

■ 論 文 ■

출근통행 교통수단 선택행태의 지역간 비교연구 -서울과 일산신도시를 중심으로-

A Regional Comparative Study on the Commuter Mode Choice Behavior
-Case of Seoul and Ilsan New Town-

조 중 래

(명지대학교 교통공학과 교수)

김 채 만

(서울특별시 교통관리실 교통연구반)

목 차

- I. 서론
- II. 자료
 - 1. 일반적 특성
 - 2. 교통수단 선택행태
- III. 교통수단 선택모형 구축
 - 1. 설명변수의 선정
 - 2. 기본모형의 설정
 - 3. 대안특성화 검증
 - 4. 비선형성 분석
- IV. 수단선택행태의 지역간 비교 : 서울과 일산 신도시
 - 1. 모형구조 비교 및 지역간 이전가능성 검증
 - 2. 통행시간가치 비교분석
 - 3. 탄력성 비교분석
- V. 결론
- 참고문헌

요 약

서울과 일산 신도시의 출근통행 교통수단 선택모형을 구축하고, 두 도시간 수단선택행태를 분석·비교하였다. 분석을 위한 자료로는 1996년 서울시에서 수행한 가구통행실태조사자료를 이용하였으며, 수단선택모형으로는 다항로짓모형을 사용하였다. 두 지역 출근통행 수단선택모형의 모형구조상의 차이 및 모형의 지역간 이전가능성을 분석하였고, 출근통행의 시간가치 및 탄력성을 분석하고 비교하였다.

통계적 검증의 결과 출근통행의 수단선택에 있어서, 모형구조적 측면에서나 선택행태적 측면에서 수단선택모형의 두 도시간 이전은 불가능한 것으로 나타났다. 서울의 출근통행의 시간가치가 일산보다 전반적으로 큰 것으로 분석되었고, 특히 서울의 경우, 택시이용자의 시간가치가 자가용 이용자의 시간가치보다 큰 것으로 나타났다. 두 도시 모두 통행시간에 대한 탄력성 통행비용에 대한 탄력성보다 전반적으로 크며, 버스와 지하철간의 통행시간에 대한 교차탄력성이 매우 높은 것으로 분석되었다.

I. 서론

올바른 정책은 현실에 대한 정확한 인식의 바탕 위에서 수립되어야 하며, 정책이 정책으로서의 설득력을 갖으려면 제시된 정책에 대한 다양한 근거자료가 필요하다. 때문에 교통관련 기초자료와 이를 토대로 한 현상에 대한 다양한 분석자료가 올바른 정책수립을 위하여 얼마나 중요한가 하는 것은 더 이상 강조될 필요가 없을 것이다. 이러한 필요성 위에서 최근 서울 및 경기도 지역에 대한 교통센서스가 수행되고 그 결과가 발표되었다.

교통정책을 수립함에 있어 취할 수 있는 인식의 태도는 통행자 혹은 교통시설 이용자를 어떤 관점에서 볼 것인가에 따라 크게 두 가지로 구별될 수 있다. 통행자를 주어진 정책목표를 달성하기 위하여 제어하고 관리할 수 있는 피동적 대상으로 생각할 수 있는 반면, 다른 한편으로는 통행자를 자신의 판단에 따라 생각하고 행동하는 주체적 실체로 인식할 수도 있다. 현재 교통정책의 각 분야를 살펴보면 위의 두 가지 인식태도가 공존하고 있는 것으로 보인다. 교통운영 및 관리와 관련된 분야는 기본적으로 통행자를 관리 및 제어의 대상으로 파악하고 있는 것으로 보이며, 교통시설 공급 및 교통수요조절정책과 관련된 분야에서는 기본적으로 통행자를 주체적 실체로 인지하고 있는 것으로 판단된다. 이러한 인식의 차이는 물론 정책의 대상과 목표의 차이에서 기인하는 것으로 그 인식방법론의 옳고 그름을 판단할 수는 없다. 그러나 문제는 통행자를 행동의 주체로 인식하고 수립되어야 할 정책이 이를 간과하거나 소홀히 함으로써 정책의 효율성을 상실하는 경우가 종종 있다는 사실이며, 수요의 행태적 측면을 간과한 공급정책이 그 가장 대표적인 예라 할 수 있을 것이다.

이러한 관점에서 본고에서는 교통수단과 관련된 시장특성을 파악하기 위하여 교통센서스 자료를 기초로 서울과 수도권 중 일산 신도시 지역의 출근통행의 교통수단선택에 관한 통행 행태를 분석·비교한다. 다음 장에서는 사용된 자료의 특성을 설명하고, 3장에서는 수단선택 모형의 구축과정과 그 결과를 제시한다. 4장에서는 서울과 일산 신도시 지역의 교통수단 선택행태에 대한 지역간 비교를 위하여 모형의 구

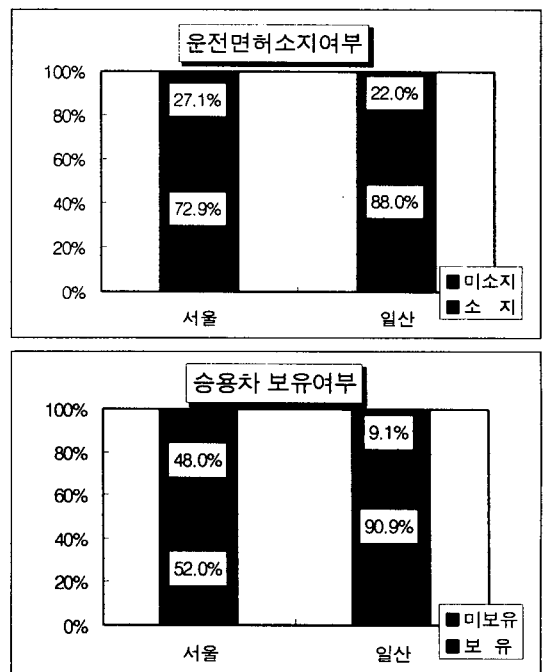
조적 측면과 지역이전가능성을 검토하고 통행시간가치 및 탄력성분석의 결과를 제시한다.

II. 자료

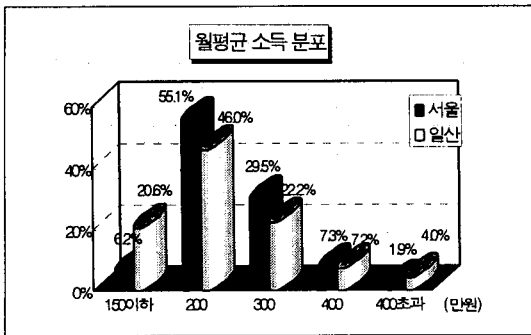
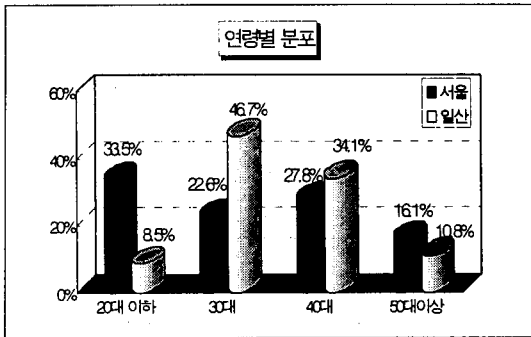
교통수단선택 행태분석을 위하여 1996년 서울시에 실시한 수도권 가구통행실태조사자료를 이용하였다. 모형구축을 위하여 서울의 경우 원 조사자료로부터 추출된 3,659명의 출근통행관련자료를 사용하였고, 일산 신도시의 경우 일산 신도시에서 서울로 출근하는 1,367명의 자료를 사용하였다.

1. 일반적 특성

사용된 자료의 일반특성을 살펴보면, 우선 통행자의 성별 분포에 있어 서울의 경우 남자가 70%, 여자가 30%정도이며, 일산 신도시의 경우는 서울에 비하여 남성비율이 더 높아 89%정도를 점하고 있다. 운전면허소지자는 서울이 72.9%, 일산이 88.0%이며, 승용차



<그림 1> 운전면허 및 승용차보유여부별 통행분포



〈그림 2〉 연령 및 소득수준별 통행분포

보유자는 서울이 52.0%, 일산이 90.9%로 나타났다.

연령별 분포특성을 보면, 서울은 29세이하가 33.5%로 가장 높은 분포를 보이고 있으나, 전반적으로 연령별로 균등하게 분포되어 있는 반면, 일산신도시는 30대와 40대가 전체의 80.8%로 대부분을 차지하고 있다. 월평균소득수준을 살펴보면, 150-250만원대가 서울은 55.1%, 일산은 46.0%로 가장 높은 분포를 보이고 있으며, 서울의 평균소득이 일산 신도시에 비하여 높게 나타나고 있다.

2. 교통수단선택 행태

사용된 자료상에서 나타난 출근통행의 수단별 분담율을 보면, 전체적으로 볼 때 서울의 경우 승용차 분담율이 40%, 버스의 분담율이 32%, 그리고 지하철 분담율이 26%를 나타내고 있다. 이에 비하여 일산신도시의 경우 승용차의 출근통행분담율이 매우 높아 67%를 점하고 있으며 버스 및 지하철의 분담율이 서울에 비하여 상대적으로 낮게 나타나고 있다. 연령별

〈표 1〉 연령별 출근통행의 교통수단분담율

구 분	서울					일산신도시			
	합계	승용차	버스	지하철	택시	합계	승용차	버스	지하철
전 체	3,659 (100)	1,477 (40.4)	1,171 (32.0)	946 (25.9)	65 (1.8)	1,367 (100)	912 (66.7)	263 (19.2)	192 (14.1)
20대이하	1,226 (100)	188 (15.3)	571 (46.6)	445 (36.3)	22 (1.8)	116 (100)	36 (31.0)	44 (38.0)	36 (31.0)
30대	828 (100)	415 (50.1)	217 (26.2)	175 (21.1)	21 (2.6)	638 (100)	449 (70.4)	117 (18.3)	72 (11.3)
40대	1,018 (100)	588 (57.8)	205 (20.1)	213 (20.9)	12 (1.2)	466 (100)	333 (71.5)	72 (15.4)	61 (13.1)
50대이상	587 (100)	286 (48.7)	178 (30.3)	113 (19.3)	10 (1.7)	147 (100)	94 (63.9)	30 (20.4)	23 (15.7)

주) ()는 백분율임

〈표 2〉 월평균 소득수준별 교통수단선택 행태

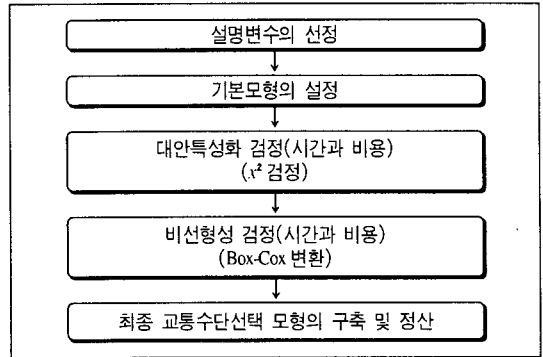
구 분	서울					일산신도시			
	합계	승용차	버스	지하철	택시	합계	승용차	버스	지하철
전 체	3,659 (100)	1,477 (40.4)	1,171 (32.0)	946 (25.9)	65 (1.8)	1,367 (100)	912 (66.7)	263 (19.2)	192 (14.1)
150만원이하	228 (100)	26 (11.4)	139 (61.0)	58 (25.4)	5 (2.2)	281 (100)	167 (59.4)	68 (24.2)	46 (16.4)
150만원초과 250만원이하	2,016 (100)	554 (27.5)	827 (41.0)	500 (29.3)	45 (2.2)	629 (100)	431 (68.5)	123 (19.6)	75 (11.9)
250만원초과 350만원이하	1,079 (100)	651 (60.3)	170 (15.8)	247 (22.9)	11 (1.0)	303 (100)	208 (68.6)	47 (15.5)	48 (11.9)
350초과	336 (100)	246 (73.2)	35 (10.4)	51 (15.2)	4 (1.2)	154 (100)	106 (68.9)	25 (16.2)	23 (15.9)

주) ()는 백분율임

수단분담구조를 보면, 경제적으로 안정되지 않은 20대는 대중교통(버스, 지하철)을 주로 이용하고 있으며, 경제활동이 왕성한 30·40대는 개인교통수단을 많이 이용하는 것으로 나타났다.

소득수준별 교통수단선택 행태를 보면, 소득이 증가할수록 개인교통수단(승용차) 이용율이 높아지며, 월평균 소득이 300만원 대를 전후로 하여 승용차 분담율이 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 서울의 경우 소득증가에 따른 승용차 분담율의 증가현상이 뚜렷하게 나타나고 있으나, 일산신도시의 경우 서울에 비하여 그 변화가 뚜렷하지 않은 데, 이것은 일산의 대중교통 서비스가 상대적으로 빈약하기 때문인 것으로 해석된다.

식의 핵심인 통행시간과 통행비용관련 변수들의 함수적 구조(Functional Structure)를 결정하기 위하여 대안특성화 검정과 비선형성 검정을 시행하였다.



〈그림 3〉 최종 분석모형의 선정 과정

III. 교통수단 선택모형 구축

서울과 일산 신도시의 출근통행 수단선택행태를 비교·분석하기 위하여 본 연구에서는 우선 각 도시별 수단선택 모형을 구축하였다. 선택모형으로는 다항로짓모형을 사용하였으며 〈그림 3〉은 도시별 모형의 구축과정을 도시한 것이다. 우선 변수선정과정을 통하여 각 도시의 기본모형을 설정하고, 통행행태 분

1. 설명변수의 선정

출근통행의 교통수단선택 모형구축에 있어서 선택대안(Choice Alternatives)으로는 승용차, 버스, 지하철 및 택시 등 4개의 교통수단을 설정하였다. 그러나 일산신도시의 경우 서울로 출근하는 통행 중 택시의 이용이 관찰되지 않아 일산신도시 모형에서 택시는 선택대안에서 제외하였다.

〈표 3〉 변수의 형태와 정의

변수	수	적용 교통수단	비고
대안특성상수 (alternative-specific constant)	승용차더미 (d_a)	승용차	-
	버스더미 (d_b)	버스	-
	지하철 더미 (d_c)	지하철	-
일반 변수 (generic variable)	통행시간 (TIME)	모든수단	접근수단 통행시간 포함(분)
	통행비용 (COST)	모든수단	접근수단 통행비용 포함(원)
사회경제적 대안특성변수 (alternative-specific socioeconomic variable)	성별 (SEX)	승용차, 택시	남자 : 1, 여자 : 0
	소득 (INC)	승용차, 택시	월평균 소득
	면허소지여부 (LIC)	승용차	소지 : 1, 미소지 : 0
	차량소유여부 (AWN)	승용차	소유 : 1, 미소유 : 0
	가족수 (FMS)	승용차, 택시	-
	연령 (AGE)	승용차, 택시	-
이용가능 교통수단 (Choice Set)		승용차 버스 지하철 택시 ¹⁾	

주 : 1) 일산의 경우, 서울로의 출근통행에 있어 택시이용이 관찰되지 않아 택시는 선택대안으로 고려하지 않았음.

서울시 교통조사에서 조사된 항목 중 본 연구에서는 변수들 간의 상관분석을 통하여 기본모형을 위한 11개의 속성변수를 선정하였다. 따라서 서울의 기본

모형에서는 통행시간과 통행비용 이외에 6개의 사회경제적 대안특성변수와 3개의 교통수단 더비변수가 사용되었다¹⁾. 그러나 일산 신도시모형에 있어서는 택

시가 선택대안에서 제외되었기 때문에 서울모형에서 사용된 변수 중 지하철 더미를 제외한 총 10개의 변수가 사용되었다. <표 3>은 각 변수에 대한 구체적인 형태와 내용을 설명한 것이다.

2. 기본모형의 설정

앞에서 선정된 설명변수를 사용하여 서울거주자와 서울로 출근하는 일산신도시 거주자의 출근통행 교통

<표 4> 교통수단선택의 기본모형 정산결과

변수 (Variable)		서울		일산신도시	
변수명	변수형태	Coefficient	t-value	Coefficient	t-value
1. 승용차더미 (d _a)	승:1,기타:0	1.7660	10.694	-2.8954	-4.854
2. 버스더미 (d _b)	버:1,기타:0	8.5631	20.514	0.4109	4.208
3. 지하철더미 (d _c)	지:1,기타:0	8.3579	19.931	-	-
4. 통행시간 (TIME)	단위:분	-0.0558	-21.782	-0.0232	-5.609
5. 통행비용 (COST)	단위:원	-0.4562E-03	-7.851	-0.2692E-03	-1.961
6. 차량소유여부 (AWN)	유:1,무:0	5.1849	23.776	1.8705	7.005
7. 면허소지여부 (LIC)	유:1,무:0	0.7921	2.734	1.7451	7.354
8. 소득 (INC)	단위:만원	0.1468E-02	1.957	0.3035E-03	0.472
9. 가족수 (FMS)	가족수	0.0428	1.000	0.0628	0.811
10. 연령 (AGE)	연령	0.0126	1.948	0.0167	1.784
11. 성별 (SEX)	남:1,여0	-	-	0.6504	2.941
Number of observations		3,659		1,367	
Log-Likelihood : L($\hat{\beta}$)		-2581.488		-998.7941	
Restricted (Slopes=0) : L(0)		-5072.451		-1501.803	
χ^2		4981.926		1006.018	
ρ^2		0.49108		0.33494	

<표 5> 일산신도시 기본모형 가설검정

변수 (Variable)		참조모형(U)		비교모형(R)	
변수명 (대안)	변수형태	Coefficient	t-value	Coefficient	t-value
1. 승용차더미 (da)	승:1,기타:0	-2.8954	-4.854	-2.6056	-5.067
2. 버스더미 (db)	버:1,기타:0	0.4109	4.208	0.4113	4.213
3. 통행시간 (TIME)	총시간(분)	-0.0232	-5.609	-0.0233	-5.642
4. 통행비용 (COST)	총비용(원)	-0.2692E-03	-1.961	-0.2657E-03	-1.936
5. 차량소유여부 (AWN)	유:1,무:0	1.8705	7.005	1.7492	7.858
6. 면허소지여부 (LIC)	유:1,무:0	1.7451	7.354	1.8894	7.140
7. 소득 (INC)	소득(만원)	0.3035E-03	0.472	-	-
8. 가족수 (FMS)	가족수	0.0628	0.811	-	-
9. 연령 (AGE)	연령	0.0167	1.784	0.6258	7.392
10. 성별 (SEX)	남:1,여0	0.6504	2.941	0.0173	2.884
Number of observations		1,367		1,367	
Log-Likelihood : L($\hat{\beta}$)		-998.7941		-999.3472	
Restricted (Slopes=0) : L(0)		-1501.803		-1501.803	
χ^2		1006.018		1004.912	
ρ^2		0.33494		0.33457	
참조모형(U)과 비교모형(R)의 동질성에 대한 가설검정 ¹⁾ : $H_0: \hat{B}_U = \hat{B}_R$ $H_1: \hat{B}_U \neq \hat{B}_R$ 검정통계량 : $-2[L(\hat{B}_R) - L(\hat{B}_U)] - \chi^2_{k, \alpha}$ 검정결과 : $-2[-999.3472 - (-998.7941)] = 1.106 < \chi^2_{3, 0.05} = 5.991$ ▶ H_0 Accept.					

주 : 1) \hat{B}_R 및 \hat{B}_U 는 R모형과 U모형의 파라미터 벡터.

1) 보다 풍부한 분석을 위해서는 통행시간을 차내시간과 차외시간(접근시간, 기다리는 시간 등)으로 구분하고 통행비용도 요금 및 주차 비용 등 직접비용과 승용차의 보험료, 세금, 유지관리비 등 간접비용으로 구분하여야 할 것이다. 그러나 교통수단선택의 모형정산과 정에서 일반적으로 부딪히는 문제이듯이 본 연구에서도 이용할 수 있는 자료의 한계로 인하여 부득이 통행시간은 모든 통행시간을 합한 총통행시간으로, 그리고 통행비용은 총통행비용을 사용하였다. 또한, 일반적으로 사용되고 있는 '승용차 보유여부' 대신에 엄밀한 의미에서는 '전용자동차 보유여부'에 대한 변수를 사용하여야 할 것이나 마찬가지로 자료의 제약상 본 논문에서는 이를 고려할 수 없었다.

수단선택모형을 정산하였다. 모형의 정산 과정 중 서울모형의 경우 성별변수가 다중공선성으로 인한 문제를 나타내는 것으로 분석되어 모형에서 제외하였으며, 정산된 결과는 <표 4>에 나타난 바와 같다.

정산결과 서울과 일산신도시 교통수단선택 모형의 모든 변수는 논리적으로 합당한 부호를 보이고 있고, 우도비지표(ρ^2)는 서울이 0.491, 일산이 0.335로 나타나 추정된 모형이 상당히 높은 설명력을 갖는 것으로 분석되었다. 그러나, 개별변수의 측면에서 볼 때 서울의 경우 유의수준 5%에서 가족수 변수가 유의하지 않은 것으로 나타났으나 다른 변수의 설명력이나 통계적 유의성에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 분석되어 기본모형에 포함시키기로 하였다.

일산신도시 모형의 경우, 소득변수와 가족수변수의 통계적 유의성이 없는 것으로 나타나 <표 4>의 모형을 참조모형(Unrestricted Model)으로 하고 소득변수와 가족수변수를 제외한 모형을 비교모형(Restricted Model)으로 하여 두 모형의 동질성에 대한 가설검정을 시행하였다. <표 5>는 그 결과를 나타낸 것으로 검정결과 각 개별변수들의 설명력과 통계적 유의성을 제고하기 위하여 두 변수를 제외한 비교모형을 사용하는 것이 타당한 것으로 판단되었는 바, 이후의 모형구축 과정에서는 이를 기본모형으로

사용하기로 한다.

3. 대안특성화 검정

로짓형 수단선택모형을 사용함에 있어 효용함수에 포함되는 속성변수의 형태를 결정하는 것은행태분석의 기본틀을 정하는 것으로 매우 중요한 일이다. 속성변수를 일반변수(Generic Variable)로 사용한다는 것은 속성변수에 대한 교통수단별 한계효용이 동일하다는 것을 의미하며, 대안특성변수(Alternative-Specific Variable)로 사용한다는 것은 변수에 대한 수단별 한계효용이 서로 상이하다는 것을 의미한다. 따라서, 효용함수에 포함되는 속성변수의 대안특성화에 대한 가설검정은 각 교통수단 이용자의 수단별 선호도 차이의 존재여부에 대한 가설검정이기도 하다.

본 연구에서는 효용함수의 구조적 형태를 결정하기 위하여 통행시간과 통행비용 변수에 대한 대안특성화 가설검정을 시행하였는 바, <표 6>은 그 결과를 나타낸 것이다. 우선 분석과정에서 일산 신도시모형의 경우 통행시간과 통행비용 변수를 대안특성화하였을 때 변수의 파라메타가 기대되는 부호를 가지지 않는 것으로 나타나, 대안특성화 검정이 성립되지 않는 것으로 판단되었고, 따라서 두 변수를 일반변수로 사

<표 6> 변수의 대안특성화 가설검정

구 분	서울모형	일산신도시모형	변수의 대안특성화에 대한 가설검정 ¹⁾		
			서울모형	일산신도시모형	
기본모형 (G모형)	L($\hat{\beta}$) L(0) χ^2 ρ^2	-2581.488 -5072.451 4981.926 0.49108	-999.347 -1501.803 1004.912 0.33457	N/A	N/A
TIME을 대안특성화 (AS모형)	L($\hat{\beta}$) L(0) χ^2 ρ^2	-2578.240 -5072.451 4988.422 0.49172	N/A	【기본모형과 비교】 -2[-2581.488-(-2578.240)] = 6.496 < $\chi^2_{3,0.05}$ (=7815) ▶ H_0 Accept.	검증 전제조건 상실 : (TIME 및 COST의 Coefficient 부호 부적합)
COST를 대안특성화 (AS모형)	L($\hat{\beta}$) L(0) χ^2 ρ^2	-2573.785 -5072.451 4997.332 0.49260	N/A	【기본모형과 비교】 -2[-2581.488-(-2573.785)] = 7.703 < $\chi^2_{3,0.05}$ (=7815) ▶ H_0 Accept.	검증 전제조건 상실 : (TIME 및 COST의 Coefficient 부호 부적합)

주 1) H_0 : G 모형구조
 H_1 : AS 모형구조
 검정통계량 : $-2[L(\hat{\beta}_G)-L(\hat{\beta}_{AS})] \sim \chi^2_k$
 여기에서, G 모형 : 일반변수(Generic Variable)모형
 AS 모형 : 대안특성화변수(Alternative-Specific Variable)모형
 $L(\hat{\beta}_G)$: 추정된 G모형의 Log-Likelihood 값
 $L(\hat{\beta}_{AS})$: 추정된 AS모형의 Log-Likelihood 값
 k (자유도) : (AS모형의 파라메타의 수)-(G모형의 파라메타의 수)

용하는 것이 타당한 것으로 판단되었다.

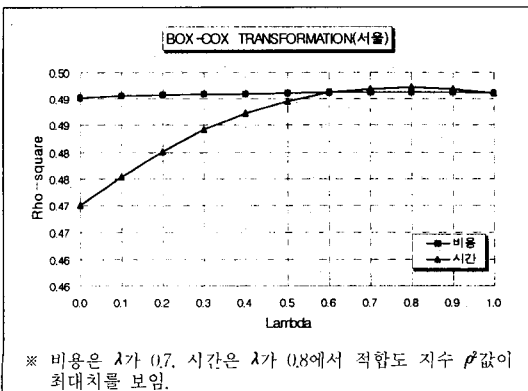
서울모형의 경우 유의수준 5%에서의 가설검정에서 통행시간과 통행비용에 대한 한계효용이 교통수단 별로 상이하지 않은 것으로 분석되었고, 따라서 시간과 비용변수에 대한 대안특성화가 필요하지 않은 것으로 판단되었다. 결국, 서울모형이나 일산 신도시모형이나 모두 통행시간과 통행비용은 일반변수의 구조가 타당하다고 결론지을 수 있다.

4. 비선형성 분석

효용함수의 구조적 형태를 결정하기 위하여 대안 특성화에 대한 가설검정과 더불어 통행시간과 통행비용 변수의 비선형적 특성을 분석하였다. 이를 위하여 두 변수에 대한 Box-Cox변환을 수행하고 변환계수의 변화에 따른 모형의 적합성 지표를 분석하였다.

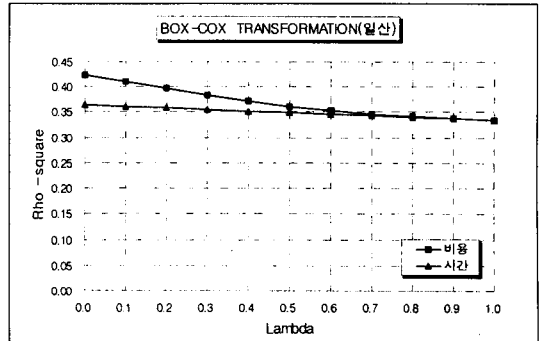
$$x \rightarrow f(x) = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda}, & \text{if } 0 < \lambda < 1 \\ \ln x, & \text{if } \lambda = 0 \end{cases}$$

<그림 4>와 <그림 5>는 비선형성 분석의 결과를 나타낸 것으로, 서울 모형의 경우 통행비용은 $\lambda=0.7$ 에서, 통행시간은 $\lambda=0.8$ 에서 ρ 이 최대값을 보여 두 변수 모두 비선형적 특성을 갖는 것으로 분석되었다. 일산신도시 모형에서는 통행시간과 통행비용이 모두 $\lambda=0$ 에서 ρ 이 최대값을 갖는 것으로 분석되었으나, 통행비용의 경우 $\lambda=0.3$ 이하에서, 그리고 통행시간의



<그림 4> 통행비용과 통행시간 변수의 Box-Cox변환모형의 적합도(서울모형)

경우 $\lambda=0.4$ 이하에서 변수의 파라메타 값이 기대되는 부호를 가지지 않은 것으로 나타나 일산신도시 모형의 경우 통행비용 및 통행시간의 변환계수는 각각 0.4 및 0.5가 적정한 것으로 판단되었다.



<그림 5> 통행비용과 통행시간 변수의 Box-Cox변환모형의 적합도(일산모형)

5. 최종 수단선택모형의 구축

앞에서 본 바와 같이 본 연구에서는 기본모형을 기초로 하여 통행시간과 통행비용 변수에 대한 대안특성화 검정 및 비선형성 분석을 수행하였고, 그 결과에 따라 각 지역의 수단선택모형을 구축하였다. <표 7> 및 <표 8>은 최종적으로 구축된 서울과 일산 신도시 출근통행 수단선택모형의 정산결과를 나타낸 것이다.

최종모형이 <표 4> 및 <표 5>에 제시되어 있는 기본모형과 다른 점은 서울과 일산 신도시 모두의 경우에 있어 기본모형에서의 효용함수는 통행시간 및 통행비용에 대하여 선형인 반면, 최종모형에서의 효용함수는 이들 변수에 대하여 비선형이라는 것이다.

서울의 최종모형은 기본모형에 비하여 적합도 지수에 있어서나 각 변수의 통계적 유의성에 있어서나 미약하나마 전반적으로 개선된 결과를 보이고 있으며, 일산 신도시의 최종모형에 있어서는 <표 5>의 비교모형에 나타난 기본모형에 비하여 모형의 적합도가 현저하게 개선된 것으로 분석되었다.

서울모형의 경우 모든 설명변수의 부호는 타당하며, 가족수 및 연령을 제외한 각 변수는 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 가족수와 연령에 대한 유의성이 떨어지는 것은 핵가족화와 자가용소유의 일반화에 따라 가족수/연령과 소득

<표 7> 서울의 출근통행 교통수단선택 모형

변수		서울모형		
변수명	변수형태	Coefficient	Std. Error	t-value
1. 승용차더미 (d _a)	승:1, 기타:0	1.8456	0.1677	11.066
2. 버스더미 (d _b)	버:1, 기타:0	8.8250	0.4222	20.903
3. 지하철더미 (d _c)	지:1, 기타:0	8.6085	0.4246	20.274
4. 통행시간 (TIME)	$\lambda=0.8$ 적용(분)	-0.1296	0.5908E-02	-21.942
5. 통행비용 (COST)	$\lambda=0.7$ 적용(원)	-0.3879E-02	0.5219E-03	-7.432
6. 차량소유여부 (AWN)	유:1, 무:0	5.2032	0.2149	24.218
7. 면허소지여부 (LIC)	유:1, 무:0	0.8155	0.2876	2.836
8. 소득 (INC)	소득(만원)	0.1526E-02	0.7589E-03	2.010
9. 가족수 (FMS)	가족수	0.4445E-01	0.4313E-01	1.030
10. 연령 (AGE)	연 령	0.1199E-01	0.6490E-02	1.846
Number of observations		3,659		
Log-Likelihood [L($\hat{\beta}$)]		-2576.002		
Restricted (Slopes=0)[L(0)]		-5072.451		
Restricted (Slopes=C)[L(C)]		-4215.701		
-2[L(0) - L($\hat{\beta}$)](Chi-Squared)		4992.898		
-2[L(C) - L($\hat{\beta}$)]		3279.294		
ρ^2		0.49216		

<표 8> 일산신도시의 교통수단선택 모형

변수		일산신도시모형		
변수명	변수형태	Coefficient	Std. Error	t-value
1. 승용차더미 (d _a)	승:1, 기타:0	-0.5272	0.5579	-0.945
2. 버스더미 (d _b)	버:1, 기타:0	0.7282	0.1063	6.847
3. 통행시간 (TIME)	$\lambda=0.5$ (단위:분)	-0.1002	0.03351	-2.988
4. 통행비용 (COST)	$\lambda=0.4$ (단위:원)	-0.0125	0.1455E-02	-8.615
5. 차량소유여부 (AWN)	유:1, 무:0	1.9793	0.2792	7.089
6. 면허소지여부 (LIC)	유:1, 무:0	1.8067	0.2459	7.348
7. 성별 (AGE)	남:1, 여:0	0.6806	0.2289	2.973
8. 연령 (SEX)	연 령	0.0162	0.9636E-02	1.679
Number of observations		1,367		
Log-Likelihood [L($\hat{\beta}$)]		-939.258		
Restricted (Slopes=0)[L(0)]		-1501.803		
Restricted (Slopes=C)[L(C)]		-1179.472		
-2[L(0) - L($\hat{\beta}$)](Chi-Squared)		1125.091		
-2[L(C) - L($\hat{\beta}$)]		480.429		
ρ^2		0.37458		

수준/자가용보유율의 상관관계가 낮기 때문인 것으로 해석된다. <표 8>에서 보면 이와 같이 가족수 및 연령에 대한 유의성이 떨어지는 현상은 일산 신도시모형의 경우에도 나타나고 있음을 알 수 있다.

IV. 수단선택행태의 지역간 비교 : 서울과 일산신도시

1. 모형구조비교 및 지역간 이전가능성 검정

<표 9>는 지금까지 앞장에서 언급된 서울과 일산신

도시 출근통행 교통수단선택 모형의 효용함수구조 분석결과를 요약한 것이다. 선택행태를 설명하는 두가지 주요 요인인 통행시간과 통행비용의 변수형태 측면에서 볼 때, 이들 모두 일반변수(Generic Variable)로 구성되며, 또한 이들 변수가 효용과 비선형적 관계를 갖는다는 점에서 두 도시모형간의 차이는 발견되지 않았다. 그러나 일산 신도시 모형에 비하여 서울모형의 Box-Cox변환계수가 더 크다는 것은 일산모형에 비하여 서울모형의 효용함수가 통행시간 및 비용에 대하여 상대적으로 더 선행적이라는 것을 의미한다.

모형의 지역간 비교에 있어서 중요한 것은 지역간

이전가능성¹⁾에 대한 판단이다. 모형의 지역간 이전가능성은 동일한 모형구조를 기초로 하여 검토되어야 한다. <표 10>은 <표 4>의 기본모형을 이용하여 서울과 일산 신도시 모형의 지역간 이전가능성에 대한 가설검정을 수행한 결과를 요약한 것이다. 각 속성변수의 파라메타 평균값 차이의 유의성에 대한 가설검정 결과, 각 교통수단의 특성을 나타내는 더미변수, 통행시간, 차량소유여부 및 면허소지여부와 관련된 파라메타의 지역간 상이함이 발견되었는 바, 이것은 출근통행을 위한 교통수단을 선택함에 있어 서울의 통행자와 일산 신도시 통행자 사이에 선택행태상의 차이

가 존재한다는 것을 의미한다. 이것은 결국, 모형의 구조적 상이함과 선택행태상의 차이를 감안할 때, 서울과 일산신도시 두 지역간의 출근통행 수단선택모형의 지역간 이전은 불가능하며, 각 개별 지역에 대해서는 각 지역 고유의 모형이 개발·적용되어야 한다는 것을 뜻한다.

<표 9> 모형구조비교

변수	서울모형	일산신도시모형
통행시간	• 일반변수 • 비선형(λ=0.8)	• 일반변수 • 비선형(λ=0.5)
통행비용	• 일반변수 • 비선형(λ=0.7)	• 일반변수 • 비선형(λ=0.4)

<표 10> 서울과 일산신도시 모형의 이전가능성 검정

변수		서울모형		일산신도시모형		검정통계량 ¹⁾ (t-value)
변수명	변수형태	Coefficient	Std. Error	Coefficient	Std. Error	
1. 승용차더미 (d _a)	승:1,기타:0	1.766	0.165	-2.885	0.597	7.531**
2. 버스더미 (d _b)	버:1,기타:0	8.563	0.417	0.411	0.098	19.017**
3. 지하철더미 (d _c)	지:1,기타:0	8.358	0.419	-	-	-
4. 통행시간 (TIME)	단위:분	-0.056	0.003	-0.023	0.004	-6.711**
5. 통행비용 (COST)	단위:원	-0.456E-3	0.580E-3	-0.260E-3	0.140E-3	-1.254
6. 차량소유여부 (AWN)	유:1,무:0	5.185	0.218	1.871	0.267	9.614**
7. 면허소지여부 (LIC)	유:1,무:0	0.792	0.290	1.745	0.237	-2.546**
8. 소득 (INC)	단위:만원	0.001	0.750E-3	0.303E-3	0.640E-3	1.178
9. 가족수 (FMS)	가족수	0.043	0.043	0.063	0.078	-0.226
10. 연령 (AGE)	연령	0.013	0.644	0.017	0.009	-0.007
11. 성별 (SEX)	남:1, 여:0	-	-	0.650	0.221	-

주 1) 검정통계량 : $t = \frac{\hat{\beta}_x^s - \hat{\beta}_x^l}{\sqrt{Var(\hat{\beta}_x^s) + Var(\hat{\beta}_x^l)}} \sim t_{\alpha}$

$H_0 : \hat{\beta}_x^s = \hat{\beta}_x^l$

$H_1 : \hat{\beta}_x^s \neq \hat{\beta}_x^l$

여기에서, $\hat{\beta}_x^s$: 서울모형 속성 변수 X의 파라메타

$\hat{\beta}_x^l$: 일산 신도시모형 속성 변수 X의 파라메타

2) **: 유의수준 5%에서 H_0 Reject.

2. 통행시간가치 비교분석

통행시간가치를 계산하는 방법 중 한계대체율법은 수단선택모형에 포함되어 있는 효용함수로부터 계산된 통행시간과 통행비용의 한계대체율(Marginal Rate of Substitution)을 이용하는 방법이 다. <표 7> 및 <표 8>에 제시되어 있는 통행시간과 통행비용 변수의 함수구조에 대하여, 한계대체율법에 따른 통행

시간가치는 아래와 같이 계산된다.

$$VOT = \frac{\hat{\beta}_T \cdot T_m^{(\lambda_T - 1)}}{\hat{\beta}_C \cdot C_m^{(\lambda_C - 1)}}$$

위의 식에서, $\hat{\beta}_T$ 및 $\hat{\beta}_C$ 는 각각 TIME 및 COST의 파라메타, T_m , C_m 는 각각 수단 m의 평균통행시간과 평균통행비용을 나타내며, λ_T , λ_C 는 각각 TIME과 COST의 Box-Cox 변환계수를 의미한다.

1) 모형의 지역간 이전가능성을 검정하기 위하여 사용되는 검정방법은 검정의 목적에 따라 다르나 일반적으로 행태분석적 측면에서의 이전가능성을 검토하기 위하여는 시간 혹은 비용 등 주요 정책변수에 대한 개별적 t-test가 사용되며, 모형의 구조 혹은 예측력 측면에서의 이전가능성을 검정하기 위하여는 Likelihood ratio test가 사용될 수 있다(Atherton, T. and M. Ben-Akiva, 1976; Ben-Akiva, M., 1981). 본 연구에서는 행태적 측면에서의 지역간 비교분석에 연구의 목적을 두고 있는 바, 개별변수에 대한 t-test를 수행하였다.

〈표 11〉은 〈표 7〉 및 〈표 8〉에 제시된 최종모형의 정산결과로부터 구한 지역별 및 수단별 통행시간가치를 나타낸 것이다. 서울의 통행자의 시간가치를 수단별로 보면 지하철 및 버스가 6,167(원/시간) 및 6,447(원/시간)으로 비슷하고, 승용차는 8,133(원/시간), 그리고 택시는 11,650(원/시간)으로 분석되었다. 한편 일산 신도시의 경우 서울보다 출근통행의 시간가치가 낮은 것으로 분석되어, 승용차는 서울보다 시간당 2,000원 정도가 작은 6,178(원/시간), 그리고 지하철 및 버스는 서울보다 3,000원정도가 작은 3,184(원/시간) 및 3,411(원/시간)인 것으로 나타났다.

전체적으로 볼 때 두 지역 모두에 있어 버스와 지하철의 통행시간가치는 비슷한 수준을 보이고 있으나 버스가 지하철 보다 약간 높게 나타나고 있다. 이것은 최근 버스우선정책에 따라 다양한 고급형 버스가 집중적으로 공급되고 있고 출근시 이들 버스가 많이 이용되고 있는 현실이 반영된 결과라고 해석될 수 있다. 또한 특히 주목하여야 할 점은 서울의 경우 택시의 시간가치가 승용차의 시간가치보다 현저하게 높은 것으로 분석되었다는 사실로, 이것은 지금까지 준대중교통수단으로 인식되어 온 택시가 이제는 고급교통수단으로 자리잡아가고 있음을 시사한다³⁾.

한편 시간가치의 임금을 대한 비율을 보면, 서울의 경우 택시가 87.9%, 승용차가 61.4%로 나타났고 버스 및 지하철은 각각 48.7%와 46.7%인 것으로 분석되었다. 일산 신도시의 경우 이보다 낮은 수준을 보이고 있는데, 승용차는 49.5%, 그리고 버스와 지하철은 각각 27.3%, 25.5%인 것으로 분석되었다⁴⁾.

〈표 11〉 서울과 일산신도시의 출근통행 시간가치 비교

구분	서울				일산신도시		
	승용차	버스	지하철	택시	승용차	버스	지하철
①통행시간의 파라메타	-0.12364				-0.10017		
②통행비용의 파라메타	-0.38787E-02				-0.01254		
③평균통행시간(분)	2890	67.74	68.63	3492	69.19	87.96	77.93
④평균통행비용(원)	1,032	815	709	3,766	2,419	1,010	885
⑤시간가치(원/시)	8,133	6,447	6,167	11,650	6,178	3,411	3,184
⑥시간당임금(원/시)	13247				12488		
시간가치/시간당임금(%)	61.4	48.7	46.7	87.9	49.5	27.3	25.5

3. 탄력성 비교분석

교통수단 *i*의 선택확률 P_i 가 다항로짓모형으로 구축되고, 사용된 효용함수가 속성변수 X 에 대하여 Box-Cox형태로 변형된 비선형함수로 표현될 때, 교통수단 *i*의 속성변수 X_i 에 대한 P_i 의 직접탄력성 $E_{X_i}^{P_i}$ 는 :

$$E_{X_i}^{P_i} = \hat{\beta}_X \cdot (1 - P_i) \cdot X_i^{\lambda_X}$$

로 표현되고, 수단 *j*의 속성변수 X_j 에 대한 P_i 의 교차탄력성 $E_{X_j}^{P_i}$ 는 :

$$E_{X_j}^{P_i} = -\hat{\beta}_X \cdot P_j \cdot X_j^{\lambda_X}$$

와 같이 계산된다(여기에서 λ_X 는 속성변수 X 의 Box-Cox 변환계수를 의미한다). 〈표 11〉은 서울과 일산신도시의 출근통행 교통수단선택에 대한 직접탄력성을 비교한 것이고, 〈표 12〉와 〈표 13〉에는 교차탄력성이 제시되어 있다.

전체적으로 두 지역 모두에 있어서 승용차, 버스 및 지하철의 수요는 통행비용의 변화에 대해서는 탄력적이지 않으나⁵⁾ 통행시간에 대하여는 매우 민감한 것으로 분석되었고, 서울의 경우 택시의 수요는 통행

3) 1980년대까지만 하여도 자가용은 고소득자의 사치품으로 생각되었고, 따라서 택시의 주 이용자는 승용차를 보유하지 못한 사람들이었다는 점을 감안할 때, 승용차의 시간가치가 택시의 시간가치보다 높다고 하는 것이 사회의 그리고 전문가의 보편적 인식이었다고 생각된다. 그러나 이제는 더 이상 자가용은 고소득계층의 사치품이 아니다. 또한 택시의 주 이용자가 자가용을 보유하지 못한 사람만 아니라도 생각된다. 특히 출근통행의 경우 오히려 자가용은 보유하고 있으나 혼잡한 도로를 운전하기가 번거롭고 귀찮은 사람들 중 경제적 여력이 있는 사람들이 주로 택시를 이용하고 있다고 해도 과언이 아닐 것이다. 물론 이러한 주장은 명백한 근거에 의한 것이라기 보다 상황인식논리에 지나지 않는 것이나, 통행행태에 대한 시대적 변화를 어느 정도 설명하고 있다고 판단되며, 본 연구의 결과가 이러한 상황인식을 뒷받침한다고 볼 수 있다.

4) 외국의 선행연구결과에서 보면, 1962년 Paris시 거주자의 출근통행의 임금이 대한 시간가치는 75%, 1967년 기준 영국 Leeds시는 30%, 동년도 기준 Liverpool시와 Leicester시는 각각 61% 및 132%인 것으로 보고되고 있어 도시간에 큰 격차를 보이고 있다(임강원, 도시교통계획-이론과 실제-, 서울대학교 출판부, p.237).

5) 실제로, 서울시의 상시 교통량 조사에 따른 유가상승 전 후의 교통량 변화자료를 보면, 유가가 923원일 때인 1997년 12월에 비하여 유가가 1047원이었던 1998년 3월의 올림픽대로의 교통량은 3.2%감소한 것으로 나타났으며, 동 기간 중 남산 1, 3호 터널의 교통량은 0.1%감소한 것으로 조사되었다(서울시 내부자료). 이것은 동 기간중 유가의 상승률이 13.4%였음을 생각할 때, 올림픽대로 교통량의 유가에 대한 탄력성은 -0.24, 남산 1, 3호 터널 교통량의 유가에 대한 탄력성은 -0.01정도임을 의미한다.

〈표 12〉 서울과 일산신도시의 출근통행 수단선택 직접탄력성 비교

구 분	서울		일산신도시	
	통행비용	통행시간	통행비용	통행시간
승용차	-0.110	-0.453	-0.173	-0.426
버스	-0.144	-1.643	-0.188	-1.610
지하철	-0.150	-1.974	-0.173	-1.344
택시	-1.102	-1.803	-	-

〈표 13〉 서울의 출근통행 수단선택 교차탄력성

변 수	대체수단	승용차	버스	지하철	택시
		승용차	통행비용 - 통행시간 -	0.065 0.265	0.070 0.289
버스	통행비용	0.034	-	0.123	0.034
	통행시간	0.388	-	1.406	0.387
지하철	통행비용	0.023	0.091	-	0.023
	통행시간	0.335	1.157	-	0.319
택시	통행비용	0.039	0.007	0.008	-
	통행시간	0.062	0.013	0.013	-

〈표 14〉 일산 신도시의 출근통행 수단선택 교차탄력성

변 수	대체수단	승용차	버스	지하철
		승용차	통행비용 - 통행시간 -	0.347 0.851
버스	통행비용	0.039	-	0.071
	통행시간	0.337	-	0.604
지하철	통행비용	0.024	0.043	-
	통행시간	0.186	0.336	-

시간과 비용 모두에 대하여 매우 탄력적인 것으로 나타났다. 특히, 한계교통수단으로 이야기되는 대중교통의 경우 통행시간 및 비용에 대해 비탄력적이라는 지금까지의 일반적 인식과는 다르게, 본 연구에서는 버스와 지하철의 통행시간에 대한 탄력성이 매우 높은 것으로 분석되었다. 이것은 버스 혹은 지하철이 단독으로 존재할 경우 대체교통수단의 부재로 인하여 지금까지 통상적으로 인식되어 온 바와 같이 통행시간에 대하여 비탄력적인 특성을 보이게 되나, 서울과 일산 신도시에 있어서와 같이 두개의 대중교통수단이 공존하여 상호 경쟁 혹은 대체적 관계를 형성하게 될 경우 통행시간에 대한 직접탄력성이 매우 높게 나타나게 됨을 의미한다. 이러한 현상은 〈표 13〉 및 〈표 14〉에서 특히 서울의 경우 버스와 지하철 상호간의 통행시간에 대한 교차탄력성이 매우 높게 나타나고 있는 것을 보면 더욱 명확하게 이해될 것이다. 그러나 두 대중교통수단간의 대체적인 관계가 존재할 경우에 있어서도 통행비용에 대한 탄력성은 여전히 매

우 낮은 것으로 분석되었는 바, 이것은 시장수요의 관점에서 볼 때 아직 대중교통수단의 요금을 인상할 수 있는 여지가 있음을 의미한다.

한편 〈표 13〉에서 보듯이 택시의 통행시간에 대한 승용차의 교차탄력성은 0.062로 매우 낮으나 반대로 승용차의 통행시간에 대한 택시의 교차탄력성은 1.299로 매우 높은 것으로 분석되었다. 이것은, 통행시간의 증가에 따른 교통수단의 대체현상이라고 해석되기 보다, 특히 서울에서의 단거리 통행의 경우 교통정책으로 인한 승용차 운전의 피곤함을 벗어나기 위한 택시이용이 많은 현실이 반영된 결과라 하겠다.

또한 〈표 13〉과 〈표 14〉에서 승용차 통행시간에 대한 대중교통의 교차탄력성을 지역별로 비교해 보면, 서울의 경우 버스는 0.265, 지하철은 0.289를 나타내고 있으나 일산 신도시의 경우 각각 0.851 및 0.855를 나타내고 있어 서울에 비하여 상대적으로 탄력성이 큼을 알 수 있다. 이것은 지금까지의 서울중심적 대중교통 정책이 광역적 개념으로 전환되어야 할 것이라는 정책적 의미를 담고 있는 것으로 시사하는 바가 크다 하겠다.

V. 결론

서울과 일산 신도시의 출근통행 교통수단 선택모형을 구축하고, 두 도시간 수단선택행태를 분석·비교하였다.

올바른 교통정책은 현실에 대한 명확한 인식과 정확한 판단 위에서 수립되어야 한다는 원론적 입장에서 출발하여, 1996년 조사된 서울시 교통센서스 자료를 이용한 분석결과를 제시하였다. 본고에서 제시된 결과는 앞으로 연구·분석되어야 할 많은 수도권 관련 통행특성분석의 극히 일분에 지나지 않는다. 복잡·다양화되어 가는 현실의 교통문제에 올바르게 대응하기 위해서는 '교통시장'과 통행자의 행태에 관한 구체적이고 치밀한 분석이 수행되어야 할 것이다. 이를 위해서는 본 연구의 분석결과에서도 언급된 바와 같이 통행특성을 효율적으로 설명할 수 있는 시장특성 측면에서의 지역분할, 통행자의 사회경제적 특성에 따른 계층 구분, 그리고 이러한 지역분할과 계층

구분을 기초로 한 각 지역 및 계층에 대한 통행특성이 분석·제시되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 임강원, 도시교통계획-이론과 실제, 서울대학교 출판부, 1992.
2. 서울시, 서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축, 1997. 12.
3. Atherton, t. and M. Ben-Akiva,1976, "Trensferability and Updating of Disaggregate Travel Demand Models", Trans. Research Record 610:12-18.
4. Ben-Akiva, M.,1981, "Issues in Transferring and Updating Travel-Behavior Models", In New Horizons in Travel Behavior Research. P. Stopher et as., eds. Lexington Books, Lexington, Mass.
5. Ben-Akiva M. and S. Lerman, Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand, MIT Press, Cambridge, 1985.
6. William H.G, LIMDEP User's Manual and Reference Guide, Version 6.0.