

개인의 복합적인 특성에 따른 활동유형 분석

나성용¹ · 이승재¹ · 김주영^{2*}

¹ 서울시립대학교 교통공학과, ² 서울시립대학교 융합도시연구센터

A Study on Activity Type Based on Multi-dimensional Characteristics

NA, Sung Yong¹ · LEE, Seungjae¹ · KIM, Joo Young^{2*}

¹ Department of Transportation Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

² Integrated Urban Research Center, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract

Activity-based models analyze individuals' various daily activities that are identified as a decision-making unit for transportation planning. In other words, it is the model that determines the types of activities according to the social, economic and situational characteristics of the groups with the same activity patterns and predicts individuals' activity time, distance, spatial movement and transportation mode. The activity-based model is a method of estimating more efficient and realistic demand in transportation forecasting because traffic is regarded as a complex decision-making process that an individual and other people participate in. In this paper, we grasp the factors affecting choice behavior of activity pattern and analyze choice behavior of activity pattern based on multi-dimensional characteristic of each person. First, we classify activity types of reviewing the trip chain and activity purpose. Next, we identified preferable activity types using complicated characteristics of main agent of activity. We concluded that choice behavior of activity pattern is dependent on complex characteristics of each agent, and further multi-dimensional characteristics of each person are affected over the whole decision process of activity schedule.

활동기반 모형은 개개인의 다양한 일상 활동을 교통계획의 의사결정단위로 파악하고, 인간의 활동으로 인해 파생된 통행을 분석한다. 즉, 동일한 활동패턴 집단의 유형의 사회경제적, 상황적 특성에 따라 어떤 활동을 수행할 것인지를 결정하고 활동수행주체의 활동시간, 공간의 이동, 교통수단을 선택하는 행위에 대한 예측을 수행한다. 통행은 개인과 다른 사람들이 참여하여 이루어지는 복합적인 의사결정 과정으로 간주되기 때문에 이를 통한 활동기반모형은 교통수요 예측에 있어 보다 효율적이면서 현실에 부합한 수요추정을 수행할 수 있다. 이러한 과정에서 개인의 하루 활동유형을 선택하는 과정은 매우 중요하며, 이에 따라 활동기반 모형의 통행이 발생된다고 할 수 있다. 본 연구에서는 개인의 활동유형 선택에 영향을 주는 요인을 파악하고, 개개인의 특성에 따라 활동유형 선택행태를 분석하였다. 먼저 통행사슬 유형과 활동목적을 검토하여 활동유형을 분류하고, 활동유형선택에 영향을 미치는 개개인의 사회경제적 특성변수를 도출하였다. 다음으로 활동유형별 다항 로지스틱 회귀분석 모형을 구축하여, 활동수행주체의 복합적 특성에 따라 선호되는 활동패턴에 대한 분석을 수행하였다. 결론적으로 활동유형의 선택은 활동수행주체의 복합적인 특성에 의존하며, 장래 활동기반 교통수요 예측에 있어 개인의 복합적인 특성이 활동기반 모형의 활동스케줄 결정 과정에서 고려되어야 함을 시사하고 있다.

Keywords

activity based model, activity pattern, activity characteristic, multinomial logistic, multi-dimensional characteristic
활동기반 모형, 활동유형, 활동특성, 로지스틱 회귀모형, 복합특성

* : Corresponding Author
trafficplan@naver.com, Phone: +82-2-6490-5661, Fax: +82-2-6490-2819

Received 24 July 2014, Accepted 23 October 2014

© Korean Society of Transportation
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

활동기반 연구의 일반적인 지향점은 일상 활동원리에 대한 연구를 통해 도시 계획 및 교통 정책 수단에 대한 개인 혹은 집단의 반응을 예측하기 위한 이론적 기초를 제공하는데 있다. 특히 개인이 가진 속성뿐만 아니라 개인이 속한 집단의 사회경제적인 특성의 규명은 인간행동을 근본적으로 이해하고 “어떻게” 행동하는가하는 문제에서 “왜” 그렇게 행동하는가에 대한 원인분석을 통해 이루어 질 수 있으며, 활동유형을 분석하는 궁극적인 목적은 개인의 일상 활동 원리를 밝힘으로써 다양한 교통 정책에 대한 개인 혹은 동일한 활동패턴을 보이는 집단의 반응을 시뮬레이션 할 수 있는 근거를 제공하는데 있다.

활동기반 모형의 경우 통행행태 분석을 위해 개개인의 다양한 일상 활동을 교통계획의 의사결정단위로 파악하여 개인의 하루의 통행패턴이 연속 측정된 관측 자료를 이용한다. 즉, 통행을 연속적인 일상생활중의 한 행위로 간주하여 통행자의 일상 활동 계획을 연구대상으로 한다. 활동기반 모형에서는 통행행위자체를 출발지와 목적지를 연결하는 동질의 행위로 보지 않고, 습관적 통행, 강제적 통행, 선택적 통행, 회피성 통행 등으로 분류하여 분석하며, 모형에 사용되는 변수는 인간의 생활주기에 토대를 두고, 특정장소에서 체제기간, 조사기간 동안의 총 통행횟수, 통행 중 정지횟수 등을 포함한다. 따라서 개별행태모형(Individual Behavioral Model) 이론을 바탕으로 한 교통수요추정 시뮬레이션으로 개별통행자들의 통행패턴을 알아볼 수 있으며, 보다 정확한 장래 교통수요를 추정하는데 큰 도움을 줄 수 있는 장점이 존재한다. 또한 공간적, 시간적으로 이전이 가능하며, 비용의 절감과 함께 빠른 시간 안에 결과를 도출할 수 있으며, 교통 계획의 개략적 평가에 적합한 특징을 가지고 있다.

활동기반모형에서는 하루 스케줄을 결정하는 개인의 사회경제적인 특성에 대한 정의를 시작으로 여러 개의 통행으로 연결된 통행사슬의 유형을 예측하고 몇 개의 통행이 발생하는지를 결정한다. 하루 스케줄을 수행하는 과정에서의 통행은 집에서 출발해서 집으로 돌아오기까지 몇 개의 중간 정착지가 있었는지를 예상하며, 각 중간 정착지의 위치와 이동하는데 사용된 교통수단, 그리고 각 정착지에 머무른 지속시간과 출발시간을 하나의 셋으로 동시처리 과정을 통해 분석을 수행하게 된다. 이러한 과정에서 개인의 하루 활동유형을 선택하는 과정은 매우 중요하며, 이에 따라 활동기반 모형의 통행이 발생된다

고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 배경에서 개인의 활동유형 선택에 영향을 주는 요인을 파악하고, 개개인의 가지는 특성을 모든 특성이 결합된 형태, 즉 개인의 복합적 특성에 따른 활동유형 선택행태를 분석하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 활동유형 분류와 관련된 정의 및 기존연구를 검토한다. 3장에서는 활동패턴 선택모형을 추정하기 위해서 활동패턴을 분류하고, 데이터 분석을 통해서 모형에 사용될 변수를 선정하고 검증하는 과정을 거쳐 최종적으로 4장에서는 로지스틱 회귀모형을 이용하여 개인의 특성에 따른 활동유형 선택모형을 추정하였다.

기존 문헌 검토

활동기반 접근법에 의한 통행스케줄 구축은 사람들의 통행패턴을 보다 효율적이고 현실에 맞게 예측하기 위한 방법이다. 활동(Activity)이란 여러 개의 독립된 통행단위를 하나의 복합적인 단위로 정의하며, 통행과 마찬가지로 시간과 공간, 통행수단과 같은 다양한 정보가 포함된다. 본 연구에서는 활동패턴을 집을 기본지점으로 하여 이로부터 출발하여 다시 기본지점으로 돌아오기까지 폐쇄된 루프에 포함되는 통행들의 집합으로 정의한다.

활동유형과 관련된 연구는 개별 활동이 아닌 활동패턴을 분석하고 관찰된 활동의 패턴을 대상으로 체계적인 유형화를 통해 사회경제적 특성에 따라 활동유형 집단을 구분하며 활동유형에 영향을 미치는 사회경제적인 요인과 이를 통한 활동유형의 파생적인 특성의 검증 및 패턴을 파악하는 연구가 주로 진행되었다(Joh et al., 2003; Burnet and Hanson, 1982; Joh et al., 2008). 구체적으로 개인의 직업, 나이, 소득수준 등 다양한 특성이 활동의사결정에 영향을 미치며 이러한 특성들이 활동패턴을 구성하게 된다. Joh et. al.(2003)은 같은 활동패턴 특징을 보일 것으로 예상되는 활동수행주체의 유형화를 통해 얻어지는 활동패턴 집단은 활동 실행과 관련된 특정 사회경제적, 상황적인 특성과 연관 지어질 수 있으며, 결과적으로 특정 유형의 활동패턴은 동일한 사회경제적 특성을 가진다는 것을 증명하였다. 즉, 개인의 활동유형 선택은 사회경제적 특성에 따라 결정되며, 동일한 특성을 가진 집단은 동일한 활동패턴을 보이는 것을 증명하였다.

본 연구에서 추정하고자 하는 활동유형 선택과 관련하여 활동패턴 분류에 대한 기존연구가 부재한 상황에

Table 1. Type of trip chain

| No. | Type | Content |
|-----|----------------------|----------------------------|
| 1 | Simple work | Home-Work-Home |
| 2 | Complex to work | Home-Other-Work-Home |
| 3 | Complex from work | Home-Work-Other-Home |
| 4 | Complex to/from work | Home-Other-Work-Other-Home |
| 5 | Complex at work | Home-Work-Other-Work-Home |
| 6 | Simple non-work | Home-Other-Home |
| 7 | Complex non-work | Home-Other-Other-Home |

source : Strathman and Dueker, 1995

서, 본 연구에서는 통행사슬과 관련된 기존 연구를 토대로 활동유형에 대해 정의를 내리고자 한다.

통행사슬의 유형 중 대표적인 사례는 Strathman and Dueker(1995)의 연구에서 찾아 볼 수 있다. 이 분류에서는 통행사슬 빈도특성을 단순(simple)과 복잡(complex)으로 구분하고 통행에 제약을 두는 경우와 그렇지 않은 경우를 “집”과 “직장”을 중심으로 구분하였다. 직장(work)의 경우 통행에 제약을 두는 경우이며, 나머지 목적은 모두 기타로 처리하였다. 이와 같은 통행사슬의 유형구분은 활동패턴 유형과 매우 흡사한 구조를 갖고 있는 것을 파악할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 Choo et al.(2008), Bin M. Y.(2011)에서와 같이 활동(Activity)은 집을 기본지점으로 하여 이로부터 출발하여 다시 기본지점으로 돌아오기까지 폐쇄된 루프에 포함되는 통행들의 집합으로 정의하여 Strathman and Dueker(1995)의 통행사슬의 유형분류가 활동유형을 분류하는데 적용될 수 있을 것이라 판단한다.

통행사슬과 관련된 연구는 다음과 같다. Adler et al.(1979)는 개인이 하루에 발생하는 통행사슬 행태는 사이클(Cycle)수와 스톱(stop)수에 의해 결정되며 이는 통행의 편리성을 나타내는 지표로 사용될 수 있다고 하였으며, Bentley(1999)는 연계통행수인 스톱(stop)수를 지수분포를 이용하여 모형화하였다.

McGuckin and Murakami(1999)는 성별에 따른 활동패턴의 분석을 통해 남성이 여성보다 많은 Stop을 보였고, 통행지속시간이 상대적으로 길다는 것을 밝혔으며, 활동의 특성이 성별, 직업, 사회적 지위, 가족 구성원에 의해 영향을 받는다는 결론을 도출하였다.

Newmark et al.(2005)는 쇼핑몰에서 통행 사슬 행태를 파악하기 위해서 통행자의 성별, 수입, 나이, 집의 크기, 차량 소유여부 등의 특성자료를 조사하고, 그에 따른 통행 사슬 행태를 추정하였다.

Jan-Dirk Schmokker et al.(2010)는 런던에서의 개별적인 통행 분석을 통해 30min dwell time rule과 home to home tours의 정의를 적용하여 주어진 tour에서 stop 수에 의한 추정을 통해 통행사슬의 복잡성을 규명하였다. London Area Travel Survey를 사용하여 통행사슬과 관련된 요인을 분석한 결과 65세 이상에 경우 home to home 정의를 적용할 때와 달리 30min dwell time rule을 적용할 때, 65세 미만보다 65세 이상의 경우가 평균적으로 더 많은 complex tour를 하며, 단일통행에서 다른 통행과의 결합으로써 home to home 투어를 줄인다고 제시하였으며, 순서형 프로빗 회귀모형을 통해 검증하였다.

국내에서 수행된 활동유형 및 통행사슬과 관련된 연구는 많지 않으나, Kim et al.(1992)은 취업자가 하루 동안에 수행한 통행태를 분석하였으며, 결과적으로 통행패턴은 하루에 2통행으로 비교적 단순하다는 결론을 내렸다. 그 외 통행사슬의 특성을 분석한 연구로는 Choo et al.(2008), Bin M. Y.(2011)의 연구가 있으며, 각 연구에서는 통행사슬 발생에 영향을 미치는 사회·경제 변수에 대해 분석을 수행하였다.

Lee et al.(2010)은 2005년도 수도권 광역도시철도역 이용자를 대상으로 11개 통행 연쇄 패턴으로 구분하고 이용자 스마트 카드 정보를 통하여 통행 연쇄 패턴과 역 이용 빈도에 근거한 역 집단 구분간의 관계를 비교적 분명히 보여줄 수 있는 2통행 수 이하의 단순 통행 5개 패턴을 대상에 대하여 분석하였다.

Choo et al.(2011)는 자전거 이용자의 통행 사슬 유형별로 분류하여 자전거 통행에 영향을 주는 통행 특성 및 사회경제적 변수를 규명하였다. 이를 위해 2006년 가구통행실태조사 자료를 활용하여 가구원 및 통행을 통행사슬 유형에 따라 4가지로 분류하고 자전거 통행에 영향을 미치는 요인을 규명하기 위해 자전거 통행수를 종속변수로 하는 포아송 회귀분석모형을 추정하였다.

Kim et al.(2013)는 통행기반 및 활동기반 모형과의 비교를 통해 활동기반 모형에서의 활동유형은 두 개의 투어(Tour)로 구분될 수 있다고 정의하였다. 첫 번째 투어는 집을 기반으로 한 일련의 통행사슬로, 두 번째 투어는 직장을 기반으로 정의하였다. 즉, 하나의 투어 내에서 발생하는 통행은 상호 독립적이지 않은 종속적이고 연결되어 있는 복합체적인 의사결정 결과물이며, 사용된 교통수단과 통행시간의 의사결정도 이에 대한 범위에 포함된다고 설명하였다.

활동기반모형에서는 통행을 활동에 의해 파생된 것으로 보며, 활동(activity)을 여러개의 독립된 통행단위를 하나의 복합적인 단위로 정의하며, 통행과 마찬가지로 시간과 공간, 통행수단과 같은 다양한 정보를 포함한다. 본 연구에서는 활동스케줄을 집을 기본지점으로 하여 이로부터 출발하여 다시 기본지점으로 돌아오기까지 폐쇄된 루프에 포함되는 통행들의 집합으로 정의하였으며, 활동스케줄링 구축을 통해 통행량을 추정하기 위해서는 주요 활동유형에 대한 정의와 함께 활동의 시·공간적 배분, 활동 수단의 선택 과정이 필수적이다. 이에 따라 본 연구에서는 활동유형 선택행태를 분석하고자 하였다.

기존연구를 살펴본 결과 활동유형 혹은 통행사슬의 특성을 분석함에 있어 개인의 특성지표를 이용하였지만, 각 특성변수들이 단편적으로 고려된 것을 파악할 수 있다. 그러나 활동수행 주체의 특성은 나이, 성별, 직업, 월평균소득수준 등 다양한 특성을 복합적으로 가지며, 각 변수들이 복합적으로 서로 결합되어 활동유형을 선택하게 된다. 예를 들어 전문직직업에 종사하는 사람 중 30대 남자와 40대 여자의 활동유형 선택행태는 차이점을 보일 것이다. 즉 기존연구에서는 나이와 성별, 직업 등 개인의 단편적인 특성에 따라 활동유형을 선택하였다면, 본 연구에서는 개인의 특성이 결합되어 복합적으로 고려하였을 때 활동유형을 선택하는 행태에 대한 분석을 수행하고자 한다. 구체적으로 개인의 사회경제적인 복합적 특성에 따라 활동유형을 선택행태를 분석하는 모형을 구축하기 위해서 하루 활동패턴에 대한 활동유형을 분류하였다. 분류된 활동유형별로 활동패턴이 어떠한 통행사슬의 특성을 띄며 하루 동안 어떤 활동유형을 수행할 것 인지를 분석하기 위해 로지스틱 회귀모형을 이용하였다.

활동패턴 선택 모형 구축

1. 활동패턴 분류

하루 활동에 대한 활동스케줄을 구축하기 위해서는 하루 활동유형(Activity Pattern)을 선택하는 모형 구축이 필요하며, 이를 위해서는 활동에 대한 정의가 필요하다. 활동은 종류가 상당히 다양함으로 특성에 따라 그룹화 하는 것이 필요하며 이러한 분류는 분석의 목적이나 활용방안에 따라 다양하게 나뉘질 수 있다.

Table 2. Classification by activity purpose

| Alternative | Purpose | Activity |
|-------------|--|---|
| Mandatory | Commute, School, Business | work, school, attend academy, work-related tasks |
| Other | Shopping, leisure, individuals business, other | pick up, move to buy things, hobbies, shopping, fellowship activities |

본 연구에서는 앞서 살펴본 바와 같이 Strathman and Dueker(1995)의 통행사슬 유형 분류방법을 참고하여, 활동에 제약을 주는 요인과 그렇지 않은 경우로 나누어 활동유형을 구분하였다. 구체적으로 시간과 공간적으로 활동에 특정한 제약을 주는 요인으로 통근과 등교, 학원수강과 같은 하루 활동에서 반드시 수행하여야 하는 활동으로 Mandatory대안을 설정하였고, Mandatory대안 외 쇼핑, 개인용무, 여가 등 하루 활동에서 부가적으로 선택하는 활동유형을 Other대안으로 구분하였다.

본 연구에서는 활동의 목적을 개인의 하루의 활동사슬 내에 Mandatory한 목적의 통행을 포함하는 것과 포함하지 않는 것으로 구분하고, 통행사슬내 목적지가 한 곳이라면 단순 활동(Simple Activity)이라 정의하고, 2개 이상이라면 복합 활동(Complex Activity)으로 정의한다. 물론 복합 활동(Complex Activity)의 경우 경유지를 2곳 이상의 지점으로 확장할 수 있으나 가구통행 실태조사 분석 결과 2곳 이상의 지점을 경유하는 경우는 표본수가 너무 작으므로 이에 대해서는 고려하지 않았다. 다음은 본 연구에서 사용된 활동사슬 형태를 활동유형별로 구분한 것이다.¹⁾

활동사슬 유형을 선택하는데 있어서는 가구통행실태 조사의 조사항목 중 통행목적, 세대주와의 관계, 나이, 성별, 직업, 고용형태, 근무형태, 운전면허 소유여부, 차량보유여부, 월평균 소득수준 등이 고려될 수 있다. 이러한 사회경제적으로 복합적인 특성들은 독립적으로 고려되는 것이 아니라 모든 특성이 결합된 형태로 활동사슬 유형을 선택하게 된다. 그러나 이러한 선택행동을 분석하는데 있어서 모든 특성을 고려한다는 것은 대안의 수가 너무 많아짐으로 인해 특성을 해석하는데 어려움이 존재한다.

본 연구에서는 활동유형은 Table 2의 활동목적에 고려하여 단순의무활동(Simple Mandatory Activity), 단순부가활동(Simple Other Activity), 복합의무활동(Complex Mandatory Activity), 복합부가활동

1) 활동 유형 분류의 경우 Strathman(1995), Choo et al.(2008), Bin(2011)의 통행사슬 유형 분류를 참고함

Table 3. Type of activity patterns

| | Trip Chain | Purpose | Type |
|-------------------------|--|-----------|----------------------------|
| Simple work/school | Home-Work/ work-Home | Mandatory | Simple Mandatory Activity |
| Simple non work/school | Home-Other-Home | Other | Simple Other Activity |
| Complex work/school | Home-Other-Work/ school-Home Home-Work/ school-Other-Home | Mandatory | Complex Mandatory Activity |
| Complex non work/school | Home-Other- Other-Home | Other | Complex Other Activity |

(Complex Other Activity)으로 총 4가지 유형으로 구분하였으며, 각각의 활동유형은 서로 중복되지 않고 하나의 활동유형을 선택한다는 가정하에 분석을 수행한다.

2. 활동유형 선택 모형 구축

1) 분석데이터

본 연구의 공간적 범위는 총 1,193개 존에서 표본 집계된 수도권 가구통행실태조사 범위인 서울시(522개존), 인천(142개존) 경기도(529개존)대상으로 중존단위로 집계화(aggregate)하여 분석을 수행한다. 가구통행실태조사 원자료에서 행정동 단위의 경우 표본의 수가 너무 작아 분석이 용이하지 않기 때문에 중존단위로 집계

화된 분석을 수행하였다. 연구를 위해 사용된 데이터 유형은 2006년 가구통행실태조사의 원자료(raw data)이며 가구(House)특성, 개인(Person)특성, 통행(Travel)특성 자료로 구성되어 있다. 분석을 위한 데이터 구축을 위해 총 235,886가구에 속한 799,584인이 통행한 1,829,906건의 데이터를 수집하였다. 조사된 데이터 총 1,829,906건 중 가구번호의 이상치, 출발시간의 오류기입 등을 제외한 분석용 데이터는 599,790인의 가구 원수, 1,365,071건의 개인특성 및 통행특성 자료로 구성되어 있으며, 본 연구에서 사용된 데이터는 개인특성, 가구특성, 통행특성이 결합된 형태로 구성하여 분석을 수행하였다.

2) 변수 및 최적모형 선정

본 연구에서는 다항로지스틱 모형을 이용하여 활동유형 선택에 영향을 주는 요인을 추출하였다. 다항 로지스틱분석은 종속변수인 활동유형과 개인의 복합적인 특성인 각 요인들 간의 관계를 규명하는데 활용가능하며, 종속변수에 영향을 미치는 요인들이 얼마만큼의 영향력을 가지는지 통계적으로 찾아낼 수 있는 방법이다. 본 연구에서 사용하는 로지스틱분석의 기본 모형은 종속변수를 Y라 하고 독립변수를 X라 할 때 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

Table 4. Variable content

| Sort | name | Value of Coding | reference variable |
|----------------------|------------------------|--|--------------------------------------|
| Dependent variable | Activity Type | Simple Mandatory Activity, Simple Other Activity, Complex Mandatory Activity, Complex Other Activity | Simple Mandatory Activit |
| Independent variable | Age | 0-7age 8-19age 20-29age 30-39age 40-65age 65age ~ | 30-39age |
| | Gender | Man Woman | Man |
| | Job | Student Housewives / unemployed / Preschoolers Professional / technical Administration / Secretary / manager Service jobs / Others | Administration / Secretary / manager |
| | Purpose | Obligations (work, school, home, work) Other (shopping, leisure, others.) | Other |
| | Head of Household | Yes No | household |
| | Driver's license | Yes No | Yes |
| | Car | Yes No | Yes |
| | Average monthly income | ~ 1million(won) 1million-3million(won) 3million-5million(won) 5million(won) ~ | ~ 1million (won) |

Table 5. Model Set and result of significance test

| Sort | Significance test | Total | Age | Gender | Job | Purpose | House hold | Driver's license | Car | Average monthly income |
|---------|-------------------|-----------|---------|--------|---------|---------|------------|------------------|--------|------------------------|
| Model 1 | x^2 | 1,047.185 | 451.686 | 26.798 | 251.677 | 48.928 | 29.589 | 15.120 | 34.487 | 3.645 |
| | df | 78 | 18 | 6 | 18 | 6 | 6 | 6 | 6 | 12 |
| | ρ | 0.008 | 0.007 | 0.106 | 0.003 | 0.095 | 0.473 | 0.662 | 0.796 | 0.413 |
| | $\alpha=0.01$ | ○ | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × |
| | $\alpha=0.05$ | ○ | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × |
| Model 2 | x^2 | 975.007 | 420.535 | 25.968 | 251.653 | 48.681 | 29.576 | 14.644 | 32.017 | |
| | df | 66 | 18 | 6 | 18 | 6 | 6 | 6 | 6 | |
| | ρ | 0.002 | 0.007 | 0.060 | 0.002 | 0.093 | 0.355 | 0.529 | 0.760 | |
| | $\alpha=0.01$ | ○ | ○ | × | ○ | × | × | × | × | |
| | $\alpha=0.05$ | ○ | ○ | × | ○ | × | × | × | × | |
| Model 3 | x^2 | 910.947 | 423.905 | 24.053 | 252.798 | 46.135 | 29.155 | | | |
| | df | 54 | 18 | 6 | 18 | 6 | 6 | | | |
| | ρ | 0.000 | 0.003 | 0.020 | 0.002 | 0.077 | 0.180 | | | |
| | $\alpha=0.01$ | ○ | ○ | × | ○ | × | × | | | |
| | $\alpha=0.05$ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | | | |
| Model 4 | x^2 | 912.978 | 401.240 | 22.223 | 229.888 | 43.185 | | | | |
| | df | 48 | 18 | 6 | 18 | 6 | | | | |
| | ρ | 0.000 | 0.002 | 0.011 | 0.001 | 0.074 | | | | |
| | $\alpha=0.01$ | ○ | ○ | × | ○ | × | | | | |
| | $\alpha=0.05$ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | | | | |
| Model 5 | x^2 | 874.154 | 373.114 | 20.407 | 218.765 | | | | | |
| | df | 42 | 18 | 6 | 18 | | | | | |
| | ρ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | | | | | |
| | $\alpha=0.01$ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | |
| | $\alpha=0.05$ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | |

$$\log\left(\frac{P_y}{1-P_y}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k \quad (1)$$

여기서, P_y : 종속변수 Y를 선택할 확률
 X_k : 독립변수, β_0 : 절편
 β_k : 독립변수에 대한 회귀계수

모형구축에서 종속변수는 활동유형으로 하고 앞서 활동패턴 분류에서 정의하였던 단순의무활동, 단순부가활동, 복합의무활동, 복합부가활동의 4가지로 선정하였다.

독립변수의 경우 가구통행실태조사의 개인특성 및 통행특성 자료를 바탕으로 합성인구의 특성에 따라 어떤 활동유형을 선택하는지에 대한 차이가 존재하는지 χ^2 검정을 수행하여 최종 변수의 범주를 선정하였으며, 구체적인 변수명과 카테고리는 Table 4와 같다.

최적모형을 구하기 위하여 8개의 독립변수를 모두 포함시킨 모형부터 시작하여, 통계적으로 유의하지 않은 변수를 하나씩 제거해 나가는 방법으로 Table 5와 같은

결과를 얻었다. 모형전체의 유의성은 5개의 모형에서 모두 유의수준 1%, 5%를 기준으로 유의한 것으로 나타났다. 다음으로 각 변수의 유의성은 우도비 검정에서 최종 모형과 최종모형에서 해당 변수의 효과를 생략하여 만든 모형인 축소모형의 -2LL 값의 차이를 이용하여 검정하였다. 그 결과, 통행목적, 세대주 여부, 운전면허 소유 여부, 차량 소유 여부, 월평균 소득은 유의수준 1% 및 5% 기준으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 그러나 나이, 성별, 직업의 경우 유의수준 1%를 기준으로 하여 모두 유의한 것으로 나타나 모형 5를 최적모형으로 채택하였다.

3. 최적모형 구축 결과

활동유형 선택행태에 대한 분석은 SPSS를 활용하여 다항 로지스틱 회귀분석을 구축하였다. 분석시 종속변수의 기준 범주는 단순의무활동 (Simple Mandatory Activity) 으로 하여 단순의무활동 유형에 비하여 다른 3가지 대안들을 선택할 확률에 대하여 분석하였다.

각 활동유형별 모형의 회귀분석 결과는 Table 6과 같다. 모형의 유의성 검정을 위한 우도비 검정통계량 $-2LL(0)$ 은 1,838.476이고, $-2LL(k)$ 은 1,512.410이며, χ^2 에 의한 유의확률 p 값이 0.000으로 유의하게 나타났다. 일반적으로 로지스틱 회귀분석에서는 종속변수가 범주형 변수로써 오차의 등분산성이 만족되지 않아 R^2 에 의해 모형의 설명력을 직접적으로 표현할 수는 없으나, Cox and Snell R^2 값은 0.454, Nagelkerke R^2 값은 0.469, McFadden R^2 값은 0.177로 나타나 우도비 검정결과와 더불어 모형의 설명력이 존재한다고 판단된다.

Table 6의 $\text{Exp}(B)$ 값은 각 독립변수가 1단위 증가할 때 참조값에 비해 해당 종속변수를 선택하게 될 상대적인 비율인 오즈(odds), 즉 승산비(odds ratio)를 의미한다. 승산비가 1보다 클 경우는 독립변수가 1단위 증가할 때 종속변수의 참조값에 비해 해당 종속변수를 선택할 확률이 커지게 된다는 것을 의미하며, 그 반대의 경우 선택할 확률이 작아지게 됨을 의미한다.

$$\text{odds} = \frac{\text{Prob}(y=1)}{1-\text{Prob}(y=1)} \quad (2)$$

한편 모형 전체는 유의하다고 해석할 수 있으나 최적 모형의 추정결과를 살펴보면 각 변수의 유의성은 모두

다른 값을 가지므로, 여기서는 유의하다고 판별된 변수를 중심으로 설명하도록 한다.

제시된 변수 외에 다른 조건이 동일하다고 가정하면 중년층 연령층에 비하여 청소년기 연령의 경우 0.358배, 청년층의 경우 2.078배, 장년층의 경우 0.854배 단순무활동(Simple Mandatory Activity) 활동에 비해 단순부가활동(Simple Other Activity)을 선택할 것으로 나타났다. 또한 여자의 경우 남자에 비해 0.923배, 학생, 주부/무직의 경우 행정/사무/관리직에 비하여 각각 0.314배, 4.877배 높게 단순부가활동을 선택할 것으로 분석되었다. 즉, 연령대가 청년층이면서, 여성이고, 주부/무직인 경우 상대적으로 참조변수에 비하여 경제활동 인구비율이 작기 때문에 단순무활동에 비해 단순부가활동을 할 확률이 더 높다는 것을 의미하는 것으로 해석할 수 있다.

또한 청소년기의 경우 중년층에 비해 1.312배, 여성의 경우 남성에 비해 0.803배, 학생, 전문직/기술직의 경우 행정/사무/관리직에 비해 1.909배, 0.913배 단순무활동에 비해 복합무활동을 선택할 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 청소년기의 학생의 경우 방과 후 학원수강등과 같은 활동에 제약이 있는 복합적인 활동패턴을 수행할 확률이 높다는 의미로 해석할 수 있다.

마지막으로 미취학아동 및 청년층은 중년층에 비해

Table 6. Estimation of the optimal model

| Dependent variable | Simple Other Activity | | | Complex Mandatory Activity | | | Complex Other Activity | | | |
|-----------------------|--|-----------|--------|----------------------------|----------|--------|------------------------|-----------|-------|--------|
| | Independent variable | B | Wald | exp(B) | B | Wald | exp(B) | B | Wald | exp(B) |
| Constant term | | -2.851** | 0.897 | - | -3.297 | 5.665 | - | -7.997 | 7.667 | - |
| Age | 0~7age | 1.48 | 0.281 | 3.669 | -4.95 | 0.552 | 0.314 | 4.144** | 0.361 | 1.168 |
| | 8~19age | 2.487** | 0.7433 | 0.358 | 1.154** | 15.517 | 1.312 | 12.257 | 3.139 | 1.579 |
| | 20~29age | 0.927** | 1.154 | 2.078 | 1.187 | 6.858 | 0.483 | 3.472** | 1.450 | 1.336 |
| | 30~39age | 0 | - | - | 0 | - | - | - | 0.993 | - |
| | 40~65age | -0.727*** | 4.689 | 0.854 | -0.041 | 0.332 | 0.864 | -0.201 | 0.503 | 0.87 |
| 65age ~ | 1.785* | 0.278 | 1.446 | -3.411* | 0.028 | 0.165 | 0.183** | 1.117 | 1.512 | |
| Gender | Man | 0 | - | - | 0 | - | - | 0 | - | - |
| | Woman | 0.424** | 1.023 | 0.923 | -0.114** | 4.243 | 0.803 | 1.333 | 1.205 | 1.214 |
| Job | Student | -0.065** | 1.256 | 1.814 | 4.157*** | 3.237 | 1.909 | -0.124*** | 4.411 | 0.471 |
| | Housewives / unemployed / Preschoolers | 2.093** | 0.186 | 4.877 | -0.249 | 0.077 | 0.264 | 0.22** | 1.365 | 1.123 |
| | Professional / technical | 0.061 | 3.580 | 1.024 | -0.017** | 2.947 | 0.913 | 0.467 | 1.824 | 1.018 |
| | | 0 | - | - | 0 | - | - | 0 | - | - |
| | Administration / Secretary / manager | -0.104 | 2.527 | 0.947 | 3.477* | 0.419 | 1.397 | -0.144 | 0.670 | 0.851 |
| | Service jobs / Others | 0.177 | 0.264 | 1.049 | 0.141 | 2.743 | 1.014 | -0.114 | 5.030 | 0.492 |
| No. of sample | 599,790 | | | | | | | | | |
| -2LL | $-2LL(0) = 1,838.476, -2LL(k) = 1,512.410, \chi^2 = 31526.067, df = 33, p = 0.000$ | | | | | | | | | |
| Pseudo R ² | Cox and Snell R ² = 0.454, Nagelkerke R ² = 0.469, McFadden R ² = 0.177 | | | | | | | | | |

주) * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

1.168배, 1.336배, 학생, 주부/무직/미취학아동의 경우 행정/사무/관리직에 비해 0.471배, 1.123배 단순의 무활동에 비해 복합부가활동을 선택할 것으로 분석되었는데, 이는 미취학아동 및 청년층의 경우 중년층, 행정/사무/관리직에 비해 활동에 제약이 있는 경우가 작기 때문에 부가활동을 많이 수행하며, 그중에서도 복합적인 활동을 수행할 확률이 상대적으로 많다고 해석할 수 있으며, 학생의 경우 등교와 같이 의무적인 활동을 매일 수행하므로 부가활동을 수행할 확률이 낮은 것이라 판단된다.

4. 활동유형 선택행태 분석

다항로지스틱을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 다항로짓모형을 추가로 적용하여 활동의 유형별 선택확률을 산정할 수 있다. 즉 다항로지스틱모형을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 다항로짓모형을 추가로 적용하면 활동유형 선택행태를 분석하였다. 로짓모형의 이론에 따라 다음과 같은 방법으로 활동유형 선택확률은 계산될 수 있다.

$$P(i) = \frac{e^{v_i}}{\sum_i^n e^{v_i}} \quad (3)$$

여기서,

$P(i)$: 활동유형 i 를 선택할 확률

이때에는 개인은 모든 경우에 단순의무활동(Simple Mandatory Activity), 단순부가활동(Simple Other Activity), 복합의무활동(Complex Mandatory Activity), 복합부가활동(Complex Other Activity)의 4 가지 활동 중에 적어도 하나의 활동을 선택한다고 가정하면 식(4)와 같은 식이 성립된다.

$$\sum_i^n P_i = 1 \quad (4)$$

여기에서 변수의 추정기준이 되었던 단순의무활동(Simple Mandatory Activity)을 제외한 나머지 활동 선택모형의 효용함수 v_i 를 최적모형의 회귀계수에 따른 각 변수의 평균값의 곱을 이용하여 각 활동의 선택효용을 계산하면 활동유형별 선택확률을 도출할 수 있다.

활동유형별 선택확률 분석결과 Mandatory 활동의 경우 전체 0.8578의 선택확률을 보이며 그 중 단순의무활동

Table 7. Select probability of activity patterns

| Type | | Mandatory | Other |
|------------------|-------------|-----------|--------|
| Probability | | 0.8578 | 0.1422 |
| Simple Activity | Probability | 0.6622 | 0.1248 |
| | Ratio | 77.19% | 69.59% |
| Complex Activity | Probability | 0.1957 | 0.0174 |
| | Ratio | 22.81% | 30.41% |

(Simple Mandatory Activity)이 0.6622(77.19%), 복합의무활동(Complex Mandatory Activity)이 0.1957(22.81%)로 나타났으며, Other 활동의 경우 0.1422의 활동유형 선택확률을 가지며, 단순부가활동(Simple Other Activity)이 0.1248, 복합부가활동(Complex Other Activity)이 0.0174의 선택확률로 분석되었다.

이상과 같이 활동유형 선택행태를 살펴보면, 개인은 하루 스케줄을 결정하는 과정에서 복합적인 활동을 수행할 확률이 의무적인 목적에서 약 22%, 부가적인 목적에서 약 30% 이상인 것으로 분석되었다. 이는 개인이 활동은 단순한 목적에 의한 통행으로 구성되는 것이 아니라, 하루의 통행스케줄을 구성하는데 있어 복합적으로 활동을 수행하는 경향이 존재하며, 개별 통행자들을 분석하는데 있어 개개인의 복합적인 특성에 따라 활동유형 선택행태가 결정되기 때문에 통행의 연속성을 포함할 수 있는 활동기반 접근법에서 개인의 활동유형의 선택이 중요성을 시사한다.

결론

1. 연구결과 요약

본 연구에서는 가구통행실태조사 원자료를 활동기반 자료의 형태로 재구성하여, 활동 수행주체의 복합적인 사회경제적 특성에 따라 하루의 활동패턴을 결정짓는 요소를 분석하고, 활동유형 선택행태를 분석하고자 하였다. 구체적인 연구내용은 다음과 같다.

첫째, 통행사슬의 유형과 활동목적을 검토하여 활동에 제약을 두는 요인과 그렇지 않은 경우로 나누고, 활동의 복잡성에 따라 활동패턴의 유형을 분류하였다.

둘째, 활동유형 선택모형을 설명하는 변수 선정을 위해 각 변수에 대한 유의성 검정을 수행한 결과, 개인의 사회경제적 특성중 나이, 성별, 직업을 활동유형에 영향을 주는 변수로 선정하였다.

셋째, 활동유형별 다항 로지스틱 회귀분석 모형을 구

축한 결과 각 활동별로 모형의 유의성이 존재하는 것으로 분석되었으며, 구체적으로 단순의무활동(Simple Mandatory Activity) 활동이 타 활동유형에 비해 선택확률이 높은 것으로 분석되었다. 분석결과, 상대적으로 경제활동을 수행하지 않는 연령대인 청년층, 노년층의 경우 부가적인 활동을 할 확률이 높았으며, 활동에 제약이 있는 의무활동의 경우 학생의 경우 방과 후 학원수강 등의 이유로 복합적인 의무활동을 수행할 확률이 높게 분석되었다. 이를 토대로 활동유형 선택확률을 분석해본 결과 개인이 하루 스케줄을 결정하는 과정에서 복합활동을 수행하는 경향이 있는 것으로 분석되어, 활동기반 접근법을 활용한 개인의 통행패턴 예측이 중요함을 파악할 수 있었다.

본 연구의 분석결과, 하루의 활동을 수행함에 있어 개인이 가지는 사회경제적 특성이 활동 유형에 영향을 미치는 것을 파악할 수 있었고, 향후 개인의 복합적인 특성이 활동의 시공간적 선택, 활동수단선택을 포함한 활동기반 모형의 활동스케줄 결정과정에서 고려되어야 함을 시사하고 있다.

결론적으로 활동유형의 선택행태는 독립적이라기보다는 활동수행주체의 복합적인 특성에 의존한다고 할 수 있다. 이는 곧, 장래 활동기반 교통수요 예측에 있어 직업군의 변화, 성별 인구비율의 변화, 연령층의 변화 양상에 따라 장래 활동패턴의 변화가 이루어 질 것이며, 이는 곧 활동기반 교통수요 추정모형 구축에 있어 개인의 복합적 특성을 고려한 활동유형 선택모형이 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다. 또한 동일한 사회경제적 특성을 가진 개인은 동일한 활동패턴을 수행할 것으로 기대할 수 있으며, 이는 정책의 반응을 미리 진단하는데 있어 효율적인 분석방법론이 될 수 있을 것이다.

2. 향후 연구

본 연구는 다음과 같은 구조적인 한계점을 가지고 있으며, 한계점을 토대로 향후 과제는 다음과 같다.

먼저, 활동(Activity)은 통행(Trip)과 근본적인 차이점을 가지고 있다. 활동기반 접근법에서는 개인의 활동은 서로 다른 활동의 공간적 차이를 극복하기 위해 통행이 유발된다고 볼 수 있다. 이와 같은 이유로 본 연구에서 사용된 가구통행실태조사의 경우 통행기반 조사 자료로써 활동기반 조사와 차이점을 가지고 있는 것이다. 본 연구에서는 통행기반 조사 자료를 활동기반자료로 재구

성하였으나, 향후 활동기반 데이터를 활용한 연구가 진행되어야 할 것이다.

둘째, 모형의 세밀한 분석을 위해서 활동유형에 대한 세분화된 분류가 필요하다. 그러나 본 연구에서는 데이터 분석결과 단순활동을 수행하는 표본이 90%이상으로 나타나 복합활동에 대한 유형을 세분화할 수 없었다. 따라서 향후 연구에서는 활동기반 조사 자료를 토대로 하루 활동스케줄의 유형분류 및 활동유형 선택에 미치는 요소들에 대한 분석을 수행해야 할 것으로 판단된다.

마지막으로 개인의 활동유형에 영향을 미치는 변수는 본 연구에서 고려한 변수외에도 소득수준, 가구특성에 따른 가구원간의 상호작용 등이 고려될 수 있으나 데이터의 한계와 활동자료의 부재로 인하여 분석에 포함시킬 수 없었다. 향후 활동기반 모형을 구축하기 위한 새로운 데이터 수집 및 개선을 통하여 추가적인 연구를 수행해야 할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2012S1A5B8A03 045234).

REFERENCES

- Adler T., Ben-Akiva M.E. (1979), A Theoretical and Empirical Model of Trip Chaining Behavior, *Transport Research* 13B, 243-257.
- Bin M. Y. (2011), A Study on Trip Chain Typed Selection Behavior, *J. Korean Soc. Transp.*, 29(3), Korean society of Transportation, 7-19.
- Bradley M. (1999), Methodology and Results of Generating a Prototypical Population, working paper, July 8.
- Burnett P., Hanson S. (1982), The Analysis of Travel As An Example of Complex Human Behavior in Spatially-Constrained Situations: Definition and Measurement Issues, *Transportation Research A*, 16, 87-102.
- Choo S. H., Jang Y. K., Hwang K. Y. (2011), A study of analyzing the behavior of bicyclist by the type

- of trip chain, *Journal of Transportation Research*, 18(4), 59-70.
- Choo S. H., Kwon S. N., Kim D. H. (2008), Exploring Characteristics on Trip Chaining: the Case of Seoul, *J. Korean Soc. Transp.*, 26(4), Korean Society of Transportation, 87-97.
- Joh C. H., Kim C. S., Sung H. M. (2008), An Activity-Based Analysis of Heavy-Vehicle Trip Chains, *The Economic Geographical Society of Korea*, 11(2), 192-202.
- Kim D. W., Bae Y. S., Lee Y. M. (1992), Analysis of Travel Modal Choice and the Temporal Transferability for Workers, *J. Korean Soc. Transp.*, 17(5), Korean Society of Transportation, 19-32.
- Kondo K., Kitamura R. (1987), Time-Space Constraints and The Formation of Trip Chains, *Regional Science and Urban Economics*, 17(1), 49-65.
- Lee G. S., Park J. S. Kim H. S., Joh C. H. (2010), Relationship between Diurnal Patterns of Passenger Ridership and Passenger Trip Chains on the Metropolitan Seoul Metro System *Korean Geographical Society*, 45(5), 592-608.
- Lim K. G., Kim S. G., Jung S. B. (2013), Activity-based Approaches for Travel Demand Modeling: Reviews on Developments and Implementations, *Korean Society of Civil Engineering*, 33(2), 719-727.
- McGuckin N., Murakami E. (1999), Examining Trip-Chaining Behavior: Comparison of Travel by Men And Women, *Transportation Research Record*, 1693, 79-85.
- Metropolitan Transportation Authority (2007), *Travel Diary Survey Data in Seoul Metropolitan Area*.
- Newmark G. L., Plaut P. O. (2005), Shopping Trip-Chaining Behavior at Malls in a Transitional Economy, *Transportation Research Record*, 1939, 174-183.
- Schmoker J. D., Su F., Noland R. B. (2010), An Analysis of Trip Chaining Among Older London Residents, *Transportation*, 37(1), 105-123.
- Strathman J. G., Dueker K. J. (1995), *Understanding Trip Chaining*, US Department of Transportation, 1990 NPTS Special Reports on Trips and Vehicle Attributes.
- Timmermans H., Arentze T. Joh C. H. (2003), A Theory and Simulation Model of Activity-Travel Rescheduling Behavior, *Proceedings of the 9th World Conference on Transportation Research*.
- Yoon D. S. (1997), Analysis of Urban Workers' Travel Pattern Choice Behavior, *J. Korean Soc. Transp.*, 15(4), Korean Society of Transportation, 35-51.

✉ 주 작성자 : 나성용

✉ 교신저자 : 김주영

✉ 논문투고일 : 2014. 7. 24

✉ 논문심사일 : 2014. 8. 18 (1차)
2014. 10. 23 (2차)

✉ 심사판정일 : 2014. 10. 23

✉ 반론접수기한 : 2015. 2. 28

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필