

# 近未来型個別モビリティの購入行動に関する基礎的研究\*

## A Preliminary Study on Activities of Purchase Behavior for Future Personal Mobility \*

松本卓\*\*・三輪富生\*\*\*・山本俊行\*\*\*\*・森川高行\*\*\*\*\*

By Suguru MATSUMOTO\*\*・Tomio MIWA\*\*\*・Toshiyuki YAMAMOTO\*\*\*\*・Takayuki MORIKAWA\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

20世紀、人類は自動車の発明と大衆化により、便利で個別性の高いモビリティの時代を謳歌してきた。しかし、これらの自動車依存型社会への変化は、二酸化炭素排出量の増大による地球温暖化、排気ガスによる大気汚染等の地球環境悪化の原因となった。同時に自動車依存型の社会は化石燃料の枯渇という問題を抱えており、それらの問題解決のため、省エネルギーで持続可能な社会、環境負荷が小さなライフスタイルが求められている。自動車社会も同様の变化を求められており、その方法の一つとして、公共交通網の拡充やサービスレベルの向上が挙げられるが、人口密度の低い地方都市や郊外地域では、さらなる公共交通網の整備は採算性が確保できず現実的とはいえない。

そこで本研究では、これまでの車社会からの転換を可能とし、環境に配慮しつつ、また人々の利便性をも考慮した移動手段の1つとして、近未来型個別モビリティ（future personal mobility, 以降、FPMと呼ぶ）についての検討を行う。特に、著者らのこれまでの基礎的研究<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>を踏まえ、さらにユーザーが望むFPMのイメージと購入行動の関係を明らかにする。また、モデル化された購入行動を名古屋市民に適用することで、名古屋市での近未来型個別モビリティの普及について分析を行う。ここで、本研究で対象としているFPMとは、現在の乗用車よりも小型で、主に長距離の移動よりも、日常の短距離の外出で使用されるものを想定している。

### 2. アンケート調査と分析対象データの概要

#### (1) アンケート調査の概要<sup>1)</sup>

本研究を実施するにあたり、2007年11月に「近未来

の超小型車」に関するアンケートを名古屋市営地下鉄東山線沿線（千種駅～藤が丘駅）の世帯に2100部、名古屋市営地下鉄桜通線「野並駅」東地区の世帯に451部、春日井市高蔵寺駅周辺の世帯に449部、合計3000部をポストインク配布した。アンケートでは、主に、回答者の個人属性、世帯の自動車等の保有状況、被験者が想定するFPMのイメージとして、必要とする性能・機能や、予想する使用目的などについて尋ねている。ここで、アンケート調査票には、FPMの簡単な定義として、狭いスペースへの駐車が容易である、防風・防雨機能を有する、荷物の積載が可能、車道の走行が可能、等を示している。また、FPMのイメージについて、図-1に示すような、1人乗りと複数乗車できる車両の写真（【A】）、1人乗りの写真（【B】）、複数人乗車できる車両の写真（【C】）の3種類の写真を用意し、アンケートには3種類のうちどれかひとつを添付した。なお、添付写真がエリア間で均等に配布されるように留意した。回収票数は519（回収率17.3%）であり、配布エリア、添付したイメージ写真の間に偏りは見られなかった。

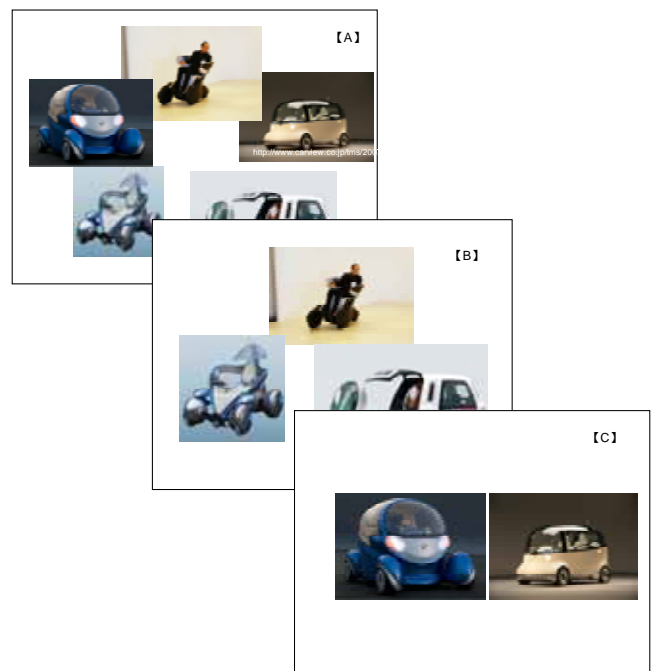


図-1 近未来個別モビリティの提示イメージ図

\*キーワード：意識調査分析，自動車保有・利用

\*\*学生員，名古屋大学大学院環境学研究所

（名古屋市千種区不老町，TEL: 052-789-3729，

E-mail: suguru@trans.civil.nagoya-u.ac.jp）

\*\*\*正員，博士（工），名古屋大学エコトピア科学研究所

\*\*\*\*正員，博士（工），名古屋大学大学院工学研究所

\*\*\*\*\*正員，Ph.D.，名古屋大学大学院環境学研究所

### (2) 被験者属性に関する基礎集計

ここでは、アンケート調査被験者の基礎集計を行うことで、データの基本的な情報を把握する。アンケートの全有効被験者数は519人で、そのうち男性が325名(62%)と多い。年齢では、50歳代が110名(22%)、60歳代120名(26%)と多くなっている。一方、20歳代以下が24名(5%)と非常に少ない。また、職業は勤め人が204名(40%)、無職が110名(11%)、専業主婦が77名(15%)と多くなっている。一方、学生は11名(2%)、パート・アルバイトは43名(8%)と少なくなっている。この結果より、アンケート調査票を各世帯に1部ずつ配布しているため、世帯主が回答するケースが多いと考えられる。

また、世帯年収は約6割の世帯で500万円以上の年収があること、一戸建ての世帯が50%以上を占めることなどから、調査対象世帯には比較的経済的な余裕のある世帯が多く含まれることが分かった。

### (3) FPMのイメージに関する基礎集計

ここでは、被験者が希望する(イメージする)FPMの性能や機能について得られた結果を示す。いずれの項目についても単位のみを示した自由記入による回答である。FPMの定員に関する回答値の分布は乗車定員2名が最も多く(59.8%)、次いで4名(16.9%)、1名(11.2%)、3名(9.1%)の順となっていた。その他の車両性能に関する質問への回答値(平均値)を表-1に示す。

また、FPMに必要なと思われる機能について尋ねた設問では、最も多かった回答はカーナビゲーションシステムであり、次いで自動運転機能であった。

表-1 FPMの基本性能に関する回答値

性能項目	平均値
乗車定員	2.4人
最高速度	75km/h
価格	88万円
走行経費*1	6円/km
燃費*1	28km/l
航続距離*2	220km
荷台の大きさ	買い物袋で6袋
面積*3	3.4m <sup>2</sup>

\*1 普通自動車や軽自動車の値を示した上で、どちらか一方のみを回答 \*2 電気・ガソリン等、燃料の区別は行っていない \*3 車両上方から見た面積であり、普通自動車や軽自動車の図を示した上で、同じ縮尺での図示を依頼した

## 3. 近未来型個別モビリティの購入行動モデル

ここではアンケートにより得られた FPM の購入行動モデルを構築する。アンケートでは、まず、購入の意思

を尋ね、購入すると回答した場合のみ購入価格(支払い意思額)を尋ね、さらに FPM の購入形態(買い足すか買い替えるか)を尋ねた。また、FPM を購入する際に、買い替えると回答した場合のみ、実際に保有している車のうちのどの車を手放すかを尋ねている。以下の図-2に設問の流れを示す。

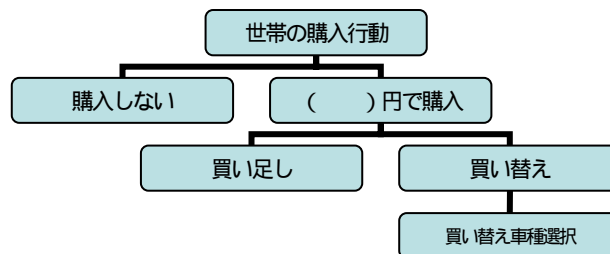


図-2 購入行動に関する設問フロー

ここで、購入行動のモデルでは、FPM の買い足し及び買い替えの支払い意思額が効用水準を直接表していると考えられる。さらに、これが対数正規分布に従う確率変数であると仮定すると、支払い意思額の対数値は誤差項に正規分布を仮定した重回帰モデルで表現できる。また、買い足し・買い替えのどちらを選択するかの行動は、この対数値を用いたプロビットモデルで表現できる。さらに、買い替えの際にどの車を手放すかについてはロジットモデルで表すこととし、そこから得られる合成効用は買い替え効用の説明変数の一つとする。以下に各モデルの概要を示す。

### (1) 買い足し・買い替えモデル

FPMの買い足し・買い替えの購入行動を、以下のよう表現する。

#### a) 支払い意思額モデル

FPM を買い足しもしくは買い替えにより購入する場合に、世帯がそれぞれいくらの支払い意思額を示すかを重回帰モデルで表現する。なお、買い足し、買い替え金額(支払い意思額)が対数正規分布に従うと仮定している。

$$\ln(y_{a,n}) = U_{a,n} = V_{a,n} + \varepsilon_{a,n} \quad (1.a)$$

$$\ln(y_{c,n}) = U_{c,n} = V_{c,n} + \varepsilon_{c,n} \quad (1.b)$$

ここに、 $y_{a,n}$  ( $y_{c,n}$ ) は世帯  $n$  が FPM を買い足す(買い替える)場合の支払い意思額、 $V_{a,n}$  ( $V_{c,n}$ ) は説明可能な確定項であり、適当な説明変数と未知パラメータによる線形効用関数で表現できるとする。さらに、 $\varepsilon_{a,n}$  ( $\varepsilon_{c,n}$ ) は期待値0の正規分布に従う誤差項である。

このとき、未知パラメータは、以下の式(2)を尤度関数とした最尤推定により得られる。

$$\ln L(\beta_a, \beta_c) = \sum_n \left\{ d_{a,n} \ln f(y_{a,n} | X_{a,n}, \beta_a, \sigma_a) + d_{c,n} \ln f(y_{c,n} | X_{c,n}, \beta_c, \sigma_c) \right\} \quad (2)$$

ここに、 $d_{a,n}$  ( $d_{c,n}$ ) は世帯  $n$  が買い足し (買い替え) を選択した場合に 1 をとるダミー変数、 $f(\cdot)$  は正規確率密度関数、 $X_{a,n}$  ( $X_{c,n}$ ) は説明変数ベクトル、 $\beta_a$  ( $\beta_c$ ) は未知パラメータベクトル、 $\sigma_a$  ( $\sigma_c$ ) は誤差項の標準偏差である。

#### b) 購入形態選択モデル

世帯が FPM の購入形態 (買い足しもしくは買い替え) を選択する確率は、以下のような二項プロビットモデルで表される。

$$P_{a,n} = \text{Prob}(U_{a,n} > U_{c,n}) = \Phi \left( \frac{V_{a,n} - V_{c,n}}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_c^2}} \right) \quad (3.a)$$

$$P_{c,n} = 1 - P_{a,n} \quad (3.b)$$

ここに、 $P_{a,n}$  ( $P_{c,n}$ ) は世帯  $n$  が FPM を買い足す (買い替える) 確率、 $\Phi(\cdot)$  は標準正規分布の分布関数である。また、対数尤度関数は以下のように表される。

$$\ln L = \sum_n (d_{a,n} \ln P_{a,n} + d_{c,n} \ln P_{c,n}) \quad (4)$$

なお、説明変数には、世帯の属性、FPMの属性を用い、さらに買い替えの場合には、(2)で後述する買い替え車種選択モデルから得られる合成効用を用いる。また、以上の支払い意思額モデル、購入形態選択モデルは同じ効用関数を使用しているため、式(2)および式(4)を足し合わせた尤度関数により同時推定を行う。

#### (2) 買い替え車種選択モデル

FPM を買い替えにより購入する場合に、既に保有する車のうちどれを手放すかを選択する行動を、以下の多項ロジットモデルで表現する。ここで、車両ではなく車種を選択するモデルとしているのは、アンケートでは、保有する車両のうちどの車種の車を手放すかを尋ねているためである。

$$P_n(j) = \frac{m_{j,n} \exp(V_{n,j})}{\sum_{j' \in J_n} m_{j',n} \exp(V_{n,j'})} \quad (5)$$

ここに、 $P_n(j)$  は、買い替えにより FPM を購入する際に世帯  $n$  が車種  $j$  と買い替える確率、 $V_{n,j}$  はその効用の確定項、 $m_{j,n}$  は世帯  $n$  における車種  $j$  の保有台数、 $J_n$  は世帯  $n$  が保有する車種の集合である。本研究では、車種を普通自動車、軽自動車、二輪・原付・自転車の三種類に分類し、普通自動車と買い換える効用を 0 に基準化した。また、各世帯の保有車両に応じて選択肢集合 ( $J_n$ ) は変化することになる。

表 - 2 買い足し・替えモデルの推定結果

説明変数	買い足し		買い替え	
	推定値	(t 値)	推定値	(t 値)
定数項	3.32	(14.8)	3.32	(15.0)
世帯年収 (千万円)	0.159	(1.7)	--	--
夫婦のみ*	--	--	0.148	(1.8)
12 歳以下人数	0.073	(1.2)	-0.190	(-2.2)
提示写真 B*	0.002	(0.02)	-0.034	(0.3)
提示写真 C*	0.062	(0.6)	0.239	(2.4)
一戸建て*	0.266	(2.8)	0.311	(3.7)
カーナビ*	0.154	(1.7)	0.149	(1.7)
ETC*	--	--	0.125	(1.2)
自動運転・車庫入れ*	0.204	(2.4)	--	--
乗車定員 1 人*	0.115	(0.9)	--	--
乗車定員 2 人以上*	--	--	0.249	(2.8)
最高速度 (km)	0.0082	(4.6)	0.0083	(4.8)
航続距離 (km)	0.110	(2.2)	0.066	(1.2)
ログサム	--	--	0.085	(1.5)

サンプル数 : 216 修正R2値 : 0.257 修正ρ2値 : 0.105 \*ダミー変数

表 - 3 ロジットモデルの推定結果

説明変数	軽自動車		二輪・原付・自転車	
	推定値	(t 値)	推定値	(t 値)
定数項	14.4	(2.0)	-2.41	(-1.4)
軽自動車所有台数	--	--	1.37	(1.1)
集合住宅*	-4.39	(1.9)	2.70	(1.6)
ETC*	-2.49	(-1.4)	--	--
定員 2 人以下*	-5.05	(-1.9)	-4.34	(-1.4)
最高速度 (km/h)	0.0624	(1.9)	--	--
走行経費 (円/km)	-0.859	(-1.6)	-0.550	(-2.0)
FPM の大きさ (m <sup>2</sup> )	-2.02	(-1.9)	--	--

サンプル数 : 72 修正 2 値 : 0.66 \*ダミー変数

#### (3) モデル推定結果

表 - 2 に支払い意思額・購入形態選択モデルの推定結果を示す。この結果より、まず世帯年収が高い場合に買い足しが起こりやすい傾向がある。これは世帯年収が多く、金銭的な余裕がある場合には買い替えよりも買い足しが起こりやすいためと言える。また、12歳以下人数が多い場合、買い替えが起こりにくく、またその支払い意思額が低下することが分かる。これは、小学生以下の人数が多い世帯の場合、FPMのような小さな車両では普通車や軽自動車などの四輪車の代替としては乗車定員の面で不十分であること、また車両購入に費やす金銭的余裕がなくなるためと考えられる。さらに、FPMイメー

ジとして写真C（複数人乗車できる車両の写真）が提示されると、買い替えが起こりやすく、また支払い意思額が高くなる事が分かる。これは、車両は四輪者との代替性が高いと判断されたためと考えられ、FPMイメージの提示方法によって購入行動が変化することが分かる。また、居住形態が一戸建ての場合、買い足し・買い替えともに支払い意思額が高くなる。これは、一戸建て住宅に居住する世帯は集合住宅の場合に較べて、自動車購入に充てる費用が高いことを意味している。また、一戸建て住宅の世帯は郊外地域である場合が多く、公共交通機関よりも個別モビリティに対する需要が大きいことも影響していると考えられる。さらに、カーナビやETC、自動運転・車庫入れ等の機能についても、支払意思額を高める傾向がみられ、これは直感とも合致する。最高速度、航続距離が大きい場合も同様である。また、買い替え車種選択モデル推定結果（後述する）から得られるログサム変数に対するパラメータ推定値が、十分に有意ではないものの正であることから、FPM購入の際に多くの車両を保有する場合に、買い替えが起こりやすい傾向が確認できる。

次いで、表-3は、買い替え車種選択モデルの推定結果を示している。なお、前述の通り、普通自動車と買い換える効用を0と基準化している。サンプル数が非常に少ないため、ほとんどの変数で統計的に有意なパラメータは得られなかったが、走行経費が高いほど、軽自動車や二輪・原付・自転車との買い替えが起こりにくいことや、FPMの乗車定員が多い場合や、FPMの車体サイズが大きくなるほど、普通自動車との買い替えが生じやすいと言える。これは、高性能なFPMほどそれを保有することの効用が普通自動車と類似するためと考えられる。

#### 4. 近未来型個別モビリティの普及予測

前章で得られた各モデルを名古屋市民に適用することで、FPMの普及予測を行う。なお、名古屋市民の属性データとしては、2001年に実施された第四回中部都市圏パーソントリップ調査データ<sup>3)</sup>（以降、PTデータと呼ぶ）を用いる。

##### (1) 予測方法

本研究で行うFPMの普及予測においては、FPMの価格や性能、機能が提示された場合に、世帯 $n$ がこれを購入するか、また、購入するなら買い足すのか買い換えるのか、さらには、買い換えるなら保有するどの車を手放すかを計算する。このとき、FPM普及後の対象エリア内の車種構成（保有台数）は以下のように計算できる。

$$M_{FPM} = \sum_n \left\{ \Phi \left( \frac{V_{a,n} - \ln(p)}{\sigma_a} \right) \cdot P_{a,n} + \Phi \left( \frac{V_{c,n} - \ln(p)}{\sigma_c} \right) \cdot P_{c,n} \right\} \quad (6.a)$$

$$M_j = \sum_n m_{j,n} \left\{ 1 - \Phi \left( \frac{V_{c,n} - \ln(p)}{\sigma_c} \right) \cdot P_{c,n} \cdot \frac{\exp(V_{n,j})}{\sum_{j' \in J_n} m_{j',n} \exp(V_{n,j'})} \right\} \quad (6.b)$$

ここに、対象地域内における、 $M_{FPM}$ はFPMの普及台数、 $M_j$ はFPM普及後の車種 $j$ の台数、 $p$ はFPMの販売価格、その他の変数および関数については、前章までに示した通りである。

##### (2) FPMの条件設定と普及量の予測

ここでは、価格や性能、機能など、FPMの設定値を変化させた場合に、FPM普及量やその他の車種の保有台数がどのように変化するかについて分析する。なお、普及量計算における名古屋市内居住世帯の属性および世帯数は、PTデータの世帯票データおよび拡大係数を用いる。ただし、このデータには住居の形態（一戸建て、集合住宅の別）が含まれていない。このため、平成12年度国勢調査データ<sup>4)</sup>をGISによりPT小ゾーンに割り当て、PT小ゾーンごとの一戸建て世帯割合（集合住宅割合）を算出した。

まず、アンケートによって把握した、市民がイメージする平均的な基本性能（表-1）のFPMが普及した場合に、名古屋市での車種別保有台数がどのように変化するかを確認する（図-4）。ただし、この分析では平均乗車定員は2名とした。図より、平均的な基本性能での名古屋市におけるFPM普及台数はおよそ40万台であることが分かる。これは自転車を除いた自動車全体の

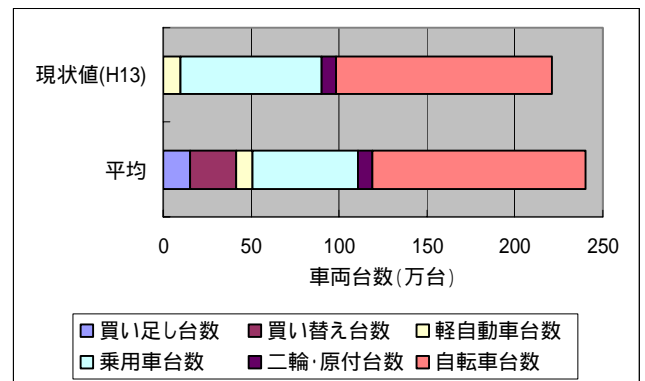


図-4 現在の車両台数と予測車両台数



35%となっており、FPMに対する需要が大きいものであることが分かる。また、この場合の買い替え対象は、乗用車が25万台と最も多かった。

さらに、図 - 5に最高速度、乗車定員、航続距離の違いによるFPM普及の変化を示した。ただし、変化させた基本性能以外については、平均的な値（表 - 1）とし

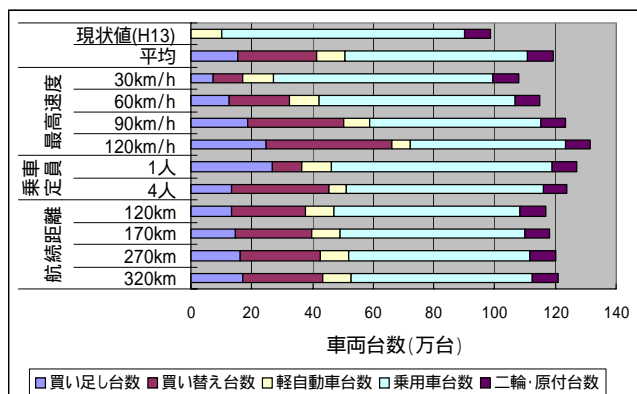


図 - 5 FPM イメージによる普及の変化

ている。この結果より、最高速度に比例して、買い足し台数、買い替え台数ともに大きく増加していくことが分かる。これは最高速度に対する需要感度が高いことを示している。また、最高速度に比例して、乗用車との買い替え台数が大きく増加しており、これは最高速度が高いFPMほど、乗用車との代替性が高くなるためと言える。また、乗車定員が1人の場合、買い替えよりも買い足しの方が起こりやすく、逆に乗車定員が4人になると買い替えの方が起こりやすい。これは、乗車定員が1人の場合、既に保有している4輪車との代替性が低いためである。さらに、航続距離が大きいほど、買い足し・買い替えともに起こりやすくなっており、航続距離が大きなFPMが望まれていることが分かる。しかしながら、航続距離の増加に対する普及の伸びはそれほど大きくない。これは、FPMの他の属性と比較すると航続距離はそれほど普及に影響を与えないことを意味しているが、アンケートにおける航続距離への回答値の精度が低いことも理由として考えられる。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、これまでの自動車依存型社会からの転換を可能とする近未来型個別モビリティについて、市民の購入行動を明らかにすることを目的とし、アンケート調査から得られたデータを用いて購入行動をモデル化した。さらに、これを名古屋市に適用することで近未来型個別モビリティの需要量を明らかにした。その結果として名古屋市では、近未来型個別モビリティに対し40万台とい

う大きな需要があることが示され、最高速度の変化は需要量の変化に強く影響することや、乗車定員の設定によって、買い替え、買い足しなどの購入形態が変化することが示された。

今後の課題として、今回のアンケートでは普及の時間的な要素を考慮することが不可能であった。このため、FPMの普及にどれほどの時間が必要なのかが分析できないという問題が残された。また、今後は世帯の属性として駅までの距離などの交通利便性に応じたFPMの普及の分析を行い、近未来型個別モビリティの受容性と普及についてより詳細な知見を得る必要がある。

## 参考文献

- 1) 魚住明未, 三輪富生, 森川高行, 山本俊行, 河合菊子, 西村良博 (2008) : 近未来型個別モビリティの受容性に関する基礎的研究, 第38回土木計画学研究・講演集, Vol.38, CD-ROM
- 2) 三輪富生, 杉田崇, 森川高行, 山本俊行, 西村良博 (2008) : 近未来型個別モビリティの需要量に関する基礎的研究, 第38回土木計画学研究・講演集, Vol.38, CD-ROM
- 3) 中京都市圏総合都市交通計画協議会 (2001) : 第四回中部都市圏パーソナリティ調査データ
- 4) 総務省統計局 (2000) : 平成12年国勢調査