

自動運転機能に対する支払意思推計手法の検討

森田 玉雪 馬奈木 俊介

Model Comparisons on Estimating Willingness to Pay for Auto Driving Systems

MORITA Tamaki MANAGI Shunsuke

Abstract

When we elicit latent demand for non-market goods, we commonly use stated preference method. Contingent valuation method (CV) and conjoint analysis (CA) are among the two of representative stated preference methods, and researchers choose appropriate methods depending on their purpose and survey design.

The authors need to select the methods for estimating willingness to pay (WTP) for auto driving systems that are not yet marketed. We also wish to consider the respondents' heterogeneity. As a pilot study, we conducted internet survey applying either CV or CA to two split samples. As a result, we found that CA estimates bias upward as the previous studies have shown, but the effects of respondents' attributes are estimated toward the same direction in the two methods. Evidence from our result suggests that we can apply CA to obtain WTP for auto driving systems.

キーワード：仮想市場法、コンジョイント分析、自動運転機能、支払意思額（WTP）、手法比較、表明選好法

1. 研究の背景と目的

ある財・サービスの消費者需要を推計する手法には、顕示選好法（revealed preference）と表明選好法（stated preference）の2種類がある。実際に市場に流通している財・サービスの価値を利用して消費者需要を計測するのが顕示選好法であり、その種類としてはトラベルコスト法、ヘドニック法、代替法、回避支出法などがある。他方、これから市場に出る新しい財・サービスや市場で取引されることのない財・サービスを、アンケート調査による仮想的な市場から推計するのが表明選好法である。表明選好法は新製品のマーケティングや環境評価に幅広く利用されており、その代表的な手法に仮想市場法（contingent valuation method, CV）とコンジョイント分析（conjoint analysis, CA）がある。いずれもアンケート調査

の設問を利用して、ある財やサービスに対して回答者が支払っても良いと思う金額（支払意思額、willingness to pay, WTP）を明らかにするものであり、それぞれの手法にはさらに細かい複数の手法があるが、両者の最大の違いは、CVが需要を計測したい財・サービスを1つの特徴（属性）からのみ回答者に評価させるのに対して、CAは複数の属性を組み合わせて評価させることである。

本研究は、市場にまだ投入されておらず消費者が価格を比較的想像しにくい乗用車の自動運転機能（人工智能に運転を任せる機能のうち、特定の条件下で運転を任せる条件付き自動運転：米国運輸省 NHTSA レベル3 と、乗車中はすべて自動運転に任せる完全自動運転：米国運輸省 NHTSA レベル4の2種類のレベル¹⁾）について、アンケート調査の前段階のプレテストを用いて CV で検証

山梨県立大学 国際政策学部 総合政策学科

Department of Glocal Policy Administration, Faculty of Glocal Policy Management and Communications, Yamanashi Prefectural University

馬奈木 俊介：九州大学 工学研究院 環境社会部門
Faculty of Engineering, Kyushu University

すべきかCAで検証するべきかを確認することを目的としている。自動運転に運転を任せるという自動運転機能は未だ市場で流通しておらず、回答者が価格のイメージを持ちにくいものと考えられる。このような場合、CVを用いて回答者に自動運転機能だけを評価させるほうが良いのか、CAとしてほかの属性（ここではハイブリッドや電気という燃料）と共に評価させても問題がないのか、調査を実施する前にチェックを行う必要がある。通常の表明選好法の研究では研究者があらかじめCVを用いるかCAを用いるかを決めたいうえでアンケート調査を開始することが多いが、今回は同一のタイミングで対象者をCVとCAに分割して比較できる機会を得られたため、本稿ではその比較結果について考察する。

2. 先行研究

CVとCAを直接比較する先行研究によると、さまざまな要因により両者間で異なる結果が出ることが知られている。Magat et al. (1988)では、化学製品の安全な利用法のいくつかに対する支払意思を比較し、CVの結果がCAより平均して58%低いことを示した。CVでは回答者が普段の買い物と同様に提示された金額より低い金額で購入しようとする反面、CAではそのインセンティブが働かないことを要因としている。Boxall et al. (1996)は狩猟地において獲物とされるアメリカヘラジカの増加のために支払っても良い金額がCAでは\$3.46であったのに対し、CVでは高めに推計された(\$2.18~\$5.60)としており、差異を生む要因は回答者が代替財を意識するか否かであると推測している。Hanley et al. (1998)²⁾はスコットランドの環境保護地区について、CA (£108~£183)のほうがオープンエンドのCV (£31)よりはるかに高くなったとするが、回答者が対象物（この場合は保護地区）属性に注目しやすいこと、評価対象の範囲が回答者に正確に伝わらないために生じる「部分全体バイアス」（この場合は保護地区のイメージの回答者による違い）を避けられること、複数回回答する設定の際に「はい」ばかり選ぶ問題を回避できること、などからCAのほうがメ

リットがあるとしている。Stevens et al. (2000)は北東アメリカにおいて民間の森林所有者に生態系管理への支払意思を求め、CAのほうが高くなるバイアスがあるとした。彼らは、その原因を選択時に「おそらく選ぶ」という感覚を「選ぶ」としてしまふからであると述べている³⁾。Veisten (2007)はオープンエンドのCVと選択型CAをIKEAの木製品に仮想的にエコラベルを付けることへの支払意思で比較し、イギリスではCAで製品価格の16%、CVでは7.5%であったのに対して、ノルウェイではCAで2%、CVで6%という逆の結果となった。その要因として、Veistenは、イギリスとノルウェイにWTPの分布（エコラベルに対する評価）の違いがあり、CAのほうがその差を把握できるからではないかと推論している。

CAは財・サービスの実態に近いものを直接選択することからランダム効用理論に整合性であるとされている。ただし、Caussade et al. (2005)が指摘するように、同じCAであっても設問方法が結果を左右することが知られている。また、CAで提示する属性の組み合わせが不適切であれば、むしろCVのほうが正確に支払意思を測れる可能性もある。

本研究では、インターネットアンケートを用いて、購入したい自動車に付加するオプションとしての自動運転機能に対するWTPを、他の設問・実施時期を同一にして回答者をCVとCAの2グループに分けて質問した結果から、CVとCAの差がどのように表れるかを示す。

3. 調査概要

インターネットアンケートは、独立行政法人経済産業研究所の委託により株式会社日経リサーチと実施した。提携先を含む日経リサーチのインターネットモニターから、18歳以上69歳以下の男女を対象として、住民基本台帳の人口構成比に基づき送信数を設定した。調査の時期および回収件数は表1の通りであり、本稿ではプレテスト（1回目）（以下、「自動運転車の潜在需要に関するWeb調査 プレテスト①」とする）の結果について報告する⁴⁾。

表 1 インターネット調査の概要

	支払い意思聴取方法	調査期間	サンプル数
プレテスト (1回目)	CVMとコンジョイント の2方式(半数ずつ)	2017年1月13日(金) ～1月16日(月)	1,483件 (回収率9.6%)
プレテスト (2回目)	コンジョイント方式	2017年2月23日(木) ～2月27日(月)	815件 (回収率11.3%)
本調査	コンジョイント方式	2017年3月16日(木) ～3月21日(火)	18,526件 (回収率12.6%)

資料：株式会社日経リサーチ

表2 回答者の属性

	仮想評価法 (CV)					コンジョイント分析 (CA)				
	標本数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	標本数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
男性	660	0.608	0.489	0	1	628	0.553	0.498	0	1
年齢	660	47.068	13.010	18	69	628	47.002	13.320	18	69
所得(対数値)	660	6.350	0.625	5.011	7.824	628	6.326	0.645	5.011	7.824
国産車を所有	660	0.682	0.466	0	1	628	0.691	0.462	0	1
輸入車を所有	660	0.055	0.227	0	1	628	0.054	0.226	0	1
免許なし	660	0.114	0.318	0	1	628	0.097	0.296	0	1
運転好き	660	0.327	0.470	0	1	628	0.295	0.456	0	1
自動運転車で事故減	660	65.285	22.430	0	100	628	63.228	22.089	0	100

資料：「自動運転車の潜在需要に関するWeb調査 プレテスト①」

プレテスト①の回答者の属性は表2の通りである。CVとCAにおける分布に大きな差はない。どちらも男性の比率が人口比(平成28年9月1日現在の男性48.7%対女性51.3%)よりやや高くなっているが、アンケートのタイトルに「自動運転車」とあるため、車への関心が高い男性の回答率が高かったものとみられる。

の金額を回答者に提示して購入意思を「はい」か「いいえ」から選択してもらい、「はい」であればより高い金額を、「いいえ」であればより低い金額を提示して、回答者の支払意思額を求める二項選択法を用いた。図1でQ1のみ尋ねるのがシングルバウンド、Q2まで尋ねるのがダブルバウンド、追加的にQ3まで尋ねるのがシングルバウンドスパイクである⁵⁾。それぞれの提示額および回答を利用した場合の理論式は表3であり、下段の対数尤度関数から、パラメータベクトル θ の最尤推定量を求める。

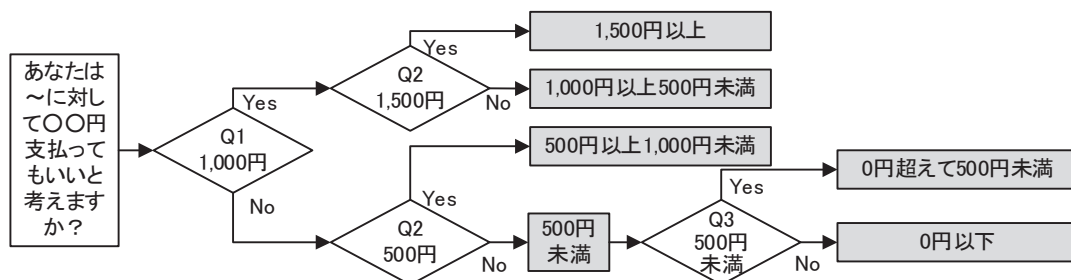
本研究では提示金額のパターンとして自動運転

4. 仮想市場法 (CV) による WTP の推計結果

4.1. 理論と分析手法

CVにも複数の手法があるが、本研究では図1に示すように、対象物を購入すると想定した場合

図 1 二項選択CVの概念図(例)



注1：色つきのボックスが、回答者が支払っても良いと考える金額の範囲。

注2：Q3の「500円未満」で支払ってもいいと考えない(No)場合は、支払意思がゼロもしくはマイナス(0円以下)であると考えられる。

資料：筆者ら作成

表3 二項選択CVの推計式

シングルバウンド SB	ダブルバウンド DB	ダブルバウンドスパイク DB+Spike
$\pi^y(B_i) = \Pr(B_i < WTP_i)$ $= 1 - F(B_i; \theta)$ $\pi^n(B_i) = \Pr(WTP_i \leq B_i)$ $= F(B_i; \theta)$	$\pi^{yy}(B_i, B_i^y) = \Pr(B_i^y < WTP_i) = 1 - F(B_i^y; \theta)$ $\pi^{yn}(B_i, B_i^y) = \Pr(B_i < WTP_i \leq B_i^y) = F(B_i^y; \theta) - F(B_i; \theta)$ $\pi^{ny}(B_i, B_i^y) = \Pr(B_i^y < WTP_i \leq B_i) = F(B_i; \theta) - F(B_i^y; \theta)$ $\pi^{nn}(B_i, B_i^y) = \Pr(WTP_i \leq B_i^y) = F(B_i^y; \theta)$	$\pi^{yy}(B_i, B_i^y) = \Pr(B_i^y < WTP_i) = 1 - F(B_i^y; \theta)$ $\pi^{yn}(B_i, B_i^y) = \Pr(B_i < WTP_i \leq B_i^y) = F(B_i^y; \theta) - F(B_i; \theta)$ $\pi^{ny}(B_i, B_i^y) = \Pr(B_i^y < WTP_i \leq B_i) = F(B_i; \theta) - F(B_i^y; \theta)$ $\pi^{nyy}(B_i, B_i^y, 0) = \Pr(0 < WTP_i \leq B_i^y) = F(B_i^y; \theta) - F(0; \theta)$ $\pi^{nny}(B_i, B_i^y, 0) = \Pr(WTP_i \leq 0) = F(0; \theta)$
$\ln L(\theta) = \sum_{i=1}^n \left\{ d_i^y \ln \pi^y(B_i) \right\}$ $\left\{ + d_i^n \ln \pi^n(B_i) \right\}$	$\ln L(\theta) = \sum_{i=1}^n \left\{ d_i^{yy} \ln \pi^{yy}(B_i, B_i^y) + d_i^{yn} \ln \pi^{yn}(B_i, B_i^y) \right\}$ $\left\{ + d_i^{ny} \ln \pi^{ny}(B_i, B_i^y) + d_i^{nn} \ln \pi^{nn}(B_i, B_i^y) \right\}$	$\ln L(\theta) = \sum_{i=1}^n \left\{ d_i^{yy} \ln \pi^{yy}(B_i, B_i^y) + d_i^{yn} \ln \pi^{yn}(B_i, B_i^y) \right\}$ $\left\{ + d_i^{ny} \ln \pi^{ny}(B_i, B_i^y) + d_i^{nny} \ln \pi^{nny}(B_i, B_i^y, 0) \right\}$ $\left\{ + (1 - d_i^n) d_i^n \ln \pi^n(B_i, 0) \right\}$

注1: d および π の上付き文字は Q1 から順に回答が Yes であれば y 、No であれば n としている。 π は確率密度、 F は累積分布関数、 d は回答が上付き文字の通りになれば1、それ以外が0となる二値の指示変数。 B は提示額であり、Q2の高い金額のほう B^y 、低い金額のほう B^n である。

注2: 上段は各回答を選択する尤度であり、下段がそれらを変換して得られる対数尤度関数である。 $d \ln L(\theta) / d\theta = 0$ となる最尤推定量 $\hat{\theta}$ を求めればよい。

の各レベルに対して3種類ずつ、計6パターンを用意した。本研究の対象である自動運転車の場合、車自体の購入意思を尋ねると、想定する自動車本体への支払意思が回答者によって大きく異なってしまう（たとえば回答者がセダンを想定した場合とワゴン車を想定した場合）。このような影響を排除するため、今回の調査では、まず回答者に、気に入った車種の「自動運転機能の付いていないガソリン車」を購入することにしたものと想定してもらい、その自動車にオプションとして自動運転機能をつけるときの価格を選択してもらう設定にした。

4.2. 回答傾向

設問に対する回答傾向を示した表4から見受

けられるのは、提示金額が高いほどYY (Q1にYes、Q2にYes) およびYNの回答者が減ること、レベル3よりレベル4のほうがWTPは高そうなことである。無料でもオプションをつけたくない回答者が平均して17%いるため、この中ではダブルバウンドスパイクモデルが妥当な値であると判断される。

4.3. 仮想市場法 (CV) による推計結果

表5はWTPの中央値および平均値を示したものである⁶⁾。今回は対数線形ロジット関数を用いて推計していることから図2のような受諾確率曲線(減衰曲線)を描くことができ、提示額を受け入れる人数と拒否する人数が半々(受諾確率が0.5)となるとところが中央値、各曲線の下面積

表4 CV設問への回答結果

自動運転レベル	1回目提示額 (B)			YY	YN	NY	NN	回答者計					
	1回目Y (B ^y)	1回目N (B ⁿ)						もっと低い金額だったら追加したい	無料でも追加したくない				
レベル3	20万円	50万円	10万円	8	18	15	49	35	14	9	5	90	
	50万円	100万円	20万円	4	28	23	71	47	24	11	13	126	
	100万円	200万円	50万円	4	12	13	93	67	26	14	12	122	
レベル4	20万円	50万円	10万円	23	33	19	39	23	16	5	11	114	
	50万円	100万円	20万円	13	22	17	51	31	20	7	13	103	
	100万円	200万円	50万円	2	11	24	68	53	15	4	11	105	
全体				54	124	111	371	256	115	50	65	660	
各水準の、全回答者数に対する比率	レベル3	20万円	50万円	10万円	8.9%	20.0%	16.7%	54.4%	38.9%	15.6%	10.0%	5.6%	100.0%
		50万円	100万円	20万円	3.2%	22.2%	18.3%	56.3%	37.3%	19.0%	8.7%	10.3%	100.0%
		100万円	200万円	50万円	3.3%	9.8%	10.7%	76.2%	54.9%	21.3%	11.5%	9.8%	100.0%
	レベル4	20万円	50万円	10万円	20.2%	28.9%	16.7%	34.2%	20.2%	14.0%	4.4%	9.6%	100.0%
		50万円	100万円	20万円	12.6%	21.4%	16.5%	49.5%	30.1%	19.4%	6.8%	12.6%	100.0%
		100万円	200万円	50万円	1.9%	10.5%	22.9%	64.8%	50.5%	14.3%	3.8%	10.5%	100.0%
	全体				8.2%	18.8%	16.8%	56.2%	38.8%	17.4%	7.6%	9.8%	100.0%

資料: 「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査 プレテスト①」

表5 CVの手法別WTP

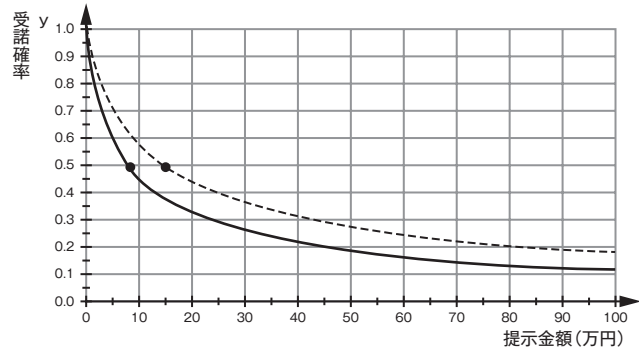
WTP (万円)		レベル3	レベル4
中央値	SB	5.0	21.1
	DB	13.6	21.7
	DB+spike	8.2	14.8
平均値	SB	38.5	47.0
	DB	32.2	43.8
	DB+spike	33.8	47.7

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査プレテスト①」

が平均値となる。

個人属性を考慮した場合、一般的に $F(B)$ は、 $F(B)=F(-\alpha-x'_i\beta-\beta_{bid} \ln B)$ と表される。ただし α は定数項、 x_i は個人 i の属性ベクトル、 β は x_i の係数パラメータベクトル、 β_{bid} は提示額 B の対数値 $\ln B$ の係数パラメータである。ダブルバウン

図2 ダブルバウンドスパイクの受諾確率



注： 実線がレベル3、破線がレベル4。点は各レベルの中央値（受諾確率=0.5）。

資料：表5に同じ。

ドスパイクモデルを適用した本研究での β_{bid} および β の推計結果は表6の通りである。どちらのレベルでも年齢、性別はWTPに影響するとはいえ、所得および「自動運転で交通事故が減る」と考える度合いが高いほどWTPは高い。免許を持たない人はレベル3へのWTPが低く、運転好

表6 ダブルバウンドスパイクモデルの推計結果

	Model 1 (全変数)		Model 2 (有意な変数のみ)	
	レベル3	レベル4	レベル3	レベル4
提示価格 (対数)	-0.883 *** (0.052)	-0.871 *** (0.052)	-0.881 *** (0.052)	-0.861 *** (0.052)
定数項	-0.832 (1.144)	-1.960 (1.283)	-0.996 (1.043)	-2.359 ** (1.132)
男性	-0.210 (0.226)	-0.057 (0.224)		
年齢	-0.002 (0.008)	-0.013 (0.008)		
所得 (対数)	0.300 * (0.167)	0.527 *** (0.182)	0.294 * (0.165)	0.486 *** (0.175)
国産車所有	-0.630 ** (0.265)	-0.086 (0.278)	-0.634 ** (0.256)	
輸入車所有	0.409 (0.595)	-0.588 (0.504)	0.380 (0.586)	
免許なし	-0.776 ** (0.321)	0.277 (0.405)	-0.709 ** (0.314)	
運転好き	-0.012 (0.265)	-0.579 ** (0.262)		-0.654 ** (0.254)
自動運転で事故減	0.023 *** (0.005)	0.027 *** (0.005)	0.022 *** (0.004)	0.026 *** (0.004)
対数尤度	-478.602	-479.135	-489.373	-491.703
標本数	338	338	322	322
赤池情報量規準	977.2	972.3	998.7	993.4

注： *は10%、**は5%、***は1%水準で有意であることを示す。

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査 プレテスト①」

きな人はレベル 5 への WTP が低いという結果となった。

5 コンジョイント分析 (CA) による WTP の推計

5.1. 理論と分析手法

本稿で用いる選択型コンジョイント分析は仮想市場法より複雑な手法であるため、Train (2003)

などに基づいて、理論を順を追って説明する。回答者が選ぶ対象 (財の属性の組み合わせ) をプロファイルと呼ぶが、 J 種類のプロファイルがあるとき、回答者 n がプロファイル j を選択したときの効用 U_{nj} は、実験者が観察可能な効用 V_{nj} と実験者が観察不可能な ε_{nj} とに分かれ、次式のように表される。

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj}, \quad j=1, \dots, J \quad (1)$$

このとき、仮定により $\varepsilon_{nji}^* = \varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni}$ は以下のロジスティック分布に従う。

$$F(\varepsilon_{nji}^*) = \frac{\exp(\varepsilon_{nji}^*)}{1 + \exp(\varepsilon_{nji}^*)} \quad (2)$$

ある個人 n がプロファイル i を選択する確率は、

$$\begin{aligned} P_{ni} &= \text{Prob}(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad \forall j \neq i) \\ &= \text{Prob}(\varepsilon_{nj} < \varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj} \quad \forall j \neq i) \end{aligned}$$

である。 $\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj}$ の累積分布関数は $\exp(-\exp(-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})))$ となるから、 ε_{nj} が与えられれば

i 以外のすべての j の選択確率は $P_{ni} | \varepsilon_{ni} = \prod_{j \neq i} \exp(-\exp(-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})))$ となる。

ε_{nj} は未知であるため、これをすべての ε_{nj} について積分し (2) 式の確率密度で加重すると、

$$\begin{aligned} P_{ni} &= \int (P_{ni} | \varepsilon_{ni}) f(\varepsilon_{ni}) d\varepsilon_{ni} \\ &= \int \left(\prod_{j \neq i} \exp\{-\exp(-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj}))\} \right) \exp(-\varepsilon_{ni}) \cdot \{\exp(-\exp(-\varepsilon_{ni}))\} d\varepsilon_{ni} \end{aligned}$$

と求められるから、選択確率は

$$P_{ni} = \frac{\exp(V_{ni})}{\sum_j \exp(V_{nj})}$$

となる。ここで、観察可能な効用 V_{nj} がパラメータに関して線型であると仮定すると、プロファイル j の観察された変数のベクトル \mathbf{x}_{nj} に対し、 $V_{nj} = \beta' \mathbf{x}_{nj}$ という関係を与えることができ、このとき P_{ni} は

$$P_{ni} = \exp(\beta' \mathbf{x}_{ni}) / \sum_j \exp(\beta' \mathbf{x}_{nj})$$

と表わされる。ここで β は、推定されるパラメータであり、限界効用を表している。

アンケートでは「プロファイルを選択すると 1、選択しないと 0」という二値変数を用いて、個人 n のプロファイル i の選択確率を $\prod_i (P_{ni})^{y_{ni}}$ (ただし、 y_{ni} は個人 n が i を選択すると 1、その他は 0 となる変数) という形で得る。 N 人分の回答を用いるときは、

$$L(\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_i (P_{ni})^{y_{ni}}$$

を最大化するような β を求める。ただし、このままだと非線形であるため、対数をとった対数尤度関数 (log likelihood function) $\ln L(\beta)$ を最大化する β を求める。

$$\ln L(\beta) = \sum_{n=1}^N \sum_i y_{ni} \ln P_{ni}$$

CAでも、CVと同様に、まず回答者に気に入った車種の「自動運転機能の付いていないガソリン車」を購入することにしたものと想定してもらい、その自動車にオプションとして自動運転機能を付けたり、電気自動車やハイブリッドに変えたりという選択をしてもらって設定にした。提示する属性の種類は表7の通りであり、あらかじめ自動運転なしとオプションなし（ガソリン車）の組合せは提示されないようにしたうえで、D最適法によって8種類の組合せを6ブロック作成し、各個人に8組ずつ提示した。

回答者には、自動車を買うことにした想定で、販売店で気に入った型の自動車を選んだところ、それが「自動運転機能のないガソリン車」であったことを前提としてもらう。さらに、ディーラーが、新しい自動運転機能の追加と燃料の変更をオプションとして提案し、オプション料金を示したという想定で、図3のようなオプションAとBを比較してもらい、そのどちらかを購入するか、どちらのオプションもつけないかを選択してもらった。図3のような組合せが1人当たり8回提示される。

5.2. 回答傾向

紙幅の都合上、すべての組合せの回答率を掲載することができないが、特徴的であった回答傾向として「どちらのオプションもつけない」の回答比率が非常に高く、8問すべてに「どちらのオプションもつけない」とした回答が全体の35%に上ったことが挙げられる（ただし、CVのNN回答が全体で56.2%であったものよりは低い）。価格を基準に選ばれているものと思われ、200万円が含まれる組合せが最も高い比率で選択外となった⁷⁾。

5.3. コンジョイント分析の結果

全回答者を対象としてWTPを推計すると、すべてのオプションの平均値がマイナスとなった。とくにレベルについては信頼区間の幅が非常に大きく平均値が非有意である。そこで、8問すべてで「どちらのオプションもつけない」を選択した回答者を除外したところ、いずれも有意な正値となり、レベル3のほうがWTPが高くなった(表8)。

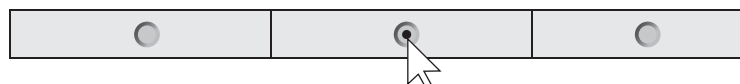
すべての問いで「どちらのオプションもつけない」を選ばなかった回答者を対象に、レベルと属

表7 回答者に提示する属性の種類

自動運転レベル	燃 料	オプションの追加料金
自動運転なし	オプションなし (ガソリン車)	20万円
レベル3 (条件付き自動運転)	ハイブリッド車へ変更	50万円
レベル4 (完全自動運転)	電気自動車へ変更	100万円
		200万円

図3 コンジョイント設問で回答者に提示されるプロフィールの組合せ例

	オプションA	オプションB	
自動運転レベル	レベル3 (条件付き自動運転)	レベル4 (完全自動運転)	どちらのオプションもつけない
燃料	ハイブリッド車へ変更	オプションなし (ガソリン車)	
オプションの追加料金	50万円	100万円	



資料：「自動運転車の潜在需要に関するWeb調査 プレテスト①」

表8 CAで求めたWTP

	WTP	95%信頼区間	
全回答者 (N = 628)			
レベル3	-6.656	-22.693	9.381
レベル4	-4.099	-18.383	10.184
ハイブリッド	-46.467 ***	-66.152	-26.782
電気	-66.295 ***	-88.411	-44.179
「どちらのオプションも付けない」を全ての問い で選ばなかった回答者 (N = 410)			
レベル3	82.367 ***	72.670	92.063
レベル4	69.176 ***	59.876	78.477
ハイブリッド	33.104 ***	23.157	43.051
電気	16.463 ***	5.448	27.478

資料：「自動運転車の潜在需要に関するWeb調査 プレテスト①」

性との交差項を入れて推計した限界効果をもとにして、各属性をもつ人が各レベルの自動運転機能をつけるときの限界効果を求めた値が表9である。これによると、レベル3もレベル4でも自動車を所有している人がマイナス、レベル4では年

齢・所得の高い人と、自動運転自動車で交通事故が減ると考えている人がプラスになる。

6. 仮想市場法(CV)とコンジョイント分析(CA)の結果の比較

オプションをつける意思がない人を除くために、CVではダブルバウンドスパイクモデルの結果を、CAではオプションを少なくとも1つはつける回答者を対象とした分析結果を表10で比較する。自動運転オプションへのWTPの平均値はいずれもCAのほうが高く、この傾向は先行研究の大勢と同じである。CVでは、オプション価格の最大値を確からしい値に設定する必要があり、その意味では価格帯が未知数である自動運転機能の場合はCVの利用を避けるべきであることが推測される。

また、個人属性については有意になる変数が異

表9 コンジョイント分析による属性評価

	Model 1 (全変数)		Model 2 (有意な変数のみ)	
	レベル3	レベル4	レベル3	レベル4
レベル(属性=0)	0.574 (0.575)	-1.204 ** (0.530)	0.487 (0.566)	-1.372 *** (0.523)
男性	-0.071 (0.113)	0.100 (0.104)		
年齢	0.002 (0.004)	0.013 *** (0.004)	0.002 (0.004)	0.014 *** (0.004)
所得(対数)	0.137 (0.088)	0.254 *** (0.080)	0.140 (0.087)	0.272 *** (0.079)
国産車所有	-0.508 *** (0.135)	-0.826 *** (0.124)	-0.500 *** (0.130)	-0.749 *** (0.119)
輸入車所有	-0.550 ** (0.240)	-0.644 *** (0.212)	-0.514 ** (0.236)	-0.557 *** (0.208)
免許なし	-0.201 (0.244)	-0.535 ** (0.224)		
運転好き	-0.136 (0.142)	0.056 (0.128)		
自動運転で事故減	-0.001 (0.003)	0.006 ** (0.002)	-0.002 (0.003)	0.006 ** (0.002)
対数尤度	-3299.973		-3306.654	
サンプル数	410		410	
赤池情報量規準	6657.9		6653.3	

注：*は10%、**は5%、***は1%水準で有意であることを示す。

資料：「自動運転車の潜在需要に関するWeb調査 プレテスト①」

表10 WTPおよび属性ごとの限界効果の正負の比較

	レベル3		レベル4	
	CV	CA	CV	CA
WTP (平均、万円)	33.8	82.4	47.7	69.2
個人属性の影響				
男性				
年齢				+
所得 (対数)	+		+	+
国産車所有	-	-		-
輸入車所有		-		-
免許なし	-			
運転好き			-	
自動運転で事故減	+		+	+

注：CVはダブルバウンドスパイクモデル、CAは少なくとも1回はオプションを選んだ回答者のみの結果

なるが、CVとCAで正負が逆になるものがなく、いずれの手法を用いたとしても限界効果を測ることが可能であると判断される。CAで燃料との組み合わせを行っているが、自動運転機能を強化した電気自動車が開発されている点から、現実的な組み合わせであったと考えられる。CAの組み合わせが不適切でないことがわかったため、筆者らは、拡張性というコンジョイント分析のメリットを活かすために2回目のプレテスト以降はCAを用いた分析を行うこととした。CVとCAを同時に行える機会が少ないことを鑑みると、本研究におけるCVとCAの比較は先行文献に小さいながらも新たな貢献を加えたといえよう。

注

- 1) 2016年9月にはNHTSAが、レベル5を完全自動運転とする米国自動車技術会(SAE)の定義を使うことに変えたため、日本政府も2016年末には定義を変更する姿勢を表明し、2017年からはSAEの定義が主流になった。ただし、1月のプレテストでは、回答者に馴染みのある旧来のNHTSAレベルを使用した。
- 2) Hanley and Macmillan (2000)で、この論文についてScarpa (2000)に指摘された不備については問題ないとの回答がなされている。
- 3) Morita and Managi (2015)ではこの問題を避けるためにCAで二項選択ではなくBlass et al. (2010)の選択確率モデル(何%購入すると思うかという購買確率を選択するもの)を応用した結果を用いて比較している。
- 4) 3回目の本調査の暫定的な結果は森田・馬奈木(2018)

として公表した。

- 5) このほかCooper et al. (2002)が提唱したOne-and-one-half boundと呼ばれる手法もあるが、価格の提示方法を変える必要があるため、今回は実施していない。
- 6) プログラムは寺脇(2000)を参考に、LIMDEPを用いて作成した。
- 7) この結果を受けて、2回目のプレテスト以降は価格属性の提示金額を引き下げた。

謝辞

本稿は、独立行政法人経済産業研究所におけるプロジェクト「人工知能等が経済に与える影響研究」、およびJSPS科研費JP26285057の成果の一部である。ここに記して感謝の意を表したい。

参考文献

- 寺脇拓. 2000「Limdepによる二段階二肢選択CVMの計測」『神戸大学農業経済』33: 101-12.
- 森田玉雪・馬奈木俊介. 2018「自動運転車が生み出す需要と社会的ジレンマ」RIETIディスカッションペーパー, 18-J-004.
- Blass, A., Lach, S., Manski, C., 2010. "Using elicited choice probabilities to estimate random utility models: preferences for electricity reliability." *International Economic Review* 51 (2): 421-440.
- Cooper, Joseph C, Michael Hanemann, and Giovanni Signorello. 2002. "One-and-One-Half-Bound Dichotomous Choice Contingent Valuation." *Review of Economics and Statistics* 84 (4): 742-50. doi:10.1162/003465302760556549.
- Boxall, Peter C., Wiktor L. Adamowicz, Joffre Swait, Michael Williams, and Jordan Louviere. 1996. "A Comparison

- of Stated Preference Methods for Environmental Valuation.” *Ecological Economics* 18 (3): 243–53. doi:10.1016/0921-8009(96)00039-0.
- Caussade, Sebastián, Juan de Dios Ortúzar, Luis I. Rizzi, and David A. Hensher. 2005. “Assessing the Influence of Design Dimensions on Stated Choice Experiment Estimates.” *Transportation Research Part B: Methodological* 39 (7): 621–40. doi:10.1016/j.trb.2004.07.006.
- Hanley, Nick, and Douglas Macmillan. 2000. “Contingent Valuation Versus Choice Experiments: Estimating the Benefits of Environmentally Sensitive Areas in Scotland: Reply.” *Journal of Agricultural Economics* 51 (1): 129–32.
- Hanley, Nick, Douglas Macmillan, Robert E. Wright, Craig Bullock, Ian Simpson, Dave Parsisson, and Bog Crabtree. 1998. “Contingent Valuation Versus Choice Experiments: Estimating the Benefits of Environmentally Sensitive Areas in Scotland.” *Journal of Agricultural Economics* 49 (1): 1–15. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1477-9552.2000.tb01213.x>.
- Magat, Wesley A., W. Kip Viscusi, and Joel Huber. 1988. “Paired Comparison and Contingent Valuation Approaches to Morbidity Risk Valuation.” *Journal of Environmental Economics and Management* 15 (4): 395–411. doi:10.1016/0095-0696(88)90034-4.
- Morita, Tamaki and Shunsuke Managi. 2015. “Consumers’ Willingness to Pay for Electricity after the Great East Japan Earthquake” *Economic Analysis and Policy*, Vol. 48, pp. 82–105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eap.2015.09.004>
- Scarpa, R., 2000. “Contingent Valuation Versus Choice Experiments: Estimating the Benefits of Environmentally Sensitive Areas in Scotland: Comment.” *Journal of Agricultural Economics*, 51: 122–128. doi:10.1111/j.1477-9552.2000.tb01213.x
- Stevens, T. H., R. Belkner, D. Dennis, D. Kittredge, and C. Willis. 2000. “Comparison of Contingent Valuation and Conjoint Analysis in Ecosystem Management.” *Ecological Economics* 32 (1): 63–74. doi:10.1016/S0921-8009(99)00071-3.
- Train, Kenneth 2009. *Discrete Choice Methods with Simulation*, 2nd ed. Cambridge University Press
- Veisten, Knut. 2007. “Willingness to Pay for Eco-Labelled Wood Furniture: Choice-Based Conjoint Analysis versus Open-Ended Contingent Valuation.” *Journal of Forest Economics* 13 (1): 29–48. doi:10.1016/j.jfe.2006.10.002.