

完全自動運転カーシェアサービスに 対する利用意向の調査分析

上野 優太¹・溝上 章志²・八戸 龍馬³

¹学生会員 熊本大学 大学院自然科学教育部 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)
E-mail:182d8354@st.kumamoto-u.ac.jp

²正会員 熊本大学教授 大学院先端科学研究部 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)
E-mail:smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp

³学生会員 熊本大学 大学院自然科学教育部 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)
E-mail:159t4828@st.kumamoto-u.ac.jp

本研究では個人間カーシェアリングと自動運転技術を組み合わせた完全自動運転シェアリングサービスに対する利用意向および提供意向について独自に行った全国的なSP調査を実施した。得られたサンプルを三大都市圏内と三大都市圏外に大別し、交通サービス水準や都市規模がサービス利用意識に及ぼす影響について集計分析およびサービスユーザーとオーナー双方のサービス選択モデルを構築することで比較分析を行った。

Key Words : *Autonomous-Vehicles, Car-Sharing, Nested logit model*

1. はじめに

近年、都市における新たな交通手段としてカーシェアリング（以後、CSと記す）が注目されている。CSは欧米を中心として普及が進み、様々な形態で事業が展開されている。中でも専用の駐車ステーションを必要としない個人間CS事業、例えばAnycarの様なサービスは、国外に比べて事業展開を支援するための法整備が遅れている国内でも、徐々に利用者が増加している。これは従来のCSと異なり、運営企業が車両を保持する必要もないため、自動車業界以外のIT事業を手掛ける企業の参入も比較的容易であることから、今後このサービス形態は増加することが予想される。更に近年では、自動運転技術の進歩が著しく、自動運転車両も注目を集めており、全国各地で技術開発のための実証実験が盛んに行われている。自動運転車両の導入は交通事故の減少や移動の効率化などに貢献すると同時に、CSサービス用の車両となった場合には、様々なCSサービスが展開されると予想されることから、既存の交通サービスに大きな影響を与えると考えられている。

通信関連分野の調査団体であるABIリサーチによると、個人間CSと自動運転技術を組み合わせた新たなシェアリングサービスが実現すれば、2030年までに4億人が利用すると見込まれている。個人間CSと自動運転技術を組み合わせた自動運転車両AV (Autonomous Vehicle) によるシェアリング（以後、AVS : Autonomous Vehicles Sharingと記す）サービスの普及による恩恵は多岐に渡る。超高齢化が進み、

地方公共交通の衰退が著しい我が国でAVSサービスは自家用車を手放し、移動手段が公共交通に限定される高齢者を支える役割になる。また、若者の車に対する考え方に変化があり、保有への意識が低下している。これまで、自家用車1台で1人の移動を支えていたが、AVSサービスにより1台で高齢者・若者をはじめ、様々な人々のトリップを賄うことが可能である。すると、必要な駐車空間・車両台数は削減され、効率的な土地利用に発展できるなど、交通サービスのみならず、都市の構造や生活スタイルにまで影響を及ぼすであろう。

しかし、AVSサービスに対する利用やAVの購入や貸出に対する意向は、交通サービスの充実度や地価などが異なる大都市と地方都市では差が出るだろう。本章は、日本全国を対象にAVSサービスの利用とAVの購入・貸出に関する意識調査について概説する。また、得られたサンプルを三大都市圏内（東京・名古屋・大阪）と三大都市圏外と大別し、双方のAVSサービスの利用意向・提供意向の違いについて比較・分析することを目的とする。

本章は4節から構成されている。第2節では日本全国を対象としたAVSサービスに対する利用意向調査の方法および内容について述べる。第3節ではAVSサービスに対する利用意向調査を大都市圏内と大都市圏外別に集計分析、比較を行う。第4章では大都市圏内と大都市圏外別にAVSサービスのユーザーとオーナー双方のサービス転換モデル推定を行う。最後に、得られた成果と今後の課題について述べる。

2. 全国を対象としたAVSサービスに対する利用意向調査

(1) 調査方法

本調査は日本全国を対象としているため、リサーチ会社に委託しweb上によって実施した。スクリーニングにより、平日に外出した被験者のみを対象とした。また、各エリアについて表-1に示す目標数に到達するまで調査は継続し、各エリアの性別・年代別（20代から60代）の構成割合に比例するようサンプルを取得した。取得したサンプル数についても表-1に示す。

(2) 調査内容

a) 質問のフロー

従来のCSサービスでは、事業者が提供したCSサービスに対してトリップを行う人がサービスを利用するか否かといった、需要側だけの選考意識を把握すれば良かった。しかし、AVSサービスでは、一般の人が完全自動運転車を提供することになる。従ってAVSサービスに対する利用意向だけでなく、自動運転車の購入意向や貸出意向を把握する必要がある。そこで本調査では、同一被験者に完全自動運転車両の購入、貸出意向とAVSサービスの利用意向に関する

SPによる調査を行った。調査では、個人属性（性別、年齢、職業、世帯構成、自家用車所有台数等）の事前回答を経て、次のような質問のフローをとっている。

- 1) 通常の都市圏パーソントリップ調査と同様、平日の1日の全トリップについて回答してもらう。
- 2) AVSサービスがどのようなサービスであるのか図-1に示す独自に作成したパンフレットを用いて十分に説明する。
- 3) 先に回答した1日のトリップそれぞれに対し、AVSサービスに置換えて良いトリップを尋ねる。
- 4) 置き換えて良いトリップに対して、表-2に示す4要因2水準の2⁴の組み合わせプロファイルから実験計画法によりL₈(2⁷)の直行表を作成し、その中からランダムに抜き出した4つのプロファイルに対して、被験者にAVSサービスの利用意向を回答してもらう。
- 5) さらに自動運転車両の購入するための、車両価格の最少額について質問を行う。
- 6) 購入しても良いと回答した場合はAVSサービスに自動運転車を貸し出すか否か、貸し出すとした時の最低貸出価格を尋ねた。

これによりサービス利用者としてのAVSサービスに対するサービス利用者としての選考意識だけでなく、車両サービス提供者としてのAVSサービス貸出選考意識も把握することが可能となった。

表-1 取得サンプル内訳

エリア区分	取得サンプル目標数	取得サンプル数
東京都 23 区	400	417
大阪市内	300	312
名古屋市内	300	312
東京都、大阪府、愛知県以外の道府県の県庁所在地	500	520
県庁所在地以外	500	520
計	2,000	2,081

表-2 プロファイルの組み合わせ

要因	高水準	低水準
時間料金 (円/10分)	250 (300)	500 (600)
車両到着までの待ち時間(分)	1	5
事前予約時間	10分前 (30分前)	1時間前 (2時間前)
利用不可の確率	1/10 (1/5)	1/2

注) トリップによっては () 内の値を用いる。

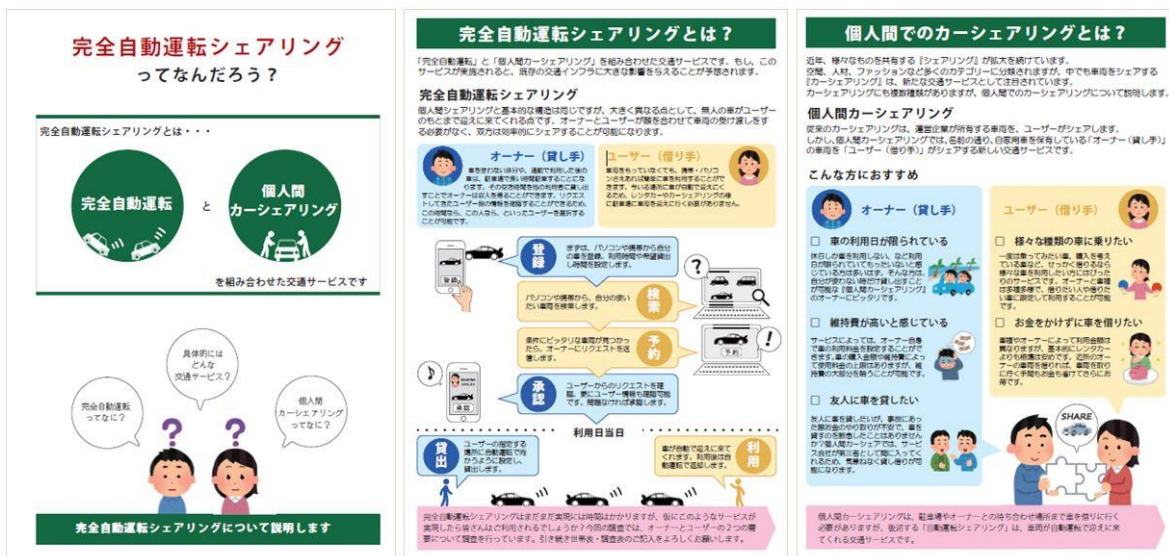


図-1 web 調査時に用いたパンフレット

3. 大都市圏内と大都市圏外から見る調査の集計分析

(1) 集計分析

シェアリングや自動運転に対する意識や評価は、都市規模やモビリティ水準の違いによって異なると考えられることから、日本全体を東京 23 区内、大阪市内、名古屋市内の 3 大都市圏とその他の地域に区分し、前者を大都市圏内、後者を大都市圏外として以下の比較分析を行った。

a) サービス利用者としての利用意向に関する集計分析

図-2に大都市圏内と大都市圏外における回答者の AVSサービスの利用意向を示す。大都市圏内では AVSサービスを「ぜひ利用したい」(10.8%)、「条件があれば利用したい」(43.1%)の計54.2%が利用すると回答した。大都市圏外では利用としたのが「ぜひ利用したい」(6.4%)、「条件があれば利用したい」(41.3%)の合計47.7%である。いずれの圏域でも利用意向は約半数であるが高いと言えるが、大都市圏内の方がより高い。

b) サービス提供者としての AV 購入・貸出意向に関する集計分析

図-3、図-4に大都市圏内と大都市圏外における人々の AV の購入意向と貸出意向を示す。AV 購入に関しては、大都市圏内では「ぜひ購入したい」(6.8%)と「条件が合えば購入したい」(48.6%)の合計である購入意向が 5 割を超えている。大都市圏外では「ぜひ購入したい」(7.0%)、「条件が合えば購入したい」(53.0%)の 6 割が購入する意向を示した。AVS サービスの利用意向は大都市圏内の方が高いのに対して、車両の購入意向は大都市圏外の方が高いという結果となった。

AV 車両の貸出意向に関しては、大都市圏内の約 4 割が「ぜひ貸出したい」(4.8%)と「条件が合えば貸出したい」(32.5%)の 37.3%が貸出意向があると回答しているのに対して、大都市圏外では「ぜひ貸出したい」(3.9%)と「条件が合えば貸出したい」(30.2%)の合計 34.1%が貸出意向があると回答している。貸出意向については大都市圏内の方が高い。

図-5、図-6に大都市圏内と大都市圏外における

人々の希望車両購入価格帯、希望車両貸出価格帯に対するの回答割合を示す。「完全自動運転車を購入

する際、出しても良いと思う最高の価格はいくらですか？」という購入希望価格に対して、大都市圏内では「101 万～200 万」(22.0%)と「201 万～300 万」(25.5%)の購入希望価格帯の回答が高く、大都市圏外でも「101 万～200 万」(21.2%)、「201 万～300 万」(30.7%)の価格帯の回答が高い。回答者の多くが現在の車両価格に近い価格帯を回答している。

「車両を貸し出す際の最低の貸出料金はいくらですか？」という貸出料金水準に対する質問に対しては、大都市圏内、大都市圏外ともに「500 円/時間」と「1,000 円/時間」の回答割合が高く、高価格帯と低価格帯を 2 つの回答層に分かれた。

(2) 比率の差の検定

前節では、大都市圏内と大都市圏外とで各群ごとの AVS サービスの利用意向と AV 車両の購入・貸出意向の比率に違いがあるかについての単純集計を行った。同様に大都市圏内、大都市圏外における各属性(性別、年代別、職業別、トリップ目的別、現利用手段別)についてもクロス集計を行っている。しかし、比率に大きな差があるとしても、取得したサンプル数が大都市圏内と大都市圏外で群ごとに異なるため、得られた比率は統計的には必ずしも差があるとはいえない場合がある。そこで、ここでは比率の差の検定によって群同士の比率の差の有無を統

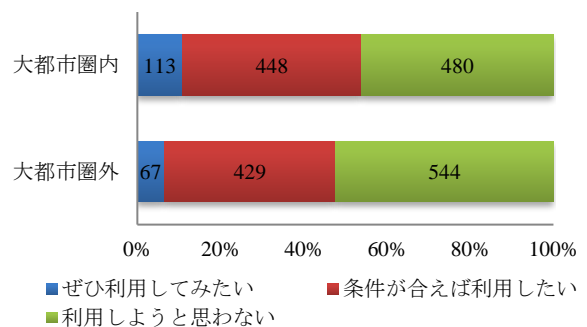


図-2 AVS サービスの利用意向

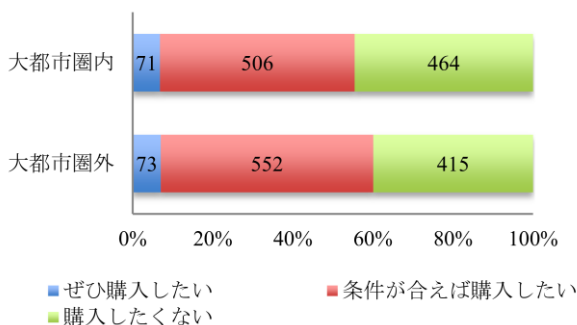


図-3 車両の購入意向

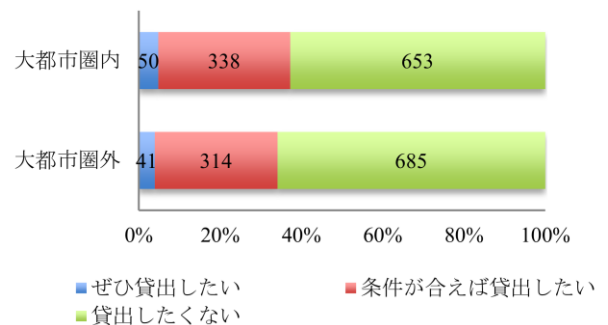


図-4 車両の貸出意向

計的に検証する。以下に比率の差の検定方法について示す。

2つの群の標本数をそれぞれ m, n , 比率を p_1, p_2 としたとき, 帰無仮説 $H_0: p_1 = p_2$ に対して以下に示す検定統計量 Z が標準正規分布に従うことを利用する。この検定統計量 Z から算出される P 値が有意水準 5% を下回った場合, 帰無仮説 H_0 は棄却され, 比率, ここでは意向の割合 p_1, p_2 には差があるという結果を得る。なお, p は p_1, p_2 の荷重平均値である。

$$Z = (p_1 - p_2) / \sqrt{p(1-p) \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right)} \quad (1)$$

表-3 に各群同士の利用・購入・貸出意向の比率の検定結果を示す。検定の結果, 統計的に比率に差があるものには○印を, 差がないものには×印で示した。

AVS 利用意向に関しては, 大都市圏内と大都市圏外で比率 (AVS 利用意向) に差があるといえる。属性別には, 性別では男性で, 職業別では経営者と会社員・公務員で, トリップ目的別では帰社・帰宅と生活, 業務で, 現利用交通手段別では自転車を除いた全ての交通手段で, 大都市圏内と大都市圏外とで利用意向の比率に差があるといえる。年代別ではどの年代でも比率に差はない。

AV 購入意向に関しては, 大都市圏内と大都市圏外とで AV 購入意向に差があるといえる。属性別には, 性別では男性で, 年代別では 50 代と 60 代で, 職業ではパート・アルバイトで AV 購入意向に差があるといえる。

AV 貸出意向に関しては, 大都市圏内と大都市圏外とで AV 貸出意向には差はなく, 属性別には, 性別で女性で, 年代別では 20 代と 30 代で, 職業では会社員・公務員とパート・アルバイトで AV 貸出意向に比率の差があるという結果となった。

(3) トリップ特性から見る利用意向分析

本調査では, 一般的な都市圏パーソントリップ調

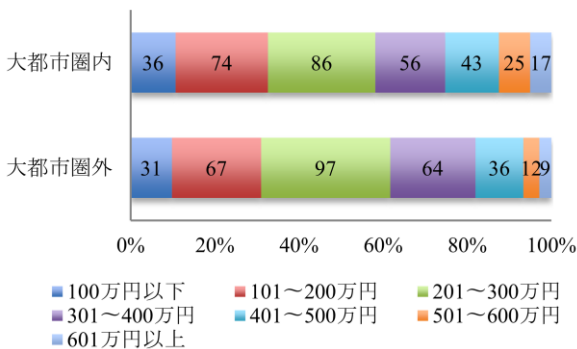


図-5 希望車両購入価格

査に質問内容に準じて通常行っている 1 日の全てのトリップについてのトリップ回数はもちろん, 各トリップの所要時間, 利用した交通手段などについても質問している。また, 回答されたトリップごとに AVS サービスに転換するかどうか尋ねている。そこで, 1 日のトリップ回数別, 各トリップの所要時間帯別, 1 トリップ中の利用交通手段数という属性別の利用意向のクロス集計, および利用すると回答した人の属性平均値を算出した。

図-7 に 1 トリップに利用した交通手段の数を示す。大都市圏内では, 1 トリップ中の利用交通手段の数が多いほど利用意向も高くなる。一方で, 大都市圏外では利用した交通手段数が多いほど利用意向が低くなり, 1, 2 回と少ない利用交通手段数で利用意向が高い。これは, 大都市圏内のように公共交通サービスが充実している都市では代表手段となる鉄道・バス等の利用のためにアクセス・イグレス交通が増加することを示している。したがって, 大都市圏内では, アクセス・イグレス交通のために AVS サービスを利用する可能性が高いと考えられる。一方, 大都市圏外では自動車の分担率が高く, 代表手段として AVS サービスを利用する可能性が高いと考えられる。また, 利用すると回答した各トリップの平均利用交通手段数はそれぞれ 2.1 と 1.7 であり, 大都市圏内の方が大きい。

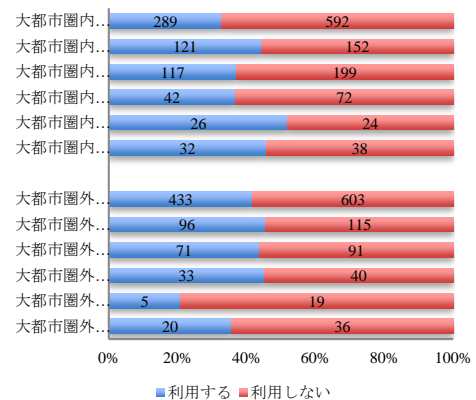


図-7 1 トリップ内の利用手段数別の利用意向

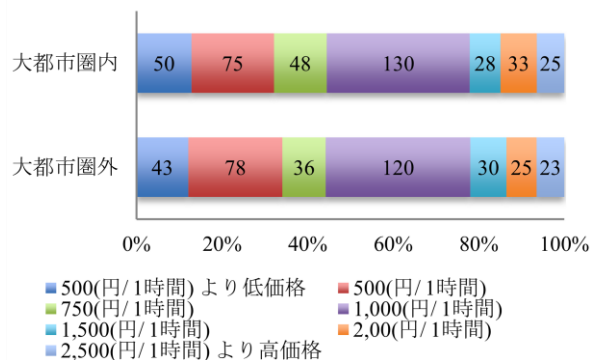


図-6 希望車両貸出価格

4. 大都市圏内と大都市圏外におけるAVSサービス転換モデルとAV貸出モデル

(1) AVSサービス転換モデルの推定

AVSサービス転換モデルは、現在の交通モードをAVSサービスに置き換えるか否かを選択する2項ロジットモデルである。モデル推定結果を表-7に示す。大都市圏内・大都市圏外ともに各パラメータの符号条件も論理的であり、t値も高く統計的に有意である。また、尤度比、的中率ともに大きく、モデルの適合度は高い。

(2) AVS車両貸出モデルの推定

AVS貸出モデルは、図-8に示すような上位が車両を購入するか否かを、下位が車両を購入するという条件のもとで車両を貸出するか否かを選択肢とする段階的な選択構造を仮定し、次式のネスティッドロジットモデルとする。

$$P(a) = P(s) \cdot P(a|s) \quad (2)$$

ここで $P(a)$ は個人 n が車両を貸出す確率、 $P(s)$ は車両を購入する確率、 $P(a|s)$ は車両を購入したという条件下で車両を貸し出す条件付き確率であり、それ

ぞれ以下のようになる。

$$P(s) = \frac{\exp[\lambda(V_s)]}{\exp[\lambda(V_s + I_s)] + \exp[\lambda(V_r)]} \quad (3)$$

$$P(s) = \frac{\exp[V_{(a|s)}]}{\exp[V_{(a|s)}] + \exp[V_{(b|s)}]} \quad (4)$$

ここで I_s は以下で定義される合成変数である。

$$I_s = \frac{1}{\lambda} \ln[\exp\{\lambda V_{(a|s)}\} + \{\lambda V_{(b|s)}\}] \quad (5)$$

$V_{(a|s)}$ は車両購入下で車両を貸出す (a) 際の固有の効用、 V_r は車両を購入しなかった際の固有の効用、 $V_{(b|s)}$ は車両購入下で車両を貸出さない (b) 際の固有の効用である。

サービス提供者としてのAVSサービス利用意向は、自動運転車両の購入するための車両価格の最小額と、自動運転車両を貸し出すとした時の最低貸出価格しか質問していないため、選択肢毎の車両価格を貸出価格の値が存在せず、式 (3), (4) の V_s や V_r の中でこれらの値が設定できない。そこで個人 n 毎に車両価格 C と貸出価格 R を任意のレベルを設定する。このとき、サービス提供者が回答した車両価格の最少額 c_{min} と貸出料金の最低貸出価格 r_{min} と任意のレ

表-3 比率の差の検定結果

	利用意向	購入意向	貸出意向
全体 (単純集計)	○	○	×
性別_男性	○	×	○
性別_女性	×	×	×
年代別_20代	×	×	○
年代別_30代	×	×	○
年代別_40代	×	×	×
年代別_50代	×	○	×
年代別_60代	×	○	×
職業別_経営者	○	×	×
職業別_会社員・公務員	○	×	○
職業別_パート・アルバイト	×	○	○
職業別_学生	×	×	×
職業別_主婦	×	×	×
職業別_無職	×	×	×
トリップ目的別_通勤・通学	×		
トリップ目的別_帰宅・帰社	○		
トリップ目的別_生活	○		
トリップ目的別_業務	○		
トリップ目的別_娯楽	×		
現利用交通手段別_徒歩	○		
現利用交通手段別_自転車	×		
現利用交通手段別_バイク	○		
現利用交通手段別_自動車	○		
現利用交通手段別_タクシー	○		
現利用交通手段別_路線バス	○		
現利用交通手段別_地下鉄, 路面電車	○		
現利用交通手段別_JR, 私鉄, モノレール	○		

ベルとの大小関係によって以下のように判別した.

- 1) $c_{min} \geq C$ かつ $r_{min} \leq R$ の場合は車両購入下で車両を貸出す.
- 2) $c_{min} \geq C$ かつ $r_{min} > R$ の場合は車両購入下で車両を貸出さない.
- 3) $c_{min} < C$ の場合は車両を購入しない.

これを個人 n 毎に複数回行うことでモデル構築のための全データセットとした. モデル推定結果を表-8に示す. 両圏域において尤度比, 的中率ともに高くモデルの適合性は高い. 各パラメータの符号条件も妥当であり, t 値も高く統計的に有意である. また, ログサム変数 λ は統計的に $0 \leq \lambda \leq 1$ の条件を満たすことから, モデルの階層構造の過程も妥当である.

5. おわりに

(1) 得られた成果

1)AVSサービスに対する利用・貸出意向に対するSP調査を実施した. サンプルを三大都市圏内と三大都市圏外に大別し, モビリティ水準や都市規模の

異なる両圏域の選考意識の比較をした.

2)AVSサービスへの転換モデル(利用者側)と車両貸出モデル(提供側)を両圏域それぞれ推定した.

(2) 今後の課題

1)本研究では日本全国を両圏域に大別したが, 比較対象エリアをより詳細にすることで都市別の特徴が明らかになる可能性がある.

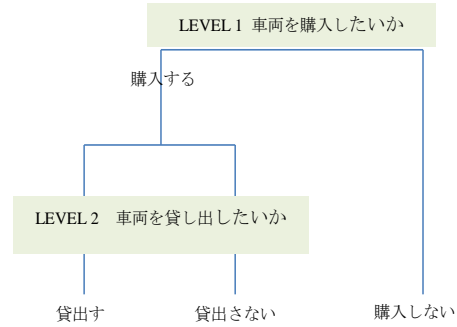


図-8 ネスティッドモデルの選択ツリー

表-7 AVS サービスへの転換モデル

	説明変数	大都市圏内		大都市圏外	
		推定値	t 値	推定値	t 値
置き換える	時間料金 (円/分)	-0.042	-16.79	-0.052	-19.28
	予約リードタイム	-0.0078	-4.86	-0.008	-4.89
	サービスを利用できない確率の逆数	0.077	6.9	0.063	5.5
置き換えない	1 トリップの利用手段数	-0.107	-4.18	-0.23	-8.1
	私用・業務ダミー	-0.41	-4.95	-0.41	-4.67
	性別	-0.66	-7.47	-0.22	-2.78
	年齢	-0.003	-1.11	-0.01	-4.2
サンプル数		2901		3013	
尤度比		0.16		0.23	
的中率		0.69		0.71	

表-8 AVS 車両貸出モデル

説明変数	大都市圏内			大都市圏外		
	貸出す	貸出さない	購入しない	貸出す	貸出さない	購入しない
車両価格 (万円)	-0.027 (-4.38)	-0.027 (-4.38)		-0.036 (-3.47)	-0.036 (-3.47)	
貸出料金 (円/分)	0.16 (5.85)			0.17 (5.14)		
トリップ数	0.16 (1.26)			0.22 (1.8)		
年齢		-0.023 (-1.71)			-0.035 (-2.25)	
性別 (男性=1)			-1.27 (-1.54)			-2.68 (-1.91)
世帯人数 (人)			-0.66 (-2.07)			-0.48 (-1.18)
定数項		4.31 (4.94)			5.19 (4.64)	
λ		0.41(3.82)			0.31(3.07)	
サンプル数		336			316	
尤度比		0.36			0.35	
的中率		0.69			0.70	

注) () の値は t 値を示す.

2)AVSサービスへの転換モデルと車両貸出モデルは両圏域間でモデルの移転可能性を評価することで独立しているか検証可能である。また、各説明変数同士を比較できる。

3)本研究ではSP調査の集計分析およびモデル推定を行ったが、開発済のシミュレータで都市に適用することで、AVSサービスが都市に及ぼす影響を分析する必要がある

参考文献

1) 古澤悠吾・溝上章志・森 利勝：完全自動運転カーシェアサービスの導入可能性に関するシミュレーション分析，土木計画学研究発表会，Vol.57，CD-No14-04，東京工業大学，2018.6.9-10.

2) 河上省吾，広島康裕，溝上章志：意識データに基づく非集計交通手段転換モデルの構築の試み，土木計画学研究・講演集，1巻，p11-18，1984

SURVEY ANALYSIS ON INTENTION TO USE FOR AUTONOMOUS VEHICLE SHARING SERVICE

Yuta UENO, Shoshi MIZOKAMI, Ryoma YAE

In recent years, autonomous vehicle sharing service is expected as new transportation service and this service has a possibility of reduction parking lot and vehicle. The SP survey on the supply and demand of autonomous vehicle sharing services was carried out in all Japan. All samples are divided into three major cities(Tokyo, Osaka, Nagoya) and other cities. This study compares two groups from the perspective of supply and demand of autonomous vehicle sharing services.