

코로나19에 따른 도시 내 인구 이동 변화 탐색*

– 서울시 생활이동 데이터에 기반한 통근 패턴을 중심으로 –

이재진** · 이건학***

Exploring the Change of Population Flows in an Urban Area during the COVID-19 Pandemic*

– Focused on the Commuting Pattern based on Seoul Daily Life Movement Data –

Jaegeon Lee** · Gunhak Lee***

요약: 전대미문의 코로나19는 도시 내 인구 이동의 패턴을 극적으로 변화시키고 있다. 도시 인구 이동은 도시 내부의 지역 간 상호작용과 기능적 역동성을 반영하는 중요한 공간 현상이다. 이러한 점에서 최근 코로나19와 도시 모빌리티에 관한 여러 연구가 수행되고 있지만 지역 간 상호작용의 사회경제적 측면을 충분히 설명하지 못하고 있다. 이러한 맥락에서 본 연구는 코로나19에 따른 서울시의 지역 간 통근 패턴 변화를 지역 간 기능적 관계에 기반하여 분석하였다. 코로나19 전후의 인구 이동 변화를 살펴보기 위해 높은 시간적 해상도를 지닌 서울시 생활이동 데이터를 이용하였으며, 서울의 기능적 공간 구조는 실제 인구 이동에 기반한 커뮤니티 생활권 구획과 산업 기능적 특성에 따른 등질지역 클러스터 구분을 통해 파악하였다. 분석 결과, 정보통신업이나 금융보험업에 특화된 클러스터는 제조업에 특화된 클러스터에 비해 통근 유입이 크게 감소하였으며, 이러한 차이는 업종별로 원격근무를 도입할 수 있는 업무 여건의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 세부적으로 개별 통근 링크 단위에서는 두 생활권 간의 기능적 관계와 지리적 위치에 따라 변화 양상이 달랐다. 본 연구는 전염병이 도시 경제 활동에 어떤 영향을 미치는지를 공간 구조적 관점에서 분석했다는 점에서 의의가 있다. 또한, 실시간 생활이동 데이터에 기반한 분석 결과는 향후 도시 역학뿐 아니라 교통 계획 및 토지 개발 등 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어: 인구 이동, 코로나19, 생활이동 데이터, 공간적 상호작용, 통근 패턴, 커뮤니티 생활권, 유동 클러스터링.

Abstract: An unprecedented COVID-19 pandemic has dramatically changed the population flows in an urban area. The urban population flow is an important spatial phenomenon which represents the spatial interaction between urban areas and urban dynamics. Although a number of recent studies have been done focusing on COVID-19 and urban mobility, they have not sufficiently explained the socioeconomic aspects of the areal interaction by the change of population flows. In this regard, this paper examines changes in the commuting pattern before and after the pandemic based on the functional relationship among districts in Seoul. For the analysis we utilize Seoul daily life movement data with a high temporal resolution. The functional spatial structure of Seoul is analyzed by delineating functional community districts based on the actual mobility network and clustering those districts with similar industrial properties in a community. The result shows that the clusters specialized in IT and finance insurance have a more sudden decline of commuting inflows compared to the clusters specialized in manufacturing, and the sector-specific environment for the remote work might cause this difference in the

* 이 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021S1A5A2A01063728).

** 서울대학교 지리학과 석사과정(M.A. Student, Department of Geography, Seoul National University, lejae96@snu.ac.kr)

*** 교신저자, 서울대학교 지리학과 교수 및 국토문제연구소 겸무연구원(Professor, Department of Geography and Institute for Korean Regional Studies, Seoul National University, gunhlee@snu.ac.kr)

commuting pattern. Also, the specific differences at the commuting link level can be attributed to the functional relationship and the geographical locations between community districts. This paper would be significant by analyzing the impact of the pandemic on urban economic activities based on the spatial structure of urban functions. Also, it is expected that the results based on real-time daily life movement data would be utilized for urban epidemiology as well as various areas such as transportation planning and land development.

Key Words: population flow, COVID-19, daily life movement data, spatial interaction, commuting pattern,

1. 서론

코로나19의 유행은 도시 내 인구 이동의 패턴을 크게 변화시켰다. 사회적 거리두기와 같은 코로나19 확산 방지를 위한 정책 차원의 비자발적 요인과 더불어 개인의 자발적 외출 및 인적 교류의 자체는 사람들의 일상적인 경제 활동 및 사회 생활을 위한 이동을 극적으로 감소시켰다. 특히 영업시간 제한 조치의 영향을 받은 상업 밀집지역이나 원격근무를 도입한 일부 업종들의 업무 밀집지역을 중심으로 인구 이동 유입량이 크게 감소했을 것으로 예상된다(김영룡 등, 2021; 이금숙 등, 2021; Bick *et al.*, 2020). 도시 내 인구 이동은 도시의 기능적 분화를 반영한 지역 간 상호작용의 흐름이라 할 수 있으며, 도시 공간의 역동성의 재현이라 할 수 있다(이승민·이건학, 2021). 이러한 측면에서 코로나19로 인한 인구 이동 패턴의 극적인 변화는 도시 공간 구조의 변화에 영향을 미칠 수 있으며 나아가 도시 내 장소의 특성이나 정체성에도 영향을 줄 수 있다.

코로나19와 같은 전염병이 빠르게 확산되는 동안에는 인구 이동의 패턴이 급격한 변화를 보인다. 글로벌 팬데믹으로 공식 선언된 2020년 3월 이후 1년간 3차례의 대유행이 나타났을 뿐만 아니라 한 달 사이에도 여러 번의 오르내림이 반복되었다(이진희 등, 2021). 더구나 일상의 모빌리티를 통제하는 정부 방역 정책은 시시각각 다르게 적용되었고 이에 따라 도시 내 인구 이동 역시 짧은 시간적 주기로 여러 변화가 발생하였다. 인구 이동과 관련하여 1년, 5년 등 긴 시간적 주기를 가지고 공표되어 온 기존의 데이터셋으로는 팬데믹 기간의 인구 이동 패턴의 변화를 제대로 분석하고 이해하기 어렵다.

다행히 최근 높은 시공간 해상도를 가진 데이터에 대한 접근이 용이해지면서 도시 거주민의 인구 이동 패턴을 거의 실시간으로 분석할 수 있게 되었다(이금숙 등, 2021; Ratti *et al.*, 2006; Bracarense and de Oliveira, 2021). 특히 방역 대책 마련을 위해 다양한 모바일 인구 이동

데이터(예: Google사의 community mobility index, Apple 사의 mobility trends report)가 공공에 공개되면서 코로나19 시국의 인구 이동 패턴에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다(Arimura *et al.*, 2020; Bracarense and de Oliveira, 2021; Hamidi and Zandiataashbar, 2021; Trasberg and Cheshire, 2021; Enoch *et al.*, 2022). 이러한 양질의 인구 이동 데이터가 활용 가능해짐에도 불구하고, 코로나19 시기 인구 이동 패턴과 관련된 대부분의 연구는 단위 지역별 인구유입의 양적 변화를 살피는 데 그치고 있다. 즉 지역 간 인구 이동은 상호작용 현상임에도 불구하고 사실상 지역별 인구 흡입력에 초점을 맞추고 있다는 것이다. 지역 간 인구 이동 상호작용을 살펴본 연구라 하더라도 지역 간 인구 이동량의 증감에 대한 지역의 사회경제적 배경이나 상호작용에 따른 공간 구조 특성에 대한 설명이 부족하다. 따라서 코로나19 시기의 지역 간 인구 이동 패턴의 유의미한 변화를 이해하기 위해서는 해당 도시의 공간 구조에 따라 출발지와 도착지의 유입, 유출을 동시에 고려한 상호작용 측면에서 고찰할 필요가 있다.

본 연구는 서울시의 통근 패턴을 사례로 하여, 코로나19 전후의 지역 간 통근 변화를 서울시의 기능적 공간 구조에 기반하여 설명하고자 한다. 보다 구체적으로 인구 이동에 기반하여 서울의 커뮤니티 생활권을 구획하고, 서로 다른 기능적 유형에 속하는 생활권 간 통근 패턴을 분석함으로써 코로나19에 따른 인구 이동 패턴의 변화를 실증적으로 살펴볼 것이다. 서울의 기능적 공간 생활권을 유형화하는 방법은 다음과 같이 크게 두 단계로 나뉜다. 첫째, 행정동 단위의 통근 네트워크상에서 내부적인 상호작용이 강한 행정동들을 하나의 커뮤니티 생활권으로 정의한다. 자치구와 같은 자의적인 행정구역보다는 일상의 인구 이동 데이터를 기반으로 도출된 커뮤니티가 실질적인 하위 생활권에 가까울 수 있기 때문이다. 이러한 커뮤니티 구획화를 위해 플로우 데이터에 대한 유동 클러스터링(flow clustering) 기법을 활용할 것이다. 둘째, 위에서 도출한

커뮤니티 생활권을 바탕으로, 산업적인 기능이 유사한 생활권끼리 하나의 산업 클러스터로 재유형화한다. 이 방법을 통해 출발지와 도착지 각각의 소속 클러스터를 확인하고, 기능적으로 서로 다른 클러스터에 속하는 두 생활권 간의 인구 이동 패턴을 분석하고자 한다. 인구 이동 패턴을 분석하기 위한 데이터로는 최근 서울시에서 개발한 생활이동 데이터(서울 열린데이터 광장)를 사용할 것이다. 생활이동 데이터는 이동통신 데이터에 기반하여 거의 실시간에 가까운 지역 간 인구 이동량을 살펴볼 수 있기 때문에 코로나19 전후의 시간대별 인구 이동 패턴의 변화를 살펴보는 데 유용하게 활용될 수 있다.

2. 선행 연구

코로나19 확산기에 시행된 사회적 거리두기 정책과 원격근무 도입 등의 방역 대책은 도시 내 인구 이동량을 실제적으로 감소시켰다(하은혜 등, 2021). 이보다 강력한 방역 정책에 해당하는 락다운(lock-down)을 시행한 일부 해외 국가에서는 인구 이동에 있어 보다 급격한 변화가 나타나기도 하였다(Romanillos *et al.*, 2021; Yilmazkuday 2021). 코로나19 시기의 인구 이동 패턴과 관련한 실증 연구들을 살펴보면, 우선 인구 이동 데이터가 아닌 현주인구(*de facto* population) 데이터를 이용해 특정 지역에 위치한 인구 수의 변화를 실시간으로 분석하는 연구들이 있다. 서울시를 대상으로 한 류은혜·김은정(2021)과 Eom *et al.*(2022)의 연구에서는 이동통신 데이터에 기반하여 특정 시간대 특정 장소에 위치하고 있는 인구를 집계한 자료인 서울시 생활인구 데이터를 이용하여 현주인구 변화 추세를 국지적인 단위 지역의 토지이용과 연관지어 분석한 바 있다. 두 연구에서는 공통적으로 상업 용도의 비중이 높은 행정동에서 현주인구가 크게 감소했다는 결론을 도출했다. 아울러 류은혜·김은정(2021)의 연구에서는 현주인구의 변화를 설명하는 지역 특성으로 토지 용도뿐만 아니라 업종별 밀도도 함께 포함하였다. 분석 결과 중에서 제조업체의 밀도는 현주인구 변화에 유의미한 변화를 미치지 못한 반면, 외식숙박업의 밀도는 현주인구를 유의미하게 감소시킨다는 점이 주목할만하다. 현주인구 데이터는 현재 시점에서 해당 지역의 실제 인구 분포를 보여준다는 데 의의가 있지만(김감영·이건학, 2016; 이건학·김감영, 2016), 특정 지역으로부터 다른 지역으로의 이

동에 대한 정보를 제시하지 못한다는 점에서 이를 이용한 연구들은 도시를 구성하는 하위 생활권 간의 상호작용을 살피는 데 한계가 있다.

한편 출발지와 도착지의 쌍으로 구조화된 인구 이동 데이터를 이용한 연구에서도 지역별 인구 유입량 또는 유출량 변화에 집중하여 분석한 연구들이 대부분이다. 일례로 Trasberg and Cheshire(2021)은 지역별 활동성을 각 지역의 인구 유입량과 유출량으로 측정했다. 고소득층이 밀집하여 거주하는 지역과 그들이 주로 종사하는 오피스 빌딩 밀집 지역에서 활동성이 크게 감소하였음을 보여줌으로써, 코로나19에 따른 인구 이동 패턴 변화의 사회적인 불균등성을 보여주고 있다. 하은혜 등(2021)은 국내 서울지역을 대상으로 코로나19 시기 모빌리티 변화의 차별적인 양상을 조명했다. 이 연구에서는 서울시 교통카드 자료를 이용하여 행정동별 승차자수의 코로나19 전후 변동률을 집계하였고, 종사상의 지위 및 가계소득 분위를 기준으로 한 사회경제적 수준이 높은 행정동일수록 주거인구의 승차량이 크게 감소했음을 보였다. 한편 이금숙 등(2021)은 서울시 지하철 교통카드 자료를 활용하여 역별 하차 여객수를 집계했다. 업무 및 상업 기능이 밀집해 있는 곳에서는 하차 여객수 감소율이 큰 반면, 주거 기능이 밀집해 있는 곳에서는 하차 여객수 감소율이 크지 않음을 밝히고 있다. 이러한 결과는 코로나19 전에는 업무 및 상업 중심지에 인구 유입이 집중된 것과 달리, 코로나19 이후에는 인구 유입의 공간적인 집중이 완화되었음을 시사한다. 이 외에도 코로나19 전후 인구 유입·유출량의 변화를 지역의 토지이용 특성 또는 인구사회학적 특성과 연관지어 설명하려는 다수의 연구가 국내외에서 진행되었다(Arimura *et al.*, 2020; Hamidi and Zandiatashbar, 2021; Hong and Choi, 2021; Enoch *et al.*, 2022). 그러나 이들 연구는 공통적으로 지역별 인구 유입량이나 유출량을 단일 지표로 고려하여 지역 간 인구 이동 네트워크에서의 노드별 중심성을 분석하는 데 그치고 있다. 따라서 출발지와 도착지의 연결 관계를 제대로 반영하지 못함으로써 지역 간 상호작용을 나타내는 인구 이동 데이터를 충분히 활용하지 못하는 단점이 있다.

인구 이동 네트워크 관점에서 출발지와 도착지의 쌍에 대한 이동량의 변화를 직접적으로 분석한 연구들도 있다. 이들 연구에서는 사회적 거리두기 또는 락다운 정책의 효과를 평가하기 위한 목적으로 강제적인 인구 이동 제한 조치가 시행된 직전과 직후의 인구 이동 패

턴을 비교하는 연구가 주를 이룬다. Chang *et al.*(2020)과 Klise *et al.*(2021)은 모바일 사용자의 애플리케이션 이용 내역을 통해 방문지역의 유형을 추정하는 SafeGraph 데이터를 활용하여 집계구와 도시 내 주요 관심 지점 사이의 세세한 인구 이동 변화를 분석했다. 그러나 두 연구는 인구 이동 제한 조치에 따른 인구 이동량 감소가 코로나19의 재감염지수를 얼마나 감소시켰는지에 관한 역학 측면에 초점을 맞추고 있어 지역 간 인구 이동 변화의 사회경제적인 배경을 충분히 설명하지는 못하고 있다. 김영룡 등(2021)은 유동인구 빅데이터를 활용하여 코로나19 시기에 수도권의 외곽에서 서울의 3대 도심 및 경기지역의 주요 도시로 유입되는 유동인구의 네트워크가 어떻게 변화하였는지를 분석하였다. 이 연구에서는 유연근무의 비율이 높은 산업이 밀집된 목적지일수록 유입이 줄어든 것과 동시에 높은 경제복잡성을 가진 목적지일수록 유동인구의 감소폭이 상대적으로 작았음을 밝힘으로써, 코로나19 유행이 시작된 이후 급격하게 나타난 인구 이동 패턴 변화의 사회경제적인 배경을 풀이하였다. 다만 각 지역의 산업적인 특성을 경제복잡성과 유연근무의 비율이라는 지표를 통해 요약적으로 모형에 반영하였기 때문에 지역별로 특화된 개별 산업의 특징을 고려하지 못한 한계가 있다.

코로나19 전후로 인구 이동 패턴의 변화 양상이 사회 경제적 계층에 따라 어떻게 다르게 나타나는지에 주목한 연구들도 있다. Kar *et al.*(2022)은 오하이오주 콜럼버스를 대상으로 한 연구에서 이동인구를 사회경제적 수준에 따라 3개의 계층으로 구분한 후, 각 계층의 인구 이동 패턴 변화 양상을 시각화하여 비교했다. 분석 결과, 원격근무가 가능한 직종에 주로 종사하는 고소득 고학력 계층의 경우 통근의 비중이 감소하고 비통근 목적의 단거리 이동의 비중이 증가한 반면, 제조업 또는 대면 서비스업에 주로 종사하는 저소득 저학력 계층의 경우 통근 목적의 장거리 이동의 비중이 여전히 높게 유지되는 차별적인 양상을 보였다. 이 연구는 각 사회경제적 계층에 대해서 전체 연구지역 범위에서의 인구 이동 패턴 변화 양상을 분석한 것으로, 두 지역 간 개별 연결에 대한 인구 이동량 변화를 미시적으로 분석하지는 못하고 있다. 두 지역의 개별 링크에 대한 인구 이동량 변화를 제대로 이해하기 위해서는 출발지와 도착지 각각의 사회경제적 특성을 살펴보고 두 지역 간의 기능적인 관계를 분석할 필요가 있을 것이다.

한편, 출발지와 도착지의 인구 이동에 따른 지역 간

기능적 변화에 초점을 둔 연구로 Vasanen(2012)은 도시권 내 기능적 중심지를 유입 인구 규모로 구분하고, 이를 바탕으로 중심지 간 인구 이동을 크게 3개 유형(작은 중심지에서 큰 중심지로 가는 이동, 큰 중심지에서 작은 중심지로 가는 이동, 작은 중심지 간의 이동)으로 구분하였다. 이를 통해 도시권의 통근은 고용기회가 허박한 지역에서 고용기회가 풍부한 지역으로, 즉 작은 중심에서 큰 중심으로의 통근이 주요 흐름임을 확인하고 있다. 또한 일반적인 통근 방향이라 할 수 있는 ‘작은 중심에서 큰 중심’으로 가는 유형의 비중이 ‘큰 중심에서 작은 중심’ 또는 ‘작은 중심 간’과 같은 예외적인 흐름과 비슷할수록 해당 도시권이 기능적 다핵성을 띤다고 주장하였다. 코로나19 유행기에는 일부 업종을 중심으로 원격근무가 재빠르게 도입되면서, 기존 통근 패턴에서 큰 비중을 차지한 ‘작은 중심에서 큰 중심으로 가는 통근’ 유형이 감소했을지 모른다. 한편, Ren *et al.*(2020)은 지역 간 인구 이동을 중력 모델과 같은 공간 상호작용 모델에 적용하였는데, 여기서 지역 간의 기능적인 상호보완성을 지표로 계량화하여 모델에 포함시켰다. 구체적으로, 토지이용 자료를 바탕으로 지역을 주거 지역과 근무 지역으로 구분한 후, 출발지와 도착지가 서로 다른 토지이용 유형에 속할 경우 지역 간 기능적인 상호보완성 지표에 높은 점수를 부여하였다. 중국 선전 대도시권에 대한 사례 연구 결과, 두 지역 간의 기능적인 상호보완성이 높을수록 인구 이동량이 많다는 분석 결과를 도출하였다. 이승민·이건학(2021)은 벡터 공간적 자기상관(vector spatial autocorrelation) 개념에 기반한 유동 클러스터 탐지(flow cluster detection) 기법을 이용하여 도시 내 주요 인구 이동 클러스터를 도출하고 있다. 특히, 경험적 사례 연구로 서울시 대중교통 통행 데이터를 살펴보고 있는데 시간대별 유의미한 유동 패턴을 통해 도시 내 지역간 기능적 연계 특성을 밝히고 있다. 이러한 연구들과 유사하게 본 연구에서는 코로나19의 유행에 따른 인구 이동의 변화를 지역 간 기능적 관계에 초점을 맞춰 살펴볼 것이다.

3. 연구 방법

1) 연구 지역과 데이터

본 연구는 코로나19에 따른 서울의 통근 패턴 변화를 살펴보고 있다. 서울의 실질적인 통근권과 노동시장의 공간적 범위는 서울의 행정경계를 넘어 경기도와 인

천 지역을 포함한 수도권 전체에 걸쳐 있다. 따라서 서울의 통근 패턴을 살펴보려면 수도권을 포괄하는 것이 이상적이지만 본 연구에서는 서울시 내부의 통근 이동으로 한정하고자 한다. 기본적으로 본 연구를 수행하는데 필요한 핵심 데이터는 서울시 생활이동 데이터(서울 열린데이터 광장)이다. 이 데이터는 매일의 통행목적별 인구 이동 정보를 거의 실시간으로 제공할 수 있다는 장점이 있지만 행정동 단위의 미시적 이동에 대한 정보는 서울시 경계에 한정되어 있다는 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 코로나 확산에 따른 사람들의 이동 양상을 서울시 전역에 걸쳐 가장 상세하고 포괄적으로 제시하고 있기 때문에 코로나 전후의 도시 내 인구 이동 패턴 변화를 연구하는 데 있어 필수적인 데이터라 할 수 있다. 뿐만 아니라 도시 내부 이동 역시 도시지리학의 중요한 연구 주제로 도시 산업 구조와 기능적 역동성을 살펴보는 데 충분한 연구 가치가 있다. 향후 수도권 전역에 대한 일관된 데이터셋이 구축될 수 있다면 보다 무결하고 풍부한 분석이 가능할 것으로 기대한다. 한편, 코로나19 전후의 인구 이동 패턴의 변화를 체계적으로 살펴보기 위해 2020년 1월과 2021년 1월을 각각 코로나19 이전과 이후를 대표하는 시점으로 정하여 분석을 수행하였다.

앞서 언급한 바와 같이 본 연구는 서울시에 속한 424개 동 간의 인구 이동량을 실시간으로 제공하는 서울시 생활이동 데이터를 사용하고자 한다. 생활이동 데이터는 기존 인구 이동 데이터와 대비하여 여러 장점을 지니는데, 첫째, 생활이동 데이터는 시간대별 인구 이동량을 실시간으로 제공하므로 코로나19와 같은 특정 사건 전후의 단기적인 인구 이동 패턴 변화를 살펴보는데 효과적으로 활용할 수 있다. 기존에 자주 사용한 인구 이동 자료인 수도권 가구통행실태조사 데이터는 5년 간격으로 제공되기 때문에 최소 5년 이상의 간격을 가진 장기적인 인구 이동 패턴 변화만 분석할 수 있다는 한계가 있다. 둘째, 생활이동 데이터는 비교적 작은 면적의 행정동을 단위 지역으로 하는 데이터이므로 단위 지역들을 더 큰 공간 단위로 합역하기에 용이하다. 수도권 가구통행실태조사의 경우 행정동보다 넓은 면적의 자치구가 최소 단위 지역이기 때문에 자치구보다 더 큰 상위의 기능적 생활권을 정의하거나 합역하기가 매우 어려워 자의적으로 구획된 자치구를 인구 이동 네트워크의 출발 또는 도착지 노드로 설정할 수 밖에 없다.셋째, 생활이동 데이터는 이동인구의 인구통계학적 특

성(연령, 성별)이 함께 제공되므로, 개별 연구에 맞게 분석 대상을 구체화할 수 있다. 뿐만 아니라, 모바일 사용자가 일정 시간 이상 머무는 위치를 바탕으로 이동인구 개인의 야간상주지와 주간상주지를 추정하여 여러 이동 유형 중에서 주거지와 직장지를 잇는 통근이동만을 따로 구분해낼 수 있다. 본 연구에서는 분석 대상을 20세에서 65세 사이의 경제활동 인구로 한정하고 아침시간대¹⁾에 야간상주지에서 주간상주지로 이동한 통근이동 내역만을 집계하여 경제활동을 위한 통근패턴이 코로나19 전후로 어떻게 변화했는지에 주목하고자 한다.

2) 커뮤니티 생활권 정의

서울 내 지역 간 통근 패턴 변화를 분석하기 위해 먼저 서울의 커뮤니티 생활권을 정의하였다. 일반적인 인구 분포나 생활권을 정의할 수 있는 구역으로 행정동이 있지만 행정 편의에 따라 임의적으로 분할한 공간 구역에 해당하며 실제 지역민의 생활 공간은 행정동 경계를 넘어서선다. 따라서 보다 실질적인 하위 생활권을 구분하기 위해 행정동 간의 인구 이동 상호작용을 고려하여 커뮤니티 생활권을 구획하였다. 동일한 자치구에 속한 행정동을 합역하여 생활권을 구획화할 수도 있지만 자치구는 행정동과 마찬가지로 임의적 구역 체계이기 때문에 실질적인 생활권으로 가정하기에 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 행정동 단위의 통근 네트워크 상에서 내부 상호작용이 강한 여러 행정동을 유동 클러스터링 기법을 통해 커뮤니티 생활권으로 정의하였다. 이러한 생활권은 임의적인 자치구에 비해 경제적 또는 사회적 기능 측면에서 통합된 하나의 기능지역에 더 가깝다(권구상, 2019). 커뮤니티 생활권은 이후 기능적으로 등질적인 산업 클러스터로 분류하기 위한 기본 공간 단위라 할 수 있으며 인구 이동의 출발과 도착지로 역할을 하게 된다.

커뮤니티 생활권을 구획하기 위한 유동 클러스터링 기법으로는 Guo(2009)가 제시한 계층적 합역 기반 유동 클러스터링 방법론을 적용하였다. 일반적으로 복잡한 연결성을 가지는 지역 간 상호작용이나 이동 현상은 많은 양의 유동을 효과적으로 표현하는 것이 매우 어렵다(김지우·이건학, 2017; 이승민·이건학, 2021). 소위 시각적 중첩(cluttering) 문제라 하는데 Guo(2009)는 복잡한 지역 간 상호작용을 계층적 합역을 통해 보다 단순한 패턴으로 변환시킴으로써 이러한 문제를 해결하고자 하였다. 구체적으로 내부적인 상호작용이 강한 여러

노드들을 하나의 커뮤니티로 합역함으로써 유동 데이터의 복잡도를 줄임과 동시에 커뮤니티 간의 주요 유동으로 요약적으로 나타낼 수 있다. 알고리즘의 원리는 목적함수인 모듈성(modularity)을 극대화시키는 것인데, 여기서 모듈성이란 같은 커뮤니티에 속한 노드 간의 연결이 무작위적인 네트워크 상에서의 연결에 비해 얼마나 강한지를 의미한다(Newman, 2006). 본 연구는 2020년과 2021년 각 연도의 1월 아침시간대의 통근이동 네트워크를 이용하여 코로나19 전후를 비교하고자 하므로, 이와 일관되도록 유동 클러스터링을 수행하는 과정에서도 2020년 1월 기준 생활이동 데이터의 행정동 간 아침시간대의 통근이동 네트워크를 활용했다. 통근이동 네트워크의 모듈성이 극대화되는 22회의 계층 트리의 분할을 거쳤으며, 그 결과로 내부적인 상호작용이 강한 행정동끼리 합역된 23개의 커뮤니티 생활권을 도출했다.

3) 등질적인 산업 클러스터 설정

지역 간 통근량의 변화를 지역 간의 기능적인 관계를 바탕으로 설명하기 위하여 여기에서는 산업 구조가 비슷한 커뮤니티 생활권끼리 등질적인 산업 클러스터로 유형화하였다. 두 클러스터를 대상으로 하여 서로 다른 기능을 가진 생활권 사이에서 코로나19 전후로 통근량이 어떻게 변화했는지 살펴볼 수 있으며, 특정한 기능적 관계에서 통근량이 증가 또는 감소하는 흥미로운 패턴을 발견할 수 있을 것으로 기대된다.

코로나19 확산기에 나타난 인구 이동 패턴을 설명하는 연구들은 크게 각 생활권의 기능을 토지이용에 따라 구분하는 연구(Romanilles *et al.*, 2021; Eom *et al.*, 2022; Lee and Lee, 2022)와 산업 구조에 따라 구분하는 연구(류은혜·김은정, 2021; Trasberg and Cheshire, 2021; Huang *et*

al., 2022)로 나눌 수 있는데, 본 연구에서는 산업 구조에 따라 생활권의 기능적인 특징을 정의하고자 한다. 그 이유는 용도지역 분류상에서 ‘도시지역’에 속하는 16개의 용도 유형으로 구분되는 토지이용 기준보다는 한국 표준산업분류상에서 21개의 업종 유형으로 구분되는 산업 구조 기준을 통해 특정 장소에서 실제로 수행되는 경제 활동을 보다 상세하게 파악할 수 있기 때문이다. 또한 토지이용 기준은 업무 활동과 관련이 적은 ‘주거 용도’나 ‘녹지용도’ 유형을 다수 포함하고 있어 본 연구에서 주목하고자 하는 경제활동 인구의 구체적인 업무 활동을 파악하는 데 적합하지 않다.

커뮤니티 생활권의 산업 구조에 따른 클러스터링을 위해 2019년 전국사업체조사 자료(통계지리정보서비스, 2019)를 활용하였다. 보다 구체적으로 원자료의 행정동별 종사자수를 커뮤니티 단위로 합역하여 생활권별 업종이 구분된 분할표를 구축하였다. 이 분할표는 서울의 산업 기능에 대한 전체적인 공간 분화 양상을 보여주고, 생활권별로 국지적으로 특화된 업종을 개별적으로 파악할 수 있도록 해준다. 보다 엄밀한 분석을 위해 커뮤니티 생활권과 업종의 상관성을 살펴볼 수 있는 대응분석(correspondence analysis) 기법을 적용하였다. 대응분석은 다차원의 범주형 분할표 자료를 저차원 평면에 시각화할 수 있는 탐색적 다변량 분석의 일종이다. 대응분석은 주차원(principal axis)을 도출하여 자료 전체의 변량을 차원 축소한다는 점에서 주성분분석(principal component analysis)과 유사하나, 주성분분석이 연속형 자료에 적용 가능하다면 대응분석은 범주형 분할표 자료에 적용 가능하다는 점에서 차이점이 있다(Greenacre, 2017). 대응분석의 시각화 결과를 바탕으로 업종 구성이 유사한 생활권을 그룹화하고 업종 구성이 다른 생활권을 구분할 수 있지만, 보다 체계적인

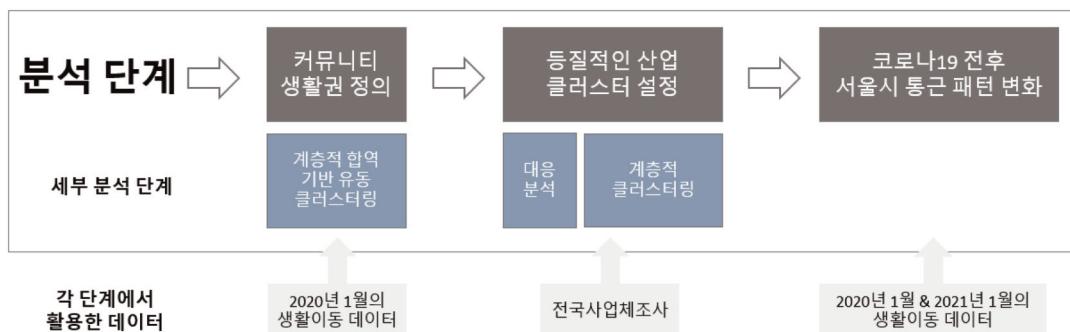


그림 1. 분석 과정

방식으로 커뮤니티 생활권을 유형화하기 위해 본 연구는 다변량 통계 분석 기법인 계층적 클러스터링을 추가적으로 수행하였다. 전체적인 분석 과정과 데이터는 그림 1에서 확인할 수 있다.

4. 코로나19 전후 서울시 통근 패턴 변화

1) 서울시 커뮤니티 생활권

유동 클러스터링에 사용된 2020년 1월의 아침시간 대 통근이동 네트워크는 그림 2의 왼쪽 그림으로 나타냈으며, 이를 바탕으로 구획한 커뮤니티 생활권은 그림 2의 오른쪽과 같다. 대체로 커뮤니티 생활권의 경계는 자치구의 경계에 가깝게 구획되었다. 각 생활권의 이름은 그 생활권을 구성하는 행정동들이 행정 구역 상 가장 많이 속한 자치구의 이름으로 명명하였다. 한편 행정 경계와 상관없이 2개 이상의 자치구가 합쳐져 하나의 큰 생활권으로 합역된 경우도 있다. 이 중 각 자치구 면적의 대부분이 생활권에 포함되는 유형이 있는 반면 (노원-도봉, 중랑-광진, 은평-성북, 금천-구로), 각 자치구 면적의 일부만이 생활권에 포함되는 유형도 있다(종로-을지로, 혜화-장충, 양재-개포, 송파-수서). 후자의 경우는 실제적인 생활권 지역을 지정하기 위해 생활권의 이름을 소속된 행정동 이름으로 명명하였다. 주목할만한 점은 서울의 잘 알려진 주요 고용중심지들이 커뮤니티 생활권 측면에서는 다른 주변 지역과 합역되어 나타나고 있다는 점이다. ‘2030 서울도시기본계획’에서는

서울의 3대 도심으로 ‘한양도성’, ‘강남’, ‘여의도’를 선정한 바 있는데(서울특별시, 2014), 이들 고용중심지들은 커뮤니티 생활권으로도 구분되고 있다. 그림 2의 종로-을지로권은 한양도성을, 강남권은 강남 도심을, 영등포권은 여의도 도심을 공간적으로 내포하고 있다. 이 외에도 금천-구로권(총 종사자수 433,815명)과 서초권(총 종사자수 332,265명) 등 주요 고용중심지와 유사한 규모의 여러 고용밀집권들이 도출되었다. 기존의 행정구역 경계를 넘어 보다 큰 생활권으로 정의된 지역들은 행정구역의 임의적 특성이 잘 드러난 곳으로 그 지역의 실제적인 생활 공간과 행정 구역 사이에 물리적 괴리가 있음을 시사한다.

2) 서울시 산업 클러스터

그림 3은 대응분석을 통해 생활권별-업종별 종사자 수 자료를 2차원 평면의 행렬도표(biplot)로 시각화한 결과이다. 가로축에 놓인 첫 번째 주차원은 금융보험업, 전문과학기술서비스업 및 정보통신업에 특화된 고용밀집권들과 보건사회복지서비스업 및 교육서비스업에 특화된 주거밀집권들을 구분하여 보여준다. 이들 5개 업종은 첫 번째 주차원에 투영된 변량의 약 75%를 설명할 만큼 생활권 간의 산업기능적 이질성을 잘 나타내는 대표적인 업종이다. 오른쪽에 위치한 보건사회복지 서비스업 및 교육서비스업의 경우, 특별한 산업기능이 없으면서 상업시설의 상당수가 병의원이나 사설학원으로 구성되어있는 주거밀집권의 대표적인 업종이라

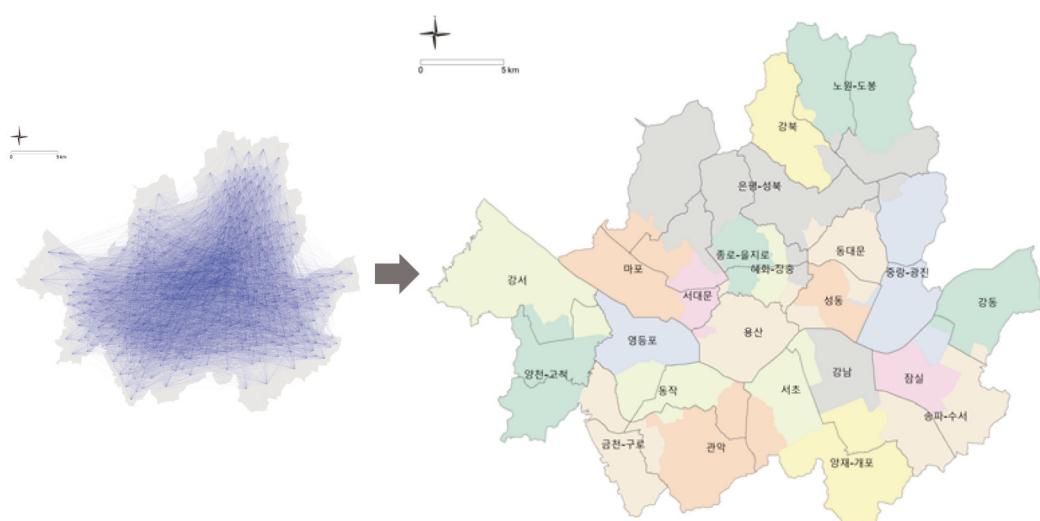


그림 2. 유동 클러스터링에 사용된 네트워크와 서울의 커뮤니티 생활권(색상) 및 자치구(선)

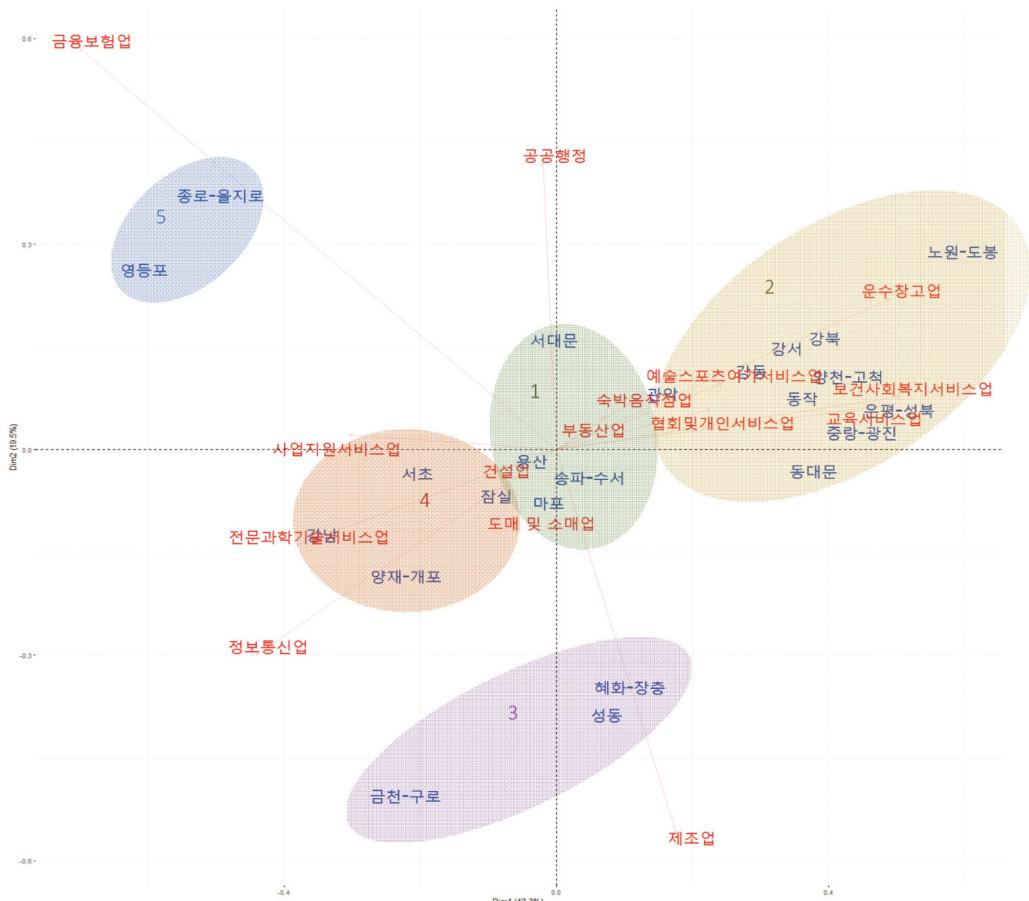


그림 3. 대응분석의 2차원 평면 행렬도표

고 할 수 있다. 한편, 왼쪽에 위치한 금융보험업, 전문과학기술서비스업 및 정보통신업의 경우, 높은 수준의 기술력과 전문성을 요구하는 업종임과 동시에 대도시 내부의 특정 지역에서 공간적으로 군집하여 분포하는 경향이 있다(김동현·임업, 2010). 앞서 커뮤니티 생활권 결과에서 언급된 종로-을지로, 영등포, 강남, 서초권이 3개 업종을 나타내는 축의 방향을 따라 놓여있는 것으로 보아, 이들 업종이 고용밀집권의 산업 구조에서 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 한편 세로축은 보다 상세한 차원에서 고용밀집권별 특화 업종을 구분하여 보여준다. 두 번째 주차원에 투영된 변량의 81%가 금융보험업, 제조업, 정보통신업으로 설명된다. 이를 통해 금융보험업, 제조업, 정보통신업과 같은 세부 업종에 따라 앞서 언급된 5개의 고용밀집권(종로-을지로, 강남, 영등포, 금천-구로, 서초)의 산업적인 기능이 분화되어 있음을 알 수 있다.

2차원 평면 행렬도표에서 두 생활권(파란 글씨) 간의 직선거리는 대응분석으로부터 도출된 두 생활권 간의 카이제곱거리(chi-square distance)의 근사값이며, 이는 두 생활권이 업종 구성 측면에서 얼마나 다른지를 요약한 값이라고 할 수 있다. 이러한 카이제곱거리를 기반하여 업종 구성 측면에서 유사한 생활권을 같은 클러스터로 묶는 Ward 연결법의 계층적 클러스터링을 수행하였다. 클러스터의 갯수는 엘bow우 도표(elbow plot) 상에서 군집 내 제곱합 변량의 총합이 감소하는 폭이 급격하게 줄어드는 지점인 5개로 정했다.

그림 4는 각 생활권을 하나의 실선으로 하여 특정 업종이 해당 생활권의 총 종사자수에서 차지하는 비중을 나타낸 평행좌표도표(parallel coordinate plot)이다. 같은 클러스터에 속하는 생활권은 같은 색상의 실선으로 나타내고, 업종별로 각 생활권 내에서 차지하는 비중의 분포를 세로 방향의 상자도표(boxplot)로 나타냈다. 각

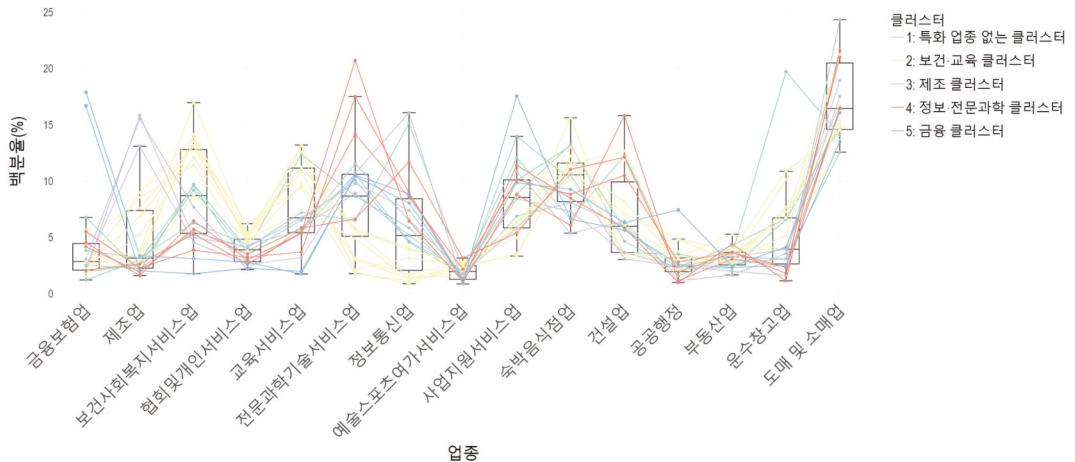


그림 4. 클러스터별 평행좌표도표

표 1. 클러스터별 고용 구조 특성 및 특화 업종

클러스터	명칭	생활권	생활권 개수 (개)	평균 종사자수 (명)	평균 고용밀도 (명/km ²)	특화 업종	4분위에 속하는 비중(%)
1	특화 업종 없는 클러스터	강서, 서대문, 용산, 마포, 송파-수서	5	195246.6	8441.2	-	
2	보건·교육 클러스터	관악, 강동, 강서, 동작, 강북구, 양천, 노원-도봉, 은평-성북, 중랑-광진, 동대문	10	176596.2	5561.8	보건사회복지서비스업	70
						교육서비스업	60
						운수창고업	80
						협회 및 개인서비스업	80
3	제조 클러스터	금천-구로, 동대문, 성동	3	247636.3	18826.7	제조업	100
4	정보·전문과학 클러스터	강남, 서초, 양재-개포, 잠실	4	295035.8	17492.4	정보통신업	75
						전문과학기술서비스업	75
5	금융 클러스터	영등포, 종로-을지로	2	361242.5	27277.9	금융보험업	100

클러스터에 속한 생활권 중에서 4분위(상자도표에서 3분위수를 나타내는 직사각형 윗면의 외곽 부분)에 속하는 생활권의 비중이 50% 이상인 클러스터를 해당 업종에 특화된 클러스터로 정의하였다.

표 1은 각 클러스터의 고용 구조 특성과 특화 업종을 보여주고 있다. 먼저 클러스터 1은 뚜렷하게 특화된 업종이 없다. 이는 그림 3에서 클러스터 1에 속한 생활권들이 특정 업종의 축(빨간색 화살표)을 따라 위치해 있지 않은 점, 즉 업종 구성 자료를 통해 생활권의 기능적 특징이 잘 드러나지 않는 점에서도 알 수 있다. 한편 클러스터 2는 보건사회복지서비스업, 교육서비스업, 운수창고업, 협회 및 개인서비스업에 특화되어 있다. 전체 23개 생활권 중 10개 생활권이 클러스터 2에 포함될 만큼 대부분의 도시 지역에서는 주거인구의 근린 수요

에 기반한 보건사회복지서비스업과 교육서비스업이 지역 산업에서 큰 비중을 차지한다. 노원-도봉, 양천-고척 등 서울의 대표적인 주거밀집권이 그 예이다. 나머지 세 개의 클러스터는 공통적으로 수많은 일자리가 모여있는 고용밀집권인데 각 클러스터는 서로 다른 업종으로 특화되어 있다. 먼저 클러스터 3은 다른 클러스터에 비해 월등히 높은 비중으로 제조업에 특화되어 있다. 혜화-장충권에는 과거부터 동대문 시장을 중심으로 한 봉제업이, 성수권에는 구두 제작 등 소규모 유연 제조업이, 금천-구로에는 도시형 공장 시설을 기반으로 한 지식기반제조업이 발달해 있다(윤종진·우명제, 2016). 다음으로 서울의 동남권 또는 강남3구(서초구, 강남구, 송파구) 일대에 위치한 클러스터 4는 정보통신업과 전문과학기술서비스업에 특화되어 있다. 잠실권에는 삼

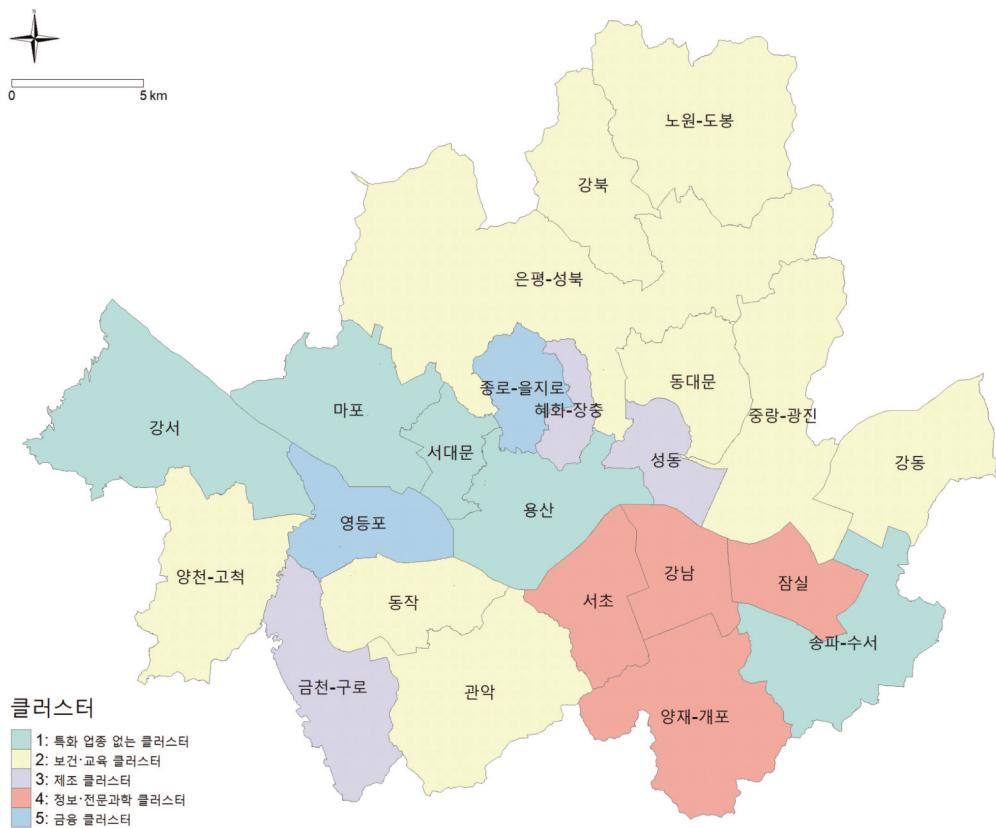


그림 5. 커뮤니티 생활권과 기능적 등질 클러스터

성 SDS 등의 IT 기업 사옥이 모여있고, 강남에는 테헤란로 일대에 수많은 벤처 IT 회사들이 입지해 있어 많은 수의 정부통신업 종사자들이 근무한다. 한편 양재·개포권에는 삼성 및 LG 전자의 연구개발단지와 양재 AI 혁신지구를 중심으로 연구 개발 일자리가, 서초에는 법조 단지를 중심으로 전문직 일자리가 모여있어 전문 과학기술서비스업이 클러스터 4의 산업 구조에서 중추적인 역할을 하고 있다. 마지막으로 클러스터 5에 포함된 종로-을지로권과 영등포권은 금융보험업에 특화되어 있다. 김진유 등(2016)에 따르면 금융보험업은 서울에 입지한 모든 대분류 업종 중에서 공간적 군집이 가장 강한 업종이다. 비슷한 맥락에서 본 연구의 분석 결과에서도 금융보험업에 특화된 클러스터 5에는 서울의 대표적인 업무 지구를 포함하는 두 개의 생활권만이 포함되어 있는 것을 확인할 수 있다. 클러스터 3, 4, 5의 각기 다른 특화 업종은 서울의 산업기능이 공간적으로 분화되어 있음을 단적으로 보여준다. 이어서 그림 5는 서울시의 기능적 산업 클러스터의 공간적 분포를 보여주

고 있다. 전체 5개 등질지역으로 구분되고 있으며, 각 클러스터를 구성하는 생활권은 지리적으로 인접해 있기도 하며 일부는 서로 떨어져 있기도 하다.

3) 코로나19 전후의 서울시 통근 패턴 변화

그림 6은 클러스터 구분없이 모든 23개 생활권 간 통근 링크(총 506개)를 시각화한 결과이다. 각 링크는 순이동량과 순이동비 변화율을 보여주고 있다. 순이동량은 두 생활권 사이의 쌍방 통근 중에서 통근량이 더 큰 주요 통근에서 더 적은 역통근을 뺀 이동량으로 유선의 두께로 표현하고 있다. 순이동비 변화율은 통근 이동의 일방성을 파악하는데 도움을 줄 수 있는 지표로, 주요 통근량을 역통근량으로 나눈 값을 순이동비로 정의한 후 2020년 대비 2021년 순이동비로 변화율을 색상으로 표현하였다. 그림 6에서처럼 파란색으로 표시된 지역 간 링크가 그 일방성이 코로나19 전후로 크게 감소한 상호작용을 의미한다. 한편, 그림 6의 경우 수많은 링크가 한 번에 그려져 있어 통근 패턴의 변화를 한 눈에 파

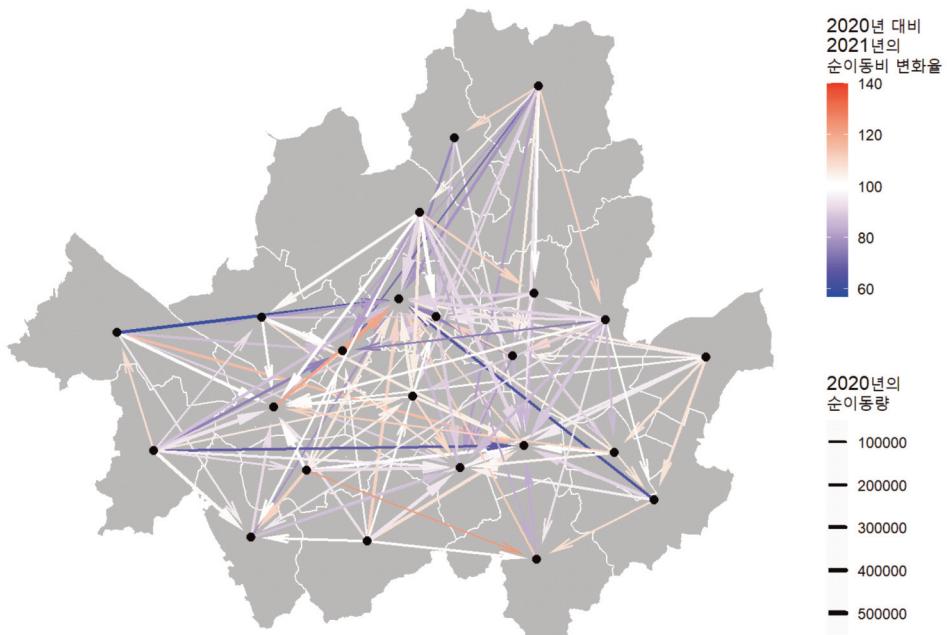


그림 6. 23개 생활권 간 통근 순이동 패턴

악하기 어렵다. 이에 대한 대안으로 다른 4개의 클러스터에서 각 클러스터로 유입되는 순이동 링크를 지도화하였다(그림 7-11). 또한 2020년의 순이동량을 기준으로 하여 1사분위수보다 작은 순이동량을 가진 통근 링

크를 삭제함으로써 유동 패턴의 가시성을 높였다.²⁾

그림 7을 살펴보면 검은 점으로 표시된 ‘특화 업종 없는 클러스터’의 통근 순유입은 대체로 주거밀집권인 ‘보건·교육 클러스터’에서 출발한 통근 이동이다. 상대

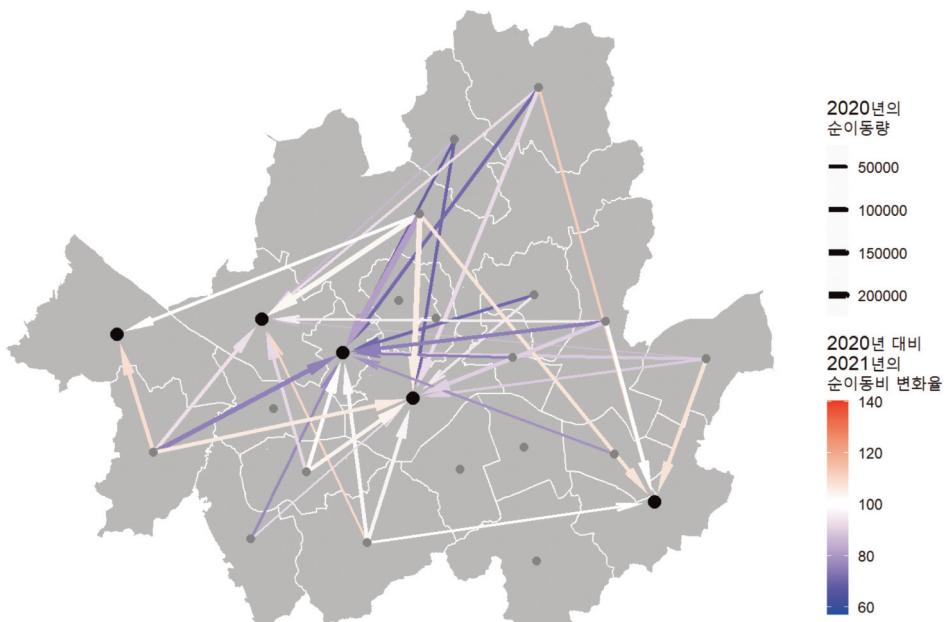


그림 7. ‘특화 업종 없는 클러스터’로의 통근 순유입 패턴

적으로 고용밀도가 높은 ‘제조 클러스터’, ‘정보·전문과학 클러스터’와 ‘금융 클러스터’에서 ‘특화 업종 없는 클러스터’로 향하는 통근은 그 반대 방향보다 규모가 작아 양의 순이동만을 나타낸 지도에서는 표시되지 않는다. 유선의 색을 통해 코로나19 전후 변화를 살펴보면, 순이동의 일방성이 완화된 파란색 링크가 일방성이 심화된 빨간색 링크보다 그 수가 많은데, 이를 통해 ‘보건·교육 클러스터’에서 ‘특화 업종 없는 클러스터’로의 기능적 의존도가 대체로 낮아졌음을 알 수 있다. 이는 ‘보건·교육 클러스터’에서 거주하고 ‘특화 업종 없는 클러스터’에서 근무하는 인구의 경제 활동과 그에 수반되는 통근 이동이 코로나19 전후로 바뀌었기 때문에 나타나는 현상이다. 그러나 ‘특화 업종 없는 클러스터’는 지역 산업구조의 특징을 정의하기 어려워 ‘보건·교육 클러스터’와의 기능적 관계를 유형화하거나 그 기능적 관계를 바탕으로 통근량의 변화를 설명하기는 어렵다. 한편, 그림 7에서 파란색 유선이 집중적으로 모이는 서대문권은 다른 생활권에 비해 통근 유입의 감소세가 뚜렷한 편인데, 이는 서대문권에 위치한 여러 대학교에서 비대면 강의를 시행함에 따라 아침시간대에 학교를 방문하는 통학 인구가 줄었기 때문이라고 볼 수 있다.

그림 8은 ‘보건·교육 클러스터’에 속한 생활권으로 유입되는 순이동을 나타낸 결과인데, 강서권에서 동대

문권으로의 링크 하나만 예외적으로 나타났을 뿐, 아침 출근시간대에 주거밀집권인 ‘보건·교육 클러스터’로 유입되는 인구가 적음을 알 수 있다. 그림 9는 상대적으로 고용밀도가 낮은 ‘특화 업종 없는 클러스터’와 ‘보건·교육 클러스터’에서 ‘제조 클러스터’로 통근의 순유입이 이루어지고 있음을 보여준다. 한편 ‘정보·전문과학 클러스터’ 또는 ‘금융 클러스터’의 고용밀집권에서 ‘제조 클러스터’로 들어오는 통근 유입량은 적어서 그림 9에 나타나지 않았다. 코로나19 전후 변화를 살펴보면, 순이동의 일방적인 정도가 심화된 빨간색의 링크가 일방적인 정도가 완화된 파란색의 링크보다 더 많다. 이는 ‘제조 클러스터’로의 통근 유입이 코로나19 이후에도 상당히 지속되었음을 보여준다. 동대문구, 성동, 금천-구로권으로의 코로나19 이후 유입량은 코로나19 이전에 비해 각각 91.1%와 85.5%, 93.3%로 소폭 감소했을 뿐이다. 코로나19 이후에도 세 생활권으로의 유입 인구 규모가 유지된 이유 중 하나는 제조업이 다른 업종에 비해 원격근무가 쉽지 않기 때문일지 모른다. Dingel and Neiman(2020)은 미국 노동통계국(BLS)의 업종별 설문조사 자료를 바탕으로 원격근무로의 전환이 용이한 정도를 비교하는 연구를 진행했는데, 원격근무로의 전환이 가장 어려운 업종 중 하나로 기계 설비를 활용하여 생산 활동을 해야 하는 제조업을 지정한 바 있다.

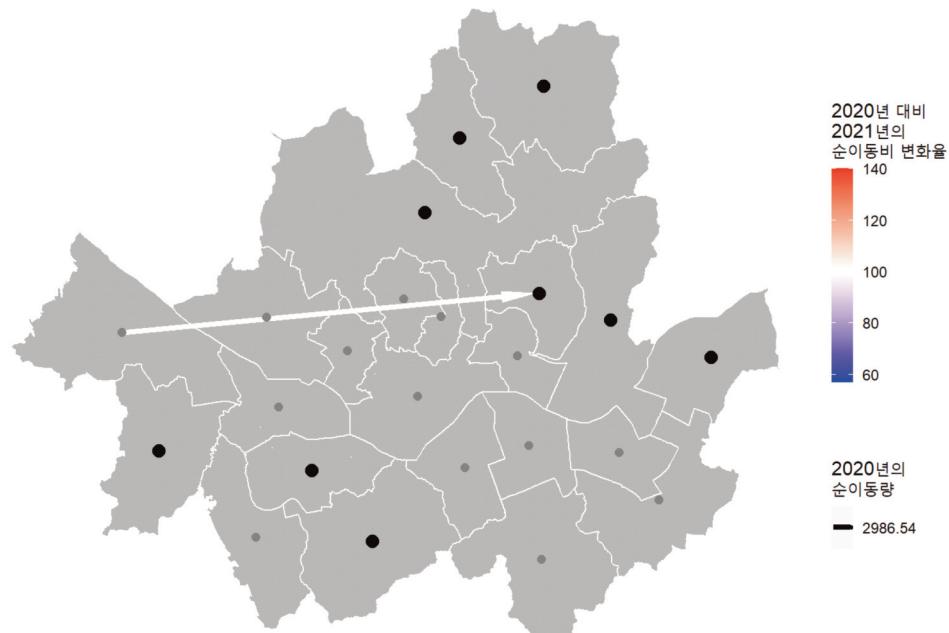


그림 8. ‘보건·교육 클러스터’로의 통근 순유입 패턴

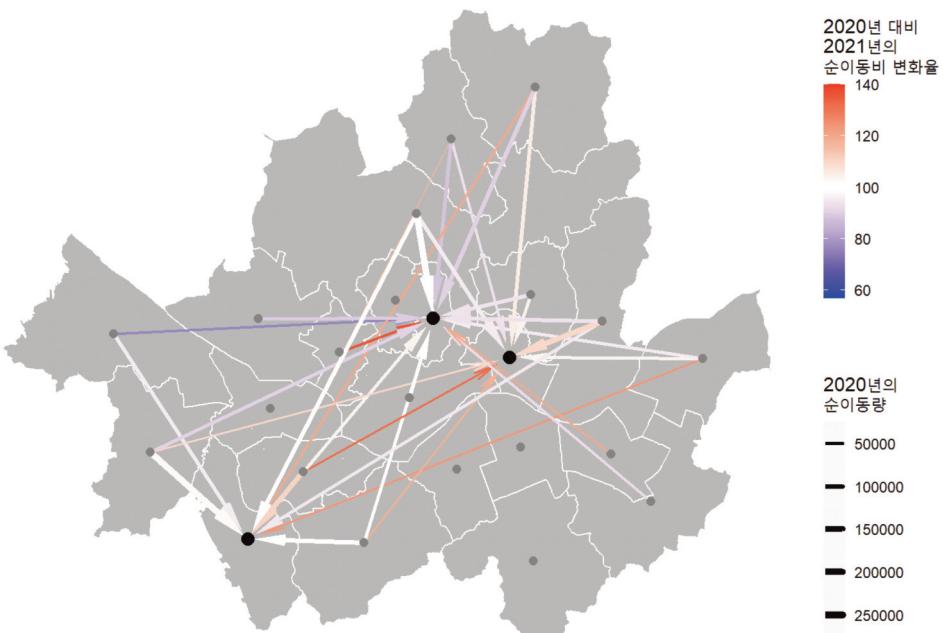


그림 9. ‘제조 클러스터’로의 통근 순유입 패턴

그림 9의 유선도에서 주목할만한 공간적 특징 중 하나는 동대문, 성동권 각각을 둘러싼 유동 패턴이 다른 방향보다는 유독 서남 방향에 위치한 서대문, 동작권으로부터의 통근 순유입 일방성이 심화되었다는 점이다. 또한 이러한 서남에서 동북 방향으로의 링크는 직선거리로 봤을 때 거리가 짧은 편이다. 이는 동대문과 성동권이 오래된 제조업 특화 생활권으로서, 제조업 종사자들의 통근권이 노원·도봉 등 상대적으로 최근에 개발된 외곽 주거밀집권보다는 서대문, 동작권 등 오래된 구시 가지 주거밀집권을 포함하는 형태로 형성되어 왔기 때문이다 할 수 있다.

‘정보·전문과학 클러스터’와 ‘금융 클러스터’는 지식 기반산업과 고차생산자서비스업에 특화된 고용밀집권이라는 공통점을 가지며, 서울의 3대 고용중심지인 한양도성, 강남, 여의도를 포함하고 있다. 그 중 ‘정보·전문과학 클러스터’는 서초, 강남, 양재·개포, 잠실의 총 4개 생활권으로 구성되어 있으며, 서울의 동남부에 지리적으로 인접한 4개 생활권이 모여 있다는 것이 특징이다. 그림 10은 상대적으로 고용밀도가 낮은 ‘특화 업종 없는 클러스터’, ‘보건·교육 클러스터’와 ‘제조 클러스터’에서 ‘정보·전문과학 클러스터’로의 순유입이 이루어지고 있음을 확인할 수 있다. 코로나19 전후의 변화에 주목하여 유선도를 살펴보면, 파란색의 링크가 빨

간색의 링크보다 더 많으므로, 전반적으로 통근 이동의 일방성이 심화된 경우보다 완화된 경우가 더 많아졌음을 알 수 있다. 정보통신업과 전문과학기술서비스업은 다른 업종에 비해 원격근무를 활발하게 도입할 수 있다는 점에서 ‘정보·전문과학 클러스터’로의 통근 유입량 감소를 설명할 수 있을 것이다.

‘정보·전문과학 클러스터’로의 통근 유입 패턴에서 주목할 점은 출발생활권이 속한 클러스터에 따라 통근 링크의 일방성이 심화된 경우와 완화된 경우로 나뉜다는 점이다. 특히 서울의 동남부와 멀리 떨어진 생활권으로부터 ‘정보·전문과학 클러스터’로 유입되는 장거리 통근 링크들 사이에서 그 경향성이 두드러지게 나타난다. 먼저 ‘특화 업종 없는 클러스터’(마포, 서대문구, 용산, 강서구)와 ‘정보·전문과학 클러스터’ 사이의 통근 링크는 대체로 빨간색을 띠어 전자의 후자에 대한 기능적 의존성이 심화되었음을 알 수 있다. 만일 ‘특화 업종 없는 클러스터’에서 고용밀집권인 ‘정보·전문과학 클러스터’로의 주요 통근량만 감소했다면 전자의 후자에 대한 기능적 의존성이 완화되었을 것이다. 하지만 표 1의 생활권별 ‘평균 종사자수’에서 나타난 것처럼 ‘특화 업종 없는 클러스터’에도 상당한 고용 규모가 있기 때문에, 원격근무 시행 등 비슷한 배경에서 ‘정보·전문과학 클러스터’에서 ‘특화 업종 없는 클러스터’로의 역통

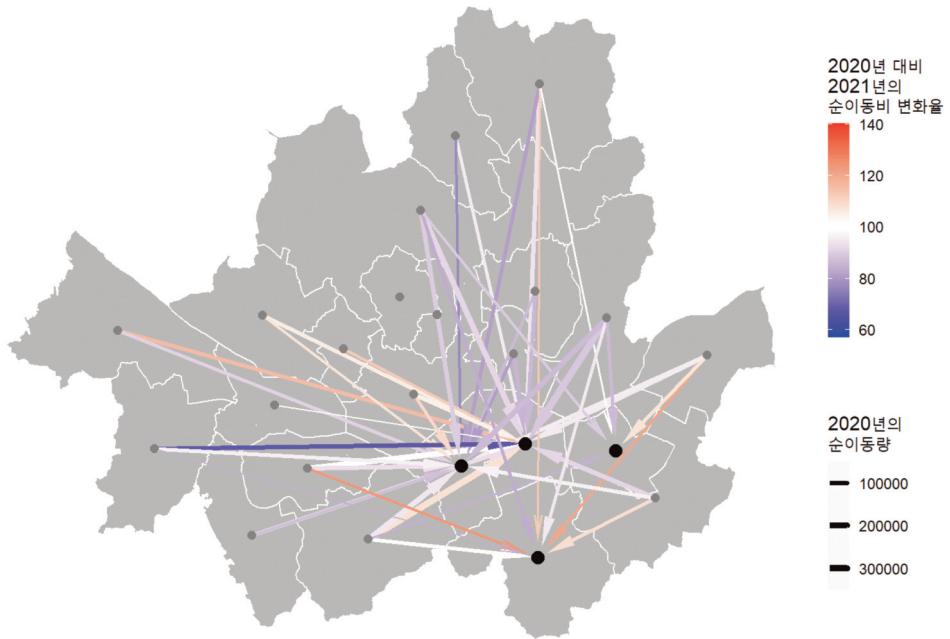


그림 10. ‘정보·전문과학 클러스터’로의 통근 순유입 패턴

근량도 마찬가지로 감소했을 가능성이 크다. 일례로 코로나19 이후 강서권에서 강남권으로의 주요 통근량은 코로나19 이전의 약 70.7%(104,320명→ 73,746명)로 감소한 한편, 그 반대 방향의 역통근량은 약 61.3%(9,019명→ 5,527명)로 더 크게 감소하였다. 주요 통근량과 역통근량이 동시에 감소하여 기존에 형성되었던 기능적 의존성이 지속되거나 심화되는 양상이 나타난 것으로 해석된다. 반면 ‘보건·교육 클러스터’(노원·도봉, 강북구, 은평·성북, 양천·고척권)와 ‘정보·전문과학 클러스터’ 사이의 통근 링크는 대체로 파란색을 띠어 ‘정보·전문과학 클러스터’에 대한 ‘보건·교육 클러스터’의 기능적 의존성이 완화되었음을 알 수 있다. ‘보건·교육 클러스터’는 주거밀집권에 가깝기 때문에 ‘정보·전문과학 클러스터’에서 ‘보건·교육 클러스터’로의 역통근량은 코로나19의 여파에도 유의미한 변화가 없고, ‘보건·교육 클러스터’에서 고용밀집권인 ‘정보·전문과학 클러스터’로의 주요 통근량만 유의미하게 감소했기 때문에 나타나는 현상이다. 일례로 양천·고척권에서 강남권으로의 주요 통근량이 약 69.0%(112,703명→ 77,736명)로 감소한 반면, 그 반대의 역통근량은 약 93.2%(3,416명→ 3,185명)의 미미한 감소폭을 보였다. ‘보건·교육 클러스터’와 ‘정보·전문과학 클러스터’와 같이 업종 구성 측면에서 이질적이고 기능적 상호보완성이 높은 두 생활권

간의 통근 링크일수록 코로나19 전후로 통근의 일방성이 뚜렷하게 완화되었음을 알 수 있다.

그림 11에서 검은 점으로 표시된 ‘금융 클러스터’는 서울의 대표적인 중심업무지구 두 곳, 한양도성과 여의도 도심을 포함한다. 유선도를 통해 ‘금융 클러스터’로의 통근 순유입은 앞선 ‘정보·전문과학 클러스터’와 마찬가지로 ‘특화 업종 없는 클러스터’, ‘보건·교육 클러스터’, 그리고 ‘제조 클러스터’에서 출발한 통근 이동임을 알 수 있다. 고용밀집권이라는 공통점을 지닌 ‘정보·전문과학 클러스터’와 ‘금융 클러스터’ 상호 간에는 특정 클러스터로의 통근 순이동이 뚜렷하게 나타나지 않는다. 그림 11에서 특징적인 점은 영등포권을 중심으로 한 유입 패턴과 종로-을지로권을 중심으로 한 유입 패턴 각각의 변화가 코로나19 전후로 서로 다르게 전개되었다는 점이다. 영등포권의 경우 통근 링크가 대체로 하얀색 또는 연한 파란색으로 나타난 것처럼 코로나19를 전후로 통근 방향의 일방성이 일정 정도 지속되었고, 통근 링크 간 변화율의 편차가 작은 편이다. 반면 종로-을지로권의 경우 통근 링크가 진한 파란색부터 빨간색으로 다양하게 나타난 것처럼, 같은 목적지임에도 불구하고 출발지에 따라 일방성이 심화된 링크와 완화된 링크로 구분된다. 먼저 다른 생활권에서 영등포권까지의 주요 통근량은 70~87%로 감소하고, 마찬가지로 다른

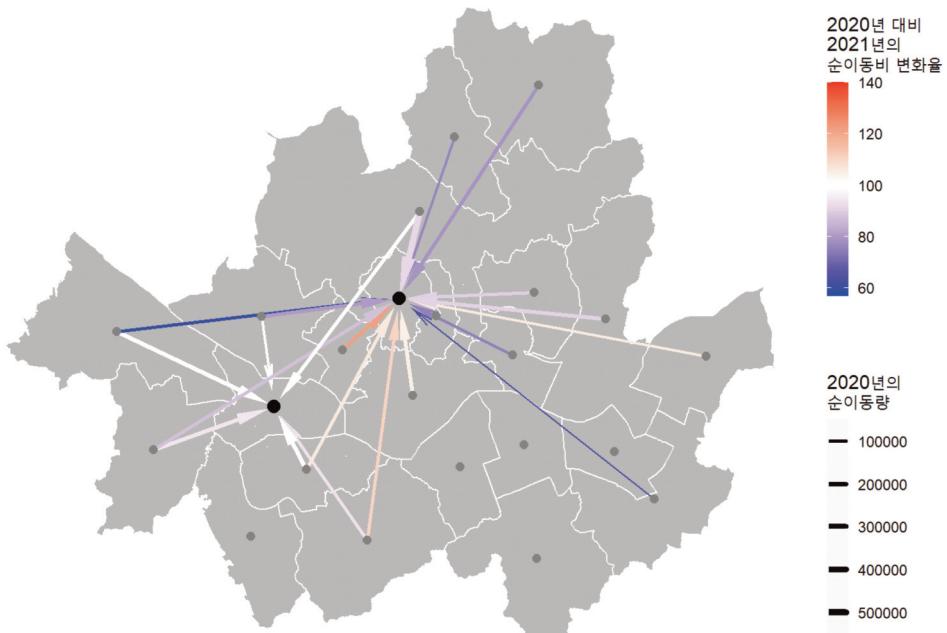


그림 11. ‘금융 클러스터’로의 통근 순유입 패턴

생활권에서 종로-을지로권까지의 주요 통근량도 64~77%로 감소하여, 두 고용밀집권 모두 코로나19 이후 원격근무의 도입으로 통근 인구를 유인하는 힘이 약화되었다고 할 수 있다. 즉 다른 생활권으로부터 유입되는 통근의 주된 방향에 있어서는 두 생활권이 큰 차이를 보이지 않는다.

두 생활권 간에 차이가 나타난 지점은 영등포 또는 종로-을지로 각각의 생활권에서 다른 클러스터 생활권으로 유출되는 역방향의 통근 패턴에서 찾아볼 수 있다. 영등포권에서 다른 클러스터 생활권으로의 역통근량은 72~98%의 제한적인 범위에서 전반적으로 비슷한 정도로 감소했다. 이는 그림 11에서 볼 수 있듯이 영등포권과 통근 링크를 형성하고 있는 대부분의 생활권들이 영등포의 배후인 서울의 서남권에 모여있고, 이러한 배후 생활권 간에는 각 생활권이 영등포권과 가지는 기능적 관계가 서로 비슷하기 때문이라고 볼 수 있다. 반면 종로-을지로권에서 다른 클러스터 생활권으로의 역통근량 변화율은 57~114%의 넓은 범위를 가지고 있어, 역통근의 절대적인 양이 증가한 링크와 감소한 링크가 혼재되어있는 것이 특징이다. 극단적인 사례로 종로-을지로에서 강서, 그리고 종로-을지로에서 송파-수서로의 역통근 링크는 코로나19 이후 각각 113%와 114%로 증가했다. ‘특화 업종 없는 클러스터’

에 속하는 강서와 송파-수서권은 둘 모두 주거 기능과 고용 기능이 공존하는 생활권이지만, 최근 강서권에는 마곡업무지구, 송파-수서권에는 문정업무지구가 서울의 새로운 고용중심지로 성장 중에 있어(Kwon, 2021) 두 지역으로 유입되는 통근량은 코로나19에도 꾸준한 증가세에 있었던 것으로 보인다. 금융보험업계에서 원격근무를 도입하여 종로-을지로권으로 유입되는 주요 통근량이 감소한 것과 동시에, 강서와 송파-수서권이 새로운 고용중심지로서 통근 인구를 흡입하는 힘이 증가함에 따라 종로-을지로권을 중심으로 한 통근 링크의 일방성이 크게 완화된 것으로 해석된다. 다른 극단에서 살펴보면, 종로-을지로권에서 상대적으로 서남쪽에 위치한 서대문, 관악, 동작권으로의 역통근량은 각각 57.1, 60.9, 61.5%로 크게 감소했다. 세 지역은 서울의 종합대학이 모인 곳이자 교육서비스업이 지역산업에서 차지하는 비중이 그림 5에서 4분위에 속할 만큼 크다. 코로나19 이후 종로-을지로권으로의 주요 통근량이 원격근무의 도입으로 감소함과 동시에 교육에 특화된 생활권으로의 역통근량도 비대면 수업의 도입으로 감소하면서 위 세 개 지역의 종로-을지로권에 대한 기존의 기능적인 의존성은 지속되거나 심화된 것으로 해석된다. 고용중심지별로 집계된 유입량이 아닌 다른 지역과 고용중심지 간의 세세한 상호작용을 대상으로

변화 양상을 살펴봄으로써, 비슷한 특화 산업을 가진 고용중심지라고 하더라도 도시 공간 안에서의 상대적인 위치에 따라 이질적인 변화 양상을 보일 수 있다.

5. 결론

본 연구는 도시 내부의 공간적 분화가 확연하게 나타나고 있는 서울시를 대상으로 기존의 통근 패턴이 코로나19로 인해 어떻게 변화하였고 기능적 공간 구조가 어떤 영향을 받았는지 살펴보았다. 이를 위해 먼저 서울을 생활이동 데이터에 기반하여 내부 상호작용이 강한 커뮤니티 생활권으로 구획하였고, 산업 기능에 따라 5개의 등질적인 산업 클러스터로 구분하였다. 이후 코로나19 전후 시기를 대상으로 산업 클러스터 간의 통근 이동 패턴을 분석하였다.

클러스터별 유입 패턴의 전반적인 특징을 분석한 결과, ‘제조 클러스터’으로의 통근 순유입은 코로나19 이후에도 상당수 지속된 반면, ‘정보·전문과학 클러스터’와 ‘금융 클러스터’로의 일방적인 통근 이동은 대체로 완화되었다. 이처럼 클러스터 간에 유입 패턴의 변화 양상이 다른 이유 중 하나는 각 클러스터가 특화된 업종별로 재택근무를 도입할 수 있는 업무 여건이 다르기 때문으로 해석될 수 있다. 더불어 각 클러스터의 유입 패턴 안에서도 출발 커뮤니티 생활권이 속한 클러스터와 지리적인 위치에 따라 코로나19 변화 양상에 있어 세부적인 차이가 나타난다. ‘정보·전문과학 클러스터’로의 유입 패턴의 경우, 상대적으로 고용기회가 적은 ‘보건·교육 클러스터’와 연결된 통근 링크에서 일방성이 뚜렷하게 완화되었다. 이는 정보통신업 및 전문과학 기술서비스업계의 원격근무 도입에 따라 주거밀집권에 거주하는 인구의 통근 수요가 크게 감소했기 때문이다. ‘보건·교육 클러스터’와 ‘정보·전문과학 클러스터’와 같이 업종 구성 측면에서 이질적이고 기능적 상호보완성이 높은 두 생활권 간의 통근 링크일수록 코로나19 전후로 뚜렷한 변화가 있었음을 알 수 있다. ‘금융 클러스터’의 경우, 영등포권을 중심으로 한 유입 패턴과 종로·을지로권을 중심으로 한 유입 패턴이 서로 다른 변화 양상을 보였다. 이는 영등포권과 통근 링크를 형성하고 있는 생활권들은 영등포권 배후에 모여있는 반면, 종로·을지로권과 통근 링크를 형성하고 있는 생활권들은 서울 곳곳에 흩어져있는 공간적인 구조에 기인한다.

본 연구는 코로나19와 같은 감염병의 유행이 도시

내 인구 이동과 지역 간 기능적 상호작용을 어떻게 변화시키고 있는지를 실증적으로 보여주고 있다. 공간적으로 빠르게 확산되는 감염병의 특성과 방역 정책에 따른 강제적인 모빌리티의 제한이 도시 경제 활동에 어떤 영향을 줄 수 있는지를 공간 구조적 관점에서 보여준다는 점에서 의의가 있다. 특히, 시간적 해상도가 높은 생활이동 데이터를 활용함으로써 도시 내 역동적인 상호작용을 직접적으로 반영했다는 점에서 차별성을 가진다. 뿐만 아니라 유동 클러스터링 기법을 통해 통계적으로 유의미한 인구 이동 클러스터를 선정할 수 있었고 이를 통해 인구 이동 패턴에 대한 효과적인 시각화 결과를 보여주고 있다. 본 연구의 결과는 도시지리학 뿐 아니라 질병 관리 및 도시역학 연구에 유용한 참고자료가 될 수 있을 것으로 기대한다. 또한 내부 상호작용에 기반한 서울의 실제적인 생활권과 산업 기능적 특성에 따른 산업 클러스터는 향후 교통 계획이나 토지 개발, 경제 정책 수립 등에 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 하지만 코로나 유행에 따른 도시 인구 이동의 변화를 통근 이동에 한정하고 있다는 한계가 있기 때문에 향후 비통근 이동을 포함한 전반적인 인구 이동의 패턴을 살펴봄으로써 전염병과 도시 인구 이동에 관한 보다 포괄적인 후속 연구가 가능할 것이다. 나아가 성별, 연령대별 이동량 정보를 포함하는 생활이동 데이터를 잘 활용한다면 보다 상세한 수준의 인구 이동 연구도 가능할 것으로 기대한다.

註

- 1) 아침 출근시간대의 범위는 서울지역의 출근인구 이동 패턴에 대해 분석한 사경은 등(2020)의 연구를 참고하여 오전 7시에서 10시 사이로 구체화했다.
- 2) 그림 6의 경우 링크 수가 많은 점을 고려하여 가시성을 높이기 위해 예외적으로 2사분위수보다 작은 순이동량을 가진 통근 링크를 삭제했다.

文獻

- 권규상, 2019, “네트워크 커뮤니티 발견법을 활용한 기능 지역 구분의 의미와 효용성,” 대한지리학회지, 54(3), 405-420.
- 김감영·이건학, 2016, “이동통신 빅데이터를 이용한 현재인구 추정과 개선 방안 연구,” 한국도시지리학회지, 19(2), 181-196.

- 김동현·임업, 2010, “서울시 생산자서비스의 공간적 집중,” *국토계획*, 45(5), 217-227.
- 김영룡·윤메솔·이혜령, 2021, 빅데이터를 이용한 코로나 시대 수도권 유동인구 네트워크 분석, 경기연구원.
- 김지우·이건학, 2017, “웹기반 데이터 시각화 도구를 활용한 플로우 데이터의 지리적 시각화 기법 탐색,” *한국지도학회지*, 17(1), 25-39.
- 김진유·이호준·정형은, 2016, “서울대도시권의 산업별 고용분포 변화분석 (2000~2010),” *부동산분석*, 2(1), 103-117.
- 류은혜·김은정, 2021, “코로나19(COVID-19) 유행 전후 서울의 생활인구 패턴변화 및 지역환경이 생활인구 변화에 미치는 영향,” *한국도시지리학회지*, 24(3), 19-35.
- 사경은·서지민·이수기, 2020, “출근시간대 공유자전거 출발·도착지 및 최단이동경로 특성 분석-서울시 공유자전거 2017 통행 OD 자료를 중심으로,” *한국도시설계학회지*, 21(6), 105-120.
- 서울특별시, 2014, 2030 서울도시기본계획.
- 윤종진·우명제, 2016, “서울시 제조업 집적지의 공간적 분포 및 특성에 관한 연구,” *국토계획*, 51(2), 73-91.
- 이건학·김감영, 2016, “공간통계 기법을 이용한 현주인구 추정 모델링,” *한국지도학회지*, 16(2), 71-93.
- 이금숙·박소현·함유희, 2021, “COVID-19 확산에 따른 사회적 거리두기 동안 나타나는 서울시 지하철 통행 변화와 역 배후지역의 지리적 특성,” *한국경제지리학회지*, 24(2), 127-142.
- 이승민·이건학, 2021, “유동 클러스터 탐지 기법의 개발과 적용: 서울시 대중교통 통행을 사례로,” *한국지도학회지*, 21(2), 129-144.
- 이진희·박민숙·이상원, 2021, “수도권 지역 코로나바이러스감염증-19 발생 시기별 감염경로 다이나믹스,” *보건사회연구*, 41(2), 7-26.
- 하은혜·이채현·고민경·김감영, 2021, “모빌리티에 대한 COVID-19의 차별적 영향,” *한국지도학회지*, 21(3), 59-76.
- Arimura, M., Ha, T. V., Okumura, K., and Asada, T., 2020, Changes in urban mobility in Sapporo city, Japan due to the Covid-19 emergency declarations, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, 100212.
- Bick, A., Blandin, A., and Mertens, K., 2020, *Work from Home after the COVID-19 Outbreak*, Federal Reserve Bank of Dallas.
- Bracarense, L. and de Oliveira, R., 2021, Access to urban activities during the Covid-19 pandemic and impacts on urban mobility: The Brazilian context, *Transport Policy*, 110, 98-111.
- Chang, S., Pierson, E., Koh, P. W., Gerardin, J., Redbird, B., Grusky, D., and Leskovec, J., 2021, Mobility network models of COVID-19 explain inequities and inform reopening, *Nature*, 589(7840), 82-87.
- Dingel, J. I. and Neiman, B., 2020, How many jobs can be done at home?, *Journal of Public Economics*, 189, 104235.
- Enoch, M., Monsuur, F., Palaiologou, G., Quddus, M. A., Ellis-Chadwick, F., Morton, C., and Rayner, R., 2022, When COVID-19 came to town: measuring the impact of the coronavirus pandemic on footfall on six high streets in England, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 49(3), 1091-1111.
- Eom, S., Jang, M., and Ji, N. S., 2022, Human mobility change pattern and influencing factors during COVID-19, from the outbreak to the deceleration stage: a study of Seoul Metropolitan City, *The Professional Geographer*, 74(1), 1-15.
- Greenacre, M., 2017, *Correspondence Analysis in Practice*, Chapman and Hall/CRC, New York.
- Guo, D., 2009, Flow mapping and multivariate visualization of large spatial interaction data, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(6), 1041-1048.
- Hamidi, S. and Zandiatashbar, A., 2021, Compact development and adherence to stay-at-home order during the COVID-19 pandemic: a longitudinal investigation in the United States, *Landscape and Urban Planning*, 205, 103952.
- Hong, S. and Choi, S. H., 2021, The urban characteristics of high economic resilient neighborhoods during the COVID-19 pandemic: a case of Suwon, South Korea, *Sustainability*, 13(9), 4679.
- Huang, X., Lu, J., Gao, S., Wang, S., Liu, Z., and Wei, H.,

- 2022, Staying at home is a privilege: evidence from fine-grained mobile phone location data in the United States during the COVID-19 pandemic, *Annals of the American Association of Geographers*, 112(1), 286-305.
- Kar, A., Le, H. T., and Miller, H. J., 2022, What is essential travel? socioeconomic differences in travel demand in Columbus, Ohio, during the COVID-19 lockdown, *Annals of the American Association of Geographers*, 112(4), 1023-1046.
- Klise, K., Beyeler, W., Finley, P., and Makvandi, M., 2021, Analysis of mobility data to build contact networks for COVID-19, *Plos One*, 16(4), e0249726.
- Kwon, K., 2021, Polycentricity and the role of government-led development: employment decentralization and concentration in the Seoul metropolitan area, 2000-2015, *Cities*, 111, 103107.
- Lee, K. O. and Lee, H., 2022, Public responses to COVID-19 case disclosure and their spatial implications, *Journal of Regional Science*, 62(3), 732-756.
- Newman, M. E., 2006, Modularity and community structure in networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23), 8577-8582.
- Ratti, C., Frenchman, D., Pulselli, R. M., and Williams, S., 2006, Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(5), 727-748.
- Ren, M., Lin, Y., Jin, M., Duan, Z., Gong, Y., and Liu, Y., 2020, Examining the effect of land-use function complementarity on intra-urban spatial interactions using metro smart card records, *Transportation*, 47(4), 1607-1629.
- Romanillos, G., Garcia-Palomares, J. C., Moya-Gomez, B., Gutierrez, J., Torres, J., Lopez, M., Cantu-Ros, O., and Herranz, R., 2021, The city turned off: urban dynamics during the COVID-19 pandemic based on mobile phone data, *Applied Geography*, 134, 102524.
- Trasberg, T. and Cheshire, J., 2021, Spatial and social disparities in the decline of activities during the COVID-19 lockdown in Greater London, *Urban Studies*, 00420980211040409.
- Vasanen, A., 2012, Functional polycentricity: examining metropolitan spatial structure through the connectivity of urban sub-centres, *Urban Studies*, 49(16), 3627-3644.
- Yilmazkuday, H., 2021, Stay-at-home works to fight against COVID-19: international evidence from Google mobility data, *Journal of Human Behavior in the Social Environment*, 31(1-4), 210-220.
- 서울 열린데이터 광장, <https://data.seoul.go.kr/>
통계지리정보서비스, <https://sgis.kostat.go.kr>
- 교신: 이건학, 08826, 서울시 관악구 관악로 1,
서울대학교 지리학과
(이메일: gunhlee@snu.ac.kr)
- Correspondence: Gunhak Lee, Dept. of Geography,
Seoul National University, Gwanak-ro 1, Gwanak-gu,
Seoul, 08826, Korea
(e-mail: gunhlee@snu.ac.kr)

투고일: 2022년 07월 14일

심사완료일: 2022년 08월 08일

투고확정일: 2022년 08월 16일