

코로나19 감염에 영향을 미치는 지역 특성 및 공간적 연결성 분석: 전국 246개 시군구를 대상으로*

Analysis of the Impact of Regional Characteristics and Spatial Connectivity on the COVID-19 Infections: A Case Study of 246 Cities in Korea

이조은 Lee Joeun**, 이경환 Lee Kyunghwan***

Abstract

The spread of the COVID-19 virus has had a serious impact on Korea as well as the world. Although there is a great deal of discussion on changes in urban planning that are necessary to cope with infectious diseases, studies on the impact of regional characteristics on infectious diseases are lacking. Therefore, the purpose of this study was to analyze the impact of regional characteristics and spatial connectivity on the spread of COVID-19 infection for 246 cities in Korea. Spatial regression analysis was conducted to control spatial autocorrelation, and as a result of the analysis, the optimal model was found to be a spatial error model (SEM). Specifically, it was found that higher populations, population density, building density, and pedestrian road density was correlated with higher numbers of confirmed COVID-19 cases, while higher job-housing balance was correlated with lower numbers of confirmed patients. In addition, an important factor that influences spread of the virus was not only internal traffic, but also external traffic to areas with severe COVID-19 infection numbers. This study establishes some basic data and empirically analyzes the influence of regional characteristics at a time when urban problem solving is required due to the rapid spread of COVID-19.

Keywords: COVID-19, Regional Characteristics, Spatial Connectivity, Spatial Regression Analysis, Infectious Disease-responsive Urban Planning

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

2019년 12월 중국 우한에서 코로나바이러스감염증-19 (COVID-19, 이하 코로나19)가 발생한 이후 2023년 3월

8일 기준 전 세계 누적확진자 수는 약 7억 4,100만 명, 누적사망자 수는 약 680만 명에 이르렀다. 국내에서도 2020년 1월에 첫 코로나19 확진자가 발생한 이후 2023년 3월 14일 기준 총 30,650,330명의 확진자가 발생하였으며, 그중 34,121명이 사망하였다(질병관리청 2022). 계속된 변이 바이러스의 재유행 등으로 인하여 코로나

* 본 논문은 2022년 대한민국 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1F1A1073283).

** 공주대학교 도시융합시스템공학과 석사과정(제1저자) | Master's Candidate, Department of Urban Systems Engineering, Kongju National University | Primary Author | joeun_411@naver.com

*** 공주대학교 도시융합시스템공학과 교수(교신저자) | Professor, Department of Urban Systems Engineering, Kongju National University, | Corresponding Author | khlee39@kongju.ac.kr

19가 발생한 지 약 2년 10개월이 넘는 현 시점에도 확산세를 막지 못하고 속수무책으로 당하고 있어 인류는 패닉상태에 빠졌다. 이 때문에 우리는 코로나19 바이러스를 21세기 최악의 재앙이라고 부른다.

뉴욕, 밀라노, 도쿄 등 세계 각국의 대도시에서 코로나19 감염률은 심각했다. 대한민국 또한 지방도시보다 서울과 수도권에서 코로나19가 더욱 심각하게 확산되었다. 이 도시들의 공통점은 교통시스템을 잘 갖췄고 인적 교류가 활발하며, 고밀 형태의 대도시로 형성되어 있다는 것이다. 지난 수십 년간 서구 도시계획에서 각광받는 주류 도시계획이론은 압축도시(Compact City) 이론으로 도시의 다양한 기능과 서비스를 한데 모으고, 인프라가 집중된 지역에 고밀도 복합개발을 지향하며, 도심-부도심-외곽에 이르는 공간네트워크를 대중교통으로 연결함으로써 각종 도시인프라의 효율을 높이는 형태를 지향해왔다. 압축도시의 시민들이 한정된 공간에서 생활하기 때문에 전기나 휘발유, 물 등을 덜 쓰게 되며, 승용차 의존도가 낮아지면서 대중교통을 이용하기 때문에 온실가스 배출량 감축에 크게 기여하였다(이시철 2020, 140).

하지만 앞서 언급한바, 코로나19로 인한 피해가 큰 도시를 또한 각국의 대도시로, 대부분 고밀도 복합개발을 지향하는 압축도시이다. 인구와 시설, 서비스가 집적되어 있기 때문에 비말, 사람 간의 접촉 등을 통해 전파가 이루어지는 코로나19 특성상 압축도시에서는 전염이 더 쉽고 빠르게 확산될 가능성이 높다. 이에 대응하여 우리 사회는 인구 밀집, 접촉 빈도 등 사람 간의 물리적 인접성을 낮추기 위하여 이동을 제한하고 다수가 모이는 활동을 억제하는 '사회적 거리두기' 등의 방역체제를 통하여 코로나19 확산을 차단하려고 노력하였다.

코로나19 발생 이후 고밀복합도시에 대한 두려움이 커지고 저밀분산형 도시에 대한 관심이 높아짐에

따라 감염병과 도시형태에 대한 논의가 계속되고 있다(Yeom, Kang, Ha and Jung, 2020). 한편으로는 도시로 인구가 집중될수록 인프라 및 의료서비스 등의 효율성이 높아져 오히려 코로나19와 같은 전염병에 탄력적인 대처가 가능하다는 주장도 제기되고 있다. 이처럼 감염병에 대응하기 위해서는 도시공간구조 변화가 필요하다. 하지만 이에 대한 구체적인 근거가 없으며, 실제 어떤 도시공간구조가 감염병 대응에 유리한지, 그리고 감염에 영향을 미치는 요인은 무엇인지 실증적으로 분석한 연구는 아직까지 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 우리나라를 대상으로 코로나19 감염에 실질적으로 영향을 미치는 다양한 지역적 특성 및 공간적 연결성을 분석하고 이를 토대로 감염병에 효율적으로 대처하기 위한 도시계획 방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 관련 이론 및 선행연구 검토

코로나 바이러스(CoV)는 SARS-CoV-2 감염에 의한 호흡기 중후군으로 사람과 다양한 동물이 감염될 수 있는 유전자 크기 27~32kb의 RNA 바이러스이다. 2019년 12월 중국 우한에서 코로나19가 처음 발생한 뒤 전 세계로 확산되었으며, 주로 감염자의 호흡기 침방울(비말), 사람 간에 밀접 접촉, 그리고 비말 이외에 제한적으로 표면 접촉, 공기 등을 통해서도 전파가 이루어진다. 2020년 1월 20일 한국을 방문한 중국인이 국내 최초 감염자로 확진되면서 2월 23일 약 한 달 만에 감염병 위기경보가 최고 수준인 '심각' 단계에 이르렀다(질병관리본부 2020).

발생 초기, 우한에서 가까운 중국 대륙으로 코로나19가 확산되는 것을 막기 위하여 중국은 후베이성을

봉쇄하는 정책을 펼쳤지만 그럼에도 확진자는 세계 각국으로 퍼져나갔다. 초연결 사회에서 국가 간 이동을 제어하는 것은 사실상 불가능하기 때문에 초기에는 발원지와 가까운 중국 내륙에서 확산되었으나 인적, 물적 교류에 따라 점차 세계 전역으로 확산되었다(하경준 2020, 57). 세계 각국에서는 코로나19의 확산을 막기 위하여 일시적으로 모든 국경을 폐쇄하거나 여행 제한, 외출 통제, 봉쇄 등 여러 대응정책을 펼치기도 하였지만 도시기능이 마비되면서 다양한 문제들이 연쇄적으로 발생하였으며 이로 인해 더 큰 타격을 입는 결과를 초래하였다.

역사적으로 코로나19와 같은 팬데믹(pandemic)은 주기적으로 발생하였으며, 도시계획은 감염병으로 인해 위기에 빠진 도시에 새로운 대안을 제시함으로써 도시가 지속적으로 발전할 수 있는 사회적 기반을 마련하였다. 기원전 5세기 아테네 도시 내에 장티푸스가 유행하여 큰 피해를 입었을 때 히포다무스(Hippodamus)는 도시 내부를 격자형 가로망으로 배치하고 인구를 분산시켜 감염병에 대처하였다(박샘 2021). 또한 산업혁명 시기 콜레라 유행은 영국과 프랑스의 비위생적인 도시 환경을 시정하기 위하여 도시인프라를 구축하는데 크게 기여하였으며, 14세기 유럽에서는 흑사병에 대응하기 위해 열악한 도시환경을 철거하고 넓은 도로와 도시공원을 조성하는 등 팬데믹으로 인해 발생한 다양한 문제들을 도시계획을 통해 해결하였고, 이는 근대 도시계획 발달에 기여하였다. 근대 산업화 이후에도 도시계획은 공중위생의 관점에서 중요한 역할을 수행하였다. 1854년 런던에서 발생한 콜레라의 감염경로를 파악하던 존 스노우(John snow) 박사는 콜레라 발병자 및 사망자의 집들을 지도에 표시한 결과 마을의 우물 근처에서 콜레라가 발생하고 있다는 규칙성을 발견하였는데, 이는 공간정보를 이용하여 감염병의 원인을 파악한 대표적인 사례로 회자된다(하

경준 2020, 60-61).

앞에서 살펴본 바와 같이 감염병으로 인한 도시문제를 해결하기 위해 도시계획 분야에서 꾸준히 노력해왔으며 최근 들어서는 코로나19 관련 빅데이터를 활용하여 코로나19 바이러스 전파의 시공간적 특징 및 영향요인을 분석하는 연구가 진행되고 있다. 주요 연구들을 살펴보면 Kang, Choi, Kim and Choi(2020), Bhadra, Mukherjee and Sarkar(2021)의 연구에서는 인구밀도가 높을수록 코로나19 전염 위험이 높은 것으로 나타났지만, Federgruen and Naha(2021)의 연구에서는 인구밀도와 감염 위험도는 통계적으로 유의미한 상관관계가 발견되지 않았으며, Andersen, Harden, Sugg, Runkle et al.(2021)의 연구에서는 의료종사자 수가 많을수록 감염 위험이 높은 것으로 나타났지만 Perone(2021)의 연구에서는 의사 밀도가 높을수록 감염 위험이 낮아지는 것으로 나타나 국가별로 상이한 연구결과를 보인다. Andersen, Harden, Sugg, Runkle et al.(2021)은 지역의 인구 특성에 초점을 맞춰 연구를 진행하였으며, 이를 통해 흑인인구 비율이 높은 도시지역, 생산 및 운송자재 이동 직종 비율이 높은 지역, 노인과 장애인 비율이 높은 지역에서 코로나19로 인한 사망률이 더 높다는 것을 밝혀냈다.

한편, 도시의 이동성 및 공간적 연결성 또한 코로나19 감염에 영향을 미치는 중요한 요인으로 다루어지고 있다. 이와 관련하여 Rex, Borges and Käfer(2020)의 연구에서는 고속도로와 공항이 코로나19 확산에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, Kwok, Wong, Chan and Kwan et al.(2021)의 연구에서는 도로망의 연결성이 코로나19 확산에 영향을 미치는 중요한 요인으로 나타났다. 또한 미국 대도시를 대상으로 연구를 진행한 Hamidi, Sabouri and Ewing(2020)은 도시의 밀도는 코로나19 확산에 영향을 미치는 유의한 요인이 아니며, 오히려 연결성이 중요한 요인이라고 주장하였다.

실제 중국의 도시들을 대상으로 한 Ren, Zhao, Zhang and Song et al.(2020)의 연구에서도 베이징과 광저우의 경우 높은 인구밀도가 코로나19 확산에 영향을 미치지 만 심천의 경우 인구밀도와 코로나19 감염률 사이에 유의미한 상관관계가 나타나지 않았다. 오히려 코로나 19 감염 위험이 높은 지역은 도로 및 버스정류장 밀도가 높은 특징을 보이며, 따라서 이동성과 연결성이 코로나19에 영향을 미치는 중요한 요소라고 주장하였다.

Kang, Choi, Kim and Choi(2020)는 중국 본토 지역을 대상으로 코로나19 감염의 공간적 연관성이 있는지 분석한 결과 지리적으로 인접한 지역 간 코로나19 확산이 발견되었으며, 영국을 대상으로 한 Ghosh, Nundy, Ghosh and Mallick(2020)의 연구에서도 코로나19의 전원이던 런던에서 다른 4개 도시까지 거리가 가까울수록 코로나19 감염률이 높아지는 것으로 나타났다. 또한 중국 우한을 대상으로 한 Liu, Liu, Li and Zhu et al.(2021)의 연구에서는 우한으로의 인구이동이 코로나19 확산에 영향을 미친다는 결론을 도출하고 이동성으로 인한 인접지역 간 공간적 연관성이 존재한다고 주장하였으며, Meng, Wang, Liu and Wu et al.(2005)은 도시와 농촌의 외부연결 등으로 인하여 두 지역에서 균일한 감염 패턴이 일어난다고 주장하였다. 홍콩을 대상으로 한 Kwok, Wong, Chan and Kwan et al.(2021)의 연구에서는 지역의 사회·인구학적 특성보다 도시의 기하학적 특성이 코로나19 확산에 더 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

국내 도시를 대상으로 한 연구들을 살펴보면, 이진희, 박민숙, 이상원(2021)은 코로나19의 시공간적 확산 패턴을 분석한 결과 도시의 연결성이 코로나19 확산에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 수도권을 대상으로 한 서현승(2021)의 연구에서는 도시 및 상업건물 밀도, 공동주택 건폐율, 재정자립도가 높을수록 코로나19 감염률이 감소하고, 반대로 단독주택 건폐율, 공동주택

용적률 및 노후도, 경사도가 높아질수록 코로나19 감염률이 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 도시형태와 코로나19 확산의 상관관계를 분석하는 연구도 진행되었는데 Yeom, Kang, Ha and Jung(2020)은 한국의 수도권을 대상으로 도시형태가 코로나19 확산에 미치는 영향을 분석한 결과 연결성이 높고, 밀도가 낮은 도시에서 코로나19 감염률이 높은 것으로 나타났으며, 도시 간 외부연결성이 증가할수록 코로나19 확산이 심각해지는 것으로 나타났다. 하지만 위 연구는 공간적 범위가 한국의 수도권에 한정되어 있어 지방도시의 다양한 도시형태 특성을 반영하는 데 한계가 있다.

위에서 살펴본 바와 같이 코로나19 확산에 영향을 미치는 지역적 특성을 분석하는 다양한 연구가 최근 들어 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있다. 하지만 인구밀도 및 의료종사자 수와 관련해서는 상반된 주장이 제기되는 등 코로나19 확산에 영향을 미치는 도시환경 특성에 대한 실증연구들은 국내는 물론 해외에서도 아직 부족한 실정임을 알 수 있다. 또한 앞서 선행연구들을 통하여 지역 간의 연결성이 코로나19 발생에 영향을 미치는 중요한 요인으로 나타났지만 위 연구들은 주로 고속도로와 공항, 버스정류장 밀도 등과 같은 간접변수를 활용함으로써 지역 간의 연결성이 코로나19 감염에 미치는 영향을 충분히 대변하기는 어려울 것으로 판단된다. 도시형태의 경우 국내에서 수도권을 대상으로 분석한 연구가 진행되었지만, 이는 지방도시의 다양한 도시형태 특성을 반영하는 데 한계가 있어 이에 대한 실증연구가 필요한 상황으로 판단된다.

2. 연구 목적

본 연구는 우리나라 246개 시군구를 대상으로 코로나 19 감염 및 확산에 영향을 미치는 지역적 특성 및 공간적 연결성을 실증적으로 분석하고, 이를 통해 감염

병에 효율적으로 대응하기 위한 도시계획 방향을 제시하기 위하여 다음과 같은 연구 목적을 설정하였다.

첫째, 도시의 지역적 특성이 코로나19 감염 및 확산에 미치는 영향을 분석한다. 선행연구를 통해 살펴본 바와 같이 코로나19 발생 및 확산에는 다양한 영향요인이 존재한다. 또한 도시공간구조와 관련하여 인구와 시설들이 밀집하는 단핵집중형 도시는 코로나19에 취약하기 때문에 정책적으로 인구를 분산할 수 있는 다핵분산형 도시로 도시공간구조가 변화해야 한다는 주장도 제기되고 있지만 이에 대한 반론도 존재한다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 상황에 비추보았을 때, 코로나19 감염 및 확산에 영향을 미치는 지역적 특성은 무엇이며, 도시공간구조에 따라 코로나19 감염 및 확산 위험이 어떻게 달라지는지 실증적으로 분석한다.

둘째, 지역 간 공간적 연결성이 코로나19 감염 및 확산에 미치는 영향을 분석한다. 관련 선행연구들을 살펴보면 지리적으로 인접한 지역들 사이에 감염병이 확산될 가능성이 높은 것으로 나타난다. 하지만 공간적으로 인접해 있지 않더라도 지역 간 통행은 코로나19 확산에 영향을 미치는 중요한 요인이 될 수 있다. 이에 본 연구에서는 지역 간 통행량을 기반으로 지역 간 공간적 연결성을 측정할 수 있는 새로운 변수를 구축하고 공간적 연결성과 코로나19 감염 및 확산의 상관관계를 실증적으로 분석한다.

III. 자료구축 및 분석방법

1. 연구문제 설정 및 자료수집 방법

본 연구는 국내 246개의 시군구를 대상으로 연구를 진행하였다. 또한 앞서 검토한 선행연구들을 토대로 코로나19 감염 및 확산에 영향을 미치는 지역적 특성

및 공간적 연결성 분석을 위해 다음과 같은 연구문제를 설정하고 관련 자료를 구축하였다.

첫째, 인구 밀집 및 사회적 접촉을 유발하는 지역적 특성은 코로나19 감염 및 확산에 영향을 미치는가? 앞선 논의에 의하면 인구 밀집은 감염병 확산에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 높다. 이에 본 연구에서는 인구 밀집 수준을 측정하기 위해 인구수, 인구밀도, 건물밀도를 변수로 사용하였으며, 그 밖에 토지이용 혼합도, 1인당 녹지면적, 보행자도로밀도 변수를 추가하여 사용하였다. 토지이용의 혼합적 사용은 보행량을 증가시키며(이정환, 안건혁 2007) 이는 인구 밀집을 유발할 수 있기 때문에 엔트로피 지수(Entropy Index)를 이용하여 토지이용혼합도 변수를 구축하였으며, 구체적으로는 용도별 연면적 자료를 주거, 상업, 공업으로 분류하여 계산하였다. 이시철(2020, 144)은 도시 속 녹지공간과 오픈 스페이스(open space)를 확대하는 것이 인구를 분산하는 데 효과적이며, 감염 위험이 높은 폐쇄된 실내공간 대신 야외공간으로 사람들을 유도할 수 있도록 녹지를 확충해야 한다고 주장하였는데, 이를 확인해보고자 1인당 녹지지역 면적을 변수로 사용하였다.

또한 코로나19에 대응하기 위해 사회적 거리두기를 실시하는 과정에서 전 세계적으로 보행자가 감소하였다. Kwok, Wong, Chan and Kwan et al.(2021)의 연구에 따르면 보행이동성이 제한된 도로 네트워크로 인해 코로나19 확산이 감소하고 사회적 접촉 또한 감소한 것으로 나타났다. 따라서 보행활동이 코로나19 감염에 미치는 영향을 파악하기 위해 보행자도로밀도를 주요 변수로 사용하였다.

둘째, 지역의 생활수준과 의료인프라는 코로나19 감염 및 확산에 어떤 영향을 미치는가? Li, Zhou, Jia and Peng et al.(2020), Meng, Wang, Liu and Wu et al.(2005)의 연구에 의하면 병원과 같은 의료인프라가 코로나19

감염에 있어 가장 큰 전염원 중 하나이며, 병원 방문빈도가 높은 사람들의 경우 병원 주변에서 교차 감염이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 인구 천 명당 의료기관 병상 수를 주요 변수로 사용하였다. 또한 지역의 경제력이 코로나19 감염에 영향을 미치는지 파악하기 위하여 재정자립도를 변수로 사용하였다.

셋째, 도시공간구조는 코로나19 감염 및 확산에 어떤 영향을 미치는가? 본 연구에서는 이를 실증적으로 분석하기 위해 서승연, 김승남, 이경환(2014)의 연구를 참고하여 종합압축도지표(TCI)와 중심지 분포 패턴지수를 도시공간구조를 나타내는 변수로 구축하였다. 먼저 종합압축도지표는 각 도시의 인구수와 고용자 수를 이용하여 상이성 지표, 타일 지표, 상대 엔트로피 지표, 허핀달 지표를 측정한 후 산출된 4개 지표의 표준화 값을 선형 결합하여 산정하였다. 각 지표의 구체적인 산정식은 (1)~(4)와 같다.

$$ID = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N |X_i - Y_i| \quad (1)$$

ID: 상이성 지표
 X_i : i 동의 면적비율
 Y_i : i 동의 인구수(고용수)비율
 N : 동의 수

$$T = \sum_{i=1}^N \left(\frac{a_i}{A} \times \ln \frac{a_i/A}{P_i/P} \right) \quad (2)$$

T : 타일 지표
 a_i : i 동의 면적
 P_i : i 동의 인구수(고용수)
 A : 시 전체 면적
 P : 시 전체 인구

$$RE = \ln(N) - \sum_{i=1}^N \left(\frac{D_i}{N} \right) \times \ln \left(1 / \frac{D_i}{N} \right) \quad (3)$$

RE: 상대 엔트로피 지표
 D_i : 행정동 i 의 인구(고용)밀도
 D_i : $\sum_{i=1}^N (D_i)$
 N : 행정동 수

$$H = \sum_{i=1}^N \left(\frac{D_i}{N} \right)^2 \quad (4)$$

H : 인구(고용)밀도 허핀달 지표
 D_i : 행정동 i 의 인구(고용)밀도
 D_i : $\sum_{i=1}^N (D_i)$
 N : 행정동 수

이어서 중심지 분포 패턴지수는 각 도시의 행정동별 고용밀도 표준화 값과 고용자 수 비율을 이용하여 단핵과 다핵으로 구분하였으며, 각 행정동의 고용밀도 표준화 값을 산정하고 고용밀도 표준화 값이 1 이상인 지역을 고밀 중심지 후보지역으로 판단하였다. 도시의 중심지역이 하나일 경우 단핵, 두 개 이상일 경우 다핵으로 구분하여 분석하였다. 고용밀도 표준화 값 산정식은 (5)와 같다.

$$Z\text{-score} = \frac{X_i - m}{\sigma} \quad (5)$$

$Z\text{-score}$: 표준화 값
 X_i : i 지역의 고용밀도
 m : 평균고용밀도
 σ : 표준편차

또한 사람들의 장거리 이동을 최소화할 수 있도록 많은 국가에서는 자족 생활권 형성을 위해 15분 도시, 20분 커뮤니티와 같이 작은 도시를 만드는 계획을 추진하고 있는데 실제 직주근접성이 코로나19 감염 및 확산에 어떤 영향을 미치는지 분석하기 위해 직주균형도를 변수로 사용하였다. 이는 일정 지역 내 직장에 대한 총 주택의 비율로 직주균형도가 1보다 작을수록 직주불균형이 발생하며, 1에 가까울수록 직장주거이 총량적으로 균형을 이룬 상태임을 나타낸다.

넷째, 공간적 연결성은 코로나19 감염에 영향을 미치는가? 앞선 선행연구를 통해 물리적인 인접성은 코로나19 확산에 영향을 미치는 중요한 요인이 될 수 있음을 확인할 수 있는데, 본 연구에서는 이에 대한 검증에 위해 공간회귀분석을 실시하였다. 또한 물리

적인 인접성과 함께 고려해야 할 요인은 통행량을 기반으로 한 각 지역의 공간적 연결성이다. 즉 물리적인 거리는 가깝지 않더라도 지역 간 통행량이 많은 경우(예: 통근) 코로나19 감염 및 확산에 영향을 미칠 수 있다. 이에 본 연구에서는 코로나19 감염에 영향을 미칠 수 있는 공간적 연결성을 좀 더 정확하게 측정할 수 있는 지표를 구축하여 활용하고자 하였다. 공간적 연결성은 내부연결성과 외부연결성으로 구분할 수 있는데, 본 연구에서는 SDC(Statistics Data Center, 통계

데이터센터)에서 제공하는 통신 모바일 관내이동량 데이터를 활용하여 도시 내부에 거주하는 시민들의 도시 내부 통행량을 내부연결성 변수로 구축하였으며, 외부연결성을 나타내는 변수로는 국가교통DB에서 제공하는 2019년 전국 지역 간 기종점 통행량 데이터 기반으로 지역 간 통행량과 해당 도시의 감염자 수를 곱한 감염연결성지수를 산정하여 변수로 구축하였다. 본 연구에서 선정한 변수의 각 영역별 측정 항목 및 기술 통계량은 <표 1>과 같다.

표 1_각 영역별 측정 항목 및 기술 통계량

변수			변수설명	최소값	최대값	평균	표준편차
독립 변수	인구 및 사회경제학적 특성	인구수	전체 인구수 (명)	9077	1186078	227320.28	224732.61
		인구밀도	전체 인구수 / 시군구 면적 (명/ km^2)	19.25	26002.35	3643.83	5874.43
		재정자립도	(자체수입÷자치단체 예산규모) ×100(%)	6.10	66.30	20.24	11.88
		인구 천 명당 의료기관 병상 수	(총병상수÷주민등록인구)×1,000(개)	0.00	68.50	14.84	9.84
	토지이용 및 도시공간구조 특성	건물밀도	전체 건물 수 / 시군구 면적 (개/ km^2)	1.00	997.56	160.75	237.66
		보행자도로밀도	보행자도로 면적 / 시군구 면적 (m^2)	0	0.0046	0.0003	0.0006
		1인당 녹지면적	녹지지역 면적/ 도시지역 인구수 (m^2 /명)	0.20	4245.03	553.70	587.41
		토지이용혼합도	$LUM = - \sum_{i=1}^k \frac{(p_i) * \ln(p_i)}{\ln(k)}$ (k=총용도의 개수, p_i =용도면적 비율)	0.01	1.04	0.35	0.36
		직주균형도	전체 사업체 수/전체 주택 수 (%)	0.14	1.44	0.24	0.12
		종합압축도지표	압축=1, 분산=0	0	1	0.52	0.50
		중심지분포 패턴지수	다핵=1, 단핵=0	0	1	0.59	0.49
	연결성 특성	내부통행량	관내 인구통행량(건)	8555.72	1290904.64	282004.82	243591.03
		감염연결성지수	$\frac{\sum_{n=245}^i (i\text{도시의 통행량} \times i\text{도시의 총확진자수})}{\text{총 통행량}}$	42.02	25280.88	12.09.39	2947.60
종속 변수		전체 코로나19 확진자 수	2020년 1월 20일~2021년 5월 2일까지의 코로나19 확진자 수 (명)	2	3053	503.07	617.425

코로나19 감염 및 확산 수준을 측정하기 위해 각 시군구별 코로나19 확진자 수를 데이터로 구축하고 종속변수로 활용하였다. 코로나19 확진자 수 구축을 위해 데이터온(<https://data-on.co.kr>)에서 제공하는 전국 시군구별 코로나19 발생 현황자료를 활용하였으며, 이는 각 지자체에서 제공하는 코로나19 확진자 수를 수집한 자료로 2020년 1월 20일부터 2021년 5월 2일까지 시군구별 총 확진자 수 데이터를 활용하여 구축하였다. 코로나19 확진자 수에 영향을 미치는 지역적 특성은 선행연구 결과를 토대로 구축하였다. 총 13개 변수의 원시자료는 KOSIS 국가통계포털, 국가교통DB 등에서 제공하는 자료를 구축하였으며, 건물밀도, 토지이용혼합도, 직주균형도 변수의 경우에는 국가공간정보포털에서 제공하는 자료를 통해 QGIS 프로그램을 활용하여 시군구 단위로 재가공하여 변수를 구축하였다. 각 자료는 2021년 기준 가장 최신자료를 이용하여 구축하였다.

2. 분석 방법

본 연구는 코로나19 감염 및 확산에 영향을 미치는 요인 분석을 위해 공간회귀분석을 이용하였다. 공간 데이터가 갖고 있는 특성으로 인해 공간적 의존성과 공간적 이질성이 심각하게 발생한다면 일반회귀모형(OLS)을 사용하는 경우 상당한 오류를 산출하게 된다(이희연, 노승철 2013). 따라서 공간 데이터가 갖고 있는 공간 효과를 통제함으로써 모델의 추정 결과에 대한 신뢰도를 높이기 위해서는 공간회귀분석을 수행할 필요가 있다.

먼저 코로나19 감염의 공간적 자기상관성을 측정하고자 전역적 자기상관 지수인 Morans'I을 도출하였다. 하지만 전역적 Morans'I는 연구대상지역 전체의 공간적 자기상관성을 하나의 값으로 측정하여 나타내

기 때문에 해당 지역 내에서의 공간적 연관성에 대한 국지적 구조를 파악할 수 없다(이희연, 노승철 2013). 따라서 국지적 차원의 공간적 연관성을 측정하기 위하여 국지적 공간상관지수인 LISA(Local Indicator of Spatial Association) 지표를 산출하여 군집 패턴을 확인하였다.

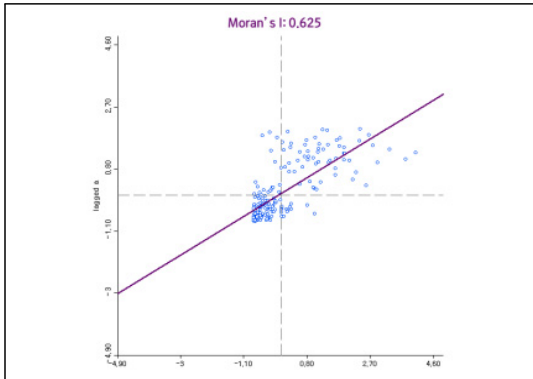
본 연구에서는 공간적 자기상관 여부 측정 결과에 맞춰 일반회귀모형(OLS, Ordinary Least Squares)과 공간시차모형(SLM, Spatial Lag Model), 공간오차모형(SEM, Spatial Error Model)을 이용하여 분석을 실시하였다. 공간적 자기상관성이 존재한다면 LM(Lagrange Multiplier) 진단과 Robust LM 진단을 통해 적합한 공간회귀분석모형을 진단하여야 하는데, 본 연구에서는 모형 간의 상대적 적합도를 비교할 수 있는 R^2 , Akaike Info Criterion(AIC)값, Schwarz Criterion(SC), LL(Log likelihood)의 값을 비교하여 최종적으로 가장 적절한 모형을 선정하였다.

IV. 분석 결과

1. 코로나19 감염의 공간적 자기상관성 검증

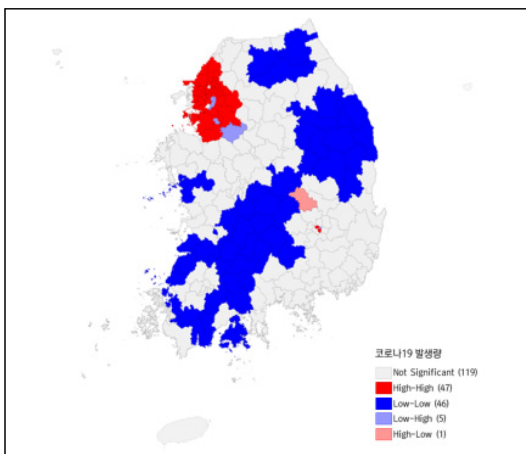
전국 246개 시군구를 대상으로 코로나19 감염의 공간적 자기상관성을 검증한 결과는 <그림 1>과 같다. 공간적 자기상관성 검증 결과 Morans'I 값은 0.625로 공간적 자기상관성이 존재하는 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과는 코로나19 바이러스 감염 및 확산이 전국에서 무작위하게 발생하고 있는 것이 아닌 특정 지역에 집중적으로 발생하고 있음을 의미하며, 유사한 공간적 속성을 가진 지역끼리 지리적으로도 가까이 있음을 알 수 있다.

그림 1_코로나19 감염의 공간적 자기상관성 분석 결과



이어서 지역적으로 코로나19 감염의 클러스터화가 나타나는지 확인하기 위해 국지적 공간 자기상관 분석인 LISA 분석을 실시하였다. LISA 분석 결과는 <그림 2>와 같으며, 핫스팟 지역(High-High)과 콜드스팟 지역(Low-Low)을 도출하여 이를 클러스터맵(Cluster Map)으로 구현하였다. 여기서 핫스팟은 주변지역과 유사하게 높은 값을 나타내고 있는 지역으로 서울을 중심으로 하는 수도권 지역으로 나타났다. 콜드스팟은 주변 지역과 유사하게 낮은 값을 나타내고 있는 지역으로 강원도와 충청북도, 전라도 일대로 나타났다. 클러스터맵을 통해서도 알 수 있듯이 핫스팟 지역

그림 2_코로나19 감염의 LISA 분석 결과



과 콜드스팟 지역이 공간적으로 확연히 구분된 것을 볼 수 있다. 따라서 코로나19 발생이 공간적으로 밀집하여 나타나고 있음을 알 수 있다.

2. 코로나19 감염에 영향을 미치는 요인 분석

앞에서 수행한 공간적 자기상관성 검증 결과 코로나19 바이러스 감염이 공간적 자기상관성을 갖는 것으로 나타났기 때문에 본 연구에서는 공간적 자기상관성을 제어해 줄 수 있는 공간회귀분석을 실시하였다. 공간회귀모형은 공간시차모형(SLM)과 공간오차모형(SEM)으로 구분되며, 어떤 모형이 더 적합한지 파악하기 위해 본 연구에서는 LM 검정을 수행하였다.

코로나19 감염 및 확산에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과는 <표 2>와 같다. OLS 모형의 R-Square값은 0.8336, 공간시차모형의 R-Square값은 0.8651, 공간오차모형의 R-Square값은 0.8861으로 모형의 설명력은 공간오차모형, 공간시차모형, OLS 모형 순으로 나타났다. 또한 상태지수(Condition Number)가 27.864로 변수들 간의 우려할 만한 수준의 다중공선성은 나타나지 않았다.

공간시차모형(SLM)과 공간오차모형(SEM)의 적합성을 판단하기 위해 LM-lag, Robust LM-lag, LM-error, Robust LM-error 검정을 실시한 결과 Lagrange Multiplier(lag)와 Lagrange Multiplier(error)는 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타나 일반회귀모형에 비해 더 적합한 모형으로 판단된다. 또한 Robust LM(lag)와 Robust LM(error)의 유의수준을 살펴본 결과 공간시차모형과 공간오차모형 모두 통계적으로 유의미한 것으로 나타나 분석에 적합한 모형인 것으로 나타났다. 두 모형 중 더 적합한 모형을 추정하기 위해 모형의 설명력을 비교한 결과 공간오차모형이 가장 큰 LL 통계량을 가지면서 AIC, SC 통계량은 가장 작은 것으로 나타나

표 2_코로나19 감염에 영향을 미치는 요인 분석

구분		일반회귀분석(OLS)		공간시차모형(SLM)		공간오차모형(SEM)	
		Coef	t	Coef	z	Coef	z
인구 및 사회경제학적 특성	인구수	0.0002	0.4895	0.0004	1.2494	0.0006	1.9162*
	인구밀도	0.0326	5.4308***	0.0205	3.7715***	0.0217	3.6462***
	재정자립도	4.2752	1.8738*	-3.0411	-1.3631	0.7801	0.3608
	인구 천명 당 의료기관 병상 수	-2.3474	-1.1595	-1.0353	-0.5857	0.8057	0.4346
토지이용 및 도시공간구조 특성	건물밀도	0.0852	2.1701**	0.1566	2.1044**	0.1152	1.7589*
	보행자도로밀도	0.5108	2.4822**	0.3836	2.1251**	0.4944	3.0479***
	1인당 녹지면적	-0.0044	-0.1130	0.0041	0.1205	0.0028	0.0846
	토지이용혼합도	-160.385	-1.4026	-220.316	-2.1973**	-156.718	-1.5269
	직주균형도	-76.8029	-0.4327	7.5814	0.0485	-244.088	-1.6512*
	종합압축도지표	-36.1564	-0.8615	-21.7889	-0.5929	-37.9246	-1.0710
	중심지분포패턴지수	-33.6307	-0.8132	-9.1947	-0.2534	-23.3187	-0.7141
연결성 특성	내부통행량	0.0771	4.3168***	0.0655	4.1987***	0.0568	3.9975***
	감염연결성지수	0.0011	4.0037***	0.0010	4.1515***	0.0009	4.3616***
Wy			0.3348	6.828***			
Lambda(λ)					0.6778	11.4829***	
R ²		0.8336		0.8651		0.8861	
모델의 적합성	Log likelihood	-1583.63		-1562.24		-1553.15	
	Akaike Info Criterion(AIC)	3195.25		3154.49		3134.3	
	Schwarz Criterion(SC)	3243.26		3205.93		3182.31	
LM(lag)		46.1853(p<0.0001)					
Robust LM(lag)		8.2152(p=0.00415)					
LM(error)		61.3323(p<0.0001)					
Robust LM(error)		23.3621(p<0.0001)					

주: *p < 0.1, **p < 0.05, ***p < 0.01.

공간오차모형이 가장 적합한 모형으로 판단된다.

공간오차모형(SEM)에서 주변지역의 영향 정도를 파악할 수 있는 공간오차변수의 계수 λ (Lambda)값은 0.678이며 통계적으로 매우 유의하게 나타났다. 따라서 해당 지역 코로나19 바이러스 감염은 주변 지역과 67.8%의 공간적 연관을 갖고 있다고 해석할 수 있다.

이어서 가장 적합한 모형으로 판단된 공간오차모형 결과를 기준으로 각 변수들이 코로나19 감염 및 확산에 미치는 영향을 분석한 결과를 살펴보면 인구수와 인구밀도는 코로나19 감염 및 확산에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이를 토대로 인구

규모와 밀집이 코로나19 감염 및 확산에 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다. 인구밀도와 코로나19 감염의 상관관계에 대해서는 기존 선행연구(Kang, Choi, Kim and Choi 2020; Bhadra, Mukherjee and Sarkar 2021; Federgruen and Naha 2021)에서도 서로 상반된 연구 결과들이 보고되었는데, 우리나라 시군구 데이터를 통해서 확인했을 때는 인구밀도가 높을수록 코로나19 감염이 늘어나는 것으로 판단된다. 건물밀도 변수도 마찬가지로 코로나19 감염 및 확산에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나 인구가 많고 밀도가 높은 도시일수록 사람들 간 더 많은 사회적 접촉이 발생하며,

건물이 밀집된 지역의 경우 물리적인 거리두기가 어려워 거주자들 사이에 더 많은 상호작용이 나타날 수 있기 때문에 코로나19 감염도 늘어나는 것으로 해석된다. 또한 보행자도로밀도는 코로나19 감염에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나 사람들 간의 많은 접촉과 사회적 교류가 이루어지는 보행자도로가 감염병에는 취약할 수 있음을 보여준다.

직주균형도는 코로나19 감염 및 확산에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 직장과 주거가 균형을 이루고 있는 도시일수록 외부 도시와의 통행 중 큰 비중을 차지하는 통근 통행이 감소하기 때문에 직주균형도가 높을수록 코로나19 감염 및 확산이 감소하는 것으로 판단된다.

내부통행량 변수와 감염연결성지수 변수는 코로나19 감염에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한 도시 내 통행량이 많아질수록 사회적 접촉이 늘어나 코로나19 감염 및 확산을 유발하는 것으로 생각된다. 또한 도시 내부 통행량뿐만 아니라 감염연결성지수가 코로나19 발생에 영향을 미치는 것으로 나타나는데, 이와 같은 결과는 물리적으로 인접해 있지 않더라도 감염자가 많은 지역(예를 들어 서울을 비롯한 수도권)과 통행량이 많다면 해당 지역의 코로나19 감염이 늘어난다는 것을 보여준다.

V. 결 론

본 연구는 한국의 246개 시군구를 대상으로 코로나19 바이러스 감염 및 확산에 영향을 미치는 다양한 지역적 특성 및 공간적 연결성을 분석하고 이를 토대로 감염병에 효과적으로 대처하기 위한 도시계획 방향을 제시하는 데 목적이 있으며 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

코로나19 감염의 공간적 자기상관성 분석을 수행

한 결과 Moran's I 값은 0.625로 공간적 자기상관성이 존재하는 것으로 확인되었다. 또한 코로나19 감염의 클러스터화가 나타나는지 확인하기 위해 LISA 분석을 수행한 결과 서울을 중심으로 수도권 지역이 핫스팟 지역으로 나타났으며, 강원도와 충청북도, 전라도 일대가 콜드스팟 지역으로 나타났다.

이어서 공간오차모형을 활용하여 코로나19 발생 및 확산에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과 인구규모와 밀도, 건물밀도, 보행자도로밀도가 코로나19 감염에 정(+)의 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 도시 내 사람들이 밀집될수록 물리적인 거리를 두기가 어렵고, 사회적 접촉이 증가하여 코로나19 감염 및 확산이 늘어날 수 있음을 보여준다. 또한 보행공간은 통행공간뿐만 아니라 사회적 교류를 일으키는 장소로써 사람 간의 직접적인 접촉을 유발할 수 있기 때문에 감염병에는 오히려 취약한 공간이 될 수 있다. 따라서 보행자도로 등을 계획할 때 감염병에 안전한 환경을 구축하기 위해서는 보다 넓은 보행공간을 확보함으로써 물리적인 접촉을 최소화시킬 수 있도록 고려할 필요가 있다. 또한 도로의 일부구간을 임시적·영구적으로 보행공간으로 전환하여 사용하는 것도 고려해 볼 필요가 있으며, 사람들의 밀집을 최소화하고 안전한 이동환경을 마련하기 위해 기존 도로나 유희부지 등 저이용 공간 등을 추가로 발굴하여 보행공간으로 활용하는 등의 방안이 필요하다(김성준, 허재석 2020, 41-42).

감염연결성지수는 코로나19 감염에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 물리적으로 인접해 있지 않더라도 코로나19 확진자가 많이 발생한 지역과의 통행량이 많다면 코로나19 감염이 늘어날 수 있음을 보여준다. 따라서 팬데믹에 효과적으로 대처하기 위해서는 직주근접 등을 통해 자족성을 높이고 주요 거점도시로의 이동을 감소시킬 수 있는 도시환경 조성이 필요하다.

최근 전 세계적으로 직장과 학교, 병원과 같은 필수 시설들을 자동차 없이 15분 내에 이용할 수 있는 파리의 '15분 도시', 10분 내 이동거리 범위에서 공공서비스를 제공하는 서울시 '10분 동네 생활 SOC사업'처럼 사람들의 불필요한 통행을 감소시키기 위해 도시공간 구조를 재편하기 위한 정책들이 도입되고 있다. 실제 본 연구에서도 직주균형도 변수는 코로나19 감염에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타나 직장과의 주거균형을 이루는 도시에서 코로나19 감염이 줄어드는 것으로 나타났다. 최근에는 직장과의 주거균형뿐만 아니라 생활 SOC시설의 접근성을 높이기 위해 여러 도시서비스를 한 곳에서 제공하는 복합용도 생활 SOC시설 공급이 늘어나고 있으며, 정부에서는 생활 SOC 복합화 정책을 통해 이동과 밀집에 따른 바이러스 감염 가능성을 줄이기 위하여 노력하고 있다. 그러나 접근성이 좋아지고 복합화 수준이 높아지면, 이용자 수와 이용 빈도가 높아져 현재의 바이러스 확산을 차단하기 위한 사회적 거리두기에 역행할 가능성이 있다. 따라서 한 지점에 생활 SOC시설 복합화를 통해 집적하는 것이 아닌 적절한 분산과 네트워크를 통해 도시 내 미개발지나 외곽에 도시서비스를 추가적으로 공급할 필요성이 있으며(김성준, 허재석 2020, 35), 적정 이용밀도를 유지하기 위한 시스템 도입이 중요할 것으로 판단된다. 정리하면, 감염병에 효과적으로 대처하기 위해서는 직주균형을 유도하는 방향으로 도시공간구조 개편이 필요하며, 이와 동시에 생활 SOC시설을 분산 배치함으로써 도시 내 집중이 이루어지지 않도록 유도할 필요가 있다.

본 연구는 코로나19 바이러스의 급격한 확산으로 도시적 차원에서 문제 해결이 요구되는 현 시점에서 전국 246개 시군구를 대상으로 지역 특성 및 공간적 연결성에 관한 데이터를 구축하고 코로나19 감염에 미치는 영향을 실증적으로 분석했다는 측면에서 의의

를 갖는다. 특히 본 연구는 도시 간 통행량과 코로나19 감염자 수를 기반으로 구축한 감염연결성지수를 변수로 사용하여 코로나19 감염과 공간적 연결성의 상관관계에 대한 보다 정확한 분석을 수행했다는 측면에서 기존 연구와 차별성을 갖는다. 또한 기존 선행 연구에서 많이 다루지 않았던 도시공간구조 변수들을 구축하여 분석을 수행하였다는 측면에서도 연구의 차별성을 갖는다.

하지만 분석 결과를 살펴보면 도시공간구조를 나타내는 변수의 경우 코로나19 감염과 통계적으로 유의미한 상관관계가 발견되지 않았는데, 향후 연구에서는 도시공간구조에 대한 추가적인 변수 구축을 통해 도시공간구조와 코로나19의 관계에 대한 후속 연구가 필요하다. 또한 본 연구에서 코로나19 확진자 수 자료는 발생 초기인 2020년 1월 20일부터 2021년 5월 2일까지 자료만 활용하였는데 이후로는 관련 자료가 공개되지 않아 최근 자료를 반영하지 못한 한계가 있다. 향후 전국 시군구 코로나19 확진자 수에 대한 추가적인 자료를 활용할 수 있다면 유행시기별 코로나19 확진자 수 영향요인을 시계열 분석을 통해 확인해 볼 수 있을 것이다. 새로운 감염병에 대응한 방역 정책을 수립하거나 감염병에 대응할 수 있는 도시를 계획하는 과정에 본 연구의 결과가 활용될 수 있기를 기대한다.

참고문헌 •••••

1. 김성준, 허재석. 2020. 포스트코로나-뉴노멀시대의 건축·도시공간의 변화 예측과 우리나라 가로 및 보행환경 정책에의 시사점. 현안연구보고서 2020-1. 세종: 건축공간연구원.
Kim, S. J. and Her, J. S. 2020. *The Impact of COVID-19 on Architectural and Urban Environmental: Implications to Street and Pedestrian Policy in The Post COVID-19 New Normal Era*. Provisional Research Paper 2020-1. Sejong: Architecture & Urban Research Institute.

2. 박샘. 2021. 도시의 변화로 보는 포스트코로나. 헤드라인제주. 2월 19일. <http://www.headlinejeju.co.kr/news/articleView.html?idxno=441500>
Park, Saem. 2021. Post-Corona Viewed as a Change in the City. *Headline Jeju*. February 19. <http://www.headlinejeju.co.kr/news/articleView.html?idxno=441500>
3. 서승연, 김승남, 이경환. 2014. 차량 주행거리에 영향을 미치는 도시 토지이용 및 도시형태 특성에 관한 실증분석: 한국의 74개 중소도시를 대상으로, 국토계획 49권 8호: 107-121.
Seo, S. Y., Kim, S. N. and Lee, K. H. 2014. Effects of land use and urban form on vehicle kilometer traveled: Focused on the 74 small and medium-sized cities in Korea, *Journal of Korea Planning Association* 49, no.8: 107-121.
4. 서현승. 2021. COVID-19 대유행과 도시 공간구조의 연결성에 관한 연구. 박사학위논문, 서울대학교.
Seo, Hyunseung. 2021. *Innovative Urban Planning in Spatial Structure of City under the COVID-19 Pandemic*. Ph.D. diss., Seoul National University.
5. 이경환, 안건혁. 2007. 커뮤니티의 물리적 환경이 지역주민의 보행시간에 미치는 영향: 서울시 40개 행정동을 대상으로. 국토계획 42권 6호: 105-118.
Lee, G. H. and Ahn, K. H. 2007. The correlation between neighborhood characteristics and walking of residents: A case study of 40 areas in Seoul. *Journal of Korea Planning Association* 42, no.6: 105-118.
6. 이시철. 2020. 밀도와 안전의 공존 가능성: 코로나19 시대, 공간계획의 변화 방향 예측. 국토계획 55권 5호: 134-150.
Lee, Shi-Chul. 2020. Exploring compatibility of density and safety: An inquiry on spatial planning shift in COVID-19 era. *Journal of Korea Planning Association* 55, no.5: 134-150.
7. 이진희, 박민숙, 이상원. 2021. 코로나바이러스감염증-19의 시공간적 확산 패턴 및 지역 간 감염 네트워크 분석. 국토연구 110호: 43-62.
Lee, J. H., Park, M. S. and Lee, S. W. 2021. Spatiotemporal evolution and the diffusion pattern of COVID-19 in South Korea in three waves. *Korea Spatial Planning Review* 110, 43-62.
8. 이희연, 노승철. 2013. 고급통계분석론: 이론과 실습(제2판), 제13장 공간계량모델. 고양: 문우사.
Lee, H. Y. and No, S. C. 2013. *Advanced Statistical Analysis: Theory and Practice(2nd Edition)*, Chapter 13 Spatial Measurement Model. Goyang: Moonwoosa.
9. 질병관리본부. 2020. 코로나바이러스감염증-19 범정부대책 회의 브리핑, 2월 23일. 보도자료.
Korea Disease Control and Prevention Agency. 2020. COVID-19 pan-governmental countermeasures meeting Briefing, February 23. Press release.
10. 질병관리청. 2022. 코로나바이러스감염증-19. <https://ncov.kdca.go.kr> (2023년 3월 14일 검색).
Korea Centers for Disease Control and Prevention. COVID-19. <https://ncov.kdca.go.kr> (accessed March 14, 2023).
11. 하경준. 2020. 코로나19의 공간적 해석. 경남발전 150호: 56-65.
Ha, Gyeong Jun. 2020. Spatial interpretation of COVID-19. *Gyeongnam Development* no.150: 56-65.
12. Andersen, L. M., Harden, S. R., Sugg, M. M., Runkle, J. D. and Lundquist, T. E. 2021. Analyzing the spatial determinants of local Covid-19 transmission in the United States. *Science of The Total Environment* 754: 142396.
13. Bhadra, A., Mukherjee, A. and Sarkar, K. 2021. Impact of population density on Covid-19 infected and mortality rate in India. *Modeling Earth Systems and Environment* 7, no.1: 623-629.
14. Federgruen, A. and Naha, S. 2021. Crowding effects dominate demographic attributes in COVID-19 cases. *International Journal of Infectious Diseases* 102: 509-516.
15. Ghosh, A., Nundy, S., Ghosh, S. and Mallick, T. K. 2020. Study of COVID-19 pandemic in London (UK) from urban context. *Cities* 106: 102928.
16. Hamidi, S., Sabouri, S. and Ewing, R. 2020. Does density aggravate the COVID-19 pandemic? Early findings and lessons for planners. *Journal of the American Planning Association* 86, no.4: 495-509.
17. Kang, D. Y., Choi, H. H., Kim, J. H. and Choi, J. S. 2020. Spatial epidemic dynamics of the COVID-19 outbreak in China. *International Journal of Infectious Diseases* 94: 96-102.
18. Kwok, C. Y. T., Wong, M. S., Chan, K. L., Kwan, M. P., Nichol, J. E., Liu, C. H., Wong, J. Y. H., Wai, A. K. C., Chan, L. W. C., Xu, Y. Li, H., Huang, J. and Kan, Z. 2021. Spatial analysis of the impact of urban geometry and socio-demographic characteristics on COVID-19, a study in Hong Kong, *Science of The Total Environment* 764: 144455.
19. Li, X., Zhou, L., Jia, T., Peng, R., Fu, X. and Zou, Y. 2020.

- Associating COVID-19 severity with urban factors: A case study of Wuhan. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, no.18: 6712.
20. Liu, M., Liu, M., Li, Z., Zhu, Y., Liu, Y., Wang, X., Tao, L. and Guo, X. 2021. The spatial clustering analysis of COVID-19 and its associated factors in mainland China at the prefecture level. *Science of The Total Environment* 777: 145992.
21. Meng, B., Wang, J., Liu, J., Wu, J. and Zhong, E. 2005. Understanding the spatial diffusion process of severe acute respiratory syndrome in Beijing. *Public Health* 119, no.12: 1080-1087.
22. Perone, Gaetano. 2021. The determinants of COVID-19 case fatality rate (CFR) in the Italian regions and provinces: An analysis of environmental, demographic, and healthcare factors. *Science of The Total Environment* 755, Part 1: 142523.
23. Ren, H., Zhao, L., Zhang, A., Song, L., Liao, Y., Lu, W. and Cui, C. 2020. Early forecasting of the potential risk zones of COVID-19 in China's megacities. *Science of The Total Environment* 729: 138995.
24. Rex, F. E., Borges, C. A. S. and Käfer, P. S. 2020. Spatial analysis of the COVID-19 distribution pattern in São Paulo State, Brazil. *Ciência & Saúde Coletiva* 25, no.9: 3377-3384.
25. Yeom, J. W., Kang, S. W., Ha, D. O. and Jung, J. C. 2020. The Impact of Urban Form on the Spread of Infectious Diseases: Focusing on COVID-19 Outbreak in the Seoul Metropolitan Area. *Journal of Environmental Policy and Administration* 28(special): 73-95.
-
- 논문 접수일: 2023. 1. 16.
 - 심사 시작일: 2023. 2. 13.
 - 심사 완료일: 2023. 3. 3.

요약

주제어: 코로나19, 지역 특성, 공간적 연결성, 공간회귀분석, 감염병 대응형 도시계획

코로나19 바이러스의 확산은 한국뿐만 아니라 전 세계에 심각한 영향을 미쳤다. 이에 따라 감염병에 대응할 수 있는 도시계획의 변화가 필요하다는 논의가 많이 이루어지고 있지만 실제 감염병 감염에 영향을 미치는 지역적 특성은 무엇인지에 관한 연구가 국내에서는 상대적으로 미약한 실정이다. 따라서 본 연구는 국내 246개의 시군구를 대상으로 코로나19 바이러스 감염에 영향을 미치는 지역적 특성 및 공간적 연결성을 분석하는 것을 목적으로 한다. 공간적 자기상관성을 통제하기 위하여 공간회귀분석을 실시하였으며, 분석 결과 최적모형은 공간오차모형(SEM)으로 나타났다. 영향요인 분석 결과 인구 규모 및 밀도, 건물밀도, 보행자도로밀도, 직주균형도, 감염연결성지수, 내부통행량지수가 코로나19 발생에 유의미한 영

향을 주는 것으로 나타났다. 이를 구체적으로 살펴보면 인구밀도, 건물밀도, 보행자도로밀도가 높을수록 코로나19 감염이 늘어나는 것으로 나타났으며, 직주균형도가 높을수록 코로나19 감염이 줄어드는 것으로 나타났다. 또한 내부통행량지수와 감염연결성지수가 높을수록 코로나19 감염이 늘어나는 것으로 나타났다. 이를 통해 지역 내부 통행뿐만 아니라 코로나19 감염이 심각한 지역으로의 외부 통행량이 코로나19 발생에 영향을 미치는 중요한 요인임을 확인할 수 있다. 본 연구는 코로나19 바이러스의 급격한 확산으로 도시적 차원의 문제해결이 요구되는 현시점에 기초 데이터를 구축하고 그 영향력을 실증적으로 분석하였다.