



RIETI Discussion Paper Series 18-J-004

自動運転車が生み出す需要と社会的ジレンマ

森田 玉雪
山梨県立大学

馬奈木 俊介
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

自動運転車が生み出す需要と社会的ジレンマ¹

森田玉雪（山梨県立大学）・馬奈木俊介（経済産業研究所、九州大学）

要 旨

本稿は、大規模なインターネットアンケート調査を用いて、日本人の自動運転自動車（自動運転車）に対する潜在需要を2つの視点から分析する。

第Ⅰ部では、運転者が関与する必要のある部分的自動運転と、運転者が関与する必要のない完全自動運転に対する限界支払意思額（WTP）を、コンジョイント形式による表明選好法を用いて明らかにする。その際、ハイブリッドや電気自動車への選好を組み入れた上で消費者の属性を潜在クラスロジットにより5分類し、消費者の異質性をクラス別に示す。

第Ⅱ部では、自動運転車が社会的ジレンマを生み出すことを検証する。自動運転車に搭載された人工知能が直面せざるを得ない道徳的ジレンマ—運転者が自分を犠牲にして通行人を救うべきか、自分を助けるために通行人を犠牲にするべきか—というトロッコ問題—に対する消費者の意識を、米国における先行研究との比較を含めて調査分析する。結果として、消費者の価値観と購買行動の間に一定の差異が生じるため、自動運転の普及が社会的ジレンマを生み出し得ることが指摘される。このことは、アルゴリズム設計や法制度設計を行う上で看過できない問題であるため、今後一層の配慮が必要であるといえる。

キーワード：自動運転自動車、支払意思額、社会的ジレンマ、人工知能、潜在

クラスロジット JEL Classification: D12, R49

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

¹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」の成果の一部である。本稿の原案に対して、同プロジェクトのメンバーの方々並びに経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。また、一部に JSPS 科研費 26285057 の助成を受けた。ここに記して、感謝の意を表したい。

目 次

1. 問題の背景と研究目的.....	3
2. 調査概要	4
3. 回答者の属性.....	5
第Ⅰ部 自動運転車が生み出す需要	
4. 自動運転車への支払意思額.....	9
4.1. 理論	10
4.1.1. 選択型コンジョイント分析.....	10
4.1.2. 潜在クラスモデル.....	12
4.1.3. プロビット分析による属性の判断.....	13
4.2. コンジョイントの提示内容.....	13
4.3. 推計結果.....	15
4.3.1. 交差効果を含む限界支払意思額.....	15
4.3.2. 潜在クラス分析.....	17
4.4. 自動運転への潜在需要の特徴.....	22
第Ⅱ部 自動運転車が生み出す社会的ジレンマ	
5. 消費者の倫理観の分析.....	23
5.1. 分析手法.....	23
5.2. 調査結果.....	25
5.3. 日本人の倫理観と人工知能.....	33
6. まとめと今後の課題.....	34
参考文献	36
付録	38

1. 問題の背景と研究目的

自動運転のコンセプトが初めて世に問われたのは、約 70 年前、ニューヨーク万国博覧会（1939～40 年）に、アメリカのゼネラル・モーターズ社（GM）が展示した「20 年後のアメリカを題材にしたジオラマ」であったとされる。事故や渋滞や騒音のない移動手段として、ジオラマ上の自動運転道路に無線操縦の車が走っていたという（井熊・井上、2017）が、20 年後の 1960 年において自動運転の普及はアメリカでも夢のままであり、実現しなかった。日本でも 1967 年には通商産業省工業技術院機械技術研究所が電子制御道路上での電磁誘導方式の自動操縦に成功したが、公道で実用化されることはなかった。その後、工業技術院は道路ではなく自動車そのものを智能化する「知能自動車」の開発を始め、道路交通システムの技術を蓄積した。アメリカでは 1980 年代以後、intelligent vehicle（知能自動車）と共存する道路交通システムの開発が盛んになった。自動車業界でもアンチロックブレーキシステム（ABS）など部分的な性能向上を目指してきたものの、人工知能がコントロールする自動運転車を実現させることはそれほど近い目標ではなかった。

自動運転車の実用化に向けた研究を加速させたとされる Google 社は、アメリカの国防高等研究計画局が実施したロボットカーレース出場者の技術向上をみて 2009 年に Self-Driving Car Project¹ を立ち上げたという（井熊・井上、2017）。同社は 2014 年にはハンドルのないコンセプト・カーを造り、自動運転のテスト走行を重ねた。同年には中国のバイドゥがドイツのダイムラーと提携して実証実験を始め、2015 年にはダイムラーもコンセプト・カーを発表。さらに Uber、Apple、テスラ・モーターズ、中国のアリババ、日本の DeNA、ソフトバンク、NTT ドコモなど、異業種からも含めて相次いで自動運転開発に参入している。海外では 2025 年には乗員の介入を必要としないレベル 4 の自動運転（後掲表 3 参照）を実用化させる目標である。

これらの動きを背景に、日本政府も 2015 年に「世界最先端 IT 国家創造宣言」を閣議決定し、「2018 年を目途に交通事故死者数を 2500 人以下とし、2020 年までに世界で最も安全な道路交通社会を実現する」ために「車の自律系システムと車と車、道路と車との情報交換等を組み合わせ、2020 年代中には自動走行システムの試用を開始する」としている（内閣府、2015）。経済産業省製造産業局長と国土交通省自動車局長も自動走行ビジネス検討会を 2015 年 2 月に設置した。2017 年末には無人運転車の公道実証実験が行われ始めたところである。

日本の人々はどれだけ自動運転自動車を購入するのであろうか。ハイブリッドや電気自動車との関係も踏まえて確認する必要がある。運転者がこれまでに考える必要性のなかつ

¹ 2016 年に WAYMO が同プロジェクトを継承した。

た事故に関する法律の変更や、関連する倫理上の問題も発生する。想定しなくてはならない問題は多岐にわたるが、本研究では、今後法律を制定する上でも検討する必要に迫られる倫理上の課題について、人々の意識を調査する。自動運転車が事故を避けるために人工知能のアルゴリズムを設定しなくてはならないが、そこにいわゆる「トロッコ問題」が浮上してくる。運転者が自分を犠牲にして通行人を救うべきか、自分を助けるために通行人を犠牲にするべきか、救う人数は多いほど良いのか、などの問題である。Bonnefon ら(2015)が行った米国の調査では、人々は乗員が犠牲になっても被害者数を最小に抑えるべきだと考えているが、自分はそのようにプログラムした自動運転車には乗りたくないという傾向を持つことが示された。消費者の価値観と購買行動の間に差異が生じるという社会的ジレンマがみられたのである。本研究による調査でも、自動運転の普及が同様の社会的ジレンマを生み出し得ることが指摘される。このことは、アルゴリズム設計や法制度設計を行う上で看過できない問題であるため、本研究を通じて、これらの点に今後一層の配慮が必要であることを主張する。

2. 調査概要

本研究で用いたデータは、平成 28 年度「自動運転の潜在需要に関する Web 調査」である。同調査は、独立行政法人経済産業研究所が株式会社日経リサーチに委託して実施した（以下、「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」とする）。対象は同社の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。調査手順は、モニターに参加案内メールを送信し、対象者が調査サイトにアクセスして回答するものである。

本研究では、2 回のプレテストを実施した。1 回目のプレテストでは、まだ技術的に開発途上であり商品化されていない自動運転機能への支払意思を確認するため、手法として自動運転機能のみを回答者に提示して支払意思額を推計する仮想評価法（Contingent Valuation Method）を用いるべきか、エコカーか否かという他の属性との比較を含めて回答者に提示して支払意思額を推計する選択型コンジョイント（Choice-based Conjoint Analysis）を使うことが可能であるかを判定した。結果として、選択型コンジョイントを採用し²、2 回目のプレテストで調査票の調整を行った。調査時期及び回収件数は表 1 の通りである。

² 手法選択の経緯については森田・馬奈木（2018）に詳述している。

表 1 インターネット調査の概要

	支払意思聴取方法	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%)

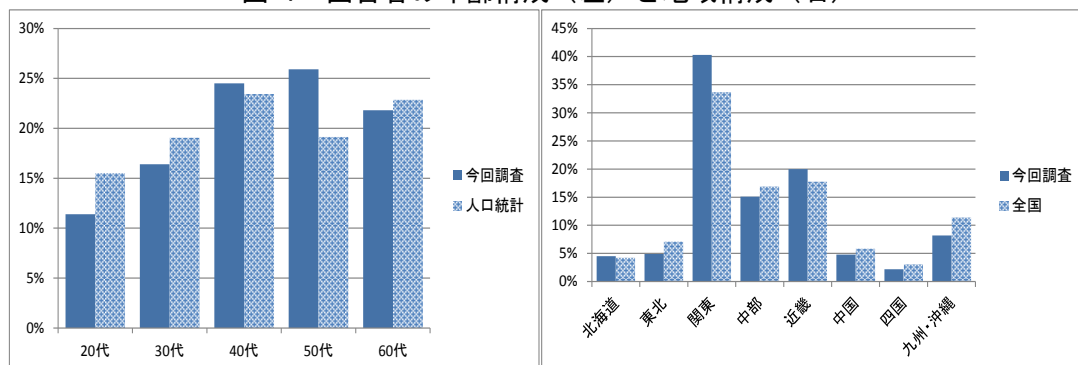
コンジョイント分析用のプロファイル作成には Ngene ver.1.1.2 を利用した。また、潜在クラス分析には NLOGIT ver. 6 を、属性別特性をみるための Probit 分析には STATA ver.15 を、自由回答の分析には SPSS Text Analytics for Surveys ver.4 を用いた。

3. 回答者の属性

回答者の属性のうち、男女比は 54.2%対 45.8%であり、平成 28 年 9 月 1 日現在の人口比 48.7%対 51.3%と比較すると男性のほうがやや多い。アンケートのタイトルに「自動運転」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。図 1 にあるように年齢構成は 20 代が低めで 50 代が高めとなっているが、地域構成は概ね人口構成に近い。

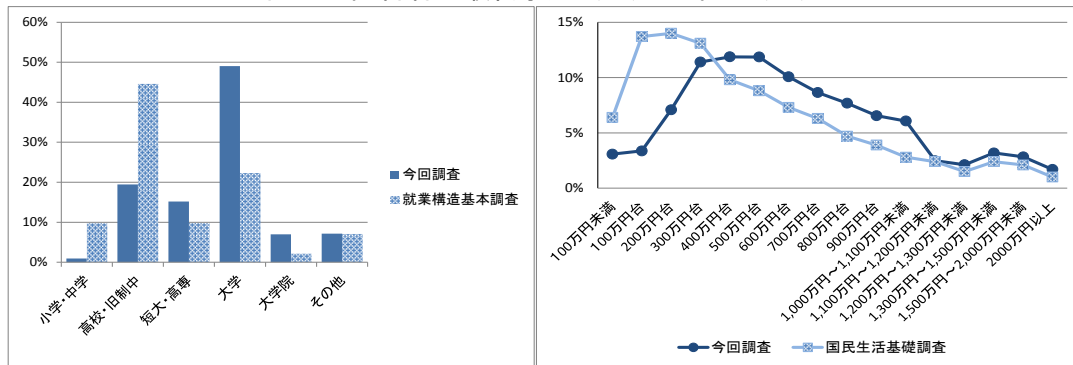
学歴と年収に関しては、インターネット調査全般に指摘される学歴・年収の問題が払拭されていない。図 2 に示すように、学歴では高卒までの比率が低く、大卒の比率が高い。特に年収は、400 万円台未満の比率が少なく、500～1000 万円までの層の比率が高い。それでも、実際に自動運転車を購入する層は年収の高い層になることが考えられるため、今回の調査での対象者の偏りは大きな問題とはならないと判断される。

図 1 回答者の年齢構成（左）と地域構成（右）



資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」、総務省統計局「人口統計」

図 2 回答者の最終学歴（左）と年収（右）



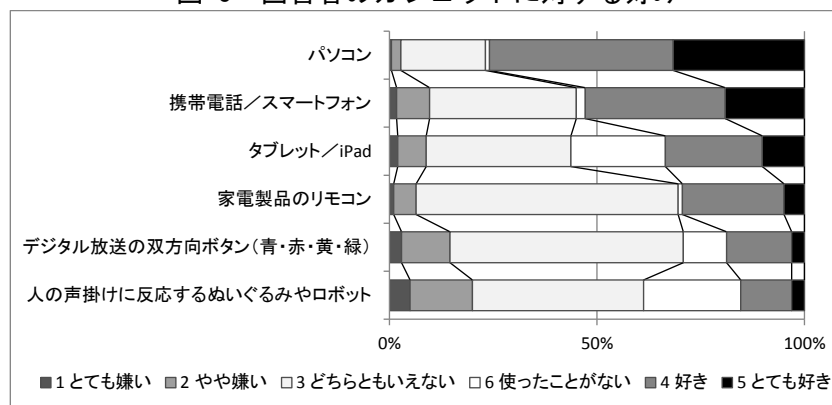
資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」、厚生労働省「就業構造基本調査」「国民生活基礎調査」

以下では、自動運転車に対する支払意思の推計で利用する消費者属性のうちいくつかを変数名とともに紹介する。

・ガジェット好き

回答者が電子機械（ガジェット）を好むかどうかは、人工知能を利用した心臓部によって動く自動運転に対する選好を左右する要因であると考えられるため、回答者がガジェット好きであるかどうかを、図 3 に示す 6 項目で尋ね（複数回答）、これらを合成して³ガジェット好きの変数を作成した。図 3 は、各項目の「好き＋とても好き」の比率から「やや嫌い＋とても嫌い」の比率を引いた値が大きい順に上から並べたものである。インターネット調査の影響もあってか、パソコンやスマートフォン、タブレット類が好まれる傾向にあるが、ロボットは「やや嫌い＋とても嫌い」が「好き＋とても好き」を上回っている。自動運転の人工知能がロボットに近くなると、余り好まれない可能性もあろう。

図 3 回答者のガジェットに対する好み



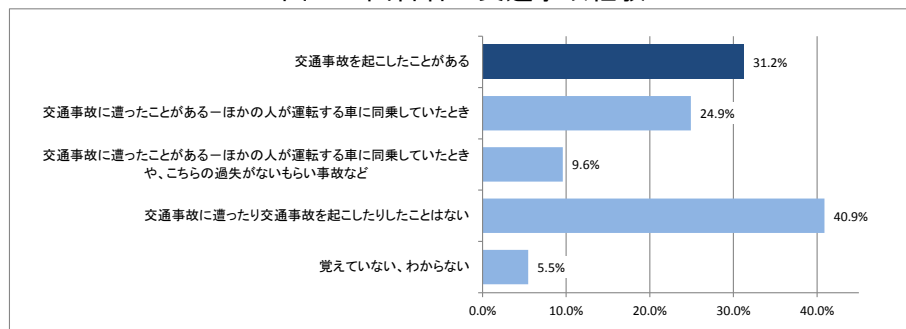
資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

³ 選択肢 6 の「使ったことがない」を 3「どちらともいえない」に含め、回答者ごとに、すべてのガジェットへの選択番号を合計した値を変数とした。

- ・ 事故を起こしたことがある

自動運転は交通事故を減らすことを目的として導入されることから、回答者の事故経験が自動運転車の選好に影響するとみられる。そこで、回答者の事故経験を複数回答で尋ねた。このうち、後述する計量分析で有意に影響が出たのは「交通事故を起こしたことがある」の選択肢であった（図 4）。変数としての事故を起こしたことがあるは、回答者が自己の過失のある事故経験を持つことを意味する。

図 4 回答者の交通事故経験

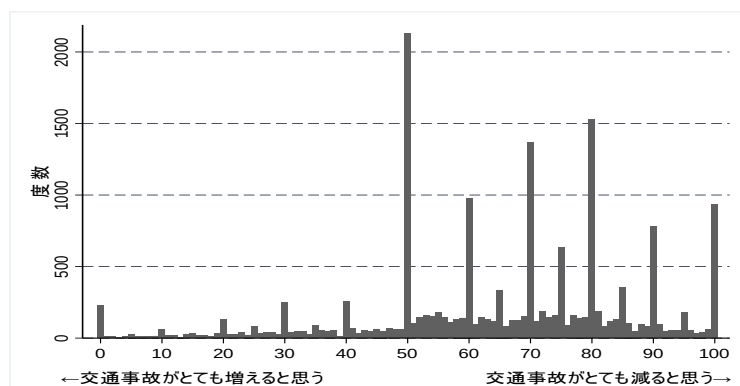


資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

- ・ 自動運転で事故が減る

回答者が自動運転車に対して抱く信頼感（自動運転が導入されれば交通事故が減るという認識）を持っているか否かも重要な要素となろう。「あなたは、国内のすべての自動車が完全に自動運転されるようになったら、交通事故は減ると思いますか。」という問いに対して、まったくそう思わない（0）～とてもそう思う（100）で回答してもらったところ、平均値が 64.55（標準偏差 21.75）、中央値が 68 で平均的には事故が減ると思われるものの、どちらともいえないに相当する「50」の回答は 13.9%、50 未満の回答も 15.4%あり、両者を合わせて約 3 割の回答者は今のところ信頼感を持っていない（図 5）。

図 5 自動運転で事故が減ると思うか



資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

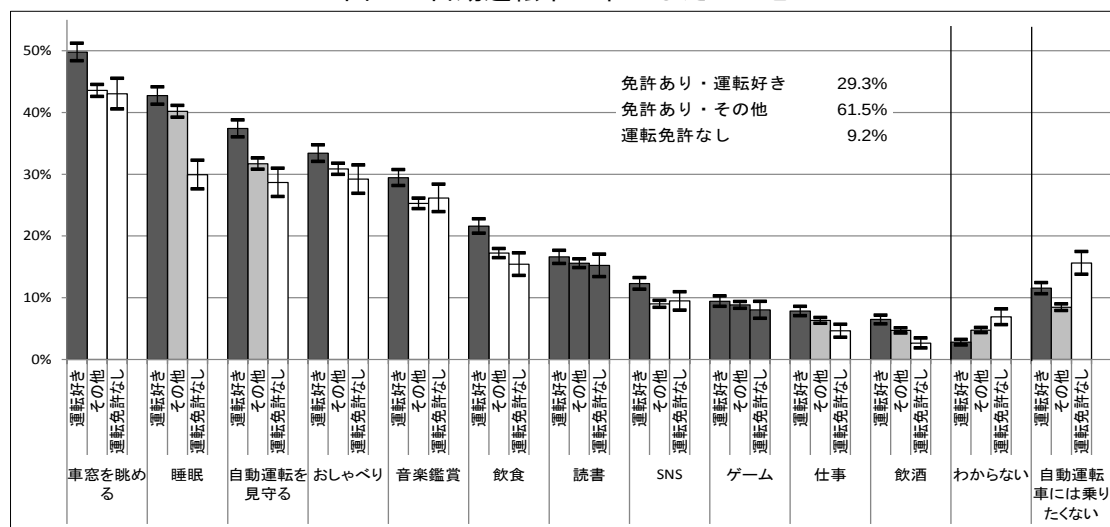
・運転免許なし／運転好き

免許の有無はもとより、免許を持つ人のなかでも自分で運転することが好きかどうかは重要である。Sivak and Schoettle (2015)は、米国では、自動運転車の導入で、これまで運転しなかった人が乗車するようになり自家用車の利用が最大 11%増える可能性がある」と指摘している。しかし、逆に、運転することそのものが好きな人は、自身の裁量の余地がなくなる自動運転車に乗車したくないのではないかと予測される。

そこで全回答者を、免許があり運転好き⁴、免許があり運転好き以外、免許がない、に 3 分類し、「もしあなたが、ご自身で運転する必要がない自動運転車に 1 時間ほど乗るとしたら、乗車中の車内でどのようなことがしたいですか。安全な自動運転であることを前提にお答えください。」という問いに対する分類ごとの回答比率を求めた（図 6）。質問項目内で同色の棒グラフは統計的有意差がないことから、運転好きな人は何かをやりたいと思う比率がいずれも相対的に高く、「わからない」を選択した人も少なかったことが見て取れる。

注目されるのは「自動運転車に乗りたくない」という選択肢への回答である。Sivak and Schoettle (2015)の結果から類推すると、免許のない人も自動運転車に乗りたいと考えそうであるが、ここでは逆に高くなっている。また同じ免許を持つ人のなかでは、運転好きな人のほうがその他の人よりも自動運転車に乗りたくない比率が高く、自動運転車が普及すると運転好きな人が車離れをする可能性も示唆される。

図 6 自動運転車の中でしたいこと



注 1：棒グラフ上の高低線は 95%信頼区間をあらわす。

注 2：各項目内で同色の棒は平均値に 5%水準で有意差がないことを示す。

注 3：複数回答であるが、「わからない」及び「自動運転車には乗りたくない」は排他。

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

⁴ 免許を持つ人に自分で運転することが好きかをとても嫌い～とても好きの 10 段階で尋ね、特に好きであると考えられる 8～10 を回答した回答者を、運転好きに分類した。

第 I 部 自動運転車が生み出す需要

4. 自動運転車への支払意思額

筆者らの研究結果を示す前に、自動運転への支払意思額に関連する先行研究を紹介する。自動運転に対する支払意思額ないし潜在需要を推計する国内の先行研究は目下僅かである。山本（2016）は自動運転のシェアカーに関して主に供給側から普及可能性のシミュレーションを行うと同時に、自動運転シェアカーに対する消費者意識を調査した。自動運転車が普及したら自分で所有したい人が 55%、所有して貸したい人が 13%、シェアカーで借りるだけの人が 32%であるという⁵。

海外では 1990 年代末には自動運転に関する調査が行われていた⁶が、需要推計が相次いで行われるようになったのは 2010 年代に入ってからである。Bansal et al. (2016)はテキサス州での調査で、ネットワークに繋がっている自動運転車 (Connected autonomous vehicles, CAV) の部分的自動運転には 3300 米ドル、完全自動運転には 7253 米ドルの追加的な支払意思額 (Willingness to pay, WTP) があるとした。金額は求めているが、Payre et al (2014)はフランスのアンケートで、運転する人の 68%が完全自動運転車を受容し、特に混雑時や自動駐車、飲酒時の乗車が好まれていることを指摘した。Schoettle and Sivak (2015b)も運転する人の選好に注目しているが、ここでは完全自動運転車よりも部分的自動運転車、それよりさらに従来型の普通車が好まれる傾向を示した。König et al. (2017)は自動運転車のような急速な技術革新には人々の心理的抵抗が存在することを示した。

自動運転車への選好を多国間で比較した文献として、Schoettle and Sivak (2014)や Kyriakidis et al. (2015)があるほか、Bazilinski et al. (2015)は 112 か国のアンケートから、15 文字以上の自由回答をクラウドソースを利用して分類し、自動運転に肯定的なコメントが否定的なコメントの約 1.7 倍あったことを示した。Hohenberger et al. (2016)は自動運転の利用意思が男性より女性のほうが低いことに注目して性差の分析を行っている。本章でも扱う燃料への選好を自動運転機能、音声認識、ネットワーク接続などへの選好と同時に聞いたアンケートの結果を示したのは Shin et al (2015)であるが、本章の研究とは異なり、燃料につ

⁵ 本研究ではシェアカーとしての自動運転車の利用を直接研究対象としていないが、自動運転シェアカー (shared-autonomous vehicle, SAV) についての海外での研究として、Schoettle and Sivak (2015a)では、「帰宅」モードの完全自動運転車がシェアされることになれば、自動車保有率が低下し、個人の走行距離が長くなるとの結果を示し、Krueger et al. (2016)は、消費者が SAV を評価する重要なポイントとして、移動費用・移動時間・待ち時間を挙げ、Haboucha et al. (2017)は通勤に従来型の自動車・自家用の自動運転車・SAV のいずれを使うかを選択するとしたら、44%は従来型を選び、仮に SAV が完全に無料であったとしても SAV を利用したい人は 75%にとどまったとしている。

⁶ Bekiaris and Brookhuis (1997)など。

いての設問と自動運転機能等についての設問は別の回答者に対して実施している。

本研究における支払意思の推計は、選択型コンジョイントで得た回答データから、はじめに多項ロジットモデルによって消費者の自動運転レベル及び燃料（ガソリンからハイブリッドまたは電気への変更）というオプションへの平均的な限界支払意思 MWTP を推計する。次に消費者の異質性を考慮して、回答の特徴から消費者を複数のクラスに分類した上で、クラス別の属性を明らかにする。各回答者には、各自の所属確率が最も高いクラスに所属するとして、各自に一つのクラスダミーを与える。プロビット分析により、それらのクラスに固有の要因を把握する。以下、理論を紹介したのちに、コンジョイントの提示内容を提示し、推計結果を示す。

4.1. 理論

4.1.1. 選択型コンジョイント分析

今回の調査で利用する選択型コンジョイント分析とは、一般に、回答者に2〜4種類程度の財またはサービスの例を複数回提示し、各回において回答者自身が最も購入しても良いと思う財またはサービスの例を選択してもらい、その結果から支払意思額 (Willingness to Pay, WTP) を推計するものである。財またはサービスは、価格、品質、提供方法など様々な属性が異なるものを組み合わせて提示される。分析者が組合せを工夫することにより、それぞれの属性に対して回答者がどれだけの効用を感じているかということ、限界効用として測ることが可能となる。そのためこの手法は、市場のない財に対する消費者の選好を得るための「表明選好法」⁷の一種である。さらに、価格に対する限界効用を基準とすることで、その他の属性に対する限界効用を WTP という金銭価値として表現することができる。

選択型コンジョイントの手法はマーケティング、環境経済学、医療経済学など幅広い分野で応用されている。コンジョイント分析を利用した先行研究は多数であり、例えば柘植ほか（2011）では、本論文でも用いる潜在クラスモデルの分析がされている。ただし、自動運転車に関しては、筆者らの知る限り国内ではまだ潜在クラスモデルの分析が行われていない。

選択型コンジョイントで集めたデータを分析する際に基本となる多項ロジット (Multinomial Logit, MNL) は次のようなモデルである。 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⁸。

⁷ これに対し、実際の市場におけるデータから選好を導き出す手法は顕示選好法と呼ばれる。

⁸ モデルの詳細は Train（2003）を参照されたい。

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

ここでは、 ε_{nj} を独立かつ同一な極値分布(i.i.d extreme value distribution)に従うとする。このとき、 ε_{nj} の確率密度関数は

$$f(\varepsilon_{nj}) = \exp(-\varepsilon_{nj}) \cdot \{\exp(-\exp(-\varepsilon_{nj}))\} \quad (2)$$

となり、累積分布関数は

$$F(\varepsilon_{nj}) = \exp(-\exp(-\varepsilon_{nj}))$$

となる。2つの極値分布関数の差がロジスティック分布をすることから、 $\varepsilon_{nji}^* = \varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni}$ は以下のロジスティック分布に従い、これにより観察不可能な項が互いに独立であるといえる。

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

ある個人 n がプロフィール 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 を除くすべての 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} について積分して(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、プロフィール j の観察された変数のベクトル $\mathbf{x}_{nj}$ に対し、

$$V_{nj} = \boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_{nj} \quad (3)$$

という関係を与えることができ、この場合、

$$P_{ni} = \frac{\exp(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_{ni})}{\sum_j \exp(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_{nj})} \quad (4)$$

とあらわされる。ここで $\boldsymbol{\beta}$ は、推定されるパラメータであり、限界効用を表している。

推計を行う際には、「プロフィールを選択すると 1、選択しないと 0」という二値変数を用いて、個人 n のプロフィール 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 を求めればよい。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） $LL(\beta)$ を最大化するような β を求める。

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

選択実験においては、個人 n は V_{nj} および ε_{nj} を知っており、効用を最大化する選択を行うことができるものと仮定している。しかし、実験者が提示する変数は $\mathbf{x}_{nj}$ のみであり、回答者にとって ε_{nj} が既知であるかどうかを判別することはできない。

4.1.2. 潜在クラスモデル

前項の多項ロジット（MNL）は誤差項に独立かつ同一な極値分布 i.i.d. を仮定していることから、選択実験の場合には「無関係な選択肢からの独立」（Independent of Irrelevant Alternatives, IIA）という条件を前提としなくてはならない。この IIA 条件は現実的には厳しすぎる条件である。この条件を緩和する推計方法がいくつか編み出されている。その 1 つがパラメータ β に或る確率分布を仮定する混合ロジットモデル（Mixed Logit Model, MLM）であり、もう 1 つが回答者の属性が潜在的なクラスに分かれていると仮定する潜在クラスモデル（Latent Class Model, LCM）である。本研究の分析では、クラス別に消費者の属性を明らかにするために LCM を用いた。

LCM は MNL を次のように拡張する。Q 種類の潜在的なクラスが存在するとき、クラス q に属する個人 n がプロフィール i を選択する確率は

$$P_{ni|q} = \frac{\exp(\beta'_q \mathbf{x}_{ni})}{\sum_j \exp(\beta'_q \mathbf{x}_{ni})}, \quad q = 1 \dots Q \quad (4')$$

である。個人がクラスに属する確率は z を個人属性とすれば $\exp(\theta'_q \mathbf{z}_n) / \sum_{q=1}^Q \exp(\theta'_q \mathbf{z}_n)$ （ただし $\theta_q = 0$ とする）となるから、クラスを考慮したときに個人 n がプロフィール i を選択する確率は(4'')で表される。

$$P_{ni} = \frac{\exp(\theta'_q \mathbf{z}_n)}{\sum_q \exp(\theta'_q \mathbf{z}_n)} \frac{\exp(\beta'_q \mathbf{x}_{ni})}{\sum_j \exp(\beta'_q \mathbf{x}_{ni})} \quad q = 1 \dots Q \quad (4'')$$

自動運転車は新しい技術であり、支払意思が回答者の属性によって大きく異なることが予想されるが、本研究では多くの属性についてグループ別の比較を行うため、事後的に決定されたクラスにプロビット分析を施して、各クラスの特徴を把握する。

4.1.3. プロビット分析による属性の判断

潜在クラスモデルでは各回答者に対してそれぞれのクラスに所属する確率が何%になるかを推計することができる。そこから、各回答者の所属確率が最も高いクラスを 1 としてその他のクラスを 0 とするダミー変数（ここではクラスダミーと呼ぶ）を作成する。各回答者はクラス数だけ存在するクラスダミーのうちのいずれかに属することになる。

各クラスのクラスダミー=1 となる個人の特徴を把握する方法としては、潜在クラスモデルの推定時に個人の属性変数を考慮して同時に影響を見ることも可能である⁹が、本研究では多くの属性についてその影響を検証するため、事後的にプロビット分析を用いる。

4.2. コンジョイントの提示内容

自動運転車自体の購入意思を尋ねると、回答者が想定する車種の相違が支払意思の相違となってしまふ（例えばある人がセダンを想定し、ほかの人がワゴン車を想定する場合など）。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表 2 に示す自動運転機能をつけたり、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た設定にした。あらかじめ自動運転なしとオプションなし（ガソリン車）の組合せを除外した上で、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。

表 2 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)	10 万円
レベル 3 (条件付き自動運転)	ハイブリッド車へ変更	20 万円
レベル 5 (完全自動運転)	電気自動車へ変更	40 万円
		60 万円

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

⁹ 森田・馬奈木（2013）では、アンケート調査において個人の属性を潜在クラスロジットモデルの中に直接組み込んで推計する手法をとった。

提示した質問文は次の通りである。

あなたが自動車を買うことにしたとお考えください。
いま、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」だったとします。
ここでディーラーが、オプションとして新しい自動運転機能の追加と燃料の変更を提案し、オプション料金を示してきたとします。

これから画面に出る A、B、2つのオプションを比べて、あなたはどちらのオプションをつけますか。表示される代金は、本体価格を別にしたオプションだけの価格です。また、どの燃料も燃費は同じであると考えてください。

オプションをつけないで、自動運転機能のないガソリン車のまま買いたい場合は「どちらのオプションもつけない」を選んでください。
全部で8組出てきます。

なお、オプション料金を支払う場合、その金額がほかの買物には使えなくなることを考えてお答えください。

続けて図 7 のような組合せが、種類を変えて 1 人当たり 8 回提示される。自動運転のレベルは回答者には馴染みがないことから、カードの上には図 7 にあるような簡単な説明文が毎回表示されるようにした。ここでのレベル 3 及びレベル 5 は米国自動車技術会（SAE, Society of Automotive Engineers）による表 3 の定義をもとに記述したものである¹⁰。

図 7 コンジョイント設問で回答者に提示されるプロファイルの組合せ例

まだ実用化されていない新しい自動運転機能には自動運転の度合いに応じてレベル 3～レベル 5 があります。ここでは、そのうち次の二つのレベルをオプションとして選べるとします。

【レベル 3】基本的に自動運転だが、必要なときにドライバーが対応する。(条件付き自動運転)

【レベル 5】あらゆる地域ですべてが自動運転化され、ドライバーはまったく運転する必要がない。(完全自動運転) (運転免許がない人だけでも乗れる。)

	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 5 (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	40 万円	60 万円	

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

¹⁰ レベル 5 で運転免許がない人だけでも乗れるか否かは現在は定められてないが、自動運転に馴染みのない回答者の理解を容易にするためにあえて記述した。

表 3 米国自動車技術会（SAE）による自動運転レベルの定義

レベル	概要	安全運転に係る監視、対応主体
運転者が全てあるいは一部の運転タスクを実施		
SAE レベル0 運転自動化なし	・ 運転者が全て運転タスクを実施	運転者
SAE レベル1 運転支援	・ システムが前後・左右のいずれかの車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施	運転者
SAE レベル2 部分運転自動化	・ システムが前後・左右の両方の車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施	運転者
自動運転システムが全ての運転タスクを実施		
SAE レベル3 条件付運転自動化	・ システムが全ての運転タスクを実施（領域※限定的） ・ システムの介入要求等に対して、予備対応時利用者は、適切に応答することを期待	システム （フォールバック中は運転者）
SAE レベル4 高度運転自動化	・ システムが全ての運転タスクを実施（領域※限定的） ・ 予備対応時において、利用者が応答することは期待されない	システム
SAE レベル5 安全運転自動化	・ システムが全ての運転タスクを実施（領域※限定的ではない） ・ 予備対応時において、利用者が応答することは期待されない	システム

原注：ここでの「領域」は、必ずしも地理的な領域に限らず、環境、交通状況、速度、時間的な条件などを含む。

注：SAE が公表している原表を付表 1 に引用した。

資料：自動走行ビジネス検討会（2017, p1）。

4.3. 推計結果

4.3.1. 交差効果を含む限界支払意思額

多項ロジットモデルによる推計結果は表 4 の通りである。上段は、それぞれの属性を独立とみなした「主効果のみ」の推計で、下段が自動運転と燃料の交差効果を考慮した推計である。さらに、表 4 から求めた限界支払意思額（MWTP）は図 8 となる。上段が交差効果を考慮しない値、下段が交差効果を考慮した値で、いずれも自動運転機能のないガソリン車に対する金額である。交差効果を考慮しない場合、自動運転機能への評価としてレベル 5 への WTP は 20.0 万円と、レベル 3 の 9.2 万円の約 2 倍である。Schoettle and Shivak (2015b) は米国で日常的に運転する人を対象とした調査で完全自動運転車よりも部分的自動運転車、それよりさらに従来型の普通車が好まれる傾向を示したが、運転しない人も対象者に含む今回の調査では、運転者がかかわらない完全自動運転車のほうが人気が高いことが示された。燃料面では、ハイブリッドへの WTP は 8.5 万円であるが、電気自動車への WTP は－5.2 万円となった。日本のメーカー各社が電気自動車に注力しはじめたにもかかわらず、電気自動車の人気は高くなさそうである。ただし、交差効果を含めた下段の結果から考察されるように、電気自動車であっても自動運転機能が付く場合にはレベル 3 で 10.3 万円、レベル 5 になると 22.8 万円の WTP があり、自動運転機能なしの場合だけが－12.5 万円と負の WTP になっている。通常の乗用車が電気自動車になるだけでは買い替え需要につながりにくそうであるが、自動運転機能との組合せがあれば購入される可能性がある。ハイブリッド車は、必ずしも自動運転機能を搭載しなくても 5.3 万円の WTP があるが、自動運転レベ

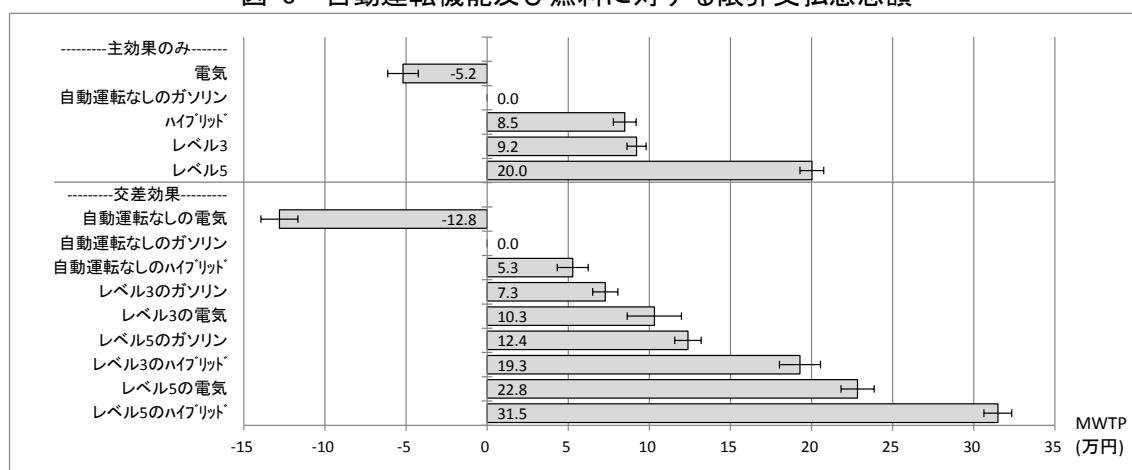
ル3であれば19.3万円、レベル5であれば31.5万円と最大のWTPを示す。いずれの金額も、実際の販売額を大きく下回っているが、より高い金額を提示したプレテストにおいても高いWTPは算出されなかったため、平均の目安として妥当な金額であるものと考えられる。

表 4 条件付ロジットモデルによる推計結果

(N = 16,327)	係数	標準誤差	係数の95%信頼区間	
主効果のみ				
価格	-0.027 ***	0.000	-0.028	-0.026
レベル3	0.248 ***	0.012	0.225	0.272
レベル5	0.540 ***	0.011	0.517	0.562
ハイブリッド*	0.229 ***	0.011	0.206	0.251
電気	-0.140 ***	0.012	-0.162	-0.117
LL= -133769		AIC= 267548		
交差効果を考慮				
価格	-0.030 ***	0.000	-0.030	-0.029
レベル3* ガソリン	0.215 ***	0.013	0.190	0.241
レベル5* ガソリン	0.366 ***	0.015	0.336	0.396
自動運転なし*ハイブリッド*	0.156 ***	0.016	0.125	0.186
自動運転なし*電気	-0.378 ***	0.014	-0.406	-0.350
レベル3* ハイブリッド*	0.199 ***	0.022	0.155	0.243
レベル3* 電気	0.467 ***	0.026	0.416	0.519
レベル5* ハイブリッド*	0.408 ***	0.020	0.368	0.448
レベル5* 電気	0.687 ***	0.022	0.644	0.729
LL= -133130		AIC= 266278		

注：***は1%水準で係数が有意であることを示す。LLは対数尤度、AICは赤池情報量規準の値である。
資料：「自動運転車の潜在需要に関するWeb調査」

図 8 自動運転機能及び燃料に対する限界支払意思額



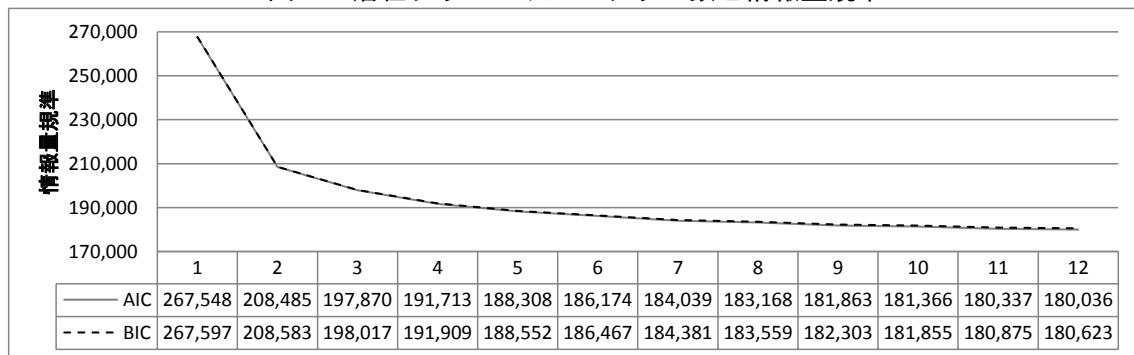
注：棒グラフ上の線は95%信頼区間をあらわす。
資料：「自動運転車の潜在需要に関するWeb調査」

4.3.2. 潜在クラス分析

(1) 潜在クラスの決定と所属確率

本項では消費者の異質性を考慮し、自動運転と燃料の選択傾向とその決定要因を分析する。4.1 で説明した潜在クラスモデルでは、通常はクラス数を変えて推計を繰り返し情報量規準が最も低くなるクラス数を選択する。本研究で用いた調査結果はサンプル数が多いことから 12 クラスにまで分割しても赤池情報量規準（AIC）、ベイズ情報量規準（BIC）ともに反転することはなかった（図 9）。クラス数が多すぎるとかえって各クラスの特徴を把握しにくくなることと、図 9 に示されるようにクラス数を増やすことによる情報量規準の低下は漸減的であるためにクラス数を増やすメリットはクラス数が多くなるほど小さくなることにより、潜在クラスの意味を最も解釈しやすいクラス分けとなった 5 クラスを採用して分析を進めた。

図 9 潜在クラスモデルのクラス数と情報量規準

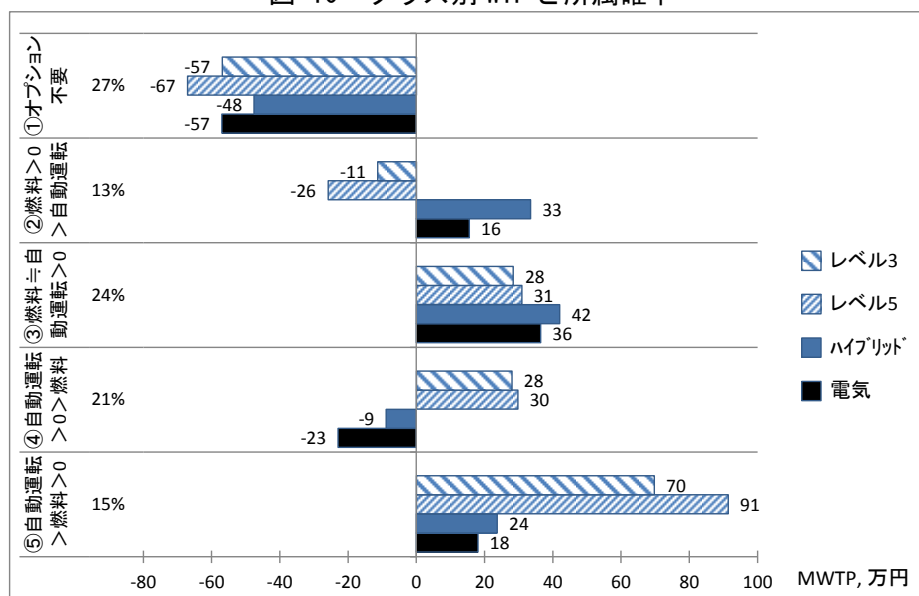


資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

5 つのクラスは、WTP の特徴から①オプション不要、②燃料 >0 >自動運転、③燃料 $\equiv$ 自動運転 >0 、④自動運転 >0 >燃料、⑤自動運転 $>$ 燃料 >0 に分けられた（図 10）。それぞれの所属確率は 27%、13%、24%、21%、15%である。所属確率でみるとオプションへの WTP が負となったクラス 1 が最も高く、ここには提示された 8 問すべてに「(A、B) どちらのオプションもつけない」を選択した回答者（23.9%）が含まれている。なお、傾向が大きく異ならなかったため今回は分類しなかったが、「どちらのオプションもつけない」の内には、WTP がいずれの提示額よりも低かった回答者だけでなく、追加質問で「自動車本体の価格が下がっても自動運転機能はつけない」という回答者が 9.1%含まれている。クラス 1 に次いで、それぞれの属性にほぼ同様の正の WTP を示したクラス 3 が 24%である。自動運転レベルにはクラス 3 とほぼ等しい WTP を示しながら、ハイブリッドや電気自動車にする必要はないと考えている、燃料に負の WTP を示したクラス 4 も 21%である。逆に燃料は変えても良いが自動運転機能を不要と考え自動運転に負の WTP を示したのがレベル 2 で 13%、

すべてのオプションに対する WTP が正であり自動運転に対する WTP が特に大きかったのがクラス 5 で 15%であった。

図 10 クラス別 WTP と所属確率



注：丸数字はクラスを、パーセンテージは所属確率をあらわす。

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

(2) 潜在クラスの特徴

各クラスの所属確率は個人別に計算することができる。回答者を、クラス別所属確率の最も高いクラスに所属するものとして分類し、そのクラスに入る場合を 1、入らない場合を 0 としてダミー変数を作る。例えば、個人 i のクラス 1～クラス 5 に対する所属確率がそれぞれ(0.00, 0.17, 0.81, 0.02, 0.00)と求められた場合、個人 i はクラス 3 に属するとみなす。このように分類したクラスに所属すればクラスダミー = 1、所属しなければクラスダミー = 0 となる変数を独立変数として、表 5 の記述統計量に示した変数を用いてプロビットで分析した結果が表 6 である。

この変数のうち、倫理問題に肯定的か否定的かという変数は、回答者の自由回答を分析した変数である。回答者は、コンジョイント質問のあとで自動運転車の倫理問題（誰かを助けるためにはほかの人を犠牲にするのは許されるのか、救える人数は多いほど良いのか、というトロッコ問題。具体的な内容は本稿の第Ⅱ部で分析する）に回答しており、アンケートの最後の自由回答で、主にその質問に対して肯定的なコメントを記入したか、否定的なコメントを記入したかにより分類されている（両方を記入した場合は両方に含まれる）。コンジョイントの質問時には回答者が倫理問題を読んでいないため、ここでは倫理問題の受け止め方に反映される、回答者が持つ心理的属性として説明変数に入れている。

表 5 プロビット分析に用いた変数の記述統計量 (N = 16, 327)

変数名		定義	平均値	標準偏差	最小値	最大値
独立変数	クラス①		0.279	0.448	0	1
	クラス②		0.128	0.334	0	1
	クラス③		0.238	0.426	0	1
	クラス④		0.205	0.404	0	1
	クラス⑤		0.150	0.357	0	1
社会人口統計学的属性	男性	男性 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.582	0.493	0	1
	年齢	1歳区切り	47.880	12.597	18	69
	年齢 (二乗)	年齢の2乗	2451.130	1182.096	324	4761
	大学卒	最終学歴が大学 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.499	0.500	0	1
	大学院卒	最終学歴が大学院 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.072	0.259	0	1
	世帯所得	世帯所得、対数値	6.339	0.717	3.912	8.161
	単身	単身で生活している人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.168	0.374	0	1
	子どもと同居	小学生以下の子どもと同居している人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.181	0.385	0	1
自動車・自動運転等に関する属性	運転免許なし	運転免許を所有していない人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.092	0.290	0	1
	シェアカーに反対	シェアカーへの抵抗を全く感じない(1)～とても感じる(10)の10段階のうち、8～10の人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.311	0.463	0	1
	ガジェット好き	6種類のガジェットについて、とても嫌い = 1 やや嫌い = 2 どちらでもない及び使ったことがない = 3 好き = 4 とても好き = 5 として単純集計した合成変数	20.286	3.073	6	30
	車所有にプライド感	車を所有していることにプライドを全く感じない(1)～とても感じる(10)の10段階のうち、6～10の人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.260	0.439	0	1
	国産車所有	国産車を所有している人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.694	0.461	0	1
	輸入車所有	輸入車を所有している人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.053	0.224	0	1
	走行距離	年間走行距離 (千km)	5.029	5.995	0	40.5
	運転好き	免許を保有する人のうち、自分で車を運転することがとても嫌い(1)～とても好き(10)のうち8～10の人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.293	0.455	0	1
	事故を起こしたことがある	交通事故を起こしたことがある人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.322	0.467	0	1
	自動運転車で事故減	国内のすべての自動車が完全に自動運転されるようになったら、交通事故がとて増えると思う(0)～交通事故がとて減ると思う(100)の101段階の変数	65.134	21.681	0	100
心理的屬性	利他性	「人が困っているときには、自分がどんな状況にあらうと助けるべきである」という意見に非常に反対(1)～非常に賛成(5)の値	3.116	0.828	1	5
	募金したことがある	ときどき募金に協力する、よく募金に協力する、自動引き落としなどで毎年一定額の協力をしている、のいずれか = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.630	0.483	0	1
	倫理問題に肯定的	アンケートの自由回答で倫理問題を含む当アンケートに肯定的な記述をした人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.130	0.337	0	1
	倫理問題に否定的	アンケートの自由回答で倫理問題を含む当アンケートに否定的な記述をした人 = 1, それ以外 = 0 の二値変数	0.214	0.410	0	1
居住地	北海道地方		0.046	0.210	0	1
	東北地方		0.048	0.213	0	1
	関東地方		0.406	0.491	0	1
	中部地方		0.150	0.357	0	1
	近畿地方		0.199	0.399	0	1
	中国地方		0.048	0.213	0	1
	四国地方		0.022	0.146	0	1
	(九州・沖縄地方)		0.081	0.273	0	1

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

表 6 クラス別属性のプロビット分析

	全変数					10 %以下の水準で有意な変数のみ				
	クラス①	クラス②	クラス③	クラス④	クラス⑤	クラス①	クラス②	クラス③	クラス④	クラス⑤
男性	0.077 ** (0.024)	-0.200 *** (0.028)	0.061 * (0.025)	-0.102 *** (0.025)	0.093 ** (0.029)	0.073 ** (0.024)	-0.185 *** (0.027)	0.061 ** (0.024)	-0.095 *** (0.024)	0.094 *** (0.028)
年齢	0.018 ** (0.006)	-0.001 (0.008)	-0.035 *** (0.006)	0.033 *** (0.007)	-0.019 * (0.007)	0.018 ** (0.006)		-0.035 *** (0.006)	0.031 *** (0.007)	-0.019 ** (0.007)
社会人口統計学的属性	年齢（二乗） (0.000)	0.000 (0.000)	0.000 *** (0.000)	-0.000 *** (0.000)	0.000 ** (0.000)	-0.000 *** (0.000)		0.000 *** (0.000)	-0.000 *** (0.000)	0.000 ** (0.000)
大学卒	-0.110 *** (0.024)	0.050 + (0.028)	0.005 (0.024)	0.028 (0.024)	0.074 ** (0.028)	-0.115 *** (0.024)				0.074 ** (0.028)
大学院卒	-0.133 ** (0.046)	0.053 (0.054)	-0.041 (0.046)	0.023 (0.047)	0.147 ** (0.051)	-0.138 ** (0.046)				0.147 ** (0.050)
世帯所得	-0.123 *** (0.017)	-0.003 (0.021)	0.088 *** (0.018)	-0.014 (0.020)	0.085 *** (0.020)	-0.129 *** (0.016)		0.085 *** (0.016)		0.087 *** (0.019)
単身	-0.004 (0.033)	-0.080 + (0.040)	0.015 (0.034)	0.042 (0.035)	-0.002 (0.039)		-0.083 + (0.035)		0.055 + (0.032)	
子どもと同居	-0.083 ** (0.031)	0.009 (0.036)	0.123 *** (0.031)	-0.036 (0.032)	-0.008 (0.037)	-0.082 ** (0.030)		0.122 *** (0.030)		
運転免許なし	0.063 (0.040)	-0.070 (0.050)	-0.027 (0.042)	-0.016 (0.044)	0.010 (0.046)		-0.099 + (0.048)			
シェアカーに反対	0.187 *** (0.024)	-0.017 (0.028)	-0.181 *** (0.025)	-0.006 (0.025)	-0.022 (0.029)	0.188 *** (0.024)		-0.180 *** (0.025)		
自動車・自動運転等に 関する属性	ガジェット好き (0.004)	-0.006 (0.004)	0.030 *** (0.004)	0.002 (0.004)	0.033 *** (0.004)	-0.051 *** (0.004)		0.031 *** (0.004)		0.033 *** (0.004)
車所有にプライド感	-0.082 ** (0.028)	-0.073 + (0.032)	0.146 *** (0.027)	-0.031 (0.028)	0.026 (0.032)	-0.084 ** (0.027)	-0.069 + (0.030)	0.145 *** (0.027)		
国産車所有	-0.005 (0.031)	0.045 (0.037)	-0.101 ** (0.032)	0.206 *** (0.033)	-0.138 *** (0.035)			-0.102 *** (0.030)	0.200 *** (0.031)	-0.139 *** (0.029)
輸入車所有	0.144 + (0.057)	-0.208 ** (0.072)	-0.308 *** (0.059)	0.285 *** (0.057)	0.005 (0.062)	0.143 ** (0.050)	-0.243 *** (0.063)	-0.306 *** (0.058)	0.268 *** (0.054)	
走行距離	-0.009 *** (0.002)	0.007 ** (0.002)	0.012 *** (0.002)	-0.006 + (0.002)	-0.006 + (0.003)	-0.008 *** (0.002)	0.008 *** (0.002)	0.012 *** (0.002)	-0.005 + (0.002)	-0.006 + (0.002)
運転好き	0.118 *** (0.026)	0.229 *** (0.030)	-0.091 *** (0.026)	0.011 (0.027)	-0.313 *** (0.032)	0.113 *** (0.026)	0.227 *** (0.029)	-0.089 *** (0.026)		-0.311 *** (0.031)
事故を起こしたことがある	0.010 (0.025)	0.047 (0.029)	-0.063 + (0.025)	0.063 + (0.025)	-0.049 + (0.029)			-0.061 + (0.025)	0.067 ** (0.025)	-0.051 + (0.029)
自動運転車で事故減	-0.013 *** (0.001)	-0.005 *** (0.001)	0.003 *** (0.001)	0.006 *** (0.001)	0.015 *** (0.001)	-0.013 *** (0.001)	-0.005 *** (0.001)	0.003 *** (0.001)	0.006 *** (0.001)	0.014 *** (0.001)
利他性	-0.026 + (0.014)	0.029 + (0.016)	0.063 *** (0.014)	-0.065 *** (0.014)	0.008 (0.015)	-0.026 + (0.014)	0.027 + (0.016)	0.064 *** (0.014)	-0.063 *** (0.014)	
心理的 属性	募金したことがある (0.023)	0.073 ** (0.028)	0.147 *** (0.024)	0.012 (0.024)	0.072 ** (0.028)	-0.235 *** (0.023)	0.073 ** (0.027)	0.147 *** (0.024)		0.075 ** (0.027)
倫理問題に肯定的	-0.211 *** (0.035)	0.026 (0.038)	0.016 (0.033)	0.044 (0.033)	0.130 *** (0.036)	-0.213 *** (0.035)				0.129 *** (0.036)
倫理問題に否定的	-0.060 + (0.027)	0.121 *** (0.031)	-0.069 + (0.027)	0.044 (0.028)	-0.009 (0.031)	-0.059 + (0.027)	0.122 *** (0.030)	-0.070 + (0.027)	0.050 + (0.027)	
北海道地方	0.067 (0.062)	-0.031 (0.071)	-0.191 ** (0.065)	0.062 (0.065)	0.131 + (0.076)					0.132 + (0.076)
東北地方	-0.016 (0.063)	-0.036 (0.071)	-0.068 (0.063)	0.071 (0.065)	0.087 (0.077)					0.086 (0.077)
関東地方	-0.017 (0.043)	-0.060 (0.048)	-0.065 (0.043)	0.026 (0.045)	0.154 ** (0.052)					0.155 ** (0.052)
居住地	中部地方 (0.047)	-0.106 + (0.054)	-0.097 + (0.047)	0.063 (0.049)	0.127 + (0.058)					0.127 + (0.058)
近畿地方	0.033 (0.046)	-0.125 + (0.052)	-0.094 + (0.045)	0.082 + (0.047)	0.121 + (0.055)					0.122 + (0.055)
中国地方	0.053 (0.062)	-0.073 (0.071)	-0.064 (0.062)	0.078 (0.065)	0.005 (0.078)					0.006 (0.078)
四国地方	0.134 (0.082)	-0.220 + (0.100)	-0.026 (0.082)	-0.032 (0.087)	0.106 (0.099)					0.103 (0.099)
定数項	1.960 *** (0.194)	-0.727 ** (0.227)	-1.541 *** (0.195)	-1.805 *** (0.205)	-3.058 *** (0.228)	2.037 *** (0.183)	-0.925 *** (0.065)	-1.607 *** (0.183)	-1.779 *** (0.161)	-3.055 *** (0.213)
サンプル数	16327	16327	16327	16327	16327	16327	16327	16327	16327	16327
疑似決定係数	0.079	0.024	0.027	0.015	0.070	0.078	0.022	0.027	0.014	0.070
対数尤度	-8904.167	-6094.751	-8719.857	-8163.958	-6403.249	-8910.1	-6105.5	-8726.3	-8170.6	-6404.1

注 1：括弧内は標準偏差を示す。+は 10%水準、*は 5%水準、**は 1%水準、***は 0.1%水準で有意であることを示す。

注 2：地域は九州・沖縄地方に対する係数。

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

各クラスの属性の特徴を把握しやすくするため、係数の絶対値の大きさを考慮せず、各クラスに所属する傾向だけをピックアップしたものが表 7 である。各クラスに記述されている特徴を持つ人のほうが、持たない人より、そのクラスに所属する確率が高い。

自動運転に最も高い WTP を示したクラス 5 の特徴として、若年、高学歴、高収入、ガジェット好き、走行距離が短い、運転好きではない、自動運転車が導入されると事故が減ると思う、倫理問題に対してポジティブ、という点が挙げられる。同じく自動運転車への選好が強い、燃料より自動運転を好むクラス 4 と共通の潜在的購入層は、普段車に乗らない人、となりそうである。

自動運転への WTP が正であるクラス 3～クラス 5 に共通しているのが、自動運転車の安全性（事故が減る）に対する信頼があるということである。ここから、自動運転車が事故を起こさないことが普及の大前提であることが改めて確認された。

自動運転への WTP が負となったクラス 1、クラス 2 には運転好きという特徴がある。4 節の単純な集計でも運転好きな人は自動運転を好まない可能性を指摘したが、他の条件をコントロールしたプロビットでも運転好きな人の WTP が負となる確率が高いことが確認されている。自動運転車の普及には、運転好きな人の運転の放棄を上回るメリットが必要になるであろう。

表 7 回答者の潜在クラス別特性

	①オプション不要 27.9%	②燃料>0>自動運転 12.8%	③燃料≒自動運転>0 23.8%	④自動運転>0>燃料 20.5%	⑤自動運転>燃料>0 15.0%
社会人口統計学的属性	男性 年齢が高い 大学卒・大学院卒ではない 世帯所得が低い 子どもと同居していない	女性 一人暮らしではない	男性 年齢が低い 世帯所得が高い 子どもと同居している	女性 年齢が高い (一人暮らし)	男性 年齢が低い 大学卒・大学院卒である 世帯所得が高い
自動車・自動運転等に関する属性	シェアカーに反対 ガジェット好きではない 車所有にプライド感がない 輸入車を所有している 走行距離が短い 運転好き 自動運転車で事故が減ると思わない	運転免許を持っている 車所有にプライド感がない 輸入車を所有していない 走行距離が長い 運転好き 自動運転車で事故が減ると思わない	シェアカーに反対ではない ガジェット好き 車所有にプライド感がある 国産車を所有していない 輸入車を所有していない 走行距離が長い 運転好きではない 事故を起こしたことがない 自動運転車で事故が減ると思う	国産車を所有している 輸入車を所有している 走行距離が短い 事故を起こしたことがある 自動運転車で事故が減ると思う	ガジェット好き 国産車を所有していない 走行距離が短い 運転好きではない (事故を起こしたことがない) 自動運転車で事故が減ると思う
心理的属性	(利他性が低い) 募金したことがない 倫理問題に肯定的ではない 倫理問題に否定的ではない	(利他性が高い) 募金したことがある 倫理問題に否定的	利他性が高い 募金したことがある 倫理問題に否定的ではない	利他性が低い (倫理問題に否定的)	募金したことがある 倫理問題に肯定的
居住地					九州・沖縄地方より関東、(北海道)、近畿、中部地方

注 1：括弧のついた属性は、係数の有意性が 10% 水準であることを示す。

注 2：タイトル行の数字は所属確率ではなく、所属確率からクラス分けした結果としての回答者分布である。

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

今回の推計では、性別、子どもとの同居、シェアカーへの見解、プライド感は明確な傾向をあらわさなかった。興味深いのは、クラス 2 及び 3 の、環境配慮型とされる電気やハイブリッドの燃料に正の WTP を示す人は、比較的燃費が悪いとされる輸入車は持たず、利他性がありかつ募金をするタイプであることが明確に表れたことである。これに対して自動運転のみが正の WTP となったクラス 4 の人は利他性の係数が負になった。エコ燃料や輸入車の非所有には利他性がかかわっているのに対して、自動運転と利他性は直結していない様子である。

4. 4. 自動運転への潜在需要の特徴

第 I 部の分析からは、自動運転というオプションへの WTP は、平均的にはプラスであるものの、その水準は実際に必要とされる費用を大きく下回るものであることがわかった。また、電気自動車の支払意思がマイナスとなったが、交差項を考慮すると、「自動運転機能の付いていない電気自動車」のマイナス幅が大きく、自動運転機能が付けばプラスに転じることも明らかとなった。自動車各社が電気自動車の普及に鎬を削っているが、単体としての電気自動車には魅力が少なく、自動運転機能との相乗効果を得るための電気自動車であることが、人々に購入されるための条件となるであろう。

回答者の属性別にみると、自動運転にまったく興味を示さない、あるいはネガティブに感じている層（自動運転で事故が減るとは思わない）も多い反面で、自動運転車が交通事故を確実に減らすという信頼性が確立されれば、WTP が高まるであろうことが指摘される。現段階では、自動運転に高い WTP を示すのは高学歴、高収入でガジェット好きな若い男性、という像が浮かんできた。また、運転好きな人は自動運転に対して負の WTP を示すため、自動運転車が運転の放棄を上回るメリットを提供する必要がある。現時点ではエコカーと異なり自動運転による環境改善効果は期待されていないようであるが、環境配慮型燃料との効率的な組合せや、総走行距離の減少などの環境改善が現実的となれば、購入層の幅も拡大することになるだろう。

第Ⅱ部 自動運転車が生み出す社会的ジレンマ

5. 消費者の倫理観の分析

人工知能の開発では倫理的問題を切り離すことはできない。例えばコーネル大学のバート・セルマン教授らは「AI と倫理・社会的問題」を研究しており、タフツ大学・ブラウン大学・レンセラー工科大学（Rensselaer Polytechnic Institute）・米海軍は共同で、道徳的に正しい判断を下すことができる人工知能の開発プロジェクトを行っている。2017 年 1 月のアシロマ会議では、「AI に関するアシロマ原則」（付表 3 参照）が提示され、この原則には 2017 年末時点で世界 1,273 名の AI・ロボット工学研究者およびその他の 2,541 名が署名している。

第Ⅱ部では、自動運転車に搭載された人工知能が社会的ジレンマを生み出すことを検証する。自動運転車が直面せざるを得ない道徳的ジレンマのうちのひとつであるトロッコ問題—運転者が自分を犠牲にして通行人を救うべきか、自分を助けるために通行人を犠牲にするべきかという問題—に対する消費者の意識を、米国における先行研究との比較を含めて調査分析する。

5.1. 分析手法

自動運転車の行動に対する人々の倫理観についての代表的な先行研究に、サイエンス誌 2016 年 6 月 24 日号に掲載された、トゥールーズ大学のジャン・フランソワ・ボネフォン教授らが米国居住者を対象に行ったアンケート調査がある（Bonnefon et al., 2016）。本研究とは異なり、各回 2~300 名の回答者に対して、6 回のインターネットアンケートを行ったものである。本研究には 1 回しか本調査を実施できないという制約があったため、ボネフォン教授らと同一の研究はできないが、彼らの許可を得て、比較可能な部分を取り入れて調査を行った。

本研究では、はじめに図 11 のような説明文およびイラストを示しておき、回答者を記述統計表（表 8）の隅付括弧内※を乗員のパターン別に①~③の 3 つに分け、さらに a,自分で運転と b.自動運転で 2 分し、Q6 は Q6_1（法規制あり）および Q6_2（法規制なし）を半々の回答者に提示することにより、合わせて 12 のパターンに分類して質問を行った。

Q1~Q6 までの質問に対して、回答者は 1~100 の間の数字を、スライドバーを動かしながら回答した。図 12 は購買の可能性を尋ねる設問の例だが、他の設問も同じスライドバーを利用し、左端（=0）と右端（=100）の表現のみを設問に合わせて変えている。スライドバーを動かすと、右の四角形の中に対応する 0~100 の数字が表示され、回答を選べるようになっている。四角形の中に数字を直接入力することも可能である

図 11 倫理問題の条件文およびイラスト

あなたが【①ひとりで ②同僚または知人とふたりで ③家族とふたりで】 【a.自動車を運転している状況 b.自動運転車に運転を任せて乗っている】状況を想像してください。免許のない方も、ご自身が運転していることをイメージしてください。

一車線の橋の上であなたの目の前に突然 10 人の歩行者が現れたとします。歩行者を避けて車を転回すると車が橋から転落し、①あなた ②あなたと同僚または知人 ③あなたと家族の命が犠牲になるとします。車がそのまま直進すれば、①あなた ②あなたと同僚または知人 ③あなたと家族は助かり、歩行者全員の命が犠牲になるとします。

注：イラストは、Bonnefon 氏の許可を得て、Bonnefon (2016)のイラストに和訳を付けたものである。
資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

表 8 倫理問題の記述統計量

	平均値		標準偏差		最小値	最大値	度数	
	統計量	標準誤差	95% 信頼区間 下限	95% 信頼区間 上限				
※① あなたが（運転または乗車）	0.330	0.003	0.330	0.340	0.472	0	1	18,526
※② あなたと同僚または知人が（運転または乗車）	0.330	0.003	0.330	0.340	0.472	0	1	18,526
※③ あなたと家族が（運転または乗車）	0.330	0.003	0.320	0.340	0.471	0	1	18,526
Q1.この状況で、あなたが最も道徳的と考える行動は、下の0～100のどの位置にありますか。損害賠償の費用は保険に含まれており、あなたが考慮する必要はないものとしてください。【※】が救われ、10人の歩行人が犠牲になる（=0）～【※】が犠牲になり、10人の歩行人が救われる（=100）	59.090	0.209	58.680	59.500	28.511	0	100	18,526
Q2.先ほど（Q1）の状況に置かれたときに、常に転回して10人の歩行人が救われて、【※】が犠牲になるようにプログラムされた、完全自動運転車が販売されたとします。あなたはそれを買うと思いますか。	33.080	0.220	32.640	33.510	30.011	0	100	18,526
Q3.先ほど（Q1）の状況に置かれたときに、常に【※】が救われ10人の歩行人が犠牲になるようにプログラムされた、完全自動運転車が販売されたとします。あなたはそれを買うと思いますか。	34.820	0.227	34.370	35.260	30.912	0	100	18,526
Q4.道徳的に考えください。「すべての完全自動運転車は、車に乗っている人と歩行人とで、車に乗っている人を犠牲にすることになっても人数の多い方を救うようにプログラムをするべき」という考えにどのくらい賛成できますか。	41.240	0.211	40.820	41.650	28.651	0	100	18,526
Q5.日本は、「すべての完全自動運転車は、車に乗っている人と歩行人とで、車に乗っている人を犠牲にすることになっても人数の多い方を救うようにプログラムすること」と法律で規制するべきだと思いますか。	37.290	0.214	36.870	37.710	29.158	0	100	18,526
Q6_1.法律の規制によって、必ず「車に乗っている人と歩行人とで、車に乗っている人を犠牲にすることになっても人数の多い方を救う」ようにプログラムされた完全自動運転車が販売されたとします。あなたはそれを買うと思いますか。	31.460	0.295	30.880	32.040	28.417	0	100	9,286
Q6_2.「車に乗っている人と歩行人とで、車に乗っている人を犠牲にすることになっても人数の多い方を救う」とプログラムするかどうかを消費者やメーカーが選べる完全自動運転車が販売されたとします。あなたはそれを買うと思いますか。	32.770	0.295	32.190	33.350	28.337	0	100	9,240

注：Q1～Q3の隅付括弧【】内には、上段※で示された主語のうちパターンにしたがって1つのみが回答者に提示される。

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

図 12 スライドバーの例（Q1, Q2, Q6_1, Q6_2 の場合）

一度つまみを動かすと、数字が選べるようになります

全く買いそうもない (=0)

—————|—————

間違いなく買うと思う (=100)

50

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

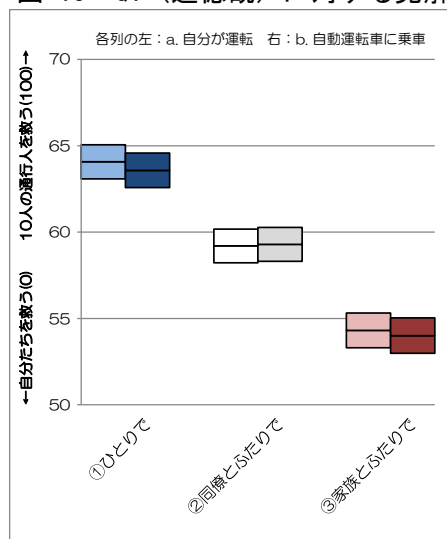
5.2. 調査結果

本研究では、Bonnefon et al. (2016)が行った研究のうち2つ（Study 3 と Study 6）に類似した質問を行って米国と対比したほか、独自の問題も設定した。

(Q1)道徳観

トロッコ問題に纏わる道徳観を問う Q1 は、図 11 の表示直後に、「この状況で、あなたが最も道徳的と考える行動は、下の 0～100 のどの位置にありますか。損害賠償の費用は保険に含まれており、あなたが考慮する必要はないものとしてください。0～100 のうちあなたのお考えに最も近い値を選んでください。」と尋ねるものである。スライドバーの左端には「車を転回せずに、【①～③のいずれか】が救われ、10 人の通行人が犠牲になる (=0)」を、右端には「車を転回して、【①～③のいずれか】が犠牲になり、10 人の通行人が救われる (=100)」を表示した。図 13 には、①～③の分類別に a.自分が運転している場合を想定してもらった回答者（全体で 9,290 名）と、b.自動運転車に乗車している場合を想定してもらった回答者（全体で 9,236 名）との回答を並べて示している。自分が運転している場合の回答と自動運転車に乗車している場合の回答の平均値はいずれも危険率 5%水準での統計的有意差（以下有意差という）がなく、自分たちの運転の判断に対する道徳観と自動運転車の判断に対する道徳観では差が生じないことがわかった。これより、運転者が人間であろうと人工知能であろうと、トロッコ問題に対する見解に大差が生じないであろうことがうかがえる。

図 13 Q1（道徳観）に対する見解



注： 各項目の中心線が平均値。

上下の線（塗りつぶし範囲）は 95%信頼区間をあらわす。

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

全体としては、①～③のすべての回答で平均値が 50 を超しており、人々は乗車している自分たちを救うことよりも 10 人の歩行者を救うことの方が道徳的であると考えている。同乗者別の歩行者を救うべきという度合いは、ひとりで乗車している場合が最も高く、同僚または知人と同乗している場合はそれに次ぎ、家族と同乗している場合が最も低い。親密度が高い人と同乗しているときのほうが、自分たちを救うべきという考えが弱まる。

(Q1～Q3)道徳観と購買意思

Q1 の道徳観に対する回答および Q2、Q3 の購入意思を前掲書 Study 3 の結果と比較した図 14 は、自動運転車の社会的ジレンマの一端を示している。図 14 のパネル 1 が本研究の Q1～Q3 の結果であり、パネル 2 が米国での同様の質問 Study 3 の結果である。Bonnefon らは筆者らと異なり、1 回のアンケートの設問数を少なくして、複数回のアンケートを小さいサンプル数で実施している。Study 3 は 259 人が対象で、①、②、③に相当するサンプル数がそれぞれ 85、81、93 となっているため、パネル 2 の信頼区間が広がっている。

まず、図 14 各パネルの左列 3 つのボックスに、前掲の Q1 の結果を a. b. 合わせて示した。回答傾向は日米で類似しており、歩行者を救うことの道徳観への平均値は①自分のみ乗車している場合に最も高くなり、③家族と乗車している場合に最も低くなる（統計的有意差があるのは①と③のみである）。平均値はいずれも米国の方が高く、日本の平均値は米国の 95% 信頼区間のほぼ下限値に位置している。

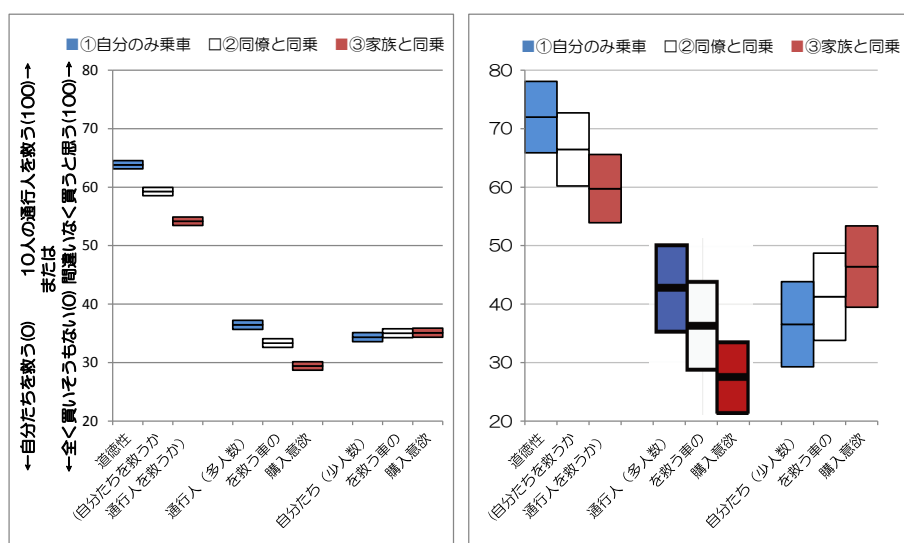
次に、図 14 各パネルの中列 3 つ、右列 3 つのボックスが Q2、Q3 の自動運転車のプログラム別購入意思である。ここでは全員に「完全自動運転車」に乗る状況を想定してもらい、「常に転回して 10 人の歩行者が救われて、【①～③のいずれか】が犠牲になるようにプログラムされた完全自動運転車を購入すると思うか（Q2）」と、「常に【①～③のいずれか】が救われ 10 人の歩行者が犠牲になるようにプログラムされた完全自動運転車を購入すると思うか（Q3）」とを尋ねた¹¹。日本では、①～③の各グループ間で Q2 と Q3 の平均値には有意差があり、自分ひとりが乗車する場合であれば歩行者を救う車の購入意思のほうが高い反面、同乗者がいる場合は自分たちが救われる車の購入意思のほうが高く、とくに家族が同乗者である場合は差が大きくなる。自分たちを救う車の購入意思（Q3）にはグループ間での値に有意差がない。米国については Q2 に相当するグラフしかなく原データが公開されていないことから有意差検定はできないが、家族と同乗している③のグループだけは、歩行者を救う車より自分たちが救われる車の購入意思が有意に高いものと看取される。日本

¹¹ Bonnefon et al. (2016) では、回答者に 10 人または 20 人の歩行者を前提とした例が示されている。

図 14 道徳観と購買意思

パネル1 日本

パネル2 米国



注1: 各ボックスの中心線が平均値。上下の辺(塗りつぶし範囲)は95%信頼区間をあらわす。
 注2: パネル2は Science 誌の HP で公開されている補足データを利用して著者が作成。一部は Science 誌の図からスケールを合わせて掲載。
 資料: パネル1=「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」、 パネル2=Bonnefon et al. (2016)

と異なり、自分たちが救われる車の購入意思のグループ間で、①と③において有意確率 5.5% で差がみられる。身近な同乗者を守りたいという気持ちは米国の方が強いかも知れない。

図には示していないが、①～③を平均した値では、日本では通行人を救う車の購入意思は 33.1、自分たちを救う車の購入意思が 34.8 と 1.7 の有意差がある。自分たちを救う車の購入意思の方が高い傾向は米国の例でも同じであるという（前掲書、p.1574）。人々は道徳的には通行人を救うべきと考えているものの、市場に出る完全自動運転車を選ぶ際には自分たちを救うプログラムが組み込まれたものを購入するであろうという、社会的ジレンマの一端が日米両国において表れたのである。

本項での道徳観や購入意思の決定要因を明らかにするため、回答者の属性を説明変数としてトービット分析を行った。表 9 は要約統計量、表 10 は推計結果である。ここでは、収入のデータが得られるサンプルのみを利用しているため、図中のサンプルとは標本数が異なる。

Q1 の回答が 100 に近いことを便宜上「道徳観が高い」と表現すると、日本では男性の方が明確に道徳観が低い、米国では女性の方が高そうである。そのほか年齢が高いこと、交通事故を起こしたことがあること、自動運転車で事故が減ると考えていること、利他性が高いこと、募金したことがあること、倫理問題に好感を示すコメントを書いていることが道徳観にプラスになっている。第 I 部で分類した WTP の潜在クラスで②、③、⑤に入っ

ている（環境配慮型燃料に対して正の WTP を持つ）回答者も対照群であるクラス①と比較してプラスである。道徳観にマイナスに働くのは、同僚や家族と同乗していることを想定した場合であり、図 13 および図 14 左端の単純平均と同じ傾向を示している。実際に子どもと同居していることもマイナスである。車の所有にプライド感があることもマイナスで、さらに、大学卒、大学院卒と最終学歴が高くなるほど道徳観のマイナス幅が大きくなることは注目に値する。地域としては、九州・沖縄地方と比べて、東北地方がプラス、関東と中部がマイナスとなった。

Q2 の通行人を救う車も Q3 の自分達を救う車ともに購入意思が高いのは男性、短大・

表 9 トービット分析で用いた変数の記述統計量 ($N = 16,327$)

	平均	標準偏差	最小値	最大値
Q1 (道徳観)	59.180	28.740	0	100
Q2 (通行人を救う車の購入意思)	33.075	30.150	0	100
Q3 (自分達を救う車の購入意思)	34.973	31.061	0	100
男性	0.582	0.493	0	1
年齢	47.880	12.597	18	69
短大・高専卒	0.150	0.357	0	1
大学卒	0.499	0.500	0	1
大学院卒	0.072	0.259	0	1
世帯所得	6.339	0.717	3.912	8.161
单身	0.168	0.374	0	1
子どもと同居	0.181	0.385	0	1
運転免許なし	0.092	0.290	0	1
シェアカーに反対	0.311	0.463	0	1
ガジェット好き	20.286	3.073	6	30
車所有にプライド感	0.260	0.439	0	1
輸入車所有	0.053	0.224	0	1
運転距離	5.029	5.995	0	40.5
運転好き	0.293	0.455	0	1
事故を起こしたことがある	0.322	0.467	0	1
自動運転車で事故減	65.134	21.681	0	100
利他性	3.116	0.828	1	5
募金したことがある	0.630	0.483	0	1
倫理問題に好感	0.130	0.337	0	1
倫理問題に反感	0.214	0.410	0	1
(クラス①)	0.279	0.448	0	1
クラス②	0.128	0.334	0	1
クラス③	0.238	0.426	0	1
クラス④	0.205	0.404	0	1
クラス⑤	0.150	0.357	0	1
北海道地方	0.046	0.210	0	1
東北地方	0.048	0.213	0	1
関東地方	0.406	0.491	0	1
中部地方	0.150	0.357	0	1
近畿地方	0.199	0.399	0	1
中国地方	0.048	0.213	0	1
四国地方	0.022	0.146	0	1
(九州・沖縄地方)	0.081	0.273	0	1

注： 変数間の相関係数は付表 2 に示した。
資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

表 10 トービット分析の結果 (Q1～Q3)

		今回の推計						Bonnefon et al (2016)の結果 (注)		
		全変数			10 %以下の水準で有意な変数のみ					
		Q1 (道徳観)	Q2 (通行人を 救う車の購入 意思)	Q3 (自分達を 救う車の購入 意思)	Q1 (道徳観)	Q2 (通行人を 救う車の購入 意思)	Q3 (自分達を 救う車の購入 意思)	Q1 (道徳観)	Q2 (通行人を 救う車の購入 意思)	Q3 (自分達を 救う車の購入 意思)
乗員	②同僚と同乗	-5.843 *** (0.651)	-4.396 *** (0.826)	1.405 + (0.835)	-5.857 *** (0.651)	-4.376 *** (0.826)	1.394 + (0.835)	-5.54 (4.45)	4.50 (5.29)	-6.40 (5.18)
	③家族と同乗	-11.952 *** (0.653)	-10.564 *** (0.833)	1.473 + (0.837)	-11.985 *** (0.652)	-10.571 *** (0.833)	1.470 + (0.837)	-13.07 ** (4.35)	10.29 + (5.18)	-15.98 ** (5.07)
一 般 的 属 性	男性	-6.907 *** (0.608)	4.522 *** (0.776)	10.031 *** (0.782)	-6.728 *** (0.580)	4.442 *** (0.760)	10.076 *** (0.774)	1.08 (3.68)	2.10 (4.38)	1.24 (4.29)
	年齢	0.223 *** (0.024)	0.190 *** (0.030)	-0.227 *** (0.030)	0.221 *** (0.023)	0.191 *** (0.029)	-0.225 *** (0.029)	2.71 (1.81)	-2.94 (2.15)	1.92 (2.11)
	短大・高専卒	-0.550 (0.869)	3.333 ** (1.104)	4.981 *** (1.119)		3.295 ** (1.103)	5.016 *** (1.117)			
	大学卒	-1.335 + (0.657)	-1.653 + (0.838)	3.052 *** (0.846)	-1.224 + (0.577)	-1.709 + (0.834)	3.209 *** (0.831)			
	大学院卒	-4.367 *** (1.154)	-3.945 ** (1.482)	5.179 *** (1.476)	-4.303 *** (1.100)	-3.865 ** (1.473)	5.474 *** (1.450)			
	世帯所得	-0.232 (0.424)	-1.443 ** (0.540)	0.882 (0.544)		-1.609 ** (0.501)				
	単身	0.300 (0.819)	0.903 (1.042)	1.873 + (1.047)			1.609 + (0.928)			
	子どもと同居	-2.342 ** (0.755)	-2.129 + (0.968)	-0.558 (0.968)	-2.321 ** (0.727)	-2.384 + (0.938)				
	運転免許なし	-0.308 (1.006)	2.006 (1.276)	2.211 + (1.286)			2.162 + (1.234)			
	シェアカーに反対	0.179 (0.601)	-5.017 *** (0.771)	-3.996 *** (0.775)		-5.111 *** (0.764)	-4.016 *** (0.770)			
	ガジェット好き	-0.090 (0.091)	0.280 + (0.115)	0.416 *** (0.116)		0.284 + (0.115)	0.424 *** (0.116)			
	車所有にプライド感	-1.870 ** (0.666)	4.631 *** (0.851)	5.282 *** (0.855)	-1.801 ** (0.609)	4.467 *** (0.810)	5.041 *** (0.813)			
	自動車・輸入車所有	0.743 (0.771)	-0.137 (0.983)	-0.518 (0.988)						
	自動運転距離	0.185 (1.391)	-0.923 (1.782)	-3.241 + (1.789)						
	運転好き	0.010 (0.052)	0.043 (0.066)	0.030 (0.066)						
自 動 運 転 車 に 関 する 感 覚	事故を起こしたことがある	-0.091 (0.648)	-8.651 *** (0.832)	-7.640 *** (0.837)		-8.744 *** (0.817)	-7.644 *** (0.828)			
	自動運転車で事故減	1.103 + (0.608)	-3.749 *** (0.778)	-5.067 *** (0.782)	1.168 + (0.593)	-3.879 *** (0.766)	-5.052 *** (0.778)			
	利他性	0.069 *** (0.013)	0.070 *** (0.017)	0.180 *** (0.017)	0.068 *** (0.013)	0.069 *** (0.017)	0.180 *** (0.017)			
	利他性	5.153 *** (0.333)	6.601 *** (0.427)	-2.525 *** (0.426)	5.119 *** (0.330)	6.702 *** (0.421)	-2.519 *** (0.426)			
	募金したことがある	4.430 *** (0.580)	0.993 (0.741)	-4.057 *** (0.743)	4.330 *** (0.575)		-4.014 *** (0.739)			
	倫理問題に好感	3.421 *** (0.802)	-1.253 (1.025)	-0.409 (1.030)	3.268 *** (0.796)					
	倫理問題に反感	-1.085 (0.663)	-10.936 *** (0.857)	-8.475 *** (0.861)		-10.956 *** (0.852)	-8.550 *** (0.857)			
W T P 傾 向	クラス② 燃料>0>自動運転	3.072 *** (0.908)	-2.811 + (1.173)	-6.502 *** (1.183)	2.988 *** (0.903)	-2.777 + (1.169)	-6.402 *** (1.181)			
	クラス③ 燃料≠自動運転>0	4.827 *** (0.768)	11.810 *** (0.976)	8.012 *** (0.983)	4.725 *** (0.759)	11.907 *** (0.970)	8.146 *** (0.980)			
	クラス④ 自動運転>0>燃料	-0.164 (0.791)	-0.537 (1.018)	2.403 + (1.018)	-0.229 (0.788)	-0.546 (1.015)	2.423 + (1.017)			
	クラス⑤ 自動運転>燃料>0	1.819 + (0.896)	7.999 *** (1.139)	9.917 *** (1.145)	1.657 + (0.887)	8.027 *** (1.135)	9.982 *** (1.142)			
		1.027 (1.552)	1.587 (1.978)	-0.762 (2.002)	0.996 (1.551)	1.622 (1.977)	-0.671 (2.001)			
地 域	北海道地方									
	東北地方	3.387 + (1.541)	3.210 (1.962)	0.070 (1.981)	3.446 + (1.539)	3.226 (1.962)	0.142 (1.981)			
	関東地方	-2.901 ** (1.051)	-0.009 (1.343)	2.304 + (1.353)	-3.172 ** (1.031)	-0.088 (1.325)	2.512 + (1.329)			
	中部地方	-2.347 + (1.163)	1.910 (1.486)	1.921 (1.498)	-2.364 + (1.159)	1.858 (1.486)	2.072 (1.495)			
	近畿地方	-1.642 (1.118)	1.766 (1.427)	2.700 + (1.438)	-1.816 (1.111)	1.673 (1.421)	2.804 + (1.431)			
	中国地方	0.555 (1.538)	3.422 + (1.960)	-0.884 (1.984)	0.592 (1.537)	3.427 + (1.960)	-0.779 (1.983)			
	四国地方	-1.376 (2.026)	4.974 + (2.586)	6.225 + (2.594)	-1.361 (2.025)	5.002 + (2.586)	6.311 + (2.594)			
	定数項	40.194 *** (3.653)	-1.341 (4.651)	15.189 ** (4.677)	37.584 *** (1.944)	0.494 (4.304)	19.735 *** (3.342)	72.93 *** (3.98)	37.72 *** (4.74)	43.68 *** (4.63)
サンプル数		16327	16327	16327	16327	16327	16327	259	259	259
疑似決定係数		0.009	0.011	0.010	0.009	0.011	0.010	0.04	0.02	0.04
対数尤度		-68562.527	-60117.475	-61693.392	-68565.587	-60120.993	-61696.458			

注： Bonnefon らの結果は最小二乗法を用いていること、性別を「女性」で推計していること（比較の便宜上男性の欄に女性のマイナス値を記載しているが、一部の無回答があるため正確な値ではない）から、今回の研究との厳密な比較はできないが、傾向をみるために参考として掲載している。

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」および Bonnefon et al. (2016)

高専卒、ガジェット好きであること、車の所有にプライド感があること、自動運転車で事故が減ると考えていること、潜在クラス③と⑤（燃料にも自動運転にも正の WTP を示すクラス）、地域では四国地方である。通行人を救う車も自分達を救う車もともに購入意思にマイナスに働く属性はシェアカーに反対であること、運転好きであること、事故を起こしたことがあること、倫理問題に反感を示すコメントを書いていることである。通行人を救う車にプラスになるのは、年齢が高いことと利他性があることであり、いずれも自分たちを救う車にはマイナスの係数を示した。通行人を救う車にマイナスであるのは、世帯所得が高いこと、子どもと同居していることである。同僚や家族と同乗している場合、(米国の結果も単純平均からでは同様になると予測されたが、最小二乗法の結果では逆になっていた)、および、大学卒と大学院卒は、さらに自分たちを救う車にプラスの購入意思を示している。同乗者を想定すると道德観が下がり自分たちを救う車の購入意思が高くなる点、学歴の高さにより道德観が低くなる点と整合的である。

(Q4～Q6)道德観と法規制

Q4 の道德観に対する回答および Q5 の法規制に対する考え方、Q6_1、Q6_2 の購入意思を米国の結果と比較したものが図 15 であり、道德、法規制と購入意思の差という自動運転車のもう一つの社会的ジレンマを示している。

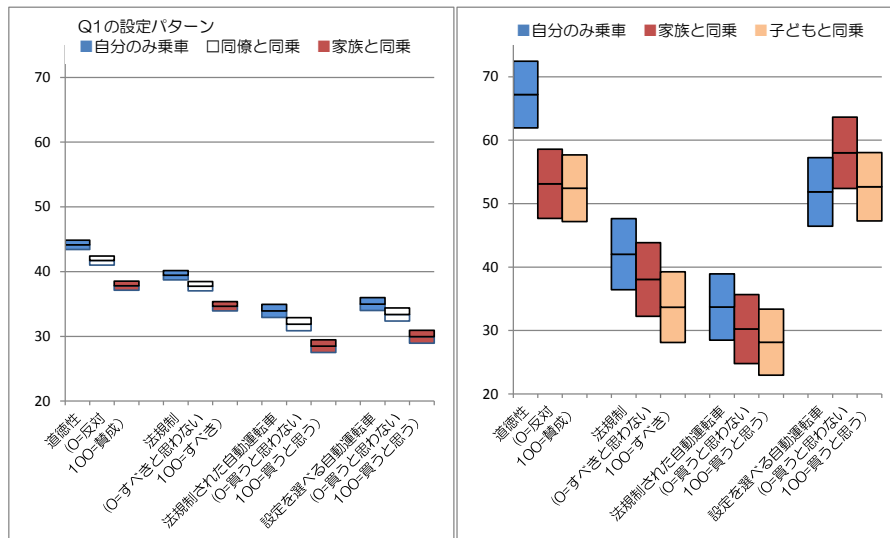
図 15 各パネルの最左列 3 つのボックスが Q4 の『道德的にお考えください。『すべての完全自動運転車は、車に乗っている人と通行人とで、車に乗っている人を犠牲にすることになって人数の多い方を救うようにプログラムをするべき』という考えにどのくらい賛成できますか。』という問いの答え（0～100 のスライドバーによる選択）を示している。米国のケース（前掲書、Study 6）では Study 3 と異なる回答者 393 名に質問しており、前問までの影響を受けていないという差があること、同乗者の設定が異なる（知人や同僚ではなく、子どもとしている）こと、などから日本のケースと直接の比較はできないが、人数が多い方を救うという功利主義的な考え方に対して米国の方が賛同する傾向が強く、日本はいずれも平均値が 50 未満であり反対する傾向が強い。類似点は、自分だけ乗車しているときの方が、家族で乗車しているときと比較して、人数の多い方を救うことに賛成する度合いが高いことである。

同じ功利主義的な条件であっても、道德的に考えたときと、法規制すべきかどうか（左から 2 列目の 3 つのボックス）を考えたときでは、日米ともに各グループで法規制すべきという度合いの方が有意に低い。特に米国では、平均値が 50 未満となり、道德観との差が大きい。人間の道德的な判断と法規制に対する判断は必ずしも一致しないという社会的ジ

図 15 道徳観、法規制と購買意思

パネル1 日本

パネル2 米国



注1： 各ボックスの中心線が平均値。上下の辺（塗りつぶし範囲）は95%信頼区間をあらわす。
 注2： パネル2は Science 誌の HP で公開されている補足データを利用して著者が作成。米国では前問と異なる回答者を対象としていることと、同乗者の条件が異なっていることからパネル1とパネル2を直接比較することはできない。
 資料： パネル1=「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」、 パネル2=Bonnefon et al. (2016)

レンマがみられる。自動運転機能に対する法設計に際して、注意が必要となる点である。

さらに、人数が多い方を救うように法規制でプログラムされた自動運転車を購入するかどうか（右から2列目の3つのボックス）と、人数が多い方を救うようにプログラムするか否かを消費者やメーカーが選べる自動運転車を購入するか（最右列の3つのボックス）について質問している。米国では同じ対象者に両方の質問をしているが、日本では、法規制と自由選択で半々の回答者に質問した。日本ではQ1でひとりで乗車していると仮定したグループで法規制と民間選択との有意差がなく、他のグループでは民間で選択できるほうが有意にわずかに高かった。グループ平均でも法規制が31.5、民間選択が32.8で民間選択の方が95%信頼区間で0.5~2.1だけ高い。この傾向は米国では顕著である。平均では法規制が30.7で日本の値と近いが、民間選択は54.1と95%信頼区間で19.2~27.5もの相違がある。政府による規制を好まない国民性の現れであろう。日本人はむしろ選択の自由があると迷いが強くなると察せられ、法規制が米国よりは受け入れられやすい様子である。

表11がQ4~Q6についての記述統計量、表12がトービットによる要因分析の結果である。

表 11 トービット被説明変数の記述統計量

	平均	標準偏差	最小値	最大値	標本数N
Q4 (道徳観)	41.374	28.805	0	100	16,327
Q5 (規制への考え)	37.375	29.254	0	100	16,327
Q6_1 (規制した車の購入)	31.431	28.519	0	100	8,227
Q6_2 (民間選択できる車の購入)	32.930	28.440	0	100	8,100

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

表 12 トービット分析の結果 (Q4～Q6)

今回の推計								
	全変数				10 %以下の水準で有意な変数のみ			
	Q4 (道徳観)	Q5 (規制への考え)	Q6_1 (規制した車の購入)	Q6_2 (民間選択できる車の購入)	Q4 (道徳観)	Q5 (規制への考え)	Q6_1 (規制した車の購入)	Q6_2 (民間選択できる車の購入)
乗員								
②同僚と同乗	-2.781 *** (0.684)	-1.483 + (0.741)	-2.852 ** (1.075)	-1.906 + (1.052)	-2.769 *** (0.684)	-1.461 + (0.741)	-2.942 ** (1.074)	-1.845 + (1.052)
③家族と同乗	-8.310 *** (0.688)	-6.221 *** (0.746)	-7.689 *** (1.083)	-6.890 *** (1.059)	-8.341 *** (0.688)	-6.200 *** (0.746)	-7.696 *** (1.083)	-6.841 *** (1.058)
男性	2.883 *** (0.640)	4.013 *** (0.694)	6.457 *** (1.003)	6.956 *** (0.992)	2.650 *** (0.607)	4.024 *** (0.672)	6.433 *** (0.973)	6.760 *** (0.915)
年齢	0.153 *** (0.025)	0.176 *** (0.027)	0.036 (0.039)	-0.005 (0.038)	0.150 *** (0.025)	0.189 *** (0.025)		
短大・高専卒	-0.071 (0.916)	1.818 + (0.991)	5.051 *** (1.437)	-0.233 (1.415)		2.471 ** (0.886)	5.002 *** (1.286)	
一般の属性								
大学卒	-1.980 ** (0.693)	-1.055 (0.750)	0.395 (1.088)	-1.416 (1.069)	-1.752 ** (0.581)			
大学院卒	-1.278 (1.218)	-1.170 (1.320)	-3.234 + (1.945)	-0.976 (1.847)			-3.721 + (1.765)	
世帯所得	-0.473 (0.447)	-0.998 + (0.484)	-0.693 (0.701)	-0.638 (0.689)	-0.803 + (0.411)	-1.178 ** (0.443)		
単身	0.706 (0.838)	0.378 (0.907)	-0.421 (1.307)	1.474 (1.297)				
子どもと同居	-2.668 *** (0.798)	-1.223 (0.865)	-2.651 + (1.261)	-1.449 (1.222)	-2.919 *** (0.774)		-2.946 + (1.167)	
運転免許なし	1.333 (1.035)	2.485 + (1.118)	3.605 + (1.653)	1.801 (1.559)		2.402 + (1.098)	3.523 + (1.615)	
シェアカーに反対	-3.857 *** (0.630)	-4.903 *** (0.684)	-7.575 *** (0.998)	-7.209 *** (0.972)	-3.926 *** (0.627)	-4.800 *** (0.680)	-7.375 *** (0.984)	-7.138 *** (0.956)
ガジェット好き	0.362 *** (0.095)	0.414 *** (0.103)	0.385 + (0.150)	0.245 + (0.146)	0.371 *** (0.095)	0.425 *** (0.103)	0.361 + (0.149)	0.240 + (0.146)
車所有にプライド感	2.524 *** (0.681)	4.145 *** (0.737)	5.563 *** (1.066)	5.544 *** (1.050)	2.256 *** (0.667)	4.174 *** (0.733)	5.553 *** (1.055)	5.274 *** (1.035)
自動車・自動運転車に関する感覚								
輸入車所有	-1.714 (1.291)	-2.754 + (1.403)	-4.450 + (2.105)	-3.179 (1.934)		-2.777 + (1.402)	-4.782 + (2.084)	-3.559 + (1.918)
運転距離	-0.030 (0.053)	0.082 (0.057)	0.010 (0.083)	0.051 (0.080)				
運転好き	-4.772 *** (0.750)	-6.780 *** (0.815)	-8.864 *** (1.191)	-8.101 *** (1.155)	-4.945 *** (0.741)	-6.624 *** (0.809)	-8.820 *** (1.181)	-8.263 *** (1.140)
事故を起こしたことがある	-2.180 *** (0.640)	-4.231 *** (0.694)	-4.410 *** (1.010)	-3.666 *** (0.986)	-2.324 *** (0.630)	-4.103 *** (0.690)	-4.031 *** (0.989)	-3.646 *** (0.957)
自動運転車で事故減	0.110 *** (0.014)	0.049 ** (0.015)	0.117 *** (0.022)	0.118 *** (0.021)	0.109 *** (0.014)	0.048 ** (0.015)	0.118 *** (0.022)	0.115 *** (0.021)
利他性	4.653 *** (0.351)	5.122 *** (0.381)	5.929 *** (0.555)	3.501 *** (0.538)	4.671 *** (0.351)	5.145 *** (0.376)	6.077 *** (0.546)	3.480 *** (0.538)
夢見たことがある	1.688 ** (0.612)	0.164 (0.663)	1.259 (0.969)	-1.727 + (0.934)	1.652 ** (0.612)			-1.863 + (0.920)
倫理問題に好感	2.404 ** (0.843)	0.233 (0.916)	-1.770 (1.338)	-0.910 (1.297)	2.388 ** (0.843)			
倫理問題に反感	-6.945 *** (0.702)	-9.115 *** (0.764)	-8.925 *** (1.111)	-11.818 *** (1.093)	-6.952 *** (0.702)	-9.122 *** (0.759)	-8.742 *** (1.094)	-11.858 *** (1.081)
WTP 傾向								
クラス② 燃料>0>自動運転	0.012 (0.984)	-1.767 + (1.067)	-3.315 + (1.555)	-2.499 (1.539)	0.018 (0.983)	-1.801 + (1.065)	-3.361 + (1.550)	-2.774 + (1.537)
クラス③ 燃料<自動運転<0	8.330 *** (0.820)	8.456 *** (0.888)	14.218 *** (1.293)	13.254 *** (1.255)	8.371 *** (0.820)	8.436 *** (0.884)	14.266 *** (1.283)	12.978 *** (1.251)
クラス④ 自動運転>0>燃料	0.233 (0.851)	-0.849 (0.924)	0.657 (1.343)	3.820 ** (1.316)	0.231 (0.851)	-0.902 (0.922)	0.651 (1.339)	3.604 ** (1.314)
クラス⑤ 自動運転>燃料>0	5.200 *** (0.946)	5.174 *** (1.023)	10.914 *** (1.482)	12.119 *** (1.449)	5.215 *** (0.945)	5.092 *** (1.019)	10.864 *** (1.472)	11.825 *** (1.440)
地域								
北海道地方	-2.763 + (1.636)	-3.684 + (1.774)	-1.828 (2.552)	-1.163 (2.568)	-2.641 (1.635)	-3.603 + (1.774)		
東北地方	-0.050 (1.622)	0.172 (1.755)	-0.023 (2.572)	4.450 + (2.479)	-0.030 (1.621)	0.356 (1.754)		
関東地方	-1.594 (1.103)	-1.864 (1.194)	-0.942 (1.736)	2.180 (1.706)	-1.489 (1.094)	-2.091 + (1.183)		
中部地方	0.602 (1.226)	0.183 (1.328)	0.822 (1.931)	3.970 + (1.893)	0.575 (1.225)	0.205 (1.327)		
近畿地方	0.395 (1.176)	-0.535 (1.273)	0.285 (1.855)	3.229 + (1.814)	0.423 (1.173)	-0.684 (1.270)		
中国地方	-0.208 (1.620)	0.664 (1.753)	2.745 (2.537)	3.072 (2.509)	-0.274 (1.620)	0.691 (1.752)		
四国地方	2.287 (2.129)	5.121 + (2.308)	6.367 + (3.319)	5.497 + (3.296)	2.312 (2.129)	5.142 + (2.308)		
定数項	8.747 + (3.844)	6.836 (4.163)	-6.950 (6.034)	6.127 (5.913)	10.888 ** (3.579)	6.800 + (3.897)	-9.005 + (3.684)	4.707 (3.551)
サンプル数	16327	16327	8227	8100	16327	16327	8227	8100
疑似決定係数	0.008	0.008	0.014	0.012	0.008	0.008	0.013	0.012
対数尤度	-66746.335	-64104.967	-30132.578	-30444.029	-66749.250	-64108.377	-30140.605	-30454.586

資料：「自動運転車の潜在需要に関する Web 調査」

Q4の道徳観（ここでは、人数の多い方を救うべきという考え方が強いほうを、便宜上「道徳観」が高いとする）とQ5の規制への考えを比較してみると、係数のプラスマイナスが逆になるものではなく、道徳観が高いほど規制すべきと考えるというように、方向性が同じであった。プラスに効くのは、男性、年齢が高いこと、ガジェット好き、車の所有にプライド感があること、自動運転車で事故が減ると考えていること、WTPのクラス②と⑤（燃料、自動運転ともに正のWTP）である。募金したことがあること、倫理問題に好感を示すコメントを書いたことは道徳観にのみプラス、短大・高専卒と運転免許なしは規制のみにプラスである。マイナスに効くのは、Q1で同僚や家族と同乗するシナリオを読んでいること、世帯所得が高いこと、シェアカーに反対であること、運転好きであること、交通事故を起こしたことがあることである。なお、子どもと同居と大学卒は道徳観のみがマイナスになっており、輸入車を所有していることは規制のみがマイナスになっている。

人数の多い方を救うようにQ6_1規制した車かQ6_2民間選択できる車か、の比較においても記号の逆転はなかった。プラスに効いているのは男性、ガジェット好き、車の所有にプライド感がある、自動運転車で事故が減ると考えている、利他性がある、WTPのクラス②と⑤（燃料、自動運転ともに正のWTP）であり、短大・高専卒と運転免許を持っていないことは規制のみプラスである。マイナスに効いているのは、世帯所得、シェアカーに反対、輸入車を所有している、運転好き、事故を起こしたことがある、倫理問題に反感をあらわすコメントを書いたこと、WTPのクラス②（燃料が正で自動運転が負のWTP）である。子どもと同居が規制車のみ、大学院卒と募金したことがあることが民間選択のみにマイナスに効いている。

第Ⅰ部の結果と比較して、第Ⅱ部においても、「自動運転車を購入すると思うか」を尋ねたすべての設問で、自動運転で事故が減るという予想値が高いほど購入意思が高くなるという関係がみられている。自動運転車には、まずは安全が確実に担保された上での購入という前提が存在する。さらに、「運転好き」に分類された回答者がいずれの設問でも購入意思が低くなる傾向も、第Ⅰ部での結果と共通である。自動運転車の導入に向けては、自分自身で運転することを楽しむ層の人々にメリットを与えられるかどうかが課題となる。

5.3. 日本人の倫理観と人工知能

日本の回答者は、米国の回答者に概ね類似した傾向を持っていたが、人数が多い方を救うことに対する評価が低いことと、人数が多い方を救うようにプログラムするかどうかを規制せずに民間で選べるようにすることへの評価が低いことが特徴として表れた。

人数が多い方を救うことに対する評価は、日本の回答者には相当困難な選択であったよ

うである。今回のような人命にかかわる倫理問題に回答することそのものを忌避している様子は、アンケートの最後の自由回答からも窺えた。アンケートの評価として、数字で答えるのが難しかった、判断に困った、考えるのが辛かったなどのネガティブな記述をした回答者が 21.4%に上り、興味深かった、面白かったなどのポジティブな記述をした回答者（13.0%）の約 1.5 倍となった¹²。今回のアンケートのような単刀直入な質問は初めてという回答者が多かったようである。どのような状況下であっても、乗員・通行人のどちらも犠牲にしない方策を取れる人工知能が必要であるとの声もあった。米国と異なり、日本では「自己を犠牲にして他者を救うべきか」あるいは「功利主義的により多くの人数を救うべきか」などについて日常的に考える機会が少ないことから、道德観は比較的lowめに出ていることが考えられる。それでも、道德観と購入意思や、道德観と求める法に対してそれぞれギャップが生じていることには変わりなく、日本においても、自動運転車は確実に社会的ジレンマを生み出すであろう。

6. まとめと今後の課題

本稿では、自動運転車の急速な技術革新と政策的な推進を背景として、消費者の自動運転車に対する潜在需要を推計するべく、日本全国 1 万 6 千 327 のサンプルによるインターネットアンケート調査を用いて、日本人の自動運転自動車（自動運転車）に対する潜在需要を 2 つの視点から分析した。

第 I 部では、運転者が関与する必要がある部分的自動運転と、運転者が関与する必要のない完全自動運転に対する限界支払意思額（WTP）を、コンジョイント形式による表明選好法を用いて明らかにした。その際、ハイブリッドや電気自動車への選好を組み入れた上で消費者の属性を潜在クラスロジットにより 5 分類し、消費者の異質性をクラス別に示し

¹²第 II 部の質問は機微情報に近いことから、アンケートの依頼時に以下の告知を表示して納得した回答者のみに回答してもらっているが、それでも不快に感じた回答者が散見された。

この調査は、独立行政法人経済産業研究所の委託を受けて（株）日経リサーチが実施しています。

本調査は、自動運転にまつわる交通事故についてお伺いする設問が一部あります。お答えになりにくい質問もあるかもしれませんが、回答されるみなさまが全体としてどのようなお考えをお持ちかという傾向を知るための設問です。

皆さんにお答えいただいた内容は、研究公表時には集計されたもののみ用います。皆さんの氏名や年齢などの個人情報を用いることはございませんので、率直にお答えください。

上記をご理解いただき、ご協力いただける方は、アンケートへお進みください。

本アンケートでは、自動運転の学術的研究のために、みなさまに「交通事故が避けられない場合、状況に応じて犠牲者をどのように選択するか」お伺いする設問がございます。

回答ができない場合や、万が一、設問を読んでご気分がすぐれなくなった場合は、回答を中止することを推奨いたします。（残酷な写真や映像が表示されることはありません。）

た。結果として、電気自動車には自動運転機能がついてはじめてプラスのWTPになること、消費者を潜在クラスで分けると、自動運転に高いWTPを示すのは高学歴、高収入で、あまり運転好きではない層であること、エコカーと異なり、環境配慮につながる利他性は明確にはみられないことが分かった。

第Ⅱ部では、自動運転車が社会的ジレンマを生み出すことを検証した。自動運転車に搭載された人工知能が直面せざるを得ない道徳的ジレンマ—運転者が自分を犠牲にして通行人を救うべきか、自分を助けるために通行人を犠牲にするべきかというトロッコ問題—に対する消費者の意識を、米国における先行研究との比較を含めて調査分析した。結果として日米双方において、消費者の道徳観と購買行動の間には、人々は道徳的には通行人を救うべきと考えているものの市場に出る完全自動運転車では自分たちを救うプログラムを購入するであろうというギャップが、また、消費者の道徳観と望む法制度の間には、より多くの人を救うべきであるという概念に対して道徳的に望むほどには法制化を望まないというギャップが生じるため、自動運転の普及が社会的ジレンマを生み出し得ることが指摘される。このことは、アルゴリズム設計や法制度設計を行う上で看過できない問題であるため、今後一層の配慮が必要であるといえる。

本研究では、WTPを尋ねるコンジョイント分析を行ってから、倫理的な質問を行ったが、日本では未だ人工知能がもたらす倫理的問題についての一般的な認識が薄いことから、倫理的設問を知った後でどのようにWTPが変化するかを同じコンジョイントで確認することにより、さらに現実的なWTPの値を推計ができると思われる。また、倫理的問題・法律的問題も、自動運転の普及度合いに応じて、想定しうる様々な局面について質問することが必要となつてこよう。今後の研究課題としたい。

参考文献

- Bansal, P., K.M. Kockelman, and A. Singh. 2016. "Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67: 1–14. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2016.01.019>.
- Bazilinsky, Pavlo, Miltos Kyriakidis, and Joost de Winter. 2015. "An International Crowdsourcing Study into People's Statements on Fully Automated Driving." *Procedia Manufacturing* 3: 2534–42. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.540>.
- Bekiaris, E., Petica, S., and Brookhuis, K. 1997. "Driver needs and public acceptance regarding telematic in-vehicle emergency control aids," In Conference Paper no. 2077, 4th world congress on intelligent transport systems, Berlin. Brussel: Ertico: 1-7.
- Bonnefon, J. F., Azim Shariff, and Iyad Rahwan. 2016. "The Social Dilemma of Autonomous Vehicles." *Science* 352 (6293) (June 24): 1573–1576.
- Haboucha, Chana J, Robert Ishaq, and Yoram Shiftan. 2017. "User Preferences Regarding Autonomous Vehicles." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 78 (May): 37–49. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.01.010>.
- Hohenberger, Christoph, Matthias Spörrle, and Isabell M Welp. 2016. "How and Why Do Men and Women Differ in Their Willingness to Use Automated Cars? The Influence of Emotions across Different Age Groups." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 94 (December): 374–85. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.09.022>.
- König, M, and L Neumayr. 2017. "Users' Resistance towards Radical Innovations: The Case of the Self-Driving Car." *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 44 (January): 42–52. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.10.013>.
- Krueger, Rico, Taha H Rashidi, and John M Rose. 2016. "Preferences for Shared Autonomous Vehicles." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 69 (August): 343–55.
- Kyriakidis, M., R. Happee, J C F De Winter, and J. C F De Winter. 2015. "Public Opinion on Automated Driving: Results of an International Questionnaire among 5,000 Respondents." *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 32: 127–140. doi:<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2506579>.
- Payre, William, Julien Cestac, and Patricia Delhomme. 2014. "Intention to Use a Fully Automated Car: Attitudes and a Priori Acceptability." *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 27, Part B (November): 252–63. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.04.009>.
- SAE International 2016. "Automated Driving Levels of Driving Automation are Defined in New SAE International Standard J3016." P141661.
https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf. Retrieved on February 1, 2017.

- Schoettle, Brandon, and Michael Sivak. 2014. "Public Opinion about Self-Driving Vehicles in China, India, Japan, the U.S., The U.K., and Australia." The University of Michigan Transportation Research Institute. Report No. UMTRI-2014-30.
- Schoettle, Brandon, and Michael Sivak. 2015a. "Potential Impact of Self-Driving Vehicles on Household Vehicle Demand and Usage." The University of Michigan Transportation Research Institute, Report No. UMTRI-2015-3.
- Schoettle, Brandon, and Michael Sivak. 2015b. "Motorists' Preferences for Different Levels of Vehicle Automation." The University of Michigan Transportation Research Institute, Report No. UMTRI-2015-22.
- Shin, Jungwoo, Chandra R Bhat, Daehyun You, Venu M Garikapati, and Ram M Pendyala. 2015. "Consumer Preferences and Willingness to Pay for Advanced Vehicle Technology Options and Fuel Types." *Transportation Research Part C* 60 (2015): 511–24. doi:10.1016/j.trc.2015.10.003.
- Sivak, Michael, and Brandon Schoettle. 2015. "Influence of Current Nondrivers on the Amount of Travel and Trip Patterns with Self-Driving Vehicles." The University of Michigan Transportation Research Institute, Report No. UMTRI-2015-39
- Train, Kenneth 2009. *Discrete Choice Methods with Simulation*, 2nd ed. Cambridge University Press
- 井熊均・井上岳一（編著）. 2017. 『「自動運転」ビジネス 勝利の法則』日刊工業新聞社.
- 柘植隆宏・三谷羊平・栗山浩一. 2011『環境評価の最新テクニック：表明選好法・顕示選好法・実験経済学』勁草書房.
- 山本真之・梶大介・服部佑哉・山本俊行・玉田正樹・藤垣洋平. 2016「自動運転シェアカーに関する 将来需要予測とシミュレーション分析」*Denso Technical Review* 21: 37-41.
- 自動走行ビジネス検討会 2017.「自動走行の実現に向けた取組方針 報告書概要」平成 29 年 3 月 14 日 www.meti.go.jp/press/2016/03/20170314002/20170314002-2.pdf.
- 内閣府. 2015. 戦略的イノベーション創造プログラム 自動走行システム研究開発計画.
- 森田玉雪・馬奈木俊介 2013.「大震災後のエネルギー・ミックス：電源別特性を考慮した需要分析」, 馬奈木俊介編著『環境・エネルギー・資源戦略: 新たな成長分野を切り拓く』日本評論社, 第 7 章, pp. 135-177.
- 森田玉雪・馬奈木俊介 2018.「自動運転機能に対する支払意思推計手法の検討」『山梨国際研究』第 13 号, 掲載決定.

付録

付表 1 米国自動車技術会（SAE）による自動運転レベルの定義（原文）

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Copyright © 2014 SAE International

資料：SAE International (2016)

付表 2 分析に使用した変数間の相関係数

	男性	年齢	年齢 (二乗)	大学卒	大学院卒	世帯所得	一人暮らし	子ども と同居	運転免許なし	シェア カーに 反対	ガ ジェット 好き	車所有 にプラ イド感	国産車 所有	輸入車 所有	走行距離
男性	1.000														
年齢	0.110 *	1.000													
年齢 (二乗)	0.111 *	0.991 *	1.000												
大学卒	0.192 *	-0.003	0.000	1.000											
大学院卒	0.128 *	-0.056 *	-0.062 *	-0.279 *	1.000										
世帯所得	0.033 *	0.039 *	0.018 *	0.148 *	0.105 *	1.000									
単身	0.056 *	-0.116 *	-0.107 *	-0.009	0.056 *	-0.343 *	1.000								
子どもと同居	-0.050 *	-0.302 *	-0.324 *	0.021 *	0.044 *	0.107 *	-0.211 *	1.000							
運転免許なし	-0.160 *	-0.004	0.010	-0.079 *	-0.031 *	-0.135 *	0.043 *	-0.085 *	1.000						
シェアカーに反対	-0.017 *	0.116 *	0.116 *	-0.038 *	-0.047 *	0.018 *	-0.079 *	-0.020 *	-0.076 *	1.000					
ガジェット好き	0.029 *	-0.057 *	-0.050 *	-0.002	-0.012	0.049 *	-0.024 *	0.015	-0.026 *	-0.014	1.000				
車所有にプライド感	0.041 *	-0.023 *	-0.026 *	0.034 *	0.010	0.132 *	-0.094 *	0.068 *	-0.121 *	0.105 *	0.155 *	1.000			
国産車所有	0.037 *	0.050 *	0.049 *	-0.035 *	-0.026 *	0.115 *	-0.278 *	0.120 *	-0.270 *	0.167 *	0.047 *	0.221 *	1.000		
輸入車所有	0.021 *	0.050 *	0.044 *	0.045 *	0.024 *	0.146 *	-0.044 *	-0.005	-0.043 *	0.031 *	0.000	0.178 *	-0.355 *	1.000	
走行距離	0.190 *	0.029 *	0.021 *	-0.001	0.017 *	0.128 *	-0.112 *	0.077 *	-0.268 *	0.128 *	0.049 *	0.174 *	0.364 *	0.033 *	1.000
運転好き	0.186 *	0.025 *	0.023 *	0.023 *	0.015	0.079 *	-0.041 *	0.031 *	-0.206 *	0.151 *	0.170 *	0.236 *	0.149 *	0.079 *	0.256 *
事故を起こしたことがある	0.194 *	0.156 *	0.147 *	0.013	-0.010	0.034 *	-0.030 *	-0.008	-0.197 *	0.073 *	0.022 *	0.051 *	0.139 *	0.022 *	0.208 *
自動運転車で事故減	0.093 *	0.075 *	0.074 *	0.041 *	0.032 *	0.073 *	-0.039 *	-0.011	-0.045 *	-0.022 *	0.087 *	0.049 *	0.018 *	0.036 *	0.025 *
利他性	0.019 *	0.046 *	0.050 *	0.004	-0.019 *	0.031 *	-0.021 *	0.009	-0.002	-0.057 *	0.104 *	0.046 *	0.019 *	0.003	0.035 *
募金したことがある	-0.072 *	0.154 *	0.157 *	0.001	0.002	0.111 *	-0.077 *	-0.004	-0.015	-0.015	0.072 *	0.031 *	0.063 *	0.031 *	0.044 *
倫理問題に好感	-0.028 *	0.018 *	0.016 *	0.015	-0.006	0.004	-0.009	0.006	-0.017 *	0.003	0.063 *	0.032 *	0.001	0.001	0.018 *
倫理問題に反感	-0.055 *	0.132 *	0.132 *	-0.004	-0.003	-0.012	-0.027 *	-0.029 *	0.015	0.040 *	-0.009	-0.015	0.021 *	0.002	0.000
北海道地方	-0.016 *	0.011	0.011	-0.059 *	-0.025 *	-0.070 *	0.031 *	-0.014	0.009	0.017 *	-0.004	0.002	0.039 *	-0.034 *	0.024 *
東北地方	0.015	-0.019 *	-0.016 *	-0.049 *	-0.023 *	-0.049 *	-0.005	-0.003	-0.017 *	0.042 *	-0.002	0.006	0.077 *	-0.019 *	0.078 *
関東地方	0.020 *	0.039 *	0.034 *	0.092 *	0.032 *	0.124 *	0.038 *	-0.034 *	0.070 *	-0.075 *	0.010	-0.033 *	-0.219 *	0.051 *	-0.193 *
中部地方	0.003	-0.019 *	-0.016 *	-0.031 *	-0.004	0.014	-0.035 *	0.020 *	-0.060 *	0.056 *	-0.020 *	0.021 *	0.133 *	-0.008	0.119 *
近畿地方	-0.002	0.008	0.005	0.004	0.006	-0.015	-0.041 *	0.006	0.013	-0.023 *	-0.013	0.012	-0.012	0.006	-0.017 *
中国地方	-0.010	-0.022 *	-0.020 *	-0.003	0.002	-0.032 *	0.003	0.009	-0.041 *	0.024 *	0.013	0.016 *	0.072 *	-0.018 *	0.078 *
四国地方	-0.004	0.001	0.003	-0.011	-0.009	-0.035 *	-0.001	0.005	-0.013	0.030 *	0.000	0.002	0.052 *	-0.024 *	0.040 *

	運転好き	事故を起こしたことがある	自動運転車で事故減	利他性	募金したことがある	倫理問題に好感	倫理問題に反感	北海道地方	東北地方	関東地方	中部地方	近畿地方	中国地方	四国地方
運転好き	1.000													
事故を起こしたことがある	0.180 *	1.000												
自動運転車で事故減	0.051 *	0.069 *	1.000											
利他性	0.089 *	0.010	-0.002	1.000										
募金したことがある	0.057 *	0.032 *	0.046 *	0.190 *	1.000									
倫理問題に好感	0.044 *	0.022 *	0.057 *	0.030 *	0.056 *	1.000								
倫理問題に反感	0.027 *	0.040 *	-0.004	0.001	0.081 *	0.104 *	1.000							
北海道地方	0.005	0.013	-0.016 *	0.001	0.002	-0.005	0.006	1.000						
東北地方	0.030 *	0.015	-0.011	-0.003	0.016 *	-0.006	-0.006	-0.049 *	1.000					
関東地方	-0.043 *	-0.098 *	0.014	-0.004	-0.039 *	0.021 *	-0.003	-0.183 *	-0.185 *	1.000				
中部地方	0.026 *	0.056 *	0.004	-0.002	0.014	-0.009	0.002	-0.093 *	-0.094 *	-0.348 *	1.000			
近畿地方	-0.011	0.005	-0.003	-0.006	-0.008	0.009	0.014	-0.110 *	-0.112 *	-0.413 *	-0.210 *	1.000		
中国地方	0.017 *	0.039 *	-0.001	0.013	0.023 *	-0.018 *	-0.014	-0.049 *	-0.050 *	-0.185 *	-0.094 *	-0.111 *	1.000	
四国地方	0.012	0.028 *	0.006	-0.012	0.012	-0.002	0.009	-0.033 *	-0.033 *	-0.123 *	-0.063 *	-0.074 *	-0.033 *	1.000

注：*は相関係数が 5%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」

付表 3 アシロマの原則

研究課題

- 1) **研究目標**：研究の目標となる人工知能は、無秩序な知能ではなく、有益な知能とすべきである。
- 2) **研究資金**：コンピュータサイエンスだけでなく、経済、法律、倫理、および社会学における困難な問題を孕む有益な人工知能研究にも投資すべきである。そこにおける課題として、以下のようなものがある。
 - ・将来の人工知能システムに高度なロバスト性をもたせることで、不具合を起こしたりハッキングされたりせずに、私たちの望むことを行えるようにする方法。
 - ・人的資源および人々の目的を維持しながら、様々な自動化によって私たちをより繁栄させるための方法。
 - ・人工知能に関わるリスクを公平に管理する法制度を、その技術進展に遅れることなく効果的に更新する方法。
 - ・人工知能自身が持つべき価値観や、人工知能が占めるべき法的および倫理的な地位についての研究。
- 3) **科学と政策の連携**：人工知能研究者と政策立案者の間では、建設的かつ健全な交流がなされるべきである。
- 4) **研究文化**：人工知能の研究者と開発者の間では、協力、信頼、透明性の文化を育むべきである。
- 5) **競争の回避**：安全基準が軽視されないように、人工知能システムを開発するチーム同士は積極的に協力するべきである。

倫理と価値

- 6) **安全性**：人工知能システムは、運用寿命を通じて安全かつロバストであるべきで、適用可能かつ現実的な範囲で検証されるべきである。
- 7) **障害の透明性**：人工知能システムが何らかの被害を生じさせた場合に、その理由を確認できるべきである。
- 8) **司法の透明性**：司法の場においては、意思決定における自律システムのいかなる関与についても、権限を持つ人間によって監査を可能とする十分な説明を提供すべきである。
- 9) **責任**：高度な人工知能システムの設計者および構築者は、その利用、悪用、結果がもたらす道徳的影響に責任を負いかつ、そうした影響の形成に関わるステークホルダーである。
- 10) **価値観の調和**：高度な自律的人工知能システムは、その目的と振る舞いが確実に人間の価値観と調和するよう設計されるべきである。
- 11) **人間の価値観**：人工知能システムは、人間の尊厳、権利、自由、そして文化的多様性に適合するように設計され、運用されるべきである。
- 12) **個人のプライバシー**：人々は、人工知能システムが個人のデータ分析し利用して生み出したデータに対し、自らアクセスし、管理し、制御する権利を持つべきである。
- 13) **自由とプライバシー**：個人のデータに対する人工知能の適用を通じて、個人が本来持つまたは持つはずの自由を不合理に侵害してはならない。
- 14) **利益の共有**：人工知能技術は、できる限り多くの人々に利益をもたらす、また力を与えるべきである。
- 15) **繁栄の共有**：人工知能によって作り出される経済的繁栄は、広く共有され、人類すべての利益となるべきである。
- 16) **人間による制御**：人間が実現しようとする目的の達成を人工知能システムに任せようとする場合、その方法と、それ以前に判断を委ねるか否かについての判断を人間が行うべきである。
- 17) **非破壊**：高度な人工知能システムがもたらす制御の力は、既存の健全な社会の基盤となっている社会的および市民のプロセスを尊重した形で改善に資するべきであり、既存のプロセスを覆すものであってはならない。
- 18) **人工知能軍拡競争**：自律型致死兵器の軍拡競争は避けるべきである。

長期的な課題

- 19) **能力に対する警戒**：コンセンサスが存在しない以上、将来の人工知能が持ちうる能力の上限について強い仮定をおくことは避けるべきである。
- 20) **重要性**：高度な人工知能は、地球上の生命の歴史に重大な変化をもたらす可能性があるため、相応の配慮や資源によって計画され、管理されるべきである。
- 21) **リスク**：人工知能システムによって人類を壊滅もしくは絶滅させうるリスクに対しては、夫々の影響の程度に応じたリスク緩和の努力を計画的に行う必要がある。
- 22) **再帰的に自己改善する人工知能**：再帰的に自己改善もしくは自己複製を行える人工知能システムは、進歩や増殖が急進しうるため、安全管理を厳格化すべきである。
- 23) **公益**：広く共有される倫理的理想のため、および、特定の組織ではなく全人類の利益のために超知能は開発されるべきである。

資料：The Future of Life Institute 「アシロマの原則」 <https://futureoflife.org/ai-principles-japanese/> (2017 年 12 月 31 日閲覧)