

# 코로나19의 확산이 대중교통 수요변화에 미치는 영향요인 분석 - 부산광역시를 중심으로\* -

김민정<sup>1</sup> · 김희경<sup>2\*</sup>

## The Effects of COVID-19 on Public Transportation Demand: The Case of Busan Metropolitan City\*

Minjeong KIM<sup>1</sup> · Hoe Kyoung KIM<sup>2\*</sup>

### 요 약

코로나19의 확산으로 도심의 대량 수송을 책임지는 대중교통 수요가 급격하게 감소하였다. 본 연구에서 코로나19 확산 전 2019년과 확산이 시작된 2020년의 부산광역시 대중교통 카드 데이터를 빅데이터 분석한 결과, 일 평균 92만 통행이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 개별 정류장 단위로 조사한 코로나19 확산 전후의 대중교통 통행량을 읍면동 단위로 통합한 후, 읍면동 단위의 대중교통 통행량 증감 비율을 종속변수로 하고 읍면동의 다양한 특성을 독립변수로 하는 순서형 로지스틱 회귀분석을 통해 대중교통 411수요변화에 유의미한 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 그 결과, 기초생활수급자의 비율, 공업지의 면적 비율, 그리고 등교 통행 비율이 높은 읍면동은 코로나19의 확산에도 불구하고 대중교통에 대한 의존도가 높아 대중교통의 수요변화가 크게 나타나지 않았지만, 철도수단 부담률이 높은 읍면동은 코로나19 확산에 따라 대중교통 이용자 수가 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 코로나19와 같은 응급 상황에 효율적으로 대응하기 위해서는 획일적인 교통정책보다는 지역의 특성을 고려한 차별적인 교통정책의 수립과 집행이 필요하다.

주요어 : 코로나19, 대중교통, 대중교통 카드 데이터, 빅데이터 분석, 순서형 로지스틱 회귀

### ABSTRACT

COVID-19 has caused the dramatic reduction of public transportation demand in Busan Metropolitan City, that is, daily public transportation trips in 2020 dropped by approximately 920,000 trips from 2019 based on the public transportation card data. This study investigated the underlying factors affecting the public transportation demand

2023년 07월 14일 접수 Received on July 14, 2023 / 2023년 07월 26일 수정 Revised on July 26, 2023 / 2023년 08월 08일 심사완료 Accepted on August 08, 2023

\* 본 연구는 부산광역시 대중교통 시민기금의 연구비를 지원받아 수행한 과제입니다.

1 창원시정연구원 책임연구원 / Changwon Research Institute, Research Fellow

2 동아대학교 도시공학과 교수 / Department of Urban Planning and Engineering, Dong-A University, Professor

※ Corresponding Author E-mail: hoekim@dau.ac.kr

discrepancy between before and after COVID-19 at the primary administration unit (i.e., Eup, Myeon, Dong) level with Ordered Logistic Regression model. Finding of this study is as follows. The primary administration units characterized with high ratio of welfare recipients, industrial area, and day boarders were heavily dependent on public transit, indicating little change in public transportation demand. On the other hands, the primary administration units which have high ratio of urban rail transit uses experienced significant reduction of public transportation demand. In conclusion, transportation policies taken under emergent situation such as COVID-19 need to take into account the region-based characteristics rather than unilateral ones.

**KEYWORDS :** COVID-19, Public Transit, Public Transportation Card Data, Big Data Analysis, Ordered Logistic Regression Model

## 서론

### 1. 연구의 배경과 목적

2020년 세계보건기구(WHO)가 팬데믹을 선언한 이후 전 세계 4.2억 명 이상의 인구가 코로나19에 감염되었고 586만 명 이상이 사망했다. 호흡기를 통해 전파되는 코로나19의 감염을 억제하기 위해 사회적 거리두기가 강화되면서 전례 없이 이동이 제한되었다. 이로 인해 개인의 생활은 물론 사회 전반에 걸쳐 심각한 피해를 겪고 있다. 특히 도심의 대량 수송을 책임지는 대중교통 수단은 불특정 다수가 밀집하여 잠재적인 코로나19의 감염원으로 인식되면서 이용자들이 기피하는 현상이 발생하고 있다. 이와 같은 현상이 지속되면서 승용차의 판매량과 통행량은 늘어나는 반면 대중교통 이용량은 대폭 감소하였으며, 교통수단 선택지가 없는 교통취약계층은 코로나19의 감염 위험에도 불구하고 대중교통을 이용할 수밖에 없어 계층 간의 양극화가 심화될 수 있다. 따라서, 코로나19가 종식되더라도 이용자들이 안심하고 이용할 수 있는 대중교통 방역체계를 구축하여 코로나19 이전의 수준으로 대중교통 이용자 수를 회복하기 위한 노력이 필요하다.

현재까지 코로나19 발생 이후 대중교통 수요 변화 및 그 영향을 분석한 연구들은 스마트폰 위치 데이터와 대중교통 카드 데이터 등 정량적

데이터와 설문조사 분석을 통해 수행되고 있다. 또한 기존 연구들에서는 코로나19의 확산에 따른 이동성 감소가 성별, 연령, 소득, 통행목적 등의 요인에 따라 차별적으로 나타나고 있으며 이에 대한 관계를 규명하고자 노력하고 있다. 하지만 코로나19와 대중교통 수요변화의 관계를 기초지자체와 같은 특정 공간 단위별로 분석한 연구는 부족한 편이다. 본 연구는 코로나19로 인한 대중교통 수요변화와 지역 특성 간 관계를 파악함으로써 공간적 특성을 기반으로 한 차별적인 대중교통 이용 활성화 방향을 제시하고자 하였다.

또한, 부산광역시 대중교통 카드 데이터를 이용한 빅데이터 분석 결과를 기반으로 코로나19 발생 전후의 대중교통 수요변화를 정략적으로 분석하고, 부산광역시 읍면동 단위의 인적 특성, 지형적 특성, 통행 특성, 전염병 특성 등을 통해 이와 같은 변화에 영향을 미치는 요인들을 해석한다. 본 연구의 결과를 근거로 코로나19와 같은 전 세계적인 전염병에 대응하는 부산광역시 대중교통 정책의 제시를 목적으로 한다.

### 2. 연구의 내용과 방법

그림 1은 본 연구의 내용과 방법을 제시하고 있다. 본 연구는 부산광역시 대중교통 카드 데이터를 활용하여 코로나19가 발생하기 전인 2019년과 대유행이 시작된 2020년의 대중교통 수요변화를 분석한다. 또한, 대중교통 카드 데이

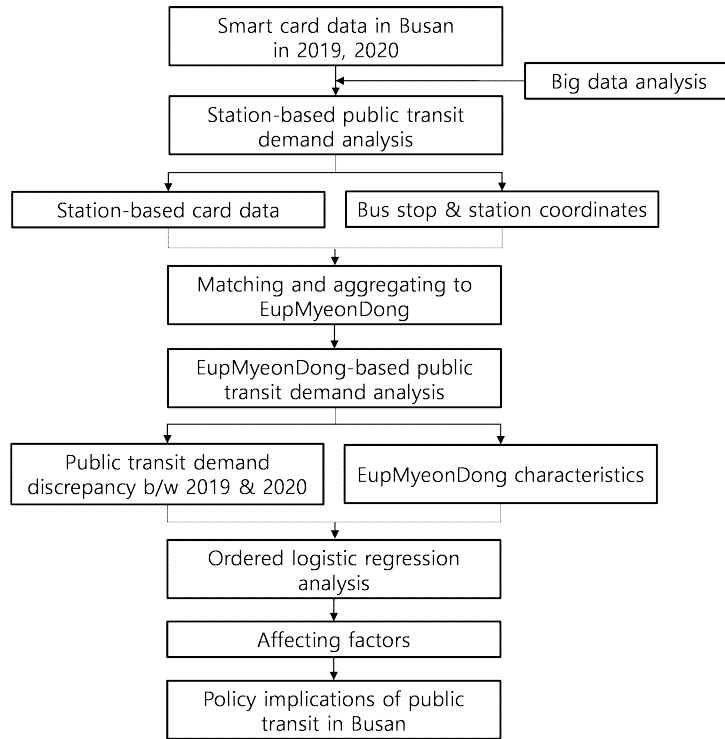


FIGURE 1. Research flow and methodology

터와 버스정류장 및 도시철도역 좌표를 공간적으로 결합하여 읍면동 단위의 대중교통 수요변화를 분석한다. 그 후 순서형 로지스틱 회귀분석을 통해 코로나19의 발생이 대중교통 수요변화에 미치는 영향을 읍면동 단위의 특성으로 해석한다. 본 연구의 결과를 통해 코로나19와 같은 감염병의 대유행에도 안전하게 대중교통을 이용할 수 있는 감염병 대응 대중교통 정책을 제안한다.

### 선행연구 고찰

본 장에서는 코로나19로 인한 이동성 변화와 그러한 변화에 영향을 미치는 요인들을 국내외 선행연구들을 통해 분석하고 있다.

#### 1. 코로나19에 따른 이동성 변화

다수의 국내외 연구자들은 설문조사, 교통카

드 데이터 분석, 그리고 이동 통신 데이터 등을 통해 코로나19로 인한 기존의 통행행태 변화를 분석하였다. Zhang *et al.*(2021)은 코로나19로 인한 홍콩 시민의 이동성 변화를 시공간적으로 분석한 결과, 평일 43%, 토요일 49%, 일요일 59%의 통행이 감소하였고, 쇼핑지역 42%, 유원지 81%, 국경에서 99%의 통행이 감소하는 것을 확인하였다. 또한 Downey *et al.*(2021)은 994명의 스코틀랜드 주민을 대상으로 코로나19의 확산에 따른 그들의 통행행태에 대한 설문조사를 분석한 결과, 보행, 자동차, 버스, 열차 등을 이용한 전반적인 통행 수요는 줄어들 것이며 이러한 경향은 코로나19가 종식될 때까지 지속될 것으로 예상하였다.

이에 반해 Kim and Kwan(2021)은 미국 카운티 수준에서 코로나19로 인한 통행량의 변화를 패널 기반으로 분석한 결과, 코로나19가 시작된 시점의 통행량은 큰 폭으로 감소하였지만,

단기간에 코로나19 이전의 수준으로 빠르게 회복하였고 그 후 이동 제한이나 감염병 확산이 더욱 심각한 상황에서도 통행량은 거의 줄어들지 않는 것을 확인하였다. König and Dreßler(2021)은 코로나19로 인한 독일 농촌 지역 거주자들의 통행행태를 분석한 결과, 팬데믹 상황에서도 응답자의 62.6%는 통행행태의 변화가 없는 것으로 나타났고 일부 통행자는 자전거로 수단을 전환하는 것으로 관찰되었다.

대중교통을 중심으로 한 통행행태의 변화를 살펴보면, Orro *et al.*(2020)은 코로나19의 발생으로 인한 노선별 대중교통 이용객의 변화, 대중교통 공급의 변화, 시내버스 네트워크의 신뢰성 등을 분석한 결과, 대중교통 이용객에 미치는 영향은 일반 교통 서비스보다 훨씬 심각한 것으로 파악하였다. Bucsky(2020)도 마찬가지로 코로나19 확산에 대응한 이동 제한 정책은 대중교통 수요를 크게 감소시키는 반면 자전거나 공유 이동 수단은 상대적으로 적게 감소하는 것으로 분석하였다. Przybylowski *et al.*(2021)은 설문조사를 통해 응답자의 90%가 스스로 대중교통 이용을 자제해 왔으며 이들 중 75%가 전염병 상황이 호전되면 대중교통을 다시 이용할 의사가 있음을 확인하였다. Wang *et al.*(2021)은 뉴욕주 정부가 코로나19로 인해 운송 용량을 50%로 제한하면 대중교통 이용객이 73%에서 64%로 감소할 것으로 예상하였다. 이러한 상황에 대해서 Hu *et al.*(2020)은 미국에서 대중교통 서비스에 크게 의존하는 도시들이 포스트 코로나19를 대비한 대중교통 체계를 적극적으로 재정비하지 않는다면 코로나19의 영향으로 증가한 나 홀로 차량으로 인해 심각한 도시교통 문제들을 직면하게 될 것으로 예측하였다. 또한, Swoboda-Colberg *et al.*(2021)은 미국 북서부지역에서 대중교통 이용객 감소에 대한 코로나19의 영향을 조사한 결과, 2020년 5월까지 대중교통 이용객 수가 40%~90% 정도 감소한 것을 확인할 수 있었으며, 코로나19의 영향을 최소화하기 위해 사회적으로 취약한 지역사회와 대중교통 인력에 대한 지원사업의 필요성을 강조하였다.

## 2. 코로나19에 따른 이동성 변화 영향요인 분석

팬데믹 상황에서의 사회적 거리두기 시행과 이에 따른 이동성 변화는 다양한 요인에 따라 상이하게 나타날 수 있으며, 이를 규명하는 연구가 국내외에서 활발하게 진행되고 있다.

다수의 연구들은 코로나19 상황에서 교통수단 선택에 미치는 인구 사회적 영향요인을 분석하였다. Abdullah *et al.*(2022)은 코로나19 확산 이후 통행수단 선택에 대한 설문조사와 로지스틱 회귀분석을 통해, 성별, 자동차 소유 여부, 가구소득, 통행거리 등이 수단 선택에 유의미한 변수임을 확인하였다. Tan and Ma(2021)도 코로나19가 유행하는 동안 철도 이용 여부를 파악하기 위해 설문조사를 토대로 로지스틱 회귀분석을 수행하였으며, 지하철역까지의 보행 시간, 자가용 감염 가능성, 대중교통 감염 가능성 등이 철도 선택에 영향을 미치는 것으로 분석하였다.

Parker *et al.*(2021)은 코로나19 전염병이 미국 전역의 대중교통 이용에 미치는 영향을 살펴보기 위해 설문조사와 이동성 데이터를 결합하여 분석한 결과, 대중교통 이용자의 75%가 팬데믹 이후 대중교통 이용을 줄이거나 다른 방식으로 이동 행태를 바꾼 반면, 저소득층은 타수단에 대한 선택지가 적어 대중교통 의존도가 높은 것으로 나타났다. 그리고 Liu *et al.*(2020)의 연구에서도 대중교통 승하차 데이터를 활용하여 일일 대중교통 이용객 변화량과 지역별 사회경제적 요인 간 관계를 살펴본 결과, 필수 노동자 비율, 취약인구수, 45세 이상 인구의 비율이 대중교통 수요에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 Caicedo *et al.*(2021)과 Brough *et al.*(2021)의 연구에서 다시 한번 더 확인할 수 있는데, 다양한 사회경제적 계층에 따른 이동성 및 대중교통 이용량을 분석한 결과, 코로나19의 확산으로 인한 대중교통 이용 감소는 교육 수준과 소득이 낮은 계층이 중상위 계층의 감소보다 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

또 다른 연구들은 코로나19 기간 동안 대중교통 이용량 감소에 미치는 지역적 특성을 분석하였다. Hu and Chen(2021)은 시카고의 2020년 대중교통 승하차 데이터의 분석을 통해 코로나19 이후 전체 정류장의 95%가 수요변화를 경험했으며, 코로나19 이전보다 72.4%의 승객이 감소한 것을 확인하였다. 이러한 변화는 상업 용지가 많고, 백인, 고학력, 고소득층의 비율이 높은 지역에서 크게 나타나고, 무역, 교통 및 공공분야의 일자리가 많은 지역일수록 적게 나타났다. 한편, Wielechowski *et al.*(2020)은 코로나19와 관련한 Google 데이터를 활용하여 폴란드의 대중교통 이동성 변화를 분석한 결과, 확진자 수 증가와 정책의 엄격성이 대중교통 통행량을 감소시키는 것으로 나타났으며, 특히 코로나19와 관련한 정책적 제약이 대중교통 통행량 감소에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서, 다양한 정책 방향을 고려하여 대중교통 체계 개선이 이루어져야 함을 시사한다.

교통카드 데이터, 위치기반 데이터와 설문조사 등을 통해 코로나19에 따른 이동성 변화를 분석한 기존의 연구들은 전반적인 이동량과 대중교통 통행량이 감소하는 것을 확인하고 있으며, 특정 계층이나 지역에서 더 많은 변화가 발생하는 것으로 파악하였다.

## 교통카드 데이터 분석

### 1. 교통카드 데이터

본 연구는 코로나19의 확산에 따른 대중교통 수요변화를 파악하기 위하여 표 1에서 제시한 바와 같이 2019년과 2020년의 부산광역시 교

통카드 자료를 분석하였다. 분석에 사용된 부산광역시 교통카드 자료는 2019년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지 정류장별 버스(마을버스 포함)와 도시철도 승하차 통행 정보를 포함하고 있으며, 오픈소스 관계형 데이터베이스 시스템인 PostgreSQL을 이용하여 빅데이터 분석을 수행하였다. 전체 23억 2,323만 통행과 전체 6억 2,604만 통행자에 대한 일별 통행 수, 일별 통행자 수, 일별 수단별 통행 수, 일별 수단별 승하차 통행 수, 시간대별 통행 수 등을 분석하였다.

### 2. 코로나19로 인한 부산광역시 대중교통 수요변화 분석

부산광역시 교통카드 거래내역을 활용하여 코로나19 확산 이후 대중교통 일별 통행 수와 수단별 일별 통행 수를 그림 2와 같이 분석한 결과, 코로나19가 발생하기 전 2019년 대중교통 통행 수는 일 평균 368만 통행이고 코로나19가 확산된 2020년 대중교통 통행 수는 일 평균 276만 통행으로 일 평균 약 92만 통행이 감소한 것으로 나타났다. 특히, 그림 2(좌)에서 코로나19의 대유행 시기인 2020년 3월, 8월, 그리고 12월의 대중교통 통행 수는 2019년 같은 달에 비해 큰 폭으로 감소한 것을 확인할 수 있다. 수단별 일별 통행 수의 경우, 그림 2(우)에서 2019년 도시철도를 이용하는 교통카드 거래내역이 버스나 마을버스보다 많았으나 2020년 코로나19가 확산되면서 버스나 마을버스보다 더 큰 폭으로 감소하는 것을 알 수 있다.

본 연구는 코로나19로 인한 부산광역시 대중

TABLE 1. Summary of public transportation card data in Busan Metropolitan City

Category	Contents
Data item	Public transportation card data in Busan Metropolitan City
Data source	Public Transportation Information Analysis System of Busan Metropolitan City, <a href="http://bsctinfo.busanbus.or.kr/">http://bsctinfo.busanbus.or.kr/</a>
Analysis period	January 1, 2019 ~ December 31, 2020
Analysis method	Big data analysis with PostgreSQL
Analysis purpose	Number of daily trips, number of daily trip makers, number of daily trips for different modes, number of daily on- and off-trips for different modes, number of daily temporal trips, etc.

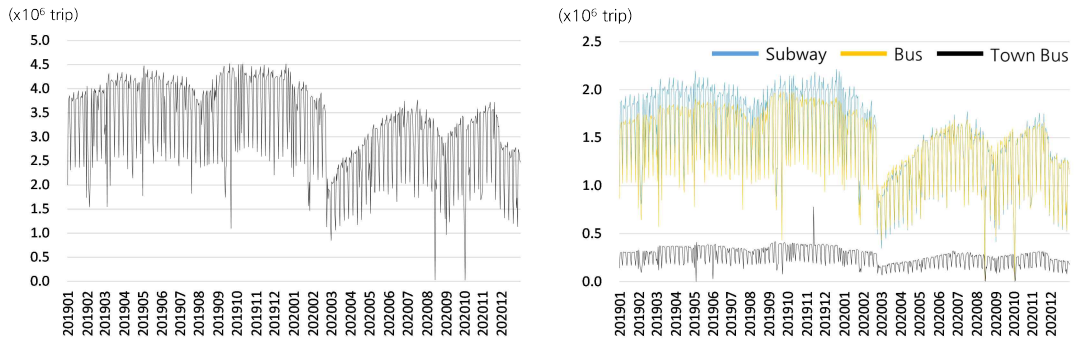


FIGURE 2. Number of daily public transportation trips by mode (Unit:  $10^6$ trips)

교통 수요변화를 공간적인 특성으로 해석하기 위해 부산광역시 전역의 대중교통 정류장(버스 정류장과 철도역) 좌표에 부산광역시 교통카드 거래 데이터를 결합한 후 205개 읍면동 기준으로 모든 대중교통 통행 수요를 재정의하였다. 읍면동 간 대중교통 정류장(버스정류장과 도시철도역) 개수의 차이를 보정하기 위해 읍면동별 대중교통 통행 수를 읍면동별 대중교통 정류장 개수로 나누어 표준화하였다. 부산광역시 205개 읍면동 중 대중교통 정류장이 존재하지 않는 광복동과 초량1동을 제외한 203개 읍면동을 대상으로 분석을 수행하였다.

그림 3(좌)는 코로나19 확산 전후인 2019년과 2020년의 읍면동별 연평균 일 통행 수를 비교한 결과이며 읍면동별 통행 수 추세선이 중심

선 아래로 향하고 있어 2019년에 비해 2020년의 읍면동별 대중교통 통행 수가 감소한 것을 확인할 수 있다. 또한 쌍체 t-검정 결과, t 통계량(9.698)의 유의확률이 0.00이므로 귀무가설(2019년 읍면동별 대중교통 통행 수는 2020년 읍면동별 대중교통 통행 수와 같다)을 기각한다. 다시 말해, 2020년 읍면동별 대중교통 통행 수는 2019년에 비해 감소했다고 할 수 있다.

그림 3(우)는 읍면동별 대중교통 통행량 변화의 정도를 나타내고 있다. 이 결과는 코로나19가 확산하기 전인 2019년과 코로나19가 확산된 2020년 대중교통 통행량 차이의 읍면동별 비율을 기초로 하고 있으며, 그룹 내 분산은 최소화하고 그룹 간 분산은 최대가 되게 하는 자연적 구분법(natural breaks)을 통해 4개의 등

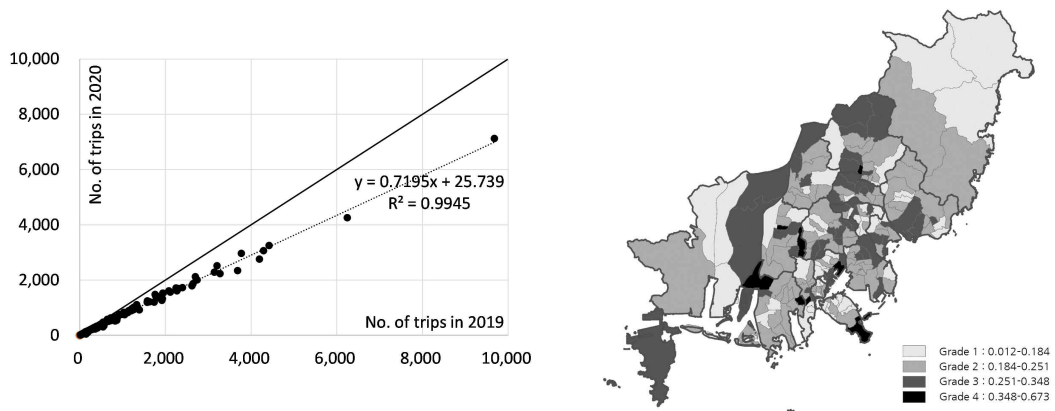


FIGURE 3. Analysis of public transportation demand change due to COVID-19

급으로 나누어 표현하였다. 비율의 값이 클수록 대중교통 통행량 변화가 큰 읍면동을 의미한다. 분석 결과, 대체로 도심에 위치한 읍면동일수록 코로나19로 인한 대중교통 통행량의 변화가 더 큰 것으로 나타났다.

## 코로나19의 확산이 대중교통 수요변화에 미치는 영향요인 분석

### 1. 변수의 설정

본 연구에서는 코로나19로 인한 부산광역시 대중교통 수요변화에 영향을 미치는 읍면동별

TABLE 2. Variables for ordered logistic regression model development

Variable	Description	Type	Source		
Dependent	4 rates of change in public transportation demand		A		
	Population density	Continuous	B		
Independent	Sex ratio	Male	Continuous	B	
		Female	Continuous		
	Demographic attributes	Age ratio	< 10s	Continuous	
			10s	Continuous	
			20s	Continuous	
			30s	Continuous	B
			40s	Continuous	
			50s	Continuous	
			≥ 60s	Continuous	
		Ratio of number of registered vehicles	Continuous	C	
		Employee ratio	Continuous	B	
		Ratio of welfare recipients	Continuous	D	
	Spatial attributes	Average official land value		Continuous	E
			Average slope	Continuous	F
Ratio of land use		Residential area	Continuous	F	
		Commercial area	Continuous		
		Industrial area	Continuous		
		Green area	Continuous		
Trip attributes		Number of bus stops	Continuous	G	
		Number of train stations	Continuous	E	
	Ratio of trip purpose	Commuter	Continuous	H	
		Day boarder	Continuous		
		Education institute	Continuous		
		Business	Continuous		
		Shopping	Continuous		
		Leisure	Continuous		
		Visiting relative	Continuous		
		Personal activity etc.	Continuous		
	Ratio of mode	Walking	Continuous	H	
		Car	Continuous		
		Bus	Continuous		
Train		Continuous			
Pandemic attributes	Number of disaster information transmissions	Continuous	I		
	Number of confirmed COVID-19 cases	Continuous	I		

Data sources: (A) Public Transportation Card Data (2020), (B) Statistics Korea (2019), (C) Busan Vehicle Registration Office (2019), (D) County Statistical Yearbook (2019), (E) National Geographic Information Institute (2019), (F) National Spatial Data Infrastructure Portal (2020), (G) Busan Metrobus Company Association (2020), (H) Household Travel Survey Data (2016), (I) National Disaster and Safety Portal (2020)

특성을 파악하기 위하여 순서형 로지스틱 회귀 분석을 수행하였다. 읍면동별 특성이 대중교통 수요변화에 미치는 영향을 분석하기 위해 이용한 변수는 표 2와 같다.

종속변수는 코로나19 확산 전후 대중교통 통행량 차이의 읍면동별 비율을 앞서 제시한 자연적 구분법을 통해 네 개의 등급으로 구분한 값이며, 독립변수는 읍면동별 대중교통 통행량 변화에 영향을 미칠 것으로 판단되는 인구 특성(13개 변수), 공간적 특성(여섯 개 변수), 통행 특성(15개 변수), 전염병 특성(두 개 변수)으로 설정하였다.

## 2. 순서형 로지스틱 회귀분석 결과

코로나19에 따른 부산광역시 대중교통 통행량 변화에 영향을 미치는 변수를 도출하기 위하여 표 3과 같이 순서형 로지스틱 회귀모형을 구축하였다. 모형의 적합도(MF test)는 유의확률 0.000( $p < 0.05$ )으로 매우 양호한 것으로 나타났고, 평행성 검정(TPL test)은 유의확률 0.903( $p > 0.05$ )으로 나타나 모형이 적합함을 확인할 수 있다. 모형의 설명력을 나타내는  $\rho^2$  값 또한 0.242(Nagelkerke)로 로지스틱 회귀분석

에서 정의하는 설명력 범위인 0.2~0.4에 포함되어 본 모형의 설명력이 확보되었다고 할 수 있다.

순서형 로지스틱 회귀분석 결과, 코로나19로 인한 부산광역시 대중교통 통행량 변화에 영향을 미치는 변수는 유의확률 0.1의 수준에서 통계적으로 유의한 변수만을 포함시켜 모형을 도출하였다. 기초생활수급자 비율(Ratio of welfare recipients), 공업지 면적 비율(Ratio of industrial area), 등교통행 비율(Ratio of day boarders), 철도 수단 분담률(Ratio of urban rail transit uses)로 나타났다.

기초생활수급자 비율은 대중교통 통행량 변화와 음(-)의 관계로 기초생활수급자 비율이 높은 부산광역시 읍면동일수록 코로나19로 인한 대중교통 통행량의 변화가 적은 것으로 나타났다. 저소득층은 다른 교통수단의 선택 기회가 제한적이므로 대중교통에 대한 의존도가 높기 때문이다. 따라서, 이들 지역에 거주하는 주민들의 이동성과 접근성의 개선을 위해 수요기반교통 체계(Demand Response Transit, DRT)를 구축하고 중소형 부정기 교통수단을 정책적으로 제공함으로써 팬데믹으로부터 안전한 통행이 가

TABLE 3. Output of ordered logistic regression model

	Category	Coef.	Std. Err.	Wald	Sig.
Limit	1	-1.192	0.410	8.448	0.004
	2	1.247	0.412	9.182	0.002
	3	3.719	0.539	47.634	0.000
Location	Ratio of welfare recipients	-3.659	1.541	5.640	0.018
	Ratio of industrial area	-3.458	1.967	3.090	0.079
	Ratio of day boarders	-10.693	4.274	6.259	0.012
	Ratio of urban rail transit uses	23.333	4.184	31.101	0.000
TPL test	Chi-squared			3.453	
	df			8	
	p			0.903 ( $p > 0.05$ )	
MF test	-2LL( $\theta$ )			417.795	
	Chi-squared			50.276	
	df			4	
	p			0.000( $p < 0.05$ )	
$\rho^2$	Cox & Snell			0.219	
	Nagelkerke			0.242	
	McFadden			0.105	



능하도록 해야 할 것이다.

공업지 면적 비율 또한 대중교통 통행량 변화와 음(-)의 관계로 공업지의 비율이 높은 부산광역시 읍면동일수록 코로나19로 인한 대중교통 통행량의 변화가 적은 것을 의미한다. 사회적 거리두기 시행으로 재택근무자가 늘어나고 있지만, 공업지역은 통근 통행과 같이 필수통행이 집중하는 지역이고 업무의 특성상 재택근무가 어려워 팬데믹 상황에서도 대중교통 통행량 변화가 크지 않은 것으로 나타났다. 코로나19와 같은 팬데믹 시기 동안 한시적으로 산업단지 주변 시내버스 노선을 확대하고 배차간격을 단축하여 차내 혼잡도를 낮추고 방역을 철저히 하여 안전과 근로자 편의를 도모해야 한다.

등교통행 비율 또한 코로나19로 인한 대중교통 통행량 변화에 영향을 미치는 유의미한 변수로 도출되었으며, 음(-)의 관계를 나타내었다. 다시 말해, 등교통행 비율이 높은 부산광역시 읍면동일수록 코로나19로 인한 대중교통 통행량의 변화가 적은 것으로 나타났다. 등교통행은 필수적으로 일어나는 목적통행으로 수단 전환의 기회가 자유롭지 않은 미성년자의 비율이 높아 대중교통에 대한 의존도가 크다고 할 수 있다. 통학 노선에 대해서는 방역 수칙을 엄격히 준수하도록 점검 체계를 강화하고, 대중교통 이용 방역 준수 스티커 부착, 대중교통 안심 방역 캠페인 등 대중교통 방역 홍보 수단을 통해 학부모 및 학생들의 불안감의 완화할 수 있을 것이다.

마지막으로, 철도 수단 분담률은 앞서 제시된 변수들과 달리 코로나19로 인한 대중교통 통행량 변화에 양(+)의 관계를 나타내었다. 철도 수단 분담률이 높은 부산광역시 읍면동일수록 코로나19로 인한 대중교통 통행량의 변화가 큰 것으로 나타났으며, 이는 부산시가 6개 지자체(서울, 대구, 대전, 광주, 인천, 부산) 중 도시철도 무임승차로 인한 손실 비율이 가장 높은 도시라는 점을 미루어 봤을 때, 도시철도를 무료로 이용하는 노년층이 외출을 자제함에 따라 발생한 현상으로 판단된다.

## 결론

2020년 코로나19로 인한 사회적 거리두기가 강화되면서 도시 전체적인 이동이 제한되었다. 또한 코로나19는 호흡기에서 배출되는 비말을 통해 감염되기 때문에 도시의 대량 수송을 전담하는 대중교통에 대한 수요가 큰 폭으로 줄어드는 현상이 나타났다. 본 연구는 코로나19가 확산하기 전후 2019년과 2020년에 해당하는 부산광역시 교통카드 자료의 빅데이터 분석을 통해 코로나19가 부산광역시 대중교통 수요에 미치는 영향을 정량적으로 분석한 결과, 2020년의 대중교통 통행 수가 2019년에 비해서 일 평균 약 92만 통행이 감소한 것으로 파악되었다. 또한, 부산광역시의 전체 버스정류장과 철도역에서 통행을 203개 읍면동 단위로 취합하여 2019년과 2020년 읍면동별 대중교통 통행 수의 변화율을 종속변수로 하는 순서형 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과, 기초생활수급자 비율, 공업지 면적 비율, 등교 통행 비율, 그리고 철도 수단 분담률이 코로나19 확산 전후 대중교통 통행 수 변화량에 유의미한 영향을 미치는 요소들로 도출되었다.

기초생활수급자 비율, 공업지 면적 비율, 등교 통행 비율은 코로나19의 확산에 따른 대중교통 통행량 변화에 대한 음(-)의 관계를 가진다. 다시 말해, 코로나19가 확산되고 사회적 거리두기가 확대되었음에도 이 세 요소로 특징지어지는 읍면동들은 코로나19와 같은 팬데믹의 상황에서도 대중교통에 대한 의존도가 높아 대중교통 수요가 감소하지 않는 것으로 나타났다. 반면, 철도수단 분담률은 대중교통 통행량 변화에 대한 양(+)의 관계를 가지는 요소로 무임승차하는 노인 이용객 감소와 밀폐된 철도를 피하는 이용객이 늘어남에 따라 대중교통 수요가 2019년에 비해 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과를 통해 포스트 코로나19 시대의 부산광역시 대중교통 정책은, 기초생활수급자의 비율이 높은 읍면동에서는 수요응답형 교통수단(DRT) 등 다양한 이동 수단을 제공해

야 할 것이며, 공업지 면적 비율이 높은 읍면동에서는 유연근무제를 통해 출퇴근 시간을 탄력적으로 조절할 필요가 있고, 등교 통행 비율이 높은 읍면동은 통학노선에 대한 방역 강화 및 대중교통 안심 방역 캠페인 확대가 요구된다. 마지막으로 철도수단 분담률이 높은 읍면동의 대중교통 이용 정상화를 위해 대중교통 시설에 대한 방역 강화가 필요하다. 따라서, 코로나19와 같은 팬데믹에 효율적으로 대응하기 위해서는 획일적인 교통정책보다는 지역의 특성을 고려한 차별적인 교통정책의 수립과 집행이 필요하다.

향후 전국단위의 자료 수집·분석을 통해 국가적 재난 상황에서 대중교통 정책 수립을 위한 연구를 수행할 수 있을 것으로 보이며, 코로나 팬데믹 상황이 지속된 2020년 이후 자료를 추가 활용하여 방역 정책 및 대중교통 정책에 따른 효과를 분석하는 연구를 수행할 수 있을 것으로 판단된다. **KAGIS**

## REFERENCES

- Abdullah, M., N. Ali, A.B. Aslam, M.A. Javid and S.A. Hussain. 2022. Factors affecting the mode choice behavior before and during COVID-19 pandemic in Pakistan. *International Journal of Transportation Science and Technology* 11(1):174-186
- Brough, R., M. Freedman and D.C. Phillips. 2021. Understanding socioeconomic disparities in travel behavior during the COVID-19 pandemic. *Journal of Regional Science*, 61(4):753-774
- Bucsky, P. 2020. Modal share changes due to COVID-19: the case of Budapest. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8, 100141(?)
- Caicedo, J.D., J.L. Walker and M.C. González. 2021. Influence of socioeconomic factors on transit demand during the COVID-19 pandemic: A case study of Bogota's BRT system, *Frontiers in Built Environment*, 7, 632344
- Downey, L., A. Fonzone, G. Fountas and T. Semple. 2021. Impact of COVID-19 on travel behaviour, transport, lifestyles and location choices in Scotland, *arXiv preprint arXiv:2104.10440*
- Hu, S. and P. Chen. 2021. Who left riding transit? Examining socioeconomic disparities in the impact of COVID-19 on ridership, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 90, 102654.
- Hu, Y., W. Barbour, S. Samaranyake and D. Work. 2020. Impacts of COVID-19 mode shift on road traffic, *arXiv preprint arXiv:2005.01610*
- Kim, J. and M.P. Kwan. 2021. The impact of the COVID-19 pandemic on people's mobility: A longitudinal study of the US from March to September of 2020, *Journal of Transport Geography*, 93, 103039
- König, A. and A. Dreßler. 2021. A mixed-methods analysis of mobility behavior changes in the COVID-19 era in a rural case study, *European Transport Research Review*, 13(1):1-13
- Lee, G., S. Choo, K.Y. Kim and J. Joung. 2021. Analysis of factors affecting perceived risk of COVID-19 infection in public transportation, *Journal of ????* 39(5):643-661 (이경제, 추상호, 김기용, 정준영, 2021, 대중교통 이용특성과 코로나 19 감염 위험 인식에 미치는 요인 분석. *대한교통학회지* 39(5):643- 661).
- Liu, L., H.J. Miller and J. Scheff. 2020. The impacts of COVID-19 pandemic on

- public transit demand in the United States, *Plos one*, 15(11), e0242476
- Orro, A., M. Novales, Á. Monteagudo, J.B. Pérez-López and M.R. Bugarín. 2020. Impact on city bus transit services of the COVID-19 lockdown and return to the new Normal: The case of A Coruña (Spain), *Sustainability*, 12(17):7206
- Parker M.E., M. Li, M.A. Bouzaghrane, H. Obeid, D. Hayes, K.T. Frick, D.A. Rodríguez, R. Sengupta, J. Walker and D.G. Chatman. 2021. Public transit use in the United States in the era of COVID-19: Transit riders' travel behavior in the COVID-19 impact and recovery period, *Transport Policy*, 111:53-62
- Przybylowski, A., S. Stelmak and Suchanek. 2021. Mobility behaviour in view of the impact of the COVID-19 pandemic—Public transport users in Gdansk case study, *Sustainability*, 13(1):364.
- Swoboda-Colberg, S., H. Huang and F.H. Liao. 2021. Analyzing the effects of COVID-19 on human mobility and transit ridership in the Pacific Northwest Region (No. 2020-COV-UI-1), Pacific Northwest Transportation Consortium
- Tan, L. and C. Ma. 2021. Choice behavior of commuters' rail transit mode during the COVID-19 pandemic based on logistic model, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(2):186-195
- Wang, D., B.Y. He, J. Gao, J.Y. Chow, K. Ozbay and S. Iyer. 2021. Impact of COVID-19 behavioral inertia on reopening strategies for New York City transit, *International Journal of Transportation Science and Technology*, 10(2):197-211
- Wielechowski, M., K. Czech and Ł. Grzęda. 2020. Decline in mobility: public transport in Poland in the time of the COVID-19 pandemic, *Economies*, 8(4):78
- Zhang, N., W. Jia, P. Wang, C.H. Dung, P. Zhao, K. Leung, B. Su, R. Cheng and Y. Li. 2021. Changes in local travel behaviour before and during the COVID-19 pandemic in Hong Kong, *Cities*, 112, 103139 