

역세권 특성이 지하철 이용수요에 미치는 영향분석

조현우¹, 이석환^{1*}, 신강원¹
¹경성대학교 도시공학과

An Empirical Study on the Relationship between Subway Trips and Characteristics of Subway Catchment Area.

Hyun-Woo Jo¹, Seok-Hwan Lee^{1*} and Kang-Won Shin¹

¹Department of Urban Design & Development, Kyungsoong University

요 약 지하철 이용수요와 토지이용, 개발밀도, 환승교통체계, 접근성과 같은 다양한 역세권 특성의 관계를 규명하기 위한 많은 연구들이 추진되어 왔으나, 역세권내 보행 가로망 구조와 지하철 이용수요간의 관계에 관한 분석은 미비한 실정이다. 본 연구는 부산광역시 79개 지하철 역세권내 가로망의 구조를 공간구문론(Space syntax)을 이용하여 평가하였으며, 역세권내 가로망 구조의 접근성을 포함한 다양한 역세권 특성이 지하철 이용수요에 미치는 영향을 실증분석을 하였다. 분석결과 역세권 가로망 구조를 대변할 수 있는 공간지표인 통합도, 연결도, 명료도 중 역세권 가로망의 접근 편의성을 나타내는 통합도가 높을수록 지하철 이용수요가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 역세권 토지이용형태와 개발밀도를 각각 반영하는 집객시설 집중도와 용적률이 높을수록 지하철 이용수요가 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 부산광역시의 지하철 역세권 구조를 대중교통 중심의 개발 체계로 개선하기 위해서는 역세권내 보행 가로의 접근성을 향상시킬 수 있는 가로 설계와 통행 목적성이 강한 도시시설물을 압축·고밀의 건축물에 조성하기 위한 노력들이 추진되어야 할 것으로 판단된다.

Abstract Although numerous studies have analyzed the relationship between subway travel demand (STD) and various characteristics of subway catchment area (SCA), a few studies examined the relationship between STD and the structure of pedestrian networks within each SCA. Hence, this study evaluates the structure of pedestrian networks within 79 SCAs in the city of Busan using Space syntax and investigates the relationship between STD and several characteristics of SCA including the spatial structure of pedestrian network. The analysis results show that the spatial integration of pedestrian networks within the SCAs, which represents the magnitudes of walking accessibility to subway station, is positively associated with STD among the three spatial indexes such as integration, connectivity, and intelligibility. In addition, the results show that STD significantly increases as the number of travel gathering facilities and the average floor area ratio within the SCAs increase. This study ultimately corroborates that designing the grid pedestrian network and assigning the travel gathering facilities to the compact buildings within SCAs are needed to ameliorate the spatial structure of SCA in the city of Busan as transit-oriented development system.

Key Words : Transit-oriented development, Space syntax, Subway travel demand, Compact city

1. 서론

지역지구제(zoning)를 중심으로 하는 기존의 기능주의 적·평면적 도시계획 패러다임을 극복하고 보행친화적 도

시재생을 가능하게 하는 도시계획의 패러다임으로서 어번빌리지(Urban village), 컴팩트시티(Compact city), 뉴어바니즘(New urbanism) 등이 대두되고 있다. 전술한 새로운 도시계획 관련 패러다임들은 세부적인

본 논문은 2010년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음.(NRF-2010-0029446)

*교신저자 : 이석환(lshsun@ks.ac.kr)

접수일 10년 10월 18일

수정일 10년 11월 17일

게재확정일 10년 12월 17일

논의에서는 차이가 있지만, 도시재생을 실현하는 지침으로 활력과 매력에 넘치는 공간을 조성하기 위하여 자동차 중심형·에너지 다소비형 도시공간구조에서 벗어나 보행과 대중교통의 편의를 도모하는 친환경적 대중교통중심개발(Transit-Oriented Development : TOD)형 도시공간구조 조성이라는 공통의 목표를 갖고 있다.

TOD는 도시공간구조를 지하철 역세권을 ‘대중교통결절점’의 중심으로 하여 도보로 접근 가능한 범위에서 고밀도의 복합적 토지이용, 중심기능의 집중배치, 보행과 자전거 수단 등 교통약자 친화적인 도시설계 요소를 적용하여 개발함으로써 도시의 외연적 확산을 방지하고, 자동차이용을 최소화하여 도시교통혼잡과 환경문제 그리고 시민의 안전과 건강을 동시에 해결 할 수 있는 장점을 지니고 있다. 이에 따라 지하철 역세권의 효율적인 활용을 위해 TOD의 도시설계요소를 고려하여 지하철의 지속적인 건설 및 환승합인제도 도입 등 많은 노력을 하고 있음에도 불구하고, 지하철 이용수요는 점차 감소하고 있는 실정이다.[3, 4]

이러한 배경 하에 그간 지하철 이용수요와 토지이용, 개발밀도, 환승교통체계, 접근성과 같은 다양한 역세권 특성의 관계를 규명하기 위한 많은 연구들이 추진되어 왔으나, 역세권내 보행 가로망의 구조와 지하철 이용수요 간 관계에 관한 분석은 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 부산광역시 79개 지하철 역세권내 가로망의 구조를 공간구문론(Space syntax)을 이용하여 평가하였으며, 역세권 가로망 구조를 포함한 다양한 역세권 특성이 지하철 이용수요에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 연구동향

2.1 TOD 관련 선행연구

본 장에서는 TOD의 도시공간구조 개편 방안을 제시한 국내외 선행연구의 이론적 고찰을 통하여 본 연구의 추진의 착안점을 도출하였다.

TOD의 설계요소 중 개발밀도 측면에서 접근한 연구로 Cervero and Gorham(1995)은 San Francisco Bay와 Los Angeles의 지역을 대상으로 회귀분석을 통하여 고밀도의 개발과 효율적인 대중교통서비스가 결합할 경우, 고밀도 지구의 거주자는 저밀도지구의 거주자에 비해 자동차운행 횟수가 줄어들고 대중교통 이용률이 상대적으로 높아진다고 제시하였다.[14]

Frank and Pivo(1995)는 Washington State를 대상으로 도시 주거인구 밀도를 40인/acer로 늘리면 대중교통이용

자가 2%에서 7%까지 늘어나고, 도심의 고용 인구를 100인/acer로 늘리면 대중교통이용자가 추가적으로 4%까지 늘어나는 것을 회귀분석 및 상관분석을 이용하여 밝힌바 있다.[15]

이러한 국외 선행연구결과를 기반으로 TOD의 주요설계요소들과 연관되어 이용수요를 분석한 사례로 이상국 외 2인(2007)은 부산시 지하철을 거의 이용하지 않는 잠재적 이용승객(n= 2,378명)의 설문조사를 통해 잠재이용수요의 수단전환을 위해서는 지하철역으로의 접근 편의성을 향상시켜야 한다는 결론을 제시하였으나 접근 편의성과 지하철 이용수요 간의 관계의 유의성은 검증되지 못한 한계가 있다.[4]

이도희 외 1인(2008)은 서울시 지하철 50개역을 대상으로 지하철역의 접근성을 역 주변의 시설환경으로 가정하여 65세 이상 노인의 지하철 이용수요를 회귀분석과 탐색적 자료 분석(EDA)을 이용하여 노인관련시설의 우선순위를 제안하였으나, 노인만을 대상으로 연구 하였으며 역세권 특성의 다양한 외부요인들과의 관계를 함께 고려하지는 못하였다.[5]

손동욱 외 1인(2010)은 서울시 지하철 130개 역을 대상으로 역세권별 개발밀도와 토지이용 패턴을 주거·비주거중심형으로 구분하여 지하철 이용수요와의 연계성을 분석하여 개발밀도와 토지이용의 혼합적 측면에서 관계가 있음을 밝혔으나, 접근 편의성 측면에서는 경사도를 기준으로 분석하여, 접근 편의성을 대변하는 기준으로는 미비한 편이다.[6]

김동준 외 4인(2010)과 손기민 외 1인(2010)은 서울시 지하철역을 대상으로 역세권의 특성에 따른 이용수요의 분석을 통계분석을 통하여 분석한 결과 개발밀도, 토지이용의 다양성, 사업체수 및 종사자수, 버스연계가 많을수록 지하철 이용수요와의 관계가 높다고 밝혔으나, 접근성 측면은 고려하지는 못하였다.[12, 13]

TOD의 주요 설계요소를 종합적으로 분석한 연구로 박세훈 외 2인(2009)은 대중교통중심형으로 도시공간구조의 개편을 위해 토지이용밀도, 토지이용복합성, 보행편의성, 대중교통연계 측면에서 수도권 4개의 역세권의 문제점을 분석하고 보행환경, 공공성, 제도도입 등의 개선방향을 제시하였으나 분석자의 주관에 포함된 정성적인 지표를 사용하였다.[3]

이처럼, 지하철 역세권에 관한 연구는 연구목적과 방법에 따라 TOD의 주요설계요소들과 연계되어 다양하게 연구되었지만, 지하철 역세권의 특성과 이용수요의 관계를 다각적인 관점에서 정량적으로 실증분석이 된 연구와 접근 편의성 측면에서 객관적이며 정량적인 자료를 기준으로 연구된 사례는 미비한 편이다.

2.2 공간구문론 관련 선행연구

본 연구에서는 지하철 이용수요와 TOD의 주요 설계 요소 중 접근 편의성의 관계를 객관적인 자료를 토대로 분석하기 위해 공간구문론을 이용하였다.

공간구문론과 관련된 연구로 윤용우 외 2인(2005)은 연세대학교 신촌캠퍼스 일대의 공간구문론의 분석값과 84명의 공간 인지도 설문조사를 회귀분석을 통하여 공간 깊이(Depth)가 거리(Distance)보다 공간인식에 더 높은 영향력을 나타내고 있다는 것을 밝혔다.[7]

또한 토지이용 및 보행활성화와 관련되어 김영옥 외 1인(2007)은 서울 도심의 승례문 주변 지역을 대상으로 토지이용에 따른 공간네트워크의 통합도를 산출하여, 가로의 통합도가 클수록 해당 가로의 보행량이 증가함을 밝혔으며, 서정화 외 2인(2008)은 서울 대학가의 지하철 역세권(왕십리역과 건대역)의 보행교통량은 역세권내 공간 네트워크의 통합도 및 공간구조명료도와 강한 양의 상관관계를 갖는다는 것을 밝혔다.[8, 9]

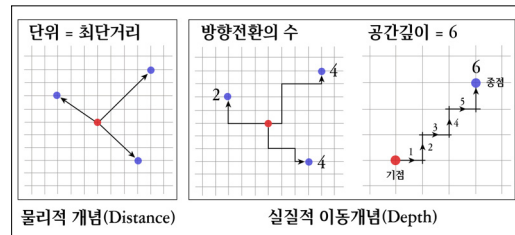
이처럼 공간구문론의 분석결과는 토지이용과 보행활성화적 측면의 관계를 해석 및 설명하며, 공간에 대한 접근성과 중심성에 대한 확률적 수치 및 공간의 상호 연계성을 계수로 정량적으로 표현 할 수 있어, 본 연구에서는 접근 편의성 측면을 대변하는 변수로 활용 하였다.

3. 공간구문론(Space Syntax)

3.1 공간구문론의 개념

공간구문론은 영국 런던대학의 Hillier, B 교수와 그의 동료들에 의해 1980년대부터 연구개발되었다. 공간구조의 사회적 영향 관계를 가시성(Visibility)과 접근성(Accessibility)을 기준으로 객관적이고 정량적으로 분석 해석하는 연구 방법론으로, 공간구조상의 중요도를 분석 대상 범위내의 모든 공간이 기점이자 종점이 된다는 가정하에 각 공간의 접근성을 산출한다.

공간구조 네트워크의 접근성을 분석하는데 가장 기본적인 개념은 임의의 목적 공간에 도달하기 위해 거쳐야만 하는 방향 전환으로써, 일반적인 물리적 거리가 아니라 상대성 개념인 공간깊이(Depth)이다. 공간깊이는 공간구문론의 연산 알고리즘의 시작이며, 이를 기본으로 공간형태의 특성을 여러 인자들로 분석되어 진다. (공간구문론의 알고리즘의 세부 설명은 [7]참고)



[그림 1] 공간깊이(Depth)의 개념

3.2 공간구문론의 주요지표

통합도(Integration)는 전체 공간 중 공간과 공간의 연계성을 의미한다. 즉 어느 한 공간의 통합도가 높다는 것은 다른 공간으로 이동하기가 쉽다는 것을 의미하며, 일반적으로 가장 중심이 되는 가로의 통합도가 높게 나온다. 통합도는 전체통합도(Global Integration)와 국부통합도(local Integration)로 나뉘는데 전체통합도가 높은 지역은 분석대상 전체 지역 중 이동이 비교적 쉽다는 것을 의미한다. 부분통합도는 일반적으로 각 공간으로부터 3개의 공간깊이를 대상으로 통합도를 계산하며, 해당공간을 중심으로 한 국부적 공간구조를 보여준다.

연결도(Connectivity)는 한 단위축 공간에서 직접적으로 연결된 다른 공간들의 개수로서 연결도가 높다는 것은 다양한 공간들로 접근이 용이함을 나타낸다.

공간구조명료도(Intelligibility)는 개별축선의 국지적 특성을 나타내는 연결도와 전체적 특성을 나타내는 통합도의 상관관계로 정의된다. 이는 부분과 전체의 조화관계를 나타낸 것으로 부분공간에서 전체공간의 인지성 및 장소성을 의미한다.

[표 1] 공간구문론의 주요지표 정의

주요지표	정의	비고
통합도 $I(i)$	$I(i) = \frac{2}{n-2} \left(\frac{\sum_{k=1}^n d(i,k)}{n-1} - 1 \right) Dn$	$d(i,k)$: 총 공간깊이 Dn : 보정계수 n : 공간 의 수
연결도 $Cn(i)$	$Cn(i) = n(A)$ 단, $A = \{k d(i,k) = 1\}$	
명료도	통합도와 연결도의 상관관계	

4. 분석 자료 및 결과

4.1 분석 자료

TOD의 주요 설계요소와 지하철 이용수요의 관계를 실증분석하기 위해 선행연구의 검토 및 이론적 고찰을 통하여 대중교통연계, 개발밀도, 복합적 토지이용, 인구

[표 2] 지하철 역세권 특성과 이용수요의 관계의 분석을 위한 자료 설명 및 출처

분류	변수		자료 설명 및 출처
종속변수	일일평균이용자수		<ul style="list-style-type: none"> 지하철역별 일일평균 승차수와 일일평균 하차수의 합 [출처: 부산교통공사, 2005년, http://www.humetro.busan.kr]
교통연계	역세권 버스정거장수		<ul style="list-style-type: none"> 지하철 역별 반경 500m 내의 버스정류장수 [출처: 부산시 버스정보관리시스템, 2010년, http://bus.busan.go.kr]
개발밀도	역세권 용적률 (%)		<ul style="list-style-type: none"> 역세권 500m 반경내의 (건물면적 x 층수) 합 / 대지면적(반경 500m) 강, 바다, 호수는 제외한 가용 가능한 대지면적을 산출 GIS 상에서 건물의 층수 속성값을 활용하여, 건물 면적과 연면적을 산출 [출처: 국립지리원에서 제공되는 수치지도 ver2.0을 활용, 2005]
토지이용의 혼합	집객시설 집중도		<ul style="list-style-type: none"> 집객시설 집중도는 역세권 집객시설수 x 집객시설 가중치를 적용하여 산정됨(가중치는 공공기관 0.05, 금융기관 0.02, 대학 0.3, 병원 0.11, 위락시설(영화관) 0.2, 터미널 0.32 를 적용하여 산출함) [출처: 부산지하철 역세권 잠재이용승객에 관한연구, 부산발전연구원, 2007]
	역세권 토지이용 (상업,주거, 공업, 녹지)	비율 (%) 면적(m ²)	<ul style="list-style-type: none"> 역세권 반경 500m 기준으로 토지이용면적의 합 / 대지면적 의 비율로 산출 상업지역 - 중심상업지역, 일반상업지역, 근린상업지역 주거지역 - 제1종, 2종, 3종 일반주거지역, 준주거지역 공업지역 - 전용공업지역, 준공업지역 • 녹지지역 강, 바다, 호수는 제외한 가용 가능한 대지면적을 산출 [출처: 2009년 각 구청의 토지이용 현황] 역세권 반경 500m 기준으로 토지이용면적의 합을 산출 (m²)
인구사회요인	센서스 인구 (명) 인구 밀도		<ul style="list-style-type: none"> 지하철 역세권 반경 500m에 인접하는 집계구의 인구 및 인구밀도 합 [출처: 통계청, 통계네비게이터, 집계구 단위로 산출, 2005년]
	접근권역인구 (명) 300, 600, 1000m		<ul style="list-style-type: none"> 접근권역의 인구 산정은 부산시의 행정동과 일치하는 226개 교통존의 주민등록인구를 기초로 행정동별 단위면적당 인구가 단일하게 분포되어 있음을 가정하여 지하철 노선을 중심으로 300m, 600m, 1000m 의 접근권역을 설정 한 후 해당 권역에 포함된 인구를 집계하였음. 2005년의 인구 기준. [출처: 부산지하철 역세권 잠재이용승객에 관한연구, 부산발전연구원, 2007]
접근 편의성	부산시 전체 공간구조상의 역별 500m 통합도 평균		<ul style="list-style-type: none"> 수치지도 ver.2.0의 도로 레이어(A001, A002)를 중심으로 3m 이상의 도로를 추출하여 축선도를 작성하여 부산시 전체의 공간구조의 접근성 분석 부산시 공간구조상에서 지하철역별 500m 접근성을 분석하여 평균값 산정 [출처: 국립지리원, 2005년, 수치지도 ver.2.0 5000도엽]
	부산시 전체 공간구조상의 역별 500m 통합도의 합		<ul style="list-style-type: none"> 부산시 공간구조상에서 지하철역별 500m 접근성을 분석한 통합도의 합.
	역세권 공간구조 명료도		<ul style="list-style-type: none"> 역별 반경 500m의 도로만 추출하여 각 역의 공간구조 명료도를 추출 연결도와 통합도(접근성)의 선형관계로서 R2 값
	역세권 통합도 평균		<ul style="list-style-type: none"> 역별 반경 500m의 도로만 추출하여 각 역의 공간구조상 접근성을 분석하여 평균값 산정
	역세권 통합도 합		<ul style="list-style-type: none"> 역별 반경 500m의 도로를 추출하여 각 역의 공간구조상 접근성을 분석한 모든 통합도의 합

사회요인, 접근편의성의 5가지 측면으로 분류하였다.

또한, 국내에서는 도시계획분야에서 역으로부터 반경 500m를 역세권의 일반적인 기준으로 활용하고 있다. 따라서 부산시 지하철 79개역을 반경 500m를 역세권의 기준으로 하여 분석 자료를 구축하였다.[표 2]

본 연구의 자료구축은 최근 국립지리원에서 2005년도

에 작성하여 제공하는 수치지도 Ver.2.0(5000도엽)을 기초지도로 하였으며, 통계자료의 구축이 용이한 2005년을 기준년도로 설정하였다.

수치지도 Ver.2.0은 세계측지계(WGS84)를 기준으로 작성되었으며, 구조화 편집을 통하여 기존의 수치지도 Ver.1.0의 공간정보의 오류를 최소화하였다. 또한 공간정

보에 대한 속성 정보가 GIS와 연동성이 편이하게 제공되어, 부산시 지하철 역세권의 용적률 및 토지이용과 공간구문론의 단위축공간분석방법을 통한 접근성과 공간구조명료도를 반경 500m를 중심으로 추출하였다.

또한, 인구와 인구밀도를 구축하기 위하여 통계청에서 제공하는 통계지리정보서비스의 집계구 단위를 이용하였다. 집계구는 통계정보를 공표하기 위한 최소단위로 기초단위구(도로, 하천, 등 준항구적인 지형지물을 중심으로 경계를 설정하고 인구, 가구, 주택, 사업체, 등 센서스 통계를 추출하여 GIS 서비스에 활용 할 수 있는 경계)를 몇 개씩 묶어 일정한 인구규모(500여명)를 유지하도록 통계청에서 획정한 경계로서, 본 연구에서는 행정동의 경계가 아닌 지하철 역세권을 기준으로 분석 자료를 구축하였다.

전반적으로 역세권과 관련된 기초자료가 미비한 실정이라 대중교통연계 측면의 버스정류장수와 복합적 토지이용의 측면에서 이용수요에 영향을 주는 집객시설 집중도는 기준년도와 다소 차이가 있지만, 지하철 역세권의 특성과 이용수요와의 관계를 분석 하는데 큰 영향이 없을 것으로 판단되며, 공간 정보의 오류를 최소화하여, 최근에 작성된 수치지도 Ver.2.0과 부산시 지하철 역세권을 반경 500m를 기준으로 하여 정밀하게 분석자료를 구축함으로써, 좀 더 객관적인 분석을 할 수 있을 것이라고 판단된다.

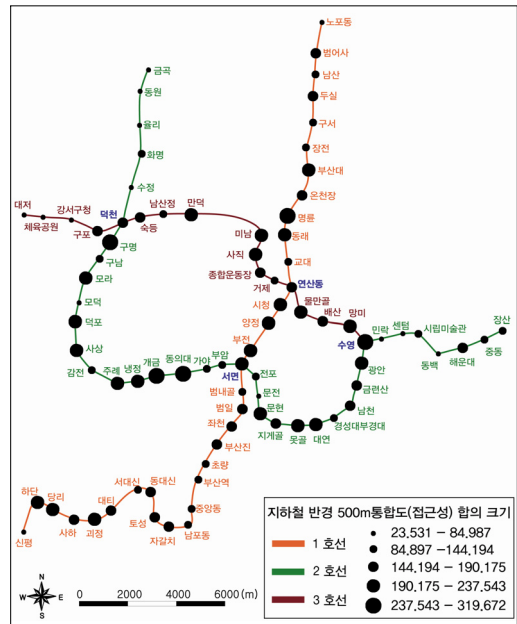
4.2 분석 결과

4.2.1 결과도출 과정

본 장에서는 지하철 이용수요와 TOD 설계요소의 관계를 거시적 관점에서 이용자수와 이용수요를 동일하게 가정하여 통계분석을 통하여 살펴보았다. 특히 선행연구에서는 정성적인 접근 편의성 변수를 적용하여 분석결과의 객관성이 떨어지는바, 본 연구에서는 공간구문론을 이용하여 산출한 접근 편의성 변수 및 TOD 설계요소와 지하철 이용수요의 관계를 실증분석을 하였다.

4.2.2 접근편의성과 지하철 이용수요의 관계

접근편의성의 변수와 지하철 이용수요간 관계를 상관분석을 통해 예비분석한 결과 부산시 공간구조상에서의 지하철역의 평균 통합도와 역 자체의 인지도보다는 역세권 통합도(접근성) 합이 지하철 이용수요와 상대적으로 강한 양의 상관관계($r=0.48$)를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 역세권 반경 500m내 도로가 지하철역으로의 접근이 용이하게 설계되어 있을수록 지하철 이용수요가 증가 할 것으로 예상되어 각 지하철 역세권별 접근 편의성에 대한 세부분석을 수행하였다.



[그림 2] 지하철역별 반경 500m의 통합도(접근성)

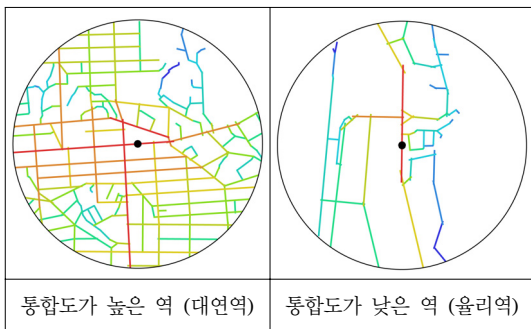
그림 2는 각 지하철 역세권의 통합도 합(접근성)에 대한 GIS 주제도로 역세권 내 접근성이 높은 상위 5개역은 구명역, 개금역, 명륜동역, 동의대역, 대연역으로 역세권 내 접근성이 낮은 하위 5개역은 동원역, 센텀시티역, 울리역, 대저역 순으로 나타났다. 전술한 상하위의 5개역별 지하철 이용수요와 접근성을 탐색적으로 비교했을 때 상위 5개역의 지하철 이용수요는 상대적으로 높게 나타났으며, 하위 5개역의 지하철 이용수요는 낮은 것으로 나타나, 역세권 접근성은 지하철 이용자수에 어느 정도 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다. [표 3]

[표 3] 지하철 반경 500m 접근성과 이용자수

분류	역명	접근성	이용자수
접근성 (통합도) 높음	구명역	319.67	11333
	개금역	296.46	15906
	명륜동역	267.21	19455
	동의대역	252.64	14964
	대연역	237.54	14341
접근성 (통합도) 낮음	동원역	23.53	2833
	센텀시티	33.33	5204
	동백역	36.43	6572
	울리역	37.62	7365
	대저역	41.79	3149

이러한 결과는 그림 3에 제시된 대연역(통합도가 높은 역)과 울리역(통합도가 낮은 역)의 가로망 구조비교를 통해 보다 구체적으로 확인할 수 있다. 통합도가 높은 지하철 역세권은 비교적 체계적인 격자형 가로 패턴으로서 역으로의 접근 시 방향 전환이 적은 공간구조를 가지고 있어, 역으로의 접근 인지가 용이한 공간구조를 가지고 있었다. 또한 길과 길사이의 연결성이 우수하여 지하철역으로의 다양한 접근 기회가 제공되었다.

반면, 통합도가 낮은 지하철 역세권은 비교적 자연발생적으로 조성된 불규칙형 가로 패턴으로 역으로의 방향 전환이 많아 역으로의 접근 인지가 상대적으로 저하되어 있는 공간구조를 가지고 있으며, 길과 길사이의 연결성이 상대적으로 낮아 지하철역으로의 접근 기회가 낮음을 알 수 있다.



[그림 3] 가로망 통합도 비교

4.2.3 역세권 특성과 지하철 이용수요의 관계

선행연구에서 살펴본 바와 같이 역별 지하철 이용수요는 역세권 통합도 (i.e. 접근편의성) 뿐 아니라 다양한 역세권 특성에 영향을 받는다. 본 절에서는 표 1에 제시한 부산시 지하철 역세권 특성들이 지하철 이용수요에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위해 본 연구에서는 교통발생량과 관련 변수간의 관계 규명에 주로 사용되는 가산모형 중 지하철 이용수요가 항상 양의 값을 갖는다는 점과 관측된 자료의 분산이 평균보다 크다는 과분산(over-dispersion) 현상을 반영하기 위해 음이항 모형(negative binomial model)을 적용하였으며, 모형 구조는 식. 1과 같다.(교통관련 가산모형 설명은 [18]참고)

$$E(y_i) = \exp(x'_i \beta + \epsilon_i) \quad \text{식.1}$$

여기서 y_i 는 i 번째 지하철역의 이용수요(명/일)를 나타내며, 역별 이용수요의 기대값은 공변량 벡터 x_i 와 회귀계수 β 의 지수함수로 표현된다. 위 식에서 $\exp(\epsilon_i)$ 는 평

균이 1이고 분산이 α 인 감마확률밀도함수를 따른다.

최종모형 추정결과 다양한 역세권 특성변수 중 집객시설 집중도, 역세권 자체가 가지는 통합도(접근성), 평균 용적률이 $\alpha = 0.05$ 에서 유의한 것으로 나타났으며, 각 변수의 회귀계수의 부호는 모두 양(+)의 값으로 역세권 집객시설 집중도, 역세권 자체가 가지는 통합도(접근성), 평균 용적률의 값이 증가할수록 지하철 이용수요는 증가하는 것으로 나타났다.[표 4]

[표 4] 음이항 모형 추정결과

독립변수	회귀계수	Z-statistics	p-value
집객시설 집중도	0.62	7.91	<0.001
ln(역세권 통합도)	0.38	4.23	<0.001
ln(역세권 용적률)	0.32	3.36	<0.001
상수	5.55	11.39	<0.001
ln α	-1.84	-11.83	<0.001
로그우도	-776.26		
χ^2 statistics(p-value)	1.7e+05(<0.001)		

이러한 결과는 역세권내 통행유발시설의 집중도 및 역세권의 개발밀도가 높을수록 지하철 이용수요가 증가할 수 있다는 선행연구결과와 일치한다.[6]

또한 각 역세권 내 통행수요의 지하철역 접근 편의성을 나타내는 통합도가 커질수록 지하철이용승객수가 증가(통합도 1% 증가 시 지하철 이용수요는 0.38% 증가)하는 것으로 나타났는데, 이는 역세권 내 보행가도가 지하철역으로의 접근이 용이하도록 방향 전환이 적은 체계적인 격자형 가로패턴이나 길과 길사이가 조밀하게 연결되어 있을 경우 지하철 이용수요를 증가시킬 수 있음을 의미한다.

한편 카이제곱 검정결과($H_0 : \alpha = 0$)를 살펴보면 과분산이 유의한 것으로 나타나 음이항모형의 적용이 보다 적절한 것으로 나타났다.

또한, 표 4의 회귀계수는 표준화된 계수가 아니라 독립변수의 단위가 달라 상대적 비교는 큰 의미가 없는 것으로 판단된다. 다만 탄력성으로 비교할 수 있는 역세권 통합도와 역세권 용적률을 비교 하였을 시, 접근 편의성 측면의 역세권의 통합도의 영향이 개발밀도의 측면의 역세권 용적률보다 이용수요에 더 많은 영향을 주는 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후과제

본 연구는 부산시 지하철 역세권의 특성과 이용수요의 관계를 대중교통중심개발지(TOD) 측면에서 객관적이며, 정량적인 실증분석을 통하여 살펴보았다. 구체적으로 본 연구에서는 부산시 권역안에 있는 85개의 지하철역 중 열차 환승역(서면역, 연산동역, 수영역, 동래역) 과 광역적인 접근수단의 버스 환승역(부산역, 노포동역) 을 제외한 총 79개 지하철역의 역세권 특성과 지하철 이용수요와의 관계를 탐색적방법과 가산모형을 이용하여 분석하였다.

분석결과 부산시 지하철 이용수요에는 역세권내의 집객시설 집중도, 역자체가 가지는 역세권 통합도(접근성), 역세권 용적률이 유의한 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 전술한 분석결과를 각 인자별로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 토지이용의 혼합적 측면에서는 역세권 내의 다양한 토지이용(상업, 주거, 녹지, 공업)의 비율 및 면적보다는 집객시설 집중도가 이용수요에 유의한 영향을 주었다. 이는 통행 목적성이 강한 시설물을 역세권 공간구조에 우선 배치함으로써 대중교통을 활성화 시켜야 한다는 것을 의미한다.

둘째, 공간구문론을 이용해 도출한 역세권의 접근 편의성 변수 중 역세권 통합도의 합(총접근성)이 타 변수에 비해 지하철 이용수요와 상대적으로 강한 양의 상관관계를 가진 것으로 나타났다. 따라서 역세권 내 보행가로를 역으로의 접근이 용이하도록 방향 전환이 적은 격자형 가로 패턴의 설계를 통하여 역으로의 접근 시 공간의 인지가 용이 하도록 공간구조를 유도하여야 할 것이다. 또한, 길과 길사이의 연결성을 높여 지하철역으로 다양한 접근기회를 제공하는 공간구조 개편이 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 개발밀도 측면에서는 역세권의 용적률이 높을수록 지하철 이용수요를 증가시키는 것으로 나타났다. 따라서, TOD형 도시공간구조 설계를 위해서는 역세권의 공간구조를 압축고밀의 콤팩트한 공간으로 유도 및 조성해야 한다는 것을 나타낸다.

본 연구는 정성적인 접근 편의성 변수를 이용하여 지하철 이용수요와 TOD 설계요소간 관계를 규명한 선행연구와 달리 공간구문론을 통해 산출된 정량적인 접근 편의성을 포함하여 지하철 이용수요에 미치는 각 인자의 특성을 제시했다는 점에서 선행연구와 차별성을 갖는다. 하지만, 부산시 지하철 역세권의 특성만 반영한 실증분석 결과로 타 도시에 대한 역세권의 특성을 고려하지 못하였다. 또한, 가로공간의 환경(보도 폭, 횡단보도, 보도특성, 등)과 연도별 수치지도 자료의 부재로 시간에 흐름에 따라 변화해온 가로망체계와 지하철 이용수요간 관계를

규명하지 못한 한계가 있다. 향후 이에 대한 보완연구가 추진되어야 할 것으로 판단되며, 환승역세권 특성과 지하철 이용수요간 관계에 대한 심도 깊은 논의도 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 성현곤·김옥연·김진유, “대중교통지향형개발(TOD)의 의의와 바람직한 개발방향”, 대한국토도시계획학회 정보지, 통권, 제321호, pp. 3-14, 12월, 2008.
- [2] 황기연, 신상영, 조용학, 손기민, “TOD형 개발 촉진을 위한 통합교통서비스 지표의 개발”, 대한토목학회 논문집, 제28권, 제1호, pp. 1-10, 1월, 2008.
- [3] 박세훈, 손동욱, 이진희, “대중교통중심형 도시로의 개편을 위한 역세권 도시공간구조 분석”, 대한토목학회 논문집, 제29권, 제29호, pp. 111-120, 1월, 2009.
- [4] 이상국, 김율성, 이원규, “부산 지하철 역세권 잠재이용승객에 관한 연구”, 부산발전연구원, 현안연구보고서, 4월, 2007.
- [5] 이도희, 김억 “지하철역을 중심으로 한 도시노인의 접근유발요소분석”. 대한국토도시계획학회지, 제43권, 제5호, pp.165-178, 10월, 2008
- [6] 손동욱, 김진 “서울시 역세권의 도시공간특성과 대중교통 이용률간의 연관성 분석”, 한국도시설계학회지, 제11권, 제1호, 3월, 2010.
- [7] 윤용우, 김영욱, 박영기, “물리적인 거리와 공간깊이가 공간인식에 미치는 영향에 관한 연구”, 대한건축학회 논문지, 제21권, 제5호, pp. 77-84, 5월, 2005.
- [8] 김영욱, 신행우, “토지이용에 따른 보행특성에 관한 연구”, 한국도시설계학회지, 제8권, 제3호, pp. 83-94, 9월, 2007.
- [9] 서정화, 이명훈, 전병혜, “대학가 역세권의 보행 및 공간특성에 관한 연구”, 대한국토도시계획학회지, 제43권, 제2호, pp. 35-45, 4월, 2008.
- [10] 이재영, 송태수, “수도권 신도시의 역세권과 지하철 이용행태 변화분석”, 대한국토도시계획학회지, 제39권, 제4호, pp. 93-103, 8월, 2004.
- [11] 김대웅, 유영근, 최한규, “지하철 도보역세권 설정방법과 적용에 관한연구”, 대한국토도시계획학회지, 제37권, 제5호, pp. 177-186, 10월, 2002.
- [12] 김동준, 김덕녕, 양재환, 성현곤, 이성모, “역세권

특성에 따른 수요예측의 정확도 분석”, 교통연구
원, 제17권, 제1호, pp. 23-35, 3월, 2010.

- [13] 손기민, 심현진, “Factors generating boarding at Metro stations in the Seoul metropolitan area”, Cities, 제27권, 제5호, pp. 358-368, 10월, 2010.
- [14] Cervero, R. and Gorham, R. "Commuting in transit versus automobile neighborhoods", Journal of the American Planning Association, Vol. 61, NO.2, pp. 210-225, 1995.
- [15] Frank, L. and Pivo, G. "Impact of mixed use and density on utilization of three modes of travel", Transportation Research Record, Vol. 1466, pp. 44-52, 1995.
- [16] Hillier, B. "Space is the Machine. Cambridge University Press, 1996.
- [17] Jang, T. Count data models for trip generation. ASCE Journal of Transportation Engineering. Vol. 131, Issue 6, pp. 444-450, June 2005.
- [18] Washington. S., Karlaftis. M., Mannering. F. Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis. Chapman & Hall/CRC, Washington, D.C. 2003.
- [19] <http://www.spacesyntax.com>
- [20] <http://www.humetro.busan.kr>
- [21] <http://sgis.kostat.go.kr>

조 현 우(Hyun-Woo Jo)

[정회원]



- 2009년 2월 : 경성대학교 공과대학 도시공학과 졸업 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 경성대학교 도시공학과 석사과정 (재학 중)

<관심분야>

도시계획·설계, 도시경관, 장소성, 교통계획, 공간구문론

이 석 환(Seok-Hwan Lee)

[정회원]



- 1987년 2월 : 서울대학교 공과대학 건축학과 졸업 (공학사)
- 1991년 2월 : 서울대학교 환경대학원 (환경조경학석사)
- 1998년 2월 : 서울대학교 환경대학원 (공학박사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 경성대학교 도시공학과 정교수

<관심분야>

도시계획 및 설계, 도시경관, 장소성, 도시재생과 문화

신 강 원(Kang-Won Shin)

[정회원]



- 2001년 2월 : 아주대학교 교통공학과 졸업 (공학사)
- 2003년 2월 : 아주대학교 건설교통학과 교통계획/ITS (공학석사)
- 2008년 2월 : Arizona State Uni. 교통안전/ITS (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 경성대학교 도시공학과 전임강사

<관심분야>

도시교통정책, 교통안전, 교통계획, 교통계량분석