

상호작용 지수를 이용한 수도권 도시 네트워크 분석

이봉조* · 임석희**

An Analysis of Urban Network in Seoul Metropolitan Area by Interaction Indices

Yi, Bongjo* · Yim, Seokhoi**

요약: 본 연구는 도시 간 상호작용 지수(지배력 지수, 상대적 강도 지수, 엔트로피 지수)를 활용하여 출근 흐름과 업무 흐름, 화물 흐름에 있어서 수도권 도시 네트워크의 구조적 특성을 분석하였다. 분석 결과는 수도권의 도시 네트워크가 흔히 네트워크형 도시체계론에서 말하는 수평적이고 상호보완적이며 양방향과 규모 중립적이기 보다는 매우 규모 의존적이고, 수직적이고 최고차 중심도시에 의존적하는 지배·종속적 구조를 가지고 있는 것으로 나타났다. 출근·업무 흐름에 비해 화물 흐름의 네트워크가 다소 균형적이기는 하지만, 상호작용의 계층 구조, 흐름의 상대적 강도, 균형성 등 모든 면에서 출근·업무 흐름이든, 화물 흐름이든 서울과의 상호작용이 결정적이다.

주요어: 도시체계, 도시 네트워크, 공간적 상호작용, 공간적 흐름, 상호작용지수

Abstract: Relying on the interaction indices - dominance index, relative strength index and entropy index, this paper analyzes the structural features of urban network in the Seoul metropolitan area with the flows of commuting, business, and freight. Analytical results show that the Seoul metropolitan urban system is vertical, size-dependent, one-way, and the highest city-dominant network rather than horizontal, size-neutral, two-way, complementary one. The network of freight flow is a little bit more symmetrical than the networks of commuting and business. However, the interaction with Seoul is still determinant in all aspects of hierarchical structure, relative strength, and symmetry of flow.

Key Words: urban system, urban network, spatial interaction, spatial flow, spatial interaction indices.

1. 서론

1) 연구목적

수도권은 국토의 중추지역으로서 많은 도시들이 밀집되어 있다. 지역 전체가 하나의 도시지역(city region)이라고 하여도 무방하며, 이십 여개의 이르는 도시들이 촘촘히 짜인 네트워크를 구성하고 있다. 도시체계에 관한 최근 연구의 관심사는 이런 도시들이 흔히 말하는 수평적이고 상호의존적인 네트워크와 다중심적 도시체계를 과연 어느 정도 형성하고 있는냐는 것이다(Martijn, 2011). 즉, 현재 수도권의 도시 네트워크가 어떤 성격을 갖고 있는냐는 것이다.

한 네트워크의 성격은 기본적으로 네트워크를 구성하는 결절들의 계층구조, 결절 간 상호작용의

강도와 균형 정도에 의해 규정된다고 할 수 있다. 본 연구는 도시 간의 상호작용 지수를 이용하여, 수도권 도시 네트워크의 그 같은 요소들을 분석함으로써 수도권 도시 네트워크의 성격을 규명하는 것이 목적이다. 이러한 분석에서 가장 중요한 것이 도시 간 흐름(flow)이다. 도시 네트워크는 도시 간 상호작용을 전제하며, 그 상호작용은 무형이든 유형이든 사실 흐름을 통해서 이루어지기 때문이다. 따라서 우리는 그 흐름을 통해 도시 간 상호작용의 방향과 크기를 알 수 있고 도시 네트워크의 성격을 파악할 수 있다.

어떤 면에서 흐름은 인간이 발생시키는 가장 중요한 공간 현상 중 하나이다. 자발적이든 비자발적이든 흐름은 인간과 인간, 지역과 지역 간 관계를 형성하고, 이런 관계의 형성은 사회가 발달할 수록 확대된다. 사람들은 사회 유지의 필수적 요

* 한국도시연구소 연구원(Research Fellow, Korea Center for City and Environment Research)(jojoo85@naver.com)

** 대구대학교 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, Daegu University)(shyim@daegu.ac.kr)

소로서 흐름을 방해하는 지리적 마찰을 최소화하기 위해 끊임없이 노력하게 되며 그럴수록 관계망은 더 넓은 공간으로 뻗어나가고 내부적으로 더욱 긴밀해진다. 그러나 흐름의 크기와 방향이 공간적으로 균등하게 나타나는 것이 아니다. 더구나 교통의 발달은 오히려 지역 간 불균등한 흐름을 야기한다.

역사적으로 도시는 이런 흐름의 결절로 성장하고 발전하여 왔다(Beaverstock *et al.*, 2010). 도시체계는 이와 같이 흐름을 통해 형성되는 도시 간 관계라고 할 수 있다. 일정한 공간 속에서 도시 간에 발생하는 흐름의 크기에 따라 각각의 도시들은 특정한 지위를 갖게 된다. 도시는 혼자서 그 기능을 유지할 수 없다. 도시의 본질은 상호작용과 상호의존적인 체계이다(Berry, 1964). 따라서 도시를 하나의 독립적인 존재가 아닌, 체계로서 인식하고, 도시 간 관계를 규명하는 것은 도시지리학 연구의 중요한 과제가 된다.

도시체계 연구는 1970년대부터 매우 활발하게 연구된 분야이지만, 오늘날에는 더욱 중요성을 가진다. 교통의 발달과 더불어 정보통신기술의 발달은 흐름의 양적 증가를 불러왔고, 동시에 흐름의 방향 면에서 도시를 결절로 한 유출과 유입이 더욱 많아졌다. 도시가 흐름의 결절지로서 더욱 중요한 역할을 하게 되는 것이다. 결절로서 도시를 인식하는 관점은 도시체계의 네트워크 분석에 대한 관심을 증대시켰다(Bartten, 1995; Meijers E., 2006). 간혹 네트워크 분석이 도시 간 관계를 계층이 없는 균형적인 도시체계로 인식한다는 오개념이 있지만, 네트워크 분석이라고 해서 도시의 계층을 거부하는 것이 아니다. 오히려 네트워크 분석은 도시체계를 단일 중심에서 다극 중심까지 하나의 스펙트럼으로 볼 수 있는 인식의 기초를 제공한다. 본 연구 역시 이와 같은 맥락에서 수도권 도시 네트워크를 분석한다.

현대사회의 가장 일상적 흐름은 주거와 직장을 중심으로 한 이동이다. 이러한 흐름들은 일일생활권으로서 기능지역을 형성하고, 그 기능지역은 교통의 발달, 도로 등의 하부시설의 밀도가 증가하면서 확장된다. 그러나 여객과 같은 인적의 흐름으로 도시 네트워크를 충분히 이해하기 어렵다. 도시 네트워크는 인적 흐름 외에 물적 흐름에 의해서도 형성되기 때문이다. 또한 도시 간의 여객과 화물의 흐름이 반드시 비슷한 방향으로 흐른다고 할 수 없으며, 각각의 도시들이 가지고 있는 특성에 따라 권역 내 지배력(dominance)과 네트워크가 다르게 나타날 수 있다. 지금까지 도시체계에 관한 대부분의 국내 연구들이 주로 통근·통학 네트워크를 분석하였지만(손승호, 2003; 이희연·김홍주, 2006), 이런 점에서 본 연구는 물적 흐름에 의한 도시 네트워크의 특성을 파악하기 위해 여객 흐름에 더하여 도시 간 화물 이동을 분석하고자 한다.

2) 연구의 범위와 주요 내용

본 연구의 공간적 범위는 수도권으로 서울과 인천을 포함하여 경기도 소재의 27개 도시, 총 29개 도시를 분석 대상으로 한다(표 1). 여기에는 인구 1천만 이상 대도시에서부터 여러 중소도시들이 포함되어 있지만 동일한 층위의 분석단위로 설정하였다.

분석 자료는 한국교통연구원에서 제공하는 여객과 화물의 OD데이터(2009년 기준)를 이용하였다. 이 자료는 각 시별로 표본을 설정하여 조사하고 이를 전수화하는 방법을 사용하고 있으며, 출근, 업무, 등교, 귀가, 기타 목적별로 구분하여 제공하고 있다(국토해양부, 2010).

여객의 다양한 목적 가운데, 본 연구에서는 출근, 업무를 채택하였다. 왜냐하면 등교는 도시별로

표 1. 분석대상 도시

광역시·도	도시명
서울특별시	서울
인천광역시	인천
경기도	수원, 성남, 의정부, 안양, 부천, 광명, 평택, 동두천, 안산, 고양, 과천, 구리, 남양주, 오산, 시흥, 군포, 의왕, 하남, 용인, 파주, 이천, 안성, 김포, 화성, 광주, 양주, 포천

학군이 나뉘어져 있고, 귀가는 출근, 업무, 기타의 모든 목적이 종료된 후 거주지로 돌아가는 흐름으로 다른 목적의 통행에 대응하는 흐름이기 때문이다. 기타의 경우 친지방문, 병원, 은행 등 개인업무 등이 포함되어 있으며, 이는 비정기적으로 나타나는 흐름일 가능성이 크기 때문에 제외하였다.

화물의 경우, 농림수축산품, 광산품, 금속기계공업품, 화학공업품, 경공업품, 잡공업품, 기타의 7개 대품목으로 구분하여 제공하고 있으나, 대품목의 경우 화물의 규모와 특성이 명확하게 드러나지 않기 때문에 화물이라는 하나의 범주로 분석하였다.¹⁾

연구의 주요 내용은 세 부분으로 구성된다. 첫째는 수도권 도시 네트워크의 계층구조를 파악하는 것으로 네트워크를 구성하는 결절로서의 각 도시들이 네트워크 내에서 차지하는 지배력을 평가하고자 한다. 둘째는 네트워크 내 결절 간의 연결 수준을 상대적으로 측정하는 것으로 수도권 도시 네트워크에서 어떤 도시들 간에 흐름이 상대적으로 강하게 나타나는지를 고찰하고자 한다. 셋째는 수도권 도시 네트워크의 균형성을 측정하는 것으로 도시 간 상호작용이 균형적인지, 불균형적인지를 분석하고자 한다.

2. 도시 간 상호작용 구조와 네트워크 분석 방법

Limtanakool *et al.*(2009)에 의하면, 네트워크 측면에서 어떤 한 도시체계의 특성은 세 가지 S-차원을 통해 파악할 수 있다. 첫째, 체계의 구조(structure of the system), 둘째, 상호작용의 강도(strength of interaction), 셋째, 균형성의 수준(level of symmetry)이다. 이들이 말하는 체계의 구조는 계층적 구조라고 할 수 있는데, 네트워크 내에서 상호작용하는 결절들 간에 지배력이 어떻게 나타나는지의 문제이다. 상호작용의 강도는 어느 한 결절이 네트워크 내에서 각각의 다른 결절들과 상대적으로 어느 정도의 연결 수준을 갖느냐는 문제로 결절과 결절을 연결하는 링크(link), 즉 도관의 크기라고 할 수 있다. 균형성은 네트워크 전체적으로 흐름의 발생이 균형적으로 이루어지고 있느냐, 불균형적으로 이루어지고 있느냐의 문제

이다. 물론 이런 흐름의 균형성 문제는 개별 결절을 중심으로 평가할 수도 있다.

이러한 세 가지 S-차원에서 도시 네트워크는 상호작용의 방향성을 고려할 경우 완전단일중심의 네트워크에서 완전다중심의 네트워크에 이르기까지 <그림 1>과 같이 5가지 기본적인 유형으로 구분해 볼 수 있다(Limtanakool *et al.* 2007).

Limtanakool *et al.*(2009)은 도시체계를 3가지 S차원으로 설명하기 위해 5개 상호작용 지표를 제시하였다. 5개 지표는 엔트로피 지수(Entropy Index; EI 또는 EI_i), 지배력 지수(Dominance Index; DII_i , DIT_i), 결절균형지수(Node Symmetry Index; NSI_i), 상대적 강도 지수(Relative Strength Index, RSI_i), 연결균형지수(Link Symmetry Index, LSI_i)이다. 이 지수들은 결절, 링크, 네트워크의 3가지 측정 수준에 따라 범주화 할 수 있다. 본 연구에서는 5개 지표 중 엔트로피 지수(EI 또는 EI_i), 지배력 지수(DII_i , DIT_i), 상대적 강도 지수(RSI_i)를 활용하였다.

엔트로피 지수(EI)는 전체 네트워크 수준의 지표이다. 이 지수는 한 도시체계의 네트워크에서 얼마나 균등하게 흐름이 발생하는지를 말해주는 데, 완전단일중심부터 완전다중심까지 측정할 수 있다. 엔트로피 지수의 값이 표현하는 범위는 ' $0 \leq EI \leq 1$ '를 가지며 0은 완전한 단핵, 1은 완전한 다중심이라고 할 수 있다.

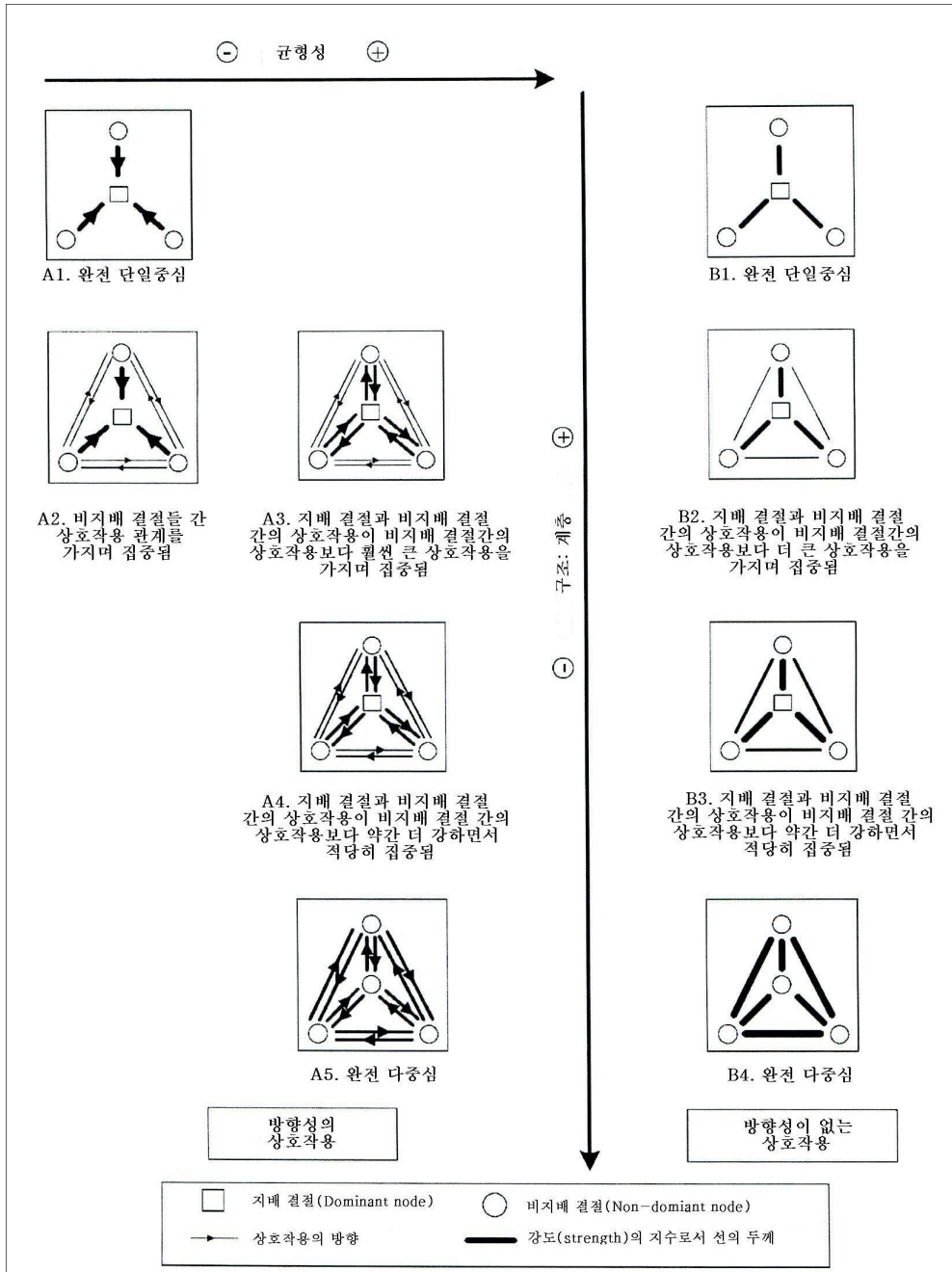
EI 는 네트워크 내 모든 도시들 간에 나타나는 '유출과 유입' 흐름을 총합적 측면에서 설명하는 것이다. 반면 EI_i 는 하나의 도시로 '유입'하는 다른 도시들 간의 흐름을 모두 합한 것으로 각각의 도시가 유입에 대해 어떤 엔트로피 값을 가지는지 측정할 수 있어 각 도시가 도시권 내의 다른 도시들 중 일부로부터 강한 흐름을 받는지, 혹은 모든 도시로부터 고른 흐름을 받는지 알 수 있다.

지배력 지수(DII_i , DIT_i)는 각 결절 수준에서 측정되며, 네트워크 내에서 한 결절이 얼마만큼의 지배적인 위치를 가지는지 알 수 있다. 지배력 지수는 네트워크 내의 결절들의 평균을 1로 하며, 각 결절이 갖는 값, χ 는 전체 결절의 평균보다 χ 배만큼의 지배력을 가진다는 것을 의미한다. 결국 이 지수의 값이 1을 초과하는 결절은 네트워크 내에서 지배적 결절이라고 할 수 있으며, 이 결절은

네트워크 내의 다른 결절보다 더 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다.

지배력 지수는 두 가지 방법으로 측정하는데,

방향을 나타내는 지배력 지수(이하 방향지배지수: *DII*)는 결절 *i*로 유입하는 양을 네트워크 내 모든 결절로 유입하는 평균량을 나눈 비율이다. 반



출처: Limtanakool·Schwanen·Dijst, 2007.

그림 1. 도시 간 상호작용과 네트워크의 유형

표 2. 도시 간 상호작용의 측정 방법: 엔트로피, 지배력, 상대적 강도

		엔트로피(EI)	지배력(DII_i, DIT_i)	상대적 강도(RSI_{ij})
공식		$EI = - \sum_{l=1}^L \frac{(Z_l) \text{Ln}(Z_l)}{\text{Ln}(L)}$ $EI_i = - \sum_{j=1}^J \frac{(x_j) \text{Ln}(x_j)}{\text{Ln}(J-1)}$	$DIT_i = \frac{T_i}{(\sum_{j=1}^J T_j / J)}$ $DII_i = \frac{I_i}{(\sum_{j=1}^J I_j / J)}$	$RSI_{ij} = \frac{T_{ij}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij}}$
범위		$0 \leq EI \leq 1$	$0 \leq DII_i, DIT_i \leq \infty$	$0 \leq RSI \leq 1$
공간적 상호작용의 차원과 지수의 관계	강도	-	0: 결절은 네트워크에 포함되지 않음 →∞: 네트워크 내의 모든 상호작용이 이 결절 연결됨으로써 네트워크를 지배하고 있는 결절	0: 두 결절은 연결이 없음 1: 두 결절은 가장 강한 연결
	구조	0: 네트워크 내 모든 상호작용이 하나의 링크에 집중 1: 계층적 구조가 없음	네트워크 내 모든 결절이 동일한 크기의 흐름을 가질 때 그 네트워크는 계층적 구조를 가지지 않음	네트워크에서 모든 링크가 동일한 RSI값을 가질 때, 네트워크는 계층적 구조를 가지지 않음
Key l 네트워크 내의 링크($l = 1, 2, 3, \dots, L$). Z_l 네트워크 내 이동의 총 합에 대한 링크 l 의 이동 비율 I_i, I_j 결절 i 와 j 로 유입하는 이동의 수 T_i, T_j 결절 i 와 j 와 관련된 총 이동의 수 T_{ij} 결절 i 에서 결절 j 로 향하는 이동의 수 x_l 결절 i 와 연관된 총 흐름에 대한 링크 l 의 이동 비율 i, j $i = 1, 2, 3, \dots, I; j = 1, 2, 3, \dots, J; i \neq j$				

출처: Limtanakool, Schwanen, Dijkstra, 2007; 2009.

면, 방향을 가지지 않는 지배력 지수(이하 비방향 지배지수; DIT_i)는 유입과 유출의 총량을 방향지배지수와 같은 방법으로 나타낸 것이다. 방향지배지수(DII_i)가 유입을 중요시하는 것은 해당 결절을 목표로 한 이동은 그 도시가 출발지보다 더 많은 문화적·경제적 등의 서비스 기회를 가지고 있기 때문이다. 지배력 지수(DII_i, DIT_i)의 값은 ' $0 \leq DII_i, DIT_i \leq \infty$ '를 가지며, 지배력 지수의 값이 크면 클수록 각 결절의 평균 지배력보다 더 큰 지배력을 가진다고 할 수 있다.

RSI 지수(Relative strength index: RSI_{ij})는 도시들 간의 상대적인 연결 수준을 측정하는 지표이다. RSI_{ij} 는 결절 i 와 j 간의 연결 수준을 측정할 수 있다. 일반적인 측정은 네트워크 내에서의 전

체 흐름에 대한 두 도시 간의 상호작용의 비율로서 표현한다. 상대적 강도 지수(RSI_{ij})의 범위는 $0 \leq RSI_{ij} \leq 1$ 이며, 0은 두 결절의 연결이 없다는 것을 의미하고, 1은 가장 강도 높은 연결을 의미한다. 특히 이 방법은 도시 간의 유출과 유입 관계를 동시에 비교할 수 있기 때문에 두 도시 간의 관계에서 흐름의 균형성을 함께 측정할 수 있다.

3. 수도권 도시 네트워크의 특성

1) 네트워크의 계층 구조

① 여객 이동

네트워크를 구성하는 도시들의 계층은 각 도시

의 지배력 지수를 통해 확인되는데, 이 지배력 지수의 네트워크 내 전체 평균값은 1이 된다.²⁾ 따라서 평균값 1은 각 도시가 갖는 지배력 지수의 값을 해석하기 위한 기준 값이 된다. 즉, A라는 도시가 1보다 높은 값을 가진다면, 그것은 네트워크 내의 도시들 평균 지배력보다 높다는 것을 뜻하며, 네트워크 내에서 해당 숫자의 배수만큼 높다는 뜻이다. 즉 서울로 유입하는 출근(출근-DII)을 기준으로 하면, 서울은 수도권 전체 도시들 간의 네트워크에서 9.57배 높은 지배력을 가진다는 것이다.

출근의 경우 해당 도시로 유입과 유출을 모두 고려하는 DIT와 유입만을 고려하는 DII는 서울이 여전히 매우 높은 값으로 최상위 도시로서 수도권 도시 네트워크를 지배하고 있지만(9.90 / 9.57), 2위 도시인 인천은 DIT는 2.82, DII는 4.11의 값을 가지고 있다. 인천은 DIT와 DII의 차이가 크지만 양 측면 모두 2위의 지배력을 가진다. DII가 DIT보다 약 1.5배의 차이를 보이며 지배력이 큰 것을 볼 때, 수도권 내에서 인천이 많은 고용기회를 가진 도시라고 볼 수 있다.

DII에 비해 DIT가 낮은 이유는 유입보다는 유출이 매우 낮기 때문이다. 실제로 수도권 내에서

유입의 절대적인 양은 서울 다음인 2위로 하루 165,134명이 유입되지만, 유출은 서울, 성남, 부천 다음으로 하루 60,967명이 유출되며, 이것은 60,870명이 유출하는 고양과 비슷하다. 또한 절대적인 흐름의 양적 측면에서도 유입이 유출보다 월등히 많다는 것을 추측할 수 있다.

유출과 유입의 양을 각각 인구로 나누었을 때 비율을 살펴보면, 인천은 수도권 내의 어떤 도시보다 가장 낮은 2.29%가 유출되고 있으며, 유입은 수도권의 평균보다 높은 6.2%가 유입되고 있다(표 3). 특히 이런 측면에서 수도권의 도시들은 유입보다는 유출이 많지만 인천은 유입이 유출에 비해 월등하게 많은 도시이다.

DIT에서 1 이상의 값을 가지는 성남, 고양, 수원, 부천, 용인은 수도권 도시들 중에서 인구규모가 높고, 서울과의 관계에서도 높은 관련성을 보인다. 다만 성남과 고양은 수원보다 인구규모가 다소 작지만 서울과의 높은 상호작용으로 인하여 상대적으로 높은 지배력을 가지고 있다.

DII에서도 DIT와 비슷한 도시 순위를 보여준다. 그러나 인천을 제외한 모든 도시들의 지배력 지수는 미약하지만 감소하였다(표 5). 왜냐하면 <표 3>에서 볼 수 있듯이 인천을 제외한 도시들은

표 3. 각 도시의 인구 대비 유출과 유입의 비율(출근)

(단위: %)

도시명	유출	유입	도시명	유출	유입
서울	4.20	3.92	오산	6.23	5.76
인천	2.29	6.20	시흥	5.93	5.44
수원	5.50	4.97	군포	8.01	7.47
성남	8.07	7.15	의왕	7.73	7.55
의정부	6.50	5.11	하남	7.00	5.91
안양	6.51	5.49	용인	5.66	5.54
부천	7.30	5.11	파주	4.83	3.51
광명	9.06	7.10	이천	4.01	3.95
평택	4.59	4.20	안성	4.61	4.66
동두천	5.75	5.02	김포	6.32	5.48
안산	3.79	3.65	화성	4.28	4.21
고양	6.73	6.66	광주	5.57	4.89
과천	25.77	23.47	양주	6.07	6.01
구리	9.25	7.93	포천	6.30	5.69
남양주	4.65	4.36	평균	6.64	6.08

표 4. 서울을 중심으로 한 각 도시별 유출과 유입의 수

도시	서울로 유출	서울로부터의 유입	합계
인천	34,224	125,712	159,937
고양	52,858	50,943	103,801
성남	46,730	38,691	85,421
부천	36,165	28,725	64,890
용인	25,487	22,749	48,236
수원	21,917	16,427	38,344
광명	21,488	15,695	37,183

주: 합계를 기준으로 순서대로 배치하였으나, 서울과의 관계에서 유출·유입 모두 상위권에 속함

유입보다는 유출에서 더 큰 흐름을 가지기 때문이다. 또 다른 변화는 부천의 순위가 한 단계 하락한 것이다. 즉 유출까지 포함한 값에서는 1.32였지만, 유입만을 보았을 때, 1에 거의 수렴되는 1.09의 값을 갖는다. 부천이 수도권의 출근 목적지에 대한 지배력에서 1 이상의 값을 갖는 이유는 서울로부터 많은 유입을 받기 때문인 반면, DIT와 비교해서 1에 수렴된 값을 갖게 된 이유는 주요 유출지인 인천(15,959명을 유출)으로부터 유출하지만, 인천으로부터의 유입에 있어서는 상대적으로 적은 5,805명이 유입하기 때문이다.

지배력 지수의 표준편차를 활용하여 도시 계층을 구분하면, 출근의 *DII*를 기준으로 4개의 계층으로 나누어진다. 서울이 가장 높은 제1계층이며, 인천이 제2계층, 성남, 고양, 수원, 용인, 부천이 제3계층으로 이상 7개의 도시가 수도권 네트워크 내에서 평균 이상의 지배력을 가지는 것으로 나타났다. 그러나 제1계층에 속한 서울과 제2계층에 속한 인천의 차이는 매우 크게 나타난다. 즉 표준편차가 1.82인 계층 구분에서 서울의 지배력 지수는 (평균+4×표준편차) 이상이며, 인천의 지배력 지수는 (평균~1×표준편차)으로 상위도시인 서울과 차하위 도시인 인천과의 지배력 차이가 매우 크다.

업무의 경우, 서울은 출근과 마찬가지로 여전히 높은 지배력을 보인다. 출근과 다른 차이점이 있다면, 서울, 인천, 의정부, 과주, 광주를 제외한 도시들은 *DIT* 값보다 *DII* 값이 같거나 더 크다. 또한 *DII*를 기준으로 보았을 때 서울의 영향력이 다소 줄어들고, 다른 도시들의 영향력이 상승하였

다.³⁾ 그러나 출근의 *DII*과 업무의 *DII*의 차이는 0.4 정도이기 때문에 여전히 서울의 영향력은 매우 강하게 나타난다. 반면, *DII*에서 인천의 경우 출근과 비교했을 때 상당히 낮은 지배력 지수 값을 갖는다. 이로 인해 오히려 성남보다 낮은 3위로 나타난다(표 5). 업무의 흐름에서 인천은 출근의 흐름보다 지배력이 상당히 약해졌다는 것을 알 수 있다.

*DIT*와 *DII*를 비교해 보았을 때, 용인과 부천의 순위의 차이가 있을 뿐, 1이상의 지배력 지수 값을 가지는 도시들의 순위변화는 없다. 그러나 인천, 성남, 고양, 수원 등은 *DII* 값이 2 이상의 지배력 지수 값을 갖는 도시가 사라지고, 서울과의 차이가 더욱 크게 나타났다. 결국 서울은 여전히 매우 높은 지배력을 가지지만, 나머지 도시들이 낮은 수준에서 다소 균형적인 지배력을 보이고 있다.

업무는 거래처 방문, 출장, 집대 등을 포함하고 있으며 이는 기업과 기업 간의 관계라고 보았을 때, 기업이 밀집해 있는 서울을 최상위로 하여 출근에서 평균 이상의 지배력을 보였던 7개의 도시들이 뒤를 잇는다. 출근과 같은 방식으로 지배력을 계층으로 구분하면 업무는 표준편차 1.66에서 서울의 지배력 지수는 (평균+4×표준편차) 이상으로 최상위 계층이며, 성남, 인천, 고양, 수원, 용인, 부천의 지배력 지수는 (평균~1×표준편차)로 그 뒤를 따른. 업무는 출근과 비슷한 패턴을 보이기는 하지만 서울과 다른 도시와의 격차는 조금 더 커지면서 오히려 서울을 제외한 다른 도시들은 하향평준화의 모습을 보인다. 특히 출근은 4개의 계

표 5. 각 도시의 지배력 지수: 출근, 업무

순위	구분	출근				업무			
		DIT		DII		DIT		DII	
1	서울	9.90	서울	9.57	서울	9.37	서울	9.17	
2	인천	2.82	인천	4.11	인천	2.16	성남	1.97	
3	성남	1.80	성남	1.69	성남	1.91	인천	1.95	
4	고양	1.51	고양	1.50	고양	1.62	고양	1.77	
5	수원	1.40	수원	1.33	수원	1.53	수원	1.54	
6	부천	1.32	용인	1.18	용인	1.34	용인	1.39	
7	용인	1.20	부천	1.09	부천	1.24	부천	1.28	
8	안양	0.90	안양	0.82	안양	0.93	안양	0.94	
9	안산	0.68	안산	0.66	안산	0.71	안산	0.74	
10	광명	0.66	광명	0.58	광명	0.69	광명	0.69	
11	의정부	0.60	남양주	0.57	시흥	0.66	남양주	0.69	
12	남양주	0.59	시흥	0.55	남양주	0.65	시흥	0.66	
13	시흥	0.58	의정부	0.53	의정부	0.62	의정부	0.61	
14	군포	0.54	군포	0.52	화성	0.58	화성	0.59	
15	화성	0.52	화성	0.51	군포	0.56	군포	0.57	
16	평택	0.43	평택	0.41	평택	0.47	평택	0.47	
17	과천	0.41	과천	0.39	구리	0.44	구리	0.45	
18	구리	0.40	구리	0.37	과천	0.43	과천	0.44	
19	과주	0.34	김포	0.31	김포	0.39	김포	0.39	
20	김포	0.33	과주	0.29	과주	0.38	과주	0.34	
21	광주	0.30	양주	0.28	광주	0.34	광주	0.33	
22	양주	0.28	광주	0.28	의왕	0.31	양주	0.32	
23	의왕	0.27	의왕	0.27	오산	0.30	의왕	0.32	
24	오산	0.27	오산	0.26	양주	0.30	오산	0.30	
25	하남	0.22	안성	0.21	하남	0.25	하남	0.25	
26	포천	0.21	하남	0.20	포천	0.24	안성	0.24	
27	안성	0.21	포천	0.20	안성	0.24	포천	0.24	
28	이천	0.19	이천	0.19	이천	0.22	이천	0.23	
29	동두천	0.12	동두천	0.11	동두천	0.12	동두천	0.12	

층으로 구분되는 반면, 업무는 하나의 계층이 사라지고 3개의 계층으로 구분된다. 출근에서는 총 4개의 계층 중 제2계층을 유지하던 인천이 업무에서 그 영향력을 다소 상실하게 되었으며, 인천이 출근을 기준으로 했을 때의 제3계층 수준으로 편입되어 버렸기 때문이다.

② 화물 이동

화물의 경우에는 여객의 흐름과는 달리 *DIT*와 *DII*의 각 도시 간 변동이 크다. 서울은 *DIT*와 *DII*에서 1순위를 차지하는 점은 여객의 흐름과 일치하지만 *DII*가 10을 넘고, *DIT*는 7로 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 이와 반대로 인천은 *DIT*

가 *DII*보다 높는데, 서울은 유출보다 유입이 많고, 인천은 유출이 유입보다 많기 때문이다. 화물의 흐름 규모를 살펴보면, 서울은 유출이 274만 톤/일이며, 유입이 823만 톤/일인 반면, 인천은 유출이 650만 톤/일, 유입이 264만 톤/일이다. 서울과 인천의 유출과 유입은 네트워크 내에서 각각 1위와 2위를 차지하지만, 유출과 유입의 측면은 정반대의 양상을 보여준다.

서울의 *DIT*와 *DII* 값이 모두 높은 것은 서울이 산업의 집적지일 뿐만 아니라 최종 소비지역으로서의 역할을 하기 때문이다. 반면 인천은 수도권에서 관문 역할을 하는 곳으로서 유입보다는 유출과 유입이 합쳐진 *DIT* 값에서 보다 높은 지배

표 6. 지배력 지수를 기준으로 한 도시계층: 출근, 업무

계층 순위	출근		업무	
	도시명	값	도시명	값
제1계층	서울	1+4s 이상	서울	1+4s 이상
제2계층	인천	1+1s~1+2s	성남, 인천, 고양, 수원, 용인, 부천	1~1+1s
제3계층	성남, 고양, 수원, 용인, 부천	1~1+1s	안양, 안산, 광명, 남양주, 시흥, 의정부, 화성, 군포, 평택, 구리, 과천, 김포, 파주, 광주, 양주, 의왕, 오산, 하남, 안성, 포천, 이천, 동두천	1 미만
제4계층	안양, 안산, 광명, 남양주, 시흥, 의정부, 군포, 화성, 평택, 과천, 구리, 김포, 파주, 양주, 광주, 의왕, 오산, 안성, 하남, 포천, 이천, 동두천	1 미만	-	-

주: 출근, 업무 모두 평균 1, 출근 표준편차(s) 1.82, 업무 표준편차(s) 1.66

력을 확인할 수 있다. 그러나 인천 역시 유출뿐만 아니라 유입에서도 매우 높은 지배력 지수를 가지고 있는데, 인천은 수도권 내에서 항공 시설과 항만 시설이 잘 발달되어 국내외로부터 많은 화물이 집적되고 유출되는 결절의 역할을 수행하고 있기 때문이다. 이와 같은 맥락으로 평택은 출근·업무의 지배력에서 볼 수 없었으나 화물에서는 총 29개의 도시 중 *DIT*는 3순위, *DII*는 4순위로 나타난다. 즉 평택 역시 항만의 발달로 인해 화물의 주요 결절지로서 역할을 수행하고 있다. 화성은 *DIT*에서는 4순위로 나타났지만, *DII*에서는 10위로 순위가 하락하고 지배력도 1미만으로 하락하였다. 화성은 수도권에서 서울과 인천을 제외하면 가장 많은 제조업 종사자 수를 보유하고 있다(표 7). 즉 제조업이 발달한 화성은 도시 내에서 생산된 제품들이 다른 지역으로 이동되는 양이 많기 때문에 *DII*보다 *DIT*에서 강한 지배력을 나타낸다. 이와 같은 맥락으로 *DIT*만을 보았을 때 제조업 종사자 수가 많을수록 높은 값을 보이고 있으며(표 7, 8), 그 도시는 서울의 서남부에 집중되어 있다.

지배력 지수의 값을 1 이상 갖는 도시는 *DIT*로 보면 5개의 도시(서울, 인천, 평택, 화성, 부천)였으나, *DII*로 보면 7개의 도시(서울, 인천, 부천, 평택, 안산, 수원, 고양)로 증가한다. 즉 *DII*에서

는 화성이 1 미만의 값을 갖게 되고, 안산, 수원, 고양은 1 이상의 값을 보이며 B계층에 위치하였다. *DII*의 값은 도시로 유입되는 흐름의 양을 뜻하는 것이며, 이 경우 대체로 인구 규모와 관련성을 가진다. 인구 48만 명의 화성은 72만 명의 안산, 90만 명의 고양, 107만 명의 수원보다 소비할 수 있는 인구가 적다. 그러나 제조업 종사자 수가 각각 657명, 24,657명인 수원과 고양은 150,646명인 화성보다 오히려 더 낮다. 결국 화물의 흐름에서 *DIT*의 값은 제조업과 연관을 지을 수 있으며, *DII* 값은 구매력과 연관을 지을 수 있다. 따라서 *DIT*와 *DII* 값에서 상위 도시인 서울은 산업뿐만 아니라 구매력이 높은 도시이며, 인천은 구매력도 높지만 그것을 상회하는 산업이 발달되어 있는 것과 동시에 항구도시라는 특징을 갖고 있다고 할 수 있다. 그러나 화성은 산업이 발달되어 있어 유출과 유입이 활발하지만, 유출에 비해 유입이 매우 적은 도시이다. 그러나 수원과 고양은 산업이 발달되어 있다고 하기보다 오히려 구매력이 높은 도시라고 정의할 수 있다.

화물은 각 도시가 갖는 *DIT*와 *DII*의 값 차이가 출근·업무보다 크게 나타난다. *DIT*는 지배력의 표준편차가 1.58로 나타나며 이를 기준으로 계층을 구분하면, 총 3개의 계층으로 구분이 된다.

표 7. 수도권 제조업 종사자 수

(단위: 명)

도시	종사자 수	도시	종사자 수	도시	종사자 수
서울	272,510	안산시	110,737	용인시	49,471
인천	218,806	고양시	24,657	파주시	48,147
수원시	49,522	과천시	458	이천시	31,826
성남시	35,392	구리시	3,683	안성시	30,808
의정부시	5,928	남양주시	21,537	김포시	51,355
안양시	32,962	오산시	7,698	화성시	150,646
부천시	68,474	시흥시	78,468	광주시	37,799
광명시	12,750	군포시	25,000	양주시	28,573
평택시	66,617	의왕시	9,460	포천시	30,705
동두천시	4,099	하남시	7,782		

자료: 통계청 경제총조사(2010)

제1계층에는 서울과 인천이 속하고, 제2계층에는 평택, 화성, 부천이 속하게 된다. 그러나 지배력의 표준편차가 1.94인 *DII*를 기준으로 하면 서울만이 제1계층에 속하며 평균과의 거리는 (평균+4×표준편차) 이상에 속한다. 제2계층인 인천은 (평균~1×표준편차)에 속하며 제1계층에 속한 서울과 매우 큰 차이를 보인다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 화물의 인천은 서울보다 화물의 유입이 적으나 화물의 유출이 매우 높아 총 흐름에서는 서울과 동일한 계층으로서 기능을 하지만, 유입이 적으면만큼 서울과 큰 차이를 보이는 것이다.

2) 네트워크 내 결절(도시)간 연결 수준

전술한 바와 같이 네트워크 내 결절들 간의 연결 수준은 상대적 강도 지수에 의해 측정된다. 상대적 강도는 총 유입과 유출의 흐름에 대한 한 도시에서 다른 한 도시로의 흐름의 크기를 설명하는 것이다. 네트워크 내 전체 흐름에 대한 한 쌍의 도시들 간 흐름의 강도를 나타내는 RS_{ij} 를 도시 간에 어떻게 흐름이 발생하는지 알아보기 위해서 우선 유입과 유출을 구분하지 않고 하나의 흐름으로 나타냈다. 이 경우 도시 간 유입과 유출을 정확하게 표현할 수는 없으나, 전체적인 흐름을 가시적으로 살펴 볼 수 있다. 그로 인해 네트워크 내에서 도시 간 연결의 형태를 이해할 수 있으며, 대도시권의 흐름이 단일중심적인지 다중심적인지

표 8. 각 도시의 지배력 지수: 화물

구분 순위	내부통행 비포함			
	DIT		DII	
1	서울	7.09	서울	10.54
2	인천	5.86	인천	3.38
3	평택	1.71	부천	1.27
4	화성	1.65	평택	1.21
5	부천	1.10	안산	1.20
6	수원	0.94	수원	1.16
7	고양	0.93	고양	1.16
8	시흥	0.87	성남	0.96
9	안산	0.85	안양	0.95
10	안양	0.81	화성	0.89
11	성남	0.81	용인	0.68
12	용인	0.74	시흥	0.66
13	파주	0.72	파주	0.60
14	김포	0.57	김포	0.42
15	광주	0.46	남양주	0.39
16	양주	0.45	의정부	0.38
17	포천	0.41	광명	0.33
18	남양주	0.41	군포	0.31
19	이천	0.35	광주	0.31
20	군포	0.32	양주	0.31
21	안성	0.32	오산	0.28
22	광명	0.31	이천	0.27
23	의정부	0.30	구리	0.25
24	하남	0.26	하남	0.24
25	구리	0.21	포천	0.22
26	오산	0.20	의왕	0.21
27	의왕	0.19	안성	0.19
28	동두천	0.11	동두천	0.13
29	과천	0.09	과천	0.12

표 9. 지배력 지수를 기준으로 한 도시계층순위: 화물

계층 순위	DIT		DII	
	도시명	값	도시명	값
제1계층	서울, 인천	1+4s 이상	서울	1+4s 이상
제2계층	평택, 화성, 부천	1~1+1s	인천	1+1s~1+2s
제3계층	수원, 고양, 시흥, 안산, 안양, 성남, 용인, 파주, 김포, 광주, 양주, 포천, 남양주, 이천, 군포, 안성, 광명, 의정부, 하남, 구리, 오산, 의왕, 동두천, 과천	1 미만	부천, 평택, 안산, 수원, 고양	1~1+1s
제4계층	-	-	성남, 안양, 화성, 용인, 시흥, 파주, 김포, 남양주, 의정부, 광명, 군포, 광주, 양주, 오산, 이천, 구리, 하남, 포천, 의왕, 안성, 동두천, 과천	1 미만

주: DIT, DII 평균 모두 1, DIT(s)의 표준편차는 1.58, DII의 표준편차(s)는 1.94

파악할 수 있다. 본 연구에서는 먼저 유입과 유출을 구분하지 않은 흐름을 살펴본 뒤, 도시 간의 흐름을 자세하게 이해하기 위해 유입과 유출을 구분하였다.

① 출근 흐름

〈그림 2〉는 수도권에서 발생하는 총 435개 흐름의 주요 경향성을 파악할 수 있는 상대적 강도 지수 0.004를 최저 기준으로 도시 간에 발생하는 출근 흐름의 강도를 나타낸 것이다.⁴⁾ 수도권에서 도시 간 출근의 흐름은 2,327,938명/일이며, 상대적 강도를 0.004 수준에서 보았을 때 동두천, 안성, 오산, 의왕을 제외한 모든 도시들이 서울과 연결되어 있다. 특히 서울과 연결된 도시들은 대다수 타 도시와 연결된 상대적 강도보다 강하게 나타난다. 가장 강한 강도를 보이는 도시는 인천이며 상대적 강도가 0.1374이다. 서울과 인천은 대도시권 내에서 인구가 가장 많은 도시임과 동시에 두 도시간의 교통 인프라가 매우 잘 발달되어 있다. 특히 두 도시의 거리는 시청을 중심으로 하여 27km로서 서울과 타 도시와의 평균 거리인 30km보다 가깝다.

서울과의 관계에서 두 번째로 강한 상대적 강도를 보이는 도시는 고양이다(0.0892). 고양은 1990년대 신도시 건설을 통해 강력한 인구 유입이 있었던 지역으로 서울의 인구 유입을 억제하기 위해

개발되었다. 비슷한 정책과 인구규모를 가진 성남은 서울과의 상대적 강도가 세 번째로 강하며(0.0734), 네 번째로 강력한 상대적 강도는 부천(0.0557)으로 이 세 도시는 모두 신도시 건설이 이루어졌던 곳이다. 특히 세 지역 모두 서울과 20km 이내에 위치하고 있으며, 교통 인프라가 잘 발달되어 있다. 신도시가 건설된 다른 도시인 안양과 군포는 고양, 성남, 부천보다 인구규모가 작으며 상대적 강도도 다소 약한 0.0236, 0.0104로 나온다. 서울과 연결된 도시들의 평균 상대적 강도는 0.0224인 것을 감안하면, 안양은 평균보다 높지만 군포는 평균보다 낮다.

신도시 건설로 인해 발달한 도시가 아닌 수원과 용인도 상당히 강한 상대적 강도로 연결되어 있다(수원은 0.0329, 용인은 0.0414). 수원과 용인은 서울과의 거리가 약 34km, 40km로 수도권 내 서울과의 평균인 30km보다 멀지만, 고속도로 등 교통인프라가 발달되어 있고, 또한 인구규모가 각각 100만 이상, 85만 이상인 수도권 남부지역의 큰 도시이다.

인구규모가 50만 이하이면서 서울과 0.02 이상의 비교적 강한 상대적 강도를 보이는 도시는 의정부, 광명, 남양주이다. 특히 이 세 도시들은 서울과 연결되는 도시들의 상대적 강도 지수의 평균 값 0.0118보다 모두 높으며, 각각 0.025(의정부), 0.0319(광명), 0.0251(남양주)의 상대적 강도를 보

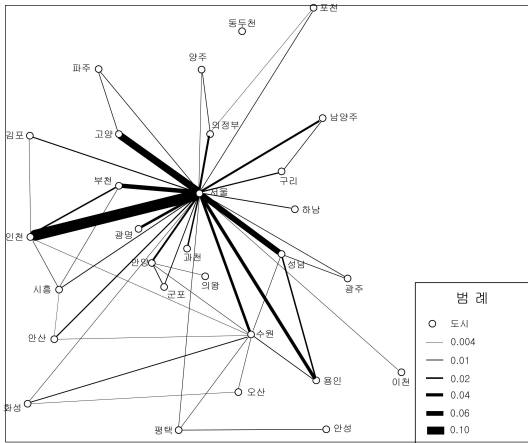


그림 2. 출근 흐름의 상대적 강도

여주고 있다. 그러나 이들 도시들은 서울과 비교적 가까운 거리에 위치하고 있다(의정부는 19km, 광명은 14km, 남양주는 22km). 서울과의 상대적 강도는 인구규모가 크거나 거리가 가까울수록 더 커짐을 보여준다.

수도권 내의 상대적 강도 흐름에서 주목되는 연결은 수원이다. 수원과 연결되는 모든 도시의 상대적 연결강도는 대다수가 매우 미미한 수준으로 연결되고 있다. 특히 용인과의 거리는 13km로, 서울-용인 간의 거리가 40km이지만 수원이 용인과의 관계에서 서울보다 훨씬 낮은 상대적 강도를 보인다. 0.004 이상의 강도에서 연결되는 도시들은 서울, 인천, 성남, 안양, 평택, 안산, 오산, 군포, 의왕, 용인, 화성이며, 서울, 용인, 화성을 제외한 모든 도시들이 0.006 이하의 강도로 연결된다.

서울, 수원을 제외하면, 대다수의 도시들은 서울과의 연결과 함께 주변 지역의 도시들과 0.004 이상의 주요한 연결 강도를 보인다. 이러한 경향성은 서울의 북동부 지역에 위치한 도시들 간의 흐름에서 주로 나타난다. 반면 서울의 남서부 지역에 위치한 도시들은 좀 더 복잡한 연결성을 보여준다. 이는 인천과 성남과 같이 인구규모가 다소 큰 도시와 시흥, 안산, 화성, 인천 등 풍부한 사업체가 밀집되어 있는 도시들이 위치하고 있기 때문이다.

수도권의 상대적 강도를 통해 네트워크 특성을 보았을 때, 서울을 중심으로 한 연결 강도는 강하게 나타나고, 주변 도시들 간의 연결 강도는 미미

하지만 수원을 중심으로 주요 연결이 나타난다.

② 업무 흐름

업무 목적으로 발생하는 흐름의 총합은 3,483,989 명/일이다. <그림 3>은 업무 흐름의 상대적 강도를 지수 0.004를 기준으로 네트워크의 특성을 나타낸 것이다. 업무 흐름으로 인해 발생한 상대적 강도는 출근의 흐름과 상당히 비슷한 연결 형태를 보인다(그림 2, 3). 몇몇 도시들 간의 상대적 강도의 변화가 눈에 띄지만, 출근과 마찬가지로 업무에서도 서울은 수도권에서 가장 강력한 연결지이다.

그러나 서울과 연결된 도시 중 가장 강한 연결 강도를 보이는 곳은 인천이 아닌 고양이다. 서울과 고양은 0.0943의 상대적 강도를 보이면서 서울과 인천의 0.0867 보다 더 강하게 나타난다. 즉 서울과 인천 간의 상대적 강도는 출근의 흐름에서는 0.1374였지만, 업무에서는 0.0867로 감소하였다. 그러나 인천의 변화를 제외하면 출근의 상대적 강도 값과 업무의 상대적 강도 값이 매우 유사하게 나타난다. 특히 0.02 이상의 상대적 강도를 기준으로 서울과 연결되는 도시는 인천, 고양, 수원, 성남, 의정부, 안양, 부천, 광명, 남양주, 용인으로 출근과 같다. 즉 업무에서도 인구규모가 크거나, 거리가 가까운 지역과의 관련성이 매우 크다.

수원은 업무에서도 주요 연결로서 역할을 하고 있다. 그러나 업무 흐름에서도 수원과 연결된 도시들은 서울과 가장 큰 강도로 연결되고, 화성, 용

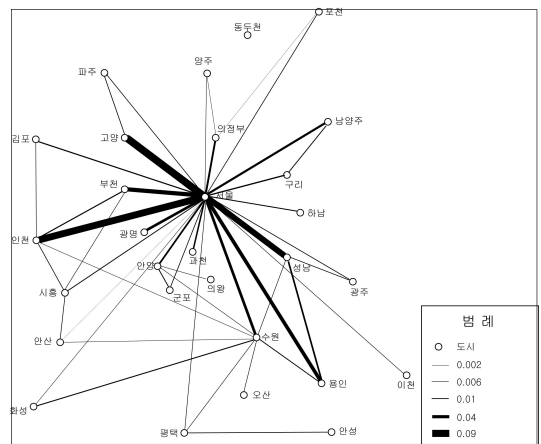


그림 3. 업무 흐름의 상대적 강도

인, 성남을 제외하면 모두 0.006 미만의 강도로 연결되고 있다. 수원과 강하게 연결하는 곳은 서울을 제외하고 화성이 0.0124이며, 용인이 0.0106으로 나타난다. 그러나 용인은 여전히 서울과의 연결 강도가 훨씬 높은 0.0453이며, 오히려 성남과의 관계도 0.0207로 수원보다 더 높게 나타난다. 즉, 0.004 수준의 강도에서는 성남이 수도권 남부지역에서 상당한 결정로서의 역할을 하지만, 연결된 도시들과의 강도는 상당히 약한 편이다. 보다 더 자세히 설명하면, 서울과 인천을 제외하고 수원과 0.004 수준의 강도로 연결된 도시인 성남, 안양, 평택, 안산, 오산, 용인, 화성 중 수원과 가장 강하게 연결하는 도시는 오직 오산과 화성뿐이지만, 오산과 화성 역시 수원과 연결 강도는 매우 약하다.

대도시권 내에서 주요 결정도시로 나타난 서울과 수원을 제외하면, 0.004 이상의 상대적 강도로 연결된 도시 간의 흐름은 주변 도시와 연결되어 있으며 이러한 경향은 출근 흐름의 상대적 강도 패턴과 같다. 특히 서울의 북동부 지역에는 서울과의 연결을 제외하면 하나의 도시와 연결되는 경우가 많다. 다만 의정부는 출근과 달리 양주뿐만 아니라 포천과의 연결이 추가되었다. 반면 서울의 남서부는 서울뿐만 아니라 인천, 수원 등 인구규모가 큰 도시가 있고, 사업체가 상당히 밀집되어 있는 도시들이 위치하고 있어서 보다 복잡한 연계성을 보여준다.

업무 목적의 상대적 강도에서도 출근처럼 서울이 수도권의 주요 흐름을 독식하고 있는 형태를 띠고 있다. 결국 업무에서도 서울을 중심으로 한 흐름이 강세를 보이고 있으며, 서울을 제외한 도시들 간의 흐름은 상당히 약한 강도로 연결되고 있다.

③ 화물 흐름

수도권에서 화물 흐름의 상대적 강도가 가장 강한 곳은 출근 흐름과 마찬가지로 서울과 인천 간이다(그림 4). 서울과 인천의 상대적 강도는 0.1415이다. 서울과 인천의 상대적 강도는 두 번째로 강한 상대적 강도를 보이는 있는 인천과 평택 간의 0.0317보다 약 5배 강하다.

화물의 흐름은 출근·업무 흐름과 마찬가지로 서

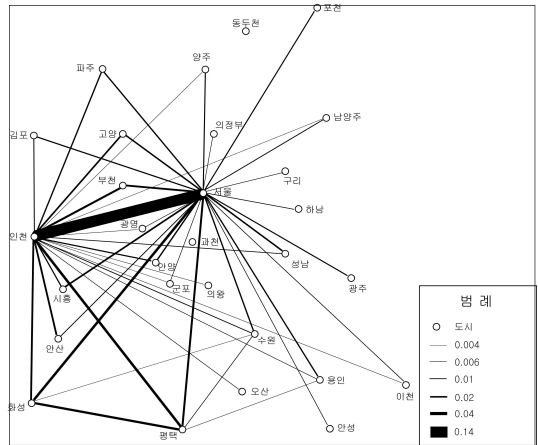


그림 4. 화물 흐름의 상대적 강도

울과의 연결이 가장 두드러지고 있지만, 주요 결정로서 서울뿐만 아니라 인천도 다른 도시와 강력하게 연결되고 있다. 0.004 이상의 강도에서 서울과 연결되지 않는 도시는 동두천, 과천, 오산, 의왕이다. 반면 인천과 연결되지 않는 도시는 의정부, 동두천, 과천, 구리, 하남, 안성, 광주, 포천이 있다.

인천과 유의한 강도로 연결되지 않는 도시들은 연결 강도가 의정부(0.0029), 하남(0.0029), 안성(0.0024), 포천(0.0027)같이 대다수가 서울의 동쪽에 위치하고 있어 인천과의 거리가 다소 멀다. 의왕은 서울과의 거리와 인천과의 거리가 비슷하지만 서울과 연결되지 않으면서 인천과 연결되고 있다. 뿐만 아니라 인천을 중심으로 연결되는 도시들의 분포는 출근·업무에서 볼 수 있었던 것과 다소 다르게 나타난다. 출근·업무에서 서울을 넘어선 도시들과 연결이 되지 않았지만 화물의 흐름에서는 서울의 동쪽에 있는 몇몇 도시들과의 연결이 확대되었다. 즉 화물의 흐름은 여객의 흐름 보다 먼 거리에 위치한 도시들과의 연결을 확인할 수 있다.

수도권 화물 흐름의 상대적 강도에서 나타나는 또 하나의 특징은 전체적으로 서울의 동쪽과 서쪽이 구분되는 모습이다. 다시 말해, 서울의 동쪽 도시들 중 남양주, 성남 등은 인천과 주요한 연결 강도를 보이고 있다고는 하지만 주로 서울과 밀접하게 연결되어 있다. 그러나 서울의 서쪽에 위치한 모든 도시들은 서울뿐만 아니라 인천과의 강한

연결성을 보유하고 있다. 이런 측면에서 서울의 동쪽보다 서쪽이 상대적 연결 강도가 매우 강하게 나타나는 경향성을 보인다. 이러한 결과는 산업체의 수, 인구 규모가 대체적으로 서부 지역이 더 크기 때문이다.

화물 흐름에서는 출근·업무에서 서울 남부지역의 주요 결절이었던 수원 주변 도시와의 연결성이 약해지고, 오히려 평택이 주요 결절지역으로 주변 도시와 연결된다. 다시 말해 주요 수출입을 담당하는 항구도시 중 하나인 평택이 화물 흐름에서 남부지역에 영향력을 행사하고 있는 것이다. 그러나 평택은 서울과 인천을 제외하면 강력한 연결성을 보이는 도시는 화성뿐이며, 0.0288의 상대적 강도를 보여주는 화성과 달리 수원과 용인과는 각각 0.0075, 0.0046의 강도를 보여주고 있다. 또한 평택과 화성 간의 상대적 강도는 서울(0.025)보다 더 크다.

인천과 평택의 사례에서 볼 수 있듯이 화물의 상대적 강도는 대규모 항만을 보유하고 있는 도시들을 중심으로 나타나거나, 제조업체가 밀집되어 있는 도시에서 높은 연결성을 보여준다. 인천은 수도권 권의 관문역할을 담당함과 동시에 서울과 가장 인접한 항만도시이자, 국제공항이 있는 곳이며, 평택 역시 수도권에서 대규모 항만시설을 갖춘 도시이다. 특히 항만과 국제공항을 보유한 인천은 서울과의 흐름뿐만 아니라 대도시권 내의 여러 도시들과의 강한 연결강도를 보인다. 특히 전체적인 흐름의 강도에서 서울 서부 지역의 흐름을 주도하는 인천은 주로 공업이 발달한 도시들과 큰 관련성을 맺고 있다. 반면 평택은 다른 내륙 도시들과의 연결보다는 오히려 인천과의 연결이 가장 크고, 수도권에서 제조업 발달이 특화되어 있는 화성과의 연결성이 높다.

화물 흐름의 네트워크에서 서울, 인천, 평택과의 연결을 제외하면 거의 대다수 도시들은 0.004 수준에서 유의한 연결이 나타나지 않는다. 즉 대다수의 도시들이 나타내고 있는 유의한 연결 강도는 서울, 인천, 평택과의 연결이 있을 뿐이며, 오히려 수원만이 세 도시들이 아닌 다른 도시(화성)와 연결된다.

3) 네트워크의 균형성

어떤 한 네트워크가 얼마나 균형적인지, 불균형적인지는 엔트로피 지수를 통해 파악된다. 전술한 바와 같이 엔트로피 지수에는 두 가지 종류가 있다. 하나는 결절 수준에서 측정하는 것(E_i)으로, 각 도시와 연결된 네트워크 내의 모든 도시에서 유입하는 흐름이 얼마만큼 집중되거나 분산되어 나타나는가에 대해 알 수 있다. A라는 도시와 연결된 모든 도시들과의 흐름 비중이 하나의 도시에 집중되어 있다면 엔트로피 값은 0에 가깝게 나타나고, 전체적으로 모든(혹은 대다수) 도시들로부터 분산되어 흐름이 유입된다면 1에 가깝게 나타날 것이다.

다른 하나는 전체 네트워크 수준에서 측정하는 것(E)으로, 모든 도시들 간의 흐름이 얼마만큼 집중되거나 분산되어 나타나는가에 대해서 알 수 있다. 다시 말해 전체 네트워크의 흐름에서 하나 혹은 소수 도시와 관계된 흐름이 유독 많을 경우 엔트로피 값은 0을 향해 나아가고, 반대로 모든 도시가 동일한 크기의 관계를 가진다면 엔트로피 값은 1의 값을 가지게 된다.

<표 10>은 수도권 29개 도시의 출근, 업무, 화물 흐름의 엔트로피 값이다. 먼저 E_i 값을 살펴보면, 출근이 0.66, 업무가 0.69, 화물이 0.75로서 화물, 업무, 출근 순으로 네트워크 내 각 링크의 강도가 고른 것으로 나타났다. 즉, 화물 흐름이 가장 위계적 구조가 약한 것으로 나타난다. 출근 흐름이 모든 도시들 간에 분산되어 나타나지 않고, 소수의 도시에 다소 집중적으로 발생하는 것을 보여준다.

출근을 주거지에서 일터로 가는 것으로 정의할 때, 수도권의 많은 주민들이 일부 도시에 직장이 존재하는 것으로 유추할 수 있다. 이와 더불어 수도권은 하나의 도시(혹은 소수의 도시)를 중심으로 한 통근과 역통근의 발생이 매우 많을 것이다. 업무와 화물의 경우에는 출근보다 비교적 고르게 각 도시 간의 흐름의 발생한다고 해석할 수 있으나, 업무는 엔트로피 값이 출근과 유사한 값으로 나타나 출근과 상당히 비슷한 위계적 구조를 가진다.

표 10. 출근, 업무, 화물 흐름의 E_i 와 E 값

	출근		업무		화물	
	도시	값	도시	값	도시	값
개별 도시와 연결된 모든 도시에서 분산적인 흐름이 나타남 ↑ 결절에 대한 엔트로피 지수 값 (E_i) ↓ 각 도시와 연결된 하나 혹은 소수의 도시에서 집중적인 흐름이 나타남	서울	0.83	서울	0.86	서울	0.84
	안산	0.72	안산	0.74	수원	0.79
	수원	0.70	수원	0.71	의정부	0.79
	의왕	0.70	의왕	0.70	용인	0.78
	시흥	0.69	시흥	0.69	인천	0.77
	화성	0.69	화성	0.69	성남	0.76
	평택	0.66	안양	0.67	동두천	0.75
	오산	0.66	평택	0.67	남양주	0.74
	안양	0.65	오산	0.66	군포	0.74
	군포	0.65	군포	0.66	광명	0.73
	이천	0.62	이천	0.63	과천	0.73
	파주	0.56	파주	0.57	이천	0.73
	동두천	0.51	인천	0.54	안양	0.71
	안성	0.51	동두천	0.52	구리	0.71
	양주	0.51	안성	0.52	안성	0.71
	용인	0.50	용인	0.51	광주	0.70
	광주	0.49	양주	0.51	안산	0.68
	성남	0.48	성남	0.50	고양	0.68
	포천	0.45	광주	0.50	시흥	0.68
	김포	0.44	포천	0.45	의왕	0.67
의정부	0.41	김포	0.44	양주	0.67	
부천	0.41	부천	0.43	포천	0.67	
과천	0.41	과천	0.43	부천	0.65	
인천	0.40	의정부	0.42	하남	0.65	
하남	0.40	하남	0.41	화성	0.65	
광명	0.39	광명	0.40	평택	0.63	
남양주	0.39	남양주	0.40	오산	0.62	
구리	0.37	구리	0.37	파주	0.61	
고양	0.20	고양	0.22	김포	0.61	
전체 네트워크에 대한 엔트로피 지수의 값 (E)	0.66		0.69		0.75	

결절에 대한 엔트로피 값(E_i)의 특징은 출근, 업무, 화물 전체에 걸쳐 서울의 값은 매우 높게 나타난다. 이때 E_i 의 값은 E 와 달리 개별 도시와 연결된 흐름을 기준으로 한 것임을 감안해야 한다. 결국 서울은 출근·업무·화물 흐름 모두 다른 도시들로부터 매우 고르게 연결되고 있다.

먼저 출근 흐름을 살펴보면, 수도권 내 다른 도시들로부터 서울로 유입되는 흐름의 양은 하루 약 79만 명이며 28개의 모든 도시에서 서울과 연결

된 흐름은 비교적 분산적이다. 반면, 고양시의 경우 하루 약 12만 명 정도가 다른 도시들과 연결되어 흐름이 발생하는데, 이 중 서울과 연결된 흐름은 약 10만 명 정도이다.

〈표 11, 12〉에서 보는 바와 같이 수도권에서 가장 높은 엔트로피 값(0.83)을 가진 서울은 가장 낮은 엔트로피 값(0.20)을 가진 고양시보다 네트워크 내 도시와의 흐름 비중이 비교적 분산되어 있는 반면, 고양은 서울과 관련된 흐름 비율이 85.7

표 11. 서울시의 역외 유입 통행(출근)에서 각 도시가 차지하는 비율(%)

도시명	비율	도시명	비율	도시명	비율
인천	20.12	고양시	13.06	과주시	1.13
수원시	4.82	과천시	2.72	이천시	0.74
성남시	10.74	구리시	2.16	안성시	0.31
의정부시	3.66	남양주시	3.67	김포시	1.90
안양시	3.46	오산시	0.37	화성시	0.70
부천시	8.16	시흥시	1.46	광주시	1.15
광명시	4.68	군포시	1.53	양주시	0.83
평택시	0.89	의왕시	0.40	포천시	1.10
동두천시	0.49	하남시	1.54		
안산시	2.12	용인시	6.07		

표 12. 고양시의 역외유입통행(출근)에서 각 도시가 차지하는 비율(%)

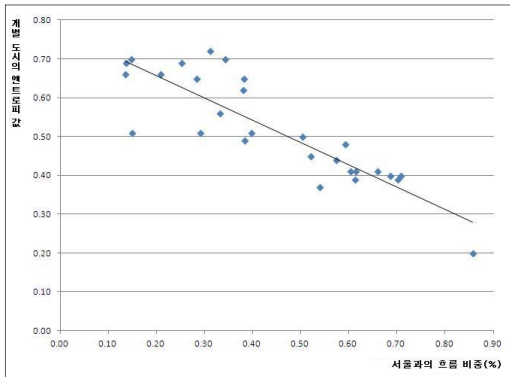
도시명	비율	도시명	비율	도시명	비율
서울	85.71	안산시	0.19	과주시	7.53
인천	1.80	과천시	0.24	이천시	0.02
수원시	0.20	구리시	0.45	안성시	0.01
성남시	0.53	남양주시	0.03	김포시	0.50
의정부시	0.14	오산시	0.01	화성시	0.07
안양시	0.19	시흥시	0.20	광주시	0.02
부천시	0.99	군포시	0.06	양주시	0.54
광명시	0.08	의왕시	0.06	포천시	0.13
평택시	0.09	하남시	0.03		
동두천시	0.08	용인시	0.12		

%를 차지하여 한 도시와 매우 집중적인 연결 구조를 갖는다. 서울은 총 흐름의 비중에서 5% 이상을 차지하는 도시들이 5개 있지만, 고양은 가장 많은 흐름 비율을 차지하는 서울과 두 번째로 높은 비율을 차지하는 과주를 제외하면 대다수의 도시에서 1% 미만의 흐름이 나타난다.

그러나 이와 같은 고양시의 경우가 수도권 도시들 가운데 이례적인 현상은 아니다. 개별 도시들의 엔트로피 지수를 보면, 전반적으로 서울과의 상호작용의 비중이 다른 도시들 간의 관계에도 영향을 미치고 있다. 어느 개별 도시에게 있어서 수도권 내 모든 다른 도시와의 출근 흐름 중 서울과의 출근 흐름 비중을 독립변수로, 그 도시의 엔트

로피 값을 종속변수로 두었을 때 두 변수 간의 관계는 <그림 5>와 같다. 서울과 출근 흐름 비중이 클수록 각 도시의 엔트로피 값이 낮아진다는 것을 명확히 확인할 수 있다. 업무 흐름에 있어서도 출근 흐름과 거의 비슷한 경향성을 갖는다.

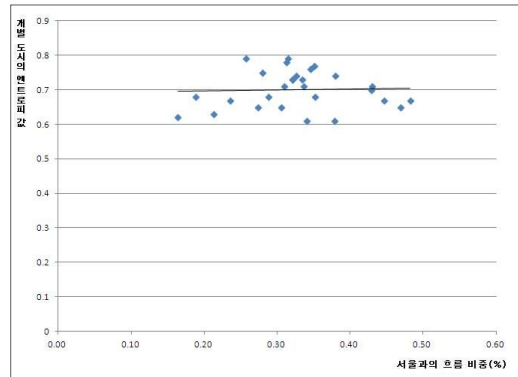
그러나 화물 흐름은 여객 이동과 다른 모습을 보인다. 전술한 바와 같이 먼저 Et_i 의 값이 전체적으로 높아 각 도시들은 출근·업무 흐름과 달리 타 도시들로부터 비교적 고른 흐름의 관계를 가진다. 서울과의 상호작용 비중이 개별 도시의 엔트로피 값에도 영향을 미치지 못한다. 크진 않지만 오히려 인천과의 관계에 영향을 받는다.



	B	표준오차	t	유의확률
상수	.772	.031	25.056	.000
유입비중	-.574	.064	-8.964	.000

$R^2 = .756, p < .01, F = 80.360$

그림 5. 서울과 관련된 출근 흐름 비중과 엔트로피 값(E_i)의 관계



	B	표준오차	t	유의확률
상수	.692	.045	15.400	.000
유입비중	.026	.133	.195	.847

$R^2 = .001, p < .01, F = 0.038$

그림 6. 서울과 관련된 화물 흐름 비중과 엔트로피 값(E_i)의 관계

4. 토론 및 결론

본 연구는 도시 간 상호작용지수(지배력 지수, 상대적 강도 지수, 엔트로피 지수)로 수도권 도시 네트워크의 구조적 특성을 분석하였다. 도시지리학에서 도시체계에 관한 최근 관심사는 수평적이고 상호보완적인 네트워크형 도시체계이지만, 분석결과는 수도권의 도시체계가 아직까지 그와 같은 성격을 갖지 못하다는 것을 보여준다.

네트워크형 도시체계의 특성을 중심지 체계와 비교한 Batten(1995)에 의하면, 네트워크형 도시체계는 규모 의존성보다는 규모 중립성, 수직적 접근성보다는 수평적 접근성, 일방향 흐름보다는 양방향 흐름, 최고차 중심지에 의존하기보다는 특화된 중심지 간 상호의존성, 지배와 종속의 경향성

보다는 유연성과 상호보완적 경향성을 특성으로 한다.

그러나 수도권의 도시 네트워크는 도시 간 상호작용에서 여전히 도시 규모가 중요한 역할을 하고 있다. <그림 7>에서 볼 수 있듯이 도시의 인구규모 순위와 출근과 업무 흐름의 지배력 지수 순위는 상당히 유사하다. 이들 간의 Spearman 순위상관계수가 모두 0.9를 넘을 정도이다(표 13). 특히 차상위 도시의 2~5배에 이르는 서울의 압도적인 지배력 지수는 수도권의 도시체계가 네트워크형이라기보다는 최고차 중심지에 의존하는 중심지형 도시체계를 말해준다.

수도권 도시체계의 이와 같은 성격은 도시별 엔트로피 지수에서도 잘 나타난다. 엔트로피 지수를 보면, 개별 도시의 엔트로피 값에서 서울이 가장

표 13. Spearman 순위상관계수

구 분	출근 흐름	업무 흐름	화물 흐름	인구 규모	제조업 규모
출근 흐름	-	.998	.834	.919	.489
업무 흐름		-	.840	.924	.491
화물 흐름			-	.928	.782
인구 규모				-	.665
제조업 규모					-

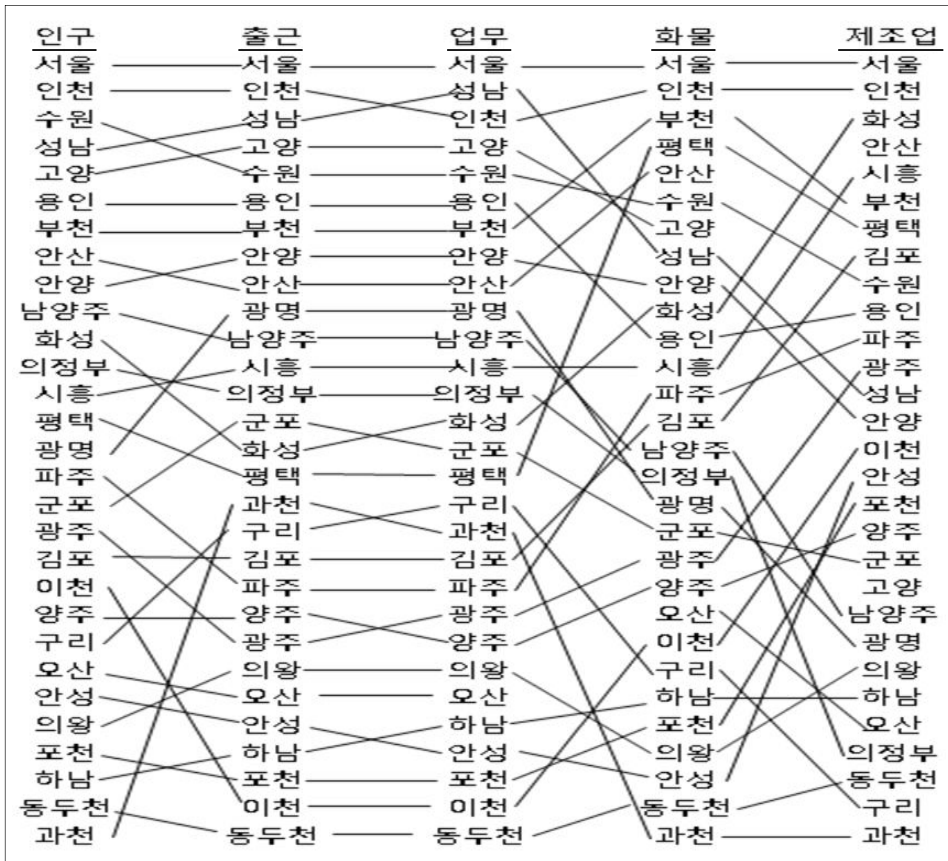


그림 7. 지배력 지수 순위와 인구 규모, 제조업 규모 순위 비교

균형적 흐름을 보인다. 그러나 이는 오히려 수도권
권의 도시체계가 서울 중심의 거의 일극적 네트워크
크임을 반증하는 것이라고 할 수 있다. 서울과 비교
해 다른 도시들의 엔트로피 지수는 현저히 낮을 뿐
만 아니라 서울과의 상호작용 비중이 클수록 엔트
로피 지수가 낮아지는, 즉 네트워크의 불균형성이
높아지기 때문이다. 서울과의 상호작용의 비중이 클
수록 다른 도시들과의 상호작용은 약화되는 현상이
야기되는 것이다. 다만, 지배력 지수와 흐름의 상대
적 강도를 보면, 수도권의 남동부 지역은 독자적인
네트워크형 도시체계의 형성 가능성이 있다.

출근 흐름과 업무 흐름, 화물 흐름을 비교하면,
출근 흐름의 네트워크가 가장 위계적인 모습을 보
이지만, 업무 흐름도 이와 큰 차이는 없다. 출근
흐름과 업무 흐름의 지배력 지수 순위는 인천과
성남, 군포와 화성, 구리와 과천, 안성과 하남의

순위가 1계층씩 바뀐 것을 제외하고 동일하다. 순
위상관계수가 무려 0.998에 달한다. 이 구조는 전
술한 것처럼 도시의 인구규모와 매우 밀접한 관계
를 갖는다. 여기서 한 가지 부가적으로 주목되는
점은 업무 흐름의 네트워크에서 인천보다 성남이
1/3에 불과한 인구규모의 차이에도 불구하고 우위
에 있다는 것이다. 이는 서울의 강남에 인접한 성
남으로의 오피스 기능 입지 분산과 관련이 있는
것으로 사료된다.

이러한 출근과 업무 흐름의 네트워크에 반해 화
물 흐름의 네트워크는 상대적으로 균형적이다. 출
근·업무에서는 ‘서울과 얼마나 밀접한 관계를 갖
는지 여부’ 혹은 ‘서울과의 거리’가 상당히 중요하
지만, 화물 흐름은 서울뿐만 아니라 인천과의 관
계, 도시 내부의 사업체 수 혹은 항구도시와 같은
도시 기능과 관련이 있다. 화물 흐름에서는 인천

으로부터 발생한 흐름이 서울을 뛰어넘어 남양주, 성남, 광주 등 대도시권의 서부지역과 동부지역 간의 흐름도 발생하였다.

이런 맥락에서 수도권 전체 엔트로피 지수가 출근 흐름 0.66, 업무 흐름 0.69에 비해 화물 흐름은 0.75로 완전 균형을 나타내는 엔트로피 값 1에 접 더 가깝다. 그러나 이는 어디까지 출근 흐름이나 업무 흐름에 비해 상대적으로 균형적이라는 것이 지 그 자체가 절대적으로 균형적이라는 것을 의미하지는 않는다. 화물 흐름은 출근·업무 흐름 보다 하위 도시들 간의 흐름이 오히려 더 약하거나 거의 나타나지 않으며, 하위 도시들 간의 흐름이 평택을 중심으로 한 대도시권 남부지역에 한정되어 있기도 하다. 결론적으로 수도권 도시 네트워크는 상호작용의 계층 구조, 상대적 강도, 흐름의 균형성 등 모든 면에서 출근·업무 흐름이든, 화물 흐름이든 서울과의 상호작용이 여전히 결정적이다.

주

- 1) 예컨대, 금속기계공업품으로 분류된 품목들은 제1차 금속제품, 금속가공제품; 기계 및 가구 제외, 기타기계 및 장비제조품, 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비, 전기장비제품, 의료·정밀·광학기기 및 기계, 자동차 및 트레일러, 기타운송장비가 있으며, 광범위한 제품을 포함하고 있다.
- 2) 수도권의 전체 도시 수는 29개이며, 모든 도시들이 갖는 지배력을 합하면 29가 된다. 따라서 수도권의 도시들의 지배력 총합인 29를 각 도시의 지배력에 따라 할당된다.
- 3) 성남, 고양, 수원, 용인, 부천, 안양, 안산, 광명, 남양주, 시흥, 의정부, 군포, 화성, 평택, 과천, 김포, 파주, 광주, 양주, 의왕, 오산, 안성, 하남, 포천, 이천, 동두천
- 4) 흐름을 시각화 할 때 선의 굵기는 전체 네트워크 내 흐름에서 차지하는 비율을 나타낸 것이며, 최저 상대적 강도를 0.004로 선정하고 이를 0.4pt 굵기로 0.001이 증가할 때마다 0.1pt의 크기만큼 크게 나타냄. 상대적 강도가 0.004 이하는 구분할 의미가 별로 없을 만큼 비중이 적음.

문헌

국토해양부, 2010, 2009년 국가교통수요조사 및 DB구축사업: 수송실적 및 수송분담구조(울)조사 연구보고서. 국토해양부 한국교통연구원.

손승호, 2003, 수도권의 통근통학통행과 지역구조의 변화. 한국도시지리학회지, 6(1), 69-83.

이희연·김홍주, 2006, 서울대도시권의 통근 네트워크 구조 분석. 한국도시지리학회지, 9(1), 91-111.

Batten, D. F., 1995, Network cities: Creative urban agglomerations for the 21st century. *Urban Studies*, 32(2), 313-327.

Beaverstock, J. V., Smith, R. G., & Taylor, P. J., 2010, World-city network: A new metageography?. *Annals of the Association of American Geographers*, 90(1), 123-134.

Berry, B. J. L., 1964, Cities as systems within systems of cities. *Regional Science*, 13(1), 147-163.

Limtanakool, N., Dijst, M., & Schwanen, T., 2007, A theoretical framework and methodology for characterising national urban systems on the basis of flows of people: Empirical evidence for France and Germany. *Urban Studies*, 44 (11), 2123-2145.

Limtanakool, N., Schwanen, T., & Dijst, M., 2009, Developments in the Dutch urban system on the basis of flows. *Regional Studies*, 43(2), 179-196.

Meijers, E., 2006. The notion of complementarity in urban networks: definition, value, measurement and development. *UNECE conference on Urban and Regional Research*. 10th Conference, 1-7, May 22-23. Bratislava.

Martijn J. B., 2011, *Structure and Cooption in Urban Networks*. ERIM.

국가물류통합정보센터(<http://www.nlic.go.kr/>).

통계청 인구총조사, 1980-2010.

통계청 경제총조사, 2010.

• 교신 : 임석희, 대구대학교 사범대학 지리교육과, shyim@daegu.ac.kr

Correspondence : Seokhoi Yim, Department of Geography Education, College of Education, Daegu University, shim@daegu.ac.kr

(접수: 2014.01.30, 수정: 2014.02.17, 채택: 2014.02.22)