

# 서울시 대중교통 이용 패턴 및 영향요인 분석 연구\*

## Analysis of Transit Ridership Patterns and Influencing Factors in Seoul

김지윤 Kim Jiyeon\*\*, 임수연 Lim Suyeon\*\*\*, 추상호 Choo Sangho\*\*\*\*, 박인기 Park Inki\*\*\*\*\*

### Abstract

The purpose of this study is to classify all districts into several groups based on temporal transit ridership in Seoul and to identify key factors that affect transit ridership by group through multiple regression analysis. First, three groups are identified based on transit boarding and alighting patterns during three peak hour periods, 7~9, 18~20, and 21~23: residential-oriented, activity-oriented, and mixed groups. For example, the residential-oriented group is mainly oriented towards residential areas where the number of transit boarding passengers is high during the morning peak hours, while the activity-oriented group involves more commercial or education/welfare facilities with greater boarding passengers during the afternoon peak hours. Accordingly, regression models are developed by group, considering land usage, demographic and socio-economic, and transit facility variables. The model results show that the effects of these three factors on transit ridership differ among the groups.

Keywords: Smart Card Data, Cluster Analysis, Ridership Pattern, Land Use, Public Transit

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

현재 서울을 포함한 수도권 지역은 대중교통수단 분담률이 약 48.1%에 이르고 있다(수도권교통본부 2013). 이는 비수도권 지역에 비해 압도적으로 높은 수치이며 그만큼 대중교통 이용이 활성화되어 있다는 사실을 뒷받침하고 있다. 수도권의 높은 대중교통

수단 분담률은 거미줄 망과 같이 촘촘히 구성된 대중교통망과 대중교통수단 간 무료환승 혜택에 주로 기인한다. 특히 수도권 전역에 걸쳐 구축된 요금자동징수체계(Automated Fare Collection System: AFC)로 인해 대중교통수단 간 무료환승이 대중교통(스마트) 카드 한 장으로 간편하게 이루어진다는 점 또한 특징이다.

AFC의 도입은 전수 자료에 가까운 대중교통 이용 실적 자료를 수집할 수 있는 기반을 마련하였다는 점

\* 본 논문은 2013학년도 홍익대학교 학술연구진흥비의 지원을 받아 수행된 연구임.

\*\* 홍익대학교 도시계획과 박사과정(제1저자) | Ph.D. Candidate, Dept. of Urban Planning, Hongik Univ. | Primary Author | jykim8891@gmail.com

\*\*\* 홍익대학교 도시계획과 석사과정 | M. S. Candidate, Dept. of Urban Planning, Hongik Univ. | 03lsy03@naver.com

\*\*\*\* 홍익대학교 도시공학과 교수(교신저자) | Prof., Dept. of Urban Engineering, Hongik Univ. | Corresponding Author | shchoo@hongik.ac.kr

\*\*\*\*\* 한국교통연구원 연구위원 | Research Fellow, Korea Transportation Institute | ikpark@koti.re.kr

에서도 주목받고 있다. AFC 도입 이전에는 전국 대상의 가구통행실태조사를 통해 대중교통 이용행태를 간접적으로 파악하는 수준에 그쳤다. 그러나 표본조사라는 점과 지역별로 응답자의 참여도가 편차를 보인다는 점에서 100% 신뢰성을 확보할 수는 없었다. 반면, AFC의 도입 후에는 대중교통카드 이용실적을 통해 전수에 가까운 대중교통 이용 자료를 수집할 수 있다.<sup>1)</sup> 이러한 점에서 대중교통카드 자료는 대중교통 이용 연구에 있어 큰 가치를 갖는다.

현재 대중교통카드 자료는 다양한 분야의 연구에 활용되고 있다. 국내에서는 주로 대중교통 통행패턴 분석, 대중교통 수요, 환승 통행에 미치는 영향요인 등의 연구에 활용되고 있다. 역세권 지역을 대상으로 도시철도 수요에 미치는 영향요인을 규명한 연구에서 적극 활용되었다. 특히 수도권 대중교통수단은 지하철과 버스 간 수단연계가 용이하다는 점에서 환승을 포함한 버스 및 지하철 수단의 이용행태가 함께 검토되어야만 한다. 그러나 지하철 중심의 역세권을 대상으로 한 연구들은 주로 도시철도 자료만을 활용하였다는 점에서 한계가 있다.

이러한 관점에서 본 논문은 서울시 전체 423개 행정동의 대중교통카드 이용실적 자료를 통해 대중교통 이용에 영향을 미치는 요인을 규명하고자 한다. 이를 위해 행정동 단위로 시간대별 승하차 인원을 집계하여 각 행정동의 토지이용 및 사회·경제적 특성과의 인과관계를 검토하고 이를 모형화하였다. 연구에서 활용한 대중교통카드 자료가 버스 및 지하철 이용을 모두 포함하는 자료라는 점에서 선행연구와는 차별화되는 연구 결과 및 시사점을 도출할 것으로 기대한다. 아울러 버스 및 지하철 수단의 승하차 및 환승행태 연구와 복합수단의 수요 추정과 같은 연구 분야

에 일조할 것이라 예상된다.

## 2. 연구의 범위 및 흐름

본 논문에서는 수도권의 2013년 4월 1주일치 자료 중 이용량이 가장 많은 수요일의 자료를 활용하였다. 수집된 자료는 한국스마트카드사를 통해 제공받은 자료로서 경기도를 기점으로 운행되는 버스노선의 자료가 포함되어 있지 않아, 실제 수도권 대중교통 이용건수와는 다소 차이가 발생했다.<sup>2)</sup> 이에 본 논문에서는 서울시 내부에서 발생한 대중교통 통행만을 분석 대상으로 설정하였다.

본 논문의 흐름은 다음과 같다. 대중교통카드 자료를 활용한 선행연구를 종합적으로 검토한 뒤, 본 연구의 착안점을 도출하였다. 이를 바탕으로 대중교통카드 자료수집과 관련된 내용을 소개한 뒤, 기초통계 분석을 통해 이용행태의 특성을 밝혀내고자 하였다. 특히 시간대별 이용 특성을 바탕으로 군집분석을 활용하여 서울시 행정동을 특정 군집으로 분류하였다. 이렇게 분류된 군집을 대상으로 각 시간대별 승하차 수요의 영향요인 규명을 위한 다중선행회귀모형을 구축하였다. 마지막으로는 모형의 정산 결과를 토대로 각 군집별 특성을 도출하고 모형이 갖는 의미와 시사점 등을 요약하여 제시하였다.

## II. 선행연구 검토

### 1. 기존 대중교통카드 관련 연구

교통은 통행자의 목적 달성하기 위해 이동할 때 발생하는 유발 수요의 특성을 가지고 있다. 이는 곧 도시지

1) 수도권 대중교통카드 이용률은 2014년 99.02%임(이미영 2015).

2) 2013년 수도권 대중교통수단 통행량은 2,200만 건임(교통안전공단 2014).

표 1\_ 선형연구의 변수 설정

연구자	독립변수	종속변수
김진, 이민석(2010)	용적률, 주거 대비 상업면적 비율, 주거 대비 업무용도면적 비율, 거주인구	도시철도 이용자수
황정훈(2014)	연계버스노선수, 환승시간	지하철-버스 환승 통행량
오영택, 김태호, 박제진, 노현정(2009)	환승거리, 노선수, 정류장수, 철도역 출입구수	도시철도 이용자수
김동준, 김덕녕, 양재환, 성현곤 외(2010)	토지이용 다양성, 개발밀도, 사업체수, 종사자수, 연계버스노선수	도시철도 이용자수
손동욱, 김진(2010)	교육 수준, 주택보유율, 거주민수, 개발밀도, 자동차 관련 시설, 유흥 시설 등	도시철도 이용자수
이주아, 조무상, 구자훈 (2013)	주거, 근린상업, 일반상업, 업무, 문화관광, 교육, 판매시설, 숙박위락, 기타상업, 서비스업, 공공업무, 일반 업무, 문화, 관광	시간대별 도시철도 이용자수
이은아, 손의영, 김설주, 황보연(2013)	근린생활시설, 상업시설, 도로면적, 문화집회시설, 업무시설, 가구수, 인구수, 공동주택, 블록 평균 크기, 필지 평균 크기, 단독주택, 창고, 공장, 역사면적, 지하철역수, 버스노선수, 버스정거장수, 교육시설, 판매시설	역세권 유형

역의 기능적 특성과 통행 수요는 서로 연관성이 있음을 의미한다. 전통적인 도시계획 이론에서는 토지이용 계획 혹은 이용 현황을 통해 도시적 기능을 정의하였고, 교통계획 분야에서도 통행 수요를 추정하기 위한 요인 중 하나로 토지이용 현황을 핵심 변수 중 하나로 활용하여 왔다. 따라서 대중교통 분야 역시 지역 특성과 대중교통 수요의 관계를 연구한 사례가 많았으며, 현재까지도 관련 연구가 활발히 수행되고 있다. 특히 AFC의 도입으로 인한 대중교통카드 데이터의 출현은 기존에는 불가능했던 대규모 대중교통 이용 실적 자료를 획득할 수 있는 발판을 마련하였으며, 많은 연구자들이 대중교통카드를 활용한 연구를 진행하고 있다.

대중교통카드를 활용한 연구는 통행패턴의 분석, 대중교통 서비스 수준 관련 연구, 환승 통행 연구, 토지이용과 대중교통 간의 관계 등의 연구가 주로 이루어지고 있다.

국내의 대중교통카드 관련 연구는 주로 역세권의 토지이용 현황과 도시철도 이용수요를 대상으로 설정한 사례가 많았다(표 1) 참조). 김진, 이민석(2010)은 서울시 역세권을 대상으로 한 지하철 이용

수요 영향요인 연구를 통해 용적률, 주거 대비 상업 면적 비율, 주거 대비 업무용도면적의 비율이 높을수록, 거주인구가 많을수록 지하철 이용수요가 증가한다는 사실을 규명하였다. 황정훈(2014)은 대중교통 카드 자료를 활용하여 지하철-버스 간 환승 통행량에 영향을 미치는 요인을 연구하였으며, 지하철역사에서 연계되는 버스노선의 수가 많을수록 지하철 수요가 증가하는 것을 확인하였다.

특히 연구의 공간적 범위로 설정한 역세권을 특성에 따라 유형화하여 유형별 역세권의 토지이용 특성을 고찰한 연구의 비중이 높았다.

오영택, 김태호, 박제진, 노정현(2009)은 역세권을 토지이용 특성에 따라 주거지역과 비주거지역으로 나누고, 대중교통 환경 특성이 대중교통 수요에 미치는 영향을 분석하였다. 주거지역과 비주거지역 역세권 모두 환승거리가 짧을수록, 노선수, 정류장수, 철도역 출입구수가 많을수록 대중교통 수요가 증가함을 규명하였다.

김동준, 김덕녕, 양재환, 성현곤 외(2010)는 서울시 142개 지하철역 역세권을 용도별 건축물 연상면

적 비율과 대중교통 승하차 이용 인원을 기준으로 주거 중심과 비주거 중심 지역으로 구분하여 수요예측 모형을 개발하였다. 두 지역에서 공통적으로 토지이용의 다양성과 개발밀도가 높을수록, 사업체수, 종사자수, 지하철 연계 버스노선수가 많을수록 철도수요에 양의 영향을 미치는 것을 규명하였다.

손동욱, 김진(2010)은 서울시 역세권을 개발용량 기준으로 주거 중심과 비주거 중심으로 구분하고, 대중교통 이용에 지역의 교육 수준, 주택보유율, 거주민수, 개발밀도, 자동차 관련 시설, 유흥시설 등 토지이용 및 건축물 관련 변수들이 미치는 영향을 분석하였다.

이주아, 조무상, 구자훈(2013)은 역세권을 각 지역의 토지이용 특성에 따라 업무 중심, 상업 중심, 교육 중심, 주거 중심, 주거 위주 복합으로 나누었으며, 각 권역에서의 대중교통 수요와 토지이용의 상관관계를 연구하였다. 연구 결과 업무 중심 지역은 업무시설의 면적이 오전첨두시간의 하차 이용률과 오후첨두시간의 승차 이용률에 양의 영향을 미치지 않지만, 주거 중심 지역의 경우 주거용도시시설의 면적이 오전첨두시 하차 이용률 및 오후첨두시 승차 이용률과 음의 상관관계를 가짐을 보였다. 이는 업무 중심 지역에서는 오전첨두에 하차가 집중되고 오후첨두에 승차가 집중되는 반면, 주거 중심 지역은 반대의 특성을 보이는 것을 의미한다.

이정우, 고주연, 전상우, 전철민(2015)은 서울시 지하철역사의 시간대별 승하차 이용자수의 패턴을 기준으로 오전승차 집중, 오전환승 집중, 승하차 동일 수요, 오후수요 집중, 유동 통행 집중권, 오전하차 집중권으로 구분하였고, 다항로지모형을 통해 6개 유형의 역세권과 토지이용의 관계를 규명하였다. 연구 결과 오전승차 집중지역은 주거가 밀집된 지역, 오전하차 집중지역은 고용, 산업시설, 환승시설, 버스 접근성이 밀집된 지역임을 밝혔다.

이와 함께 역세권의 범위를 정의하는 기준을 연구한 사례도 있었다. 이연수, 손동욱(2012)은 서울시내

지하철역 223개소를 대상으로 역세권 범위에 따른 지하철 이용수요 예측 모형을 개발하였다. 범위에 따라서 버스정류장수 및 가구수, 종사자수, 대학생수가 많고 토지이용 엔트로피지수, 지가가 높을수록 지하철 이용수요가 증가하고, 가구당 승용차대수, 초중고 학생수 등은 음의 영향을 미침을 규명하였다.

이은아, 손의영, 김철주, 황보연(2013)은 행정동 기반의 도시철도 수요 추정 문제점을 해소하기 위해, 역세권 기반의 도시철도 수요 추정이 필요하다는 점을 지적하였다. 이에 따라 역세권 범위에 대한 추정모형을 개발하였으며, 역세권 설정 영향요인은 역사 인구 분포 범위의 계수가 가장 큰 영향을 미침을 규명하였다.

대중교통 이용과 지역 특성, 토지이용 간의 관계를 연구한 사례는 국외에서도 발표되었다. Zhou and Ying(2013)은 베이징 대중교통카드 자료를 활용하여 통근자의 통행패턴을 분석하였다. 이를 통해 발견된 직주불균형이 극심한 도시지역을 토지이용 특성에 따라 다섯 가지 유형으로 분류하고, 직주불균형 발생 원인을 연구하였다. Medina and Alex(2013)는 대중교통카드 자료와 가구통행실태조사, 건축물 정보를 바탕으로 하여, 업무지역의 실시간적 용량을 산정하는 방안을 연구하였다. Shi and Hangfei(2014)는 중국 선전시의 대중교통카드 자료를 활용하여, 대중교통 이용자들의 통행패턴을 분석하고, 주거중심 지역에서는 오전승차가 집중되고, 도심지에서는 오전하차가 집중되는 것을 밝혔다.

## 2. 본 연구의 착안점

선행연구의 검토 결과, 대중교통 수요와 토지이용의 관계를 연구함에 있어 지하철 수단을 기준으로 역세권 범위를 설정하여 지하철 수요와 토지이용 특성 간의 관계를 규명한 유형이 주를 이룬다는 사실을 확인

하였다. 이 중에서도 역세권을 토지이용, 또는 개발 현황을 기준으로 유형화하여 각 유형의 특징에 따른 대중교통 이용수요 영향요인을 구분한 유형의 연구가 높은 비중을 차지하였다. 이는 지역의 특징에 따라 대중교통의 이용에 영향을 미치는 요인과 그 영향력이 서로 다르다는 점을 인식하고, 연구를 통해 그 관계를 규명하였다는 점에서 의의가 있다. 특히 최근에 이뤄진 연구에서는 대중교통 수요의 시계열 변화에 따른 특성까지 고려한 연구 결과를 제시하였다. 선행 연구의 분석 범위와 방법은 지역의 기능, 특성과 시간대에 따라 달라지는 도시교통의 특징을 반영한 연구라는 점에서 큰 의의를 갖는다.

그러나 선행연구는 지하철 수단을 중심으로 역세권에 한정하여 분석을 수행하였으며, 대중교통 수요의 분석에 있어 버스 이용수요를 고려하지 못한 한계가 있다. 서울시의 대중교통은 도시철도와 버스수단 간의 환승이 자유로우며 관련 인프라가 잘 갖추어져 있기 때문에 별도의 수단이 아닌 하나의 통합된 대중교통수단으로 정의할 필요가 있어, 지하철과 함께 버스 수단은 필수적으로 고려되어야 한다.

이에 본 논문에서는 도시철도 및 버스 수단을 모두 포함하여 서울시 대중교통 이용수요를 분석하였다. 분석단위는 기존의 연구들과 같은 역세권이 아닌 서울시 행정동으로 설정하였으며, 이를 통해 역세권에서 확장된 범위의 대중교통 수요와 지역 특성의 관계를 규명하고자 하였다. 특히 선행연구에서 밝힌 지역별 대중교통 수요의 시간대별 변화를 본 연구의 착안점으로 설정하여 첨두시간의 승하차 패턴을 기준으로 행정동을 유형화하였다. 이를 통해 단순히 1일 통행 발생 도착량으로는 확인되지 않는 지역별 차이점을 구별하고, 각 지역의 대중교통 통행 수요에 영향을 미치는 토지이용, 사회경제지표, 대중교통 현황의 요인을 규명하였다. 본 논문은 대중교통 영향요인 분석에 있어 도시철도의 수요뿐만 아니라 버스 수

단의 수요를 고려하였다는 점과 역세권이 아닌 서울시 전체 지역을 연구의 공간적 범위로 설정하였다는 점에서 선행연구와 차별화될 수 있다.

### III. 서울시 대중교통 이용 특성과 행정동 유형 분류

#### 1. 자료의 수집

본 논문에서 분석에 활용한 자료는 한국스마트카드사가 제공한 2013년 4월 17일 수요일의 결제 자료 중 서울시를 기중점으로 하는 약 1,300만 건의 대중교통카드 결제 자료다. 분석단위는 서울시내 행정동 423개로 설정하였으며, 승하차 통행을 행정동 단위로 집계하여 종속변수로 활용하였다. 승하차량 집계시 최초 승차와 최종 하차까지 일련의 통행을 하나의 목적 통행으로 간주하여 집계하였다. 이는 환승 통행 발생과 통행 최초 발생지·최종 도착지를 구분하여 연구하고자 하였기 때문이다.

독립변수의 경우 크게 토지이용변수, 사회경제지표변수, 대중교통변수로 구분되며 분석단위에 적합하게 행정동 단위로 수집하여 분석에 활용하였다(〈표 2〉 참조).

토지이용변수는 건축물 연상면적 데이터를 활용하였으며, 총 40개 유형의 건축물 용도별 연상면적을 각 건축물 용도에 따라 주거시설, 상업시설, 업무시설, 교육시설, 산업시설, 문화복지시설, 기타시설로 구분하였다(〈표 3〉 참조). 이는 각 유형의 군집 특성에 따른 토지이용의 차이와 이에 따른 기능적 특성을 설명하기 위함이다. 또한 토지이용 엔트로피지수를 산출하여 지역의 토지이용 복잡도를 측정하고 변수로 활용하였다.

사회경제지표는 연령별 인구, 인구밀도, 종사자 수, 자동차등록대수, 지방세과세액 등을 변수로 고려

표 2\_ 독립변수의 구성

유형	변수명	단위	출처(연도)
토지 <sup>1)</sup> 이용	주거시설연상면적	m <sup>2</sup>	KLIS 과세대장 데이터 (2008)
	상업시설연상면적		
	업무시설연상면적		
	교육복지시설연상면적		
	산업시설연상면적		
	문화집회시설연상면적		
	기타시설연상면적		
토지이용 엔트로피지수	-		
사회 경제 지표	연령별 인구	인	서울통계 DB
	인구밀도	인/ha	
	종사자수	인	
	자동차 등록대수	대	
	지방세납부액	원	
	행정동 면적	m <sup>2</sup>	
대중 교통 서비스 <sup>2)</sup>	지하철역수	개소	KLIS 과세대장 데이터 (2008)
	지하철 서비스 범위	%	KTDB
	버스정류장수	개소	
	버스 서비스 범위	%	

주: 1) 토지이용 변수는 2008년도 기준 자료만 활용 가능하여 본 논문에서는 토지이용의 형태가 크게 변하지 않는 것을 가정하고 이 자료를 활용하였음.

2) 지하철역 변수는 대중교통카드 자료 기반 정보를 통해 2013년 기준으로 수정하여 활용함.

하였다. 이들 변수는 지역의 사회경제적 특성을 통제하기 위해 포함하였다.

마지막으로 대중교통 서비스변수는 행정동별 지하철 역수와 버스유형별 정류장수 및 지하철역·버스정류장 위치를 기반으로 한 대중교통 서비스면적을 활용하였다. 지하철의 경우 일반역과 환승역을 구분하여 환승역에 가중치가 더해지도록 노선을 구분하여(예: 1호선, 2호선 등) 집계하였다. 비슷한 방식으로 버스정류장의 경우 광역버스, 좌석버스, 간선버스, 지선버스, 마을버스 등 각 버스의 등급이 다양하므로, 각각의 등급을 고려한 버스정류장수를 변수로 채택하였다. 지하철역/버스정류장 서비스 면적의 경

표 3\_ 토지이용 유형의 구분

토지이용 유형	건축물 유형
주거시설	단독주택, 공동주택, 연립주택, 다중주택, 다세대주택, 아파트, 기숙사
상업시설	근린생활시설, 제1종·제2종 근린생활시설, 판매시설, 판매 및 영업시설, 운동시설, 숙박시설, 독서실
업무시설	업무시설, 교정 및 군사시설, 공공용시설, 공공업무시설, 방송통신시설
교육복지시설	교육연구시설, 교육연구 및 복지시설, 의료시설, 노유자시설, 수련시설
산업시설	창고시설, 공장, 위험물저장처리시설, 묘지 관련 시설, 운수시설, 분뇨·쓰레기처리시설, 발전시설, 자동차 관련 시설
문화집회시설	위락시설, 문화 및 집회시설, 종교시설, 교회, 관광휴게시설
기타시설	동·식물 관련 시설
토지이용 엔트로피지수	$-\sum_i p_i \ln p_i / \ln n$ $p_i$ : 토지이용 유형 $i$ 의 면적 비율, $n$ : 토지이용 유형수

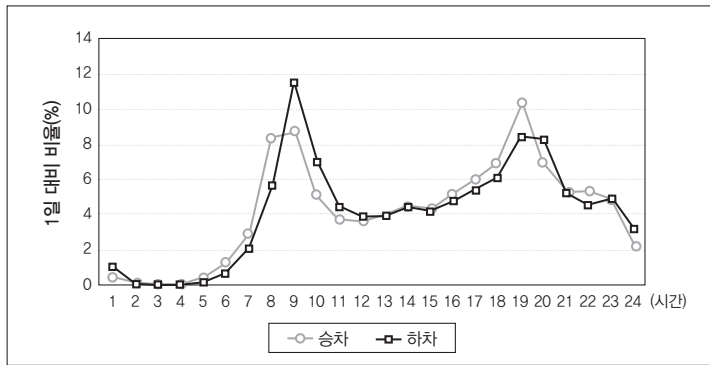
우, 지하철역으로부터는 반경 500m, 버스정류장으로부터는 반경 400m를 각각의 대중교통 서비스 범위로 설정하고, 각 행정동에서 서비스 범위가 차지하는 비율을 변수로 설정하였다. 이는 각 행정동의 대중교통 접근성 및 서비스 수준을 반영하기 위함이다.

## 2. 서울시 대중교통 이용 특성

### 1) 시간대별 승하차 분포

서울시 대중교통 이용의 시간대별 분포는 <그림 1>과 같이 전형적인 오전·오후첨두를 보이고 있다. 오전 7~8시에는 일 통행량의 19.2%가, 오후 18~20시에는 16.1%가 집중된다. 특히 통행의 집중도를 보면, 오전승차의 경우 7~9시까지 첨두를 보이나, 오전하차는 8~9시에만 첨두를 보인다. 이는 출퇴근으로 인한 교통 수요의 집중 형태로 다른 많은 도시들에서도 나타나는 패턴이다.

그림 1\_ 서울시 시간대별 승하차 통행량 분포



## 2) 시간-지역별 통행 분포

시간대별 승하차 분포를 보면, 승차 첨두와 하차 첨두 사이에 30분 가량의 시간 차이가 나타나고 있으며, 이를 지역별로 나누어 보면 몇 가지 주목할 만한 사실이 발견된다.

〈그림 2〉는 각 행정동의 1일 대비 시간대별 통행량의 비율을 나타낸 그림으로 음영이 짙은 지역일수록 해당 시간대에 대중교통 이용이 집중됨을 의미한다. 오전·오후첨두 시간대로 나눈 승차와 하차의 분포를 보면 지역적 분포가 뚜렷하게 드러난다. 오전첨두인 7~9시를 보면 승차가 집중되는 지역은 시외곽 지역으로 고르게 분포한 반면, 하차가 집중되는 지역은 도심권으로 집중되는 패턴을 보인다. 이는 오전 시간에는 출근 통행이 많이 발생하므로 영등포구 여의도동, 중구, 강남구, 금천구 가산동 등 업무지역에서 오전의 하차 통행이 집중되는 모습을 반영하고 있다. 이러한 승하차 사이의 분포 차이는 점차 사라지며, 비첨두 시간인 14~16시에는 오전첨두에 하차가 집중되었던 지역이 많이 사라지고, 강남지역의 집중도는 크게 떨어진다. 퇴근 시간인 18~20시가 되면 오전 첨두에 보였던 승하차 분포 패턴이 정확히 반대로 나타난다. 승차 집중 지역은 도심과 부도심 지역에 분포하고 있으나, 하차 집중 지역은 시외곽 지역으로

점차 분산된다. 이러한 패턴은 시간이 늦어질수록 더 두드러져 심야인 21~23시가 되면 외곽지역의 하차 집중도가 더욱 높아진다.

일련의 승하차 분포 패턴을 보면 시간대별로 통행이 집중되는 지역이 서로 다른 것을 알 수 있는데, 다수의 선행연구에서는 그 차이를 지역의 유형에 따른 특성 차이로 설명하였다(이주아, 조무상,

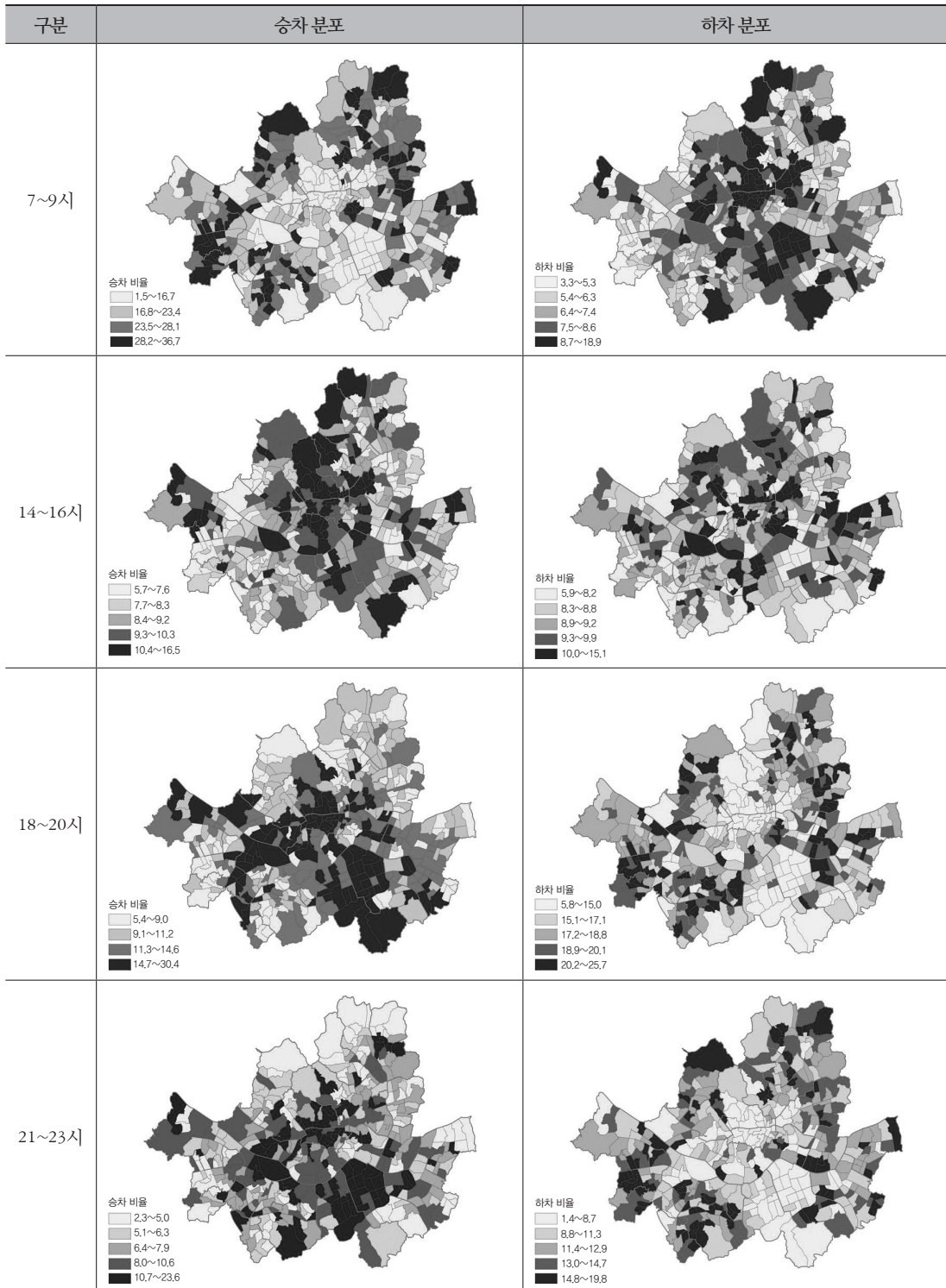
구자훈 2013; 이정우, 고주연, 전상우, 전철민 2015). 즉, 지역적 특성에 따라 시간대별 대중교통 수요가 변화하는 것은 지역의 토지이용 형태에 차이가 있다는 점을 시사하고 있으며, 역세권 범위보다 더 큰 행정동 규모에서도 유사한 현상이 발견되는 것이 본 연구에서 주목한 점이다.

이에 본 논문에서는 시간대별 승하차 통행패턴을 기준으로 서울시 행정동을 유형화하였으며, 각 유형의 특성을 비교분석하고, 각각에서 나타나는 시간대별 대중교통 수요의 영향요인을 규명하였다.

## 3. 행정동 유형 분류

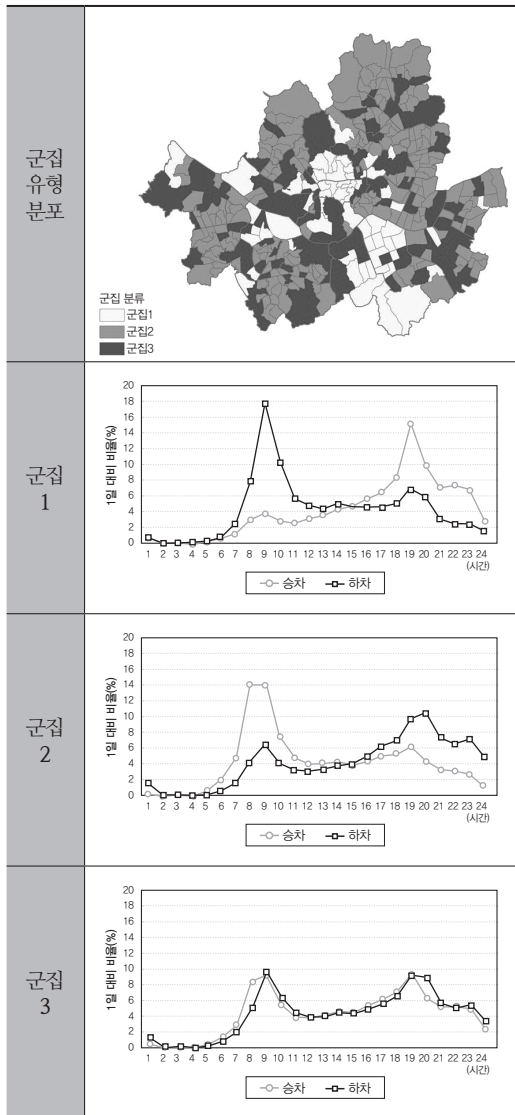
앞서 살펴본 시간대별 승하차 통행의 분포를 통해 오전에는 승차가 오후에는 하차가 집중되는 지역, 오전에는 하차가 오후에는 승차가 집중되는 지역이 있는 것을 확인하였다. 이에 서울시 행정동을 첨두시의 시간대별 승하차 패턴을 활용하여 유형을 구분하였다. 변수는 시간대별 승하차 통행 발생량의 비율(1일 대비)을 기준변수로 설정하였다. 분류분석의 기준이 되는 시간대는 승하차 분포의 차이가 두드러지는 오전첨두 7~9시, 오후첨두 18~20시, 심야 21~23시의 승하차 통행의 비율을 활용하였다. 계층적 분류분석을 통해 적정 군집의 수를 3~4개로 설정하

그림 2\_시간대별 승하차 비율 분포



주: 승하차 통행량 비율은 각 행정동의 24시간 통행량 대비 해당 시간대의 통행량 비율임.

그림 3\_군집별 시간대별 승하차 분포 그래프



고, K-평균 군집분석을 활용해 군집을 최종 분류하였다. 최종군집수는 군집별 관측수를 고려하여 세 개로 나누었다.

군집 1은 오전에 하차가 집중되고, 오후에는 승차가 집중되는 것으로 나타났으며, 군집 2는 오전에 승차가 집중되고, 오후에 하차가 집중되는 것으로 나타났다. 군집 3은 승하차의 분포가 서로 유사한 지역으로 나타났다(〈표 4〉 참조).

표 4\_분류분석 결과(군집 중심)

구분		N	시간대(시)		
			7~9	18~20	21~23
군집 1	승차 비율	61	8,6	20,6	12,9
	하차 비율		24,8	12,4	5,7
군집 2	승차 비율	211	28,0	9,3	5,5
	하차 비율		10,5	19,4	14,2
군집 3	승차 비율	151	18,3	13,6	9,3
	하차 비율		15,2	16,9	10,7

〈그림 3〉에는 행정동 군집 유형을 매핑한 결과와 각 군집의 시간대별 대중교통 이용 분포가 그려져 있다. 가장 밝은 지역이 군집 1, 중간 단계가 군집 2, 가장 어두운 지역이 군집 3을 나타낸다.

군집 1은 주로 강남구, 서초구, 종로구, 영등포구 여의도동 등에 위치하고 있다. 군집 2는 도심부 가장 자리로 둘러가며 위치하고 있으며 동북권과 서남권에 많이 분포하고 있다. 군집 3은 시 외곽과 도심부에 고르게 분포한 모습을 보인다. 이는 업무, 상업, 오피스 등이 밀집된 도심부가 군집 1에 위치하고, 주거 위주 기능을 수행하는 도시 가장자리부가 군집 2에 위치하고 있어 서울시의 도시기능 현황을 잘 반영하고 있다. 군집 3에는 마포구, 동작구 사당동 등 업무·문화시설과 주거시설이 공존하는 지역들이 위치해 있다.

각 군집의 시간대별 승하차 통행량 분포를 보면, 군집 1은 오전의 하차와 오후의 승차 통행이 급격히 집중되는 특성을 보이며, 군집 2의 경우 오전에는 승차가, 오후에는 하차가 다소 집중되는 모습을 보였다. 군집 3은 승하차의 분포가 매우 유사한 모습을 보였다.

각 군집의 토지이용 특성의 차이를 확인하기 위해 각 군집의 건축물 유형별 연상면적의 비율을 비교하였다.

〈표 5〉를 보면 서울시의 건축물 이용특성상 전체

표 5\_ 군집별 토지이용 특성 비교

토지이용 특성(%)	군집 1(활동 중심)		군집 2(주거 중심)		군집 3(주거-활동 복합)	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
주거시설면적 비율	41.7	19.5	79.2	10.8	68.9	14.1
상업시설면적 비율	26.2	13.8	13.9	7.2	19.0	10.6
업무시설면적 비율	4.5	13.7	1.3	1.8	1.8	3.0
교육복지시설면적 비율	1.5	3.0	0.6	4.8	0.5	1.3
산업시설면적 비율	1.7	2.7	1.3	2.6	1.7	4.4
기타시설면적 비율	0.0	0.0	0.0	0.0	0.001	0.008
문화집회시설면적 비율	24.3	16.7	3.8	4.8	8.2	9.0
토지이용 엔트로피지수	55.7	9.1	33.1	10.1	42.5	11.2

군집에서 주거시설의 비율이 높게 나타나는 특징이 있다. 이를 군집별로 나누어 보면, 군집 1은 주거시설 비율이 41.7%로 군집 2, 군집 3에 비해 낮은 수치를 보이고 있다. 군집1은 주거시설 비율이 낮은 만큼 상업시설 비율과 업무시설 비율이 높게 나타나며 문화집회시설의 경우 타 군집에 비해 큰 차이를 보일 만큼 비율이 높게 나타난다. 이는 군집 1에 해당하는 지역의 경우 상업시설과 업무시설, 교육시설, 문화집회시설 등이 위치하고 있어 시민들이 주로 활동하는 기능을 많이 수행하는 활동 중심 지역인 것으로 해석된다.

반면 군집 2의 경우 주거시설 비율이 79.2%로 다른 시설 비율에 비해 압도적으로 많은 비중을 차지하고 있어, 주거 중심 지역의 특성을 잘 나타내고 있다. 군집 3의 비율 분포는 군집 1과는 확연히 차이를 보이지만, 군집 2와는 상당히 유사하다. 군집 3 역시 주거시설 비율이 68.9%로 가장 높은 비율을 차지하고 있지만, 군집 2와 비교할때 상업시설 비율은 5.1%, 문화집회시설 비율은 4.4% 더 높게 나타났다. 즉 군집 3은 군집 1에 비해서는 주거 중심 지역의 특성을 보이지만, 군집 2에 비해 시민들의 활동을 담당하는 기능이 더 풍부한 주거-활동 복합지역으로 볼 수 있다.

각 군집의 차이는 시설물 연상면적을 토대로 한 토지이용 엔트로피지수로 확인할 수 있는데, 군집 1

은 다양한 토지이용이 혼재되어 엔트로피지수가 가장 높게 나타나며, 군집 2는 주거 위주로 구성된 만큼 엔트로피지수가 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 군집 1은 활동 중심, 군집 2는 주거 중심, 군집 3은 주거와 활동이 복합된 군집으로 각각 정의하였다.

#### IV. 대중교통 승하차 수요의 영향요인

앞서 본 시간대별 통행량 분포의 특성과 토지이용 특성에서 나타나는 군집 간의 차이를 통해 각 군집에서 시간대별 대중교통 수요에 영향을 미치는 요인이 서로 다르다는 것을 추측할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 각 군집의 시간대별 대중교통 수요에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 다중선형회귀모형을 구축하였다. 분석에 활용된 종속변수는 시간대별로 집계된 대중교통 승하차량이며, 집계단위는 423개 행정동이다. 시간대별 대중교통 승차량은 유형 분류에 활용된 7~9시, 18~20시, 21~23시의 통행량을 활용하였다. 이는 시간대에 따른 승하차 분포의 변화가 뚜렷한 시간대를 분석함으로써 영향요인을 보다 명확히 규명하기 위함이다.

## 1. 승차 수요 영향요인

〈표 6〉의 승차 통행량에 대한 오전첨두 모형을 살펴 보면, 토지이용변수는 주거시설면적, 업무시설면적, 산업시설면적, 엔트로피지수가 영향을 미치는 것으로 나타났다. 주거시설면적은 상대적으로 주거 기능적 성격이 강한 군집 2와 군집 3에서 유의한 것으로 나타난 반면, 활동 중심 지역인 군집 1에서는 유의하지 않은 것으로 나타나, 오전승차 통행에는 주거기능이 강한 곳에서 통행 발생이 집중됨을 반영하였다. 특히, 토지이용의 복합도를 나타내는 엔트로피지수가 군집 1과 군집 3에서 유의한 변수로 나타났으며, 군집 1에서는 업무시설면적이 양의 계수를, 산업시설면적이 음의 계수를 나타냈다. 이는 곧 오전첨두의 통행 발생이 출근 통행 위주이며, 활동 중심 지역이라는 군집의 특성상 산업기능 위주로 구성된 지역보다는 주거기능이 서로 복합되어 엔트로피지수가 높게 나타나는 지역에서 통행 발생이 집중됨을 의미한다.

사회경제지표의 경우 군집1에서는 고령자비율과 종사자수가 음의 영향을 미쳤고, 군집 2에서는 20~29세 비율의 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 오전승차 통행은 종사자수가 많은 지역보다는 소득과 활동 특성상 20대 거주자가 많은 지역의 대중교통 이용이 많이 발생하는 점을 시사하고 있다.

군집 3은 군집 1과 군집 2의 특성이 혼재되어 있어, 주거시설면적, 엔트로피지수, 20~29세 비율이 모두 양의 영향을 가지며, 종사자수는 음의 영향을 가지는 것으로 나타났다.

다음으로 오후첨두모형을 살펴보면 토지이용변수의 경우 군집 1과 군집 2가 다소 유사한 특성을 보이는 것으로 나타났다. 군집 1에서는 교육복지시설면적이 양의 영향을 미쳤고, 군집 2에서는 상업시설면적, 교육복지시설면적, 문화집회시설면적 모두가

양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 사람들의 활동장소를 제공하는 지역에서 활동이 종료된 후의 통행 발생이 이뤄지는 것을 반영하고 있으며, 군집 1과 군집 2의 토지이용 특성이 서로 다르지만, 오후첨두 시간대에는 그 영향요인이 다소 유사하게 나타나는 것을 보이고 있다.

사회경제지표의 경우 군집 1에서는 종사자수가 양의 계수를, 군집 2에서는 인구밀도와 20~29세 비율이 양의 계수를 가지는 것으로 나타나 서로 차이를 보였다. 이런 차이점은 기본적으로 주거 중심인 군집 2에서는 대중교통 이용률이 높은 20대 거주자가 많은 지역에서 통행 발생이 집중되는 편이며, 반대로 직장이 많이 분포한 군집 1은 그 특성상 종사자수가 많을수록 퇴근 통행이 많이 발생하는 점을 반영한 결과로 해석된다. 군집 3의 경우 교육복지시설, 문화집회 시설 및 20~29세 비율 등 군집 2와 유사한 변수들이 유의한 변수로 나타나 오전첨두 모형과는 달리 군집 2에 가까운 특성을 보이는 것으로 나타났다.

심야 통행의 경우 군집 1은 문화집회시설, 종사자수가 양의 계수를, 산업시설이 음의 계수를 가지는 것으로 나뉘고, 군집 2의 경우 상업시설, 교육복지시설, 20~29세 비율이 양의 계수를 가지는 것으로 나타났다. 이는 오후첨두 시간과 유사한 요인이 영향을 미치고 있는 것으로 볼 수 있다. 군집 3은 주거시설면적, 문화집회시설면적, 20~29세 비율, 종사자수 등이 양의 계수를 가지는 것으로 나타나 군집 1과 군집 3의 복합적인 특성을 가지고 있는 것으로 분석되었다.

대중교통 변수는 지하철역수 및 버스정류장수가 포함되었으며 전 시간대의 모형에서 유의한 것으로 나타났다. 지하철역수의 경우 오전에는 군집 2에서, 오후와 심야에는 군집 1에서 가장 계수가 큰 것으로 나타났다. 이는 대중교통 통행량에 큰 영향을 미치는 지하철의 영향력이 시간대와 지역에 따라 서로 달라

표 6\_ 승차 통행 모형

오전첨두(7~9시) 모형									
구분(N)		전체(423)		군집 1(61)		군집 2(211)		군집 3(151)	
변수		비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value
상수		-764,229	-0.238	-107,443	-0.024	-11,628,640	-1.525	2,959,536	0.755
토지 이용	행정동면적	0.00003	0.427	0.000	-1.047	0.000	0.898	0.000	-1.473
	주거시설면적	0.002**	5.990	0.000	0.544	0.002**	3.032	0.004**	8.173
	업무시설면적	0.002**	3.888	0.002**	3.864	0.001	0.144	-0.001	-0.494
	산업시설면적	-0.009**	-2.892	-0.008**	-2.146	-0.020	-1.652	-0.003	-0.967
	엔트로피지수	0.274	0.028	85,668**	3.211	32,104	1.454	26,895**	2.022
사회 경제	여성 비율	19.704	0.335	32,408	0.446	165,557	1.160	-149,666**	-2.061
	20~29세 비율	152,075**	4.222	-50,754	-0.903	241,443**	3.620	192,585**	5.092
	고령자 비율	-101,321**	-2.299	-350,056**	-3.886	12,249	0.175	66,258	1.357
	종사자수	-0.052**	-5.532	-0.024**	-2.193	-0.081	-1.113	-0.037**	-2.065
대중 교통	지하철역수	1,576,810**	15.499	1,105,861**	7.156	2,536,609**	12.317	1,786,894**	16.284
	버스정류장수	2.911*	1.859	8,563**	4.061	3,531	1.021	0.504	0.292
R <sup>2</sup>		0.504		0.750		0.565		0.776	
F-value		38,041		13,350		23,514		43,817	
오후첨두(18~20시) 모형									
구분(N)		전체(423)		군집 1(61)		군집 2(211)		군집 3(151)	
변수		비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value
상수		-3,523,737	-1.011	-14,582,209	-1.231	-5,846,566**	-2.320	-5,082,147	-1.476
토지 이용	행정동면적	-0.0001	-1.340	-0.0003	-0.961	0.0001**	2.220	-0.0002**	-1.986
	주거시설면적	0.0001	0.126	-0.0002	-0.126	0.0001	0.312	0.002**	4.652
	상업시설면적	-0.001	-1.502	-0.001	-0.517	0.002*	1.864	0.001	0.762
	교육복지시설면적	0.019**	4.945	0.022**	2.566	0.015**	2.034	0.016**	2.523
	문화집회시설면적	0.003**	5.360	0.001	0.654	0.003*	1.906	0.004**	8.538
사회 경제	인구밀도(인/km <sup>2</sup> )	11,001,022*	1.816	-29,312,058	-0.551	6,369,393**	2.452	-927,282	-0.151
	여성 비율	-34,922	-0.543	189,969	0.972	77,269	1.611	-14,239	-0.222
	20~29세 비율	85,611**	2.209	78,809	0.527	110,499**	4.877	269,423**	7.850
	고령자 비율	229,502**	4.680	165,507	0.573	30,857	1.275	147,079**	3.305
대중 교통	종사자수	0.202**	17.318	0.213**	6.424	0.008	0.320	0.025	1.500
	지하철역수	1,897,440**	17.372	3,243,234**	7.345	959,198**	13.936	1,452,578**	14.398
	광역버스 정류장수	18,727**	4.294	23,573**	2.179	-5,947	-1.224	-1,891	-0.321
R <sup>2</sup>		0.874		0.901		0.653		0.820	
F-value		237,059		36,458		31,015		52,480	
심야(21~23시) 모형									
구분(N)		전체(423)		군집 1(61)		군집 2(211)		군집 3(151)	
변수		비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value
상수		-10,868,197**	-3.889	-20,960,228**	-2.268	-4,582,392**	-2.488	-11,016,795**	-3.064
토지 이용	행정동면적	-0.0002**	-2.859	-0.0002	-0.852	-0.000003	-0.109	-0.0001	-1.495
	주거시설면적	0.0001	0.164	0.001	0.514	0.0003*	1.802	0.001**	2.782
	상업시설면적	0.0003	0.418	0.000	0.038	0.002**	3.127	0.001	0.727
	교육복지시설면적	0.005	1.537	0.007	1.076	0.015**	2.693	0.004	0.600
	산업시설면적	-0.008**	-3.260	-0.017**	-2.216	0.000	0.050	-0.002	-0.573
	문화집회시설면적	0.004**	7.058	0.004**	2.304	0.002	1.611	0.003**	5.403
사회 경제	여성 비율	118,198**	2.275	225,679	1.449	61,632*	1.764	92,318	1.350
	20~29세 비율	169,371**	5.315	234,800*	1.939	112,016**	6.761	319,349**	8.703
	고령자 비율	148,353**	3.735	232,295	1.166	7,341	0.415	125,027**	2.602
대중 교통	종사자수	0.113**	11.853	0.095**	3.601	-0.031	-1.627	0.037**	2.113
	지하철역수	1,126,190**	12.296	1,944,030**	5.646	554,373**	10.979	981,471**	9.028
	버스정류장수	6.875**	4.784	14,298**	3.015	-0.195	-0.229	-0.509	-0.299
R <sup>2</sup>		0.825		0.873		0.606		0.709	
F-value		161,183		27,486		25,358		28,032	

주: \*는  $\alpha=.10$ 에서 유의함, \*\*는  $\alpha=.05$  수준에서 유의함.

집을 시사하고 있다. 버스정류장의 경우 군집 2와 군집 3에서는 유의한 변수로 포함되지 않았으나 군집 1에서는 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 오후첨두 시간에서 광역버스정류장의 수가 양의 계수를 가지는 점은 퇴근 통행 시 광역버스를 이용하는 사람이 많은 결과로 해석된다.

## 2. 하차 수요 영향요인

〈표 7〉의 오전첨두모형의 경우, 토지이용변수 중 상업시설면적, 교육복지시설면적, 문화집회시설면적이, 사회경제지표에서는 여성 비율, 20~29세 비율, 종사자수가 영향을 미치는 것으로 나타났다. 군집 1의 경우 교육복지시설면적이, 군집 2의 경우 상업시설면적과 문화집회시설면적이 양의 계수를 보였는데 이는 하차지역이 주거기능보다는 활동기능을 담당하는 지역으로 통행이 유입되기 때문이다. 단, 군집 1은 군집 2와 달리 상업시설면적이 음의 계수를 가졌으며, 이는 출근 통행이 많이 발생하는 오전첨두의 특성상 활동 중심 지역인 군집 1에서 직장으로 통행 유입이 집중되는 특성이 보다 강하게 나타나는 것으로 해석된다.

사회경제지표 역시 군집 1은 종사자수가 양의 계수를, 군집 2에서는 여성 비율과 20~29세 비율이 양의 계수를 가지는 것으로 나타났다. 이는 곧 활동 중심 지역인 군집 1에서는 직장의 수 및 규모와 연관된 종사자수가 많은 지역으로 통행이 집중되고, 주거 중심 지역인 군집 2에서는 인구가 많은 지역으로 통행이 집중되는 것을 시사한다. 군집 3은 주거시설면적, 교육복지시설면적, 문화집회시설면적, 20~29세 비율 등 군집 1, 군집 2와 공통된 요인들이 작용하는 것으로 나타났다.

오후첨두모형에서는 군집 1과 군집 2에서 상당히 유사한 변수가 영향을 미치는 것으로 나타났다.

토지이용변수를 보면 군집 1과 군집 2에서 모두 주거시설면적은 양의 계수를, 상업시설면적은 음의 계수를 가지는 것으로 나타났다. 또한 사회경제지표에서도 20~29세 비율이 두 군집 모두에서 양의 계수를 가지는 것으로 나타났으며, 군집 1에서는 종사자수가 양의 계수를 가지는 차이점이 있었다. 이는 오후첨두에는 퇴근 통행이 주를 이루며 주거지에 통행 유입이 집중되는 점을 반영하고 있다. 군집 3은 주거시설면적, 문화집회시설면적, 20~29세 비율, 고령자 비율 등이 양의 계수를 가지는 것으로 나타나 군집 2와 상당히 유사한 요인이 영향을 미치는 것으로 나타났다.

심야의 경우 군집 1은 토지이용과 사회경제지표 중 종사자수만 유의한 것으로 나타난 반면, 군집 2는 주거시설면적, 상업시설면적, 인구밀도, 20~29세 비율이 유의한 것으로 나타났다. 이는 심야에 군집 1에서는 오후첨두에 영향을 보였던 주거시설 및 20대 인구 비율의 영향이 감소한 반면, 군집 2는 오후첨두와 심야에 거의 유사한 영향요인들이 그대로 작용한 결과를 보였다. 군집 3 역시 오후첨두와 거의 동일한 영향요인이 그대로 작용하는 것으로 나타나 주거 중심 지역의 통행 유입요인은 오후첨두와 심야가 서로 유사한 점을 시사했다.

대중교통 요인은 지하철역수가 모든 모형에서 유의하게 나타났고, 버스정류장이 군집 1에서 지속적으로 유의하게 나타나 승차모형과 유사한 결과를 보였다. 다만, 심야모형에서는 다른 모형과 달리 마을버스 정류장수가 모든 군집에서 양의 계수를 가지는 것으로 나타났으며, 이는 심야 귀가 통행 시 마을버스 이용이 대중교통 통행의 마지막 끝단에서 이용되는 비율이 높음을 나타내고 있다.

표 7\_ 하차 통행 모형

오전첨두(7~9시) 모형									
구분(N)		전체(423)		군집1(61)		군집2(211)		군집3(151)	
변수		비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value
(상수)		-2,748.397	-0,725	-20,380.512	-1,594	-7,372.162**	-3,173	-1,959.444	-0,680
토지 이용	행정동면적	-0,0002**	-2,948	-0,0004	-1,296	0,0001	1,545	-0,0001**	-2,151
	주거시설면적	-0,0003	-0,707	-0,001	-0,706	-0,00005	-0,244	0,002**	4,976
	상업시설면적	-0,003**	-3,526	-0,005*	-1,825	0,002**	2,861	0,001	0,818
	교육복지시설면적	0,021**	5,004	0,027**	2,789	0,009	1,312	0,012**	2,272
	문화집회시설	0,002**	3,282	0,000	-0,025	0,003**	2,423	0,003**	6,936
사회 경제	여성 비율	-16,783	-0,237	314,540	1,449	138,774**	3,142	-47,893	-0,875
	20~29세 비율	38,386	0,900	31,592	0,191	37,570*	1,799	215,243**	7,310
	고령자 비율	229,120**	4,317	253,158	0,910	10,235	0,465	113,294**	2,965
	종사자수	0,244**	19,097	0,264**	7,311	0,035	1,495	0,019	1,311
대중 교통	지하철역수	1,969,408**	16,405	3,424,109**	7,425	886,409**	14,017	1,400,501**	16,137
	광역버스 정류장수	19,415**	4,044	28,734**	2,403	-7,108	-1,587	0,282	0,056
R <sup>2</sup>		0,863		0,888		0,671		0,824	
F-value		236,271		35,243		36,892		59,315	
오후첨두(18~20시) 모형									
구분(N)		전체(423)		군집1(61)		군집2(211)		군집3(151)	
변수		비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value
(상수)		-7,531,025**	-2,411	-12,842,443	-1,501	-14,893,041**	-2,564	-7,581,173	-1,348
토지 이용	행정동면적	-0,00005	-0,739	0,00003	0,160	0,00004	0,490	-0,0002**	-2,228
	주거시설면적	0,002**	4,901	0,002*	1,819	0,002**	3,115	0,003**	4,414
	상업시설면적	-0,008**	-2,668	-0,014**	-2,035	-0,017*	-1,759	0,000	-0,038
	문화집회시설	0,003**	5,268	0,002	1,149	-0,001	-0,251	0,003**	4,584
	시설 이용 엔트로피	-21,953**	-2,244	37,295	0,760	37,602*	1,956	-16,764	-0,857
사회 경제	여성 비율	70,722	1,229	79,618	0,590	209,306*	1,930	-5,480	-0,053
	20~29세 비율	280,384**	7,944	213,079**	2,118	241,253**	4,832	421,246**	7,660
	고령자 비율	66,954	1,555	118,105	0,689	33,348	0,632	177,837**	2,516
	종사자수	0,037**	3,764	0,067**	2,966	-0,050	-0,919	0,021	0,782
대중 교통	지하철역수	1,821,407**	18,400	1,812,669**	6,262	1,950,874**	12,463	2,010,224**	12,642
	광역버스 정류장수	10,395**	2,754	17,771**	2,625	-2,774	-0,255	-5,989	-0,640
R <sup>2</sup>		0,742		0,832		0,589		0,734	
F-value		107,590		22,114		25,966		34,877	
심야(21~23시) 모형									
구분(N)		전체(423)		군집1(61)		군집2(211)		군집3(151)	
변수		비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value	비표준화계수	t-value
(상수)		-1,822,692	-1,171	-799,359	-0,257	-6,970,166**	-2,126	-1,216,272	-0,431
토지 이용	행정동면적	0,0001**	2,461	0,00001	0,187	0,0002**	2,830	-0,00001	-0,170
	주거시설면적	0,001**	3,890	0,00002	0,050	0,001*	1,669	0,002**	4,633
	상업시설면적	0,00005	0,131	0,0002	0,269	0,002*	1,970	0,0003	0,473
	문화집회시설	0,001**	3,000	0,0002	0,404	0,001	0,620	0,001**	3,316
	시설 이용 엔트로피	-6,970	-1,445	2,908	0,172	7,075	0,622	-3,573	-0,415
	인구밀도(인/km <sup>2</sup> )	11,724,287**	4,293	12,612,456	0,987	12,039,637**	3,536	6,678,799	1,417
사회 경제	여성 비율	-1,118	-0,404	0,674	0,014	82,069	1,336	-46,505	-0,911
	20~29세 비율	135,261**	7,724	57,567	1,584	142,693**	4,927	180,679**	6,696
	고령자 비율	-5,076	-0,234	-42,671	-0,609	23,195	0,764	58,870*	1,709
	종사자수	-0,005	-0,955	0,018**	2,046	-0,052	-1,540	-0,015	-1,083
대중 교통	지하철역수	841,601**	17,318	624,795**	5,810	1,094,700**	12,397	967,355**	12,717
	마을버스 정류장수	28,693**	5,049	39,543**	2,678	23,556**	2,718	21,677**	2,655
R <sup>2</sup>		0,621		0,756		0,611		0,724	
F-value		55,991		12,416		25,953		30,183	

주: \*는  $\alpha=.10$ 에서 유의함, \*\*는  $\alpha=.05$  수준에서 유의함.

## V. 결론

본 논문에서는 대중교통카드 자료를 이용하여 서울시 대중교통 통행패턴을 분석하였다. 단 지하철 이용 행태에 집중한 기존 연구와는 달리 버스와 지하철 수단의 이용행태를 함께 분석하였다. 또한 대중교통 이용행태가 이용 시간대와 지역 특성에 따라 다양하게 발생한다는 사실에 근거하여 시간대별 대중교통 승하차량의 분포패턴을 기준으로 서울시를 세 개의 군집으로 분류하고 각 군집의 시간대별 대중교통 승하차량에 영향을 미치는 요인을 회귀분석을 통해 규명하였다. 이와 함께 대중교통 이용패턴이 시계열 변화와 공간적 입지에 따라 변화하는 것을 도식화하였다. 본 논문의 결론 및 시사점은 크게 두 가지로 요약할 수 있다.

첫째, 버스 및 지하철 이용실적 자료를 바탕으로 한 승하차 이용행태를 통해 서울시를 세 가지 군집으로 유형화할 수 있다. 군집 1은 오전하차가 많고, 오후승차가 많은 활동 중심 지역으로 사회·경제활동과 밀접한 관련이 있는 상업, 업무, 교육, 문화시설의 비율이 높다. 군집 2는 오전승차가 많고 오후하차가 많은 주거 중심 지역으로 주거시설 비율이 압도적으로 높다. 군집 3은 승하차량의 분포가 전 시간대에서 비슷하게 나타나는 주거-활동 복합 지역으로 군집1과 군집2의 특성을 고루 갖추고 있다. 군집 1은 종로, 여의도, 강남 등의 도심권에 집중되어 있으며 군집 2는 주거 지역의 비율이 높은 서울시 외곽 지역에 넓게 분포하고 있다. 군집 3은 군집 2와 군집 1의 특성을 두루 갖춘 특성답게 도심과 시 가장자리의 경계 지역에 분포하고 있다.

둘째, 각 군집에 영향을 미치는 사회경제지표, 토지이용, 대중교통 요인을 규명하였다. 분석 결과, 군집 1은 활동 중심 지역으로서 오전첨두에는 엔트로피지수가 높을수록, 종사자수는 적을수록 통행이 증

가하였으며, 오후첨두에는 교육복지시설면적이 넓고 종사자수, 광역버스정류장수가 많을수록 통행 발생이 증가하는 것으로 나타났다. 반면, 주거 중심 지역인 군집 2는 오전첨두에는 주거시설면적이 넓고, 20~29세 비율이 높을수록, 오후첨두에는 상업시설, 교육복지시설, 문화집회시설, 인구밀도 등이 증가할수록 통행이 증가하는 것으로 나타났다.

군집 3은 오전첨두에는 주거시설면적이 넓고, 엔트로피지수가 높을수록, 오후첨두에는 주거시설면적, 문화집회시설면적, 20~29세 비율 등이 통행 발생에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 통해 대중교통 서비스 수준을 향상시키기 위해서는 각 지역별 특성과 시간대별 대중교통 이용 집중에 최적화된 맞춤형 정책이 필요하다는 결론을 내릴 수 있다. 본 논문의 결과는 전수에 가까운 자료를 기반으로 서울시의 시공간적 대중교통 이용패턴을 분석한 것으로 향후 서울시 대중교통 이용 계획 수립, 대중교통 지향형 개발 계획, 복합환승센터 입지선정 및 수요 예측 등 대중교통 정책의 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

그럼에도 불구하고 본 논문은 평일 대중교통카드 자료를 기반으로 한 연구로서 대중교통 이용자들의 근본적 통행 목적을 고려할 수 없었으며, 시간 및 지역적 범위 역시 평일 서울시 내부로 한정된 한계점이 있다. 이를 보완하기 위해서는 향후 가구통행실태조사 결과를 적용한 대중교통 이용자들의 목적별 이용패턴 분석, 수도권 전체지역의 대중교통 이용패턴 분석 등의 연구가 필요하다. 또한 주말 등의 교통카드 자료도 활용하여 요일별 대중교통 이용 패턴에 대한 비교 연구도 수행되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 교통안전공단. 2014. 2013 대중교통 운행 및 이용실태조사. 안산: 교통안전공단.
- 김동준, 김덕녕, 양재환, 성현곤, 이성모. 2010. 역세권 특성에 따른 수요예측의 정확도 분석-서울시 지하철을 중심으로. *교통연구* 17권, 1호: 23-35.
- 김진, 이민석. 2010. 지하철 이용수요와 역세권 도시구조특성과의 관계분석연구. *대한건축학회 논문집* 26권, 10호: 305-312.
- 손동욱, 김진. 2010. 서울시 역세권의 도시공간특성과 대중교통 이용률간의 연관성 분석. *한국도시계획학회지* 11권, 1호: 33-44.
- 수도권교통본부. 2013. 2013년도 수도권 여객OD 현행화 보고서. 서울: 수도권교통본부.
- 오영택, 김태호, 박계진, 노정현. 2009. 토지이용유형별 서울시 역세권 대중교통 이용수요 영향인자 실증분석. *대한토목학회 논문집* 29권, 4D호: 467-472.
- 이미영. 2015. 대중교통카드자료를 활용한 수도권 통행분석, 국토정책Brief 536호. 안양: 국토연구원.
- 이연수, 손동욱. 2012. 역세권의 적정 공간범위 설정 방법론을 통한 지하철 이용수요와 역세권의 도시공간구조간의 연관성 분석. *한국도시계획학회지* 13권, 4호: 23-32.
- 이은아, 손의영, 김설주, 황보연. 2013. 역세권 기반 도시철도의 역별 수요추정. *국토연구* 77권: 189-203.
- 이정우, 고주연, 전상우, 전철민. 2015. 대중교통 승차자 수요분석을 통한 서울시 역세권 유형화 및 토지이용 특성 연구. *국토연구* 84권: 35-53.
- 이주아, 조무상, 구자훈. 2013. 토지이용 복합특성과 시간대별 도시철도 이용패턴의 상관관계연구. *국토계획* 48권, 4호: 19-31.
- 한상욱, 강희용, 이명훈. 2015. 스마트 카드 데이터를 활용한 주요 역세권별 대중교통 이용 통근통행자의 주거지 분포. *국토계획* 50권, 4호: 103-117.
- 황정훈. 2014. 대중교통 환승통행량 영향요인 분석: 대구시를 대상으로. *대한교통학회지* 32권, 3호: 179-186.
- Medina, S. and Erath, A. 2013. Estimating dynamic workplace capacities by means of public transport smart card data and household travel survey in Singapore. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2344: 20-30.
- Shi, X. and Hangfei, L. 2014. The Analysis of bus commuters' travel characteristics using smart card data: The case of Shenzhen, China. *TRB 93rd Annual Meeting Compendium*

*of Papers* 14: 2571-2579.

Zhou, J. and Ying, L. 2013. Bus Commuter's Jobs-housing Balance in Beijing: An exploration using large-scale synthesized smart card data. *TRB 93rd Annual Meeting Compendium of Papers* 13: 1680-1708.

- 논문 접수일: 2015. 10. 8
- 심사 시작일: 2015. 10. 26
- 심사 완료일: 2015. 11. 6

---

## 요약

주제어: 대중교통카드, 군집분석, 대중교통 이용패턴, 토지이용, 대중교통

본 논문은 서울시의 시간대별 대중교통의 승하차 이용패턴을 중심으로 전체 행정동을 유형화한 후, 각 유형별로 대중교통 이용에 미치는 요인을 다중회귀분석을 통해 규명하고자 한다. 먼저 오전 및 오후첨두시각인 7~9시와 18~20시, 그리고 심야시간인 21~23시의 승하차 패턴을 토대로 군집분석을 통해 주거 중심 지역, 활동 중심 지역, 주거-활동 복합 지역의 세 가지 그룹으로 유형화하였다. 주거 중심 지역은 주거 시설의 비율이 높고, 오전승차가 집중되는 지역이며, 활동 중심 지역은 상대적으로 교육복지시설, 상업시

설의 비율이 높고, 오후승차가 집중되는 지역이다. 회귀모형의 변수로는 크게 토지이용변수, 사회경제지표변수, 대중교통서비스변수 등이 고려되었으며, 첨두시간대별로 모형을 구축한 결과 유형별로 대중교통 이용에 미치는 변수의 영향력이 서로 다르게 나타났다. 본 논문의 결과는 기존의 지하철 이용만을 대상으로 한 연구와 달리 지하철과 버스를 포함한 모든 대중교통수단을 포함하였으며, 역세권이 아닌 모든 지역을 대상으로 하였다는 점에서 대중교통정책에 시사하는 바가 클 것으로 기대된다.

---