pISSN : 1226-7147 eISSN : 2383-9171
https://doi.org/10.17208/jkpa.2018.11.53.6.39

Journal of Korea Planning Association Vol.53, No.6 (2018)
대한국토·도시계획학회지「국토계획」제53권 제6호 pp.39-59

서울시 공공자전거 이용에 영향을 미치는 물리적 환경 요인 분석*

-대여소별 거리에 따른 요인의 영향력 차이를 중심으로-

Analysis of Physical Characteristics Affecting the Usage of Public Bike in Seoul, Korea

- Focused on the Different Influences of Factors by Distance to Bike Station-

사경은** · 이수기***
Sa, Kyungeun · Lee, Sugie

Abstract

This study examines the relationship between the usage of public bike and physical environment factors around the public bike stations using the public bike rental history data from 2016 to 2017 in Seoul, Korea. Focusing on the different influences of determinant factors by distance to public bike station, this study identifies influential factors that affect the usage of public bike. The results of the analysis are as follows. First, both the land use and physical environmental variables of bike station areas show strong associations with the usage of public bike. Second, the usage of public bike is also associated with neighborhood living facilities, business facilities, land use mix, the distance to subway station, public facilities and universities. This finding indicates that public bike has played a role as a transportation mode for the short-distance travel and commuting purposes in everyday life. Third, this study shows that the usage of public bike is strongly associated with the average slope, traffic volume around public bike stations, distance to streams or rivers, and the types of bike lane. This finding also indicates that surrounding environmental factors play an important role in the usage of public bike. Finally, this study identifies the different influences of determinant factors on the usage of public bike by distance to public bike station. This study suggests policy implications for the potential locations of public bike stations in the future.

키 워 드 ▪ 공공자전거, 입지특성, 물리적 환경, 거리 민감도
Keywords ▪ Public Bike, Locational Characteristics, Physical Environment, Distance Sensitivity

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

자동차 중심의 교통발전은 편리한 이동성으로 현대인의 삶에 있어 매우 중요한 요소로 자리 잡고 있다. 그러나 자동차 중심의 생활방식으로 인해 극심한 교통체증, 환경오염, 신체활동 부족 등 다양한 문제가 대두되었으며 이에 따라 자동차 중심이 아닌 사람 중심의 개발 패러다임과 도시의 질적 성장에 관

* 이 논문은 2018년 4월 대한국토도시계획학회 춘계산학학술대회에서 발표한 논문을 수정·보완한 것임.
** Dept. of Urban Planning & Engineering, Hanyang University
*** Dept. of Urban Planning & Engineering, Hanyang University (Corresponding author: sugielee@hanyang.ac.kr)

심을 두기 시작하였다. 위와 같은 다양한 도시문제에 따라 최근 친환경적이고 자동차의 대체수단으로 활용 가능하며 다른 대중교통수단과 상호보완적인 교통수단으로 자전거가 많은 관심을 받고 있다. 자전거는 보행 활동에 비해 빠른 속도를 가지고 있으며 자동차보다 점유면적이 작아 효율적인 공간 활용이 가능하다. 또한 높은 경제성과 환경오염 물질을 배출하지 않는다는 점에서 환경오염과 에너지 부족 문제를 해결할 수 있는 교통수단으로 주목받고 있다(원동혁·이경환 2012).

일찍이 많은 유럽 도시에서 친환경적이며 신체 건강에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 자전거가 교통수단으로써 높은 인기를 가지고 있으며, 자전거 이용 촉진을 위해 충분한 자전거 인프라를 확보하고 자전거 통행 인센티브 제도를 도입하였다(Caulfield et al. 2011; Horton et al. 2016). 또한 자전거를 하나의 교통수단으로 확장하고 다양한 교통수단과 통합을 이루어 내기 위해 공공자전거 제도가 등장하였고 1960년대 네덜란드 암스테르담에 도입된 1세대 공공자전거 “White Bike”를 시작으로 현재 IT기술이 도입된 공공자전거 시스템까지 발전하였다(Demaio 2009; Shaheen et al. 2010). 공공자전거는 자동차와 비교했을 때 훨씬 유동적인 이동성을 가지고 있으며 신체활동 유발, 다른 교통수단과의 호환성 등 다양한 장점들을 가지고 있다. 최근 공공자전거는 전 세계적으로 400개 이상의 도시에서 운영되고 설치될 예정이다(Shaheen et al. 2010; Fishman et al. 2013).

국내에도 2008년 창원시를 시작으로 공공자전거가 도입되었으며, 2015년 10월 서울시에도 공공자전거 ‘따릉이’가 도입되었다. 서울시 공공자전거는 ‘누구나, 언제나, 어디서나 쉽고 편리하게’ 이용할 수 있는 자전거 무인대여 시스템으로 서울시의 교통체증과 대기오염 문제를 해결하고 건강한 사회와 시민의 삶의 질을 높이고자 도입된 제도이다. 사업 초기 서울시 신촌, 여의도, 상암, 사대문지역, 성수 등 5개 지역에 2,000대의 자전거와 150개의 대여소로 시작되었으며 서울시 공공자전거에 대한 관심과 수요가 지속해서 증가함에 따라 서울시는 계속해서 공공자전거와 대여소 수를 확충할 계획을 가지고 있다. 그러나 하루 대여 및 반납 건수가 0건 또는 그 수가 매우 저조한 대여소가 문제점으로 등장하고 있고 이에 좀 더 효과적인 공공자전거 대여소 입지를 선정하기 위해 공공자전거 이용에 영향을 미치는 다양한 요인들을 파악할 필요가 있다.

본 연구는 서울시 공공자전거 따릉이 대여이력 자료를 활용하여 서울시 공공자전거 이용에 영향을 미치는 대여소 주변의 미시적 요인을 파악하고 거리에 따른 요인의 영향력 차이를 파악하고자 한다. 나아가, 분석 결과를 바탕으로 보다 효율적인 공공자전거 운영을 위한 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 서울시 공공자전거 대여소 1,026곳을 대상으로 공공자전거 대여와 반납 발생에 영향을 미치는 대여소 주변의 미시적 요인을 분석하였다. 분석 자료는 서울시설공단에 정보공개 신청을 통해 제공받은 대여이력 자료를 사용하였으며 2016년부터 2017년 2년간의 대여이력 6,551,601건을 활용하였다. 1,026개의 서울시 공공자전거 대여소를 중심으로 100m 반경을 연구의 공간적 범위로 설정하였으며 100m 반경 내의 토지이용 특성과 대여소 주변의 미시적 환경요인들을 독립변수로 활용해 공공자전거 대여 및 반납건수에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 더불어, 대여소를 중심으로 거리에 따른 영향력 차이를 비교하기 위해 거리별로 변수를 구축하여 추가 분석을 진행하였다. 본 연구의 시간적 범위는 사업 초기 기간을 제외한 2016년부터 2017년까지 2년으로 설정하였다.

본 연구의 종속변수는 서울시 공공자전거 대여소별 일평균 대여 및 반납 건수이며 독립변수는 대여소 특성과 대여소 주변 토지이용 특성 그리고 대여소 접근성 및 주변환경 특성으로 설정하였다. 자료의 가공과 활용은 R 3.3.2와 ArcGIS Pro를 활용하였으며 통계패키지는 STATA 13.1을 사용하였다.

Ⅱ. 선행연구 고찰

공공자전거 제도의 역사가 짧은 대신 일반 자전거 이용과 관련된 연구는 국내외로 지속해서 진행되어 왔으며 본 연구에서는 크게 자전거 이용 활성화 및 자전거 이용 만족도, B-TOD(Bicycle&Transit Oriented Development), 공공자전거 이용특성으로 구분하여 선행연구를 고찰하였다.

우선, 일반 자전거 이용과 관련된 연구는 대부분 자전거를 통한 통근 통행에 주목하고 있으며 시설 측면에서는 자전거 도로 및 편의시설에 집중하고 있다. 이경환 외(2008)는 한국의 중소도시를 대상으로 토지이용 및 도시의 공간구조가 자전거 통근율에 갖는 상관관계를 분석하였다. 분석 결과, 직주균형비가 높을수록 자전거 통근통행이 늘어나고 도시 공간구조의 경우 분산형 도시보다 집중형 도시에서 자전거 통근통행이 늘어나는 것으로 나타나 직주균형을 유도하는 정책이 대중교통 이용뿐만 아니라 자전거 통근 통행에서도 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 언급하였다. 또한, 압축도시 이론에서 주장하는 바와 같이 분산된 도시 개발보다는 일정 지역에 집중된 도시개발이 자전거 통근통행에 긍정적인 개발 방식임을 시사했다.

원동혁·이경환(2012)은 창원시 성산구와 의창구 주민들을 대상으로 설문조사를 진행하였으며, 자전거 이용환경에 대한 지역주민들의 만족도를 조사하고 지역주민들이 인지하는 근린환경 요인이 자전거 이용환경 만족도에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 자전거 편의시설의 질, 주요시설의 접근성, 가로환경의 다양성, 자전거도로의 질 등 4가지 인지적 요인이 자전거 이용만족도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 물리적 근린환경 요인의 경우 거주지에서 직장 및 학교 그리고 자전거 도로까지의 거리가 가까울수록 자전거를 이용하여 통근 및 통학을 할 확률이 높아지는 것으로 나타나 자전거 통근통행을 활성화하는데 있어, 자전거 도로 접근성이 중요한 계획요소임을 주장하였다.

하지만, 앞선 2개의 연구는 일반 자전거 이용특성에 대한 연구로 공공자전거는 일반 자전거와 다른 특성을 보이고 있다. 일반 자전거의 경우 주거지와 직장 또는 편의시설과 같은 목적지에 바로 도달할 수 있지만, 서울시 공공자전거의 경우 대여소가 따로 존재하기 때문에 추가 보행이 발생해 대여소 주변 환경의 영향을 받는다. 따라서 공공자전거의 경우 거주지나 목적 지역이 아닌 대여소를 중심으로 영향요인을 분석할 필요가 있다고 판단하였다.

한편, 자전거 이용과 관련된 또 다른 선행연구로 B-TOD 관련 연구가 있다. 이재영·임윤택(2010)은 친환경 교통수단인 자전거 이용인구가 증가하고 단거리 이동수단으로서 자전거 이용이 증가함에 따라 기존의 TOD(Transit Oriented Development) 계획 수정의 필요성을 제기하였다. 자전거를 고려한 B-TOD 계획은 보행권역에 국한된 기존 권역을 확장하는 효과가 있어 대중교통 운영에 필요한 충분한 수요를 확보할 수 있다고 주장하였다.

또한, 자전거와 대중교통 연계통행에 대한 실태분석을 진행하였으며 자전거를 이용하여 출근하더라도 집과 직장 중 한쪽 방향에서만 자전거를 이용하는 것으로 나타났다. 이러한 현상에 대한 설명으로 자전거를 대중교통에 탑재하여 직장까지 자전거를 이용하는 행태가 가장 적게 나타났는데 이는 제도적 허용, 환승시설 및 차량 내 자전거 거치 장치가 부족하

기 때문이라고 설명하였다. 더불어 안전하지 못한 자전거 주행환경, 전철역까지의 자전거도로 부족 또는 부재 등이 자전거를 통해 전철역까지 도달하는 데에 장애물로 작용하는 것으로 나타나 자전거도로 부족에 대해 지적하였다.

추가로 지하철역 자전거 보관시설의 최대 한계 거리에 대해서는 10m 이내가 가장 높게 나타나 자전거 이용자가 단순 보행자보다 자전거 통행 후 추가적인 보행 활동에 매우 민감한 것으로 해석하였다. 서울시 공공자전거의 경우 공공자전거를 대여소에서 대여하고 반납을 해야 하기 때문에 대여소까지 필수적으로 추가 보행이 발생할 수밖에 없다. 이에 따라, 본 연구는 앞의 연구해석을 참고하여 공공자전거의 대여와 반납 활동이 발생하는 대여소를 중심으로 근린환경과 관련 시설물의 영향요인을 파악할 필요가 있으며, 그 영향 정도가 거리에 따라 다를 수 있다고 판단하였다.

공공자전거는 그 역사가 짧은 편이기 때문에 일반 자전거 연구에 비해 연구가 다소 적은 편이다. 특히, 국내의 경우 2000년대 후반부터 공공자전거가 도입되었기 때문에 해외보다 공공자전거와 관련된 연구는 많이 미흡한 편이다. 우선, 국외의 선행연구들을 살펴보면 Murphy and Usher(2015)는 설문조사를 통해 아일랜드 더블린의 공유자전거의 역할과 영향에 대해 분석하였다. 분석 결과, 공유자전거는 교통수단 선택 변화에 영향을 미친 것으로 나타났다. 하지만, 자동차와 같은 동력 수단이 아닌 보행과 같은 친환경 비동력 수단에서 수단선택 변화가 발생해 단거리 이동 시 자동차 대신 자전거를 이용할 경우 인센티브 제공이 필요함을 시사했다. 또한, 공유자전거는 출발지와 목적지 그리고 대중교통 사이를 연결해주는 중요한 역할을 하는 것으로 나타나 대중교통시설 특히, 주요 철도역에 더 많은 공유자전거 대여소와 자전거를 공급해야 한다고 주장하였다.

Faghih-Imani et al.(2014)은 캐나다 몬트리올의 공공자전거 BIXI의 수요 결정 요인을 파악하였다. 분석 결과, 좋은 날씨일 때 공공자전거 이용이 많은 것으로 나타났으며 주말에는 공공자전거 이용이 감소하는 것으로 나타났다. 하지만, 금요일과 토요일 밤에 대여 및 반납률에 긍정적인 관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 대여소 주변의 식당, 상업시설, 대학교 등 시설 접근성이 대여 및 반납에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 기존 대여소의 자전거 용량을 추가하는 것에 비해 새로운 대여소를 추가하는 것이 더욱 효과적이라고 주장하였다.

국내에서 진행된 공공자전거 관련연구로 이장호 외(2016)는 고양시 공공자전거를 대상으로 기상조건과 입지특성(중심상업지역, 공원지역, 학교 인근 등)이 공공자전거 이용에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 기온이 29도 이상 올라가는 경우와 풍속이 7m/s 이상일 때 공공자전거 이용이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 이슬이 외(2014)는 창원시 공영자전거 이용에 영향을 미치는 공간적 도시 환경 특성을 분석하였다. 분석 결과, 공동주택 또는 상업시설 연면적이 높은 지역의 대여소에서 공영자전거 이용이 높은 것으로 나타났고 대중교통 밀도의 경우 음(-)의 관계를 가지는 것으로 나타났다.

장재민 외(2016)는 본 연구와 같은 서울시 공공자전거를 대상으로 연구를 진행하였다. 서울시 공공자전거 도입 초기 단계인 2015년 10월부터 2016년 3월까지의 이용 데이터를 활용하였으며 주거업무 복합지역인 여의도와 상암지구를 대상으로 진행하였다. 연구 결과, 주거업무 복합지역 내에서는 자전거통행이 업무 및 환승 목적통행으로 사용된다고 밝혔으며 버스 이용대수가 상대적으로 적은 곳에서 자전거 통행비중이 높게 나타난다고 분석하였다. 또한, 도명식·노윤승(2014)은 대전시 공유자전거를 대상으로 이용수요에 영향을 미치는 요인을 분석하였으며 각 정거장을 중심으로 반경 300m를 기반으로 데이터를 구축하였다. 분석 결과, 지하철역, 대학교 그리고 주요

공원 근처의 대여소에서 공유자전거 이용이 많이 발생하는 것으로 나타났으며, 공원과 수변공간의 경우 자전거를 레저 활동의 한 수단으로 사용하기 때문이라고 해석하였다.

선행연구에서 물리적 환경과 자전거 이용과의 관계를 확인한 연구는 국내외적으로 많이 진행되어왔지만, 공공자전거의 경우 제도 도입 자체가 오래되지 않았기 때문에 공공자전거보다는 일반 자전거를 중심으로 연구가 많이 진행된 상황이다. 특히, 최근에 공공자전거 제도를 도입한 서울시 공공자전거에 대한 연구는 매우 부족한 상황이다. 서울시의 경우 공공자전거에 대한 수요가 계속해서 증가하고 있고 이에 따라 대여소와 자전거 수를 확장할 계획이 있기 때문에 서울시 공공자전거를 대상으로 한 연구는 더욱 필요하다.

앞서 검토된 공공자전거 관련 선행연구들의 한계점은 다음과 같다. 우선, 대부분의 공공자전거 관련 선행연구들은 대여소 이름을 기준으로 입지특성을 지정해 대여소를 중심으로 실제 미시적인 환경 요인들을 고려한 연구는 부족하다. 공공자전거의 경우 대여소에서 대여와 반납 활동이 발생하기 때문에 대여소를 중심으로 미시적인 영향요인들을 파악할 필요가 있다. 또한, 공공자전거 이용의 영향요인들을 밝혔더라도 거리에 따른 영향력의 차이를 밝히지는 못했다. 앞의 선행연구에서도 언급되어 있듯이 자전거 이용자는 추가적인 보행에 대해 민감하게 반응하는 경향이 있다. 공공자전거의 경우 고정된 대여소로 인해 추가적인 보행 활동이 필수적으로 발생하기 때문에 영향요인별로 거리에 따른 영향력 차이를 확인할 필요가 있다.

위와 같은 선행연구 검토와 한계점을 바탕으로 본 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 2016년부터 2017년 2년간의 서울시 공공자전거 대여이력 자료를 활용해 서울시 공공자전거 이용에 영향을 미치는 요인들을 파악하였으며, 이를 대여의 경우와 반납의 경우로 나누어 비교하였다. 둘째, 서울시 공공자전거 1,026개의 대여소를 중심으로 미시적인 환경요인에 집중하였다. 본 연구에서는 각 대여소를 중심으로 100m 반경 내의 물리적 환경변수를 구축하여 분석하였다. 셋째, 본 연구는 서울시 공공자전거 이용과 영향 관계를 갖는 요인들을 파악했을 뿐만 아니라 각 요인의 거리에 따른 영향력 변화를 파악하였다.

Ⅲ. 분석자료 및 분석방법

1. 분석변수와 자료 출처

본 연구에서 사용한 분석 변수의 내용과 자료 출처는 다음 〈표 1〉과 같다. 2016년부터 2017년까지 2년간의 서울시 공공자전거 대여이력 자료를 활용해 대여소별 일평균 공공자전거 대여 및 반납 건수를 구축하여 종속변수로 사용하였으며 대여소별 공공자전거 이용현황은 〈그림 1〉과 같다. 또한, 서울시 공공자전거 대여이력(2016-2017), KT 서울생활인구(2017년), 새주소사업 DB(2017), 국가공간정보포털 GIS건물통합정보(2017) 의 자료를 활용하여 독립변수를 구축하였다.

2. 변수선정

〈표 1〉은 종속변수와 독립변수에 대한 내용과 자료의 출처이다. 종속변수인 대여소별 일평균 대여 및 반납 건수는 서울시 공공자전거 대여이력자료(2016-2017)를 활용해 산출하였다. 독립변수 중 인구특성 변수인 생활인구는 KT 서울생활인구(2017) 자료를 활용하여 구축하였다. KT 서울생활인구 자료는 서울시가 보유하고 있는 공공빅데이터와 KT 휴대폰 LTE시그널 데이터를 이용해 추계한 자료로 해당 시간대의 생활인구 개념이다. 공공자전거의 경우

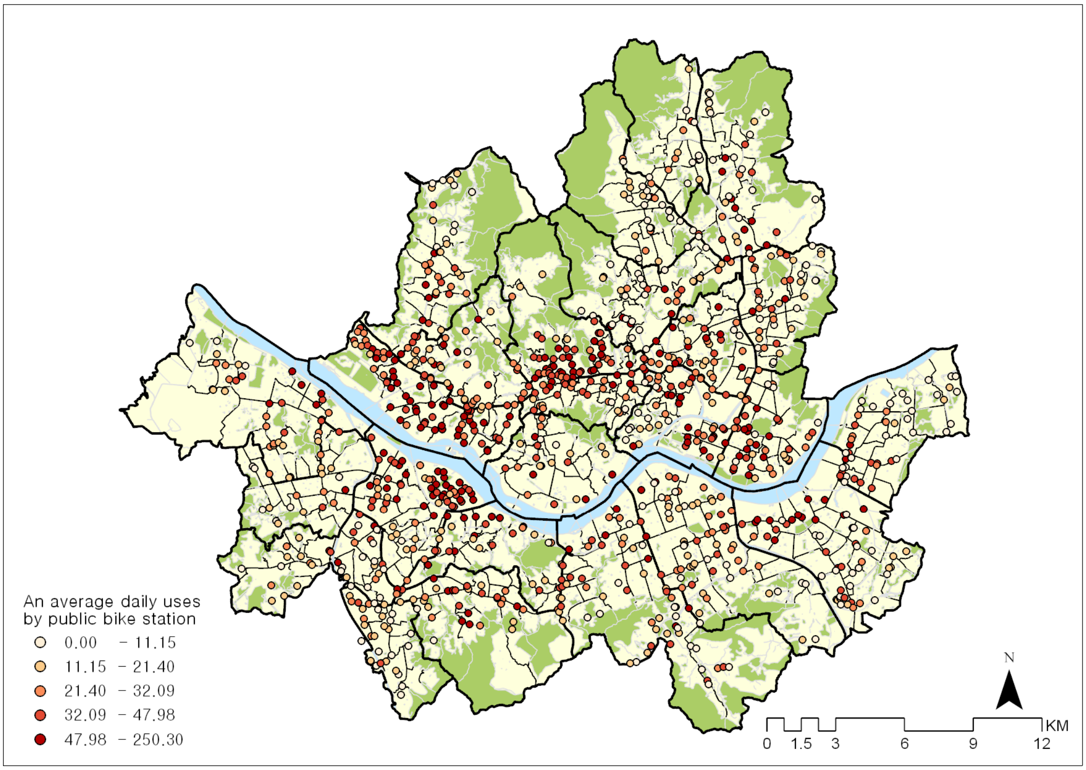

그림 1. 서울시 공공자전거 대여소 위치 및 일평균 이용 현황
Fig 1. Location of public bike station and average usage per day

대여소 주변 유동인구가 공공자전거 이용에 영향을 미칠 수 있기 때문에 이를 제어하기 위해 실시간 생활 인구를 대표하는 KT 서울생활인구 자료를 활용하였다.

대여소 특성변수로는 대여소 유지 기간과 대여소별 공공자전거 거치대 수를 고려하였으며 이는 서울시 공공자전거 대여이력 자료(2016-2017)를 사용하였다. 대여소 유지 기간의 경우 오래된 대여소일수록 생긴 지 얼마 안 된 대여소의 비해 비교적 많은 사람들이 공공자전거 대여소 존재에 대해 인지하고 있으며 이용건수 역시 많을 수 있기 때문에 이를 통계 모형에서 제어변수로 사용하였으며 거치대 수 역시 자전거가 많이 비치된 대여소일수록 이용건수가 많을 수 있기 때문에 이 역시 제어변수로 활용하였다.

토지이용특성 변수의 경우 서울시 공공자전거 이용에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수로 보았다. 공공자전거 대여소를 중심으로 반경 100m 내에 위치한 시설들을 용도별로 구분하여 연면적을 산출하였으며 여기서 100m라는 범위는 가로의 물리적 환경과 보행량 관계를 분석한 선행연구를 참고하여 적용하였다(윤나영·최창규, 2013; Song et al, 2013). 보행보다 자전거가 속도도 빠르고 같은 시간 내에 이동이 가능한 거리가 멀다는 점에도 불구하고 100m라는 미시적인 공간범위를 설정한 이유는 자전거를 이용하는 사람들이 추가적인 보행거리에 민감하다는 점(이재영·임윤택, 2010)에서 착안하였으며 공공자전거를 이용하기 위해서는 대여소까지 도달하는 추가 보행 활동이 필수적으로 발생하기 때문에 미시적 범

Table 1. Variables and data source

Variables			Description	Data Source
종속변수 Depend. variable	일평균 대여 건수 Ave. number of rentals per day		대여소별 일평균 대여 및 반납 건수 Daily average number of rentals and returns by public bike stations	서울시 공공자전거 대여이력(2016-2017) Seoul public bike rental history(2016-2017)
	일평균 반납 건수 Ave. number of returns per day			
독립변수 Independ. variable	인구특성 Pop. factor	생활인구 De facto pop.	집계구별 일평균 KT생활인구 Daily average 'de facto pop.' of jipgyegu	KT 서울생활인구(2017) KT de facto pop.(2017)
	대여소 특성 Station factor	대여소 유지기간 Station duration	대여소별 유지기간(개월) Maintenance of seoul public bike station (month)	서울시 공공자전거 대여이력(2016-2017) Seoul public bike rental history(2016-2017)
		거치대 수 no. of cradle	대여소별 공공자전거 거치대 수 No. of bike cradles by public bike station	
	토지이용 특성 Land use factor	단독주택 연면적 Total floor area of single-family housing	대여소 중심 반경 25m-100m내 단독주택 연면적(㎡) Total floor area of single-family housing within 25m-100m radius from public bike station	새주소사업 DB(2017), New address DB(2017), 국가공간정보포털 GIS건물통합정보(2017) National spatial data infrastructure portal 'GIS Building integrated information'(2017)
		공동주택1) 연면적 Total floor area of multi-family housing	대여소 중심 반경 25m-100m내 공동주택 연면적(㎡) Total floor area of multi-family housing within 25m-100m radius from public bike station	
		아파트 연면적 Total floor area of apt.	대여소 중심 반경 25m-100m내 아파트 연면적(㎡) Total floor area of apartment within 25m-100m radius from public bike station	
		근린생활시설 연면적 Total floor area of neighborhood living facility	대여소 중심 반경 25m-100m내 근린생활시설 연면적(㎡) Total floor area of neighborhood living facility within 25m-100m radius from public bike station	
		상업시설 연면적 Total floor area of commercial facility	대여소 중심 반경 25m-100m내 상업시설 연면적(㎡) Total floor area of commercial facility within 25m-100m radius from public bike station	
		업무시설 연면적 Total floor area of office facility	대여소 중심 반경 25m-100m내 업무시설 연면적(㎡) Total floor area of office facility within 25m-100m radius from public bike station	
		토지이용혼합도 Land use mix	대여소 중심 반경 25m-100m내 토지이용혼합도 Entropy index of res·com·off uses within 25m-100m radius from public bike station	
	대여소 접근성 Access. of public bike station	인접도로 평균교통량 Ave. traffic volume on adjacent road	대여소에 인접한 도로의 일평균 교통량 Ave. daily traffic volume on the nearest road from the public bike station	한국교통연구원 (2015) The Korea Transport Institute (2015)
		하천까지 최단거리 Dist. to waterfront	대여소에서 하천까지 최단거리(m) Shortest distance to the closest waterfront	새주소사업 DB(2017) New address DB(2017)
		공원까지 최단거리 Dist. to park	대여소에서 공원까지 최단거리(m) Shortest distance to the closest park	
		자전거전용도로까지 최단거리 Dist. to bike exclusive lane	대여소에서 자전거전용도로까지 최단거리(m) Shortest distance to the closest bike exclusive lane	서울열린데이터광장 (2017) Seoul open data plaza (2017)
		자전거우선도로까지 최단거리 Dist. to bike priority lane	대여소에서 자전거전용도로까지 최단거리(m) Shortest distance to the closest bike priority lane	
		보행자겸용도로까지 최단거리	대여소에서 보행자겸용도로까지 최단거리(m)	

		Dist. to bike-pedestrian lane	Shortest distance to the closest bike-pedestrian lane	
		지하철 출입구 최단거리 Dist. to subway entrance	대여소에서 지하철 출입구까지 최단거리(m) Shortest distance to the closest subway entrance	
		공공시설까지 최단거리 Dist. to public facility	대여소에서 공공시설까지 최단거리(m) Shortest distance to the closest public facility	새주소사업 DB(2017) New address DB(2017)
		대학교까지 최단거리 Dist. to university	대여소에서 대학교까지 최단거리(m) Shortest distance to the closest university	
	거리별 대여소 주변환경 특성 Physical environment factor by radius	평균경사도 Ave. slope	대여소를 중심으로 각 반경별(25m, 50m, 75m, 100m) 평균경사도 Average slope within radius(25m, 50m, 75m, 100m) from public bike station	
		평균교통량 Ave. traffic volume	대여소를 중심으로 각 반경별(25m, 50m, 75m, 100m) 평균경사도 Average traffic volume within radius(25m, 50m, 75m, 100m) from public bike station	
		하천 존재여부 Exist. of waterfront	대여소를 중심으로 각 반경별 시설 존재여부(0=no, 1=yes) (25m, 50m, 75m, 100m) Existence of elements within radius(25m, 50m, 75m, 100m) from public bike station(0=no, 1=yes)	
		공원 존재여부 Exist. of park		
		자전거전용도로 존재여부 Exist. of bike exclusive lane		
		자전거우선도로 존재여부 Exist. of bike priority road		
		보행자겸용도로 존재여부 Exist. of bike-pedestrian lane		
		지하철 출입구 존재여부 Exist. of subway entrance		
		공공시설 존재여부 Exist. of public facility		
		대학교 존재여부 Exist. of university		

위인 100m를 대여소 주변 환경 범위로 설정하였다. 또한, 거리에 따른 토지이용 특성의 영향력 변화를 살펴보기 위해 범위를 더 세분화하여 25m, 50m, 75m, 100m 4개의 반경으로 토지이용 특성 변수를 구축해 추가로 비교분석하였다.

대여소 접근성 변수의 경우 공공자전거 대여소를 중심으로 반경 100m 내의 평균경사도와 가장 인접한 도로의 평균교통량을 변수로 포함하였으며, 공공자전거 이용에 영향을 미칠 수 있는 요인까지 최단거리를 산출하여 변수로 활용하였다. 또한, 대여소를 중심으로부터 거리에 따라 접근성 특성의 영향력에 차이가 있는지 확인하기 위해 4개의 거리 반경(25m, 50m, 75m, 100m)을 설정하여 반경별로 평균경사도와 평균교통량 그리고 접근성 요인 유무에 대한 더미변수를 구축하여 분석하였다. 본 연구에는 인접도로의 평균교통량과 접근성 요인들의 최단 거리뿐만 아니라 각 반경에 따른 평균경사도와 평균교통량, 접근성 요인 유무에 대한 더미변수를 함께 분석하였기 때문에 접근 거리에 따른 효과뿐만 아니라 범위별 시설의 유무에 대한 효과 역시 확인할 수 있다.

3. 분석과정 및 분석방법

본 연구에서는 서울시 공공자전거 이용에 영향을 미치는 미시적 요인들을 파악하고 영향 요인들의 거리에 따른 영향력 차이를 알아보고자 한다. 이를 위해 대여소가 위치한 집계구의 인구특성과 더불어 서울시 공공자전거 대여소를 중심으로 반경 100m 내의 토지이용특성과 대여소 접근성 및 주변 환경 특성을 나타낼 수 있는 독립변수들을 구축하였다. 분석

은 공공자전거 대여의 경우와 반납의 경우로 나누어 분석하였다.

우선, 상관분석을 통해 공공자전거 대여소별 일평균 대여 및 반납 건수에 밀접한 상관관계를 가지고 있는 변수를 중심으로 독립변수를 선정하였으며 선행연구에서 사용된 변수들도 함께 고려하였다. 독립변수는 다중공선성 검증을 통해 분산팽창계수(variance inflation factor, VIF)가 높은 변수는 최종모형에서 제외하였으며 최종변수의 VIF 값은 모두 2 이하로 다중공성선 문제는 없는 것으로 확인되었다.

분석방법은 다중회귀 분석모형을 사용하였다. 공공자전거 이용에 있어 대여와 반납의 경우를 나누어 공공자전거 이용과 관련이 있는 요인들을 파악하였다. 또한 세부적인 거리반경에 따라 공공자전거 이용에 영향을 줄 수 있는 대여소 주변 토지이용 특성과 주변환경 특성의 영향력 차이를 파악하기 위해 4개의 거리 반경(25m, 50m, 75m, 100m)별로 모형을 분석하였으며, 비표준화 계수(coef.), 표준화 계수(beta), 결정계수(R-squared)의 값을 비교하여 각 거리에 따른 영향요인들의 영향력 차이를 확인하였다.

IV. 분석결과

1. 기술통계 분석

〈표 2〉와 〈표 3〉은 본 연구에서 사용한 변수에 대한 기술 통계분석 결과이다. 〈표 2〉는 종속변수와 연속적인 특성을 지닌 인구특성, 대여소 특성, 대여소 접근성 특성 그리고 대여소를 중심으로 4개의 반경(25m, 50m, 75m, 100m) 내의 토지이용 특성과 평균 경사도 그리고 평균 교통량의 기술통계 분석 결과로 평균, 표준편차, 최솟값, 최댓값을 제시하였다. 〈표 3〉은 거리별 대여소 주변환경 특성의 더미변수에 대한 분석 결과이며 각 변수가 4개의 거리 반경 내에 존재하는 대여소의 수와 비율을 제시하였다.

우선, 종속변수인 대여소 한 곳 당 하루 평균 약 16건의 공공자전거 대여와 반납이 발생하는 것으로 나타났다. 독립변수 중 인구특성을 나타내는 생활인구 변수는 공공자전거 대여소가 위치한 집계구의 하루 평균 생활인구로 평균 2,684명의 인구가 집계구에 존재하고 있는 것으로 나타났다.

공공자전거 대여소 특성 중 하나인 대여소 유지기간의 경우 최소 1개월에서 최대 28개월로 설치된 지 오래된 대여소와 얼마 안 된 대여소의 유지 기간이 2년 이상 차이 나는 것으로 나타났다. 대여소별 거치대 수의 경우, 평균적으로 약 13대의 자전거 거치대를 보유하고 있는 것으로 나타났으며 최소 4대에서 최대 40대까지 대여소별 공공자전거 거치대 수의 편차가 큰 것으로 나타났다.

토지이용 특성의 경우 대여소를 중심으로 반경 100m 내의 주거시설과 업무시설 그리고 상업시설의 엔트로피 지수를 의미하는 토지이용혼합도가 평균 0.21인 것으로 나타났으며 단일용도의 근린과 주거, 업무, 상업 용도가 균형 있게 혼합된 근린이 모두 분포하고 있는 것을 확인할 수 있다.

마지막으로 거리별로 구축된 대여소 접근성 특성의 더미변수 결과에 따르면 각 대여소별로 100m 근린 내에 하천이 있는 경우는 13.9%로 나타났으며 공원의 경우 19.6%인 것으로 나타났다. 자전거 도로 유형 중 자전거전용도로의 경우 대여소를 중심으로 100m 이내에 존재하고 있는 대여소가 15.9%, 자전거우선도로의 경우 15.8% 그리고 보행자겸용도로의 경우 48.2%인 것으로 나타나 자전거 도로가 공공자전거 대여소 주변에 고르게 분포되어 있지 않은 것으로 확인되었다. 또한, 지하철 출입구가 대여소로부터 100m 이내에 있는 경우는 27.1%였으며 시청, 동사무소 보건소, 그리고 공공도서관과 같은 공공시설의 경우에는 21.8%로 나타났고, 대학교의 경우 3.4%로 나타났다.

Table 2. Descriptive statistics

Variables		Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max.
Dependent variables	Average number of rentals per day	1026	15.81	12.37	0.00	124.98
	Average number of returns per day	1026	15.85	13.05	0.00	125.32
Pop. factor	De facto population	1026	2683.90	4346.43	14.57	30601.36
Station factor	Station duration	1026	12.39	8.32	1.00	28.00
	Number of cradle	1026	12.82	4.84	4.00	40.00
Land use factor (25m)	Total floor area of single-family housing	1026	26.75	116.44	0.00	1097.29
	Total floor area of multi-family housing	1026	86.53	692.14	0.00	14534.29
	Total floor area of apartment	1026	557.64	2141.14	0.00	25309.16
	Total floor area of neighborhood living facility	1026	453.28	1190.77	0.00	11841.16
	Total floor area of commercial facility	1026	77.00	765.68	0.00	13513.48
	Total floor area of office facility	1026	558.69	2245.51	0.00	29292.52
	Land use mix	1026	0.04	0.12	0.00	1.00
Land use factor (50m)	Total floor area of single-family housing	1026	210.66	526.80	0.00	4064.29
	Total floor area of multi-family housing	1026	613.50	1932.58	0.00	29470.31
	Total floor area of apartment	1026	2699.76	6818.03	0.00	87738.52
	Total floor area of neighborhood living facility	1026	1887.17	3670.10	0.00	46689.31
	Total floor area of commercial facility	1026	404.06	3235.22	0.00	58484.12
	Total floor area of office facility	1026	2462.82	8028.41	0.00	70367.38
	Land use mix	1026	0.09	0.18	0.00	1.00
Land use factor (75m)	Total floor area of single-family housing	1026	697.93	1374.28	0.00	11679.76
	Total floor area of multi-family housing	1026	2039.59	4291.83	0.00	52017.41
	Total floor area of apartment	1026	7267.30	13812.35	0.00	136822.40
	Total floor area of neighborhood living facility	1026	4649.29	7052.66	0.00	96826.18
	Total floor area of commercial facility	1026	929.74	6522.91	0.00	109900.30
	Total floor area of office facility	1026	5794.55	15891.49	0.00	132388.50
	Land use mix	1026	0.16	0.24	0.00	0.97
Land use factor (100m)	Total floor area of single-family housing	1026	1583.61	2644.15	0.00	22135.15
	Total floor area of multi-family housing	1026	4460.99	7231.55	0.00	61747.47
	Total floor area of apartment	1026	14444.92	23314.70	0.00	173412.40
	Total floor area of neighborhood living facility	1026	8577.63	11794.80	0.00	180599.80
	Total floor area of commercial facility	1026	1579.79	9094.36	0.00	150625.00
	Total floor area of office facility	1026	9685.30	24488.59	0.00	182302.00
	Land use mix	1026	0.21	0.26	0.00	1.00
Access. of public bike station	Average traffic volume on adjacent road	1026	19830.87	12683.18	0.00	89400.00
	Distance to waterfront	1026	448.88	347.33	0.00	1813.24
	Distance to park	1026	202.30	135.14	3.50	1876.16
	Distance to bike exclusive lane	1026	972.26	882.05	0.53	5580.98
	Distance to bike priority lane	1026	2225.76	2279.07	0.20	11066.21
	Distance to bike-pedestrian lane	1026	313.45	415.19	0.06	2790.97
	Distance to subway entrance	1026	451.71	517.22	0.31	4255.84
	Distance to public facility	1026	254.25	199.68	0.00	2183.97
	Distance to university	1026	1459.18	1103.18	0.00	6520.49
Average slope by radius	Average slope (within 25m radius)	1026	0.99	2.27	0.00	14.93
	Average slope (within 50m radius)	1026	1.02	2.20	0.00	13.43
	Average slope (within 75m radius)	1026	1.05	2.11	0.00	13.26
	Average slope (within 100m radius)	1026	1.11	2.07	0.00	11.77
Average traffic volume by radius	Average traffic volume (within 25m radius)	1026	11536.33	12785.92	0.00	66402.50
	Average traffic volume (within 50m radius)	1026	16422.02	13262.31	0.00	68960.50
	Average traffic volume (within 75m radius)	1026	17006.69	12821.81	0.00	66402.50
	Average traffic volume (within 100m radius)	1026	17257.28	12317.78	0.00	66402.50

Table 3. Descriptive statistics of physical environment factor by radius

Variables		Radius 25m			Radius 50m			Radius 75m			Radius 100m		
		Obs.		%	Obs.		%	Obs.		%	Obs.		%
Physical environment factor by radius (Dummy)	Existence of waterfront	yes	42	4.1	yes	72	7.0	yes	111	10.8	yes	143	13.9
		no	984	96.0	no	954	93.0	no	915	89.2	no	883	86.1
	Existence of park	yes	30	2.9	yes	86	8.4	yes	144	14.0	yes	201	19.6
		no	996	97.1	no	940	91.6	no	882	86.0	no	826	80.5
	Existence of bike exclusive lane	yes	90	8.8	yes	124	12.1	yes	143	13.9	yes	163	15.9
		no	936	91.2	no	902	87.9	no	883	86.1	no	863	84.1
	Existence of bike priority lane	yes	115	11.2	yes	133	13.0	yes	147	14.3	yes	162	15.8
		no	911	88.8	no	893	87.0	no	879	85.7	no	864	84.2
	Existence of bike-pedestrian lane	yes	353	34.4	yes	426	41.5	yes	457	44.5	yes	494	48.2
		no	673	65.6	no	600	58.5	no	569	55.5	no	532	51.9
	Existence of subway entrance	yes	141	13.7	yes	220	21.4	yes	252	24.6	yes	278	27.1
		no	885	86.3	no	806	78.6	no	774	75.4	no	748	72.9
	Existence of public facility	yes	68	6.6	yes	121	11.8	yes	177	17.3	yes	224	21.8
		no	958	93.4	no	905	88.2	no	849	82.8	no	802	78.2
	Existence of university	yes	17	1.7	yes	23	2.2	yes	27	2.6	yes	35	3.4
		no	1009	98.3	no	1003	97.8	no	999	97.4	no	991	96.6

2. 상관분석

서울시 공공자전거 대여소별 하루 평균 대여 및 반납 건수와 인구특성, 대여소 특성, 토지이용 특성, 대여소 접근성 특성 그리고 거리별 대여소 주변환경 특성 더미변수들을 사용해 상관분석을 진행하였다. 연속변수에는 Pearson을 더미변수는 Spearman을 적용하였으며 상관관계의 분석 결과는 <표 4>와 같다.

우선, 인구 특성을 설명하는 생활인구 변수는 공공자전거 대여와 반납 모두 양(+)의 방향으로 강한 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 공공자전거 대여소 특성 변수인 대여소 유지 기간과 거치대 수 모두 평균 대여와 반납건수에 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다.

또한, 4개의 거리 반경(25m, 50m, 75m, 100m)별로 구축한 토지이용 특성 변수들의 상관분석 결과를 살펴보면, 단독주택 연면적은 대여의 경우 50m, 75m, 100m 반경에서 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났고, 반납의 경우 75m, 100m 반경에서 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 한편, 공동주택 연면적의 경우 50m 반경 내에서 반납건수와 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.

근린생활시설 연면적의 경우 반경 75m와 100m 내에서 대여건수와 양(+)의 상관관계가 있는 것으로 나타난 반면, 반납의 경우에는 100m 반경 내에서만 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 업무시설 연면적의 경우 대여건수는 50m, 75m, 100m 반경 내에서, 반납건수는 75m, 100m 반경 내에서 양(+)의 상관관계가 나타났으며, 토지이용혼합도 변수는 대여와 반납 모두 100m 반경 내에서만 유의미한 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.

다음으로 대여소 접근성 특성 중 공공자전거 대여소와 가장 가까이 인접해 있는 도로의 평균 교통량은 대여건수와 양(+)의 상관관계가 있는 것으로 나타났고, 하천까지의 최단 거리는 대여와 반납건수 모두와 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 한편, 자전거도로 중 자전거전용도로와 자전거우선도로까지 최단 거리는 대여와 반납건수 모두에 음(-)의 관계가 나타난 반면, 보행자겸용도로의 경우 반납의 경우에만 음(-)의 관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 4. Correlation analysis

Variables		Ave. number of rentals per day r(rho)	Ave. number of returns per day r(rho)
Pop. factor	De facto population	0.161***	0.121***
Station factor	Station duration	0.405***	0.374***
	No. of cradle	0.272***	0.231***
Land use factor (25m)	Total floor area of single-family housing	-0.041	-0.033
	Total floor area of multi-family housing	-0.021	-0.016
	Total floor area of apt.	-0.049	-0.037
	Total floor area of neighborhood living facility	0.041	0.040
	Total floor area of commercial facility	0.012	0.008
	Total floor area of office facility	0.037	0.032
	Land use mix	0.033	0.033
Land use factor (50m)	Total floor area of single-family housing	-0.057*	-0.045
	Total floor area of multi-family housing	0.033	0.057*
	Total floor area of apt.	-0.041	-0.031
	Total floor area of neighborhood living facility	0.026	0.021
	Total floor area of commercial facility	0.017	0.011
	Total floor area of office facility	0.057*	0.048
	Land use mix	-0.023	-0.020
Land use factor (75m)	Total floor area of single-family housing	-0.084***	-0.065**
	Total floor area of multi-family housing	0.003	0.033
	Total floor area of apt.	-0.049	-0.040
	Total floor area of neighborhood living facility	0.054*	0.048
	Total floor area of commercial facility	0.028	0.020
	Total floor area of office facility	0.092***	0.075**
	Land use mix	0.039	0.039
Land use factor (100m)	Total floor area of single-family housing	-0.090***	-0.068**
	Total floor area of multi-family housing	-0.029	0.008
	Total floor area of apt.	-0.045	-0.034
	Total floor area of neighborhood living facility	0.079**	0.073**
	Total floor area of commercial facility	0.031	0.023
	Total floor area of office facility	0.114***	0.090***
	Land use mix	0.066**	0.065**
	Ave. traffic volume on adjacent road	0.052*	0.030
Access. of public bike station	Dist. to waterfront	-0.082***	-0.097***
	Dist. to park	-0.013	-0.028
	Dist. to bike exclusive lane	-0.141***	-0.157***
	Dist. to bike priority lane	-0.338***	-0.315***
	Dist. to bike-pedestrian lane	-0.048	-0.056*
	Dist. to subway entrance	-0.239***	-0.221***
	Dist. to public facility	-0.138***	-0.140***
	Dist. to university	-0.154***	-0.137***
Physical envir. factor (25m)	Ave. slope	-0.145***	-0.171***
	Ave. traffic volume	0.008	0.004
	Exist. of waterfront	0.026	0.036
	Exist. of park	0.004	0.012
	Exist. of bike exclusive lane	0.071**	0.067**
	Exist. of bike priority lane	0.263***	0.241***
	Exist. of bike-pedestrian lane	-0.041	-0.038
	Exist. of subway entrance	0.150***	0.137***
	Exist. of public facility	0.078**	0.080**
	Exist. of university	0.127***	0.117***
Physical envir. factor (50m)	Ave. slope	-0.155***	-0.183***
	Ave. traffic volume	0.092***	0.073**
	Exist. of waterfront	0.020	0.031
	Exist. of park	-0.005	0.001
	Exist. of bike exclusive lane	0.096***	0.099***
	Exist. of bike priority lane	0.278***	0.255***
	Exist. of bike-pedestrian lane	-0.001	0.002
	Exist. of subway entrance	0.182***	0.166***
	Exist. of public facility	0.071**	0.076**
	Exist. of university	0.125***	0.111***
Physical envir. factor (75m)	Ave. slope	-0.173***	-0.201***
	Ave. traffic volume	0.097***	0.073**
	Exist. of waterfront	0.001	0.010
	Exist. of park	-0.017	-0.015
	Exist. of bike exclusive lane	0.097***	0.100***
	Exist. of bike priority lane	0.292***	0.268***
	Exist. of bike-pedestrian lane	0.004	0.008
	Exist. of subway entrance	0.203***	0.187***
	Exist. of public facility	0.067**	0.079**
	Exist. of university	0.114***	0.097***
Physical envir. factor (100m)	Ave. slope	-0.184***	-0.212***
	Ave. traffic volume	0.088***	0.062**
	Exist. of waterfront	-0.011	-0.002
	Exist. of park	-0.023	-0.021
	Exist. of bike exclusive lane	0.090***	0.095***
	Exist. of bike priority lane	0.296***	0.273***
	Exist. of bike-pedestrian lane	0.012	0.015
	Exist. of subway entrance	0.230***	0.208***
	Exist. of public facility	0.069**	0.081***
	Exist. of university	0.124***	0.095***

*p<0.10, **p<0.05, ***p<0.01
note. 연속형 변수: Pearson' r, 더미변수: Spearman' rho

지하철 출입구와 공공시설 그리고 대학교까지의 최단 거리의 경우 대여와 반납 모두에 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.

거리별로 구축된 대여소 주변환경 특성에 대한 상관분석결과, 평균경사도는 4개의 거리반경(25m, 50m, 75m, 100m) 모두에서 대여와 반납건수에 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났고, 평균교통량의 경우 반경 50m, 75m, 100m에서 대여와 반납건수에 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 한편, 더미변수로 구축된 변수 중 자전거전용도로와 자전거우선도로의 존재는 모든 거리반경(25m, 50m, 75m, 100m)에서 대여건수와 반납건수에 양(+)의 관계가 나타났으며 지하철 출입구와 공공시설 그리고 대학교의 존재 역시 같은 결과가 나타났다.

이와 같은 상관분석은 독립변수와 종속변수가 갖는 상관관계를 직접적으로 확인할 수 있다는 장점이 있지만 일대일 관계만을 보여주기 때문에 분석에 한계가 있다. 따라서 상관분석 결과를 바탕으로 본 연구에서 인구 특성, 대여소 특성, 토지이용 특성, 대여소 접근성 특성을 모두 고려하는 다중회귀모형을 사용해 공공자전거 이용에 영향을 미치는 요인들을 파악하였다. 또한, 이 요인들의 거리에 따른 영향력 차이를 파악하기 위해 거리별(25m, 50m, 75m, 100m)로 구축한 대여소 주변 토지이용 특성과 대여소 주변환경 특성 더미변수를 사용해 추가적으로 분석을 진행하였다.

3. 다중회귀분석 결과

다중회귀분석 모형을 이용하여 서울시 공공자전거 이용에 대한 분석 결과는 〈표 5〉와 〈표 6〉 그리고 〈표 7〉과 같다. 〈표 5〉는 공공자전거 대여와 반납건수에 영향을 미치는 요인들을 분석한 결과로 인구특성과 대여소 특성에 더불어 대여소를 중심으로 100m 반경 내의 토지이용 특성과 대여소 접근성 특성을 독립변수로 활용하였다. 또한, 〈표 6〉과 〈표 7〉은 거리 반경별(25m, 50m, 75m, 100m)로 공공자전거 이용에 영향을 미치는 토지이용 특성과 주변 환경 특성의 영향력 차이를 확인하기 위한 분석 결과로 〈표 6〉은 공공자전거 대여소별 일평균 대여건수, 〈표 7〉은 일평균 반납건수를 종속변수로 하였다. 거리 반경별 분석에서 대여소 주변환경 특성으로 거리 반경 내의 평균경사도와 평균교통량과 함께 대여소 접근성 요소 유무에 따라 더미변수(있음=1, 없음=0)를 구축하여 독립변수로 활용하였다.

공공자전거 대여와 반납건수의 영향 요인들을 분석한 결과(표 5)를 살펴보면 각 모형의 설명력은 대여의 경우 약 42.4%, 반납의 경우 약 39.5%로 나타났다. 공공자전거 이용에 영향을 미치는 요인으로 우선, 대여소 특성 변수 중 대여소 유지 기간은 대여와 반납 모두에 양(+)의 방향으로 강한 영향을 미치는 것으로 나타나 대여소가 설치된 지 오래된 대여소일수록 공공자전거 대여와 반납 건수가 많은 것으로 나타났다. 또한, 공공자전거 거치대 수 역시 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나 자전거가 많이 배치된 대여소일수록 공공자전거 이용이 활발한 것으로 나타났다.

다음으로, 대여소를 중심으로 반경 100m 내의 토지이용 특성 중 근린생활시설과 업무시설의 연면적이 클수록 공공자전거 대여와 반납건수 모두 많은 것으로 나타났고 토지이용혼합도(LUM) 역시 대여와 반납 모두에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나 편의시설과 업무시설이 많이 위치해있고 단일용도보다는 다양한 용도의 토지이용이 발생한 곳일수록 공공자전거 대여와 반납이 활발한 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 다양한 용도가 복합적으로 개발된 도시에서 공공자전거가 단거리 일상통행 수단으로 활용되고 있는 것으로 판단된다.

대여소 접근성 특성 변수의 경우 대여소를 중심으

Table 5. Multiple regression analysis results for usage of public bike

Variables		Model 1-1 Average number of rentals per day			Model 1-2 Average number of returns per day		
		Coef.	t	Beta	Coef.	t	Beta
Pop. factor	De facto population	0.000	0.07	0.002	-0.003	-0.61	-0.018
Station factor	Station duration	0.038***	12.80	0.408	0.037***	11.83	0.387
	Number of cradle	0.029***	7.21	0.181	0.026***	6.08	0.156
Land use factor (radius 100m)	Total floor area of single-family housing	-7.259	-0.92	-0.025	-5.418	-0.64	-0.018
	Total floor area of multi-family housing	0.801	0.29	0.008	3.379	1.14	0.031
	Total floor area of apt.	0.169	0.20	0.005	0.080	0.09	0.002
	Total floor area of neighborhood living facility	5.270***	3.15	0.081	5.386***	3.03	0.080
	Total floor area of commercial facility	1.965	0.95	0.023	1.559	0.71	0.018
	Total floor area of office facility	1.918**	2.31	0.061	1.584*	1.80	0.049
	Land use mix	0.243***	3.12	0.081	0.248***	3.00	0.080
Accessibility of public bike station	Average slope (radius 100m)	-0.038***	-3.90	-0.102	-0.063***	-6.17	-0.165
	Average traffic volume on adjacent road	0.003*	1.79	0.046	0.003*	1.67	0.044
	Distance to waterfront	-0.188***	-3.24	-0.085	-0.236***	-3.83	-0.103
	Distance to park	0.126	0.88	0.022	0.069	0.45	0.012
	Distance to bike exclusive lane	0.007	0.30	0.009	-0.008	-0.30	-0.009
	Distance to bike priority lane	-0.041***	-3.63	-0.123	-0.041***	-3.42	-0.118
	Distance to bike-pedestrian lane	-0.196***	-4.02	-0.106	-0.192***	-3.71	-0.101
	Distance to subway entrance	-0.131***	-3.02	-0.088	-0.104**	-2.26	-0.068
	Distance to public facility	-0.240**	-2.25	-0.063	-0.271**	-2.40	-0.068
	Distance to university	-0.102***	-5.08	-0.147	-0.092***	-4.29	-0.128
Constant		2.076***	20.80	.	2.157***	20.35	.
no. obs.		1026			1026		
F(20, 1005)		37.03			32.87		
R-squared		0.424			0.395		

*p<0.10, **p<0.05, ***p<0.01

로 100m 이내의 평균경사도가 낮을수록 공공자전거 대여와 반납 모두가 활발한 것으로 나타나 공공자전거 이용에 있어 대여소 주변의 경사도가 중요하게 작용함을 확인할 수 있다. 또한, 대여소에서 가장 가까이에 인접한 도로의 평균교통량의 경우 대여와 반납 모두에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 차량이 많이 다니는 곳에 공공자전거 이용 역시 많은 것을 의미하며 자전거와 자동차 간의 안전 확보에 더욱 신경을 기울일 필요가 있는 것으로 해석된다.

하천까지의 거리가 짧을수록 공공자전거 대여와 반납건수 모두 높은 것으로 나타나 공공자전거가 장소 이동만이 아닌 레저용으로도 사용된다고 해석할 수 있다. 자전거도로의 경우 자전거우선도로와 보행자겸용도로까지의 거리가 가까울수록 대여와 반납이 활발하게 발생하는 것으로 나타났다. 자전거전용도로와는 달리 자전거우선도로와 보행자겸용도로는 각각 자동차와 보행자와 도로를 함께 사용하는 도로로 자전거 이용자와 보행자의 안전에 더욱 신경을 쓸 필요가 있음을 시사한다.

또한, 대여소에서 지하철 출입구까지의 거리가 짧을수록 공공자전거 대여 및 반납건수가 높은 것으로 나타나 지하철 이용객들이 최종 목적지까지의 연결수단으로 공공자전거를 이용하는 것으로 예상된다. 더불어, 공공시설까지의 거리가 가까울수록 공공자전거 이용이 활발한 것으로 나타났다. 대학교까지의 거

리의 경우 대여와 반납 모두에 양(+)의 방향으로 강한 영향을 미치는 것으로 나타났는데 이는 대학생들의 공공자전거 이용이 활발하기 때문이라고 판단하였다. 실제로 서울시 공공자전거는 만 15세 이상의 사람이면 누구나 이용할 수 있지만 만 19세 미만의 경우 부모(법정대리인)의 가입 동의가 필요하기 때문에 실질적으로 자유롭게 서울시 공공자전거를 이용할 수 있는 사람은 20세 이상이라고 볼 수 있다. 이러한 이용 연령 특성 때문에 대학교까지의 접근성이 공공자전거 이용에 강한 영향을 미친다고 판단된다.

공공자전거 대여와 반납건수에 대한 다중회귀분석 결과에서 공공자전거 대여와 반납에 영향을 미치는 요인은 서로 비슷한 것으로 나타났다. 하지만, 영향요인들의 영향력 차이를 확인하기 위해 대여소 접근성 변수를 중심으로 표준화계수(Beta)를 확인한 결과 대여의 경우 '대학교>자전거우선도로>보행자겸용도로>평균경사도>지하철출입구>하천>공공시설>평균교통량' 순으로 반납의 경우 '평균경사도>대학교>자전거우선도로>하천>보행자겸용도로>지하철출입구>공공시설>평균교통량' 순으로 영향 크기가 큰 것으로 나타나 공공자전거 대여와 반납 발생에 영향을 미치는 요인들은 비슷하더라도 대여와 반납 경우에 따라 영향력 크기는 다르게 작용하는 것으로 확인되었다.

앞선 다중회귀분석에 이어 공공자전거 대여소를 중심으로 대여소 주변의 토지이용 특성과 물리적 환경이 일정 거리 내 조성 여부에 따라 공공자전거 이용에 미치는 영향 크기 변화를 확인하기 위한 모형을 구축하였다. 대여소를 중심으로 4개의 거리 반경(25m, 50m, 75m, 100m) 각각의 토지이용 특성 변수를 구축하였고, 대여소 주변환경 특성으로 거리 반경 별 평균 경사도와 평균 교통량과 더불어 특성 요소들의 유무에 따른 더미변수를 구축하여 분석하였다. 거리 반경에 따른 영향 크기를 비교하기 위해 표준화계수(Beta)를 사용하였고 분석 결과는 〈표 6〉과 〈표 7〉의 내용과 같다.

우선, 대여소 특성 변수의 경우 대여소의 유지 기간이 길고, 대여소에 있는 공공자전거 거치대 수가 많을수록 하루 평균 대여와 반납 건수 모두가 높은 것으로 나타났다. 또한, 토지이용 특성 중 근린생활시설 연면적의 경우 대여와 반납 모두 4개의 거리반경 모두에서 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 거리에 따른 영향 크기 차이를 확인하기 위해 표준화계수를 확인한 결과 대여와 반납 모두 100m 반경 내에서 표준화계수(β=0.096, 0.091)가 가장 큰 것으로 나타났다. 업무시설 연면적의 경우 대여건수에서 25m와 75m 그리고 100m 반경에서 유의미한 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타난 반면, 반납건수에서는 반경 25m에서만 유의미한 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 표준화계수를 확인한 결과, 대여의 경우 반경 25m에서 가장 큰 값(β=0.061)을 가지는 것으로 나타나 대여소를 중심으로 반경 100m 내에 근린생활시설 연면적이 클수록 반경 25m 내에 업무시설 연면적이 클수록 공공자전거 이용이 활발하다고 해석할 수 있다.

한편, 토지이용혼합도(LUM)의 경우 공공자전거 대여와 반납 모두 75m, 100m 반경에서 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타났으며, 두 경우 모두 100m 반경에서 표준화계수 값(β=0.087, 0.085)이 가장 크게 나타나 100m 반경에서 영향력이 가장 높은 것으로 나타났다.

다음으로 4개의 거리반경(25m, 50m, 75m, 100m)에 따라 더미변수로 구축된 거리별 대여소 접근성 특성 변수 분석 결과에 따르면, 평균경사도의 경우 대여와 반납 모두 4개의 모든 거리반경에서 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 대여소 주변의 경사도가 완만한 곳에서 공공자전거 대여와 반납 활동이 활발하다고 해석할 수 있으며 특히, 자전거는 경사도에 민감한 교통수단으로 대여소 입지 선정 시 대여소 주변의 경사도를 고려해 자전거를 통한 접근이 쉬운 곳으로 선정해야 함을 시사한다.

Table 6. Multiple regression analysis results for rentals of public bike by radius

Variables Dependent variable.: Average number of rentals per day		Model 2-1 Radius 25m			Model 2-2 Radius 50m			Model 2-3 Radius 75m			Model 2-4 Radius 100m		
		Coef.	t	Beta	Coef.	t	Beta	Coef.	t	Beta	Coef.	t	Beta
Pop. factor	De facto population	0.001	0.30	0.008	-0.001	-0.18	-0.005	-0.003	-0.57	-0.016	-0.002	-0.49	-0.014
Station factor	Station duration	**0.046*** **	**17.26**	**0.500**	**0.047*** **	**17.38**	**0.509**	**0.046*** **	**17.10**	**0.502**	**0.046*** **	**16.65**	**0.494**
	Number of cradle	**0.026*** **	**6.33**	**0.164**	**0.024*** **	**5.86**	**0.152**	**0.024*** **	**5.96**	**0.153**	**0.024*** **	**6.01**	**0.154**
Land use factor by radius	Total floor area of single-family housing	-48.829	-0.29	-0.007	4.805	0.13	0.003	-8.801	-0.59	-0.016	-4.784	-0.59	-0.017
	Total floor area of multi-family housing	-39.408	-1.40	-0.036	1.707	0.17	0.004	2.716	0.58	0.015	2.575	0.90	0.024
	Total floor area of apt.	3.433	0.37	0.010	2.210	0.76	0.020	1.743	1.20	0.031	1.176	1.34	0.036
	Total floor area of neighborhood living facility	**51.223*** **	**3.10**	**0.080**	**13.546** **	**2.52**	**0.065**	**9.544*** **	**3.35**	**0.088**	**6.212*** **	**3.63**	**0.096**
	Total floor area of commercial facility	36.350	1.44	0.036	6.264	1.05	0.026	1.544	0.52	0.013	0.000	0.00	0.000
	Total floor area of office facility	**20.667** **	**2.35**	**0.061**	3.924	1.57	0.041	**2.445* **	**1.92**	**0.051**	**1.623* **	**1.92**	**0.052**
	Land use mix	0.231	1.45	0.037	0.154	1.45	0.037	**0.218*** **	**2.61**	**0.068**	**0.261*** **	**3.30**	**0.087**
Physical environment factor by radius	Average slope	**-0.034*** **	**-3.96**	**-0.102**	**-0.035*** **	**-3.90**	**-0.100**	**-0.040*** **	**-4.37**	**-0.111**	**-0.043*** **	**-4.55**	**-0.116**
	Average traffic volume	0.002	1.24	0.032	**0.005*** **	**3.35**	**0.089**	**0.003** **	**2.14**	**0.057**	0.001	0.76	0.020
	Existence of waterfront	0.144	1.46	0.037	0.082	1.08	0.027	0.074	1.18	0.030	0.050	0.88	0.023
	Existence of park	0.092	0.79	0.020	-0.013	-0.18	-0.005	-0.035	-0.64	-0.016	-0.055	-1.14	-0.028
	Existence of bike exclusive lane	0.008	0.11	0.003	0.066	1.06	0.028	0.062	1.07	0.028	0.023	0.42	0.011
	Existence of bike priority lane	0.067	0.95	0.028	0.064	0.95	0.028	0.079	1.22	0.036	0.067	1.05	0.032
	Existence of bike-pedestrian lane	**0.119*** **	**2.73**	**0.074**	**0.148*** **	**3.51**	**0.095**	**0.137*** **	**3.34**	**0.089**	**0.122*** **	**3.00**	**0.080**
	Existence of subway entrance	**0.312*** **	**5.48**	**0.140**	**0.254*** **	**5.27**	**0.136**	**0.271*** **	**5.91**	**0.153**	**0.295*** **	**6.58**	**0.171**
	Existence of public facility	**0.145* **	**1.84**	**0.047**	0.061	1.02	0.026	0.039	0.75	0.019	0.031	0.67	0.017
	Existence of university	**0.751*** **	**4.90**	**0.125**	**0.698*** **	**5.30**	**0.135**	**0.656*** **	**5.42**	**0.137**	**0.530*** **	**4.97**	**0.126**
Constant		1.499***	20.92	.	1.407***	18.56	.	1.388***	17.66	.	1.399***	17.07	.
no. obs.		1026			1026			1026			1026		
F(20, 1005)		28.82			30.42			32.24			33.06		
R-squared		0.365			0.377			0.391			0.397		

*p<0.10, **p<0.05, ***p<0.01

Table 7. Multiple regression analysis results for returns of public bike by radius

Variables Dependent variable.: Average number of returns per day		Model 3-1 Radius 25m			Model 3-2 Radius 50m			Model 3-3 Radius 75m			Model 3-4 Radius 100m		
		Coef.	t	Beta	Coef.	t	Beta	Coef.	t	Beta	Coef.	t	Beta
Pop. factor	De facto population	-0.003	-0.58	-0.016	-0.005	-0.98	-0.028	-0.007	-1.25	-0.036	-0.006	-1.09	-0.032
Station factor	Station duration	0.046***	16.14	0.477	0.046***	16.12	0.482	0.046***	15.91	0.477	0.045***	15.50	0.471
	Number of cradle	0.022***	5.19	0.137	0.021***	4.74	0.125	0.021***	4.95	0.130	0.022***	5.05	0.132
Land use factor by radius	Total floor area of single-family housing	-22.230	-0.13	-0.003	7.826	0.19	0.005	-6.618	-0.42	-0.011	-3.659	-0.43	-0.012
	Total floor area of multi-family housing	-32.428	-1.09	-0.028	8.977	0.83	0.022	6.127	1.24	0.033	4.977	1.64	0.045
	Total floor area of apt.	3.172	0.33	0.009	2.085	0.68	0.018	1.469	0.95	0.026	1.074	1.16	0.032
	Total floor area of neighborhood living facility	51.484***	2.95	0.077	13.464**	2.36	0.062	9.575***	3.17	0.085	6.127***	3.38	0.091
	Total floor area of commercial facility	36.857	1.38	0.036	5.741	0.91	0.023	0.922	0.30	0.008	-0.437	-0.19	-0.005
	Total floor area of office facility	17.612*	1.90	0.050	3.118	1.18	0.032	1.898	1.41	0.038	1.216	1.35	0.038
	Land use mix	0.261	1.56	0.040	0.137	1.22	0.032	0.208**	2.35	0.062	0.262***	3.13	0.085
Physical environment factor by radius	Average slope	-0.057***	-6.25	-0.164	-0.058***	-6.19	-0.162	-0.065***	-6.69	-0.174	-0.069***	-6.90	-0.180
	Average traffic volume	0.002	1.09	0.029	0.004***	2.65	0.072	0.002	1.44	0.039	0.000	0.11	0.003
	Existence of waterfront	0.226**	2.17	0.057	0.129	1.59	0.041	0.096	1.46	0.038	0.073	1.21	0.032
	Existence of park	0.111	0.91	0.024	-0.019	-0.26	-0.007	-0.051	-0.87	-0.022	-0.067	-1.32	-0.034
	Existence of bike exclusive lane	0.011	0.14	0.004	0.089	1.36	0.037	0.084	1.36	0.037	0.047	0.80	0.022
	Existence of bike priority lane	0.059	0.79	0.023	0.067	0.94	0.028	0.077	1.12	0.034	0.068	1.01	0.031
	Existence of bike-pedestrian lane	0.106**	2.30	0.063	0.140***	3.12	0.087	0.132***	3.04	0.083	0.115***	2.68	0.073
	Existence of subway entrance	0.299***	4.98	0.130	0.246***	4.82	0.127	0.257***	5.29	0.140	0.276***	5.81	0.154
	Existence of public facility	0.164*	1.96	0.051	0.076	1.19	0.031	0.063	1.15	0.030	0.055	1.11	0.029
	Existence of university	0.753***	4.65	0.121	0.695***	4.98	0.130	0.625***	4.87	0.126	0.463***	4.09	0.106
Constant		1.568***	20.71	.	1.488***	18.53		1.465***	17.59	.	1.473***	16.94	.
no. obs.		1026			1026			1026			1026		
F(20, 1005)		25.92			27.03			28.68			29.39		
R-squared		0.340			0.350			0.363			0.369		

*p<0.10, **p<0.05, ***p<0.01

평균교통량의 경우 대여 활동에서 50m와 75m 반경에서 유의미한 양(+)의 관계가 나타난 반면, 반납의 경우 50m 반경에서만 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편, 표준화계수를 확인한 결과 대여의 경우 50m 반경에서 가장 큰 값(β=0.089)을 가지는 것으로 나타나 대여소를 중심으로 50m 반경 내에 교통량이 많은 대여소에서 공공자전거 대여와 반납이 많이 발생한다고 해석할 수 있다. 따라서 자동차와 자전거를 구분해 자전거 이용에 있어 안전한 환경을 확보할 필요가 있음을 시사한다. 하천의 경우 반납 활동에서 25m 반경에서만 유의미한 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나 하천으로부터 25m 이내에 공공자전거 대여소가 입지했을 때 공공자전거의 반납 활동이 활발하다고 해석할 수 있다.

자전거도로 중 보행자겸용도로 존재가 4개의 거리반경 모두에서 공공자전거 대여와 반납 활동에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 표준화계수의 경우 대여와 반납 모두 50m 반경 내에서 가장 큰 값을 가지는 것으로 나타나(β=0.095, 0.087) 보행자겸용도로가 대여소를 중심으로 50m 반경 내에 존재하고 있을 때 공공자전거 이용에 있어 긍정적인 영향력이 가장 크게 작용한다고 판단할 수 있다. 한편, 보행자겸용도로는 자전거와 보행자가 함께 도로를 공유하는 것이기 때문에 보행자와 자전거 이용자 모두가 안전할 수 있도록 주의를 기울일 필요가 있다.

또한, 지하철 출입구의 경우 4개의 거리 반경 모두에서 지하철 출입구의 존재가 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이와 같은 결과는 대여와 반납 모두에서 같은 결과가 도출되었다. 표준화계수의 경우 대여와 반납 모두 100m 반경 내에서 가장 큰 값(β=0.171, 0.154)을 가지는 것으로 나타났다. 실제로 서울시 공공자전거 대여소 설치 기준 요건을 살펴보면 대중교통 시설과 같은 주요 생활거점을 언급하고 있다. 이러한 점에서 본 연구의 분석 결과를 바탕으로 지하철역 출입구와 같은 대중교통 시설에 대여소를 설치할 때 해당 시설로부터 100m 이내에 설치를 할 것을 제안할 수 있다.

공공시설의 경우 대여와 반납 모두 25m 반경 내에서만 유의미한 양(+)의 관계를 가지는 것으로 나타나 공공시설로부터 25m 반경 내에 공공자전거 대여소를 설치할 때 공공자전거가 더욱 효율적으로 운영된다고 해석할 수 있다. 공공시설의 경우 대중교통시설의 경우와 같이 서울시 공공자전거 대여소 설치기준 요건에서 언급되고 있는 시설이다. 이 역시 분석 결과를 바탕으로 공공시설에 공공자전거 대여소를 설치하고자 할 때 시설로부터 25m 이내에 설치할 것을 제안할 수 있다.

마지막으로 대학교의 경우 대여와 반납 모두 4개의 거리반경에서 대학교의 존재가 공공자전거 이용에 있어 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만, 각 거리반경 별로 영향력 크기를 비교한 결과 대여의 경우 75m 반경(β=0.137)에서 반납의 경우 50m 반경(β=0.130)에서 가장 큰 값을 갖는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 연구는 2016년부터 2017년까지 2년간의 서울시 공공자전거 대여이력 자료를 활용하여 공공자전거 대여소를 중심으로 토지이용특성과 접근성 및 주변환경 특성이 공공자전거 대여 및 반납에 미치는 영향관계를 분석하였으며, 연구 결과를 바탕으로 이끌어낸 정책적 시사점은 다음과 같다.

우선, 공공자전거 대여소 주변의 토지이용 특성과 물리적 환경 특성 모두가 공공자전거 대여와 반납에 강한 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 토지이용특성 중 근린생활시설과 업무시설의 연면적이 크고 토지이용혼합도(LUM)가 높을수록 공공자전거 하루 평균 대여와 반납건수가 높은 것으로 나타나 우수한

편의시설과 업무시설 접근성과 다양한 용도의 토지 이용이 공공자전거 이용에 있어 중요 요인으로 작용하는 것으로 확인되었다. 또한, 대여소 접근성 특성 중 평균경사도가 낮고 평균교통량이 많으며 하천, 자전거우선도로, 보행자겸용도로, 지하철 출입구, 공공시설 그리고 대학교까지의 최단 거리가 짧을수록 공공자전거 하루 평균 대여와 반납건수가 높은 것으로 나타나 공공자전거 대여소 주변의 접근성 특성이 공공자전거 이용에 강한 영향을 미치는 것으로 확인하였다.

둘째, 공공자전거 대여와 반납으로 구분해 각각의 경우에 영향을 미치는 요인들을 파악한 결과, 두 경우와 영향 관계를 갖는 요인들이 서로 비슷한 것으로 나타났다. 앞선 분석 결과와 같이, 근린생활시설 연면적, 업무시설 연면적, 토지이용혼합도(LUM), 평균경사도, 평균교통량, 하천·자전거우선도로·보행자겸용도로·지하철 출입구·공공시설·대학교까지 최단 거리 변수가 공공자전거 대여와 반납건수 모두에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

하지만, 대여소 접근성 특성 변수들을 중심으로 영향 요인들의 표준화계수를 통해 영향력 차이를 확인한 결과 대여의 경우 '대학교>자전거우선도로>보행자겸용도로>평균경사도>지하철출입구>하천>공공시설>평균교통량' 순으로 반납의 경우 '평균경사도>대학교>자전거우선도로>하천>보행자겸용도로>지하철출입구>공공시설>평균교통량' 순으로 영향력 크기 순서에 차이가 있는 것으로 나타났다. 이를 통해, 영향요인은 같더라도 영향력의 크기는 경우에 따라 다르게 작용하는 것으로 확인되어 추후 공공자전거 운영과 대여소 추가 입지 선정 시 대여와 반납의 경우를 구분하여 고려할 필요가 있음을 시사한다.

셋째, 공공자전거 대여소를 중심으로 근린생활시설 연면적과 업무시설 연면적 그리고 토지이용혼합도가 높고 지하철 출입구와 대학교까지의 최단 거리가 가까울수록 공공자전거 이용건수가 많은 것으로 나타나 공공자전거가 단거리 일상통행 및 통근통학 수단으로 역할을 하고 있다고 판단하였다. 특히, 업무시설 연면적의 경우 대여소를 중심으로 반경 25m 내에서 가장 큰 표준화계수(β)를 가지는 것으로 나타났고 대학교의 경우 반경 50m 내에서 가장 큰 값을 갖는 것으로 나타나 해당 용도시설과 해당 반경 내에 공공자전거가 위치했을 때 통근 및 통학 용도로서의 역할이 더 강화될 것으로 판단된다. 또한, 지하철 출입구와의 거리가 가까운 대여소일수록 공공자전거 이용이 활발한 것으로 나타났기 때문에 이를 통해 공공자전거와 대중교통과의 연계를 강화해 대중교통과의 환승이 원활히 이루어지도록 계획을 세울 필요가 있음을 시사한다. 이러한 결과는 공공 자전거가 과거 여가수단 위주의 활용에서 일상통행과 통근통학 수단으로 정착해가고 있음을 시사한다.

마지막으로, 대여소 주변의 평균경사도와 평균교통량 그리고 자전거우선도로와 보행자겸용도로가 공공자전거 이용에 영향을 미치는 것으로 나타나 공공자전거의 안전한 이용을 위한 환경조성이 필요하다고 판단하였다. 자전거는 경사도에 민감한 교통수단으로 공공자전거 대여소 입지 선정에 있어 중요하게 고려되어야 할 요인이며 평균교통량의 경우 대여소를 중심으로 반경 50m 반경 내에서 영향을 미치는 것으로 나타나 자동차로부터 공공자전거 이용자들의 안전 환경을 확보할 필요가 있음을 시사한다.

또한, 자전거우선도로와 보행자겸용도로까지의 최단 거리가 짧을수록 공공자전거 대여와 반납 활동이 활발한 것으로 나타나 자동차와 보행자 그리고 자전거를 구분하여 안전한 환경을 확보해 줄 필요가 있음을 시사한다. 특히, 보행자겸용도로의 경우 반경 50m 내에서 가장 큰 표준화계수 값을 가지는 것으로 나타나 대여소를 중심으로 반경 50m 내에서 도로를 이용하는 보행자와 공공자전거 대여소를 이용하는 공공자전거 이용자들의 안전에 주의를 기울일 필요가 있음을 시사한다.

다른 한편으로, 본 연구의 회귀분석 모형 설명력은 34%~42.4% 수준으로 나타났다. 이는 본 연구에서 고려된 대여소 주변의 토지이용특성, 주변의 미시적 물리 환경 특성만으로 공공자전거 대여 및 반납 건수를 설명하는데 한계를 가지고 있음을 의미한다. 공공자전거 이용은 본 연구에서 고려한 특성들뿐만 아니라 계절 및 날씨 특성, 자전거 주행 환경 특성 등 보다 다양한 요인들의 영향을 받을 수 있기 때문에 향후 이러한 변수에 대한 추가적인 고려가 필요하다. 그럼에도 불구하고, 본 연구는 서울시 공공자전거 대여와 반납건수와 관련이 있는 대여소 주변의 토지이용특성과 미시적 물리 환경 특성 변수를 밝혀냈다는 점과 추가로 거리에 따른 변수의 영향력 차이를 비교해보았다는 점에서 의의가 있다. 이러한 결과는 추후 공공자전거 추가 입지 선정에 있어 근거 자료로 활용될 것으로 기대되며 일부 대여소에서 발생하는 공공자전거 공급부족과 과잉반납과 같은 문제에 대응해 더욱 효율적인 공공자전거 시설 공급에 기여할 것으로 기대된다.

주1. 「건축법 시행령」별표1과 「주택법」 제2조 그리고 「주택법」 시행령 제2조에 따르면, 공동주택이란 하나의 건축물의 벽·복도·계단·그 밖의 설비의 전부 또는 일부를 여러 세대가 공동으로 사용하면서 세대마다 독립된 주거생활이 가능한 구조로 된 주택을 의미하며 아파트·연립주택·다세대주택·기숙사 등이 공동주택에 해당된다. 본 연구에서는 주택으로 쓰이는 층수가 5개 층 이상인 아파트는 따로 구분하여 변수로 사용하였다.

인용문헌
References

1. 도명식·노윤승, 2014. “대전시 공유자전거 이용수요에 영향을 미치는 요인에 관한 연구”, 「대한토목학회논문집」, 34(5):1517-1524.
   Do, M., and Noh. Y. S., 2014. “Analysis of the Affecting Factors on the Bike-sharing Demand focused on Daejeon City”, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 34(5):1517-1524.
2. 원동혁·이경환, 2012. “지역주민들의 자전거이용에 영향을 미치는 근린환경 요인분석: 창원시를 대상으로”, 「대한건축학회 논문집-계획계」, 28(12):323-329.
   Won, D. H., and Lee, K. H., 2012. “Effect of Neighborhood Environment on Resident’s Bicycle Use in Changwon”, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 28(12):323-329.
3. 윤나영·최창규, 2013. “서울시 상업가로 보행량과 보행환경 요인의 관련성 실증 분석”, 「국토계획」, 48(4):135-150.
   Yun, N. Y., and Choi, C. G., 2013. “Relationship between Pedestrian Volume and Pedestrian Environmental Factors on the Commercial Street in Seoul”, *Journal of Korea Planning Association*, 48(4):135-150.
4. 이경환·김승남·안건혁, 2008. “중소 도시의 토지이용 및 도시형태와 자전거 통근 통행의 상관관계 연구”. 「국토계획」, 43(5):49-61.
   Lee, K. H., Kim, S. N., and Ahn, K. H., 2008, “Effects of Land Use and Urban Form on Bicycle Commuting in Small and Medium-sized Cities”, *Journal of Korea Planning Association*, 43(5):49-61.
5. 이슬이·신은경·김세용, 2014. “공영자전거 이용에 영향을 미치는 지역적 환경특성 연구-창원시 공영자전거 OD데이터를 활용한 공간정보 분석”, 「대한건축학회 논문집-계획계」, 30(12):215-223.
   Lee, S. Y., Shin, E. K., and Kim, S. Y., 2014. “Impacts of the Regional Environment Characteristics on the Public Bicycle Use - Analysis of the Spatial Information Using the Public Bicycles OD Flow-data in Changwon-si”, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 30(12):215-223.
6. 이장호·정경옥·신희철, 2016. “기상조건과 입지특성이 공공자전거 이용에 미치는 영향 분석”, 「대한

교통학회지」, 34(5):394-408.
Lee, J. H., Jeong, G. O., and Shin, H. C., 2016, "Impact Analysis of Weather Condition and Locational Characteristics on the Usage of Public Bike Sharing System", *Journal of Korean Society of Transportation*, 34(5):394-408.
7. 이재영·임윤택, 2010. "자전거이용행태 기반 TOD(B-TOD)의 개념 및 계획권 설정연구", 「국토계획」, 45(6):149-160.
Lee, J. Y., and Leem, Y. T., 2010. "The Establishment of B-TOD Concept and Setting up Transit Access Distance by Cycling", *Journal of Korea Planning Association*, 45(6):149-160.
8. 장재민·김태형·이무영, 2016. "서울시 공공자전거 이용특성에 관한 연구". 「서울도시연구」, 17(4):77-91.
Jang, J., Gim, T. H. T., and Lee, M. Y., 2016. "A Study on the Seoul Public Bikes Use Characteristics-A Case of the Districts of Yeouido and Sangam", *Seoul Studies*, 17(4):77-97
9. Caulfield, B., and Leahy, J., 2011. "Learning to Cycle Again: Examining The Benefits of Providing Tax-Free Loans to Purchase New Bicycles", *Research in Transportation Business & Management*, 2, 42-47.
10. DeMaio, P., 2009. "Bike-Sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future", *Journal of Public Transportation*, 12(4): 41-56.
11. Faghih-Imani, A., Eluru, N., El-Geneidy, A. M., Rabbat, M., and Haq, U., 2014. "How Land-Use and Urban Form Impact Bicycle Flows: Evidence from The Bicycle-Sharing System (BIXI) in Montreal", *Journal of Transport Geography*, 41: 306-314.
12. Fishman, E., Washington, S., and Haworth, N., 2013. "Bike Share: A Synthesis of The Literature", *Transport Reviews*, 33(2): 148-165.
13. Horton, D., Rosen, P., and Cox, P., 2016. *Cycling and society*, Routledge.
14. Murphy, E., and Usher, J., 2015. "The Role of Bicycle-Sharing in The City: Analysis of The Irish Experience", *International Journal of Sustainable Transportation*, 9(2), 116-125.
15. Shaheen, S., Guzman, S., and Zhang, H., 2010. "Bikesharing in Europe, The Americas, and Asia: Past, Present, and Future", *Transportation Research Record,* 2143: 159-167.
16. Song, Y., Merlin, L., and Rodriguez, D., 2013. "Comparing Measures of Urban Land Use Mix", *Computers, Environment and Urban Systems*, 42:1-13.

Date Received	2018-06-21
Reviewed(1st)	2018-07-17
Date Revised	2018-09-03
Reviewed(2nd)	2018-09-04
Date Accepted	2018-09-04
Final Received	2018-11-06