

가구통행실태조사 자료를 활용한 서울시 연계수단 통행행태의 영향요인 분석 연구

Analyzing Factors to Affect Trip Mode Chaining Behavior Using Travel Diary Survey Data in Seoul

김수재* · 추상호** · 김지윤*** · 한재윤****

* 주저자 : 홍익대학교 도시계획과 박사과정
 ** 교신저자 : 홍익대학교 건설도시공학부 교수
 *** 공저자 : 홍익대학교 도시계획과 박사과정
 **** 공저자 : 홍익대학교 도시계획과 석사과정

Su jae Kim* · Sang ho Choo** · Ji yoon Kim*** · Jae yoon Han****

* Dept. of Urban Planning, Univ. of Hongik
 ** Dept. of Urban Design and Planning, Univ. of Hongik
 *** Dept. of Urban Planning, Univ. of Hongik
 **** Dept. of Urban Planning, Univ. of Hongik
 † Corresponding author : Sang ho Choo, shchoo@hongik.ac.kr

Vol.17 No.1(2018)
 February, 2018
 pp.55~70

ISSN 1738-0774(Print)
 ISSN 2384-1729(On-line)
<https://doi.org/10.12815/kits>
 2018.17.1.55

Received 8 February 2018
 Revised 19 February 2018
 Accepted 21 February 2018

© 2018. The Korea Institute of
 Intelligent Transport Systems. All
 rights reserved.

요약

최근 공유교통 서비스가 확대되면서 개인교통수단과 대중교통수단을 연계한 통합모빌리티 서비스가 주목을 받고 있으며, 이를 위해서는 연계수단 통행행태 분석이 필수적이다. 본 연구에서는 2010년 서울시 가구통행실태조사 자료를 이용하여 연계수단 통행의 특성을 분석하고, 다항로짓모형을 통해 연계수단 선택에 미치는 영향요인을 분석하였다. 먼저 통행수단을 승용차, 시내버스, 시외버스, 철도, 택시, 기타 등으로 구분하여 25가지의 연계수단 통행유형을 분석하였으며, 이 중 시내버스와 철도의 연계통행이 가장 높은 것으로 나타났다. 이들 연계수단 통행은 주로 출근통행목적에서 많이 발생하며, 오전/오후 첨두를 형성하는 것으로 나타났다. 또한 다항로짓모형 추정결과, 개인특성의 성별, 연령, 가구특성의 차량보유여부, 가구소득, 통행특성의 통행목적, 통행시간, 통행거리, 지역적특성의 지하철 및 버스 노선수, 상업용도 면적비율, 토지이용 혼합도, 도착지역의 도심권여부 등이 연계수단 선택에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

핵심어 : 연계수단 통행, 환승 통행, 가구통행실태조사, 다항로짓모형, 통합모빌리티 서비스

ABSTRACT

Recently, as shared transportation services has expanded, integrated mobility services that link personal transportation and public transportation are paid attention. To do this, it is necessary to analyze trip mode chaining behavior. This study analyzed the characteristics of the trip mode chaining behavior using the 2010 travel diary survey in Seoul, and analyzed factors to affect mode choice of trip chaining through the multinomial logit model. The transportation means were classified into passenger cars, city buses, intercity buses, railways, taxis, and others, and 25 trip mode chaining types were identified. Among them, the trip share connected between city bus and railways was the highest. It was also found that the trip mode chaining occurred mainly at commuting and in the morning and afternoon peak. According to the model results, the mode

choice of trip chaining is significantly influenced by individual attributes (sex and age), household attributes (car ownership and income), trip attributes (trip purpose, trip time and trip length), and arrival area attributes (number of subway lines and bus lines, ratio of commercial area, land use mix and central region).

Key words : trip mode chaining, transfer trip, travel diary survey, multinomial logit model, integrated mobility service

I. 서 론

2008년 글로벌 금융경제 위기 이후 한정된 자원을 공유함으로써 효율성을 도모하는 공유경제이론이 대두되었으며, 정보통신 기술의 발달에 힘입어 이용자 간의 재화를 손쉽게 공유할 수 있는 공유서비스가 등장하고 있다. 교통 분야에서는 카셰어링, 바이크셰어링 등 기존에는 개인이 소유하여 활용되던 교통수단을 공유하는 공유교통 서비스가 확대되고 있으며, 새로운 교통산업 분야로 각광받고 있다(Jang and Park, 2015).

최근에는 이러한 공유교통 서비스를 포함한 개인교통수단과 대중교통수단을 연계한 통합모빌리티 서비스가 주목을 받고 있다. 통합모빌리티 서비스는 유럽에서는 MaaS(Mobility-as-a-Service)로 알려져 있으며, 이러한 서비스는 다양한 교통수단들을 하나의 플랫폼을 통해 제공하는 것으로 철도, 버스, 택시, 카셰어링, 바이크셰어링 등의 다양한 교통수단을 통합적으로 고려하여 이용자들에게 최적의 연계수단 통행방안과 합리적인 이용요금, 편리한 결제시스템을 제공하고 있다(Hietanen, 2014; Martin, 2016). 현재는 핀란드, 독일 등 유럽의 일부 국가에서 서비스 되고 있으며 미국 및 캐나다, 호주 등 세계 각국으로 점차 서비스를 확대해 나가고 있다(Hensher, 2017; Nelson et al., 2010; Ambrosino et al., 2016).

우리나라는 2007년 수도권 대중교통 시스템 개편을 통해 버스, 도시철도 등의 대중교통 수단 간의 환승혜택을 제공하고 있으며, 지자체에서 공유자전거 서비스를 운영하고, 민간, 공공의 주도로 카셰어링 서비스를 운영하고 있어 통합모빌리티 서비스가 도입되기에 좋은 여건을 갖추고 있다. 통합모빌리티 서비스의 도입을 위해서는 통합모빌리티 패키지를 구축해야하며, 이를 위해서는 통합모빌리티 서비스 이용자의 통행패턴을 파악할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 서울시 통행자들의 연계수단 통행행태를 분석하여 통합모빌리티 서비스 구축을 위한 선행연구로 활용하고자 한다.

통합모빌리티 서비스는 통행자가 최종목적지까지 도달하기 위해 이용해야 할 다양한 통행수단을 고려하여 이동경로 및 연계수단을 추천할 수 있어야 하며, 요금의 합리성을 함께 제시하여야 한다. 이를 위해서는 이용자들의 통행패턴을 분석하는 것이 우선되어야 하고 통행의 목적, 구간 등에 따라 선택되는 교통수단을 분석하여야 한다. 현재 이용자의 개인 및 가구특성, 통행목적, 통행수단 등을 모두 조사한 가구통행실태조사 자료는 통합모빌리티의 기초자료인 연계수단 통행특성을 분석하는데 매우 용이하다.

따라서 본 연구에서는 2010년 가구통행실태조사의 서울시 내부통행조사 자료를 트립체인(trip-chain)으로 변환하여 연계수단 통행특성을 분석하고자 한다. 먼저 연계수단 통행의 유형을 분석하고 연계수단선택에 영향을 미치는 요인들을 분석하였다. 본 연구결과는 향후 서울시의 통합모빌리티 서비스 구축을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 선행연구검토

1. 연계수단 통행 관련 연구

연계수단 통행행태에 관한 기존 연구를 살펴본 결과 통행수단의 연계를 기준으로 분석한 연구와 통행목적적으로 분석한 연구로 구분할 수 있다. 먼저 통행수단의 연계에 관한 연구의 경우 경기도 통행자의 환승패턴을 분석한 연구(Park and Song, 2008)가 수행되었다. 이 연구에서는 2006년 수도권 가구통행실태조사 자료를 활용하였으며 환승통행의 유형을 13가지로 분류하였다. 주요 환승유형 중 버스↔버스 유형이 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났으며, 승용차↔버스 유형이 그 다음으로 많이 이용되는 것으로 나타났다. 또한 지하철의 부담률을 증가시키고자 지하철과 연계가 이루어지는 통행수단에 대해 분석한 연구(Kim and Park, 2010)가 수행되었다. 분석을 위해 2006년 가구통행실태조사 자료를 활용하였으며 연계교통수단(도보, 버스, 마을버스)과 주 교통수단(전철, 지하철) 간의 상관관계를 포트폴리오분석을 통해 제시하였다. 그 결과 지하철을 이용하는 접근수단으로 도보, 버스, 마을버스 순으로 많이 이용됨을 알 수 있었다. 또한 도보를 제외한 지역별 분석결과 강남구, 종로구, 용산구 등은 일반버스가 연계수단 통행 시 많이 이용되었고 은평구, 동대문구, 서대문구 등에서는 버스가 지하철과의 경쟁관계를 보임을 알 수 있었다. 이와 같은 연구결과를 통해 지역별 특징을 고려한 연계 교통수단 개선이 필요함을 밝혔다.

연계수단 통행행태에 관한 대부분의 연구들은 목적통행의 연계를 중심으로 분석을 수행하였다. Bin(2011)은 집-직장-집 형태의 단순목적연계 출근 통행을 할 때 통행시간에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 이 연구에서는 2006년 수도권 가구통행실태조사 자료를 이용하여 콕스비례해저드 모형을 개발하였다. 분석결과 다양한 개인특성이 출근통행시간에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 다음으로 Song et al.(2003)은 목적통행 연계의 크기에 따라 통행수단선택에 미치는 영향을 2002년 가구통행실태조사 자료를 이항로지스틱 모형을 통해 분석하였다. 이 모형에서는 연계수단 통행의 크기를 목적통행이 이루어진 횟수로 산정하였다. 분석 결과, 연계수단 통행의 크기가 대중교통을 선택할 확률에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이에 따라 연계수단 통행의 크기가 통행의 특성을 분석하는데 있어 유의한 변수로 활용할 수 있음을 확인하였다. 또한 Park et al.(2013)은 2010년 수도권 가구통행실태조사 자료를 통해 통행목적연계에 대해 분석하였다. 이 연구는 수도권의 통행 자료를 개인별로 통행목적을 기준으로 하는 통행단을 산출하여 목적연계의 패턴을 살펴보았다. 그 결과 통행목적의 연계는 출근과 등교와 같은 일상적인 통행이 포함된 연계가 높은 빈도를 보였으며, 학원과 관련된 통행이 많이 발생하는 특징을 보였다. 또한 통행목적 연계별 지역 간 통행패턴에 차이가 있는 것으로 분석되었다.

이와 같이 연계수단 통행에 관한 연구는 통행목적과 통행수단 두 가지 기준으로 구분되어 수행되었다. 하지만 대부분의 연구들이 통행목적을 분석한 연구였으며, 통행수단에 대한 연구가 미미하였다. 따라서 본 연구에서는 통행수단을 중심으로 연계수단 통행에 영향을 미치는 요인을 분석하고자 한다.

2. 다항로지트모형 관련 연구

본 연구에서는 연계수단 통행에 영향을 미치는 요인에 대해 분석하기 위해 다항로지트모형을 활용하였다. 다항로지트모형을 활용한 통행행태에 대한 연구가 다양하게 수행되었다.

Jun and Lee(2007)는 수도권에 거주하는 통근자에 대해 1995년과 2000년의 인구센서스 자료를 바탕으로 통근수단선택 행태의 변화를 살펴보았다. 이 연구에서는 통행자의 개인특성, 통행특성, 교통수단의 특성을

변수로 혼합로지모형을 활용하여 시계열 변화에 대해 분석하였다. 분석 결과, 개인특성, 지역특성이 지역간 통근 시 수단선택에 영향을 미침을 알 수 있었다. 또한 버스, 지하철, 승용차의 수단선택 시 통근비용이 증가하는 경우 대체통근 수단을 선택할 확률이 높아지는 것으로 나타났다. 이와 더불어 지역간 통근의 시간에 따른 한계효과는 승용차가 높게 나타나 대중교통으로 전환을 유도할 가능성이 있음을 확인하였다. 또한 Lee and Lee(2009)는 서울시의 대중교통체계 개편 전후를 비교하고자 2002년과 2006년의 가구통행실태조사 자료를 활용하여 대중교통수단 부담률의 변화를 분석하였다. 분석 결과 대중교통체계 개편 이후 통근통행 시 지하철 부담률이 증가한 것으로 나타났다. 또한 개인특성의 경우 남성의 승용차 부담률은 감소하였으나 여성 보다는 높은 것으로 나타났으며, 고소득층의 경우 승용차 부담률이 증가한 것으로 나타났다. 그밖에 출발지와 도착지의 토지의 혼합적 이용과 개발밀도가 높은 경우 대중교통수단을 선택할 확률이 증가하는 것으로 나타났다. 이를 통해 서울시 대중교통체계 개편이 통근통행 수단선택에 영향을 미쳤으며, 출·도착지의 대중교통 접근성, 토지이용특성이 대중교통 부담률 증가에 긍정적인 영향을 주었음을 확인하였다.

다음으로 단일수단 통행의 수단선택에 대한 영향요인을 분석한 다양한 연구가 수행되었다. 먼저 Jun(1997)은 서울시와 같은 대도시권을 대상으로 토지이용패턴이 통행수단선택에 미치는 영향을 알아보았다. 1990년 인구 및 주택센서스 자료에서 수단을 5가지 유형(지하철, 버스, 승용차, 도보 및 자전거, 기타)으로 분류하고 다중로지모형을 이용하여 토지이용특성과의 관계를 분석하였다. 분석 결과, 업무중심지로 통근하는 경우 지하철과 승용차를 선택할 확률이 높은 것으로 나타났으며, 통근시간과 대중교통 접근성이 수단부담률에 영향을 미치는 주요 요인으로 나타났다. 다음으로 제주도의 통행자들이 갖는 개인특성과 교통수단 선택 간의 관계와, 통행비용 및 통행시간과 교통수단 선택 간의 관계에 대하여 분석한 연구가 있었다. Kim and Hwang(2010)은 제주도 성인을 대상으로 활용한 교통수단과 응답자의 개인특성과의 관계를 다항로지모형을 통해 분석하였다. 분석결과 개인특성은 가구원수, 자택소유여부가 수단선택에 영향을 미쳤다. 또한 통행시간은 버스에 비해 승용차나 기타수단을 선택하는 경우 양의 영향을 미치고, 통행비용은 승용차의 선택 시 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 대중교통의 부담률을 높이기 위해서는 통행시간을 단축할 수 있는 버스 노선 개발과 개편 및 노선의 분류가 필요하다고 설명하였다. Sung et al.(2008)은 서울시내 역세권 통행인을 대상으로 통행목적별 수단선택의 영향요인을 분석한 연구를 수행하였다. 통행시간의 경우 통행목적과 관계없이 수단선택에 영향을 미쳤으며, 목적별로 구분할 경우 통근·통학통행에서는 성별과 직업이, 쇼핑통행에서는 직업, 여가통행에서는 나이와 직업이 통행수단 선택에 영향을 미치는 주요 요인으로 나타났다.

다양한 수단을 활용한 연계수단 통행에 대해 분석한 연구는 대구시 대중교통 이용자의 환승통행 특성을 알아보고자 한 연구가 있었다. Lee et al.(2013)은 대구시 시민들을 대상으로 연계수단 통행유형을 5가지로 분류(버스↔버스, 버스↔철도, 지하철↔철도, 버스↔기타, 지하철↔기타)하여 조사하고 다항로지모형을 통해 각 유형에 미치는 영향요인을 분석하였다. 그 결과 대구광역시 중구지역이 가장 높은 환승비율을 보이는 환승중심지임을 알 수 있었다. 또한 통행비용이 증가할수록 대중교통 환승비율이 감소하는 것으로 나타났으며, 교통약자의 지하철↔철도 환승비율이 낮게 나타났다. 또한, 승용차를 접근수단으로 하는 Park/Kiss&Ride시설을 이용하는 이용자에 대한 분석을 수행한 연구(Sung et al., 2009)도 있었다. 이 연구에서는 시설의 이용자가 연계교통수단으로 대중교통 혹은 다른 교통수단을 사용하는 경우에 대한 행태를 비교하였다. 그 결과 개인특성별 수단선택 패턴에 차이가 나타나 Park/Kiss&Ride의 수요를 추정함에 있어 이용자의 개인특성별, 주거지 형태별 가중치를 고려해야함을 제시하였다. 도시의 교통 환경개선을 위해 지하철과 자전거 간의 연계수단 통행에 영향을 미치는 요인에 대해 분석한 연구도 수행되었다. Pan et al.(2010)은 중국의 지하철 이용객들을 대상으로 이용객의 통행특성과 역과의 연결성에 대한 관계를 로지스틱 모형을 활용하여 분석하였다. 분석결과 대중교통 접근성, 버스의 배차간격이 자전거를 선택하는데 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이를 통

해 자전거를 이용하기에 적합한 거리를 고려해야 하며 자전거 대여 시스템 개발의 필요성을 시사하였다.

연계수단 통행 및 로짓모형에 대한 다양한 연구들을 살펴본 결과 대부분이 통행수단보다는 통행목적의 연계를 중점적으로 고려하였으며, 단일수단 통행 혹은 단순 연계수단 통행에 대한 분석을 진행한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 단일목적통행에서 다수단을 이용한 연계수단 통행의 행태를 분석하고 유형별 특징 및 영향요인을 분석하고자 한다. 이를 바탕으로 통합모빌리티 서비스의 통행수단 연계설정에 기여하고자 한다.

Ⅲ. 연계수단 통행 분석

1. 분석자료 개요

본 연구에서는 연계수단 통행유형을 분석하기 위해 가구통행실태조사 자료를 활용하였다. 가구통행실태 조사는 교통체계효율화법에 의거하여 1998년부터 약 5년 주기로 수행하는 국가교통조사의 여객부분의 조사로 가구현황, 가구원특성, 개인통행특성 등을 자가기입식(Self-Survey) 형태로 조사한다. 현재 2016년 가구통행실태조사도 수행되었지만, 자료가 정식 배포되지 않아 본 연구에서는 구득 가능한 최신자료인 2010년 가구통행실태조사 자료를 활용하였다. 2010년 가구통행실태조사 자료는 약 44만 가구를 대상으로 약 150만 건의 통행을 조사하였으며, 그중 서울시 내부통행은 총 224,957건으로 조사되었다. 가구통행실태조사 자료는 가구정보, 가구원정보, 통행정보 등으로 구성되며, 가구정보에는 가구원수, 차량보유대수, 주택의 종류, 가구소득, 대중교통 접근성, 가구원정보에는 나이, 성별, 운전면허유무, 직업, 통행유무, 통행정보에는 통행목적, 통행수단, 출발정보, 도착정보, 동행인수 등으로 구성되어 있다.

<Table 1> Data Description of the 2010 Travel Diary Survey

Data		Note
Household Information	Number of household	number of household members and preschool children
	Number of Vehicles	vehicle ownership by vehicle type(car, van, truck, motorcycle, bike)
	Residence type	apartment, multiplex house, detached house, officetel, etc.
	Household income	monthly income of household
	Transportation accessibility	walking time to subway station or bus stop
Member of household Information	Age	-
	Sex	male / female
	Driver's license	driver's license status
	Occupation	employment type
Trip Information	Trip purpose	classified into 10 categories
	Trip mode	classified into 18 categories
	Departure information	origin and departure-time information
	Arrival information	destination and arrival-time information
	Companion	number of companion

2. 연계수단 통행유형

2010년 가구통행실태조사 자료를 활용하여 다양한 교통수단을 고려한 연계수단 통행유형에 대해 살펴보았다. 분석범위는 서울시 내부에서 발생한 통행에 대해서만 고려하였다. 서울시 내부통행은 총 224,957건으로 나타났으며, 이 중 단일수단을 이용한 단일통행은 214,181건(95.2%), 두 가지 이상의 수단을 이용한 연계수단 통행은 10,776건(4.8%)으로 나타났다. 단일수단 통행의 수단비율을 살펴보면 보행(74,183건, 34.6%)으로 가장 높게 나타났으며, 지하철(44,786건, 20.9%), 승용차(35,096건, 16.4%), 시내버스(24,467건, 11.4%) 등의 순으로 높게 나타났다.

연계수단 통행에 대해 살펴보기 이전에 가구통행실태조사의 수단구분이 총 18가지로 세분화되어 있어 유사한 성격의 수단끼리 그룹화하였다. 첫 번째 수단그룹은 승용차로 승용차(직접 운전)와 승용차(동승)를 그룹화하였다. 두 번째 수단그룹은 시내버스로 시내버스 및 마을버스가 포함되며, 세 번째 수단그룹은 시외버스로 시외버스, 광역버스, 고속버스가 해당된다. 네 번째 수단그룹은 철도로 지하철, 일반철도, 고속철도가 이에 해당된다. 다섯 번째 수단그룹은 택시이며, 여섯 번째 수단그룹으로는 환승통행과 연관성이 적은 수단(도보, 기타버스, 소형화물차, 중대형화물차, 오토바이, 자전거, 기타)을 기타수단으로 구분하였다.

이렇게 통합된 6가지 수단을 바탕으로 연계수단 통행을 유형화하였다. 연계수단 통행의 유형분류 시 환승과 연관성이 적은 기타수단은 제외하였으며, 통행수단의 순서는 고려하지 않았다. 연계수단 통행의 유형은 총 25개로 나타났으며, 이 중 상위 7개의 유형이 전체 통행의 약 97.4%를 차지하여 이를 주요 유형으로 설정하고, 주요 유형의 특징에 대해 살펴보았다.

〈Table 2〉 Group by transport mode

Code	Transport mode	Detailed mode
1	Car	car(self-driving)
		car(ride share)
2	Intra-city bus	Intra-city bus
		Community bus
3	Intercity bus	Intercity bus
		Metropolitan bus
		Express bus
4	Rail	Subway
		Rail
		Express rail
5	Taxi	Taxi
6	Others	Walking
		Other bus
		Light truck
		Medium and large truck
		Motor cycle
		Bicycle
		Others(airplane, ship, etc.)

〈Table 3〉 Type of linkage trip

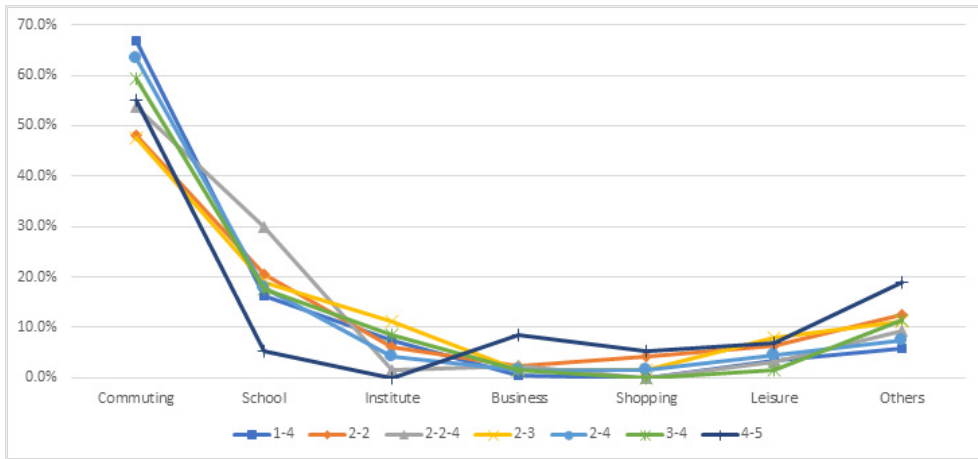
Linkage type	Number of trips	Linkage type	Number of trips
2-4	6,636	2-5	9
2-2	1,308	3-3-4	7
2-2-4	413	2-2-3	5
3-4	227	1-3	5
1-4	225	4-5-5	3
2-3	99	2-2-2-2	3
4-5	87	1-3-4	2
3-3	53	3-5	1
1-2	48	1-2-2	1
2-2-2	40	2-2-2-4	1
1-2-4	27	2-3-3	1
2-3-4	19	1-1-4	1
2-4-5	15	-	-

3. 연계수단 통행유형별 특성 분석

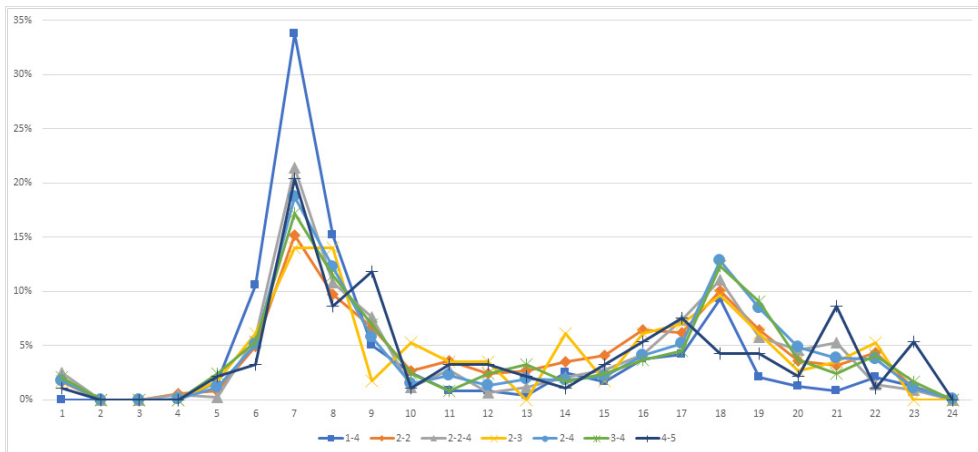
우선 연계수단 통행의 유형별 통행목적 비율에 대해 살펴보았으며, 모든 통행목적에서 발생할 수 있는 귀가통행은 제외하고 연계수단 통행이 거의 발생하지 않는 배웅, 귀사통행은 기타 목적통행으로 함께 고려하였다.

통행목적 비율에 대해 살펴본 결과 <Fig. 1>과 같이 나타났다. 모든 연계수단 통행유형이 출근통행의 비율이 약 49~67%로 가장 높게 나타났다. 그중에서 승용차↔철도 유형(1-4)이 가장 높게 나타났는데, 이는 직장인들의 승용차 함께 타기 운동(carpooling)으로 지하철을 타고 거점 지하철역에서 차량을 타고 함께 이동하는 것이거나 아니면 집에서 가까운 지하철역에 데려다 주는 Kiss&Ride 형태로 설명할 수 있다. 철도↔택시 유형(4-5)의 경우 업무, 쇼핑, 여가통행이 다른 유형에 비해 높게 나타났다. 빠르게 이동해야하는 업무통행과 보다 편하게 이동하고자 하는 쇼핑 및 여가통행 시 택시를 포함한 연계수단 통행이 주로 이루어지는 것으로 나타났다.

다음으로는 연계수단 통행 중 첫 통행의 출발시간을 기준으로 연계수단 통행 유형별 시간대별 통행비율에 대해 살펴보았다. 시간대별 통행비율의 결과는 <Fig. 2>와 같다. 모든 연계수단 통행유형이 오전, 오후첨두(7시, 18시)를 형성하였으며, 목적별 통행비율과 마찬가지로 승용차↔철도 유형(1-4)이 출근시간인 7시에 가장 높게 나타났다. 철도↔택시 유형(4-5)의 경우 오후첨두시간(18시)에 비해 심야시간대(21, 23시)에 더 많이 이용되는 것으로 나타났다. 이는 늦은 심야시간대에 택시를 포함한 연계수단 통행이 주로 나타나는 것을 통해 확인할 수 있다.

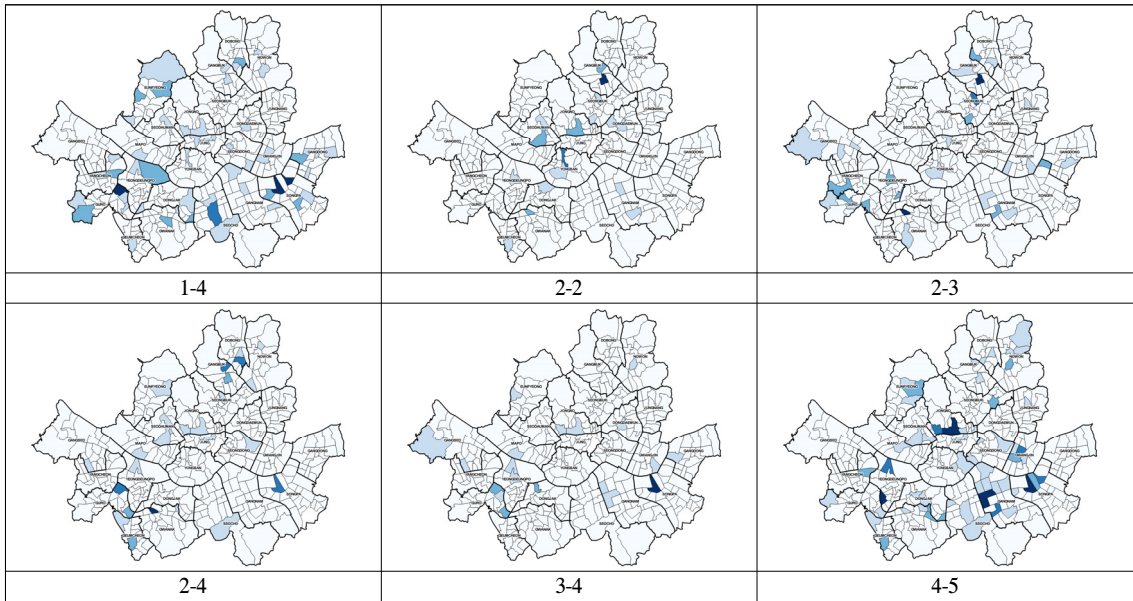


<Fig. 1> Distribution of trip ratio by purpose



<Fig. 2> Distribution of trip ratio by departure time

연계수단 통행유형에 따른 환승지역의 분포를 서울시 행정동 단위로 살펴본 결과는 <Fig. 3>과 같다. 다른 수단에 비해 이동이 자유로운 승용차↔철도(1-4) 및 철도↔택시(4-5)의 경우 서울시 전 지역에 걸쳐 철도역이 위치하는 지역에서 환승이 발생하는 것으로 나타났다. 연계수단 통행이 가장 많이 일어나는 시내버스↔철도 유형(2-4)과 시내버스↔시내버스 유형(2-2)의 환승지역 분포를 살펴보면 신림동, 수유3동, 신도림동, 잠실3동, 미아동 등에서 환승이 자주 발생하는 것으로 나타났다. 이 지역들은 모두 서울시 외곽에 위치하고 있어 주로 주거지역에서 해당지역으로 이동하는 환승거점 역할을 하는 것으로 판단된다.



<Fig. 3> Distribution of transfer areas

IV. 연계수단 통행 선택모형 개발

1. 모형의 구조

본 연구에서는 가구통행실태조사 자료의 통행기록을 목적통행(linked trip)으로 가공하여 환승에 활용된 수단의 구성에 따라 이를 분류하여 연계수단 통행의 시간적 특성과 지역적 분포를 살펴보았다. 일련의 연계수단 통행의 유형은 통행자 개인 및 가구의 특성, 통행의 특성 등 다양한 요인에 따라 그 선택이 영향을 받을 것으로 예상된다. 이에 본 연구에서는 다양한 연계수단 통행 유형을 3가지 유형인, 버스↔철도, 버스↔버스, 대중교통↔승용차(택시 포함)로 분류하고, 통행자의 개인특성, 가구특성, 도착지의 대중교통기반, 토지이용정보를 독립변수로 설정하여 연계수단 통행 선택모형을 구축하였다.

독립변수를 세부적으로 살펴보면, 가구통행실태조사 자료의 가구정보 중 가구소득, 차량보유여부, 가구원 정보 중 나이, 성별, 통행정보 중 통행목적, 출발시간대, 도착지역의 생활권을 활용하였다. 생활권은 도심권(종구, 종로구, 용산구), 동남권(서초구, 강남구, 송파구, 강동구), 동북권(성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구), 서남권(양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구), 서북권(은평구, 서대문구, 마포구)로 구분된다. 또한, 2010년 기준 국가교통데이터베이스(KTDB) 자료의 행정동 간 통

행시간 및 통행거리, 도착지역 내 지하철 노선수, 버스 노선수와 2008년 한국토지정보시스템(KLIS) 과세대장 자료의 도착지역 상업용도 면적비율, 토지이용 혼합도(엔트로피 지수)를 독립변수로 구축하였다. 통행거리를 기반으로 하여 통행비용을 산출하여 변수로 고려하였으나, 부호의 방향성이 논리적이지 않고 통계적으로도 유의하지 않아 최종 모형에서는 제외하였다.

$$Entropy = - \sum_i \frac{p_i \ln p_i}{\ln n} \tag{1}$$

엔트로피 지수는 수식(1)과 같이 나타난다. 이때 i 는 건축물의 용도, p_i 는 용도 i 의 면적비율, n 은 건축물 용도의 수를 나타낸다. 이 엔트로피 지수는 토지이용 혼합도를 측정하는 값으로 그 값이 클수록 토지이용이 다양하게 분포되어 있음을 의미한다.

<Table 4> Dependent and independent variables

Variable		Description
Dependent variable	Trip type(bus-rail)	Choice of linkage trip(bus-rail)
	Trip type(bus-bus)	Choice of linkage trip(bus-bus)
	Trip type(transit-car)	Choice of linkage trip(bus/rail-auto/taxi)
Independent variable	Age	-
	Sex	1: male 2: female
	Total trip time(min)	-
	Total trip length(km)	-
	Rail lines	Number of rail lines in an arrival area
	Bus lines	Number of bus lines in an arrival area
	Commercial ratio(%)	$\frac{Commercial\ area}{Total\ area} \times 100$ in an arrival area
	Entropy	$-\sum_i \frac{p_i \ln p_i}{\ln n}$ in an arrival area
	Household income	1: less 1 million won 4: 3 millions ~ 5 millions won 2: 1 million ~ 2 millions won 5: 5 millions ~ 10 millions won 3: 2 millions ~ 3 millions won 6: over 10 millions won
	Trip purpose	1: commuting/school 2: return to home 3: others(business, shopping, leisure, etc.)
	Departure time	1: AM peak 2: PM peak 3: non peak
	Arrival area	1: central 2: south-east 3: north-east 4: south-west 5: north-west
	Car ownership	1: yes 2: no

구축에 활용된 모형은 수단선택모형에 널리 활용되는 다항로짓모형을 이용하였다. 다항로짓모형은 통행자의 개인특성과 가구특성, 통행특성 등 다양한 변수를 효용함수에 포함시켜 통행자의 수단선택행태를 잘 설명할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에 활용된 다항로짓모형의 구조는 아래와 같다.

$$P_j = \text{Prob}(y = j) = \frac{e^{U_j}}{1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{U_j}} \quad (2)$$

$$U_j = \sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_k = \alpha_j + \beta_{j1} x_1 + \beta_{j2} x_2 + \dots + \beta_{jK} x_K \quad (3)$$

여기서, P_j : 연계통행 j 를 선택할 확률
 U_j : 연계통행 j 의 효용함수
 β_{jk} : 연계통행 j 에 대한 k 항목의 계수
 x_k : k 항목의 설명변수

다항로짓모형은 선택 대안 중 하나를 참조집단으로 설정하여 참조집단을 선택할 확률과 다른 대안을 선택할 확률을 비교한다. 따라서 추정계수인 β 에 아래첨자가 붙으며, 이는 선택대안에 따라 계수가 달라지는 것을 의미한다. 본 연구에서 선택대안인 버스↔철도(br), 버스↔버스(bb), 대중교통↔승용차(trc)에 대한 선택 확률은 다음과 같이 표현된다.

$$P_{br} = \text{Prob}(y = br) = \frac{1}{1 + e^{U_{bb}} + e^{U_{trc}}} \quad (4)$$

$$P_{bb} = \text{Prob}(y = bb) = \frac{e^{U_{bb}}}{1 + e^{U_{bb}} + e^{U_{trc}}} \quad (5)$$

$$P_{trc} = \text{Prob}(y = trc) = \frac{e^{U_{trc}}}{1 + e^{U_{bb}} + e^{U_{trc}}} \quad (6)$$

여기서, P_{br} : 연계통행 버스↔철도를 선택할 확률
 P_{bb} : 연계통행 버스↔버스를 선택할 확률
 P_{trc} : 연계통행 대중교통↔승용차를 선택할 확률

다항로짓모형의 구축에는 SPSS 19.0 버전이 활용되었으며, 버스↔철도를 참조집단으로 설정하여 버스↔버스 대안에 대한 추정식과 대중교통↔승용차에 대한 추정식을 각각 제시하였다.

2. 기초통계분석

연계통행 수단 선택모형은 본 연구의 공간적 범위인 서울시의 내부통행 224,957건 중 단일수단 통행, 환승과 연관성이 떨어지는 기타수단 통행, 총 통행시간이 3시간 이상으로 과도하게 나타난 통행, 통행시간과 통행거리가 측정되지 않는 동일 행정동 간의 통행을 제외한 연계수단 통행 9,236건에 대하여 수행하였다. 기초통계분석 결과는 <Table 5> 및 <Table 6>과 같다.

연계수단 통행을 한 사람들은 평균 37.6세로 나타났으며, 유형별로 큰 차이를 보이지는 않았다. 통행시간 및 통행거리의 경우 버스 간의 연계수단 통행이 다른 연계수단 통행에 비해 더 짧게 나타나 비교적 단거리를 이용할 때 버스 간의 연계통행을 이용하는 것을 확인할 수 있었다. 도착지의 철도 노선수와 엔트로피 지수는 모두 비슷하게 나타났으며, 도착지의 버스 노선수와 상업용도 면적비율의 경우 대중교통↔승용차의 연계수단 통행이 가장 높게 나타났다.

<Table 5> Descriptive statistics analysis(continuous variables)

Variable	Trip type(bus-rail)				Trip type(bus-bus)				Trip type(transit-car)				Total			
	Mean	S.D	Min	Max	Mean	S.D	Min	Max	Mean	S.D	Min	Max	Mean	S.D	Min	Max
age	37.5	14.0	7.0	91.0	37.6	15.2	7.0	91.0	38.5	13.3	13.0	84.0	37.6	14.2	7.0	91.0
tr_time	59.4	19.0	12.4	122.3	41.4	15.0	12.4	114.7	57.6	31.7	2.3	124.9	56.4	20.3	2.3	124.9
tr_length	14.1	7.3	0.7	41.7	8.0	5.1	0.6	27.1	14.1	8.6	0.9	42.8	13.1	7.4	0.6	42.8
rail lines	1.2	1.6	0	6	1.0	1.4	0	6	1.5	1.7	0	6	1.2	1.6	0	6
bus lines	117.6	133.3	0	713	109.4	128.3	0	713	142.0	145.2	0	713	117.4	133.2	0	713
commercial ratio	8.7	18.2	0.0	100.0	7.1	16.2	0.0	100.0	10.4	18.3	0.0	91.6	8.5	17.9	0.0	100.0
entropy	52.2	14.6	6.2	83.4	50.6	14.4	6.2	83.4	54.7	13.2	20.0	83.4	52.0	14.5	6.2	83.4
no. of samples	7,303				1,509				424				9,236			

가구소득, 성별, 통행목적, 통행시간대, 차량보유여부, 도착지 지역은 범주형 변수로서 연계수단 통행유형과 교차분석하여 특성을 살펴보았다. 성별의 경우 버스↔철도 유형은 남녀성비가 유사하나, 버스↔버스 유형과 대중교통↔승용차 유형은 4:6 정도로 기울어지는 것으로 나타났다. 가구소득은 최저 100만원 이하부터 최대 1천만원 이상까지 6단계로 나뉘며, 가장 많은 응답은 월 300~500만원으로 나타났다. 차량보유여부는 모든 유형에서 80% 이상이 차량을 보유하고 있는 것으로 응답하였다.

통행 목적을 보면, 버스↔철도, 버스↔버스 유형의 경우 귀가, 통근/통학, 기타 통행의 순으로 서로 유사한 분포를 보인 반면, 대중교통↔승용차 유형의 경우 통근/통학이 가장 높은 비율을 차지하였고, 기타 통행이 가장 낮은 비율을 차지하였다.

통행시간대는 버스↔철도의 경우 오전첨두에 31.3%, 오후첨두에 20.9%를 차지하였으며, 버스↔버스의 경우 오전첨두에 24.6%, 오후첨두에 16.6%로, 철도를 이용하는 경우 보다 첨두시간에 집중되는 경향을 보였다. 반면, 대중교통↔승용차의 경우 오전첨두와 비첨두가 각각 40.3%, 49.8%를 차지하여 다른 유형에 비해 오전첨두의 통행비율이 높게 나타났다. 통행의 목적지는 버스↔철도의 경우 동북권과 서남권이 27.2%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 버스↔버스에서는 동북권이, 대중교통↔승용차에서는 남동권이 가장 많은 비율을 차지하였다. 서북권은 세 가지 유형에서 모두 가장 낮은 비율을 차지하였다.

<Table 6> Descriptive statistics analysis(categorical variables)

Classification		Number of Trip(rate)			
Variable	category	Trip type(bus-rail)	Trip type(bus-bus)	Trip type(transit-car)	Total
sex	male	3,661 (050.1%)	547 (036.2%)	174 (041.0%)	4,382 (047.4%)
	female	3,642 (049.9%)	962 (063.8%)	250 (059.0%)	4,854 (052.6%)
household income	less 1 million won	443 (006.1%)	118 (007.8%)	14 (003.3%)	575 (006.2%)
	1 ~ 2 million won	1,158 (015.9%)	274 (018.2%)	29 (006.8%)	1,461 (015.8%)
	2 ~ 3 million won	1,832 (025.1%)	381 (025.2%)	68 (016.0%)	2,281 (024.7%)
	3 ~ 5 million won	2,496 (034.2%)	480 (031.8%)	160 (037.7%)	3,136 (034.0%)
	5 ~ 10 million won	1,217 (016.7%)	238 (015.8%)	134 (031.6%)	1,589 (017.2%)
	over 10 million won	157 (002.1%)	18 (001.2%)	19 (004.5%)	194 (002.1%)
car ownership	no	1,431 (019.6%)	362 (024.0%)	38 (009.0%)	1,831 (019.8%)
	yes	5,872 (080.4%)	1,147 (076.0%)	386 (091.0%)	7,405 (080.2%)

trip purpose	commuting / school	3,168 (043.4%)	553 (036.6%)	227 (053.5%)	3,948 (042.7%)
	coming to home	3,408 (046.7%)	720 (047.7%)	123 (029.0%)	4,251 (046.0%)
	others	727 (010.0%)	236 (015.6%)	74 (017.5%)	1,037 (011.2%)
departure time	AM peak(7-9)	2,286 (031.3%)	371 (024.6%)	171 (040.3%)	2,828 (030.6%)
	PM peak(18-20)	1,527 (020.9%)	250 (016.6%)	42 (009.9%)	1,819 (019.7%)
	non peak	3,490 (047.8%)	888 (058.8%)	211 (049.8%)	4,589 (049.7%)
arrival area	central	943 (012.9%)	207 (013.7%)	70 (016.5%)	1,220 (013.2%)
	south-east	1,704 (023.3%)	257 (017.0%)	143 (033.7%)	2,104 (022.8%)
	north-east	1,985 (027.2%)	461 (030.6%)	80 (018.9%)	2,526 (027.3%)
	south-west	1,985 (027.2%)	398 (026.4%)	88 (020.8%)	2,471 (026.8%)
	north-west	686 (009.4%)	186 (012.3%)	43 (010.1%)	915 (009.9%)
sum		7,303 (100.0%)	1,509 (100.0%)	424 (100.0%)	9,236 (100.0%)

3. 모형계수 추정결과

모형의 추정결과는 <Table 7>과 같이 정리된다. 다항로짓모형의 추정결과 모형의 적합도를 나타내는 McFadden ρ^2 는 0.504로 높게 나타났다. 또한, 버스↔버스 선택대안의 경우 대부분의 변수가 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 대중교통↔승용차의 경우 도착지의 토지이용특성, 대중교통접근성 변수를 제외한 변수들이 유의한 것으로 분석되었다.

우선 통행자의 개인특성인 성별과 연령을 보면, 여성보다는 남성이 버스↔철도 유형에 비해 버스↔버스, 대중교통↔승용차 유형을 선택할 확률이 높고, 연령이 증가할수록, 버스↔버스 유형보다는 버스↔철도 유형을 선택할 확률이 증가하며, 반대로 버스↔철도 유형보다는 대중교통↔승용차 유형을 선택할 확률이 높아지는 것으로 나타났다.

가구의 특성은 응답자의 가구소득과 차량소유 여부가 변수로 포함되었다. 차량소유 여부의 경우 차량을 소유하지 않은 경우가 소유한 경우에 비해 대중교통↔승용차의 선택확률이 감소하였으며, 버스↔버스 유형의 선택확률이 증가하였다. 가구소득의 경우 가구소득이 낮아질수록 대중교통↔승용차 유형의 선택확률이 점점 감소하는 것으로 나타났다. 이는 가구소득과 차량보유 여부가 대중교통↔승용차 유형의 선택에 큰 영향을 미치고 있으며, 특히 상대적으로 이용요금이 비싼 승용차, 택시의 경우 가구소득에 크게 영향을 받는 것으로 확인되었다.

통행의 특성은 통행목적, 통행시간대, 통행시간, 통행거리의 변수를 포함하였다. 먼저 통행목적과 시간대의 영향을 보면 통행목적이 통근(등교), 귀가일 경우, 기타 목적에 비해 버스↔철도 유형이 선택될 확률이 높았으며, 통행시간대 역시 혼잡한 첨두시간대에는 버스↔철도 유형이 다른 유형에 비해 선호되는 결과가 나타났다. 이는 통근/통학과 같이 의무적이거나 반복적으로 행하는 통행의 경우 정시성이 보장되며, 혼잡의 영향이 적은 철도를 선호하는 것이 반영된 결과로 해석된다.

<Table 7> Estimated Multinomial Logit Model

Variables		BB ^a (=bus ↔ bus)			TRC ^a (=bus/sub ↔ car/taxi)		
		B	p-value	exp(B)	B	p-value	exp(B)
constant		1.276	.000	0	-1.060	.018	0
age		-.003	.123	.997	.009	.028	1.009
sex	male	-.361	.000	.697	-.357	.001	.700
	female ^b	.000	.	.	.000	.	.
household income	less 1 million won	.532	.061	1.703	-1.180	.002	.307
	1 ~ 2 million won	.623	.020	1.865	-1.378	.000	.252
	2 ~ 3 million won	.633	.017	1.882	-1.063	.000	.345
	3 ~ 5 million won	.624	.017	1.867	-.552	.034	.576
	5 ~ 10 million won	.642	.017	1.900	-.034	.897	.966
	over 10 million won ^b	.000	.	.	.000	.	.
car ownership	no	.145	.068	1.156	-.545	.003	.580
	yes ^b	.000	.	.	.000	.	.
trip_purpose	commuting / school	-.135	.211	.873	-.278	.093	.757
	coming to home	-.184	.075	.832	-.712	.000	.491
	others(business, shopping, leisure, etc) ^b	.000	.	.	.000	.	.
peak hour	AM peak(7-9)	-.347	.000	.707	.028	.839	1.028
	PM peak(18-20)	-.326	.000	.722	-.458	.016	.632
	non peak ^b	.000	.	.	.000	.	.
Travel_Time		-.034	.000	.967	-.027	.000	.973
Travel_Length		-.059	.000	.943	.065	.000	1.067
no. of subway lines		-.078	.006	.925	.015	.709	1.015
no. of bus lines		.000	.104	1.000	.000	.450	1.000
commercial ratio		-.005	.051	.995	-.005	.181	.995
entropy		-.004	.062	.996	-.001	.794	.999
region	central	-.007	.959	.993	.175	.467	1.191
	south-east	-.491	.000	.612	.186	.321	1.204
	north-east	-.419	.000	.658	-.367	.072	.693
	south-west	-.319	.004	.727	-.284	.152	.753
	north-west ^b	.000	.	.	.000	.	.
n= 9,236 Log Likelihood(β) = -5,013.00 Log Likelihood(0) = -10,146.78 Chi-squared = 1481.453 McFadden Rho-squared($\rho^2=1-LL(\beta)/LL(0)$) = 0.506							

a: Reference group is bs(=bus↔sub).

b: Reference variables are set to zero.

통행시간의 경우 통행시간이 길어질수록 버스↔철도가 선택될 확률이 높은 것으로 나타났고, 통행거리의 경우 길어질수록 버스↔버스 유형은 선택될 확률이 낮아진 반면, 대중교통↔승용차 유형은 선택될 확률이

증가하는 것으로 나타났다. 이는 버스만을 활용하여 통행하는 경우 가급적 짧은 거리를 이동하고자 하며, 통행거리가 길어질 경우 지하철, 택시, 승용차 등의 수단이 고려된다는 것으로 해석된다.

지역적 특성의 경우 도착지를 기준으로 한 변수들을 고려하였으며, 도착지 행정동의 지하철, 버스 노선수, 상업용도 면적비율, 토지이용 혼합도(엔트로피 지수), 도심지여부의 변수가 포함되었다. 대중교통 접근성을 의미하는 노선수의 경우 지하철 노선이 많은 지역일수록 버스↔철도가, 버스 노선수가 많은 지역일수록 버스↔버스 유형이 선호되는 것으로 나타났다. 토지이용특성을 보면 상업용도 면적비율과 토지이용 혼합도가 높아질수록 버스↔버스 유형에 비해 버스↔철도 유형이 선택될 확률이 높았다. 이는 목적지가 상업중심지이거나, 복합적으로 개발된 지역이라면 철도를 이용하는 것이 선호된다는 것으로 분석된다. 도착지의 생활권에 따른 영향을 보면 동남권, 동북권, 서남권에서는 기준변수인 서북권에 비해 버스↔버스보다는 버스↔철도가 선택될 확률이 높은 것으로 나타났다. 도심권의 경우에는 계수의 통계적 유의성이 없는 것으로 나타나 기준변수인 서북권과 차이가 없는 것으로 분석되었다. 이는 도심권과 서북권은 타권역에 비해 버스와 지하철 노선수가 상대적으로 많아 다양한 수단이 이용되기 때문에 나타난 결과로 해석된다.

V. 결 론

1. 연구의 요약 및 시사점

본 연구에서는 서울시 내부의 연계수단 통행의 특성을 파악하고 이에 대한 영향요인을 규명하였다. 기존 선행연구에서는 사회경제지표와 같은 특정 변수들을 비교하여 통행행태를 분석하고 통행목적 중심적으로 수행된 반면, 본 연구에서는 연계수단 통행 즉, 통행수단의 활용에 대하여 고려하였다. 또한 통합모빌리티 서비스 구축을 위한 기초연구라는 점에서 큰 의의를 갖는다. 본 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 연계수단 통행의 유형에 대하여 살펴보았다. 2010년 가구통행실태조사 자료를 활용하여 서울시 내부통행 중 다양한 수단을 활용한 연계수단 통행을 유형화하였다. 연계수단 통행유형 분석 시 통행수단은 승용차, 시내버스, 시외버스, 철도, 택시, 기타 6가지로 구분하였으며, 이를 통해 총 25가지의 유형으로 분류하였다. 그 중 시내버스와 철도를 함께 이용한 유형이 가장 많이 나타났다. 연계수단 통행유형의 통행목적별, 통행시간대별 분포를 살펴보았다. 통행목적별 연계수단 통행유형 분포를 살펴보면 모든 유형에서 출근통행이 가장 높게 나타났으며, 철도↔택시 유형의 경우 업무, 쇼핑, 여가통행이 높게 나타나 다른 유형들과 차이를 보였다. 시간대별 특성을 살펴보면 오전, 오후점두(7시, 18시)가 명확하게 나타났다. 승용차↔철도 유형이 통행목적별 분포와 마찬가지로 출근시간인 오전점두 시간에 특별히 높게 나타났으며, 승용차↔철도 유형의 경우 오후점두에 비해 심야시간대에 많이 이용되는 것으로 나타났다. 연계수단 통행의 환승이 발생한 지역에 대해서도 살펴보았다. 승용차, 택시와 철도 간의 연계 유형이 서울시 전역에서 환승이 발생하였으며, 연계수단 통행이 많이 발생하는 시내버스와 철도, 시내버스 간의 연계 유형에서는 서울시 외곽지역에서 환승이 주로 발생하는 것으로 나타났다.

둘째, 다항로짓모형을 통해 연계수단 통행유형 선택에 미치는 영향요인을 개인특성, 가구특성, 통행특성, 지역적 특성으로 구분하여 살펴보았다. 개인특성에서는 연령과 성별이 유의한 것으로 나타났으며, 여성보다는 남성이 다른 선택대안에 비해 버스↔철도 유형을 선택할 확률이 높았고, 연령이 증가할수록 버스↔버스보다는 버스↔철도를, 버스↔철도보다는 대중교통↔승용차 유형을 선택할 확률이 높은 것으로 나타났다. 차량을 보유한 가구에서는 버스↔철도에 비해 대중교통↔승용차를 선택할 확률이 높았으며, 반대로 버스↔철도에 비해 버스↔버스 유형을 선택할 확률은 낮아졌다. 특히 가구소득이 낮아짐에 따라 버스↔철도에 비해

대중교통↔승용차 유형을 선택할 확률이 점차 낮아지는 것으로 나타나 소득에 따라 승용차 혹은 택시의 이용이 영향을 받는 것으로 나타났다. 통행특성에서는 통행목적이 통근/통학, 귀가일 경우와 오전 및 오후점두 시간대에 출발하는 경우에 버스↔철도 유형의 선택확률이 증가하였다. 통행시간이 길어질수록 버스↔철도의 선호가 높아졌으며, 통행거리가 길어지면 대중교통↔승용차의 선호가 높아지는 것으로 나타나, 통행거리에 따라 연계통행 수단의 유형이 영향을 받는 것을 확인하였다. 지역적 특성에서는 도착지의 지하철 노선수가 많을수록 버스↔철도 유형이, 버스 노선수가 많을수록 버스↔버스 유형이 선택될 확률이 증가하였으며, 상업용도 면적비율과 토지이용혼합도가 높아질수록 버스↔철도 유형의 선택확률이 높아지는 것으로 나타났다. 또한, 도착지가 동남권, 동북권, 서남권인 경우 버스↔철도의 선택확률이 높아지는 것으로 나타났다.

결론적으로 연계수단 통행은 통행자의 개인적, 가구적 특성과 통행의 발생시간대, 목적 등 다양한 요인에 영향을 받는 것으로 확인되었다. 최근 부상하고 있는 통합모빌리티 서비스는 개인교통수단과 대중교통수단 및 공유교통 서비스를 모두 통합하여 제공하는 서비스로서, 이용자에게 모든 수단을 통합적으로 고려한 연계수단 통행방안과 합리적인 요금을 제시하는 것이 핵심이다. 본 연구의 결과는 이용자들이 연계수단 통행을 선택함에 있어 고려되는 다양한 요인을 제시하고 있다. 이는 통합모빌리티 서비스의 도입에 있어 개인특성, 가구특성, 지역특성 등 다양한 조건에 맞춘 연계수단 유형과 같은 통합모빌리티 패키지를 구축하는데 있어 기초적 자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 연구의 한계 및 향후 연구과제

본 연구에서는 통합모빌리티 서비스 구축을 위한 기초연구로 연계수단 통행행태의 영향요인에 대해 분석하였다. 연계수단 통행행태의 영향요인 분석에 앞서 연계수단 통행의 특성에 대해 검토하였다. 이를 위해 2010년 가구통행실태조사 자료를 활용하였다. 2016년 조사 자료가 공식 배포될 시에 최신 자료를 활용한 분석한다면 최근 공유 교통서비스가 확대됨에 따라 활성화된 카셰어링, 공유자전거 등의 이용을 고려할 수 있을 것이다.

일반적으로 통행수단선택에 영향을 미치는 요인에 대해 분석할 경우 경쟁 대안 간 선택변수를 모두 구성하여 모형을 추정하나 본 연구에서는 가구통행실태조사 자료를 가공하여 활용함에 따라 위와 같은 데이터를 구성하는데 한계가 있었다. 향후 연구에서는 본 연구를 통해 분석된 연계수단 통행 유형에 대한 SP조사를 수행하여 각 유형별 요금 대안을 산출하고, 연계수단 통행 유형의 선택에 통행비용이 미치는 영향과 연계통행 유형별 시간가치 비교 등의 연구를 수행하고자 한다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 2017년 정부의 재원으로 한국연구재단 이공학 개인기초연구지원사업의 지원으로 수행하였습니다(NRF-2017RID1A1B03031006). 본 논문은 2017년 한국ITS학회 추계학술대회에서 발표되었던 논문을 수정·보완하여 작성하였습니다.

REFERENCES

- Ambrosino G., Nelson J. D., Boero M. and Pettinelli I.(2016), “Enabling Intermodal Urban Transport Through Complementary Service: Form Flexible Mobility Services to the Shared Use Mobility Agency,” *Workshop4. Developing inter-modal transport system*, vol. 59, pp.179-184.

- Bin M. Y.(2011), “Factors Influencing Commuting Time to Work for The Simple Linkage Travel,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 29, no. 4, pp.29-41.
- Hensher D. A.(2017), “Future Bus Transport Contacts Under a Mobility as a Service Regime in the Digital Age: Are They Likely to Change?,” *Transportation Research Part A*, vol. 98, pp.243-248.
- Hietanen S.(2014), “Mobility as a Service - The New Transport Model,” *Eurotransport*, vol. 12, no. 2, pp.2-4.
- Jang O. J. and Park J. S.(2015), “Potential Analysis of Sharing Economy Transportation Services and Realization Strategies,” *The Korea Transport Institute*, pp.15-17.
- Jun E. H. and Lee S. W.(2007), “A Study of Mode Choice for Commuters in Seoul Metropolitan Area,” *The Seoul Institute*, vol. 8, no. 4, pp.107-125
- Jun M. J.(1997), “The Relationships between Land Use Patterns and Mode Choices for Home-Based Work Trips: The case of Seoul metropolitan Region,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 15, no. 3, pp.39-49.
- Kim K. B. and Hwang K. S.(2010), “A Study on the Choice Behavior of Transportation Mode in Jeju,” *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 11, no. 12 pp.4795-4802.
- Kim T. H. and Park K. H.(2010), “Analysis on Transportation Connections in Seoul Subway,” *Korean Society for Railway*, vol. 13, no. 2, pp.25-29.
- Lee H. S. and Lee H. Y.(2009), “Differential Changes in Commuter’s Mode Choice after the Intergrated Public Transit System in Seoul Metropolitan City,” *Journal of the Korean Geographical Society*, vol. 44, no. 3, pp.323-338.
- Lee S. H., Kim J. S., Kim M. S. and Woo Y. H.(2013), “A Study on User’s Travel Behavior Analysis of Transit Transfer,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 12, no. 1, pp.147-157.
- Martin J.(2016), “Mobility as a Service(MaaS) - a new way of using ITS in public transport,” *Eurotransport*, vol. 14, no. 4, pp.2-5.
- Nelson J. D., Wright S., Masson B., Ambrosino G. and Naniopoulos A.(2010), “Recent Development in Flexible Transport Services,” *Research in Transportation Economics*, vol. 29, pp.243-248.
- Pan H., Shen Q. and Xue S.(2010), “Intermodal Transfer Between Bicycles and Rail Transit in Shanghai, China,” *Transportation Research Record*, No. 2144, pp.181-188.
- Park K. C. and Song J. H.(2008), “Analysis on Transfer Trip of GyeongGi-Do,” *GyeongGi Research Institute*, p.93.
- Park U. H., Lee W. D. and Cho C. H.(2013), “Activity-Based Analysis of Metropolitan Household Survey,” *The Korean Geographical Society*, pp.77-82.
- Song D. Y., Kim H. J. and Choo S. H.(2003), “An Analysis of the Effect of Trip-Chaining Behavior on Mode Choice,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 20, no. 4, pp.163-175
- Sung H. G., Shim J. I. and Lim H. J.(2009), “A Study on the Socio-Economic and Travel Characteristics of Park/Kiss-and-Ride Commuters in the Seoul Metropolitan Area,” *Journal of Transport Research*, vol. 16, no. 2, pp.53-66.
- Sung H. G., Shin K. S. and No J. H.(2008), “Impacts of the Accessibility of Parking and Public Transportation on Mode Choice by Trip Purpose in the city of Seoul,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 26, no. 3, pp.97-118.