통행행태와 도시공간특성에 관한 이론적 고찰

A Literature Review on the Commuting Behaviors and Urban Spatial Characteristics

서종국*
Seo, Jong Gook

본 연구에서는 TOD는 대중교통수단의 분담율 제고가 목적인데 이를 위한 정책대안의 모색에 필요한 새로운 분석기법을 제시하였다. 교통수단의 결정요인은 개인 특성과 라이프스타일 그리고 도시공간특성인데 이 요인들은 상호의존적으로 복합적 결합작용은 한다. 또한 개인과 그룹 및 지역 특성은 서로 다른 차원에서 상호의존성을 갖는다. 전통적 회귀분석과는 달리 위계적 분석모형은 요인들 간의 상호의존성과 복합결합적 영향관계를 규명하는 장점이 있다. 이러한 분석 기법에 의한 결과는 보다 효율적인 TOD정책 대한의 모색에 많은 기여를 할 것으로 기대된다
Keywprds: 교통수단선택, TOD, 도시공간특성, 위계적 분석

1. 서론

산업사회 이후 소득 증대에 따른 도시생활의 패턴이 급격히 변화하였다. 자동차의 보급이 확대되어 기존 전통적인 도시공간의 모습에 획기적인 변화를 초래하였다. 주거지와 일자리들이 기존 도심의 집중 형태에서 외곽으로 확산되는 이른바 도시분산이 많은 도시에서 일어나고 있다. 이러한 현상에 대해 도시자연자원의 고갈위기를 우려하면서 그 대안의 필요성을 다양하게 제기하고 있다. 자연자원 고갈의 위기의식에서 대두한 범지구적인 지속가능한 개발의 필요성과 에너지효율성에 대한 관심이 높아졌다.

세계 여러 국가에서 보편적으로 관찰되는 도시의 외연적 확산(urban sprawl)을 제반 도시문제의 요인으로 간주하면서 이를 근원적으로 방지하거나 완화하고자 하는 노력을 하였다. 도시확산의 원인으로써 자동차에 비해 대중교통이나 도보와 같은 대중교통수단 중요성의 감소를 지적하고 있다 (Schwanen, Dieleman, and Dijist, 2001). 또한 도시개발과 관련한 최근의 이슈들은 도시재생 등과 같은 기성시가지의 새로운 고밀개발에 집중하고 있다. 아울러 교통체계와 관련하여 대중교통지향형 개발을 강조하고 있으며, 보행과 자전거 통행의 중요성을 강조하고 있다.

이와 같은 연구와 정책은 신도시주의(new urbanism)로 상징되는 새로운 도시계획의 패러다임으로 자리잡게 되었다. 새로운 패러다임의 핵심은 도시주변의 개발을 지양하고 기성시가지를 고밀 정비함으로써 환경오염을 최소화하고 나아가 과거 도시의 향수를 되살려 도시를 활성화시킨다는 것이다. 도시공간 정책의 대안으로써 고밀도시(compact city)는 도시활동의 이동거리를 감소시켜 교통에너지를 절약하는 효율적인 대안이라는 것이다.

* 정회원·인천대학교 도시행정학과 교수 jgseo@inu.ac.kr

그러나 신도시주의의 주장에 대해 반론이 여러 측면에서 제기되고 있다. 미국 도시의 분석결과에 따르면 도시확산으로 인해서 자동차의 통근시간은 오히려 단핵도시에 비해 감소한 것으로 나타났다 (Gordon and Richardson, 1991). 신도시주의 허구성과 실현불가능성을 제기하기도 하며 고밀도시의 비효율성을 실증적으로 규명한 연구결과도 제시되었다(서종국, 1998, 2005; Gordon & Richardson, 1996, 1997; Gordon etc., 1998; Richardson Giuliano, 1991; Giuliano & Small, 1991; Breheny, 1992a, 1992b, Seo, 2002).

이러한 상반된 논증의 핵심은 통행행태와 도시공간적 특성에 관한 것이다. 신도시주의는 대중교통과 보행등의 교통수단을 강조하면서 도심에서 이를 개선하면 효율적인 고밀도시가 실현될 것이라는 것이다. 이에 대한 반론은 고밀도시에서 대중교통 개선에 대한 투자는 일반 이용자들의 라이프스타일을 반영하지 못해 승객을 유인하지 못함으로써 비효율적인 정책이라는 것이다. 이러한 상반된 주장들은 도시계획적인 차원에서 심각한 문제를 초래함으로 보다 구체적이며 심도 있는 규명이 필요한 실정이다.

도시공간특성은 통행행태와 밀접한 관계를 가지게 된다. 도시의 건조환경이 통행행태에 영향을 미치기도 하지만 개인의 통행행태에 따라 주거입지를 선택하기도 한다. 특히 토지이용에 대한 선호도와 통행수단의 선택에 대한 선호도에 따라 주거입지의 선택이 결정된다면 자동차 의존도를 감소시키기 위한 토지이용과 교통정책들은 그 효과가 의미 없을 수 있다.

도시공간구조를 변화시키는 많은 정책들이 자동차 의존도를 줄일 수 있다는 가설을 검정하고자 하는 연구가 많이 이루어졌다. 1990년대 많은 연구들은 개인의 사회경제적인 요인과 도시공간의 특성 요인들이 통행패턴에 어떠한 영향을 미치는지에 중점을 두었다. Ewing and Cevero (2001)은 이러한 연구들의 결과를 고찰한 후 도시공간의 특성이 통행빈도보다는 통행거리 또는 시간에 매우 크게 영향을 미치고 통행수단의 선택도 도시공간의 사회경제적 특성에 의해 결정된다고 정리하였다. 도시공간의 특성은 다양한 도시활동 주체들과 이 활동에 필요한 시설물들의 분포의 모습으로 형성되어지고 이로 인해 도시활동 주체들의 통행행태에도 상호 영향을 주고받는다.

본 연구의 목적은 통행행태와 도시공간구조 특성관계를 위계적으로 분석하는 새로운 대안을 모색하여 제시하는데 있다. 이 목적을 달성하기 위해서 최근에 신도시주의에 입각하여 전 세계적으로 많은 지지를 받고 있는 도시개발 및 정비기법인 대중교통중심개발(Transit-Oriented Development: TOD)을 대상으로 하여 정책 및 계획요소를 분석하고 그 정책의 목적과 연계하여 통행행태와 도시공간특성의 중요사항을 정리한다. 이어서 TOD 목적을 효율적으로 달성할 수 있는 정책적 의의를 도출하는데 필요한 교통수단선택을 결정하는 요인에 대하여 이론적 고찰을 통하여 설명한다. TOD에 대한 분석과 교통수단선택 결정요인에 대한 고찰을 통하여 정책 및 계획요소와 결정요인간의 상호의존성 및 작용성을 도출하고 이러한 특징에 입각한 새로운 분석틀을 모색하여 제시한다. 기존의 전통적인 교통수단선택의 모형을 대신할 수 있는 위계적 분석기법의 대안적 특성과 그 활용성을 본 연구의 결론적인 대안으로 제시하고자 한다.

2. TOD와 도시공간특성

Calthrope (1993)에 의해 처음 정립된 대중교통중심개발은 지속가능한 교통체계와 도시개발에 대한 관심과 중요성이 대두되면서 그 실천 전략으로 제시된 개념이다. 특히 현대 도시문제의 근원이 도시확산에 기인한다는 전제하에서 이를 방지하고 도시성장을 지속하기 위해 친환경적이며 에너지 효율적인 교통수단을 활성화시키는 수단으로 활용하고 있다. 기본적으로 교통과 토지이용을 연계하는 것으로 지하철이나 버스정류장을 중심으로 복합 고밀도 개발을 추구하는 전략이다.

이상적인 TOD는 도시계획차원의 토지이용계획을 통해서 고밀개발을 유도하면서 교통계획에 의한 대중

교통 편의적인 교통체계를 구축하여 통행수요를 친환경적으로 관리하는 교통과 토지이용이 조화롭게 통합적으로 작동하는 도시이다. 이를 보다 구체적으로 각각 교통과 토지이용의 계획요소로 살펴보면 다음과 같다. 먼저 교통적인 측면에서는 승용차 의존적인 도시에서 탈피하여 대중교통이나 녹색교통 위주의 통행패턴으로 변화시키는 것이 근본적인 목적이다. 이를 위해 대중교통결절점을 중점 개발하여 통행수요를 감소시키고 보행과 자전거 등 친환경적인 교통수단의 이용을 장려하는 교통체계를 갖추는 것이다.

이상적인 TOD를 위해 교통공급체계와 더불어 양립하는 매우 중요한 토지이용체계는 도시공간특성으로 그 범위를 확대하여 논의할 필요가 있다. 도시공간특성을 대변하는 토지이용체계의 구체적인 계획요소는 개발밀도, 토지이용의 복합성, 그리고 접근성 등이다. 개발밀도는 대중교통의 이용수준을 결정하는 핵심적인 요소로써 밀도수준에 따라 대중교통이용률은 영향을 받아 TOD의 목적 달성과 밀접한 관계를 갖는다. 도시 공간의 밀도를 높이면 도시에 필요한 다양한 시설물과 건축물 들이 집중화함으로써 승용차의 보유나 이용을 감소시켜 보행과 대중교통의 이용을 증진시킬 수 있다. 이러한 이유로 TOD는 고밀도 토지이용계획을 추구한다.

토지이용의 복합성은 주어진 공간속에 다양한 경제활동시설들의 조합도로 정의될 수 있는데 복합성이 높으면 직접적으로 통행거리를 감소시키는 일차적 효과가 있다. 통행거리 감소는 2차적으로 교통수단의 이용을 감소시키고 나아가 보행과 자전거와 같은 비동력 교통수단과 대중교통의 이용을 제고시키는 효과를 기대할 수 있다. 이와 같은 기대효과를 위해 이성적인 TOD는 상업과 업무시설의 비중을 10~70%, 주거시설을 20~60%, 공공시설을 4~15% 정도의 복합비중을 제시하고 있다 (Calthrope, 1993).

토지이용의 복합성과 더불어 접근성은 주요 시설과 기능에 대한 접근거리 또는 시간을 의미하는데 TOD에서는 주요 대중교통체계를 이루는 개별요소에 대한 접근성을 강조하고 있다. 버스정류장, 주차장, 지하철역, 환승시설에 대한 접근거리 또는 통행시간을 감소시켜 보행과 대중교통의 경쟁력을 강화함으로써 그 이용률을 제고시키는 것이다. 이러한 접근성은 도시기능의 분산 또는 집중과도 밀접하게 연계되는데 TOD는 기능을 집중시킴으로써 접근성을 용이하게 향상시킬 수 있다는 점에서 분산보다는 집중을 강조하고 있다. 따라서 대도시권에서 분산도시형태보다는 단핵 집중도시를 지향하고 있는데 이를 통해 대중교통의 이용 편의성을 향상시켜 분담률을 제고하고자 하는 것이다. 그러나 궁극적인 목적인 대중교통이용의 증진은 교통과 토지이용 만의 문제가 아니라 개인의 특성과 라이프스타일이 복합적으로 상호작용한다.

3. 교통수단선택 결정요인

교통수단선택을 설명하거나 분석하는 데는 연구목적과 용도에 따라 여러 가지 접근법이 활용되고 있다. 이를 크게 분류하면 합리적 접근, 사회지리적 접근, 그리고 사회심리적 접근 등의 세 가지로 방법으로 구분할 수 있다. 주류적인 합리적 접근법은 통행자가 통행의 비용과 시간을 최소화를 통하여 효용이 극대화하는 관점에서 수단선택의 결정을 한다고 전제하는 것이다 (Shen et a., 2009). 이 접근법은 개인은 선택에서 모든 정보의 처리가 완벽하다고 전제하며 최고의 효용을 달성할 수 있는 최선의 대안을 선택한다는 것을 의미한다. 이 접근법에서 수단선택의 결정요인으로는 통행시간과 비용이다. 사회 지리적 접근법은 수단선택과정에 공간적 요소를 포함하며 개인 또는 가구의 행동일정에서 출발한다 (Bhat and Singh, 2000). 통행을 공간과 일정에 따라 분포된 다른 행위의 목적을 달성하기 위해 파생되는 수요로 파악하는 방법이다. 사회 심리적 접근법은 통행수단에 대한 개인의 취향이 다양하여 그 선호에 따라 결정된다는 것으로 습관 및 경험 등과 같은 주관적 요인을 중요하게 다루는 것이다 (Lovelock, 1975). 이와 같이 통행수단의 선택은 수단과 관련된 객

관적인 요인뿐 만 아니라 이용자들의 주관적인 요인들도 매우 중요하다. 따라서 통행수단선택의 현실적인 모형의 구축과 분석 연구에서는 경제적인 요인뿐 아니라 교통지리와 사회 심리적 요인을 동시에 포함하여 다루어야 한다.

이러한 필요성에 따라 각각의 접근법에서 이용하는 결정요인들을 다음과 같이 사회인구적 요인, 공간적 요인, 통행특성요인, 그리고 사회 심리적 요인으로 구분하여 정리할 수 있다. 사회인구적요인은 통행자 개인의 특성과 사회적 교류에서의 역할 등을 의미하는 것으로 나이, 성별, 교육수준, 직업, 소득, 가구구성, 자동차보유 등이다. 공간적 요인은 통행과 수단선택이 발생되는 공간 환경의 특성으로 밀도, 다양성, 대중교통편의성, 기반시설 접근성, 그리고 주차편의성 등이다. 통행특성요인은 통행과 관련된 요인으로 통행동기(목적), 거리, 소요시간, 비용, 출발시간, 통행연계, 기후조건, 정보, 환승 등이다. 끝으로 사회 심리적 요인은 앞서 세 가지 요인 하에서 개인이 어떻게 행동하는가에 영향을 미치는 요인으로써 경험, 친밀도, 라이프스타일, 습관, 인식 등이다.

위와 같은 다양한 요인들은 개인이 통행수단을 선택하는데 정도의 크기와 방향이 다양하게 영향을 미친다. 가장 영향을 지배적으로 미치는 것은 통행목적이며 그 다음으로는 자동차의 보유 유무이다. 다른 요인들은 다양한 범위 내에서 크고 작게 수단의 선택에 영향을 미치는데 그 과정에서 요인들은 연계성을 가지며 상호 작용하여 영향을 주고받는다. 소득수준은 자동차의 사용과 대중교통의 사용에 각각 다른 방향으로 관계가 있으며, 소득수준은 라이프스타일에 영향을 미치는 고용상황에 영향을 받고, 고용상황은 고용주의 통행지원정책 등에 따라 간접적으로 자동차사용에 영향을 준다. 그리고 자동차사용은 주차시설에 의해 크게 영향을 받는다. 라이프스타일은 연령, 성, 교육, 주택, 고용, 가구구성 등에 의해 영향을 받는데 그중에서 주택의 결정은 주거지의 밀도, 주변환경의 접근성 등에 의해 영향을 주고 나아가 수단선택에 결정적인 요인인 통행특성인 통행거리, 통행시간, 통행비용에 영향을 준다.

3.1 개인특성

통행행태에 영향을 미치는 사회적 인구요인은 일반적으로 통행자 개인의 상태와 사회적인 위상을 의미하는 것들이다. 나이는 동시에 개인의 사회적 위상을 결정하는 요인이기기도 하지만 통행할 수 있는 육체적 능력을 나타내기도 한다. 선행연구 등에서는 통행수단의 선택에서 나이의 영향에 대해 통일된 일관성 있는 결과를 제시하고 있지 않지만 어떠한 형태로던 영향을 미치는 주요한 요인임에는 틀림없다. 연구 대상과 지역 및 다른 요인과 상호 연계되어 나이가 많을수록 대중교통을 이용한다는 연구결과를 제시하기도 하고 반대로 승용차를 이용한다는 결과도 제시하기도 한다 (Bhat, 1998; Cirillo and Axhauen, 2006).

나이와 더불어 성별요인도 일관성 있는 영향관계를 나타내고 있지 않다. 여자의 경우는 가사일에 대한 부담으로 통근에 대한 부담을 감소시키기 위해 대중교통보다는 승용차를 많이 이용한다고 주장한다. 그러나 여자가 대중교통의존도가 높고 남자는 승용차를 더 많이 이용한다는 보고도 있다 (Bhat, 1998). 일반적으로 성별 자체만이 아니라 나이와 마찬가지로 가구구성과 고용상태 등 다른 요인과 더불어 상호작용하면서 수단선택에 영향을 미치는 것임을 많은 연구결과에서 제시하고 있다.

교육수준도 나이와 성별과 비슷하게 일관된 영향관계를 제시하고 있지는 않지만 직업, 소득, 사회적 지위, 조직에서의 경쟁력 등에 영향을 미쳐 간접적으로 수단선택의 결정요인으로 작용한다. 예를 들어 높은 교육을 받은 통행자는 수입이 많아져서 자동차를 많이 이용할 가능성이 높아진다는 것이다 (Limtanakool et al., 2006).

직업은 소득과 자동차보유에 직접 관련이 있다. 또한 통근자의 직업과 업무 성격과 더불어 근무회사의

통근정책은 통근자의 통근수단의 선택에 영향을 미친다. 정규직 종사자는 비정규직과 자영업자에 비해 회사에서 제공하는 대중교통 이용권이 있어 대중교통을 이용할 것이다 (Bhat, 1998; Cevero, 2002).

개인특성 변수 중에서 소득은 통행수단에 가장 중요한 결정요인이다. 통행수단의 선택은 소득수준과 밀접한 관계를 가지는데 승용차이용과 소득은 정(+)의 관계이며 대중교통이용과는 그 반대이다. 저소득은 승용차보유에 제약요인으로 작용하고 있어 소득이 높은 수록 카풀이나 대중교통을 이용하기보다는 승용차를 이용한다 (Bhat, 1997). 가구구성은 승용차보유수에 영향을 미치는데 가구규모가 클수록 승용차 이용 확률이 높으며 특히 어린이가 있는 경우에는 승용차이용의 효용성이 높아서 선택 확률이 높다. 끝으로 승용차보유는 통행수단의 선택에 매우 결정적인 요인으로 승요차이용에 정(+)의 관계를 나타내고 있다 (Bhat, 1998; Cirillo and Axhauen, 2006).

3.2 라이프스타일

통행행태를 결정하는 사회심리적 요인은 최근의 연구에서 라이프스타일로 포괄하여 다루어지고 있다. 라이프스타일에 대한 논의는 물질주의와 개인주의에 대한 사회학적 논의에서 시작되어 수평적 불균형을 다루는 새로운 개념으로 초기에 등장하였다. 이후 Salomon and Ben-akiva (1983)은 최초로 라이프스타일 개념을 교통수요모형에 적용하였는데 개념의 조작적인 정의에서는 군집분석을 통해서 인구적 요인과 사회경제적 요인을 여러 그룹으로 구분하여 정의하였다. 이와 같이 초기에 사회인구 및 경제적 차이를 대신하였으나 1990년 이후 개인의 가치관, 태도, 인식, 소비행태 등을 포함하는 새로운 광범위한 개념으로 정의되어 활용되어 왔고 최근에는 교통수단의 선택과 관련해서는 이동성스타일(mobility styles)과 같은 개념으로 다루어지고 있다.

라이프스타일을 형성하는 각 요인별로 통행행태, 특히 수단선택과의 관련설을 다음과 같이 정리할 수 있다. 먼저 개인의 과거 긍정적 또는 부정적 경험은 현재의 수단선택과정에 결정적으로 영향을 미칠 것이다. 통근에 이용한 네트워크에 대한 시간 등의 경험이 많으면 개인 교통수단의 이용확률이 높게 되는 이는 이용경험이 수단을 선택하도록 변경을 유도하기 때문이다. 이는 곧 익숙함으로 연결되는데 어떤 수단에 익숙해지면 그 교통수단을 이용하는데 장애요인을 제거하는 효과를 주기 때문이다.

라이프스타일을 형성하는 습관은 통행자가 다양한 수단의 특성을 규명하여 인식하는데 덜 집중하게 하는 방법으로 영향을 미친다. 예를 들어 강한 습관성이 있는 이용자는 일부의 정보에 의해서 수단선택을 할 것이고 특정 수단에 대한 경험과 더불어 강한 습관성은 수단의 평가에 우호적으로 결정적인 역할을 할 것이다. 이 습관과 함께 통행 수단에 대한 인식은 매우 중요한 결정적인 역할을 하는데 때로는 특정수단에 대한 선호도로 나타내기도 한다. 통행자는 각각의 통행수단에 대한 시간과 비용에 대해서도 각기 다른 인식을 하기도 한다. 대중교통을 이용하는데 걸리는 시간을 승용차를 이용하는 시간에 비해 부정적으로 인식하며, 대중교통 대기시간을 통행시간보다 부정적으로 인식한다. 따라서 실제 경험적 연구에서 승용차를 이용하는데 걸리는 시간은 과소 추정되는 반면에 대중교통이용시간은 과대평가되고 있다 (De Witte et al., 2008).

3.3 도시공간특성

Ewing and Cevero (2001)는 통행행태를 결정하는 도시공간특성 요인으로 5D (density, diversity, design, destination accessibility, distance to transit)를 제시하고 있다. 밀도는 단위면적당 인구, 고용, 가구, 건물면적 등으로 측정되는데 다른 변수에 비해 통행수단의 선택에서 중요한 요인으로 일관성에 있게 규명되

고 있다. 대중교통과 개인교통수단의 이용 균형은 도시밀도와 밀접한 관계를 가진다. 고밀도는 모든 교통수단에 대해 평균 통행거리를 감소시키면서 대중교통수단을 향상시키고 도보나 자전거의 이용가능성을 높여준다. 따라서 밀도가 높은 도시지역에서 대중교통서비스의 경쟁력이 많이 공급되어 있어 그 이용률도 높은 것이다 (Limtanakool et al., 2006).

복합성은 주어진 도시공간에 주거, 상업, 녹지, 공공시설, 산업 및 인프라 등과 같은 다양한 토지이용의 혼합정도를 의미하는데 직주근접 또는 직주비 등으로 측정되어 분석하고 있다. 출발지와 종점 모두에서 토지이용의 혼합도가 높으면 승용차를 이용하거나 카풀 확률이 대중교통을 이용할 확률보다 낮은 것으로 나타났다(Cevero, 2002). 디자인은 광의의 도시공간구조를 의미하는데 집중도와 분산도 등과 같은 지표로 측정되어 분석되기도 하고 협의의 구체적인 지표로서는 도시가로망특성을 나타내는 획지규모, 도로율, 도로폭, 건축물의 셋백, 보행자도로 등이 이용된다. 도시구조나 디자인이 대중교통중심개발 형태이거나 보행자중심형태인 경우 자동차의 이용률은 낮고 대중교통의 이용률은 높은 것이다.

목적지 접근성은 주로 특정 통행유인지에 대한 거리나 일정시간 내에 도달할 수 있는 지역범위내에 위치한 일자리숫자 등과 같은 통행유인요인 집중도를 의미한다. 교통이론에 따르면 일반적으로 접근성이 높으면 이동성제고 필요성이 낮아진다. 따라서 접근성이 양호한 도시나 지역에서는 이동성이 비교적 높은 승용차의 이용보다는 대중교통의 이용확률이 높아진다. 이와 더불어 대중교통체계와 공공시설에 대한 접근성도 도시공간특성 중에서 중요한 요인으로 통행수단의 선택에 영향을 미친다. 도시공간속에서 대중교통관련 시설과 다양한 공공시설이 어떻게 입지 분포하느냐에 따라 대중교통접근성이 결정되기 때문이다.

3.4 상호의존성

오늘날 대부분의 많은 도시들은 소득 증대에 따라 자동차의 보급이 급격히 증가하는 현상을 보이고 있다. 이러한 자동차의 보급은 도시들의 공간구조 변화에 중요한 역할을 하고 있고 동시에 새로운 형태의 도시개발로 인하여 자동차의 필요성이 증대된 결과이기도 하다. 미국과 유럽의 실증적인 도시구조의 분석에서 단핵도시에서 급격히 다핵도시로 변화하는 특징을 지적하고 있다. 도시기능이 과거 도심에 집중하였던 것이 교외지역으로 분산되었다. 많은 연구에서 이러한 현상은 대중교통과 도보와 같은 교통수단의 중요성이 자동차에 비해 감소한 결과임을 지적하고 있다 (Schwan, Dijist, and Dieleman, 2001). 자동차 보급률이 향상되었고 나아가 의존도가 높아짐으로써 도시공간구조는 다핵화로 진행되었다는 것이다.

그러나 자동차 의존성에 대한 실증적인 유럽 도시의 연구에서 반론을 제기하고 있다. 다핵 분산도시에서도 대중교통에 대한 과감한 시설투자를 하고 지역 간의 대중교통 연계체계를 잘 갖추면 다핵화로 인한 자동차 의존도는 낮아 질 수 있다는 것이다 (Newman and Kenworthy, 1993). 특히 파리지역은 대중교통의 분담율이 1971-1989 기간 동안에 31% 수준을 안정적으로 유지하고 있고, 네델란드의 많은 다핵도시에서는 비교적 높은 수준의 대중교통 분담률을 지적하고 있다 (Schwan, Dijist, and Dieleman, 2001). 미국의 10대 대도시연구에서도 도시규모와 통근수단의 선택의 관계는 쉽게 발견하지 못하였다. 가장 큰 도시인 뉴욕의 경우가 자동차 분담률이 가장 낮고 여섯 번째로 큰 도시인 디트로이트의 자동차 분담률은 가장 높은 것으로 나타났다 (Gordon et al., 1989). 이상과 같이 미국도시에 대한 여러 연구에서 통근시간과 도시규모 간에는 명확한 관계를 규명하지 못하였으나 유럽의 경우에는 도시규모와 통근시간은 정(+)의 관계임을 제시하였다 (Schwanen, 2002).

통근수단의 선택은 다양한 개인의 인구·사회·경제적인 요인이 반영된 라이프스타일에 따라 다른 선택의 결과를 보일 것이다. 그리고 개인들이 생활하는 도시의 특성에 대한 가치를 어떻게 평가하느냐에 따라서 교통수단의 선택은 달라질 것이다. 또한 교통수단의 선호도에 따라서 주거입지선택의 결과도 다르게 나타날 것

이다. 그러나 반대의 현상도 나타날 가능성도 있는 것이다. 개인들의 주거입지 선택에 따라서 통행수단의 선택이 달라질 수 있다는 것이다. 이러한 개인의 다양한 선택결과들은 상호 복합적인 인과관계를 형성하면서 영향을 주고 받게 될 것이다. 개인들의 복잡한 선택관계를 구조적으로 그 인과관계를 규명하는 것은 지속가능한 도시의 실현에 있어 정책적인 논거를 제공하는 필수적인 선결과제이다.

주거지 선택은 주로 경제적 선택 과정으로 설명하는데 가구주는 주거지의 속성으로부터 얻는 편익과 입지결정에 따른 제반 비용과 편익을 서로 비교하면서 가구의 효용을 극대화시키기 위한 최적의 입지선택을 한다는 것이다 (Jara-Diaz and Martinez, 1999). 이러한 과정을 설명하기 위해 입지선택과 자동차소유관계를 포함한 토지이용과 교통의 통합모형에서는 단기적인 교통선택에 장기적인 입지결정의 역할을 명시적으로 중요하게 다루고 있다. 자동차의 보유와 사용은 주거밀도와 대중교통접근성 등의 주변상황 뿐 아니라 소득과 가구규모 등의 가구의 사회경제적 특성에 매우 민감하다. 이에 따른 교통혼잡도와 주차비용 관련한 정책 등 도시의 건조환경 특성은 단기적인 통행행태보다는 자동차소유에 더 영향을 미친다. 차와 주택을 소유하면 이어서 자동차를 이용하는 것과 같이 교통에 대한 자동차와 주택 소유가 미치는 관계는 대부분 일방향적 이지만 다른 방향에서 영향도 나타나게 된다. 개인들은 각자의 라이프스타일 등의 차이에 따른 통행선호도에 따라 특정 교통수단이 잘 갖추어진 도시를 장기적으로 먼저 선택하기도 한다는 것이다. 즉 교통수단의 선호도가 주거입지 선택에 영향을 미친다는 것이다.

Ewing and Cevero (2001) 은 통행발생은 도시공간구조보다는 가구주의 사회경제적 특성에 매우 관련성이 높은 반면에 통행수단의 선택은 도시토지이용에 민감하다고 하였다. Frank et al. (2008) 은 인구적 요인을 통제하면서 도시공간구조와 비교하면서 토지이용의 변화가 어떻게 통행수단에 영향을 주는가를 분석하였는데, 밀도, 혼합이용도, 소매업의 공간면적 등과 같은 토지이용 변수가 통근수단의 선택에 매우 중요하게 작용하고 있음을 밝혔다.

이상과 같이 교통수단을 선택하는데 있어서 다양한 요소는 서로 상호복합적을 영향을 주고 받는다. 개인적 특성은 라이프스타일과 밀접하게 관련이 있고 또 이러한 요인은 각 개인이 어디에 살고 있거나 일하는 장소에 따라 상호 영향을 받게 된다. 개인의 특성에 따라 라이프스타일이 변화하기도 하고 사회적인 변화추세가 개인의 특성을 변경시키기도 한다. 개인의 특성과 라이프스타일에 따라 자동차우호적인 도시를 선택하기도 하고 그 반대일 경우도 있다. 또한 자동차 우호적인 도시에 살거나 일하게 되면 개인의 특성이나 라이프스타일이 변화하기도 한다. 이러한 복합적인 관계가 상호작용하거나 의존성을 가지면서 중요한 교통수단의 선택에 영향을 미치고 궁극적으로 결정요인으로 작용하기도 한다.

4. 위계적 분석방법론

교통수단의 선택에 대한 실증분석에서 가장 전통적으로 많이 활용되는 기법은 선형회귀모형과 다항로짓모형이다. 종속변수인 각 수단의 선택 또는 선택 확률을 여러 정책 요소적인 독립변수를 설명변수로 설정하여 그 통계적 의의와 크기 및 방향을 추정하는 기법이다. 이러한 기법의 장점은 변수간의 적접적인 관계성과 설명력을 규명하여 영향력을 측정할 수 있으나 변수들간의 상호작용하는 효과나 인과관계를 측정하는데 한계가 있다. 이를 해소하는데 최근 이용되는 기법으로 구조적 모형(Structural Equation Model) 또는 경로분석모형 등이 있다.

이러한 모형은 종속변수를 설명하는 독립변수들 간의 경로 및 구조적 관계를 크기와 방향으로 규명할 수 있는 장점은 있으나 변수상호간의 복합적인 설명력을 규명하는 데는 한계가 있다. 앞서 설명한 기법과 마

찬가지로 이기법들은 설명변수의 차원이 다른 경우에 있어서도 그 관계성과 상호작용성을 규명하는데 한계를 가지고 있다.예를 들어 특정개인의 개인특성 및 라이프스타일은 실증분석에서 개인수준의 자료를 활용하여 그 효과를 분석하는데 지역적 수준의 자료는 일부 기법에서 더비변수로 그 관계성을 분석하기도 하지만 차원이 다름에도 불구하고 동일한 수준으로 취급함으로써 계층적 구조의 효과를 적절하게 제어하지 못하는 한계가 있다.

교통수단을 선택하는 영향을 미치는 요인을 서로 다른 차원에서 계층적 구조로 상호의존성을 가지고 설명하는 관계를 규명하는 효과적인 분석기법으로 위계적 모형을 활용할 수 있다. 다수준 회귀모형이라고도 불리는 이 기법은 일반선형모형과는 달리 계층적 구조를 고려하여 분석하는데 잔차의 분산에 대한 계층별 효과의 크기활용하는 것이다. 성현곤·황보희·박지형(2012)은 최근 우리나라 실증분석에서 개인, 개인이 속한 가구, 가구가 속한 행정동 등의 3수준의 계층적 구조간의 TOD계획요소의 상호영향을 고려할 수 있는 다수준 회귀모형을 사용하여 분석결과에 대한 신뢰성을 제시하였다. 이 모형의 기본개념 및 특징과 구조를 살펴보면 다음과 같다.

위계선형모형은 종속변수는 개인수준에서 측정되지만 독립변수는 하위수준인 개인 단위와 상위수준인 집합단위(그룹, 지역 등)라는 두 개의 수준에서 측정된다. 따라서 서로 다른 수준에서 측정된 변수들간의 관련성을 분석하는 모형으로써 각 개인은 그가 속한 지역이나 그룹의 특성으로부터 형향을 받고 있으며 특정 지역 또는 그룹에 속하는 개인은 그와는 다른 지역이나 그룹에 속한 개인들과는 구별되는 특성을 갖고 있다고 전제하는 것이다. 특히 위계선형모형은 어떤 변수들이 어떤 수준에 속하는 변수들의 직접적인 효과뿐만 아니라 각 수준 간 교차 및 상호작용 효과도 고려할 수 있다. 유정진(2006)이 제시하는 가장 표준적인 단순 2수준 모형은 다음과 같다.

1수준 (개인) $$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{ij} X_{ij} + \gamma_{ij} \quad (1)$$

2수준 (그룹, 지역 등) $$\beta_{oj} = \nu_{oo} + \nu_{o1} W_j + u_{oj} \quad (2)$$

$$\beta_{ij} = \nu_{1o} + \nu_{11} W_j + u_{1j} \quad (3)$$

Y_{ij}는 번째 조직에 있는 i 개인의 종속변수를 의미하며, β_{oj}와 β_{ij}는 각 개인수준의 절편과 회귀계수이다. X_{ij}는 1수준에서 측정할 수 있는 통행자의 특성을 의미한다. γ_{ij}는 개인수준의 확률효과(random effect)로서 수단선택의 잔차를 의미한다. 단, $\gamma_{ij} \sim N(0,\sigma^2)$으로 가정한다. W_{ij}는 개인이 속한 j지역의 특성요인을 의미하고 ν_{oo}와 ν_{o1}은 2수준의 절편과 회귀계수이며 u_{oj}와 u_{1j}는 2수준의 확률효과로서 지역수준의 잔차이다. 여기서 $u_{oj} \sim N(0,\tau_{oo}), u_{1j} \sim N(0,\tau_{11}), Cov(u_{oj},u_{ij}) = \tau_{o1} = \tau_{1o}$을 가정한다. 따라서 식(2)와 식(3)을 식(1)에 통합한 결합모형식은 다음의 식(4)와 같다.

$$Y_{ij} = \nu_{oo} + \nu_{o1} W_j + \nu_{1o} X_{ij} + \nu_{11} X_{ij} W_j + u_{1j} X_{ij} + u_{oj} + \gamma_{ij} \quad (4)$$

식 (4)의 위계선형모형은 1수준과 2수준을 구분하여 모델링하고 고정효과와 확률효과를 구분하여 분석을 실행하도록 되었다.

위 모형에서 종속변수가 연속적인 경우이지만 교통수단의 선택은 선형이 아니라 이산된 상황이므로 이를 경우에는 다음과 같이 로짓모형으로 모델링하여 분석할 수 있다. 이 경우 1수준의 로짓연계함수를

$N_{ij} = \log(\frac{g_{ij}}{1-g_{ij}})$라고 하고 $g_{ij} = prob(j_{ij} = 1)$라고 하여 y_{ij}가 1이 나올 확률이라고 하면 이 경우 로짓 연계모형함수를 배경으로 선형모형을 설정할 수 있다.

위 식 (1)~(3)의 기본모형을 바탕으로 하여 1순주의 모형식을 2순모형식에 어떻게 반영하느냐에 따라 여러 가지 형태의 모형을 파악하고자 하는 내용에 따라 구축할 수 있다. 이희연·노승철(2012)은 이에 대한 상세한 모형의 종류와 분석 절차와 방법을 제시하고 있다.

5. 결론

자동차 보급이 급격히 확산되어 활용함으로써 도시공간구조가 외연적으로 확산하여 다양한 도시문제를 새롭게 야기한다고 거센 비판을 하고 있는 신도시주의자들은 도시확산을 도시문제의 주범으로 간주하고 이를 방지하기 위해 많은 대안을 제시하고 있다. 이러한 대안 중에서 최근에 각광을 받고 있는 것이 대중교통중심개발이다. 이는 도시의 정비와 개발에 있어 대중교통체계를 효율적으로 정비하여 매력적이게 하며 이를 거점으로 다양한 도시활동을 집중시킴으로써 궁극적으로 비동력수단 또는 대중교통을 에너지 절약적으로 활성화 시키는데 그 목적이 있다.

TOD의 목적을 효율적으로 달성하기 위해서는 그 계획요소와 교통수단의 선택에 관한 실증적 고찰에 따른 정책적 접근이 필요하다. TOD는 핵심계획요소로써 개인들이 대중교통을 많이 이용할 수 있는 도시공간특성을 구축하는데 집중하고 있다. 구체적인 내용으로 고밀집중개발과 토지이용의 복합성을 제고하고 대중교통체계에 대한 접근성을 강화하는 것이다. 그러나 이러한 정책적 효과가 직접적으로 대중교통수단의 분담률 제고로 나타났는지에 대한 명확한 일관된 실증적 검증에 대해서는 의문이 제기되고 있다.

이러한 의문이 제기되는 이유로써는 교통수단선택 결정요인들의 상호작용성과 의존성이다. 통행자의 개인특성과 라이프스타일 그리고 도시공간특성이 교통수단의 주요한 결정요인인데 이들은 상호의존적이면서 복합적으로 영향을 주고 받는다. 개인 통행자들의 사회적 심리적 특성은 개인들이 어디서 일하고 사느냐에 따라 영향을 주고 받으면서 경우에 따라서는 요인들이 상쇄적으로 또는 누적적 인과관계로 작용한다. 이 관계의 실증적인 분석은 TOD의 성공적인 목적 달성을 위한 정책 대안의 모색에 있어서 무엇보다도 중요한 선결과제이다. 이에 이러한 분석을 위한 새로운 접근 기법이 모색되어야 한다.

본 연구에서 그 대안을 결론적으로 위계적 분석을 제시하였다. 기존의 분석기법은 개인수준의 특성과 그룹 또는 지역적 수준의 특성을 계층적으로 고려하지 못하는 통계적 오류와 관계성의 규명에 한계가 있다. 이를 극복하고 개인특성과 지역 및 그룹 특성을 계층적으로 통제하면서 그 요인들 간의 상호의존성과 복합적 작용을 실증적으로 규명할 수 있는 장점을 가진 것이 위계적 분석이다. 기본모형을 바탕으로 여러 차원에서 분석 파악하고자 하는 내용을 모형식으로 구축하여 교통수단을 결정하는 요인들의 상호의존성과 복합결합적 작용관계를 규명할 수 있다. 이러한 분석은 TOD의 효율적인 목적 달성에 필요한 정책 대안의 모색에 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

참고문헌

서종국 (1998), "도시공간구조변화와 통행행태의 변화에 관한 연구," 국토계획, 33(5): 167-182.
----- (2005), “정보화와 도시공간 및 행태의 변화에 관한 연구,” 한국행정논집, 17(2): 291-311.

성형곤·황보희·박지형 (2012), “다수준 회귀모형를 활용한 TOD계획요소의 통행행태 변화 실증분석,” 국토계획, 47(3): 265-278.

유정진 (2006), “위계적 선형모형의 이해와 활용,” 아동학회지, 27(3): 169-187.

이희연·노승철(2012), 고급통계분석론, 법문사:파주.

Bhat, C. (1997), “Work Travel Mode Choice and Number of Non-work Commute Stops,” *Transportation Research Part B*, 31(1): 41-54.

------- (1998), “Analysis of Travel Mode and Departure Time Choice for Urban Shopping Trips,” *Transportation Research Part B*, 32(6): 361-371.

Bhat, C., Singh, S. (2000), “A Comprehensive daily Activity-Travel Generation Model System for Workers,” *Transportation Research Part A*, 34, 1-22.

Breheny, M. J. (1992a), "Sustainable Development and Urban Form: An Introduction," in M. J. Breheny (eds) *Sustainable Development and Urban Form*, Lodon: Pion Limited: 1-23.

---------- (1992b), "The Contradictions of the Compact City: A Review," in M. J. Breheny (eds) S*ustainable Development and Urban Form*, Lodon: Pion Limited: 138-159.

Calthrope, P. (1993), *The Next American Methropolis: Eclogy Community and the American Dream*, Princeton Architecture Press: New York.

Cevero. R. (1989), "Jobs-Housing Balancing and Regional Mobility," *Journal of the American Planning Association*, 55(2): 136-150.

Cevero. R. (2002), “Built Environments and Mode Choice: Normative Framework,“ *Transportation Research Part D*, 7(4): 265-284.

Cirillo, C. and K. Axhausen (2006), “ Evidence on the Distribution of Value of Time Savings from a Six-week Diary,” *Transportation Research Part A*, 40(5): 444-457.

De Witte, A., C. Macharis, & O. Mariesse (2008), “How Persuasive is Free Public Transport? A Survey among Commuters in the Brussels-Capital Region,” *Transport Policy*, 15: 216-224.

Ewing, R. and Cevero, R. (2001), “Travel and Built Environment: A Synthesis,” *Transportation Research Record,* 1780: 87-114.

Frank, R., Bradley, M., Kavage, S., Chapman, J., Lawton, T. K. (2008), “Urban Forn, Travel Time, and Cost Relationships with Tour Complexity and Mode Choice,” T*ransportation*, 35(1): 37-54.

Giuliano, G. (1991), "Is Jobs-Housing Balance a Transportation Issue?," *Transportation Research Record,* 1305: 305-312.

Giuliano, G. and K. Small (1991), "Subcenters in Los Angeles Region," *Regional Science and Urban Economics,* 21: 163-182.

Gordon, P. and H. W. Richardson (1996), "Beyond Polycentricity: The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990", *Journal of American Planning Association* 62(3), pp. 289-295.

Gordon, P. and H. W. Richardson (1997), "Are Compact Cities a Desireable Planning Goal?,"*Journal of American Planning Association,* 63:93-106.

Gordon, P., H. W. Richardson and Gang Yu (1998), "Metropolitan and Non-metropolitan Employment Trends in the US: Recent Evidence and Implications," *Urban Studies,* 35(7):1037-1057.

Jara-Diaz, SR. and Martinez, FJ. (1999), “ On the Specification of Indirect Utility and Willingness to Pay for Discrete Residential Location Models,” *Journal of Regional Science*, 39(4), 675

Limtanakool, N., M. Dijst, and T. Schwane (2006), “The Influence of Socioeconomic Characteristics, Land

Use and Travel time Considerations on Mode Choice for Medium-and Longer-Distance Trips," *Journal of Transport Geography,* 14:327-341.

Salomon, I. and Ben-akiva, M. (1983), "The Use of Lifestyle Concept in Travel Demane Models," *Environment and Planning A*, 15(5): 628-638.

Schwanen, Tim (2002), "Urban form and commuting behaviour: A cross-European perspective," *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie,* Vol.93(3): 336-343.

Schwane, Tim & Martin Dijst (2002), "Travel-time ratios for visits to the workplace: The relationship between commuting time and work duration," *Transportation Research Part A,* 36: 573-592.

Schwane, Tim, M. Dijst & F.M. Dieleman (2001), "Urban form and travel time: micro level household attributes and residential context," *Utrecht:* Urban Research Centre Utrecht University.

Seo, Jong Gook (2002), "Economic Structural Changes, Urban Form, and Commuting Patterns in the U.S. Metropolitan Area, *Korean Public Administration Quarterly,* 14(3): 739-763.

Shen, J., Sakata, Y., Hashimoto, Y. (2009), "The Influence of Environmental Deterioration and Network Improvement on Transport Modal Choice," *Environmental Science and Policy*, 12(3), 338-346.