

대전시 공유자전거 이용수요에 영향을 미치는 요인에 관한 연구

도명식* · 노윤승**

Do, Myungsik* , Noh, Yun Seung**

Analysis of the Affecting Factors on the Bike-sharing Demand focused on Daejeon City

ABSTRACT

In recent years, the interest of environmental-friendly transportation modes has been growing. This is because of social and environmental problems such as increasing gas price and climate change. In Europe, bike-sharing service, one of the environmental-friendly transportation modes, has been already operated. Bike-sharing service named "Tashu" has been operated in Daejeon city since 2009. This study is a fundamental research to increase utilization efficiency of bike-sharing service and to decide optimal locations of bike stations. In addition this study examines characteristics of bike usage and analyzes factors affecting to demands using multiple regression model. Based on the result of examining of characteristics of bike usage, the rate of bike usage is higher compared with installation rate of public bike stations near parks in Daejeon. In addition demands of bike usage in weekend is higher than in weekday. It reveals that the main purpose of bike usage could be recreational activities. The return rate at the same location with rental station is comparatively high. Moreover, bike usage pattern is biased in specific areas (Dunsan and Yuseong) because bike-sharing stations are not equally located. As a result of multiple regression model, the factors affecting to demands are number of passengers in buses, length of bike lanes, parks, distance to waterfront, and rate of young people. A statistical significance of factors (r-square) is 0.748, which has strong relationship.

Key words : Bike sharing, Characteristics of bike use, Affecting factors, Tashu

초 록

최근 휘발유 가격 폭등, 기후변화 등으로 인한 사회·환경 문제가 증가함에 따라 새로운 친환경 교통수단에 대한 관심이 증가 하고 있다. 이러한 친환경 교통수단 중 하나로 유럽에서는 일찍이 공유자전거(Bike sharing)를 도입하여 운영하고 있으며, 대전시 또한 "타슈"라는 이름으로 2009년부터 서비스가 시작되고 있다. 본 연구에서는 대전시 공유자전거를 대상으로 이용효율을 높이고 최적의 공유자전거 정거장 위치결정을 위한 기초 연구로서 공유자전거 이용 특성을 알아보고 이용수요에 미치는 요인을 다중회귀분석을 이용하여 분석하는 것을 목적으로 한다. 이용 특성을 살펴본 결과 공원 인근에서 공유자전거 정거장의 설치 비율에 비해 이용비율이 상대적으로 높았으며, 주중보다 주말 이용수요가 높은 것으로 나타나 대전의 경우 레저를 주목적으로 이용하고 있음을 알 수 있었다. 또한 공유자전거를 빌린 장소로 다시 회귀하는 비율이 매우 높았으며, 절대적 근접 중심성 지표를 기준으로 분석한 결과 공유자전거 정거장의 분포가 균등하게 분포되어 있지 않아 특정 지역(둔산, 유성 등)에 이용패턴이 치우쳐져 있음을 확인하였다. 이용수요에 영향을 미치는 요인으로는 버스승하차 인원, 자전거도로 연장, 공원여부, 수변공간까지의 거리, 짧은층 비율 등이며, 선정된 변수의 신뢰도(R-Square)는 0.74 수준으로 우수한 것으로 분석되었다.

검색어 : 공유자전거, 자전거 이용특성, 요인분석, 타슈

* 정희원 · 교신저자 · 한밭대학교 도시공학과 교수 (Corresponding Author · Hanbat National University · msdo@hanbat.ac.kr)

** 한밭대학교 도시공학과 석사과정 (Hanbat National University · nys0713@naver.com)

Received March 15, 2014/ revised May 1, 2014/ accepted August 21, 2014

1. 서론

최근 휘발유 가격 폭등, 기후변화 등으로 인한 사회환경 문제가 증가함에 따라 새로운 친환경 교통수단에 대한 관심이 증가 하고 있다. 이러한 친환경 교통수단 중 하나로 프랑스, 영국, 독일 등에선 일찍이 공유자전거(Bike sharing)를 도입하여 운영하고 있으며, 공유자전거시스템은 시민 누구나 언제 어디서든 손쉽게 자전거를 대여하여 사용할 수 있는 시스템으로 네덜란드 암스테르담에서 시작된 “White Bike”를 시작으로 전 세계 300개 이상 도시에서 운영되고 있다.

국내에도 2008년 창원시가 공유자전거를 도입한 뒤 고양시, 서울시 등 여러 지자체로 확대 운영되고 있으며 자전거 관련 인프라 또한 점점 늘어나고 있다. 대전시 또한 “타슈”라는 이름으로 2009년부터 서비스가 시작되었으며, 현재 144개 정거장에서 운영되고 있다.

그러나 공유자전거의 도입과정에서 무엇보다 중요한 점은 이용 수요가 많은 위치에 정거장을 설치하고 자전거 대수를 배분하는 것이다. 그러나 아직 국내 공유자전거 도입 및 운영에 대한 역사가 짧을 뿐만 아니라 자전거 도로가 잘 정비된 지역을 중심으로 정거장을 설치하는 등 공급자 편의 위주로 설치하고 있는 실정으로 이용수요에 미치는 요인분석에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다.

현재 우리나라의 자전거 수단분담률은 약 2% 수준으로 자전거 선진도시의 15~20%에 비해 매우 낮은 수준이며, 행정안전부(2010)의 조사결과에서와 같이 자전거 이용 목적이 레저/스포츠 53.9%, 쇼핑 18.2%, 친교 12.5%, 출퇴근 7.4%로 이동성 지원의 본래의 목적보다는 레저 등의 목적으로 활용되고 있음을 확인할 수 있다.

최근에는 자전거 이용 활성화를 위한 다각적인 방면에서의 연구가 진행되고 있는데, 국내의 대표적인 연구로는 자전거 도로의 안내표지 설치와 주행환경 평가에 대한 연구(Jung and Lee, 2010; Hong et al, 2012)가 있으며, u-Bike 서비스 적용을 위한 연구와 이용자 중심의 자전거 서비스 수준(Bicyclist LOS)모형에 대한 연구 및 자전거 이용활성화를 위한 결정요소 도출에 대한 연구(Lee et al, 2010; Lee et al, 2009; Shin et al., 2011) 등이 있다. 나아가 지역특성에 맞는 활성화 방안과 이용자 의식평가에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있는 실정이다(Kim et al., 2010; Won and Lee, 2012).

해외의 연구로는 Efthymiou et al. (2013)은 공유자전거의 이용 활성화를 위한 요인분석에서 정거장의 위치, 반납의 용이성, 이용 시간대 그리고 연령대(age)도 중요한 결정요인임을 밝혔다. O'Brien et al. (2014)은 주요 도시를 대상으로 자전거 이용 시간특성 및 공간특성을 기반으로 한 분석에서 파리와 창원을 주중 통근특성과 주말 레저특성으로 분류하였으며, 대전의 경우에는 일주일 통근특

성(seven-day commuter peaks)을 나타낸다고 분류하기도 하였다.

한편, GIS 기법을 이용하여 자전거 정거장의 입지결정을 위한 연구(Garcia-Palomares et al., 2012)와 헬싱키 지역을 대상으로 대중교통 통행시간 감소에 공유자전거의 운영이 미치는 영향에 대한 연구(Jappinen et al., 2013) 뿐만 아니라 기상이 자전거 통행에 미치는 영향에 대한 연구도 있다(Nankervis, 1999). 또한 북미와 유럽 등 특정지역을 대상으로 한 자전거 이용의 활성화를 위한 정책 연구도 활발히 이루어지고 있는 실정이다(Pucher et al., 2011; Parkes et al., 2013).

그러나 대부분의 기존 연구는 각 지역 및 도시가 가지는 통행과 관련한 지역적 고유 특성(수단분담, 기상변화, 지리적 혹은 도로 네트워크 특성, 인구 구성 등)에 따른 영향을 간과하고 있으며, 우리나라와 같이 아직 공유자전거가 주요 교통수단으로서의 역할을 담당하지 못하고 있는 현실에서 각 지역이 가지고 있는 특성을 고려한 이용수요의 영향 분석과 수요예측 모형의 개발은 공유자전거의 활성화와 정거장 위치결정을 위한 기초자료로 활용될 것이다.

따라서 본 연구에서는 대전시 공유자전거를 대상으로 공유자전거 이용 패턴을 알아보고 이용수요에 미치는 요인을 분석함으로써 향후 공유자전거 서비스의 확대를 위한 이용수요 예측을 위한 기초 연구를 그 목적으로 한다.

2. 분석 방법

본 연구의 절차를 요약하면 Fig. 1과 같다. 연구를 위한 기본 데이터는 공유자전거(타슈) 이용자들의 OD (Origin- Destination) 자료, 통계청의 센서스 자료와 GIS 기반 자료(위치, 도로망 등)를

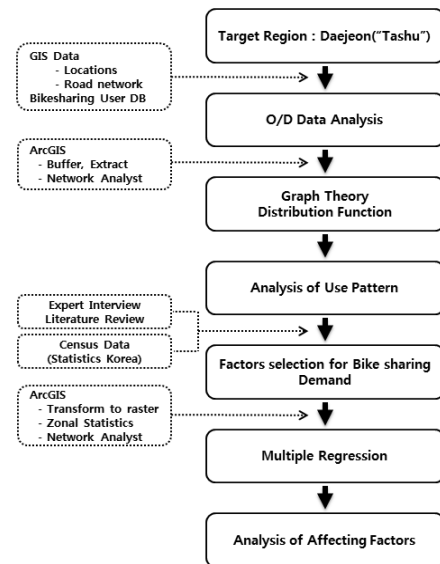


Fig. 1. Study Procedure

이용하였으며, 이용수요에 영향을 미치는 요인 분석을 위해서 전문가 인터뷰를 추가로 수행하였다.

2.1 대상지역

본 연구의 지역적 범위는 대전광역시이며 대전광역시에서 운영하고 있는 공유자전거 ‘타슈(Tashu)’는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 둔산과 유성지역에 집중적으로 분포되어 있으며, 태평권과 가오권, 송촌권은 도시철도 역과 아파트 밀집지역을 중심으로 운영되고 있다.

연구의 범위로는 대전시 전역의 공유자전거정거장 가운데 2013년에 새로 신설되거나 운행중단 되지 않은 정거장 107개를 대상으로 이용자 O/D 자료를 이용하였다.

2.2 그래프 이론과 분포함수를 이용한 이용특성 분석

공유자전거 정거장의 위치 선정과 정거장 간의 연계 여부는 자전거 이용에 매우 중요한 변수이다. 현재 대전시 공유자전거의 경우 한 시간 이내 환승 즉, 인근 정거장에 도착하는 경우 무료로 재이용할 수 있다. 따라서 공유자전거 정류장의 상대적인 위치도 특정 정거장의 이용률에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

본 연구에서는 그래프 이론(Graph theory)을 이용하여 근접 중심성(closeness centrality)을 산정해 보기로 한다. 근접 중심성은 한 노드(공유자전거 정거장)가 다른 노드에 얼마나 가깝게 있는가를 나타내는 지표로 두 노드 사이의 연결거리를 기준으로 측정하며

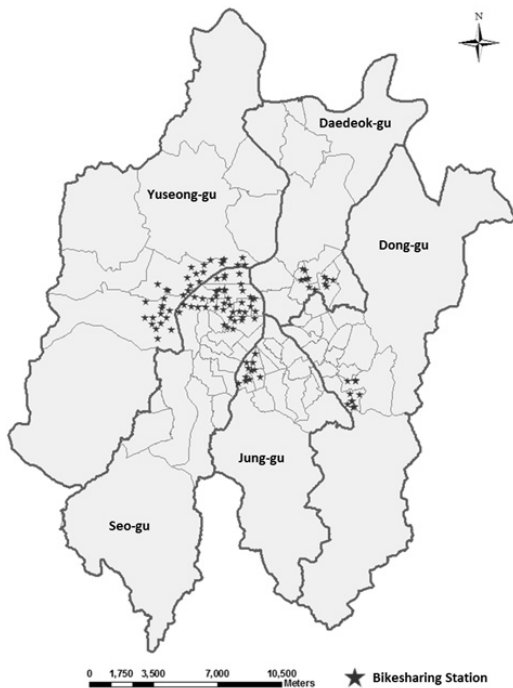


Fig. 2. Bike-Sharing Station at Daejeon

근접 중심성이 높은 노드는 네트워크 내 다른 모든 노드들과 가장 짧은 연결거리를 가지고 있음을 의미하는 것으로 노드 i 의 절대적 근접 중심성 지수(CI, c_i)는 Eq. (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$c_i = \frac{1}{\sum_j d_{ij}} \tag{1}$$

여기서, d_{ij} : 노드 i 와 j 간의 거리

한편, 공유자전거 정거장 입지별 시간대별(주중, 주말 등) 및 이용비율 특성 등을 알아보기 위해 분포함수(distribution function)를 이용하여 이용특성을 살펴보았다.

2.3 GIS 기반 데이터를 활용한 다중회귀분석

대전시 공유자전거 이용수요에 영향을 미치는 요인을 살펴보기 위해 기존 연구의 고찰 및 전문가 자문을 통해 영향인자를 먼저 선정하였으며 이를 독립변수(X)로 두고, 2013년 공유자전거 이용자 수(trip)를 종속변수(Y)로 하는 다중회귀분석(multiple regression)을 실시하였다.

독립변수의 자료 구축을 위해 ArcGIS 10 프로그램을 이용하여 대전지역을 10m × 10m크기의 셀(Cell)로 나눈 뒤 각 정거장별로는 5분 거리인 반경 300m를 기반으로 데이터를 구축하였다. 수변공간과 지하철역 공간데이터는 실제 도로네트워크상 거리로 하였으며 공원의 경우 모형의 정확성을 위해 반경 300m안의 공원존재 여부를 더미변수로 선정하였다.

분석을 위한 자료의 범위는 2013년 일 년간 107개 정거장별 trip 발생분포이며, 1,014건에서 48,565건의 범위를 기록하였으며, 평균 7,736건을 기록하였다.

독립변수로는 통계청에서 제공하는 센서스(Census)자료를 기초로 젊은층(10~30대) 비율, 인구밀도, 1인가구 밀도, 자가, 종사자 밀도 데이터를 기본적으로 선정하였고, 대전시에서 제공하는 버스 정류장 위치와 이용자수, 공유자전거 정거장과 지하철역, 공원(한밭수목원, 유람공원, 엑스포 과학공원), 수변 공간(갑천, 유등천)과의 거리, 자전거도로 연장 등을 사용하였다.

3. 공유자전거 이용 특성

3.1 타슈 이용 특성

대전시에서 제공하는 107개 공유자전거 정거장의 2013년 의 이용자 대역 및 반납정보를 활용하여 분석한 결과, 대전시의 공유자전거는 하루 평균 2,268건일 이용하며, 평균 이용시간은 32분으로 나타났다.

이동거리와 이용시간 특성은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 20분 이내 통행이 가장 잦고 한 시간 이상의 통행은 거의 없는 것으로 확인되었으며, 이동거리도 600~1200m의 단거리에 집중되어 있으며 5Km 이상의 장거리 통행도 확인할 수 있었다. 한편 주중이 70%, 주말이 30%의 운행횟수를 보였으며 주말이 주중보다 하루 약 200건(trip) 더 높은 경향을 보였다.

계절(월)별로는 여름철(6~8월)이 265,081건(32%)로 가장 높았고 겨울철(12~2월)이 74,272(9%)로 가장 낮았다. 월별 이용건수로는 5월이 가장 많았고 10월과 6월 순으로 나타났다. 주중과 주말 모두 여름철 이용객이 가장 많았으며 겨울철이 다른 계절에 비해 3배 이상으로 감소하는 경향을 보였다. 이는 다른 교통수단에 비해 외부환경에 영향을 더 많이 받는 자전거 이용특성이 반영된 것으로 판단된다(Fig. 4 참조). 한편 시간별 이용객은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 18시에서 가장 높게 관측되었으며, 주말은 이용객이 하루 중 시간이 지날수록 점차 상승하는 곡선을 그리는 반면 주중은 출퇴근시간(오전8시, 오후 18시)을 기점으로 오전 오후에 각각 상승곡선을 그리는 것을 확인하였다.

한편, 총 통행량을 기준으로 자전거 통행의 O/D자료를 분석한 결과, 통행발생이 높은 정거장을 살펴보면 지하철역, 대학교 그리고 주요 3개 공원(한밭수목원, 엑스포 과학공원, 유림공원)근처 인 것으로 나타났다.

정거장에서 도보 5분 거리인 반경 300m을 기준으로 자전거 정거장의 입지를 지하철 인근, 대학교 인근 및 공원과 기타로 구분하

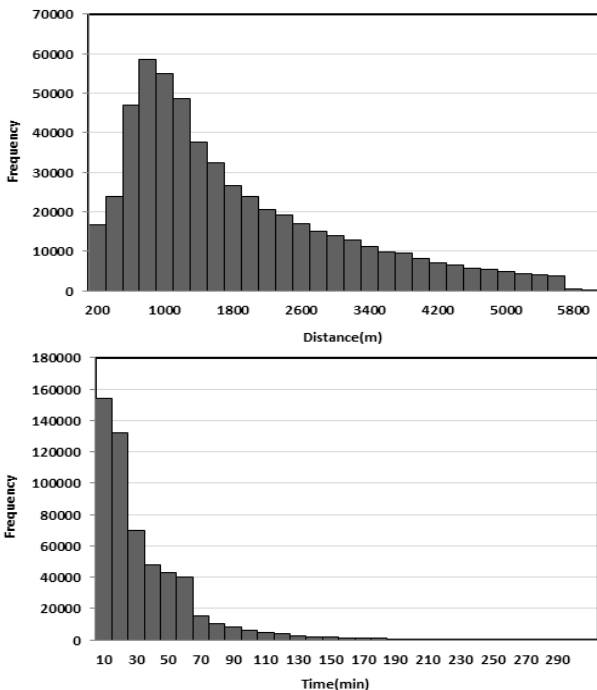


Fig. 3. Distance and Travel Time Distrib. of Bikeshare Trip

여 분석하였으며, 먼저 지하철 인근 공유자전거정거장수는 전체 107개 가운데 15개(14%), 공원은 11개(10%), 대학교 근처 정거장은 9개(8.4%)로 나타났다.

입지에 따른 차이를 살펴보면 먼저 지하철 역 인근의 통행발생과 집중 비율이 20% 수준인 것으로 나타났으며, 대학 인근과 공원의 경우 15%와 22% 수준으로 나타나 공원 인근에 공유자전거의 이용비율이 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 1에서 보는 바와 같이 공유자전거 정거장의 입지에 따른 이용 특성의 경우 특이한 점은 입지에 상관없이 통행발생과 집중의 비율이 거의 차이가 없었다. 또한 지하철 인근의 경우 주말과 주중의 이용비율이 19~20% 수준이며, 대학교 인근의 경우 14~16% 수준으로 거의 차이가 없는 반면, 공원 인근의 정거장의 경우 주중/주말의 비율이 19%~24% 수준으로 다소 차이가 남을 확인할 수 있었다.

즉, 지하철과 대학 인근의 경우에는 공유자전거 정거장 설치 비율(14%와 10%)에 비해 이용률은 전체에서 차지하는 비율이 20%와 15%로 약 5% 정도 높은 반면 공원 인근의 경우에는 공유자전거 정거장의 설치 비율이 10%인데 비해 이용률은 전체 통행에서 22% 수준으로 상대적으로 크게 높게 나타났다. 즉, 대전의 공유자전거의 이용은 공원과 수변공간을 중심으로 주말에 레저를 주목적으로 하고 있음을 알 수 있다.

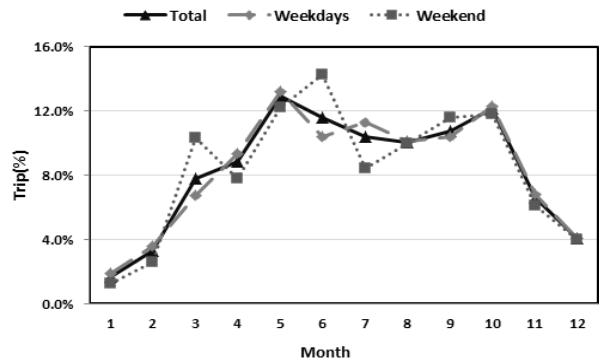


Fig. 4. Monthly Trip Characteristics

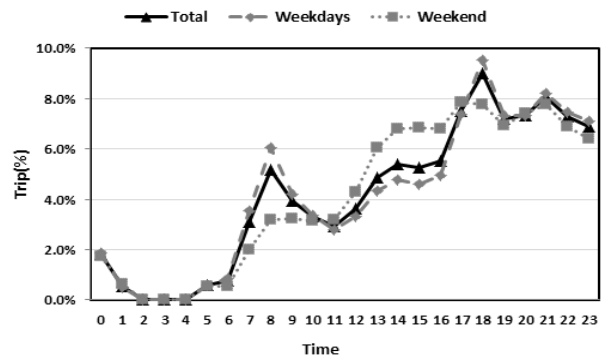


Fig. 5. Hourly Trip Characteristics

Table 1. Bikeshare Characteristics of Metro, University and Park Vicinage Station

		Total	Weekend	Weekdays	Weekdays (non peak)	Weekday Peak	
						(07-09)	(18-20)
Total trip		643,408	183,044	460,364	338,134	42,715	79,515
Origin (%)	Metro	129,562 (20.1)	34,965 (19.1)	94,597 (20.5)	68,160 (20.2)	9,508 (22.3)	16,929 (21.3)
	Park	128,798 (20.0)	42,991 (23.5)	85,807 (18.6)	63,369 (18.7)	5,796 (13.6)	16,642 (20.9)
	University	99,901 (15.5)	26,002 (14.2)	73,899 (16.1)	57,561 (17.0)	3,439 (8.1)	12,899 (16.2)
Destination (%)	Metro	130,096 (20.2)	35,089 (19.2)	95,007 (20.6)	68,451 (20.2)	9,582 (22.4)	16,974 (21.3)
	Park	129,059 (20.1)	43,050 (23.5)	86,009 (18.7)	63,448 (18.8)	5,813 (13.6)	16,748 (21.1)
	University	99,592 (15.5)	26,588 (14.5)	73,004 (15.9)	55,057 (16.3)	7,259 (17.0)	10,688 (13.4)

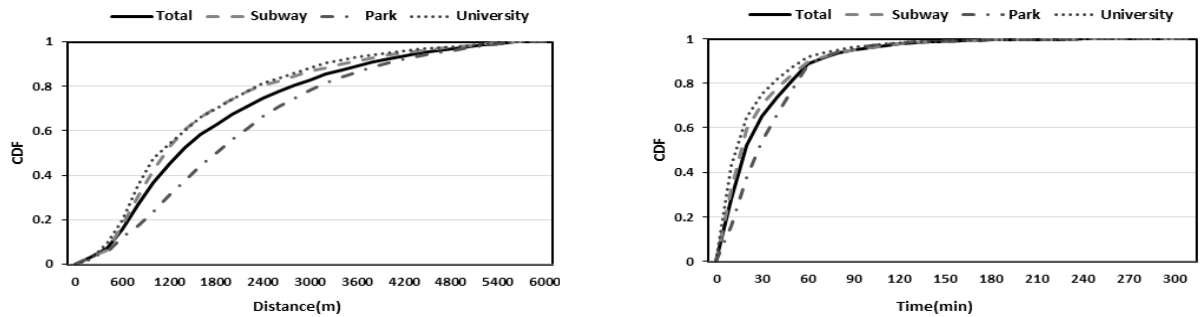


Fig. 6. CDF of Bikeshare Distance and Travel Time

Table 2. Return Rate at Same Location of Bikeshare Trip

Rank	Station	Gu	Return(%)	Rank	Station	Gu	Return(%)
1	Hanbat Arboretum	Seo-Gu	53.2	11	Beodeunaee 4	Jung-Gu	39.7
2	Dongchungdang Park	Daedeok-Gu	51.8	12	Sambu Plaza	Jung-Gu	39.4
3	EunEosong Maeul 2	Dong-Gu	45.7				
4	EunEosong Maeul	Dong-Gu	43.9	101	Dasongwan(KAIST)	Yuseong-gu	14.1
5	EunEosong Maeul 4	Dong-Gu	43.7	102	Yuseong H.S Station	Yuseong-gu	14.1
6	Yudeung Bridge	Jung-Gu	43.3	103	H.T Bus Station	Seo-gu	14.1
7	Seonbi Maeul 3	Daedeok-Gu	41.9	104	Time World	Seo-gu	13.5
8	Panam Station	Dong-Gu	41.5	105	G.C. Station	Seo-gu	13.0
9	Taepyeong E.S.	Jung-Gu	40.2	106	Seonsa Tra. Park	Seo-gu	12.1
10	Songchon F.S.	Daedeok-Gu	40.0	107	KAIST(West Entr.)	Yuseong-gu	10.9

Fig. 6에는 지하철, 공원, 대학 인근의 공유자전거 정거장의 이동거리(m)와 이용시간(분)의 누적분포함수(CDF: Cumulative Distribution Function)를 나타내고 있으며, 전체 평균에 비해 대학과 지하철역 인근에 위치한 공유자전거의 이동거리와 이용시간이 적으며 공원 인근의 경우는 전체 평균보다 큰 값을 보임을 확인할 수 있다. 결국 레저를 목적으로 한 공원 인근에서 공유자전거의 이동 거리와 이용하는 시간이 큰 값을 가짐을 알 수 있다.

또한 특이한 이용특성은 이용자들이 공유자전거를 빌려 사용하고 다시 제자리로 돌아와 반환하는(자기 반환) 비율(return rate at same location)이 매우 높다는 점이다.

Table 2에는 공유자전거를 이용하고 다시 제자리로 돌아오는 자기 정거장 반환비율이 높은 정거장 순으로 나타낸 것으로, 노드(공유자전거 정거장) i 의 자기 반환비율 $R_i(\%)$ 는 Eq. (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$R_i(\%) = \frac{b_{ii}}{\sum_j b_{ij}} \quad (2)$$

여기서, b_{ij} : 노드 i 와 j 간의 이용수요

Table 2에서 알 수 있는 바와 같이, 공유자전거의 이용 목적이 이동인 경우 즉, 지하철역 인근에 위치한 정거장의 경우가 상대적으로 다시 제자리로 돌아와 반환하는 비율이 낮고 레저 등을 위한 이용인 경우 제자리 반환비율이 높다는 것을 알 수 있다.

3.2 공유자전거 정거장의 중심성

대전시 공유자전거 정거장을 대상으로 절대적 근접 중심성을 산정한 결과는 상대적으로 중앙에 위치한 정부청사역, 둔산하이마트, 타임월드, 을지대학병원, 갈마역 그리고 시청 순으로 나타났다.

절대적 근접 중심성이 높은 곳은 공유자전거의 수리 및 주차 시설 혹은 정보센터 등의 입지 선정에 유리하며 향후 공유자전거 정거장의 추가 설치 시에 중요한 기초 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

여기서 절대적 근접 중심성이 높은 노드가 실제로 인접 노드와 이용률도 높은지 살펴보기로 한다. 107개 공유자전거 정거장 간의 이용횟수 O/D 자료를 기반으로 노드 간 O/D와 자기 반환된 자료를 이용하였으며, 노드 i 의 자기 반환수요 $RD_i(\text{trip})$ 와 노드 i 의 인근 노드와의 이용수요 $D_{ij}(\text{trip})$ 를 나타내면 Eqs. (3) and (4)와 같다.

$$RD_i = b_{ii} \tag{3}$$

$$D_{ij} = \sum_j^n b_{ij} (i \neq j) \tag{4}$$

Fig. 7에서 원으로 표시된 것이 자기 반환수요의 크기이며 화살표로 나타낸 것이 인근 노드와의 이용수요의 크기이다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 대전시 공유자전거 정거장 가운데 가장 이용수요가 큰 정거장은 한밭수목원, 장대4거리, 유성구청, 타임월드, 월평역 순이며, 이들 역은 동시에 자기 반환수요도 상대적으로 크게 나타났다.

한편 Figs. 2 and 7을 비교해 보면, 대전시 전역을 대상으로 공유자전거 정거장이 균등하게 설치되어 있지 않기 때문에 정부청사역, 시청 등과 같이 절대적 근접 중심성이 높은 곳보다 일부 지역(유성, 둔산 등)을 중심으로 작은 중심점을 형성(Hub-and-spoke 특성)하고 있음을 확인할 수 있다.

그리고 이용수요가 큰 노드들의 특성이 갑천과 수목원 등 레저를 목적으로 한 이용이 용이한 곳에 위치했을 뿐만 아니라 다소 거리가 먼 노드 간(한밭수목원-유성구청 및 장대4거리, 무역전시관-유성구청 등)에도 레저 이용수요가 많음을 확인할 수 있다.

나아가 일부 상업시설이 밀집한 지역(타임월드)과 공원 및 버스 정류장 간의 이동과 지하철 역(유성온천 역)과 아파트 간의 이동 패턴도 존재함을 확인할 수 있었다.

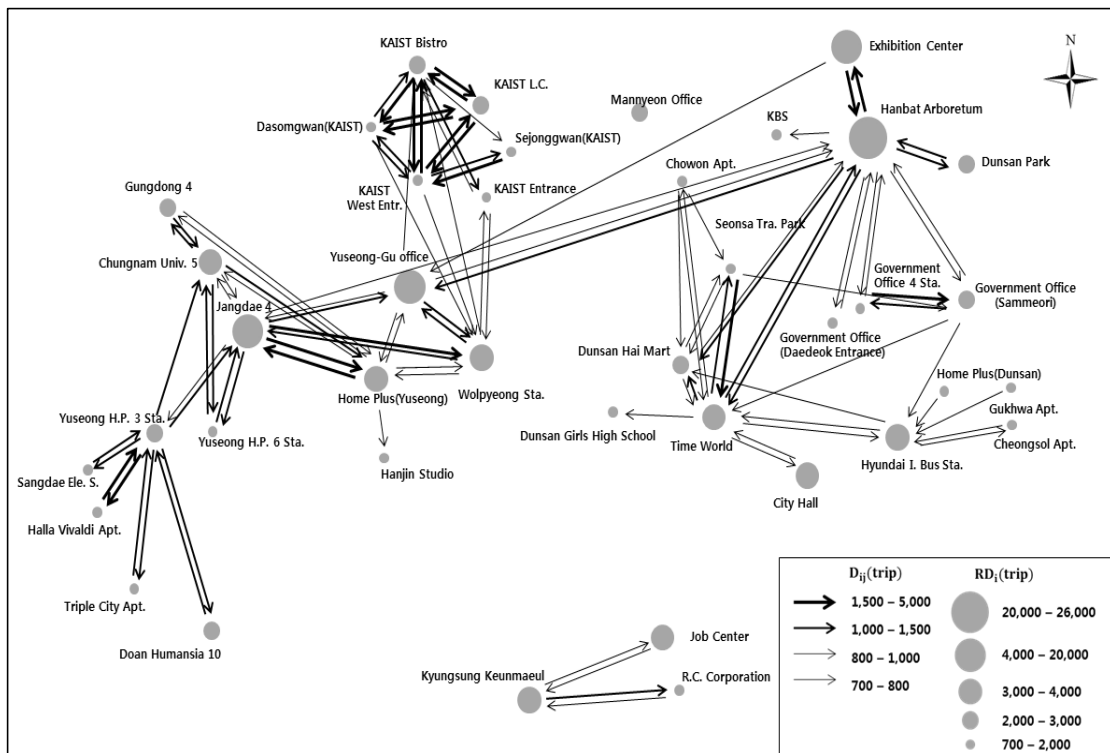


Fig. 7. Usage Centrality of Bikeshare Trip

4. 이용수요에 영향을 미치는 요인분석

4.1 이용수요 요인분석

이용수요에 영향을 미치는 요인을 살펴보기 위해 선정된 각각의 독립변수와 종속변수간의 상관관계 분석을 하였다. 상관관계 분석은 두 변수 간의 선형관계를 조사하는 것으로 선정된 종속변수 중 1인 가구밀도를 제외하고 모두 유의 수준이 0.1보다 작았으며, 이중 자전거도로 연장이 R=0.616으로 상관계수가 가장 높았다.

선정된 10개의 변수를 독립변수(X)로 하고 각 정거장별 2013년 공유자전거이용객 수의 제곱근을 종속변수(\sqrt{Y})로 한 다중회귀분석(multiple regression)을 통해 이용수요에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과가 Table 3의 전체(Full) 모형이다.

한편, 표준화계수(standardized coefficient)는 입력된 독립변수를 평균=0, 표준편차=1로 표준화 시켜 분석한 것으로 독립변수가 종속변수에 미치는 영향력의 크기를 나타내며 전체 변수 중 자전거도로 연장이 가장 영향력 높은 변수임을 알 수 있다. 그리고 공선성 통계량 VIF값이 10이상일수록 공선성 문제가 심각한 것으로 판단할 수 있는데 자가와 종사자 밀도의 VIF 값이 10에 가까운 값으로 이는 두 변수 간에 공선성이 매우 심각하다는 의미이다.

이러한 공선성문제와 잠재적 독립변수 중 설명력이 높은 변수만을 선정하기 위해 5% 유의수준에서의 단계입력방식(Stepwise method)을 적용하였다. 단계입력방식을 통해 선정된 변수로는 젊은층 비율, 버스 승하차 인원, 수변공간까지의 거리, 공원여부, 자전거도로 연장이 채택되었다. 이중 버스 승하차 인원이 가장 높은 영향력을 나타낸 것을 볼 수 있고 다음으로 자전거도로연장이

영향력이 높았으며, 결정계수도 설명력이 높게 나타났다.

Table 3에서 stepwise 방식으로 구한 이용수요 예측모형을 정리하면 Eq. (5)과 같다.

$$\hat{y} = (27.434 + 0.244 YP + 8.756 BP - 3.176 DW + 36.412 P(D) + 16.447 BL)^2 \quad (5)$$

- 여기서, \hat{y} : 공유자전거 이용수요 예측값
- YP : 젊은층 비율(rate of young people, %)
- BP : 일일 버스 승객(bus passenger)
- DW : 수변에서의 거리(distance of waterside)
- P(D): 공원(park) 더미(dummy)변수
- P(D): 공원이면 1, 그 외 0
- BL : 자전거 도로 연장(bike lane)

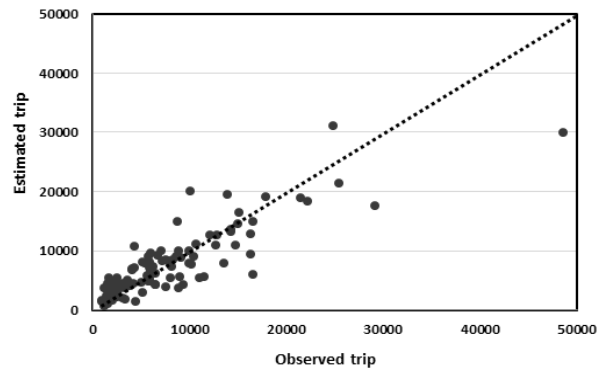


Fig. 8. Goodness of Fit of Model

Table 3. Adjusted Regression Model (Full Model vs Stepwise Model)

Independent Variable	Correlation Coef. (P-value)	Full Model			Stepwise Model		
		Coef. (P-value)	Standardized Coef.	VIF	Coef. (P-value)	Standardized Coef.	VIF
Rate of Young People(%)	0.288 (0.003)	0.396 (0.017)	0.178	2.20	0.244 (0.039)	0.109	1.09
Population Den.(10 ³ /km ²)	-0.173 (0.075)	0.224 (0.193)	0.085	1.75			
Single Household Den.(10 ³ /km ²)	0.151 (0.121)	1.513 (0.376)	0.052	1.42			
Land Price(10 ⁴ won/3.3058m ²)	0.412 (0.000)	0.434 (0.571)	0.091	10.56			
Bus Passenger(10 ³ /day)	0.570 (0.000)	7.180 (0.000)	0.368	1.49	8.756 (0.000)	0.449	1.07
Worker Density(10 ³ /km ²)	0.444 (0.000)	0.184 (0.816)	0.036	9.96			
Distance from Waterside (km)	-0.450 (0.000)	-2.677 (0.030)	-0.124	1.31	-3.176 (0.009)	-0.147	1.20
Distance from Metro(km)	-0.362 (0.000)	-1.643 (0.395)	-0.052	1.55			
Park(dummy)		42.298 (0.000)	0.370	1.24	36.412 (0.000)	0.319	1.08
Bike Lane(km/π·300 ²)	0.616 (0.000)	14.587 (0.000)	0.382	1.69	16.447 (0.000)	0.431	1.13
Constant		15.825 (0.222)			27.434 (0.000)		
R-Square		0.768			0.748		
Adjusted R-Square		0.743			0.736		

Fig. 8에는 단계입력방식으로 구한 공유자전거 정거장 반경 300m 범위 내의 이용수요에 미치는 영향 요인을 기반으로 작성한 회귀모형의 검증을 위해 모형 개발에 사용된 관측 값과 회귀모형으로 산출된 예측 값을 플로팅한 것으로 설명력이 우수한 것을 확인할 수 있다.

5. 결론 및 향후과제

본 연구는 대전시를 대상으로 공유자전거 이용 특성을 살펴보고 이용 활성화에 미치는 요인을 규명하고 이를 바탕으로 이용수요 예측모형 개발을 위한 방법론을 제시 하였다.

이용특성을 살펴본 결과 공원 인근에서 공유자전거 정거장의 설치 비율에 비해 이용비율이 상대적으로 높았으며, 주중보다 주말 이용수요가 높은 것으로 나타나 대전의 경우 레저를 주목적으로 이용하고 있음을 알 수 있었다.

또한 공유자전거를 빌린 장소로 다시 회귀하는 비율이 매우 높았으며, 절대적 근접 중심성과 이용 중심성 지표를 기준으로 비교한 결과 공유자전거 정거장의 분포가 균등하게 분포되어 있지 않아 특정 지역(둔산, 유성 등)에 이용패턴이 치우쳐 있음을 확인하였다. 향후 공유자전거 정거장의 추가 설치 혹은 자전거 수리 및 정보 센터 등의 입지선정에 본 연구의 성과를 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

이용수요 예측을 위한 모형에서 최종적으로 버스승하차 인원, 자전거도로 연장, 공원여부, 수변공간까지의 거리, 젊은층 비율 순으로 영향력이 있었으며, 선정된 변수의 신뢰도(R-Square)는 0.74 정도로 우수한 것으로 나타났다. 이는 자전거도로 인프라가 잘 구축되어있는 곳일수록 이용수요가 많고, 젊은층이 많고 유동인구가 많은 대학교나 상업시설 주위에서 공유자전거 이용수요가 높게 나타났다. 나아가 공원과 수변공간까지의 거리가 영향력 있는 변수로 채택된 것은 자전거를 레저 활동의 한 수단으로 이용하기 때문인 것으로 해석할 수 있을 것이다.

향후 연구과제로는 계절별, 월별, 소규모 지역별 이용특성에 대한 심도있는 연구와 함께 통행 목적별, 이용자 연령, 기상상태 등 이용수요에 영향을 미치는 다양한 환경 인자들을 고려한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

Efthymiou, D., Antoniou, C. and Waddell, P. (2013). "Factors affecting the adoption of vehicle sharing systems by young drivers." *J. of Transport Policy*, Vol. 29, pp. 64-73.
 Garcia-Palomares, J. C., Gutierrez, J. and Latorre, M. (2012).

"Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS Approach." *J. of Applied Geography*, Vol. 32, pp. 235-246.
 Hong, D. H., Kil, E. J., Kim, S. J., Joo, S. H. and Oh, C. (2012). "Methodology for evaluating cycling environment using gps-based probe bicycle speed data." *International J. of Highway Engineering*, Vol. 14, No. 2, pp. 73-81.
 Jappinen, S., Toivonen, T. and Salonen, M. (2013). "Modelling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in greater helsinki : An Open Data Approach." *J. of Applied Geography*, Vol. 43, pp. 13-24.
 Jung, G. S. and Lee, Y. I. (2010). "A study on the proper position of guide sign for bikeway in Korea." *J. of Korean Society of Transportation*, Vol. 28, No. 6, pp. 99-108.
 Kim, S. S., Song, G. U. and Jung, H. Y. (2009). "A study on the promotion plan and effect factors of riding a bicycle according to characteristics of the region." *J. of Korean Society of Transportation*, Vol. 27, No. 4, pp. 17-29.
 Kim, S. S., Song, G. U. and Jung, H. Y. (2010). "A study on the conscious evaluation of bicycle users by importance-performance analysis (Focused on Changwon-si and Masan-si in Korea)." *J. of Korean Society of Transportation*, Vol. 28, No. 2, pp. 87-97.
 Lee, G. R., Rho, J. K. and Kang, K. Y. (2009). "Development of bicycle level of service model from the user's perspective using ordered probit model." *J. of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol. 8, No. 2, pp. 108-117.
 Lee, J. Y., Leem, Y. T. and Lee, S. H. (2010). "Conceptualization of u-Bike services and its priorities." *J. of Korean Society of Transportation*, Vol. 28, No. 3, pp. 7-17.
 Nankervis, M. (1999). "The effect of weather and climate on bicycle commuting." *J. of Transportation Research Part A : Policy and Practice*, Vol. 33, pp. 417-431.
 O'Brien, O., Cheshire, J. and Batty, M. (2014). "Mining bicycle sharing data for generating insights into sustainable transport systems." *J. of Transport Geography*, Vol. 34, pp. 262-273.
 Parkes, S. D., Marsden, G., Shaheen, S. A. and Cohen, A. P. (2013). "Understanding the diffusion of public bikesharing systems: Evidence from Europe and North America." *J. of Transport Geography*, Vol. 31, pp. 94-103.
 Pucher, J., Buehler, R. and Seinen, M. (2011). "Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies." *J. of Transport Research part A*, Vol. 45, pp. 451-475.
 Shin, H. C., Kim, D. J., Jeong, S. Y. and Moon, J. W. (2011). "An assessment on the possibilities to promote bicycle use and a research on its determining factors." *LHI J. of Land, Housing and Urban Affairs*, Vol. 2, No. 2, pp. 125-135.
 Won, D. H. and Lee, K. H. (2012). "Analysis for impact perceived neighborhood environmental factors on resident's satisfaction of bicycle use." *J. of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 13, No. 10, pp. 4877-4883.