

서울시 도로교통흐름에 대한 시·공간적 분석*

이금숙** · 민희화*** · 박소현****

요약: 본 연구의 목적은 지속가능한 도시교통체계 확립을 위한 방향 모색을 위한 기초 작업으로 서울에서 대기오염 등 다양한 환경문제를 야기하는 도로교통흐름의 시·공간적 특성을 분석하는 것이다. 특히 1990년대 중후반부터 진행되어오고 있는 수도권지역 신도시 개발로 인구분포에 나타나고 있는 변화와 1990년대 후반의 IMF로 경제·사회·기술적 환경이 크게 바뀌면서 산업 구조의 재편과 함께 나타나고 있는 서울시 도로교통흐름과 토지이용의 시·공간적 변화에 초점을 두고 분석하였다. 이를 위하여 1993년부터 서울시 주요지점에 설치한 118개 측정지점에서 실시간 관측한 14년간의 도로교통흐름 자료를 이용하여 서울시 교통흐름의 시간적 변화와 공간적 변화를 분석하였다. 서울시 전체의 연평균일일교통량에 대한 시계열적 분석 결과 서울시 도로교통흐름의 변화추세는 1997년과 2003년 두 시점을 변곡점으로 큰 변화를 보임을 확인하였다. 이러한 변곡점들을 전후한 시점들의 도로교통흐름을 GIS를 적용하여 공간적 구조를 분석해 보면 서울시 교통흐름은 도심의 교통량감소와 시계지점의 교통량 증가, 강남권의 교통량증가, 한강교량을 통한 강남·북 간 교통량 감소 등, 뚜렷한 공간적 변화가 관찰된다. 이러한 현상은 서울시의 토지이용패턴이 크게 변화하였으며, 그에 따라 지역 간 기능적인 연계구조도 크게 달라졌음을 암시하는 것이므로 본 연구에서는 서울시 도로교통흐름의 공간적 구조에 나타나는 변화가 서울시의 토지이용변화와 어떻게 연관되어 있는가를 밝히기 위하여 먼저 수도권 거주인구분포에 나타나는 변화와의 관계성을 분석하였다. 분석 결과 서울시 도로교통흐름의 공간구조에 나타나는 변화는 신도시를 비롯한 경기도 지역의 거주 인구의 증가와 서울 도심지역 인구 감소 현상과 밀접히 연관되어 있음을 확인할 수 있었다. 좀 더 구체적으로 서울시 산업구조와 분포에 나타나는 변화와 서울시 도로교통흐름의 공간적 구조에 나타나는 변화를 파악하기 위하여 구별 도로교통량 증감률과 산업별 산업체 수와 종사자수의 증감률, 거주인구증감률을 중심으로 세 개의 선형모형을 구성하고 다중회귀분석을 적용하였다.

주요어: 도로교통흐름, 시·공간적 분석, 시계열적 분석, 토지이용, 거주인구 분포, 산업분포, GIS, 다중회귀분석

1. 서론

세계적으로 거의 모든 대도시가 겪고 있는 교통혼잡과 교통체증문제는 도시민의 통행과 물자 수송의

시간적 지체로 인한 경제적 비용 낭비를 초래하게 되므로(Colville, *et al.*, 2004) 도시교통 정책입안자와 연구자들의 일차적인 관심의 대상이 되어 왔다. 특히 최근 자동차 교통량의 증가는 자원고갈 및 지구온난

* 이 논문은 2008년도 정부재원(교육과학기술부)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2008-327-B00821/1).

** 성신여자대학교 지리학과 교수

*** Cornell University School of Regional Science 대학원생

**** 성신여자대학교 지리학과 대학원생

화의 문제와 직결되어 있으며, 도시 대기오염의 일차적인 원인으로 도시인구의 건강에 치명적인 악영향을 미친다는 연구결과들이 발표되면서(Dor, *et al.*, 1995; Filliger, *et al.*, 1999; Colvile, *et al.*, 2004; Cohen, *et al.*, 2005; Gulliver & Briggs, 2005; Kaur, *et al.*, 2005; Ponce, *et al.*, 2005; Hwang, *et al.*, 2006; Kuehni, *et al.*, 2006; Lipfert, *et al.*, 2006), 지속가능한 도시교통체계를 수립을 추진하고 있는 세계 많은 도시에서 도로교통흐름에 대한 연구에 관심이 모아지고 있다.

서울시는 우리나라 전체 인구의 절반에 가까운 인구가 거주하고 있는 수도권 지역의 중심에 위치하고 있으며, 오랜 동안 수도로서 다양한 도시기능들이 집적되어 있어 많은 교통수요가 발생하므로 항시 교통혼잡 문제가 대두되고 있는 지역이다. 특히 1990년대 들어 자동차이용이 급증하면서 도로교통량이 크게 늘어나 심각한 교통체증현상을 경험하고 있다¹⁾. 따라서 서울시가 앞으로 지속 가능한 도시로서의 경쟁력을 확보하기 위해서는 이러한 도로교통흐름에 대한 효과적인 대안 마련이 관건이 될 것이다.

한 도시의 교통흐름은 매우 다양한 요소들이 상호작용하면서 이루어내는 역동적이고 복잡한 현상이다(Shaw & Xin, 2003). 특히 교통흐름의 공간적 특성은 그 도시의 교통망 및 교통체계와 함께 통행의 주체인 도시인구의 거주지 분포와 그들이 일상생활을 영위하면서 방문하게 되는 근무지, 상업시설, 교육기관 및 문화시설 등의 토지이용패턴이 작용하여 형성하게 되는 기능적 연계망의 공간구조와 직결되어 있다(Kitamura, *et al.*, 1990). 따라서 한 도시의 교통흐름에 나타나는 공간적 특징을 파악하는 것은 도시 내 지역 간 기능적 연계는 물론 도시공간구조 이해에 중요한 단서를 제공할 수 있으므로 교통연구에서 뿐만 아니라 지리학을 포함한 다양한 지역 관련된 다양한 분야에서 일찍부터 관심을 가져 온 연구주제이다.

그러나 교통흐름의 공간적 분포 양상은 고정되어 있는 것이 아니라 시간이 경과하면서 그 도시의 인구 분포 및 토지이용패턴, 교통망 및 교통체계, 그리고

도시민의 통행행태 및 기술·경제·사회적 환경 등에 변화가 생기면 도시의 기능적 연계구조가 변화하게 되어 그 공간적 구조가 변화하게 된다(Badoe and Miller, 2000). 또한 이러한 교통흐름의 변화는 다시 그 도시의 토지이용패턴을 변화시키며, 도시민의 통행행태와 교통망 까지도 변화를 가져오게 하므로 이들 간의 상호역동성을 고려한 시·공간적 분석이 요구된다.

서울을 포함한 수도권 지역은 지난 10여 년간 인구 분포와 산업분포를 포함한 토지이용 패턴에 많은 변화가 나타나고 있다. 특히 1990년대 중반 이후 경기도 일원에 신도시들이 개발되면서 인구의 외연화 현상이 진행되어오고 있으며(양재섭·김정원, 2007), 서울시내에서도 대규모의 도시 재개발 및 재건축 사업이 시행되어 거주인구의 분포가 재편되는 등, 교통흐름의 주체인 도시 거주인구 분포에 많은 변화를 경험하고 있다. 또한 1990년대 말 IMF를 겪으면서 경제·사회·기술적 환경이 크게 바뀌었고, 이에 따른 산업 구조의 재편과 함께 산업 분포에도 많은 변화가 나타나고 있다. 지난 10여 년간 수도권 지역에 나타나고 있는 이러한 거주 인구 분포와 산업 분포의 변화는 수도권 지역 내에서 기능적 연계의 공간적 구조를 변화시켜 교통흐름의 공간적 구조에도 많은 변화가 있었을 것으로 예측된다. 따라서 원활한 교통흐름을 위한 효과적인 대안을 마련하기 위해서는 교통흐름과 토지이용의 시·공간적 변화 양상과 그들 간의 관계성을 정확히 파악하는 것이 필요하다.

그러나 도시 내 각 지점의 실제 교통흐름에 대한 자료 확보의 어려움 때문에 기존의 연구들은 각 지점의 교통 특성, 사회 경제적 요인, 토지 이용, 고용자 통행, 지형 등과 같은 지리적 속성변수를 이용하여 통행 유출·유입량을 산출하는 모형개발에 주력해 왔다(Hansen, 1959; Alonso, 1964; Boyce, 1980; Kim, 1983; Anas and Duann, 1986; Prastacos, 1986; Hieschman and Henderson, 1990; Guiliano, 1995; Kasturi, *et al.*, 1998; Badoe and Miller, 2000; Van Wee, 2002; Shaw and Xin, 2003; Geurs and Van

Wee, 2004). 우리나라에서도 교통흐름에 대한 연구가 1990년대 들어 비교적 활발히 진행되고 있으나 대부분의 연구가 실제 교통흐름 자료를 바탕으로 한 연구보다는 설문조사나 표본조사를 통하여 얻어진 자료를 바탕으로 하고 있으며, 교통흐름 자체보다는 통근통행 연구에 치중되어 있어 가구의 사회 경제적 요인과의 통근통행 행태 사이의 관계를 분석하는 연구가 주를 이루고 있다 (허우궁, 1991; 김재익, 1995; 김재익·전명진, 1996; 서종국, 1998; 송미령, 1998; 전명진, 1995, 1997; 황상규 외, 1999; 신상영, 2003; 전명진·정명지, 2003; 손승호, 2005; 김강수·정경옥, 2005; 조혜진·김강수, 2007).

최근 첨단기술의 발달로 교통흐름에 대한 실시간 정보의 수집과 축적이 가능하게 되면서 이를 적극적으로 도입한 서울시의 경우 풍부한 자료가 누적되어 있어 교통흐름에 대한 다양한 연구가 가능해진 상황이다. 최근 교통카드를 이용한 대중교통이용자의 통행패턴을 담은 통행흐름자료를 바탕으로 수도권 지역의 대중교통이용자의 통행흐름과 통행패턴에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 (이금숙 외, 2007; Lee, et al, 2008; Joh, 2009). 서울시에서는 1993년부터 시내 도로 곳곳에 교통흐름을 감지하는 코일(coil)을 매설하여 도로 상의 실제 교통흐름에 대한 정보를 수집해 오고 있으나 아직 이러한 실제 도로교통흐름 자료를 바탕으로 도시교통문제의 핵심을 이루는 도로교통흐름에 대한 시공간적 특성과 이들과 역동적인 상호작용 관계에 대한 연구는 아직 미미한 상황이다.

본 연구에서는 1993년부터 서울시 전역에 설치한 118개 지점에서 실시간 관측한 14년간의 교통량 자료를 이용하여 서울의 도로교통흐름과 토지이용의 시·공간적 변화를 분석하고자 한다. 특히 1990년대 중후반 이후 신도시 완공과 IMF를 거치면서 수도권 지역의 거주 인구 분포와 산업구조 및 산업분포에 나타나는 변화와 도로교통흐름과의 관계성을 밝혀 보고자 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 먼저 교통량에 대한 시계열적 분석을 통하여 교통량이 크게 변하는 변곡점을 찾아내고, 그 시점들을 전후하여 교통흐

름의 공간적 구조에 나타나는 변화를 파악하기 위하여 GIS를 이용한 시각화방법을 접목시켰다. 또한 서울시 도로교통흐름의 공간적 구조에 나타나는 변화가 서울시의 토지이용변화와 어떻게 연관되어 있는가를 밝히기 위하여 먼저 수도권 거주인구분포에 나타나는 변화와의 관계성을 분석하였다. 그리고 좀 더 구체적으로 서울시 산업구조와 분포에 나타나는 변화와 서울시 도로교통흐름의 공간적 구조에 나타나는 변화를 파악하기 위하여 구별 도로교통량 증감률과 산업별 산업체 수와 종사자수의 증감률, 거주인구 증감률을 중심으로 세 개의 선형모형을 구성하고 다중회귀분석을 적용하였다.

2. 서울시 도로교통흐름의 시·공간적 변화

1) 서울시 도로교통흐름의 시간적 변화

도시의 교통흐름을 정확히 이해하기 위해서는 그 도시 전역의 실제 교통흐름 자료가 필요하다. 그러나 교통망이 복잡하고 도시규모가 큰 대도시에서 도시 전역에 대한 실제 교통흐름에 대한 자료를 확보하는 것은 현실적으로 어려운 일이다. 따라서 국내에서 이루어진 이전의 연구들은 대부분 5년마다 실시되고 있는 「가구통행실태조사」에서 설문에 의해 구성된 지역간 통행흐름자료를 바탕으로 하고 있어 실제 도로망상 교통흐름을 반영하지 못하여 왔으며, 이 또한 조사가 실시된 시점에 국한되어 있어서 교통흐름의 시계열적 변화를 설명하는데 한계가 있었다. 그러나 1990년대 들어 첨단기술이 발달되면서 서울시에서는 도심과 시계, 주요 간선도로 및 교량 등 118개 지점에서 도로에 coil을 매설하여 하루 24시간 유출·입량을 측정하고 있어²⁾ 이를 적절히 이용하여 서울시 교통흐름에 대한 전반적인 윤곽을 파악할 수 있게 되었다.

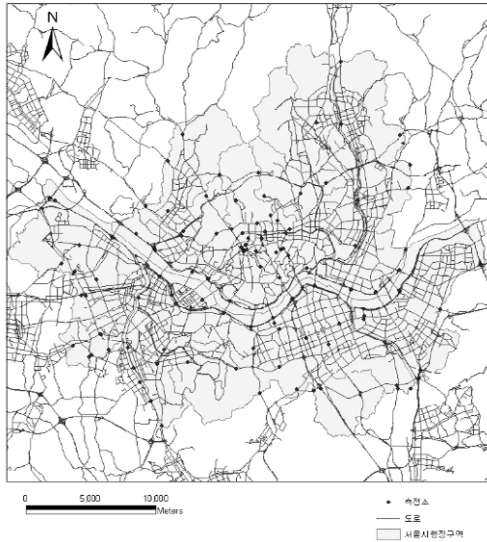


그림 1. 수도권 도로망과 교통량 측정지점

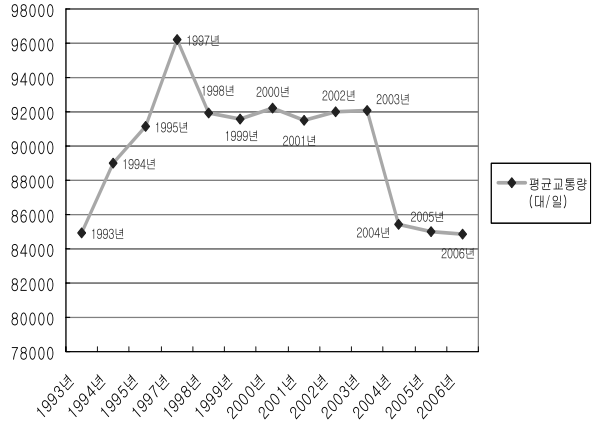


그림 2. 서울시 교통량의 시계열적 분포

본 연구에서는 교통량 조사가 실시되기 시작한 1993년부터 2006년까지 각 측정지점(그림 1) 참조)의 월별 교통량자료를 바탕으로 각 측정지점의 연평균 일일 교통량을 산출하여 서울시 교통흐름의 시·공간적 변화를 분석하였다.³⁾

서울시 전체적인 시계열적 교통량의 변화를 파악하기 위하여 다음 <식 1>을 적용하여 연도 별 평균교통량을 산출하였다.⁴⁾

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad \text{〈식 1〉}$$

여기서, F 는 서울시 연평균일일교통량을 나타내고, x_i 는 교통량 측정지점 $i(i = 1, 2, \dots, n)$ 의 연평균 일일교통량을 의미한다.

〈그림 2〉에 나타나는 것과 같이 서울시의 연평균일일교통량은 1993년부터 2006년 까지 1997년과 2003년을 변곡점으로 하여 그 추세가 변화해 왔다. 이 두 변곡점을 기준으로 서울시 교통흐름은 빠른 증가세를 보이는 시기(1993년-1997년), 급격한 감소 후 안정세를 보이는 시기(1998년-2003년), 다시 급격한

감소세를 보이며 90년대 초반교통량으로 돌아가는 시기(2004년-2006년)의 세 시기로 구분된다. 1993년에서부터 1997년까지의 기간 동안에 서울시 연평균 일일교통량은 13.26% 증가율을 보이며 급격히 증가하는 추세를 나타내고 있다.⁵⁾ 그러나 1997년을 정점으로 그 이후는 계속 감소세를 보이는데, 특히 1998년 1년 동안 4.45%의 큰 폭으로 감소 한 후, 2003년까지 5년간 다소 기록이 있기는 하나 비슷한 교통량을 지속하였다. 그러나 2003년과 2004년 사이에 다시 7.22%의 큰 폭으로 감소한 후, 미미하지만 지속적으로 감소하는 추세를 보이고 있다.⁶⁾ 서울시 영역 내의 이러한 도로교통흐름에 나타나는 변화는 1990년대 중후반 이후 수도권에 건설된 신도시 완공으로 서울시거주인구의 다수가 수도권 신도시로 이주하였으며, IMF를 거치면서 산업구조의 재편과 더불어 산업 분포에 나타난 변화와 무관치 않을 것으로 판단된다.

2) 서울시 도로교통흐름의 공간적 구조에 나타나는 변화

앞 서 살펴 본 것과 같이 서울의 교통흐름은 1990

년대 초반 이후 시간이 경과하면서 두 번의 번곡점을 전후하여 큰 변화를 나타내고 있다. 이러한 시간적 변화와 함께 교통흐름의 공간적 분포에 나타나는 변화를 파악하기 위하여 본 연구에서는 1990년대 초반 교통량 조사 초기 시점인 1993년, 1997년, 2003년,

2005년의 연평균 일일교통량을 GIS를 이용하여 시각화하였다 (<그림 3> 참조). <그림 3>에서 관찰되는 것과 같이 이 기간 동안 서울시 교통흐름은 공간적으로도 상당히 많은 변화를 보이고 있다.

서울시에서 교통량의 변화가 크게 나타나는 두 번

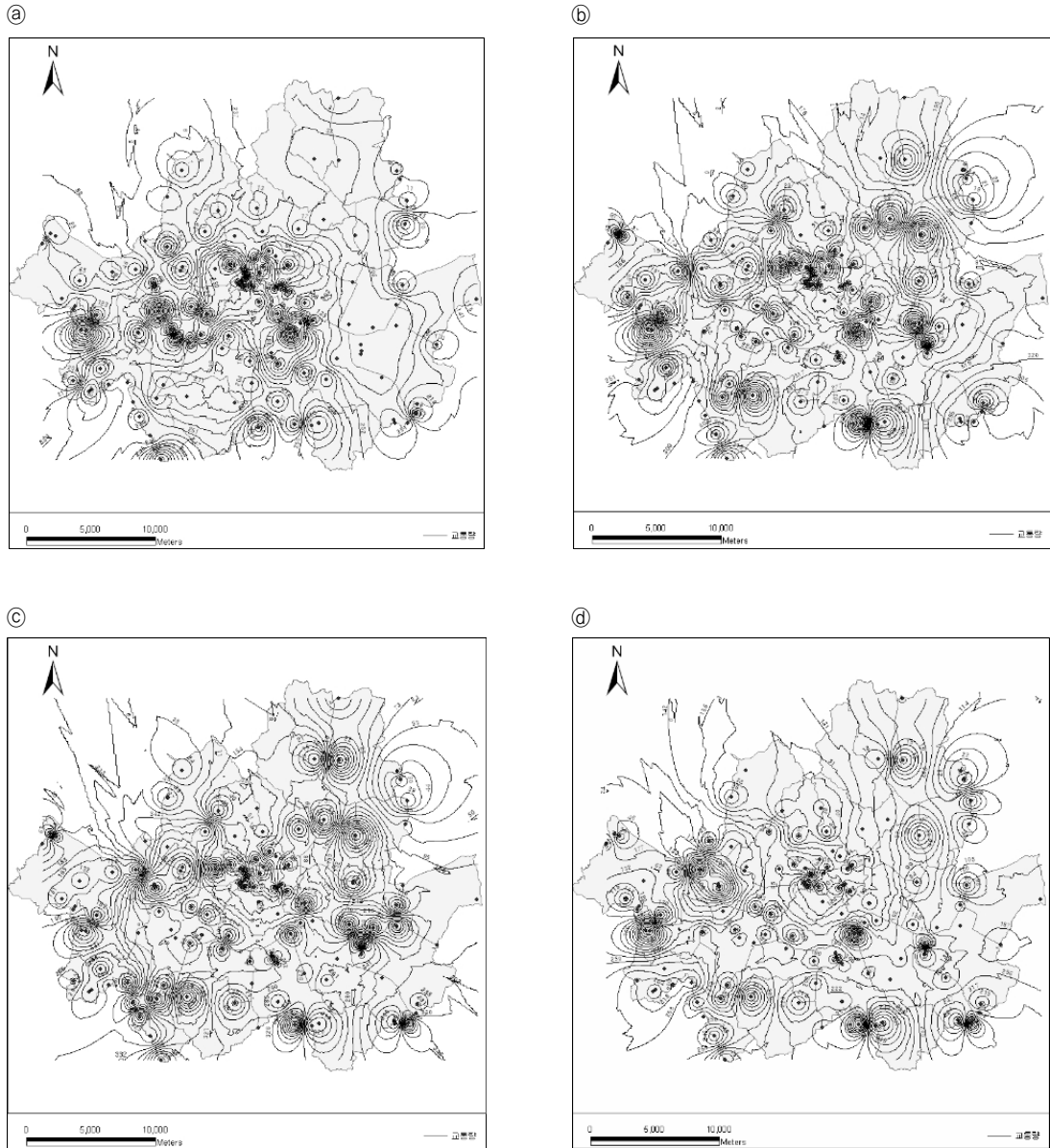


그림 3. 서울시 교통량 분포의 변화 (a) 1993년, (b) 1997년, (c) 2003년, (d) 2006년)

곡점을 중심으로 세부적으로 나타나는 서울시 교통 흐름의 공간적 변화 양상을 분석해 보면(그림 3)의 ㉠)와 ㉡)에 나타나는 것과 같이 1999년 까지 서울시 교통흐름은 도심지역에 집중되는 양상을 보인다. 그러나 이 기간 동안에도 1990년대 초반과 후반 사이에 공간적 분포에 차이가 나타난다. 1990년대 초반 서울시 교통량은 강북의 도심지역이 가장 강한 집중을 보이며, 그밖에는 강남과 영등포지역 등에서 집중되는 양상을 보이고 있다. 좀 더 세부적으로 분석해 보면 서울시 교통량이 크게 증가한 1993년에서 1997년 기간 중에도 초기의 1993년에서 1995년 기간 동안에는 특히 도심 교통량이 크게 증가하는 양상을 보여 1993년의 경우 서소문과 서울역, 퇴계로입구 등 강북의 중심업무지구 중심으로 교통량이 집중되고 있다. 그러나 1995년에 이르러서는 청계천로와 성동여상 주변 등 도심의 북동쪽 외곽지역의 교통량이 증가하는 변화를 보인다. 1995년에서 1997년에 이르는 기간 동안은 서울시 전체 교통량은 계속 빠르게 증가하지만, 도심의 교통량은 감소하고, 한남대교 남단과 청담교를 중심으로 하여 강남지역의 교통량이 크게 증가하는 양상을 보인다. 또한 양재IC, 신월IC, 개화IC 지점들을 중심으로 서울의 시경계부분의 교통량이

크게 증가한다. 그러나 1997년을 정점으로 서울시의 전체적인 교통량은 양적으로 크게 감소하면서 교통 흐름의 공간적 구조에도 확연한 변화가 나타난다. 1997년 이후 서울시 전체의 평균교통량은 크게 감소하는데, 서울시의 시 경계지점 교통량은 오히려 증가하는 양상을 보이며, 특히 금천교와 장지-분당간의 고속도로 등의 서울시 서쪽과 남쪽의 시 경계지역의 교통량이 크게 증가하는 양상을 보인다 (〈그림 3〉의 ㉢ 참조).

서울시 전체 교통량이 2003년과 2004년 사이 다시 한 번 큰 폭으로 감소하는데, 특히 도심 교통량이 크게 감소하여 그 전까지 교통량이 집중되던 도심의 중구와 종로구의 교통량 측정 지점들의 교통량이 30~50% 정도의 높은 감소율을 보이며 감소하였다 (〈그림 3〉의 ㉣ 참조). 하지만 이 기간에도 강북과 강남의 중심업무지역을 연결하는 통로 역할을 하는 한남대교와 성수대교의 교통량은 큰 폭으로 꾸준히 증가세를 보이며, 강남구 중심업무지역의 교통량은 크게 증가하는 양상을 보인다. 이런 양상이 2006년에 이르러서는 청담대교, 예술의 전당, 강남태극당, 고속터미널, 동아교차로, 매봉터널 지점 등의 강남권 전역에서 교통량이 늘어나며, 또한 서울시의 시 경계지역

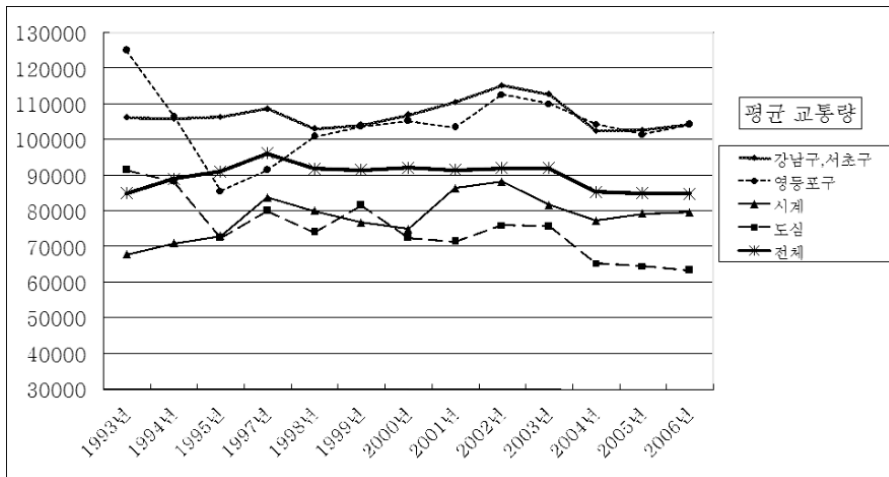


그림 4. 서울시 지역별 교통흐름변화

의 교통량 집중 양상이 확연해 진다. 특히 서울시 서쪽의 난지도 부근에서는 이 기간 동안 116.04%의 높은 교통량 증가를 나타낸다.

서울시 도로 교통흐름을 교통량의 변화가 특히 큰 도심과 시경계, 그리고 강남권과 영등포권 교통량의 시계열적 변화 양상을 비교하기 위하여 1993년부터 2006년 까지 서울시 전체의 평균교통량의 변화와 함께 각 권역별 연평균교통량을 시계열적 변화를 비교해 보았다 (<그림 4> 참조).

도심지역의 평균교통량은 교통량 측정이 진행된 지난 14년 간 다소 기복이 있기는 하지만 전반적으로 지속적인 감소세를 보이고 있다. 서울 강북 도심의 교통량은 1993년 이후 2006년 현재까지 연평균 교통량이 30.67% 감소하였으며, 서울시 전체 평균 교통량보다도 20,000대 이상 낮은 교통량을 보이고 있다. 이에 반하여 외곽의 시계지역은 지속적인 교통량 증가세를 보이면서 지난 14년간 17.55%의 평균교통량

증가를 나타내고 있다. 한편 강남권역은 1993년 이후 꾸준한 증가세를 보이고 있으며, 2004년 서울시 전체적으로 교통량이 큰 폭으로 감소하지만 강남지역에서는 그 감소폭이 상대적으로 적으며, 전반적으로 서울시 전체 평균교통량 보다 하루 200,000대 이상 많은 교통량을 보인다. 서울시의 또 다른 업무지역에 해당하는 영등포권역은 1993년 다른 권역보다 월등히 많은 교통량이 있었던 지역이지만, 1995년 까지 급격한 감소세를 보이다가 그 이후로는 전반적으로 증가하는 추세를 보이면서 강남권과 비슷한 평균교통량을 나타내고 있다.

서울시 교통흐름에 나타나는 또 다른 공간적 변화 양상은 한강 교량을 통하여 오고가는 강북과 강남지역 간의 교통흐름이다. 이 기간 동안 한강 교량의 교통흐름은 전반적으로는 서울시 전체 교통흐름의 변화추세와 유사한 양상을 보이지만, 서울시 전체 교통흐름보다 다소 빠른 1995년을 정점으로 1990년대 후

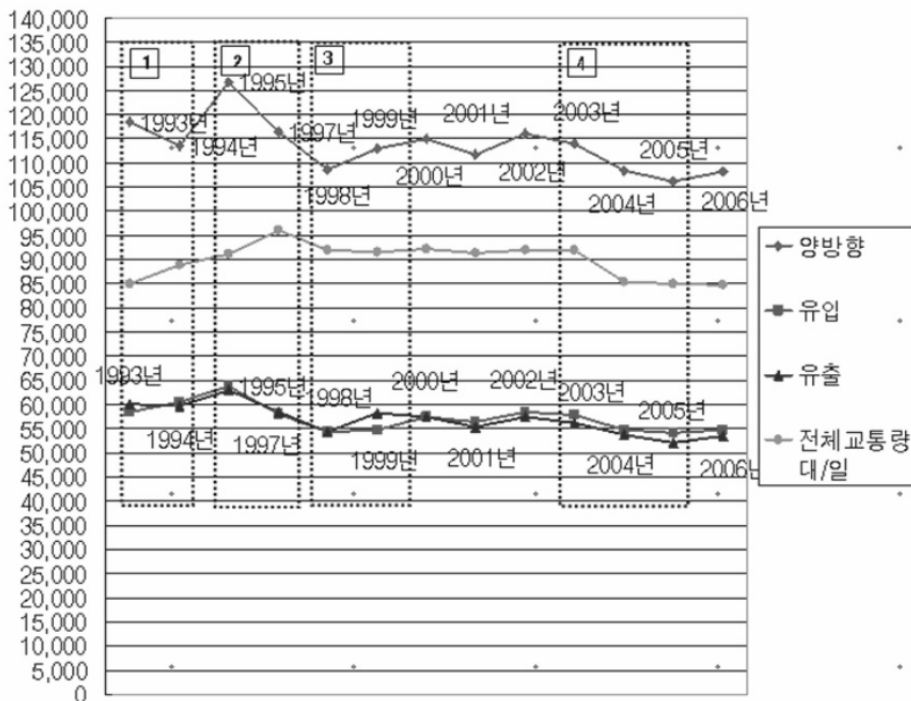


그림 5. 한강 교량 교통흐름의 변화 추세

반기 동안 급격한 감소를 보인 후, 다소 골곡을 보이기는 하지만 전반적으로 감소하는 추세를 보이고 있다 (<그림 5> 참조).

1990년 이후 나타나는 한강 교량 교통흐름은 평균적으로는 서울시 교통흐름의 전반적인 추세와 유사하지만, 유출과 유입 등 통행흐름의 방향성과 교량의 위치에 따라 그 변화에 차이가 상당히 크게 나타나고 있다 (<표1>과 <표2> 참조). <표 1>은 1993년과 2006년 사이 한강 교량을 통한 강남·북 간 교통흐름의 증감률을 정리한 것이다. 이 기간 동안 강남에서 강북으로 유입하는 교통흐름과 강북에서 강남으로 유출되는 교통흐름이 모두 크게 감소하였는데, 그 중에서도 특히 강북에서 강남으로의 유출 교통량이 큰 폭으로 감소하였다.

표 1. 일평균교통량의 증감률

	1993년	2006년	증감률(%)
양방향	118,586	108,218	-8.74
유입	58,492	54,721	-6.45
유출	60,094	53,497	-10.98

자료: 서울지방경찰청, 서울시 교통량 조사자료

한강의 교량은 서울의 강남·북을 연결한다는 측면에서는 공통점이 있지만, 교량의 위치에 따라 강북과 강남의 연결지역들이 달라지기 때문에 교량별로 교통흐름에 큰 차이를 보인다. 특히 1990년대 중후반 이후 나타나는 서울시의 거주인구분포와 산업구조 및 분포의 재편으로 인하여 강남에서 강북으로의 유입되는 교통흐름과 강북에서 강남으로의 유출되는 교통흐름은 교량이 놓여 있는 위치에 따라 그 증감률에 큰 차이를 나타내고 있다. <표2>는 한강에 놓여 있는 18개의 교량별로 이 기간 동안 유출·입 교통량의 증감률에 나타난 것이다.

2006년 현재 교통량이 특히 많은 다리는 한남대교, 영동대교, 성산대교 등인데, 지난 14년 동안 이들은 교통흐름이 양 방향 모두 크게 증가하였다. 또한 서

쪽에 위치하고 있는 행주대교, 가양대교, 성산대교도 양방향 교통량이 모두 증가하였으며, 특히 수도권 신도시 지역과 연결되는 행주대교는 매우 큰 폭으로 증가하였다. 이에 반해 동쪽에 위치하고 있는 잠실대교, 올림픽대교, 천호대교는 전반적으로 감소세를 보인다. 한강의 전체 교량 중 이 기간 동안 교통량이 특히 많이 감소한 교량은 잠실대교, 동호대교, 올림픽대교, 양화대교, 원효대교 등이며, 특히 잠실대교의 경우 강북에서 강남으로의 유출 교통량이 30%이상 큰 폭으로 감소하였다. 이들 중에는 동호대교, 잠실대교, 올림픽대교, 양화대교 등과 같이 지하철 노선과 일치하거나 그에 유사한 위치에 있는 교량들의 경우는 강남·북 간의 통행흐름의 실제적인 증감을 파악하기 위해서는 지하철 통행흐름에 대한 분석도 병

표 2. 각 교량별 교통량 증감률 (단위: %)

	양방향	유입	유출
행주대교	123.94	117.58	130.31
가양대교	5.08	8.52	1.87
성산대교	11.69	13.54	9.91
양화대교	-13.39	-17.74	-9.03
서강대교	-7.71	-26.38	19.33
마포대교	-1.84	1.36	-5.00
원효대교	-12.16	0.74	-26.69
한강대교	10.47	10.40	10.54
동작대교	-3.6	-4.50	-2.89
반포대교	-2.09	20.00	-14.72
한남대교	19.77	16.12	23.19
동호대교	-18.37	-22.49	-13.88
성수대교	4.12	2.29	6.23
영동대교	26.08	25.36	26.71
청담대교	5.79	16.10	-3.02
잠실대교	-23.73	-16.47	-32.19
올림픽대교	-14.59	-6.59	-22.90
천호대교	-7.97	5.64	-21.23

자료: 서울지방경찰청, 서울시 교통량 조사자료

행되어야 할 것이다. 강북과 강남의 중심업무지구를 연결하며 경부고속도로와 연결되는 한남대교는 이 기간 동안 유출·입 교통량이 모두 증가하였다. 그러나 이 기간 동안 강남에서 강북으로 유입되는 교통량의 증가율 보다 강북에서 강남으로 유출되는 교통량의 증가율이 월등히 높게 나타나고 있다. 그러나 한남대교 바로 옆에 놓여 있는 동호대교의 경우 강남에서 강북으로 유입하는 교통량이 크게 감소한 반면, 반포대교의 경우는 강남에서 강북으로 유입하는 교통량은 20%이상 증가하였으나, 강북에서 강남으로의 유출 교통량은 크게 감소하는 경향을 보인다.

이러한 한강교량의 교통흐름에 나타나는 변화가 1990년대 말 IMF 이후 우리나라 산업구조의 재편과 함께 중심업무기능들의 공간적 재편이 이루어지는 과정에서 과거 강북의 도심지역에 입지하고 있던 중심업무기능의 상당수가 강남의 중심 업무지역으로 옮겨지면서 지방도시에서 서울의 중심업무기능과 기능적 연계로 오가는 교통흐름이 굳이 강북의 도심지까지 접근할 필요가 없어진 측면이 작용하는 것인지, 아니면 강북과 강남의 주거지 가격의 격차가 커지면서 강북의 도심에 일자리를 가지고 있어 앞서 강북에 주거지를 정했던 사람들의 경우 강남지역으로 거주지를 옮겨가는 것이 점차 어려워지고 있음을 반영하고 있는 것인지, 혹은 둘 다 작용하는 것인지에 대해서는 추후 연구에서 좀 더 세밀한 분석이 필요하다.

이상 지난 14년 간 서울지역의 교통흐름에 나타나는 시·공간적 변화 양상을 종합적으로 요약하면 서울시 교통흐름이 급격히 증가했던 1993-1997년 시기에는 강북의 특히 도심지역에 교통흐름이 집중되었고, 그 이후 교통량이 감소하면서 도심지역의 교통량은 감소하는 반면, 도심 외곽 지역과 강남의 중심업무지역의 교통량이 증가하는 과정을 거쳐, 강남지역 전역과 시계지점 교통량 증가의 양상으로 정리될 수 있다. 또한 강남·북 간 통행을 담당하고 있는 한강교량의 교통량도 서울시 외곽을 연결하는 일부 교량에서는 큰 폭의 증가세 나타내고 있으나 전반적으로

로 서울시 전체 교통량과 유사한 감소세를 보인다. 이러한 서울시 교통흐름의 공간구조에 나타나는 변화는 서울시의 인구분포와 토지이용패턴에 의해 형성되는 기능적 연계의 공간구조가 변화하고 있음을 반영하는 것으로 그 시사하는 바가 크다.

3. 토지이용패턴에 나타나는 변화와 도로교통흐름의 관계 분석

1) 수도권 거주인구 분포와 도로교통흐름의 시·공간적 변화

한 도시의 교통흐름은 그 도시의 인구분포 및 토지이용패턴, 교통망 및 교통체계, 그리고 도시민의 통행행태 및 기술·경제·사회적 환경 등이 복합적으로 작용하여 형성되는 것이다 (Giuliano, 1995). 그러므로 한 도시의 교통흐름은 도시 인구의 거주지와 산업분포에 변화가 생기면 그 영향으로 변화하게 되며, 역으로 이러한 교통흐름의 변화는 시간이 지나면서 토지이용을 변화시키고, 도시민의 통행행태에 변화를 주게 되며, 이는 다시 교통흐름을 변화시키게 되는 상호 역동적으로 영향을 미치는 순환적인 관계이다 (Rodrigue, *et al.*, 2006; Shaw and Xin, 2003; 괄자영, 2001). 따라서 도시 교통흐름에 나타나는 변화를 이해하기 위해서는 그 도시의 인구분포와 산업분포에 변화를 파악할 필요가 있다. 본 장에서는 서울시 교통흐름의 공간적 구조에 나타나는 변화와 도시 통행의 주체인 도시인구의 거주지분포에 나타나는 변화 사이에 관계를 분석해 보고자 한다.

도시 도로교통흐름의 주체인 도시인구의 거주지의 분포는 통근·통학 통행은 물론 다양한 통행의 기점 및 종점이 되기 때문에 도시인구의 거주지 분포에 변화가 생기게 되면 도시 내 교통흐름의 공간적 분포에 변화를 동반하게 된다. 이제까지 서울의 교통흐름에 대한 연구는 통행패턴이나 통근통행을 위한 교통수

단 선택에 대한 것이 주를 이루었으며 (허우궁, 1991; 김재익, 1995; 김재익 · 전명진, 1996; 서종국, 1998; 송미령, 1998; 전명진, 1995, 1997; 황상규 외, 1999; 신상영, 2003; 전명진 · 정명지, 2003; 손승호, 2005; 김강수 · 정경옥, 2005; 조혜진 · 김강수, 2007), 이들을 도로교통흐름의 시 · 공간적 특성과 결부시켜 분석한 연구는 시도되지 않았다.

서울시는 급격한 도시성장과 함께 인구나 경제활동이 기하급수적으로 늘어나면서 여러 차례 외연적으로 시역이 확장되었다. 특히 1990년대 중후반부터 서울지역 밖의 경기도에 대단위 고층 주거단지로 구성된 분당, 일산, 평촌, 산본, 중동 등 5개의 제1기 신도시가 완공되어 입주가 시작되면서 서울을 중심으로 하는 수도권 지역의 거주인구분포에 커다란 변화가 나타나게 되었다. 1990년대 초반 거의 11,000,000명에 달하였던 서울시 인구는 그 이후 지속적인 감소세를 보이고 있는 반면, 서울시를 둘러싸고 있는 경기도 지역의 인구는 1990년대 초반 서울시 인구의 60% 정도에 머무르던 상태였으나, 계속 빠르게 증가하여 2003년 서울시 인구규모를 능가하게 되었으며 지속적인 성장세를 보이고 있다 (〈그림 6〉 참조).

이러한 거주인구분포에 나타나는 변화는 수도권 인구의 통근통행거리의 증가와 함께 통행흐름의 공간적 구조에도 큰 영향을 미치고 있는 것으로 보인다. 우선 서울시 경계를 벗어난 수도권지역의 거주인구가 증가하면서 서울과 경기도 사이를 오가는 통근 · 통학 인구수의 증가가 초래하였다. 〈그림 7〉에

나타나 있는 것처럼 서울과 경기도 사이를 오가는 통근 · 통학 인구수는 크게 늘어나 경기도에서 서울로의 통근 · 통학하는 인구수는 1990년에서 2005년까지 79.43%의 증가하였으며, 서울에서 경기도로 통근 · 통학하는 인구수는 1990년에서 2005년까지 69.11% 증가하였다. 특히 1995년부터 크게 늘어나 2005년 현재는 150만 명을 넘어서고 있으며, 이중 경기도에서 서울로의 통근 · 통학하는 인구수가 100만 명을 초과하고 있어 서울에서 수도권으로 통근 · 통학하는 인구수의 2배 이상으로 나타나고 있다.

그러나 이 기간 동안 인구수의 증감은 서울시와 경기도내에서도 지역적 차이를 크게 보인다. 〈그림 8〉은 지난 10여 년 동안 수도권 지역의 거주인구수 분포에 나타난 변화를 파악하기 위해 수도권지역 행정동 별 인구수 증감을 지도화한 것이다. 서울시의 경우는 시의 외곽지역과 뉴타운 건설 등 재개발이 이루어지고 있는 시내의 일부지역을 제외하면 대부분 거주인구수가 감소하거나 증가하더라도 그 정도가 미미하다. 특히 도심인 종로구와 중구의 경우 90년대 중반에서 90년대 말 까지 각각 23.42%, 23.76%에 달하는 큰 감소율을 보이며, 2000년대에 들어서 그 감소율이 다소 완화되기는 하였지만 2000년에서 2006년 사이 감소율도 여전히 10.5%에 달하고 있다. 그에 반해 대 단위의 아파트단지가 있는 서울시 외곽의 도봉구, 노원구, 금천구의 경우 상대적으로 낮은 감소율을 나타내며, 2000년대 들어 뉴타운 계획과 재개발 등으로 대단위 아파트단지 개발이 진행되어 온 성북

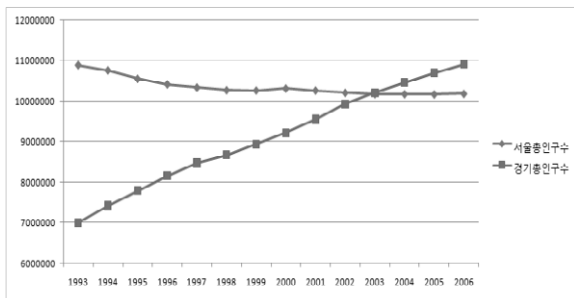


그림 6. 수도권 거주인구수 증감 추세

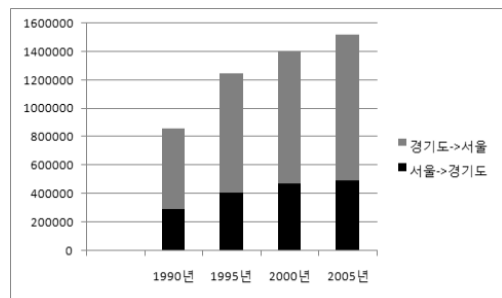


그림 7. 서울-경기 간 통근통행 추이

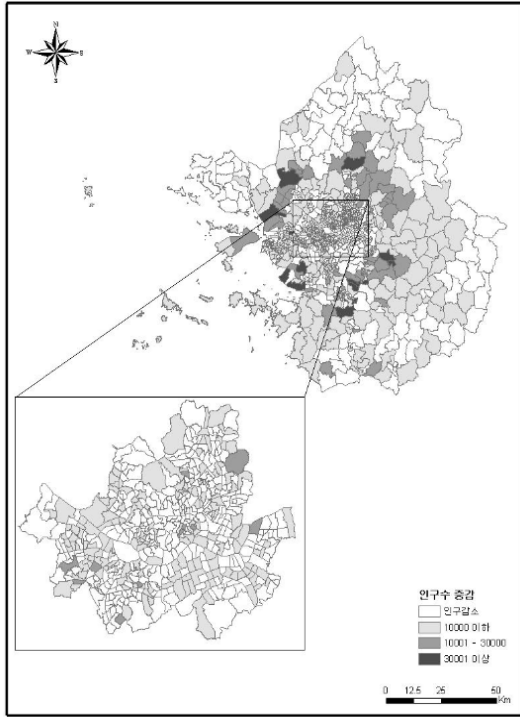


그림 8. 수도권 거주인구 증감을 분포

구, 도봉구, 양천구, 강서구, 강남구는 다소 인구가 증가하는 추세를 보여 왔다. 그 중에서도 특히 강서구와 뉴타운 건설로 아파트 단지가 지속적으로 증가한 월곡동과 미아동의 거주인구는 상대적으로 높은 증가율을 보이고 있다. 이에 반하여 서울시역을 둘러싸고 있는 경기도 지역은 이 기간 동안 급격한 인구 증가를 보이고 있다. 특히 신도시가 건설된 고양시(일산), 안양시(평촌), 군포시(산본), 성남시(분당), 부천시(중동) 등과 그 주변 지역들은 이 기간 동안 매우 높은 인구증가율을 나타내고 있다.

앞의 <그림 3의 ㉠와 ㉡>에 나타나는 것처럼 이 기간 동안 교통량이 특히 집중된 지역들은 서울시의 외곽이나 시계지역으로 주로 수도권 신도시와 서울시를 연결하는 주간선도로 상에 위치하고 있어 이러한 인구분포의 변화가 크게 작용하고 있음을 알 수 있다. 이를 보다 구체적으로 파악하기 위해 본 연구에

표 3. 신도시 인구와 서울 시계 교통량의 상관관계

	분당	평촌/산본	일산	중동
상관계수	0.98	0.47	0.79	0.87

서는 신도시 거주인구와 신도시와 서울을 연결하는 주간선도로의 시계 교통량 측정지점들의 평균일일교통량 사이의 상관관계를 분석하였다.

<표3>에 정리된 것과 같이 2006년 현재 수도권 신도시의 거주 인구수와 이들을 서울과 연결해 주는 주요간선도로의 도로교통량 사이에 상당히 높은 상관관계가 있음을 확인할 수 있다. 즉, 신도시로의 이주 등으로 나타나는 서울시와 그를 둘러싸고 있는 수도권 지역의 거주인구수 분포에 나타나는 변화가 서울과 신도시 간 교통량 증가를 초래하여 서울 시계에서의 유출입 통행량 급증시키는 등, 서울시 교통흐름의 공간적 구조를 변화시키는 원동력의 하나로 작용하였음을 알 수 있다.

2) 서울시 산업분포의 변화와 도로교통흐름의 관계 분석

도시 교통흐름의 공간적 분포 양상은 도시통행의 기점과 종점이 되는 거주지의 분포와 함께 도시민의 통행목적과 관련된 각종 산업 및 도시 시설들의 분포에 나타나는 변화에 영향을 받게 된다 (이금숙 외, 2007). 따라서 많은 교통 연구자들이 교통과 토지이용을 통합하여 분석하려는 시도를 활발히 진행해 왔다 (Boyce, 1980; Kim, 1983; Anas and Duann, 1986; Prastacos, 1986; Hieschman and Henderson, 1990; Frank and Pivo, 1994; Guiliano, 1995; Cervdesity and Kockelman, 1997; Badoe and Miller, 2000; Van Wee, 2002; Shaw and Xin, 2003; Geurs and Van Wee, 2004). 그러나 우리나라의 경우 이제까지 도시 토지이용변화에 대한 연구의 일환으로 중심업무지구에 대한 연구는 비교적 활발히 진

행되어 왔으나, 주로 중심업무기능의 입지 이전 동향이나 입지요인을 밝히는데 주력하여 왔다 (하성규 외, 1995; 김창석·남진, 1996; 전명진, 1996; 여홍구·정선아, 2002; 양재섭·김정원, 2007). 최근 서울시 대중교통이용자의 통행흐름과 토지이용의 관계

를 분석한 연구(이금숙 외, 2007)가 있었으나 아직 도로 상의 실제 교통흐름에 나타나는 변화와의 관계성을 밝히는 연구는 아직 시도되지 않은 상황이다.

본장에서는 서울시 도로교통흐름의 공간적 구조에 나타나는 변화가 서울시의 산업분포에 나타난 변화

표 4. 주요 산업 사업체수의 증감율(2000년-2006년)

	제조업		도매 및 소매업		금융 및 보험업		부동산업 및 임대업		사업서비스업		오락, 문화 및 운동관련업	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
종로구	-2.2	-15.2	-4.2	-12.8	-5.2	4.4	9.2	24.7	21.2	71.3	-12.1	18.3
중구	-2.0	-35.4	-2.6	-8.3	-25.1	47.8	21.1	24.0	38.4	100.2	-4.7	23.8
용산구	-14.5	-32.3	-12.3	-8.8	2.7	8.2	37.1	24.9	3.3	94.0	-24.3	-3.2
성동구	-7.1	-18.9	-6.4	-3.6	-21.2	-21.8	15.9	14.7	43.2	102.5	-6.1	17.4
광진구	-8.8	-27.8	-11.0	-16.9	9.6	-8.6	17.9	30.2	29.1	45.8	-1.7	26.9
동대문구	-17.6	-18.1	-9.3	-6.0	4.1	-19.7	9.5	23.8	-0.5	39.4	-15.0	-6.6
중랑구	-15.2	-35.1	-11.2	-3.2	-18.4	-37.5	0.7	8.5	7.8	58.5	-6.5	10.8
성북구	-15.6	-30.5	-16.3	-8.5	3.6	7.4	24.3	21.5	6.1	25.6	-18.4	5.3
강북구	-2.4	-16.4	-6.4	2.9	23.3	19.9	31.8	49.5	20.4	147.8	16.8	50.2
도봉구	-10.3	-40.0	-4.4	2.7	16.5	12.5	19.9	31.8	39.2	119.7	1.1	8.0
노원구	-20.1	-31.7	8.2	14.0	-7.0	-31.7	4.2	-9.2	8.7	14.5	2.2	8.6
은평구	-20.2	-37.1	-22.7	-15.3	-7.5	-11.7	24.5	28.2	1.2	73.0	-5.2	9.0
서대문구	-15.3	-30.6	-8.0	-6.5	-1.4	1.0	7.9	7.2	7.7	140.7	-18.3	-3.6
마포구	2.8	-16.3	3.3	-2.2	40.3	9.3	26.4	25.5	69.0	165.6	7.1	45.5
양천구	-15.5	-30.3	-10.3	-8.7	5.8	-9.5	34.7	26.2	69.3	221.8	-3.9	38.3
강서구	-13.6	-28.4	3.8	9.5	17.3	17.6	38.0	60.0	-18.2	52.7	9.8	22.3
구로구	-14.5	-8.7	-7.8	-9.3	25.3	-5.9	16.3	96.4	164.9	535.8	2.8	36.4
금천구	28.4	-5.7	9.2	36.9	7.7	0.5	11.8	30.1	238.0	845.2	1.7	44.3
영등포구	1.1	-9.9	-25.2	-22.2	8.8	19.0	10.7	-2.4	8.7	81.2	3.5	26.8
동작구	-13.4	-51.2	-14.5	-20.8	-3.4	7.9	27.0	17.5	30.2	140.4	-8.0	-0.5
관악구	-24.5	-29.0	-11.6	-14.5	-5.3	-33.1	10.4	11.4	2.4	1.4	0.5	2.2
서초구	-12.7	-20.5	-10.5	-13.6	18.3	18.8	34.0	59.2	21.5	68.6	-2.5	-29.7
강남구	-6.0	-13.1	-13.4	-16.3	23.6	19.2	41.6	40.9	9.0	52.3	2.0	1.3
송파구	-0.4	-2.1	-11.6	-8.8	28.4	16.8	35.3	13.2	46.3	125.4	10.6	4.0
강동구	-23.5	-28.1	-14.4	-6.6	-2.7	0.9	14.7	25.9	14.5	41.5	-7.5	4.4

자료: 통계청, 2000년, 2006년 사업체 기초 통계 조사 보고서를 바탕으로 구성

(A: 사업체수 증감율, B: 종사자수 증감율)

와 어떤 연관성을 지니고 있는가를 분석하고자 한다. 특히 1990년대 말에 겪은 IMF를 계기로 우리나라 산업구조가 재편되면서 산업체의 공간적 분포에도 많은 변화가 있었으므로 2000년대 이후의 교통흐름의 공간적 패턴에 나타나는 변화와 산업체의 공간적 분포에 나타나는 변화를 중심으로 분석하고자 한다.

다음 <표 4>는 2000년부터 2006년 기간 동안 서울시 산업별 산업체수와 종사자수의 변화를 정리한 것이다.⁷⁾ 이 기간 동안 일부 산업을 제외하고는 서울시에서 전반적으로 산업체수가 감소하였음을 알 수 있다. 특히 제조업과 도·소매업의 경우 서울시의 극히 일부지역은 제외하고는 모든 지역에서 사업체수가 감소하였다. 그런가 하면 숙박 및 음식점업과 금융 및 보험업의 경우는 일부지역에서 증가를 보이고 일부 지역에서는 감소하는 등 지역적 편차가 크게 나타나고 있다. 이에 반하여 부동산업 및 임대업과 사업서비스업의 경우는 서울시 전역에서 증가하는 양상을 나타내고 있으며, 그 정도는 지역적 편차가 매우 크게 나타나고 있다.

본 장에서는 서울시 도로교통흐름에 나타나는 변화가 이러한 산업분포의 변화와 연관성이 있는지를 파악하기 위하여 이들 사이에 다음 <식 2> 관계식을 설정하고 분석을 시도하였다.

$$\Delta y_i = f(x_{ik}) \tag{식 2}$$

여기서, Δy_i 는 2000년과 2006년 사이의 기간 동안 행정구 i 의 도로교통흐름 변화, Δx_{ik} 는 같은 기간 동안 행정구 i 의 k 산업의 변화를 의미한다. 분석의 지역 단위를 행정구를 적용한 이유는 앞 서 지하철 통행수요와 토지 이용과의 관계식을 도출한 선행연구(이금숙 외, 2007)에서 동 단위를 적용할 때 보다 구 단위를 적용할 때 월등히 높은 설명력을 나타내는 것으로 확인되었으며, 특히 본 연구에서 사용하는 도로교통흐름 자료는 각 교통측정지점에서 통과하는 교통량을 측정된 것 이므로 측정지점 바로 인근의 토지 이용과 직결될 수도 있지만 경우에 따라서는 단순 통과 교통량 일수도 있으므로 다소 포괄적인 지역 범위를 적용하는 것이 좀 더 타당하다고 판단하였기 때문이다. 이들의 관계식을 도출하기 위해 <표 5>와 같이

표 5. 회귀분석 모형

	종속변수($Y=\Delta y$)	독립변수($X=\Delta x$)
모형 1	도로교통량 증감율	산업별 산업체수 증감율
모형 2	도로교통량 증감율	산업별 종사자수 증감율
모형 3	도로교통량 증감율	산업별 종사자수 증감율 거주인구수 증감율

표 6. 회귀모형 분석 결과

	모형 1		모형 2		모형 3	
	회귀계수	t-stat	회귀계수	t-stat	회귀계수	t-stat
제조업	-1.198	-1.061	-0.418	-0.502	-0.476	-0.559
도매 및 소매업	3.800	2.595	2.045	2.171	1.970	2.044
금융 및 보험업	0.679	0.845	-0.142	-0.308	-0.119	-0.254
사업서비스업	-0.335	-1.447	-0.233	-3.067	-0.216	-2.673
부동산 및 임대업	0.747	0.801	1.408	3.017	1.214	2.202
오락, 문화 및 운동관련산업	2.535	1.959	1.344	2.248	1.272	2.062
거주인구수					1.626	0.693
R^2	0.467		0.503		0.518	

모형을 구성하여 다중회귀분석을 실시하여 얻어진 결과를 <표 6>에 정리하였다.

위의 세 회귀분석모형은 결정계수(R^2) 값이 아주 높지는 않으나 F 검정 결과 모두 유의한 것으로 판명되었다. 세 모형에서 모두 서울시 도로교통흐름에 대하여 제조업과 사업서비스업의 사업체와 종사자수의 증가는 음의 영향을 미치는 것으로 나타나고 있으며, 도·소매업, 부동산 및 임대업, 오락, 문화 및 운동관련업, 그리고 거주인구수 증가는 양의 영향을 미치는 것으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 이에 반하여 금융 및 보험업의 경우 업체수의 증감률을 적용한 모형 1에서는 양의 관련성이 있는 것으로 나타나지만, 종사자 수의 증감률을 적용한 모형 2와 모형 3에서는 모두 음의 관계성이 있는 것으로 나타나고 있다.

그러나 t 검정 결과 산업체 수의 증감률을 적용한 모형 1의 경우 도·소매업체수 증감률만이 유의성을 지니는 변수로 나타나고 있으며, 산업별 종사자수 증감률을 적용한 모형 2의 경우 도·소매업, 부동산 및 임대업, 오락, 문화 및 운동관련업 종사자수 증가가 모두 도로교통흐름 증가와 양의 관계성을 보이며 유의성이 있는 것으로 나타나고 있다. 반면 사업서비스업은 모형 2와 모형 3에서 모두 유의성 있는 변수로 나타나고 있으나, 도로 교통량 증가에는 음의 관계를 보인다. 모형 2에 거주인구수 증감률을 추가한 모형 3의 경우, 모형 2의 결과와 같이 도·소매업, 부동산 및 임대업, 오락, 문화 및 운동관련업 종사자수 증가율과 함께 거주인구수 증가도 도로교통흐름에 양의 관련성을 갖는 것으로 나타나고 있으나, 다른 변수들과는 달리 t 값이 낮아 유의성은 없는 것으로 나타나고 있다.

결과적으로 서울에서 도로교통량은 산업별 종사자수의 증감율을 적용한 모형 2와 모형 3이 좀 더 적절하다고 볼 수 있으며, 이 두 모형에서 유의성 있는 도·소매업, 부동산 및 임대업, 오락, 문화 및 운동관련업 종사자수 증가율이 높게 나타나는 지역들에서 도로교통량이 증가해 왔음을 알 수 있다. 이러한 지역들은 거주인구수가 증가하고 있는 지역들로 대체로

기존의 도심지역으로부터 외곽에 놓여 있는 지역들이다. 반면 서울에서 중심성이 강한 도심지역에 입지하는 사업서비스업이 증가하는 지역은 오히려 도로교통량이 감소해 온 것으로 나타나고 있다.

물론 본 연구에서 사용하는 도로교통흐름 자료는 각 교통측정지점에서 통과하는 교통량을 측정하는 것이므로 측정지점 바로 인근의 토지이용과 직결될 수도 있지만 경우에 따라서는 단순 통과 교통량이 다수 포함될 수도 있다. 따라서 본 회귀분석에서 이러한 문제점을 보완하기 위하여 분석의 지역단위를 구로 확장하고, 종속변수로 사용한 도로통행량의 증감을 해당 구에 속한 측정지점 교통량의 평균값을 적용하고, 토지이용과 관련된 독립변수도 구의 값을 적용하였다. 그러나 본 회귀분석의 결정계수가 충분히 높지 않은 이유 중 하나는 도로 상 측정지점의 교통량은 해당 구의 토지이용과 관련하여 유발되는 경우 뿐 만 아니라 여전히 해당 구의 범위를 넘어 가는 단순 통과교통량이 상당량 포함될 수 있기 때문 일 수도 있다고 여겨진다. 따라서 본 연구에서 도로통행량의 변화를 통행량 측정지점 주변 지역의 토지이용에 나타나는 변화로 설명하기 위해 시도한 회귀분석에는 어느 정도 한계가 있다고 본다.

4. 결론

본 논문에서는 서울시 지점별 교통량 측정 시점인 1993년 이후 2006년까지의 14년 간 실제 교통흐름 자료를 바탕으로 서울시 도로 교통흐름의 시·공간적 변화 양상을 분석하였다. 또한 이러한 교통흐름의 시·공간적 양상과 긴밀하게 연결되어 있는 토지이용의 시·공간적 변화 양상을 분석하였다. 특히 서울시 도로교통흐름의 시·공간적 변화에 도시 도로교통흐름을 유발하는 도시 거주인구분포에 나타나는 변화와 산업분포의 변화가 어떻게 작용하였는가에 초점을 두고 분석해 보았다.

분석 결과 지난 14년 간 서울시의 평균교통량은 연구대상 기간 동안 1997년과 2003년을 변곡점으로 큰 변화를 보이고 있는데, 이를 정리하면 급격한 증가세를 보이는 시기(1993년-1997년), 급격한 감소 후 안정세를 보이는 시기(1998년-2003년), 그리고 또 다시 급격한 감소세를 보인 후 서서히 감소세를 보이는 시기(2004년-2006년)의 세 시기로 구분된다. 시기별로 서울시 도로교통흐름의 공간적 특징은 서울시 교통흐름이 급격히 증가했던 1993-1997년 시기에는 강북의 특히 도심지역에 교통흐름이 집중되었고, 그 이후 교통량이 감소하면서 도심지역의 교통량은 감소하는 반면, 도심 외곽 지역과 강남의 중심업무지역의 교통량이 증가하는 과정을 거쳐, 강남지역 전역과 시계지점의 교통량 증가로 정리될 수 있다. 또한 강남·북 간 통행을 담당하고 있는 한강교량의 교통량도 서울시 외곽을 연결하는 일부 교량에서는 큰 폭의 증가세 나타내고 있으나 전반적으로 서울시 전체 교통량과 유사한 감소세를 보인다.

이러한 서울시 도로교통흐름의 공간적 변화는 서울시 거주인구 분포에 나타나는 변화와 매우 밀접하게 연관이 되어 있는 것으로 나타나고 있다. 특히 1990년대 중반이후 수도권 신도시 건설과 함께 서울을 둘러싸고 있는 경기도 지역의 거주인구수가 크게 증가하고 서울시의 거주인구수가 감소하면서 서울과 경기 지역 간 통근·통학인구수가 늘어나는 것과 맥을 같이하고 있다. 또한 1990년대 말 IMF를 거치면서 산업구조의 재편과 함께 나타나고 있는 산업분포의 변화도 서울시 도로교통흐름의 공간적 구조에 영향을 주고 있는 것으로 밝혀졌다. 특히 한강교량을 통하여 이루어지는 강남·북 간의 교통량흐름은 이들 교량이 연결하는 강남지역과 강북지역의 토지이용에 변화를 반영하여 교통흐름의 증감률이 교량별로 상당히 큰 차이를 보인다.

현재 지점별 교통흐름 자료가 서울시역의 범위에 서만 측정되고 있어 본 연구에서 서울시지역에 제한하여 연구가 수행되었으나 서울시는 그 기능적 연계가 서울시내로 국한되어 있는 것이 아니라 일일생활

권에 해당하는 수도권 지역은 물론 전국을 대상으로 하고 있으므로 서울시 도로교통흐름을 서울시내의 공간적 요소들만으로 분석한다는 것은 한계를 가진다. 특히 강남·북의 통행흐름을 담당하고 있는 한강교량의 통행흐름에 나타나는 변화를 설명하기 위해서는 수도권 지역의 거주인구분포 및 산업분포 변화와 함께 기능적 재편 과정을 겪고 있는 서울시의 중심업무지구들의 기능적 재편 연계에 나타나는 변화와 연계한 면밀한 분석이 필요하다고 본다.

따라서 후속 연구에서 본 연구의 결과를 바탕으로 교통흐름에 대한 OD정보와 함께 본 연구에서 다루지 못한 하루 중에도 시간대별 차이와 주 중 요일별 차이 등을 감안한 시·공간적 특성을 현재도 역동적으로 재편 과정을 겪고 있는 서울시 중심업무지구들 사이의 기능적 연계구조와 결합시켜 그들 간의 역동적 상호관계성을 분석하는 연구로 확장해 나가고자 한다.

참고문헌

김강수·정경옥, 2005, “대도시권 통근·통학 특성 변화: 연령별·성별 통행 특성 변화,” 교통 88, pp.48-54.
 김재익, 1995, “도시지역의 통근통행 만족수준 결정요인에 관한 연구,” 대한교통학회지 13(2), pp.5-18.
 김재익·전명진, 1996, “직업중심지별 직주분리패턴의 비교분석: 서울대도시권의 경우,” 지역연구 12(1), pp.77-91.
 김창석·남진, 1996, “수도권지역 기업본사의 입지이전 경로와 특성에 관한 연구,” 국토계획 31(1), pp.43-72.
 서종국, 1998, “도시공간구조변화와 통행행태의 변화관계에 관한 연구: 수도권의 산업 및 직업별 인구분포와 통근행태의 변화중심으로,” 국토계획 33(5), pp.167-182.
 손승호, 2005, “서울시 통근통행의 공간구조 변화: 1996-2002년,” 서울도시연구 6(2), pp.79-94.
 송미령, 1998, “통근자의 통행행태에 영향을 미치는 요인: 공간구조특성과 인구특성 요인,” 국토계획 36(7), pp.241-254.

- 신상영, 2003, “직주접근성과 통근통행: 수도권을 사례로,” 국토계획 38(4), pp.73-87.
- 양재섭 · 김정원, 2007, “서울 대도시권의 기업본사 입지변화와 이전동향 분석: 1990-2003: 3000 대기업 본사를 중심으로,” 서울시연구 8(2), pp.51-63.
- 여흥구 · 정선아, 2002, “서울시 오피스의 공간분포 및 입지 특성에 관한 연구,” 국토계획 37(7), pp.117-135.
- 이금숙 · 홍지연 · 민희화 · 박종수, 2007, “수도권 지하철망상 통행 흐름의 위상학적 구조와 토지이용의 관계,” 한국경제지리학회지 10(4), pp.427-443.
- 이금숙, 2008, “교통흐름에 기인하는 미세먼지 노출 도시인구에 대한 시 · 공간적 분석,” 한국경제지리학회지 11(1), pp.59-77.
- 전명진, 1995, “다핵도시 공간구조 하에서의 통근행태: 서울대도시권을 중심으로,” 국토계획 31(2), pp.223-236.
- 전명진, 1996, “서울시 도심 및 부도심의 성장과 쇠퇴: 1981년-1991년간의 변화를 중심으로,” 국토계획 31(2), pp.33-45.
- 전명진, 1997, “토지이용패턴과 통행수단 간의 관계: 서울의 통근통행수단을 중심으로,” 대한교통학회지 15(3), pp.39-49.
- 전명진 · 정명지, 2003, “서울대도시권 통근통행 특성변화 및 통근거리 결정요인 분석: 1980-2000년의 변화를 중심으로,” 국토계획 38(3), pp.159-173.
- 조혜진 · 김강수, 2007, “수도권 통근통행의 접근도 변화패턴 분석,” 대한지리학회지 42(6), pp.914-929.
- 하성규 · 김재익 · 전명진, 1995, “대도시공간구조 변화패턴에 관한 연구 - 서울시를 중심으로,” 국토계획 30(5), pp.141-152.
- 허우궁, 1991, “서울의 통근과 거주지 선택,” 지리학 26(1), pp.46-61.
- 황상규 · 나기원 · 전명진, 1999, “도시 토지이용과 통행패턴간의 관계: 서울시를 중심으로,” 교통정책연구 6(2), pp.121-139. 국토계획, 30(5), pp.141-152.
- Alonso, W., 1964, *Location and Land Use*, Harvard University Press: Cambridge, MA.
- Anas, A., 1982, *Residential Location Models and Urban Transportation: Economic Theory, Econometrics, and Policy Analysis with Discrete Choice Models*, Academic Press: New York.
- Anas, A. and Duann, L. S., 1986, Dynamic forecasting of travel demand, residence location, and land development: policy simulations with the Chicago area transportation/land use analysis system, in Hutchinson, B. G. and Batty, M. (EDs.), *Advances in urban Systems Modelling*, North-Holland: Amsterdam, pp.299-322.
- Badoe, D. A. and Miller, E., 2000, “Transportation-land use interaction: empirical findings in North America, and their implications for modeling,” *Transportation Research Part D* 5, pp.235-263.
- Cervdesity, R. and Kockelman, K.M., 1997, “Travel demand and the three Ds: density, diversity and design,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2, pp.199-219
- Cohen, J., Cook, R., Bailey, C. R., and Carr, E., 2005, “Relationship between motor vehicle emissions of hazardous pollutants, roadway proximity, and ambient concentrations in Portland, Oregon,” *Environmental Modelling & Software* 20, pp.7-12.
- Colvile, R. N., Kaur, S., Britter, R., Robins, A., Bell, M. C., Shallcross, D., Belcher, S. E., and D.A.P.P.L.E. Project Co-investigators, 2004, “Sustainable development of urban transport systems and human exposure to air pollution,” *Science of the Total Environment* 334, pp.481-487.
- Dor, F., Le Moullec, Y., Festy, B., 1995, “Exposure of city residents to carbon monoxide and monocyclic aromatic hydrocarbons during commuting trips in the Paris metropolitan area,” *Journal of Air Waste Management Association* 45, pp.103-110.
- Filliger, P., Puybonnieux-Texier, V., Schneider, J., 1999, *Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution: An impact assessment project of Austria, France and Switzerland*, Technical Report on Air Pollution, Prepared for the WHO Ministerial Conference for Environment and Health.
- Frank, L. D. and Pivo, G., 1994, “Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit and Walking,”

- Transportation Research Record* 1466, pp.44-52.
- Geurs, K. T, and Van Wee, B., 2004, "Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research direction," *Journal of Transport Geography* 12, pp.127-140.
- Giuliano, G., 1995, Land use impacts of transportation investments: highway and transit, in Hansen, S. (Ed.), *The Geography of Urban Transportation*, Guilford Press: New York, pp.305-341.
- Gulliver, J., and Briggs, D. J., 2005, "Time-space modeling of journey-time exposure to traffic-related air pollution using GIS," *Environmental Research* 97, pp.10-25.
- Hansen, W. G, 1959, "How accessibility shapes land use," *Journal of the American Institute of Planners* 25, pp.73-76.
- Hirschman, I. and Henderson, M., 1990, "Methodology for assessing local land use impacts of highways," *Transportation Research Record* 1274, pp.35-40.
- Hwang, B-F., Lee, Y-L., Lin, Y-C., Jaakkola, J. J. K., and Guo, Y. L., 2006, "Traffic related air pollution as a determinant of asthma among Taiwanese school children," *Downloaded from thorax.bmjournals.com*, pp.467-473.
- Joh, C-H., 2009, "Daily travel pattern using public transport mode in Seoul: an analysis of a multi-dimensional motif search," *Journal of the Korean Geographical Society* 44(2), pp.176-186.
- Kasturi, T., Sun, Z., Wilmot, C. G., 1998, "Household Travel, Household Characteristics and Land Use: An Empirical Study from the 1994 Portland Activity-Based Survey," *Transportation Research Record* 1617, pp.10-17.
- Kaur, S., Nieuwenhuijsen, M., Colvile, R., 2005 "Pedestrian exposure to air pollution along a major road in Central London, UK," *Atmospheric Environment* 39, pp.7307-7320.
- Kim, J. J., Smorodinsky, S., Lipsett, M., Singer, B. C., Hodgson, A. T., and Ostro, B., 2004, "Traffic-related Air Pollution near Busy Roads," *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 170, pp.520-526.
- Kim, T. J., 1983, "A combined land use-transportation model when zonal travel demand is endogenously determined," *Transportation Research* 17B, pp.449-462.
- Kitamura, R., Kazuo, N., and Goulias, K., 1990, Trip chain behavior by central city commuters: A causal analysis of time-space constraints, in P. Jones (Ed.), *Development in Dynamic and Activity-Based Approaches to Travel Analysis*, pp.145-170, Avebury: Aldershot.
- Kuehni, C. E., Strippoli, M-P. F., Zwahlen, M., and Silverman, M., 2006, "Association between reported exposure to road traffic and respiratory symptoms in children: evidence of bias," *International Journal of Epidemiology* 35, pp.779-786.
- Lee, Keumsook, Jung, Woo-Sung, Park, Jong Soo, and Choi, M. Y., 2008, "Statistical analysis of the metropolitan Seoul Subway System: Network structure and passenger flows," *Physica A* 387, pp.6231-6234.
- Lipfert, F. W., Wuzga, R. E., Baty, J. D., and Miller, J. P., 2006, "Traffic density as a surrogate measure of environmental exposures in studies of air pollution health effects: Long-term mortality in a cohort of US veterans," *Atmospheric Environment* 40, pp.154-169.
- Prastacos, P., 1986, "An integrated land use-transportation model for San Francisco region:1. Design and mathematical structure," *Environment and Planning* 18A, pp.307-322.
- Rodrigue, Jean-Paul, Comtois, C. and Slack, B., 2006, *The Geography of Transport System*, Routledge: New York.
- Show, S. and Xin, X., 2003, "Integrated land use and transportation interaction: a temporal GIS exploratory data analysis approach," *Journal of Transport Geography* 11, pp.103-115.
- Van Wee, B., 2002, "Land use and transport: research and policy challenges," *Journal of Transport*

Geography 10, pp.259-271.

교신: 이금숙, 서울특별시 성북구 동선동 3가 249-1, 사회과
학대학 지리학과, 전화: 02)920-7138, 이메일: kslee@
sungshin.ac.kr

Correspondence: Keumsook Lee, 249-1 Dongseon-dong

3-ga, Seongbuk-gu, Seoul 136-742, Korea, Tel:
02)920-7138, E-mail: kslee@sungshin.ac.kr

최초투고일 2009년 9월 11일
최종접수일 2009년 12월 18일

Journal of the Economic Geographical Society of Korea
Vol.12, No.4, 2009(521~539)

Time-Space Analysis of Road Traffic Flows in Seoul*

Keumsook Lee** · Heehwa Min*** · Sohyen Park****

Abstract : This study investigates the time-space characteristics of the road traffic flows in Seoul and the relationship with land use patterns. For the purpose, we analyze the road traffic data collected at 118 observation sites over Seoul City area since 1993. We examine the time-trend of the annual average traffic flows per day during the last fourteen years. Three different trends are revealed: rapid increase during the time period between 1993 and 1997, maintenance same level after sharp decrease between year 1997 and 1998, and gradual decrease after sharp decrease between year 2003 and 2004. The spatial distribution patterns of road traffic flows have also been changed significantly during the period. The traffic flows in the urban center have been declined gradually, while the traffic flows in the boundary area and southern CBDs have increased dramatically. In order to examine the relationship with the changes in the land-use patterns and road traffic flows, we analyze the changes in the spatial distribution patterns of population and industries. We developed three multiple linear regression models to test the relationships between the changes in the land-use variables and road traffic flows.

Keywords : road traffic flows, time-space analysis, break-points, population distribution, land-use patterns, GIS, multiple linear regression models

* This work was supported by the Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government (KRF-2008-327-B00821/1).

** Professor, Department of Geography, Sungshin Women's University.

*** Graduate student, School of Regional Science, Connel University

**** Graduate student, Department of Geography, Sungshin Women's University