

통행행태와 도시공간특성에 관한 위계적 분석 II

A Hierarchical Analysis on the Commuting Behaviors and Urban Spatial Characteristics II

서종국^{a,*}

Jong Gook Seo^{a,*}

^aDepartment of Urban Policy and Administration, Incheon National University, 12-1 Songdo-dong, Incheon 22012, Republic of Korea

ABSTRACT

Purpose: The purpose of the study is to analyze the relationship between travel behavior and urban spatial characteristics in a hierarchical manner.

Method: This study analyzed the relationship between traffic patterns and urban spatial characteristics for 83 cities in Korea by using a hierarchical linear model.

Results: It was found that the urban spatial characteristics influenced the choice of transportation mode and travel time with personal attributes. However, the degree of influence on the choice of the means and the time required is relatively low through the policy of changing the city attribute, so the policy effect of mobilizing the land use policy for the traffic is theoretically, but the scale is not bigger than expected.

Conclusion: In high density or the bigger scale of the city, the mass transportation system is widely supplied and used, but it does not overcome the drawback that it takes more time than the autos.

KEYWORDS

Travel Mode Choice, Travel Behavior, Individual Character, Urban Spatial Characteristics, Hierarchical Analysis Model

연구목적: 연구의 목적은 통행행태와 도시공간특성관계를 위계적으로 분석하는데 있다.
연구방법: 본 연구는 2010년 우리나라 83개 도시에 대한 통행행태와 도시공간특성과의 관계를 위계선형모형으로 분석하였다.
연구결과: 도시속성이 교통수단선택과 통행시간에 개인속성과 더불어 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 도시속성을 변화시키는 정책을 통해서 수단선택과 소요시간에 영향을 미치는 정도가 비교적 낮은 것으로 나타나 교통을 위해서 토지이용정책을 동원하는 정책효과는 이론적으로 있으나 그 규모에 대해서는 기대보다는 크지 않다.
결론: 고밀개발 또는 도시규모가 클수록 대중교통체계가 많이 공급되어 이용을 많이 하지만 승용차에 비해 시간이 많이 소요되는 단점을 극복하지 못하고 있다.

교통수단선택, 통행행태, 개인속성, 도시공간특성, 위계적 분석

© 2018 Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-32-835-8741. Email. jgseo@inu.ac.kr

ARTICLE HISTORY

Received May. 29, 2018
Revised May. 29, 2018
Accepted Jun. 21, 2018

1. 서론

후기 산업사회와 정보화 사회로 접어들면서 도시의 모습은 획기적으로 변화하였다. 이는 도시여건 속에서 다양한 경제활동 주체들이 각자의 선호나 제도에 반응하면서 각자의 입지를 선택하면서 나타나는 결과들이다. 전반적으로 도시의 집중에서 외곽으로 확산되는 등의 도시분산이 보편적으로 일어나고 있는 가운데 이러한 현상을 도시문제의 원인으로 지목하면서 이를 방지하고자 하는 대안을 제시하기도 한다. 특히 도시확산에 따른 자연자원의 고갈 위기를 우려하면서 범지구적인 지속가능한 개발의 필요성과 에너지 효율성에 대한 관심이 높아졌다.

도시확산을 방지하거나 완화하고자 하는 노력에 집중하면서 대중교통이나 도보와 같은 대중교통수단 중요성의 감소 문제를 지적하고 있다 (Schwanen, Dijst, and Dieleman, 2001). 신도시주의(new urbanism)로 상징되는 새로운 도시계획의 패러다임이 자리를 잡으면서 도시재생과 같은 기성시가지의 새로운 고밀개발에 집중하고, 교통체계와 관련하여 대중교통지향형 개발과 보행과 자전거 통행의 중요성을 강조하고 있다. 공간정책으로써 고밀도시(compact city)는 다양한 도시활동의 이동거리를 감소시키고 승용차보다는 대중교통의 이용편의성을 높여 교통에너지를 절약하는 효율적인 대안이라는 것이다.

그러나 고밀도시의 교통에너지 효율성 주장에 대해 반론이 여러 측면에서 제기되고 있다. 실증적인 미국 도시의 분석결과와는 도시확산으로 인해서 자동차의 통근시간은 오히려 감소한 것으로 나타났다 (Gordon and Richardson, 1996). 신도시주의의 문제점과 비실현성을 지적하면서 고밀도시의 비효율성을 실증적으로 규명한 다양한 연구결과도 제시되었다 (서종국, 1998, 2005; Gordon & Richardson, 1996, 1997; Gordon etc., 1998; Giuliano & Small, 1991; Breheny, 1992a, 1992b, Seo, 2002).

이와 같은 논쟁의 핵심은 통행행태와 도시공간특성과의 관계에 관한 것이다. 도시공간특성은 통행행태와 상호 밀접한 관계를 가지고 영향을 주고받는다. 도시의 건조환경이 통행수단의 선택에 영향을 미치기도 하지만 개인의 통행행태에 따라 주거지를 선택하기도 한다. 따라서 토지이용과 통행수단의 선택에 대한 선호도에 따라 주거지의 선택이 결정된다면 자동차 의존도를 감소시키기 위한 토지이용과 교통정책들은 그 효과가 의미 없을 수 있다. Ewing and Cervero (2001)은 개인의 사회경제적인 특성과 도시공간특성이 통행패턴에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구들을 고찰하여 도시공간특성이 통행빈도보다는 통행거리 또는 시간에 매우 크게 영향을 미치고 통행수단의 선택도 도시공간특성에 의해 영향을 받는다고 정리하였다.

본 연구의 목적은 통행행태와 도시공간특성관계를 위계적으로 분석하는데 있다. 통근수단의 선택은 다양한 개인의 인구·사회·경제적인 요인이 반영된 생활양식에 따라 다른 선택의 결과를 보일 것이다. 그리고 개인들이 생활하는 도시의 특성에 대한 가치를 어떻게 평가하느냐에 따라서 교통수단의 선택은 달라질 것이다. 또한 교통수단의 선호도에 따라서 주거입지선택의 결과도 다르게 나타날 것이다. 그러나 반대의 현상도 나타날 가능성도 있는 것이다. 개인들의 주거입지 선택에 따라서 통행수단의 선택이 달라질 수 있다는 것이다. 이러한 개인의 다양한 선택결과들은 상호 복합적인 인과관계를 형성하면서 영향을 주고받게 될 것이다. 개인들의 복잡한 선택 관계를 위계적으로 그 인과관계를 규명하는 것은 지속가능한 도시의 실현에 있어 정책적인 논거를 제공하는 필수적인 선결과제이다.

본 논문의 연구내용은 크게 두 부분으로 구분할 수 있는데, 한부분은 통근행태와 도시공간특성에 관한 다양한 이론적 고찰과 그 효율성에 관한 실증적인 선행 연구의 고찰이다. 이를 통하여 가설을 설정하고 난후 다른 한 부분으로써 우리나라에 대한 실증분석을 진행한다. 실증분석 대상은 우리나라 도시전체로써 서울시 및 6개 광역시와 지방도시 76개 총 83개 도시이다. 분석 자료는 2010년 각의 “가구통행실태조사”와 “도시통계연보” 자료를 활용한다. 구체적인 통근행태의 분석내용은 통근수단인 대중교통과 승용차의 이용 분포와 통근소요시간이며 이를 설명하는 변수로는 제1수준인 개인속성과 제2수준인 도시속성으로 구분하여 활용한다. 분석 방법에 있어서는 위계적 선형모형을 이용한다.

2. 이론적 고찰¹⁾

교통수단선택을 분석하는 주류 접근법은 통행자가 통행의 비용과 시간을 최소화를 통하여 효용이 극대화하는 관점에서 수단선택의 결정을 한다고 전제한다 (Shen et al., 2009). 개인은 모든 정보를 완벽하게 가지고 최고의 효용을 달성할 수 있는 최선의 대안을 선택한다는 것이다. 통행수단의 선택은 수단과 관련된 객관적인 요인뿐 만 아니라 이용자들의 주관적인 요인들도 매우 중요하다. 다양한 접근법에서 이용하는 결정요인들을 사회인구적 요인, 공간적 요인, 통행특성요인, 그리고 사회 심리적 요인으로 구분하여 정리할 수 있다.

2.1 개인특성

통행행태에 영향을 미치는 사회적 인구요인은 일반적으로 통행자 개인의 상태와 사회적 위상을 의미하는 것들이다. 나이는 개인의 사회적 위상을 설명하는 요인으로 통행할 수 있는 육체적 능력을 나타내는데 통행수단 선택에 나이의 영향에 대해 일관된 선행연구 결과를 제시하고 있지 않지만 어떠한 형태로든 영향을 미치는 주요한 요인이다. 연구 대상과 지역 및 다른 요인과 상호연계되어 나이가 많을수록 대중교통을 이용한다는 연구결과를 제시하기도 하고 반대로 승용차를 이용한다는 결과도 제시하기도 한다 (Bhat, 1998; Cirillo and Axhausen, 2006).

나이와 더불어 성별요인도 일관성 있는 영향관계를 나타내고 있지 않다. 여자의 경우는 가사에 대한 부담으로 통근에 대한 부담을 감소시키기 위해 대중교통보다는 승용차를 많이 이용한다고 주장한다. 그러나 여자가 대중교통의존도가 높고 남자는 승용차를 더 많이 이용한다는 연구도 있다. 일반적으로 성별 자체만이 아니라 나이와 마찬가지로 가구구성과 고용상태 등 다른 요인과 더불어 상호작용하면서 수단선택에 영향을 미치는 것임을 많은 연구결과에서 제시하고 있다 (Bhat, 1998).

교육수준도 일관된 영향관계를 제시하고 있지는 않지만 직업, 소득, 사회적 지위, 조직에서의 경쟁력 등에 영향을 미쳐 간접적으로 수단선택의 결정요인으로 작용한다. 예를 들어 높은 교육을 받은 통행자는 수입이 많아져서 자동차를 많이 이용할 가능성이 높아진다는 것이다 (Limtanakool et al., 2006). 직업은 소득과 자동차보유에 직접 관련이 있고 근무회사의 통근정책은 통근자의 통근수단의 선택에 영향을 미친다. 정규직 종사자는 비정규직과 자영업자에 비해 회사에서 제공하는 대중교통 이용권이 있어 대중교통을 이용할 것이다 (Bhat, 1998; Cervero, 2002).

소득은 통행수단에 가장 중요한 결정요인으로 일반적으로 승용차이용과 소득은 정(+)의 관계이며 대중교통이용과는 그 반대이다. 저소득은 승용차보유에 제약요인으로 작용하고 있어 소득이 높을수록 카풀이나 대중교통을 이용하기보다는 승용차를 이용한다 (Bhat, 1997). 가구구성은 승용차보유수에 영향을 미치는데 가구규모가 클수록 승용차 이용 확률이 높으며 특히 어린이가 있는 경우에는 승용차이용의 효용성이 높아서 선택 확률이 높다. 끝으로 승용차보유는 통행수단의 선택에 매우 결정적인 요인으로 승용차이용에 정(+)의 관계를 나타내고 있다 (Bhat, 1998; Cirillo and Axhausen, 2006).

2.2 도시공간특성

Ewing and Cervero (2001)는 통행행태를 결정하는 도시공간특성 요인으로 5D (density, diversity, design, destination accessibility, distance to transit)를 제시하고 있다. 밀도는 통행수단 선택에서 중요한 요인으로 비교적 일관성에 있게 규명되고 있다. 고밀도는 모든 교통수단에 대해 평균 통행거리를 감소시키면서 대중교통수단의 경쟁력을 향상시키고 도보나 자전거의 이용가능성을 높여준다. 따라서 밀도가 높은 도시지역에서 대중교통서비스가 많이 공급되어 있어 그 이용률도 높은 것이다 (Limtanakool et al., 2006).

복합성은 토지이용의 혼합정도를 의미하는데 직주근접 또는 직주비 등으로 측정되어 분석하고 있다. 출발지와 종점 모두에서 토지이용의 혼합도가 높으면 승용차를 이용하거나 카풀 확률이 대중교통을 이용할 확률보다 낮은 것으로 나타났다(Cervero, 2002). 디자인은 도시공간구조 또는 도시가로망특성을 나타내는 획지구도, 도로율, 도로폭, 건축물의 셋백, 보행자도로 등의 지표로써 도시구조나 디자인이 대중교통중심개발 형태이거나 보행자중심형태인 경우 자동차의 이용률은 낮고 대중교통의 이용률은 높은 것이다.

1) 이론적 고찰은 선행연구로 진행된 “통행행태와 도시공간특성에 관한 위계적 분석” (서종국, 2015)을 일부 인용하여 재정리한 내용임.

교통이론에 따르면 일반적으로 접근성이 높으면 이동성제고 필요성이 낮아 접근성이 양호한 도시나 지역에서는 이동성이 비교적 높은 승용차의 이용보다는 대중교통의 이용확률이 높아진다. 대중교통체계와 공공시설에 대한 접근성도 중요한 요인으로 통행수단의 선택에 영향을 미친다. 도시공간속에서 대중교통관련 시설과 다양한 공공시설이 어떻게 입지 분포하느냐에 따라 대중교통접근성이 결정되기 때문이다. 그 외 도시 특성으로 기후와 같은 자연현상과 재난발생 현황도 통행행태에 영향을 미친다.

2.3 상호의존성

자동차의 보급은 도시들의 공간구조 변화에 중요한 역할을 하고 동시에 새로운 형태의 도시개발은 자동차의 필요성이 증대되는 결과를 초래한다. 도시기능이 교외지역으로 분산되는 현상은 대중교통과 도로와 같은 교통수단의 중요성이 자동차에 비해 감소한 결과임을 많은 선행연구에서 지적하고 있다 (Schwan, Dijist, and Dieleman, 2001). 자동차 보급률이 향상되었고 나아가 의존도가 높아짐으로써 도시공간구조는 다핵화로 진행되었다는 것이다. 그러나 자동차 의존성에 대한 반론으로 다핵 분산도시에서도 대중교통에 대한 과감한 시설투자를 하고 지역 간의 대중교통 연계체계를 잘 갖추면 다핵화로 인한 자동차 의존도는 낮아 질 수 있다는 것이다 (Newman and Kenworthy, 1992).

통근수단의 선택은 다양한 개인의 인구·사회·경제적인 요인이 반영되어 결정된다. 그리고 개인들이 생활하는 도시의 특성에 대한 가치를 어떻게 평가하느냐에 따라서 교통수단이 선택된다. 또한 교통수단의 선호도에 따라서 주거지도 선택되고 그 반대의 현상도 나타날 것이다. 개인들의 주거입지 선택에 따라서 통행수단의 선택이 달라질 수 있다는 것이다. 이러한 개인의 다양한 선택결과들은 상호 복합적인 인과관계를 형성하면서 영향을 주고받게 될 것이다.

가구주는 경제적 선택 과정으로 주거지의 속성으로부터 얻는 편익과 입지결정에 따른 제반 비용과 편익을 서로 비교하면서 가구의 효용을 극대화시키기 위한 최적의 입지선택을 한다 (Jara-Diaz and Martinez, 1999). 따라서 입지선택과 자동차소유관계를 포함한 토지이용과 교통의 통합분석모형에서는 단기적인 교통선택에 장기적인 입지결정의 역할을 명시적으로 중요하게 다루고 있다.

Ewing and Cervero (2001) 은 통행발생은 도시공간구조보다는 가구주의 사회경제적 특성에 매우 관련성이 높은 반면에 통행수단의 선택은 도시토지이용에 민감하다고 하였다. Frank et al. (2008) 은 인구적 요인을 통제하면서 밀도, 혼합이용도, 소매업의 공간면적 등과 같은 토지이용 변수가 통근수단의 선택에 매우 중요하게 작용하고 있음을 밝혔다.

3. 실증분석

3.1 분석변수 및 자료

본 연구는 통행행태 영향을 미치는 개인속성과 도시속성의 관계를 규명하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 분석 자료로써 개인속성은 2010년 “가구통행실태조사” 자료를 활용하고 도시속성은 “도시통계연보” 자료를 활용한다. 구체적인 통근행태의 분석내용은 통근수단인 대중교통과 승용차의 이용 분포와 통근소요시간이며 이를 설명하는 변수로는 제1수준인 개인속성과 제2수준인 도시속성으로 구분하여 활용한다. Table 1은 본 연구의 분석모형에서 활용하는 구체적인 각 속성의 개별 변수를 나타내고 있다.

Table 1. Description of Variable

제1수준(개인속성)	개인	가구원관계, 나이, 성별, 직업
	가구	가구원수, 미취학아동수, 차량유무, 주택종류, 점유형태, 가구전체월소득, 지하철까지도보시간, 버스정류장까지도보시간
	통행	통행목적, 통행수단, 통행시간, 통행인수,
제2수준(도시속성)	인구	인구수, 고령화율, 인구밀도
	경제	고용자수, 1인당GDP, 1인당지방세부담액
	자연	맑음일수, 강수일수
	도시설계	시가화율, 주차장시설수
	재난	교통사고발생건수

Table 2는 본 연구에서 활용한 제1수준인 개인속성에서 개인에 속한 변수들에 대한 기초통계를 나타낸다. 분석대상자의 47.8%가 가구주이며 배우자와 자녀는 각각 20.4%, 29.7%를 차지하고 있다. 나이는 4대가 26.2%로 가장 많고 그 다음은 50대 22.7%와 30대 18.7%의 순으로 나타났다. 남자는 59.3%이며 여자는 40.7%로 남자가 더 많은 것으로 나타났다. 직업은 관리자가 23.4%로 가장 많고 그 다음은 학생 14.4% 전업주부 11.9% 기능원 11.3%의 순으로 비교적 전 분야에 고르게 나타났다.

Table 2. Statistics for Individual Variable

		빈도	퍼센트
가구원관계	가구주	257,475	47.8
	배우자	109,815	20.4
	자녀	159,732	29.7
	기타	11,191	2.0
나이	60대 이상	74,683	13.7
	50대	122,161	22.7
	40대	141,141	26.2
	30대	100,339	18.7
	20대	66,331	12.3
	10대	33,558	6.3
성별	남성	318,938	59.3
	여성	219,275	40.7
직업종류	학생	77,246	14.4
	전업주부	64,109	11.9
	전문가	50,716	9.4
	서비스종사자	54,180	10.1
	판매종사자	50,832	9.4
	관리자	126,167	23.4
	농림어업	5,301	1.0
	기능원	60,660	11.3
기타	49,002	9.1	

Table 3은 본 연구에서 활용한 제1수준인 개인속성에서 가구에 속한 변수들에 대한 기초통계를 나타낸다. 분석대상자의 가구원수는 4인 이상이 42.0%로 매우 많은 편이며 그 다음은 3인 26.4% 2인 14.6% 1인 4.6% 순이며 평균가구원수는 3.44인으로 가구원수가 비교적 많은 편이다. 미취학아동이 없는 가구가 88.8%로 대부분이며 차량을 보유하고 있는 가구는 87.8%로 대부분 차량을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

분석대상자 54.3%가 아파트에 살고 있으며 연립과 다세대다가구에 사는 사람이 25.2%, 단독주택은 18.8%이며, 69.4%가 자기 집에 살고 있는 것으로 나타났다. 가구전체소득은 300~400만원 이하가 31.6%로 가장 많고 그 다음은 200~300만원 이하 29% 100~200만원 이하 17.2% 400~500만원 이하 15.1% 순이며 전체적으로 나타났다. 지하철까지 도보시간은 6~10분 이하가 27.6%로 가장 많고 1분 이내 24.2% 1~5분 이하 20.1% 순이며 전체적으로 10분 이내가 71.9%로 대부분을 차지하고 있다. 버스정류장까지 도보시간은 4~6분 이하가 43.7%로 가장 많고 1~3분 이하 30%이며 10분 이상도 18.5%에 달하는 것으로 나타났다.

Table 3. Statistics for Household Variable

		빈도	퍼센트
가구원수	1인	24,928	4.6
	2인	78,337	14.6
	3인	141,946	26.4
	4인	226,301	42.0
	5인 이상	66,701	12.4
미취학 아동수	없음	473,772	88.0
	1인 이상	64,441	12.0
차량유무	없음	69,761	13.0
	있음	468,452	87.0
주택종류	아파트	292,298	54.3
	연립주택	71,910	13.4
	다세대/다가구	63,759	11.8
	단독주택	100,974	18.8
	기타	9,272	1.7
접유형태	자가	373,407	69.4
	전세	117,583	21.8
	월세	33,917	6.3
	기타	13,306	2.5
가구전체 월소득	100만원 이하	36,163	6.7
	100~200만원 이하	92,444	17.2
	200~300만원 이하	156,135	29.0
	300~400만원 이하	169,828	31.6
	400~500만원 이하	81,142	15.1
지하철까지 도보시간	1분 이내	130,001	24.2
	1~5분 이하	102,885	20.1
	6~10분 이하	148,619	27.6
	11~15분 이하	65,041	12.0
	16~20분 이하	40,578	7.5
	21분 이상	51,089	9.3
버스정류장까지 도보시간	1분 이내	15,649	2.9
	1~3분 이하	161,519	30.0
	4~6분 이하	234,891	43.7
	7~9분 이하	25,142	4.7
	10분 이상	101,012	18.5

Table 4는 본 연구에서 활용한 제1수준인 개인속성에서 통행에 속한 변수들에 대한 기초통계를 나타낸다. 분석대상자의 65.3%가 귀가 목적 통행으로 출근에 비해 높은 비중으로 나타났다. 통행수단은 승용차가 48.7%로 가장 많고 버스 29.5% 전철 21.1% 대중교통과 승용차가 비슷한 비중으로 나타났다. 통행에 소요되는 시간은 21~30분 이하가 24.7%로 가장 많고 그 다음은 11~20분 이하 19.7% 31~40분 이하 12.6% 순이며 전체적으로 고르게 분포하고 있는 것으로 나타났다. 통행에 동행하는 사람이 없는 경우가 83.9%로 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

Table 4. Statistics for Travel Variable

통행목적	귀가	351,664	65.3
	출근	186,549	34.7
통행수단	승용차	262,227	48.7
	버스	154,127	29.5
	전철	113,430	21.1
	택시	8,429	1.6
통행시간	10분 이내	53,678	9.8
	11~20분 이하	105,246	19.7
	21~30분 이하	133,231	24.7
	31~40분 이하	68,529	12.6
	41~50분 이하	44,351	8.1
	51~60분 이하	66,547	12.3
	61분 이상	66,631	11.7
통행인수	0	451,553	83.9
	1인 이상	86,660	16.2

Table 5는 본 연구에서 활용한 제2수준인 전국 83개 도시의 도시속성 변수들에 대한 기초통계를 나타낸다. 전체도시의 인구는 평균 301,995명이며, 전체 인구 중에서 65이상의 인구비율인 고령화율은 평균 12%로 높은 편은 아니며, 인구밀도는 2,179명/km²로 나타났다.

경제지표인 고용자수는 평균 97,723명, 1인당GDP는 평균 6,606,934원, 1인당지방세부담액은 평균 962원으로 나타났다. 자연환경지표인 맑음일수는 평균 103.95이며 강수일수는 평균 125.75로 비오는 일수가 맑음일수보다 많은 것으로 나타났다. 도시설계지표인 시가화율은 평균 25%이며 주차장시설수는 평균 117.79개로 나타났다. 재난지표인 자동차1만대당 교통사고발생건수는 평균 117.63건으로 나타났다.

Table 5. Statistics for Urban Character Variable

	변수	평균	표준편차
인구	인구(LOG)	5.48	0.44
	고령화율(%)	12	0.04
	인구밀도	2179.33	3386.67
경제	고용자수(LOG)	4.99	0.47
	1인당GDP(LOG)	6.82	0.49
	1인당지방세부담액(원)	962.72	847.96
자연	맑음일수	103.95	38.74
	강수일수	125.75	23.25
도시설계	시가화율(%)	25	0.11
	주차장시설수	117.79	139.79
재난	교통사고발생건수(자동차1만대당)	117.63	31.96

3.2 위계적 분석방법론²⁾

통행행태를 결정하는 요인을 서로 다른 차원에서 계층적 구조로 상호의존성을 가지고 설명하는 관계를 효과적으로 규명하는 분석기법으로 위계적 모형을 활용한다. 위계선형모형은 종속변수는 개인수준에서 측정되지만 독립변수는 하위수준인 개인 단위와 상위수준인 집합단위(그룹, 지역 등)라는 두 개의 수준에서 측정된다. 서로 다른 수준에서 측정된 변수간의 관련성을 분석하는 모형으로써 각 개인은 그가 속한 지역이나 그룹의 특성으로부터 영향을 받으며 특정 지역 또는 그룹에 속하는 개인은 그와는 다른 지역이나 그룹에 속한 개인들과는 구별되는 특성을 갖고 있다고 전제하는 것이다. 유정진(2006)이 제시하는 가장 표준적인 단순 2수준 모형은 다음과 같다.

$$1수준(개인) \quad Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{ij}X_{ij} + \gamma_{ij} \quad (1)$$

$$2수준(그룹, 지역 등) \quad \beta_{0j} = \nu_{0o} + \nu_{01}W_j + u_{0j} \quad (2)$$

$$\beta_{ij} = \nu_{1o} + \nu_{11}W_j + u_{1j} \quad (3)$$

Y_{ij} 는 번째 조직에 있는 i 개인의 종속변수를 의미하며, β_{0j} 와 β_{ij} 는 각 개인수준의 절편과 회귀계수이다. X_{ij} 는 1수준에서 측정할 수 있는 통행자의 특성을 의미한다. γ_{ij} 는 개인수준의 확률효과(random effect)로서 수단선택의 잔차를 의미한다. 단, $\gamma_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ 으로 가정한다. W_j 는 개인이 속한 j 지역의 특성요인을 의미하고 ν_{0o} 와 ν_{01} 은 2수준의 절편과 회귀계수이며 u_{0j} 와 u_{1j} 는 2수준의 확률효과로서 지역수준의 잔차이다.

여기서 $u_{0j} \sim N(0, \tau_{0o}), u_{1j} \sim N(0, \tau_{11}), Cov(u_{0j}, u_{1j}) = \tau_{01} = \tau_{1o}$ 을 가정한다. 따라서 식(2)와 식(3)을 식(1)에 통합한 결합모형식은 다음의 식(4)와 같다.

$$Y_{ij} = \nu_{0o} + \nu_{01}W_j + \nu_{1o}X_{ij} + \nu_{11}X_{ij}W_j + u_{1j}X_{ij} + u_{0j} + \gamma_{ij} \quad (4)$$

식 (4)의 위계선형모형은 1수준과 2수준을 구분하여 모델링하고 고정효과와 확률효과를 구분하여 분석을 실행하도록 되었다.

3.3 분석결과

Table 6은 수단선택모형과 통행시간모형의 추정에 따른 수준별 잔차의 분산구성비와 수준간 상관성(ICC: Intra-Class Correlation)을 나타낸다. ICC값은 0에 근접할수록 상위수준인 개인속성의 총 분산의 비율이 적어지게 되고 반대로 100%에 가까울수록 개인속성과 도시속성간의 상관관계가 높다는 것을 의미한다. 통행수단선택모형에서는 ICC가 14.61%로 도시속성이 교통수단선택에 개인속성과 더불어 영향을 미치는 것으로 나타나 앞서 설정한 연구 가설을 검증하는 결과로 해석할 수 있다. 또한 통행시간모형에서도 6.64%로 비교적 낮은 값이나 영향을 미치는 상관관계가 있는 것으로 나타나 연구가설을 검증하는 결과이다.

그러나 교통이나 토지이용정책과 관련하여 설명하면 도시속성을 변화시키는 정책을 통해서 수단선택을 변화시키는 정도는 14.6% 정도이며 통행시간을 변화시키는 정도는 6.64%에 불과한 것으로 이론적으로 설명되는 결과이다. 즉 교통을 위해서 토지이용정책을 동원하는 정책효과는 이론적으로 있으나 그 규모에 대해서는 기대보다는 크지 않은 것으로 해석할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이 대중교통중심 도시개발과 고밀개발을 통한 대중교통이용활성화를 도모하는 것은 그 정책 효과가 우리나라 도시에서는 크게 기대되지 않은 분석결과이다.

2) 위계적 분석방법론은 선행연구로 진행된 “통행행태와 도시공간특성에 관한 위계적 분석” (서중국, 2015)을 일부 인용하여 재정리한 내용임.

Table 6. Variance components and ICC

	분산		도시속성 Intra-Class Correlation (ICC)(단위: %)
	제1수준 (개인속성)	제2수준 (도시속성)	
통행수단선택모형	8.64044	1.47889	14.61
통행시간모형	878.5048	62.4897	6.64

Table 7은 수단선택모형과 통행시간모형의 추정결과를 나타낸다. 수단선택모형의 추정결과를 살펴보면 우선 제1수준인 개인속성 변수는 주택종류를 제외하고는 모든 변수가 10%유의수준이내에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 즉 개인적인 속성을 비롯해서 개인이 속한 가구속성과 통행관련 속성 모두 개인의 교통수단 선택에 통계적으로 유의하게 설명하고 있다는 것이다. 제2수준인 도시속성을 살펴보면 1인당지방세부담액과 자연환경인 맑음일수와 강수일수를 제외한 모든 변수가 5%유의수준이내에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 도시의 인구와 경제적 요인, 도시설계 그리고 재난요인이 교통수단의 선택에 통계적으로 유의하게 영향을 미치고 있다는 것이다.

이러한 분석결과는 앞서 이론적 고찰에서 제시한 연구가설을 검증하는 것으로 해석할 수 있는 것이다. 즉 개인의 특성이나 가구 특성과 더불어 통행자가 거주하는 도시의 여러 사회 경제적 특성이 교통수단의 선택에 각각 개별적인 요인으로써 상호 연계성을 가지고 영향을 미치고 있다는 것이다. 도시특성 개별변수의 관계성 방향을 살펴보면 고령화율과 교통사고발생건수 변수만 부(-)의 관계를 나타냈고 그 외 모든 변수는 정(+)의 관계를 나타내고 있다. 종속변수가 승용차가 낮은 값이고 대중교통이 높은 값을 고려하여 정의 관계는 대중교통의 선택확률이 높은 것을 의미하는 것으로 인구가 많고 밀도가 높을수록, 일자리가 많고 경제규모가 클수록, 시가화율이 높고 주차장이 많을수록 대중교통을 많이 이용하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 우리나라의 경우 일반적으로 고밀화 또는 도시규모가 클수록 대중교통을 많이 이용하는 통행태의 분석 결과로 기존 다수의 고밀도시 주창의 일부를 뒷받침하는 것이다.

통행시간모형의 추정결과를 살펴보면 우선 제1수준인 개인속성 변수는 미취학아동수, 차량유무, 지하철가기도보시간은 통계적으로 유의하지 않고 나머지 변수는 모두 5%유의수준이내에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 통행수단 선택모형의 추정결과와 비슷하게 개인적인 속성을 비롯해서 개인이 속한 가구속성과 통행관련 속성 대부분이 개인의 통행시간에 통계적으로 유의하게 설명하고 있다는 것이다. 제2수준인 도시속성을 살펴보면 1인당지방세부담액과 자연환경인 맑음일수와 강수일수, 그리고 교통사고발생건수를 제외한 모든 변수가 5%유의수준이내에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 도시의 인구와 경제적 요인, 그리고 도시설계 요인이 통행시간에 통계적으로 유의하게 영향을 미치고 있다는 것이다.

통행시간모형의 분석결과는 통행수단선택모형의 분석결과와 마찬가지로 이론적 고찰에서 제시한 연구가설을 검증하는 것으로 해석할 수 있는 것이다. 전체적으로 개별변수의 방향도 통행수단모형과 같은 결과로 고령화율은 부(-)의 관계를 나타냈고 그 외 변수는 정(+)의 관계를 나타내고 있다. 종속변수가 통행소요시간임을 고려하여 정의 관계는 시간이 많이 소요된다는 것을 의미하는 것으로 인구가 많고 밀도가 높을수록, 일자리가 많고 경제규모가 클수록, 시가화율이 높고 주차장이 많을수록 시간이 많이 소요되는 것으로 나타났다. 우리나라의 경우 일반적으로 고밀화 또는 도시규모가 클수록 통행시간이 많이 소요되는 통행태의 분석 결과로 기존 다수의 고밀도시 주창과는 상충되는 것이다. 이러한 결과는 통행수단선택의 결과와 함께 고려하면 다음과 같은 결론을 도출할 수 있을 것이다. 고밀개발 또는 도시규모가 클수록 대중교통체계가 많이 공급되어 이용을 많이 하지만 승용차에 비해 시간이 많이 소요되는 단점을 극복하지 못하고 있다는 것이다. 즉 기본적으로 대중교통은 승용차에 비해 통근이나 귀가통행시 시간적인 측면에서는 비교열세에 있다는 것으로 향후 극복해야 하는 교통정책의 과제임을 제시한 것이다.

Table 7. Estimation of Model

구분	수단선택모형		통행시간모형		
	Coefficient	t-ratio	Coefficient	t-ratio	
제1수준 (개인속성)	가구원관계	0.481	32.691***	1.180	12.076***
	나이	0.008	6.627***	-0.088	-10.781***
	성별	0.354	10.642***	-5.446	-29.466***
	직업종류	-0.021	-3.403***	0.744	14.801***
	가구원수	-0.026	-2.631**	-0.188	-2.756**
	미취학아동수	-0.035	-1.787*	-0.174	-0.967
	차량유무	-1.656	-49.402***	-0.159	-0.660
	주택종류	-0.003	-0.332	0.402	5.735***
	점유형태	-0.035	-2.571**	-0.660	-6.584***
	가구전체소득	-0.090	-10.464***	-0.179	-2.433**
	지하철까지도보시간	-0.013	-5.107***	0.014	1.307
	버스정유장까지도보시간	0.009	3.842***	0.147	9.963***
	통행수단			1.152	14.746***
	통행시간	0.011	15.915***		
	통행인수	-0.335	-9.973***	-0.738	-10.085***
제2수준 (도시속성)	인구수	1.359	4.850***	1.359	4.850***
	고령화율	12.729	-4.396***	62.813	-3.171***
	인구밀도	0.001	6.052***	0.001	4.168***
	고용자수	1.138	4.149***	3.510	1.813**
	1인당GDP	0.941	3.532***	3.009	1.637**
	1인당지방세부담액	0.001	1.008	0.001	0.688
	맑음일수	0.003	0.811	0.020	0.846
	강수일수	0.005	0.789	0.005	0.789
	시기화율	2.444	1.960**	17.754	2.208**
	주차장시설수	0.005	5.204***	0.016	2.470**
교통사고발생건수(자동차1만대당)	-0.008	-1.800**	-0.021	-0.728	
1수준 분산	8.64044		878.5048		
2수준 분산	1.47889		62.4897		
Log-Likelihood	-1280445		-2465004		

주 : *** 는 1%, **는 5%, 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함

4. 결론

본 연구는 통행행태와 도시공간특성과의 관계를 위계적으로 규명하는데 그 목적이 있다. 다양한 개인의 인구·사회·경제적인 요인이 통행행태로서 수단의 선택에 영향을 미치고 더불어 개인이 살고 생활하는 도시의 특성 요인도 수단의 선택에 영향을 미칠 것이다. 이러한 가설을 규명하고자 2010년 우리나라 도시전체로써 서울시 및 6개 광역시와 지방도시 76개 총 83개 도시에 대해 실증분석으로 하였다. 분석에 이용한 자료는 2010년 “가구통행실태조사” 와 “도시통계연보” 이다. 통근행태의 분석내용은 통근수단인 대중교통과 승용차의 이용 분포와 통근소요시간이며 이를 설명하는 변수로는 제1수준인 개인속성과 제2수준인 도시속성으로 구분하여 활용하였다.

연구결과를 다음과 같이 정리할 수 있다. 통행수단선택모형과 통행시간모형의 추정에 따른 수준별 잔차의 분산구성비에 따른 수준간 상관성(ICC: Intra-Class Correlation) 각각 14.61% 6.64%로 도시속성이 교통수단선택과 통행시간에 개인속성과 더불어 영향을 미친다는 연구 가설을 검증하는 결과이다. 그러나 도시속성을 변화시키는 정책을 통해서 수단선택과 소요시간에 영향을 미치는 정도가 비교적 낮은 것으로 나타나 교통을 위해서 토지이용정책을 동원하는 정책효과는 이론적으로 있으나 그 규모에 대해서는 기대보다는 크지 않은 것으로 해석할 수 있다. 대중교통중심 도시개발과 고밀개발을 통한 대중교통이용활성화를 도모하는 것은 그 정책 효과가 우리나라 도시에서는 크게 기대되지 않은 분석결과이다.

수단선택모형의 추정결과 개인적인 속성을 비롯해서 개인이 속한 가구속성과 통행관련 속성 모두 개인의 교통수단 선택에 통계적으로 유의하게 설명하고 있다. 제2수준인 도시속성을 살펴보면 도시의 인구와 경제적 요인, 도시설계 그리고 재난 요인이 교통수단의 선택에 통계적으로 유의하게 영향을 미치고 있다. 이는 이론적 고찰에서 제시한 연구가설을 검증하는 것으로 개인의 특성이나 가구 특성과 더불어 통행자가 거주하는 도시의 여러 사회 경제적 특성이 교통수단의 선택에 각각 개별적인 요인으로써 상호 연계성을 가지고 영향을 미치고 있다는 것이다. 도시특성 개별변수의 관계성 방향을 살펴보면 인구가 많고 밀도가 높을수록, 일자리가 많고 경제규모가 클수록, 시가화율이 높고 주차장이 많을수록 대중교통을 많이 이용하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기존 다수의 고밀도시 주창의 일부를 뒷받침하는 것으로 향후 정책적 시사점으로 제시할 수 있다.

통행시간모형의 추정결과 통행수단 선택모형의 추정결과와 비슷하게 개인적인 속성을 비롯해서 개인이 속한 가구속성과 통행관련 속성 대부분이 개인의 통행시간에 통계적으로 유의하게 설명하고 있다. 제2수준인 도시속성을 살펴보면 도시의 인구와 경제적 요인, 그리고 도시설계 요인이 통행시간에 통계적으로 유의하게 영향을 미치고 있다. 이론적 고찰에서 제시한 연구가설을 검증하는 것이며 인구가 많고 밀도가 높을수록, 일자리가 많고 경제규모가 클수록, 시가화율이 높고 주차장이 많을수록 시간이 많이 소요되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기존 다수의 고밀도시 주창과는 상충되는 것으로 앞서 수단 모형과는 반대로 정책의 유의성을 제시하는 것이다.

통행수단선택의 결과와 함께 고려하면 고밀개발 또는 도시규모가 클수록 대중교통체계의 경제성은 있어 이용을 많이 하지만 승용차에 비해 많은 시간이 소요되는 단점을 보여주는 것이다. 따라서 고밀도시의 효율성은 위해서는 기본적으로 대중교통체계를 속도를 향상시키는 것이 우선되어야 하는 교통정책 과제를 제시한 것이다.

감사의 글

이 논문은 인천대학교 2016년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

- [1] 유정진 (2006), "위계적 선형모형의 이해와 활용," 아동학회지, 27(3): 169-187.
- [2] 서종국 (1998), "도시공간구조변화와 통행행태의 변화에 관한 연구," 국토계획, 33(5): 167-182.
- [3] ----- (2005), "정보화와 도시공간 및 행태의 변화에 관한 연구," 한국행정논집, 17(2): 291-311.
- [4] ----- (2015), "통행행태와 도시공간특성에 관한 위계적 분석," 한국재난정보학회논문집,11(4): 506-514.
- [5] Bhat, C. (1997), "Work Travel Mode Choice and Number of Non-work Commute Stops," Transportation Research Part B, 31(1): 41-54.
- [6] ----- (1998), "Analysis of Travel Mode and Departure Time Choice for Urban Shopping Trips," Transportation Research Part B, 32(6): 361-371.
- [7] Breheny, M. J. (1992a), "Sustainable Development and Urban Form: An Introduction," in M. J. Breheny (eds) Sustainable Development and Urban Form, London: Pion Limited: 1-23.
- [8] ----- (1992b), "The Contradictions of the Compact City: A Review," in M. J. Breheny (eds) Sustainable Development and Urban Form, London: Pion Limited: 138-159.
- [9] Cervero, R. (2002), "Built Environments and Mode Choice: Normative Framework," Transportation Research Part D, 7(4): 265-284.
- [10] Cirillo, C. and K. Axhausen (2006), "Evidence on the Distribution of Value of Time Savings from a Six-week Diary," Transportation Research Part A, 40(5): 444-457.
- [11] Ewing, R. and Cervero, R. (2001), "Travel and Built Environment: A Synthesis," Transportation Research Record, 1780: 87-114.

- [12] Frank, R., Bradley, M., Kavage, S., Chapman, J., Lawton, T. K. (2008), "Urban Form, Travel Time, and Cost Relationships with Tour Complexity and Mode Choice," *Transportation*, 35(1): 37-54.
- [13] Giuliano, G. and K. Small (1991), "Subcenters in Los Angeles Region," *Regional Science and Urban Economics*, 21: 163-182.
- [14] Gordon, P. and H. W. Richardson (1996), "Beyond Polycentricity: The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990", *Journal of American Planning Association* 62(3), pp. 289-295.
- [15] Gordon, P. and H. W. Richardson (1997), "Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?," *Journal of American Planning Association*, 63:93-106.
- [16] Gordon, P., H. W. Richardson and Gang Yu (1998), "Metropolitan and Non-metropolitan Employment Trends in the US: Recent Evidence and Implications," *Urban Studies*, 35(7):1037-1057.
- [17] Newman, P. and J. Kenworthy (1992), "Is There a Role for Physical Planner?," *Journal of American Planning Association*, 58(3): 353-362.
- [18] Schwane, Tim, M. Dijst and F.M. Dieleman (2001b), "Urban form and travel time: micro level household attributes and residential context," Utrecht: Urban Research Centre Utrecht University.
- [19] Seo, Jong Gook (2002), "Economic Structural Changes, Urban Form, and Commuting Patterns in the U.S. Metropolitan Area, *Korean Public Administration Quarterly*, 14(3): 739-763.
- [20] Shen, J., Sakata, Y., and Hashimoto, Y. (2009), "The Influence of Environmental Deterioration and Network Improvement on Transport Modal Choice," *Environmental Science and Policy*, 12(3), 338-346.