

서울역 접근성에 대한 서울시 행정구별 버스와 지하철 상대 선호도 분석*

- 교통카드 및 통신량 빅데이터를 기반으로 -

Analysis of Relative Preference on Transit Mode by Administrative district for Accessibility of Seoul Station

엄진기** · 허태영***

Eom, Jinki · Heo, Tae-Young

Abstract

This study analyzed a relative preference on public transit ridership as a connected mode to KTX Seoul station by administrative district (Gu) using transit card and mobile phone record data. From the results, we found that relatively high preference on both bus and subway at Yongsan and Joongu was estimated while Joongrang was mostly low preference on both transit modes to access Seoul station. The low preference on bus was found at Kwangjin and Seocho while mobile phone record data showed high number of visits recorded. Transit oriented policy will be required to these districts. This result will be informative to transit planning for solving connectivity issues between urban and regional travel, and transit oriented development.

키 워 드 ■ 접근성, 상대선호도, 포아송 회귀분석, 베이지안

Keywords ■ Accessibility, Relative preference, Poisson regression, Bayesian

I. 서 론

교통카드자료는 자동화된 교통요금 징수시스템을 통해 실시간으로 획득되고 있는 정형화된 빅데이터로 볼 수 있다. 교통카드자료는 표본조사가 아닌 전수조사에 가까운 자료로서 대중교통 이용자에 대한 통행패턴 등과 같은 매우 유익한 정보를 보다 정확하게 분석할 수 있는 장점을 가지고 있

다. 따라서 과거 교통카드자료는 요금정산에 주로 활용되었으나 근래에 노선계획, 정보제공 및 운영 등과 같은 다양한 교통 분야에서 활용성이 높아지고 있다.

최근 교통카드 자료의 중요성이 인식됨에 따라 국내외에서 교통카드자료를 이용한 많은 연구들이 진행되어 오고 있다(Bagchi와 White, 2005; Utsunomiya 등, 2006; Bryan과 Blythe, 2007;

*본 논문은 대중교통 계획·운영 효율화 기술개발연구(한국철도기술연구원)의 지원을 받아 수행한 논문임. 본 논문은 2016년도 충북대학교 연구년제 사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며 통계적 분석 및 해석은 충북대학교 통계분석센터의 컨설팅 및 통계 분석을 지원 받아 작성되었음.

** Korea Railroad Research Institute

*** Chungbuk National University (Corresponding Author: theo@chungbuk.ac.kr)

Chu와 Chapleau, 2008; Park 등, 2013; Leeg, 2009; Eom 등, 2013). Bagchi와 White (2005)는 대중교통 이용 활성화를 위한 교통카드분석의 필요성과 다양한 분석 및 활용방안을 제시하였으며, Bryan과 Blythe (2007), Chu와 Chapleau (2008), Park 등(2013)은 교통카드자료를 이용하여 통행수요에 대한 모델링 연구를 수행하였다. 본 연구의 관심사항인 버스, 지하철의 상대적 선호도 모형과 관련하여 Eom 등(2013)은 명절기간 서울역 이용객에 대한 상대적 선호도를 대중교통 통행시간과 요금에 대한 이항로짓모형을 구축하여 비교하였으며, 이해승 등(2009)은 서울시 대중교통개편에 따른 통근통행 수단선택모형을 버스와 지하철에 대해 조건부로짓모형을 구축하여 비교하였다. 이들 연구에서는 서울시 동/구별 수단선택 현황에 대해서 제시하고 있으며, 인구규모 등을 고려한 행정단위별 상대적 선호도는 고려하고 있지 않다.

본 연구에서는 교통카드자료를 통해 지역 간 철도역인 서울역을 이용하는 승객들의 서울시 각 출발지(구별)에 대한 공간적 분포 분석을 통해 지역별로 서울역 이용을 위한 대중교통수단에 대한 접근성 분석을 하고자 한다. 이를 위해 서울시 각 행정구별로 관측된 서울역하차 승객자료를 통해 서울역 이용에 대한 서울시 각 행정구별 상대선호도(relative preference)를 통계적 모형을 통해 추정하고자 하며 통신량데이터를 이용하여 서울역 방문자의 구별 분포를 비교하여 전체 방문자와 대중교통 이용자의 구별 분포에 대한 비교를 수행하도록 한다.

본 연구는 서울시내 각 지역에서 서울역으로 접근하는 승객에 대한 대중교통 선호도 파악과 향후 수서역 KTX개통 시 대중교통 수단의 접근성 변화 분석에 활용될 수 있다.

II. 자료 및 분석방법

1. 분석자료

본 연구에서 사용한 분석 자료는 2013년 3월에 집계된 일주일(3/17~3/23)간 서울시 교통카드 데이터로서 주중 데이터를 사용하였다. <Figure 1>과 같이 서울역을 대상으로 지하철 및 도보권(500m 이내)에 위치한 버스 정류장 16개소를 대상으로 환승을 포함한 최종목적지(하차 tag기준)가 서울역인 주중 평균 자료를 구별로 집계하여 분석하였다.



Figure 1. Bus stops included in the analysis around Seoul station

교통카드자료 검수는 승하차 태그오류, 승하차 동일역/정류장 태그, 통행시간 오류 등 비정상적 패턴을 보이는 데이터(4.5%)를 분석에서 제외하여 95.5%인 19,100통행에 대하여 최종적으로 분석에 활용하였다.

<Table 1>은 서울시 각 구에서 출발하여 서울역에 도착한 통행량을 수단(지하철, 버스)별로 구분하여 평균적인 통행요금, 통행시간, 환승횟수에 대한 현황을 보여준다. 분석결과 일 평균 약 19,000명 정도가 지하철을 이용하였으며, 버스는 3,790명으로 지하철을 약 4배 정도

서울역 접근성에 대한 서울시 행정구별 버스와 지하철 상대 선호도 분석

더 많이 이용하는 것으로 나타났다. 평균적인 접근통행시간은 지하철 34.7분, 버스 38.6분으로 분석되었으며 평균 환승횟수는 지하철, 버스 각각 0.2회, 0.4로서 접근통행시간에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

〈Figure 2〉는 서울시 행정구별 접근통행시간과 환승횟수에 대한 비교를 나타낸 것으로 반경이 작을수록 접근통행시간과 환승횟수가

적은 것을 보여준다. 그림과 같이 지하철 접근 통행시간은 송파구, 강동구, 중랑구, 금천구 등이 높으며, 버스의 경우 광진구, 강서구, 송파구 등이 높은 것으로 나타났다.

강동구, 광진구의 경우 버스의 환승횟수가 평균 값인 0.4보다 크게 나타나 통행시간이 높게 나타난 결과로 해석된다. 지하철에 비해 버스의 환승횟수가 높은 지역으로 강동구, 광진구 등으로 나타나

Table 1. Descriptive Statistics of Seoul station Access

	Subway				Bus			
	no. trips	fare_avg (won)	TT_avg (min.)	no. transfer	no. trips	fare_avg (won)	TT_avg (min.)	no. transfer
강남구(GN)	541	946	43.3	0.14	60	1,031	45.4	0.29
강동구(GD)	311	979	51.4	0.07	4	1,250	53.1	1.25
강북구(GB)	1081	904	31.3	0.24	160	1,095	46.4	0.25
강서구(GS)	410	976	44.7	0.35	31	1,030	58.1	0.50
관악구(GA)	533	949	35.6	0.26	325	1,007	41.1	0.22
광진구(GJ)	622	930	38.0	0.06	12	1,117	57.9	1.17
구로구(GR)	714	854	31.9	0.11	19	976	40.5	0.42
금천구(GC)	236	959	48.4	0.22	87	970	44.4	0.15
노원구(NW)	1171	950	44.8	0.13	36	1,348	45.8	0.24
도봉구(DB)	772	961	40.4	0.27	30	1,031	51.9	0.27
동대문구(DDM)	1399	751	28.3	0.10	48	1,028	38.0	0.70
동작구(DJ)	460	776	25.2	0.26	337	998	26.3	0.21
마포구(MP)	335	802	28.9	0.12	197	968	18.7	0.26
서대문구(SDM)	286	802	24.3	0.07	425	1,045	17.7	0.26
서초구(SC)	1762	853	36.4	0.03	55	1,071	51.8	0.84
성동구(SD)	405	786	27.9	0.09	26	1,018	31.5	0.52
성북구(SB)	1285	849	29.9	0.30	192	1,007	36.6	0.20
송파구(SP)	531	1,001	50.6	0.13	12	940	64.4	0.55
양천구(YC)	225	917	39.7	0.32	48	1,072	49.3	0.67
영등포구(YDP)	755	776	25.5	0.14	105	999	31.3	0.33
용산구(YS)	876	746	15.7	0.06	360	998	12.2	0.19
은평구(EP)	394	824	38.5	0.13	414	1,068	30.1	0.31
종로구(JN)	2226	738	22.1	0.04	416	1,049	17.3	0.13
중구(J)	1469	709	18.6	0.02	349	1,033	9.2	0.12
중랑구(JR)	301	903	45.0	0.50	42	1,064	46.8	0.51
집계	19100	866	34.7	0.2	3790	1,049	38.6	0.4

서울시 동부에서 서울역으로 횡단하는 버스노선이 많지 않은 것으로 판단된다.

나게 되나 평균적으로 서울역에서 거리가 먼 지역일수록 통행시간과 환승횟수가 늘어난 것으로 이해된다. 버스의 경우 서울역과 인접한 지역에서는 버스 편의성이 높은 반면 기타 지역에서는 서울역에 직접적으로 연계되는 노선이 많지 않기 때문에 추가적인 환승이 필요하기 때문으로 이해된다.

지하철 환승의 경우 교통카드자료의 특성상 지하철 노선간 환승이 기록되지 않고(9호선 등 민자철도제외) 버스로부터 환승되는 경우만 환승으로 데이터가 기록되므로 성북구, 도봉구의 경우 지하철 1호선으로 직접 서울역에 접근할 수 있으나 이전 단계에서 버스를 이용하여 환승한 승객이 많은 것으로 해석할 수 있다.

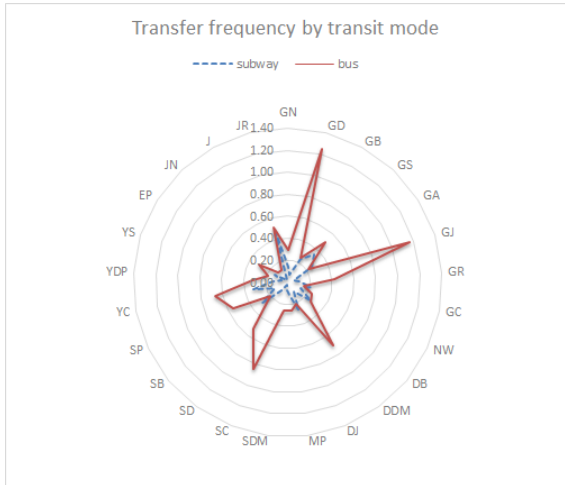
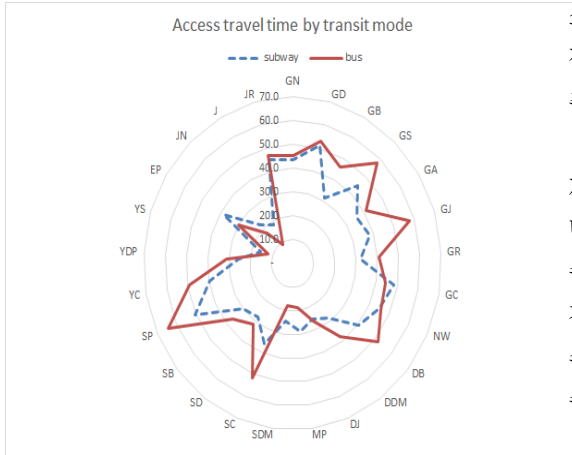


Figure 2, Comparison of average travel time (min.) and no. transfer by transit mode

중구, 금천구, 마포구, 서대문구 등은 버스 접근통행시간이 낮은 지역으로서 서울역을 경유하는 버스노선이 다른 지역에 비해 많기 때문인 것으로 분석된다.

모든 행정구에서 비슷한 접근통행시간과 환승횟수를 가진다면 <Figure 2>의 형태가 원형으로 나타

2. 선호도 추정 방법론

본 연구에서는 각 행정구에서 서울역으로 접근하는 통행량 자료를 기반으로 포아송모형을 구축하여 선호도를 추정하도록 한다.

서울시 행정구 i 에서의 서울역 도착 승객 수를 Y_i 라 하고, 각 행정구별 기대이용객 수를 E_i 라 하면, 식(1)과 같은 포아송모형을 가정할 수 있다.

$$Y_i \sim Poisson(\lambda_i) \quad (1)$$

여기서 $\lambda_i = \theta_i E_i$ 로 정의되며 θ_i 는 i 번째 행정구에서 서울역을 이용할 승객들의 상대적 크기로 정의할 수 있으며 설명변수들의 함수로서 표현할 수 있다.

본 연구에서 사용된 설명변수로는 교통카드자료로부터 획득한 자료를 재가공하여 만든 서울역까지 평균시간, 평균요금, 평균환승횟수 변수를 이용하였으며, 기대이용객 수 E_i 는 각 행정구의 총인구 값에 따라 보정이 필요하며 식 (2)을 이용하여 보정

하여 기대이용객수를 계산할 수 있다.

$$E_i = \frac{(\text{인구})_i}{\sum_{i=1}^n (\text{인구})_i} \times T \quad (2)$$

여기서, E_i 는 기대이용객 수, T 는 관측된 전체 서울역 이용객수 건수, $(\text{인구})_i$ 는 i 번째 행정구의 총인구 값을 나타낸다.

각 행정구별 인구가 다를 경우 인구별로 서울역 도착 승객수가 보정이 되고 각 지역별 서울역 이용에 대한 선호도 지표를 계산할 수 있다. 서울역에 대해 포아송 모형을 통해 예측된 평균 이용 건수가 기대이용 건수 보다 크다면 선호도지표가 증가하는 양상을 보이고, 예측된 평균 이용 건수가 기대이용 건수 보다 작다면 선호도지표가 감소하는 양상을 보임에 따라 각 지역별로 서울역의 선호도 지표를 파악할 수 있는 장점이 있다.

포아송분포에서 각 행정구별로 예측된 서울역 평균 승객수를 λ_i 라 한다면, 서울역이용에 대한 상대 선호도 θ_i 는 식 (3)과 같이 각 행정구에서 예측된 평균 승객수와 각 행정구의 인구수의 비율로 정의할 수 있으며, 서울시 행정구별 서울역의 상대선호도는 베이지안 방법에 의해 θ_i 를 추정할 수 있다. 식 (3)의 추정값이 1보다 크면 서울역의 상대선호도가 높으며, 1보다 작으면 상대선호도가 낮다고 할 수 있다.

$$\theta_i = \frac{\lambda_i}{E_i} \quad (3)$$

일반적으로 평균 승객수 λ_i 에 포함되어 있는 설 명변수의 계수들인 β 를 추정하기 위해서는 최대우

도추정법과 베이지안 추정기법을 사용할 수 있으며, 본 연구에서는 베이지안 기법으로 모수를 추정한다. 베이지안 추정기법을 위해 사용된 우도함수 ($L(\beta|y_i, x_i)$)는 식 (4)와 같다.

$$L(\beta|y_i, x_i) = \prod_i \frac{\exp(-\lambda_i)\lambda_i^{y_i}}{y_i!} \quad (4)$$

포아송회귀모형의 모수를 추정하기 위한 베이지안 방법은 각 모수에 대한 사전분포(prior distribution)를 정의하여야 한다 (Hughes-Oliver 등, 2009). 각 모수 간 상호 독립임을 가정한 경우 모수 벡터에 대한 사후 분포(posterior distribution)는 다음 식(5)와 같이 정의된다.

$$f(\theta|Y) \propto f(Y|\theta) \times f(\theta) \quad (5)$$

모수벡터에 대한 추론은 사후분포를 통해 이루어지며 포아송모형의 모수를 추정하기 위해 마코프 연쇄 몬테카를로(Markov Chain Monte Carlo, MCMC)방법을 사용하였다(Tanner and Wong, 1987; Gelfand and Smith, 1990; Gelman and Rubin, 1992; Best 등, 1999).

모수추정결과는 세 개의 초기값(initial value)을 활용하여 20000번 반복 후 처음 3000번까지 제거한 나머지 결과 값으로서 WinBUGS 프로그램을 이용하였다(Spiegelhalter 등 2000).

III. 분석결과

1. 모수추정 결과

포아송회귀모형의 대중교통 선호도에 대한 설명

변수인 평균요금, 평균통행시간, 평균환승횟수에 대해 베이지안 추정기법을 적용하여 모수를 추정하였다.

〈Table 2〉는 서울역에 도착하는 대중교통 승객의 각 행정구별 선호도 모형의 모수추정 결과를 나타낸다. 분석결과 모든 변수에서의 추정된 파라미터의 부호가 (-)로서 선호도에 부의 영향을 미치는 것으로 나타났으나 평균요금 변수의 파라미터 추정 값이 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 평균시간, 평균 환승횟수는 통계적으로 유의미한 결과로 나타났으며 버스의 경우 평균시간 및 환승횟수에 대한 통행저항이 지하철에 비해 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 그러나 현재 서울시 지하철의 경우 9호선 등 민자 철도를 제외한 노선 간의 환승은 교통카드의 환승자료에 기록되지 않기 때문에 지하철의 경우 정확한 환승저항에 대한 결과를 분석하는데 한계가 있다.

시 서울시 행정구의 평균보다는 용이하다는 것을 의미하며, 반대로 1이하일 경우 평균적으로 접근이 상대적으로 불편하다는 것을 의미한다.

지하철의 경우 〈Table 3〉과 같이 각 행정구에서 서울역으로의 접근하는데 있어 상대적 선호도의 차이가 버스에 비해 편차기 크지 않은 것으로 분석되었다. 지하철은 서울역까지 한번에 갈 수 있는 노선이 적으나 환승을 통해 접근이 가능한 반면 버스 경우 버스의 경우 간선버스, 지선버스, 마을버스의 위계가 다양하게 이루어져 있으나 서울역으로 직접 연계하는 노선이 많지 않은 결과로 이해된다.

지하철 선호도는 갈아타는 횟수가 늘어나는 강서구, 도봉구, 송파구, 양천구, 강동구에서 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다. 반면, 서대문구, 용산구, 종로구, 중구의 경우 서울역에 근접한 위치에 있으며 지하철 1호선이 직접 연계되어 서울역을 경유하게 되어 상대적으로 높

Table 2. Results of Bayesian Inference for Poisson Regression Model by Transit Mode

mode	parameter	mean	std.	2.50%	median	97.50%
subway	const.	-0.0603	0.0076	-0.0752	-0.0603	-0.0454
	ave. fare	-0.0259	0.0190	-0.0632	-0.0259	0.0113
	ave.time	-0.1621	0.0183	-0.1980	-0.1621	-0.1261
	ave.transfer	-0.2293	0.0097	-0.2483	-0.2292	-0.2103
bus	const.	-0.4389	0.02499	-0.4879	-0.4386	-0.3903
	ave.fare	-0.00372	0.0223	-0.04766	-0.00344	0.03959
	ave.time	-0.4881	0.02118	-0.5292	-0.4881	-0.4467
	ave.transfer	-0.7072	0.04077	-0.7876	-0.7067	-0.6295

〈Table 3〉, 〈Table 4〉은 서울시 각 행정구에서 지하철 및 버스를 이용하여 서울역에 접근할 경우 상대적인 선호도 결과를 나타낸다.

상대적인 선호도를 산출하기 위해서 포아송모형을 기반으로 베이지안 모수추정결과를 각 행정구별로 표준화 하여 결과를 제시하였다. 1 이상 값은 상대적으로 해당 대중교통수단으로 서울역에 접근

은 선호도를 보이는 것으로 나타났다.

버스는 〈Table 4〉와 같이 서울역 접근에 있어 상대적 선호도의 차이가 상당히 큰 것으로 분석되었다. 버스 노선이 경유하는 지역과 그렇지 않은 지역의 차이 및 버스 환승 횟수에 따른 것으로 분석된다.

서울역 접근성에 대한 서울시 행정구별 버스와 지하철 상대 선호도 분석

Table 3. Result of Bayesian Inference for relative preference of subway on arrival at Seoul Station

zone	mean	std	2.5%	med.	97.5%
GN	0.8458	0.0103	0.8257	0.8458	0.8660
GD	0.8310	0.0163	0.7995	0.8309	0.8635
GB	0.8512	0.0139	0.8242	0.8510	0.8789
GS	0.5380	0.0095	0.5194	0.5379	0.5570
GA	0.7610	0.0138	0.7343	0.7608	0.7884
GJ	1.0760	0.0171	1.0420	1.0760	1.1090
GR	1.0990	0.0091	1.0820	1.0990	1.1170
GC	0.6658	0.0097	0.6469	0.6658	0.6850
NW	0.8403	0.0110	0.8190	0.8403	0.8620
DB	0.6855	0.0102	0.6658	0.6854	0.7056
DDM	1.2250	0.0178	1.1910	1.2250	1.2610
DJ	0.9360	0.0150	0.9069	0.9360	0.9656
MP	1.1510	0.0093	1.1330	1.1510	1.1690
SDM	1.3550	0.0148	1.3260	1.3550	1.3840
SC	1.1980	0.0155	1.1680	1.1980	1.2280
SD	1.2410	0.0111	1.2200	1.2410	1.2630
SB	0.7907	0.0122	0.7670	0.7906	0.8148
SP	0.7504	0.0129	0.7253	0.7503	0.7759
YC	0.6387	0.0095	0.6203	0.6387	0.6575
YDP	1.1860	0.0111	1.1640	1.1850	1.2080
YS	1.6270	0.0262	1.5760	1.6270	1.6790
EP	0.9510	0.0162	0.9199	0.9509	0.9832
JN	1.5270	0.0175	1.4930	1.5270	1.5620
J	1.7040	0.0228	1.6590	1.7030	1.7480
JR	0.4159	0.0131	0.3907	0.4158	0.4423

Table 4. Result of Bayesian Inference for relative preference of bus on arrival at Seoul Station

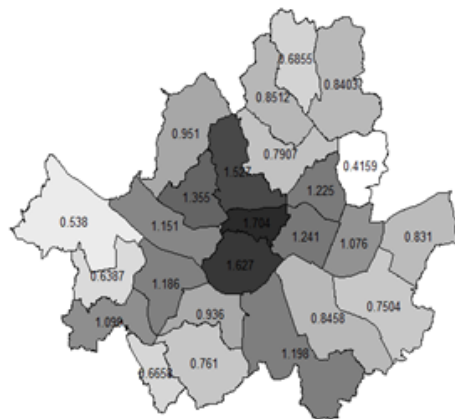
zone	mean	std	2.5%	med.	97.5%
GN	0.7074	0.0199	0.6686	0.7071	0.7468
GD	0.0589	0.0077	0.0450	0.0585	0.0750
GB	0.7551	0.0250	0.7068	0.7549	0.8052
GS	0.2888	0.0116	0.2669	0.2886	0.3121
GA	0.9557	0.0278	0.9018	0.9555	1.011
GJ	0.0615	0.0066	0.0494	0.0612	0.0751
GR	0.6113	0.0186	0.5757	0.611	0.6485
GC	1.016	0.0437	0.9329	1.015	1.103
NW	0.7767	0.0636	0.6574	0.7747	0.907
DB	0.603	0.0225	0.5601	0.6026	0.6474
DDM	0.3415	0.0191	0.3054	0.3412	0.3798
DJ	1.57	0.0298	1.511	1.57	1.629
MP	1.797	0.0439	1.713	1.796	1.885
SDM	1.834	0.0403	1.756	1.833	1.914
SC	0.1588	0.0108	0.1384	0.1586	0.1808
SD	0.644	0.0237	0.5983	0.6438	0.6912
SB	1.154	0.0297	1.096	1.154	1.213
SP	0.2129	0.012	0.1905	0.2125	0.2372
YC	0.2589	0.0126	0.2348	0.2588	0.2842
YDP	1.024	0.0207	0.9841	1.024	1.066
YS	2.59	0.0618	2.471	2.59	2.713
EP	1.107	0.0215	1.065	1.107	1.149
JN	2.538	0.0569	2.428	2.537	2.649
J	3.33	0.0875	3.163	3.329	3.505
JR	0.4001	0.0136	0.3739	0.4001	0.4273

전체 25개 행정구에서 가장 높은 선호도를 나타낸 지역은 용산구와 중구로 분석되었으며, 가장 낮은 선호도를 보인 지역은 중랑구로 나타났다. 종로, 중구, 용산구, 영등포구와 같이

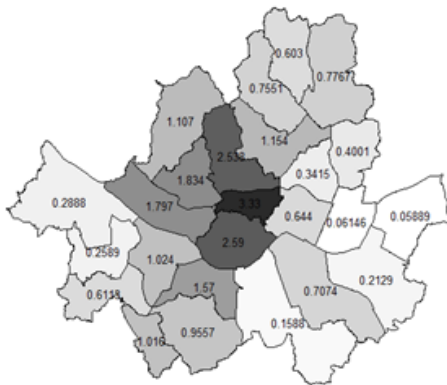
버스 수단으로 서울역에 상대적으로 접근이 용이한 지역에서 1이상 큰 값을 가지는 것으로 나타났으며 서울역으로 접근하기에 상대적으로 평균통행거리가 길고 평균 환승 횟수가 상대적

으로 많은 지역인 광진구, 송파구, 양천구, 강동구 등에서 1보다 낮은 값을 가지는 것으로 분석되어 모형이 현실을 잘 반영하고 있다고 판단된다.

〈Figure 3〉은 이상과 같이 정리된 표를 그림으로 나타낸 것으로 서울시 25개 행정구별 서울역 도착 통행자들의 수단별 선호도를 보여주고 있다.



Access Trip(Bus)



Access Trip(Subway)

Figure 3. Subway and Bus relative preference map

전체 25개 행정구에서 버스를 이용한 서울역 도착통행 선호도에 있어서 개별 구 단위로는

큰 차이가 없는 것으로 분석되었다. 강동구, 광진구, 서초구, 송파구의 경우 지하철과 버스의 수단 선호도가 상당한 격차를 보이는 것으로 나타났으며 지하철의 수단선호도가 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다. 강동구, 광진구, 송파구 등 지하철을 이용한 서울역 접근은 버스를 이용하여 지하철로 환승해야 하는 번거로움이 있는 반면, 버스의 경우 지하철에 비해 지상에서 환승이 이루어지는 장점이 영향력을 미치고 있다고 판단된다.

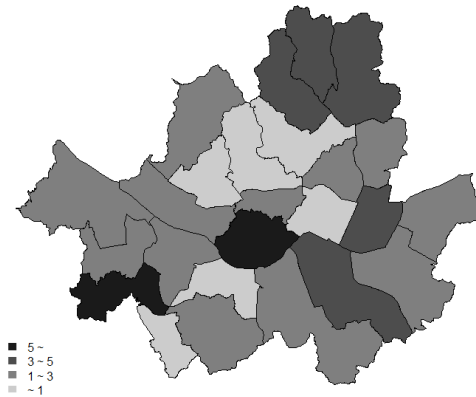
3. 통신량데이터 비교

본 분석에 활용된 통신량데이터는 2014년 11월 평일에 (주)SK 텔레콤으로부터 획득된 자료로서 교통카드분석 자료와 같이 서울역과 주변 도보권(500m)이내에서 발생한 통신의 원적지(단말기 기준 주거지 법정동) 자료를 이용하여 구별 분포도를 분석하였다. 데이터 처리를 위하여 GIS를 활용하여 서울역 반경 500m에 포함되는 통신량 IP지점(50mX50m)좌표를 추출하여 해당되는 IP지점에서 획득된 통신량자료를 기반으로 행정구 단위로 정리하였다.

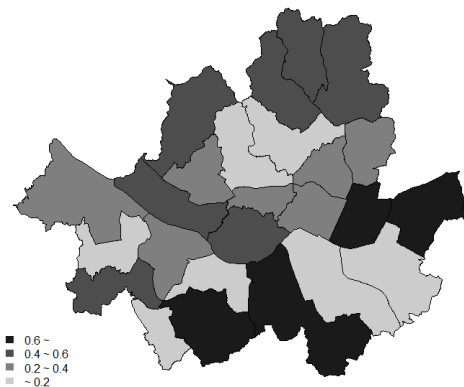
통신량자료는 교통카드자료와 분석의 시점 상 차이가 있으며 통신량 데이터의 경우 통신이 발생한 경우에만 기록된 내용이므로 본 연구에서는 직접적인 비교보다는 단순비교에만 활용하였다. 교통카드 데이터가 대중교통이용객에 대한 정보만 주기 때문에 승용차 등 개인교통수단을 포함한 서울역 이용객 분포를 살펴보는 측면에서 통신량데이터는 의미가 있다. 특정 행정구에서 대중교통수단으로 서울역에 접근하는 인원이 적은 경우, 통신량 데이터 비교를 통해 해당 구의 서울역에서의 통신량이 많은 경우 개인교통수단의 비중이 상대적으로

높다고 판단할 수 있기 때문이다.

〈Figure 4〉는 교통카드를 기반으로 한 행정구별 서울역 실제 이용자 분포 비율과 통신량 데이터 기반 1일 서울역 방문자 분포 비율을 나타낸다.



(a) Transit card data



(b) Mobile phone data

Figure 4. Percentage distribution of Seoul Station users

두 가지 데이터의 객관적인 비교를 위해서 각 행정구별 서울역 실제 이용자 비율은 서울역 및 주변에서 지하철 및 버스를 이용(출발,

도착지 포함)한 승객수를 해당 행정구의 인구로 나눈 값이며 통신량 데이터 기반 1일 서울역 방문자 비율도 방문자수를 해당 행정구의 인구로 나눈 값으로 표출하였다.

〈Figure 4〉에서 보는바와 같이 전반적으로 대중교통을 실제 이용자분포와 방문자분포가 비슷하게 나타나고 있으나 강북구, 노원구, 성북구 등은 서울역 방문자가 인구대비 타 지역보다 높은 것으로 보인다. 반면 광진구, 강동구의 경우 대중교통카드 자료에 의한 승객이 타 행정구 보다 낮게 나타났으나 통신량데이터 상으로 상대적으로 많은 사람들이 방문하는 것으로 분석되었다. 비록 데이터의 시점에 차이가 있으나 전반적으로 이러한 지역에서 대중교통보다는 개인교통수단인 승용차의 접근교통이 높게 나타날 가능성이 있을 것으로 판단된다. 실제 이러한 지역에서 서울역으로 접근하기 위해서는 대중교통 노선을 이용할 경우 몇 번의 환승이 필요하므로 접근에 대한 편의성이 낮으며, 특히 서울역에서 지역 간 철도를 이용하는 승객들의 대중교통 접근성이 상대적으로 불리한 지역으로 분석된다. 따라서 이러한 지역에 대한 지역 간 철도 이용률을 높이기 위해서는 대중교통 서비스의 개선 등 유인책이 필요할 것으로 판단되며, 향후 수서발 KTX의 개통은 그 동안 서울역에 집중되어 있던 지역 간 철도 이용객의 편의성을 개선하는 효과가 있을 것으로 예상된다.

IV. 결론

본 연구에서는 교통카드로부터 수집된 자료를 이용하여 서울역을 대상으로 서울시 각 행정구별로 지역 간 철도역 접근성에 대한 지하철 및 버스 수단 선호도를 분석하였다. 수단 선호도에 영향을 주는 영향 요인으로서 통행요금, 통행시간, 환승횟수

를 고려하였으며 선호도 추정을 위해 포아송 모형을 추정하였다.

분석결과 서울역 접근통행은 지하철과 버스 두 수단 모두 평균요금을 제외한 평균통행시간, 평균 환승횟수가 증가할수록 서울시 25개 지역구에서의 수단 선호도가 낮은 것으로 나타났다. 평균요금의 경우 평균 환승과는 달리 통계적으로 유의미한 영향력을 갖지 못하는 것으로 나타났다.

서울시 각 구별로 살펴보면 버스의 경우 전체 25개 행정구에서 선호도의 편차가 많이 크지는 않는 것으로 분석되었으며 가장 높은 선호도를 나타낸 지역은 용산구와 중구로 나타났다. 지하철을 이용한 선호도에 있어서는 개별 행정구별로 상대적으로 큰 차이를 보이는 것으로 나타났으며 서울시 남북지역 보다는 동서 지역에서 지하철에 의한 접근성이 낮은 것으로 분석되었다. 특히 강동구, 광진구, 서초구, 송파구의 경우 버스와 지하철의 수단 선호도가 상당한 격차를 보이는 것으로 나타났으며 이들에게서 지하철에 대한 수단선호도가 매우 낮은 것으로 나타났다.

통신량자료와 단순비교를 통해 이들 지역의 거주자가 서울역에 방문하는 분포가 높은 것으로 나타남에 따라 대중교통이 아닌 개인교통수단을 이용하는 확률이 높을 것으로 판단되며 대중교통 접근성을 개선하여 승용차 통행에 대한 의존도를 낮추는 것이 필요하다고 판단된다.

서울역을 이용한 지역 간 철도이용객의 편의성 및 수요 증진을 위해서는 대중교통에 의한 접근성 개선이 필요하며 수서발 KTX의 개통이 현실화 되면 서울역으로의 접근이 어려운 철도 이용자의 대중교통 접근성이 개선되어 지역 간 철도 이용에 대한 선호도가 향상될 것으로 기대된다.

본 연구에서는 특정시점의 교통카드데이터를 이용하여 포아송 모형을 구축함에 따라 제시된 모형의 계수 값과 유의성으로 일반적인 선호도 결과를

도출하는데 한계가 존재한다. 또한 지역 간 철도이용을 위한 접근 수단의 중요한 선호도 변수인 정시성 등이 교통카드자료 특성상 포함되지 못한 한계가 있다. 따라서 보다 현실적인 현상을 파악하기 위해서는 다양한 시점의 자료 획득 및 분석이 필요하며 각 지역별 철도역과 버스정류장의 위치정보를 고려한 공간상관성(spatial correlation)을 반영한 수단별 선호도의 추정이 필요할 것으로 판단된다.

인용문헌

References

1. Bagchi, M. and P. R. White., 2005. "The Potential of Public Transport Smart Card Data", *Transport Policy*, 12(5): 464-474 2005.
2. Best, N. G., Arnold, R. A., Thomas, A., Waller, L. A., and Conlon, E. M., 1999. *Bayesian models for spatially correlated disease and exposure data In Bayesian Statistics 6*, Oxford: Oxford University Press.
3. Blythe, P., 2004. "Improving Public Transport Ticketing through Smart Cards", *Proceedings of the Institute of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 157: 47-54 2004.
4. Bryan, H., and P. Blythe., 2007. "Understanding Behavior through Smartcard Data Analysis", *Transport*, 160(4): 173-177 2007.
5. Chu, K. K. and R. Chapleau., 2008. "Enriching Archived Smart Card Transaction Data for Transit Demand Modeling", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2063: 63-72.
6. Eom, J. K., Lee, K. S., and Lee, J., 2013. "Access and Egress Patterns of Travel to a Regional Railway Station Based on Transit Smart Card Data (Case study: Seoul Station

- during Chuseok Holiday”, *Journal of The Korean Society for Railway*, 16(1): 59-64.
7. Gelfand, A. E. and Smith, A. F. M., 1990. “Sampling based approaches to calculating marginal densities”, *Journal of the American Statistical Association*, 85: 398-409.
 8. Gelman, A. and Rubin, D. B., 1992. “Inference from iterative simulation using multiple sequence (with Discussion)”, *Statistical Science*, 7: 457-511.
 9. Lee, H., and Lee, H., 2009. “Differential Changes in Commuter’s Mode Choice after the Intergrated Public Transit System in Seoul Metropolitan City”, *Journal of The Korean Geographical Society*, 44(3): 323-338.
 10. Hughes-Oliver, J. M., Heo, T.-Y., and Ghosh, S. K., 2009. “An Autoregressive Point Source Model for Spatial Process”, *Environmetric*, 20: 575-594.
 11. Park, M.S., Eom, J., and Heo, T-Y., 2013. “The Spatial Correlation of Mode Choice Behavior based on Smart Card Transit Data in Seoul”, *The Korean Journal of Applied Statistics*, 26(4): 623-634.
 12. Spiegelhalter, D. J., Thomas, A., and Best, N. G., 2000. *WinBUGS Version 1.3 User Manual*, Cambridge, USA: Medical Research Council Biostatistics Unit.
 13. Tanner, M. A. and Wong, W. H., 1987. “The calculation of posterior distributions by data augmentation (with discussion)”, *Journal of the American Statistical Association*, 82:528-550.
 14. Utsunomiya, M., Attanucci, J., and N. H. Wilson., 2006. “Potential Uses of Transit Smart Card Registration and Transaction Data to Improve Transit Planning”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1971: 119-206.

Date Received 2016-06-30
 Date Reviewed 2016-08-15
 Date Accepted 2016-08-15
 Date Revised 2016-11-01
 Final Received 2016-11-01