

고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 대한 지불 용의액 추정 연구

이장호* · 김동선**

Lee, Jang-Ho* · Kim, Dong-Sun**

Estimation of Willingness-to-pay for Mitigating Crowdedness in High-speed Rail Trains

ABSTRACT

As the average load factor of High-Speed Rail (HSR) trains increased up to 98%, it caused uncomfortable crowdedness in the cabin and deteriorated the level of service to the HSR users. In this paper, we estimated the willingness-to-pay (WTP) of the HSR users for mitigating the crowdedness in the cabin. The contingent valuation method based on the stated preference data was used and the tobit model was applied for the estimation of WTP. It can be concluded that WTP for mitigating the crowdedness in the HSR trains is proportional to the congestion level of train and income level of user. Males, first-class users, not-assigned ticket users, and monthly pass users have relatively higher WTPs, while homemakers, travelers in weekends, commuters and leisure travelers have relatively lower values. The results can provide the fundamental information to estimate the benefits of mitigating crowdedness or the magnitude of governmental subsidy to railway operators for additional introduction of HSR trains.

Key words : High-speed rail, Crowdedness, Willingness-to-pay, Contingent valuation method, Tobit model

초 록

최근 고속철도 평균 좌석이용률이 98% 수준에 이르면서 고속철도 차량 내 혼잡이 발생하는 문제가 나타났고, 이러한 배경에서 본 연구는 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 고속철도 이용자들의 편익을 추정하기 위하여 이용자들의 지불 용의액을 산정하였다. 진술선호자료에 근간한 조건부 가치추정법과 토빗(Tobit) 모형을 통해 지불 용의액을 추정된 결과, 지불 용의액은 소득 수준 및 혼잡도 수준과 비례하는 것으로 나타났으며, 남성, 특실이용자, 자유석 및 정기권 이용자의 지불 용의액이 높고, 주말 이용자, 주부, 통근목적이나 여가목적 이용자들은 지불 용의액이 낮은 것으로 나타났다. 본 연구에서 산정된 지불 용의액은 철도운영자들의 좌석공급 확대를 위한 노력에 대하여 정부의 지원근거나 사회적 편익을 계량화할 수 있는 근거를 제공하였다는 점에서 의의가 있다고 하겠다.

검색어 : 고속철도, 혼잡도, 지불용의액, 조건부 가치추정법, 토빗모형

1. 서론

2004년 경부고속철도 1단계 개통 이후 국내 지역간 통행에 있어서 고속철도가 처음 등장하였고, 2010년 경부고속철도 2단계 및 2015년 호남고속철도 1단계 개통으로 지역간 통행의 중추적 수단으로 부상하였다. 특히 행정중심복합도시, 지방혁신도시 건설이 완공되고, 공공기관 종사자들의 이주가 이루어지면서 고속철도 수요는 빠르게 증가하고 있다. Table 1을 보면, 2008~2009년 고속철도 이용객은

* 정회원 · 교신저자 · 한국교통대학교 철도시설공학과 부교수

(Corresponding Author · Korea National University of Transportation · transwho@ut.ac.kr)

** 종신회원 · 대전대학교 도시부동산공학과 교수 (Daejin University · kimdns@daejin.ac.kr)

Received February 22, 2017/ revised March 6, 2017/ accepted March 8, 2017

Table 1. Trend of High-speed Rail Ridership

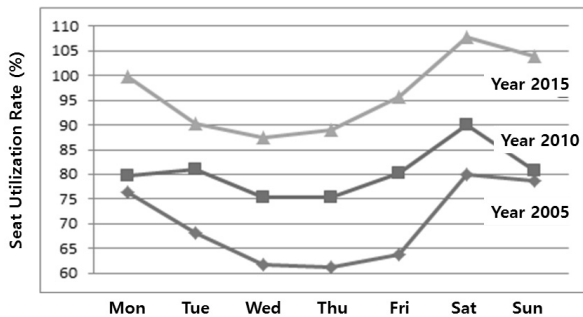
Year	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Number of HSR Trains (Trains/Day)	140	142	172	162	202	200	197	243
Number of Passengers (1000 Passengers/Year)	38,016	37,477	41,349	50,309	52,362	54,744	56,917	60,535
Seat Utilization Rate (%)	73.2	71.7	80.8	95.7	95.2	92.2	97.7	96.7

Source : Korea Railroad and Korea Rail Network Authority (2016)

연간 3천 8백만명 수준이었는데, 2010년 경부고속철도 2단계 개통 이후 2011년에는 5천만명 수준으로 높아졌고, 이후 지속적으로 증가하여 2015년에는 6천만명에 이르르게 되었다. 같은 기간 고속열차 운행횟수는 1일 140회에서 243회로 늘어났지만, 초기 도입되었던 KTX-1 차량은 좌석용량이 935석이었던 데에 반하여, 신규로 도입된 KTX-산천은 차종에 따라 360~410석 규모에 불과하여 좌석공급의 증가는 이용자 증가에 비해 미치지 못하였다. 이에 따라 좌석이용률은 2008~2009년 72~73% 수준에서 2014~2015년 97~98% 수준으로 높아졌다.

2015년을 기준으로 평균적인 좌석이용률이 98% 수준에 이르면서 수요가 집중되는 첨두시에는 좌석확보에 어려움을 겪게 되었다. Fig. 1을 보면 2005년, 2010년, 2015년의 요일별 좌석이용률을 보여주는데, 2005년에는 주말에도 좌석이용률이 80% 수준에 머물렀던 것에 비해 2015년에는 주말(금요일, 토요일, 일요일) 좌석이용률은 100%를 넘고 있으며, 주중에도 90~95% 수준을 보이고 있다. 이에 따라 수요가 집중되는 요일 혹은 시간대에는 좌석이 모두 만석이 되고, 동시에 좌석배정을 받지 못하는 승차권을 가진 자유석 승차권 이용자나 정기권 이용자들까지 몰리면서 객실통로나 차량 출입구 근처에 입석으로 이용하는 이용자가 늘어났으며, 이에 따라 고속철도 차량 내 혼잡도가 높아지고 있다.

본 연구는 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 고속철도 이용자



Source : Korea Railroad and Korea Rail Network Authority (2016)

Fig. 1. Seat Utilization Rate of High-speed Rail Train by the Day of the Week

들의 편익을 추정하기 위하여 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 이용자들의 지불 용의액을 추정하고자 한다. 또한, 혼잡도 완화에 따른 지불 용의액은 혼잡수준이나, 통행목적, 통행자의 사회경제적 특성에 따라 달라질 수 있으므로 모형화를 통하여 지불 용의액의 차이를 발생시키는 변수들을 파악하고 이에 따라 영향의 크기도 파악하고자 한다. 끝으로 이렇게 추정된 지불 용의액을 가지고 2층 고속열차 구입 등 차량 추가도입에 따른 혼잡도 완화 편익을 추정하는 데에 실제 적용하여 적용성을 검토한다.

2. 관련 선행연구 고찰

2.1 조건부 가치측정법

사람들의 지불용의액을 물어보는 방법은 조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method, CVM)이라고 하며, 연구자가 설계한 가상적 시장이라는 조건에서 소비자에게 직접 그 대상 재화와 공급수준에 대한 지불 용의액(Willingness To Pay : WTP)을 물어 그 가치를 화폐가치로 응답하도록 유도하는 직접적인 가치측정 방법이다. 후생경제학에 이론적 기반을 두고 있으며 지금까지 수많은 실증적 연구를 통해 그 타당성과 신뢰성이 검증되어 왔다.

비시장재화에 대한 평가를 가능하게 하는 방법에는 크게 나누어 진술 선호법(stated preference)과 현시 선호법(revealed preference)으로 나눌 수 있으며, 진술 선호법에 속하는 조건부 가치측정법은 현재 존재하는 자료의 제한을 받지 않는다는 장점 때문에 대상 재화나 서비스의 공급, 가상적 상태를 다양하게 설정할 수 있고 상속가치나 존재가치와 같은 비사용가치도 측정할 수 있다는 장점이 있다. 다만, 설문 응답자가 전략적으로 응답할 수 있다는 단점이 있다.

설문을 통한 비시장재의 가치를 평가하는 조건부 가치측정법은 응답자와 참값과의 차이인 편익(bias)을 발생시킬 가능성이 높다. 즉, 처음 제시된 가격에 영향을 받는 경우(시작점 편익), 지불수단에 따라 재화의 가치를 다르게 평가하는 경우(지불 수단 편익), 조사자가 응답자에게 제공하는 정보가 부정확한 경우(정보 편익)가 있을

수 있으므로 연구자는 설문 설계와 조사에 유의해야 한다(Hoehn & Randall, 1987).

그동안 이 방법은 환경개선의 효과, 휴양지, 자연경관, 문화적생태학적으로 보존가치가 있는 지역의 가치 평가에 많이 이용되고 있으며 근래에는 환경은 물론 교통, 위생, 보건, 예술 및 교육 등 다양한 주제에 대해서 조건부 가치측정법을 적용하고 있다(Lee, 2010).

2.2 대중교통 혼잡비용 추정

본 절에서는 조건부 가치측정법이나 선택실험법 등을 이용하여 대중교통 분야 혼잡도 완화에 따른 지불용의액을 추정한 국내외 선행연구를 살펴본다.

대중교통 혼잡도 완화에 따른 지불용의액 추정 연구를 살펴보면, 국내 선행연구로는 Korea Transport Institute (2008)과 Kim (2014), Ryu et al. (2016)의 연구가 있다.

Korea Transport Institute (2008)는 설문조사를 통해 광역도시 철도 이용객의 쾌적성을 혼잡도 수준에 따라 정의하고, 쾌적성 증가-차량 내 혼잡도 완화-에 따른 통행자의 지불용의액을 토빗(Tobit)모형을 기반으로 추정하였다. 이에 따라 통행시간 1분당 혼잡도 1% 완화에 대하여 7,862원의 지불용의액이 있는 것으로 분석되었다.

Kim (2014)은 도시철도 차량내부 혼잡도 개선에 대한 가치를 산정하기 위해서 조건부 가치측정법을 활용하여 설문조사를 실시하고 분석하였다. 다만, Korea Transport Institute (2008)의 연구와 달리 직접적으로 지불 용의액을 묻지 않고 시간으로 대체하여 설문조사를 설계하였다. 도시철도 혼잡도 개선에 대한 지불 용의액을 분석한 결과, 통행시간과 혼잡도개선 정도가 클수록, 개선 후의 혼잡도가 작을수록, 입석 이용자보다 좌석 이용자가 지불 용의액이 큰 것으로 분석되었으며, 한계효과를 분석한 결과, 혼잡도개선 정도가 평균에서 추가로 한 단위 증가하면 0.0437분만큼 통행시간 증가를 수용하는 것으로 분석되어, 차내 혼잡도가 50% 개선될 경우 2.2분의 추가 통행시간 증가를 수용하겠다는 의미이며, 수도권 철도의 평균 시간가치를 적용하면 혼잡 개선 가치가 약 228원인 것으로 나타났다.

Ryu et al. (2016)은 철도가 아닌 광역버스의 차내 혼잡도 완화에 따른 편익추정을 위하여 지불 용의액을 추정하였는데, 방법론은 Korea Transport Institute (2008)의 연구와 동일하게 적용하였다. 분석결과, 통행당 평균 367원의 지불용의액이 있는 것으로 나타났으며, 광역버스의 좌석제 시행에 따른 편익은 연간 147억원 규모로 추정되었다.

국의 선행연구를 살펴보면, Pepper et al. (2003)은 컨조인트 분석을 통해 2층 열차의 좌석용량 증가에 따른 지불용의액을 추정하

였다. 미국 뉴저지 대중교통 이용자들을 대상으로 한 조사결과에 따라 추가 좌석에 대한 편익은 1999년을 기준으로 통행 당 미화 2.20달러의 운임증가와 동등한 영향을 갖는 것으로 분석되었다.

Douglas and Karpouzis (2006)은 진술선호자료에 근간한 다항 로짓모형을 가지고 혼잡 및 비혼잡상태에서 좌석/입석여부에 따른 통행시간 1분의 가치를 분석하였다. 혼잡상태의 좌석이용은 비혼잡상태의 좌석이용에 비해 통행시간이 17% 가량 늘어나는 것과 동일하다고 추정하였으며, 혼잡에 따른 추가비용은 2003년 기준 시간당 1.47 호주달러가 발생하여 전체적으로 혼잡상태로 1시간 통행 시 9.92 호주달러의 일반화 비용이 발생하는 것으로 분석되었다.

Baker et al. (2007)은 영국의 West Midlands 지역의 철도 이용자 및 비이용자를 대상으로 철도의 혼잡수준, 정시성, 운행빈도 등에 관하여 어떻게 인식하는지를 연구하였다. 좌석이 충분히 있는 혼잡도 60% 미만인 경우의 가중치를 1.0으로 설정하였을 때에 혼잡도 90% 수준에서는 1.27, 혼잡도 100% 수준에서는 1.31의 가중치를 보였다. 혼잡도 110~135% 수준에서는 2.16~2.41의 가중치를 나타냈고, 차량 내 승객이 아주 밀집한 혼잡도 150~175%에서는 3.15의 가중치를 보였다.

Lu et al. (2008)은 진술선호자료에 근간한 다항로짓모형을 가지고 좌석이용 가능성과 통행시간간의 관계를 규명하였다. 분석 결과 혼잡에 따른 가치는 2005년을 기준으로 1분에 12.05펜스, 1시간에 7.23파운드로 나타났으며, 차내 통행시간가치가 1분에 5.68펜스로 나타난 것을 감안하면 혼잡에 따른 가치는 차내 통행시간가치의 2배 정도 되는 것으로 나타났다.

Whelan and Crockett (2009)은 철도 혼잡도 완화에 따른 지불 용의액을 추정하기 위하여 진술선호자료를 이용한 다항로짓모형을 통해 좌석/입석 여부 등에 따른 지불용의액을 혼잡도에 따라 차내시간 대비 가중치로 분석하였다. 좌석 이용자의 경우 혼잡도 80%에서 혼잡도 200%로 높아질 때 차내시간 대비 가중치가 1.0에서 1.63으로 높아지며, 입석 이용자는 같은 경우에 가중치가 1.53에서 2.04로 높아지는 것으로 나타났다.

Tirachini et al. (2013)은 시드니 대중교통을 대상으로 대중교통 승객의 혼잡에 따른 영향을 운영속도, 대기시간, 정시성, 시간가치, 경로선택 및 버스선택 등의 여러 측면에서 조사하고, 시드니 버스 및 철도 서비스에 있어서 혼잡에 따른 외부효과(혼잡비용)를 차내 통행시간가치와 대비하여 추정하였다. 분석결과, 모두 좌석에 앉은 경우처럼 혼잡도가 낮은 경우에는 혼잡비용이 크지 않으나, 혼잡도가 높아지면 차내 통행시간의 시간가치와 비슷해지는 것으로 나타났다. 따라서 대중교통의 혼잡도를 적절히 고려하지 못하는 경우 수요예측 단계에서 대중교통 수요를 과다 예측할 우려가 있다고 보았다.

Haywood and Koning (2013)은 파리시 지하철을 대상으로

한 조사 자료를 바탕으로 혼잡도 완화에 따른 쾌적성 증가의 지불용의액을 분석하였다. 조건부 가치추정법을 이용하여 조사한 결과, 좌석 이용객의 경우 2.42유로에서 혼잡상태에서는 3.69유로까지 증가하는 것으로 나타났으며, 파리의 대중교통 투자에 대한 비용 편익분석에 활용될 수 있다고 보였다.

2.3 시사점 도출

이상의 선행연구들을 살펴보면, 대중교통 혼잡도 완화에 따른 지불 용의액 추정을 위해서 진술선호자료(SP)에 근간한 조건부 가치추정법이나 선택실험법 등을 이용하였으며, 선택실험법을 사용하는 경우 차내시간에 대한 가중치 형태로 도출되었다.

또한, 조사대상은 주로 통근통행에 따른 혼잡에 초점이 맞추어져 광역철도나 도시철도를 대상으로 하고 있으며, 고속철도 차량 내 혼잡도 완화와 관련된 지불 용의액 추정 연구는 없는 것으로 나타났다. 이는 외국의 경우 고속철도 혼잡에 따른 문제가 대두되지 않아서 연구가 진행되지 않았던 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 고속철도 차량 내 혼잡이 가중되고 있는 현실을 고려하여, 고속열차 혼잡도 완화에 따른 지불 용의액을 추정하되, 선행연구들과 동일하게 진술선호자료를 이용하여 조건부 가치추정법에 따라 지불 용의액을 추정하고자 한다.

3. 고속철도 혼잡완화 지불용의액 조사

3.1 자료 구축

자료는 「2층 고속열차 수요 및 경제성 조사분석」(Korea Railroad Research Institute, 2015) 연구에서 수행된 조사결과를 활용하였는데, 개략적인 조사개요는 다음과 같다.

조사대상은 면접조사의 어려움을 고려하여 고속철도 도착이용객은 제외하고, 고속철도 출발이용객으로 하였다. 조사지점과 조사시간은 고속열차 내 혼잡을 경험할 수 있는 지점과 시간대로 선정하였다. 조사지점은 서울역, 용산역, 광명역, 천안아산역, 오송역, 대전역 등 총 6개소였으며, 서울역, 용산역, 광명역은 하행선 이용객, 천안아산역, 오송역, 대전역은 상행선 이용객을 대상으로 하였다. 조사시간은 자유석 판매가 이루어지는 출근시간대 (06:30~09:30) 및 퇴근시간대 (18:00~21:00)로 하였다. 예비조사는 2015년 3월 19일(목)에 이루어졌으며, 본 조사는 2015년 3월 27일(금)~29일(일) 3일간 이루어졌다.

혼잡도 완화에 따른 진술선호자료 조사는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 크게 세 가지의 혼잡수준으로 설정하였다.

첫째, 빈 좌석이 있는 경우 (혼잡수준 A - 일행과의 동석이 자유롭고, 혼자 2인 좌석 이용이 가능한 상태), 둘째, 좌석이 가득찬 상태 (혼잡수준 B - 좌석이 있으나, 만석이 이어서 일행과의

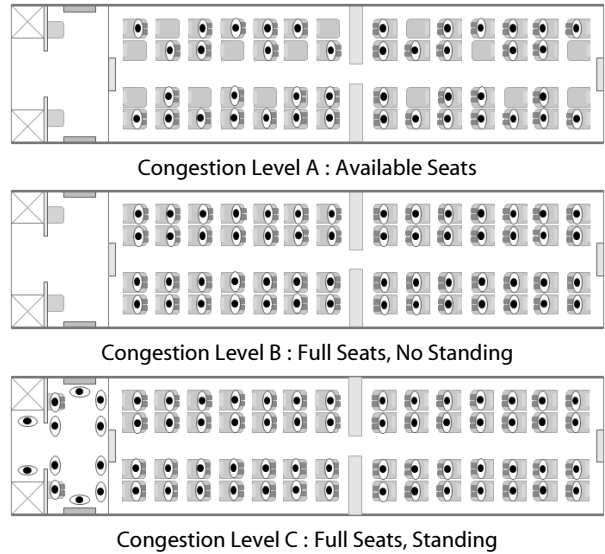


Fig. 2. Scenarios for Stated Preference Survey (Degrees of Crowdedness in High-speed Rail Train)

동석이 어려울 수도 있고, 낯선 사람과 동석하게 될 수 있는 상태), 셋째, 입석이 있는 상태 (혼잡수준 C - 일행 중 일부가 자유석을 이용해야 할 수도 있으며, 통로나 출입구 근처에서 서 있는 승객이 있어서 승하차가 불편한 상태)로 구분하였다.

이러한 세 가지 혼잡수준에 대하여 고속철도 차량 내 혼잡이 완화되는 세 가지 시나리오에 대해서 지불 용의액을 설문하였다.

- 시나리오 1) 혼잡수준 B → A 로 개선되는 경우
- 시나리오 2) 혼잡수준 C → B 로 개선되는 경우
- 시나리오 3) 혼잡수준 C → A 로 개선되는 경우

3.2 설문조사 결과

Table 2를 보면, 전체 표본크기는 총 957개였으며, 요일별로 고르게 분포하였다. 오전/오후 시간대에 따라 각각 47%, 53%로 비슷하게 구성되었으며, 표본의 성별은 남성과 여성이 약 6 : 4의 비중을 차지하였다. 연령대도 20~40대까지 고르게 분포하며, 출퇴근시간대 조사였기 때문에 직업은 사무/기술직 노동자가 58%로 가장 높은 비중을 차지하였고, 통행목적은 업무통행이 33%의 비중을 차지하였다.

조사대상의 평균 총 통행시간은 133분이며, KTX 평균 탑승시간은 76분 정도로 나타났다. 자유석 운영시간대에 원하는 시간대에 열차표를 구입한 이용자의 비율은 86.9%로 약 13%의 이용자가 원하는 시간대의 열차를 탑승하지 못하는 것으로 나타났으며, 원하는 시간대의 열차표를 구입하지 못한 114개의 표본 중 68%는 특실일 반실/자유석 모두 구입할 수 없었기 때문이며, 16% 가량은 특실

구입은 가능하지만 원하지 않았기 때문에, 나머지 16%는 자유석 승차권은 구입가능하나 원치 않았기 때문인 것으로 나타났다.

Table 2. Socio-demographic Characteristics of Sample

Classification		Number of Sample	Ratio
Total Sample		957	100.0%
Survey Station	Gwangmyeong	207	21.6%
	Daejeon	213	22.3%
	Seoul	220	23.0%
	Osong	159	16.6%
	Cheonan-Asan	158	16.5%
Day of Week	Thursday	221	23.1%
	Friday	265	27.7%
	Saturday	226	23.6%
	Sunday	245	25.6%
Time of Day	Morning	448	46.8%
	Afternoon	509	53.2%
Gender	Male	585	61.1%
	Female	372	38.9%
Age	20-29	267	27.9%
	30-39	299	31.2%
	40-49	219	22.9%
	50-59	144	15.0%
	60+	28	2.9%
Occupation	Self-employed	96	10.0%
	Employed	557	58.2%
	Management	44	4.6%
	Sales/Service	48	5.0%
	Homemaker	53	5.5%
	Student	121	12.6%
	Others	38	4.0%
Car Ownership	+1	724	75.7%
	0	233	24.3%
Trip Purpose	Business	316	33.0%
	Commuting	236	24.7%
	Visiting	201	21.0%
	Leisure	158	16.5%
	Others	46	4.8%
Average Monthly Household Income (thousand KRW)	-2,000	53	5.5%
	2,000-2,999	140	14.6%
	3,000-3,999	196	20.5%
	4,000-4,999	188	19.6%
	5,000-5,999	173	18.1%
+6,000	207	21.6%	

Table 3. Average Willingness-to-Pay(WTP) for Mitigating Crowdedness in High-speed Rail Trains

Degree of Mitigating Crowdedness	Average WTP (KRW)	Ratio of Actual Fare (%)
Scenario 1) Full Seats, No Standing → Available Seats	1,183	4.7%
Scenario 2) Full Seats, Standing → Full Seats, No Standing	1,455	5.7%
Scenario 3) Full Seats, Standing → Available Seats	2,210	8.9%

평상 시 이용하는 KTX 객실 내 혼잡상태에 대한 평가는 빈 좌석이 있는 상태로 평가한 이용자가 35.4%, 만석인 상태로 평가한 이용자는 44.6%, 입석 이용자가 존재하는 상태로 평가한 사람은 20.0%로 나타나 만석이나 입석이 존재하는 혼잡한 열차의 비율이 65% 수준으로 나타났다.

설문조사결과를 단순 평균하여 혼잡도 완화에 따른 평균 지불 용의액을 추정하면, Table 3에서 보는 바와 같이 1,200원~2,200원 수준으로 나타났으며, 지불운임 대비 5~9% 비율이 되는 것으로 분석되었다. 혼잡도 개선 수준에 따라 지불 용의액은 비례하여 커지는 것으로 나타나 직관과 부합하였다.

4. 고속철도 혼잡완화에 따른 지불용의액 모형화

4.1 모형 구조

제3장에서 제시한 평균 지불 용의액은 단순히 표본에서 조사된 값의 평균값에 불과하며, 지불 용의액에 영향을 미치는 다양한 요소들의 영향을 파악할 수 없다. 따라서 종속변수인 지불 용의액과 독립변수인 영향요인간의 관계를 모형화함으로써 다양한 영향요인에 따른 지불 용의액의 차이를 규명할 수 있다.

일반적으로 독립변수와 종속변수간의 관계를 규명함에 있어서 일반적으로 회귀분석방법론이 많이 적용되고, 회귀분석모형에서 모수추정을 위해 최소제곱 추정법(ordinary least square method, OLS)을 사용한다. 그러나 이러한 일반적인 회귀분석방법은 종속변수가 일정범위로 제한되는 경우 적합하지 않으며, 그대로 적용하는 경우 독립변수의 영향을 과소 추정할 위험성이 있다. 따라서 이러한 경우에는 제한된 종속변수의 구조를 고려해 주어진 범위 내에서 종속변수를 추정하는 토빗(Tobit) 모형이 적합하다.

토빗(Tobit) 모형은 Tobin (1958)의 연구에서 제안된 방법론으로 ‘절단 회귀분석(a censored regression)’이라고도 한다. 이는 관측된 종속변수(observed dependent variable) 중 일부를 사전 설정에 따라 절단(censoring)하기 때문이다.

본 연구에서처럼 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 지불

용의액은 음(-)의 값을 가질 수 없으므로, 이를 '0'으로 강제 보정할 경우 토빗(Tobit) 모형을 적용할 수 있다. 국내 선행연구에서도 같은 이유로 토빗모형을 적용하였다(Korea Transport Institute, 2008; Kim, 2014; Ryu et al., 2016).

먼저 설문 응답자 i 의 지불 용의액 함수 $W_i(\cdot)$ 는 고속철도 차량의 서비스 수준 변수(혼잡도 개선 정도, 요일 등) X , 응답자의 사회경제적 특성 변수 벡터 (성별, 소득수준, 통행목적, 승차권 종류 등) S_i , 기타 각간접 영향변수 벡터 Z 로 구성할 수 있다.

$$W_i(X, S_i, Z; \beta) \quad (1)$$

여기서 β : 파라미터 벡터

기타 설명변수 벡터 Z 의 영향을 오차항으로 설정하고 재구성하면, 다음의 식과 같다.

$$W_i(X, S_i; \beta) + \epsilon_i \quad (2)$$

여기서 ϵ_i : 오차항

토빗(Tobit) 모형은 강제 보정하는 임계점을 기준으로 한 인덱스(index) 함수로 구성되며, 본 연구에서의 임계점은 종속변수인 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 지불 용의액 0원으로 설정된다.

$$W_i^* = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2^T S_i + \epsilon_i \quad (3)$$

$$s.t. \quad W_i = 0 \quad \text{if } W_i^* \leq 0 \\ W_i = W_i^* \quad \text{if } W_i^* > 0$$

Eq. (3)에서 W_i^* 는 응답자 i 의 잠재 지불 용의액(original latent variable), W_i 는 관측된 지불 용의액(censored observed variable)을 의미한다. 따라서 잠재 지불용의액 변수 W_i^* 에 의한 원단위는 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$\frac{\partial E(W_i^* | X)}{\partial F} = \beta_1 \quad (4)$$

본 연구는 토빗(Tobit) 모형을 이용하여 성별, 소득수준, 통행목적, 승차권 종류 등 응답자의 특성과 요일, 혼잡도 개선수준 등 고속철도 차량 내 서비스 수준에 따른 지불 용의액을 추정하도록 한다.

4.2 모수추정결과

모수추정결과를 살펴보기에 앞서, 최종 구축된 모형을 기준으로 종속변수와 독립변수를 정의하면 다음과 같다. 종속변수인 지불

용의액은 열차탑승시간 1분당 지불 용의액으로 정의하였으며, 단위는 원/분으로 설정하였다.

독립변수로는 여러 가지 변수들을 고려하였으나, 최종 모형에서 통계적으로 유의한 독립변수로는 주말 더미, 성별(남성 더미), 주부 더미, 소득수준, 통근목적 통행여부, 여가목적 통행여부, 승차권 종류(특실, 일반실, 자유석, 정기권), 혼잡수준 등으로 나타났다.

주말 더미변수로 여행일자가 토요일~일요일이거나 공휴일인 경우 1, 그렇지 않은 경우 0으로 설정하였다. 성별 변수는 남성의 경우 1, 여성의 경우 0으로 설정하였으며, 주부 더미변수는 직업이 주부인 경우에 1, 아닌 경우에 0으로 정의하였다.

소득수준은 월평균가구소득이 100만원 이하인 경우 1, 100~199만원이면 2, 200~299만원이면 3, 300~399만원이면 4, 400~499만원이면 5, 500~599만원이면 6, 600~699만원이면 7, 700~799만원이면 8, 800만원 이상인 경우 9로 입력하였다.

통근목적 통행여부는 해당 통행이 통근목적인 경우 1, 아닌 경우 0, 여가통행에 대해서도 같은 더미변수를 설정하였다. 승차권 종류는 승차권 종류별로 더미변수를 설정하여, 특실 이용자 더미, 자유석 이용자 더미, 정기권 이용자 더미변수를 추정하였다. 끝으로 혼잡수준은 빈 좌석이 있는 경우 (혼잡수준 A)를 1, 좌석이 가득 찬 상태 (혼잡수준 B)를 2, 입석이 있는 상태 (혼잡수준 C)를 3으로 입력하였다.

Table 4에 제시된 모수추정결과를 보면, 소득 수준, 혼잡 수준의 모수추정결과는 양(+)의 값을 나타내어, 소득 수준이 높을수록, 혼잡도가 높을수록 지불 용의액이 높아지는 것으로 나타났으며, 이는 직관과 부합하는 것으로 분석되었다. 또한, 남성 더미, 특실

Table 4. Estimation Results of Tobit Model

Variables	Coefficient	Std. Error	t-statistics
Weekends	-6.8484	2.2364	-3.06
Male	4.6610	2.1898	2.13
Homemaker	-7.5813	4.7151	-1.61
Income Level (Unit: Million KRW)	1.2172	0.4759	2.56
Commuter	-10.6112	3.2262	-3.29
Leisure Traveler	-5.0658	2.9566	-1.71
First-class Users	13.8526	5.1095	2.71
Not-assigned Ticket Users	10.6716	4.1932	2.54
Monthly Pass Users	6.2682	3.8928	1.61
Level of Crowdedness	1.8849	1.2239	1.54
Summary Statistics			
Sample Size (N)	2,871		
Inf. Cr. AIC	19243.5		
AIC/N	6.703		

이용자, 자유석 이용자, 정기관 이용자 등도 양(+)의 부호를 보여서, 여성보다는 남성의 지불 용의액이 높고, 일반실 이용자 보다는 특실 이용자가 지불 용의액이 높은 것으로 나타났다. 또한 좌석을 확보 받지 못하는 자유석 이용자와 정기관 이용자의 경우에도 지불 용의액이 높은 것으로 나타났다.

반면, 주말 더미, 주부 더미, 통근통행 더미, 여가통행 더미는 음의 부호를 보여 주말 통행은 주중 통행에 비해 지불 용의액이 낮으며, 타 직업군과 달리 주부의 경우 지불 용의액이 낮은 것으로 나타났다. 통행목적별로는 통근통행이나 여가통행의 경우는 지불 용의액이 낮아지는 것으로 분석되었다.

4.2 모수추정결과 해석

이상의 모수추정결과를 가지고, 도시근로자 월평균 가구소득(200만원대)과 주중 남성 통행자, 서울-대전간 60분 통행을 기준으로 변수의 영향을 살펴보면, 만석 상황에서는 725원 가량의 지불 용의액이 있으며, 입석이 존재하는 상황에서는 838원 가량의 지불 용의액이 있는 것으로 나타나 이는 운임 대비 3.2~3.7%의 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

동일한 조건에서 주말 통행을 하는 경우는 만석 상황 314원, 입석 상황 427원으로 나타나 운임 대비 1.4~1.9% 수준으로 낮아지며, 주중 여성 이용자들은 만석 상황 445원, 입석 상황 558원의 지불 용의액을 나타내 운임 대비 2.0~2.5% 수준으로 낮아짐을 확인하였다.

반면 특실 이용자의 경우는 각각 1,556~1,669원의 지불 용의액을 보여 운임 대비 7.0~7.4% 정도로 높아지며, 자유석 이용자의 경우도 1,365~1,478원의 지불 용의액이 있는 것으로 분석되어 운임 대비 6.1~6.6% 가량의 지불 의사가 있는 것으로 나타났다.

또한, 월평균 가구소득이 100만원 가량 높아질 때마다 지불 용의액은 73원 가량 상승하며, 운임대비 0.3% 가량 상승하는 것으로 나타났다.

4.3 적용 사례 분석

본 논문에서 제시한 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 지불 용의액은 고속열차 추가도입을 통한 공급 좌석 수 확대나 기존

고속열차 보다 좌석 수가 많은 2층 고속열차 도입에 따른 편익을 산정함에 있어서 활용 가능하다. 따라서 본 논문에서는 추정된 지불 용의액의 적용성 검토를 위하여 한국철도기술연구원이 개발을 검토한 바 있는 2층 고속열차 도입에 따른 편익산정에 적용해 본다.

고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 편익을 합리적으로 추정할 수 있도록 편익의 산정범위를 시간적 및 공간적으로 제한하였다. 시간적 범위는 자유석, 입석 등이 발생하는 주중 출퇴근시간대만을 대상으로 하였으며, 공간적 범위는 고속철도 운행구간 중 혼잡이 발생하는 서울(용산)~대전구간 및 수서~대전구간만을 대상으로 하였다.

여석열차, 만석열차, 입석열차 등 혼잡열차의 비율이나 혼잡도 완화수준, 대상구간의 장래 고속철도 이용수요 등은 「2층 고속열차 수요 및 경제성 조사분석」(Korea Railroad Research Institute, 2015) 연구에서 수행된 조사결과와 예측결과를 활용하였다. 이에 따르면 전체 고속철도 열차 운행 중 출퇴근시간대 열차비율은 34.67% 수준으로 조사되었으며, 입석이 발생하는 열차의 비율은 전체 열차 중 6.93%, 만석이 발생하는 열차는 15.60%, 여석이 있는 열차는 12.13% 수준으로 조사되었다.

고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 편익은 다음의 식으로 산정할 수 있으며, 편익은 사업미시행시 혼잡비용에서 사업 시행시 혼잡비용을 차감하여 산정할 수 있다.

$$\text{혼잡비용} = \text{전체 열차 대비 출퇴근시간대 혼잡수준별 열차운행 비율} \times \text{혼잡도 완화수준} \times \text{혼잡도 완화수준에 따른 지불 용의액}$$

혼잡도 완화수준에 따른 지불 용의액은 본 연구에서 Table 4에서 추정된 값을 적용하였으며, 통행자의 사회경제적 특성변수는 Table 2의 표본비율에 따라 가중평균하여 적용하였다. 또한, 분석대상구간인 서울/수서~대전구간에 대한 영향만을 반영하기 위하여 절대적인 지불 용의액이 아니라 운임에 대한 비율로서 적용하였다. 이에 따라 사례분석에 적용된 지불 용의액은 혼잡수준에 따라 운임 대비 3.0~3.5% 정도로 나타났다.

Table 5. Benefits from the Mitigation of Crowdedness in High-speed Rail Trains

Year		2020	2030	2040
Forecasted Demand in Seoul/Suseo-Daejeon Section (Million Pass-km/Year)		7,511	7,704	7,488
Estimated Revenues in Seoul/Suseo-Daejeon Section (100 Million KRW/Year)		8,818	9,049	8,799
Benefits from Mitigating Crowdedness of HSR (100 Million KRW/Year)	Full Seats, No Standing → Available Seats	41.27	42.36	41.18
	Full Seats, Standing → Full Seats, No Standing	21.40	21.96	21.35
	Total	62.67	64.31	62.54

전체적인 혼잡도 완화에 따른 편익을 산정하기 위하여 장래 예측된 대상구간의 수요예측결과(해당구간 pass-km 값)에 고속철도 운임요율을 곱하여 운송수입을 산정하였으며, 운송수입에 운임 대비 지불 용의액 비율을 곱해서 편익을 추정하였다. Table 5에서 보는 바와 같이 2층 고속열차 도입에 따른 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 편익은 연간 62~64억원 규모에 이르는 것으로 추정되었다.

5. 결론 및 정책적 시사점

최근 들어 고속철도 평균 좌석이용률이 98% 수준에 이르면서 고속철도 차량 내 혼잡이 발생하는 문제가 나타났다. 이러한 배경에서 본 연구는 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 고속철도 이용자들의 편익을 추정하기 위하여 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 이용자들의 지불 용의액을 산정하였다.

선행연구와 마찬가지로 방법론 측면에서는 진술선호자료(SP)에 근간한 조건부 가치추정법을 통해 지불 용의액을 추정하였으며, 토빗(Tobit) 모형을 통해 혼잡수준이나, 통행목적, 통행자의 사회경제적 특성에 따른 지불 용의액의 차이를 파악할 수 있도록 하였다.

모수추정결과, 혼잡도 완화에 따른 지불 용의액은 소득 수준 및 혼잡도 수준과 비례하는 것으로 나타났으며, 여성보다는 남성이, 일반실 이용자 보다는 특실 이용자가 지불 용의액이 높은 것으로 나타났다. 또한, 자유석 이용자와 정기권 이용자도 지불 용의액이 높은 것으로 나타났다. 반면, 주말 통행은 주중 통행에 비해 지불 용의액이 낮으며, 타 직업군과 달리 주부의 경우 지불 용의액이 낮은 것으로 나타났다. 통행목적별로는 통근통행이나 여가통행의 경우는 지불 용의액이 낮아지는 것으로 분석되었다.

이상에서 산정된 지불 용의액을 가지고 2층 고속열차 도입에 따른 혼잡도 완화 편익을 추정하였다. 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 편익 산정방법을 제시하였으며, 이러한 방법론에 근거하여 산정한 결과, 2층 고속열차 도입에 따른 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 편익은 연간 62~64억원 규모에 이르는 것으로 추정되었다.

본 연구는 기존 선행연구들이 주로 광역도시철도의 혼잡도 완화에 따른 지불 용의액 혹은 편익 산정에 초점을 맞춘 것과 달리 고속철도 차량 내 혼잡도 완화에 따른 지불 용의액 산정과 이를 통한 편익추정이 가능하도록 연구를 진행하였다.

일반적으로 철도운영자는 이윤 극대화 및 수익성 개선에 더 높은 우선순위를 두기 때문에 이용객의 서비스 수준 제고 측면에서 혼잡도 완화를 위한 차량의 추가 구입이나 좌석공급량이 큰 2층 고속열차 도입 등에 소극적인 수밖에 없다. 이에 본 연구는 철도운영자들의 차량 추가구입이나 좌석공급 확대를 위한 노력에 대하여

정부의 지원근거나 타당성, 혹은 사회적 편익을 계량화할 수 있는 근거를 제공하였다는 점에서 의의가 있다고 하겠다.

다만, 진술선호자료의 특성 상 설문조사에서 조사자의 의도와 달리 응답자들이 좌석이용 가능성에 대한 지불 용의액으로 오인될 수 있는 여지가 존재할 수 있다. 향후 이러한 설문 응답자의 오인을 최대한 배제할 수 있는 설문지 구성이 보완되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 여석이 있는 상태, 만석 상태, 입석이 있는 상태간의 상대적인 차이만을 조사하다 보니 좌석이용률에 따라 다양하게 나타날 수 있는 여석상태(혼잡수준 A)를 여러 수준들을 반영하지 못하였다. 끝으로, 설문지를 통한 진술선호 조사 자료에 근거하여 조건부 가치추정법으로만 지불 용의액을 추정하였기에 편익(bias)의 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 향후 이러한 응답자의 왜곡가능성을 최소화할 수 있도록 조사를 실제 혼잡이 발생한 차량 내에서 시행하고, 보다 세분화된 혼잡수준에 따라 조사를 수행하는 것이 필요하다. 또한, 조건부 가치추정법 외에도 혼잡도 차이에 따른 열차선택 실험법을 사용하여 차내시간에 대한 가중치 형태로 지불 용의액을 도출하는 연구가 필요하다고 하겠다.

감사의 글

본 연구는 2016년 한국교통대학교 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Baker, J., MacDonald, M., Murphy, P., Maunsell, F. and Myers, N. (2007). *Placing a Value on Overcrowding and Other Rail Service Quality Factors*. Association for European Transport and Contributors.
- Douglas, N. and Karpouzis, G. (2006). "Estimating the passenger cost of train over-crowding." Paper Presented at the 29th Australian Transport Research Forum, Gold Coast.
- Haywood, L. and Koning, M. (2013). "Estimating crowding costs in public transport." *DIW Berlin - German Institute for Economic Research*, Discussion Papers 1293.
- Hoehn, J. P. and Randall, A. (1987). "A satisfactory benefit cost indicator from contingent valuation." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 13, No. 3, pp. 226-247.
- Kim, S. J. (2014). *Seoul Subway Congestion Costs and Policy Implication*. Seoul Development Institute (in Korean).
- Korea Railroad and Korea Rail Network Authority (2016). *2015 Statistical Yearbook of Railroad* (in Korean).
- Korea Railroad Research Institute (2015). *Demand Forecasting and Economic Feasibility Survey of Double-deck High-speed Rail Trains* (in Korean).
- Korea Transport Institute (2008). *A Study on the Improved Estimation Method of Benefit in the (Pre-)Feasibility Survey for Railway Project*. Ministry of Land, Transport, and Maritime Affairs (in Korean).

- Lee, G. M. (2010). An Estimation of Latent Demand for Airline Cultural Marketing and Its Influence on Brand Equity. Ph.D. Thesis, Sejong University (in Korean).
- Lu, H., Fowkes, A. S. and Wardman, M. (2008). "Amending the incentive for strategic bias in stated preference studies : A case study in users' valuation of rolling stock." *Transportation Research Record*, 2049, pp. 128-135.
- Pepper, J., Spitz, G. and Adler, T. (2003). "Customer perspectives on multilevel coaches for increasing rail system capacity." *Transportation Research Record*, 1838, pp. 19-29.
- Ryu, S., Han, S. and You, J. (2016). "Measuring social benefit of mitigation of in-vehicle congestion level in intercity buses." *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 34, No. 6, pp. 523-534 (in Korean).
- Tirachini, A., Hensher, D. A. and Rose, J. M. (2013). "Crowding in public transport systems : Effects on users, operation and implications for the estimation of demand." *Transportation Research Part A*, 53, pp. 36-52.
- Whelan, G. and Crockett, J. (2009). "An investigation of the willingness to pay to reduce rail overcrowding." In : International Conference on Choice Modelling, Harrogate, England.