

□ 論 文 □

交通混雜費用 適用에 따른 乘用車 行態分析에 관한 研究

A Behavioral Analysis of automobil users apply consection toll theory

朴 昌 浩

서울대학교 도시공학과 교수

晋 森 鉉

(주)교통정책연구원장

— 목 차 —

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. 序論 | 4. 交通手段 分擔率 變化 |
| 2. 乘用車 利用者 交通行態 | 4.1 分析模型 選擇 |
| 2.1 交通行態 資料分析 | 4.2 係數推定 分析 |
| 2.2 交通行態 分析 | 4.3 서울市 交通手段 分擔率 變化 |
| 3. 交通行態 變化分析 | 5. 結論 및 向後 研究方案 |
| 3.1 交通需要減少 | 參考文獻 |
| 3.2 所得에 따른 CT 規模 | |

— ABSTRACT —

An investigation is given to a behavioral analysis of automobile users applying congestion toll theory for the purpose of maintaining the efficiency of transportation system.

A case study is performed for the city of Seoul, where modal split behavior of automobile user groups is analysed in various level of congestion toll. Automobile users are grouped with respect to their income levels and work shift times. Automobile user behavior is then explained against the field data.

A Logit-type model is applied for modal split changes through the application of congestion toll.

It is found in the case study that the users in the monthly income bracket of 1.0 1.5 million won is the most predictable group whose work travel time begins 7:00 9:00 a.m.

It is also found in the study that 1,000 1,500 won of congestion toll would reduce the auto use as much as 5%.

Key Word : Congestion toll theory, Behavioral anlysis,
Modal Split, Income, Work travel time

I. 序論

최근 대도시 교통난해결의 방안으로 交通混雜稅 徵收(Congestion Toll: 이하 CT라 함) 방안이 제기되는 바 CT정책은 不必要한 交通수요의 抑制와 승용차 이용자를 대중교통수단으로 轉換시켜 交通체계 全體의 수송효율을 높임과 동시에 社會的 效率性을 높이고자 하는 정책으로 싱가포르와 노르웨이의 베르겐(Bergen)에서 1975년과 1986년부터 交通混雜費의 사회화가 이루어져 시행중에 있어 都市交通難解消에 큰 一翼을 담당하고 있다.

우리나라에서도 外國의 理論 및 適用基準 紹介 정도에 그치다가 최근 서울시 都心通行料 賦課方案 研究가 보다 심층적으로 이루어진 바 있다.

본 논문은 실제 乘用車 利用行態에 CT가 적용될 경우 발생될 乘用車 需要와 交通體系의 여건 변화를 통해 CT 적용의 가능성을 검토하는데 주목적이 있으며 CT 적용에 따른 효과분석을 위해 서울시 乘用車 利用者를 중심으로 交通行態 分析을 행하고 이의 분석 결과와 理論的 側面과의 關係를 분석하여 模型의 파라메타값과 彈力性 分析을 행하였다.

2. 乘用車 利用者 交通行態

2.1 交通行態 資料分析

本 論文은 서울시 乘用車 利用者의 交通行態 分析을 위해 실제 자료를 조사하였고 應答者의 일반적인 特性, 乘用車 利用形態, CT 적용에 따른 乘用車 利用者의 行態變化를 主要分析對象으로 하였다.

2.2. 交通行態 分析

1) 乘用車 利用形態

① 出退勤時 乘用車 利用形態

出退勤時의 乘用車 利用은 <表 1>과 같이 4대중 3대가 출퇴근용으로 활용되고 있다.

<表 1> 出退勤時 乘用車 利用形態

項 目	比 率	
利用한다	212	75.4%
利用 안한다	29	10.3%
部分的으로 利用	40	14.3%

<表 1> '이용한다' 항목에서 '왜 승용차를 이용하느냐'의 세부분석은 <표2>와 같은 바, 큰 이유는 '大衆交通體系가 없거나, 불편해서'가 42.5%로 나타나는데, 이는 게임 이론의 이론적 분석에서 제기되었던 大衆交通 手段選擇 效用性인 $a(t)$ (여기서 t 는 수단을 택하는 비율 $0 \leq t \leq 1$)가 매우 낮아지는 것으로, $b(t)$ 의 乘用車選擇 效用性이 높게 나타나 현재 서울시의 경우 게임이론에 의한 효용성 그래프가 左側으로 치우쳐져 있는 현상을 나타내고 있다. 이와 같은 이유는 출퇴근시 승용차를 利用하지 않는 理由에서도 나타나고 있는데 출퇴근시 交通混雜의 이유는 41.3%이며 駐車 理由가 20.6%, 대중교통이 편리해서가 24.1%로 나타나고 있어 大衆交通의 選好度에 의해 승용차를 利用하지 않는것은 아니라고 분석된다.

<표 2> 출근시간 승용차 이용이유

項 目	比 率	
1. 편리하다	63	29.7%
2. 大衆交通體系 미비	18	8.5%
3. 대중교통 체계가 있지만 이용이 불편해서	72	34.0%
4. 출근후 職業상 필요해서	59	27.8%
合 計	212	100%

② 出退勤時 이외의 乘用車 利用形態

승용차를 所有한 運轉者가 業務 및 기타시 승용차를 주로 이용하지만 특별히 승용차를 이용하지 않고 다른 交通手段을 利用하는 理由에 대해서는 道路의 停滯가 심해서 승용차를 이용하지 않는 이유가 41.4%로 가장 높았으며, 大衆交通體系가 편리해서가 33%로 나타나고 있어 交通停滯 自體가 乘用車 利用을 抑制하는 手段이 될 수 있다는 주장을 뒷받침하고 있고, 대중교통 체계가 편리해서 승용차를 이용하지 않겠다는 비율이 높은것은 승용차 이용과 대중교통 체계와의 관계를 잘 설명해주는 것이다. 대신 駐車料 때문에 이용하지 않는다는 비율은 매우 낮은 11.3%로 나타나 駐車料 引上이 交通需要 減少의 매우 큰 影響요인이 아닌 것으로 나타나는 바, 이는 영국을 비롯한 유럽에서 CT 정책 대신 주차정책 위주의 교통정책을 20년 동안 펼치다가 최근에 CT 정책을 검토하고 있는 추세를 보면 알 수 있다.

2) 交通體系 特性

응답자의 출퇴근 시간대를 분석해보면 일반적으로 도로 피크시간대를 유출해 볼 수 있으며, CT 적용의 基本的인 交通流 흐름을 파악하는 기초가 된다.

물론 응답자 자신의 출퇴근 시간대가 통과 도로의 피크시간대가 되는것은 아니며, 도로의 출퇴근시간대를 避하여 통행하는 사람도 있을것으로 판단된다.

① 出勤時間帶

출근시간대가 가장 많은 시간대는 7:00~8:00 시간대가 46.0%를 차지하고 있으며 7:00~7:15 시간대가 전체 20.2%를 차지하여 동 시간대의 출발시간이 가장 많은 것으로 나타나 최근 主要幹線道路와 交叉路 停滯의 發生時間帶가 7:00부터인 것과 일치되고 있다.

이와같은 현상은 CT를 보는 관점이론의 경매이론중 대기선이론(Holt and Sherman이 주장)

에서 다음 식으로 나타나는 Π^w 로 설명될수 있는 것으로

$$\Pi^w_i = a_i - t_i - k$$

여기서 Π^w_i 는 상품을 받는 수익으로 사례연구에서는 出勤 그 자체가 수익으로 볼 수 있고, t_i 는 출근을 위해 정제되는 도로에서 겪는 시간으로 평균 22분으로 나타나며, K는 대기행열에 도달하는 시간으로 집에서 출발하는 시간비율이 7:00 8:00 사이가 46%를 접하는 것으로 볼때, 되도록 待機行列에 오래 대기하지 않으려는 경향을 보이고, 특히 이른시간인 6:45:15 사이의 비율이 24.2%을 보이는 것은 t_i 와 k 를 最大한으로 줄이고자 하는最近의 서울시 乘用車 利用者들의 行態를 잘 반영해 주는것으로 볼 수 있다.

그러나, 出發 時間帶別로 도로에서 지체로 인한 純粹 停滯時間을 조사한 결과를 보았을때 다소 反對的인 현상이 나타나고 있다. 이는 다음 <그림 1>에서와 같이 6:45~7:00 시간대에 출발하는 사람의 평균정체 시간이 34분으로 가장 높게 나타나고 있다는 것이다. 그리고 7:00 8:00 사이에서는 정체시간이 계속적으로 감소하고 있는 樣相을 보이고 있는데 이런 현상은 통행시간이 길거나, 미리 정체를감안하여 일찍 출발하는 것으로 解析할 수 있으며 상기의 식에서 각자가 Π^w_i 를 최대한 높이기 위해 $(t_i + K)$ 의 시간을 최대한 줄일려고 하는 노력이라 분석된다.

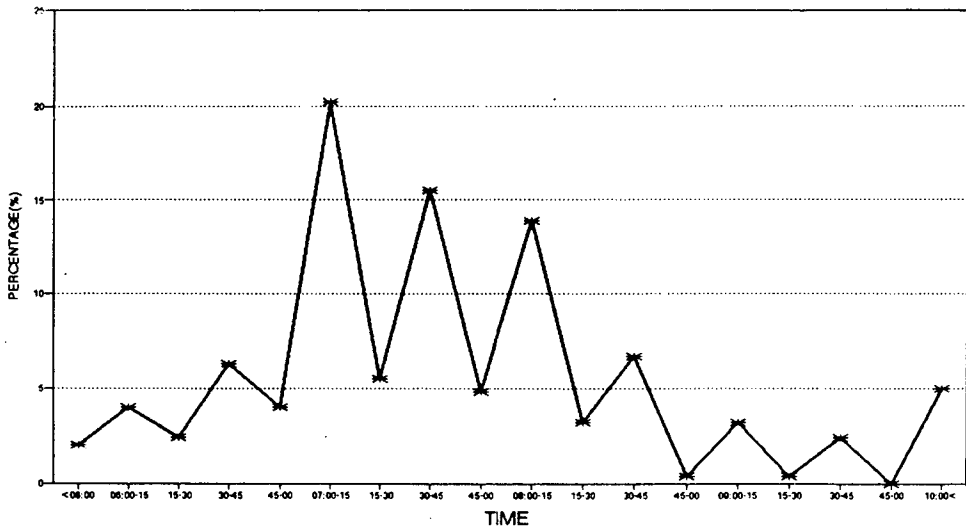
② 退勤시간대

퇴근시간대는 출근시간대보다 集中率이 다소 떨어져 19:00~20:00 시간대의 피크율이 33.6%로 출근시간대보다 12.4%가 더 높은것으로 나타나는데 이는 출근시간대보다 퇴근시간대가 分散되어 나타나는 일반적인 현상과 일치하는 것으로 분석된다.

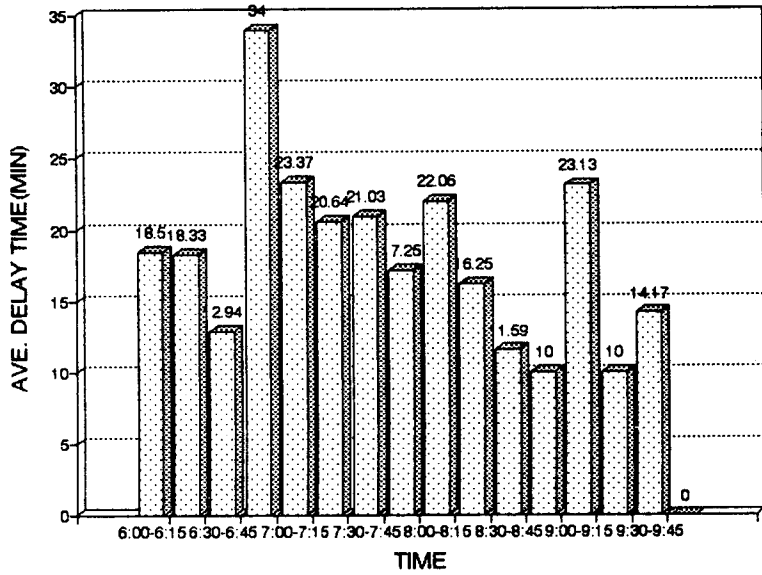
또한 15분대의 피크율은 저녁시간대가 19:00~19:15에 21.7%로 아침시간대보다 1.5% 높게 나타나고 있어, 集中率이 약간 높은것으로 보인다.

〈丑 3〉 出勤時間帯 分布

時間帯	15分 間隔		1時間帯 間隔	
	契 合	比率(%)	契 合	比率(%)
6:00 以前	5	2.0	5	2.0
6:00~ 6:15	10	4.0	42	16.7
6:15~ 6:30	6	2.4		
6:30~ 6:45	16	6.3		
6:45~ 7:00	10	4.0		
7:00~ 7:15	51	20.2		
7:15~ 7:30	14	5.5	116	46.0
7:30~ 7:45	39	15.5		
7:45~ 8:00	12	4.8		
8:00~ 8:15	35	13.9		
8:15~ 8:30	8	3.2	61	24.2
8:30~ 8:45	17	6.7		
8:45~ 9:00	1	0.4		
9:00~ 9:15	8	3.2		
9:15~ 9:30	1	0.4	15	6.0
9:30~ 9:45	6	2.4		
9:45~10:00	0	0.0		
10:00 以後	13	5.0		
合 計	252	100.0	252	100.0%



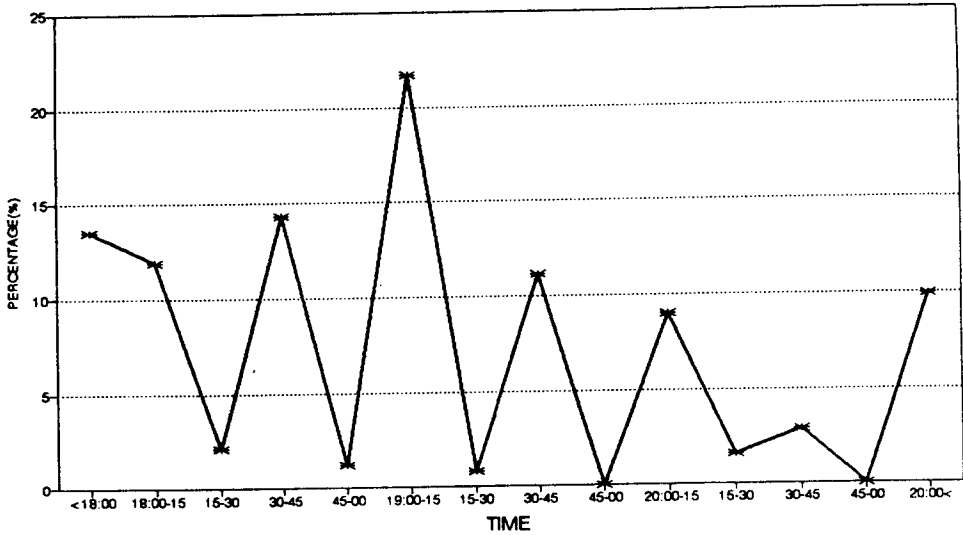
〈그림 1〉 出勤時間帯 分布



〈그림 2〉出勤 出發時間과 停滯時間

〈丑 4〉退勤時間帶 分布

時間帶	15分 間隔		1時間帶 間隔	
	횟 수	比率(%)	횟 수	比率(%)
18:00 以前	33	13.5	33	13.5
18:00~18:15	29	11.9	72	29.5
18:15~18:30	5	2.1		
18:30~18:45	35	14.3		
18:45~19:00	3	1.2		
19:00~19:15	53	21.7	82	33.6
19:15~19:30	2	0.8		
19:30~19:45	27	11.1		
19:45~20:00	0	0.0		
20:00~20:15	22	9.0	33	13.5
20:15~20:30	4	1.6		
20:30~20:45	7	2.9		
20:45~21:00	0	0.0		
21:00 以後	24	9.9	24	9.9
合 計	244	100.0	244	100.0%



(그림 3) 退勤時間帶 分布

3) 乘用車 利用者 特性變數

본 논문에서 설문지 조사를 통해 얻은 자료중, 승용차 이용자의 일반적 특성과 CT와의 관계, 각 변수들 간의 상관관계를 구해 본 결과 相互간의 관계가 매우 낮은 것으로 나타나고 있는데 본 논문의 初期에는 CT 費用과 收入, 走行距離, 停滯程度간의 상관관계가 매우 클 것으로 기대하였지만, 분석결과 의외로 相關關係가 낮게 분석되었다. 이와 같은 현상은 일정한 시간내에 業務量을 마쳐야하고, 주어진 시간내에 선택할 수 있는 交通手段이 없는 경우로 Holt와 Sherman의 이론이 적용되는 실례로 나타나는바, CT 규모와 관계 없이 通行目的에 따라 승용차 이용이 결정된다고 볼 수 있으며, 사례연구된 標本중 출퇴근용 승용차가 89.7%를 점하고 있어 이와 같은 결과로 볼 때 출퇴근 시차제가 적용되지 않는 서울시의 경우 Bottleneck 개념을 도입하여 설명하고 있는 통행시간 再調整 理論은 적용될 수 없다는 것을 보여준다.

3. 交通行態 變化分析

3.1 交通需要減少

1) CT규모에 따른 交通需要減少

CT의 金額에 따른 승용차 이용자들의 수요감소는 다음 <表 5>와 같다.

① 出退勤時 利用者

<表 5>에서와 같이 500원 CT 규모는 5.9%, 1,000원 정도는 22.0%의 需要減少를 나타내어 싱가포르 ALS 적용 전후 33%의 乘用車 감소를 감안하면 1,000~1,500원 CT 규모가 적절한 것으로 나타난다.

싱가포르나 베르겐의 경우 需要減少의 政策基準을 20%로 하고 있으므로 이와 같은 基準을 適用할 때는 서울시에서도 1회 1,000원 정도의 都心 通行稅를 받을 경우 타당한 것으로 분석되며, 1,500원을 받게 되면 41.5%의 需要를 減少하게 되어 3,000원 까지 받게 될 경우는 65.3%의 需要가 減少될 수 있음을 알 수 있다.

<表 5> CT 費用과 乘用車 利用形態

區分 CT規模(원)	出退勤時 利用形態						合 計	
	利用者	比 率	利用않는者		部分 利用者			
<500	12	5.9%	2	7.1%	4	10.3%	18	6.6%
1,000	33	16.1%	3	10.7%	3	7.7%	39	14.3%
1,500	40	19.5%	5	17.9%	3	7.7%	48	17.6%
2,000	22	10.7%	7	25.0%	1	2.6%	30	11.0%
3,000	27	13.2%	5	17.9%	8	20.5%	40	14.7%
>3,000	71	34.6%	6	21.4%	20	51.2%	97	35.8%
合 計	205	100.0%	28	100.0%	39	100.0%	272	100.0%

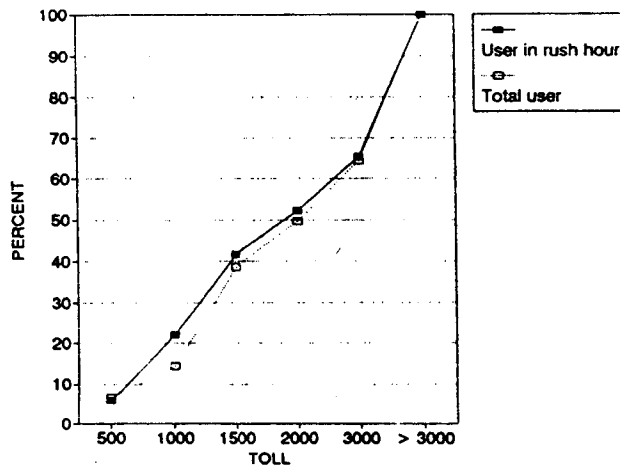
<表 6> CT 規模와 需要變化

費用(원)	區分	出退勤時 利用者		全體 乘用車	
		需要	累積 分布	需要	累積 分布
<500		12	5.9%	18	6.6%
1,000		33	22.0%	39	14.3%
1,500		40	41.5%	48	38.6%
2,000		22	52.2%	30	49.6%
3,000		27	65.3%	40	64.3%
>3,000		71	100.0%	97	100.0%
合 計		205	100.0%	272	100.0%

② 全體 乘用車 對象

500원 규모에서 6.6%, 1,000원은 14.3%, 1,500원은 38.6%의 需要減少를 나타내 出退勤時

이용자보다 민감한 變化가 없으나 3,000원 정도는 出退勤時 利用有無와 관련없이 同一 彈力性을 보이고 있다.



<그림 4> CT 費用과 乘用車 利用形態의 累積分布

2) 需要減少 政策과의 比較

乘用車 通行의 抑制을 위한 방안은 다수의 방안이 있으나 최근에 도심의 승용차 통행량 交通量 減少를 위한 방안중 서울시에서 시행된 것은 都心의 駐車料 引上이다.

도심의 주차정책으로 乘用車 需要를 縮小시키 고자 한 노력은 영국에서 1972년부터 20년동안 지속되어 왔지만 결국 최근에 CT 적용의 검토를 제시하고 있으며 서울시의 경우 지난 1991. 7. 10일부터 共榮停車場 料金を 최고 150%까지 인상하고, 2시간 이상주차시 2배의 요금을 징수하도록 하였는데 同 政策의 效果는 駐車回轉率이 도심노상의 경우 0.89회, 외곽노상의 경우 0.19회가 증가하여 주차장 효율성이 높아졌지만 통행 交通量의 需要는 큰 變化가 없는것으로 나타났다. 이는 通行量의 減少없이 停車場 利用效率이 증가하였다는 것은 利用效率 增加分만큼 通行量이 더욱 많아진 것이므로 결국 통행량 감소에는 본래 의도와는 달리 다소간 逆行하는 결과를 초래한 것으로 분석된다.

따라서 서울시에서 시행했던 도심 통행량감소를 위한 주차비 인상을 통한 經濟的인 方法은 큰 효과를 나타내지 않았지만 다른 경제적 방법인 CT 적용은 큰 效果가 있을 것으로 예측된다.

3.2 所得에 따른 CT 規模

1) 需要 彈性性 變化

本 論文의 초기에서 所得과 CT 규모는 어느 一定한 關係가 있을 것으로 보고 출발하였으나 소득과 CT 규모의 相關關係가 매우 낮은 0.08로 나타남에 따라 거의 관계가 없는 것으로 나타났다.

이는 주어진 시간대에 꼭 通過해야만 하는 경우와 같이 通行의 目的이 정해진 출퇴근의 경우가 標本自體에 많으므로 수요에 큰 변화가 없다는 Holt와 Sherman의 이론이 적용된 것이라 볼 수 있다.

收入 規模에 따른 CT의 규모를 상세하게 나타내면 다음 <表 7>과 같다.

<表 7> 所得에 따른 CT 規模

收入	CT 規模	50		75		100		125		150		175		200		225		>250
		< 50	~ 75	~ 100	~ 125	~ 150	~ 175	~ 200	~ 225	~ 250								
< 500	1	1	6	2	5.6	3	5.7	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500-1000	3	0	11	3	8.3	4	7.5	2	10	0	1	2	0	1	2	0	1	2
1000-1500	2	3	16	5	13.9	6	11.3	2	6	0	1	2	0	1	2	0	1	2
1500-2000	1	1	8	8	22.2	5	9.4	0	4	0	1	1	0	1	1	0	1	1
2000-3000	3	0	2	8	22.2	13	24.5	1	6	0	2	1	0	2	1	0	2	1
>3000	15	4	13	10	27.8	22	41.5	2	12	0	5	5	0	5	5	0	5	5
合 計	25	9	56	36		53		8	41	0	10	11						

여기서 각각의 CT 規模는 乘用車 운전자가 停滯地域을 통과하기 위해 기꺼이 支拂하고자 하는 金錢 P_w(Willing to Pay)이지 社會的으로 最適化된 P_s(Social Pay)는 아니며, 政策當局에서 交

通需要 調節을 위해 설정한 金額인 P_a(Administration Pay)는 더욱이 아니다. 일반적으로 CT의 규모는 아래와 같은 構造속에서 결정되는 바 P_s < P_a < P_w

물론 最適의 解(Optimal Solution)은 $P_s = P_a = P_w$ 가 되어야 하지만 $P_s = P_w$ 가 되는 경우에는 유틸리티적인 해로 經濟學的인 側面에서 볼 때 1차적인 解라 할 수 있다. 1차적인 해를 찾을 수 없을 때 차선의 解를 찾아야 하는데 여기에 도출된 P_w 는 다음과 같은 범위 내의 수준에서 결정되었다고 할 수 있다.

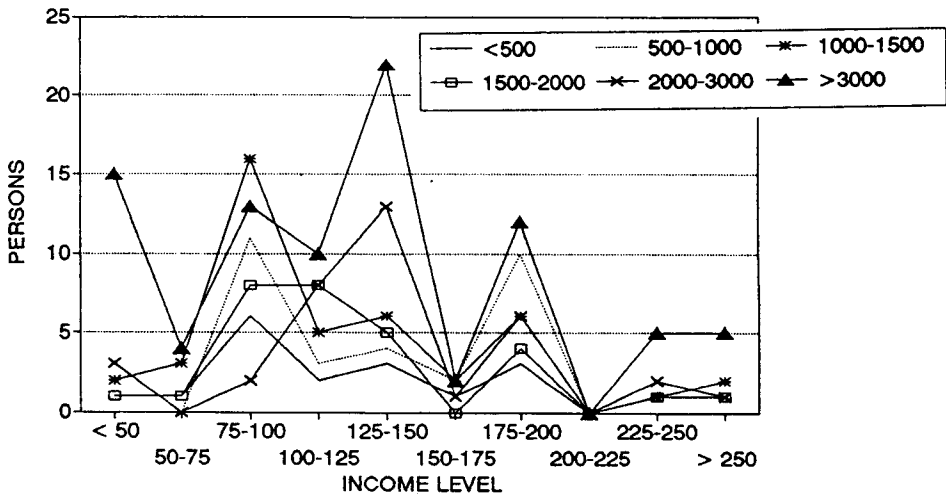
$$P_s < P_a = P_w < P_s$$

만일 $P_s > P_w$ 의 경우에는 道路空間의 餘裕로 도로의 非效率的인 利用을 초래한다. 이와 같은 것은 <表 7>의 1,500원 이상 규모에서 발견되는 것으로 너무 높은 CT의 적용은 社會的 福祉를 증진시키기 보다 오히려 적용전보다 資源의

浪費를 초래하여 社會福祉가 減少 된다.

따라서 運轉者가 기꺼이 支拂하고자 하는 費用인 상기의 CT 規模別 彈力性을 나타내는 P_w 는 最適의 解를 찾고자하는 N번째 차선의 해로 볼 수 있다.

各 收入 規模別 CT 적용에 따른 彈力性에서 CT 적용으로 가장 민감한 반응을 보이는 所得階層은 수입이 75~100만원대와 175~200만원의 응답자로 나타나지만, 500원 이하에서 가장 큰 반응을 보인 75~100만원 사이의 수입을 갖는 사람들로 분석되며 100~175만원은 일반적인 형태를 나타내고, 200만원 이상은 큰 變化가 없을 것으로 분석된다.



(그림 5) 所得에 따른 CT 規格 變化

2) 레이야드 分析模型에 따른 分析

CT의 적용시 효과를 분석하는 레이야드의 CT 適用分析模型에서 CT가 적용되면 통행을 포기하게 되는 1 領域과 새로운 통행이 誘發되는 2 領域이 형성되는데 이와같은 새로운 영역의 출현은 두 가지 觀點에서 분석된다.

첫째: 事例研究에서와 같이 通行與否의 결정이 수입여하에 관계없이 통행 목적에 따라 결정되는 出勤時間帶의 경우

둘째: 통행여부의 결정이 수입에 따라 좌우될 수 있는 非尖頭時間帶의 경우 前者의 경우는 레이야드 分析模型에서 부분적인 설명이 가능한 것으로 時間再調整理論에서 可變CT의 도입 필요성을 도로의 공유이론인 Else의 정체시간이 풀릴때의 費用曲線에서 찾을 수 있으며, 이때 다음의 C_{ij} 로 나타낼 수 있다.

$$C_{ij} = C_s + C_o - C_d$$

그러나 최적 CT의 算定 導出의 標準化作業이

불가능하므로 도로의 設計交通量을 기준으로 하여 일률적인 적용이 불가피하다.

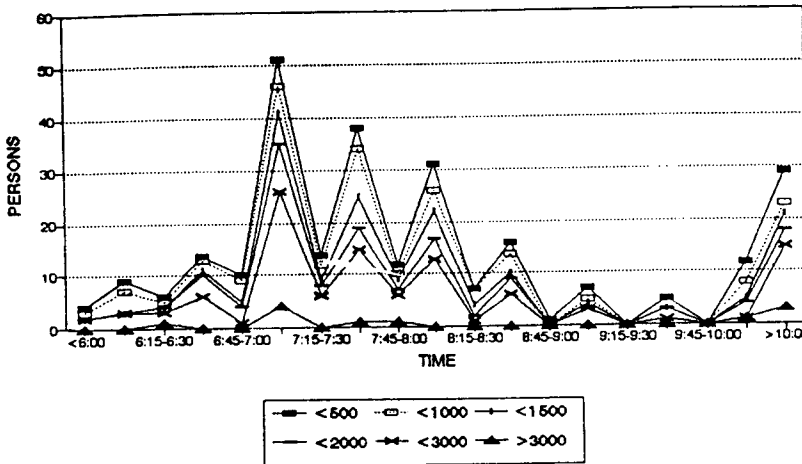
後者の 경우는 레이아웃의 분석모형으로 분석이 가능한 것으로 定常交通流의 경우는 통행차량에 대한 差等料金の 적용이, 停滯流의 경우는 前者의 방법 중 可變 CT의 適用과 差等料금이 並行되는 것이 妥當한 것으로 보았다.

3) 出勤時間帶別 變化

本 論文에서 도출한 CT의 彈力性을 응답자가 대담한 出勤時間帶의 출발시간에 적용하여 본 결

과는 <그림 6>과 같으며 ALS가 적용되는 싱가포르의 경우는 <그림 7>에 나타난다.

서울의 경우는 피크시간대 적용없이 오전 출근 시간의 전체시간대인 6:00~10:00의 분포이며 싱가포르의 경우는 7:00~11:00까지 나타나는바, ALS 적용시간대인 7:30~10:15 사이의 승용차 출근자가 32.8%에서 28.2%로 減少되는 것으로 나타나고 있다. 또한 서울시의 CT 적용에 따른 CT 규모별 交通需要減少를 나타내면 <그림 8>과 같이 나타나고 있다.



<그림 6> 서울시 CT의 適用時 CT 規格의 彈力性 變化

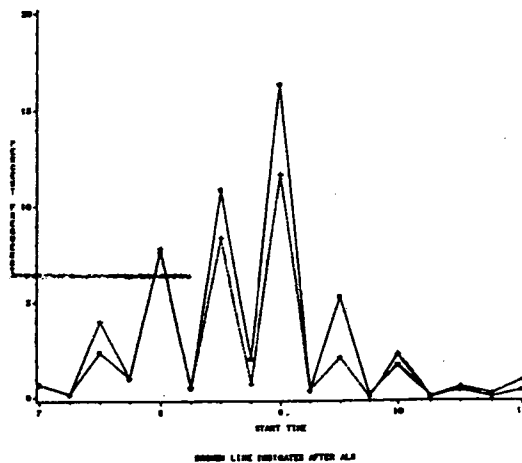
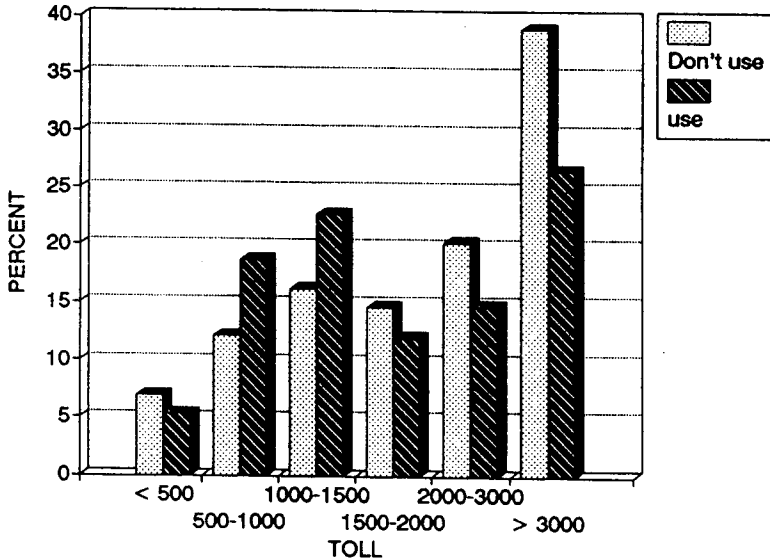


Fig. 1. Frequency distribution for work start time for auto commuters before and after ALS.

<그림 7> 싱가포르의 ALS 適用前後 出發時間 行態變化

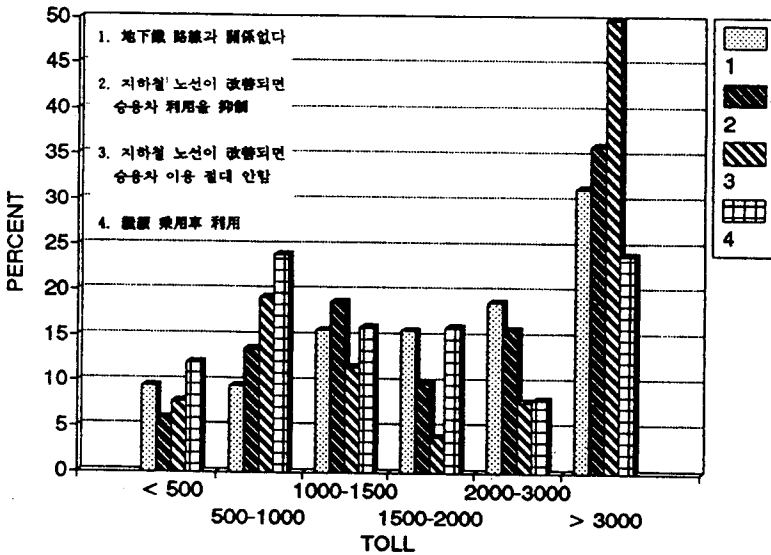


<그림 8> CT 規格과 버스노선 改善시 乘用車 利用形態

4) 交通手段과의 關係

CT 적용의 根本的인 目的은 불필요한 乘用車 需要를 줄여보고자 하는 것이다. 乘用車 需要가 줄어든 만큼 여타의 交通手段으로 交通人口가 옮겨감으로 CT와 他 交通手段과의 關係는 매우 밀

접한 것이 되며, 어떤 의미에서 大量輸送體系인 大衆交通體系가 改善되어 乘用車 需要가 自發的으로 감소된다면 CT 적용은 需要가 없는 정책중의 하나이다.



<그림 9> CT 規格과 지하철 利用形態

CT의 將來 成功與否는 타 교통수단의 體系改善과 밀접한 關係가 있다. 本 論文에서 조사한 CT의 將來 成功與否의 評價指標인 CT 점수와 CT 규모에 따른 타 교통수단 이용여부를 버스, 지하철, 승용차 이용 3가지로 구분하여 交叉 分析한 결과 乘用車利用과 불가분 관계에 있는 大衆交通體系의 利用比率이 路線과 體系의 改善을 전제로 한 것이지만 72.9-80.2%로 높게 나타나 는 것은 게임이론의 관점에서 볼때 대중교통을 택하는 비율 t 가 1과 가까워짐에 따라 대중교통의 選擇效用函數 $a(t)$ 가 승용차 효용함수 $b(t)$ 보다 매우 높아지는 현상으로 $a(t_0)=b(t_0)$ 가 $a(t_0')=b(t_0')$ 로 效用函數의 移動結果를 가져온다.

이와 같은 결과는 대중교통의 質的인 여하에 따라 도로상의 疏通問題 解決이 長期的인 관점에서 예측가능한 것으로 서울시의 交通政策 樹立에 중요한 지표로 제시된다.

4. 交通手段 分擔率 變化

4.1 分析模型 選擇

교통수단 분담율을 예측하는데 있어 사용하는 기법으로는 先驗的 手段分擔 模型을 이용하는 기

법, 轉換曲線을 이용하는 기법, 및 Logit 및 Probit 분석기법등이 이용되는데, 본 연구에서는 다소의 短點은 있으나 交通手段間 選擇行爲를 模寫해 내는데 비교적 與件對應力이 우수한 로짓 (Logit)모형을 활용하였다.

4.2 係數推定 分析

1) 通行時間帶別

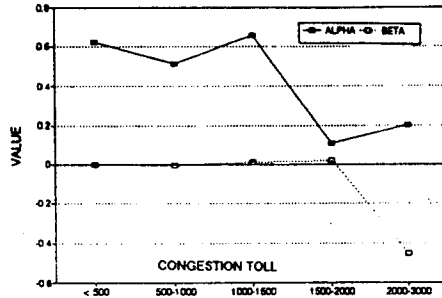
통행시간대별 Logit 모형의 α, β 의 推定 및 彈力性 分析은 매우 어려운 것으로 나타난다. 이는 模型의 限界와 資料의 未備로 인한 與件때문도 있지만 出勤目的 通行은 서울시 통행자의 경우 CT비용과 무관하게 통행하는 것으로 나타난다. 따라서 Logit 모형을 통한 시간대별 CT 규모에 따른 糾明은 다소 무리라고 판단된다.

각 시간대별, CT 규모별 추정을 행한바 서울시 통행자의 경우 CT 비용과 無關하게 통행하는 것으로 나타나 정확한 규명이 다소 무리가 있지만 Logit 모형에 잘 模寫되고 설명가능한 시간대는 7:00~9:00 시간대의 출근통행으로 나타난다.

<表 8>과 같이 α 는 CT가 2,000원을 초과할 때 가장 민감하게 변화하고, β 의 경우는 1.500 2,000원 사이의 CT에 가장 민감하게 나타난다.

<表 8> CT 適用에 따른 通行時間帶 α, β 값 推定

시간대	CT	IVTT(α)	TCOST(β)
7시~9시	< 500	0.6243	-0.0017
	500-1000	0.5105	-0.0034
	1000-1500	0.6587	0.0102
	1500-2000	0.1098	0.0161
	2000-3000	0.2091	-0.4521
	> 3000	0.2572	-0.9758



<그림 10> 7-9시 通行時間 α, β 값 推定

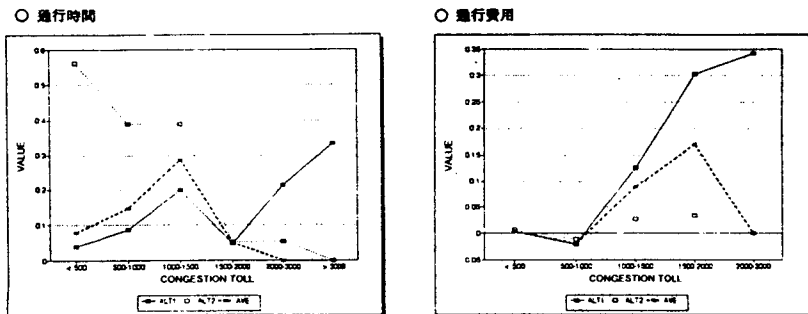
通行時間의 彈力性은 대중교통과 승용차 동시에 1500원과 2000원 사이에서 매우 민감하게 감소하며 승용차의 경우 2,000원 이상부터 彈力性

이 0.3 이상으로 커진다. 통행비용의 탄력성은 대중교통의 경우 큰 변화가 없으나 승용차의 경우 1,500원이 CT의 중요 分岐點으로 나타났다.

<表 9> CT 適用에 따른 通行時間別 彈力性 分析

시간대	CT	IVTT			TCOST		
		ALT1	ALT2	AVE	ALT1	ALT2	AVE
7시~9시	< 500	0.0392	0.5671	0.0792	0.0034	0.0067	0.0037
	500-1000	0.0862	0.3893	0.1468	-0.0215	-0.0114	-0.0195
	1000-1500	0.1996	0.3896	0.2864	0.1254	0.0267	0.0896
	1500-2000	0.0463	0.0516	0.0489	0.3023	0.0332	0.1699
	2000-3000	0.2134	0.0541	0.0000	0.3421	0.0000	0.0000
	> 3000	0.3341	0.0000	0.0000	-29.9599	0.0000	0.0000

註: ALT1은 승용차, ALT2는 대중교통을 나타낸다.



<그림 11> 7-9시 通行時間 集團의 彈力性 分布

2) 所得水準別

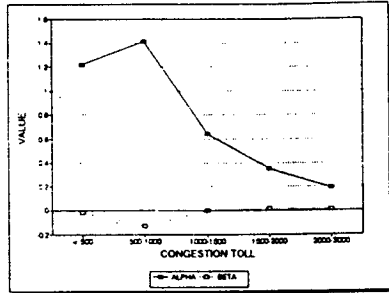
소득수준별 α , β 의 推定結果를 보면 대체로 β 값은 각 소득수준 집단별로 CT 규모에 따라 큰

변화가 없으나 α 값은 소득이 75~100만원 집단의 경우가 CT 비용이 1,000~1,500원 사이에서 0.767로 가장 민감한 반응을 나타낸다.

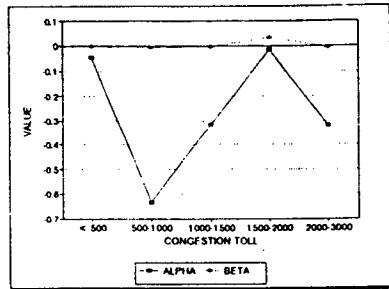
<표 10> 소득수준별 Logit 모형 α , β 값 추정

소득	CT	IVTT	TCOST
50만원 ~ 100만원	< 500	4.5284	-0.6080
	500-1000	1.3611	-0.0394
	1000-1500	1.8298	0.0071
	1500-2000	0.8218	0.0121
	2000-3000	-0.0742	0.0291
	> 3000	0.8653	-3.3643
100만원 ~ 150만원	< 500	-0.0471	-0.0016
	500-1000	-0.6341	-0.0042
	1000-1500	-0.3170	-0.0035
	1500-2000	-0.0132	0.0325
	2000-3000	-0.3174	-0.0044
	> 3000	2.3413	-0.6264
150만원 ~ 200만원	< 500	-0.4703	-0.0463
	500-1000	0.7123	-0.0067
	1000-1500	0.8147	0.0276
	1500-2000	0.0000	0.0000
	2000-3000	-0.1496	-0.0017
	> 3000	0.4960	-0.3542

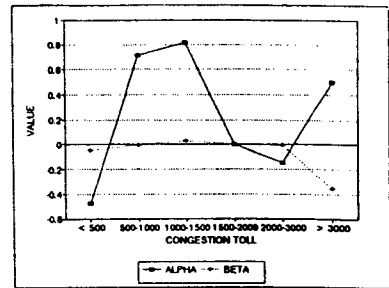
○ 75~100만원



○ 100~150만원



○ 150~200만원



<그림 12> 所得水準別 Logit 模型 α , β 값 추정

全體的인 彈力性 분석결과 所得水準이 150만원 이하의 所得集團은 1회 CT비용 1,500원 정도에 매우 민감하게 반응하며, 所得水準이 150만원 이

상인 경우에는 1회 CT 비용 2,000원에 매우 민감하게 반응하는 것으로 導出된다.

<表 11> 所得水準別 Logit 模型 α, β 의 推定

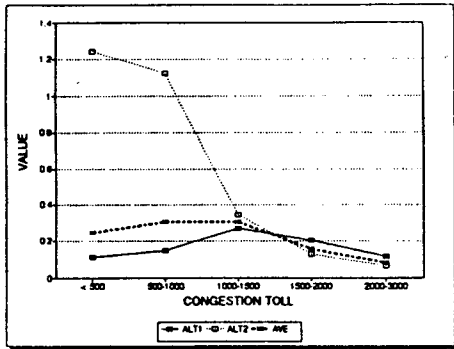
소득	CT	IVTT	TCOST
50만원 ~ 100만원	< 500	4.5284	-0.6080
	500-1000	1.3611	-0.0394
	1000-1500	1.8298	0.0071
	1500-2000	0.8218	0.0121
	2000-3000	-0.0742	0.0291
	> 3000	0.8653	-3.3643
100만원 ~ 150만원	< 500	-0.0471	-0.0016
	500-1000	-0.6341	-0.0042
	1000-1500	-0.3170	-0.0035
	1500-2000	-0.0132	0.0325
	2000-3000	-0.3174	-0.0044
	> 3000	2.3413	-0.6264
150만원 ~ 200만원	< 500	-0.4703	-0.0463
	500-1000	0.7123	-0.0067
	1000-1500	0.8147	0.0276
	1500-2000	0.0000	0.0000
	2000-3000	-0.1496	-0.0017
	> 3000	0.4960	-0.3542

<表 12> 所得水準別 CT 適用에 따른 彈力性 分析

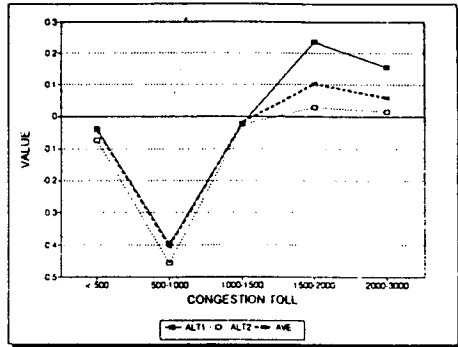
소득	CT	IVTT			TCOST		
		ALT1	ALT2	AVE	ALT1	ALT2	AVE
50만원 ~ 100만원	< 500	0.1100	1.2399	0.2456	-0.0393	-0.0747	-0.0436
	500-1000	0.1501	1.1271	0.3064	-0.3946	-0.4562	-0.4045
	1000-1500	0.2653	0.3431	0.3037	-0.0277	-0.0065	-0.0175
	1500-2000	0.2019	0.1295	0.1556	0.2366	0.0282	0.1033
	2000-3000	0.1183	0.0642	0.0815	0.1574	0.0158	0.0611
	> 3000	13.7544	N.A	N.A	-15.0407	N.A	N.A
100만원 ~ 150만원	< 500	-0.0040	-0.0402	-0.0075	-0.0033	-0.0064	-0.0036
	500-1000	-0.1186	-0.4553	-0.1877	-0.0187	-0.0143	-0.0178
	1000-1500	-0.1001	-0.1903	-0.1322	-0.0271	-0.0099	-0.0210
	1500-2000	-0.0070	-0.0046	-0.0055	0.4341	0.0539	0.1997
	2000-3000	-0.0050	-0.0027	-0.0038	-0.3274	-0.0455	0.1865
	> 3000	7.4100	N.A	N.A	-7.8006	N.A	N.A
150만원 ~ 200만원	< 500	-0.0236	-0.3563	-0.0483	-0.0946	-0.1359	-0.0971
	500-1000	0.1793	0.4194	0.2594	0.0626	-0.0155	-0.0469
	1000-1500	0.2864	0.3504	0.3174	0.3469	0.0463	0.2012
	1500-2000	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	2000-3000	-0.0807	-0.0401	-0.0524	-0.0340	-0.0018	-0.0115
	> 3000	0.3495	N.A	N.A	-5.1969	N.A	N.A

註: ALT1은 승용차, ALT2는 대중교통, AVE는 두 수단의 평균임

○ 通行時間

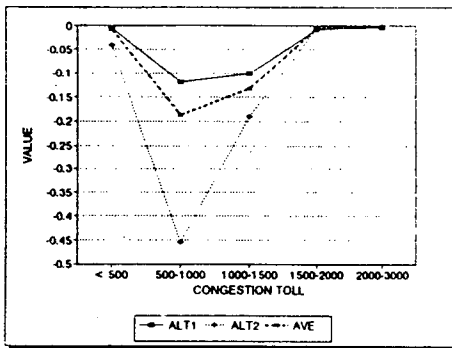


○ 通行費用

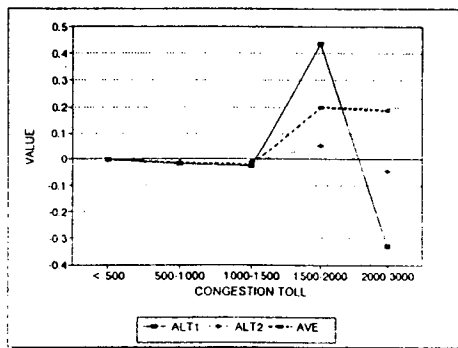


<그림 13> 所得水準 75-100만원 集團의 彈力性 分布

○ 通行時間

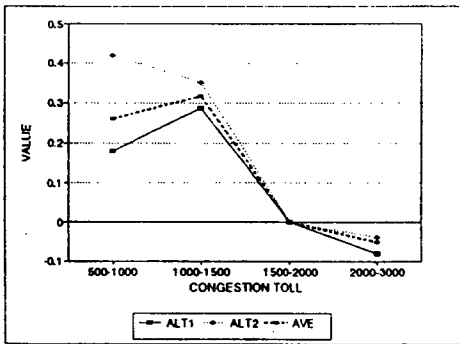


○ 通行費用

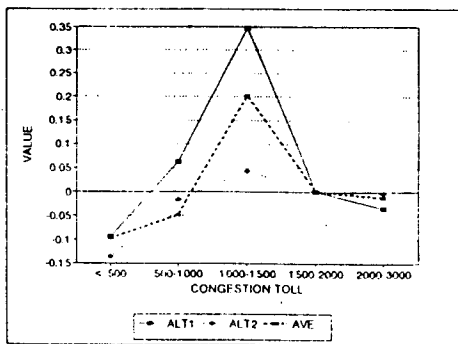


<그림 14> 所得水準 100-150만원 集團의 彈力性 分布

○ 通行時間



○ 通行費用



<그림 15> 所得水準 150-200만원 集團의 彈力性 分布

4.3. 서울시 交通手段 分擔率 變化

Logit 模型에서 도출한 α, β 의 變數로 CT가 적용될 때의 승용차와 대중교통의 手段分擔率을 나타내면 다음 <그림 16> <그림 19>의 교통수단 분담 확률을 기초로 하여 나타낼 수 있다.

交通手段 選擇確率は 7:00~9:00 통행시간에 서는 승용차가 CT 규모별로 0.52~0.92로 변화되며, 收入規模 集團別로는 75~100만원의 경우 CT 규모가 증가함에 따라 1,500원 이후에는 다소 불규칙하게 나타난다. 100~150만원의 경우 전체 CT 규모에 대하여 가장 豫測可能한 形態로 도출되며 150~200만원의 경우는 1,500원까지는 일반적인 형태를 따라가나 1,500원 이상의 경우 승용차와 대중교통의 선택확률이 거의 비슷한 형태로 나타나고 있다.

Logit 모형에 의한 交通手段 分擔率 變化的 예

측과 실제 조사에 의한 變化率을 비교하면 다음 <表 13>과 같다.

7~9시 통행시간대 집단의 경우 誤差가 0.09 ~ -0.85로 매우 낮아 예측률이 높은 것으로 나타났다으며, 所得水準別로는 150~200만원, 100~150만원, 75~100만원 순으로 예측률이 높게 나타나고 있다.

현재의 교통수단 분담율중 乘用車分擔率을 5% 줄이는데는 각 특성 집단별로 동일하게 1,000~1,500원 수준이나 소득수준 150~200만원 경우 만 500~1,000원 사이로 나타나며, 10%정도 줄이기 위해서는 7:00~9:00 시간대 집단은 CT규모가 2,000원정도, 소득규모별로는 75~100만원의 경우 1,500원, 100~150만원은 3,000원정도, 150~200만원의 경우 2,000원정도의 CT가 필요한 것으로 도출되었다.

<表 13> CT 適用時 서울시 交通手段 變化

• 7:00 9:00 通行 時間帶 集團

CT規模 區分		適用前	適用後				
			500원	1000원	1500원	2000원	3000원
乘用車	實測	20.1	18.58	16.08	12.82	10.21	12.50
	豫測		18.49	16.28	13.67	10.45	N.A
	比較		0.09	-0.2	-0.85	-0.24	-
大衆交通	實測	64.6	66.12	68.62	71.88	74.49	77.10
	豫測		66.21	68.42	71.03	74.25	N.A
	比較		-0.90	+0.2	+0.85	+0.24	-

• 所得水準別

- 所得水準 75~100 만원 集團

CT規模 區分		適用前	適用後				
			500원	1000원	1500원	2000원	3000원
乘用車	實測	20.1	17.95	13.99	8.26	5.39	4.66
	豫測		18.49	18.69	10.85	12.46	6.63
	比較		-0.54	-4.7	-2.59	-7.07	-1.97
大衆交通	實測	64.6	66.75	70.71	76.44	79.31	80.04
	豫測		66.21	66.01	73.85	72.24	78.07
	比較		+0.54	+4.7	+2.59	+7.07	+1.97

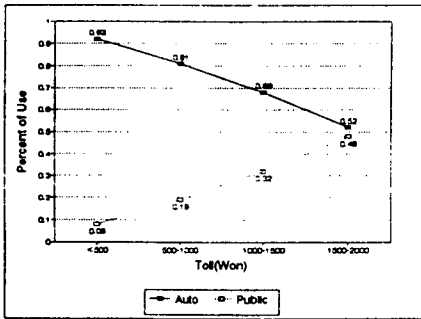
- 所得水準 100~150 만원 集團

CT規模 區分		適用前	適用後				
			500원	1000원	1500원	2000원	3000원
乘用車	實測	20.1	20.04	17.40	14.90	11.97	7.90
	豫測		18.19	16.04	12.08	10.86	10.1
	比較		-1.85	-1.00	-2.82	0.12	+2.2
大衆交通	實測	64.6	64.66	67.3	69.8	72.73	76.8
	豫測		66.51	68.66	72.62	72.84	74.6
	比較		+1.85	+1.00	+2.82	-0.11	-2.2

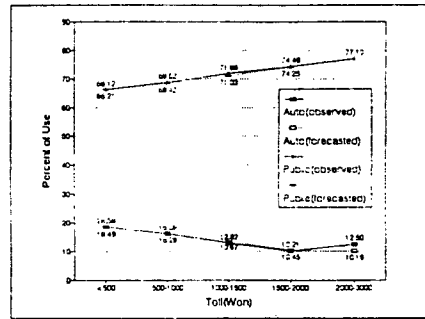
- 所得水準 150~200 만원 集團

CT規模 區分		適用前	適用後				
			500원	1000원	1500원	2000원	3000원
乘用車	實測	20.1	17.95	13.99	8.26	4.66	18.49
	豫測		18.69	18.69	10.85	12.46	6.63
	比較		-0.54	-4.7	-2.59	-7.09	-1.97
大衆交通	實測	64.6	66.75	70.71	76.44	79.31	80.04
	豫測		66.21	66.01	73.85	72.24	78.07
	比較		+0.54	+4.7	+2.59	+7.09	+1.97

○ 手段選擇確率

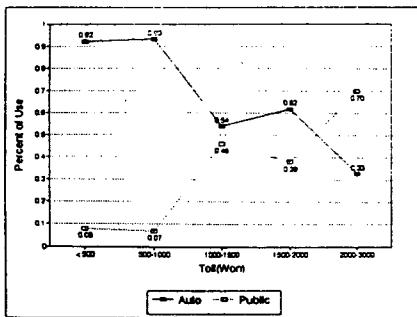


○ 交通手段分擔率

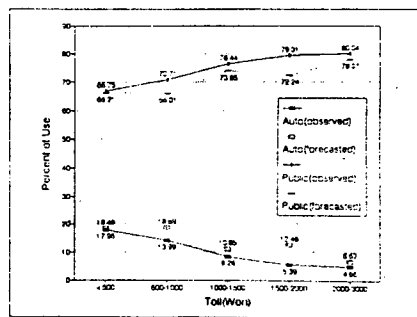


<그림 16> 7-9시 通行時間帶 集團의 交通手段 分擔率 變化推定

○ 手段選擇確率

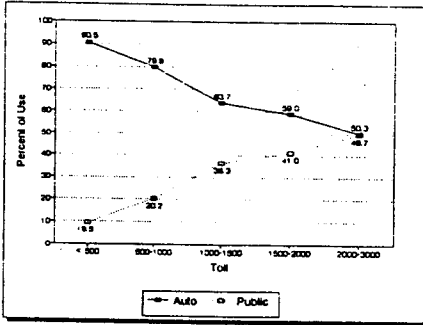


○ 交通手段分擔率

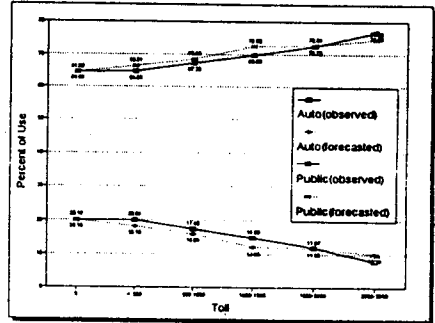


<그림 17> 所得水準 75-100만원 集團의 交通手段 分擔率 變化推定

○ 手段選擇確率

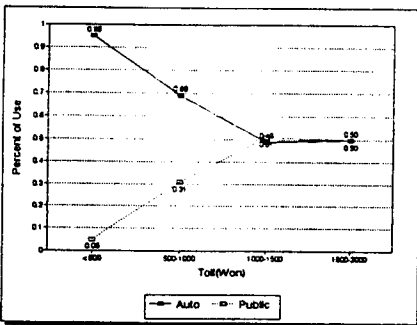


○ 交通手段分擔率

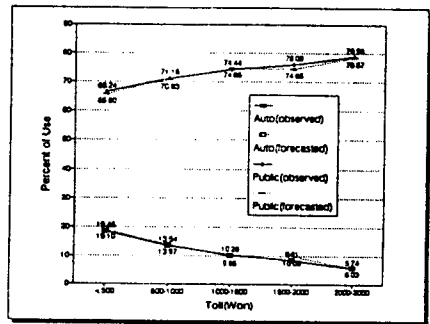


<그림 18> 所得水準 100-150만원 集團의 交通手段 分擔率 變化推定

○ 手段選擇確率



○ 交通手段分擔率



<그림 19> 所得水準 150-200만원 集團의 交通手段 分擔率 變化推定

5. 結論 및 向後 研究方案

이와같은 背景을 갖는 本 論文은 연구과정을 통해 도출된 結論은 다음과 같다.

1. 既存의 交通混雜費 理論은 우리나라의 交通 현실과 比較해 볼때 다음과 같이 再解析된다.
 - 도로의 停滯를 하나의 CT로 볼때 早期出勤으로 通行시간을 줄이려는 행위의 가치는 출발시간의 變化로부터 야기되는 時間調整費用과 일치되어 平衡을 이루려는 교통행태의 變化로 분석 된다.
 - 우리나라의 경우 時間再調整의 과정이 없다면 通行價値의 CT 概念定義 기준으로 볼때 두번째 열리는 競賣가 첫번째 競賣보다 良好한 條件이 제시 되어도 通行의 價値는 첫번째보다

뒤떨어지기 때문에 尖頭時間에 교통량이 集中 된다.

2. CT適用에 따른 승용차이용자 交通行態는 다음과 같은 結果로 분석되었다.

- CT 規模별 交通需要변화는 출퇴근시 이용자의 경우 1,000원에서 22.0%, 전체 승용차 이용자는 14.3%의 감소를 나타내며, 가장 큰 탄력은 상기 두 경우 동시에 1,000원에서 1,500원으로 變化될 때이며 이 때 전자는 19.5%, 후자는 24.3%의 큰 수요감소를 나타낸다.
- CT 적용에 따른 교통수요의 감소는 서울시의 駐車料金 引上方案 (1991. 7.10)보다 CT를 1,000원 정도 적용할 경우 승용차 通行減少 效果가 14.3% 정도 크게 나타낸다.
- 서울시 승용차 이용자들의 通行行態에 있어 交

通混雜稅를 적용할 경우, 통행자의 行態變化는 通行距離, 停滯程度에 관계없이 通行의 目的(출퇴근)에 따라 결정되는 것으로 나타났다.

3. 事例研究의 行態분석자료를 通行時間帶, 所得水準別 2개 집단으로 구분하여 CT적용에 따른 서울시 交通手段分擔率 變化를 豫測한 바 아래사항을 도출하였다.

- 通行時間 7~9시 집단과 소득수준 100 - 150만원 집단의 Logit 모형에 잘 模寫되고 승용차의 通行時間과 通行費用 彈力性은 각기 CT규모 2,000원과 1,500원에서 2배이상 크게 減少, 增加한다.
- 서울시에 CT가 적용될 경우, 승용차 分擔率을 5% 減少시키는데 각 특성 집단별로 동일하게 CT규모가 1,000~1,500원 수준이나, 소득수준 150~200만원집단 경우만 500~1,000원 수준이며, 소득수준 100~150만원집단에서 CT규모가 3,000원일 경우 全體 승용차 分擔율이 10% 減少된다.

本論文이 갖는 限界는 定量的인 측면보다 定性的인 側面을 강조한 것이 하나의 短點이 될 수 있으나 이와같은 CT 적용의 效果분석이 最終的인 것이라기 보다 中間的인 評價의 성격 을 갖고 있어 CT 적용의 程度와 運用方向의 基準設定에 적절이 활용될 수 있을 것으로 본다.

向後 研究의 方向은 본 論文의 한계로 제시한 問題를 克服하기 위해 交通需要에 미치는 通行時間, 通行費用, 旅行目的의 價値와 기타 影響變數들을 目的函數로 規定시킨다. 또한 CT는 獨立된 政策이라기보다 多樣한 交通運營政策과 並行될 때 效果가 큰 것으로 나타나므로 連繫된 교통운영의 政策開發이 必須的이다. 이와 같은 追加的인 研究가 계속될 때 도시교통의 圓滑한 疏通方案의 하나로서 CT 政策이 그 機能을 다할 것으로 判斷된다.

* 교통행태분석자료: 서울시 거주 또는 직장이 있는 승용차 소유자를 대상으로 할때 1992. 9.2 - 1992.9.9 (1주일)간 종로 직장 3곳, 여의도 직장 3곳, APT 5개 지역에서 설문조사한 결과이다. (550매중 회수율 56.4%, 유효치 51.6%).

參 考 文 獻

- 1) Gray, B.M. and Ibbetson, L.(1991), Operational Traffic Control Strategies for Congestion, Traffic Engineering & Control, pp60-66, Feb., 1991.
- 2) Foster, C.D.(1974), The Regressiveness of Road Pricing, International Journal of Transport Economics, 1, pp133-141.
- 3) Dawson, J.A.L. and Brown, Fred N. (1985), Electronic Road Pricing in Hong Kong, 1, A fair way to go?, Traffic Engineering & Control, pp522-525, 1985.11
- 4) Wilson, P.W. (1988), Welfare Effects of Congestion Pricing in Singapore, Transportation, 15(3), pp191-120.
- 5) Larson, Odd I.(1988), The Toll Ring in Bergen, Norway-the first year of operation, Traffic Engineering & Control, 1988.4
- 6) 中 連植 (1990), 自家用 乘用車 利用抑制을 爲한 政策代案, 月刊 交通情報, pp3-17, 交通開發研究院, 1990.12
- 7) 車 東得 (1990), 交通混雜과 社會的 費用, 그 對應 戰略, 月刊 交通情報, pp3-16, 交通開發研究院, 1990.8
- 8) 交通開發研究院, 自家用 乘用車 利用率 鈍化를 위한 政策代案研究, 1990.9
- 9) Charles, A. Holt, Jr., Roger Sherman (1982), Waiting Line Actions, Journal of Political Economy, vol 90, No. 2.
- 10) Layard, R. (1977), The Distributional Ef-

- fects of Congestion Taxes, *Economica*, 44, pp297-304.
- 11) Else, P.K.(1981), A Reformulation of the Theory of Optimal Congestion Taxes, *Journal of Transport Economics and Policy*, 15 (3), pp217-232.
 - 12) Kahn, Alfred E. (1988), *The Economic of Regulation, Principles and Institution*, The MIT Press, London.
 - 13) May, A.D. (1986), Traffic Restraint: A Review of the Alternatives, *Transportation Research*, 20A(2), pp109-121.
 - 14) Thomsom, J.M.(1986), Case for Road Pricing, *Traffic Engineering & Control*, 9(11), pp536-539.