

# 수도권 역세권 토지이용패턴과 철도이용 수요와의 연관성<sup>1)</sup>

## Relationship between Land Use Pattern of Railway Station Areas and Transit Ridership in the Seoul Metropolitan Region

성현곤 Sung Hyungun<sup>2)</sup>, 천상현 Cheon Sanghyun<sup>3)</sup>

### Abstract

This study identifies the associations between the user demand for railway stations and the land use pattern of transit station areas in the Seoul Metropolitan Region. Using multi-level regression modeling, the results demonstrate that land use strategy beyond the walkable distance (about 500m) from a rail station plays an important role in attracting rail transit users. More specifically, land use characteristics within 1,500m from a station is significant to shape transit ridership for both intra-urban and urban railway extension routes. This study also implies that, to effectively increase rail transit ridership, mixed-use development strategy is important, as much as density one, especially for intra-urban and urban railway expansion railway types. Another implication for TOD planning and policies is that different railway types operating in the Seoul Metropolitan Region require differentiated TOD development strategies to increase transit ridership effectively. Non-residential development is effective for urban railway expansion routes, whereas both residential-oriented and mixed-use development are more effective for inter-urban railways. For inter-regional railways, non-residential development in non-walkable areas from a rail station can be beneficial.

Keywords: Land Use Pattern, Rail Station Area, Transit Ridership, Urban Development Strategies, Transit-Oriented Development, Railway Types

### I. 서론

#### 1. 연구의 배경 및 목적

20세기 후반 중요한 도시문제였던 기후변화, 교통 혼잡, 화석연료의 에너지 위기 등은 21세기에 접어들어 지금도 중요한 정책의제다. 그러한 측면에서 대중교통 중심의 개발(Transit-Oriented Development:

TOD)은 토지이용, 교통, 도시설계 측면에서의 통합적 해결방안을 담고 있다는 점에서 더욱 중요할 수밖에 없다.

우리나라의 수도권도 그러한 도시문제에서 자유롭지 못하다. 특히, 1980년대 이후로 지속되어온 도시의 공간적 팽창에 대해 이제 모도시인 서울과 그 주변지역을 분리하여 정책적 대안을 추진하는 것은 그 효과가 크지 않을 수 있다. 1990년대 후반 이후로 추진되어

1) 본 논문은 2012년 한국교통연구원에서 수행한 “수도권 광역철도와 TOD 연계 강화 전략(연구총서 2012-05)”의 일부 내용을 수정·보완한 것임. 또한 본 논문은 2014년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

2) 한국교통연구원 연구위원(제1저자) | Research Fellow, The Korea Transport Institute | Primary Author | hgsung@koti.re.kr

3) 홍익대학교 도시공학과 조교수(교신저자) | Assistant Prof., Dept. of Urban Planning and Design, School of Engineering, Hong-ik Univ. | Corresponding Author | scheon@gmail.com

온도시간철도, 즉 광역적 통행을 담당하는 철도의 개통과 운영은 당연한 도시문제를 대도시권 차원에서 풀어야 한다는 것을 보여주는 사례라 할 수 있다.

수도권에서 운행되고 있는 철도노선을 시·도 내와 시·도 간으로 분류하였을 때, 2000년대 초반 이후로 후자의 연장이 보다 길고, 그 증가 추세도 가파르다(성현곤 외, 2012). 이러한 점에서 TOD도 시·도 내의 관점에서뿐만 아니라 하나의 대도시권 차원에서 접근할 필요성을 제기해준다. 그러한 필요성에도 불구하고 대부분의 역세권 또는 TOD의 연구는 주로 서울시를 대상으로 하고 있다는 점에서, 연구의 범역에 대한 확장이 필요하다.

그러므로 본 논문은 수도권 철도역세권을 대상으로 TOD 계획요소에 의한 철도 이용수요와의 관계를 실증분석하고자 한다. 특히, 본 논문은 기존 연구에 비해 분석의 공간적 범역을 수도권으로 확장함에 따라 다양한 철도의 유형(도시철도, 도시철도 연장, 도시간 철도, 지역 간 철도)별로 그 관계를 분석하였으며, 차별화된 TOD형 도시개발의 전략을 도출하고자 한다. 세부적으로는 TOD 계획요소 중에서 토지이용 특성(밀도와 다양성의 패턴)을 지표화하여 이용수요와의 연관성을 파악하고자 한다.

## 2. 선행연구의 고찰

철도역세권과 토지이용과의 관계를 분석한 대부분의 기존 연구는 주로 서울시를 대상으로 이루어졌음을 알 수 있다. 예를 들어, 도시철도 역세권을 반영한 역별 수요추정 모형 개발(손의영 외, 2009), 지하철도역세권의 공간적 범위 설정(이연수 외, 2011), 구조방정식을 활용한 서울시 도시철도 역세권과 이용수요와의 연관성 분석(문영일·노정현, 2012; 박지형 외, 2008), 그리고 기반시설 여건대비 토지이용 강도 분석(이주아 외, 2012) 등 대표적이다. 이러한 배경에는

서울이 가장 많은 철도네트워크를 건설하여 운용 중에 있고, 토지이용 등의 관련 데이터의 구득이 용이하였기 때문으로 볼 수 있다.

그러나 최근의 경향은 서울이라는 중심 도시에 대해 관심을 두는 관점뿐만 아니라 그 주변지역, 즉 수도권 전체에 대한 연결성에 대해 관심이 증대되고 있다. 이는 서울이라는 모도시가 겪는 공간적 확장과 이에 따른 교통시설물의 투자로, 서울과 그 주변 지역을 분리하여 연구하는 것에는 한계가 있기 때문이다.

그러므로 최근에는 서울대도시권, 즉 수도권에 대한 연구의 중요성을 역설하고 있는 연구들이 나타나고 있다. 예를 들어, 최막중(2003), 이창무 외(2007), 성현곤(2010) 등의 연구에서는 수도권의 공간구조 재편은 철도네트워크를 중심으로 진행하여야 함을 역설하고 있다. 그리고 수도권 광역철도를 중심으로 수도권 광역철도의 이용행태에 관한 연구(성현곤 외, 2013)가 수행되기도 하였다.

그러나 이들 연구는 주로 정책적 접근에 대한 연구이거나 통행행태에 관한 연구로 국한되어 있는 한계가 있다. 이에 비해 본 논문은 수도권 철도노선의 모든 역세권을 대상으로 도시개발 패턴과(특히 토지이용의 TOD 계획요소) 철도의 이용수요와의 연관성에 관한 실증연구를 수행한다는 측면에서 기존 연구와는 차별적이라고 볼 수 있다.

## 3. 분석자료와 방법론

### 1) 분석의 범위와 분석자료

본 논문의 대상지인 수도권은 우리나라의 인구와 고용이 밀집한 거대도시권이면서 철도네트워크가 조밀하다는 특징이 있다.

역세권별 토지이용 특성을 파악하기 위한 분석자료는 한국교통DB의 2011년 기준 철도역 GIS 자료와

행정안전부의 새주소 사업 DB(2012년 3월 기준) 중 건물 속성자료를 활용하였다.

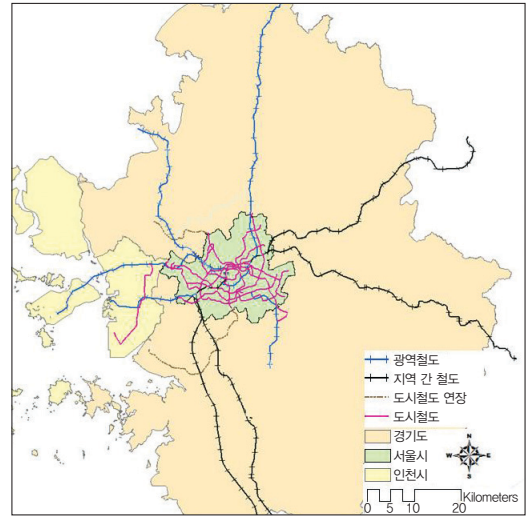
건물 속성자료에서 건축물 바닥면적은 GIS 프로그램으로 산출하였으며, 연상면적은 건축물별 층수와 바닥면적으로 산출하였다. 행정안전부의 새주소 사업 DB에서 건축물 용도 분류는 「건축법」에 의하여 총 21개 대분류 항목으로 되어 있다. 전자의 자료는 철도역의 좌표와 철도역과 노선의 속성을 담고 있으며, 후자의 자료는 건축면적, 층수, 용도 등을 담고 있다. 따라서 GIS 프로그램을 활용하여 전자를 기준으로 수도권 건물들의 철도역으로부터의 거리를 산출하고, 이를 역세권 반경으로 대별하여 전체 개발용적과 용도별 개발면적을 계산하였다. 용도분류는 주거용도와 비주거용도로 분류하여 지표화하였다.

역세권은 일반적으로 그 영향권을 보행으로 접근이 가능한 거리(300~800m)로 정의하고 있으나, 본 논문에서는 보행과 더불어 버스 등의 접근성도 고려하여 그 최대 범위를 1,500m로 설정하였다. 왜냐하면 서울 외곽지역에서의 철도이용수요는 상대적으로 동력화된 교통수단의 접근성도 중요하다고 판단하였기 때문이다. 또한 그 범위를 보다 폭넓게 정의한 것은 보행가능거리에 대한 그 한계(Threshold)도 일반적인 정의보다 더 클 수 있기 때문이다(Brown et al, 2009; Forsyth and Krizek, 2010; Siu et al. 2012). 그리고 최근 해외 연구(Gutierrez et al. 2011)에서도 1.5km를 최대 거리로 설정한 사례도 있다.

분석대상은 2012년 이후 개통된 철도역과 환승역을 제외한 총 387개 역세권이다. 이는 종속변수인 철도역 이용자수가 2011년 기준으로 구축되었기 때문이다. 또한 환승역세권을 제외한 이유는 철도역 이용자수가 운영 주체가 다를 경우에는 별도로 DB를 구축하고 있고, 거리계산에서도 중복되어 그 정확성이 낮아질 수 있다고 판단하였기 때문이다.

여기서 수도권의 여객수송용 철도노선은 크게 4가

그림 1\_ 수도권 철도유형 분류



출처: 성현곤 외(2012: 25) 인용 후 재구성.

지로 분류되었다. 첫째는 서울과 인천 등 도시 내에서 운용되는 도시철도(Intra-urban railway)다. 고밀도의 기성시가지지를 경유하며, 주로 지하 공간화되어 있는 서울시의 1~9호선과 인천시의 1호선이 이에 해당한다. 둘째는 서울 도시철도연장선(Urban railway extension)이다. 기존 도시철도를 연장하여 시 외곽으로 운영되며 신시가지개발로 도시개발이 비교적 진전된 3·4호선의 연장선(일산선, 과천선, 안산선)에 해당한다. 셋째는 광역철도(Inter-urban railway)다. 대도시권 내에서 운영되며, 외곽지역에서 모도시를 방사형으로 연결하는 노선이다. 수도권의 경의선, 인천공항철도, 경원선 등을 말한다. 넷째는 지역 간 철도(Inter-regional railway)다. 수도권과 다른 지역 간의 연결노선으로 지역 간 여객수송이 주요 목적이나 1일 통행수요도 일부 분담하고 있다. 경춘선, 경부선 등이 이에 해당한다.

본 논문에서는 이들 노선의 기능과 특성으로 인하여 철도역세권에서 토지이용 특성이 다르고, 이로 인하여 철도이용수요에 다른 영향관계를 가지고 있을 것으로 판단하였다. 그러므로 철도유형별로 어떠한 차별

적인 특성을 가지고 있는지를 각각의 모형으로 구축하여 그 결과를 도출하고자 한다. 광역철도와 지역 간 철도의 경우, 철도가 발생시키는 순기능의 면에서는 다르지 않으나 다음과 같은 면에서 역세권의 토지이용 패턴이 다르다. 광역철도에 비하여 지역 간 철도는 철도 자체가 오랜 기간 동안 도시 간을 연결하는 기능을 담당해왔기 때문에 주요 역을 중심으로 도시개발이 충분히 진행되어왔다. 반면, 광역철도는 상대적으로 도시개발과 주변지역 토지이용이 철도역 중심으로 이루어지지 않았다고 볼 수 있으므로 두 노선을 구별하여 토지이용과 철도이용과의 연관성을 분석하였다.

통계변수로는 도심까지의 거리를 활용하였다. 이는 철도의 노선이 주로 서울, 특히 도심(종로구와 중구)을 중심으로 방사형으로 형성되어 있기 때문이다. 최근 도심이 강남지역으로 이동하는 현상도 관찰하기 위하여 추가로 검토하였다. 그러나 실제 모형에서는 도심(서울시청)과의 거리와 다중공선성의 문제로 인하여 최종적으로는 배제하였다.

## 2) 분석 방법론의 설정

분석모형은 앞서 분석한 건축물 자료로 구축하게 되는 TOD의 토지이용 계획요소를 설명변수로 하고, 철도역별 일평균 이용자수를 종속변수로 설정하여 2수준 회귀모형으로 구축하였다.

본 논문에서의 2수준 회귀모형은 철도역별 일평균 이용자수(average annual daily rail transit ridership)에 대하여 철도역 속성과 철도노선의 속성에 의한 효과를 파악하기 위한 것이다. 그러므로 1수준은 철도역 속성에 대한 것이며, 2수준은 철도노선의 속성으로 구축하게 된다.

본 논문에서 최종 검토하게 되는 다수준 회귀모형의 식은 <식 1>과 같다.

$$Y_{ij} = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{ij} \chi_{ij} + \sum_{j=1}^m \beta_{ij} \chi_j + \xi_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

$Y_{ij}$ 역의 일평균 이용자수는 철도역 속성( $i$ )과 철도노선의 속성( $j$ )에 의하여 결정되며, 이의 오차는 각각  $\varepsilon$ ,  $\xi$ 로 설명된다. 이러한 다수준 모형에서 오차항의 분포는 <식 2>와 같은 구조를 가지고 있다.

$$\xi_{ij} \dots N(0, \sigma_{\xi}^2), \varepsilon_{ij} \dots N(0, \sigma_{\varepsilon}^2) \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

## II. 분석모형의 구축 및 통계치 요약

### 1. 철도역별 이용자수 정규성 진단과 변환

최종 분석모형에서 종속변수는 철도역별 이용자수를 로그로 전환한 값으로 사용하고자 하였다. 이는 철도역 이용자가 항상 0보다 크거나 같은 값을 가지기 때문이다. 또한 철도역 이용자수의 분포가 정규 분포가 아니기 때문에 로그변형으로 정규분포화할 수 있기 때문이다. <그림 2>는 수도권 철도역별 이용자수 분포를 히스토그램으로 표현한 것이며, 좌편향되어 있음을 알 수 있다.

철도역별 이용자수의 요약통계와 로그 전환된 값들의 요약통계를 살펴보면, 전환하기 이전에서 일평균 철도역 이용자가 평균 1만 2,589.4명이며, 이를

그림 2\_ 수도권 철도역별 이용자수 분포 현황

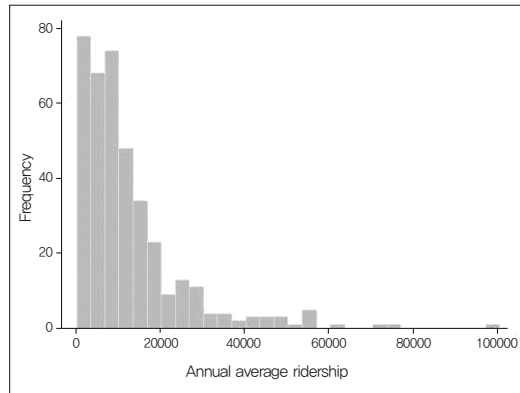


표 1 \_ 수도권 철도역별 이용자수 요약 통계

종속변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
철도역 이용자수(명)	12,589.4	12,859.1	190.56	100,600
로그 전환 (철도역 이용자수)	8.969	1.072	5.250	11.519

로그 전환하였을 경우에는 그 평균이 8.97임을 <표 1>은 보여주고 있다.

2. 역세권 반경별 밀도와 복합도 산출

TOD 계획요소 중에서 토지이용 관련 계획요소는 개발밀도와 토지이용 복합도이며, 여기에서는 역세권 반경별 용도별 도넛형태와 원형형태로 대별하여 지표를 추출하였다. 개발밀도는 반경 250m, 500m, 750m, 1,000m를 기준으로 구별하였으며, 반경 1,500m 이내로 한정하였다. 반경 1.5km로 범위를 제한한 것은 버스 등을 이용하여 접근하는 최대거리를 1.5km로 가정하였기 때문이다. 그리고 역세권 반경별 총 연상면적을 도넛형태(해당하는 범역)와 원형형태(해당하는 범역의 누적밀도)로 구별한 것은 철도 역세권의 다양한 개발형태를 최대한 고려하고자 하였기 때문이다.

용도별 개발밀도는 주거(단독주택과 공동주택)와 비주거(주택 이외의 용도)로 구분하였고, 이를 활용하여 철도 역세권 범역에서의 토지이용 복합도를 산출하고자 하였다. 그러한 이유는 주거용도가 가장 높은 비율을 차지하고, 이외의 용도는 다소 적은 비율로 구성되어 있기 때문이다. 주거와 비주거 용도의 복합도 산정은 다음과 같은 식으로 각각의 역세권 범역별 원형버퍼로 산정되었다.

$$RNR_i = 1 - \left| \frac{R_i - NR_i}{R_i + NR_i} \right|$$

여기서  $i$ 역세권 반경에 해당하는 주거-비주거 복합도( $RNR_i$ )는 당해 원형버퍼에서의 주거( $R_i$ )와 비

표 2 \_ 철도 역세권 반경별 개발밀도와 토지이용 복합도

		구분	변수명	평균	
전체 개발밀도	도넛버퍼	0~250m	tot_250	214542.3	
		250~500m	tot_500	506281	
		500~750m	tot_750	458147.8	
		750~1,000m	tot_1000	294007.4	
	원형버퍼	1,000~1,500m	tot_1500	349811.1	
		0~250m	tot_i250	214542.3	
		250~500m	tot_i500	720823.3	
		500~750m	tot_i750	1178971	
주거 밀도	도넛버퍼	750~1,000m	tot_i1000	1472978	
		1,000~1,500m	tot_i1500	1822789	
		0~250m	res_250	98165.84	
		250~500m	res_500	309644.8	
	원형버퍼	500~750m	res_750	301296	
		750~1,000m	res_1000	204900.4	
		1,000~1,500m	res_1500	240762.1	
		250~500m	res_i500	407810.7	
	비주거 밀도	도넛버퍼	500~750m	res_i750	709106.7
			750~1,000m	res_i1000	914007.1
			1,000~1,500m	res_i1500	1154769
			0~250m	nres_250	116376.5
복합도	도넛버퍼	250~500m	nres_500	196636.1	
		500~750m	nres_750	156851.7	
		750~1,000m	nres_1000	89106.96	
		1,000~1,500m	nres_1500	109049	
	원형버퍼	250~500m	nres_i500	313012.6	
		500~750m	nres_i750	469864.3	
		750~1,000m	nres_i1000	558971.3	
		1,000~1,500m	nres_i1500	668020.2	
원형버퍼	0~250m	rnr_i250	0.508145		
	250~500m	rnr_i500	0.575136		
	500~750m	rnr_i750	0.588718		
	750~1,000m	rnr_i1000	0.58878		
		1,000~1,500m	rnr_i1500	0.591503	

주거( $NR_i$ )의 연상면적의 차이를 그 합으로 나누어진 값의 절대값을 1에서 차감한 것을 의미한다. 이 지수가 0에 가까울수록 단일용도 개발로, 1에 가까울수록 주거와 비주거가 복합화되어 있음을 의미한다. <표 2>는 역세권 반경별 개발밀도와 주거-비주거 복합도의 평균을 보여주고 있다.

### III. 토지이용 변수압축과 다중공선성 진단

#### 1. 토지이용 TOD 변수의 압축: 요인분석

각 역세권에서의 토지이용 관련 TOD 계획요소에 대하여 요인분석을 통하여 변수를 압축하는 절차를 수행하였다. 이는 토지이용에 대한 TOD 계획요소 간 상관성이 상관분석 결과 매우 높았기 때문이다. 즉, 변수의 압축이나 변형을 통하여 다중공선성을 제거하지 않고 직접 모형에 포함하면 다중공선성으로 인하여 계수의 정확한 추정에서 편의(bias)가 발생할 가능성이 매우 높다. 따라서 이를 제거하기 위하여 요인분석을 수행하였다. 총 개발밀도에서의 도넛과 원형버퍼 두 유형의 변수들 간 상관관계가 매우 높기 때문에 이 밀도변수들에서는 원형버퍼만을 사용하였다.

요인분석의 방법 중 주성분요인분석(principal component factor analysis)을 수행하였으며, 회전방법은 요인 간 상관성을 제거하는 직교회전 방법 중

표 3\_역세권별 토지이용 관련 TOD 계획요소의 요인분석

요인	고유치	편차	비율	누적비율
요인1	11.474	6.875	0.410	0.410
요인2	4.598	0.090	0.164	0.574
요인3	4.508	1.195	0.161	0.735
요인4	3.313	2.317	0.118	0.853
요인5	0.996	0.199	0.036	0.889
요인6	0.797	0.116	0.029	0.917
요인7	0.681	0.299	0.024	0.942
요인8	0.382	0.056	0.014	0.955
요인9	0.326	0.085	0.012	0.967
요인10	0.242	0.038	0.009	0.976
요인11	0.204	0.016	0.007	0.983
요인12	0.188	0.042	0.007	0.990
요인13	0.146	0.038	0.005	0.995
요인14	0.107	0.069	0.004	0.999

주: 관측자수 = 338, 요인 고유치가 1 이상인 요인 = 4.

하나인 배리맥스(varimax)방법을 채택하였다. 배리맥스 회전방법은 변수의 상관성을 고려하여 회전하는 방식으로 회전된 요인 간의 다중공선성은 없어지게 된다. 요인수의 선택은 고유치(eigenvalue)가 1 이상이면서 그 값의 차이가 크게 변화가 없는 요인이

표 4\_토지이용 관련 TOD 계획요소의 요인 점수 및 명명

변수명		요인1	요인2	요인3	요인4
전체밀도	도넛버퍼				
	tot_250	0.764			
	tot_500	0.687	0.686		
	tot_750		0.621	0.530	
	tot_1000			0.887	
tot_1500			0.936		
주거밀도	도넛버퍼				
	res_250		0.771		
	res_500		0.941		
	res_750		0.767		
	res_1000			0.788	
	res_1500			0.885	
	원형버퍼				
	res_i500		0.957		
	res_i750		0.960		
	res_i1000		0.878		
	res_i1500		0.683	0.696	
	비주거밀도	도넛버퍼			
nres_250		0.894			
nres_500		0.955			
nres_750		0.680			
nres_1000				0.805	
nres_1500				0.828	
원형버퍼					
nres_i500		0.975			
nres_i750		0.969			
nres_i1000		0.925			
nres_i1500		0.823		0.516	
복합도		원형버퍼			
	rnr_i250				0.520
	rnr_i500				0.858
	rnr_i750				0.933
	rnr_i1000				0.941
rnr_i1500				0.891	
요인 명명		비주거 중심 고밀개발	주거 중심 고밀개발	비도보권 고밀개발	복합적 도시개발

주: '-'는 0.5 이하의 값임.

전까지로 설정하였다. 그 결과, 1 이상의 고유치를 가지는 총 4개의 요인으로 압축되었다(〈표 3〉 참조).

추출된 4개의 요인을 상관성이 없도록 배리맥스 회전한 요인 적재값을 0.5 이상만 표기하여 표로 제시하면 〈표 4〉와 같다. 이들 요인값을 바탕으로 요인에 대한 특성을 파악하면, F1~F3까지는 개발밀도로 특징 지어지며, F4는 주거-비주거 복합도 요인으로 압축되어짐을 알 수 있다. 요인 1(F1)은 반경 500m를 전후로 하여 전체적으로 개발밀도가 높으면서 비주거 밀도가 보다 큰 특징을 가지는 ‘비주거 중심의 고밀개발 형태’라는 특징을 가지고 있다. 요인2(F2)는 전체적으로 250~750m의 개발밀도가 높으면서 주거 중심의 개발밀도가 높은 ‘주거 중심형 고밀개발 형태’로 명명할 수 있다. 요인3(F3)은 주거와 비주거 용도 모두 반경 500m 바깥으로 개발밀도가 높다는 특징을 가지고 있기 때문에 ‘비도보권역 고밀개발 형태’로 명명할 수 있다. 마지막으로 요인4(F4)는 토지이용 복합도가 높은 변수들이 모두 높은 값을 지니는, 즉 주거-비주거 용도의 복합도가 높은 ‘복합적 도시개발 형태’의 특징을 가지고 있다고 할 수 있다.

## 2. 다중공선성 진단

다수준 선형회귀모형으로 결과를 도출하기 이전에 선형회귀분석을 통하여 최종 모형에 포함된 변수들의 다중공선성을 진단하고자 한다. 다중공선성 진단 결과 대부분 분산팽창계수(Variation Inflation Factor: VIF)의 값이 2보다 작은 값을 보이고 있기 때문에 변수 간 다중공선성이 없다고 최종 결론을 지을 수 있다.

표 5\_TOD 계획요소의 선형회귀모형 분석 및 다중공선성 진단

변수명		Coef.	t	VIF
토지 이용	비주거 중심 고밀개발 요인	0.462***	10.98	1.120
	주거 중심 고밀개발 요인	0.213***	4.8	1.240
	비도보권 고밀개발 요인	0.253***	5.43	1.380
	복합적 도시개발 요인	0.083***	2.07	1.020
시청으로부터의 거리		0.000***	-5.61	1.830
철도 유형	도시철도 연장선	-0.028	-0.17	1.240
	광역철도	-0.095	-0.81	1.400
	지역 간 철도	-0.414***	-2.83	1.650
	상수	9.481***	114.79	

주: 1) p < 0.01 is \*\*\*, p < 0.05 is \*\* and p < 0.1 is \*.  
2) reference variable(준거변수): 도시철도.

## IV. 최종 모형 구축과 분석 결과 해석

### 1. 분석모형 구축과 귀무모형 결과 해석

최종 분석모형은 역세권 반경별 버퍼 형태와 토지이용 복합도에 요인분석을 통하여 압축된 요인과 함께 도심(여기서는 시청역)으로부터의 거리를 통제변수로 포함한 것이다. 또한 최종 분석모형에서는 앞서 분류한 철도유형을 더미로 처리하여 이들 유형별로 철도역 이용자수에서의 유의한 차이가 있는지를 살펴보고자 한다. 최종 모형은 수도권 전체 모형과 철도유형(도시철도, 도시철도 연장선, 광역철도, 지역 간 철도)별로 구별하여 각각 구축하고 그 결과를 비교하였다.

최종 모형을 분석하기 이전에 상수항만 포함된 귀무모형의 분석 결과를 통하여 설명변수의 수준별 잔차의 값을 비교함으로써 노선별 효과의 유의성을 진단하고자 하였다. 귀무모형의 분석 결과 전체 모형에서는 노선의 속성이 철도역 이용자수의 39.2%를 차지하고 있으며, 이를 철도유형별로 살펴볼 때, 광역철도가 가장 높으나, 도시철도 연장선의 노선 특성에 의한 이용자수의 차이는 거의 없는 것으로 볼 수 있다.

표 6\_수도권 전체 모형과 철도유형별 귀무모형의 분석

구분	전체 모형	도시철도	도시철도 연장선	광역철도	지역 간 철도
1수준 분산	0.7384	0.6382	0.5341	0.6047	1.2521
2수준 분산	0.4762	0.1772	0.00	0.3229	0.5224
2수준 잔차 분산 설명력	39.2%	21.74%	0.0%	34.8%	29.44%

즉, 도시철도 연장선에 해당하는 철도역만을 대상으로 하였을 경우에는 2개 노선밖에 없으면서도 분석 대상이 되는 철도역수가 많지 않기 때문에 이러한 결과를 가져올 수 있다고 판단된다. 결과적으로 도시철도 연장선 모형을 제외하고는 다른 철도유형별 모형에서 노선의 특성에 의해서도 철도 이용수요의 유의한 차이를 설명하고 있기 때문에 2수준 모형에서 노선 속성에 대한 적절한 변수를 추가로 투입할 필요가 있음을 시사한다.

## 2. 분석 결과의 해석

### 1) 전체 모형의 분석 결과와 해석

전체 모형을 철도유형 더미를 배제한 모형과 이를 포함한 모형으로 구분하여 분석 결과를 제시하였다. 앞서 언급한 바와 같이 1수준은 철도역 속성으로 총 388개 역이, 2수준은 철도노선 속성으로 다수준 회귀분석을 수행하였으며, 그 결과는 <표 7>과 같다.

여기에서 분석대상이 된 2수준의 철도노선 군집은 총 20개임을 보여주고 있으며, 철도유형을 더미로 처리한 모형과 비교하여 볼 때, TOD 계획요소의 4개 요인

과 시청으로부터의 거리에 대한 분석 결과가 두 모형에서의 유의성과 방향성에 있어 차이를 보이고 있지 않음을 알 수 있다. 철도 유형을 더미로 처리한 모형(모형2)의 분석 결과를 살펴보면, 도심으로부터의 거리를 통제한 상태에서도 토지이용의 특성을 나타내는 4개의 요인 모두 통계적으로 유의함을 알 수 있다.

토지이용과 관련된 TOD 계획요소인 4개 요인에 대한 분석 결과를 해석하면 다음과 같다. 첫째, 요인 1은 도보권에 해당하는 역세권에서 비주거 용도의 고밀복합개발을 의미하는 것으로 회귀계수가 정(+ )의 값을 가지고 있으면서 다른 요인들에 비하여 높은 값을 보이고 있다. 둘째, 요인 2는 주거 중심의 고밀개발 형태를 나타내는 특성이며, 이 요인 또한 철도역 이용자수의 증대에 기여하는 결과를 보이고 있다. 셋째, 요인 3은 도보권역 밖의 주거와 비주거 모두 고밀개발의 형태를 보이는 특성이며, 이 분석 결과에서는 철도 이용의 증대에 도보권역 밖의 고밀개발

표 7\_TOD 계획요소의 철도 이용수요 증감 효과에 대한 수도권 전체 모형 분석

변수명	모형1		모형2		
	Coef.	t	Coef.	t	
비주거 중심 고밀개발 요인	0.416***	10.55	0.409***	10.54	
주거 중심 고밀개발 요인	0.233***	5.89	0.202***	5.15	
비도보권 고밀개발	0.183***	4.08	0.226***	5.44	
복합적 도시개발	0.084**	2.31	0.082**	2.34	
시청으로부터의 거리	-0.00002***	-5.72	-0.00002***	-4.71	
철도 유형	도시철도 연장선	-	-	0.018	0.1
	광역 철도	-	-	-0.096	-0.75
	지역 간 철도	-	-	-0.442***	-2.96
상수	9.430***	63.48	9.530***	93.51	
모형 통계량	1수준 분산	0.467		0.452	
	2수준 분산	0.184		0.162	
	log likelihood	-422.016		-418.681	
	1수준 단위수	388		388	
	2수준 단위수	20		20	

주: 1) 철도유형의 준거변수는 도시철도임.

2) p < 0.01 \*\*\*, p < 0.05 \*\*, p < 0.1 \*.

도 중요한 결정 요인임을 보여주고 있다. 넷째, 요인 4는 철도 역세권에서의 주거와 비주거 용도의 복합도가 높은 특성을 보이는 요인으로, 이 요인도 철도 이용의 증대에 유의한 영향을 주는 것으로 분석되었다.

기타 다른 변수들에 대한 분석 결과를 해석하면, 먼저 시청으로부터의 거리(m) 변수의 분석 결과는 시청으로부터 원거리에 위치할수록 철도역 이용자가 적게 됨을 의미한다. 그리고 철도 유형 더미 분석 결과에서는 도시철도 유형에 비하여 도시철도 연장선과 광역철도 유형에서 이용자수의 차이가 없으나 광역철도와 지역 간 철도에서는 차이가 있음을 보여주고 있다. 회귀계수 값으로 판단할 때, 지역 간 철도는 도시철도에 비하여 평균적으로 약 2.96% 적은 철도 이용수요를 가지고 있음을 분석 결과는 보여주고 있다.

## 2) 철도 유형별 분석 결과

수도권 철도유형별로 분석한 결과를 요약하면 <표 8>과 같다. 먼저, 수도권 전체 모형과 비슷한 패턴을

보이는 모형은 도시철도 모형(모형3)이며, 다른 철도 모형은 변수들의 통계적 유의성에 있어서 차이를 보이고 있다.

도시철도 모형(모형3)에서는 4개의 요인 모두 통계적으로 유의하면서 철도 이용수요 증대에 긍정적인 영향을 주는 것으로 분석 결과는 보여주고 있다. 도시철도 연장선 모형(모형 4)에서는 도보권 내의 비주거 고밀개발 형태(F1)에서 통계적으로 유의하지 않았다. 그러나 모형4에서 이용한 철도역수 자체가 상대적으로 적어(30개) 이러한 분석 결과를 충분한 신뢰성을 갖고 해석하기에는 주의를 요한다. 광역철도 모형(모형 5)에서는 비주거 고밀개발 형태(F1)를 제외하고는 통계적으로 유의하지 않으며, 이러한 결과는 도시철도 연장선 모형과 비교할 때 통계적 유의도 측면에서 정반대의 결과를 보여주고 있다. 마지막으로 지역 간 철도 모형(모형 6)에서는 도보권역 내 주거 및 비주거 고밀개발(F1과 F2)만 통계적으로 유의하였다. 광역철도와 지역 간 철도의 순기능이 크게 다르지 않으나 지역 간 철도가 지나는 노선과 역 주변 지역의 경우 도보권역 내에서 오랫동안 개발이 이루어

표 8\_ 철도유형별 철도 이용수요와 TOD 계획요소와의 연관성에 대한 분석

변수명	도시철도(모형 3)		도시철도 연장선(모형 4)		광역철도(모형 5)		지역 간 철도(모형 6)	
	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t
비주거 중심 고밀개발 요인	0.421	10.68			0.553	3.08	0.484	3.25
주거 중심 고밀개발 요인	0.167	3.81	0.418	4.4			0.757	3.66
비도보권 고밀개발 요인	0.272	4.33	0.382	4.06				
복합적 도시개발 요인	0.102	2.59	0.219	2.01				
시청으로부터의 거리	0.000	-3.24	0.000	-2.77			0.000	-2.21
상수	9.607	72.28	9.796	32.18	9.022	37.15	9.288	39.21
1수준 분산	0.361		0.186		0.530		0.582	
2수준 분산	0.105		0.000		0.319		0.980	
log likelihood	-213.284		-17.3177		-92.219		-66.103	
1수준 단위수	224		30		79		55	
2수준 단위수	10		2		5		3	

주: 설명변수가 p < 0.05인 회귀계수만을 제시하였음.

어져 왔다. 이런 연유로 광역철도 모형에서는 통계적으로 유의하지 않게 나타난 주거 중심 고밀개발 요인(요인 2)이 지역 간 철도 모형에서는 유의하게 나타난 것을 알 수 있다. 따라서 두 철도유형 간에 역 주변 토지이용과 도시개발 패턴의 차이가 존재하는 것으로 해석할 수 있다.

## V. 시사점 및 정책적 함의

수도권 철도역별 이용자수와 TOD 계획요소와의 관계를 분석한 결과를 토대로 이들 간의 연계 강화에 대한 시사점을 대별하면 다음과 같다. 첫째, 수도권 광역철도를 중심으로 TOD 개발을 추진할 때 도보권 내에서의 개발과 함께 도보권 이외의 반경 1,500m 이내에서의 개발밀도도 중요함을 보여주었다. 이는 기존 서울시만을 대상으로 분석하였던 기존 연구에서 그 영향권이 500m라는 것을 가정하기보다는(박지형 외, 2008; 손의영 외, 2009; 문영일·노정현, 2012; 이주아 외, 2012) 보다 넓은 범위의 토지이용 패턴을 고려해야 함을 보여주는 것이다.

둘째, 도시철도와 도시철도 연장선의 경우는 개발 밀도도 중요하지만 복합도 증진을 추구할 때보다 철도역 이용자수를 늘리는 데 큰 효과가 있을 것으로 기대할 수 있음을 분석 결과는 보여주고 있다. 이외의 철도유형에서는 복합적 개발의 통계적 유의성이 없게 나타나고 있다.

셋째, 광역철도의 유형별로 TOD와 연계하여 철도 이용수요를 증대시키고자 할 때 전략적으로 차별화된 접근이 필요함을 분석 결과는 보여주고 있다. 도시철도 연장선의 철도역에서는 비주거 고밀개발을 유도하는 것이 바람직하다. 광역철도에서는 도시철도 연장선과 반대의 전략을 수립할 필요가 있다. 특히 주거 중심의 고밀개발과 함께 주거와 비주거 용도의 복합적 개발을 도모하는 것이 보다 효과적임을

보여주었다. 또한, 광역철도에서는 도보권 내에서 주거용도 중심의 고밀개발과 도보권 밖의 비주거용도 고밀개발을 추진함으로써 개발밀도 증대에 따른 이용수요 증진과 복합개발의 효과도 증진하는 종합적 전개가 중요하게 나타났다. 마지막으로 지역 간 철도 유형에서는 비도보권역의 고밀개발을 비주거용 중심으로 개발함으로써 주거 중심의 도보권 내 개발과 연계한 복합용도 개발을 추진하게 될 경우 그 효과가 증진될 것으로 예상된다.

향후 수도권 범위 내에서 도시 내부와 외부의 철도를 구분하여 세분화된 모형을 정립한다면 보다 구체적인 개발전략을 공간적 특성에 맞춰 도출할 수 있을 것이다. 나아가 밀도(density)와 토지이용 복합도(diversity) 이외에 도시설계(design) 요소를 반영할 수 있는 모형을 개발한다면 보다 세밀한 차원에서 공간개발의 특성과 철도이용 간의 관계에 대해 이해할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 문영일·노정현, 2012. “구조방정식을 활용한 서울시 도시철도 역세권의 대중교통 이용수요 인과관계 모형개발”. 국토계획 제47권 제1호, pp149-160.
- 박지형·노정현·성현곤, 2008. “구조방정식모형을 활용한 TOD 계획요소의 대중교통 이용효과 분석: 서울시 역세권을 중심으로”. 국토계획 제43권 제5호, pp135-151.
- 성현곤·김영국·이주연, 2012. 수도권 광역철도와 TOD 연계 강화 전략. 서울: 한국교통연구원.
- 성현곤·박지형·정주희, 2010. 도시개발사업의 선대중교통-후 개발 체계 정립에 관한 연구. 서울: 한국교통연구원.
- \_\_\_\_\_, 2013. “수도권 광역철도 이용수요와 통행행태 연관성에 관한 연구”. 국토계획 제48권 제1호, pp165-179.
- 손의영·김재영·정창용·이중훈, 2009. “역세권을 반영한 도시철도 역별 수요추정 모형 개발”. 대한교통학회지 제27권 제2호, pp15-22.
- 이연수·추상호·강준모, 2011. “서울시 지하철 역세권의 공간적 범위 설정과 특성분석”. 국토계획 제46권 제7호, pp57-72.

이주아 · 박진아 · 구자훈. 2012. “대중교통 기반시설여건 대비 토지이용강도 분석을 통한 서울시 도시철도 역세권의 개발 여건 분석 - 서울시 지구중심 이하 역세권을 중심으로”. 국토계획 제47권 제6호, pp97-107.

이창무 · 김홍순 · 김미경. 2007. “역세권 개발과 수도권 공간구조 재편”. 국토계획 제42권 제6호, pp67-88.

최막중. 2003.10.15. “수도권의 계획적 개발과 관리를 위한 공간구조재편 전략계획의 필요성과 방향”. 대한국토·도시계획학회. 대한국토·도시계획 세미나: 수도권 신도시 개발 방향. 서울: 건설서관.

Brown, B., Yamada, I., Smith, K., Zick, C., Kowaleski-Jones, L. and Fan, J. 2009. “Mixed Land Use and Walkability: Variations in Land Use Measures and Relationship with BMI, Overweight, and Obesity”. *Health & Place* vol.15, pp1130-1141.

Forsyth, A. and Krizek, K. 2010. “Promoting Walking and Bicycling: Assessing the Evidence to Assist Planners”. *Built Environment* vol.36, no.4, pp429-446.

Gutierrez, J., Cardozo, O. D., Garcia-Palomares, Juan Carlos. 2011. “Transit ridership forecasting at station level: an approach based on distance-decay weighted regression”. *Journal of Transport Geography* vol.19, no.6, pp1081-1092.

Siu V. W., Lambert, W. E., Fu, R., Hillier, T. A., Bosworth, M., Michael, Y. L. 2012. “Built Environment and Its Influences on Walking Among Older Women: Use of Standardized Geographic Units to Define Urban Forms”. *Journal of Environmental and Public Health* vol.2012, pp1-9.

- 논문 접수일: 2014. 4. 8
- 심사 시작일: 2014. 4. 21
- 심사 완료일: 2014. 5. 13

## 요약

주제어: 토지이용패턴, 철도역세권, 대중교통이용수요, 도시개발전략, 대중교통중심개발, 철도유형

본 논문은 수도권 철도역세권을 대상으로 TOD 계획 요소(토지이용 밀도와 다양성 패턴)와 철도역 이용수요와의 관계를 실증분석하였다. 수도권 내 운영되는 다양한 철도 유형별(도시철도, 도시철도 연장, 도시 간 철도, 지역 간 철도) 다수준 회귀모형(1수준-철도역 속성, 2수준-철도노선 속성)을 구축하여 그 관계를 분석하였으며, 설명변수로서 토지이용의 특성을 도출하기 위해 요인분석을 이용하였다. 분석 결과로서, 수도권 철도역세권 개발 시 도보권 내뿐만

아니라 비도보권에서의(반경 1,500m까지) 개발밀도 역시 철도역 이용자수를 증진시키는 데 중요함을 발견하였다. 또한, 도시철도(연장선 포함)의 경우는 개발밀도 외에 토지이용복합도 증진 전략이 효과적이다. 마지막으로, 광역철도의 유형별로 TOD와 연계하여 철도역 이용수요를 증대시키고자 할 때, 철도의 유형(도시철도 연장선, 광역, 지역 간)에 따라 전략적으로 차별화된 접근이 필요하다.