

광역전철의 승용차 경쟁력 평가모형 개발 : 경의선·중앙선 급행열차 직결운행을 중심으로

Development of a Model for Evaluating Metropolitan Railways' Competitiveness Against Passenger Cars: Focusing on the Express Train Service of Gyeongui · Joongang Connected Line

이택영* · 진장원** · 최창호***

* 주저자 : 한국교통대학교 융합교통연구소 연구원

** 공저자 : 한국교통대학교 교통대학원 교수

*** 교신저자 : 전남대학교 물류통상학부 교수

Taek-Young Lee* · Jang-Won Jin** · Chang-Ho Choi***

* Transportation Convergence Institute, Korea National University of Transportation

** Graduated School of Transportation, Korea National University of Transportation

*** Division of Logistics and International Trade, Chonnam National University

† Corresponding author : Chang-Ho Choi, jc1214@jnu.ac.kr

Vol.16 No.4(2017)

August, 2017

pp.54~63

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.4.54>

2017.16.4.54

요약

본 연구는 광역전철 활성화를 목표로 승용차 대비 경쟁력 평가를 위한 수단선택모형을 개발하였다. 연구대상 노선은 수도권의 경의선과 중앙선이며, 열차운행 구간은 두 노선을 연결하는 일산역부터 구리역까지 설정하였다. 수단선택모형은 잠재선호조사(SP) 자료를 이용한 개별태도모형이며, 교통수단선택의 경쟁구도는 승용차와 급행열차이다.

연구 결과, 수단선택모형이 적절한 수준으로 도출되었으며, 이를 이용하여 통행자의 시간 가치와 탄력성 값이 나타내는 특성을 분석하였다. 분석결과 광역전철에서 급행열차를 운행할 경우에는 통행비용의 감소보다는 통행시간의 단축에 주안점을 두는 것이 더욱 효과적으로 나타났다. 또한 이 같은 측면에서 개별노선간의 직결운행을 확대하고 급행열차를 운행하여 환승시간과 차내시간을 줄여주는 정책 추진이 요구된다.

핵심어 : 경의선·중앙선, 급행열차, 수단선택모형, 통행시간, 탄력성

ABSTRACT

With the aim of promoting the use of metropolitan railways, the present research developed a mode choice model for evaluating its competitiveness against passenger cars. A case study was carried out with Gyeongui and Joongang line, and the area of interest was the direct operating railway between Ilsan and Guri station where the two lines intersect. The mode choice model was a disaggregate behavior model which used Stated Preference (SP) survey data, and the plot of competition was between private passenger cars and express trains.

As a result, the mode choice model was established, and this model was used to analyze characteristics of passengers' time value and elasticity. It was shown that reducing travel time is more efficient than reducing travel cost when it comes to operating express trains in metropolitan railways. Therefore, policies designed for activating the use of metropolitan railways should expand direct operating service of individual lines and run more express trains in order to minimize transfer and in-vehicle time.

Key words : Gyeongui-Joongang line, express train, mode choice model, travel time, elasticity

Received 10 June 2017

Revised 7 July 2017

Accepted 15 July 2017

© 2017. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

I. 서 론

2014년 12월부터 경의선(경기 문산~서울 용산)과 중앙선(서울 용산~경기 용문)을 연결하는 직결운행이 시작되었다. 그간 개별적으로 운영한 두 노선이 용산역을 중심으로 연결됨으로써 서울의 서북부지역과 동북부지역 열차노선의 통합서비스가 가능해졌다. 이에 따라 그동안 경기도에 거주하면서 서울 서북부지역과 동북부지역 사이를 장거리 통행하던 주민들이 겪어야 했던 불편함이 상당부분 해소됨과 더불어 통행시간 절감과 정시성 확보라는 장점도 부각되고 있다.

하지만 직결운행이 시작될 때 주민들이 기대했던 급행열차 서비스는 아직 이루어지지 않고 있다. 즉, 경의선의 급행열차와 중앙선의 급행열차가 해당 노선에서만 운행하며, 상호 다른 노선까지 연장운행은 하지 않고 있다. 주된 이유로 용산~덕소 구간의 선로용량 부족을 내세우지만, 급행열차 서비스가 장거리 통행자에게 획기적 시간단축을 가져와 자가용 승용차(이하 '승용차'로 표기) 이용자가 철도로 수단전환을 할 커다란 동기를 부여함을 감안할 때 시급히 이루어져야 한다.

더불어, 철도의 우수한 정시성과 저렴한 운임까지 가세한다면 수단전환 효과가 증대될 것으로 기대된다. 따라서 두 구간에 급행열차를 상호 연장 운행했을 때 승용차에서 철도로 수단전환 효과가 예측된다면, 이를 추진하여 수도권 교통혼잡 해소에 기여하는 정책 추진이 필요한 시점이다.

본 연구는 이러한 필요성에 따라 광역전철의 승용차 대비 경쟁력을 평가하는 수단선택모형을 개발하고자 한다. 연구대상 노선은 수도권의 경의선과 중앙선이며, 열차운행 구간은 두 노선을 연결하는 일산역부터 구리역까지 설정하였다. 수단선택모형은 잠재선호조사(Stated Preference, SP) 자료를 이용한 개별행태모형이며, 교통수단선택의 경쟁구도는 승용차와 급행열차이다.

본 연구가 기존 광역전철 관련 연구에 대한 차별성은 두 광역전철을 직결 운행하는 조건을 새롭게 반영한 것이다. 기존 연구들이 외곽에서 도심까지 운행하는 구조임에 비해, 본 연구는 외곽과 도심 및 도심과 외곽을 상호 연계하여 하나의 광역교통축으로 개발·운영하는 접근이다. 만약 본 연구를 통해 개별 광역전철 노선을 상호 연계하여 운행권역을 확대하는 가능성과 장점이 도출된다면, 이를 정책에 반영하여 수도권 등 광역도시의 교통혼잡 해소에 기여할 수 있게 된다.

II. 선행연구 조사 및 시사점

두 개 교통수단 간 전환모형이나 다수 교통수단 간 선택모형을 추정하는데 있어, 일반적으로 SP 조사자료 및 이를 이용하는 로짓모형(logit model)이 사용된다. 관련된 선행연구를 살펴보고 시사점을 도출해 본다.

우선, 교통수단선택모형 연구 사례를 살펴보면, Yu et al.(2011)은 PRT(Personal Rapid Transit) 도입 시 PRT 이용경험이 없는 사람들의 교통수단선택 행태를 모형으로 구현하고 변화되는 특징을 분석하였다. Kim(2012)도 광역도시권 대중교통 이용자를 대상으로 수단선택모형을 추정하여 서비스 공급 방안을 제시하였고, Sung et al.(2002)과 Byeon and Jang(2014) 등도 유사한 모형과 특성을 연구한 바 있다. 이밖에 Kim et al.(2013)은 노면전차나 모노레일 등 신교통수단으로 연구대상을 확대하였고, Yun and Park(2010)과 Yun et al.(2011)은 지방 광역도시인 대구권의 대중교통수단 선택 특성을 제시하였다.

다음은 수단전환율과 관련된 연구들로, Lee and Lee(2009)는 대중교통체계 개편 이후 통근교통수단 선택의 차별적 변화를 조건부 로짓모형으로 추정하였다. Bae et al.(2011)은 기존의 철도서비스 이외에 급행열차 서비스가 추가될 경우, 타 교통수단으로부터의 전환여부와 열차이용패턴이 어떻게 변화하는지에 대한 평가를

목적으로 SP조사와 전환가격 자료를 활용한 로짓모형을 추정하였다.

이처럼 수도권이나 광역권을 대상으로 교통수단선택모형을 추정하고 수단전환율을 구하는 다수의 연구가 수행되었다. 하지만, 본 연구가 지향하는 대도시 중심부를 연결점으로 하여 두 개 도시철도노선을 직결운행하는 구조로 연구가 수행된 사례는 찾아보기 어렵다. 이것은 용산역이 지닌 철도노선망의 특징으로 볼 수 있으나, 대도시권 철도망이 지속적으로 확충되는 추세이므로 앞으로 유사한 사례가 늘어날 전망이다. 따라서 철도노선을 상호 연결하는 직결운행 특성을 파악할 연구가 필요한 시점이다.

Ⅲ. 연구범위 및 자료수집

1. 연구의 범위와 대상 설정

서울 용산역을 기점으로 하는 경의선과 중앙선이 통과하는 경기도 내 시·군은 파주, 고양, 남양주, 구리, 양평 등 5개가 있다. 이 중 본 연구의 범위는 용산역을 중심으로 경의선의 일산역과 중앙선의 구리역 간 약 50Km로 설정하였다. 범위 설정은 통행량과 통행거리, 광역교통수단 운영 등을 조사하고 이를 모형에서 구현할 수 있는지 검토하여 결정하였다.

다음으로 교통수단간 경쟁관계는, 본 연구가 경의선과 중앙선 직결 운행을 활성화시켜 대중교통 이용 활성화를 유도하려는 목적임에 따라 광역전철과 승용차로 설정하였다. 광역버스는 서울 도심에서 경의선과 중앙선 운행권역간을 연계하는 노선이 미흡해 경쟁구도 설정이 어려우므로 제외하였다. 구체적으로 본 연구에서 일산역과 구리역 주변지역의 통행여건을 조사한 결과, 광역/ 시내버스 경우 직행노선이 없고 다른 교통수단에 비해 통행시간 측면에서 경쟁력이 없다고 판단하였다. 무엇보다 본 연구 목적이 급행열차 도입을 통해 승용차 이용자가 광역전철로 전환시킬 방안을 찾는 것이므로 교통수단간 경쟁을 승용차와 광역전철의 급행열차로 국한토록 하였다.

2. SP조사 설계

SP조사를 위한 설계조건은 사전에 현장답사를 통해 다음과 같이 현실기반으로 설정하였다. 승용차를 이용할 경우는 무료도로를 이용하므로 이에 대한 통행시간을 반영하였고, 통행비용은 연비를 기준으로 산정하였다. 광역전철에 대한 통행시간은 승·하차 역에서 출발·도착지까지 접근시간과 광역전철의 평균배차간격에 따른 대기시간 및 급행열차의 차내시간으로 하였으며, 통행비용은 평균비용을 반영하였다.

<Table 1> The average value of travel times and costs (Guri - Ilsan station)

Mode	Average time (min.)			Average cost (won)
	Waiting time	Approaching time	Travel time	
Passenger car	10	-	80	6,000
Express train	20	15	70	1,950

Data source: GA and KNUT(2015), <Table 4-3>, p.76.

SP조사의 선호표현방법에는 선택(choice), 순위(ranking), 평가(rating) 등이 있으며, SP조사 환경과 연구목적에 따라 적합한 방법을 선택한다(Kim and Cho, 2006). 본 연구에서는 선택(choice)으로 하였다. SP조사 특징이

가상적 선택상황을 구현하므로 본 연구도 통행시간과 통행비용의 변화에 따라 응답자가 최적의 교통수단을 선택하도록 설문지를 구성하였다.

속성변수 수준은 응답자의 현실적 선호 안에 포함되어야만 응답자가 주어진 수준에서 속성변수들 간 현실적 비교를 통해 의사결정을 할 수 있게 된다. 일반적으로 수준 값은 현재 속성변수의 기준 값을 바탕으로 $\pm 20\% \sim \pm 50\%$ 를 상정한다(Kim, 2001). 본 연구는 <Table 1>의 기준 값에 30%의 변동 폭을 설정하여 상한 값과 하한 값을 구하였다. 다만, 통행시간의 경우 접근시간과 대기시간, 차내시간으로 구분하지 않고 총 통행시간으로 합산하였으며, 설문 시 응답자에게 설명토록 하였다.

<Table 2> The level of travel time and cost for SP survey design

Variable	Passenger car			Express train		
	Max.	Standard	Min.	Max.	Standard	Min.
Travel time (min.)	120	90	60	136	105	73
Travel cost (won)	7,800	6,000	4,800	2,530	1,950	1,360

Data source: GA and KNUT(2015), <Table 4-4>, p.76.

완전배치요인설계(full factorial design)를 적용할 경우 설정된 2개 수단(승용차, 급행열차)과 2가지 설명변수(통행시간, 통행비용) 및 3수준 하에서 실험조합 수는 $3(2 \times 2) = 81$ 개가 된다. 하지만 이렇게 많은 조합으로 설문하는 것은 현실적으로 불가능하며 응답자의 부담과 학습효과 등이 발생할 우려도 있다. 따라서 본 연구는 합리적 실험조합 수가 결정되도록 실험계획법의 직교배열표를 이용한 설문지 조합을 구성하였다.

한편, SP조사에서 경계시간가치(Boundary Value of Time, BVOT)는 대안에 대한 선호가 무차별일 때의 시간가치 차이를 나타내며, BVOT가 모든 응답자의 시간가치 내에 포함되어야 하고 다양하게 분포될수록 좋은 설계라 할 수 있다(Lee et al., 2000). 이를 위해 BVOT를 산출하여 설문지 설계를 보완하였으며, BVOT 계산식은 다음과 같다.

$$BVOT = \frac{C_2 - C_1}{T_1 - T_2} \tag{1}$$

C_1 : Cost of Mode 1, C_2 : Cost of Mode 2

T_1 : Time of Mode 1, T_2 : Time of Mode 2

이상의 준비과정을 거쳐 <Table 3>과 같은 설문지 배열을 완성하였다. 1번 설문지는 BVOT가 8,400 ~ 27,000원으로 분포되는 1, 2, 6, 9번 시나리오로 구성하였고, 2번 설문지는 BVOT가 8,438 ~ 25,760원으로 분포되는 5, 6, 11, 18번 시나리오로 하였다. 3번 설문지는 BVOT가 7,800 ~ 21,415원으로 분포되는 12, 15, 16, 17번 시나리오로, 그리고 4번 설문지는 BVOT가 10,385 ~ 23,323원으로 분포되는 3, 10, 13, 14번 시나리오로 구성하였다.

3. SP 조사 및 연구자료 수집

SP조사 대상은 경의선과 중앙선 영향권역인 경기도 고양시 및 구리시 거주 승용차 이용자로 하였다. 앞서 설명한 바와 같이 급행열차가 상호 노선으로 연장 운행할 때 승용차 이용자가 광역전철로 어느 정도 전환할

것인지를 예측하는 것이 본 연구의 목적이기 때문이다.

SP조사는 조사원을 활용한 개별면접조사와 인터넷 및 SNS를 이용한 Web 조사로 진행하였다. 개별면접조사는 2015년 10월 7일부터 9일까지, Web 조사는 2015년 10월 27일부터 11월 10일까지 이루어졌다. 설문 문항은 <Table 5>에 정리한 응답자 특성 및 <Table 3>에 정리한 SP조사 항목으로 구성하였다.

<Table 3> Survey sheet format of combination by scenario

Survey sheet	Scenario	Travel time (min.)		Travel cost (won)		BVOT (won/min.)
		Passenger car	Express train	Passenger car	Express train	
1	1	90	105	6,000	1,950	16,200
	2	90	136	7,800	1,360	8,400
	6	90	105	7,800	1,950	23,400
	9	60	73	7,800	1,950	27,000
2	5	120	136	4,200	1,950	8,438
	7	90	105	6,000	2,530	13,880
	11	90	105	7,800	1,360	25,760
	18	60	73	6,000	2,530	16,015
3	12	90	105	6,000	1,360	18,560
	15	120	136	6,000	2,530	13,013
	16	60	105	7,800	1,950	7,800
	17	60	73	6,000	1,360	21,415
4	3	60	73	4,200	1,950	10,385
	10	120	136	6,000	1,950	15,188
	13	60	73	7,800	2,530	24,323
	14	120	136	7,800	2,530	19,763

Data source: GA and KNUT(2015), <Table 4-5>, p.77.

설문지 회수 후에는 성의가 없다고 판단되거나 논리적 모순이 있는 설문지, 다른 지역에 거주하는 응답자의 설문지 등은 분석에서 제외하였다. 논리적 모순이란 응답자가 SP설문을 이해하지 못하여 일관성이 결여되었거나 선택상황의 변화에도 불구하고 1개 수단만 고정 선택한 경우 등이다.

이에 따라 회수된 634명의 설문지 중 유효한 것은 342부(회수율 53.9%)로 나타났다. 또한 본 연구의 SP설문지가 개인당 4개 시나리오별 선택을 하도록 설계되었으므로 선택된 결과의 가짓수는 1,368개가 된다. 통상 SP조사에서 설문지별로 70개 정도 회수되면 유의성을 확보하는 것으로 알려지므로 회수된 설문개수는 적정하다고 평가된다(Kim, 2001).

<Table 4> Summary of SP survey procedure

Survey periods	Field survey	Oct. 7 ~ 9. 2015
	Web survey	Oct. 27 ~ Nov. 10. 2015
Survey locations		Gyeonggi-do Guri-si and Goyang-si
Survey participants		Drivers living in Guri-si and Goyang-si
Survey methods		Face-to-face interview and web survey
Number of surveys distributed		634 copies
Number of surveys used for analysis		342 copies (effective collection rate 53.9%)

Data source: GA and KNUT(2015), p.78.

설문응답자의 성별, 연령 등 개인속성자료는 개별행태의 수단선택모형에서 설명변수로도 활용되며, 표본 집단의 동질성을 확인하는 지표가 될 수 있다. 본 연구도 성별, 연령, 직업, 소득, 통행목적 등 개인속성을 파악하였고 분석결과는 <Table 5>와 같다.

<Table 5> The result of private property analysis

	Item	Frequency (number) / Composition (%)
Gender	Male	158 / 44.2
	Female	195 / 55.8
Age	20s	50 / 14.2
	30s	131 / 37.1
	40s	88 / 24.9
	50s	48 / 13.6
	60 or more	36 / 10.2
Occupation	Student	8 / 2.3
	Professional/Office/Executive	121 / 34.4
	Salesman/Service	206 / 19.8
	Production/Driver	22 / 6.2
	Self-Employment	27 / 7.6
	Housewife	64 / 18.1
	Etc.	41 / 11.6
Monthly income (won)	Less than 1,000,000	78 / 22.1
	1,000,000~3,000,000	199 / 56.4
	3,000,000~5,000,000	41 / 11.6
	More than 5,000,000	35 / 9.9
Travel purpose	Commute to Work	155 / 43.9
	Commute to School	8 / 2.3
	Leisure	83 / 23.5
	Shopping	26 / 7.4
	Errands	73 / 20.6
	Etc.	8 / 2.3
Whether urban highway is used	Used	202 / 57.3
	Unused	151 / 42.7

Data source: GA and KNUT(2015), p.79~81.

IV. 수단선택모형의 추정 및 해석

1. 수단선택모형 추정

수단선택모형 추정은 최우추정법(Maximum likelihood)을 기반으로 하는 Alogit 프로그램을 이용하였다. 최우추정법은 개인의 선택확률이 적합하게 표현되도록 효용함수의 파라메타 값을 계산하는 기법이다. 선택할

또는 선택되어진 교통수단에 대한 만족도를 정량화시키는 효용(Utility)은 선택대안의 속성변수(설명변수) 및 속성변수별 중요도의 조합으로 표현되며, 수단 i 에 대한 효용 U_i 는 다음과 같다(Small and Verholf, 2007).

$$U_i = \beta_1 C_i + \beta_2 T_i \tag{2}$$

U_i : Utility Value of Mode $_i$

C_i : Cost of Mode $_i$

T_i : Time of Mode $_i$

로짓모형은 통행자의 속성, 교통수단의 서비스 등 다양한 요소들을 효용함수에 포함시킴으로써 현실적 수단선택 행태를 잘 반영할 수 있다. 본 연구에서 추정된 로짓모형은 승용차와 급행열차 간의 경쟁관계를 구현하는 이항로짓모형(binomial logit model)으로 다음과 같다(Small and Verholf, 2007).

$$P_{i,n} = \frac{\exp(V_{i,n})}{\sum_{j=1}^J \exp(V_{j,n})} \tag{3}$$

$P_{i,n}$: The choice probability for alternative i

$V_{j,n}$: The utility function for alternatives

급행열차 서비스가 도입되는 설정에 따라 추정된 교통수단선택모형은 <Table 6>과 같다. 우선 모형의 적합성을 평가하는 절차가 필요한데, 설명변수로 반영된 파라메타별 효용의 부호와 통계적 유의성 및 모형의 설명력을 나타내는 우도비(ρ^2) 등을 확인하게 된다.

우선, 파라메타별 효용의 기호를 파악하였는데 통행비용과 통행시간이 모두 음(-)으로 나타나 교통수단 선택에서 통행자가 나타내는 효용의 방향과 일치하고 있다. 또한 파라메타별 통계적 유의성도 모두 확보하고 있다. 모형의 설명력을 나타내는 우도비(ρ^2)는 0.16이다. 우도비(ρ^2)는 0과 1 사이에 분포하며 0.2 ~ 0.4 수준이면 충분히 높은 적합도로 평가한다. 하지만 0.16도 낮은 수준으로 평가될 수 없으며, 특히 개별 파라메타가 충분한 통계적 유의성을 확보하므로 모형추정 결과는 신뢰성을 보유하는 수준으로 판단된다.

<Table 6> The result of model for mode choice behavior

		Estimates	t-value	Standard error
Variable	Travel cost (won)	-0.0001614	-3.0	0.0000532
	Travel time (min.)	-0.03907	-6.5	0.00605
Constant		-0.9402	-4.3	0.218
ρ^2		0.1617		

Data source: GA and KNUT(2015), <Table 4-13>, p.83.

한편, 도출된 통행비용과 통행시간 파라메타의 상대적 적정성은 통행시간가치(VOT : Value of Time)로도 평가할 수 있다. 통행시간가치는 14,524원/시간이다. 이 값은 승용차 이용자가 느끼는 시간에 대한 효용의 평균값이며, 한국개발연구원 예비타당성조사에 적용되는 2015년 기준 수도권 승용차 평균시간가치 15,253

원/대와 유사한 수준이다(KDI, 2008). 따라서 비용과 시간 파라메타의 상대적 크기는 적절한 수준으로 판단된다.

2. 결과 해석 및 정책적 시사점

모형추정 결과는 정책시행 방향을 파악하는데 유용하다. 이를 위해서, 교통수단의 서비스 변화에 따른 이용수요 변화를 파악하는 것이 중요하므로 탄력성 분석을 수행하였다.

교통수단 선택에서 탄력성은 속성 값의 변화에 따른 수요(선택확률)의 변화를 나타낸다. 예컨대 속성 값이 운송비용이라면 수요의 비용탄력성(ϵ)은 (수요량의 변화율 / 비용의 변화율) = $(\Delta Q/Q)/(\Delta P/P)$ 로 계산된다(Frankena and Rho, 1992). 수요의 시간탄력성도 마찬가지로 개념이다.

탄력성은 직접탄력성과 교차탄력성으로 구분하여 해석한다. 직접탄력성은 해당 교통수단의 서비스 변화가 그 수단의 수요에 미치는 영향을 파악하는데 이용된다. 반면에 교차탄력성은 해당 교통수단의 서비스 변화가 경쟁관계에 있는 다른 교통수단의 수요에 미치는 영향을 파악하려는 목적으로 활용된다. 연구를 통해 도출된 급행열차와 승용차의 직접탄력성과 교차탄력성은 <Table 7>과 같다. 탄력성의 도출은 <Table 3>의 통행비용과 통행시간이 각각 증가 또는 감소($\Delta P/P, \Delta T/T$)함에 따른 교통수단별 수요량의 변화율($\Delta Q/Q$)로 계산된다.

<Table 7> The result of elasticity analysis

		Express train	Passenger car
Travel cost	Express train	-0.0868	0.2192
	Passenger car	0.2913	-0.7358
Travel time	Express train	-1.1398	2.8788
	Passenger car	0.9249	-2.3361

Data source: GA and KNUT(2015), <Table 4-14>, p.84.

<Table 7>로부터, 광역전철 급행열차의 직접탄력성은 통행비용 - 0.0868, 통행시간 - 1.1398이다. 이는 통행시간이 1% 감소함에 따라 통행수요는 1.13% 증가하는 반면, 통행비용이 1% 감소할 경우는 통행수요가 0.08% 증가한다는 의미이다. 이로부터 급행열차 이용자는 통행비용보다 통행시간에 더욱 민감하게 반응할 것으로 예상된다. 따라서 통행시간 단축이 통행비용의 절감보다 광역전철 이용수요에 더 큰 영향을 미칠 것으로 해석된다. 이러한 결과는 선행연구와 대체로 일치한다(Lee and Lee, 2009; Yun et al., 2011).

승용차의 직접탄력성 역시 급행열차와 마찬가지로 통행비용보다는 통행시간에 대하여 더 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 통행시간이 1% 증가하면 통행수요가 2.33% 감소할 것으로 예상된다. 이같이 시간에 민감한 승용차 이용자 특성을 감안할 때, 광역전철에서 급행열차를 연장 운행할 경우 통행시간의 단축을 가져올 수 있으므로 승용차 이용자를 광역전철로 전환시키는데 효과적인 정책이 될 수 있음이 입증되었다.

광역전철의 통행시간 변화에 대한 승용차 이용자의 수요 변화는 교차탄력성으로 파악된다. 광역전철의 통행시간을 1% 감소시켰을 경우 승용차 이용수요가 2.87% 감소하는 것으로 나타났다. 교통수단 간에 보완성이 크면 클수록 교차탄력성의 절대 값은 커지며, 교차탄력성이 0에 가깝다면 두 수단에 대한 통행수요는 서로 독립적이라 한다(Frankena and Rho, 1992). 이로부터 광역전철과 승용차는 통행시간에 대한 보완성이 매우 강하게 나타나므로 승용차 이용자를 광역전철로 유도하기 위해서는 역시 급행열차 운행을 통한 통행시간 단축이 중요한 정책임이 입증된다.

이러한 주장의 배경은 통행비용에 대한 교차탄력성으로부터 파악이 가능하다. <Table 7>에서 광역전철의 통행비용에 대한 승용차 이용수요의 교차탄력성은 0.2192로 통행시간의 교차탄력성 값인 2.8788의 1/10에도 미치지 못한다. 이로부터 승용차 이용자를 광역전철로 수단전환 시키기 위해서는 급행열차의 확대 운행 등 광역전철의 통행시간을 획기적으로 줄여주는 정책이 가장 효과적일 것으로 평가된다.

한편, <Table 7>에 제시한 탄력성 수준의 적정성에 대한 평가는 기존선의 급행열차 직결운행에 대한 선행 연구사례가 없어 직접 비교하기는 어렵다. MLTM and KRRI(2009)에서 비용탄력성에 관한 8개(국내 1, 국외 7) 연구사례를 종합한 것을 참고하면, 지하철의 비용탄력성은 -0.2 ~ -0.8 사이에, 버스의 비용탄력성은 -0.2 ~ -0.4 사이에 분포하고 있어 본 연구 결과와 유사한 수준이다. 해당 연구에서 시간탄력성은 제시되지 않았다.

V. 결 론

본 연구는 수도권 광역전철 활성화를 목표로 수단선택모형을 개발하였다. 연구대상 노선은 수도권을 운행하는 경의선(용산~문산)과 중앙선(용산~용문)이며, 열차는 두 노선 간을 직결 운행하는 급행열차로 설정하였다. 수단선택모형 형태는 SP조사 자료를 이용한 개별행태모형(로짓모형)이다. 또한 교통수단 경쟁구도를 승용차와 급행열차로 하여 승용차 이용자가 광역전철로 수단전환 하는 특성을 분석하고자 하였다.

연구 결과, 우선 수단선택모형이 적절한 수준으로 추정되었다. 통행비용과 통행시간 파라메타가 모두 음(-)의 부호를 나타내 효용의 방향과 일치하였으며, 모형의 설명력을 나타내는 우도비(ρ^2)도 일정수준 확보하였다. 또한 통행시간과 통행비용의 파라메타로 추정된 통행시간가치로부터 모형의 현실 적용성도 입증되었다.

광역전철의 직접탄력성은 통행시간 1% 감소에 따라 통행수요가 1.13% 증가하는 반면, 통행비용은 1% 감소할 때 마다 통행수요가 0.08% 증가하여 통행비용보다는 통행시간에 더 민감하게 반응하였다. 이로부터 통행시간 단축이 통행비용 절감보다 이용수요에 더 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 광역전철의 통행시간에 대한 승용차 수요의 교차탄력성은 전철의 통행시간을 1% 감소시켰을 때 승용차 수요가 2.87% 감소하는 것으로 나타났다. 이 같은 분석결과는 광역전철에서 급행열차를 연장 운행할 경우 통행비용 감소보다는 통행시간 단축에 주안점을 두는 것이 더욱 효과적임을 보여준다. 이러한 측면에서 개별노선 간의 직결을 확대하고 급행열차를 운행하여 환승시간과 차내시간을 줄여주는 교통정책 추진이 요구된다.

본 연구는 승용차 이용자가 광역전철로 수단전환 하는 특성 파악을 목적으로 수행됨에 따라 조사대상을 승용차 이용자로 국한하였고 모형의 설명변수도 통행비용과 통행시간으로 단순화하였다. 다만, 수도권의 종합적 교통정책을 시행하기 위해서는 다양한 교통수단 이용자로 조사범위를 확대할 필요가 있으며, 모형의 설명변수에 통행자의 행태적 요소와 대중교통서비스 특성 등을 추가할 경우 정책적 활용성이 증대될 수 있다(Lee et al., 2013). 후속 연구에서 다양한 형태의 모형연구와 정책적 시사점을 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 2015년에 경기도의회가 주관하고 한국교통대학교 교통대학원이 시행한 ‘경의선과 중앙선 직결 운행에 따른 승객수요 변화와 개선방안 연구’를 토대로 작성하였습니다. 경기도의회 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bae C. B., Jeong B. D., Hwang Y. G. and Kim H.(2011), "A Study on Mixed RP/SP Models of Demand Forecasting for Rail Rapid Transit," *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, vol. 31, no. 5D, pp.671-677.
- Byeon J. H. and Jang G. T.(2014), "User Convenience Analysis of Urban Railway Using Survey," *Proc. Conference of the Korean Society for Railway*, Jeju, pp.840-843.
- Frankena M. W. and Rho J. H.(1992), *Transportation Economics: Theory and Application*, Nanam Press, pp.36-39.
- GA and KNUT(2015), *A Study of the Passenger Demand Change and Improvement Plan on Express Train Service of Gyeongui · Joongang Connected Line*, Gyeonggido Assembly and Graduate School of Transportation at Korea National University of Transportation, pp.76-84.
- KDI(2008), *Standard Guidelines of Preliminary Feasibility Studies on Road and Railway Construction Projects*, Korea Development Institute, p.334.
- Kim D. N., Choi A. R., Hwang J. M. and Kim D. K.(2013), "A Mode Choice Model with Market Segmentation of Beneficiary Group of New Transit Facility," *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, vol. 33, no. 2, pp.667-677.
- Kim H. B.(2012), "A Study of Mode Choice Analysis of Blind Spot Areas for Public Transportation in Four Metropolitan," *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, vol. 32, no. 6D, pp.565-559.
- Kim K. S. and Cho H. J.(2006), *SP Survey design and analysis methodology*, Bosunggak, Korea, pp.25-37, 77-99.
- Kim K. S.(2001), *Stated Preference Design and Analysis*, The Korean Transport Institute, Policy Research, pp.25-31.
- Lee B. J., Choi J. K. and Nangung M.(2000), "Linear Structural Relations Model of Mode Choice Behavior using Stated Preference Data," *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, vol. 20, no. 2D, pp.129-137.
- Lee H. S. and Lee H. Y.(2009), "Differential Changes in Commuter's Mode Choice after the Integrated 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 of Transit Transfer", *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 12, no. 1, pp.147-157.
- MLTM and KRRRI(2009), *A Study on the Application of the Integrated Transfer Discount for the Private Railway*, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs and Korea Railroad Research Institute, p.78.
- Small K. A. and Verhoff E. T.(2007), *The Economics of Urban Transportation*, Routledge Press. p.36-40.
- Sung S. L., Ha T. J. and Lee S. H.(2002), "A Model for Mode Choice Behavior and Mode Transfer by SP Data," *Proc. Conference of The Korean Society of Civil Engineers*, Busan, pp.24-27.
- Yu J. W., Shin S. K. and Choi J. Y.(2011), "An approach to capture travelers' choice behaviour in response to unexperienced transportation modes," *Proc. Conference of the Korean Society for Railway*, Jeju, pp.1730-1731.
- Yun D. S. and Park H. C.(2010), "A Study on Change of Travel Patterns According to Public Transportation Reform," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 28, no. 1, pp.51-61.
- Yun D. S., Park J. H. and Yoo H. M.(2011), "Impact of Urban Rail Transit Expansion in a Metropolitan Area on the Modal Shift of Residents of Satellite city," *Journal of Transport Research*, vol. 18, no. 4, pp.37-42.