research proposes a research framework for integrated mental workload models that incorporates task demand and motivated capability. Understanding the contributing factors of mental model and the individual difference in task demand and motivated capability can help evaluate the mental workload. However, complex interactions within mental workload model make it difficult to identify the individual contribution of each element to mental workload. Without an observable measurement, task and capability are also unable to be identified. Therefore, the second section of this research is to propose a concept of vehicle domain to perform the mental workload analysis. By adopting the concept of vehicle domain, complex interaction between contributing factors within mental workload model can be bundled and presented through several explicit and observable measurement. In addition, integrating vehicle domain with mental workload model and accident chain analysis enables exploring information net effect on driving safety. Thus, optimized information can hopefully be defined and provided to drivers in different scenarios without causing additional risk of accidents.

壹、研究緣起

道路交通安全管理一直是交通運輸界關注的焦點之一，近年來政府戮力執行騎乘機車戴安全帽、汽車前座乘客繫安全帶、禁止駕駛人行駛道路使用手持式行動電話，以及加強取締酒後駕車等各項措施，以期降低道路事故風險；然而，相較於其他國家，我國之交通事故死亡率仍然偏高。如表 1 各主要國家交通事故 2006 年死亡率統計表所示，根據經濟合作發展組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 的國際交通及事故資料庫 (International Road Traffic and Accident Database, 2007) 以及國內警政署與內政部統計資料，我國每十萬人口死亡人數皆較世界主要先進國家為高，僅略低於美國與韓國，但超過鄰近日本的兩倍。國內對道路交通事故的定義為交通事故 24 小時內死亡人數，OECD 提供的數字為事故 30 天內死亡人數；由此可知，若將國內死亡人數定義轉換為 30 天內死亡人數，其數字將更將提高。

表 1 各主要國家交通事故 2006 年死亡率統計表

國別	每十萬人口死亡人數	資料來源
日本	5.68	國際交通及事故資料庫 世界衛生組織
法國	7.68	
澳洲	7.78	
加拿大	8.88	
英國	12.55	
韓國	13.17	
美國	14.12	
中華民國	13.11	交通部統計處 內政部戶政資料庫

資料來源：International Road Traffic and Accident Database (2007)、World Health Organization (2007)、交通部 (2007)、內政部 (2007)

由此顯見國內有關道路交通安全預防仍存在相當之改善空間，安全相關之議題值得深入研究，其中除了道路與車輛相關硬體設施改善外，安全資訊的應用將是不容忽視的一環。近年來透過資料分析技術之演進，相關研究得以針對道路幾何設計、車輛、駕駛人特性等事故風險因素進行分析 (Chang and Yeh, 2007; Clarke *et al.*, 1998a; Clarke *et al.*, 1998b)，探討上述因素對特定事故型態造成之影響，例如 Chin and Quddus (2003) 發現路寬與路口號誌時相數會影響追撞事故之發生。上述研究雖能提供相關訊息供事故分析之參考，然而由於尚未完全建立整體系統分析之能力，同時對於事故分析亦侷限於最接近事故發生之表象因素，使得肇事因素之發掘工作往往只能達到表層發現一些不安全的行為。

事實上，事故分析應跳脫表面所見之風險因素，而應以事故鏈之觀念，將遠端因素納入分析。本研究於過去「道路事故個體行為模式之研究」三年期研究當中，首先藉由大量文獻回顧建構道路安全系統架構，並以事故鏈概念出發，利用粗略集合理論分析內政部警政署道路交通事故資料庫，歸納重現性與獨特性事故型態與可能發生原因，研究結果也發現，符合重現性事故型態之事故，其駕駛人大都具有高風險的特徵，而獨特性事故型態則與道路環境有明顯相關 (Wong and Chung, 2007a, 2007b)。除了資料庫分析外，第二期研究以駕駛人自我報告方式進一步收集駕駛人行為特性，發現越容易分心以及越不容易緊張的駕駛人，越常發生超速被取締；此外，駕駛經驗越久、結過婚、有小孩以及開車通勤的人，較不常出現分心、急躁、不警覺、解離或緊張等駕駛行為。延續前述國內事故原型與駕駛行為特性之探討，鑒於駕駛人行為對安全之關鍵性影響，研究最後階段結合計劃行為理論 (Theory of Planned Behavior, TPB) 與風險平衡理論 (Risk Homeostasis Theory, RHT)，針對年輕機車騎士建構高風險駕駛行為模式，了解駕駛人於決策過程中所思考的環節與環節間的互動，將有助於更進一步釐清事故之原貌；研究結果顯示，年輕機車騎士並非同質群體，不同類型的駕駛人可能採取截然不同的駕駛行為，例如具有良好技術、自信且對於現代駕駛文化十分了解的駕駛人仍會有高頻率的高風險駕駛行為，此等結果提供了安全教育以及智慧型運輸安全系統發展策略上重要之參考 (Wong *et al.*, 2009)。

基於前期研究，透過事故原型與駕駛行為分析可提供探討事故肇因之重要資訊，然而上述研究僅能呈現事故之型態以及事故如何發生，以 Wong and Chung (2007) 為例，該研究發現年輕學生駕駛在限速 51 至 79 kph 的一般道路環境下，發生衝出路外事故的機率較高，然而有無數年輕學生駕駛曾行駛於該高風險事故情境當中，僅有其中少數駕駛面臨高事故風險。顯然透過事故情境之萃取無法告訴研究者事故究竟如何發生的，傳統採用總體資料之事故風險因素分析僅能反應事故發生的部分原因，現有資訊仍無法明確呈現事故發生過程當中，駕駛人與環境、車輛、駕駛工作等環節的互動，為完整了解事故發生的原因、有效預防事故的發生，吾人需要更深入探討事故之全貌。

無庸置疑，「人」為駕駛過程當中最重要環節，Elvik (2006) 以「人」為出發點，提出事故發生的四個法則，包含學習法則 (Law of learning；事故風險會隨著駕駛曝光量增加而降低)、稀有事件法則 (Law of rare events；平時出現頻率越低的稀有事件或風險因子，一旦發生時，造成的事故機率越高)、複雜度法則 (Law of complexity；事故風險會隨著環境複雜度增加而增加)、心智能力法則 (Law of cognitive capacity；事故風險會隨著心智能力下降而增加)；上述法則不僅呈現事故的發生，同時亦強調駕駛人心理因素對於安全駕駛之重要性，為更深入探討事故之成因，駕駛人心智程序 (Mental process) 之探討實為關鍵。綜上所述，事故原型與駕駛行為分析呈現了事故共通之型態趨勢，每一個高風險事故情境皆代表一連串之工作，事故發生意味著於該情境之下，駕駛所負荷的工作量使之無法有

效避免事故發生，而心智過程之目的即在於透過心理層面因素分析，探討在該高事故風險情境當中，駕駛人面對到什麼樣問題，以及可能的防範措施與積極的幫助。

近年來由於科技進步，利用智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System, ITS) 促進交通順暢已蔚為風潮，然而大量資訊的提供反而更增加駕駛工作以及駕駛者負擔。雖然諸如導航系統等先進設備可以幫助駕駛人事先規劃行駛道路，並且對即將面臨之交通環境預先準備 (Fuller, 2005; Verway, 2000)，然而當駕駛人必須分心接收、處理資訊之際，其工作量與事故風險亦同時增加。資訊的提供扮演著極為重要的角色 (FHWA, 2006)，即時、完善的資訊提供，可幫助駕駛人在正確的時間與地點，進行合宜的決策，採取適當的行動，降低事故發生的風險。然而，並非所有的資訊對行車安全都具備有正面的效果，過多的資訊量、不當的資訊給定型式或不當的資訊給定時間、地點，都有可能對行車安全造成負面的效果，而且不同駕駛族群對安全資訊的要求不一定相同。因此，如何善用日新月異的智慧型運輸系統與相關科技，以更有組織的方式將各類安全資訊整理出來，並在合適的時間、合適的地點以及適當的情況下，針對不同駕駛人的特性，有效的提供合適之安全資訊，以及了解此等安全資訊的績效即成為一個非常重要且值得深入研究的課題。

為探討資訊對交通安全的淨效果與發揮安全資訊之功用，避免提供不適當之資訊給駕駛人，並且根據環境、車流等外在條件以及考量駕駛人特性與實際需求，提供最佳化且客製化的安全資訊，本研究首先必須針對安全資訊本質進行深入探討，透過整體系統之建立，了解駕駛人於駕駛過程當中所必須面臨之工作，以及資訊於其中扮演的角色；第二階段須了解在高風險事故情境當中，駕駛人對於資訊需求為何，不同類型駕駛人是否會產生不同資訊需求，以及各種不同需求對於工作量之衝擊；第三階段將進行安全資訊系統績效之衡量，衡量目標族群在特定情境下，不同安全資訊提供策略之駕駛安全績效，以期達到資訊提供量、強度、方式、策略最佳化。

於本年期研究中，為探討安全資訊的本質，本研究首先必須建立駕駛心智模式，了解在駕駛過程當中，心智程序各環節之互動，並探討資訊提供於此過程中所扮演的角色。有鑒於此，本研究首先建構駕駛心智過程，初步呈現於駕駛過程當中，各心智相關因素於此過程中的定位，以及各環節之間的互動；其次為心智負荷模式架構之建立，藉由駕駛工作需求、心智能力兩關鍵環節互動探討心智負荷的產生，並呈現駕駛人如何透過不同策略以維持最佳化的工作量水準；第三部份則探討資訊提供於心智過程各環節所扮演的角色；最後透過情境分析說明心智負荷模式架構運作，並且進行後續議題討論。

貳、駕駛心智程序

為探討資訊對道路安全駕駛之衝擊，首先必須定義駕駛過程包含的心理相關環節，並探討各環節互動對心智負荷產生的影響。工作負荷 (Workload) 為駕駛人在給定能力條件之下，為了完成特定目標與工作所必須消耗的資源 (Hart and Staveland, 1988)；所謂資源包含體力、心智兩層面，考量駕駛本身並非屬於需要大量體力的工作類型 (Elvik, 2006)，相關研究亦顯示心智負荷 (Mental workload) 與體力負荷 (Physical workload) 兩者之間不存在顯著交互影響 (DiDomenico and Nussbaum, 2008)，因此，本研究僅針對心智負荷進行探討。

駕駛心智程序概念性可架構如圖 1；駕駛心智程序主要可分為三階段，第一階段為駕駛工作項目產生，第二階段為駕駛工作需求與心智能力互動，以及最後駕駛決策與操作。

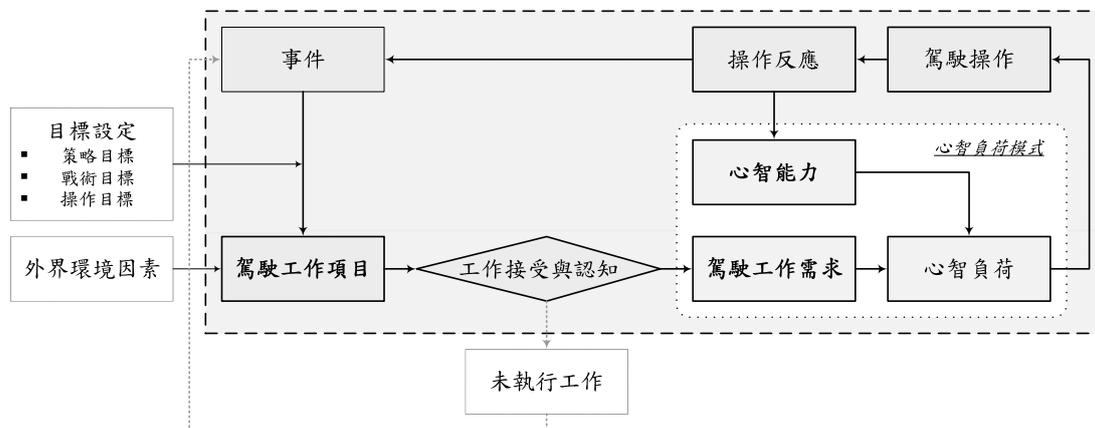


圖 1 駕駛心智程序概念性架構圖

駕駛工作項目產生為事件導向，受到事件與操作行為本身特性之影響；所謂事件可被定義為在駕駛途中，所有會影響駕駛行為的擾動，例如手機通話、車流開始擁擠等，事件發生當下，駕駛人必須根據事件特性設定目標，以安全到達目的地。目標包含三種不同層級，由上而下分別為策略目標 (Strategic Goals)、戰術目標 (Tactical Goals) 與操作目標 (Operational Goals)；策略目標為最上層的目標設定，例如駕駛人預計在一個小時到達目的地；基於此一策略目標，並考量時間、交通狀況、路況等環境條件，駕駛人必須制定其戰術目標，例如在尖峰時間的條件下，駕駛人必須儘可能快速行駛以達成一個小時內到達的策略目標；操作目標偏重於執行任務當中，真正面臨到不同事件必須設定的目標，例如欲通過路口時碰到黃燈，故駕駛人操作目標設定為快速通過路口，後續駕駛人必須執行不同工作以為完成操作目標，例如加速、觀察其他方向來車等。不同層級目標對於駕駛工作項目產生會有不同的影響，較高等級的目标設定 (策略目標與戰術目標) 多屬知識性與心智性程序，主要發生在行前階段，其對應的決策包含路徑選

擇、出發時間、運具選擇等；低層級的目標設定（戰術目標與操作目標）則與駕駛工作項目產生相關 (de Waard, 1996; Gregersen, 2005)。

駕駛工作項目為駕駛人為了達成目標，「理論上」應該執行的動作，但是考量到不同駕駛人在車輛控制、情境察覺能力、訓練、經驗等特性存在差異，並非每一個駕駛人都會執行所有應該要被執行的工作，其中僅有在一定時間內被執行的工作（亦即駕駛工作需求）才會真正產生心智負荷；考量駕駛者經驗與習慣之差異，每一個駕駛人執行工作之順序、策略可能不同，同樣工作項目對個別駕駛產生的工作需求不盡相同。此外，根據工作負荷之定義，心智負荷為給定能力水準之下，為達成目標所必須消耗的心智資源，由此定義可知，駕駛心智負荷之衡量必須納入駕駛心智能力的探討。由圖 1 可發現，駕駛心智過程的關鍵在於心智負荷模式，亦即透過駕駛心智能力與工作需求之間互動所產生的心智負荷。

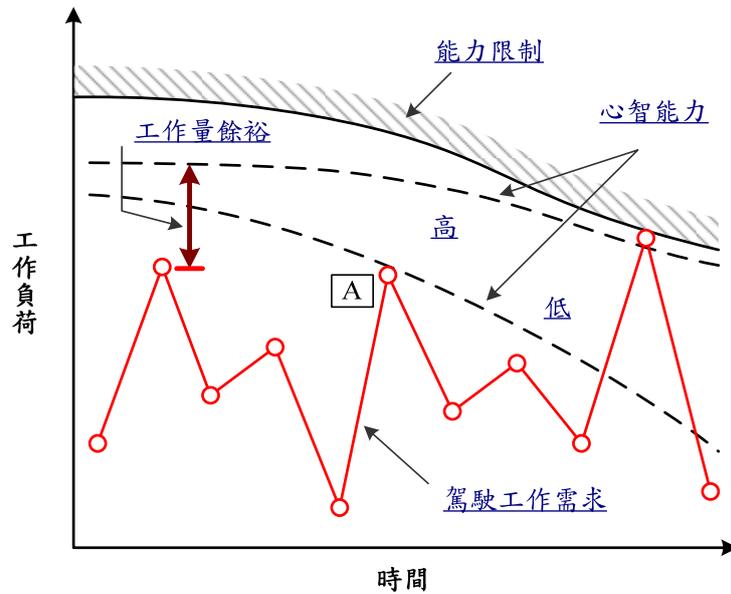
至於尚未被駕駛所執行的工作，雖然此等工作不會馬上產生駕駛工作需求與心智負荷，然而「應被執行的工作」與「實際被執行」的差異會增加非預期事件的發生，兩者之間差異越大代表駕駛忽略越多應注意或執行的工作，非預期事件所引發的工作通常必須在較短的時間內完成，即便工作強度、複雜度相仿，然而較短的執行時間將造成每單位時間的工作單位增加，造成工作需求與心智負荷的大幅提升，進而增加事故風險。

參、駕駛心智負荷模式研究架構

如同前述，工作需求與心智能力為駕駛心智負荷兩個最主要的關鍵，為了解心智負荷之全貌，本研究將針對工作需求與心智能力分別進行文獻回顧與研究架構說明。本節主要包含四個部份，首先為心智負荷模式，第二部份為駕駛工作需求的產生與相關影響因素，第三階段為駕駛心智能力的討論，最後則為駕駛針對工作量採取的最佳化策略。

一、 心智負荷模式

心智負荷模式為工作需求與心智能力的連結，Höger *et al.* (2005) 認為心智負荷為一動態模式，藉由了解整體系統各環節之間的互動以及依時的特性，方能了解心智負荷的變化。由此可知，駕駛人的心智能力與工作需求會隨著環境條件、時間等因素改變，即使是面對同一個情境，不同駕駛人也可以產生截然不同的反應與目標設定，進而造成不同水準的心智負荷。圖 2 為心智負荷模式概念性架構圖。



資料來源：Jex (1988)

圖 2 心智負荷模式概念性架構

如同前述，事故分析所歸納的事故情境背後代表著不同的駕駛行為以及每個駕駛行為所衍伸的一連串工作，事故的發生顯示該情境所衍伸的工作需求以及駕駛人所承受的心智負荷極有可能超過負荷能力；然而即使身處同一情境，不同特性的駕駛人採取的行為可能大異其趣，舉例說明，若於黃燈時進入路口，風險愛好者可能選擇加速通過，反之，風險趨避者則會採取減速的策略，不同目標設定亦會造成選擇策略的差異，其後則會產生不同類型的工作必須執行。駕駛工作需求代表應該要被消耗的資源，心智能力則代表資源的供給；駕駛心智資源主要受到駕駛者特性的影響，不同類型駕駛人在不同的狀況下可能會產生不同的心智能力。

以圖 2 為例，心智負荷可由工作量餘裕 (Workload margin)，亦即工作需求與心智能力的差距加以衡量，心智負荷會隨著為工作量餘裕的倒數呈現指數成長 (Fuller, 2005; Jex, 1988)，同樣的工作受到不同心智能力的影響而會造成不同的工作量餘裕與心智負荷，因此，僅討論駕駛工作需求無法完整呈現心智負荷的特性，如圖 2 中 A 點，在高心智能力的條件下所產生的工作量餘裕較大，反觀在低心智能力條件下，所產生的工作量餘裕相對較低，於此情境中，即使一個簡單的工作對駕駛人來講也可能需要耗費相當多的心智資源才能完成。

截至目前為止，本研究提出心智負荷模式之概念與重要性，後續關鍵在於兩大主要環節 — 駕駛工作需求與駕駛心智能力；此外，心智負荷為一多面向的衡量指標，事故風險的降低應同時考量心智資源的供需兩層面，忽略任一環節皆會造成後續分析的錯誤解讀。

二、 駕駛工作需求 (Task demand)

於駕駛工作需求分析當中，駕駛工作項目 (Task activity) 與駕駛工作需求 (Task demand) 為兩個重要指標。駕駛工作項目為事件導向與工作導向的指標，不考慮個別駕駛人在情境察覺、駕駛技術與個人特質等特性上的差異，該指標可定義為駕駛人為達成所設定之目標所必須完成的工作項目總和，駕駛工作項目會受到外在環境的影響，考量在特定環境條件與目標設定，駕駛人會有一系列「應該」被執行的工作。駕駛工作需求則是以「人」為中心的衡量指標，該指標可被定義為駕駛人於單位時間內實際執行的駕駛工作，與駕駛工作項目不同之處在於工作需求會受到個別駕駛人差異的影響，針對同樣的駕駛工作項目，具有不同特性的駕駛人可能選擇採取不同的執行策略，包含選擇執行的工作、執行的方式、順序組合與執行時機；考量到駕駛工作需求為每單位時間必須完成的工作數，時間為影響駕駛工作需求強度的重要指標，面對相同的工作，若要求駕駛人在較短時間內完成，則駕駛人必須耗費較多的資源去完成目標，此外，即使面對相同的工作、執行的方式、順序組合與執行時間，每個駕駛人所認知到完成工作的難度亦有所差異。

以「經過施工區變換車道」為例，該事件對應的駕駛工作項目包含減速、看後照鏡、觀察鄰近車道車流、打方向燈、決定換車道時間、控制方向盤、加速等，對於新進且沒經驗的駕駛而言，他們可能會忘記要看後照鏡，且在較遠處即開始變換車道，經驗豐富的駕駛可能會選擇執行所有的工作，且選擇在較晚的時間點才開始變換車道。前者選擇執行的工作較少，且預留較多的時間執行工作，但是新進駕駛選擇執行的方式可能較沒效率，導致增加其工作需求；經驗豐富的駕駛選擇執行的工作較多，且必須在較短時間內完成，但是該類型駕駛可採取較佳的執行策略，藉以降低工作需求。

對於未被駕駛人執行的工作而言，在當下不會造成任何工作需求，但是卻會導致後續「不預期」工作發生的機會大幅增加。若駕駛人可以預先妥善預測潛在可能發生的事件則得以事先規劃工作分配，將每單位時間必須完成的工作量（亦即駕駛工作需求）維持在可接受的範圍內 (Fuller, 2005)；對於駕駛人無法預期的事件而言，事件通常事出突然，駕駛人必須在短時間內反應，造成每單位時間必須完成的工作大幅增加。同樣以「經過施工區變換車道」為例，忽略「觀察週遭車流」此一工作雖然可以降低工作需求，但是同時卻也無法察覺到潛在風險，若在變換車道時才發現可能有潛在事故風險（例如前車減速或後車按喇叭示警等），駕駛人必須在非常短的時間內完成所有工作，包含觀察風險來源、判斷對行車安全之威脅、選擇駕駛行為與執行工作等，導致工作需求大幅提升。

圖 3 為駕駛工作需求研究架構圖。事故資料分析可提供與事故相關的環境、車流等資訊，以及在該環境條件下完成目標必須完成的駕駛工作項目，然而由駕駛工作項目轉換到駕駛工作需求的過程仍無法反應在事故情境分析的結果

當中，需要針對駕駛人特性差異進行更深入的觀察與探討。

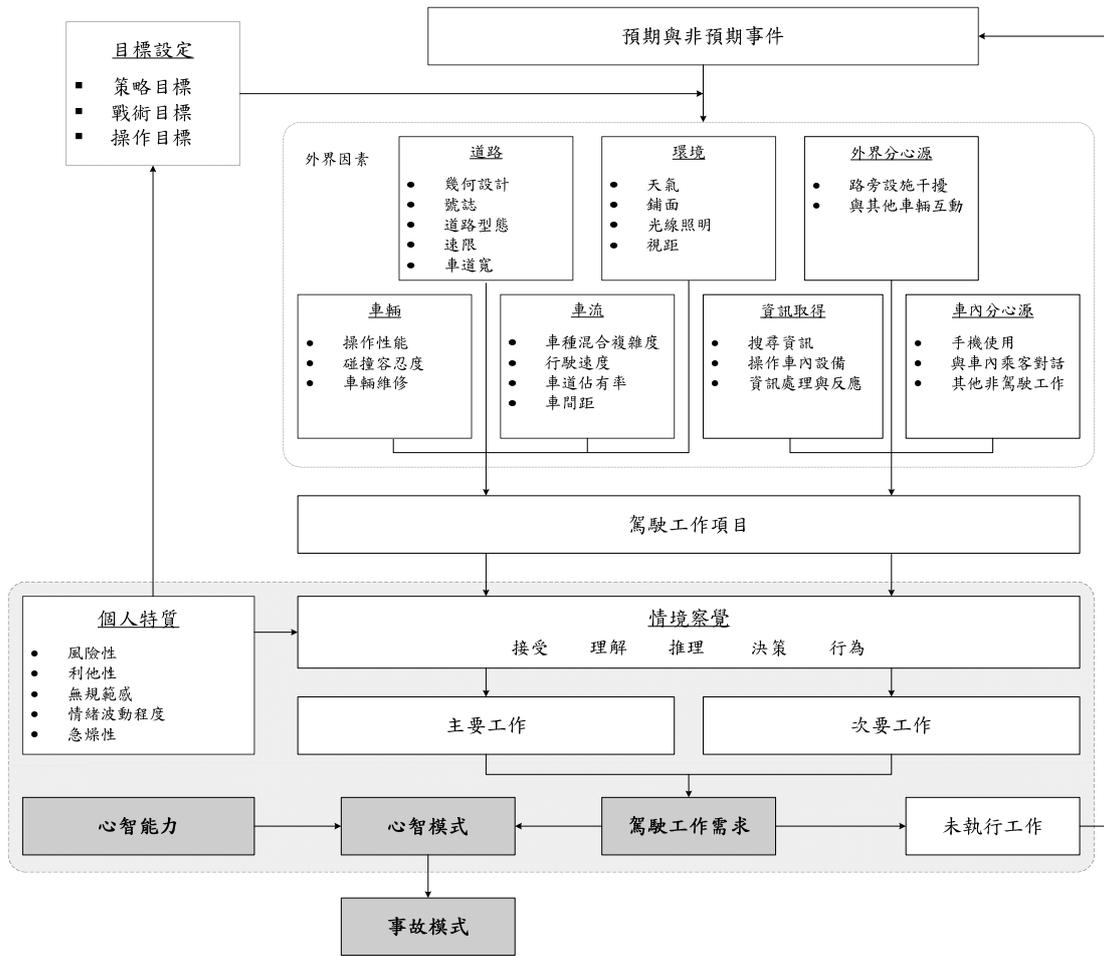


圖 3 駕駛工作需求研究架構圖

駕駛工作需求可分為主要作業 (Primary task) 與次要作業 (Secondary task)。就一般而言，駕駛工作項目的主要作業在於安全完成所設定的駕駛目標，由圖 3 可知，駕駛主要作業的類型、複雜度會受到人、車、路、環境等外在因素影響，透過作業分析 (Task Analysis) 可了解駕駛人於該情境下應採取且會採取的駕駛行為；考量高風險事故情境代表駕駛人於該情境無法順利完成應執行之駕駛工作進而發生事故，因此，透過事故資料庫分析可以幫助了解外在環境對駕駛行為之影響，藉以探討駕駛人在不同情境下可能的事故風險。以追撞事故為例，相關研究發現追撞事故多發生於路口區域，當該路口設計等級越高 (車道數越多、時相數越多) 時，發生事故的機率也隨之提高 (Chin and Quddus, 2003; Mitra *et al.*, 2002; Wang and Abdel-Aty, 2006)，顯示較高等級的道路雖能幫助駕駛人更輕鬆的控制車輛並降低駕駛工作需求，但也會促使駕駛人加快速度或採取其他冒進行為，同時增加工作需求 (Chang and Yeh, 2007; Chin and Quddus, 2003; Horberry *et al.*, 2006b)；此外，相關研究亦發現駕駛人在較複雜的車流當中，或是在駕駛途中需要接受、處理的資訊量越多，駕駛人必須耗費更多的心智資源來

維持行車安全 (de Waard *et al.*, 2008; Elvik, 2006; Liu and Lee, 2005; Verway, 2000)。

次要作業包含所有非駕駛相關的動作，例如車內分心源、外界干擾、資訊處理等，執行次要作業會將駕駛人的心智資源轉移到與駕駛無關之工作上，並增加額外的心智負荷，壓縮可供主要作業使用的心智能力。於次要作業對心智負荷相關研究中，手機使用最被廣為探討，相關研究皆指出使用手機與其他車內設備會顯著增加駕駛人的工作需求 (Caird *et al.*, 2008; Horberry *et al.*, 2006a; Liu and Lee, 2005; Nunes and Recarte, 2002; Patten *et al.*, 2004)，外界干擾諸如廣告看板、路側建築物等亦會造成駕駛人分心 (Horberry *et al.*, 2006a)；此外值得注意的事，提供資訊給駕駛人雖可幫助事先掌握路況，並預先分配駕駛工作項目執行之時機，將駕駛工作需求維持在較低水準，然而取得資訊的同時亦會同時增加駕駛工作項目，是故，駕駛資訊對安全的淨效果以及副作用必須更審慎分析。

過去針對事故風險因素的分析研究僅能處理呈現駕駛人心智負荷超載的情境，後續研究應以此等情境再進一步探討駕駛人於該情境當中的行為，以及該情境所衍伸的駕駛工作需求。由上述討論可發現，駕駛人特性對於目標設定與駕駛工作項目執行具有相當關鍵的影響，不同類型駕駛人可能採取的行為亦有所差異，其中年輕男性駕駛被視為較傾向採取高侵略性且違反交通法規的駕駛行為，女性駕駛事故則多出自於對駕駛技術的不熟練 (Clarke *et al.*, 1998a; Chang and Yeh, 2007)，然而諸如年齡、性別等外顯因素本身與事故並不具有因果關係，事實上，真正重要的議題是年齡與性別背後代表的心理特性，前期研究針對年輕機車騎士的個人特質 (Personality trait) 進行分析，探討冒險、隨和、情緒波動等特質對於駕駛風險認知、效用與態度的影響，後續研究應針對個人特質等心理層面因素更深入探討不同駕駛人特性對駕駛工作需求之影響。

三、 駕駛心智能力 (Motivated capability)

駕駛心智能力代表駕駛人在單位時間內，最多能夠處理的工作項目單位數，Elvik (2006) 指出，駕駛人心智能力的退化會顯著增加事故的機率。圖 4 為駕駛心智能力研究架構，如圖所示，駕駛人心智能力主要受到心智能力限制 (Capacity) 與心理狀態影響。

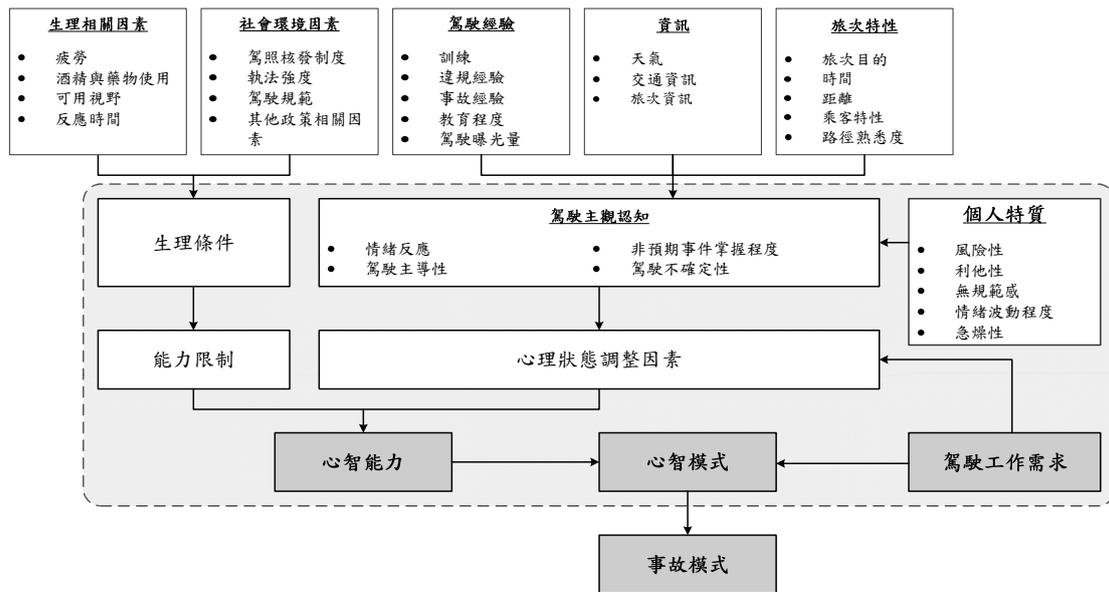


圖 4 駕駛心智能力研究架構

心智能力限制可被視為駕駛人基本心智能力 (Base-line capability)，主要受到生理狀況的影響，駕駛人於駕駛途中無法對生理狀況進行調整，換言之，心智能力限制決定心智資源可供使用的上限。關於心智能力限制與駕駛生理狀況的研究當中，年齡被視為最重要的影響因素，考量到生理狀況例如專注力、有效視野、體力、反應能力的退化，高齡駕駛心智能力已呈現大幅退化的現象，進而造成該駕駛族群無法有效察覺潛在風險 (Bayam *et al.*, 2005; Clarke *et al.*, 1999; Hancock *et al.*, 2003; Liu and Lee, 2005)。此外，酒精、藥物使用亦會影響駕駛人生理狀態，研究顯示，對駕駛人藥物與酒精使用的嚴格規範與強力執法皆能夠有效降低事故風險 (Bernat *et al.*, 2004; Rios *et al.*, 2006; Ulmer *et al.*, 2000)。

不同於心智能力限制，心理狀況可被視為心智能力的調整因子，亦即在給定心智能力限制之下，駕駛人心理狀況反映有多少心智資源於特定條件下可被運用在駕駛工作項目上；心理狀況反應了駕駛人對於駕駛工作項目的掌握程度，若駕駛人處於較有自信且對於駕駛工作項目掌握程度較高時，其心智能力亦越高，Hill and Boyle (2006) 指出，當駕駛人於駕駛途中覺得沮喪或感受到壓力時，代表當下的心智能力處於下滑狀態，此一現象又以高齡或女性駕駛最為明顯。此外，過去正面的駕駛經驗與訓練之累積得以幫助掌握駕駛狀況，並使事故風險隨著曝光量的增加而下降 (Elvik, 2006)，關於車流路況、天氣等資訊的收集取得亦可幫助駕駛人增加駕駛自信，並進而降低對於旅途的不確定性以提升心智能力 (Kilpeläinen and Summala, 2007)。再者，心智能力與駕駛工作需求亦存在互動關係，Fuller (2005) 指出，駕駛人在較複雜的駕駛工作項目當中會更為專注，並更有效率使用有限的心智資源。

相較於駕駛工作需求的廣泛討論，心智能力相關研究相對較為缺乏，多數研究僅簡單的使用年齡、性別等變數作為心智能力分析之用，本研究所提出的駕駛心智能力研究架構說明心智能力來自於生、心理的狀態，其中年齡、性別等變數僅能反映生理狀態對心智能力的影響，而無法反映駕駛人透過心理狀態的調整來最佳化其駕駛能力。每個駕駛人都有其獨特的特性，不同駕駛人生、心理狀態互動會產生不同的能力水準，必須針對個體特性進行探討才能真正了解駕駛行為與心智負荷的變化 (Friswell and Williamson, 2008)。以年齡為例，年輕駕駛人生理條件較佳，意味著該駕駛族群可供使用的心智能力限制較高，然而駕駛經驗的缺乏卻可能使其無法有效利用心智資源，導致最後心智能力不如預期；顯然的，諸如性別、年齡等單一變數無法完整呈現心智能力，後續必須針對此一議題進行更深入探討。

四、最佳化心智負荷

於駕駛過程當中，受到駕駛工作需求與心智能力的互動影響，駕駛人必須承受相當程度的心智負荷，然而心智負荷並非一定會造成道路安全之負面影響，反之，駕駛人會傾向維持心智負荷的最佳化水準 (Hill and Boyle, 2007; Horberry *et al.*, 2006b; Recarte and Nunes, 2002; Oron-Gilad *et al.*, 2008)，當無法維持最佳化水準時則必須進行修正調整。根據圖 3 與圖 4，心智負荷修正方式主要可以透過調整工作需求與心智能力兩個途徑。

當面臨心智負荷高於最佳化水準時，駕駛人必須採取補償 (compensation) 策略降低工作需求，相關研究顯示，當駕駛人意識到心智負荷已超過負荷時，會先嘗試透過減少次要作業，例如停止與車內乘客講話或暫停手機使用等策略加以補償 (DiDomenico and Nussbaum, 2008; Törnros and Bolling, 2006)，其次則是採取調整主要作業的內容，例如駕駛人可以藉由拉長車間距 (de Waard *et al.*, 2007; Horberry *et al.*, 2006a) 或降低車速 (Caird *et al.*, 2008; de Waard *et al.*, 2007; Liu and Lee, 2005) 等方式減少工作需求，Recarte and Nunes (2002) 則是認為駕駛人不一定會採取降低車速的方式加以補償，相反的，駕駛人會傾向維持覺得舒服的最佳速度，於某些情境下，加速行駛反而能減少外界環境的干擾而達到降低心智負荷之目的。此外，駕駛人亦可透過心理狀態的調整，更專注在駕駛工作項目上，藉以增加心智能力來補償不足的心智負荷。

若心智負荷低於最佳化水準時，可能會使駕駛人感到無聊，進而增加駕駛人的被動疲勞 (passive fatigue) (Fuller, 2005; Pattyn *et al.*, 2008; Oron-Gilad *et al.*, 2008)。當長期處於被動疲勞狀態時，駕駛人面對緊急狀況的反應時間以及駕駛過程中發生的失誤都會隨之增加，同時心智能力亦會呈現退化的現象，此時，工作需求的任何變化皆有可能會使駕駛人無法反應而導致事故 (Fuller, 2005;

Oron-Gilad *et al.*, 2008)。為避免被動疲勞狀況的發生，駕駛人應嘗試透過聽音樂或與車內乘客聊天的方式，適度增加工作需求，藉以將心智負荷維持在最佳水準。

就駕駛心智過程的觀點而言，維持最佳化心智負荷水準為駕駛安全的關鍵，然而駕駛有時候無法正確衡量心智負荷進而低估潛在風險，以手機使用為例，研究顯示無論使用手持或免持聽筒的通話方式，駕駛過程受到的退化現象並無差異，顯示從心智負荷的角度來看，使用免持聽筒並沒有較使用手持手機安全，然而駕駛人在使用手持手機時會採取降低車速、拉長車間距的補償策略，然而使用免持聽筒時卻不會採取相同的方式，即便兩者所受到的退化程度相當 (Caird *et al.*, 2008; Liu and Lee, 2005; Nunes and Recarte, 2002; Patten *et al.*, 2004; Törnros and Bolling, 2006)，後續應嘗試思考如何應用 ITS 技術，評估心智負荷水準，並幫助駕駛人作出正確決策。

肆、資訊系統與駕駛安全

隨著智慧型運輸系統相關技術發展，駕駛人得以更簡單地取得即時交通相關資訊，並藉以加強安全駕駛並維持最佳心智負荷，然而每位駕駛對於駕駛資訊需求不同，資訊提供對於駕駛人心智負荷亦可能產生不同程度的影響。因此，在提供駕駛人相關資訊前必須先從心智能力與駕駛需求的角度，了解相關資訊對於駕駛安全對心智負荷之淨效果。

從使用者的角度而言，駕駛人認為資訊的提供在駕駛過程中可以幫助決策以降低工作需求 (Brookhuis and de Waard, 1999; Creaser *et al.*, 2007)，諸如天氣、車流、路況、事故等即時資訊可降低駕駛不確定性，幫助駕駛人提前分配心智資源以面對可能面對的事件。駕駛人對於事件的主動反應得以避免突發事件的發生，相關研究亦顯示，資訊提供與主動反應可有效降低駕駛人心智負荷 (Fuller, 2005; Verway, 2000)。

當心智負荷超過或是遠低於可接受的水準時，駕駛人通常會選擇補償策略或其他方式，藉以維持最佳化的心智負荷，然而有時候駕駛人會錯估其駕駛能力與工作需求，進而導致低估風險並做出錯誤的決策，智慧型運輸系統其中目的即為幫助駕駛人維持最佳的心智負荷水準。如同前述，駕駛人認為免持聽筒使用不會危及駕駛安全，因此不會透過降低車速或增加行車間距以補償心智負荷 (Caird *et al.*, 2008; Liu and Lee, 2005; Nunes and Recarte, 2002; Patten *et al.*, 2004; Törnros and Bolling, 2006)，因此，安全系統必須偵測並評估駕駛人心智負荷狀態，在可能造成負荷過載的狀況下限制行動電話與其他車內設備之使用。此外，當心智負荷低於最佳水準時，為避免駕駛人產生被動疲勞，車內系統亦可透過提供外界刺激，例如播放音樂、廣播等途徑，適度增加工作需求以幫助駕駛人維持警戒與情

境察覺 (Fuller, 2005; Pattyn *et al.*, 2008; Oron-Gilad *et al.*, 2008)。

駕駛資訊之提供並非有百利而無一害，唯有在適當時機、地點提供適切的資訊給正確的駕駛才能有效降低事故風險 (Wong and Chung, 2007a)，資訊使用不當反而會造成駕駛安全的負面效應。Elvik (2006) 所提出之複雜度法則指出，事故風險會隨著駕駛人在單位時間內接受資訊量增加而提升，當身處在具有大量資訊匯入的環境之中，駕駛人非但無法取得重要資訊，反而可能因分心與資訊負載過量造成更嚴重的事故風險；此外，Pelmetts 效應亦指出，即使資訊之提供可造成行車安全正面之效益，但是駕駛人可能因為資訊提供而導致其他高風險駕駛行為的產生 (Peltzman, 1975)，對於心智負荷之議題而言，資訊在駕駛心智過程的不同階段當中，對於心智負荷皆可能產生各種正面與負面的影響 (如圖 5)。是故，完整的安全資訊系統必須將資訊副作用納入，藉以最佳化智慧型運輸系統以及其他資訊提供媒介的使用，以提升其對駕駛安全的正面助益 (Verway, 2000)。

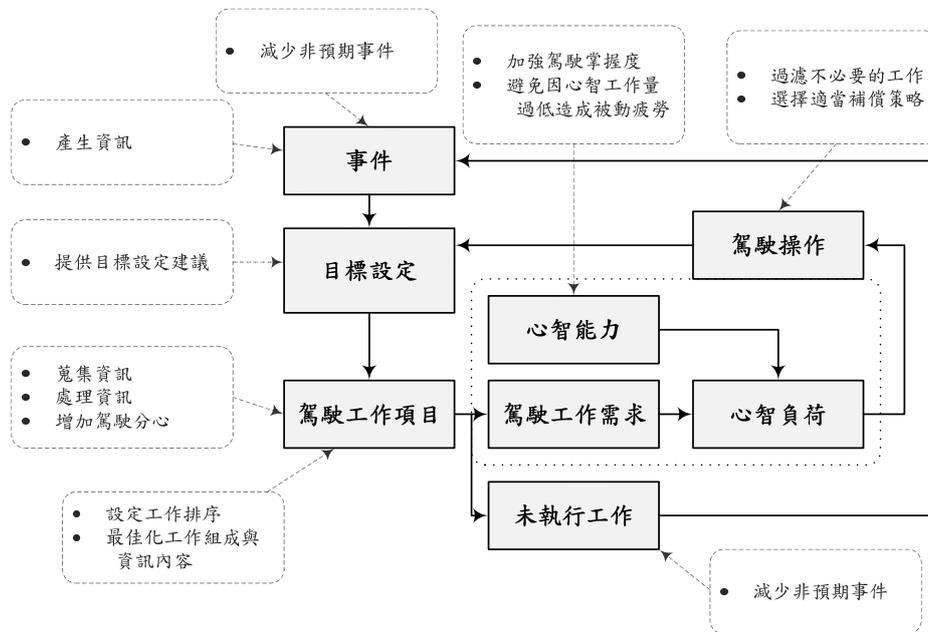


圖 5 安全資訊衝擊

如圖 5 所示，資訊在駕駛心智過程的各階段對心智負荷造成不同程度的正、負面影響，此外，駕駛人在個人特質、經驗、駕駛態度等特性上的差異可能產生不同的資訊需求，唯有客製化與最佳化的安全資訊系統方能正確且有效率的幫助個別駕駛人進行決策並降低事故風險，而其中關鍵在於心智負荷模式之構件。透過駕駛工作需求與心智能力之探討，心智負荷模式得以衡量駕駛資訊之淨效果，藉以了解在不同情境之下，駕駛人對於安全資訊之需求，以期透過資訊幫助駕駛人做出正確的決策。

伍、結論與討論

由個體心智模式之觀點進行事故分析可更深入剖析事故發生成因與原貌，透過心智因素可進一步探討駕駛人於事故過程中所扮演之角色。本期研究提出一結合駕駛工作需求與心智能力之心智負荷模式，藉由駕駛工作需求與心智能力互動之分析，了解駕駛過程中，心智負荷的變化，然而心智負荷模式仍有後續議題必須納入考量。

首先，過去多數研究多集中於駕駛工作需求與心智負荷之互動探討，透過施加不同強度之主要工作與次要工作予駕駛人，藉以觀察外顯心智負荷的變化 (Caird et al., 2008; de Waard et al., 2008; Horberry et al., 2006a; 2006b; Liu and Lee, 2005; Verway, 2000)。然而，根據 Fuller (2005) 之定義，心智負荷會隨著駕駛工作需求與駕駛心智能力的差距減少而成指數成長，若僅探討駕駛工作需求而忽略駕駛心智能力之影響將造成分析結果解讀之偏誤。部分研究希望藉由性別或年齡因素來代表駕駛心智能力差異 (Caird et al., 2008; Fuller, 2005; Hancock et al., 2003; Liu and Lee, 2005; Makishita and Matsunaga, 2008)，相對之下，較少研究探討駕駛人在不同環境與個人特質之下，是否會激發出不同的駕駛心智能力水準。

其次，駕駛過程當中必須同時面對多重的平行工作，不同的工作其特性的差異皆會造成不同程度的駕駛工作需求。過去研究多透過單一變數的改變來反應駕駛工作需求，例如行車速度、對話複雜度等，此等方式雖能深入探討個別因素對心智負荷之影響，但是因為不同駕駛工作項目不可相加，導致無法反映多重平行駕駛工作之特性。未來研究應嘗試將駕駛工作項目依難度、複雜度等屬性予以單位化，方能探討在多重平行駕駛工作之下，駕駛工作需求與心智能力的互動。

此外，心智負荷難以直接觀察，而是必須透過其他外顯變數進行衡量。目前最被廣為應用的衡量指標包含主觀自我填答問卷 (Hart and Staveland, 1988; Horberry et al., 2006a)、生理測量 (de Waard et al., 2008; Hill and Boyle, 2007) 與駕駛績效 (Törnros et al., 2006; Vashitz et al., 2008)。上述三種量測方式在不同心智負荷水準之下，量測之敏感度存在明顯差異。Horberry *et al.* (2006a) 發現當心智負荷處於極低的狀態下給予額外的次要工作時，透過駕駛績效 (速度變異或保持車道水平位置等) 無法衡量些許駕駛工作需求的差異，然而在同樣的情境之下，透過主觀問卷則顯示駕駛人所接受到的心智負荷已有成長。考量不同量測方式敏感度之差異，未來研究應針對欲探討情境選擇適合之指標 (Jung and Jung, 2001; Miyake, 2001)。

由圖 3 與圖 4，駕駛心智模式的目的是在於希望能夠透過駕駛心智負荷之概念，諸如人、車、路、環境等變數連結至道路事故的發生；然而，心智負荷之超載不一定必然可連結至事故發生，事實上心智負荷相關議題應被視為整體事故鏈之一環，後續應繼續探討心智負荷與事故鏈其他環節之互動，藉以更完整呈現事

故鏈之概念。

心智負荷為探討事故原貌之重要關鍵，過去研究多僅針對相關影響因素對於事故之影響，然而此等研究多僅能找出高風險事故情境，並解釋事故發生的所在環境與外顯的過程，卻無法真正解釋為什麼事故會發生。因此，透過個體駕駛人心智模式之建構，後續研究得以進一步分析駕駛人接受到外界刺激時，心理層面的反應與其決策過程，藉以幫助了解為什麼駕駛人會在這樣的狀況下發生事故。此外，隨著科技發展，駕駛人於車內得以取得更多的資訊，然而未經組織與最佳化的大量訊息非但無法幫助駕駛人，反而可能造成不必要駕駛分心與資訊過載；透過文獻回顧與評析，本研究得以提出一整合駕駛工作需求與心智能力之駕駛心智模式，藉以衡量在不同情境之下，駕駛資訊對於駕駛人之淨效果，並根據個別駕駛人特性與環境條件等因素提供客製化與最佳化資訊。

陸、後續研究架構

一、 研究議題

鑒於過去事故總體資料分析對事故鏈與事故全貌解釋之不足，本研究嘗試以駕駛人心智負荷分析之方式，藉由駕駛工作需求與心智能力之互動，探討各別駕駛人於不同情境下之決策行為，以及行為所衍伸之心智負荷狀態與後續事故風險。然而為了建構可同時探討駕駛工作需求與心智能力的整合性心智負荷模式，仍有許多困難尚需克服。

首先，駕駛工作需求分析同時包含與事件相關之駕駛工作項目，以及與駕駛人特性相關之駕駛工作需求。於現實環境中，駕駛人必須同時面對且執行多項工作，每一個工作又可能包含不同的行車資訊與風險因子，考量駕駛工作的異質性，「駕駛工作項目」指標無法直接將所有駕駛人該執行的操作進行加總，以變換車道為例，觀察後方車流與控制速度兩者無法直接相加為兩單位的駕駛工作項目。為使心智負荷模式得以將各駕駛工作之特性納入分析，駕駛工作項目必須考量個別作業的複雜度與完成困難度進行整合，並藉此計算每個駕駛工作項目所對應之駕駛工作單位當量 (Task equivalent)，如此方能將複雜的駕駛環境與行為操作納入分析探討；然而駕駛工作單位當量之制定取決於個別操作的難度與環境複雜度，此一指標並無明確且可供觀察之外顯指標，導致無法藉由設定各種駕駛工作項目之權重，將多重的平行工作進行加總並整合。

此外，駕駛心智能力為影響心智負荷的重要影響因素，但是每個人的能力很難進行量化，過去研究往往僅探討單一變數對心智能力之影響，例如年齡，年輕駕駛人之反應能力可能較高齡駕駛者為佳，然而較缺乏駕駛經驗卻可能造成該族

群之駕駛人無法善用其心智資源，由此可知，透過單一變數呈現心智能力的作法無法確切反應個別駕駛人之特性。此外，Fuller (2005) 亦指出，心智能力可能會隨工作需求以及環境之變化而改變，若駕駛人意識到工作之複雜與環境之風險時，會更集中注意力藉以提升心智能力。考量各項環境、個人心理因素之複雜互動，若無法明確界定各環節之間的影响途徑與關係，則無法針對個別駕駛人在不同情境下之心智能力進行探討。

於駕駛心智能力與駕駛工作需求的互動過程當中，駕駛人本身特性更是扮演非常關鍵之角色；就駕駛工作需求而言，駕駛工作項目分析與駕駛工作當量之概念僅反應與事件本身相關之工作特性，事實上，駕駛工作需求會受到駕駛人特性之影響，根據本研究所提出之心智負荷模式架構，在同樣的事件之下，每個駕駛人的反應可能存在極大差異，並非每項工作都會被駕駛人所執行，即使面對相同環境並選擇執行同樣的工作，考量經驗與訓練之差異，駕駛人亦可能採取截然不同的操作策略並產生不同水準的駕駛需求 (Cnossen *et al.*, 2004)；除此之外，駕駛人的生理心理狀態亦會影響心智能力的變化，諸如經驗、訓練、駕駛態度、個性、自信心等條件皆會影響駕駛人在特定環境狀況下，是否能夠有效運用有限之心智資源以達成駕駛目標。

承上所述，駕駛心智負荷模式分析尚待克服之困難如下：

1. 駕駛工作需求當量受到外界環境、駕駛工作項目複雜度與駕駛者特性之影響，然而之間複雜之互動難以觀察與量化。
2. 駕駛心智能力難以衡量，使用單一變數亦無法確切反應個別駕駛人之特性。
3. 心智負荷模式各環節之互動複雜，其中又以駕駛人特性之影響最為關鍵。

上述為本研究亟需克服的議題，考量模式當中重要變數難以觀察量化，同時各環節的互動相當複雜，模式實難明確界定個別因素對駕駛工作需求、心智能力與心智負荷之影響。因此，囿於現況，為建構此一整合型心智負荷模式，本研究提出「車輛領域」(vehicle domain)之概念，將上述各項因子之間的複雜互動透過此一概念加以呈現，並藉此觀察駕駛人於特定狀況下可能採取之駕駛行為與操作特性。

二、「車輛領域」於駕駛心智負荷量分析之應用

「車輛領域」(vehicle domain)可被定義為車輛於行駛途中，反應駕駛者潛在風險因子的空間，提出「車輛領域」概念之目的在於透過「車輛領域」之形狀

與面積，反應心智負荷模式當中各項影響因素的互動。圖 6 為「車輛領域」之概念示意圖，「車輛領域」又可分為三種不同之領域：「安全領域」、「觸發反應領域」、「認知領域」。「安全領域」為避免車禍發生之安全臨界範圍，任何物體（包含車輛、行人、靜止物以及任何可能影響行車安全之潛在風險）只要進入此一區域就會造成衝突；「認知領域」(Perception domain) 則是代表駕駛人在特定速度、環境條件下的最遠視距；至於「觸發反應領域」則為物體或資訊進入此一區域，並進一步為駕駛人所反應並處理，換言之，當物體進入此區域時就會增加駕駛人的心智活動，並且產生決策與心智負荷。「安全領域」與「觸發反應領域」的相對位置為影響心智負荷的重要關鍵，當駕駛人遭遇潛在風險之地點較接近事故臨界點（安全領域），其可以反應之時間極為有限，相關的動作必須在較短的時間內完成，因此會消耗較多的心智資源，然而「觸發反應領域」受到駕駛人特性影響，正常情況下，其位置會在「認知領域」與「安全領域」之間移動。以下將針對「安全領域」與「觸發反應領域」兩者進行說明。



圖 6 「車輛領域」示意圖

1. 安全領域 (Critical domain)

「安全領域」可分別由兩層面進行探討：形狀與面積。首先，「安全領域」之面積可由駕駛人的最短反應時間與車輛的最大減速率加以界定，亦即駕駛於該情境之下的最短停止距離 (Minimum stopping distance)，當潛在風險的距離小於最短停止距離時，兩者必然會產生衝突；除了上述的駕駛人特性與車輛性能以外，駕駛工作項目的複雜度亦會影響「安全領域」的面積，當駕駛人在執行較為複雜的工作時，需要耗費較多的時間完成所有動作，同時造成的最短反應時間亦會增加。此外，「安全領域」之形狀則是受到事件與駕駛工作項目本身之特性之影響，不同的事件會產生各種不同的工作，不同的工作產生不同的潛在衝突風險，需要駕駛人將注意力放在道路的不同區域，因此造成「安全領域」在形狀上的差異，以變換車道之工作為例，駕駛人必須將「安全領域」擴展到鄰近車道的前後方，反觀直行的駕駛工作項目，駕駛人僅需將注意力集中於前方，其「安全領域」也侷限於正在行駛的車道上。

2. 觸發反應領域 (Reaction domain)

「觸發反應領域」為駕駛人會對外界物體產生反應的界限，進入此區域的資訊才會被駕駛人所進行蒐集、思考、決策與反應，當潛在風險進入此區域時，為避免該物體進入「安全領域」而造成行車安全之威脅，駕駛人的心智模式會被啟動並產生心智負荷。於現實駕駛環境中，並非每個駕駛人都會選擇在同一點開始進行反應，事實上，駕駛人對潛在安全威脅的真正反應位置應介於「認知領域」到「安全領域」之間，是故，「實際反應領域」的位置可被假設服從特定分布 (如圖 7)，當前在安全威脅位於「認知領域」之邊界時，駕駛人會接受到該威脅且觸動其心智模式的機率幾乎為 0，同樣的，若是當安全威脅接近「安全領域」時，駕駛人接受到該威脅且觸動其心智模式的累積機率接近 100%，換言之，當潛在威脅接近「安全領域」時，駕駛人極有可能發生事故的風險，勢必要對外界威脅作適當之處置。

實際反應領域位置之累積機率

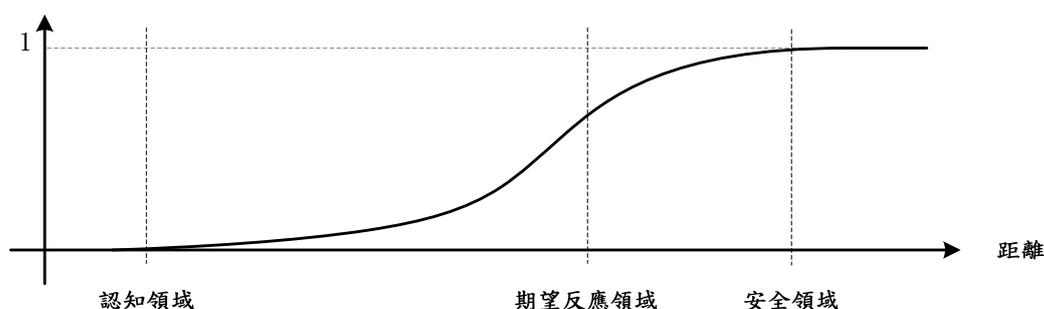


圖 7 「實際反應領域」位置機率示意圖

「實際反應領域」(Real reaction domain) 可做為個別駕駛人行為差異的外顯衡量指標，駕駛人在經驗、訓練、個性、態度與習慣等特質上的差異皆可透過「實際反應領域」的變化加以呈現；以侵略性駕駛族群為例，若該類型駕駛具有較高的自信心並傾向採取侵略性之駕駛行為時，此類駕駛的「實際反應領域」可能會較接近安全領域，於此一情境下，潛在風險進入反應領域之頻率降低，駕駛人需要耗費心力去執行駕駛操作的機會亦較少，但是當潛在風險進入反應領域後，由於可供操作的空間較小，駕駛人必須耗費更大的心力以確保安全領域不被侵犯。上述係以侵略性駕駛族群為例，然而並非僅有該類型駕駛具有較小的「實際反應領域」，事實上駕駛人亦可能因為缺乏經驗而導致無法及早針對外在威脅進行反應，此一現象說明了「車輛領域」之概念必須與駕駛者之行為特性分析做結合，同樣的操作結果可能隱含截然不同的決策過程。

此外，「期望反應領域」(Expected reaction domain) 可被視為駕駛人「預期」應該要反映的領域範圍，於該領域反應時可產生最佳化的心智負荷，於此階段，「期望反應領域」可被假設為所有駕駛人「實際反應領域」的平均

位置，當實際的反應點越遠離「期望反應領域」時，代表可供駕駛人進行操作的時間減少，進而將造成心智負荷的增加。

於「車輛領域」概念當中，心智負荷之衡量主要受到「期望反應領域」、「實際反應領域」、「安全領域」三者之互動所影響。根據定義，「安全領域」為避免發生事故的臨界點，駕駛必須要在潛在威脅進入「安全領域」前加以反應，因此，「實際反應領域」與「安全領域」之時間距離 (TCD, Time to critical domain) 可被視為影響心智負荷的重要因素之一，當 TCD 越大時心智負荷越低，反之，當 TCD 越小時心智負荷越高。除了「安全領域」與「實際反應領域」之互動外，「實際反應領域」與「期望反應領域」之間的時間距離 (TERD, Time to expected reaction domain) 亦為影響心智負荷的重要因素，鑒於「期望反應領域」可被定義為駕駛人可維持最佳心智負荷水準的反應點，因此，當「實際反應領域」距「期望反應領域」(TERD) 越遠時心智負荷越高，反之，當 TERD 越小時心智負荷越低。

車輛領域之概念與駕駛心智負荷模式實為一體兩面，鑒於心智負荷模式當中各環節存在複雜之互動關係，難以清楚界定並予以量化，唯透過車輛領域之概念，可將難以衡量之心智負荷模式轉化為可直接衡量或定義的車輛領域相關指標(例如不同車輛領域之形狀與面積)，並得以結合資訊對車輛領域之影響，探討資訊提供對心智負荷之衝擊。表 2 列出影響車輛領域的相關因素，藉由表中所呈現，車輛領域相關影響因素皆可對應至心智負荷模式。「安全領域」除了受到車輛性能影響外，亦會受到駕駛人最小反應時間之限制，考量在緊急狀態下，駕駛人必須竭盡所能避免事故發生，故「安全領域」所採用的最小反應時間等變數可被視為駕駛者的心智能力限制 (capacity)，亦即可用心智資源的上限；此外，「觸發反應領域」主要受到兩類變數影響，以駕駛工作項目當量為例，駕駛工作項目之特性與複雜度相關因素可反映在駕駛人的「期望反應領域」，基於駕駛工作之特性，個別駕駛人在同樣的工作項目與環境複雜度之下，其所選擇之「實際反應領域」主要受到駕駛者心理特質之影響，諸如過去之事故、違規經驗、訓練、駕駛曝光量以及其他心理特質皆會影響駕駛人之決策。

藉由「車輛領域」之概念以及相關影響因素之探討，本研究得以將駕駛人心智負荷模式之複雜互動經由「車輛領域」方式呈現，如同前段所述，不同類型之車輛領域之概念與駕駛心智負荷模式為一體兩面，後續應針對車輛領域與心智負荷之關聯，以及此一概念於道路安全、事故防範與安全資訊提供等相關應用進行探討。

表 2 車輛領域影響因素

	認知領域	觸發反應領域 (期望 & 實際反應領域)	安全領域
駕駛工作需求			
• 技術性 (technical) 工作	-	主要工作 - 目標設定與駕駛決策 - 駕駛操作動作頻率	最短煞車距離 - 行駛速度 - 車輛最大減速率
• 非技術性 (non-technical) 工作	-	次要工作 - 次要工作操作頻率 - 資訊內容複雜度	最小反應時間 - 次要作業強度
• 駕駛環境複雜度	最遠視距 - 天候狀態 - 光線 - 建築或其他遮蔽物	車流複雜度 - 車流速度 - 車間距 - 車流混合 干擾源複雜度 - 外界干擾源強度	最短煞車距離 - 鋪面狀態
• 駕駛者特性	-	駕駛者心理特質 - 違規與事故經驗 - 駕駛訓練 - 個人特質 (態度、自信等)	-
駕駛心智能力			
• 生理特性	最遠視距 - 年齡 - 視力 - 生理狀態 (飲酒、疲勞等)	-	最小反應時間 - 年齡 - 生理狀態 (飲酒、疲勞等)
• 駕駛者特性	-	駕駛者心理特質 - 違規與事故經驗 - 駕駛訓練與曝光量 - 個人特質 (態度、自信等)	-

三、 工作項目

過去事故鏈之分析多聚焦於總體事故資料之分析，未能針對駕駛人探討個體行為與心理特質對事故所造成之影響，本研究提出以整合性心智負荷模式結合心智能力、駕駛工作需求等環節，並透過「車輛領域」之概念，探討駕駛人於駕駛過程當中心智負荷之產生與其對行車安全之影響。

後續工作項目概述如下：

1. 以「車輛領域」之概念為基礎，建構駕駛心智負荷模式

於本研究所提出之「車輛領域」概念，安全領域、實際反應領域、期望反應領域三者之互動被假設會影響心智負荷水準，亦即當實際反應領域越接近安全領域，或實際反應領域越遠離期望反應領域時，駕駛人的心智負荷量會隨之增加。然而此一假設並未獲得過去研究或實驗之驗證，因此，本研究目的在於建立兩者之間的關係。

首先，研究必須透過觀察車流的方式，界定在特定情境下的「安全領域」與「期望反應領域」，其中「期望反應領域」可被假設為全體駕駛人於該情境下的平均反應位置，故可透過觀察實際車流的方式，藉以設定「期望反應領域」並進行後續分析。相關工作項目如下：

- 透過文獻回顧方式，收集駕駛人反應時間、車輛減速性能等資訊，藉以建構「安全領域」。
- 選擇適當之實驗情境以供後續研究進行。
- 於所選之實驗情境下，記錄駕駛人針對特定外界刺激（例如紅燈或前車煞車）之反應行為，並據此建立駕駛人的期望反應領域。

研究之第二階段主要必須透過實驗進行，透過實驗方式觀察駕駛人於所選情境與事件下，藉以建立其選擇的「實際反應領域」與心智負荷水準之關聯。本階段實驗記錄受測者於實驗情境下的「實際反應領域」，並以前階段所設定之「安全領域」與「期望反應領域」為基礎探討三者之間的互動。相關工作項目如下：

- 實驗設計。
- 記錄駕駛人於設計情境與預期事件當中的行為反應。
- 透過生理反饋與問卷調查方式量測駕駛人心智負荷。
- 建構「車輛領域」與心智負荷之關係。

2. 探討駕駛人個人特質對「車輛領域」之影響

於前階段，本研究假設對駕駛人具有同質性，然而事實上，具有不同特質之駕駛人可能選擇不同之操作行為，「車輛領域」與心智負荷的關係亦可能有所差異，為探討駕駛人個人特質對「車輛領域」之影響，本階段透過問卷調查之方式，建立母體駕駛人個人特質分群，接著將實驗受測者根據前述母體駕駛人資訊進行分類，並了解不同族群之駕駛人於實驗情境下的操作，以及駕駛人於該操作下所對應的心智負荷水準。相關工作項目如下：

- 設計駕駛人特質之問卷調查，並進行母體駕駛人特性之分析。
- 將駕駛族群進行分群。
- 透過分類技術，將實驗受測者依其特性進行分類。
- 探討不同類型之駕駛人之駕駛行為差異，並探討駕駛人個人特質對「車輛領域」與心智負荷之影響。

3. 透過「車輛領域」概念，探討資訊提供對駕駛者心智負荷與行車安全之衝擊

提供行車資訊之目的在於幫助駕駛人以更安全、舒適且有效率的駕駛，然而提供資訊並非百益而無害，諸如分心、心智負荷過載之副作用反而對行車安全造成負面衝擊。透過「車輛領域」之概念，提供資訊改變駕駛人決策與選擇行為之模式，同時由於注意力已被轉移至非駕駛工作項目，分心的結果亦會改變最小反應時間，進而影響「實際反應領域」與「安全領域」。本階段之研究將針對資訊衝擊進行探討，透過「實際反應領域」與「安全領域」之互動，了解不同內涵之資訊對於心智負荷之淨效果，此外並觀察駕駛人於資訊干擾下，駕駛補償策略之行為決策。相關工作項目如下：

- 實驗情境設計，包含駕駛情境、駕駛工作項目、資訊提供媒介、資訊內容以及預期事件等。
- 記錄駕駛人於設計情境與預期事件當中的行為反應。
- 透過生理反饋與問卷調查方式量測駕駛人心智負荷，並建構「車輛領域」與心智負荷之關係。
- 透過「實際反應領域」與「安全領域」的互動探討駕駛補償策略之選擇。
- 了解不同類型駕駛人對提供行車資訊的反應差異。

柒、參考文獻

- 交通部統計處 (2007), 道路交通事故及違規概況, 擷取日期: 2009 年 3 月 25 日, 網站: <http://www.motc.gov.tw/mocwebGIP/wSite/ct?xItem=4880&ctNode=167&mp=1>.
- 內政部戶政資料庫 (2007), 戶籍人口統計, 擷取日期: 2009 年 3 月 25 日, 網站: <http://www.ris.gov.tw/version96/stpeqr.html>.
- Bernat, D.H., Dunsmuir, W.T.M., and Wagenaar, A.C. (2004), "Effects of lowering the legal BAC to 0.08 on Single-Vehicle-Nighttime fatal traffic crashes in 19 jurisdictions," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, Iss. 6, pp. 1089-1097.
- Brookhuis, K. and de Waard, D. (1999), "Limiting speed, towards an intelligent speed adapter (ISA)," *Transportation Research Part F*, Vol. 2, Iss. 2, pp. 81-90.
- Caird, J.K., Willness, C.R., Steel, P., and Scialfa, C. (2008), "A meta-analysis of the effects of cell phones on driver performance," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, Iss. 4, pp. 1282-1293.
- Chang, H.-L. and Yeh, T.-H. (2007), "Motorcyclist accident involvement by age, gender, and risky behaviors in Taipei, Taiwan," *Transportation Research Part F*, Vol. 10, Iss. 2, pp. 109-122.
- Chin, H.C. and Quddus, M.A. (2003), "Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, Iss. 2, pp. 253-259.
- Creaser, J.I., Rakauskas, M.E., Ward, N.J., Laberge, J.C., and Donath, M. (2007), "Concept evaluation of intersection decision support (IDS) system interfaces to support drivers' gap acceptance decisions at rural stop-controlled intersections," *Transportation Research Part F*, Vol. 10, Iss. 3, pp. 208-228.
- Clarke D.D., Forsyth R., and Wright R. (1998), "Machine learning in road accident research: Decision trees describing road accidents during cross flow turns," *Ergonomics*, Vol. 41, Iss. 7, pp. 1060-1079.
- Clarke D.D., Forsyth R., and Wright R. (1999), "Junction road accidents during cross-flow turns: A sequence analysis of police files," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 30, Iss. 2, pp. 223-234.
- de Waard, D (1996), The Measurement of drivers' mental workload, Ph.D. dissertation, Traffic Research Centre, University of Groningen, The Netherlands.
- de Waard, D., Kruizinga, A., and Brookhuis, K.A. (2008), "The Consequences of an increase in heavy goods vehicles for passenger car drivers' mental workload and behaviour : a simulator study," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, Iss. 2, pp. 818-828.

- DiDomenico, A. and Nussbaum, M.A. (2008), "Interactive effects of physical and mental workload on subjective workload assessment," *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 32, Iss. 11-12, pp. 977-983.
- Elvik, R. (2006), "Laws of accident causation," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, Iss. 4, pp. 742-747.
- Friswell, R. and Williamson, A. (2008), "Exploratory study of fatigue in light and short haul transport drivers in NSW, Australia," *Accident Analysis and Prevention*, Vol.40, Iss.1, pp. 410-417.
- Fuller, R. (2005), "Towards a general theory of driver behaviour," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 37, Iss. 3, pp. 461-472.
- Gregersen, N.P. (2005), Driver education – A difficult but possible safety measure, In Dorn, L. (eds.), *Driver Behaviour and Training Volume II*. Ashgate Publishing, Hampshire.
- Hart, S.G., and Staveland, L.E. (1988), Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research, In: Hancock, P.A. and Meshkati, N. (Eds.), *Human Mental Workload*. North-Holland, Amsterdam.
- Hill, J.D., and Boyle, L.N. (2007), "Driver stress as influenced by driving maneuvers and roadway conditions," *Transportation Research Part F*, Vol. 10, Iss. 3, pp. 177-186.
- Höger, R., Seidenstücker, J. and Marquardt, N. (2005), Mental models and attentional processes in car driving, In: Dorn, L. (Eds.), *Driver Behaviour and Training*. Ashgate Publishing, Hampshire.
- Horberry, T., Anderson, J., Regan, M.A., Triggs, T.J., and Brown, J. (2006a), "Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, Iss. 1, pp. 185-191.
- Horberry, T., Anderson, T., and Regan, M.A. (2006b), "The possible safety benefits of enhanced road markings: A driving simulator evaluation," *Transportation Research Part F*, Vol. 9, Iss. 1, pp. 77-87.
- International Road Traffic and Accident Database (2007), IRTAD Data Sets, Retrieved Mar. 25, 2009, website:<http://internationaltransportforum.org/irtad/datasets.html>.
- Jex, H.R. (1988), Measuring mental workload: Problems, progress, and promises, In: Hancock, P.A., Meshkati, N. (Eds.), *Human Mental Workload*. North-Holland, Amsterdam.
- Jung, H.S. and Jung, H.-S. (2001), "Establishment of overall workload assessment technique for various tasks and workplaces," *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 28, Iss. 6, pp. 341-353.

- Kilpeläinen, M. and Summala, H. (2007), "Effects of Weather and Weather Forecasts on Driver Behaviour," *Transportation Research Part F*, Vol. 10, Iss. 4, pp. 288-299.
- Liu, B.-S. and Lee, Y.-H. (2005a), "Effects of car-phone use and aggressive disposition during critical driving maneuvers," *Transportation Research Part F*, Vol. 8, Iss. 4-5, pp. 369-382.
- Liu, B.-S. and Lee, Y.-H. (2005b), "In-vehicle workload assessment: Effects of traffic situations and cellular telephone use," *Journal of Safety Research*, Vol.37, Iss.1, pp. 99-105.
- Makishita, H. and Matsunaga, K. (2008), "Differences of drivers' reaction times according to age and mental workload," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, Iss. 2, pp. 567-575.
- Matthews, R., Legg, S., and Charlton, S. (2003), "The effect of cell phone type on drivers subjective workload during concurrent driving and conversing," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, Iss. 4, pp. 451-457.
- Mitra, S., Chin, H.C. and Quddus, M.A. (2002), "Study of intersection accidents by maneuver type," *Transportation Research Record*, No.1784, pp. 43-50.
- Miyake, S. (2001), "Multivariate workload evaluation combining physiological and subjective measures," *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 40, Iss. 3, pp. 233-238.
- Nunes, L. and Recarte, M.A. (2002), "Cognitive demands of hands-free-phone conversation while driving," *Transportation Research Part F*, Vol. 5, Iss. 2, pp. 133-144.
- Oron-Gilad, T., Ronen, A., and Shinar, D. (2008), "Alertness maintaining tasks (AMTs) while driving," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, Iss. 4, pp. 851-860.
- Peltzman, S. (1975), "The effects of automobile safety regulation," *Journal of Political Economy*, Vol. 83, No. 4, pp. 677-721.
- Patten, C.J.D., Kircher, A., Östlund, J., and Nilsson, L. (2004), "Using mobile telephones: cognitive workload and attention resource allocation," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, Iss. 3, pp. 341-350.
- Pattyn, T., Neyt, X., Henderickx, D., and Soetens, E. (2008), "Psychophysiological investigation of vigilance decrement Boredom or cognitive fatigue?" *Physiology and Behavior*, Vol. 93, Iss. 1-2, pp. 369-378.
- Piechulla, W., Mayser, C., Gehrke, H., and König W. (2003), "Reducing drivers' mental workload by means of an adaptive man - machine interface," *Transportation Research Part F*, Vol.6, Iss.4, pp. 233-248.

- Recarte, M.A. and Nunes, L. (2002), "Mental load and loss of control over speed in real driving: Towards a theory of attentional speed control," *Transportation Research Part F*, Vol. 5, Iss. 2, pp. 111-122.
- Rios, A., Wald, M., Nelson, S.R., Dark, K.J., Price, M.E., and Kellermann, A.L. (2006), "Impact of Georgia's Teenage and Adult Driver Responsibility Act," *Annals of Emergency Medicine*, Vol. 47, No. 4, pp. 369.e1-369.e7.
- Törnros, J. and Bolling, A. (2006), "Mobile phone use - effects of conversation on mental workload and driving speed in rural and urban environments," *Transportation Research Part F*, Vol. 9, Iss. 4, pp. 298-306.
- Ulmer, R.G, Preusser, D.F., Williams, A.F., Ferguson, S.A., and Farmer, C.M. (2000), "Effect of Florida's graduated licensing program on the crash rate of teenage drivers," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 32, Iss. 4, pp. 527-532.
- Vashitz, G., Shinar, D. and Blum, Y. (2008), "In-vehicle information systems to improve traffic safety in road tunnels," *Transportation Research Part F*, Vol. 11, Iss. 1, pp. 61-74.
- Verschuur, W.L.G. and Hurts, K. (2008), "Modeling safe and unsafe driving behaviour," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, Iss. 2, pp. 644-656.
- Verway, W.B. (2000), "On-line driver workload estimation. Effects of road situation and age on secondary task measures," *Ergonomics*, Vol.43, Iss.2, pp. 187-209.
- Wang, X. and Abdel-Aty, M. (2003), "Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, Iss. 2, pp. 253-259.
- Wong, J.-T. and Chung, Y.-S. (2007a), "Rough set approach for accident chains exploration," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, Iss. 3, pp. 629-637.
- Wong, J.-T. and Chung, Y.-S. (2007b), "Accident analysis and prevention from the chain perspective," *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation*, Vol. 7, pp. 2844-2859.
- Wong, J.-T., Chang, Y.-H., and Huang, S.-H. (2009), "Some insights of young motorcyclists' risky behavior," Presented at the Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washington, DC, January 2009.
- World Health Organization (2007), WHO Statistical Information System (WHOSIS), Retrieved Mar. 25, 2009, website: <http://www.who.int/whosis/en/>.