

道路政策の質の向上に資する技術研究開発  
成果報告レポート  
No. 29-1

研究テーマ

自動運転と道の駅を活用した生産空間を支える  
新たな道路交通施策に関する研究開発

研究代表者：室蘭工業大学准教授	有村 幹治
共同研究者：東京大学教授	羽藤 英二
北海道大学教授	萩原 亨
北見工業大学教授	高橋 清
北海商科大学教授	相浦 宣徳
北海道大学准教授	岸 邦宏
北海道大学教授	内田 賢悦
豊橋技術科学大学教授	杉木 直
北海道科学大学准教授	井田 直人
秋田工業高等専門学校准教授	長谷川 裕修
室蘭工業大学助教	浅田 拓海
北海道開発技術センター	大井 元揮
ドーコン	澤 充隆
ドーコン	長岡 修
ドーコン	松田 真宣

令和 2 年 7 月

新道路技術会議

# 目 次

<b>研究概要(様式3)</b> .....	<b>1</b>
<b>第1章 研究の背景と目的</b> .....	<b>3</b>
1.1 研究の背景 .....	3
1.2 研究の目的 .....	3
1.3 研究の概要 .....	3
<b>第2章 「新たな道路交通施策」検討のための知見獲得</b> .....	<b>4</b>
2.1 「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」に関する調査・分析.....	4
2.2 「冬期道路」での自動運転車両の安全性確保の検討 .....	12
<b>第3章 「新たな道路交通施策」のあり方に関する研究開発</b> .....	<b>15</b>
3.1 評価モデルの構築 .....	15
3.2 南十勝地域における「新たな道路交通施策」のあり方検討 .....	34
3.4 全国他地域への適用可能性の検討 .....	44
<b>第4章 研究開発総括</b> .....	<b>47</b>
4.1 「新たな道路交通施策」検討のための知見獲得に関する総括 .....	47
4.2 「新たな道路交通施策」のあり方に関する研究開発に関する総括 .....	47
4.3 今後の展望 .....	47

# 研究概要(様式3)

【様式3】

## 「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成29年度採択) 研究概要

番号	研究課題名	研究代表者
No.29-1	自動運転と道の駅を活用した生産空間を支える新たな道路交通施策に関する研究開発	室蘭工業大学 准教授 有村幹治

自動運転や道の駅の活用を含む「新たな道路交通施策」を実装した社会実験を実施し、その効果や社会受容性について検証を行うとともに、評価モデルの開発を行い、北海道の「生産空間」に住み続けられる道路交通環境の評価・提案を行う。人口減少が10年早く進行する北海道をフィールドとして様々な検証を行うことで、同様の問題を抱える全国他地域への貢献を行うものである。

### 1. 研究の背景・目的

国土のグランドデザイン2050では、急激な人口減少・少子化・高齢化への対策として、生活拠点機能の「コンパクト化」と地域の公共交通網再構築と高次の都市機能維持に必要な圏域人口の確保を図る「ネットワーク化」の必要性が示されている。

一方で、北海道の人口減少は全国平均より10年近く早く進むとされている。このとき、我が国の食料基地であり観光拠点である「生産空間」ともいえる農山村部においては散居型の地域構造を有していることから、人口減少の影響を受けやすく、公共交通や物流の維持が困難な状況に陥る可能性が極めて高い。また、JR北海道が「単独では維持することが困難な線区について(2016/11/18)」を公表し不安が広がっている。そのことから「生産空間」での生活と産業(物流・観光)の両側面に対し、効果的かつ持続的な道路交通施策の投入が強く求められている。

昨今、BRT・デマンドバス等の公共交通システム、貨客混載等の物流施策・自動運転等の最先端技術などが進化しており、一方、それらの交通の結節点として道の駅等の道路施設の活用が注目されている。

以上を踏まえ、本研究は「生産空間」に住み続けられる道路交通環境を目指し、「新たな道路交通施策」のあり方について研究開発を行う。

### 2. 研究内容

#### テーマ1:「新たな道路交通施策」検討のための知見獲得

北海道・南十勝地域を対象フィールドとして、道の駅の活用や自動運転移送サービスを含む「新たな道路交通施策」の組合せを実装した社会実験を行い、その効果や社会受容性・実現性・持続性に関する検証を行った。

また、「冬期道路」を対象として、冬期の道路環境下における自動運転に関する手動介入と道路環境の関係等の評価するための実走調査、及び、ドライビングシミュレータを活用した模擬実験等を用い、自動運転車両が安全に走行するための道路環境・運行条件や情報提供等に関する検討を行った。

#### テーマ2:「新たな道路交通施策」のあり方に関する研究開発

道の駅等を活用した新たな道路交通施策の組合せにより、「生産空間」での生活者・物流・観光客の利便性・確実性が確保され、かつ持続可能な移送・輸送環境のあり方を検討。自動運転を内包した実証実験を通じてこれらの評価モデルを開発し評価を実施。その結果から、北海道の「生産空間」に住み続けられる道路交通施策を提案。本研究により得た知見から同様の問題を抱える全国他地域への適用・貢献について検討を行った。

### 3. 研究成果

#### (1) 「新たな道路交通施策」検討のための知見獲得

##### 1) 「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」に関する調査・分析

- 社会実験から得られた各種データ、地域住民へのアンケート調査、交通事業者等へヒアリング調査を通じ、導入施策に応じた効果や感度、コストや課題に関する現状把握を行った。

- ・ 自動運転技術に対する社会受容性, 定住環境形成に広域移動を含めた移動負担軽減が求められること, 運転手の高齢化により公共交通運営が逼迫していること等, 人口減少に苦しむ地域での今後のモビリティのあり方を考える知見を得た.
- 2) 「冬期道路」での自動運転導入車両の安全性確保
  - ・ 冬期道路においては路面状況に応じてオーバーライドを行うこと, 走行位置がわだちの形成によってずれる傾向であること, ドライバの主要な危機感 は路面の影響が大きいこと等, 「情報提供のあり方」, 「道路維持管理施策」を考えるための貴重な知見を得た.
- (2) 「新たな道路交通施策」のあり方に関する研究開発
  - 1) 評価モデルの開発
    - ・ 道の駅活用モデル, 公共交通サービスに求められる交通需要や必要となる車両数やルートなどのサービスの供給量を決定するためのモデルの開発を実施するとともに, モデルにより出力される項目を用いた便益計測手法の検討および事業費積算方法を検討し, 整備計画の投資効率性の評価を行った.
  - 2) 南十勝における「新たな道路交通施策」のあり方検討
    - ・ 開発した評価モデルを活用し, 南十勝地域における「新たな道路交通施策」の複数のシナリオを評価することで, 南十勝地域における「将来ビジョン」のあり方を検討し提示するに至った.
  - 3) 全国他地域への適用可能性
    - ・ 人口減少に苦しむ2エリアを抽出し, 高規格幹線道路と「道の駅を活用した広域自動運転公共交通サービス」の適用可能性について検討を行った.
- 4. 主な発表論文
  - (1) 坂本信, 有村幹治, 分枝価格法を用いた生産空間におけるダイヤルアライド問題に関する研究, 2019年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会, 土木学会北海道支部, 令和元年度論文報告集 第76号 部門D, 2020年01月24日, 札幌市
  - (2) 佐々木昭, 柿崎かぶと, 高橋清, 杉木直, 有村幹治, 自動運転導入におけるQOL評価指標の構築とその適用, 第59回土木計画学研究発表会・春大会, June 8-9, 2019
  - (3) 信夫征人, 杉木直, 松尾幸二郎, 交通行動の相互依存性を考慮したアクティビティベースモデルによる自動運転型地域公共交通システム導入の評価, 第60回土木計画学研究発表会・秋大会, November 30-December 2, 2019
  - (4) 白石直之, 高橋翔, 萩原亨, 岡田稔, 内藤利幸, 宗広一徳, 冬期路面がACCを作動させながらカーブに進入するドライバの危険回避行動に与える影響, 第61回土木計画学研究発表会, 2020.
  - (5) 島田裕仁, 岸邦宏, 北海道の生産空間における定住可能な公共交通体系に関する研究, 第60回土木計画学研究発表会・秋大会, November 30-December 2, 2019
- 5. 今後の展望
  - ・ 自動運転公共交通サービスが走る未来に対して課題は数多くあるが, このままでは地域の交通が立ち行かなくなることを地域住民が意識するようになり, 未来に向けて公共交通サービスを自ら考えていこうという機運が醸成されたことが, この実証実験における最大の成果である.
  - ・ 人口減少が, 各種施設の撤退を誘発し, その結果地域住民の移動は広域化せざるを得ず, すなわち生活の質は低下する. それらはさらに人口減少を生む. そうした負のスパイラルから地域が抜け出せないでいる昨今, 自動運転やMaaSなどのICTを活用したモビリティ革命を起こすことは, こうした生産空間において最後のチャンスとなり得る.
- 6. 道路政策の質の向上への寄与
  - ・ 本研究開発を通じて, 自動走行システムなどの道路上で提供されるモビリティサービスは,
    - ✓ 今後の生産空間で有効に機能する可能性があること.
    - ✓ それらのサービスで得られる社会的効用は道路投資の効率性を評価する新たな便益として計上できる可能性があること.
    - ✓ 道路のパフォーマンスはその社会的効用の発現度合いと直結していること.
    - ✓ 道路のパフォーマンスを動的情報として管理・発信することで, モビリティサービスの高度なマネジメントが実現できる可能性があること.
  - などについての知見を得ることができた.
  - ・ したがって, 本研究で, 「道路上で提供されるモビリティサービスを道路政策の軸に据えた未来の道路マネジメント」を提示するとともに, 今後, こうした展望を持ってさらなる研究開発が行われることを期待する.
- 7. ホームページ等 無

# 第1章 研究の背景と目的

## 1.1 研究の背景

北海道の人口減少は全国平均より10年早く進む。このとき、我が国の食料基地であり観光拠点である「生産空間」は、散居型の地域構造を有していることから、人口減少の影響を受けやすく、公共交通や物流の維持が困難な状況に陥る可能性が極めて高い。また、JR北海道が「単独では維持することが困難な線区について(2016/11/18)」を公表し、不安が広がっている。

以上から、「生産空間」での生活と産業（物流・観光）の両側面に対し、効果的かつ持続的な道路交通施策の投入が強く求められている。

## 1.2 研究の目的

国土のグランドデザイン2050では、急激な人口減少・少子化・高齢化への対策として、生活拠点機能の「コンパクト化」と地域の公共交通網再構築と高次の都市機能維持に必要な圏域人口の確保を図る「ネットワーク化」の必要性が示されている。

一方で、北海道の人口減少は全国平均より10年近く早く進むとされている。このとき、我が国の食料基地であり観光拠点である「生産空間」ともいえる農山村部においては散居型の地域構造を有していることから、人口減少の影響を受けやすく、公共交通や物流の維持が困難な状況に陥る可能性が極めて高い。

またJR北海道が「単独では維持することが困難な線区について(2016/11/18)」を公表し不安が広がっている。そのことから「生産空間」での生活と産業（物流・観光）の両側面に対し、効果的かつ持続的な道路交通施策の投入が強く求められている。

昨今、BRT・デマンドバス等の公共交通システム、貨客混載等の物流施策・自動運転等の最先端技術などが進化しており、一方、それらの交通の結節点として道の駅等の道路施設の活用が注目されている。

本研究は「生産空間」に住み続けられる道路交通環境を目指し、「新たな道路交通施策」のあり方について研究開発を行った。

## 1.3 研究の概要

「新たな道路交通施策」について、北海道南十勝地域をフィールドとして、「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」の導入を具体的に想定した調査・分析を実施する。また、そこで得た知見を活かし、施策の導入に役立つ評価モデルを完成させるとともに、関係者とのコミュニケーションを通じて、北海道南十勝地域における「新たな道路交通の将来ビジョン」、および、そこに到達するための「ロードマップ」を作成する。さらに、こうした研究開発を通じて、同様の問題に苦しむ全国他地域への適用の可能性を示す（図-1）。

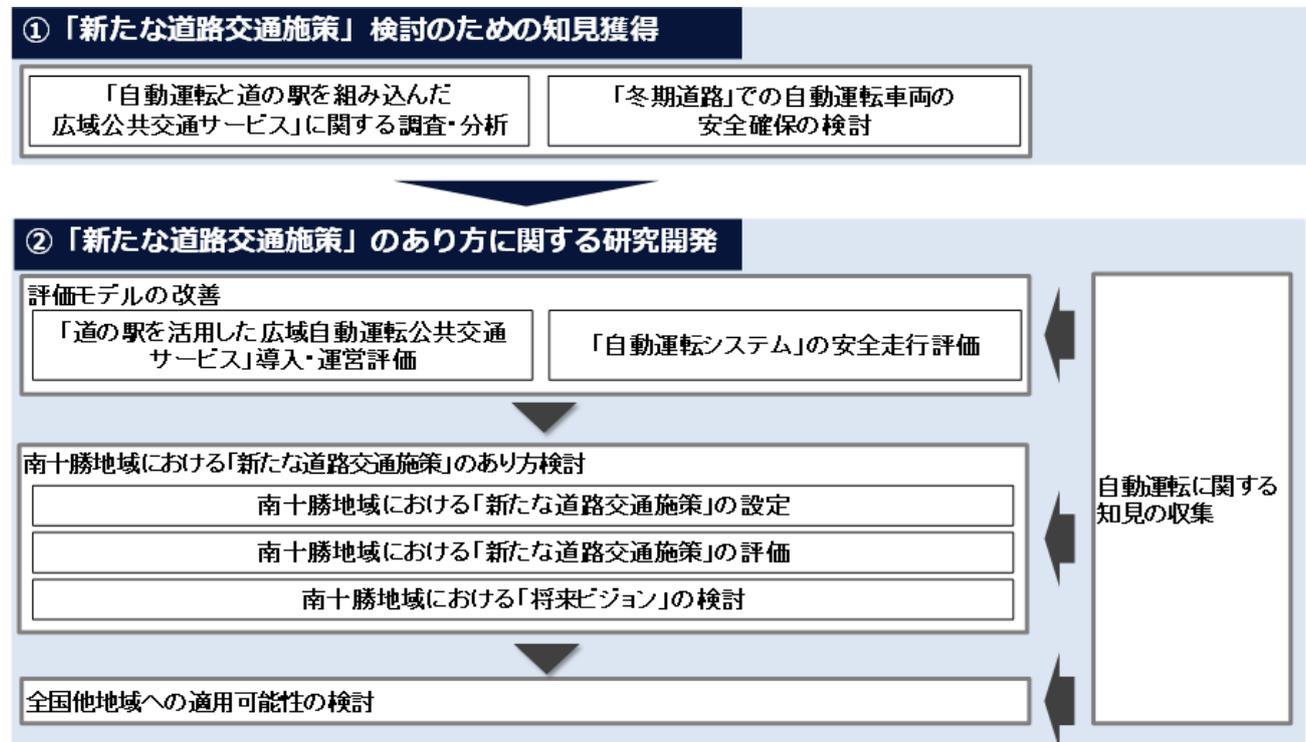


図-1 研究概要

南十勝地域における新たな道路交通施策のあり方検討にあたっては、「対流型地域圏における自動走行システム普及に向けた道路ストック評価手法」にお

いて研究開発を進めた整備計画検討および評価手法をもとに実施した（図-2）。

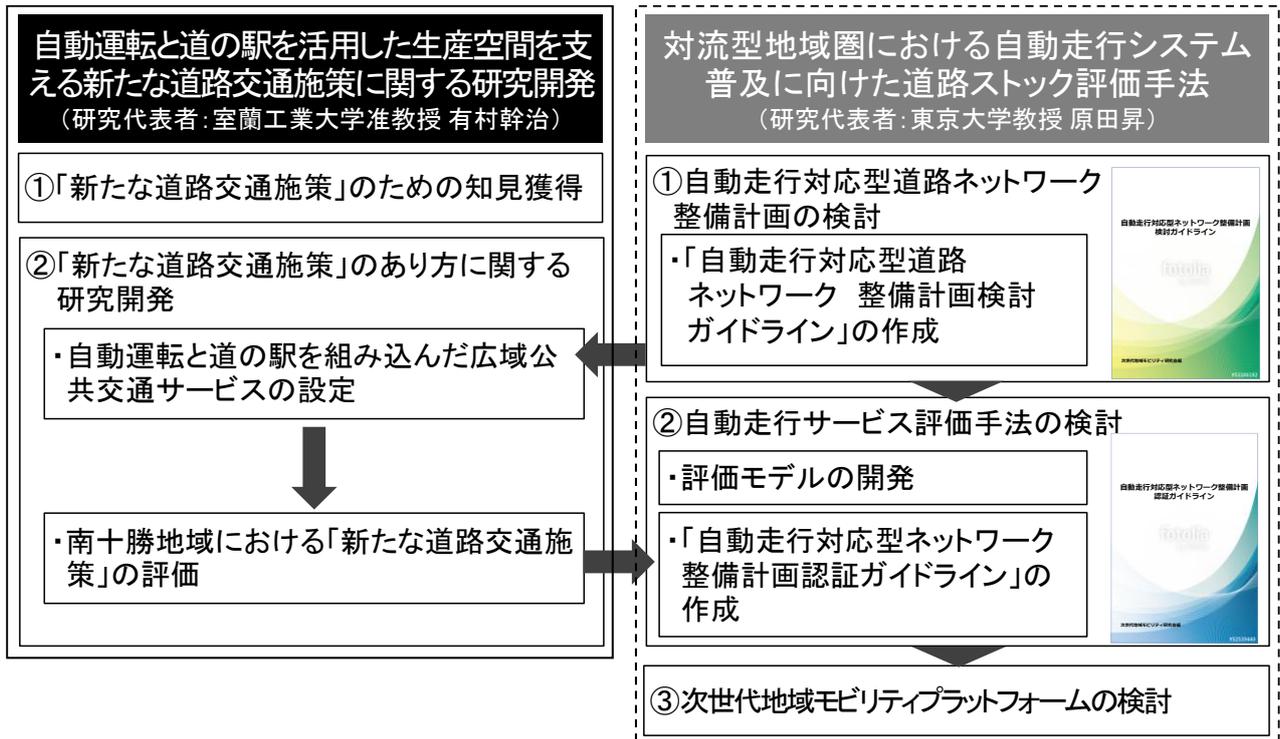


図-2 自動走行システムに関する他の研究開発との連携

## 第2章 「新たな道路交通施策」検討のための知見獲得

### 2.1 「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」に関する調査・分析

#### (1) 実証実験の取組み

##### a) 2017年度短期実証実験

##### ・実験概要

国土交通省は、超高齢化が進行する中山間地域における人流・物流の確保のため、道の駅など地域の拠点を核とする自動運転サービスの導入を目指した実証実験を全国13箇所で開催しており、大樹町は、そのうちの1箇所として、自動運転サービスのビジネスモデルを検討する地域として選定された。

実験では、ドライバーが運転席に乗り込んだ状態でハンドルに手を添えた状態で加速、操舵、制御する「レベル2」実験と、専用区間を設けドライバーが運転席に乗り込まない状態で加速、操舵、制御を全てシステムが自動で実施する「レベル4」実験が行われた。

大樹町の自動運転社会実験では、大きく「道路・交通」、「社会受容性」、「地域への効果」の3点が検証された。「道路・交通」では、積雪寒冷地において自動運転車両の円滑な通行が可能となる道路構造・管理水準について検討された。「社会受容性」では、大樹町民等が乗車モニターとなり、自動運転

技術への信頼性や乗り心地の検証を行った。「地域の効果」については、自動運転サービスが導入されることで、高齢者の外出機会の増加や円滑な地域内物流の支援等への効果がどれだけ得られるかについて、乗車モニターや地元事業者を対象にヒアリング調査を実施した。実証実験のイメージを図-3に示す。



図-3 2017年度短期実証実験のイメージ

## ・社会受容性の評価

自動運転サービス導入可否のアンケートでは（図-4）、乗客モニター112名、近隣住民279名から回答を得た。自動運転車両を用いた公共交通サービスを地域に導入することは、いずれも半数以上が賛成しており、導入への期待が一定程度確認された。特に、乗客モニターは、導入賛否、利用ニーズ、信頼

性への印象とも高く、体験によって受容性が高まる傾向がうかがえる。

また、自分が移動する場合の外出機会・範囲の変化では、高齢者の移動手段が確保されることで、外出機会の増加につながる声が多い。移動手段を持たない高齢者において、他の移動手段との連携など、移動範囲の広域化が見込まれる。

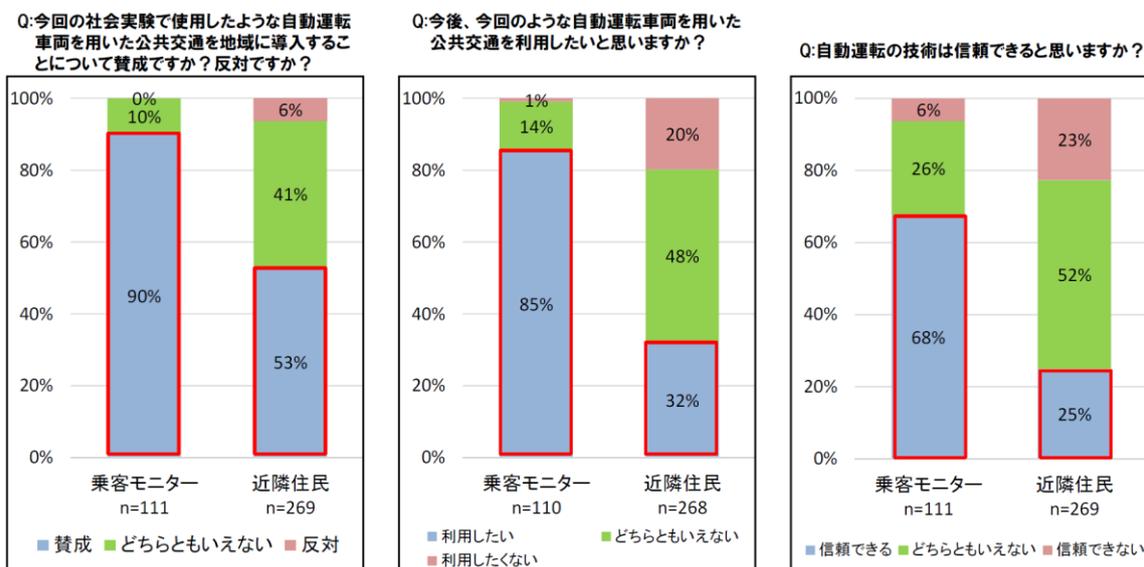


図-4 アンケート調査による自動運転サービス導入可否

## ・地域への効果

大樹町の自動運転社会実験では、「道路・交通」、「社会受容性」、「地域への効果」の3点が検証されており、このうち「地域への効果」は、自動運転サービスが導入されることで、高齢者の外出機会の増加や円滑な地域内物流の支援、宇宙のまちづくり（観光）への促進等の効果がどれだけ得られるかを調査している。

高齢者の外出機会の増加に関する評価では、大樹町の高齢者が集まる行事「いきいき健康クラブ」に参加する高齢者を対象に、自宅近くから開催会場までを自動運転車両で運行する実験を実施した。乗車した高齢者からは、「免許を保有していない人の外出頻度増加が期待できる」ことや、「家族の送迎負担を気にせず外出できる」、「荒天（吹雪）時も外出しやすい」といった外出機会の増加に効果が期待できるとの声がみられた。今後の課題としては「停留所の増設」や「運行本数」等を指摘する声がみられた。

続いて、道の駅と帯広駅とをダイレクトに結ぶ広域路線バスを試験運行し、自動運転バスより乗り継いで大樹町と帯広市を日帰り移動する体験ツアーを実施した。乗車モニターより、十勝圏の中心都市である帯広市へのアクセシビリティが向上することで、帯広市へ「通院頻度のアップ」や、「身体的負担の軽減」、「帯広での滞在時間を延ばせる」等、生活利便性が向上し高齢者の外出機会の増加が期待できるとの声がみられた。

円滑な地域内物流の支援に関する評価では、自動運転車両を活用して、町内生産者の農産物や商品等を道の駅まで配送する実験を実施した。参加者より、「道の駅までの配送時間の短縮」や「配送頻度のアップ」、「人手不足の解消」を期待できるとの声と共に、配送環境がより良くなることで、販路拡大が期待できる声がみられた。

足寄町「高橋菓子店」の人気商品「甘納豆食パン」を自動運転車両により参加者モニター宅に戸別配送する実験を実施した。参加者モニターより、「普段入手できない商品を大樹町で居ながら受け取れることが嬉しい」という声がみられたほか、生産者より、「販路拡大を期待できる」との声がみられた。

宇宙のまちづくり促進支援に関する評価では、北大生や中札内村民が観光客モニターとなり、自動運転車両を活用した観光移動体験を実施した。モニターより、「免許非保有者の利便性向上」や、「運転者負担の軽減による付加サービスの向上（ガイド）が期待できる」との声がみられた。今後の課題として「完全無人化による不安（解消）」、「除雪対策」を指摘する声がみられた。

これにより、自動運転サービスが社会実装されることで、「高齢者の外出機会の増加」や「円滑な地域内物流の支援」、そして「宇宙まちづくり（観光）促進」等が期待でき、超高齢化が進行する中山間地域における人流・物流確保に効果があることが期待できる結果を得た。

## b) 2018年度プレ実験・地域住民WS

### ・実験概要

自動運転と道の駅を活用した生産空間を支える新たな交通の確立を目指し、南十勝エリアの広域的な公共交通サービスへのニーズを把握することを目的とする。プレ実験では、十勝バス広尾線の高速化実証運行および域内バスとの接続により（図-5）、生産空間から中核都市への移動利便性を向上した際の地域住民の生活の質（QOL）や定住意識の変化を明らかにする。

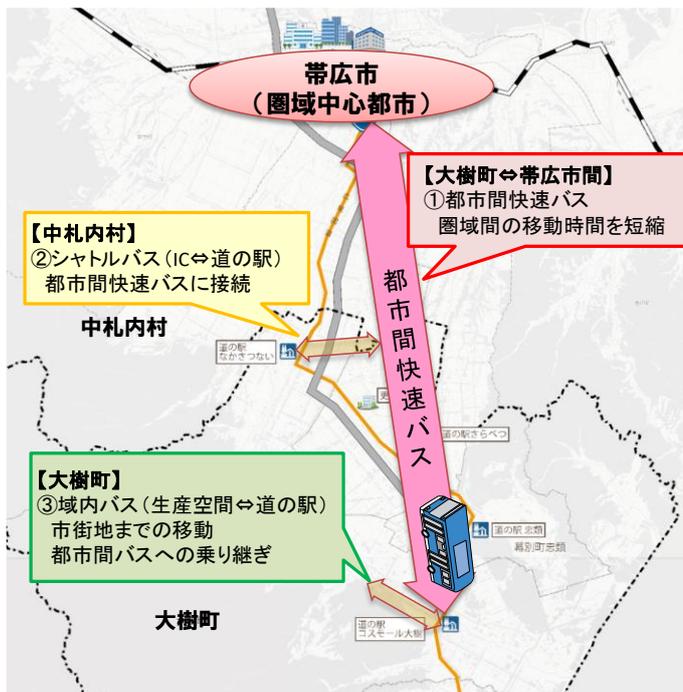


図-5 実験におけるネットワークの意味付け

### ・ターゲット別のモニターツアーの実施

2019年5月に実施予定のSIPの自動運転長期実証実験において、実施計画への反映を行うために、南十勝地域の住民における広域的な移動ニーズを把握、また、サービス提供によるライフスタイルや定住意向へのインパクトを調査するためにターゲット別に以下の3つのモニターツアーを実施した（写真-1）。

#### ① 快速バスで行く！帯広通学モニターツアー

実施日：12月6日（木）・12月7日（金）

両日運行

ターゲット：高校生

実施目的：通学という明確なバス利用目的があるため、現状のバス路線の課題等を明らかにし、より利便性の高い運行計画や公共交通のあり方を検討する。



写真-1 ツアーの様子①

#### ② バス利用プランを考える大人の修学旅行

実施日：12月6日（木）～12月7日（金）

1泊2日

ターゲット：一般・高齢者

実施目的：公共交通のサービスレベルが低いことから、自家用車依存が高いのが現状であるため、どのような公共交通であれば利用するのか等を明らかにし、また、免許返納等を踏まえた公共交通利用意識を醸成する（写真-2）。



写真-2 ツアーの様子②

#### ③ 南十勝の未来を語るワークショップツアー

実施日：12月8日（土）

ターゲット：中高生およびその保護者

実施目的：交通が進路選択等に影響すること等からライフスタイル変化への実態の調査を行う。（写真-3）



写真-3 ツアーの様子③

## ・中高生における交通体系と定住意識

大樹町在住の高校生の通学において、現状では大樹町内には高校は大樹高校 1 校のみであり、帯広へ通学する場合、スクールバスが運行していない為、広尾線での通学となり、通学時間が約 2 時間となるのが現状である。前述したアンケート調査の結果を大樹町出身の学生のみ絞ると、約 8 割の学生が、下宿をしているのが現状である。

WS 内において、中学生の進路決定時に金銭的都合で下宿が厳しいため、本来行きたい高校に通えない学生もいるのが現状である、といった意見も挙がった。高規格幹線道路を活用した路線バスが運行することで大樹町の学生も自宅から通うことが可能となり、高校進学を選択肢が広がることが期待できる。

中札内村在住の高校生の通学においては、現状では中札内村に高校が無く、帯広市内のほとんどの高校にスクールバスが運行している。また、大樹高校へ通う場合、大樹町から通学費が支給される。しかし、スクールバスが運行するのは登校時のみであり、下校時は路線バスや送迎で帰宅することになる。中札内村は大樹町と比較し、帯広市までの所要時間は短いものの、都市部と比較するとサービスレベルは決して高いものでない。

本モニターツアーで試行したような新たな公共交通体系が構築された場合、現状と比較して約 2 割以上が定住意識の向上が見込めることが分かった。また、将来大学等で一度地元を離れても、試行した公共交通体系が構築された場合、また戻ってくる大きな要因になるとの意見も WS 内で多く挙がった。

## ・高齢者における交通体系と定住意識

帯広市への公共交通は地域に住み続けることを考えたときに重要な要素であると 9 割が回答していることから、新たな交通体系は定住意識に大きく影響していることがわかる。

また、特に将来、運転しなくなったり、送迎してくれる人がなくなったときという条件下では全員が帯広市への公共交通は、地域に住み続けるために重要な要素であると回答している。

帯広市への依存が高い現状の中で、公共交通で帯広市へ行く利便性が向上することで免許返納がしやすくなり、免許返納者にインセンティブを与えることで免許返納後もストレスフリーに都市に住んでいる感覚で生活し、住み続けることが可能となる。

都市間快速バスの導入により、帯広市内での滞在時間の増加や、出発時間が遅くなるといった効果が期待される。1 例として、広域交通として、都市間快速バス施行時と現状の広尾線ダイヤ（抜粋）を比較すると、大樹町から 8 時に出発し、14 時ごろ帰宅したいという需要の場合、現状では、8:46 大樹町発-10:36 帯広市着の広尾線で帯広市へ向かい、12:20 帯広市発-14:00 大樹町着の 1 時間 44 分の滞在時間といった行動パターンであるが、都市間快速バスが運行されると、8:25 大樹町発-9:29 帯広市着の便で帯広市へ向かい、13:05 帯広市発-14:09 大樹

町着の 3 時間 36 分の滞在時間といった行動パターンに変化することになり、発時間の差分を考慮しても、1 時間 31 分程度滞在時間が増えることになる。滞在時間の延長によって、学生においては帯広市の高校での部活動への参加、アルバイト、塾等の習い事が可能になることが期待される。また本実験で想定した将来的に地域内交通、自動運転技術、デマンド交通、IOT を活用した情報提供サービス等が実装された場合、「送迎」といった行為が減り、送迎を行っている総時間が他の行動に充てることができ、QOL の向上に寄与することが考えられる。

## ・自動運転公共交通サービスの社会受容性

自動運転公共交通サービスのデマンド運行による効果は、全世代共通で効果を期待しており、現状のバス停間の距離が長く、最寄りのバス停までの送迎をするといったことが日常的に行われている地域としては、地域の満足度が大きいことが分かった。

中高生や、その保護者からは将来的に自動運転車両に運転手がいなくなった場合、防犯面で不安があるといった意見が挙がり、車内モニタリング等による緊急時に対応できる体制の構築が望まれる。

## ・「自動運転公共交通サービス」の事業性

大きなスキームとして、地域全体でサービスを統合することがシームレスな公共交通サービスの提供には必要である。

統合元が運行、決済に関する情報を一元的に取り扱い、運行システム、オペレーションマニュアル等を共有し、地域全体でモビリティの一元化、統一化を図ることで、各公共交通機関の連携が強化され、さらには予約、経路検索、決済までがシームレスに可能になる。

ここに各自治体や地域全体の都市計画やインフラ整備が交通政策と一体となることでいわゆる地域 MaaS といったものを確立することが可能であり、公共交通のサービスレベルが飛躍的に向上し、定住意識の向上へもつながることが期待できる。

上述の将来運営イメージの地域毎に抽出すると、地域交通として自動運転サービスを導入した場合のいわゆる小さなスキームの中では、以下のような運営体制のケーススタディが考えられる。

### 【運営体制のケーススタディ】

運営主体：社会福祉協議会

地域住民の各施設への移動（送迎）の代替、生産空間で収穫された特産品や、地域企業の加工品の出荷を貨客混載で運送、それらの運賃収入や、現状で自治体が行っている福祉送迎サービス、スクールバス等の統合によって、コスト移転が見込まれる。

c) 2019年度長期実証実験

国土交通省は、超高齢化が進行する中山間地域における人流・物流の確保のため、道の駅など地域の拠点を核とする自動運転サービスの導入を目指した長期実証実験を全国6箇所で開催している。

大樹町は、全国6箇所の中の1箇所として、自動運転サービスのビジネスモデルを検討する地域として選定された。

・実験概要

令和元年5月～6月にかけての約1か月間、バスタイプの自動運転実験車両を持って、①市街地循環便、②尾田地区→道の駅往復便の2つの実証実験ルート

を設け、自動運転「レベル2」（ドライバー同乗）による混在交通（公道）の走行を試行した（図-6）。

また、大樹町では、自動運転サービスに合わせて、大樹町が日常生活の多くを圏域中心都市である帯広市に強く依存一方で路線バスによるアクセス時間が片道約2時間を要す状況を踏まえ、大樹町から帯広市まで高規格幹線道路を経由し現状の半分程度（約1時間）でのアクセスを可能とする「都市間快速バス」を試行した（図-7）。

自動運転バスの総利用者数は736人（市街地循環便555人、尾田地区→道の駅往復便181人）であり、合わせて実験期間最終週に試行した都市間快速バスの総利用者数は206人であった。

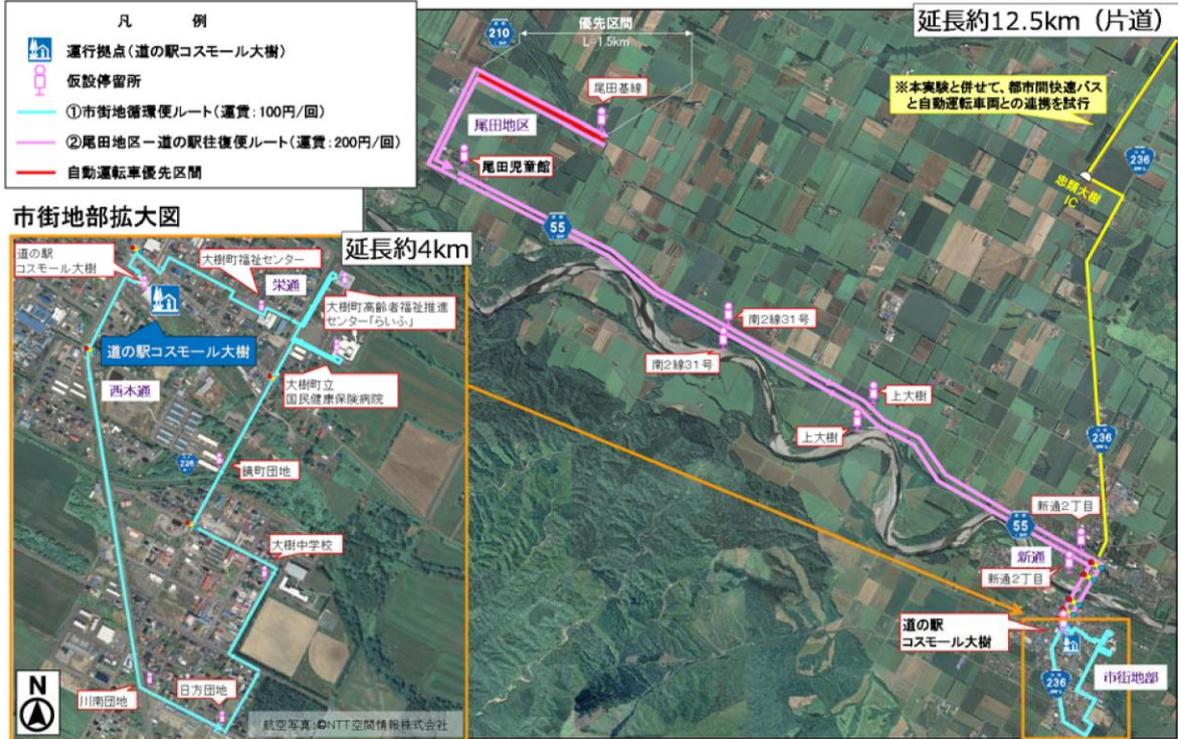


図-6 大樹町における長期実証実験ルート概要

■都市間快速バス実験概要

実験期間	令和元年6月17日（月）～6月21日（金）5日間
目的	・高規格幹線道路走行による移動時間短縮 ・乗換拠点における地域交通との接続連携
利用者数	延べ206人
実験ルート	道の駅コスモール大樹、中札内IC、帯広市内の医療施設、商業施設、バスターミナルなどを走行するルート ※朝1便のみ帯広市内の学校を走行するルート
走行延長	約60km/片道（64分/片道）
運行パターン	定期運行 8便/日



■中札内シャトルバス実験概要

実験期間	令和元年6月17日（月）～6月21日（金）5日間
目的	・乗換拠点における都市間交通との接続連携
利用者数	延べ25人
実験ルート	中札内村中心部（道の駅なかさつない）と広域交通との乗換拠点（中札内IC）を結ぶルート
走行延長	約3km/片道（6分/片道）
運行パターン	定期運行 8便/日



図-7 都市間快速バス実証実験ルート概要

### ・ 運賃収入に対する社会受容性

今後、自動運転サービスが社会実装化された場合、利用頻度は「週に1~2回」が最も多く、支払意思額では、約5割が今回の有償運賃と同額の「100円程度」との回答が得られたことから、今回の料金設定は概ね妥当であり、一定の料金収入が見込めることがうかがえる。

### ・ 日常生活における社会受容性

利用者アンケート調査から、高齢者では、自動運転サービス実証実験に約8割が満足と回答しており、今後社会実装化された際には約半数は外出機会が増えると回答しているなど、高齢者の自動運転サービスに対する社会受容性は高いことが確認されている。(図-8)

### ・ 広域移動に対する社会受容性

利用者アンケート調査から、大樹一帯広間で試行した都市間快速バスの取り組みについて、ほぼ全体が満足と回答しており、今後社会実装化された際にも約6割の利用者が、外出機会が増えると回答しており、都市間快速バスの実装化に対しても社会受容性が高いことが確認されている(図-8)。

都市間快速バスの試行では、大樹町から帯広の高校に通う高校生が利用し、普段朝5時に家を出るのが1時間遅くすることができるようになった事例や、道の駅での自動運転バスとのスムーズな接続により、通学や買物等での都市間移動の大幅な時間短縮が体験されている。

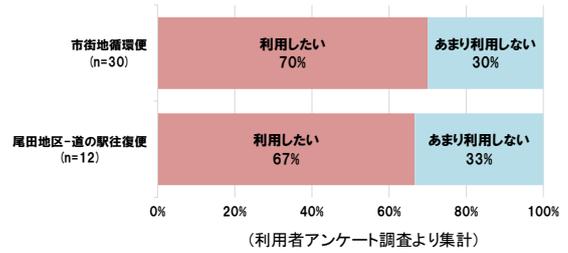
### ・ 結果のとりまとめ

長期実証実験結果のとりまとめを表-1に示す。

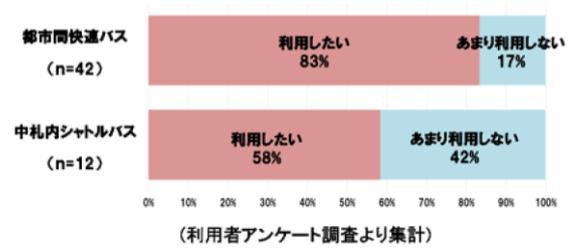
表-1 結果のとりまとめ

分類	項目	事業者意見	実装時に向けた対応方針(案)
地元交通事業者	雅交通	○町民の高齢化などドライバーの確保が深刻な課題。 ○ドライバーの資格要件も緩和されることが望ましい。 ○車両管理のマニュアルがあると日々の安全運行が守られる。	⇒「自家用有償旅客運送」による運行 ⇒「車両管理マニュアル」の作成
運営主体	大樹町社会福祉協議会	○運行管理センターを常設するコストが問題。 ○緊急事態に対応できる体制の構築が必要。	⇒「有償ボランティア」の活用 ⇒AI技術やICT活用による緊急時の初動体制検討
	有償ボランティア	○長時間拘束だと有償ボランティアで働くことは難しいので、空き時間を利用した働き方が望ましい。 ○運行管理のマニュアルが必要。	⇒利用者との相互協力により、スタッフ要員確保 ⇒「運行管理マニュアル」の作成
協力機関との運営体制	大樹町	○地域の足として機能する公共交通網の検討が必要 ○自動運転サービスの実装に向けて、車両の技術が向上し、コストが安くなれば導入したい。	⇒公共交通網計画の再編 ⇒車両導入時の補助制度活用
	道の駅 コスモール大樹	○今回の実験で交通結節点としての機能を持たせることで、道の駅の利用者が増えたと感じる。 ○自動運転サービスの実装に向け、利用者向けのサービス向上が必要になる。	⇒サイネージやバスロケなどの情報提供施設、ベンチや屋根などの休憩施設設置 ⇒ルート検索、予約、決済まで可能なアプリ導入検討
	地域の施設 (福祉センター、大樹町立病院など)	○施設利用者の安全対策が重要。 ○駐車車両を回避する技術の向上が必要。	⇒施設利用者との動線分離 ⇒自動運転専用レーン・出入口の設置
	地域企業 (コスモール大樹カウベル大樹など)	○バス停が近くにあると貨客混載を利用しやすくなる。 ○商品配送を頼みたい時に、いつでも貨客混載を利用できるように自動運転車両を運行して欲しい。	⇒貨客混載の需要に応じたバス停の増設 ⇒需要に合わせて貨客混載のバスを動かすシステム(デマンドシステム)の導入
	運送事業者 (ヤマト運輸など)	○大樹町内の地区別に配送の時間帯が決まっているため、配送のタイミングに合った貨客混載であれば利用しやすい。	⇒運送事業者の配送時間帯を考慮した貨客混載のバスダイヤ検討

### ■ 今後実装化された時の利用意向 (60歳以上)



### ■ 今後実装化された時の利用意向



### ■ 外出機会への影響

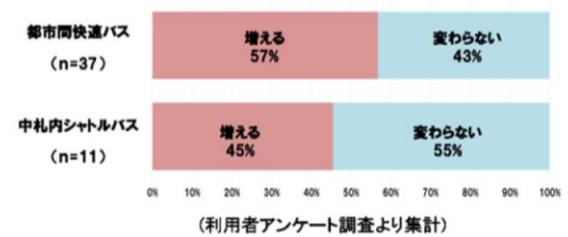


図-8 利用意向や外出機会に対する社会受容性

## (2) 地域住民へのアンケート調査

### a) 調査概要

公共交通ネットワークが生産空間への定住意識に及ぼす影響を分析するためのモデル構築及び大樹町における公共交通計画の検討に資する基礎データを得ることを目的に、アンケート調査を実施した。

- ・対象者：大樹町にお住まいの15歳以上の方
- ・配布回収：郵送配布・回収
- ・配布数：2,742世帯(5,484票)

※大樹町全世帯に対し、1世帯当たり2票を配布

・回収数：479世帯(733票)

※回収率：17.5%（世帯ベース）

### b) 調査結果

大樹町民の移動実態調査より、送迎をしている人の多くは妻・子ども・母であり、1時間半以上の送迎が多くみられた。また、月に2~3回以上帯広市に移動している人が半数以上を占め、長時間の送迎が送迎者（親など）の自由時間の損失に影響していること等が明らかになった。（図-9）

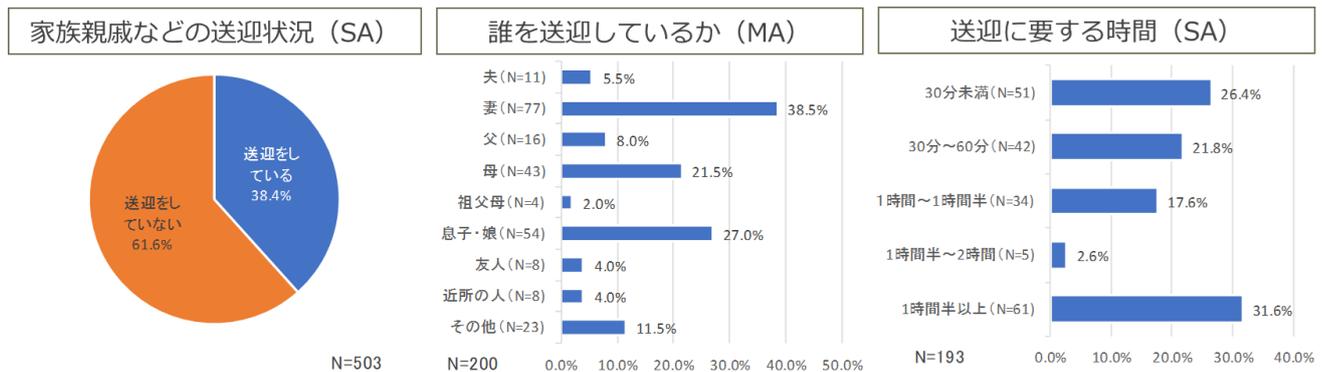


図-9 大樹町民アンケート調査結果

## (3) 交通事業者等へのヒアリング調査

自治体（教育部局・交通部局・福祉部局）、社会福祉協議会、交通事業者、商業施設等を対象にヒアリング調査を実施し、現状の住民輸送の状況や大樹町内のドライバー人数・年齢、商業施設に

おける配送サービス実施状況等の詳細を把握した。（図-10）その結果、運行を支える運転手の高齢化により、持続可能性の課題が表面化していること等が明らかになった。

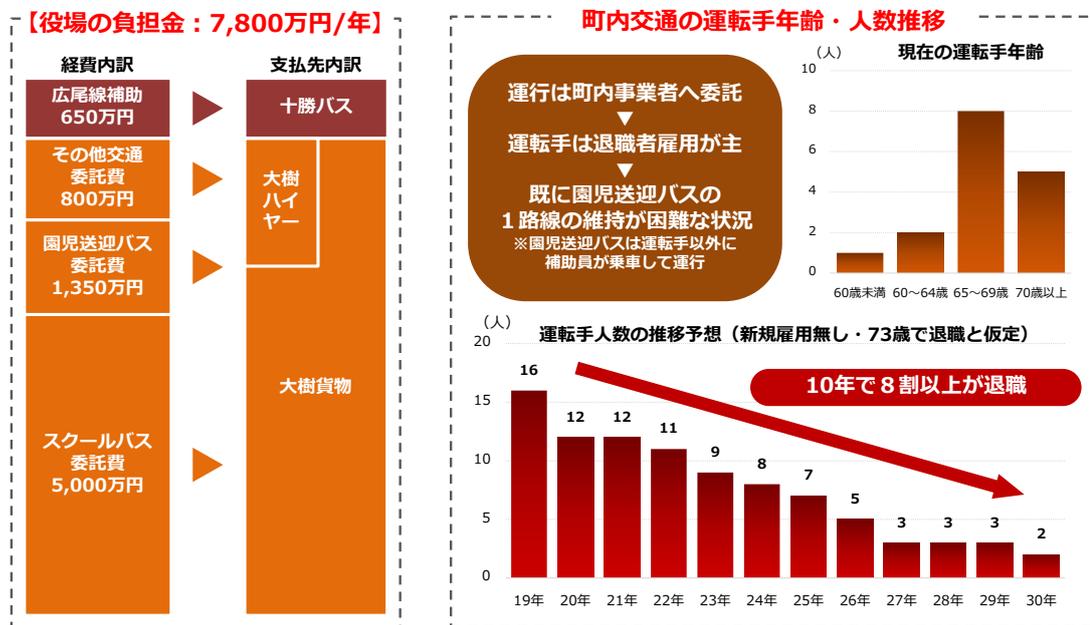


図-10 交通事業者等へのヒアリング調査結果

## (4) 地域とのコミュニケーション

自動運転サービス実証実験における計画検討、実験結果の検証を行うために、道の駅「コスモール大樹」を拠点とした自動運転サービス地域実験協議会を設立した。また、大樹町における新たな

モビリティの導入や運営実施体制のあり方を検討していくために、大樹町交通対策連絡会議を設立した。

以上のコミュニケーションにより、新たな道路交通施策のあり方検討のための知見を得た。

(5) 知見のとりまとめ

北海道の生産空間である大樹町は、集落が広域に点在する一方で、大樹町内に分布する都市機能施設の多くは町の市街地中心部に立地するため、都市機能の享受に長距離移動が伴う。また、高次の医療や教育、買物施設等が集積する最寄りの中心都市（帯広市）までは約60kmの長距離移動が必要となっている（図-11）。このような住環境のため、町民へのアンケート結果によると、町民の約4割が最大で1時間半以上にも及ぶ家族の送迎を強いられており、自

由時間の損失といった大きな課題を有している。また、大樹町の人口は、一貫して減少傾向にあり、町外への年間約250~300人程度の転居が発生し、うち約7割が30代以下となっている。道民を対象とした転居経験がある人へのアンケートから得られた結果では、約半数が「転居前居住地における交通上の問題」を上げ、公共交通サービスの改善により約3割が定住の意向を示していることから、定住環境の形成に向けては、広域移動を含めた移動負担の軽減が求められる。



図-11 大樹町の都市機能の実態

一方、町内の公共交通を支える交通事業者等では、運転手の高齢化の進展が深刻であり、5年後には半減、10年後には8割減と見込まれ、公共交通の存続問題が逼迫していることが浮き彫りとなった。この交通上の課題が解決できない場合、あらゆる地域住民生活のQOLの低下、交通サービスの低下、更なる運営状態

の低下を招き、人口流出に拍車をかけることが懸念される（図-12）。

従って、今後、人口定住を図るために、移動負担の軽減を図り町民のQOLを確保すること、それを支える公共交通サービスの安定化に資する自動運転技術等の新技術を導入することが、強く求められている。

地域住民	親	病院や介護施設等への移動が大変 人に会うのが大変 移動確保のため免許返納もできない など
	子ども	保育園・幼稚園・学校に通うのが大変 習い事ができない、高校が選べない
	夫婦	家族の送迎が大変 など
交通事業者		現状の運営は、行政からの補助金負担が大きい 深刻なドライバー不足、高齢化
地域住民		医療・教育・買い物・交友等、各地域での施設の維持が 困難になり、移動が広域化し、離散・転居
交通事業者		運行規模の縮小により、交通サービスレベルが低下、 利用者数が減少し、更なる運営状況の悪化

図-12 大樹町を含む南十勝地域が抱える交通上の課題

## 2.2 「冬期道路」での自動運転車両の安全性確保の検討

北海道において「自動運転と道の駅の活用を組み込んだ広域公共交通サービス」の安全性を確保するためには、「冬期道路」の特性を考慮する必要がある。したがって、冬期道路における実走行観測により現状の道路線形・構造、冬期道路環境、冬期走行実態を把握するとともに、ドライビングシミュレータを活用した模擬実験を行い、「新たな道路交通施策」の一環としての「情報提供のあり方」や「道路維持管理施策」を検討するための知見としてとりまとめた。

### (1) 冬期道路におけるACC実走行調査

#### a) 調査概要

道路の路面状態や道路線形といった走行環境が冬期のドライバーによるACC制御への介入にどのような、またどの程度影響を与えるかを明らかにするため走行調査を行った。

- ・調査日：2019年1月28日(月)～31日(木)
  - ・調査場所：北海道網走市、女満別町及び美幌町
- 走行コースは図-13に示すAコース、Bコース、Cコースの3コースである。各コースの起点を0キロポスト（以降、KP）とし、各コースの起点からの距離も同様にKPを用いて各々の図に表記した。

#### b) 調査車両

ACC機能搭載車：本調査では自動運転車としてACC機能搭載車を用いた。車種はトヨタのアルファードである（図-14）。走行中に使用した運転支援システムは加速・減速を自動制御するACC機能のみであり、ハンドル操作はドライバー自身で行った。

移動気象観測車：ドローン所有の移動気象観測車を用いて、走行中の気象状況や路面環境を計測した（図-15）。車両には気象計測器、風速計、視界計が取付られており、走行中の気温、路面温度、風向・風速、視程、GPS(車両位置と時刻)の測定を行った。

RT3-Curve: 寒地土研所有のRT3-Curveを用いて路面のすべりやすさを計測した（図-16）。RT3-CurveはHalliday Technologies社が開発した連続路面すべり抵抗測定装置である。RT3-Curveのタイヤはブリヂストンエコピア（205/65R15）であり、寒地土研が所有するToyota Land Cruiser 100VXに牽引されていた。RT3-Curveは道路とタイヤ間で発生する摩擦からHalliday Friction Number(以降、HFN)というすべり抵抗値が計測できる。HFNとすべり摩擦係数 $\mu$ との関係は以下の式で表される。

$$\mu = 0.008 * x - 0.1 \quad (x : \text{HFN 値})^4) \quad \dots (2-1 \text{ 式})$$

#### c) 調査手順

自動運転車は規制速度に合わせて40～70 km/hで走行し、規制速度での走行中にドライバーが危険と判断した場合はブレーキによるオーバーライド(減速)を行った。それによって自動的にACCがOFFとなりドライバーによる手動運転に切り替えられた。ドライバーが十分に安全を確保できたと判断した場合は手元のスイッチでACCをONに切り替え、ACC走行を再開した。ACC搭載車では助手席でオーバーライド発生時の道路環境や周辺状況の記録を行い、後部座席でACCのON/OFFの切り替えを観測した。

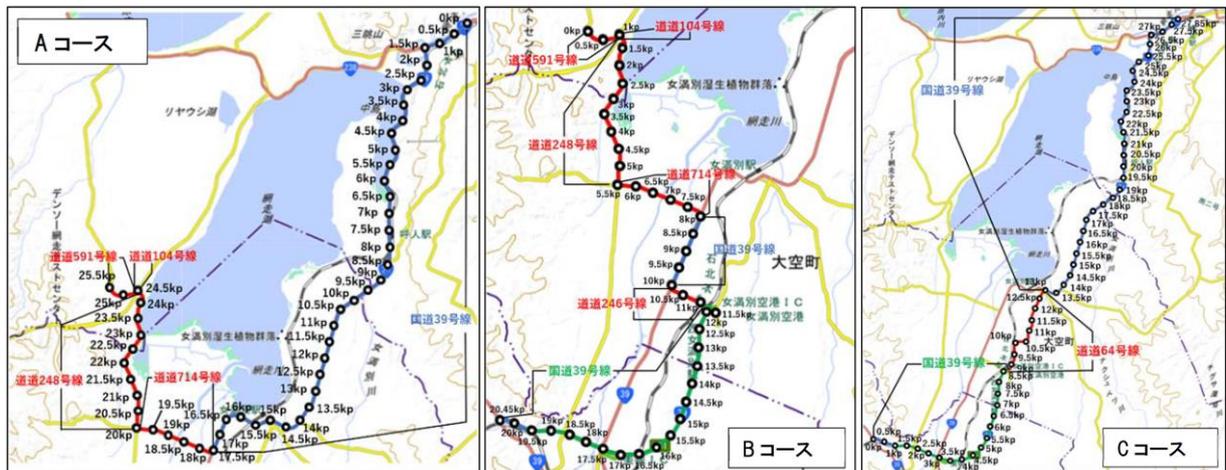


図-13 実験コース



図-14 ACC機能搭載車



図-15 移動気象観測車



図-16 RT3-Curve

#### d) 走行調査結果

走行実験では、規制速度に設定した ACC への割り込み行動（オーバーライド）の発生位置とその時の道路交通状況を記録。その結果、道路交通上のイベントに対し、ドライバーはその時点の路面状況（滑りやすさ）に応じてオーバーライドを行うことが明らかとなった（図-17）。

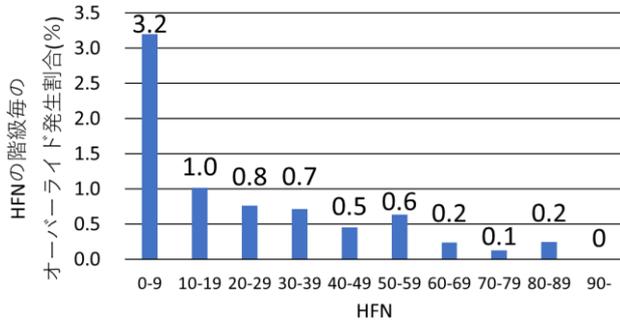


図-17 HFN の階級毎オーバーライド発生割合

実走行観測の結果から、ドライバーの危険回避行動には路面のすべりとカーブが特に影響を与えており、とりわけ曲線半径が小さい急カーブの与える影響は大きいことがわかった。また、カーブ区間に進入する速度が高いほどオーバーライドが発生しやすいことが示され、走行速度の影響もオーバーライドの発生に大きいことが明らかとなった（図-18, 図-19）。

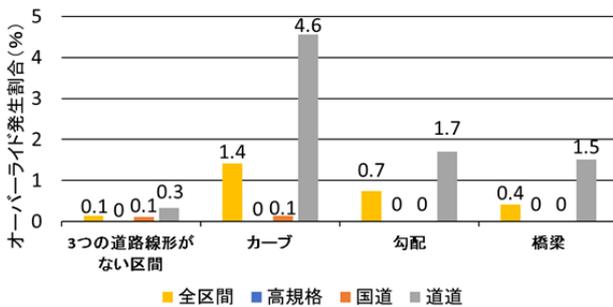


図-18 道路線形とオーバーライド発生割合

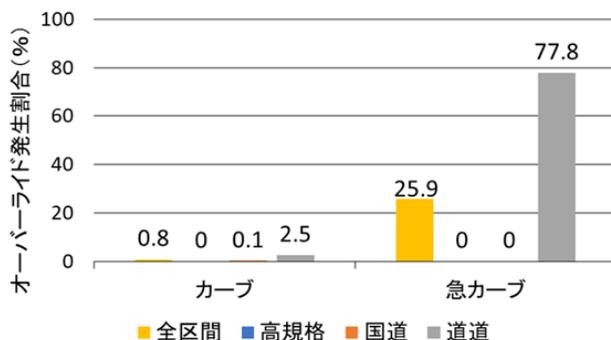


図-19 カーブ緩急とオーバーライド発生割合

#### (2) ドライビングシミュレータによる模擬実験

##### a) 模擬実験の実施方法

運転免許を保持している北海道大学の学生など 43 名(男性 25 名, 女性 18 名, 平均年齢 40.7 歳)がドライバとして DS 実験に参加した。うち、雪道での走行経験ありは 33 名であった。

本実験で使用した DS は、「UC-win/Road ドライブ・シミュレータである。車内から見える映像を表示する 3 つの画面 (各々 32 インチ) と、簡易の運転席で構成される。自車 (実験参加者が運転する車両) の運転席には一般車と同様にハンドル、シートベルト、シフトレバー、サイドブレーキが搭載されており、座席位置の調節やリクライニングも一般車と同様にできるになっている (図-20)。UC-win/Road Ver. 13 を用いて実験対象となる道路区間を作成し、DS の運転シナリオを制作した。また、一般車に近い操作感を持った ACC 機能を付加した。

##### ・ 圧雪路面



##### ・ 乾燥路面



図-20 シミュレータ画面

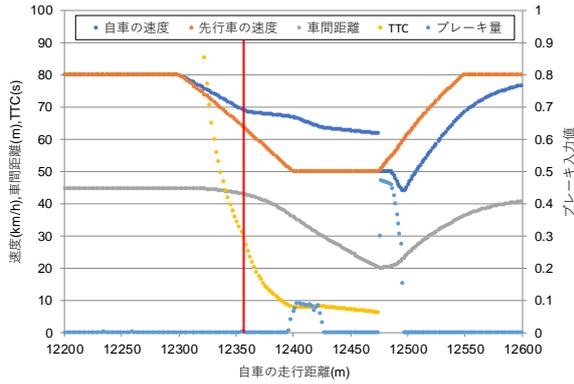
##### b) 模擬実験結果

シミュレータを用いて ACC が冬期において利用可能となった状況を想定し、前方の車両が減速したときの ACC 車を運転しているドライバーの危険感と運転行動について検討した。

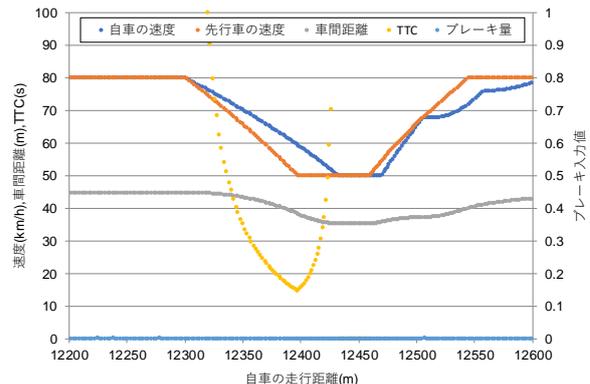
主観的な危険感、路面の影響が大きく、圧雪路面と雪氷路面のときに危険感が高くなった。一方、TTC から、乾燥路面に比べ圧雪路面・凍結路面のときのオーバーライドしたときの TTC は短くなり、路面状態の影響が大きくなった。同時に、乾燥路面のオーバーライド無のときの TTC と圧雪路面・凍結路面のときのオーバーライド有のときの TTC は似通った値となった (図-21)。

主観評価 (危険感)、前方イベントに対する減速開始地点、そして TTC (Time To Collision) の関係から、TTC によりドライバーのオーバーライド発生有無を評価可能であること、路面情報提供が TOR (Take Over Request) につながることを示唆された。

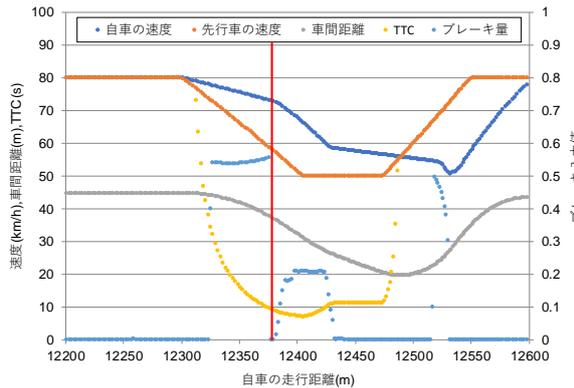
・乾燥路面・オーバーライド有・80km/h



・乾燥路面・オーバーライド無・80km/h



・圧雪路面・オーバーライド有・80km/h



・凍結路面・オーバーライド有・80km/h

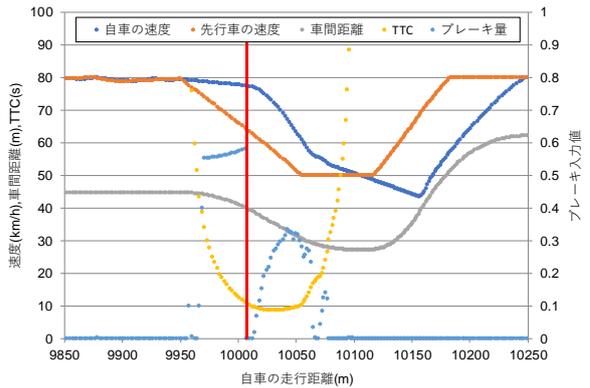


図-21 TTC 計測結果

(3) 自動運転車両の安全確保のための道路維持管理施策検討に向けた知見

・道路維持管理施策

冬期道路における自動運転走行を実現する上で、路面状態は重要なインプットであることが明らかとなった。今後、連続的、面的な路面状態のモニタリング方法の確立が求められる。また、ある時点の計測結果による将来予測技術、あるいは CCTV 画像による路面状態判別と判別結果による周辺区間の状態

予測等の技術開発、路面状態変化特性を予め把握等が必要である。

・情報提供

冬期道路においてドライバーによるオーバーライドが発生しないように自動運転車両の速度を制御するためには、道路線形・構造の他、リアルタイムでモニタリングされた路面状態をインプットとして、起こりうるイベントに対する TTC を車両に提供することが必要である (図-22)。



図-22 自動運転車両の安全確保のための道路維持管理施策検討に向けた知見

# 第3章 「新たな道路交通施策」のあり方に関する研究開発

## 3.1 評価モデルの構築

### (1) 構築した評価モデル

前述の新たな道路交通施策検討のための知見獲得結果に基づき、その実用性・信頼性等の検証を行い、「新たな道路交通施策」の導入に役立つ評価モデルを構築した。

構築した評価モデルの概要を図-23に示す。

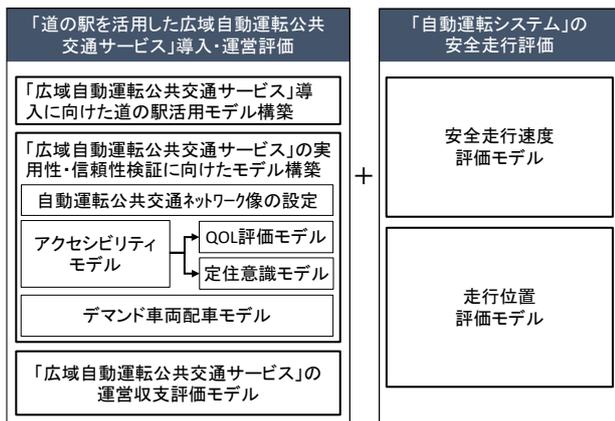


図-23 評価モデル

### (2) 「道の駅を活用した広域自動運転公共交通サービス」導入・運営評価モデル

#### a) 「広域自動運転公共交通サービス」導入に向けた道の駅活用モデル構築

##### ・背景と目的

研究背景としては、2016年3月に第8期北海道総合開発計画が策定され、農林水産業や観光等を担う地域として「生産空間」の概念が提示された。しかし、北海道は全国よりも10年程度先行して人口減少・高齢化が進展しており、総人口は2016年の537万人から2040年には419万人まで減少し、高齢化率は2016年の29%から2040年には41%まで上昇すると見込まれている。従って、日本の食料供給基地であると同時に、豊かな自然環境、特徴ある景観等を提供している北海道の生産空間の維持が困難になるおそれがある。そこで、広域に分散している生産空間を維持するためには、図-24に示すように「圏域中心都市」、「地方部の市街地」、「生産空間」と地域を階層的な構造としてとらえ、各階層間のモビリティを確保することで、基礎圏域における都市機能・生活機能を維持する必要がある。現状生産空間において、市街地や中心都市までの移動は自家用車の利用が主である。しかし、今後高齢化の進行に伴う運転免許の自主返納によって、車を運転できない高齢者が増加することが予想される。さらに、全国的な路線バスの廃止路線延長が増加していることから、高齢者のモビリティが低下し、外出機会の減少も予想される。

それによって、生産空間に住む人々の生活サービスレベルがより低下し、今後生産空間に住み続けることが困難になることが懸念される。

その中で道の駅は、北海道に125駅（2020年2月現在）登録されており、その多くが地方部の市街地もしくは、生産空間に立地している。そのため道の駅は、階層間のモビリティ確保における交通結節点として、高速バス等の広域公共交通網と路線バス等の地域公共交通網の円滑な媒介が期待されている。このように道の駅の活用によって交通ネットワークを強化し、地域住民の生活サービスレベル向上による定住人口の確保は、今後の生産空間を維持していくために重要だと考えられる。

研究の位置づけとして、道の駅に関する研究は、道の駅に対するニーズの多様化に伴って、経済的な視点から見た道の駅の分類や、整備効果、運営の改善など、これまで様々な視点から多くの研究が行われている。また、人口減少や高齢化を背景に、持続可能な交通ネットワークとしてライドシェアシステムの社会実験に関する研究や買い物、宅配等の生活サービスの維持、新たなネットワーク構築に関する研究などが行われている。そして、国の方針である「コンパクト+ネットワーク」に関しても、コンパクトシティ形成に関する自治体担当者の意識を分析した研究や、ネットワーク整備によって小さな拠点の選別が進む可能性を示している研究などはあるが、生産空間維持の拠点としての道の駅の活用に関する研究はない。

定住意識に関する研究としては、顧客満足度分析を用いて、現状の居住環境の評価における重要要因と将来の定住意識の評価における重要要因、ならびに改善重要度を比較し、その特性や差異を明らかにした研究や、地方部における道路整備の遅れや路線バス等の生活交通サービスの低下の放置が定住に与える影響に関して分析した研究がある。



図-24 階層間のモビリティのイメージ(出典:国土交通省)

しかし、具体的な施設の活用として、道の駅の活用による生活サービス向上に着目した定住意識について分析を行った研究はない。北海道の生産空間維持は、日本の食料自給率維持という観点を踏まえると、日本全体の課題であり、早急な対策が必要である。しかし、各階層の拠点に適した道の駅活用によ

る定住意識の変化や、道の駅に必要な機能、具体的な活用方法については明らかになっていない。そこで本研究では、アンケート調査によって道の駅活用による定住意識の変化した要因を把握し、各階層間のモビリティ確保における拠点としての道の駅活用方法を明らかにすることを目的とする。

### ・分析に係る基礎情報

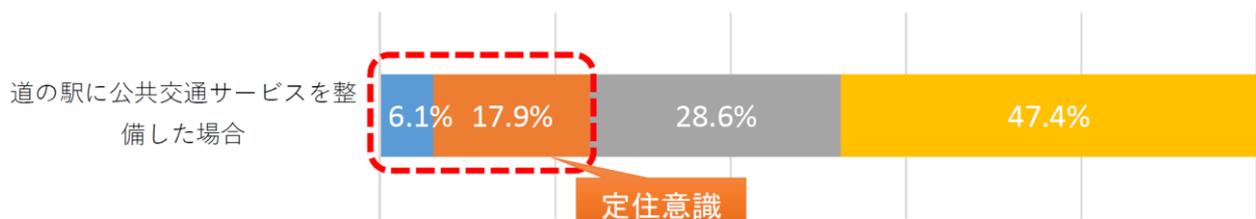
住民へのアンケート調査では、道の駅の活用によって日常生活における公共交通サービス、生活サービス施設を整備した場合の定住意識の変化を尋ねている。その中で実際に道の駅を活用することで、全体の24%の人が定住意識を示すことが明らかとなった(図-25)。そこで道の駅を活用することで定住意識を示す人がどのような生活実態なのか、どの道の駅を実際に利用していたのかを把握することは、今後の道の駅活用を検討する上で重要だと考えられる。それにより今後道の駅を整備していく中で、地域住民の定住意識向上により影響を与える道の駅を把握することが可能になると考える。以降、定住意識を示した人と転居意識を示した人との生活実態の比較や、道の駅活用に対する検討を行う。

転居前居住地における生活実態では、まず転居前居住地における主な移動手段について、全体として大きな差は見られないが、定住意識を示す人はバスを移動手段としている人がいない結果となった。今回、道の駅の活用による定住意識の変化を尋ねる際には、バスサービスを向上させ最寄りの市街地や道の駅、中心都市を利用しやすくなると仮定している。それによって定住意識が向上したことは、転居前の居住地におけるバスサービスのレベルが低いことが予想され、それによって移動手段としてバスが利用

されなかったことが考えられる。

次に転居前の居住地において家族や知人を送迎していたかに関しては、定住意識を示した人の方が転居前の日常生活の中で送迎を行う割合が高い結果となった。このことから道の駅を拠点に公共交通サービスが整備されることで送迎の必要がなくなることが定住意識を示す要因の一つになると考えられる。

転居前居住地における問題意識では、今回のアンケート調査では、道の駅の活用によって日常生活における公共交通サービス、生活サービス施設を整備した場合の定住意識の変化を尋ねている。その中で転居前居住地において、交通サービス・生活サービス施設に対して問題意識を持っていたかどうか、定住意識に大きく影響を与えると考えられる。そこで転居要因の中で交通上の問題を考慮したかどうかを定住意識、転居意識を持つ人で比較を行い、これにより定住意識を示した人の方が、転居前の生活の中で交通上の問題を考慮した割合が高い結果となった(図-26)。前述のように転居前居住地においてバスサービスレベルが低かったことや、公共交通に頼れず送迎を行っていたことにより交通上の問題を考慮し、それが改善されることによって定住意識がより向上することが考えられる。また、転居前の生活において生活サービス施設に関する問題の考慮については、こちらも定住意識を示した方が施設に関する問題を考慮した割合が高いことから、定住意識を示す要因として転居前居住地の生活サービスレベルが低かったことが考えられる。そのため生活サービスレベルが低い地域に対して道の駅活用による交通サービス・施設サービスレベルを向上させることでより地域住民の定住意識が高まることが考えられる。



■ 住み続けたと思う ■ たぶん住み続けたと思う ■ たぶん転居したと思う ■ 転居したと思う

図-25 道の駅活用による定住意識の変化 (N=441人)

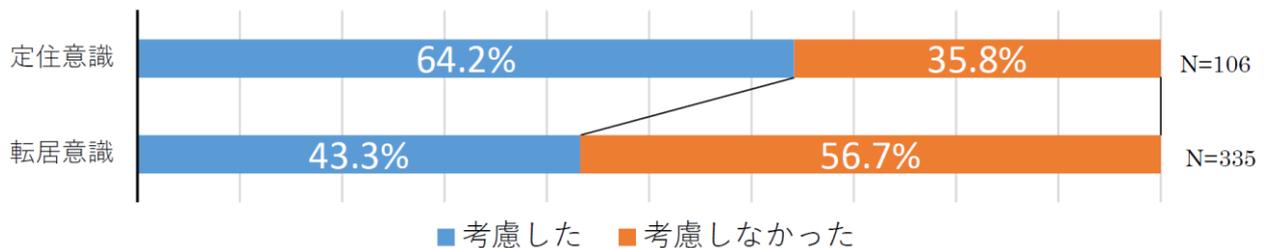


図-26 転居要因の中で転居前居住地における交通上の問題を考慮したか

転居前居住地における問題意識を持つ把握では、前述のように転居前居住地における交通上の問題、

生活サービス施設に関する問題を考慮したかどうか定住意識の変化に大きく影響を与えると考えられ

る。そこで転居要因の中で交通上の問題、生活サービス施設に関する問題を考慮したか、考慮しなかったかに属性を分けて定住意識の把握を行った。その結果、転居判断をした中で4割の人が交通サービス、生活サービス施設に関する問題のどちらも考慮し、同程度の人が両方とも考慮しないという結果となった(表-2)。以降、この区分((A)どちらも考慮した：交通○施設○、(B)交通の問題だけ考慮した：交通○施設×、(C)生活サービス施設の問題だけ考慮した：交通×施設○、(D)どちらも考慮しなかった：交通×施設×)ごとに転居前の生活の特徴や、定住意識の把握を行う。

転居前居住地における生活実態では、転居前居住地における日常生活の中で、最寄りの中心都市へ行っていた頻度については、(D)において中心都市へほとんど行かなかった割合が高く、比較的中心都市へ行く頻度が少ない傾向にあった。(A)、(B)のように交通上の問題を考慮した人は、中心都市へ行く頻度が比較的多い傾向にあった。これは中心都市へ行く頻度が多い人の方が北海道特有の都市間距離の長さや中心都市までの公共交通の便を鑑み、転居要因の中にモビリティの問題を考慮したためと考えられる。

次に転居前の生活における具体的な交通上の問題について、交通サービスの問題を考慮した(A)、(B)による比較においては、(A)の方がモビリティにおける問題意識が概ね高いことが示された。(A)のように交通サービスだけではなく生活サービス施設の問題も考慮した人は、生活サービス施設までの距離や移動手段、公共交通の便など、施設の問題がモビリティの問題と関連する場合があると考えられる。そのため両方とも考慮した人は比較転居前居住地における生活サービスレベルが低いことが予想され、それにより交通に対する問題意識が高い傾向があるこ

とが考えられる。

転居要因の把握では、(D)に関して「仕事の都合」が占める割合が最も高く、それによって転居前居住地の住まい環境の問題を考慮することなく転居判断をしたのだと考えられる。また(A)において、「住まい環境の改善」が転居要因となる割合が比較的高い結果となり、交通サービス・生活サービス施設の両問題を考慮した人は、転居前居住地の生活サービスレベルが低いことが予想される。

道の駅活用による定住意識の変化では、道の駅を拠点に公共交通サービスを整備した場合の区分ごとの定住意識の変化を図-27に示す。この結果、転居前居住地におけるモビリティ・生活サービス施設の両問題を考慮した(A)が、最も定住意識が向上し、両問題とも考慮しなかった(D)の定住意識が低い結果となった。このことから(A)のように居住地の生活サービスレベルが低く、交通サービス・生活サービス施設に問題意識があるような地域住民に対して、道の駅活用による定住意識の向上がより見込まれることが明らかとなった。

次に道の駅を拠点に公共交通サービスと生活サービス施設が整備された場合の区分ごとの定住意識の変化を図-28に示す。この結果公共交通サービスのみが整備された場合と比較して、(A)、(B)については定住意識が向上したが、(C)、(D)についてはあまり変化が見られなかった。(C)は施設の問題を考慮していることから、道の駅を拠点に生活サービス施設が整備された場合に、定住意識が向上すると予想されたが、変化は見られなかった。対して(A)、(B)が向上していることから、転居意向の変化にはモビリティの改善による影響が大きいことが考えられる。

表-2 転居要因の中で各問題を考慮したかどうか (N=441人)

		交通上の問題	
		考慮した：○	考慮しなかった：×
生活サービス施設の問題	考慮した：○	(A) 168人	(C) 46人
	考慮しなかった：×	(B) 45人	(D) 182人

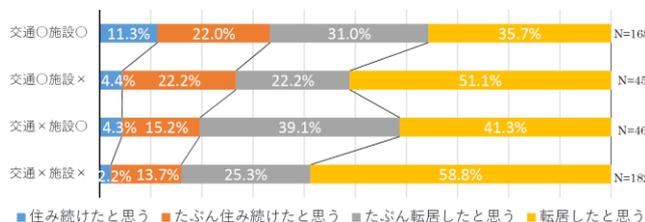


図-27 道の駅に公共交通サービスを整備した場合の区分ごとの定住意識の変化

### ・モデル構築

定住意識に関わる道の駅の抽出では、今後道の駅の活用を検討するにあたり、実際に定住意識を示した人が利用していた道の駅を把握し、定住意識に影響を与える道の駅の抽出を行った。この結果、公共

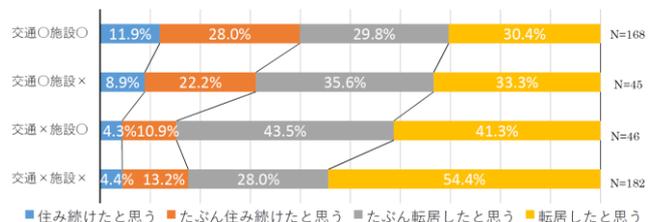


図-28 道の駅に公共交通サービスと生活サービス施設を整備した場合の区分毎の定住意識の変化

交通サービスを整備した場合、道の駅は31駅抽出され、生活サービス機能の整備された場合は33駅の道の駅が抽出された。

分類モデルからみた道の駅活用の検討では、道の駅の具体的な活用を検討するため、2018年度に行っ

た交通に着目した道の駅の種類モデルから、定住意識に関わる道の駅で抽出された道の駅の特徴について把握を行った。分類モデル構築に用いたクラスター分析の結果から、各分類の特徴と定住意識に関わる道の駅の抽出で抽出された道の駅がどのクラスターに属するかを以下に示す。

・クラスターA

道の駅自体にバス停はないが、比較的バス停や鉄道駅 IC までの所要時間が短い。よって道の駅自体に交通機能はないが、周辺に交通機関や IC がある道の駅である。

…スタープラザ芦別, まるせつぷ, おとふけ, びふか, しらたき, もち米の里☆なよろ, とうや湖

・クラスターB

比較的多くの道の駅にバス停があり、バス結節機能を有している道の駅である。

…スペース・アップルよいち, 北欧の風 道の駅とうべつ, 忠類, かみゆうべつ温泉チューリップの湯, みついし, なかさつない, しりうち, 愛ランド湧別, たきかわ, スワン 44 ねむろ, ひがしかわ「道草館」, あふた, しゃり, 森と湖の里ほろかない

・クラスターC

道の駅自体にバス停がなく、鉄道駅までの所要時間が長く、交通機能が充実していない道の駅である。

…サロマ湖, にしおこっぺ花夢, あいおい, みなとま〜れ寿都, 江差

・クラスターD

クラスターC と比較して、バス停までの所要時間が長く、周辺に交通機能がない道の駅である。

…望羊中山, てっくいランド大成

・クラスターE

鉄道駅までの所要時間が短く、高速バスの乗降が可能である。よって交通の結節点としての活用が期待され、交通機能が充実した道の駅である。

…樹海ロード日高, むかわ四季の館, サラブレッドロード占冠

・クラスターF

鉄道駅や IC までの所要時間は最も長い、道の駅で路線バスの乗継が可能である。よって、路線バス中心の交通機能を有した道の駅である

…オホーツク紋別, うとろ・シリエトク, おだいとう

次に 2018 年度において行った多次元尺度構成法と、クラスター分析の分類結果を重ね合わせた結果を図-29 に示す。道の駅について、赤い点でプロットしどこに付置されるかを示している。

このことから定住意識に関わる道の駅で抽出された道の駅に関して、クラスターB に属する道の駅が多くを占める結果となった。クラスターB は比較的多くの道の駅にバス停があり、バス結節機能を有している道の駅であることから、道の駅の活用においてバス結節機能と定住意識には関係性があることが明らかになった。今後はクラスターB のような道の駅により機能を整備していくことで、周辺住民の定住意識の向上に繋がると考えられる。

以上の結果、今後の道の駅活用を検討する上で、抽出された道の駅をより優先的に整備することによって、地域住民の定住意識の向上につながる事が考えられる。また、実際に地域住民が道の駅に必要なだと考える機能として、「日用品等のショッピングサービス」、「公共交通ターミナル機能」、「医療サービス機能」を挙げている。また、今後多様な機能展開が期待される道の駅に関して、「防災拠点としての機能」、「観光設備としての機能」が必要だとされている。そのため、今後の道の駅活用を検討する際には、抽出された道の駅にこれらの機能を整備する必要がある、これらを優先的に整備することによって地域住民の定住意識の向上につながる事が考えられる。

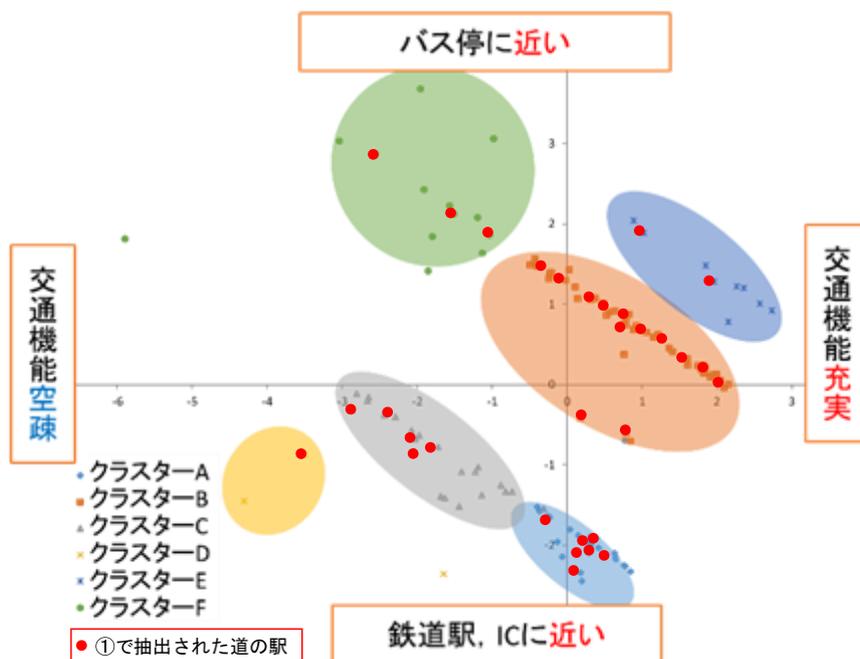


図-29 交通分類多次元尺度構成法

### (3) 「広域自動運転公共交通サービス」実用性・信頼性検証に向けたモデル

#### a) アクセシビリティモデル

##### ・ネットワーク像

評価対象とする広域自動運転公共交通サービスは、図-30 に示すように、以下の3つのサービスの組み合わせによって構成される。

##### 【自動運転都市間高速バス】

南十勝圏の自治体と帯広市を結ぶ自動運転都市間高速バスであり、圏域中心都市へ短時間での移動を実現する新たな交通体系が確保される。都市間高速バスは、帯広広尾道と国道を經由し、各自治体では、IC または道の駅で接続する。

##### 【自動運転シャトルバス】

域内バスと都市間高速バスを接続する自動運転シャトルバスであり、道の駅とIC間で運行される。

##### 【自動運転域内バス】

道の駅またはICと生産空間の間で運行される自動運転バスであり、既存のコミュニティバスを代替する公共交通として運行される。生産空間と道の駅・ICを自動運転バスで連絡し都市間高速バスに接続する広域交通により、生産活動を営む居住者の帯広方面への外出機会が確保される。

以上の広域自動運転公共交通サービスを、前出の「広域自動運転公共交通サービス」評価モデルを持って評価を行い、自動運転と道の駅を活用した生産空間を支える効果の計測を行う。

##### ・背景と目的

我が国の農林水産業・観光業を担う「生産空間」では人口減少により、公共交通や物流の維持が著しく困難になっている地域が増えている。

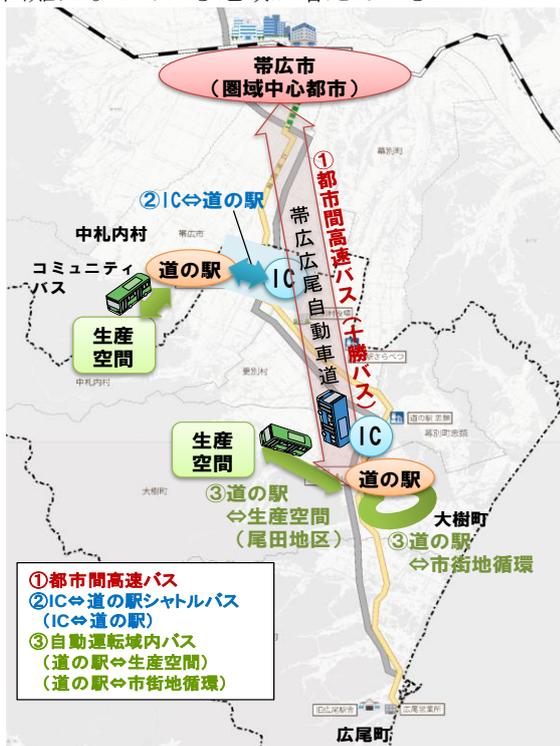


図-30 評価対象とする自動運転公共交通ネットワーク像

人口が少ない中での大規模農業により散居型の構造となり、広域な定期バスの運行が難しい。また地域住民は、目的地が地域中心都市にある場合、非免許保有者は公共交通を利用し、さらに自宅周辺に公共交通がない場合は世帯構成員がバス停まで送迎している。運行コストを削減し、サービス頻度向上を見込める自動運転型地域公共交通システムの導入は、地域の生活行動におけるアクセシビリティの向上とともに、送迎行動の削減による自由時間の増加などの効果も見込まれる。

交通行動を評価するアクティビティベースモデルの利点は、1日を通じての個人の生活活動全般の予測を図ることで、交通速度改善や、通勤時間や勤務時間等の勤務条件の変化、生活環境、交通環境の変化の個人へ及ぼす総体的な影響の評価が可能にある。従来研究として、個人の生活行動を評価するモデル<sup>1)</sup>は存在するが、同乗や送迎のような世帯構成員間の相互依存性が存在する下での交通行動を分析可能なモデルに関する研究はなされていない。

そこで、自動運転型地域公共交通システム導入後の生活交通のアクセシビリティ評価手法として、交通行動の世帯構成員間での相互依存性を考慮したアクティビティベースモデルを開発する。本手法は、構成が異なる世帯の将来分布予測の把握を前提とするものであり、高齢化や核家族化の進行により、将来的な同乗や送迎の可能性の減少を把握するとともに、自動運転型地域公共交通導入による解決の可能性を検証するものである。また、送迎時間の短縮による効果や、送迎時間が無くなることにより、自由活動が増加する可能性についても把握を試みる。

##### ・分析概要

本研究で構築するモデルは、1日の世帯構成員の生活行動を表現するものである。現在の生産空間は公共交通が充実していないため、学校の始業時間や病院の診察時間に合わせて世帯構成員による送迎が必要となり、これは送迎者の自由時間を減少させている。図-31は1日における世帯構成員の行動の例を、時空間上に示したものである。

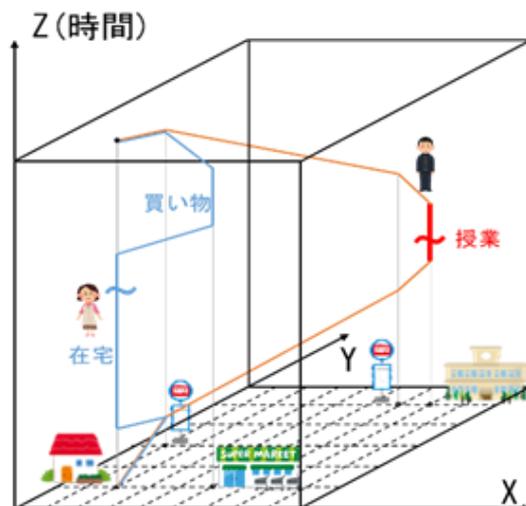


図-31 1日における世帯構成員の行動

学生の就学時間の前後により、親（送迎者）は行き・帰り2回の送迎を行っている。自動運転型公共交通の導入による送迎の回避は、これらの不要な時間が無くなることによる自由時間の増加や、自由活動を実行可能な連続した時間の確保を実現する可能性があり、このような状況の評価を可能とする手法を開発する。

評価フローでは、アクセシビリティモデルによる評価フローを図-32に示す。分析は大別して、将来人口・世帯構成予測モデルとアクティビティベース交通モデルによって構成される。将来人口・世帯構成予測モデルでは、死亡、結婚、出生などのライフイベントの発生を考慮し、各将来時点の世帯マイクロデータの推定を行う。アクティビティベース交通モデルでは、各評価時点での道路ネットワーク、自動運転型地域公共交通サービスなどを含む公共交通サービスの条件下で、世帯内での送迎行動を含む1日の交通行動をシミュレートし、その結果として所要時間、送迎・乗合の有無、公共交通の利用者数などが出力され、これらの結果を用いて、自動運転型地域公共交通サービスの評価を実施することが可能となる。

### ・モデル構築

将来人口・世帯構成予測モデルによる将来時点の世帯マイクロデータ推定は、鈴木ら、長尾らによる世帯マイクロシミュレーションモデルを参考とした。ただし、世帯マイクロデータを用いた交通行動分析が目的であるため、以下のような仮定の下での簡易的な推計手法として構築した。

- ・世帯構成員に生じるライフイベントは、加齢、死亡、結婚、出生のみとし、離婚や離家は生じないものとする。
- ・個人属性の遷移として、自動車運転の有無を年齢別に表現する。
- ・対象地域内での転居は発生しないものとする。
- ・対象地域外への転出、対象地域外からの転入については明示的に表現しないが、総人口フレームに対する調整により、社会動態を表現する。

以上を踏まえた将来人口・世帯構成予測モデルの分析フローを作成した（図-33）。分析フローの各段階での手法の詳細については、アクティビティベース交通モデルでは、世帯マイクロデータの各個人に対して1日の時間を各種の活動とするための移動時間に配分して、個人単位の行動を決定する。活動は必須的に行う固定活動と、時間配分の可否により有無を判定する自由活動に分類する。各個人について、固定活動、固定活動への交通手段、自由活動の順に決定してゆく。固定活動、自由活動については、活動、活動場所、開始時刻、活動継続時間を決定する。また、交通手段の決定時には、自動車を利用しない個人に対して、世帯内での送迎の実施を判定する。

大樹町を対象とした予測結果では、2019年を初期

時点として、2030年までの期間を対象として将来人口・世帯構成予測を実施した。年次の経過とともに人口が減少するが、特に若い世代でその傾向が顕著であり、相対的に高齢化率が高くなる。世帯数と、世帯人数別の世帯数構成比の推移については、人口の減少とともに世帯数も大きく減少している。また、世帯構成に大きな変化はないが、非送迎者になることができない単身世帯がやや増加傾向にあることがわかる。

今回の分析では、人口および高齢化率の空間分布状況に大きな変化は見られなかった。また、各年齢階層の交通手段分担率においては、20代から60代では約9割が自動車であり、それら以外の年齢階層ではバスの比率が高くなる。また、乗合や送迎は20歳以下で多く発生しており、主に通学時に親が子供を送っていることが想定される。また、目的ごとの所要時間（アクセシビリティ）を、自動車運転者と自動車非運転者ごとに平均した結果については、非運転者は自動車運転者に比べてアクセシビリティがいずれの目的においても低く、特に仕事や社交・娯楽ではその差が大きくなっている（図-34）。

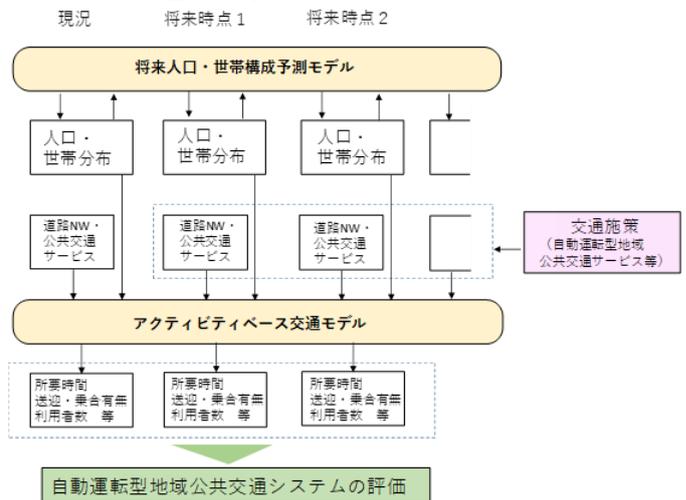


図-32 評価フロー

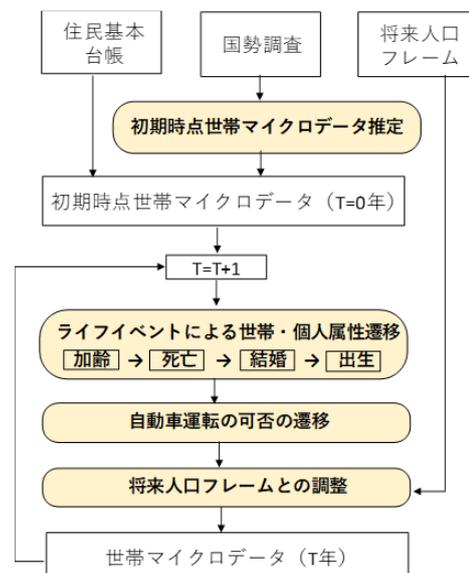
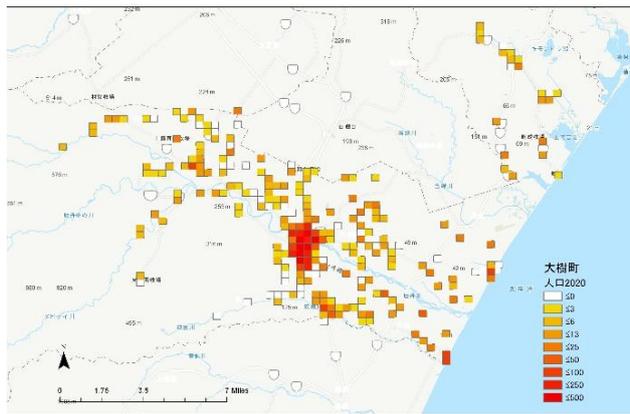
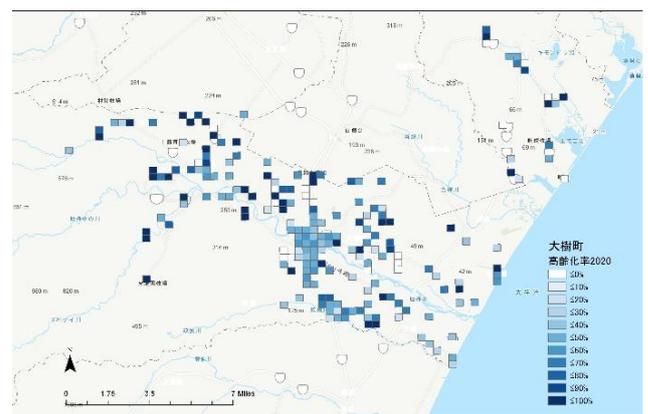


図-33 将来人口・世帯構成予測モデルの分析フロー

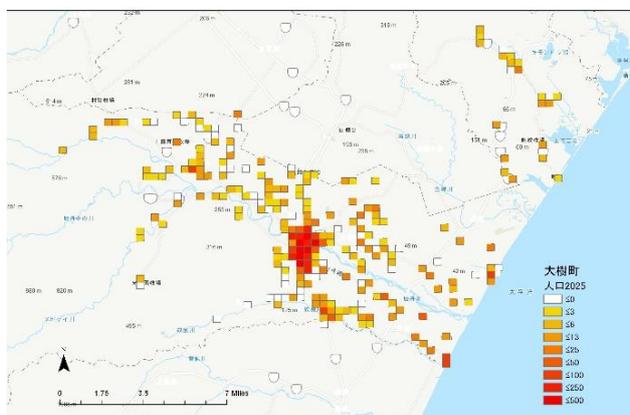
[人口：2020年]



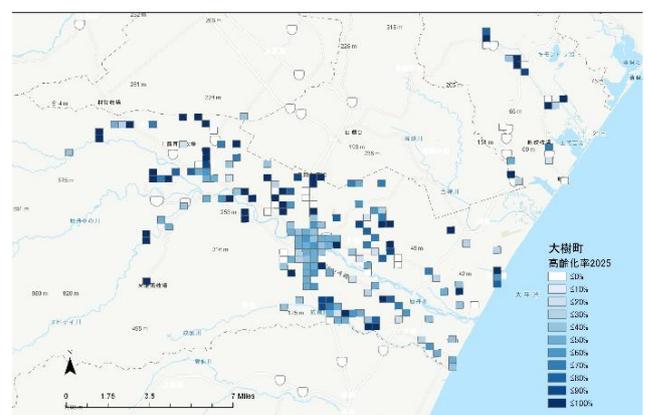
[高齢化率：2020年]



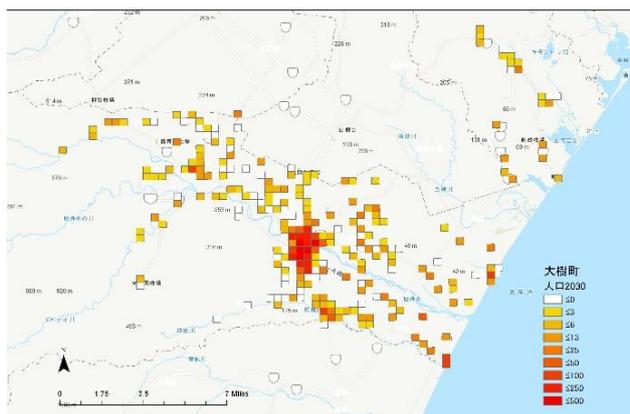
[人口：2025年]



[高齢化率：2025年]



[人口：2030年]



[高齢化率：2030年]

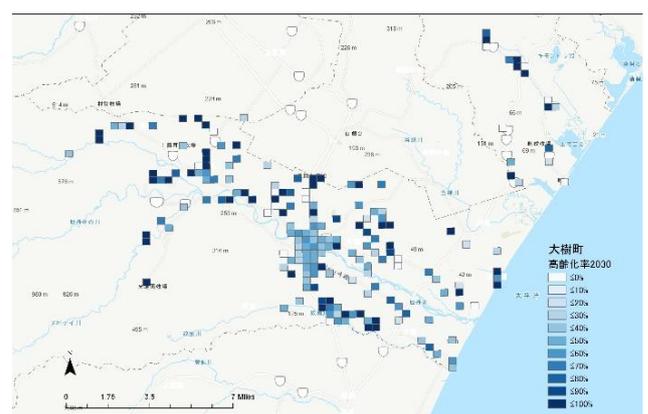


図-34 人口および高齢化率の空間分布状況の推移

## b) QOL評価モデル

### ・背景と目的

QOLとはQuality of Lifeの略称であり、「生活の質」や「生命の質」と訳される。医療の分野で主に使用され、人間が身体と精神の健康状態や社会の状態を含む広い概念である。森山らは、既存研究においてQOLを「居住集落の生活のしやすさ」と定義し、それは「移動のしやすさ」と「各種活動のしやすさ」に規定されるものと仮定している。本研究では森山ら既存研究から、QOLを「住民の生活のしやすさ」と定義する。また、国土形成に関する世論調査において、「あなたは、住む地域を選ぶうえでどのような条件を重視しますか」という問いに対して、「商店街やスーパー、ショッピングセンターなどの商業施設があり、買物が便利なところ」と「病院や診療所、介護施設など医療・介護の環境が整っているところ」の2項目が上位4項目の中に上げられている。よって、「住民の生活のしやすさ」と定義したQOLの中で「買物」と「医療」は特に重要であると考えられる。さらに、新たな交通施策の導入によって移動時間の短縮や、送迎をする時間や頻度が短縮され自由時間が増加することから、「趣味・娯楽」も重要であると考えられる。そこで、本研究では、買物のQOLを「買物のしやすさ」、医療のQOLを「医療サービスの受けやすさ」、趣味・娯楽QOLを「趣味・娯楽活動のしやすさ」と定義し、3項目のQOLに着目する。

### ・分析概要

本研究では、因子分析によってQOLを構成する因子を把握する。そして、その因子を用いて意識構造を把握し、QOL値の算出を行う。QOL値算出までのフローを図-35に示す。生産空間を総合的に評価するため、個人属性や移動特性などの客観的なデータと生活満足度などをアンケート調査より取得する。また地域の移動特性としてアクセシビリティ指標を用いた。アクセシビリティとは、最寄りのバス停までの所要時間と、バスの所要時間や待ち時間による小地域ごとの各施設までの平均所要時間である。今回は個人属性による違いを考慮するため、自動車の所有の有無で分けてQOL値を算出する。QOL値はアン

ケート調査結果、そしてアクセシビリティ指標による因子分析結果と共分散構造分析結果から算出を行う。さらに、交通施策の導入による地域モビリティの変化をアクセシビリティの向上で仮定し、向上したアクセシビリティをもとに再度QOL値を算出し比較を行う。

### ・分析に係る基礎情報

因子分析をする目的は、「因子」を見つけることである。因子とは、実際に測定されるものではなく、測定された変数間の相関関係をもとに導き出される「潜在的な変数」(観測されない、仮定された)である。よって、因子分析とは「ある観測された変数(例:アンケート調査結果のデータ)が、どのような潜在的な因子から影響を受けているのか」を探る手法である。また観測されたデータには、潜在的な共通因子と独自因子が関係している。さらに、共通因子にはいくつかの複数の因子があることが想定される。因子分析は、そのような共通因子を探ることができる分析である。なお、因子分析ではいくつかの変数の群である因子のみがもとめられ、それぞれの因子の名前については、分析者の解釈によって決定する。

共分散構造分析は構造モデルを自由に構築することが可能であり、アンケート調査結果や、アクセシビリティ指標のような「観測変数(直接観測できる変数)」を用いて、「潜在変数(直接観測できない変数)」との関係を分析できる利点がある。本研究では、因子分析によって得られた因子によって潜在変数であるQOLを構成し、そのQOLは観測変数である「総合生活満足度」の一部としてモデルを構築する。なおQOLを構成する因子は、前述の主成分分析によって値が設定されていることから、観測変数として用いる。

共分散構造分析の結果としてパス係数が求められ、矢印で結んだ変数間の関係性を示している。パス係数は、絶対値が大きいほど関係性や影響が強いことを示している。また標準化したパス係数は、変数同士のパス係数の比較が可能である。本研究での共分散構造分析によって得られたパス係数は、すべて標準化した値である。

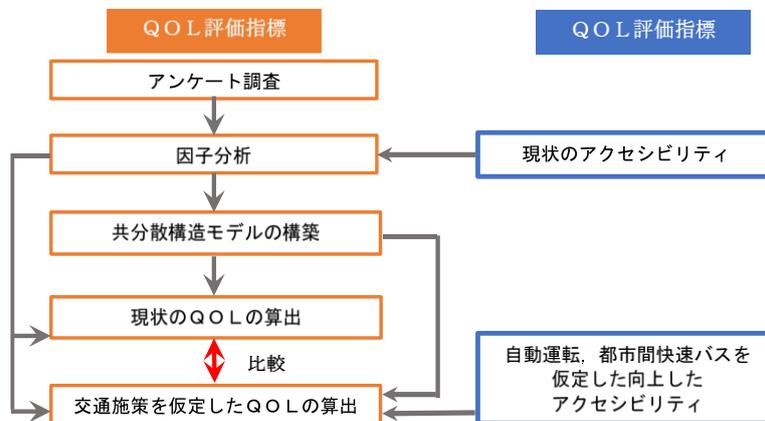


図-35 QOL値算出フロー

・モデル構築

本研究では式(3)から QOL 値を算出する。

$$x = \sum \Gamma_k z_k = \Gamma_1 z_1 + \Gamma_2 z_2 + \dots + \Gamma_k z_k \quad \text{式(3)}$$

x:QOL 値

$\Gamma$ :因子から QOL への標準化したパス係数

z:因子の値 (主成分得点を偏差値変換した値)

x は QOL 値であり、 $\Gamma$  は共分散構造分析より得られた各因子と QOL を結ぶ標準化したパス係数である。z は主成分分析より得られた主成分得点を偏差値変換した因子の値である。よって、QOL 値は各因子から QOL への標準化したパス係数に各因子の値を乗じた合計で算出される。また、QOL 値は個人ごとに算出される。

QOL 値をより詳細に分析するため、大樹町の自動車を所持している住民 A と住民 B で比較分析を行う。

住民 A と住民 B は送迎をしている住民であり、1 か月間の送迎をしている合計時間は同じ 360 分である。しかし、住民 A は子供がおり、働いている。一方で住民 B は、老夫婦で無職である (表-3)。この住民 2 名の趣味・娯楽 QOL 値を比較すると、約 1.3 倍の差がみられた。これは子供がいて働いている住民と、老夫婦で無職の住民との自由に使える時間の違いによる、異なる送迎の負担を QOL 値が表現しているためと考えられる (図-36)。

さらに、住民 A と住民 B の「買物」と「医療」の QOL 値についても比較分析を行い、住民 A はどの QOL 値においても、住民 B より低い値となっている。また、住民 A の標準化した QOL 値は全て 0 以下であることから、どの QOL 値も平均値以下である。一方で住民 B の標準化した QOL 値は全てプラスであることから、どの QOL 値も平均値以上である。よって、今回算出した QOL 値は自由に使える時間の違いだけではなく、個人属性ごとの活動の選択可能性の違いも評価した指標であると考えられる (図-37)。

c) 定住意識モデル

・背景と目的

生産空間とは北海道総合開発計画において、「北海道の強みを提供し、我が国全体に貢献している」とされる地域であり、「主として農業・漁業に係る生産の場 (特に市街地ではない領域) を指す」とされている。この生産空間では大規模農業や酪農等が盛んな産業構造上、散居型の地域構造となっている。さらに生産空間においても人口減少と高齢化が進んでいる。元来人口がそれほど多くないことに加えて、その人口が分散して人口密度が低くなっているため、現在は公共交通機関があまり発達しておらず、生産空間のほとんどの住民は自家用車を利用して生活している。特に医療施設や商業施設などの生活関連施設については中心市街地や地域の中核都市にある施設へアクセスすることによって自身の生活を支えている。しかしながら今後さらなる人口減少と高齢化が進行した時に、身体的問題や社会的・制度的な制約によって自家用車を利用できなくなる人が増加す

ることが予想される。そのような事態となった時に、代替となる公共交通機関が未発達の生産空間では住民が定住を諦めてしまうのではないかと懸念されている。

本研究では、意識調査によるデータ収集とそのデータを用いて定住意識モデルを構築する。構築したモデルによる分析から北海道の生産空間とその地域の中核都市を接続する公共交通体系を確保、そのサービスレベルを向上することによって公共交通体系全体を改善した時に、住民の定住意識が向上するかどうか明らかにした。

・分析概要

定住意識モデルを構築するにあたり、大樹町を取り巻く新たな公共交通体系を想定した。役場や買い物施設、道の駅が位置する大樹町の市街地と、生産空間が広がる郊外部のそれぞれの実態に合わせ、地域ごとにサービス内容が異なる公共交通ネットワークを想定し、調査票においてそれぞれの住民に提示した。

表-3 住民 A と住民 B の個人属性

	住民 A	住民 B
年齢	55歳	77歳
世帯構成	親子	夫婦
職業	有職	無職
1か月間の送迎合計時間	360分	360分

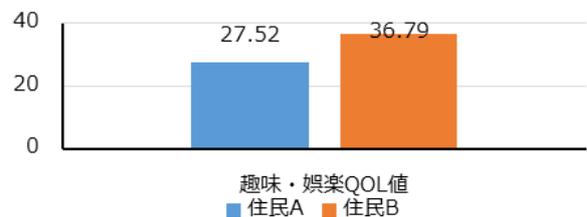


図-36 住民 A と住民 B の趣味・娯楽 QOL 値

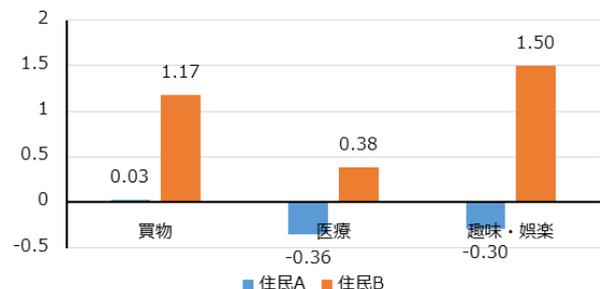


図-37 住民 A と住民 B の標準化した QOL 値比較

・分析に係る基礎情報

市街地では、市街地住民を対象に想定した公共交通は、①市街地循環バス、②都市間バスの2種類である。公共交通のサービスレベルについて、現状及び、2019年に行われた大樹町での新たな公共交通の実証実験のサービス水準を元に、表-4に示す変動要因と水準を設定し、これらをL8直交表に割り付け、8種類の票種を作成した。

郊外部では、郊外部住民を対象に想定した公共交通は、①地区間バス（郊外部と市街地を結ぶ）、②市街地循環バス、③都市間バスの3種類である。なお、①地区間バスの運行形態については、通常の路線バスの場合と、デマンドバスの場合の2種類を想定した。市街地におけるサービスレベル設定と同様に、現状及び、2019年に行われた大樹町での新たな公共交通の実証実験のサービス水準を元に、表-5、表-6に示す変動要因と水準を設定し、L8直交表に割り付け、各8種類の票種を作成した。

また、調査票において提示した新たな公共交通のイメージ図は、市街地用と郊外部用に分類した（図-38、図-39）。

表-4 市街地の変動要因と水準

変動要因	水準1	水準2	実験時・現状
自宅からの循環バス停距離	50m	500m	-
市街地内循環バス運賃	100円	300円	100円
市街地内循環バスの便数	1日8便	1日16便	1日12便
大樹～帯広バスの運行形態	路線バス（広尾線）	快速バス	路線バス（広尾線）
大樹～帯広バス運賃	1000円	2000円	1470円

表-5 郊外部の変動要因と水準  
（地区間バス：路線バスの場合）

変動要因	水準1	水準2	実験時・現状
地区間路線バス運賃	100円	500円	200円
地区間路線バスのバス停距離	50m	500m	-
地区間路線バスの便数	1日3便	1日6便	1日3便
市街地内循環バス運賃	100円	300円	100円
市街地内循環バスの便数	1日8便	1日16便	1日12便
大樹～帯広バスの運行形態	路線バス（広尾線）	快速バス	路線バス（広尾線）
大樹～帯広バス運賃	1000円	2000円	1470円

表-6 郊外部の変動要因と水準  
（地区間バス：デマンドバスの場合）

変動要因	水準1	水準2	実験時・現状
地区間デマンドバス運賃	100円	500円	200円
地区間デマンドバスの便数	1日3便	1日6便	1日3便
市街地内循環バス運賃	100円	300円	100円
市街地内循環バスの便数	1日8便	1日16便	1日12便
大樹～帯広バスの運行形態	路線バス（広尾線）	快速バス	路線バス（広尾線）
大樹～帯広バス運賃	1000円	2000円	1470円

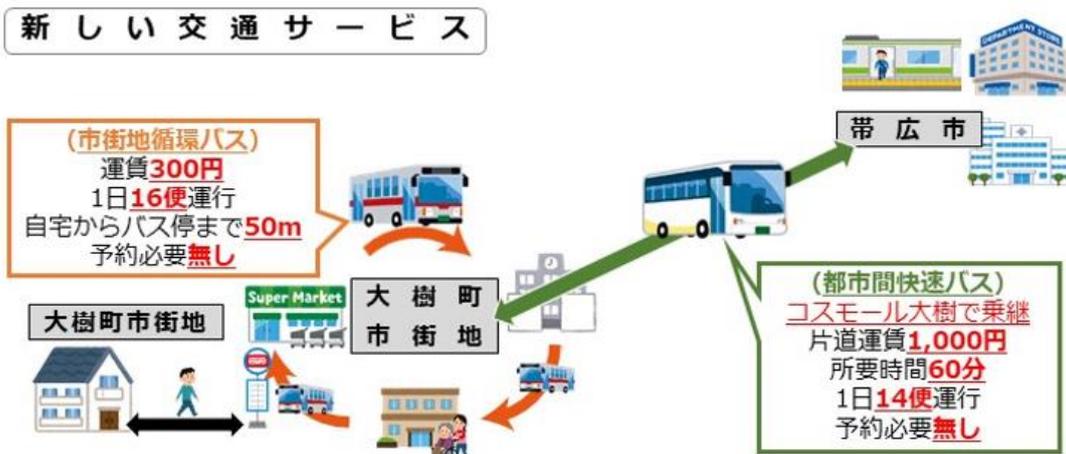


図-38 新たな公共交通のイメージ図（市街地用）



図-39 新たな公共交通のイメージ図（郊外部用）

・モデル構築

大樹町で以上に示したような新たな公共交通ネットワークが整備された場合の定住意識について、大樹町住民の居住地域別に二項ロジットモデルを用いて、定住意向がある、なしの選択を表すモデルを構築した。パラメータ推定は最尤推定法により行った。なお、本研究における定住意識モデルは、「町内にこのような新しい交通サービスが運行した時、生活のしやすさ等を考えて、あなたの家庭は今の住まいに今後も住み続けたいですか。引っ越したいですか。」という質問に対し、「1.住み続ける」「2.多分住み続ける」と回答したものを「1」,「3.引っ越しを検討する」,「4.多分引っ越す」と回答したものを「0」として構築を行った。

市街地住民の定住意識分析では、市街地住民の定住意識について、二項ロジットモデルを構築した。効用関数は以下のように定義した。パラメータの推定結果を表-7に示す。なお、郊外部の下大樹地区は、大樹町市街地の北側(帯広方)に隣接し、市街地近くの国道236号沿線に住居が多くある。また、現状の十勝バス広尾線を利用した場合の帯広市までの所要時間も大樹町の他地区に比べて少ない。以上のことから、定住意識の分析においては、市街地に編入した。郊外部市街地住民の定住意識に、交通サービスレベルは有意とならなかったが、大樹町の姿勢に将来の希望を抱くかどうか定住意識に有意となった。これは、自動運転バス等の最新技術の導入に積極的な大樹町の姿勢が町の将来に希望を持つ要因になるかを尋ねた質問に、「とてもそう思う」、「どちらかというそう思う」と答えた場合を1,「あまりそう思わない」、「そう思わない」と答えた場合を0として扱っている。

$$U = a_1 \times \text{age} + a_2 \times \text{Taiki} + a_3 \times \text{house} + a_4 \times \text{drive} + b_1$$

U:大樹町市街地に定住する効用関数

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ :パラメータ

age:年齢(歳)

Taiki:大樹町の姿勢に将来の希望を抱くか

(ダミー変数)

house:持ち家があるか(ダミー変数)

drive:自家用車を運転するか(ダミー変数)

$b_1$ :定数項

また、市街地住民のうち、将来を見据えて最新技術の導入に積極的な大樹町の姿勢に希望を抱けないと答えた住民のみを抽出し、定住意識について二項ロジットモデルにて分析を行った。効用関数は以下のように定義した。パラメータの推定結果を表-8に示す。交通サービスレベルとして、帯広までの公共交通運賃が有意となった。自宅から帯広までの安価な公共交通を整備することにより、大樹町の将来を見据えたまちづくりの姿勢に希望を抱けない市街地住民の定住意識について、本研究において想定したサービスレベルの範囲内でも、最大で27.8%定住確率を向上させることが明らかになった。

$$U = a_1 \times \text{age} + a_2 \times \text{house} + a_3 \times \text{fare} + b_1$$

U:大樹町市街地に定住する効用関数

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ :パラメータ

age:年齢(歳)

house:持ち家があるか(ダミー変数)

fare:自宅から帯広までの公共交通の運賃(円)

$b_1$ :定数項

郊外部住民の定住意識分析では、郊外部住民の定住意識分析に際して、郊外部各地区から道の駅コスモール大樹を結ぶ地区間バスの所要時間について算出を行った。郊外部は散居形態が進行しており、また、個人情報保護の観点からも意識調査においては被験者それぞれの詳細な住所までは調査しなかった。そのため、郊外各地区(町字)からコスモール大樹までの地区間バスの所要時間は、大樹町郊外部を1kmメッシュに分割し、各町字内で最も人口が多いメッシュの重心を町字代表地点とし、その地点から道の駅コスモール大樹までの経路を元に算出し、郊外部各町字の最も人口が多い1kmメッシュの重心を示す。

表-7 市街地住民の定住意識モデルのパラメータ推定結果

	説明変数	パラメータ	t 値	判定
a1	age 年齢	0.0310	5.2315	***
a2	Taiki 大樹町の姿勢に希望を抱くか(1,0)	1.7911	7.5602	***
a3	house 持ち家ダミー	1.6074	7.5970	***
a4	drive 自家用車運転ダミー	-0.9292	-2.9457	**
b1	定数項	-1.8770	-3.8544	***
自由度調整済尤度比		0.2070		

\*\*\*0.1%有意 \*\*1%有意 \*5%有意

表-8 大樹町の姿勢に将来の希望を抱かない市街地住民の定住意識モデルのパラメータ推定結果

	説明変数	パラメータ	t 値	判定
a1	age 年齢	0.0726	4.5039	***
a2	house 持ち家ダミー	1.3187	2.8311	**
a3	fare 帯広までの公共交通運賃	-0.0009	-2.1011	*
b1	定数項	-3.4559	-2.7423	**
自由度調整済尤度比		0.2093		

\*\*\*0.1%有意 \*\*1%有意 \*5%有意

郊外部住民の定住意識について、郊外部の内、大字代表地点から道の駅コスモール大樹までの地区間バスの所要時間が25分未満であった地域について、公共交通サービスレベルが有意となった。この地域を以下では「郊外A」とする。

郊外Aの住民の定住意識について、二項ロジットモデルを構築し表-9に示す。定住意識について、年齢、大樹町の姿勢に希望を感じるかどうか、帯広までの公共交通所要時間が有意となった。帯広までの公共交通所要時間は、自宅から地区間バス停までの徒歩での所要時間（徒歩の速度は50m/minとした）と地区間バスの所要時間、大樹町市街地と帯広市を結ぶ都市間バスの所要時間の和で表される。帯広への公共交通によるアクセシビリティが改善されることによって、郊外部の中でも比較的中心市街地に近い地域の住民の定住意識を向上させることが明らかとなった。

また、郊外部の住民は、現在の住まいから引っ越す場合の引っ越し先について、「大樹町市街地に引っ越す」と「帯広市を含む他の地域に引っ越す」の2つの選択を二項ロジットモデルによって表現した。

郊外部住民の転居先モデルの効用関数は以下のように定義した。パラメータの推定結果を表-10に示す。「第一次産業に従事していること」を1としたダミー変数のパラメータが負の値で有意となった。これは、第一次産業に従事している人は引っ越しを決断した場合に大樹町に留まる確率が低いことを示しており、特に広大な生産空間を抱える大樹町のような地域では、郊外部の住民を市街地に誘導し、郊外の農地まで通作するという事は現実的ではないことを示唆している。このことから、生産空間を守るという点では、郊外部の住民が現在の住まいで住み続けられる環境を整えていくことが重要であると考えられる。

$$U = a_1 \times \text{age} + a_2 \times \text{Taiki} + a_3 \times \text{time} + b_1$$

$$U = a_1 \times \text{fare} + a_2 \times \text{freq} + a_3 \times \text{agri} + b_1$$

U: 郊外Aに定住する効用関数

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ : パラメータ

age: 年齢 (歳)

Taiki: 大樹町の姿勢に将来の希望を抱くか (ダミー変数)

time: 帯広までの公共交通所要時間 (分)

$b_1$ : 定数項

U: 大樹町郊外部に定住する効用関数

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ : パラメータ

fare: 都市間バスの運賃 (円)

freq: 地区間バスの運行頻度 (本/日)

agri: 第一次産業に従事しているかどうか (ダミー変数)

$b_1$ : 定数項

表-9 郊外A住民の定住意識モデルのパラメータ推定結果

	説明変数	パラメータ	t 値	判定
a1	age 年齢 (歳)	0.0624	3.8950	***
a2	Taiki 大樹町の姿勢に希望を抱くか (1, 0)	3.2538	5.5049	***
a3	time 帯広までの公共交通所要時間(分)	-0.0211	-2.0617	*
b1	定数項	-2.6531	-2.0454	*
自由度調整済尤度比			0.2453	

\*\*\*0.1%有意 \*\*1%有意 \*5%有意

表-10 郊外部住民の転居先モデルにおけるパラメータ推定結果

	説明変数	パラメータ	t 値	判定
a1	fare 都市間バスの運賃 (円)	-1.8186	-1.0796	
a2	freq 地区間バスの運航頻度 (本/日)	3.9615	1.2969	
a3	agri 第一次産業に従事 (ダミー変数)	-2.6255	-2.8125	**
b1	定数項	1.5864	0.7839	
自由度調整済尤度比			0.1777	

\*\*\*0.1%有意 \*\*1%有意 \*5%有意

## d) デマンド配車モデル

### ・背景と目的

我が国では、一般乗合バス事業の参入や退出が自由であるため、採算が成り立たない事業は廃線となり、交通弱者の移動手段の確保が課題となっている。市町村は、直営・運営委託によってバス事業の再開、補助金による運営継続によって、地域の移動手段を確保するが、需要が疎である地域の運行は、採算性が低く、バス路線維持にかかる費用は増加傾向にある。また、バス運転手の高齢化が進行し、今後は、高齢運転手の引退によって交通の維持が困難と考えられる。しかし、高齢者のマイカーによる移動は、免許返納率の上昇から減少することが考えられ、高齢者人口の増加が加わり、今後は公共交通への需要が高まると考えられる。

近年開発が進んでいる自動運転技術は、運転手不足を解決する可能性があり、需要に応じて運行するデマンド交通は、需要が疎な地域における公共交通の採算性を高めることが考えられる。また、デマンド交通では、ドアツードアの移動となるため、定時定路線の交通に比べ、運転手に与える負担が大きく、求められる技術が一般的に高い。そのため、デマンド交通の導入には、デマンド型自動運転車両が有効と考えられる。

しかし、デマンドサービスは、配車がどのように行われるかによって採算性が大きく変わるため、効率的なサービスを提供するデマンドの配車問題を解く必要がある。そのため、実地域における適用の前段階として、仮想ネットワークを対象に、デマンド型自動運転公共交通システムの導入において必要な車両数、車両容量、経路などのサービス供給量を決定するモデルの構築を行う。解探索には、遺伝的アルゴリズムを使用し、仮想ネットワークを対象として数値計算を行う。

### ・分析概要

前提条件として、本モデルで想定するサービスは、顧客が希望する出発地、目的地、出発時刻または到着時刻の3点を予約内容として、管理システムが取りまとめる。送迎は、管理システムが最も効率が良い

く、利便性に優れた配車計画を、自動運転型デマンド車両に伝えることで、顧客の送迎が行われると考える。予約受付は前日に締め切り、デマンド車両の運行中における新規予約を受け付けないサービス形態を想定する。本モデルは、管理システムが担っている最適な配車経路、配車時間を求める計算を行う。

最適な送迎経路を求めるには、時間枠を考慮した配車配送問題、つまり DARP を解く必要がある。最適な経路に求められる条件は、出発地から目的地までの余分な乗車時間が短く、希望到着時刻の早着や遅着が小さくなることである。しかし、この条件では、余分な乗車時間を短くする際に、1人の顧客に偏った不便さを与える可能性がある。そのため、本モデルでは、顧客間で余分な乗車時間の差が小さくなるように留意する。

また、本モデルで想定する運行形態は、デマンド型自動運転車両と定時定路線のバスによって交通サービスが提供される場合と、デマンド型自動運転車両単体で交通サービスが提供される場合の2ケースを想定する。図-40 に示すケース1では、デマンド型自動運転車両と定時定路線のバスが運行されている。そのため、顧客はデマンド型自動運転車両によって、希望の出発地から最寄りのバス停に送迎され、バスを利用して目的地に到着する。図-41 に示すケース2では、デマンド型自動運転車両によって、顧客が希望する出発地から目的地へ送迎される。

ケース1とケース2は、需要が疎な地域に交通サービスを提供するための運行形態である。特に、ケース1は、定時定路線バス単体では対応できない交通需要をデマンド車両で補う。地域に分散している需要をデマンド車両で集めた後、定時定路線バスへ乗り換えることで、定時定路線バスの乗車率を高める。一方、ケース2では、デマンド車両単体で地域の交通需要に対応するため、分散的な需要に対して、ケース1より柔軟に送迎を行うことができる。しかし、一度に送迎できる乗車人数が多い定時定路線バスを使用しないため、効率性を高めることが難しく、タクシーのような運行形態にならないように注意が必要である。

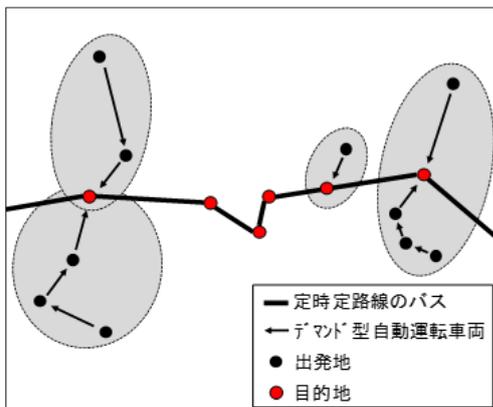


図-40 ケース1

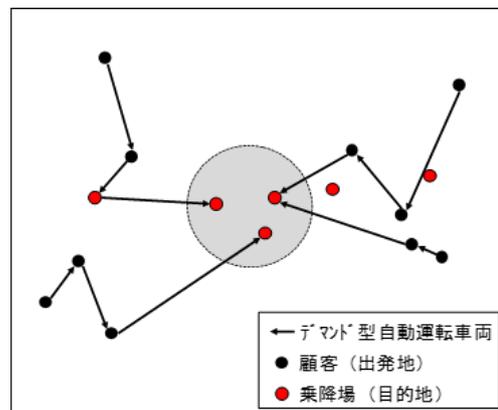


図-41 ケース2

## ・モデル構築

仮想ネットワークを対象とした数値計算の計算条件では、計算対象となる仮想ネットワークは、5×5の格子状の地域を想定する。計算に用いる顧客の需要は、各ノードの中からランダムに生成する。すべての需要は、あらかじめわかっており、運行時間内における予約の追加、取り消しが行われない静的な状況を想定する。

すべての顧客は同じ目的地を希望し、ケース別の交通サービスによって送迎される。仮想ネットワークのリンク数は40であり、各リンクが道路リンクを表している。ノードは乗降場を表し、ケース1では出発地と目的地、ケース2では、出発地と目的地に加え、バス停を担っている。ノード番号13は、交通拠点のため、デマンド車両の発着点である。また、バス停をつなぐ道路リンクをバス路線としている。以下に各ケースの仮想ネットワークのイメージと、(図-42)、詳細な計算条件を示す(表-11)。

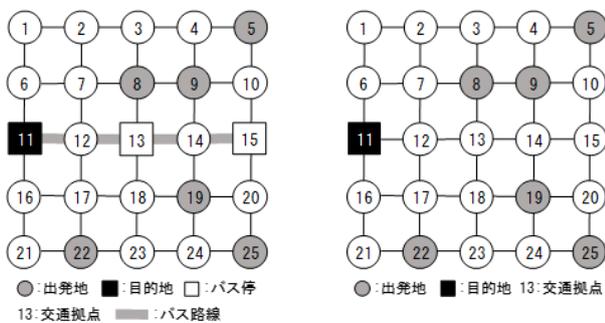


図-42 ケース1(左)・ケース2(右)の仮想ネットワークイメージ

表-11 計算条件

	ケース1	ケース2
顧客数	20人	
希望出発地	1~25のノード	
希望到着地	11のノード	
希望到着時刻	9~10時 (1分単位)	
路線バス	2本/時間	-

本モデルは、デマンド車両の送迎に関する利便性と、効率性が最大となる配車配送計画を求めるものであるため、ケース1の路線バスによる運営コストは、計算項目に含まれていない。従って、上記の計算条件で、単純な送迎コストをケース1とケース2で比較した場合、デマンド車両の負担が路線バスによって減らされるケース1の方が優れた結果となる。

仮想ネットワークを用いた計算では、実地域と異なり、簡易的な路線バスを想定しているため、デマンド車両と同様に、路線バスに関するコストを送迎コストに加える。これにより、ランニング費用のみではあるが、ケース間を超えた比較が可能である。

ケース1における路線バスのコストは、バスの走行コストと、顧客のデマンド車両からバスの乗り換えに発生する待機時間である。この2つの項目をモデルの計算結果に加える。

仮想ネットワークを対象とした数値計算の計算結果として、送迎コストはケース2の方が優れた結果となった(表-12)。路線バスに複数人で乗車するケース1は、運営コストの面において、デマンド車両以上に、顧客をまとめて送迎するため、走行距離の短縮から低コストになると考えられた。しかし、利便性の面では、顧客の希望時刻に、路線バスの運行時刻が一致していないことが影響し、ケース2の方が優れた結果になったと考えられる。また、需要に応じて運行するデマンド車両と異なり、顧客の需要が無くても運行する、路線バスの乗車率の低い走行コストが、ケース1の結果に影響を与えていると考えられる。

表-12 計算結果

	ケース1	ケース2
送迎コスト	0.6765833	0.635802469

まとめとして、本モデルを用いて、簡易的な仮想地域を対象に計算することで、デマンド車両単体と、路線バスを併用した場合の送迎コストを算出した。結果として、仮想ネットワーク上で、ランダムに発生させた規則性を持たない需要に対しては、ケース2の方が有効となった。

しかし、仮想ネットワークを用いた計算では、ケース1とケース2において、地域に与えられている交通サービスのレベルが異なるにもかかわらず、同質の需要を与えている。現実では、地域に提供されている交通サービスに応じて、人の行動パターンや、移動需要は変化する。また、車両タイプが異なる路線バスとデマンド車両のコストを、同じスケールで正確に比較することは困難である。本モデルを用いて、ケース1とケース2での比較を正確に行うには、交通サービスの供給によって変化する地域の需要をケース別に算出し、車両タイプの違いを考慮した走行コストの設定が課題となる。

モデルの有効性の検証には、仮想ネットワークが有効である。今回使用した仮想ネットワークと、計算条件をより簡易的な設定にすることで、総当たりで計算した結果と比較し、モデルの有効性について判断することが可能である。しかし、遺伝的アルゴリズムや焼きなまし法における、パラメータの妥当性について判断することは困難である。最適解、または準最適解を算出するのに必要なパラメータは、需要や地域のスケールによって異なるため、仮想ネットワークでは判断が行えない。そのため、必要なパラメータに関しては、実地域を対象にした挙動分析が有効だと考えられる。

e) 「広域動運転公共交通サービス」の運営収支評価モデル

・背景と目的

自動走行による公共交通サービス整備計画を実現していくためには、整備コストや運営コストに対して、どれだけの便益や収入が得られるかを定量的に評価し、整備計画の実行や見直し、財政的支援の根拠を可視化することが望ましい。

また、整備計画の評価にあたっては、整備計画に示されるサービスシナリオの評価 (with) と合わせて、現状評価 (without) を行うことで、整備効果を定量的に比較することが必要といえる。

本研究では、「対流型地域圏における自動走行システム普及に向けた道路ストック評価手法」(研究代

表者 東京大学 原田昇教授) において研究開発が進められた評価スキームをもとに、北海道・南十勝地域を対象に評価することを念頭に、運営収支評価モデルの検討を行うものである。

・分析概要

評価モデルのスキームとして、自動走行による公共交通サービス導入に向けた評価モデルについて、「投資効率性評価モデル」と「事業採算性評価モデル」を作成した。いずれも策定した整備計画に示される交通サービスレベルに応じて発生する整備コストや便益・運営収支データを入力することで、整備計画の定量的な評価が可能なモデルとなっている(図-43)。



図-43 自動走行による公共交通サービス整備計画の評価モデルのスキーム  
(「対流型地域圏における自動走行システム普及に向けた道路ストック評価手法」より引用・編集)

・分析に係る基礎情報

① 投資効率性評価モデル

投資効率性評価モデルは、自動走行による公共交通サービスの導入に必要な環境整備の費用に対して得られる便益の大きさをアウトプットとして出力し、投資効率性を評価するモデルである。入力データは、便益と費用それぞれを収集する必要があり、特に便

益については貨幣換算できるものと貨幣換算ができないものに分かれる。

表-13、表-14、表-15 に入力データとして収集すべき項目について例を示す。ここで、策定した整備計画のエリア分類やサービススキームによって収集すべき入力データが異なることに留意が必要である。

表-13 例) 自動走行による公共交通サービス導入で得られる便益 (貨幣換算可)

便益項目	説明	備考
運転回避	これまで自分の運転で移動していた本人が運転時間を他の行動に充てることができることで生まれる便益	要因) 自家用車からのシフト=利便性の高い公共交通サービスの拡充
乗車時間減少	移動体の速達性向上により、移動者本人の乗車時間が減少することで生まれる便益	要因) 自動走行化や公共交通分担率向上による渋滞緩和、高規格道路の運行
ゆとり時間縮小	移動体の定時性向上により、これまで確保していたゆとり時間を縮小できることで生まれる便益	要因) 自動走行化や公共交通分担率向上による渋滞緩和、専用道路の運行
送迎回避	移動者本人が移動手段を確保することにより、家族等が送迎を回避できることで生まれる便益	要因) 送迎からのシフト=利便性の高い公共交通サービス拡充
走行経費減少	移動体の走行距離の総和減少や定速運行等により燃料費や車両維持費減少分の便益	要因) 公共交通分担率向上、車両の総走行距離減少等
環境負荷軽減	移動体の走行距離の総和減少や渋滞緩和等によるCO2排出量の減少により生まれる便益	要因) 公共交通分担率向上、自動走行化等による渋滞緩和
交通事故減少	交通事故減少による渋滞損失・物的損失・人的損失等の減少による便益	要因) 公共交通分担率向上による走行車両減少、人的運転ミスの回避
沿線地価向上	沿線への交流施設・商業施設・物流拠点等の立地による地価向上分の便益	要因) 沿線や交通結節点周辺の利便性向上による各種施設立地選定
...		

表-14 例) 自動走行による公共交通サービス導入で得られる便益 (貨幣換算不可)

便益項目	説明	備考
外出率向上	移動手段の獲得により、これまで発生していた外出機会ロスが減少することによる便益	要因) 自家用車に代わる移動手段としての公共交通整備
人的交流増加	車両内や交通結節点で、近隣住民等の家族以外との交流機会が発生することによる便益	要因) 車両内・交通結節点等施設でのにぎわい
生活利便性向上	買物や通院、通学等の基本的な生活行動における利便性が向上することによる便益	要因) 生活施設へのアクセスが可能な公共交通の整備
人口定住	転出せずともライフステージ変化に対応できるようになることで、転出減少に繋がる等の便益	要因) 圏域中心都市等へのアクセス機能拡充
...		

表-15 例) 自動走行による公共交通サービス導入に必要な費用 (整備コスト)

便益項目	説明	備考
専用レーン・専用道の整備費用	自動走行車両と一般車両の混在を避けるための専用レーン拡充等に必要な工事等費用	
磁気マーカー埋設工事費用	自動走行を可能にするために必要な磁気マーカーを運行ルート上に埋設する工事費用	
電磁誘導線敷設工事費用	自動走行を可能にするために必要な電磁誘導線を運行ルート上に敷設する工事費用	
看板等設置費用	自動走行による公共交通の運行ルートであることを示す看板やバス停等の設置に要する費用	
車両購入費	自動走行車両の購入費用	
遠隔監視システム導入費	自動走行車両を遠隔で監視・管理するためのシステム導入に係る費用	
...		

② 事業採算性評価モデル

事業採算性評価モデルは、自動走行による公共交

通サービスの運営に必要な事業費に対して得られる運賃収入・補助金等の大きさをアウトプットとして出力し事業採算性を評価するモデルである。入力データは、収入と支出それぞれを収集する必要がある。

表-16、表-17に入力データとして収集すべき項目について例を示す。ここで、策定した整備計画のエリア分類やサービススキームによって収集すべき入力データが異なることに留意が必要である。

表-16 例) 自動走行による公共交通サービス運営にかかる費用 (運営コスト)

便益項目	説明	備考
運転手人件費	運転手の人件費 (自動走行レベル3以下においては運転手の乗務が必要)	
補助員等件費	自動走行車両内において車掌業務等をする補助員の件費 (自動走行レベル4以上においても、利用者の受容性等の観点から完全無人走行しない可能性も想定されるため)	
事務等件費	サービス運営に係る事務員の件費 (一般事務や運行管理者、配車オペレーターに加えて、自動走行に係る遠隔監視システムの管理といった事務作業発生に伴う人件費も想定)	
車両維持・整備費	車両点検や整備、車両保険、車両税といった車両維持に係る費用	
燃料費・電気代等	車両運行に要するガソリンや軽油または充電等に係る費用	
車両減価償却費	自動走行車両の減価償却費 (ただし整備コストで車両購入費を計上している場合は重複となるので留意)	
自動運転システム等使用料	自動走行レベル4以上で無人走行を実施する場合は事務所等での遠隔監視システム等が必要となる	
デマンドシステム使用料	定時・定路線運行が非効率となる低需要地域におけるサービスや、フルデマンドによる交通サービス等の整備計画においては、予約配車等を管理するデマンドシステムが必要となる	
...		

表-17 例) 自動走行による公共交通サービス運営で得られる収入 (事業予算)

便益項目	説明	備考
運賃収入	サービス運営における利用者負担。乗車運賃や定期券収入等	
付帯サービス収入	ラッピング等による広告収入や貨客混載事業による貨物収入等	
国・道の補助金	地域間幹線系統確保維持費国庫補助金やフィーダー路線への補助金等 (対象となる制度の違いや、現行制度の改定等により変動が予想される)	
自治体負担	サービス運営に対する自治体からの支出。新たな自治体予算による負担の他に、スクールバスや通院送迎・高齢者の移動支援といった既存の交通施策とのサービス統合により、既存予算を活用したコストシェアによる負担も考えられる	
その他事業者負担金	サービス運営に対する民間事業者等からの支出。民間事業者が運行する送迎バス等の既存サービスとの統合による既存経費からのシフトの他に、新規サービス開始による民間施設へのアクセス性向上・売上向上等の便益を見越した新たなコストシェアによる負担も考えられる。また道の駅等の交通結節点の施設運営や他の交通サービスとの統合的な事業体設立によるコストシェアの可能性も考えられる	
...		

・モデル構築

自動走行による公共交通サービス導入に向けた評価モデルについて、「投資効率性評価モデル」と「事業採算性評価モデル」のスキームを示す(図-44)。整備計画の評価方法として、自動走行による公共交通サービスの整備計画評価にあたっては、現状(without)評価と整備計画(with)評価の双方が必

要となる。

また、整備計画においてはそのシナリオ毎に投資効率性と事業採算性を評価し、そのアウトプットに基づいて整備計画の見直し・実行等の検討を行うことが望ましい。

以上のモデルを用いて算定した、現状評価と整備計画評価のoutput(サマリー)の比較例を示す(表-18)。

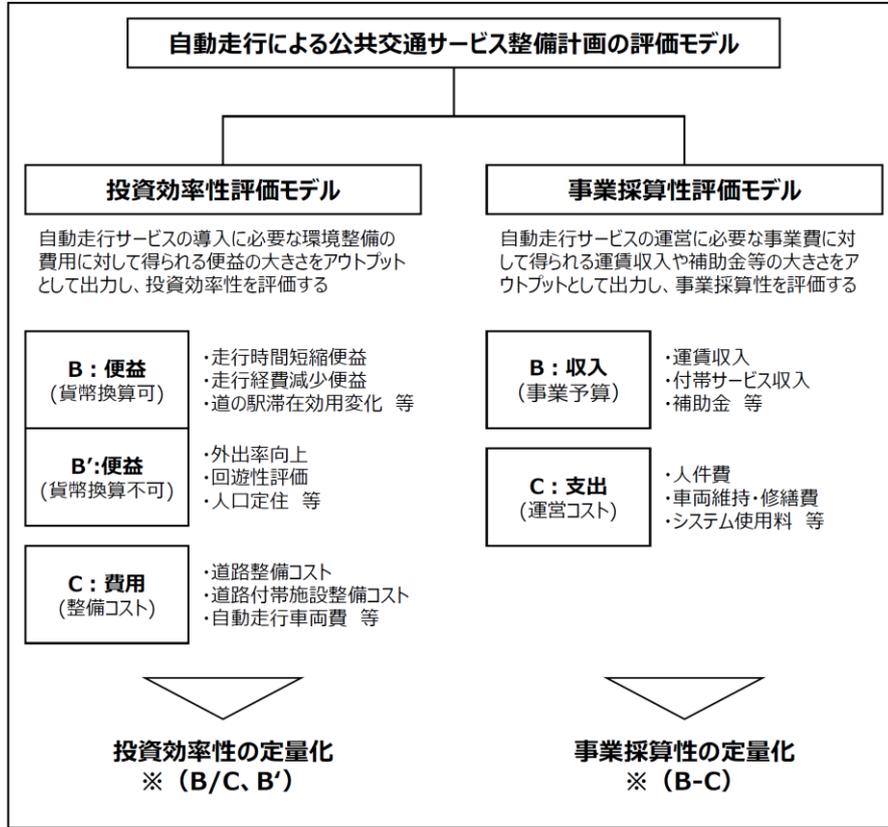


図-44 自動走行による公共交通サービス整備計画の評価モデルのスキーム

表-18 現状評価と整備計画評価の output (サマリー) の比較例

項目	小項目	単位	現状評価		整備計画評価	
			実数	構成比	実数	構成比
サービス情報	系統数	(系統)	19	-	25	-
	運行便数/日	(便/日)	103	-	192	-
	総走行距離/年	(km/年)	256,591	-	762,448	-
	自動走行導入率(走行キロベース)	(%)	0.0%	-	100.0%	-
支出データ	人件費	(千円/年)	63,576	63.3%	62,324	59.2%
	システム使用料	(千円/年)	0	0.0%	4,300	4.1%
	その他費用	(千円/年)	36,873	36.7%	38,707	36.7%
	Σ支出合計	(千円/年)	100,447	100.0%	105,332	100.0%
収入データ	経常収益(運賃等)	(千円/年)	24,467	24.4%	25,300	24.0%
	公的補助(国・都道府県・他自治体)	(千円/年)	0	0.0%	5,000	4.7%
	民間負担・その他	(千円/年)	2,057	2.0%	2,000	1.9%
	自治体負担(当自治体分)	(千円/年)	73,923	73.6%	73,032	69.3%
	Σ収入合計	(千円/年)	100,447	100.0%	105,332	100.0%
その他	利益	(千円/年)	0	-	0	-
	キロ単価平均(全支出ベース)	(円/km)	391.5	-	138.1	-
	キロ単価平均(自治体負担ベース)	(円/km)	288.1	-	95.8	-

#### (4) 自動走行システムの安全性評価

##### a) 安全走行速度評価モデル

###### ・目的

本実験では、すべり抵抗値が低い路面状況の高速道路（実道）で実車を使って ACC 利用時のドライバーの危険回避行動を調査した。具体的には、先行車を ACC で追従する車両を実験参加者が運転し、先行車が減速したときに「あぶない」と感じたかどうか、そのときにオーバーライドしたかどうかを調査した。

また、DS を用いて同様の実験を実施した。その結果と実際の高速道路での結果を比較し、冬期の高速道路での ACC 使用車の走行条件を明らかにした。

###### ・計測方法

先行車と自車（追従車、実験参加者が運転）を用い、札幌自動車道の銭函 IC と朝里 IC 間を調査区間とし、これらの車両の後方で、路面状態 (CAIS)・HFN 値 (RT3-C)・視程値 (気象観測車) を計測した。

###### ・自車（追従車）

自車の車両として、CAN の計測を考慮し平成 29 年製のベルファイヤを使用した。CAN を用いて、ACC の ON/OFF・ブレーキ圧などを計測した。RTK・GPS を搭載し、車両の位置と速度を高精度（10Hz、誤差数 cm）で計測した。後方座席には PC（GPS 用）、PC（CAN 用）を配置した。GPS の補正情報の通信中継器として CPTrans を PC（GPS 用）に接続した。

###### ・先行車両

自車と同様に、RTK・GPS を搭載し、車両の位置と速度を高精度（10Hz、誤差数 cm）で計測した。後方座席には PC（GPS 用）を配置した。GPS の補正情報の通信中継器として CPTrans を PC（GPS 用）に接続した。

先行車と自車は一定速度（70km/h）で圧雪・凍結路面を走行した。ACC の THW の設定として、長い (L)・中間 (M)・短い (S) を用いた（80km/h で走行しているとき、車間距離が 50m・40m・30m に相当する）。各々の条件で、先行車が減速（2 秒間で 20km/h 減）するときの自車のドライバーの行動を計測した。加

えて、自車のドライバーが通常運転で先行車を追従し、そのときに先行車が前述の減速を行うときについても計測した。3 種類の THW の設定と通常運転で地点を変えて 3 回から 4 回の減速挙動計測を行った。

###### ・計測結果

図-45、図-46 に先行車が減速したときの自車速度、先行車速度、車間距離、TTC (秒) の時間変化を示す。

図-45 は、ACC の車間距離設定を最も短くしたケース（先行車が減速する前の車間距離が 25m）となっている。先行車が減速を開始してから約 2 秒後にドライバーがブレーキを踏んだ結果となった。そのときの TTC は約 8 秒、車間距離距離は約 25m であった。

ACC の車間距離設定を中間のケース（先行車が減速する前の車間距離が 38m）では、図-45 の最も短かったケースと同様、先行車が減速を開始してから約 2 秒後にドライバーがブレーキを踏んだ結果となった。そのときの TTC は約 10 秒、車間距離距離は約 32m であった。TTC が 10 秒、車間距離が 30m 強でオーバーライドとなった。

ACC の車間距離設定が最も長いケース（先行車が減速する前の車間距離が 48m）を図-46 に示す。上記の 2 つのケースと異なり、ドライバーはオーバーライドしなかった。先行車が減速を開始してから約 2 秒後に ACC が減速を開始している。そのとき、TTC は約 10 秒、車間距離は 40m であった。TTC はほぼ同じ 10 秒であったが、前述の 2 つのケースと大きく異なるのはそのときの車間距離が長い点と言える。また、オーバーライドした後、車間距離は短くなっているが、自車速度が低下し TTC は増加した。

ACC を利用せず通常運転でドライバーが先行車を対峙しているケースでは、先行車が減速する前の車間距離は 50m となっていた。ACC の車間距離が最も長いときと近い車間となっていた。先行車が減速してから、緩い減速を行いドライバーは約 2 秒後にブレーキを踏んでいた。そのときの TTC は約 10 秒、車間距離は 40m であった。前述の ACC の車間設定が最も長いときと似たような行動をドライバーはとっていたと考えられる。

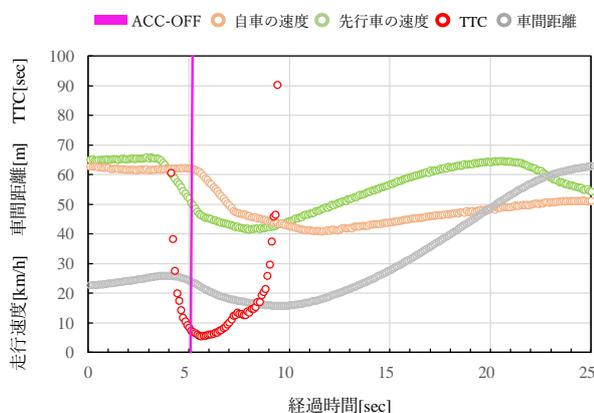


図-45 ACC の車間距離が最も短いとき (S) の追従挙動

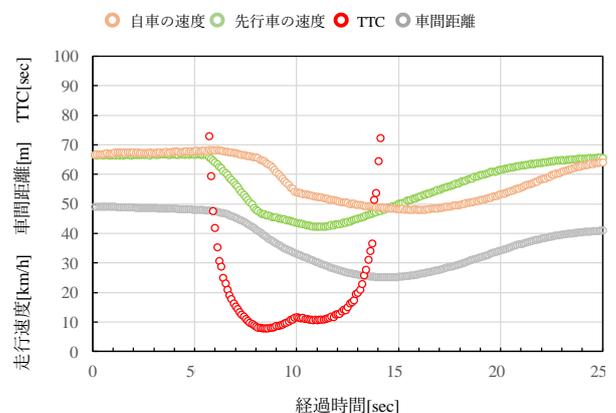


図-46 ACC の車間距離が最も長いとき (L) の追従挙動

## (5) 走行位置評価モデルの構築

路線バスに搭載されたドライブレコーダー映像をもとに路面上に発生するわだち形成の特性について把握し、形成されるわだち幅は概ね 3m であった(図-47)。また、初冬期(12月)は車道端から 0.25m 内側がわだちの左端となっているのに対し、厳冬期(2月)では外側線に近い位置まで移動している。厳冬期は、除雪によって発生する雪堤が路肩に形成されること、地吹雪等の吹きだまりにより通行可能な空間が狭まることわだち範囲の変化要因になっている。

車線視線誘導となる路面標示が視認できない積雪状態にある場合、対向車との側方余裕を可能な限り確保しつつ、雪堤等の状況を勘案した位置を走行しているものと考えられる。

本調査で把握できた傾向から、カーブ区間における車線中心と走行位置のズレ $\Delta W$ は下式のように考えることができる。

$$\Delta W = \left( \frac{W1}{2} + W2 \right) - \left( W3 + \frac{W4}{2} + W5 \right)$$

ここで、W1：車線幅員、W2：路肩幅員、W3：雪堤等の張り出し幅、W4：わだち幅(=3.0m)、W5：左側側方余裕(=0.25m)



図-47 厳冬期のわだち形成状況

### a) 自動走行システムの安全性評価総括

本節では、雪道運転に慣れたドライバーが ACC を使いながらすべり摩擦係数が低い路面で走行しても「あぶない」と感じない、あるいは ACC 制御に割り込みたい(オーバーライドと呼ぶ)と思わない走行条件を冬期路面となる高速道路における走行実験から明らかにしてきた。その結果を以下にまとめる。

A 圧雪・凍結路面の出現率：CAIS を使い、2014 年度冬期から 2018 年度冬期までの銭函インターと朝里インター間の両方向の 100m 区間別に記録され

た圧雪・凍結路面の構成率を明らかにした。冬期により降雪量および気温の差異がある中で、圧雪・凍結路面の構成率は 30%から 60%の範囲になっていた。

B 圧雪・凍結路面のすべり抵抗値(HFN 値)：CAIS による路面状態判別と RT3-Curve によるすべり抵抗値(HFN 値)を同時に計測し、2章で明らかとなった圧雪・凍結路面における HFN 値分布を明らかにした。圧雪・凍結路面となったときの HFN 値の平均値は 22.8、標準偏差は 4.91 であり、ほぼ正規分布となった。

C カーブ区間における推奨速度の推定：銭函インターと朝里インター間の曲線半径を用いて HFN 値を与えたときのオーバーライド発生確率を 5%としたときの推奨速度を求めた(2018 年度に実施した網走走行実験から)。圧雪・凍結路面の低い HFN 値(10)のとき両方向とも 60km/h で走行していると多数のカーブ区間で推奨速度が 60km/h 以下となった。HFN 値が 20 および 30 のとき、推奨速度が 60km/h より低くなることはなかった。

D 追従時の ACC 走行の設定(ドライビングシミュレータ調査)：ドライビングシミュレータを用いて ACC が冬期において利用可能となった状況を想定し、先行車が減速したときの ACC 車を運転しているドライバーの危険感と運転行動について検討した。43 名の実験参加者による先行車が減速したときの運転行動から、ACC を解除しオーバーライドするときの TTC を路面状態および走行速度から推定するモデルを得ることができた。本調査でのオーバーライド時の TTC は、10 秒から 15 秒の範囲となり、その TTC のときに先行車の減速により追突する不安をドライバーが感じていた。雪氷路面で不安を感じる TTC となる前に ACC の減速度を高めるあるいは車間距離を空けるなどすることからドライバーのオーバーライドを抑制できることが分かった。

E 追従時の ACC 走行の設定(実走行調査)：TTC および車間距離を指標とすることから、冬期道路環境(実走行)において先行車が減速したときの危険回避行動を評価できることを示唆できた。先行車の減速を危険とドライバーが感じたときの TTC は 10 秒前後であり、そのときに車間距離が 30m より接近しているとオーバーライドしやすい結果となった。

### 3.2 南十勝地域における「新たな道路交通施策」のあり方検討

北海道の「生産空間」において、地域住民にとって利便性・信頼性が高く、かつ持続可能な「新たな道路交通施策」として、「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」のあり方について検討を行う。

検討にあたっては、前述した評価モデルを用いた。

#### (1) 南十勝地域における「新たな道路交通施策」の設定

##### a) 自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービスの設定

ここでは、南十勝地域における「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」のうちネットワーク設定結果を示す。

##### 【2025年】

自動走行レベル2の実装が期待されると想定し、広域バスの快速化、町内交通の統合による効率化、市街地循環バスおよび郊外部と市街地を結ぶ放射バスの新設を行う計画としている。自動運転レベル2の導入による人件費の圧縮、町内交通の統合による

経費圧縮分を新規交通の運行に充てることでネットワークレベルの向上を狙っている。

##### 【2030年：シナリオ1】

自動走行レベル4の実装が期待されると想定し、広域バスの自動運転化、町内交通のさらなる統合、郊外部のラストワンマイルを担う郊外部デマンドバスの新設、さらに放射交通と郊外部交通の接続に向けたモビリティハブの整備を行う計画としている。自動走行レベル4による人件費単価の更なる圧縮によるコストシフトで町内周遊・都市部へのシームレスな移動が可能なネットワークの構築を狙っている。

##### 【2030年：シナリオ2】

シナリオ1と同様に2030年を想定したもうひとつのネットワークを描いている。広域バスはシナリオ1と同様としたが、町内交通はスクールバスや保育園送迎バス等の一部交通を除いたすべての交通を統合し、フルデマンド型のバス交通で町内の移動ニーズ全てに対応するネットワークを構築している。

表-19、図-48、図-49 に整備内容一覧表とネットワーク図を示す。

表-19 南十勝地域における「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」のネットワーク設定

整備計画サービス内容	現状サービス	2025年	シナリオ1	シナリオ2
			2030年 CASE 1	2030年 CASE 2
・自動走行レベル2による運転手人件費圧縮	-	○	-	-
・自動走行レベル4による運転手人件費解消	-	-	○	○
・広域バスの高規格道路運行（速達性向上）	一般道を走行	○	○	○
・町内既存交通の統合（コストシフト）	各事業者が運営	一部統合	○	○
・町内既存交通のネットワーク改善（系統整理）	スクールバス等	○	○	○
・コミバス循環（市街地内を循環）の新設	-	○	○	-
・コミバス郊外（郊外⇔市街地）の新設	スクールバス等	○	○	-
・郊外デマンド（ラストワンマイル交通）の新設	-	-	○	-
・モビリティハブの整備（交通モード連携）	-	-	○	-
・フルデマンド交通の運行	-	-	-	○

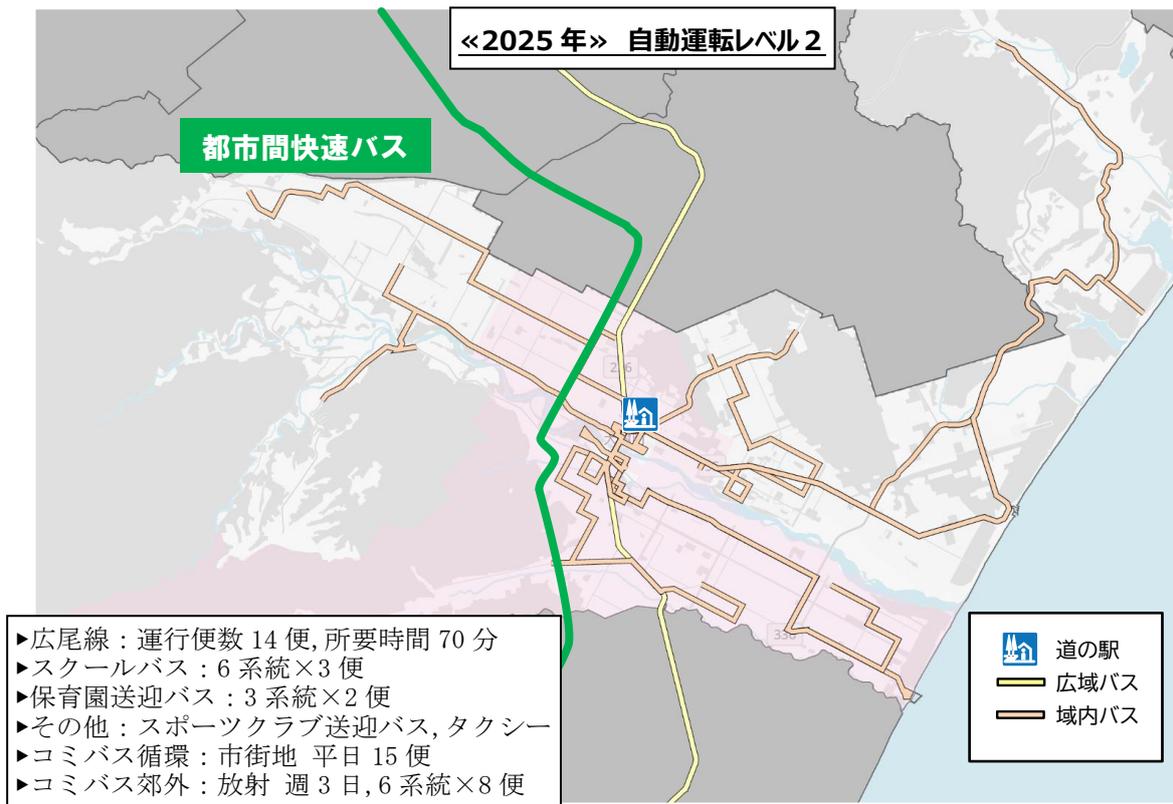
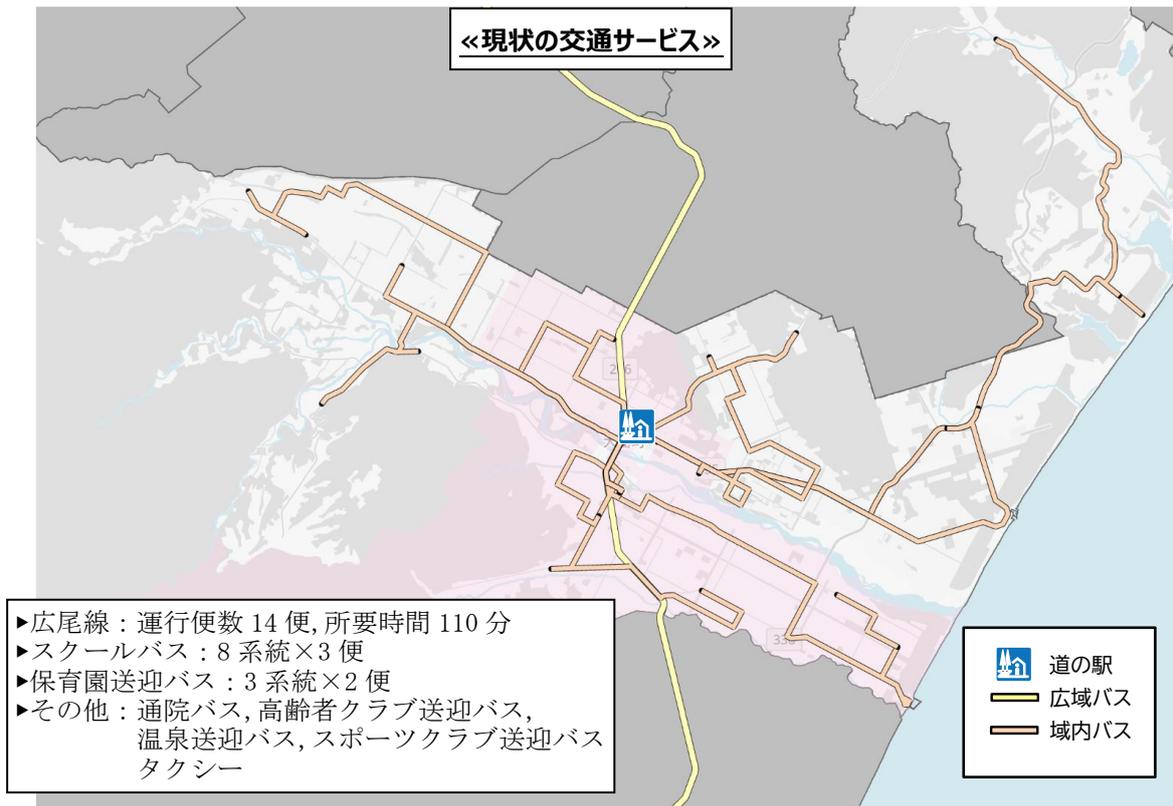
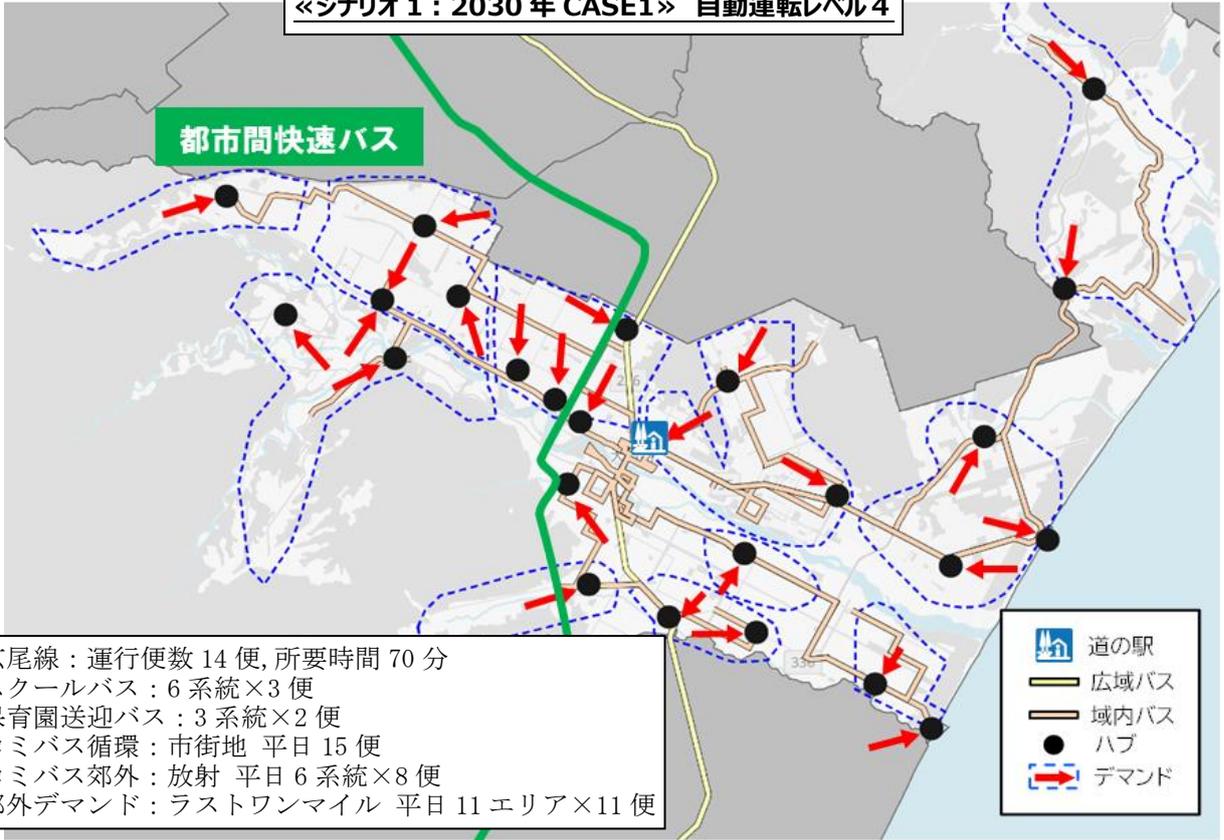


図-48 南十勝地域におけるネットワーク整備計画一覧①

「シナリオ1：2030年CASE1」 自動運転レベル4



「シナリオ2：2030年CASE2」 自動運転レベル4

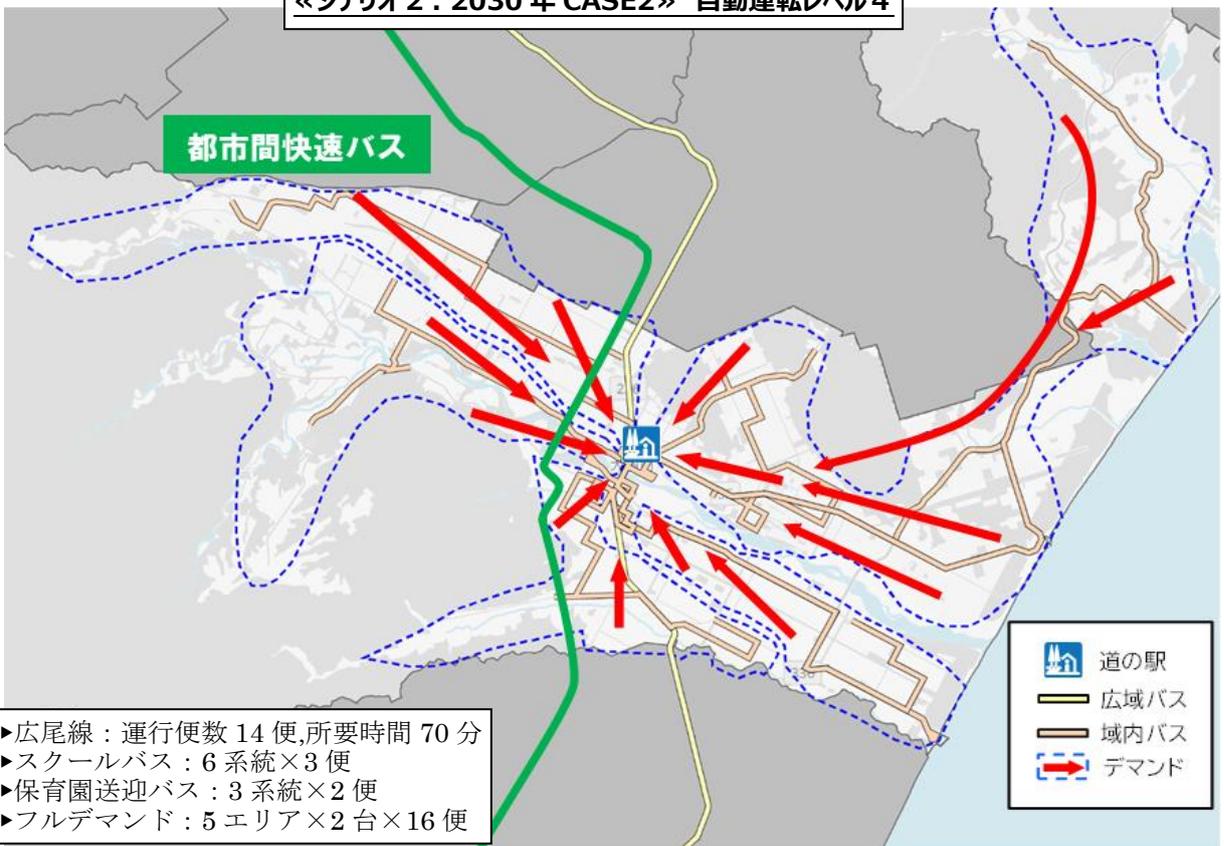


図-49 南十勝地域におけるネットワーク整備計画一覧②

### b) 運営体制の設定

南十勝地域における「広域自動運転公共交通サービス」を持続的に運営していくための体制を図-50に示す。これは、当面、地方行政である大樹町、広域交通を担う交通事業者、町内交通を担う地元交通事業者など、地方行政と企業が役割に応じて係わっていくものとする。また、長期的には、ラストマ

イルに渡る広域自動運転公共交通サービスの一括運営を担い、計画策定における迅速な判断、運営主体として関係する行政・企業とのスムーズな連携を図るために中間支援組織を設立し、運営主体として、地方行政、広域交通の交通事業者及び地元交通事業者等との連携を図りながらサービスを提供する運営体制が望ましい。

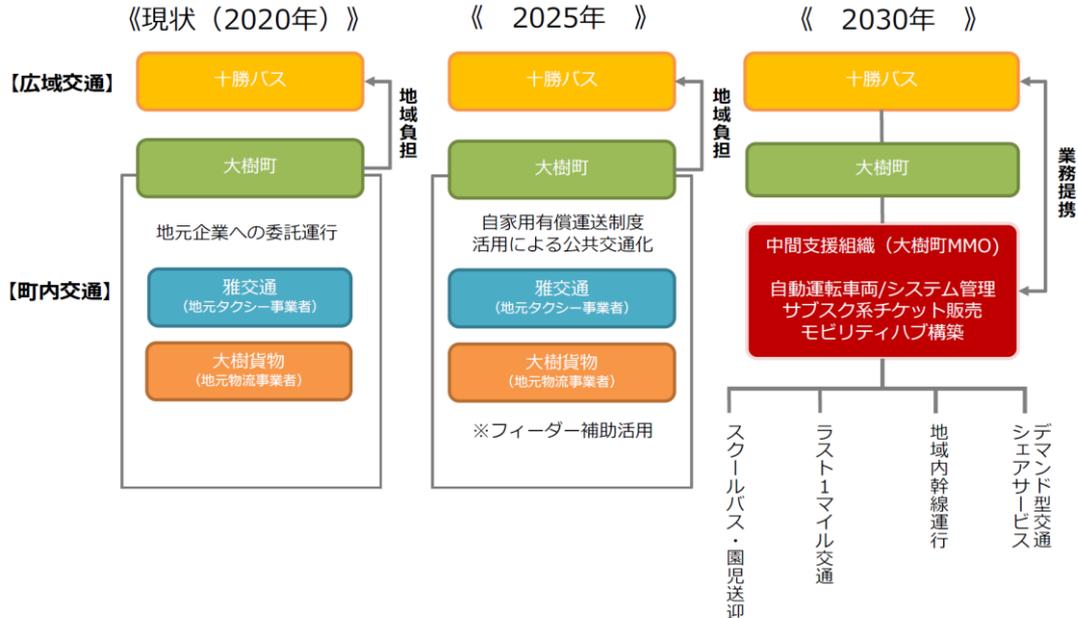


図-50 広域自動運転公共交通サービスの運営体制

### c) 南十勝地域におけるロードマップの検討

以上の南十勝地域における「広域自動運転公共交通サービス」設定結果をとりまとめ、南十勝地域に

おける「新たな道路交通施策」整備計画（ロードマップ）として図-51にとりまとめた。

	2020年現状	2025年	2030年case1	2030年case2
環境整備	—	・自動走行「L2」実装	・自動走行「L4」実装 ・高規格道路延伸 ・モビリティハブ整備	・自動走行「L4」実装 ・高規格道路延伸
広域バス	・十勝バス広尾線：14往復 ・R236を通常運行	・十勝バス広尾線：14往復 ・高規格道路をL2で運行	・十勝バス広尾線：14往復 ・高規格道路をL4で運行	・十勝バス広尾線：14往復 ・高規格道路をL4で運行
スクールバス/園児送迎バス	・スクール：8系統 ・スクール：計3便 ・園児送迎：3系統 ・園児送迎：1往復 (全て通常運行)	・スクール：6系統 ・スクール：計3便 ・園児送迎：3系統 ・園児送迎：1往復 (全てL2運行)	・スクール：6系統 ・スクール：計3便 ・園児送迎：3系統 ・園児送迎：1往復 (全てL4運行)	・スクール：6系統 ・スクール：計3便 ・園児送迎：3系統 ・園児送迎：1往復 (全てL4運行)
その他交通	・ことぶき大学便3系統 ・通院バス2系統 ・ふまねつと送迎8系統 ・タクシー(4台)	・ふまねつと送迎8系統 ・タクシー(3台) (全てL2運行)	・タクシー(2台) (全てL4運行)	・運行なし
市街地循環バス	運行なし	・川北/川南地区の2系統 ・L2で8便運行	・川北/川南地区の2系統 ・L4で8便運行	
郊外⇄中心放射バス	運行なし	・郊外へ6系統 ・早朝～日中：L2で3往復	・郊外へ6系統 ・早朝～日中：L4で5往復	・5エリアでデマンド展開 →フルデマンド各2台配置 ・L4で17便(サイクル)
ラストワンマイル交通	運行なし	運行なし	・11エリアでデマンド展開 ・L4で12便(サイクル)	
道路情報提供施策	巡回車両による 目視情報の収集等	・動的道路データ把握 ・走行車両への動的情報配信 ・道路管理者への動的 情報配信	・走行車両への制御情報の配信 (ACC制御・走行位置制御) ・道路管理者への除雪作業等効率化情報の配信	
道路維持管理施策				

図-51 南十勝地域における「新たな道路交通施策」整備計画（ロードマップ）

## (2) 自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービスの評価

前述した南十勝地域における「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」整備計画に対し、アクセシビリティ評価、投資効率性評価（費用便益分析、多様な効果の試算）、事業採算性評価（運営コスト算定、収入算定、事業採算性評価）を行った。

### a) アクセシビリティ評価

#### ・分析条件の設定

アクセシビリティによる評価では、世帯構成員間の相互依存性を考慮したアクティビティベース交通モデルを用いて、大樹町における新たな道路交通施策の評価を行う。

分析条件の設定として、本評価における分析条件を以下に記す。

- ・対象地域は人口が存在する244の4次メッシュで構成されている。各メッシュに居住する個人は、メッシュ中心を発着点として目的施設のあるメッシュに向かうものとする。
- ・デマンド車両が運行される2030年のCase 1およびCase2では、各車両の運行エリアが設定される。したがって、各運行エリアはメッシュに割り当てられる。
- ・2030年Case1では、各運行エリアに1箇所存在するミーティングポイントのバス停まで、デマンド車両による輸送が行われ、ミーティングポイントのバス停からバスに乗り継いで、目的施設に向かうものとする。Case2では大樹町中心部までの輸送が行われ、中心部からのバスに乗り継いで向かうことができる到着地メッシュおよび時間帯にバスへの乗り継ぎが行なわれる。
- ・いずれのケースにおいても、以下のような複数のデマンド区間の乗り継ぎは行わないものとする。
  - Case 1：出発地メッシュ→デマンド車両→ミーティングポイントバス停→路線バス→ミーティングポイントバス停→デマンド車両→目的地メッシュ
  - Case 2：出発地メッシュ→デマンド車両→道の駅：コスモール大樹→デマンド車両→目的地メッシュ
- ・デマンド車両の所要時間は、本分析では道路経路上の最短ルートで算出されたものを用いる。実際には複数の利用者からデマンド車両に対する需要が発生した場合、配車ルートに沿った迂回や、他の利用者の出発時刻に合わせた待ち時間が発生する可能性があるが、このような条件下の計算は、次節のデマンド車両配車モデルの結果としてアウトプットされるものである。将来的には、配車モデルのルーティング結果を踏まえてアクティビティベースモデルの解を再度探索できるように改良する予定である。
- ・世帯内での乗合の発生は、非送迎者と送迎者の

希望到着時刻の差が $t=0.05$ (→1.2時間)以内の時に可能であるものとする。

- ・自動車非運転者の移動手段は、以下のルールベースで決定される。

◎発着メッシュともにバス停徒歩圏メッシュの場合→バス

◎発着メッシュともに同一のデマンド運行エリアの場合→デマンド

◎発着メッシュと同一のデマンド運行エリア内のバス停から着地メッシュに到達可能な場合→デマンド+バス

◎世帯内の自動車運転者の移動の到着時刻との差が1.2時間以内の場合→乗合

◎世帯内に固定活動を行わない自動車運転者がいる場合→送迎

◎以上にすべてあてはまらない場合→徒歩

したがって、送迎に対しデマンド車両による輸送は優先的に行われ、デマンド車両で移動可能にも関わらず、送迎が行われることはないものとする。

分析結果の移動手段の変化では、表-20に各ケースの手段別トリップ数を示す。人口の減少に伴って、総トリップ数は2030年に1割程度減少する。減少するトリップの約半分は自動車トリップであるが、バスによる移動需要も減少する。

#### ・分析結果

人口の減少に伴って、総トリップ数は2030年に1割程度減少する。減少するトリップの約半分は自動車トリップであるが、バスによる移動需要も減少する。

デマンド交通の導入は、送迎を大きく減少させることとなる。特にCASE1では乗合や徒歩トリップに対しても効果が大きい。デマンド交通への需要はCASE1よりもCASE2の方が多いが、これは路線バスがなくなっていることを考えると当然の結果である。

一方で、CASE2では徒歩トリップ数が大きく増加しており、またCASE1に比べると送迎も多くなっている。この原因としては分析条件においてデマンド運行エリアの乗り継ぎを考慮していないため、CASE1ではミーティングポイントまでのデマンド車両による送迎の後、バスを乗り継いで目的地に到達できるが、スクールバス以外のバスが存在しないため、異なる配車エリアが出発地と目的地になるトリップでは、自動車非運転者は送迎以外の手段でたどり着くことができないためである。この解決策としては、以下のような方針が考えられる。

①デマンドの乗り継ぎを可とする

②デマンドの運行エリアの撤廃

③ODに合わせたデマンド運行エリアの見直し

また、2030年の総トリップ数がCASE1、CASE2で約100トリップほど差がある。この要因としては、CASE2ではバスで目的地にたどり着けない自動車非利用者が、他の世帯構成員によって送迎される結果、送迎者の自由活動が減少することが考えられる。ただし、本分析は確率的なシミュレーションであり、

試行毎に解は少しずつ異なるため、その影響がある程度存在する可能性を否定できない。シミュレーション

の施行を蓄積して検証するとともに、その平均的な結果を用いる等の対応が望ましい。

表-20 手段別トリップ発生数

移動手段	トリップ数 (単位：トリップ)			
	2020	2025	2030CASE1	2030CASE2
自動車	6,001	5,849	5,737	5,521
乗合 (運転者 + 同乗者)	150	114	8	66
送迎 (送迎者)	288	280	30	119
送迎 (非送迎者)	288	280	30	119
バス	1,845	1,679	1,323	277
徒歩	237	196	98	520
デマンド	-	-	239	871
デマンド + バス	-	-	330	157
計	8,809	8,398	7,795	7,650

また、表-21 に各ケースの移動手段ごとに総移動時間と平均所要時間を算出した結果を示す。バス所要時間は平均的に見ても 2020 年から 2025 年にかけて減少しているが、これは帯広方面への移動に対する快速バスの運行による効果大きい。また、徒歩の平均所要時間はいずれのケースにおいても大きな

値となっているが、これは他の手段で到達できない場合で非常に長距離の場合でも徒歩が移動手段として割り当てられるためである。現実にはそのような移動は生じないため、モデル分析上の改良を行ってゆく必要がある。

表-21 移動時間

		2020	2025	2030CASE1	2030CASE2
総移動時間 (単位：時間)	自動車	1214.7	1193.4	1194.8	1107.6
	乗合 (運転者 + 同乗者)	32.7	18.4	0.5	9.9
	送迎 (送迎者)	122.1	106.8	5.3	29.1
	送迎 (非送迎者)	61.1	53.4	2.7	14.6
	バス	1166.0	776.0	368.2	169.7
	徒歩	239.2	288.0	499.8	1346.8
	デマンド	-	-	79.3	58.3
	デマンド + バス	-	-	286.2	204.1
平均所要時間 (単位：分)	自動車	12.1	12.2	12.5	12.0
	乗合 (運転者 + 同乗者)	13.1	9.7	3.8	9.0
	送迎 (送迎者)	25.4	22.9	10.6	14.7
	送迎 (非送迎者)	12.7	11.4	5.3	7.3
	バス	37.9	27.7	16.7	36.8
	徒歩	60.6	88.2	306.0	155.4
	デマンド	-	-	19.9	4.0
	デマンド + バス	-	-	52.0	78.0

さらに、図-52 に各ケースにおける送迎者の送迎時間を示す。デマンド交通の導入は送迎時間を大きく削減し、CASE1 では9割上、CASE2 でも7割強の送迎時間が削減される結果となった。削減された送迎時間に時間価値を乗じて時間短縮便益として算出することが考えられるが、自由活動を行なう送迎者によって行われる送迎の削減は他の効果をもたらす可能性がある。送迎活動は自由時間を分担するため、連続的な長時間に渡る自由活動の実施が困難となる。

本研究では、世帯構成員間の相互依存である送迎行動を組み込んだアクティビティベース交通モデルを開発し、その交通政策評価への活用可能性を示したが、このように連続した自由活動が確保されることによる効果の把握などについては、今後さらなる手法の開発を行ってゆく必要がある。

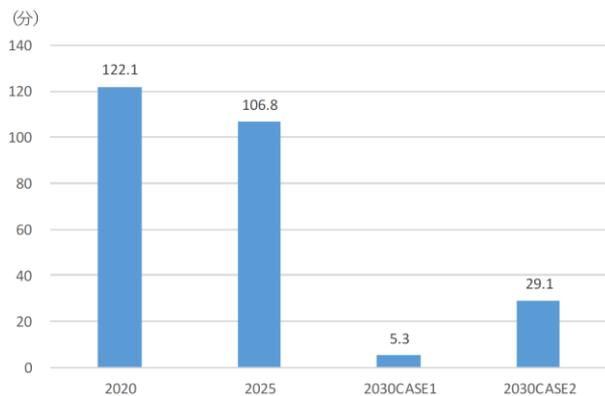


図-52 送迎時間

## b) 投資効率性評価

### ・整備コスト

南十勝地域における「新たな道路交通施策」整備計画を実現するときに必要な道路投資に関わる整備内容および整備コストを整理した(表-22)。

表-22 シナリオ別整備コスト算定表

整備内容 【原単位】	2025年	シナリオ1 2030年 CASE1	シナリオ2 2030年 CASE2
	・路車間通信環境整備	- (計上無し)	- (計上無し)
・結節点整備	5百万円	10百万円	10百万円
・専用レーン・専用道路建設	- (計上無し)	- (計上無し)	- (計上無し)
・電磁誘導線敷設 【3,000千円/km】	- (計上無し)	○ 1030百万円	○ 890百万円
・磁気マーカー埋設 【16,000千円/km】	- (計上無し)	○ 5490百万円	○ 4760百万円
・看板・標識等整備	- (計上無し)	○ 2750百万円	○ 2380百万円
合計費用	5百万円	9280百万円	8040百万円

### ・乗車時間減少便益

シナリオ別の総移動時間は、自動運転公共交通サービスの導入を行った2025、2030Case1、2030Case2ともに総移動時間が減少する効果が確認できる。この総移動時間の減少には、対象地域が人口減少することにより総移動時間が減少するという要素も含まれるため、効果の発現状況の検証として、人口の変化率と総移動時間の変化率を比較し、人口減少率以上に総移動時間が低下する傾向を確認した。なお、便益の計測の精緻化の観点において人口の減少による便益発現への影響を除外すべきであるが、以降の試算においては簡単のため、影響の除外を行っていない(図-53)。

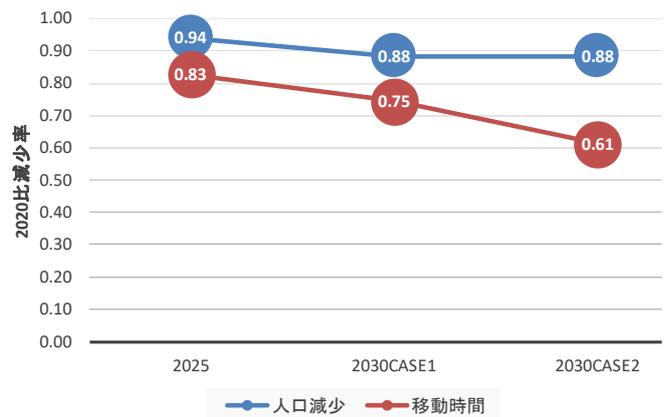


図-53 移動時間の減少率と人口の減少率の比較

年間の総移動時間を用い、総移動時間に時間価値原単位を乗じて総移動費用を算定し、2020年の費用をWithoutとして2025年、2030年Case1、2030年Case2の供用年に発現する単年の便益額を試算した。なお、時間価値の設定には様々な議論があるが、本検討においては、費用便益分析マニュアルに示される乗用車の時間価値を平均乗車人員1.3人/台で除すことにより30.5円を設定し、各シナリオの総費用を算定した。試算の結果、2025年時点では、約3億円/年の便益が発現、2030年Case1では約4億円/年、2030年Case2では約7億円の便益額が試算された(図-54)。

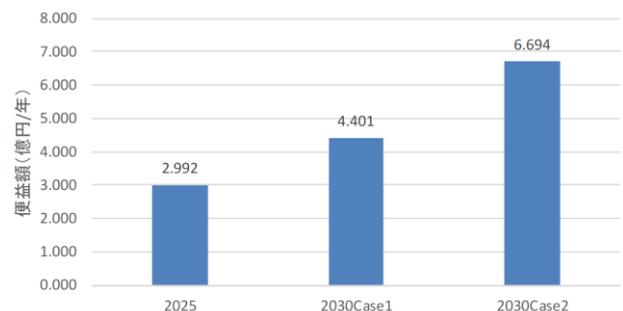


図-54 単年乗車時間短縮便益額

## ・送迎回避便益

対象とする地域においては、広域分散型の地域特性から公共交通の便が悪い地域について、高校生が通学、高齢者が通院、買い物等を行う際に、家族構成員が送迎するというケースがこれまでの調査から確認され、当該地域における生活者の負担となっていることが明らかになっている。自動運転公共交通サービスが導入されると、これらの被送迎者は自立した交通行動が行えるようになる事、送迎者は、送迎が無くなることにより、これまで送迎に費やしていた時間を有効に活用できるなどの効果が発現する。これらの効果の内、本検討では、送迎者が送迎しなくて良くなることによる便益額の試算を試みた。

試算の結果、2025年時点で約0.1億円、2030年時点で0.8億円の便益が確認され送迎回避による効果が確認できる。また、前述の乗車時間減少便益に占める送迎回避の便益の割合は、2030年時点で9%~18%となり、最大で2割近くの便益が送迎者に帰着することも確認された(図-55)。

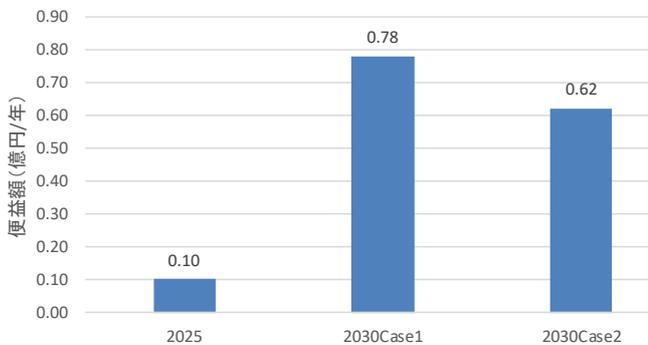


図-55 単年送迎回避便益額

## ・費用便益分析

自動運転公共交通サービスの整備シナリオは2025年の整備、2030年の整備と連続的に行われることから、事業費の投入および費用の投入は階段状となるが、費用便益分析の前提となる対象期間を50年と考えると、2025年の整備による効果は2025年~2029年にかけて発現し、2030年の整備による効果は2030年から2074年までに発現することとなる。費用便益分析においては、このような連続的な投資および便益の発現を考慮するため、整備による費用のと投入タイミングを2024年、2025年~2019年の2時点、便益の発現を2025年~2029年、2030年から2074年に区分しそれらを積み上げることにより、現在価値化後の総費用と総便益を検査することとした。

2025年の整備と2030年Case1の整備を行った場合、費用の単純合計は92.8億円であり、現在価値化後の費用は、66.6億円、一方で現在価値化後の便益額は46.7億円となった。また、この際のB/Cは、0.7となった(表-23)。

表-23 費用便益分析結果 (Case1)

	費用		便益		B/C
	単純合計	費用の現在価値化	推計年便益	便益の現在価値化	
	億円	億円	億円	億円	
2025-2029	0.05	0.04	2.99	10.4	-
2030-2074	92.8	66.5	4.40	36.3	-
計	92.8	66.6	-	46.7	0.70

2025年の整備と2030年Case2の整備を行った場合、費用の単純合計は80.5億円であり、現在価値化後の費用は、57.7億円、一方で現在価値化後の便益額は65.6億円となった。また、この際のB/Cは、1.1となった(表-24)。

表-24 費用便益分析結果 (Case2)

	費用		便益		B/C
	単純合計	費用の現在価値化	推計年便益	便益の現在価値化	
	億円	億円	億円	億円	
2025-2029	0.05	0.04	2.99	10.4	-
2030-2074	80.4	57.7	6.89	55.2	-
計	80.5	57.7	-	65.6	1.14

## c) 多様な効果の試算

b)では、自動運転公共交通サービスの導入による便益について算出を行った。しかし、自動総運転公共交通サービスには、貨幣換算はできない多様な効果が発現されると考えられる。ここでは、自動運転公共交通サービスの導入による南十勝圏でのQOL向上効果、定住意識向上効果、外出機会向上効果について試算を行った。

### ・QOL 向上効果

「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」整備計画において、公共交通の運行頻度が現在の3倍になったと想定したQOL値の算出を行う。交通施策導入の仮定は、「小地域ごとの移動特性」であるアクセシビリティを用いる。アクセシビリティの向上によって、「買物の行きやすさ」の主成分得点が向上する。そして、その主成分得点の変化量と「買物の行きやすさ」から「買物QOL」へのパス係数を用いて、アクセシビリティが向上した場合の自動車を所持していない住民の買物QOL値を算出した。

買い物QOL値算出例を図-56に、小地域別買物QOL値の変化量を図-57に示す。

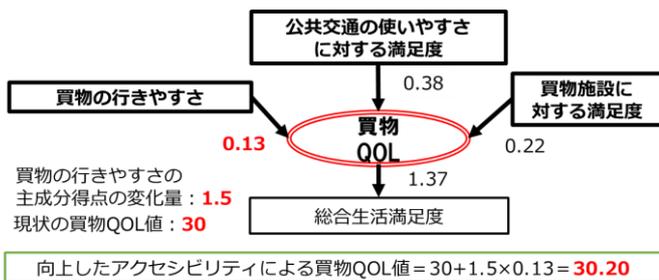


図-56 買物 QOL 値算出例



図-57 小地域別の買物 QOL 値の変化量

本研究では、今後の生産空間維持に向けた交通施策導入による個人属性ごとのアクティビティの変化を評価するため、中札内村と大樹町においてアンケート調査を行い、交通施策の評価指標として共分散構造モデルによる QOL 指標を構築した。モデルについては因子分析によってられた因子から QOL を構成する。また、共分散構造分析を行った結果、自動車を所持している住民においても、送迎の負担軽減や今後自分が自家用車を運転できなくなった時を意識し、公共交通の使いやすさが QOL に強く関係することが示された。QOL 値の算出において、1 か月間の送迎時間が同じ住民 2 名による比較分析から、老夫婦で無職の住民との自由に使える時間の違いによる、異なる送迎の負担を QOL 値が表現し、個人属性ごとの活動の選択可能性の違いもみられた。さらに、交通施策の導入によるアクセシビリティの変化が住民に与える影響について、QOL 値を用いて数値化することが可能となった。したがって、本研究では異なる属性ごとのアクティビティの変化の程度を評価可能な指標を構築することができたと考えられる。

・人口定着効果

構築した定住意識モデルを用いて、平成 27 年度の国勢調査小地域集計のデータを用いて、2015 年を起点とした 10 年ごとの世帯数予測を行った。分析については、以下の仮定と条件を設定した。

- 出生・転入は考慮せず、現在の閉鎖世帯数のみを対象
- 字振別、字日方は郊外部と市街地にまたがっているものの、国勢調査ではその区分がされていないため、各字のうちそれぞれ郊外部のみのデータは、本研究における意識調査の配布軒数の比より算出

- 世帯の年齢層を考慮するため、0～9 歳、10～19 歳……といった 10 歳階級ごとの人口を、各町字の 1 世帯当たりの平均人員（総世帯数/人口）で除することにより、年齢層ごとの世帯数を算出
- 10 年を 1 周期としてその時点で残留している世帯数に定住確率を乗じる
- 説明変数として導入する年齢は、10 歳階級の中央の年齢（例：30～39 歳…34.5 歳）
- 大樹町への姿勢に希望を抱くかは、郊外 A の平均値（0.8409）を導入
- 定住の判断ができるのは 20～29 歳の年齢層以上（2015 年時点で 0～9 歳の場合は 2025 年も大樹町に残留しているとする）
- 100 歳以上の世帯は死亡とみなし、残留世帯数に反映しない

郊外全域の 10 年ごとの総世帯数分析結果について図-58 に示す。バス停までのアクセスが良好な地区間バスの就航に加え、高規格幹線道路を利用した大樹町市街地～帯広市を結ぶ都市間快速バスが整備されることによって、大樹～帯広間のバスが現行の十勝バス広尾線の場合に比べて、2055 年時点で 83 世帯多く世帯が大樹町郊外部に住み続ける。また、町字毎の 2015 年の世帯数と 2055 年の世帯数について、大樹町市街地～帯広市の都市間バスの運行形態と自宅から地区間バスのバス停までの距離別では、アクセシビリティの良好な地区間バスと、帯広までの時間短縮効果の大きい都市間快速バスが整備されることにより、2055 年時点で閉鎖世帯が消滅の危機にある集落も減少している。

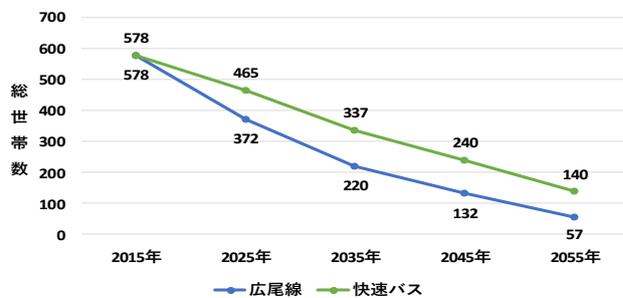


図-58 都市間バスの運行形態別の郊外部にける 10 年ごとの総世帯数予測

d) 事業採算性評価

南十勝地域における「新たな道路交通施策」整備計画の持続可能性、すなわち事業採算性を評価するために、大樹町内交通と帯広市までの広域交通に区分し、整備計画の実現にかかる人件費・車両の維持費等の運営コストを整理した。

また同様に、アクセシビリティ評価から算出された需要をもとに、整備計画の実現により得られる収入を整理した。

これらの算定結果をもとに検討した、シナリオ別収支算定結果を図-59 に示す。

大樹町内交通、広域交通とも、現状と同程度の補助金等行政負担を継続することで、「新たな道路交

通施策」整備計画による二つのシナリオとも、その持続可能性は確保されると評価できる。

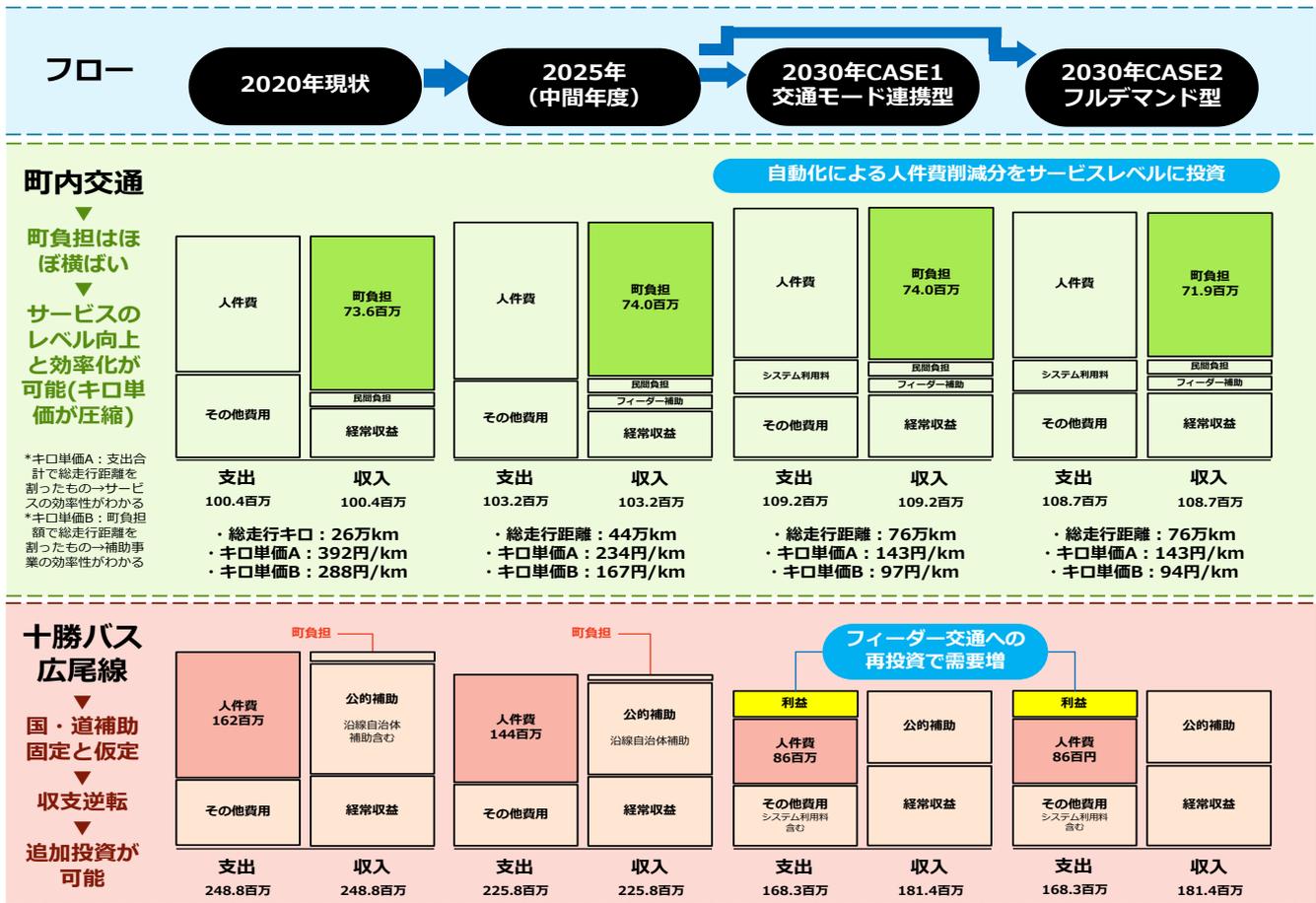


図-59 「新たな道路交通施策」整備計画におけるシナリオ別収支算定結果

### (3) 南十勝地域における「将来ビジョン」の検討

#### a) 「広域自動運転公共交通サービス」の将来ビジョン

北海道開発局では、第8期北海道総合開発計画の一環として、南十勝地域を「モデルエリア」として選定し、自動運転と道の駅の関係性を想定した上で、「新たな道路交通施策」として、図-60に示す「自動運転と道の駅を組み込んだ広域自動運転公共交通サービス」を将来ビジョンとして、その適用可能性について検討を行っているところである。

一方、大樹町では、新道路技術会議の取り組みを踏まえ、図-61に示すとおり、2020年度において「広域自動運転公共交通サービス」の策定を含む地域公共交通網形成計画について検討する予定となっている。このような地元の動きに、北海道開発局・北海道といった行政機関が、高規格道路と道の駅を活用した広域交通体系の確立、MaaS事業の展開等、大樹町の網形成計画策定に向けた取り組みに力強く連動する方向となっている。



図-60 「広域自動運転公共交通サービス」の将来ビジョン

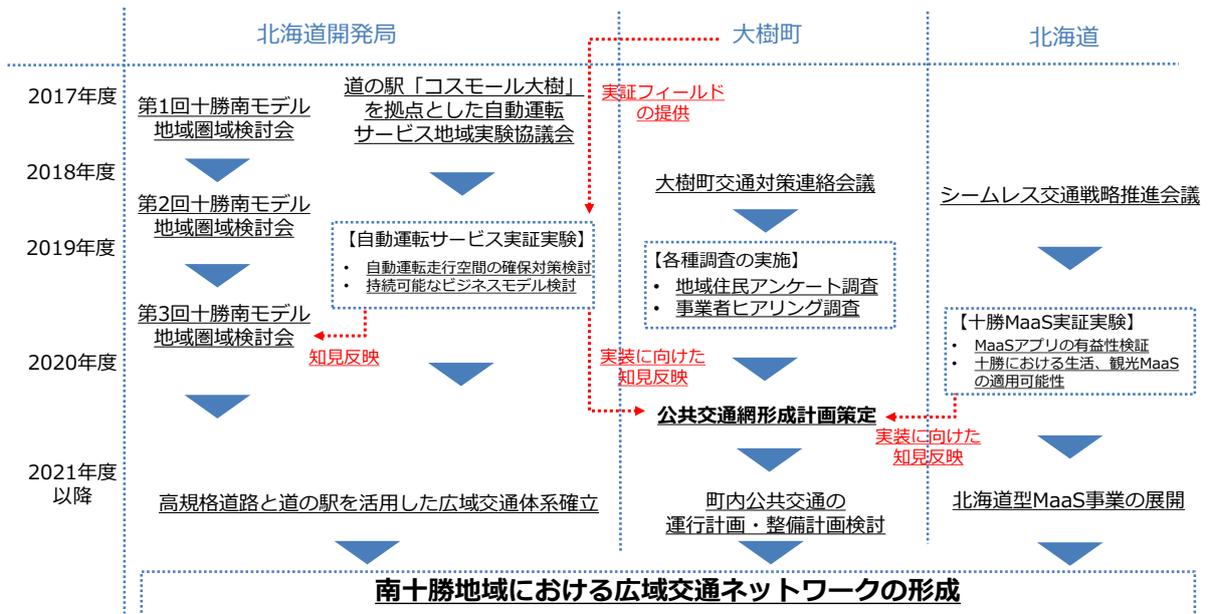


図-61 ロードマップの実現に向けた取組み

b) 「冬期道路」での自動運転車両の安全性確保に関する将来ビジョン

「冬期道路」での自動運転車両の安全性確保に関する将来ビジョンとして、「(仮称)道路交通管制センターによる情報収集・処理・提供」を図-62に示す。

冬期道路における自動運転実走行調査により、冬期道路では、道路構造等の静的データの他に、路面状況のような動的データが必要であることが示された。そのため、時々刻々変化する気象と路面のデータを連続的に取得することが必要である。このとき、道路管理者が入手可能な方法として、道路パトロールカーの活用他、CCTVが挙げられるが、それぞれ時間的・空間的な限界がある。今後、5Gが普及した

状況を踏まえると、一般車両からの情報収集が可能になるものと推察される。

収集したリアルタイム情報に基づき、バス、トラック、一般車両への旅行時間、前方の路面、視界などの情報配信を行う。自動運転車両の制御に必要な道路線形、路面、視界に応じた走行速度、車間設定、走行位置等の情報をリアルタイムで配信・提供する。

気象予測 (ex. 数値予報 GPV: grid point value) に基づき道路状況変化を予測し、道路管理者へ路面、視界、吹きだまり量などの情報提供を行い、除雪作業等の実施タイミング等に反映する。

◆施策(案): (仮称)道路交通管制センターによる情報収集・処理・提供

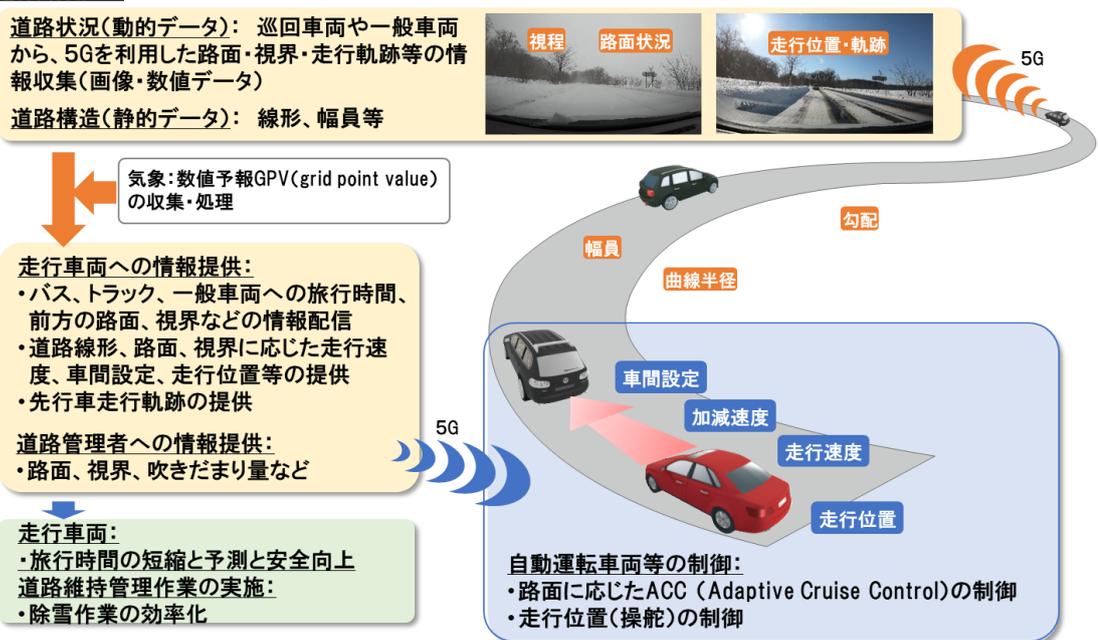


図-62 (仮称)道路交通管制センターによる情報収集・処理・提供のイメージ

### 3.4 全国他地域への適用可能性の検討

#### (1) モデルエリアの抽出

##### a) 適用を検討すべきエリアの抽出

全国他地域への「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」の適用可能性検討にあたっては、「モデルエリア」を抽出し、自動運転と道の駅の関係性を想定した上で検討を行う。

このとき、

- ・「将来人口減少率が全国平均以上」
- ・「高校がある」
- ・「産科がある」
- ・「百貨店がある」

の該当数 0~2 項目の市町村が高規格幹線道路(未整備区間を含む)を介して複数連なっている「適用を検討すべきエリア」として抽出した。すなわち、**図-63**において青くハッチングされた市町村は、赤ハッチングされた市町村に依存している可能性があることを表現し、それらを高規格幹線道路が貫いているようなエリアを抽出したものである。黒枠で抽出されたエリアは、広域道路網・道の駅・自動運転・MaaS 等を組み合わせた交通サービスの適用性が高いエリアであることを示している。

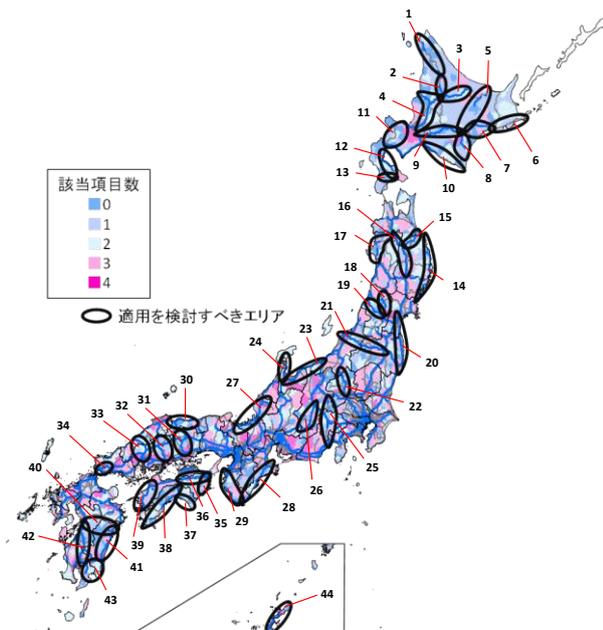


図-63 広域自動運転公共交通サービスの「適用を検討すべきエリア」

##### b) モデルエリアの抽出

こうした検討によって抽出された 44 の「適用を検討すべきエリア」から、複数箇所をサンプリングし、上述した道路交通施策の適用可能性について検討するための「モデルエリア」を抽出する。

「モデルエリア」は、44 ある広域自動運転公共交通サービスの「適用を検討すべきエリア」において、依存度合いが高い市町村を「中心都市」と位置づけ、「中心都市」以外の市町村における将来人口の減少割合が高い 2 エリア (本研究の対象エリアである北海道ブロックと、東日本大震災の影響を強く受ける

東北ブロックを除く) を抽出する。

この結果、伊勢市を中心としたエリア、および、高知市を中心としたエリアが抽出された。

ここでは伊勢市を中心としたエリアでの検討結果について述べる。

#### (2) 伊勢市を中心したエリアでの検討

##### a) エリアの概要

伊勢市を中心としたエリアは、**図-64**に示す 12 市町村で構成される。中心都市である伊勢市を除く市町村では、将来人口の伸び率が 0.3 倍~0.9 倍と、著しい人口の減少が想定されている。

広域に広がる当該エリアでは、高校・百貨店・産科などの各施設が限られた市町村にしかないため、生活の多くを伊勢市(あるいは、津市・松阪市・名古屋市)に依存していることが伺える。

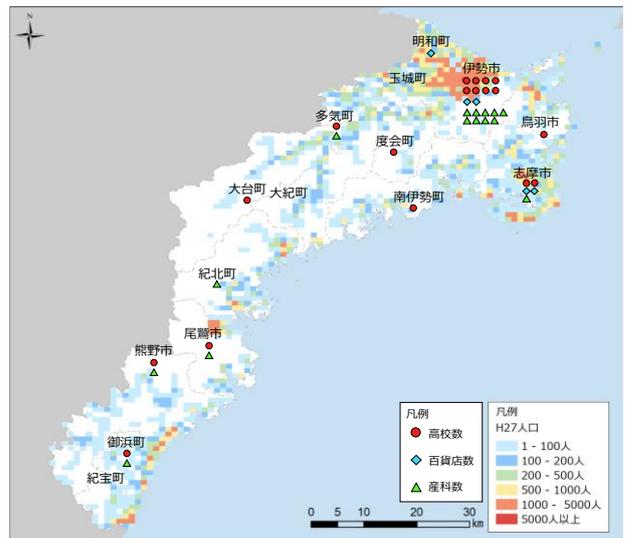


図-64 伊勢市を中心としたエリアの人口分布・施設配置

高規格幹線道路の整備状況は、勢和多気 JCT~新宮北 IC 間において、近畿自動車紀勢線が計画・整備されており(**図-65**)、道の駅の状況は、伊勢市を中心としたエリアにおいては、12 か所の道の駅が配置されている(**図-66**)。



図-65 高規格幹線道路の整備状況



図-66 道の駅配置状況

### b) 適用可能性の検討

道の駅と高規格幹線道路を活用した、自動運転広域公共交通サービスの検討結果は、図-67 に示すとおりである。道の駅やICを中心とした比較的小さい地域に区分し、それらの地域内では、ラストワンマイル交通としての路線バス・デマンドバス・シェアモビリティなどが道の駅やICで結節、さらに高規格幹線道路はそれらと連動した自動走行バスが、中心都市である伊勢市や津市・名古屋市とネットワークしている。

このような整備計画を考えることで、伊勢市（あるいは、津市・松阪市・名古屋市）に依存する各市町村の交通サービスは大きく改善し、地域住民のQOL向上、ひいては人口定着といった効果が期待される。

具体的検討に向けた課題では、当該エリアを含む三重県においては、「少子高齢化をはじめとする将来の社会情勢の変化に対応した生活交通の維持確保、観光誘客のほか、さまざまな経済交流活動の広域化を担うリニア中央新幹線や高速道路の整備の進展などの新たな動向等を見据えた本県の交通に関する総合的な政策の方向性を示し、安全、快適で利便性の高い交通基盤の確立をめざす」といった趣旨の下で、三重県総合交通ビジョン（平成27年3月）が策定されている。

こうした背景の下、前述した伊勢市を中心としたエリアにおいて、「新たな道路交通施策」としての広域公共交通ネットワークを展開する場合、既存の鉄道ネットワークと競合する可能性がある。しかしながら、自動走行システムが安価に普及する場合、「新たな道路交通施策」のその効用は決して小さくないと考えられる。したがって、鉄道ネットワークと、新たな広域公共交通ネットワークが競合するのではなく、双方が協調・連携し、その効用をさらに高めていけるような総合交通体系のあり方を当該エリアにおいて検討していくことが求められる。

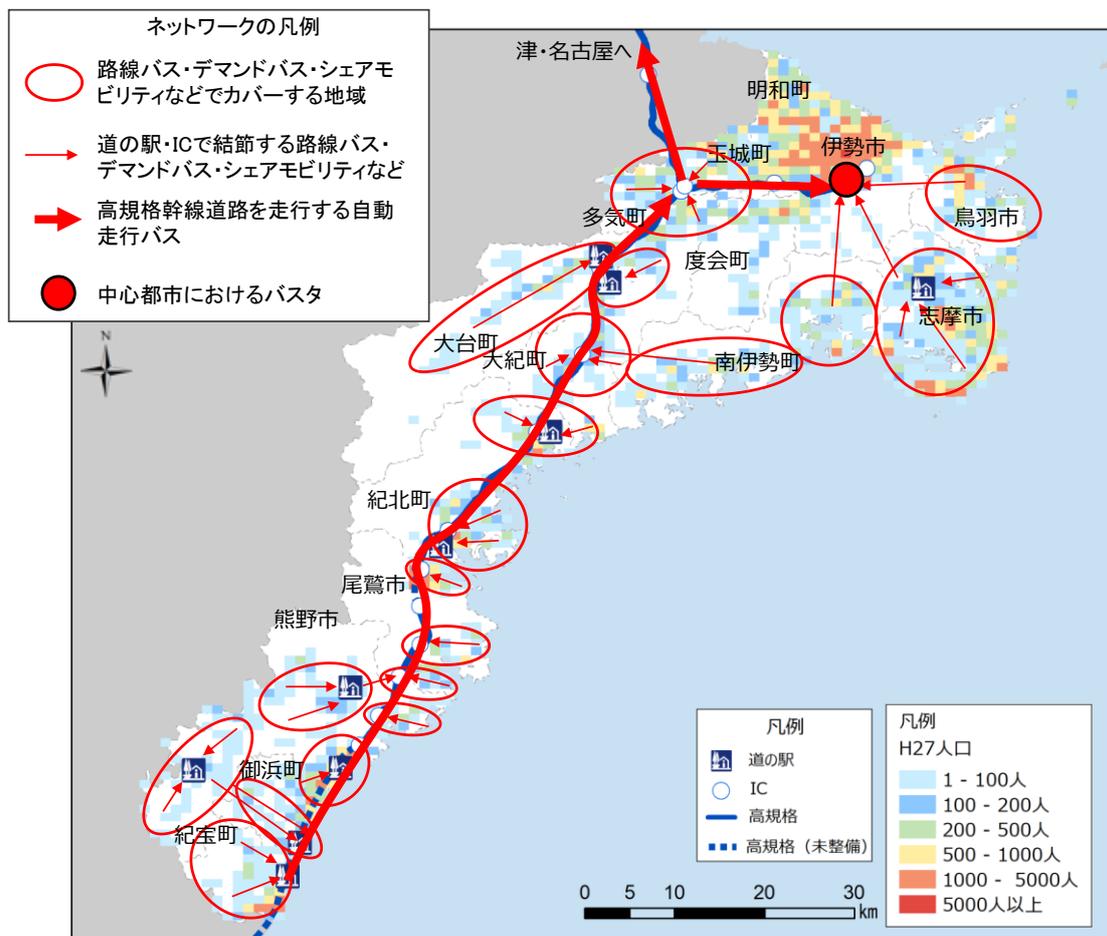


図-67 伊勢市を中心とした「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」イメージ

## 第4章 研究開発総括

本研究開発においては、北海道南十勝地域をフィールドとして、「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」や「道路情報提供施策」「道路維持管理施策」の導入を具体的に想定した様々な検討を行い、各種評価モデルの開発や、「新たな道路交通の将来ビジョン」を提示するに至った。

### 4.1 「新たな道路交通施策」検討のための知見獲得に関する総括

#### (1) 「自動運転と道の駅を組み込んだ広域公共交通サービス」に関する調査・分析

北海道南十勝地域をフィールドとした「道の駅「コスモール大樹」を拠点とした自動運転サービス長期実証実験」において得た各種データを分析し、人口減少に苦しむ地域での今後のモビリティのあり方を考える上で貴重な知見を得ることができた。

#### (2) 「冬期道路」での自動運転車両の安全性確保

北海道において、自動走行システムを考える際、「冬期道路」の特性を考慮する必要があるため、実走行観測による冬期道路環境等の把握や、ドライビングシミュレータを活用した模擬実験を行い、「情報提供のあり方」や「道路維持管理施策」を考える上で貴重な知見を得ることができた。

### 4.2 「新たな道路交通施策」のあり方に関する研究開発に関する総括

#### (1) 評価モデルの開発

「道の駅を活用した広域自動運転公共交通サービス」を導入する際、その社会的効果や便益はどの程度であるかを把握することは、その最適化を行う上で極めて重要であることから、アクセシビリティ、QOL、定住意識など新たなストック効果を測定できる評価モデルを開発した。

#### (2) 南十勝地域における「新たな道路交通施策」のあり方

開発した評価モデルを活用し、南十勝地域における「新たな道路交通施策」の複数のシナリオを評価することで、南十勝地域における「将来ビジョン」のあり方を検討し、提示するに至った。

#### (3) 全国他地域への適用可能性

人口減少に苦しむ2エリアを抽出し、高規格幹線道路と「道の駅を活用した広域自動運転公共交通サービス」の適用可能性について検討を行った。

### 4.3 今後の展望

#### (1) 従来の道路事業と新たなモビリティ

これまでの道路事業は、走行時間短縮便益・走行

経費減少便益・交通事故減少便益の総和を、事業費・維持管理費といった費用で割り返す、いわゆる費用便益分析により事業の投資効率性を評価することでその是非を社会に問いかけてきた。

昨今、自動走行サービスの実装を考えると、こうした従来の考え方では、北海道のような広大かつ人口減少に苦しむ生産空間では、需要が疎である故に、道路投資は困難であるという判断が下されることは明らかである。本研究開発は、そうした問題意識からスタートした。

人口減少が、各種施設の撤退を誘発し、その結果地域住民の移動は広域化せざるを得ず、すなわち生活の質は低下する。それらはさらに人口減少を生む。そうした負のスパイラルから地域が抜け出せないでいる昨今、自動運転やMaaSなどのICTを活用したモビリティ革命を起こすことは、こうした生産空間において最後のチャンスとなり得る。

#### (2) 地域社会と長期社会実験

本研究開発の対象フィールドであり南十勝地域には、広尾町・大樹町・更別村・中札内村が縦に並んでいるが、人口推移と今後の予測を見ると、広尾町の人口減少度合いが最も大きく、次いで、大樹町の減少が大きくなっている。一方、更別村、中札内村の人口減少は広尾町、大樹町と比較すると、それほど大きくない。人口減少の要因は様々考えられるが、交通面では、都市機能が集積している帯広市からの距離が大きく関係しているものと推測できる。

広域の移動において、帯広市から大樹町までの実距離は変えられないが、時間距離は交通システムの改善により短縮可能で、そのためには、高規格幹線道路を活用した公共交通ネットワークの構築が必要である。現状で大樹町から帯広駅まで路線バスで移動する場合、1時間50分の時間がかかる。もし、路線バスが高規格道路を運行すると、約50分の時間短縮に繋がり、日常的に利用できる交通に生まれ変わることもできるはずである。

また、大樹町でも道内の他の町と同様に高齢化は進んでおり、平成31年1月時点で、高齢化率さらに進行していくことは確実で、地域内移動を考える上では、高齢者の交通事故を減少させる方策についての検討が求められる。

さらに、地方部のドライバー不足にも課題が多く、路線バスを運転できる大型二種免許保有者の北海道のデータをみると、60歳以上の占める割合が56%で、既に退職している、もしくは数年後以内に退職する方が多い現実は、大樹町でも大きな問題となっている。これらの問題を解決する方法の一つが自動運転車両による公共交通サービスの運行であり、そうした背景から、2019年5月18日～6月21日まで先進モビリティ(株)の車両を用いて、内閣府の戦略的イ

ノベーション創造プログラム(SIP)の一環として、長期社会実験が実施された。

実験期間中に実施した利用者アンケート結果をみると、「免許返納時期も迫っているのに、それまでに実際に利用できるようになってほしい」、「普段は自家用車を使っているが、安全が確保され一日でも早く事業化されることを期待している」など、自動運転公共交通サービスに対する期待を把握することができた。さらに、運行管理スタッフなど、地域のみなさまが実験に対して積極的に協力して下さったことは、サービス実装に向けた大きな礎となるものと考えられる。

自動運転公共交通サービスが走る未来に対して課題は数多くあるが、このままでは地域の交通が立ち行かなくなることを地域住民が意識するようになり、未来に向けて公共交通サービスを自ら考えていこうという機運が醸成されたことが、この実証実験における最大の成果であると考えられる。

### (3) 北海道の生産空間での新たなデザイン

北海道の「生産空間」は散居形態をなしており、それらを移動の視点から考えると、一般的な公共交通機関で効率的に輸送することは難しい状況にあると言える。そうした大きな課題の把握と解決策を導くために、今回の大樹町での実証実験では、農業を営む方が多い尾田地区というまさしく「生産空間」において自動運転バスを運行した。その尾田地区の方が公共交通で大樹町の市街地まで移動する場合、

朝7時台に出発し、帰りは14時台もしくは15時台のスクールバスを兼ねた「ふれあいバス」に乗るしかない。こうした状況を目の当たりにすると、交通が問題で尾田地区を離れてしまう方が多くいることも理解できる。

したがって、「生産空間」に住む家族が、「お父さん・お母さんは、送り迎えに縛られない生活が送れる」、「高校生は、夢を叶えるために行きたい高校へ通える」、「おじいちゃん・おばあちゃんは、免許返納をして、クルマが無くてでも自分で好きなところに行ける」ことを現実に近づけ、「生産空間」を守ることが、モビリティサービスを考えるときの大きな目標となる。

このように、「高規格幹線道路や道の駅などの道路インフラ」と「自動運転やMaaSなどのICT」を組み合わせることで、北海道の課題を解決しながらその魅力を最大限に引き出すことが可能となり、ひいては「世界の北海道」を実現できるのではないかと考えられる。

### (4) 北海道の道路政策に対する期待

本研究開発の総括として「道路上で提供されるモビリティサービスを道路政策の軸に据えた未来の道路マネジメント」を提示する。今後、こうした展望を持って、さらなる研究開発・政策展開がなされることを期待する。

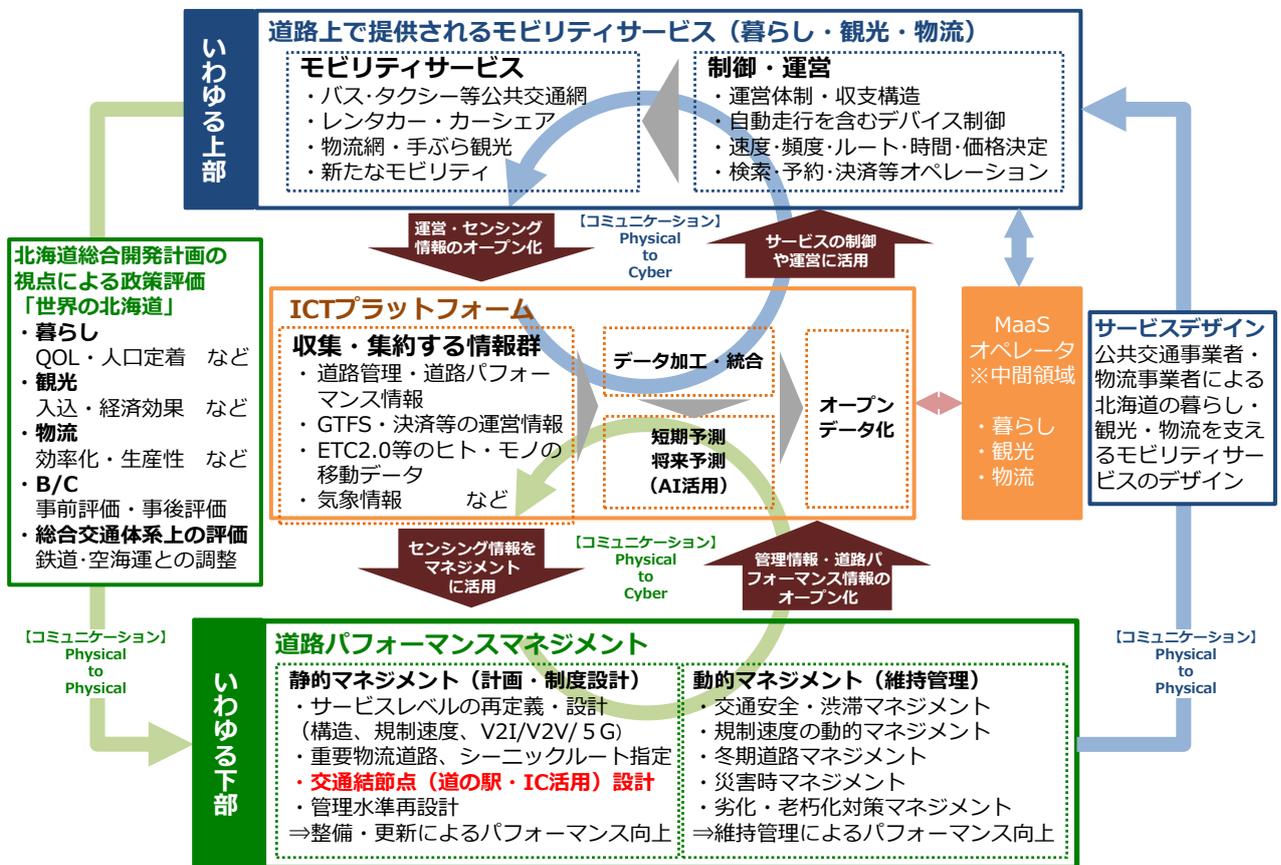


図-68 道路上で提供されるモビリティサービスを道路政策の軸に据えた未来の道路マネジメント

## 参考文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所：『日本の地域別将来推計人口』（平成30年推計），2018.
- 2) 国土交通省：北海道総合開発計画，2016.
- 3) 国土交通省：地域公共交通に関する最近の動向等2016.
- 4) 国土交通省 北海道開発局：北海道の道の駅，2020.
- 5) 小川直仁，鈴木聡士：北海道における「道の駅」の類型分類とその特性分析，日本地域学会年報，Vol. 32, No. 1, page369-380, 2001.
- 6) 梶井善徳，中山義光，萩原亨：道の駅整備計画へのPFI導入可能性に関する研究，土木学会第55回学術講演集，IV-380, 2000.
- 7) 児玉勝，折田仁典，川本一郎：「道の駅」の機能整備に関する研究，土木学会東北支部技術研究発表会，page424-425, 1998.
- 8) 松田泰明，吉田智，柴田哲史：「道の駅」の地域振興効果と運営状況の関係に関する一考察，土木計画学研究発表会・講演集，Vol. 53, page138-144, 2016.
- 9) 後藤一寿，相原貴之：地域振興の拠点となる道の駅に求められている役割—沖縄北部地域道の駅許田を対象に—，農業経営研究，Vol. 48, No. 3, page 43-47, 2010.
- 10) 林隆史，秋山聡，谷口宏ほか：道の駅の機能に関する研究，JICE REPORT, Vol. 19, page43-48, 2011.
- 11) 佐藤仁美，剣持千歩，三輪富生，森川高行：中山間地における互助による交通システムの取組み，土木計画学研究発表会・講演集，Vol. 54, page2341-2408, 2016.
- 12) 古明地哲夫，長田哲平，森尾淳：コンパクトシティの実現による貨物車の配送距離削減と環境負荷削減効果に関する基礎的研究，土木計画学研究発表会・講演集，Vol. 54, page840-843, 2016.
- 13) 鈴木雄，保坂亜沙希，日野智：買い物送迎バスの運行が限界集落にもたらす効果と課題に関する研究，土木学会論文集D3, Vol. 72, No. 5, I\_731-I\_742, 2016.
- 14) 斉藤博之，玉島雅基，田邊慎太郎，相浦宣徳：北海道における路線バス型共同配送システムの可能性～新しい協働流通システムの構築による道産食品の販路拡大事業を通じた考察～，日本物流学会誌，Vol. 24, page17-20, 2016.
- 15) 海老原寛人：山間地域における生活必需品の配送のあり方に関する研究，日本物流学会誌，Vol. 24, page5-8, 2016.
- 16) 越川知紘，菊池雅彦，谷口守：コンパクトシティ政策への需要製の変化と障害意識—自治体の都市計画担当者を対象として—，土木計画学研究発表会・講演集，Vol. 54, page2197-2204, 2016.
- 17) 山根優生，森本瑛士，谷口守：多様な選定方法から見た「小さな拠点」のバリエーション—「コンパクト+ネットワーク」のパラドクス—，土木計画学研究発表会・講演集，Vol. 54, page2180-2187, 2016.
- 18) 中村紘喜，鈴木聡士：顧客満足度分析による現状居住環境評価と将来定住意向評価の要因比較，土木計画学研究・講演集 Vol. 52pp. 68-72, 2015.
- 19) 谷本圭志，森健治：地方部における定住意向と社会生活環境の関係に関する考察—住民のライフステージに着目して—，環境システム研究論文集 Vol. 35pp. 19-27, 2007.
- 20) 藤井聡：時間的空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築，土木計画学研究・論文集，No. 14, 1997.
- 21) 鈴木温，杉木直，宮本和明：空間的マイクロシミュレーションを用いた都市内人口分布の将来予測，都市計画論文集，Vol. 51, No. 3, pp. 839-846, 2016.
- 22) 長尾将吾，杉木直，鈴木温，松尾幸二郎：オープンデータをを用いたメッシュベースのマイクロシミュレーション型都市モデルの構築，第60回土木計画学研究発表会・講演集，2019.
- 23) 大山雄己：時空間制約と経路相関を考慮した歩行者の活動配分問題，都市計画論文集，Vol. 51, No. 3, 2016.
- 24) Jesper Larsen, R. M. Jorgensen, K. B. Bergvinsdottir. : Solving the Dial-a-Ride problem using genetic algorithms, Journal of the Operational Research Society. OCT., Vol. 58, pp. 1321-1331, 2007.
- 25) 松本修一，國府方久史，清水洋一郎，川島弘尚：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，Vol. 26, No. 1, pp. 59-65, 2009.
- 26) 吉野大介，羽藤英二：ZDDを用いたデマンド交通の運行経路の列挙，第52回土木計画学会・講演集，pp. 1297-1301, 2015.
- 27) 北海道住民基本台帳人口・世帯数 (<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/tuk/900brr/index2.htm>) 2019年11月5日閲覧
- 28) 岩田駿人，渡邊真也，Dial a ride problemに対する分枝価格法の適応，室蘭工業大学卒業論文，2017
- 29) Nastaran Rahman, Borid Detienne, Ruslan Sadykov, and Francois Vanerbeck. A column generation based heuristic for the dial a ride problem. Information Systems, Logistics and Supply Chain, 2016
- 30) 国土交通省：北海道総合開発計画，2016.

- 31) 吉田朗：近隣環境における「生活の質」の計測，東北芸術工科大学紀要，No. 6，1999.
- 32) 柿崎かぶと，高橋清：積雪寒冷地における低密度地域集落の QOL 計測のための意識構造分析，土木学会第 72 回年次学術講演会，IV-068，2017.
- 33) 石川徹，浅見泰司：都市における居住満足度の評価構造に関する研究－居住属性，価値観，物的環境との関係から－，公益社団法人日本都市計画学会，都市計画論文集，Vol147，No. 3，2012.
- 34) 林良嗣，土井健司，杉山郁夫：生活質の定量化に基づく社会資本整備の評価に関する研究，土木学会論文集，No. 751，2004.
- 35) 加知範康，梶本涼輔，塚原健一，秋山祐樹：生活環境質(QOL)向上を目指した都市施設・居住地集約による「小さな拠点」形成，第 57 回土木計画学研究発表会・講演集，CD-ROM，2016.
- 36) 森山昌幸，藤原章正，杉恵頼寧：高齢社会における過疎集落の交通サービス水準と生活の質の関連性分析，土木計画学研究・論文集，No. 19，pp725-732，2002.
- 37) 内閣府：「国土形成計画の推進に関する世論調査」の概要，2015.
- 38) 国土交通省：「乗合バス事業の収支状況：人件費及び諸経費の原価に占める割合の推移」  
[http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosh\\_a03\\_hh\\_000294.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosh_a03_hh_000294.html).
- 39) 花塚泰史，後藤嵩人，若尾泰道，中澤一真：高度車両制御への適用を目指したタイヤ振動を用いた路面状態判別技術の開発，公益社団法人自動車技術会 2015 年春季大会学術講演会講演予稿集，pp. 341-345，2015.
- 40) Ohiro, T., Takakura, K., Maruyama, T. and Morinaga, H. Efficient Winter Road Management Using a Contact Area Information Sensing (CAID)-Based Road Surface Condition Judgement System, XIV Internatioonal Winter Road Congress, 2014.
- 41) Saito, T., Ohiro, T., Takakura, K., Hanatsuka, Y. and Hagiwara, T. Introduction of an intelligent salting control optimization system for expressways in Hokkaido, XV Internatioonal Winter Road Congress, 2018.