

대전시 공공자전거시스템의 경제적 가치평가 및 결정요인

이재영¹ · 한상용^{2*}

¹대전발전연구원 도시기반연구실, ²동서대학교 국제물류학전공

Economic Valuation and Determinant Factors of Bicycle Sharing System in Daejeon City

LEE, Jaeyeong¹ · HAN, Sangyong²

¹Department of Urban and Transportation, Daejeon Development Institute, Daejeon 34863, Korea

²Department of International Logistics, Dongseo University, Busan 47011, Korea

*Corresponding author: hansy@gdsu.dongseo.ac.kr

Abstract

Although there are continuous demands for activating BSSs(Bicycle Sharing Systems) due to the convenience and positive health effects, it is difficult to make a decision to support the existing systems and build more systems because of the deficit resulting from the operation of BSSs. Consequently, this study estimated the economic effects(WTP; Willingness to Pay) of BSS and analyzed the impact factors of WTP to support the above decision making in Daejeon. For this, we conducted a survey and collected 668 samples from the users and non-users of TASHU that is the BSS operated in Daejeon. Also, we used CVM(Contingent Valuation Method) for the estimation of WTP. The results show that the number of bicycle uses is a determinant factor having a positive relationship with WTP and car ownership and age are also determinant factors having a negative relationship with WTP. On the other hand, income and sex have no significant statistical relationship with WTP. Also, the economic benefit of TASHU was estimated as much as 49.9 billion KRW to 63.6 billion KRW. Considering the operation cost of 2.5 billion KRW, it is quite big benefit. Based on the results, it needs to support TASHU from a user perspective for the efficient operation of the system.

Keywords: bicycle sharing system, contingent valuation method, daejeon city, determinant factors, economic values, willingness-to-pay

초록

공공자전거는 이용 편리성 및 건강증대 효과 등으로 인하여 상당한 인기를 누리고 있고 지속적인 확대요구가 있으나, 낮은 요금수익률로 인하여 지속적인 재정지원 및 확대구축을 위한 정책결정과정에서 판단의 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 연구는 계량화된 방법으로 공공자전거 시스템의 사용가치인 지불의사금액을 추정하고, 지불의사금액에 영향을 미치는 결정요인을 분석함으로써 지속적인 재정지원 및 시스템의 확대구축 여부에 대한 판단 준거를 제시하는데 목적이 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 대전시의 공공자전거시스템인 타슈를 분석대상으로 하여 현장 설문조사를 통하여 자료를 수집하였으며, 조건부가치측정법을 활용하였다. 분석결과, 지불의사금액에 영향을 미치는 요인들은 자전거 이용횟수는 양(+의 영향, 자동차보유대수 및

연령은 음(-)의 영향 그리고, 성별과 소득 등은 관련성이 나타나지 않았다. 또한, 타슈의 연간 경제적 편익은 최소 499.3억 원에서 최대 636.1억 원에 달하는 것으로 분석되었다. 이는 타슈의 연간 운영비용 25억 원을 크게 상회하는 금액으로 타슈로 인한 경제적 편익이 큼을 알 수 있다. 위의 분석결과를 바탕으로 할 때 타슈는 지속적인 확대 구축과 지원을 하는 한편, 운영의 효율화를 기할 수 있도록 이용자 중심의 마케팅 방안이 추가적으로 강구되어야 할 것으로 판단된다.

주요어: 공공자전거시스템, 조건부가치측정법, 대전시, 결정요인, 경제적 가치, 지불의사액

서론

1. 연구의 배경 및 목적

공공자전거시스템(PBS; Public Bike System, 혹은 BSS, Bicycle Sharing System)은 1998년 프랑스 렌느(Rennes)에서 처음 도입된 이래 2015년 7월 현재 1,000대 이상 대규모로 운영하고 있는 216개 도시에 이르고 있다¹⁾. 우리나라는 2008년에 창원시가 처음 도입하였고 현재는 고양시, 대전시 등 74개 도시에서 운영하고 있다.

짧은 시간 동안 많은 도시에 공공자전거가 확산될 수 있었던 이유는 기존 대여자전거와 구별되는 공공자전거시스템의 특징에 기인한 것으로 판단된다. 즉, 공공자전거시스템은 모든 시민에게 개방되어 있고, 24시간 운영되며, 대여 장소와 관계없이 어디에서나 반납이 가능하며, 모든 절차가 자동으로 이루어지는 등의 특징이 있다. 이러한 편리성으로 인하여 기존 자동차 통행을 대체하고 도시의 활력을 증진시키며, 자전거 인프라의 건설을 촉진하는 효과가 있다(2013. bike miami valley).

한편, 공공자전거시스템의 편리성과 공익성에도 불구하고 시스템 구축비용이 개인자전거에 비하여 상대적으로 높고, 수익구조가 취약하여 운영비의 대부분을 지방자치단체의 재정에 의존하고 있는 상황이다.

국내에서도 많은 지자체가 확대구축 혹은 신규도입을 검토하고 있으나 합리적인 논거와 계량화된 자료를 이용한 의사결정을 하는 데에는 한계가 있다. 공공자전거시스템에 대한 편익을 객관화하지 않았기 때문이다.

공공자전거의 편익에 대한 객관화는 적자운영으로 인한 지방정부의 재정지원이 불가피한 상황에서 매우 중요하다. 공공자전거시스템 운영에 따른 편익은 공공자전거시스템의 확대구축 여부, 적정 재정지원범위, 구축 규모 등에 대한 의사결정과정에서 투입에 대한 효과로 고려되기 때문이다.

이에 본 연구는 계량화된 방법을 이용하여 공공자전거시스템의 편익 즉 사용가치인 지불의사금액(Willingness to Pay)을 추정하고, 지불의사금액에 영향을 미치는 결정요인을 분석함으로써 의사결정을 지원할 수 있도록 하는데 목적이 있다.

2. 연구의 내용 및 방법

공공자전거시스템의 경제적 가치를 추정하기 위하여 대전시에서 운영 중인 ‘타슈’를 대상으로 분석하였다. 분석 대상지 대전시는 2009년에 시스템을 구축하여 공공자전거시스템을 도입한 이래 약 7년 동안 운영하고 있다. 최근까지 꾸준하게 규모를 확대하여 2015년 현재 165개 스테이션에 1,700대를 운영하는 규모로 성장하여 창원시와 고양시 다음으로 많은 자전거를 운영하고 있다. 또한, 향후 6,000대까지 확대구축 계획을 가지고 있어 사례연구의 대상지로 선정하였다.

본 연구에서 공공자전거시스템의 경제적 가치는 이용자의 사용가치로 정의하였고, 사용가치는 타슈의 이용에 따른 월간 및 연간 지불의사액으로 설정하였다. 지불의사액 및 결정요인 분석을 위한 방법으로 조건부가치추정법(CVM; Contingent Valuation Method)을 이용하였다.

자료는 현장조사를 통하여 수집하였고, 타슈 이용자 및 비이용자를 대상으로 사전조사 및 본 조사로 구분하여 실시하였다. CVM분석을 위한 tool은 통계패키지 TSP version 5.0을 활용하였다.

1) 이재영(2015), 공공자전거 타슈의 효율적 운영관리방안, 대전발전연구원, p.15.

Table 1. Survey method and samples

Categories		Samples
Pre-test Survey	Online(Naver)	201
	City Homepage	164
Main Survey	Field Survey	303
Survey target		Users and Non-users

선행연구 검토

공공자전거 이용에 따른 경제적 가치의 추정에 관한 연구는 Han et al.(2013)의 연구가 유일하다. 이 연구에서는 고양시와 창원시의 공공자전거시스템의 일인당 지불의사액과 경제적 편익을 추정하였는데, 고양시의 경우 일인당 지불의사액은 5,702원, 연간 편익이 17.5억원에 달하며, 창원시의 일인당 지불의사액은 9,982원이고 연간 편익은 37.5억원에 달하는 것으로 분석하였다.

그 외에 유사연구로서 자전거이용, 자전거도로 등의 편익을 추정한 연구들은 다음과 같다. 먼저 해외 연구 중 Wang et al.(2005)은 미국 네브라스카 주의 자전거 이용에 따른 연간 건강증진 편익은 564.41달러로서 비용-편익 비율이 2.94에 달하는 것으로 분석하였다. 또한, Sælensminde(2004)는 노르웨이에 위치한 Hokksund, Hamar, Trondheim 등 3개 도시의 자전거 전용도로를 대상으로에 대한 경제적 편익을 추정한 결과, Hokksund의 경우 153.7백만NOK, Hamar 309.1백만NOK, 그리고 Trondheim 3,023.3백만NOK로 나타났다. Kwon et al.(2006)은 조건부가치측정법을 적용하여 해안선 자전거 일주 도로 건설에 의한 비시장적 편익을 추정한 결과, 가구당 소득세의 형태로 연간 2,114-2,802원을 추가로 지불할 의사가 있으며, 2004년 말 기준 자전거 도로 건설에 따른 연간 경제적 가치는 328-435억원에 이르는 것으로 분석하였다.

Kim(2009)은 4개월간 자전거 이용여부에 따른 실험군과 대조군 비교를 통해 건강증진효과를 추정한 결과, 자전거 이용은 일인당 연간 40,130원의 의료비 절감효과가 있는 것으로 분석하였다.

본 연구에서는 선행연구들을 참조하여 설문지 구성 및 영향요소들을 설정하였다. 또한, 공공자전거는 지역성을 가지므로 지불수단 및 방법은 대전시 타슈의 요금지불방법을 고려하여 설정하였다.

지불의사액 추정 모형

지불의사액에 미치는 영향요인 및 지불의사액 추정은 Hanemann(1984, 1989)의 확률효용모형(utility difference model)에 근거하고 있으며, 각 개인의 공공자전거 이용에 따른 효용수준 변화에 대한 Hicks적 보상 잉여(Hicksian compensating surplus)를 도출하였다.²⁾ 지불의사금액의 도출을 위해 이중경계양분선택방식(DBDC; Double Bounded Dichotomous Choice)의 설문방식을 이용하였으며, 분석에 활용한 모형은 이중경계모형과 스파이크모형이다. 분석에서 활용한 이중경계모형은 양분선택형 질문을 이용한 조건부가치추정법으로서 단일경계모형에서보다 정확한 응답자의 지불 의사액을 추정할 수 있다.³⁾

1. 이중경계모형

이중경계모형에서는 첫 번째 제시금액 Bid_i 에 응답자가 ‘예’라고 대답한 경우 두 번째 제시금액을 Bid_i 보다 큰 Bid_i^u (Bid_i 의 2배)로 제시하고, ‘아니오’라고 응답한 경우의 두 번째 제시금액은 Bid_i 보다 작은 Bid_i^l (Bid_i 의 0.5배)로 제시함으로써 이러한 연속적인 두 질문들에 대한 응답자의 이변량 응답자료를 활용한다. 이 경우 응답자로부터 얻을 수 있는 응답결과는 다음과 같이 (1) 예-예, (2) 예-아니오, (3) 아니오-예, (4) 아니오-아니오로 나타낼 수 있다.

2) Cameron and James(1987)와 Cameron(1988)은 DC-CVM 자료를 분석하는데 있어 효용격차모형의 대안으로 지출함수에 근거한 지불의사액모형을 제안하였다. 또한 McConnell(1990)은 효용격차모형과 지불의사액모형이 서로 쌍대관계(duality)에 있음을 증명하면서 두 모형간의 선택은 연구자의 선택 차이에서 기인하는 문제이지 옳고 그름의 문제가 아님을 밝히고 있다. 아울러 효용격차모형은 확률효용모형의 체계에서 전개되어 보다 많은 실증연구에서 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서도 효용격차모형을 활용하고자 한다.

3) Cooper(1994)는 단일경계 모형에서 이중경계, 삼중경계(triple-bound) 모형으로 변환에 따라 WTP 추정치의 효율성 증진을 평가하기 위해 평균 WTP를 이용한 몬테칼로 실험을 하였다. 그 결과 단일경계에서 이중경계로 변하는 것은 WTP의 점추정치를 크게 변화시키며 추정치의 분산도 큰 감소가 야기되었지만, 삼중경계 모형의 경우는 추정치의 편이나 효율성의 개선은 미미하다고 주장했다.

이때 개별 응답들의 확률을 P^{YY} , P^{YN} , P^{NY} , P^{NN} 라고 하면 응답자가 자신의 효용을 극대화한다고 하면 이들 확률은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P^{YY}(Bid_i, Bid_i^u) &= 1 - G(Bid_i^u) & (1) \\
 P^{YN}(Bid_i, Bid_i^u) &= G(Bid_i^u) - G(Bid_i) \\
 P^{NY}(Bid_i, Bid_i^d) &= G(Bid_i) - G(Bid_i^d) \\
 P^{NN}(Bid_i, Bid_i^d) &= G(Bid_i^d)
 \end{aligned}$$

이제 Hanemann(1989)과 동일하게 Equation 1에서 $G(Bid)$ 가 로지스틱 분포를 따른다고 가정하면 $G(Bid) = [1 + \exp(a + b \cdot Bid)]^{-1}$ 로 정형화할 수 있다.

Equation 1을 이용하여 M개의 응답자료에 대한 로그-우도함수(log-likelihood function)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \ln L = \sum_{i=1}^M [& I_i^{YY} \cdot \ln P^{YY}(Bid_i, Bid_i^u) & (2) \\
 & + I_i^{YN} \cdot \ln P^{YN}(Bid_i, Bid_i^u) \\
 & + I_i^{NY} \cdot \ln P^{NY}(Bid_i, Bid_i^d) \\
 & + I_i^{NN} \cdot \ln P^{NN}(Bid_i, Bid_i^d)]
 \end{aligned}$$

위에서 I_i^{YY} , I_i^{YN} , I_i^{NY} , I_i^{NN} 는 연속적인 질문에 대한 지시변수로서 지시하는 응답과 일치할 때에는 1, 그렇지 않을 경우에는 0으로 표현된다.

2. 스파이크모형(Spike Model)

위의 이중경계모형은 기본적으로 응답자의 지불의사액 분포를 가정하여 대전시 시민공영자전거의 이용을 위한 지불의사액을 추정하도록 설계되었다. 한편 응답자들이 대전시 시민공영자전거인 타슈의 이용을 위해 본인의 소비를 줄이면서 제시금액만큼을 지불한다는 것에 대해 거절 의사를 가지고 있는 응답자들이 적지 않을 수 있다. 이 경우에는 응답자들은 영(0)원의 지불의사액을 가지고 있다고 볼 수 있으며, 이러한 정보를 추가로 반영하여 지불의사액을 추정하는 모형이 요구된다.

Krström(1997)이 제안한 스파이크모형(Spike Model)은 이러한 0원의 지불의사를 갖는 응답자들의 응답을 고려한 지불의사액을 추정 가능하도록 설계되어 있다. 본 연구에서도 영(0)원의 지불의사액을 가지고 지불의사액 여부에 관한 정보를 얻기 위해 응답자에게 제시된 첫 번째 제시금액 Bid_i 과 두 번째 제시금액 Bid_i^d 에 대해 모두 “아니오-아니오”라고 응답한 응답자들에게 추가로 단 1원의 지불의사가 있는지의 여부를 추가로 질문하였다. 만약 응답자가 이러한 추가적 지불의사에 대한 질문에 “아니오”라고 응답한다면 응답자는 영의 지불의사를 갖는다고 볼 수 있으며, 만약 “예”라고 응답한다면 양(+)의 지불의사를 갖는다고 볼 수 있다. 설문결과, 전체 응답자들인 303명 중에서 155명(51.2%)이 이러한 영(0)원의 지불의사를 지니는 것으로 분석되었다. 이 경우 Equation 1에서의 지불의사액의 누적분포함수는 다음과 같이 수정된다.

$$G(Bid) = \begin{cases} [1 + \exp(a + b \cdot Bid)]^{-1} & (Bid > 0) \\ [1 + \exp(a)]^{-1} & (Bid = 0) \\ 0 & (Bid < 0) \end{cases} \quad (3)$$

그리고 위 스파이크모형의 M개의 응답자료들에 대한 로그우도함수(log-likelihood function)는 다음 식과 같으며, Equation 4의 추정방법과 지불의사액 추정 과정은 위에서 설명한 이중경계모형과 동일하다.

$$\begin{aligned}
 \ln L = \sum_{i=1}^M [& I_i^{YY} \cdot \ln P^{YY}(Bid_i, Bid_i^u) & (4) \\
 & + I_i^{YN} \cdot \ln P^{YN}(Bid_i, Bid_i^u) \\
 & + I_i^{NY} \cdot \ln P^{NY}(Bid_i, Bid_i^d) \\
 & + I_i^{NNY} \cdot \ln P^{NNY}(Bid_i^d, 0) \\
 & + I_i^{NNN} \cdot \ln P^{NNN}(0)
 \end{aligned}$$

3. 일인당 지불의사액 추정방법

Hanemann(1984)에 의하면 WTP가 0보다 크거나 같을 경우 평균 WTP (C^{++})는 다음과 같이 계산된다.

$$C^{++} = -\frac{1}{b} \ln[1 + \exp(a)] \quad (5)$$

한편 대전시에 거주하는 사설 자전거 임대업자 등 일부 응답자들은 시민공영자전거 이용 프로그램에 대한 그들의 WTP은 영(0)보다 작을 수 있다. 즉 그들은 시민공영자전거 이용 프로그램의 시행에 대해 보상받아야 한다고 생각할 수 있다. 이 때 Hanemann(1989)에 의해 제안된 평균 WTP(C^+)는 다음과 같다.

$$C^+ = -\frac{a}{b} \quad (6)$$

여기서 a 와 b 는 추정해야 할 모수들인데 이들은 Equation 2와 Equation 4에 최우추정법(maximum likelihood estimation)을 적용하여 구할 수 있다. 그리고 추정된 모수들로부터 공공자전거시스템 이용을 위한 WTP의 대표값으로써 절단된 평균 WTP(mean WTP with positive preference)와 중앙값 WTP(median WTP)를 얻을 수 있다.

또한 각 응답자들의 사회경제적 특성들이 그들의 WTP 질문에 대한 응답에 어떤 영향을 주는지를 파악하기 위해서는 공변량(covariates)들을 포함한 모형을 분석할 필요가 있다. 이 경우 위 식들의 a 는 단순히 $\gamma + x_i' \cdot \omega$ 로 대체된다. 여기서 x_i 는 응답자들의 사회경제적 특성을 반영하는 공변량 벡터이고, γ 와 ω 는 추정모수(parameter)들로 구성된 벡터집합이다.

공공자전거의 지불의사액 모형 추정결과

1. 설문조사 개요 및 응답자 표본 특성

본 연구에서는 대전시의 공공자전거인 타슈를 대상으로 대전시의 이용자와 비이용자를 포함하여 공공자전거의 경제적 편익을 추정하기 위해 최종 설문지에 타슈 이용경험 및 빈도, 이용목적 및 만족도, 가구내 개인자전거 및 승용차 보유대수, 건강을 위한 운동정도, 응답자의 성 및 연령대, 가구소득 및 타슈 이용에 대한 지불의사액 추정질문 등을 포함하였다.

2014년 기준 대전시의 총 인구수는 1,531,809명이고, 이 가운데 조사대상 연령대의 인구수는 1,379,188명(10대 미만 및 90대 이상 제외)이다. 이 중 303명의 응답자들을 대상으로 한 설문조사 결과, 응답자들의 표본 특성들은 Table 2와 같다. 첫째, 응답자들은 20대가 107명으로 가장 많고, 30대 64명, 10대 52명, 40대 51명, 50대 23명의 순으로 노인층보다는 청장년들의 응답자가 많은 것으로 분석되었다. 그리고 응답자 성별의 경우 남성 194명, 여성 109명으로 남성비율이 64.0%으로 여성보다는 남성의 응답비율이 다소 높은 것으로 분석되었다.

아울러 응답자들이 얼마나 자주 타슈를 이용하는지에 대해 질문한 결과, 월 1회 정도라고 응답한 시민이 94명(약 31.0%)으로 가장 많고, 월 1회 미만 82명(27.1%), 월 4회 정도 73명(약 24.1%)라고 응답하여 전체 응답자들 중 한 시민은 303명의 응답자들 중 249명(약 82.2%)이 타슈를 월 4회 이하로 이용하는 것으로 분석되었다. 위의 분석결과를 토대로 할 때 대전시민들의 타슈 이용 빈도는 고양시와 창원시보다는 상대적으로 작아 향후 타슈 이용을 활성화할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

응답자들의 가구 내 개인자전거 소유대수는 절반이 넘는 174명(약 57.4%)이 자전거를 소유하지 않고 있으며, 개인자전거 소유 대수가 1대 86명(약 28.4%), 2대 32명(약 10.6%), 3대 이상 11명(약 3.6%)의 순으로 분석된 반면, 가구 내 승용차 보유대수의 경우 2대를 보유한 응답자가 126명(약 41.6%)으로 가장 많았으며, 1대 125명(약 41.3%), 3대 이상 30명(약 9.9%)로 분석되어 전체 응답자들 중 92.7%가 승용차를 보유하고 있는 것으로 분석되었다.

그리고 대전시 응답자들이 건강을 위해 운동을 어느 정도 하는지를 Likert 척도(전혀 그렇지 않다=1, 매우 그렇다=9)를 사용하여 질문한 결과, 평균값이 5.591로 대부분의 시민들이 보통 수준으로 건강을 위해 운동을 하는 것으로 분석되었다.

마지막으로 월평균 세전 가구소득은 300-400만원 수준인 것으로 분석되었다.

Table 2. Sample statistics

Variables	Descriptions	Mean	S.D.
Age	Respondents' age Level(10s=1, 20s=2, 30s=3, 40s=4, 50s=5, 60s=6, 70s=7, 80s over=8)	2.683	1.263
Sex	Respondents' sex (Male=1, Female=0)	0.640	0.481
Frequency	Respondents' use frequency (under one time/month=1, one time/month=2, four time/month=3, ten time/month=4, twenty time/month=5, every day=6)	2.446	1.303
Bike	Bicycles in household (zero=0, one=1, two=2, three or more=3)	0.604	0.819
Car	Cars in household (zero=0, one=1, two=2, three or more=3)	1.541	0.770
Health	Respondents' exercise level for health (never exercise=1 ~ strongly exercise=9; 9 score Likert indicator)	5.591	1.859
Income	Household's income level(under 1 million won=1, 1~2 million won=2, 2~3 million won=3, 3~4 million won=4, 4~5 million won=5, 5~6 million won=6, 6~7 million won=7, 7~8 million won=8, 8 million won or more=9)	4.271	1.476

2. 지불의사액 분포

분석에서 사용된 표본 수는 총 303개로서 제시금액은 4,000원, 6,000원, 8,000원, 10,000원, 12,000원, 14,000원 등 6개의 제시금액으로 나누었다. 그 결과 4,000원에 대해 지불의사를 밝힌 응답자는 50명 중 16명으로 (약 32.0%) 가장 많았으며, 6,000원에 대해 지불의사를 밝힌 응답자는 50명 중 15명(약 30.0%), 8,000원에 대해 지불의사를 밝힌 응답자는 50명 중 9명(약 18.0%) 등으로 제시금액이 커질수록 지불의사를 나타내는 비율이 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 월간 쿠폰 구입금액이 높아짐에 따라 지불의사가 작아짐을 나타내고 있어 통상적인 시장상황을 잘 설명하고 있음을 알 수 있다.

그러나 본 설문조사의 첫 번째 제시금액에 대한 '예' 응답확률은 전체 응답자 303명 중 56명(18.5%)에 불과하여 첫번째 제시금액에 대해 '아니오'라고 응답한 사람들을 대상으로 두 번째 지불의사액에 대한 응답분포를 추가로 분석하였다.

Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 첫 번째 제시금액에 '아니오'라고 응답한 247명의 응답자들 중 두 번째 제시금액(첫번째 제시금액의 50%)에 대해 지불의사를 밝힌 응답자는 247명 중 206명으로 (약 83.4%) 매우 큼을 알 수 있다. 즉, 대전시 시민들은 시민공영자전거 타슈를 최초 설정된 쿠폰가격을 지불하고 이용할 의사가 상대적으로 작음을 확인할 수 있다.

그렇다면, 대전시민들은 타슈에 대하여 단 1원의 지불의사가 없는 지를 확인해 볼 필요가 있다. 지불의사가 적은 것과 전혀 없는 것과는 매우 큰 차이가 있다. 유료화 및 요금체계와 관련이 있기 때문이다. 본 연구에서는 영(0)원의 지불의사를 가지고 있는지 확인하기 위해 첫 번째 제시금액과 두 번째 제시금액에 모두 '아니오-아니오'라고 응답한 시민들을 대상으로 추가로 단 1원의 지불의사가 있는지의 여부를 추가로 질문하였다. 그 결과, 첫 번째 제시금액과 두 번째 제시금액에 모두 '아니오-아니오'라고 응답한 206명의 응답자들 중 155명(약 75.2%)이 영(0)원의 지불의사를 가지고 있는 것으로 분석되었다.

3. 공공자전거의 지불의사액에 미치는 영향요인

최우추정법(maximum likelihood estimation)을 적용하여 위의 이중경계모형과 스파이크모형을 추정하였으며, 응답결과의 일치성(consistency)을 검토하기 위해 공변량이 없는 모형과 공변량을 포함한 모형을 구분하여 추정하였다.

Table 3. First responses' distribution (total sample)

Bid (KRW)	Yes		No		Total	
	No. of person	percent (%)	No. of person	percent (%)	No. of person	percent (%)
4,000	16	32.0	34	68.0	50	16.5
6,000	15	30.0	35	70.0	50	16.5
8,000	9	18.0	41	82.0	50	16.5
10,000	3	6.0	47	94.0	50	16.5
12,000	5	10.0	45	90.0	50	16.5
14,000	8	15.1	45	84.9	53	17.5
Total	56	18.5	247	81.5	303	100.0

1) 이중경계모형

Table 4는 공변량을 반영하지 않은 이중경계모형의 추정 결과를 나타내고 있다. 전체적으로 Wald Statistics를 기준으로 할 때, 추정모형은 단일경계모형과 동일하게 유의수준 1% 수준에서 통계적으로 유의하게 분석되었다. 구체적으로 제시금액에 대한 계수는 예상대로 음(-)으로 나타났고 그 값은 유의수준 1% 수준에서 통계적으로 유의하였다.

공변량 변수들을 포함한 이중경계모형에 대한 추정 결과는 Table 5에 제시되어 있다. Wald Statistics를 기준으로 할 때 추정된 방정식은 유의수준 1% 수준에서 통계적으로 유의하게 분석되었다. 자전거 이용횟수 (Frequency)가 유의수준 1% 수준에서 유의하게 나타나 이용 빈도가 많을수록 제시금액이 높은 것으로 나타났다.

Table 4. Third responses' distribution (no-no response sample)

Bid (KRW)	No-No-Yes		No-No-No		Total	
	No. of person	percent (%)	No. of person	percent (%)	No. of person	percent (%)
4,000	0	0.0	28	100.0	28	13.6
6,000	13	48.1	14	51.9	27	13.1
8,000	7	17.5	33	82.5	40	19.4
10,000	7	16.7	35	83.3	42	20.4
12,000	10	26.3	28	73.7	38	18.4
14,000	14	45.2	17	54.8	31	15.0
Total	51	24.8	155	75.2	206	100.0

Table 5. Estimation result on double-bounded model (without covariates)

Variables	Coefficients (t-value)
Constant	0.0405 (0.253)
Bid ^a	-0.1856 (-9.567)***
Number of Observation	303
log-likelihood	-287.61
Wald-Statistics ^b	153.71
(p-value)	(0.000)

Notes: ^aThe unit is 1,000 won. ^bThe hypothesis is that all the parameters are jointly zero and the corresponding p-values are reported in the parentheses below the statistic. The numbers in parentheses below the coefficient estimates are t-statistics, computed from the analytic second derivatives of the log-likelihood. *, **, *** indicate statistical significance at 10%, 5% and 1% levels, respectively.

2) 스파이크모형

공변량 변수를 반영하지 않은 스파이크모형과 공변량 변수들을 포함한 스파이크모형을 추정한 결과는 Table 6 및 Table 7과 같다. 전체적으로 Wald-Statistics를 기준으로 할 때, 추정된 방정식들은 이중경계모형과 유사하게 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하게 분석되었고, 추정결과의 효율성은 이중경계모형보다도 약간 높게 추정되었다. 그리고 추정계수들의 부호와 유의성은 이중경계모형과 유사하게 분석되었다.

자전거 이용횟수(Frequency)가 유의수준 1% 수준에서 양(+)의 영향을 갖는 것으로 나타났고, 자동차보유 대수(CAR), 연령대(AGE)가 유의수준 5%수준에서 음(-)의 영향관계를 갖는 것으로 나타났다. 소득이나 건강 의 요소들은 지불의사액과 통계적 유의성을 갖는다고 보기 어려운 것으로 나타났다. 통상적으로 환경재 지불 의사금액은 소득이 높을수록 높게 나타나는 경향이 있으나 공공자전거의 경우는 환경재로 인식되기 보다는 교통수단으로 인식되고 있는 영향으로 판단된다.

Table 6. Estimation result on double-bounded model (with covariates)

Variables	Coefficients (t-value)
Constant	-1.3629 (-1.952)*
Bid ^a	-0.2605 (-9.789)***
AGE	-0.1626 (-1.450)
SEX	-0.2793 (-1.007)
FREQUENCY	1.0236 (8.447)***
BIKE	0.0279 (0.151)
CAR	-0.3483 (-1.827)*
HEALTH	0.1016 (1.291)
INCOME	-0.0904 (-0.840)
Number of Observation	303
log-likelihood	-233.19
Wald-Statistics ^b	165.00
(p-value)	(0.000)

Notes: ^aThe unit is 1,000 won. ^bThe hypothesis is that all the parameters are jointly zero and the corresponding p-values are reported in the parentheses below the statistic. The numbers in parentheses below the coefficient estimates are t-statistics, computed from the analytic second derivatives of the log-likelihood.

*, **, *** indicate statistical significance at 10%, 5% and 1% levels, respectively.

Table 7. Estimation result on spike model (without covariates)

Variables	Coefficients (t-value)
Constant	-0.0446 (-0.393)
Bid ^a	-0.1756 (-12.661)***
Number of Observation	303
log-likelihood	-400.15
Wald-Statistics ^b	182.07
(p-value)	(0.000)

Notes: ^aThe unit is 1,000 won. ^bThe hypothesis is that all the parameters are jointly zero and the corresponding p-values are reported in the parentheses below the statistic. The numbers in parentheses below the coefficient estimates are t-statistics, computed from the analytic second derivatives of the log-likelihood.

*, **, *** indicate statistical significance at 10%, 5% and 1% levels, respectively.

4. 공공자전거의 1인당 지불의사액 분석결과

1) 이중경계모형

전체 응답자료와 이중경계모형을 활용한 응답자 1인당 월평균 지불의사액은 표 8.에 제시되어 있다. 이중 경계모형을 이용하여 산정한 월평균 지불의사액 추정치는 공변량 변수를 포함하지 않은 경우 약 3,844.4원,

공변량 변수를 포함한 경우 약 3,037.0원으로 분석되었다. 단, 응답자의 지불의사액이 양(+)인 분포를 갖는다는 가정을 두었으며, 추정치는 유의수준 1% 수준에서 통계적으로 유의하였다. 이중경계모형 추정결과에서 효율성 증가와 도출된 편익 추정치의 강건함(robustness)을 이유로 일반적으로 조건부 가치측정법을 적용한 해외 선행연구들에서도 일반적으로 단일경계모형보다 이중경계모형을 활용하여 산정된 편익 추정치를 활용하고 있다.

Table 8. Estimation result on spike model (with covariates)

Variables	Coefficients (t-value)
Constant	-0.4992 (-0.865)
Bid ^a	-0.2343 (-12.757)***
AGE	-0.2286 (-2.410)**
SEX	-0.2862 (-1.193)
FREQUENCY	0.8865 (8.517)***
BIKE	-0.0604 (-0.400)
CAR	-0.4122 (-2.433)**
HEALTH	0.0805 (1.235)
INCOME	-0.1458 (-1.589)
Number of Observation	303
log-likelihood	-233.19
Wald-Statistics ^b	165.00
(p-value)	(0.000)

Notes: ^aThe unit is 1,000 won. ^bThe hypothesis is that all the parameters are jointly zero and the corresponding p-values are reported in the parentheses below the statistic. The numbers in parentheses below the coefficient estimates are t-statistics, computed from the analytic second derivatives of the log-likelihood.

*, **, *** indicate statistical significance at 10%, 5% and 1% levels, respectively.

Table 9. Monthly WTPs in the double-bounded models (unit: KRW/month)

Monthly WTP	Model without covariates	Model with covariates
Mean WTP(c^+ , c^{+++})	218.4	719.2
t-value ^a	0.258	0.987
90% confidence interval ^b	(-971.8~1,224.2)	(-272.0~1,576.7)
Truncated Mean(c^{++})	3,844.4	3,037.0
t-value ^a	10.897***	9.790***
90% confidence interval ^b	(3,427.9~4,338.7)	(2,680.5~3,453.2)

Notes: ^aStandard errors are computed by using the delta method. ^bThe confidence intervals and the bootstrapped t-values are calculated by the use of the parametric bootstrapping method with 5,000 replications.

2) 스파이크모형

스파이크모형을 활용하여 산정한 응답자 일인당 월평균 지불의사액은 Table 9에 제시되어 있다. 전술한 바와 같이 스파이크모형은 응답자들이 뚜렷하게 영(0)원의 지불의사액을 가지고 있는 경우 지불의사액을 추정하는 모형이다.

스파이크모형을 이용하여 대전시 시민공영자전거 월평균 지불의사액을 추정한 결과, 공변량 변수를 포함하지 않은 모형의 경우 약 3,821.5원, 공변량 변수를 포함한 경우 약 3,017.0원으로 분석되었다. 여기서도 응답자의 지불의사액이 양(+)인 분포를 갖는다는 가정을 두었다.

추정된 월평균 지불의사액 추정치는 이중경계모형과 동일하게 공변량 변수의 추가에 의해 다소 감소되었으나, 이중경계모형보다도 감소 폭이 줄어들었고, t-통계량에 의하면 모든 월평균 지불의사액 추정치들은 유의

수준 1% 수준에서 통계적으로 유의하였다.

그리고 스파이크모형에서 도출된 응답자들의 일인당 월평균 지불의사액 추정치(c^{++})는 이중경계모형 추정 결과보다도 유의성이 증가하였고, 이에 따라 월평균 지불의사액 추정치에 대한 90% 신뢰구간의 범위 폭도 이중경계모형에 비해 보다 작아졌음을 알 수 있다.

특이할 점은 스파이크모형에서 도출된 평균 지불의사액 추정치는 이중경계모형과 거의 유사한데, 이러한 결과는 위에서 언급하였듯이 단일경계모형에서 이중경계모형으로 전환됨에 따라 모형 추정결과의 효율성이 크게 증가하였기 때문으로 판단된다.

5. 공공자전거 타슈의 총 사용가치

위에서 산정된 대전시의 응답자 일인당 월평균 지불의사액 추정치를 이용하여 대전시 해당 인구 중 시민공영자전거 이용의향이 있는 모집단에 대한 시민공영자전거 이용 프로그램의 편익을 추정하였다. 전술한 바와 같이 2014년 기준 대전시의 총 인구수는 1,531,809명이고, 이 가운데 조사대상 연령대의 인구수는 1,379,188명(10대 미만 및 90대 이상 제외)이다. 이를 기초로 위에서 도출된 이중경계모형 및 스파이크모형에서 도출된 응답자 일인당 월평균 지불의사액 추정치(c^{++})에 대전시의 조사대상 모집단 인구수와 12개월을 각각 곱하면 시민공영자전거 이용 프로그램의 연간 편익을 산정할 수 있다.

Table 10. Monthly WTPs in the spike models (Unit: KRW/month)

Monthly WTP	Model without covariates	Model with covariates
Mean WTP(c^+ , c^{+++})	-253.8	117.4
t-value ^a	-0.389	0.213
90% confidence interval ^b	(-1,149.5~548.7)	(-628.2~822.8)
Truncated Mean(c^{++})	3,821.5	3,017.0
t-value ^a	10.591***	10.600***
90% confidence interval ^b	(3,390.9~4,321.6)	(2,673.1~3,422.1)

Notes: ^aStandard errors are computed by using the delta method. ^bThe confidence intervals and the bootstrapped t-values are calculated by the use of the parametric bootstrapping method with 5,000 replications.

Table 11은 대전시 거주 10세 이상 90세 미만의 주민등록기준 거주인구 모집단을 대상으로 분석한 시민공영자전거 이용 프로그램의 연간 경제적 편익(총 사용가치) 추정치를 제시하고 있다. 평균값을 기준으로 때 대전시 시민공영자전거 이용 프로그램에 의한 연간 총 편익 추정치는 약 456.1억 원에서 654.4억 원에 달하는 것으로 분석되었다. 특히 위의 3개의 추정모형에서 도출된 연간 편익 추정값들의 신뢰구간 하한값이 442.4억원이라는 점을 고려하면 대전시 시민공영자전거 이용 활성화는 이용편익이 상당히 크다는 점을 알 수 있다.

Table 11. Yearly economic benefits by Daejeon city's bike sharing system

(Unit: KRW, Person, 100 Million KRW)

Models	Covariate Variables	Monthly WTPs (A)	Population (B) (10-89 age)	Yearly Economic Benefits (A×B×12)
Double-Bounded Model	Excluded	3,844.4 (3,427.9~4,338.7)	1,379,188	636.3 (567.3~718.1)
	Included	3,037.0 (2,680.5~3,453.2)		502.6 (443.6~571.5)
Spike Model	Excluded	3,821.5 (3,390.9~4,321.6)	1,379,188	632.5 (561.2~715.2)
	Included	3,017.0 (2,673.1~3,422.1)		499.3 (442.4~566.4)

Data: Statistics Korea, Population Survey Data, 2014.

Notes: The numbers in parentheses imply 90% confidence intervals of monthly WTPs and yearly economic benefits, respectively.

결론

대전시의 타슈는 공공교통수단으로서 택시 및 버스와 도보의 중간에 위치한 통행을 담당하고 있으며, 대중교통이 끊긴 야간이나 심야시간대에 중요한 교통수단이 되고 있다. 즉, 기능상 공공교통수단으로서의 역할을 수행하고 있다고 판단된다.

분석결과 역시 이를 뒷받침하고 있다. 즉, 공공자전거의 사용에 따른 지불의사금액은 자전거 이용횟수(Frequency)와 양(+)의 영향을 갖고, 자동차보유대수(CAR), 연령대(AGE)와 음(-)의 영향관계를 갖으며, 소득이나 건강의 요소들과는 관련성을 찾기 어렵다. 이는 공공자전거가 일반 환경제와 달리 공공교통수단으로 인식되고 있음을 암시하고 있다고 판단된다.

특히, 타슈의 연간 총 편익 즉 경제적 가치는 최소 499.3억원에서 최대 636.3억원에 달하는 것으로 분석되었다. 타슈의 연간 운영비용이 약 25억원 미만이라는 점을 고려하면 타슈의 이용가치는 운영비 대비 연간 약 25배의 편익이 발생하고 있다고 할 수 있다.

따라서 이상의 결과를 바탕으로 볼 때, 타슈는 지속적인 확대 구축과 지원을 하여야 할 것이다. 또한, 운영의 효율화를 기할 수 있도록 기술적인 노력과 효과적인 마케팅 방안-예컨대, 자동차보유 억제정책, 자전거이용자에 대한 인센티브 발굴 등-이 추가적으로 강구되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구 결과는 공공재인 공공자전거에 대한 편익을 객관화하고 편익에 영향을 미치는 요인을 분석함으로써 향후 수익구조 개선을 위한 정책 및 마케팅에 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서는 기존 선행연구들과는 달리 대전시 타슈를 대상으로 이용자뿐만 아니라 비이용자를 포함한 선호조사 분석을 통해 공공자전거의 편익을 산정함과 동시에 과거 지불수단으로 활용되었던 주민세(지방세) 등 세금이 아닌 실제 공공자전거 이용 시 지불하는 이용요금을 지불수단으로 사용하였다는 점에서 차별성을 지닌다. 향후 본 연구결과는 지자체를 중심으로 한 공공자전거 활성화 정책과 민자사업으로 수행되는 지자체 공공자전거 사업 수행에 있어 정량적이고 객관적인 정보를 제공할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This Work was supported by political research(2015-12) of the Daejeon Development Institute in Korea.

알림: 본 논문은 대한교통학회 제73회 학술발표회(2015.10.16.)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

REFERENCES

- Arrow K., Solow R. P., Portney R., Leamer E. E., Radner R., Schuman H. (1993), Report of the NOAA panel on contingent valuation, Federal Register, 58, 4601-4614.
- Bike miami valley (2013), Dayton bike share study, 6-7.
- Cameron T. (1988), A New Paradigm for Valuing Non-market Goods Using Referendum Data: Maximum Likelihood Estimation by Censored Logistic Regression, Journal of Environmental Economics and Management, 15, 355-379.
- Cameron T., James D. (1987), Efficient Estimation Methods for 'closed-ended' Contingent Valuation Surveys, Review of Economics and Statistics, 69, 269-276.
- Cooper J. C. (1994), A Comparison of Approaches to Calculating Confidence Intervals for Benefit Measures From Dichotomous Choice Contingent Valuation Surveys, Land Economics, 70, 111-122.
- Efron B., Tibshirani R. J. (1993), An Introduction to the Bootstrap. New York: Chapman and Hall.
- Han S.Y., Shin H.C., Kim D.J. (2013), A Comparative Study for Willingness-to-pay Estimation Models for

- Expansion of Public Bike System, *Journal of Transport Research*, The Korea Transport Institute, 20(2), 103-119.
- Hanemann W. M. (1984), Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments With Discrete Responses, *American Journal of Agricultural Economics*, 66, 332-341.
- Hanemann W. M. (1989), Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments With Discrete Responses: Reply, *American Journal of Agricultural Economics*, 71, 1057-1061.
- Johansson P. O., Kriström B., Mäler K. G. (1989), A note welfare evaluation With discrete response data, *American Journal of Agriculture Economics*, 71, 1054-1056.
- Kim B.S. (2009), The Analysis of Health Promotion Effect of Bicycle Use, Kyunghee University.
- Kling C., Sexton R. (1990), Bootstrapping in Applied Welfare Analysis, *American Journal of Agricultural Economics*, 72, 406-418.
- Krinsky I., Robb A. (1986), On Approximating the Statistical Properties of Elasticities, *Review of Economics and Statistics*, 68, 715-719.
- Kriström B. (1997), Spike Models in Contingent Valuation, *American Journal Agricultural Economics*, 79, 1013-1023.
- Kwon Y.S., Lee J.K., Son Y.T. (2006), A Study for Benefit Calculation of Bicycle Roadway Construction Using Contingent Valuation Method, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 26(6D), 945-950.
- Lee J. Y. (2015), Improvements for Operation and Management of TASHU, Bicycle Sharing System of Daejeon City, Daejeon Development Institute, 15.
- McConnell K. E. (1990), Models for Referendum Data: the Structure of Discrete Choice Models for Contingent Valuation, *Journal of Environmental Economics and Management* 18, 19-35.
- Park T., Loomis J., Creel M. (1991), Confidence Intervals for Evaluating Benefits Estimates From Dichotomous Choice Contingent Valuation Studies, *Land Economics*, 67, 64-73.
- Sælensminde K. (2004), Cost-benefit Analyses of Walking and Cycling Track Networks Taking Into Account Insecurity, Health Effects and External Costs of Motorized Traffic, *Transportation Research Part A*, 38, 593-606.
- Wang G. et al. (2005), A Cost-benefit Analysis of Physical Activity Using Bike-pedestrian Trails, *Health Promote Practice*, 6(2), 174-179.