

토지이용과 자동차 의존성간의 관계

- 서울시를 사례로 -

신 상 영*

The Relationship between Land Use and Automobile Dependence

- The Case of Seoul -

Sang-Young Shin*

요약 : 본 연구는 자동차 의존도를 낮추기 위한 토지이용적 접근의 적용가능성을 검토하기 위하여 서울시를 사례로 토지이용특성이 통행자의 승용차 이용에 어떤 영향을 미치는가를 분석하였다. 자료는 「2002년 서울시 가구통행실태조사」를 이용하였으며, 통행수단의 선택은 통근통행과 비업무통행으로 구분·분석하였다. 토지이용은 통행자 각각의 출발지와 목적지의 국지적 토지이용, 교통여건, 광역적 입지 등의 차원을 나타내는 지표들을 측정·이용하였다. 분석결과, 통행출발지와 목적지의 압축적 토지이용, 교통접근성, 중심성 등 공간적 특성은 통행자의 자동차 의존도를 낮추는 경향이 있는 반면, 가구소득 등 통행자 개인의 사회경제적 특성은 자동차 의존도를 높이는 보다 강력한 영향변수들이었으므로 나타났다. 각 공간변수들의 자동차 이용에 대한 영향관계는 통행목적에 따라 다양하게 나타나 일률적으로 단정하기가 어려웠다. 분석결과가 제공하는 정책적 시사점은 압축개발, 혼합적 토지이용, 대중교통중심개발 등 토지이용의 조절을 통해 자동차 이용을 억제하고 대중교통 이용을 촉진하려는 정책은 어느 정도 효과는 있겠지만, 그러한 정책들은 소득증가나 생활패턴변화 등 자동차 의존적으로 유도하는 사회경제적 추세의 압도적인 영향에 의해 쉽사리 상쇄될 것이기 때문에 실제 효과가 그리 크지 않을 것이라는 것이다. 또한 미국 대도시들을 중심으로 제안·시행되고 있는 신도시주의(new urbanism) 계획이론들이 서울의 상황에서 그대로 적용되기에는 무리가 있음도 알 수 있다. 끝으로, 토지이용과 통행패턴과의 관계에 대한 국내의 실증적인 연구가 아직 많지 않기 때문에 정책적 적실성을 높이기 위해서는 보다 많은 연구가 다각적으로 이루어질 필요가 있다.

주제어 : 토지이용, 자동차 의존성, 신도시주의, 통근통행, 비업무통행, 수단선택

ABSTRACT : Using 2002 travel diary data, this study analyzes the effect of land use on automobile dependence of residents in Seoul. The probability of automobile use against either public transit or walking/cycling in work and non-work travel is modelled as a function of socioeconomic variables and spatial characteristics at both the origin and destination ends of travel. Numerous variables are used to represent spatial characteristics including local land use,

* 서울시정개발연구원 도시정보연구센터 부연구위원(Associate Research Fellow, Center for Urban Information System, Seoul Development Institute)

transportation supply, and relative location in the metropolitan area. Analysis finds that compact and diverse land uses in and around origins and destinations of travel generally reduce automobile use, but their influences appear to be modest and inconclusive. On the other hand, there are a large number of socioeconomic variables such as household income that contribute to more automobile use. The results suggest that, as long as income and thus automobile ownership increase, new urbanism which purport to more compact, diverse, and non-motorized urban development may have limited effectiveness on reducing automobile dependence and improving air quality in Seoul. The results also suggest that continued research on this topic be necessary as the relationship varies across indicators of land use and travel used.

Key Words : land use, automobile dependence, new urbanism, commuting, non-work travel, mode choice

I. 서론

서울시는 현재 대중교통이용을 활성화하고 승용차이용을 억제하기 위하여 버스노선체계 개편, 버스전용차로제, 버스종합사령실(Bus Management System), 승용차 자율요일제, 공공시설 자동차 주차 제한 등 다양한 정책프로그램들을 적극적으로 시행하고 있다. 이러한 시책들은 주로 대중교통서비스의 향상과 교통수요의 관리라는 비교적 단기적 처방에 주로 초점을 두고 있다. 한편, 보다 중장기적으로 고려할 만한 또 다른 접근방법으로는 토지이용의 조절을 통하여 대중교통이용을 활성화하고 승용차이용을 억제하는 방안이라 할 수 있겠다.

교통수요는 도시에서의 일, 여가, 쇼핑 등 일상적인 활동들을 영위하기 위하여 불가피하게 발생하는 파생수요(derived demand)이며, 토지이용은 이러한 다양한 활동들을 공간적으로 조직화함으로써 통행자의 통행행태에 영향을 미친다. 지금까지 서울시를 비롯하여 우리나라 도시 토지이용은 주로 대단위 아파트단지 개

발, 수퍼블록(super-block), 주차공간 확대, 도시고속도로 확충 등 늘어나는 자동차 수요를 적극 수용하는 방향에서 조직화되었고, 이는 통행자로 하여금 지하철·버스와 같은 대중교통수단보다는 이동성과 유연성이 우수한 개인용 승용차에 대한 의존을 더욱 심화시키는 경향이 없지 않았다. 그러나 신규도로의 확충이 거의 한계에 달한 상황에서 과도한 자동차이용이 전체적인 교통소통에 상당한 부담으로 작용할 뿐만 아니라 날로 악화되는 대기오염의 주된 원인이 됨에 따라 늘어나는 자동차수요를 수용하는 방향의 도시개발 기조는 재검토될 필요가 있다.

본 연구는 서울시를 사례로 토지이용특성이 통행자의 수단선택(mode choice), 특히 승용차이용에 어떤 영향을 미치는가를 분석함으로써 자동차 의존도를 낮추기 위한 토지이용적 접근의 적용가능성 및 정책적 시사점을 얻고자 하는 것을 목적으로 한다. 토지이용특성은 통행자의 출발지와 목적지 각각에서 분석되며, 통행수단은 통근통행(work travel)뿐만 아니

라 쇼핑, 친교, 여가 등 비업무통행(non-work travel)을 위한 것도 포함된다. 통행자료는 「2002년 서울시 가구통행실태조사」를 이용하였다.

본 연구의 특징은 지금까지 이 분야 국내연구들이 주로 거시적인 도시공간구조와 통근통행에 초점을 둔 점을 보완하여 미시적인 토지이용의 차원과 비업무통행을 부각한다는 것이다. 거시적인 도시공간구조에 비해 미시적인 토지이용은 도시전반에 대한 재구조화를 덜 요구한다는 점에서 정책적으로 실행가능성이 높다는 장점이 있다. 또한 비업무통행은 소위 재량적(discretionary) 통행으로서 이론적인 관점에서는 통근통행에 비하여 토지이용에 보다 더 민감하게 반응할 것으로 보여 정책적 효과가 클 것으로 기대된다.

II. 관련연구 검토

통행자의 통행수단 선택행태에 영향을 미치는 차원들은 크게 ① 통행자의 특성(예: 승용차 보유여부, 소득, 직업, 성별 등), ② 통행의 특성(예: 통행목적, 통행거리, 통행시간대 등) ③ 교통서비스의 질(예: 쾌적성, 운행빈도, 통행비용 등) ④ 토지이용패턴(예: 교통시설 및 활동기회에 대한 접근도, 밀도, 다양도 등)으로 구분할 수 있다. 지금까지 통행수단 선택행태에 대한 실증적인 연구들은 주로 통행자의 사회경제적 특성이나 교통서비스 수준과 같은 비공간적 요인들에 초점을 둔 반면, 토지이용패턴과 같은 공간적 요인들은 '주어진' 것으로

처리함으로써 이의 영향관계에 대한 분석은 상대적으로 등한시되는 경향이 있었다.

그러나 최근, 특히 지난 90년대 이래 토지이용패턴이 통행자의 통행행태에 어떤 영향을 미치는가에 대한 연구가 미국을 중심으로 활발하게 이루어지고 있다. 이는 미국 대도시들에서 교통체증과 대기오염의 주된 원인인 과도한 자동차의존과 장거리 통행을 줄이기 위해서는 신규도로의 확충이나 교통수요관리정책(transportation demand management)으로 한계가 있고, 보다 근본적으로는 스프롤(sprawl)로 불리는 저밀도 분산적인 도시개발 패턴 자체를 바꾸어야 한다는 인식이 많은 계획자들 사이에 형성되었기 때문이다. 이에 따라 직주균형(jobs-housing balance), 전통주거단지개발(traditional neighborhood development), 대중교통중심개발(transit-oriented development) 등 소위 신도시주의(new urbanism) 계획개념이 등장하여 미국의 90년대 계획분야에서 가장 활발한 연구와 논쟁주제가 되었다(Duany & Plater-Zyberk, 1991; Calthorpe, 1994). 또한 토지이용조절을 통한 통행패턴의 변화 노력은 통합육상교통효율법(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act)¹⁾의 정책기조가 자동차중심에서 교통수단의 다변화로 옮겨가고, 지방정부의 교통투자를 위한 최대 재원인 연방정부의 교통투자지원비를 수정대기오염법(Clean Air Act Amendment)에 의한 대기오염수준 요건과 연계시킴으로써 대도시 정책결정자들 사이에서도 가장 중요한 관심사로 등장하였다.

1) 현재는 Transportation Equity Act for the 21st Century로 대체되었다.

우리나라의 경우, 미국과는 도시상황에서 많은 차이가 있고 토지이용과 통행특성과의 관계에 대한 실증적인 연구가 많지는 않지만 지난 90년대 중반 이래 점차 증가하고 있다. 이는 도시외곽에서의 대규모 아파트단지개발 등 도시팽창에 따라 장거리 통행, 교통체증 등 많은 문제점이 나타나고 있기 때문으로 보인다.

지금까지의 토지이용과 통행수단과의 관계에 대한 주요 연구들을 미국과 우리나라를 중심으로 사용된 분석방법, 토지이용지표, 주요 연구결과, 주요 쟁점 등의 측면에서 요약·정리하면 다음과 같다.

1. 접근방법

사용된 분석방법은 크게 시뮬레이션계열, 비교분석계열, 회귀분석계열로 구분할 수 있다. 이 중 시뮬레이션계열의 연구는 모형내 변수들의 파라미터들이 이미 주어진 상황에서 대안적인 토지이용패턴에 따른 통행특성이 예측된다는 점에서 변수들의 영향관계 자체가 분석대상은 아니다.

비교분석계열의 연구는 주로 준실험방법(quasi-experimentation) 등을 통하여 대안적인 주거단지(neighborhoods) 또는 활동중심지(activity centers)간의 통행패턴을 기술적으로 비교분석하는 방법을 취한다. 커뮤니티들은 밀도, 용도혼합, 가로패턴, 단지설계, 접근성 등 토지이용특성에 따라 분류된다. 미국에서의 전형적인 연구들은 구시가지의 전통적인(traditional) 커뮤니티와 2차대전 후의 교외지역(suburban) 커뮤니티, 자동차지향적인(automobile-oriented)

커뮤니티와 대중교통지향적인(transit-oriented) 커뮤니티 등으로 구분하여 비교하는 경우가 많다. 비교분석의 단점은 대안적인 커뮤니티들간에 통행특성의 차이가 확인된다 하더라도 구체적으로 어떤 토지이용특성이 얼마만큼 영향을 미쳤는가를 직접 밝혀내지는 못한다는 것이다. 또한, 사회경제적 특성(예: 소득수준)과 같이 통행에 영향을 미치는 다른 요인들이 충분히 통제되지 못하는 문제도 있다.

회귀분석계열의 연구들은 선형회귀모형이나 로짓모형을 사용하는 경우로서, 주로 도시지역 내 주거단지, 센서스공간단위(예: census tracts), 활동중심지 등을 기초로 토지이용특성이 측정되고 이들의 통행에 대한 영향관계가 분석된다. 이러한 연구들은 비교분석계열에 비하여 어떤 토지이용특성이 어떻게 통행행태에 영향을 미치는가를 분석해낼 수 있는 장점이 있는 반면, 통행에 영향을 미치는 통행자의 사회경제적 특성 등을 나타내는 다양한 변수들이 모형에 충분히 포함되어 통제되어야 한다는 부담이 있다.

2. 토지이용지표

커뮤니티의 토지이용특성은 밀도(인구밀도, 고용밀도 등), 용도혼합(다양도, 특화도, 용도별 구성비 등), 단지설계 및 가로패턴(격자형/cul-de-sac, 블록의 길이, 가로폭, 보행자시설, 가로경관, 유형별 주택구성 등), 국지적(local) 또는 광역적(regional) 접근성(교통시설, 생활편의시설, 도심, 고용활동, 주택 등에 대한 접근도) 등 다양한 지표를 통하여 포착된다(Krizek, 2003).

지금까지 이 분야 연구들에서 자주 사용되는 토지이용지표는 밀도, 용도혼합, 직주비율, 도심접근성 등의 지표라 할 수 있다(Newman & Kenworthy, 1989; Ewing, et. al., 1994; Frank & Pivo, 1994; Holtzclaw, 1994; Dunphy & Fisher, 1996; Cervero & Kockelman, 1997). 그 중 밀도지표가 가장 많이 사용되고 있는데, 이는 밀도가 표준적인 토지이용계획과정에서 중심적인 계획지표일 뿐만 아니라 용적률, 건폐율, 최소대지면적 등 토지이용규제들이 결국 밀도규제에 다름 아니기 때문이다.

가로패턴, 단지설계, 주차공간 등과 같이 미시적 차원에서 방대한 조사가 요구되는 지표들을 사용한 연구는 상대적으로 빈약함을 지적할 필요가 있다.

지금까지 연구들은 분석대상이 되는 커뮤니티 내의 토지이용특성을 측정하여 이를 통행특성과 연관시키는 방법이 주류를 이루는 반면, 커뮤니티가 놓인 보다 거시적인 공간적 맥락을 포착하는 면은 상대적으로 약하였다(Handy, 1993; Cervero & Gorham, 1995). 그러나 통근통행의 경우 장거리인 경우가 많고 주로 대도시 전반에 걸쳐 광역적으로 이루어지는 반면, 이를 커뮤니티내의 국지적 토지이용특성만으로 설명하는 것은 불충분하다고 할 수 있다. 또한 커뮤니티들의 토지이용이 비슷하다 하더라도 그 커뮤니티가 도심지역에 입지하는가 또는 교외지역에 입지하는가에 따라 통행특성이 달라질 수 있는 것이다. 따라서 일부 연구들은 커뮤니티의 공간적 맥락을 국지적 접근성(local accessibility)과 광역적 접근성(regional accessibility)으로 구분하여 측정하거나, 분

석대상 공간단위로부터 수 개의 마일(mile) 반경으로 구분하여 측정하는 방법을 취하기도 한다(Handy, 1993; Cambridge Systematics, Inc., 1994; Boarnet & Sarmiento, 1998).

한편, 일군의 연구들은 다양한 토지이용요소들을 포함하는 합성지표(composite indicators)를 사용한다. 이는 토지이용이 어떤 단일한 요소보다는 다양한 요소들이 상호작용하여 상승적인 효과로서 통행에 영향을 미친다고 보기 때문이다. 합성지표를 사용하는 방법으로는 주관적 지표와 객관적 지표로 크게 나눌 수 있다. 주관적 합성지표는 주로 토지이용의 어떤 차원을 잘 나타낸다고 보이는 변수들을 임의로 선정하여 적절한 가중치를 주어 점수화하는 방법을 취한다. 예컨대, Maryland주 Montgomery County의 '대중교통서비스가능지수(transit serviceability index)', Oregon주 Portland시의 '보행환경인자(pedestrian environment factor)' 등이 이에 해당한다고 볼 수 있다(Parsons Brinkerhoff Quade and Douglas, Inc., 1993; Ewing & Cervero, 2001). 객관적 합성지표는 주로 요인분석이나 주성분분석과 같은 다변수 통계기법을 이용하여 변수들을 관통하는 토지이용차원들을 포착하는 방법을 취한다(Cambridge Systematics, Inc., 1994; Cervero & Kockelman, 1997).

3. 주요 발견사항 및 쟁점

토지이용과 통행수단과의 관계에 대한 미국에서의 주요연구결과들을 일반화하여 요약하면 다음과 같다(〈표 1〉 참조).

〈표 1〉 미국에서의 토지이용과 통근수단간의 관계에 대한 주요연구 요약

연구진	대상지역	분석방법	주요 토지이용변수	주요 연구결과
Newman & Kenworthy (1989)	세계 32개 대도시	비교분석	인구밀도, 고용밀도	- 미국 대도시들의 일인당 평균 가솔린 소비량이 호주 대도시들의 2배, 유럽 대도시들의 4배, 그리고 아시아 대도시들의 10배에 달함 - 자동차에 의한 가솔린 소비를 줄이기 위해서는 고밀 토지이용 및 대중교통중심의 도시개발 필요
Cervero (1989)	미국 대도시들의 40개 고용중심지	비교분석	직주비율	- 직주불균형이 심한 지역일수록 도보·자전거에 의한 통근비율이 낮고 교통체증이 보다 심함 - 과도한 자동차의존 등 교통문제 해결을 위해서는 혼합적 토지이용 등을 통한 직주균형정책 필요
Cambridge Systematics, Inc.(1994)	Los Angeles County내 330개 고용입지	비교분석	주성분분석을 이용 24개 변수로부터 토지이용 다양성, 생활편의시설 이용가능성, 접근성, 안전감, 미적 측면의 5개 합성지표 추출	- 자동차통근을 줄이기 위한 교통수요관리프로그램은 토지이용 및 설계적 요소들이 이를 뒷받침할 수 있는 특징을 갖고 있는 경우에 효과 있음
Ewing, et. al. (1994)	Florida Palm Beach County내 6개 커뮤니티	비교분석	주거밀도, 고용밀도, 직주비율, 공동주택비율, 주거지기반 고용접근도, 고용지기반 고용접근도	- 저밀의 접근성이 낮은 교외지역이 전통적인 커뮤니티들 보다 자동차 통행시간 장기화, 그러나 큰 차이를 보이지는 않음
Frank & Pivo (1994)	Puget Sound area	회귀분석	용도혼합, 인구밀도, 고용밀도	- 밀도 및 혼합적 토지이용이 증가함에 따라 대중교통 및 보행통행은 증가하고 '나홀로' 운전 감소 - 토지이용과 통행은 비선형관계
Friedman, et. al. (1994)	San Francisco Bay area	비교분석	단지설계 측면에서 교외지역의 일반적인 주거지역과 전통적인 주거지역 구분	- 전통적인 주거지역이 일반적인 교외주거지역 보다 자동차 통행비중이 낮음
Holtzclaw (1994)	California내 28개 주거지역	회귀분석	주거밀도, 대중교통접근성, 근린쇼핑시설, 보행접근성	- 밀도 및 대중교통접근성이 높을수록 자동차 통행이용비율이 낮고 거리도 짧음
Cervero & Gorham (1995)	San Francisco Bay area 14개, Los Angeles area 12개 주거지역	비교분석	교통시설, 가로패턴 등의 측면에서 대중교통중심 주거단지와 자동차중심 주거단지 구분	- 양 대도시지역의 대중교통중심 주거단지에서 보행통근비율 높음 - 버스통근비율의 경우, Bay area에서는 대중교통중심 주거단지에서 높게 나타났으나, Los Angeles area에서는 차이 없음 - 국지적인(local) 토지이용뿐만 아니라 광역적인(regional) 입지 또한 통행에 중요한 영향을 미침
Dunphy & Fisher (1996)	1990 미국 National Personal Transportation Survey	비교분석	인구밀도	- 밀도가 높을수록 차량통행거리가 길어지는 경향이 있음 - 그러나 밀도는 사회경제적 변수와 밀접한 관련성 있음
Handy (1996)	San Francisco Bay area의 4개 주거지역	비교분석	가로패턴, 교통시설, 생활편의시설에 대한 접근도 등	- 물리적 접근성이 높을수록 비업무 보행통행비율이 높음
Cervero & Kockelman (1997)	San Francisco Bay area	로짓분석	요인분석을 이용 20개 변수로부터 밀도, 다양성, 설계의 3개 합성지표 추출	- 밀도, 혼합적 토지이용, 보행자지향적인 설계는 자동차 통행을 감소시키는 경향이 있음. 그러나 그 영향은 약한 편임
McNally & Kulkarni (1997)	California Orange County내 20개 주거단지	비교분석	가로패턴, 토지이용, 설계 측면에서 전통적, 계획적, 혼합적 주거단지로 구분	- 주거단지유형은 통행수단선택에 영향을 미침 - 그러나 소득이 가장 압도적으로 중요한 요인이기 때문에 단지유형의 상대적 효과는 미미함
Crane & Crepeau (1998)	San Diego	로짓 및 프로빗분석	가로패턴, 도로밀도, 용도별 토지이용비율, 도심접근도 등	- 주거단지 설계적 요소가 자동차통행에 미치는 영향은 매우 약함
Hess, et. al. (1999)	Central Puget Sound area의 12개 근린상업중심지	비교분석	블록규모, 보행시설 등 단지설계 패턴	- 블록규모가 작고 보행시설이 잘 발달된 주거단지일수록 보행통행비율이 높음

- ① 저밀의 분산적인 교외지역에 비해 고밀의 압축적인 토지이용패턴을 갖는 전통적인 커뮤니티들에서 장거리 자동차통행 비중이 낮고 대중교통 및 보행통행비중이 높다.
- ② 통근과 같은 장거리 자동차통행은 밀도, 용도혼합 등과 같은 국지적 토지이용보다는 도심접근성, 고용접근성 등과 같은 광역적인 입지에 보다 많은 영향을 받는다.
- ③ 고밀 또는 토지이용 다양성이 높을수록 대중교통 및 보행통행비중이 높다.
- ④ 통행은 주거지(출발지)에서의 토지이용 뿐만 아니라 고용지(목적지)에서의 토지

이용에도 많은 영향을 받는다. 따라서 주거단지 토지이용특성만으로 통행을 설명하는 것은 불충분하다.

- ⑤ 격자형 도로망, 블록길이, 교통진정화(traffic-calming),²⁾ 조정, 보행자편의시설 등과 같은 가로패턴 및 단지설계에 관련되는 변수들은 장거리 자동차통행을 설명하는데에는 거의 도움이 되지 못한다. 또한 이들 요소들이 단거리 소규모 통행에는 어느 정도 긍정적인 영향을 미치는지는 하나 아직 어떤 결론을 내리기는 매우 불충분하다.

우리나라에서의 이 분야 연구는 미국에서처

〈표 2〉 국내에서의 토지이용과 통근수단간의 관계에 대한 주요연구 요약

연구진	대상지역	분석방법	주요 토지이용변수	주요 연구결과
전명진 (1997)	수도권	로짓분석	출발지 및 목적지의 밀도, 전철역 유무, 도심/부도심 여부	- 직장 및 주거밀도가 높을수록 전철, 버스 등 대중교통수단에 대한 높은 의존도 보임 - 전철접근성이 통근수단선택에 중요한 요소로 작용함 - 직장중심지의 경우 버스보다는 자가용이용률이 높은 것으로 고밀도정책이 반드시 대중교통수단으로의 이동을 의미하는 것은 아님
송미령 (1998)	수도권	회귀분석	고용밀도, 사무실밀도, 토지이용 혼합도, 직주 비율	- 토지이용 혼합도가 높을수록 자동차통근비중은 줄어드는 경향 있음 - 사회경제적 변수들 또한 통근에 중요한 영향을 줌
김성희 이창무 안건혁 (2001)	지하철4호선 과천역 인근	로짓분석	대중교통접근성, 직장위치, 직장에서의 주차여건 등	- 승용차에 대응한 대중교통의 상대적인 시간 및 비용이 통행수단선택에 큰 영향을 줌 - 대중교통 접근시간 및 거리가 길어질수록 승용차의존도는 증가함 - 통행수단전환 임계치는 약 400~500m 또는 6분 내외임
이재영 김형철 (2002)	성남시, 후쿠오카(일본)	비교분석	인구밀도, 대중교통접근성 등	- 콤팩트형과 스프롤형 도시 공히 인구밀도가 증가할수록 자동차에너지 및 보행에너지 소비가 감소하는 경향이 있음 - 그러나 콤팩트형에서 밀도증가에 따른 에너지절감효과가 더욱 큼

2) 교통진정화(traffic calming)란 유럽과 호주에서 처음 사용된 용어로서 속도방지턱, 차선수 축소, 일방통행, 교차로에서의 회전제한, 차로폐쇄 등 교통량과 속도를 통제하기 위한 각종 조치들을 포괄하는 용어이다.

럼 풍부하지는 않지만 지난 90년대 중반 이래 조금씩 늘어나고 있는 바, 미시적인 토지이용 차원보다는 대도시의 거시적인 공간구조(예: 교외화, 다핵화)에 관련된 연구들이 많으며, 통행지표에 있어서도 비업무통행보다는 통근통행에 주로 초점이 두어지고 있다. 미국과는 도시여건에서 많은 차이가 있음에도 불구하고 유사한 연구결과를 보이고 있다. 예컨대, 밀도, 용도혼합, 대중교통접근성 등이 대중교통이용에 긍정적으로 영향을 미치는 것으로 나타난다(전명진, 1997; 송미령, 1998; 김성희·이창무·안건혁, 2001; 이재영·김형철, 2002). 그러나 지금까지의 연구결과만을 가지고 단정적인 결론을 내리거나 어떤 정책을 펴기에는 상당한 무리가 있는 것으로 보인다(〈표 2〉 참조).

토지이용전략을 통하여 자동차 의존도를 낮추는 문제에 대한 반론은 정책적 효과, 접근방법 등 다양한 측면들에 대하여 제기되고 있으나, 정책적 의도 및 효과의 측면을 중심으로 주요 반론을 요약하면 다음과 같다(Gordon & Richardson, 1989; Downs, 1992; Giuliano, 1992; Bae, 1993; Crane, 1996; Gordon & Richardson, 1997; Salomon & Mokhtarian, 1998).

- ① 사람들이 어떤 환경에서 살고, 일하고, 어떻게 통행하는가의 문제는 매우 복잡한 문제일 뿐만 아니라 토지이용정책을 통해 인위적으로 조절하려는 시도는 사람들의 자유로운 선택권을 제한하기 때문에 바람직하지 않다.
- ② 교통문제는 정책적인 개입 없이도 시장

의 자동조절과정을 통하여 점차 안정화되는 경향이 있다.

- ③ 과도한 자동차의존과 가솔린소비가 문제가 된다 하더라도 이미 시가화가 된 지역에서는 적용하기가 대단히 어렵고 장구한 세월이 소요되며, 실제 효과도 크지 않다.
- ④ 토지이용정책보다는 연료세와 같은 가격 정책이나 기술개발을 통한 해결책이 보다 간단하고 적용하기 쉽고 또한 효과적이다.
- ⑤ 고밀화와 압축개발을 통한 접근도 향상은 통행빈도를 더욱 증가시킬 것이다. 또한 자동차이용이 압도적으로 선호되는 상황에서 접근도 향상으로 늘어난 통행에 대하여 자동차에서 대중교통으로의 수단전환이 충분히 일어나지 않으면 의도와는 반대로 오히려 전체 자동차통행량을 증가시키는 결과를 초래할 수 있다.

4. 소결

본 연구를 위하여 기왕의 연구들로부터 얻을 수 있는 몇가지 시사점으로는, 첫째, 토지이용과 통행과의 관계에 대한 연구가 미국을 중심으로 많이 축적되어 있지만 단정적인 결론을 내리기에는 부족한 점이 많기 때문에 많은 추가적인 연구들이 필요하다는 것이다. 특히 우리나라에서 이 분야 연구는 아직 빈약한 실정에 있다. 둘째, 밀도, 용도혼합 등 일반적인 토지이용지표들에 대해서는 많은 연구들이 이루어졌으나, 가로패턴, 단지설계 등 미시적인

차원의 공간지표들에 대해서는 연구가 빈약하다. 따라서 토지이용특성을 포착하는 데 사용되는 지표가 보다 다양화, 정밀화될 필요가 있다. 셋째, 출발지(거주지)뿐만 아니라 목적지(직장, 쇼핑 등)의 토지이용특성 또한 통행행태에 영향을 미칠 것이므로 토지이용특성이 통행의 양단에서 포착될 필요가 있다. 넷째, 통행자의 사회경제적 특성(예: 소득, 직업, 성별)은 토지이용과 밀접하게 관련되어 있을 뿐만 아니라 통행수단선택에 압도적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있기 때문에 분석과정에서 충분히 통제되어야 한다. 다섯째, 통근통행에 비해 상대적으로 연구가 빈약한 쇼핑, 여가 등 비업무통행에 대한 강조가 있어야 한다. 여섯째, 최근 연구들에서 많이 해소되기는 했으나, 집계적(aggregate) 자료를 사용하는 경우 통행자가 왜 특정한 통행수단을 이용하는가 하는 행태적인 측면을 규명하기 어려우므로 비집계적(disaggregate) 자료를 이용한 분석이 보다 필요하다.

III. 분석방법 및 자료

1. 분석방법

서울시 거주자를 대상으로 토지이용과 자동차의존간의 관계를 분석하는 본 연구의 방법을 설명하면 다음과 같다. 우선, 분석대상 통행자는 자동차를 보유한 소위 선택통행자(choice riders)에 한정하였다. 자동차를 보유하지 않기 때문에 대중교통이나 여타 수단을 이용할 수 밖에 없는 의존통행자(captive riders)는 당연히

히 자동차 의존도가 낮을 것이기 때문에 분석대상에서 제외하였다.

둘째, 통행자를 통행목적과 재량성 정도가 다른 통근자(work travelers)와 비업무통행자(non-work travelers) 두 집단으로 크게 구분하여 분석하였다. 통근자는 매일(평일) 직장으로 출퇴근하는 직장인을 말하며, 비업무통행자는 주부, 재택근무자, 무직자 등 통근을 하지 않는 통행자로서 통행목적이 대부분 쇼핑, 여가/친교, 기타 개인활동인 경우이다. 미취학아동과 통학을 하는 학생은 분석대상에서 제외된다.

셋째, 분석대상 통행은 출발지(대부분 집)에서 목적지(직장, 쇼핑 등)까지의 출발통행만을 대상으로 하며, 목적지로부터 귀가통행은 통행수단에 있어 출발통행과 대부분 동일하기 때문에 분석대상에서 제외하였다. 또한, 통행목적지가 경기도를 비롯한 서울시 바깥인 경우, 토지이용, 교통시설 등에 대한 자료구득에 어려움이 많아 분석대상에서 제외하였다.

넷째, 통행중 다른 활동(내려주기/태워주기, 직업관련업무, 개인용무 등)과 연계가 이루어지는 통행연계(trip chaining)의 경우, 이는 통행목적지가 아니라 중간기착지(activity stops)로 본다.

다섯째, 통행수단이 두 가지 이상인 경우(대부분 대중교통이용자)에는 주된 통행수단을 분석대상으로 하며, 주된 통행수단이란 출발지와 목적지간의 연계통행에서 가장 긴 통행시간을 차지하는 통행(trip)을 말한다.

여섯째, 통계적 추정을 위하여 이산형(discrete) 종속변수를 위한 회귀분석의 일종

인 로지스틱 회귀모형(logistic regression)을 사용하였다(SAS Institute, Inc., 2000).³⁾ 두개의 대안적인 통행수단 중에서 승용차를 이용할 확률을 모형화하기 위하여 로지스틱 회귀분석은 소위 로짓함수(logit function)라 불리는 통행수단간 선택확률비의 자연대수(log-odds)를 통해 독립변수들과의 관계를 선형형태로 모형화하고, 최대우도(maximum likelihood) 방법으로 모형을 적합화한다. 통행자 i 가 다른 통행수단에 비교하여 승용차를 이용할 확률을 선형회귀식의 형태로 나타내면 다음과 같다.

$$\log \frac{P_i}{1 - P_i} = \beta X_i$$

여기에서 P_i 는 통행자 i 가 통행시 승용차를 이용할 확률, X_i 는 통행자 i 의 사회경제적 특성과 출발지 및 목적지의 공간적 특성(토지이용 등)을 나타내는 벡터, β 는 벡터 X 의 추정된 계수를 나타낸다. 승용차 이용확률의 실제 예측치는 추정된 파라미터를 이용하여 다음의 변환된 공식에서 계산할 수 있다.

$$P_i = \frac{\exp(\beta X_i)}{1 + \exp(\beta X_i)}$$

2. 자료 및 변수

본 연구를 위한 주된 자료라 할 수 있는 통행 및 통행자의 사회경제적 특성에 대한 자료는 수도권 거주자들을 대상으로 주중(월~금) 일일동안의 통행 및 활동을 기록한 「2002년 서울시 가구통행실태조사」로서, 그 중 서울시 거주자들을 발췌하여 사용하였다. 또한 통행출발지와 목적지의 토지이용특성을 분석하기 위해 사용한 자료는 2002년 기준 「서울시 통계연보」, 「사업체 기초통계조사」, 2000년 기준 「인구 및 주택 총조사」, 「서울시 동별 건축물 연상면적 자료」, 그리고 GIS 자료인 2000~2002년 기준 토지이용도, 간선도로망도(4차선급 이상), 전철역/노선도, 버스노선도, 행정구역도 등이다.

분석모형에서 사용한 변수들과 이에 대한 설명은 <표 3>과 같다. 우선, 통행수단 선택지표인 자동차 의존도는 주된 통행수단을 승용차(직접 운전 또는 다른 사람의 승용차를 함께

3) 본 연구에서 사용하는 로지스틱 회귀모형은 다항로짓모형(multinomial logit model)이라 불리기도 하며, 주어진(선택된) 통행수단(본문의 예에서는 승용차)의 로그-오즈(log-odds)에 대한 독립변수들(사회경제적 특성, 거주지와 직장입지의 공간적 특성 등 통행자와 관련된 속성)의 영향관계를 추정한다. 그러나 다항로짓모형이라는 용어는 미시경제학적 개념에 기초한 직접적인 통행수단 선택모형인 McFadden류의 조건부로짓모형(conditional logit model) 또한 동일한 명칭이 통상 사용됨으로 인하여 혼란이 있을 수 있다. 조건부 로짓모형은 가능한 통행수단들(자동차, 대중교통, 보행·자전거 등) 중에서 효용을 극대화(utility maximization)하는 수단을 선택함에 있어 통행수단들의 속성(예: 수단별 통행시간, 비용, 서비스의 질 등)의 영향관계를 추정한다(Ben-Akiva & Lerman, 1985).

$$P_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_j \exp(V_{ij})}, \quad V_{ij} = \beta X_{ij}$$

여기에서 P_{ij} 는 통행자 i 가 수단 j 를 선택할 확률, V_{ij} 는 통행자 i 의 수단 j 에 대한 선형형태인 유틸리티함수의 비확률적(non-stochastic) 부분, X_{ij} 는 수단 j 의 속성, β 는 벡터 X 의 추정된 계수이다. 따라서 조건부로짓모형을 적용하기 위해서는 통행자 개개인이 직면하는 대안적인 통행수단 각각의 효용 계산을 위하여 n (통행자)× m (통행수단)의 자료가 필요하다. 그러나 본 연구에서 사용하는 통행자료는 통행자가 선택한 통행수단, 즉 선택결과에 대한 정보는 제공하지만 대안적인 통행수단에 대한 정보(예: 승용차이용자가 만약 대중교통을 이용할 경우의 통행시간)를 직접 제공하지는 않는다.

〈표 3〉 분석에 사용된 변수 요약

구 분	변 수 명	세 부 내 역
통행수단선택 (종속변수)	자동차 의존도	출발통행시 대중교통(지하철, 버스 등) 대비 승용차 이용확률 출발통행시 도보·자전거 대비 승용차 이용확률
토지이용	인구 및 고용밀도	출발지: 주거용토지 면적(ha) 대비 인구수 목적지: 사업용토지 면적(ha) 대비 종사자수
	상업/업무면적 비중	출발지·목적지 동별 총 건축연면적 중 상업/업무시설 연면적 구성비(근린생활시설, 식품위생시설, 문화시설, 의료시설, 시장, 사무실, 교육연구시설 등)
	주거시설면적 비중	출발지 동별 총 건축연면적 중 주택 연면적 구성비
	대규모 소매점 유무	더미(출발지·목적지 동별 백화점/쇼핑센터 유무)
	아파트 비중	출발지 동별 총주택 호수 중 아파트 구성비
교통시설	도로율	출발지·목적지 동별 중심(centroid)에서 1,000m 반경내 총면적에 대한 도로 용지면적 구성비
	간선도로연장	출발지·목적지 동별 중심에서 1,000m 반경내 간선도로(4차선급 이상) 연장(km)
	전철 접근성	출발지·목적지 동별 중심에서 가장 가까운 전철역까지의 직선거리(m)
	버스 접근성	출발지·목적지 동별 중심에서 500m 반경내 버스노선수(마을버스 포함)
광역적 입지	도심접근성	출발지·목적지 동별 중심에서 CBD(서울시청 광장)까지의 직선거리(km)
	고용접근성*	출발지·목적지 동별 고용기회에 대한 중력모형기반 접근도지수
	강북/강남	더미
통행특성	통행소요시간	출발지와 목적지간 통행소요시간(분)
	통행시간대	더미(오전 7:00~9:00 출발)
	통행연계여부	더미(통행 중 태워주기/내려주기/직업관련/개인용무/쇼핑 등)
통행자의 사회경제적 특성	성 별	더미
	나 이	
	가구주여부	더미
	직 업	더미: 주부/무직, 전문/기술/행정/사무/관리직, 판매/서비스직, 생산/운수/일반노무/기타
	월 가구소득	더미: 150만원 미만, 150~239만원, 240~399만원, 400만원 이상
	가구원수	
	거주주택 유형	더미(아파트)

주: * 표시가 된 지표들의 구체적인 측정방법은 본문에서 추가 설명함.

이용), 대중교통(지하철, 버스, 마을버스 등), 도보·자전거로 구분한 후, 대중교통 대비 승용차 이용확률, 도보·자전거 대비 승용차 이용확률의 두개 변수로 국한하였다.

통행수단 선택행태를 설명하는 변수들은 크게 통행자의 사회경제적 특성, 통행 자체의 특

성(통행시간, 통행시간대, 통행연계 여부 등), 그리고 통행의 출발지와 목적지 각각에서의 토지이용, 교통접근성, 광역적 차원에서의 상대적 입지(도심 및 직장접근성 등)로 구분할 수 있다. 지금까지 관련연구들에서 사용한 변수들을 고려하되, 사용되는 자료로부터 측정가

능한 범위 내에서 적절한 변수들을 선정하였다. 자료의 정밀도 문제로 인하여 토지이용 등 공간적 특성을 나타내는 대부분의 지표들은 행정동 단위로 측정되며, 각 동의 면적과 형태가 다르므로 인하여 발생하는 왜곡을 방지하기 위하여 상대적(relative) 지표를 사용하였다.

사용된 변수들 중에서 고용(산업활동)에 대한 접근도지수(accessibility index)에 대해서는 추가적인 설명이 필요한 바, 통행의 출발지와 목적지 각각에서의 활동기회에 대한 광역적 접근성을 수치적으로 나타내기 위하여 다음과 같이 중력모형(gravity model)으로부터 원용된 Hansen형 접근도지수를 사용하였다.

$$A_i = \sum_j O_j f(d_{ij})$$

여기에서 A_i 는 동(통행의 출발지 또는 목적지) i 의 고용접근도지수, O_j 는 동 j 의 일자리(사업체 종사자)의 수, $f(d_{ij})$ 는 통행에 따른 비효용(disutility)을 나타내는 거리조락함수(distance decay function)이다.

우선, 일자리 기회의 경우, 서울의 경제권역은 서울뿐만 아니라 경기·인천지역도 포함될 수 있기 때문에 서울·경기·인천의 64개 시·군·구(경기·인천의 외곽에 있는 일부 시·군·구 제외)를 대상으로 측정하였다.

거리조락함수는 지수적(exponential) 형태인 $\exp(-\beta d_{ij})$ 를 가정하였다. 거리마찰계수 β 의 추정을 위하여 동(洞)과 동간의 직선거리를 GIS를 통해서 계산하여 「2002년 서울시 가구통행실태조사」의 소존간 총통행량 O~D자료와 결합하고, 통행량 분포를 다시 2km 거리구간

(cohort)별로 나누어 자연대수를 취한 후 선형회귀분석하였다.

$$\ln(P_d) = 15,691 - 0,268d$$

$$N(2\text{km 거리구간의 수}): 15$$

$$\text{기울기 } d \text{의 } t\text{값} = -15,34 \quad (p = < .0001)$$

$$R^2 = 0,940$$

여기에서 P_d 는 2km 거리구간별 통행량을 말하며, d 는 각 거리구간의 중간값이다. 분석결과에 따라 거리조락함수는 $\exp(-0,268d_{ij})$ 의 형태를 갖는 것으로 추정된다.

접근도지수는 수도권에 걸쳐 분포된 산업활동들에 대한 상대적인 입지를 나타내는 지표로서 지수가 클수록 당해 입지가 그만큼 광역적 차원에서 중심에 있고 잠재적인 활동기회들이 가까이 있음을 나타낸다. 유사한 지표로서 도심까지의 거리 변수가 포함되어 있으나, 오늘날의 다핵적인(polycentric) 도시공간구조를 나타내는 데 있어서는 접근도지수가 보다 적절할 것으로 보인다.

3. 변수의 선별

토지이용과 자동차 의존도간의 관계에 대한 본분석에 앞서 독립변수들간의 상관관계(correlation) 검토를 통한 변수선별과정을 거치도록 하였다. 이는 모형추정에 있어 많은 변수들을 사용한다고 좋은 결과가 나오는 것이 아니라 적절한 변수를 찾아내는 것이 중요하다고 보기 때문이다. 특히 독립변수들간에 다중공선성(multicollinearity)이 존재하는 경우에는 추정된 계수의 분산이 확대되므로 통계적

추론의 입장에서 바람직하지 않다.

본 연구의 분석을 위하여 동원된 많은 공간 변수들은 상호보완 또는 대체관계에 있을 수 있기 때문에 적절한 변수선정을 위하여 우선 변수들간의 상관관계분석을 하였다(〈표 4〉 및 〈표 5〉 참조). 상관관계가 높은 변수들을 어느 정도 수준에서 취사선택할 것인가에 대한 절대적인 기준은 없지만 대략 상관관계가 0.6 이상인 경우에는 문제가 되는 것으로 보았다.

우선, 출발지에서는 주거시설면적비율, 도로용지율, 도심까지의 거리 등 3개 변수를 제외하였다. 예상한대로 주거시설면적비율은 상업/업무시설면적비율과 강력한 부(-)의 상관관계

에 있고, 도로용지율은 간선도로연장과 정(+)의 상관관계에, 그리고 도심까지 거리는 고용접근도와 부(-)의 상관관계에 있다.

목적지에서는 간선도로연장, 도심까지의 거리 제외 등 2개 변수를 제외하였다. 간선도로연장은 도로용지율, 상업/업무시설면적비율, 버스노선수와 정(+)의 상관관계에 있고, 도심까지 거리는 고용접근도와 부(-)의 상관관계에 있다.

또한 통행수단 추정모형내에서 일정수준 이상 통계적으로 유의한 변수들만을 모형에 포함하기 위하여 단계적(stepwise) 로지스틱 회귀분석을 통한 변수선별과정이 본분석에 앞서

〈표 4〉 통행 출발지에서의 공간변수들간의 상관관계

구 분	인구밀도	상업/업무 시설	주거시설	아파트 비율	도로 용지율	간선도로 연장	지하철역 거리	버스 노선수	도심까지 의 거리
상업/업무면적비율	-0.230								
주거시설면적비율	0.194	-0.935							
아파트비율	0.409	-0.323	0.252						
도로용지율	0.229	0.440	-0.447	0.158					
간선도로연장	0.171	0.375	-0.361	0.023	0.756				
지하철역 거리	-0.118	-0.225	0.218	-0.046	-0.427	-0.482			
버스노선수	-0.011	0.346	-0.324	-0.121	0.341	0.353	-0.240		
도심까지의 거리	0.381	-0.198	0.175	0.288	-0.014	-0.147	0.131	-0.442	
고용접근도	-0.268	0.392	-0.377	-0.081	0.358	0.298	-0.250	0.256	-0.603

〈표 5〉 통행 목적지에서의 공간변수들간의 상관관계

구 분	고용밀도	상업/업무시설	도로용지율	간선도로연장	지하철역거리	버스노선수	도심까지의 거리
상업/업무면적비율	0.219						
도로용지율	0.229	0.520					
간선도로연장	0.231	0.626	0.698				
지하철역 거리	-0.177	-0.348	-0.484	-0.519			
버스노선수	0.184	0.590	0.458	0.623	-0.320		
도심까지의 거리	-0.242	-0.597	-0.236	-0.520	0.317	-0.629	
고용접근도	0.209	0.598	0.462	0.502	-0.324	0.396	-0.689

이루어졌다(SAS Institute, Inc., 2000).⁴⁾

IV. 분석결과

1. 통근통행

토지이용과 자동차 의존성간의 관계를 분석하기 위하여 승용차 이용확률을 대중교통과 도보·자전거 각각에 대한 비율로서 분석하였다. 또한 분석모형은 통행자의 사회경제적 특성 및 통행특성에 관련된 변수들만을 포함하는 경우와, 이들 변수에 통행출발지와 목적지에서의 토지이용, 교통시설, 광역적 입지 등 공간적 특성을 나타내는 변수들을 추가한 경우의 각각에 대해 추정되었는데, 편의상 '기본모형'과 '공간모형'이라 칭하였다. 이는 공간변수들이 모형에 포함됨으로써 전체적인 모형적합도 개선에 기여하는 정도를 보기 위함이다.

〈표 6〉은 통근통행시 승용차 이용확률에 대한 로지스틱 회귀분석 결과이다. 전반적인 모형의 적합도는 유사결정계수(Nagelkerke- R^2) 기준으로 대중교통에 대비한 승용차 통행선택에서는 기본모형 30.2%, 공간모형 35.1%, 도보·자전거에 대비한 승용차 통행선택에서는 기본모형 48.0%, 공간모형 49.5%로 각각 나타났다. 따라서 대중교통과 승용차간의 선택보다는 도보·자전거와 승용차간의 선택문제를 설명하는데 모형이 보다 적합함을 알 수 있다.⁵⁾

또한 통근출발지와 목적지에서의 공간적 특성이 통근자의 통행수단 선택행태를 설명하는데 추가적으로 기여하는 정도는 그렇게 크지 않다.

통근통행에서 자동차 의존도는 통근자의 사회경제적 특성 및 통행여건에 관련된 변수들이 압도적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 우선, 통근자의 사회경제적 특성과 관련된 변수들에서는 가구소득, 가구주 여부, 성별, 거주주택유형, 직업 등의 변수들이 큰 영향을 미치고 있다. 예컨대, 가구소득이 높을수록, 가구주인 통근자가 그렇지 않은 통근자보다, 여성통근자보다는 남성통근자가 자동차 의존도가 높다. 또한 아파트 거주자가 단독주택이나 그 외 유형의 주택 거주자들에 비해 자동차 의존도가 높게 나타난 것은 지난 수십년간 집중 건설된 아파트단지들이 자동차를 수용하는 방식으로 개발되었다는 점과 궤를 같이 한다(임희지, 2001).

직업과 자동차 의존도와 관계에서는 비교대상이 대중교통인지 또는 도보·자전거인지에 따라 달리 나타났다. 예컨대, 대중교통에 대비한 승용차 통행선택에서는 전문/사무/관리직에 비해 판매/서비스직이 보다 자동차 의존적인 반면, 도보·자전거에 대비한 승용차 통행선택에서는 판매/서비스직에 비해 전문/사무/관리직이 보다 자동차 의존적이다. 따라서 전문/사무/관리직은 대중교통과 승용차, 판매/

4) 변수가 모형내에 포함되기 위하여 요구되는 유의수준은 0.25이다.

5) 모형의 적합도가 승용차/대중교통보다 승용차/도보·자전거에서 높은 이유는 통행, 특히 장거리 통행에서 승용차-대중교통간에 비해 승용차-도보·자전거간에는 대체(substitution)가 어렵고 따라서 통행자 집단이 보다 뚜렷하게 구분되기 때문인 것으로 보인다.

〈표 6〉 통근통행시 승용차 이용확률에 대한 로지스틱 회귀분석 결과

독립변수			log(승용차/대중교통)에 대한 추정계수		log(승용차/도보·자전거)에 대한 추정계수	
			기본모형	공간모형	기본모형	공간모형
출발지	상업/업무면적비율					-0.012**
	아파트 비율					0.003*
	지하철역까지의 거리			0.0003**		
	고용접근도			0.0007**		
	강북/강남	강남		0.144**		
목적지	고용밀도					-0.0001**
	상업/업무면적비율			-0.008**		0.010**
	대규모소매점	동내에 있음		-0.081		
	도로용지율					0.027**
	지하철역까지의 거리			0.0002**		
	버스노선수			-0.004**		
	고용접근도			-0.001*		
	강북/강남	강남		0.324**		0.225**
통행소요시간			-0.009**	-0.008**	0.077**	0.073**
통행시간대			오전 7:00~9:00 출발	-0.266**	-0.236**	-0.097
통행연계여부			통행중 직업관련/개인용무/태워주기/내려주기 등	-2.760**	-2.840**	-4.943**
성별			남	0.680**	0.742**	0.796**
나이					-0.021**	-0.019**
가구주여부			가구주	0.876**	0.897**	0.500**
직업(전문/사무/관리직)	판매/서비스직 생산/일반노무 등	판매/서비스직	0.179**	0.241**	-0.375**	-0.359**
		생산/일반노무 등	0.124	0.110	-0.509**	-0.486**
월 가구소득 (150만원 미만)	150~239만원		0.132*	0.122*	0.407**	0.393**
	240~399만원		0.253**	0.256**	0.742**	0.701**
	400만원 이상		0.606**	0.602**	1.069**	1.016**
가구원수			-0.052**	-0.041*		
거주주택 유형			아파트	0.146**	0.187**	0.689**
Intercept			-0.396**	-0.702**	-1.185**	-1.671**
No.			11,961	11,961	8,120	8,120
Cox & Snell R ² (Nagelkerke R ²)			0.247(0.302)	0.283(0.351)	0.343(0.480)	0.353(0.495)
Likelihood ratio			2278.30**	2813.73**	2579.37**	2691.20**

주: ** p=0.01 수준에서 통계적으로 유의; * p=0.05 수준에서 통계적으로 유의

서비스직 등은 승용차와 도보·자전거로 분화되는 경향이 있음을 추측할 수 있다.

통근여건과 관련해서는 통행연계(trip chaining) 여부, 통행시간대, 통행소요시간 등의 변수가 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

특히, 통행연계 여부는 분석모형에 포함된 설명변수들 중에서 가장 강력한 변수로서, 출근 통행중 다른 활동과 연계가 있을수록 자동차 의존도가 낮은 경향이 있다. 이는 통근자가 통근통행을 내려주기/태워주기, 직업관련업무,

개인용무, 쇼핑 등 다른 활동과 연계하는 경우 이동성(mobility)이 중요하기 때문에 자동차 의존도가 높을 것이라는 이론적 기대와는 상반되는 것이다. 그러나 분석대상이 시간적 제약의 정도가 높은 출근통행이라는 점, 통행연계의 목적 또한 태워주기/내려주기, 쇼핑 등 보다는 직업관련업무, 개인용무 등이 주종을 차지한다는 점으로 인하여 이러한 상반된 결과가 나온 것으로 보인다.⁶⁾

아침 첨두시간대(peak hours)에 출근하는 통행자일수록 자동차 의존도가 낮다는 것은 통행수단의 선택이 교통소통여건과 밀접한 관련이 있음을 보이고 있다.

통행소요시간과 자동차 의존도와와의 관계에서는 비교대상이 대중교통인지 또는 도보·자전거인지에 따라 달리 나타났다. 대중교통에 대비한 승용차 통행선택에서는 통행소요시간이 길수록 대중교통을 이용하는 경향이 있으며, 도보·자전거에 대비한 승용차 통행선택에서는 통행소요시간이 길수록 승용차를 이용하는 경향이 있다. 통행시간이 길수록 이동성이 중요하기 때문에 도보·자전거보다 승용차를 이용할 확률이 높다는 것은 이론적 기대와 일치한다. 그러나 통행시간이 길수록 승용차보다 대중교통을 이용할 확률이 높게 나타난 것은 의외이기도 함은 물론 기존의 유사한 연구결과(전명진, 1997)와도 상반되는 것이다.⁷⁾

통근자의 사회경제적 특성에 비해 통근자의

출발지와 목적지의 토지이용 등 공간적 특성이 자동차 의존도에 미치는 영향은 대체로 미약한 것으로 나타났다. 대중교통에 대비한 승용차 통행선택에서는 강북/강남, 대규모 소매점 유무, 상업/업무시설면적 비율, 버스노선수 등의 변수들이 유의한 영향을 미친다. 특히, 출발지(거주지)보다는 목적지(직장)의 입지 및 토지이용에 관련된 변수들이 대중교통과 승용차간의 선택에 많은 영향을 미치고 있다. 도보·자전거에 대비한 승용차 통행선택에서는 목적지의 강북/강남 여부 및 도로용지율, 출발지와 목적지의 상업/업무시설면적 비율 등의 변수들이 유의한 영향을 미친다.

서울시 전체에서의 상대적 입지를 나타내는 강북/강남 변수는 공간변수들 중에 가장 영향력이 높은 것으로 나타났는데, 출발지 또는 목적지가 강남지역인 경우 승용차를 이용할 확률이 높다. 이는 강북의 많은 지역들이 자동차가 도입되기 훨씬 이전부터 시가화가 형성되어 불규칙하고 불충분한 도로망을 특징으로 하는 반면, 강남의 많은 지역들은 지난 개발연대에 건설되면서 자동차를 수용할 수 있도록 규칙적이고 비교적 양호한 도로여건을 갖추었기 때문인 것으로 보인다. 미시적 토지이용보다 광역적 차원에서의 상대적 입지가 통행을 설명하는 데 매우 중요하다는 점은 기존의 많은 연구결과들에서도 밝혀진 바이다(Handy, 1993; Cervero & Gorham, 1995; Ewing &

6) 일반적으로 통행연계는 출근통행보다는 시간적 제약이 덜한 퇴근통행시 주로 이루어지는 경향이 있으며, 재량성이 높은 쇼핑, 여가, 친교 등에 대한 통행연계는 더욱 그러하다(Levinson & Kumar, 1995).

7) 승용차와 대중교통은 이동성에 차이가 있기 때문에, 분석결과를 통행시간이 길수록 승용차보다 대중교통을 선택할 확률이 높다고 해석하기보다는 대중교통을 이용하기 때문에 승용차보다 통행시간이 길어진다고 해석할 수도 있다. 따라서 본 연구에서 통행시간을 설명변수로 사용했음에도 불구하고 수단간 이동성 차이가 반영되지 않은 통행거리가 보다 적절할 것으로 사료된다.

Cervero, 2001).

통근 목적지에 백화점, 쇼핑센터 등 대규모 소매점이 존재하거나 상업/업무시설의 비중이 높을수록 승용차보다는 대중교통을 이용할 확률이 높다. 그러나 상업/업무시설의 경우, 도보·자전거와 승용차간의 선택에서는 출발지와 목적지의 상업/업무시설의 비중이 높을수록 도보·자전거보다는 승용차를 이용할 확률이 높은 것으로 나타났다. 따라서 상업/업무시설은 도보·자전거보다는 대중교통과 승용차 이용에 주로 관련됨을 알 수 있다. 송미령(1998)의 연구에서도 토지이용 혼합도가 높을수록 자동차에 의한 통근이 적은 경향이 있음을 밝힌 바 있다.

지하철역까지의 거리, 버스노선수, 도로용지율, 고용접근도, 고용밀도 등 교통시설 및 토지이용변수들이 통근수단의 선택에 영향을 미치는 것은 있으나, 그 영향은 매우 약한 편이다. 또한 지금까지 연구들에서 압축도시개발을 나타내는 중요한 지표로 간주되어온 인구 또는 고용밀도의 경우에는 통근수단선택에 미치는 영향이 거의 없거나 대단히 미약하다는 것을 분석결과는 보여주고 있다.⁸⁾ 결국 통근통행에 있어서는 강북/강남과 같은 광역적 입지변수를 비롯하여 일부 토지이용변수들이 자동차 의존도에 영향을 미치고 있으나, 어떤 단정적인 결론을 내리기에는 영향관계가 대체로 미약하고 혼재되어 있다고 할 수 있다.

2. 비업무통행

〈표 7〉은 주부, 재택근무자, 무직자 등에 의한 쇼핑, 여가, 친교 등 비업무통행시 승용차 이용확률에 대한 로지스틱 회귀분석 결과이다. 전반적인 모형의 적합도는 유사결정계수(Nagelkerke- R^2) 기준으로 대중교통에 대비한 승용차 통행선택에서는 기본모형 13.4%, 공간모형 21.5%, 도보·자전거에 대비한 승용차 통행선택에서는 기본모형 33.3%, 공간모형 37.8%로 각각 나타났다. 따라서 앞서 통근통행과 마찬가지로 대중교통과 승용차간의 선택보다는 도보·자전거와 승용차간의 선택관계를 설명하는데 모형이 보다 적합하여 도보·자전거와 승용차간에는 수단선택관계가 비교적 뚜렷함을 나타내고 있다.

이론적인 관점에서 볼 때, 비업무통행은 통근통행에 비해 시간적 제약이 적고 통행자의 재량성이 높아 토지이용에 보다 민감하게 반응할 것으로 보이는 바, 통행 출발지와 목적지에서의 공간적 특성이 통행수단모형에 추가로 포함됨으로써 모형의 전반적인 적합도가 개선되고 있으며, 통근통행에 비해 보다 많은 공간변수들이 비업무통행의 통행수단 선택행태에 유의한 영향을 미침을 알 수 있다.

모형에 포함된 변수들의 통행수단에 대한 영향관계는 대체로 앞서의 통근통행과 유사하다. 통근통행에서 이미 논의한 사항들과 최대

8) 지금까지 미국을 사례로 한 많은 연구들(예컨대, Newman & Kenworthy, 1989; Ewing, et. al., 1994; Frank & Pivo, 1994; Holtzclaw, 1994; Dunphy & Fisher, 1996)에서 밀도가 통행수단을 설명하는 데 대단히 중요한 지표임이 밝혀진 반면, 국내 연구들(전명진, 1997; 송미령, 1998)에서는 그 영향이 대단히 미미한 것으로 나타나고 있다. 이는 서울과 같이 전반적으로 밀도가 높은 상황에서 밀도가 지역간 토지이용의 차이를 변별하는 데 약한 지표가 아닌가 하는 추측을 낳게 한다.

한 중복을 피하는 선에서 분석결과를 설명하면 다음과 같다. 우선, 통행자의 사회경제적 특성과 관련해서는 가구소득, 거주주택유형, 가구주 여부 등의 변수들이 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 예컨대, 가구소득이 높을

수록, 아파트 거주자일수록, 그리고 가구주일수록 대중교통이나 도보·자전거에 비해 승용차를 이용할 확률이 높다.

통행여건과 관련해서는 통행시간대, 통행연계 여부, 통행소요시간 등의 변수들이 자동차

〈표 7〉 비업무통행시 승용차 이용확률에 대한 로지스틱 회귀분석 결과

독립변수			log(승용차/대중교통)에 대한 추정계수		log(승용차/도보·자전거)에 대한 추정계수	
			기본모형	공간모형	기본모형	공간모형
출발지	상업/업무면적비율					-0.011**
	대규모소매점	동내에 있음		0.298**		-0.209**
	아파트 비율					0.003**
	지하철역까지의 거리			0.0002**		
	버스노선수			-0.004**		
	고용접근도			0.001**		-0.001*
	강북/강남	강남		0.099		-0.384**
목적지	고용밀도			-0.0001*		-0.0002**
	상업/업무면적비율			-0.008**		0.017**
	대규모소매점	동내에 있음				0.480**
	도로용지율			0.023**		
	지하철역까지의 거리			0.0005**		
	고용접근도			-0.001**		0.002**
	강북/강남	강남		0.595**		0.511**
통행소요시간			-0.005**	-0.003**	0.047**	0.044**
통행시간대		오전 7:00~9:00 출발	0.405**	0.399**	0.287**	0.354**
연계통행여부		통행중 태워주기/내려주기/직업관련/개인용무 등	0.274**	0.163**	-0.580**	-0.439**
가구주여부		가구주	0.111	0.122		
월 가구소득 (150만원 미만)		150~239만원	-0.077	-0.111*	0.023	0.016
		240~399만원	0.155**	0.073	0.284**	0.256**
		400만원 이상	0.446**	0.295**	0.573**	0.513**
가구원수			-0.028			
거주주택 유형		아파트	0.205**	0.115**	0.647**	0.474**
Intercept			-0.584**	-1.128**	-1.491**	-2.189**
No.			12,293	12,293	7,979	7,979
Cox & Snell R ² (Nagelkerke R ²)			0.125(0.134)	0.184(0.215)	0.274(0.333)	0.308(0.378)
Likelihood ratio			805.16**	1274.80**	1722.97**	2057.18**

주: ** p=0.01 수준에서 통계적으로 유의; * p=0.05 수준에서 통계적으로 유의

의존도에 영향을 미치고 있다. 통행시간대와 통행수단과의 관계에 있어서는 통근통행과는 달리 아침 첨두시간대(peak hours)의 비업무 통행자일수록 대중교통이나 도보·자전거에 비해 승용차를 이용할 확률이 높게 나타나 비업무통행이 출근 교통체증에 일조할 수 있음을 시사한다.

통행연계의 경우에는 비교대상이 대중교통인지 또는 도보·자전거인지에 따라 영향관계가 다르다. 대중교통에 대비한 승용차 통행선택에서는 통행연계가 있을수록 대중교통보다는 승용차를 이용할 확률이 높은 반면, 도보·자전거에 대비한 승용차 통행선택에서는 통행연계가 있을수록 승용차보다는 도보·자전거를 이용할 확률이 높다. 따라서 비업무통행에서의 통행연계는 승용차와 도보·자전거로 양극화되어 있음을 추측할 수 있다.

출발지와 목적지의 토지이용 등 공간적 특성과 승용차의존도간의 관계에 있어서는 강북/강남, 대규모 소매점 유무, 상업/업무시설면적 비중, 버스노선수, 고용접근도, 지하철역까지의 거리, 고용밀도 등의 변수가 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 우선, 강북/강남은 변수는 통근통행과 마찬가지로 공간변수들 중에 가장 영향력이 높다. 통행목적지가 강남지역일수록 대중교통이나 도보·자전거보다는 승용차를 이용할 확률이 높다. 그러나 출발지에서는 영향관계가 혼재되어 있는 바, 통행출발지가 강남지역일수록 대중교통과 승용차간

의 선택에 있어서는 승용차를 이용할 확률이 높으나, 도보·자전거와 승용차간의 선택에 있어서는 승용차를 이용할 확률이 낮다. 따라서 강남지역 거주자들의 비업무통행은 대중교통보다는 주로 승용차나 도보·자전거를 통해 이루어짐을 알 수 있다.

통행출발지에 백화점, 쇼핑센터 등 대규모 소매점이 있는 경우에는 대중교통에 비해 승용차를 이용할 확률이 높은 반면, 도보·자전거에 비해서는 승용차를 이용할 확률은 오히려 낮다. 또한 통행목적지에서 대규모 소매점이 있는 경우에는 대중교통과 승용차간에는 유의한 차이가 없으나, 도보·자전거에 비해서는 승용차를 이용할 확률이 높다. 따라서 대규모 소매점과 대중교통 이용촉진과는 서로 상합하지 않음을 알 수 있다.⁹⁾

상업/업무시설 또한 대규모 소매점과 유사한 영향관계를 보이고 있는 바, 통행출발지에서는 상업/업무시설의 비중이 높을수록 승용차보다는 도보·자전거를 이용할 확률이 높다. 이는 승용차와 도보·자전거간의 선택관계에서는 Frank & Pivo(1994)의 연구결과와 일치한다. 또한 통행목적지에서는 상업/업무시설의 비중이 높을수록 승용차보다는 대중교통을 이용할 확률이 높은 반면, 도보·자전거보다는 승용차를 이용할 확률이 높다. 따라서 주거지 근처에서의 상업/업무시설은 도보·자전거 이용을 촉진하는 반면, 주요 활동중심지들에서의 상업/업무시설은 도보·자전거보다는 대중교

9) 대규모 소매점은 쇼핑에 있어 단위구매량의 증가와 밀접한 관련이 있으며, 구매물품의 운반문제로 인하여 자동차 의존도를 심화시키는 경향이 있다고 한다(Handy, 1996).

통이나 승용차 이용을 촉진할 것임을 예상할 수 있다.

통근통행에서와 마찬가지로 인구밀도가 통행수단에 유의한 영향을 미친다는 증거는 거의 없는 반면, 미약하나마 통행목적지의 고용밀도가 높을수록 대중교통 또는 도보·자전거 이용확률이 높게 나타났다. 교통시설에 있어서는 버스노선수가 많을수록, 지하철역까지 거리가 가까울수록 대중교통 이용확률이 높고, 통행목적지의 도로율이 높을수록 승용차 이용확률이 높아 이론적인 기대와 일치한다.

비업무통행에서 자동차 의존도는 토지이용의 다양한 차원들에 영향을 받고 있다. 그러나 강북/강남 변수와 같은 일부 변수를 제외하고는 그 영향관계가 강력하지 않고 일관성도 약한 편이어서 통근통행과 마찬가지로 어떤 단정적인 결론을 내리기에는 미흡하다고 할 수 있다.

V. 결론

서울시 거주자를 대상으로 통행 출발지와 목적지의 토지이용이 자동차 의존도와 어떤 관계를 갖는가를 분석한 본 연구의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 통행수단의 선택은 토지이용 등 공간적 요인보다는 통행자의 사회경제적 특성 및 통행여건과 관련된 요인들에 의해 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 중요한 변수들로는 가구소득, 가구주 여부, 성별, 거주주택유형, 통근연계 여부, 통행시간대 등을 들 수 있다. 특히, 소득이나 주택유형은 모든 분석모형에서 자동차 의존도를 설명하는

데 일관되게 중요한 역할을 하고 있다.

둘째, 통행의 출발지와 목적지의 토지이용, 교통접근성, 입지 등 공간적 요인들은 통근통행자 및 비업무통행자의 수단선택에 일정수준 영향을 미치고 있으며, 그 영향은 사회경제적 요인 등에 비해서는 대체로 미약한 것으로 나타났다. 그러나 공간변수들 중에서 강북/강남 변수는 통근통행 및 비업무통행 양자에 대해 자동차 의존도를 설명하는 데 매우 중요한 변수임이 밝혀졌다. 통행의 출발지나 목적지가 서울강남지역인 경우 강북지역보다 자동차 의존도가 훨씬 높다. 이는 기존의 많은 연구들에서 밝혀진 바로서 미시적 토지이용보다는 거시적 차원의 상대적 입지가 통행행태에 중요한 영향을 미침을 나타내는 것이다. 또한, 강북과 강남의 전반적인 개발패턴의 차이란 미시적 차원의 다양한 토지이용 및 설계요소들이 복합적으로 작용하여 형성된 것이라 볼 수 있기 때문에 보다 정밀한 연구검토가 필요한 부분이기도 하다.

셋째, 통근통행에서는 강북/강남 변수 외에 대규모 소매점 유무, 상업/업무시설면적, 지하철역까지의 거리, 버스노선수, 도로용지율, 고용접근도, 고용밀도 등이 통근수단선택에 일정한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 예컨대, 통근목적지(직장)에서 상업/업무시설의 비중이 높을수록, 대규모 소매점이 있을수록, 지하철역까지 거리가 가까울수록, 이용가능한 버스노선수가 많을수록 승용차보다는 대중교통을 이용할 확률이 높다. 그러나 토지이용이 도보·자전거 이용을 높인다는 증거는 상업/업무시설면적이나 고용밀도를 제외하고는 거의 찾기

가 어렵다. 이는 통근통행이 대체로 장거리인 경우가 많기 때문에 도보·자전거를 이용할 여지가 많지 않기 때문인 것으로 보인다.

넷째, 전반적인 모형 적합도는 다소 낮음에도 불구하고 통근통행보다는 비업무통행에서 토지이용의 다양한 차원들이 통행수단선택에 영향을 미치는 것으로 나타나, 재량성이 높은 비업무통행이 토지이용에 보다 민감하게 반응할 것이라는 이론적인 기대를 어느 정도 충족하였다. 비업무통행에서는 강북/강남 외에 대규모 소매점 유무, 상업/업무시설면적, 버스노선수, 고용접근도, 지하철역까지의 거리, 고용밀도 등의 변수들이 자동차 의존도에 영향을 미치고 있다. 예컨대, 통행출발지의 버스노선수가 많을수록, 출발지나 목적지가 지하철역에서 가까울수록, 고용밀도가 높을수록 승용차보다는 대중교통을 이용할 확률이 높다. 그러나 동일한 토지이용변수라 하더라도 비교대상이 대중교통인가 또는 도보·자전거인가에 따라 영향관계가 다른 경우가 많아 일률적인 해석을 하기는 어렵다.

다섯째, 미국을 중심으로 한 연구들에서 토지이용지표로 가장 많이 사용되어온 인구밀도(또는 주거밀도)는 서울시를 대상으로 한 본 연구에서는 유의성이 거의 없는 것으로 나타났다. 다만 고용밀도의 경우에는 국내 기존 연구들과 마찬가지로 미약하나마 자동차 의존도를 설명하는 데 기여하고 있음을 보여주고 있다.

분석결과에 따르면, 압축적이고 혼합적인 토지이용은 대중교통이용을 활성화하고 승용차 이용을 억제하는 데 어느 정도 기여할 것으로

보인다. 그러나 그 영향관계는 토지이용 및 통행지표에 따라 차이가 있는 부분들이 많기 때문에 일률적으로 단정하기는 어렵다. 또한 미국의 대도시들을 사례로 밝혀진 많은 연구결과와 정책제언들이 한국의 도시들에서 그대로 적용되기에는 무리가 있음도 알 수 있다. 따라서 분석결과는 토지이용의 조절을 통해 자동차 의존도를 줄이려는 소위 신도시주의(new urbanism) 계획이론들과 대체로 부합하면서도 제한적으로만 지지한다고 할 수 있다.

가구소득지표에서 보는 바와 같이 통행자의 사회경제적 특성이 통행수단선택에 미치는 영향을 고려할 때, 토지이용의 조절을 통한 교통전략은 소득증가나 생활패턴변화 등 사회경제적 추세의 압도적인 영향에 의해 쉽사리 상쇄될 것이기 때문에 실제 효과는 그렇게 크지 않을 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고 토지이용을 통하여 자동차 의존도를 줄이려는 노력에 어떤 의미를 부여한다면, 그것은 보다 자원절약적인 도시개발을 통하여 자동차지향적인 대세의 속도를 다소간 줄일 수 있다는 것이다. 더구나 승용차이용억제를 위한 단기적인 수요관리시책이 실질적인 효과를 얻기 위해서는 통행자가 승용차에서 대중교통으로 수단전환을 하더라도 큰 불편이 없을 정도로 토지이용과 교통서비스가 뒷받침되어야 하는데, 이런 의미에서 토지이용은 단기적인 교통수요관리시책과 같은 교통정책들이 제대로 효과를 발휘할 수 있도록 전제조건을 형성한다고 볼 수 있다.

본 연구와 관련하여 미진하거나 향후 연구될 필요가 있는 사항을 언급하면 다음과 같다.

우선, 통행자의 통행수단 선택행태를 분석함에 있어 대안적인 통행수단들의 효용(utility)을 비교하는 미시경제학적 방법론을 적용할 필요가 있다는 것이다. 통행자가 특정한 수단을 이용하는 것은 다른 통행수단에 비교하여 더 많은 효용을 얻을 수 있기 때문인데, 이를 분석하기 위해서는 통행자 개개인이 직면하는 대안적인 통행수단 각각의 서비스와 비용이 계량되고 비교되어야 한다. McFadden류의 조건부 로짓모형 등이 유력한 방법론적 대안이 될 수 있다. 둘째, 가로패턴, 단지설계 등 보다 미시적인 설계요소와 통행행태(보행 등)간의 관계에 대한 연구가 필요하다. 지금까지 입지, 토지이용 등의 통행에 대한 영향은 비교적 풍부한 연구가 이루어졌으나, 조사와 자료구득의 어려움으로 인하여 이 분야에 대한 국내외 연구는 아직 저조한 상황에 있다. 셋째, 어떤 통행지표를 사용하는가에 따라 영향관계와 정책적 시사점이 다를 것이기 때문에 통행수단뿐만 아니라 시간, 거리, 빈도 등 다양한 지표에 대해 분석하고 비교할 필요가 있다.

참고문헌

- 김성희·이창무·안건혁, 2001, “대중교통으로의 보행거리가 통행수단선택에 미치는 영향”, 「국토계획」, 36(7): 297~307.
- 송미령, 1998, “통근자의 통행행태에 영향을 미치는 요인: 공간구조특성과 인구특성 요인”, 「국토계획」, 33(4): 55~75.
- 이재영·김형철, 2002, “컴팩트도시의 에너지 효율성 및 대중교통접근성에 관한 연구”, 「국토계획」, 37(7): 241~254.
- 임희지, 2001, “지속가능한 도시조성을 위한 신전통주의 계획이론 분석연구”, 「국토연구」, 32: 95~111.
- 전명진, 1997, “토지이용패턴과 통행수단선택간의 관계”, 「대한교통학회지」, 15(3): 39~49.
- Bae, C. C., 1993, "Air Quality and Travel Behavior: Untying the Knot", *Journal of the American Planning Association*, 59: 65~74.
- Ben-Akiva, M. & Lerman, S., 1985, *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Boarnet, M. & Sarmiento, S., 1998, "Can Land Use Policy Really Affect Travel Behavior? A Study of the Link between Non-work Travel and Land-Use Characteristics", *Urban Studies*, 35: 1155~1169.
- Burchell, R., Shad, N., Listokin, D., Phillips, H., Downs, A., et al., 1998, *The Costs of Sprawl-Revisited*, Transportation Research Board, Washington, DC: National Academy Press.
- Calthorpe, P., 1994, *The Next American Metropolis: Ecology, Community and American Dream*, New York: Princeton Architectural Press.
- Cambridge Systematics, Inc., 1994, *The Effects of Land Use and Travel Demand Management Strategies on Commuting Behavior, Final Report*, Cambridge, MA: U.S. Department of Transportation/U.S. Environmental Protection Agency.
- Cervero, R. & Gorham, R., 1995, "Commuting in Transit Versus Automobile Neighborhoods", *Journal of the American Planning Association*, 61: 210~225.
- Cervero, R. & Kockelman, K., 1997, "Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design", *Transportation Research D*, 2: 199~219.
- Cervero, R., 1989, "Jobs-Housing Balancing and Regional Mobility", *Journal of the American Planning Association*, 55: 136~150.
- Crane, R. & Crepeau, R., 1998, "Does Neighborhood Design Influence Travel? A Behavioral Analysis of Travel Diary and GIS Data", *Transportation Research D*, 3: 225~238.
- Crane, R., 1996, "Cars and Drivers in the New Suburbs: Linking Access to Travel in Neotraditional Planning", *Journal of the American Planning Association*, 62: 115~125.

- Association, 62: 51~65.
- Downs, A., 1992, *Stuck in Traffic: Coping with Peak-Hour Traffic Congestion*, Washington, DC: The Brookings Institution/Lincoln Institute of Land Policy.
- Duany, A. & Plater-Zyberk, E., 1991, *Towns and Town-Making Principles*, New York: Rizzoli.
- Dunphy, R. & Fisher, K., 1996, "Transportation, Congestion, and Density: New Insights", *Transportation Research Record*, 1552: 89~96.
- Ewing, R, Haliyur, P., & Page, G. W., 1994, "Getting around a Traditional City, a Suburban Planned Unit Development, and Everything in Between", *Transportation Research Record*, 1466: 53~62.
- Ewing, R. & Cervero, R., 2001, "Travel and the Built Environment: A Synthesis", *Transportation Research Record*, 1780: 87~114.
- Frank, L. & 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: 44~52.
- Giuliano, G., 1992, "Is Jobs-Housing Balance a Transportation Issue?", *Transportation Research Record*, 1305: 305~312.
- Gordon, P. & Richardson, H., 1989, "Gasoline Consumption and Cities: A Reply", *Journal of the American Planning Association*, 55: 342~346.
- Gordon, P. & Richardson, H., 1997, "Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?", *Journal of the American Planning Association*, 63: 95~106.
- Handy, S., 1993, "Regional versus Local Accessibility: Implications for Nonwork Travel", *Transportation Research Record*, 1400: 58~66.
- Handy, S., 1996, "Understanding the Link between Urban Form and Nonwork Travel Behavior", *Journal of Planning Education and Research*, 15: 183~198.
- Holtzclaw, J., 1994, *Using Residential Patterns and Transit to Decrease Auto Dependence and Costs*, San Francisco, CA: Natural Resources Defense Council.
- Krizek, K., 2003, "Operationalizing Neighborhood Accessibility for Land Use -Travel Behavior Research and Regional Modeling", *Journal of Planning Education and Research*, 22: 270~287.
- Levinson, D. & Kumar, A., 1995, "Activity, Travel, and the Allocation of Time", *Journal of the American Planning Association*, 61: 458~470.
- McNally, M. & Kulkarni, A., 1997, "Assesment of Influence of Land Use-Transportation System on Travel Behavior", *Transportation Research Record*, 1607: 105~115.
- Newman, P. & Kenworthy, J., 1989, "Gasoline Consumption and Cities: A Comparison of U.S. Cities with a Global Survey", *Journal of the American Planning Association*, 55: 24~37.
- Parsons Brinkerhoff Quade and Douglas, Inc., 1993, *Making the Land Use Transportation Air Quality Connection: Volume 4A, The Pedestrian Environment*, Portland, OR: 1000 Friends of Oregon.
- Salomon, I. & Mokhtarian, P., 1998, "What Happens When Mobility-Inclined Market Segments Face Accessibility-Enhancing Policies?", *Transportation Research D*, 3: 129~140.
- SAS Institute, Inc., 2000, *SAS/STAT User's Guide, Version 8*, Cary, NC: SAS Institute, Inc.

원 고 접 수 일 : 2004년 1월 3일
최종원고채택일 : 2004년 2월 18일