

Title	消費者の選好を考慮した超小型モビリティの普及可能性の評価
Sub Title	An evaluation of diffusion possibilities of ultra-small vehicles in consideration of consumers' preference
Author	佐々木, 紀之(Sasaki, Noriyuki) 中野, 冠(Nakano, Masaru)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
Publication year	2012
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2012年度システムエンジニアリング学 第104号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002012-0031

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文

2012 年度

消費者の選好を考慮した
超小型モビリティの普及可能性の評価

佐々木 紀之

(学籍番号:81133289)

指導教員 教授 中野 冠

2013 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

An Evaluation of Diffusion Possibilities of
Ultra-Small Vehicles in Consideration of
Consumers' Preference

Noriyuki Sasaki

(Student ID Number : 81133289)

Supervisor Prof. Masaru Nakano

March 2013

Graduate School of System Design and Management,
Keio University
Major in System Design and Management

論 文 要 旨

学籍番号	81133289	氏 名	佐々木 紀之
論文題目： 消費者の選好を考慮した超小型モビリティの普及可能性の評価			
(内容の要旨) 日本は超高齢化社会の到来を迎え交通に対するニーズも時代とともに変化している。また現在乗用車の1回あたりの移動距離の約70%は10km以内、かつ平均乗車人数は全国平均平日1.33人、休日1.72人と2人となっており、4・5人乗りの乗用車が多く市販される中、乗員定数と実際の乗車人数の乖離が生じている。従って消費者のニーズへの合致、環境的観点から移動距離、乗車人数ともに実際の利用形態、将来の人口構成を見据えた新交通システムが必要とされる。既往研究では電気自動車や燃料電池自動車などの普及可能性の評価はされているが、超小型モビリティに関する中長期的な評価は行われていない。本論文の目的は「超小型モビリティに対する消費者の選好と今後の想定需要を明らかにすることで普及可能性を評価して超小型モビリティ普及戦略の一助とすること」であり、自動車メーカーの企業戦略や地方自治体の政策決定など超小型モビリティ普及に関係するステークホルダーの戦略構想の材料となることに寄与させる。具体的には問題分析、ステークホルダー分析、類似製品の分類、国内外の事例調査のもと、以下の分析を行う。 ①走行シナリオや想定ユーザーの分析をした後、消費者は超小型モビリティにどのような仕様・価格帯を求めているのかをコンジョイント分析とPSM分析によって明らかにする。 ②超小型モビリティが中長期的にどの程度需要があるのかを、類似製品の販売実績から推定されるパラメータを基に、Bassモデルを使用して明らかにする。 ③走行時の二酸化炭素排出量を分析することで、超小型モビリティの環境評価を行う。 分析の結果、次の知見を得た。 [1]超小型モビリティの選好は乗員定数など他の指標と比較して製品価格が考慮される。また製品特性として電気駆動、低速、2人乗りが望まれる。また想定ユーザーが求める価格帯は約40万円である一方で、メーカー側の希望価格設定が80万円程度であり、乖離が生じている。 [2]海外で販売される類似車両をもとに推定されたパラメータと将来人口推計よりシミュレーションした結果、軽自動車を潜在需要とした場合、日本市場において2030年前後に約48万台の累積需要が見込まれ、累積約50万台で頭打ちになることが明らかになった。 [3]2人乗りの超小型モビリティは1人当たりの二酸化炭素排出量が乗員定数1人、4人の場合と比較して小さくなることが明らかになった。 キーワード：超小型モビリティ, 消費者選好, 需要予測, Bassモデル, 環境評価			

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	81133289	Name	Noriyuki Sasaki
<p>Title</p> <p>An Evaluation of Diffusion Possibilities of Ultra-Small Vehicles in Consideration of Consumers' Preference</p>			
<p>Abstract:</p> <p>The need for transportation is changing with the arrival of the super-aging society in Japan. Although 4 or 5 seats cars are now sold in fact, the average number of passengers per car is 1.33 on weekdays and 1.72 on weekends, that is to say, there is a difference between the actual number of passengers and the capacity. Therefore a new transportation system is required in anticipation of the demographic composition of the future with the view of meeting the needs of consumers and the protection of the environment.</p> <p>In existing research, the evaluation of the possible spread of electric vehicles and fuel cell vehicles has been for the long-term. But ultra-small vehicles in Japan aren't evaluated for the long-term. The purpose of this research is to help dissemination strategy of ultra-compact vehicles based on evaluating possibility of diffusion by revealing consumers' preference and forecasting demand. In concrete terms, analyzing problems and stakeholders, categorizing similar product, case study of both domestic and foreign and as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> ① After user segmentation and deciding driving scenarios, how the functions and price ranges are revealed by conjoint analysis and PSM analysis. ② Based on the parameters to be estimated from the sales of similar product, how many vehicles will be demanded in long-time is revealed by Bass model. ③ Analyzing the amount of CO₂ emissions during the ultra-small vehicles' driving for the environmental evaluation. <p>As a result of the analysis, the following findings were obtained.</p> <p>[1] Preference of ultra-small vehicles is the product price will be considered in comparison with other standards. Electric drive, low-speed and two-seater are desired as characteristics of the product.</p> <p>[2] Although vehicle makers hope to sell a vehicle at about JPY 800,000, prices that consumers really wants to buy at is about JPY 400,000, that is, divergence has occurred. Simulation results from population and parameters estimated from ultra-small vehicles sold abroad, the cumulative demand will be about 480,000 in 2030 in the market of Japan considering small cars as potential demand.</p> <p>[3] Two-seater mobility can be less CO₂ emissions per capita compared to the one or four-seaters.</p> <p><i>Key Words:</i></p> <p>Ultra-Small Vehicles, Consumers' Preference, Demand Forecast, Bass model, Environmental Evaluation</p>			

目次

第 1 章 序論	11
1.1 研究背景	12
1.1.1 現代日本が抱える社会問題	12
1.1.1.1 少子高齢化の到来	12
1.1.1.2 環境問題とエネルギー	13
1.1.2 都市構想の流れ	15
1.1.3 使用交通手段	17
1.1.4 乗用車による移動距離と乗車人数	18
1.2 対象とする交通手段	19
1.3 パーソナルモビリティ・超小型モビリティの定義	22
1.3.1 パーソナルモビリティ	22
1.3.2 超小型モビリティ	23
1.4 研究目的	24
1.5 既往研究	24
1.6 研究の流れ	25
1.7 章立て	27
第 2 章 超小型モビリティの現状分析	29
2.1 既存小型モビリティの分類	30
2.2 国内外の超小型モビリティの事例	32
2.2.1 日本国内での現状	32
2.2.1.1 普及に向けた動きと現行制度	32
2.2.1.2 自動車メーカーの動き	33
2.2.2 アメリカでの現状	36
2.2.3 フランスでの現状	37
2.2.4 スイスでの現状	40
2.3 要求分析	42
2.4 問題分析	43
2.5 ステークホルダー分析	44

第3章 消費者の選好調査	47
3.1 分析の流れ	48
3.2 想定ユーザーの分析	48
3.3 走行シナリオ	53
3.4 コンジョイント分析	54
3.5 アンケート回収	55
3.6 選好要素分析結果	56
3.7 PSM 分析	59
3.8 価格分析結果	60
3.9 評価	63
第4章 需要予測	64
4.1 需要予測	65
4.2 分析の流れ	65
4.3 Bass モデル	65
4.4 潜在需要の分析	67
4.4.1 潜在需要の対象	67
4.4.2 軽自動車の需要	67
4.4.3 次世代環境車の需要	70
4.5 内的・外的影響パラメータ推定	70
4.6 シミュレーション結果	72
4.6.1 潜在需要(軽自動車)の場合	72
4.6.2 潜在需要(次世代環境車)の場合	73
4.7 評価	74
第5章 環境評価	76
5.1 分析の流れ	77
5.2 駆動力	77
5.2.1 駆動力と前提条件	77
5.2.2 総重量と必要出力	80
5.3 二酸化炭素排出量	82

第 6 章 まとめ	83
6.1 結論	84
6.2 今後の展望	85
参考文献	86
謝辞	89
付録	90

図・表

図

- 図 1.1 総人口と高齢化率の推移
- 図 1.2 日本における二酸化炭素排出
- 図 1.3 旅客輸送量当りの二酸化炭素排出量
- 図 1.4 平日における代表交通手段分担率
- 図 1.5 休日における代表交通手段分担率
- 図 1.6 乗用車の移動距離
- 図 1.7 シンガポールにおけるロードプライシングの視察調査
- 図 1.8 オランダ(ロッテルダム)における LRT の視察調査
- 図 1.9 横浜における超小型モビリティの視察調査
- 図 1.10 Segway 社「Segway HT i167」
- 図 1.11 パーソナルモビリティの分類
- 図 1.12 市販が考えられている超小型モビリティの一例
- 図 1.13 本研究における V モデル
- 図 1.14 マーケティングプロセスと対象範囲
- 図 1.15 本論文のフェーズ分け

- 図 2.1 電動アシスト自転車
- 図 2.2 原動機付き自転車
- 図 2.3 歩行補助タイプ
- 図 2.4 ミニカータイプ
- 図 2.5 新型モビリティ
- 図 2.6 「Crayon」社会実験の様子
- 図 2.7 トヨタ自動車「e-com」
- 図 2.8 トヨタ自動車「Ha:mo」実証実験の様子
- 図 2.9 山手・元町地区における社会実験の様子
- 図 2.10 山手・元町地区における社会実験の様子②
- 図 2.11 Gem e2
- 図 2.12 クワドリシクル
- 図 2.13 パリ・モーターショーにおける Twizy の展示
- 図 2.14 チューリッヒ市内を走るトラム
- 図 2.15 チューリッヒ市における個人所有の小型自動車
- 図 2.16 チューリッヒ市における小型自動車カーシェアリング

- 図 2.17 高齢者が要望する交通システム
- 図 2.18 新交通システム普及への各年代要望度の違い
- 図 2.19 超小型モビリティ普及の障壁
- 図 2.20 Onion Diagram
- 図 2.21 超小型モビリティ導入に対する賛否グリッド

- 図 3.1 想定ユーザー分析の流れ
- 図 3.2 製品価格分析結果
- 図 3.3 維持費分析結果
- 図 3.4 最高車速分析結果
- 図 3.5 乗員定数分析結果
- 図 3.6 動力源分析結果
- 図 3.7 必要機能重要度
- 図 3.8 PSM 分析の説明
- 図 3.9 都市流入完全制限シナリオにおける PSM 分析
- 図 3.10 使用地域制限シナリオにおける PSM 分析
- 図 3.11 道路レーン分けシナリオにおける PSM 分析
- 図 3.12 既存交通と同じ規制シナリオにおける PSM 分析

- 図 4.1 都道府県別鉄道の展開と軽自動車の普及の違い
- 図 4.2 軽自動車需要推移
- 図 4.3 次世代環境車需要推移
- 図 4.4 smart の日本市場における累積販売台数の推移とモデルによる近似
- 図 4.5 Twizy の欧州市場における累積販売台数の推移とモデルによる近似
- 図 4.6 smart パラメータによるシミュレーション結果(潜在需要:軽自動車)
- 図 4.7 Twizy パラメータによるシミュレーション結果(潜在需要:軽自動車)
- 図 4.8 smart パラメータによるシミュレーション結果(潜在需要:次世代環境車)
- 図 4.9 Twizy パラメータによるシミュレーション結果(潜在需要:次世代環境車)

- 図 5.1 駆動力と抵抗の概要図
- 図 5.2 シミュレーション走行シナリオ
- 図 5.3 総重量と必要出力の関係
- 図 5.4 総重量(定員満席時)と二酸化炭素排出量の関係
- 図 5.5 総重量(乗員係数反映)と二酸化炭素排出量の関係
- 図 5.6 交通手段別二酸化炭素排出量

表

- 表 1.1 新車乗用車販売台数ランキング

- 表 2.1 現状の車両・免許区分

- 表 3.1 性・年代に関するユーザー分析
- 表 3.2 同居人数に関するユーザー分析
- 表 3.3 年収に関するユーザー分析
- 表 3.4 電気自動車購入意向に関するユーザー分析
- 表 3.5 ハイブリッドカー購入意向に関するユーザー分析
- 表 3.6 アンケート回答総数
- 表 3.7 アンケート回答者性別
- 表 3.8 アンケート回答者年齢層
- 表 3.9 都市流入完全制限シナリオ受容価格
- 表 3.10 使用地域制限シナリオ受容価格
- 表 3.11 道路レーン分けシナリオ受容価格
- 表 3.12 既存交通と同じ規制シナリオ受容価格

- 表 4.1 重回帰分析によって得られたパラメータ
- 表 4.2 回帰モデル要約
- 表 4.3 smart によって得られたパラメータ
- 表 4.4 Twizy によって得られたパラメータ

- 表 5.1 車両諸元
- 表 5.2 シミュレーションで使用了各パラメータ

第1章 序論

本章では、本論文の序論として、研究背景、対象とする超小型モビリティの定義と説明、研究目的、既往研究の特徴、研究の流れ、本論文の構成について記述する。

1.1 研究背景

1.1.1 現代日本が抱える社会問題

現代の日本は多くの社会問題を抱える。特に「少子高齢化の到来」、「二酸化炭素排出等環境問題」、「エネルギー需給の逼迫」は他のサブ問題に大きな影響を与える不可避な事項であり、長期的な視点での解決策が求められる。本項では、以下それらについて記述する。

1.1.1.1 少子高齢化の到来

まず少子高齢化について記述する。日本は平均寿命、高齢者ⁱ数、高齢化の速度という3点において、世界一の高齢化社会である。平均寿命に関しては女性85.90歳、男性79.44歳^[1]であり、0歳から14歳の「年少人口」、15歳から64歳「生産年齢人口」ともに減少しているのに対して、65歳以上の「老年人口」は年々大幅に増加している。下の図1.1に日本の総人口と高齢化率の推移を示す。老年人口が総人口に占める割合を示す高齢化率は2005年に約20%であったものの、2025年に約30%、2055年に約40%を迎えると予想されている。

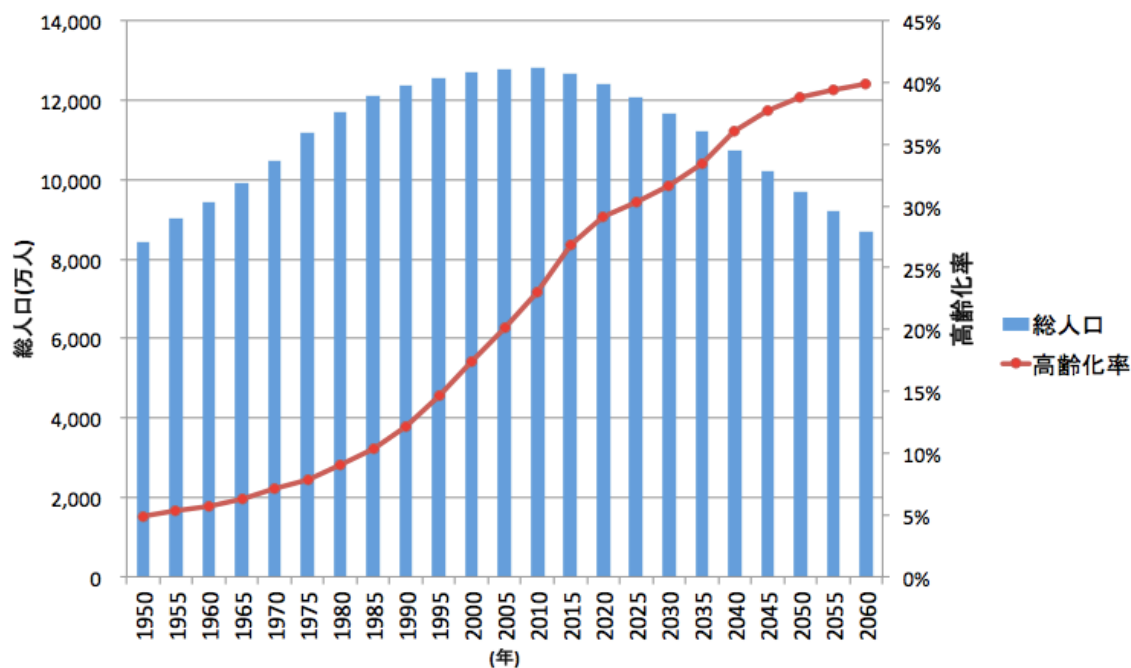


図 1.1：総人口と高齢化率の推移

(2010年までは総務省「国勢調査」の実測値、2015年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」の出生中位・死亡中位仮定による推計値のデータを基に作成)

ⁱ 高齢者…国連の世界保健機関(WHO)の定義では65歳以上の人達を高齢者とする。

また、高齢者が求める交通のあり方は変化をしており、今後進展する日本の少子高齢化を考えると、社会全体の QOLⁱⁱを向上させるためには、将来の人口構成を考えた新しい交通システムが求められる。なお高齢者が求める交通システムについては第2章において詳細に述べる。

1.1.1.2 環境問題とエネルギー

ここでは、「二酸化炭素排出等環境問題」と「エネルギー需給の逼迫」に関して述べる。世界各国取り分け日本は長年環境問題に積極的に取り組んできた。環境問題を語る上で地球温暖化は大きなテーマの一つである。地球温暖化は太陽放射や地軸の傾き変化など自然要因による気温変化の寄与が挙げられるが、これらは人為的な要因のわずか数%の割合であり 2007年2月に国連の気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が発行した「第4次評価報告書(AR4)^[2]」によって地球温暖化は「人為的な温室効果ガスの放出、取り分け二酸化炭素やメタンの影響」が原因であると評価されている。また日本においては温室効果ガスの総排出量の約9割が二酸化炭素であり、地球温暖化を述べる上で二酸化炭素排出量は重要な指標となる。下の図1.2に日本における各部門の二酸化炭素排出と運輸部門における二酸化炭素排出量について示した。

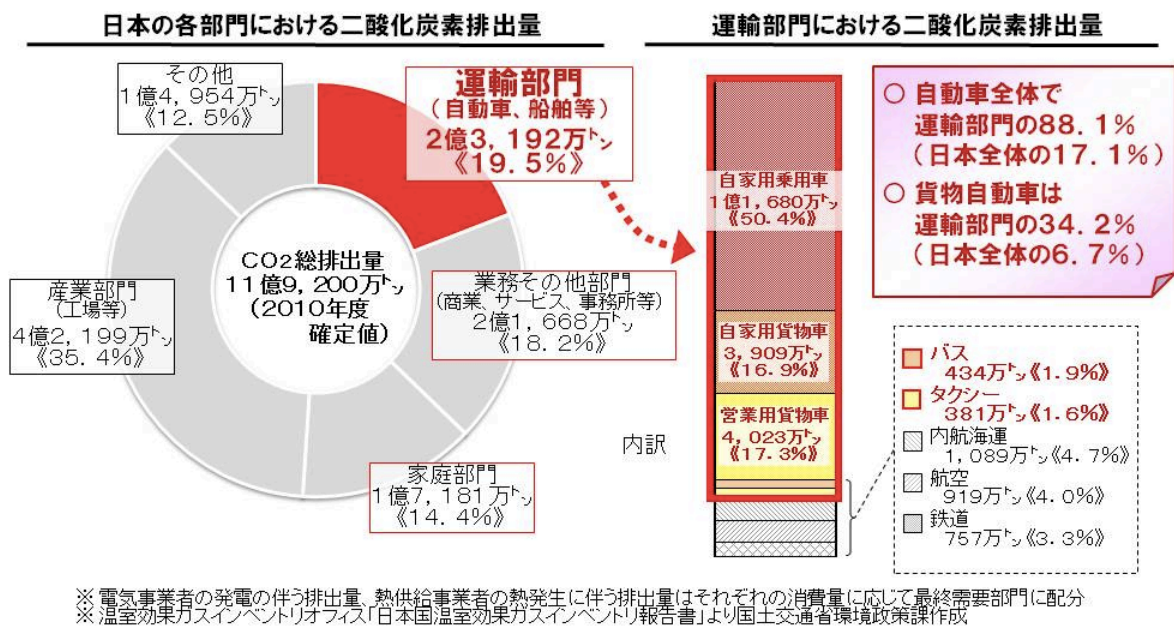


図 1.2 : 日本における二酸化炭素排出 (文献[3]より転載)

図 1.2 に示されたように日本においては工場等産業部門に次いで自動車や船舶などの運輸部門が二酸化炭素総排出量の約 20%を占めている。取り分け運輸部門においては

ⁱⁱ QOL(Quality of Life)…人々の生活を物質的な面から量的に捉えるのみではなく、精神的な豊かさや満足度も含めて質的に捉える考え方。医療や福祉の分野で重視されている。

自家用乗用車が 50.4%、自動車全体は運輸部門の 88.1% (日本における二酸化炭素排出量に換算して 17.1%) を占めている。

また交通システムにおける環境問題を考える上でエネルギー効率の良い輸送を促進することは重要である。効率の目安として次の図 1.3 に旅客における単位輸送量当たりの二酸化炭素排出量を示す。

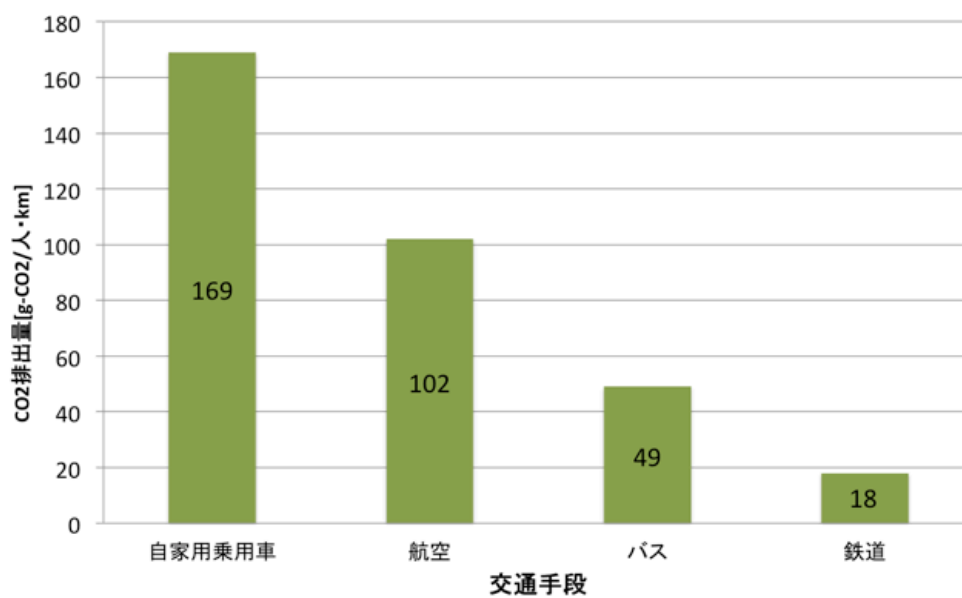


図 1.3 : 旅客輸送量当たりの二酸化炭素排出量 (資料[4][5][6][7]により作成)

図 1.3 に示されたように自家用乗用車は他の主要な交通手段である「航空」、「バス」、「鉄道」と比較して単位あたりの二酸化炭素排出量は大きい。

渋滞緩和や排気ガス規制などの道路行政や自動車関連メーカーの環境技術の開発努力により自家用乗用車の二酸化炭素総排出量は 2001 年を境に減少を続けている。このことも一因となって運輸部門における二酸化炭素排出量全体も 2001 年以降減少を続けている。しかしながら、先述した通り自家用自動車は日本における二酸化炭素排出において大きな割合を占めていることに変わりはない。

また今後電気自動車の普及が予想されるが、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所事故以降に変化した発電構成に考慮した自動車の設計とポートフォリオを環境面から考える必要がある。

以上 1.1.1.1 「少子高齢化の到来」と 1.1.1.2 「環境問題とエネルギー」において述べた日本が抱える問題を考慮すると、将来の人口構成と環境・エネルギーの両面が考えられた新交通システムを開発、普及させることが今後の持続可能な社会を形成するためにメーカー側、道路行政の立場から求められる。

1.1.2 都市構想の流れ

現代の都市計画における問題としては大きく3つ、「中心市街地の空洞化」、「郊外へのスプロール化」、「高齢化への対応不足」が挙げられる^{[8][9]}。

まず1つ目の「中心市街地の空洞化」について述べる。第二次世界大戦後の日本国内の都市化に伴い、地方圏から大都市圏へ企業や人口が移動するとともに地方圏でも中核都市及び中核都市へ企業や人口が集積した。その結果、中心市街地における騒音や排気ガスなどの問題が発生や地価の高騰などにより、多くの都市では人々の生活水準が向上するにつれて住宅地を郊外に移す流れとなった。従って市街地拡大による人口のドーナツ化現象が起こり、中心部から郊外部へ人口の重心が移った。ドーナツ化現象によって中心市街地では商店街の来客数の冷え込みなど商業にも空洞化が生じている。

次に2つ目の「郊外へのスプロール化」について述べる。都市が拡大をする際は1つ目の都市計画問題として挙げた「中心市街地の空洞化」でも述べたように郊外へ発展する。その際に無秩序な開発が行われてしまうことが「スプロール化」と呼ばれ、この現象によって都市外縁部と本来の中心部との距離が大きくなり、買い物や仕事などの日常の行動において、中心部まで移動することが負担となる。また一度スプロール化が進展した後は、改善が困難になることも問題であり、公的機関による大規模な区画整理など事前の防止策が必要とされている。

最後に3つ目の「高齢化への対応不足」について述べる。都市が郊外へ発展することによって自動車中心の社会となり、電車や地下鉄など都市部に集中する公共交通機関を利用し難い郊外に住む高齢者や障害者など「交通弱者」はバスやタクシーなど移動手段が限定される。また役所などが存在する都市中心部への移動距離が長くなり、交通弱者が外出を敬遠する一因となっている。また、交通手段の選択の少なさによって社会との交流が疎遠となり、その結果高齢者が孤立する一因となり、彼らの生活満足度に影響を与えている^{[10][11]}。

以上の3つの問題を解決する手段の一つとして、生活に必要な諸機能が近接した効率的で持続可能な都市である「コンパクトシティ」という概念がある。その原点は資源や経済、環境などの各問題に対処するために設立された民間のシンクタンクであるローマ・クラブが1972年に公表した報告書「成長の限界」における提言から国連への地域開発論の展開、EU諸国の都市政策の転換へと流れる地球環境問題への対応に由来する。中世の城郭都市が基礎となっているヨーロッパ、また大陸横断鉄道の沿線および高速道路の交差点等に都市が発達したアメリカにおいても都市機能の拡散から収束の方向へと都市政策の発想転換を図ったもので、都市空間の全体構造をまとまりのある形態に変えることで、魅力的で活気のある市街地を形成することを目的としている。

コンパクトシティの定義、原則は提案者によって様々であるが、ヤナレラらはコンパクトシティの特別な要素として「人口」と「密度」を挙げている^[12]。またスコフハム

らは「コンパクトシティとは何を意味するのか」と提起して、密度が高いだけではコンパクトとは言えず適切な空間形態を伴わなければならないこと、そしてコンパクトさを追究し始めた主たる原因は交通問題であるが、自立性がなければコンパクトとは言えないと述べている^[13]。欧米で考えられているコンパクトシティの基本的な特性を整理すると、次の9点が挙げられる^[14]。コンパクトシティの空間的形態として「高い居住と就業などの密度」、「複合的な土地利用の生活圏」、「自動車だけに依存しない交通」、またコンパクトシティの空間特性として「多様な居住者と多様な空間」、「独自の地域空間」、「物理的に明確な境界」、さらにコンパクトシティの機能として「社会的な公平さ」、「日常生活上の自足性」、「地域運営の自律性」である。

実際日本国内でも法制度の面では大規模出店調整の限界、地方分権、外圧と規制緩和を背景としてまちづくり3法が整備されている。具体的には種類や目的に応じて、特別用途地区を市町村が柔軟に設定できるようにした「改正都市計画法」、大型店の新規出店について店舗面積などの量的な側面での商業調整ではなく、交通、騒音、廃棄物など生活環境面のみからチェックを行う「大規模小売店舗立地法」、空洞化、劣化が進む中心市街地に対して市町村が関係者と協議のうえ、基本計画をつくり、国に認定を求める仕組みを制定した「中心市街地活性化法」の3法である。また既存の環境問題の解決に加えて2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震以後変化した電力事情も鑑みられた「低炭素まちづくり促進法案」が2012年2月に閣議決定された。この法案は都市の低炭素化を促進するものであり、コンパクトシティを目指す都市設計促進の一躍を担う。以上挙げた法制度を主に都市設計においてコンパクトシティの概念が浸透していく流れが広がっていくものと思われる。

1.1.3 使用交通手段

代表交通手段の分担率を平日について図 1.4、休日について図 1.5 に示す。

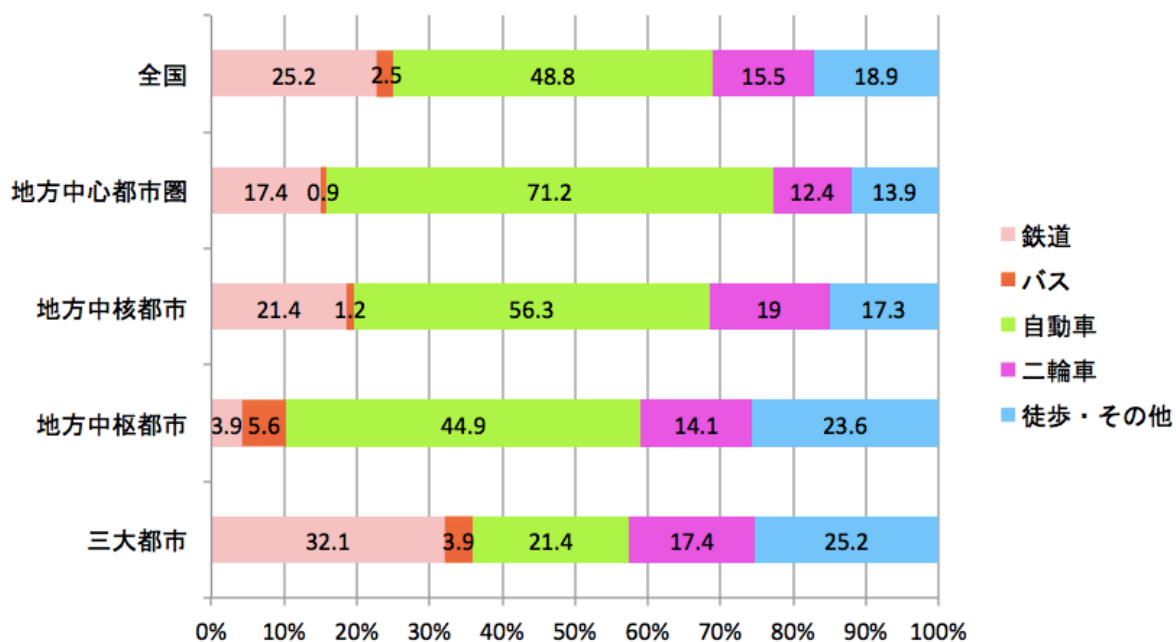


図 1.4：平日における代表交通手段分担率(文献[15]により作成)

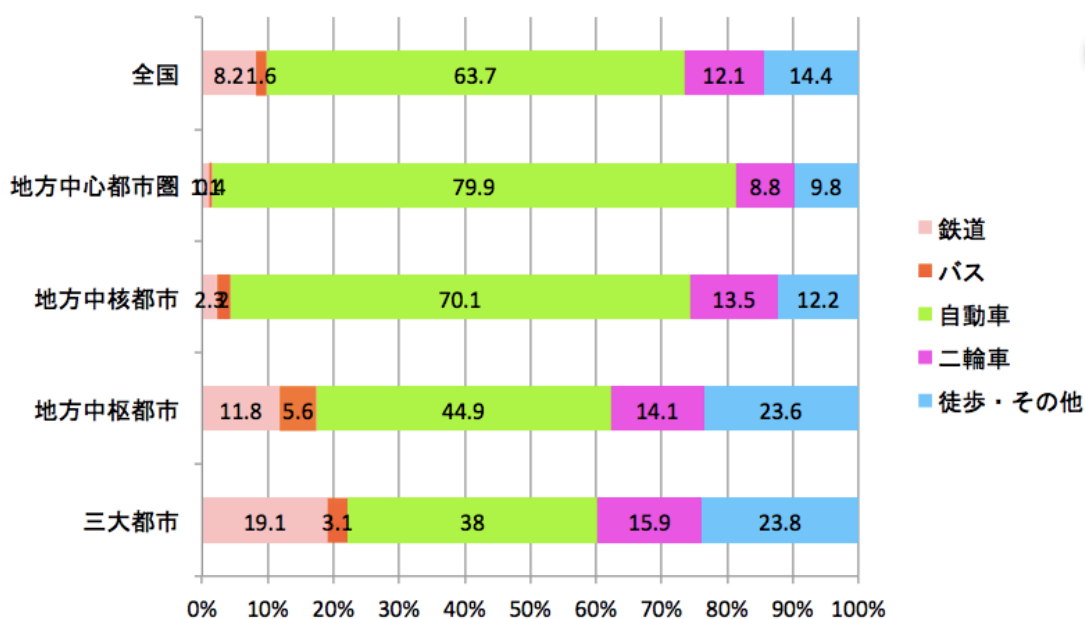


図 1.5：休日における代表交通手段分担率(文献[15]により作成)

代表交通手段の分担率は平日、休日ともに都市圏規模が大きいほど鉄道利用率が高く、一方で都市圏規模が小さいほど自動車利用率が高い傾向となっている。東京、大阪、名古屋の三大都市など平日に通勤や通学に主に利用をされる鉄道を除いて、全体として自動車は最も利用される交通手段であり、特に地方都市圏において自動車の利用率はとて

も高い割合を示している。

従って自動車の形態を考えることは社会全体の交通システムを考える上で、意義の大きいことである。

1.1.4 自動車の移動距離と乗車人数

次の図 1.6 に国土交通省「平成 18 年度全国幹線旅客順流動調査報告書」^[16]により作成された乗用車の 1 回あたりの移動距離の分布について示す。

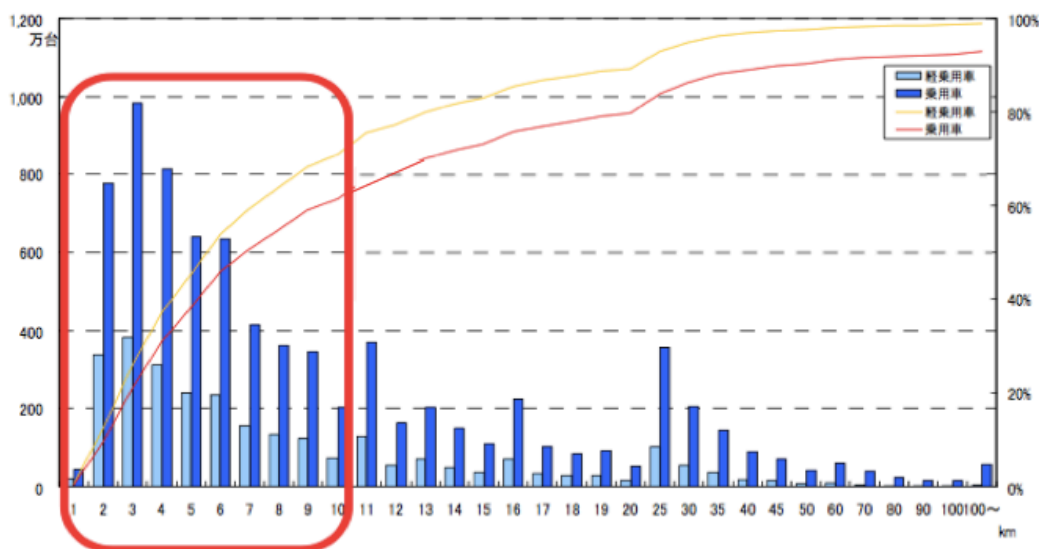


図 1.6 : 乗用車の移動距離 (文献[16]により作成)

乗用車の 1 回あたりの移動距離の 70%は 10km (片道 5km) 以内の近距離移動である。即ち日常を生活する上で、生活圏の大半は片道 5km 圏内であり、1.1.2 項で述べたコンパクトシティの概念と乗用車の実際の利用形態の親和性が高いと言える。

さらに、乗用車の乗車人数の現状について述べる。乗用車にはセダンやバスなど多くの種類が存在する。それらは主として 4 人乗り若しくは 5 人乗りの乗用車が大半を占める。参考までに日本自動車販売協会連合会が公表した 2012 年 5 月の新車乗用車販売台数ランキングとそれぞれの乗用車の乗車人数を表 1.1 に示す^[17]。

表 1.1 新車乗用車販売台数ランキング(2012年5月)

順位	通称名	メーカー名	台数	乗員定数	順位	通称名	メーカー名	台数	乗員定数
1	プリウス	トヨタ	20789	5	16	ヴォクシー	トヨタ	3405	8
2	アクア	トヨタ	20091	5	17	ウィッシュ	トヨタ	3231	7
3	フィット	ホンダ	14534	5	18	CX-5	マツダ	2890	5
4	フリード	ホンダ	8142	7	19	ラクティス	トヨタ	2873	5
5	ヴィッツ	トヨタ	7789	5	20	ジューク	シエンタ	2688	5
6	セレナ	日産	7012	8	21	シエンタ	トヨタ	2612	7
7	ステップワゴン	ホンダ	5745	8	22	86	トヨタ	2432	4
8	デミオ	マツダ	5175	5	23	ティーダ	日産	2422	5
9	ヴェルファイア	トヨタ	5118	8	24	ノア	トヨタ	2417	8
10	ノート	日産	4322	5	25	キューブ	日産	2319	5
11	アルファード	トヨタ	4286	8	26	エスティマ	トヨタ	2267	8
12	スイフト	スズキ	4010	5	27	レガシィ	スバル	2207	5
13	カロラ	トヨタ	4008	5	28	クラウン	トヨタ	2063	5
14	パッソ	トヨタ	3791	5	29	エクストレイル	日産	1904	5
15	ソリオ	スズキ	3456	5	30	マーチ	日産	1898	5

4人以上の乗員定数の乗用車が多く市販される中、実際の乗車人数は全国平均で平日1.33人、休日1.72人と2人に達していない^[18]。即ち乗用車の乗員定数と実際の乗車人数が乖離しており、この現状に対してはメーカー側とユーザーの需要に相違がある可能性を秘める。これは持続可能な社会を目指すために環境保護の観点から1人あたりの二酸化炭素排出量が多くなるという懸念を生じるとともに、交通渋滞の解消などに余地を残す。

以上より、乗用車の実際の利用形態に即した、新交通システムを導入することが求められる。

1.2 対象とする交通手段

コンパクトシティにおける既往研究では「ロードプライシング」、「軽量軌道交通(ライトレール、LRT: Light Rail Transit)」、「パーソナルモビリティ」などの交通手段・交通システムが問題背景で挙げた課題を解決する手段の一つとして研究対象として挙げられている。

ロードプライシングは大都市中心部への過剰な自動車の乗り入れによる交通渋滞や大気汚染などの社会的損失を少なくするために、都心へ侵入する自動車に課金や課税を行い、都心への自動車流入量を減らす政策であり、現在ノルウェーのオスロ、イギリスのロンドン、シンガポールなどで実際に運用されている。

軽量軌道交通(LRT)は大部分を専用軌道として、1両または数両編成の列車が走行する、低コストで輸送能力の高い都市鉄道システムである。路面電車と比較をして都市計画に親和性が高く、軽量車両を利用するため導入・運コストが安いこと、トラムが発展

しているドイツやオランダなどヨーロッパをはじめ、近年北アメリカにおいてはアメリカやカナダやアジアにおいては中国、台湾にて導入されている。特に日本においてはコンパクトシティを推進している富山市において LRT である「富山ライトレール線」を 2006 に開業したことは一例として挙げられる。

パーソナルモビリティは 1 人若しくは 2 人乗りの移動機器であり、歩行と既存の移動媒体との間を補完するものとして提案をされている。運転者が車体に保護されないタイプや自動車と形態が近い超小型モビリティが挙げられる。なお詳細については 1.3 節「パーソナルモビリティ・超小型モビリティの定義」にて記述する。

なおこれら「ロードプライシング」についてはシンガポール、「軽量軌道交通(LRT)」についてはオランダとスイス、パーソナルモビリティ・超小型モビリティに関しては東京と横浜にて、それぞれ視察調査をした。その時の様子を次の図 1.7、図 1.8、図 1.9 に示す。



図 1.7：シンガポールにおけるロードプライシングの視察調査
(写真：2012 年 6 月筆者撮影)



図 1.8 : オランダ(ロッテルダム)における LRT の視察調査
(写真 : 2012 年 10 月筆者撮影)



図 1.9 : 横浜における超小型モビリティの視察調査
(写真 : 2011 年 12 月筆者撮影)

これらコンパクトシティと親和性が高い交通政策・システムにおいて移動の自由度、製品自体の革新性、現存の自動車と近い形態であるため大きなインフラ整備が不要であること、そして研究背景で挙げた都市デザインを含めて自動車が社会的に及ぼす影響を考え、本論文ではパーソナルモビリティ取り分け超小型モビリティを研究の対象とする。なおパーソナルモビリティと超小型モビリティについて詳細は 1.3 節にて記述する。

1.3 パーソナルモビリティ・超小型モビリティの定義

1.3.1 パーソナルモビリティ

「パーソナルモビリティ」という言葉はもともと通信業界で移動体通信を意味する用語であった。しかしながら 2001 年にアメリカのセグウェイ社から「Segway HT (Human Transporter)」が発表されると、次第にパーソナルモビリティが移動輸送機器であるという認識が広まっていった。



図 1.10 : Segway 社「Segway HT i167」^[19]

しかしながら海外では「パーソナルモビリティ(Personal Mobility)」という用語は移動媒体に対して多くは使用されておらず、「EPAMD(Electric Personal Mobility Device)」や「Personal Transporter」、「Personal Vehicle」、「Personal Mobility Devices」など様々な呼び名が存在する。一方で日本国内ではパーソナルモビリティという単語は次第に定着してきたが、定義は文献によって様々である。「人と環境に優しい動力で、快適かつ効率的な近・中距離移動を実現する」、「歩道や施設内での歩行者混在環境で安全に使用される」などが挙げられる。なお本論文ではパーソナルモビリティを「1人～2人乗りで、バッテリーやモーターを搭載して、電動で駆動する乗り物・移動機構」と定義をする。また上記の機能を満たすものかつ既に大きく市場に出回っている原動付き自転車や大型二輪車などを除外すると以下に分類ができる。



図 1.11：パーソナルモビリティの分類

図 1.11 で挙げた例のうち「セグウェイ」や「i-REAL」などは体が露出するタイプであり移動補助機械と分類される。また右側の「PIVO3」など現在存在する自動車にはほぼ近い形状を持つ超小型モビリティに分類される。超小型モビリティに関しては次の 1.3.2 項において詳しく説明する。

1.3.2 超小型モビリティ

本論文では形態が現在の普通自動車に類似しており、2.2.3 項で記述するように制度面や技術面での障壁が移動補助機械よりも低く、社会的普及において実現可能性が相対的に高い超小型モビリティを研究の対象とする。

国土交通省都市局・自動車局が 2012 年 6 月に公表した「超小型モビリティ導入に向けたガイドライン」において、超小型モビリティとして「自動車よりもコンパクトで小回りが利き、環境性能に優れ、地域の手軽な移動手段となる 1 人～2 人乗り程度の車両」と定義をしており、本論文でもその定義に則り話を進める。また対象物の呼称は「超小型 EV(電気自動車)」、「タウンユース EV」、「マイクロカー」、「マイクロ EV(電気自動車)」など様々あるが、前述したガイドラインにおいて「超小型モビリティ」という名称に統一されているのに加えて、発売が想定されるモビリティの動力源がガソリンまたは電気であるのか定まっていないため本論文においても「超小型モビリティ」という名称を使用することにする。



RENAULT 「Twizy」



トヨタ車体「COMS」



ホンダ「マイクロコンピューター」

図 1.12 : 市販が考えられている超小型モビリティの一例

なお具体的な規格としては以下が想定される。

- ① 車両規格
全長:3.4m 以下、全幅:1.48m 以下
- ② 乗員定数
「大人2人以下」若しくは「大人1人子供2人」
- ③ 排気量
125cc 以下 (参考:軽自動車 660cc 以下)、
電気自動車の場合は定格出力 8kW
- ④ 制限速度
時速 60km
- ⑤ 走行環境
自治体が定めた公道
- ⑥ 安全基準
道路運送車両法の一部緩和

1.4 研究目的

本研究の目的は「超小型モビリティに対する消費者の選好を明らかにすることで普及可能性を評価して、超小型モビリティ普及戦略の一助とすること」である。

具体的には消費者は超小型モビリティにどのような仕様や価格帯を求めているのか、また超小型モビリティの製品自体は中長期的にどの程度の需要が見込まれるのか、さらに超小型モビリティは他の交通手段と比較してどのぐらいの走行時二酸化炭素排出量で差が生じるのか明らかにすることが目標であり、自動車メーカーの企業戦略や地方自治体の政策決定など超小型モビリティ普及に関するステークホルダーの戦略構想の材料となることに寄与させる。

1.5 既往研究

都市デザインの観点からは「個人行動データを用いた都市特性と自動車量の関連分析」(谷口ら(1999))^[20]がある。この研究は日本国内全国の諸都市の特性と自動車利用量の

関連付けを課題として残していた従来研究に改善を加えて、人口密度と自動車利用の単純な相関関係に留まらず、それ以外に自動車利用に影響を及ぼすと考えられる多様な要因も考慮して、モデル的な検討から考察されている。さらに全国パーソントリップ調査が実施されている2時点について同様の分析を実施し、単時点のみならず、時系列的な変化という観点からも考察をしている。その結果、Newmanらが海外の諸都市で検証した人口密度と自動車利用の関係について、日本では対応する市街地区域人口密度の水準は自動車利用の状況に大きな影響を及ぼしている一方でその他の諸要因の影響が少なくないことが示された。

また新製品需要予測の観点からは「市場データとシミュレーションによるエコカーの普及予測」(大野(2010))^[21]などが挙げられる。この研究は現市場に存在しない電気自動車の代替燃料車の市場シェアを表面選考(SP:Stated Preference)実験から得た効用値に基づき多項ロジットモデルによる選択確率と耐久消費財の新製品の普及モデルであるBassモデルを組み合わせることで市場シェアの時系列予測を可能とする手法を構成した。

さらに走行時環境評価の観点からは「都市部道路交通における自動車の二酸化炭素排出量推定モデル」(大口ら(2002))^[22]などが挙げられる。実際の都市部の往路で行った実走行実験から得られた燃費データの実証分析とエンジン熱機関と車両運動の理論モデルを通して、交通混雑状況下における車両挙動と燃料消費量の関係の定式化を行い、二酸化炭素排出量を定量評価した。

しかしこれらを含めて電気自動車、燃料電池自動車、ハイブリッド自動車に関して普及モデルの研究は進んでいるが、全く新しい移動機器であるパーソナルモビリティや超小型モビリティに関しては網羅されておらず、中長期的評価もほとんどされていない。

またシステムエンジニアリングの手法に則り、要求分析、システム設計、サブシステム設計、シミュレーション、各検証、妥当性確認を行い、消費者の選好調査、需要予測、環境評価といった対象を個々として扱うのではなく、多角的なアプローチから対象を捉え、結論を導き出すことが本研究の独自性と言える。

1.6 研究の流れ

本研究はシステムズエンジニアリングのシステム構築におけるプロセスモデルであるVモデル^[23]に則り進める。次の図1.13に本研究におけるVモデルを示した。

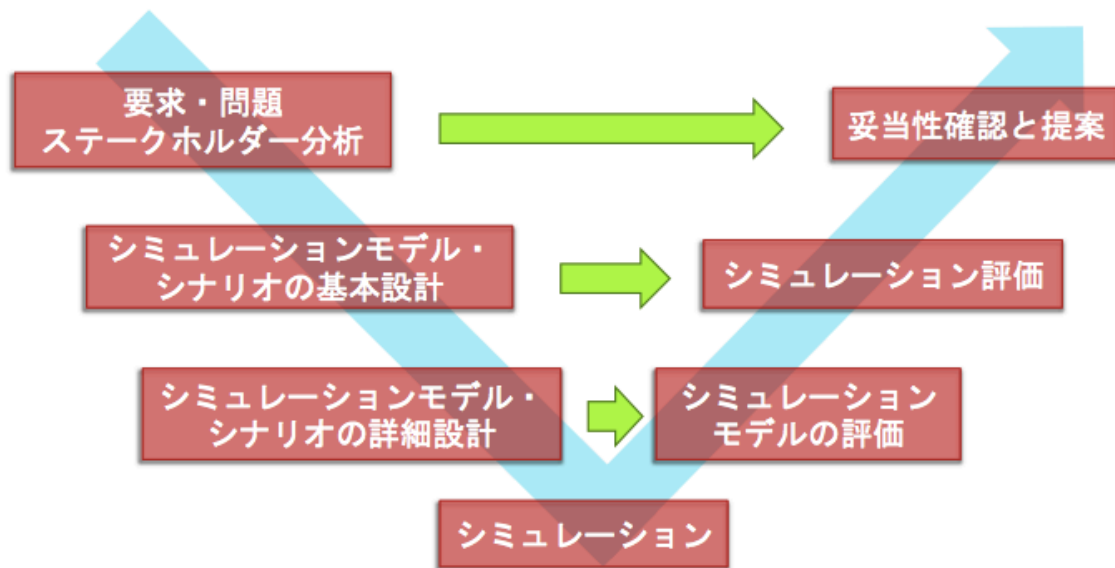


図 1.13 : 本研究における V モデル

具体的には以下の手順で進めていく。

- ① 超小型モビリティに関する要求分析・問題分析・ステークホルダー分析
- ② シミュレーションモデル・シナリオの基本設計
- ③ シミュレーションモデル・シナリオの詳細設計
- ④ シミュレーションの実行
- ⑤ シミュレーションモデルの評価
- ⑥ シミュレーション結果の評価
- ⑦ 妥当性確認と提案

なお本研究はマーケティングリサーチに近い。そこでマーケティングにおける対象範囲を示す。マーケティングプロセスは下の図 1.3 に示すように①顧客価値を創出するステージである「Marketing Analysis」、「Marketing Strategy」、「Marketing Mix」と②顧客価値を保持するステージである「Customer Relationships」、③顧客価値を獲得するステージである「Customer Return」の大きく3つ、細かく5つに分けられる。



図 1.14 : マーケティングプロセスと対象範囲

(文献[24]とスイス連邦工科大学チューリッヒ校 (ETH Zurich) 「Introduction to Marketing」講義資料より作成)

なお本研究では超小型モビリティという日本の市場では普及していない製品を対象にするため、販売促進やシェアの拡大など、一定以上の普及が見込まれてから行われる②「Customer Relationships」と③「Customer Return」は研究対象として考えず、①「Marketing Analysis」、「Marketing Strategy」、「Marketing Mix」を対象範囲とする。

1.7 章立て

第1章では、研究の背景、研究目的、本研究の新規性を述べる。第2章では、パーソナルモビリティ・超小型モビリティの問題分析、国内外の事例調査、要求分析、ステークホルダー分析について述べる。第3章では、超小型モビリティに対する消費者の選好について述べる。第4章では、類似製品からパラメータを求めることにより超小型モビリティの需要予測について述べる。第5章では走行時の二酸化炭素排出量を算出することによって分析された環境評価について述べる。第6章では本研究のまとめと今後の展望について述べる。参考文献を記した後、最後に謝辞を述べる。

次の図 1.15 に本論文のフェーズ分けについて示す。

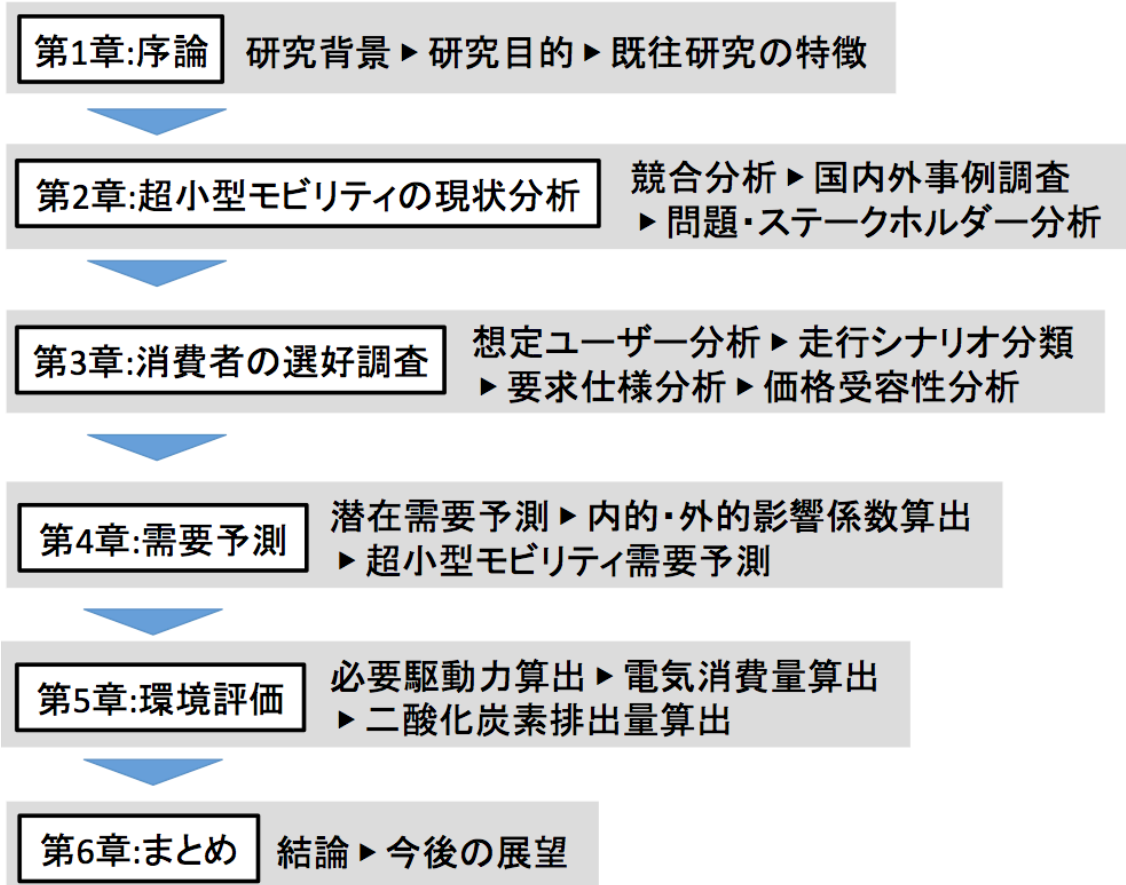


図 1.15 : 本論文のフェーズ分け

第2章

超小型モビリティの現状分析

本章では、超小型モビリティの現状分析として、既存小型モビリティの分類、国内外の超小型モビリティの事例調査、要求分析、問題分析、ステークホルダー分析について記述する。

2.1 既存小型モビリティの分類

本節ではパーソナルモビリティ・超小型モビリティの競合と成り得る既存小型モビリティ、具体的には小型の簡易車両について分類をする。制度面での比較は2.2.1.1における表2.1に示すため、ここでは分類のみに留める。

・電動アシスト自転車

モーターによる人力を補助する自転車。人力と電力補助の比率は時速10km以下で最大1:2(時速24kmまで低減、時速24km以上では補助なし)。



図 2.1 電動アシスト自転車

・原動付き自転車タイプ

車道走行、総排気量50cc/定格出力0.6kW以下、最大速度時速30km、原付免許、車検不要)。



図 2.2 原動機付き自転車

・歩行補助タイプ

シニアカー、電動車椅子、歩行者に分類(歩道走行)、原動機を用いる歩行補助車等、最高速度時速 6km、車検なし、免許不要



スズキ「ET4D」



ホンダ「モンパルML200」



ULRICH ALBER「ADVENTURE」

図 2.3 歩行補助タイプ

・ミニカータイプ

車道走行、4輪原動機付自転車、総排気量 50cc/定格出力 0.6kW 以下、最高速度時速 60km、普通免許、車検不要。



トヨタ車体「COMS Concept」



光岡自動車「MC-1EV」



Renault「Twizy」

図 2.4 ミニカータイプ

・新型モビリティ

現行法上では取り扱い未定のため、公道での走行は不可。



セグウェイ「セグウェイ」



本田技研工業「UNI-CUB」



トヨタ自動車「i-REAL」

図 2.5 新型モビリティ

2.2 国内外の超小型モビリティの事例

超小型モビリティの国内外の現状について本節では言及する。

2.2.1 日本国内の現状

2.2.1.1 普及への動きと現行制度

まず日本国内における超小型モビリティの現状をここで述べる。以下、超小型モビリティに関する会議や提言をまとめた。

■高齢者にやさしい自動車開発推進知事連合(全国35都道府県知事連合)提言

(2010年5月)

お年寄りの外出を促進するために、軽自動車より小さい2人乗りの近距離専用自動車の衝突安全基準などの車両の基準や車体の開発を政府に要望。

■経済産業省「日本経済の新たな成長の実現を考える自動車戦略研究会報告書」

(2011年6月)

高齢ドライバーに対応した安全・安心なモビリティの開発普及を要請。

■日本再生のための戦略に向けた閣議決定(2011年8月)

成長型長寿社会・地域再生で高齢者にやさしい自動車の開発・普及を取り上げる。

■内閣府「第9次交通安全基本計画」(2011年9月)

高齢者、障害者、子供などの交通弱者に配慮をし、思いやる人優先の交通安全思想を推進することと車道幅5.5m未満の「生活道路」での最高速度を原則時速30kmに制限し、歩行者や自転車の優先地帯を全国に置くことを通達。

以上のような政府関連の動きが並立する中、2012年6月に国土交通省都市局・自動車局から「超小型モビリティ導入に向けたガイドライン～新しいモビリティの開発・活用を通じた新たな社会生活の実現に向けて～」が公表された。

表2.1に2012年11月現在の道路交通法に関する現在の車両と免許の区分を示す。超小型モビリティは現行法ではミニカーに属する。

表 2.1 現状の車両・免許区分

車両区分				免許区分				
	排気量 最高速	車室定員	車輪輪距	免許不要	原付免許	新分類	大型二輪免許 普通二輪免許	普通自動車 免許
普通自動車	>660cc	有り	4輪					普通自動車 免許
軽自動車	<660cc	有り	4輪					普通自動車 免許
小型二輪	>250cc	無し	2輪				大型 自動二輪	
軽二輪	>125cc	有り	3輪				普通 自動二輪	
第二種原付	50~125cc	有り	2輪				小型 自動二輪	
新分類	30km/h	有り	3輪			超小型PM		
ミニカー	<50cc 60km/h	無し	3輪 (>500mm)		原動機付自 転車			ミニカー
第一種原付	<50cc 30km/h	無し	3輪 (<500mm)					
軽車両		無し	2輪	軽車両 (自転車)				
歩行補助車	6km/h	無し		電動車いす シニアカー 歩行支援PM				

先述した政府への働きかけ、または政府自体の取り組みにより国土交通省は 2011 年現在、2012 年度に最高時速 30km で軽自動車とミニカーの中間となる規格を設ける方向で検討をしている。実際に 2012 年 11 月に「超小型モビリティに関する道路運送車両の保安基準等の基準緩和項目」が公表され、2013 年 1 月に施行された。その中では高速道路を走行せずに、地方公共団体等によって「交通安全等が図られている場所において運行することを条件に、現行制度の一部基準の適用除外が可能であること」、「二輪車の特性を持つ車幅 1300mm 以下のものについては灯火器等について二輪自動車の基準を適用可能であること」、「最高速度が時速 30km 以下に指定されている道路での運行に限られるものについては、衝突安全性に関する基準の適用除外が可能であること」が記述された。

2.2.1.2 自動車メーカーの動き

1990 年以降自動車メーカーや地方自治体を中心に超小型モビリティの開発に関する模索が行われ、技術開発や社会実験が多く行われた。一例として 1996 年から 2006 年にトヨタ自動車と愛知県豊田市、刈谷市、安城市、大府市などの自治体を中心に京都府などでも社会実験が行われた電気自動車共同利用システム「Crayon」が挙げられる。「Crayon」とは渋滞緩和と環境負荷軽減を目的として ITC とパークアンドライド方式を採用した小型車共同利用システムである。次の図 2.6 に示す「e-com」と呼ばれる都市移動のための新たな手段として提案された 2 人乗りのシティコミューターが利用され、駅前などに充電スタンド付き専用駐車場が設置された。



図 2.6 「Crayon」社会実験の様子(写真：資料[25]から転載)



図 2.7 トヨタ自動車「e-com」(写真：資料[25]から転載)

また近年では経済産業省が推進する「次世代エネルギー・社会システム実証事業」の一環として 2012 年 10 月から豊田市などの協力のもと、公共交通と連携してショートトリップに最適な超小型モビリティを活用することで、低炭素交通社会の実証実験が行われた。車両にはトヨタ車体が 2012 年 7 月に一般販売が開始した 1 人乗りモビリティ「COMS」が利用された。



図 2.8 トヨタ自動車「Ha:mo」実証実験の様子(写真：資料[26]から転載)

一方で横浜市を中心に首都圏でも実証実験が行われている。横浜市と日産自動車では2009年から協働で取り組んでいる「ヨコハマ・モビリティプロジェクトゼロ(YMPZ)」の一環として、2011年10月に横浜市の山手・元町地区にて商店街の中で利用できる超小型モビリティの社会実験を行った。同実験は同地域の地理的特徴を踏まえ、「利便性の向上」、「地域の活性化」、「二酸化炭素排出量の削減」に焦点を当てて試乗実験が行われた。使用された車両はフランスやイギリスにて発売が開始されたRENAULT「Twizy」と同じ型である日産自動車「NISSAN New Mobility CONCEPT」である。



図 2.9 山手・元町地区における社会実験の様子



図 2.10 山手・元町地区における社会実験の様子②

2.2.2 アメリカでの現状

本項ではアメリカ合衆国における超小型モビリティの現状について記述する。

アメリカ合衆国では主に高齢者住宅地域の私道や特定道路にてゴルフカートや陸軍の退役機器の再利用などにより使用され発展してきた。近年では短距離用途として一般道路で使用され政府、企業、個人から脱石油車の一つとして評価されている。1998年に近隣走行用バッテリー式電動輸送機器(BEV)について連邦政府運輸省が連邦自動車安全基準 500(FMVSS 500)^[27]を定め、その一類として近隣用電気輸送機器即ちNEV(Neighbor Electric Vehicle)について「車両総重量等級(GVWR)が1.4t(3,000lbf)未満且つ最高速度が時速32km(20mph)から時速40km(25mph)の間の4輪自動車」と規定した。メーカーに対する連邦の安全要件を満たすためにNEVはシートベルト、フロントガラス、フロントワイパーは必要なく、走行灯、前照灯、制動灯、反射板、バックミラー、および方向指示器を装備しなくてはならない。なおNEVの運用規則や追加の車両要件等は州によって異なるが、原則登録が必要であり運転免許が与えられる。

NEVの一例として次の図2.11のような「GEM e2」が挙げられる。



図 2.11 GEM e2

以下のような都市では主に高齢者や親が子供の送り迎えに使用することを想定して NEV など低速車の走行が他の交通手段とは分離をされて走行する道路設計が行われている。

■NEV 向けに特化して設計された街

- ・アメリカフロリダ州 セレブレーション
- ・アメリカフロリダ州 ビレッジ
- ・香港 ディスカバリー・ベイ

■NEV 運行が許可された街

- ・アメリカオハイオ州 プットインベイ
- ・アメリカカリフォルニア州 コロナド
- ・アメリカカリフォルニア州 ロサンゼルス・プレイヤビスタ
- ・カナダマニトバ州 リーフラピッド

なおアメリカ合衆国で NEV を 3 万台以上販売した GE モーターカーズ社によると、2012 年現在 10 年以上単独死亡事故は無い。

2.2.3 フランスでの現状

本項ではフランス共和国における超小型モビリティの現状について記述する。

フランスにおいて「超小型車」若しくは「超小型モビリティ」は「原動機付四輪車」という概念であり、運用上の違いが存在する。なおフランス現地では「Quadricycle léger a moteur(クワドリシクル)」と呼ばれ、「クワドリシクル・ルール(重量級)」と「クワドリシクル・レジェ(軽量級)」のカテゴリに分けられる。

第2章 超小型モビリティの現状分析

歴史を辿ると、1943年にフランスにおける道路交通法で50cc未満のガソリンエンジン搭載の二輪車、三輪車で運転免許不要のCyclomoteur(通称:Tasse a café)を規定した。これを基に1970年代の第一次石油ショックが背景となりボディを持った原動機付き軽量四輪車が搭乗したのが始まりである。

クワドリシクル・ルール(軽量級)に関しては16歳以上であれば学科試験のみで免許が取得でき、車検の必要がない。しかしながら、フランスにおいて普通乗用車の車検料は約60ユーロであり、あまりメリットはない。しかしながら1988年以前に生まれた人であれば、学科試験さえも必要がなく、このメリットのために交通機関の乏しい農村部ではよく利用されている。ただし高速道路は使用できず、軽乗用車の場合は最高時速45kmであり2人乗りである。なお普通乗用車と原動機付四輪車の違いはエンジン排気量と車の重量、積載量だけであり、大きさは関係ないため、外見だけでは違いを判断することができない。



図 2.12 クワドリシクル

なおクワドリシクルの事故については1000台あたり5.5件となっておりオートバイ(125cc以上)は7件、原動付き自転車10件、乗用車18件となっており、他の交通手段と比較して低い^[28]。

フランスにおいて超小型モビリティは他国と比較して普及が進んでおり、「Aixam Mega」(創立:1983年)、「JDM」(創立:1975年)、「Chatenet」(創立:1984年)、「Driveplanet」(創立:2008年)など主要メーカーをはじめ、10社以上の専門メーカーが存在する。パリ・モーターショーにてRENAULTの製品企画部技術者にインタビューをしたところ、Twizyは発売当初、マーケットの対象は高齢者の近距離用移動手段や、コミュニティ内の移動手段としてのニーズに対応するためであったが、実際販売が開始された後、ニーズは独身の若い女性、フランス国籍を持たない外国人、20歳以下の若年層とのことで

ある。

そのような背景に加えて、欧州でも日本ほどではないものの若者の車離れが進んでおり、RENAULT は地方の高齢者ではなく、若者に焦点を絞ってマーケティング活動を行なっている。



図 2.13 パリ・モーターショーにおける Twizy の展示

(写真：2012年10月筆者撮影)

なお国連欧州経済委員会(ECE)では「車両構造に関する統合決議」において二輪車、三輪車のカテゴリ「Category L」の中で L6、L7 という四輪車を定義して、車体質量、設計速度、動力源の排出量、出力等で区別をしている。ただし構造的には乗用車の要件を示した L1 を大幅に規制緩和された形で運用がされている。なお前述したクワドリシクルは欧州連合(EU)により軽量級が L6 区分、重量級が L7 区分とほぼ同義で定義されている。下に L6 区分と L7 区分の定義を示す。

L6 区分

車両重量 350kg 以下(電気自動車の場合はバッテリー重量を含まない)、設計最高速度が時速 45km 以下のいずれかに該当する四輪車輪

- ・ 火花(強制)点火エンジンの場合：排気量 50cm³ 以下
- ・ その他の内燃エンジンの場合：最大ネット出力 4kW 以下
- ・ 電動機関の場合：最大連続定格出力 4kW 以下

L7 区分

L6 に分類された車両を除き、非積載質量が 400kg 以下(電気自動車の場合はバッテリー質量を含まず、また貨物の運搬を目的とする車両の場合は 550kg 以下)で、最大連続定格出力が 15kW 以下の四輪車両

2.2.4 スイスでの現状

本項ではスイス連邦における超小型モビリティの現状と他の交通手段との共存について視察調査と文献調査により得られたことを記述する。

スイスの中でもチューリッヒ、ジュネーブ、ベルンなどの都市はトラムと呼ばれる市街地を走行する路面電車が発達しており、トラム中心のライフスタイルが形成されている。主要な車道は4車線となっており中央の2車線についてはトラムと他の車両で共用される。



図 2.14 チューリッヒ市内を走るトラム

(写真：2012年9月筆者撮影)

自動車の使用は多いものの近距離移動はトラム、長距離移動は電車や自動車と交通手段の使い分けをされることが多い。コンパクトシティにおいてはこのような使い方をされることが多いが、実際にスイスにおいて確認をした。なおここで得られた知見を第3章における走行シナリオの設定に反映する。

また小型自動車に関しては日本のような軽自動車タイプは少なく、ダイムラー社「smart」やRENAULT「Twizy」のような軽自動車よりも一回り小さいモビリティの普及が進んでいる。



図 2.15 チューリッヒ市における個人所有の小型自動車
(写真：2012年9月筆者撮影)

スイスでは保有自家用車の1日における使用時間は平均1時間未満であり、車庫においてあるだけでは勿体無いという発想から「シェアリング」の概念が生まれている。1987年に約30名が共同出資で2台の車を買ったのを始め、スイス全土に広がった協同組合形式の組織が1997年に「Mobility CarSharing Switzerland AG(モビリティ・カーシェアリング・スイス株式会社)」という会社に統一される。現在「Mobility」という社名に変更してスイス国内で活動している。

そのMobility社は現在取り分け先に挙げたチューリッヒ、ジュネーブ、ベルンなどにおいては小型車の一つであるダイムラー社「smart」を多数導入して小型自動車のシェアリングを行なっている。



図 2.16 チューリッヒ市における小型自動車カーシェアリング
(写真：2012年10月筆者撮影)

2.3 要求分析

既存の交通手段に対して高齢者などどのような交通手段を求めているのか、その要求分析をするために既存研究とヒアリングを中心に分析を行った。また高齢者以外に対してもヒアリングを行い、どのような乗用車の形態を求めるのか分析を行った。なお想定ユーザーの分析に関しては第3章にて述べる。

土井他(2009)^[29]など既往研究では超高齢者社会での移動の質に関する研究をしており、10～15年後の価値観変化と移動ニーズの変化を示している。その中では加齢に伴い「低速度」、「短距離」、「公私の中間体である交通手段」が求められるとされる。

高齢者が要望する交通システムについて次の図 2.17 に示す。

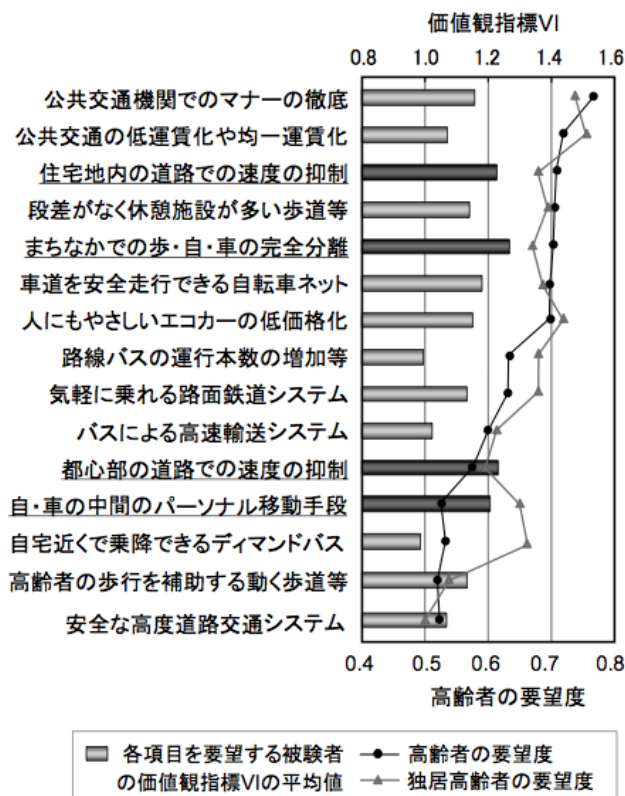


図 2.17 高齢者が要望する交通システム

高齢者は既存交通システムに対して多くの要望を述べる中で「速度抑制」、「道路上で交通手段別走行分離」、「自転車と車の中間移動手段」を交通システムへの要望として挙げている。

次に「電動車椅子」、「三輪自転車」、「小型EV」、「LRT」への各年代要望度の違いを次の図 2.18 に示す。

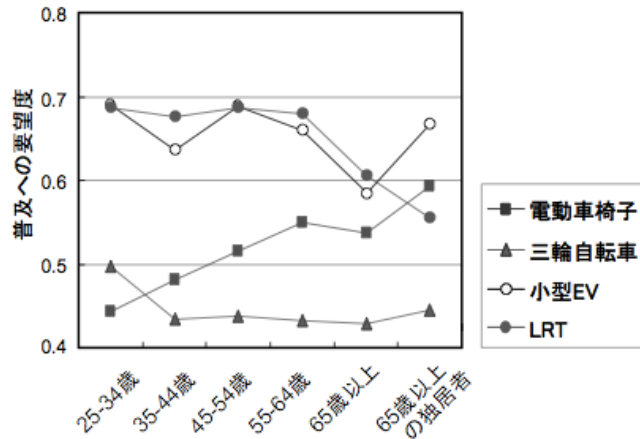


図 2.18 新交通システム普及への各年代要望度の違い

「三輪自転車」は各年代とも要望度が 0.5 以下となっており他の手段と比較して要望度は低い。「電動車椅子」は年齢を重ねるにつれ要望度は高くなっている。「LRT」と「小型 EV」に関しては高い要望度があるが、前者は 65 歳以上の高齢者取り分け 65 歳以上の独居者の要望度は低く、後者は 65 歳以上の高齢者の要望度が他の年齢層と比較して低くなっているものの 65 歳以上の独居者の要望度は他の年齢層と同じく高い値を示している。

以上より、高齢者から安定性の高い三輪自転車やアシスト自転車、安全性と利用環境が改善された電動車椅子、環境に優しく安価な低速超小型電気自動車が求められることが明らかになった。

また高齢者以外の一般市民に対するヒアリング調査では乗用車に対して若者と高齢者の万人に受け入れられるモビリティ、または低所得者や都心で車に乗ることができない人達を想定ユーザーと捉えたモビリティの要求が見られた。

2.4 問題分析

超小型モビリティが普及するにあたって障壁となっていることを分析するために 2.2.2.1 において示した提言、Twizy の元町エリアでの社会実験のインタビュー結果を基にツリーを作成し、次の図 2.19 に示す。

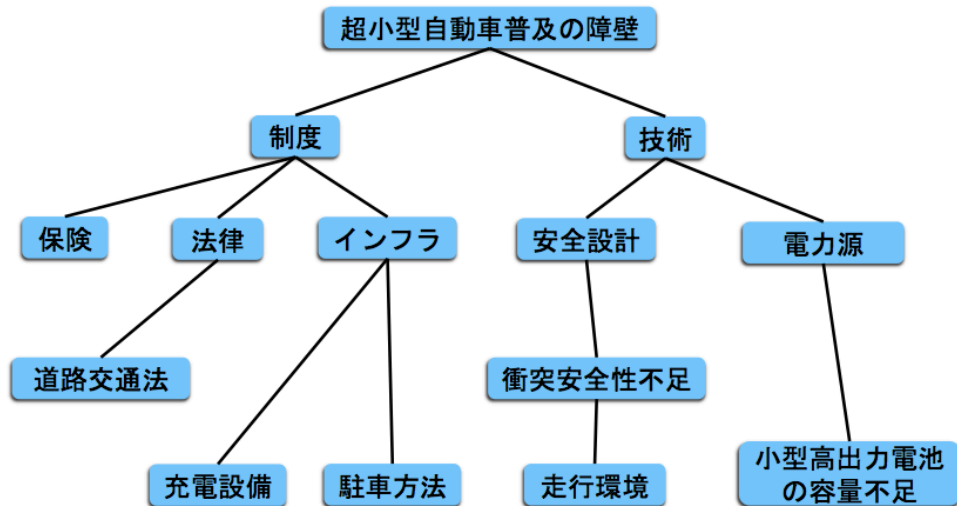


図 2.19 超小型モビリティ普及の障壁

大きく制度面と技術面の問題が存在する。技術面では他の乗用車との衝突安全性が考慮された安全設計や動力源の確保が挙げられる。動力源として車体を小型化するにあたって、高出力電池の普及が追いついていない。なおこの問題に関しては今後、技術の進歩により改善されると想定される。

2.5 ステークホルダー分析

本節ではステークホルダーとその関係性について記述する。超小型モビリティを製造するメーカーの視点から、それに関連するステークホルダーとの距離間を Onion Diagram によって可視化した。Onion Diagram とは人や組織の影響力や権限は考えずに素材としてステークホルダーの候補を洗い出す際に使用する図である^{[30][31]}。次の図 2.20 に示した。なお国土交通省が発行するガイドラインにおける想定ステークホルダーに加えて、自動車メーカー(トヨタ自動車(株))、総合建設業(清水建設(株))、自動車・産業素材メーカー(住友電気工業(株))の関係者の方々にご意見を頂きながら、ステークホルダーのブラッシュアップを行った。

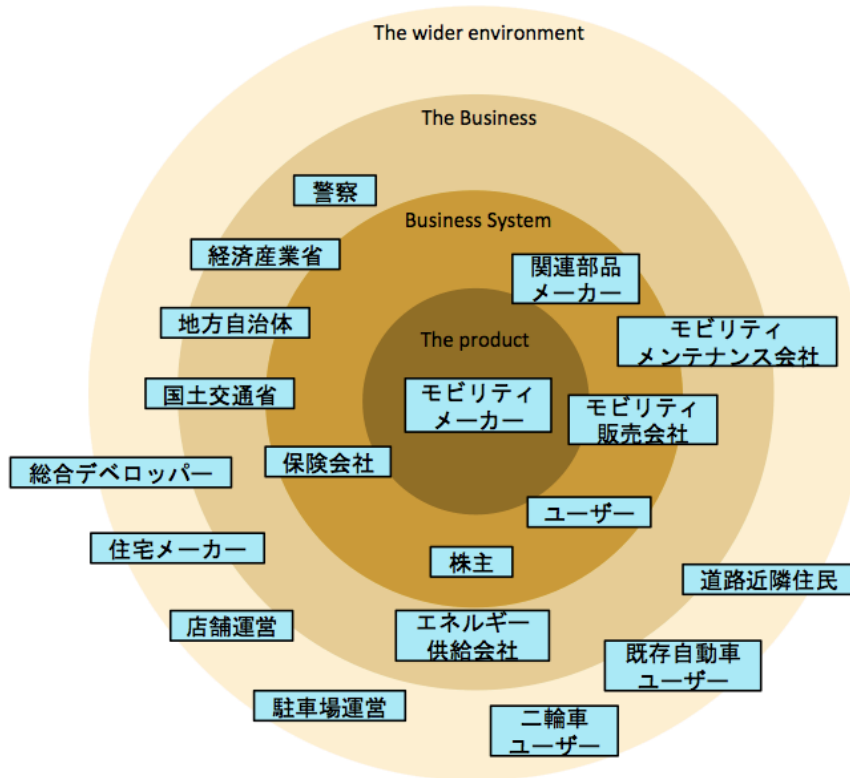


図 2.20 : Onion Diagram

超小型モビリティを製造するメーカーを中心に「部品メーカー」、「販売メーカー」、「メンテナンス会社」など製造・運用面で関連するステークホルダー、実際に使う「ユーザー」や他の交通システムを利用する「ユーザー」など走行時に関係するステークホルダー、「国土交通省」、「経済産業省」、「地方自治体」など制度面で関係するステークホルダー、「住宅メーカー」、「店舗運営」、「保険会社」などユーザーが超小型モビリティを使用する際に取り巻く環境に関連するステークホルダーなどが挙げられる。

また地方自治体(横浜市道路局)へのヒアリングとユーザーとしての一般人へのヒアリングをしながら関係するステークホルダーを洗い出した後に、図 2.21 のように超小型モビリティ導入に対する賛否グリッドである「Power/Influence Grids」を作成した。この表現手法はプロジェクトにおいてキーとなるステークホルダーを世間への影響の大きさとプロジェクトへの賛同可否の度合いを基に「見える化」するものである。縦軸に財政的な大きさや世間への影響力を考え、横軸にプロジェクトへの積極性度合いを考える。

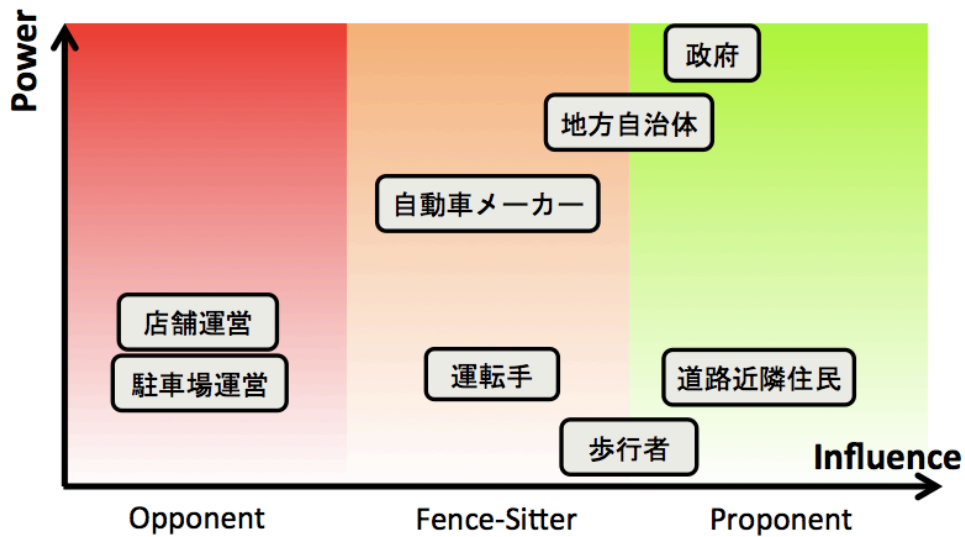


図 2.21 : 超小型モビリティ導入に対する賛否グリッド

この結果、単体としては相対的に力を持っている政府や地方自治体は超小型モビリティへの社会への導入に対して賛同する動きにある。しかしながら、数が多い店舗運営や駐車場運営に関しては投資に対する収益性が不透明であることから、超小型モビリティが社会で普及することに対して反対の立場である。

以上より、超小型モビリティを導入するにあたり、現在は国土交通省や経済産業省を中心とした政府や地方自治体など行政を中心として普及が促進されているが、店舗運営、駐車場運営、道路整備などインフラ面が後手にまわっている。行政による促進のみならず、インフラ面での両面が伴わなければ、普及には至らないので、超小型モビリティを普及するためには、それらステークホルダーも考慮された普及プロセスが必要と考えられる。

第3章

消費者の選好調査

本章では、消費者の選好調査として、想定ユーザーの分析、走行シナリオの分類、超小型モビリティに対する要求仕様分析と価格受容性分析の方法と結果について記述する。

3.1 分析の流れ

本章では超小型モビリティに対して、どのような機能や価格帯を求めているのかという消費者の選好に関する調査について示す。具体的には超小型モビリティの想定ユーザーとしてどのような層が考えられるのかを三菱総合研究所のアンケートデータセットを基に分析を行った。その後超小型モビリティの走行シナリオを複数考え、消費者の要求仕様を調査するためにコンジョイント分析を行うことによって、想定されるユーザーが求める仕様とそれらの重要度を求めた。3.5節にて後述するが、本分析では価格帯が重要視されていたので、PSM分析により走行シナリオ別にユーザーが求める価格帯について分析を行った。

3.2 想定ユーザーの分析

超小型モビリティがどのような購買層に対象とされるのかを既存の自動車を中心に考える。三菱総合研究所生活者市場予測システムのアンケートを使用して分析を行った。

まず想定ユーザーの分析をする上で超小型モビリティそのものが日本において市場で普及している訳ではないため、既存の自動車に対する需要と関連する需要に関して考え分析を行うものとする。以下の5つの項目について考えた。

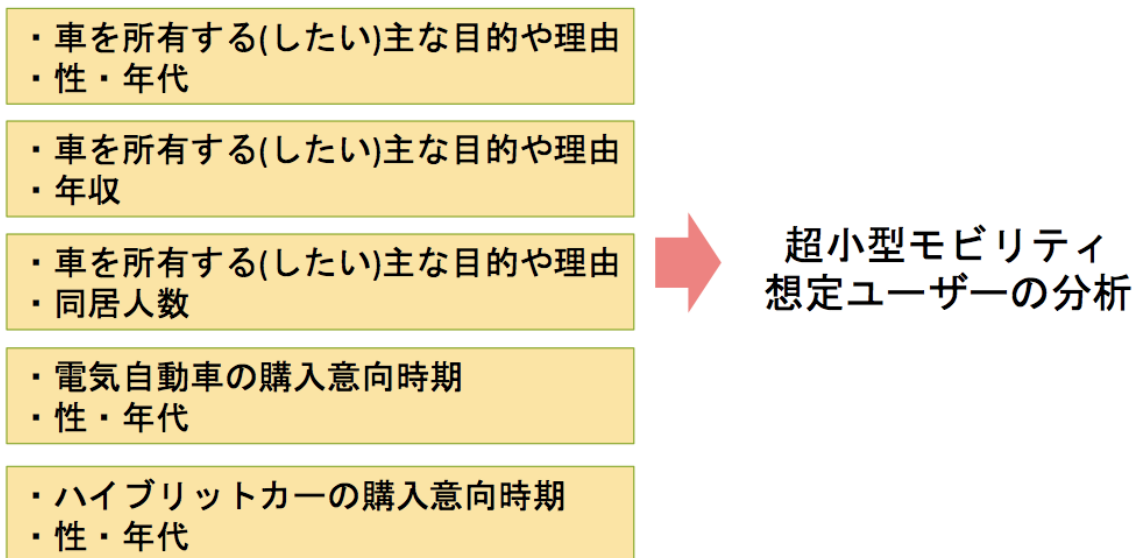


図 3.1 : 想定ユーザー分析の流れ

超小型モビリティは1人あたりの二酸化炭素排出量を削減することが期待されており、環境や自動車の燃費に対する意識を問うために参考としてハイブリッドカーの購入意向時期を質問したものである。

なお、表 3.1 から表 3.4 に示す着色は χ 二乗検定を行い濃い青色が 1% で有意に高い、薄い青色が 5% で高い、薄い赤色が 5% で有意ではない、濃い赤色が 1% で有意ではない

ことを表している。

まず、性・年代に関する分析を行い、表 3.1 を得た。(N=22448)

■ 質問項目

(自分または家族と共有の車を持っている、または、車を持っていないが「1年以内
に購入する予定がある」「いずれ購入したい」と回答した人に質問) 車を所有する(し
たい)主な目的や理由は何ですか。この中からあてはまるものすべてお答えください。

・ 選択肢(移動行動)

通勤、通学等の移動手段として、家族の送り迎えとして、買い物時の移動や荷物の
運搬手段として、ドライブ・運転自体を楽しむため、一種のステータスとして
て、デートの必需品として、ひとりでくつろぐ・時間を過ごすため、家族・友人と
くつろぐ・時間を過ごすため、自分の趣味・趣向を満たすため、他人からの注目
を浴びるため、緊急時・非常時の避難先として、その他、特になし

・ 選択肢(個人属性)

性別・年齢

表 3.1：性・年代に関するユーザー分析

集計結果(%表)	合計	通勤・通学等の移動手段として	家族の送り迎えとして	買い物時の移動や荷物の運搬手段として	ドライブ・運転自体を楽しむため	一種のステータスとして	デートの必需品として	ひとりでくつろぐ・時間を過ごすため	家族・友人とくつろぐ・時間を過ごすため	自分の趣味・趣向を満たすため	他人からの注目を浴びるため	緊急時・非常時の避難先として	その他	特になし
合計	22448	9624	8771	16808	9798	1143	1038	2298	3998	4781	210	2188	1045	1363
男性20代	8.5%	10.1%	4.3%	6.7%	10.2%	24.4%	29.6%	14.2%	8.0%	11.1%	29.0%	6.1%	3.9%	14.5%
男性30代	13.2%	16.4%	9.7%	12.1%	16.0%	23.4%	24.6%	18.2%	15.2%	16.4%	20.0%	10.7%	10.2%	11.4%
男性40代	12.4%	15.5%	12.3%	11.7%	15.5%	15.0%	15.4%	14.8%	13.2%	15.3%	19.0%	11.0%	14.2%	8.3%
男性50代	11.7%	13.4%	11.1%	11.1%	13.1%	9.2%	6.1%	11.0%	10.5%	13.5%	9.5%	13.0%	14.4%	7.9%
男性60代	9.7%	6.0%	9.5%	10.2%	11.2%	4.4%	3.5%	6.2%	8.9%	15.2%	3.3%	13.0%	18.0%	5.6%
女性20代	7.6%	8.6%	6.4%	7.8%	6.8%	8.4%	10.2%	9.1%	8.6%	5.5%	8.1%	6.4%	4.4%	9.6%
女性30代	11.7%	11.1%	15.3%	12.6%	10.0%	5.9%	6.6%	10.0%	14.1%	6.6%	6.2%	11.3%	8.7%	11.9%
女性40代	10.3%	9.7%	15.6%	11.3%	7.5%	4.3%	1.7%	7.4%	9.0%	4.4%	2.9%	11.3%	8.4%	12.0%
女性50代	9.0%	6.9%	10.7%	10.0%	5.9%	3.5%	1.6%	6.1%	7.8%	6.2%	1.4%	11.1%	9.2%	10.1%
女性60代	5.9%	2.4%	5.1%	6.5%	3.9%	1.6%	0.8%	3.1%	4.9%	5.9%	0.5%	6.0%	8.5%	8.6%

男性は通勤・通学、趣味・自分への投資に対して、女性は送り迎えや買い物に利用する割合が大きい。ここでは男女差が生じた。

次に同居人数に関する分析を行い、下の表 3.2 を得た。(N=22448)

■ 質問項目

(自分または家族と共有の車を持っている、または、車を持っていないが「1年以内
に購入する予定がある」「いずれ購入したい」と回答した人に質問) 車を所有する(し

たい)主な目的や理由は何ですか。この中からあてはまるものすべてお答えください。

・ 選択肢(移動行動)

通勤、通学等の移動手段として、家族の送り迎えとして、買い物時の移動や荷物の運搬手段として、ドライブ・運転自体を楽しむため、一種のステータスとして、デートの必需品として、ひとりでくつろぐ・時間を過ごすため、家族・友人とくつろぐ・時間を過ごすため、自分の趣味・趣向を満たすため、他人からの注目を浴びるため、緊急時・非常時の避難先として、その他、特になし

■ 質問項目

あなたと現在一緒に住んでいる方は何人いますか。同居している家族のほか、家族以外で同居している方がいましたら、その方も含めた人数をこの中から1つお答えください。

・ 選択肢(世帯属性)

0人(同居人はいない),1人,2人,3人,4人,5人,6人,7人,8人,9人,10人以上

表 3.2 : 同居人数に関するユーザー分析

集計結果(%表)	合計	通勤・通学等の移動手段として	家族の送り迎えとして	買い物時の移動や荷物の運搬手段として	ドライブ・運転自体を楽しむため	一種のステータスとして	デートの必需品として	ひとりでくつろぐ・時間を過ごすため	家族・友人とくつろぐ・時間を過ごすため	自分の趣味・趣向を満たすため	他人からの注目を浴びるため	緊急時・非常時の避難先として	その他	特になし
合計	22448	9624	8771	16808	9798	1143	1038	2298	3998	4781	210	2188	1045	1363
0人(同居人はいない)	12.3%	14.2%	3.4%	11.7%	15.0%	20.4%	31.1%	20.8%	7.8%	17.0%	19.0%	11.3%	15.0%	8.9%
1人	10.2%	9.0%	8.8%	10.6%	11.0%	8.9%	10.1%	10.0%	9.0%	12.7%	6.2%	12.0%	15.7%	7.0%
2人	24.7%	22.0%	24.0%	25.0%	24.0%	18.9%	19.7%	21.4%	25.3%	22.8%	16.7%	24.3%	24.7%	27.9%
3人	26.0%	25.5%	29.8%	26.4%	25.1%	25.2%	18.9%	22.8%	27.6%	23.7%	30.0%	27.2%	23.8%	26.3%
4人	17.4%	18.2%	22.0%	17.2%	15.8%	16.5%	11.0%	16.0%	19.5%	14.8%	15.7%	16.1%	13.2%	20.5%
5人	6.1%	7.0%	7.7%	5.9%	6.1%	6.3%	5.6%	5.8%	6.9%	5.9%	6.7%	5.5%	5.1%	6.8%
6人	2.3%	2.8%	3.1%	2.3%	2.2%	2.5%	2.2%	2.1%	2.7%	2.0%	2.4%	2.3%	2.0%	1.8%
7人	0.7%	0.9%	1.0%	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%	0.8%	0.9%	0.9%	1.4%	0.9%	0.3%	0.5%
8人	0.2%	0.2%	0.3%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.5%	0.1%	0.2%	0.3%
9人	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10人以上	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.4%	0.1%	0.1%	0.1%	1.4%	0.1%	0.0%	0.0%

独身者は趣味やステータスとして車を所有するのに対して、同居人数が3人以上となると送り迎えや買い物など実用的なことを目的に車への所有意欲が生じている。

次に年収に関する分析を行い、表 3.3 を得た。(N=21998)

■ 質問項目

(自分または家族と共有の車を持っている、または、車を持っていないが「1年以内に購入する予定がある」「いずれ購入したい」と回答した人に質問)車を所有する(したい)主な目的や理由は何ですか。この中からあてはまるものすべてお答えください。

- ・ 選択肢(移動行動)
通勤、通学等の移動手段として、家族の送り迎えとして、買い物時の移動や荷物の運搬手段として、ドライブ・運転自体を楽しむため、一種のステータスとして、デートの必需品として、ひとりでくつろぐ・時間を過ごすため、家族・友人とくつろぐ・時間を過ごすため、自分の趣味・趣向を満たすため、他人からの注目を浴びるため、緊急時・非常時の避難先として、その他、特になし
- ・ 選択肢(所得)
世帯年収(回答者本人+配偶者)

表 3.3 : 年収に関するユーザー分析

集計結果(%表)	合計	通勤・通学等の移動手段として	家族の送り迎えとして	買い物時の移動や荷物の運搬手段として	ドライブ・運転自体を楽しむため	一種のステータスとして	デートの必需品として	ひとりでくつろぐ・時間を過ごすため	家族・友人とくつろぐ・時間を過ごすため	自分の趣味・趣向を満たすため	他人からの注目を浴びるため	緊急時・非常時の避難先として	その他	特になし
合計	21998	41.5%	38.0%	76.9%	44.0%	5.1%	4.4%	10.1%	17.8%	20.8%	0.9%	9.6%	4.3%	5.9%
特になし	462	23.8%	39.6%	77.5%	34.8%	4.3%	3.8%	10.8%	15.2%	17.1%	1.1%	11.5%	4.8%	10.6%
50万円未満	782	40.5%	29.8%	70.3%	36.7%	4.6%	6.0%	11.8%	10.6%	18.5%	0.6%	10.0%	4.7%	11.8%
50万円～100万円未満	821	44.1%	33.6%	73.3%	42.8%	7.1%	8.4%	15.1%	16.1%	21.6%	1.6%	11.8%	5.4%	8.8%
100万円～200万円未満	1696	46.4%	30.8%	75.3%	42.3%	4.4%	5.6%	14.3%	14.3%	22.5%	1.1%	9.8%	5.0%	6.3%
200万円～300万円未満	2337	46.0%	32.7%	76.9%	44.8%	4.9%	6.7%	12.1%	16.0%	22.8%	0.5%	9.2%	4.5%	4.7%
300万円～400万円未満	2796	43.8%	35.1%	78.1%	45.2%	4.5%	5.8%	10.7%	17.5%	21.8%	1.0%	9.3%	3.4%	5.3%
400万円～500万円未満	2721	41.6%	36.3%	78.1%	44.1%	5.0%	5.1%	9.3%	17.8%	19.9%	0.8%	9.5%	4.2%	4.1%
500万円～600万円未満	2299	41.4%	40.7%	78.9%	42.3%	4.6%	3.4%	8.9%	19.9%	18.7%	0.7%	9.5%	3.8%	5.4%
600万円～700万円未満	1752	39.3%	43.3%	79.2%	46.3%	5.0%	2.4%	8.9%	22.0%	21.4%	0.8%	11.1%	4.3%	4.4%
700万円～800万円未満	1470	43.5%	45.6%	79.6%	46.5%	5.3%	3.1%	8.3%	20.2%	22.7%	1.1%	8.8%	4.6%	3.8%
800万円～900万円未満	1072	40.4%	43.5%	78.2%	45.0%	5.1%	2.1%	7.0%	19.7%	17.7%	0.6%	8.3%	3.7%	4.8%
900万円～1000万円未満	907	39.3%	42.7%	76.3%	45.3%	4.9%	2.1%	6.4%	19.6%	21.3%	0.7%	9.2%	3.2%	4.9%
1000万円～1200万円未満	956	35.6%	48.0%	76.9%	45.6%	6.6%	2.0%	7.6%	18.9%	19.2%	0.9%	9.2%	4.3%	4.9%
1200万円～1500万円未満	547	37.1%	46.4%	77.0%	45.3%	6.4%	1.3%	6.8%	20.1%	22.5%	1.1%	8.4%	5.5%	5.5%
1500万円～2000万円未満	300	42.0%	45.0%	76.7%	48.7%	7.3%	4.0%	8.0%	20.0%	22.3%	1.7%	8.3%	4.3%	3.3%
2000万円～3000万円未満	142	33.8%	39.4%	82.4%	52.1%	10.6%	1.4%	15.5%	20.4%	28.9%	2.8%	14.1%	8.5%	5.6%
3000万円～5000万円未満	44	29.5%	34.1%	81.8%	47.7%	13.6%	6.8%	6.8%	27.3%	20.5%	2.3%	20.5%	4.5%	0.0%
5000万円～1億円未満	19	31.6%	26.3%	73.7%	63.2%	15.8%	10.5%	21.1%	21.1%	47.4%	5.3%	15.8%	0.0%	5.3%
1億円以上	8	37.5%	50.0%	50.0%	62.5%	25.0%	0.0%	12.5%	25.0%	27.5%	12.5%	12.5%	0.0%	12.5%
わからない	867	35.9%	25.5%	64.5%	39.8%	3.7%	4.0%	10.1%	12.3%	18.3%	0.8%	8.0%	5.9%	17.2%

年収 200 万円未満と 200 万円以上で大きな差が生じた。前者は送り迎えや買い物を目的と捉える割合が大きいものに対して、後者は通勤・通学、趣味、ステータスと実用的な目的から趣味まで幅広い目的がある。

次に環境意識若しくは新しい技術に対して興味を持つユーザー層を調査するために、電気自動車の購入意向に関する分析を行い、表 3.4 を得た。(N=27973)

■ 質問項目

(「以前購入したことがあるがいまは持っていない」または「購入したことはないが、商品は知っている」と回答された新商品について質問) 購入意向がある場合にはいつ頃から商品ごとに、それぞれ 1 つお答えください。【電気自動車(i-MiEV、リーフ等)】

- ・ 選択肢(購入意向)
2011年内に購入したい, 2012年に購入したい, 2013年に購入したい, 時期未定だが購入したい, 購入しようと思わない
- ・ 選択肢(個人属性)
性別・年代

表 3.4 : 電気自動車購入意向に関するユーザー分析

集計結果(%表)	合計	男性 20代	男性 30代	男性 40代	男性 50代	男性 60代	女性 20代	女性 30代	女性 40代	女性 50代	女性 60代
合計	27973	2560	3449	3116	2909	2485	2497	3290	2950	2667	2050
2011年内に購入したい	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.2%	0.3%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.4%
2012年に購入したい	0.4%	0.7%	0.4%	0.3%	0.5%	0.6%	0.3%	0.4%	0.2%	0.2%	0.1%
2013年に購入したい	0.4%	1.1%	0.4%	0.4%	0.5%	0.9%	0.4%	0.1%	0.1%	0.1%	0.6%
時期は未定だが購入したい	33.4%	33.3%	38.5%	39.8%	42.9%	40.6%	22.8%	27.4%	27.2%	30.5%	28.2%
購入しようと思わない	65.5%	64.6%	60.3%	59.1%	55.8%	57.5%	76.2%	71.9%	72.3%	69.0%	70.7%

この結果、男性は「時期は未定だが購入したい」と回答する割合が大きく、一方で女性は「購入しようと思わない」と回答する割合が大きくなっており、性別による差が見られた。

最後に電気自動車よりも安価で比較的普及が進んでいるハイブリッドカーについて環境意識と新しい技術に対して興味を持つユーザー層を調査するために同様の分析を行い、下の表 3.5 を得た。(N=27016)

■ 質問項目

(「以前購入したことがあるがいまは持っていない」または「購入したことはないが、商品は知っている」と回答された新商品について質問) 購入意向がある場合にはいつ頃から商品ごとに、それぞれ1つお答えください。【電気自動車(i-MiEV、リーフ等)】

- ・ 選択肢(購入意向)
2011年内に購入したい, 2012年に購入したい, 2013年に購入したい, 時期未定だが購入したい, 購入しようと思わない

- ・ 選択肢(個人属性)
性別・年代

表 3.5 : ハイブリッドカー購入意向に関するユーザー分析

集計結果(%表)	合計	男性 20代	男性 30代	男性 40代	男性 50代	男性 60代	女性 20代	女性 30代	女性 40代	女性 50代	女性 60代
合計	27016	2503	3361	3048	2790	2358	2416	3225	2859	2547	1909
2011年以内に購入したい	0.7%	0.7%	0.8%	0.9%	1.1%	1.1%	0.3%	0.3%	0.5%	1.0%	0.6%
2012年に購入したい	0.9%	1.1%	0.8%	1.1%	1.4%	1.4%	0.7%	0.5%	0.7%	0.7%	0.9%
2013年に購入したい	0.9%	1.1%	0.9%	1.3%	1.2%	1.8%	0.6%	0.3%	0.2%	0.5%	0.6%
時期は未定だが購入したい	45.0%	41.6%	47.8%	53.1%	53.8%	50.6%	34.4%	39.4%	42.5%	45.5%	37.8%
購入しようと思わない	52.5%	55.5%	49.7%	43.7%	42.4%	45.0%	64.1%	59.4%	56.1%	52.3%	60.1%

電気自動車の場合と同じく性別によって購入意向に関して差が生じた。男性は「購入したい」という割合が大きいものに対して、女性は「購入しようとは思わない」という割合が大きくなっている。

以上の分析から超小型モビリティの想定ユーザーとして以下の層が挙げられると考えられる。

- ・ 年収 200 万未満、同居人数 1 人以下
- ・ 年収 500 万円以上、同居人数 3 人以上

3.3 走行シナリオ

第1章で述べたようにコンパクトシティとヨーロッパの交通システムに関するシンガポール、オランダ(アムステルダム)、スイス(チューリッヒ)、フランス(パリ)に関する視察調査を基に走行シナリオを考えた。

都市の走行環境に応じて超小型モビリティが用いられるシナリオを考えた。

① 都市流入完全制限シナリオ

超小型モビリティ以外の都市への流入を完全に禁止するシナリオ。コンパクトシティを想定して、住民は域内では主に超小型モビリティや公共交通機関を利用する。また域外へ移動する際は公共交通機関に加えて、既存の自動車など超小型モビリティと比較して大きな交通媒体を利用する。

② 使用地域制限シナリオ

住宅地や商店街など低速が求められる場所に限定して超小型モビリティの使用を制限するシナリオ。域内では制限速度時速 30km 以内を想定し、域外の交通システムは変化なく既存のものを使う。

③ 道路レーン分割シナリオ

自動車や二輪車など既存の交通システムと超小型モビリティを走行レーンで分割するシナリオ。超小型モビリティに関しては速度制限を設ける。

④ 既存交通と同等走行規制シナリオ

既存の自動車と同じ走行規制を適用するシナリオ。安全面など制度的なことは考慮された上で、既存の自動車や二輪車と同じように走行を行う。速度や走行形態は原動付き自転車に即する。

3.4 コンジョイント分析

想定されるユーザーに製品に対する要望を尋ねた際に、単純にユーザーが求めるものを追究すると、「高品質」、「低価格」という調査結果が出てくる場合が多い。しかしながらユーザーが求める声を可能な限り取り込もうとすると、「高品質」かつ「低価格」を両立するのは実現するのは難しく、個々人により選好は異なるので、実際に完成された製品をユーザーが手に取った時に、全員が納得のいくものであることは少ない。そこでアンケート調査などで商品の選好を尋ねる場合、その商品がどの程度好きなのか、またどの要因が選好の判断に影響を及ぼしたのかを解析する手法がコンジョイント分析であり、調査対象者の回答順序データをもとに、対象とする属性間の相対的重要度(寄与率)と、それら属性の各水準に対する魅力度(効用値)を明らかにする多変量解析技法である^[32]。

コンジョイント分析は、各属性のトレード・オフ関係の中で、消費者が実際に製品選択をする際の判断を模擬しているため、現実在即した解が得られやすい。また新製品の開発には通常、膨大な開発費がかかり、市場で新製品が売れなかった時には大きな損失をこうむるが、消費者の求める製品仕様を把握しておけば、その新製品の市場での成功度は高まることとなる。

このようなこともあり、コンジョイント手法を消費者行動に適用する可能性について述べた Green & Lao(1971)^[33]以後、Green, Carmone & Wind (1972)^[34]など多様な拡張と適応例がそれに続いた。また 1980 年代にアメリカにおいてコンジョイント・リサーチが急速に発展をして、現在でも多くの企業で活用されている調査方法である^[35]。

なおコンジョイント分析において代表的に用いられる手法を以下に示す。

① CVA(Conjoint Value Analysis)

回答者が嗜好に従ってプロファイル即ちカードに順位、序列をつけるフルファイルアプローチを使用する。

② CBC(Choice Based Conjoint)

店頭を再現する選択型コンジョイント。価格を提示要素に含めた場合、常に商品の価格も表示されるので、価格を扱うのに向いている。

③ ACBC(Adaptive Choice Based Conjoint)

BYO(Build Your Own)質問により、回答者の好みが増減の質問を効率良く提示する。

④ ACA(Adaptive Conjoint Analysis)

沢山の評価すべき要素を含む製品での分析に向いている。消費者が属性を分からなくても、取り敢えず回答するアプローチが可能である。

⑤ MBC(Menu Based Conjoint)

メニューにおける価格を維持しながら理想的な製品にどのような要因が必要なのか絞っていく方法。

なお、今回はアンケート回収方法と分析の簡素化を目的として、CVAにて行った。プロフィールを作成して回答者に提示することによって順位・序列をつけてもらい、その分析を行った。

3.5 アンケート回収

Web アンケート Qualtricsⁱを用いてアンケート調査を行った。インターネット調査を採用したのは回収期間が短い、かつ調査費用に制約があるなどあくまで実用上の理由である。調査は2012年10月10日～30日に実施された。なおアンケートの回答総数、回答者性別、回答者年齢層をそれぞれ次の表3.6、表3.7、表3.8に示す。

表 3.6 : アンケート回答総数

回答総数	有効回答
185	183

表 3.7 : アンケート回答者性別

	国勢調査 ^[36]	本調査
男性	48.7%	73.5%
女性	51.3%	26.3%

ⁱ Qualtrics…多くの企業でもアンケート調査に使用されるオンラインサーベイツール。
<https://www.qualtrics.com/>

表 3.8 : アンケート回答者年齢層

	国勢調査 ^[36]	本調査
10代	10.2%	2.9%
20代	11.6%	41.2%
30代	15.2%	23.5%
40代	14.8%	20.6%
50代	13.6%	7.4%
60代	15.8%	4.4%
70代以上	7.3%	0.0%

3.6 選好要素分析結果

本節ではコンジョイント分析において「動力源」、「価格」、「最高車速」、「乗員定数」、「年間維持費」について嗜好度を分析した結果を示す。

製品価格について得られた結果を図 3.2 に示す。製品価格に関しては「30 万円」、「50 万円」、「70 万円」、「90 万円」、「110 万円」の選択肢を用意した。これは競合製品と想定される軽自動車の新車販売価格が車種や車両サイズにも依るが、70 万～110 万円程度、中古販売価格が 30 万円～50 万円程度であることから、軽自動車と比較して小型の超小型モビリティの想定価格の幅を設定した。

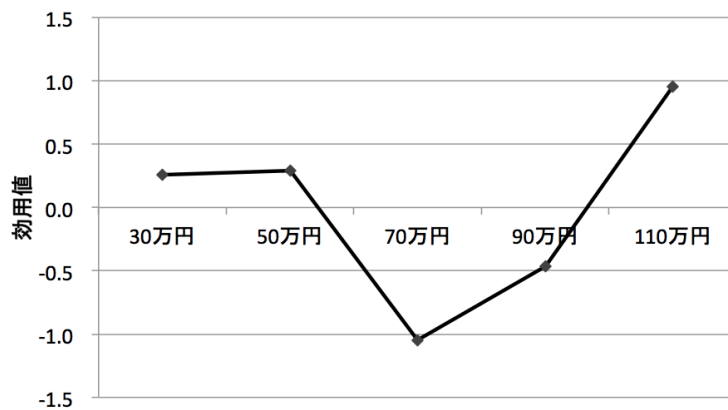


図 3.2 : 製品価格分析結果

図 3.2 により「30 万円」、「50 万円」という低価格帯を求めるユーザーがいるのに対して、「70 万円」、「90 万円」という比較的高い価格の場合は敬遠されることが分かった。しかしながら「110 万円」の場合は効用値が正となっているなど、低価格帯を求める層がいる一方で、高価格帯でも購入を考える層が存在していることが分かった。

年間維持費について得られた結果を下の図 3.3 に示す。年間維持費に関しては「5 万円」「10 万円」「15 万円」「20 万円」「25 万円」「30 万円」「35 万円」「40 万円」の選択肢を用意した。

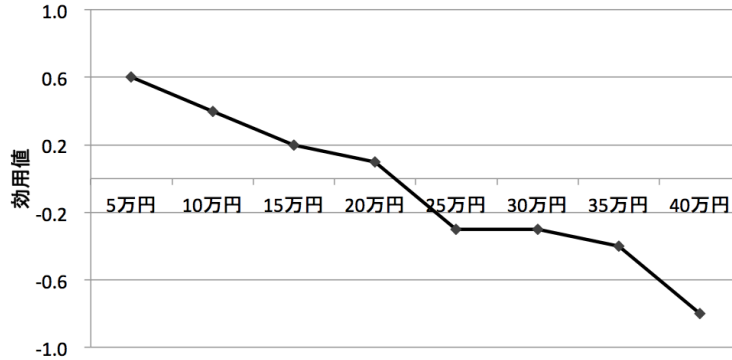


図 3.3 : 年間維持費分析結果

図 3.3 に示すように年間維持費は安ければ安いほど良いという結果が得られた。しかしその中でも 20 万円以下までは値が正となっており、そこまでの範囲内であれば許容される可能性があることが分かった。

最高車速について得られた結果を図 3.4 に示す。「45km/h 未満」、「45km/h 以上」の選択肢を用意した。これは 2.2 節で述べたフランスにおけるクワドリシクルが「クワドリシクル・レジェ(軽量級)」の最高速度が時速 45km に制限されていることやアメリカにおける NEV が最高時速約 50km より速いか遅いかにより走行環境を変えていることから、日本においてもこれら海外事例が最高時速を決める一例になると考え、選択肢を設定した。

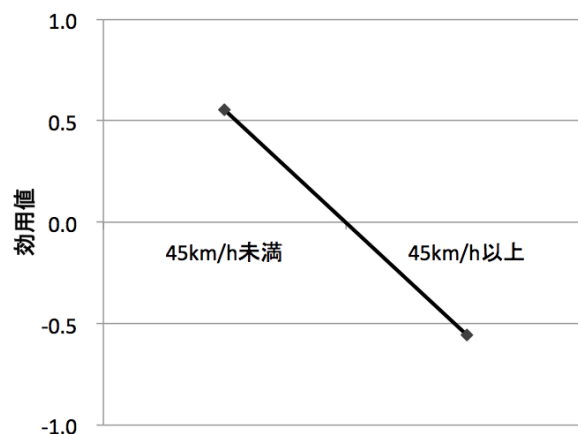


図 3.4 : 最高車速分析結果

図 3.4 に示すように相対的に低速を求めていることが分かった。これは他の自動車と衝突安全性に対して危うさを感じていることにより、低速を求めていると考えられる。

乗員定数について得られた結果を図 3.5 に示す。ここでは「1人」、「2人」の選択肢を用意した。これは 1.3 節の定義で述べた通り、本論文では超小型モビリティは1人乗り若しくは2人乗りであるとしているので、どちらが好まれるのかを調査するために選択肢を設定した。

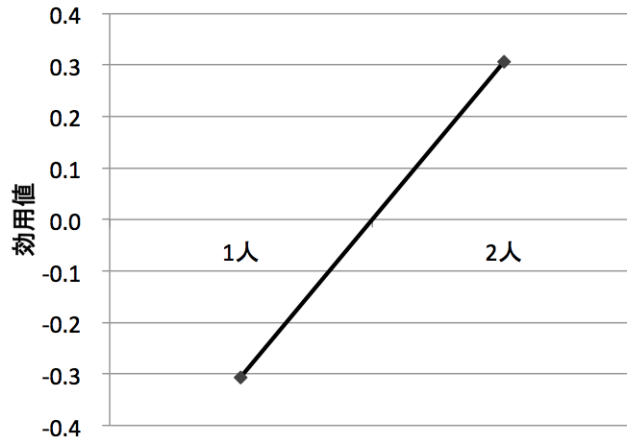


図 3.5 : 乗員定数分析結果

図 3.5 に示すように「1人」よりも「2人」を望んでいることが分かった。乗員定数が少ないながらも荷物を置くなど余裕のあるスペースを必要とする、または同乗者を乗せる可能性があるという心理が働いていると考えられる。

動力源について得られた結果を図 3.6 に示す。「電気」、「ガソリン」の選択肢を用意した。超小型モビリティは車両サイズが小型であり、製品価格が低価格であると想定されるため、ハイブリッドシステムは考えないこととした。

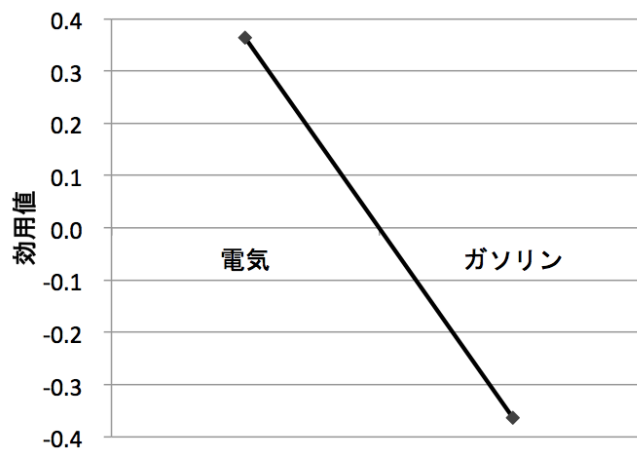


図 3.6 : 動力源分析結果

図 3.6 に示すように「電気」よりも「ガソリン」によるエネルギー源による駆動を求めていることが分かった。図 3.3 で示したように年間維持費が安ければ安い方が良いという結果であり、ガソリンよりも電気の方が比較的維持コストが安いことが選択された一因であると考えられる。また環境面に優しいことが「電気」を選んだ理由の一つだと考えられる。

以上の分析の結果より、想定ユーザーは超小型モビリティの特性としてエネルギー源として「電気」、車速については「低速」、乗員定数については「2人乗り」を求めていることが分かった。

次にこれら「動力源」、「価格」、「最高車速」、「乗員定数」、「維持費」の中でどの要素が消費者にとって重要なのかを示した重要度値のグラフを図 3.7 に示した。なお重要度値とは各効用の範囲(最高から最低)を全効用範囲の和で割ることにより計算され、被験者ごとに別々に行われてから全被験者の平均が取られて得られる。また図 3.7 では平均化された重要度値を使用した。

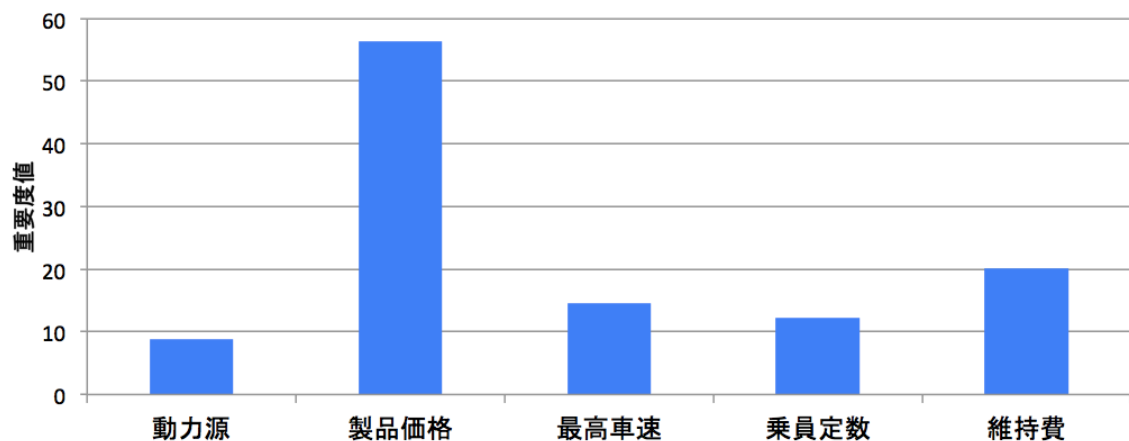


図 3.7 : 要素重要度

以上の結果より、年間の維持費と製品価格と言った金額の要素が他の要素よりも重視されており、製品自体の価格を最も重要視していることが分かった。これは 3.5 節で示したようにアンケート回答者が若者に偏っていることが要因の一つと考えられる。しかしながら、その層について金額の要素が重要視されていたので、次の 3.7 節では製品価格について分析を行った。

3.7 PSM 分析

消費者が求める製品の価格については「価格感度測定法」(PSM 分析 : Price Sensitivity Measurement)を用いて分析を行う。

PSM 分析は特定製品や製品カテゴリに対する消費者の価格意識、特に許容範囲を捉えることで、最も多くの消費者に受容される価格を明らかにする手法である。そもそも製品の価格は景気動向などによって左右されることが多く、価格設定によって売上も大きな影響を受ける。さらに消費者の「買いたい」と感じる価格は非常に恣意的な側面が強い。そこで販売者と消費者の価格意識に対するギャップを軽減するために開発された。

具体的には質問紙調査によって消費者に4つの質問を行う。即ちこれ以上安くすると品質を疑われる金額である「最低品質保証価格」、本当ならこの程度であって欲しい価格である「理想価格」、これ程度ならば仕様が無いと思う価格である「妥協価格」、これ以上高くなると誰も買わなくなる価格である「最高価格」の4つについて回答を貰い、得られた回答から累積データを基にユーザーが求める価格を分析するものである。なお図解されたものを次の図 3.8 に示した。

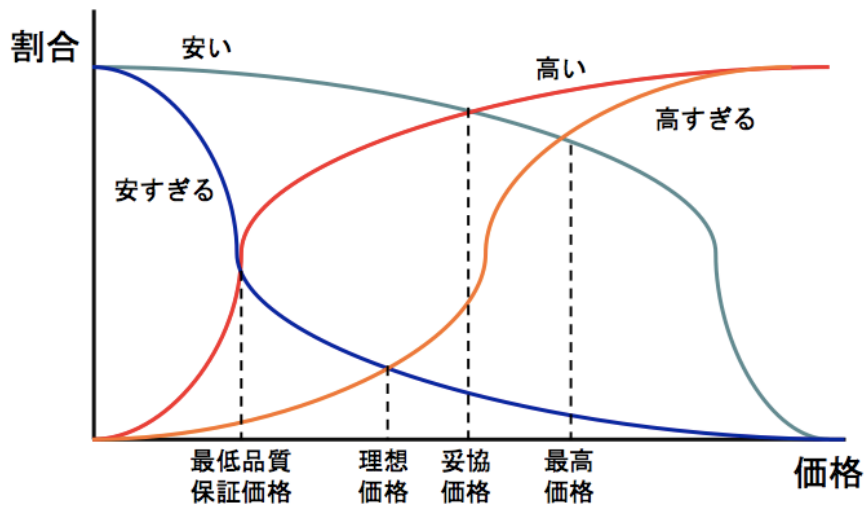


図 3.8 : PSM 分析の説明

なお PSM 分析は既存カテゴリで価格認識が固まっている分野には適さない一方で、新コンセプトや新カテゴリ商品の受容を捉えるのに有効な手段である。本論文では「超小型モビリティ」という日本では市場に出回っていない新カテゴリの製品を扱うため、PSM 分析は有効であると言える。

3.8 価格分析結果

「都市流入完全シナリオ」における PSM 分析の価格グラフと受容価格について次の図 3.9 と表 3.9 にそれぞれ示す。

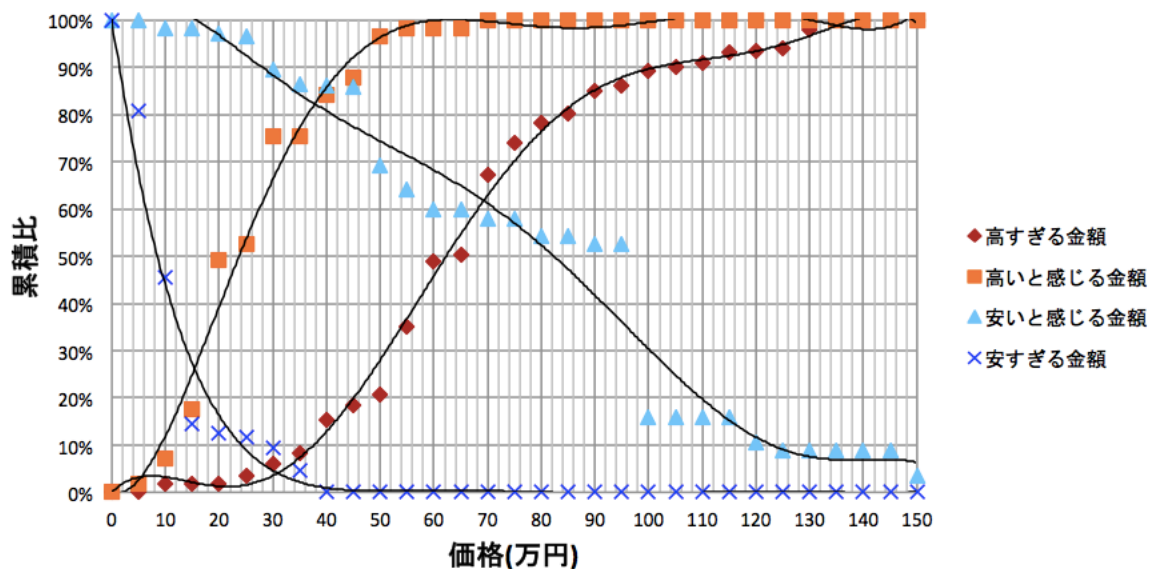


図 3.9 : 都市流入完全制限シナリオにおける PSM 分析

表 3.9 : 都市流入完全制限シナリオ受容価格

最低品質保証価格	16.0 万円
理想価格	31.1 万円
妥協価格	38.0 万円
最高価格	69.3 万円

「使用地域限定シナリオ」における PSM 分析の価格グラフと受容価格について次の図 3.10 と表 3.10 にそれぞれ示す。

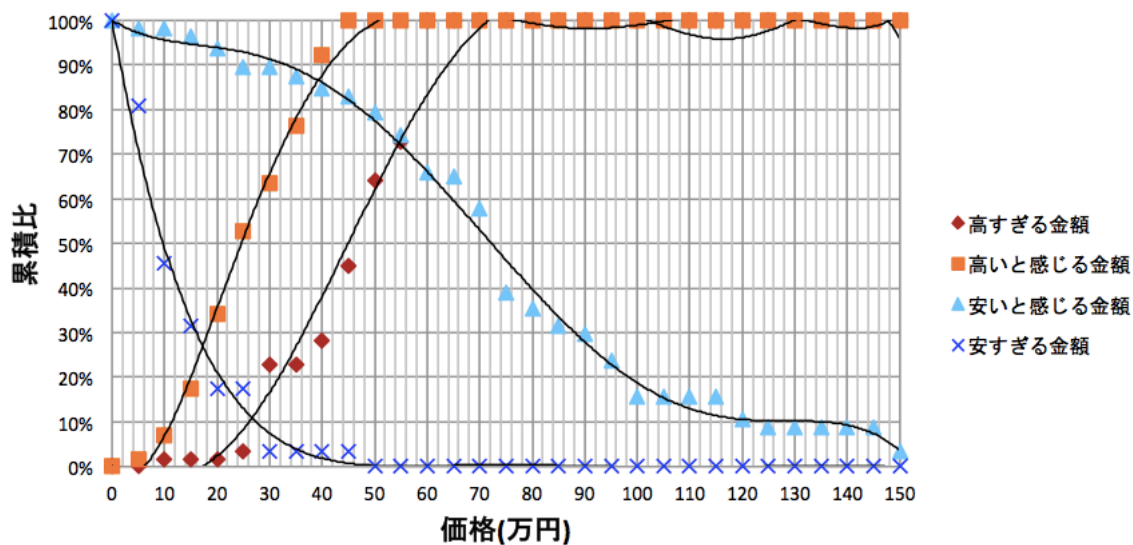


図 3.10 : 使用地域限定シナリオにおける PSM 分析

表 3.10 : 使用地域限定制限シナリオ受容価格

最低品質保証価格	18.2 万円
理想価格	26.0 万円
妥協価格	39.5 万円
最高価格	55.6 万円

「使用地域限定シナリオ」における PSM 分析の価格グラフと受容価格について次の図 3.11 と表 3.11 にそれぞれ示す。

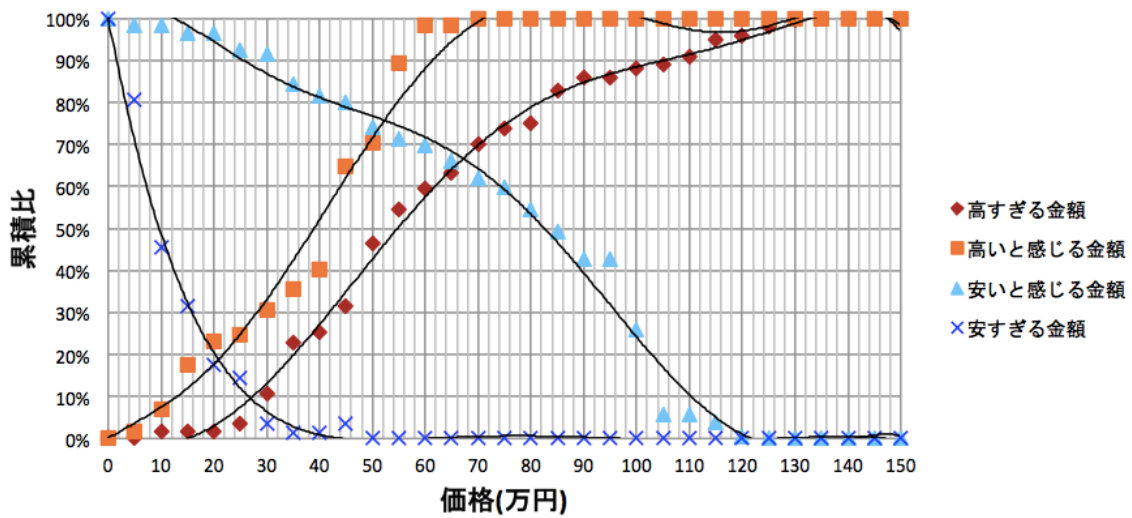


図 3.11 : 道路レーン分けシナリオにおける PSM 分析

表 3.11 : 道路レーン分けシナリオ受容価格

最低品質保証価格	21.0 万円
理想価格	26.0 万円
妥協価格	52.4 万円
最高価格	65.6 万円

「既存交通と同じ規制シナリオ」における PSM 分析の価格グラフと受容価格について次の図 3.12 と表 3.12 にそれぞれ示す。

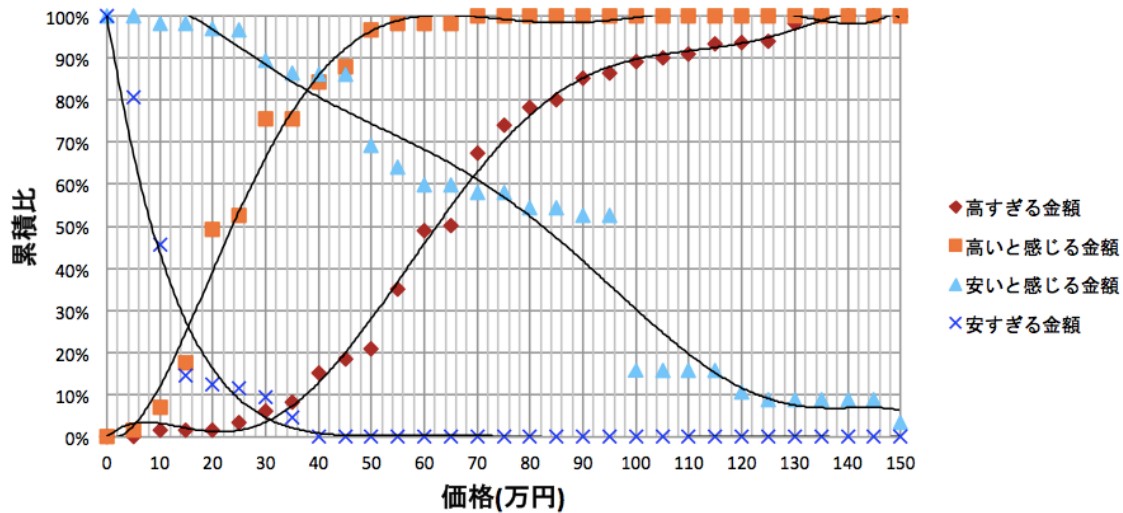


図 3.12 : 既存交通と同じ規制シナリオにおける PSM 分析

表 3.12 : 既存交通と同じ規制シナリオ受容価格

最低品質保証価格	16.1 万円
理想価格	32.0 万円
妥協価格	38.5 万円
最高価格	68.0 万円

3.9 評価

「都市流入完全制限シナリオ」と「既存の自動車と同じシナリオ」では他のシナリオと比較して理想価格が約 20%高い。これは交通手段が制限される前者と他の乗用車との衝突安全性が求められる後者では、超小型モビリティに対する価値が高くなったと感られる。また「使用地域制限シナリオ」では他のシナリオと比較して理想の価格帯が低くなっている。しかしながら、ユーザー層が求める価格帯はいずれのシナリオの場合も 40 万円以下であり、日本でも日産自動車から販売される予定される RENAULT 「Twizy」のフランスにおける販売価格 6990 ユーロ(日本円約 70 万円ⁱⁱ)やトヨタ車体から販売が開始された「COMS」の販売価格 79.8 万円(補助金込みにより消費者負担額約 60 万円)ⁱⁱⁱとなっており、メーカー側の価格設定に対して、想定ユーザーが求める価格帯がとても低くなっている。従って、普及のためには製品価格や国の補助金のあり方の見直し、カーシェアリングなど複合的なビジネスシステムの構築が必要と考えられる。

ⁱⁱ 1 ユーロを 100 円として換算(2012 年 10 月)

ⁱⁱⁱ トヨタ車体「COMS」メーカー希望小売価格(消費税込み、2013 年 1 月現在)…法人向け B・COM タイプ(デリバリー:77.3 万円、デッキ:73.1 万円、ベーシック:66.8 万円)、個人向け P・COM タイプ(79.8 万円)

第4章

需要予測

本章では、超小型モビリティの中長期的な需要予測について、Bassモデルを用い、潜在需要と類似製品から得られたパラメータを基に行ったシミュレーションの方法と結果について記述する。

4.1 需要予測

需要予測とは物の需要を短期的または長期的に予測することである。将来の需要量を予測することは製品の供給をする側である企業にとって、製品在庫の適正化、仕掛け品・原材料・貯蔵品の適正化、販売計画と生産・調査計画の連携立案、設備や人材などの最適配置などあらゆる計画や活動の基礎になる重要なデータとなり、かつ SCM(サプライチェーン・マネジメント)ⁱの普及に伴い、「売れる量だけ生産する」ためには生産部門と販売部門の連携が重要となるので、利益を向上させるためには必要不可欠なものである。また商品やサービスを提供する関連するステークホルダーにとっても需要予測は必要なデータとなる。本論文で対象とする超小型モビリティに関しては、2.5節で述べたように様々なステークホルダーが普及にあたり関連しており、加えてインフラ面の整備、環境評価など他の要因の分析にも需要予測は有用である。

4.2 分析の流れ

本論文ではどのぐらい需要があるのかを新製品の普及モデルとして利用されることが多い Bass モデルによって超小型モビリティの今後の需要の予測を行う。本論文で研究対象としている「超小型モビリティ」と類似する形態である「smart」と「Twizy」の当期販売台数と累積販売台数から内的影響と外的影響に関するパラメータを推定する。また Bass モデルでは潜在需要という市場規模を表すパラメータも必要とされる。ここではユーザー層の類似を想定して軽自動車と次世代自動車を潜在需要として考え、需要予測の分析を行う。

4.3 Bass モデル

新製品の普及に限らず、一般的に社会や経済の現象を分析にはそれがどのような現象であっても、関連する全ての要因を把握することは不可能である。そこで、これら関連要因のうち重要な要因だけに着目して、現実の社会や経済現象を説明する分析モデルを構築する必要がある。分析モデルは現実の複雑な関係を主要要因と数式だけによって近似させたもので、現実の主要要因データをモデル式に代入することによって導出することができる。

しかし新製品の普及過程の分析は、通常新製品の導入前や導入して間もない期間に実施させることが多いので、分析に必要な十分な量の主要要因の時系列データを利用することが難しい。そこで新製品の普及分析には、アンケートや類似製品の販売動向データが参考にされるが、そのような場合には、研究者やアンケート回答者の主観的判断が分

ⁱ SCM(Supply Chain Management:サプライチェーン・マネジメント)…物流システムをある1つの企業内部に限定するのではなく、複数の企業間で統合的な物流システムを構築し、経営の成果を高めるためのマネジメントのこと。

析結果に反映されて、分析精度に影響を与えることが指摘されている。

このような欠点を補うために、1960年代以降現在までの間に「マーケティング・サイエンス」と呼ばれる普及分析や予測モデルが多数開発されている。「マーケティング・サイエンスモデル」とは、製品普及過程論などの経済理論を援用して数学的なモデルを構築して、計量経済学的手法を用いてデータの分析処理を行い、製品の普及過程を理論的・客観的に解析する手段である。

これら「マーケティング・サイエンスモデル」の基礎となったのが Bass(1969)による「耐久消費財の新製品成長モデル(A New Product Growth for Model Consumer Durables)」(以下 Bass モデルと呼ぶ)である。「Bass モデル」は後に Bass 本人や他の多くの研究者達により改良が加えられており、Bass モデルは改良されたモデルと共に耐久消費財だけではなく、農業、教育、医薬品などの市場分析に活用されてきた。

「Bass モデル」の基本的構成を、モデル式を用いて説明する。Bass モデルの基本的構成は「(ある製品をまだ購入していない人のうち t 期で購入する人数)は、(まだ購入していない人のうち既に購入した人の影響を受けない人の数)+(まだ購入していない人のうち既に購入した人の影響を受けて購入する人の数)に等しい」と表現することができる。

ここで、 m を潜在市場規模(潜在的な最終購入者数で、これ以上、当該製品の普及が進まない、飽和普及水準を示す)、 $n(t)$ を t 期の購入者数、 $N(t-1)$ を $t-1$ 期までの累積購入者数($t-1$ 期までに既に購入した人の合計数)とするとモデル式は次のように表される。

$$n(t) = \rho_p \{M - N(t-1)\} + \rho_q \frac{N(t-1)}{M} \cdot \{M - N(t-1)\} \quad (4.1)$$

$$N(t) = N(t-1) + n(t) \quad (4.2)$$

M : 潜在需要, $n(t)$: t 期の購入者数, $N(t)$: t 期までの累積購入者数

ρ_p : 外的影響係数(既存購入者とは無関係な影響), ρ_q : 内的影響係数(既存購入者の影響)

なお外的影響係数 ρ_p とはまだその製品を使っていない人が広告などの外的な要素に影響されて利用を開始する見込みを示す係数であり、内的影響係数 ρ_q とはまだその製品を使っていない人が既にその製品を使っている人からの影響を受けて利用を開始する見込みを示す係数である。

次に Bass モデルの主要な仮定について説明する。

仮定①: 潜在需要 M 、外的影響係数 ρ_p 、内的影響係数 ρ_q は一定である。

仮定②: 新製品の普及は、価格や広告などの販売戦略や景気や所得などの外部影響には影響されない。

仮定③: 新製品の普及は、その製品の市場の特性の変化に影響されない。

仮定④：新製品の普及は他の製品の普及とは独立。また先行製品モデル、後継製品モデル、および代替製品モデルの普及の影響を受けない。

仮定⑤：初回のみ購入モデルで、更新購入や追加購入を含まない。

仮定⑥：新製品の供給サイドの制約を量的にも時間的にも考慮しない。

このように Bass モデルは仮定が複数あるものの、新製品の耐久消費財の普及の時間的推移に関する分析に適したモデルであり、潜在需要 M 、外的影響係数 ρ_p 、内的影響係数 ρ_q の3つのパラメータと当期購入者 $n(t)$ 、累積購入者 $N(t)$ の2つの変数だけを用いた簡潔なモデルである。

本研究では日本市場で普及が未だほとんどなく、潜在需要も明らかになっていない超小型モビリティを対象にしており、少ないパラメータで新製品の耐久消費財の普及の時間的推移を分析に向いている Bass モデルは本研究において超小型モビリティを対象とするモデルとして適すると判断した。

4.4 潜在需要の分析

4.4.1 潜在需要の対象

4.3節で記述した潜在需要 M について本項において述べる。本論文では軽自動車と次世代環境車(ハイブリッド自動車、電気自動車、プラグイン・ハイブリッド車)を潜在需要として考える。軽自動車を潜在需要としたのは軽自動車を求める層が車両価格や維持費などが普通車などと比較して低額であることや、小回りの良さや車両のサイズが小さいというコンパクト性を重視しており、本論文で対象とする超小型モビリティの潜在的な需要であると考えられるからである。また次世代環境車を潜在需要として考えたのは、該当車を求めるユーザー層が先進性や環境への意識が高い層がいることが想定され、超小型モビリティのニーズと類似していると考え潜在需要とした。

4.4.2 軽自動車の需要

本項では軽自動車の需要について記述する。

軽自動車に対してユーザーは価格帯やコンパクト性を重視することから、鉄道網の発展する都市と車が無くては生活に不便である地方では普及の仕方は異なると考え、都道府県別の鉄道の展開と軽自動車の普及について分析を行った。面積当りの鉄道営業キロ数を算出し、世帯当りの軽自動車の普及台数の関係を図 4.1 に示す。なお面積当りの鉄道営業キロ数に関しては国土交通省「全国都道府県市区町村別面積調」^[37]、国土交通省総合制作局「地方交通年報」^[38] から得られたデータにより算出し、世帯当りの軽自動車の普及台数に関しては全国軽自動車協会連合会「軽自動車新車販売速報(県別)」^[39] のデータにより算出した。

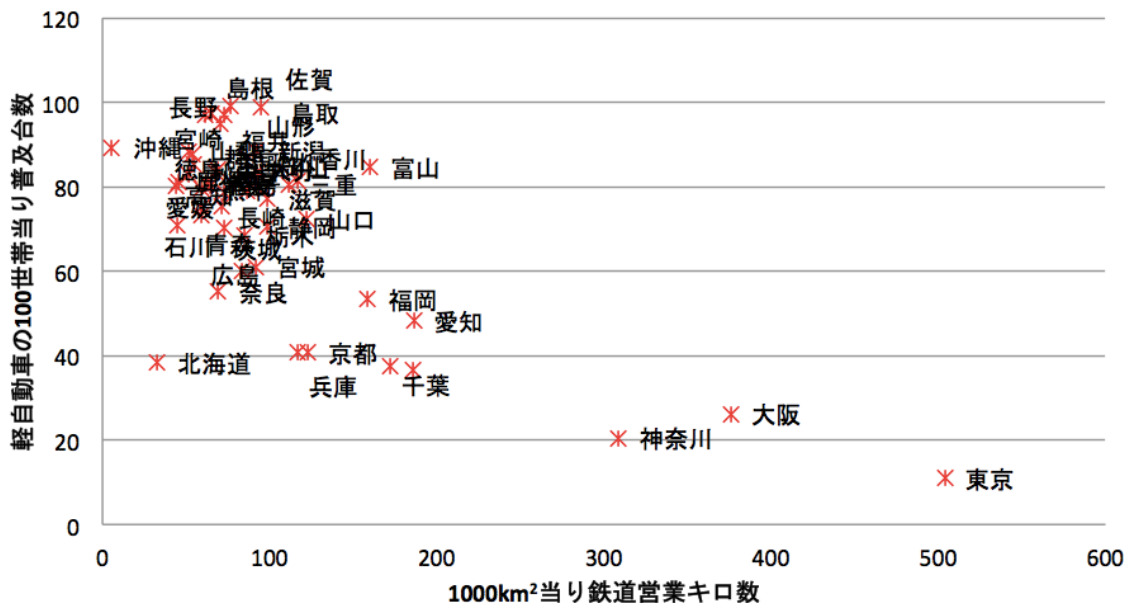


図 4.1：都道府県別鉄道の展開と軽自動車の普及の違い

図 4.1 を見て分かるように 1000km²当り鉄道営業キロ数は 200km 以下である地域が殆どであるが、東京都、大阪府、神奈川県は他の都道府県よりも面積当りの鉄道営業キロ数が 100km 以上異なるなど前者のクラスターから突出している。

以上のことを考慮して次に重回帰分析により軽自動車の需要を分析する。東京都、大阪府、神奈川県に関してはダミー変数を用いる。加えて 1 人当りの軽自動車保有台数^[39]、1 人当りの県民所得額^[40]、レギュラーガソリン価格^[41]より係数を算出した。なお係数の算出には統計解析ソフトウェア IBM SPSS Statistics Version20 を使用した。

$$N_i = \alpha + \beta_1 \times \ln(I_i) + \beta_2 \times \ln(P_i) + \beta_3 \times d_{Tokyo} + \beta_4 \times d_{Osaka} + \beta_5 \times d_{Kanagawa} \quad (4.3)$$

N_i : 1 人当りの軽自動車保有台数, α : 切片, I_i : 1 人当りの県民所得額

P_i : レギュラーガソリン価格, d_{Tokyo} : 東京ダミー変数, d_{Osaka} : 大阪ダミー変数

$d_{Kanagawa}$: 神奈川県ダミー変数, $\beta_1 \sim \beta_5$: 回帰係数, i : 都道府県

表 4.1 重回帰分析によって得られたパラメータ

α	0.561
β_1	-0.063
β_2	0.317
β_3	-0.045
β_4	-0.043
β_5	-0.068

表 4.2 回帰モデル要約

R	R ²	調整済み R ²	推定値の標準誤差
0.909	0.826	0.805	0.034

この結果と国土交通省が公表する乗用車の保有台数^[42]から軽自動車の保有台数として次の図 4.2 を得た。

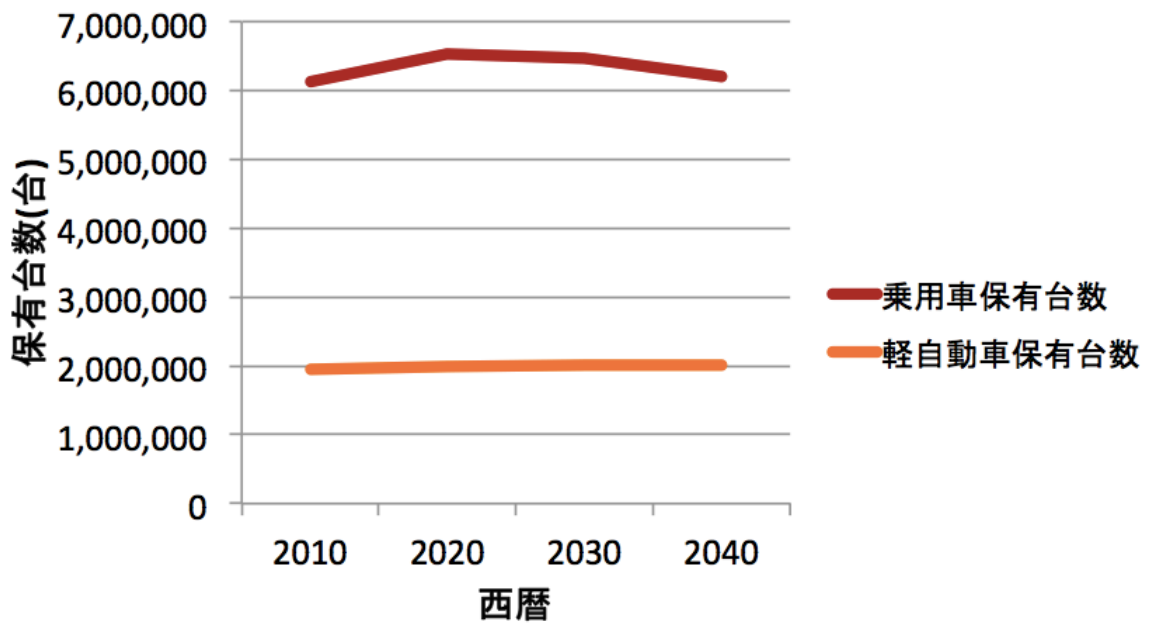


図 4.2 : 軽自動車需要推移

図 4.2 のように得られた軽自動車の保有台数を超小型モビリティの潜在需要 $M_s(t)$ として扱う。

4.4.3 次世代環境車の需要

4.4.1 で記述したように超小型モビリティに関して先進性や環境に優しい製品を求める層もいると考えられる。従って同じ需要を持って購入すると考えられる次世代自動車(ハイブリッド自動車、プラグイン・ハイブリッド車、電気自動車)を潜在需要として考える。次の図 4.3 に環境省水・大気環境局自動車環境対策課次世代自動車普及戦略検討会が公表しているデータにより作成された次世代環境車の需要予測を示す^[43]。

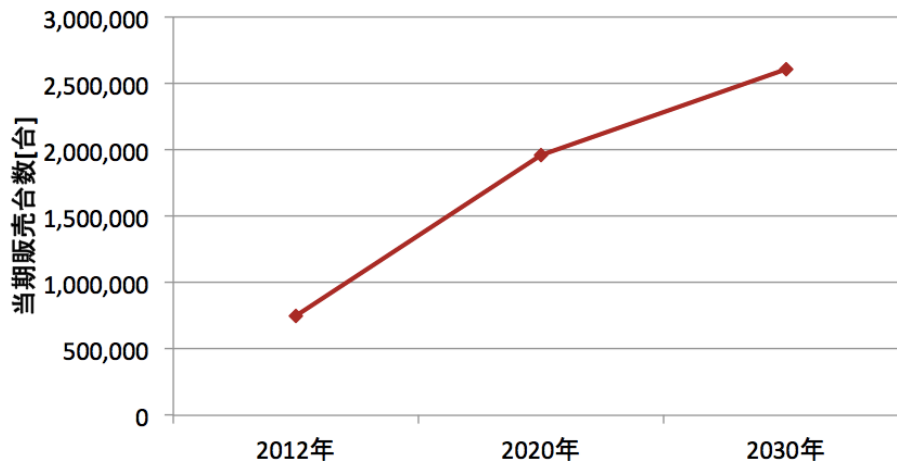


図 4.3 : 次世代環境車需要推移

4.5 内的・外的影響パラメータ推定

smart(日本での販売はメルセデス・ベンツ日本(株))「smart」の日本販売台数^[44]と RENAULT「Twizy」の欧州販売台数^[45]から Bass モデルにおけるパラメータを算出する。これらは本論文で対象とされる超小型モビリティに形態が類似していることに加えて、販売開始からの推移が分かるほどに期間が経過したことを理由にパラメータを推定するための類似製品として選出された。「smart」の累積販売台数とモデル、得られたパラメータをそれぞれ図 4.4、表 4.3 に、「Twizy」の累積販売台数とモデル、得られたパラメータをそれぞれ図 4.5、表 4.4 に示す。

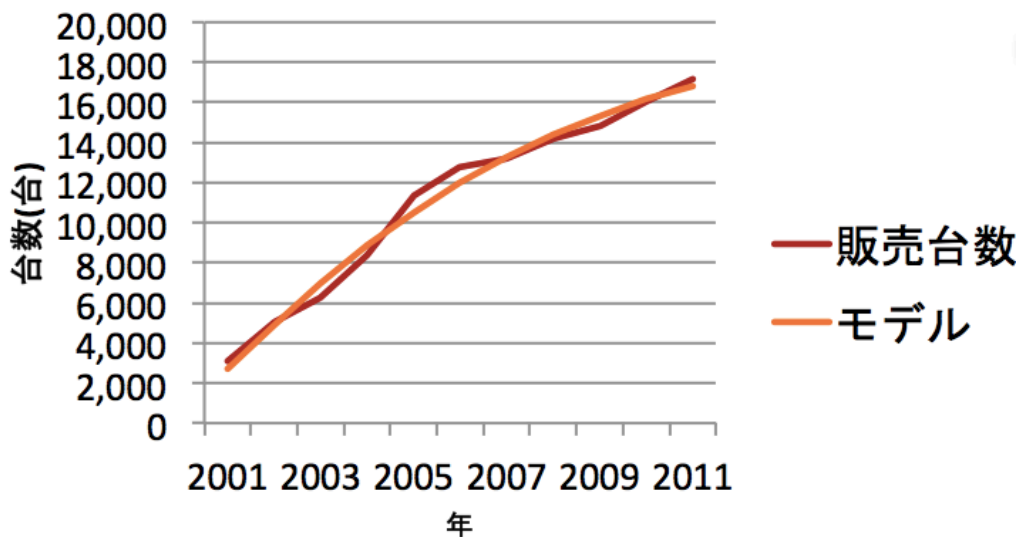


図 4.4 : smart の日本市場における累積販売台数の推移とモデルによる近似

表 4.3 : smart によって得られたパラメータ

ρ_p	0.120
ρ_q	0.067

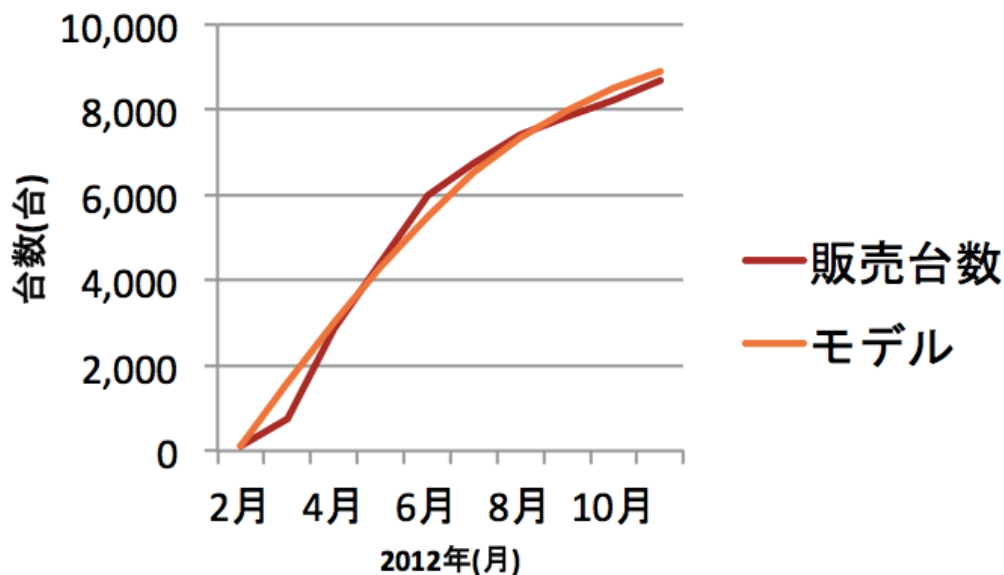


図 4.5 : Twizy の欧州市場における累積販売台数の推移とモデルによる近似

表 4.4 : Twizy によって得られたパラメータ

ρ_p	0.149
ρ_q	0.133

本節で得られた外的影響係数 ρ_p と内的影響係数 ρ_q のパラメータを式(1)と式(2)を用いたシミュレーションに使用する。

4.6 シミュレーション結果

4.6.1 潜在需要(軽自動車)の場合

4.5節までにおいて得られた「smart」の販売台数から得られたパラメータと「Twizy」から得られたパラメータを用いて軽自動車を潜在需要と想定した場合の超小型モビリティの長期的な販売台数を予想した。次の図 4.6 と図 4.7 に、それぞれのパラメータにより算出された累積販売台数を示す。なお図中の割合は軽自動車を購入しようとしている人が超小型モビリティを選択する確率であり、第3章の選好調査において軽自動車保有者に対して超小型モビリティへの乗り換えや今後の購買意向がある割合を併せて尋ねた際に得られた 26.9% の場合を参考に示す。

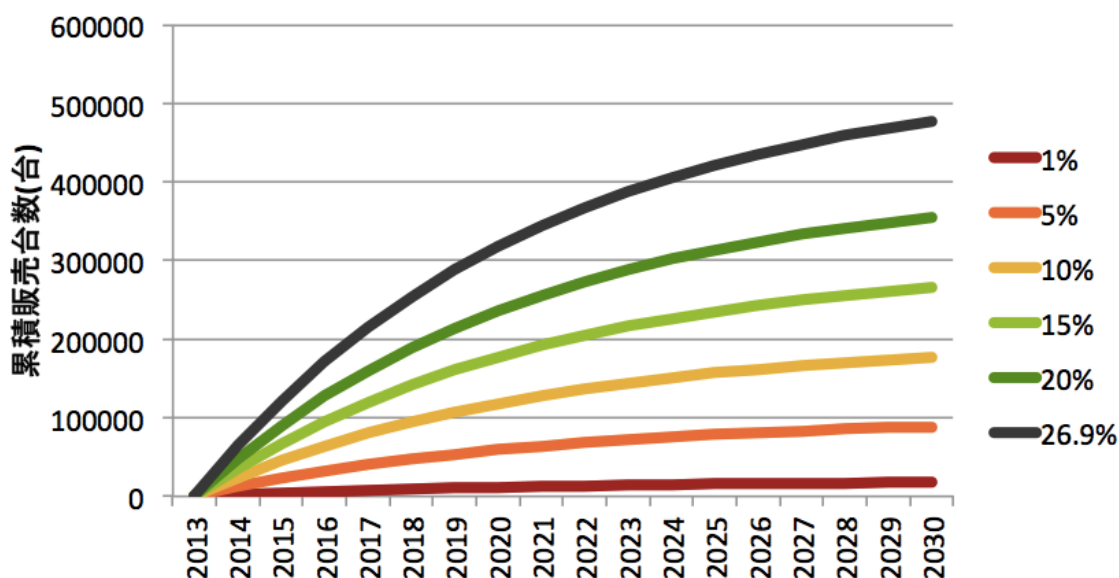


図 4.6 : smart パラメータによるシミュレーション結果 (潜在需要: 軽自動車)

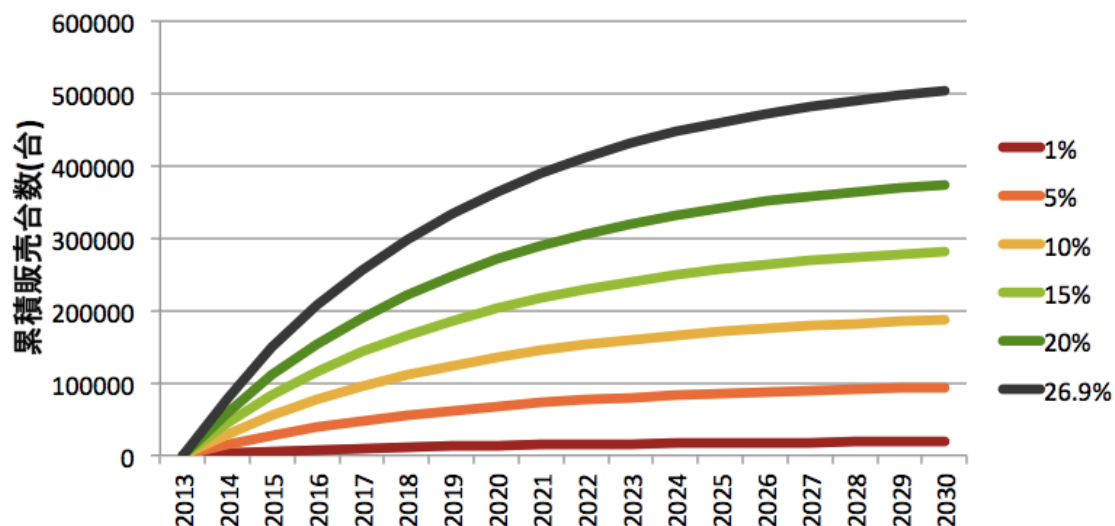


図 4.7 : Twizy パラメータによるシミュレーション結果(潜在需要：軽自動車)

図 4.6 と図 4.7 に示したように潜在需要として軽自動車を想定した場合、「smart」パラメータと「Twizy」パラメータのどちらを使用した際も、事前アンケートにおいて軽自動車所有者が「次に自動車を購入する際に軽自動車ではなく超小型モビリティを購入したい」との質問に対する回答によって得られた 26.9% という割合を用いると、製品発売後に販売台数は伸び悩み 2030 年に約 48 万台から 50 万台の累積販売台数が見込まれると想定される。

4.6.2 潜在需要(次世代環境車)の場合

4.6.1 項と同様に 4.5 節までにおいて得られた「smart」の販売台数から得られたパラメータと「Twizy」から得られたパラメータを用いて次世代環境車を潜在需要と想定した場合の超小型モビリティの長期的な販売台数を予想した。次の図 4.8 と図 4.9 に、それぞれのパラメータにより算出された累積販売台数を示す。なお図中の割合は次世代環境車を購入しようとしている人が超小型モビリティを選択する確率である。

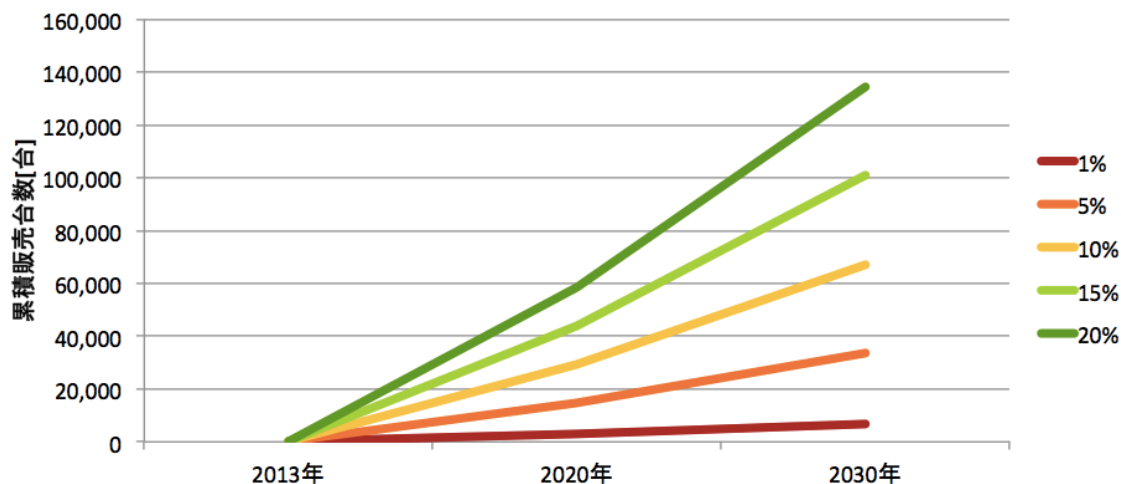


図 4.8 : smart パラメータによるシミュレーション結果(潜在需要：次世代環境車)

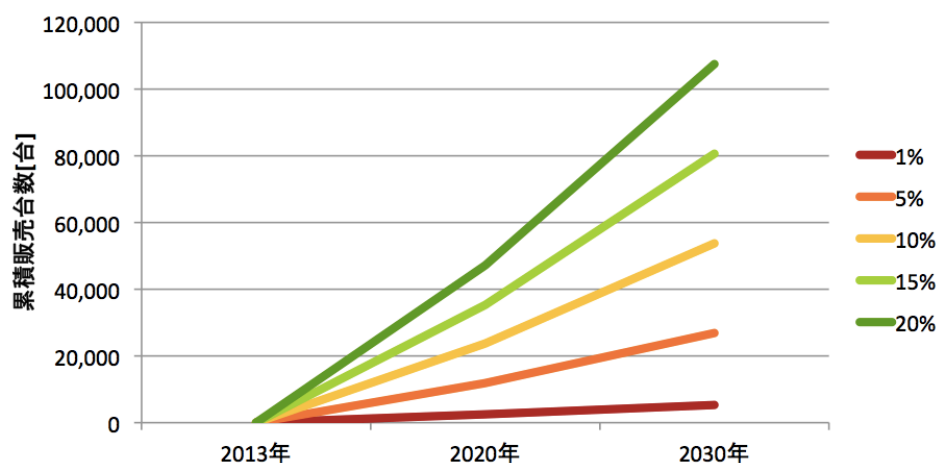


図 4.9 : Twizy パラメータによるシミュレーション結果(潜在需要：次世代環境車)

図 4.8 と図 4.9 に示すように、2030 年まで販売台数は年々増加し、次世代環境車(HV, EV, PHV)の市場規模が大きくなるために、それに合わせて超小型モビリティの当期販売台数の伸び率も大きくなる。smart パラメータを用いた場合は累積販売台数が 2030 年に約 13.5 万台、Twizy パラメータを用いた場合は約 11.8 万台に到達する。しかしながら、未だ軽自動車よりも市場規模が小さいために、次世代環境車を潜在需要と考えた場合は軽自動車を潜在需要と考えた場合よりも、販売台数は少ない。

4.7 評価

軽自動車を潜在需要とした場合、「smart」から得られたパラメータ、「Twizy」から得られたパラメータのいずれを用いても、販売当初は当期の販売台数の伸びが大きいものの、年々伸びは鈍化して伸び悩み、軽自動車からの移行率が 20%と設定すると、2030 年に累積販売台数約 48 万台となることが予想される。これは指数関数的な伸びが予想

されるハイブリッド自動車や電気自動車と比較して、長期的な台数の拡大は見られないと思われる。一方で潜在需要を次世代環境車とした場合は、潜在需要自体の市場規模が今後大きくなるために、伸び率は多くなり、軽自動車からの移行率が 20%と設定すると、「smart」から得られたパラメータを使用すると 2030 年に累積販売台数 13.5 万台、「Twizy」から得られたパラメータを使用すると 2030 年に累積販売台数 11.8 万台と算出された。

以上の結果より、超小型モビリティは今回想定したような軽自動車を単純に小型化したタイプに関して将来的に需要が頭打ち、若しくは低空飛行するものと予想される。しかしながら、本章で得られたシミュレーション結果から、超小型モビリティの販売台数を最大化するためには、販売当初は軽自動車と近いユーザーを対象として、次世代環境車が普及するにつれて、製品に対して環境性や先進性を欲するユーザーの需要にあった製品を打ち出すことが販売台数向上に繋がると考えられる。

第5章 環境評価

本章では、超小型モビリティの走行時必要駆動力と電気消費量の分析を基に、二酸化炭素排出量を算出して、他の主要交通手段と比較をすることにより行った環境評価について記述する。

5.1 分析の流れ

超小型モビリティが電気駆動と考え、走行時に必要な駆動力を力学により基に算出して、乗員定数と駆動力の関係を分析する。その後必要となる電気量を求め、二酸化炭素の排出原単位を用いることで二酸化炭素排出量に換算する。その後、他の交通手段が排出する二酸化炭素排出量との比較を行うことで、超小型モビリティの環境評価を行う。

5.2 駆動力

5.2.1 駆動力と前提条件

坂道を登る時の駆動力と抵抗について、概要図を次の図 5.1 に示す。

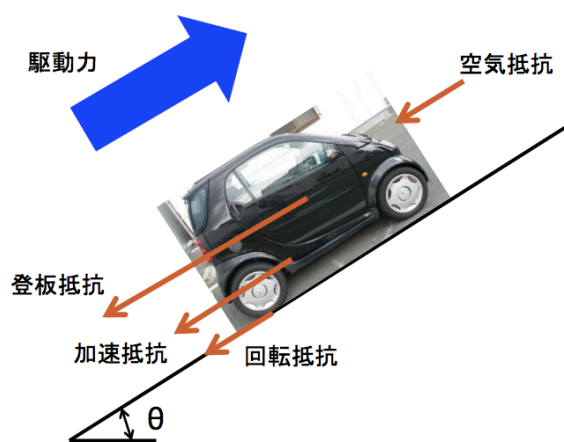


図 5.1 : 駆動力と抵抗の概要図

坂道を登る際に、前進をするためには車両自身の重力による登板抵抗、加速により生じる加熱などによる加速抵抗、タイヤが回転することにより摩擦等で生じる回転抵抗、車両正面に接する空気が進行を妨げる空気抵抗のそれぞれが生じる。前進をするためにはこれらの総和よりも大きな駆動力が必要である。

ここで力学を用いて、必要となる駆動出力を算出した。必要駆動出力 P を次の(5.1)式により算出する。

$$P = Fv \quad (5.1)$$

F : 駆動力, v : 車速

ここで求めた必要駆動出力から原動機の出力 p_p を算出する。駆動出力 P が正の場合のみ原動機は出力するものとして、機械効率 η_d を考慮することにより、下の式(5.2)により算出をした。

$$P_p = \begin{cases} \frac{P}{\eta_d} & (P > 0) \\ 0 & (P \leq 0) \end{cases} \quad (5.2)$$

なお駆動力を求めるために下の式(5.3)式により求める。

$$F = R_u + R_d + R_a + R_c \quad (5.3)$$

R_u : 登板抵抗, R_d : 回転抵抗, R_a : 空気抵抗, R_c : 加速抵抗

式(5.3)における登板抵抗 R_u 、空気抵抗 R_a 、加速抵抗 R_c 、回転抵抗 R_d はそれぞれ下の式(5.4)、式(5.5)、式(5.6)、式(5.7)によって求める。

$$R_u = mg \sin \theta \quad (5.4)$$

$$R_a = \frac{1}{2} \rho C_d S v^2 \quad (5.5)$$

$$R_c = (m + \Delta m) \alpha \quad (5.6)$$

$$R_d = \mu_r m g \cos \theta \quad (5.7)$$

m : 質量, Δm : 回転部分質量, g : 重力加速度, θ : 勾配, μ_r : 抵抗係数, ρ : 密度,
 C_d : 抵抗係数, S : 正面表面積, α : 加速度

なお下の図 5.2 に示す走行シナリオによってシミュレーションを行った。これは道路混雑時の坂道を登る走行環境を模したものである。

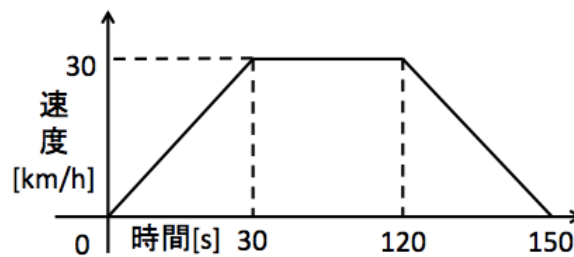


図 5.2 : シミュレーション走行シナリオ

シミュレーションで想定した車両の諸元を次の表 5.1 に示す。

表 5.1 : 車両諸元

車両前面面積[m ²] ^[46]		1.2
駆動系機械効率 ^[46]		0.8
平均モータ効率		0.7
エネルギー回収効率 ^[47]		0.45
最高車速[kg/h]		30
空気抵抗係数 ^[46]		0.64
車両質量[kg]	1人乗り	320
	2人乗り	450
	4人乗り	990

次にシミュレーションでを使用した各パラメータを下の表 5.2 に示す。なお二酸化炭素排出係数に関しては東京電力(株)管内を想定した。

表 5.2 : シミュレーションでを使用した各パラメータ

乗員体重[kg]	60
降板抵抗係数	0.0084
重力加速度[m/s ²]	9.8
空気密度[kg/m ³] ^[48]	1.205
勾配[degree]	10
二酸化炭素排出係数[kg/kWh] ^[49]	0.332

5.2.2 総重量と必要出力

次の図 5.3 に総重量と必要出力の関係を示す。

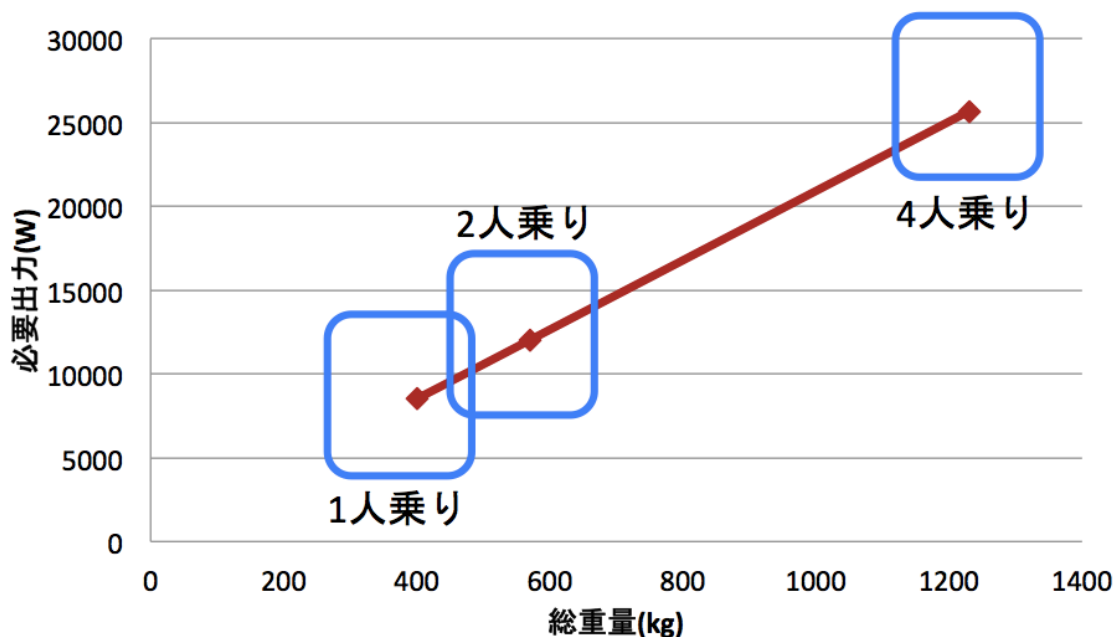


図 5.3 : 総重量と必要出力の関係

図 5.3 に示すように乗員定数が多くなると、乗員の総体重が大きくなるのに加えて、車両自体のサイズも大きくなるため、総重量が大きくなる。その結果、必要出力も総重量が大きくなるにつれてほぼ線形的に大きくなる。

5.3 二酸化炭素排出量

電気量消費率 EC [km/kWh] を式(5.8)、原動機総仕事率 W_p を式(5.9)、総回生エネルギー E_r を式(5.10)によりそれぞれ算出する。

$$EC = \frac{D}{\frac{W_p}{\eta_m - E_r}} \times 3.6 \times 10^6 \quad (5.8)$$

$$W_p = \int_0^T P_p dt \quad (5.9)$$

$$E_r = \eta_r \int_0^T P dt \quad (5.10)$$

D : 総走行距離, W_p : 原動機総仕事量, η_m : 平均モータ効率, E_r : 総回生エネルギー

この結果より、乗車定員全員が車両に乗った場合の二酸化炭素排出総量と 1 人当たりの二酸化炭素排出量を次の図 5.4 に示す。

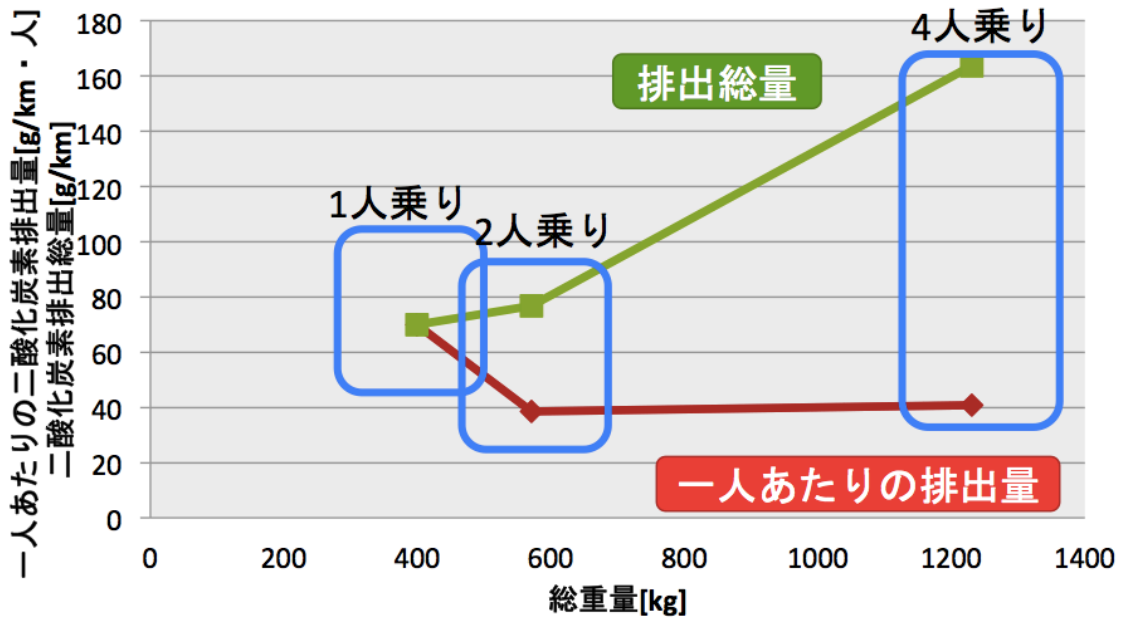


図 5.4 : 総重量(乗員満席時)と二酸化炭素排出量の関係

図 5.4 に示すように二酸化炭素排出総量は総重量が大きくなるにつれて大きくなる一方で、1人あたりの二酸化炭素排出量に関しては2人乗りと4人乗りの自動車で殆ど変わらないことが分かった。

なお図 5.4 は4人乗り自動車の反映されていないので、反映したものを次の図 5.5 に示す。

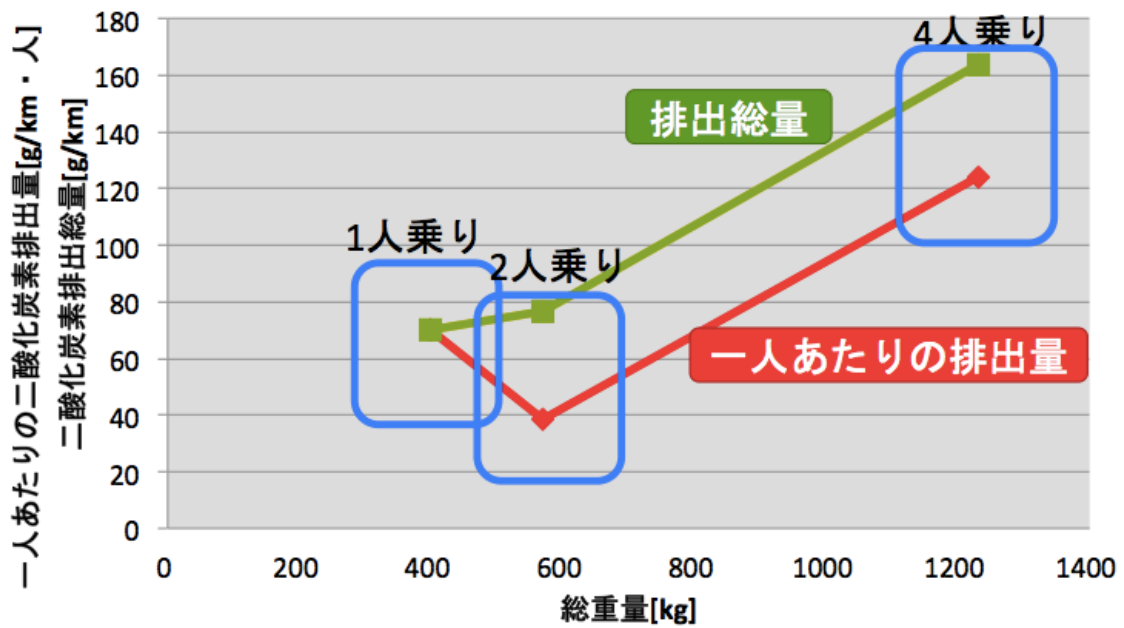


図 5.5 : 総重量(乗員係数反映)と二酸化炭素排出量の関係

図 5.5 に示すように二酸化炭素排出総量は図 5.4 と同様に総重量が大きくなるにつれて大きくなる一方で、1 人あたりの二酸化炭素排出量に関しては 4 人乗りが他と比較して大きくなっていることが分かった。2 人乗りの乗車に特化した乗車人数調査は行われていないため、2 人乗りに関しては満席状態と想定したが、それでも 4 人乗りと比較して、1 人あたりの二酸化炭素排出量は 4 人乗りよりも小さいことには変わりはない。

5.4 評価

5.3 節までに求めた超小型モビリティの二酸化炭素排出量の算出値と既存の交通手段の二酸化炭素排出量の比較を行う。図 5.6 に乗用車(ガソリン)、鉄道、大型バスと 1 人乗り超小型モビリティ、2 人乗り超小型モビリティ、4 人乗り超小型モビリティの 1 人あたりの二酸化炭素排出量を示す。なお超小型モビリティに関しては図 5.5 で示した乗用車の実際の利用状況を反映し、既存データに関しては 2009 年度国土交通省交通資料統計^[50]を用いた。

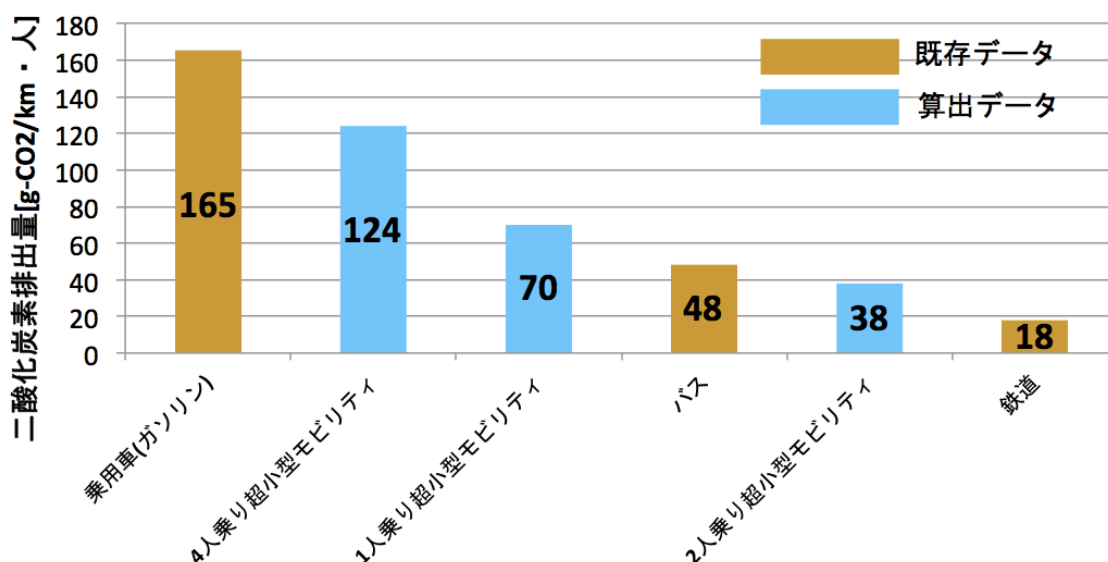


図 5.6 : 交通手段別二酸化炭素排出量

図 5.6 に示したように 1 人あたりの二酸化炭素排出量は大型バスと比較して、2 人乗り超小型モビリティは少ない一方で 2 人乗り若しくは 4 人乗り超小型モビリティに関しては多くなる。即ち 2 人乗りの超小型モビリティは 1 人あたりの二酸化炭素排出量が小さく環境にやさしいとされるバスよりも走行時に関して環境に寄与すると言える。なおバスに関しては、現在走っている車両に関して電気駆動であると車両自体の価格が高額であることに加えて航続距離が短いことから、ディーゼルガソリンを使用したバスが依然としてとても高い割合を示していることが理由として考えられる。

第6章 まとめ

本章では、本論文のまとめとして結論と今後の展望について記述する。

6.1 結論

第2章にて行ったステークホルダー分析では政府や自治体が超小型モビリティの導入を促進する一方で駐車場や道路などのインフラやユーザーの需要が後手になっていることを示した。

また第3章にて行った消費者の選好調査ではコンジョイント分析によって、「電気駆動」、「低速」、「2人乗り」という形態が求められていることが分かった。また重要度として「動力源」、「製品価格」、「最高車速」、「乗員定数」、「年間維持費」を比較した場合、「製品価格」を最も重視することが明らかになった。そこで本論文では走行シナリオ別のPSM分析を行い比較することにより、都市流入完全制限シナリオと既存の自動車と同じシナリオは他のシナリオと比較して、約20%高いことが明らかになった。

また第4章にて行った需要予測では、中長期的な超小型モビリティの需要を類似製品から得られた内的・外的影響パラメータを基にBassモデルによって算出した。その結果、軽自動車を想定需要とした場合は、軽自動車からの購入意向変化率を20%と想定した場合、超小型モビリティの当期販売台数は販売後に年々減少して2030年に累積販売台数が約48万台程度になることが算出された。また次世代環境車を想定需要とした場合は、次世代環境車の市場規模拡大に伴い、販売台数の伸び率は大きく、2030年に累積販売台数が約11万台程度になることが算出された。

また第5章にて行った環境評価では、力学を用いることにより、電気駆動の超小型モビリティの環境評価を行った。二酸化炭素原単位を用いることで電気使用量から二酸化炭素排出量を算出した。2人乗りの車両の場合、1人乗り、4人乗りの車両と比較して1人あたりの二酸化炭素排出量は小さくなることが明らかになった。また他の交通手段と比較して1人あたりの二酸化炭素排出量はバスよりも少なくなるということが明らかになった。

以上の結果より、2人乗りかつ電気駆動で約40万円程度の超小型モビリティが消費者の選好を満たし、環境面でも乗員定数が1人若しくは4人よりも二酸化炭素排出量が少なく理想的であると本論文では結論づける。実際はメーカー側がこの価格帯や仕様で製造・販売できるかが関係するため、それとの兼ね合いが普及可能性に影響を及ぼすと考えられる。

また普及をするにあたり、実際の販売価格と消費者の希望価格に乖離が生じているためにメーカー側の価格設定や補助金制度の再考、走行環境によるインフラ面を考慮に入れた普及モデルの構築が必要である。さらに本論文で述べた需要予測より、超小型モビリティを販売するにあたり、販売当初は軽自動車を想定し、次世代環境車が社会で普及するにつれて、環境性や先進性を特徴として持たれた製品を販売することが販売台数向上に繋がると考えられる。

6.2 今後の展望

本論文では第1章で述べたように、パーソナルモビリティとして、超小型モビリティを対象として扱い、運転者・操縦者の体が露出する分類である移動補助機械は本論文では対象外とした。コンパクトシティにおける新交通システムの研究や議論では、本論文で対象とした超小型モビリティに加えて移動補助機械も扱われている。どのような形態がいいのかを含めて超小型モビリティと並行して議論を深めていく必要がある。

普及シミュレーションに関しては、本論文では軽自動車と次世代環境車を潜在需要として用いたが、超小型モビリティという市場に普及していない製品の潜在需要を考えるのは難しく、他の交通手段からの移行若しくは新規需要を考える必要がある。また本研究では主に個人需要を想定しているため、本論文中でも述べているが、カーシェアリングなどの超小型モビリティの製品単体ではなく、ビジネスシステムとして複合的に普及モデルを考えていく必要がある。また本研究で用いた Bass モデルは内的影響と外的影響のパラメータは一定である。しかしながら実際の市場の動きは影響度が変わっていくことが多いため、パラメータを推定する類似製品と潜在需要について、本論文中で用いた「smart」や「Twizy」以外から推定されるパラメータを考慮し、かつ電池価格の下落も製品価格に大きな影響を及ぼすために、それらを包含した複数のシナリオを考える必要がある。

環境評価に関しては、本論文では走行時の二酸化炭素炭素排出量を分析したが、製造や廃棄なども重要なフェーズであり、現実的な環境への影響を分析する上で、それらを考慮して分析する必要があると考えられる。

さらに 2013 年以降に規制が変更されていくと想定されるため、それに即したシナリオを考える必要がある。

参考文献

- [1] 厚生労働省大臣官房統計情報部人口動態・保険社会統計課 (2007), 「平成 23 年簡易生命表」
- [2] IPCC (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp.104.
- [3] 国土交通省総合政策局環境政策課 (2010), 「運輸部門における二酸化炭素排出量」, 国土交通省ホームページ,
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html,
最終アクセス 2013 年 1 月 3 日
- [4] 国土交通省総合政策局情報政策課交通統計室 (2010), 「交通関係統計等資料：自動車輸送統計調査」
- [5] 国土交通省総合政策局情報政策課交通統計室 (2010), 「交通関係統計等資料：内航船舶輸送統計調査」
- [6] 国土交通省総合政策局情報政策課交通統計室 (2010), 「交通関係統計等資料：航空輸送統計調査」
- [7] 国土交通省総合政策局情報政策課交通統計室 (2010), 「交通関係統計等資料：航空輸送統計調査」
- [8] 海道清信 (2007), 「コンパクトシティの計画とデザイン」, 学芸出版社
- [9] 清水浩志郎 (2004), 「高齢者・障害者のための都市・交通計画」, 山海堂
- [10] Glasgow, N. (2000), Transportation Transitions and Social Integration of Nonmetropolitan Older Persons, in K.Pillemer, P.Moen, E.Ewthington and N.Glasgow[eds.], *Social Integration in the Second Half of Life*. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- [11] K.Pillemer. and N.Glasgow. (2000), Social Integration and Aging, in K.Pillimer, P.Moen, E.Wethington and N.Glasgow[eds.], *Social Integration in the Second Half of Life*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- [12] Yanarella, E.J. and Levin, R.S. (1992), “The Sustainable Cities Manifesto: Pretext, Text and Post-Text”, *Built Environment* Vol.18, No.4.
- [13] Scoffham E. and Brenda V. (1996), “How compact is Sustainable – How Sustainable is Compact, The Compact City – A Sustainable Urban Form?”, E&FN Spon.
- [14] 海道清信 (2001), 「コンパクトシティ 持続可能な都市像を求めて」, 学芸出版社,

- pp.164-166.
- [15] 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室 (2012), 「都市における人の動き—平成 22 年全国都市交通特性調査集計結果から—」
- [16] 国土交通省政策統括官 (2007), 「平成 18 年度全国幹線旅客純流動調査報告書」
- [17] 日本自動車販売協会連合会 (2012), 「新車乗用車販売台数ランキング」, 日本自動車販売協会連合会(JADA)ホームページ,
<http://www.jada.or.jp/contents/data/ranking/index.php>
最終アクセス 2012 年 6 月 14 日
- [18] 国土交通省道路局(2005), 「道路交通センサス(全国道路・街路交通情勢調査)」
- [19] Segway Japan (2010) 「Segway とは?」, Segway Japan ホームページ,
<http://www.segway-japan.net/technology/segway/index.html>
最終アクセス 2012 年 6 月 20 日
- [20] 谷口守, 村川威臣, 森田哲夫 (1999), 「個人行動データを用いた都市特性と自動車量の関連分析」, 日本都市計画学会都市計画論文集, pp.967-972.
- [21] 大野宏司 (2010), 「市場データとシミュレーションによるエコカーの普及予測」, 日本シミュレーション学会論文誌, pp.83-91.
- [22] 大口敬, 片倉正彦, 谷口正明 (2002), 「都市部道路交通における自動車の二酸化炭素排出量推定モデル」, 土木学会論文集, pp.125-136.
- [23] Kevin Forsberg, Hal Mooz, Howard Cotterman. VISUALIZING PROJECT MANAGEMENT : JOHN WILEY & SONS , INC , pp.1-454 , 2005.
- [24] Philip Kotler, Gary Armstrong, "Principle of Marketing 11th edition", 2006
- [25] トヨタ自動車「高度道路交通システム」(2012), トヨタ自動車ホームページ,
http://www.toyota.co.jp/jp/environmental_rep/03/jigyoku02.html
最終アクセス 2012 年 6 月 20 日
- [26] トヨタ自動車「豊田市実証実験 Ha:mo RIDE(ハーモライド)ご紹介」 (2012), トヨタ自動車ホームページ,
http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/its/hamo_ride/experiment.html
最終アクセス 2013 年 1 月 2 日
- [27] US department of transportation National Highway Traffic Safety Administration 49 CER Part 571 Federal Motor Vehicle Safety Standards
- [28] Organisation generale des Consommateurs : Les voitures sans permis
- [29] 土井健司, 長谷川孝明, 小林成基, 杉山郁夫, 溝端光雄 (2009), 「超高齢化を迎える都市に要求される移動の質に関する研究」, IATSS 新学際プロジェクト成果報告
- [30] IIBA 日本支部 (2009), 中西佳代子編集, 依田光江訳, 「ビジネスアナリシス知識体系ガイド (BABOK ガイド) Version2.0」 , pp.17-24, IIBA 日本支部
-

- [31] 広川智理 (2011), 「BABOK 超入門」, pp.41-51, 日経 BP 社
- [32] 上田拓治 (2008), 「マーケティングリサーチの論理と技法 第3版」, 日本論評社, pp.39, pp.302-304.
- [33] Green, P.E., and V.R.Rao (1969), Nonmetric approaches to multivariate analysis in marketing. Working Paper, Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA.
- [34] Green, P.E., and F.J.Carmone, and Y.Wind (1972), Subjective evaluation models and conjoint measurement. Behavioral Sci. 17, pp.288-299.
- [35] 森村英典, 岡太彬訓, 木島正明, 守口剛 (1997), 「マーケティングハンドブック」, 朝倉書店, pp465-485.
- [36] 総務省統計局 (2011), 「国勢調査(人口等基本集計結果)」
- [37] 国土交通省国土地理院 (2008), 「全国都道府県市区町村別面積調」
- [38] 国土交通省総合政策局 (2005), 「地方交通年報」
- [39] 全国軽自動車協会連合会 (2009), 「軽自動車新車販売速報(県別)」
- [40] 内閣府 (2009), 「内閣府県民経済計算県民所得」
- [41] 日本エネルギー経済研究所石油情報センター (2009), 「一般小売価格」, 日本エネルギー経済研究所情報センターホームページ, <http://oil-info.ieej.or.jp/price/price.html>
最終アクセス 2013 年 1 月 2 日
- [42] 国土交通省道路交通局 (2002), 「交通需要推計」
- [43] 環境省水・大気環境局自動車環境対策課次世代自動車普及戦略検討会 (2009), 「次世代自動車普及戦略」
- [44] 日本自動車輸入組合 (2012), 「輸入車中古車登録台数」
- [45] RENAULT (2012), 「Sales Report」, RENAULT ホームページ
<http://www.renault.com/en/finance/chiffres-cles/pages/ventes-mensuelles.aspx>
最終アクセス 2013 年 1 月 2 日
- [46] RENAULT (2012), 「RENAULT TWIZY Brochures」, RENAULT UK ホームページ,
<http://www.renault.co.uk/Resources/Pdf/Brochures/Twizy.pdf>
最終アクセス 2013 年 1 月 17 日
- [47] 交通安全環境研究所 (2011), 「超小型モビリティの導入に向けた国内の動向と交通研の取り組み」, 交通安全環境研究所フォーラム講演概要, pp.31-36.
- [48] 須藤浩三, 長谷川富市, 白樫正高 (1994), 「流体の力学」, コロナ社
- [49] 環境省 (2010), 「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」
- [50] 国土交通省総合政策局 (2009), 「交通関係統計等資料」
-

謝辞

末筆となりましたが、ここに研究生活の間にお世話になりました皆様への感謝を申し上げます。

本研究を行うにあたり、研究の場を与えて頂きました慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科には心から感謝致します。

特に本論文を作成するにあたり、主査として最もお世話になりました、同大学院同研究科教授、中野冠先生には、研究の方法論、論理的な筋道の立て方、システムデザイン・マネジメント学をはじめ多くの御指導、御鞭撻を頂きました。また本研究以外でも海外留学に関して背中を押してくれるなど、沢山の成長する場を与えてくれました。深く感謝の念を申し上げます。

また、同研究科特任准教授、湊宣明先生には副査として研究に関する御助言や御鞭撻を頂きました。その中で物事に取り組む姿勢、理由を追究すること、多角的な視点を持つ重要性を学びました。さらに本研究外でもプロジェクト等で勉強する機会を与えて頂くとともに、御指導頂きました。深く感謝の念を申し上げます。

さらに、本論文に関して副査として御指導頂きました同研究科教授小木哲朗先生には数理的な分析を主に研究の論理性に関して、同研究科教授手嶋龍一先生からは社会問題との繋がりや検証のアプローチ方法について御助言を頂きました。心より感謝致します。

また、トヨタ自動車株式会社工程改善部金子邦也様をはじめとした皆様、同社事業開発部水谷仁様、清水建設株式会社山崎雄介様、住友電気工業株式会社茂木昌春様には研究内容に関して御助言頂きました。皆様のおかげで研究内容のブラッシュアップができました。心より感謝致します。

また、所属するビジネスエンジニアリング研究室の仲間達とは、日々の研究活動やゼミナールにおいて議論や切磋琢磨することで研究内容を深化させることができました。心より感謝致します。

また、システムデザイン・マネジメント研究科の仲間達とは、本研究やその他プロジェクトに関する議論のみならず、公私ともにかけがえの無い良い刺激を与えて頂きました。心より感謝致します。

最後に、大学院進学を後押しし、研究生生活を陰から支えてくれた家族に感謝致します。

2013年2月1日

佐々木 紀之

付録

ヒアリング

現在のモビリティ(特に自動車)に対する要望と超小型モビリティへの印象に関してヒアリングによって得られたコメントの一部を下に記す。

- ・ 慶應 SDM 研究科ⁱ学生 M・B さん 主婦 30 代女性
東京圏内であれば、電車移動で十分である。また雨の降っている日は駅まで濡れないで移動したい。さらに荷物は車内に置きたい。
- ・ 慶應 SDM 研究科学生 M・O さん 20 代女性
行動よりも施設などで利用する方が、現実的ではないか。また東京では使う機会が無いが、地方では使う機会があるかもしれない。
- ・ 仙台市在住 Y・M さん 経営者 40 代男性
人が沢山いるので電車には乗りたくない。車を持つことは一つのステータスに感じる。
- ・ 横須賀市在住 電動カート利用者 70 代男性
電動カートは高齢者が乗っているものというレッテルを嫌い、電動カートの利用を敬遠する高齢者も多い。若者と高齢者の万人に受け入れられるかっこいいモビリティだと高齢者も気兼ねなく乗ることができる。
- ・ 東京都在住 T・K さん 会社経営 40 代男性
時間に追われているので低速車は困るが、革新的な製品であれば、率先して使ってみたい。
- ・ 横浜市在住 H・T 学生 20 代男性
公道で乗車しても恥ずかしくはないデザインを求める。低所得の人や都会に住む車が現在持てない層に対して、超小型モビリティは普及するのではないか。

ⁱ 慶應 SDM 研究科…慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科

アンケート調査

本論文第3章にて記述したインターネットアンケート調査における質問項目を以下に示す。

1 あなたの性別をお答えください。

- ①男性 ②女性

2 あなたの年齢は以下のどれに当てはまりますか。

- ①10代 ②20代 ③30代 ④40代 ⑤50代 ⑥60代 ⑦70代 ⑧80代

3 あなたの職業は以下のどれに当てはまりますか。

- ① 学生 ②専業主婦 ③自営業 ④会社員 ⑤会社役員 ⑥公務員 ⑦大学教員
⑧ 専門職(弁護士・医師・会計士など) ⑨フリーター(パート・アルバイト) ⑩無職
⑪ その他

4 現在のあなたのお住まいの都道府県は以下のどれに当てはまりますか。

※都道府県選択

5 あなたは現在、普通自動車免許を保有していますか。

- ① はい ②いいえ

6 日常生活において自宅から5km圏内の移動をする場合、主に利用している交通手段は以下のどれに当てはまりますか。いずれかを選択してください。

- ①鉄道 ②バス ③自動車 ④徒歩 ⑤自転車 ⑥バイク(原付を含む) ⑦その他

7 日常生活において自宅から5km圏外への移動をする場合、主に利用している交通手段は以下のどれに当てはまりますか。いずれかを選択してください。

- ①鉄道 ②バス ③自動車 ④徒歩 ⑤自転車 ⑥バイク(原付を含む) ⑦その他

8 下のカードの特性を持った超小型モビリティが市場に出回ったと仮定します。あなたの購入優先度について選択肢をドラッグアンドドロップすることによって並び替えてください。

※ 「動力源」、「製品価格」、「最高車速」、「乗員定数」、「年間維持費」に関するカード提示と並び替え

9 下図のような軽自動車よりもコンパクトである超小型モビリティが市場に出回ったと仮定します。ここでは走行シナリオによって車両の購入に際してどの程度の金額を支払う意向があるかお尋ねします。下記の説明を読み、続いて示されるシナリオごとに質問にご回答ください。

乗員定数は2人であり、車両サイズは全長、全幅ともに現在市販されている普通乗用車と比較して約60%となっています。また電気駆動モータによって動き、最高速度は時速45kmです。また運転に際して普通自動車免許は必要ですが、高速道路は走行できません。



I 都市流入完全制限シナリオ

超小型モビリティ以外の都市への流入を完全に禁止するシナリオ。コンパクトシティを想定して、住民は域内では主に超小型モビリティや公共交通機関を利用する。また域外へ移動する際は公共交通機関に加えて、既存の自動車など超小型モビリティと比較して大きな交通媒体を利用する。

上記のシナリオの場合、以下の質問にお答え下さい。

- ① あなたはこの商品が幾らくらいから「高い」と感じ始めますか。
- ② あなたはこの商品が幾らくらいから「安い」と感じ始めますか。
- ③ あなたはこの商品が幾らくらいから「高すぎて買えない」と感じ始めますか。
- ④ あなたはこの商品が幾らくらいから「安すぎて品質に問題があるのではないかと感じ始めますか。

[単位:万円、(記入例)40万5000円→40.5]

II 使用地域制限シナリオ

住宅地や商店街など低速が求められる場所に限定して超小型モビリティの使用を制限するシナリオ。域内では制限速度時速30km以内を想定し、域外の交通システムは変化なく既存のものを使う。

上記のシナリオの場合、以下の質問にお答え下さい。

- ① あなたはこの商品が幾らくらいから「高い」と感じ始めますか。
- ② あなたはこの商品が幾らくらいから「安い」と感じ始めますか。
- ③ あなたはこの商品が幾らくらいから「高すぎて買えない」と感じ始めますか。

- ④ あなたはこの商品が幾らくらいから「安すぎて品質に問題があるのではないか」と感じ始めますか。

[単位:万円、(記入例)40万5000円→40.5]

Ⅲ道路レーン分割シナリオ

自動車や二輪車など既存の交通システムと超小型モビリティを走行レーンで分割するシナリオ。超小型モビリティに関しては速度制限を設ける。

上記のシナリオの場合、以下の質問にお答え下さい。

- ① あなたはこの商品が幾らくらいから「高い」と感じ始めますか。
② あなたはこの商品が幾らくらいから「安い」と感じ始めますか。
③ あなたはこの商品が幾らくらいから「高すぎて買えない」と感じ始めますか。
④ あなたはこの商品が幾らくらいから「安すぎて品質に問題があるのではないか」と感じ始めますか。

[単位:万円、(記入例)40万5000円→40.5]

Ⅳ既存交通と同等走行規制シナリオ

既存の自動車と同じ走行規制を適用するシナリオ。安全面など制度的なことは考慮された上で、既存の自動車や二輪車と同じように走行を行う。速度や走行形態は原動付き自転車に即する。

上記のシナリオの場合、以下の質問にお答え下さい。

- ① あなたはこの商品が幾らくらいから「高い」と感じ始めますか。
② あなたはこの商品が幾らくらいから「安い」と感じ始めますか。
③ あなたはこの商品が幾らくらいから「高すぎて買えない」と感じ始めますか。
④ あなたはこの商品が幾らくらいから「安すぎて品質に問題があるのではないか」と感じ始めますか。

[単位:万円、(記入例)40万5000円→40.5]

10 これまでカーシェアリングのような自動車の共同利用サービスを利用したことがありますか。

- ①定期的に利用している ②利用したことがある程度 ③利用したことがない

1 1 超小型モビリティが普及した場合、カーシェアリングのような共同利用サービスがあったら利用しようと思いますか。

- ① 全くそう思わない
- ② そうとは思わない
- ③ どちらとも言えない
- ④ その通りだと思う
- ⑤ 全くその通りだと思う