

5Ds RTOD 계획요소와 지하철 승하차 인원의 관계분석: 서울시의 고용 접근성을 중심으로

오지예* · 홍성연** · 진장익***

The Relationship between Planning Elements of 5Ds RTOD and Transit Ridership: A Focus on Job Accessibility in Seoul

Jiye Oh* · Seong-Yun Hong** · Jangik Jin***

요약 : 급격한 인구 증가와 자가용의 보급으로 인한 도시의 확산은 사회적 비용을 수반하는 각종 도시문제로 이어졌으며, 이를 해결하기 위한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 본 연구는 대중교통 지향형 개발을 위한 세 가지 주요 계획요소인 개발 밀도, 토지이용 다양성, 도시설계 중심의 기존 연구에서 벗어나, 고용 접근성을 포함한 다섯 가지의 확장된 계획요소가 지하철 승하차 승객 수와 어떤 관계를 갖는지 다중선행회귀모형을 통해 분석하였다. 분석 결과, 기존의 세 가지 계획요소 외에 고용 접근성을 포함한 추가적 변수를 고려했을 때 회귀모형의 설명력이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 산업 유형 중에서도 소매 및 서비스업의 종사자 수가 지하철 승하차 승객 수와 유의미한 양의 상관관계를 가지는 것을 알 수 있었다. 본 연구를 통해 고용 접근성 또한 대중교통의 승하차 승객 수에 영향을 미치며, 상대적으로 자영업의 비중이 높고 소득수준이 낮은 소매업 및 서비스 산업 종사자 수가 특히 큰 영향력을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 대중교통 지향형 개발에 있어 기존의 세 가지 계획요소 외에 고용 접근성과 관련된 척도 또한 고려해야 함을 시사한다.

주요어 : TOD, 대중교통 지향형 개발, 고용 접근성, 지하철 승하차 인원

Abstract : The sprawl of cities due to rapid increase in population and private cars head to various urban problems that involve social costs, and until recently, reserches have been conducted to solve them. This study is based on the 5Ds RTOD planning elements which reflecting job accessibility and analyze the relationship between transit ridership. As a result of analysis, the R-square of the regression model increased when using the variables including job accessibility. In addition, it is also confirmed that the number of workers in the retail and service industries had a positive correlation with transit ridership. Accordingly, job accessibility also affects transit ridership, and especially the influence of the number of workers in the retail and service industries, which are relatively high in self-employment and low in income level, have a significant effect. This study suggests that not only 3D TOD planning elements but also variables related to job accessibility should be considered in urban planning accompany high cost.

Key Words : TOD, Transit Oriented Development, Job Accessibility, Transit-Ridership

* 경희대학교 지리학과 석사(M.Sc., Department of Geography, Kyung Hee University), ooojiye@khu.ac.kr

** 경희대학교 지리학과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography, Kyung Hee University), syhong@khu.ac.kr

*** 중앙대학교 도시계획·부동산학과 조교수(Assistant Professor, Department of Urban Planning and Real Estate, Chung-Ang University), arcane03@cau.ac.kr

1. 서론

외연적 도시의 확장은 자동차 위주의 도시공간구조를 야기하였으며, 이는 일상생활을 영위하기 위해 발생하는 전반적인 통행수요의 증가를 초래하였다. 통행수요의 증가는 환경오염, 교통체증, 교통사고 등 사회적 비용을 유발하는 도시문제로 이어진다(Cevero, 1996; Galster *et al.*, 2001; Hasse and Lathrop, 2003; Song and Knaap, 2003; Dawkins, 2004; Burchel *et al.*, 2005). 또한, 자동차 중심의 도시공간구조는 상대적으로 대중교통에 지출하는 비중이 높은 저소득층 및 교통 취약계층이 일상생활을 영위하기 위한 최소한의 이동을 제한하며, 이는 교통의 형평성을 저해한다는 문제가 있다(한상용, 2009).

도시문제를 해결하기 위해 1980년대 미국에서는 전통적인 토지이용 패턴을 재조명하였다. 전통적인 토지이용 패턴이란 통행거리를 최소화하기 위한 토지이용을 말한다. 대표적인 예로는 고밀도 토지개발, 토지이용의 복합화, 그리고 대중교통 중심의 교통 체계 등이 있다(박지형 외, 2008). 그중에서도 여러 가지 사회적 비용을 감축하는 동시에 교통 취약계층의 부담을 완화시킬 수 있는 대중교통 중심의 교통 체계가 주목받기 시작하였으며, 1993년 Calthrope는 대중교통 지향형 도시개발(Transit Oriented Development, 이하 TOD)을 제안하였다.

Calthrope가 1993년 처음으로 제안한 TOD는 지하철역으로부터 반경 2,000ft(약 610m)의 보행거리 내에 상업 및 업무지구를 형성하고, 외곽에는 공공용지 및 주택을 배치하여 자가용이 아닌 보행 또는 대중교통, 자전거 등을 이용하여 일상생활을 영위하기 위한 통행이 가능하게 하는 도시개발 형태를 말한다. Calthrope의 TOD는 교통을 수요에 따른 인프라의 공급 측면으로 생각하는 것에서 벗어나, 토지이용과의 연계를 통해 지하철역 또는 버스정류장을 중심으로 고밀도의 복합적 개발을 지향하고 도시 확산을 방지하고자 한다. 즉 단순한 대중교통 인프라 공급의 확대가 아닌, 토지이용과 도시설계 측면에서 서로 조화를 이루어야 한다는 관점으로 확장된다.

국내에서 TOD 관련 연구가 진행되기 시작한 것은 비교적 최근의 일이다. 1980년대 이래로 국내의 지속적인 경제 성장은 자동차 보급의 확대로 이어졌으며, 이로 인해 자가용이 급격하게 증가하기 시작했다. 자가용의 증가는 교통 인프라의 수요 증가를 유발하였으나, 인프라의 공급은 수요에 미치지 못해 심각한 도시문제가 발생하였다. 따라서 국내에서도 이를 인식하고 해결하기 위한 방안의 하나로 TOD에 주목하기 시작했으며, 이와 관련된 연구는 지금까지도 활발하게 진행되고 있다(박지형 외, 2008; 성현곤 외, 2008; 강지원, 2011; 문영일·노정현, 2011).

서울시는 최근 단일 도심 중심에서 강남 및 영등포·여의도 등 지하철역을 중심으로 다핵화되고 있다(권진휘·김재익, 2013; 남기찬·임업, 2009; 송미령, 1997; 전명진, 2003). 따라서 고용 중심지를 중심으로 서울의 도시공간구조를 새롭게 바라봐야 한다는 필요성이 제기되고 있다(진장익·진은애, 2015). 새로운 고용 중심지가 발생하는 가장 큰 원인 중 하나는 교통 기능 및 접근성의 변화로(Guiliano *et al.*, 2012), 실제 서울시에 존재하는 고용 중심지의 대부분은 지하철역과 인접해있는 것을 쉽게 파악할 수 있다(진장익·진은애, 2015). 따라서 역세권 내에서 종사하는 종사자 수는 대중교통 승하차 승객 수에 영향을 미칠 것이며, 이는 산업 유형별로 다르게 나타날 것이다. 따라서 본 연구는 이를 바탕으로 지하철 역세권을 중심으로 하는 고용 접근성 관련 변수를 포함한 RTOD(Rail Transit-Oriented Development)의 계획요소가 지하철 승하차 승객 수에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2장에서는 TOD 및 고용 접근성과 관련된 국내외 연구동향을 살펴보고, 3장에서는 TOD와 대중교통 수요의 관계분석에 사용된 변수 및 분석 방법에 대하여 정리한 뒤, 4장에서 연구 범위와 사용 데이터 및 방법에 관해 설명한다. 5장에서는 데이터를 사용하여 분석을 진행한 뒤 분석 결과에 대해 기술하고, 결론에서 연구를 요약한 뒤 논의사항에 대해 서술하고자 한다.

2. 연구동향 및 선행연구

1980년대 미국에서 시작한 최초의 TOD는 도시의 확산으로 인하여 발생하는 도시문제에 대처하기 위하여, 토지의 고밀도화 및 복합용도화가 자가용 이용을 억제하는 효과가 있다는 사실을 바탕으로 등장한 도시개발의 한 형태이다. 도시문제는 교통체증·환경오염 등과 같은 사회적 문제뿐만 아니라 교통의 형평성 문제를 야기하며, 이는 사회적 비용을 수반한다. 따라서 다양한 선행연구들은 토지이용계획을 통해서 자동차 사용을 억제하고, 대중교통 이용 및 보행 통근을 증가시킬 수 있음을 실증적으로 보여주고 있다.

토지이용과 교통의 관계에 대한 본격적인 논의가 시작된 것은 1993년 Calthrope가 TOD에 도시설계적 요소를 도입한 이후로, Calthrope는 TOD를 기능, 대중교통수단, 지역적 특성에 따라 다양한 유형으로 나누었으며(박천보, 2016), 대중교통 결절점을 중심으로 반경 2,000ft(약 610m) 내에 상업 및 업무중심지를 형성하고 외곽에 공공용지 및 주택을 배치하여 자가용 통행 없이 일상생활을 영위하기 위한 통행이 가능하도록 하는 도시개발의 형태를 TOD라고 정의하였다. 이는 전통적인 토지이용인 고밀도와 혼합화된 토지이용뿐만 아니라 워킹빌리티(walkability)의 측면을 강조하여, 도시의 확산을 방지하고 신도시주의(New urbanism)와 지속 가능한 개발을 실현하는 수단으로 활용하고자 했다.

Downs(1994)는 TOD를 네 가지 조건으로 정의하였으며, 조건은 다음과 같다. 첫째, 주거·상업·업무·공공기능을 하는 공간이 통합되어 있는 복합용도여야 한다. 둘째, 대중교통 지향적이어야 한다. 셋째, 차량을 통한 이동보다는 보행자의 이동을 극대화하는 설계여야 한다. 넷째, 상대적으로 좁은 토지에 여러 토지이용을 배치하기 위해 다양화해야 한다.

Bernick and Cervero(1997)는 대중교통 역을 중심으로 0.5miles(약 800m)의 완충지대에 존재하는 고밀도의 혼합화된 도시설계를 TOD라고 정의하였다. 이는 Cervero(1997)의 Travel Demand 3D에 대중교통 결절점이라는 특성이 추가된 개념으로, 대중교통

결절점에서의 대중교통 공급 특성이 중요한 계획요소라는 것을 확인할 수 있다(박천보, 2016). 이를 바탕으로 TOD에 대한 대부분의 이론적 정의는 밀집되고 혼합된 토지이용 개발 패턴을 가지며, 보행자 친화적이며 대중교통으로의 접근성이 강조된다는 공통점을 가진다.

Ewing and Cervero(2010)는 Cervero(1997)의 3D(Density, Diversity, Design)를 바탕으로 접근성과 관련된 두 가지 계획요소를 추가하여 5Ds를 주장하였다. 추가된 두 가지 계획요소는 도착지 접근성(Destination accessibility), 대중교통 접근성(Distance accessibility)으로, 도착지 접근성이란 적당한 통행시간 이내에 주어지는 많은 고용기회 및 비주거 시설물을 의미하며, 대중교통 접근성이란 집 또는 직장에서 지하철 또는 버스정류장까지의 최단거리를 의미한다.

도착지 접근성의 경우 대표적인 요소로 고용 접근성이 있다. 고용 활동은 도시에서 발생하는 활동 중 가장 대표적인 것으로, 도시와 관련된 많은 연구가 고용과 관련된 특성을 주요 요소로 논의한다(김현민, 1988; 복진주·안건혁, 2010). 즉, 도시구조를 이해함에 있어 고용중심지를 파악하는 것은 중요하며, 고용중심지의 주요 업종 및 사업체 유형별 종사자 수의 변화 분석은 도시공간구조를 이해하는 데 도움을 준다. Giuliano and Small(1991)은 새로운 고용중심지가 생겨나는 원인 중 하나로 교통기능 및 접근성의 변화를 주장하였으며, 국내에서도 서울시를 중심으로 고용 접근성과 도시공간구조의 관계를 파악하기 위한 연구가 활발하게 진행되어왔다(성현곤 외, 2008; 진장익·진은애, 2015).

성현곤 외(2005)는 역세권을 지하철역의 요일 및 시간대별 이용 패턴을 사용한 요인분석을 통하여 유형화하였으며, 분석 결과 상업·주거·고용 세 가지 유형으로 역세권을 세분화하였다. 또한 이를 통하여, 지하철 수요를 통한 실증적 연구의 가능성을 제시하였으며, 지하철 수요에 고용 접근성이 영향을 미치는 것을 암시하였다.

진장익·진은애(2015)는 지하철 및 고용 접근성의 변화가 서울시에 있는 고용중심지의 고용밀도에 미

치는 영향을 확인하기 위해 고용 접근성을 산출하였다. 또한, 고용자 밀도, 인구밀도, 산업유형별 고용자 수 변화, 도시중심지까지의 거리, 지하철역까지의 거리 변화, 지하철역 개수 변화, 고용 접근성의 변화를 독립변수로 설정하고 고용자 밀도의 변화를 종속변수로 설정하여 관계 분석하였다. 그 결과 제조업 종사자의 경우 역세권에서 벗어나 외곽지역으로 이동하는 추세를 보이며, 소매업의 경우 지하철역과 인접한 지역을 중심으로 분포하는 것을 확인하였다.

국내·외에서는 이러한 선행 연구를 바탕으로 대도시를 중심으로 국내 실정에 맞는 RTOD 계획요소와 관련된 연구가 활발하게 진행되어왔다. 특히 국내의 경우 대한민국의 수도인 서울시는 국가 전체 인구의 약 20%가 밀집되어있어 그 문제가 더욱 심각하다. 따라서 국내에서 발생하는 도시문제를 해결하기 위해 TOD 계획요소가 대중교통 수요에 미치는 영향을 분석하는 연구가 활발하게 진행되고 있다(박지형·성현곤, 2008; 조현우 외, 2010; 손동욱·김진, 2011; 문영일·노정현, 2011).

박지형·성현곤(2008)은 서울시의 지하철 역세권 지역을 대상으로 TOD의 토지이용과 대중교통의 특성에 따른 대중교통 총 수요, 버스 수요, 지하철 수요, 그리고 환승 수요를 구조방정식 모형을 통하여 각각 분석하였다. 분석 결과 토지이용 특성에 따른 대중교통 수요의 경우, 토지의 용도에 따라 고밀 개발이 대중교통 수요에 영향을 미치는 정도가 차등하게 나타났다. 또한, 역세권 내 위치한 버스 관련 변수들이 지하철 이용수요에 영향을 미치는 것을 통해 지하철 역세권의 기능 활성화에 있어서 환승 연계를 위한 버스의 활성화 또한 영향을 미치는 것을 확인하였다.

조현우 외(2010)는 지하철 역세권 내의 보행자를 위한 가로망 구조와 지하철 이용수요의 관계를 분석하기 위하여, 부산시 79개 지하철 역세권 내 가로망 구조를 공간 구문론을 이용하여 평가하였다. 또한, TOD를 대중교통 연계, 개발 밀도, 토지이용 혼합도, 인구의 사회학적 요인, 접근 편의성 등 다섯 가지 측면으로 분류한 뒤 각각의 요소와 지하철 이용수요와의 관계를 음이항 모형으로 분석하였다. 분석 결과 역세권의 집객시설 집중도, 접근성, 역세권의 평균 용적

률이 지하철 이용수요를 증가시키는 가장 큰 요인인 것을 확인했다.

손동욱·김진(2011)은 서울시 및 경기도 행정구역 안에 위치한 297개 지하철역을 중심으로 역세권을 반경 400m 이내의 지역으로 선정하였으며, 건축물 과세 대장, 인구 총조사 데이터 등을 활용하여 역세권별 도시공간구조 특성을 확인한 뒤, 실제 대중교통 수요와 어떠한 연관성을 지니는지 선형회귀분석 모델을 통하여 분석하였다. 그 결과 서울시에 위치한 역세권은 상대적으로 경기도에 위치한 역세권보다 고밀도로 개발되어있으며, 토지이용 혼합도 또한 상대적으로 높은 것을 확인하였다. 그리고 역세권에서 나타나는 도시공간 특성의 차이가 실제로 대중교통의 이용을 유도하는데 차이가 있음을 확인하였다.

문영일·노정현(2011)은 서울시 역세권을 대상으로 TOD의 다양한 요인을 파악하고, 이를 밀도, 복합도, 접근성으로 나눈 뒤 각각을 설명할 수 있는 데이터를 수집한 뒤 요인분석 및 회귀분석을 진행하였다. 분석 결과 요인분석을 통하여 7개의 영향요인을 도출하였으며, 각 요인은 토지이용복합도, 개발밀도, 대중교통시설수준, 도시설계, 연계교통시설, 지하철시설 규모, 대중교통운영수준으로 나타났다. 이를 토대로 회귀분석을 시행한 결과 토지이용복합도, 대중교통시설수준, 개발밀도, 연계교통시설, 지하철 시설 규모는 지하철 수요와 양의 상관관계를 가지는 것으로 확인되었으며, 대중교통 운영수준은 음의 상관관계를 가지는 것을 확인하였다.

국외에서는 Zhao *et al.*(2013)가 중국 난징의 55개 지하철 역 승객 수에 TOD 계획요소가 미치는 영향을 확인하기 위해 다중회귀분석을 사용하였다. TOD 계획요소로 토지이용, 접근성, 연계교통시설, 지하철역 시설로 나누어 각각에 해당하는 변수를 설정하여 분석을 진행하였다. 그 결과 인구, 사무실 면적, CBD 여부, 교육시설 수, 유흥지 및 상점중심지가 지하철역 이용 수요와 가장 유의미한 것으로 나타났으며, 업무지구, 도로 길이, 버스 노선, 자전거와 자가용 주차공간이 다음으로 유의미한 것을 확인했다.

이러한 선행연구들에도 불구하고, 국내에서는 여전히 고용 접근성과 지하철 수요의 관계를 설명함에

표 1. 선행연구 사용 변수 및 분석방법

	분류	변수	방법
박지형·성현곤 (2008)	수요기반형	버스 노선 수, 버스 정류장 수, 운행 서비스 시간, 단거리 버스 노선 수, 버스 배차 간격, 역세권 환승 자전거 거치대 수, 역세권 환승 승용차 주차면 수	효과분석모형, 구조방정식
	수요고정형	철도 환승역 수, 철도역 출입구 수, 철도 역간 거리, 철도역사 구조, 철도 역간 거리, 철도역사 위치	
	복합적 토지이용	12개 용도 구분에 대한 토지이용복합지수, 4개 용도 구분에 대한 LUM 지수, 상업·업무복합지수, 주거와 고용복합지수, 직주균형지수	
	고밀도	총 개발밀도, 근린상업시설용지 개발밀도, 주거용지 개발밀도, 중심상업시설용지 개발밀도, 업무시설용지 개발밀도, 위락시설용지 개발밀도	
조현우 외 (2010)	교통연계	역세권 버스정거장 수	공간 구문론 (Space Syntax)
	개발밀도	역세권 용적률	
	토지이용의 혼합	집객시설 집중도, 역세권 토지이용별 비율, 면적	
	인구사회 요인	센서스 인구/인구밀도, 접근권역인구	
	접근편의성	부산시 전체 공간 구조상의 역별 500m 통합도 평균/합, 역세권 공간구조 명료도, 역세권 통합도 평균, 역세권 통합도 합	
손동욱·김진 (2010)	개발밀도	평균 용적률	선형회귀분석모형
	토지이용의 혼합	용도별 총 개발용량, 용도별 총 필지면적, 주거 대비 상업, 업무 용도의 혼합비, 기타 용도 포함 여부	
	보행 편의성	평균 경사도	
	인구사회요인	총 거주인구, 교육수준, 주택보유율	
문영일·노정현 (2011)	밀도	Open Space 면적, 순개발밀도	회귀분석, 요인분석
	복합성	주거, 상업, 업무 등에 대한 LUM 지수	
	접근성	지하철 출입구 수, 지하철 평균배차간격, 지하철 내부 역사면적, 지하철역 밀도, 역세권 내 버스 평균배차간격, 역세권 내 버스정류장 밀도, 역세권 내 도로 밀도, 역세권 내 교차로 밀도, 역세권 내 자전거 주차면 수, 보행자/자전거 네트워크 접근성	
Zhao et al. (2013)	인구, 고용자 수, 상업건물 면적, CBD, 교육시설 수, 유흥지 수, 쇼핑센터 수, 역세권 도로 길이, 역에 정착하는 지선버스 수, 자전거/자가용 주차공간, 역세권 여부	다중회귀분석	
Ewing and Cervero (2010)	밀도	가구, 인구밀도	-
	복합성	LUM 지수, 직주균형지수	
	도시설계	교차로, 도로 밀도, 4방향 교차로 비율	
	대중교통 접근성	직업 접근성, 시내까지의 거리	
	도착지 접근성	가장 가까운 정류장과의 거리	

있어 산업유형별 고용자 수를 고려한 연구가 부족하며, 결과적으로, 교통 수요에 영향을 미치는 고용 접근성의 중요성이 어느 정도인지에 대한 이해가 부족하다. 이를 보완하기 위해서는 역세권개발에서 중요한 요소 중 하나인 고용기능의 분포가 해당 역의 승하

차 승객 수에 어떠한 영향을 주는지에 대한 실증적인 연구가 필요하다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 지하철 승하차 승객 수에 영향을 미치는 Cervero의 3D TOD 계획요소뿐만 아니라 집계구 단위의 산업 유형별 종사자 수를 고려한 5Ds RTOD 계획요소를 고려

하여 역세권 환경이 지하철 수요에 미치는 영향에 관해 확인해보고자 한다.

선행연구에서 사용된 변수(표1)를 참고하여 본 논문에서는 5Ds RTOD 계획요소에 적합한 변수를 선정하여 선형회귀분석을 진행함으로써 지하철 승하차 승객 수와의 관계를 알아보고자 한다. 뿐만 아니라 TOD 계획요소에는 포함되지 않지만, 지하철 승하차 승객 수에 영향을 미치는 지하철역 운행 기간 등의 TOD 외적인 요소를 포함하여 관계분석의 정확도를 높이고자 하였다.

3. 데이터 및 방법

1) 연구의 공간적 범위 및 변수

본 연구의 공간적 범위는 서울시에 위치한 지하철 역세권으로 선정하였다. 서울시에 위치하는 지하철 역은 2017년 9월 기준 292개이며, 역세권은 TOD 관련 국내 선행연구(문영일·노정현, 2011; 박지형 외, 2008, 손동욱·김진, 2010) 및 도시계획법의 지구상 세계획지침을 참고하여 지하철역 반경 500m로 설정하였다. 분석의 편의를 위하여 지하철 역세권에 서울 외의 지역이 포함되는 8개의 역과 데이터 구득이 어려운 2개의 역을 제외한 282개의 서울시 지하철 역세권을 분석의 지역적 범위로 선정하였다.

서울시는 대한민국의 정치·경제·문화·교통의 중심지로, 2017년 기준 292개의 지하철역과 38,140개의 버스 노선 등 대중교통 인프라가 풍부하게 구축되어 있다. 또한, 2012년 서울시 정보화 사업의 일환으로 공공데이터를 통합 관리하며 적극적으로 개방함에 따라, 타지역과 비교하여 데이터 구득이 용이하다. 서울시의 종사자 수는 2000년 이후 꾸준히 증가하는 추세이며, 서울시 전체 종사자 수의 약 45%가 중·종로구와 강남 및 영등포·여의도에 밀집되어있다(맹다미, 2010). 이는 지하철역을 중심으로 크고 작은 고용 중심지가 성장하고 있음을 의미하기 때문에 역세권에 분포하는 산업유형별 종사자 수와 지하철역 승

하차 승객 수의 관계를 분석하는 연구를 진행하기에 적합하다고 판단되었다. 따라서 본 연구의 지역적 범위는 서울시에 위치한 282개의 지하철 역세권으로 선정하였다.

5Ds RTOD 계획요소를 나타내는 변수는 각 계획요소에 해당하는 다양한 변수를 선행연구를 참고하여 구득이 용이한 데이터를 기준으로 선정하였다. 계획요소는 총 다섯 가지로 밀도(density), 복잡성(diversity), 도시설계(design), 대중교통 접근성(distance accessibility), 도착지 접근성(destination accessibility)으로 정의하였으며, 각 계획요소에 포함된 변수는 표 2와 같다. 변수 관련 데이터는 서울열린데이터광장, 국가교통데이터베이스, 통계지리정보서비스, 서울도시계획포털에서 제공하고 있다.

본 연구에서는 지하철 승하차 수와 5Ds RTOD 계획요소의 관계를 확인하고자 한다. 따라서 종속변수로는 2017년 9월의 평일 평균 지하철 승하차 수에 자

표 2. 사용 변수

	TOD 계획요소	변수		변수명
종속 변수		ln(지하철 승하차 수)		-
	밀도	평균 인구밀도(명/km ²)		POP
독립 변수	복합성	LUM 지수		LUM
	도시 설계	도로 밀도(m ² /km ²)		ROAD
		교차로 밀도	(개/km ²)	NODE
	대중 교통 접근성	자전거 대여소 밀도		BIKE
		버스정류장 밀도		BUS
		환승역 여부 (단일노선=0; 환승역=1)		TRANS
	도착지 접근성	제조업 종사자 수		MANUF
		소매업 종사자 수		RETAIL
		서비스업 종사자 수		SERVICE
		정보통신업 종사자 수		IC
-	지하철 운행 현황 (5년 이상=0; 5년 미만=1)		YEAR	

연로그를 취하여 사용하였다. 독립변수로는 밀도에 해당하는 역세권 내 평균 인구밀도, 복합성에 해당하는 LUM 지수(Frank and Pivo, 1994)(수식 1), 도시 설계에 해당하는 역세권 내 교차로 및 도로 밀도, 대중교통 접근성에 해당하는 환승역 여부(더미 변수)와 역세권 내 버스정류장 및 자전거 대여소 밀도, 도차지 접근성에 해당하는 역세권 내 산업유형별 종사자 수를 사용하였다. 산업유형은 선행연구(진장익·진은애, 2015)를 참고하여 19가지 산업 유형을 제조업, 소매업, 정보통신산업, 서비스산업의 네 가지로 분류하였으며(표 3), 평균 인구밀도와 산업유형별 종사자 수의 경우 집계구 단위의 데이터를 사용하여 분석을 진행하는 과정에서 역세권이라는 공간적 단위의 차이로 인한 오류가 발생할 수 있다. 따라서 이를 최소화하기 위해 역세권 내에 집계구의 중심(centroid)이 포함되는 집계구의 데이터를 사용하여 분석을 진행하였다.

표 3. 산업유형별 분류 기준

분류	산업유형
제조업	제조업
소매업	도매 및 소매업
소매업	숙박 및 음식점업
정보통신업	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업 금융 및 보험업 부동산업 및 임대업 전문, 과학 및 기술 서비스업 사업시설관리 및 사업지원 서비스업
서비스산업	교육 서비스업 보건업 및 사회복지 서비스업 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업
-	농업, 임업 및 어업 광업 공공행정, 국방 및 사회보장 행정 운수업 전기, 가스, 증기 및 수도사업 하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업 건설업

$$LUM = - \sum_{u=1}^M \frac{p_u \ln(p_u)}{\ln(n)}$$

(u =토지용도, p_u = u 용도의 면적비율, n =용도개수)

수식 1. LUM(Land Use Mix) 지수

또한, 관계분석의 정확도를 높이기 위해 TOD 계획 요소에는 포함되지 않지만, 지하철 승하차 승객 수에 영향을 미치는 지하철 운행 현황 또한 독립변수로 사용하였다. 관련 선행연구에 따르면 지하철역은 개통 초기에는 역세권이 형성되지 못한 상태로 수요가 낮게 나타나지만, 역세권이 형성되기 시작하는 4~5년 후 수요가 지속적으로 증가하게 되고 10~13년이 경과하면 역세권은 더이상 개발되지 않고 지하철 용량 상의 제약으로 인해 수요가 정체하게 된다(손의영 외, 2004).

2) 연구 방법

본 연구에서는 5Ds RTOD 계획요소와 지하철 승하차 수의 관계를 분석하기 위해 선행회귀분석을 사용하였다. 선행회귀분석은 독립변수가 종속변수와 갖는 상관관계를 직관적으로 확인할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 선행회귀분석을 사용하기 위해서는 종속변수가 정규분포를 이루어야 한다. 따라서 분석에 앞서 지하철 승하차 승객 수에 자연로그를 취한 뒤, Q-Q 도표(그림 1)를 정규분포를 이루는지 확인

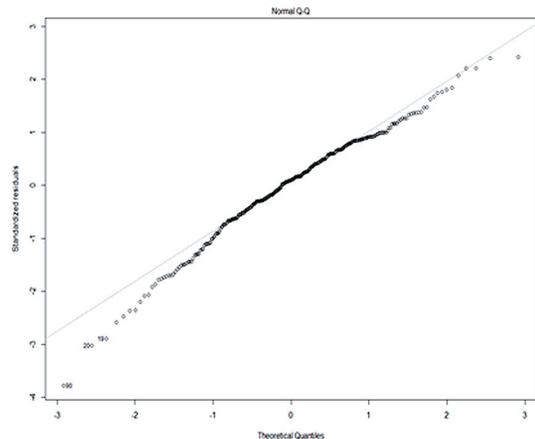


그림 1. 종속변수의 Q-Q 도표

한 뒤 분석을 진행하였다. 또한, 회귀분석의 특성상 독립변수의 절대적인 크기가 계수에 영향을 미치므로, 분석 및 결과 해석의 편의를 위하여 산업 유형별 종사자 수 변수의 경우 데이터를 10,000으로 나눠준 값을 분석에 사용하였다.

4. 분석결과

분석에 사용된 데이터의 기초통계량은 표 4와 같으며, 사용된 독립변수는 환승역 여부, 버스정류장 밀도, 자전거 대여소 밀도, 교차로 밀도, 도로 밀도, 인구밀도, 제조업 종사자 수, 소매업 종사자 수, 서비스업 종사자 수, 정보통신업 종사자 수, LUM 지수, 지하철 운행 현황으로 총 12개의 독립변수가 분석에 사용되었다. 종속변수로는 자연로그 처리를 한 지하철 승하차 승객 수가 사용되었다. 처리한 분석 결과를 확인하기에 앞서 지하철역의 개통은 도시 내에 새로운 통행수단이 제공된다는 점에서 도시 공간의 중요한 변화 요인으로 작용한다. 그러므로 지가, 토지이용 등의 변화에 영향을 미치는 것이 선행연구를 통하여 이미 증명되었다(임병호·지남석, 2012; 유승한 외, 2010; 최창식·윤혁렬, 2004). 따라서 지하철역을 중심으로 산업체 분포가 증가하고, 이에 따라 역세권 내 종사자 분포가 증가할 수 있으며 이로 인한 선후 관계에 대한 논란의 여지가 있다. 하지만 교통체계와 토지이용 계획의 선후가 분명히 구분되지 않고, 교통과 토지이용이 상호 영향을 미치는 관계(오재학·권영중, 2005)임을 미루어봤을 때, 역세권 주변의 산업유형별 종사자 분포와 지하철역의 승하차 승객 수 또한 상호 영향을 미칠 것이다. 따라서 본 연구에서는 5Ds RTOD 계획요소에 포함되는 고용 접근성의 측면에 착안하여, 역세권 범위 내에 고용기회가 풍부한 지하철역의 경우 그렇지 않은 지하철역보다 상대적으로 승하차 승객 수가 크게 나타날 것이라고 가정한 뒤 연구를 진행하였다.

회귀분석 결과 수정된 R 제곱 값은 0.5206으로, 선형회귀모델에 사용된 독립변수의 분산이 종속변수

표 4. 데이터 기초통계량(역세권 기준)

	최솟값	최댓값	평균	표준편차
버스정류장(개)	5.00	51.00	21.06	8.86
자전거 대여소(개)	0.00	11.00	2.26	1.88
교차로(개)	2.00	51.00	14.93	8.50
도로(m ²)	4478.83	41978.17	18038.25	6826.25
인구밀도(명/km ²)	0.00	79599.82	40447.30	13605.9
제조업 종사자(만 명)	0.00	1.4858	0.067512	0.16366
소매업 종사자(만 명)	0.00	3.0918	0.394166	0.48558
서비스업 종사자(만 명)	0.00	1.2822	0.207711	0.15203
정보통신업 종사자(만 명)	0.00	7.7135	0.532953	1.06708
LUM	0.00	0.8404	0.5319	0.1551

표 5. 선형회귀모델계수

	비표준화 계수	표준화 계수	t-value	p-value
RETAIL	0.645	0.349	4.661	5.00×10 ⁻⁶
SERVICE	1.572	0.266	5.029	9.00×10 ⁻⁷
IC	-0.026	-0.031	-0.469	0.639
MANUF	-0.129	-0.023	-0.490	0.624
LUM	-0.099	-0.017	-0.390	0.697
BIKE	9121.480	0.024	0.490	0.625
NODE	1838.382	0.022	0.364	0.716
ROAD	-4.841	-0.047	-0.819	0.413
POP	2.4·10 ⁻⁹	0.036	0.479	0.479
BUS	7135.797	0.090	2.002	0.046
YEAR	-0.970	-0.272	-6.290	1.28×10 ⁻⁹
TRANS	0.663	0.323	7.401	1.73×10 ⁻¹²
상수	9.479		40.118	<2.00×10 ⁻¹⁶
R ²	0.5206			
F-test	26.43			2.2×10 ⁻¹⁶

의 분산을 약 52%를 설명하는 것으로 나타났다. 이는 선행연구의 3Ds RTOD에 해당하는 변수만을 사용하여 선형회귀분석을 진행하였을 때 나타나는 R 제곱 값인 0.331(오지예, 2019)보다 설명력이 약 20% 상승한 것을 의미한다. 선형회귀모델에 사용된 열두 개의 변수 중 유의수준 0.05에서 지하철역의 환승역 여부(TRANS), 역세권 내 버스정류장 밀도(BUS), 지하철 운행 현황(YEAR), 역세권 내 소매업 종사자 수(RETAIL), 역세권 내 서비스업 종사자 수(SERVICE)가 유의한 것을 확인할 수 있으며 모델과 관련된 통계 값은 표 5와 같다.

5Ds RTOD와 지하철 승하차 승객 수의 관계를 분석하는 선형회귀모델에서 유의하게 나타난 변수를 자세히 살펴보면 역세권 내 소매업 및 서비스업 종사자 수와 버스정류장 밀도는 지하철 승하차 승객 수와 양의 상관관계를 갖는 것을 확인할 수 있다. 또한, 지하철역에 두 개 이상의 노선이 지나가는 환승역일 경우, 지하철역이 5년 이상 운행된 경우에도 해당 역의 승하차 승객 수와 양의 상관관계를 가지는 것을 확인했다.

표준화 계수를 통해 종속변수인 지하철 승하차 승객 수와 각 변수의 상관관계 정도를 확인한 결과 역세권 내 소매업 종사자 수가 표준화 계수 0.349로 가장 큰 상관관계를 가지는 것을 확인할 수 있으며, 환승역 여부인 TRANS가 표준화 계수 0.323으로 종속변수와 역세권 내 소매업 종사자 수 다음으로 큰 상관관계를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 다음으로는 지하철 운행 현황, 역세권 내 서비스업 종사자 수, 역세권 내 버스정류장 밀도 순서대로 종속변수와 상관관계를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

또한, 기존의 3Ds TOD 요소에 해당하는 밀도, 복합성, 도시설계를 나타내는 변수는 유의수준이 0.05 이상으로 대중교통 접근성 및 도착지 접근성을 나타내는 변수와 비교했을 때 상대적으로 유의하지 않은 결과를 나타냈다.

간단하게 선형회귀모델을 해석하면, 역세권 반경 소매업 일자리가 1단위(10,000명) 증가하면, $\ln(y)$ 값이 0.645 증가하는데, 이를 환산하면 해당 역세권의 승하차 승객 수는 기존보다 90.60% 증가하며, 서비

스업 일자리가 1단위(10,000명) 증가하면, $\ln(y)$ 값은 1.594 증가하는데, 이는 해당 승하차 승객 수가 기존보다 381.6% 증가하는 것을 의미한다. 또한, 두 개 이상의 노선이 지나가는 지하철역이 그렇지 않은 역에 비해 승하차 인원이 약 2.64배 많은 것으로 나타났다. 5년 이상 운행한 역은 그렇지 않은 역에 비해 약 1.94배 많은 것으로 나타났다. 물론, 앞에서도 언급했듯이, RTOD 계획요소와 대중교통 승객 수와의 관계는 역인과관계가 존재한다. 따라서 본 연구의 실증연구에서 나타난 결과가 정확하다고 볼 수는 없지만, RTOD 계획요소의 영향력이 승하차 증가와 양의 상관관계를 가지는 것은 통계적으로 유의한 것으로 여겨진다.

5. 결론

본 연구는 서울시의 고용 접근성을 포함한 Ewing and Cervero의 5Ds RTOD 계획요소와 지하철역의 승하차 승객 수의 관계를 선형회귀분석을 통하여 분석하였다. 선행 연구는 주로 Cervero의 3Ds TOD 계획요소를 사용하여 대중교통 수요와의 관계를 분석하는 데 집중하였으며, 고용 접근성을 반영한 관계분석은 미비한 실정이었다.

5Ds RTOD 계획요소를 나타내는 독립변수로는 선행연구를 참고하여 역세권 내 평균 인구밀도, LUM 지수, 교차로 및 도로 밀도, 환승역 여부, 버스정류장 및 자전거대여소 밀도, 산업 유형별 종사자 수를 사용하였으며, 독립변수로는 2017년 9월의 평일 지하철 승하차 승객 수를 사용하여 선형회귀분석을 진행하였다.

분석 결과 다섯 개의 변수가 지하철 승하차 승객 수를 설명하는데 사용되었으며, 모든 변수는 유의한 수준으로 나타났다. 특히 산업 유형으로는 제조업·소매업·서비스업·정보통신업 종사자 수가 변수로 사용되었으나 선형회귀모델에는 소매업과 서비스업 종사자 수가 독립변수로 사용된 것을 확인할 수 있다. 특히, 서비스업의 표준화 계수는 각각 0.349, 0.266

으로 지하철역 승하차 승객수와 높은 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 이는 소매업과 서비스업이 많이 분포하는 역세권일수록 유동인구가 많기 때문이며, 그로 인해 지하철 승하차 인원이 많은 것으로 여겨진다.

또한, 회귀모델의 비표준화 계수를 통해 역세권 내 소매 및 서비스업 종사자 수 변화에 따른 지하철역 승하차 승객 수의 변화를 살펴보면, 역세권 내 소매업 종사자 수가 10,000명 증가할 경우 지하철역의 승하차 승객 수는 약 90.60% 증가하며, 서비스업 종사자 수가 10,000명이 증가할 때 지하철역 승하차 승객 수는 약 381.6% 증가하는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 향후 역세권 중심의 개발을 할 경우, 소매업과 서비스업의 기능을 중심으로 개발하는 것이 보다 효율적일 것으로 판단된다.

기존의 연구와 비교하였을 때 본 연구는 다양한 TOD 계획요소를 고려하여 분석을 진행하였다는 점에서 차별성을 가진다. 특히 지하철역을 중심으로 고용 중심지가 형성되는 서울시의 지하철 역세권을 중심으로 고용 접근성을 포함한 RTOD 계획요소를 고려한 분석을 통하여, 기존의 TOD 관련 연구 이상의 설명력을 가진 회귀모델을 구축했다는 점에서 의미를 가진다.

다음으로 본 연구는 고용 접근성을 산업 유형에 따라 네 가지로 나누어 분석을 진행하였다. 기존의 고용 접근성을 분석하는 선행연구의 대부분은 전체 고용자 수를 사용하여 분석을 진행하였다. 하지만 본 연구는 전체 고용자 수가 아닌 네 가지 산업유형별 종사자 수가 지하철 승하차 승객 수와 나타내는 상관관계를 분석함으로써 기존의 연구보다 상대적으로 세분화된 분석을 진행하였다는 점에서 의미가 있다.

마지막으로 본 연구는 고비용이 수반되는 교통정책 및 도시설계를 보다 경제적이고 효율적으로 진행되도록 방향을 제시할 수 있으며, 대중교통 수송 분담률을 증가시키고 자가용의 비율을 감소시켜 도시문제를 근본적으로 해결하고 사회적 비용을 줄일 수 있는 정책적 방향을 제시하는데 기여할 수 있다. 이뿐만 아니라 자가용을 소유하지 않은 저소득 및 교통취약 계층이 삶을 영위하기 위한 통행에 제약을 받지 않는

형평성 있는 도시개발을 가능하게 한다는 점에서 의미가 있다.

다만 본 연구는 구독이 용이한 데이터를 기준으로 변수를 선정하였으며, 다중선형회귀분석을 진행하였다. 따라서 기존의 선행연구에서 분석에 사용한 변수를 다양하게 반영하지 못했다는 한계가 있다. 또한, 다중선형회귀분석을 사용함에 따라 최종 모형에서 다섯 가지 RTOD 계획요소에 포함되는 변수가 모두 유효하게 나타나지 않았다. 따라서 추후 해당 데이터에 적합한 다른 분석 방법을 사용함으로써 연구의 적합성을 높이고자 한다.

참고문헌

- 강지원, 2011, "TOD의 기대효과와 국내 적용을 위한 정책 토론회", 월간교통, 64-67.
- 권진휘·김재익, 2013, "수도권의 고용분포 집중인가 분산인가?", 국토계획, 48(5), 39-49.
- 김현민, 1988, "서울시의 고용중심지에 대한 연구", 사회과학연구논총, 2, 51-65.
- 남기찬·임업, 2009, "비모수적 방법을 활용한 서울시 인구 및 고용밀도여항중심지의 확인과 상호관계 파악", 국토연구, 63, 91-106.
- 맹다미, 2010, "지표로 본 서울의 도시공간 변화", 정책리포트, (68), 1-18.
- 문영일·노정현, 2011, "서울시 역세권의 TOD 환경과 대중교통이용수요 관계분석", 한국도로학회논문집, 13(4), 211-220.
- 박종일·장수은, 2014, "대중교통전용지구의 조성목적에 따른 계획요소별 중요도 평가", Journal of Korean Society of Transportation, 32(2), 130-138.
- 박지형·노정현·성현곤, 2008, "구조방정식모형을 활용한 TOD 계획요소의 대중교통 이용효과 분석", 국토계획, 43(5), 135-151.
- 박지형·성현곤, 2008, "서울시 역세권 대중교통 이용수요에 미치는 TOD 계획요소별 영향분석", 교통연구, 15(2), 27-42.
- 박천보, 2016, "TOD (대중교통중심) 형 도시개발 특성 및 발전전략에 관한 연구", 한국산학기술학회 논문

- 지, 17(2), 635-641.
- 복진주·안건혁, 2010, “수도권 중심지 분포의 변화와 산업업성 분석”, 한국도시설계학회지 도시설계, 11(4), 145-160.
- 성현근·김옥연·김진유, 2008, “대중교통지향형개발(TOD)의 의의와 바람직한 개발방향”, 도시정보, (321), 3-15.
- 성현근·김태현, 2005, “서울시, & 역세권 유형화에 관한 연구: 요일별 시간대별 지하철이용인구를 중심으로”, 대한교통학회지, 23(8).
- 손동욱·김진, 2010, “서울시 역세권의 도시공간특성과 대중교통 이용률 간의 연관성 분석” 한국도시설계학회지 도시설계, 11(1), 33-44.
- 손의영·권병우·이만호, 2004, 카테고리별 다중회귀분석 방법을 이용한 지하철역별 수요 추정 모형 개발. 대한교통학회지, 22, 33-42.
- 송미령, 1997, “서울 공간구조의 변화와 특징: 1980~1990 고용과 사무실공간의 분포를 중심으로”, 국토계획, 32, 209-228.
- 오재학·권영중, 2005, “도시고밀개발과 교통정책”, 교통기술과정책, 2, 225-233.
- 오지예, 2019, “5D TOD 계획요소와 지하철 승·하차 관계분석”, 대한지리학회 학술대회논문집, 46-47.
- 유승환·임정수·강준모, 2010, “서울시 권역별 지하철 역세권 도시공간구조특성에 따른 지가영향요인 분석”, 한국도시설계학회 2010년 추계학술대회 논문집
- 임병호·지남석, 2012, “지하철 개통 이후 역세권 거리구간별 건축물 용도분포 및 변화 추이 고찰”, 국토계획, 47(3), 309-323.
- 전명진, 2003, “비모수적 방법을 통한 서울의 고용중심지 변화 분석”, 국토계획, 38(3), 69-83.
- 조현우·이석환·신강원, 2010, “역세권 특성이 지하철 이용수요에 미치는 영향분석”, 한국산학기술학회 논문지, 11(12), 5191-5198.
- 진장익·진은애, 2015, “지하철 및 고용접근성 변화가 서울시 고용중심지의 고용밀도 변화에 미치는 영향”, Journal of Korea Planning Association, 51(1), 111.
- 최창식·윤혁렬, 2004, “지하철 건설이 아파트가격에 미치는 공간적 영향분석”, 서울도시연구, 5(4), 1-12.
- 한상용, 2009, “대중교통 이용자를 위한 교통비용 지원 방안”, 월간교통, 34-39.
- Bernick, M., Certero, R., 1997, Transit Villages in the 21st Century, McGraw-Hill, New York.
- Burchel, R.W., Downs, A.M.B., and Mukherji, S., 2005, Sprawl Costs, Washington, DC, Island Press.
- Calthorpe, P., 1993, The next American metropolis: Ecology, community, and the American dream, Princeton architectural press.
- Cervero, R., 1996, Mixed land use and commuting: Evidence from the American Housing Survey, Transportation Research-A, 30(5), 361-377.
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2(3), 199-219.
- Dawkins, J.C., 2004, Measuring the spatial pattern of residential segregation, Urban Studies, 41(4), 833-851.
- Downs, A., 1994, New visions for metropolitan America.
- Ewing, R., & Cervero, R., 2001, Travel and the built environment: a synthesis, Transportation research record, 1780(1), 87-114.
- Galster, G., Hanson, R., Wolman, H., Coleman, S., and Freihage, J., 2001, Wrestling sprawl to the ground: Defining and measuring an elusive concept, Housing Policy Debate, 12(4), 681-717.
- Giuliano, G., Redfearn, C., Agarwal, A., & He, S. (2012). Network accessibility and employment centres. Urban Studies, 49(1), 77-95.
- Giuliano, G., and Small, K. A., 1991, Subcenters in the Los Angeles region, Regional science and urban economics, 21(2), 163-182.
- Hasse, J. and Lathrop, R.G., 2003, A housing-unit-level approach to characterizing residential sprawl, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 69(9), 1021-1030.
- Lund, H., Cervero, R., and Willson, R., 2004, Travel Characteristics of Transit-Oriented Development in California, CalTrans Transport Grant, Oakland, California.
- Song, Y. and Knaap, G.-J., 2003, New urbanism and housing values: A disaggregate assessment, Journal of Urban Economics, 54(2), 218-238.
- Zhao, J., Deng, W., Song, Y., and Zhu, Y., 2013, What influ-

오지에·홍성연·진장익

ences Metro station ridership in China? Insights
from Nanjing, *Cities*, 35, 114-124.

emun-gu, 02447, Seoul, Republic of Korea(e-mail: syhong@
khu.ac.kr)

교신: 홍성연, 02447, 서울특별시 동대문구 경희대로 26,
경희대학교 지리학과(이메일: syhong@khu.ac.kr)

Correspondence to: Seong-Yun Hong, Department of Geog-
raphy, Kyunghee University, 26, Kyungheedaero, Dongda-

최초투고일 2019. 9. 16

수정일 2019. 11. 28

최종접수일 2019. 12. 2