

고속철도 지방대도시 정차역의 연계교통수단 선택모형 구축에 관한 연구 - 동대구역을 사례로 -

Examining Access Mode Choice Behavior of Local Metropolitan High-Speed Rail Station - A Case Study of Dong-Daegu Station -

김상황* · 김갑수**

Kim, Sang Hwang · Kim, Kap Soo

Abstract

This study aimed to analyze access mode choice behavior for KTX Passengers. To fulfill the aims of this study, Dong-Daegu Station was selected as a station for a case study. This study takes place in two stages. These are (i) descriptive statistical analysis of transportation status before and after introduction of the KTX, (ii) empirical model estimation for analyzing access mode choice behavior. This study makes use of the data from travel survey from Daegu metropolitan area. The main part of the survey was carried out in the KTX Dong-Daegu station. The data was collected from a sample of 1,800 individuals. The survey data includes the information on travel from Dong-Daegu station to Seoul. From descriptive statistical analysis of transportation status before and after introduction of the KTX, it is found that revealed demand of the KTX is lower than that expected. Moreover, it is found that the low demand of the KTX stems from high cost for the KTX itself and inconvenience(including travel time and cost) of access mode. In order to analyze mode choice behavior for accessing Dong-Daegu station, multinomial logit model structure is used. For the model specification, a variety of behavioral assumptions about the factors which affect the access mode choice, were considered. From the empirical model estimation, it is found that access travel time and access travel cost are significant in choosing access mode. Given the empirical evidence, we see that improvement of access transportation system for Dong-Daegu station is very important for enhancing the use of KTX.

Keywords : *the korea train express (KTX), access mode, access travel time, access travel cost, multinomial logit model*

요 지

경부고속철도가 2004년 4월에 개통되어 운행되고 있으며, 이로 인해 교통체계의 변화와 함께 그에 따른 광역교통 네트워크의 변화를 초래하고 있다. 하지만 고속철도가 개통되어 정착단계인 현시점에서 고속철도 이용수요가 당초 목표치의 60% 정도밖에 되지 않아 경부고속철도의 도입효과에 의구심을 던지는 견해도 만만치 않다. 고속철도 이용수요가 기대치에 못 미치는 이유로 고속철도의 값비싼 운임 등을 들 수 있으나 그에 못지않게 연계교통체계의 중요성을 지적할 수 있다. 문전수송(door-to-door) 서비스를 갖춘 승용차와는 달리 고속철도와 같은 대중교통은 출발지에서 역까지의 혹은 역에서 목적지까지의 연계교통서비스에 따라 그 이용정도가 크게 달라질 수 있다. 이에 본 연구에서는 고속철도 시대에 부응하여 지방대도시 정차역, 특히 동대구역을 중심으로 연계교통시스템의 현황을 분석하고, 다항로짓모형을 이용한 고속철도 연계교통수단 선택모형을 구축하는 것이 목적이다. 고속철도 연계교통수단으로 버스, 지하철, 택시, 승용차, 도보 및 기타로 구분하였고, 모형의 추정결과는 모든 변수들의 파라메타 값이 논리적으로 합당한 부호를 나타내었다. 특히 접근통행시간, 접근통행비용 등이 모두 음(-)의 부호를 가지면서 통계적 유의성이 있는 것으로 나타나 접근통행시간과 접근통행비용이 연계교통수단 선택에 중요한 영향을 미치는 것으로 파악되었다.

핵심용어 : 고속철도, 연계교통수단, 접근통행시간, 접근통행비용, 다항로짓모형

1. 서 론

건국 이래 최대의 역사라 일컬어지는 경부고속철도 사업에 대한 본격적인 타당성조사가 착수된 것이 1988년이요, 사업

이 시작된 것이 1992년이므로 실제로 사업이 시작된 것은 지금으로부터 약 18년 이전의 일이라 하겠다.

경부고속철도가 2004년 4월에 개통되어 운행되고 있으며, 이로 인해 교통체계의 변화와 함께 그에 따른 광역교통 네

*정회원 · 교신저자 · 영남대학교 토목도시환경공학부 감사 (E-mail : kshjb@yumail.ac.kr)
**정회원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 교수 (E-mail : kapkim@yu.ac.kr)

트위크의 변화를 초래하고 있다. 즉 지역간 통행의 공간적 거리에 대한 저항 감소는 접근성의 향상을 유도하며, 그에 따라 토지이용의 변화가 나타나고 있다. 하지만 고속철도가 개통되어 정착단계인 시점에서 고속철도 이용수요가 당초 목표치의 60%정도(2005년 1월 현재)밖에 되지 않아 경부고속철도의 도입효과에 의구심을 던지는 견해도 만만치 않다. 고속철도 이용수요가 기대치에 못 미치는 이유로 고속철도의 값비싼 운임 등을 들 수 있으나 그에 못지않게 연계교통체계의 중요성을 지적할 수 있다. 문전수송(door-to-door) 서비스를 갖춘 승용차와는 달리 고속철도와 같은 대중교통은 출발지에서 역까지의 혹은 역에서 목적지까지의 연계교통서비스에 따라 그 이용정도가 크게 달라질 수 있다. 이러한 연계교통체계의 구축에 관한 중요성이 꾸준히 제기되어 왔으나 이에 부응하는 연계교통체계의 정비가 제대로 이루어지지 않아 고속철도의 효율성이 크게 떨어지고 있다는 데에 문제가 있다.

본 연구에서는 지방 대도시인 대구권역을 사례대상으로 고속철도 개통에 따른 연계교통의 개선방향을 모색하기 위한 기초연구를 수행하였다. 서울에서 동대구 구간은 새마을호를 이용하면 약3시간이 소요되는 거리였지만, 고속철도가 개통되어 소요시간이 거의 반으로 단축되어 1시간 39분만에 이동이 가능하게 되었다. 이러한 시간단축으로 대구권역은 고속철도의 혜택이 큰 지방 대도시 중의 하나가 되었으며, 연계교통체계 연구를 위한 분석사례지역으로 적합한 것으로 판단된다.

일본, 프랑스, 독일, 스페인 등 고속철도를 건설하여 현재 운영하고 있는 국가들의 경우, 고속철도의 개통으로 인한 생활권역의 확대와 수단분담율의 변화, 철도운영체계의 변화, 교통투자정책의 변화 등 여러 방면에서 고속철도의 파급효과가 관찰되고 있다. 국내에서는 고속철도와 직접적인 경쟁 관계에 있는 국내 항공교통, 일반철도, 고속버스 및 승용차를 비롯한 도로부문 등 중장거리 지역교통수단 상호간의 고속철도 개통이후 경쟁체제 변화 등 부문별 수송체계의 변화 전망이 여러 방면으로 연구되고 있다. 그러나 고속철도의 개통과 관련하여 주로 대도시권의 지역간 접근도 분석과 수단분담율의 변화에 관심을 기울인 반면, 지방대도시 정치역의 효율적인 연계교통시스템 구축에는 상대적으로 관심이 적었다.

이러한 배경하에 본 연구에서는 고속철도 시대에 부응하여 지방대도시 정치역, 특히 동대구역을 중심으로 연계교통시스템의 현황을 분석하고, 다항로짓모형을 이용한 고속철도 연계교통수단 선택모형을 구축하는 것이 목적이다.

2. 관련 선행연구 검토

본 연구에서는 고속철도 이용자를 대상으로 대표적인 연계교통수단인 버스, 지하철, 택시, 승용차(P&R, K&R), 도보 및 기타 교통수단 이용시 통행특성에 대한 체계적인 분석과 연계교통수단에 대한 선택을 분석하고자 하였다. 연계교통수단 선택시 영향을 주는 요인으로는 통행자 특성, 통행특성, 교통수단의 특성 등이 있다. 통행자가 고속철도 이용시 선택할 수 있는 교통수단으로는 버스, 지하철, 택시, 승용차, 도

보 및 기타 등이 있으며, 각 수단별 이용가능성은 통행자의 특성, 통행특성, 교통수단의 특성 등에 의해 영향을 받게 된다(Ortúzar and Willumsen, 1994). 일반적으로 통행시간과 통행비용, 통행목적, 출발 혹은 도착의 시간대 등은 교통수단 선택에 많은 영향을 미치게 된다. 그 외에 교통시설의 특성으로서 상대적인 통행시간(차내 이동시간, 대기 접근시간)은 교통수단 선택시 영향을 줄 수 있다. 특히 고속철도 이용시 주로 연계교통으로 사용되는 대중교통수단의 경우, 역까지의 접근시간과 비용, 차내시간 등 통행시간이 교통수단의 선택에 영향을 미치게 된다.

고속철도 및 연계교통수단선택에 관한 선행연구로는 Juan De Dios Ortúzar(1983), 정현영, 김정주(2000), 문대섭(2000), 하태준, 박제진, 이상하(2002), 이장호, 장수은(2005) 등의 연구가 있다. Ortúzar(1983)는 도시내에서 통행자의 연계교통수단 선택행태를 네스티드 로짓모형을 추정하여 분석하였다. 정현영, 김정주(2000)는 부산시를 대상으로 지하철 이용통근, 통학자를 대상으로 대표적인 연계교통수단인 시내버스, 마을버스, 택시 이용시 통행특성에 대한 분석과 연계교통수단 선택행태에 대한 다항로짓모형을 추정하였다. 문대섭(2000)은 고속철도 교통연계 기본요소로 보행공간 및 거리, 종합교통센터, 연계교통수단, 연계주차시설, 역의 정보화, 교통안전, 지하공간 등으로 규정하였고, 고속철도 연계교통수단으로 기존철도, 대중교통수단(버스, 지하철), 승용차, 도보 및 기타 등으로 설명하였다. 하태준, 박제진, 이상하(2002)는 선호의식조사를 통해 호남고속철도의 주이용자인 서울거주자 및 전라도 거주자를 대상으로 고속철도 개통시 교통수단 선택행태를 다항로짓모형을 이용하여 추정하였다. 이장호, 장수은(2005)은 경부고속철도 탑승객을 대상으로 통행권역별로 표본을 추출하여 조사하였으며, 고속철도 연계교통수단으로 승용차, 택시, 지하철, 버스로 구분하여 파라미터를 추정하였다. 승용차는 차내통행시간, 통행비용, 주차비용, 택시는 차내통행시간, 서비스이용 전시간, 통행비용, 지하철은 차내통행시간, 서비스이용 전시간, 환승횟수, 환승시간, 통행비용, 버스는 차내통행시간, 서비스이용 전시간, 환승횟수, 환승시간, 통행비용 등이 의미있는 영향을 미치는 것으로 추정하였다.

본 연구에서는 대구·경북거주자를 대상으로 고속철도 지방대도시 정치역, 즉 동대구역으로의 연계교통수단 선택행태를 분석하기 위해 다항로짓모형을 추정하고, 모형의 추정결과를 논의하였다.

3. 자료의 수집과 분석

3.1 자료의 수집

본 연구는 2004년 9월에 실시한 고속철도 개통에 따른 지방대도시 정치역의 연계교통시스템 구축을 위한 수요조사의 대상이 된 대구·경북 거주자의 설문조사자료를 바탕으로 수행되었다. 설문조사는 1800명을 대상으로 면접조사를 통해 수행되었으며, 이렇게 회수된 설문지 가운데 고속철도를 이용하여 대구-서울 구간을 통행한 경험이 있는 표본(sample)을 추출하였다. 경험적 모형의 추정을 위해 고속철도를 이용한 통행경험자 1,222명 중 결측값이 많은 표본을

표 1. 대안들의 선택빈도 (단위: 통행, %)

구분	버스	지하철	택시	승용차	도보 및 기타
빈도	364(39.1)	177(19.0)	230(24.7)	104(11.2)	56(6.0)

제외한 931명의 대구·경북 거주자를 표본으로 포함하였다.

3.2 표본의 특성

앞서 언급한 바와 같이 본 연구는 대구·경북 거주자들을 대상으로 고속철도 이용시 연계교통수단 선택행태를 분석하고자 하였다. 본 연구에서는 고속철도 이용시 연계될 수 있는 교통수단의 유형을 5개의 범주로 구분하였으며, 표 1은 5개의 범주들에 대한 각 대안들의 선택빈도를 나타낸다.

한편 고속철도 연계교통수단을 복합적으로 이용할 경우에는 대표수단을 이용하는 경우로 가정하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 고속철도 이용시 연계교통수단으로 대부분 버스와 택시에 의한 통행이 이루어지는 것으로 분석되었다.

표 2는 본 연구에서 사용된 설명변수들의 빈도분포를 나타낸다. 표에서 볼 수 있는 바와 같이 본 연구를 위한 표본 집단은 전반적으로 일반적인 특성을 보여주는 것으로 평가된다.

3.3 고속철도 연계교통 현황분석

경부고속철도를 기준으로 동대구역의 연계교통 현황을 살펴보면 표 3과 같다. 일반철도, 시내버스, 승용차, 택시의 경우는 양호한 상태를 보이고 있으며, 지하철은 보통으로 나타났다. 동대구역 광장 전면은 5개 차로로 구성되어 있으며, 역광장 안쪽부터 버스전용차로 1개, 모범택시차로 1개, 일반택시차로 2개, 통과차량차로 1개로 구분되어 운영되고 있으며, 버스는 13개 노선이 운영되고 있는 것으로 나타났다. 승용차를 위한 동대구역 주차장은 남측 90면, 북측 50면이 운영되고 있다. 지하철은 지하철 동대구역에서 에스컬레이터를 이용하여 바로 동대구역사로 진입할 수 있다.

고속철도를 이용하기 위한 동대구역의 연계교통체계는 대체로 양호한 편이지만, 버스의 경우 13개 노선이 운영되고 있어 노선수가 다소 부족하고, 주차면도 매우 협소한 상태이다. 특히 대구 주변 경북의 시·군 지역과 연계되는 버스노선은 극히 미흡한 실정이다.

표 2. 설명변수들의 빈도분포

설명변수	구분	빈도(%)
성별	남성	615(66.1)
	여성	316(33.9)
학력	중졸 이하	11(1.2)
	고졸 이하	79(8.5)
	대졸 이하	692(74.3)
	대학원 이상	149(16.0)
개인소득	100만원 미만	383(41.1)
	100~200만원	217(23.3)
	200~300만원	175(18.8)
	300만원 이상	156(16.8)
승용차 보유대수	1대	524(56.3)
	2대	256(27.5)
	3대 이상	54(5.8)
	없음	97(10.4)
통행빈도 (6개월간)	2회 미만	480(51.65)
	3회~5회	227(24.4)
	5회 이상	224(24.1)
접근통행시간	버스	32.89분
	지하철	31.14분
	택시	24.48분
	승용차	26.33분
	도보 및 기타(일반철도 등)	30.84분
접근통행비용	버스	1,451원
	지하철	1,080원
	택시	3,539원
	승용차	2,361원
	도보 및 기타(일반철도 등)	1,904원

본 연구에서는 동대구역의 연계교통의 현황과 문제점을 파악하기 위해 대구·경북 거주자를 대상으로 설문조사 결과를 분석하였다.

3.3.1 접근시간

고속철도를 승차하기 위해 집에서 동대구역까지 걸리는 접

표 3. 고속철도 연계교통 현황

권역별	항공	국제페리	일반철도	지하철	시내버스	시외버스	리무진버스	승용차	택시
서울역	×	U	○	○	○	△	△	○	○
용산역	×	U	○	○	○	×	×	○	○
광명역	×	U	×	×	△	×	×	○	○
천안아산역	×	U	×	×	△	×	×	○	○
대전역	×	U	○	×	○	×	×	○	○
동대구역	×	U	○	△	○	△	×	○	○
경주역	×	U	×	U	△	×	×	○	○
부산역	×	×	○	○	○	×	△	○	○

자료: 건설교통부, 경부고속철도 연계교통체계 구축 기본계획, 2003.

국토연구원, 한국의 고속철도 개통에 따른 국토·지역개발의 신편러다임, 2004.

주 1) ○ 양호, △ 보통, × 미흡, U 해당없음

2) 경주역은 2010년 개통시 기준

표 4. 동대구역까지의 접근시간(access time)

(단위: 명, %)

접근시간 (access time)		10분 이하	20분 이하	30분 이하	40분 이하	50분 이하	60분 이하	60분 초과	전체
지역별	대구	83(10.9)	256(33.7)	238(31.3)	88(11.6)	50(6.6)	27(3.6)	18(2.4)	760(100.0)
	경산	-	2(3.0)	18(26.9)	26(38.8)	13(19.4)	7(10.4)	1(1.5)	67(100.0)
	경주·포항	-	4(17.4)	-	-	2(8.7)	5(21.7)	12(52.2)	23(100.0)
	김천·구미	-	-	1(7.1)	6(42.9)	2(14.3)	5(35.7)	-	14(100.0)
	칠곡(왜관)	-	14(60.9)	7(30.4)	2(8.7)	-	-	-	23(100.0)
	영천	-	-	1(3.7)	1(3.7)	3(11.1)	13(48.1)	9(33.3)	27(100.0)
	기타	-	1(5.9)	1(5.9)	1(5.9)	3(17.6)	4(23.5)	7(41.2)	18(100.0)
전체		83(8.9)	277(29.8)	266(28.6)	124(13.3)	73(7.8)	61(6.6)	47(5.0)	931(100.0)

표 5. 동대구역까지의 접근비용(access cost)

(단위: 명, %)

접근비용 (access cost)		1000원 이하	2000원 이하	3000원 이하	4000원 이하	5000원 이하	5000원 초과	전체
지역별	대구	453(57.0)	115(14.5)	59(7.4)	40(5.0)	51(6.4)	77(9.7)	795(100.0)
	경산	-	33(78.6)	2(4.8)	-	3(7.1)	4(9.5)	42(100.0)
	경주·포항	-	2(11.1)	2(11.1)	4(22.2)	3(16.7)	7(38.9)	18(100.0)
	김천·구미	-	3(30.0)	2(20.0)	1(10.0)	4(40.0)	-	10(100.0)
	칠곡(왜관)	-	-	21(100.0)	-	-	-	21(100.0)
	영천	-	7(25.9)	8(29.6)	4(14.8)	3(11.1)	5(18.5)	27(100.0)
	기타	2(11.1)	4(22.2)	4(22.2)	1(5.6)	3(16.7)	4(22.2)	18(100.0)
전체		455(48.9)	164(17.6)	98(10.5)	50(5.4)	67(7.2)	97(10.4)	931(100.0)

근시간(access time)은 20분 이하가 277명으로 29.8%를 차지하는 것으로 나타났으며, 30분 이하도 28.1%로 나타났다. 고속철도를 승차하기 위한 접근시간이 평균 20~30분 정도가 소요되는 것으로 판단된다. 지역별로는 대구, 경산, 칠곡(왜관)은 20분 이하~40분 이하가 많은 비중을 차지하고, 그 외 지역은 60분 이하~60분 초과가 많은 비중을 차지하는 것으로 분석되었다.

3.3.2 접근비용

집에서 동대구역까지의 접근비용(access cost)은 1,000원 이하가 455명으로 48.9%를 차지하는 것으로 나타났고, 5,000원 초과도 97명으로 10.4%에 달한다. 이는 대구 인근 경북지역에서 고속철도를 승차하기 위해 접근하는 통행자가 일부 포함되어 있고, 또한 택시를 이용함에 따라 접근비용이 상대적으로 높기 때문으로 판단된다. 지역별로는 경주·포항, 기타경북지역의 경우 접근비용이 많이 드는 것으로 나타났다.

4. 연계교통수단 선택모형 구축을 위한 모형 추정

4.1 분석모형과 변수

McFadden(1981)에 의해 이론적으로 개발되고 발전된 확률 선택모형은 확률효용이론(random utility theory)에 기초를 두고 개발되었다. 어떤 대안의 총효용은 관측가능한 효용의 요소로 구성된 결정적 효용요소와 관측할 수 없는 효용요소인 확률적 효용요소로 구분되고 있으며, 어떤 개인은 총효용이 큰 대안을 일반적으로 선택하게 된다.

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \tag{1}$$

- 단, U_{in} : 개인 n 을 위한 대안 i 의 총효용
- V_{in} : 개인 n 을 위한 대안 i 의 결정적 효용
- ε_{in} : 개인 n 을 위한 대안 i 의 확률적 효용

다항로짓모형은 확률적 효용이 와이불(Weibull)분포임을 가정하는 확률선택모형이다. 로짓모형에 의해 개인 n 이 대안 i 를 선택할 확률 $P_n(i)$ 는 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$P_n(i) = Prob(U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \in C_n) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{jn}}} \tag{2}$$

로짓모형을 이용하면 고속철도 연계교통수단 선택확률은 식 (3)과 같이 표현된다. 모형에서 교통수단은 버스, 지하철, 택시, 승용차, 도보 및 기타가 해당된다.

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{in}} + e^{V_{jn}} + e^{V_{kn}} + e^{V_{pn}} + e^{V_{qn}}} \tag{3}$$

- 단, $P_n(i)$: 개인 n 이 버스를 선택할 확률
- $P_n(j)$: 개인 n 이 지하철을 선택할 확률
- $P_n(k)$: 개인 n 이 택시를 선택할 확률
- $P_n(p)$: 개인 n 이 승용차를 선택할 확률
- $P_n(q)$: 개인 n 이 도보 및 기타를 선택할 확률
- V_{in} : 개인 n 이 버스를 선택함으로써 연계 되는 결정적 효용요소
- V_{jn} : 개인 n 이 지하철을 선택함으로써 연계 되는 결정

적 효용요소

V_{kn} : 개인 n 이 택시를 선택함으로써 얻게 되는 결정적 효용요소

V_{pn} : 개인 n 이 승용차를 선택함으로써 얻게 되는 결정적 효용요소

V_{qn} : 개인 이 도보 및 기타를 선택함으로써 얻게 되는 결정적 효용요소

로짓모형에서는 선택가능한 여러 가지의 대안중에서 선택된 대안의 값은 1, 나머지 선택되지 않은 대안을 0으로 처리된다. 이러한 성질은 선택할 수 있는 대안들은 상호배타적이고, 의사결정자는 선택가능한 대안들의 집합으로부터 꼭 하나의 대안을 선택하는 상황의 경우에 적용이 가능하다는 확률선택모형의 기본원리에 따른 것이다.

모형이 추정되고 나면 추정된 모형이 관측된 자료를 얼마나 잘 설명하는가를 살펴볼 필요가 있다. 확률선택모형에서 모형 전체의 적합도(goodness of fit)를 나타내기 위해 ρ^2 (likelihood ratio index라 불림)이 주로 사용된다. ρ^2 은 다음과 같이 계산된다.

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(\hat{\beta})}{L(0)} \quad (4)$$

여기서 $L(0)$ 은 모형에서의 모든 계수 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ 의 값이 0일 때의 로그우도함수(log-likelihood function)의 값이다. 이 $L(0)$ 은 이항선택모형에서는 두 가지의 대안이 각기 선택될 확률이 1/2인 모형의 로그우도(log likelihood)라 볼 수 있다. 한편 $L(\hat{\beta})$ 은 로그우도함수의 최대치에서의 로그우도함수의 값이다.

ρ^2 은 회귀분석에서의 R^2 과 마찬가지로 0과 1 사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 좋은 적합도를 나타낸다. ρ^2 은 일반적으로 R^2 보다 비교적 작은 값을 가지는데, ρ^2 의 값이 0.2~0.4 사이의 값만 가져도 추정된 모형이 아주 좋은 적합도를 가지는 것으로 평가할 수 있다(McFadden, 1976).

한편 확률선택모형에서 모형 전체의 적합도를 나타내기 위해 종종 $\bar{\rho}^2$ (rho-squared bar: adjusted likelihood ratio index라 불림)가 사용되기도 하는데, $\bar{\rho}^2$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{L(\hat{\beta}) - K}{L(0)} \quad (5)$$

단, K = 추정된 파라미터의 수(상수 포함)

식 (5)에서 보는 바와 같이 $\bar{\rho}^2$ 는 식 (4)에 나타낸 ρ^2 과 비슷하지만 추정된 파라미터의 수로 수정된 점이 다를 뿐이다. 일반적으로 ρ^2 은 모형의 설명변수의 수가 증가함에 따라 커지는 경향이 있는데, $\bar{\rho}^2$ 를 모형의 적합도 측정을 위해 사용하면 모형의 설명변수의 수에 따라 수정된 적합도를 측정할 수 있게 된다(Ben-Akiva and Lerman, 1985: 167).

본 연구에서는 고속철도 연계교통수단 대안들 사이의 효용의 차이를 측정하기 위해 다항로짓모형을 이용하였고, 이용된 다항로짓모형구조는 그림 1과 같다.

한편 본 연구에서는 그림 1에 나타낸 모형구조를 이용하여 경험적 모형을 추정하기 위해 표 6에 나타낸 설명변수들을 이용하였다.

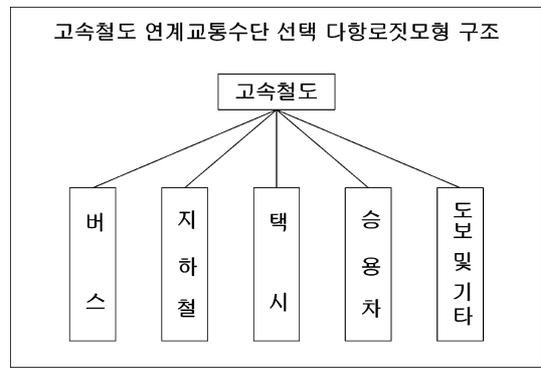


그림 1. 다항로짓모형의 구조

표 6. 설명변수들의 정의

변수명	변수의 정의
성별(대안 1)	남성: 1, 여성: 0
학력(대안 1)	대졸 이상: 1, 대졸 이하: 0
개인소득(대안 1)	200만원 이상: 1, 200만원 이하: 0
승용차보유대수(대안 4)	각 가구의 승용차보유대수
통행빈도(대안 1)	6개월간 고속철도 이용빈도
접근통행시간 (대안 1, 2, 3, 4, 5)	출발지에서 연계교통수단을 이용하여 고속철도역까지의 접근시간(분)
접근통행비용 (대안 1, 2, 3, 4, 5)	출발지에서 연계교통수단을 이용하여 고속철도역까지의 접근비용(원)
const1	대안특유의 상수 (대안 2)
const2	대안특유의 상수 (대안 3)
const3	대안특유의 상수 (대안 4)
const4	대안특유의 상수 (대안 5)

주) 대안 1: 버스, 대안 2: 지하철, 대안 3: 택시, 대안 4: 승용차, 대안 5: 도보 및 기타

4.2 경험적 모형의 추정: 고속철도 연계교통수단선택모형 구축

모형의 경험적 추정을 위해서는 최우추정법(maximum likelihood method)이 이용되었으며, 본 연구에서는 Greene (1991)에 의해 개발된 LIMDEP 7.0을 이용하였다.

적절한 모형을 찾기 위한 경험적 탐색은 먼저 모든 가능한 설명변수를 포함하여 경험적 모형을 추정한 후 통계적 유의성이 없거나 다중공선성의 문제가 발생하는 일부 설명변수를 제외한 후 다시 경험적 모형을 추정하는 과정을 거쳤다.

표 7은 고속철도 개통에 따른 연계교통수단 선택모형의 추정결과를 나타낸다. 모형의 추정결과를 살펴보면 다음과 같다.

모든 변수들에 산출된 파라미터의 값이 논리적으로 합당한 부호를 나타내었다. 즉 접근통행시간, 접근통행비용 등이 모두 마이너스 부호를 나타내었다. 각각의 파라미터가 음의 부호를 가진 것은 통행을 하고자 하는 통행자가 통행시간과 비용이 증가하면 통행발생을 줄이게 된다는 것을 의미한다.

설명변수를 중심으로 해석을 하면, 첫째, 성별은 추정계수의 부호가 (-)의 부호를 가지고, t-통계치의 값이 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이는 남성에 비해 여성이 고속철도 연계교통수단으로서 버스를 선택하는 경향이 있는 것으로 해석할 수 있다.

표 7. 고속철도 연계교통수단 선택모형 추정결과

설명변수	모형1	모형2
	Coefficient (t-통계치)	Coefficient (t-통계치)
성별(대안 1)	-0.3974(-2.533)	-0.4141(-2.657)
학력(대안 1)	-0.2781(-1.884)	-0.2898(-1.992)
개인소득(대안 1)	-0.2985(-3.013)	-0.3107(-3.359)
승용차보유대수(대안 4)	0.0425(1.594)	-
통행빈도(대안 1)	-0.0439(-0.126)	-
접근통행시간(모든 대안)	-0.0714(-4.118)	-0.0744(-4.891)
접근통행비용(모든 대안)	-0.0012(-14.070)	-0.0011(-15.228)
const1(대안 2)	-0.3105(-0.429)	-0.3260(-0.450)
const2(대안 3)	-0.0986(-1.354)	-0.1035(-1.421)
const3(대안 4)	-1.2136(-1.668)	-1.2743(-1.751)
const4(대안 5)	-0.2735(-0.372)	-0.2872(-0.390)
Sample	931	931
$L(0)$	-653.6	-653.6
$L(\beta)$	-524.6	-525.9
ρ^2	0.197	0.195
$\bar{\rho}^2$	0.181	0.182

주 1) 대안 1: 버스, 대안 2: 지하철, 대안 3: 택시, 대안 4: 승용, 대안 5: 도보 및 기타
 2) 모형의 추정계수는 설명변수() 속에 나타난 대안에 대한 추정치임.
 3) 괄호안의 값은 t-통계치임.

둘째, 학력에 있어서 대졸이상인 경우 버스보다는 다른 교통수단을 선택하는 경향이 있는 것으로 판단할 수 있다. 추정계수의 부호가 (-)의 부호를 가지고, t-통계치의 값이 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이는 고학력자일수록 통행비용과 상관없이 통행시간이 적게 걸리거나 편리성이 높은 교통수단을 선택할 확률이 높음을 확인할 수 있다.

셋째, 개인소득이 많을수록 버스보다는 다른 연계교통수단, 즉 택시나 승용차의 이용경향이 높음을 알 수 있다. 추정계수의 부호가 (-)의 부호를 가지고, t-통계치의 값이 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이는 학력변수와 마찬가지로 고소득자일수록 통행비용보다 편리성과 쾌적성이 높은 교통수단을 선택할 확률이 높음을 확인할 수 있다. 특히 t-통계치의 값이 높은 것으로 보아 개인소득이 고속철도 연계교통수단 선택에 중요한 변수임을 알 수 있다.

넷째, 승용차보유대수가 고속철도 연계교통수단을 선택하는데 영향을 미칠 것이라는 행태적 가설은 경험적으로 확인되지 않았다. 추정계수가 (+)의 부호를 가지기는 하지만, t-통계치의 값이 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이는 동대구역의 주차면이 협소하고 주차비용이 매우 높아 승용차에 대한 선호도가 매우 적은 것으로 짐작할 수 있다. 적절한 모형을 찾기 위해 모형 2의 설명변수에서는 제외시켰다.

다섯째, 대구에서 서울까지의 통행빈도(6개월간)는 t-통계치의 값이 -0.126으로 분석되어 대구-서울구간 고속철도를 이용한 통행시 연계교통수단을 선택하는데 중요한 영향을 미

치지 않은 것으로 나타났다. 승용차보유대수 변수와 마찬가지로 적절한 모형을 찾기 위해 모형 2의 설명변수에서는 제외시켰다.

여섯째, 연계교통수단의 접근통행시간 및 통행비용은 모두 추정계수의 부호가 (-)의 부호를 가지고, t-통계치의 값이 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났다. 즉 접근통행시간과 접근통행비용이 큰 연계교통수단일수록 선택할 확률은 적어지는 것을 의미한다. t-통계치가 다른 변수에 비해 큰 것으로 보아 고속철도 연계교통수단을 선택함에 있어 통행시간과 통행비용이 매우 중요한 고려대상임을 확인할 수 있다.

한편 고속철도 연계교통수단 선택모형 전체의 적합도를 나타내는 ρ^2 의 값은 모형 1, 2에서 각각 0.197, 0.195로 계산되었다. 일반적으로 likelihood ratio index의 값은 0.2 이상의 값만 가지더라도 아주 좋은 적합도를 갖는 것으로 평가할 수 있음에 비추어 본다면 모형의 경험적 추정결과는 적합도의 측면에서 대체로 우수한 것으로 볼 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 대구-서울 구간 통행자의 통행특성과 고속철도 이용시 지방대도시 정치역의 연계교통수단 선택행태에 대해 분석하고자 하였다. 이러한 연구목적을 충족시키기 위해 대구 및 경북 거주자의 고속철도 이용 경험이 있는 통행자에 대한 설문조사를 바탕으로 통행특성을 분석하고 연계교통수단 선택모형을 추정한 후 그 결과를 논의하였다.

본 연구는 고속철도 정치역인 동대구역까지 연계교통수단 이용시 선택요인이 무엇이며, 어떠한 영향을 미치는지를 파악하여 고속철도와 타 교통수단을 적절히 연계시켜 고속철도 이용을 활성화하기 위한 것으로 연계교통수단 이용시 통행특성에 대한 체계적인 분석과 연계교통수단 선택행태에 대한 모형을 다항로짓모형을 이용하여 추정하였다.

본 연구를 통하여 분석된 고속철도 이용자의 연계교통수단 선택시 통행특성은 다음과 같다.

1. 성별에 있어서 남성보다는 여성이 고속철도 연계교통수단으로서 버스를 선택하는 경향이 있는 것으로 확인되었다.
2. 학력과 소득이 높을수록 버스보다는 다른 연계교통수단, 즉 택시나 승용차의 이용경향이 높음을 알 수 있다. 이는 고학력자, 고소득자의 경우 통행비용과 상관없이 통행시간이 적게 걸리거나 편리성이 높은 교통수단을 선택할 확률이 높은 것으로 해석할 수 있다.
3. 통행시간 및 통행비용이 모두 고속철도 연계교통수단의 선택에 절대적인 영향을 미친다는 사실을 확인할 수 있었다. 따라서 고속철도 이용분담율을 높이기 위해 역까지의 접근성 향상과 접근비용을 낮추는 노력이 절대적으로 중요함을 시사한다.

고속철도 지방대도시 정치역인 동대구역은 지하철역세권임과 동시에 환승주차장, 버스베이 및 택시베이, 고속버스터미널이 설치되어 있어 고속철도 이용활성화에 대한 충분한 잠재력을 가지고 있다. 따라서 고속철도 이용의 활성화를 위해 통행시간 및 통행비용의 합리적인 개선이 필요하고, 또한 연계교통수단의 차내시간 및 대기시간을 줄이기 위해 연계교

통수단으로 주로 이용되고 있는 버스의 정시성 및 신속성을 확보할 필요가 있다. 아울러 버스의 정시성 및 신속성을 확보하기 위해 골목장대노선의 직선화, 중앙 및 가로변 버스전용차로제 도입 및 확대, BIS 구축 등의 정책이 우선적으로 시행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 대구와 주변 지역간의 원활한 연계교통체계 구축을 위해 지역간 버스노선을 정기적으로 운행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

한편 본 연구와 관련된 향후 연구과제를 요약하면 다음과 같다.

1. 대구-서울 구간과 같은 장거리 통행의 경우 고속철도, 고속버스, 승용차, 기존철도, 항공 등 여러 교통수단의 선택이 가능하다. 따라서 주교통수단의 선택여하에 따라 연계교통수단의 선택행태가 달라질 수 있다는 가정하에 nested logit 모형을 이용한 mixed mode choice 모형의 추정이 가능할 것으로 판단된다.
2. 고속철도 2단계 개통에 맞추어 대구·경북권에 새로운 정착역(김천·구미역, 경주역)이 추가될 것이다. 따라서 보다 폭넓은 조사를 바탕으로 고속철도 연계교통권역별 연계교통수단 선택모형의 구축이 고려되어야 한다. 또한 시장분할을 통한 경험적 모형의 추정으로 보다 다양한 정책적 해석이 가능할 것으로 판단되므로 이에 대한 연구가 요망된다.

감사의 글

이 논문은 2004학년도 영남대학교 학술연구조성비 지원에 의한 것임.

참고문헌

- 김상환, 윤대식, 김갑수(2004) 도시 여가활동의 참여행태 및 요인분석, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제22권 제3호.
- 문대섭 등(2000) 고속철도 연계교통체계의 개념정립에 관한 연구, **한국철도학회 2000년도 추계학술대회 논문집**, 한국철도학회.
- 윤대식, 윤성순(2004) **도시모형론**, 제3판, 서울: 홍문사.
- 이백진, 박영석, 남궁문(2000) 선호의식을 고려한 대중교통수단 선택행동의 실태분석, **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제20권 제5호.
- 이장호, 장수은(2005) **지역간 통행의 효율성 제고를 위한 고속철도 이용증대방안 연구**, 연구보고서, 한국교통연구원.
- 정현영, 김정주(2000) 통근·통학자의 지하철 연계교통수단 선택행태분석, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제18권 제5호.
- 조남건 등(2003) **고속철도 개통에 따른 국토공간구조의 변화전망 및 대응방안 연구**, 연구보고서, 국토연구원.
- 하태진, 박제진, 이상하(2002) 고속철도 도입에 따른 교통수단선택모형 추정 및 수단전환율의 비교, **대한국토·도시계획학회지**, 대한국토·도시계획학회, 제37권 제6호.
- Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R. (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. Cambridge: The MIT Press.
- Bhat, C. R. (1998) Analysis of Travel mode and departure time choice for urban shopping trips, *Transportation Research-B*, Vol. 32, No. 6.
- Greene, W. H. (1991) *LIMDEP User's Manual and Reference Guide, Version 7.0*, Bellport: Econometric Software, Inc.
- Juan De Dios Ortúzar (1983) Nested Logit Models for Mixed-Mode Travel in Urban Corridors, *Transportation Research-A*, Vol. 17A, No. 4.
- McFadden, D. (1976) *The Theory and Practice of Disaggregate Demand Forecasting for Various Modes of Urban Transportation*. University of California-Berkeley, Institute of Transportation Studies, Working Paper No. 7623.

(접수일: 2006.1.27/심사일: 2006.3.4/심사완료일: 2006.4.21)