

교통사고 긴급통보시스템 도입을 위한 지불의사액 산정방안 비교분석

Comparative Analysis of Calculation Methods on Willingness to Pay for Introduction of Emergency-call System

이 윤 정* (Lee, Yoonjung) (Hanbat National University)	도 명 식** (Do, Myungsik) (Hanbat National University)	장 택 영*** (Jang, Taek young) (Samsung Traffic Safety Research Institute)	한 대 석**** (Han, Daeseok) (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)
---	---	--	---

· Corresponding author : Do, Myungsik (Hanbat National University), E-mail : msdo@hanbat.ac.kr

요 약

본 연구에서는 가치추정방법의 하나인 조건부 가치추정법(Contingent Valuation Method : CVM)을 이용하여 교통사고 긴급통보시스템 도입을 위한 지불의사액을 산정하고자 하였다. 분석을 위해 이중양분선택법 질문양식을 이용하여 긴급통보시스템에 대한 이용자들의 지불의사액(Willingness to Pay : WTP) 추정방안을 제시하였다. 기존 연구들의 경우 지불의사액 산정에 사용되는 질문 유형별·분석 모델별로 지불유무에 따른 절단데이터가 다르게 처리되고 있음을 알 수 있었다. 이에 따라 본 연구에서는 이중양분 선택법으로 구성된 절단 데이터를 처리하는 방법으로 모형별 지불의사액의 차이를 비교하였다. 연구에 사용된 설문지는 약 500부 수준으로 응답자의 지역적인 편차(bias)가 반영되지 않도록 온라인과 오프라인에서 동시에 진행하였으며, 연령대별 편차를 고려하기 위해 2010년 인구주택 총조사 결과를 참조하여 자료를 구성하였다. 최종적으로 더 나은 자료의 해석을 위해 생존분석, 다중회귀분석, 토빗분석 등 다양한 통계기법을 적용하여 결론을 도출하였다.

핵심어 : 조건부가치추정법, 지불의사액, 이중양분선택, 생존분석, 토빗모형

ABSTRACT

This study aimed at suggesting Willingness To Pay (WTP) for introduction of the Traffic Accident emergency Call (TAC) system by using Contingent Valuation Method (CVM) which is a general valuation method. As the method, this study suggested a WTP estimation method of the TAC system with the double-bound dichotomous choice model. In previous studies, the data are processed differently according to the type of questions and analysis models used for the calculation of willingness to pay. Therefore, we re-organized the model by the cases using the truncated data sets, and showed the difference in WTPs. The dataset was developed by more than 500 questionnaire obtained from online and offline survey with the consideration of composition ratio by age group referring housing census in 2010 to mitigate regional bias of samples. At last, this study applied various statistical methods, survival analysis, multiple regression, and Tobit model for better interpretation of the questionnaires.

Key words : Contingent Valuation Method(CVM),Willingness to Pay(WTP), Double Bounded Dichotomous Choice Question, Survival Analysis, Tobit Model

† 본 논문은 2015년도 대한교통학회 추계학술대회에 발표된 내용을 보완한 것입니다.

* 주저자 : 한밭대학교 도시공학과 석사과정

** 교신저자 : 한밭대학교 도시공학과 교수

*** 공저자 : 삼성 교통안전 문화 연구소 수석연구원

**** 공저자 : 한국건설기술연구원 수석연구원

† Received 1 November 2015; reviewed 25 November 2015; Accepted 12 December 2015

I. 서 론

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2011)는 교통사고 사망자의 30% 감소를 목표로, 교통이용자 행태개선, 안전한 교통인프라 구축, 스마트 교통수단 운행, 안전관리시스템 강화, 비상대응체계 고도화 등 5개 분야에서 세부 전략을 수립하여 진행 중이며, 그 중 교통사고 긴급통보시스템(Emergency Call: e-Call)의 도입을 검토하고 있다[1].

교통사고 긴급통보시스템은 차량에 장착된 통보장치에서 자동으로 사고 직후 위치정보, 사고시간 및 장소, 방향 등의 정보를 응급센터에 전송하고, 또한 음성통화로도 사고정보를 제공할 수 있어, 의료진 파견 등 신속한 사후대응을 통해 사망자 및 중상피해를 줄일 수 있다. 긴급통보시스템의 도입으로 인해 교통사고의 사고 대처 미흡으로 인한 인명피해 또는 2차 피해로부터 긍정적인 효과를 얻을 수 있어 유럽에서는 2018년부터는 신차 구매 시, 의무적으로 장착하도록 법으로 제도화 하였다.

따라서 본 연구는 현재 우리나라에서 도입을 검토하고 있는 교통사고 긴급통보시스템에 대한 이용자의 다양한 연령대별, 성별, 계층별 인식 경향을 파악하고, 이용 효용가치가 화폐단위로 어느 정도 평가되는가를 조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method : CVM)을 이용하여 평가하는 방안을 제시하고자 한다.

CVM에서는 가상시나리오 설계가 중요하며, 시나리오 주요 구성요소에는 대상재화, 재화 공급수준, 지불수단, 지불의사 유도방법 등이 있다. 이중양분선택형 질문법의 전 단계인 최초 제시금액 설정을 위하여 사전조사를 하였고, 앞서 정해진 제시금액을 바탕으로 본 조사를 위한 설문지를 작성하였다. 이중양분선택형 질문법에 의한 본 조사 결과를 토대로 폐쇄형 설문형태(Closed-ended method)에 의해 설문된 결과를 생존분석으로 분석하였고, 지불의사액의 중간값을 이용하여 다중회귀분석을 실시하였으며, 이를 개방형 설문형태(Open-ended method)를 통해 조사된 결과로 변환하여 토빗모형을 통해 지불의사금액모형을 추정하였다.

지불의사모형을 통해 지불의사금액(Willingness To Pay: WTP)에 영향을 주는 요인을 밝히고, 계수들 간의 관계를 통해 적합성을 검증하였으며, 지불의사액 산정에 사용되는 질분 유형별·분석 모형별로 지불의사의 차이를 충분히 고려하지 못하고 있다는 점을 감안하여, 이중양분 선택법으로 구성된 절단 데이터의 모형별 처리방법에 따른 지불의사액의 차이를 비교하는 것을 목적으로 한다.

II. 관련 연구 고찰

1. 긴급통보시스템의 동향과 관련 연구 고찰

교통사고의 황금시간(Golden time)은 교통사고의 치명도 관리에 매우 중요한 요소로 보통 1시간을 기준으로 환자의 생존율이 급격히 낮아지는 것으로 보고되고 있다[2]. 보통 15분 내에 의료진이 도착해야 하며, 초기 대응은 25분 내에 이루어져야 하는 것으로 보고되고 있으며, 이 황금시간을 준수하기 위한 첨단 기술의 개발과 개선, 도입은 이미 세계적인 이슈이자 도전이라 할 수 있다.

차량 사고 감지시스템은 크게 사전(pre-crash)시스템과 사후(post-crash) 시스템으로 구분되며, 사전시스템은 레이더나 카메라를 활용하여 위험을 감지하고, 이를 운전자에게 경보를 주거나 자동으로 브레이크를 시도하는 것이며, 사후시스템은 사고의 신속한 처리를 위한 시스템으로 블랙박스 기술(진동, 카메라, 통신)을 기반으로 사고의 치명도를 최소화 하는데 목적을 두고 있다. 미국의 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)에서는 2010년까지 신차량의 85%에 이 시스템이 장착될 것으로 예측한 바 있다[3].

교통사고 긴급통보시스템의 도입은 유럽연합에서 가장 활발히 시도되고 있다. 유럽연합의 보고서에 따르면 2009년 115만 건의 심각한 교통사고가 발생하였고, 이로 인한 사회적 비용은 1,600억 유로에 달한다고 보고하고 있다[4]. 이에 유럽연합의 위원회는 사고 발생시 부상자의 빠른 조치를 위해 112(유럽의 통일 긴급구조번호)를 기반으로 한 긴급

급통보시스템 서비스를 유럽의 모든 자동차를 대상으로 도입할 것을 제안한 바 있다. 긴급통보시스템에 대한 도입시도는 2005년부터 본격적으로 시도되었으나, 유럽연합 전반에 도입하는 데에는 많은 장벽(소극적 도입, 긴급후송시스템의 업그레이드, 국경문제)들이 있었다. 특히, 무엇보다 시장이 형성되지 않았다는 점이 가장 주요한 문제로 나타났다.

유럽연합에서는 교통사고 긴급통보시스템 도입의 당위성을 확보하기 위해 다양한 안전관련 시스템들에 대한 경제성을 비교한 바 있으며, 여기서 긴급통보시스템은 BCR 3.16으로 분석되어 다른 시스템들에 비해 상당히 높은 비용-효율성을 나타냈다[5].

우리나라의 경우 아직 도입을 검토하고 있는 초기단계로 시스템단말기의 가격설정, 즉 지불의사액의 추정은 긴급통보시스템 도입의 성패를 결정하는 매우 중요한 요소라 할 수 있다.

한편, 조건부 가치측정법은 1980년대 환경경제분야에서 비시장재의 가치추정을 중심으로 활발하게 이용되었으며, CVM은 설문지 조사나 전화조사 등을 통하여 주어진 환경의 질이나 서비스의 변화에 따른 응답자의 지불의사액의 크기를 추정하는 가치측정 방법으로 비시장 재화에 대한 최대 지불의사액을 직접 산정하는 것이 특징이다.

국내의 경우 교통분야에서 가치측정을 위하여 CVM을 이용한 연구를 살펴보면, Son et al.(2002)는 교통정보제공 시스템의 도입을 위한 이용자의 지불의사액을 추정을 위하여 양분선택법으로 프로빗모형을 이용하여 가구당 월평균 998원~1,048원의 가치로 평가하였고[6], Jung et al.(2008)는 지하철역사의 Barrier-free 시설에 대한 가치 평가를 위하여[7], Do and Kim(2012)은 실시간 경로안내시스템의 지불의사액 산정을 위하여 이용하는 등[8] 지불의사금액을 추정하기 위해 국내에서도 CVM이 많이 사용되고 있다.

2. 연구의 차별성

기존의 연구에서는 다중회귀, 가산자료 모형(포

아송 및 음이항), 로짓 및 프로빗 모형을 이용하여 CVM에 적용한 사례가 많았으며, 최근 중도절단 자료를 처리할 수 있는 토빗모형이나 로짓모형, 생존분석 등을 통해 다양한 지불의사액에 대한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 긴급통보시스템의 도입을 검토하기 위해 응답자가 ‘예-예’를 선택하였을 경우인 지불의사가 있는 우측절단자료, ‘아니오-아니오’를 선택하였을 경우인 지불의사가 없는 좌측절단자료, 응답자가 ‘예-아니오’ 혹은 ‘아니오-예’를 선택하여 구간중도절단자료가 발생하는 세 가지 경우에 동시에 고려할 수 있는 중도절단회귀모형인 생존분석 방법을 제시하고자 한다. 나아가 비교를 위해 지불의사가 없을 경우와 같이 한 구간이 절단된 자료를 처리해주는 절단회귀모형인 토빗모형과 지불의사의 유무를 반영하지 못하는 다중회귀모형의 세 가지 경우를 비교한다는 점에서 차별성이 있다.

따라서 토빗모형과 다중회귀분석과 생존분석을 활용하여 지불의사액에 대한 비교연구를 통해 각 모형이 가지고 있는 장단점을 검토하고 활용성을 제시하고자 한다.

III. 조사설계 및 기초통계분석

1. 가치평가를 위한 가상시나리오 설계

1) 지불수단 및 지불의사 유도방법

지불의사 유도방법은 질문 형태에 따라 개방형 설문형태와 폐쇄형 설문형태로 구분되며 대표적인 개방형 설문에는 직접설문법(direct question method)과 지불카드기법(payment card format)이, 폐쇄형에는 경매게임(bidding game)과 양분선택형(dichotomous choice method)기법이 가장 많이 이용되고 있다[9].

본 연구에 사용된 이중양분 선택법은 단일양분 선택형의 장점을 살리면서 적은 비용으로 통계분석을 위해 필요한 만큼의 표본수를 확보하기 위해 고안된 방안으로 응답자가 대답하기 용이하여 응답률이 높고, 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적

으며, 응답자의 전략적 행위에 대한 영향이 작으면서, 비교적 통계적 효율성이 높기 때문에 많이 활용되고 있다.

2) 제시금액 설계 및 설문문의 구성

본 연구에서는 이중양분선택형 질문에 필요한 제시금액을 도출하기 위한 전 단계로서 2015년 1월 중 7일간 교통 전문가 및 일반인 약 70명에게 사전 설문조사 및 인터뷰를 실시하였으며, 응답자들이 주관식으로 기재한 제시금액을 기준으로 분석에 필요한 제시금액 누적비율을 산출하였다.

Alberini(1995)의 분위수 설계방식에 따라 누적확률이 20%, 40%, 60%, 80%에 해당하는 4가지의 금액을 최초 제시금액으로 선정하여 무작위로 응답자에게 제시하였으며[9], 사전 조사결과 교통사고 긴급통보시스템에 대한 제시금액은 누적비율에 따라 4만원, 10만원, 18만원, 24만원으로 설정하였다.

모집단을 전국의 가구(세대)로 설정 후, 설문자의 지역적인 편차(bias)가 발생하지 않도록 온라인과 오프라인에서 설문조사를 동시에 진행 하였다. 우리나라 2010년 인구주택 총 조사의 연령대별 구성비를 감안하여 20대 22%, 30대 25%, 40대 32%, 50대 21%를 차지하도록 구성하였다.

본 조사에는 2015년 2월에서 3월까지 489부의 설문지가 작성되었으며, 이 중 이상치 값이 포함된 설문을 제외한 417개의 표본만을 사용하였다.

IV. 분석 방법론

1. 조건부 가치측정법과 이중양분선택형 질문

조건부 가치측정법의 질문 형태 중 하나인 폐쇄형 설문형태의 이중양분선택형은 응답자에게 미리 설정된 제시금액 중 무작위로 한가지 금액에 대해 ‘예’ 라고 대답한 응답자에게 처음 금액의 2배를 제시하여 ‘예’ 또는 ‘아니오’를 대답하게 하고, 최초에 제시된 금액에 대해 ‘아니오’라고 대답한 응답자에게는 처음 금액의 1/2배를 제시하여 ‘예’ 또는 ‘아니오’를 대답하게 함으로써 지불의사액을 추정(y_i^*)

한다. 두 번째 제시금액은 최초 제시금액에 대한 지불의사를 기준으로 ‘예’ 혹은 ‘아니오’라고 응답함에 따라 2배 혹은 1/2배를 제시하게 된다.

이중양분선택형에 의해 응답자가 제시액에 대해

〈표 1〉 변수 설정 및 빈도분석

〈Table 1〉 The variable settings and frequency analysis

	variable	frequency	ratio(%)
Sex	Male	207	49.6
	Female	210	50.4
Age	Twenty	90	21.6
	Thirty	106	25.4
	Forty	133	31.9
	Over Fifty	88	21.1
Education	Under highschool	47	11.3
	2-year college graduates	131	31.4
	4-year college graduates graduate degree	144	34.5
Monthly household income (10,000won)	less than 200	51	12.2
	200-350	124	29.8
	350-500	140	33.6
	500-650	18	4.3
Ownership of Car	Over 650	84	20.1
	Non-possession	46	11.0
Driving time	Possession	371	89.0
	1hour or less	235	56.3
	1hour-2hour	120	28.8
	2hour-3hour	40	9.6
Ownership of Black Box	Over 3 hours	22	5.3
	Non-possession	213	51.1
Necessity for system	Possession	204	48.9
	Disagree strongly	13	3.1
	Disagree	17	4.0
	Undecided	123	29.5
Experience of traffic accident	Agree	201	48.2
	Agree strongly	63	15.1
	No	353	84.7
Report a emergency accident	Yes	64	15.3
	112	67	16.1
	119	204	48.9
	Insurance companies	111	26.6
	Family and friends	35	8.4
Satisfaction of existing accident system	Disagree strongly	19	4.6
	Disagree	117	28.0
	Undecided	196	47.0
	Agree	75	18.0
	Agree strongly	10	2.4
Install commitment	Disagree strongly	3	0.7
	Disagree	18	4.3
	Undecided	119	28.5
	Agree	235	56.4
	Agree strongly	42	10.1
Expected effects	Disagree strongly	2	0.5
	Disagree	11	2.6
	Undecided	103	24.7
	Agree	259	62.1
	Agree strongly	42	10.1

서 ‘예’ 또는 ‘아니오’의 응답을 받음으로써 <표 2>와 같이 좌측절단자료, 우측절단자료, 구간중도절단자료 자료를 획득할 수 있다.

<표 2> 이중양분 선택형 응답 결과의 유형
(Table 2) Type of double-bounded dichotomous choice response results

Willingness to 1st Bid	Range of willingness to pay	Data form
Yes, Yes	$y_i^* \geq 1^{st} Bid^* 2$	Right Censored Data
Yes, No	$1^{st} Bid \leq y_i^* < 1^{st} Bid^* 2$	Interval censored data
No, Yes	$\frac{1^{st} Bid}{2} \leq y_i^* < 1^{st} Bid$	Interval censored data
No, No	$y_i^* < \frac{1^{st} Bid}{2}$	Left-censored data

2. 가치 추정을 위한 분석 모형

본 연구에서는 기존 연구들과는 달리 데이터 수집방법에 따른 모형 추정결과를 비교하기 위해 폐쇄형 방식으로 수집된 데이터를 개방형 방식으로 수집된 데이터 형식으로 변환하였다.

개방형은 지불의사금액을 직접적으로 응답하게 하는 질문방식으로 지불의사가 없을 경우, 지불의사액이 0원인지 혹은 제시금액별 최솟값보다 작은지 가능할 수 없다. 응답을 ‘0’으로 처리하여 지불의사액을 도출하기 위해 토빗분석을 이용하였다.

폐쇄형은 사전조사를 통해 몇 개의 제시금액을 정한 후 이 금액에 대한 지불의사를 ‘예/아니오’로 응답하게 하는 질문방식이며 지불의사액을 도출하기 위해 생존분석을 이용하였다.

폐쇄형 응답방식을 개방형 응답방식으로 변환하는 과정에서 ‘예-아니오’와 ‘아니오-예’라고 응답한 경우 제시금액의 중간값을 이용하였고, ‘예-예’와 ‘아니오-아니오’라고 응답한 경우 설문지별 도출할 수 있는 최대의 지불의사액을 설정해 놓은 후 일관성 있게 지정하였다. 또한, 회귀 모형식으로 표현하는 각 모형의 적합성을 검증하기 위해 다중회귀모형을 이용하였다.

1) 토빗모형

토빗분석이란 종속변수가 양적변수이지만 일정 범위 안에서는 관측 될 수 없고 제한된 값을 가지는 경우 사용되는 중도절단회귀모형(Censored regression model)을 말하며, 상당수의 종속변수가 0인 경우에 유용하다.

$$y_i^* = x_i\beta + \epsilon_i \quad \epsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

$$y_i = y_i^* \quad \text{if } y_i^* > 0$$

$$y_i = 0 \quad \text{if } y_i^* < 0$$

식(1)에서 y_i 는 관측된 지불의사액, y_i^* 는 잠재적인 지불의사액, x_i 는 설명변수들의 벡터, β 는 계수벡터, σ 는 척도모수(scale parameter), ϵ_i 는 오차항이다.

오차항 ϵ_i 는 다른 분포들에 비해 일반적으로 지불의사금액의 분포에 보다 적합하다고 알려져 있는 와이블(Weibull)분포를 따른다고 가정한다.

변수의 값을 관찰할 수 있다면 일반적인 최소자승법을 적용하여 계수 β 의 일치추정량을 얻을 수 있다. 그러나 관찰 가능한 변수는 y_i 이며, 이는 0이상에서만 관찰 가능하다. 이러한 경우 y_i^* 대신 y_i 를 이용하여 최소자승법으로 추정하면 $E(\epsilon_i) \neq 0$ 이기 때문에 β 의 일치추정량을 얻을 수 없게 된다.

0의 값에서 절단된 자료에 대해 최우추정법을 이용하여 일치 추정량을 얻을 수 있다. 전체 표본에 대한 우도함수는 식(2)와 같이 표현되며, 이 우도함수에 로그 값을 취해 얻어지는 $\ln L$ 을 극대화하는 방법으로 계수 추정치 β 를 구하게 된다.

단, 앞부분은 y_i 가 0인 항의 합, 뒷부분은 y_i 가 0보다 큰 항의 합이다. $\phi(\cdot)$ 는 표준정규분포의 확률 밀도함수를 나타낸다[10].

$$\ln L = \sum \ln(1 - \Phi(\frac{x_i\beta}{\sigma_u})) + \sum [\ln \sigma_u + \ln \Phi(\frac{y_i - x_i\beta}{\sigma_u})] \quad (2)$$

토빗모형에서는 긴급통보시스템의 지불의사액을 종속변수로 하고 성별, 연령, 최종학력, 평균 가구소득, 자동차 유무, 평균 운전시간, 블랙박스 유무,

긴급통보시스템의 필요성, 교통사고 유무, 긴급사고 시 신고체계, 기존 사고처리체계 만족도, 장착의사, 기대효과를 독립변수로 선정하였으며 SAS를 이용하여 분석하였다.

2) 생존분석모형

생존분석은 불완전한 자료를 포함하는 것이 특징이며, 어떤 사건이 발생할 때까지의 시간으로 자료가 주어졌을 경우 사용하는 통계적 분석방법이다. 최초사건(initial event)이 차후사건(subsequent event)에 의해서 종료되며, 최초사건과 차후사건이 불확실한 경우가 발생하는데, 이를 중도절단자료라고 부른다.

응답자의 지불의사금액을 y_i^* 라고 할 때, 식(3)으로 표현할 수 있다[6].

$$\begin{aligned} y_{ji} &= 1, \text{ if } y_i^* \geq t_{ji} \\ y_{ji} &= 0, \text{ if } y_i^* < t_{ji}, j=1,2 \end{aligned} \quad (3)$$

i 번째 사람에게 최초 제시된 금액이 t_{1i} 일 때, 이에 대한 그의 양분선택적 응답이 ‘예’로 나왔다면 y_{1i} 는 0의 값을 가지며, 최초 제시금액이 그의 지불의사금액보다 크다고 볼 수 있으며, ‘아니오’라면 y_{1i} 는 1이고, 최초 제시금액이 그의 지불의사 금액보다 작거나 같다는 정보를 얻는다.

네 가지 제시금액에 대한 지불의사금액 y_i^* 의 확률이 $P_{1i}, P_{2i}, P_{3i}, P_{4i}$ 라면, 각 확률을 다음 식(4)와 같은 누적확률 분포함수로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} P_{1i} &= 1 - F(t_{2i}) \\ P_{2i} &= F(t_{2i}) - F(t_{1i}) \\ P_{3i} &= F(t_{1i}) - F(t_{2i}) \\ P_{4i} &= F(t_{2i}) \end{aligned} \quad (4)$$

이때, 로그우도함수는 식(5)와 같다.

$$\ln L = \sum (y_{1i}y_{2i})\log P_{1i} + y_{1i}(1-y_{2i})\log_{2i} + (1-y_{1i})y_{2i}\log P_{3i} + (1-y_{1i})(1-y_{2i})\log P_{4i} \quad (5)$$

이 모형은 일반적 최우추정기법(ML)에 의해 계수 벡터 β 와 표준편차 σ 에 대해 함수값을 극대화하도록 할 수 있다[11]. 첫 번째와 두 번째 제시금액에 대한 이중양분선택형 응답을 응답자의 지불의사금액의 중도절단자료(censored data) 또는 구간중도절단자료(interval censored data)로 해석하면 지속기간모형(duration model)을 적용할 수 있는데, 이 경우 로그우도함수는 식 (5)와 같게 된다[12].

첫 번째와 두 번째 제시금액 모두 ‘아니오’ 라고 하여 음(-)의 지불의사를 인정하고자 하는 경우는 좌측절단자료로 해석하고, 두 번 모두에 대해 ‘예’라고 응답하여 양(+)의 지불의사를 인정하고자 하는 경우는 우측절단자료로 해석하였다.

좌측절단자료, 우측절단자료, 구간중도절단자료를 동시에 처리하기 위해 SAS의 “Lifereg procedure”를 이용하여 분석하였다.

V. 교통사고 긴급통보시스템의 가치 산정

1. 다중공선성 검증

긴급통보시스템의 지불의사액을 산정하기에 앞서 설명변수들 간의 상관관계가 존재하는지의 여부를 진단하기 위해 다중공선성을 진단하였으며, 공차한계와 분산팽창계수(Variance Inflation Factor: VIF)를 이용하여 검증하였다.

공차한계(Tolerance)를 이용하여 공선성 진단을 하는 경우가 많으며, 식은 $TOL_i = 1 - R_i^2$ 이며, 여기서, R_i^2 는 독립변수가 다른 독립변수들에 의한 설명정도를 의미한다. 공차한계는 한 독립변수가 다른 독립 변수들에 의해서 설명되지 않는 부분을 의미하며, R_i^2 값이 클수록 공차한계 값이 작아지는 데, 공차한계 값이 작을수록 그 독립변수가 다른 독립변수들에 의해 설명되는 정도가 크다는 의미이므로 다중공선성이 높다고 할 수 있다.

VIF는 공차한계의 역수이며, VIF 값이 클수록 독립변수들 간의 공선성 정도가 높음을 의미한다[8].

공차한계의 최댓값은 1이며, 공선성 판단을 위한 일반적인 기준은 공차한계 0.10 이하, 분산팽창요인

10 이상이다. <표 3>을 보면, 모든 변수의 공차한계 값은 0.1보다 훨씬 크며, VIF값은 10보다 훨씬 작으므로 공선성의 문제는 없다고 해석할 수 있다.

<표 3> 다중공선성 검증
<Table 3> Validation of multicollinearity

variable	B	t	p-value	Collinearity statistics	
				Tolerance	VIF
Intercept	-58,242	-1.398	.163	-	-
sex	7,236	.667	.505	.842	1.188
age	14,077	2.367	.018	.635	1.574
Education	-1,519	-.257	.797	.795	1.259
Household income	15,134	3.375	.001	.758	1.319
Ownership of car	-35,985	-1.818	.070	.645	1.551
Driving time	-5,806	-.939	.348	.876	1.141
Ownership of Black Box	34,432	3.191	.002	.852	1.174
Necessity for system	8,372	1.241	.215	.691	1.447
Experience of traffic accident	2,947	.207	.836	.939	1.064
Report a emergency accident	-7,700	-1.257	.210	.959	1.042
Satisfaction of existing accident system	-23,596	-3.934	.000	.959	1.042
Install commitment	54,727	5.574	.000	.478	2.092
Expected effects	-2,543	-.233	.816	.461	2.169

2. 평균지불의사금액 추정

분석에 앞서 <표 4>에는 최초 제시금액별로 지불의사 응답 결과를 제시하였다. 가격이 낮을 때 ‘예-예’의 응답이 높고, 가격이 높아짐에 따라 ‘아니오-아니오’의 응답이 많아지는 것을 알 수 있었다.

모형별 분석을 위해 SAS를 이용하였으며, 종속 변수는 지불의사액이며, 독립변수는 성별, 나이, 최종학력, 평균 가구소득, 자동차 유무, 평균 운전시간, 블랙박스 유무, 필요성, 사고 유무, 긴급사고신고체계, 기존 교통사고 처리체계 만족도, 장착의사, 기대효과를 사용하였다.

또한, 항의성을 포함한 데이터는 분석 결과를 왜곡시킬 수 있어 이상치를 제거하는 과정에서 제외하였다.

<표 4> 최초 제시액에 따른 지불의사 분포
<Table 4> WTP distribution by 1st bid

1st Bid (Unit:KR W)	N	Answer			
		Yes-Yes	Yes-No	No-Yes	No-No
40,000	109	34	33	16	26
100,000	99	16	23	26	34
180,000	112	7	27	40	38
240,000	97	3	22	28	44

세 가지 모형에서 공통적으로 선택된 종속변수는 나이, 평균 가구소득, 블랙박스 유무, 기존 교통사고 처리 체계 만족도, 장착의사로 나타났다.

또한, 이용자 의식의 기존 교통사고 처리 체계 만족도는 높을수록 (-)의 값을 띄는 것을 보아 기존의 교통사고 처리 체계에 대해 만족할수록 긴급통보시스템의 추가적인 설치가 필요 없다고 판단하여 지불하고자 하는 의사가 작음을 알 수 있고, 나머지 변수들은 (+)의 값을 띄고 있어 나이가 많을수록, 평균 가구 소득이 높을수록, 기존의 차량에 블랙박스가 장착되어 있을 경우, 장착의사가 긍정적일수록 지불하고자 하는 의사가 높다고 분석되었다.

1) 토빗모형 해석

토빗모형을 적용하여, 긴급통보시스템의 지불의사 금액 모형을 구축하고 통계적 검정값을 통해 모형의 적합도를 살펴볼 때, 산출된 변수들의 p값은 유의한 것으로 평가 되었다.

<표 5>에서 제시된 추정된 계수 중 유의하지 않은 변수를 제외하여 모형을 구축한 결과 지불의사 금액은 90,117원으로 나타났다.

2) 다중회귀모형 해석

다중회귀모형을 적용하여, 긴급통보시스템의 지불의사금액 모형을 구축하고 통계적 검정값을 제시하였다. 다중회귀모형의 설명력을 나타내는 결정계수 $R^2=0.2779$ 으로 나타났고, F값은 11.93으로 유의확률이 1%이므로 이 회귀모형은 유의하다고 해석

〈표 5〉 분석 결과
 〈Table 5〉 Results of analysis

Parameter	Tobit Analysis		Multiple regression Analysis		Survival Analysis		
	Estimation	t-value	Estimation	t-value	Estimation	Chi-Square	
Intercept	-344.285935	-4.55(<.0001)**	-58,242	-1.4(0.162)*	9.4665	494.31(<.0001)**	
Users' characteristic	sex	9.360052	0.51(0.6116)	7,236.341	0.67(0.505)	0.0595	0.31(0.5799)
	age	19.071932	1.89(0.0593)*	14,077	2.37(0.018)*	0.129	5.1(0.0239)*
	Education	0.243263	0.02(0.9808)	-1,518.53	-0.26(0.797)	-0.0476	0.62(0.4309)
	Household income	21.897207	2.88(0.004)**	15,134	3.38(0.000)**	0.0932	4.18(0.0408)*
	Ownership of car	-17.429769	-0.49(0.6208)	-35,985	-1.82(0.069)	-0.2646	2.1(0.147)
	Driving time	-3.286223	-0.32(0.7517)	-5,806.45	-0.94(0.348)	0.0075	0.02(0.8967)
	Ownership of BlackBox	40.106323	2.18(0.0295)*	34,432	3.19(0.001)**	0.2452	5.36(0.0206)*
Experience of traffic accident	-2.784699	-0.12(0.9084)	2,946.648	0.21(0.836)	0.0592	0.18(0.674)	
Users' consciousness	Necessity for system	18.465163	1.6(0.1106)	8,372.228	1.24(0.215)	0.11	2.46(0.1166)
	Satisfaction of existing accident system	-17.139306	-1.62(0.1049)	-7,700.08	-1.26(0.209)	-0.0402	0.45(0.5041)
	Satisfaction of existing accident system	-44.176805	-4.21(<.0001)**	-23,596	-3.93(<.000)**	-0.1981	9.8(0.0017)**
	Install commitment	111.526853	6.3(<.0001)**	54,727	5.57(<.000)**	0.5767	29.87(<.0001)**
	Expected effects	0.6776	0.04(0.9718)	-2,543.41	-0.23(0.816)	-0.0084	0.01(0.9398)
**p<0.01 *p<0.1	Sigma = 163.016761 Log Likelihood = -1894 (<.0001)		R-Square = 0.2779 F-Value = 11.93 (<.001)		Scale = 0.8578 Weibull Shape = 1.1657 Log Likelihood = -496.5763798		

할 수 있다[13]. <표 5>에서 제시된 추정된 계수 중 유의하지 않은 변수를 제외한 후, 모형을 구축하면 지불의사금액은 135,878원으로 나타났다.

3) 생존분석모형 해석

생존분석 모형을 통해, 긴급통보시스템의 지불의사금액 모형을 구축하고 통계적 검정값을 제시하였다. <표 5>에서 제시된 추정된 계수 중 유의하지 않은 변수를 제외하고, 공변량이 없는 지불의사액 함수를 추정하기 위해서는 절편값만 추정하면 되므로 절편 추정치(EXP)가 평균 지불의사금액이 된다.

따라서 생존분석을 이용하여 모형을 구축한 결과 지불의사금액은 124,121원으로 나타났다.

VI. 결론 및 향후연구

조건부가치측정법을 이용한 본 연구의 중요한 목적은 가상적 시장에서의 연구대상에 대한 평균지불의사금액을 추정함으로써 연구대상의 가치를 직

접적으로 도출해내는 것이다.

본 연구에서 교통사고 긴급통보시스템의 지불의사액을 추정한 결과, ‘아니오-아니오’의 경우를 지불의사가 없는 것으로 간주하고 ‘0’으로 일부가 절단된 자료로 처리한 토빗모형의 경우 90,117원으로 가장 낮은 지불의사금액을 도출되었고, 지불의사의 유무 차이를 반영하지 못하는 다중회귀분석의 경우 135,878원으로 가장 높은 지불의사금액이 도출되었다.

연구의 설문 양식인 이중양분선택법과 가장 적절한 모형인 좌측·우측·구간 세 가지 절단자료를 동시에 반영 가능한 생존분석의 경우 124,121원의 지불의사금액을 도출하였다.

따라서 현재 평균 차량연 8년을 기준으로 교통사고 긴급통보시스템의 도입을 위해 소비자가 지불할 의사금액은 분석모형에 따라 차이를 감안하더라도 9~13.5만 원 정도인 것으로 나타났다. 이 금액은 현재 시중에서 판매되고 있는 블랙박스와 비슷한 금액수준임을 나타내는 것으로 향후 교통사고 긴급통

보시스템의 도입에 따른 비용과 편익 분석 등 경제성 분석이 필요할 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 초기 대상으로 한 모형은 이중양분선택형으로 구성된 설문양식을 기반으로 하였으므로 각 모형에 적절한 설문 데이터의 구성에는 한계가 있을 수 있음을 밝힌다.

본 연구결과는 향후 긴급통보시스템의 도입을 위한 정책결정에 유익한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 7th National Transportation Safety Master Plan, 2011.
- [2] Martinez, F. J., Toh, C. K., Cano, J.C., Calafete, C. T. and Manzoni, P, "Emergency Services in Future Intelligent Transportation Systems Based on Vehicular Communication Networks," *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, pp.6-20, 2010.
- [3] NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), Online Available: <http://www.nhtsa.dot.gov/>, 2009.
- [4] EUC (European commission), Executive Summary of the Impact Assessment on the Implementation of the Harmonized EU-wide In-vehicle Emergency Call, EU Commission Staff Working Paper, EU Commission, Brussels, 2011a.
- [5] EUC (European Commission), Part 1 : Impact Assessment, EU Commission Staff Working Paper, EU Commission, Brussels, 2011b.
- [6] Y. G. Son, B. J. Lee, Y. S. Eom and M, NamGung, "Benefit Evaluation of Traffic Information Offered System using Contingent Valuation Method," *J. of The Korea Institute of Civil Engineers*, vol. 22, no. 2D, pp.229-235, Mar. 2002.
- [7] H. Y. Jung, S. K. Baek and E. S. Baek, "Value Analysis of Barrier-free Facilities at Subway Stations Using CVM with a Double Bounded Dichotomous Choice Question," *J. of The Korea Institute of Transportation*, vol. 26, no. 5, pp.205-216, 2008.
- [8] M. S. Do and Y.S. Kim, "Estimation of Willingness to pay for Realtime Rote Guidance Information by Contingent Valuation Method," *J. of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 11, no. 5, pp.46-55, Oct. 2012.
- [9] A. Alberini, "Optimal design for discrete choice contingent valuation surveys: single bound, double bound and bivariate models," *J. of Environmental Economics and Management*, vol. 28, no. 3, pp.287-306, 1995.
- [10] J. Y. Choi and J. W. Yu, "Estimation of VMS Traffic Information Value Using Contingent Valuation Method" *J. of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 12, no. 3, pp.42-52, 2013.
- [11] Hanemann, W., J. Loomis and B. Kaninnen, Statistical Efficiency of Double- Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation, American, *J. of Agricultural Economics*, vol. 73, pp.1255-1263, 1991.
- [12] Carson, R. T., "Constructed Markets, Measuring the Demand for Environmental Quality," Barden, J. B. and Kolstad, C. D.(eds.), North-Hoolland, 1991.
- [13] K. J. Kum and K. T. Min, "A Study on Value Evaluation of Mobile Traffic Information Provis Improvement-based on Contingent Valuation Method," *J. of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 5, no. 2, pp.29-43, 2006.

저자소개



이 윤 정 (Lee, Yoonjung)

2014년 : 한밭대학교 도시공학과 졸업(공학사)

2014년 ~ 현재 : 한밭대학교 대학원 석사과정 재학(도시공학과)

e-mail : yzzang23@nate.com



도 명 식 (Do, Myungsik)

2000년 : 교토(Kyoto)대학교 교통계획 전공 졸업(박사)

2000년 ~ 2002년 : 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원

2009년 ~ 2010년 : Univ. of Iowa (visiting scholar)

2002년 ~ 현재 : 한밭대학교 도시공학과 교수

e-mail : msdo@hanbat.ac.kr



장 택 영 (Jang, Taek-Young)

1998년 ~ 2001년 : 교토(Kyoto)대학교 토목시스템 교통계획 졸업(박사)

2001년 ~ 2002년 : 일본 미쯔비시 종합연구소

2003년 ~ 현재 : 삼성교통안전문화연구소 수석연구원 근무

e-mail : taekyoung.jang@samsung.com



한 대 석 (Han, Daeseok)

2008년 ~ 2011년 : 교토(Kyoto)대학교 토목공학과 졸업(박사)

2011년 ~ 2012년 : 오사카(Osaka)대학교 공학대학원 특임연구원

2013년 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원 근무

e-mail : handaeseok@kict.re.kr