

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※

※

※ **國道客運最適座位數之研究** ※

※

※※※

計畫類別：個別型計畫    整合型計畫  
計畫編號：NSC90-2416-H-032-014  
執行期間：90年8月1日至91年7月31日  
計畫主持人：張勝雄  
計畫參與人員：薛富謐

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

執行單位：淡江大學運輸管理學系

中華民國九十一年七月三十一日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 國道客運最適座位數之研究

### A Study on Optimization of the Number of Seats for Intercity Bus

計畫編號：NSC90-2416-H-032-014

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：張勝雄 淡江大學運輸管理學系

計畫參與人員：薛富謐 淡江大學運輸管理學系

#### 一、中文摘要

國道客運為創新經營服務型態、提昇服務品質，相繼採用雙排式總統座椅提供運輸服務。然較少座位數之營運方式，是否一定對乘客有利，既有服務品質能否正面提升，對社會資源是否能夠有效使用。本研究首要目的即從提昇高速公路客運服務品質、資源有效運用的觀點探討此一最適座位數課題。

構建之模式係以管制者觀點尋求社會總成本最小之班車座位數，包括基本模式與考慮擁擠成本之最佳模式兩部份，冀能將客運採少座位數方式載客，路線班次數增加，造成高速公路使用者旅行時間增長之擁擠成本，納入社會總成本之考量。

模式推導結果顯示，在車輛供給無虞、乘客到達可立即被服務、時段乘客為均一到達等前提下，最適座位數與等車時間價值、等車時間對班距比值及合理乘載率的平方根成反比；與最大需求量、各時段需求平均、迴車時間、滿載係數、單位班次行駛成本、單位車輛成本、營運時間、路線單位班車擁擠成本的平方根成正比。本研究並以國道客運台北-台中線之營運資料測試，最適座位數介於33-45座可使社會總成本達最小化。

**關鍵字：**國道客運、座位數、擁擠成本

#### Abstract

A new intercity bus service, so-called 'President Seat Bus' with only 19-21 seats in a regular bus, was introduced to the intercity transportation market since 1998. For maintaining a given service

capacity, buses with less number of seats must short bus headway and increase their service frequency. Then, the passenger will benefit from reducing their waiting time due to shorter headway. However, the bus fleet, operation cost, and fare will also increase due to the change of the number of seats of intercity buses. From a minimum social cost point of view, the purpose of this study is to find an optimize solution which is the trade-off between the passenger advantages and operator's cost.

Two analytic models are developed to find the optimization number of seats for intercity bus, one basic model consider the operators' and passengers' cost, the other model consider the external (congestion) cost in addition. The basic assumptions of analytic model include unlimited fleet, constant arrival rate within the short period.

The results shows that the optimization number of seats increases as the passenger demand, the bus circulation time, the occupancy, and the bus fixed/variable cost increase, and decreases as the value of waiting time, the ratio of waiting time to headway, and load factor decrease. The optimization of the number of seats in Taipei-Taichung line is estimated 33-45 seats under the existing market demand and assumption.

**Keywords:** Intercity Bus, Number of Seats, Congestion costs

#### 二、緣由與目的

國道客運相繼採用雙排式總統座椅提

供運輸服務，希望藉由座椅數的減少，獲得較大的乘座空間與服務品質。然以客車座位數縮減（即車輛容量減少）之服務型態而論，若旅客之需求型態與數量不變，營運者須以較多的車輛數提供服務，方可滿足旅客需求，此將造成業者營運成本的提高，最終反映至旅運成本，進而影響旅客需求。另一方面，客車座位數減少，發車班次數應相對提高，方能維持相同之運能。此時乘客等車時間可因班距的縮短而減少。由業者與使用者、政府、其他使用者之權衡關係可知，其中應存在一最適座位數，使社會總成本最小。本研究旨在從提昇高速公路客運服務品質、資源有效運用的觀點探討此一最適座位數課題。

### 三、結果與討論

本研究由管制者角度尋求社會總成本最小之座位數，以兼顧營運者與使用者的權益，所界定的系統範圍尚包括國道客運之營運環境，亦即考慮高速公路車流量之影響。與過去研究不同的是，國道客運業者係在相同車型下，利用不同座位數的配置改變其營運方式，營運者必須以較高的營運成本（相同服務容量之前提），提供較舒適的乘坐空間。

社會總成本之組成項目包括營運者成本、使用者成本與外部（擁擠）成本（參見附圖）。業者根據乘客需求、座位數與設定乘載率決定服務能量（班次數），並由迴車時間求得路線所需之車隊規模，依據服務之產能決定營運者成本。路線之服務能量會影響道路之交通狀況，當高速公路發生擁擠現象時即產生所謂的外部成本；一方面影響高速公路交通流量，一方面影響乘客之等車與乘車時間。使用者成本係以乘客等車時間加上車內旅行時間兩部份表示。

模式係以社會成本最小化為目標，基本模式中社會總成本僅包括營運者成本與使用者成本兩項；考慮擁擠成本之最佳模式則進一步將路線班次數增加所產生的外部成本納入社會總成本之中，期將客運班車造成之外部成本內部化。

#### (一) 模式構建

為簡化模式，僅針對特定客運公司的單一路線進行研究，所考慮之車隊規模（車輛數）僅服務於該營運路線；在營運路線設計上，單純考慮直達型路線，無其他接駁型或是轉運型之路線設計。最適座位數係相同車型下比較之結果，並且不考慮乘客需求隨不同座位數變動之情況。

#### (1) 基本模式

*Min. TC* (社會總成本最小)

$$TC = C_B + C_U \\ = (C_O + C_F + C_R) + (C_w + C_{int}) \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$C_F = C_f \times N \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$$N = \frac{Tc}{H_{min}} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

$$H_{min} = \frac{S \times \rho}{P_{max}} \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

$$C_R = (C_r - \beta) \times F \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

$$F = \sum_{t=1}^{T_0} \frac{1}{h_t} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

$$h_t = \frac{\alpha \times S}{P_t} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

$$C_w = v_w \times \sum_{t=1}^{T_0} h_t \times \delta \times P_t \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

$$C_{int} = v_{int} \times \sum_{t=1}^{T_0} P_t \times T_T \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

$$s.t. \quad S \leq K \quad (\text{車型容量限制})$$

#### (2) 考慮擁擠成本之最佳模式

*Min. TC*

$$TC = C_B + C_U + C_E \\ = (C_O + C_F + C_R) + (C_w + C_{int}) + C_E \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

$$C_E = \sum_{t=1}^{T_0} \sum_m \sum_k \frac{\partial T_t^m}{\partial f_t} \times \left( \frac{c_f}{T_0} + P_t \times v_{int} + V_t^{m,k} \times VOT^k \right) \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

$$s.t. \quad S \leq K$$

其中，最小班距係利用最大乘載區間的概念，將最大乘載區間定為各時段中之最大

需求量  $P_{\max}$ ，營運者根據過去歷史資料找出單位小時最大需求量，再依照選定之滿載係數  $\rho$  與座位數  $S$  求出。而各時段班距與需求量、座位數之關係式(3.7)則沿用藍武王[5]班距的決定方式，合理乘載率  $\alpha$  乘上車輛容量，再除以之乘客需求  $P_i$  而得。

而擁擠成本則以在時間  $t$  增加一部客運班車對高速公路車流造成之影響表示之，為客運班車數變動對路線所經過路段旅行時間之變動，乘上路段  $m$  各車種之車流量（表示為  $V_i^{m,k}$ ）以及各車種時間價值衡量單位  $VOI^k$ ，即為國道客運班車對高速公路車流量造成之擁擠成本。其中，客運班車本身為道路擁擠之貢獻者亦為受影響者，因此班車數變動產生之擁擠，將造成營運者與乘客兩者車行時間成本之增加。

## (二) 模式推導結果

利用拉氏鬆弛法求解目含有限制式之目標函數，模式推導結果如下：

### (1) 基本模式

$S^* = K$ ，當容量限制式有效（binding）；當容量限制式無效（unbinding）時，可解得最適座位數  $S^*$ ，

$$S^* = \sqrt{\frac{(P_{\max} \times \rho \times T_c \times \alpha) \times (\frac{c_f}{T_0}) + \bar{P} \times (c_r - \beta)}{v_w \times \delta \times \alpha^2}}$$

### (2) 考慮擁擠成本之最佳模式

$S^* = K$ ，當容量限制式有效；當容量限制式無效時，解得最適座位數  $S^* =$

$$\sqrt{\frac{(P_{\max} \times \rho \times T_c \times \alpha) \times (\frac{c_f}{T_0}) + \bar{P} \times (c_r - \beta) + \overline{P_i \times y_i}}{v_w \times \delta \times \alpha^2}}$$

，  $y_i = \sum_m \sum_k y_i^m \times (\frac{c_f}{T_0} + P_i \times v_{int} + V_i^{m,k} \times VOI^k)$   
 $y_i$  為班車擁擠成本參數值。

### (三) 結果討論

由模式推導結果可知，最適座位數與等車時間價值、等車時間對班距比值及合理乘載率的平方根成反比；與最大需求量、各時段需求平均、迴車時間、滿載係數、單位班次行駛成本、單位車輛成本、

營運時間、班車擁擠成本的平方根成正比。以國道客運台北-台中線為測試實例，最適座位數介於 33-45 座可使社會總成本達最小化。

## 四、計畫成果自評

本研究認為目前國道客運客車座位數與舒適度兩者間並無直接的因果關係（就人體工學的角度而言），座位數的多寡並不影響乘客需求，而最適座位數則基於國道客運需求固定的前提下求解。然而，座位數、乘坐舒適度與乘客需求關係為何，仍可待後續研究探討，若經驗證客車採不同座位數確會影響乘客需求，座位數型式將改變客運之市場佔有率，則可從營運者利潤觀點求得長期均衡下之最適座位數。以目前之營運資料分析，最適座位數 33-45 座與客運業者採用之座位型式（19-24 座），實有甚大差異，值得運輸主管單位思考運輸系統之資源使用效率與市場進出、票價、服務水準管制等機制。

有關詳細內容與兩排座客車相關課題探討，可參閱參考文獻中之相關著作。

## 五、參考文獻

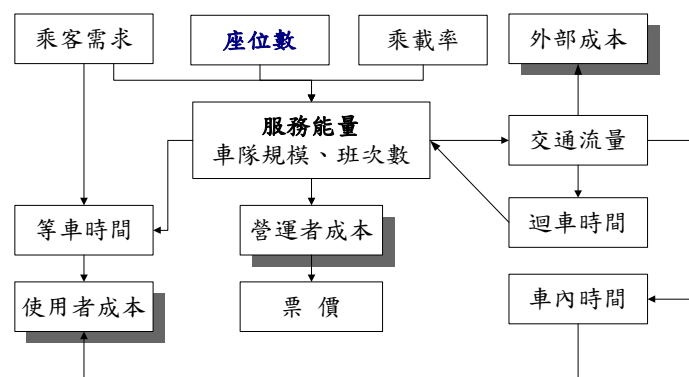
1. 薛富謐，國道客運最適座位數之研究，淡江大學運輸科學研究所碩士論文，2002
2. 張有恆、廖天賦（1991），「最適都市公車型式之研究—分析數學法之應用」，**運輸學刊**，第十四期，21~48 頁。
3. 張學孔（1991），「最佳公車容量與成本特性之分析」，**運輸計劃季刊**，第二十卷第四期，393~406 頁。
4. 張玉君（1993），「公車系統最適車輛容量之研究」，台灣大學土木工程研究所碩士論文。
5. 藍武王、林祥生（1997a），「均質環境下城際國道客運服務策略之最佳化分析」，**運輸學刊**，第十卷第三期，39~78 頁。

6. 林容聖 (2000), 「旅運需求與迴車時間變異對國道客運排班與車隊影響之研究」, 交通大學運輸工程研究所碩士論文。
7. 廖惠珠、朱雲鵬(1995), 「最適公車費率之探討」, 運輸計劃季刊, 第二十四卷第二期, 177~194 頁。
8. 鄭淑穎 (1996), 「高速公路擁擠稅之分析」, 東吳大學經濟學研究所碩士論文。
9. Jansson, J.O. (1980). A simple bus line model for optimization of service frequency and bus size. *Journal of Transportation Economic and Policy* 14:1, pp.53-80.
10. Bly, P.H. & Oldfield, R.H. (1988). An analytic investigation of optimal bus size. *Transportation Research* 22B:5, pp. 319-337.
11. Lee, K.K.T., Kuo, S.H.F. and Shonfeld, P.M. (1995). Optimal Mix Bus Fleet for Urban Operations. *Transportation Research Record*, 1503, pp.39-48.
12. Viton, P.A. (1983). Pareto-Optimal Urban Transportation Equilibria. *Research in Transportation Economics*, Vol.1, pp.75-101.
13. Gronau, R. (2000). Optimum Diversity in the Public Transport Market. *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 34, Part 1, pp.21-42.
14. Solomon, M.M (1987). Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Windows Constraints. *Operation Research*, 35:2.

### 模式參變數說明

- $C_B$  營運者成本(元/天)
- $C_o$  路線營運成本(元/天)
- $C_R$  行駛成本(元/天)

- $C_F$  車隊成本(元/天)
- $c_f$  單位車輛成本(車/元)
- $c_r$  單位班次行駛成本
- $C_U$  乘客時間成本(元/天)
- $C_w$  等車時間成本(元)
- $C_{int}$  車內時間成本(元)
- $C_E$  外部成本
- $C_{E(L)}$  路線  $L$  時間  $t$  之外部成本(元/時)
- $F$  總發車班次數(班次/天)
- $f_t$  時間  $t$  之發車班次數(班次/時)
- $h_t$  班距(時)
- $K$  容量上限(座位/車)
- $L$  路線行駛距離(公里)
- $P_{max}$  各時段中最大需求量(人/時)
- $P_t$  客運  $t$  時段之乘客需求(人/時)
- $S$  車輛容量(座位/車)
- $T_o$  營運時間(小時)
- $T_c$  迴車時間(小時)
- $T_T$  班車行駛時間(小時)
- $T_t^m$  路段  $m$ 、時間  $t$  之旅行時間(小時)
- $TC$  社會總成本(元/天)
- $v_w$  等車時間價值(元/小時)
- $v_{int}$  車內時間價值(元/小時)
- $w^m$  路段  $m$  之公路容量
- $y_t$  時間  $t$  之外部成本參數
- $r$  設定合理乘載率
- $\beta$  補貼 (高速公路通行費)
- $u$  等車時間對班距的比值
- $\rho$  滿載係數
- $VOT^k$  車種  $k$  之時間價值衡量單位(元/車-小時)
- $V_t^{m,k}$  路段車流量, 路段  $m$ 、時間  $t$  車種  $k$  之車輛數(車/小時)



附圖 座位數與社會總成本各項組成關係圖