

미시공간에서 도시·건축형태요소가 보행량에 미치는 영향

이건원
고려대학교 건축학과

The Effect of the Urban and Architectural Form Factors on Pedestrian Volume

Gunwon Lee

Department of Architecture, Korea University

요약 본 연구는 도시의 미시적 요소들과 보행량과의 상관관계를 도출하는 것을 목적으로 한다. 보행을 촉진시키는 미시적 요소로 밀도, 다양성, 네트워크 구조, 접근성, 필지 및 건축물 형태, 건축물 전면부 형태 등의 요소를 중심으로 접근했다. 특히, 밀도, 다양성, 접근성 등은 Certero and Kockelman(1997)의 3Ds(Density, Diversity, Design)와 Ewing et al(2008)이 추가한 2Ds(Distance to Transit, Destination Accessibility)와 관련이 깊은 개념으로 이들은 보행을 촉진시키는 것으로 잘 알려져있다. 이러한 분석을 위해서 2010 서울시 유동인구조사 자료 중 서울시 내 강북지역의 종로구와 중구를 중심으로 분석을 수행하였다. 종로구와 중구 내 보행량을 측정할 지점 1,028개소를 중심으로 반경 500m의 미시적 요소들을 조사하여 데이터를 구축하였다. 분석결과, 기존의 보행량 촉진에 효과적인 요소들인 밀도, 다양성, 접근성 등은 종로구와 중구의 상황에도 유효했다. 또한 건축물의 1층부 형태와 건축물 전면 공간의 형태 역시도 보행량에 유의미한 영향을 주는 것을 도출할 수 있었다. 연구결과는 추후 보행량 촉진을 통한 지속가능한 도시, 회복력 있는 도시 조성의 기초자료가 될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract This study examined the correlation between microscopic factors and pedestrian volume in an urban environment, focusing on the microscopic factors that stimulate the pedestrian volume, such as density, diversity, network structure, accessibility, and the form of lots and buildings. In particular, factors already known to boost the pedestrian volume include density, diversity and accessibility, which are three variables strongly related to the concept of the 3Ds (Density, Diversity, Design) proposed by Certero and Kockelman (1997) and the additional 2Ds (Distance to Transit, Destination Accessibility) suggested by Ewing et al. (2008). The analysis in this study was based on the 2010 survey of the floating population in Seoul, particularly on the data from Jongro-gu and Jung-gu in Gangbuk area. Data were established by analyzing the microscopic factors within a 500m radius around each of the 1,028 spots from which the pedestrian volume in Jongro-gu and Jung-gu was measured. The analysis showed that density, diversity and accessibility, three factors that were already known to be effective in increasing pedestrian volume, also have the same effect in Jongro-gu and Jung-gu.

Keywords : 5Ds(Density, Diversity, Design, Distance to Transit, Destination Accessibility), Building Form, OLS(Ordinary Least Square), Pedestrian Volume, Poisson Regression, Urban Design

1. 서론

현대도시들은 제2차 세계대전 이후, 개인의 자동차

이용이 급증하면서 자동차를 고려한 도시계획이 이루어졌다. 하지만 1970년대 이후, 대기오염, 에너지 위기, 기후변화 등의 주범 중 하나가 자동차라는 사실이 밝혀지

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.NRF-2015R1C1A1A01055076)

*Corresponding Author : Gunwon Lee(Korea Univ.)

Tel: +82-2-3290-3914 email: rhyme2997@korea.ac.kr

Received September 2, 2016

Revised (1st September 21, 2016, 2nd September 26, 2016)

Accepted October 7, 2016

Published October 31, 2016

기 시작했다.

한편, 전술한 환경적 문제 외에 자동차가 도시 커뮤니티에 미치는 부정적 영향들이 밝혀지기 시작했다. 최근에는 자동차 이용이 개인의 건강에 미치는 부정적 영향까지 밝혀지고 있어 자동차 중심이 아닌 대중교통, 보행 중심의 도시구조를 바꿔야한다는 인식이 미국을 중심으로 널리 퍼지고 있는 상황이다.

이러한 상황에서 보행이 건강, 환경, 사회, 경제에 미치는 긍정적 영향이 연구되고 있다. 즉, 보행이 개인의 건강과 도시환경 증진에 영향을 주며, 커뮤니티의 활성화에 영향을 준다는 것이다[1]. 이러한 맥락에서 연구자들은 어떤 도시형태와 도시특성에서 더 많은 사람들이 걷는지와 더 오래 걷는지에 관심을 갖고 있다. 특히, 이 연구들은 미시적 공간을 대상으로 건축물과 가로, 가로간의 관계 등에 관심을 갖는다.

본 연구는 기존의 연구들에서 파편적으로 다루어졌던 보행량과 관련이 깊은 요소들을 통합적인 모형으로 구성하여 물리적 요소들과 보행량 간의 관계를 연구했다. 도시의 밀도, 다양성, 접근성 외에 기본적인 공간의 단위인 필지와 건축물, 도시 가로 등의 미시적 공간 내 도시·건축형태요소들이 보행량에 어떤 영향을 주는지 연구했다. 또한 보행량을 종속변수로 삼아 분석하는 적절한 방법 중 하나로서 Poisson Regression에 대해 검토했다.

2. 연구현황

도시공간의 다양한 요소들은 도시민의 보행에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 이러한 연구들은 대체로 사회·경제적 요소, 물리적 요소 등이 보행량에 미치는 영향 등에 관심을 두고 있다.

먼저, Certero and Kockelman[2]은 3Ds(Density, Diversity, Design) 체계를 통해 도시형태 계획요소를 구분하였으며, 이들 체계는 자동차이용을 줄이는데 매우 효율적이라는 결론을 내리고 있다. Greenwald and Boarnet[10]은 미국 포틀랜드 지역을 대상으로 분석한 결과 인구밀도와 고용밀도가 높을수록 지역 주민들의 보행량이 늘어나고 자동차 통행량이 줄어드는 것으로 밝히고 있다. Frank and Engelke[9]는 주거 밀도가 높고 상업면적이 넓은 지역일수록 지역 주민들의 보행시간이 늘어나고 자동차 통행량이 상대적으로 감소하는 것으로 밝

히고 있다. Ewing et al.[8]은 Certero가 주장한 기존 3Ds 체계에 교통시설 접근 관련 계획요소인 2Ds (Distance to transit, Destination accessibility)를 추가적으로 고려하는 것이 타당하다는 결과를 발표하기도 하였다. 이상의 연구들은 주로 지역의 속성, 건축물의 특징, 대중교통 접근성 등의 속성을 연구했다.

또 다른 연구들은 Space syntax를 활용하여 보행량과 도로네트워크 또는 도시공간구조와의 관련성을 밝힌 것들이다. Hillier et al.[13,14]은 도로 네트워크가 보행량에 미치는 영향을 연구했다. 그는 보행량과 공간구조와의 상관성을 입증하고 국부통합도를 보행통행패턴을 결정하는 주요 인자임을 증명한 바 있다. Peponis et al.[15]역시 보행 통행량과 도로네트워크의 국부통합도와 상관성이 크다는 것을 발견했다.

이상의 연구들은 대부분 미시적인 공간범위를 대상으로 연구를 수행하고 있다. 이들은 대체로 보행거리를 고려하여 반경 500m 또는 400m(0.25mi) 정도의 거리를 연구의 공간적 범위로 다루고 있다. 반경 500m를 설정한 이유는 페리(C. Perry)의 근린주구론과 관련이 있다. 그가 동일한 성격을 지니며 보행으로 연결될 수 있는 공간의 범위를 사람이 걸어서 약 8분 안에 도달할 수 있는 1/4마일을 제시했기 때문이다. 이후 많은 보행 이용 패턴을 연구하는 연구자들이 이 수치를 인용하여 활용하고 있다[3-7]. 이는 400m가 약간 넘는 수치이며, 한국의 역세권과 같이 도보에 의한 동일지역에 대한 인식범위에 대한 연구에서 주로 500m 가량이 거론된 바 있다[18]. 그러므로 이를 포괄하는 500m 범위를 연구대상으로 삼았다.

이러한 연구접근은 상당히 획기적인 것으로 기존의 보행연구들에 대해서 상당히 발전한 것이다. 또한 사회·경제적요소를 대변하는 밀도와 다양성, 접근성 등과 물리적 요소를 대변하는 디자인, 도시구조, 도로네트워크 등을 체계적으로 정리하였다는 점도 의미가 있다.

하지만 이들 연구들은 다음과 같이 세 가지의 한계를 가지고 있다. 첫째, 이 연구들은 활용할 수 있는 통계자료가 부족한 관계로 주로 관찰연구에 의존하거나 소수의 대상지만을 중심으로 연구를 수행하기 때문에 일반화에 실패하는 등의 한계를 갖고 있다. 둘째, 이들 연구는 보행량과 도시·건축형태 간의 관계를 밝혀내는 초기단계의 연구로, 보행량을 설명할 수 있는 개별 변수를 발견하는 단계에 해당하는 논문들이다. 보행량을 설명할 수 있는

통합모형의 개발으로까지 발전하고 있지 못하다. 셋째, 기존의 연구들의 대부분은 보행량을 종속변수로 채택했음에도 불구하고 일반적인 OLS를 분석방법으로 채택하고 있다. 이를 위해 기존의 연구들의 한계점을 보완하여 다수의 통계자료를 활용하되, 보다 정교한 모델을 구축하여 연구를 수행했다.

3. 분석체계

3.1 분석대상 및 데이터

본 연구에서는 앞서 선정한 변수의 데이터를 확보하기 위해서 서울시 내 유동인구가 가장 많은 자치구들인 종로구와 중구에 대해서 조사분석을 하였다. 연구대상으로 종로구와 중구를 선택한 이유는 첫째, 서울시 내 대표적인 유동인구 밀집지역 중 하나이기 때문이다. 둘째, 도시특성, 가로체계 및 건축물 특성 등이 강남과는 이질적인 구도심의 특성을 지니고 있기 때문에 선정하였다. 이를 통해 흔히 보행 친화적으로 알려져있는 구도심의 도시-건축적 형태와 보행량 간의 상관관계를 살펴볼 수 있을 것으로 사료된다.

종속변수인 보행량 데이터는 서울특별시에서 제공한 2010 유동인구 조사자료를 활용하였다. 이 중 종로구와 중구에 해당하는 1,028개소를 분석대상으로 삼았다. 이들 지점이 서울특별시 전체 위치에서 차지하는 위치를 지도화하면 아래 Fig.1과 같다. 이들 지점에서 측정된 시간별, 요일별 보행량 자료의 평균을 종속변수로 삼았다.

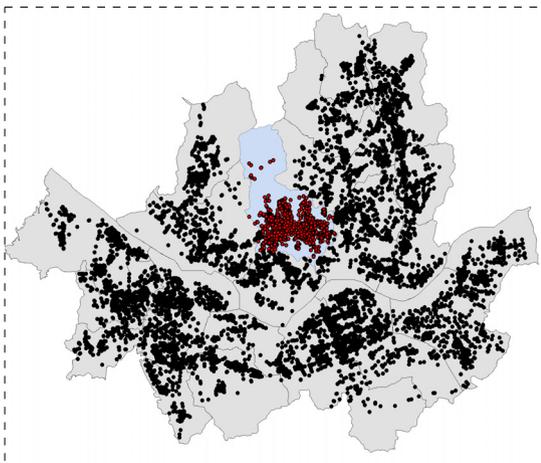


Fig. 1. Jongro-gu and Jung-gu in Seoul

연구의 주요 공간적 범위인 미시적 공간범위 내 도시-건축형태요소를 추출하기 위해서 각 보행량 측정지점의 보행량에 영향력을 행사할 것으로 예상되는 반경 500m지점까지를 분석범위로 삼았다. 모든 변수는 500m 범위 내에서 계산한 값들을 평균하여 데이터를 구축하였다.

각종 변수별 데이터를 구축하기 위해 종로구와 중구의 2010년 UPIS(Urban Planning Information System)와 국토교통부에서 제공하는 건축행정 데이터를 이용했다. 이와 같은 자료를 채택한 이유는 국가기관에서 생성하여 배포한 자료가 공신력을 갖으며, 비교적 데이터 생성과정에 있어서 데이터 설계가 체계적으로 이루어졌기 때문이다. 이외에 본 연구에서 다루고자하는 방대한 공간 범위를 커버할 수 있는 자료이기 때문에 해당 자료들을 채택하였다. 그 외의 데이터들 특히, 개구부수, 지상부 주차대수 등의 자료에 대해서는 조사원들이 직접 현장을 조사하여 데이터를 구축하였다. 데이터 구축을 위해서 ArcGIS 10.1와 DepthMap 10.0을 활용하였다. ArcGIS는 ESRI사에 의해 개발된 대표적인 공간정보시스템을 처리하는 소프트웨어로 고가인 것이 단점이나 시장점유율이나 사용편의성, 시각화 우수성 등에서 큰 장점을 지니고 있다. 여기에서는 주로 공간정보 및 형상정보를 분석하고 정량화하는데 활용하였다. DepthMap은 AxeMan, AxeWoman 등과 같이 대표적인 공간구문론(Space Syntax) 분석 소프트웨어로 그 사용편의성이 높고, 분석가능한 지표가 다양한 것으로 알려져 있다. 이를 서울시의 가로 네트워크를 분석하여 도로 네트워크 특성을 정량화하기 위해서 활용하였다.

연구분석을 위해서 Stata 13.1을 사용하였다. 이 프로그램은 SAS, SPSS, R 등과 함께 널리 사용되는 대표적인 통계패키지로, 전술한 프로그램들에 비해서 비교적 최근에 개발되었다. 그 결과, 다양한 분석방법을 활용할 수 있으며, 시각화 성능이 우수한 것으로 알려져 있다. 또한 R과 유사하게 열린 네트워크 체계를 지향하여 사용자에 의한 다양한 통계분석 기법들이 빠르게 반영되는 장점 역시 지니고 있다. 통계분석에 의한 해석은 최소 유의수준을 5%로 정하여 분석을 수행하였다.

3.2 가설설정

기존의 연구들이 갖는 한계점을 바탕으로 연구문제를 도출하면 다음과 같다.

첫 째, 보행량에 영향을 미칠 것으로 알려진 다양한 변수들 중에서 가로 형태 특히, 가로의 네트워크 수준을 보여주는 지수들과 5D요소의 통합모델은 높은 설명력을 갖을 것이다.

둘 째, 기존의 연구들에서 자세히 다루지 않은 요소들인 필지와 필지 이외의 공공공간의 디자인에 대한 변수 역시, 보행량과 의미있는 결과를 갖을 가능성이 높다.

셋 째, 도시조직과 관련성이 있는 필지외에 필지와 토지이용 등과 영향관계에 있는 건축 형태변수 역시 보행량과 상관관계를 갖지만 큰 상관관계를 갖지는 못할 가능성이 높다.

넷 째, 기존의 연구들에서 채택한 OLS분석방법 보다 보행량이라고 하는 특수한 데이터에 적합한 방법을 채택할 경우, 보다 더 높은 설명력과 폭넓은 해석의 여지를 얻을 가능성이 높다.

이상의 연구문제를 바탕으로 제기하고자 하는 가설은 아래와 같다.

1. 가로 네트워크 수준의 지수들은 보행량을 설명하는 모형에서 중요한 역할을 담당할 것이다.
2. 기존 연구문헌들로부터 알려진 밀도, 다양성, 접근성 등은 보행량과 정의 관계를 갖을 것이다.
3. 건축물 형태 변수들은 보행량과 유의미한 관계를 갖을 것이다.
4. 전통적인 OLS분석 방법 보다는 보행량과 같이 특수한 데이터의 경우에는 Poisson Regression이 더 적합한 방법일 것이다.

이러한 가설을 검증하기 위해 기존연구들로부터 모두 5가지 종류의 독립변수와 보행량으로 구성되는 모델과 데이터를 구축했다. 이러한 모델을 이용해서 분석을 수행하고, 그 분석결과를 정리한 후, 가설을 검증했다. 이러한 일련의 과정을 종합하여 최종적으로 결론을 도출할 것이다. 이러한 분석체계를 도식화하면, 위의 Fig.2와 같다.

3.3 분석 모델 및 변수

본 연구에서 선정된 분석 모델인 포아송 회귀분석(Poisson Regression)은 일반화 선형모형(Generalized Linear Model)의 하나이다. 이 분석방법은 종속변수가 포아송 분포(Poisson distribution)를 보이는 경우에 사용

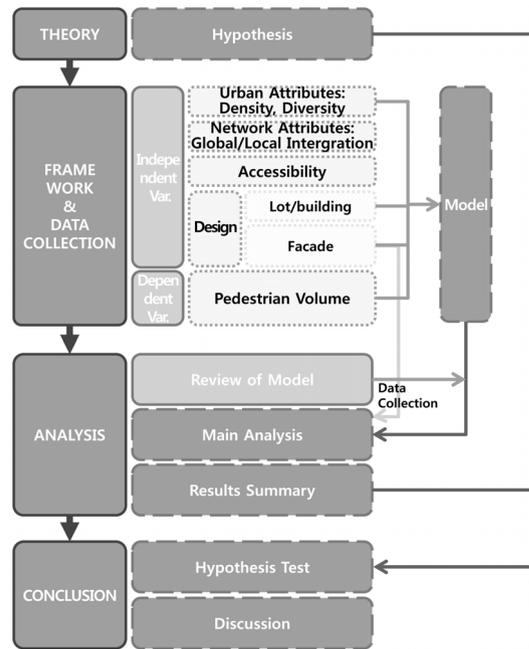


Fig. 2. Analysis Structure

하는 통계분석방법으로 대표적인 비정상 분포패턴 중의 하나이다. 종속변수가 빈도 데이터(Count data) 변수일 경우 이러한 분포패턴을 보이기 때문에 보행량과 같은 빈도 데이터 변수는 높은 왜도를 가진 이산 도수의 범주형 자료에 속한다. 이는 정상성에 크게 위배되므로 일반적인 회귀분석의 추정방법인 최소자승법(OLS, Ordinary Least Square)을 사용할 수 없으므로 이를 분석하기 위한 포아송 회귀분석이 이용되어야 한다[11,12,16,19].

포아송 회귀분석은 종속변수의 포아송 분포를 가정하고 선형연결을 사용하여 식(1)과 같이 표현될 수 있다. 여기에서 E와 λ는 y의 평균이며, s는 표준편차, β는 추정계수, x는 독립변수이다. 단, 포아송 분포는 평균과 분산이 같은 값을 갖는 특성을 보이므로 이상과 같이 서술이 가능하다.

$$E(Y_i|x_i) = s_i \lambda (x'_{ij} s) = s_i \exp(\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ji}) \quad (1)$$

또, 종속변수 Y_i가 포아송 분포를 가질 경우 우도함수(likelihood function)은 식(2)와 같다.

$$L(y; \beta) = \prod_{i=1}^n \frac{[s_i \lambda(x_i)]^{y_i} \exp[-s_i \lambda(x_{ji} s)]}{y_i!} \quad (2)$$

전술한 4가지 가설들을 확인하기 위해서 여기에서 활용된 변수들은 기존의 Cervero and Kockelman[2]이 제시한 3Ds(Density, Diversity, Design)요소와 Ewing et al.[8]이 추가로 제시한 교통시설 접근 관련 계획요소인 2Ds(Distance to transit, Destination accessibility)를 바탕으로 했다. 또한 Hillier et al.[13,14]가 제시한 도로네트워크 역시 변수를 포함했다. 이외에 본 연구에서 관심을 갖고 보다 구체적으로 정의한 디자인 변수를 위해서 필지단위에서 얻을 수 있는 건축물 형태요소와 공공공간의 형태요소를 추가변수로 활용했다. 이를 다시 정리하여 표현하자면, Cervero and Kockelman[2]의 3D 중 밀도와 다양성 변수는 1)도시특성변수로 묶었다. Hillier et al.[13,14]가 제시한 변수인 전체통합도와 국부통합도는 2)네트워크 특성으로 묶었다. Ewing et al.[8]이 추가로 제시한 2D요소인 환승거리, 목적지 접근성은 3)접근성 변수로 묶었다. 마지막으로 Cervero and Kockelman[2]가 제시한 3D 중 4)디자인변수는 좀 더 세분화하여서 필지 및 건축물특성 변수와 전면부특성 변수로 정리하였다. 추가로, 1층부 건물의 넓이와 깊이를 독립변수로 다루었다. 다만, 1층부 건물의 넓이는 연면적과 상당히 상관관계가 높고 다중공선성(multicollinearity)을 진단하는 VIF(Variation Index Factor)지수 역시 14로 높게 나온 결과, 해당 변수를 제거했다. 여기서 다중공선성은 독립변수 간의 상관관계가 존재하는 경우를 의미하는 개념으로 이것이 존재하는 경우, 회귀계수의 분산이 증가하여 그 결과치 및 해석의 도출에 있어서 어려움이 발생하는 것으로 알려져 있다. VIF지수는 다중공선성을 진단하는 대표적인 방법으로 그 수치가 10이 넘으면 다중공선성의 문제가 발생하므로 해당 독립변수를 제외해야한다. 최종적으로 선정한 변수들에 대한 기술통계는 Table.1과 같다.

기술통계치를 설명하자면, 밀도 변수는 연구의 범위 내에 전체 건축물 연면적으로 평균 1.4m²/km²을 갖는 것으로 나타났다. 다양성은 연구 범위 내에 주거용도의 비율로, 평균치는 0.2 즉, 20%를 보이는 것으로 나타났고 표준편차가 높지 않으므로 대체로 평균에 가까이 위치하는 것을 알 수 있다. 다만, 최대값이 높게 나타난 지역은 아파트 단지 주변인 것이 그 이유로 풀이된다. 전체통합

Table 1. Descriptive Statistics by Variables

Classification	Variables	Ave.	SD	Min.	Max.
Urban attributes	Density	1.4	0.4	1	2
	Diversity	0.2	0.1	0.16	0.91
Network attributes	Global Integration	3.1	0.8	1	6
	Local Integration	5.7	2.9	1	13
Accessibility					
Accessibility to CBD	Direction of Bus operation	0.6	0.4	0	1
Accessibility	No. of bus stops	9.4	7.6	1.3	27.1
	No. of subway sations	0.8	0.2	0	2
Design					
Lot/building attributes	Land value	2.6	1.2	1	39.1
	Floor area	1.2	1.0	0.1	5.5
	Building height	16.2	1.0	2.6	87.9
	No. of existing openings	189.2	139.4	0	751.1
	Depth of the ground floor	0.05	0.1	0	0.9
Facade attributes	Sidewalk width	4.2	1.3	0.2	6.8
	No. of cars parked above ground	6.9	7.9	0	44.1
	Open space area	7.1	1.2	1.2	25.3
Dependant Variable	Pedestrian volume	8.9	4.6	1	23

도와 국부통합도는 각각 평균이 3.1과 5.7로 국부통합도가 전체통합도 보다 그 값이 높게 나타났으므로 가로가 조밀하게 위치되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 특히, 종로구의 특징을 잘 반영한 것으로 사료된다. 버스의 방향은 1로 코딩된 경우가 도심부로 향하는 것으로 그 평균이 0.6값을 갖는 것으로 나타났다. 다만, 표준편차가 커서 버스 배차가 대체로 도심부 방향으로 향하도록 되어있으나 도심부 외곽으로 나가는 버스도 다수 존재함을 알 수 있다. 버스 정류장의 수는 평균적으로 9.4개소를 갖는 것으로 나타났다. 그 표준편차는 7.6으로 상대적으로 그 편차가 크다고 판단된다. 지하철 정류장의 수는 평균적으로 0.8개소이며 그 편차는 크지 않은 것으로 파악된다.

지가는 평균적으로 m²당 2.6백만원이며, 전반적으로 표준편차는 크지 않은 편이나 최대값이 39.1백만원인 지역도 있는 것으로 나타났다. 건축물의 바닥면적은 평균 123m²이며 그 표준편차는 상당히 큰 것으로 나타나 건축물의 크기가 상당히 차이가 많이 나는 것을 알 수 있으며, 이는 건축물의 높이와 유사한 경향을 보이는 것을 알 수 있었다. 평균적인 개구부의 수는 189.2개이며

그 표준편차는 상당히 컸다. 특히, 이면도로나 건축물 후면의 인도의 경우에는 개구부가 없는 경우도 있어서 가로마다의 특성이 차이가 많이 남을 알 수 있었다. 건축물의 깊이는 평균 5m이며, 그 표준편차 역시 큰 것을 알 수 있었다. 전술한 건축물 바닥면적 및 높이와 유사한 경향을 가지고 있어 종로구와 중구의 개별 건축물 및 가로의 특성의 차이가 큼을 알 수 있었다. 보도의 넓이는 평균이 4.2m로 그 표준편차 역시 상대적으로 컸다. 노상에 주차되어 있는 자동차의 수는 평균 6.9대였다. 평균적인 오픈스페이스의 면적은 7.1㎡으로 나타났다. 이는 건축물의 크기의 편차가 큰 것과도 상관이 있는 것으로 판단된다.

4. 분석결과

전술한 과정을 통해서 채택된 모델을 이용하여 분석 결과를 정리하면 Table.2와 같다. 이를 해석하면 첫째, 영역 속성인 밀도의 경우에는 밀도가 높아질수록 보행량이 감소되는 것으로 나타났다. 다양성의 경우에는 정의 관계를 가지므로, 다양성이 증가할수록 보행량이 같이 증가하는 것으로 나타났다. 다만, 각 변수가 보행량에 미치는 영향은 국외의 연구들과 달리 매우 미미한 것을 알 수 있었다. 이는 우리의 도시들이 밀도와 다양성이 서구의 도시들에 비해서 상당히 높기 때문으로 풀이된다.

둘째, 도로 네트워크 속성인 전체통합도와 국부통합도는 모두 보행량과 정의 관계를 갖는 것으로 나타나 통합도가 증가할수록 보행량도 같이 증가하는 것을 알 수 있었다. 특히, Hillier[13,14]의 연구들에서 밝혀진 바와 같이 국부통합도가 전체통합도에 비해 보행량을 더 잘 설명하는 것을 증명할 수 있었다. 즉, 전체적인 네트워크의 집중도도 중요하지만 국부적인 네트워크의 집중도가 더욱 보행량 증가에 영향을 많이 미친다는 점을 확인할 수 있었다.

셋째, 도심접근성과 대중교통 접근성을 살펴보면, 도심접근성이 좋은 곳이 보행량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 대중교통 접근성 역시 보행량과 정의 관계를 갖고 있음을 알 수 있었고, 대중교통 접근성이 증가할수록 보행량 역시 같이 증가하는 것을 알 수 있었다. 다만, 버스에 비해 지하철이 보행량에 미치는 영향력이 더 강함을 알 수 있었는데 이는 회귀계수를 표준오차로 나눈

t값의 비교를 통해서 알 수 있었다.

넷째, 필지 및 건축물 속성의 변수들은 대체로 보행량과 정의 관계를 맺고 있어 그 양이 증가할수록 보행량이 같이 증가하는 것을 알 수 있었다. 다만, 지가는 정의 관계를 맺으나 그 정도가 매우 미약했다. 연면적과 개구부가 해당 가로방향으로 존재하는 지 여부가 보행량 증가에 상당한 영향력을 미침을 알 수 있었다. 실제로 최근 연구들에서 미시적 공간구조 분석에 단순히 네트워크 구조와 대중교통 접근성 외에 개구부 여부와 투명도를 추가해야한다는 주장에 힘을 실어줄 수 있는 결과로 판단된다.

다섯째로, 건축물의 전면부 속성에 대해서 살펴봤다. 보도폭은 보행량과 부의 관계를 갖는데, 그 정도를 볼 때, 큰 영향관계는 아님을 알 수 있었다. 공지면적은 보행량 증가에 상당한 영향을 미침을 알 수 있었다. 건축물 전면부 공지의 중요성에 대해서 다시금 확인할 수 있는 결과이다. 흥미로운 것은 지상주차대수이다. 사실 기존의 연구들은 지상주차가 보행량에 부정적인 영향을 미친다고 주장하고 있었다. 하지만 최근 모더니즘 도시계획 및 건축계획의 문제점에 대한 인식을 공유하여 보행의 중요성, 지역 기후의 반영, 도심부의 활성화, 기능위주가 아닌 형태위주의 계획 등을 주장한 설계가와 개발전문가들의 모임인 뉴어버니스트들이 이에 대한 반대의 주장한 바 있다. 특히, 그들 중 안드레 듀아니(Andres Duany)와 엘리자베스 플래터-자이버그(Elizabeth Plater-Zyberk) 등이 주장하는 형태기반코드(Form-based Codes)에서 지상주차가 보행량 및 보행 안전에 긍정적인 영향을 줄 수도 있음을 주장했었는데, 본 연구 결과는 이를 증명할 수 있다는 점에서 의미가 있다.(Elizabeth Plater-Zyberk) 등이 주장하는 형태기반코드(Form-based Codes)에서 지상주차가 보행량 및 보행 안전에 긍정적인 영향을 줄 수도 있음을 주장했었는데, 본 연구 결과는 이를 증명할 수 있다는 점에서 의미가 있다.

5. 모델 및 가설검증

5.1 모델 검증

모델 검증을 통해, 본 연구에서 채택한 연구방법인 포아송 회귀분석의 분석결과가 적합함을 살펴보았다. 이를 위해서 모델의 변수의 수를 고려한 설명력을 의미하는

조절된 R²(Adjusted R²)값을 이용하였다. 같은 모델을 OLS로 분석한 결과와 조절된 R² 수치를 비교했다. 최종 모델인 Model 4의 조절된 R² 수치는 60.03인데 OLS를 이용한 경우에는 15.76에 그쳐 방법론적으로 보행량을 분석하고 설명함에 있어서 전통적인 OLS에 비해서 포아송 회귀분석이 더 우수함을 알 수 있었다.

5.2 가설 검증

이상의 분석결과를 바탕으로 2장에서 설정한 연구가설을 검증하면 다음과 같다. 첫째, 가로 네트워크 수준을 보여주는 지수들인 전체통합도와 국지통합도 등은 보행량을 설명하는 모형에서 중요한 역할을 담당하는 것으로 나타났다. 실제로, 가로 네트워크 수준의 두 변수가 차이

하는 설명력은 모델1과 모델2의 설명력을 비교했을 때, 22.02%로 다른 변수들에 비해서 상당히 높은 수준임을 알 수 있었기 때문이다. 모델1과 모델2, 모델3, 모델4의 설명력 비교를 통해서 관련 변수들의 설명력 기여도를 알 수 있는데 변수의 수에 비해서 가로 네트워크 수준 변수를 포함한 모델이 훨씬 더 높은 설명력을 나타내는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 기존의 5D모델에 가로 네트워크를 추가한 모델이 더 우수함을 알 수 있다.

둘째, 기존에 알려진 밀도, 다양성, 접근성 등의 변수들은 보행량과 유의미한 관계를 갖었다. 특히, 밀도를 제외하고는 모두 정의 관계를 갖었다. 이를 통해 기존의 연구들이 주장한 바가 한국의 종로구와 중구의 상황에도 적합함을 확인할 수 있었다. 다만, 밀도의 경우에는 다소 달랐는데, 이는 한국의 도시가 이미 상당한 밀도를 달성

Table 2. Result of Poisson Regression

Classification		Variables	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
			Coeff. (S.E.)	Coeff. (S.E.)	Coeff. (S.E.)	Coeff. (S.E.)
Urban attributes	Density		-0.1299** (0.0021)	-0.1317** (0.0023)	-0.1322** (0.0022)	-0.1290** (0.0019)
	Diversity		0.0019** (< 0.0001)	0.0018** (< 0.0001)	0.0012** (< 0.0000)	0.0011** (< 0.0000)
Network attributes	Global Integration			0.1828** (0.0017)	0.1659** (0.0018)	0.1651** (0.0017)
	Local Integration			0.2677** (0.0024)	0.2674** (0.0023)	0.2671** (0.0024)
Accessibility	Accessibility to CBD	Direction of Bus operation			-1.0081** (0.0051)	-1.0080** (0.0050)
		No. of bus stops			0.0977** (< 0.0001)	0.0939** (< 0.0001)
	Accessibility	No. of subway sations			0.2887** (0.0010)	0.3132** (0.0011)
Design	Lot/building attributes	Land value				0.0174** (< 0.0001)
		Floor area				0.4793** (< 0.0001)
		Building height				0.0037** (< 0.0001)
		No. of existing openings				0.2402** (0.0020)
	Facade attributes	Depth of the ground floor				-0.3156** (0.0029)
		Sidewalk width				0.0741** (0.0009)
		No. of cars parked above ground				0.0321** (0.0002)
	Open space area				0.2005** (0.0074)	
Constant			217.61	211.24	219.79	211.53
R ²			8.58%	30.18%	49.92%	61.47%
Adj. R ²			7.92%	29.94%	47.67%	60.03%

< 0.1: †, < 0.05: *, < 0.01: **

했기 때문에 판단된다.

셋째, 건축물 형태 변수 역시 보행량과 유의미한 관계를 갖는 것으로 나타났다. 물론, 이 변수들은 높은 설명력을 갖지 않았으나 모든 변수가 보행량과 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

넷째, 전술한 결과에서 조절된 R2 수치의 비교를 통해서 보행량 분석에 있어서, 전통적인 OLS 분석방법에 비해서 Poisson Regression이 더 우수함을 알 수 있었다.

6. 결론

다음과 같은 시사점을 도출할 수 있다. 먼저, 도시·건축 연구를 수행함에 있어서 분석하고자하는 데이터에 보다 적합한 연구방법론을 선택할 필요가 있다. IT기술의 발달로 인해서 생성되는 데이터 양이 증가하고 있다. 특히, 도시·건축 분야는 대규모 사회조사나 교통량 조사 등과 깊은 관계를 맺고 있는 분야 중의 하나이기 때문에 빅데이터가 빠르게 생성되고 있는 분야 중의 하나이다. 하지만 여전히 많은 도시·건축 연구자들은 통계분석을 하나의 분석 도구로만 생각하는 경우가 많고, 심지어 통계분석 자체에 미숙함에도 통계 패키지들에 기대서 연구를 수행하는 경우도 있다. 어떠한 경우이든 과학적 연구 방법 중 대표적인 통계분석은 이제는 도시·건축 연구에서 필수적인 수단이다. 이러한 통계분석 수행에 있어서 분석모델 선정은 그 결과를 완전히 바꿀 정도로 중요함에도 여전히 전통적인 OLS 만이 주로 사용되고 있다. 그것이 사용될 수 없는 여건인 경우, OLS를 사용하는 것보다는 보다 적합한 포아송 분석을 이용하는 것이 적합함을 밝혀냈다. 특히, 보행량 연구에 있어서 Poisson Regression과 같은 비정규성을 보이는 데이터 분석방법은 이제는 필수적으로 사용되어야 한다.

다음으로, 기존의 보행량에 영향을 미치는 요인들의 대다수는 한국 특히, 서울의 종로구와 중구의 상황에 일치하는 것을 알 수 있었다. 즉, 기존의 보행량 연구들에서 주장하는 이론들을 서울, 적어도 종로구와 중구에는 적용이 가능하다고 판단된다. 이러한 연구결과를 바탕으로 도시공간의 중요한 활력요소인 보행량을 늘리기 위한 정책적 대안 마련이 가능해졌다. 특히, 지하철 접근성은 여전히 유효한 보행량 증가 요소이며, 국부적인 도로 네트워크 역시 보행량 증가에 긍정적인 요소이다. 즉, 보다

보행로의 증설과 지하철 접근성 증가를 목표로 도시공간 관리정책을 수립할 필요가 있다. 다만, 이것은 서울의 그것도 종로구와 중구 지역을 대상으로 한 연구이므로 보다 확장하여 강남 또는 강북 전역을 통합하여 연구를 수행한다면, 강남과 강북의 차이를 보는 등의 추가적인 연구로 이 결과를 검증할 필요가 있다고 판단된다. 다만, 밀도와 다양성 변수는 국외 연구들에서 밝혀진 것에 비해 보행량에 미치는 영향력이 미비한 것이 흥미로웠다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 한국의 도시 특히, 서울의 특수성 때문으로 풀이된다.

마지막으로 보행량에 있어 형태요소가 미치는 중요성 역시 간과해서는 안된다. 이미 도로네트워크와 같은 도시공간의 형태요소의 중요성은 전술한 바 있다. 이의 건축물 형태요소 역시 매우 중요하며, 특히, 건축물 1층부의 형태요소가 보행량에 상당한 영향을 미침을 알 수 있었다. 또, 건축물 전면부 공간형태 역시 매우 중요함을 알 수 있었다. 이 건축물 형태요소가 미시적 공간구조에 영향을 주기 때문인 것으로 풀이된다.

References

- [1] Campoli, J., *Made for Walking: Density and Neighborhood Form*, Cambridge, MA: the Lincoln Institute of Land Policy, 2012.
- [2] Cervero, R., & Kockelman, K., *Travel demand and the 3Ds: Density, Diversity and Design*. *Transportation Research D*, 2(3), 199-219, 1997.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- [3] Doyle, S., Kelly-Schwartz, A.C., & Schlossberg, M. et al., *Active community environments and health: The relationship of walkable and safe communities to individual health*. *Journal of the American Planning Association*, 72(1), 19-31, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01944360608976721>
- [4] Ewing, R., & Cervero, R., *Travel and the Built Environment: A Synthesis*. *Transportation Research Record*, 1780, 87-114, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/1780-10>
- [5] Ewing, R., Schmid, T., & Killingsworth, R., *Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity*. *American Journal of Health Promotion*, 18(1), 47-57, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4278/0890-1171-18.1.47>
- [6] Ewing, R., Brownson, R.C., & Berrigan, D., *Relationship between urban sprawl and weight of United States youth*. *American Journal of Preventive Medicine*, 31(6), 464-474, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2006.08.020>
- [7] Ewing, R., & Rong, F., *The impact of urban form on US*

residential energy use. *Housing Policy Debate*, 19(1), 1-30, 2008.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10511482.2008.9521624>

- [8] Ewing, R., Bartholomew, K., & Winkelman, S. et al., *Growing Cooler: Evidence on urban development and climate change*. Washington, DC: Urban Land Institute, 2008.
- [9] Frank, L.D., & Engelke, P., Multiple impacts of the built environment on public health: Walkable places and the exposure to air pollution. *International regional science review*, 28(2), 193-216, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0160017604273853>
- [10] Greenwald, M.J. & Boarnet, M.G., Built environment as determinant of walking behavior: Analyzing nonwork pedestrian travel in Portland, Oregon. *Transportation research record*, 1780, 33-42, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/1780-05>
- [11] Gunwon, L., Yunnam, J., & Seiyong, K., The Effect of the Built Environment on Pedestrian Volume in Microscopic Space: Focusing on the comparison between OLS (Ordinary Least Square) and Poisson Regression, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 14(2), 395-402, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3130/jaabe.14.395>
- [12] Gupta, P.L., Gupta, R.C. and Tripathi, R.C., Analysis of zero-adjusted count data, *Computational Statistics and Data Analysis*, 23, 207-218, 1996.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9473\(96\)00032-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9473(96)00032-1)
- [13] Hillier, B., *Space is the Machine*, Cambridge University Press, 1996.
- [14] Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T. & Xu, J., Natural Movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20(1), 29-66, 1993.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/b200029>
- [15] J. Peponis, Zimring, C., & Choi, Y.K., Finding the building in wayfinding, *Environment and Behaviour*. 22(5), 555-590, 1990.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0013916590225001>
- [16] Ridout, M., Demetrio, C.G.B. and Hinde, J., Models for count data with many zeros, in: *International Biometric Conference*, Cape Town, 1998.
- [17] Schwarz, N., Urban form revisited-Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*, 96(1), 29-47, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.01.007>
- [18] Taehyun, K., & Jin, K., *A Study on Determining Factors on Pedestrian Volume by Station Area Types*. Seoul Institute, 2011.
- [19] Welsh, A., Cunningham, R., Donnelly, C. and Lindenmayer, D., Modeling the abundance of rare species—Statistical models for count with extra zeros, *Ecological Modeling*, 88, 297-308, 1996.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3800\(95\)00113-1](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3800(95)00113-1)

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)
- 2016년 8월 : 고려대학교 건축학과 도시계획및설계학 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 2014년 2월 : 서울과학기술대학교, 목원대학교 강사
- 2014년 3월 ~ 2015년 8월 : 목원대학교 건축학부 조교수
- 2015년 9월 ~ 현재 : 고려대학교 건축학과 연구교수

<관심분야>

공간분석, 녹색도시, 도시재생