

東京大学公共政策大学院
「公共政策の経済評価」2020年度

神戸市北区「まちなか自動移動サービス」に関する
費用便益分析

東京大学公共政策大学院
経済政策コース 修士2年 陳嘉瑤
経済政策コース 修士1年 楊培芸
経済政策コース 修士1年 高井まなみ

目次

要旨 (Executive Summary)	2
第1節 序論	4
第2節 まちなか自動移動サービスの概要	5
2.1. 神戸市北区筑紫が丘周辺の現状と課題	5
2.2. まちなか自動移動サービス導入に向けた取り組み	5
2.3. まちなか自動移動サービスの概要	6
第3節 分析手法	7
3.1. 政策代替案	7
3.2. 当事者適格と費用便益項目	8
3.3. 分析の枠組み	9
第4節 便益の推計	10
4.1. 便益項目	10
4.2. 需要曲線の推定	10
4.3. 仮想評価法に基づく利用者の消費者余剰の推計	12
4.4. 利用者の消費者余剰の検証	14
4.5. 温室効果ガス削減便益	16
第5節 費用の推計	16
5.1. 費用項目	16
5.2. 費用の推計	17
5.2.1. with 1 にかかる費用	17
5.2.2. with2 にかかる費用	18
5.3. 限界費用	19
5.4. 総費用の推計	20
5.4.1. with1 の総費用の推計	20
5.4.2. with2 の総費用の推計	20
第6節 推計結果と感度分析	21
6.1. 推計結果	21
6.2. 不確実性範囲の評価と感度分析	22
第7節 結論と今後の課題	24
7.1. 結論	24
7.2. 政策提言	25
7.3. 本分析の限界と今後の課題	25
謝辞	27
参考文献・参考資料	28

要旨 (Executive Summary)

研究の背景・目的

神戸市北区筑紫が丘周辺は丘陵地を切り開いてつくられたニュータウンである。平成 27 年には人口の約 36%が 65 歳以上の高齢者であり、今後も人口に占める高齢者の割合が上昇することが予想される。また、運転手不足などによりバスの運行本数が減便されるなど、公共交通機関が少ないという課題もある。そこで神戸市は、自動運転技術を活用した車両で買い物や通院など近距離移動をサポートし、地域の活性化に繋げるため、筑紫が丘および広陵町・小倉台・桜森町において「まちなか自動移動サービス」の実現を目指している。移動手段の確保を望む声が高まっているが、このサービスに関する精緻な費用便益分析は行われていない。したがって、まちなか自動移動サービスの導入によって実現すると考えられる社会的便益と社会的費用を推計し、その政策の意義を問うことを本稿の目的とする。

分析手法

本分析は、①神戸市と、②既存の公共交通機関、自家用車、自転車、徒歩、などでの移動を止めまちなか自動移動サービスを利用する地域住民と、③温室効果ガス減少の効果については世界、を当事者適格とする。政策代替案は、「政策なし」(without)と「非自動運転のまちなか自動移動サービス導入」(with1)と「自動運転のまちなか自動移動サービス導入」(with2)を設定し、神戸市北区筑紫が丘周辺におけるまちなか自動移動サービスの導入による厚生変化を分析する。

費用と便益の試算の際の分析手法と分析の前提条件に関しては、以下の図表 0-1 と図表 0-2 の通りである。一人ひと月あたり平均利用回数は、実証実験のアンケート結果に基づいて仮想評価法によって推計した消費者余剰の値と、仮想評価法の検証によって得られた消費者余剰の値とを比較し、両者の値が最も近くなった 8 回と設定した。

図表 0-1 分析手法の概要

分析対象項目	分析手法
費用	既存の試算データを参考に推計
利用者の消費者余剰	需要曲線を推計し、余剰分析
温室効果ガスの減少便益	論文データ、貨幣価値原単位の利用

出典：筆者作成

図表 0-2 分析の前提条件

バス導入台数	3台
1回あたり平均利用距離	2km
一人ひと月あたり平均利用回数	8回
基準年度	2021年
社会的割引率	4.0%
評価期間	2021年～2070年

出典：筆者作成

推計結果

推計結果は下記の通りである。どのケースにおいても純便益は正となった。

図表 0-3 分析結果の概要

非自動運転	自動運転			
	車両価格変化なし	10年後に 1/2	10年後に 1/5	10年後に 1/10
3.58 億円	5.56 億円	5.96 億円	6.20 億円	6.27 億円

出典：筆者作成

結論と今後の課題

本分析では、筑紫が丘および広陵町・小倉台・桜森町におけるまちなか自動移動サービスについての費用便益分析を行った。一人ひと月あたり平均利用回数が8回の場合、with1 と with2 のいずれのケースも純便益が正であり、社会的費用が社会的便益を大きく上回る可能性が高い。したがって、自動運転でも非自動運転でもまちなか自動移動サービスを実施すべきであると結論付けられる。

しかしながら、本稿には、アンケートの制約や情報の不確実性を理由としていくつかの課題が残る。限界としては、アンケートのサンプル数が少ないこと、一人ひと月あたり平均利用回数が推定値に過ぎないことや費用の推計が正確性に欠けることが挙げられる。今後は、より詳細なデータ収集などにより分析を精緻化する必要がある。

第1節 序論

本稿は、神戸市北区筑紫が丘周辺の「まちなか自動移動サービス」に着目し、事業実施の妥当性を検討する。筑紫が丘周辺では、高齢者の割合の上昇や公共交通機関の減便などにより移動手段の確保を望む声が高まっているものの、このサービスに関する精緻な費用便益分析は行われていない。そこで、一つの指標として費用便益分析を行うことで、効率性の観点から事業の是非を検討する必要があると考える。

日本は超高齢社会にあり、特に地方では人手不足も深刻になっているため、移動手段の確保のために公共交通機関の整備の必要性が高まっている。公共交通機関は、高齢者をはじめとする利用者の需要に対応したサービスを提供するべく、以前よりもサービスの柔軟性が求められている。そこで、経済産業省と国土交通省が「スマートモビリティチャレンジ」というプロジェクトを始動し、新しいモビリティサービスの社会実装を通じた移動課題の解決や地域活性化に取り組む地域や企業を応援している。新潟市や大津市などがスマートモビリティパイロット地域に選定され実証実験の支援を受ける等、次世代モビリティへの注目が高まっている。このような状況を鑑みて、高齢化が進展している地域や公共交通の担い手が不足している地域を中心に、従来の定時・定路線型の交通サービスだけでなく、予約型のデマンド交通の導入が増加しており、まちなか自動移動サービスもその一つである。

デマンド交通は、自分で乗車・降車の場所を指定できたり、希望の時間に利用が可能であったりと、柔軟性に優れた交通手段であり、高齢者を中心に住民の期待を集めている。特に日本各地のニュータウンは、人口が集積しているが都市に先駆けて高齢化が急速に進展しており、勾配の急な場所も多いことから、短距離の移動においてもデマンド交通の有用性は高いと見られる。また、近年発展している自動運転技術の活用によってデマンド交通の機能が向上することも期待されている。

しかしながら、デマンド交通の運行は様々な課題を抱えている。例えば、運行時刻を設定しない不定時運行である場合、需要に対する対応力を高めるためには車両台数を相当数確保する必要があり、費用がかさむという問題点が指摘されている。乗務員や車両にかかるコストの比率が高く、人件費や車両償却費の削減の工夫が必要なケースもある。また、デマンド交通の自由度が増せば増すほど、通常のタクシーとの差異が明確ではなくなるため、既存の公共交通との役割分担と連携にも十分配慮する必要がある。したがって、地域の状況をよく見極めた上でサービスを導入すべきかどうかの判断を下すことが重要である。

以下、第2節では研究の背景について、神戸市北区筑紫が丘周辺の現状とともに述べる。続いて、第3節で分析手法を説明した後、第4節、第5節では便益と費用の推計を行う。そして、第6節で推計結果を示し、感度分析についてまとめる。結びとなる第7節では、本稿の結論を述べた後、本稿の限界と今後の課題について言及する。

第2節 まちなか自動移動サービスの概要

神戸市北区筑紫が丘周辺で導入が検討されている、まちなか自動移動サービスの費用便益分析を行うにあたって、本節では本分析の背景について整理する。まず、神戸市北区筑紫が丘周辺における人口、経済や交通利用などの現状に関して概観したのち、オンデマンド型自動移動サービスについて詳細を述べる。

2.1. 神戸市北区筑紫が丘周辺の現状と課題

神戸市北区筑紫が丘周辺は、丘陵地を切り開いてつくられたニュータウンである。平成27年には人口の約36%が65歳以上の高齢者であり、若者の転出が進んでいることから、今後も人口に占める高齢者の割合が上昇することが予想される。また、運転手不足などによりバスの運行本数が減便されるなど、公共交通機関が少ないという課題もある。そのため、自家用車での移動に依存した生活を強いられ、普通免許の返納により自家用車を手放した高齢者はなかなか気軽に外出することができないという状況が発生している。筑紫が丘周辺は丘陵地のため坂道が多く、勾配が急な場所は徒歩で移動するのが困難なことから、住宅地内のラストマイル移動サービスを望む声が高まっている。

さらに、公共交通機関の機能不全を主な原因として、地域住民が交流する機会の減少や、商店や飲食店の衰退、ひいては人と街の活力の低下が顕著になってきている。かつて、ニュータウンに暮らす人々は、子育て世代で都心勤労者という共通の前提のもとで繋がりを持っていた。しかし、子が巣立ち、自身も退職してからは、その共通の前提が失われ、人との繋がりを実感する契機が乏しくなっている。人と人のみならず、人と街との関係も希薄になってきている。活気にあふれ、人々が住み続ける魅力的な街を構築するために、交通システムの改善が急務となっている。

2.2. まちなか自動移動サービス導入に向けた取り組み

上述の課題に対して、神戸市は、自動運転技術を活用した車両で買い物や通院など近距離の移動をサポートし、地域の活性化に繋げようと様々な事業を構想している。将来的には、街のモニタリングや交通状況のセンシングによって得られた街なかの情報を解析し、企業にデータを活かしたサービスを提供できるようになることや、地域内を循環するモビリティの充実化によって、人々が他の街に出て地域の価値向上のための活動を拡大しやすくなることを期待している。住み継がれるまちの実現のための構想の一つとして、神戸市北区筑紫が丘および広陵町・小倉台・桜森町においてまちなか自動移動サービスの実現を目指している。

サービスの導入に向けて2016年度から2019年度まで毎年実証実験が実施され、サービスの受容性や事業性の検証、社会実装に向けた課題の抽出が繰り返されてきた。2016年度

と 2017 年度の実証実験は普通自動車で移動ニーズの把握を目的として行われ、2018 年度には自動運転車両も運行した。さらに、神戸市は株式会社日本総合研究所と協力し、ニュータウンを中心とする市内の高齢者等の移動手手段の課題解決を目的として、2018 年 8 月に「まちなか自動移動サービス事業構想コンソーシアム」を設立した。2020 年には自動運転車両の安全で円滑な自動走行の検証も実施され、サービスの導入に向けた積極的な取り組みが行われている。神戸市内で横展開し、さらには全国へ展開することも見据えながら、まずはまちなか自動移動サービスの 2020 年以降の本格的な事業化を目標として掲げている。

2.3 まちなか自動移動サービスの概要

まちなか自動移動サービスとは、神戸市北区で導入が検討されている、住宅地内の予め決められたルートを走行するラスト&ファーストマイルの乗合サービスである。導入区間は神戸市北区筑紫が丘、広陵町、小倉台、桜森町を設定している。片道 2km 程度以内の地域であるため、短距離の移動をサポートすることが導入の目的である。運行速度は、時速 30km 以下で走行することを想定している。乗降方法はオンデマンド型（呼び出し制）であり、利用者は予め決められた乗降ポイントの中から乗車と降車の場所をスマホアプリや電話で指定し、迎車を依頼することができる。長期的には完全自動運転でのサービス導入を目指しているが、実証実験は非自動運転で実施されていることが多い。なお、サービス提供範囲と乗降ポイント・ルートについては、図表 2-1 の通りである。

図表 2-1



出典：神戸市「2019 年度実証の総括」

第3節 分析手法

本節では、本稿における費用便益分析の手法について述べる。まず政策代替案を設定した後、当事者適格と費用・便益のそれぞれの項目を整理する。その上で、分析手法の概要を説明し、社会的割引率や評価期間など分析の前提条件についても記載する。

3.1. 政策代替案

まちなか自動移動サービスの実証実験では、2018年度には自動運転車両が走行し、2020年には自動運転車両の安全で円滑な自動走行の検証も実施された。一方で、それ以外の2016、2017、2019年度の実証実験は、全て非自動運転の軽自動車で行われていた。サービスを導入する際には、非自動運転での運行と自動運転での運行という2つのケースを検討する必要があると考えられる。

したがって、純便益算出の際には、「政策なし」（以下 without）と「非自動運転でのまちなか自動移動サービス導入」（以下 with1）と「自動運転のまちなか自動移動サービス導入」（以下 with2）に分け、神戸市北区筑紫が丘周辺におけるまちなか自動移動サービスの導入という政策による厚生変化を分析する。便益と費用は、without と with の差異として評価する。

with1：非自動運転でまちなか自動移動サービスを導入する

車両は非自動運転のガソリン車とし、運転手は必要となる。前述の通り、ラスト&ファーストマイルのオンデマンド型乗合サービスである。利用者は予め決められた乗降ポイントの中から乗車と降車の場所をスマホアプリや電話を通じて指定し、迎車を依頼することができる。2021年から神戸市北区筑紫が丘、広陵町、小倉台、桜森町の域内で運行を開始する。

with2：自動運転でまちなか自動移動サービスを導入する

車両は電気で動く自動運転とし、運転手は不要となる。その代わりに、自動運転車両の走行状況を遠隔監視する人員が必要である。その他事業の概要は with1 と同様である。

without：まちなか自動移動サービスを導入しない

まちなか自動移動サービスを導入せず、その他既存の公共交通機関も現状のまま運営し続ける。

3.2. 当事者適格と費用便益項目

費用、便益が発生する分析適格者を、まちなか自動移動サービスの導入に伴い行動と便益が変化する主体という観点から設定する。具体的には、①神戸市、②既存の公共交通機関、自家用車、自転車、徒歩などでの移動の代替として、まちなか自動移動サービスを利用する地域住民と、③温室効果ガス減少の効果については世界、を設定する。

本分析における当事者適格と費用便益項目の一覧は図表 3-1、3-2 の通りである。

図表 3-1 with1（非自動運転ケース）の費用便益項目

	項目	当事者適格
費用	運転車両購入費	神戸市
	デマンドシステム運行費	神戸市
	人件費	神戸市
	車両修繕費	神戸市
	ガソリン代	神戸市
	諸経費	神戸市
便益	利用者の消費者余剰	地域住民

出典：筆者作成

図表 3-2 with2（自動運転ケース）の費用便益項目

	項目	当事者適格
費用	自動運転車両購入費	神戸市
	電磁センサー導入費	神戸市
	デマンドシステム運行費	神戸市
	遠隔監視機材レンタル費	神戸市
	人件費	神戸市
	車両修繕費	神戸市
	電気代	神戸市
	諸経費	神戸市
便益	利用者の消費者余剰	地域住民
	温室効果ガス削減便益	世界

出典：筆者作成

3.3. 分析の枠組み

費用全般と、利用者の消費者余剰と温室効果ガス削減便益を推計するための手法について、概要は図表 3-3 の通りである。

図表 3-3 分析手法の概要

分析対象項目	分析手法
費用	既存の試算データを参考に推計
利用者の消費者余剰	需要曲線を推計し、余剰分析
温室効果ガス削減便益	論文データ、貨幣価値原単位の利用

出典：筆者作成

分析においては、各年度の純便益を計算し、現在価値化することで事業評価を行うこととする。価値算定における設定を以下の図表 3-4 にまとめる。社会的割引率は、国土交通省道路局「費用便益分析マニュアル」に基づき 4.0%と設定する。バス導入台数は 2018 年度まちなか自動移動サービス実証実験¹で運行していた 3 台とし、片道 2km 以内の地域におけるサービスであることから 1 回あたり平均利用距離を 2km とする。また、利用者の平均外出頻度は一人ひと月あたり平均 20.4²回と考えられ、デマンド交通への転換割合によってまちなか自動移動サービスの一人ひと月あたり平均利用回数が決まる。なお、便益と費用については年末に決算が行われるものとする。

図表 3-4 分析の前提条件

バス導入台数	3 台
1 回あたり平均利用距離	2km
基準年度	2021 年
社会的割引率	4.0%
評価期間	2021 年～2070 年

出典：筆者作成

¹ 2018 年度まちなか自動移動サービス実証実験は、2018 年 12 月 16 日～2019 年 2 月 1 日にサービス実証と技術・機能実証の検証（サービスの受容性や事業性の検証、社会実装に向けた課題の抽出）を目的として、神戸市北区筑紫が丘周辺で行われた。

² 神戸市「神戸市における人の動き」の外出率の推移より 50 代以下と 60 代以上のひと月あたり平均外出頻度をそれぞれ求め、神戸市「2018 年度実証の総括」より 2018 年度実証実験で利用者のうち 7 割が高齢者であったことから、50 代以下の外出頻度には 0.7、60 代以上の外出頻度には 0.3 を乗じるという計算を行った。

第4節 便益の推計

4.1. 便益項目

本分析では、便益を以下の項目として推計を行う。

<便益項目>

【with1】

① 利用者の消費者余剰

非自動運転のまちなか自動移動サービスの導入により、既存の公共交通機関、自転車、徒歩などでの移動と比較して移動時間の短縮が見込まれる。移動時間短縮により、特に高齢者の間で利便性が向上するなどの便益が予測される。

【with2】

① 利用者の消費者余剰

with1と同様に、自動運転のまちなか自動移動サービスの導入により既存の公共交通機関、自転車、徒歩などでの移動と比較して移動時間の短縮が見込まれる。移動時間短縮により、特に高齢者の間で利便性が向上するなどの便益が予測される。また、自動運転AI技術により、道路の状況を高精度で把握できるため、利便性がさらに向上することも予想される。

② 温室効果ガス削減便益

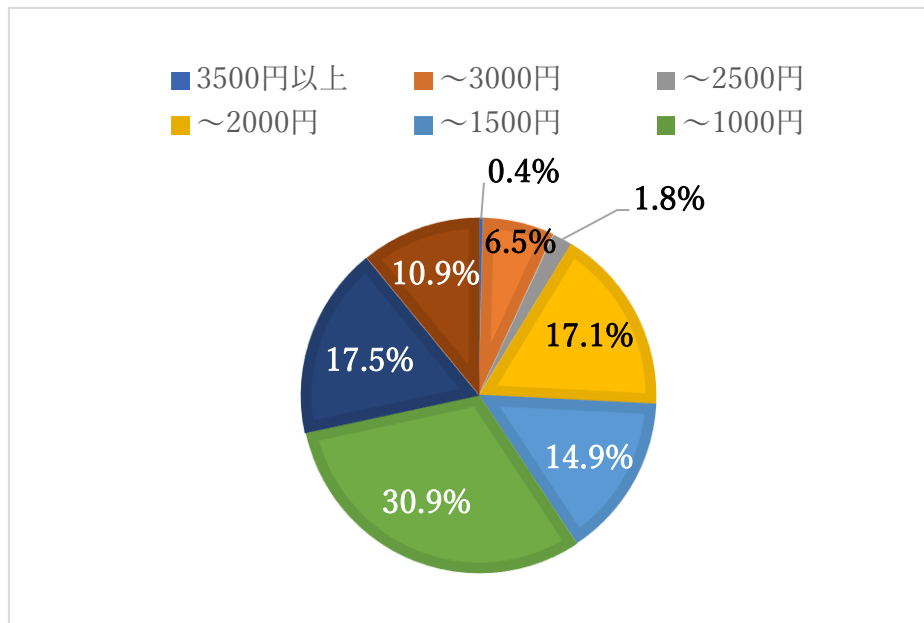
with2については自動運転のため、サービスの導入により、ガソリンを燃料とする自家用車の利用が減少しデマンド交通への転換が進めば、温室効果ガスの排出減に繋がると考えられる。

4.2. 需要曲線の推定

本稿では、需要曲線を推定して余剰の算出と検証を行い、一人ひと月あたり平均利用回数の想定値を求めた上で、利用者の消費者余剰を試算する。

まず、2018年度まちなか自動移動サービス実証実験中に実施されたアンケート結果を利用して、仮想評価法によって需要曲線を推定する。サービスを利用するために月額いくらまでなら支払っても良いかに対する回答を支払い意思額とし、アンケート結果を図表 4-1 に示す。

図表 4-1 新サービスの適切価格（月額料金）

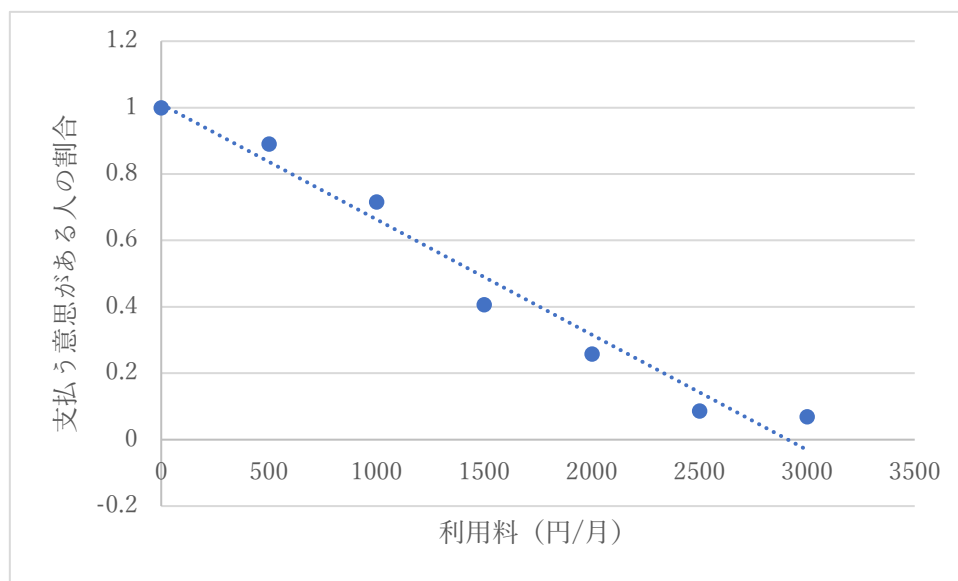


出典：神戸市「2018 年度実証の総括」

2018 年度実証実験のアンケート結果（回答総数：275 名）より筆者作成

各月額料金について、その値段を支払う意思がある人の割合をプロットした上で、近似曲線を線形に予測した。こうして仮想評価法に基づいて推定した需要曲線は、図表 4-2 で示される直線となった。

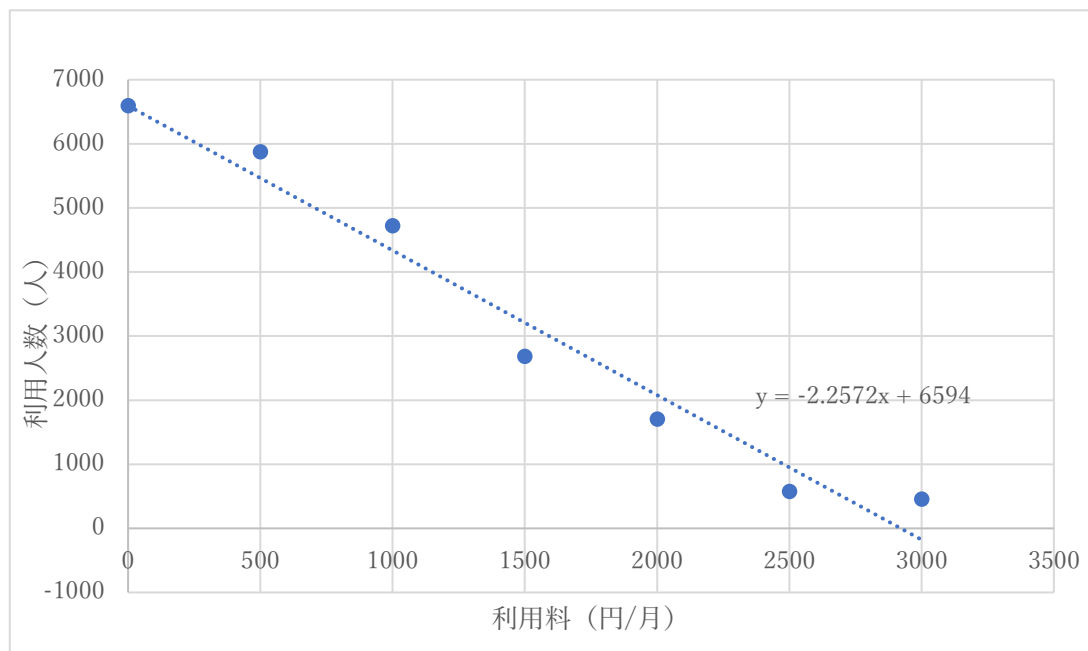
図表 4-2 仮想評価法に基づく需要曲線



出典：筆者作成

上記の需要曲線を基に、サービスの導入が検討されている地域（神戸市北区小倉台、広陵町、桜森町、筑紫が丘）の人口に対する割り戻しを行って、縦軸を利用人数に転換する。その際、住宅地内限定の移動サービスの必要性に関するアンケート結果を利用する。サービスの必要性にする質問項目には、回答総数の 278 名のうち約 46%にあたる 128 名が、「必要だし、自分も使いたい」と回答した³。この割合と人口を利用することで、サービスを利用する意思がある人数を算出できると考える。例えば、2020 年 12 月時点のサービス導入地域の人口は 14335 人であったため、その 46%にあたる 6594 人が、サービスが無料だった場合に利用すると想定される人数である。したがって、2020 年の需要曲線は以下の図表 4-3 のように表すことができる。

図表 4-3 2020 年の需要曲線



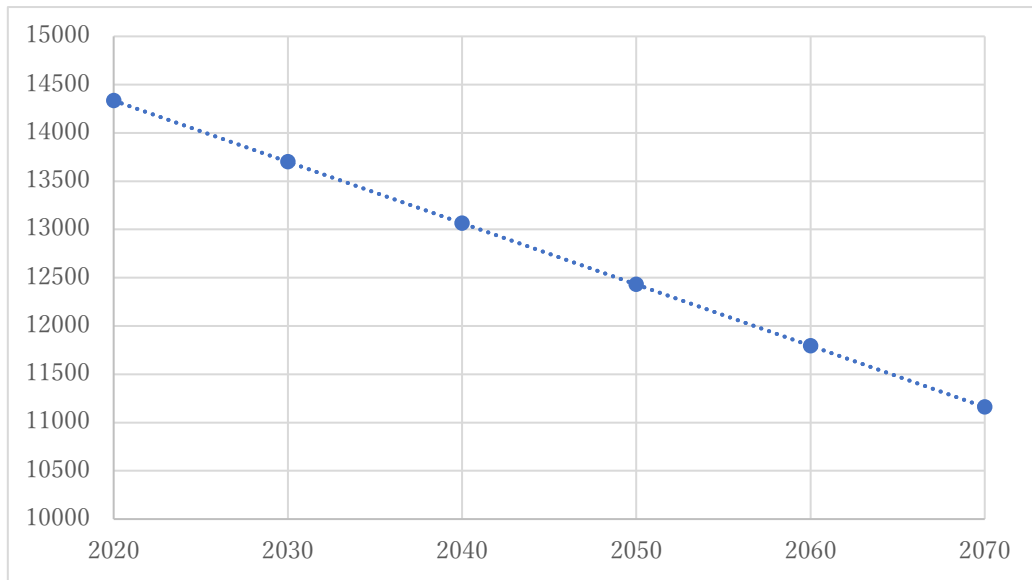
出典：筆者作成

4.3. 仮想評価法に基づく利用者の消費者余剰の推計

4.2 節の需要曲線の推定を評価期間の 50 年分に行い、利用者の消費者余剰を推計する。なお、サービス導入地域の人口は近年減少傾向にあるため、将来人口も減少し、それに伴いサービス利用者数も減少すると考える。神戸市の人口統計より 2012~2020 年のサービス導入地域の人口を算出し、線形に近似した上で将来人口を予測した。

³ 出典：神戸市「2018 年度実証の総括」回答総数は 278 名。

図表 4-4 将来の人口予測



出典：神戸市「人口統計」より筆者作成

ここで、自治体の事業であることから価格は限界費用⁴に等しくなるように設定する。需要曲線と限界費用の交点から利用人数を求め、需要曲線よりも下側かつ限界費用よりも右側の部分の面積が消費者余剰となる。以上の方法に基づき、デマンド交通への転換割合を変化させ様々な利用回数について消費者余剰を試算した。

図表 4-5 仮想評価法に基づく利用者の消費者余剰

		非自動運転	自動運転
平均 利用 回数 (人・月)	3回	18.99 億円	19.63 億円
	8回	13.37 億円	14.76 億円
	12回	9.54 億円	11.37 億円
	13回	8.70 億円	10.60 億円
	14回	7.89 億円	9.87 億円
	17回	5.67 億円	7.78 億円
	18回	5.02 億円	7.14 億円
	19回	4.42 億円	6.50 億円
	20回	3.85 億円	5.93 億円
	24回	1.94 億円	3.87 億円

出典：筆者作成

⁴ 限界費用の算出方法について、詳しくは 5.3.節を参照。

4.4. 利用者の消費者余剰の検証

4.3.節では、利用者の消費者余剰を推計する際に、支払い意思額に関するアンケート結果に基づいて需要曲線を導出した。しかしながら、サービス開始前のアンケートでの回答とサービス導入後の実際の行動との間には乖離が生じる可能性がある。したがって、アンケートに基づかない別の方法でも消費者余剰を試算し、結果の妥当性を検証することにする。

検証の際には、徒歩からデマンド交通に転換する利用者の便益を算出する。まちなか自動移動サービスが導入されるのは片道 2km 以内の地域に限定されるため、サービス利用者が自家用車を完全に手放すとは考えにくい。そのため今回は、自家用車の維持費が削減されることによる便益は考慮しないこととする。

徒歩からデマンド交通に転換する利用者の便益を試算する際には、神戸市ニュータウン地区において、徒歩の交通分担率が 27.9%⁵であることを利用する。神戸市が、まちなか自動移動サービスの導入に際して運行速度を時速 30km 以下と想定していることから、平均速度は 20km/h と設定する。国土交通省「費用便益分析マニュアル」より歩行速度は 3.60km/h であるため、サービスを一回(2km)利用することにより 27.3 分削減できると考えられる。さらに、歩行者の時間価値原単位が 25.64 円/(分・人)⁶であることを用いると、徒歩からまちなか自動移動サービスに転換することによって約 700 円/(回・人)の余剰が生まれることになる。これらに基づき、一年間の便益額を $(27.3 \times 25.64 \times \text{一人ひと月あたり平均利用回数} - \text{限界費用}^7) \times 12(\text{か月}) \times \text{利用者数} \times 0.279$ によって算出することができる。

本分析では、実証実験中のアンケートで月額支払い意思額を尋ねていたことから、価格を月額とした定額制のモデルに沿って試算を行った。定額制のため、利用回数が違うことは消費者の選好が異なることを意味する。本項の検証方法によって様々な利用回数について利用者便益を試算した結果を、図表 4-6 に示す。

⁵ 出典：神戸市「神戸市における人の動き」

⁶ 出典：国土交通省「費用便益分析マニュアル」

⁷ 限界費用の算出方法について、詳しくは 5.3.節を参照。

図表 4-6 利用者の消費者余剰の検証

		非自動運転	自動運転
平均 利用 回数 （人・月）	3回	7.33 億円	7.63 億円
	8回	16.41 億円	17.62 億円
	12回	20.77 億円	23.20 億円
	13回	21.50 億円	24.28 億円
	14回	22.06 億円	25.25 億円
	17回	22.67 億円	27.21 億円
	18回	22.60 億円	27.63 億円
	19回	22.37 億円	27.77 億円
	20回	22.00 億円	27.94 億円
	24回	18.73 億円	27.09 億円

出典：筆者作成

仮想評価法によって試算した結果（図表 4-5）と照らし合わせてみると、一人ひと月あたり平均利用回数が 8 回の時に両者の値が最も近付くことが分かった。

図表 4-7 一人ひと月あたり平均利用回数が 8 回の場合の消費者余剰

	非自動運転	自動運転
仮想評価法	13.37 億円	14.76 億円
検証	16.41 億円	17.62 億円

出典：筆者作成

したがって、本分析で仮想評価法によって推定した需要曲線に合致する一人ひと月あたり平均利用回数は 8 回とする。今、利用者の平均外出頻度は一人ひと月あたり平均 20.4⁸回と想定しており、一度の外出でデマンド交通を往復で利用する人は半数⁹とする。一人ひと月あたり平均利用回数が 8 回になるのは、デマンド交通への転換割合が 25% の場合である。その場合、利用者の消費者余剰は with1 で 13.37 億円、with2 で 14.76 億円となる。

⁸ 詳しくは 3.3 節を参照。

⁹ 出典：富士見市「デマンド交通に関するアンケート調査について（結果）」（富士見市地域公共交通会議 第 9 回資料、2018 年 5 月 21 日）(https://www.city.fujimi.saitama.jp/shisei/21kyoudou/shingikai/2013-0710-0856-10/2015-0721-1345-156.files/180521_01.pdf) 2021/01/24 最終アクセス

4.5. 温室効果ガス削減便益

with2 については自動運転のため、サービスの導入により、ガソリンを燃料とする自家用車の利用が減少しデマンド交通への転換が進めば、温室効果ガスの排出減に繋がると予想される。しかしながら、人々は温室効果ガス削減便益を十分に内在化して認識しきれていないと考え、アンケート結果による利用者の消費者余剰とは別個に計測する。国土交通省「自動車燃費一覧について」より、ガソリン乗用車の 1km 走行における CO2 排出量の平均値を算出すると 170g/km となった。また、Greenblatt, Saxena(2015)と Chao(2015)によると、自動運転に転換した場合、ガソリン車の走行で排出する温室効果ガスのうちの 90%を削減できる。したがって、自動運転でサービスを導入した場合、153g/km の CO2 の排出が抑制されると考えられる。以上を踏まえて、二酸化炭素の貨幣価値原単位である 2220 円/t-CO2¹⁰を用いて試算すると、評価期間の温室効果ガス削減便益は 112.44 万円となった¹¹。なお、まちなか自動移動サービス総走行距離は一人ひと月あたり平均利用回数が 8 回の場合を想定して算出した。

サービス導入前後の自家用車の交通量の変化を予測することが困難であったため、本分析では、オンデマンドバスが走行する距離分だけマイカーでの移動がオンデマンドバスに代替されると想定している。この想定によって温室効果ガス削減便益の推計の精度があまり良くないと思われるが、総費用や利用者の消費者余剰の大きさに比べて温室効果ガス削減便益の値は小さいため、全体の推計結果にあまり影響を与えない。

第 5 節 費用の推計

5.1. 費用項目

本分析では、with1 の場合も with2 の場合も初期費用とランニングコストを費用項目として推計する。

〈費用項目〉

① 初期費用

運転車両購入費、オンデマンドシステム導入費等項目を含む費用である。

¹⁰ 出典：国土交通省「CO2 の貨幣価値原単位について」(国土交通省大臣官房 公共事業評価手法に関する検討会 第 3 回資料、2007 年 7 月 12 日)

(https://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/pdf_kentoukai03/03.pdf) 2021/01/24 最終アクセス

¹¹ 一年間の便益額は、CO2 削減量(t/km)×まちなか自動移動サービス総走行距離(km/年)×CO2 貨幣価値原単位(円/t-CO2)によって算出した。

② ランニングコスト

人件費、ガソリン代、電気代、車両修繕費等項目を含め、まちなか自動移動サービスの運営に係る費用である。

5.2. 費用の推計

まちなか自動移動サービスの導入に伴い、前述のような費用項目が発生する。本節では、with 1 と with 2 それぞれの費用項目に関する推計手法を、初期費用とランニングコストに分けて述べる。費用の推計は全体として、国土交通省「自動運転サービスの採算性の検討事例」を参考にして試算を行った。その際、2018 年度に行われた神戸市北区筑紫が丘及び周辺地域における実証実験の内容¹²を基に、神戸市の方針に沿って推計している。

5.2.1. with 1 にかかる費用

初期費用は車両購入費のみを考える。2018 年度実証実験では、軽自動車を改造した普通車両「アトレー」が 3 台使用されていた。そのため、with1 では、軽自動車を改造した普通車両「アトレーワゴン 2WD」を非自動運転車両として 3 台導入することを想定している。なお、「アトレーワゴン 2WD」の単価は 171 万円とする。したがって、初期費用は 513 万円と算出できる。

ランニングコストには、デマンドシステム運行費、人件費、車両修繕費、ガソリン代、諸経費が含まれる。ランニングコストの単価は、国土交通省「自動運転サービスの採算性の検討事例」を参考に算出した。

デマンドシステム運行費は、国土交通省「自動運転サービスの採算性の検討事例」の値を利用した。人件費は、運転手一名の日単価を 9600 円¹³とし、乗務員を 3 人と想定している。ガソリン価格は経済産業省資源エネルギー庁「石油製品価格調査」の市場価格より 151.3(円/L)と設定し、アトレーワゴン 2WD の実燃費 14.3 (km/L)という値を用いてガソリン代¹⁴を算出している。車両修繕費と諸経費については、国土交通省自動車局「2016 年東京のタクシー運賃組替えについて」より、総走行キロあたりの各原価項目の値を用いる。しかしながら、その値は東京における原価であることから、値をそのまま神戸市に適用することはできないかもしれない。したがって、日本バス協会「2019 年度版（令和元年度）日本のバス事業」より、ブロック別実車走行キロ当たりの運送原価の表を用いて補正することとした。まず車両修繕費と諸経費について、京浜ブロック民営の値と京阪神ブロック公営の値の比を算出し、それを東京における原価に乗じることによって、まちなか自動移動サービスにかか

¹² 神戸市「2018 年度実証の総括」を参照した。

¹³ 国土交通省「自動運転サービスの採算性の検討事例」のタクシー会社に対するヒアリングに基づく値である。

¹⁴ ひと月あたりのガソリン代は、月間走行キロ÷燃費×ガソリン価格で計算した。

る 1km あたりの車両修繕費¹⁵と諸経費¹⁶を求めた。

以上を踏まえて、初期費用とランニングコストの単価を図表 5-1 に示す。

図表 5-1 with1（非自動運転ケース）の費用

初期費用	運転車両購入費	5,131,500 円
ランニングコスト	デマンドシステム運行費	50,000 円/月
	人件費	864,000 円/月
	車両修繕費	4.3 円/km
	ガソリン代	10.6 円/km
	諸経費	28.2 円/km

出典：筆者作成

5.2.2. with2 にかかる費用

初期費用は車両購入費の他に、自動運転を行う際に必要な電磁センサーの導入費用を考える。自動運転車両の購入費は、株式会社ゼットエムピーのホームページ¹⁷を参照した。単価 2200 万円の市販の自動運転車両「RoboCar SUV」と単価 1800 万円の市販の自動運転車両「RoboCar MiniVan」の平均値をとって、単価を 2000 万円と設定している。2018 年度実証実験で車両が 3 台導入されていたことに則り、自動運転車両購入費は 6000 万円と算出できる。道路側の電磁センサーについては、本稿では、スタートアップのルミナー (Luminar) が開発した単価 54,000 円のセンサーを導入することとする。導入台数は 2019 年度実証実験で取り付けたセンサー数を参考にして、10 台と設定した。したがって、電磁センサー導入費は 54 万円となる。

ランニングコストには、デマンドシステム運行費、遠隔監視機材レンタル費、人件費、車両修繕費、電気代、諸経費が含まれる。ランニングコストの単価は、国土交通省「自動運転サービスの採算性の検討事例」を参考に算出した。

デマンドシステム運行費と遠隔監視機材レンタル費は、国土交通省「自動運転サービスの採算性の検討事例」の値を利用した。人件費は、サービス導入にあたり、人員はオペレーターを 3 名確保する必要があると考えて算出した。国土交通省「自動運転サービスの採算性の検討事例」に則り、平均時給は 720 円とした。なお、2019 年度実証実験が 8:30~19:30 で

¹⁵ 35.50 (京阪神ブロック公営運送原価) ÷ 20.58 (京浜ブロック民営運送原価) × 2.5 (東京におけるタクシーの運送原価) より、4.3 円/km と算出した。

¹⁶ 256.31 (京阪神ブロック公営運送原価) ÷ 143.47 (京浜ブロック民営運送原価) × 15.8 (東京におけるタクシーの運送原価) より、28.2 円/km と算出した。

¹⁷ 出典：株式会社ゼットエムピーホームページ「SUV 車両ベース RoboCar SUV」
(<https://www.zmp.co.jp/products/robocar/robocar-suv>) 2021/01/24 最終アクセス

実施されていたことから、一日あたり 11 時間運行することを想定している。電気代は、電気価格を 1kWh あたり 20.78 円と設定し、燃費 6 (km/kWh) という値を用いて算出している。車両修繕費と諸経費については、5.1.1 節と同様に求めた。

以上を踏まえて、初期費用とランニングコストの単価を図表 5-2 に示す。

図表 5-2 with2 (自動運転ケース) の費用

初期費用	自動運転車両購入費	60,000,000 円
	電磁センサー導入費	540,000 円
ランニングコスト	デマンドシステム運行費	50,000 円/月
	遠隔監視機材レンタル費	10,000 円/月
	人件費	534,600 円/月
	車両修繕費	4.3 円/km
	電気代	3.3 円/km
	諸経費	28.2 円/km

出典：筆者作成

5.3. 限界費用

まちなか自動移動サービスの限界費用は、需要曲線の縦軸が利用人数であることから、利用人数が一人増えることにより 1 か月間でかかる追加的な費用と見る。費用のうち変動費は、with1 の場合はガソリン代・車両修繕費・諸経費であり、with2 の場合は電気代・車両修繕費・諸経費である。したがって、with1 の限界費用は、利用人数が一人増えることにより 1 か月間でかかる追加的なガソリン代・車両修繕費・諸経費の和と考えることができる。また、同様に、with2 の限界費用は、利用人数が一人増えることにより 1 か月間でかかる追加的な電気代・車両修繕費・諸経費の和となる。

今、デマンド交通への転換割合を 25%とし、一人ひと月あたり平均利用回数は 8 回を想定している。また、まちなか自動移動サービスは住宅地内の予め決められたルート (片道 2km 程度以内の短距離) で走行するため、一回あたり平均利用距離を 2km と設定している。すなわち、一人ひと月あたり 16km 利用すると考えられる。したがって、with1 の限界費用は、ガソリン代・車両修繕費・諸経費の 1km あたりの単価の和を 16 に乗じて計算することによって、689(円/月)と算出した。同様に with2 の限界費用は、電気代・車両修繕費・諸経費の 1km あたりの単価の和を 16 に乗じて計算することによって、573(円/月)と算出した。

図表 5-3 限界費用

	非自動運転	自動運転
転換割合 25%を想定	689 円	573 円

出典：筆者作成

5.4. 総費用の推計

5.1 節と 5.2 節を踏まえて、with1 と with2 について、評価期間の初期費用とランニングコストを合わせた総費用を推計する。

5.4.1. with1 の総費用の推計

総費用の推計の際に、4.2 節の結果を踏まえて、推定した需要曲線と限界費用の 689（円/月）との交点から利用人数を求める。この時、消費者余剰の推計の際と同様に、サービス導入地域の人口は近年減少傾向にあるため将来人口も減少し、それに伴いサービス利用者数も減少すると考える。したがって、評価期間の 50 年分の費用の推計を行う際には、神戸市の人口統計¹⁸を基に予測した将来人口を考慮した上で総走行キロを算出する。なお、自動車の耐用年数は 10 年とする¹⁹。

以上を踏まえて推計したところ、with1 の場合の総費用は 9.79 億円となった。

5.4.2. with2 の総費用の推計

総費用の推計の際に、4.2 節の結果を踏まえて、推定した需要曲線と限界費用の 573（円/月）との交点から利用人数を求める。この時、消費者余剰の推計の際と同様に、サービス導入地域の人口は近年減少傾向にあるため将来人口も減少し、それに伴いサービス利用者数も減少すると考える。したがって、評価期間の 50 年分の費用の推計を行う際には、神戸市の人口統計²⁰を基に予測した将来人口を考慮した上で総走行キロを算出する。なお、自動車の耐用年数は 10 年とする²¹。現在の自動運転車の単価は一台あたり 2000 万円と設定しているが、自動運転車両の移動コストは急激に低下してきている。ARK Investment Management「自動運転タクシーネットワーク」によると、自動運転タクシーのコストは従来に比べて約 13 分の 1 になる見込みである。したがって本稿では、自動運転車両の 2 回目以降の購入の際には、車両価格が現在の 1/10 の 600 万円になると想定した。また、道路側の電磁センサーの耐用年数は国税庁「減価償却資産の耐用年数等に関する省令」を参考とし

¹⁸ 出典：神戸市「人口統計」

¹⁹ 出典：国土交通省 2018 年「自動運転サービスの採算性の検討事例」

²⁰ 出典：神戸市「人口統計」

²¹ 出典：国土交通省 2018 年「自動運転サービスの採算性の検討事例」

て6年²²と定めた。

以上を踏まえて推計したところ、with2 の場合の総費用は 8.48 億円となった。

第6節 推計結果と感度分析

6.1. 推計結果

以上の費用と便益の推計を行った上で、社会的便益から社会的費用を引いて純便益を求め、推計結果を図表 6-1 にまとめた。神戸市北区小倉台、広陵町、桜森町および筑紫が丘にまちなか自動移動サービスを導入した場合、with1 ケースでも with2 ケースでも純便益は正となった。非自動運転の場合は 50 年間でおよそ 3.58 億円、自動運転の場合はおよそ 6.27 億円の純便益が発生するという結果となった²³。

図表 6-1 純便益の推計結果

	非自動運転	自動運転
総費用	9.79 億円	8.48 億円
総便益	13.37 億円	14.76 億円
純便益	3.58 億円	6.27 億円

出典：筆者作成

なお、一人ひと月あたり平均利用回数が 8 回の場合の運行の実現性についても検討する。2019 年度実証実験が 8:30~19:30 で実施されていたことから、一日あたり 11 時間運行することを想定している。平均時速 20km で 11 時間/日走行することから、車両台数 3 台で一日最大 330 回運行することができる。相乗り率が非常に低くない限り、車両台数 3 台で利用者全員を乗車させることができる。しかしながら、国土交通省「続・デマンド型交通の手引き」によると、自由経路ミーティングポイント型のデマンド交通の相乗り率は 1.70 人/回と低い。もしこの値が神戸市北区にも適用できると仮定すれば、3 台だと乗車したくてもサービスを利用できない人が発生してしまう可能性が高い。したがって、車両台数を多めに見積もって 5 台に設定した場合についても試算を行う。その結果、with1 と with2 のいずれも純便益が正となる²⁴ことから、実証実験よりも車両台数を増やす必要があるとしても、事業

²² 国税庁「減価償却資産の耐用年数等に関する省令」のうち、別表第 1「器具及び備品」の「2 事務機器及び通信機器」の「インターホン及び放送用設備」の値を利用した。

²³ 一人ひと月あたり平均利用回数が 8 回、自動運転車両購入費が 10 年後に 1/10 になるケース。

²⁴ 純便益は、with1 の場合は 2.00 億円、with2 の場合は 3.76 億円となる。

を実施することで費用よりも大きな便益が得られることに変わりはない。

以上より、一人ひと月あたり平均利用回数が8回の場合、with1 と with2 のいずれも純便益が正である。したがって、自動運転でも非自動運転でもまちなか自動移動サービスを実施すべきであると結論付けられる。

6.2. 不確実性範囲の評価と感度分析

以上の分析は条件や仮定のおき方によって結果が変わる可能性があるため、異なる条件設定で同様の分析を行う。感度分析で扱うパラメーターの候補については、推計結果に大きく影響を及ぼすと思われるものを選定する。

まず、デマンド交通への転換割合について不確実性がある。以上の分析では、仮想評価法に基づく消費者余剰の試算と検証の結果から、デマンド交通への転換割合は 25%が妥当であるとしたが、この想定は、実際にサービスが導入された際の住民の行動とは乖離している可能性がある。例えば、神戸市「2017 年度実証の総括」によると、実証実験では自治会館前やイオン前を目的地とする移動が多かったことから、日用品の買い物や娯楽など私的な用事でまちなか自動移動サービスを利用すると想定できる。国土交通省「平成 27 年全国都市交通特性調査」によると、私事目的の外出は全体の約 4 割を占めるため、デマンド交通への転換割合は 40%であるかもしれない。デマンド交通への転換割合はまちなか自動移動サービスの利用回数を決めるため、費用の推計においても便益の推計においても重要なパラメーターである。したがって、転換割合が 40%（一人ひと月あたり平均利用回数が 12 回²⁵）の場合、転換割合が 80%（一人ひと月あたり平均利用回数が 24 回²⁶）の場合やその他の平均利用回数を想定した場合についても純便益を試算する必要があると考える。なお、変動費は走行距離に依存するため、一人ひと月あたり平均利用回数に応じて限界費用も変化する。様々な平均利用回数についての限界費用の一覧²⁷を図表 6-2 に示す。

²⁵ デマンド交通への転換割合が 40%の時は、まず 20.4（利用者の平均外出頻度（/人・月））に 0.4 を乗じる。本稿では一度の外出について全体の半数が往復ともにデマンド交通を利用すると想定しているため、さらに 1.5 を乗じると 12 回と算出できる。

²⁶ 転換割合が 40%の時と同様に、20.4 に 0.8 を乗じ、さらに 1.5 を乗じると 24 回と算出できる。

²⁷ 限界費用の算出方法について、詳しくは 5.3 節を参照。

図表 6-2 限界費用の一覧

一人ひと月あたり平均利用回数	非自動運転	自動運転
3 回	258 円	215 円
8 回	689 円	573 円
12 回	1034 円	860 円
13 回	1120 円	932 円
14 回	1206 円	1003 円
17 回	1465 円	1218 円
18 回	1551 円	1290 円
19 回	1637 円	1362 円
20 回	1723 円	1433 円
24 回	2068 円	1720 円

出典：筆者作成

次に、自動運転車両購入費についてである。ARK Investment Management「自動運転タクシーネットワーク」を踏まえて、自動運転車両購入費は 10 年後に現在の価格の 1/10 になると想定したが、あくまでも予測に過ぎない。将来のことは不確実であり、自動運転車両購入費が将来にわたって現在と同じ、もしくはそれほど減少しない場合についても試算する必要がある。現在の価格は一台あたり約 2000 万円と高額であり、3 台導入すると想定していることから、自動運転車両の価格の推移によって初期費用が大きく変化する。その上、自動車の耐用年数が 10 年のため評価期間中に 4 度買い替える必要があることから、購入費が減少するか否かは推計結果に影響を及ぼし得ると考える。したがって、自動運転車両購入費が現在と変わらない場合、現在の価格の 1/2 になる場合や現在の価格の 1/5 になる場合についても試算を行う。

一人ひと月あたり平均利用回数と自動運転車両購入費の 2 つのパラメーターを動かして感度分析を行ったところ、結果は以下の図表 6-3 のようになった。一人ひと月あたり平均利用回数にかかわらず、with2 の純便益が with1 の純便益よりも常に大きいことから、自動運転でのサービス導入の方が非自動運転でのサービス導入よりも望ましいということが示された。

図表 6-3 感度分析 純便益の一覧

		非自動運転	自動運転			
			車両価格 変化なし	車両価格 1/2 になる	車両価格 1/5 になる	車両価格 1/10 になる
平均 利用 回数 〽 人・ 月	3 回	7.81 億円	9.45 億円	9.85 億円	10.09 億円	10.17 億円
	8 回	3.58 億円	5.56 億円	5.96 億円	6.20 億円	6.27 億円
	12 回	0.89 億円	2.94 億円	3.34 億円	3.58 億円	3.66 億円
	13 回	0.32 億円	2.36 億円	2.76 億円	3.00 億円	3.08 億円
	14 回	-0.21 億円	1.82 億円	2.22 億円	2.46 億円	2.54 億円
	17 回	-1.57 億円	0.31 億円	0.71 億円	0.95 億円	1.03 億円
	18 回	-1.94 億円	-0.14 億円	0.27 億円	0.51 億円	0.59 億円
	19 回	-2.27 億円	-0.57 億円	-0.16 億円	0.08 億円	0.16 億円
	20 回	-2.56 億円	-0.95 億円	-0.55 億円	-0.31 億円	-0.23 億円
	24 回	-3.33 億円	-2.24 億円	-1.84 億円	-1.60 億円	-1.52 億円

出典：筆者作成

第 7 節 結論と今後の課題

7.1. 結論

本稿では、筑紫が丘および広陵町・小倉台・桜森町におけるまちなか自動移動サービスについての費用便益分析を行った。当事者適格には、①神戸市と、②既存の公共交通機関、自家用車、自転車、徒歩などでの移動の代替としてまちなか自動移動サービスを利用する地域住民と、③温室効果ガス減少の効果については世界、を想定している。まちなか自動移動サービスを導入しない場合を without ケース、非自動運転で導入する場合を with1 ケース、自動運転で導入する場合を with2 ケースと設定し、2021~2070 年を評価期間として分析を行った。

消費者余剰については、仮想評価法によって推定した需要曲線に基づいて試算した後、徒歩の交通分担率と歩行者の時間価値原単位を用いて仮想評価法の検証を行った。その結果、本稿で推定した需要曲線に最も合致する一人ひと月あたり平均利用回数は 8 回であることが示された。一人ひと月あたり平均利用回数を 8 回と設定した場合、with1 と with2 のいずれのケースも純便益が正となり、純便益の値は比較的大きい。したがって、社会的費用が社会的便益を大きく上回る可能性が高く、自動運転でも非自動運転でもまちなか自動移動サービスを実施すべきであると結論付けられる。なお、with2 よりも with1 の方が常に純便益

が大きくなることから、自動運転でサービスを導入するほうがより望ましいと考えられる。

7.2. 政策提言

神戸市は、株式会社日本総合研究所と協力して2018年に「まちなか自動移動サービス事業構想コンソーシアム」を設立した。持続可能な地域の移動手段の確保を目的として、2020年以降の事業化を見据えて計画を進めてきた。2018年度の実証実験に次いで2019年12月～2020年2月にも実証実験を行い、2020年には自動運転車両の安全で円滑な自動走行の検証も行うなど、まちなか自動移動サービスの導入に向けて積極的に取り組んでいる。本分析の結果より、サービスの導入は正の社会的純便益をもたらす可能性が高い。

7.3. 本分析の限界と今後の課題

最後に、本分析の限界と課題を示す。

第一に、推計に利用した2018年度実証実験のアンケート結果について、回答人数が少ない点が挙げられる。支払い意思額については回答総数が275名、まちなか自動移動サービスが導入された場合の利用意思については278名であり、2020年12月時点での導入地域の人口14335人と比較すると観測値数が少ない。したがって、サービス導入前のアンケート回答と導入後の人々の実際の行動との間に乖離が生じる可能性がある。人口のうち約2%のみが回答した内容を導入地域の全人口に適用して推計を行うことの妥当性については課題が残る。

第二に、デマンド交通への転換割合に関して限界がある。サービスの利用意思に関しては調査されていたが、サービスを利用したいと思っている人に対して将来の利用頻度に関する意思は調査されていない。例えば、「どの程度の頻度でサービスを利用したいと思うか」という質問項目があれば、その回答結果を利用して一人ひと月あたり平均利用回数を導出することができただろう。本分析では、仮想評価法の検証を行うこととなるべく実態に沿った推計を試みたが、あくまでも推定値に過ぎない。デマンド交通への転換割合は費用の推計においても便益の推計においても分析の核となる重要な要素であることから、その正確性は今後に向けた課題であると考えられる。

第三に、費用の推計に関する課題が2つある。1つ目は、費用は全て外部データから推計せざるを得なかった点である。実証実験の際に実際にかかったランニングコストや、サービスの導入にあたって見込んでいる初期費用など、費用の情報は神戸市より公表されていない。全て外部のデータから推計したために、過小評価もしくは過大評価になってしまっている可能性があり、正確性に欠ける。2つ目は、1回あたり平均利用距離が実態を反映できているかどうか定かでない点である。片道2km以内の地域で導入されるサービスのため、1回あたり平均利用距離を2kmと設定して分析を行ったが、実証実験中の総走行距離の情報などがあればより正確な値を用いて試算することが可能であったと考える。今後は、より精緻な費用の分析を目指していく必要がある。

以上のように、本分析にはアンケートの制約や情報不足によっていくつかの課題が残る。これらの限界は、本稿で扱ったまちなか自動移動サービスだけでなく、同様のデマンド交通の事業にも示唆を与え得ると考える。実証実験において、費用をできる限り明確に把握することやアンケートの精度を高めることが、事業実施の妥当性に関するより正確な判断に繋がるであろう。

謝辞

本稿の執筆にあたり、指導教官の東京大学公共政策大学院岩本康志教授には、テーマ設定の段階から完成に至るまで数多くの適切な助言を頂いた。この場を借りて厚く御礼申し上げたい。

なお、本分析における推計結果や提言は全て筆者たち個人の見解であり、所属する機関としての見解を示すものではない。また、言うまでもなく本稿にあり得る誤りは全て筆者たちに帰するものである。

参考文献

Chao, J. (2015). *Autonomous Taxis Would Deliver Significant Environmental and Economic Benefits*. Berkeley Lab.

Greenblatt, J.B. and Saxena, S. (2015). *Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles*. Nature Climate Change.

国土交通省「費用便益分析マニュアル」

(https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-hyouka/manual_h30_2.pdf) 2021/01/24 最終アクセス

参考資料

ARK Investment Management「自動運転タクシーネットワーク」

(<https://www.nikkoam.com/files/sp/ark/docs/ark-invest-big-ideas-2019-taxi.pdf>)

2021/01/24 最終アクセス

神戸市「神戸市における人の動き」

(https://www.city.kobe.lg.jp/documents/13368/20180105pttyousa_1.pdf) 2021/01/24 最終アクセス

神戸市「人口統計」

(<https://www.city.kobe.lg.jp/a89138/shise/toke/toukei/jinkou/index.html>) 2021/01/24 最終アクセス

神戸市「2017 年度実証の総括」

(<https://www.city.kobe.lg.jp/documents/12607/20180601042101-02.pdf>) 2021/01/24 最終アクセス

神戸市「2018 年度実証の総括」

(<https://www.city.kobe.lg.jp/documents/25561/20190628042101-01.pdf>) 2021/01/24 最終アクセス

神戸市「2019 年度実証の総括」

(<https://www.city.kobe.lg.jp/documents/35676/2020072104.pdf>) 2021/01/24 最終アクセス

国税庁「減価償却資産の耐用年数等に関する省令 別表」

(http://www.web-seibunsha.jp/tebiki/pdf/9/pdf_mask/huroku.pdf) 2021/01/24 最終アクセス

国土交通省「自動運転サービスの採算性の検討事例」(中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転ビジネスモデル検討会 第6回配布資料、2018年12月17日)

(<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/automatic-driving/pdf06/02.pdf>) 2021/01/24 最終アクセス

国土交通省「自動車燃費一覧について」

(<https://www.mlit.go.jp/jidosha/nenpi/nenpilst/nenpilst.html>) 2021/01/24 最終アクセス

国土交通省「続・デマンド型交通の手引き」

(https://www.tb.mlit.go.jp/hokkaido/bunyabetsu/tiikikoukyoukoutsuu/31manyuaru/08zoku/demandotebiki_tyuubu.pdf) 2021/01/24 最終アクセス

国土交通省「2016年東京のタクシー運賃組替えについて」

(https://www.cao.go.jp/consumer/history/04/kabusoshiki/kokyoryokin/doc/021_161102_shiryou1.pdf) 2021/01/24 最終アクセス

国土交通省「平成27年全国都市交通特性調査」

(https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_fr_000024.html) 2021/01/24 最終アクセス

日本バス協会「2019年度版（令和元年度）日本のバス事業」

(http://www.bus.or.jp/about/pdf/2019_busjigyo.pdf) 2021/01/24 最終アクセス

付録

一人ひと月あたり平均利用回数を 8 回とした場合の毎年の費用と便益は以下の通りである。なお、with2 については、自動運転車両購入費は 10 年後に現在の価格の 1/10 になると想定している。

図表 A-1 with1（非自動運転ケース）の費用と便益

年	費用	費用の 割引現在価値	便益	便益の 割引現在価値
2021	48,262,372.81	46,406,127.70	67,185,189.33	64,601,143.59
2022	48,101,809.55	44,472,826.87	66,890,517.45	61,844,043.50
2023	47,941,246.29	42,619,593.38	66,595,845.57	59,203,464.21
2024	47,780,683.03	40,843,128.11	66,301,173.68	56,674,521.14
2025	47,620,119.77	39,140,267.27	66,006,501.80	54,252,533.05
2026	47,459,556.52	37,507,976.90	65,711,829.92	51,933,013.70
2027	47,298,993.26	35,943,347.52	65,417,158.04	49,711,663.68
2028	47,138,430.00	34,443,589.08	65,122,486.15	47,584,362.76
2029	46,977,866.74	33,006,026.04	64,827,814.27	45,547,162.40
2030	46,817,303.48	31,628,092.71	64,533,142.39	43,596,278.70
2031	46,656,740.23	30,307,328.78	64,238,470.50	41,728,085.51
2032	46,496,176.97	29,041,374.95	63,943,798.62	39,939,107.96
2033	46,335,613.71	27,827,968.86	63,649,126.74	38,226,016.12
2034	46,175,050.45	26,664,941.08	63,354,454.85	36,585,619.06
2035	46,014,487.19	25,550,211.35	63,059,782.97	35,014,859.03
2036	45,853,923.94	24,481,784.88	62,765,111.09	33,510,805.96
2037	45,693,360.68	23,457,748.89	62,470,439.20	32,070,652.14
2038	45,532,797.42	22,476,269.24	62,175,767.32	30,691,707.20
2039	45,372,234.16	21,535,587.21	61,881,095.44	29,371,393.14
2040	45,211,670.90	20,634,016.42	61,586,423.56	28,107,239.77
2041	45,051,107.65	19,769,939.85	61,291,751.67	26,896,880.17
2042	44,890,544.39	18,941,807.01	60,997,079.79	25,738,046.39
2043	44,729,981.13	18,148,131.23	60,702,407.91	24,628,565.38
2044	44,569,417.87	17,387,487.01	60,407,736.02	23,566,355.04

2045	44,408,854.62	16,658,507.54	60,113,064.14	22,549,420.39
2046	44,248,291.36	15,959,882.27	59,818,392.26	21,575,850.02
2047	44,087,728.10	15,290,354.64	59,523,720.37	20,643,812.54
2048	43,927,164.84	14,648,719.85	59,229,048.49	19,751,553.32
2049	43,766,601.58	14,033,822.71	58,934,376.61	18,897,391.23
2050	43,606,038.33	13,444,555.65	58,639,704.73	18,079,715.65
2051	43,445,475.07	12,879,856.73	58,345,032.84	17,296,983.47
2052	43,284,911.81	12,338,707.80	58,050,360.96	16,547,716.31
2053	43,124,348.55	11,820,132.66	57,755,689.08	15,830,497.84
2054	42,963,785.29	11,323,195.39	57,461,017.19	15,143,971.15
2055	42,803,222.04	10,846,998.66	57,166,345.31	14,486,836.31
2056	42,642,658.78	10,390,682.16	56,871,673.43	13,857,847.97
2057	42,482,095.52	9,953,421.07	56,577,001.54	13,255,813.13
2058	42,321,532.26	9,534,424.62	56,282,329.66	12,679,588.88
2059	42,160,969.00	9,132,934.67	55,987,657.78	12,128,080.38
2060	42,000,405.75	8,748,224.39	55,692,985.89	11,600,238.83
2061	41,832,544.16	8,378,135.25	55,384,919.84	11,092,376.96
2062	41,671,980.90	8,024,978.82	55,090,247.95	10,609,000.66
2063	41,504,119.31	7,685,243.16	54,782,181.89	10,143,918.14
2064	41,343,556.06	7,361,069.18	54,487,510.01	9,701,302.19
2065	41,175,694.47	7,049,213.50	54,179,443.95	9,275,434.76
2066	41,015,131.21	6,751,658.97	53,884,772.07	8,870,180.19
2067	40,847,269.62	6,465,410.21	53,576,706.01	8,480,257.93
2068	40,686,706.36	6,192,303.70	53,282,034.12	8,109,246.65
2069	40,518,844.78	5,929,573.12	52,973,968.06	7,752,269.81
2070	40,358,281.52	5,678,919.34	52,679,296.18	7,412,641.54
計	2,216,209,699.42	978,756,498.43	2,997,884,584.65	1,336,795,465.86

出典：筆者作成

図表 A-2 with2（自動運転ケース）の費用と便益

年	費用	費用の 割引現在価値	便益	便益の 割引現在価値
2021	45,300,814.59	43,558,475.57	74,379,165.67	71,518,428.53
2022	45,155,256.00	41,748,572.49	74,040,886.35	68,454,961.49
2023	45,009,697.41	40,013,457.10	73,702,607.03	65,521,349.27
2024	44,864,138.82	38,350,053.89	73,364,327.71	62,712,134.80
2025	44,718,580.24	36,755,413.27	73,026,048.39	60,022,088.67
2026	44,573,021.65	35,226,706.46	72,687,769.07	57,446,199.74
2027	44,427,463.06	33,761,220.57	72,349,489.75	54,979,666.03
2028	44,281,904.47	32,356,353.86	72,011,210.42	52,617,886.11
2029	44,136,345.88	31,009,611.17	71,672,931.10	50,356,450.69
2030	43,990,787.29	29,718,599.65	71,334,651.78	48,191,134.74
2031	38,445,228.71	24,973,287.48	70,996,372.46	46,117,889.76
2032	38,299,670.12	23,921,860.96	70,658,093.14	44,132,836.51
2033	38,154,111.53	22,914,370.66	70,319,813.82	42,232,257.92
2034	38,008,552.94	21,948,992.26	69,981,534.50	40,412,592.43
2035	37,862,994.35	21,023,976.73	69,643,255.18	38,670,427.45
2036	37,717,435.76	20,137,647.32	69,304,975.86	37,002,493.23
2037	37,571,877.18	19,288,396.54	68,966,696.54	35,405,656.86
2038	37,426,318.59	18,474,683.32	68,628,417.22	33,876,916.64
2039	37,280,760.00	17,695,030.30	68,290,137.90	32,413,396.59
2040	37,135,201.41	16,948,021.17	67,951,858.57	31,012,341.22
2041	36,989,642.82	16,232,298.20	67,613,579.25	29,671,110.54
2042	36,844,084.24	15,546,559.81	67,275,299.93	28,387,175.20
2043	36,698,525.65	14,889,558.25	66,937,020.61	27,158,111.94
2044	36,552,967.06	14,260,097.40	66,598,741.29	25,981,599.14
2045	36,407,408.47	13,657,030.64	66,260,461.97	24,855,412.61
2046	36,261,849.88	13,079,258.82	65,922,182.65	23,777,421.49
2047	36,116,291.29	12,525,728.27	65,583,903.33	22,745,584.41
2048	35,970,732.71	11,995,428.98	65,245,624.01	21,757,945.71
2049	35,825,174.12	11,487,392.76	64,907,344.69	20,812,631.90
2050	35,679,615.53	11,000,691.53	64,569,065.37	19,907,848.23
2051	35,534,056.94	10,534,435.68	64,230,786.05	19,041,875.38

2052	35,388,498.35	10,087,772.44	63,892,506.72	18,213,066.35
2053	35,242,939.76	9,659,884.43	63,554,227.40	17,419,843.41
2054	35,097,381.18	9,249,988.15	63,215,948.08	16,660,695.21
2055	34,951,822.59	8,857,332.57	62,877,668.76	15,934,174.03
2056	34,806,264.00	8,481,197.86	62,539,389.44	15,238,893.09
2057	34,660,705.41	8,120,894.03	62,201,110.12	14,573,524.04
2058	34,515,146.82	7,775,759.72	61,862,830.80	13,936,794.48
2059	34,375,653.18	7,446,474.84	61,538,646.45	13,330,538.91
2060	34,230,094.59	7,129,753.70	61,200,367.13	12,747,366.00
2061	34,090,600.94	6,827,594.91	60,876,182.78	12,192,155.73
2062	33,945,042.35	6,536,964.17	60,537,903.46	11,658,082.54
2063	33,805,548.71	6,259,712.68	60,213,719.11	11,149,666.12
2064	33,659,990.12	5,993,038.33	59,875,439.79	10,660,603.41
2065	33,520,496.47	5,738,655.76	59,551,255.44	10,195,080.36
2066	33,374,937.88	5,493,977.27	59,212,976.12	9,747,276.42
2067	33,235,444.24	5,260,591.04	58,888,791.77	9,321,068.44
2068	33,089,885.65	5,036,107.36	58,550,512.45	8,911,081.47
2069	32,950,392.00	4,821,997.27	58,226,328.10	8,520,906.06
2070	32,804,833.41	4,616,053.90	57,888,048.78	8,145,578.74
計	1,870,986,186.35	848,426,961.55	3,305,158,104.31	1,475,750,220.02

出典：筆者作成