

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

應用賽局理論擬定公共停車場最適費率

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2416-H-032-003-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：淡江大學運輸管理學系

計畫主持人：石豐宇

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 3 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

應用賽局理論擬定公共停車場最適費率

A Game Theory Approach for the Optimal Parking Rates of Public Parking Facilities

計畫編號：93-2416-H-032-003

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

主持人：石豐宇 淡江大學運輸管理學系

計畫參與人員：吳國羣 洪孟甫

一、中文摘要

近年來由於個人運輸工具日趨普及，造成都會區交通擁塞與停車問題日趨嚴重。停車費率雖為調節停車供需的有效工具，但目前都市中心區公有停車場費率偏低，而使民營停車場因費率過高而閒置，造成停車空間更形不足。為改善此一問題，公有停車場必需解除費率管制，使得與民營停車場得與公有停車場公平競爭，而其費率則應取決於市場之供需情況。因此，具有寡占特性及無轉移性的停車場經營事業，可應用賽局理論求得公有停車場與民營停車場之最適費率。本計畫首先回顧目前都市停車管理之相關法規與策略；其次透過停車需求調查，了解不同區域影響停車場供需之因素，以建構合理的停車場報酬函數。停車場報酬函數包括區位總停車需求，駕駛對不同停車方案(含路邊停車與違規停車)之選擇行為，以及停車場之成本函數。其中，駕駛選擇模式除考慮區位、費率、步行距離與停車需求特性外，亦將納入違規停車之取締風險。至於停車場之成本函數，除考慮路邊與路外，亦考量公營與民營停車場在土地與經營成本之差異。如公營停車場如考慮委外經營時，如何透過 Bertrand 賽局，體現市場機制，以求得均衡停車費率。其次，公營停車場如不考慮委外經營時，應如何透過 Stackelberg 賽局制定停車費率，使社會福利最大化。最後，本計畫以台

北市信義計畫區為例，進行實證分析。

關鍵詞：停車場費率，靜態 Bertrand 賽局，動態 Stackelberg 賽局

Abstract

Recently, automobiles and motorcycles have become the most popular mode of transportation in Taiwan's metropolitan area. As a result, traffic congestion and the shortage of parking spaces were deteriorated. The most effective way to reduce the usage of private vehicles as well as to decrease the need of parking is to raise the parking rates in downtown area. Currently, the parking rates of the municipal parking lots are much lower than the public parking lots operated by private sectors. Therefore, utility rates of public parking lots in private sectors were low and the supply for parking spaces remained insufficient. To overcome the problem, we need to deregulate parking rates of municipal parking lots. We seek to explore the optimal parking rates by applying non-cooperative game theory for municipal and private-owned parking lots. First, we review the current regulations and strategies adopted for urban parking management. Then we develop payoff functions based on demand and supply of parking spaces under various trip purposes. The payoff functions consist of O-D demand of parking spaces, the model of driver's choices on parking lots (including legal and illegal roadside parking), and the operating costs. The choice model included variables such as

parking rates, location, walking distance, and the risk of illegal parking. The cost function takes into account the variation of operating costs between different parking facilities. Next we solve the optimal parking rates in the scenario of deregulation by applying Bertrand games. In the scenario of regulation, we solve the optimal parking rates by applying Stackelberg game. Finally, a case study based on survey data collected from Taipei's Xin-Yi Planning District was presented.

Keywords : Parking Rates, Bertrand Static Games, Stackelberg Dynamic Games

二、緣由與目的

由於國民所得提高，民眾習於使用便宜方便的個人化運輸工具，是造成交通擁塞、都市空間紊亂的直接原因，停車位供不應求導致停車問題日趨嚴重，而用路人付出之費用是否與所造成之龐大社會成本顯不相稱亦是重要關鍵。

停車費率即是調節停車供需的有效工具，然停車場之特性不同，必須考量其不同特性才能適時適地的解決停車問題，依設立單位有公有停車場與民營停車場之不同，設立地點有市區及郊區之不同，依設立型式又將分為路邊停車場與路外停車場。

目前台北市公有停車場停車費率調整依據主要為「停車場法 31 條」與「台北市公有停車場收費費率標準」。停車場法於民國 80 年公佈時，即考量為推動費率合理化、導引民間參與投資公共停車場，故於 31 條規定「路邊停車場及公有路外公共停車場之收費，應依區域、流量、時段之不同，訂定差別費率。前項費率標準，由地方主管機關依計算公式定之，其計算公式應送請地方議會審議」。據此，台北市政府亦於民國 82 年公布實施「台北市公有停車場收費費率標準」作為公有停車場收費依據，依 85 年修正公布內容可知，共訂定 6 種停車費

率級距，其中小型車位費率分成 5 種停車費率級距，計時為 20~60 元/時、計次為 30~180 元/次。但綜觀目前台北市中心區小型車實際收費水準，民營停車場停車費率多為每小時 50~60 元(最高達 100 元)，然公有路外公共停車場停車費率則多為每小時 20~30 元(最高為 40 元)、路邊停車場停車費率亦多為每小時 30~50 元，實屬偏低，且與民營停車場之費率落差甚大。

由於國內對停車場費率公式訂定與費率調整機制之研究不多，有必要透過深入研究擬出合理停車場費率計算公式與調整機制。然而以往國內對停車場費率之相關研究多由總支出成本、社會成本、合理報酬等層面探討公有停車場之費率，少有以賽局理論之觀點來探討公有停車場與民營停車場之均衡費率。停車場之寡占特性，使其具有互相牽制與依存性，因此，應用賽局求均衡解是一適當的方法。

綜合上述方向，本研究目標如下：

1. 應用賽局理論求取公有停車場與民營停車場之均衡費率，以了解公有停車場之費率水準是否已合理反應市場價格，達到使用者付費之原則。
2. 分析停車場費率之調整對於改善地區交通、提升停車場使用率、周轉率以及社會福利之影響。

三、結果與討論

模式主要包含四個部份：1) 停車需求函數模式；2) 市場佔有率模式；3) 公有停車場與民營停車場之使用率模式；以及 4) 成本模式。停車場之選擇機率與使用者效用函數如 (1)、(2) 式所示。

$$S(p, h) = \frac{e^{V_{ak}}}{\sum_{k=1}^K e^{V_{ak}}} \quad (1)$$

$$V_{ak} = \alpha_{ak} + \beta_{ak} P_{ak} + \gamma_{ak} h_{ak} + \omega T_{ak} \quad (2)$$

其中，

$S(p, h)$ =停車地點(停車場k)在a地區之選擇機率。

V_{ak} =停車地點(停車場k)在a地區帶給使用者之效用。

P_{ak} =停車地點(停車場k)在a地區之停車費用。

h_{ak} =使用者平均步行時間。

T_{ak} =找尋停車位之時間代價。

因個別停車場之成本資料大多無長期一致的紀錄，因此本研究對各停車場成本估算以停車位取得成本及營運管理費來推算，即以業者所產生的投資成本或轉投資成本加上每個月的管理費，現行研究區域內平均每車位的取得成本約250萬，如果以現在的年貸款利率3%~5%來算，則每車位每年的合理報酬為7.5~12.5萬，再加上每個月每車位管理費平均約1500，(每天每車位至少要有252~386元的收入)，假設公營1停車場每車位的成本約252元/天，公營2停車場部分為公辦民營，故取中間利率4%來計算約319元/天，民營1停車場每車位的成本約386元/天，民營2多為百貨公司或賣場，因此停車成本假設與公營1停車場相同約

252元/天，則四個停車分區的車位成本如下表1所示。

表1：四個停車場分區營運成本表

區塊	公營1	公營2	民營1	民營2
車位數	2500	800	1000	1300
成本(元/天)	630000	255200	386000	327600

本研究利用 Mathematica 及 Excel 軟體求解各停車分區平日與假日之均衡費率，並應用 Bertrand 與 Stackelberg 兩種求解方式求得其均衡解，整理如下列各表所示：

表2：Bertrand 模型求解假日各停車場之均衡費率

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公營1	91	73	20001	146.0095	83.0095
公營2	81	70	10149	71.0451	45.5251
民營1	68	34	15056	51.1904	12.5904
民營2	59	30	19285	57.8554	25.0954

註一：實質費率=優惠比率×優惠費率+(1-優惠比率)×非優惠費率

註二：公營1之優惠比率為30%，公營2之優惠比率為20%，民營1之優惠比率為50%，民營2之優惠比率為50%。(上述比率根據現況停車場使用狀況推估)

註三：公營之優惠費率為1/3*名目費率，民營之優惠費率為免停車費。

表3：Bertrand 模型求解平日各停車場之均衡費率

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公營1	88	53	23581	124.9776	61.9776
公營2	70	56	9509	53.249	27.729
民營1	62	37	13781	50.9888	12.3888
民營2	65	39	12977	50.609	17.849

註一：實質費率=優惠比率×優惠費率+(1-優惠比率)×非優惠費率

註二：公營1之優惠比率為60%，公營2之優惠比率為30%，民營1之優惠比率為40%，民營2之優惠比率為40%。(上述比率根據停車場使用現況推估)

註三：公營之優惠費率為1/3*名目費率，民營之優惠費率為免停車費。

表4：Stackelberg 模型求解假日各停車場均衡費率

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公1+公2	10	8	38359	30.687	-57.833
民營1	35	18	7323	13.181	-25.419
民營2	34	17	11150	18.9548	-13.8052

註一：(領導者為公營1+公營2)

註二：名目費率 * 名目停車延時 = 實質費率 * 實際停車延時 = 現況營收

註三：公營1之優惠比率為30%，公營2之優惠比率為20% (假設公1+公2之優惠比率為25%)，民營1之優惠比率為50%，民營2之優惠比率為50%。(上述比率根據停車場使用現況推估)

註四：公營之優惠費率為1/3*名目費率，民營之優惠費率為免停車費。

表5：Stackelberg 模型求解平日各停車場均衡費率

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公1+公2	11	8	31424	25.1394	-63.3806
民營1	38	23	3872	18.905	-19.695
民營2	29	17	6370	10.8286	-21.9314

表 6：Stackelberg 模型假日各停車場之均衡費率
(營收加權 1.5 倍)

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公 1+ 公 2	111	93	9695	90.1653	1.6453
民營 1	80	40	17168	68.672	30.072
民營 2	68	34	22970	78.098	45.338

表 7：Stackelberg 模型平日各停車場之均衡費率
(營收加權 1.5 倍)

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公 1+ 公 2	79	55	12535	68.9433	-19.5767
民營 1	60	36	13383	48.18	9.58
民營 2	66	40	13751	55.0044	22.2444

表 8：Stackelberg 模型假日各停車場之均衡費率
(營收加權 2 倍)

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公 1+ 公 2	145	121	19285	233.35	144.83
民營 1	95	48	20247	97.19	58.59
民營 2	80	40	26748	106.99	74.23

表 9：Stackelberg 模型平日各停車場之均衡費率
(營收加權 2 倍)

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公 1+ 公 2	104	73	20632	150.613	62.093
民營 1	68	41	14101	57.8136	19.214
民營 2	82	49	16280	79.7696	47.010

表 10：現況假日各停車場之均衡費率

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公營 1	30	24	33613	80.67	17.67
公營 2	50	43	7134	30.675	5.16
民營 1	50	25	10560	26.4	-12.20
民營 2	70	35	7258	25.403	-7.36

表 11：現況平日各停車場之均衡費率

競爭者	名目費率 (元/小時)	實質費率 (元/小時)	實際停車 延時 (小時/天)	營收 (萬元/天)	利潤 (萬元/天)
公營 1	30	18	39983	71.97	8.97
公營 2	40	32	8689	27.80	2.28
民營 1	40	24	12092	29.02	-9.58
民營 2	70	42	3062	12.86	-19.90

表 12：Bertrand 模式假日社會福利

競爭者	公營 1	公營 2	民營 1	民營 2	總計
均衡費率 (元)	73	70	34	30	—
停車延時	20001	10149	15056	19285	64491
總營收(萬)	146.01	71.05	51.190	57.86	326.1
總成本(萬)	63	25.52	38.6	32.76	159.88
利潤(萬)	83.01	45.525	12.590	25.1	166.22
消費者剩餘 (萬)	-131.35	-23.33	-11.527	6.636	-159.58
社會福利 (萬)	-48.34	22.19	1.063	31.73	6.643

表 13：Bertrand 模式平日社會福利

競爭者	公營 1	公營 2	民營 1	民營 2	總計
均衡費率 (元)	53	56	37	39	—
停車延時	23581	9509	13781	12977	59848
總營收(萬)	124.98	53.249	50.989	50.609	279.82
總成本(萬)	63	25.52	38.6	32.76	159.88
利潤(萬)	61.98	27.729	12.389	17.849	119.94
消費者剩餘 (萬)	-111.23	-21.838	-16.818	2.4059	-147.49
社會福利 (萬)	-49.26	5.8914	-4.4287	20.255	-27.542

表 14：Stackelberg 模式假日社會福利

競爭者	公營 1+ 公營 2	民營 1	民營 2	總計
均衡費率 (元)	8	18	17	—
停車延時	38359	7323	11150	56832
總營收(萬)	30.687	13.181	18.9548	62.8228
總成本(萬)	88.52	38.6	32.76	159.88
利潤(萬)	-57.833	-25.419	-13.8025	-97.0572
消費者剩餘 (萬)	77.9087	6.2591	16.5672	100.735
社會福利 (萬)	20.0757	-19.1599	2.7647	3.6778

表 15：Stackelberg 模式平日社會福利

競爭者	公營 1+ 公營 2	民營 1	民營 2	總計
均衡費率 (元)	8	23	17	—
停車延時	31424	3872	6370	41666
總營收(萬)	25.1394	18.905	10.8286	54.873
總成本(萬)	88.52	38.6	32.76	159.88
利潤(萬)	-63.3806	-19.695	-21.9314	-105.007
消費者剩餘 (萬)	51.3275	0.7982	11.79	63.9157
社會福利 (萬)	-12.0531	-18.8968	-10.1414	-41.0913

表 16：Stackelberg 模型假日社會福利（營收加權 1.5 倍）

競爭者	公營 1+ 公營 2	民營 1	民營 2	總計
均衡費率 (元)	93	40	34	—
停車延時	9695	17168	22970	49833
總營收(萬)	90.1653	68.672	78.098	236.935
總成本(萬)	88.52	38.6	32.76	159.88
利潤(萬)	1.6453	30.072	45.338	77.0553
消費者剩餘 (萬)	-164.438	-20.796	1.5114	-183.722
社會福利 (萬)	-162.793	9.276	46.8494	-106.667

表 17：Stackelberg 模型平日社會福利（營收加權 1.5 倍）

競爭者	公營 1+ 公營 2	民營 1	民營 2	總計
均衡費率 (元)	55	36	40	—
停車延時	12535	13383	13751	39669
總營收(萬)	68.9433	48.18	55.0044	172.1277
總成本(萬)	88.52	38.6	32.76	159.88
利潤(萬)	-19.5767	9.58	22.2444	12.2477
消費者剩餘 (萬元)	-104.875	-15.285	1.6813	-118.479
社會福利 (萬元)	-124.452	-5.705	23.9257	-106.231

表 18：Stackelberg 模型假日社會福利（營收加權 2 倍）

競爭者	公營 1+ 公營 2	民營 1	民營 2	總計
均衡費率 (元)	121	48	40	—
停車延時	19285	20247	26748	66280
總營收(萬)	233.3485	97.185	106.992	437.5255
總成本(萬)	88.52	38.6	32.76	159.88
利潤(萬)	144.8285	58.585	74.232	277.6455
消費者剩餘 (萬元)	-278.059	-35.4281	-8.5015	-321.989
社會福利 (萬元)	-133.231	23.1569	65.7305	-44.3434

表 19：Stackelberg 模型平日社會福利（營收加權 2 倍）

競爭者	公營 1+ 公營 2	民營 1	民營 2	總計
均衡費率 (元)	73	41	49	—
停車延時	20632	14101	16280	51013
總營收(萬)	150.6128	57.8136	79.7696	288.196
總成本(萬)	88.52	38.6	32.76	159.88
利潤(萬)	62.0928	19.2136	47.0096	128.316
消費者剩餘 (萬元)	-180.628	-22.2641	-6.7697	-209.646
社會福利 (萬元)	-118.519	-3.0505	40.2399	-81.3296

討論：

1. 本研究以賽局理論的觀點，求解停車場之均衡費率，以供決策單位作為日後調整停車費率的參考與依據。
2. 在停車需求模式上分三個旅次目的所校估出來的模式係數大致上都顯著，且正負符號亦合乎先驗知識。最後用合併模式之參數較估值。
3. 在停車需求預測迴歸式中所校估出之係數皆為顯著，惟獨一開始所給定之停車使用率需作重複調整與檢定才會更精確。
4. 實證顯示 Bertrand 與 Stackelberg 兩模式求得之均衡解較現況費率高。
5. 社會福利分析方面，民營分區內之停車場會造成社會福利下降，其他分區都呈現上升的趨勢。可能原因乃區內停車場僅供至該地購物之消費者使用，一般人則必須負擔更高之費用，因而造成社會福利的損失。
6. 本研究比較兩模式對於社會福利之影響，並試圖以不同營收加權倍數反映社會成本，結果因 Stackelberg 模式之均衡費率均較 Bertrand 模式低，故整體社會福利亦較低。

參考文獻

1. 藍武王，「都市停車費率訂定原則與方法」，交通部運輸研究所，運輸計劃季刊，9 卷 3 期，頁 311-頁 326，民國 69 年 9 月。
2. 藍武王，「台北市停車收費問題之探討」，交通部運輸研究所，運輸計劃季刊，9 卷 4 期，頁 453-頁 474，民國 69 年 12 月。
3. 徐淵靜，李為忠，「最佳停車供應量之研究」，交通部運輸研究所，運輸計劃季刊，13 卷 2 期，頁 141-頁 164，民國 73 年 6 月。
4. 交通部運輸研究所，公有停車場費率計算公式之研究，委託

- 台灣大學土木研究所辦理，民國 80 年 6 月。
5. 曹壽民、羅孝賢、劉瑞麟，公有停車場費率之研究，運輸計畫季刊 21 卷第一期，民國 81 年 3 月。
 6. 張新立、葉純志，我國公共停車費率政策之研究，運輸學會第 12 屆學術論文研討會，民國 86 年 12 月。
 7. 台北市交通安全促進會，台北市停車收費問題民意調查分析，臺北市停車管理處委託辦理，民國 88 年 12 月。
 8. 湯小鴻、晏克非，商業性停車場收費定價方法研究，上海同濟大學，民國 90 年。
 9. 交通政策白皮書(運輸)，交通部，中華民國 91 年 1 月。
 10. 姚景興，民國 78 年，實驗設計，華泰書局出版。
 11. Ben-Akiva. M, and Lerman. S. , 1985, **Discrete Choice Analysis**. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
 12. Owen G. 1982, **Game Theory –Second Edition**, Academic Press Inc., Orlando, Florida.