

# 마이크로 모빌리티의 시·공간 이용 패턴 분석: 경기도 고양시의 공공자전거를 사례로

강전영\* · 문준혁\*\*

## Spatiotemporal Analysis of Micro Mobility Usage Patterns: The Case Study on the Public Bike Sharing Service in Goyang-si, Gyeonggi-do

Jeon-Young Kang\* · Junhyeok Moon\*\*

**요약 :** 최근 마이크로 모빌리티 서비스의 보급으로 인하여 도시민의 도시 내부에서의 이동은 점차 역동적(dynamic)으로 변해가고 있다. 이에 본 연구는 도시민의 도시 내부에서의 이동성을 분석하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위해 고양시의 공공자전거 서비스인 피프틴의 이용 내역 데이터를 활용하였다. 분석의 결과로써, 평일의 공공자전거 이용 건수가 휴일의 공공자전거 이용 건수보다 많으며, 평일에는 주로 출·퇴근 시간대에 공공자전거의 이용이 많음을 파악할 수 있었다. 또한 공공자전거 스테이션의 지역적 특성에 따라 공공자전거의 대여와 반납 현황이 다름을 파악하였다. 특히, 지하철 역사 인근의 자전거 스테이션의 대여·반납 수가 많으며 이를 통해서 사람들은 대중교통수단을 이용하기 위한 수단으로써 공공자전거를 활용하고 있다는 점을 추측할 수 있었다. 본 연구는 마이크로 모빌리티 서비스의 보급 확대를 위해서는 이용자들의 편리성과 안전성의 확보 등의 노력이 필요하다는 정책적 함의를 제공하고 있다.

주요어 : 마이크로 모빌리티, 공공자전거, 시·공간 패턴 분석, 이동성, GIS

**Abstract :** With a great popularity of the public bike sharing service, the mobility of people within the city becomes more dynamic. In this regard, to provide a better understanding of the people's mobility within the city, this study purposes to analyze the spatiotemporal patterns of the micro mobility service usages. To this end, we took the shared bike services in Goyang-si, Gyeonggi-do as the case study. We focused on the spatiotemporal patterns of the usages with the land characteristics nearby the bike station. Our result show that people tend to use the shared bike more frequently in weekdays than weekends. More usages of the public bike sharing services were found in commuting time. Also, the bike usage patterns vary across the space according to the characteristics of lands nearby the bike station. Given that people tend to return the bike in the stations placed nearby the subway station, it is said that the shared bike would help to improve the accessibility for the public transportation. This study sheds lights on the importance of considering the usability and safety of the bike-sharing services to promote the micro mobility services.

Key Words : Micro mobility, Shared bike, Spatiotemporal analysis, Mobility, GIS

\*공주대학교 지리교육과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography Education, Kongju National University, geokang@kongju.ac.kr)

\*\*공주대학교 지리교육과 학부생(Undergraduate Student, Department of Geography Education, Kongju National University, mjh706@mail.kongju.ac.kr)

## I. 서론

도시 내 도시민들의 생활 및 이동 패턴의 파악은 도시민의 활동을 이해하는데 도움을 준다. 도시민은 통근·통학 및 여가활동 등의 목적에 따라 해당 목적지에 가기 위해서 자가용, 대중교통 등의 이동수단을 이용하게 된다. 최근 마이크로 모빌리티(Micro Mobility)라고 불리는 전동킥보드, 공공자전거 등의 다양한 방식의 공유이동서비스의 보급은 도시민의 활동에 도움을 주고 있다. 특히, 마이크로 모빌리티는 도보에 비해 신속하며, 대중교통으로 접근하기 어려운 곳까지 이동이 가능하여 공간적인 한계를 극복할 수 있다는 장점이 있어 널리 활용되고 있다(김아름·김희경, 2021). 특히 서울시의 공공자전거인 따릉이는 코로나-19시대의 친환경, 비대면 시대에서 대안적인 교통수단으로써 인기가 늘고 있다(한겨레, 2021년 1월 20일자).

그동안 사람들의 이동성(Mobility)과 관련한 연구는 인터뷰 등을 통한 사람들의 통행 다이어리에 근거한 연구가 많이 진행되어 왔다(윤서연 등, 2018). 또한 교통카드와 같은 스마트카드 데이터 등을 활용하여 사람들의 이동패턴 분석에 대한 연구가 진행되어 왔다(전인우 등, 2019). 이들의 연구 주제로 대중교통을 활용하여 통근·통학과 같은 일상생활에서의 반복적인 이동 패턴의 탐색이 주를 이루었으며, 주말과 주중 간의 차이 등과 더불어 시간에 따른 변동성의 파악을 위한 연구(이금숙 등, 2017)가 진행되었다. 또한 특정 시간대에 이용객이 밀집하게 되는 위치의 탐색과 대중교통의 추가적인 배치와 같은 정책적인 함의를 이끌어 낼 수 있는 연구가 진행되어 왔다(송예나 등, 2019).

사람들의 마이크로 모빌리티의 이용과 관련한 연구는 지하철·버스와 같은 대중교통의 이용패턴 분석과는 분명한 차이를 파악할 수 있다. 마이크로 모빌리티는 보통 지자체 별로 각각 운영하고 있으며 사람들 또한 도시 내에서 이용하고 있기 때문에 도시 내부(inter-city)에서의 사람들의 이동 패턴 분석이 가능하다(Schönfelder and Axhausen, 2010). 이때 공공자전거 이용의 분석은 이용객의 대여 및 반납 정보를 활용하여, 도시민들이 언제, 어디에서, 어디로 이동하고 있는지에 대한 정보를 파악할 수 있다. 최근 공공자전거 이용자들의 이동성 관련 연구는 공공자전거를 활용하는 시계열적인 패턴 분석(안세윤 등, 2021), 자전거 스테이션과 대중교통 수단과의 근접성 분석(윤승용 등, 2020), 네트워크 분석을 통한

자전거 스테이션의 상대적인 중요성 분석(김희수·김영호, 2020), 공공자전거의 이용과 토지이용의 특성 분석(사경은 등, 2017; 김숙희 등, 2019)에 대한 연구가 진행되어 왔다. 또한 마이크로 모빌리티 이용 패턴과 이용객들의 대여 및 반납 장소의 토지피복을 함께 살펴봄을 통해서 도시민의 이동 목적을 유추할 수 있다(McKenzie, 2019). 예를 들어 자전거의 이용자가 대규모 주택단지에 위치한 자전거를 반납한다면, 자전거의 이용자는 집의 귀가의 목적으로 활용하고 있다고 판단할 수 있다(김숙희 등, 2019). 이때, 자전거 이용자들의 대여·반납 위치의 토지 이용과 같은 지역적 특성을 파악하는 것은 이용 목적을 파악하는데 있어 간접적인 도움이 될 수 있을 것이다. 이러한 마이크로 모빌리티의 이용 패턴과 관련한 연구는 대중교통 혹은 자가용의 사용을 줄일 수 있는 새로운 교통 수단으로써의 대안이 되는지에 대한 판단을 위한 정책적인 함의를 제안해줄 수 있다(Smith and Schwieman, 2018).

이에 본 연구에서는 마이크로 모빌리티의 시·공간 이용 패턴 분석을 실시하고자 한다. 이를 위해 경기도의 고양시의 공공자전거의 이용 데이터를 활용하였다. 또한 상대적으로 통행량이 높은 지역을 탐색하고 도시 내부의 움직임을 파악하여 도시의 주요 흐름을 파악하고자 한다. 본 연구의 연구 질문은 다음과 같다. 첫째, 사람들의 공공자전거 이용 패턴은 시간대 별로 차이가 있는가? 둘째, 사람들의 공공자전거 이용패턴은 평일과 휴일 간에 차이가 있는가? 셋째, 사람들의 공공자전거 이용 패턴과 대여·반납 스테이션의 지역적 특성은 어떠한가? 이러한 연구의 질문을 답하기 위하여 본 연구에서는 공공자전거의 이용현황을 시간, 평일/휴일로 구분하여 시각화 및 분석하고자 한다. 또한 공공자전거의 이용 장소에 대한 지역적 특성을 파악하기 위하여 공공자전거의 대여·반납 장소의 인근 건물의 용도를 반영하여 분석하고자 한다.

## II. 분석 방법

### 1. 사례 지역 및 데이터

본 연구의 공간적 범위는 경기도에 위치한 고양시이다(그림 1). 고양시는 2010년 6월부터 공공자전거 서비스, 피프틴(Fifteen)을 도입하였다. 고양시는 2018년 기

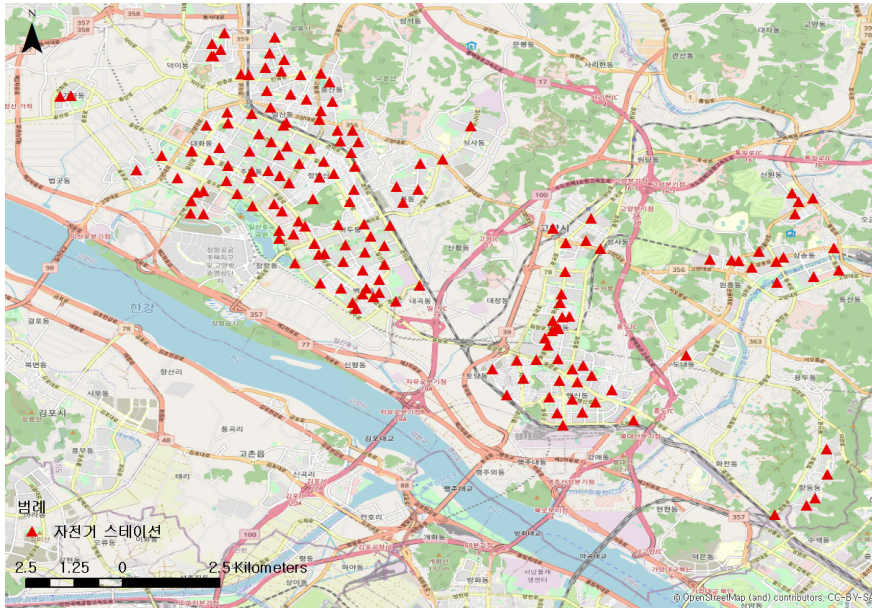


그림 1. 고양시에 위치한 자전거 스테이션의 공간적 분포

준, 총 161개의 공공자전거 전용 스테이션과 약 1,700여 개의 공공자전거를 제공하였다(국민일보, 2020년 10월 25일자). 공공자전거의 이용자 데이터는 2016년부터 2019년까지 제공되고 있으며, 년 도별로 각각 유효한 데이터의 개수가 2016년은 약 270만 건, 2017년은 약 110만 건, 2018년은 약 85만 건, 2019년은 81만 건의 이용 기록이 확인되고 있다. 여기에서 유효한 데이터의 개수는 대여·반납 날짜가 누락되지 않은 데이터를 의미한다. 이 중 2018년의 데이터가 현재로부터 상대적으로 최근이며, 2019년에 비해 유효한 데이터의 수가 상대적으로 많아서 분석하기에 적합하다고 판단하였다. 유효한 데이터의 비율은 2018년은 87.6%(총 972,135건 중 851,322건)이며, 2019년은 82.7%(총 980,908건 중 811,269건)이다. 따라서 본 연구의 시간적 범위는 2018년 1년 동안의 데이터이다.

본 연구에서 활용된 데이터는 크게 3가지이다. 첫째, 공공자전거의 운영 이력이다. 운영 이력 데이터는 대여 번호, 대여 시간, 대여 스테이션, 반납 시간, 반납 스테이션, 이용자 번호, 운행 시간, 운행 거리, 자전거 번호로 구성되어 있다. 2018년 한 해 동안 총 85만여 건의 대여 이력이 기록되고 있다. 둘째, 고양시의 공공자전거 스테이션의 위치정보이다. 공공자전거 스테이션의 위치정보는 스테이션 번호와 각 스테이션 별 위도, 경도를 제공하

고 있다. 셋째, 고양시의 2018년의 도로명주소 전자지도이다. 도로명 전자지도에는 건물의 주소와 더불어 건물의 용도 정보가 포함되어 있다. 건물의 용도는 건축법 시행령 대통령령 제32411호(시행 2022. 2. 11.)에 의거하여 크게 29개로 구분되어 있다(자세한 내용을 위해서는 법제처 국가법령정보센터의 건축법 시행령 참고). 건축물의 용도는 공장, 공동주택, 관광휴게시설, 교육연구시설, 노유자시설, 단독주택, 동물 및 식물 관련 시설, 문화 및 집회시설, 수련시설, 숙박시설, 업무시설, 운동시설, 운수시설, 위락시설, 위험물 저장 및 처리시설, 의료시설, 자동차 관련 시설, 제1종 근린생활시설, 제2종 근린생활시설, 종교시설, 창고시설, 판매시설로 구분되어 있다. 각종 시설 등은 용도가 다른 경우에 한 건물에 위치될 수 없기 때문에, 본 연구에서 여러 층의 건물을 용도의 하나의 용도로 보는 것은 타당하다고 볼 수 있다. 고양시에서는 총 29개의 건물 용도 중 24개 용도의 건물만이 존재하고 있다. 공공자전거 운영 이력 데이터는 공공자전거의 이용 패턴은 시간대별로 차이가 있는지, 평일과 휴일 간의 차이가 있는지에 관한 연구 질문에 답을 하기 위해 활용되었다. 공공자전거 스테이션의 위치정보와 도로명 주소 전자지도는 공공자전거 이용객의 이용 목적과 관련한 연구 질문에의 답을 하기 위해 이용되었다.

## 2. 분석 방법

본 연구에서는 2018년, 1년 치의 공공자전거 운영 이력 데이터를 활용하여, 시간별, 평일/휴일의 하루 동안 통행 흐름의 시공간적 분포 특성을 확인하고자 한다. 이용 패턴 중 이용객 수, 이동 거리, 이동시간, 이동속도에 있어서 시간별, 평일/휴일 간의 차이를 파악하였다.

공공자전거의 이용자는 이용자의 위치에서 가장 가까운 곳을 이용할 것이라는 연구자의 판단에 따라 자전거 스테이션의 영향권을 공간적으로 분할하기 위하여 티센 폴리곤(Thiessen Polygon)을 활용하였다. 일반적으로 특정 시설의 영향권을 분석하기 위하여 버퍼(Buffer)분석이 널리 활용되고 있으나, 버퍼분석은 버퍼의 크기에 따라 여러 개의 버퍼가 중복되어 생성되는 경우가 있다(이태수 등, 2017). 반면 티센 폴리곤은 각 스테이션의 영향권 분할할 경우에 중복으로 영향권이 포함되는 것을 방지할 수 있다. 티센 폴리곤은 각각의 점으로부터 점 간의 거리가 2등분이 되는 지점을 연결하여 폴리곤을 생성하는 방법으로, 특정 지역의 영향권 분석을 파악하기 위해 많이 활용된다(Fotheringham and Rogerson, 2008). 특히, 각 스테이션의 위도와 경도를 활용하여 각 스테이션 간 사이의 수직 이등분선을 연결하여 분할하게 된다. 그림 2는 티센 폴리곤을 활용하여 자전거 스테이션의

이전의 영향권을 분할한 결과를 보여주고 있다. 자전거 스테이션이 밀집되어 있는 지역은 자전거 스테이션의 영향권이 작게 구성이 되지만 자전거 스테이션이 드물게 분포되어 있는 지역은 자전거 스테이션의 영향권이 크게 구성된다. 이후 앞서 설명한 29개(고양시에는 24개의 건물 용도만 존재)의 용도로 구분된 도로명주소 전자지도와 자전거 스테이션의 영향권이 분할된 티센 폴리곤과의 중첩분석(Overlay)을 통하여 각각의 건물이 어떠한 티센 폴리곤에 포함되는지에 대해 분석하였다. 본 연구의 티센 폴리곤은 스테이션의 위도와 경도로 인하여 몇몇의 폴리곤이 일부 서울시에 해당하는 지역을 포함하고 있지만, 고양시 지역에 포함된 도로명주소 데이터를 활용하였기 때문에 연구 결과에 영향을 미치지 않는다. 또한 자전거 스테이션이 고양시에 전 지역에 골고루 분포하고 있지 않기 때문에, 자전거 스테이션의 티센 폴리곤이 고양시의 전 지역을 포함하지 않는다. 하지만 고양시의 외곽지역의 경우(그림 2)에는 자전거 스테이션의 거리와 상당히 떨어져 있어서, 분석 대상에서 제외하는 것이 타당하다고 판단하였다.

각각의 공공자전거 스테이션 영향권의 지역적 특성을 파악하기 위해서 도로명 주소 전자지도를 활용하여 건물의 용도 비율을 파악하였다. 이를 통해 어떤 목적으로 사람들이 자전거를 활용하였는지에 대해 간접적으로 판

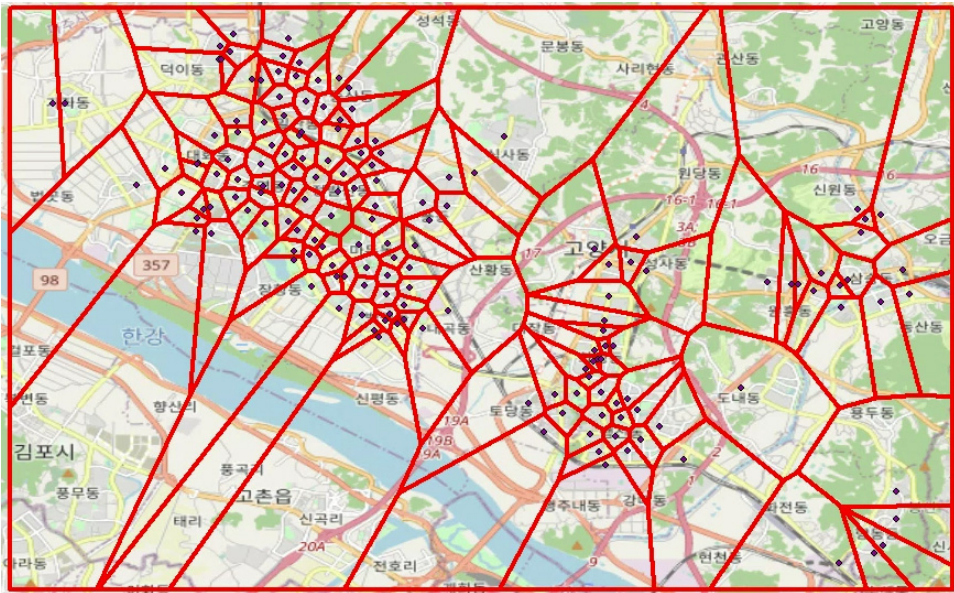


그림 2. 티센폴리곤을 이용한 자전거 스테이션의 영향권역 분할

단이 가능하기 때문이다(Mckenzie, 2019). 티센 폴리곤 안에 포함되어 있는 건물 용도별 비율을 계산하여 자전거 스테이션의 유형을 분류하였다. 이때, 활용한 방법은 K-Means 클러스터링이다. K-Means 클러스터링은 여러 가지의 샘플들을 몇몇의 유형으로 분류하는 방법론(Fotheringham and Rogerson, 2008)으로 많은 GIS 연구에서 시도되고 있다. K-Means 클러스터링은 사례(자료)의 패턴들을 k개의 클러스터로 나눈 후에 각 클러스터의 패턴들의 평균을 활용한다. 여기에서 평균은 클러스터의 중심과 데이터 간의 값의 차이(거리)의 평균 거리를 의미한다. K-Means 클러스터링을 실시하는 과정은 다음과 같다. 먼저 클러스터의 개수(k)가 사전에 결정한다. 사전에 결정된 k개의 클러스터를 중심으로 각 사례들을 각 클러스터의 대푯값과 거리를 계산하여 가장 짧은 클러스터에 할당한다. 할당된 클러스터별로 평균값이 가장 작아질 때까지, 즉 클러스터가 변화하지 않을 때까지 사례를 클러스터에 할당하는 연속적인 과정을 거친다(MacQueen, 1967; 이성규 등, 2006). K-means 클러스터링은 고차원 데이터, 즉 사례의 속성 값이 많은 경우에 적용이 유리하다(이인목 등, 2020). 반면에 K-means 클러스터링은 클러스터의 개체의 분류 시에 처음 결정된 클러스터의 중심이 클러스터링의 결과에 지대한 영향을 미치며, 사전에 결정된 클러스터의 수가 분석을 위한 데이터의 구조에 적합하지 않을 경우에는 이용하기가 무리가 있다(이성규 등, 2006). 본 연구에서 활용된 데이터는 건물의 용도(24종)별로 차차하고 있는 비율로, 각 스테이션 별로 인근 지역에 대한 24개의 건물 속성 값을 가지고 있는 고차원의 데이터이기 때문에 K-means 클러스터링이 적합하다고 판단하였다.

K-Means 클러스터링 방법은 클러스터를 몇 개로 나누는가에 따라 다른 연구 결과가 나올 수 있기 때문에 클러스터의 개수를 정하는 것이 중요하다(Park *et al.*, 2021). 이때 클러스터의 개수를 정하기 위해서 Elbow 방법과 Silhouette 계수(Rousseeuw, 1987)를 활용하였다. Elbow 방법과 Silhouette 계수의 산출은 Python의 라이브러리인 sklearn을 통해 실시하였다. Elbow 방법은 클러스터의 개수(K)를 점진적으로 늘려가면서 각각의 경우에서 군집 내 분산을 계산한 후 그래프에서 육안으로 클러스터의 개수를 결정하는 것이다(이주영 등, 2017). 예를 들어 그림 3은 본 연구에서 실시한 Elbow 방법의 결과이다. 이때 그래프가 완만해지는 지점인 5개가 적절

한 클러스터의 개수라고 할 수 있다. Silhouette 계수는 해당 사례와 같은 클러스터 내에 있는 다른 사례와의 거리와의 평균과 해당 사례가 속하지 않는 클러스터에서 가장 가까운 클러스터의 평균을 활용하여 계산한다. 두 클러스터 간의 거리 값을 정규화하기 위하여 최댓값으로 나누게 된다. 이를 통해 Silhouette 계수 값을 계산할 수 있다. Silhouette 계수는 -1부터 1까지의 값을 가지며, 상대적으로 큰 값을 가질 때 클러스터의 수가 타당하다고 판단할 수 있다. 본 연구에서 Silhouette 계수의 값은 2개(0.4304), 3개(0.367), 4개(0.3736), 5개(0.3857), 6개(0.3531), 7개(0.3522)로 산출되었다. 고양시의 건물 용도가 23개인 것을 고려했을 때, Silhouette 계수의 값이 가장 높은 2개로 클러스터의 수를 결정하게 되면 고양시의 지역적 특성이 상당히 단순화될 수 있기 때문에 주의해야 한다. 따라서 Elbow 방법의 결과와 Silhouette 계수를 모두 고려하면 클러스터링의 개수는 5개일 때 가장 적합하다는 판단을 내릴 수 있다.

### III. 분석 결과

#### 1. 공공자전거 이용의 시·공간 패턴

고양시 공공자전거 이용 패턴을 분석하기 위해서 공공자전거의 이용량, 이동속도, 이용시간, 이동거리를 분석하였다. 그림 4는 2018년의 고양시 공공자전거의 이용량(건), 이동속도(m/s), 이용시간(분), 이동거리(m)의 시간대별 평균을 나타낸 그래프이다. 이를 토대로 고양시 공공자전거의 이용 패턴은 크게 5가지로 요약될 수 있다. 첫째, 일반적으로 평일의 자전거 이용량은 휴일의 이용량 보다 많다. 둘째, 휴일의 자전거 이용량은 시간

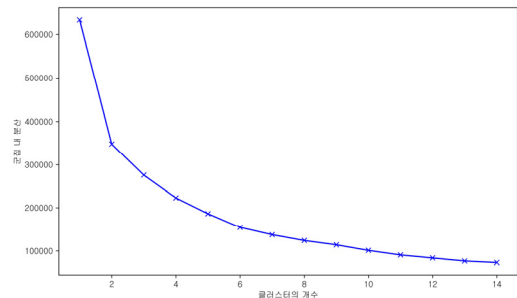


그림 3. 클러스터의 개수 결정

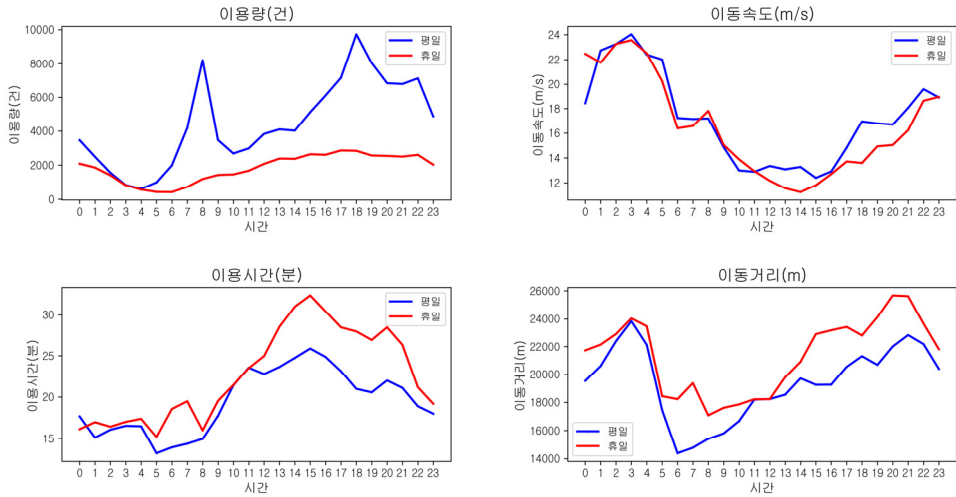


그림 4. 공공자전거 운영 이력 패턴

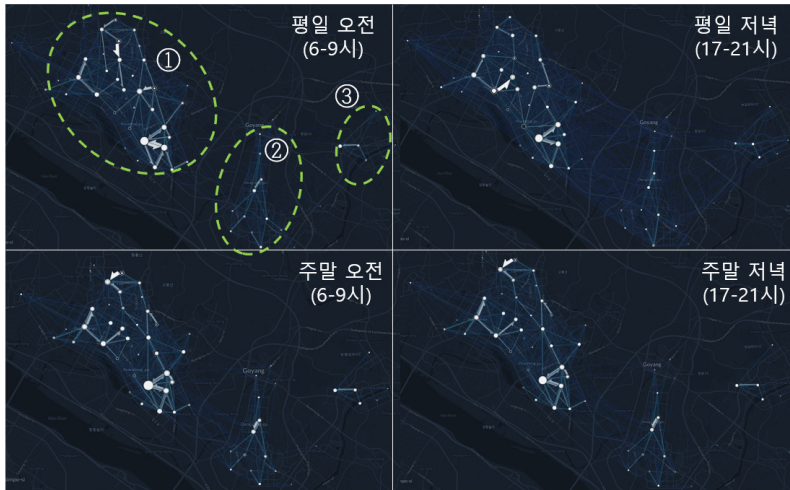


그림 5. 공공자전거의 클러스터별 반납 대여의 시간대별 패턴

에 따라 큰 차이가 없지만, 평일은 시간대 별 차이가 두드러진다. 특히, 평일의 출근 시간(7시-9시)과 퇴근 시간(17시-19시)의 자전거의 이용량은 다른 시간대에 비해 두드러지게 많은 것을 확인할 수 있다. 셋째, 이동속도는 평일과 휴일 간의 차이는 없다. 다만 이동속도는 새벽(1시-5시)에 약 22m/s로 가장 빠르다. 그리고 낮 시간(10시-16시)에 이동속도가 가장 느린 것을 확인할 수 있다. 넷째, 이용시간은 일반적으로 오전 10시 이후에 점차적으로 증가하다가 15시를 기점으로 짧아지기 시작한다. 또한 휴일의 자전거 이용시간은 평일의 자전거 이용시간에 비해서 대략적으로 5분에서 10분정도 많다. 마치

막으로, 휴일의 이동거리가 평일의 이동거리에 비해서 전반적으로 길다. 평일의 출근시간대(5시-8시)의 이동거리가 매우 짧고 휴일 오후와 저녁시간대(14시-22시)의 이동거리가 특히 많음을 파악할 수 있다.

고양시의 공공자전거의 대여·반납의 패턴은 다음 그림 5를 통해서 확인할 수 있다. 그림 5는 대여한 장소에서 반납한 장소를 연결하는 플로우(Flow) 지도이다. 플로우 지도를 통해서 어느 지역에서 어느 지역으로 이동하고 있는지를 확인할 수 있다. 대여·반납의 패턴은 크게 3가지로 요약할 수 있다. 첫째, 평일과 주말의 구분 없이, 저녁시간대(17시-21시)의 공공자전거를 이용한 사

람들의 이동이 오전시간대(6시-9시)에 비해서 많이 이루어지고 있는 것을 확인할 수 있다. 둘째, 주말에 비해 평일에 공공자전거를 이용한 사람들의 이동이 더욱 많은 것을 확인할 수 있다. 셋째, 평일과 주말, 오전과 저녁의 구분 없이 사람들의 공공자전거의 이동은 크게 3지역 내에서 이루어지고 있는 것을 확인할 수 있다. 그림 5의 ①번 지역은 대화동, 정발산동, 마두동, 백석동, 장항동 일대, ②번 지역은 행신동, 화정동 일대, ③번 지역은 삼송동 일대이다. 즉, 행신동, 화정동 일대와 삼송동 일대에 비해서 대화동, 정발산동, 마두동, 백석동, 장항동 일대 내에서의 이동이 상당히 활발하다고 확인할 수 있다. 지도의 효과적인 시각화를 위해 flowmap.blue(<https://flowmap.blue/>)를 이용하여 웹 기반의 플로우 지도를 제작하였으며 다음의 링크에서 확인이 가능하다.

- 평일 오전(6-9시) : [https://flowmap.blue/1bHR-QGg\\_xk\\_caylHXz3cpiQfXjsNPPSLrQO76o2fc7rk](https://flowmap.blue/1bHR-QGg_xk_caylHXz3cpiQfXjsNPPSLrQO76o2fc7rk)
- 평일 저녁(17-21시) : [https://flowmap.blue/1e9nOQ\\_HGYkdbYd7\\_WtI73oRqmB5TVIjhODobc9D07XxE](https://flowmap.blue/1e9nOQ_HGYkdbYd7_WtI73oRqmB5TVIjhODobc9D07XxE)
- 주말 오전(6-9시) : <https://flowmap.blue/1ZrHzSc17IWE8zNrcelBgD0E8oyO7-Ps5IAJ0XBWdQDM>
- 주말 저녁(17-21시) : [https://flowmap.blue/1rc55TApybqcQUq\\_6gMK1hg5z2wtqqa6rvAlAWla9Bzk](https://flowmap.blue/1rc55TApybqcQUq_6gMK1hg5z2wtqqa6rvAlAWla9Bzk)

## 2. 공공자전거의 이용과 지역적 특성

공공자전거의 이용과 지역적 특성을 파악하기 위하여 공공자전거 스테이션별로 인근지역의 지역적 특성을 파악하였다. 건물 용도는 크게 각 티센 폴리곤 내부의 건물들의 용도를 파악 후, 비율을 계산하여 K-Means 클러스터링을 실시하였다. Elbow 방법과 Silhouette 계수를 통해 적합한 클러스터의 개수는 5개로 결정되었다(표 1, 그림 6). 표 1은 각 클러스터로 구분된 티센 폴리곤에 포함된 건물의 용도별 비율의 평균이다. 클러스터의 지역적 특징은 각 클러스터에 높은 비율을 차지하고 있는 용도를 통해 파악할 수 있다. 예를 들어, 클러스터 0에 포함된 티센 폴리곤에서 단독 주택 용도의 건물이 전체 건물 중에서 많은 비중(평균 71.1%)을 차지하고 있기 때문에 단독 주택 밀집 지역이라고 할 수 있다. 이와 같은 방법으로 클러스터별로 지역적 특징은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 클러스터 0: 단독 주택 밀집 지역(총 44개 스테이션)
- 클러스터 1: 주거 중심 지역(총 34개 스테이션)
- 클러스터 2: 단독 주택 및 업무시설 밀집 지역(총 41개 스테이션)
- 클러스터 3: 공동 주택 밀집 지역(총 27개 스테이션)
- 클러스터 4: 다용도 혼재 지역(총 18개 스테이션)

위의 클러스터 분류를 토대로 공공자전거의 클러스터별 반납·대여의 시간대별 특징은 다음과 같다. 일반적으로 그림 4의 시간의 흐름에 따른 공공자전거 이용량 패턴과 유사하다(그림 7). 평일에는 주로 출근시간(7시-9시)과 퇴근시간(17-19시)에 높은 대여와 반납이 이루어지고 있다. 휴일에는 오후에 점진적으로 대여와 반납의 수가 증가하고 있다. 클러스터별 특징은 대여·반납의 특징은 크게 3가지로 요약된다. 첫째, 클러스터 0(단독 주택 밀집 지역)에서는 대여에 비해 반납의 숫자가 많은 것을 확인할 수 있다. 둘째, 클러스터 1(주거 중심 지역), 클러스터 2(단독 주택 및 업무시설 밀집 지역), 클러스터 3(공동 주택 밀집 지역)에서는 대여와 반납의 수가 차이가 없다. 셋째, 클러스터 4(다용도 혼재 지역)에서의 대여는 퇴근시간에 월등하게 많으며, 반납은 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 특히, 클러스터 4에 해당하는 스테이션의 개수(18개)를 고려하였을 때, 클러스터 4에 위치한 스테이션에서 대여가 많이 이루어지고 있는 것을 확인할 수 있다.

마지막으로 공공자전거의 대여·반납 스테이션의 클러스터를 확인한 결과이다(그림 8). 그래프 안에서의 선의 굵기는 각각의 클러스터에서 각각의 클러스터로의 이동한 비중을 의미한다. 이를 통하여 이용자들의 이동 패턴을 파악할 수 있다. 눈에 띄는 양상은 크게 3가지가 있다. 첫째, 사람들은 주로 클러스터 0(단독 주택 밀집 지역)에서 대여한 사람들은 상대적으로 클러스터 1(주거 중심 지역)에서 반납하는 것을 확인할 수 있다. 둘째, 클러스터 1(주거 중심 지역)에서 반납한 사람은 클러스터 3(공동 주택 밀집 지역)에서 주로 반납하는 것을 확인할 수 있다. 클러스터 2(단독 주택 및 업무시설 밀집 지역)와 3(공동 주택 밀집 지역)에서 반납한 사람들은 각각 클러스터별로 골고루 반납하며, 클러스터 4(다용도 혼재 지역)에서 대여한 사람은 클러스터 0(단독주택 밀집 지역)과 클러스터 4(다용도 혼재 지역)에서 많이 반납하는 것으로 확인된다.

표 1. K-Means 클러스터링 결과

(단위: %)

용도	클러스터 0	클러스터 1	클러스터 2	클러스터 3	클러스터 4
공장	0.71	2.20	7.13	0.62	0.40
공동주택	11.62	31.73	7.52	69.88	21.79
관광휴게시설	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
교육연구시설	0.53	1.16	0.44	0.78	17.18
노유자시설	0.10	0.07	0.05	0.09	2.22
단독주택	71.71	34.80	37.47	4.74	2.80
동물 및 식물관련 시설	0.00	0.00	0.01	0.14	0.00
문화 및 집회시설	0.30	0.56	0.25	0.30	2.96
수련시설	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
숙박시설	0.15	0.42	0.32	0.33	0.10
업무시설	3.68	9.86	26.45	0.68	1.32
운동시설	0.04	0.12	0.98	0.33	0.00
운수시설	1.68	2.41	0.80	6.11	2.77
위락시설	0.33	0.62	0.71	0.60	1.81
위험물저장 및 처리 시설	0.04	0.03	0.01	0.60	0.19
의료시설	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09
자동차 관련시설	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
제 1종 근린생활시설	4.14	7.06	8.84	4.86	13.53
제2종 근린 생활시설	4.09	8.22	8.29	7.27	18.02
종교시설	0.55	0.33	0.49	1.30	5.78
창고시설	0.00	0.03	0.11	0.00	0.00
판매시설	0.12	0.12	0.03	0.07	0.19
기타	0.15	0.23	0.05	1.14	8.85

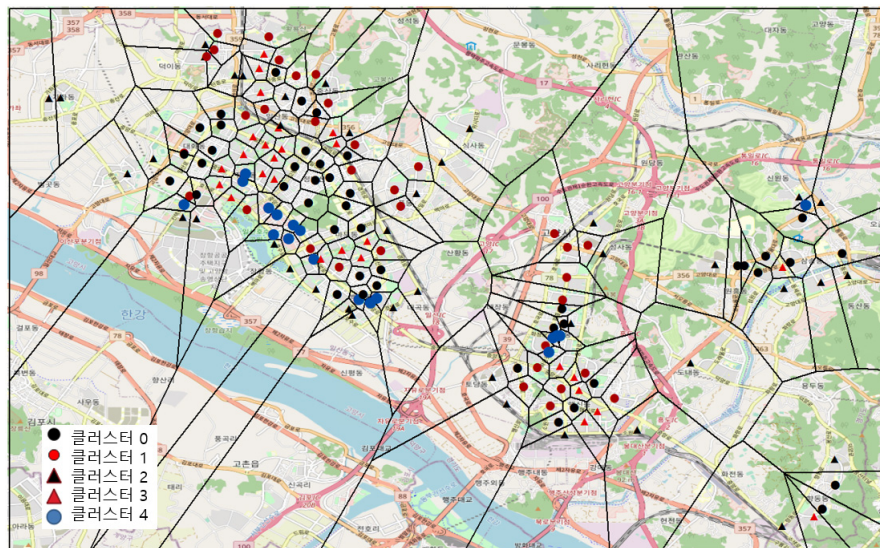


그림 6. K-Means 클러스터링 결과



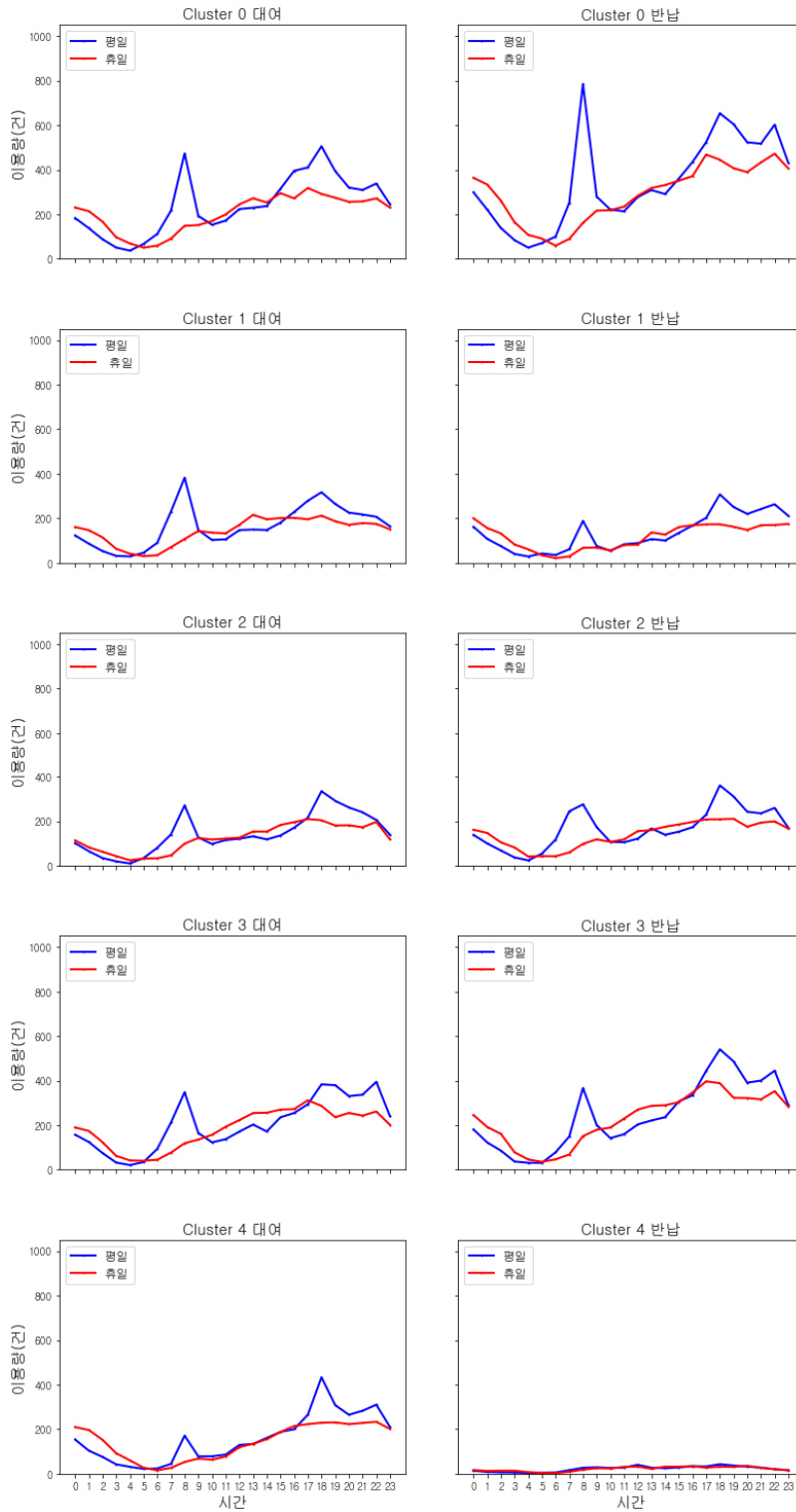


그림 7. 클러스터별 대여·반납 패턴

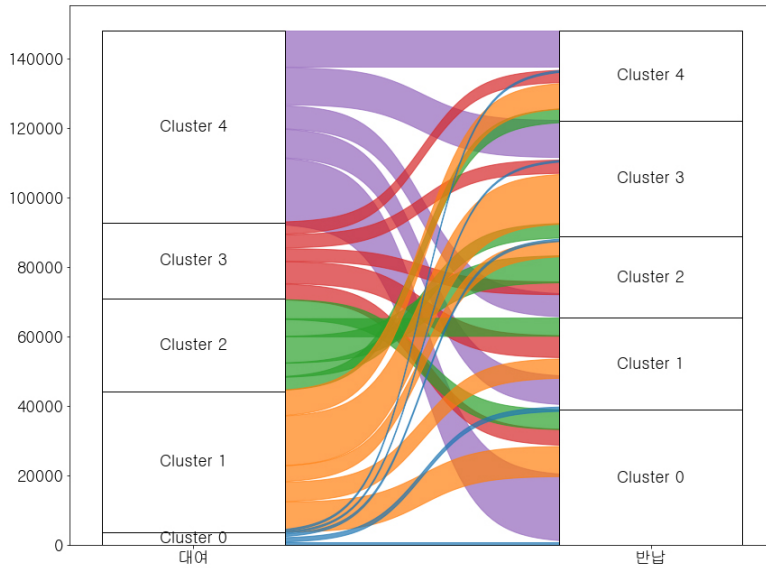


그림 8. 클러스터 간의 이동 패턴

#### IV. 토론

본 연구는 마이크로 모빌리티 이용 현황의 시·공간패턴을 분석하였다. 이를 위해 2018년도의 경기도 고양시의 공공자전거인 피프틴의 이용 내역 데이터를 활용하였다. 공공자전거의 평일/휴일의 시간대별 이용 패턴 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 평일의 출근 시간대와 퇴근 시간대에 자전거의 이용량이 두드러지게 많은 것은 사람들이 공공자전거를 출·퇴근 시에 활용하고 있다고 판단할 수 있다. 또한 낮 시간의 자전거의 이동속도가 상대적으로 느린 것은 자전거의 이용 목적이 이동이기 보다는 건강 및 여가의 목적으로 이용하고 있기 때문인 것으로 추측된다. 휴일의 자전거 이동 시간이 길고 이동거리가 긴 패턴 또한 마찬가지로 해석될 수 있다.

자전거 대여·반납의 패턴 분석을 통하여 사람들의 도시 내부에서의 이동은 지역적으로 분할되어 있음을 파악할 수 있다. 그림 5에서의 ①, ②, ③ 지역은 각각의 지역 사이에 수도권 제1 순환 고속도로가 가로지르고 있기 때문에 각 지역 간의 연결성이 다소 낮은 것으로 확인된다. 이로 인해 각 지역 내에서의 이동은 빈번하지만, 각 지역 간의 이동은 미비한 것으로 판단된다.

마지막으로 통행 목적의 분석을 통하여 일반적으로 공공자전거의 이용자의 주된 목적지는 주거 밀집 지역

인 것으로 파악되었다. 자전거의 반납 수가 많은 자전거 스테이션은 주엽역, 정발산역 인근에 위치하고 있는 것으로 확인되었다. 이들은 주거 밀집 지역에 위치하고 있으며, 결국 사람들이 공공자전거를 이용하는 목적이 대중교통의 활용 후 귀가하기 위함임을 유추할 수 있다.

이러한 분석을 결과를 토대로 본 연구에서는 다음과 같은 함의를 담고 있다. 첫째, 마이크로 모빌리티 서비스의 적극적인 확대이다. 사람들이 출·퇴근 시간에 공공자전거를 많이 활용하고 있으며, 특히 사람들이 대중교통을 이용하기 위한 수단으로서 공공자전거를 이용하고 있는 것으로 판단된다. 이는 공공자전거의 확대를 통해 사람들의 대중교통을 위한 접근성을 향상시킬 수 있다는 것을 의미한다. 둘째, 사람들의 마이크로 모빌리티 서비스의 사용과 관련한 편리성 및 안전성 문제이다. 도시의 주된 통근로 등에 자동차 제한 구역을 설정하여, 사람들이 편리하고 안전하게 친환경 마이크로 모빌리티 서비스인 자전거를 활용할 수 있도록 하는 것이다(이재영 등, 2012; 김경민, 2020). 또한 공공자전거를 새벽과 저녁시간에 상대적으로 빠른 속도로 이용하고 있다는 것이 확인되었는데, 야간시간에 공공자전거 이용자들의 시야 확보등 안전성을 증대할 수 있는 방안에 대해서 고려해보아야 할 것이다.

## V. 결론

최근 공공자전거는 친환경 모빌리티 수단으로서, 국내·외에서 많이 보급되고 있으며 이로 인한 도시 내에서의 도시민의 접근성을 향상시키고 있다. 이에 본 연구는 고양시의 공공자전거인 피프틴을 사례로, 마이크로 모빌리티의 활용을 통한 도시 내의 사람들의 이동성에 대한 분석을 실시하였다. 분석을 통해 도시 내에서의 사람들의 이동에 대한 시·공간적 패턴을 파악하였으며, 통행 목적을 추정함에 따라 공공자전거의 역할에 대해 파악하였다.

본 연구의 한계점은 주로 데이터의 접근성과 관련한다. 고양시의 공공자전거 서비스의 이용 현황 데이터는 2018년도까지가 데이터의 유실 정도가 적은 상태로 제공되고 있기 때문에 현재의 이용 패턴에 대해서는 알 수 없다는 한계가 있다. 이로 인하여 2020년 이후의 데이터 제공의 제약으로 코로나-19 팬데믹 상황에서 고양시의 공공자전거 이용자들의 이용패턴의 변화 등을 파악하기가 어렵다. 또한 마이크로 모빌리티의 이용자들의 통행 궤적에 대한 데이터가 제공되지 않기 때문에, 시간대별로 사람들이 점유하고 있는 공간에 대한 추정이 어렵다.

차후 연구로는 서울시의 따릉이, 대전시의 타슈 등의 지역 간의 공공자전거 이용 현황에 대한 시·공간 패턴의 차이 분석이다. 이를 통해 마이크로 모빌리티 서비스의 밀도를 분석하고 발전 방향을 탐색하여 도시민의 통행의 완결성을 추구할 수 있을 것이다(이재영 등, 2012). 특히 서울시의 공공자전거 이용 현황을 분석하기 위해서는 분석의 연산 능력에 대한 고민도 필요할 것으로 판단된다. 서울시의 따릉이 같은 경우 2021년 상반기에만 약 1,400만 건의 이용 현황이 확인되고 있다. 이때 아마존 웹서비스(Amazon Web Service), 고성능 컴퓨팅 클러스터(High Performance Computing Cluster) 등의 컴퓨팅 환경의 향상이나 병렬 처리 컴퓨팅과 같은 연산 방법의 활용이 유용할 것이다(Wang, 2010; Kang *et al.*, 2020). 또한 자전거의 대여·반납 스테이션 인근의 건물에 대한 영향력을 건물의 면적 등의 정보를 추가적으로 활용하여 분석한다면 공공자전거 이용자에 대한 통행 목적을 유추하기가 보다 수월할 것으로 판단된다. 이 밖에도 용도지역 데이터를 활용한 도시지역의 변화(김근한 등, 2019; 이근학, 2019), 도시 공간의 사회적 다양성(채희원·신정엽, 2015)과 공공자전거 이용자들의 모빌

리티 관련성은 차후연구로 수행하기 적합한 주제일 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 김경민, 2020, “마이크로 모빌리티 서비스를 통한 해외 예코 스마트도시 구현” 국토, 462, 18-23.
- 김근한·이길상·김오석·최희선, 2019, “용도지역과 로지스틱 회귀분석을 이용한 도시지역 확장 예측 연구”, 한국지리학회지, 8(3), 517-527.
- 김숙화·오세창·최기주, 2019, “스테이션 없는 공유자전거 통행특성분석: 수원시사례를 중심으로”, 대한교통학회지, 37(2), 110-123.
- 김아름·김희경, 2021, “경사를 고려한 마이크로 모빌리티 수단의 통행시간 산정 알고리즘의 개발과 실증”, 대한교통학회지, 39(3), 357-368.
- 김희수·김영호, 2020, “네트워크 클러스터를 활용한 서울시 공공자전거의 시공간 통행 분석 및 시각화: 공간적 네트워크 자기상관을 활용하여”, 한국지도학회지, 20(1), 93-106.
- 사경은·서지민·이수기, 2017, “출근시간대 공유자전거 출발·도착지 및 최단이동경로 특성 분석 - 서울시 공유자전거 2017 통행 OD 자료를 중심으로”, 한국도시설계학회지 도시설계, 21(6), 105-120.
- 송예나·이금숙·장한울, 2019, “서울시 지하철 네트워크의 접근성과 공간적 형평성”, 한국경제지리학회지, 22(4), 513-525.
- 안세윤·주하나·김소연·조민준·김성환, 2021, “공유자전거 데이터 분석 및 활용방안 연구: 세종특별자치시 공유자전거 어울링의 데이터를 적용하여”, 한국콘텐츠학회논문지, 21(7), 259-270.
- 윤서연·이재현·Davis, A.·Goulias, K., 2018, “잠재 계층 클러스터를 이용한 사회관계 접촉의 동적 패턴과 활동-통행 패턴 간 연관관계 분석”, 대한교통학회 학술대회지, 399-404.
- 윤승용·민경훈·고하정, 2020, “서울시 공공자전거 공유시스템(PBSS)의 시공간적 이용 패턴 분석-서울시 여의도동을 중심으로”, 한국조경학회지, 48(1), 1-14.
- 이근학, 2019, “서울시 도시 재생 유형별 공간 분포와 지역 특성 변화: 건물 용도별 도시 경관 변화를 중심으로”

- 한국지리학회지, 8(2), 305-319.
- 이금숙·김호성·박종수, 2017, “서울 대도시권 지하철 통행흐름의 요일 간 변이성 분석: 동적 시각화 방법을 토대로” 한국경제지리학회지, 20(2), 158-172.
- 이성규·홍성언·박수홍, 2006, “평균연결법과 K-means 혼합 클러스터링 기법을 이용한 공시지가 유사가격권역의 설정” 대한지리학회지, 41(1), 121-135.
- 이인목·민재홍·김경태·고승영, 2020, “k-means 클러스터링을 활용한 교통카드데이터 기반의 대중교통 이용자 통행패턴 생성” 한국철도학회 논문집, 23(3), 204-215.
- 이재영·박진희·임운택, 2012, “도시특성에 따른 공공자전거 이용특성 및 정책방향 연구” 국토계획, 47(3), 295-308.
- 이주영·구은모·김형주·장기태, 2017, “BIS 자료를 이용한 중장기 버스 통행시간 예측” 대한교통학회지, 35(4), 348-359.
- 이태수·김종민·김화환, 2017, “근거리 고등학교 배정을 위한 ‘거주지 기점’ 배정 방식에 관한 연구: 광주광역시 중·고등학교를 중심으로” 한국지역지리학회지, 23(3), 559-567.
- 전인우·이민혁·전철민, 2019, “스마트카드 자료를 활용한 대중교통 승객의 통행목적 추정” 한국지리정보학회지, 22(1), 28-38.
- 채희원·신정엽, 2015, “수도권 도시 공간의 사회적 다양성 변화 탐색” 한국지리학회지, 4(1), 139-154.
- Fotheringham, A.S. and Rogerson, P.A., eds., 2008, *The SAGE handbook of spatial analysis*, California: SAGE Publications.
- Kang, J.Y., Aldstadt, J., Vandewalle, R., Yin, D., and Wang, S., 2020, A CyberGIS approach to spatiotemporally explicit uncertainty and global sensitivity analysis for agent-based modeling of vector-borne disease transmission, *Annals of the American Association of Geographers*, 110(6), 1855-1873.
- Park, J., Kang, J.Y., Goldberg, D.W., and Hammond, T.A., 2021, Leveraging temporal changes of spatial accessibility measurements for better policy implications: a case study of electric vehicle (EV) charging stations in Seoul, South Korea, *International Journal of Geographical Information Science*, 1-20, <https://doi.org/10.1080/13658816.2021.1978450>.
- Rousseeuw, P.J., 1987, Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53-65.
- MacQueen, J., 1967, Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations, *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1(14), 281-297.
- McKenzie, G., 2019, Spatiotemporal comparative analysis of scooter-share and bike-share usage patterns in Washington, DC, *Journal of Transport Geography*, 78, 19-28.
- Schönfelder, S. and Axhausen, K.W., 2010, *Urban Rhythms and Travel Behaviour: Spatial and temporal Phenomena of Daily Travel*, Surrey, UK: Ashgate Publishing.
- Smith, C.S. and Schwieterman, J.P., 2018, *E-scooter scenarios: evaluating the potential mobility benefits of shared dockless scooters in Chicago*, Chicago: Chaddick Institute for Metropolitan Development at DePaul University.
- Wang, S., 2010, A CyberGIS framework for the synthesis of cyberinfrastructure, GIS, and spatial analysis, *Annals of the Association of American Geographers*, 100(3), 535-557.
- 국민일보, 2020년 10월 25일자, “고양시, 공공자전거 ‘피프틴’ 접고 ‘공유자전거 서비스’ 도입”
- 한겨레, 2021년 1월 20일자, “코로나에 ‘따릉이’ 인기 폭발” 법제처 국가법령정보센터, <http://law.go.kr/법령/건축법시행령>
- 교신 : 강전영, 32588, 충청남도 공주시 공주대학교 56, 공주대학교 지리교육과(이메일: geokang@kongju.ac.kr)
- Correspondence : Jeon-Young Kang, 32588, 56, Gongju-daehak-ro, Gongju-si, Chungcheongnam-do, Korea, Department of Geography Education, Kongju National University (Email: geokang@kongju.ac.kr)
- 투고접수일: 2022년 2월 22일  
심사완료일: 2022년 3월 21일  
게재확정일: 2022년 3월 22일