

博士論文

Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Ph.D. in Engineering

**バスに関連する新技術・新サービスの社会実装に関する研究**

A study on the social implementation of new technologies and service models in the bus system

横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府 都市イノベーション専攻  
19WA009 外山 友里絵

Yurie TOYAMA

Graduate School of Urban Innovation, Yokohama National University

指導教員

Academic Supervisor

横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院  
教授 田中 伸治

審査委員

Dissertation Committee

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 中村 文彦  
横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 松行 美帆子  
横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 藤山 知加子  
横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 安部 遼祐

2023年12月

December 2023

## 要旨

本研究では、昨今、都市交通を取り巻く様々な変化がある中、新技術や新サービスを活用した次世代都市交通システムのうち、特にバスに着目し、社会実装に向けた計画論を示すことを目的として取り組んだ。

1章では、我が国の都市交通、特にバスを取り巻く環境を整理した。新型コロナウイルスの影響による乗合バスの輸送人員は落ち込みと、それに伴う運賃収入の激減は、それ以前から少子高齢化・人口減少の中で様々な課題を抱えていた交通事業者にとって、経営危機に直面し、サービスの継続可否に直結する大きなインパクトを与えた。加えて、昨今の国際情勢による交通サービスの運営にかかるコストの増加や、いわゆる 2024 年問題という運転士の労働環境に関する法制度の変更により、路線バスのサービス継続はますます難しい環境になっている。

そのようななか、近年は様々な新技術や新しい考え方・ビジネスモデルに基づく新サービスをバスにも活用し、様々な課題を解決するための一手となることが期待されている。例えば、自動運転技術の活用は、ヒューマンエラーを抑止し、安全な運転に貢献できる可能性があったり、将来的には運転士の業務の負担を軽減できる可能性がある。また、デマンド型交通やシェアリングの活用により、従来の定時定路線型のバスには対応できないニーズにも対応できる可能性が増えた。更に、近年の ICT 技術の進歩やスマートフォンの普及により実現可能になった **Mobility as a Service (MaaS)** は、ユーザにとって便利に交通手段を利用できるだけでなく、交通事業者にとっても他の交通手段との連携促進、移動の先にある目的地や活動との連携による送客効果、またデジタルベースのサービスに対応するためのデジタルトランスフォーメーションにつながるきっかけになりうることも期待できる。

これらの様々な新技術・新サービスをバスへ活用するための議論や実証実験が進められて久しいが、これらを長期的に運用し、社会実装していくための、都市交通システムとしての計画論が確立されていない。

そこで本研究では、次世代都市交通としてのバスに着目し、社会実装に向けた課題を明らかにするとともに、社会実装に向けた計画論を提案することに取り組むこととした。

2章では国内外における既往文献をレビューし、本研究の新規性及び位置づけを整理した。昨今、モビリティサービスに関する様々な新しい技術やサービス形態に関する様々な政策のもと、実証実験や社会実装が進められている。その中で、実証実験のその先、社会実装をゴールとするのではなく、より持続可能にサービスを提供するための方法論が示されていないことを指摘し、本研究の新規性を確認した。また、方法論を示すうえで、現状のバスにおける課題として、**MaaS**、デマンド型交通、自動運転に着目し、それぞれが現在抱える課題を明らかにするため、既往研究をレビューし、新規性のある研究領域、着眼点を整理した。それらを通じ、本研究の有用性として、限られたリソースの中で、より待ったなしの状況にある地域公共交通を効果的に実現することに寄与することにより、本研究の社会的な価値

と位置づけを提起した。

3章では、これまで世界各国のレポートなどで引用され、影響力の大きい MaaS レベルに着目し、特に最高位のレベル 4: Societal Goal との統合の解釈を行った。海外においても、MaaS における手段の目的化への懸念や、プロモーションのインパクトに対する効果の弱さについて、「MaaS は誇大広告だ」という議論があることも把握した。海外事例の調査をベースに、新たに Societal Goal は全てのステップにおける取組の目標であり常に定めるべきであることを明らかにし、新たな MaaS の整理体系を検討した。

4章では、デマンド型交通をテーマに、現在サービスが行われている事例において設定されている予約期限の現状を把握し、「のるーと」のデータからデマンド型交通に対する予約行動を分析した。関東地方におけるデマンド型交通を分析すると、「今すぐに」乗れる事例は1割程度に留まることが分かった。また、のるーとのデータ分析によると、4割が「今すぐ乗車したい」を選択していることが明らかになり、多くの自治体のデマンド型交通が採用している15分前や30分前の予約期限では真のニーズに対応していないことになる。また、行先や外出の用途によって予約期限を分析していくと、病院など用事の開始時刻がおよそ決まっていると思われる移動目的の場合には前もって予約される傾向だが、日常的な買い物目的の場合、出かける時間帯や頻度に習慣性があったとしても「今すぐに乗車」したいニーズが大きいことが分かった。また、外出よりも帰宅時に利用する場合がデマンド型交通自体に多く、午後や夕方時間帯に買い物施設から帰宅するニーズが多いことが分かる。このような分析を行うことによって、サービスに対するニーズを把握でき、サービス提供側（供給）としても車両の配置や予約期限の設定などの分析を行うことができる。また、利用された事例の収集に留まらず、予約がキャンセルされた事例や、「今すぐ乗車」を予約したにもかかわらず待ち時間が長くなってしまった事例などを分析することも可能である。更に、断片的な利用状況の分析だけではなく、長期的な分析を行うことにより、デマンド型交通システムによる行動の変化や、デマンド型交通システムに対する信頼性などを分析することができるだろう。

5章では、自動運転時代に向けて、乗務員の業務のあり方について整理を行った。バス事業は1970年代から変わっておらず、新たな技術や制度も既存の枠組みのまま様々な取り組みが行われてきた。自動運転においても、「走る・曲がる・止まる」の自動化の技術検証が中心で、新たなバス事業のあり方が論じられている。総じて、運転士の最も基本で重要な業務は、安全な「運転」であり、「運転」へ集中させ、安全性を向上・確保するために他の業務への負担を軽減させたい、という考え方であることが分かった。そのなかで、業務として軽減させたいという観点として、第一に挙げられたのが「運賃収受」である。オーストラリアの事例では、運賃収受を廃止したことにより、安全性向上、乗降のスムーズさ、現金管理のコスト削減などの様々なメリットが見受けられた。

一方、事故時の対応、案内対応などは現地と遠隔センターとの連携余地も考えられる。

現在も、事故発生時に現場での判断か遠隔センターの判断か、優先順位にはバス会社ごと

の違いがある。情報さえ用意しておけば、遠隔でできる業務の余地はまだまだありうる。

6章では、主に3章から5章までの成果を総合し、次世代バスの社会実装に向けた計画論を提案した。これまでの分析結果から、次世代のバスの計画に当たってはビジョン、目標、目的起点が重要であることを示し、具体の検討フレームと、検討ステップを示した。

次世代都市交通の時代においては、長期間をかけて精度よく需要を予測し、それに対応するサービス、システム設計にさらに時間を掛けるのではなく、ビジョンに基づき、実証実験なども挟みながら改良を重ね、社会実験につなげていくプロセスがフィットする。

本研究により提案した計画論は、現在ある程度形になっている新技術・新サービスを前提として検討したが、今後、さらに新しい技術や新しいサービスモデルは、次々と現れ、モビリティサービスへの活用を期待されるだろう。

しかし、本研究において導いた、事前段階で考えるべきことを押さえること、社会実装することがゴールではなく随時サービスを見直すためのデータ分析を行うこと、需要側と供給側がそれぞれバランスよく実現性を考えることという基本は、今後現れるどのような技術やサービスにおいても、応用することが可能であると考ええる。

## 目次

1.	序論.....	1
1.1.	背景.....	1
1.1.1.	バスを取り巻く課題.....	1
1.1.2.	バスを取り巻く技術革新.....	2
1.1.3.	バスを取り巻く需要の変化.....	3
1.2.	研究対象と課題整理.....	4
1.3.	目的.....	7
1.4.	論文の構成.....	7
2.	既往研究の整理と本研究の位置付け.....	8
2.1.	既往研究の整理.....	8
2.1.1.	次世代都市交通システムを取り巻く課題整理及び現状把握.....	8
2.1.2.	次世代都市交通システムと目標設定に関する既往文献.....	9
2.1.3.	デマンド型交通の計画柔軟性に関する既往文献.....	10
2.1.4.	自動運転時代を見据えたバス乗務員のあり方に関連する既往文献.....	11
2.1.5.	新技術・新サービスを踏まえた都市交通計画に関する既往文献.....	12
2.2.	本研究の位置づけ.....	14
2.2.1.	本研究の新規性.....	14
2.2.2.	本研究の意義.....	15
3.	MaaS と目標設定.....	16
3.1.	概説.....	16
3.2.	MaaS のレベル定義.....	16
3.2.1.	これまでの既存定義.....	16
3.2.2.	都市交通における目標設定と MaaS の目標設定のあり方.....	18
3.2.3.	MaaS の Societal Goal.....	19
3.2.4.	MaaS と持続可能性.....	19
3.2.5.	MaaS の事例における Sustainable への目標設定と取り組み内容の整理.....	20
3.2.6.	これまでの MaaS のユースケースで行っていること.....	25
3.3.	MaaS と政策の関係性に関する整理体系の提案.....	25
3.4.	小括.....	26
4.	デマンド型交通の計画柔軟性（予約期限）.....	27
4.1.	概説.....	27
4.2.	デマンド交通の予約期限動向整理.....	28
4.2.1.	分析方法.....	28
4.2.2.	予約期限の実態に関する調査結果.....	28
4.3.	「のるーと」データの分析に基づく予約行動の分析.....	29

4.3.1.	分析方法.....	29
4.3.2.	分析対象サービス.....	30
4.3.3.	分析データ.....	32
4.3.4.	分析結果.....	33
4.4.	小括.....	43
5.	自動運転バスと乗務員のあり方.....	45
5.1.	概説.....	45
5.2.	乗務員・車内サービスに関する法的動向・先行研究整理.....	46
5.3.	乗務員のあり方に関する現状の整理.....	48
5.3.1.	現在のバス運転士の業務に関するヒアリング.....	50
5.3.2.	自動運転を見据えた業務の考え方に関するヒアリング.....	50
5.4.	自動運転を見据えた業務の考え方.....	55
5.4.1.	自動運転を見据えた業務の考え方に関するヒアリング概要.....	55
5.4.2.	機械のサポートを期待する業務.....	58
5.4.3.	当面人間が行う必要がある業務（現地にいる必要有）.....	59
5.4.4.	当面人間が行う必要がある業務（遠隔でも可能）.....	61
5.4.5.	自動運転時代に考え方が変わる可能性のある業務.....	61
5.5.	乗務員のあり方に関する今後の課題整理.....	62
5.6.	自動運転時代の運賃収受に向けた考察.....	62
5.7.	小括.....	63
6.	新技術・サービスを活用したバスの社会実装に向けた計画論の提案.....	64
6.1.	各章小括のまとめ.....	64
6.2.	次世代都市交通システムの時代に向けて：都市交通計画の考え方の変遷.....	64
6.3.	次世代都市交通システムの社会実装に向けた方法論の提案.....	66
6.3.1.	計画プロセス提案のモチベーション.....	66
6.3.2.	バスを前提とした計画プロセスの考え方.....	67
6.3.3.	次世代都市交通時代の都市交通計画フレームワーク.....	70
6.3.4.	新たな技術やサービスを踏まえた交通計画プロセス.....	73
6.3.5.	提案の有用性.....	75
6.4.	小括.....	75
7.	結論.....	77

## 図表目次

図 1.1	路線バスの減便動向.....	1
図 1.2	乗合バス運転者数の推移.....	2
図 1.3	次世代の都市交通を取り巻く進化.....	3
図 1.4	我が国のバスを取り巻く環境.....	5
図 1.5	本研究の対象.....	6
図 1.6	本研究の構成.....	7
図 2.1	我が国における MaaS 及び自動運転に関連する政策の流れ.....	8
図 2.2	次世代都市交通を見据えたバスに関するリサーチクエスチョン.....	14
図 3.1	既存研究におけるレベル定義.....	17
図 3.2	MaaS に関する目標・目的・指標の階層と例示.....	18
図 3.3	交通計画における目標領域.....	19
図 3.4	MaaS の整理体系の提案.....	26
図 4.1	1 都 8 県におけるデマンド型交通の予約期限.....	29
図 4.2	対象エリア.....	31
図 4.3	乗車時刻と予約手段の関係.....	33
図 4.4	乗車時刻と予約操作完了時刻の差分.....	35
図 4.5	予約時刻-乗車時刻差分階級別 予約手段.....	35
図 4.6	8 時台の乗車予約に対する予約取得タイミング.....	36
図 4.7	トリップ目的別 予約タイミング.....	37
図 4.8	帰宅トリップの発地別予約タイミング.....	37
図 4.9	1 ユーザ当たり利用回数.....	38
図 4.10	乗車経験別予約期限.....	39
図 4.11	行き／帰りの予約タイミング（来訪者①）.....	40
図 4.12	行き／帰りの予約タイミング（来訪者②）.....	41
図 4.13	行き／帰りの予約タイミング（地域住民③）.....	41
図 4.14	行き／帰りの予約タイミング（地域住民④）.....	42
図 4.15	行き／帰りの予約タイミング（地域住民⑤）.....	43
図 5.1	自動運転バスの乗員の関係と既往研究レビューのマッピング.....	47
図 5.2	業務の整理軸としてのフェーズ.....	50
図 5.3	業務見直しの観点.....	51
図 5.4	バス運転士の業務フロー（1）.....	53
図 5.5	バス運転士の業務フロー（2）.....	54
図 5.6	バスにおける主な運賃收受の方法と特徴.....	63
図 6.1	既存の計画アプローチ「Predict & Provide」.....	65
図 6.2	今後の計画アプローチ「Vision & Validate」.....	65

図 6.3	新技術・サービスを用いたこれらのバスの計画のあり方 .....	67
図 6.4	次世代都市交通時代の都市交通計画フレームワーク .....	71
表 3.1	MaaS における持続可能性の期待 .....	20
表 3.2	MaaS の事例における Sustainable Goal の設定状況 .....	21
表 4.1	対象サービス概要.....	31
表 4.2	分析データ概要.....	32
表 4.3	希望乗車時刻と予約完了時刻の差分階級.....	34
表 5.1	バスの運行に関連する法律の自動運転に向けた改正状況.....	45
表 5.2	関連分野の動向整理.....	48
表 5.3	ヒアリング対象バス会社.....	49
表 5.4	路線バス運転士の主な業務.....	52
表 5.5	事故発生時の対応.....	61
表 6.1	バスを想定した公共交通サービスの計画ステップ .....	69

# 1. 序論

## 1.1. 背景

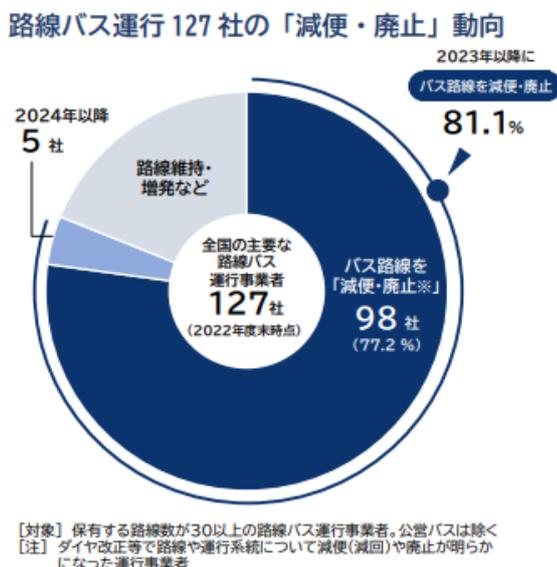
### 1.1.1. バスを取り巻く課題

地域の足を支えるバスは、大きな転換期にある。2020年春に始まった新型コロナウイルス感染症の影響により、運賃収入が大きく減少し、多くのバス事業者は経営の危機に直面した。国土交通省（2021）のデータによると、コロナ禍以前から既に全国のバス事業者のうち7割が赤字であり、三大都市圏以外では平成12年以降輸送人員が年々減少している。

更に、コロナ禍において感染拡大防止の様々な制限や抑止が行われ、2020年5月には前年比から半減し、2021年になっても20%程度の削減から回復できていない。これにより交通事業者はさらなる経営危機に直面し、路線バスサービスの維持が益々難しい状況になっている。

また、近年の世界情勢の影響を受け、燃料価格の高騰による運行コストの増加もバス事業者の経営に大きな影響を与えている。東京都（2023）の資料によると、ディーゼルバスの運行に必要な軽油の価格は近年上昇を続け、平成28年4月の価格を100とすると、令和4年4月にはその1.5倍の150程まで価格が上がっており、運行費用に大きな影響を与えている。

また、もう一つの重要な課題としてバス運転者の人手不足が挙げられる。2023年末には大阪府の金剛自動車運転者の人材不足を理由に廃業を発表するなど、サービス継続に向けて大きなインパクトを与えうる。帝国データバンク（2023）によると、2023年以降全国主要バス事業者のうち80%以上がバス路線を減便・廃止する以降があるという。

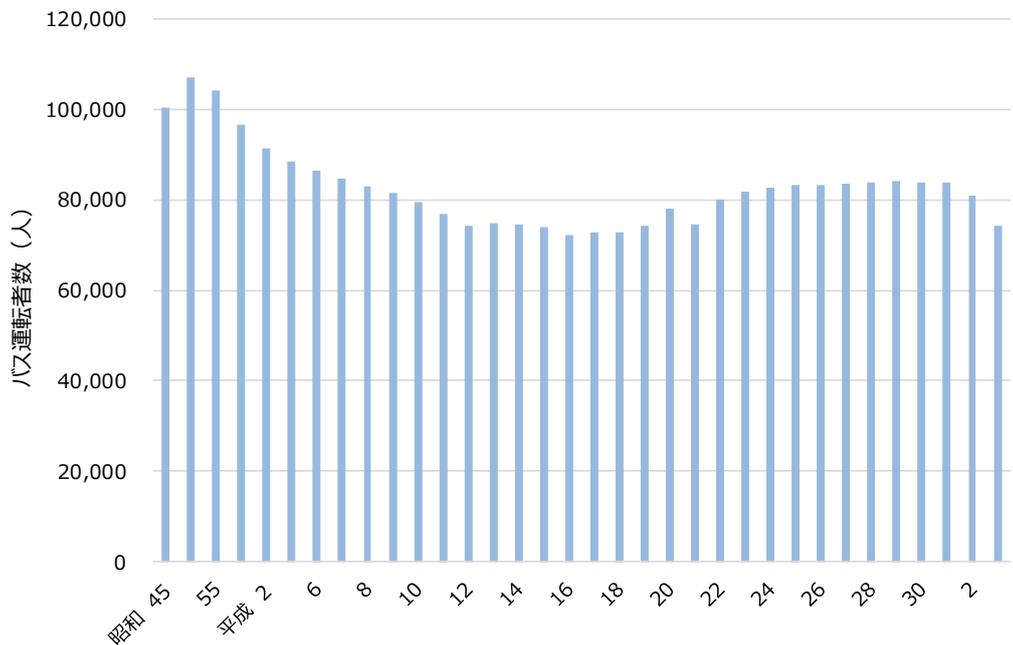


出所) 帝国データバンク (2023)

図 1.1 路線バスの減便動向

バス運転者数の人手不足は、新型コロナウイルス感染拡大による利用者数の減少、それに伴うバス運転者の離職や、バス会社の収支の悪化なども大きな要因とみられる。

図 1.2 を見ると、乗合バスの運転者数は、昭和の終わりから減少が続いている。近年ジャンプの増加傾向にあったものの、コロナ禍以降の令和3年には大幅に減少している。



出所)「数字で見る自動車 2023」のデータより作成

図 1.2 乗合バス運転者数の推移

厚生労働省によると、バス運転者の年間労働時間は 2,544 時間（2018 年度）に対し、全産業の平均労働時間 2,136 時間と比べて 2 割程度も多い労働時間であることがわかる。一方で、年間所得額は、バス運転者は 484 万円（2018 年度）であったものの、コロナ禍での減便や運休で労働時間が減少したことにより、年間 400 万円程度に落ち込んだ。

更に、いわゆる「2024 年問題」と呼ばれる、運転士の労働時間に関する法改正により、さらなる運転士不足に追い込まれ、2023 年も多くのバス路線が廃止になる状況がある。

バス運転者の労働条件の改善がなければ、バス運転者のなり手を呼び込むことも難しく、持続的なサービスの提供も難しくなる。

このような厳しい状況の中、様々な技術革新やサービス革新、制度の変更などによりバスに対する社会課題解決が様々な方向で取り組まれている。

### 1.1.2. バスを取り巻く技術革新

技術面では、ICT 技術の進化やスマートフォンの普及や社会背景の変化などにより、様々な新技術の導入、新しいサービス形態の導入が進んでいる。

代表的には、自動車産業を取り巻く「100 年に一度のモビリティ革命」というように、車両に関する様々な進化がある。自動車業界ではこれらの革新の頭文字をとって、「CASE」と呼んでいる。C は、Connected の頭文字で、インターネットにつながることによって、地図やインフォテインメントなどの情報にアクセスできたり、自動車の挙動に関する情報がクラウドで共有されたり、ユーザにとってはシェアリングの予約などができるようになる。A は Automation の頭文字で、運転制御の自動化技術を指す。S は Sharing で、自動車の持ち方が所有から共有に変わっていくことを指す。E は Electrification で電気自動車を始めとして、グリーンな車両の普及を指す。

1970 年代ごろからヨーロッパでは運行されていたオンデマンド型交通の配車システムが、近年の AI などの技術開発の後押しもあり、よりリアルタイムに配車リクエストとルート決

定、車両の配車ができるようになった。

また、MaaS（Mobility as a Service）の考え方が世界中に広まったことは、様々な交通手段や移動サービスを一つのサービスとして提供できるようになり、より交通ネットワークを面的に実現できるようになった。更に MaaS により、移動の先にある目的、つまり本源需要と派生需要である交通を一つのサービスにつなげることもできるようになり、交通の枠組みを超えて、都市活動と交通をシームレスにつなぐことも実現できるようになった。

新型コロナウイルスの感染拡大をきっかけに、様々なサービスが非接触化され、現金からキャッシュレス化されるなどの動きが社会的に広がったが、バスにおいても同様の動きがあった。例えば、QR コードやクレジットカードのタッチ決済機能に対応した路線バスなどが国内外で広がっている。

### 1.1.3. バスを取り巻く需要の変化

一方、近年の変化は、交通事業者や政策立案者等、移動サービスをユーザに提供する「供給側」に関する技術革新等だけではない。

2020 年に発生した新型コロナウイルスによる世界的なパンデミックは、長期化し、人々のライフスタイルに大きな影響を与えた。国土交通省によると、コロナ禍から1年で、都市内交通における乗客は6割減となり、交通事業者の経営状況を圧迫した。ユーザは、テレワークや時差出勤等により、混雑を避ける移動を好むようになり、移動の時間帯や頻度がコロナ禍以前と比較して大きく変わった。

また、世界的に環境問題への配慮は、大前提となっており、より環境に配慮したサービスを提供する方向性はグローバルに共通するものである。

更に、人々の生活様式や移動手段の選択基準などはより多様化し、マスに設計された大量輸送交通手段ではカバーできない移動ニーズや経路、時間帯などもある。

特に、ローカル鉄道や路線バスなどの地域公共交通においては、戦後以降、安定的な交通サービスの供給のために様々な法制度の変更を重ね、近年も2020年に地域公共交通活性化再生法の改正があり、地域公共交通計画の作成が努力義務になったり、競争から協調に向かう方向付けがなされ、地域課題解決に向けた方向性が一気に進んでいる。

様々な需要の変化に対応しつつ、持続可能に地域公共交通を提供していくためには、技術を適切に活用しながら対応していく必要がある。



図 1.3 次世代の都市交通を取り巻く進化

## 1.2. 研究対象と課題整理

本研究においては、人々の生活や都市における社会活動・経済活動を支える地域の足としての地域公共交通、特に路線バスに着目し、様々な変化を踏まえた次世代のバスの社会実装に向けて取り組むこととする。

バスはこれまでも多くの社会的な変化に伴うニーズに対応するため、新しい技術や新しいサービスモデルの考え方を取り入れながら、様々なサービスを実現してきた。

例えば、都市における幹線システムとしての輸送力を期待される場合には、車両が連なった連節バスの活用によって輸送力を大きく増やすことができた。更に、交通渋滞や信号待ちなどによる遅延を防ぎ、定時性を確保するため、優先レーンや専用レーン、PTPSなどのバス優先方策に取り組みられてきた。BRTは、地下鉄の代替にもなりうる輸送効率と費用効率を確保することを目指し、車両、走行空間をはじめ、運賃收受方法や幹線・支線間の乗り継ぎ方策等、様々な工夫を行ってきた（外山・中村（2012）、中村ら（2016）、中村（2021））。

一方で、低密度やニーズが大きくない地域においては、デマンド応答型のサービスや、小型の車両を用いたサービスが提供され、民間企業では採算が合わないケースはコミュニティバスとしての運行がなされてきた。

そのような流れを汲み、次世代の様々な新技術をバスに活用することを鑑みると、例えば、自動運転技術は、レベル2相当であっても、車載センサやカメラが運転士の認知を助けることが期待できるため、安全性向上に期待できるほか、将来的にレベル4相当になっていくと、運転士の運転不可の軽減、人員配置の工夫の余地が拡大するなどの運用コスト的なメリットも期待できる。

更に、MaaSにより様々な交通手段と連携したり、目的地との連携を行うことによって、より集客効果が見込めるなどの効果を得られるほか、デジタルシフトしていくことで、利用に関する様々なデータが取得できるようになったり、紙での確認や処理の手間が軽減できるなどの効果も期待できる。

次世代都市交通システムにおけるバスにおいて、1.1における変化を関連付けると、まずMaaSは路線バスと鉄道、タクシーなどの他の公共交通や、カーシェア、サイクルシェアなどの他のサービスと連携することを可能にする。また、医療MaaSや観光MaaS等、目的地での行動とセットになった一つのサービスとして提供することが可能で、本源需要と派生需要を結びつける役割が期待できる。

近年、コロナ禍のテレワークなどの推進や、働き方や学び方の多様化、高齢者の社会的活動の維持などにより、人々の需要が分散・多様化していることは、世界経済フォーラム（2021）においても指摘されている。人口減少の中で、多様化するニーズに対して、これまで通りの定時定路線型の路線バスでは対応することが難しく、よりニーズに対応するデマンド型交通が求められていく。

更に、自動運転技術は、機械によりヒューマンエラーの予防や軽減につながり安全運転への寄与、人材不足の中での効率的な運用への期待がある。

近年、需要サイドの変化としては、コロナ禍などを経て、人々の移動に対するニーズが多用していることが挙げられる。テレワークの推進や時差出勤等の奨励などが影響にあると考えられ、次世代のバスシステムにはこういった多様なニーズに対応することも求められる。

一方、供給サイドとしては、交通手段の進化として、自動運転技術のバスへの活用が見込まれる。更に、MaaSなど、デジタル技術を使ったサービスの導入によって、交通手段間の連携がスムーズに行われるようになる。デマンド型交通は、マスではない、多様なニーズに対応することができる新しいサービス形態としても期待ができる。

このように、それぞれの MaaS、デマンド型交通、自動運転は、我が国においては新たなモビリティサービスの中心として、様々な推進政策の立案、補助金制度の設置、法制度改革、実証実験に取り組まれている。しかし、補助金が出ている間の実証実験に終始してしまい、長期的な評価ができないままのケースも多いことは課題と言える。

以上のことから、バスにおける近年の変化において大きな変革として、自動運転技術を活用した車両の導入、定時定路線ではないサービス形態への対応としてのデマンド型交通の活用、バスとその他の交通手段を束ねたり、バスで移動する先の要件と接続がしやすくなる Mobility as a Service (MaaS) に着目し、これらの新技術やサービスの活用により、従来のバスサービスにはない要素が加わることを踏まえ、本研究に取り組むこととする。

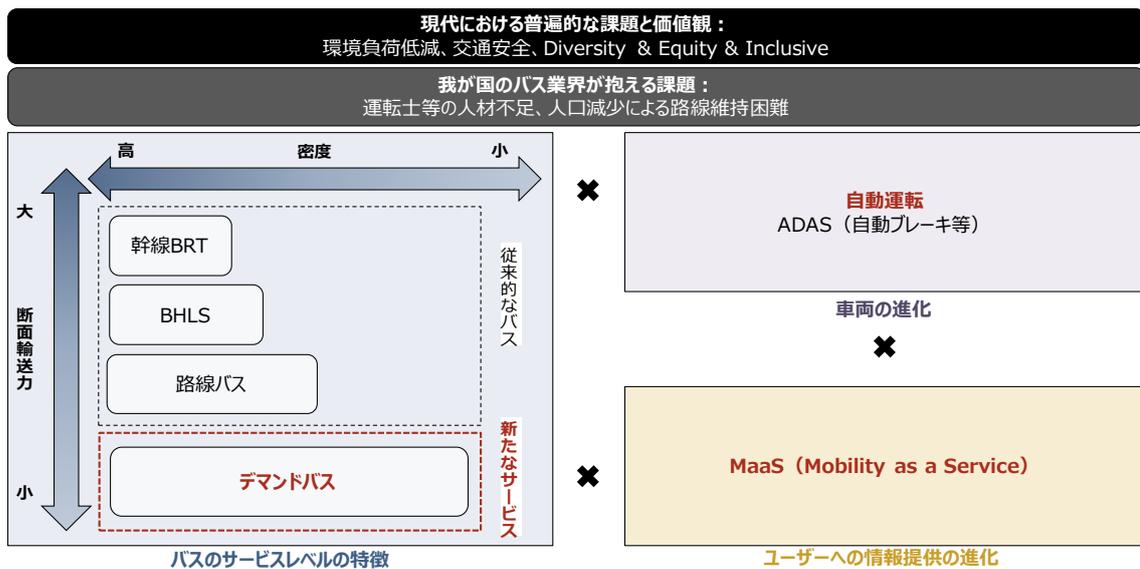


図 1.4 我が国のバスを取り巻く環境

図 1.4 は自動運転、デマンド型交通、MaaS を踏まえた我が国のバスを取り巻く環境を現したものである。それぞれ、全国各地で様々な実証実験などに取り組まれているなかで、社会実装を目指すうえでは、理想的には全てのプロセスにおいて様々なステークホルダーの観点から研究がなされていることが望ましい。

しかし、いくつか社会実装を踏まえ、都市交通としてのバスが持続的にサービス提供されていくことについて、議論がなされていない。

まず、そもそも都市交通システムを導入するプロセスについて、不確実性が高まる現代社会と、様々な新技術・サービスが日夜開発される現代社会を踏まえ、どうあるべきか、ということである。

また、次世代のバスを見据えたときに計画フレームを設定すること、目標設定をすることとのつながりが未だ明らかになっていないため、その位置づけはどう考えるべきか、とう観点である。

さらに、デマンド型交通について、ユーザ目線のニーズへのマッチングである。デマンド型交通については、配車や経路選択に関する計算が、旅行時間や待ち時間などのサービスレベルに直結するため、様々なアルゴリズム開発が盛んに行われており、既存研究もそれらの領域に集中している。一方で、次世代のバスとしてのデマユーザ通と捉えると、ユーザにとっては従来のバスと比較して予約と言う手間がかかるなど、使い勝手がこれまでと変わることが想定される。それらを踏まえた、ユーザのニューユーザマッチングをデータユーザづいて

行うという観点である。

個別には様々な検討や開発が進められているものの、交通システム計画の観点に立つと、目標設定と評価、改良のフローの見直しや、個々の技術の選択の観点と、MaaS など複数の交通手段間をつなぐ観点が計画プロセスとして研究されていない。そのためには、自動運転、MaaS、デマンド型交通ともに、明らかになっていない領域があり、それらを明らかにしながら、次世代の都市交通システムの計画論として整理する必要がある。

図 1.5 のとおり、外山 (2012)、外山 (2014)、中村・牧村・外山 (2016) にて、これまで都市における交通戦略の作法、公共交通計画の作法については整理を行い、さらにバスの中でも高度な工夫によって鉄道並みの輸送力を持つ BRT の導入作法については整理を行った。本研究では、近年の技術開発、ニーズの変化によって新たに実現できるようになった新しい都市バスに関して、自動運転、MaaS、デマンド型交通を対象として、明らかにする。

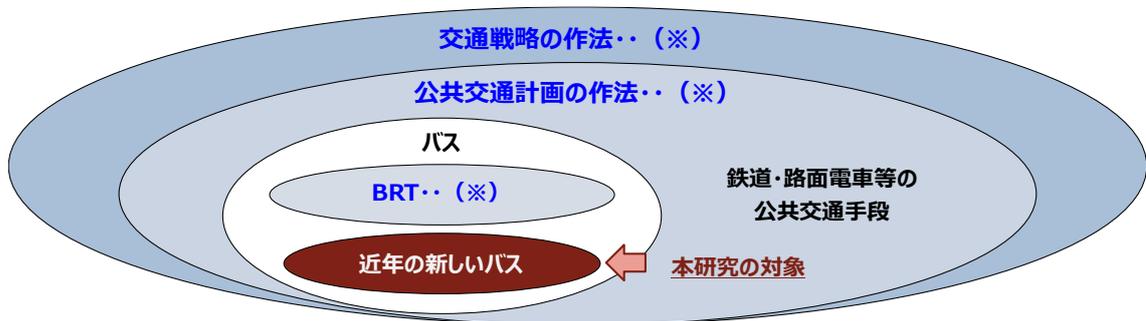


図 1.5 本研究の対象

### 1.3. 目的

前節までを踏まえ、本研究では、近年の様々な社会背景の変化や技術やサービスの革新を踏まえた次世代都市交通システムのうち、特にバスに着目し、都市交通計画の観点から、次世代のバスの社会実装をさらに進めるための課題を明らかにし、計画論を提案することを目的とする。

### 1.4. 論文の構成

これまでの流れを踏まえ、本論文は以下のように構成する。

2章では、関連する既往研究の整理を行った。我が国における次世代のバスに関する政策などの取り組みや、3～6章において分析・議論する内容に関連する既往研究をレビューした。

3章では、次世代都市交通システムのサービス設定に向けた目標設定について、MaaSの事例を通じて論じた。

4章では、次世代都市交通システムとしてのデマンド型交通について、ユーザにとっては予約に関する手間が増えることに着目し、予約に関するユーザのニーズ把握を行い、データ分析の重要性について論じた。

5章では、自動運転レベル4がバスに活用されることを見据え、車内乗務員のあり方を検討した。

6章では、これまでの議論を踏まえ、次世代のバスシステムを計画、サービス設計し、運用していくためのプロセスについて、フレームワークとフローを用いて計画論として整理した。

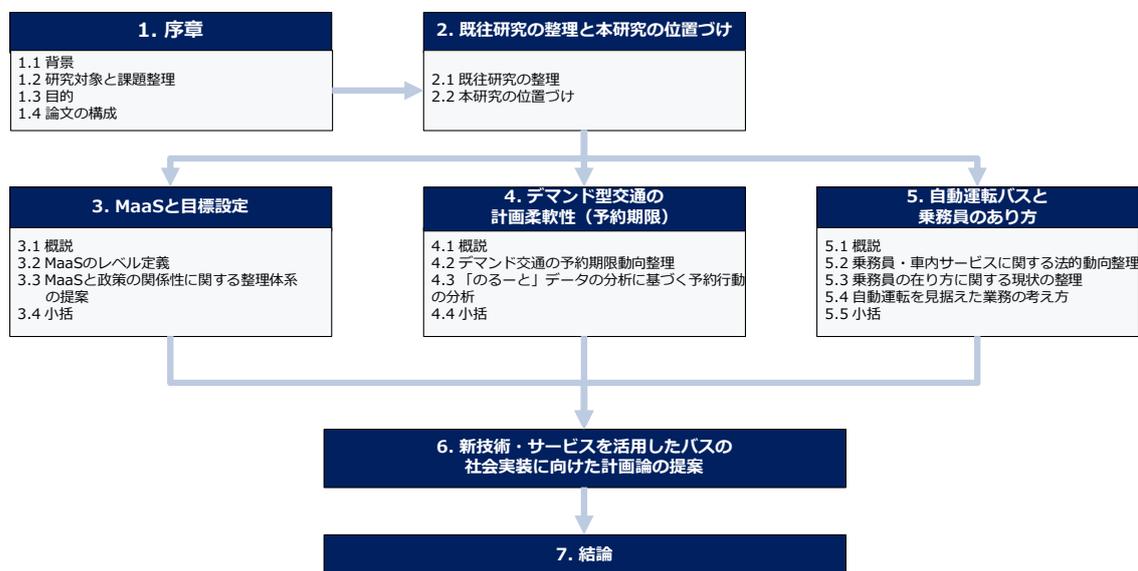


図 1.6 本研究の構成

## 2. 既往研究の整理と本研究の位置付け

### 2.1. 既往研究の整理

#### 2.1.1. 次世代都市交通システムを取り巻く課題整理及び現状把握

新たなモビリティサービスは、経済産業省や国土交通省にて様々な検討会や社会実験のためのプログラムが行われてきた。図 2.1 は、近年の MaaS および自動運転に関する様々な政策（ロードマップや戦略、検討会、実証実験などのプログラム）をまとめたものである。

2022 年 12 月に閣議決定されたデジタル田園都市国家構想総合戦略では、主に人流を対象とする移動サービス（つまりバスやタクシー）について、「地域限定型のレベル 4 無人自動運転移動サービス」を 2025 年度めどに 50 か所程度、2027 年をめどに 100 か所以上で実現することが目標として掲げられた。この政府目標に基づき、経済産業省・国土交通省のスマート・モビリティ・チャレンジや Road to the L4 などのプロジェクトにより各地で実証実験・検討が進んでいる。

これらの経験を踏まえ、経済産業省（2021）では、「新しいモビリティサービスの社会実装に向けた知見集」を発行した。

国土交通省（2020）では、道の駅を拠点とした自動運転移動サービスの社会実験の経験を踏まえ、「地方部における自動運転移動サービス導入マニュアル」を発行した。

高見（2021）は、自動運転や MaaS の時代において、都市交通計画も様々な不確実性に対応する用意が必要と指摘するが、都市交通計画の検討・立案から実施までのプロセスの再設計には至っていないと指摘する。

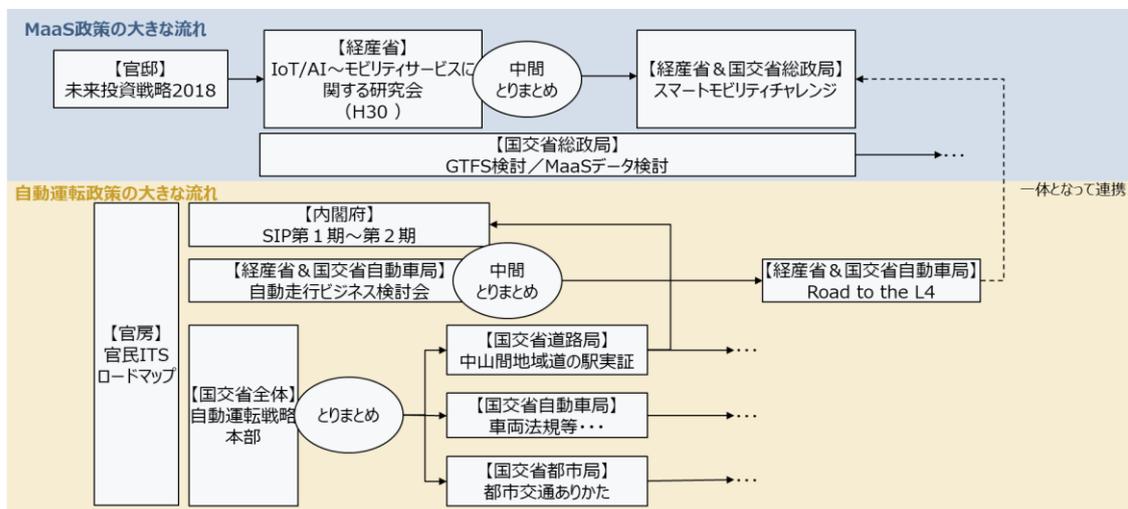


図 2.1 我が国における MaaS 及び自動運転に関連する政策の流れ

## 2.1.2. 次世代都市交通システムと目標設定に関する既往文献

### (1) MaaSのレベル定義

Sochor et al. (2018) は、MaaS が複数の交通手段を統合し、ひとつのサービスパッケージとして実現する MaaS の事例に基づき具体化し、それを「統合」のレベルとして定義した。統合していない状態をレベル 0 とし、最高位のレベル 4 は” Integration of Societal Goals” とした。

Lyons et al. (2019) は、移動をする際のユーザーの判断レベル (Cognitive) を軸として、MaaS の統合の度合いを整理した。

### (2) 都市交通計画における目標

アメリカ市町村協会・新谷 (解説) (1972) によると、交通計画を立てる上で、「その計画が達成すべき目標と基準を設定することが重要である」とされているとおり、これまでの都市交通計画は、目標設定を基点として様々な検討・事例が積み重ねられてきた。従って、交通計画のプロセスの上で、目標設定は無視することはできない。

Meyer and Miller (1984) は、都市交通計画プロセスにおける価値観、目標、目的、基準を定義し、それぞれの関係についてツリー構造で説明している。

太田 (1988) は、交通計画プロセスにおける計画上の課題設定を以下のように定義し、階層構造があることを示している。

価値観 (Value) — 目標 (Goals) — 目的 (Objectives) — 指標 (Indicators)

また、交通計画の目標領域は、交通サービスそのものにかかわる直接的目標、交通による影響を受ける領域に関わる目標、交通に影響を与える領域に関わる目標に分類できるため、必ずしも交通そのものに関わる目標のみではなく、都市全体の目標も設定しうることを説明している。

### (3) 近年の MaaS に関する課題意識

Mulley et al. (2023) は、これらの定義から 4 年以上が経過し、世界中の様々な都市や地域で MaaS の導入や、時には撤退が進む中、多くの事例が Sochor et al. (2018) の定義によるレベル 2 にとどまっている。

Hensher et al. (2021) は、MaaS は数年前に「期待のピーク」を迎え、現在は下降傾向。MaaS が現在は非常に不確実な未来に直面しており、MaaS が持続可能性の目標に貢献しているという証拠がなければマルチモーダルの未来な難しいものになることを指摘した。

### (4) MaaS と持続可能性

Maas (2022) は、Public Sector の関与の重要性は認識されるが、これまでの研究で MaaS における Policy Maker としての Public Sector の役割は明らかになっていない。

Pritchard (2022) は、Car dependency の観点から、MaaS の Sustainable への影響を、経済、環境、社会の観点から整理を行った。

### (5) MaaS と目標設定

原田 (2021) は、MaaS 時代にあってもこれまでの都市交通計画が目指してきた「暮らしやすいまち」への貢献は変えることなく、そのまま目標として据えるべきと言う。そのうえで、MaaS パッケージは、利用者の利便性のみではなく、その交通サービスを使うことによ

るインパクトの明示、個人と社会両方へ望ましい交通サービスを選べる仕組みづくりが望ましいという。

以上のように MaaS に関する様々な解釈がなされる中で、MaaS のサービス設計を効果的に行うための目標設定の重要性は深堀されていない。

### 2.1.3. デマンド型交通の計画柔軟性に関する既往文献

#### (1) 移動ニーズの分析

香川ら (2016) は、経路検索サービスにおいて検索された起終点情報や時刻などのログデータを分析し、曜日や月による移動ニーズの変動などを分析し、移動ニーズと交通特性の把握を行った。

石村ら (2013) は、同じく経路検索サービスでの検索履歴を活用し、スポーツイベントやコンサートなど大規模な突発事象 (非日常) のイベントに関連する移動需要の検索タイミングを明らかにし、移動の2時間前までに70%が経路検索を行っていることを明らかにした。

#### (2) デマンド型交通のデータ分析 (需要把握)

川崎ら (2015) は、デマンド型乗合タクシーのイールドマネジメント導入を想定し、運賃の変動による、利用者のデマンド型乗合タクシーの選択可能性を明らかにした。

#### (3) デマンド型交通の供給力に関する研究

松崎 (2011) は、茨城県古河市を例として、デマンド型交通に掛かるコストを鑑み、サービスの実現可能性と交通空白地域の解消につながる可能性を示唆した。

磯崎ら (2004) は、デマンドバスが従来のバスと比較して、予約が確定するまでに待機する時間や、他の利用者の OD によって所要時間の増加などの影響があるものとして、デマンドバスの予約確定タイミングの違いによる外部不経済性の比較を行い、待ち時間がデマンドバスの外部不経済の大小に大きく影響を与えることを指摘した。

落合ら (2018) は、名古屋市のタクシー配車データと、デマンド型配車サービス (SAVS) のシミュレーションを比較することにより、配車台数などの条件に応じて、タクシーに比べて SAVS が効率的に配車ができる条件を検証した。

竹内ら (2022) は、デマンドバスとコミュニティバスの特徴を比較し、それぞれを選択する際の着眼点を整理した。また、デマンドバスは、人口が少ない地域や中間・山間農業地域では、道路が狭隘であり人口が分散していることから活用されるケースが多いことを明らかにした。

#### (4) デマンド型交通の予約の重要性

国土交通省中部運輸局 (2013) は、「予約期限が利用の直前であるほど予約に対する抵抗感が緩和され、利用者にとって使い勝手が良くなる」が、「運行計画をオペレータが作成する場合、計画作成に時間を要するとともに、配車に要する時間を勘案すると、運行直前まで予約を受け付けることは難しく」となるとしている。つまり、利用者の使い勝手と事業者側の準備のバランスから予約期限を定める必要があることがわかる。

尹他 (2022) は、「スマート予約の重要性と、使いやすい予約システムの構築検討が大事である」と指摘している。

稗方 (2017) も、デマンド型交通の定着のためには、従来の路線バス等には必要なかった予約の手間をいかに軽減することができるかがカギであると指摘している。

馮・谷本 (2022) は、事業者側のリソース確保に着目し、供給能力を改善するためには、予約期限を早めることも一案であると指摘している。

以上のように、予約期限の重要性は複数の論文で指摘されているものの、現在の事例における具体的な予約期限設定状況、適切な予約期限のタイミング、予約期限がユーザの行動に及ぼす影響は明らかになっていない。

#### 2.1.4. 自動運転時代を見据えたバス乗務員のあり方に関連する既往文献

##### (1) バス運転士がバス利用に与える影響に関する研究

佐藤・谷口 (2011) は、バス利用者の満足度への影響要因として、接客や運転操作などドライバー要因が与える影響が大きいことを明らかにした。

鈴木ら (2020) は、運転士の接客、時間の正確さ、車内の清潔さがバス利用の総合満足度に与える影響は大きいとした。「質問への親切な回答がある」「愛想や態度が良い」「お年寄りや子供に配慮した」の経験があれば、またバスに乗りたいという利用頻度に影響を及ぼすことが明らかになった。特に都市圏では「しっかりとした挨拶がある」「挨拶への明るい返事がある」「運転中の会話がある」「荷物の運搬がある」「着席確認後の出発」「愛想や態度が良い」「質問への親切な回答がある」「お年寄りや子供に配慮した」は都市圏と地方で若干の違いがある。

##### (2) 自動運転のドライバーに関する研究

長谷川ら (2023)、大谷ら (2019) 等は、ODD 圏外になったときの、機械⇄人間の運転切り替え、レベル3時のODD逸脱時ハンドオーバーに関して研究を行った。

吉野ら (2023) 等は、レベル4時のODD逸脱時の車両停止に関してアプローチしている。

足立ら (2023) は、車椅子等の乗客が介助なしで乗降できる車両設計に取り組んでいる。

杉町ら (2023) は、自動運転遠隔監視に関する研究に取り組んでいる。

既存研究では、「運転士の良い接客でバスの再利用意向は高まる」と明らかにされているほど、運転以外の観点での運転士の貢献は既存バスサービスにおいて明確であるにもかかわらず、自動運転時代の車内乗務員のあり方についての議論が限定的である。

##### (3) 自動運転バスのサービス設計

中野 (2022) の通り、我が国においては自動運転の社会実装に向け、法制度や倫理等の観点や、社会受容の観点から多面的・マルチセクターでこれまで様々な議論が進められてきた。

自動運転バスの実現に向けて、Beckmannら (2023) が、自動運転バスのサービス実現に向けて、実現可能なルートの特長、スケジュールやリソースの調整など全体的なサービス設計としての整理にアプローチした。

自動運転バスの実現には様々な費用と便益が伴い、自動運転の実現に向けたコスト分析は、Boeschら (2018)、Abe (2019) などが整理している。

##### (4) バスのキャッシュレス決済に関する研究

運賃収受の負担軽減には、多くの研究や実装がなされている。例えば、オーストラリアのシドニーでは、2006年に市内のボンダイビーチ周辺を走行する一部路線にて現金を受け付けない「PREPAY ONLY BUS」の運行を始めた (Byatt, Oscuro, & Rookes (2007))。このバスでは、車内の現金対応運賃箱を廃止した。PREPAY ONLY BUSの導入により、営業所の現金管理のための金庫も廃止した。その結果、乗降時間の短縮、乗客の満足度向上、運賃箱を狙った強盗等のリスク削減、運転士のネコババ防止、営業所での現金管理のためのコスト削減、

バス運転士が運転動作へ集中でき、あいさつの機会が増加するなどの効果が認められた。

近年は、ロンドン市交通局などでもバスのキャッシュレス化が進んでいる。なお、車内運賃収受による乗降時間への影響は大城ら（1997）の研究で明らかになっており、幕張本郷駅にて朝のラッシュ時に事前運賃収受窓口を設置したり、クリチバ等海外の BRT では停留所で運賃精算を行う事例がある（中村ら（2016））。

現金を扱うことによる安全上のリスクは、我が国では実感しにくいですが、米国 TRB（2011）においても運転士への暴力やトラブルにつながる最大のリスクとして指摘されている。

以上のように、既存研究では、「運転士の良い接客でバスの再利用意向は高まる」と明らかにされているほど、運転以外の観点での運転士の貢献は既存バスサービスにおいて明確であるにもかかわらず、自動運転時代の車内乗務員のあり方についての議論が限定的である。

## 2.1.5. 新技術・新サービスを踏まえた都市交通計画に関する既往文献

### (1) 都市交通における新たな取り組みの取り入れ・受容に関する研究

Thomson（1978）は、新技術対応について、自動タクシー、ミニトレイン、動く歩道（“High Speed Travelator”）など新しい技術の議論が盛んであった 70 年代当時、主にアメリカ、イギリス、ドイツ、日本の多くの技術ラボが国家予算を使ってこれらの技術開発に忙しいなか、これらの技術が実際のストリートで活用されている事例が皆無であると指摘した。技術革新の可能性を狭めてはいけませんが、ブレイクスルーに至っていないと批判した。実際に検証してみないと、これらのいずれも都市交通の課題を根本的に変えるのではなく、角を丸くしているだけであることがほとんどである。また、新技術があらゆる方面から変革することを求められているが、それは政府が研究を続けていく義務でもあると指摘した。

藤井（2001,2006）は、TDM の一環としてロードプライシングや P+R を行う場合の社会的ジレンマの定義とその対応策を「構造的方略」「心理的方略」と整理した。

久保田（2006）は、交通にかかる新たなまちづくり施策について、社会実験の件数や社会実験に関する助成制度を整理し、「交通シミュレーション・交通社会実験・本格実施」サイクルを定義し、合意形成などのプロセスを取りながら交通計画に反映させるプロセスを整理した。

北村ら（2021）は、自動運転を活用した地域モビリティサービスの実証実験を通じて、社会実装に向けたポイントを、需要量を正しく把握することと、失敗を恐れてスモールスタートしないこととして挙げている。これは、失敗を恐れるあまり、スケールの小さな試みを行うと、むしろ効果が発揮できず利用者に悪影響を与える可能性があるという。新技術・サービスの場合、利用者の認知・理解が徐々に変化していき、実証実験等を通じた経験により利用者の嗜好も変わる可能性があるため、継続的に需要を追っていくことが重要であると指摘する。

勝又ら（2021）は、新技術導入に当たっては、コストに見合う効果を正当に評価する方法の確立が求められると指摘している。

宮木（2023）は、自動運転の社会受容性醸成は、①社会に有用であるとの認識の普及②技術の理解③ルールへの浸透④信頼の獲得⑤共生に向けた効果の最大化と リスクの最小化に個人（広義の消費者）を含む社会全体で寄与の観点が必要であると整理している。

森田ら（2001）は、そもそも社会実験の満たす特徴として、①地域の実情の反映、②市民からの受容性、③プロセスの円滑性、④不確実な状況への対応性、⑤上位計画への受容性を指摘している。

これらを踏まえると、サービスの社会実装を目指すと同時に、新しい技術やサービスの有用性を検証したり、利用者の受容性を醸成していく等の活動を同時並行していくことが求められる点に、既存技術を活用したバスの計画論とは大きな違いがあるといえる。

## (2) 都市交通計画のプロセスに関する文献

Jones (2016) は、従来の都市交通計画は、伝統的に、モデルを用いて将来の需要量を予測し、その予測結果に基づいて供給量を計画し建設していく、“Predict and Provide”のプロセスだった。しかし、現在は、様々な不確実性がある中で、都市として目指したいビジョンを設計し、その実現のために最適な施策を選択し、状況が変われば適宜手段や施策を見直す、“Vision and Validate”のプロセス変わりつつあるとしている。その意味でも、ビジョンの重要性が益々強調されるものになると言える。

中村 (2017) の整理においても、従来の将来予測に基づいて施策を打つのではなく、ビジョンや方向性を決めて、その実現のために協働していく時代が来ていることを指摘しており、例えば、都市交通計画の変遷を以下のように表現している。

Predict and Provide → Predict and Protect → Decide vision and Act together

高見 (2021) の指摘では、「都市交通計画がこれまで培ってきた分析技術や計画立案技術とは要するに移動者側の需要と交通インフラ・交通サービス側の供給とのバランスをチェックする技術であり、それを踏まえて供給側・需要側双方の施策を考え評価するというのが標準的な計画立案の手法である」という。しかし、今後はより供給側の技術変革、需要側の移動へのニーズの変化に不確実性が高まり、また関連するステークホルダーが複雑化する中でフレームワークやプロセスの再設計が必要であることも示唆されている。

## 2.2. 本研究の位置づけ

### 2.2.1. 本研究の新規性

これらの研究を踏まえ、本研究では、特に昨今の地域公共交通としてのバスを取り巻く環境を把握し、課題を分析しながら、新たな需要と供給を取り込みながら社会実装させるための方法論を示すことに新規性があると言える。

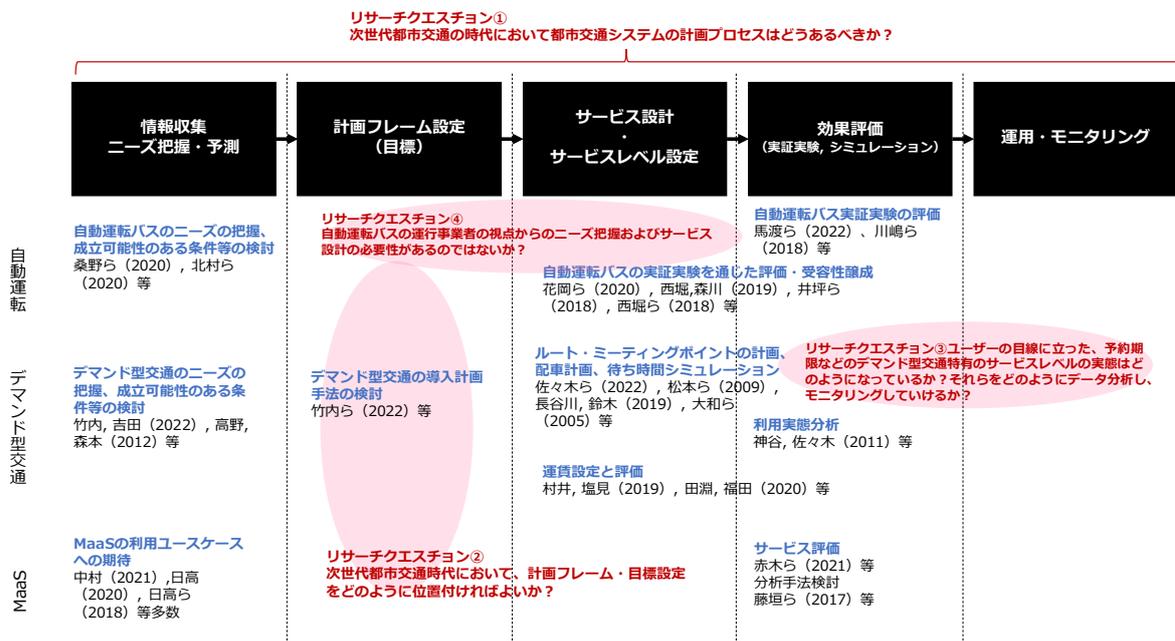
まず、次世代の都市交通システムの社会実装に向けて、様々な政策が進む中、既存の文献では社会実験の実施までにフォーカスが当てられていることが多く、社会実装を見据えた分析は不十分である。

また、サービスを設計するための目標設定について、MaaSの効果を最大限に発揮するための目標設定の重要性に言及する研究はあるものの具体的な位置づけを示したものはない。

デマンド型交通は、これから多様化するニーズに対応する有用な交通サービスとして期待されるが、どのような使われ方をしているのか、デマンド型交通の最大の特徴である「予約」に着目された研究がない。

自動運転時代において、サービスを提供する側の立場としてのドライバーやサービス要員の必要性、および業務分担について研究されたものはない。

これにより、次世代のバスが社会実装する上で課題となる観点を供給側と需要側ともにアプローチし、社会実験ではなくその先を見据えた方法論を示すことに新規性があると言える。



注) 整理の横軸は新谷・編 (1993) を参考に作成。

図 2.2 次世代都市交通を見据えたバスに関するリサーチエスチョン

### 2.2.2. 本研究の意義

次世代都市交通システムにおいて、新しい技術は、これまでの技術で実現が困難だったことをできるようにするためのものであるべきところ、新技術の普及展開や、実証を通じた有用性検証などにフォーカスが当てられすぎると、何か新しい技術を使うことが目的化されてしまう。こうすると、本来何のために、どのような狙いをもとに技術を活用することになったのか、見失ってしまい、長期的なサービス提供に向けたモチベーションがなくなってしまう。例えば、MaaSは様々な交通手段を結びつけるものとして期待されていたが、いつの間にかアプリの話に偏重してしまっており、何が目標なのか見失いがちになっている。

もうひとつが、技術側の仕様に合わせたサービスレベルの設定である。前述の通り、本来技術はやりたいことを実現するための手段であるはずが、技術が可能な能力や性能に合わせてサービスの範囲を決めてしまい、議論が供給側に寄ってしまっている。デマンドサービス自体は70年代からあるが、当時はバスやタクシーなどの間で色々と比較したうえでデマンドが導入され、やりたいサービスを実現できるように技術が導入された。

AI オンデマンドというものが本当にいつでもどこでも乗れる、ということになっていない。そもそも、現状のデマンドがどんなサービスをしているのか把握されていない。現状をしっかりと押さえてながらサービス設定を工夫することは限られたリソースを有効活用しながら効果的に社会実装が進めるために貢献できると考える。

### 3. MaaS と目標設定

#### 3.1. 概説

Heikkilä (2014) により提案された *Mobility as a Service* (MaaS) は、世界中多くの都市で形になり、生活の中に導入されている。Arias-Molinares ら (2020) によると、2014 年以来 MaaS に関する学術論文とそれらの引用数は増え続けた。その一つの側面に、MaaS の取り組みをレベルとしてタイプ分けすることを試みた研究がある。Lyons et al. (2019) は、移動をする際のユーザーの判断レベル (Cognitive) を軸として、MaaS の統合の度合いを整理した。Sochor et al. (2018) は、MaaS が複数の交通手段を統合し、ひとつのサービスパッケージとして実現する MaaS の事例に基づき具体化し、それを「統合」のレベルとして定義した。統合していない状態をレベル 0 とし、最高位のレベル 4 は”Integration of Societal Goals”とした。Societal Goal とは例えば、「自家用車の所有と利用の削減」、「よりアクセスしやすくしみやすい都市」など、MaaS によってもたらされる付加価値のことであり示されている。また、MaaS サービスのインセンティブは、地域、国の政策や目標がサービスに統合されて提供される。例えば、レベル 2,3 では経済的取引が追加されるために、経済的インセンティブを追加できるとされているのが Sochor らの定義であった。

しかし、これらの定義から 4 年以上が経過し、世界中の様々な都市や地域で MaaS の導入や、時には撤退が進む中、多くの事例が Sochor et al. (2018) の定義によるレベル 2 にとどまっている (Mulley et al. (2023))。そこで、本研究では、最高位であるレベル 4”Integration of Societal Goals”に焦点を当て、Societal Goal の具体解釈を行い、Societal Goal と MaaS の関係性について、これまでの MaaS 事例をもとに課題を指摘し、新しい体系を提案することを目的とする。

#### 3.2. MaaS のレベル定義

まず、3.2.1 において、MaaS のレベル定義と Societal Goal に関連した既存文献の整理を行い、本研究の新規性と必要性を整理した。次に、3.2.2 において都市交通における、目標設定の言葉を定義した。そして、3.2.3 において MaaS における Societal Goal を明らかにするため、政府における MaaS の期待を整理するとともに、その結果として重要となるサステナブルについての考え方を整理した。また、既存の MaaS の事例を調査し、それぞれの取り組みにおける目標設定をリストアップした。最後に 3.3 において、これらの調査に基づき新たな MaaS と目標設定の関係性について、体系を整理した。

##### 3.2.1. これまでの既存定義

Lyons et al. (2019) は、define the levels of MaaS integration. According to them, Level5 represents full integration under all conditions and modes to achieve their goals of mobility. As these works shows, the ultimate goal of MaaS is closely tied to policies. Sochor et al. (2018) は、MaaS における取組事例を整理し、様々な統合のレベルがあると定義した。何も統合していない状態をレベル 0 とし、最高位のレベル 4 は”Integration of Societal Goals”としている。レベル 4 においては、自家用車利用削減やアクセスしやすい都市の実現が付加価値であるとされている。

Sochor らの論文は、様々なレポートや学術研究に影響を与えた。例えば、OECD (2021) や、日本の国土交通省 (2022)、オランダ政府 (2018) が発行するガイドラインやレポートでも引用された。つまり、MaaS に取り組む産業界、またローカルなポリシーメーカーたちが参考にする文献に記載されたため、実装に与えるインパクトが大きい。

しかし、最高位であるレベル4において期待される”Societal Goal”とはどのようなものであり、Societal Goal と”Integration”することはどのような意味か。それについては明確な定義や議論はない。また、Public Sector の関与の重要性は認識されるが、これまでの研究で MaaS における Policy Maker としての Public Sector の役割は明らかになっていない(Maas(2022))。

そこで、次章以降では、そもそも MaaS レベル4として位置づけられていた Societal Goal とは何なのか、という観点を整理する。

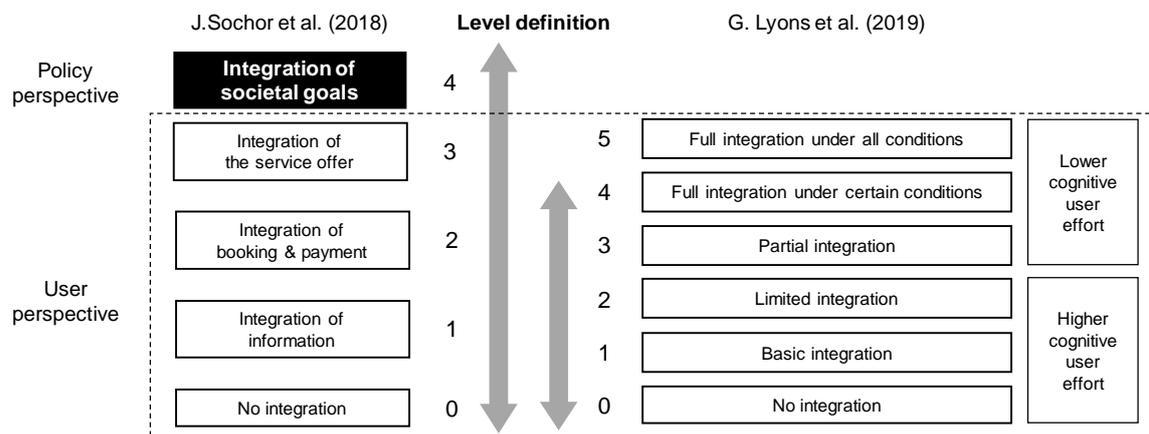


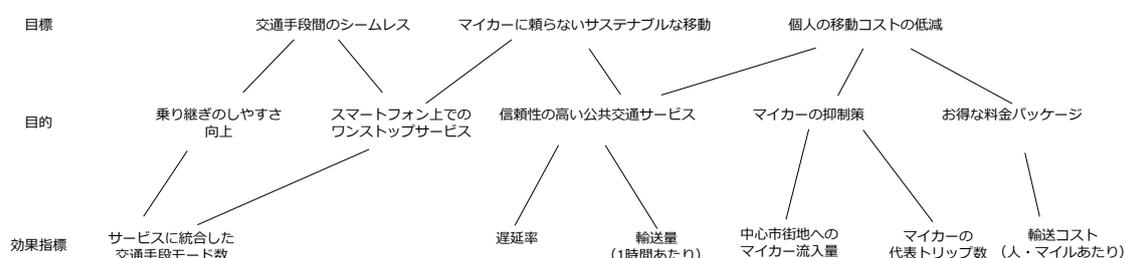
図 3.1 既存研究におけるレベル定義

### 3.2.2. 都市交通における目標設定と MaaS の目標設定のあり方

アメリカ市町村協会・新谷（解説）（1972）によると、交通計画を立てる上で、「その計画が達成すべき目標と基準を設定することが重要である」とされており、交通計画のプロセスの上で、目標設定は無視することはできない。

Meyer and Miller（1984）は、都市交通計画における目標と目的について、以下のように定義をまとめている。すなわち、目標とは一般化された価値観と実環境に関する記述、目的は具体的で計測可能な記述である。

MaaS の文脈においては、例えば、公共交通手段間をよりシームレスにつなぐこと、移動に関する支払い費用を減らすこと、マイカーに頼らないサステナブルな移動を実現すること、などは MaaS により実現しうる目標となりうる。更に、これらの目標を計測可能な記述に具体化し、目的を設定すると、物理的な乗換のしやすさの向上、スマートフォン上での情報連携、支払い費用の削減、デジタルチケットの工夫、マイカーの抑制などが挙げられる。これらを階層別に具体的な表現に基づき記載すると図 3.2 の通りとなる。



出所) マイヤー・ミラー（1984）を参考に作成

図 3.2 MaaS に関する目標・目的・指標の階層と例示

太田（1988）は、交通計画プロセスにおける計画上の課題設定を以下のように定義し、階層構造があることを示している。

価値観（Value）－目標（Goals）－目的（Objectives）－指標（Indicators）

計画目標の設定とは、望ましい方向になるよう明示的に体系的に表現することであるが、多くの関連主体が含まれる場合は様々な価値観があることが難しい。また、価値観は時間とともに変化していくものであるため、不確実性を前提としておく必要がある。

そもそも交通計画の目標領域は、交通サービスそのものにかかわる直接的目標、交通による影響を受ける領域に関わる目標、交通に影響を与える領域に関わる目標に分類できるため、必ずしも交通そのものに関わる目標のみではなく、都市全体の目標も設定しうる。



出所) 太田 (1988) をもとに作成

図 3.3 交通計画における目標領域

Hayauchi ら (2022) によると、日本の MaaS プロジェクトが設定する KPI のうち、設定しているプロジェクト数が多い順から、MaaS に統合する交通手段の輸送人員、MaaS アプリのダウンロード数、サービスに対する満足度・継続利用意思であった。もちろん比較的短期間に行われる実証実験を評価する際には、アプリのダウンロード数や満足度も有用な指標になりうるが、ビジョンから導かれた目的設定とそれに対応する評価指標が設計されていれば、より本質的で長期的な評価指標も用いられるべきだろう。

本章では、MaaS に関する Societal Goal とは、MaaS が統合対象とする都市交通に関する目標のみならず、交通サービスに付随する都市全体の目標にも及びうるものとして、整理を進めることとする。

### 3.2.3. MaaS の Societal Goal

ここでは、Societal Goal を理解するため、MaaS を推進する上での政策目標について、日本と米国、欧州の例を整理した。日本は、少子高齢化が進む中、公共交通の利便性向上、観光地の移動確保・充実、自らの運転だけに頼らない移動しやすい環境づくりが MaaS 推進への背景であるとしている (国土交通省 (2022))。

欧州では、Sakai (2019) の整理によると、様々な環境下にある EU 加盟国間での移動の Compatibility, Interoperability, Continuity を大目標として掲げている。また、欧州を拠点とする MaaS Alliance によると、”MaaS aims to be the best value proposition for users, societies, and the environment.”として、最終的には社会、環境への価値提供も目標にしている。米国では、MaaS ではなく MOD と呼ばれるが、ITS America は”MOD is a vision for an integrated multimodal network of safe, care-free, and reliable transportation options that are available to all, both personalized mobility and goods delivery”であり、MOD が目指すところは、”Policy, Accessibility, Equity, Rethinking road and curb side, Increasing Integration, Data sharing and Security, Education and outreach, Sustainability”であると言う。UITP (2019) は、”MaaS has the potential create more sustainable travel behaviors”とする。これらを踏まえると、MaaS の最終的な Societal Goal として”Sustainable”はグローバルで共通のものであると解釈できる。

### 3.2.4. MaaS と持続可能性

では、Sustainable とは何だろうか。Brundtland Report (1987) に初出した Sustainable の観点である経済、環境、社会の 3 つは、国連においてその後 Three Pillars of Sustainable Development と呼ばれた。多くの学術研究においてもこの 3 つの観点から Sustainability について評価が行われてきた (Purvis et al (2019))。MaaS と Sustainability については、Pritchard (2022) は、Car dependency の観点から、MaaS の Sustainable への影響を、経済、環境、社会の観点から整理を行った。

表 3.1 MaaS における持続可能性の期待

Economic Sustainability	Environmental Sustainability	Social Sustainability
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce Cost for Cars(cf. Road, Parking)</li> <li>• Reduce Cost of Congestion</li> <li>• Reduce Cost of Accident</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce greenhouse gas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Increase well-being</li> <li>• Reduce Human Cost of climate change, poor air quality, noise, accidents</li> <li>• Access to for education, employment, healthcare and other facilities</li> </ul>

出所) Pritchard(2022)

MaaS はこれらの観点から Sustainable に貢献しうるとして、最終的に MaaS が統合すべき Societal Goal も具体化していけばこれらの 3 つの観点に分類されうると仮定する。

### 3.2.5. MaaS の事例における Sustainable への目標設定と取り組み内容の整理

#### (1) 整理方法

では、具体的にこれまで各地で取り組まれてきた MaaS の事例において、MaaS に取り組むうえでの目標をどのように設定し、具体的にどのような取り組みを行って来たのか、検証する。

Netherlands Institute for Transport Policy Analysis (2018) の MaaS の事例一覧をもとに、それぞれの事例において MaaS に取り組む意義について、交通事業者、アプリなどを作成・提供するサービス提供者のウェブサイトや文献等から調査を行った。なお、本原稿執筆時点において、サービスが終了しているものもあり、その場合、当時の資料にアクセスできる場合は当時の目標に関する記載を抽出した。また、当時の資料にアクセスできず、情報が入手できなかった場合は” No Information” とした。また、当時の情報にアクセスできず、さらに現在は別のサービスに変わっている場合、そのサービスにおける目標に関する記載を抽出することとした。

#### (2) 整理結果

整理すると、いくつかの事例が既に終了していたり、別のサービスに引き継がれていることが分かった。これらの事例はほとんどが Socher のレベル分けにおけるレベル 2 又はレベル 3 相当であるが、それぞれの MaaS に取り組むにあたってのゴールが明示されている。そして、これらを Table1 の通り、3 つの観点に当てはめるといずれもそれぞれに分類でき、やはり MaaS の目標として Sustainable が統合すべき Societal Goal であると言える。

表 3.2 MaaS の事例における Sustainable Goal の設定状況

Service	Location*	Status*	Integration level*	Sustainable Goal Economic:Ec, Environmental:En, Social:So	Mean	Source
moovel Hamburg has own MaaS - hvv with	Hamburg and Stuttgart, Germany	Operational (2015-)	Level 3	"Private transport increasingly suffocates our cities. But any alternative to a privately owned car must be comfortable. It has to be flexible. Using it needs to be uncomplicated. "- City of Hamburg, <u>So</u>	Apps(Service,Bookin &Payment,Information ) ,Mobility Hubs	<a href="https://future.hamburg/en/artikel/switchh-all-mobility-offers-one-app">https://future.hamburg/en/artikel/switchh-all-mobility-offers-one-app</a>
myCicero Now as MooneyGo	Italy	Operational (2015-)	Level 2 (partially, payment integrated)	"Move, travel and pay freely by choosing from many mobility services in the city and outside the city: from parking to public transport, to the train and taxi"- MooneyGo, <u>So</u>	Apps(Booking & Payment,Information)	<a href="https://www.mooneygo.it/">https://www.mooneygo.it/</a>
NaviGoGo	Dundee and North East Fife regions, Scotland, UK	Operational (2017-) Project Discontinued	Level 2 (partially, payment integrated)	"NaviGoGo exists to improve how young people aged 16-25 relate to, use, and combine travel modes and transport services to meet their lifestyle needs, without the requirement to own a car. " - NaviGoGo, <u>So</u>	Apps(Booking & Payment,Information)	<a href="https://static1.squarespace.com/static/5cee5bd0687a1500015b5a9f/t/5d5c0a6c3e4b3a0001242602/1566313071168/NaviGoGo-Pilot-report.pdf">https://static1.squarespace.com/static/5cee5bd0687a1500015b5a9f/t/5d5c0a6c3e4b3a0001242602/1566313071168/NaviGoGo-Pilot-report.pdf</a>
iDPASS	France	Operational (2017-)	Level 2 (partially, payment integrated)	No-information	Apps(Booking & Payment,Information)	<a href="https://numerique.sncf.com/store/applications/idpass-sncf/">https://numerique.sncf.com/store/applications/idpass-sncf/</a>

Tuup Now as Foli	Turku region, Finland	Operational (2016-)	Level 3 (ticketing method have options but service integrated in each method)	"The aim of Föli is to make every day travelling as easy as possible and the new flat rate for the entire Föli area has been praised for its simplicity. Furthermore, new technologies such as mobile tickets and ID-based ticketing are used in order to offer good-quality services and make public transport easy to use."- Foli, <u>So</u>	QR-based mobile ticket ID-based ticket Trip planner on website	<a href="https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/73424/city-turku-transport-digitalisation/">https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/73424/city-turku-transport-digitalisation/</a> <a href="https://www.foli.fi/fi/aikataulut-ja-reitit">https://www.foli.fi/fi/aikataulut-ja-reitit</a>
Hannovermobilität Now as GVH	Hannover, Germany	Operational (2014-)	Level 3	"We are helping to protect the environment and make the Hannover Region even more liveable in. Our passengers decide on climate-friendly mobility and combine our buses and trams with the bike, car sharing or the own car. Our offer helps to achieve the ambitious climate protection aims of our partner, the Hannover Region." - GVH, <u>En. So</u>	Apps(Service,Booking & Payment,Information), Usage of Modern Veciles with low emission	<a href="https://www.gvh.de/en/the-gvh/the-transport-association/">https://www.gvh.de/en/the-gvh/the-transport-association/</a>
EMMA (TaM) Now as M'Ticket and TaM	Montpellier , France	Operational (2014-)	Level 2	No-information	Apps(Trip planner and ticketing not convined)	TaM - Transports de Montpellier Méditerranée Métropole - Mobile applications (tam-voyages.com)

Business passes: NS Business Card, MobilityMixx, Radiuz Total Mobility, et cetera	Netherlands	Operational (national coverage with effect from 2013)	Level 2 (Business to Business), partially level 1	" This service could contribute to improving the living environment and the accessibility of cities and rural areas, in view of trends such as increasing urbanisation and the pressure on accessibility and liveability that this is causing. " - Presentation from Ministry of Infrastructure and Water Management, <u>Ec, En, So</u>	Apps(various) Data-driven ecosystem(API, Data-sharing)	<a href="https://maas-alliance.eu/wp-content/uploads/sites/7/2019/08/MaaS-of-the-Month-Supporting-MaaS-with-pilots.pdf">https://maas-alliance.eu/wp-content/uploads/sites/7/2019/08/MaaS-of-the-Month-Supporting-MaaS-with-pilots.pdf</a>
Smile	Vienna, Austria	Pilot (2014-2015) Project Discontinued	Level 2	No-information	No-information	<a href="https://smartcity.wien.gv.at/en/smile-2/">https://smartcity.wien.gv.at/en/smile-2/</a>
WienMobil Lab	Vienna, Austria	Operational (2017-)	Level 3	"This new service combines the offerings of various mobility providers in a single app"-Wiener Linien, <u>So</u>	Apps(Service,Booking & Payment,Information), Cards, Mobility hubs	<a href="https://www.wienerlinien.at/web/wl-en/wienmobil-app">https://www.wienerlinien.at/web/wl-en/wienmobil-app</a>
SHIFT	Las Vegas, US	Planned (2013-2015) Project Discontinued	Level 3	No-information	No-information	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210539518300336">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210539518300336</a>

UbiGo	Gothenburg, Sweden	Pilot (2013-2014), version 2.0 in preparation <b>Project terminated in 2021</b>	Level 3	"The intention of the project was to test and evaluate if the new service concept for more sustainable urban transport met the users' needs and requirements, i.e. if the service was used, if the users were satisfied and if they, as customers, were willing to pay for the service." - Karlsson et al, <i>En, So</i>	Apps(Service,Booking & Payment,Information)	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516302794">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516302794</a>
Whim	Helsinki, Finland	Operational (2016-)	Level 3	"We at MaaS Global are set to make the biggest change in transport since cars became widely affordable by offering a better alternative to a private car. We want to make mobility smoother, everyday life easier and our cities greener." -Whim, <i>Ec, En, So</i>	Apps(Service,Booking & Payment,Information), API	<a href="https://whimapp.com/about-whim/">https://whimapp.com/about-whim/</a>

\*Original from Netherlands Institute for Transport Policy Analysis(2018)

**Bold:** Modified or added by authors

### 3.2.6. これまでの MaaS のユースケースで行っていること

ここまでの整理で興味深いことに、Integration のレベルに寄らず、MaaS を実現するためのゴールはほとんどの都市にも存在した。したがって、レベル3であるサービスとの統合の先のステップとして社会的なゴールとの統合があるのではなく、どのレベルであっても MaaS を取り組むうえでは目標は存在した。また、必ずしもレベル1から順に達成されるわけではなく、同時に実現することもあり得た。

さらに、近年ではデジタル上の Integration のみならず、Mobility Hubs との連携もアプリと合わせて MaaS の重要な施策であるとする事例もある（ウィーン、ハンブルク）。

なお、ここでは Mobility Hubs とは、Arnold et al (2023) の定義に従って以下の通りとする。

” MHs proposed by CoMoUK is as follows: A mobility hub is a recognisable place with an offer of different and connected transport modes supplemented with enhanced facilities and information features to both attract and benefit the traveller”

MaaS とモビリティハブの議論についても研究があり（Aydin ら (2022)）、UITP が提唱する Combined Mobility のように、デジタルだけではなくリアルとの融合の議論がある。よって、現在の MaaS の事例を評価するためには Mobility Hub などのリアルの場合との関係も無視できない。今後の MaaS の進化において、Mobility Hubs との Integration も考慮に入れておくべきことを明らかにした。

### 3.3. MaaS と政策の関係性に関する整理体系の提案

これまでの議論を整理すると、Societal Goal は、つまりサステナブルにつながる目標であり、レベル1から3の延長線上にあるものではない。さらに、Sochor の定義におけるレベル1から3までの内容は目標を実現するための手段である。その組み合わせは、それぞれの都市の状況や目標、コスト、ステークホルダーなどの様々な要因によって多様である。レベル1から3は、必ずしもこの順にリニアではなく、レベル3と同時にレベル2や1が実現できることもあり得る。したがって、従来のレベル1から3の間の上下関係を撤廃した。

更に、新たな統合の要素として Mobility Hubs との統合を追加した。これも、料金の統合などと同じく、都市の状況によって取り組むべきかどうか判断されるものであると考えるため並列とした。

最後に、政策のもう一つの位置づけとして、目標としての政策だけではないことも定義する。レベル1から3を実現するにあたって、現状の法律や制度では実現が難しい国や都市の場合には、それを実現できるように助ける政策も必要になる。例えば、オランダでは MaaS の実現に当たり、データを扱いやすくするための取り組みも並行して主張されている。

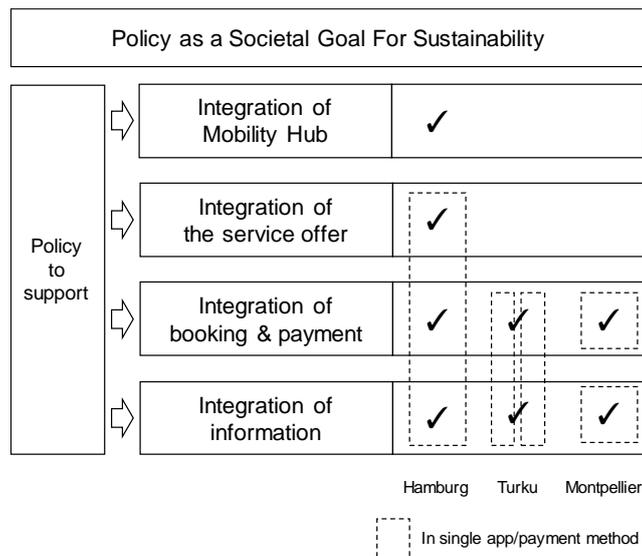


図 3.4 MaaS の整理体系の提案

### 3.4. 小括

本章では、” Societal Goal” と MaaS の関係を再解釈することに取り組んだ。既存のレベル分けが既に影響力を大きく持っていることを確認しつつ、Societal Goal が明確に解釈されておらず、多くの MaaS がレベル 2 ないし 3 に留まっていることを確認した。また、Societal Goal を明文化すると、サステナブルに向けた目標であることと理解することができた。これらを念頭に置いて既存の MaaS の事例を整理すると、どのようなレベルであってもサステナブルに向けた目標が設定されており、近年はデジタル上での統合のみならず、Mobility Hub との統合もサステナブルを実現するための手段として MaaS で議論されていることも明らかになった。これらをまとめ、Societal Goal はあらゆる Integration の延長線上にあるものではなく、MaaS の初期段階であっても目標として掲げられていることを明確にし、新たな体系を整理した。また、必ずしもレベル 1 から順に達成されるわけではなく、同時に実現することも強調した。さらに、Mobility Hubs との統合を新たに定義しつつ、Integration の具体施策を加速させるための政策も存在することを定義し、それに基づいた新しい体系を提案することができた。今回の新たなレベル提案によって、Societal Goal を掲げながら MaaS に取り組むことの重要性と、どのような要素を Integration するか、はレベル分けではなく、組み合わせの問題であることが定義でき、より目標と手段を意識づける体系が提案できた。今後は、さらに多くの事例をこの体系に当てはめることによる検証と、組み合わせのパターン化による MaaS 事例の分類により、類似事例の参照のしやすさに貢献することが求められる。

## 4. デマンド型交通の計画柔軟性（予約期限）

### 4.1. 概説

人口減少や少子高齢化に伴い、運輸業界における労働力不足対策が待ったなしの状況の中、地域交通のサービス維持はますます課題となっている。このような状況の中、乗合バスや乗合タクシーを、乗車ニーズに応じて時刻やルートを決めるデマンド応答型で運行を行う事例が増え、国土交通省（2023）によると、2021年度には全国で592市町村にてデマンド型乗合タクシーが導入されている。

一言で「デマンド型」といっても、そのサービスには様々な種類があり得る。国土交通省中部運輸局（2013）によると、デマンド型交通の分類の視点は、運行方式、運行ダイヤ、発着地（OD）自由度がまずは挙げられるが、それ以外にも車両の大きさ、予約期限、事前会員登録の有無もそれぞれのサービスを特徴づける要素になる。このうち、予約期限とは、デマンド型交通を利用する上で必要な乗車予約について定められている、いつまでに乗車予約を入れなければならないという期限である。リアルタイム、30分前、1時間前、前日までなどそれぞれのサービスごと定められている。国土交通省中部運輸局（2013）によると「予約期限が利用の直前であるほど予約に対する抵抗感が緩和され、利用者にとって使い勝手が良くなる」が、「運行計画をオペレータが作成する場合、計画作成に時間を要するとともに、配車に要する時間を勘案すると、運行直前まで予約を受け付けることは難しく」なり、利用者の使い勝手と事業者側の準備のバランスから予約期限を定める必要があることがわかる。当時の中部運輸局管内では、当日予約が約56%、前日までが約32%となっていたが、具体的な予約ピークのタイミングや、好ましい予約期限の設け方に関する考察は、既往研究を含めてなされていない。

予約期限に着目した研究はないものの、デマンド型交通に関する研究において、予約期限の重要性について触れられている。尹他（2022）は、「スマート予約の重要性と、使いやすい予約システムの構築検討が大事である」と指摘している。また、稗方（2017）は、デマンド型交通の定着のためには、従来の路線バス等には必要なかった予約の手間をいかに軽減することができるかがカギであると指摘している。馮・谷本（2022）は、事業者側のリソース確保に着目し、供給能力を改善するためには、予約期限を早めることも一案であると指摘している。岡山県久米南町（2021）では、2020年1月から配車システムを更新し、時刻表とゾーン制の撤廃、1時間前だった予約期限の撤廃、スマートフォンからの予約の導入、宅配サービスの導入を実現した。配車システム更新前後で、住民の外出頻度が増加したり、将来の交通手段に対する不安が減ったりするなどの効果がみられるという。

近年は、人工知能（AI）等の進化により、ニーズを受け付けてから運行経路の計算や配車までをリアルタイムに行うことが技術的に可能になった。国土交通省は、日本版 MaaS 推進の実現に向けた施策の一環として、2020年度からAIなど高度な技術を活用したデマンド型交通の導入に対する支援事業を開始し、AIを活用したリアルタイムな配車サービスを導入

したい運送事業者、自治体、協議会等が支援を受けている。しかし、補助を受けた事業者の中には、短期の実証実験でのサービスに留まった事例もあり、リアルタイムに配車予約ができることが地域の足の確保にどのように貢献しているか評価されていない。また、長期的にサービス提供されているデマンド型交通は、利用者にとどのように活用されているか利用パターンが明らかになっていない。

これらの状況を踏まえ、本章では3つの観点を明らかにする。

まず、これまで既往研究で着目されてこなかった、デマンド型交通利用時の予約期限に着目し、デマンド型交通利用時の予約のタイミングや手段の傾向を把握する（目的 1）。加えて、日常の通勤・通学、買い物や通院、帰宅などトリップの目的による傾向の違いも併せて明らかにする（目的 2）。さらに、これらの目的を明らかにすることを通じて、現在のデマンド型交通の多くが設定している予約期限が利用者にとっては移動のハードルになっている可能性を指摘するとともに、サービス提供者側が限られたリソースで輸送力を供給するための予約情報を活用した需要把握の可能性を提案する。

## 4.2. デマンド交通の予約期限動向整理

### 4.2.1. 分析方法

現在運行されているデマンド型交通における予約期限の実態を把握することを目的に、調査を行った。対象として、国土交通省関東運輸局（2019）の調査においてリストアップされた1都8県（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、東京都、千葉県、神奈川県、山梨県）のデマンド型交通119事例について、それぞれのサービスのインターネットサイトを確認し、予約期限を調査した。なお、2019年時点からサービスが廃止されたり、デマンド型交通ではなくなったりした場合、公開情報がない場合は調査対象外とした。

### 4.2.2. 予約期限の実態に関する調査結果

図 4.1 は、国土交通省関東運輸局（2019）の調査においてリストアップされた1都8県のデマンド型交通について、設定されている予約期限を調査し、整理したものである。全体として、9割程度が何らかの予約期限を設定しており、直前でも予約ができる事例は1割にとどまっていた。設定されている基本的な予約期限は、合わせて8割以上の事例が1時間以内になっている。しかし、一日の初便や朝の一定の時間帯までの運行に関する予約期限に限ってしてみると、前日の営業時間までに予約期限を設定している事例が7割程度ある。通常、30分前や1時間前と予約期限を設定している場合であっても、朝一番の時間帯への乗車予約については例外ある場合が多く、朝の利用については利用者が計画的に利用する必要がある。

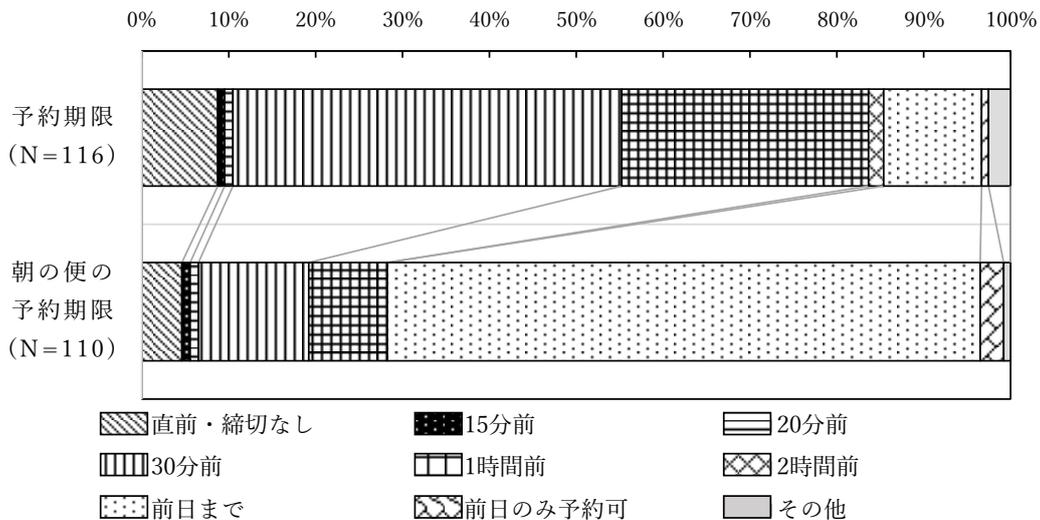


図 4.1 1都8県におけるデマンド型交通の予約期限

調査した事例における予約手段を調査すると、119 事例中 119 事例（100%）が電話予約に対応しており、そのうち 26 事例（22%）がウェブ予約にも対応していた。

朝の便の予約期限を前日までとしている理由を考察するため、電話予約センターの営業時刻とデマンド型交通の営業時刻に着目した。朝の便の予約期限を前日までとしている事例は、予約センターの営業終了時刻がデマンド型交通の運行終了時刻より早いか、同時であることが多い。また、予約センターの営業開始時刻がデマンド型交通の運行開始時刻と同時か遅いこともあり、朝の便の乗車希望に対してルートや配車計画を立てたり、運転士に伝達する時間が確保できないことが影響していると考えた。一方、予約センターを運行委託先のタクシー会社が兼ねている場合、予約センターの営業時間がデマンド型交通の運行開始時刻よりも早く、通常の便と同様に直前の予約でも受け付けることと配車することができる時間が確保できていると考えた。

### 4.3. 「のるーと」データの分析に基づく予約行動の分析

#### 4.3.1. 分析方法

前節における分析結果を踏まえ、デマンド型交通の多くは、予約期限が 30 分以上前に設定されていることが明らかになった。また、朝の時間帯に外出を希望する場合は、前日までに計画的に予定する必要がある場合がほとんどであった。実際には路線バスや、タクシーと比較し、前もって乗車計画を立てる必要があることは、日常の地域内の移動に対して障害になっている可能性がある。

そこで、本節では、すでに予約期限を撤廃し「今すぐ乗車したい」という希望を受け付け

られるデマンド型交通において、利用者が予約をとるタイミング、手段を分析する。仮に予約期限のないデマンド型交通の予約傾向として、30分前や1時間前の予約が多いようであれば、多くのデマンド型交通の設けている予約期限は利用者にさほど障害となっていないものと考察できる。

#### 4.3.2. 分析対象サービス

本研究では、予約期限がなく「今すぐ乗車」の予約を受け付けている事例として福岡県福岡市壱岐南エリア（西区野方周辺）で西日本鉄道株式会社がサービス展開をする、のるーと壱岐南を分析対象とする。壱岐南エリアでののるーとは、2020年6月から運行開始した。運行時間は土日を含む週7日8時30分から18時30分で、車両はトヨタ・ハイエースを活用し、乗車定員は8名である。国土交通省中部運輸局のデマンド型交通の分類に基づくと、のるーとは自由経路ミーティングポイント型に該当する。地域内には43か所のミーティングポイントが設置され、乗降はミーティングポイントから行う。時刻表やルートは予約に応じて、配車アルゴリズムにより計算される。予約方法は電話予約とスマートフォン予約があり、電話予約の場合は予約センターの営業時間8時30分から18時の間に連絡する必要がある。スマートフォン予約は24時間受け付けている。予約は、乗車の3日前から「今すぐ乗車」までタイミングを選ぶことができる。予約期限のないのるーとの予約傾向を分析することにより、地域交通としてのデマンドサービスの乗車予約の傾向が把握できるものと考え、本調査の対象とした。

表 4.1 対象サービス概要

サービス名	のるーと「壱岐南」
運行地域	福岡県福岡市壱岐南エリア
運行時間	8:30～18:30（週7日）
乗車定員	8名乗り（トヨタ・ハイエース）
運行タイプ	自由経路ミーティングポイント型 （注：国土交通省中部運輸局「デマンド型交通の手引き」における分類による）
運賃	大人：300円、小児・障がい者：150円、幼児：同伴者1名につき2名まで無料
予約方法	電話（8:30～18:00まで）、スマートフォンアプリ
予約期限	3日前から「今すぐ乗車」まで



出所)「のるーと」壱岐南ウェブサイトにおける地図をもとに追記

図 4.2 対象エリア

エリア内には、橋本駅横に木の葉モール「橋本」というショッピング施設があるほか、スーパーマーケット、ディスカウントストア、銀行等があり、地域の買い物需要に答えている。さらに、エリアの西端には、中規模の医療施設があり、地域内外からの通院や入院患者への見舞に伴う来訪もある。後背には住宅地が広がるが、駅やバス停方面から住宅地に向かって上り坂が続き、斜面住宅地を形成している。

サービスエリアにおける他の交通手段として、地下鉄、路線バスがある。地下鉄は、七隈線の終点である橋本駅、次郎丸駅がエリア内にある。また、バス営業所が域内にあり、ここから天神方面、姪浜方面に向かうバス路線にアクセスできる。ただし、橋本駅から医療施設方向への路線バスは1時間1から2本程度、営業所から医療施設方向へは1時間3から7本程度、営業所から、藤が丘住宅地方向には1時間1から2本程度の運行本数である。

#### 4.3.3. 分析データ

本研究では、のるーと「壱岐南」の予約・乗車実績データから、2023年5月1日から6月30日までの乗車に関するデータを対象とした。データの概要は表4.2の通り、2か月間の乗車と予約に関する記録とた（不成立の予約記録も含む）。

**表 4.2 分析データ概要**

分析期間	2023年5月1日～2023年6月30日乗車分
データ件数	3057件（予約記録・キャンセル記録合計） 388人分（数）
データ項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 利用者ID</li> <li>• 乗車希望時間、乗車希望場所、降車希望時間、降車希望場所、乗車人数</li> <li>• 予約日時、予約形態、ステータス（予約成立/キャンセル）、予約方法</li> <li>• 乗車予定時間、乗車予定場所、降車予定時間、降車予定場所、キャンセル発生日時</li> </ul> 乗車完了日時、降車完了日時、支払方法種類

#### 4.3.4. 分析結果

##### (1) 2 か月間の利用状況

対象期間延べ 61 日間での予約件数は 3,057 件あった。このうち、実際に予約が確定した件数は 2,594 件であった。この期間予約行動をとったユーザ数は 388 人であった。確定した予約について、期間全体では 1 日当たり予約件数は平均 42.5 回で、平日は 47 回/日、土曜日は 35.8 回/日、日曜日は 23.4 回/日となり、平日が多く利用される傾向にあった。

乗車時刻別にみると、午前中がピークで、午後早い時間から夕方の時間帯にかけて利用が落ち着く傾向にある。8 時台と 18 時台は 30 分のみでの運行時間であるが、それを考慮しても朝一番と最終の時間帯は隣り合う時間帯と比べると利用が少ない傾向にある。

さらに、予約手段別の予約件数をみると、電話予約が 60%、スマートフォン予約が 40% を占めた。時間帯別でみると、8 時台の予約はアプリ予約が多い。予約センターが 8:30 から営業開始のため、朝一番の予約はアプリで予約する傾向にあった。

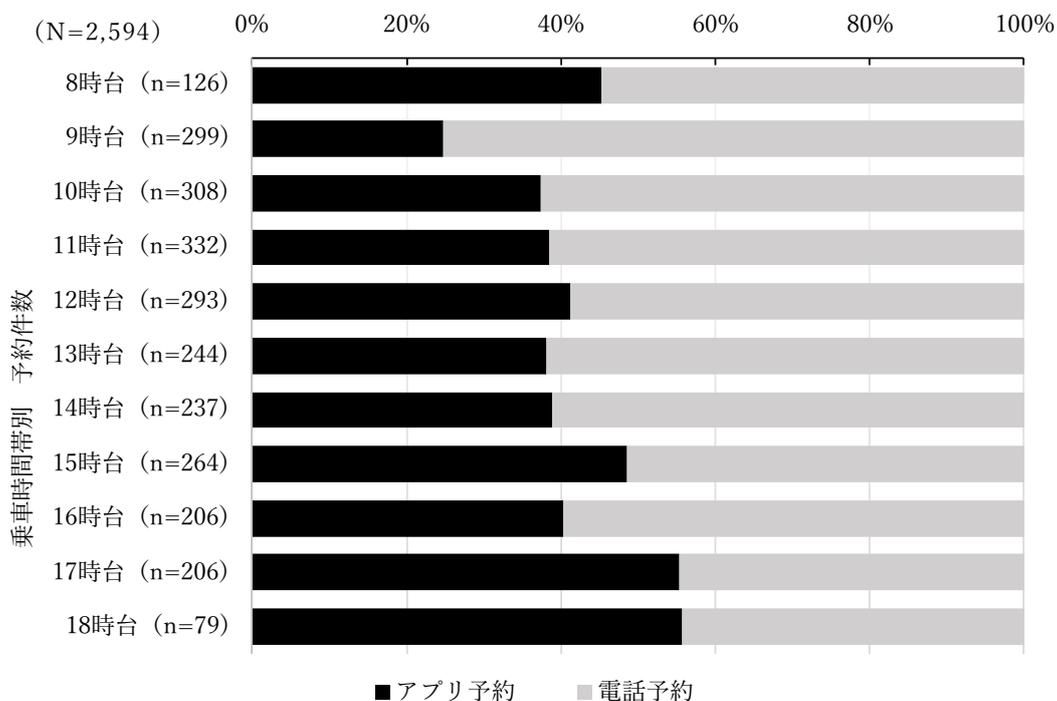


図 4.3 乗車時刻と予約手段の関係

##### (2) 乗車時刻に対する予約操作完了時刻の差分

本節では、デマンド型交通の利用に際する予約のタイミングを分析した。

まず、「乗車を希望する時刻」と「予約操作が完了した時刻」の差分を分析した。分析に先立ち、差分を次の 10 階級にラベリングした。のるーとの予約アプリ上からは、予約時に出発時刻を「今すぐ出発」と設定できる機能がある。加えて、任意の希望発車時刻を入力することができる。前者の「今すぐ出発」機能を使って配車した場合と、希望発車時刻をユー

ザが手入力で現在時刻に設定した場合を「今すぐ乗りたい」ニーズとした。それ以降、1時間以内の差分については、他の事例で多く採用されている「発車の15分前までに予約」あるいは「発車の30分前までに予約」の有用性を図るため、細かく階級を設定した。1時間以上の場合は、6時間以内、12時間以内、24時間以内と設定し、1日以上先の予約は24時間ずつ区切って階級を設定した。

表 4.3 希望乗車時刻と予約完了時刻の差分階級

条件	階級
予約時に「今すぐ出発」機能を使って配車した	今すぐ乗りたい
予約時に指定する乗車時刻に、ユーザが <u>現在時刻を入力</u> して配車した	
予約時に指定する乗車時刻と予約完了時刻の差が、 <u>1分以上15分以下</u>	0:01~0:15
予約時に指定する乗車時刻と予約完了時刻の差が、 <u>16分以上30分以下</u>	0:16~0:30
予約時に指定する乗車時刻と予約完了時刻の差が、 <u>31分以上60分以下</u>	0:31~1:00
予約時に指定する乗車時刻と予約完了時刻の差が、 <u>1時間以上6時間以下</u>	1:01~6:00
予約時に指定する乗車時刻と予約完了時刻の差が、 <u>6時間01分以上12時間以下</u>	6:01~12:00
予約時に指定する乗車時刻と予約完了時刻の差が、 <u>12時間01分以上24時間以下</u>	12:01~24:00
予約時に指定する乗車時刻と予約完了時刻の差が、 <u>24時間01分以上48時間以下</u>	24:01~48:00
予約時に指定する乗車時刻と予約完了時刻の差が、 <u>48時間01分以上72時間以下</u>	48:01~72:00
予約時に指定する乗車時刻と予約完了時刻の差が、 <u>72時間01分以上</u>	72:01~

これらの階級に基づいて、全体の傾向を分析したところ、全乗車予約のうち、約37%が「今すぐに乗りたい」ことを希望、全体の60%程度は1時間以内の乗車の予約を希望していることが明らかになった。

また、のる一とでは、乗車3日前から予約を受け付けているものの、2日以上余裕をもった予約は6%程度しかないことも明らかになった。

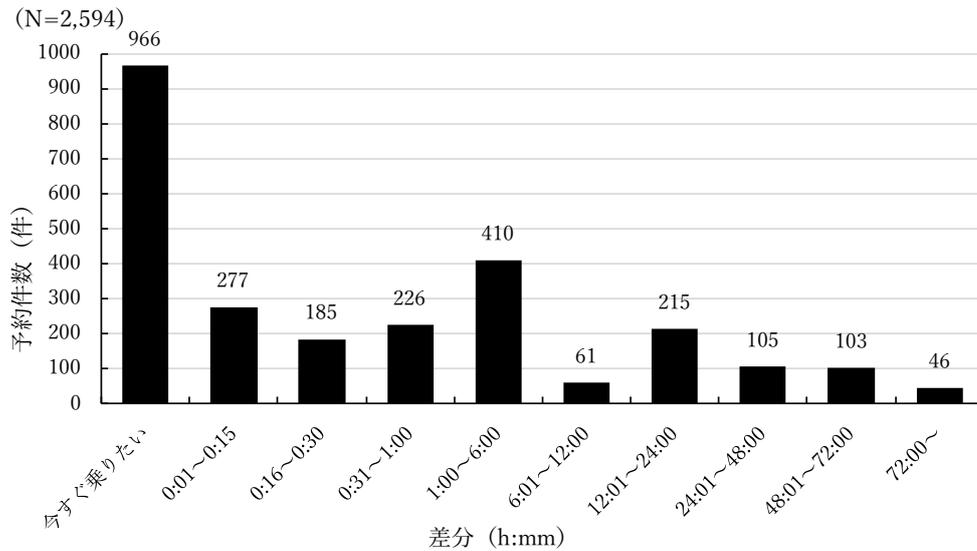


図 4.4 乗車時刻と予約操作完了時刻の差分

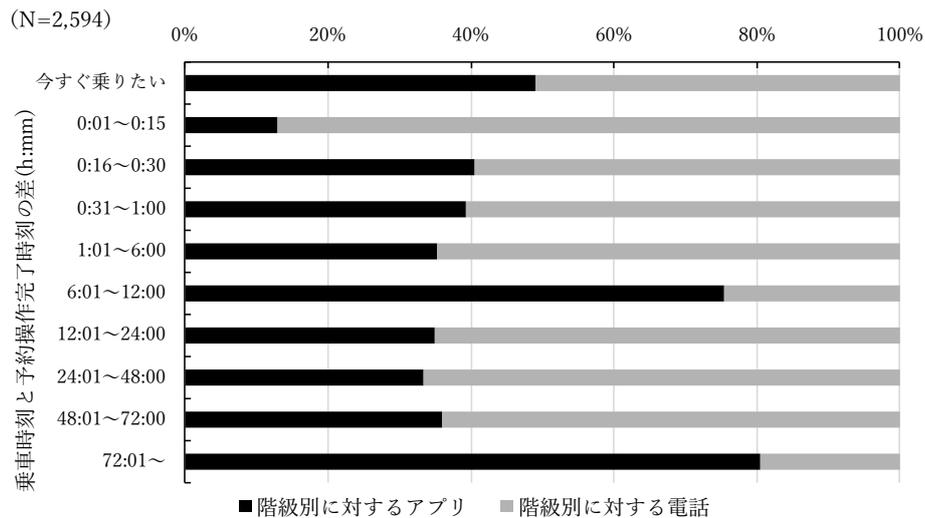


図 4.5 予約時刻-乗車時刻差分階級別 予約手段

予約手段別にみると、「今すぐ乗りたい」予約は電話とアプリ予約がほぼ半数ずつであることに対し、15分以内の直近の乗車予約は電話から行われる割合が9割弱に上ることが分かった。乗車希望の6時間から12時間の間に行われる予約はアプリでの予約が多いが、乗車希望時間帯のボリュームゾーンが午前から午後早い時間であることを考慮すると、予約操作を行うタイミングが電話予約受付の営業時間外であることの影響を推測できる。

さらに、デマンド型交通は、朝の乗車予約に限り、前日の運行時間内までに予約をする必要があるケースも多い。その制約条件が及ぼす影響を明らかにするため、のり一との8時台

の乗車希望に関する予約記録のみを抽出して分析した。

8 時台乗車に対する予約操作は、「今すぐ乗りたい」機能で予約される場合が多いが、前日の予約センター終了後以降営業開始までの夜間の間に予約されたケースも全乗車の半数を占めることが明らかになった。

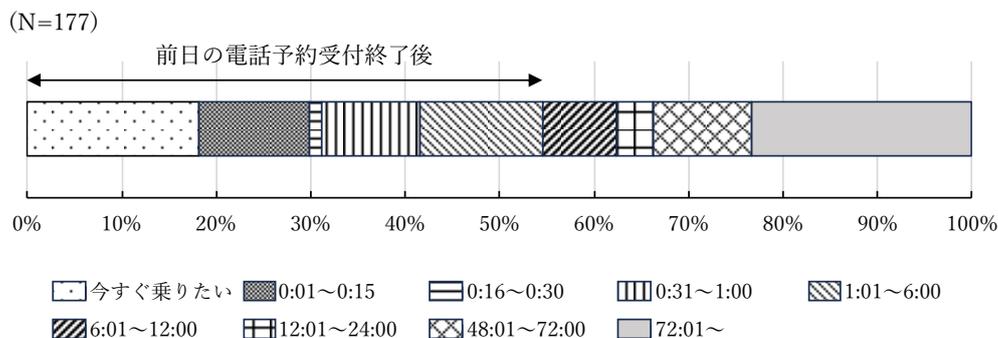


図 4.6 8 時台の乗車予約に対する予約取得タイミング

### (3) トリップ目的別の予約タイミング

ここでは、トリップ目的別に予約操作のタイミングを分析する。壱岐南地域のミーティングポイントを、周辺環境に基づき 4 つに分類した。まず、橋本駅、野方・営業所を目的地とするトリップは「駅・バス営業所へのトリップ」とした。壱岐南エリア内のスーパーマーケット、ディスカウントストアの前にあるミーティングポイントを目的地とするトリップは「買い物へのトリップ」とした。また、病院・医療施設を目的地とするトリップは「病院へのトリップ」とした。これらの 3 つをまとめて「外出トリップ」とする。一方、住宅地内のミーティングポイントを目的地とするトリップは、「帰宅トリップ」とした。

それぞれのトリップ目的別に予約操作が行われたタイミングと、乗車時間帯を分析した。外出トリップは、帰宅トリップと比較して総じて前もって予約されることが明らかになった。特に、朝 8 時・9 時台はあらかじめ予約された乗車が多い。

帰宅トリップは、日中は特に「今すぐ」のニーズが多い。夕方以降は事前予約割合が多い。

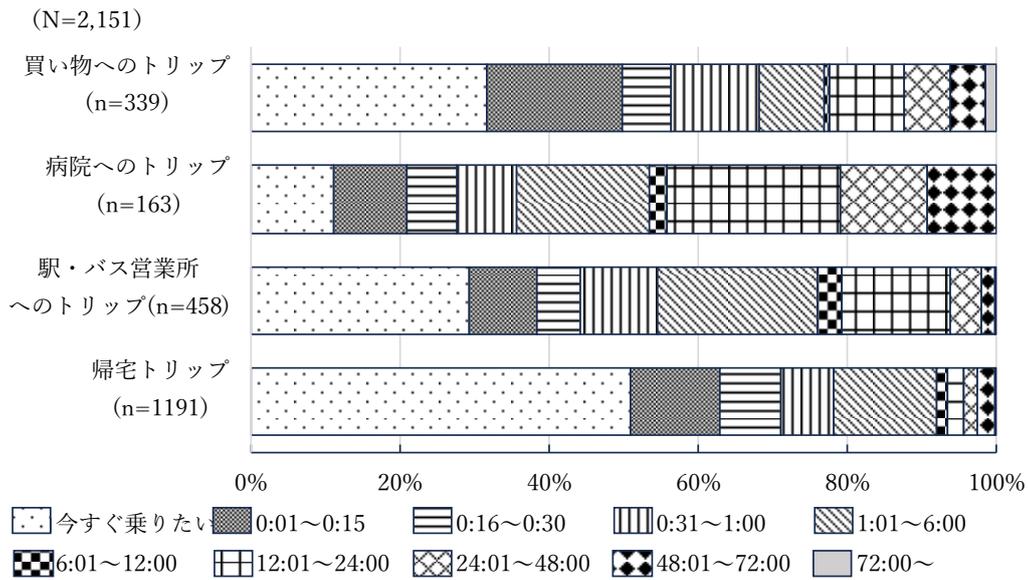


図 4.7 トリップ目的別 予約タイミング

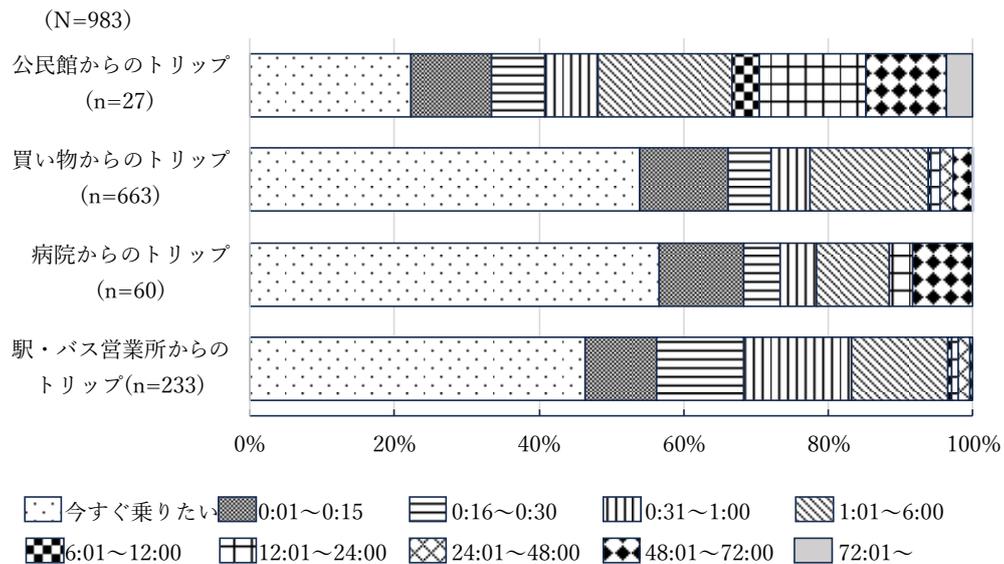


図 4.8 帰宅トリップの発地別予約タイミング

「病院へのトリップ」は、「今すぐ乗車」が少なく、12時間以上前の予約が半数以上であった。病院の診察予約時間などが決まっている可能性が高く、前もって乗車時間を見通せるため、予約が前倒しになると考察した。

他方、帰宅トリップや買い物等へのトリップは「今すぐ乗車」が多い。帰宅は特に出発時間を前もって決められない場合が多いためと考察した。

「駅・バス営業所へのトリップ」についても、30分から1時間程度の余裕を持つ場合が多い。その先の地下鉄やバスの時刻表等との連携を考えて、多少計画的に出かけるケースが多いものと考察した。ただし、このエリアにおいては駅周辺やバス営業所周辺に銀行や買い物施設もあるため、今回のデータからはのりーと下車後にさらに他の交通手段に乗り継いでいる内数は分析できない。

#### (4) リピーターの行動分析

のりーとの利用シーンや利用時の予約特性を深掘するため、対象期間に繰り返し利用したリピーターを抽出し利用パターンを分析した。

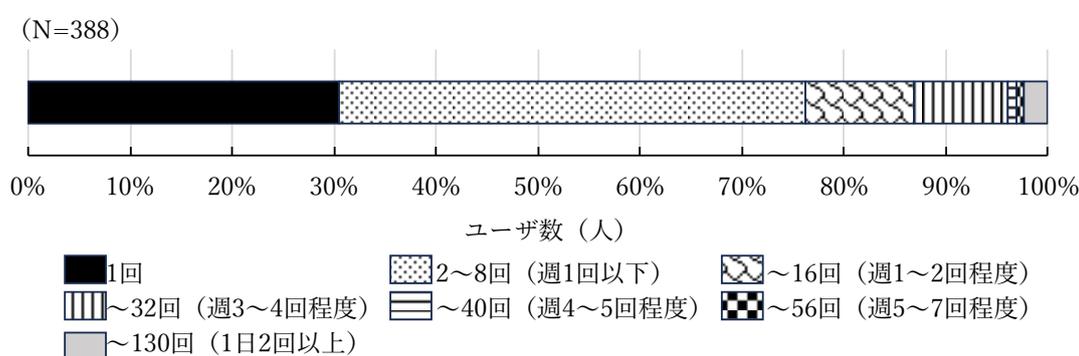


図 4.9 1 ユーザ当たり利用回数

分析対象とした2か月間に、約7割のユーザが2回以上利用した。しかし、ほとんどが平均して週1回以下で、週1~2回以上使っているユーザは全体で2割強にとどまった。2か月間に利用のあったユーザ（予約・キャンセルにより実際の乗車実態にかかわらず、何らかの予約操作のあった場合をカウント）は388人、平均して1人当たり7.88回予約操作を行い、最大で126回利用したユーザもいた。

利用回数別にリピーターのほうが15分以内の予約が多い傾向で、1回のみ利用のユーザは30分~6時間以内の少し余裕を持った予約が多い傾向にあることが分かった。

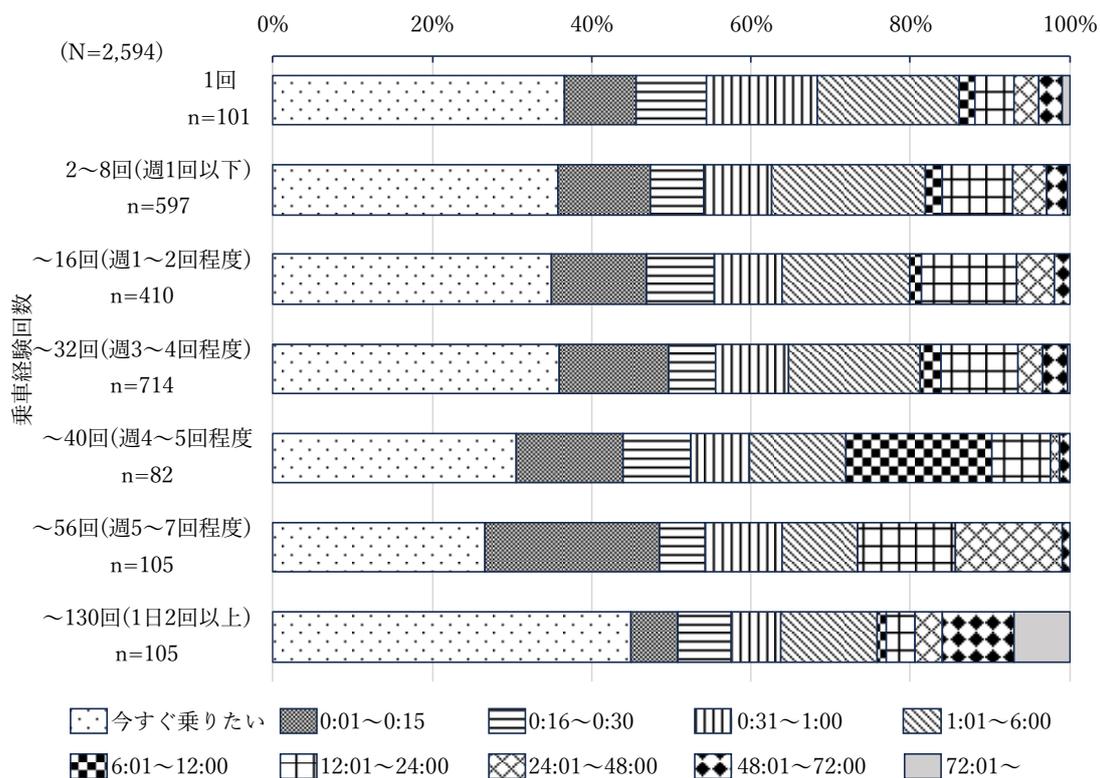


図 4.10 乗車経験別予約期限

### (5) パターンの分析

ここでは、図 4.9 に示したグラフにおいて、もっとも利用回数が多い階級に分類されたユーザを抽出し、ユーザごとの利用パターンを分析した。対象となるユーザは 9 名で、それぞれの乗降場所、利用時間帯、予約操作に関する状況を分析した。

まずそれぞれの利用傾向を把握するため、1 日のうち早い時間帯に発地とする傾向のあるミーティングポイントから出かける方向のトリップは「行き」、その逆方向のトリップを「帰り」と定義した。例えば、早い時間帯に「住宅地」を発地とするパターンが多いユーザは、当該地域の住民と仮定し、住宅地からそれ以外のミーティングポイントへ向かうトリップは「行き」、住宅地に戻るトリップは「帰り」とした。一方、早い時間に住宅地以外の施設を発地とする傾向があり、住宅地あるいは域内の施設に向かっていく場合は住宅地あるいは域内へ向かう方向のトリップを「行き」とし、この地域の住民ではないが、何らかの目的での来訪に関するトリップであると仮定した。

これらの仮定に基づき、住宅地から出発するトリップを「行き」とするユーザは当該住宅地に居住する住民であると仮定したところ、7 名が地域内に居住する住民、2 名が壱岐南地域へ他の地域から訪れる来街者と推定できた。ここでは、そのうち利用パターンの異なる代表的な 3 パターンを抽出し、それぞれの利用パターンに当てはまる代表的なユーザの利用

経路や予約タイミングを分析した。

### 1) 来街者の場合（地域内住民以外）

まず、地域住民ではないが、この地域へ来訪するユーザ事例として、付近の地下鉄駅周辺から医療施設へ週に3～4日程度利用する来訪者①を分析した。このユーザは、2か月の間に62回のるーとを利用し、利用する曜日は平日のみだった。利用する発着地点はおおよそ固定されており、平日朝、地下鉄駅周辺から病院まで移動し、数時間の滞在を経て再び駅へ戻るか、買い物施設までの移動にのるーとを活用している。定期的な通院、または看病・介護等で医療施設に通うユーザで、帰りは買い物をしていると推測する。利用が定期的であるためか、予約は行き・帰りとも、少なくとも48時間より前に入れる場合が多い。帰りはまれに「今すぐ乗りたい」ことを希望して予約取得する場合もあった。なお、帰りの予約タイミングについては、目的地が駅または買い物施設で違いはなかった。

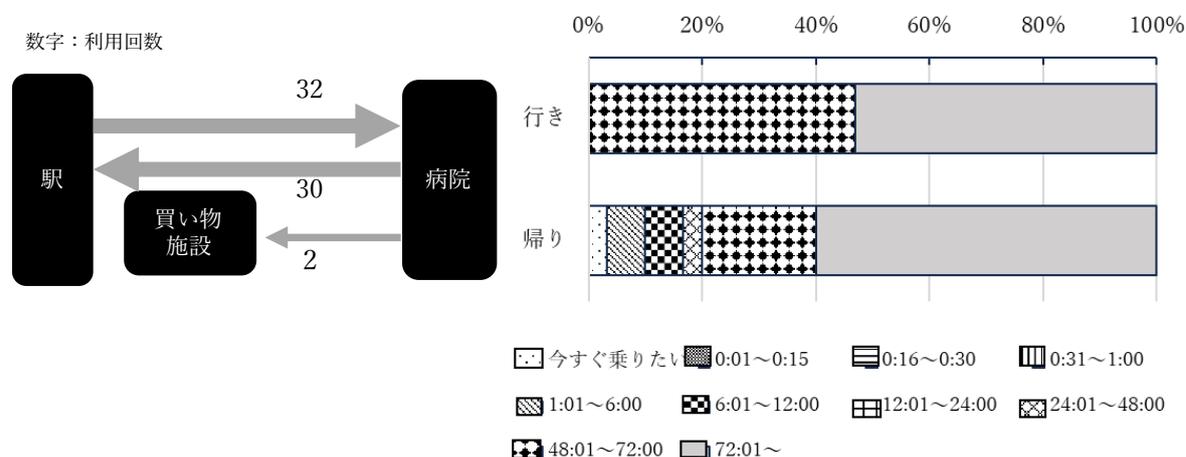


図 4.11 行き／帰りの予約タイミング（来訪者①）

つぎに、同じく住宅地への来訪目的で使う、来訪者②のユーザを分析した。買い物施設前を出発地点とし、住宅地の決まったミーティングポイントへの往復に活用している。このユーザも、利用経路が固定的であり、予約のタイミングは行き、帰りともに12時間以上前に予約をしており、ボリュームゾーンとしても48時間から72時間前に予約することが最も多かった。このユーザは、予約手段が電話予約に限定されており、スマホ予約と比べて、営業時間内に予約を取る必要があることも前もって予約を入れているものと推測する。

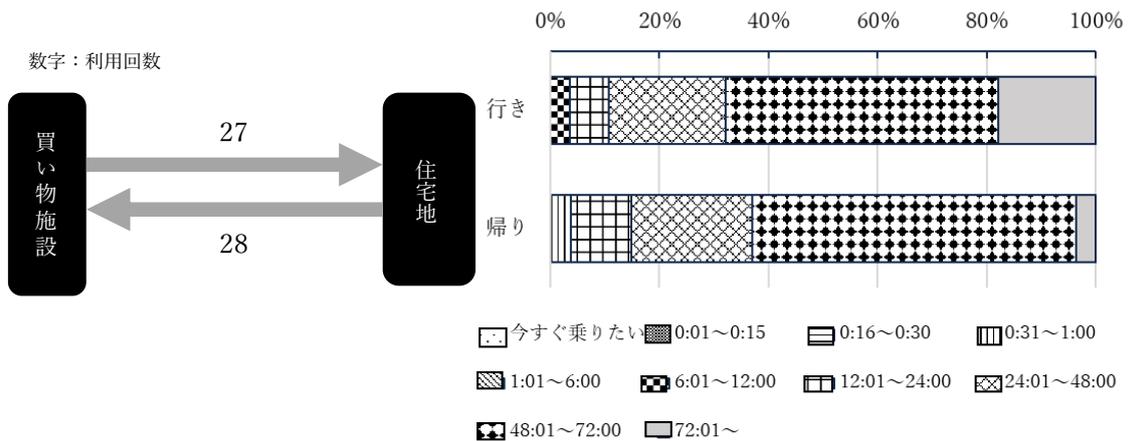


図 4.12 行き／帰りの予約タイミング（来訪者②）

## 2) 地域住民の利用

地域住民と推定されるユーザは、橋本駅・バス営業所、医療施設、買い物施設への移動の足としてののり一とを活用している。行きはそれぞれの用事先に出かけるが、地域住民の場合、「帰り」の発着地が買い物施設になるトリップが多い。これは、外出の最後に買い物をして帰宅するパターンが多いためであると考えられる。

例えば、図 4.13 に示す地域住民③は、土日を含む週 3 回から 4 回ほど利用するユーザである。行きは駅、営業所、買い物施設の順に目的地にすることが多いものの、帰りは圧倒的に買い物施設から利用することが多い。バス営業所や駅から域外への外出をしたり、その周辺での用事を目的として出かけても、帰りは最後に買い物施設で買い物をして帰宅するケースが多いものと推測する。予約のタイミングは、行き、帰りとも「今すぐ乗りたい」が最も多く、行きはすべて乗車まで 30 分以内の希望で予約を取得する。帰りは、若干行きよりも前もって予約する場合もあるが、「今すぐ乗りたい」割合は行きよりも多い。

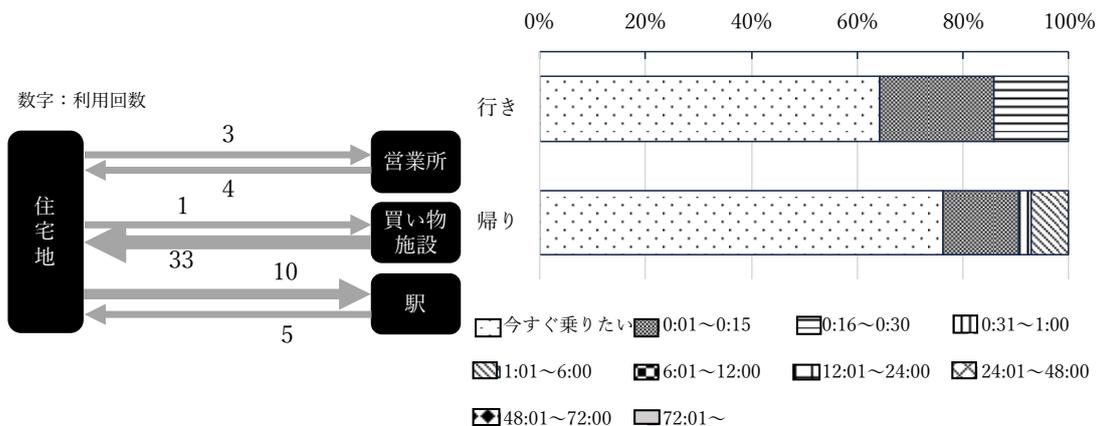


図 4.13 行き／帰りの予約タイミング（地域住民③）

類似する利用パターンとしてもう一事例を以下の図 4.14 の通り示す。このユーザ（地域住民④）も、外出先として買い物施設、駅、バス営業所、病院に出かけているものの、帰りに着目すると買い物施設からのトリップに出発地点が集約される傾向にある。このユーザは、土日を含むすべての曜日に利用実績があり、日によっては 3 回から 4 回乗車することもあるヘビーユーザーであるが、行き・帰りともに 8 割以上が「今すぐ乗りたい」というニーズのもと、利用していることが明らかになった。

地域住民は、帰りよりは、行きのほうがやや計画的に予約される傾向にもあるが、週に複数回利用するユーザであっても予約のタイミングは直近であることが明らかになった。地域内での買い物など、トリップの発生時間帯やルートのみ見ると習慣的な移動ではあるが、毎回の予約は来街者に比べて、直前に行われる傾向である。

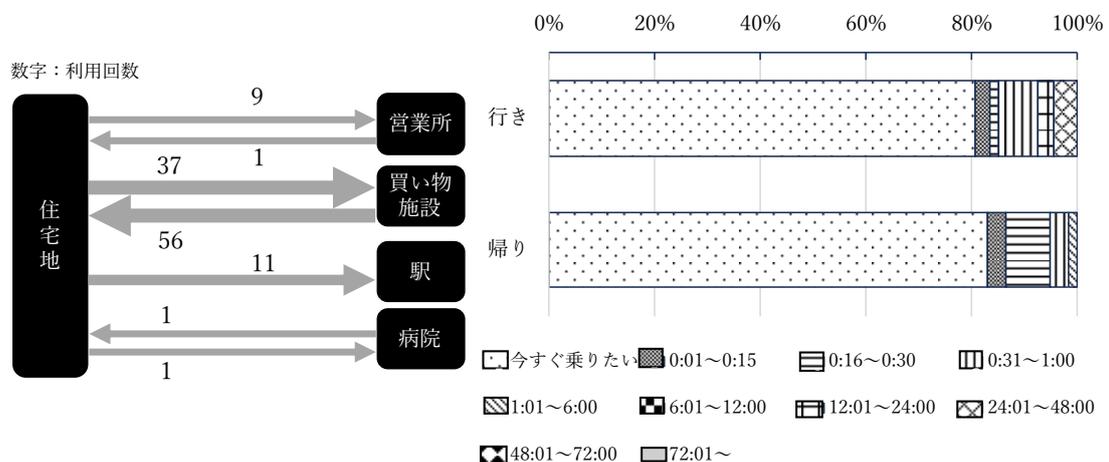


図 4.14 行き／帰りの予約タイミング（地域住民④）

### 3) 地域住民の利用（片道のみ利用）

地域住民のもう一つの利用パターンとして、自宅から出かける場合は、何らかの方法で移動し、自宅に帰る場合のみ、のり一とを利用するパターンもあった。このパターンで移動するユーザ（地域住民⑤）は、1 度のみ、駅へ出かける際にのり一とを活用したが、それ以外はすべて帰宅する場合の利用だった。往路は路線バス等を利用している可能性や、住宅地が斜面の上にあることにより、帰りが登り坂になるため、よりドアトゥドアに近いのり一とを利用していると考察する。

予約のタイミングを分析すると、帰りの乗車予約は、最も多いのが 1 時間から 6 時間前に予約したケースで、次いで「今すぐ乗りたい」ものだった。それ以外を含めても帰りの予約は 6 時間以内に行われていた。

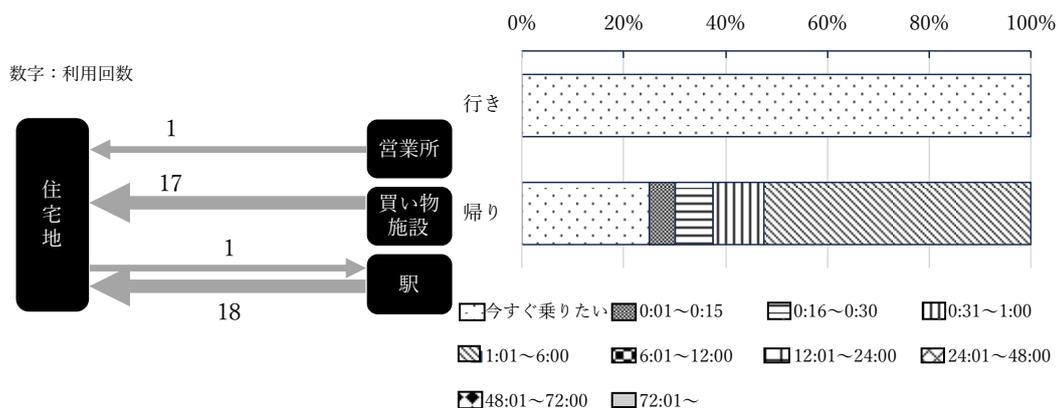


図 4.15 行き／帰りの予約タイミング（地域住民⑤）

#### 4.4. 小括

本研究では、デマンド型交通の予約期限に着目し、分析を行った。

4.2 では、現在関東運輸局圏内で運行されているデマンド型交通について、予約期限を調査・分析した。その結果、約 9 割で予約期限が設けられており、朝の予約に関しては 7 割が前日までに予約期限が設けられていることが分かった。デマンド型交通と言っても、今すぐに乗りたいときに乗ることができる事例は 1 割程度に留まっていることが明らかになり、特に朝の乗車に関してはより計画的な予約が必要であることも明らかになった。

4.3 では、のり一との予約に関するデータの分析結果を行った。4.2 では、乗車時間に対する予約操作完了時刻の差分を求めた。その結果、全体 37%が「今すぐ乗りたい」ことを希望しており、60%程度が 1 時間以内の乗車時刻を指定して予約していることが分かった。また、多くのデマンド型交通において、朝の予約が前日までに予約期限を設定されている現状を踏まえて、朝の乗車に限定して予約のタイミングを分析したところ、前日の電話予約センター受付終了後から翌日の営業開始までの夜間・早朝の時間帯に予約されたケースが約半数を占めることが明らかになった。4.3.4 では、トリップ目的別の予約のタイミングを分析した。例えば、病院への移動や、さらにその先電車やバスに乗り継ぐとみられる移動など、予定時刻の目途がつく移動目的の場合には、前もって予約される場合が多い。一方、買い物の目的では行き・帰りとも「今すぐに」出かけたいためが多い。また、外出時（行き）は計画的に予約したとしても、帰宅時（帰り）は用事の終了タイミングに依存したり、買い物をしてから帰宅する場合も多く、前もって予約しない傾向にあることが明らかになった。

これらの結果を踏まえ、本研究の成果と考察をまとめる。まず、デマンド型交通の予約タイミングや手段について、およそ 4 割が「今すぐ乗りたい」ことを希望していることが明らかになった。多くの自治体のデマンド型交通は予約期限を 30 分前、15 分前に設定しているところが多いが、それでは 4 割程度のニーズには対応していないことになる。1 時間以内に乗りたい乗客が全体の 6 割を占めることを鑑みると、最低でも 1 時間以内に予約期限を求

めることが好ましい。さらに、多くの地域において朝の乗車予約を前日までに設けているが、朝の乗車予約の約半数が前日の夜間から当日早朝にかけて行われていることを踏まえると、前日の予約期限は利用者の使い勝手がよいとは言えない。

次に、トリップ別の予約の違いについて、行きはある程度計画性のある予約が多かったが、帰りは買い物施設に立ち寄ったりするケースも多く、直前に予約されることが多かった。外出する時間帯や外出先がおよそ固定化されている住民も、直前に予約している事例が多い。地域交通に期待される日常の買い物や通院等への足として、予約期限が事前に設定されていることは、関連する定期的な利用までも機会を失っているとも考察できる。

最後に、デマンド配車システムは、急速に進化を遂げ、即時にルートや時刻を計算できるようになった。即時予約・配車ができるデマンド型交通の事例は、全体から見るとまだ少数ではあるが、予約期限の撤廃はユーザにとって外出のしやすさを向上させると考察できる。とはいえ、デマンド配車システムの導入には大きなコストがかかるため、すぐに切り替えることができない自治体等も多くあると予想できる。その場合であっても、本研究により明らかにしたようなトリップ特性を把握することにより、例えば午後の買い物施設周辺に即時に配車できるよう、車両やドライバーの配置を重点的に行うなど、ニーズに即してターゲットを絞ってリソースを活用することにより、効率的な運用方法が実現できる可能性がある。

## 5. 自動運転バスと乗務員のあり方

### 5.1. 概説

人口減少・少子高齢社会において、持続可能な地域交通ネットワークを維持することは、地域における外出・雇用・教育に関する機会を維持・創出するうえで必要不可欠である。また、いわゆる「2024年問題」としてバス運転士（注：法律上は「運転者」であるが、ここでは多くの事業者が慣例上用いる「運転士」という）の人材確保に関する社会課題は山積し、自動運転技術への期待は大きい。

2022年12月に閣議決定されたデジタル田園都市国家構想総合戦略<sup>(1)</sup>では、主に人流を対象とする移動サービス（つまりバスやタクシー）について、「地域限定型のレベル4無人自動運転移動サービス」を、2025年度をめどに50か所程度、2027年をめどに100か所以上で実現することが目標として掲げられた。この政府目標に基づき、経済産業省・国土交通省のスマート・モビリティ・チャレンジやRoad to the L4などのプロジェクトにより各地で実証実験・検討が進んでいる。

一方、自動運転について「無人自動走行」等と表現されることもあり、一般的な印象として、「自動運転」＝「無人」という誤解も多いが、2022年に改正された道路交通法では、遠隔又は車内に特定自動運行保安員を乗務させる必要があり、乗降の補助や案内などの接客に関する人員は当面のレベル4自動運転では残る。

しかし、現在の自動運転に関する法律改正の状況をバスの運行に関連する法律ごとに整理してみると、道路運送法に関しては法改正がなされておらず、旅客サービスに関しては自動運転を見据えた検討が十分とは言えない（表5.1）。

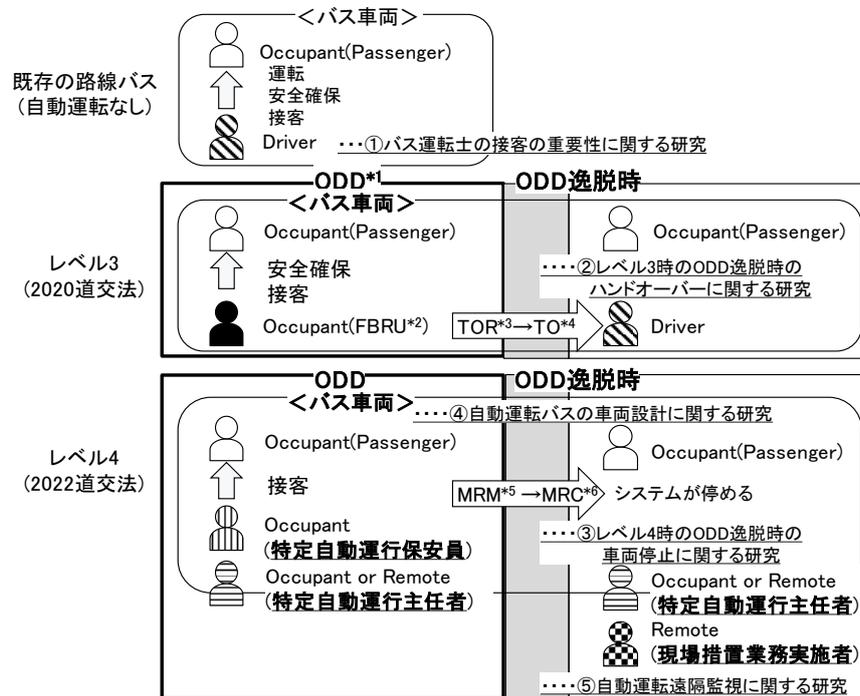
**表 5.1 バスの運行に関連する法律の自動運転に向けた改正状況**

法律名	自動運転に関する法改正
道路交通法	2019.5：レベル3認可 2022.4：レベル4認可
道路運送車両法	2020.4：自動運行装置を追加
道路法	2020.11：自動運行補助施設を追加
道路運送法	(特になし)

## 5.2. 乗務員・車内サービスに関する法的動向・先行研究整理

前項で整理したように、無人自動運転移動サービスの社会実装に向けて、法改正が進められている。2022年に改正された道路交通法における限定地域における特定自動運行（レベル4相当）では、今井（2023）を参考にすると、運行に関わる役割が3者定義された（図5.1太字下線）。まず特定自動運行主任者は、「自動運行装置の作動状態を特定自動運行中、監視する義務があり、自動運行装置が正常に作動していないと認めた時は、直ちに特定自動運行を終了させるための措置を講じなければならない」役割で、車内にいても遠隔でもよい。現場措置業務実施者は、交通事故が発生した場合、特定自動運行実施者が消防や警察へ通報するとともに現場へ派遣される役割である。特定自動運行保安員は、車内にて乗降の補助などを行う役割である。これらの役割に対する責任分担や業務内容は法律上は定義されておらず、今後の運用に任されている。さらに、特定自動運行保安員と特定自動運行主任者の間の役割分担がなされておらず、本来無人でも運行できるはずの無人自動運転移動サービスに2人の乗員が必要という見方もできたが（樋笠（2023））、2023年5月の貨物自動車運送事業輸送安全規則の解釈及び運用について（国土交通省）により、特定自動運行保安員と現場措置業務実施者を兼ねられるようになった。

様々な研究や社会実験等が推進される中、実車運行の全体の流れを通じた車内外の人員の業務整理は途上である。



\*1) ODD : Operational Design Domain, 運行設計領域,

\*2)FBRU : Fall Back Ready User, 運転権限引継ぎ待機中の利用者

\*3)TOR : Take Over Request, 車内にいる者に対して運転権限の委譲を求める要求, 「運転操作を促す警報」

\*4)TO : Take Over, 運転権限の委譲

\*5)MRM : Minimum Risk Maneuver, リスク最小化のための手段

\*6)MRC : Minimal Risk Condition, 安全に走行ができない場合に車両が目指す安全状態

出所) 今井 (2023) を参考に作成

図 5.1 自動運転バスの乗員の関係と既往研究レビューのマッピング

一方、バス運転士の接客等がバス利用者に与える影響は既往研究で明らかになっている。佐藤・谷口 (2011) によると、バス利用者の満足度への影響要因として、接客や運転操作など運転士要因が与える影響は大きい。また、鈴木ら (2020) も、運転士の接客、時間の正確さ、車内の清潔さがバス利用の満足度に与える影響が大きいことを示した。

これらの研究を踏まえても、自動運転の乗務員のあり方についての議論が限定的である。表 2 は、自動運転レベル 3 及び 4 における運転士に関連する既往研究を、図 5.1 中に示すような ODD 内から ODD 外に責任者が変化するフェーズや、車両・インフラなどの無人自動運転移動サービスの実現に向けて必要な設備に着目して整理したものである。②③のように ODD 逸脱時にシステム主導の運行が継続できなくなった場合の人間への事態の伝達方法や、運転の主導を人間に引き渡す方法に関する研究はなされている。また、無人自動運転移動サービスを見据えた車両設計やインフラ設計に関する研究は存在する。

しかし、ODD 内・外問わず、運行時に乗員が行う業務について、法律に定義された役割以上の議論や検討がなされておらず、これまでバス運転士が行ってきた接客や案内の観点での業務の検討がなされていない。そもそも、バスの運行にかかる全体の流れにおいて、現在バス運転士がどんな作業を担っているか体系的に整理された研究がなく、自動運転を見据えバス運転士の業務がどのように変化しうるか議論するための先行研究が乏しいことも課題である。

**表 5.2 関連分野の動向整理**

カテゴリ (Fig.1 図中に対応)	主な既往研究
①バス運転士の接客の重要性に関する研究	佐藤・谷口(2011), 鈴木ら(2020)等
②レベル3時のODD逸脱時のハンドオーバーに関する研究	長谷川ら(2023), 大谷ら(2019)等多数
③レベル4時のODD逸脱時の車両停止に関する研究	吉野ら(2023) 等
④自動運転バスの車両設計に関する研究	足立ら(2023)
⑤自動運転遠隔監視に関する研究	杉町ら(2023) 等

そこで、自動運転時代のバス運転士の業務のあり方を見据え、目的を2つ設定した。

まず、現在路線バス運転士が行っている業務について、実車運行時の全体の流れを把握・見える化する(目的①)。

次に、現在の業務のうち、特定自動運行(レベル4)を見据え、機械化(無人化)できる業務の考え方を整理する(目的②)。また、目的①②へのアプローチを通じて、無人自動運転移動サービスを見据えたバス運転士のあり方についての議論を行い、今後に向けた課題を提起する。

### 5.3. 乗務員のあり方に関する現状の整理

事業規模、営業するエリアの特性等が異なるバス会社5社へのヒアリングを主な研究方法とした。

まず目的①への対応として、共通の業務整理軸に沿って、バス運転士が取り組む業務を調査した。これらの中で、共通する業務をまとめ汎用業務フローとして整理した。会社によって対応が異なる部分はフローの中で分岐を作成し、それぞれの会社の判断基準や考え方を整理した。

次に、目的②への対応として、共通する業務のグルーピングをもとにそれぞれの会社の立場から見た自動運転に向けた期待や考え方を整理した。

本研究でヒアリング対象としたバス会社を表 5.3 に示す。

**表 5.3 ヒアリング対象バス会社**

	バス会社 A	バス会社 B	バス会社 C	バス会社 D	バス会社 E
自動運転 実証経験	あり	なし	なし	なし	あり
営業エリア の特性	都市圏郊外 部 生活路線	地方都市 (中核市) 生活路線	都市圏中心 部 生活路線+ 観光	地方都市 (中核市) 生活路線	都市圏郊外 部 生活路線
車両数規模 *1	501 両以上	30 両まで	501 両以上	30 両まで	500 両まで
主な運賃体 系	後払い	後払い	前払い	後払い	後払い
乗降方式	中乗り*2、 前降り	中乗り*2、 前降り	前乗り、 中降り*3	中乗り*2、 前降り	中乗り*2、 前降り

\*1：国土交通省「数字でみる自動車」において用いられている車両数規模の分類階級に従う。  
\*2：車両によっては「後乗り」、\*3：車両によっては「後降り」

### 5.3.1. 現在のバス運転士の業務に関するヒアリング

まず、目的①のため、現状路線バス運転士が行っている業務を調査した。バス運転士の業務は大きく分けて、営業所での出発前の業務、営業運行（実車）、営業所に帰着後の業務がある。乗合バスの場合、乗用車と異なり、停留所において乗客に乗降させるという特徴があり、乗降時のバス運転士の業務が多くなることからフェーズを区切りヒアリングを行った。図 5.2 の通り、すべての会社へのヒアリングは同一のフェーズ定義をもとに実施した。

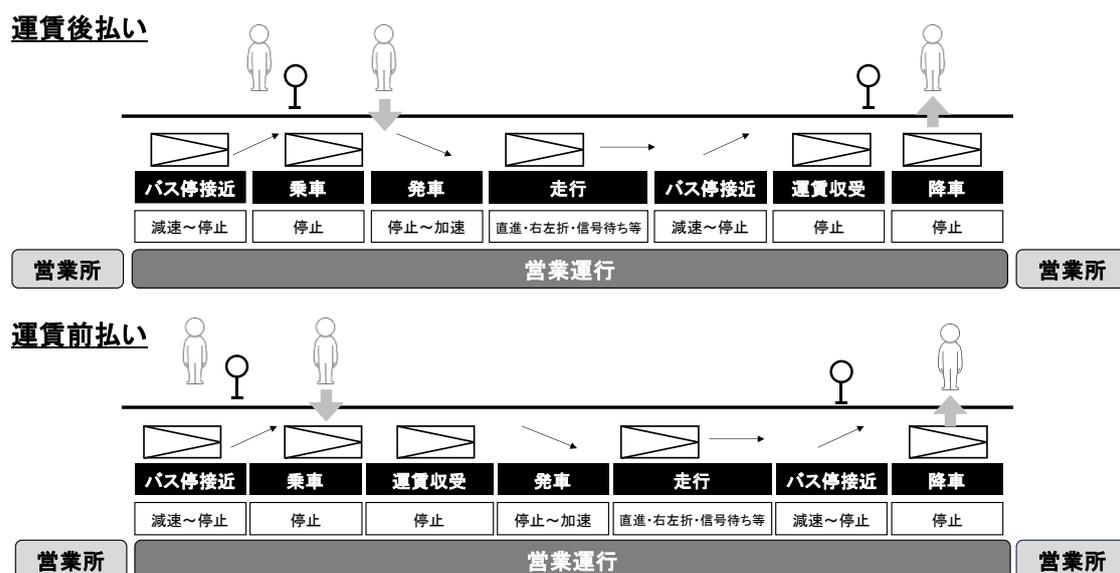


図 5.2 業務の整理軸としてのフェーズ

### 5.3.2. 自動運転を見据えた業務の考え方に関するヒアリング

次に、5.3 でヒアリングした業務について、目的②のため今後の自動運転時代を見据えた考え方を聞いた。図 5.3 のように、現在運転士が行っている業務のうち、将来的に機械からサポートを期待する業務、当面人間が担い続ける必要があると考える業務、業務として廃止できる可能性がある業務の大きく 3 つのカテゴリに沿って整理した。

特に人間が担い続ける必要がある業務については、2022 年道交法改正を踏まえ、運転士とは呼ばない車内乗務員（運転士と差別化するため、ここでは運転免許のない乗務員とした）、遠隔での監視員、非常時に現場に駆け付ける要員に期待できそうな業務についても意見を聞いた。

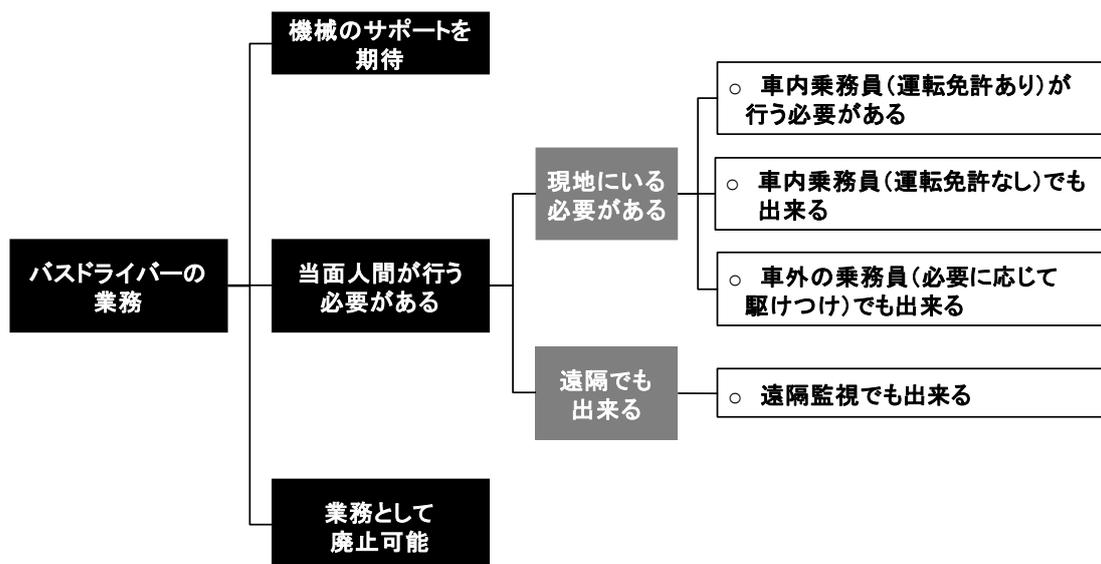


図 5.3 業務見直しの観点

バス運転士の業務の流れをもとに聞き取り調査を行った結果、運転士の業務は大きく分けて表 5.4 のように分類できた。それぞれの業務に関する程度や方法は各バス会社により異なるものの、すべての会社でこの 6 つの分類における業務がバス運転士の業務として行われていた。「点呼対応」は、法律に基づき行われるもので、始業時と終業時に行われる。アルコールチェックをはじめ健康状態の確認や、ルートの確認を運行管理者とともに行う。「運転」は、車両そのものの運転操作である。「接客」は、案内などが該当し、運行する地域や路線の特徴、会社の方針などにより会社ごとに多少の違いがある。「運賃収受」は、運賃を収受したことの確認、割引等の場合の運賃箱の設定操作、運転士が車内で企画券を販売している場合はその販売などを行う。また、営業所に帰着時には運賃箱から現金を取り出し、精算する。「保安・安全確保」は、運転操作に加え、旅客運送を行う上で車内事故の防止に努めるための案内・誘導や、緊急時に車両と乗客の安全を確保し、救護を行うことを言う。例えば、バス停においてドアを安全に開閉しても良いことの周辺状況確認、発車してよいことの周辺状況確認などは、複数のミラーを確認して行う。「車両美化」は、営業所において車内清掃を行う。

表 5.4 路線バス運転士の主な業務

	主な業務
点呼対応	始業時・終業時の点呼対応
運転	車の運転操作（走る・曲がる・止まる）
接客	案内、乗降補助等
運賃收受	運賃收受、運賃箱精算、企画券販売等
保安・安全確保	車内事故防止、緊急時の安全確保・救護等
車両美化	清掃等

バス運転士の実車時の一般的な業務フローを図 5.4～図 5.5 に示す。

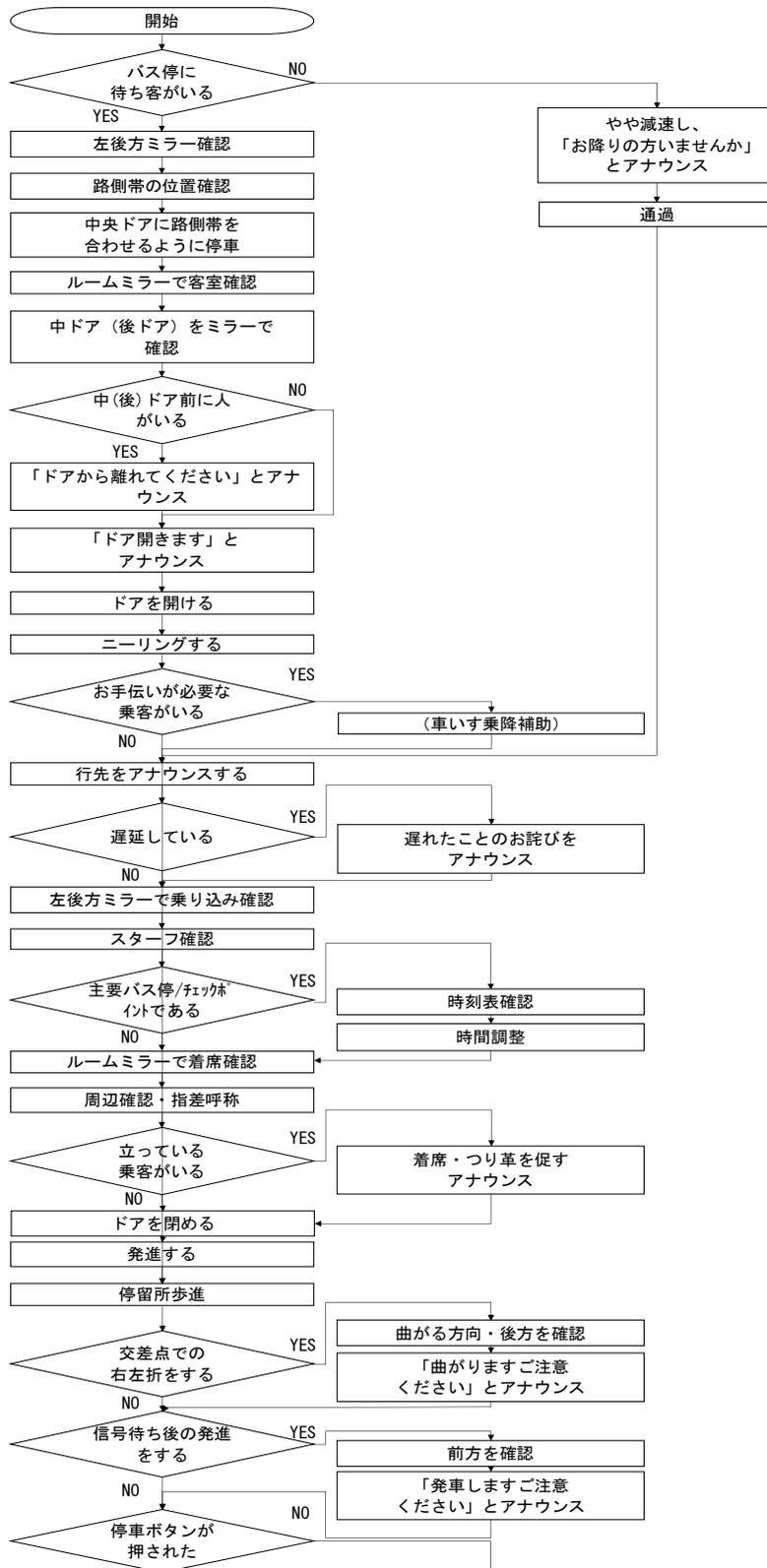


図 5.4 バス運転士の業務フロー (1)

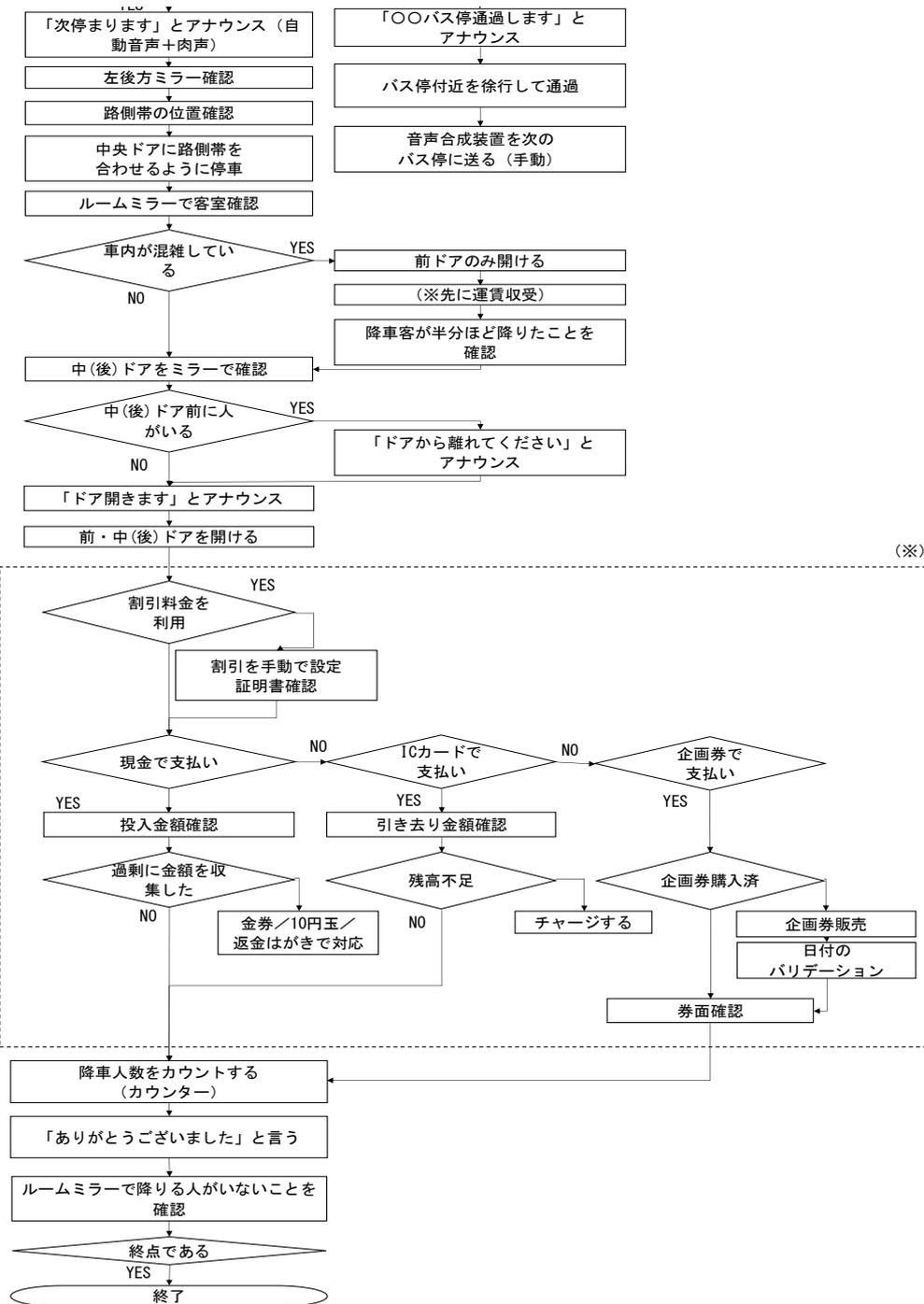


図 5.5 バス運転士の業務フロー (2)

## 5.4. 自動運転を見据えた業務の考え方

### 5.4.1. 自動運転を見据えた業務の考え方に関するヒアリング概要

バス会社5社にヒアリングを行い、各社から得られた示唆をまとめる。

#### (1) バス会社Aヒアリング概要

自動運転に期待する業務仕分けの観点
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 機械化は、「運転士に運転業務に集中させたい」という観点で期待している。</li><li>・ 自動運転時代に最後に人の関わる場所としてあり得るのは、車いす対応ではないか。海外では自動で乗降できるバスなどもあると思うが、誰かしら必要になる。</li></ul>
遠隔でもよい業務
<ul style="list-style-type: none"><li>・ ご案内系は遠隔でやりたい。行先案内、質問に対する対応は遠隔でできる。</li><li>・ 遠隔監視センタにいる人は、土地勘があったほうがいいが、マストではない。現状のコセンタも土地勘なくてもすべてのバス停に対するご案内はできている（地図やストリートビューを適宜活用）。</li><li>・ トラブルがあったら遠隔から通報したりすればよい。車内の様子を遠隔でも見ているよという抑制にはなると思っている。</li></ul>
機械化に期待する業務
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 発車判断<ul style="list-style-type: none"><li>◇ 機械的に判断したい。運転士の個々の判断であることが多い。</li></ul></li><li>・ 運賃の支払い<ul style="list-style-type: none"><li>◇ 全般的に免除してあげたい</li><li>◇ 敬老パスや手帳など、様々なものを知っておかないといけない負担はある</li><li>◇ 金庫に運賃箱を持っていくときに滑ったり怪我したりなどもある</li></ul></li><li>・ 音声合成装置<ul style="list-style-type: none"><li>◇ すぐに押しなさいよ、というルールにしている。自動化しているバス会社もあるが、あえて手動で行っている。毎回自分でボタンを押すことによって、早発や誤運行を防止。</li></ul></li><li>・ 音声案内<ul style="list-style-type: none"><li>◇ 発車します、おつかまりください、右に曲がります、は言うことによって、誤作動防止の観点もある。</li></ul></li></ul>
今現在ニーズが特にない業務
インバウンド対応がない地域なので特に必要としていない。インバウンド対応が必要な地域であれば、また違った運転士の存在価値があるのかもしれない

## (2) バス会社 B ヒアリング概要

自動運転に期待する業務仕分けの観点
<ul style="list-style-type: none"><li>• 運賃取り扱い方法は自動化してほしい。特別な運賃の対応や定期券のバリエーションに対応することは、運転中には負担になるほか、人が設定すると取り扱い方法や設定の間違いのもとにもなる。</li><li>• 人数カウントが負担。降りるときにカチカチ。その人数がすべての集計のベースになる。機器を入れたところで管理できる人がいない。</li></ul>
当面人が行う必要がある業務
<ul style="list-style-type: none"><li>• 車いす対応<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 自動になったらいいけど、車内にスペースがない。地上設備、壊れたときにどうするか。昔、固定装置（車いすのタイヤに溝を合わせるタイプ）があったが、車いすのフレーム曲げてしまう。</li><li>➤ 結局スムーズにいかなかったり、安全が確保できない可能性を見ると、人での行うのが確実だと思う。</li></ul></li><li>• 案内・接客<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 人との対応は、運転者としてはメンタルに影響を与えたり、様々なトラブルにもつながるため、できれば負担を軽減したいが、乗客の立場になると、やはり人に聞きたい、という人は多いのではないか。</li></ul></li></ul>
今現在ニーズが特にならない業務
インバウンド対応がない地域なので特に必要としていない。インバウンド対応が必要な地域であれば、また違った運転士の存在価値があるのかもしれない

### (3) バス会社 C ヒアリング概要

自動運転に期待する業務仕分けの観点
<ul style="list-style-type: none"><li>外国人のお客様への案内（いきなり話しかけられると動揺する、プレッシャーになる）円滑な運行にもつながる。</li><li>あらゆる場面での「目視」の機械の減少。運賃の券面確認、発車判断など、機械に頼ることで判断の公平性が上がるのであれば、そのほうが良い。</li><li>乗降判断。悪天候屋根がないバス停だと、遠くに雨宿りされている人がいるので、乗車意向を AI などで判断できるとよい。</li></ul>
当面人が行う必要がある業務
<ul style="list-style-type: none"><li>車いす対応<ul style="list-style-type: none"><li>車椅子ひとりだと、自動でスロープ出ているだけでは難しい。特に、降りるとき、前からだと危ない。また、駅と違ってバス停ごとに開き方や場所の特性が違うので、場面に応じて対応することが必要。</li></ul></li></ul>

### (4) バス会社 D ヒアリング概要

自動運転に期待する業務仕分けの観点
<ul style="list-style-type: none"><li>運賃收受<ul style="list-style-type: none"><li>新しい精算業務は気を遣う。また新しいことへの負担軽減は必要。顔認証とか、運賃取らない、とか精算業務とかはそれなりに必要。</li><li>新札対応などもコストがかかるので、キャッシュレスはありがたい。</li></ul></li></ul>
当面人が行う必要がある業務
<ul style="list-style-type: none"><li>車いす対応<ul style="list-style-type: none"><li>車椅子ひとりだと、自動でスロープ出ているだけでは難しい。特に、降りるとき、前からだと危ない。また、駅と違ってバス停ごとに開き方や場所の特性が違うので、場面に応じて対応することが必要。</li></ul></li></ul>
今現在ニーズが特にならない業務
<ul style="list-style-type: none"><li>インバウンド対応について。ポケトークなども検討したが、使う表現は限られているので、教育すれば運転士が対応することで問題ない。観光路線ではまたニーズが違うかもしれない。それなりにコストがかかると思うので、そこまでやるモチベーションはない。ただ、運転士の負担が相当減るのであれば、良いかもしれない。</li></ul>

#### (5) バス会社 E ヒアリング概要

自動運転に期待する業務仕分けの観点
<ul style="list-style-type: none"><li>• 路線案内<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 病院を沿線に持つ路線は、初めて乗る人が多く、問い合わせも多い。例えば、コールセンターなどで集中的に案内をすることにより運転士の負担が下がればよい。</li></ul></li><li>• 運賃收受<ul style="list-style-type: none"><li>➤ キャッシュレスは運転士の負担を削減できると考える。</li></ul></li></ul>
当面人が行う必要がある業務
<ul style="list-style-type: none"><li>• 車いす対応<ul style="list-style-type: none"><li>➤ やはり、確実に安全な乗降を行うためには、人が行う必要があると思う。</li></ul></li></ul>

#### 5.4.2. 機械のサポートを期待する業務

バス会社としては、運転士の業務の根幹は表 5.4 における「運転」と捉える見方が多く、手動運転においては、運転士の集中力や判断力が「運転」に注力できるよう業務環境の見直しに取り組みられてきた。自動運転技術の活用を見据えると、長期的には「運転」は機械主導になり無人になる。しかし、バス会社としては、まずは現在の自動運転技術を活用し、短期的に「運転士の負担軽減」に寄与するメリットにも期待があることが分かった。本研究では、「運転」以外の業務の機械化・無人化することにより、「運転」への注力の可能性が広がり、全体として運転士の負担軽減につながるものとし、機械化を期待する業務を整理する。

結果、この観点で意見が上がったものは、表 5.4 における、「運賃收受」「案内対応」「発車判断」に集約された。

## 運賃收受

運賃收受は、すべてのバス会社から、自動運転時代に機械化されていることのニーズがあった。

図 5.5 の (※) に示されるように割引運賃の有無や、支払い手段などに応じて、運転士の確認事項や操作事項が異なる。運転士は、乗客から正しく運賃を収受できることの確認のほか、両替の補助、割引運賃の設定・証明書目視確認、会社によっては 1 日乗車券などの企画券の販売などが通常業務として発生する。営業所に帰社後は、運賃箱をバス車両から事務所へ持ち込み、現金の精算や IC カード実績の整理を行う。

運転士はケースに分けて限られた乗降時間の中で運賃收受対応を行う必要があり、運賃や企画券に関する最新の知識を把握することが求められる。これには、会社側から運転士への情報伝達や研修を行うコストもかかる。

また、運賃收受には、例えば何らかの要因により運賃の過剰收受などのイレギュラー事象が発生した場合、その対応を車内で行う必要があり、運転操作もある中で行うには負担が大きい。そのため、例えばキャッシュレス決済等を活用し、現金対応がなくなれば釣銭・両替等のケアの必要がなく、運転士の負担は随分軽減されるという声があった。

### 保安・安全確保（特に発車判断）

路線バスに特徴的な運転操作として、停留所にこまめに停車し、乗降客の有無を確認しながらドアの開閉を行い、周辺状況を確認しながら停車・発車する、というものがある。そのため、バス車両には通常サイドミラー、ルームミラーが乗用車よりも多くついており、車体外側の下方、後方、車内のドア付近・後方などが運転席から確認できるようになっている。つまり運転士は様々なミラーに視線を配らせ、車内外の状況を把握しながら運転操作が求められている。これらの状況把握を人間の五感だけではなく、機械でサポートすることにより、安全性の向上、乗客の安心感向上につなげたいというニーズはある。例えば、ドアを開閉する際や、発車の際、ミラーの死角に人や障害物がある場合、運転士に知らせることができれば安全性が向上する。また、バス停に接近する際、特に降雨などの悪天候時には傘で乗客とアイコンタクトすることが難しい場合や、雨を避けるために少し離れた屋根の下で待機する乗客の乗車意思を確認することが難しい場合があり、運悪く通過してしまうと乗客にとってもバスに対する信頼性が下がる。こういった観点でも車両周辺センサ等で運転士のアシストができれば運転士の負担が軽減できるとの声が上がった。

#### 5.4.3. 当面人間が行う必要がある業務（現地にいる必要有）

##### 車いす等の乗降補助

一方、(1)以外の業務は一概に機械化が良いとは言えず、安全を十分に確保するためには当面はヒューマンリソースで行いたいという声が多い業務があった。特徴的な代表例が、車いすの乗降補助である。米国交通省<sup>(11)</sup>では、自動運転時代を見据え、車いすが自力でバスに乗降できる車両開発などが進められている。一方、日本では道路構造上の縁石と車両の間に

車輪が引っかかるような隙間が生じる場所が多い問題などから、海外の取り組みが転用できるとはいいがたい、との声が挙がった。現在の路線バス車両では、車いすから乗客が転げ落ちてしまったりすることのないよう、前向きに乗車し、後ろ向きに降車する。この場合、特に後ろ向きに降車することを一人で行う際、縁石が見えにくく転倒のリスクが大きい。車内では、固定ベルトを設置することもあり、安全な乗降と固定ベルトの確実なロックを自力でできる方法が見つからない限り、当面はヒューマンリソースでサポートをしたい、との声が挙がった。

### **事故発生時の対応**

事故発生時、警察や救急への連絡方法や手順は、表 5 のように会社によっていくつかのケースに分類できた。

ケース 1 に該当するバス会社は、運転士が社用携帯電話を携行しており、事故発生時には警察・救急に自らが連絡する。これは、運転士が連絡を行うことが最も確実であるという理由である。なお、この場合、営業所への連絡は現場ですべての対応を終えた後でよく、運転士の判断に任されている傾向が強い。ケース 2 に該当するバス会社は、運転士が社用携帯を持っていないため、警察・救急時への連絡は周辺の乗客等に協力を仰ぎ連絡をしてもらう必要がある。この場合も連絡自体は運転士は行うことはできないが、現場での安全確保、周囲への協力依頼などを運転士が判断しながら行うことを期待されている。ケース 3 に該当するバス会社は、即時に営業所に無線等を使って情報共有を行い、営業所から警察や救急への連絡を行う。この場合は、運転士が社用携帯を持っていないことと、アクションを起こすうえで営業所及び運行管理者の判断や指示を仰ぎながら行う方法であり、運転士の判断に依る比重はケース 1,2 と比べると小さい。運転士の業務はマニュアル化されている部分もあるが、運転士がその場で運行管理者に判断を仰ぐ場合もある。今後遠隔監視を導入する上で、遠隔側と現地側の役割分担の整理を行う上でも、現行のバス会社の対応としても様々な分担の仕方が存在していることを念頭に置き、整理することが求められる。

表 5.5 事故発生時の対応

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
対応	運転士が自ら連絡する	携帯電話を持っていて周囲の乗客に協力を呼び掛ける	営業所に連絡して、営業所から代理連絡する
連絡手段	運転士が社用携帯を携行	運転士が社用携帯を持っていない	運転士が社用携帯を持っていない
理由	・現地の運転士が連絡することが確実だから ・営業所への連絡は後だから	・営業所への連絡は後回しでよく、介助が先決だから	・今後の対応についても運行管理者の指示を仰ぎながら進めるから

#### 5.4.4. 当面人間が行う必要がある業務（遠隔でも可能）

##### 接客（特に案内対応）

一般的に、大きな病院等や観光地を経路上に持つ路線では、その路線に乗り慣れない乗客が多くなる傾向で、運転士への行き先確認や最寄り停留所の問い合わせ等が増えるという。運転士は、乗降時には運賃収受や車内外の安全確認等様々な業務を同時に遂行しており、問い合わせ対応の負担軽減への期待は大きい。特に、都市部中心地域においては、外国人観光客の行き先は分散している傾向にあり、汎用化したテンプレートの案内が準備しにくく、運転士がすべての案内を外国語で対応することには限界がある。

今回ヒアリングした中のバス会社では広範囲の営業エリアに対し 1 か所の問い合わせ窓口で対応しており、オペレータの手元にバス停周辺の地図などがあれば大抵の質問や問い合わせには対応できているという。よって、案内は必ずしも人の土地勘や経験に頼らず対応できる可能性がある。

#### 5.4.5. 自動運転時代に考え方が変わる可能性のある業務

##### 停留所送り操作

路線バスが停留所における乗降を終え、次の停留所に向けて発進すると、車内アナウンス、車内表示上の案内、整理券番号（均一運賃ではない場合のみ）を次の停留所に進める操作（停留所送り操作）の必要がある。かつては、それぞれが独立したシステムで、運転士がそれぞれのスイッチを操作し次の停留所に進めていたが、現在では一つのスイッチに統合されていたり、自動的に次の停留所に進められる機能（自動歩進機能等と呼ぶ）を採用する会社も多い。

今回ヒアリングを行ったバス会社のうち、2社がドアの開閉と数メートルの走行を信号として自動歩進機能を採用していた。また、3社は1つのスイッチに統合したシステムを採用していた。自動歩進機能の導入にはコスト的な課題もあるが、あえてマニュアル操作を残しておくことにより、運転士へのルートや停留所の意識づけ効果を狙う考えもあることが明らかになった。人間の操作に機械化を部分的に導入する際、ヒューマンエラー抑制のため、あえて手動を残すという考え方について、今後機械がメインになっていく場合の考え方は変わりうるだろう。

#### 車内アナウンス（肉声）

運転士が肉声でアナウンスを行うタイミングは、各社によって少しずつ方針が異なる。ヒアリングを行った5社のうち4社は、車両が発進・停止・右左折する場合は全てアナウンスする方針であったが、1社過去に乗客から「うるさい」というクレームがあったことを受け、車内の状況を見ながら運転士の判断でアナウンスを行っている。車内事故防止などの安全確保のため、その場の状況に応じて自動音声に重ねてアナウンスすることは、今後自動運転時代を見据えると機会が減っていくことが予想されるが、車内安全確保のためのほかの方策は検討されていくべきだろう。

### 5.5. 乗務員のあり方に関する今後の課題整理

5.4での成果より、現在路線バス運転士が行っている業務を明らかにし、将来の機械化余地のある業務をヒアリングすることができた。総じて、運転士の最も基本で重要な業務は、安全な「運転」であり、「運転」へ集中させ、安全性を向上・確保するために他の業務への負担を軽減させたい、という考え方であることが分かった。

近年では、銀行における両替手数料の有料化の動きや、そもそも公共交通の運賃を無料化する動きもあり、運賃収受のあり方も今後変わる可能性がある。

案内対応についても機械化のニーズが大きかったが、ヒアリングで遠隔でも案内ができる可能性が示唆されたことは、今後の自動運転の遠隔監視センターにおける業務のあり方へのヒントとなりうる。更に、外国人乗客への案内だけではなく、今後外国人運転士等が増える場合、言葉の壁を和らげる可能性もあるだろう。

### 5.6. 自動運転時代の運賃収受に向けた考察

本章では、自動運転時代を見据え、既存のバス運転士の業務を整理し、その中でも運賃収受に関してバス運転士を介在しない方法を取ることに高いニーズが高いことが明らかになった。

図 5.6 はバスにおける主な運賃収受の方法を整理したものである。我が国の運賃収受の方法は限定的であるが、世界には様々な方法があるため、運転士の負担軽減を目指しつつ、自動運転時代を見据えた改善が求められる。

		事例	自動運転に向けた考察	自動運転時代の可能性
現金の扱い	現金を残す	・我が国のすべての路線バス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・キャッシュレスによる現金の集計コスト削減</li> <li>・現金を取り扱うことによる車内・営業所内における管理コスト、安全リスク低減</li> <li>・車内における運賃収集箱の設置スペースの見直し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・完全キャッシュレスによる乗員の負担削減</li> <li>・完全キャッシュレスによる車内スペースの再設計（従来にない自由な車内スペースの設計が可能になる）</li> <li>・MaaSと組み合わせながら運賃をインセンティブとしてダイナミックに設定することにより、他の交通モードとの連携、需給バランスのコントロールが容易になる</li> </ul>
	完全キャッシュレス	・ロンドン、ウランバートル 等		
運賃收受のタイミング	車内	・我が国の多くの路線バス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車外で運賃收受が完結すれば、車内における乗員の業務削減</li> <li>・乗員の業務削減による雇用機会の拡大</li> <li>・車外の場合は運賃收受機器の設置・周知と移行期間に考慮必要</li> </ul>	
	車外	・南米・中国・ジャカルタのBRT、幕張本郷駅前（朝）		
運賃の設定方法	無料	・フランス等で公共交通無料化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運賃設定のあり方がより柔軟になれば、政策上、インセンティブとしての運賃を設定することが可能</li> </ul>	
	均一運賃	・東京23区、横浜市、福岡市等		
	時間制	・ポートルランド、ダラス等の北米都市		
	距離制	・我が国の地方・郊外部のバス		

図 5.6 バスにおける主な運賃收受の方法と特徴

## 5.7. 小括

本研究では、まず既往研究の整理を通じ、自動運転技術のバスへの活用に向け、バスサービスの全体の流れに検討が及んだ研究がほとんどないことを指摘した。

5.3において、目的①への対応として、バス会社5社へのヒアリングを通じ、現在のバス運転士の業務を整理した。

5.4では、目的②への対応として、自動運転時代に向けた業務の機械化および無人化の可能性を取りまとめた。自動運転の導入を見据え、「走る・曲がる・止まる」の自動化だけではなく、運賃收受、保安・安全性確保等の機械化・無人化、事故時の対応や案内の遠隔と現地の連携等を複合的に組み合わせ、一連のサービスとして自動運転の導入可能性を考える余地があることが明らかになった。

本研究では実態整理とヒアリング調査に留まり、運転士の負担軽減の定量化、乗客側の受容性は対象外としたため、今後のさらなる研究で明らかにすることが期待される。

## 6. 新技術・サービスを活用したバスの社会実装に向けた計画論の提案

### 6.1. 各章小括のまとめ

これまで、3章から5章にかけて、次世代のバスに向けた課題とそれに対する検証を行ってきた。

3章では、MaaSは他の交通手段や目的地との連携を期待されるものとして、その連携方法や連携方策、それらをユーザにどのようなサービス設計のもとで提供するか、という観点で整理を行った。これは、すなわちサービス設計に関する課題として、適切にサービス設計を行うための目標設定の重要性を明らかにした。MaaSにおけるSocietal Goalの解釈、整理体系の再提案を通じて、Societal Goalは上位概念ではなくていつでも必ず持つべきものであり、手段と目的が違ふことが明らかになった。MaaSに限らず、長期的に、効果的に次世代都市交通システムを続けるためにはSocietal Goalが必要であることを定義した。

4章では、デマンド型交通が、従来型の定時定路線型の路線バスでカバーできないきめ細やかなニーズに対応するモビリティサービスとして、需要の特性をデータを用いて分析することが必要であるとした。関東地方のデマンド型交通の事例分析や、のり一との予約データの分析によって、システムやオペレーションのスペックでサービスを決めてしまうと、実際のニーズとの乖離が多く生まれうること、データ分析は、随時行いながら、サービスに反映させていくことが大事であることを明らかにした。

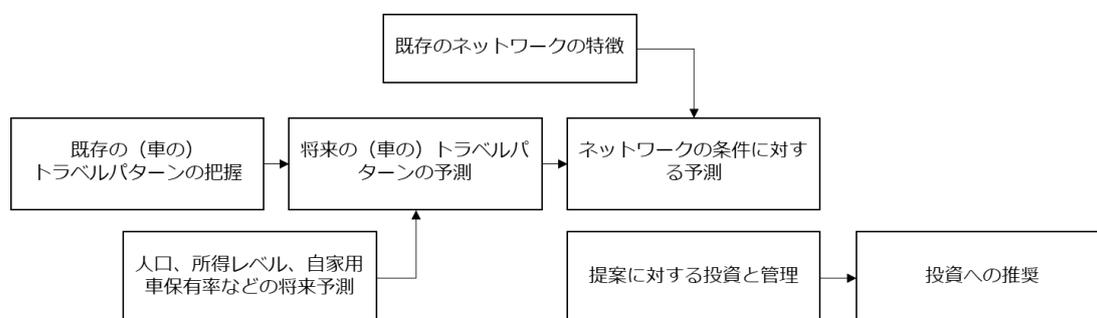
5章では、自動運転をバスに導入するにあたり、その前提としてバス運転士の業務がどのようなものであり、どこに課題があり、自動運転技術が期待されているか、を把握することが重要であるとした。バス会社へのヒアリングを踏まえ、いかにこれまで、サービスのことまで見据えてドライバーの観点の議論がなかったか、が明らかになった。また、車いすの会場に関して、研究では自力で乗降できる車両の開発が進められている一方、現場のニーズとしては慎重であることを考え見ると、議論が盛り上がっている観点と、実際にバス会社の観点で求められる技術は違ふかもしれないことも明らかになった。更に、運賃収受のあり方については、今後ポイントになることが明らかになった。

### 6.2. 次世代都市交通システムの時代に向けて：都市交通計画の考え方の変遷

1950年代以降、アメリカの大都市で計量的なデータに基づく総合的な都市交通計画が発達し、シカゴ都市圏交通計画（CATS）が初めて4段階推計法を実際に活用し、交通手段ごとの分担の発想を取り入れた需要の予測を行った。我が国においても、アメリカの都市交通計画にならい、様々な研究や議論がなされ、都市交通計画の基本となるパーソントリップ調査が1967年に広島都市圏で初めて大規模に実施された。その後、東京、京阪神、中京圏を始めとする主要都市圏で大規模な調査が行われ、様々なデータ解析手法、将来推定手法が研究された。このころは4段階推計法が普遍的な将来交通需要の推計手法として確立されつつあったが、一方で、4段階推計法の問題点なども指摘され始めた。そこで、個人などの交

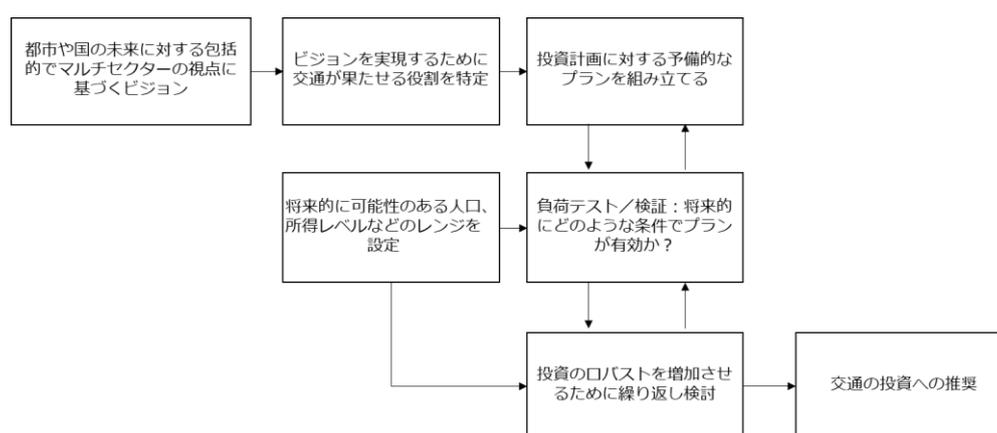
通行動単位をベースとして推計する非集計モデルがアメリカを中心に行われ、我が国でも1970年代中ごろから様々な非集計モデルの研究が始まった（新谷（1993）、北村ら（2002）、土木学会（1995）、交通工学研究会（2001））。

このようにして、これまでの都市交通計画の歴史は、将来の移動に関する需要量を予測し、その予測に基づいて供給をしていく、Predict & Provide（Jones（2016））を基本として、長く計画手法や分析技術が積み重ねられてきた。しかし、現代において、都市および都市交通に関するビジョンは、ますます複雑にマルチセクター化しており、関係主体が複雑になっていることを鑑みると、不確実性が高い中で戦略的にフレキシブルな選択を行う戦略的アプローチ（太田（1988））の重要性がますます高まる。すなわち、より上位のビジョンや目標に基づき、取りうる手段や方法を選択し、効果を評価することを繰り返しながら目的達成を目指す、Vision & Validate（Jones（2016））の都市交通計画の時代に向かっている。



出所) Jones（2016）を抄訳

図 6.1 既存の計画アプローチ「Predict & Provide」



出所) Jones（2016）を抄訳

図 6.2 今後の計画アプローチ「Vision & Validate」

中村（2017）の整理においても、従来のな将来予測に基づいて施策を打つのではなく、ビジョンや方向性を決めて、その実現のために協働していく時代が来ていることを指摘しており、例えば、都市交通計画の変遷を以下のように表現している。

Predict and Provide → Predict and Protect → Decide vision and Act together

高見（2021）の指摘では、「都市交通計画がこれまで培ってきた分析技術や計画立案技術とは要するに移動者側の需要と交通インフラ・交通サービス側の供給とのバランスをチェックする技術であり、それを踏まえて供給側・需要側双方の施策を考え評価するというのが標準的な計画立案の手法である」という。しかし、今後はより供給側の技術変革、需要側の移動へのニーズの変化に不確実性が高まり、また関連するステークホルダーが複雑化する中でフレームワークやプロセスの再設計が必要であることも示唆されている。

### 6.3. 次世代都市交通システムの社会実装に向けた方法論の提案

#### 6.3.1. 計画プロセス提案のモチベーション

前節までの整理を踏まえ、次世代都市交通システムの社会実装を見据え、計画、実証実験を行うプロセスにおいて留意すべき事項と方法論を整理した。

これまで、全国で行われていた実証実験は、技術の確認や検証、短期間での公道実証などのケースも多かった。そのため、とにかくまずは実証実験を行うことが優先されがちになり、計画段階として行うべきことが抑えられていなかった。

従来のバスの計画においても、価値観、目標、目的などの計画の前提となる様々な条件や背景を押さえることは重要であった。それに対応する需要（ニーズ）を把握し、それを達成するために必要な技術やサービス提供方法を選択することにより、バスサービスを計画してきた。

一方、今後のバスの計画においては、価値観や目標、目的など、計画の前提とする情報を押さえつつ、それらの情報は不変ではなく、常に変化するものであると認識する必要がある。そのような不確実な状況下においても、「こうありたい」というビジョンを作り、計画策定時のよりどころとする。MaaSにおいても、しばしば目標設定の欠如がMaaSに期待する成果を発揮できない要因であるように、どんなに小さな実証であっても、Vision & ValidateあるいはDecide vision and Act togetherの現代においては、ビジョンに基づく目的があり、その目的の達成のために活用されるべき新しい技術やサービスが選択されなければならない。

目標設定を行えば、それを実現するための手段として、技術やサービス内容が設定できるようになる。また、実証実験や社会実装において、目的に対する評価を行うことになるので、明確な効果評価と、適切なデータ分析を行うことができる。

更にバスに対する需要の把握を行うが、需要は常に変化し続けるものであるため、継続し

て把握し続ける。更に、目的達成のために技術やサービスを選択するが、新技術や新サービスの場合は、それらの選択肢自体が技術やビジネスモデル的に成熟していないため、検証を同時に行いながら、有効性を見極める必要がある。そのため、これらの計画プロセスが時間や環境の変化によって常に変化しうることを頭に入れ、適宜条件を見直す必要がある。

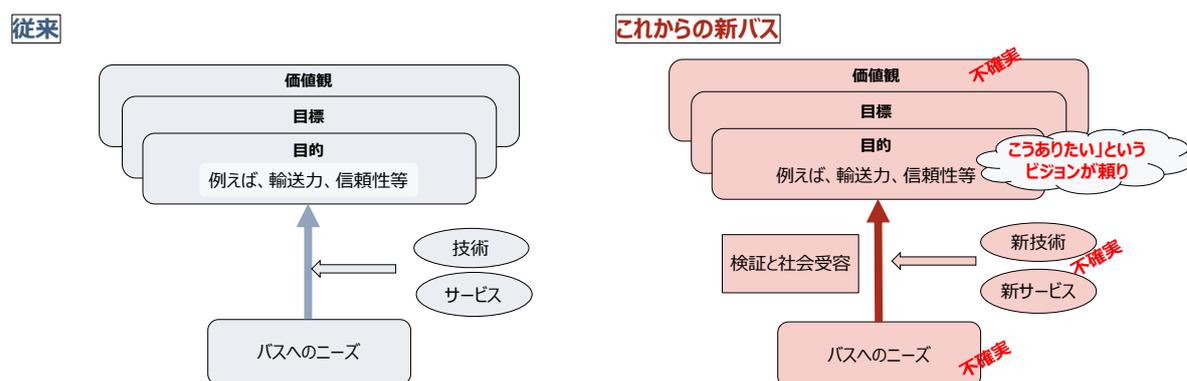


図 6.3 新技術・サービスを用いたこれらのバスの計画のあり方

### 6.3.2. バスを前提とした計画プロセスの考え方

Beckmann ら (2023) は、これまでの公共交通サービスにおける計画論の整理に基づき、自動運転サービスの計画のプロセスを整理した。

我が国において国土交通省が実施した道の駅等を拠点とした自動運転サービスに関する検討・実証実験を踏まえ、道路新産業開発機構 (2020) が「地方部における自動運転移動サービス導入マニュアル」を発行している。

これらの文献に示されるサービス導入に向けた計画プロセスを表 6.1 に整理した。

公共交通サービスの計画プロセスは、ネットワーク計画およびインフラ整備からスタートするステップが従来的には多かった。

しかし、6.2 までの整理で示した通り、本来はネットワーク計画やインフラ整備に踏み出すために、それらのスペックを決める根拠となる目標と目的があるべきである。

また、道路新産業開発機構 (2020) のステップが示すように、自動運転を始めとする新しい技術や新しいサービスを導入する場合、本格的にサービスを導入する前に実証実験を行うことが一般的であることから、実証実験のプロセスは今日の状況を踏まえるとステップ上は無視できない。

さらに、表 6.1 は、単一の交通手段 (モード) のみのサービス導入を前提としているが、都市内に複数の交通手段があり、それらを統合するための方法として MaaS との関係性を示しておくべきである。MaaS は 3.2.3 にて Sochor ら (2017) の定義で示したように、MaaS の役割は交通手段間を様々な方法によって統合することであり、また運賃やサービスの統合などを通じて手段間の選択に金銭的なインセンティブを与え、好ましい方向に人々の選択

を導くという役割もある。これらの MaaS においてどのように手段間を統合させ、インセンティブを設定するべきか、は目標と目的に基づくものであることは 3 章で示した通りである。

また、自動運転サービスを想定すると、乗員繰り計画 (Crew Scheduling/Schedule) においては、5 章で示した通り、今後乗員のスペックや担うことができる役割、遠隔監視等との役割分担、機械化の導入状況などにより、必要な乗員の数や配置が異なる可能性がある。それらを踏まえ、従来の考え方では不足する役割の新たな設定や、人数の変更などは考慮する必要がある。

表 6.1 バスを想定した公共交通サービスの計画ステップ

	<i>Ceder and Wilson(1986)</i>	<i>Desaulniers and Hickman(2007)</i>	<i>Liebchen and Mohring(2007)</i>	<i>Haell(2011)</i>	<i>Schoebel(2012)</i>	<i>Schnieder(2018)</i>	<i>Liu et al.(2020)</i>	<i>Beckmann et al.(2023)</i>	<i>HIDO (2020)</i>
1	Network design	Network design	Network planning	Network design	Infrastructure	Network planning	Infrastructure planning	Network planning	地域の課題把握
2	Setting frequencies	Frequency setting	Line planning	Frequency setting	Lines and frequencies	and Line planning	Network design	Capacity planning	対応方策の検討
3	Timetable development	Timetabling	Timetabling	Timetabling	Timetable	Capacity planning	Frequency setting	Timetable planning	自動運転移動サービスの計画立案*
4	Bus scheduling	Vehicle scheduling	Vehicle Scheduling	Vehicle scheduling	Vehicle routes and schedules	Timetable Planning	Timetable development	Vehicle scheduling	実施計画書(案)の策定
5	Driver scheduling	Duty scheduling	Crew scheduling	Crew scheduling	Crew schedules	Vehicle Scheduling	Vehicle scheduling	Crew scheduling	実証実験
6	—	Rostering	—	—	—	Crew scheduling	Crew scheduling & rostering	—	ビジネスモデル検証、改善
7	—	—	—	—	—	—	—	—	サービス導入

\* : サービス内容、ルート・運行計画、走行空間、需要予測・採算性、実施体制、社会受容性の検討を含む  
出所) Beckmann et al.(2023)の整理に追記

### 6.3.3. 次世代都市交通時代の都市交通計画フレームワーク

これらの考察を踏まえ、次世代都市交通時代において、新たな技術やサービスモデルを活用した都市交通システムを計画する際のフレームワークを図 6.4 の通り示す。

まずそれぞれの都市や交通における具体の目標や目的を設定するための前提として、それぞれの都市や都市交通におけるビジョンが必要である。ビジョンは、Jones (2016) の記述に基づくと、より長期的で上位の目指すべき姿である。

そして、国や都市圏など広域の目標や、都市全体の目標との関連や影響に注意しながら、都市としての交通の目標を示したり確認することが必要である。例えば、3 章で示した Societal Goal に該当し、「サステナブルに移動できる都市」などがこれに該当する。

それに基づく交通の目的として、例えば「マイカーに依存しなくても移動ができる」「環境負荷が低い交通手段の選択肢がある」「移動しやすい金額で移動ができる」「異なるモード間の連携によりシームレスに移動できる」など、目標の達成に向けた要素となりうるものが挙げられる。

それらを実現するために、全体としてのネットワークの計画、それを構成する個々の交通手段におけるサービスレベルやサービス計画の設計が一体となつてつながる。

更に、それぞれの交通手段ごとの設計だけではなく、目的をより効果的により高いレベルで達成するために、交通手段間を統合し、連携するためのサービス設計、トレードオフの設計が必要である。これらは図 3.3 で示した MaaS の整理体系に基づき、運賃やサービス、モビリティハブなど様々な統合のための手段の中から目的に応じて選択することが求められる。

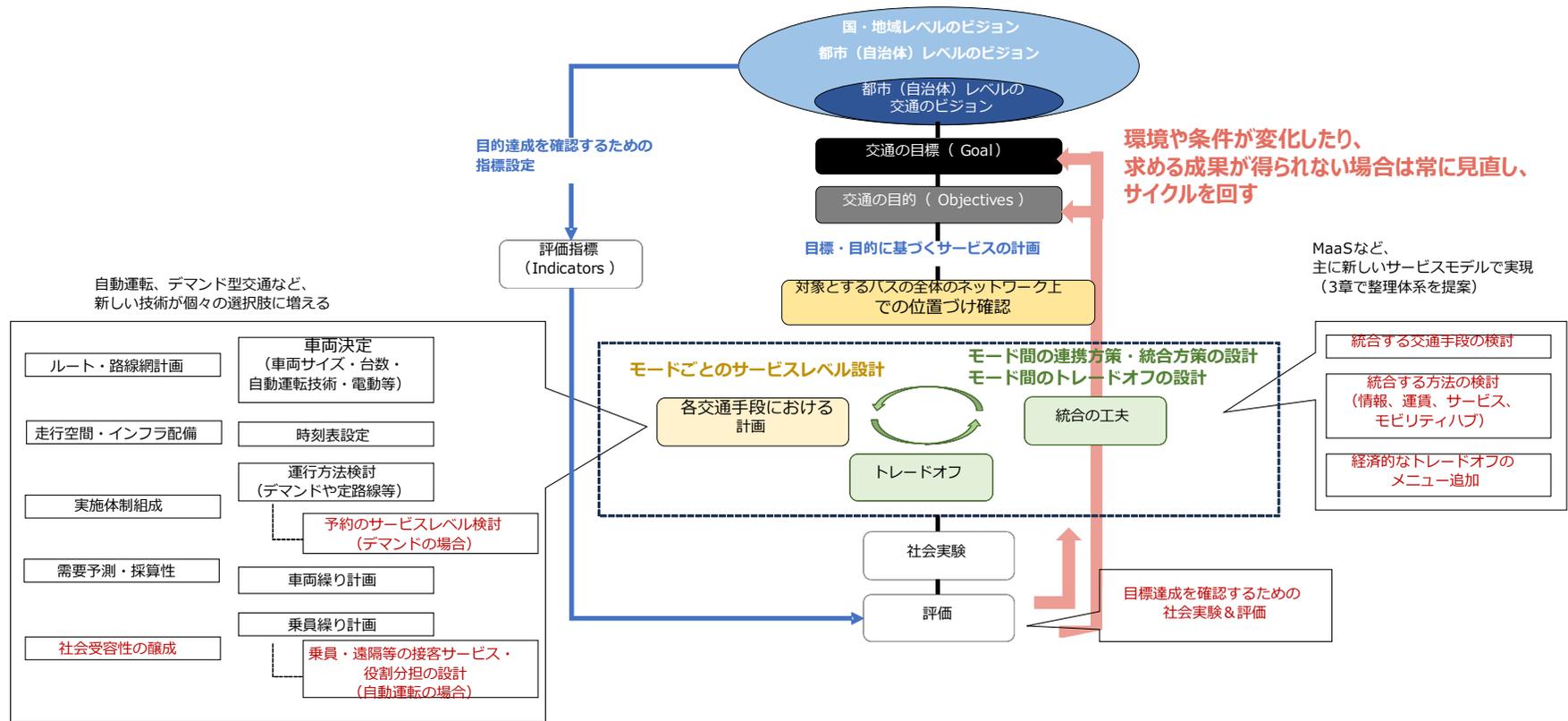


図 6.4 次世代都市交通時代の都市交通計画フレームワーク

個別のモードごとのサービスレベル設計について、検討すべき項目は、Beckmann ら (2023)、道路新産業開発機構 (2020) に基づき自動運転を例として新しい技術を活用する次世代都市交通のサービスレベル設計の項目を図 6.4 左側のとおりであり、個別には以下に示す。

サービスレベル設計として検討する項目は 10 項目ある。なおこれらの 10 項目は、順不同でそれぞれ優先順位や影響がありうるので、並列で行いながら相互の検討状況を踏まえて設定するのが良い。

#### **ルート・路線網計画**

それぞれのサービスが、どのようなルートで走行し、どこでユーザを乗降させ、他の交通手段との結節点を持ちうるかを設計する。

#### **走行空間・インフラ配備**

走行空間として、専用レーン、共用レーン、優先レーンなど様々な空間の占有方法がある。また、自動運転においては走行を支援するためのインフラが必要であるため、それらが現実的に配備できる、あるいは配備済みであるなどの観点から走行空間を検討する。

#### **実施体制組成**

自動運転の運行に当たっては様々な関連主体が想定されるので、それらの役割分担と体制構築を行う。

#### **社会受容性の醸成**

一般に新しい技術やサービスを導入する場合には、ユーザにその利便性や安全性を説明しながら、受容性を醸成する取り組みが必要であるため、どのように社会受容性を作っていくか、という作戦が必要である。

#### **車両決定**

実現したいサービスレベルはすなわち目的から導かれる。その目的達成に必要な車両の大きさ、台数、自動運転技術の活用方法（自動運転レベル、ODD の規定）などを検討する。オーバースペックになると、コストがベネフィットを上回る可能性が高いため、必要に応じて必要なレベルの技術を選択することが必要である。また、車両が電動車両の場合には、充電を考慮した車両繰りの必要がある。

#### **時刻表設定**

実現したいサービスレベルに応じて時刻表を設定する。

#### **運行方法の検討**

定時定路線のみでなく、デマンド型交通なども選択肢としてあり得る。目的に応じて、運行方法を検討する。

また、デマンド型交通の場合は、予約期限の設定方法、予約の受付方法・受付時間などの検討も併せて必要である。

#### **車両繰り計画**

用意する台数、大きさと時刻表、運行方法を考慮して、車両の配備の方法を計画する。

## 乗員繰り計画

車両繰り計画に合わせて乗員繰りも計画する。自動運転車両の場合は、乗員となる人員に求める役割、遠隔監視センターを設ける場合は遠隔との役割分担などを考慮し、必要に応じて業務の一部を機械化するなどの検討が必要である。

一方、個別のモードのサービス設計のみならず、モード間の関係性についても考える必要がある。MaaSによりモード間の連携、交通と目的地における活動との連携がとりやすくなったことを踏まえると、どのような連携方策を取り、時にモード間においてどのようなトレードオフを設計するか、という観点が必要になる。

これらの設計後、近年の我が国では、まず実証実験を行うことが多い。実証実験は計画や設計したサービスレベルの検証、もしくは新技術や新サービスの有用性を検証するものである。従って、実証実験の評価は、目的達成を確認するための評価指標を適切に設定し、評価することが必要である。評価指標と目的が一体となっていなかったり、評価指標を決めなまま様々な設計に着手すると、結果として効果や課題を適切に分析できない。評価指標が目的と一体となって設定されていれば、評価の結果、本来求める成果が得られなかった場合に、モードごとのサービスレベルやモード間の連携方策について、すべてが目的とリンクしているため対策や改善の手が打ちやすくなる。

また、計画段階においてもニーズを、データをもとに把握しておくことは重要である。もちろんニーズ分析は事前に行うのみでなく、実証実験期間においても随時行い、提供するサービスと需要にずれがあれば、サービスを改善するべきである。ニーズをしっかりと把握しておけば、それに応じたサービスの提供、技術仕様の決定、必要な車両や人員などのリソース確保ができるようになる。

新技術や新サービスを活用した次世代のバスにおいては、計画策定の背景や条件が常に変化する不確実性があり、なおかつ新技術や新サービス自体も検証段階であることを踏まえ、状況の変化に合わせて常に見直しを続けたり、必要に応じて設定を見直したり、適切な手段を選びなおすことが求められる。

### 6.3.4. 新たな技術やサービスを踏まえた交通計画プロセス

このように、目的に応じて、サービスレベルを決めていけば、適切な技術を選択できる。

また、実証実験でこれらの設定した項目の中で、何を確かめるのか、具体性をもって計画すべきである。規模が小さい実証実験の場合、単に技術の動作確認に近いものに終わる可能性もあるが、将来的にそれが社会実装されることを見据えると、業務としての一連の流れの中にフィットするのか、無理なく対応できるのか、難しければどのような対応が必要か、早い段階から検証する必要がある。現場のオペレーションを無視した技術開発や実証実験は、結果的に社会実装につながりにくく、つながったとしても短期的なサービスに終わる可能性が大きく、それは地域の足としてのバスに期待される結果ではない。

個別の交通手段のサービスレベル設計が行われたら、それぞれのモードを連携・統合する方策を必要に応じて取捨選択してく。その際にも達成すべき目標（Goal）と目的を念頭に置くことが必要不可欠であることは3章で述べた通りである。

### 6.3.5. 提案の有用性

この章では、次世代都市交通の時代を見据え、都市交通の計画フレームワークとフローを提案した。

近年は新型コロナウイルスによる人々の生活様式、経済活動の突然の変革や、国際情勢の不安定さに起因する物価高、半導体等の物資不足など、我々の日ごろの移動にも影響を与える様々な外部要因が発生した。

これらの経験により、交通計画の前提となる社会の不安定さ、不確実さが明確になり、普遍的な価値観のもとに都市交通計画を進めていくことの柔軟性のなさや、リスクの大きさが益々実感として感じられるようになった。そのような不確実な社会においては、目的を見据えながらも、柔軟に対応しうるビジョンベースの計画プロセスがフィットする。

不確実な社会においては、都市交通に関する国家レベルの政策も、政策間のバランスや政策の変化などにより、予算の削減やプロジェクト期間の短縮・中断、政策上の理由による重点分野やスコープの変更などの可能性がありうる。

我が国において様々な都市交通に関する新技術・新サービスの検討・実証実験に取り組む際、国や自治体からの補助金や委託事業のもとで取り組まれることが多い。しかし、多くの場合、これらのプロジェクトは1~3年程度の短期間で中間報告や成果報告の必要があったり、5年程度で社会実装への切り替えを求められるケースが多く、長期的な行動変容や地域へのインパクトを評価することが難しい。また、多くのプロジェクトで会計年度ごとに成果を確認するため、長期的な検証や評価が難しくなっている。更に、それぞれの予算やプロジェクトの性質上、新しい技術やサービスの適用可能性や有用性を検証することを促進することが目的になる場合が多く、より一層新技術を都市全体のビジョンや交通ビジョンと結び付けながら検討することが難しくなっている。

そのような背景も踏まえ、本研究で提案したフレームワークおよびフローにより、ビジョンを前提に置き、目的に沿った評価を行うことの重要性を意識づけることが可能であると考える。

### 6.4. 小括

本章では、3~5章において検討した次世代都市交通としてのバスの検討要素を踏まえながら、これから Vision 起点でサービス設計していくことが求められる時代にどのようなフレームとステップで公共交通サービスを設計すべきか、その整理を試みた。

新たな技術やサービスが、Vision 起点で活用されなければ、その新技術等の活用自体が実証実験の目的になりがちであり、長期的な Vision の実現に向けた効果や影響が適切に評価できない恐れがある。

実証実験段階、導入フェーズ共に、評価指標は目的を確かめるために設定されるため、単なる乗車人数の集計や、継続的な乗車意向の確認のみではなく、目的達成に向けた改善、改良につながる評価ができるようになる。

また、従来サービス計画のステップ論は、単一の交通手段を対象とされていたが、MaaSにより現代ではより効果的・効率的に交通手段間の連携が取れることを踏まえ、複数の交通手段間の連携もフレームとステップに組み込むことができた。

なお、今回は国内外の文献に基づき、普遍的なフレームやステップの提案を行ったが、各国、地域により、目標や目的設定の際に必要なプロセスや住民参加、政策関与、行政手続きの方法は異なるため、それぞれの地域に応じて、より具体化したフローが必要であることは、今後の研究課題となる。

## 7. 結論

本研究では、昨今、都市交通を取り巻く様々な変化がある中、新技術や新サービスを活用した次世代都市交通システムのうち、特にバスに着目し、社会実装に向けた計画論を示すことを目的として取り組んだ。

2章では国内外における既往文献をレビューし、本研究の新規性及び位置づけを整理した。昨今、モビリティサービスに関する様々な新しい技術やサービス形態に関する様々な政策のもと、実証実験や社会実装が進められている。その中で、実証実験のその先、社会実装をゴールとするのではなく、より持続可能にサービスを提供するための方法論が示されていないことを指摘し、本研究の新規性を確認した。また、方法論を示すうえで、現状のバスにおける課題として、MaaS、デマンド型交通、自動運転に着目し、それぞれが現在抱える課題を明らかにするため、既往研究をレビューし、新規性のある研究領域、着眼点を整理した。それらを通じ、本研究の有用性として、限られたリソースの中で、より待たなしの状況にある地域公共交通を効果的に実現することに寄与することにより、本研究の社会的な価値と位置づけを提起した。

3章では、これまで世界各国のレポートなどで引用され、影響力の大きいMaaSレベルに着目し、特に最高位のレベル4: Societal Goalとの統合の解釈を行った。海外においても、MaaSにおける手段の目的化への懸念や、プロモーションのインパクトに対する効果の弱さについて、「MaaSは誇大広告だ」という議論があることも把握した。海外事例の調査をベースに、新たにSocietal Goalは全てのステップにおける取組の目標であり常に定めるべきであることを明らかにし、新たなMaaSの整理体系を検討した。

4章では、デマンド型交通をテーマに、現在サービスが行われている事例において設定されている予約期限の現状を把握し、「のるーと」のデータからデマンド型交通に対する予約行動を分析した。関東地方におけるデマンド型交通を分析すると、「今すぐに」乗れる事例は1割程度に留まることが分かった。また、のるーとのデータ分析によると、4割が「今すぐ乗車したい」を選択していることが明らかになり、多くの自治体のデマンド型交通が採用している15分前や30分前の予約期限では真のニーズに対応していないことになる。また、行先や外出の用途によって予約期限を分析していくと、病院など用事の開始時刻がおおよそ決まっていると思われる移動目的の場合には前もって予約される傾向だが、日常的な買い物目的の場合、出かける時間帯や頻度に習慣性があったとしても「今すぐに乗車」したいニーズが大きいことが分かった。また、外出よりも帰宅時に利用する場合がデマンド型交通自体に多く、午後や夕方の時間帯に買い物施設から帰宅するニーズが多いことが分かる。このような分析を行うことによって、サービスに対するニーズを把握でき、サービス提供側（供

給)としても車両の配置や予約期限の設定などの分析を行うことができる。また、利用された事例の収集に留まらず、予約がキャンセルされた事例や、「今すぐ乗車」を予約したにもかかわらず待ち時間が長くなってしまった事例などを分析することも可能である。更に、断片的な利用状況の分析だけではなく、長期的な分析を行うことにより、デマンド型交通システムによる行動の変化や、デマンド型交通システムに対する信頼性などを分析することができるだろう。

5章では、自動運転時代に向けて、乗務員の業務のあり方について整理を行った。バス事業は1970年代から変わっておらず、新たな技術や制度も既存の枠組みのまま様々な取り組みが行われてきた。自動運転においても、「走る・曲がる・止まる」の自動化の技術検証が中心で、新たなバス事業のあり方が論じられている。総じて、運転士の最も基本で重要な業務は、安全な「運転」であり、「運転」へ集中させ、安全性を向上・確保するために他の業務への負担を軽減させたい、という考え方であることが分かった。そのなかで、業務として軽減させたいという観点として、第一に挙げられたのが「運賃収受」である。オーストラリアの事例では、運賃収受を廃止したことにより、安全性向上、乗降のスムーズさ、現金管理のコスト削減などの様々なメリットが見受けられた。

一方、事故時の対応、案内対応などは現地と遠隔センターとの連携余地も考えられる。

現在も、事故発生時に現場での判断か遠隔センターの判断か、優先順位にはバス会社ごとの違いがある。情報さえ用意しておけば、遠隔でできる業務の余地はまだまだありうる。

6章では、主に3章から5章までの成果を総合し、次世代バスの社会実装に向けた計画論を提案した。これまでの分析結果から、次世代のバスの計画に当たってはビジョン、目標、目的起点が重要であることを示し、具体の検討フレームと、検討ステップを示した。

次世代都市交通の時代においては、これまでの都市交通計画分野になかった技術や発想が多く持ち込まれ、結果的に、都市交通計画分野と他分野が連携しながら社会実装を目指していく必要に直面した。

特にICTに関連する技術やAIなどの技術は、日進月歩で新たな技術開発がなされる中で、従来の都市交通計画のように、長期間をかけて大規模な調査(パーソントリップ調査など)を行い、それらのデータに基づき精度よく需要を予測し、それに対応するサービス、システム設計にさらに時間を掛けるのではなく、ビジョンに基づき、実証実験なども挟みながらアジャイル的に改良を重ね、社会実験につなげていくプロセスがフィットする。

1章から2章にかけて関連する既往研究を整理する中で、都市交通計画として、次世代都市交通への準備ができないまま、新しいものがどんどん入り、短期的な評価により様々なサービスが実用化していくことが明らかになり、都市交通計画の存在感が次世代都市交通の社会実装の話の中である種、蚊帳の外になりつつあることに危機感を覚えた。

本研究により提案した計画論は、現在ある程度形になっている新技术・新サービスを前提

として検討したが、今後、さらに新しい技術や新しいサービスモデルは、次々と現れ、モビリティサービスへの活用を期待されるだろう。

しかし、本研究において導いた、事前段階で考えるべきことを押さえること、社会実装することがゴールではなく随時サービスを見直すためのデータ分析を行うこと、需要側と供給側がそれぞれバランスよく実現性を考えることという基本は、今後現れるどのような技術やサービスにおいても、応用することが可能であると考えている。

## 参考文献

- 1) Ryosuke Abe, Introducing autonomous buses and taxis: Quantifying the potential benefits in Japanese transportation systems, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 126, 2019, Pages 94-113
- 2) 足立圭司, 柴田創一郎, 池永藍, 太刀川遼: 交通制約者に優しいバスに係る検討, *SIP 成果報告書*, p.188-193(2023)
- 3) 赤木大介, 神田 佑亮, 諸星 賢治, 条件不利環境に対応した MaaS の設計と社会実装に関する実証研究, *土木学会論文集 D3 (土木計画学)*, 2020, 76 巻, 5 号, p. I\_1197-I\_1208
- 4) 天野光三, *都市の公共交通—よりよい都市動脈をつくる—*, 技報堂出版, 1988.4
- 5) Arias-Molinares, D., & Garcia-Palomares, J.C. The Ws of MaaS: Understanding mobility as a service from literature review. *IATSS Research*, 44, 253-263. (2020).
- 6) Arnold, T., Frost, M., Timmis, A.J., Dale, S., & Ison, S.. *Mobility Hubs: Review and Future Research Direction*. *Transportation Research Record*, 2677, 858 - 868. (2022)
- 7) Aydin, N., Seker, S., & Özkan, B. *Planning Location of Mobility Hub for Sustainable Urban Mobility*. *Sustainable Cities and Society*. (2022)
- 8) Beckmann S, Trojahn S, Zadek H. *Process Model for the Introduction of Automated Buses. Sustainability*. 2023; 15(19):14245. <https://doi.org/10.3390/su151914245>
- 9) Patrick M. Bösch, Felix Becker, Henrik Becker, Kay W. Axhausen, *Cost-based analysis of autonomous mobility services*, *Transport Policy*, Volume 64, 2018
- 10) Brundtland, G., *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*.(1987).
- 11) Byatt, M., Oscuro, G., & Rookes, M. (2007). *Improving efficiency: an evaluation of Sydney buses “Bondi Bendy” prepay service*
- 12) デジタル田園都市国家構想総合戦略, 内閣官房, [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/digital\\_denen/pdf/20221223\\_honbun.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/digital_denen/pdf/20221223_honbun.pdf), (参照 2023.10.12)
- 13) Ceder, A.; Wilson, N.H.M. *Bus Network Design*. *Transp. Res. Part B* 1986, 20, 331–344
- 14) Desaulniers, G.; Hickman, M.D. *Public Transit*. In *Transportation*; Laporte, G., Barnhart, C., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2007; pp. 69–127, ISBN 9780444513465.
- 15) 土木学会土木計画学研究委員会編, *非集計行動モデルの理論と実際*, 1995 年
- 16) 一般財団法人道路新産業開発機構 ITS・新道路創生本部 編, *地方部における自動運転移動サービス導入マニュアル Ver2.0*, 2020 年 12 月, [https://www.hido.or.jp/jidosapo/files/R1\\_manual.pdf](https://www.hido.or.jp/jidosapo/files/R1_manual.pdf), 2023 年 12 月 20 日確認
- 17) 藤垣 洋平, TRONCOSO PARADY Giancarlos, 高見 淳史, 原田 昇, *統合モビリティサービスの概念と体系的分析手法の提案*, *土木学会論文集 D3 (土木計画学)*, 2017, 73 巻, 5 号, p. I\_735-I\_746
- 18) 藤井聡, *TDM と社会的ジレンマ:交通問題解消における公共心の役割*, *土木学会論文集*

Proceedings of JSCE 667, 41-58, 2001-01-20

- 19) 藤井聡,ロードプライシングの公共受容におけるフレーミング効果 : 公衆の「倫理性」を前提とした広報活動に関する基礎研究,土木学会論文集 62(2), 239-249, 2006-07-20
- 20) GVH, <https://www.gvh.de/en/the-gvh/the-transport-association/> , last accessed 2023/10/10
- 21) 花岡 拓海, 大口 敬, 鳥海 梓, 自動運転システムの社会導入要件の体系化, 生産研究, 2020, 72 巻, 2 号, p. 159-164
- 22) 長谷川諒, 李柱衡, 中村弘毅, 安部原也, 内田信行 : レベル 3 自動運転の運転交代場面に対応する支援 HMI 活用時の運転行動分析—情報伝達手法の違いによる駐車車両回避経路への影響—, 自動車技術会論文集, Vol.54, No.2 , p .403-409(2023)
- 23) 長谷川 大輔, 鈴木 勉, 路線網形状を考慮したバス・デマンド型交通併用効果の分析, GIS-理論と応用, 2019, 27 巻, 1 号, p. 1-11
- 24) 長谷川 大輔, 鈴木 勉, 都市規模・密度に着目したデマンド型交通成立条件に関する理論的考察, 都市計画論文集, 2011, 46 巻, 3 号, p. 817-822
- 25) Hayauchi, G., Hidaka, Y., Key Performance Indicators and future perspectives in Japanese Maas Projects: Current situation in government-sponsored Projects from fiscal 2019 to 2021, iCoMaas 2022 Proceedings
- 26) 馮 文浩・谷本 圭志 (2022) 中山間地域におけるタクシー事業の供給能力と予約の調整に関する分析,土木学会論文集 D3 (土木計画学) ,Vol.77, No.5, 1\_745-1\_755,2022
- 27) 日高 洋祐, 観光産業へ向けた MaaS の活用可能性, IATSS Review (国際交通安全学会誌) , 2020, 45 巻, 1 号, p. 23-27
- 28) 日高洋祐, 牧村和彦, 井上岳一, 井上佳三, MaaS : モビリティ革命の先にある全産業のゲームチェンジ, 日経 BP 社, 2018
- 29) 稗方 和夫 (2017) オンデマンド型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
- 30) 樋笠堯士 : 自動運転レベル 4 どうしたら社会に受け入れられるか, 京都, 学芸出版社, 2023, 170p.
- 31) 今井猛嘉 : 自動運転に関する法整備, IATSS Review, Vol.47, No.3, p.173-179(2023)
- 32) International Transport Forum, OECD, The Innovative Mobility Landscape – The Case of Mobility as a Service(2021)
- 33) 石村怜美,太田恒平,富井規雄 (2013) ,経路検索サービスの実績データに基づく近未来の突発的移動需要の検出,土木計画学研究・講演集,Vol.47,2013
- 34) 磯崎昌光,吉村充功,奥村誠 (2004) ,都市近郊デマンドバス運用に関する理論的考察,土木計画学研究・論文集,Vol.21,No.4,2004 年 9 月
- 35) ITS America, <https://itsa.org/s/mobility-on-demand/>, last accessed 2023/9/20
- 36) 井坪慎二, 玉田和也, 澤井聡志, 谷口綾子, 吉田秀範, 道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験における社会受容性分析, 第 57 回土木計画学研究・講演集, 14-07,

2018

- 37) Jones, P., Transport Planning: Turning the Process on its Head, From “Predict and Provide” to Vision and Validate, Presentation to the UCLTI Radical Transport Conference, June 20th 2016
- 38) 香川喬之, 桑野将司, 福山敬, 谷本圭志, 川村尚生, 菅原一孔, バス経路検索履歴データを用いた移動希望特性の分析, 交通工学論文集, 第2巻, 第2号 (特集号 A) , pp.A\_115-A\_124, 2016.2
- 39) 神谷 貴浩, 佐々木 邦明, 高齢者を対象とした世帯訪問による中山間地のデマンドバス利用促進の効果分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) , 2011, 67 巻, 5 号, p. 67\_I\_1243-67\_I\_1250
- 40) Karlsson, I., Sochor, J., & Strömberg, H. Developing the ‘Service’ in Mobility as a Service: Experiences from a Field Trial of an Innovative Travel Brokerage. Transportation research procedia, 14, 3265-3273. (2016).
- 41) 勝又済, 熊倉永子, 新階寛恭 (2021) 都市問題の解決に向けた新技術導入 (スマートシティ化) に関する研究-都市問題を抱える地方公共団体と新技術を保有する企業への意向調査-, 都市計画論文集, 2021, 56 巻, 3 号, p. 1413-1420
- 42) 川崎智也, 轟朝幸, 西山翔太郎 (2015) デマンド型乗合タクシーにおけるイールドマネジメント導入の影響, 交通工学論文集, 第1巻, 第2号 (特集号 A) , pp.A\_149-A\_157, 2015.2
- 43) 川嶋優旗, 谷口綾子, 井坪慎二, 玉田和也, 澤井聡志, 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, 第57回土木計画学研究・講演集, 14-08, 2018
- 44) 木多央信・橋本成仁・服部哲・松舘渉・宮下和也・臼井早香 (2021) AI 配車サービスの導入と貨客混載によるデマンド型交通の持続的な運行に向けた取組～公共交通の活用による「ひと」と「モノ」の交流促進～, 第16回 JCOMM ポスター発表資料, [https://jcomm-or-jp.prm-ssl.jp/16th\\_jcomm/data/R3PB31.pdf](https://jcomm-or-jp.prm-ssl.jp/16th_jcomm/data/R3PB31.pdf), (2023/9/19 確認)
- 45) 北村隆一, 森川高行編著 ; 佐々木邦明, 藤井聡, 山本俊行著, 交通行動の分析とモデリング : 理論/モデル/調査/応用, 技法堂出版, 2002 年
- 46) 北村 清州, 水田 哲夫, 中村 俊之, 佐藤 仁美, 森川 高行, 中菅 章浩, 南川 敦宜, 自動運転車両によるモビリティサービス導入に向けた実践的需要分析手法～高蔵寺ニュータウンでのケーススタディ～, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) , 2020, 76 巻, 5 号, p. I\_1093-I\_1106
- 47) 交通工学研究会編, やさしい非集計分析, 丸善, 2001 年
- 48) 久保田尚, 交通シミュレーションと社会実験を内包した交通まちづくりプロセスの構築, 平成16年度～平成18年度科学研究費補助金 ( 基盤研究 (B) (2) ) 研究成果報告書
- 49) 桑野 将司, 谷本 圭志, 森山 卓, 中山間地域における行政サービスから見た自動運転技術の導入可能性, 農村計画学会誌, 2020, 39 巻, Special\_Issue 号, p. 245-252, 公開日 2021/11/20, Online ISSN 1881-2309
- 50) Lyons, G., Hammond, P., Mackay, K. The importance of user perspective in the evolution of

- MaaS. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 121, 22-36.(2019).
- 51) MaaS Alliance, <https://maas-alliance.eu/>, last accessed 2023/9/20
  - 52) MaaS Alliance, <https://maas-alliance.eu/wp-content/uploads/sites/7/2019/08/MaaS-of-the-Month-Supporting-MaaS-with-pilots.pdf>, last accessed 2023/10/10
  - 53) 松本 修一, 國府方 久史, 清水 洋一郎, 川嶋 弘尚, デマンドバス配車配送計画の実用的解法, 土木計画学研究・論文集, 0913-4034, 2009
  - 54) 松崎朱芳, 交通空白地域におけるデマンド交通の現状と課題—茨城県古河市の事例—, 交通学研究 2011 年研究年報
  - 55) 馬渡 真吾, 井坪 慎二, 金子 雄一郎, 自動運転の実証実験ルート沿線住民の意識分析と本格導入への示唆, 交通工学論文集, 2022, 8 巻, 2 号, p. B\_33-B\_42
  - 56) マイヤー ケイン ウォール共著, 井上孝訳, 都市交通の分析, 鹿島出版会, 1970
  - 57) Michael D. Meyer, Eric J. Miller, Urban Transportation Planning A Decision-Oriented Approach, McGraw-Hill, Inc., 1984
  - 58) 宮木由貴子, 自動運転移動サービスの「社会受容」とは何か, 国際交通安全学会誌, Vol. 48, No.2, 2023
  - 59) MLIT, MaaS/AI demand service usecases, In Japanese, (2022)
  - 60) MLIT, Kotsu Seisaku Hakusyo, [Annual Report on Transport Policies] In Japanese, 2023
  - 61) 国土交通省, 「令和 3 年国土交通白書」, <https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r02/hakusho/r03/pdfindex.html>
  - 62) 国土交通省 「令和 5 年度交通政策白書」, [https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei\\_transport\\_fr\\_000154.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_fr_000154.html), (2023/9/19 確認)
  - 63) 国土交通省中部運輸局 「デマンド型交通の手引き」, [https://www.tb.mlit.go.jp/hokushin/hrt54/com\\_policy/pdf/5-1demand.pdf](https://www.tb.mlit.go.jp/hokushin/hrt54/com_policy/pdf/5-1demand.pdf), (2023/8/13 確認)
  - 64) 森田 哲夫, 中村 文彦, 秋元 伸裕, 高橋 勝美, 土木学会論文集, Vol. 688/IV-53, p63-73, 2001
  - 65) Mulley, C., Nelson, J.D., Ho, C.Q., & Hensher, D.A. MaaS in a regional and rural setting: Recent experience. Transport Policy. (2023).
  - 66) 村井 藤紀, 塩見 康博, 路線バスを対象としたサブスクリプション型運賃制度の採算性における導入可能性の検討, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 2019, 75 巻, 5 号, p. I\_1177-I\_1187
  - 67) 中島秀之, 野田五十樹, 松原仁, 平田圭二, 田柳恵美子, 白石陽, 佐野渉二, 小柴等, 金森亮, バスとタクシーを融合した新しい公共交通サービスの概念とシステムの実装, 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\_875-I\_888, 2015
  - 68) 中野 公彦, 自動運転を目指したモビリティサービスの実証実験と ELSI を踏まえた社会実装への取り組み, 学術の動向, 2022, 27 巻, 7 号, p. 7\_33-7\_38

- 69) 中村文彦, 牧村和彦, 外山友里絵: バスがまちを変えていく-BRT の導入作法, 東京, 計量計画研究所, 2016, 201p
- 70) 中村文彦, バスでまちづくり再考ー文化的視点を加味してー (2021), IATSS Review Vol.46, No.2, 2021.10
- 71) 中村文彦 (2017), 「都市交通の役割とこれからの展望」, システム/制御/情報, Vol. 61, No.12, pp.481-486, 2017
- 72) 中村 文彦, 都市交通を改革する MaaS への期待(<特集>MaaS により目指す社会とそれを支える次世代モビリティ技術<電子情報通信学会 合同企画>), 日本機械学会誌, 2021, 124 巻, 1228 号, p. 10-11
- 73) Netherlands Institute for Transport Policy Analysis, EXPLORING MOBILITY-AS-A-SERVICE(2018)
- 74) アメリカ市町村協会刊行, 新谷洋二解説, 黒川洸, 中川三朗, 山形耕一, 涌井哲夫訳, 都市交通計画の立て方, 鹿島出版会 (1972), 原著: American Municipal Association, Developing the Transportation Plan, 1964
- 75) 西堀 泰英, 森川 高行, 自動運転車試乗前後の社会的受容性の要因分析, 都市計画論文集, 2019, 54 巻, 3 号, p. 696-702
- 76) 西堀泰英, 木村航太, 谷口綾子, 森川高行, 自動運転システムの普及に対する賛否意識等の社会受容性に関するメタ分析, 第 57 回土木計画学研究・講演集, 14-10, 2018
- 77) 新谷洋二編, 都市交通計画第 2 版, 技法堂出版, 1993 年
- 78) のるーと壱岐南エリアウェブサイト, <https://www.knowroute.jp/ikiminami/index.html>, (2023/9/19 確認)
- 79) 落合純一, 金森亮, 平田圭二, 野田五十樹, 名古屋市のタクシー配車データを用いた Smart Access Vehicle Service の効率性評価 (2018), The 32nd Annual Conference of Japanese Society for Artificial Intelligence, 2018
- 80) 太田勝敏, 交通システム計画, 技術書院, 1988.9
- 81) 大谷亮, 栗山あずさ, 伊藤輔, 江上嘉典, 石井啓介: 自動運転システムに対する知識と運転交代要求時のドライバーの行動, 人間工学, Vol.55, No.1, p.5-14 (2019)
- 82) 大城温, 大蔵泉, 中村文彦: 運賃收受方法がバス乗降特性に与える影響, 土木学会年次学術講演会公演概要集第 4 部, 52 巻, p.6-7(1997)
- 83) Pritchard, D.J. MaaS to pull us out of a car-centric orbit: Principles for sustainable Mobility-as-a-Service in the context of unsustainable car dependency. Case Studies on Transport Policy. (2022).
- 84) Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. Sustainability Science, 14, 681-695. (2018).
- 85) Sakai, K. MaaS trends and policy-level initiatives in the EU. IATSS Research, 43, 207-209. (2019).

- 86) 佐々木 悠貴, 有村 幹治, 浅田 拓海, マクロ交通シミュレーションを用いたオールドニュータウンへのオンデマンド交通の導入評価, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 2022, 78 巻, 5 号, p. I\_741-I\_751
- 87) 佐藤良太, 谷口綾子: バス利用者のバス利用満足度 に接客サービスが与える影響に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.5, p.1149-1155(2011)
- 88) Sochor, J., Arby, H., Karlsson, I.C.M., Sarasini, S. A topological approach to Mobility as a Service: A proposed tool for understanding requirements and effects, and for aiding the integration of societal goals. *Research in Transportation Business & Management*, 27, 3-14.(2018).
- 89) Sönke Beckmann, Sebastian Trojahn, Hartmut Zadek(2023), Process Model for the Introduction of Automated Buses, *Sustainability* 2023, 15(19)
- 90) 杉町敏之, 石川晃太郎, 郭鐘聲, 須田義大, 櫻井俊彰, 槇徹雄: 自動車の遠隔操縦者の運転特性とインタフェースに関する研究 (第3報), 自動車技術会論文集, Vol.54, No.6, p.1191-1197(2023)
- 91) 鈴木雄, 日野智, 三上晃平: 路線バス運転士の接客内容がバス利用意識に与える影響に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.75, No.6 (土木計画学研究・論文集第37巻), p. I\_513- I\_522(2020)
- 92) 田淵 景子, 福田 大輔, 再帰ロジック型交通行動モデルを用いたサブスクリプション型 MaaS の評価に関する基礎的研究, 都市計画論文集, 2020, 55 巻, 3 号, p. 666-673
- 93) 高見淳史 (2021), 「これからの都市交通計画」論, 「都市計画」353号 Vol.70, No.6, 2021年12月
- 94) 高見淳史 (2019), 「転換期の都市交通計画」, 日交研シリーズ B-187, 公益社団法人日本交通政策研究会
- 95) "高野 穂泉, 森本章倫, デマンド交通における利用者数の実測と予測の乖離に関する研究 土木学会論文集. D3, 土木計画学 土木学会 2012 68 5 I\_851-856"
- 96) 竹内龍介, 吉田樹, 自治体におけるコミュニティバスとデマンド交通の導入実態及び計画プロセスの差異に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.78, No.6, II\_613-II\_622, 2022
- 97) 竹内 龍介, 吉田 樹, 尾崎 光政, 地方自治体によるデマンド交通及びコミュニティバスの導入効果の発現要因に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 2022, 78 巻, 5 号, p. I\_627-I\_637
- 98) 竹内 龍介, 吉田 樹, 自治体におけるコミュニティバスとデマンド交通の導入実態及び計画プロセスの差異に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 2022, 78 巻, 6 号, p. II\_613-II\_622
- 99) TaM, tam-voyages.com, last accessed 2023/10/10

- 100) Thomson, J. M. (1978). Great cities and their traffic.
- 101) 東京都交通局, 第 1 回 都営交通の経営に関する有識者会議 会議資料 (参考資料), [https://www.kotsu.metro.tokyo.jp/about/information/yuushikisyakaigi/pdf/report\\_01d.pdf](https://www.kotsu.metro.tokyo.jp/about/information/yuushikisyakaigi/pdf/report_01d.pdf)
- 102) 都市計画, Vol.70, No.6 (2021)
- 103) 外山 友里絵, 中村 文彦, 開発途上国大中都市への BRT 導入に関する研究, 都市計画論文集, 2012, 47 巻, 3 号, p. 343-348, 公開日 2012/10/25, Online ISSN 2185-0593, Print ISSN 0916-0647, <https://doi.org/10.11361/journalcpj.47.343>
- 104) ロンドン市交通局 (Transport for London), <https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2014/april/tfl-confirms-introduction-of-cash-free-bus-travel-from-sunday-6-july>, (参照 2023.10.19)
- 105) Transportation Research Board(TRB), TCRP Synthesis Report: Practices to Protect Bus Operators from Passenger Assault(2011)
- 106) Volpe National Transportation Systems Center: Accessibility in Transit Bus Automation: Scan of Current Practices and Ongoing Research, FTA Report No. 0228(2022)
- 107) Whim, <https://whimapp.com/about-whim/>, last accessed 2023/10/10
- 108) Wienerlinien, <https://www.wienerlinien.at/web/wl-en/wienmobil-app>, last accessed 2023/10/10
- 109) 世界経済フォーラム, 「高齢化で変化する移動手段,日本が示す交通システムの新しいかたち」, <https://jp.weforum.org/agenda/2021/04/de-suru-ga-su-shisutemuno-shiikatachi/>
- 110) 大和 裕幸, 坪内 孝太, 伊藤 康太郎, インテリジェントバスシステムの提案的研究, 理論応用力学講演会 講演論文集, 2005, 54 巻, 第 54 回理論応用力学講演会 講演論文集, セッション ID 3D06, p. 229
- 111) 尹 鍾進・堀口 拓未・森地 茂 (2022) デマンド型交通の導入による地方のモビリティ向上に関する研究,運輸政策研究,2022 年 24 巻,pp027-034
- 112) 吉野純司, 平岡敏洋,霜野慧亮, 梅田学, 須田義大: 運行設計領域に基づく MRM における停止手法の決定戦略, 生産研究, Vol.75, No.1, p.99-104 (2023)

## 謝辞

まず、2019年10月に大学の門を再度叩いてから今日まで様々なご助言をいただいた中村文彦先生には、御礼の言葉を言い尽くせないほど、感謝の気持ちでいっぱいです。修士までにバスや都市交通について学んだことに積み重ねる形で、社会人経験を通じて感じた疑問に向き合うことに対し、多大な時間を研究指導に割いていただきました。学位論文を完成させられたのも、中村先生のおかげです。ありがとうございました。

田中伸治先生には、途中から指導教員をお願いすることになりましたが、最後までご指導いただき、大変感謝しております。広い視点から様々なご意見をいただき、大変勉強になりました。松行美帆子先生、安部遼祐先生には、ゼミなどを通じ意見交換をさせていただきここまで積み重ねることができました。藤山知加子先生には、審査委員として、温かく励ましのお言葉をいただきながらアドバイスをくださいました。本当にありがとうございました。

また、勤務先の三菱総合研究所の皆様にも、仕事をしながら大学院に通うことを許可いただき、最終局面では休職を許可いただき、大変感謝しております。上司の方々のみでなく、同僚・後輩の皆さんには、講義で不在にした際や休職中にたくさんのことを助けていただき、ご負担をおかけしてしまいました。最初から最後まで様々な仲間に応援していただき、励ましていただいたおかげで最後まで終わることができました。この会社でなければ、働きながら学位を取得することは、私には難しかったと思います。

また、仕事を通じて出会った職場以外の方々にも折に触れて学位の状況をご心配いただいたり、社外の社会人博士の先輩方にも様々なアドバイスをいただき、励みになりました。

また、名古屋大学の森川高行先生、有吉亮先生、早内玄先生には、特任研究員として名古屋大の様々な取り組みを通じてモビリティについて議論をさせていただく環境をいただき、大変感謝しております。先生方との議論、活動を通じて様々な発想をいただきました。特に早内先生には、呉工業高等専門学校の新田佑亮先生と共に土木学会 MaaS 小委員会で様々な議論の機会をいただき、この博士の研究を通じて、様々な人と出会ったり、議論を交わす環境を用意してくださったこと、心より感謝申し上げます。

デマンドバスのデータについて、西日本鉄道様にご協力をいただきました。

最後に横浜国立大学で博士課程に取り組んだ仲間（先に学位を取られた先輩方を含む）の皆様存在に励まされ、モチベーションを維持することができました。また、研究室の原山様、小岩様にもいつも研究に集中できる環境を提供いただきました。

自分のために始めた社会人博士への挑戦でしたが、この経験を通じて、たくさんの新しい方々に出会うことができたり、アカデミックの皆様との会話のきっかけになったり、また、これほどまでに私自身が周りの皆様に励まされているのだということに気づき感謝する機会になりました。学位も嬉しいですが、この経験自体をできたこと、できる環境にあったことに改めて感謝をしたいと思います。

今後も益々の研鑽と、この経験を社会に還元することができるよう努めてまいります。

2023年12月 外山友里絵

付録

バス会社業務ヒアリングシート

		乗務前の業務 (営業所・車庫)	乗務中の業務						回送(乗客なし)の 業務	乗務後の業務 (営業所・車庫)	
乗客 アクション			バスを停める (手を挙げる)	行先を問く	バスに 乗り込む	運賃を支払う	乗車する (着席 or 立ち)	下車の意思を 示す(ブザー)	バスから降りる		
日常	一般										
	車いす (一般との差分)										
	ベビーカー (一般との差分)										
	高齢者 (一般との差分)										
	子供 (一般との差分)										
	視覚障害者 (一般との差分)										
	聴覚障害者 (一般との差分)										
	外国人 (一般との差分)										
	その他										
イレギュ ラー	車内混雑時										
	遅延時										
	悪天候時										
	車内事故発生時										
	交通事故発生時										
	運賃支払い問題 時(残高不足等)										
	クレーム対応										

