慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	地域公共交通における自動運転活用のシナリオ提案 : 山梨県北杜市を事例として
Sub Title	Scenario proposal for introduction of autonomous vehicle in local public transportation : Hokuto City, Yamanashi Prefecture, as a case study
Author	佐藤, 玄(Sato, Gen) 山形, 与志樹(Yamagata, Yoshiki)
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	2022
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2022年度システムデザイン・マネジメント学 第511号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002022-0027

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　　2022 年度

地域公共交通における
自動運転活用のシナリオ提案
：山梨県北杜市を事例として

佐藤 玄

（学籍番号：82133273）

指導教員　山形与志樹

2023 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

Master’s Dissertation 2022

Scenario Proposal for Introduction of Autonomous Vehicle in Local Public Transportation

: Hokuto City, Yamanashi Prefecture, as a Case Study

Gen Sato

(Student ID Number : 82133273)

Supervisor Yoshiki Yamagata

March 2023

Graduate School of System Design and Management,

Keio University

Major in System Design and Management

論　　文　　要　　旨

学籍番号	82133273	氏　名	佐藤　玄

論　文　題　目：

地域公共交通における自動運転活用のシナリオ提案：山梨県北杜市を事例として

（内容の要旨）

日本の地域公共交通の経営は非常に厳しい状況にある. 乗合バスは, コロナ禍以前の 2019 年において, 全国のバス事業者のうち約 7 割が赤字であり, 特に地方圏のバス事業者は約 9 割が赤字となっている. 同時に, ドライバー不足問題は深刻化していて, 有効求人倍率は上昇の一途を辿っている. 今後さらに労働人口減少が進むことにより, 公共交通を取り巻く環境は長期的に厳しいものになっていくと予想される. 少子高齢化社会において, 市民が希望を持ち, 充実した生活を継続していくためには, 公共交通の確保・維持・改善は欠くことのできない取り組みである. そこで本研究では, 地域公共交通が抱える交通課題を自動運転による移動サービスで解決を提案し, その経済性を評価した.

また本研究は, 実践的貢献を念頭に, テストサイトとして, 山梨県の中で最も面積の広い自治体である北杜市を選出した.

現在北杜市における市民バスは, 旧町村の路線バスを引き継いだ運行体系を元に改善が行われたが, 依然として交通空白地は存在し, 移住者で構成された新たな集落や観光エリアは, 一部未対応となっていることが分かった. さらに, 北杜市の中でも最たる観光地である, 清里・長坂エリアで観光客を対象とした現地調査を行ったところ, マイカー離れから公共交通を積極的に利用したい人やラストワンマイルに不便さを感じている人など, 地域公共交通に対して, ペイン・ゲインの両方を含む課題が存在することも分かった.

そこで本研究は, 清里・長坂エリアにおける観光利用に主軸を置いた自動運転サービスを提案. ワークショップ, 現地調査, 北杜市地域公共交通網形成計画から, 公共交通に対するステークホルダーのニーズを明らかにして, 利用者の声と最新の自動運転技術の調査から, 自動運転による移動サービスの要求とユースケースを定義した. そこから導き出された清里・長坂エリアにおける自動運転サービスモデルを NPV 分析（正味現在価値）により経済性を評価し, 導入のおける複数のシナリオを提案.

山梨県北杜市の観光地, 清里・長坂エリアにおける自動運転の移動サービスを考察し, シミュレーションシナリオを描くことで, 自動運転を導入することによるメリット・デメリットを明らかにした. また, 副次的な効果として, 交通課題を抱える他の地域においても, 自動運転サービスの利用による課題解決への一助となることにも期待が持てる.

キーワード（5 語）

自動運転, 交通空白地, 地域公共交通, 正味現在価値, 北杜市

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	82133273	Name	Gen Sato

Title

Scenario Proposal for Introduction of Autonomous Vehicle in Local Public Transportation :Hokuto City, Yamanashi Prefecture, as a Case Study

Abstract

The management of local public transportation in Japan is extremely difficult, and about 70% of bus operators nationwide suffered a deficit in 2019 before the corona outbreak. In particular, about 90% of bus operators in rural areas suffered a deficit.

At the same time, the shortage of drivers is becoming more serious, and the active opening rate has been increasing steadily.

The environment surrounding public transportation is expected to become severe in the long term as the labor population continues to decline. In an aging society with a declining birthrate, securing, maintaining, and improving public transportation is indispensable for citizens to have hope and to continue their fulfilling lives.

In this study, we proposed solutions to the transportation issues facing local public transportation through automatic driving, and evaluated the economic efficiency of the solutions.

In this study, Hokuto City, the largest municipality in Yamanashi Prefecture, was selected as a test site with practical contributions in mind.

At present, city buses in Hokuto City have been improved based on the operation system that took over the route buses of the old town or village. However, there are still traffic vacuums, and new villages and tourist areas composed of immigrants have not been addressed in part. In addition, a field survey of tourists in the Kiyosato and Nagasaka area, which is Hokuto City's largest tourist area, revealed that there are issues including both Paine and Gain for local public transportation, such as those who wish to actively use public transportation from their own car or those who feel inconvenience with last one miles.

The study therefore proposed an automated driving service centering on tourism in the Kiyosato and Nagasaka area. The workshop, field study, and the Hokuto City Regional Public Transport Network Formation Plan clarified the needs of stakeholders for public transport, and defined the requirements and use cases for automatic driving services based on user feedback and research on the latest automated driving technology. The model for automatic driving services in the Kiyosato-Nagasaka area was derived from the analysis of NPV (net present value) to evaluate the economic efficiency and propose multiple scenarios for introduction.

By examining the automatic driving service in the Kiyosato and Nagasaka areas of Hokuto City in Yamanashi Prefecture and drawing simulation scenarios, the advantages and disadvantages of introducing automatic driving are clarified, and as a secondary effect, it is hoped that it will help to solve problems by using automatic driving vehicles in other areas with traffic problems.

Key Word (5 words)

Autonomous Vehicle, Traffic vacuum, Local public transportation, Net present value, Hokuto City

目次

図目次 **7**

表目次 **8**

1　第一章　はじめに **9**

1 - 1 研究背景 9

1 - 1 - 1 日本の交通課題 *9*

1 - 1 - 2 デマンド型交通による課題解決 *14*

1 - 2 先行研究 18

1 - 3 本研究の目的と意義 23

1 - 4 本研究の構成 24

1 - 4 - 1 研究手法 *24*

1 - 4 - 2 NPV を採用する理由 *26*

2 第二章　自動運転の現状に関する調査 **27**

2 - 1 自動運転の歴史 27

2 - 1 - 1 自動運転技術の歩み 2000 年代以前 *27*

2 - 1 - 2 自動運転技術の歩み 2000 年代以降 *28*

2 - 1 - 3 自動運転技術の歩み 2010 年代後半以降 *32*

2 - 2 国内における自動運転の実証実験に関する調査 33

2 - 2 - 1 全国の実証実験 *33*

2 - 2 - 2 実証実験の取材 *35*

3 第三章　北杜市の交通課題に関する調査 **41**

3 - 1 ワークショップによる現地調査 41

3 - 2 北杜市地域公共交通網形成計画の調査 43

3 - 3 清里・長坂エリアの調査 47

3 - 3 - 1 非構造化インタビュー *47*

3 - 3 - 2 清里・長坂エリアにおける地域公共交通の調査 *50*

3 - 4 北杜市の清里・長坂エリアの交通課題に対する要求定義 52

3 - 5 北杜市における自動運転サービスの NPV モデルの設計 55

3 - 5 - 1 投資額 *56*

3 - 5 - 2 運賃収入 *58*

3 - 5 - 3 運用コスト *58*

3 - 5 - 4 その他 *60*

4 第四章　NPV 分析 61

4 - 1 前提条件 61

4 - 2 シミュレーション条件の設定 61

4 - 3 シミュレーション結果 62

4 - 3 - 1 NPV 結果 62

4 - 3 - 2 自動運転活用のシナリオ 68

5 第五章　検証と妥当性確認 69

5 - 1 有識者レビュー 69

5 - 2 再シミュレーション 70

6 第六章　結論 73

6 - 1 結果 73

6 - 2 考察 73

6 - 2 - 1 事業成功のキーポイント 73

6 - 2 - 2 支出削減余地 74

6 - 2 - 3 ピクニックバスの NPV について 74

6 - 3 今後の課題 74

謝辞 76

参考資料 78

付録 84

図目次

図 1-1：乗合バス事業の収支状況について年度別経常収支率の推移 10
図 1-2：2018 年（H30）全国バス事業者の赤字割合 10
図 1-3：バスの輸送人員の推移 11
図 1-4：高齢者人口及び割合の推移（1950 年～2040 年） 11
図 1-5：自動車運転事業の人手不足 12
図 1-6：自動車運転事業等の就業構造 12
図 1-7：自動車運転事業の現状 13
図 1-8：デマンド型交通の失敗要因 17
図 1-9：自主返納をためらう理由 19
図 1-10：1マイルあたりの自動運転車のユーザーコスト 21
図 1-11： 本研究の枠組み 24
図 1-12：本研究手法 25
図 1-13：正味現在価値（NPV） 26
図 2-1: Waymo One 外観 29
図 2-2：SAE LEVELS OF DRIVING AUTOMATIONTM 30
図 2-3：MaaS（マース：Mobility as a Service） 31
図 2-4：TOYOTA e-Palette 33
図 2-5：「こあにカー」 36
図 2-6：電磁誘導線 37
図 2-7：RFID TAG 37
図 2-8：静岡県沼津市「シーラカンス号」 38
図 2-9：フロント LiDAR 39
図 2-10：サイド LiDAR 39
図 2-11：三島市の日本大学キャンパス内に設けられたコントロールセンター 40
図 3-1：北杜市計画で示された公共交通の課題 45
図 3-2：北杜市の将来推計人口 46
図 3-3：2022 年ピクニック時刻表 51
図 3-4：自動運転車のユースケース定義 53
図 3-5：自動運転サービスの CVCA 54
図 4-1： 10 年間 NPV 結果表 68
図 4-2：自動運転活用のシナリオ 69

表目次

表 1-1：デマンド型交通の種類 14
表 1-2：自動運転車の潜在的利点とコスト 20
表 1-3：先行研究の整理 22
表 2-1：2022 年度における自動運転実証実験地域 35
表 3-1：「ゼロカーボンでウェルビーイングな北杜市の実現に向けて」モビリティに関する発言 43
表 3-2：北杜市の交通課題 45
表 3-3：北杜市における生産年齢人口と高齢化比率 46
表 3-4：事例収集のためのインタビュー対象者 48
表 3-5：清里・長坂エリアでの交通課題を解決するモビリティサービスの要求定義 53
表 3-6：清里・長坂エリアにおける自動運転車のコスト 55
表 4-1：正味現在価値分析 61
表 4-2：補助金，自動運転車両システム料（ソフトウェア関連），システム利用費の設定金額表 62
表 4-3：利用者数と導入車両台数に上振れ 62
表 4-4：（1）NPV 低負担 63
表 4-5：（2）NPV 中負担 64
表 4-6：(3）NPV 高負担 64
表 4-7：(4)NPV 低負担上振れ 64
表 4-8：（5）NPV 中負担上振れ 65
表 4-9：（6）高負担上振れ 65
表 4-10：（7）中負担台数追加 66
表 4-11：（8）清里ピクニックバス NPV 67
表 4-12：NPV 各負担額の結果 68
表 5-1：有識者レビュー後，再シミュレーション結果 71
表 5-2：（9）NPV 低負担台数追加 72

1 第一章　はじめに

1-1研究背景

1-1-1日本の交通課題

国土交通省によれば，我が国の地域公共交通の経営は非常に厳しい状況にある.バスを筆頭とする地域公共交通サービスの需要の縮小,経営の悪化,ドライバー不足の深刻化など厳しい状況に直面している.図1-1が示すように2015年（H27）以降,経常収支比率は悪化.また,コロナ禍以前の2019年において,全国のバス事業者のうち約7割が赤字であり,特に地方圏のバス事業者は,約9割が赤字となっている（図1-2）.このような状況に加え,コロナ禍によって感染拡大防止のための外出抑制,国際的往来制限等が実施されており,路線バス事業の輸送人員は下落傾向で,特に地方部の減少は著しい（図1-3）.

地域公共交通サービスの利用者数については,2020 年度「交通の動向」によると,人口減少等の影響により,輸送需要の縮小,運転手不足などの厳しい環境に置かれている.一方で,地域公共交通の（潜在的）利用者である後期高齢者は,今後大幅に増加することが予想される．地域公共交通を維持するだけでなく,利用しやすいサービスを提供していくことが必要であり,これは,地域公共交通がサラリーマンや学生の通勤・通学の手段としての役割だけでなく,高齢者の生活や通院の役割が大きくなってきていることを示し,今後は地域公共交通に頼らなくてはならない 75 歳以上の後期高齢者にとって,より良いサービスを提供することも検討しなければならない（図 1-4）.

また,国土交通白書 2020 の職業別の有効求人倍率の推移は,全職業の合計では 2009 年に 0.44 倍まで低下した後,上昇に転じ,2019 年には 1.45 倍となっている.運輸関連の職業においても同様の上昇傾向にあり,自動車運転の職業では 2019 年の有効求人倍率は 2.72 倍となっている(図 1-5).このように自動車の運転業務の人手不足は年々深刻化が進んでいる．自動車運転事業は全産業と比べ,労働時間は長く,年間所得額は低くなっており,若年者からは就業を敬遠される職業と考えられる(図 1-6).第二種大型自動車運転免許保有者は約 15 年間で約 20%減少,自動車の運転業務の人手不足は年々深刻化しており,有効求人倍率は全職業平均の約 2 倍となり,女性比率は 1.4%程度と皆無に近い.図 1-7 は自動車運転事業の現状を図式化したものである.

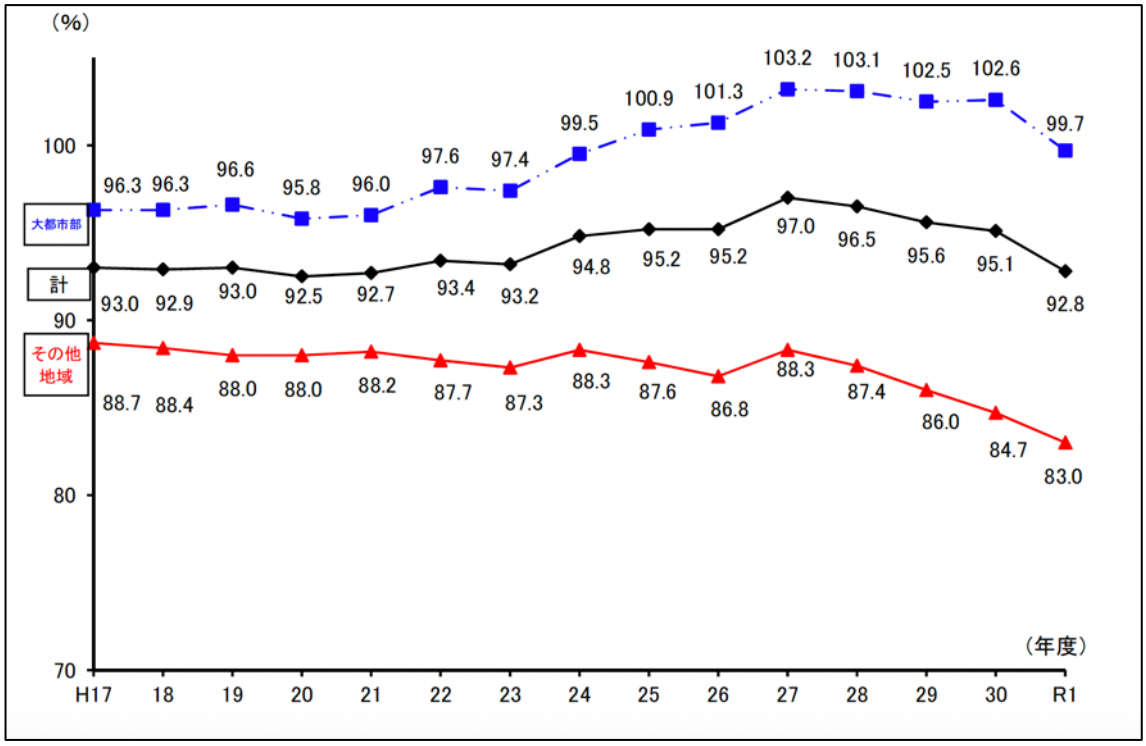


図 1-1:乗合バス事業の収支状況について年度別経常収支率の推移

(大都市部・その他地域)

2019 年「令和元年度乗合バス事業の収支状況について」より筆者が加筆して作成

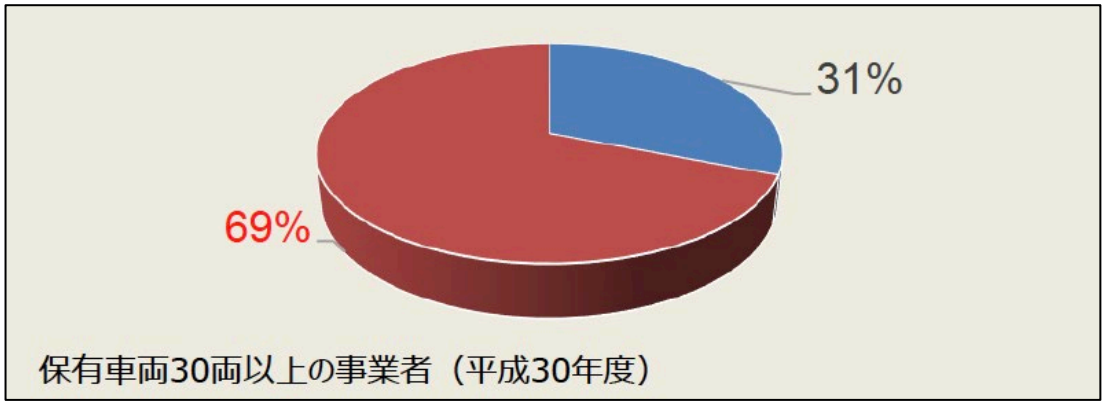


図 1-2:2018 年(H30)全国バス事業者の赤字割合

国土交通省「国土交通省自動車局発表資料」より筆者が加筆して作成

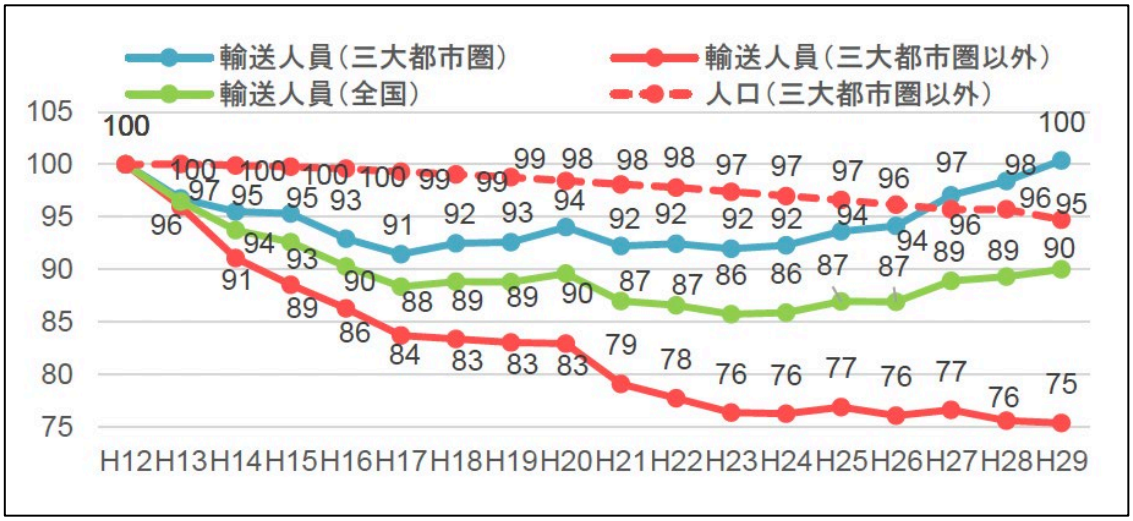


図 1-3：バスの輸送人員の推移

「総務省統計局人口推計」「自動車輸送統計年報」より国土交通省総合政策局が作成

※「三大都市圏」とは，埼玉県，千葉県，東京都，神奈川県，愛知県，京都府，大阪府，兵庫県を指す．

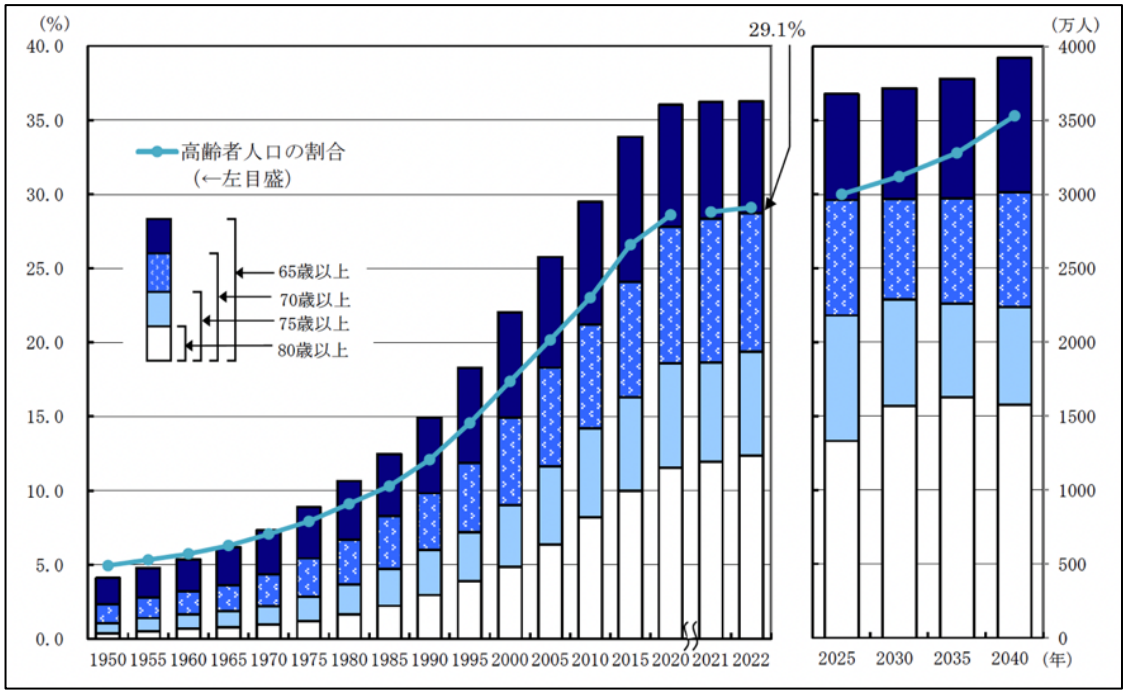


図 1-4：高齢者人口及び割合の推移（1950 年～2040 年）

「人口推計」（総務省統計局）より筆者が加筆して作成

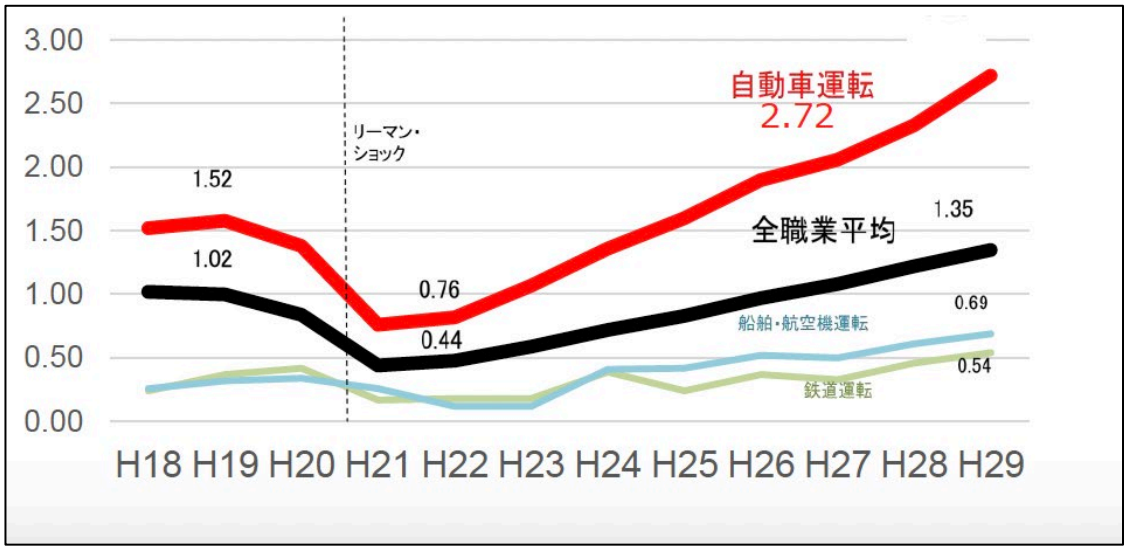


図 1-5:自動車運転事業の人手不足

厚生労働省「一般職業紹介状況」

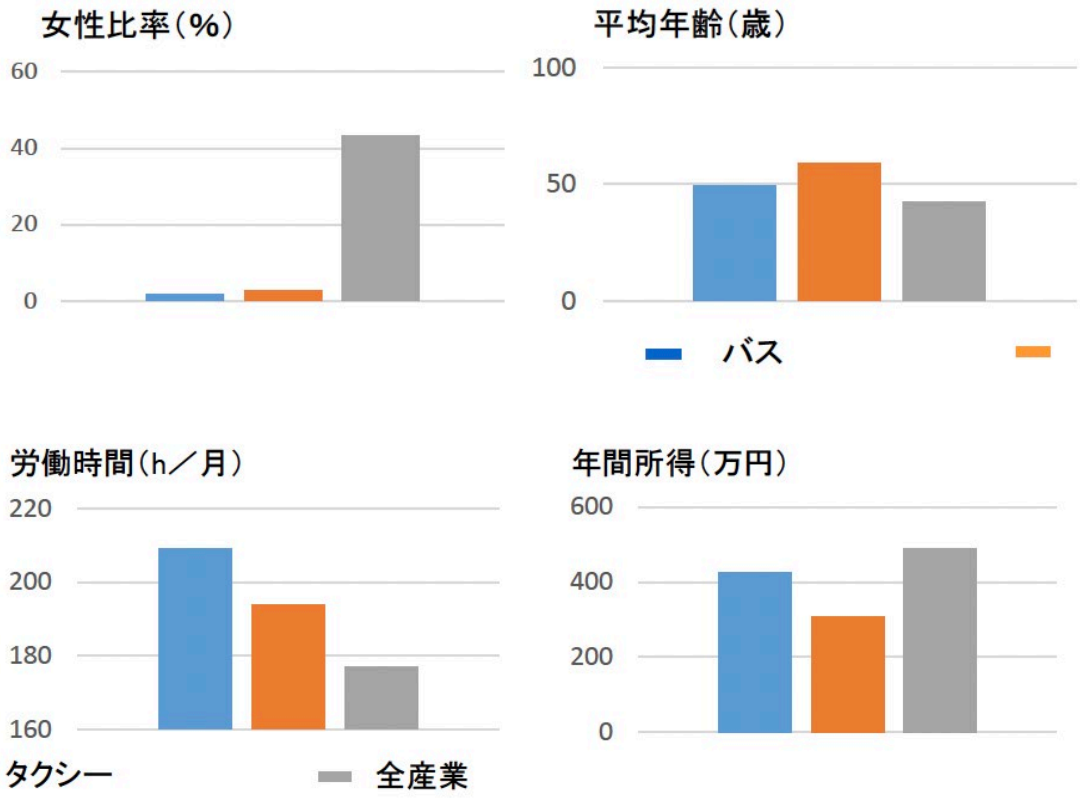


図 1-6:自動車運転事業等の就業構造

総務省「労働力調査」, 厚生労働省「賃金構造基本統計調査」, 日本バス協会「日本のバス事業」, 全国ハイヤー・タクシー連合会「ハイヤー・タクシー年鑑」より,
国土交通省総合政策局作成より筆者が加筆して作成

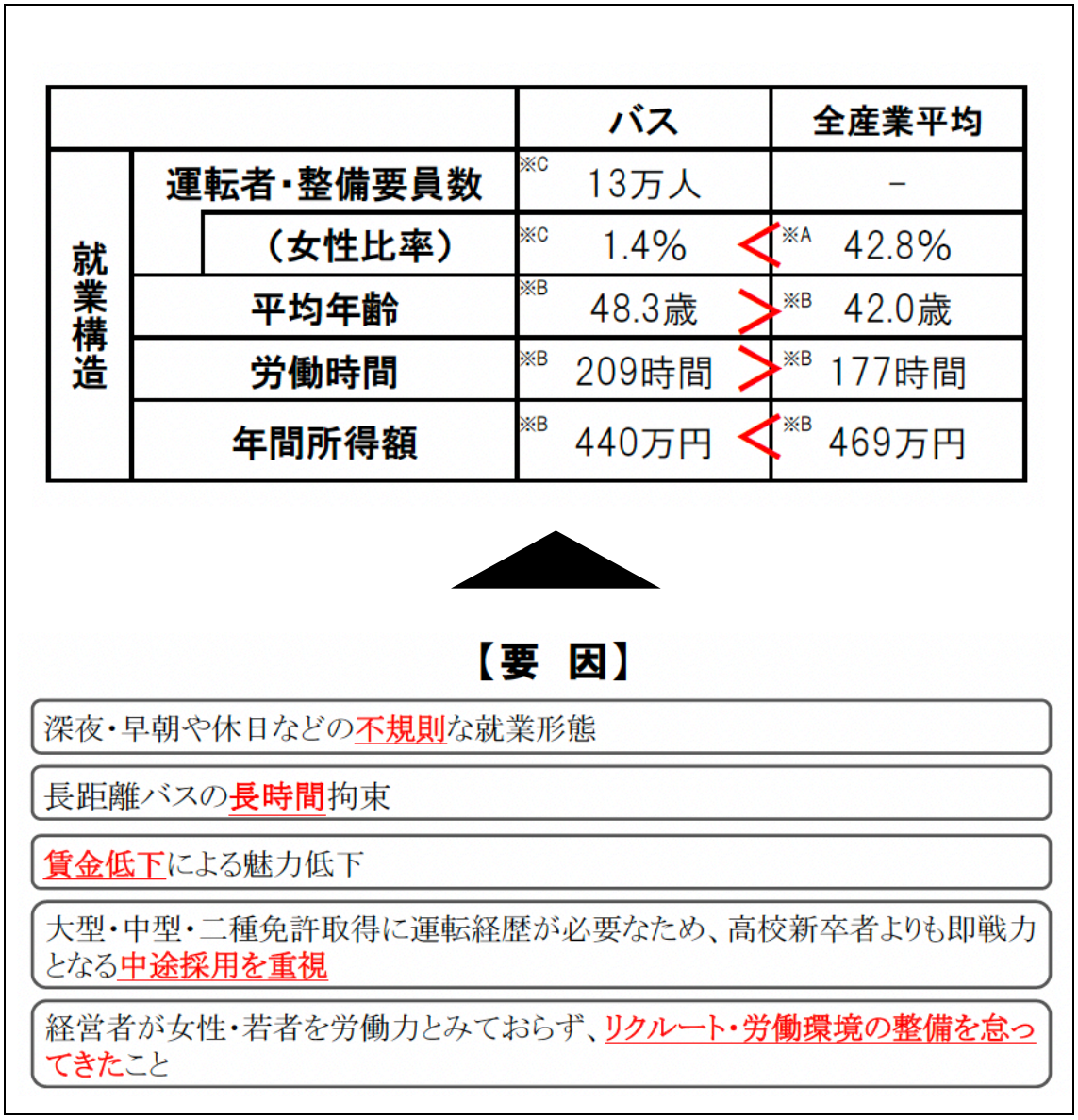


図 1-7: 自動車運転事業の現状

国土交通省, 関東運輸局交通制作部「オンデマンド交通の現状と課題」より
筆者が加筆して作成

１-１-２デマンド型交通による課題解決

このような現状の中,交通課題を解決する一手として考えられているのがデマンド型交通である.デマンド型交通とは,利用者の予約に応じる形で,経路やスケジュールをそれに合わせて運行する公共交通システムであり,複数人乗車が可能なデマンドバスがその代表事例で,指定された場所まで迎えに行き,目的地まで運行するなどフレキシブルな交通形態で利便性と経済性を高めた交通システムである.

竹内はデマンド型交通を,①路線や経路の設定方法,②起終点の設定方法,③ダイヤの設定方法で分類している.これを,下の表 1-1 として示す.

分類			路線設定のイメージ			時刻表	予約受付方法
			概略図	起終点	路線・経路		
簡易型	バスタイプ	路線固定型		固定	固定	固定	起点出発時刻より前に予約
		迂回型		固定	固定 ＋迂回経路	固定 （迂回経路は予約のあったときのみ運行）	迂回経路の停留所を通過する前までに予約
エリア型	乗合タクシータイプ	起終点エリア固定デマンド型		非固定	起終点に定めたエリア間を予約に添い運行	起終点エリアを出発する時刻を固定	起点エリア出発時刻より前に予約
		完全デマンド型		非固定	非固定	事業主体によって異なる ―	任意の時刻に予約受付可能
凡例：■起点（終点）,●停留所,○停留所（予約に応じて停車）,　　路線,－－路線（予約に応じて運行）							

表 1-1:デマンド型交通の種類

「生活支援の地域公共交通」,第２部交通システム編の表 6.2 の一部を抜粋するとともに筆者が加筆

以下は,表 1-1 の解説を行う.

（１）路線固定型

通常の路線バスと同様に路線･停留所･時刻表が定められる.利用者の予約があるときのみ設定されたダイヤに従い運行される.したがって利用者がいなければ運行されることはない.利用者は運行時間に合わせる必要があり,バス停まで赴かなければならない.路線バスに近しいサービスとなるが,利用者にとっては予約する手間を要する.ただし,運営事業者としては効率的な運行を行うことができる.

（２）迂回型

通常の路線バスと同様に路線･停留所･時刻表が定められる.利用者の予約に対応可能で,路線の一部区間で迂回経路と停留所が設けられ,利用者の予約があるときのみ運行される.迂回経路上の停留所で乗降する利用者がいなければ,通常の路線バスと同じ運行形態になる.デマンド型交通の初期に利用された形態でもある.一般的に利用者からの迂回ルートの設定は多くなく,（１）と同等の定時性は守られる.

（３）起終点エリア固定デマンド型

中心部（主要駅）と周辺部（住宅地）を往復.周辺部の任意の場所から利用者を乗降させながら中心部へ向い,中心部で利用者を降車させた後,折り返し運転となり,中心部で利用者を乗車させて,周辺部の各地で降車させる.乗降車に関するサービスは路線バスよりも利便性は高い水準である一方,乗合のため乗車時刻を厳密には決められない.利用者はデマンド型交通の運行スケジュールに合わせる必要があり,定時性は守られにくい.

（４）完全デマンド型

運行経路やダイヤを設定せず,各利用者の予約に応じて柔軟に設定できる運行形態を取る.利用者にとって自由度はもっとも高いが,予約状況に応じて,乗車開始時間や待ち時間が変化する可能性が大きい.自分の指定する地点で乗降車できる点では、通常の路線バスよりも高い利便性が提供される一方,定時性は守られにくい.基本的に乗合であるものの個々の利便性の観点から個人利用が推奨され,車両一台の専有時間が長くなる.よって高い水準のサービスを提供するためには,（１）と（２）よりも多い車両台数とドライバーを確保する必要がある.

砂田によれば,地方自治体は必要なサービスや予算を勘案しながら,適切な（１）～（４）のデマンド型交通を選択し,導入することの重要性を述べている.国土交通省の「デマンド型交通の手引き」でも，デマンド型交通の導入にあたり,地域の移動需要特性とその背景を把握し,照らし合わせた上で,「デマンド型交通が利用者にとって使い勝手の良い移動手段といえるのか」という視点から,導入の妥当性を綿密に検証する必要があることが示唆されているが,実際のところ通常の路線バスをデマンド型交通に変更したケースの約 33%は,利用者転換率が 50%未満となっている.また,交通空白地域における新たな交通手段としてデマンド型交通を導入したケースの約 66%は見込みに比べて利用されていない状況にあり,新しい移動の需要特性に対してデマンド型交通が適切な移動手段として機能していないケースが多いことが顕になっている.

その原因のひとつとして,柳澤によれば,地域市民の生活を綿密に把握し,生活行動に沿った導入企画を立てない限り市民に利用されなく,また利用対象と運行目的を明確にしないと運行実績を評価できないため,後々の運行計画が適切に改善できないことを指摘.坂本らは人口，交通インフラ，都市の分類からデマンド型交通の失敗事例の分析を行い,人口と人口密度が高い地域と近郊に人口 20 万人以上の都市が地域公共交通で 90 分圏内にある場合,そして都市中心部に公共施設，商業業務施設，住宅がまとめられた都市機能をコンパクトに集約したコンパクトシティではデマンド型交通が適さないことを明らかにしている.以下,図 1-8 は,失敗要因を図化したものである.

また,デマンド型交通は,運転手不足を解決する交通システムではないため,今後新しい解決法に期待が高まっている.

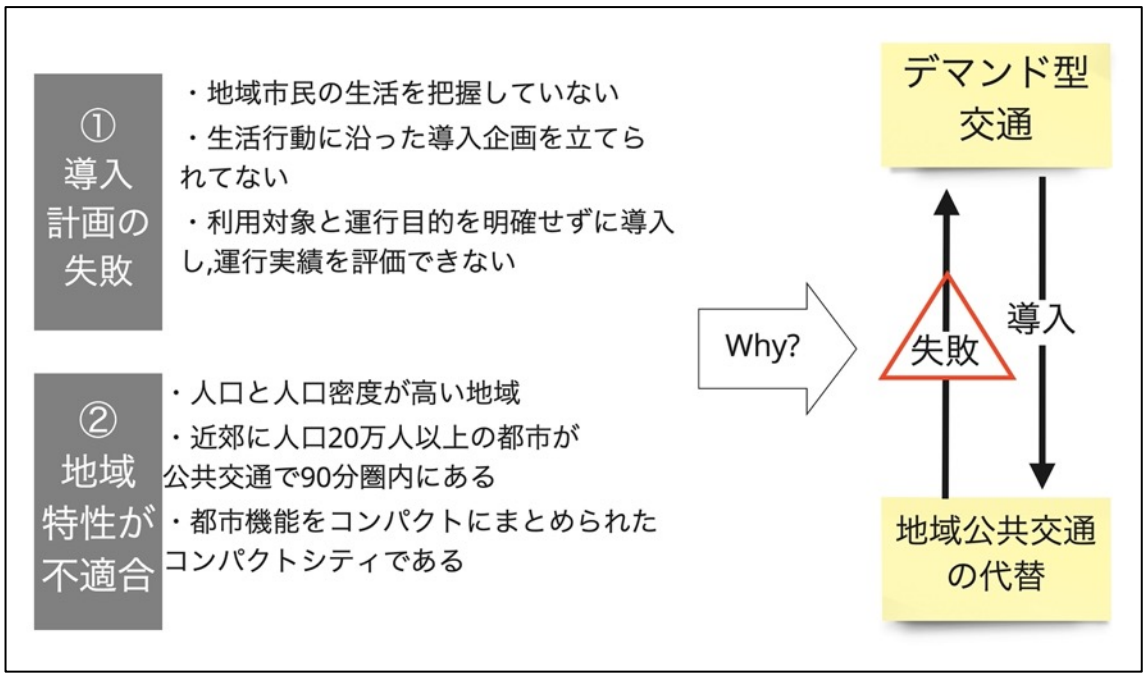


図 1-8:デマンド型交通の失敗要因

地域特性を考慮したオンデマンドバスの運行実績の評価（2016 柳澤龍），デマンド交通が適さない地域の分析（2013　坂本結佳,森本祥一）を参照し筆者が作成

１-２先行研究

このような中,高度運転支援技術やその集大成ともいえる自動運転などの新しい技術の適用による交通課題の解決に期待の声が高まっている.鎌田は，このような新技術の社会実装が高齢ドライバーの事故問題という社会課題解決にもつながり，新しいモビリティサービスとしてのMaaS（Mobility as a Service）の取り組みが活発化することでドライバー不足や一人輸送あたりのコストの削減につながる可能性を述べている.

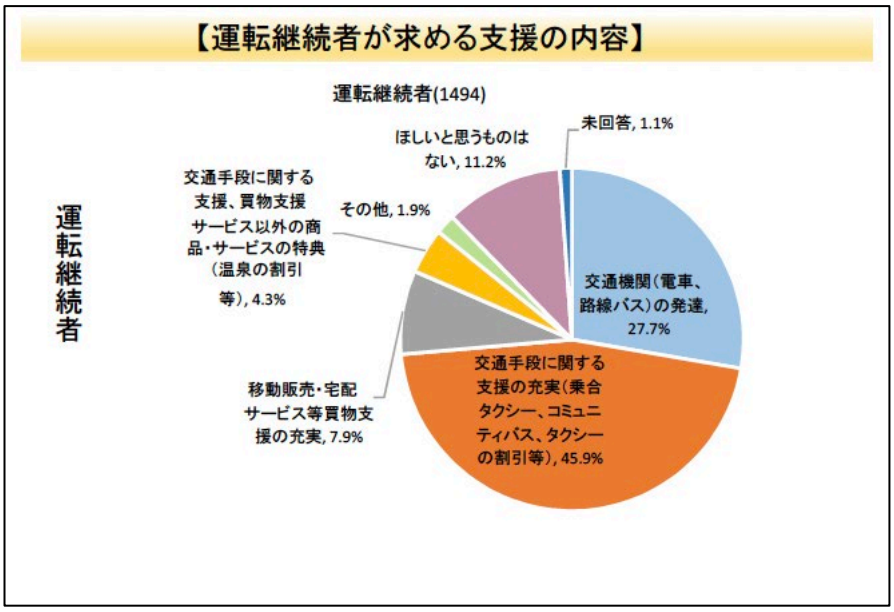
また小木は,高齢ドライバーの運転免許の自主返納が進まない理由として,郊外地ほど生活が不便になることを危惧して返却しないことを示し（図1-9）,20代の若者も同様に,生活が不便にならなければ自家用車に対する高額支出を，より安価な移動手段に置き換えたいという潜在的なニーズは相当数存在することを明らかにしている.

古澤らは，自動運転シェアリングサービス運用シミュレータの開発を行い，このシミュレータを用いて熊本都市圏を対象にした分析を行った.その結果，全トリップの約15%がこのサービスに転換できること，サービス提供者は一日に約15,000円の収益を得ることと，都心部の自動車1台あたりの駐車時間は半分程度まで減少することなどを示した.

自動運転車の導入により将来の活動目的地が変化する可能性を調査した香川らによれば,通院や買物といった日常生活圏内における活動と比較して，長距離移動を伴う観光等の活動において変化が生じやすいことや，社交的な人とネット愛好者という一見相反する属性を持つ個人において変化が生じやすいことが示される一方で,実際の都市における施設立地を踏まえた空間的な議論が重要となることを今後の研究課題として残している.

また,自動運転車が地域公共交通に与える影響分析と必要なコスト計算を行ったLitmanは,自動運転車の1マイルあたりのコスト換算で,人間が運転する自家用車よりも高価になる可能性は高いが,配車サービスや人間が運転するタクシーよりは安価となることを示している（図1-10）.同時に、自動運転車は外部コストが高くなることを指摘し（表1-2）,その外部コストを司る技術は規制が厳しく,市場の浸透には時間を要し,楽観的に見ても自動運転車は 2025年までに安全で信頼性が高くなり,2030年までに多くの分野で市販されるようになると述べている．Litmanの分析では、一般化された自家用車,自家用自動運転車,共同所有自動運転車,合乗自動運転車の分析を行ったことから,具体的な地域・車両・設備データから推論した分析ではない.

また,以下表1-3では,先行研究を整理した.自動運転の将来的な活用に関する先行研究は,自動運転普及による「将来展望型」と「影響分析型」に大別できる.



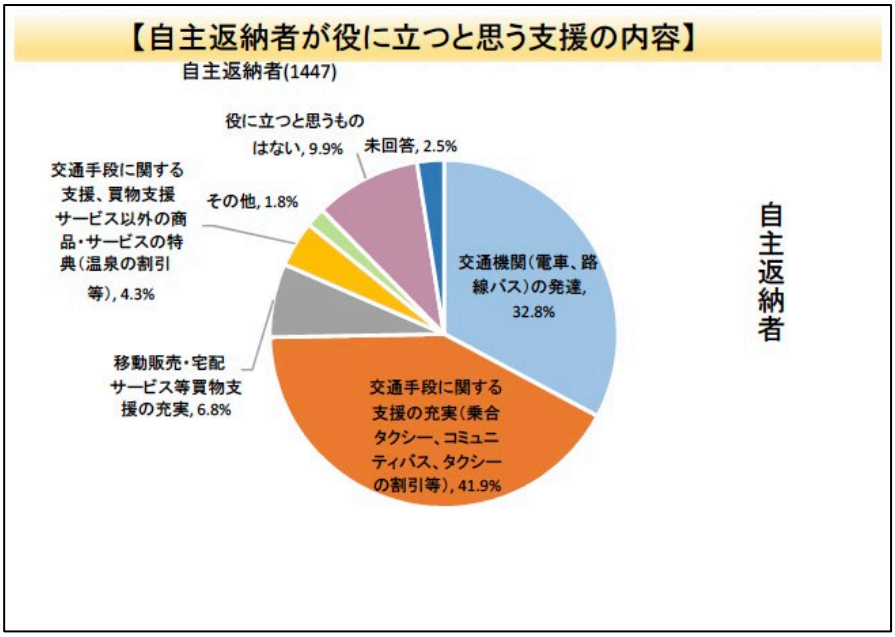


図 1-9：自主返納をためらう理由

平成２７年度警察庁委託事業「刻々と変化する交通情勢に即応するための交通安全対策（高齢者講習に係る新たな制度及びその運用の在り方について）に関する調査研究」報告書

	ゲイン	ペイン
内部（ユーザーへの影響）	●ドライバーのストレスを軽減し生産性を向上. ●ドライバーは移動中に休息したり,遊んだり,仕事をすることができる. ●非運転者のための移動性. ●非運転者のための独立したモビリティは,運転手の負担や交通補助の必要性を減らすことができる. ●有料ドライバー費用の削減.タクシーサービスや商業輸送ドライバーのコストを削減できる.	●車両コストの増加.追加の車両設備、サービスを必要とする. ●追加的なユーザーリスク,システム障害,隊列走行,交通速度の高速化,リスクの増加,および車両総走行量の増加に起因する追加的な衝突. ●セキュリティとプライバシーの低下. ●情報の悪用（ハッキング）に対して脆弱である可能性があり,位置追跡やデータ共有などの機能によってプライバシーが低下する可能性がある.
外部（他者への影響）	● 安全性の向上.衝突のリスクと保険料の削減.リスクの高い運転を減らすことができる. ● 道路容量の増加とコスト削減.より効率的な車両交通は渋滞と道路コストを削減する可能性がある. ● 駐車料金の削減.目的地での駐車需要を削減. ● エネルギー消費と汚染の削減.燃料効率が向上し,排出量が削減される可能性がある. ● カーシェアリングに対応.カーシェアリングとライドシェアリングを促進し,車両の総所有権と移動,および関連コストを削減可能.	●追加のリスク.他の道路利用者へのリスクを増大させ,犯罪行為に使用される可能性がある. ●交通問題の増加.車の移動が増えると,渋滞,汚染,スプロール関連のコストが増加する可能性がある. ●社会的公平性に関する懸念.徒歩,自転車,公共交通サービスなど,手頃な価格の移動オプションが減少する可能性がある. ●雇用の減少.ドライバーの仕事は減る. ●他のソリューションのサポートを減少.自動運転は他の輸送の改善や管理戦略を思いとどまらせる可能性がある.

表 1-2:自動運転車の潜在的利点とコスト

Autonomous Vehicle Implementation Predictions
Implications for Transport Planning (2022 Todd Litman) を参照し
筆者が作成

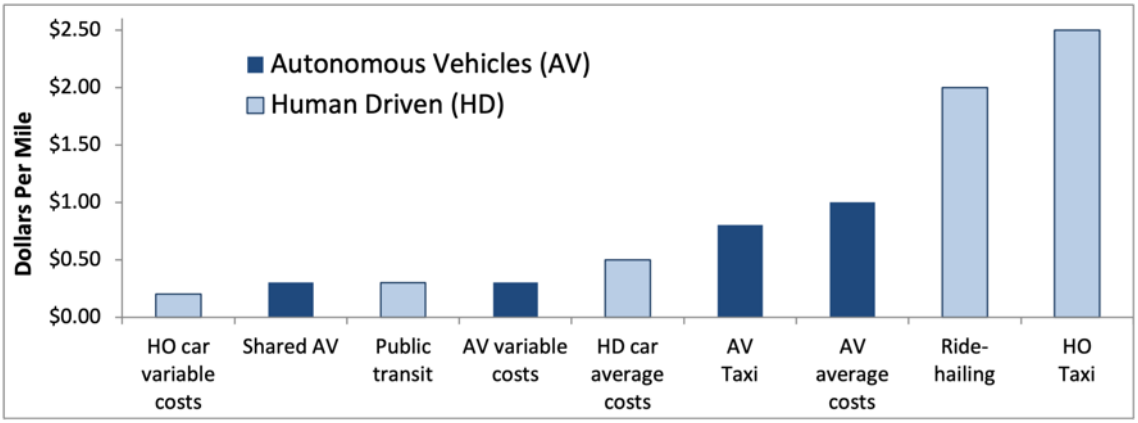


図 1-10:1マイルあたりの自動運転車のユーザーコスト

Autonomous Vehicle Implementation Predictions
Implications for Transport Planning (2022 Todd Litman) より参照

	研究名	研究成果	今後の課題
将来展望型	● 完全自動運転化―シェアサービスの導入可能性に関するシミュレーション分析（古澤ら 2020）	●全トリップの約 15%が自動運転に転換可能. ●サービス提供者は一日に約 15,000 円の収益を得られる ●都心部の自動車 1 台あたりの駐車時間は半分程度まで減少する.	●シミュレーションでは非現実的なトリップが存在. ●現在の交通モデルと未連携.
	● Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning（Todd Litman 2022）	● 自動運転車の 1 マイルあたりのコストは,人間が運転する自家用車やよりも高価になるが配車サービスや人間が運転するタクシーよりは安価となる. ● 自動運転車は外部コストが高くなる.	●一般化された車両で特定の国やエリアでの分析ではないので,現実よりもポジティブな結果となっている.

	●Dynamic ride-sharing and fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles in Austin, Texas (Daniel J. Fagnant 2018)	●相乗りによりトリップ数のピーク時に待機時間を大幅に削減出来る. ●車両価格を 70,000 ドルとすると車両価格等の事前投資の約 19%を賄うことが可能.	●社会,経済的な波及効果について言及.
影響分析型	● 自動運転車(ADV)導入が個人の活動目的地の変化に及ぼす影響（香川ら 2016）	●長距離移動を伴う観光等の活動で変化が生じやすい. ●「社交的な人」と「ネット愛好者」という一見相反する属性を持つ個人において変化が生じやすい.	●実際の都市における施設立地条件などを加味する必要がある.
	● 共有型完全自動運転車両の普及に関する基礎分析（紀伊ら 2017）	●共有型 LV5 車両は個人所有の従来型車両の 10 倍以上の費用でも普及しうる. ●普及には車両費用のみならず，都市半径と走行速度も影響し，都市半径が小さく，走行速度が高いほど普及率が高まる. ●都市人口は普及率に影響しない.	●現実的な状況の反映,未考慮の社会的効果の把握などが必要.
	● Shared Autonomous Vehicles: A Review Considering Car Sharing and Autonomous Vehicles (Mingyang HAO 2018)	●緊急輸送管理,柔軟な輸送計画,温室効果ガス排出量の削減,およびあらゆるレベルの輸送モードへのメリットの観点から自動運転車の顕著な可能性を強調.	●国境を越えた調査やジェンダー関連の調査等の側面から検討する必要がある.

表 1-3:先行研究の整理

筆者が作成

１-３本研究の目的と意義

本研究では,実践的貢献を念頭に,テストサイトとして,山梨県の中で最も面積の広い自治体である北杜市を選出した.市全体としては地域公共交通の改善が行われたものの,依然として交通空白地は存在し,移住者で構成された新たな集落や観光エリアは一部未対応となっている.

そこで,本研究は清里・長坂エリアにおける観光利用に主軸を置いた自動運転による移動サービスを提案.ワークショップ,現地調査,北杜市地域公共交通網形成計画から,公共交通に対する移動のニーズを明らかにして,北杜市における自動運転による移動サービスの要求を定義.また,最新の自動運転技術の調査やユースケースの検討から,清里・長坂エリアにおいてのサービスモデルの定義を行い,NPV 分析（正味現在価値）により経済性を評価し,導入のおける複数のシナリオを提案した上で,メリット・デメリットを考察した.

現地の状況や声に寄り添った分析を行うことにより,実践的貢献となることが本研究の新規性と考え,同様の交通課題を抱える他の地域において,自動運転による移動サービスの活用が課題解決への一助となることが期待される.

1-4 本研究の構成

1-4-1 研究手法

図 1-11 で本研究の枠組みと, 図 1-12 研究手法を示す.

本研究では第二章において, 自動運転に関する調査および国内の自動運転の社会実装実験に関する調査を行い, 自動運転の現状を把握した.

第三章では北杜市にてワークショップ「ゼロカーボンでウェルビーイングな北杜市の実現に向けて」の参加および現地調査, 北杜市地域公共交通網形成計画の分析により, ステークホルダーの要求を抽出. 要求から北杜市における自動運転サービスのユースケースを検討し, 定義を行なった.

そして, 第二章での自動運転に関する調査結果とステークホルダーの要求およびユースケースから, 北杜市における自動運転サービスのビジネスモデルの設計を行った.

第四章では, NPV 分析（正味現在価値）により経済性の評価を行い, 第五章では有識者からのレビュー検証と妥当性確認を行い, 調整および改善を行った上で, 再度ビジネスモデルの設計を行なった.

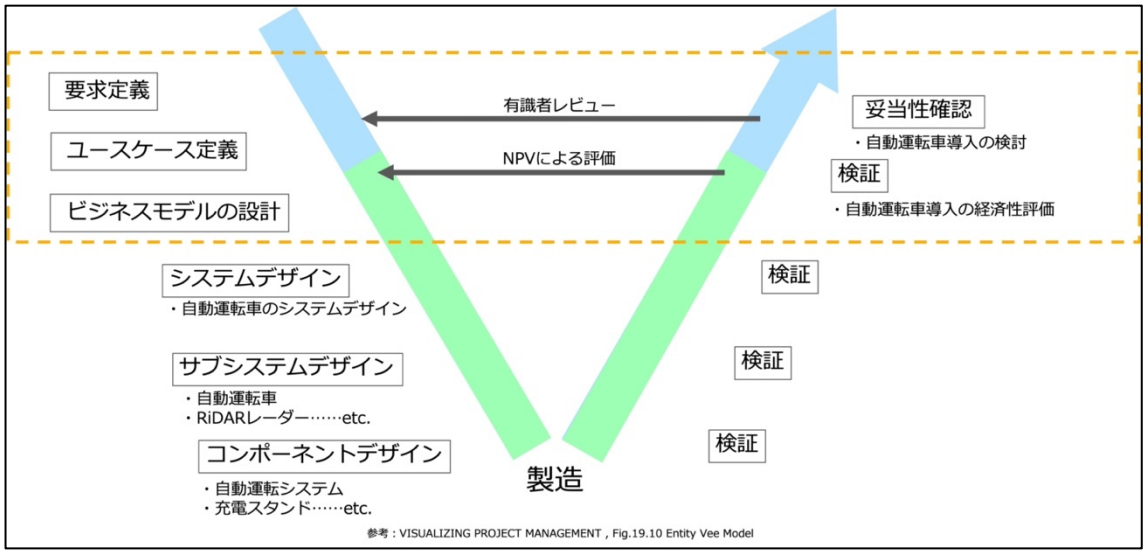


図 1-11: 本研究の枠組み

筆者が作成

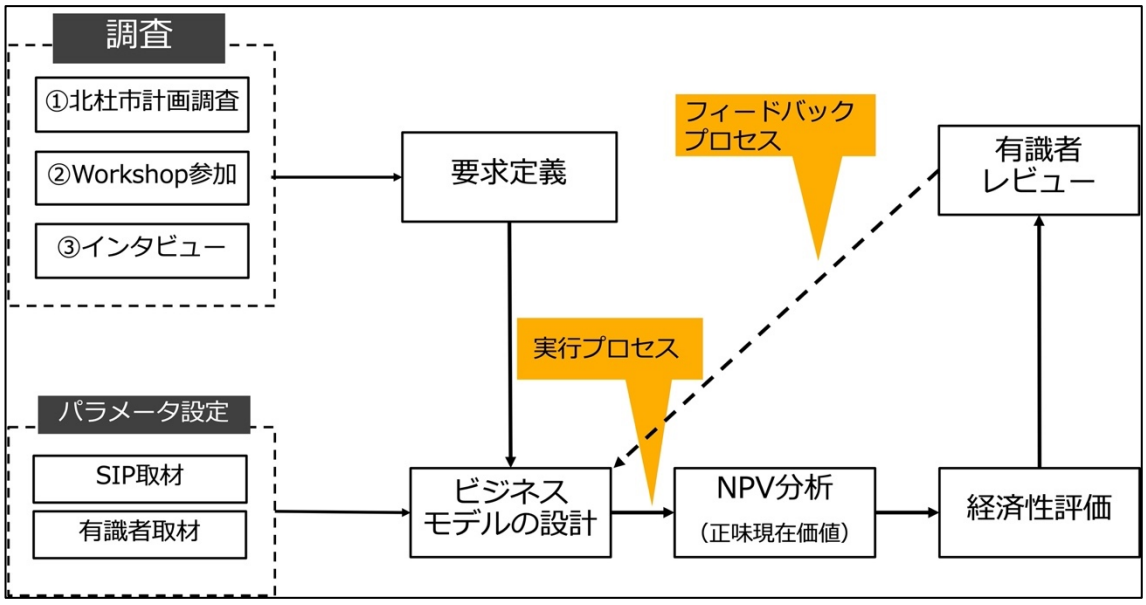


図 1-12:本研究手法

筆者が作成

１-４-２NPV を採用する理由

NPV(Net Present Value/正味現在価値)は,今後予定されるプロジェクトにより生み出されるキャッシュフローを現在価値に換算した総和から,初期投資額を引いたもので,将来的な投資判断に採用される指標である.特定エリアでの既存の地域公共交通のデータや自動運転に関するコストから,自動運転による移動サービスを山梨県北杜市清里・長坂エリアにおける地域公共交通として採用した場合の経済性を明確にすることで,導入を検討する地方自治体や運営を司る事業者にとって,今後のサービス導入における重要な検討材料になるここことを社会的意義と考え,本研究では NPV 分析を採用した.

$$\mathrm{NPV} = \sum_{n-1}^{N} \frac{CF_n}{(1+r)^n} - (CFo)$$

CF_n = N年後のキャッシュフロー
r=割引率
CF_o=投資額

図 1-13:正味現在価値(NPV)
筆者が作成

２ 第二章　自動運転の現状に関する調査

２-１自動運転の歴史

２-１-１自動運転技術の歩み 2000 年代以前

自動運転の歴史を紐解くと,運転の自動化という考えは 80 年以上も前から存在している.1939 年から 1940 年に開催されたニューヨーク万国博覧会で,ゼネラル・モーターズ（GM）は,Future と Panorama を組み合わせた造語「フューチャラマ」と称した近未来の理想社会を都市ジオラマで表現.超高層ビルの立ち並ぶ都心と大規模な郊外住宅地はオートメイテッド・ハイウェイ（自動化高速道路）で結ばれ,電波によりコントロールされたクルマが前後との車間距離を保ちながら自動で目的地に高速走行を行い,現代の ITS（Intelligent Transport System）の礎となるコンセプトが表現されていた.

日本では,1960 年頃に通商産業省工業技術院機械試験所（後の産業技術総合研究所）で始められた研究が始祖とされ,交流電流が流れるケーブルを路面に埋設し,発生する交流磁界をフロントバンパーに装着したコイルが検出し,コースずれによる操舵制御を行い,オンザレールの自動運転システムを提案.1973 年に入所した津川は,1977 年には世界初となるコンピュータビジョンを使用し,自動運転車を開発.路面のレーンや路上のガードレールなどの三次元物体をカメラが検出し,走行する実験を行った.

1980 年代になると,自動車メーカーによる自動運転に関する研究が本格化する.1987 年にはミュンヘン連邦軍大学のエルンスト・ディックマンズはダイムラー・ベンツ社と共同で,安全性向上を目的とした無人自動車における研究開発プロジェクト「EUREKA プロメテウス計画」を実施.1994 年には,2 台の無人自動車 VaMP,VITA-2 は,ルームミラー背後に設置されカメラが捉えた映像をコンピュータビジョンにより検出し,自動走行を行った.130km/h 以上での高速道路での走行や,他車両が通行していない道路での自立走行,隊列走行,自動追従,車線変更を伴う追い越し運転などの実地検証に成功した.

２-１-２自動運転技術の歩み 2000 年代以降

2000 年代になるとさらに研究は発展し,2009 年に Google 社は自動車用の自動運転システムを開発中であることを発表.カメラ,レーダーセンサー、レーザー測距計によりクルマや通行人を判別し,Google の地図データを参照させてクルマを走らせた.後述するが,この Google 社の自動運転関連事業は,2016 年に Google から分社化した Waymo に引き継がれ,2018 年からアメリカのアリゾナ州フェニックスで,ユーザーが乗車できる自動運転タクシーサービス「Waymo One」（図 2-1）を開始している.

2010 年代になると,自動運転技術を開発するスタートアップ企業が増え,日本国内でも 2014 年には自後続車を無人とした隊列トラック技術の開発を行った東大発のベンチャー「先進モビリティ株式会社」,2015 年には自動運転車用オペレーティングシステムの Autoware の開発を行った名古屋大学発のベンチャー「株式会社ティアフォー」などが設立.海外では,2013 年に自動ブレーキや車線維持機能を開発していたアメリカの Cruise, 2016 年には自動運転技術を用いた無人配送車を開発する NURO などが創業され,開発競争が本格化した.

これまでの自動運転は,研究者や技術者を中心とするものであったが,その裾野が広がったのは,2016 年パリ・モーターショーにおけるダイムラー・クライスラーのプレゼンテーションが重要な契機となった.当時 CEO を務めていたディーター・ツェッツェは,同社の中長期戦略発表の際に CASE（Connected,Autonomous,Shared& Service,Electric）という造語と共に、次世代の自動車産業やモビリティの在り方を語った. Connected（ネットワークによる常時接続）,Autonomous（自動運転）,Shared &Service（シェアリングとサービス）,Electric（電動化）の 4 つの技術革新が同時に進行し,実用化されることで,自動車産業は大きな発展を遂げることを表した「CASE」という略語の力も大きく,未来のモビリティの形が一般化され,具体的なものとして世の中に発信された.

2016 には,米自動車技術会（SAE）により自動運転レベルが 6 段階の定義された（図 2-2）. レベル 0（自動運転技術なし）,レベル 1（アクセル,ブレーキ操作またはステアリング操作のどちらかをシステムが部分的に行う）,レベル 2（アクセル,ブレーキ操作またはステアリング操作の両方をシステムが部分的に行う）,レベル 3（条件下で全ての運転操作を自動化.自動運転システム作動中は,システムからの要請でドライバーは運転に戻れる状況である必要がある）,レベル 4（条件下で全ての運転操作を自動化）,レベル 5（条件なく,すべての操作を自動化）の 6 段階である.

また同時期に,サービスの視点から未来のモビリティの在り方を示したMaaS（Mobility as a Service）という略語も知れ渡るようになり,様々な交通サービスとその先の消費活動を一つのサービスとして統合し，移動したい人（利用者）と移動させたい人（事業者）の関係性を最適化する考えが浸透したことも,自動運転を一般的に知らしめる後押しをしたと言える（図2-3）.



図 2-1: Waymo One 外観

https://waymo.com/press/

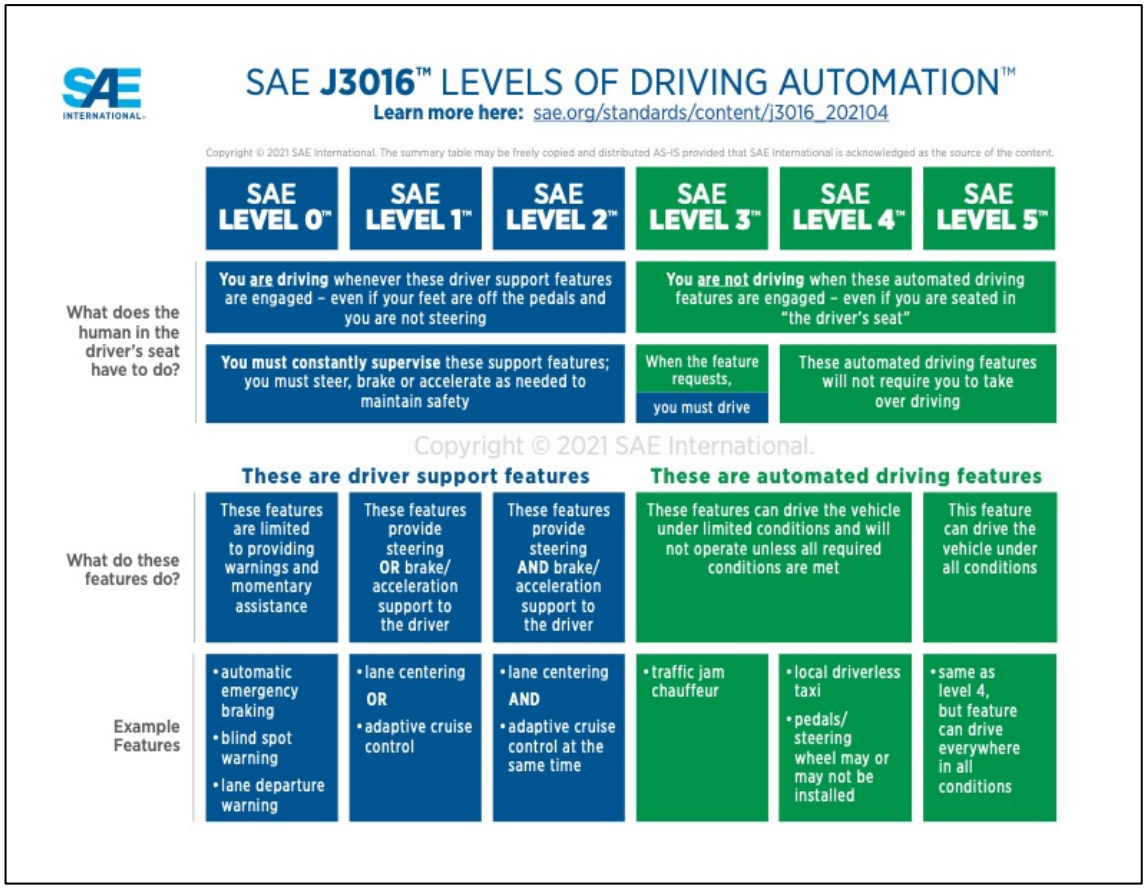


図 2-2：SAE LEVELS OF DRIVING AUTOMATIONTM

https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update



図 2-3：MaaS（マース：Mobility as a Service）

国土交通省，日本版 MaaS の推進

２-１-３自動運転技術の歩み 2010 年代後半以降

2010 年代後半になると,実証実験や社会実装が本格化される.レベル 4 を実現した世界初となる自動運転車を活用したタクシーサービス「Waymo One」は,2018 年 12 月より,運行地域の限定および利用可能なユーザー,オペレーターの同乗などの条件付きでアリゾナ州フェニックスにて運用を開始.2019 年末からは,オペレーターが同乗しない完全自動運転サービスも提供され,2021 年 8 月からは新たにカリフォルニア州サンフランシスコでも運用が開始された.

中国 IT 企業の Baidu が主導する Apollo Project で,90 社を超える参画企業により開発された「Apollo」は, 武漢市と重慶市において 2022 年 8 月から運用されている.「one」,「Apollo」ともにオペレーター（ドライバー）の同乗は行わないものの、走行エリアや特定ルートを規定していることからレベル 4 に分類される.

一方,日本国内では東京 2020 パラリンピックの選手村で選手や関係者の移動を担った小型バスのトヨタ「e-Palette」はレベル 4 での運用を実現（図 2-4）.

また,警察庁は 2022 年 10 月 27 日,レベル 4 の運行許可制度を盛り込んだ改正道路交通法の施行について,2023 年 4 月 1 日を予定していることを発表.施行されると,今まで必要だった警察署への届けを出さずにレベル 4 の公道走行が可能となる.

つまり,改正道路交通法により,2023 年に日本では自動運転レベル 4 が一部解禁される.しかし,「一部」とあるように,自家用車向けのレベル 4 が解禁されるのではなく,移動サービス,すなわち地域バスや空港のシャトルバスなどにおいて自動運転レベル 4 での運行が解禁されることとなる.

レベル 4 は,特定エリア内において人間の介在（※遠隔監視を除く）を一切前提としない技術レベルのことを指す.そのため,原則としてセーフティドライバーの同乗は不要となる.現在,日本国内で自動運転移動サービスが商用展開されている例は複数あるが, 表 2-1 に記載した実証実験のように,人間がすぐにサポートや操作を行えるように安全要員の同乗が義務付けられている.しかし,レベル 4 の解禁により安全要員がいない無人バスや無人シャトルバスの展開が可能となれば,ドライバー不足を解決することができると考えられ,地域公共交通のバスにおいては,自動運転は今後交通課題を解決できる有効な手段であると期待が持たれている.

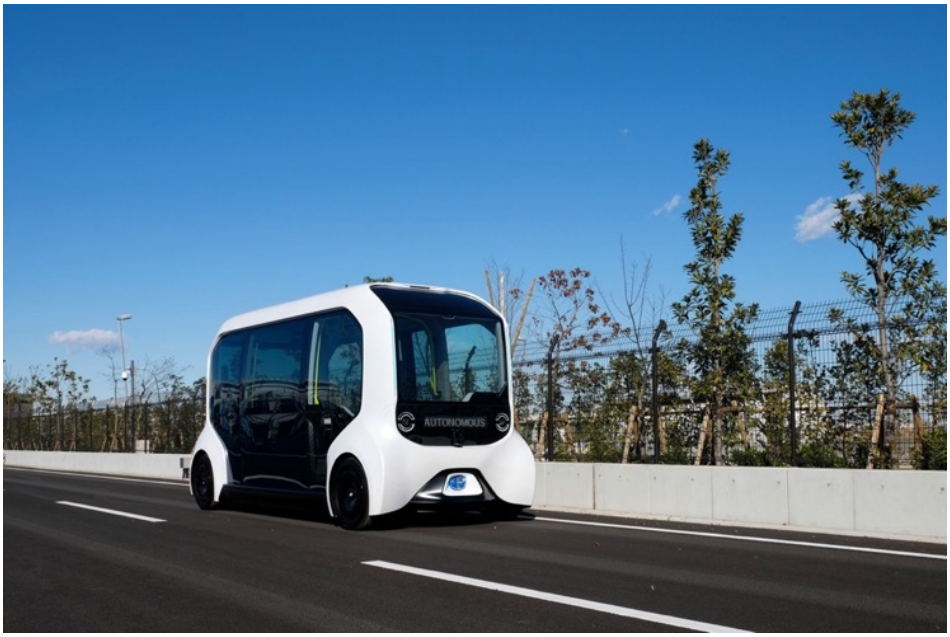


図 2-4:TOYOTA e-Palette

トヨタ自動車　https://global.toyota/jp/newsroom/

2-2 国内における自動運転の実証実験に関する調査

2-2-1 全国の実証実験

自動運転に関する実証実験は日本各地で行われている. 実証実験が活発に実施された 2022 年では, 日本の 34 カ所にて実証実験が行われていた（表 2-1）. その主要な実証実験として, 国土交通省は高齢化の進む中山間地域の道の駅を拠点とした自動運転サービスの実現に向け, 「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」を設立. 早期に技術的な検証を実施することが可能な地域指定型の 5 カ所, 公募によりビジネス性の高い実現に期待が持てる 8 カ所合わせて 13 カ所をテストサイトとして選定した.

道の駅等を拠点とした自動運転サービス(国交省/内閣府SIP)		
実施期間	エリア	事業者
2018.12～2019.2	秋田県上小阿仁村道の駅「かみこあに」	SIP
2019.1～3	熊本県芦北町道の駅「芦北でこぽん」	SIP
2019.5～6	北海道大樹町道の駅「コスモール大樹」	SIP
2018.11	長野県伊那市道の駅「南アルプス長谷」	SIP
2018.11～12	福岡県みやま市　みやま市役所 山川支所	SIP
2019.11～12	滋賀県東近江市道の駅「奥永源寺渓流の里」	SIP
ニュータウンにおける自動運転サービス（国交省/内閣府SIP）		
2019.2	東京都多摩市	日本総研、京王電鉄バス
2019.2	兵庫県三木市	日本工営、大和ハウス
空港制限区域内における自動運転（国交省）		
2018.12	仙台空港	豊田通商
2018.12,2019.1	成田空港	鴻池運輸、ZMP、丸紅
2019.1,2	羽田空港	愛知製鋼、NIPPO、日本電気、SBドライブ、先進モビリティ
2019.2以降	中部空港	アイサンテクノロジー、ダイナミックマップ基盤、丸紅、ZMP
SIP事業等（内閣府）		
2017.10～	関東地方等の高速道路や東京臨海地域周辺の一般道等	国内外の自動車メーカー、自動車部品メーカー、大学 等
2019.2～3	沖縄県那覇空港～道の駅豊崎	JTEKT等
ラストマイル自動運転(経産省＆国交省)		
2018.10	茨城県日立市	日立市、産総研、 SBドライブ等
2019.2	石川県輪島市	輪島市、輪島商工会議所、産総研、ヤマハ発動機等
2018.10～11	福井県永平寺町	永平寺町、福井県、産総研、ヤマハ発動機等
2019.1～2	沖縄県北谷町	北谷町、産総研、ヤマハ発動機等
自治体、民間又は大学 （※主な実証実験を記載）		
2018.4	神奈川県藤沢市	ヤマト運輸、DeNA
2018.4	岡山県赤磐市	SBドライブ、宇野自動車
2018.4	福島第一原子力発電所	東京電力、SBドライブ
2018.8	東京都千代田区	東京都、日の丸交通、ZMP
2018.8～	兵庫県神戸市	神戸市、日本総研、関電、電通、NTTデータ、群馬大、沖電気等
2018.9	神奈川県藤沢市	神奈川県、小田急、 SBドライブ
2018.11	群馬県前橋市	前橋市、NTTデータ、日本中央バス、群馬大
2018.11	長野県飯田市	飯田市、KDDI、アイサンテクノロジー
2018.12～	岩手県大船渡市	JR東日本、先進モビリティ、愛知鉄鋼、京セラ、ソフトバンク、日本信号、日本電気
2018.12	東京都三宅島	東京都、アイサンテクノロジー、群馬大
2019.1	静岡県袋井市	静岡県、袋井市、名古屋大
2019.2	愛知県一宮市	愛知県、KDDI、KDDI総研、アイサンテクノロジー、ティアフォー、名古屋大、岡谷鋼機、損保ジャパン日本興亜
2019.2	東京都多摩市	東京都、神奈川中央交通、SBドライブ
2019.2～3	神奈川県横浜市	日産、DeNA
2019.3	滋賀県大津市	大津市、京阪バス

表 2-1:2022 年度における自動運転実証実験地域

「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」より
筆者が作成

２-２-２実証実験の取材

地域指定型の中でも秋田県中央部に位置する上小阿仁村の道の駅「かみこあに」で行われた実証実験は,国土交通省による戦略的イノベーション創造プログラム（SIP 事業）の枠組みの中で行われた自動運転サービスで,現在は実証実験期間を経て 2019 年 11 月 30 日より社会実装が実施されている.

道の駅「かみこあに」で使用された自動運転車「こあにカー」は（図 2-5）,7 人乗車が可能なヤマハ発動機の車体で,速度は 20km/h 以下で運行を行い,グリーンスローモビリティと称される電気自動車であり,5km（43 分）、4km（35 分）、1.9km（20 分）の 3 つのコースをオンデマンドで運行する.運行ルートの路面には深さ 2～3 センチの窪みを掘り（図 2-6,2-7）,電磁誘導線と RFID タグが埋め込まれる.RFID タグには各場所に「一時停止」「右（左）折」「徐行」等の指示が与えられており,その指示を自動運転車に埋め込まれたセンサーが感知し,運行を自動で行う.オン・ザ・レールで自動運転車は運行することとなり,レベル 2,3 相当の自動運転が行われる.

自動運転はレーザー光を使ったセンサーのひとつである LiDAR の使用が,現在は主流となるが,上小阿仁村で実証実験が開始された 2017 年当初は、電磁誘導線と RFID の方が LiDAR よりも雪や凍結などの気象環境の変化による影響を受けにくいとされたことから,この方法が採用された.

運転手不足、過疎地域等高齢者への移動支援など自動運転等の最新技術を活用した移動サービスの導入による地域交通の課題解決の検証や,次世代自動車及び自動運転車両の研究による県内企業の技術開発促進を目的としたのが「しずおか自動運転 Show CASE プロジェクト」である.2019 年～2024 年の期間で静岡県 3 カ所の行われている実証実験で,2022 年 11 月 11 日から 20 日まで静岡県沼津市の沼津駅から沼津港まで運行された自動運転車「シーラカンス号」は（図 2-8）,6 人乗車で車両はタジマモータースが制作.速度は 20km/h 以下で運行する電気自動車である.直線距離にして約 2km を 1 日 5 本の定期便として運行され,運航時の制御は 3 つの LiDAR が行い（図 2-9, 2-

10），三島市の日本大学キャンパス内に設けられたコントロールセンターでは（図 2-11），車両はオンタイムで監視され、状況によっては遠隔操作をすることも可能となる.

秋田県「こあにカー」と静岡県「シーラカンス号」の現地調査を行った結果, 両者とも「もの珍しさ」からの初期需要は期待以上だったものの, 通常需要へと切り替わったところからが重要な局面となる. 高齢者など自家用車を運転しない層からの一定需要は期待できるものの, 交通ソリューションとしての自動運転サービスカーの有用性や社会実装の意義を利用者に広く波及させ, 新しい需要を創出することが今後の課題であると考えられる.



図 2-5:「こあにカー」

筆者撮影



図 2-6:電磁誘導線

筆者撮影



図 2-7:RFID TAG

筆者撮影



図 2-8：静岡県沼津市「シーラカンス号」

筆者撮影



図 2-9：フロント LiDAR

筆者撮影



図 2-10：サイド LiDAR

筆者撮影



図 2-11：三島市の日本大学キャンパス内に設けられたコントロールセンター

筆者撮影

3 第三章　北杜市の交通課題に関する調査

3-1 ワークショップによる現地調査

第 1 回 2021 年 9 月 20 日（※オンライン開催）, 第 2 回 2022 年 3 月 13-14 日, 第 3 回 2022 年 5 月 29-31, 第 4 回 2022 年 7 月 13 日，第 5 回 2022 年 10 月 24-26 日と合計 5 回に渡りワークショップ「ゼロカーボンでウェルビーイングな北杜市の実現に向けて」に参加. 北杜市役所　国際・観光戦略官，北杜市役所職員，（公財）キープ協会環境教育事業部,（株）森のエネルギー研究所，一般社団法人ゼロエミやまなし, SDM 学生などが参加した.

以下は. 各ワークショップにおいて, モビリティ関連の議論および北杜市の未来, 清里エリアについての意見などを表 3-1 に記した. 意見の内容は, ①北杜市の未来像，②二次交通，③自動運転，④その他，⑤清里地域に分類を行った.

テーマ	内容
①北杜市の未来像	夢のような計画を実現するには, 市として何をするべきか, 考えなければならない. 現実とのギャップを埋める作業が必要になる.
①北杜市の未来像	市長や議会に話ができるレベルの具体案をまとめ, 北杜市で実現できることを期待したい.
①北杜市の未来像	時代の流れは既にあり, 北杜市には更にジャンプするチャンスがあると思う.
①北杜市の未来像	車の個人所有が無くなることも想定して未来を考えないと, アメリカや中国に更に遅れてしまう. 起死回生の場が北杜市であればいいと思う.
①北杜市の未来像	アルパインパールの準備段階では, 全体的なデザインや富裕層をターゲットするかなどのブランディング作りが重要である.

②二次交通	駅からの移動手段,特に小淵沢駅から清里や富士見,原村への二次交通の手段として,市内の再エネを利用したEV車による自動運転交通の開発という絵が描けるのではないか？
②二次交通	インバウンドに対応した二次交通については,現在ある交通手段を使ってもらうことが市の基本方針である.
②二次交通	二次交通のための基盤が整備されていないが,エリアを限定すれば可能かも知れない.
②二次交通	二次交通の整備は必要であるが,地域限定のEV車による自動運転よりもカーシェアの方がいいのではないか.
②二次交通	エンタメ性の高い二次交通,例えば南房総市の二次交通は上手くいっている.
②二次交通	自動運転の技術については,Google で既に確立された部分がある.独自のシステム開発に資金を出し続けていく必要性があるか？
③自動運転	Googleは全世界を対象に開発しており,地域密着のものではない.
③自動運転	自動運転により誰が得をするのか？考える必要がある.
③自動運転	実証実験をするなら交通の便が良い所が適地である.
④その他	インバウンドや関西からの観光客の多くは清里地区よりも小淵沢を選ぶ.
④その他	レインボーラインをEV車専用にすれば,道路沿いに移住者が増えるのでは？
④その他	観光客が増えると街は活性化するが、地元住民がついてこないこともある。「訪れてよし」と「住んでよし」は別である.
⑤清里地域	清里ブーム.清里に250万人も人がきた.
⑤清里地域	e-bikeを24台導入.2020年からはEVトゥクトゥクを2台導入.
⑤清里地域	おいでいただくと意識が高いレスポンシブルツーリズムを目指したい.

⑤清里地域	ある程度のアベレージで年間推移するような来客,年間100 日の休日が取れて,賃金が取れるような観光地域を目指したい.

表 3-1:「ゼロカーボンでウェルビーイングな北杜市の実現に向けて」モビリティに関する発言

第 1 回 2021 年 9 月 20 日（※オンライン開催）,第 2 回 2022 年 3 月 13-14 日,第 3 回 2022 年 5 月 29-31,第 4 回 2022 年 7 月 13 日,第 5 回 2022 年 10 月 24-26 日
の録音データ及び記事録より作成

３-２北杜市地域公共交通網形成計画の調査

北杜市での資料調査から得られた交通課題を表 3-2 に整理する.

北杜市は山梨県の市町村の中で最も面積が広く,北杜市計画によれば,その生活圏は大きく４つに分けられる. さらに平地や谷地に人口が分散し,人口増加エリアと人口減少エリアがモザイク状に分布している. 現在の市民の移動の実態は,その多くは自家用車で移動しており,家族送迎も行われている.

「北杜移動と公共交通に関するアンケートアンケート報告書」によれば,交通不便者は 5.6%と少なく,公共交通を利用している市民は 4.2%となっている. このような現状に対して,現状のままでもよいと考えている市民も存在している一方で,人口密度が高い地域や観光地において交通空白が発生しており,利用したくても利用できない市民や利用者がいることが分かった. また,「移動を自家用車から公共交通に転換したい」と考えている住人は 14.2%おり,その中には,自身の運転に不安を感じるようになった高齢者も含まれている.

このような状況の中,北杜市では公共交通が直面している様々な課題に対応するために,2018 年に北杜市地域公共交通網形成計画(以降,北杜市計画) を策定. 北杜市計画では現状課題の整理と今後の交通網形成の方針が示された. また北杜市計画の中では,「自動運転等新たな移動手段についても,今後,技術革新や法整備など,国の動向等を注視しながら,地域公共交通への導入の可能性を検討していくものとします」と,市として自動運転等の導入の可能性が示唆されているのも留意する点である.

北杜市計画で示された公共交通の課題を端的に示すと，公共交通縮小と利用者減少の悪循環と言える（図 3-1）．しかし，北杜市では高齢化率が 2035 年に約 50%となる一方，生産年齢人口は 2020 年から 2035 年にかけて約 3 割減少する（図 3-2，表 3-3）．このことから，公共交通を利用する高齢者の増加とドライバーの不足が，今後大きな課題になることが予想される．

その対応の一つとして，路線バスの適正化およびデマンド型交通の採用により順次改善が行われ，地域住民の利便性は徐々に改善されている．幹線・支線の再編やワークショップ等での検討を行い，地域公共交通サービスの効率化が図られてきた．その一歩として，サービスレベルから改善は行われ，通院・買物や通勤・通学のための移動の利便性は高まってきたものの，まだ地域によってサービスレベルに差があるなどの課題も見られる．

しかし，デマンド型交通は事前登録制を採用することから，実質の利用は市民に限定され，自家用車を運転できない高齢者の通院に合わせたサービスカーの増車や，部活の朝練や夜練に合わせたサービス提供時間の延長に留まっている．よって観光客などのビジター利用の利便性は無視されることとなり，むしろ不便になってきている．

北杜市の長坂駅にて，高齢者，高校生，地域交通関係者，事業者，観光客から北杜市の地域公共交通について非構造化インタビューを行ったところ，「観光地や人気スポットに行ける地域交通が充実していない」「デマンド型バスの使い方がわからない」「バスがどのようなルートで走っているか知らない」「市の財政が縮小している影響が出ている」など，市民や観光客のからは，現状の路線バスやデマンド型交通に対して不満を抱いている方も一定数いることが分かり，改めて改善策は通院と通学にしぼったものであることが伺えた．

北杜市の地域公共交通の運行状況をみると利用者数は減少傾向にあるものの，今後，ますます北杜市の財政が縮小していく中で，地域公共交通を持続させていくためには，総合的に利用者数を増やし，利用状況に応じながら交通網を改善していくことが重要である．

地域の状況	地勢的に市域が大きく３つに分かれている
	居住可能地が広範囲に分布している
	複数の生活圏が想定される多核的なまちの構造となっている
人口	高齢化・人口減少が進んでいる
	広範囲に集落が分布している
	人口の増加エリアと減少エリアがモザイク状に点在している
	世帯あたりの自家用車保有台数は増加している
北杜市の公共交通環境	人口密度が高い地域でも交通空白が生じている
	高校への通学は山間部等で未対応の地域がある
	通院・買物は全路線で移動が確保されている
個別路線の運行状況と利用状況	市民バスの利用者数が減少している
	ほとんど利用されないバス停・区間がある
	市の財政が縮小している
市民の移動実態及び意識	市民の移動実態は４つの生活圏に分かれる
	交通不便者は 10 代及び高齢者に集中している
	市民のほとんどは自家用車等に頼っている
	公共交通への転換意向は少ない
	路線バスが充実していないと感じる者が多くなっている

表 3-2:北杜市の交通課題

北杜市地域公共交通網形成計画より作成

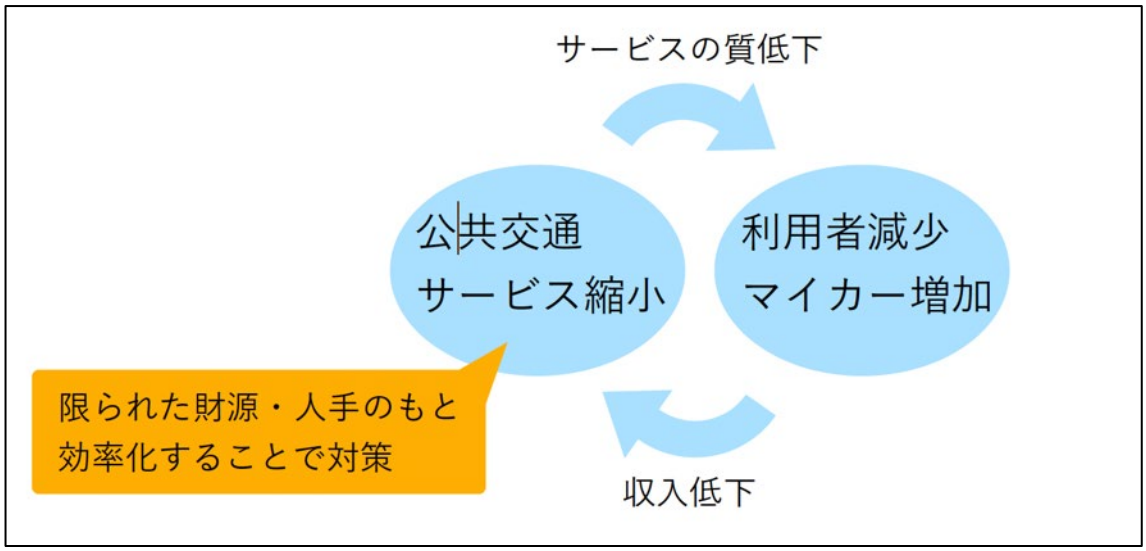


図 3-1:北杜市計画で示された公共交通の課題

北杜市計画を元に筆者が作成

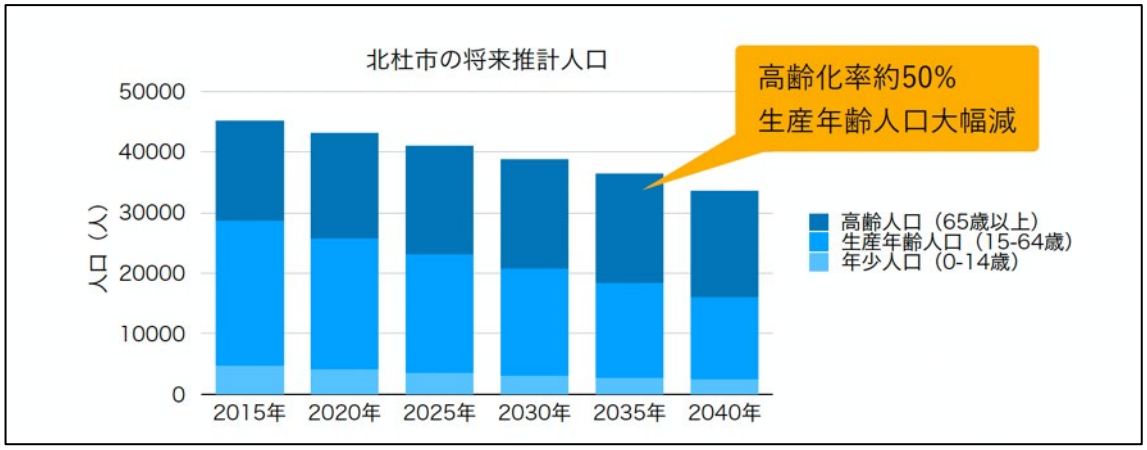


図 3-2:北杜市の将来推計人口

日本の地域別将来推計人口（平成 30（2018）年推計）を元に筆者が作成

	年少人口	生産年齢人口	高齢人口	合計人口	生産年齢人口比率	高齢化率
2015年	4613	24016	16482	45111	53.2%	36.5%
2020年	4023	21704	17376	43103	50.4%	40.3%
2025年	3486	19660	17805	40951	48.0%	43.5%
2030年	3074	17575	18057	38706	45.4%	46.7%
2035年	2744	15590	17957	36291	43.0%	49.5%
2040年	2501	13520	17675	33696	40.1%	52.5%
2045年	2273	11865	16905	31043	38.2%	54.5%

表 3-3:北杜市における生産年齢人口と高齢化比率

北杜市計画を元に筆者が作成

３-３清里・長坂エリアの調査

３-３-１非構造化インタビュー

北杜市の清里・長坂エリアにおける地域公共交通のステークホルダーを抽出するべく、2022年10月1,2日,11月11,12日の週末合計4日間,JR長坂駅,清里駅にて非構造化インタビューを行った.

インタビューの対象者は地域公共交通を利用して北杜市に訪れた旅行者,清里駅周辺の土産物店,観光案内施設,観光施設,飲食店,宿泊施設スタッフなどである.旅行者は旅行業,カメラマン,飲食業,スポーツジムインストラクター,不動産などの属性を持った27名が対象となる（表3-4）.

インタビューでは清里・長坂エリアの地域公共交通への利便性等について非構造化インタビューを行い,インタビュー対象者の承認を得た上でメモによる記録を行った.

インタビューは、（１）アクセスの良い公共交通（※東京から清里まで来た場合の接続の良い電車とバス）は決まっている,（２）マイカーやレンタカーではなく公共交通を積極的に使いたい,（３）タクシーは積極的に使いたくない,（４）都内から公共交通のアクセスは良い,（５）便利なバスを期待していない,（６）清里駅から最終目的地までが不便,（７）マイカーで来る人が多い,という７つに要因に分解を行うことができ,インタビュー結果については下記に記す.なお,インタビュー対象者には、A1～A27 を付し,識別子（ID）としている.

識別子（ID）	対象者の属性（職種／年代）
A1	旅行業／20代
A2	カメラマン／50代
A3	飲食業／20代
A4	スポーツジムインストラクター／20代
A5	不動産／40代
A6	建設／50代
A7	マスコミ／40代
A8	マスコミ／20代
A9	非営利団体／50代
A10	非営利団体／50代

A11	専業主婦／50代
A12	大学生／10代
A13	大学生／10代
A14	大学生／20代
A15	IT系A／20代
A16	IT系B／30代
A17	高齢者B／60代
A18	高齢者C／60代
A19	高齢者D／60代
A20	清里駅観光案内所スタッフA／60代
A21	清里駅土産物店スタッフB／50代
A22	観光施設スタッフA／20代
A23	観光施設スタッフB／20代
A24	観光施設スタッフC／40代
A25	公共交通運転手／50代
A26	宿泊施設スタッフ／50代
A27	宿泊施設スタッフ／50代

表 3-4:事例収集のためのインタビュー対象者

取材を元に筆者が作成

（１）アクセスの良い公共交通（※東京から清里まで来た場合の接続の良い電車とバス）は決まっている

「新宿から清里までアクセスの良い電車は数が絞られてくる」（A1），「東京からずっと同じ電車のグループがいた」（A9），「清里駅から先のバスの時刻表が決まっているから余裕がない」（A10），「新宿から清里まで上手く繋がっているからアクセスに不安がない」（A11），「東京から小淵沢までの時間は調べたけれど、そこから先は特に決めていなかった.しかし結果的にアクセスは上手くいった」（A12），「冬や秋よりも夏の方が公共交通利用者は多い」（A25）などの発言があった.

（２）マイカーやレンタカーではなく公共交通を積極的に使いたい

「最近はクルマが便利だとは思わない」（A2），「レンタカーを借りる手間が面倒くさい」（A3），「電車やバスを使うのも旅行の一環だと思っている.旅行の時にこそ移動を楽しみたい」（A5），「レンタカーは事故など何かあった時が怖い」（A12），「免許をもっていない」（A15）（A16）(A19),「運転に自信がないので、公共交通以外は考えられない」（A18）などの発言があった.

（３）タクシーは積極的に使いたくない

「タクシーしかなければ乗るけれど,タクシーはあまり風情がないので積極的には乗らない」（A6），「タクシーはお金が高いのでもったいない」（A7），「旅行にタクシーは合わない.仕事で忙しい人が乗るイメージ」（A14），「タクシーを使うことを想定していない」（A16）、「料金の割に不便そう」（A19）,などの発言があった.

（４）都内から公共交通のアクセスは良い

「特急あずさに乗りたい.強いていうなら,あずさの本数を 1 時間に 2 本にして欲しい」（A1），「乗り換え一回で,自然の豊かな清里に来られるのはとても嬉しい.直通だと（気持ちの）スイッチが切り替わらないので,むしろ小淵沢で乗り換えるくらいがちょうど良い」（A9），「電車のアクセスはとても良いが,清里駅から先の目的地までがもっと便利になると嬉しい.バスとタクシーの中間くらいの移動手段があると嬉しい」（A13），「マイカーで来る観光客はキャンプが増えている.避暑地や景観を楽しみたい人は公共交通利用が潜在的に多いと感じる」（A20）などの発言があった.

（５）便利なバスを期待していない

「ラストワンマイルの利便性が悪いと,とたんに旅全体が不便に感じる傾向がある」（A1）、「便利なバスはあまりないと思う」（A11），「仕方なくバスを使う」（A15），「バスの便利さはあまり求めていないので,多少不便でも気にならない」（A18），「バスしかないからバスに乗っている.これは自宅（東京）でも同じ」（A19）などの発言があった.

（６）清里駅から最終目的地までが不便

「お客様の送迎を行なっている.たまに駅以外への送迎をお願いされるが,お断りしている」（A27）,「19時以降はタクシーも営業していないので,実質的に公共交通を利用して夜宿泊施設に来るのは難しい」（A28）.「隣の長野県の宿泊施設も北杜市観光で利用される.ただし,県またぎのため山梨県のタクシーは長野県へ呼べない」（A27）などの発言があった.

（７）マイカーで来る人が多い

「マイカーで来る人が多い」（A21）（A22）,「電車を使って来る人もいるが、マイカーの方が主流」（A24）,「高級車で来る人が多い」（A21,A22）などの発言があった.

３-３-２清里・長坂エリアにおける地域公共交通の調査

幹線となる北杜市バス清里・長坂線はダイヤや路線の改善が行われているが,主に観光用途としても活用される清里ピクニックバスや他の支線には十分な改善が行き届いていない.観光利用が多い路線ほど,個人に合わせた多様なルートが必要なため,自由度の高い移動手段で補う必要があるが,市民利用が多い地域から先に改善が行われ,また自由度の高いデマンド型バスの活用は,市民のためのサービスであることから活用されるとは考えにくい.また，清里・長坂エリアで運行されている清里ピクニックバスは(図3-3),観光客の視点から考えると，①好きな時間に利用できない。②巡回していないエリアへの利用には向いていない。③巡回する方向が決まっているため，進行方向と逆回り方向にある目的地に着くのには時間がかかる（一周回ってからでないと辿り着かない）などの点で改善の余地が残っている.よって,清里駅を起点とした，ピクニックバスと同じエリアでの自動運転による移動サービス事業の需要と事業性が高いことが予想される.なお，②については観光客へのメリットの他に，潜在的な観光資源を持つ清里・長坂エリアの開拓へとつながる可能性は高い.これをパイロット事業とし，成果が出れば他地域への拡散も検討できると考えられる.



図 3-3：2022 年ピクニック時刻表

清里振興会

３-４北杜市の清里・長坂エリアの交通課題に対する要求定義

北杜市地域公共交通網形成計画調査（以下,HS）， ワークショップ（以下,WS）,ステークホルダーインタビュー（以下,int）， 清里・長坂エリア地域公共交通の調査（以下,RS）から,ステークホルダーの自動運転による移動サービスに対する要求を抽出.要求度を「大」「中」「小」で評価を行い,要求度の「大」「中」を要求定義とした.

抽出された要求は表 3-5 で示す.また,要求から洗い出されたユースケースは,図 3-4 で示す.また清里・長坂エリアにおける自動運転サービス活用の CVCA（顧客価値連鎖分析）は図 3-5 で記す.

要求度			内容	要求元
大	中	小		
○			小海線からのつながりが良いこと	int
	○		バスよりも利便性が高いこと	RS
	○		利用料金はタクシーと同等であること	int
	○		簡単に乗れること	int
	○		特別感があること	WS
○			安全であること	HS
		○	タクシーやバスと同じ感覚で乗れること	int
○			2次交通としては発展性があること	WS
○			待ち時間がバスより短いこと	int
		○	乗れることが旅行の思い出になること	WS
		○	車内で旅行案内など、観光アピールがあること	WS
		○	ホテルとの連携で割引があること	int
○			ピクニックバスより日数が多くなること	int
○			平日も動くこと	int
	○		最終電車で清里に来ても稼働していること	int
		○	また利用したくなるサービスがあること	WS
○			ドライバー不足を解決すること	HS
○			利用者を増やすこと	WS

	○		パイロット事業となること	WS
○			事業の発展性があること	WS
	○		観光業が発展すること	WS
	○		新たな観光資源が開発されること	WS
		○	環境破壊がされないこと	WS

表 3-5:清里・長坂エリアでの交通課題を解決するモビリティサービスの要求定義

取材をもとに筆者が撮影

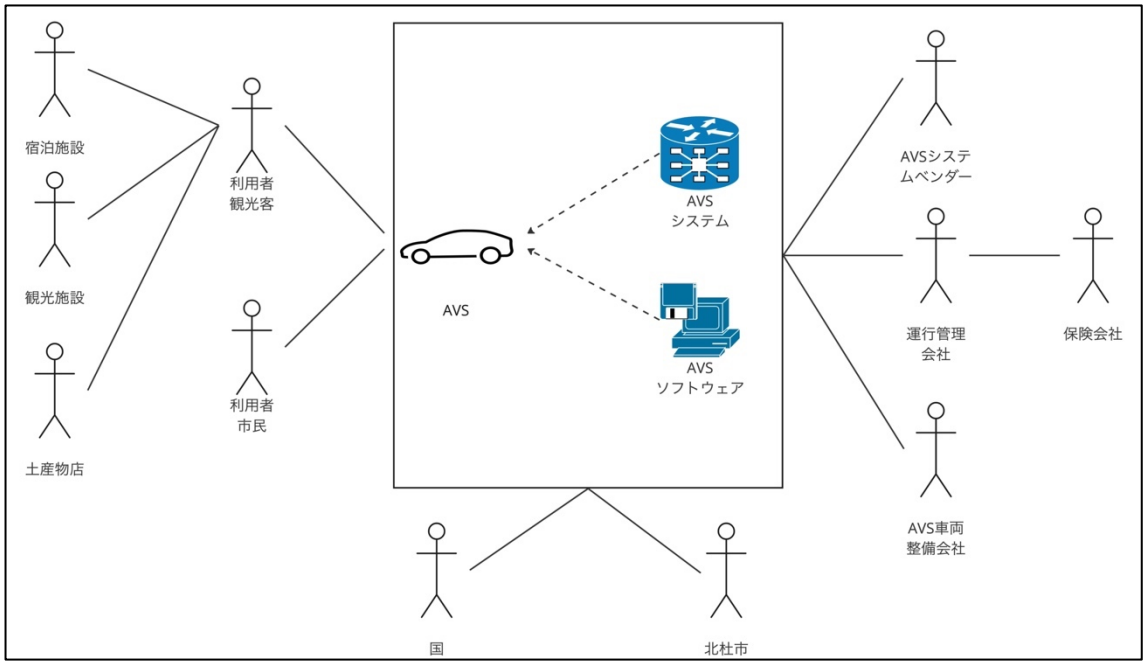


図 3-4:自動運転車のユースケース定義

取材を元に筆者が撮影

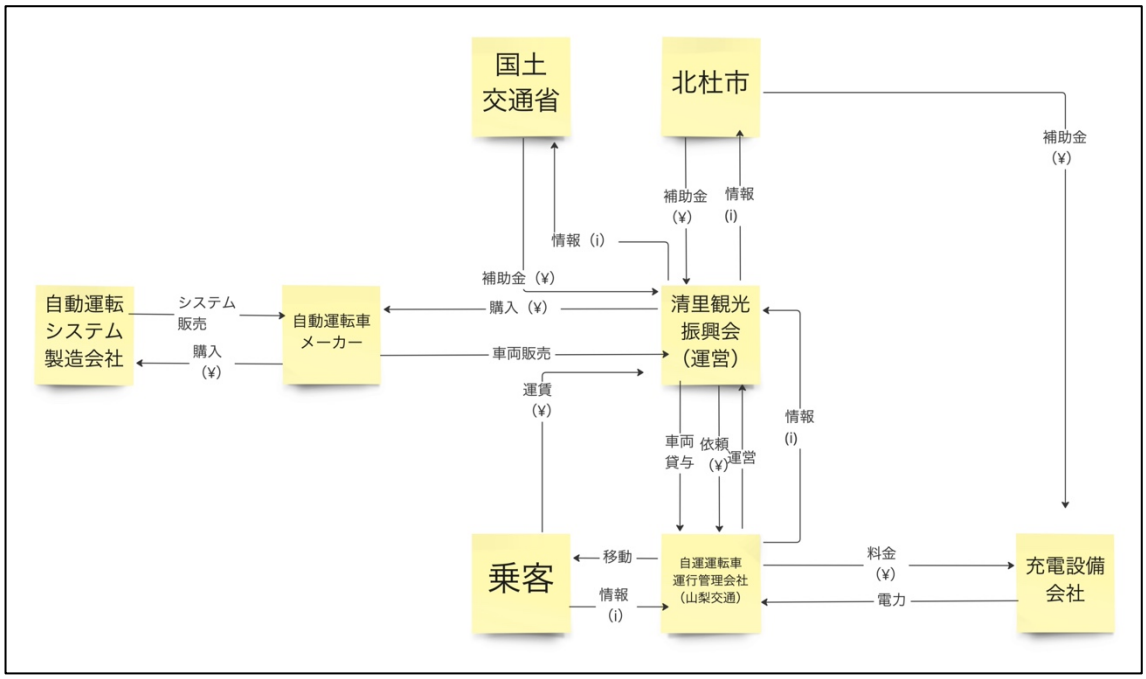


図 3-5: 自動運転サービスの CVCA

取材をもとに筆者が撮影

3-5 北杜市における自動運転サービスの NPV モデルの設計

第三章 3-4 項の自動運転に関する調査結果とステークホルダーの要求定義およびユースケース定義，第二章自動運転の現状に関する調査から，清里・長坂エリアにおける自動運転サービスのビジネスモデルの設計を行った．コストは表 3-5 で記し，パラメータと設定金額は 3-5-1～3-5-4 に記す．

投資額	①車体価格	5,390,000 円
	②車体購入割引率	50%
	③自動運転車両システム料［ハードウェア一式］	500,000 円
	④自動運転車両システム料［ソフトウェア関連］(※)	10,000,000 円
	⑤導入車両台数(※)	9 台
運賃収入 客単価×利用者数	（い）客単価/一回	1000 円
	（ろ）利用者（グループ）数	16,888 グループ
運用コスト	(A) 業務委託費(※)	12,884,000 円
	(B-1) 年間の車体維持費［車検無し］	2,190,150 円
	(B-2) 年間の車体維持費［車検有り］	2,788,650 円
	(C)システム利用費(※)	3,700,000 円
その他	補助金収入(※)	20,000,000 円

表 3-6:清里・長坂エリアにおける自動運転車のコスト

筆者作成

(※)はシミュレーションシナリオにより変化する

３-５-１投資額

①車体価格

5,390,000×0.5=2,695,000 円（日産アリア B6：プロパイロット 2.0 搭載）.

2022 年 12 月 18 日現在では，日本国内においてレベル４，レベル５の自動運転車は全てテスト段階の導入で，市販導入はされていない.自動運転中の事故が起こることが大きな懸念事項であると考え，LiDAR 以外の事故防止策として，日産の自動運転機能を備えた現段階の最新，最高位のモデルを用いる想定で金額を算出.また,アメリカのアリゾナ州フェニックス運用されている自動運転タクシーサービス「Waymo One」で採用される車体,ジャガーI-PACE と同等の車格であることも選択理由とする.ただし，技術革新・普及の程度により他車種にも搭載が進むと考えられ，事業導入時の状況により選ぶ車体を変更することで，金額は大きく変動することが予想される.また，一般車を利用するメリットとして，実際の運用の際，繁忙期にはレンタルによる台数補充も検討でき，特殊車両でないことによる整備費，保険料の削減や，下取り時の容易さなどもメリットと考えられる.

②車体購入割引率

日産株式会社へのヒアリングによると,事業への賛助・支援を行った場合の前例から,車体価格を半額として設定した.

③自動運転車両システム料［ハードウェア一式］

500,000 円

自動運転の実現に欠かせない光を用いたリモートセンシング技術である LiDAR は用途によってスペック差・価格差が大きい製品である．スペックの主な項目は検知可能な距離（範囲と分解能），水平垂直角度（範囲と分解能），そして観測周期である．例えば,静岡県沼津市の沼津駅から沼津港まで運行された自動運転車「シーラカンス号」の LiDAR は 1 機 540,000 円であるが,これは研究用に近い製品であり，市販される自動運転車に研究レベルのスペックは不要である.また，価格は劇的に下がる予測で，車両 1 台につきハードウェア一式で高くとも 50 万円以下になると考えられる．ミリ波レーダも登場当時は 100 万円であったが，現在はコンポーネント価格で 1 万円以下となっている．LiDAR に関しても，国内外で多数のメーカーが製造を始めており，高確度で同様の価格下落が起こると考えられる.

④自動運転車両システム料［ソフトウェア関連］

10,000,000 円

自動運転車両システム料で最も高くなるのはソフトウェア費用である．車両に搭載するソフトウェアでは，センサーで取得した情報から周囲物を認識し，相手の動きを予測，自車走行経路をプランニング，車両を制御，センターと通信を行う．センター側のソフトウェアでは，交通情報や地図データを更新し，車両の状況監視や管理を行い，配車計画を立て，各車両に指示を送る．特に前者の自動運転レベル 4 相当のソフトウェアが技術的に難しく，なかなかコモディティ化されないため，この費用が支出のボトルネックになると考えられる．自動運転車両システム料［ソフトウェア関連］は参考にできる前例がないため，またあまりに高額で全く売れないと意味がないため，低，中，高負担の金額を 500 万円，1000 万円，1500 万円と設定した.

⑤導入車両台数

9 台

繁忙期には利用者の待ちができることも考えられるが，待ちが生じないだけの台数を確保すると通常の時期のロスが大きくなる.清里ピクニックバスの利用客もある程度の待ち時間が生じていると思われ，それよりも短い待ち時間となることを目標として設定.待ちが生じる場合は，タクシーに利用者が流れることも予想される.

「令和 4 年度 清里ピクニックバス実績表」の５月４日の記録によると，延べ人員 508 名の利用があった.一方で，300 人を超える日数は令和 4 年では 7 日間（7/31 の正確な乗車人数は不明だが，300 人は超えていないと予想）であり，おおよそ一日当たり最大 300 人程度の利用と考えられる.込み合う時間帯とその時間帯による利用者の人数は不明であるが，ある一定の時間帯に一日の 2 割の利用者（60 名）が駅に一度に到着し，更にその 7 割が自動運転車を利用すると仮定すると，42 名程度が瞬間的に利用する計算となる.その場合，約 4.6 名を一台が対応する計算となり，利用客の目的地（ピクニックバスでは 3 エリアを巡回している）の違いにもある程度対応可能である.また，宣伝効果により 60 人全員が乗客するとしても,少々の待ち時間である程度は耐えうる設定台数として想定した.

３-５-２運賃収入

運賃収入=（い）客単価×（ろ）利用者数

=1,000×16,888

=16,888,000 円

（い）客単価/一回

1000 円

清里ピクニックバス（1 回：大人 500 円　小人 250 円，１日周遊：大人 1,000 円　小人 500 円）と EV トゥクトゥク レンタカー（スポットコース（60 分）5,000 円，よくばりコース（24 時間）20,000 円など）の間の金額で，タクシー（初乗運賃:1800m まで 730 円，加算運賃:以降 283m ごとに 90 円）に競合する金額を設定.想定を変えることである程度の金額調整が利く.

（ろ）利用者（グループ）数

33,777÷2＝16,888 グループ

コロナ禍前の 2019 年における清里ピクニックバスの年間乗車人数は 33,777 人であった.自動運転サービスカーは,1 グループ 2 名平均乗車として想定.グループ数としたのは，タクシーやレンタカーはグループごとに金額が発生するためである.なお，自動運転であるため，時期を絞った観光客向けの利用だけではなく年間を通して運営することで，時季外れの観光客や地元の方々の足となる利用も想定すると，利用者数は増えることが想定される.

３-５-３運用コスト

運用コスト＝（A）業務委託費＋（B）年間の車体維持費＋（C）システム利用費

【車検無の年】

=12,884,000+2,190,150+3,700,000

=18,774,150 円

【車検有の年】

=12,884,000+2,788,650+3,700,000

=19,372,650 円

(A) 業務委託費

12,884,000 円

国土交通省によれば,現在の遠隔管理システムは,遠隔オペレーター1 人につき車両 3 台まで監視が可能とされ,監視管理者も 1 名必要となることから、9 台の車両に対して 3 名のオペレーターと 1 名の監視管理者が必要となり合計 4 人件費が発生する. 遠隔監視者はパート勤務想定で 3 人とし、2,628,000 円（時給 900 円×8 時間×365 日）×3 名＝7,884,000 円, 管理者（正職員）1 人×5,000,000 万円と仮設定し,合計 12,884,000 円を業務委託費として算出.なお, 自動運転以外の問い合わせ対応なども含む対応, 調達, 業務委託先とのやり取りとその管理に関する業務は, 北杜市役所の北杜未来部, 総務部, 企画部, 産業観光部, 会計課などの人材による兼任でチームを結成することで, 人件費を抑えると仮定している.

(B) 年間の車体維持費

（自動車税＋車両充電代＋自賠責＋任意保険＋車検＋その他雑費）×車体台数

【車検無の年】

＝（36,000 ＋45,000＋52,350＋70,000＋0＋40,000）×9

＝2,190,150 円

【車検有の年】

＝（36,000 ＋45,000＋52,350＋70,000＋66,500＋40,000）×9

＝2,788,650 円

日産アリアは電力 1kWh で平均 6km の走行が可能.全国家庭電気製品公正取引協議会の新電力料金目安単価によると,1kWh あたりの電気料金は 27 円。1 万 km 走るために必要な電気量は約 1,666kWh（10,000 万 km÷6km）で,電気代は約 45,000 円を算出.電気代は, 閑散期に出動する車両の台数を減らすことで減額できる.自動運転車用の自賠責, 任意保険はまだ設定されていないため, 自賠責は営業用バスの自賠責を, 任意保険は

普通車の初年度の金額を参照して仮で代入.車検は10年で4回（1回66,500円程度,新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）受けることになる.その他雑費は洗車やワックス代,年に2回のオイル交換代やウォッシャー液などの消耗品費,などを考慮して40,000円を算出.

（C）システム利用費

700,000＋3,000,000＝3,700,000円

国土交通省の試算では,システムベンダーへの支払い.システム運営費（サーバ費用）50,000円/月×12か月＝600,000円と遠隔監視機材レンタル費：10,000円/月×12か月＝100,000円の合算となる700,000円.また,システム利用費においてもサーバーや機材といったハードウェア費用以外に，ソフトウェアやシステムのための費用が発生する．支払先はWaymoやTier IVといった自動運転システムのベンダーで，最新のセキュリティ対策のためのソフトウェア・アップデート費用，道路事情が変わった場合のカスタム費用，予期しない事象が起こった場合のサポート費用，自動運転システムの使用ライセンス料などが考えられる.この項目もあまりに高額だと普及しないため,車体維持費程度と考え，低，中，高負担の金額を200万円，300万円，400万円と設定.

3-5-4その他

③補助金収入

1.8億円÷9（補助金獲得事業者数）＝2000万円

地域公共交通確保維持改善事業費補助金を基に算出.2022年は1.8億円9自治体で分割していたことから2000万円で補助金を設定.なお，事業実施後に類似の公募が発生する可能性も考えられ,10年の間に同様の金額のものを1度でも獲得する，または少額のものでも複数回獲得して同額程度に積み上げることができるか可能性もゼロではないと考えられる.

４第四章　NPV 分析

４-１前提条件

山梨県北杜市清里・長坂エリアでの自動運転車による移動サービスを活用した場合の経済性を NPV 分析（表 4-1）により評価を行った.NPV では通常,割引率を設定する必要があるがここでは 0%で設定．株式会社などでは株主への配当金から，銀行から借り入れを行う事業などでは銀行の金利のような形で算出する必要があるが，今回のように国の事業を想定する場合は年度予算を用いるため，配当金や金利のようなものは発生しないため 0%が妥当と言える.

$PV(\text{現在価値}) = \dfrac{N\text{ 年後の金額}}{(1 + \text{割引率})^{N}}$
NPV（正味現在価値） ＝ PV（現在価値） － 投資額
・PV(現在価値)＝(運賃収入－運用コスト)/$(1+r)^{n}$ ・投資額＝車体価格×車体購入割引率＋自動運転車両システム料［ハードウェア一式］）×車両台数＋自動運転車両システム料［ソフトウェア関連］

表 4-1:正味現在価値分析

筆者が作成

４-２シミュレーション条件の設定

第三章 3-5 項で示したビジネスモデルを元に,（１）「低負担」,（２）「中負担」,（３）「高負担」と、（４）「低負担上振れ」,（５）「中負担上振れ」,（６）「高負担上振れ」のように負担シナリオそれぞれについて，利用者数と導入車両台数を変えた結果を確認するため,「上振れ」パターンもシミュレーションを行った.また，中負担で徐々に利用者数・車両台数を増加させる（７）「中負担台数追加」と,現在運行される（８）清里ピクニックバスのシミュレーションを実施した．ハードウェア関連費用や人件費は現時点でもある程度予想がつくため，負担シナリオ別にする必要はな

いと考え，共通の金額とした.予想がつきにくいものとして，補助金の有無と現存しない 2 費目「自動運転車両システム料［ソフトウェア関連］と「システム利用費」について，下記図 4-2 で示す通り負担別金額を設定した.

	低負担	中負担	高負担	（単位）
補助金	20,000,000	20,000,000	0	円
自動運転車両システム料［ソフトウェア関連］	5,000,000	10,000,000	15,000,000	円
システム利用費	2,000,000	3,000,000	4,000,000	円

表 4-2:補助金，自動運転車両システム料(ソフトウェア関連),システム利用費の設定金額表

筆者が作成

	見積り	上振れ	（単位）
利用者数	16888	33776	人
導入車両台数	9	18	人

表 4-3:利用者数と導入車両台数に上振れ

筆者が作成

4-3 シミュレーション結果

4-3-1 NPV 結果

（1）「低負担」，（2）「中負担」，（3）「高負担」，（4）「低負担上振れ」，（5）「中負担上振れ」，（6）「高負担上振れ」，（7）「中負担台数追加」と（8）清里ピクニックバスの NPV の結果を以下,表 4-4～4-11 で示す.

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-886,150	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150
投資額	33,755,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-13,755,000	-886,150	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150
PV	-13,755,000	-886,150	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150
NPV	-25,010,500										

表 4-4:(1)NPV 低負担

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-1,886,150	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150
投資額	38,755,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-18,755,000	-1,886,150	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150
PV	-18,755,000	-1,886,150	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150
NPV	-40,010,500										

表 4-5:(2)NPV 中負担

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	0	−2,886,150	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150
投資額	43,755,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	−43,755,000	−2,886,150	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150
PV	−43,755,000	−2,886,150	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150	−3,484,650	−2,886,150
NPV	−75,010,500										

表 4-6:(3)NPV 高負担

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	5,927,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
投資額	62,510,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	−42,510,000	5,927,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
PV	−42,510,000	5,927,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
NPV	11,979,000										

表 4-7:(4)NPV 低負担上振れ

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	4,927,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
投資額	67,510,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-47,510,000	4,927,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
PV	-47,510,000	4,927,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
NPV	-3,021,000										

表 4-8:(5)NPV 中負担上振れ

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	0	3,927,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700
投資額	72,510,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-72,510,000	3,927,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700
PV	-72,510,000	3,927,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700
NPV	-38,021,000										

表 4-9:(6)高負担上振れ

	利用者数	16,888	22,517	28,147	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776
	導入車両台数	9	12	15	18	18	18	18	18	18	18
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-1,886,150	385,133	1,658,917	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
投資額	38,755,000	0	9,585,000	9,585,000	9,585,000	0	0	0	0	0	0
合計	-18,755,000	-1,886,150	-9,199,867	-7,926,083	-4,657,300	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
PV	-18,755,000	-1,886,150	-9,199,867	-7,926,083	-4,657,300	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
NPV	-16,449,200										

表 4-10:(7)中負担台数追加

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	0	2,706,526	1,265,832	1,322,634	1,628,933	−116,727	60,877	−413,647	−1,819,645	−1,860,810	1,223,038
投資額	40,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	−40,000,000	2,706,526	1,265,832	1,322,634	1,628,933	−116,727	60,877	−413,647	−1,819,645	−1,860,810	1,223,038
PV	−40,000,000	2,706,526	1,265,832	1,322,634	1,628,933	−116,727	60,877	−413,647	−1,819,645	−1,860,810	1,223,038
NPV	−36,002,986										

表 4-11:(8)清里ピクニックバス NPV

４-３-２自動運転活用のシナリオ

シミュレーションの結果を下記グラフ（図 4-1）にて記す.

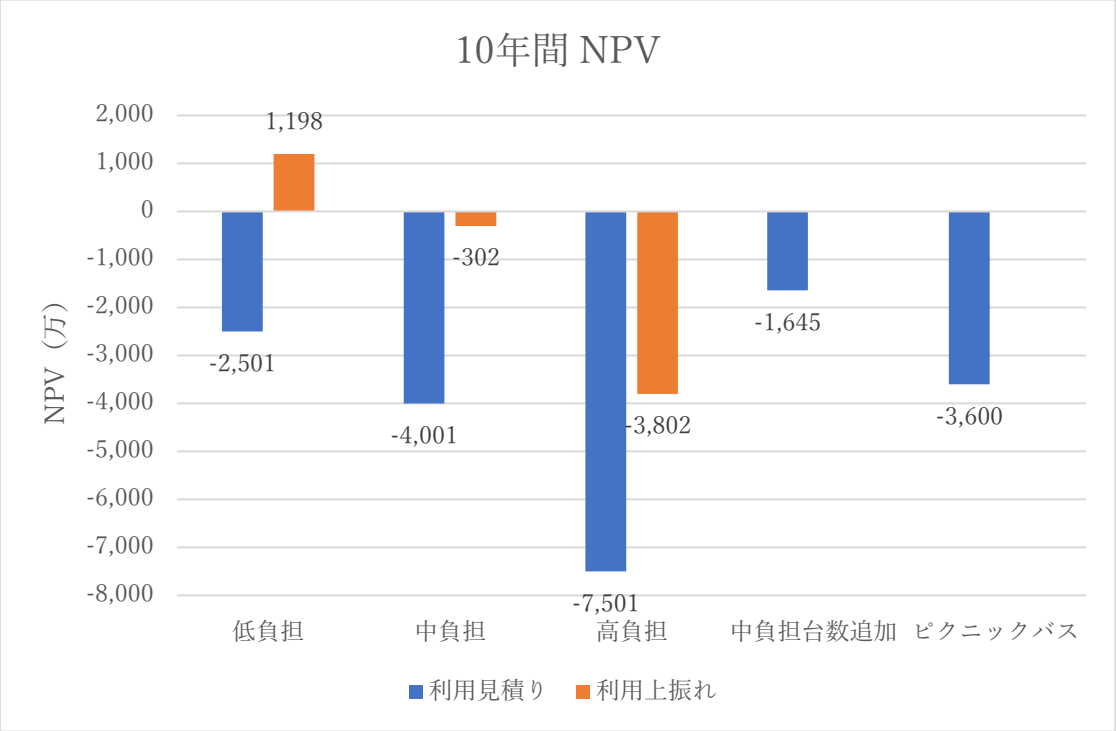


図 4-1：10 年間 NPV 結果表

筆者が作成

	NPV	
	利用見積り	利用上振れ
低負担	−2, 501	1, 198
中負担	−4, 001	−302
高負担	−7, 501	−3, 802
中負担台数追加	−1, 645	
ピクニックバス	−3, 600	

（万）

表 4-12：NPV 各負担額の結果

筆者が作成

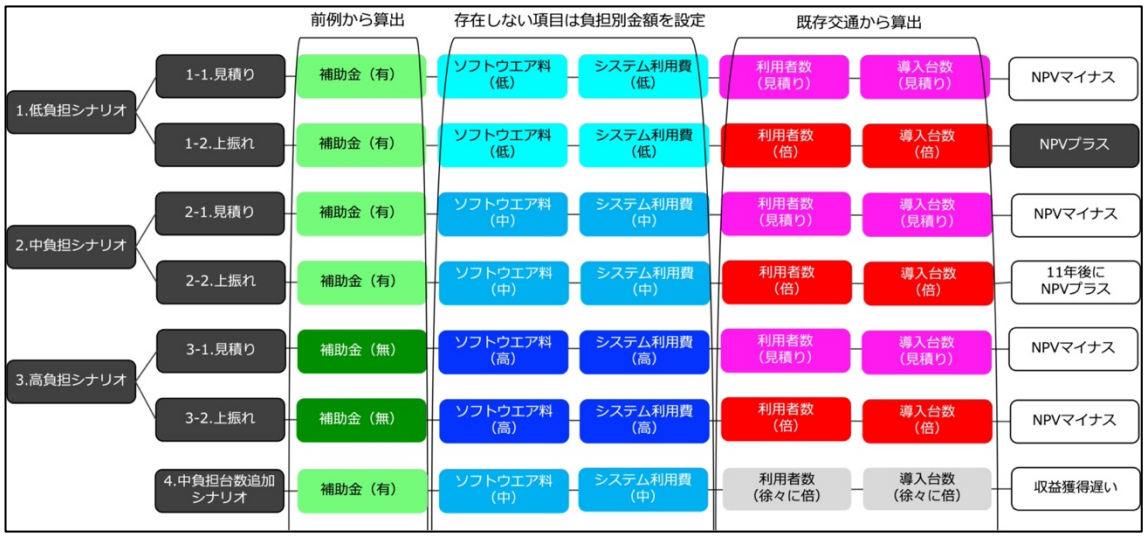


図 4-2:自動運転活用のシナリオ

筆者が作成

5 第五章　検証と妥当性確認

5-1 有識者レビュー

2023 年 1 月 13 日（金）19:00 から ZOOM にて，有識者（企業 3 人）,フリーランス自動車ジャーナリスト 2 名に，本研究のシミュレーション結果の妥当性確認のために，プレゼンテーション形式でレビューを行った.

今回は一般車を利用するメリット述べ,シミュレーションでは一般車に動運転車両システム料［ハードウェア一式］と自動運転車両システム料［ソフトウェア関連］を追加するかたちで算出したが,一方で一般車を利用するデメリットも指摘された.

例えば，一般車は高速道路でも走行できるような走行性能と耐衝撃性能を備えているため，今回の要求を満たす自動運転車としては過剰スペックとなる．観光エリアの自動運転車は60km/h以下で短距離を走行する用途であるため，大きなモーターもバッテリーも不要となり,バッテリーは減ってきた時に充電済バッテリーと交換する運用が可能．特にバッテリーは電気自動車のコストの3割とも言われるため，航続距離を重視した一般車ではコスト上昇の要因となることが指摘された.しかし，ここでは一般車ならではの割引率0.5倍があるとすると,最終価格は一般車と専用車で大きな差にはならないため，ここは一般車と割引率で設定することで問題ないと意見を得た.また,価格競争が高まっている領域なので,今後は損益分岐点を注視する必要があるとの意見を得た.

現行バスの車両価格は,1両2000万円～3000万円程度のため,自動運転車への投資額が33,755,000円では高く、バス2台と9台の自動運転車の輸送率は大差がないため,価格面ではメリットが少ないという指摘を受けた.

アメリカで自動運転タクシーサービスの「Waymo One」が導入された当初は,乗車待ちの列ができるほどだったことを考えると自動運転車導入のインパクトは大きく,パイロット事業としても注目度が高くなるとの意見を得た.観光施策や長坂駅付近に増えてきた移住者へのサービス提供など,事業を拡大できる可能性もあるので,利用者数の上振れ幅を確実とする施策が重要であるとの指摘を得た.

５-２再シミュレーション

この再シミュレーションはあくまでも1例である.

有識者レビューをもとに条件を修正し，表5-1に示す.

徐々に利用者数・車両台数を増加させる（７）パターンに,低負担パラメータの設定を行い，（９）NPV低負担台数追加のシミュレーションを行った.結果はNPVは-1449万円となるが,5年目からは黒字化されることが分かった.

さらに,昨今の物価高騰から（９）NPV低負担台数追加の利用料金を100円プラスした1100円に設定すると,NPVは2894万円となり、経済的価値を生み出すことがわかった.現在の清里ピクニックバス（1回：大人500円　小人250円，１日周遊：大人1,000円　小人500円）,タクシー（初乗運賃:1800mまで730円，加算運賃:以降283m

ごとに 90 円）を鑑みると，1100 円の設定は許容の料金設定といえるが，観光用途以外の市民利用など公共性を高めることを考慮すると，むしろ価格は低く設定する必要があるが，本研究ではここまでの検討が限界と考える．

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	33,755,000	0	9,585,000	9,585,000	9,585,000	0	0	0	0	0	0
①車体価格	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000
②車体購入割引率	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
③自動運転車両システム料［ハードウェア一式］	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
④自動運転車両システム料［ソフトウェア関連］	9	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0
⑤車両台数	5,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-886,150	1,385,133	2,658,917	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
運賃収入	0	16,888,000	22,517,333	28,146,667	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
運用コスト	0	17,774,150	21,132,200	25,487,750	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300
補助金収入	20,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運賃収入	0	16,888,000	22,517,333	28,146,667	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
客単価		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
利用者数		16,888	22,517	28,147	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776
				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運用コスト	0	17,774,150	21,132,200	25,487,750	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300
（A）業務委託費		12,884,000	15,512,000	18,140,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000
（B）年間の車体維持費		2,190,150	2,920,200	4,647,750	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
（C）システム利用費		2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000
				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年間の車体維持費	0	2,190,150	2,920,200	4,647,750	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
自動車税		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
車両充電台代		45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
自賠責		52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350
任意保険		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
車検				66,500		66,500		66,500		66,500	
その他雑費		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
車体台数		9	12	15	18	18	18	18	18	18	18
※車検は10年で4回（1回66,500円程度，新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）											

表 5-1：有識者レビュー後,再シミュレーション結果

筆者作成

	利用者数	16,888	22,517	28,147	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776
	導入車両台数	9	12	15	18	18	18	18	18	18	18
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-886,150	1,385,133	2,658,917	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
投資額	33,755,000	0	9,585,000	9,585,000	9,585,000	0	0	0	0	0	0
合計	-13,755,000	-886,150	-8,199,867	-6,926,083	-3,657,300	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
PV	-13,755,000	-886,150	-8,199,867	-6,926,083	-3,657,300	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
NPV	-1,449,200										

表 5-2:(9)NPV 低負担台数追加

筆者作成

６第六章　結論

６-１結果

今回の見積りパラメータでは，低負担であっても 10 年間の NPV がプラスにならない結果となった.単年でも収益がプラスにならず，赤字が膨らむ状態となる.唯一，低負担で利用者数上振れのケースでは 10 年間の NPV がプラスとなった．中負担，利用者数上振れでは 10 年間の NPV が-302 万となるが，11 年間で計算するとプラスに転じることもわかった．中負担で徐々に利用者数・車両台数を増加させる（７）中負担台数追加パターンでは NPV が-1645 万となった．この方法では，支出年度を分散させることはできるが，それだけ収益獲得も遅くなる.

また,ピクニックバスの NPV は-3600 万となり，中負担ケースよりは高い値だった.この結果で考えると，中負担ケースで見積り通りの利用者を狙うよりは，既存のピクニックバスを継続する方が良いと考えられる．また，自動運転移動サービスを実現させる場合は，なるべく低負担・利用者上振れを目指すことが必要であることが改めて示された.

６-２考察

６-２-１事業成功のキーポイント

利用者数を見積り通りの 16,888 人から，上振れ（2 倍）の 33,776 人とすると，単年収益で 681 万円，10 年間 NPV で 3700 万の増加となる．これは導入台数を増やしても，基幹システム費用や管理者の人件費が増えないことが寄与している．よって労働人口低下,ドライバー不足への中長期的な解決にも寄与していると言える.自動運転移動サービスの構築と同時に，利用者数を多く確保するためのキャンペーン等の施策が重要だと言える.

６-２-２支出削減余地

車体価格は自動運転車が一般道のみを走行することを考慮すると，車体価格は削減できると考えられる。

自動運転車両システム料［ソフトウェア関連］は，５年後の 2028 年時点でこのシステム料は高額であると考えられ，年々参入者が増え，価格競争が起こることで，価格は下がっていくものと思われる.

自賠責，任意保険は、自動運転車はルールを遵守し，多数のセンサーで絶えず周辺監視を行い事故率が低くなることが予想され，より低額の保険商品が登場すると思われる.

６-２-３ピクニックバスの NPV について

ピクニックバスの NPV としては自動運転移動サービスの中負担ケースとほぼ同等レベルとなっている．単年で見ると黒字となる年が多いが，運賃収入に対してバス 2 台購入の投資額が大きく，10 年では回収が難しい状況である．近年（2018 年頃）にかけて，利用者数に対する運賃収入の比率が改善しているため，2030 年までに収益がさらに改善される可能性はある.

６-３今後の課題

本研究では,自動運転の歴史から振り返り,世界の自動運転技術の現状,我が国での実証実験の取材を行い,山梨県北杜市清里・長坂エリアで自動運転車を活用した移動サービスの NPV 分析を行った.試算では,利用者数の増加と,今後の技術革新による自動運転車両システムの低価格化により NPV はプラスに転じることがわかった.

自動運転レベル 4 は,技術面からすると,遠くない未来のうちに自動運転車を実装できる可能性は高いといえる.しかし,自動運転レベル 5 を実現するには,自動運転に関する法整備,補償,既存交通との調和,責任問題など,多様な視点からの検討が同時に為される必要がある.

本研究の NPV 分析で明らかになったのは,自動運転による移動セービス事業は利用者の増加が最大の成功の鍵となることから,観光客だけでなく市民の利用も合わせた両側面の有用性を高め,利用者数を上振れさせるための施策が重要だと言える．そして，社会やユーザーが何を求めていて,自動運転を手に入れたらどんな幸せがあるのかなどのカスタマーベネフィットを明確にすることも,自動運転の活用において重要であると考えられる.

謝辞

本論文の作成にあたり, 多くの方々にご指導ご鞭撻を賜りました。

なによりも指導教官である山形先生には多大なるご指導と素晴らしい研究の機会を賜りました. 私が自動運転技術の現状と利用者との間に大きなギャップがあることに課題意識を感じ, そのギャップを埋めたいという思いを伝えると，山形先生がご尽力されているスマートシティ、ウェルビーイング, ゼロカーボンなど, 新しい未来共創社会の形成を検討している山梨県北杜市のプロジェクトを紹介頂き, 自動運転活用の研究の機会を与えて頂きました. 現地調査, ワークショップなど, 様々な機会に同行させていただくことで私の研究をより充実したものとさせ, 貴重な数々の経験をすることができました. また, 本研究を次へと発展させるご指導も頂き, 修士研究を通して学業だけでなく社会活動や業務に至るまで, 多くの学びを得ることができました. この場をお借りしまして, 厚く御礼申し上げます。

副査の小木先生には対面形式で直接相談させていただき, 時間をかけて細かい部分までご指導を賜りました. 自分自身の詰めの甘い部分に対して懇切丁寧に指導いただき, 本研究の基礎となる部分をしっかりと固めることができ, 学びを深めることができました. 直接ご指導頂けたのは短い期間ではありましたが, 小木先生のご指導があってこそ, 本研究をシャープにすることができたのと同時に, 研究の楽しさも知ることができました. この場をお借りしまして, 厚く御礼申し上げます.

山形先生からご紹介いただいた, 一般社団法人八ヶ岳ツーリズムマネジメント　代表理事 小林昭治様には, 清里・長坂エリアの観光施設や地域公共交通の貴重なデータや情報をご提供頂きました. さらには, ご提供いただけるだけでなく，他のデータや情報をお持ちの方への橋渡しをして頂くなど, 数々のご尽力をいただきました. 本研究の新規性を形成する上で, 小林様のご尽力なくしては成り立ちませんでした. この場をお借りしまして, 厚く御礼申し上げます.

有限会社スタジオアンビエンテ/一般社団法人ゼロエミやまなし代表理事 窪田浩之様には, 私が現地調査で訪れる度に, 山形研究室が研究拠点としているコアワーキングスペース「スタジオアンビエンテ」を利用させて頂きました. 長坂駅付近の「スタジオアンビエンテ」を拠点とさせていただくことで, 現地での調査やインタビューが滞りなく行うことができ, また研究に関する議論や相談にも快く協力頂きました. 窪田様のサポートがあってこそ，現場に密着した研究を行うことができました．この場をお借りしまして, 厚く御礼申し上げます.

山梨木質バイオマスエージェンシー/一般社団法人ゼロエミやまなし理事 志沢美香様にはワークショップの運営や現地調査の調整に大変なご尽力頂きました. また, 議事録や資料のご提供も頂き, 現地の声に寄り沿った考察を行うことができました. この場をお借りしまして, 厚く御礼申し上げます. 同じく一般社団法人ゼロエミやまなし渡辺幹治様, 藤森隆支様にも資料やデータのご提供等でご協力頂きました. この場をお借りしまして, 厚く御礼申し上げます.

本研究の遂行にあたり, 快く取材や調査にご協力頂いた, 北杜市/山梨県の職員の方々, 沼津市/静岡市の職員の方々, 自動車メーカーおよびサプライヤーの方々、SIP関係者の方々, フリーランス自動車ジャーナリストの方々に深く御礼申し上げます.

最後に, 山形研究室の研究員, 在校生, 卒業生の皆様には, 本研究の遂行にあたり多大なるご助言, ご協力頂きました. ここに誠意の意を表します.

參考資料

【欧文欧文】

Active and Intelligent Sensing of Road Obstacles: Application to The European Eureka-PROMETHEUS Project
(1993 M. Xiel, L. Trassoudaine2, J. Alizon2, M. Thonnat' and J. Gallice2)

Autonomous Driving Cars in Smart Cities: Recent Advances, Requirements, and Challenges (2020 Autonomous Driving Cars in Smart Cities: Recent Advances, Requirements, and Challenges)

An Integrated Methodology Model for Smart Mobility System Applied to Sustainable Tourism (2022 Amendola, Carlo ; La Bella, Simone ; Joime, Gian Piero ; Mascioli, Fabio Massimo Frattale ; Vito, Pietro
Basel: MDPI AG)

A system of shared autonomous vehicles combined with park-and-ride in residential areas (Sustainability (Basel, Switzerland), 2019, Vol.11 (11), p.3113 Zhou, Yefang ; Li, Yanyan ; Hao, Mingyang ; Yamamoto, Toshiyuki)

Customer Acceptance of Autonomous Vehicles in Travel and Tourism (Journal of travel research, 2022, Vol.61 (3), p.620-636 Ribeiro, Manuel Alector ; Gursoy, Dogan ; Chi, Oscar Hengxuan)

Driverless car rental at tourist destinations: from the tourists' perspective (Asia Pacific journal of tourism research, 2020, Vol.25 (11), p.1153-1167 Tan, Wee-Kheng ; Lin, Chan-Yu)

Mobility as a service: a new model for sustainable mobility in tourism (2017 Pierdomenico Signorile, Vincenzo Larosa and Ada Spiru Department of Business and Law Studies, University of Bari Aldo Moro, Bari, Italy)

Urban systems design : creating sustainable smart cities in the Internet of Things era (2020 Yamagata Yoshiki, Yang, Perry)

Shared Autonomous Vehicles: A Review Considering Car Sharing and Autonomous Vehicles (2018 Mingyang HAO a*, Toshiyuki YAMAMOTO)

Ride-sharing and fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles in Austin, Texas (2018　Daniel J. Fagnant, Kara M. Kockelman)

【和文文献】

オンデマンド交通への取り組みと将来への展望（システム/制御/情報, Vol. 61, No. 12, pp. 500-505, 2017　稗方　　和夫）

完全自動運転カーシェアサービスの導入可能性に関するシミュレーション分析（土木学会論文集 D3（土木計画学）, Vol. 76, No. 2, 168 - 179, 2020. 古澤悠吾,溝上章志,森俊勝,八戸龍馬）

高齢社会対応の交通システム（2012 鎌田実）

共有型完全自動運転車両の普及に関する基礎分析（土木学会論文集 D3（土木計画学), Vol.73, No.5（土木計画学研究・論文集第 34 巻), I_507- I_515, 2017. 紀伊雅敦,横田彩加,高震宇,中村一樹）

公共交通としての DRT の将来展望(原文宏,秋山哲男）

新技術と社会課題解決―自動運転や高度運転支援はどこまでモビリティ確保へ貢献できるか, 学術の動向 25 巻 5 号 p. 70-73, （2020 鎌田実）

生活支援の地域公共交通（2006 猪井博登,竹内 龍介）

生活支援の地域公共交通-路線バス・コミュニティバス・ST サービス・デマンド型交通（2007　秋山哲男.吉田樹）

シェア型自動運転交通“Shared-adus”導入による駐車時空間削減効果（2018 香月秀仁,東達志,高原勇,谷口守）

自動運転による無人移動サービスに関する取り組み（2020 小木津武樹）
Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning（2022 Todd Litman）

自動車走行のインテリジェント化 自動運転を目指して（1992　津川定之）

自動運転による無人移動サービスに関する取り組み（2020 小木津武樹）

自動運転車(ADV)導入が個人の活動目的地の変化に及ぼす影響（第 54 回土木計画学研究発表会 2016 香月秀仁,川本雅之,高原勇,谷口守）

自動運転車(SDC)の利用による個人の外出行動への影響分析:外出頻度・目的地の変化に着目して(2016 香月秀仁,川本雅之,栗野盛光,谷口 守）

自動運転の社会的受容性醸成に向けて（学術の動向 2022.2　宮木由貴子）
自動運転によるスマートモビリティ-移動の最適化がもたらす社会システムの変革（システム/制御/情報，Vol. 61，No. 12，　pp. 475-480，　2017　須田義大）

自動運転バスの社会実装へ向けてステークホルダーの分析・検討－茨城県境町における自動運転バスの定常運行を事例に－（2020 藤洋太，賀 俊傑，門脇 駿太,改發 壮,山口恒久，吉武良治）

自動運転公共交通サービスに対する社会的受容の規定因（2018 川嶋優旗,谷口綾子 ，井坪慎二,玉田和也,澤井聡志）

地域特性を考慮したオンデマンドバスの運行実績の評価（2016 柳澤龍）

地方公共交通機関の現状と課題：地域間幹線交通網からデマンド交通に至るまで（2020　河合伸治,塩津ゆりか,迫一光）

地方別人口規模別にみたコミュニティバスおよびデマンド交通の運営状況（交通工学論文集，第 5 巻，第 2 号(特集号 B)，pp.B_24 - B_33，2019.2　辰巳浩，堤香代子吉城秀治）

地方におけるオンデマンド交通の可能性と課題（2012 鈴木文彦）

デマンド型交通に関する予備的考察-歴史、特性、課題、及び分類-(2015 砂田洋志)

デマンド交通が適さない地域の分析（2013　坂本結佳，森本祥一）

都市規模・密度に密着したデマンド型交通成立条件に関する理論的考察（公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集 Vol.46 No.3 2011 年 長谷川大輔,鈴木勉）

北杜移動と公共交通に関するアンケートアンケート報告書（2017　北杜市）

北杜市地域公共交通網形成計画（2018　北杜市）

日本における自動走行システムの社会的ニーズおよびその普及展開に伴う社会的影響等にかかる検討(2019 坂井康,大口敬,須田義大)

日本における自動走行システムの社会的ニーズおよびその普及展開に伴う社会的影響等にかかる検討（2019 井康一,大口敬,須田義大）

MaaS・スマートシティの実現に向けた産学官連携の必要性（2019 伊藤慎介）

道の駅「かみこあに」を拠点とした自動運転サービス　（2022　藤高勝己）

モビリティ・サービスの自動運転に向けた現状と展望（2019 須田義大）

モビリティ・アズ・ア・サービスへの期待（2020 須田　　義大）

モビリティと人の未来-自動運転は人を幸せにするか（2019　「モビリティと人の未来」編集部　編）

モビリティーサプライヤー進化論-CASE 時代を勝ち抜くのは誰だ（2019 アーサー・ディ・リトル・ジャパン）

モビリティーサプライヤー進化論-自動運転と交通サービス、変えるのは誰か（2019 アーサー・ディ・リトル・ジャパン）

ワンウェイ型 MEV シェアリングシステムの導入可能性に関するシミュレーション分析（土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.71，No.5（土木計画学研究・論文集第 32 巻），I_805-I_816，2015.　溝上章志,中村謙太,橋本淳也）

【参考リンク】

国土交通省「国土交通白書 2021」
https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r03/hakusho/r04/pdf/kokudo.pdf
2022.1.20　最終閲覧

令和元年度交通の動向／令和２年度交通施策
https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001348418.pdf
2022.1.20　最終閲覧

デマンド型交通の手引き
https://wwwtb.mlit.go.jp/hokushin/content/000104104.pdf
2022.1.20　最終閲覧

警視庁「道路交通法の一部を改正する法律の施行に伴う関係政令の整備に関する政令案」
https://www.npa.go.jp/news/release/2022/20221027001.html
2022.1.20　最終閲覧

しずおか自動運転 ShowCASE プロジェクト　2022
https://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-570/documents/2020606keikakusho.pdf
2022.1.20　最終閲覧

地域公共交通確保維持改善事業費補助金
https://www.pwc.com/jp/ja/news-room/assets/pdf/autonomous-car-investigation-outline.pdf
2022.1.20　最終閲覧

令和３年度「地域公共交通確保維持改善事業費補助金（自動運転実証調査事業）」における補助事業者の公募結果について
https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr7_000056.html
2022.1.20　最終閲覧

山梨県のタクシー料金
https://www.navitime.co.jp/taxi/area/19/
2022.1.20　最終閲覧

EV トゥクトゥク レンタカー
https://kiyosato.gr.jp/ev-tuktuk-rental/
2022.1.20　最終閲覧

日産アリア
https://www3.nissan.co.jp/vehicles/new/ariya.html
2022.1.20　最終閲覧

2022 年版 LiDAR センサー5 選 / メーカー11 社一覧
https://metoree.com/categories/lidar/
2022.1.20　最終閲覧

付録

自動運転車　算出表						利用者数	導入車両台数				割引率
						16,888	9				0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-886,150	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150
投資額	33,755,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-13,755,000	-886,150	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150
PV(現在価値)	-13,755,000	-886,150	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150
NPV(正味現在価値)	-25,010,500										
内部収益率	#NUM!	←※IRR関数の仕様上，-1<(割引率)<1の範囲外は計算できない									

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	33,755,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
①車体価格	5,390,000										
②車体購入割引率	0.5										
③自動運転車両システム料	500,000										
④車両台数	9										
⑤自動運転車両システム料	5,000,000										

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-886,150	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150	-1,484,650	-886,150
運賃収入	0	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000
運用コスト	0	17,774,150	17,774,150	18,372,650	17,774,150	18,372,650	17,774,150	18,372,650	17,774,150	18,372,650	17,774,150
補助金収入	20,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運賃収入	0	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000
客単価		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
利用者数		16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運用コスト	0	17,774,150	17,774,150	18,372,650	17,774,150	18,372,650	17,774,150	18,372,650	17,774,150	18,372,650	17,774,150
（A）業務委託費		12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000
（B）年間の車体維持費		2,190,150	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150
（C）システム利用費		2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年間の車体維持費	0	2,190,150	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150
自動車税		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
車両充電台代		45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
自賠責		52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350
任意保険		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
車検				66,500		66,500		66,500		66,500	
その他雑費		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
車体台数		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
※車検は10年で4回（1回66,500円程度，新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）											

NPV 低負担計算結果

自動運転車　算出表						利用者数	導入車両台数				割引率
						16,888	9				0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-1,886,150	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150
投資額	38,755,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-18,755,000	-1,886,150	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150
PV(現在価値)	-18,755,000	-1,886,150	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150
NPV(正味現在価値)	-40,010,500										
内部収益率	#NUM!	※IRR関数の仕様上，-1<(割引率)<1の範囲外は計算できない									

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	38,755,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
①車体価格	5,390,000										
②車体購入割引率	0.5										
③自動運転車両システム料	500,000										
④車両台数	9										
⑤自動運転車両システム料	10,000,000										

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-1,886,150	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150	-2,484,650	-1,886,150
運賃収入	0	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000
運用コスト	0	18,774,150	18,774,150	19,372,650	18,774,150	19,372,650	18,774,150	19,372,650	18,774,150	19,372,650	18,774,150
補助金収入	20,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運賃収入	0	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000
客単価		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
利用者数		16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運用コスト	0	18,774,150	18,774,150	19,372,650	18,774,150	19,372,650	18,774,150	19,372,650	18,774,150	19,372,650	18,774,150
（A）業務委託費		12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000
（B）年間の車体維持費		2,190,150	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150
（C）システム利用費		3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年間の車体維持費	0	2,190,150	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150
自動車税		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
車両充電台代		45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
自賠責		52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350
任意保険		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
車検				66,500		66,500		66,500		66,500	
その他雑費		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
車体台数		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
※車検は10年で4回（1回66,500円程度，新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）											

NPV 中負担計算結果

自動運転車　算出表						利用者数	導入車両台数				割引率
						16,888	9				0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	0	-2,886,150	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150
投資額	43,755,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-43,755,000	-2,886,150	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150
PV(現在価値)	-43,755,000	-2,886,150	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150
NPV(正味現在価値)	-75,010,500										
内部収益率	#NUM!	※IRR関数の仕様上，-1<(割引率)<1の範囲外は計算できない									

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	43,755,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
①車体価格	5,390,000										
②車体購入割引率	0.5										
③自動運転車両システム料	500,000										
④車両台数	9										
⑤自動運転車両システム料	15,000,000										

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	0	-2,886,150	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150	-3,484,650	-2,886,150
運賃収入	0	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000
運用コスト	0	19,774,150	19,774,150	20,372,650	19,774,150	20,372,650	19,774,150	20,372,650	19,774,150	20,372,650	19,774,150
補助金収入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運賃収入	0	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000	16,888,000
客単価		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
利用者数		16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888	16,888

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運用コスト	0	19,774,150	19,774,150	20,372,650	19,774,150	20,372,650	19,774,150	20,372,650	19,774,150	20,372,650	19,774,150
（A）業務委託費		12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000	12,884,000
（B）年間の車体維持費		2,190,150	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150
（C）システム利用費		4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年間の車体維持費	0	2,190,150	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150	2,788,650	2,190,150
自動車税		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
車両充電台代		45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
自賠責		52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350
任意保険		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
車検				66,500		66,500		66,500		66,500	
その他雑費		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
車体台数		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
※車検は10年で4回（1回66,500円程度，新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）											

NPV 高負担計算結果

自動運転車　算出表						利用者数	導入車両台数				割引率
						33,776	18				0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	5,927,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
投資額	62,510,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-42,510,000	5,927,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
PV(現在価値)	-42,510,000	5,927,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
NPV(正味現在価値)	11,979,000										
内部収益率	0.05	※IRR関数の仕様上，-1<(割引率)<1の範囲外は計算できない									

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	62,510,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
①車体価格	5,390,000										
②車体購入割引率	0.5										
③自動運転車両システム料	500,000										
④車両台数	18										
⑤自動運転車両システム料	5,000,000										

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	5,927,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700	4,730,700	5,927,700
運賃収入	0	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
運用コスト	0	27,848,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300
補助金収入	20,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運賃収入	0	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
客単価		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
利用者数		33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776

運用コスト＝事業委託費＋年間の車体維持費＋システム利用費

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運用コスト	0	27,848,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300	29,045,300	27,848,300
（A）業務委託費		20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000
（B）年間の車体維持費		4,380,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
（C）システム利用費		2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000	2,700,000

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年間の車体維持費	0	4,380,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
自動車税		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
車両充電台代		45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
自賠責		52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350
任意保険		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
車検				66,500		66,500		66,500		66,500	
その他雑費		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
車体台数		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

※車検は10年で4回（1回66,500円程度，新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）

NPV 低負担上振れ計算結果

自動運転車　算出表						利用者数	導入車両台数				割引率
						33,776	18				0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	4,927,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
投資額	67,510,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-47,510,000	4,927,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
PV(現在価値)	-47,510,000	4,927,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
NPV(正味現在価値)	-3,021,000										
内部収益率	-0.01	※IRR関数の仕様上，-1<(割引率)<1の範囲外は計算できない									

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	67,510,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
①車体価格	5,390,000										
②車体購入割引率	0.5										
③自動運転車両システム料	500,000										
④車両台数	18										
⑤自動運転車両システム料	10,000,000										
				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	4,927,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
運賃収入	0	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
運用コスト	0	28,848,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300
補助金収入	20,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運賃収入	0	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
客単価		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
利用者数		33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776
				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運用コスト	0	28,848,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300
（A）業務委託費		20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000
（B）年間の車体維持費		4,380,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
（C）システム利用費		3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000
				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年間の車体維持費	0	4,380,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
自動車税		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
車両充電台代		45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
自賠責		52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350
任意保険		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
車検				66,500		66,500		66,500		66,500	
その他雑費		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
車体台数		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
※車検は10年で4回（1回66,500円程度，新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）											

NPV 中負担上振れ計算結果

自動運転車　算出表						利用者数	導入車両台数				割引率
						33,776	18				0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	0	3,927,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700
投資額	72,510,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-72,510,000	3,927,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700
PV(現在価値)	-72,510,000	3,927,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700
NPV(正味現在価値)	-38,021,000										
内部収益率	-0.12	※IRR関数の仕様上，-1<(割引率)<1の範囲外は計算できない									

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	72,510,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
①車体価格	5,390,000										
②車体購入割引率	0.5										
③自動運転車両システム料	500,000										
④車両台数	18										
⑤自動運転車両システム料	15,000,000										

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	0	3,927,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700	2,730,700	3,927,700
運賃収入	0	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
運用コスト	0	29,848,300	29,848,300	31,045,300	29,848,300	31,045,300	29,848,300	31,045,300	29,848,300	31,045,300	29,848,300
補助金収入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運賃収入	0	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
客単価		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
利用者数		33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運用コスト	0	29,848,300	29,848,300	31,045,300	29,848,300	31,045,300	29,848,300	31,045,300	29,848,300	31,045,300	29,848,300
（A）業務委託費		20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000
（B）年間の車体維持費		4,380,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
（C）システム利用費		4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年間の車体維持費	0	4,380,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
自動車税		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
車両充電台代		45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
自賠責		52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350
任意保険		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
車検				66,500		66,500		66,500		66,500	
その他雑費		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
車体台数		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
※車検は10年で4回（1回66,500円程度，新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）											

NPV 高負担上振れ計算結果

自動運転車　算出表											割引率
											0
NPV（正味現在価値） ＝ PV（現在価値） －投資額	台数を増やしていくパターン										
	利用者数	16,888	22,517	28,147	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776
	導入車両台数	9	12	15	18	18	18	18	18	18	18
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-1,886,150	385,133	1,658,917	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
投資額	38,755,000	0	9,585,000	9,585,000	9,585,000	0	0	0	0	0	0
合計	-18,755,000	-1,886,150	-9,199,867	-7,926,083	-4,657,300	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
PV(現在価値)	-18,755,000	-1,886,150	-9,199,867	-7,926,083	-4,657,300	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
NPV(正味現在価値)	-16,449,200										
内部収益率	-0.08	※IRR関数の仕様上，-1<(割引率)<1の範囲外は計算できない									

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	38,755,000	0	9,585,000	9,585,000	9,585,000	0	0	0	0	0	0
①車体価格	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000	5,390,000
②車体購入割引率	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
③自動運転車両システム料	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
④車両台数	9	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0
⑤自動運転車両システム料	10,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	20,000,000	-1,886,150	385,133	1,658,917	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700	3,730,700	4,927,700
運賃収入	0	16,888,000	22,517,333	28,146,667	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
運用コスト	0	18,774,150	22,132,200	26,487,750	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300
補助金収入	20,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運賃収入	0	16,888,000	22,517,333	28,146,667	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000	33,776,000
客単価		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
利用者数		16,888	22,517	28,147	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776	33,776

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運用コスト	0	18,774,150	22,132,200	26,487,750	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300	30,045,300	28,848,300
（A）業務委託費		12,884,000	15,512,000	18,140,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000	20,768,000
（B）年間の車体維持費		2,190,150	2,920,200	4,647,750	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
（C）システム利用費		3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000	3,700,000

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年間の車体維持費	0	2,190,150	2,920,200	4,647,750	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300	5,577,300	4,380,300
自動車税		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
車両充電台代		45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
自賠責		52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350	52,350
任意保険		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
車検				66,500		66,500		66,500		66,500	
その他雑費		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
車体台数		9	12	15	18	18	18	18	18	18	18
※車検は10年で4回（1回66,500円程度，新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）											

NPV 中負担台数追加計算結果

ピクニックバス　算出表											割引率
											0

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	0	2,706,526	1,265,832	1,322,634	1,628,933	-116,727	60,877	-413,647	-1,819,645	-1,860,810	1,223,038
投資額	40,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	-40,000,000	2,706,526	1,265,832	1,322,634	1,628,933	-116,727	60,877	-413,647	-1,819,645	-1,860,810	1,223,038
PV(現在価値)	-40,000,000	2,706,526	1,265,832	1,322,634	1,628,933	-116,727	60,877	-413,647	-1,819,645	-1,860,810	1,223,038
NPV(正味現在価値)	-36,002,986										
内部収益率	#NUM!	※IRR関数の仕様上，-1<(割引率)<1の範囲外は計算できない									

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	40,000,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
①車体価格	20,000,000										
④導入車両台数	2										

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
収益	0	2,706,526	1,265,832	1,322,634	1,628,933	-116,727	60,877	-413,647	-1,819,645	-1,860,810	1,223,038
運賃収入	0	9,258,713	7,818,019	8,069,061	8,181,120	6,629,700	6,613,064	6,332,780	4,732,542	4,885,617	7,775,225
運用コスト	0	6,552,187	6,552,187	6,746,427	6,552,187	6,746,427	6,552,187	6,746,427	6,552,187	6,746,427	6,552,187
補助金収入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	↑ピクニックバスに関しては補助を受けて2台4,000万円で購入しているため、補助金収入の項目では0とする										

年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運賃収入	0	9,258,713	7,818,019	8,069,061	8,181,120	6,629,700	6,613,064	6,332,780	4,732,542	4,885,617	7,775,225
客単価											
利用者数（運賃収入を直接記載しているためこの欄は参考）		56,523	53,266	56,577	57,843	47,853	50,350	41,057	38,134	35,019	33,777
		↑H21年～H30年の10年間のピクニックバス実績を使用									

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
運用コスト	0	6,552,187	6,552,187	6,746,427	6,552,187	6,746,427	6,552,187	6,746,427	6,552,187	6,746,427	6,552,187
（A）業務委託費、ドライバー人件費		4,528,800	4,528,800	4,528,800	4,528,800	4,528,800	4,528,800	4,528,800	4,528,800	4,528,800	4,528,800
（B）年間の車体維持費		2,023,387	2,023,387	2,217,627	2,023,387	2,217,627	2,023,387	2,217,627	2,023,387	2,217,627	2,023,387
ドライバー人件費引用元 https://www.bus.or.jp/about/pdf/2021_busjigyo.pdf（p.64）H21~H30のデータ平均より人件費は188.7円/km、総距離は10kmを12便/日、200日/年として計算											

				車検		車検		車検		車検	
年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年間の車体維持費	0	2,023,387	2,023,387	2,217,627	2,023,387	2,217,627	2,023,387	2,217,627	2,023,387	2,217,627	2,023,387
自動車税（30人超40人以下）		14,500	14,500	14,500	14,500	14,500	14,500	14,500	14,500	14,500	14,500
燃料費		789,333	789,333	789,333	789,333	789,333	789,333	789,333	789,333	789,333	789,333
自賠責		40,370	40,370	40,370	40,370	40,370	40,370	40,370	40,370	40,370	40,370
任意保険		127,490	127,490	127,490	127,490	127,490	127,490	127,490	127,490	127,490	127,490
車検				97,120		97,120		97,120		97,120	
その他雑費		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
車体台数		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
※車検は10年で4回（1回66,500円程度，新車購入後3年目に1回，その後は2年ごとに1回）											

NPV 清里ピクニックバス計算結果