

통근통행을 위한 통행수단으로서 자동차 선택에 개인속성 및 도시특성, 도시형태가 미치는 영향

이건원¹, 정윤남², 김세용^{3*}

¹목원대학교 건축학부, ²밀라노공대 건축학부, ³고려대학교 건축학과

Impact of individual traits, urban character and urban form on selecting cars as transportation mode for work travel

Lee, Gunwon¹, Jeong, Yunnam² and Kim, Seiyong^{3*}

¹Division of Architecture, Mokwon University

²Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, Politecnico di Milano

³Department of Architecture, Korea University

요약 본 연구는 개인들의 통행수단으로서 자동차 선택에 개인수준 및 도시특성, 도시형태의 세 가지 측면에서의 상관관계를 도출하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서는 자동차 이용을 감소시키는 도시특성 및 도시형태의 주요 요소로 5Ds를 중심으로 접근했다. 이러한 분석을 위해서 2005년 인구주택총조사자료 중 2%수준의 Micro Data 내의 개인속성과 개인의 통행데이터 그리고 각 도시에서 제공하는 도시별 통계 데이터 등을 바탕으로 한국에 있는 도시 75개 도시와 그 거주자들을 대상으로 HGLM을 이용하여 분석하였다. 분석결과, 자동차 이용감소에 효과적인 도시특성 및 도시형태요소 분석을 위해서 개인수준의 통제는 반드시 필요하고, 5Ds는 대체로 자동차 이용 감소에 의미있는 관계를 보였으나 서구도시들에서 잘 알려진 자동차 이용 감소 요소인 Density와 Diversity는 한국의 도시에서는 상대적으로 큰 효과를 보이지 않는 사실을 도출할 수 있었다.

Abstract This study aims to draw a correlation in the choice of automobiles as the preferred mode of personal transport in relation to three factors: 5Ds, urban form and individual-level characteristics. The analysis result shows that the control at the individual level is required to analyze effective urban character and urban form elements to decrease the car choice and the 5Ds demonstrate meaningful relation to decreasing the car choice. However, it may be concluded that the density and the diversity, well-known elements in decreasing the car choice among Western cities do not show relatively large impact on Korean cities.

Key Words : Compact City, Low Carbon City, Mode choice, 5Ds(Density, Diversity, Design, Destination Accessibility, Distance to Transit), HGLM(Hierarchical Generalized Linear Model), Urban Character & Urban Form

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

근대 이후, 자유주의 및 민주주의의 출현은 다수의 사람들에게 다양한 분야에서 선택의 자유를 부여하였다.

그리고 과학기술의 급속한 발달은 이러한 개개인의 자유로운 선택이 실현 될 수 있도록 하였다. 특히, 도시·건축 분야에서 개인들은 건축물의 높이·규모·형태·재질 등은 물론, 생산·교환·거주하는 곳의 위치와 그것들 간의 이동을 위한 이동수단까지 자유롭게 선택할 수 있게 되었다.

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(과제번호: 11첨단도시G05)에 의해 수행되었음

본 연구는 2014년 BK21플러스 사업의 지원(과제번호: T1300451)에 의해 수행되었음

*Corresponding Author : Seiyong Kim(Korea Univ.)

Tel: +82-2-3290-3914 email: kksy@korea.ac.kr

Received April 15, 2014

Revised May 7, 2014

Accepted May 8, 2014

그 결과, 우리의 도시는 광범위하게 확산되었고, 대부분의 사람들은 전차나 기차, 버스 등의 교통수단 보다는 편리하고 자유로운 개인 교통을 사용하기 시작했다. 특히, 개인 교통수단의 대표적인 자동차의 출현은 환경오염, 온실가스 배출, 기후변화 등 다양한 문제들을 야기하였다. 이 자동차는 개인들이 거주공간의 입지를 보다 자유롭게 선택할 수 있게 함은 물론, 이동패턴·속도를 다양하게 하여 계획을 통한 도시문제의 통제와 관리를 더욱 어렵도록 만들었다. 즉, 자동차는 그 자체로 도시문제를 야기했을 뿐 아니라, 그 문제들의 해결을 어렵게 하여 더욱 심화시킨 것이다(Duglas.F, 5-6).

이러한 문제를 해결하기 위해서 도시분야에서 도시형태 및 도시특성과 자동차에 의한 이동거리, 이동시간과의 관계에 대한 연구가 다수 이루어져 지금에 이르고 있다. 그럼에도 불구하고 여전히 뚜렷한 결과보다는 다양한 논쟁이 지속 중이다. 이는 도시형태 및 특성이 개인들의 통행수단 선택에 미치는 영향을 분석함에 있어 도시 간 차이와 개인 간 차이가 존재할 수 있다는 점을 고려하여 연구가 수행되지 않았기 때문으로 사료된다.

이에 본 연구는 개인들의 통행수단으로서 자동차 선택에 대해서 개인수준과 5Ds, 도시형태의 세 가지 측면에서 접근하여 상관관계 및 그 양상을 밝히고자 한다. 특히, 자동차 이용 감소의 주요 요소로 꼽히는 Cervero & Kockelman(1997)의 3Ds에 Ewing et al.(2008)이 두 가지 요소를 추가한 5Ds 를 중심으로 그것들과 자동차 이용과의 관계분석을 수행하고자 한다. 여기서 5Ds는 밀도(Density), 다양성(Diversity), 디자인(Design), 환승수단까지의 거리(Distance to Transit), 목적지 접근성(Destination Accessibility)을 의미한다. 또한 압축도시의 자동차 이용 저감효과를 검증하기 위해서 도시형태 요소를 추가로 검토하였다. 특히, 다양한 통행 목적 중 가장 많은 통행량을 유발하는 통근통행을 중심으로 관련 이슈들에 대해 검토하고자 했다.

1.2 연구의 범위 및 방법

위에서 밝힌 목적을 달성하기 위해서 본 연구는 시간적 범위는 2005년으로 한정하여 데이터를 구축하였다. 그 이유는 본 연구에서 활용한 통계청 MDSS(Micro Data Service System)의 마이크로 데이터의 경우, 2010년 자료는 시군구 단위가 아닌 시도 단위로만 구축하여 공개하고 있다. 이러한 점에서 2010년 자료는 본 연구에

서 목적으로 하는 도시들 간의 특성을 분석하는데 적합하지 않으므로 부득이 2005년 데이터를 활용하였다. 공간적 범위는 전국의 인구 10만이상의 시급도시들을 대상으로 하되, 특별시 및 광역시 중 인구가 현저히 많은 서울 및 광역시 등 7개 도시를 제외한 75개 도시를 공간적 범위로 설정하였다. 연구의 내용적 범위는 개인수준의 변수, 도시특성 중 자동차 이용 감소와 관련이 깊은 5Ds 요소들 중 지역적 차원과 관련된 변수들로 한정하였다.

목적은 달성하기 위해서 본 연구에서는 개인수준의 변수와 이를 포함하는 도시공간 차원의 변수를 동시에 분석하기 위해서 위계선형분석을 활용했다. 다만, 종속변수가 대중교통 대비 자동차 이용의 이분형 변수이므로 일반화위계선형분석을 활용했다.

2. 이론검토 및 가설설정

2.1 이론검토

서두에서도 밝혀듯이 통근통행에서의 자동차이용에서의 핵심은 ‘어떤 도시특성과 도시형태가 자동차 이용을 촉진시키는가?’로 집약될 수 있다. 이와 관련한 연구들에 대해서 국외 및 국내로 나누어서 살펴보면 다음과 같다.

국외의 연구들은 대체로 압축도시특성 및 형태가 통근통행에서의 자동차 이용의 감소를 가지고 온다는 점에는 동의하고 있지만 몇몇 연구들은 이에 대해서 의구심을 제기하고 있는 상황이다. 이와 관련한 선구적인 연구로는 Newman & Kenworthy(1989)의 것이 있다. 그 후로, 이를 보완할 수 있는 유사한 내용 및 결론이 Ewing(1995), Cervero(1996)에 의해 진행되었다. 추가로 Cervero & Kockelman(1997)은 3Ds(Density, Diversity, Design) 체계를 통해 도시특성 및 도시형태 계획요소들을 구분하였고 이를 보완하여 Ewing et al(2008)은 기존 3Ds 체계에 교통시설 접근 관련 계획요소인 2Ds(Distance to transit, Destination accessibility)를 추가적으로 고려하는 것이 타당하다는 결과를 발표하기도 하였다.

이에 대해 의문을 제기하는 연구의 선구적인 연구는 Newman & Kenworthy 연구가 발표된 이후, 같은 해에 발표된 Gordon & Richardson(1989, 1997)의 연구이다. 역시 이와 유사한 결론 또는 유보된 결론을 내리고 있는

[Table 1] Analysis of Theory

	Independent Variables	Method	Dependant Variables					considering both indiv. & urban level	Specific	
			Indiv.	Urban Character			Urban Form			
				①	②	③	④			⑤
Newman & Kenworthy (1989)	Gasoline consumption	Graph		●					not considering individual level	
Ewing(1995)	Hours traveled	Multi Regression	●	●					not considering urban level	
Cevero(1996)	Mode choice	Multi Regression	●	●	●				not considering urban form	
Cevero & Kockelman (1997)	Mode choice	Multi Regression	●	●	●			●	not considering 2Ds	
Ewing et al (2008)	Mode choice	Multi Regression	●	●	●	●	●	●	not considering both individual level and urban level	
Gordon & Richardson (1989, 1997)	Gasoline consumption	Graph	●						just considering individual level	
Ewing & Cevero (2001)	Traveled pattern	Multi Regression	●	●	●			●	not considering 2Ds	
Bourdeaudhuij (2003)	Hour traveld / Mode choice	Multi Regression	●	●	●				not considering 2Ds & Design	
Yoon Daesik (1999)	Volume of traffic for nonwork	Nested Logit	●						just considering individual level	
Song Miryeong (1998)	Mode choice	Multi Regression	●					●	not considering 3Ds	
Sung, Hyun-Gun et al. (2007)	Mode choice	Multi Norminal Logit	●				●		not considering 3Ds	
Jun, Myung-Jin & Baek, Seung-Hun (2008)	Mode choice	Multi Norminal Logit	●					●	not considering 3Ds	
Kim, Seung-Nam & Ahn, Kun-Hyuck (2010)	Mode choice	Multi Regression	●	●	●				not considering 2Ds	
Sung, Hyun-Gun et al. (2012)	Mode choice	HLM	●	●	●			●	not considering 2Ds	

①Density, ②Diversity, ③Distance to Destination, ④Distance to Transit, ⑤Design

연구는 Ewing & Cevero(2001), Bourdeaudhuij(2003) 등의 연구가 있다.

이러한 국외연구의 동향과는 달리 국내연구들에서는 대체로 고밀도, 복합화 등의 요소를 중심으로 하는 도시 계획을 지지하는 연구들이 대부분이다. 즉, 국내의 대부분 연구들은 고밀·복합화된 토지이용을 갖는 도시일수록 자동차 통행이 적다는 연구결론을 도출하고 있다. 이와 관련한 연구는 윤대식(1999), 송미령(1998), 성현곤 외(2007, 2012), 정명진·백승훈(2008), 김승남·안건혁(2010) 등의 연구가 있다.

이상의 국내외 연구들의 독립변수 및 종속변수 선정, 연구방법, 연구내용 및 본 연구와의 차별점을 정리하면 다음의 Table 1과 같다.

2.2 가설설정

이상에서 살펴본 선행연구들을 검토한 결과, (1)자동차 이용패턴이 동일하게 정의된 변수임에도 연구 간에 차이가 발견되었다. (2) 또한 개인수준 변수를 포함하지

않은 연구가 있는가하면 그러한 연구가 있었으며, 그것의 포함 여부가 연구결과에 영향을 미쳤을 것으로 예상할 수 있었다. (3) 5Ds요소는 기존 연구들 대부분이 자동차 이용 시간 및 거리 등의 감소와 관련이 있다고 밝혀냈으나 국외의 몇몇 연구는 도시 또는 지역에 따라 그렇지 않을 수 있다는 유보적 결론을 내리고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 다음과 같이 가설을 제기할 수 있다.

첫째, 자동차 이용패턴은 도시별로 차이가 존재할 것이다. 둘째, 자동차 이용에는 개인적인 차이 즉, 개인의 연령, 재산수준 등이 영향을 줄 것이다. 셋째, 기존에 알려진 바와 같이 5Ds요소는 자동차 이용 감소에 영향을 미칠 것이다.

3. 분석체계

3.1 분석모델

위에서 도출한 가설을 확인하기 위해서 본 연구에서

분석에 활용한 모델은 개인과 그 개인들이 속해있는 도시의 서로 다른 2개 수준을 동시에 고려하여 분석이 가능한 위계선형분석(Hierarchical Linear Model, 이하 HLM)을 활용하였다. HLM은 Multilevel Linear Model 또는 Random Intercept Model 등의 다양한 이름으로 불리며, 비교적 최근에 도시분야에 활용되기 시작한 분석 방법으로 지리적 공간 분석시, 자기상관 문제를 해결할 수 있는 효과적인 방법 중 하나로 각광받기 시작했다.

다만, 본 연구의 종속변수가 대중교통('0'으로 코딩) 대비 자동차('1'로 코딩) 이용인 이분형 자료이므로 이항 로짓모델과 위계선형모델을 결합한 HGLM(Hierarchical Generalized Linear Model, 이하 HGLM)을 활용하여 분석을 시도하였다.

$$\text{Prob}(M_{ij} = 1/\beta_j) = \theta_{ij} \dots(1a)$$

$$\text{Log}[\theta_{ij}/(1-\theta_{ij})] = LM_{ij} \dots(1b)$$

$$LM_{ij} = \beta_{0j} + \sum_{k=1}^l \beta_{kj} X_{kij} + r_{ij}, \quad r_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \dots(2)$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \sum_{s=1}^m \gamma_{0s} Y_{s0j} + \mu_{0j}, \quad \mu_{0j} \sim N(0, \tau^2) \dots(3)$$

$$\beta_{kj} = \gamma_{10} \dots(k)$$

식(1a)와 식(1b)은 개인의 대중교통수단 대비 자동차 통행수단 확률선택 M_{ij} 에 대한 승산(Odds)을 로그식으로 치환한 것으로, LM_{ij} 로 대신할 수 있다.

식(2)는 통행수단 선택의 개인수준 모형으로 X_{kij} 는 j 도시에 있는 i번째 사람의 k번째 독립변수, β_{0j} 는 j도시의 절편, β_{kj} 는 j도시의 X_k 의 회귀계수, r_{ij} 는 j도시에 있는 i번째 사람의 임의오차를 말한다. 이때 회귀계수 β_{kj} 는 j도시에 있어서 개인의 사회경제적 변수에 의해서 개인의 통행수단 선택이 어떻게 분포하는지를 나타낸다. 앞에서 언급한대로 HGLM모형은 1수준 모형의 상수항을 종속변수로 2수준 모형을 구성하게 되는데, 이를 식으로 표현하면 식(3)과 같다.

식(3)은 절편의 도시수준 모형으로 β_{0j} 는 j도시의 절편, γ_{00} 는 도시수준 모형에서의 절편, Y_{s0j} 는 j도시에 있는 s번째 도시의 도시특성변수 또는 도시형태변수, γ_{0s} 는 Y_s 의 회귀계수, μ_{0j} 는 j도시의 임의오차를 말한다.

식(k)은 식(3)와 마찬가지로 도시수준 모형이나 절편이 아닌 회귀계수 β_{kj} 의 도시수준 모형으로 β_{kj} 가 k개 반복될수록 같이 k개만큼 반복적으로 증가된다.

이 연구에서는 분석을 위해서 Stata 13.0과 HLM 7.1 프로그램을 사용하였으며, 최소 유의수준을 10%로 정하여 분석을 수행하였다.

3.2 데이터 및 분석대상

본 연구에서는 개인수준의 자료로는 2005년 인구주택 총조사 자료를 대상으로 그 중 MDSS에서 제공하는 2% 수준의 마이크로 데이터를 활용했다. 본 연구에서는 이 자료 중 자동차 운전이 가능한 만18세 이상 및 통근을 하는 시민들을 대상으로 자료를 재구성했다. 이 중 도시수준과 동일한 도시들에 거주하며, 통근에 자동차, 대중교통(전철, 버스, 기차)을 이용하는 시민들로 최종 선정하였다.

도시수준에서는 도시별 차이를 최소화하기 위해서 인구 10만 이상이고 특별시 및 광역시를 제외한 75개 도시를 대상으로 다양한 변수별로 데이터를 구축하였다. 다만, 특별시 및 광역시는 인구, 산업 등 다양한 변수에서 타도시들과 큰 격차를 보이고 있어 이들을 제외한 일반 도시들에 대해서 분석을 하였다. 특별시 및 광역시를 제외할 때, 문제 소지가 높은 지하철 접근성 변수에 대해서는 경기도 내, 수원시, 성남시, 부천시, 일산시, 구리시, 의정부시, 안양시, 과천시, 안산시, 용인시, 화성시 등의 대다수 도시들이 지하철 역사를 포함하고 있으므로 문제가 되지 않는다고 판단하였다. 최종적으로 본 연구에서 활용한 데이터는 75개 도시와 그곳들에 거주하며 통근통행을 하는 69,721명의 데이터가 최종적으로 활용되었다.

각종 변수별 데이터를 구축하기 위해 2005년 인구주택총조사 자료 및 각종 도시별로 구축한 통계 Data를 바탕으로 하였다. 각 도시들의 도시형태 및 도로 네트워크 분석을 위해서는 ArcGIS 10.1을 이용해서 2005년의 도시별 GIS Data를 분석했다. 또한 용도별 건축물 연면적 자료를 구득하기 위해서 각 도시들에서 행정업무를 위해서 별도로 구축하여 활용 중인 내부자료인 재산세과세대장상의 용도별 연면적 자료를 별도로 연락하여 구득한 후, 이를 정리하여 활용했다.

3.3 분석 변수

2장에서 다룬 연구들에서 자동차 이용감축과 관련이 깊은 것으로 밝혀진 요소는 5Ds로 압축할 수 있다. 이 요소들은 앞서 밝힌대로 밀도, 다양성, 목적지 접근성, 환승수단까지의 거리, 디자인이다.

이 중 앞의 세 요소는 도시의 크기, 인구수, 종사자수, 토지이용 및 각종 시설의 수와 밀도 등 도시속성과 관련이 깊다는 점에서 도시특성과 관련이 있다. 또, 뒤의 두 요소는 교통 및 도로 네트워크 체계 그리고 토지이용 및 각종 시설 등의 입지와 관련이 있다는 점에서 도시형태와 관련이 깊다. 이상과 같이 본 연구에서는 5Ds를 도시특성과 도시형태의 2가지로 재정리한 후, 선행연구들에서 활용한 변수들을 재정리하여 아래와 같은 독립변수들을 구성했다.

또한 가설설정에서 밝힌 바와 같이 추가로 개인수준의 변수로 성별, 나이, 교육수준, 결혼 여부 등의 변수를 활용했다[Table 2].

[Table 2] Definition of Individual-level and Dependent Variables

Variables	Operational Definition
Gender	1:Male, 2:Female
Age	18-85
Education level	1:Elementary school, through to 5:Master's degree or higher
Marital status	1:Not married, 2:Married
Housing tenure	1:Home-ownership, 2:Lump-sum deposit-based, 3:Monthly rent, 4:Free housing
House ownership	1:Owned, 2:Not owned
Automobile choice	0:Public transportation, 1:Automobile

본 연구에서 활용한 도시특성을 대표하는 3개요소는 (1)밀도, (2)다양성, (3)목적지 접근성이다. 이들과 관련된 변수는 (1)밀도의 경우에는 고밀도, 압축을 나타내는 변수들을, (2)다양성은 용도혼합을 나타내는 변수들을, (3)목적지 접근성은 주거, 업무시설 등 통행목적이 되는 주요시설과의 접근성을 나타내는 변수들로, 접근성은 각 도시의 CBD로부터 시설들까지의 표준편차거리(Mean of Deviation Distance. 이하 MD)를 이용하여 계산했고, 공식은 아래 수식(4)와 같다.

$$MD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_i (x_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n p_i} + \frac{\sum_{i=1}^n p_i (y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n p_i}} \quad \dots(4)$$

이상의 변수들을 포괄하는 각 변수들의 정의는 아래 Table 3 - Table 5와 같다.

[Table 3] Definition of the variables related to the density of the urban characters

Variables	Operational Definition
Developed area ratio	Urbanization area ÷ Administrative district area
Population density	Population ÷ Urbanization are
Employment density	Total population in employment ÷ Urbanization area

[Table 4] Definition of the variables related to the diversity of the urban characters

Variables	Operational Definition
Job-housing balance	Population in employment ÷ Total population
Housing diversity indicator	$1 - (P_i^2 - Q_i^2)^2$
Employment diversity indicator	Population in employment of the tertiary industries ÷ Total population in employment

[Table 5] Definition of the variables related to the destination accessibility of the urban characters

Variables	Operational Definition
Residential mixed-use accessibility	MD of the complex residential
Housing accessibility	MD of the housing
Business use accessibility	MD of the business facilities

본 연구에서 활용한 도시형태를 대표하는 2개요소는 (1)환승수단까지의 거리, (2)디자인이다. 이들과 관련된 변수는 (1)환승수단까지의 거리는 대중교통 환승 및 각 정거장까지의 접근성을 나타내는 변수들을, (2)디자인은 도로의 체계 및 밀도, 입지의 불균형 및 압축배치, 도로 네트워크의 밀도 등을 나타내는 변수들로 구성했고 각각의 정의는 아래 Table 6, Table 7과 같다.

[Table 6] Definition of the variables related to the distance to transit of the urban form

Variables	Operational Definition
Density of the parking lot	Parking lot area ÷ Urbanization area
Accessibility to the bus	Number of bus stops ÷ Urbanization area
Accessibility to the metro	Station influence area ÷ Urbanization area

[Table 7] Definition of the variables related to the design of the zurban form

Variables	Operational Definition
Total road ratio	Total length of the road ÷ Urbanization area
Local road ratio	Total length of the local road ÷ Urbanization area
Gini's Centrality	$\sum_{i=0}^{n-1} x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i $
Entropy	$\sum_{i=1}^N PDEN_i \times \log(1/PDEN_i) / \log(N)$
Moran's I	$\frac{N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$
MD	Refer to the equation 4
Density of the intersections	Number of crossings ÷ Total length of the road

이상과 같이 본 연구에서 정의한 변수들의 기술통계량은 다음의 Table 8과 같다.

[Table 8] Descriptive Statistics of Variables

	Mean	SD	Min	Max
Gender	1.11	0.36	1	2
Age	39.52	11.82	19	85
Education level	3.46	0.88	1	5
Marital status	1.81	0.52	1	2
Housing tenure	1.49	0.80	1	4
House ownership	1.77	0.41	1	2
Developed area ratio	41.13	21.76	5.11	120.41
Population density	7144.9	6867.4	1400.9	29178
Employment density	1999.2	1541.2	279.81	6747.9
Job-housing balance	0.21	0.06	0.12	0.45
Housing diversity indicator	0.16	0.06	0.06	0.44
Employment diversity indicator	0.5	0.13	0.26	0.79
Residential mixed-use accessibility	3.60	0.79	1.03	5.13
Housing accessibility	4.71	1.00	1.41	8.77
Business use accessibility	1.01	0.68	0	2.04
Density of the parking lot	0.19	0.15	0.02	0.71
Accessibility to the bus	204.81	240.79	0	1528
Accessibility to the metro	0.04	0.12	0	0.91
Total road ratio	12	6.09	3.22	24.68
Local road ratio	6.11	3.49	0.31	13.65
Gini's Centrality	0.54	0.12	0.28	0.83
Entropy	0.71	0.11	0.45	0.91
Moran's I	0.11	0.20	-0.24	0.90
MD	6.11	2.42	1.45	12.41
Density of the intersections	2.81	1.19	1	9.7
Automobile choice	0.71	0.39	0	0.8

4. 분석결과

본 연구의 모델에 대한 HLM을 바탕으로 한 위계적 회귀분석의 분석과정은 다음과 같다. HLM을 바탕으로 위계적 회귀분석을 활용하여 모델간 비교를 수행하였다. 먼저 모델1은 기초 모델로, HLM이 적합하지 또는 기존의 방식인 회귀분석이 적합한지를 판별하는 모델로, 상수의 유의미성만 검토하므로 상수 부분에 대한 모델 추정치가 이루어지므로 해당 부분에만 값이 산출된다. 모델 2-4까지는 본 연구에서 관심을 갖는 변수들의 설명력을 비교검증하기 위해서 위계적 회귀분석의 검증방식을 이용하였다. 모델2는 개인변수만을 투입한 경우를, 모델3은 모델2의 개인변수에 도시특성변수에 해당하는 밀도·다양성·목적지 접근성을 추가한 경우를, 모델4는 전체 모델3에 도시형태변수에 해당하는 환승까지의 거리, 디자인 변수를 추가하여 각 단계별로의 설명력을 검토하였다. 이러한 과정을 거쳤기 때문에 Table 9와 같이 단계별로 결과가 산출되었으며, 각 모델별로의 설명력 및 각 변수별 유의도 등의 비교를 수행하였다.

이러한 결과를 해석하면 다음과 같다. 먼저, 본 연구에서 활용한 HLM이 의미가 있는지에 대한 1차적인 확인이 선행되어야 한다. 이는 개인들의 자동차이용이 각각의 도시별로 차이가 있는지에 대해서 알아보는 것으로 이 확인을 통해 2개 이상의 차원을 동시에 다룰 HLM을 도입해서 분석할지와 그렇지 않고 일반적인 회귀모델을 도입해서 분석할지가 결정되기 때문이다. 이를 위한 모델을 ‘영 모델’이라고 부르며, 본 연구에서는 모델1로 이름을 붙였다. 이 모델1의 분석 결과, 개인들의 자동차이용이 동일한 도시끼리는 유사한 패턴으로, 도시별로는 상이하게 나왔다. 그것은 상수의 유의미 수준으로 판단할 수 있었으며, 그 정도는 0.000으로 1% 수준에서 유의미하게 나왔다. 이를 통해 본 연구에서 설정한 HLM 분석방법이 일반 회귀분석보다 적절한 방법임을 검증할 수 있었다. 또한 개인들의 자동차 이용패턴이 도시 간에 차이가 있다는 사실 역시 확인할 수 있었다.

본격적인 변수들에 대한 분석 결과를 해석하면 다음과 같다. 개인수준의 경우 모든 변수가 유의미하게 나왔으며, 그 계수는 아주 크지는 않지만 모두 일정 이상의 영향력을 갖고 있었다. 이를 통해 개인수준과 관련된 변수들의 통제가 없이 도시의 특성과 도시형태 및 공간구조만을 이용해서 자동차 이용과의 관계를 살펴보는 연구

들이 오류를 갖을 수 밖에 없음을 밝혀낼 수 있었다.

각 개인수준의 변수들에 대해서 살펴보자면, 성별의 경우에는 여성일수록 대중교통을 이용하는 것으로 나왔으며, 그 정도는 -1.757로, 상당히 높음을 알 수 있다. 또한 연령이 높을수록 자동차를 이용하는 것으로 나왔으며, 그 영향력은 매우 작았다. 이는 아마도 연령의 증가와 함께 자동차가 이용이 증가했다가 일정 연령 이상의 경우 자동차 이용이 감소하는 현상때문인 것으로 판단되나 본 연구에서는 이 점을 밝혀내는 것은 목표가 아니므로 이 연구문제는 후속 연구로 넘겨 연령대별 자동차 이용과 그 임계치를 밝히는 연구를 진행할 필요가 있다 하겠다.

교육수준은 그 수준 정도가 증가할수록 즉, 고학력자일수록 자동차를 이용하는 것으로 나왔으며, 그 정도는 0.548이고, 승산비가 1.730로 고학력자가 자동차를 이용하는 확률은 저학력자의 자동차 이용 확률에 1.7배에 가까울 정도로 큰 것으로 나타났다. 결혼 여부 역시 비슷한 양상을 보였으며, 결혼을 한 경우가 그렇지 않은 경우에 비해서 자동차이용을 할 확률이 높았으며, 그 정도는

결혼한 사람이 그렇지 않은 사람에 비해서 대중교통 대비 자동차를 이용할 확률이 1.5배 정도 높았다. 주거상태와 소유 정도로 대변해본 재산소유 정도 역시 이미 알려진 사실과 유사하게 나왔으며, 재산이 높을수록 자동차를 이용하는 것으로 나타났다. 다만, 그 정도는 -0.191와 -0.304으로, 각각 승산비가 0.825, 0.737로, 큰 영향관계는 아닌 것으로 나타났다.

다음으로 도시수준의 변수들에 대해서 알아보자면 다음과 같다. 본 연구에서는 도시에서의 자동차 이용과 관련이 깊은 5개 요소 중 도시의 속성과 관련이 깊은 3개요소를 선정하여, 도시특성 변수로 묶어서 1차적으로 모델에 도입하여 모델3을 만들어 분석을 수행했다. 또, 도시공간구조 구성과 관련이 깊은 나머지 2개요소를 도시형태변수로 묶어서 2차적으로 모델에 도입하여, 모델4를 만들었다. 이를 통해 각 변수들의 효과의 변화정도 역시 확인하였다.

먼저, 도시특성변수들 중 밀도의 경우에는 도시지역이 넓으면 넓을수록 자동차 이용이 높았으며, 인구밀도는 높을수록 대중교통이용이 높았고, 고용밀도는 높을수록 자동차 이용이 높은 것으로 나타났다. 밀도에 속하는 3개의 변수는 모두 유의미했으며, 모델3과 모델4 간에 유의도 변화가 크지 않았다. 이를 통해 밀도변수는 도시형태 변수 통제와 관련 없이 자동차 이용과 일정한 관계를 갖

는다는 결론을 이끌어낼 수 있다. 또한 밀도가 높고 도시지역이 좁을수록 자동차 이용이 줄어든다는 결론을 내릴 수 있다. 단, 영향력을 살펴보자면 0.023와 -0.001, 0.003 등으로 그 정도는 모두 매우 미비한 수준으로 나타났다. 국외의 결과가 그 정도가 높게 나온것과 비교할 때 큰 영향을 주지는 못하는 것을 알 수 있다.

다음으로 다양성 변수에 대해서 살펴보자면, 3개 변수 중 직주혼합 변수 만이 의미가 있게 나왔음을 알 수 있다. 그 관계는 직주혼합이 높을수록 자동차이용이 적게 나타난다는 기존연구의 결과와 동일하게 나왔으나 산업혼합도는 유의미하지 않게 나왔다.

다만, 그 상관정도는 -2.573로 높게 나왔다는 점과 도시형태변수 통제 후, 유의도와 상관정도가 높아졌다는 점에서 도시형태변수와 관련이 높다는 점을 알 수 있다. 즉, 도시형태변수들이 동일하다고 가정했을 때, 그 정도가 변화된 것으로 다양성은 도시형태변수와 관련성이 높다는 결론을 내릴 수 있다. 다양성 변수들이 유의하지 않게 나온 것은 국외 연구들과는 다른 한국적 특성이 반영된 것으로 사료된다.

다음으로 다양성 변수에 대해서 살펴보자면, 3개 변수 중 직주혼합 변수 만이 의미가 있게 나왔음을 알 수 있다. 그 관계는 직주혼합이 높을수록 자동차이용이 적게 나타난다는 기존연구의 결과와 동일하게 나왔으나 산업혼합도는 유의미하지 않게 나왔다. 다만, 그 상관정도는 -2.573로 높게 나왔다는 점과 도시형태변수 통제 후, 유의도와 상관정도가 높아졌다는 점에서 도시형태변수와 관련이 높다는 점을 알 수 있다. 즉, 도시형태변수들이 동일하다고 가정했을때, 그 정도가 변화된 것으로 다양성은 도시형태변수와 관련성이 높다는 결론을 내릴 수 있다.

세 번째 도시특성변수인 목적지 접근성에 대해서 살펴보자면, 모두 접근성이 향상될수록 자동차 이용이 증가한다는 결론을 내릴 수 있다. 다만, 유의미 정도와 상관성 정도가 도시형태 변수 통제 후, 변화되었는데 이 역시 도시형태 변수와 관련이 깊기 때문인 것으로 볼 수 있다. 또한 주거관련 2개 변수와 업무관련 2개 변수가 도시형태 변수 통제 전후로 상관성이 변화되었는데, 이를 통해 도시형태가 고려되었을 때, 도시형 혼합주거로의 주거형식 변화 및 고밀화를 통한 접근성 향상이 자동차 이용 감소에 효과가 높다는 결론을 내릴 수 있다. 이에 반해 업무시설로의 접근성은 그 영향도를 볼 때, -21.395과 -4.289로 상당히 높지만 도시형태를 변화시킴으로써 얻

[Table 9] Analysis results of each model

		Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		
		Coeff (S.E.)	Odds Ratio	Coeff (S.E.)	Odds Ratio	Coeff (S.E.)	Odds Ratio	Coeff (S.E.)	Odds Ratio	
Individual-level Characteristics	Gender			-1.756** (0.053)	0.172	-1.757** (0.053)	0.172	-1.757** (0.053)	0.172	
	Age			0.025** (0.002)	1.026	0.025** (0.002)	1.026	0.025** (0.002)	1.026	
	Education level			0.547** (0.037)	1.729	0.548** (0.037)	1.730	0.548** (0.037)	1.730	
	Marital status			0.415** (0.020)	1.514	0.415** (0.020)	1.515	0.415** (0.020)	1.515	
	Housing tenure			-0.190** (0.016)	0.826	-0.190** (0.016)	0.826	-0.191** (0.016)	0.825	
	House ownership			-0.303** (0.041)	0.738	-0.303** (0.041)	0.738	-0.304** (0.041)	0.737	
Urban Characteristics	DENSITY	Developed area ratio				0.013** (0.005)	1.013	0.023** (0.007)	1.028	
		Population density				-0.001** (0.000)	0.999	-0.001** (0.000)	0.999	
		Employment density				0.001† (0.000)	1.000	0.001** (0.000)	1.000	
	DIVERSITY	Job-housing balance					-0.083 (1.106)	0.920	-2.573** (0.994)	0.088
		Housing diversity indicator					0.033 (0.964)	1.033	-0.753 (1.041)	0.471
		Employment diversity indicator					0.060 (0.520)	1.062	-0.145 (0.531)	0.862
	DESTINATION ACCESSIBILITY	Residential mixed-use accessibility					-0.063 (0.048)	0.938	-0.067 (0.037)	0.937
		Housing accessibility					-0.986 (0.612)	0.372	-1.062 (0.574)	0.341
		Business use accessibility					-21.39** (8.270)	0.000	-4.289 (5.617)	0.012
		Density of the parking lot							0.781 (0.641)	2.191
DISTANCE to TRANSIT	Accessibility to the bus							-1.026** (0.287)	0.359	
	Accessibility to the metro							-1.831** (0.334)	0.156	
	Total road ratio							-0.016 (0.014)	0.989	
Urban Form	DESIGN	Local road ratio						-0.014 (0.019)	0.981	
		Gini's Centrality							-1.226* (0.712)	0.291
		Entropy							-0.241** (0.488)	0.197
	Moran's I							-0.231† (0.177)	0.791	
	MD							0.001 (0.000)	1.000	
	Density of the intersections							-0.127** (0.029)	0.891	
	Constant	1.549** (0.079)	4.707	2.149** (0.217)	8.576	3.610** (0.773)	36.985	5.710** (0.931)	38.137	

< 0.1 : †, < 0.05 : *, < 0.01: **

어지는 효과와 상당부분 유사하다는 결론을 내릴 수 있다. 즉, 도시형태를 변화시키기 어려울 때는 업무시설의 밀도를 증가시키는 것이 자동차 이용감소에 효율적이나 업무시설의 밀도변화는 도시형태 변화 안에 포괄되는 것으로 도시형태 변화가 자동차 이용 감소에 더 포괄적인 효과를 가지고 온다는 것이다.

다음으로 모델4의 2개 요소에 대해서 살펴보자면, 먼

저 대중교통 접근성에 대해서 살펴보자면 버스와 지하철 모두 자동차 감소 효과에 의미가 있음을 알 수 있었다. 다만, 주차장 밀도의 경우에는 관계가 없었다. 버스와 지하철 접근성은 각각 -1.026, -1.831의 수준으로 자동차 이용을 감소시키고 있었다. 이를 승산비로 해석하면, 버스 접근성이 좋은 곳은 그렇지 않은 곳에 비해서 자동차 이용이 0.35배 수준으로 줄어들고, 지하철의 경우에는 접근

성 좋은 곳이 그렇지 않은 도시에 비해서 0.15배 수준으로 줄어든다는 결론을 내릴 수 있다. 역시 알려진 대로 지하철이 버스에 비해서 자동차 이용 감소 효과가 크다는 것 역시 확인할 수 있었다.

마지막으로 도시형태를 구성하는 요소인 디자인에 대해서 알아보자면, 도로율을 제외한 대부분의 요소가 상관관계가 있었다. 실제로 도시형태 측정 지표로 알려진 지니 중심성지수(Gini's Centrality), 엔트로피지수(Entropy), 모란지수(Moran's I) 등은 불균등할수록, 집중이 될수록, 도시의 표준편차거리가 짧을수록 자동차 이용이 감소되는 것으로 나타나 실제로 압축도시가 자동차 이용 감소에 영향이 있음을 확인할 수 있었다. 다만, 그 영향정도는 -1.226, -0.241, -0.231, 0.001로 거리의 압축보다는 입지의 집중이, 입지의 집중보다는 불균등 수준 향상이 더 자동차 이용 감소에 효과적인 것으로 나타났다. 추가적으로 도로연장 보다는 교차로의 밀도를 높이는 것이 자동차 이용 감소에 효과적인 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구의 결과에 따라 앞에서 설정한 가설을 검증하면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 먼저, 자동차를 이용한 통행은 도시별로 차이가 존재했다. 이 점은 모델1의 결과에서 이미 확인할 수 있었다.

본 결과는 기존의 연구들과 유사하게 통행 목적을 고려하지 않은 모형과 유사하게 통근통행만을 고려한 모델에서도 도시별로 자동차 이용의 차이가 있음을 알 수 있게 해주는 결과이다.

다음으로 자동차를 이용한 통행에 개인적인 차이가 존재했다. 이 점은 모델2에서 확인할 수 있었으며, 개인수준에 대한 고려가 중요함을 알 수 있었다.

세 번째로, 기존에 자동차 이용과 관련이 깊은 것으로 나타난 5가지 요소는 실제로 한국에서도 모두 관련이 있었고, 자동차 이용 감소에 효과가 있었다. 이러한 결론은 모델3과 모델4의 결과에서 확인할 수 있었다. 특히, 기존의 연구결과와는 달리, 밀도와 다양성 보다는 대중교통 접근성, 디자인 등 도시형태 관련 변수들이 관련성이 깊었다.

본 연구에서 증명한 사실로 미뤄볼 때, 도시특성과 도시형태로 구분지을 수 있는 도시차원의 자동차 이용에

미치는 효과는 분명히 존재하고 있다고 결론을 내릴 수 있다. 또한 중요한 이슈 중의 하나인 압축도시 전략 역시 자동차이용 감소에 분명히 효과적인 전략으로 판단된다. 다만, 본 연구에서도 누차레 밝혔듯이 지역에 따라 자동차 이용 감소를 위한 전략이 달라야 한다. 이러한 차이가 도시별로 존재할지, 유럽, 미국, 아시아 등의 지역 및 문화별로 다르기 때문에 그 전략이 달라져야할지에 대해서는 추가 연구가 필요하다. 이러한 점을 밝히기 위해서 추후 한국의 도시들에 대해서 유형화를 통한 자동차 이용과 도시특성 및 형태와의 관련성에 대한 연구와 국제간 비교 연구 등이 추가로 진행되어야 할 것이다.

또한 그간 도시수준 연구에 가려 진행되지 않거나 전혀 통제되지 않았던 개인수준을 고려한 도시수준에서 드러나는 차이에 관한 연구도 보다 활성화될 필요가 있다. 본 연구결과가 그것을 말해주며, 특히, 개인의 나이, 소득, 교육수준, 직업 등에 따라 자동차 이용이 어떻게 변화되는지, 또 그것들이 도시특성 및 도시형태 변수들과는 어떤 양상으로 상호작용을 하여 자동차 이용에 영향을 미치는지에 대한 구체적이고 복잡한 연구들도 추가로 수행될 필요가 있다. 이를 통해서 도시별로 보다 구체적이고 세밀한 자동차 이용 감소 정책을 수립할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 기존에 유사한 연구에서 수행되어온 변수들을 통합적으로 이용하여 개인수준과 도시수준을 동시에 고려하여 분석하였다는 점에서 의의를 지닌다. 다만, 기존의 연구들에서 이용한 변수들에 대한 보다 심도있는 검토가 선행되지 못했다는 점, 비교적 최근의 자료인 2010년 자료가 통계청에 의해서 생산되지 못하였기 때문에 좀 더 시점이 지난 2005년 자료를 사용했다는 점, 통계자료에서 제공하는 수준 이상으로 개인수준의 변수를 더 다양하게 고려하지 못했다는 점, 개인수준과 도시수준 변수들 간의 상호작용 또는 개인수준 변수들 간과 도시수준 변수들 간의 복잡한 상호작용 여부와 그 효과가 모델에 포함되어 연구되지 못한 점 등은 명백한 한계점으로 추후 연구에서는 이를 보완하는 후속연구가 진행될 필요가 있다고 판단된다.

References

- [1] Cervero R., (1996) Mixed Land-uses and Commuting: Evidence from the American housing survey.

- Transportation research Part A, 30. 361-377.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0965-8564\(95\)00033-X](http://dx.doi.org/10.1016/0965-8564(95)00033-X)
- [2] Cervero R. and Kockelamn K., (1997) Travel demand and the 3Ds: Density, Diversity and Design. Transportation Research Part D 2(3). 119-129.
- [3] Cho Jungrae-Kim Chaeman, (1998), A Regional Comparative Study on the Commuter Mode Choice Behavior, Journal of Korean Society of Transportation, 16(4), 75-86.
- [4] De Bourdeaudhuij et al., (2003) Environmental Correlates of Physical Activity in a sample of Belgian Adults. American Journal of Health Promotion 18(1).
- [5] Duglas F., (2013) Sustainable Urbanism: Urban design and Nature, Oh Daniel et al., Korea Environmental Architecture Research Institute.
- [6] Ewing R., (1995) Beyond density, mode choice and single-purpose trips, Transportation Quarterly 49(4). 15-24.
- [7] Ewing, R. and R. Cervero., (2001) Travel and the Built Environment: A Synthesis. Transportation Research Record, 1780. 87-114.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/1780-10>
- [8] Ewing R et al., (2008) Growing Cooler: the evidence on urban development and climate change. Urban Land Institute.
- [9] Gordon P. and Richardson H., (1989) Gasoline Consumption and Cities: A reply. Journal of American Planning Association, 55(3). 342-346.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01944368908975421>
- [10] Gordon P. and Richardson H., (1997) Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?. Journal of American Planning Association 63(1). 95-106.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01944369708975727>
- [11] Hox J.J.,(2010) Multilevel Analysis: Techniques and Applications (2nd Ed.). Goutledge.
- [12] Jun, Myung-Jin and Baek, Seung-Hun, (2008), An Analysis on Determinants of Commuter's Mode Choice in the Seoul Metropolitan Area Using Conditional Logit Models, Journal of The Korea Planners Association, 43(4), 9-19.
- [13] Kim Seonggil, (2006), Travel Demand and Transportation Cost of Household According to Accessibility to Public Transport and to Service Facilities, Journal of Korean Society of Transportation, 24(6), 65-74.
- [14] Kim, Seung-Nam and Ahn, Kun-Hyuck, (2010), The Effects of Car Travel Cost on Travel Mode Choice, Journal of The Korea Planners Association, 45(4), 111-127.
- [15] Lee, Hobyong, (1996), Urban Residential Location Models Based on Land Use and Travel Behaviors, Journal of The Korea Planners Association, 31(4), 53-66.
- [16] Lee, Jae Yeong and Kim, Hyung Chul, (2004), Is Compact Urban Spatial Structure Effective for Public Transportation Mode?, Journal of Korean Society of Transportation, 22(3), 7-16.
- [17] Newman P.W.G. and Kenworthy J.R., (1989) Gasoline consumption and cities: A comparison of US cities with a global survey. American Planning Association Journal, 55. 24-37.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01944368908975398>
- [18] Song, Miryeong, (1998), Empirical Analysis of Factors Influencing Commuting Behavior in the Seoul Metropolitan Area, Journal of The Korea Planners Association, 33(4), 55-75.
- [19] Sung, Hyun-Gun et al., (2007), Analysis on Commuting Behavior and Policy Alternatives of Reducing Excessive Automobile Dependence in Industrial Complex, Journal of The Korea Planners Association, 42(4), 179-191.
- [20] Sung, Hyun-Gun et al., (2012), Empirical Analysis of Travel Behavior Change by TOD Planning Elements through Applying Multi-level Regression Modeling, Journal of The Korea Planners Association, 47(3), 265-278.
- [21] Yoon, Daesik, (1999), Analysis of Pework Trip-Making and Modal Choice, Journal of Korean Society of Transportation, 17(5), 57-65.

이 건 원(Lee, Gunwon)

[정회원]



- 2005년 2월 : 고려대학교 문과대학 한국사학과(문학사)
- 2006년 2월 : 고려대학교 공과대학 건축공학과(복수전공 수료)
- 2008년 2월 : 고려대학교 건축공학과 건축계획학(공학석사)
- 2013년 2월 : 고려대학교 건축학과 도시계획및실계학(박사 수료)
- 2011년 3월 ~ 2014년 2월 : 서울과학기술대학교, 목원대학교 강사
- 2014년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 건축학부 조교수

<관심분야>

공간분석, 녹색도시, 도시재생

정 윤 남(Jeong, Yunnam)

[정회원]



- 2007년 9월 : 고려대학교 공과대학 건축공학과(공학사)
- 2010년 2월 : 고려대학교 건축학과 도시계획및설계학(공학석사)
- 2012년 2월 : 고려대학교 건축학과 도시계획및설계학(박사 수료)
- 2010년 9월 ~ 2013년 8월 : 경기대학교, 청운대학교 강사

•2013년 9월 ~ 현재 : Politecnico di Milano 초빙교수

<관심분야>

도시재생, 녹색도시, 도시경관

김 세 용(Kim, Seiyong)

[정회원]



- 1989년 2월 : 고려대학교 공과대학 건축공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 서울대학교 환경대학원 도시설계 (도시설계학석사)
- 1997년 2월 : 고려대학교 건축공학과 도시설계및단지계획 (공학박사)
- 2003년 2월 : Columbia Univ. Architecture and Urban Design (도시설계학석사)

•1994년 3월 ~ 2006년 2월 : 대진대학교, 건국대학교 부교수

•2006년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 건축학과 교수

<관심분야>

녹색도시, 도시재생, 도시경관