한국ITS학회논문지
J. Korea Inst. Intell. Transp. Syst.
15(3): 23~33 (2016)
ⓒ 2016. The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems. All rights reserved.
pISSN 1738-0774, eISSN 2384-1729
DOI http://dx.doi.org/10.12815/kits.2016.15.3.023

서울 거주자의 수단별 이용시간 영향요인 규명: SUR모형을 활용하여

Identification of Key Factors of Travel Time Budget by Mode in Seoul: Using Seemingly Unrelated Regression Model

김 수 재* (Su-jae Kim) (Hongik University)
임 수 연** (Su-yeon Lim) (Hongik University)
최 성 택*** (Sung-taek Choi) (Hongik University)
추 상 호**** (Sang-ho Choo) (Hongik University)
안 우 영***** (Woo-young Ahn) (Kongju National University)

요 약

본 연구는 SUR모형을 활용하여 서울 거주자의 수단별 통행시간 비율에 대한 영향요인을 규명하였다. 영향요인은 가구원 및 가구의 특성, 존 특성 변수 등을 선정하였다. 통행수단은 기존의 18개 유형을 압축하여 도보, 개인통행수단, 버스, 지하철, 철도, 자전거 등 6개 수단으로 재 정의하였다. 분석 결과, 개인교통수단과 대중교통간의 뚜렷한 차이를 발견하였다. 우선 차량을 보유하고 운전면허가 있는 경우에는 개인통행수단을 이용하는 경향이 강한 것으로 나타났다. 이와 함께 대표적인 대중교통 수단인 버스와 지하철간의 상관관계를 파악할 수 있었다. 지하철 수단은 개인통행수단이 이용 가능한 통행자가 함께 이용하는 패턴을 보인 반면, 버스 수단은 개인통행수단 이용이 어려운 경우에 이용하는 경향을 보였다. 이러한 선호도는 향후 서울을 포함한 수도권의 대중교통 정책을 수립함에 있어 다양한 시사점을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

핵심어 : 통행시간예산, SUR모형, 수단별 이용시간 비율, 가구통행실태조사

ABSTRACT

This study identified the factors that affect travel time budget by mode for traveler in Seoul using the SUR model. Individual , household and TAZ characteristics were selected as the explanatory variables. Transportation modes are summarized from 18 types to 6 types(walking, personal car, bus, subway, rail and bicycle). The results showed a distinct difference between personal transportation and public transportation. First of all, People who owned a car and driver's licence tend to prefer personal transportation. In addition, we can confirm the relationship between the bus and the subway which are most typical public transportation. Passengers who can available a personal mode preferred the subway than the bus. It is expected to suggest various implications related to the public transportation policy for Seoul metropolitan area.

Key words : Travel time budget, SUR model, Travel time ratio by mode, Household travel survey

† 본 연구는 한국연구재단 기초연구사업(No.2013R1A2A2A01015411) 지원으로 수행하였습니다.
† 본 논문은 한국ITS학회의 2016년 춘계학술대회에 발표된 논문을 수정・보완하여 작성하였습니다.
* 주저자 : 홍익대학교 도시계획과 석사과정
** 공저자 : 홍익대학교 도시계획과 석사과정
*** 공저자 : 홍익대학교 과학기술연구소 박사 후 과정
**** 교신저자 : 홍익대학교 건설도시공학부 부교수
***** 공저자 : 국립공주대학교 건설환경공학부 교수
† Corresponding author : Sang-ho Choo(Hongik University), E-mail shchoo@hongik.ac.kr
† Received 26 May 2016; reviewed 14 June 2016; Accepted 22 June 2016

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

통행시간예산(travel time budget, TTB)은 통행자가 하루 동안 통행에 투자하는 총 시간을 의미한다. 단 총 통행시간은 통행자의 특성에 따라 다르게 구성될 수 있다[1]. 학생의 경우, 등교 및 학원에 관련된 통행의 시간 비중이 매우 높을 것이다. 은퇴이후의 고령자는 출근 관련 통행시간의 비중이 매우 적을 것이며 취미 및 여가생활과 관련된 통행시간의 비중이 매우 높을 것이다. Mokhtarian and Salomon(2001)의 연구에서 개인이나 가구의 특성, 활동시간, 거주지 특성에 따라 집단 간 차이는 발생할 수 있음이 밝혀졌다는 점은 이를 뒷받침한다[2]. 이외에도 통행자 유형, 목적별 특성 등에 따라 하루의 통행시간 예산을 어떻게 배분하는지에 대한 연구는 꾸준히 수행되어져 왔다.

본 연구는 통행자의 이용수단에 주목하여 수단별 통행시간예산에 영향을 끼치는 요인을 규명하고자 한다. 차량을 보유했다 하더라도 통행목적과 개인의 선호도, 목적지의 특성 등에 따라 차량을 이용하지 않는 경우도 발생한다. 또한 대중교통을 이용함에 있어서도 개인의 소득, 성별, 연령, 통행 목적에 따라 이용하는 수단이 달라질 수 있다. 수단별 통행시간예산에 영향을 끼치는 요인의 규명을 통해 우리는 대중교통에 대한 선호도, 차량 보유여부가 수단별 통행시간에 미치는 영향력, 통행자의 사회·경제적 특성과 수단별 통행시간과의 연관성 등을 종합적으로 밝힐 수 있을 것이다. 이를 위해서 2010년 가구통행실태조사 자료를 활용하였으며 종속변수의 총량 제약을 가정하여 각 종속변수의 영향 요인을 규명할 수 있는 SUR모형(Seemingly Unrelated Regression model, SUR model)을 채택하였다.

2. 연구의 범위

본 연구는 전국지역을 대상으로 2010년 조사된 가구통행실태조사 자료에서 서울 지역 거주자의 통행행태 자료만을 추출하였다. 서울특별시는 모든 사회·경제적 기능이 집중된 도시로 다양한 통행 행태를 발견할 수 있으며 표본의 수집 또한 매우 용이하다. 또한 버스 및 도시철도 등의 대중교통망이 서울 각 지역을 거미줄처럼 연결하며 환승 연계 시스템 또한 훌륭히 갖추어져 있기 때문에 상대적으로 고령자의 통행 활동이 활발하다는 장점도 있다[3]. 2010년 자료를 활용한 이유는 전국 지역을 대상으로 광범위한 표본조사를 실시한 유일한 조사인 가구통행실태조사의 구득 가능한 최신 자료이기 때문이다.

본 연구의 전반적인 구조는 다음과 같다. Ⅱ장에서는 통행시간예산과 관련된 국내외 기존연구의 내용을 종합한 뒤, 본 연구의 착안점을 도출하였다. Ⅲ장에서는 본 연구에서 수집한 가구통행실태조사의 전반적인 구조와 서울 통행자의 통행 행태 및 사회·경제적 특성에 대한 기초통계분석 결과를 제시하였다. Ⅳ장에서는 서울 통행자의 수단별 통행시간예산에 대한 영향요인을 규명하였다. 이를 위해 SUR모형을 활용하였으며 통계적 검증을 통해 개발 결과의 적정성을 검토하였다. Ⅴ장에서는 본 연구 내용의 결론 및 시사점과 함께 향후 연구 방향에 대해 간략히 제시하였다.

Ⅱ. 선행연구 검토

통행시간예산에 대한 정확한 개념은 1979년에 Zahavi가 처음 제안하였다. 이 연구에서는 내연기관의 개발로 인해 인간들의 행동반경은 크게 증대한 반면, 하루 중에서 통행에 투자하는 시간의 비중은 과거와 현재나 크게 차이가 없음을 밝히며 통행시간예산의 절대량은 비교적 일정함을 제시하였다. 이후 해외에서는 주로 통행시간예산이 일정한 값에 수렴하는가에 대한 현상 분석과 함께 다양한 시사점을 도출하였다. 주로 과거로부터 축적된 자료를 활용한 시계열 분석을 통해 통행수단의 발달 과정과 통행시간 예산의 변화를 함께 관찰한 연구가 주를 이루었다[4-6]. 영국에서는 상이한 특성을 지닌 두 지역의 통행시간예산의 변화를 검토한 연구가

수행되었다. 이 연구에서는 두 도시 규모는 20배 가까이 차이 나는 반면, 통행시간예산의 값은 대등한 점을 제시하며 통행시간예산의 일관성을 주장하였다[7]. 미국에서도 미네소타주의 상이한 특성을 지닌 두 도시를 비교하여 통행시간예산의 일관성을 검증하였다[8]. 이 밖에도 전 세계 주요 도시의 통행시간 자료를 수집하여 통행시간예산의 일관성을 증명한 연구도 수행되었다[9].

이러한 연구 경향과 함께 평균적인 통행시간예산은 변하지 않더라도 통행자 특성에 따라 달라지는 통행시간예산에 주목하여 이에 대한 영향요인을 규명하는 연구 경향이 눈에 띈다. 이에 속하는 연구는 주로 통행자 그룹을 특정 기준에 의해 분류한 뒤, 각 그룹별 통행시간예산의 차이를 1차적으로 검증하고 영향요인을 규명하였다[1-2, 10]. 이는 통행시간이 총량적인 관점에서는 비교적 일정하나 다양한 사회경제 특성 및 개인의 선호도 등에 따라 집단 간에는 유의미한 차이를 보인다는 점을 증명한다.

국내의 경우, 2000년대 이후 통행시간예산이라는 개념이 소개되었다. 해외 연구과 유사하게 시계열 변화와 상관없는 일관성을 증명하는 실증연구와 통행시간예산의 영향요인을 규명하는 연구로 구분된다. 일관성을 증명한 연구는 2002년과 2006년 가구통행실태조사 자료를 활용한 연구가 대표적이다[11]. 영향요인을 규명한 연구로는 CART 분석과 선형회귀모형을 활용해 영향요인을 도출한 연구[12, 13], CHAID분석을 활용한 연구[14]등이 있다. 또한 최근에는 통행시간예산을 목적별로 분류하여 각 목적별 통행시간에 영향을 끼치는 요인을 분류하였다[2].

이와 같이 통행시간예산에 대한 연구가 깊이를 더해감에 따라 통행시간을 다양하게 유형화하고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 이러한 관점에서 본 연구는 통행시간예산을 이용 가능한 통행수단별로 분류하여 각 수단별 통행시간에 영향을 끼치는 요인을 밝혀내고자 한다. 통행수단별로 통행시간 예산을 구분하는 시도는 선행연구에서 고려하지 못한 방법론으로 기존의 연구와는 또 다른 시사점을 제공해줄 것으로 기대한다.

Ⅲ. 자료 수집

1. 자료 개요

2010년 가구통행실태조사는 개별 가구의 가구특성과 개별 가구원의 특성 및 통행기록에 대한 표본조사로 응답자의 self-survey 형태로 실시한다. 조사 내용은 가구현황조사, 개인특성조사, 개인별 통행특성조사 등 3개로 구분 된다[15]. 가장 최근에 수행된 2010년 조사의 경우, 장거리통행특성 조사를 추가로 실시하였다.

개인특성조사에서는 나이, 성별, 거주지, 직업, 소득 등을 조사한다. 가구특성조사에서는 총 가구원수, 차량 보유여부, 미취학 아동 수, 대중교통 접근성 등을 조사한다. 통행특성조사에서는 가구 구성원 모두의 하루 동안 통행을 빠짐없이 조사한다. 조사 항목은 출발지 및 목적지, 출발 및 도착시간, 이용수단, 지불요금, 유료도로 이용여부, 동승인원 등이 모두 포함된다. 장거리통행특성 조사는 조사일 기준 1주일 전 주중 5일간 통행을 대상으로 시군구 경계를 넘어간 장거리 통행만을 선별하여 통행내역을 수집하는 조사이다.

수집된 자료는 표본이라는 점에서 전수화 과정을 통해 지역 간 기종점통행량 자료인 O/D로 변환된다. O/D는 국토개발종합계획, 국가기간교통망계획을 비롯한 다양한 교통 및 물류계획에 활용된다. 또한 해당 자료에는 통행 내역과 함께 응답자 개인 및 가구 특성 정보 등이 광범위하게 포함되어 있어서 다양한 분야의 연구에서 적극 활용되고 있다.

가구통행실태조사에서 정의하는 통행수단은 총 18개이다. 승용차의 경우는 직접 운전과 합승 2개로 구분된다. 버스 수단은 시내, 시외, 마을, 광역, 고속, 기타 6개로 나뉘어져 있으며 철도 수단은 지하철, 일반철도, KTX 3개로 분류되며 화물차는 소형과 중대형 2개로 구분 된다. 이 밖에도 도보, 택시, 오토바이, 자전거, 기타 등의 수단이 존재한다.

2. 변수 수집

본 연구에서는 가구통행실태조사 자료에서 통행

특성과 가구 및 가구원 특성을 추출하였다. 통행 특성은 가구원의 수단별 통행시간이 해당되며 이는 SUR모형의 종속변수로 설정된다. 본 연구의 목적은 수단별 통행시간의 영향요인 규명이므로 단순히 통행에 대한 횟수만을 집합화한 통행량 보다는 통행자의 통행행태를 구체적으로 파악할 수 있는 통행시간을 활용하였다. 이를 설명하는 독립변수로는 가구 및 가구원 특성 변수를 설정하였으며 가구원의 거주지를 기준으로 서울시 토지이용 특성 자료를 결합하였다. 총 표본 수는 286,544개이다.

종속변수인 수단별 통행시간 비율 자료는 가구통행실태조사에서 개별 가구원이 하루 동안 이용한 수단별 이용시간 합의 비율로 정의하였다. 여기서 통행수단은 기존의 18개 수단을 6개 유형으로 재정의하였다. 승용차, 택시, 오토바이는 개인 통행수단 유형, 6개 버스 수단은 버스 유형, 일반철도 및 KTX는 철도 유형으로 각각 정의하였다. 이와 함께 도보, 지하철, 자전거 수단을 합쳐 총 6개 수단으로 정의하였다. 화물수단과 항공, 선박 등의 기타 수단은 일반적인 통행 특성과는 다소 거리가 있는 수단이라는 점에서 제외하였다.

수단별 통행시간예산을 설명하는 독립변수로는 가구원, 가구, 존별 용도시설, 존별 교통 특성 등으로 구분하여 수집하였다. 가구원 특성은 가구원 연령, 성별, 운전면허 보유여부, 직업 등이 포함된다. 가구 특성 변수는 주거형태, 차량보유 여부, 가구원 수, 미취학 아동 수 등이 포함된다. 존별 용도시설 특성은 가구원이 거주하는 존의 도시 시설 별 연면적 변수가 해당된다. 건축법 시행령에서 정의하는 시설 분류를 준용하여 선정한 결과, 주거, 근린, 문화, 종교, 판매, 의료, 교육, 운동, 업무시설 등이 선정되었다. 토지이용복합도(land use mix index, LUM)는 각 존의 복합적인 시설 및 기능이 혼재된 정도를 의미하며 식 (1)과 같이 정의하였다. 여기서 i는 용도, p_i는 해당 용도의 면적비율, n은 용도의 개수를

〈Table 1〉 Dependent variables and independent variables

Variable			Note
Dependent variables		travel time ratio by mode	**· Walking / personal car / bus / subway / rail / bicycle**
Independent variables	Individual Variable	Age	-
		Gender	· Dummy (male:1 / female:0)
		Driver's license	· Dummy (have:1 / don't have:0)
		Career	· Profession / service / unemployed / others
	Household Variable	Residential Type	· Apartment / townhouse / multiplex / single / others
		Car ownership	· Dummy (have:1 / dont' have:0)
		No. of household members	-
		No. of preschool children	· Preschool children are under 12years old
		household income (1 million won)	· Total household income
	Urban Facility Variable	Floor area of facility (km^2)	· Facilities include the residential, neighborhood, cultural, religious, retail, medical, educational, sports, business facilities
		LUM	· Continuous variable between 0 and 1
	Transportation Variable	Total road area(km^2)	-
		No. of bus stops	-
		Subway catchment area	· Radius of influenced area is 500m
		Public parking lot area(㎢)	-
		No. of car ownership per 1,000 of population	-

나타낸다. 토지이용복합도는 0에서 1 사이의 값을 가지며 값이 클수록 다양한 용도가 혼재된 지역임을 의미한다[2].

$$LUM = -\frac{\sum_{i=1}^{n} p_i \ln p_i}{\ln n} \quad (1)$$

존별 교통시설 특성은 각 존의 교통인프라 수준을 대변할 수 있는 변수를 선정하였다. 여기서 교통인프라라 함은 개인통행수단과 대중교통 수단을 모두 포함한다. 실폭 도로 면적, 버스정류장수, 역세권 면적, 공영 주차장 면적 등이 해당된다. 실폭 도로 면적은 각 행정동의 각 도로와 면적을 곱한 값으로 도로 서비스 수준을 간접적으로 의미한다. 버스정류장수는 대중교통의 접근성을 대변하는 변수로 정류장 수가 많다면 버스 수단을 이용할 가능성이 높아지고 결국 버스 이용시간은 증가하게 될 것이다. 지하철 역세권 면적 변수는 각 행정동의 지하철 역 반경 500m 면적을 의미한다. 역세권 면적이 넓을수록 지하철 서비스 수준이 높다고 할 수 있으며 버스정류장 수 변수와 마찬가지로 지하철 이용시간이 증가할 가능성이 높다. 공영 주차장 면적은 해당 존의 승용차 이용이 편리한 수준을 간접적으로 의미한다. 주차장 면적이 넓을수록 차량 이용이 빈번한 지역이라고 해석할 수 있으며 이는 곧 개인통행수단의 이용시간 증가로 귀결될 것이다. 마지막으로 인구 1,000명당 자동차 보유대수는 개인통행수단 이용자와 직접적인 연관성이 있는 지표이다.

3. 기초통계분석

본 연구에서 활용한 종속변수의 기초통계분석 결과는 다음과 같다. 보행시간 비율이 약 30%로 가장 높게 나타났으며 개인수단시간 비율, 지하철시간 비율, 버스시간 비율이 각각 약 26%, 22%, 20%로 나타났다. 장거리 통행에 주로 이용하는 철도시간 비율은 매우 낮게 나타났다.

독립변수 중 가구원 특성인 연령은 최소 7세에서 최대 109세, 평균 약 37.6세로 나타났다. 가구원수는 약 3.5명, 미취학아동수는 약 0.1명으로 나타났다. 도시 시설 별 연면적 변수로는 업무시설 면적이 약 0.78㎢로 가장 크게 나타났다. 제1종, 2종 근린생활시설이 각각 약 0.57㎢, 0.56㎢로 비슷하게 나타났으며 나머지 시설들의 경우 비교적 작게 나타났다.

<Table 2> Descriptive analysis

Variable	Mean	Standard deviation	Min	Max
Walking time ratio (%)	29.873	43.454	0	100
Personal car time ratio (%)	25.915	41.770	0	100
Bus time ratio (%)	19.816	36.930	0	100
Subway time ratio (%)	21.864	1.417	0	100
Rail time ratio (%)	0.034	14.937	0	100
Bicycle time ratio (%)	2.495		0	100
Age	37.640	18.097	7	109
No. of household members	3.510	1.069	1	8
No. of preschool child	0.130	0.396	0	4
Neighborhood (Ⅰ) facility	0.570	0.734	0	6.586
Neighborhood (Ⅱ) facility	0.566	0.756	0	6.484
Retail facility	0.110	0.656	0	12.626
Cultural facility	0.015	0.100	0	2.874
Sports facility	0.029	0.146	0	1.705
Business facility	0.779	2.131	0	20.168
Medical facility	0.080	0.328	0	4.513

Ⅳ. 모형 개발

1. SUR모형

SUR모형은 Arnold Zeller에 의해 처음 제안되었다. 이 모형은 동일 시점에서 구축된 추정모형 간의 오차항이 서로 상관관계에 놓여 있을 경우에 활용된다. 외견상으로는 기존의 선형회귀모형과 차이가 없어 각 종속변수간의 상관성이 없는 것처럼 보인다 하여 SUR모형으로 명명된다. 일반적으로 대중

교통수단별 이용수요를 추정하는데 있어 활용되는 SUR모형은 각 수단별 수요를 독립적으로 추정할 때 보다 효율적인 결과를 보장한다는 점에 널리 활용된다[16, 17].

SUR모형의 구조는 일반적인 회귀모형식이 식 (2)와 같이 주어진 일종의 집합체라고 할 수 있다.

$$y_k = \beta_k x_k + \epsilon_k \tag{2}$$

여기서 $k = 1, \cdots, n$이며 개별 회귀모형 구조를 지칭하고, 이는 n개의 종속변수를 가진 방정식 체계 중 k번째의 방정식의 형태로 이를 일반적인 방정식 체계로 표현하면 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_k \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \vdots \\ \epsilon_k \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{bmatrix} \tag{3}$$

각 모형의 회귀계수는 OLS(ordinary least square) 방법으로 추정할 수 있다. 이때 오차항인 ϵ_k가 방정식의 집합체 상에서 상호 연관성을 갖게 된다면 오차항은 상호 독립적이라는 회귀모형의 전제 조건을 위반하게 된다. 따라서 별도의 추정과정을 통해 방정식의 계수를 추정하게 된다.

SUR 모형은 GLS(general least square)방법을 활용해 n개의 회귀모형에 포함된 동일한 독립변수의 회귀계수를 추정하게 된다. 단, 이는 오차항간의 상관관계가 존재하는 경우에 활용되며 만약 오차항간의 상관계수가 0이라면 SUR모형을 활용해 추정된 결과는 각 회귀모형을 개별적으로 추정하여 얻는 결과와 동일하다.

2. 개발 결과

총 6개의 수단별 이용시간에 대한 SUR모형을 표 2와 같이 개발하였다. 모형의 설명력이 가장 높은 수단은 $adjusted R^2$가 0.423으로 나타난 개인통행수단이다. 모형 개발 결과를 전반적으로 살펴본 결과, 다음과 같은 뚜렷한 특징을 발견하였다.

우선 도보 수단은 다른 수단과 뚜렷한 차이를 보였다. 주거지 반경 내에서 도보로 접근 가능한 시설이 위치한 경우에는 도보의 이용시간 비율이 상대적으로 증가하는 현상을 관찰할 수 있다. 이는 근린시설 연면적 계수와 주거형태 및 단독주택시설의 계수를 비교해보면 확인할 수 있다. 즉, 도보 반경 내 다양한 시설이 위치한 대규모 주거단지에서는 상대적으로 도보의 이용시간 비율이 증가하나 접근성이 떨어지는 단독 주택가는 상대적으로 차량이나 대중교통을 이용하는 점을 확인할 수 있다.

개인통행수단과 대중교통수단 간에는 차량보유 여부, 운전면허보유 여부 등이 큰 연관성을 보였다. 이를 통해 개인차량의 이용이 가능한 경우에는 가급적 개인차량을 이용하는 행태를 보인다는 점을 확인할 수 있다. 이와 함께 주목할 사실은 대중교통 인프라가 뛰어난 곳에서도 차량의 이용시간 비율이 증가하는 점이다. 이는 인프라 환경이 아닌 개인의 선호도에 따른 결과라고 해석된다.

대표적인 대중교통수단인 지하철과 버스는 다소 상이한 결과를 보였다. 지하철의 경우에는 개인통행수단 이용 패턴과 매우 유사한 결과를 보였다. 운전면허증과 차량을 보유한 이용자의 지하철 이용시간 비율이 더 큰 것으로 나타났다. 이를 통해 차량이용이 가능하되 교통 혼잡 등이 예상될 경우, 대안수단으로 지하철을 이용한다는 점을 유추할 수 있다. 또한 지하철 역세권 중심의 복합적 토지이용인 지역에서 지하철 이용시간 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 이와는 반대로 버스는 개인통행수단을 대체하는 성향이 강한 것으로 분석되었다. 개인통행수단의 이용이 어렵거나 불가능한 이용자들이 주로 이용한다는 점을 확인할 수 있다.

마지막으로 도시 시설 지표는 각 수단별 이용시간 비율을 효과적으로 설명하지 못하는 것으로 나타났다. 이는 도시 시설 지표가 통행자의 출발, 도착지가 아닌 주거지 기준으로 집계되었기 때문에 일부 항목을 제외하고는 대표성을 갖지 못하기 때문인 것으로 추론된다. 각 목적별 영향요인을 상세히 검토한 결과는 다음과 같다.

도보의 이용시간 비율에 대한 영향요인은 주로

〈Table 3〉 Model estimation of travel time budget by mode

Variable			Walking	Personal car	Bus	Subway	Rail	Bicycle
Constant			8.127**	29.816**	21.726**	60.931**	0.085**	3.249**
Individual Variable	Age		-0.243**	0.218*	-0.021**			-0.301**
	Gender		-2.823*	6.942**		-1.224**	-0.004*	1.758**
	Driver's license			12.095**	-3.271*	2.884*		
	Career	Service				-8.091*		
		Unemployed	0.380*	-3.815*				
		Others	1.816*	-4.211*	2.971*		1.563*	
Household Variable	Residential type	Townhouse						1.184*
		Multiplex		-2.550*				
		Single	-2.802**		-2.813**	-8.887*		
		Others						
	Car Ownership			8.694**		2.748**		2.199*
	No. of household members		0.696*			-0.426	-0.367*	
	No. of preschool children		0.486*					
Floor area of facility (km^2)	Single house		-0.742*	0.974*		-0.417**		
	Multiplex house				0.449**	0.814*		
	Neighborhood (Ⅰ) facility		0.306**					0.362**
	Neighborhood (Ⅱ) facility			0.480**		-0.451*		
	Cultural facility				1.003*			
	Religious facility							
	Retail facility							0.327*
	Medical facility							
	Educational facility							
	Sports facility		0.442*					
	Business facility				0.097*			
	LUM		1.217*	2.084*		1.263*		-0.642*
Transportation Infrastructure	Total road area(㎢)					0.693*		
	No. of bus stops				0.818*			
	Subway catchment area			0.840*		0.839*	0.613*	
	Public parking lot area(㎢)							
	No. of car ownership per 1,000 of population		-0.089*	0.346*				
Adjusted R^2			0.383	0.423	0.364	0.321	0.147	0.212

* means p<0.05 and ** means p<0.01

주거형태와 주거지역의 시설 특성과 관계된 것으로 분석되었다. 목적통행을 수행함에 있어 도보로 이동하는 경우는 주거지에서 도보로 이용 가능한 시설을 방문하는 경우가 일반적이다. 따라서 근린시설이 위치해있다면 도보의 이용시간이 높을 것이다. 분석 결과에서도 1종 근린시설 연면적의 계수가 0.306으로 나타난 점이 이를 증명한다. 이 밖에도 운동시설 면적이 증가하거나 토지이용복합도가 상승할수록 도보 이용시간 비율은 증가하는 것으로 나타났다. 가구원 특성에서는 연령이 증가할수록, 남성일수록 도보 이용시간 비율은 감소하는 것으로 분석되었다. 또한 상대적으로 소득이 적은 직업군일수록 도보 이용시간 비율은 증가하였다. 가구 특성에서는 가구원 수, 특히 미취학 아동수가 증가할수록 도보 시간 비율이 증가하였다. 이는 미취학 아동을 대동한 산책 등의 활동과 연관이 있다고 해석할 수 있다.

개인통행수단은 연령이 증가할수록, 남성일수록

이용시간 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 개인통행수단을 이용하기 위한 필수조건인 운전면허보유와 차량보유에 의해 이용시간 비율이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 도시시설 중에서는 단독주택 면적과 2종 근린시설 면적, 토지이용복합도가 정(+)의 영향을 끼치는 것으로 분석되었다. 교통인프라 변수로는 지하철 역세권 면적이 넓을수록 차량이용시간 비율도 증가하는 것으로 나타났다. 또한 행정동의 1,000명당 차량보유 대수가 많을수록 개인통행수단의 이용도 활성화되는 점을 확인하였다.

버스 수단은 개인통행수단을 대체하는 경향을 보였다. 즉, 연령이 증가할수록 버스 이용시간 비율은 감소하고 운전면허를 보유하지 않고 소득이 낮은 직업군일수록 버스이용시간 비율은 증가하였다. 개인통행수단과 동일하게 도로를 통행한다는 점에서 개인통행수단과 버스 수단은 상호대체적 성격이 강한 점을 확인할 수 있다. 이 밖에도 문화시설 연면적이 1㎢증가할수록 버스 이용시간 비율이 약 1% 증가하는 것으로 나타났으며 버스 정류장이 1개소 증가할수록 이용시간 비율은 약 0.8% 증가하였다.

지하철 수단의 이용시간 영향요인은 개인통행수단과 유사하게 도출되었다. 우선 개인수단 이용이 가능한 사람일수록 지하철의 이용시간 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 차량 이용이 가능하더라도 교통 혼잡을 피하고 정시 도착이 필요한 경우, 지하철 수단을 이용한다는 점을 시사한다. 직업군에서는 서비스직 종사자가 전문직 종사자에 비해 이용시간 비율이 약 8%정도 낮게 나타났다. 또한 지하철을 이용하기 편리한 지역, 즉 고밀복합의 역세권 지역일수록 지하철 이용시간 비율이 증가하는 것으로 나타났다.

철도의 경우, 일상적인 통행에서는 일반적으로 이용할 가능성이 낮은 수단이라는 점에서 타 수단과는 뚜렷한 차별성을 보여주지 못하였다. 단 남성일수록, 가구원수가 증가할수록 철도 이용시간 비율이 감소하는 것으로 밝혀졌으며 지하철 역세권 면적이 1㎢ 넓어질수록 이용시간 비율은 약 0.6%정도 증가하는 것으로 나타났다.

자전거 수단은 나이와 주거환경 등의 요인에 일부 영향을 받았다. 우선 자전거 수단은 연령대가 낮아질수록 이용시간 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 여성보다는 남성이 더 선호하며 자전거를 통해 이동하는 시간 비율이 약 1.7%정도 높은 것으로 분석되었다. 그리고 연립주택에 거주할수록, 차량을 보유하고 있을수록, 1종 근린시설의 면적이 넓은 곳에 거주할수록 자전거 이용시간 비율은 증가하였다. 이와는 반대로 토지이용복합도가 높은 지역에 거주할수록 자전거 이용시간 비율은 감소하였다. 요약하자면 고밀의 도심지보다는 주거 지역의 비중이 높고 상권 접근이 쉬운 대규모 주거단지에서 차량을 이용하기 보다는 자전거를 이용한다고 해석할 수 있다.

모형개발 결과를 요약하여 독립변수별로 해석하면 다음과 같다.

개인특성변수를 살펴보면 연령이 증가할수록 개인교통수단의 이용시간 비율이 증가하고 도보, 버스, 자전거의 이용시간 비율은 감소하였다. 남성의 경우 개인교통수단, 자전거를 선호하며 여성의 경우 도보, 지하철, 철도를 더 선호하는 것으로 나타났다. 운전면허를 보유하고 있을수록 개인교통수단과 지하철을 많이 이용하며 보유하지 않을 경우 버스를 이용하는 것으로 나타나 지하철은 상호보완적 성격이 강하며, 버스는 상호대체적 성격이 강한 점을 확인할 수 있다. 또한 소득이 낮은 직업군일수록 도보, 버스, 철도를 선호하며 소득이 높은 직업군일수록 개인교통수단을 선호하는 것으로 나타났다.

가구특성변수에서는 단독주택에 거주할수록 도보, 버스, 지하철의 이용시간비율이 감소하며 자동차를 소유하고 있을수록 개인교통수단, 지하철, 자전거의 이용시간 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 가구원수가 많을수록 도보 이용시간 비율이 증가하고 지하철, 철도 이용시간 비율이 감소하는 것으로 나타났다.

도시시설지표로는 토지이용복합도가 높은 지역에 거주할수록 도보, 개인교통수단, 지하철 이용시간 비율이 증가하고 자전거 이용시간 비율은 감소

하는 것으로 나타났다.

교통시설지표에서는 지하철 역세권 면적이 증가할수록 개인교통수단, 지하철, 철도 이용시간 비율이 증가하는 것으로 나타났다.

Ⅴ. 결론

1. 연구의 요약 및 시사점

본 연구는 통행시간예산이라는 개념에 초점을 맞추어 선행연구에서는 시도하지 않은 이용자의 수단별 통행시간 예산의 영향요인을 규명하였다. 이는 수단이 발달하고 행동반경이 넓어져도 통행시간 예산은 하루기준 2시간 정도의 수준에 수렴한다는 일관성을 검증한 연구, 목적별 통행시간예산의 영향요인을 규명한 연구와는 다른 새로운 시사점을 제공한다는 점에서 의의를 갖는다. 영향요인으로는 선행연구에서 기 검증된 가구원 특성, 가구 특성, 도시 시설 특성, 교통 인프라 특성 등을 종합적으로 채택하였다. 그 결과, 이용자 특성에 따라 수단별 선호도와 이용시간 비율의 증감 효과를 계량적으로 밝혀낼 수 있었다. 본 연구의 주요 내용을 요약한 결과는 다음과 같다.

첫째, 도보 이용시간의 영향 요인을 밝힐 수 있었다. 도보는 타 수단과는 구별되는 특징을 보였다. 주거지 반경 내에 근린 시설이 밀집해 있는 지역에 거주하는 사람일수록 보행시간 비율이 증가하며 상대적으로 접근성이 떨어지는 단독주택가에 거주하는 사람은 보행활동이 둔화되는 것으로 나타났다. 또한 가구원수가 많고, 특히 미취학 아동이 많은 경우에 아이와 관련된 활동으로 인해 도보 이용시간이 증가하는 것으로 분석되었다. 도보 행위는 시민의 건강을 증대시키고 활력을 부여한다는 점에서 최근 들어 보다 많은 활동이 장려되고 있다. 이러한 관점에서 단독주택이 밀집된 지역에도 보행이 용이한 환경을 조성함으로써 삶의 질을 함께 끌어 올릴 수 있을 것이다.

둘째, 개인통행수단과 대중교통수단 간의 차이를 규명할 수 있었다. 차량을 보유하고 운전면허가 있는 경우에는 개인통행수단을 이용하는 경향이 강한 것으로 드러났다. 단, 지하철 이용시간도 함께 증가하는 현상이 관찰되었다는 점에서 개인통행수단의 이용이 용이하지 않은 경우에는 지하철을 선호한다는 점을 유추할 수 있다. 지하철은 교통 혼잡이 발생하지 않아 정시성 확보가 용이하며 서울 전 지역에서 역사로의 접근이 용이하기 때문인 것으로 해석된다. 또한 개인통행수단의 이용시간은 성별과 나이 등에 영향을 받는 경향이 뚜렷하였으나 대중교통 수단의 이용시간은 성별과 나이와는 연관성이 없는 것으로 나타났다.

셋째, 대표적인 대중교통 수단인 버스와 지하철 간의 상관관계를 일정 부분 파악할 수 있었다. 2개 수단은 다소 상이한 결과를 보였다. 지하철 수단은 개인통행수단 이용 패턴과 유사한 결과를 보인 반면, 버스 수단은 다소 상반되는 경향을 보였다. 지하철 역세권 중심의 고밀 지역에서는 지하철 이용시간이 눈에 띄게 증가하는 점을 발견하였으며 버스 수단의 이용시간은 이러한 요인과의 연관성이 없었다. 무엇보다 지하철 수단이 개인통행수단의 보완적 성격이 강하다는 점이 가장 큰 시사점이라 할 수 있다. 따라서 향후 서울을 포함한 수도권의 대중교통정책을 수립함에 있어 이러한 수단간 상관관계를 토대로 보다 현실적인 정책 대안을 마련할 수 있을 것이다.

넷째, 복합적 토지이용과 수단별 이용시간과의 인과 관계를 밝혀낼 수 있었다. 복합적 토지이용이라 함은 주거, 상업, 업무 등의 기능이 혼재된 것을 의미한다. 따라서 다양한 활동이 펼쳐지며 유동인구의 유입이 많은 대표적인 도심지로 형성될 가능성이 높다. 분석 결과, 이러한 지점에서는 개인통행수단과 지하철 수단의 이용시간 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 이와는 반대로 버스 수단은 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타나 버스 이용과 도심의 고밀 개발은 인과 관계가 존재하지 않는 것으로 판단하였다. 마찬가지로 철도와 자전거 수단도 복합적 토지이용 현황과는 관계가 없는 것으로 나타났다.

2. 연구의 한계점 및 개선 방향

앞서 언급한 바와 같이 도시시설 특성 변수가 거의 선정되지 않았다는 점에서 이에 대한 보완이 필요하다. 현재의 도시시설 특성은 통행자의 거주지 특성을 대변하기 때문에 실제 통행의 출발 및 도착지 특성을 반영하지 못하기 때문이다. 따라서 향후 연구에서는 출발지 및 목적지 특성에 따른 변수 수집이 가능하다면 도시 시설 지표가 각 수단별 이용시간에 미치는 영향을 명확하게 밝혀낼 수 있을 것이다. 아울러 연구의 공간적 범위가 서울로 국한되어 있어 이 결과를 일반적으로 적용하기에는 부적절하다. 따라서 향후에는 연구의 범위를 수도권으로 확대하여 분석한다면 현재의 연구 결과와는 또 다른 시사점을 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

REFERENCES

[1] Prendergast L. S. and Williams R. D.(1981), "Individual travel budgets," *Transportation Research Part A: General*, vol. 15, no. 1, pp.39-46.

[2] Mokhtarian P. L. and Salomon I.(2001), "How derived is the demand for travel? Some conceptual and measurement considerations," Transportation Research A 35, pp.695-719.

[3] Choi S. T., Kim S. J., Jang J. Y., Lee H. S. and Choo S. H.(2015), "A Study on the Key Factors Affecting Travel Time Budget for Elderly Pedestrians," *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, no. 4, pp.62-72.

[4] Fraire M.(2006), "Multiway data analysis for comparing time use in different countries-application to time budgets at different stages of life in six european countries," *Electronic International Journal of Time Use Research*, vol. 3, no. 1, pp.88-109.

[5] Levinson D. and Kumar A.(1995), "Activity, travel and allocation of time," *APA Journal Autumn*, vol. 61, no. 4, pp.458-470.

[6] Marchetti C.(1994), "Anthropological invariants in travel behavior," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 47, no. 1, pp.75-88.

[7] Zahavi Y.(1979), *UMOT Project, Prepared for US Department of Transportation, Washinton DC and Ministry of Transport, Federal Republic of Germany, Bonn.* Report DOT-RSPA-DPB-20-79-3, August.

[8] Barnes G.(2001), *"Population and Employment Density in Large U.S Cities,"* Minnesota Department of Transportation.

[9] Schafer A. and Victor D. G.(2000), "The future mobility of World Population," *Transport Research Part A: General*, vol. 34, no. 3, pp.171-205.

[10] Mokhtarian P. L. and Chen C.(2004), "TTB or not TTB, that is a question: A review and analysis of the empirical literature on travel time(and money)budgets," Transportation Research A 38, pp.643-675.

[11] Choo S. H. and Na S. W.(2011), "Exploring characteristics on travel time budget : A case study of Seoul Metropolitan Area," *Journal of the Korean Urban Management Association*, vol. 24, no. 2, pp.3-22.

[12] Kim T. H., Park J. J., Lee K. Y. and Park Y. D.(2009), "Analysis and Estimation of Factors Affecting Travel Time Budget," *Korean Society of Road Engineers*, vol. 11, no. 3, pp.13-21.

[13] Park Y. D.(2007), *"Analysis and Estimation of Factors Affecting Travel Time Budget,"* Hanyang University.

[14] Jeon I. J.(2010), *"Study on the Factors Affecting Leisure Time Budget,"* Hanyang University.

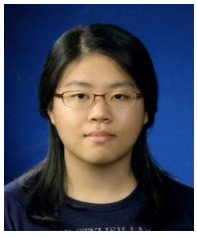
[15] Koran Transport Database, http://www.ktdb.go.kr/ko/web/guest/185, 2016.03.25.

[16] Baum C. F.(2006), *"An Introduction to Modern Econometrics Using Stata,"* Stata Press.

[17] Min I. S. and Choi P. S.(2012), *"Advanced Panel Data Analysis,"* The Korean Association of STATA, Jiphil Press.

저자소개

김 수 재 (Kim, Su-Jae)
2015년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 대학원 도시계획과 석사과정
2015년 2월 : 홍익대학교 공과대학 도시공학전공, 공학사
e-mail : rtw1119@daum.net



임 수 연 (Lim, Su-Yeon)
2015년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 도시계획과 석사과정
2015년 2월 : 홍익대학교 도시공학과, 공학사
e-mail : 03lsy03@naver.com

최 성 택 (Choi, Sung-Taek)
2014년 8월 ~ 현재 : 홍익대학교 과학기술연구소 박사 후 과정
2012년 3월 ~ 2014년 8월 : 대진대학교 도시공학과 교통분야 강사
2014년 8월 : 한양대학교 대학원 도시공학과, 공학박사
2011년 2월 : 한양대학교 대학원 도시공학과, 공학석사
2009년 2월 : 한양대학교 공과대학 도시공학과, 공학사
e-mail : allyhoop@hanmail.net

추 상 호 (Choo, Sang-Ho)
2010년 9월 ~ 현재 : 홍익대학교 건설도시공학부 도시공학전공 교수
2009년 4월 ~ 2010년 8월 : 한국교통연구원 연구위원/국가교통DB 센터장
2005년 1월 ~ 2005년 7월 : 한국교통연구원 책임연구원
2004년 12월 : University of California, Davis 토목 및 환경공학과(교통공학전공) (Ph. D)
1995년 8월 : 한양대학교 대학원 도시공학과, 공학석사
1989년 2월 : 한양대학교 공과대학 도시공학과, 공학사e-mail :shchoo@hongik.ac.kr

안 우 영 (Ahn, Woo-Young)
2006년 4월 ~ 현재 : 국립공주대학교 건설환경공학부 교수
1993년 1월 ~ 2006년 3월 : 한국교통연구원, 부연구위원
2004년 9월 : 런던대학교(University College London) 공학박사(토목공학과)
1992년 12월 : Ohio State University 공학석사(도시계획과)
e-mail : ahnwy@kongju.ac.kr