

통신사 유동인구 자료의 일관성 분석: 단양군과 청송군 사례*

박용하**

Analyzing Consistency among Types of Mobile Network–Based Floating Population Data: A Case Study of Danyang–gun and Cheongsong–gun*

Yongha Park**

요약 : 본 연구는 동일한 이동통신 원자료에서 집계 기준을 달리하여 산출된 유동인구 자료 간 일관성을 검토하고, 자료 활용 시 고려해야 할 사항을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 단양군과 청송군의 2019~2023년 50m×50m 격자 기반 시간대별, 요일별, 성·연령대별 자료를 활용하여 유동인구의 공간적 분포 범위와 지역 단위 총량, 셀 단위 값의 편차 및 지역 특성과의 관계를 분석하였다. 분석 결과, 첫째, 세 자료의 지역 단위 총량은 대체로 유사하였으나, 요일별 자료의 공간적 분포 범위가 가장 넓었으며, 이 자료에서만 양의 값을 갖는 셀의 비중이 전반적으로 증가하였다. 둘째, 자료쌍별로 두 자료 모두 양의 값을 갖는 셀의 값 분포를 비교하면, 시간대별과 요일별 자료가 상대적으로 유사하고 성·연령대별 자료와의 차이가 두드러졌다. 또한 세 자료 간 상대편차는 유동인구 규모가 작을수록 높았으며, 양의 공간적 자기상관을 보였다. 셋째, 상대편차와 지역 특성 간 관계는 유동인구 규모를 통제하면 약화되거나 방향이 바뀌었다. 이러한 결과는 분석 목적에 따라 유동인구의 공간적 분포 범위와 값의 차이를 구분하여 자료를 활용할 필요가 있음을 보여준다.

주요어 : 이동통신 자료, 유동인구, 자료 일관성, 격자 단위 분석, 공간적 자기상관

Abstract : This study examines consistency among floating population datasets derived from the same underlying mobile network data using different aggregation criteria and identifies considerations for their use. Hourly, day-of-week, and sex- and age-specific datasets on a 50m×50m grid for 2019–2023 in Danyang-gun and Cheongsong-gun were used to analyze spatial coverage, regional totals, discrepancies in cell-level values, and their relationships with local characteristics. The findings were as follows. First, regional totals were broadly similar across the three datasets, but the day-of-week dataset had the widest spatial coverage, and the proportion of cells with positive values only in this dataset generally increased over time. Second, pairwise comparisons restricted to cells with positive values in both datasets showed that the hourly and day-of-week datasets had relatively similar value distributions, whereas differences involving the sex- and age-specific dataset were more pronounced. Relative discrepancies among the three datasets were greater in cells with lower floating population estimates and exhibited positive spatial autocorrelation. Third, associations between relative discrepancies and local characteristics weakened or changed direction after controlling for floating population size. These findings highlight the need to distinguish between spatial coverage and differences in values when using these datasets according to the purpose of the analysis. Key Words : Mobile network data, Floating population, Data consistency, Grid-based analysis, Spatial autocorrelation

*이 연구는 2025년 전북대학교의 연구기반 조성비 지원을 받아 수행된 연구임(This research was supported by “Research Base Construction Fund Support Program” funded by Jeonbuk National University in 2025).

**전북대학교 사범대학 사회과교육학부 지리교육전공 부교수(Associate Professor, Major of Geography Education, Division of Social Studies Education, College of Education, Jeonbuk National University, yonghapark@jbnu.ac.kr)

I. 서론

스마트폰의 대중화와 정보통신기술의 발전에 따라 사람, 차량 등 이동체의 위치와 이동 정보를 체계적으로 수집·관리하는 시스템이 구축·활용되는 사례가 늘어나고 있다. 이러한 시스템은 대규모 이동체 집단의 위치 정보를 높은 시간 해상도에서 지속적으로 수집·축적함으로써, 이동체들의 세부적인 이동 양상이 반영된 위치추적 자료를 생산한다. 실제로 이동통신사, 신용카드사, 대중교통시스템, 소셜미디어 등 다양한 플랫폼을 통해 생산된 이동체 집단의 위치추적 자료가 관광, 교통, 도시계획 등 관련 분야에서 활용되어 왔다(심원섭 등, 2018; 안은희·안정국, 2021; 강영욱, 2023). 이 중 이동통신사가 제공하는 유동인구 통계는 대규모 가입자 집단의 통신 기록을 기반으로 개개인의 위치 변동 양상을 반영한 자료라는 점에서 그 활용 가치가 부각되고 있다(김의명 등, 2019; 배준수 등, 2019; Saluveer *et al.*, 2020; 김재훈 등, 2022).

이동통신사의 유동인구 통계는 기지국에서 수집된 가입자의 위치 정보를 여러 단계로 가공하여 산출된 추정 자료이다. 본 연구에서 사용하는 유동인구라는 용어는 기지국을 통해 포착된 가입자의 위치 변동 이력을 바탕으로 추정된 일정 영역 및 기간의 값을 의미한다. 해당 통계는 동일한 가입자가 분석 기간 중 서로 다른 기지국 영역에서 유동인구 산정 조건을 충족하면 각 영역의 집계에 반복하여 포함될 수 있다는 점에서, 개인을 특정 시점의 위치나 통상적인 거주지에 귀속시키는 전통적인 인구센서스와는 성격이 다르다. 유동인구 통계는 비식별화된 기지국 단위의 원천 자료에 특성별 가중치(휴대폰 미소지자 비율, power-off 비율 등)와 지역별 가중치(집객시설, 통신사 점유율 등)를 적용해 전수화하고, 이를 일정 구역의 격자에 배분한 뒤 성·연령, 시간대, 요일 등의 기준으로 가공하여 산출하는 것으로 알려져 있다(조형욱 등, 2022). 그러나 이 자료의 산출 과정에서 적용되는 구체적인 가중치 산정 기준이나 전수화 알고리즘은 외부에 공개되어 있지 않아, 연구자가 산출된 값이 현실을 얼마나 정확하게 반영하는지 직접 검토하기 어렵다는 한계가 있다(국토연구원, 2014). 이에 일부 연구에서는 제한된 사례지역을 대상으로 통계청 주간인구 등 외부 자료와의 비교를 통해 유동인구 자료의 현실 반영 정도를 간접적으로 검토하였다(국토연구원, 2014; 김정태 등, 2015a).

이동통신사가 제공하는 유동인구 통계의 특성과 활용

상의 한계를 폭넓게 검토하기 위해서는 연구 대상 지역과 검토 방식을 다변화할 필요가 있다. 기존 연구는 수도권 일부 대도시에 집중되었으며, 시가지의 비중이 상대적으로 낮고 산지, 농경지 등 인간 활동의 밀도가 낮은 배후지역이 넓게 분포하는 소도시를 대상으로 한 연구는 찾아보기 어렵다. 소도시는 기지국의 분포와 서비스 범위, 전파 환경, 가입자와 인구 구성 등이 대도시와 다를 수 있으며, 이에 따라 유동인구 추정의 불확실성 역시 달라질 가능성이 있다. 검토 방식 측면에서도 기존 연구는 외부 자료와의 정합성에 주로 초점을 둔 반면, 동일한 원천 자료로부터 시간대, 요일 등 서로 다른 기준에 의해 집계된 자료 간 일관성에 대한 검토는 충분히 이루어지지 않았다. 특히 이러한 내부 자료 간의 비교는 유동인구 자료에 대응하는 높은 시공간적 해상도의 외부 기준자료가 부족한 상황에서 집계 기준에 따른 결과의 차이를 확인할 수 있다는 점에서 가치가 있다.

이에 본 연구는 비수도권 소도시인 단양군과 청송군을 대상으로 시간대별, 요일별, 성·연령대별로 산출된 통신사 유동인구 자료 간 일관성을 분석하고, 이를 바탕으로 자료의 해석과 활용 시 고려해야 할 사항을 제시하고자 한다. 이를 위해 먼저 세 유형의 자료를 대상으로 지역 단위 유동인구의 공간적 분포 범위와 총량을 비교한다. 다음으로 자료 간 셀 단위 값의 절대·상대편차를 측정하고, 이들 편차의 크기와 공간적 분포를 분석한다. 마지막으로 자료 간 불일치 양상과 지역 특성 간 관계를 살펴본다. 본 연구는 동일한 원천자료에서 집계 기준을 달리하여 산출된 유동인구 자료를 다각적으로 비교·분석함으로써, 자료 유형 간 유동인구 분포의 일관성을 검토한다는 점에서 의의가 있다.

II. 선행연구 검토

1. 유동인구의 개념 정립

조사를 통해 집계되는 인구는 개인이 귀속되는 지역을 결정하는 기준에 따라 조사 시점의 실제 소재지를 기준으로 하는 현주인구(*de facto population*)와 통상적인 거주지를 기준으로 하는 상주인구(*de jure population*)로 구분된다(United Nations, 2017). 우리나라의 인구센서스는 1960년 조사부터 인구 집계 기준을 현주인구에서 상

주인구로 전환하였다(김가은·전광희, 2020). 그러나 상주인구를 기준으로 수년 단위로 실시되는 인구센서스는 통근·통학, 소비, 여가, 관광 등 인간의 다양한 활동과 그로 인한 빈번한 이동에 따른 인구 소재지의 단기 변동 양상을 파악하기 위한 조사 방식으로는 적합하지 않다. 이에 따라 통신, 소비, 통행, SNS 활동 등 개인의 일상적인 활동 과정에서 파생되는 자료가 일정 시점에서의 실제 인구 소재지 분포 또는 일정 기간 동안의 인구 소재지 분포 변화를 높은 시공간적 해상도로 포착하는 데 활용되고 있다.

특히 이동통신사들은 대규모 가입자 집단의 위치 정보가 축적된 기지국 수신 자료를 활용하여 다양한 인구통계를 생산하고 있다. 다만 동일하거나 유사한 명칭의 인구 통계라도 자료원과 측정·집계 방법, 통계가 나타내는 인구의 의미가 반드시 일치하는 것은 아니다. 예를 들어, 본 연구에서 활용한 이동통신사의 유동인구 통계는 가입자의 위치 변동 이력에서 해당 통신사가 설정한 이동·체류 기준을 충족하는 구간을 식별하고, 각 구간의 대표 시점과 위치를 기준으로 집계·가공하여 산출된다. 반면 일부 연구에서는 현장조사로 측정한 특정 지점의 보행량(변미리·서우석, 2011), 사물인터넷 센서로 감지한 이동량(박진홍·강민규, 2022)을 유동인구로 집계하였다. 즉, 이동통신사의 유동인구 통계는 이들 연구에서와 같이 일정 기간 동안 발생한 인구 유량(flow)을 직접 측정한 값이라기 보다, 특정 시점과 위치에서 포착된 인구 저장(stock)을 누적·집계하여 인구 유동 규모를 간접적으로 나타내는 대리 지표(proxy measure)라고 볼 수 있다.¹⁾ 나아가 이동통신사 간에는 동일한 명칭의 인구통계라도 산출 방법이 다르거나, 유사한 성격의 인구통계에 서로 다른 명칭을 부여하기도 한다. 또한 한 이동통신사가 동일한 명칭으로 제공하는 인구통계라도 생산 시기에 따라 산출 기준이나 방법이 달라질 수 있다. 따라서 이동통신사가 제공하는 인구통계 자료를 활용하는 경우에는 해당 통계의 세부적인 산출 과정을 구체적으로 검토할 필요가 있다.

한편, 이동통신사가 제공하는 인구통계를 이용한 선행연구 간에는 자료의 종류 및 집계 특성, 그리고 자료 해석의 바탕이 된 인구 개념에 차이가 있었다(표 1). 예를 들어 동일 이동통신사가 제공한 유동인구 계열 자료를 이용하는 일부 선행연구에서는 활동인구, 서비스인구 등 상이한 명칭의 인구 개념을 바탕으로 자료를 해석하였다(국토연구원, 2014; 곽호찬 등, 2018; 이광섭 등, 2019). 분석

대상으로서 유동인구를 정의하는 기준 역시 연구 목적에 따라 상이하였다. 박예림·강영옥(2019)은 도보관광코스 방문객 분포 추정 과정에서 분석 대상으로 주거인구와 직장인구를 제외하였으며, 심규원·장진(2019)은 국립공원의 탐방객 분포 추정을 목적으로 주거인구를 제외한 내국인만을 분석 대상으로 설정하였다. 동일인의 반복 집계 기준에도 차이가 있었다. 예를 들어 김해 등(2018)과 심규원·장진(2019)은 동일인의 반복 집계를 각각 시간대와 일자를 기준으로 제한하였다는 점에서 차이가 있다. 곽호찬 등(2018), 김의명 등(2019), 유현진·이진원(2025) 등의 연구에서는 반복 집계, 전수화 여부 등 자료의 성격을 판단하는 데 필요한 세부적인 집계 특성이 충분히 제시되지 않았다.

유동인구 이외에도 생활인구, 서비스인구 등 이동통신사가 제공하는 다른 명칭의 인구통계도 선행연구에서 활용되었다(표 1). 검토한 연구에서 활용된 생활인구와 서비스인구는 특정 시점에 특정 공간에 존재하는 인구 규모를 추정한다는 점에서 현주인구에 기초한 저장형 통계의 성격을 지닌다.²⁾ 이는 앞서 검토한 유동인구 자료가 일정 기간 동안 이동 또는 활동 과정에서 포착된 인구를 반복적으로 집계할 수 있다는 점과 구별된다. 그러나 이주영·박현진(2023)은 생활인구 자료를 활용하면서 유동인구 개념(해당 연구에서는 일정 시간 동안 이동한 사람의 총 보행량으로 정의)을 기반으로 자료를 해석하였는데, 이는 저장형 인구 자료를 유량형 인구 개념을 토대로 분석한 사례에 해당한다.

이처럼 선행연구에서 활용된 이동통신사의 인구통계는 자료의 종류와 활용 목적에 따라 집계 대상과 방식이 달라, 명칭만으로는 자료가 나타내는 인구의 범위와 의미를 파악하기 어렵다. 또한 일부 연구에서는 세부적인 집계 특성이 충분히 제시되지 않아, 자료가 나타내는 인구의 의미와 연구에서 적용한 인구 개념이 부합하는지 판단하기 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 활용 자료의 집계 특성을 바탕으로 유동인구의 의미를 규정한다. 본 연구에서 다루는 이동통신사 유동인구 통계는 가입자의 위치 변화 이력에서 일정한 이동·체류 조건을 충족한 경우를 기준 시점과 위치에 따라 누적·집계하고, 통계적 보정과 공간적 배분을 거쳐 산출한 추정값이다. 이는 동일인의 반복 집계를 허용하며, 일정 기간 동안의 인구 유동 규모를 간접적으로 나타낸다.

표 1. 선행연구에서 활용된 이동통신사의 기지국 수신 자료 기반 유동인구 관련 통계

인구통계 명칭	인구통계 자료원	연구	활용된 인구통계의 세부 특성 (중복집계, 전수화, 비교)
유동인구	이동통신사(SKT); 50m×50m 격자	국토연구원(2014)	기지국 간 중복 집계(동 기지국 내 불허); 전수화; ‘활동인구’로 해석
		김경태 등 (2015a, 2015b, 2016)	시간대 간 중복 집계(동 시간대 내 불허); 전수화; ‘존재인구’ 추정에 활용(2016)
		곽호찬 등(2018)	중복집계·전수화 여부 미제시; ‘활동인구’로 해석
		이광섭 등(2019)	중복집계 여부 미제시; 전수화; ‘서비스 인구’로 해석
		김해 등(2018)	시간대 간 중복 집계(동 시간대 내 불허); 전수화
		김의명 등(2019)	중복집계·전수화 여부 미제시
		심규원·장진(2019)	동 일자 내 중복 집계 불허; 전수화; ‘탐방객’ 추정에 활용 (주거인구 제외·내국인 한정)
		유현진·이건원(2025)	중복집계·전수화 여부 미제시; ‘보행량’으로 정의
	이동통신사(미제시); 50m×50m 격자	박예림·강영옥(2019)	중복집계 여부 미제시; 전수화; ‘관광지 방문객’ 추정에 활용 (주거·직장인구 제외)
	이동통신사(KT); 50m×50m 격자	정현규·최용복(2024)	중복집계·전수화 여부 미제시; 내국인 한정, 주거인구 제외
		홍성인 등(2025)	중복집계·전수화 여부 미제시; 체류자 한정(기준 미제시), 10세 미만·80세 이상 제외
생활인구	서울 생활인구; 행정구역	정재훈·남진(2019)	중복집계·전수화 여부 미제시; ‘활동인구’로 해석
		이유진·최명섭(2018)	중복집계·전수화 여부 미제시; ‘현주·저량인구’로 해석
		조월 등(2021)	중복집계·전수화 여부 미제시
	이동통신사(미제시); 50m×50m 격자	이주영·박현진(2023)	중복집계·전수화 여부 미제시; ‘유동인구’로 해석
서비스 인구	이동통신사(KT); 50m×50m 격자	카마타·남광우(2023)	중복집계·전수화 여부 미제시; 내국인 한정, 10세 미만 제외
		이지윤·강정은(2022)	중복집계 여부 미제시; 전수화; 자료 가공 후 ‘활동인구’로 정의

* ‘미제시’는 해당 조건이 적용되지 않았음을 의미하는 것이 아니라, 해당 연구에서 관련 내용을 확인할 수 없었음을 의미함.

2. 이동통신사 유동인구 자료의 활용과 타당성 검토

이동통신사의 유동인구 통계는 교통, 관광, 범죄예방, 도시계획 등 다양한 분야의 연구에 활용되어 왔다. 교통 분야에서는 이 자료를 바탕으로 이용객 집계 장비가 설치되지 않은 고속도로 휴게소의 혼잡 수준을 평가하는 연구(김해 등, 2018), 정적인 상주인구 대신 시간대별로 변화하는 인구 분포를 잠재수요로 반영하여 대중교통 접근성을 분석하거나 서비스인구를 추정하는 연구(Lee *et al.*, 2018; 이광섭 등, 2019) 등이 이루어졌다. 관광 분야에서는 방문객 집계 및 특성 파악이 어려운 국립공원, 도심 도보관광코스, 공원 등을 대상으로 방문객 규모와 세부 이

용 현황을 추정하였으며(박예림·강영옥, 2019; 심규원·장진, 2019; 홍성인 등, 2025), COVID-19와 같은 외부 충격에 따른 관광지 방문객의 변동 양상도 분석하였다(정현규·최용복, 2024). 이 밖에도 범죄취약지역의 탐색(김의명 등, 2019), 도심 공원의 입지 분석(Kim *et al.*, 2024), 대도시 유동인구의 영향요인 분석(곽호찬 등, 2018) 등을 목적으로 한 연구가 이루어졌다. 이처럼 이동통신사의 유동인구 통계는 기존 자료나 집계 시스템의 시공간적 범위와 해상도 측면의 한계를 보완하는 자료원으로 활용되어 왔다.

이동통신사 유동인구 통계의 활용이 확대되면서 자료의 타당성을 검토하려는 연구도 일부 이루어졌다. 이들 연구에서는 주로 유동인구 통계 또는 이를 가공하여 산출

한 지표를 외부 자료와 비교하였다. 예를 들어, 통계청의 주간인구 및 주간인구지수와의 비교 연구에서는 두 자료 간 높은 상관관계가 확인되었다(국토연구원, 2014; 김경태 등, 2015a, 2016). 유동인구 통계로 추정한 통행발생량을 기존 조사에 기반한 KTDB 자료와 비교하여 교통 분야에서의 활용 가능성을 검토하거나(김경태 등, 2015b), 관광지의 방문객 집계자료와 비교하여 방문객 규모를 어느 정도 반영하는지 살펴보기도 하였다(Kim *et al.*, 2020). 한편 유동인구 자료의 공간 해상도 변화에 따른 수정 가능한 공간단위 문제(MAUP)의 영향을 검토한 연구도 이루어졌다(유현진·이건원, 2025). 이러한 공간단위의 문제는 외부 자료와의 비교 결과를 해석할 때에도 고려할 필요가 있다. 기존의 비교는 주로 세밀한 공간단위의 유동인구 자료를 더 큰 공간단위로 합역(spatial aggregation)한 뒤 이루어졌기 때문이다. 공간단위가 커지면서 상관관계나 설명력이 높아질 수 있다는 점을 고려하면(유현진·이건원, 2025), 합역된 자료에서 확인된 높은 상관관계만으로 자료 본래의 공간단위에서의 타당성을 판단하기는 어렵다.

이상의 검토는 이동통신사 유동인구 통계를 활용하는 경우 자료의 집계 특성을 명확히 파악하고, 분석에 사용

하는 공간단위에서 자료의 특성을 검토할 필요가 있음을 보여준다. 기존 연구가 주로 외부 자료와의 비교에 초점을 두었다면, 동일한 원천자료에서 서로 다른 기준으로 집계·제공된 자료가 일관된 결과를 나타내는지에 대한 검토는 상대적으로 부족하였다. 이에 본 연구에서는 활용 자료의 산출 및 집계 특성을 구체적으로 제시하고, 시간대별, 요일별, 성·연령대별 자료를 공통된 시공간단위로 재구성하여 값과 공간적 분포 범위의 일관성을 분석한다. 이러한 비교만으로 어느 자료가 실제 인구 유동을 더 정확하게 반영하는지 판단할 수는 없으나, 집계 기준에 따라 나타나는 차이의 존재 여부 및 구체적인 양상을 파악하여 자료의 해석과 활용 시 고려해야 할 사항을 제시할 수 있다.

III. 연구지역, 자료 및 분석방법

1. 연구지역 및 자료

본 연구에서는 충청북도 단양군과 경상북도 청송군을 연구지역으로 선정하였다(그림 1). 두 지역은 면적(각각

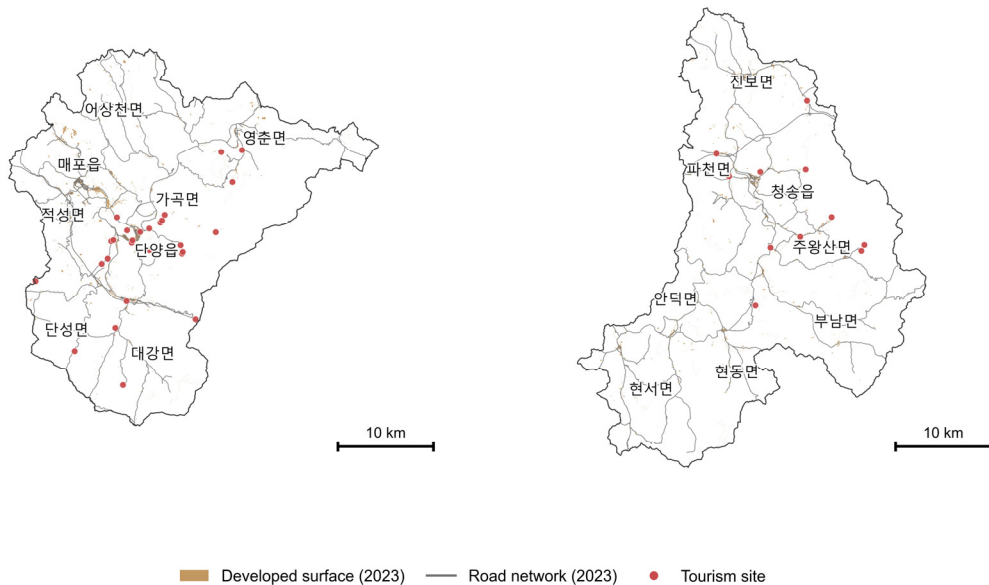


그림 1. 단양군(좌)과 청송군(우) 지도

* Developed surface(2023)은 2023년 토지피복도(중분류) 중 공공시설지역, 공업지역, 교통지역, 문화·체육·휴양지역, 상업지역, 주거지역 유형에 해당하는 영역이다.

780.15km²과 846.10km²)과 인구 규모(2023년 기준, 각각 26,473명과 23,099명)가 유사하고, 소규모 시가지와 넓은 비시가지가 공존하며, 관광 자원이 지역 전반에 걸쳐 분포한다(통계청, 2023; 단양군청, 2026; 청송군청, 2026). 단양군에서는 상업 중심지인 단양읍과 그 남서쪽의 단성면, 공업시설이 입지한 매포읍 등의 시가지지역이 남한강 유역과 주요 교통축을 따라 형성되어 있다. 청송군에서는 중심지인 청송읍과 북부의 진보면을 비롯한 소규모 면소재지가 하천 유역과 주요 국도변을 따라 분포한다. 그러나 이 두 지역은 주요관광지점의 이용 규모에서는 차이를 보인다. 국가승인통계인 주요관광지점 입장객 통계에 따르면, 2023년 단양군(총 29개 지점)과 청송군(총 11개 지점)의 연간 입장객 합계는 각각 약 925.1만 명과 87.4만 명으로, 단양군이 약 10.6배 많았다(관광지식정보시스템, 2023). 이 수치는 특정 관광지점의 입장객을 합산한 것으로 지역 전체 방문객 수를 의미하지는 않지만, 집계 대상 관광지점의 이용 규모 측면에서 두 지역 간 차이를 보여준다. 이에 본 연구에서는 면적, 인구 규모, 공간구조 측면에서 유사성이 있으면서 주요관광지점 입장객 규모에는 차이가 있는 두 지역을 대상으로, 유동인구 자료 간 일관성의 양상에도 지역 간 차이가 나타나는지 확인하고자 하였다.

본 연구에서는 SK텔레콤(SKT)의 50m×50m 격자 기반 유동인구 자료를 활용하였다. 자료의 시간적 범위는 2019~2023년이며, 관광 활동이 활발한 봄·여름·가을의 유동인구 분포를 살펴보기 위해 각 연도의 5·7·8·10·11월 자료(총 25개월)를 활용하였다. 이 시기에는 시가지뿐만 아니라 관광지, 탐방로 등 시가지 외부에서도 유동인구가 나타날 가능성이 높아, 앞서 설명한 두 지역의 다양한 장소에서 자료 유형 간 일관성을 검토하는 데 적합하다고 판단하였다. 일관성 분석에는 동일한 원자료를 시간대별(TIME), 요일별(WKDY), 성·연령대별(AGE) 기준으로 집계한 세 유형의 자료를 활용하였다. 각 자료에는 24개 시간대, 7개 요일, 성별 2개와 연령대 6개(10대, 20대, 30대, 40대, 50대, 60대 이상)를 조합한 12개 성·연령대 범주로 구분된 일평균 유동인구 값이 월별·격자별로 기록되어 있다.

SKT의 설명자료와 관계자 질의응답에 따르면, 유동인구의 집계 대상은 서로 다른 기지국의 전파영역 간 이동이 관측되고, 이동한 전파영역에서 15분 이상 체류한 가입자이다. 기지국 간 이동이 확인되지 않은 가입자는 집계에서 제외된다. 동일 가입자가 여러 기지국으로 이동하여

각각 체류 기준을 충족하면 이론상 시간대당 최대 4회까지 집계될 수 있으며, 서로 다른 시간대에 같은 조건을 충족한 경우에도 반복하여 집계된다. 다만 동일 시간대에 동일 기지국으로 여러 차례 이동하더라도 해당 기지국에서는 한 명으로 집계된다. 또한 체류 시간이 둘 이상의 시간대에 걸치는 경우에는 진입 시각을 기준으로 집계한다.³⁾ 이렇게 집계된 값은 가입자 표본을 전체 인구로 환산하기 위한 전수화 등의 통계적 보정과 기지국 전파영역 내 50m×50m 격자에 대한 가중 배분을 거쳐 격자별 값으로 산출된다. 따라서 각 격자에 기록된 값은 해당 위치에서 직접 관측된 고유 인원수가 아니라, 가입자의 이동·체류 기준 충족 여부에 따라 집계된 값에 통계적 보정과 공간적 배분을 적용한 추정값이다. 다만 SKT의 설명자료와 관계자 질의응답만으로는 전수화의 보정 기준과 격자별 가중치의 산정 및 적용 방식을 구체적으로 확인하기 어려웠다.

자료 간 불일치 양상과 지역 특성 간 관계를 살펴보기 위해 통계청의 통계지리정보서비스(SGIS) 격자통계와 주요관광지점 입장객 통계, 국가교통정보센터의 표준노드 링크 기반 도로망 자료를 함께 활용하였다. 거주·경제활동 등의 규모를 나타내는 통계로는 2019~2023년의 100m×100m 격자별 인구와 종사자 수를 사용하였다. 관광활동 관련 통계로는 단양군 27개 지점과 청송군 11개 지점의 월별 입장객 수를 활용하였다(단양군 총 29개 지점 중 위치 파악이 어려운 2개 지점은 제외). 도로망은 2023년 자료를 활용하여 지역별 도로망 발달 특성을 파악하였다.

2. 분석방법

본 연구의 분석 과정은 세 단계, 즉 자료 간 유동인구의 공간적 분포 범위와 총량 비교, 셀 단위 유동인구 값의 차이 비교, 불일치 양상과 지역 특성 간 관계 분석으로 구성된다. 분석에 앞서 세 유형의 자료를 비교하기 위해, 25개 분석월에 대해 각 자료의 셀별·범주별 일평균 유동인구 값을 월간 유동인구 총량으로 환산·합산하였다. TIME과 AGE는 각 셀의 범주별 값을 합산한 뒤 해당 월의 일수를 곱하였으며, WKDY는 각 요일의 값에 해당 월의 요일별 일수를 곱한 뒤 합산하였다. 해당 월의 유동인구 총량이 0보다 큰 셀을 ‘월별 활성셀’, 25개 분석월 중 한 번 이상 월별 활성셀로 분류된 셀을 ‘전 기간 활성셀’로 정의하였다. 활성셀은 통신사가 제공한 공식 분류가 아니라 분석대상을 설정하기 위해 본 연구에서 정의한 개념이다.

자료 간 비교에서는 동일한 지역·시기·공간단위를 기준으로 비교 대상 자료 중 하나 이상에서 활성화된 셀로 구성된 합집합(UNION) 격자와 비교 대상 자료 모두에서 활성화된 셀로 구성된 교집합(INTERSECTION) 격자를 구분하였다. 합집합과 교집합 격자는 비교 대상에 따라 두 자료 또는 세 자료를 바탕으로 구성하였다. 지역 특성을 나타내는 100m×100m 격자통계와의 연계 분석에서는 50m×50m 셀의 중심점을 기준으로 각 셀을 해당하는 100m×100m 셀에 대응시키고, 유동인구 값을 자료 유형별로 합산하였다. 이후 합산된 값을 기준으로 활성 여부를 판정하고 자료 간 값의 차이를 비교하였다.

제1단계에서는 자료 간 유동인구의 공간적 분포 범위와 지역 단위 총량을 비교하기 위해 자료별·지역별로 전 기간 활성셀 수와 월별 활성셀 수, 지역 단위 월별 유동인구 총량에 대한 기술통계를 산출하였다. 더불어 셀 단위 월별 유동인구 값에 대한 기술통계도 함께 제시하였다. 나아가 유동인구의 공간적 분포 범위 측면에서 자료 간 포함 관계를 전 기간 활성셀과 월별 활성셀을 기준으로 각각 살펴보았다. 이는 활성셀 수의 차이뿐 아니라, 한 자료에서 활성화된 셀이 다른 자료에서도 활성화되는지를 구체적으로 확인하기 위한 것이다. 특히 월 단위 포함 관계 분석에서는 세 자료의 합집합 격자에 속한 각 셀의 자료별 활성 여부를 대조하여, 한 자료에서만 활성화된 경우와 둘 이상의 자료에서 활성화된 경우를 자료 조합에 따라 구분하였다. 이후 각 유형의 셀 수가 월별 합집합 격자의 전체 셀 수에서 차지하는 비중을 산출하고, 그 비중이 시간에 따라 어떻게 변화하는지 살펴보았다.

제2단계에서는 자료 간 셀 단위 유동인구 값의 분포 차이를 검토한 후, 동일 위치의 셀에서 나타나는 절대적·상대적 편차와 그 공간적 분포를 분석하였다. 먼저 지역·월별로 TIME-WKDY, TIME-AGE, WKDY-AGE의 세 자료쌍에 대해 합집합 격자와 교집합 격자를 구분하여 Kolmogorov-Smirnov(KS) 검정을 실시하였다. 합집합 격자에서는 한 자료에서만 활성화된 셀을 포함하되 나머지 자료의 해당 셀 값은 0으로 간주하였으며, 교집합 격자에서는 두 자료 모두에서 활성화된 셀만을 대상으로 하였다. 이를 통해 활성 여부가 일치하지 않는 셀을 포함하는 경우와 제외하는 경우의 값 분포 차이를 살펴보았다. 분포 차이의 크기는 두 자료의 경험적 누적분포함수 간 최대 차이를 나타내는 KS 통계량(D)을 기준으로 비교하였다.

이어서 자료 간 활성 범위의 차이와 구분하여 동일 위

치에서 나타나는 값의 차이를 파악하기 위해, 자료쌍별 교집합 격자에서는 절대편차($AbsDiff_i^{ab}$)를, 세 자료의 교집합 격자에서는 변동계수(CV_i)를 산출하였다. 셀 i 의 자료 유형 k 에 대한 월간 유동인구 총량은 x_{ik} 로 정의하였다. 여기서 $k \in \{T, W, A\}$ 이며, T, W, A 는 각각 TIME, WKDY, AGE를 의미한다. 자료 유형 간 쌍별 편차는 $(a, b) \in \{(T, W), (T, A), (W, A)\}$ 에 대하여 다음과 같이 정의하였다.

$$AbsDiff_i^{ab} = |x_{ia} - x_{ib}|$$

$AbsDiff_i^{ab}$ 는 셀 i 에서 두 자료 a, b 의 값 차이에 절댓값을 취한 것이다. 또한 세 자료 간 상대적 편차는 변동계수를 이용하여 산출하였다. 셀 i 에서 세 자료의 유동인구 값에 대한 산술평균과 모표준편차를 각각 $\bar{x}_i$ 와 σ_i 라고 할 때, 변동계수는 다음과 같이 정의하였다.

$$CV_i = \frac{\sigma_i}{\bar{x}_i}$$

CV_i 는 셀 i 에서 세 자료 값의 평균 대비 표준편차의 상대적 크기를 나타낸다. 이 값이 0에 가까울수록 세 자료의 값이 유사하며, 값이 클수록 평균에 비해 자료 간 차이가 크다. 비음수인 세 값 중 하나 이상이 양수인 경우 CV_i 의 범위는 0에서 $\sqrt{2}$ 까지이며, 한 자료에서만 양의 값이 나타나면 그 값의 크기와 관계없이 $\sqrt{2}$ 가 된다. 따라서 교집합 격자의 CV_i 는 세 자료 모두에서 양의 값이 나타나는 셀의 상대편차를 나타내는 반면, 합집합 격자의 CV_i 는 활성 여부의 불일치도 함께 반영한다. 편차 지표의 기술통계는 지역·월별로 산출한 후, 각 통계량을 25개 분석월에 걸쳐 평균하여 제시하였다. 또한 유동인구 규모와 CV_i 의 관계를 살펴보기 위해 지역·월별로 세 자료의 교집합 격자를 $\bar{x}_i$ 에 따라 10분위로 구분하고, 분위별 CV_i 중앙값의 분포를 25개 분석월에 걸쳐 비교하였다. 합집합 격자에 대해서도 비활성 자료의 값을 0으로 간주하고, 분위 구분을 교집합 격자와 별도로 수행하여 비교하였다.

다음으로 자료쌍별 교집합 격자의 $AbsDiff_i^{ab}$ 와 세 자료의 교집합 격자의 CV_i 를 대상으로 전역적 Moran's I를 산출하여 절대·상대편차의 공간적 자기상관을 분석하였다(Moran, 1950; 유현진·이건원, 2025). Queen 인접성에 기초한 행표준화 공간가중행렬을 활용하였으며, 인접 셀이 존재하지 않는 고립셀은 분석에서 제외하였다. 통

계적 유의성은 999회의 무작위 순열검정을 통해 판정하였다. 더불어 2019년, 2021년, 2023년 8월 세 자료의 교집합 격자에서 산출한 CV_i 를 지도화하여 상대편차의 공간적 분포와 시기별 변화를 살펴보았다.

제3단계에서는 자료 간 셀 단위 값의 차이 및 활성 범위의 불일치와 지역 특성 간 관계를 탐색하였다. 먼저 세 자료의 100m×100m 교집합 격자를 대상으로 CV_i 와 지역 특성 변수 간 Spearman 상관계수를 지역·월별로 산출하였다. 이어서 유동인구 규모의 영향을 고려할 경우 나타나는 관계의 변화를 살펴보기 위해 $\bar{x}_i$ 를 통제한 Spearman 편상관계수를 산출하고, 단순상관계수와 비교하였다. 이들 계수는 지역·월·변수별로 동일한 유효 셀 집합에서 계산하였으며, 25개 분석월의 계수를 평균과 표준편차로 요약하였다. 또한 한 자료에서만 활성화된 격자와 세 자료의 교집합 격자의 지역 특성을 비교하여, 자료 간 활성 범위의 불일치가 나타나는 공간의 특성을 살펴보았다.

지역 특성 변수로는 인구, 종사자 수, 도로밀도(km/km²), 최근접 도로까지의 거리, 반경 500m 이내 관광지점 입장

객 합계를 활용하였다. 도로밀도는 셀 중심점 반경 500m 이내의 도로 총연장을 버퍼 면적으로 나누어 산출하였으며, 최근접 도로까지의 거리는 셀 중심점에서 가장 가까운 도로까지의 직선거리로 측정하였다. 인구와 종사자 수에는 해당 연도의 격자통계를, 관광지점 입장객 수에는 해당 연월의 자료를 적용하였으며, 도로 관련 변수는 2023년 도로망을 기준으로 산출하였다.

IV. 분석결과

1. 자료 간 유동인구의 공간적 분포 범위와 총량 비교

표 2는 시간대별(TIME), 요일별(WKDY), 성·연령대별(AGE) 자료의 활성셀 수와 함께, 지역 단위 월별 유동인구 총량과 셀 단위 월별 유동인구의 분포에 관한 기술통계를 제시한다. 세 자료 중 하나 이상에서 25개 분석월

표 2 시간대별(TIME), 요일별(WKDY), 성·연령대별(AGE) 자료의 활성셀 수와 유동인구 관련 기술통계

패널 A. 활성셀 수						
지역	자료 유형	지역 전체 격자 셀 수	세 자료의 전 기간 활성셀 수 (지역 전체 격자 셀 수 대비 %)	자료별 전 기간 활성셀 수 (지역 전체 격자 셀 수 대비 %)	자료별 월별 활성셀 수 평균 (표준편차)	자료별 월별 활성셀 수 범위
단양군	TIME	314,210	59,543 (18.95)	39,451 (12.56)	20,570.92 (3,322.59)	14,712-25,461
	WKDY			59,543 (18.95)	33,566.44 (8,910.19)	19,968-43,526
	AGE			42,688 (13.59)	21,911.60 (3,674.25)	15,374-26,620
청송군	TIME	341,227	47,924 (14.04)	32,226 (9.44)	16,870.36 (2,422.75)	12,700-19,913
	WKDY			47,924 (14.04)	26,491.88 (6,301.09)	17,742-36,596
	AGE			35,078 (10.28)	17,917.44 (2,621.90)	13,466-21,071

패널 B. 유동인구 값 분포						
지역	자료 유형	지역 단위 월별 유동인구 총량		셀 단위 월별 유동인구		
		전 기간 합계	평균(표준편차)	월별 활성셀 수의 전 기간 합계(N)	평균(표준편차)	제1/제2/제3 사분위수
단양군	TIME	152,302,063.31	6,092,082.53 (731,291.37)	514,273	296.15 (1,307.29)	12.09 / 32.86 / 130.82
	WKDY	152,590,550.21	6,103,622.01 (736,577.92)	839,161	181.84 (1,033.16)	1.84 / 8.72 / 50.92
	AGE	151,612,538.99	6,064,501.56 (726,569.57)	547,790	276.77 (1,268.52)	7.44 / 26.97 / 116.56
청송군	TIME	88,777,366.07	3,551,094.64 (535,343.19)	421,759	210.49 (684.48)	13.02 / 35.96 / 129.27
	WKDY	88,985,315.00	3,559,412.60 (538,661.30)	662,297	134.36 (555.20)	2.16 / 10.80 / 58.12
	AGE	88,242,373.58	3,529,694.94 (530,926.95)	447,936	197.00 (666.00)	8.99 / 30.07 / 116.87

* 전 기간 활성셀 수는 25개 분석월 중 월간 유동인구 총량이 한 번 이상 0보다 큰 고유 셀 수이다. '세 자료의 전 기간 활성셀 수'는 세 자료 중 하나 이상에서 활성화된 고유 셀 수를 의미하며, '자료별'은 각 자료를 기준으로 한다.

** 지역 단위 전 기간 합계와 평균(표준편차)은 25개 월별 총량을 기준으로 산출하였다. 월별 활성셀 수의 전 기간 합계는 동일 셀의 월별 중복을 포함한다. 셀 단위 통계량은 25개 분석월의 활성셀 값을 모두 통합하여 산출하였으며, 0과 결측값은 제외하였다.

중 한 번 이상 활성화된 셀은 단양군 59,543개, 청송군 47,924개로 각 군의 행정구역 전역을 포괄하는 격자의 18.95%와 14.04%를 차지하였다. 두 지역 모두 WKDY의 전 기간 활성셀 수는 TIME과 AGE보다 많았으며, 세 자료의 전 기간 활성셀 합집합의 셀 수와 일치하였다. 이는 TIME과 AGE의 전 기간 활성셀 집합이 WKDY의 집합에 포함됨을 의미한다. 월평균 활성셀 수도 WKDY가 단양군 약 33,566개, 청송군 약 26,492개로 가장 많았고, AGE와 TIME은 각각 단양군 약 21,912개와 20,571개, 청송군 약 17,917개와 16,870개로 비교적 유사하였다. 지역 단위 월별 유동인구 총량의 전 기간 합계는 두 지역 모두 WKDY, TIME, AGE 순으로 많았으나, 이 합계의 자료 간 차이는 모두 1% 미만이었다. 월별 총량의 평균은 단양군에서 약 606만~610만, 청송군에서 약 353만~356만으로 자료 간 차이가 작았으며, 표준편차도 유사한 수준으로 나타났다. 한편 단양군의 월별 유동인구 총량 평균은 청송군보다 약 1.7배 많아, 주요관광지점 입장객 규모에 이어 유동인구 총량에서도 지역 간 차이가 확인되었다. 이처럼 두 지역의 유동인구 규모는 달랐으나, 각 지역 내

에서는 세 자료의 활성셀 수에 차이가 있는 반면 지역 단위 총량은 대체로 유사하다는 공통된 양상이 나타났다.

전 기간 활성셀 집합 비교에서 확인된 자료 간 활성 범위의 포함 관계가 각 분석월에서도 유지되는지 살펴본 결과, 두 지역 모두 25개 분석월 각각에서 WKDY의 활성셀 집합이 TIME과 AGE의 활성셀 집합을 모두 포함하였다. 이에 따라 모든 분석월에서 TIME 단독, AGE 단독, TIME과 AGE만 활성인 셀은 나타나지 않았다. 그림 2는 세 자료의 월별 활성셀 합집합을 WKDY 단독 활성셀, AGE와 WKDY만 활성인 셀, TIME과 WKDY만 활성인 셀, 세 자료 공통 활성셀로 구분하여 각 범주의 비중을 제시한다. 이 중 WKDY에서만 양의 값이 나타나는 WKDY 단독 활성셀의 비중은 전반적으로 증가하여, 2019년 5월 단양군 10.3%, 청송군 9.6%에서 2023년 11월 각각 47.3%와 43.8%로 높아졌다. 반면 세 자료 공통 활성셀의 비중은 같은 기간 단양군의 경우 81.9%에서 45.9%로, 청송군의 경우 80.9%에서 50.9%로 감소하였다. AGE와 WKDY만 활성인 셀의 비중은 분석기간 중 단양군 3.9~7.8%, 청송군 3.0~9.4%였으며, TIME과 WKDY만 활성인 셀의 비중

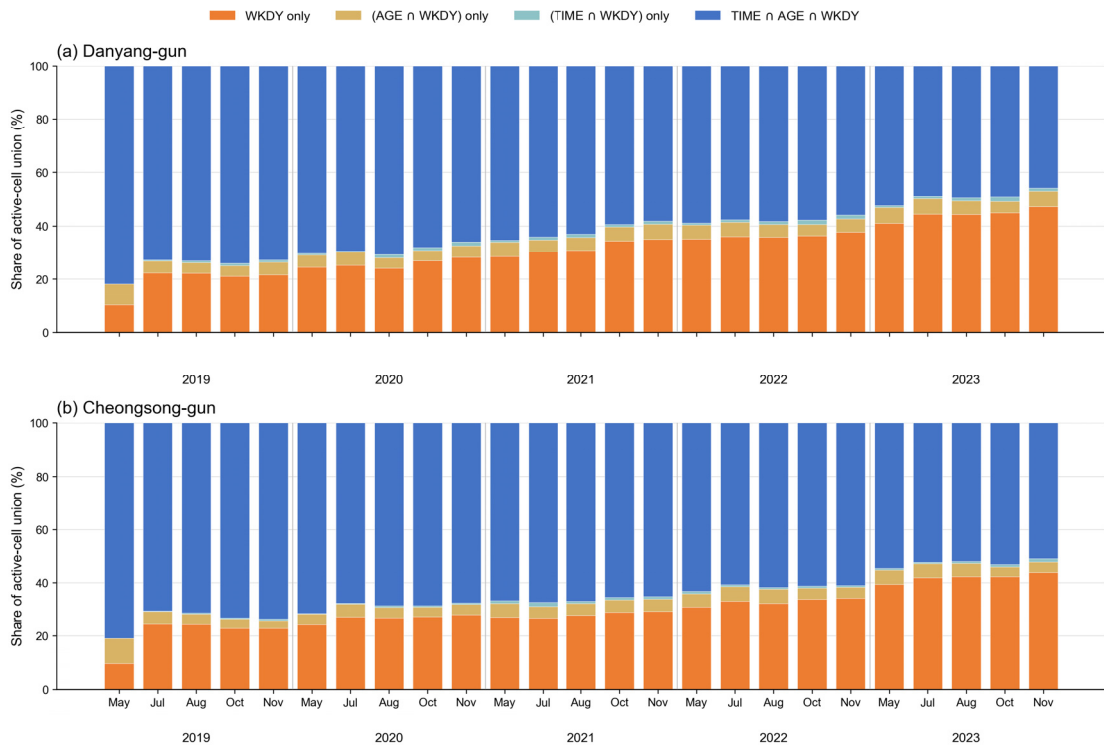


그림 2 세 자료의 월별 활성셀 합집합 내 자료 조합별 구성비 변화

은 두 지역 모두 1.7% 미만이었다. 이러한 결과는 자료 간 활성 여부가 일치하지 않는 셀의 대부분이 WKDY 단독 활성셀이며, 월별 합집합 격자에서 이 유형의 셀이 차지하는 비중이 시간에 따라 확대되었음을 보여준다. 자료 간 활성셀 수의 차이는 표 2에 제시된 셀 단위 월별 유동인구의 평균과도 관련된다. WKDY의 셀 단위 평균은 세 자료 중 가장 낮았으며, 이는 다른 두 자료와 유동인구 총량이 유사하지만 25개 분석월에 걸쳐 합산한 월별 활성셀 수가 더 많기 때문이다. 다만 이러한 비교는 자료별·시점별로 활성셀의 구성이 다른 상태에서 이루어진 것이므로, 동일 위치의 셀에서 나타나는 자료 간 값의 차이는 다음 단계에서 교집합 격자를 대상으로 살펴보았다.

2. 자료 간 셀 단위 유동인구 값의 비교

자료 간 월별 셀 단위 유동인구 값의 분포 차이를 확인하기 위해 먼저 비교 대상인 자료쌍의 월별 합집합과 교집합 격자를 대상으로 KS 검정을 실시하였다. 그 결과 두 지역의 모든 분석월에서 TIME-WKDY, TIME-AGE, WKDY-AGE 간 분포 차이가 합집합과 교집합 격자 모두에서 유의하였다($p < 0.001$). 합집합 격자 검정에서의 KS 통계량(D)은 TIME-WKDY 0.18~0.53, TIME-AGE 0.08~

0.13, WKDY-AGE 0.10~0.48이었으며, WKDY가 포함된 두 자료쌍의 D 는 분석기간 동안 전반적으로 증가하였다. 교집합 격자 검정의 D 는 TIME-WKDY 0.04~0.09, TIME-AGE 0.03~0.15, WKDY-AGE 0.04~0.14였으며, 시점별 등락은 있었으나 세 자료쌍 모두에서 분석기간 동안 전반적인 증가 추세가 나타났다. 자료쌍별로 비교하면, 합집합 격자에서는 50개 지역·월 조합 중 49개에서 TIME-AGE의 D 가 가장 낮았던 반면, 교집합 격자에서는 47개에서 TIME-WKDY의 D 가 가장 낮았다. 그림 2의 활성셀 구성과 함께 살펴보면, 활성 범위에서는 TIME과 AGE가 상대적으로 유사하고 WKDY가 이들 두 자료보다 넓은 범위에 분포하는 반면, 자료쌍별 교집합 격자의 값 분포에서는 TIME과 WKDY가 상대적으로 유사하고 AGE와의 차이가 더 두드러졌다.

동일 위치의 셀에서 나타나는 자료 간 값 차이를 활성 범위의 불일치와 구분하여 파악하기 위해, 자료쌍별 교집합 격자에서는 $AbsDiff_i^{ab}$ 를, 세 자료의 교집합 격자에서는 CV_i 를 산출하여 편차의 크기와 공간적 자기상관을 살펴보았다(표 3). 월별 평균을 분석기간에 걸쳐 평균한 $AbsDiff_i^{ab}$ 는 TIME-AGE가 단양군 2.06, 청송군 2.00으로 가장 높았으며, WKDY-AGE는 각각 1.42와 1.37, TIME-WKDY는 각각 1.25와 1.27이었다(월별 중앙값의

표 3. 교집합 격자의 셀 단위 편차 지표에 대한 기술통계와 Global Moran's I

지역	편차 지표	비교 자료	기술통계		Global Moran's I
			평균 (표준편차)	제1/제2/제3사분위수	평균 (최소~최대)
단양군	$AbsDiff_i^{ab}$	TIME-WKDY	1.25 (1.37)	0.46 / 0.97 / 1.69	0.24 (0.17~0.51)
		TIME-AGE	2.06 (1.91)	0.85 / 1.68 / 2.90	0.25 (0.14~0.50)
		WKDY-AGE	1.42 (1.00)	0.61 / 1.25 / 2.06	0.27 (0.14~0.33)
	CV_i	TIME-WKDY-AGE	0.07 (0.12)	0.00 / 0.02 / 0.08	0.47 (0.42~0.51)
청송군	$AbsDiff_i^{ab}$	TIME-WKDY	1.27 (1.23)	0.47 / 1.01 / 1.78	0.25 (0.20~0.48)
		TIME-AGE	2.00 (1.75)	0.83 / 1.64 / 2.85	0.25 (0.17~0.46)
		WKDY-AGE	1.37 (0.97)	0.58 / 1.20 / 1.98	0.26 (0.16~0.33)
	CV_i	TIME-WKDY-AGE	0.07 (0.12)	0.00 / 0.02 / 0.07	0.47 (0.42~0.54)

* 기술통계는 월별 통계량을 25개 분석월에 걸쳐 평균한 값이며, Global Moran's I는 월별 분석 결과의 평균과 범위이다.

평균도 두 지역 모두 같은 순서를 보였음). 세 자료 간 상대편차를 나타내는 CV_i 의 월별 평균과 중앙값을 각각 분석기간에 걸쳐 평균한 값은 두 지역 모두 0.07과 0.02였다. Global Moran's I 는 두 지역의 모든 분석월과 편차 지표에서 양의 값을 보였다($p=0.001$). $AbsDiff_i^{ab}$ 의 Moran's I 평균은 자료쌍에 따라 단양군 0.24~0.27, 청송군 0.25~0.26이었으며, CV_i 는 두 지역 모두 0.47이었다. CV_i 의 월별 Moran's I 는 단양군 0.42~0.51, 청송군 0.42~0.54의 범위로 나타났다. 이는 자료 조합에 따른 교집합 격자에서 편차의 크기가 유사한 셀들이 공간적으로 인접하는 경향이 있음을 의미한다. 특히 세 자료의 교집합 격자에서는 평균적인 상대편차가 작더라도 상대편차가 공간적으로 무작위하게 분포하지 않았으므로, 자료 간 값의 일관성을 파악할 때에는 편차의 크기와 공간적 분포를 함께 살펴볼 필요가 있다.

상대편차와 유동인구 규모 간 관계를 살펴보기 위해, 세 자료의 교집합 격자를 셀별 평균 유동인구($\bar{x}_i$)에 따라 10분위로 구분하고, 분위별 월별 CV_i 중앙값의 분포를 비교하였다(그림 3의 주황색 부분). 두 지역 모두 유동인구 규모가 낮은 분위에서 CV_i 중앙값이 높았으며, 상위 분위로 갈수록 낮아지는 경향이 나타났다. 이는 교집합 격자에서 유동인구 규모가 작을수록 자료 간 차이가 평균에 비해 상대적으로 크다는 것을 의미한다. 다만 CV_i 는 자료 간 값의 상대적 불일치 정도를 드러내는 지표이므로, 그 크기만으로 제공된 유동인구 값의 정확도를 판단하기는 어렵다. 합집합 격자에서도 유동인구 규모 분위

가 높아질수록 CV_i 중앙값이 낮아지는 경향이 나타났다(그림 3의 파란색 부분). 특히 낮은 분위(1~3분위)에서 CV_i 중앙값이 본 연구의 CV_i 최댓값인 $\sqrt{2}$ 에 집중된 것은, WKDY 단독 활성셀($CV_i = \sqrt{2}$)이 해당 분위에서 높은 비중을 차지하기 때문이다.

그림 4는 상대편차의 공간적 분포를 구체적으로 살펴보기 위해 2019년, 2021년, 2023년 8월의 50m×50m 교집합 격자에서 산출한 CV_i 를 지도화한 것이다. 시점과 지역 간 비교를 위해 CV_i 의 이론적 범위($0 \sim \sqrt{2}$)를 등간격으로 나눈 5개 계급을 공통으로 적용하였으며, WKDY 단독 활성셀과 두 자료(TIME과 WKDY 또는 AGE와 WKDY)에서만 활성인 기타 활성셀은 각각 검은색과 연보라색으로 별도 표시하였다. 두 지역 모두 교집합 격자의 셀 대부분은 제1계급에 속하였으나, 그 비중은 단양군에서 2019년 94.51%, 2021년 92.17%, 2023년 89.75%로, 청송군에서는 각각 93.70%, 92.30%, 91.51%로 감소하였다. 나머지는 제2~제4계급에 분포하였으며, 제5계급에 해당하는 셀은 없었다. 이는 지도에 제시된 세 시점에서 교집합 격자의 상대편차가 대체로 낮은 계급에 집중되어 있으면서도, 제1계급을 벗어나는 셀의 비중은 증가하였음을 보여준다. 교집합 격자에서 CV_i 가 낮은 셀들은 도로망을 따라 이어지거나 시가지 지역에 분포하는 양상을 보였다(그림 1 참조). 한편 WKDY 단독 활성셀은 일부 구간에서 선형으로 이어지거나 국지적으로 밀집하여 나타났다. 세 시점을 비교하면 이러한 분포가 점차 더 넓은 범위에서 관찰되었다. 다음 절에서는 이러한 불일치

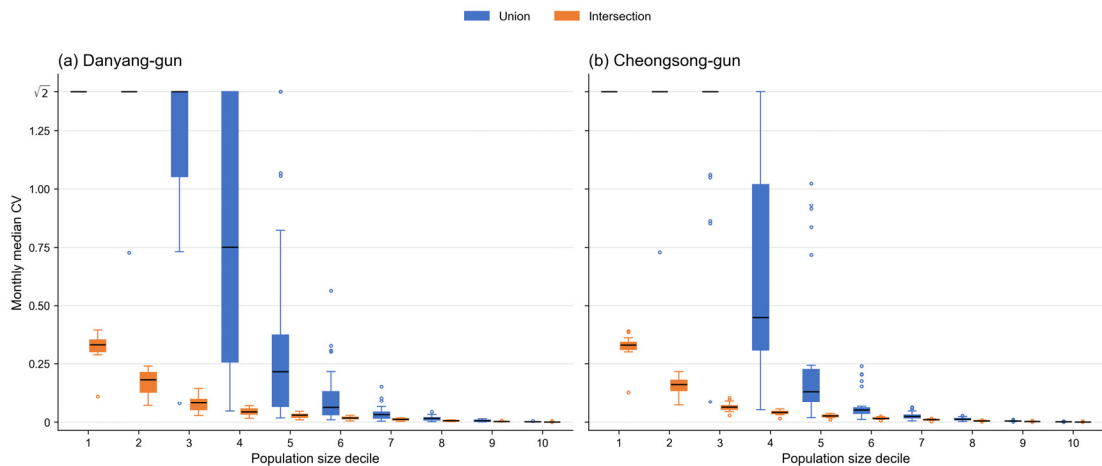


그림 3. 유동인구 규모 분위별 월별 CV_i 중앙값의 분포

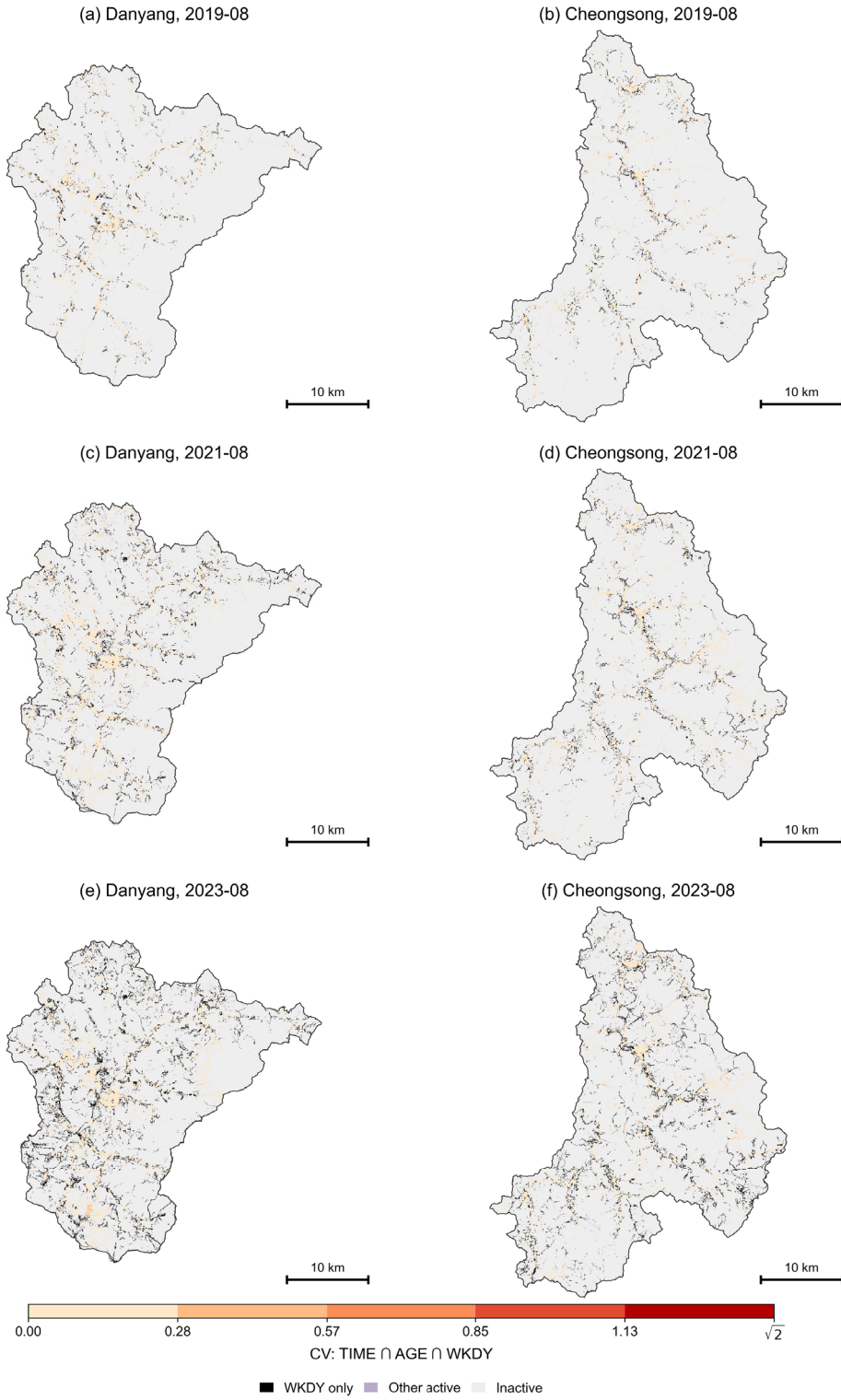


그림 4. 2019, 2021, 2023년 8월의 유동인구 자료 간 CV_i 의 공간적 분포 (좌: 단양, 우: 청송)

양상과 지역 특성 간 관계를 살펴보기 위해, 교집합 격자의 CV_i 와 지역 특성 변수 간 상관·편상관관계를 분석하고 WKDY 단독 활성 격자와 교집합 격자의 지역 특성을 비교하였다.

3. 자료 간 불일치 양상과 지역 특성 간 관계 분석

자료 간 불일치 양상과 지역 특성 간 관계는 유동인구 값과 활성 범위 측면을 구분하여 살펴보았다. 먼저 세 자료의 100m×100m 교집합 격자에서 CV_i 와 지역 특성 간 Spearman 상관관계를 분석하였다. 또한 앞 절에서 확인한 유동인구 규모와 CV_i 간 관계를 고려하여, 셀별 세 자료의 평균 유동인구($\bar{x}_i$)를 통제한 편상관분석을 실시하였다. 다음으로 활성 범위가 다른 두 자료보다 넓게 나타난 WKDY에 주목하여 100m×100m WKDY 단독 활성 격자와 교집합 격자의 지역 특성을 비교하였다.

CV_i 와 지역 특성 변수의 값이 모두 확인되는 셀을 대상으로 단순상관계수를 산출한 결과, 두 지역 모두 인구와 종사자 수가 적고 도로밀도가 낮을수록 상대편차가 높은 경향이 나타났으며, 최근접 도로까지의 거리와는 양의 관계를 보였다(표 4). 이러한 관계의 방향은 두 지역의 모든 분석월에서 유지되었다. 반경 500m 이내 관광지점 입장객 합계와도 음의 관계를 보였으나, 그 크기는 상대적으로 작았다(단양군, 청송군 각각 -0.13 , -0.08). 그

러나 $\bar{x}_i$ 를 통제하면 인구의 편상관계수 평균은 단양군 0.03, 청송군 0.08, 종사자 수는 각각 0.01과 0.04로, 단순 상관분석에서 나타난 음의 관계가 유지되지 않았다. 이는 유동인구 규모를 고려한 후에는 상대편차와 이 두 변수 간 관련성이 제한적임을 보여준다. 도로밀도의 편상관계수 평균은 각각 0.07과 0.11, 최근접 도로까지의 거리는 -0.10 과 -0.13 으로 관계의 방향이 바뀌었으며, 이러한 방향은 두 지역의 모든 분석월에서 유지되었다. 즉 유동인구 규모를 통제한 후에는 도로밀도가 높거나 도로에 가까운 셀에서 상대편차가 높은 경향이 나타났으나, 관계의 크기는 전반적으로 작았다. 관광지점 입장객 합계의 편상관계수 평균은 각각 0.02와 0.01로 0에 가까웠다. 이처럼 평균 유동인구를 통제한 후 지역 특성과 상대편차 간 관계의 크기와 방향이 달라졌다는 점은, 편차와 지역 특성 간 관계를 파악할 때 셀별 유동인구 규모를 함께 고려할 필요가 있음을 보여준다.

앞선 단순상관·편상관분석에서는 세 자료의 교집합 격자에서 값의 불일치 정도와 지역 특성 간 관계를 살펴보았다. 다음으로 자료 간 활성 범위가 불일치하는 공간의 지역 특성을 살펴보기 위해 WKDY 단독 활성셀에 주목하였다. 이들 셀은 대부분 유동인구 규모가 매우 작다. 또한 WKDY만 양의 값을 가져 CV_i 가 모두 $\sqrt{2}$ 로 일정하므로, WKDY 단독 활성셀 집합 내에서는 CV_i 와 지역 특성 간 상관관계수가 정의되지 않는다. 이에 WKDY 단독 활성 격자와 교집합 격자의 지역 특성을 비교하였다(표 5).

표 4. 100m 교집합 격자의 CV_i 와 지역 특성 간 단순상관 및 편상관 분석 결과

지역	지역 특성 변수	단순상관계수 평균(표준편차)	편상관계수 평균(표준편차)
단양군	인구(명)	$-0.33(0.02)$	$0.03(0.02)$
	종사자 수(명)	$-0.40(0.04)$	$0.01(0.03)$
	도로밀도(km/km ²)	$-0.24(0.03)$	$0.07(0.01)$
	최근접 도로까지의 거리(km)	$0.20(0.03)$	$-0.10(0.01)$
	반경 500m 이내 관광지점 입장객 합계(명)	$-0.13(0.03)$	$0.02(0.02)$
청송군	인구(명)	$-0.31(0.01)$	$0.08(0.02)$
	종사자 수(명)	$-0.37(0.03)$	$0.04(0.04)$
	도로밀도(km/km ²)	$-0.18(0.02)$	$0.11(0.02)$
	최근접 도로까지의 거리(km)	$0.16(0.02)$	$-0.13(0.02)$
	반경 500m 이내 관광지점 입장객 합계(명)	$-0.08(0.01)$	$0.01(0.02)$

* 수치는 25개 분석월별 Spearman 상관관계수와 편상관계수의 평균(표준편차)이다. 지역·월·변수별로 결측 셀을 제외하되 유효한 0은 포함하였으며, 단순상관계수와 편상관계수는 동일한 셀 집합에서 계산하였다. 월별 유효 셀 수는 인구가 단양군 1,961-2,370개, 청송군 2,133-2,444개이며, 종사자 수는 각각 804-1,077개와 600-943개이다. 나머지 세 변수는 단양군 7,336-11,995개, 청송군 6,608-10,124개이다.

그 결과 두 지역 모두 WKDY 단독 활성 격자의 평균 인구와 종사자 수가 교집합 격자보다 적었다. 도로밀도와 주변 관광지점 입장객 합계도 낮았으며, 최근접 도로까지의 거리는 길었다. 주변 관광지점 입장객 합계는 두 집단 모두 단양군에서 청송군보다 높았으나, 각 지역 내에서는 WKDY 단독 활성 격자가 교집합 격자보다 낮다는 공통된 양상이 나타났다. 이는 지역별 지표 수준의 차이에도 불구하고 두 집단 간 차이의 방향이 유사함을 보여준다. 월별로도 이러한 차이의 방향은 대체로 유지되었으나, 청송군의 종사자 수에서는 25개 분석월 중 5개월에 반대의 결과가 나타났다. 다만 이 비교는 유동인구 규모를 통제하지 않은 두 집단의 특성을 기술한 것으로, 지역 특성의 독립적인 영향을 의미하지 않으며, 인구와 종사자 수에 관한 결과는 해당 통계가 제공되는 셀에 한정된다.

본 연구의 결과는 동일한 원천자료에서 집계 기준을 달리한 자료의 지역 단위 유동인구 총량이 유사하더라도, 셀 단위에서는 자료 간 값과 활성 범위가 모두 달라질 수 있음을 보여준다. 값의 차이 측면에서 상대편차는 유동인구 규모가 작을수록 큰 경향을 보였으며, 이러한 규모와의 관계는 상대편차와 지역 특성 간 관계에도 반영된 것으로 나타났다. 따라서 특정 지역 특성을 가진 셀에서 상대편차가 높다는 결과를 해당 지역 특성의 독립적인 영향으로 해석하는 데에는 주의가 필요하다. 활성 범위 측면에서는 WKDY 단독 활성 격자가 교집합 격자보다 도로밀도가 낮고 도로에서 멀었으며, 인구와 종사자 수 통

계가 제공되는 셀에서는 이 두 지표 역시 낮았다. 이는 이러한 공간을 유동인구가 분포하는 공간으로 파악할지 여부가 어떤 유형의 자료를 사용하는지에 따라 달라질 수 있음을 의미한다. 따라서 유동인구 자료를 활용하여 활동 공간을 파악하는 경우에는, 특정 유형의 자료에서 양의 값이 나타나지 않는다는 이유만으로 해당 공간에 활동이 없다고 판단하지 않도록 유의해야 한다.

한편 본 연구에서는 관계자 질의응답을 통해 범주별 일 평균 값이 0.01 미만이면 제공되지 않는다는 점을 확인하였다. 또한 관계자는 집계 범주 수의 차이(시간대별 24개, 성·연령대별 12개, 요일별 7개)가 WKDY의 활성 범위가 더 넓게 나타나는 현상에 영향을 미쳤을 가능성을 제시하였다. 이러한 제공 기준은 유동인구 규모가 작은 셀에서 자료 간 활성 여부가 달라질 수 있음을 시사한다. 분석기간 동안 세 자료의 합집합 격자에서 WKDY 단독 활성셀의 비중이 전반적으로 증가하였다는 점을 고려하면, 작은 값의 제공 여부가 자료 간 활성 범위의 격차 확대와 관련되었을 가능성이 있다. 다만 범주 수의 차이가 제공 여부에 미치는 영향과 활성 범위의 시간적 변화를 설명하려면, 범주별 원자료와 산출·제공 기준의 변경 여부를 추가로 확인할 필요가 있다. 따라서 자료에서 관찰된 활성 범위의 확대를 실제 활동 공간의 확산으로 곧바로 해석하기는 어렵다.

표 5. WKDY 단독 활성 격자와 교집합 격자의 지역 특성 비교

지역	지역 특성 변수	WKDY 단독 활성 격자	교집합 격자
단양군	인구(명)	4.55	11.74
	종사자 수(명)	5.26	15.02
	도로밀도(km/km ²)	2.06	2.92
	최근접 도로까지의 거리(km)	0.57	0.47
	반경 500m 이내 관광지점 입장객 합계(명)	1,400.74	3,903.55
청송군	인구(명)	4.54	9.71
	종사자 수(명)	9.07	13.50
	도로밀도(km/km ²)	2.00	2.68
	최근접 도로까지의 거리(km)	0.51	0.45
	반경 500m 이내 관광지점 입장객 합계(명)	160.50	480.10

* 수치는 각 집단에서 변수별 결측 셀을 제외하고 산출한 월별 셀 평균을 25개 분석월에 걸쳐 산술평균한 값이다. 결측치는 0으로 대체하지 않았다. WKDY 단독 활성 격자에서 월별 유효 셀 수는 인구가 단양군 115~917개, 청송군 90~613개이며, 종사자 수는 단양군 18~191개, 청송군 9~139개이다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 단양군과 청송군의 시간대별, 요일별, 성·연령대별 유동인구 자료를 대상으로, 동일한 이동통신 원자료로부터 서로 다른 기준에 따라 집계된 자료 간 일관성을 세부 공간단위에서 검토하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 먼저 자료 간 유동인구의 공간적 분포 범위와 지역 단위 총량을 비교하였다. 다음으로 자료 간 셀 단위 값의 분포 차이와 동일 위치에서 나타나는 절대·상대편차 및 공간적 자기상관을 분석하였다. 마지막으로 세 자료의 교집합 격자에서 상대편차와 지역 특성 간 관계를 유동인구 규모의 통제 전후로 살펴보았다. 또한 활성 범위의 불일치가 나타나는 공간의 특성을 파악하기 위해 WKDY 단독 활성 격자와 교집합 격자의 지역 특성을 비교하였다.

주요 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 세 자료의 지역 단위 유동인구 총량은 대체로 유사하였으나 활성 범위에서는 차이가 나타났다. 두 지역의 모든 분석월에서 WKDY의 활성 범위가 TIME과 AGE를 모두 포함하였으며, 합집합 격자에서 WKDY 단독 활성셀이 차지하는 비중은 시간에 따라 전반적으로 증가하였다. 이는 지역 단위 총량의 유사성이 세부 공간단위에서 활성 범위의 일관성까지 보장하지 않음을 의미한다. 둘째, KS 검정 결과 모든 분석월에서 자료 간 셀 단위 값의 분포 차이가 확인되었다. 활성 범위에서는 WKDY가 다른 두 자료와 구분된 반면, 자료쌍별 교집합 격자의 값 분포에서는 TIME과 WKDY가 상대적으로 유사하고 AGE와의 차이가 두드러져, 비교하는 측면에 따라 자료 간 유사성의 양상이 달라질 수 있음을 확인하였다. 또한 세 자료의 교집합 격자에서는 유동인구 규모가 작을수록 상대편차가 높은 경향이 나타났다. 자료쌍별 절대편차와 세 자료 간 상대편차는 모두 양의 공간적 자기상관을 보여, 편차의 크기가 유사한 셀들이 공간적으로 인접하는 경향이 확인되었다. 셋째, 세 자료의 교집합 격자 중 각 변수의 통계값이 확인되는 셀에서 상대편차는 인구와 종사자수가 적고 도로밀도가 낮거나 도로에서 멀수록 높은 경향을 보였으나, 평균 유동인구를 통제하면 이러한 관계가 약화되거나 방향이 바뀌었다. 따라서 상대편차와 지역 특성 간 관계를 해석할 때에는 유동인구 규모를 함께 고려할 필요가 있다. 한편 WKDY 단독 활성 격자는 교집합 격자보다 도로밀도와 주변 관광지점 입장객 합계가 낮고 도로에서 멀었으며, 통계가 제공되는 셀에서는 인구와 종사자 수도 적었다.

두 지역은 유동인구 총량의 규모에 차이가 있었으나, 자료 간 불일치 양상과 지역 특성의 차이는 대체로 유사하게 나타났다.

이상의 결과는 이동통신사 유동인구 자료의 활용과 해석에 다음과 같은 시사점을 제공한다. 첫째, 지역 전체의 유동인구 총량이 유사하더라도 세부 공간단위에서는 활성 여부와 값이 다를 수 있으므로, 낮은 공간해상도로 합역한 자료의 비교 결과만으로 세부 공간단위 자료의 일관성을 판단하기 어렵다. 둘째, 자료 유형 간 유사성은 활성 범위와 값의 분포 중 어느 측면을 비교하는지에 따라서도 달라지므로, 자료의 상호 대체 가능성은 분석 목적(유동인구의 분포 범위 파악, 특정 영역의 유동인구 규모 비교 등)을 고려하여 검토해야 한다. 또한 여러 유형의 자료를 결합하거나 비교할 때에는 활성 범위와 동일 위치에서의 값 차이를 함께 확인하고, 활용한 자료 유형과 선택 근거를 명확히 제시할 필요가 있다. 셋째, 유동인구 규모가 작은 셀에서는 상대편차가 높고 자료 유형에 따라 활성 여부도 달라질 수 있으므로, 이러한 공간을 파악할 때에는 자료 선택과 값의 해석에 주의해야 한다. 특정 자료의 양의 값이나 비활성 여부만으로 실제 활동의 존재 또는 부재를 단정하기보다, 현장조사나 독립적인 관측자료를 통해 확인할 필요가 있다. 마지막으로 이러한 검토가 가능하도록 이동통신사는 전수화 기준, 격자별 가중치의 산정·배분 방식, 값의 제공 기준 및 변경 이력 등 자료 생산과 제공 과정에 관한 정보를 구체적으로 공개할 필요가 있다. 아울러 자료 간 일관성이 실제 인구 유동을 반영하는 정확성을 보장하는 것은 아니라는 점에 유의해야 한다.

본 연구는 한 이동통신사의 자료를 대상으로 단양군과 청송군의 일부 시기만을 분석하였다는 점에서 결과를 일반화하는 데 한계가 있다. 따라서 향후에는 연구대상 지역과 분석 시기를 확대하고, 다른 이동통신사의 자료에서도 유사한 불일치 양상이 나타나는지 검토할 필요가 있다. 또한 자료 생산 과정에 관한 정보와 독립적인 기준 자료가 충분하지 않아 자료 간 불일치의 원인을 규명하거나 어느 자료가 실제 인구 유동을 더 정확하게 반영하는지 판단하지 못하였다. 현장 계수나 탐방객 기록 등 독립적인 관측자료와 집계 대상 및 시공간 단위를 맞추어 자료 유형별 추정값을 검증하고, 전수화, 공간 배분, 값의 제공 기준 등이 세부 격자값과 활성 범위에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다. 아울러 본 연구의 편상관분석과 격자 집단 간 특성 비교는 자료 간 불일치 양상과 지역 특성

간 관계를 탐색한 것으로, 인과관계를 규명한 것은 아니다. 후속 연구에서는 공간적 의존성을 고려하고 기지국 분포, 전파환경 등의 요인을 추가하여 불일치의 발생 원인을 구체적으로 검토할 필요가 있다.

註

- 1) 박진홍·강민규(2022)는 생활인구를 특정 시점의 존재량(stock), 유동인구를 일정 기간의 이동량(flow)으로 구분하고, 통신 신호를 기반으로 공간 단위별 인구수를 집계한 자료는 엄밀한 의미의 유동인구라기보다 현주민구에 가까운 성격을 지닌다고 지적하였다.
- 2) 이는 저량형 인구통계의 개념적 특성을 의미하며, 개별 자료의 실제 반복 집계 처리 방식은 생산기관의 산출 기준에 따라 달라질 수 있다.
- 3) 예를 들어 10시 50분부터 11시 10분까지 체류한 경우에는 10시 시간대의 유동인구에 포함된다.

감사의 글

본 논문에서 사용된 유동인구 자료의 활용에 협조해주신 국가지질공간원사무국과 SK텔레콤에 감사드립니다.

참고문헌

강영옥, 2023, “GeoAI 활용 분야와 연구 동향,” 대한지리학회지, 58(4), 395-418.

곽호찬·송지영·엄진기·김경태, 2018, “이동통신 자료를 활용한 대도시 유동인구 영향요인 분석,” 한국도시철도학회논문집, 6(4), 373-381.

국토연구원, 2014, 「스마트 셀 기반 활동인구의 공간정책 활용방안 연구」, 안양: 국토연구원.

김가은·전광희, 2020, “시계열자료 구축을 위한 인구센서의 일관성 검토,” 사회과학연구, 31(3), 103-125.

김경태·이인묵·곽호찬·민재홍, 2015a, “유동인구 추정 시 통신 자료의 활용에 관한 연구,” 서울도시연구, 16(3), 177-187.

김경태·이인묵·민재홍·곽호찬, 2015b, “무선통신 자료를 활용한 통행발생량 분석,” 한국철도학회논문집, 18(5), 481-488.

김경태·이인묵·곽호찬·민재홍, 2016, “이동통신 자료 전수화를 통한 존재인구 산정 방안,” 대한교통학회지, 34(3), 222-233.

김의명·홍승표·박진이, 2019, “연속수치지도와 유동인구를 이용한 범죄취약 추정지역 추출,” 한국지도학회지, 19(1), 59-68.

김재훈·손지훈·박한우, 2022, “통신사 빅데이터를 활용한 코로나 전염병 전후 대구 대학가 유동인구 분석: 서울과의 비교를 중심으로,” 한국콘텐츠학회논문지, 22(3), 62-70.

김해·이환필·권철우·박성호·박상민·윤일수, 2018, “유동인구 빅데이터 기반 고속도로 휴게소 혼잡지표 개발 연구,” 한국ITS학회논문지, 17(4), 99-111.

박예림·강영옥, 2019, “통신 데이터를 활용한 도보관광코스 유동인구 추정 및 분석,” 지적과 국토정보, 49(1), 181-195.

박진홍·강민규, 2022, “사물인터넷 기반 도시데이터 센서를 활용한 서울시 유동인구의 측정 및 입지 특성에 관한 기초연구,” 국토계획, 57(5), 40-56.

배준수·김미경·유수홍·허준·손홍규, 2019, “유동인구 데이터와 유전자 알고리즘을 이용한 지진해일 대피소 선정,” 한국측량학회지, 37(3), 157-165.

변미리·서우석, 2011, “도시 거리의 주간활동인구 측정과 해석: 서울시 유동인구 조사 사례,” 조사연구, 12(2), 27-50.

심규원·장진, 2019, “통신사 가입자 위치정보를 활용한 계룡산국립공원 탐방객 이동경로 분석,” 국립공원연구지, 10(2), 258-265.

심원섭·최승묵·심창섭, 2018, “관광 빅데이터 분석의 주요 쟁점: 이동통신 및 신용카드 데이터를 중심으로,” 관광연구논총, 30(3), 3-22.

안은희·안정국, 2021, “관광 빅데이터 기반의 용인시 관내 관광 활성화 방안: 이동통신과 신용카드 데이터를 결합한 지리정보시스템 분석을 중심으로,” 한국융합학회논문지, 12(4), 207-216.

유현진·이건원, 2025, “유동인구 설명을 위한 분석단위 크기 효과 분석: 종로구 서촌 일대를 중심으로,” 한국생태환경건축학회 논문집, 25(3), 65-76.

- 이광섭·엄진기·성명연·이준·문대섭, 2019, “통신량 자료를 활용한 시간대별 대중교통 이용지수 분석 및 서비스 인구 추정: 수도권을 중심으로,” 한국철도학회 논문집, 22(12), 1008-1017.
- 이유진·최명섭, 2018, “노인 인구 밀집지역의 시공간적 분포와 결정요인 분석: 서울 생활인구 빅데이터의 활용,” 서울도시연구, 19(4), 149-168.
- 이주영·박현진, 2023, “유동인구를 활용한 ConvLSTM AutoEncoder 기반 핫플레이스 탐지,” 한국빅데이터 학회지, 8(2), 97-107.
- 이지운·강정은, 2022, “빅데이터를 활용한 고령층 활동 공간 패턴 및 특성 분석: 청장년층과 비교를 중심으로,” 국토계획, 57(3), 161-173.
- 정재훈·남진, 2019, “위지 기반 빅데이터를 활용한 서울시 활동인구 유형 및 유형별 지역 특성 분석,” 국토계획, 54(3), 75-90.
- 정현규·최용복, 2024, “공간 빅데이터 분석을 활용한 COVID-19 전후 제주도 관광지의 유동인구 분포 변화,” 한국지리정보학회지, 27(1), 12-28.
- 조월·하재현·이수기, 2021, “서울시 생활인구의 시간대별 혼합수준에 영향을 미치는 요인 분석,” 국토계획, 56(1), 22-38.
- 조형욱·김다솜·이삼수, 2022, “코로나19 전후 대구광역시 도시공간의 유동인구 분포 변화: 핫스팟 분석을 중심으로,” 국토계획, 57(2), 5-17.
- 카마타 요코·남광우, 2023, “도시활력 측정을 위한 생활인구 특성 분석: 이동통신 빅데이터를 중심으로,” 한국지리정보학회지, 26(4), 173-187.
- 홍성인·임지스틴희준·최영준·이제승, 2025, “유동인구 데이터를 활용한 한강공원의 이용 패턴과 특성 연구,” 한국조경학회지, 53(3), 31-47.
- Kim, E. K., Yoon, S., Jung, S. U., and Kweon, S. J., 2024, Optimizing urban park locations with addressing environmental justice in park access and utilization by using dynamic demographic features derived from mobile phone data, *Urban Forestry & Urban Greening*, 99, 128444.
- Kim, Y. J., Lee, D. K., and Kim, C. K., 2020, Spatial tradeoff between biodiversity and nature-based tourism: Considering mobile phone-driven visitation pattern, *Global Ecology and Conservation*, 21, e00899.
- Lee, W. K., Sohn, S. Y., and Heo, J., 2018, Utilizing mobile phone-based floating population data to measure the spatial accessibility to public transit, *Applied Geography*, 92, 123-130.
- Moran, P. A., 1950, Notes on Continuous Stochastic Phenomena, *Biometrika*, 37(1/2), 17-23.
- Saluveer, E., Raun, J., Tiru, M., Altin, L., Kroon, J., Snitsarenko, T., Aasa, A., and Silm, S., 2020, Methodological framework for producing national tourism statistics from mobile positioning data, *Annals of Tourism Research*, 81, 102895.
- United Nations, 2017, *Principles and Recommendations for Population and Housing Censuses, Revision 3*, New York: United Nations.
- 통계청, 2023(접속일: 2026. 09. 20): 「2023년 인구주택총조사(등록센서스 방식)」, 국가통계포털(KOSIS), https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?vwcd=MT_ZTITLE&menuId=M_01_01#content-group
- 관광지식정보시스템, 2023(접속일: 2026. 09. 20): <https://know.tour.go.kr/stat/visitStatDis/table.do>
- 단양군청, 2026(접속일: 2026. 09. 20): <https://www.danyang.go.kr/dy21/29>
- 청송군청, 2026(접속일: 2026. 09. 20): <https://www.cs.go.kr/cheongsong/00003086/00003122.web>
- 교신 : 박용하, 54896, 전북특별자치도 전주시 덕진구 백제대로 567, 전북대학교 사범대학 사회과교육학부 지리교육전공(이메일: yonghapark@jbnu.ac.kr)
- Correspondence: Yongha Park, Major of Geography Education, Division of Social Studies Education, College of Education, Jeonbuk National University, 567 Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeonbuk-do, 54896, Republic of Korea (Email: yonghapark@jbnu.ac.kr)
- 투고접수일: 2026년 8월 31일
심사완료일: 2026년 9월 20일
게재확정일: 2026년 9월 27일