

2016 HTSS 模式於臺灣郊區雙車道公路非 阻斷性車流路段分析之應用¹

APPLICATIONS OF 2016 HTSS MODEL ON TRAFFIC FLOW CHARACTERISTICS ANALYSIS OF TAIWAN'S RURAL TWO-LANE HIGHWAYS WITH UNINTERRUPTED FLOWS

歐陽恬恬 Tien-Tien Ou-Yang²

林豐博 Feng-Bor Lin³

曾平毅 Pin-Yi Tseng⁴

蘇振維 Cheng-Wei Su⁵

(107年6月22日收稿，107年9月1日第1次修改，107年9月25日定稿)

摘要

雙車道公路單向只有一車道讓小車及大車行駛，超車必須占用對向車道之公路。臺灣郊區雙車道公路又受地形影響，常有陡坡及曲率半徑小的平曲線，造成車流運作狀況複雜。由於雙車道公路現場車流特性資料蒐集困難，且即使有龐大的資料也不容易建立可靠的分析性方法，因此許多國家發展模擬模式，以分析雙車道公路及其他有坡度路段公路之運作績效，作為公路規劃、設計及改善方案評估之工具。交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)開發之2016年公路交通系統模擬模式(2016 Highway Traffic System

-
1. 本研究部份內容曾於中華民國運輸學會2017年年會暨學術論文國際研討會發表。
 2. 交通部運輸研究所運輸計畫組副研究員(聯絡地址：10548 臺北市松山區敦化北路240號；電話：02-23496812；E-mail: tien1126@iot.gov.tw)。
 3. 美國 Clarkson 大學土木與環境工程學系榮譽退休教授(professor emeritus)。
 4. 中央警察大學交通學系教授。
 5. 交通部運輸研究所主任秘書。

Simulation Model, 簡稱 2016 HTSS 模式), 可以合理模擬臺灣郊區雙車道公路非阻斷性之平坦及坡度路段的車流。本研究先以本土車流調查結果, 提出雙車道公路平直路段流率與速率之可能關係, 並測試及微調模式。而於雙車道公路特有之對向超車行為, 則參考國外研究, 建構 2016 HTSS 模式之超車行為。再以本土資料微調模式, 以探討適用於臺灣郊區雙車道公路坡度路段設計之代表性車輛; 最後說明模式於坡度路段容量分析及幾何設計之應用。

關鍵詞： 郊區雙車道公路；流率與速率關係；超車行為；坡度路段；HTSS 模式

ABSTRACT

Two-lane highways have only one lane in each direction capable of accommodating passenger cars and large vehicles. Passing vehicles on such highways have to utilize opposing lanes. Because of rough terrains, the rural two-lane highways in Taiwan often have steep grades and sharp horizontal curves and thus have complex traffic operating characteristics. Even if a large amount of field data is available, it is difficult to develop reliable analytical tools for analyzing this type of highways. Consequently, many countries have resorted to the development and use of simulation models to facilitate planning, design, and assessment of improvement strategies. The 2016 Highway Traffic Systems Simulation (2016HTSS) model developed by the Institute of Transportation (IOT), Ministry of Transportation and Communications, can reasonably simulate the traffic operations of Taiwan's rural two-lane highways. This paper presents the likely speed-flow relationships on straight and level segments of Taiwan's rural highways, discusses the nature of passing behavior and its simulation, explores the representative vehicles suitable for design and analysis of the grade segments on Taiwan's rural two-lane highways, and illustrates the applications of the 2016HTSS model.

Key Words: Rural two-lane highways; Speed-flow relationships; Passing maneuvers; Grade segments; HTSS model

一、前言

雙車道公路單向只有一車道讓小車及大車使用, 常有慢車阻擋快車, 造成下游地點平均車速逐漸降低的現象。除非設有爬坡道或增設短車道讓慢車避開快車, 則車輛必須占用對向車道超車, 此為雙車道公路不同於其他公路設施之一大特色。臺灣郊區雙車道公路常在丘陵區或山嶺區, 因此經常有一連串的坡度路段及平曲線, 造成車流運作狀況複雜。例如桃園市復興區臺 7 線約 2 公里長的路段中, 坡度多數在 5% 與 10% 之間, 而且大約有 70% 的平曲線半徑在 19~82 公尺之範圍內^[1]。新北市林口區縣 108 線上, 一長約 2.5 公里的路段中共有 63 個曲率半徑不到 3,000 公尺之平曲線, 其中 43 個平曲線的曲率半徑更不

到 150 公尺，最小曲率半徑只有 9 公尺^[2]，此路段之平均坡度大約為 5.5%。

郊區雙車道公路非阻斷性路段的車流運作，受需求流率、駕駛行為、幾何設計（如車道寬、坡度、坡長、曲率半徑）、車種組成及車輛之爬坡性能等因素影響。這些因素有無窮的組合，其互動關係也複雜，現場車流特性資料蒐集困難，且即使有龐大的資料也不容易建立可靠的分析性方法，因此許多國家發展模擬模式，以分析雙車道公路及其他有坡度路段公路之運作績效，作為公路規劃、設計及改善方案評估之工具，如美國的 TWOPAS^[3]、德國之 LASI^[4]、澳洲之 TRARR^[5] 及瑞典之 VTI^[6] 等模式。而為發展適用於分析臺灣郊區雙車道公路及其他有坡度路段公路之模擬模式，運研所亦於 2013 年開始發展新的 HTSS 模擬模式^[1,2,7,8]。

本研究首先回顧雙車道公路重要車流特性，其次以本土車流調查結果，提出臺灣郊區雙車道公路平直路段流率與速率之可能關係，並測試及微調模式。而於雙車道公路特有之對向超車行為，則參考國外研究，建構 2016 HTSS 模式之超車行為。再以本土資料微調模式，以探討適用於臺灣郊區雙車道公路坡度路段設計之代表性車輛。最後說明模式於坡度路段容量分析及幾何設計之應用。

二、文獻回顧

本節回顧不同國家對雙車道公路運作特性的了解，包含超車行為、容量、坡度路段，以及雙車道公路交通運作分析的方法。

2.1 超車行為

對向超車為雙車道公路特有之車流行為；受慢車阻礙時，駕駛人會依冒險性、車流狀況等因素決定是否超車。決定超車後須先加速進入對向車道，進入對向車道後駕駛人須保持一比被超越車輛還快的速率行進，直到能安全回到原來車道為止。此外，回到原來車道時，對向車輛必須在一安全距離之外。由於超車行為包括一連串的決策及複雜動作，相關文獻所關注分析之項目亦有不同，包含：超車視距、超車車輛與被超越車輛並行之速差、長短超車區之使用率、流率與超車機率關係、超車時前後兩車之車距等，說明如下。

雙車道公路上快車被慢車阻擋時，通常只能在有超車區，而且超車視距（passing sight distance）足夠時，才能占用對向車道以超車。各國超車視距之設計標準不一^[9,10]，其中美國、奧地利、加拿大、希臘及英國的標準相差較小。這些國家在 60 及 80 公里／小時之設計速率所用的最小超車視距標準各在 180~420 公尺及 245~570 公尺之範圍。加拿大英屬哥倫比亞省交通運輸部^[11] 及安大略省交通部^[12] 在決定是否設置超車道的過程中，認為對向車流中之車距最少必須有 25 秒才能提供超車機會。亞伯達省運輸部^[13] 則將車距的下限設定為 30 秒。美國各州公路與運輸官員協會（AASHTO）公路設計規範^[14] 指出超車時所需之各項時間及距離如表 1 所示。但該規範亦指出超車時所需之實際時間及相關距離很

可能比表 1 所示之數值低。表 1 中之 4 項行車距離總和稱為超車視距，設計標準如表 2 所示。駕駛人所需的實際超車視距可能不同於設計用之視距。但因現場調查不易，所以有不少超車視距模式係根據假設之超車行為所建立，而這些模式所估計的視距其差異有時高達 400 公尺。

表 1 AASHTO 雙車道公路超車時間及距離

	平均超車速率（公里／小時）			
	56.6	70.0	85.4	99.8
加速				
加速率（公里／小時/秒）	2.25	2.30	2.37	2.41
時間（秒）	3.6	4.0	4.3	4.5
距離（公尺）	45	66	89	113
占用對向車道				
時間（秒）	9.3	10.0	10.7	11.3
距離（公尺）	145	195	251	314
與對向車之安全距離（公尺）	30	55	75	90
對向車行車之距離（公尺）	97	130	168	209

資料來源：[14]。

表 2 AASHTO 超車視距設計標準

設計速率 （公里／小時）	假設速率（公里／小時）		超車視距設計值 （公尺）
	被超越車輛	超前車輛	
30	29	44	120
40	36	51	140
50	44	59	160
60	51	66	180
70	59	74	210
80	65	80	245
90	73	88	280
100	79	94	320
110	85	100	355
120	90	105	395
130	94	109	440

資料來源：[14]。

由於超車行為複雜不易直接在現場調查，所以根據現場資料之相關研究很有限而且研

究結果常有顯著的不同，而不同國家觀察到的行為亦不同。美國國家合作公路研究計畫 (NCHRP)，調查密蘇里及賓夕法尼亞兩州 302 個長度超過 300 公尺及 65 個長度在 120~240 公尺間之超車區 (passing zone)，主要研究結果如下^[15]：

1. AASHTO 假設超車車輛與被超越車輛並行時的速率差距為 15 公里／小時，但現場資料顯示平均差距為 24.8 公里／小時。
2. 現場資料顯示超車時占用對向車道之平均時間為 9.9 秒，第 85 百分位占用時間為 12.3 秒，平均占用對向車道之距離為 282 公尺。此外，超車車輛的平均速率從 56.6 公里／小時增高到 99.8 公里／小時，占用對向車道的時間會從 9.3 秒提高 11.3 秒，但速率與占用對向車道之時間的關係很微弱，因此建議用 12.3 秒之占用時間估計占用對向車道之距離設計值。
3. 短超車區 (≤ 240 公尺) 的實用價值低，所有觀察到的車輛中，只有 0.4% 超車；跟車距離不超過 3 秒之車輛，也只有 1.6% 在短超車區內進行超車。

Hegeman 等人^[16] 在荷蘭之研究發現，快車被慢車阻礙時，駕駛人決定超車之機率隨車流狀況而有顯著變化；雙向流率皆低時 (單向最高不超過 470 輛／小時)，超車機率在 1%~16% 之間；當超車方向流率在 692~1,023 輛／小時之間、對向流率在 450 輛／小時左右時，超車機率大約為 9.5%，但是超車機率與超車方向及對向流率的關係並不明顯，而該研究並沒有說明可安全超車之時機。此外，超車車輛加速進入對向車道的時間為 1.5 ± 0.5 秒，占用對向車道的時間只有 4.2 ± 2.3 秒，回到原來車道的時間為 2.7 ± 0.7 秒，超車總時間為 7.8 ± 2.5 秒。

Llorca 及 Garcia^[17] 在西班牙雙車道公路 6 個地點同時錄影所得的資料顯示，如果被超越的車輛是小車，超前車輛占用對向車道的行車距離比 AASHTO 之設計值約長 50 到 100 公尺；但是被超越車輛是貨車時，觀察到的占用距離與 AASHTO 之設計值沒有顯著差異。

Romana^[18] 在西班牙的研究統計超車時前後兩車之車距，車距 1 秒約占 10%~20%，車距 2 秒約占 35%~50%，車距 3 秒約占 10%~20%，車距 4 秒約占 6%~11%。Hegeman 等人^[16] 在荷蘭的研究則發現超過 90% 之車距不到 2 秒，而小於 1 秒的情形亦不多。

因為現場調查超車行為很困難，所以駕駛模擬器 (riving simulator) 常作為研究工具。例如 Bar-Gera 及 Shinan^[19] 用模擬器探討前後車之車速差距與駕駛人決定是否超車的關係。Pollatscheck 及 Polus^[20] 與 Farah 等人^[21] 也用模擬器研究駕駛人接受或拒絕對向車距的行為。Farah 等人^[21] 的研究顯示駕駛人接受之對向車距平均值為 19.5 秒 (標準差 3.7 秒)，拒絕之對向車距平均值為 15.5 秒 (標準差 4.2 秒)。模擬器所顯示之超車行為可能與實際超車行為有顯著的差別，例如 Vlahogianni^[22] 用模擬器試驗的結果，發現男性及女性駕駛人之平均超車時間各為 5.21 秒及 5.67 秒，這些超車時間遠低於美國 NCHRP^[15] 及 Hegeman 等人^[16] 之現場調查值。

2.2 容量

雙車道公路的容量受駕駛行為、超車視距之供應、雙向車流中車距分布等因素影響。惟因雙車道公路之需求流率 (demand flow rate) 通常遠低於容量，所以容量很難從現場調查來準確估計。德國 2005 年公路容量手冊記載^[23]長雙車道公路之單向容量大約在 1,200~1,450 輛/小時；雙向容量預期不太可能超過 2,500 輛/小時。另外，雙車道公路上隧道的容量隨車流的性質而異，休閒性車流最高大約只能以 1,200 輛/小時之流率通過隧道；工作性車流的隧道容量較高，可達 1,500 輛/小時。Catbagan^[24]研究日本雙車道快速道路之單向容量只有 1,100~1,180 輛/小時。

美國運輸研究委員會 (TRB) 1985 年出版之公路容量手冊^[25]估計之雙車道公路容量，如果僅單向有車流，則單向容量為 2,000 小車/小時，如果雙向流率接近，則雙向容量為 2,800 小車/小時至於 2000 年版本^[26]則將單向容量削減為 1,700 小車/小時，雙向容量提高為 3,200 小車/小時。

上述容量之估計值只適用於平坦路段，坡度路段之車流運作受坡度、坡長、曲率半徑及車種組成影響，容量更難估計。目前各國所用之分析方法，常用模擬模式之模擬結果來建立。

2.3 坡度路段

雙車道坡度路段車流特性資料很缺乏，而目前世界各國在分析坡度路段時，皆忽視坡度及坡長對小車速率的影響。依據運研所^[7]在國道 1 號三義附近路段蒐集的資料顯示，小車從平坦路段進入坡度約 4%~4.8% 之上坡時，內外車道上之小車平均速率在上坡約 2 公里之後，各減少約 12 及 17 公里/小時。所以坡度及坡長對小車之影響，須在容量分析及公路設計之工作加以考量。

由於影響坡度路段速率及容量之因素眾多而且估計困難，所以許多國家利用模擬模式加以分析。但在應用模擬模式進行公路設計或容量分析之前，須訂定代表性車輛。與爬坡性能最有關之代表性車輛屬性為車重與馬力之比值，美國 AASHTO 之公路設計規範^[14]用車重與馬力比為 120kg/kW 之代表性大貨車訂定公路之幾何設計；德國^[27]則用車重與馬力比為 143kg/kW 之重貨車設計公路。

2.4 分析方法

影響郊區雙車道車流運作之因素甚多，如欲建立一可靠的分析性模式，則必須有多種影響因素在不同組合狀況下的現場資料。然而，許多組合事實上現況並不存在或現場資料非常稀少，因此許多國家發展模擬模式來分析探討。一般而言，測試及微調模擬模式所需之現場資料比發展分析性模式所需的資料少得多，而且模擬模式亦可用來協助分析性模式之建立。

德國在發展其容量手冊時，用 LASI 模擬模式建立代表性流率與速率的關係及重車在上坡時速率的變化。美國公路容量手冊分析雙車道公路之方法，係依賴 TWOPAS 模式來估計容量，及設定大車在坡度路段之小車當量。美國愛達荷州交通部也使用 TWOPAS 模式，建立設計及評估雙車道公路之準則。澳洲發展 TRARR 模式以分析雙車道公路，此模式除在澳洲廣泛應用外，也被加拿大、紐西蘭及南非之交通機構採用。瑞典則發展了 VTI 模擬模式分析雙車道公路。

三、2016HTSS 模式之介紹

為發展適用於分析臺灣郊區雙車道公路及其他有坡度路段公路之模擬模式，運研所在 2013 年及 2014 年分別發展了可模擬高速公路無匝道坡度路段的 TGS 模式^[7]，及可模擬郊區雙車道公路上無交叉路口路段之 TGS-2L 模式^[1]，並在 2015 年整合擴充這些模式為 2015HTSS (highway traffic systems simulation) 模式^[8]，2016 年再持續調校成為 2016HTSS 模式^[2]。國內並陸續有應用前期模式如 TGS 模式^[28-30] 及 TGS-2L 模式^[31] 的相關論文。

2016HTSS 模式是利用 FORTRAN 語言建立之一微觀模擬工具，此模式將實際公路設施用一模擬路網來代表。模擬路網由節線及節點所組成，節點為兩節線交接之地點，這交接點可能代表交叉路口，也可能是為模擬方便所訂定，為沒有長度之連接點，節線代表兩點之間的公路設施。模式在每單位時間 (5~1.0 秒) 內更新每一模擬車輛之位置及速率。

在 HTSS 模式之架構中，可模擬的公路設施包括兩節點之間的全長車道、附屬短車道 (如爬坡道、加速道、在交叉口設置之短車道)、號誌化及非號誌化路口、匝道及匝道儀控、機車兩段式待轉區、機車停等區、專用道、公車站、超車區、封閉之車道及柵欄。模擬的車種可包括機車、小車、大客車、大貨車、半聯結車及全聯結車。因此，2016HTSS 模式可模擬郊區雙車道公路平坦及坡度路段上之快、慢車道、阻斷及非阻斷性車流行為。模式之基本模擬程序及個別車輛模擬程序如圖 1 及圖 2 所示。

2016HTSS 模式之模擬邏輯相當複雜，運研所近幾年之報告^[1,7,8] 有詳細的說明。本研究說明模式於郊區雙車道公路之平直路段流率與速率關係、對向超車邏輯與坡度路段設計之代表性車輛之測試及微調結果。

四、平直路段之流率與平均速率關係

估計非阻斷性車流公路設施的容量及服務水準，必須了解這些設施之流率與平均速率關係。郊區雙車道公路之車流率普遍不高，因此不容易蒐集到車流在廣泛狀況下 (從高速穩定行車到低速壅塞行車) 流率與平均速率的關係。運研所^[32] 於民國 97 及 98 年春節期間蒐集平坦雙車道公路上流率與速率關係的資料，調查地點為南投縣鹿谷往溪頭縣 151 線

1.55K 處 (車道寬 3.8 公尺，路肩寬 0.5~1.0 公尺) 及臺 18 線阿里山公路 31.9K 處 (車道寬 3.6 公尺，無路肩，路段未禁止超車)，調查結果如圖 3 所示。此兩調查地點之速限皆為 50 公里/小時，但是阿里山公路調查地點之平均自由速率將近 70 公里/小時，縣 151 線調查地點之平均自由速率則與速限沒有顯著的區別。因為現場資料仍不充分，調查地點的容量只能粗略的估計，縣道的單向容量大約有 1,500 小車/小時，一般而言平均速率越高之路段有較高之容量，所以省道的單向容量可能約 1,550 小車/小時左右。

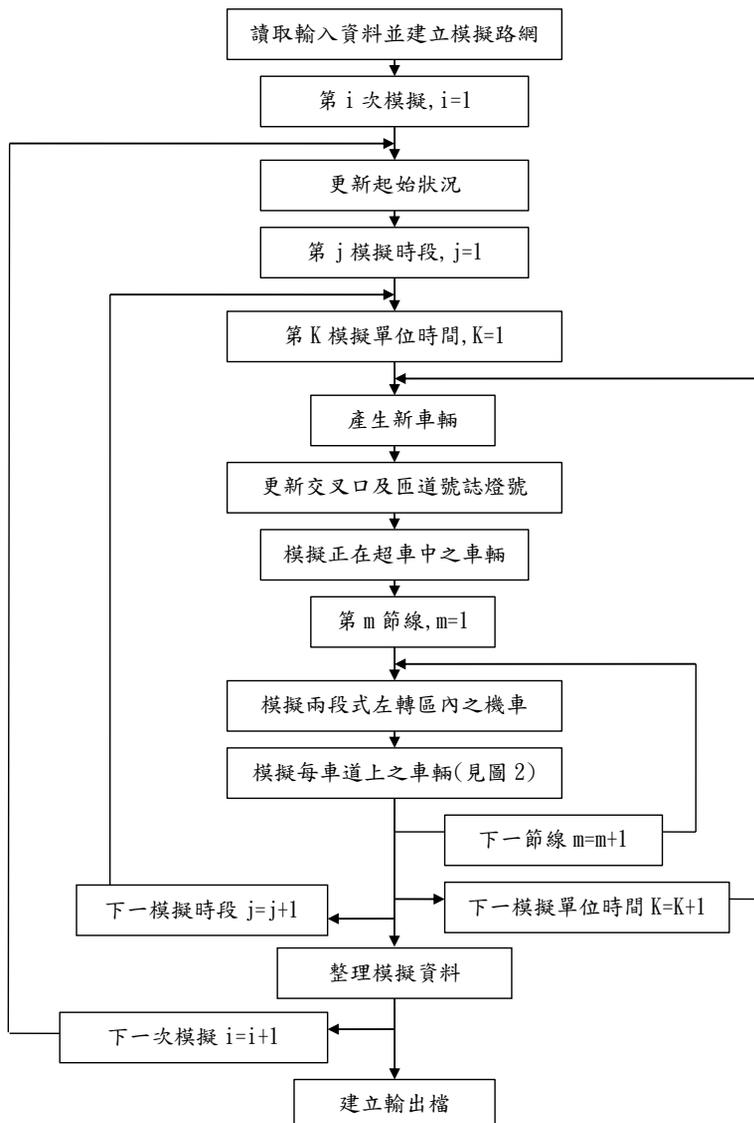


圖 1 2016HTSS 模式之基本模擬程序

根據上述調查結果，平均自由速率為 50 及 70 公里／小時之平直路段，單向容量大約各為 1,500 及 1,550 小車／小時/車道。幾何設計較佳之郊區雙車道公路可能有高於 70 公里／小時之平均自由速率。而平均自由速率越高通常也會有較高的容量，但即使在國外，平均自由速率超過 90 公里／小時之郊區雙車道公路，也難以承載超過 1,600 小車／小時之單向流率。此外，臺灣郊區雙車道公路上有許多路段之曲率半徑非常短 (<20 公尺)，這些路段的平均自由速率預期會低於 50 公里／小時。一般而言，平均自由速率越低，容量會隨著下降；平均自由速率等於零時，容量應該也是零，因此假設容量與平均速率的關係如圖 4 所示。

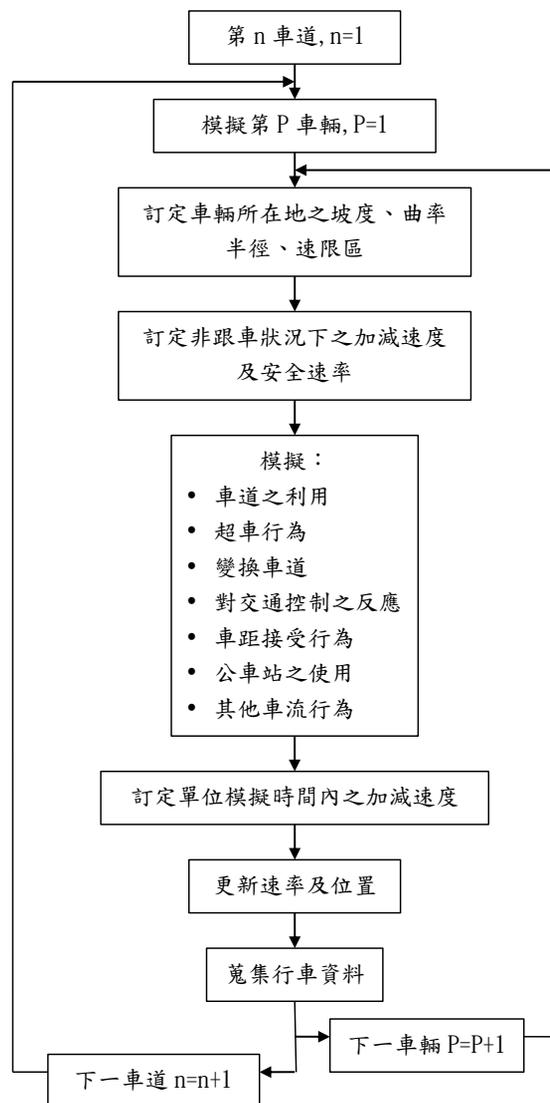


圖 2 2016HTSS 模式之個別車輛模擬程序

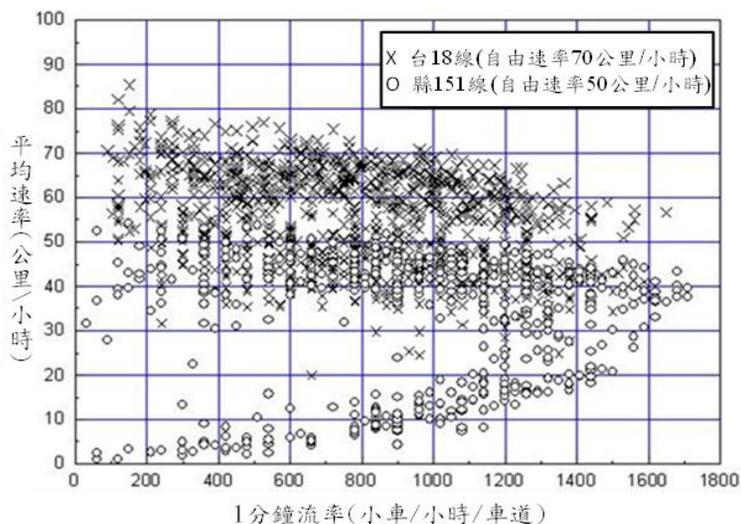


圖 3 自由速率 50 及 70 公里／小時流率與速率關係

至於臨界速率（流率等於容量時之平均速率），依上述調查結果，顯示郊區雙車道公路平均自由速率達 70 及 50 公里／小時之情況下，臨界速率大約各為 53 及 38 公里／小時。平均自由速率若高於 70 公里／小時，因無郊區雙車道公路之現場資料，則參考高速公路現場資料，平均自由速率為 100 及 90 公里／小時之臨界速率各為 80 及 70 公里／小時。而目前沒有現場資料可估計平均自由速率低於 45 公里／小時之臨界速率。綜合上述，假設臨界速率與平均自由速率之關係，如圖 5 所示。

本研究根據上述車流特性，提出臺灣郊區雙車道公路平直路段在不同平均自由速率時可能的流率與平均速率關係，如圖 6 所示，提供公路規劃設計參考。

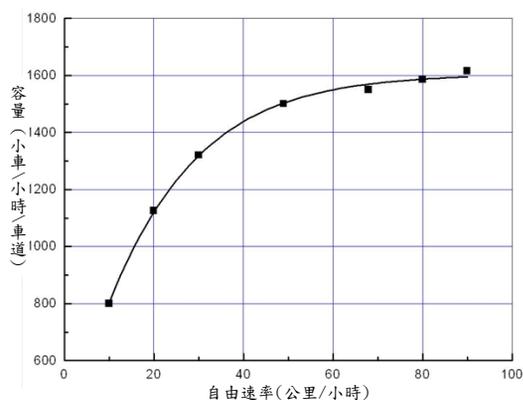


圖 4 容量與平均自由速率之可能關係

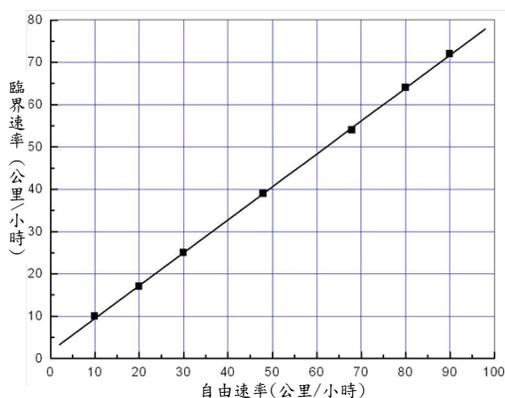


圖 5 臨界速率與平均自由速率之可能關係

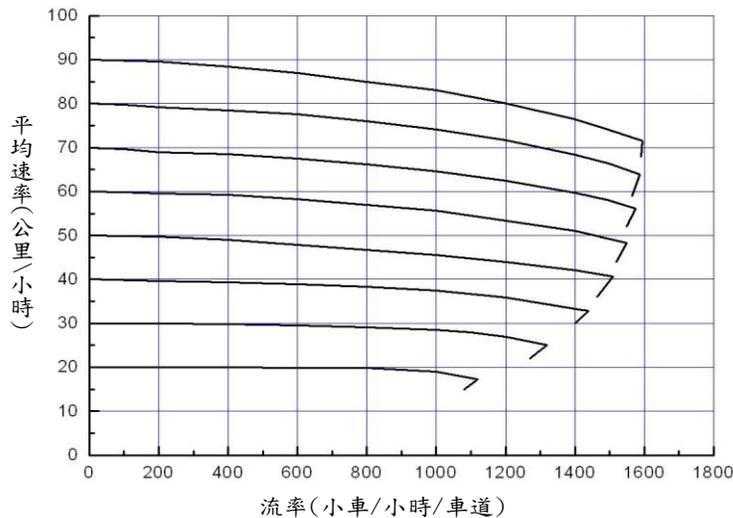


圖 6 臺灣郊區雙車道公路平直路段可能之流率與速率關係

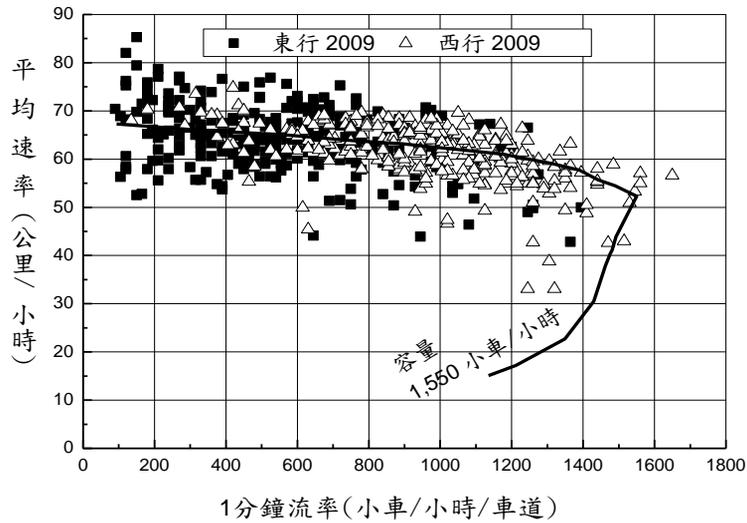
流率與平均速率的關係是車輛在自由旅行及跟車狀況下（後車之行為受前車影響）之駕駛行為所產生。2016HTSS 模式以縣 151 線及臺 18 線所蒐集之現場資料微調跟車邏輯。微調後之模式以不同亂數產生車流特性，然後在模擬過程中，蒐集不同 15 分鐘時段內之流率及平均速率資料，再進一步整合成平均的流率與速率關係。比較模擬結果與現場 1 分鐘資料所顯示之關係，如圖 7 所示，顯示模擬與現場的流率與速率關係有同樣的趨勢。

五、2016HTSS 模式之超車行為

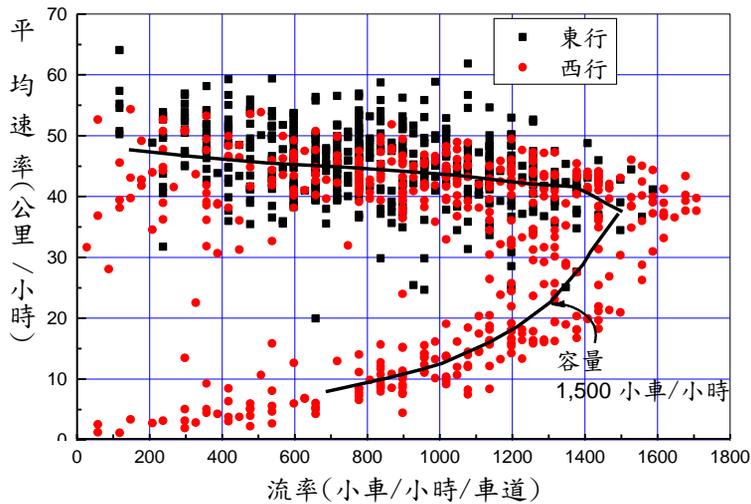
5.1 超車邏輯

2016HTSS 模式考慮實際超車行為及參考國外報告來建構超車邏輯，大致分為 3 項主要工作程序；第 1 步，決定車輛是否可超車而且欲超車，並將欲超車之車輛推進以靠近前車。第 2 步，先估計欲超車的車輛是否有足夠之超車視距，再讓有足夠視距之車輛移到對向車道，開始超車。第 3 步，模擬正在超車中之車輛，並在適當時機讓這些車輛回到原來的車道。模擬之超車行為如下：

1. 大車不超車，只有小車及機車可超車。
2. 一車輛之上、下游 D 秒行車距離之內有正在超車之車輛時，該車不能超車。
3. 一車輛下游在 T_l 秒行車距離內，若有為超車而增設之車道，則該車會等慢車移進增設的車道之後，快速超前。
4. 可利用之超車區最小長度為 D_{min} ；長度小於 D_{min} 之超車區不能用來超車。



(a)臺 18 線



(b)縣 151 線

圖 7 模擬與現場流率與平均速率關係之對照

5. 一車輛受前車阻擋時，駕駛人才會考慮超車。受阻擋的車輛有下列性質：(1)其自由速率比前面的車輛高 V_i 公里/小時；(2)其瞬間之速率低於欲維持的自由速率 V_j 公里/小時；(3)其與前車車尾的車距已相當短，在 t_c 秒以內。
6. 每一駕駛人有一隨機指定的冒險性指數，其值在 0 到 1 之間；冒險性指數越高的駕駛人有較高的超車欲望；冒險性指數超過 R_{min} 之駕駛人才會考慮超車。

7. 駕駛人超車時，一次最多可超越前面 2 車輛，如果超越 1 輛，則被超越之車輛及其下游車輛之車距最少必須有 T_2 秒才能開始超車；如果超越 2 輛，則第 1 輛被超越的車必須與欲超越車輛有 t_p 秒的車距，此外，第 2 輛被超越的車輛之下游最少也有 T_2 秒之車距；回到原車道時必須與前後車保持安全車距。
8. 欲超車之車輛會加速逐漸靠近前方車輛，並與前車車尾之車距在 H_1 秒之內時才會開始超車。
9. 一車輛開始超車之後，以平均加速率 A_p 加速到達一欲維持的最高速率 V_{max} ，然後在必要時繼續以 V_{max} 之速率前進，直到該車車尾與最後一輛被超越車輛之車頭之間距超過 S 公尺時，才能回到原來車道。
10. 車輛超車時之最高速率 V_{max} 與被超越車輛之車速差距的平均值為 ΔV 。
11. 一超車之車輛回到原來車道時，必須能與對向來車保持一安全的緩衝距離 D_s 。在未開始超車之前，駕駛人根據瞬間超車視距 S_E 判斷超車之後，是否能安全回到原來車道。
12. 機車在主車道寬最少有 3 公尺時，可輕易的利用機、慢車道、路肩或很短之對向車道超前，因此沒有超車視距是否充分之限制。

根據上述超車行為，HTSS 模式的超車邏輯在每一單位模擬時間內根據車流現況，從欲超車駕駛人的角度評估超車視距，然後模擬隨後的超車行為，不論超車對象是下游第 1 輛或第 2 輛、超車視距是否足夠，可用圖 8 來說明。

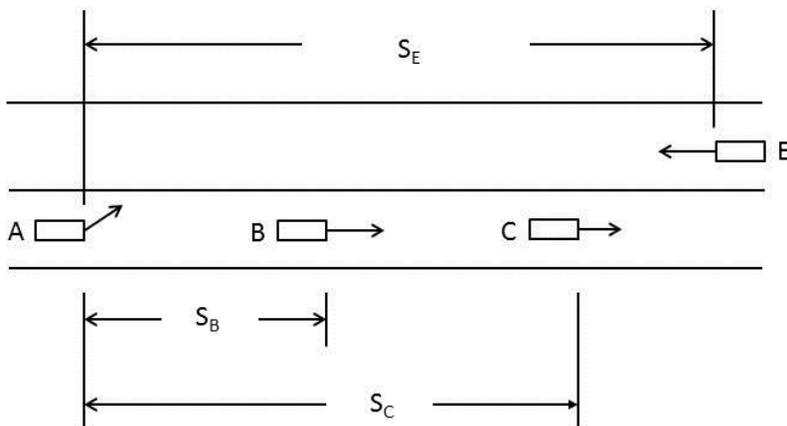


圖 8 超車開始瞬間車況示意圖

圖 8 中各符號的定義如下：

1. A 車：超車車輛；
2. B 車：被超越之車輛；
3. C 車：在 B 車前方之車輛。超車完畢之後，A 車在 B 車及 C 車之間；
4. E 車：對向車道上第一輛反方向之車輛；

5. S_B 、 S_C 、 S_E ：B 車、C 車及 E 車與 A 車之個別距離。 S_E 為 A 車可用之超車視距。

此外，A 車開始超車瞬間之各車速率為 V_A 、 V_B 、 V_C 及 V_E 。A 車駕駛人評估超車視距時，將 V_B 、 V_C 及 V_E 視為固定不變之速率。但 A 車會加速到一最高速率 V_{max} 。

A 車從原來的速率 V_A 加速到一最高速率 V_{max} 所需的時間為：

$$t_1 = \frac{V_{max} - V_A}{a} \quad (1)$$

此式中，

t_1 = 從加速到速率達到 V_{max} 之所需時間；

a = 加速率。

在加速期間，A 車所行走的距離等於 $V_A t_1 + at_1^2 / 2$ ，前方 B 車之位置為 $S_B + V_B t_1$ 。如果 A 車欲超過 B 車，然後回到原來車道並跟在 C 車之後，HTSS 模式假設 A 車須在 B 車前方 S 公尺處才可回到原來車道。因此如果 $V_A t_1 + at_1^2 / 2$ 小於 $S_B + V_B t_1 + S$ ，則 A 車須以 $V_{max} = V_A + at_1$ 之速率繼續行進，直到其位置在 B 車之前方 S 處才能回到原來車道。從速率達到 V_{max} 到可回原來車道之額外時間 t_e 須滿足下列條件：

$$V_A t_1 + \frac{1}{2} at_1^2 + V_{max} t_e = S_B + V_B t_1 + S + V_B t_e \quad (2)$$

根據式 (2)，額外旅行時間 t_e 可估計如下：

$$t_e = \frac{V_A t_1 + \frac{1}{2} at_1^2 - S_B - V_B t_1 - S}{V_B - V_{max}} \quad (3)$$

另一方面，如果 A 車加速達到預定的最高速率 V_{max} 之前，該車與 B 車之距離已超過 S，則 A 車不必加速到預定的 V_{max} 。在這情形下，式 (1) 之加速時間 t_1 須根據下列條件重新估計：

$$V_A t_1 + \frac{1}{2} at_1^2 = S_B + V_B t_1 + S \quad (4)$$

換言之，加速時間為：

$$t_1 = \frac{-(V_A - V_B) + \sqrt{(V_A - V_B)^2 + 2a(S_B + S)}}{a} \quad (5)$$

轉回原來車道時之最高速率也須改為：

$$V_{max} = V_A + at_1 \quad (6)$$

此外，速率達到 V_{max} 之後尚需繼續行進才能回到原來車道之額外時間等於：

$$V_{max} = V_A + at_1 \quad (7)$$

A 車回到原來車道時之車速比被超越的 B 車高，而且兩車有 S 之間距，因此只要 S 大約有 10 公尺，則 A 車與 B 車應該沒有衝突，但是 A 車必須能安全地跟在前方 C 車之後。如果 A 車轉回原車道時之速率 V_{max} 比前方 C 車低，而且 A 車與 C 車之間的距離超過 3 輛小車車長，則 A 車可安全地跟在 C 車之後。

但是如果 A 車回到原車道時之速率 V_{max} 比前方 C 車速率 V_C 高，則 A 車必須能以一舒適的減速率減速到與前車相同，而且兩車速率相同時，C 車與 A 車之距離最少需有 H_4V_C 加上一小車車長，這條件可用下式來代表：

$$V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{max} t_e - \frac{V_{max}^2 - V_C^2}{2d} \leq S_C + V_C t_1 + V_C t_e - V_C \frac{V_{max} - V_C}{d} - L - H_4 V_C \quad (8)$$

上式中，

d = 舒適減速率 (設定值：-1.5 公尺/秒²)；

L = 小車之車長 (小車：5 公尺；機車：2 公尺)。

如果 A 車能超越 B 車然後安全地跟隨 C 車，則 HTSS 模式進一步探討 A 車與對向 E 車是否有不可接受的衝突。A 車開始加速超車時與對向 E 車之距離為 S_E ，從加速到回到原來車道瞬間，A 車的行車距離為 $V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{max} t_e$ ，在這時間內對向 E 車的行車距離為 $V_E(t_1 + t_e)$ ，因此 A 車回到原來車道時，A 車及 E 車兩車之間緩衝距離 D_B 為：

$$D_B = S_E - (V_A t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 + V_{max} t_e) - V_E (t_1 + t_e) \quad (9)$$

根據 AASHTO 公路設計規範^[14] 指出的安全緩衝距離與超車速率的關係，2016HTSS 模式用下列公式訂定安全緩衝距離：

$$D_S = \beta_P (10.78 e^{\frac{V_{max}}{45.88}}) \quad (10)$$

此式中，

D_S = 安全緩衝距離 (公尺)；

β_P = 受公路所在地影響之調整值；

V_{max} = 超車時之最高速率 (公里/小時)。

如果式 (9) 所估計之可能存在的緩衝距離短於式 (10) 之安全距離，則 A 車不能執行超車；式 (9) 之距離如比安全距離長，則 HTSS 模式根據上述的行為模擬超車動作。

此外，AASHTO 公路設計規範^[14] 所用的超車加速率大約為 2.3 公里/秒²，而美國

NCHRP^[15] 研究發現超車車輛與被超越車輛併行時，超車車輛的平均速率比被超越車輛高 24.8 公里／小時。根據這些行為所導出之占用對向車道時間比 NCHRP^[15] 研究所發現之 9.9 秒平均值高，更比 Hegeman 等人^[16] 在荷蘭觀察的 4.2 秒高得多。由於臺灣郊區雙車道公路的行車環境可能接近荷蘭的環境，2016HTSS 模式讓超車時占用對向車道的時間接近荷蘭的現場值，因此採用下列公式訂定超車加速率：

$$a = 2.8 + 2.4R - 0.353G \quad (11)$$

上式中，

a = 加速率 (公里／秒²)；最少為 1 公里／秒²；

R = 駕駛人冒險性指數；

G = 坡度 (%／100)，上坡為正值，下坡為負值。

此外，超車之最高速率訂定如下：

$$V_{max} = V_l + 17.5 + 15R \quad (12)$$

此式中，

V_{max} = 超車時之最高速率 (公里／小時)；

V_l = 開始超車時，被超越車輛之速率 (公里／小時)；

R = 駕駛人冒險性指數。

5.2 參數調校

2016HTSS 模式之超車邏輯有許多參數，惟因國內缺乏有關超車行為之研究以測試 2016HTSS 建構之邏輯，因此以國外超車特性資料調校參數。

欲超車之車輛通常會加速跟進直到其與前車之車距相當短時，才會開始超車。此車距隨駕駛人之特性及行車環境而異。Romana^[18] 於西班牙之研究發現 70% 之車距短於 2 秒。Hegeman 等人^[16] 於荷蘭之研究則顯示超過 90% 之車距不到 2 秒。2016HTSS 模式讓欲超車之車輛加速跟進，並與前車車尾之車距在 2 秒 (H_l) 之內才開始超車。

另根據 Hegeman 等人^[16] 在荷蘭所觀查到的超車行為，超車所需之平均總時間為 7.8 秒。同一研究亦指出超車方向流率在 600~1000 輛／小時之間，且對向車流為 450 輛／小時之情況下，超車之車輛占總車輛 (超車率) 之 9.5%。因為臺灣郊區雙車道公路的行車環境可能接近荷蘭的環境，以此特性調校超車邏輯之部分參數值，使模擬結果近似荷蘭的超車特性，這些參數調校結果如下：

D_{min} = 160 公尺 (最短可用之超車區長度)

R_{min} = 0.63 (冒險性門檻值)

T_2 = 5 秒 (被超越之車輛及其下游車輛之最小車距)

$A_p = 4$ 公里／小時／秒 (超車平均加速率)

$\Delta V = 25$ 公里／小時 (超車車速與被超越車速之差距)

$S = 10$ 公尺 (回原車道時與被超越車輛之最小距離)

$\beta_p = 1.0$ (安全緩衝距離 D_s 的調整係數)

根據這些參數調校結果，將超車方向流率及對向流率各訂為 800 輛／小時及 450 輛／小時，模擬結果為平均超車時間 8.1 秒 (標準差 0.4 秒，最低 7.5 秒，最高 11.5 秒)，超車率為 10.1%，接近 Hegeman 等人^[16] 在荷蘭之觀察。

其他參數調校結果如下：

1. 一車輛之上、下游 10 秒 (D) 之內有正在超車之車輛時，該車不能超車。
3. 一車輛下游 20 秒 (T_l) 行車距離之內若有超車用之車道，該車不會超車。
4. 一車輛受前車阻擋時，駕駛人才會考慮超車。受阻檔車輛之性質：(1) 自由旅行速率比前車之自由旅行速率最少高 5 公里／小時 (V_i)；(2) 其瞬間速率比自由速率最少低 2 公里／小時 (V_j)；(3) 其與前車車尾之車距在 3.5 秒 (t_c) 之內。

5.3 邏輯測試

根據 2016HTSS 模式所設定之超車行為與參數調校結果，模擬測試速率對占用對向車道平均時間之影響、超車率與雙向流率、超車區長度、駕駛人冒險性門檻值之關係，以及被超越之車輛及其下游車輛最小車距門檻值的影響，模擬結果與預期現象吻合，說明如下：

(一) 速率對占用對向車道平均時間之影響

美國 NCHRP 之研究發現^[15]，超車車輛的平均速率從 56.6 公里／小時增高到 99.8 公里／小時，占用對向車道的時間從 9.3 秒提高為 11.3 秒。2016HTSS 模式之模擬結果，在平均自由速率為 48 及 68 公里／小時之公路上，超車車輛占用對向車道的平均時間各為 7.9 秒及 9.5 秒，其個別車輛佔據時間的分布如圖 9 所示。

(二) 超車方向流率與超車區長度之影響

一般而言，超車方向流率增高時，在一車輛下游能讓超越車輛使用以安全的回到原來車道之車距會減少，因此超車率應隨超車方向流率的增高而降低。另一方面，超車區長度增加時，欲超車之駕駛人有較多的時間等待合適的機會，超車率也因而會隨著增加。2016HTSS 模式之模擬結果也顯現這些預期的現象，如圖 10 所示。

圖 10 亦顯示超車方向流率及超車區長度影響超車率之特性：

1. 超車率有隨著超車方向流率增加而呈線性下降的趨勢。
2. 增加超車區長度雖然能增加超車率，但每增加一單位長度之效益降低。例如超車方向流率為 400 輛／小時，將超車區從 0.2 公里增長到 1 公里，可讓超車率從 2.8% 增加到 13.1%。超車區從 1 公里增到 2 公里時，超車率只從 13.1% 增加到 18.7%。

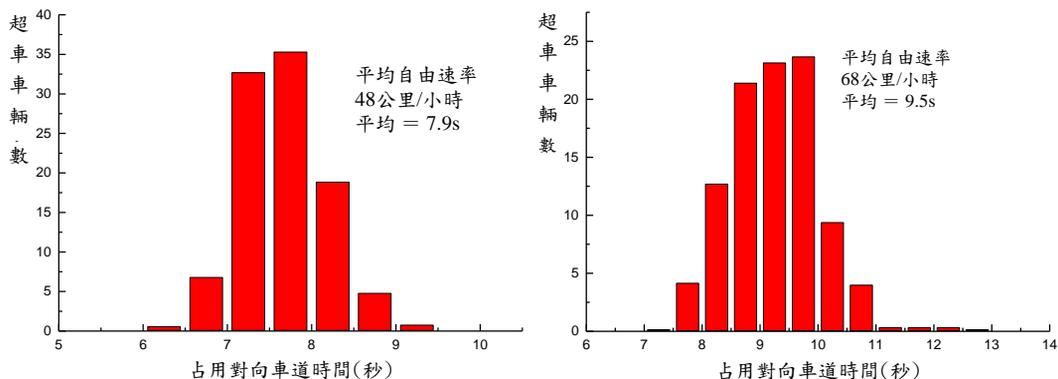


圖 9 不同平均自由速率之超車車輛占用對向車道時間模擬之次數分布

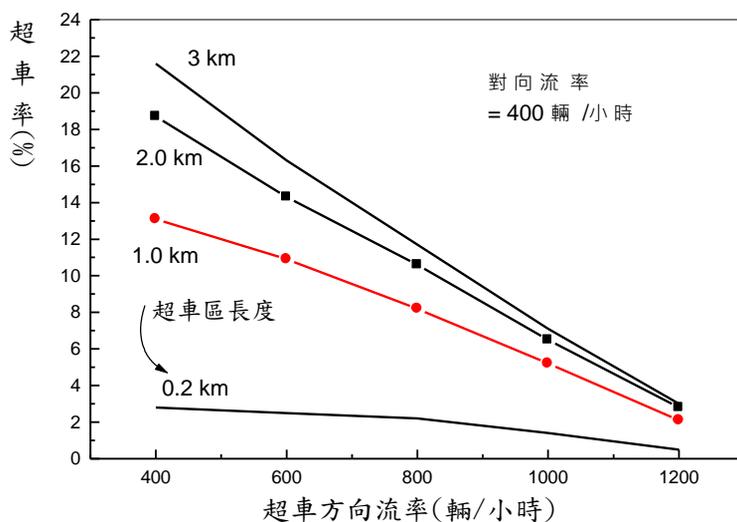


圖 10 超車率隨超車方向流率及超車區長度之變化

3. 超車方向流率低時，加長超車區對增加超車率的效果比流率高時良好。這是因為在高流率時，下游沒有許多大的車距來接受超車車輛。

(三) 對向流率之影響

對向流率增高時，對向車道能用來超車的空間減少，因此超車率會減低，此現象如圖 11 及圖 12 之模擬結果所顯示，對向流率每增加一單位 (如 100 輛/小時)，超車率的降低幅度增大。如果超車區長度不變，圖 11 顯示超車方向流率低時 (如 400 輛/小時) 的超車率受對向流率的影響，比在流率高時 (如 1,200 輛/小時) 顯著。超車方向流率固定時，圖 12 顯示較長超車區 (如 3km) 的超車率受對向流率的影響，比較短超車區 (如 1km) 顯著。

(四) 駕駛人冒險性門檻值 (R_{min}) 之影響

2016HTSS 模式只讓冒險性指數超過 0.63 的駕駛人超車，若將冒險性指數之門檻提高，則考慮超車的駕駛人會減少、超車率會降低，如圖 13 所示。另如圖 14 之模擬結果所示，冒險性指數之門檻從 0.63 增加 0.10 時，超車率降低的幅度大約等於門檻值從 0.63 減 0.10 時超車率增加的幅度。

(五) 被超越之車輛及其下游車輛最小車距門檻值 (T_2) 的影響

2016HTSS 模式假設被超越車輛前方的車距最少須有 4.5 秒時，駕駛人才會超車。最小車距的門檻值越高，能使用之車距數減少，因此超車率會減少，模擬結果如圖 15 所示。

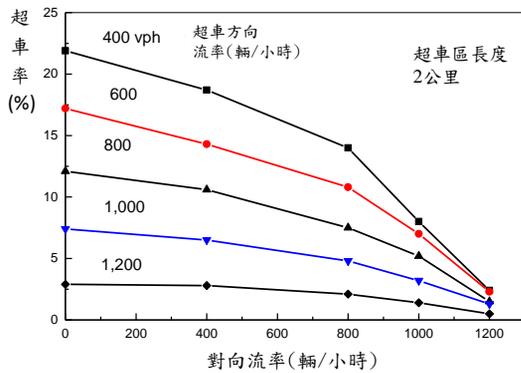


圖 11 超車區長度固定時，超車率隨對向流率及超車方向流率之變化

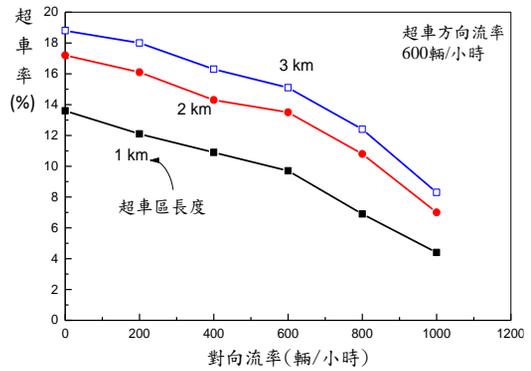


圖 12 超車方向流率固定時，超車率隨對向流率及超車區長度之變化

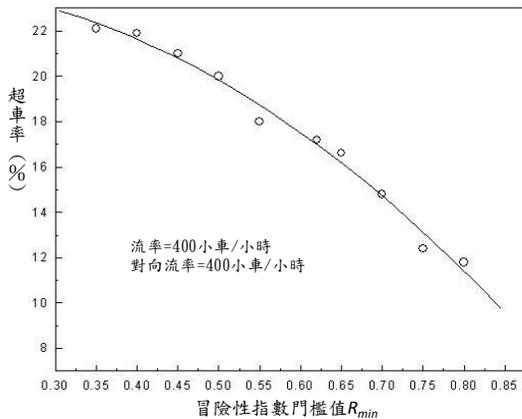


圖 13 超車率隨冒險性指數門檻值之變化

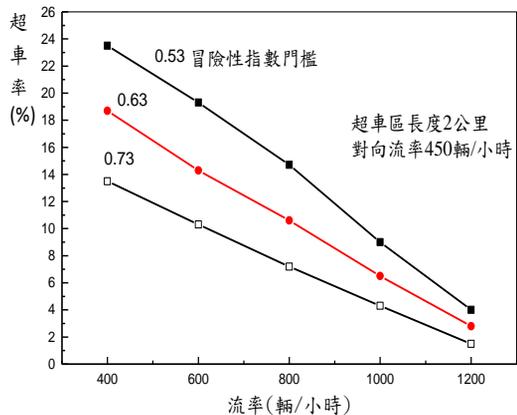


圖 14 超車率隨冒險性指數門檻值之變化

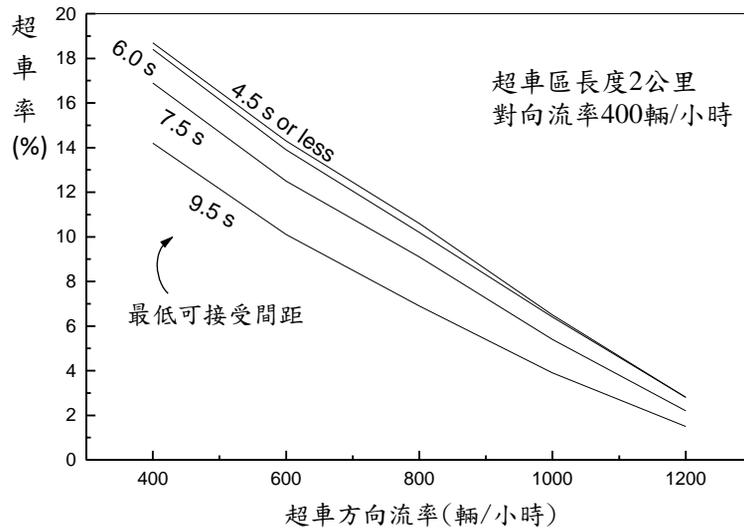


圖 15 超車率與被超越車輛前方車距之門檻值的變化

六、坡度路段之代表性車輛

加速率模式之建構為模擬坡度路段車流變化之重點，而坡度路段上車輛之加速率，受車輛性能、坡度、坡長、平曲線曲率半徑、跟車行為及其他人為因素或駕駛環境的影響。其中又以車輛性能為主要影響因素，尤其大型貨車之加速能力深受車重與最大馬力的影響，因此模式中加速率模擬之關鍵在於設定最適之車輛車重及馬力值組合。

2016HTSS 模式可模擬小車、機車、大客車、大貨車及其他類型車輛在坡度路段上不同地點之速率。以美國 AASHTO [14] 及德國設計雙車道公路 [27] 之代表性貨車與其速率及行車距離關係測試 2016HTSS 模式，如表 3、表 4 所示，顯示 2016HTSS 模式可得到近似美國及德國貨車在上坡時的速率變化。惟臺灣大型車之車重、馬力及駕駛行為可能與國外不同，國外之代表性車輛並不一定適用於臺灣，因此模擬車輛在臺灣之郊區雙車道公路坡度路段行車行為之前，必須先設定本土之各代表性車輛車重及馬力 [1,7,8]。

6.1 不同車種車重 (gross weight) 及最大馬力

目前沒有臺灣各型車輛之車重及馬力組合之統計數據可供參考；一般小車（包括小型貨車）的空車質量可能低於 800 公斤，也可能超過 3,000 公斤，其馬力也隨車而變。以在臺灣相當普遍的 Toyota Corolla Altis 為例，其 2013 年型車輛在引擎速率 6,000 rpm（轉／分鐘）時的馬力為 132 hp (98.4kW)，空車質量大約有 1,370 公斤。Toyota Camry（2013 年型）之空車質量大約為 1,600 公斤，引擎速率為 6,000 rpm 時之馬力為 178hp (132.8kW)。相對而言，臺灣大客車之質量多數在 17,000 公斤以下，馬力則在 200kW 以下。

表 3 2016HTSS 模式上坡速率模擬值與 AASHTO 設計值之比較

行車距離 (公尺)	速率 (公里/小時)					
	坡度+2%		坡度+4%		坡度+6%	
	AASHTO	模擬	AASHTO	模擬	AASHTO	模擬
0	110	110.0	110	110.0	110	110.0
200	106	105.6	102	100.9	96	96.0
400	103	101.5	92	92.3	81	82.1
600	100	97.8	85	84.2	68	68.6
800	96	94.8	77	76.9	55	56.5
1000	93	91.6	71	70.5	44	47.4
1200	91	89.1	65	65.3	40	42.2
1400	89	86.9	60	61.2	38	40.1
2000	83	82.0	52	54.8	38	39.1

註：貨車車重 34,500kg、馬力 254kW、車重/馬力比 143kg/kW。

表 4 2016HTSS 模式上坡速率模擬值與德國雙車道公路設計值之比較

行車距離 (公尺)	速率(公里/小時)					
	坡度+2%		坡度+4%		坡度+6%	
	德國	模擬	德國	模擬	德國	模擬
0	80	80.0	80	80.0	80	80.0
200	79	77.9	72	71.7	65	64.9
400	77	76.4	65	64.3	50	50.7
600	76	74.6	57	58.0	37	40.0
800	74	73.4	51	53.3	30	35.5
1000	73	72.4	47	50.1	29	33.6

註：貨車車重 31,320kg、馬力 261kW、車重/馬力比 120kg/kW。

至於大型貨車，根據國道 1 號及 3 號高速公路 6 處地磅之資料顯示^[7]，半聯結車所占的比例超過 50%，全聯結車只占 2%~7%，其他為單體大貨車，而大貨車、半聯結車及全聯結車之平均車重各為 10,700 公斤、32,400 公斤及 39,600 公斤。另臺灣車輛測試中心合格發證的大貨車馬力在 160~220kW 之間，半聯結車及全聯結車之馬力各在 160~340kW 及 170~340kW 之範圍，半聯結車馬力之中間值為 250kW。從這些數據可知，半聯結車及全聯結車每一 kW 馬力所需承擔之平均質量遠高於大貨車。因此，聯結車之爬坡特性一般比大貨車差，但車流當中全聯結車之比例很低。

另以深水、梗枋、南興等 3 處省道地磅站及南濱地磅站攔檢過磅之大型貨車資料，逐

一比對環保署噪音管制資訊網登載之最大馬力資料，顯示省道大型貨車車重及最大馬力特性如下^[8]：

1. 將近 80%之大貨車最大馬力在 160~210kW 之間，另外約有 13%大貨車的最大馬力為 100~110kW。半聯結車的最大馬力幾乎均勻分布在 240~320kW 之間，全聯結車的最大馬力幾乎均勻分布在 240~400kW 之間。
2. 半聯結車及全聯結車的車重不隨馬力之大小而有顯著變化，大貨車之車重則有隨最大馬力增加而增加的趨勢。
3. 大貨車車重約在平均車重 40~140% 之間均勻分配，半聯結車車重有將近 70%在平均車重 110~125% 之間，全聯結車車重有 90% 在平均車重 95~115% 之間。換言之，全聯結車的總重變化較小。

6.2 代表性車輛微調結果

駕駛人通常不會以車輛的最大馬力行駛，例如在平坦路段上，一輛 1,400 公斤之小車，只要有大約 20kW 之馬力就可以維持高於 110 公里／小時之速率。為了尋找能合理模擬車速之車重與馬力組合，本研究利用現場調查之自由速率及道路幾何狀況資料微調 2016HTSS 模式瞬間加速邏輯，並訂定適用於分析郊區雙車道公路的車重及馬力。

現場資料的調查地點位於新北市林口區縣 108 線一長約 2.5 公里之雙車道路段，如圖 16 所示，速限為 40 公里／小時。圖 16 中從地點 D1 往 D9 方向為下坡，該路段 69 個平曲線之中，有 63 個曲率半徑不到 3,000 公尺，其中 43 個曲率半徑更小於 150 公尺，最小曲率半徑只有 9 公尺，位於圖 16 縣 108 線之北端。該路段下坡方向坡度變化如圖 17 所示，坡度多在 3~8%之間。



圖 16 縣 108 線調查路段

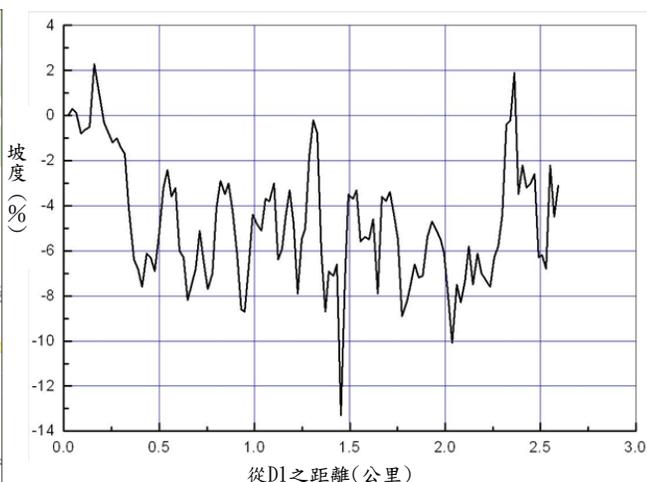


圖 17 縣 108 線調查路段之坡度

探討適用分析郊區雙車道公路坡度路段代表性車輛之方法，說明如下：

1. 根據現場資料估計在圖 16 上下坡各調查點、各車種之平均自由速率。
2. 根據各車種可能之平均車重及駕駛人採用之馬力，以 2016HTSS 模式模擬自由旅行車輛從 D1 點上游至 U8 點下游約 2.5 公里之間的速率變化。
3. 比較各點 (如 U1、U2、D1、D2 等) 之現場平均自由速率與模擬速率，調整模擬車輛之車重及馬力，再重新模擬並比較，直到現場值與模擬值之差異收斂。

經反覆調整測試後，表 5 為臺灣郊區雙車道公路代表性車輛屬性，且模擬的自由速率與現場速率差距多數在 5 公里／小時以內，模擬之自由速率隨地點的變化與現場自由速率的變化亦有相似的趨勢，如圖 18 所示。另有關表 5 之「正向面積」，臺灣之大型貨車可能不到 10m²，但依表 5 之車重及馬力，分析結果仍可採用。

表 5 郊區雙車道公路代表性車輛屬性

車種	車重 (kg)	馬力 (kW)	車重/馬力 (kg/kW)	正向面積 (m ²)	後拉係數	動力傳輸效率
機車	180	5.5	32.8	0.8	1.8	0.9
小車	2,000	40	50.0	2.0	0.3	0.9
大客車	15,000	180	83.3	7.0	0.7	0.85
大貨車	10,000	135	74.0	10.7	0.7	0.85
半聯結車	20,000	190	105.2	10.7	0.7	0.85

七、2016HTSS 模式之應用

2016HTSS 模式之輸出資料，包括各路線的流率及平均速率、耗油量、有超車區時之超車率、通過偵測站之流率及通過偵測站車流之平均速率與車種組成，可應用於坡度路段之容量估計、上坡路段之設計、超車區或超車用短車道設置效益評估…等方面。模式之執行檔、輸入檔範例及使用手冊 (含應用範例)，可於臺灣公路容量分析專區網站 (<https://thcs.iot.gov.tw/THCS/>) 下載。受限於篇幅，以下僅說明坡度路段容量估計及上坡路段設計之應用。

7.1 坡度路段容量之估計

郊區雙車道公路之幾何設計可能隨地點而有顯著變化，因此分析某一路段的容量不僅受到該路段上之瓶頸的影響，也可能受到其上下游端點附近瓶頸地點的影響。2016HTSS 模式將容量定義為從一節線下游端點離開之最大流率的期望值，以不同需求流率之輸入檔多次模擬的結果來估計，每次模擬使用不同的隨機亂數以產生不同的車流狀況。因此模擬所得的最大流率通常不是固定值，各次模擬所得之最大流率的平均值代表容量之期望值。

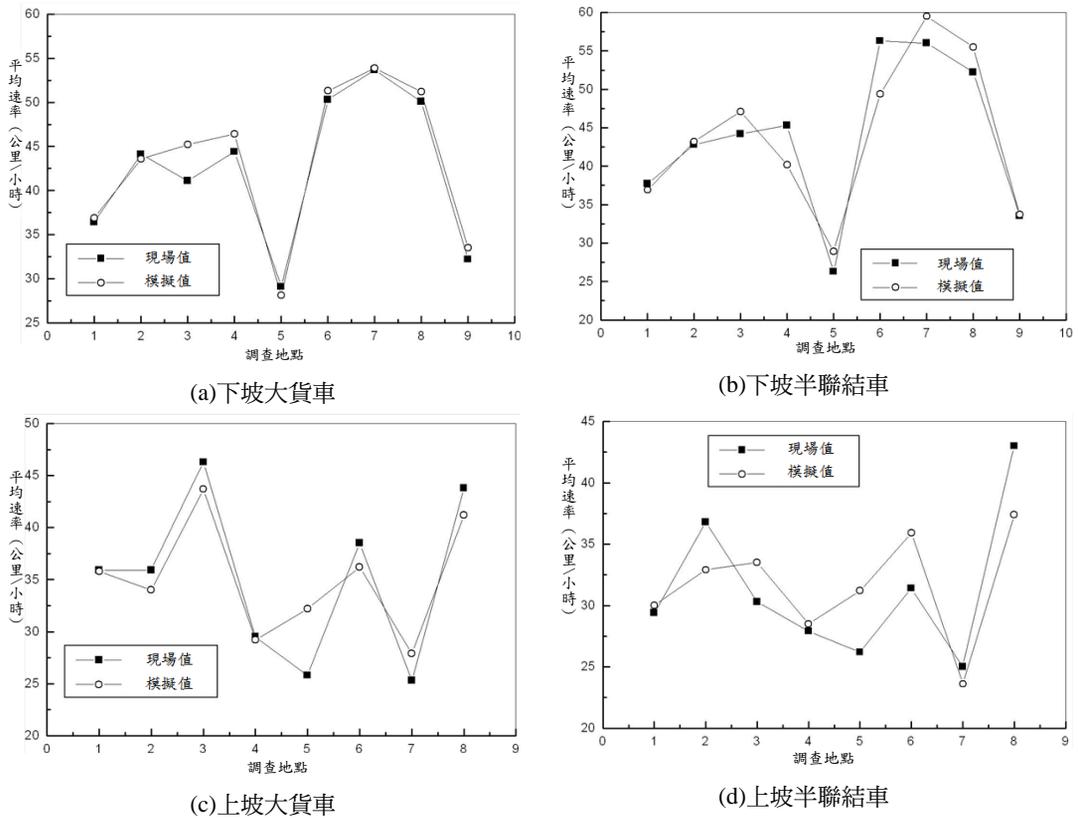


圖 18 不同車種自由速率現場值與模擬值之比較

2016HTSS 模式估計容量的過程中，須多次變更需求流率之輸入檔型，初次先以一可能低於容量之流率設定為需求流率。以初始值 1,200 輛／小時為例，根據 1,200 輛／小時的模擬結果，若顯示輸出流率也在 1,200 輛／小時左右，表示容量可能超過 1,200 輛／小時，再逐漸增加需求流率並重新模擬，直到輸出流率開始下降或不再上升。在此情況下，稍微再提高輸入流率，重新模擬以確定車流已呈不穩定狀況，而且輸出流率沒有再持續上升之可能，進入不穩定狀況之前的最大輸出流率代表容量之估計值。

以一長 3.2 公里、坡度 6%、沒有平曲線、只有小車且禁止超車之郊區雙車道公路坡度路段為例，同時將下坡方向（節線 1）及上坡方向（節線 2）初次輸入之需求流率設定為 1,200 輛／小時，如圖 19 顯示，輸入流率從 1,200 輛／小時增高時，節線 1（下坡）及節線 2（上坡）之輸出流率也增高。但是節線 1 之需求流率超過 1,600 輛／小時以後，輸出流率已略低於輸入流率，直到需求流率超過 1,750 輛／小時後，輸出流率明顯下降至 1,650 輛／小時左右，顯示車流已進入不穩定狀況。節線 2 之需求流率達 1,500 輛／小時以後，輸出流率雖仍呈上升趨勢，惟均已低於輸入流率，直到需求流率超過 1,700 輛／小時後，輸出流率大幅下降，車流進入不穩定狀況。進入不穩定狀況之前的最大輸出流率代表容量之

估計值，因此，本案例節線 1 最高只能容納大約 1,700 車／小時的車流，節線 2 最高只能容納大約 1,520 車／小時的車流，此數值就是其容量。

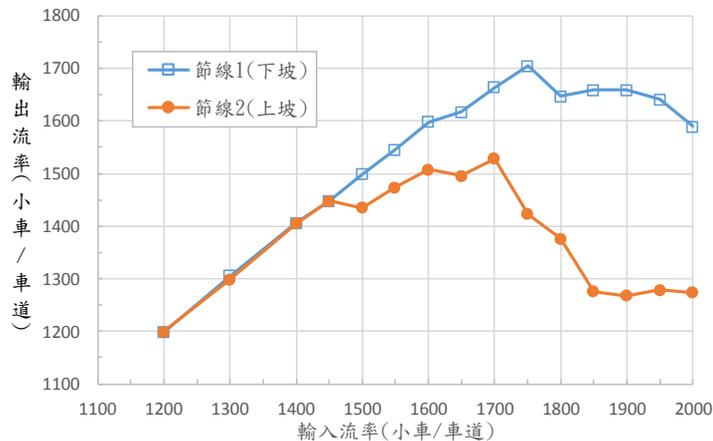


圖 19 坡度路段容量估計範例

7.2 上坡路段設計之應用

美國及德國之公路設計規範，提供根據代表性車輛所設定之自由速率、行車距離、坡度及坡長之關係，便於設計過程中快速估計上坡路段對速率的影響，而 AASHTO 之公路設計規範建議，上坡路段最好不要讓設計車之速率降低 15 公里／小時以上。公路設計可能用小車、大客車、大貨車或聯結車當設計車，根據 2016HTSS 模式，以表 3 車輛之屬性模擬代表性車輛在單純上坡路段其速率隨旅行距離之變化，如圖 20 所示，這些圖可協助郊區雙車道公路均勻上坡路段之幾何設計評估。以圖 20 (c) 為例，設計車為大貨車，上坡路段之長度及坡度各為 1 公里及 6%，而且進入上坡路段時之速率為 70 公里／小時，則大貨車進入上坡路段的地點相當於圖 20 (c) 中，6%曲線上之 A 點 (旅行距離 0.6 公里)，行駛 1 公里後到達 B 點 (旅行距離 1.6 公里)，該點之相關速率大約為 56 公里／小時，因此車速下降了 14 公里／小時。

八、結論與建議

臺灣於郊區雙車道之容量及服務水準分析工作，由於早期缺乏本土性的資料，於 2011 年臺灣 HCM 係採用美國 1985 年 HCM 的分析方法。目前美國已因應環境變化採用新的方法，但新方法仍不能有效的分析有坡度或平曲線之路段。為進一步了解雙車道公路車流特性，運研所於民國 96~98 年間調查蒐集雙車道公路平直路段流量及速率關係，於民國 102 年開始開發坡度路段及雙車道公路之模擬模式，至 105 年間持續以本土資料調校最新版 2016HTSS 模式，以協助郊區雙車道公路設計及服務水準分析。

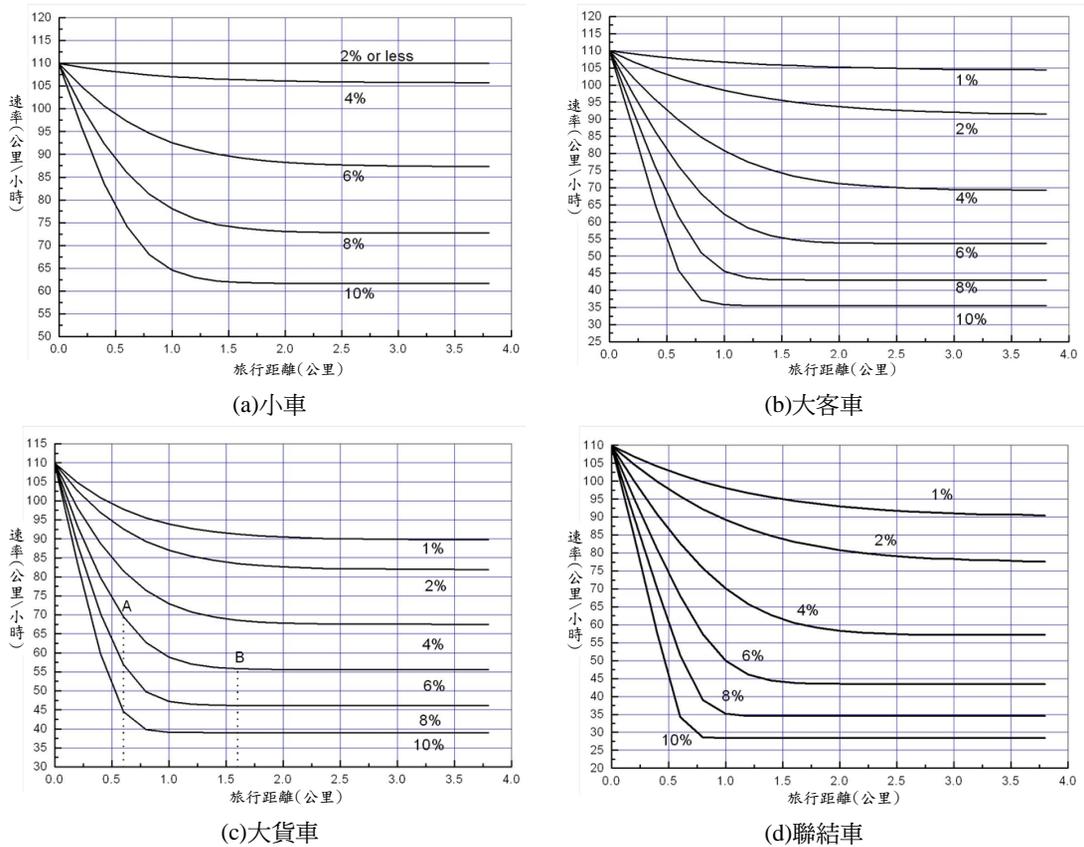


圖 20 代表性車輛上坡速率與旅行距離之變化

8.1 結論

本研究重要分析結果說明如下：

1. 提出臺灣郊區雙車道公路平直路段，不同平均自由速率時可能的流率與平均速率關係，如圖 6 所示，可提供公路規劃設計參考。
2. 因國內缺乏有關超車行為之研究，模擬模式之超車邏輯以國外超車特性資料調校參數。調校結果，除使模擬結果近似相關文獻之超車特性，調整超車車輛速率、流率、超車區長度或駕駛人冒險性門檻值等參數值，模擬結果亦符合邏輯。
3. 本研究利用現場調查之自由速率及道路幾何狀況資料微調模擬模式，提出可應用於臺灣郊區雙車道公路設計之小車、大客車、大貨車及聯結車代表性車輛車重/馬力比，分別為 50、83.3、74 及 105.2kg/kw。
4. 模擬模式可應用於估計雙車道公路坡度路段容量，並提出雙車道公路代表性車輛在坡度不變之上坡路段，其速率與旅行距離之關係，以利快速評估上坡路段的設計。

8.2 建議

建議未來能持續蒐集車流資料，以加強分析方式及模擬模式之建構，使分析結果更適用臺灣本土特性，如：

1. 蒐集更多具一連串上下坡及平曲線路段之自由速率資料，以加強平曲線安全速率之估計、提升模擬模式精度，並可再探討本研究建議採用的代表性車重與馬力比是否可廣泛適用。
2. 蒐集機車之車道分布與流率及車道寬之關係，探討機車如何使用混合車道及機慢車道，及探討平坦路段機車適用之小車當量。
3. 模擬模式的超車邏輯係以國外文獻調校設定多項參數，建議未來蒐集臺灣郊區雙車道公路的超車行為，以本土資料來設定參數。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，公路坡度路段模擬模式之發展及應用 (2/3)，民國 104 年。
2. 交通部運輸研究所，公路系統模擬模式調校與新版容量手冊研訂 (1/3)，民國 106 年。
3. St. John, A. D. and Harwood, D. W., "A User's Guide to TWOPAS – A Microscopic Computer Simulation Model of Traffic on Two-Lane, Two-Way Highways" (Performing Organization Report No. 7533-S(6)), Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1986.
4. Brannolte, U., *Simulation Program LASI*, Bauhaus-University of Weimar, Weimar, Germany, 1996.
5. Hoban, C., Shepherd, R., Fawcett, G., and Robinson, G., "A Model for Simulating Traffic on Two-Lane Roads: User Guide and Manual for TRARR", Version 3.2, Technical Manual ATM10 B, Australian Road Research Board, Melbourne, Australia, 1991.
6. Tapani, A., "Versatile Model for Simulation of Rural Road Traffic", *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1934, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D. C., 2005, pp. 169-178.
7. 交通部運輸研究所，公路坡度路段模擬模式之發展及應用 (1/3)，民國 103 年。
8. 交通部運輸研究所，公路坡度路段模擬模式之發展及應用 (3/3)，民國 105 年。
9. Harwood, D. W., Fambro, D. B., Fishburn, B., Joubert, A., Lamm, R., and Psarianos, B., *Transportation Research Circular E-003: International Sight Distance Design Practices*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1998.
10. Proudlove, J. A., "Comparison of International Practices in the Use of No-Passing Controls", *Transportation Research Record 1280*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1990, pp. 173-180.
11. British Columbia Ministry of Transportation and Highways, *Passing Lane Draft Warrants and Design*, Engineering Branch Design Standards Bulletin DS97003, 1997.

12. Ontario Ministry of Transportation, "Geometric Design Standards for Ontario Highways", OMoT: Downsview, 1985.
13. Alberta Transportation and Utilities, "Highway Geometric Design Guide", ATU: Edmonton, 1995.
14. American Association of State Highway and Transportation Officials, *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 6th edition, 2011.
15. Transportation Research Board of the National Academies, "Passing Sight Distance Criteria", NCHRP Report 605, 2008.
16. Hegeman, G., Brookhuis, K., and Hoogendoorn, S., "Opportunities of Advanced Driver Assistance Systems Towards Overtaking", *European Journal of Transportation Infrastructure Research*, Vol.5, No. 4, 2005, pp. 281-296.
17. Llorca, C. and Garcia, A., "Evaluation of Passing Process on Two-Lane Rural Highway in Spain Using New Methodology Based on Video Data", Transportation Research Board 90th Annual Meeting Compendium of Papers DVD, Transportation Research Board, 2011.
18. Romana, M. G., "Passing Activity on Two-Lane Highways in Spain", *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1678, National Research Council, 1999, pp. 90-95.
19. Bar-Gera, H. and Shinar, D., "The Tendency of Drivers to Pass Other Vehicles", *Transportation Research Part F*, Vol. 8, 2005, pp. 429-439.
20. Pollatschek, M. A. and Polus, A., "Modeling Impatience of Drivers in Passing Maneuvers", International Symposium on Transportation and Traffic Theory, ISTTT, 2005, pp. 267-279.
21. Farah, H., Bekhor, S., Polus, A., and Toledo, T., "A Model for Passing Decisions on Two-Lane Rural Highways", TRB 87th Annual Meeting Compendium of Papers DVD, Transportation Research Board, 2008.
22. Vlahogianni, E. I., "Modeling Duration of Overtaking in Two Lane Highways", *Transportation Research Part F*, Vol. 20, 2013, pp. 135-146.
23. FGSV, *Handbuch fuer die Bemessung von Strassen (German Highway Capacity Manual) HBS 2001*, Forschungsgesellschaft fuer Strassen- und Verkehrswesen, Cologne, (www.fgsv-verlag.de), 2002 (revised edition: 2005).
24. Catbagan, J. L., "Evaluation of Performance Measures for two-Lane Expressway in Japan," *Transportation Research Record: J. of Transportation Research Board*, No. 1988, 2006, pp.111-118.
25. Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, National Research Council, Washington, D.C., 1985.
26. Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual*, National Research Council, Washington, D.C., 2000.
27. Brilon, W. and Weiser, F., "Two-Lane Rural Highways: The German Experience", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1988, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2006, pp. 38-47.
28. 曾平毅、陳冠男，「應用 TGS 模式於高速公路坡度路段服務水準分析」，中華道路季

- 刊，第 54 卷，第 2 期，民國 104 年，頁 51-62。
29. 曾平毅、林豐博、蘇振維、張瓊文，「臺灣高速公路坡度路段設計之代表性車輛」，**運輸計劃季刊**，第 45 卷，第 1 期，民國 105 年，頁 1-22。
 30. 曾平毅、陳冠男，「高速公路上坡路段大車之小客車當量」，**運輸計劃季刊**，第 45 卷，第 3 期，民國 105 年，頁 165-188。
 31. 曾平毅、林佳韻，「TGS-2L 模式於郊區雙車道公路坡度路段之應用」，**運輸計劃季刊**，第 46 卷，第 3 期，民國 106 年，頁 243-268。
 32. 交通部運輸研究所，**機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究（2/3）**，民國 99 年。

