

# 공유 전동킵보드 이용 특성 및 영향요인에 관한 연구

## Study on Shared E-scooter Usage Characteristics and Influencing Factors

김수재\* · 이경재\*\* · 추상호\*\*\* · 김상훈\*\*\*\*

\* 주저자 : 홍익대학교 도시계획과 박사과정  
 \*\* 공저자 : 홍익대학교 도시계획과 박사과정  
 \*\*\* 교신저자 : 홍익대학교 도시공학과 교수  
 \*\*\*\* 공저자 : 주식회사 피유엠피 서비스 이사

Su jae Kim\* · Gyeong jae Lee\*\* · Sangho Choo\*\*\* · Sang hun Kim\*\*\*\*

\* Dept. of Urban Planning, Univ. of Hongik  
 \*\* Dept. of Urban Planning, Univ. of Hongik  
 \*\*\* Dept. of Urban Design and Planning, Univ. of Hongik  
 \*\*\*\* PUMP Co.  
 † Corresponding author : Sangho Choo, shchoo@hongik.ac.kr

Vol.20 No.1(2021)

February, 2021  
 pp.40~53

pISSN 1738-0774  
 eISSN 2384-1729  
<https://doi.org/10.12815/kits.2021.20.1.40>

Received 28 December 2020  
 Revised 20 January 2021  
 Accepted 28 January 2021

© 2021. The Korea Institute of  
 Intelligent Transport Systems. All  
 rights reserved.

### 요약

공유 전동킵보드는 기존 'station 기반의 공유 교통서비스에 비해 편리한 dockless 방식으로 제공되어 이용이 급격하게 증가하고 있다. 이에 따라 교통사고, 보행환경 저해 등 새로운 도시 문제가 발생하고 있다. 본 연구에서는 서울시를 대상으로 최근 급격하게 성장하고 있는 공유 전동킵보드의 이용 특성을 분석하고, 음이항 회귀모형을 통해 서울시 집계구 단위의 공유 전동킵보드 이용수요에 영향을 미치는 요인에 대하여 규명하였다. 이용특성 분석결과 평균 이용 거리는 1.5km, 이용시간은 9.4분, 이동속도는 10.3km/h로 나타났다. 공유 전동킵보드의 이용수요에 대한 영향요인을 살펴보면, 인구지표, 교통시설지표, 토지이용지표, 기상지표가 통계적으로 유의하게 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 본 연구의 결과는 향후 공유 전동킵보드의 이용수요가 많은 지역에 대한 효율적인 운영 및 이용 활성화를 위한 교통정책 수립의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : 공유 전동킵보드, 무거치대 서비스, 집계구, 음이항 회귀모형

### ABSTRACT

Recently, shared dockless e-scooter usage has rapidly increased, rather than the station-based shared mobility service, because of convenience. This transition leads to new social problems in urban areas such as increased traffic accidents and hindrance of pedestrian environments. In this study, we analyze the usage characteristics of shared e-scooters in Seoul, and identify factors influencing demand for shared e-scooters by developing a negative binomial regression model. As a result, the usage characteristics show that the average trip distance, the average trip duration, and the average trip speed were 1.5km, 9.4min, and 10.3km/h, respectively. Demographic factor, transport facility factors, land use factors, and weather factors have statistically significant impacts on demand for shared e-scooters. The results of this study will be used as basic data for suggesting effective operation strategies for areas with higher shared e-scooter demand and for establishing transport policies for facilitating shared e-scooter usage.

Key words : Shared e-scooter, Dockless service, Output area, Negative binomial regression model

## I. 서론

최근 도시에서는 지속적인 인구밀집 현상으로 인해 교통혼잡, 소음공해, 미세먼지 등과 같은 다양한 도시 교통문제가 발생하고 있다. 이러한 도시 교통문제를 해결하기 위한 방안으로 자동차의 이용을 줄이고, 대중교통의 이용을 장려하기 위한 교통수요관리 정책들이 지속적으로 시행되어 왔다. 더 나아가 최근에는 교통수단을 공유하여 이용하는 공유 교통서비스가 등장하여 급속도로 성장하고 있다(Campbell et al., 2016). 국내에서는 2011년 카셰어링 서비스인 그린카, 2015년 서울시 공유 자전거 서비스인 따릉이가 서비스를 시작하였다. 공유 교통서비스의 급성장은 정보통신기술의 발전에 따른 스마트폰의 보급, 위치기반 시스템, 모바일 결제 시스템 개발에 기인하고 있다. 이를 통해 기존 스테이션(station) 기반의 공유 교통서비스인 카셰어링, 공유 자전거에서 보다 이용이 편리한 dockless(또는 floating) 방식의 개인형 교통수단 서비스가 도입되었다(Shaheen et al., 2017; Liu et al., 2019; McKenzie, 2019). 미국에서는 2017년부터 Lime, Spin, Mobike, Bird 등 다양한 공유 자전거 및 전동킴보드가 제공되고 있으며(Clewlow, 2019), 국내에서도 2018년 킴고잉을 시작으로 지쿠터, 썩썩, 디어, 빔, 고고썩 등의 공유 전동킴보드와 지바이크, 카카오T바이크, 쿠키바이크, 일레클, ZET 등의 공유 전기자전거 서비스가 등장하였다. 2020년 8월 기준 전국에 약 3만 6천대 이상의 기기가 서비스 중이다.

공유 전동킴보드는 정해진 스테이션 없이 자유롭게 이용할 수 있어 기존 공유 교통서비스에 비해 활발하게 이용되고 있으나, 보도나 차도 위에 방치되는 등 무분별한 서비스 운영에 따른 교통사고, 보행환경 저해 등의 또 다른 도시문제를 야기하고 있다(Fang et al., 2018; James et al., 2019). 이러한 문제들을 해결하기 위해 도로교통법 개정(2020년 12월 시행), 서울시 지하철역(1-5개 역) 인근 거치대 설치 시범사업(2021년 시행 예정) 등의 다양한 정책이 제시되었으나, 근본적인 문제해결을 위한 운영적 측면의 개선방안에 대해서는 고려되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 공유 전동킴보드의 효율적인 운영에 필수적인 공유 전동킴보드의 이용수요에 영향을 미치는 요인을 파악하고자 한다. 이를 위해 공유 전동킴보드 실적자료를 기반으로 이용자의 통행특성을 분석하고, 공유 전동킴보드 이용수요의 영향요인 분석모형을 구축하였다. 연구의 범위는 현재 공유 전동킴보드가 활발하게 이용되고 있는 서울시로 설정하였으며, 분석자료는 구득할 수 있는 주식회사 피유엠피사의 공유 전동킴보드 서비스(썩썩)의 4~6월 실적자료로 한정하였다.

## II. 선행연구검토

공유 전동킴보드 관련 연구는 주로 국외에서 수행되었으며, 공유 전동킴보드의 이용행태를 분석한 연구(Liu et al., 2019; Mckenzie, 2019; Zou et al., 2020; Almannaa et al., 2020; Bai and Jiao, 2020; Caspi et al., 2020; Lee et al., 2019), 법제도 개선방안을 제시한 연구(Fang et al., 2018; Trivedi et al., 2019; Sikka et al., 2019; Clewlow, 2019), 인프라 위치 선정 연구(Chen et al., 2018), 통행목적 추정 연구(Espinoza et al., 2019) 등이 있다. 이 중에서 공유 전동킴보드 실적자료를 활용하여 통행특성과 이용수요의 영향요인을 분석한 연구를 주로 살펴보고자 한다.

통행특성 분석 연구의 경우, Liu et al.(2019)은 2018년 9~11월까지 3개월간의 미국 인디애나폴리스 지역의 전동킴보드 이용자료를 활용하여 지역별, 요일별, 시간대별 이용현황을 파악하였다. 전체 통행의 약 60%가 10분 이하로 이용되었으며, 약 65%가 1 mile 이하로 통행하는 것으로 나타났다. 시간대별 이용분포를 살펴보면 11시부터 21시까지 이용량이 증가하는 것으로 나타나 일반적인 교통수단의 오전 및 오후 첨두분포와 다

른 것으로 분석되었다.

McKenzie(2019)는 2018년 6~8월의 약 70일간의 워싱턴 DC의 공유 전동키토드 이용자료를 활용하여 기존 공유 자전거와 통행특성을 비교분석하였다. 공유 전동키토드의 이용현황을 살펴보면, 평일에는 출근시간대인 8시부터 이용량이 증가하기 시작하며, 주말의 경우 조금 더 늦은 10시부터 이용량이 증가하는 것으로 나타났다. 주로 도시 중심부에서 많이 이용되는데, 주말의 경우 쇼핑몰, 공원 등 외곽에서도 이용량이 많은 것으로 나타났다. 반면 기존 공유 자전거의 정기권 이용자(member)는 평일 오전 및 오후 첨두이용을 보이고 있어 출퇴근용으로 활용하고 있으며, 일반 이용자(casual)의 경우 공유 전동키토드와 마찬가지로 특별한 첨두형태가 나타나지 않았다. 또한 공간적 이용분포를 살펴보면 공유 자전거가 공유 전동키토드보다 도심 중심부의 이용이 보다 집중되는 것으로 분석되었다.

Zou et al.(2020)은 2019년 3~4월의 워싱턴 DC의 공유 전동키토드 이용자료를 활용하여 통행시간, 통행거리, 통행속도, 통행분포 등을 분석하였다. 워싱턴 DC의 공유 전동키토드는 평균 14분 정도 이용되며, 약 4.5 mile/h의 속도로 주행하는 것으로 나타났다. 평일의 경우 출근시간대인 8시부터 이용량이 급격하게 증가하며, 주말의 경우 평일보다 조금 늦은 9시부터 이용량이 늘어나는 것으로 나타났다. 공간적 이용분포를 살펴보면, 대부분이 도시 중심부의 상업지역에서 이용되었으며, 공원 및 강변에서도 일부 이용되는 것으로 나타났다. 또한 각 링크별 통행량과 자전거도로 유무 등을 고려하여 전동키토드 이용에 있어 위험한 지역을 분석하였다. 이를 바탕으로 공유 전동키토드의 체계적인 관리를 위해 보행자 이용에 방해가 되는 지역에 거치대를 설치하고, 이용 수요가 많은 도로의 안전 관리 방안의 필요성을 제시하였다.

공유 전동키토드 수요의 영향요인에 관한 연구들을 살펴보면, 먼저 Bai and Jiao(2020)는 2018년 8~11월의 텍사스 오스틴지역과 미네소타 미니애폴리스지역의 공유 전동키토드 이용자료를 활용하여 공유 전동키토드 이용행태를 비교분석하였다. 오스틴지역의 경우 평균 이동거리는 0.9 mile, 평균 이용시간은 12분, 평균 이동속도는 5 mile/h로 나타났으며, 미니애폴리스지역의 경우 평균 이동거리는 1.3 mile, 평균 이용시간은 19분, 평균 이동속도는 6 mile/h로 오스틴지역에 비해 조금 더 많이 이용되는 것으로 나타났다. 공간적 이용분포를 살펴보면, 두 도시 모두 도시 중심부와 대학 캠퍼스 주변에서 공유 전동키토드가 주로 이용되는 것으로 나타났다. 오스틴지역의 경우 소매점이 모여 있는 곳에서도 이용이 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 전동키토드 통행량에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 음이항 회귀모형을 구축하였다. 영향요인으로는 인구밀도, 25세 이하 인구비율(percentage of young population), 남녀 성비, 대졸 이상 인구비율(percentage of high education population), 가구 소득, 도심으로부터의 거리, 대중교통 정류장 수(transit accessibility), 토지이용 다양성, 토지이용 복잡도, 토지용도 등을 고려하였다. 두 지역에서 공통적으로 유의미한 영향요인을 살펴보면, 대졸 이상 인구비율이 높을수록 공유 전동키토드가 많이 이용되는 것으로 분석되었다. 또한 도심으로부터의 거리가 가까울수록, 대중교통 정류장 수가 많을수록, 토지이용 다양성이 클수록 많이 이용되며, 단독주택 대비 업무시설 밀집지역에서 많이 이용되는 것으로 분석되었다. 반면 두 지역의 영향요인 차이를 살펴보면, 오스틴지역에서는 소득이 낮을수록, 미니애폴리스지역에서는 소득이 높을수록 공유 전동키토드를 많이 이용하며, 오스틴지역에서는 단독주택 대비 공업시설 지역, 교통시설 지역에서 많이 이용되지만 미니애폴리스지역에서는 공업시설 지역과 교통시설 지역 대비 단독주택 지역의 이용량이 높게 나타나는 것으로 분석되었다.

Caspi et al.(2020)은 2018년 8월~2019년 2월의 텍사스 오스틴지역의 공유 전동키토드 이용자료를 기반으로 공유 전동키토드 이용행태를 분석하였다. 약 6개월간 총 이용량은 2,237,588통행이며, 일평균 11,358통행으로 나타났다. 전체 통행 중 64%인 1,427,282통행이 평일에 발생하였고, 아침시간대(7~10시)에는 약 8%인 182,005통행, 오후시간대(16~19시)에는 약 18%인 396,853통행으로 오후시간대에 더 많이 이용되는 것으로 나타났다. 공간적 이용분포를 살펴보면 도시 중심부의 다운타운과 오스틴대학교 인근에서 발생하는 것으로 나

타났다. 이용 영향요인을 규명하기 위해 공간분석모형인 *spatial lag model*과 *spatial durbin model*을 개발하였다. 공유 전동키토보드 이용의 영향요인으로는 토지용도, 자전거도로 유무, 소득, 버스정류장 유무, 고용밀도, 교차로밀도, 토지이용 복잡도(entropy), 학생비율, 도심으로부터의 거리 등을 고려하였다. 두 모형의 결과는 유사하게 나타났으며, 공유 전동키토보드 수요에 양의 영향을 미치는 요인으로는 주거시설과 상업시설, 교육시설, 공업시설 면적비율, 자전거도로와 버스정류장, 고용밀도로 분석되었다. *Spatial lag model*의 경우 학생 비율이 높을 경우, 도심으로부터의 거리가 가까울 경우에도 많이 이용되는 것으로 분석되었으며, *spatial durbin model*에서는 여가시설 면적비율이 높을수록, 교차로밀도가 클수록 공유 전동키토보드가 많이 이용되는 것으로 분석되었다. 또한, 각 영향요인들이 공유 전동키토보드 수요에 미치는 영향을 공간적으로 살펴보기 위해 *graphically weighted regression model*을 구축하였다. 분석결과 주거시설 면적비율 증가에 따라 오스틴지역 중심부의 서쪽과 남쪽의 공유 전동키토보드 이용수요가 증가하는 것으로 나타났다. 소득과 학생 비율이 증가할 경우 서쪽에서 이용수요가 감소하는 것으로 분석되었다.

Lee et al.(2019)은 뉴욕 맨하튼지역의 공유 전동키토보드 수요를 예측하기 위해 2018년 7~11월 수행된 포틀랜드지역의 파일럿 프로그램의 공유 전동키토보드 이용자료를 활용하였다. 포틀랜드지역의 인구밀도, 20~40대 연령비율, 가구소득, 평균 노동 강도, 건강보험 가입자비율 등을 바탕으로 공유 전동키토보드 수요를 예측하기 위해 다중 로그회귀모형(*multivariate log-linear regression model*)을 구축하였다. 모형 구축결과, 인구밀도와 20~40대 연령비율이 높을수록, 소득이 낮을수록, 노동 강도가 강할수록, 건강보험 가입자 비율이 높을수록 공유 전동키토보드 이용량이 증가하는 것으로 분석되었다. 공유 전동키토보드 수요예측 모형을 맨하튼지역에 적용하여 수요를 예측한 결과 일평균 수요는 약 67,000통행으로 분석되었고, 연간 약 6,700만 달러의 수입이 발생할 것으로 전망하였다.

국내에서는 설문조사를 통해 공유 전동키토보드의 이용의향에 대하여 분석한 연구가 수행되었다. Choi and Jung(2020)은 지하철 접근성 강화를 위해 공유 전기자전거 및 전동키토보드를 제안하며, 설문조사를 수행하여 이용의향에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 설문조사는 2019년 5월 3일부터 22일까지 부산시민 591명을 대상으로 진행되었으며, 공유 전기자전거 및 전동키토보드 이용의향을 파악하기 위해 선호의식(SP) 조사를 수행하였다. 설문조사 결과, 주 교통수단이 버스인 조사자와 자가용 및 택시인 조사자 중 각각 74.1%, 62.1%가 향후 공유 전기자전거 및 전동키토보드 활성화 시 지하철을 이용할 의향이 있는 것으로 나타났다. 또한, 설문조사 결과를 활용하여 다수준 순서형 로짓모형을 구축하여 공유 전기자전거 및 전동키토보드 이용의향에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 모형추정 결과, 이용요금, 자전거도로 이용여부, 날씨, 연령, 직업, 소득, 통행목적, 지하철 연계수단, 이동거리, 평균 경사도 등이 공유 전동키토보드 이용의향에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이용요금이 저렴하고, 전동키토보드의 자전거도로 이용이 가능한 경우, 날씨가 맑은 경우, 40대 이상인 경우, 직업이 전문직, 서비스업, 학생인 경우, 월소득 300만원 이상인 경우, 통행목적이 통근/통학, 업무통행인 경우(여가통행 대비), 지하철 연계수단이 버스, 자가용, 택시인 경우(도보 및 자전거 대비), 이동거리가 길고, 평균 경사도가 높을수록 공유 전기자전거 및 전동키토보드 이용의향이 증가하는 것으로 분석되었다. 분석결과를 통해 지하철의 연계교통수단으로 공유 전기자전거 및 전동키토보드의 도입이 필요하며, 전기자전거 및 전동키토보드의 이용도로 정비, 사고를 대비한 보험 적용방안 등에 대한 검토가 필요하다고 제시하였다.

전반적으로 국외연구에서는 공유 전동키토보드의 이용자료를 활용하여 통행특성을 분석하고 통행에 미치는 영향요인을 분석한 연구가 주로 수행되고 있었다. 하지만 국내연구는 설문조사를 통해 전동키토보드의 이용의향을 분석한 연구만이 수행되어 실제 이용자료를 활용하여 통행특성 등을 분석한 연구는 전무하였다. 따라서 본 연구에서는 공유 전동키토보드의 GPS(Global Positioning System) 이용기록을 기반으로 한 실적자료를 활

용하여 이용특성을 분석하고, 공유 전동키토드 이용수요에 영향을 미치는 요인을 규명하고자 한다.

<Table 1> Summary of literature review

| Authors              | Area                  | Period           | Method  | Dependent variable                  | Independent variable   |
|----------------------|-----------------------|------------------|---|-------------------------------------|--|
| Liu et al. (2019)    | indianapolis          | 2018.9.~2018.11. | descriptive analysis  | -                                   | -  |
| Mckenzie (2019)      | Washington D.C.       | 2018.6.~2018.8.  | descriptive analysis  | -                                   | -  |
| Zou et al. (2020)    | Washington D.C.       | 2019.3.~2019.4.  | descriptive analysis  | -                                   | -  |
| Bai and Jiao (2020)  | Austin, Minneapolis   | 2018.8.~2018.11. | negative binomial regression  | average daily trip                  | population density / gender / age<br>high education / income level<br>distance to city center / transit accessibility<br>land use diversity / land use entropy<br>dominant land use type         |
| Caspi et al. (2020)  | Austin                | 2018.8.~2019.2.  | spatial lag model<br>spatial durbin model<br>geographically weighted regression | average daily trip                  | land use / bikeways / annual income<br>bus stops / employment density<br>intersection density / entropy / student ratio<br>distance to city center   |
| Lee et al. (2019)    | Portland<br>Manhattan | 2018.7.~2018.11. | multivariate log-linear regression  | the total number of e-scooter trips | age / income / labor / population density<br>health insurance  |
| Choi and Jung (2020) | Busan                 | 2019.5.          | multilevel ordered logit  | intention to use shared services    | road to PM / weather / fare / age<br>occupation / income / connecting mode<br>trip purpose / trip length / slope<br>bus station density / crosswalk density<br>population density / road density |

### Ⅲ. 분석자료

본 연구의 공간적 범위는 공유 전동키토드가 활발하게 운영 중인 서울시로 한정하였으며, 분석자료는 주식회사 피유엠피사의 협조를 얻어 현재 운영 중인 공유 전동키토드 서비스인 썩썩의 실적자료를 활용하였다. 그리고 공간적 분석단위는 기존의 교통수요분석에 주로 활용하는 행정동 단위보다 더 작은 집계구(output area)로 선정하였다. 따라서 공유 전동키토드의 이용량은 좌표기반의 자료를 집계구 단위로 합산하여 분석에 활용하였다.

#### 1. 공유 전동키토드 실적자료

공유 전동키토드 서비스인 썩썩은 2020년 9월 기준 서울시 12개 구<sup>1)</sup>와 서울 외 19개 지역<sup>2)</sup>에서 운영 중

1) 강남구, 서초구, 송파구, 강동구, 광진구, 성동구, 관악구, 구로구, 동작구, 영등포구, 중구, 마포구

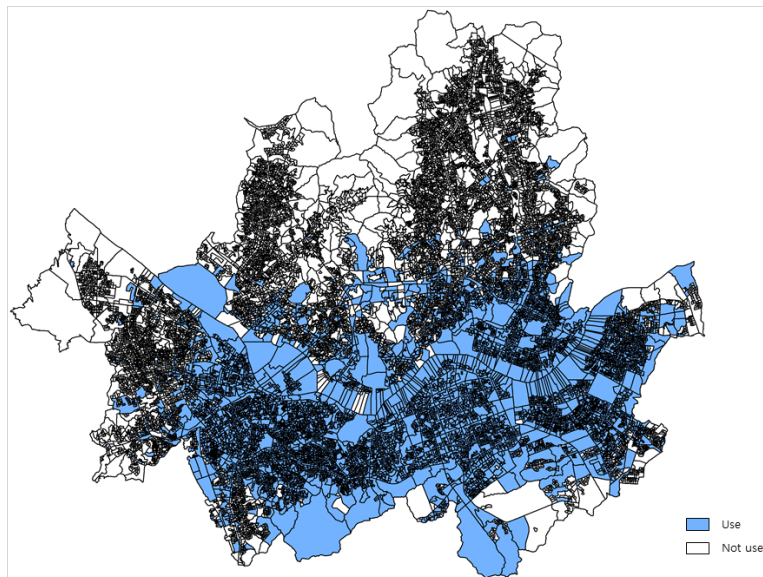
2) 대전광역시, 광주광역시, 대구광역시, 부산광역시, 울산광역시, 경기도 수원시, 용인시, 안산시, 광주시, 의정부

이다. 분석자료는 서울시에서 운영한 3개월간(2020년 4~6월)의 실적자료로 총 993,511건에 해당한다. 전체 자료 중 데이터클리닝 과정을 통해 오류가 있는 자료를 제외하고 979,432건을 대상으로 분석을 수행하였다. 오류 내용으로는 위치좌표 오류, 이용시간 20초 미만(정책 상 이용하지 않은 것으로 간주), 이용거리 0m, 평균 이동속도 25km/h 초과(기기의 최고속도가 25km/h로 제한) 등이 있다.

공유 전동키토보드 자료는 크게 이용 정보와 이용자 정보로 구성된다. 이용 정보는 기기ID, 대여시각, 대여 위치, 반납시각, 반납위치, 이용시간, 이용거리, 이용자ID 등이 해당되며, 이용자 정보는 이용자ID, 성별, 연령, 누적이용시간, 누적이용거리 등이 해당된다.

## 2. 집계구

일반적으로 집계구는 통계청에서 통계정보를 제공하는 최소의 행정단위를 의미하며, 통계지리정보서비스에서 제공한다. 집계구의 경계는 읍면동 행정경계를 따르며, 가구수에 상관없이 도로, 철도, 하천, 산 등과 같은 명확한 지형지물에 따라 구분된다. 집계구 설정기준으로는 인구, 동질성 등이 있으며, 최소인구 300명에서 최적 인구 500명 수준으로 구분하고, 주택유형과 평균지가가 서로 유사하도록 설정되어 있다. 2020년 6월 기준 서울시는 총 19,062개 집계구로 구성되어있으며, 이 중 공유 전동키토보드가 이용된 집계구는 8,032개이다.



<Fig. 1> Shared e-scooter usage by output area

## IV. 공유 전동키토보드 이용 특성 분석

공유 전동키토보드의 이용특성을 살펴보면, 일별 이용량, 이용대수, 이용인원 모두 4월 대비 6월에 증가하는

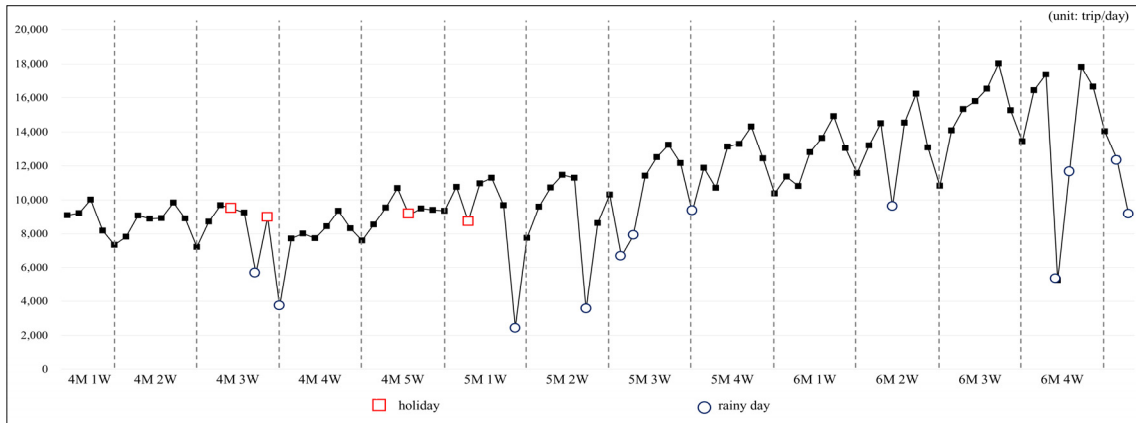
시, 부천시, 강원도 원주시, 춘천시, 충청북도 청주시, 충청남도 천안시, 전라북도 전주시, 경상북도 포항시, 경상남도 진주시, 거제시

추세를 보이고 있다. 일평균 이용량은 4월 8,506회에서 6월 13,648회로 약 60% 증가하는 것으로 나타났으며, 이용대수는 4월 1,888대에서 6월 2,286대로 약 21%, 이용인원은 4월 5,430인에서 6월 9,013인으로 약 66% 증가하여 이용량의 증가가 기기의 증가뿐만 아니라 신규 이용자의 유입에 의한 것으로 판단된다. 기기 1대당 평균 이용횟수는 4월 4.5회/대에서 6월 6.0회/대로 약 32% 증가하였고, 1인당 이용횟수는 약 1.5~1.6회/인으로 거의 유사하게 나타났다. 평균 이용거리는 4월 1,360m에서 6월 1,507m로 약 11% 증가하였으며, 이용시간의 경우 4월 8.8분에서 6월 9.4분으로 약 7% 증가하였다. 이동속도의 경우 약 10.1~10.3 km/h로 거의 유사하게 나타났다.

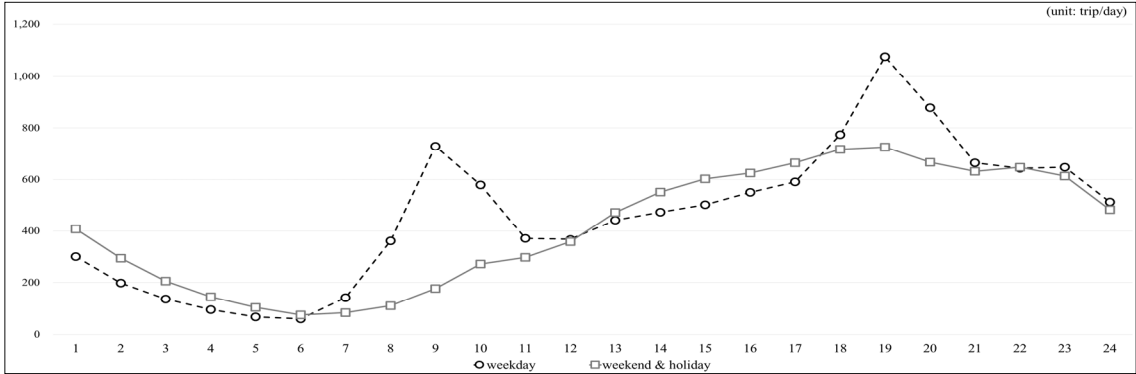
공유 전동킥보드의 요일별, 시간대별 이용현황을 살펴보면, 주말 및 공휴일이 평일에 비해 이용량이 적게 나타나며, 비가 오는 날에는 이용량이 급격하게 감소하는 것으로 나타났다. 시간대별 이용분포의 경우 평일에는 오전 및 오후 첨두시간에 집중되는 것으로 나타나 공유 전동킥보드가 출퇴근 시 대중교통의 연계수단으로 이용되고 있는 것으로 보여진다. 주말의 경우에는 뚜렷한 첨두 현상은 나타나지 않지만 꾸준하게 이용량이 증가하는 것으로 보아 주로 여가(leisure)목적으로 공유 전동킥보드가 이용되는 것으로 판단된다.

<Table 2> Shared e-scooter usage characteristics

| Index                            | April | May    | June   | Weekday | Weekend |
|----------------------------------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Average daily trips              | 8,506 | 10,156 | 13,648 | 11,157  | 9,922   |
| Average daily number of vehicles | 1,888 | 2,010  | 2,286  | 2,090   | 1,998   |
| Average daily number of people   | 5,430 | 6,624  | 9,013  | 7,271   | 6,476   |
| Average daily trips per vehicle  | 4.5   | 5.1    | 6.0    | 5.3     | 5.0     |
| Average daily trips per person   | 1.6   | 1.5    | 1.5    | 1.5     | 1.5     |
| Average trip distance(m)         | 1,360 | 1,481  | 1,507  | 1,402   | 1,599   |
| Average trip duration(minutes)   | 8.8   | 9.4    | 9.4    | 8.8     | 10.4    |
| Average trip speed(km/h)         | 10.1  | 10.2   | 10.3   | 10.3    | 10.0    |

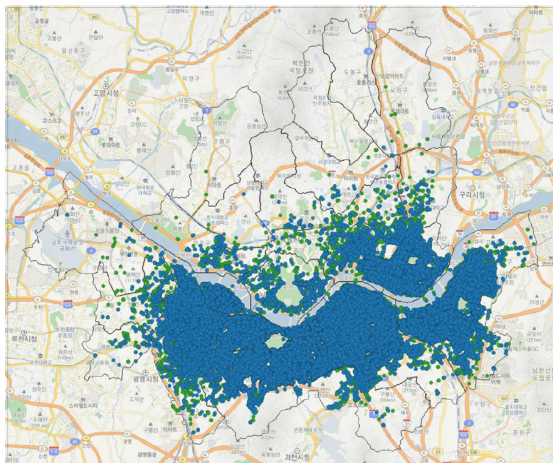


<Fig. 2> Daily distribution of shared e-scooter usage

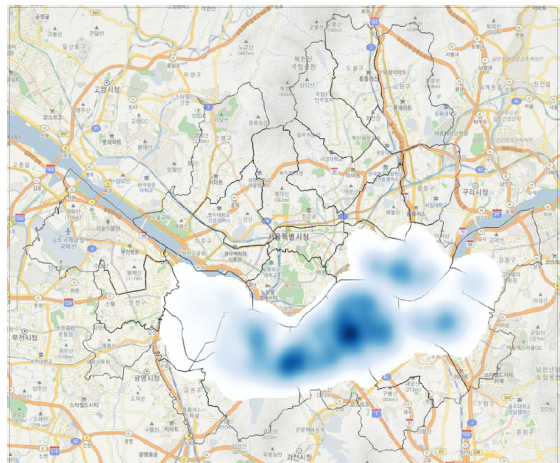


<Fig. 3> Hourly distribution of shared e-scooter usage

공유 전동키토보드의 공간적 이용분포를 살펴보면 <Fig. 4>와 같이 나타난다. 서비스지역인 서울시 12개 구 외에도 용산구, 양천구 등에서도 이용이 이루어지는 것으로 나타났다. 이는 서비스 이용정책 상 서비스지역 외에서도 요금 패널티 적용 후 반납이 가능하고, 기기가 있는 곳 어디에서든 대여가 가능하기 때문인 것으로 판단된다. 지역별 이용강도를 살펴보기 위해 히트맵 분석을 수행한 결과 <Fig. 5>와 같이 나타난다. 강남구에서 가장 많이 이용되며, 광진구, 성동구, 동작구, 송파구에서도 자주 이용되는 것으로 분석되었다. 해당 지역들의 특성을 살펴보면 지하철역 인근 지역과 대학교, 복합쇼핑몰, 공원, 카페거리 등과 같이 통행 유발시설이 위치한 지역에서 상대적으로 이용량이 많은 것으로 나타났다.



<Fig. 4> Spatial distribution of shared e-scooter usage



<Fig. 5> Heatmap of shared e-scooter usage

## V. 공유 전동키토보드 이용의 영향요인 분석

### 1. 분석모형

본 연구에서는 공유 전동키토보드 이용수요에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 서울시 집계구별 공유



전동키토보드 이용횟수를 집계하였다. 교통사고 건수나 교통수단 이용횟수와 같은 빈도 기반 변수는 포아송분포를 따르며, 이를 분석할 때에는 주로 포아송 회귀모형, 음이항 회귀모형 등을 사용한다. 포아송 회귀모형의 경우 평균과 분산이 같다고 가정하나, 현실적으로 대부분의 경우에는 평균보다 분산이 큰 현상(과분산)이 발생하여 음이항 회귀모형을 사용하는 것이 더 적합하다.

음이항 회귀모형은 기본적으로 포아송 분포를 따르며, 변동  $\gamma_i$ 를 가정한다.  $e^{\gamma_i}$ 는 평균이 1이고, 분산이  $\alpha$ 인 감마분포를 따른다.

$$y_i \sim Poisson(\mu_i) \dots\dots\dots (1)$$

where

$$\mu_i = \exp(\alpha + \beta x_i + \gamma_i) \dots\dots\dots (2)$$

and

$$e^{\gamma_i} \sim \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}, \alpha\right) \dots\dots\dots (3)$$

## 2. 변수

본 연구의 분석단위는 서울시 집계구로 설정하였으며, 각 집계구의 일별 이용횟수를 종속변수로 구축하고 각 집계구별, 일별 특성을 독립변수로 구축하였다. 독립변수는 사회경제지표, 교통시설지표, 토지이용지표, 기상지표 변수로 구성하였다.

사회경제지표는 연령대별 인구, 생활인구, 3차산업 사업체수로 구성하였다. 인구는 통계청 통계지리정보서비스에서 매년 연령별로 집계구에 거주하고 있는 인구를 제공하고 있으며, 10대, 20대, 30대, 40대, 50대 이상으로 구분하였다. 현재 구독 가능한 최신 시점의 자료가 2018년이기 때문에 2018년 12월을 기준으로 구축하였다. 생활인구는 서울특별시 공공데이터와 이동통신 데이터를 활용하여 추정한 인구지표이다. 생활인구는 시간대별로 제공하고 있어 일별로 집계하여 활용하였다. 사업체수도 인구와 마찬가지로 통계청 통계지리정보서비스에서 매년 업종별로 제공하고 있으며, 업종분류는 제10차 한국표준산업분류를 기준 21개 산업 대분류 중 3차산업에 해당하는 업종의 사업체수를 집계하였다.

교통시설지표로는 지하철역 출구 수와 버스정류장 수를 선정하였다. 공유 전동키토보드의 평일 시간대별 분포를 살펴보면 출퇴근 시간대의 첨두형태를 확인할 수 있다. 이를 통해 공유 전동키토보드가 대중교통의 연계 수단으로 사용되고 있음을 예측할 수 있으며, 이에 대한 검토를 위해 대중교통 접근성을 평가할 수 있는 지표인 지하철역 출구 수와 버스정류장 수를 활용하였다. 지하철역 출구 수와 버스정류장 수는 2019년 6월 기준의 산림빅데이터 거래소 빅데이터 서비스를 활용하였다.

토지이용지표는 서울시 건축물 연면적을 활용하였으며, 국가공간정보포털의 국가중점데이터 용도별 건물정보를 통해 구축하였다. 건축물 용도 중 공유 전동키토보드가 주로 이용되는 근린생활시설, 업무시설, 교육시설의 연면적을 집계구 단위로 집계하였다.

마지막 기상지표의 경우 기상청 기상자료개방포털의 방재기상관측자료인 기온, 풍향, 풍속, 강수량, 습도, 현지기압, 해면기압 중 공유 전동키토보드 이용에 영향을 미칠 것으로 예상되는 기온과 강수량을 선정하였다. 방재기상관측이란 기상현상에 따른 자연재해를 예방하기 위해 자동기상관측장비(AWS, Automatic Weather System)로 측정하는 자동관측이며, 전국 510개 지점에서 측정하고 있다. 서울시의 경우 30개 지점에서 관측하고 있어 각 집계구에서 가장 가까운 지점의 자료를 해당 집계구의 자료로 활용하였다. 자료는 분 단위, 시

간 단위, 일 단위, 월 단위, 연 단위로 제공하고 있으며, 분석자료의 단위기준인 일 단위 자료를 활용하였다.

구축된 변수들의 기초통계분석을 수행하였다. 공유 전동키토보드는 서울시 8,032개의 집계구에서 하루 평균 약 4.1회 이용되는 것으로 나타났다. 인구 및 사회경제적 특성을 살펴보면, 집계구의 평균인구는 50대 이상이 164인으로 가장 많은 것으로 나타났으며 30대가 89인, 20대가 86인으로 나타났다. 거주인구와 유동인구를 합한 생활인구는 평균적으로 약 21,414인으로 나타났으며, 3차산업 사업체수는 평균 68개로 나타났다. 교통 시설지표인 지하철역 출구 수와 버스정류장 수를 살펴보면 각각 평균 0.2개, 0.8개로 나타나 버스정류장의 접근성이 더 좋은 것으로 나타났다. 토지이용지표의 근린생활, 업무용, 교육용 건축물 연면적은 각각 평균 0.7ha, 1.0ha, 0.3ha로 나타났으며, 기상지표인 평균 기온과 강수량은 각각 18.6℃, 2.0mm로 나타났다.

<Table 3> Descriptive statistics of the dependent variable and independent variables

| Variables             |                           | Mean   | Std. Dev. | Min    | Max |         |
|-----------------------|---------------------------|--|-----------|--------|-----|---------|
| Dependent variable    | Average daily trips       | 4.1  | 7.6       | 1      | 195 |         |
| Independent variables | Demographic factor        | 10s  | 41        | 36     | 0   | 1,106   |
|                       |                           | 20s  | 86        | 80     | 0   | 2,740   |
|                       |                           | 30s  | 89        | 43     | 0   | 2,122   |
|                       |                           | 40s  | 79        | 30     | 0   | 654     |
|                       |                           | 50s and above  | 164       | 61     | 0   | 925     |
|                       |                           | De facto population                                  | 21,414    | 30,842 | 0   | 905,159 |
|                       | Transport facility factor | No. of third industrial sector companies             | 68        | 188    | 0   | 9,844   |
|                       |                           | Number of subway station exits                       | 0.2       | 0.8    | 0   | 11      |
|                       | Land use factor           | Number of bus stops                                  | 0.8       | 1.7    | 0   | 40      |
|                       |                           | Total floor area of neighborhood commercial facility | 0.7       | 1.7    | 0   | 35      |
|                       |                           | Total floor area of business facility                | 1.0       | 5.3    | 0   | 187     |
|                       | Weather factor            | Total floor area educational facility                | 0.3       | 2.3    | 0   | 95      |
|                       |                           | Average temperature                                  | 18.6      | 5.7    | 5   | 30      |
|                       |                           | Average precipitation                                | 2.0       | 6.7    | 0   | 75      |

### 3. 모형구축 결과

모형구축 결과해석에 앞서 모형의 적합성을 검증하기 위해 과대산포 검정을 수행하여 모형의 과분산계수 (alpha)를 살펴보았으며, AIC(Akaike Information Criterion), BIC(Bayesian Information Criterion)를 비교하였다. 음이항 회귀분석 모형의 과분산계수( $\alpha$ )는 0.438로 나타났으며, 과분산계수의 통계적 유의성을 검토한 결과  $Prob \geq \bar{\chi}^2$  값이 0.000으로 나타나 음이항 회귀모형이 적합한 것으로 분석되었다. 또한, AIC와 BIC를 비교한 결과 음이항 회귀모형이 포아송 회귀모형에 비해 작게 나타나 음이항 회귀분석 모형이 더 적합한 것으로 판단된다.

<Table 4> Results of goodness-of-fit measures

| Index                       | Negative binomial regression | Poisson regression |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------|
| Alpha( $\alpha$ )           | 0.4386186                    | -                  |
| $\chi^2 (Prob \geq \chi^2)$ | $4.8 \times 10^5$ **         | -                  |
| AIC                         | 1,039,665                    | 1,520,888          |
| BIC                         | 1,039,841                    | 1,521,054          |

Note: \*\* p<0.001

음이항 회귀분석은 각 변수들이 공유 전동키토드 이용량에 미치는 영향계수를 산정하지만 산정된 계수가 정확한 상대적 영향력을 의미하지는 않는다. 따라서 정확한 상대적 영향력을 계산하기 위해서는 추정계수를 발생률(incidence rate ratio)로 전환하여 해석해야 한다. 모형을 통해 추정된 각 변수들의 발생률은 다른 변수들의 변화가 없고, 해당 변수가 한 단위 증가할 때 공유 전동키토드 이용량이 증가하는 정도를 의미한다. 즉, 공유 전동키토드 이용의 영향요인 분석 결과인 <Table 5>를 살펴보면, 다른 모든 변수가 동일하다고 가정할 때 해당 지역의 지하철역 출구 수가 1개 증가 시 공유 전동키토드의 이용량은 1.231배 증가한다. 또한, 맑은 날에 비해 강우 일에는 이용량이 0.875배 감소하는 것으로 해석할 수 있다. 이를 일반형으로 나타내면, 특정 변수  $x$  외의 다른 변수들에 변화가 없다고 가정할 때  $x_0$ 에서  $x_{0+1}$ 로 한 단위 증가하면 공유 전동키토드 이용량의 변화량  $\beta$ 는 Equation 4와 같이 나타난다.

$$\beta = \log(\mu_{x_{0+1}}) - \log(\mu_{x_0}) = \log\left(\frac{\mu_{x_{0+1}}}{\mu_{x_0}}\right) \dots\dots\dots (4)$$

공유 전동키토드 이용 영향요인 분석 결과 모형의 설명력을 나타내는 *PseudoR*<sup>2</sup>는 0.126으로 나타났다. 각 변수별 영향요인을 살펴보면 평일의 경우 주말에 비해 이용량이 1.066배 많은 것으로 나타났다. 인구 및 사회경제지표 중 해당 지역에 10~30대 젊은 계층이 많이 거주할수록 이용량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 공유 전동키토드 이용자의 평균 연령은 약 31세로 20~30대가 많이 이용하기 때문인 것으로 판단된다. 거주인구와 유동인구를 합한 생활인구와 3차산업 사업체수도 많은 지역일수록 공유 전동키토드가 많이 이용되는 것으로 나타났다. 3차산업인 서비스업이 많이 위치한 지역일수록 유동인구가 많아 공유 전동키토드가 많이 이용되는 것으로 해석된다. 지하철역 출구 수, 버스정류장 수와 같은 대중교통시설이 많아 대중교통 접근성이 좋은 지역일수록 공유 전동키토드가 많이 이용되는 것으로 분석되었다. 특히, 지하철역 출구 수가 전체 변수들 중 공유 전동키토드 이용수요에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 지하철역 출구 수가 1개 증가할 때마다 공유 전동키토드 이용량이 1.231배 증가하는 것으로 분석되었다. 이를 통해 공유 전동키토드가 대중교통의 연계수단으로 활용되고 있는 것으로 판단할 수 있다. 근린생활시설, 업무시설, 교육시설 모두 연면적이 큰 지역에서 공유 전동키토드의 이용수요가 증가하는 것으로 분석되었으며, 이 중 근린생활시설 건축물의 연면적이 1ha 증가할수록 이용량은 1.160배 증가하여 공유 전동키토드 이용수요에 가장 크게 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 기상지표에서는 평균 기온이 높고, 맑은 날인 경우 공유 전동키토드가 많이 이용되는 것으로 분석되었다. 특히, 강우 시에는 공유 전동키토드 이용량이 0.875배로 감소하는 것으로 분석되었다.

<Table 5> Negative binomial model estimation for average daily ridership of shared e-scooter

| Variables                  |  | Coefficient          | z-score | IRR   |
|----------------------------|--|----------------------|---------|-------|
| Weekday                    |  | 0.06380**            | 16.28   | 1.066 |
| Demographic factor         | 10s  | 0.00064**            | 6.25    | 1.001 |
|                            | 20s  | 0.00087**            | 21.73   | 1.001 |
|                            | 30s  | 0.00084**            | 12.23   | 1.001 |
|                            | 40s  | -0.00032*            | -3.03   | 1.000 |
|                            | 50s and above  | -0.00095**           | -29.24  | 0.999 |
|                            | De facto population                                  | 0.00001**            | 68.56   | 1.000 |
|                            | No. of third industrial sector companies             | 0.00043**            | 18.28   | 1.000 |
| Transport facility factor  | Number of subway station exits                       | 0.20773**            | 78.17   | 1.231 |
|                            | Number of bus stops                                  | 0.03394**            | 21.61   | 1.035 |
| Land use factor            | Total floor area of neighborhood commercial facility | 0.14829**            | 77.97   | 1.160 |
|                            | Total floor area of business facility                | 0.00729**            | 12.02   | 1.007 |
|                            | Total floor area educational facility                | 0.00752**            | 4.71    | 1.008 |
| Weather factor             | Average temperature                                  | 0.01900**            | 59.33   | 1.019 |
|                            | Weather(Rainy)                                       | -0.13346**           | -30.48  | 0.875 |
| Constant                   |  | 0.38331**            | 36.02   | 1.467 |
| Number of observation      |  | 235,748              |         |       |
| Alpha( $\alpha$ )          |  | 0.4386186            |         |       |
| $\chi^2(Prob \geq \chi^2)$ |  | $4.8 \times 10^5$ ** |         |       |
| Log-likelihood             |  | -519815.57           |         |       |
| Pseudo $R^2$               |  | 0.1260               |         |       |

Note: \* p<0.01, \*\* p<0.001

## VI. 결론

본 연구는 최근 급격하게 성장하고 있는 공유 전동키토드의 무분별한 운영에 따른 문제들을 해결하기 위해 공유 전동키토드 실적자료를 활용하여 이용자의 이용특성을 분석하고 이용수요에 영향을 미치는 요인에 대하여 규명하였다. 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

2020년 4월부터 6월까지 3개월간의 공유 전동키토드 서비스인 썩썩의 실적자료를 활용하였으며, 전체 실적의 약 90%를 차지하는 서울시를 분석대상지로 선정하였다. 일별 이용량을 살펴보면 4월부터 6월까지 이용량은 꾸준히 증가하는 추이를 보이며, 평일에 비해 주말 및 공휴일에는 이용량이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 비가 올 때에도 이용량이 급격하게 감소하는 것으로 나타났다. 이용 특성을 살펴보면 2020년 6월 기준 일평균 13,648회, 2,286대, 9,013인이 이용하며, 기기당 약 6.0회/대, 인당 약 1.5회/인 이용하는 것으로 나타났다. 평균 이용시간은 9.4분, 이용거리는 1.5km, 이동속도는 10.3km/h인 것으로 나타났다. 요일별 특성을 살펴보면 평일의 경우 이용시간이 약 8.8분, 이용거리는 1.4km로 주말(10.4분, 1.6km)에 비해 짧게 나타났다. 시간대별 이용량을 살펴보면 평일의 경우에는 출퇴근 시간대에 이용량이 급격하게 증가하는 것으로 나타났으며, 주말의 경우 7시부터 19시까지 이용량이 꾸준히 증가하는 것으로 나타났다. 공간적 분포를 살펴보면

지하철역, 대학교, 복합쇼핑몰 등 통행 유발시설이 위치한 지역에서 주로 이용되는 것으로 나타났다.

다음으로 집계구 단위로 이용량을 집계하여 이용수요의 영향요인을 분석하였다. 영향요인으로는 사회경제지표, 교통시설지표, 토지이용지표, 기상지표를 설정하였으며, 영향요인 규명을 위해 음이항 회귀모형을 구축하였다. 모형 구축결과 인구 및 사회경제지표를 살펴보면 10~30대 인구가 많이 거주하고, 40대 이상 인구가 적게 거주할수록, 생활인구와 3차산업 사업체수가 많을수록 이용량이 증가하는 것으로 나타났다. 지하철역 출구 수, 버스정류장 수 등이 많고 근린생활시설, 업무시설, 교육시설 등의 연면적이 클수록 공유 전동킥보드 이용수요가 많은 것으로 분석되었다. 또한, 평균 기온이 높고, 맑은 날에 이용수요가 많은 것으로 분석되었다.

따라서, 공유 전동킥보드의 이용량이 많은 대중교통 시설 인근 지역 및 대학가 인근 지역을 대상으로 거치대나 파킹존(parking zone)을 설치한다면 보행을 방해하고, 도시미관을 해치는 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 평일에는 대중교통의 연계수단으로도 활용되고, 주말에는 주로 여가 및 레저용으로 활용되는 특성에 따라 평일에는 대중교통과 공유 전동킥보드 간의 환승 시, 주말에는 장거리 이용 시 요금을 할인해주는 정책을 시행한다면 공유 전동킥보드 이용 활성화에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 공유 전동킥보드의 이용 특성을 파악하고 이용수요의 영향요인을 규명하는데 있어 몇 가지 한계를 갖고 있다. 우선 본 연구에서 활용한 자료는 서울시에서 운영되고 있는 여러 업체 중 하나의 업체의 실적자료이다. 서울시에서 운영하고 있는 전체 업체의 실적자료를 분석해야 서울시의 실제 이용수요를 파악할 수 있고, 보다 정확한 영향요인 규명이 가능하다. 또한, 영향요인 규명을 위해 음이항 회귀모형을 사용하였는데, 공유서비스의 특성상 이용량은 시간적 의존성, 공간적 상관성이 존재한다. 따라서 이를 반영할 수 있는 모형개발을 통해 보다 정밀한 이용수요를 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 공유 전동킥보드가 새로운 교통수단으로써 정착하기 위해서는 본 연구의 한계점을 개선하여 서울시 전체의 적정 수요를 예측하고, 이를 통해 최적 운영방안을 도출하기 위한 연구가 필요할 것이라 생각한다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 이공분야 기초연구사업의 지원으로 수행하였습니다(NRF-2020R1A2C2014561).

본 논문은 대한교통학회 제83회 학술발표회(2020.10.30.)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

## REFERENCES

- Almannaa M. H., Ashqar H. I., Elhenawy M., Masoud M., Rakotonirainy A. and Rakha H.(2020), “A comparative analysis of e-scooter and e-bike usage patterns: Findings from the City of Austin, TX,” *International Journal of Sustainable Transportation*, pp.1-9.
- Bai S. and Jiao J.(2020), “Dockless E-scooter usage patterns and urban built environments: A comparison study of Austin, TX, and Minneapolis, MN,” *Travel Behaviour and Society*, vol. 20, pp.264-272.
- Campbell A. A., Cherry C. R., Ryerson M. S. and Yang X.(2016), “Factors influencing the choice of

- shared bicycles and shared electric bikes in Beijing,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 67, pp.399-414.
- Caspi O., Smart M. J. and Noland R. B.(2020), “Spatial associations of dockless shared e-scooter usage,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 86, 102396.
- Chen Y. W., Cheng C. Y., Li S. F. and Yu C. H.(2018), “Location optimization for multiple types of charging stations for electric scooters,” *Applied Soft Computing*, vol. 67, pp.519-528.
- Choi M. H. and Jung H. Y.(2020), “A Study on the Influencing Factor of Intention to Use Personal Mobility Sharing Services,” *J. Korean Soc. Transp.*, vol. 38, no.1, pp.1-13.
- Clewlow R. R.(2019), “The Micro-Mobility Revolution: The Introduction and Adoption of Electric Scooters in the United States,” *98th Annual Meeting of the Transportation Research Board*.
- Espinoza W., Howard M., Lane J. and Van Hentenryck P.(2019), *Shared E-scooters: Business, Pleasure, or Transit?*, arXiv 2019 arXiv:1910.05807.
- Fang K., Agrawal A. W., Steele J., Hunter J. J. and Hooper A. M.(2018), *Where Do Riders Park Dockless, Shared Electric Scooters? Findings from San Jose, California*, Mineta Transportation Institute.
- James O., Swiderski J. I., Hicks J., Teoman D. and Beuhler R.(2019), “Pedestrians and e-scooters: An initial look at e-scooter parking and perceptions by riders and non-riders,” *Sustainability(Switzerland)*, vol. 11, no. 20, 5591.
- Lee M., Chow J. Y., Yoon G. and He B. Y.(2019), *Forecasting e-scooter competition with direct and access trips by mode and distance in New York City*, arXiv 2019 arXiv:1908.08127v1.
- Liu M., Seeder S. and Li H.(2019), “Analysis of E-Scooter Trips and Their Temporal Usage Patterns, Institute of Transportation Engineers,” *ITE Journal*, vol. 89, no. 6, pp.44-49.
- McKenzie G.(2019), “Spatiotemporal comparative analysis of scooter-share and bike-share usage patterns in Washington, DC.,” *Journal of Transport Geography*, vol. 78, pp.19-28.
- Shaheen S., Bell C., Cohen A. and Yelchuru B.(2017), “Travel behavior: Shared mobility and transportation equity,” *Report PL-18-007*, Federal Highway Administration (FHWA).
- Sikka N., Vila C., Stratton M., Ghassemi M. and Pourmand A.(2019), “Sharing the sidewalk: A case of E-scooter related pedestrian injury,” *The American Journal of Emergency Medicine*, vol. 37, no. 9, pp.1807.e5-1807.e7.
- Trivedi T. K., Liu C., Antonio A. L. M., Wheaton N., Kreger V., Yap A., Schriger D. and Elmore J. G.(2019), “Injuries associated with standing electric scooter use,” *JAMA Network Open*, vol. 2, no. 1, pp.e187381-e187381.
- Zou Z., Younes H., Erdoğan S. and Wu J.(2020), “Exploratory Analysis of Real-Time E-Scooter Trip Data in Washington, DC.,” *Transportation Research Record*, vol. 2674, no. 8, pp.285-299.