

公車專用道服務水準與服務流量之研究

期限：88/8/1~89/7/31

計畫編號：NSC89-2211-E-002-040

主持人：周義華 台灣大學土木系教授

一、中文摘要（關鍵詞：公車專用道、服務水準、電腦模擬、延滯）

欲達成以公車專用道來改善交通之目的，或欲作為未來擴大實施的參考基準，均有必要對此交通管制措施的服務品質發展一評估之方法。

為建立分析公車專用道服務水準之基本架構，本研究首先參考國內外評估道路服務水準的文獻，並深入探討現有公車專用道的車流特性後，選擇延滯（包括發生於站區內、外之延滯情形）作為評估公車專用道服務水準的指標，另以因子評點法劃分各級之界限。

且在重新調查資料、予以判讀和分析之後，再修正孫千山所建立之專用道模擬模式的缺失，使其能更接近真實車流運行狀況，並分別獲得延滯、容量的推估式及與服務水準間的關係式。

英文摘要(Keyword: Exclusive bus lane, Level of service, Computer Simulation, Delay)

Exclusive bus lanes have been operated for several years in Taipei City, but the evaluate criterion for their level of service are still unknown.

According to survey data, the delay due to signals of intersections and waiting queues inside and outside bus stations are 19.02~46.27% and 0.31~25.37% of total travel time. This not only reduce the efficiency of bus operation, but also increase the passengers' travel time. So it's necessary to develop a objective criterion to measure the service levels of bus lanes.

This project is going to investigate the relationships of service level, delay and volume. And then we can measure the service levels of bus lanes from their corresponding

bus volume or delay. This can provide a foundation for government to control and operators to dispatch buses, and a clear reference for succeeding bus-lane planning.

二、計畫緣由與目的

台北市是台灣第一個實施公車專用道的都市，至民國八十五年底，台北市交通局已陸續完成七條公車專用道，然其服務水準如何，仍然不得而知，就連如何評估亦無前例可循。而隨著各公車專用道上的班次數日漸地增多，公車在站區之擁塞、停等現象亦逐漸顯現，因此，欲達成改善交通的功效，或欲作為未來擴大實施的參考，均須對其整體服務品質作一探討。

根據調查顯示【24】，若將公車行駛於專用道上之時間，劃分為四個部分：紅燈延滯時間、公車阻塞時間（指因前方公車阻塞所造成之停等時間）、乘客上、下車時間與車輛實際移動時間，則其前兩項分別佔專用道上總行駛時間的 19.02%~46.27% 與 0.31%~25.37%。由此可見，扣除服務乘客所需的上、下車時間外，公車因路口號誌而須停等和在站區內、外的排隊現象（包含站區內車位數皆已佔滿，公車必須在站區外等候，而於站區內服務完畢欲離去時，又常須等前面所有公車皆服務完畢後才能依序前進），均佔總行駛時間相當大的比例，若能在此作大幅的改善，則行駛時間將更能明顯減少。

此外，因服務水準與公車流量間之關係不得而知，致專用道上的公車數量之調度及管理都無所依據。若公車專用道上公車的流量太大，則易導致延滯的發生，影響公車的服務品質；若流量太小，亦會因使用效率過低而形成資源的浪費，易引起其他車輛使用者的不滿。顯然地，流量與

延滯勢必存有正向之相關性。

孫千山【25】曾針對內側快車道、順向且近端設站型式的公車專用道分別建立流量與延滯之推估公式，其所採之方法為系統模擬分析，研究內容較接近現況，但是仍存有下列值得再深入研究之處：

1. 其模擬方法僅針對純大型公車車流的情形，但以台北市目前設置的公車專用道而言，已有中型公車行駛其上。
2. 調查地點為民權東路口至錦州街口的松江路北往南方向之公車專用道，但根據現場觀察發現，公車行駛至民權東路口有轉入或轉出公車專用道之情形，此與該模式所模擬之公車皆直進運行顯然有所差異，對後段專用道（至錦州街口）上之公車車流特性亦有所影響。
3. 因其以尖峰小時的狀況進行模擬，並無法充分表現出各級服務水準的現象。
4. 其分析所得之容量推估公式為多元線性迴歸式，但由其論文裏個別因子對流量的關係圖中顯示，並非全為線性關係，故其最佳的配適曲線型態應再深入探討。

三、推估公式與服務水準分級之建立

3.1 模擬模式之修改

本研究針對孫千山之模擬模式未處理完善的問題作進一步地修改，使其更接近現況，並提高模式的實用性。修改之詳細內容說明如下：

一、將各型公車之長度與比率依實際數據進行模擬

目前行駛於台北市公車專用道的車型約可分為兩種：11.53公尺的大型公車與6.95公尺的中型公車，雖然大型公車佔絕大多數，但為求精確與真實，本研究將調查所得之專用道上各型公車出現的機率，運用亂數產生器產生隨機亂數，再利用反轉法求得符合其個別出現的機率值。同時採用停止時的安全間距為1公尺。至於兩型公車的加、減速能力等操作特性，因其均屬於大型車牌照，故同樣假設其完全相同。

二、將研究的時間範圍擴展為涵括尖、離峰之時段

原程式選擇交通狀況飽和度高之尖峰時段為模擬範圍，但顯然地，此時應屬於

較低的服務水準等級，而無法表現出較高的服務水準現象。所以，本研究加入尖、離峰的各項調查資料，使模擬模式可反映出各級服務水準下的流量與延滯關係，提高其真實性與適用性。

3.2 變數之篩選與實驗設計

將影響較明顯的因素以定量分析的方式，決定是否納入延滯（包含站區內延滯與站區外延滯）迴歸模式之自變數項。結果，本研究選擇站區長度、週期、有效綠燈時比、大型公車比率、平均到達間距與服務時間等六項變數納入實驗設計中加以考慮。

為能建立一客觀且符合現況的公車專用道延滯推估式，須設計在實際交通路網上，所有各種可能發生的實驗情境，再以這些樣本進行迴歸分析。茲將本研究考慮的變數與其欲模擬之值說明如表1所示。

表1 實驗情境設計表

變數	模擬值
站區長度（公尺）	20、40、60、80、100、120
週期（秒）	90、120、150、180
有效綠燈時比	0.45、0.5、0.55、0.6、0.65
大型公車比率	0.7、0.8、0.9、1
公車平均到達間距（秒）	4、14、24、34、44、54、64
公車平均服務時間（秒）	10、20、30、40、50
Gamma分配之母數(α)	1、3、5、7、9

3.3 延滯之推估式

選取自變數的方法是採取逐步迴歸，此乃順向選擇與反向淘汰兩法之結合，因其模式中首先不含任何自變數，然後依據順向選擇法將對模式貢獻最大者，挑選為自變數進入模式裏，而在每一個步驟中，已被納入模式的自變數必須再經過反向淘汰法的考驗，以決定該項自變數最後要被淘汰或留下，可謂一較嚴謹的方式。

一、循序停靠下的延滯迴歸模式

將循序停靠下的84,000組模擬輸出結果，以SPSS統計套裝軟體進行逐步迴歸分析。

因為非線性迴歸模式有太多種組合，難以事先得知，故本研究先將所有變數值轉換為以e為底之對數值(ln)，再進行線性

迴歸模式的建立與分析。結果如(5-1)式，括號內為 t 值：

$$\ln D = 4.075 - 0.844 \ln L + 0.491 \ln C - 1.646 \ln (G/C) \\ (129.236) (-355.042) (88.214) (-148.856) \\ + 0.153 \ln R - 0.763 \ln H + 0.832 \ln T \quad (3-1) \\ (14.122) (-446.013) (322.645) \quad R^2 = 0.848$$

式中，

D：總延滯（秒／車／站區）

L：站區長度（公尺）

C：週期（秒）

G/C：有效綠燈時比

R：大型公車比率

H：公車平均到達間距（秒）

T：公車平均服務時間（秒）

再將(3-1)式作以下的推演：

$$e^{(\ln D)} \\ = e^{(4.075 - 0.844(\ln L) + 0.491(\ln C) - 1.646[\ln(G/C)] + 0.153(\ln R) - 0.763(\ln H) + 0.832(\ln T))} \\ = e^{4.075} e^{-0.844(\ln L)} e^{0.491(\ln C)} e^{-1.646[\ln(G/C)]} e^{0.153(\ln R)} \\ * e^{-0.763(\ln H)} e^{0.832(\ln T)} \\ \therefore D \\ = 58.8505 * L^{-0.844} * C^{0.491} * (G/C)^{-1.646} * R^{0.153} * H^{-0.763} * T^{0.832} \quad (3-2)$$

(3-2)式中各符號意義均與(3-1)式同。且(3-2)式就是循序停靠下的延滯推估式。

二、隨機停靠下的延滯迴歸模式

以相同方式得到結果如(3-3)式，括號內為 t 值：

$$\ln D = 4.469 - 0.898 \ln L + 0.491 \ln C - 1.391 \ln (G/C) \\ (142.742) (-380.445) (89.138) (-126.739) \\ + 0.162 \ln R - 0.721 \ln H + 0.831 \ln T \quad (3-3) \\ (15.091) (-422.743) (324.426) \quad R^2 = 0.845$$

式中各符號意義均與(3-1)式同。

再將(3-3)式作以下的推演：

$$e^{(\ln D)} \\ = e^{(4.469 - 0.898(\ln L) + 0.491(\ln C) - 1.391[\ln(G/C)] + 0.162(\ln R) - 0.721(\ln H) + 0.831(\ln T))} \\ = e^{4.469} e^{-0.898(\ln L)} e^{0.491(\ln C)} e^{-1.391[\ln(G/C)]} e^{0.162(\ln R)} \\ * e^{-0.721(\ln H)} e^{0.831(\ln T)} \\ \therefore D \\ = 87.2694 * L^{-0.898} * C^{0.491} * (G/C)^{-1.391} * R^{0.162} * H^{-0.721} * T^{0.831} \quad (3-4)$$

(3-4)式中各符號意義均與(3-1)式同。且(3-4)式就是隨機停靠下的延滯推估式。

3.4 容量之推估式

一、循序停靠下的容量迴歸模式

在 3.2 節的設計情境中，固定公車到達間距為紓解間距（3.895 秒）後，將循序停靠下的 12,000 組模擬模式輸出結果，以 SPSS 統計套裝軟體進行逐步迴歸分析。結果如

(3-5)式，括號內為 t 值：

$$\ln Vc = 5.195 + 0.476 \ln L - 0.133 \ln C \\ (195.265) (232.442) (-27.715) \\ + 0.39 \ln (G/C) - 0.208 \ln R - 0.317 \ln T \quad (3-5) \\ (40.922) (-22.361) (-27.715) \quad R^2 = 0.867$$

式中，

Vc：容量（輛／小時）

其餘各符號意義均與(3-1)式同。

同樣再將(3-5)式作以下的推演：

$$e^{(\ln Vc)} \\ = e^{\{5.195 + 0.476(\ln L) - 0.133(\ln C) + 0.39[\ln(G/C)] - 0.208(\ln R) - 0.317(\ln T)\}} \\ = e^{5.195} e^{0.476(\ln L)} e^{-0.133(\ln C)} e^{0.39[\ln(G/C)]} e^{-0.208(\ln R)} e^{-0.317(\ln T)} \\ \therefore Vc \\ = 180.3681 * L^{0.476} * C^{-0.133} * (G/C)^{0.39} * R^{-0.208} * T^{-0.317} \quad (3-6)$$

(3-6)式中各符號意義均與(3-5)式同。且(3-6)式就是循序停靠下的容量推估式。

二、隨機停靠下的容量迴歸模式

以相同方式得到結果如(3-7)式，括號內為 t 值：

$$\ln Vc = 4.933 + 0.548 \ln L - 0.132 \ln C \\ (208.186) (300.566) (-31.082) \\ + 0.326 \ln (G/C) - 0.21 \ln R - 0.363 \ln T \quad (3-7) \\ (38.482) (-25.308) (-179.881) \\ R^2 = 0.915$$

式中各符號意義均與(3-5)式同。

同樣再將(3-7)式作以下的推演：

$$e^{(\ln Vc)} \\ = e^{\{4.933 + 0.548(\ln L) - 0.132(\ln C) + 0.326[\ln(G/C)] - 0.21(\ln R) - 0.363(\ln T)\}} \\ = e^{4.933} e^{0.548(\ln L)} e^{-0.132(\ln C)} e^{0.326[\ln(G/C)]} e^{-0.21(\ln R)} e^{-0.363(\ln T)} \\ \therefore Vc \\ = 138.7953 * L^{0.548} * C^{-0.132} * (G/C)^{0.326} * R^{-0.21} * T^{-0.363} \quad (3-8)$$

(3-8)式中各符號意義均與(3-5)式同。且(3-8)式就是隨機停靠下的容量推估式。

3.5 各級服務水準之建立

以前述實驗設計的 168,000 種情境進行模擬，將其產生之總延滯時間加以分析：

首先，計算得知在站區內、外之每車總延滯時間（秒／車／站區）之平均值為 136.5256、變異數為 38.3675。接著，以 SPSS 統計套裝軟體進行常態分配的檢定工作，結果確為常態分配之型態，所以，可使用因子評點法來作為劃分服務水準等級的理論基礎。

再求得各累計百分比值如表 2 所示：

表 2 總延滯時間各百分比值

累計百分比	累計百分比值
累計第五百分比	54.328 (秒／車／站區)
累計第十六百分比	99.8512 (秒／車／站區)
累計第八十四百分比	192.4936 (秒／車／站區)
累計第九十五百分比	218.801 (秒／車／站區)

最後，選取平均值為 C 級服務水準的上限值，而表 2 內各百分比值間之中值依序為 A、B、D、E 級服務水準之上限值，詳如表 3 所示：

表 3 各級服務水準之延滯值

服務水準	總延滯 (秒／車／站區)
A	≤ 77.0
B	77.0~118.0
C	118.0~137.0
D	137.0~165.0
E	165.0~206.0
F	>206.0

3.6 延滯與流量之關係式

SPSS 統計套裝軟體內的曲線估計工作項，可執行多達十一種的曲線估計迴歸模式，應能充分反映出延滯與流量之間的關係式。

一、循序停靠下的延滯與流量關係式

將循序停靠下的模擬輸出結果，以延滯為應變數、流量為自變數進行曲線估計，由結果顯示，延滯對流量的曲線迴歸模式最適於三次曲線的形式，關係如(3-9)式：

$$D = -0.00003V^3 + 0.0123V^2 - 0.4708V + 34.1669 \quad (3-9)$$

式中，

D：總延滯 (秒／車／站區)

V：公車流量 (輛／小時)

二、隨機停靠下的延滯與流量關係式

同樣將隨機停靠下的模擬輸出結果，以延滯為應變數、流量為自變數進行曲線估計，由結果顯示，延滯對流量的曲線迴歸模式最適於三次曲線的形式，關係如(3-10)式：

$$D = -0.00005V^3 + 0.0206V^2 - 1.0119V + 50.7139 \quad (3-10)$$

式中各符號意義均與(3-9)式同。

四、結論與討論

4.1 各級服務水準之流量

在 3.6 節內已獲知延滯與流量的關係式 ((3-9)及(3-10)式)，透過此關係式之換算，可將 3.5 節中的表 3 擴充為表 4。

表 4 公車專用道服務水準評估表

服務水準	總延滯 (秒／車／站區)	服務流量 (輛／小時)
A	≤ 77.0	≤ 98
B	77.0~118.0	99~133
C	118.0~137.0	134~149
D	137.0~165.0	150~173
E	165.0~206.0	174~220
F	>206.0	>221

4.2 改善公車專用道服務水準之策略

為能減少發生於站區內、外的延滯情況及增加服務流量，本研究提出以下幾點，作為改進公車專用道服務水準的參考。

- 循序式為最有效利用站區的停靠方式，其服務流量明顯大於隨機停靠，故應確實執行循序停靠。
 - 在街廓允許範圍內，增長站區長度，可減少所造成之總延滯時間，即可提高其服務水準。
 - 發生隨機停靠的主要原因係公車駕駛以候車亭作為停靠位置，因此，建議將候車亭由站區最前端起建。
 - 可由解決磁卡收費系統速度緩慢之問題，及建立乘客上、下車的動線規則，以縮短公車的服務時間。
 - 在考量各營運時段內的乘客需求量後，彈性調度大、中型公車行駛，以減少整體路網的交通負荷。
- ### 4.3 建議
- 本研究並未納入公車左轉之行為，乃因就內側公車專用道而言，左轉對車流影響甚大，不宜作此設計。
 - 本研究所建立的服務水準評估準則，可作為乘客、業者與政府三方合理判斷公車專用道實施績效的基礎，亦可提供其他欲規劃施行公車專用道都市之參考依據及期望目標。
 - 在實務應用時，可以將本研究所建立的各

級服務水準評估值，以 5 之倍數簡單取值，達到方便使用之目的。

五、參考文獻

1. Hony, W. F., and Levinson, H. S., "Bus Capacity Analysis.", *Trans-portation Research Record* 546, Transportation Research Board, Washington D. C., 1975, pp.30~43.
2. JHK & Associates, "HCHRP Project 3-28:Development of an Im-proved Highway Capacity Manual", TRB Circular 212, 1980, pp.3~36.
3. "Highway Capacity Manual", *Transportation Research Record, Special Report 209*, TRB, Washington D. C., 1985.
4. "Highway Capacity Manual", *Transportation Research Record, Special Report 209*, TRB, Washington D. C., 1994.
5. 宋有堂,「市區道路公車專用道條件之研究」,台灣大學土木工程學研究所碩士論文,民國六十七年六月。
6. 周義華,「公車設站位置與行駛時間之研究」,運輸計劃季刊,第十卷第一期,民國七十年三月,49~63 頁。
7. 龍天立、周義華等,「台北市道路系統服務水準評估及近程改善計劃之研究」,台北市政府工務局委託台灣大學土木工程研究所辦理,民國七十一年七月一日。
8. 陳武正等,「台北市道路交通瓶頸改善規劃研究」,台北市政府工務局新工處委託交通大學運輸工程與管理學系辦理,民國七十二年一月。
9. 魏建宏,「混合車流狀況下市區道路 V/C 比值與車流延滯之關係研究」,台灣大學土木工程學研究所碩士論文,民國七十三年六月。
10. 交通部運輸研究所,「台灣地區公路容量手冊技術報告：第二部分」,民國七十六年五月。
11. 龍天立、吳盟分、張學孔,「都市幹道服務水準評估方法之研究」,運輸計劃季刊,第十六卷第二期,民國七十六年六月,287~318 頁。
12. 交通部運輸研究所,「非號誌化交叉路口容量影響因素與服務水準分析」,民國七十七年十二月。
13. 黃聖源,「駕駛行為因素對於市區幹道系統服務水準影響分析之初探」,台灣大學土木工程學研究所碩士論文,民國七十八年六月。
14. 王子禧,「都市地區幹道系統服務水準指標之探討」,台灣大學土木工程學研究所碩士論文,民國七十九年六月。
15. 交通部運輸研究所,「台灣地區公路容量手冊」,民國七十九年十月。
16. 許添本,「服務水準專題研究—台北市道路系統服務水準評估及近期改善方案補充研究」,台灣大學土木工程學研究所,民國八十一年三月打印。
17. 謝中週,「公車專用道實施方式評估之研究」,交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國八十年六月。
18. 王明堂,「都市交通效率指標之建立—以台北市為例」,中興大學都市計畫研究所碩士論文,民國八十二年六月。
19. 謝惠雄,「號誌化交叉口安全導向服務水準評估方法之研究」,台灣大學土木工程學研究所碩士論文,民國八十三年六月。
20. 蘇志強,「公車優先通行與調適性交通號誌整合控制之研究」,八十四年道路交通安全與執法研討會論文集,民國八十四年四月,265~279 頁。
21. 任維廉等,「公車專用實施前後之公車營運調查」,台北市政府交通局委託交通大學交通運輸研究所辦理,民國八十五年十月。
22. 賈毓虎,「公車專用道之容量分析」,台灣大學土木工程研究所碩士論文,民國八十六年六月。
23. 常華珍、「台北市公車專用道實施績效評估」,交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國八十六年六月。
24. 張學孔,「台北市公車專用道及棋盤式路網功能加強之研究」,台北市政府交通局委託中華民國運輸學會辦理,民國八十六年十二月。
25. 孫千山,「公車專用道容量推估方法之研究」,台灣大學土木工程研究所碩士論文,民國八十七年六月。