

서울시 지하철역 주변 환경이 고령자의 통행량에 미치는 영향 분석: COVID-19 기간을 중심으로

An Analysis of the Impact of the Surrounding Environment of Subway Stations on Elderly's Subway Use in Seoul during the COVID-19 Pandemic

이진비* · 추상호** · 서주희***

* 주저자 : 홍익대학교 도시계획과 석사
** 교신저자 : 홍익대학교 도시공학과 교수
*** 공저자 : 홍익대학교 도시계획과 석사과정

Jin Bee Lee* · Sangho Choo** · Ju Hee Seo***

* Dept. of Urban Planning, Hongik University
** Dept. of Urban Design & Planning, Hongik University
*** Dept. of Urban Planning, Hongik University

† Corresponding author : Sangho Choo, shchoo@hongik.ac.kr

Vol. 23 No.4(2024)
August, 2024
pp.01~15

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2024.23.4.1>

Received 4 June 2024
Revised 26 June 2024
Accepted 27 July 2024

© 2024. The Korean Society of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요약

코로나바이러스감염증-19(COVID-19) 유행은 우리 사회에 큰 영향을 미쳤다. 고령자의 경우 COVID-19에 취약하고 통행 제약이 크므로, 지하철의 교통카드 자료를 이용해 COVID-19가 역별 고령자의 통행량에 미친 영향을 연구하고자 한다. 이를 위해 COVID-19 발생 전후 3개년 간의 고령자 하차통행량과 지하철역 주변 환경 관련 변수 사이에 다중선형회귀분석을 시행하여 서로 비교하였다. 분석 기간 전체에서 지하철 환승 노선 수, 하천 유무, 전통시장 면적, 한방병의원 수, 문화시설 수, 대형상업시설 수 등이 고령자의 통행량에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, COVID-19 이후 대중교통 관련 변수와 종사자 수, 실내 여가시설의 영향은 감소하고 야외 시설, 전통문화 관련 시설의 영향은 더 커지는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 서울시 고령자의 통행에 팬데믹으로 인해 분명한 변화가 있었음을 시사하며, 향후 고령자에게 더 안전하고 접근성 있는 환경을 만들 근거가 될 것으로 보인다.

핵심어 : COVID-19, 팬데믹, 지하철, 고령자

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic significantly impacted societies, particularly the elderly with higher susceptibility and mobility constraints. This study investigates COVID-19's influence on elderly travel at subway stations using card data. Analyzing pre/post-COVID-19 data via multilinear regression, we found factors like subway transfer lines, presence of rivers, the area of traditional markets, number of traditional Korean medicine clinics, number of cultural facilities, and number of large commercial facilities correlated positively with elderly travel. Post-COVID-19, effects of variables related to public transportation and employment, and indoor leisure facilities decreased, while the effects of outdoor and traditional culture-related facilities increased. These findings indicate significant pandemic-induced alterations in the mobility patterns of senior citizens in Seoul, highlighting shifts towards safer, more accessible environments.

Key words : COVID-19, Pandemic, Subway, Elderly

I. 서론

1. 개요

2019년 12월 31일 중국 후베이성 우한에서 코로나바이러스감염증-19(이하 COVID-19) 발생이 보고된 이후 전 세계적으로 COVID-19가 유행하게 되었고, WHO(World Health Organization)에서는 COVID-19에 대해 2020년 3월 11일부터 2023년 5월 11일까지 팬데믹을 선언하였다. 발생지인 중국을 필두로 강력한 봉쇄 조치가 이루어졌으며 미국 및 주요 유럽 국가에서도 방역 조치가 시행되었다. 미국 캘리포니아 주에서는 2020년 3월 19일 대부분의 이동을 제한하는 봉쇄 조치가 시행되기 시작하였고 독일에서는 사망자 수가 급증한 2020년 12월 16일부터 폐쇄 조치를 시행하였다(Korea Insurance Research Institute, 2021). 한국에서도 2020년 1월 20일 첫 확진자가 나타나며 대대적인 방역 조치가 취해지고 국민의 통행행태가 전반적인 변화를 겪었다. 안전에 대한 요구가 커지고 정부의 방역 정책이 실행되며 전체 통행 수가 감소했으며, 통행수단 중에서 감염 위험이 큰 것으로 인식되는 대중교통 이용을 피하고 승용차나 오토바이와 같은 개인교통수단을 비교적 선호하는 경향이 강해졌다(Linares-Rendón and Garrido-Cumbrera, 2021).

고령자 계층은 장애인, 임산부, 어린이와 함께 교통약자에 속하며, 경제적 능력이 부족하고 노화에 따른 신체 쇠약 때문에 이동에 제약을 받는다. 그뿐만 아니라 이러한 팬데믹 상황에서 고령자는 각종 기저질환으로 인해 COVID-19의 치사율이 높게 나타나며, 방역 정책으로 이동이 제약될 경우 또 다른 문제를 겪을 수 있다. 예를 들어, 저소득층 비율이 높고 인터넷 접근이 어려운 고령자의 특성상 고령자는 팬데믹으로 인해 비 고령자보다 비교적 더 심각한 생계 불안과 사회적 고립 문제를 겪을 수 있다(Shin et al., 2020).

고령자는 다른 연령층과 마찬가지로 인권을 침해받지 아니하고 존엄하고 행복하게 살아갈 수 있도록 이를 보장받아야 한다. 또한, 1991년 유엔총회 결의에서는 “노인을 위한 유엔원칙”을 제시한 바 있다. 이 원칙의 목적은 전 세계적으로 노인이 빈곤과 소외를 겪는 문제를 해결하기 위해 노인의 독립, 참여, 돌봄, 자아실현, 존엄의 총 다섯 가지 권리를 보장하는 것이다. 고령자는 이동의 자유를 보장받음으로써 사회활동에 참여하여 소속감을 느끼고 자아를 실현할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 고령자의 삶의 질에 통행은 필수적 요소로, 노인들의 안전과 건강을 위해 COVID-19 대응 정책에서 노인들의 대중교통, 대안 이동수단 지원이 필요하다.

2021년 한국의 65세 이상의 고령 인구는 총인구의 16.5%(약 853만 명)이며, 2025년에는 고령 인구가 총인구의 20%를 넘게 될 전망이다. 고령 인구가 증가하면서 고령자 통행량도 함께 늘고 있다. 전체 통행에서 고령자의 통행 비중이 커지면서 고령자 통행행태에 관한 연구가 지속해서 이루어지고 있고, 고령 인구의 다양한 통행특성이 확인되고 있다(Kang and Namgung, 2018). COVID-19 이후 고령자의 통행을 보장하기 위해서는 우선 고령자의 통행특성에 대한 이해가 필요할 것으로 보인다. 더욱이 COVID-19의 유행이 고령자의 삶에 미치는 영향이 상당함에 따라 팬데믹 이후 고령자의 통행행태도 변화하였을 것이며, 비 고령자와는 다른 양상을 보일 것으로 예상되므로 이에 관해 연구하고자 한다.

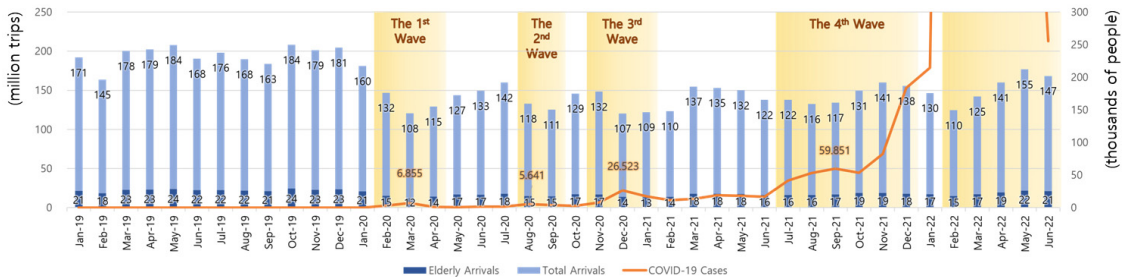
본 연구의 목적은 COVID-19 확산 전후 서울시 고령자의 지하철 이용에 대한 역 주변 환경 요인의 영향력을 비교함으로써 COVID-19에 의한 역별 이용 변화를 분석하는 것이다. 고령자의 정의는 다양하지만, 본 연구에서는 한국의 노인복지법, 통계청 고령자 통계 및 경로우대 무임승차 기준 연령에 근거하여 65세 이상인 자를 대상으로 한다. 한국의 고령자는 전체 평균과 비교하면 승용차보다 지하철, 버스 등의 대중교통을 많이 이용하는 경향을 보인다. 특히 고령자는 지하철 경로우대 무임승차 제도로 인해 지하철을 도보 다음으로 많이 이용하는 것으로 나타났다(Noh and Yang, 2011). COVID-19 이후 락다운(lockdown) 조치가 취해진 상당수의 주요 국가들과 달리 한국은 일체의 대중교통 시설 폐쇄 및 이동 봉쇄 조치를 취하지 않았기 때문에 정부

방역 정책 및 COVID-19 공포의 영향으로 인한 통행목적지 변화가 고령자의 통행 변화의 주된 요인이 될 것으로 예상된다. 통행목적지 분석을 위해 교통카드 데이터와 역 근처 토지이용 데이터를 활용하여 연도별 목적지의 영향요인을 밝힘으로써 고령자의 통행 목적 변화를 밝히고자 한다. 또한, 대중교통 이용 데이터의 대부분을 차지하는 교통카드 데이터를 이용할 경우 설문조사 데이터와 달리 실제 통행패턴을 포착할 수 있으며 전수조사에 가까운 자료를 획득하여 신뢰성 있는 분석이 가능할 것으로 보인다.

2. 분석 범위 및 기간

분석의 공간적 범위는 서울시 내의 지하철역으로 설정하였으며, 접근 가능한 데이터의 한계로 역의 위치 정보 및 승강편의시설 수 정보와 대응되는 서울교통공사 관할 1~8호선 222개 역의 데이터를 사용하였다.

COVID-19의 영향이 큰 시점에서 분석을 진행하여 목적지 주변 환경 요소의 영향 변화를 확인하기 위해 분석의 시간적 범위는 확진자 수가 많이 나타나는 COVID-19 유행 기간 내에서 선정하였다. COVID-19 이후 2개년도에 걸쳐 COVID-19 유행 기간에 속하는 달인 8월, 9월, 11월, 12월을 분석의 시간적 범위 대상으로 고려하였다.



<Fig. 1> Monthly Elderly/Non-Elderly Traffic in Seoul Subway and COVID-19 Cases

이 중 극단적인 기후의 영향을 피하기 위해 여름(8월)과 겨울(11월, 12월)을 제외하고 9월을 분석 시점으로 선택하였으며, 계절, 요일 및 기상상태의 영향을 최소화하기 위해 COVID-19 발생 전후 3개년 각 9월의 맑은 날 평일(목요일) 하루를 선택하였다. 이러한 고려에 따라 공휴일을 피하여 평균기온이 유사하고 일 강수량이 없는 2019년 9월 19일, 2020년 9월 24일, 2021년 9월 30일을 분석 대상으로 설정하고 해당일의 지하철역별 하차통행량을 사용하였다.

II. 선행연구 고찰

1. 관련연구 고찰

1) COVID-19 이전 고령자의 통행에 관한 연구

국내외에서 고령자의 통행에 대한 다양한 선행연구가 수행되었다. 먼저, 다수의 연구에서 고령자의 통행량은 비 고령자에 비해 상대적으로 적으며, 피크시간대를 피하는 경향이 있는 것으로 확인되었다(Collia et al., 2003; Choo et al., 2013; Lee and Chung, 2014; Lee et al., 2014, Han and Lee, 2015). 고령화로 인해 점차 고령자의 통행량이 증가하고 활동 범위가 확대되고 있으며(Lee and Chung, 2014; Choo et al., 2013), 특히 여성

고령자의 활동도 증가하는 추세를 보이고 있으며, 고령자는 통행시간보다 통행비용에 보다 민감한 것으로 나타났다(Lee et al., 2014).

고령자는 통행수단으로 도보 및 대중교통을 주로 이용하며(Böcker et al., 2017), 수도권 지역에서는 고령자가 자동차와 버스보다 지하철과 도보를 선호하는 경향을 보인다(Ma and Yoon, 2009). 이는 고령자가 경제적 여유가 부족하고 은퇴 이후의 경제적 부담으로 인해 비용 절감을 중시하기 때문으로 해석되었으며, Noh and Yang(2011)의 연구의 노인 대상 설문조사에 따르면 지하철을 이용하는 가장 큰 이유가 무료 요금 때문으로 나타나 이를 뒷받침한다.

고령자의 통행 목적 중에서는 여가 통행 비율이 가장 높았다. 특히 대중교통을 이용한 통행에서는 시간대에 따라 6~9시에는 출근 통행, 9~12시에는 쇼핑, 여가 통행이 주를 이루는 것으로 나타났다(Han and Lee, 2015). 고령자의 개인 특성에 따라 나누어 볼 경우, 남성일 경우 출근과 업무통행 비중이 크고 연령이 높을수록 친교 및 기타 여가통행이 활발하게 나타났다(Choo, 2008).

토지이용 또한 고령자의 통행행태에 영향을 주는 요인으로 확인되었다. Lee and Kim(2008)의 연구에서는 지하철역 주변 공간객체에 대해 회귀분석을 사용하여 고령자의 접근을 유발하는 요인을 밝힘으로써 고령자가 주로 어떤 목적으로 통행하는지를 유추하였다. 고령자의 접근을 유발하는 공간객체 요인은 산, 하천, 재래시장, 한의원 등으로 나타났다. Kang and Namgung(2018)의 연구에서는 목적지의 상업지역 비중, 시장, 병원, 노인 여가시설 수 등이 대중교통을 이용한 고령자의 비통근 통행에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

2) COVID-19 이후 통행행태 변화에 관한 연구

COVID-19 이후에는 전체적인 통행량이 감소한 뒤 점차 회복되는 추세를 보였다. 국내에서 통행량 감소율은 확진자 수의 절댓값이 아닌 역대 확진자 수의 최댓값을 기반으로 한 체감 위험도의 영향을 받는다는 연구 결과가 있었다(Kwon and Jeong, 2022). 일본의 경우 Parady et al.(2020)은 타인이 외출을 자제하는 것에 대한 인식과 COVID-19에 대한 공포가 외식 및 여가를 위한 외출을 자제하는 데 영향을 미치는 것으로 나타났다. 팬데믹 이후 감소한 통행이 점차 정상 통행 행동으로 돌아오는 것을 팬데믹 피로로 부르는데, 홍콩의 경우 통근통행에서 가장 빠르게 피로가 나타난 반면, 국가 간 통행에서 피로가 가장 낮았다(Nan Zhang et al., 2023). 지역 특성에 따른 차이의 경우 서울교통공사 지하철 교통카드 빅데이터 분석 결과, 서울 주요 환승역에서 지하철 통행량 감소 폭이 크고 산업단지, 대단위 아파트단지 지역일수록 감소 폭이 작게 나타났다(Lee et al., 2021b).

COVID-19 이후 고령자 통행이 비 고령자보다 더 크게 감소하는 것으로 나타났다. 지하철 통행의 경우 고령자의 통행이 비 고령자에 비해 큰 폭으로 감소한 것으로 확인되었으며, 이는 연령에 따른 COVID-19 위험 인식의 차이 때문인 것으로 추정되었다(Park and Cho, 2021).

전 세계를 대상으로 한 온라인 설문조사 결과에 따르면, COVID-19 이후 대다수 통행자는 통행패턴을 바꾼 것으로 확인되었는데, 여가통행 수단을 바꾼 경우는 대부분 교육수준이 높은 집단이었으며, 학력과 소득이 낮을수록 출퇴근 수단을 바꾸지 않은 것으로 나타났다(Dingil and Esztergár-Kiss, 2021). Lee and Sohn(2021)의 연구에 따르면 고령자의 경우도 교육수준과 거주지 중심성 등 개인 특성에 따라 오전 시간대의 목적지 선택에 격차가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

2. 본 연구의 차별성

앞서 COVID-19 이전의 연구에서 살펴본 바와 같이, 고령자의 통행에 영향을 미치는 요인은 사회인구학적

요인, 토지이용 요인, 교통 요인 등으로 다양하게 나타났다. 특히 고령자의 통행량은 접근을 유발하는 목적지의 산, 하천, 시장, 병원, 여가시설 등 다양한 시설 및 환경 요인을 포함한 토지이용에 영향을 받는 것으로 나타났으나 COVID-19 이후 통행목적지의 시설 및 환경 요인을 기준으로 고령자의 통행을 분석한 연구는 미미한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 목적은 COVID-19 발생 전후 서울시 지하철의 고령자 이용량을 교통카드 데이터를 이용하여 분석함으로써 지하철역 주변 시설 및 환경에 따른 영향을 연구하는 것이다.

본 연구에서는 위 내용을 토대로 다음과 같은 연구가설을 설정하였다.

H_1 : 고령자의 지하철 이용 통행량은 지하철역 도보권 내 시설 및 환경에 따라 COVID-19 발생 이전과 이후(1년차, 2년차)에 각각 다른 영향을 받는다.

Ⅲ. 자료 구축

1. 연구 방법론 설정

고령자의 지하철 이용에 영향을 미치는 시설 및 환경적 요인을 확인하고자 다중선형회귀분석을 사용하였다. 회귀분석은 시계열 데이터 분석, 통계적 예측, 변수 간 영향력 및 인과관계 모델링에 주로 사용되는 통계적 분석 방식이다. 본 연구에서는 가장 일반적인 모델링 방법 중 하나인 선형회귀분석을 사용하였으며, 단순 선형회귀모형으로 표현할 수 없는 여러 가지 독립변수의 영향을 확인하기 위해 다음과 같은 형식을 갖는 다중선형회귀모형을 사용하여 분석을 진행하였다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \epsilon$$

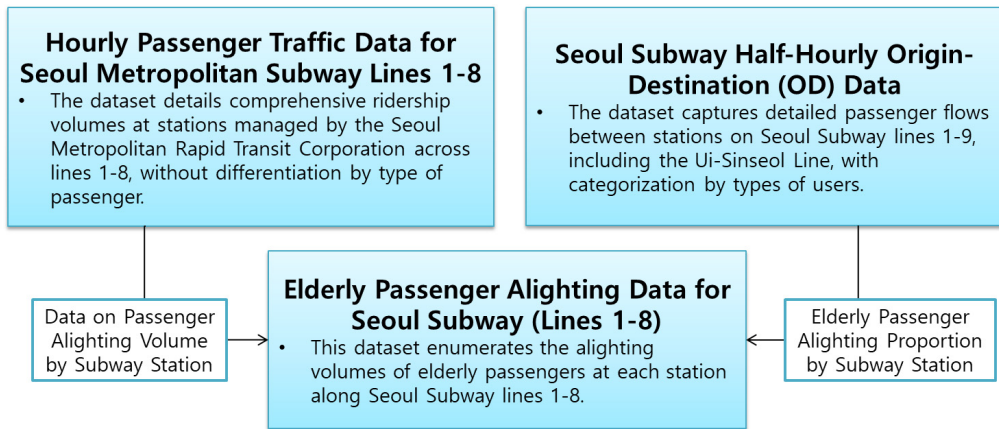
다중선형회귀분석(MLR, Multiple Linear Regression)은 종속변수와 둘 이상의 독립변수 간의 모형을 구축하여 적합도를 확인하는 회귀분석 방법이다. 주어진 식에서 Y는 종속변수, X는 p개의 독립변수를 의미하며는 각 독립변수의 계수, 는 회귀계수로 설명되지 않는 오차항을 의미한다. 는 해당 변수의 회귀직선의 기울기 값이며 이는 X가 한 단위 변할 때 Y의 기대 변화량을 의미한다.

본 연구에서 종속변수는 역별 고령자 지하철 하차통행량이며, 독립변수는 목적지인 222개 지하철역과 그 도보권의 시설 및 환경 변수를 사용하였다. 일반적으로 도보권은 걸어서 5~10분 정도의 거리인 500m를 의미하며, 고령자는 노화로 인해 운동 능력이 제한적이므로 Lee and Kim(2008)의 선행연구에 기초하여 이보다 더 작은 400m 반경을 고령자의 도보권으로 가정하였다(Lee and Kim, 2008). 독립변수는 선행연구를 고려하여 설정하였으며 분석에서는 COVID-19 발생 전후 2019년, 2020년, 2021년에 대하여 연도별로 3개의 모형을 구축하여 서로 비교하였다. 이는 같은 조건에서 COVID-19의 영향력에 따라 변화하는 각 변수의 영향력을 서로 비교하기 위함이다.

2. 사용 데이터

고령자의 지하철 이용에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 교통카드 데이터와 역 주변의 지리적 데이터를 수집하였다.

교통카드 데이터의 경우 역별 지하철 하차통행량의 총량을 확인하기 위해 서울교통공사가 제공하는 역별 시간대별 이용인원(1~8호선) 데이터를 사용하였다. 해당 데이터는 이용자 구분을 포함하지 않는 역별 총통행량 데이터로, 연구의 범위에서 설정한 바와 같이 COVID-19 발생 1년 전으로부터 3개년 간 매년 9월 맑은 날 목요일(2019년 9월 19일, 2020년 9월 24일, 2021년 9월 30일) 각 하루씩의 교통카드 데이터를 활용하였다. 위 통행량 데이터를 서울특별시 빅데이터 캠퍼스에서 제공하는 서울시 내 관할 역 간의 역별 수단통행량 데이터의 고령자 비율 데이터와 병합하여 서울특별시 내부로 도착하는 역별 고령자와 비 고령자의 수를 추정하였다. 분석 범위는 서울특별시 내 지하철 293개 역의 고령자 도보권인 역 출구 400m 반경 내로 설정하였으며, 이 중 환승역의 데이터는 통합하여 분석기간 내 데이터가 존재하는 서울교통공사 1~8호선 지하철역 222개를 대상으로 분석을 진행하였다. 고령자 통행 목적에 대한 분석이므로 하차통행량을 기준으로 분석을 진행하였으며, 65세 이상의 이용객이 경로우대용 교통카드를 사용할 때 고령자로 집계되므로 해당 교통카드를 사용한 65세 이상 고령자가 연구의 대상이 된다. 역 주변의 지리적 데이터의 경우, 해당 역의 고령자 도보권 범위를 설정하여 선행연구를 바탕으로 그 내부의 시설 및 환경 요소의 위치 데이터를 수집하였다.



<Fig. 2> Transportation Card Data Preprocessing Process

이에 따라 선행연구를 바탕으로 <Table 1>과 같이 변수를 설정하였다. 종속변수는 서울특별시 내 지하철 역별 고령자 하차통행량으로 설정하였다. 독립변수로는 자연환경과 관련된 변수, 토지이용과 관련된 변수, 교통 관련 변수, 사회경제적 변수를 활용하였다. QGIS 프로그램을 활용하여 지하철 출구 위치를 기준으로 400m 반경 내를 고령자 도보권으로 설정하여 해당 영역 내의 시설 및 환경 변수를 수집하였다. 지하철 출구 위치는 산림빅데이터거래소에서 제공하는 2019년 지하철 출구정보로부터 지하철역 ID, 출구번호, X좌표, Y좌표 값을 활용하였다. 자연환경 변수는 지하철역 고령자 도보권 내의 등산로 유무와 하천 유무로 구성하였으며, 토지이용 변수는 선행연구에 따라 고령자의 통행을 유발하는 것으로 확인된 공원 면적, 대형 상업시설 수, 전통시장 수, 노인복지시설 수, 종교시설 수, 문화시설 수와 용도지역 변수인 토지이용혼합도로 구성하였다. 교통 관련 변수로는 고령자의 대중교통 이용 영향요소인 버스정류장 수, 지하철역별 노선 수 및 고령자의 지하철 이용을 보조하는 승강편의시설(에스컬레이터, 엘리베이터, 휠체어 리프트) 수를 사용하였다. 사회경제적 변수로는 종사자 수를 활용하였다. 분석 기간 내 연도별 데이터가 모두 존재하는 대형상업시설 수, 종사자 수의 경우 모델마다 연도별 변화를 반영하였다. 해당 변수들의 기초통계량은 <Table 2>에 정리하여 나타내었다.

<Table 1> Setting Variables for Regression Model Estimation

Variable		Variable Description	Data Source	
Dependent Variable		Alighting Elderly Passenger Traffic	Transportation Card Data	
Independent Variables	Natural Environment	Presence of Hiking Trails	Presence of Terminal Points of Hiking Trails within Walking Distance of Subway Stations for Elderly Individuals	Korea National Spatial Data Infrastructure Portal
		Presence of Rivers	Presence of Rivers within Walking Distance of Subway Stations for Elderly Individuals	Korea National Spatial Data Infrastructure Portal
	Land Use	Park Area (m ²)	Park Area within Walking Distance of Subway Stations for Elderly Individuals	Seoul Open Data Plaza
		Number of Large Commercial Facilities	Number of Large Discount Stores, Department Stores, Specialty Stores, and Other Large Retail Stores	Seoul Open Data Plaza
		Traditional Market Area (m ²)	Traditional Market Area	OPEN DATA PORTAL
		Number of General Clinics and Hospitals	Number of General Clinics, Health Centers, General Hospitals, Nursing Hospitals, and Dental Clinics	OPEN DATA PORTAL
		Number of Traditional Korean Medicine Clinics	Number of Traditional Korean Medicine Hospitals and Clinics	OPEN DATA PORTAL
		Number of Elderly Welfare Facilities	Number of Elderly Residential Welfare Facilities, Elderly Leisure Welfare Facilities (Elderly Welfare Centers, Community Centers, and Elderly Classrooms)	Research/Survey/Publications by Ministry of Health and Welfare
		Number of Cultural Facilities	Number of Movie Theaters, Art Galleries, Exhibition Halls, Performance Halls, and Multi-purpose Cultural Spaces	Seoul Open Data Plaza
		Number of Religious Facility	Number of Churches, Cathedrals, Temples, Convents, etc.	OPEN DATA PORTAL
	Land Use Mix Index	Land Use Mix Index	Korea National Spatial Data Infrastructure Portal	
	Transportation	Number of Bus Stops	Number of Bus Stops	Seoul Open Data Plaza
		Number of Subway Lines	Number of Subway Lines	Seoul Open Data Plaza
		Number of Convenience Facilities in Stations	Convenience Facilities within Stations (Elevators/Escalators/Wheelchair Lifts)	KRIC Railway Industry Information Center
	Socioeconomic variable	Number of Employees	Number of Employees	Seoul Open Data Plaza

<Table 2> Descriptive Statistics of Variables

Variable	N	Min	Max	Mean	SD
Presence of Hiking Trails	222	0	1	0.09	0.29
Presence of Rivers	222	0	1	0.30	0.46
Park Area	222	0	232015.89	24501.92	42960.76
Number of Large Commercial Facilities_2019	222	0	25	2.04	3.15
Number of Large Commercial Facilities_2020	222	0	25	2.03	3.13
Number of Large Commercial Facilities_2021	222	0	25	2.03	3.11
Traditional Market Area	222	0	22979.25	335.44	2124.28
Number of General Clinics and Hospitals	222	0	470	46.32	50.66
Number of Traditional Korean Medicine Clinics	222	0	58	11.41	9.44
Number of Elderly Welfare Facilities	222	0	3	0.20	0.47
Number of Cultural Facilities	222	0	135	2.23	9.83
Number of Religious Facility_2019	222	0	4	0.43	0.72
Number of Religious Facility_2020	222	0	4	0.43	0.72
Number of Religious Facility_2021	222	0	4	0.43	0.72
Land Use Mix Index	222	0.01	0.88	0.27	0.21
Number of Bus Stops	222	2	45	19.56	8.82
Number of Subway Lines	222	1	4	1.38	0.65
Number of Escalators	222	0	45	7.59	6.30
Number of Elevators	222	0	10	3.44	1.56
Number of Wheelchair Lifts	222	0	11	0.62	1.45
Number of Employees_2019	222	411.58	72895.36	11102.12	12334.43
Number of Employees_2020	222	521.77	79741.36	12307.77	13309.77
Number of Employees_2021	222	582.95	73231.30	11930.24	12676.65

3. 기초통계분석

1) 기술통계량

고령자의 지하철역별 하차통행량의 기술통계분석 결과는 <Table 3>와 같다. 서울시 내에서의 통행 중 서울교통공사 1~8호선 지하철역을 이용한 고령자의 역별 하차통행량의 평균값은 2019년에 3,093명, 2020년에 2,349명, 2021년에 2,479명으로, 2020년 COVID-19 발생 이후 전년 대비 약 24% 감소한 뒤 다음 해에 소폭 회복(2019년 기준일 대비 80.2%)되는 모습을 보였다.

<Table 3> Descriptive Statistics of Alighting Traffic of Elderly Passengers per Station

Year	Number of Subway Stations	Min	Max	Mean	SD
2019	222	268	21,289	3,493.24	2,634.58
2020	222	175	12,298	2,224.42	1,682.21
2021	222	226	13,779	2,496.36	1,792.44

2) COVID-19 전후 서울시 지하철역별 고령자 하차통행량 분석

<Table 4>는 고령자 하차통행량을 기준으로 서울시 내 지하철역 순위를 나타낸 표이다. 고령자 하차통행량이 가장 많은 종로3가역 인근에는 종묘공원, 탑골공원과 같은 노인 밀집 지역과 낙원상가(실버영화관), 청계천 등이 위치해 있으며, 청량리역과 제기동역 사이에는 동서청과물시장, 청량리 재래시장 등의 시장이 자리잡고 있고, 그 외에도 대형쇼핑몰, 환승센터가 함께 있어 COVID-19 기간에도 노인의 통행을 많이 유도하는 것으로 보인다.

동대문역과 종로5가역 인근에는 도매시장이 많고 종로 시니어클럽의 시장형 노인일자리사업으로 운영되는 인근 ‘유니콘택배’ 등 지하철택배가 활발하며¹⁾ 2014년 기준으로 이용자의 50% 이상이 고령자로 나타나는 국립중앙의료원 및 노인복지시설이 다수 위치하고, 종로1·2·3·4가동에는 기초생활수급자가 많이 거주(Hwang and Koo, 2019)하여 COVID-19 이후에도 노인이 고령자가 많이 통행하는 것으로 보인다. 이들 역이 COVID-19 이후 순위가 증가한 것은 주요 환승역인 서울역과 그 인근의 회현역, 가산디지털단지역의 통행감소 폭이 큰 것과 분석 시점 이전인 2020년 5월 중순부터 한국노인인력개발원에서 노인일자리 및 사회활동 지원사업을 재개²⁾한 것에서 일부 영향이 있었을 것으로 생각된다.

지역적 특성에 따라 외부로부터 고령자의 유입을 야기하는 고령자 유인 요인에 차이가 있는 것을 확인할 수 있다. COVID-19 유행 기간에 걸쳐 각 역에 방문하는 고령자 수의 증감량이 다른 것은 이러한 고령자 유인 요인들에 의해 각기 다른 영향을 받기 때문으로 해석된다.

<Table 4> Ranking of Elderly Passengers Alighting at Seoul Subway Stations

Rank	2019		2020		2021	
	Subway tation	N. of lderly sers	Subway tation	N. of lderly sers	Subway tation	N. of lderly sers
1	Jongno 3-ga	21,289	Jongno 3-ga	12,298	Jongno 3-ga	13,779
2	Dongdaemun	13,098	Jegi-dong	10,881	Jongno 5-ga	8,921
3	Jongno 5-ga	12,840	Cheongnyangni	8,318	Jegi-dong	8,889
4	Jegi-dong	11,847	Jongno 5-ga	7,875	Dongdaemun	8,545
5	Cheongnyangni	10,418	Dongdaemun	7,591	Yeonsinnae	7,242
6	Sadang	9,969	Yeonsinnae	6,539	Cheongnyangni	7,117
7	Seoul	9,624	Sadang	5,597	Sadang	6,543
8	Yeonsinnae	9,459	Seoul National University of Education	5,489	Seoul National University of Education	6,310
9	Hoehyeon	9,211	Jamsil	5,488	Jamsil	6,229
10	Gasam Digital Complex station	8,944	Sillim	5,339	Dongmyo	6,078

IV. 분석 결과

COVID-19 전후 통행목적지의 고령자 통행 유발 요인의 변화를 분석하기 위해 선행연구를 바탕으로 선정

1) 100ssd.co.kr, <https://www.100ssd.co.kr/news/articleView.html?idxno=28493>, 2024.01.24.

The financial news, <https://www.fnnews.com/news/201909201504455402>, 2024.01.24.

2) <https://www.kordi.or.kr/m/content.do?bid=255&mode=view&cid=363295&page=16&cmsId=168>, 2024.08.24.

된 다음 변수들을 활용하여 2019년부터 2021년까지의 각 연도별 다중선형회귀모형을 구축하였다. <Table 5>에 나타난 것과 같이, 모형의 설명력을 나타내는 Adjusted R²의 값은 0.514~0.533로 유사하게 나타났다.

<Table 5> Regression Model Results

Variable	2019			2020			2021		
	B	SE		B	SE		B	SE	
Constant	-742.149	448.414		-345.935	290.287		-343.509	311.148	
Number of Subway Lines	467.293	235.488	.116**	252.719	152.414	.098*	229.288	163.349	.084
Presence of Hiking Trails	631.028	443.918	.070	414.148	287.333	.072	485.381	308.542	.079
Presence of Rivers	586.306	278.488	.102**	448.013	179.971	.123**	420.828	193.095	.108**
Park Area	.002	.002	.040	.001	.001	.031	.001	.002	.034
Traditional Market Area	.121	.061	.098**	.115	.039	.146***	.082	.042	.097*
Number of General Clinics and Hospitals	-5.018	3.689	-.096	-4.898	2.394	-.148**	-3.220	2.577	-.091
Number of Traditional Korean Medicine Clinics	129.934	19.728	.466***	107.211	12.752	.602***	105.304	13.639	.555***
Number of Elderly Welfare Facilities	88.219	265.625	.016	15.732	171.773	.004	19.164	184.162	.005
Number of Cultural Facilities	33.207	13.128	.124**	16.410	8.482	.096*	20.867	9.090	.114**
Number of Bus Stops	32.621	16.163	.109**	11.256	10.424	.059	17.963	11.203	.088
Land Use Mix Index	466.609	618.205	.037	141.910	400.076	.018	272.587	429.673	.032
Number of Escalators	14.837	23.877	.035	4.873	15.443	.018	8.895	16.571	.031
Number of Elevators	74.151	94.900	.044	109.018	61.371	.101*	122.963	65.850	.107*
Number of Wheelchair Lifts	131.744	91.324	.072	37.517	59.026	.032	39.402	63.328	.032
Number of Large Commercial Facilities	190.318	46.324	.228***	118.000	30.030	.219***	130.516	32.048	.226***
Number of Employees	.033	.012	.154***	.006	.007	.045	.005	.008	.037
Number of Religious Facility	-133.453	184.899	-.036	-144.392	119.693	-.062	-195.189	128.288	-.078
Observations	222			222			222		
adj. R ²	0.533			0.521			0.514		

Notes: * P-value < 0.05, ** P-value < 0.01, *** P-value < 0.001

모형분석결과, COVID-19 발생 이전과 이후에 걸쳐 고령자의 하차통행량에 가장 큰 영향을 미치는 요소들은 도보권 내 지하철 노선 수, 하천 유무, 전통시장 면적, 한방 병·의원 수, 문화시설 수, 대형상업시설 수 등으로 나타났다. 일반적으로 지하철 노선 수가 많은 곳에 지하철을 이용해 접근할 기회가 많고 대형상업시설과 문화시설이 많은 변화한 지역에 통행량이 많기 때문으로 해석되며, 전통문화 친화적인 고령자의 특성에 따라 한방 병·의원이 밀집되어 있거나 전통시장의 규모가 큰 곳에 고령자의 방문이 특히 많은 것으로 보인다.

COVID-19 팬데믹 기간에 걸친 각 유의한 변수의 영향력은 다음과 같이 나타난다. 먼저 2019년 시점에서

유의한 변수는 영향력이 큰 순서대로 한방 병·의원 수, 대형 상업시설 수, 종사자 수, 문화시설 수, 노선 수, 버스정류장 수, 하천 유무, 전통시장 면적으로 나타난다. 버스정류장 수의 영향은 2019년에만 유의하게 나타났으며, 이는 COVID-19 유행 시 버스와 같은 대중교통 이용을 기피하는 경향이 있다는 선행연구와 일치하는 결과로 보인다.

2020년 시점에서 유의한 변수는 영향력이 큰 순서대로 한방 병·의원 수, 대형 상업시설 수, 일반병·의원 수, 전통시장 면적, 하천 유무, 엘리베이터 수, 노선 수, 문화시설 수로 나타난다. COVID-19 발생 이후 종사자 수 변수가 유의하지 않게 나타났으며, COVID-19로 인해 취업자 수가 감소하거나 근무 형태가 재택근무 등으로 전환되어 지하철을 이용하는 종사자 수가 줄어든 것으로 보인다. 또한, 지하철 노선 수, 문화시설 수의 영향력이 다소 낮아진 것을 확인할 수 있다. COVID-19 발생 이후 필수적이지 않은 통행을 줄이고, 특히 유동인구가 많은 환승역이나 감염 위험이 높은 실내 문화시설을 피하는 것으로 보인다. 전통시장 면적, 하천 유무의 영향력은 높아지는 것으로 나타났다. 고령자가 서울시로부터 지급된 지역화폐 형식의 재난지원금을 사용하기 위해, 또는 실내 상업시설보다 야외에 주로 위치한 전통시장에서 COVID-19 감염 위험이 낮다고 생각하여 전통시장에 방문했을 것으로 생각된다. 주로 야외에 위치한 시설의 영향력은 COVID-19 발생 이후 지속적으로 감소하는 문화시설 수의 영향력과 반대 방향의 변화를 보이는데, 이는 실내 여가시설보다 COVID-19 전염 위험이 적은 야외의 열린 공간에서 활동하는 것을 선호하기 때문으로 생각된다. 개방공간보다 실내공간에서 COVID-19의 병원균 전파 위험성이 높은 것으로 알려져 있으며, 혼잡한 지역이라고 하더라도 실내보다 실외에서 감염 전파 위험이 훨씬 적게 나타나기 때문이다(Rowe et al., 2021).

2021년 시점에서 유의한 변수는 영향력이 큰 순서대로 한방 병·의원 수, 대형 상업시설 수, 문화시설 수, 하천 유무, 엘리베이터 수, 전통시장 면적으로 나타난다. 한방 병·의원 수는 COVID-19 발생 전후에 걸쳐 높은 영향력을 보이는데, COVID-19 치료와 관련이 약해 감염의 위험이 낮은 의료기관인 동시에 건강 유지에 대한 관심으로 한방 병·의원 방문이 지속되는 것으로 보인다.

결론적으로, COVID-19 팬데믹 기간 고령자의 지하철 하차통행량에 대한 다양한 변수의 영향력 변화를 살펴보면 다음과 같다. 팬데믹이 진행됨에 따라 대중교통의 중요성은 감소한 것으로 보인다. 버스정류장 수의 영향은 COVID-19 발생 이전인 2019년에만 유의하게 나타났으며, 유의하지 않으나 2020년에 가장 낮은 것으로 확인된다. 지하철 노선 수의 영향은 지속적으로 낮아져 2021년에는 유의하지 않게 나타난다. 종사자 수의 영향은 2019년 이후 유의하지 않게 나타나며 이는 통근 및 업무 통행 감소의 결과로 예상된다. 또한 팬데믹 발생 시 쇼핑 및 여가 시설의 종류에 따라 영향력이 다르게 변화하였으며, 주로 밀폐된 시설보다는 야외 시설의 영향력이 증가하는 것으로 확인되었다. 주로 야외에 위치한 하천과 전통시장 관련 변수의 영향은 2020년에 가장 높게 나타나는 반면, 문화시설 수와 대형 상업시설 수의 영향은 2020년에 가장 낮으며 이후 차츰 회복되는 것으로 나타난다. 이러한 변화는 상당 부분 COVID-19 팬데믹에서 기인한 것으로 생각할 수 있다. 한방 병·의원 수는 지속적으로 중요한 변수로 나타나며, 팬데믹에도 불구하고 한방 병·의원에는 고령자의 통행이 이어지는 것으로 보인다.

이와 같은 결과는 고령자의 지하철 하차통행량이 지하철역 도보권 내 시설 및 환경에 따라 COVID-19 발생 이전과 이후 1년차, 2년차에 각각 다른 영향을 받는다는 가설을 지지한다고 말할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 교통카드 자료를 활용하여 지하철을 이용하는 65세 이상 고령자의 통행에 대한 서울시 내

역 주변 시설 및 환경 요인의 영향에 대해 분석을 수행하였다. COVID-19 전후 고령자의 역별 하차량을 분석한 뒤, 역 주변 시설 및 환경에 따라 다중선형회귀분석을 수행하여 그 영향력을 연도별로 비교 분석하였다. 다중선형회귀분석은 COVID-19 발생 이전과 발생 이후인 2019년, 2020년, 2021년 3개년의 각 1일에 대하여 각각 진행하였으며 각 변수에 대한 표준화 계수의 증감을 분석하여 영향력의 변화를 파악하였다.

본 연구의 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, COVID-19 팬데믹으로 인해 고령자의 지하철 이용이 큰 영향을 받은 것으로 나타났다. 팬데믹이 시작된 이후 전체 지하철 이용자 중 고령 이용자의 비율이 상당히 감소하였으며 시간의 경과에 따라 점차 증가하는 모습을 보인다. 고령 이용자의 이러한 즉각적인 감소는 고령자의 감염 위험에 대한 우려가 크기 때문으로 생각되며 뒤이어 비고령 이용자의 재택근무, 온라인 수업 및 온라인 쇼핑을 포함한 원격 활동이 늘어나며 필수 통행을 온라인 활동으로 대체하였기 때문에 고령 이용자의 비율이 다시 늘어나는 것으로 판단된다.

둘째, COVID-19 팬데믹 기간에 고령자 하차통행량이 높은 상위 10개 역들의 순위와 그 지역적 특성을 파악하였다. COVID-19 팬데믹 기간 전체에 걸쳐 고령자 하차통행량이 가장 많은 역은 종로3가역, 종로5가역, 제기동역 등이며 COVID-19 이후 순위가 떨어진 역은 서울역, 회현역, 가산디지털단지역 등으로 나타났다. 주요 노인 밀집 공원, 전통시장, 노인 일자리와 노인복지시설, 저소득층 거주지가 있는 경우 팬데믹 이후에도 고령자의 통행이 높게 나타나며 주요 환승 결절점에서는 노인의 통행이 크게 줄어드는 것으로 해석할 수 있다.

셋째, 고령자의 목적지 선택에 영향을 미치는 지하철역 주변의 시설 및 환경 요인들은 하천, 문화시설, 공원, 전통시장, 한방 병의원, 대형상업시설 등으로 나타났으며, 고령자가 선호한다고 알려진 시설 및 환경 요인과 대체로 일치하는 것으로 보인다. 연구기간 동안 일부 요인의 영향력이 바뀌었는데, 이는 팬데믹 기간을 겪으며 상황 변화에 따라 고령 이용자의 선호에 변화가 있었음을 나타낸다. 분석 결과에 따르면 COVID-19 발생 이후 주로 실내에 위치하여 타인과 접촉하기 쉬운 문화시설의 영향력은 감소하고 하천, 전통시장과 같이 야외에 위치한 시설의 영향력은 증가하는 경향을 보였다.

본 연구의 분석 결과에서 다음과 같은 정책적 시사점을 얻을 수 있다. 첫째, 고령자의 지하철을 이용한 통행에 영향을 미치는 요인을 식별하여 고령자가 지하철을 통해 이용하는 시설 및 서비스를 파악하고 개발할 수 있다. 지하철로부터 야외 여가 공간, 한방 병의원과 전통시장 등 고령자를 위한 필수 서비스에 대한 도보 접근성을 개선하면 고령자의 야외 활동의 편의성을 높여 고령자의 삶의 질을 높이는 데 기여할 수 있다.

둘째, 고령자의 통행행태 변화를 분석함으로써 고령자의 활동 변화를 파악하여 팬데믹으로 인해 통행 감소 및 경기 침체의 영향을 받는 분야를 분석하는데 활용할 수 있다. 본 연구결과를 통해 고령자의 통행행태가 변화하여 특히 문화시설, 대형상업시설 방문이 줄어들었으며 종사자 수가 감소한 것으로 예측할 수 있다. 사회·문화 활동이나 경제활동을 위한 통행이 감소함에 따라 고령자가 받은 부정적 영향을 조사하고 고령자를 위한 대중교통수단을 지원할 근거가 될 수 있을 것으로 보인다. 이는 COVID-19뿐만 아니라 4-5년 주기로 발생할 것으로 예상되는 신종 감염병 유행의 부정적 영향에 대처할 교통정책을 마련할 기반이 될 수 있을 것으로 기대된다.

연구의 한계로는 연 1일을 대상으로 분석하여 연구 기간에 걸친 점진적 변화를 관찰하지 못한 점, 연구의 변수가 대부분 고정되어 COVID-19로 인한 휴업 및 폐업, 시설을 실질적으로 이용할 수 있는지와 같은 외부 영향을 완전히 반영하지 못했다는 점, 고령자의 연령, 성별, 소득 등 세분된 개인적 특성에 따른 구체적인 패턴을 파악하지 못하고 고령층을 다소 일반화한 점, 무임승차권을 이용하여 서울시 지하철을 이용한 고령자만 대상으로 하는 데이터의 한계로 인해 분석에 잠재적인 편향이 발생할 수도 있으며 교통카드 단말기에 하차태그를 하지 않는 경우 승차 데이터가 집계되었음에도 통행량 분석에 활용하지 못한다는 점, 고령자가

지하철 하차 후 보행을 통해 접근 가능한 400m 이내의 시설을 이용한 것으로 가정하였으며 이후 다른 교통 수단으로의 환승을 감안하지 못한 점, 지하철 택배 서비스 종사자의 데이터가 포함되어 일반적인 고령자의 통행패턴과 다른 편향된 표본을 얻었을 수 있는 점을 들 수 있다.

향후 연구에서는 노인의 개인적 특성 및 실시간 외부 효과의 영향을 반영하도록 연구 방법을 개선하고 COVID-19 전후의 영향력을 비교검토하기 위해 시계열분석과 같은 더 적절한 방법론을 고려할 필요가 있으며, 지하철 외에도 다른 교통수단을 통합적으로 분석하도록 연구의 범위를 확장하면 고령자의 목적지 선택과 주변 시설 및 환경과의 상호작용에 대한 포괄적이고 정교한 분석이 이루어질 수 있을 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 저자의 석사학위논문을 수정·보완하여 작성하였습니다. 또한, 본 연구는 2022년도 홍익대학교 학술연구진흥비의 지원을 받아 수행하였습니다.

REFERENCES

- Böcker, L., van Amen, P. and Helbich, M.(2017), “Elderly travel frequencies and transport mode choices in Greater Rotterdam the Netherlands”, *Transportation*, vol. 44, pp.831-852.
- Choo, S. H.(2008), “Analysis of travel behavior of elderly people: A case of Daejeon”, *The Korea Transport Institute*, vol. 15, no. 2, pp.59-72.
- Choo, S. H., Lee, H. S. and Shin, H. J.(2013), “Analyzing changes in travel behavior of the elderly using travel diary survey data in Seoul metropolitan area”, *The Korea Spatial Planning Review*, vol. 76, pp.31-45.
- Collia, D., Sharp, J. and Giesbrecht, L.(2003), “The 2001 national household travel survey: A look into the travel patterns of older Americans”, *Journal of Safety Research*, vol. 34, pp.461-470.
- Dingil, A. E. and Esztergár-Kiss, D.(2021), “The influence of the Covid-19 pandemic on mobility patterns: The first wave’s results”, *Transportation Letters*, vol. 13, no. 5-6, pp.434-446.
- Han, S. K. and Lee, H. Y.(2015), “Characteristics of the time-based public transportation travel flows and the pull factors of travel destinations of the elderly in the Seoul metropolitan area”, *Seoul Studies*, vol. 16, no. 2, pp.183-201.
- Hwang, J. A. and Koo, J. H.(2019), “Analyses on the characteristics in the distribution of the concentration of the vulnerable groups and the residential areas in Seoul: Focusing on residents of private rental housing”, *The Korea Spatial Planning Review*, vol. 102, pp.99-116.
- Kang, N. W. and Namgung, M.(2018), “Factors influencing public transportation use of the elderly by age groups in Seoul”, *Journal of Governance Studies*, vol. 13, no. 1, pp.83-106.
- Kim, D. Y.(2022), “A study on the changes in commercial sales of traditional market before/after the COVID-19 occurrence using panel models”, *Journal of the Korean Regional Science Association*, vol. 38, no. 4, pp.59-74.
- Kim, K. H. and Lee, J. H.(2015), “A study on the TOD planning elements affecting the number of

- public transportation users: focused on the subway and railway station in Incheon,” *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, vol. 35, no. 3, pp.647-662.
- Kim, Y. B.(2021), “COVID-19 pandemic & depressive symptom of elderly: Comparison before & after COVID-19 pandemic”, *Journal of the Korean Gerontological Society*, vol. 41, no. 6, pp.981-996.
- Korea Insurance Research Institute(2021), *Influence and response to COVID-19 in major foreign countries*, pp.6-8.
- Korea Research Institute for Human Settlements(2001), *A study on the travel characteristics in the ageing society*, pp.24-111.
- Kwon, O. M. and Jeong, H. C.(2022). “COVID-19 confirmed cases and subway passengers”, *New Phys Sae Mulli*, vol. 72, no. 11, pp.873-878.
- Lee, C. H. and Chung, S. B.(2014). “Analysis of the elderly travel behavior with using transportation card data”, *Conference of the Korea Society for Railway*, vol. 2014, no. 5, pp.1527-1530.
- Lee, D. H. and Kim, U.(2008), “An analysis of the access-inducement elements of seniors of the city focused on subway stations”, *The Korea Spatial Planning Review*, vol. 43, no. 5, pp.165-178.
- Lee, G. J., Choo, S. H., Kim, K. Y. and Joung, J. Y.(2021a), “Analysis of factors affecting perceived risk of COVID-19 infection in public transportation”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 39, no. 5, pp.643-661.
- Lee, H. S., Choo, S. H. and Kim, J. Y.(2014), “Analyzing the characteristics of trip chaining activities of the elderly in Seoul metropolitan area”, *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 13, no. 2, pp.68-79.
- Lee, J. G. and Sohn, J. Y.(2021), “Travel disparity among the elderly in seoul during the COVID-19 pandemic period: Differences in destination diversification according to socioeconomic and spatial factors”, *Journal of the Korean Regional Science Association*, vol. 37, no. 4, pp.75 - 93.
- Lee, K. S., Park, S. H. and Ham, Y. H.(2021b), “Changes in subway traffic in seoul during social distancing due to the spread of COVID-19 and geographic characteristics of the area behind the station”, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, vol. 24, no. 2, pp.127-142.
- Linares-Rendón, F. and Garrido-Cumbrera, M.(2021), “Impact of the COVID-19 pandemic on urban mobility: a systematic review of the existing literature”, *Journal of Transport & Health*, vol. 22, 101225.
- Ma, K. R. and Yoon, Y. H.(2009). “A study on the changes in travel mode choice of the elderly”, *Seoul Studies*, vol. 10, no. 4, pp.159-171.
- Noh, S. H. and Yang, E. J.(2011), “An analysis of the major travel patterns of the elderly in Seoul metropolitan area and their attitudes towards the free ride policy for subway use for the elderly”, *The Geographical Journal of Korea*, vol. 45, no. 4, pp.545-557.
- Parady, G., Taniguchi, A. and Takami, K.(2020), “Travel behavior changes during the COVID-19 pandemic in Japan: Analyzing the effects of risk perception and social influence on going-out self-restriction”, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 7, 100181.
- Park, B. and Cho, J.(2021). “Older adults’ avoidance of public transportation after the outbreak of COVID-19: Korean subway evidence”, *Healthcare*, vol. 9, no. 4, pp.448.
- Park, S. O., Jin, J. H. and Koo, Y. M.(2008), “The characteristics of population ageing and the employment of aged workers of Seoul”, *Journal of the Association of Korean Geographers*, vol.

43, no. 3, pp.337-357.

Rowe, B. R., Canosa, A., Drouffe, J. M. and Mitchell, J. B. A.(2021), “Simple quantitative assessment of the outdoor versus indoor airborne transmission of viruses and COVID-19”, *Environmental Research*, vol. 198, 111189.

Shin, H. R., Yoon, T. Y., Kim, S. K. and Kim, Y. S.(2020), “An exploratory study on changes in daily life of the elderly amid COVID-19: Focusing on technology use and restrictions on participation in elderly welfare centers”, *Korean Journal of Gerontological Social Welfare*, vol. 10, no. 4, pp.207-232.

Zhang, N., Hu, T., Shang, S., Zhang, S., Jia, W. and Chen, J.(2023), “Local travel behaviour under continuing COVID-19 waves: A proxy for pandemic fatigue?”, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 18, 100757.