

# 総合交通シミュレーションシステム 技術検証レポート

Technical Report on Integrated Transportation Simulation Systems



# 技術検証レポートについて



- 技術検証レポートは、Project LINKS及びCOMmmONSにおける技術開発成果を広く社会一般に知見として提供するため、プロジェクトの有用性、実現性、課題等を整理したドキュメントです。
- 具体的には以下の役割を果たすものとして作成しています。
  - プロジェクトにおいては、地域交通における課題の設定とそれらを解決するためのデジタル技術活用のベストプラクティスを開発します。
  - 技術検証レポートは、プロジェクトの成果を社会の共通の財産とするため、関連技術の開発や研究、企画検討の際の参考資料(リファレンス)として一連の技術アセットを提供します。技術アセットには、プロジェクトが採用した技術的アプローチ及び実装方法を整理したドキュメントやAPI仕様、データモデル仕様、オープンソースソフトウェア等が含まれます。
  - また、技術検証レポートでは、技術的知見のみならず、開発技術等を用いて行った技術実証の成果についても共有します。技術実証により得られた当該技術の有効性、制約条件、技術的課題、改善余地、今後の開発への示唆等について知見としてまとめています。
- Project LINKS及びCOMmmONSでは、これらの技術アセットの開発・公開を通じ、地域交通の連携・協働の技術的基盤を提供し、「交通空白」解消など地域交通のリ・デザイン全面展開を推進していきます。

## Project LINKSとは



- 「Project LINKS」は、データに基づく政策立案の推進(EBPM)や、新たなビジネス創出(オープン・イノベーション)を実現するための、国土交通省の分野横断的なDX推進プロジェクトです。
- これまで活用されてこなかった様々な行政情報を「データ」として再構築し、これを活用できるようにすることで、データに基づく政策立案の推進(EBPM)や、新たなビジネス創出(オープン・イノベーション)の実現を目指しています。
- 行政手続や調査統計など、行政が保有する様々な「情報」をシステムで利用可能な「データ」として再構築するとともに、作成したデータを政策立案や評価、検証等に利用可能とするため、様々なデータ分析ツールを開発します。

## 地域交通DX推進プロジェクト「COMmmONS」とは



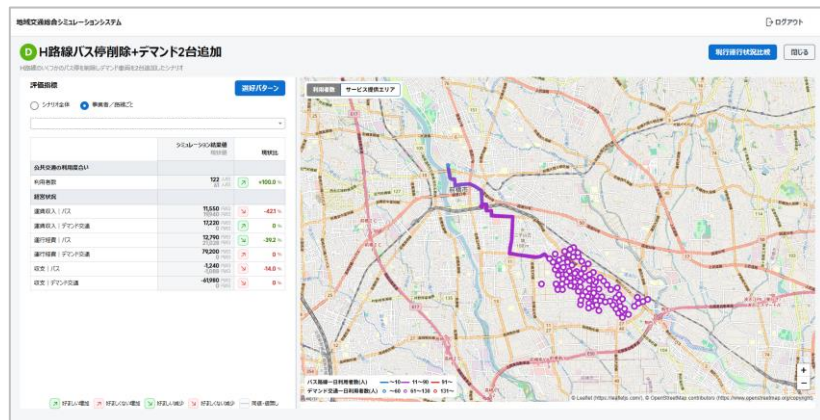
- 「COMmmONS(コモンズ)」は、事業者や地域ごとに業務やシステムなどが独自に構築され、それぞれのサービスやデータが連携していない地域交通の「サイロ化」の課題を解決し、連携・協働を軸とした地域交通のDXを体系的に推進するためのプロジェクトです。
- 具体的には、サービス、データ、マネジメント、ビジネスプロセスの4つの柱で協調領域における相互運用性確保のためのデジタル活用のベストプラクティス創出と、その成果の標準化を一体的に推進することを目的としています。
- コモンズの標準仕様や技術仕様を社会の共通財産として公開・普及させることにより、地域交通の連携・協働の技術的基盤の提供を推進します。

## 背景・目的

- 「交通空白」を解決するためには、定時定路線型交通とデマンド型交通を適切に組み合わせ、持続可能な公共交通網を定義する地域公共交通計画を円滑に策定することが不可欠である。しかし、現状の地域公共交通計画の策定プロセスは、効率面及び精度面の双方において課題を抱えている。
- MaaSサービスの導入が進みデータ取得環境が整いつつある中、**データに基づくEBPMを地域公共交通計画の策定プロセスへの導入を進める必要がある。**
- 定時定路線型に加え、デマンド型やシェアリングサービスも含めた**地域交通全体の最適配置をデータに基づき実現**するため、**地域交通の総合シミュレーション技術を開発する。**
- この技術を活用することにより、**政策によるサービスレベル(時間と料金)の変化等を予測し、データに基づく地域交通の「リ・デザイン」の実現を目指す。**

## 開発したシステムの概要

- 地域公共交通計画策定における課題を解決するため、地域内の移動需要予測、需要毎の移動手段推定等の機能を、**定時定路線型交通とデマンド型交通を統合して提供する総合シミュレーションシステムを開発した。**
- 全国規模の統計データやMaaSアプリから取得可能なデータなど、**一般的に利用可能なデータを活用した移動需要生成技術及び交通分担率推定技術を実装した。**
- 生成した移動需要に対して**AIを用いた行動選択モデルを適用し、地域公共交通計画における各交通モードの交通分担率を算出可能な機能を実装した。**



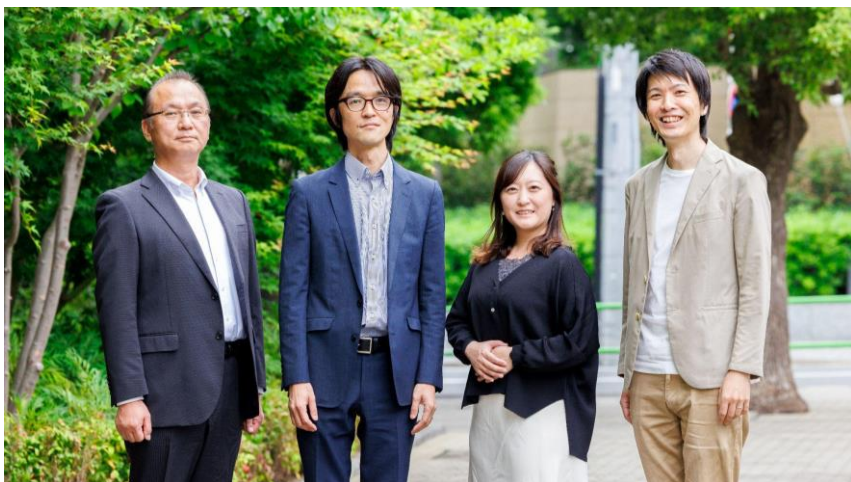
## 実証実験の概要

- 地域交通総合シミュレーション技術の地域公共交通計画策定業務における有用性を検証した。
- 技術的な側面からは、**シミュレーションの精度、MaaSアプリや公共交通機関の乗降実績データによる移動需要予測の補正効果**などを検証した。
- また、自治体職員が利用可能なシステムとしての有用性検証にあたり前橋市でワークショップを実施した。この実証を通じてシステムの操作性や精度を評価し、地域公共交通計画策定のEBPM促進を図った。



## 得られた成果

- 地域公共交通計画策定業務において開発した**総合交通シミュレーションシステムを活用することで、業務費用削減や効率化に貢献**することが示された。
- 一方で、社会実装に向けてはシミュレーション結果の出力粒度を路線・運行エリアや運行時間帯など時空間軸で細分化することや、より広域のシミュレーション結果を出力し精度を向上させること、施策案(シナリオ)データの準備を容易にすること、イベント日・特定期間への対応、交通モードの拡充、UIの操作性向上などが課題であることが見えてきた。
- 社会実装を経て将来は交通がもたらす多角的価値を高精度に予測し可視化することで交通施策の総合的価値の向上に寄与し、**全国の「交通空白」解消など地域交通の「リ・デザイン」をさらに加速し、持続可能な地域交通の実現を目指す。**



(左から)富士通株式会社 青沼健夫、シニアマネージャー 石川勇樹、  
シニアリサーチマネージャー 原田麗子、陶 拓也

### 地域公共交通計画を巡る自治体の課題

地域公共交通計画の策定において、自治体はデータ収集の困難さや施策効果検証の客観性のばらつきといった課題に直面しています。交通施策の見直しや新たな手段を導入する際、十分な根拠に基づく判断が難しい状況が続いています。

### 地域交通の総合シミュレーションシステムの開発と実証

それらの課題解消に向け、本プロジェクトではバスやデマンド交通の変更や新たな交通手段の導入が人々の移動に与える影響をデジタル空間で再現し、地域に最適な交通施策を検証することを目的としたシステムを開発し、技術実証を行いました。

### AIによる行動再現と定量的な効果把握

国勢調査や交通特性調査などの公開統計とMaaSアプリ実績データを活用します。AIによる行動選択モデルを用いたシミュレーションにより、最短経路や乗換回数、待ち時間を考慮した現実に近い移動を再現し、施策効果を定量的に把握できます。

### 現場で使える支援ツールとしての展開

本システムは、人や社会の複雑なふるまいを再現する技術に加え、約10年にわたるオンデマンド交通サービス提供の経験、交通事業者やコンサルティング企業の知見を基に設計しています。「交通は暮らしや幸せのためにあるべきもの」という考えのもと、関係者と連携しながら実用的な仕組みを目指します。

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <b>本編</b>                |           |
| 技術検証レポートについて             | 2         |
| プロジェクトサマリー               | 3         |
| 目次                       | 4         |
| <b>第1章 概要</b>            | <b>5</b>  |
| 解決すべき社会課題と解決アプローチ        | 6         |
| 既存業務フローの課題と目指す業務フロー      | 7         |
| 実現したい価値、想定事業機会           | 8         |
| 本実証実験の全体フロー              | 9         |
| 実施体制・協力事業者一覧             | 10        |
| <b>第2章 開発システム</b>        | <b>11</b> |
| システム概要                   | 12        |
| 業務フロー                    | 13        |
| システムアーキテクチャ              | 14        |
| 技術スタック                   | 28        |
| UI/UX                    | 29        |
| <b>第3章 実証実験</b>          | <b>31</b> |
| 検証仮説                     | 32        |
| 実証実験の全体像                 | 33        |
| KPI                      | 34        |
| 実証エリア                    | 36        |
| 実証実験の様子                  | 37        |
| 実証実験の結果                  | 38        |
| <b>第4章 まとめ</b>           | <b>79</b> |
| 成果と課題                    | 80        |
| 将来展望                     | 82        |
| 参考情報・用語集                 | 83        |
| <b>付録</b>                |           |
| 総合交通シミュレーションシステム システム設計書 |           |



# 第1章 概要

「交通空白」などの課題を抱える市町村全域の移動需要を予測し、デマンド型交通と定時定路線型交通の組み合わせた交通サービス供給によるサービスレベル(時間と料金)をシミュレーションする地域交通の総合シミュレーションシステムを開発・実証した。サービス供給量の変化による利便性や経済性などのKPIを算出し可視化することで、自治体職員が容易に交通施策のシミュレーションを行い、地域公共交通計画策定や改善プラン立案に貢献することを目指す。



## 解決すべき社会課題と解決アプローチ

高コスト・低精度な地域公共交通計画プロセスをデジタル化。低コストで高精度なアウトプットを提供するシミュレータにより意思決定の高度化を目指す

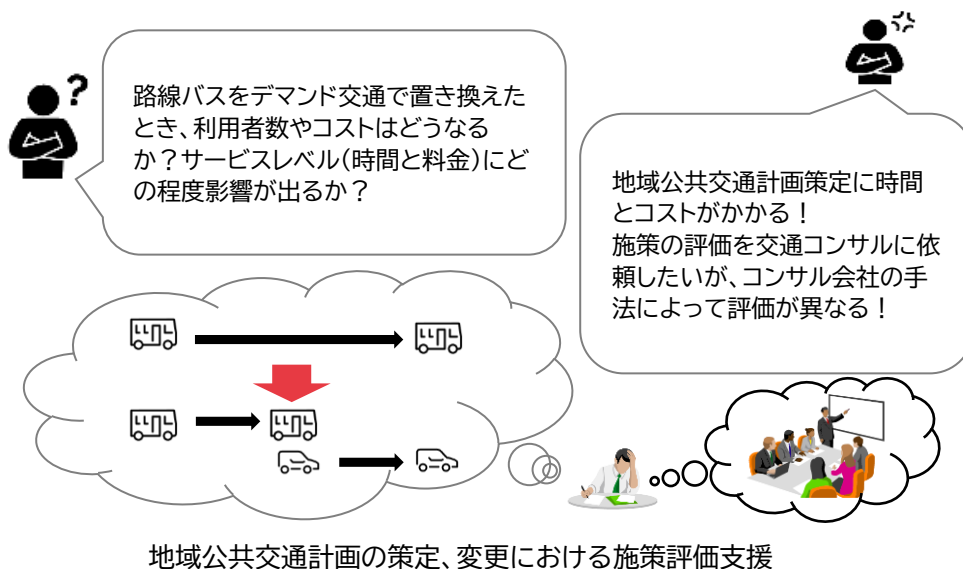
### 解決すべき社会課題

#### 移動需要や交通分担率推定における断片的かつ非効率なデータ活用

- ・現状の移動需要の予測は、一部の統計データ、携帯キャリアから入手するODデータ、交通事業者から入手する利用実績データ等、断片的なデータに基づくものとなっており精度に課題がある。
- ・交通分担率推定においては既存交通網や人口マップ、交通コンサル等が取得する住民アンケートを用いたノウハウによる推定となっており網羅性に課題がある。

#### 知見者のノウハウに頼った改善施策立案

- ・施策立案においては、交通コンサル等が独自の手法やノウハウで施策を抽出し、効果を推計しており、手法の汎用性や結果精度に課題がある。
- ・地域公共交通会議等の合意形成の場においては、様々なステークホルダの利害が一致せず、追加調査や施策の練り直し等が頻発し、合意形成に時間を要している。



### 解決アプローチ

自治体が簡易に作成・収集できるデータを活用した総合交通シミュレーションシステムを開発する。

#### 一般的に利用可能なデータを用いた移動需要生成・交通分担率推定技術の開発

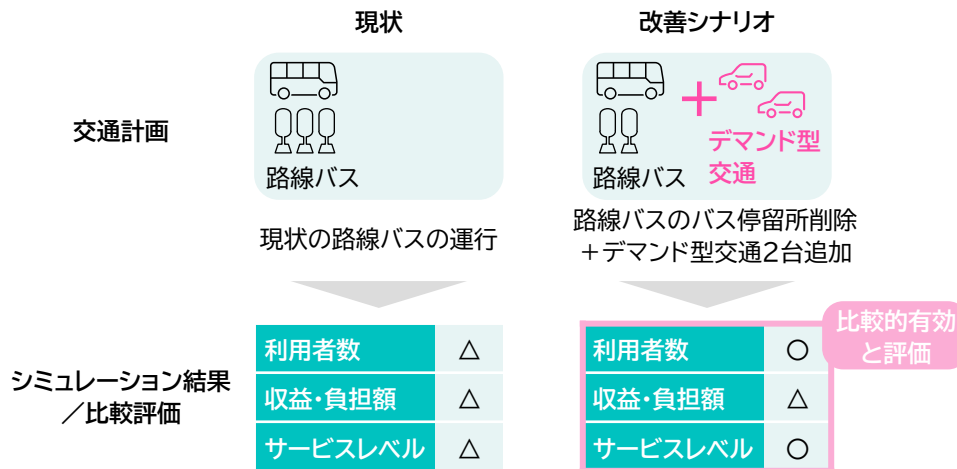
- ・住民属性や移動、目的地に関する全国統計を組み合わせ、一般的に利用可能なデータを用いて都市の移動需要を予測する技術を開発する。
- ・定時定路線型交通とデマンド型交通という性質の異なる交通モードをデジタル空間上で統合的に再現し、乗換を含めた移動経路の生成および移動のサービスレベル(時間と料金)を算出する技術を開発する。デマンド型交通のサービスレベルは、マルチエージェントシミュレーション技術により算出する。
- ・上述の移動経路毎のサービスレベルをロジット関数に基づく行動選択モデルへ入力することで、利用者の交通手段・経路選択を確率的に推定し、交通分担率を算出する技術を開発する。

#### シミュレーションによる改善施策評価指標の自動算出機能開発

- ・地域公共交通会議のステークホルダが施策妥当性を科学的根拠を持って評価するために、各改善シナリオを対象に、利用者数、交通分担率、事業コストの変化等のシミュレーション結果を出力する機能を開発する。

#### 仕組みの汎用化

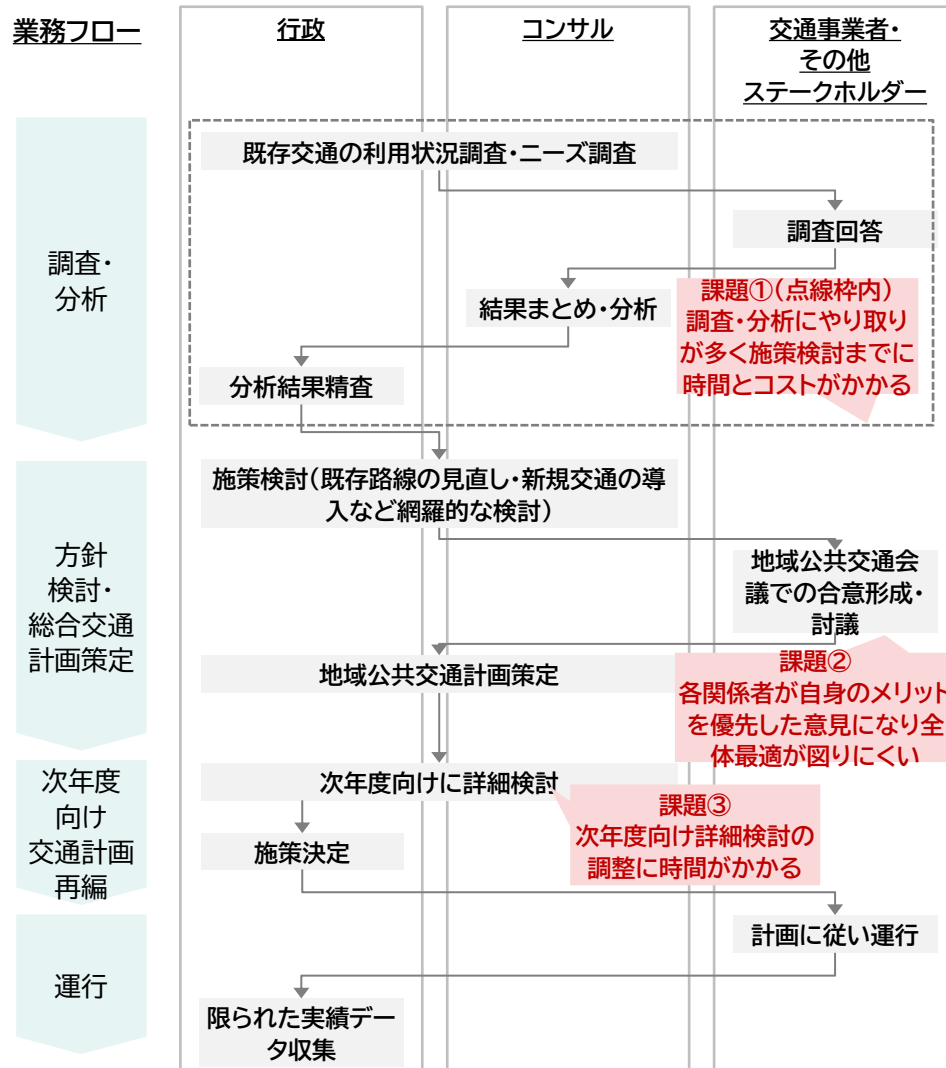
- ・自治体職員が独自で利用できるレベルにユーザビリティを高めたUI/UXを実装する。



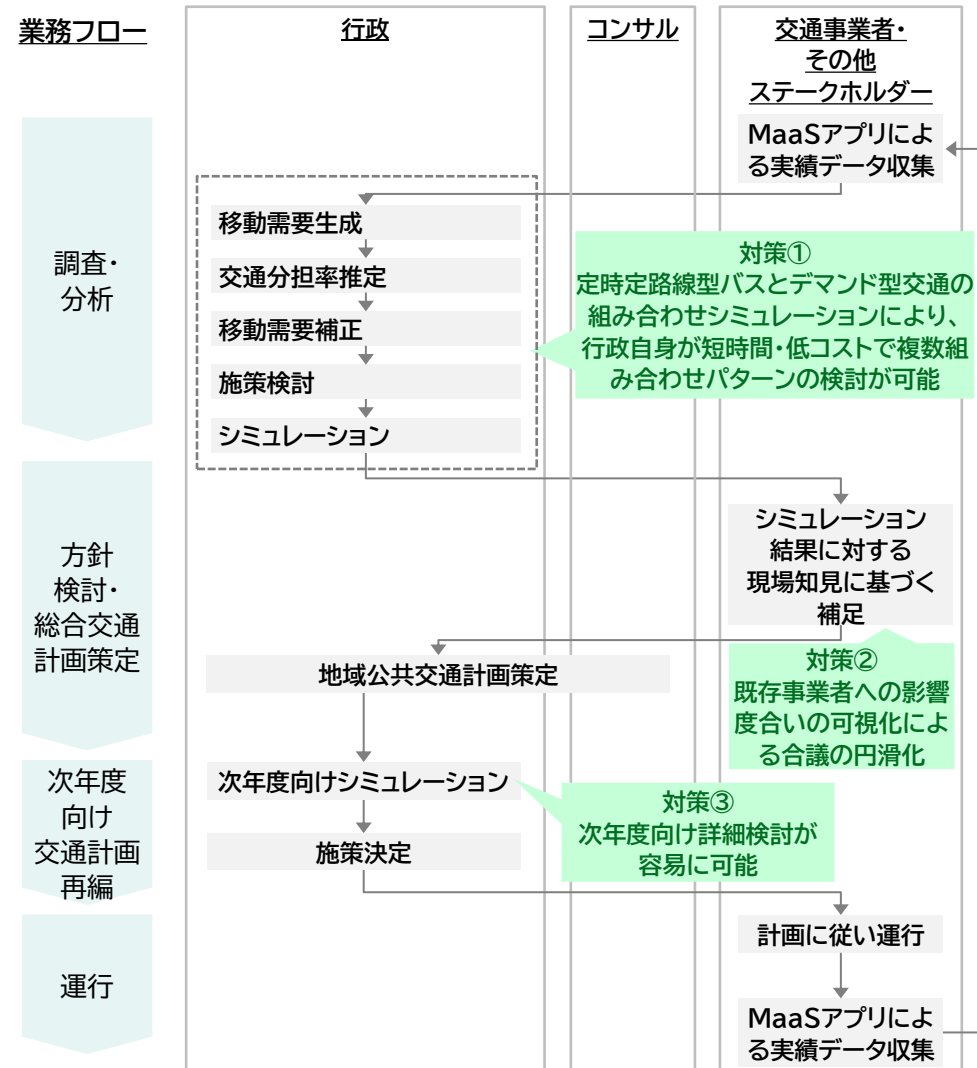
# 既存業務フローの課題と目指す業務フロー

地域公共交通計画のための施策検討や合意形成のためのステークホルダー間のやり取りを極小化することでプロセス全体を効率化、短縮化する

## 既存の業務フロー



## 目指す業務フロー



## 実現したい価値、想定事業機会

全国自治体に対し地域公共交通計画策定を支援し、既存DX施策と連携したデータ活用型EBPMの推進及びオープン・イノベーション創出に寄与する

### 実現したい価値

#### 自治体主体による地域公共交通課題解決の実現

- 自治体職員が自ら扱えるUI/UX設計により、外部専門家に依存せず、自治体独自で地域公共交通の課題解決を進めることが可能となる。
- 経験や属人スキルに頼らず誰もが同じ条件でシミュレーションを行える環境を整えることで、施策検討の質と再現性の向上につながる。

#### 合意形成を支える客観的指標の提供

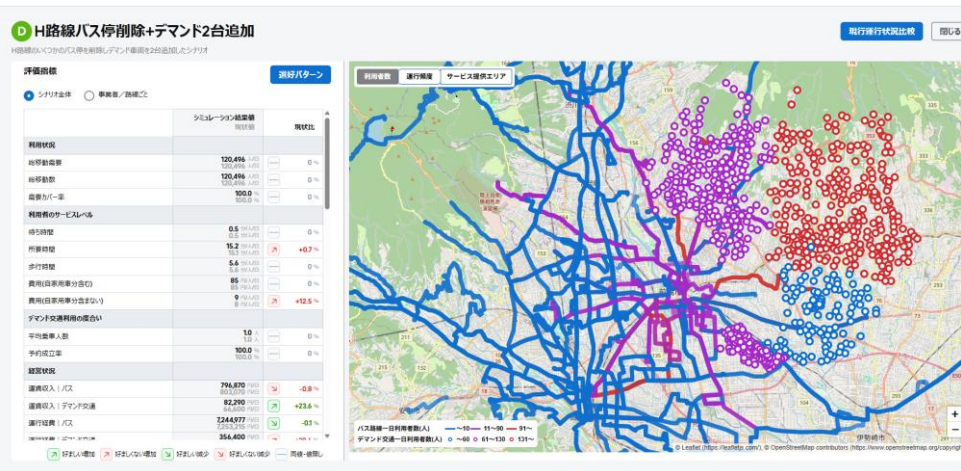
- 定時定路型交通とデマンド型交通を組み合わせたシミュレーションに基づく定量的な指標を、自治体、交通事業者、地域住民など多様なステークホルダーに提示できるようになる。これにより、地域公共交通会議等において施策の妥当性を客観的に説明でき、合意形成の円滑化につながる。

#### 需要・供給変化に応じた柔軟な施策投入

- 人口動態や主要施設の変化に応じ、最適な交通施策をタイムリーに検討・投入できるようになる。これにより、状況変化に即した最適な交通施策の実行が可能となり、地域公共交通の持続可能性向上に貢献する。

地域公共交通シミュレーションシステム

ログアウト



### 想定事業機会

#### 利用者

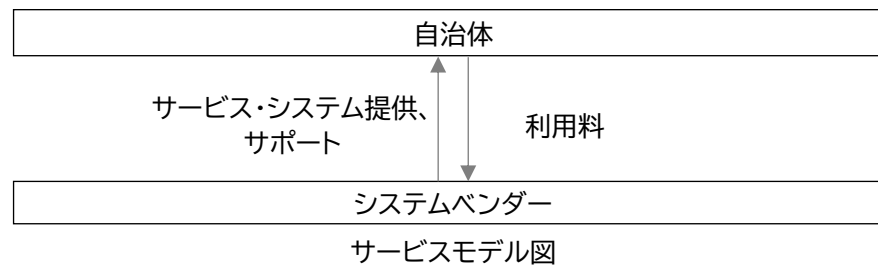
- 自治体

#### 提供価値

- 地域公共計画策定や変更のための検討時間を削減し、ステークホルダーへの説明納得性向上による合意形成時間を削減する。
- 「交通空白」解消のための定時定路線型、デマンド型交通を組み合わせた最適な地域公共交通の提供により住民満足度を向上する。

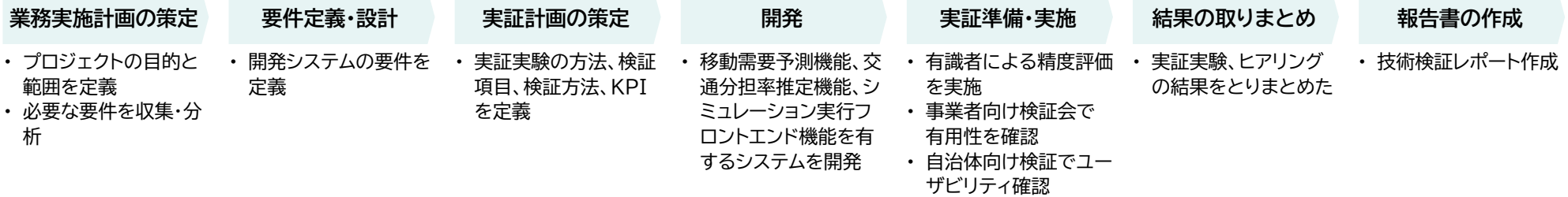
#### サービス展開に向けた仮説

- 実地でのサービス検証によりシミュレーションの精度向上、ユーザビリティ改良を重ね、自治体に必要とされるサービスに向けた改善を進める。
- 様々な自治体の規模に応じ、現状の地域公共交通計画策定コスト内で収まる価格帯で提供することにより、全国展開を進める。
- 交通事業者の路線再編ツールとしても提供可能とすることで多様なマネタイズを図り、事業としての継続性向上を目指す。

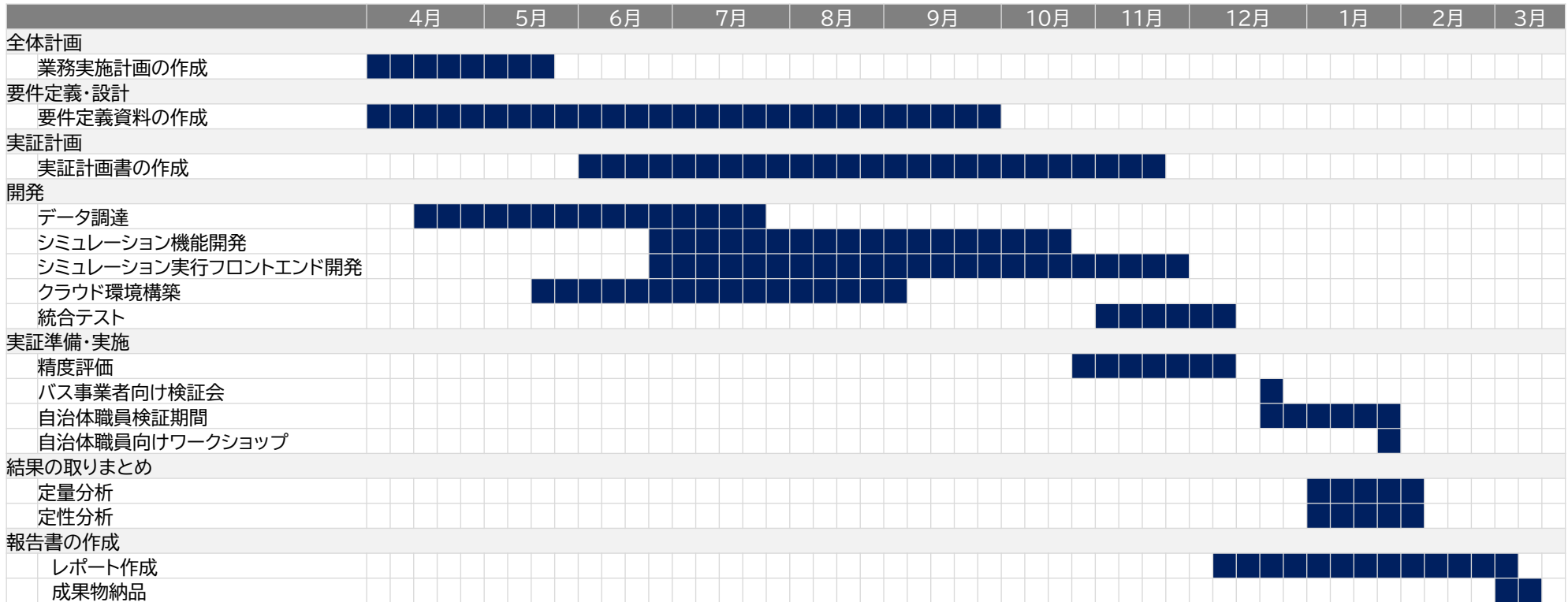


シミュレーション機能を有するシステムを開発し、有識者、バス事業者、自治体職員との実証を実施

本実証実験の業務フロー




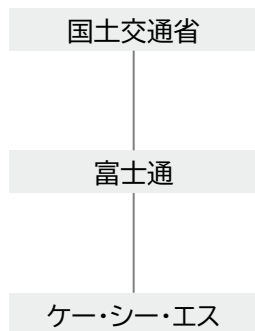
本実証実験のスケジュール



群馬県前橋市を実証エリアとし、実務を担う富士通及びデータ提供・シミュレータ評価を行う関係者と協力し、本プロジェクトの有用性を評価した

実施体制

| 会社名/団体名   | 担当業務  |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト全体ディレクション</li> </ul>                                 |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクトマネジメント</li> <li>システム開発開発</li> <li>実証実験の実施</li> </ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>自治体との協議・調整及びシミュレーションに対するアドバイザー</li> </ul>                  |



実証協力事業者

| 種別    | 地域         | ステークホルダーの名称  | 役割   |
|-------|------------|--|--|
| 自治体   | 群馬県<br>前橋市 | <br>前橋市未来創造部交通政策課 | <ul style="list-style-type: none"> <li>データの提供</li> <li>シミュレータ評価</li> </ul> |
| コンサル  |            | <br>株式会社ケー・シー・エス  |  |
| 交通事業者 |            | <br>東日本鉄道株式会社     | <ul style="list-style-type: none"> <li>乗降実績データの提供</li> </ul>               |
|       |            | <br>日本中央バス株式会社    | <ul style="list-style-type: none"> <li>施策結果評価</li> </ul>                   |
|       |            | <br>永井運輸株式会社      |  |
|       |            | <br>株式会社上信観光バス    |  |
|       |            | <br>株式会社群馬バス      |  |
|       |            | <br>群馬中央バス株式会社   |  |
|       |            | <br>関越交通株式会社    |  |
|       |            | 有識者  | 吉田樹教授<br>(前橋工科大学 特任教授/福島大学 教授)<br>(前橋市地域公共交通活性化協議会会長)                      |



## 第2章 開発システム

地域交通の総合シミュレーションシステムは、地域全体の移動需要を予測し、交通政策の効果をシミュレーションするシステムである。これにより、自治体職員は最適な地域公共交通計画を策定できるようになる。本システムは、供給する交通サービスのサービスレベル(時間と料金)を条件として、移動需要が選択する移動手段をシミュレーションする。移動手段の選択予測では、行動選択モデルとマルチエージェントシミュレーション技術を統合することで、定時定路線型交通とデマンド型交通の双方を考慮した総合的なシミュレーションを実現している。



地域交通の総合シミュレーションシステムは地域公共交通計画において定時定路線型交通とデマンド型交通を組み合わせた施策効果の評価を支援する

システム概要

開発スコープ

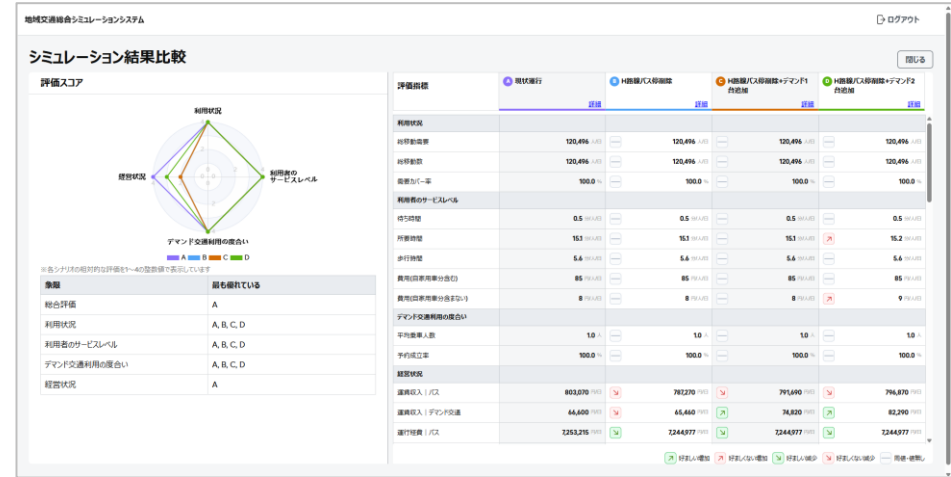
本システムは、定時定路線型交通とデマンド型交通を組み合わせた施策効果の評価するシステムである。自治体職員による地域公共交通計画や改善プランの策定を支援することを目的とし、以下の主要機能を開発スコープとした。

- 人流データが十分に得られない地域でも地域の移動再現を可能とし、また全国統計のみでは捉えきれない地域特性や実運用の影響を反映し、より現実に即した移動需要データの生成を可能とする移動需要予測機能。
- 複数交通手段の乗換を含めた一連の移動行動を連続的にシミュレーションできる構成とすることで、単一の路線やサービス単体ではなく地域全体を一つの交通システムとして捉えた評価を可能とする交通分担率推定機能。
- 自治体の交通計画担当者を主要ユーザーとして設計し、直感的な操作性と利用目的に応じた情報提供を可能とするシミュレーション実行フロントエンド機能。

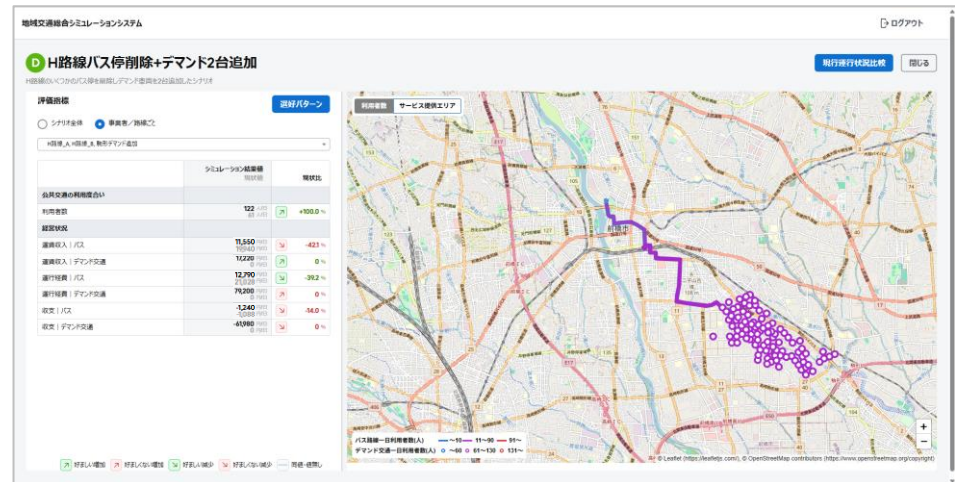
実現方法

- 移動需要予測機能
  - 国勢調査等の年齢別人口や世帯数といった統計データから対象地域の人口データを再現する合成人口生成アルゴリズムを開発した。
  - 全国行動統計や国土数値情報等の公開情報を活用することで地域の移動需要データ(ODデータ)を生成する移動需要の推定アルゴリズムを開発した。
  - デジタルチケットシステムから出力される乗降実績データを用いて、上述の移動需要データを補正し、都市の移動需要の再現精度を向上する移動需要の補正アルゴリズムを開発した。
- 交通分担率推定機能
  - 定時定路線型交通とデマンド型交通という性質の異なる交通モードをデジタル空間上で統合的に再現し、乗換を含めた移動経路の生成および移動のサービスレベル(時間と料金)を算出する複合現実経路検索アルゴリズムを開発した。
  - デマンド型交通については、マルチエージェントシミュレーション技術を活用しサービスレベルを算出した。
  - 移動経路毎のサービスレベルとコストを個人属性とともにロジック関数に基づく行動選択モデルへ入力することで、利用者の交通手段・経路選択を確率的に推定し、交通分担率を算出した。
- シミュレーション実行フロントエンド機能
  - Webコンテンツのアクセシビリティ向上を目的としたガイドラインであるWCAG2.2に準拠し、アクセシビリティに配慮したデザインとした。

システムイメージ



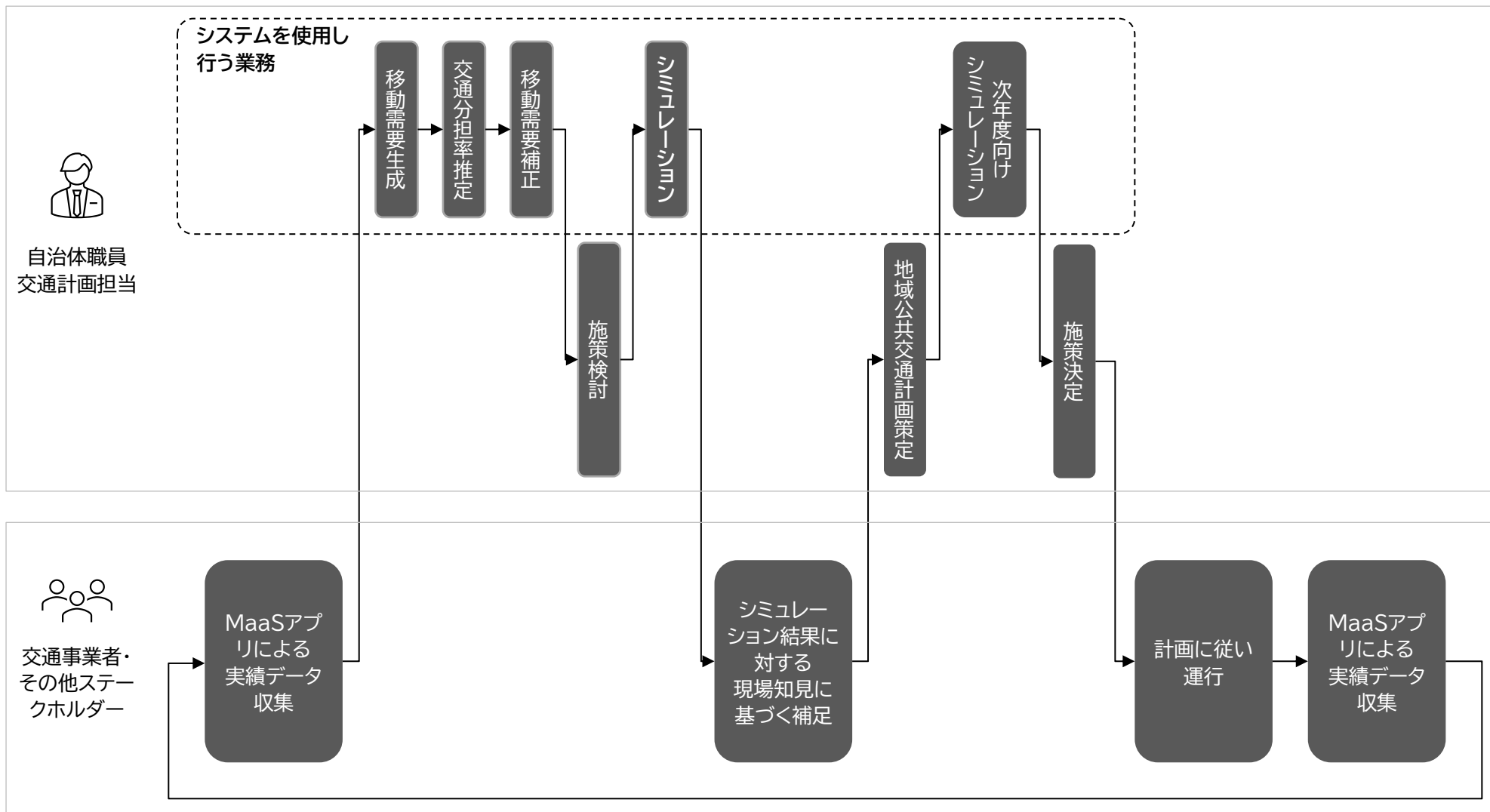
シミュレーション結果比較画面



シミュレーション結果詳細画面

地域公共交通の現状把握、施策検討、関係者との合意形成にシミュレータを活用することにより、短時間・低コストで地域公共交通計画の策定が可能

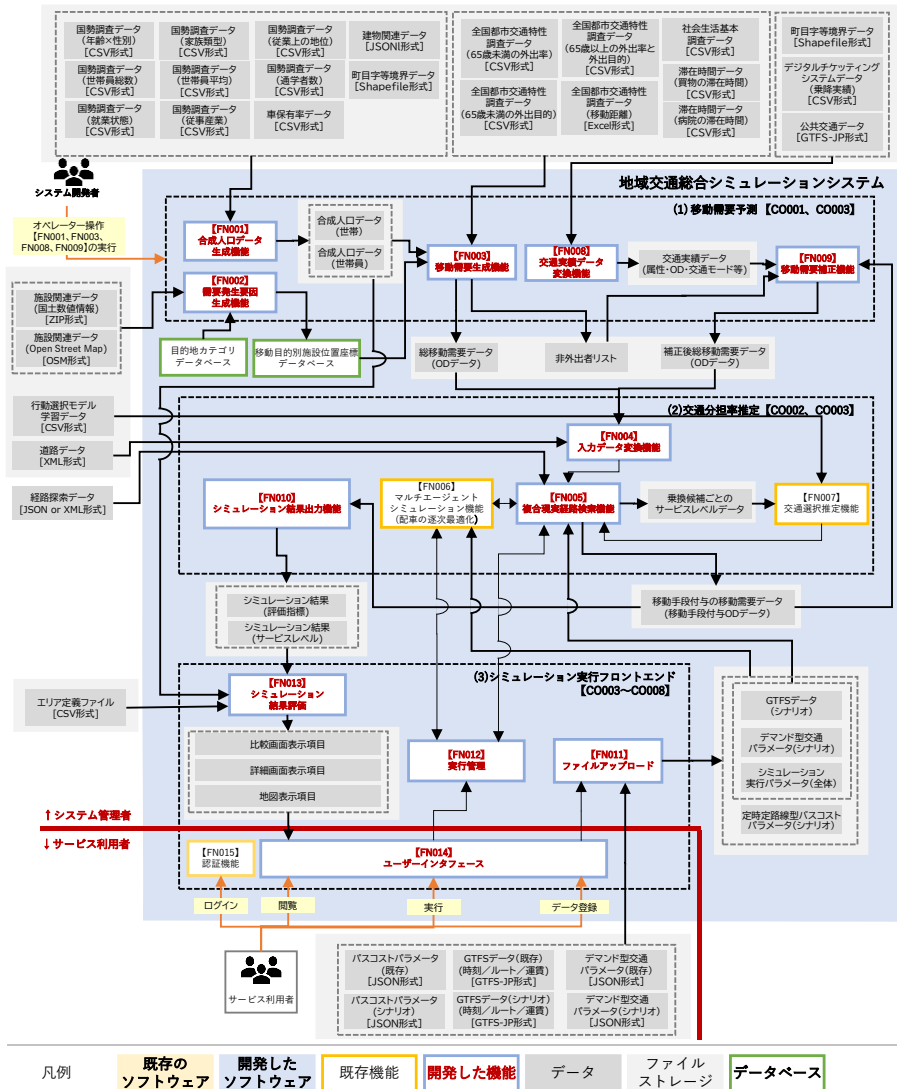
地域公共交通計画策定の業務フロー



AWSコンポーネントを中心に使用し、ユーザ認証機能やシミュレーションに必要な処理容量を備え、拡張性を確保した

※詳細については(付録)総合交通シミュレーション システム設計書を参照  
[https://www.mlit.go.jp/commmons/tech\\_report/013/](https://www.mlit.go.jp/commmons/tech_report/013/)

システムアーキテクチャ図



システム機能一覧

| ID    | 機能名                           | 機能説明  |
|-------|-------------------------------|---|
| FN001 | 合成人口データ生成機能                   | 国勢調査やその他公開されている統計データを入力として、属性情報を含む人口情報を町丁目等の地理的な情報に結合させ、合成人口データを生成する機能  |
| FN002 | 需要発生要因生成機能                    | 移動需要発生要因となる施設に関する情報を空間的なデータとしてカテゴリ別の目的地データを生成する機能   |
| FN003 | 移動需要生成機能                      | 合成人口の居住地を出発地、施設などの目的地データを到着地として、地域内の移動需要を予測する機能   |
| FN004 | 入力データ変換機能                     | 移動需要予測機能から出力された総移動需要データ及びシミュレーションに必要な道路データを入力する機能   |
| FN005 | 複合現実経路検索機能                    | GTFS等の時刻表及び運賃データ、経路検索エンジンを用いて地域交通の供給量を取得し、乗換候補毎の空間的及び時間的なサービスレベル(時間と料金)を出力する機能。デマンド型交通においては乗車要求の順番に車両を割り当てることを前提とする |
| FN006 | マルチエージェントシミュレーション機能(配車の逐次最適化) | デマンド型交通での移動区間情報を入力として配車計画を作成し、デマンド型交通利用区間における空間的及び時間的なサービスレベルを出力する機能  |
| FN007 | 交通選択推定機能                      | 乗換候補毎のサービスレベルを入力とし、公共交通(定時定路線型バス又はデマンド型交通)及び自家用車に移動需要を割り当てる機能   |
| FN008 | 交通実績データ変換機能                   | デジタル・チケットシステムから出力される利用者乗降情報を入力として、空間的及び時間的な移動実績情報として処理する機能  |
| FN009 | 移動需要修正機能                      | 予測移動需要データに対して移動実績情報を用いて修正を行う機能  |
| FN010 | シミュレーション結果出力機能                | ユーザ毎の移動経路を入力として、地域交通に関する評価指標やサービスレベルを算出し出力する機能  |
| FN011 | ファイルアップロード                    | 定時定路線型バス/デマンド型交通のデータセットをアップロードする  |
| FN012 | 実行管理                          | シミュレーションの実行の指示をする   |
| FN013 | シミュレーション結果評価                  | シミュレーションからの出力結果について、データの正規化や標準化等の処理を行い、利用者が他の施策の出力結果と比較評価できる形へ変換を行う   |
| FN014 | ユーザインタフェース                    | シミュレーションを実行するためのデータセットのアップロード、シミュレーションの実行、シミュレーション結果の閲覧を行うための機能   |
| FN015 | 認証機能                          | ログイン操作時のユーザー認証を実施する   |



合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

合成人口生成アルゴリズム

本アルゴリズムの概要

- ・ 国勢調査やその他公開されている統計データを入力として、属性情報を含む人口情報を町丁目等の地理的な情報に結合させ、合成人口データを生成する。
- ・ 本機能で生成された人口データは、後続の移動需要生成及び交通選択推定の入力となる。そのため後続機能に必要な個人及び世帯の属性情報を、各種統計データを基に付与していく。

人個票作成

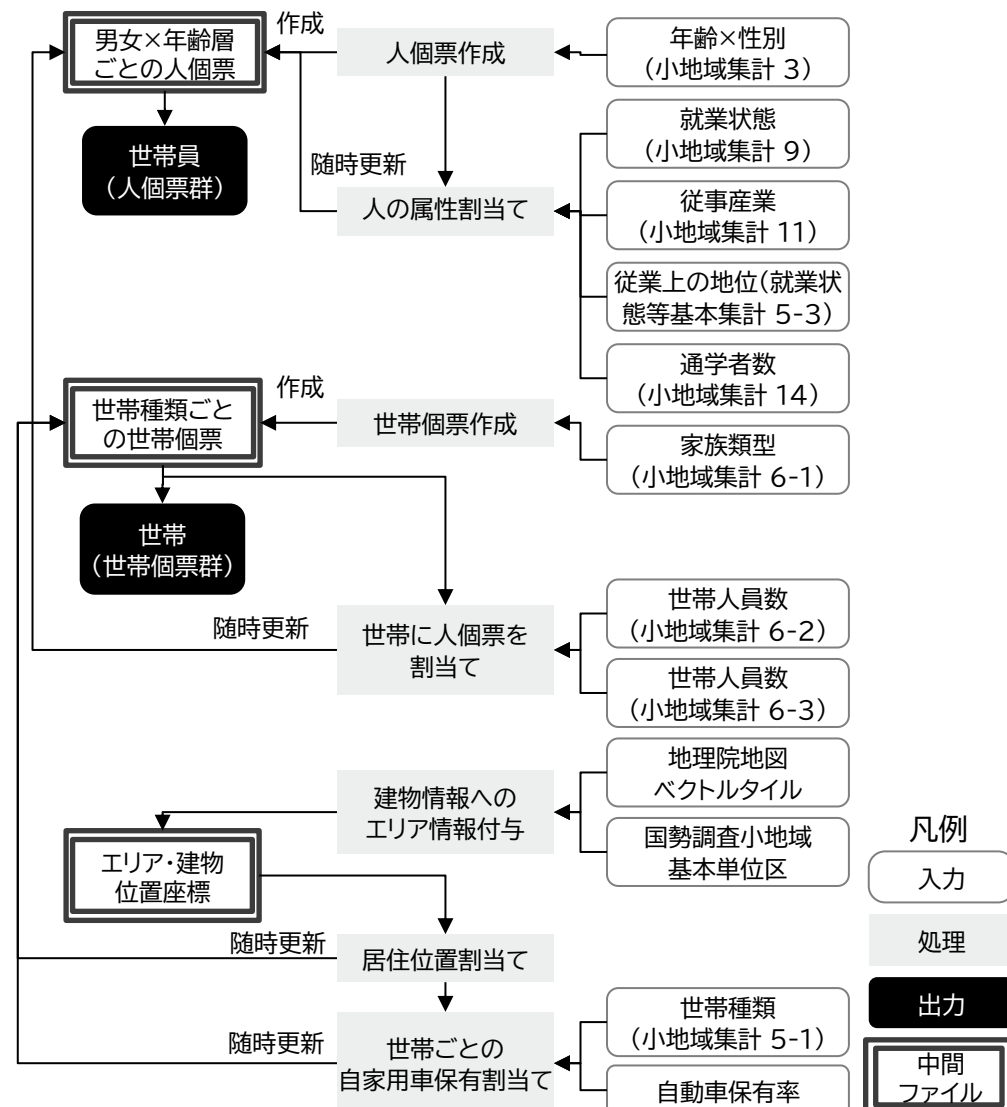
- ・ 年齢別、性別の人口構成を示す年齢×性別(小地域集計 3)データの統計人数に合わせて、該当年齢層×性別の属性を持つ人個票データを人数分作成する。

人の属性割当て

- ・ 男女、労働力別人口を示す就業状態(小地域集計 9)データに合わせて、15歳以上に該当する年齢層の属性を持つ人個票データに就業状態の属性を割り当てる。
- ・ 男女、産業別の就業者数を示す従事産業(小地域集計 11)データに合わせて、該当する性別×年齢層×就業状態(就業中)の属性を持つ人個票データに対して従事産業の属性を割り当てる。
- ・ 男女、従業上の地位、産業(大分離)別就業者数を示す従業上の地位(就業状態等基本集計 5-3)データの統計人数に合わせて、該当する就業状態(就業中)及び従事産業の属性を持つ人個票データに就業状態の詳細分別(フルタイム・パートタイム勤務等)の属性を割り当てる。
- ・ 男女、在学学校・未就学の種類別人口を示す通学者数(小地域集計 14)データの統計人数に合わせて、各学校種類に通学する対象として該当する年齢層の人個票データに在学状態の属性を割り当てる。

世帯個票作成

- ・ 世帯の家族類型、世帯員の年齢による世帯の種類別一般世帯数を示す家族類型(小地域集計 6-1)データの統計人数に合わせて、該当世帯種類の属性を持つ世帯個票データを世帯数分作成するとともに、各世帯個票データに対して高齢者有無(65歳以上単独世帯/65歳以上世帯/その他世帯など)を決定する。



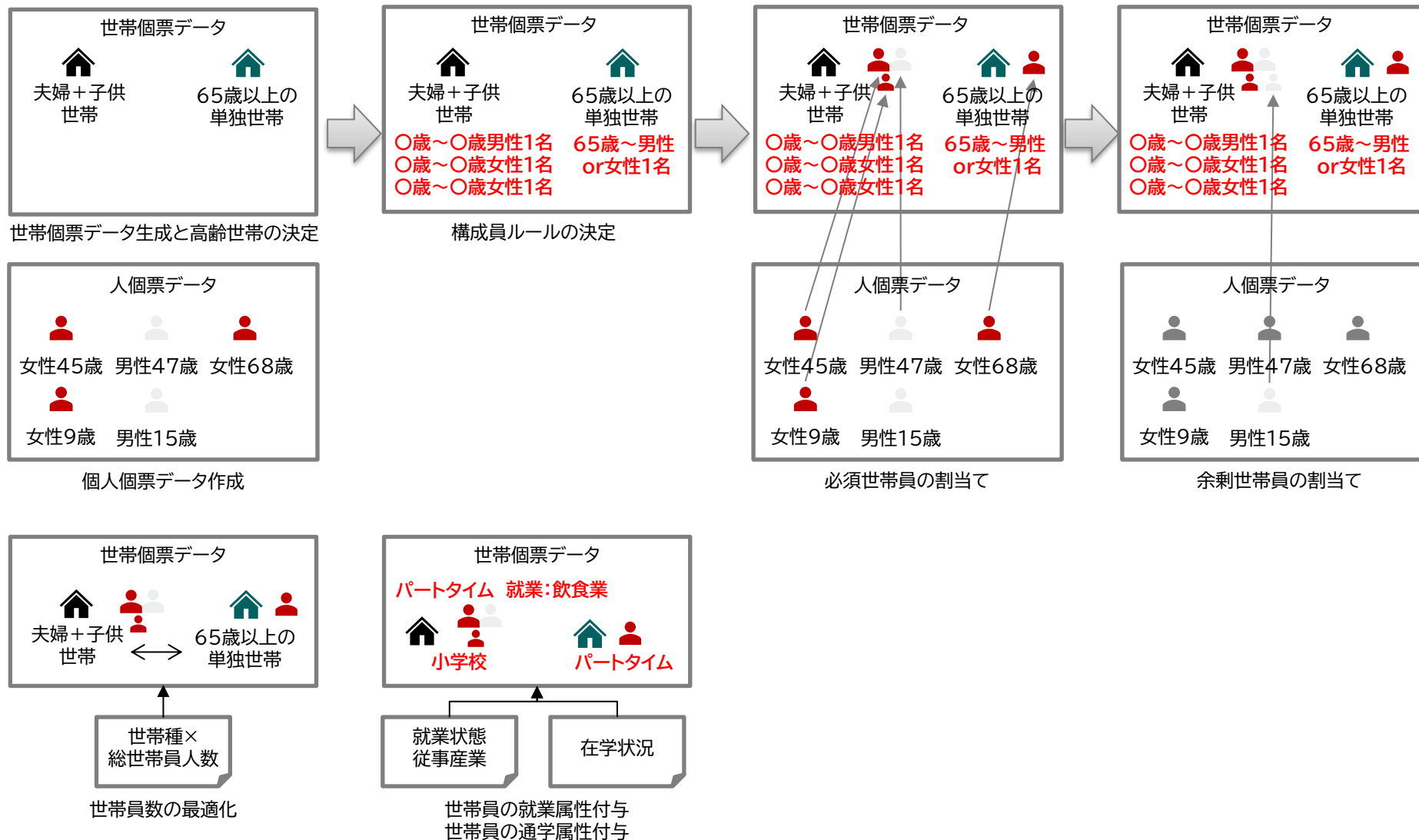
合成人口データ生成の処理フローチャート





合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

合成人口データ生成の処理フローのイメージ図



合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

移動需要の推定アルゴリズム

本アルゴリズムの概要

- 合成人口データ生成機能で作成された世帯員・世帯情報と移動に関する統計データを用いて、各世帯員の移動情報を決定する。

外出有無の決定

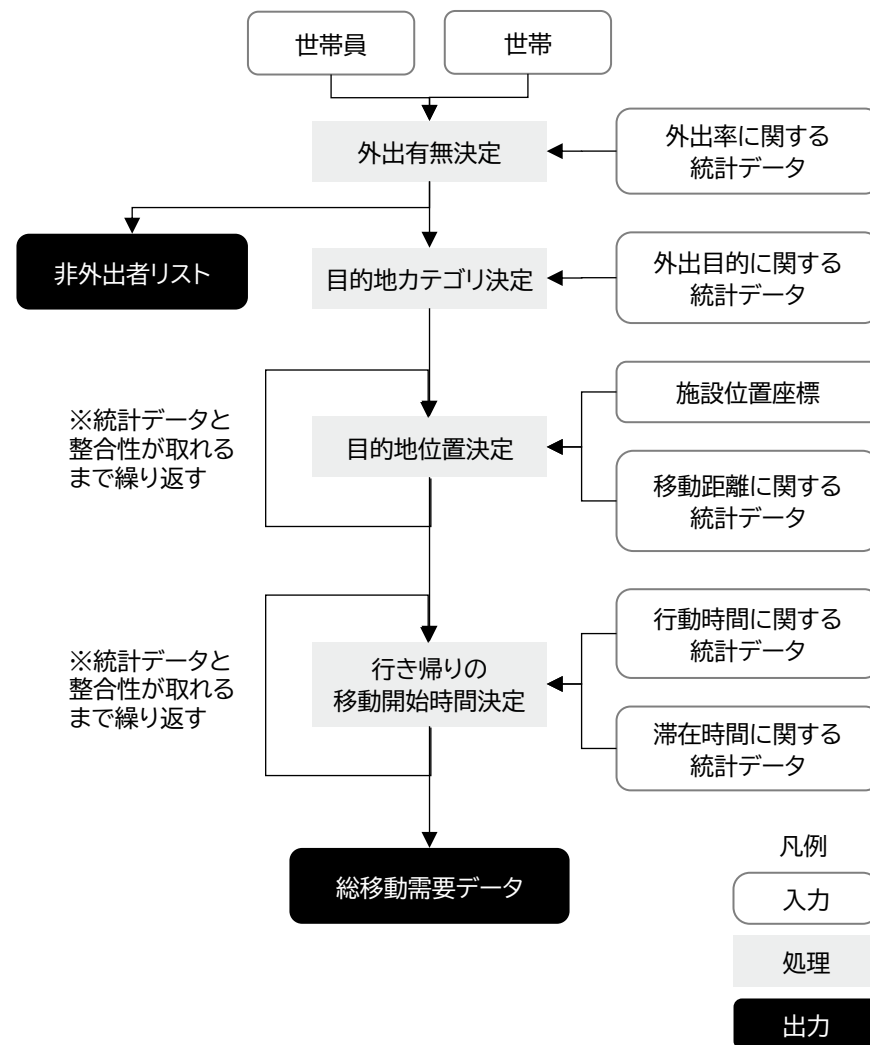
- 全国都市交通特性調査データの外出率に関する統計データを用いて、合成人口の各世帯員の外出有無を決定する。

目的地カテゴリの決定

- 全国都市交通特性調査データの外出目的に関する統計データを用いて、外出する世帯員(以下、外出者)の目的地カテゴリの大カテゴリ(通勤、通学、通院、買物、レジャー、その他)を決定する。
- 外出者の目的地カテゴリの小カテゴリ(通院の場合:かかりつけ医、専門医、大規模病院)を決定する。過去の独自の調査から分かっている目的地カテゴリごとの利用傾向を判定ロジックに利用する。

目的地位置の決定

- 外出者ごとに年齢×目的のどの移動距離レンジに入るかを個人属性別・目的別・代表交通手段別の移動距離に関する統計データの目的別の移動距離分布を基に割り当てる。(例:80代女性、病院:0.1~0.2km=10%、0.2~0.3km=30%…の統計分布に対して、0.2~0.3kmに割り当てる)
- 移動距離レンジ内に移動目的地の候補となる施設の位置座標のデータベースに登録されている目的地カテゴリの施設があるかを検索する。
- 該当施設がある場合は、その施設を仮の目的地として外出者ごとに割り当てる。該当施設が複数存在する場合はランダム選択とする。
- 該当施設がない場合は、移動距離レンジの割当てを再度行い、2.を行う。
- 全ての外出者への目的地の割当てが完了した段階で、割当て結果の移動距離レンジの分布を集計する。
- 割当て結果の移動距離のレンジの分布と個人属性別・目的別・代表交通手段別の移動距離に関する統計データの移動距離のレンジの分布が一致するまで1~5.を繰り返す。
- 移動距離のレンジの分布が一致した段階の外出者ごとの目的地を最終的な目的地とする。



移動需要推定の処理フローチャート





合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

### 移動需要の補正アルゴリズム

#### 本アルゴリズムの概要

- 統計データに基づいて推定された移動需要数を、交通実績データに基づいて補正する。統計ベースの移動需要推定のみでは特定のエリアにおける実際の移動需要と乖離が生じることが予想されるため、交通実績データを用いて移動需要の人数を調整する。
  - 推定データ…統計ベースの移動需要を用いたシミュレーション結果
  - 実績データ…交通事業者保有の乗降実績データ、MaaSアプリのデータ
  - 補正対象の範囲…総移動需要データ(居住地×目的地で分割した外出者グループ)。各公共交通を選択する移動者の割合は居住地や目的地に依存すると考えられるため、居住地や目的地が類似している移動者をグルーピングし、そのグループ単位で移動者数を調整することで、実績データと統計データからの推定値との乖離を減少させる。

#### 総移動需要量の調整

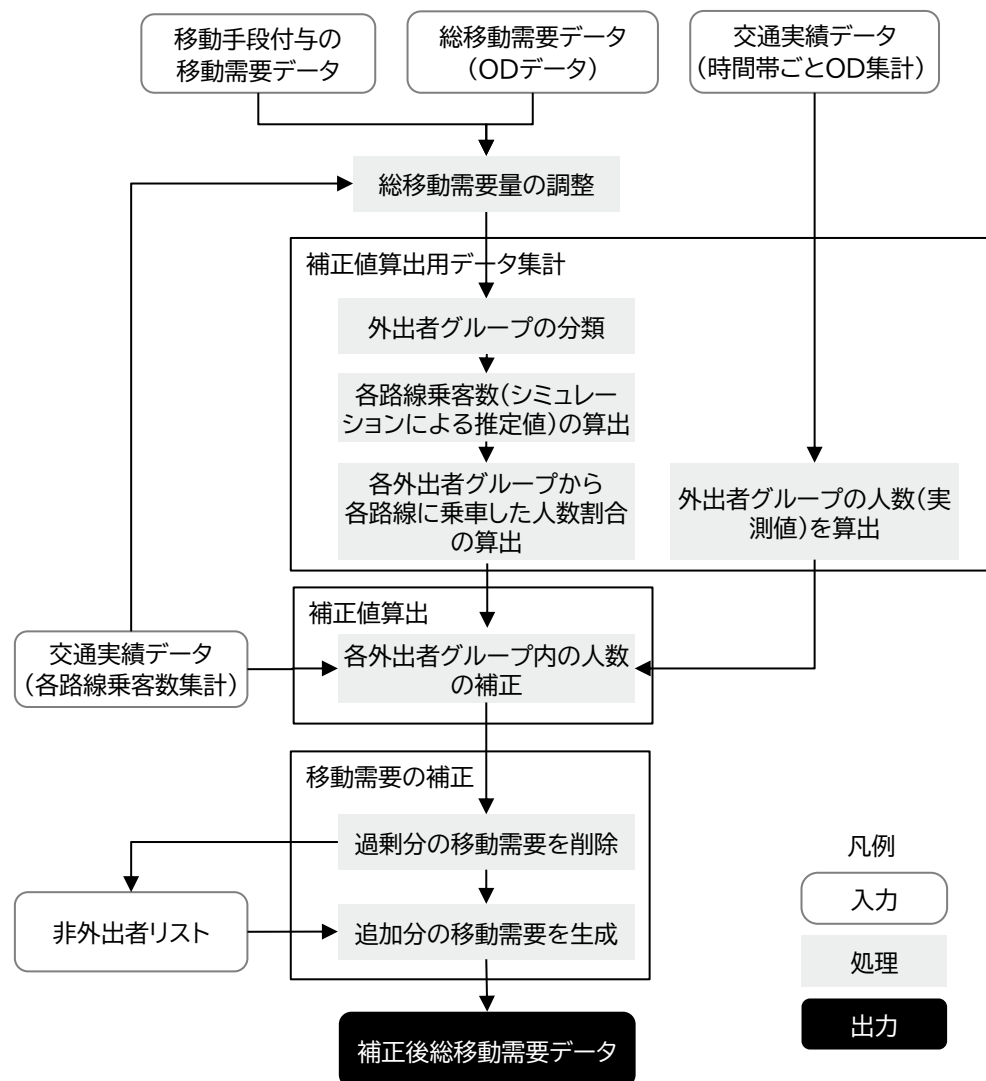
- 総移動需要データ(ODデータ)における外出者を一定の割合でランダムサンプリングする。また、候補となる交通手段のうち、選択した交通手段の情報が付与された移動手段付与の移動需要データ(ODデータ)(以下、移動手段付与の移動需要データ)において対応する移動需要(ODデータ)もサンプリングする。

#### 外出者グループの分類

- 総移動需要データ(ODデータ)における外出者を、居住地、目的地に基づいたグループ(以下、外出者グループ)に分類する。

#### 各路線乗客数(シミュレーションによる推定値)の算出

- 移動手段付与の移動需要データから補正対象となる交通の乗車データを抽出し、各路線又は便を利用した乗客者数を集計する。



移動需要補正の処理フローチャート



合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

### 各外出者グループから各路線に乗車した人数割合の算出

- 外出者グループの分類処理で求めた外出者グループごとに各路線乗客数(シミュレーションによる推定値)の算出処理で求めた各路線を利用した人数の割合を算出する。

### 外出者グループの人数(実績値)の算出

- 外出者グループの分類処理と同様に交通機関利用者の乗降実績データを加工した需要補正の入力データ(時間帯ごとOD集計)を居住地、目的地に基づいた各外出者グループに分類し、各グループの人数(実績値)を算出する。

### 外出者グループ内の人数の補正

- 交通機関利用者の乗降実績データを加工した需要補正の入力データ(各路線乗客数集計)に基づく各路線を利用した乗客者数(実績値)と、各路線乗客数(シミュレーションによる推定値)の算出処理で求めたシミュレーション結果における乗客者数(予測値)の乖離が最小になるように、凸2次計画問題を部分問題として繰り返し解くことで制約付最適化問題のKKT条件を満たす点に収束する点列を生成する反復法である制約付最適化アルゴリズムにより最適化された各外出者グループの人数を算出する。
- 外出者グループの人数(実績値)の算出処理で求めた実績データにおける外出者グループの人数を、外出者グループの最低人数として制約条件に用いる。
- 各外出者グループの補正後の人数は、補正前の人数の一定倍率内になるように抑える。

### 過剰分の移動需要を削除

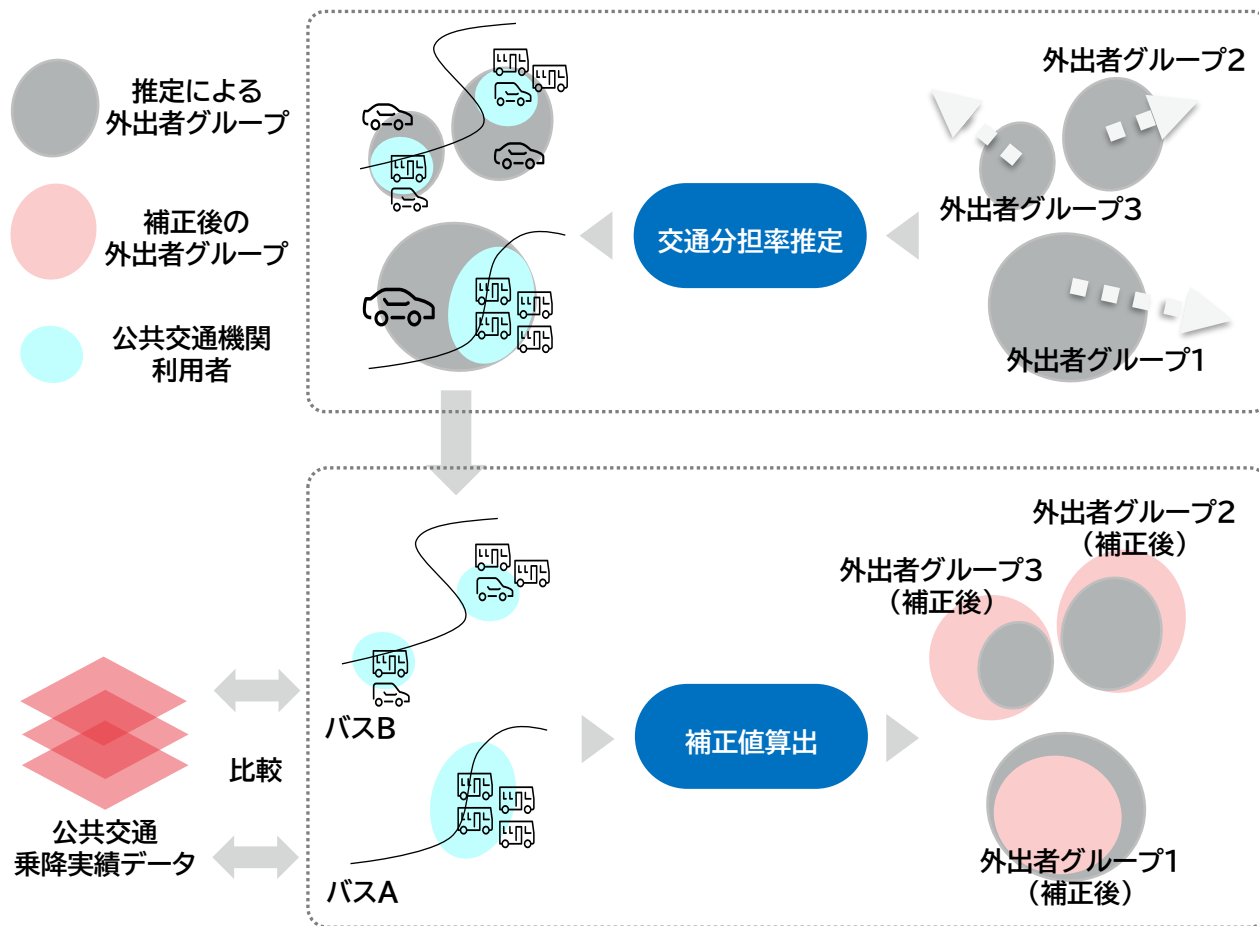
- 外出者グループ内の人数の補正処理で算出した外出者グループの人数が補正前の移動需要よりも少ない場合、削減が必要な人数分のグループ内移動者をランダムに選択し、選択したデータを補正前の移動需要データから非外出者リストに移動する。

### 追加分の移動需要を生成

- 外出者グループ内の人数の補正処理で算出した外出者グループの人数が補正前の移動需要よりも多い場合、非外出者リストから当該外出者グループに分類できる住民を外出者として選び、移動需要に追加する。
- 追加する外出者の目的地や移動開始時間は、当該外出者グループのほかの外出者の傾向から確率的選択処理を行い決定する。

合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

移動需要補正の流れ



統計ベースの移動需要を用いた交通分担率推定

- 統計を用いた移動需要予測データからODが類似するものを組み合わせグループ化し、外出者グループとして定義する。
- 交通分担率推定機能により、各グループの移動需要予測データに交通手段を割り当て、公共交通機関の利用割合を特定する。

実績データを用いた移動需要(外出者の人数)の補正

- 公共交通機関の利用実績データと突き合わせ、公共交通機関の利用割合を維持しながら実績の利用者数との乖離が小さくなるような各グループの人数を網羅的に調整し、補正後の移動需要として算出する。





合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

複合現実経路検索

本アルゴリズムの概要

- 乗換候補ごとのサービスレベル(時間と料金)に基づき、各移動需要に移動手段を付与する。
- 乗換候補は、GTFSの時刻表及び運賃データやデマンド交通のパラメータ、経路検索エンジンを用いて取得した地域交通の供給量に基づいて生成する。

OD抽出

- 総移動需要データ(ODデータ)及び補正後総移動需要データ(ODデータ)における移動需要データを1件ずつ抽出する。
- 以降の処理は移動需要データ全件を処理するまで繰り返す。

トリッププランナー(乗換点の検索)

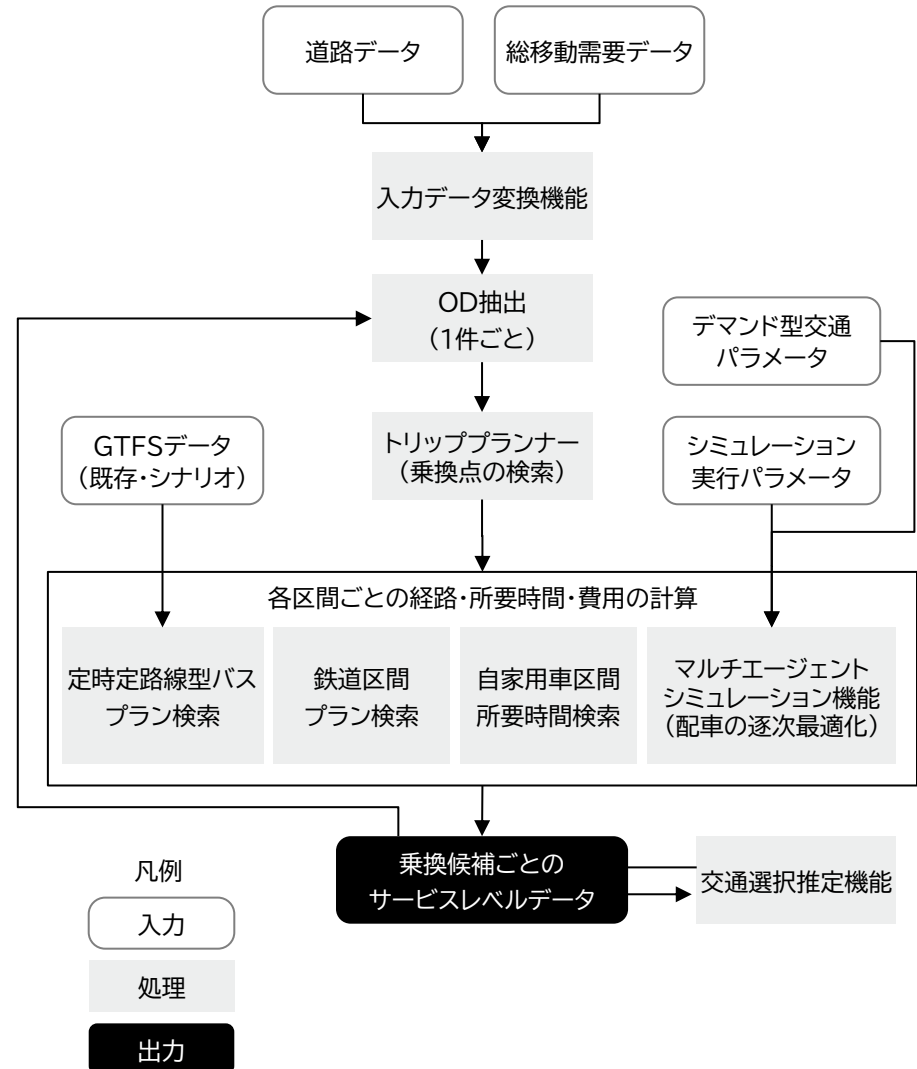
- シナリオに基づいた定時定路線型バスの時刻表・運賃を示すGTFSデータ、シナリオに基づいたデマンド型交通における運行パラメータ、経路・所要時間・費用などの経路探索データを用いて、地域交通の供給量を取得する。
- 取得した地域交通の供給量を用い、移動需要の出発地から目的地まで様々な交通手段の組合せの中から実現し得る乗換方法を探査する。
- 対象となる交通手段は、徒歩・デマンド型交通・定時定路線型バス・鉄道・自家用車とする。
- 探索結果より、移動需要を実現する乗換候補リストを作成する。

各区間の経路・所要時間・費用の検索

- トリッププランナー(乗換点の検索)処理で出力した乗換候補リストのうち、各移動区間の移動手段に応じた算出方法でサービスレベルを算出する。定時定路線型バス・徒歩はOpenTripPlanner(OTP)、自家用車はOpen Source Routing Machine(OSRM)、鉄道は経路探索APIを利用して算出する。
- デマンド型交通のサービスレベル算出はマルチエージェントシミュレーション機能(配車の逐次最適化)を呼び出し、実行する。
- 算出したサービスレベルを集約し、乗換方法全体のサービスレベルを算出する。
- これらの処理を全乗換候補ごとに実施し、全乗換候補のサービスレベルデータを算出する。

交通選択推定機能の呼出し

- 移動需要1件ごとの乗換候補に対して交通選択推定機能呼び出す。

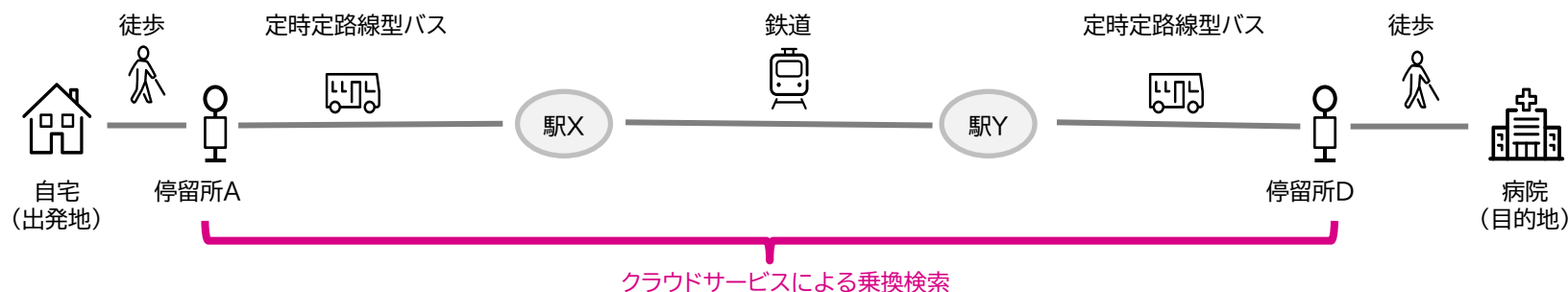


複合現実経路探索の処理フローチャート

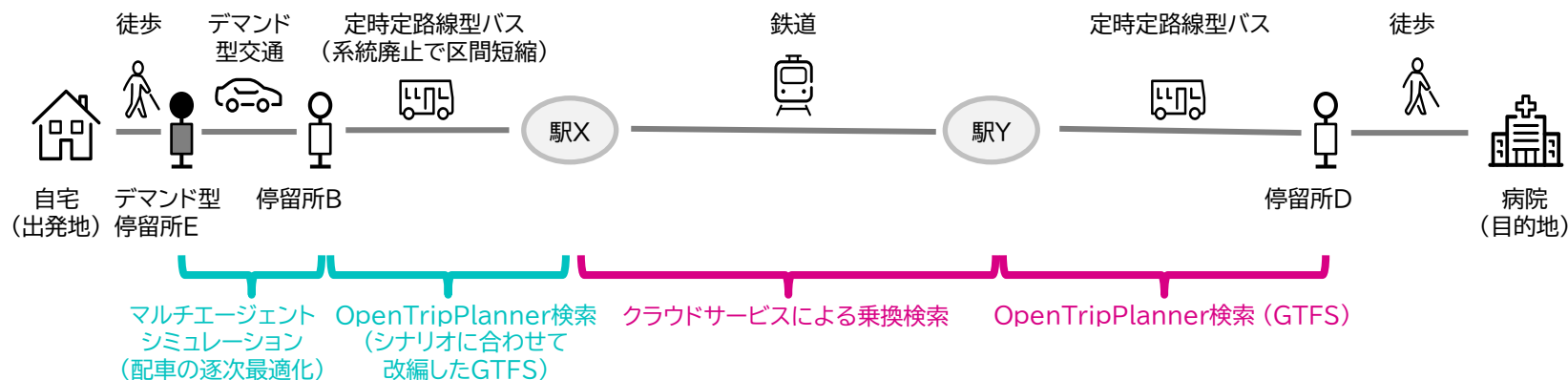
合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

複合現実経路検索: 定時定路線型バスを系統廃止してデマンド型交通を新設するシナリオの例

- 現状(現実世界)



- シミュレーションシナリオ(施策を反映した仮想世界 + 現実世界)

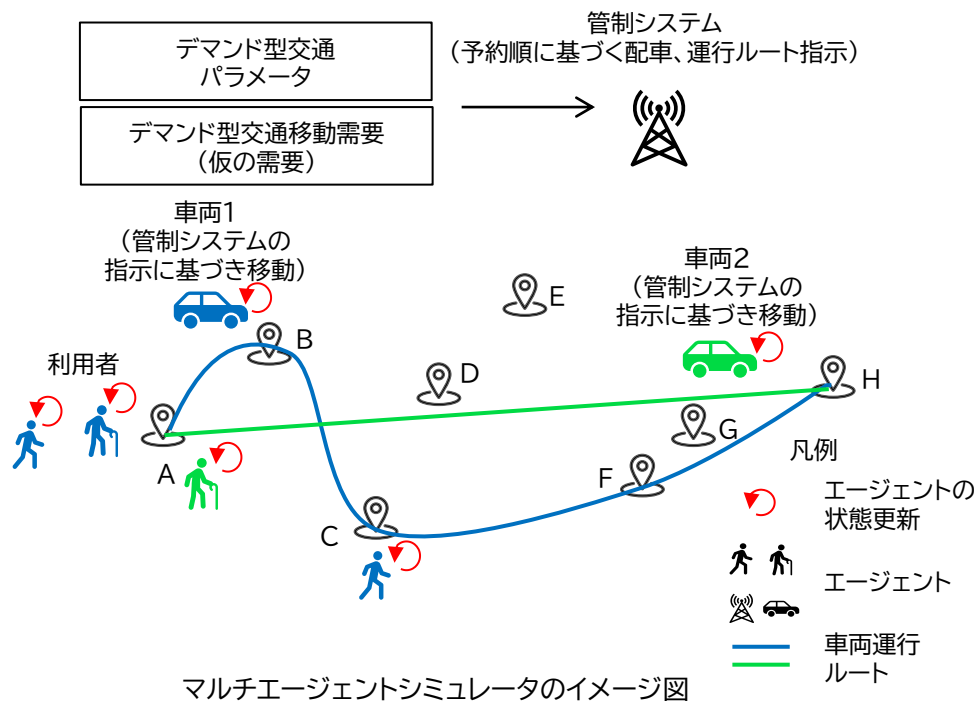


合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

マルチエージェントシミュレーションを用いたデマンド型交通のサービスレベル算定アルゴリズム

本アルゴリズムの概要

- デマンド型交通での移動区間情報を入力として配車計画を作成し、デマンド型交通利用区間における空間的及び時間的なサービスレベル(時間と料金)を出力する。
- 利用者および車両をエージェントとして定義し、予約発生、配車、乗合、走行といったイベントに応じてエージェントの状態を更新し時間軸上で逐次処理することにより、個々の利用者の選択が他の利用者の待ち時間や所要時間に及ぼす影響を考慮したサービスレベルを個人単位・経路単位で算出する。
- 本アルゴリズムでは最終的な交通手段・経路の選択は行わず、算出されたサービスレベルは行動選択モデルへの入力として用いられる。定時定路線型交通など特性の異なる交通モードを統合的に扱うために、最終的な交通手段・経路は後段のロジック関数に基づく行動選択モデルにより決定される。



配車計画への挿入位置探索

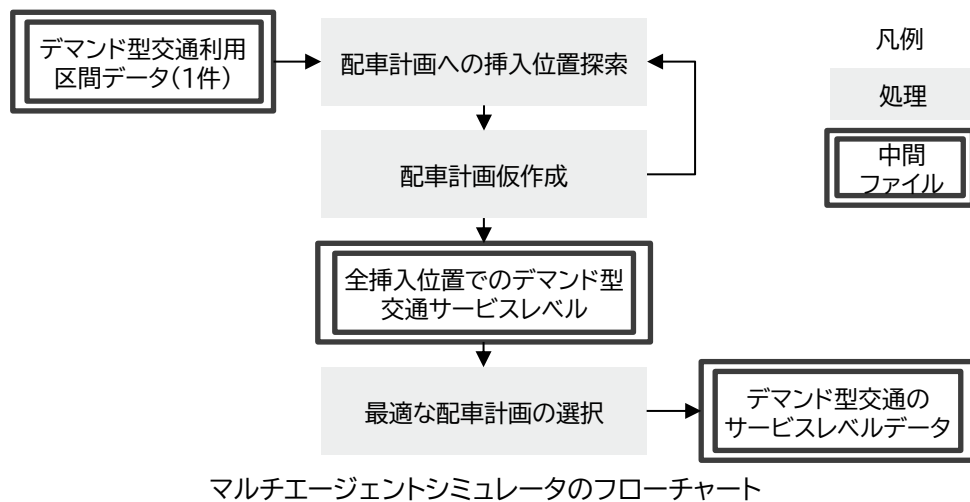
- 複合現実経路検索機能の乗換点検索で抽出された各移動需要(ODデータ)の乗換候補のうち、デマンド型交通の利用区間データ(デマンド型交通利用候補ユーザーごとのデマンド型交通移動区間の出発座標、到着座標、出発時間)を入力として、対象エリアおよび移動希望時間帯を満たす既存の配車計画(車両・経路)に対し、当該移動を挿入可能な位置を探索する。

配車計画仮作成

- 探索された各挿入位置について、既存の配車計画に新たな移動を組み込んだ仮の配車計画をそれぞれ作成する。
- 作成した全ての仮配車計画について、待ち時間、所要時間、料金、同乗人数などの指標を算出し、挿入位置ごとのデマンド型交通サービスレベルを算出する。

最適な配車計画の選択

- 作成された全ての配車計画候補のうち、サービスレベルに基づいた最適な配車計画を選択する。その際、平均同乗者数が最大となるものや、利用者の待ち時間が最小となるものなどを複合的に考慮する。
- 選択された配車計画に基づくデマンド型交通利用のサービスレベルデータ(デマンド型交通の利用区間データに対して到着時間や所要時間、費用をシミュレーション結果に応じて付与したデータ)を複合現実経路検索機能に返却する。



合成人口生成、移動需要の推定、移動需要の補正、複合現実経路検索、マルチエージェントシミュレータ、行動選択モデルというアルゴリズムを開発/利用した

行動選択モデル

本アルゴリズムの概要

- 住民の移動に関する実データを学習し、地域の移動手段選択の特性を再現する。個人があるOD間で移動する際、どの移動経路を選択するかを予測し選択確率を算出する。

モデル学習

- 住民の移動に関する傾向がわかるデータを学習データとして、行動選択モデルの学習を行う。重みパラメータは対象都市の交通利用実績データ(学習データ)にフィットするように学習させる。以下のパラメータを用いる。
  - 選択肢属性: 経路候補の所要時間・費用
  - 個人属性: 移動する個人の年齢・性別・自家用車所有の有無
  - 環境属性: 移動時間帯
 ※移動経路は出発地から目的地までの利用交通手段も含む。

効用計算

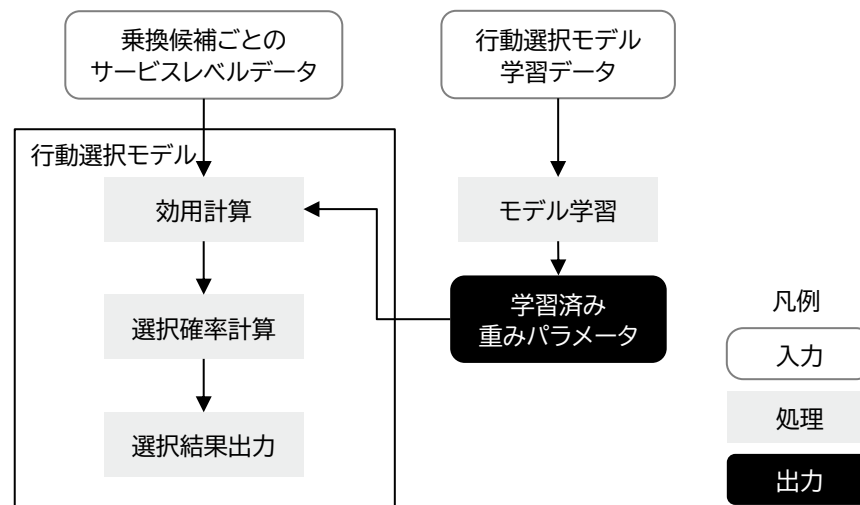
- 個人が移動する際の個人属性及び前段の処理から入力される乗換候補ごとのサービスレベルデータから、候補となる移動経路の所要時間と費用(選択肢属性)、移動者の年齢と性別と自家用車所有の有無(個人属性)及び移動時間帯(環境属性)を効用の変数の値として取得する。各変数とそれら変数の重みパラメータを用いて各移動経路の効用を計算する。
  - 移動経路*i*の効用  $V_i = \beta \cdot x_i$

選択確率計算

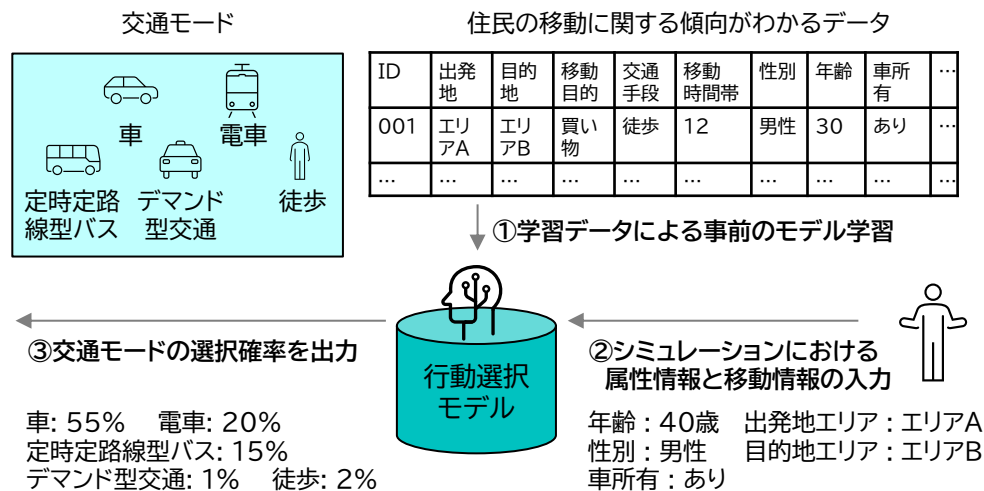
- 候補となる交通手段それぞれの効用から、ロジット関数で各移動経路の選択確率を算出する。
  - 移動経路*i*の選択確率(ロジット関数)  $P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_k \exp(V_k)}$

選択結果出力

- 選択確率及びサービスレベル(時間と料金)を基にどの乗換候補を採用するかを決定する。
- $V_i$ : *i* 番目の選択肢の効用  
*i*: 選択肢の通し番号  
 $\beta$ : 学習済みのパラメータ。行ベクトル  
 $x_i$ : *i* 番目の選択肢の属性値と選択する個人の属性値ベクトル



交通選択推定機能のフローチャート



行動選択モデルの処理イメージ図

セキュリティ対策及び認証機能を備え安価で再現性のあるシステムとするために  
利用実績が豊富なOSSを中心とした技術スタックを利用した

利用した技術スタック

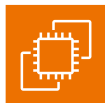
凡例

クラウド  
サービス

ソフトウェア

ライブラリ・  
フレームワーク

Amazon EC2



<https://aws.amazon.com/jp/ec2/>

- ・クラウドサービスとしてのアプリケーションの実行環境
- ・システムの中核としてアプリケーション処理を担う

IaaS

Amazon S3



<https://aws.amazon.com/jp/s3/>

- ・データを格納・管理できるオブジェクトストレージサービス

IaaS

Amazon Cognito



<https://aws.amazon.com/jp/cognito/>

- ・認証を行うマネージドサービス

IaaS

Amazon Aurora



<https://aws.amazon.com/jp/rds/aurora/>

- ・リレーショナルデータベースサービス

IaaS

Amazon RDS proxy instance



<https://aws.amazon.com/jp/rds/>

- ・データベース接続管理を行うマネージドサービス

IaaS

乗換案内Biz API(ジョルダン)



[https://biz.jorudan.co.jp/service/biz\\_api.html](https://biz.jorudan.co.jp/service/biz_api.html)

- ・交通分担率推定においてどのように乗り換えをして目的に到着するかを経路検索API

SaaS

Open Street Map



<https://www.openstreetmap.org/>

- ・シミュレーションにおいて利用する地図サービス

SaaS

Open Source Routing Machine



<https://project-osrm.org/>

- ・シミュレーションにおいて利用する最短経路検索

ソフトウェア

Open Trip Planner



<https://www.opentripplanner.org/>

- ・シミュレーションにおいて定時定路線型交通の経路検索を行うオープンソースソフトウェア

ソフトウェア

Fujitsu GUI Next Plus 4

<https://www.fujitsu.com/jp/about/businesspolicy/tech/design/activities/fgnp/>

- ・WCAG2.2に準拠したアクセシビリティに考慮されたデザインシステム

ライブラリ

Leaflet



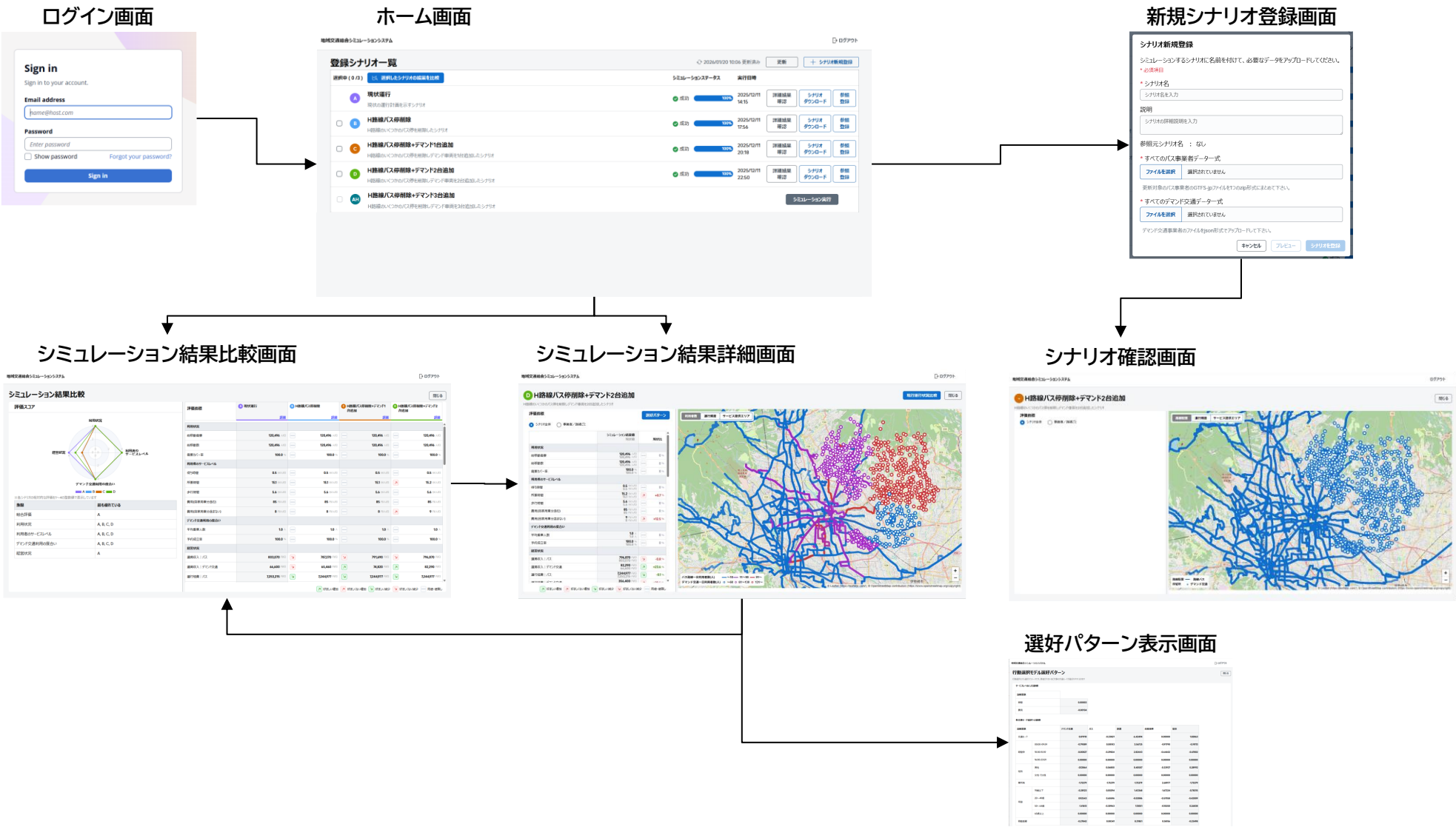
<https://leafletjs.com/>

- ・フロントエンドでの地図表示において利用する地図閲覧ライブラリ

ライブラリ

ホーム画面から各結果の比較や詳細結果確認を行う画面間を行き来できるようにすることで、自治体職員向けの簡素かつ明快なUI/UXを実現

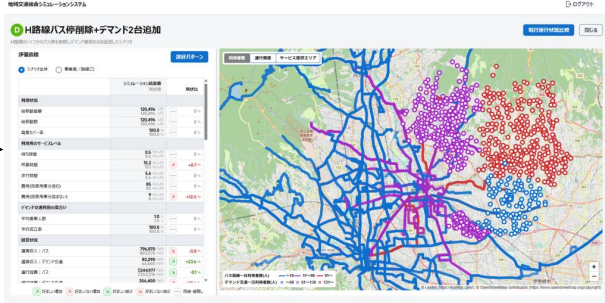
UI/UXフロー



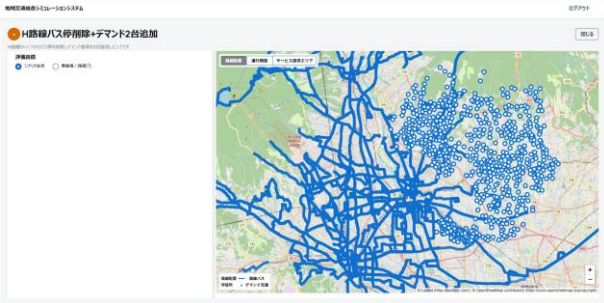
シミュレーション結果比較画面



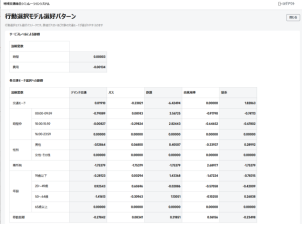
シミュレーション結果詳細画面



シナリオ確認画面



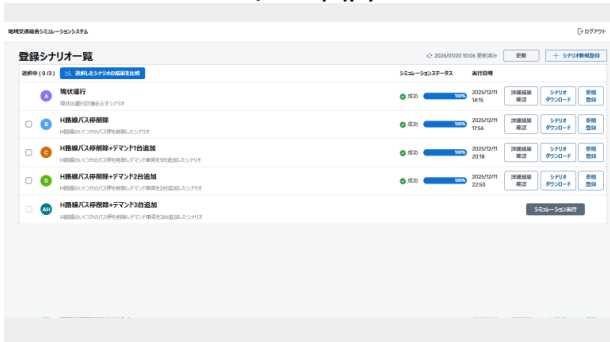
選好パターン表示画面



Webコンテンツのアクセシビリティを向上させるためのガイドラインであるWCAG2.2に準拠しアクセシビリティに考慮されたデザインとした

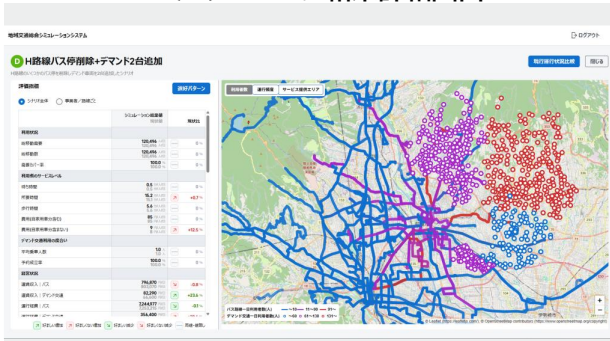
主に利用される画面のイメージ

ホーム画面



- 登録されたシナリオ一覧が表示される。シナリオを選択しシミュレーションの実行を行う。この画面から新規シナリオ登録、シミュレーション結果表示へ画面遷移する。

シミュレーション結果詳細画面



- シミュレーション結果及びシナリオ情報について表示する画面。

新規シナリオ登録画面

シナリオ新規登録

シミュレーションするシナリオに名前を付けて、必要なデータをアップロードしてください。

\* 必須項目

\* シナリオ名

シナリオ名を入力

説明

シナリオの詳細説明を入力

参照元シナリオ名 : なし

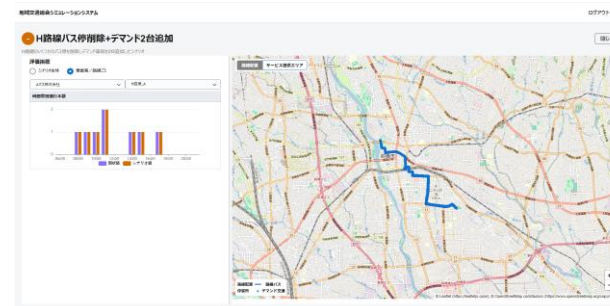
- シミュレーションを行うシナリオを新規登録する画面。バス事業者データのアップロード、デマンド型交通データのアップロードを行い、シナリオ名をつけて登録する。

シミュレーション結果比較画面



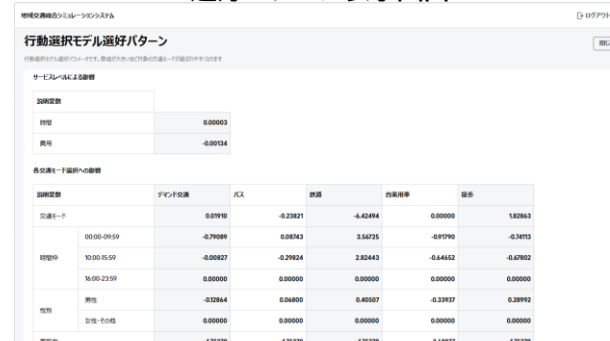
- 登録した複数のシミュレーション結果について比較表示を行う画面。

シナリオ確認画面



- 登録前に登録予定のシナリオ情報を確認する画面。

選好パターン表示画面



- 行動選択モデルの選好パターンを表示する画面。

## 第3章 実証実験

本実証実験では、地域交通総合シミュレーション技術の地域公共交通計画策定業務における有用性を検証した。その結果、自治体及びバス事業者がシミュレーションシステムを利用することにより、計画に対する合意形成期間は10～25%の削減が確認できた。また、シミュレーションの精度については、移動需要予測の再現度が、完全な一致を示す1.0に対して0.9程度となり、さらに乗降実績データを活用することにより27路線中23路線で乖離率の改善が確認できた。また、シミュレーション結果の有用性が5段階中4.0というヒアリング結果を自治体及びバス事業者から得られ、有用性が確認できた。その際、地域公共交通計画策定次年度からの利便増進実施計画策定におけるシミュレーションシステムの有用性や、機能拡充による更なる有用性の向上が示唆された。

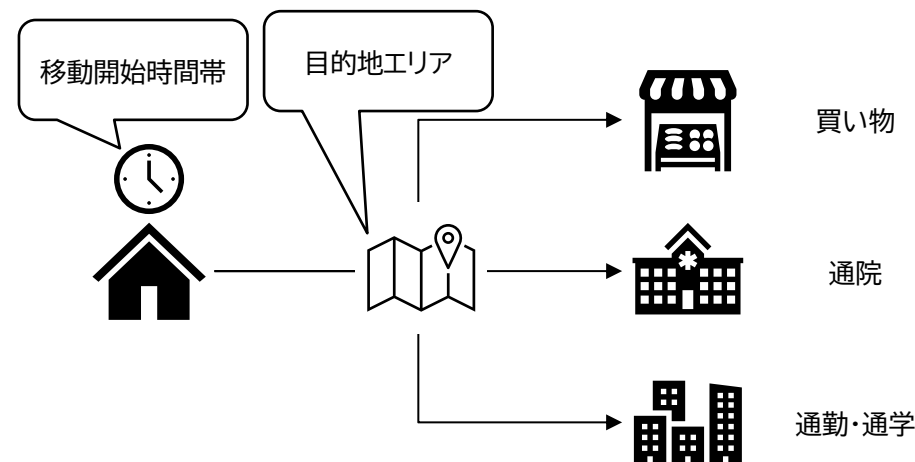


シミュレーション結果を用いた机上実証やシミュレーションシステムの操作体験を伴うヒアリングを通して仮説検証を実施した

実証メニュー一覧

| 実証メニュー       | 実施事項  | 被験者                       |
|--------------|---|---------------------------|
| 机上実証         | <ul style="list-style-type: none"> <li>本システムは、「移動需要予測」「移動需要補正」「交通分担率推定」による多段階の推定を経て地域の移動やサービスレベルの再現を行うが、「移動需要予測」「移動需要補正」による移動需要再現効果と、「交通分担率推定」によるシミュレーション結果について、前橋市が実施したアンケート及び公共交通の乗降実績データとの突き合わせによって評価する。</li> <li>シミュレーション精度の妥当性についてアンケートを行う。</li> </ul> | 前橋市交通計画担当者、前橋工科大・福島大 吉田先生 |
| ヒアリング実証: 自治体 | <ul style="list-style-type: none"> <li>検証会、及び自治体職員向けワークショップを経て、公共政策への活用の有用性の観点でアンケート、ヒアリング調査、報告書作成を行う。</li> </ul>   | 前橋市交通計画担当者                |
| ヒアリング実証: 事業者 | <ul style="list-style-type: none"> <li>検証会を実施し、公共政策への活用の有用性の観点でアンケート及びヒアリング調査を行う。</li> </ul>  | 前橋市地域公共交通活性化協議会 参画バス事業者   |

| 検証方法                                    | 検証項目(推計値)<br>*移動開始地点となる<br>居住地区ごとの比較 | 比較対象<br>(実測値)  |
|---|--------------------------------------|----------------|
| 移動目的別の移動開始時間帯の実測値と推定値のコサイン類似度比較         | 買い物における移動開始時間帯                       | 前橋市のアンケート調査データ |
|   | 通院における移動開始時間帯                        |                |
|   | 通勤通学における移動開始時間帯                      |                |
| 移動目的別の移動先エリアの実測値(アンケート結果)と推定値のコサイン類似度比較 | 買い物における目的地エリア                        | 前橋市のアンケート調査データ |
|   | 通院における目的地エリア                         |                |
|   | 通勤通学における目的地エリア                       |                |



ビジネス・ユーザー・公共・技術の4観点でKPIを策定。コスト・期間削減、有用度、シミュレーション精度を中心に定量・定性評価を実施

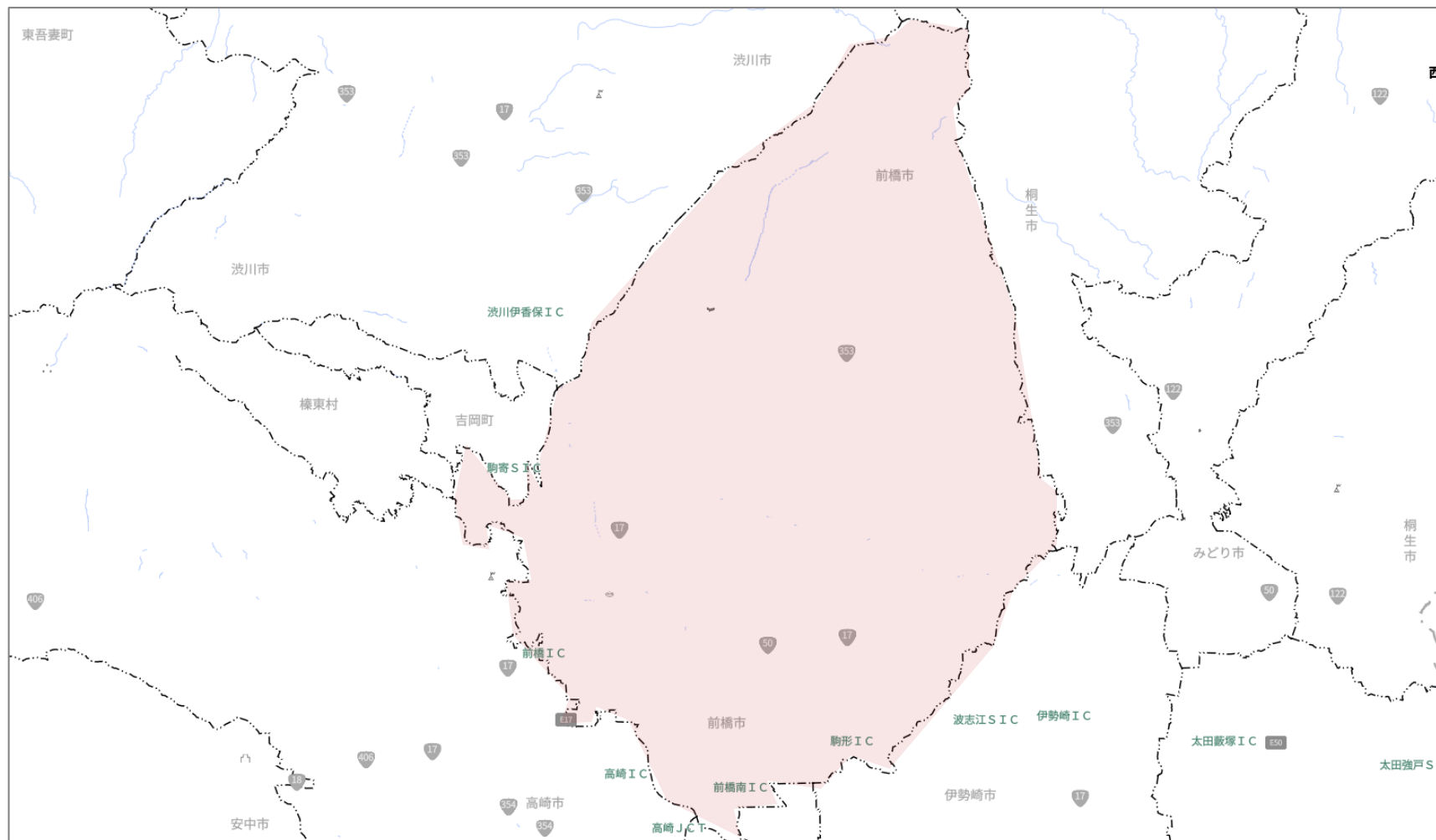
| 観点     | 検証仮説   | 検証項目   | KPI  |
|--------|--|--|--|
| ビジネス価値 | 前橋市が今年度地域公共交通計画策定においてコンサルに委託した費用のうち、本システムを自治体職員が使う事で削減できる部分の費用が本システムの年間SaaS利用費用を上回る。                           | 本システムによる従来交通コンサルが担っていた業務の削減効果  | 従来比削減費用(自治体) > 0   |
|        | 交通事業者自身が行う路線再編計画策定にとって有用である。   | 路線再編計画策定の工数  | 従来比削減費用(交通事業者) > 0   |
| 公共価値   | 地域公共交通計画の作成にあたって本システムにて出力された結果が有用である。  | 地域公共交通計画の作成にあたっての本システム出力結果の有用性<br>・シミュレーション所要時間  | 有用度に関するヒアリング項目の回答(5段階)の平均 > 3                              |
|        | 地域公共交通計画に利用される図やグラフのうち、本システムにて出力された結果が用いられる。   | 地域公共交通計画に利用される図やグラフのうち、本システムにて出力された結果を用いたものの割合   | シミュレーション結果活用率 > 30%  |
| ユーザー価値 | 地域公共交通計画の作成期間のうち、ステークホルダとの合意形成に係る期間が削減する。  | 地域公共交通計画の作成期間のうち、ステークホルダとの合意形成に係る期間  | 従来のステークホルダとの合意形成に係る期間 - シミュレーション活用時のステークホルダとの合意形成に係る期間 > 0 |
|        | 地域公共交通計画の以下の内容を記載するために必要なグラフや数値について、本システムからの出力結果をそのままの形で活用できる。<br>・人々の移動の実態に関する内容<br>・計画の目標に関する内容<br>・施策に関する内容 | 左記項目における作成工数の削減効果  | 地域公共交通計画の作成について、本システム利用前後での作成期間の削減率: 50%                   |
|        | 地域公共交通計画の作成にあたって本システムにて出力された結果が有用である。  | 地域公共交通計画の作成にあたっての本システム出力結果の有用性<br>・操作性<br>・シミュレーション結果情報の豊富さ<br>・施策案(シナリオ)比較のための情報・機能の豊富さ | 有用度に関するヒアリング項目の回答(5段階)の平均 > 3                              |

ビジネス・ユーザー・公共・技術の4観点でKPIを策定。コスト・期間削減、有用度、シミュレーション精度を中心に定量・定性評価を実施

| 観点   | 検証仮説  | 検証項目   | KPI   |
|------|---|--|---|
| 技術価値 | 施策を実行した際のサービスレベルの変化など、施策の期待効果を本システムにより高精度に測定することができる。               | 本システムにより自動生成される移動需要予測、交通分担率データの再現性(前橋市が実施したアンケートに基づく調査データとの比較)   | 移動需要予測の結果と前橋市のアンケート調査データとのコサイン類似度:0.9以上<br>予測移動需要を用いたシミュレーションにより出力された交通分担率の結果と、前橋市のアンケート調査データとの順位相関:0.9以上 |
|      |   | シミュレーション結果精度   | 過去に行った施策の利用者数との差:±10%以内   |
|      | MaaSアプリデータまたは公共交通機関の乗降実績データを利用した移動需要予測の補正により、シミュレーション精度を向上することができる。 | モード横断的なデータ(GunMaaS)及び公共交通の1件明細データによる補正を通じた移動需要の予測精度              | 補正前と比較した、バスの乗客数及びデマンドの乗客数のシミュレーション結果の実データとの乖離率:<br>補正前>補正後  |
|      | 地域公共交通計画の作成にあたって本システムにて出力された結果が有用である。                               | 地域公共交通計画の作成にあたっての本システム出力結果の有用性とシミュレーション結果妥当性                     | 有用度に関するヒアリング項目の回答(5段階)の平均>3   |
|      | 有識者の専門的視点から、シミュレーション精度が妥当であるという評価が得られる。                             | 移動需要予測の結果、交通分担率の結果、シミュレーション結果(過去に行った施策の利用者数との差)、移動需要補正の結果に対する妥当性 | -   |

群馬県前橋市で実証を実施。同市に対応する国勢調査等のデータや、定時定路線型の路線バス・デマンド型交通の変更シナリオを基にシミュレーションを行った

群馬県前橋市



ヒアリング実証(事業者)



バス事業者による  
シミュレーション結果確認中(1/2)



バス事業者による  
シミュレーション結果確認中(2/2)



体験者からユーザビリティ・有用性に  
関する発表中

ヒアリング実証(自治体)



現状の交通計画に対する課題を抽出し、  
施策を立案中



自治体職員による  
シミュレーション結果確認中



シミュレーション結果を踏まえて地域公共交通  
計画の資料案を作成中

地域交通の総合シミュレーションシステムが業務費用削減に有用であることを実証。更なるビジネス価値創出に必要な拡充機能を把握することが出来た

結果のまとめ

検証仮説

前橋市が今年度地域公共交通計画策定においてコンサルに委託した費用のうち、本システムを自治体職員が使う事で削減できる部分の費用が本システムの年間SaaS利用費用を上回る。

交通事業者自身が行う路線再編計画策定にとって有用である。

地域公共交通計画の作成にあたり本システムから出力された結果が有用である。

検証結果

地域公共交通計画業務以上に、地域公共交通計画策定次年度以降の利便増進実施計画策定業務において、路線再編案の具体的な検討・策定といった業務を本システムで代替することができ、平均して2.5百万円/年程度の費用削減効果が見込めることが分かった。

また、自治体やバス事業者から抽出した機能要望に対応した場合は、システム代替効果は1.5倍の平均3.8百万円/年程度が見込めることが分かった。その場合、本システムのSaaS利用費用が31万円/月未満とすると、従来比で費用削減効果があることが確認された。

定時定路線型の路線バスの増便や減便等の路線再編計画策定業務に対して、本システム利用による短縮期間はバス6事業者平均で1.2カ月(22%)の短縮が見込める結果となった。仮に交通事業者の計画策定担当の費用が100万円/月であった場合、削減費用は1.2百万円/社であり、本システムのSaaS利用費用が10万円/月未満とすると、従来比で費用削減効果があることが確認された。

本システムのシミュレーション所要時間に対する有用度について目標値3を上回る評価値3.2となり、有用性が確認された。

得られた示唆

機能拡充によるビジネス価値増加への期待

今回の算出結果は現システムを活用する前提だが、ヒアリングにより明らかになった具体的な機能改善を図ることにより、業務への更なる活用が見込め、削減費用も増加していくことが期待できる。

本システム利用により路線再編計画策定業務の短縮につながるが、計画変更による運転士人数、車両台数変更の検討も必要となる。それらを支援する機能を実装することで更なる工数削減が期待できる。

従来比削減費用(自治体)の算出

| 項目                           | 単価/年  | 年数 | 合計      | 計算根拠              |
|------------------------------|-------|----|---------|-------------------|
| 地域公共交通計画策定における削減費用(1年目)      | 150万円 | 1年 | 150万円   | 1,000万円(*)×10~20% |
| 地域公共交通計画策定における削減費用(2年目)      | 105万円 | 1年 | 105万円   | 700万円(*)×10~20%   |
| 次年度計画策定(=利便増進実施計画策定)における削減費用 | 200万円 | 5年 | 1,000万円 | 約100~300万円/年      |
| 計(実証時システム利用の場合)              |       |    | 21万円/月  | 5年間削減費用の平均        |
| 計(機能拡充版システム利用の場合)            |       |    | 31万円/月  | 実証時システム利用の場合の1.5倍 |

\*出所:前橋市地域公共交通活性化協議会「令和6年度決算書 令和7年度予算書(案)」  
(<https://www.city.maebashi.gunma.jp/material/files/group/9/2siryu17-5-27.pdf>)

従来比削減費用(交通事業者)の算出

| 項目                        | 単価            | 計算根拠                                       |
|---------------------------|---------------|--|
| 路線再編計画策定業務の所要期間(システム未利用時) | 5.4カ月/年       |  |
| 路線再編計画策定業務の所要期間(システム利用時)  | 4.2カ月/年       |  |
| 削減期間                      | 1.2カ月/年(-22%) |  |
| 削減費用                      | 10万円/月        | 交通事業者の計画策定担当の費用を100万円/月と設定すると1.2カ月×100万円/月 |



前橋市交通政策課  
課長補佐

自治体やバス事業者からの機能要望に対応した場合はシステム代替効果が増加し、約1.5倍の費用削減効果になるだろう。



日本中央バス

業務計画検討において、特に増便となる場合は乗務員手配について年単位の慎重な検討が必要



検証方法

KPI詳細

| KPI          | 定義  | 目標設定根拠                       |
|--------------|---|------------------------------|
| 従来比削減費用(自治体) | 従来比削減費用＝本システムを自治体職員が使う事で削減できる部分の費用－本システムの年間SaaS利用費用 | 従来比削減費用が正の値になることで導入メリットがあるため |

KPIの計測方法

- ・地域公共交通計画策定委託において、仮に本システムがあった場合に発注を回避できる業務及び金額を算出した。
- ・当該金額は自治体・コンサル事業者へのヒアリングにより受託金額を入手することで抽出した。

ヒアリング対象者

- ・実際に地域公共交通計画策定業務を実施している自治体職員をヒアリング対象者として選定した。

| 分類   | 具体名称 | 部署    | 役職    | 担当業務             |
|------|------|-------|-------|------------------|
| ユーザー | 前橋市  | 交通政策課 | 課長補佐  | 業務全体の総括          |
|      |      |       | 副主幹   | 地域公共交通計画の内容検討・決定 |
|      |      |       | 主事(A) | 鉄道、マイバスの企画・運営    |

質問項目

| 設問 | 質問項目  |
|----|---|
| 1  | 地域公共交通計画の策定において、本システムを活用することで、コンサル事業者に委託したことのある業務のうち、どのような業務が代替可能と思われますか。 |
| 2  | 地域公共交通計画の策定に関する業務に対して、本システムを使う事で削減できる費用はどの程度でしょうか。                        |
| 3  | 設問2の費用について、実証実験を通して前橋市職員及びバス事業者から抽出した要望に応えたシステムを使う場合、削減できる費用は増えるでしょうか。    |

結果の詳細

従来比削減費用(自治体)に関するヒアリング結果

| 設問 | 質問項目  | 回答者            | 回答   |
|----|---|----------------|--|
| 1  | 地域公共交通計画の策定において、本システムを活用することで、コンサル事業者に委託したことのある業務のうち、どのような業務が代替可能であると思われるか。 | 前橋市交通政策課 課長補佐  | ネットワーク案の策定。  |
|    |   | 前橋市交通政策課 副主幹   | 今後の路線再編案(バス、デマンド)の具体的な検討。  |
|    |   | 前橋市交通政策課 主事(A) | 代替というよりは、論拠の補足として活用できると思います。自治体の想定と実態とどれほど乖離があるかが、このシミュレータを活用すれば、見える化できて、協議会のコンセンサスを得やすくなると思います。   |
| 2  | 地域公共交通計画の策定に関する業務に対して、本システムを使う事で削減できる費用はどの程度でしょうか。                          | 前橋市交通政策課 課長補佐  | コンサル事業者への委託業務に留まらず、本システムを自治体職員が使う事で削減できる部分の費用としては、バスやデマンドの路線再編案といった利便増進実施計画の具体的な検討をする業務が効率化し、その分の費用が削減できる。前橋市はコンサル事業者に委託しているのは地域公共交通計画策定業務であり、利便増進計画策定業務は自分達で実施している。次年度計画策定(=利便増進実施計画策定)においては約100~300万円/年の費用削減規模になる。 |
|    |   | 前橋市交通政策課 副主幹   | 前橋市が地域公共交通計画策定業務にかけている金額は初年度1000万円、2年目700万円(*)。地域公共交通計画においては本システムによって約10~20%の費用削減が期待できる。   |
| 3  | 設問2の費用について、実証実験を通して前橋市職員及びバス事業者から抽出した要望に応えたシステムを使う場合、削減できる費用は増えるでしょうか。      | 前橋市交通政策課 課長補佐  | 機能要望に対応した場合はシステム代替効果が増加し、約1.5倍の費用削減効果になるだろう。   |

従来比削減費用(自治体)の算出

- ・ヒアリング結果を基に、自治体がシステム費用として支払うことのできる最大金額を算出した。
- ・自治体やバス事業者からの機能要望に対応した機能拡充版システムを利用した場合、本システムの年間SaaS利用費用を31万円/月末満とすると従来比削減費用(自治体)がプラスになる。

| 項目                           | 単価/年  | 年数 | 合計      | 計算根拠              |
|------------------------------|-------|----|---------|-------------------|
| 地域公共交通計画策定における削減費用(1年目)      | 150万円 | 1年 | 150万円   | 1,000万円(*)×10~20% |
| 地域公共交通計画策定における削減費用(2年目)      | 105万円 | 1年 | 105万円   | 700万円(*)×10~20%   |
| 次年度計画策定(=利便増進実施計画策定)における削減費用 | 200万円 | 5年 | 1,000万円 | 約100~300万円/年      |
| 計(実証時システム利用の場合)              |       |    | 21万円/月  | 5年間削減費用の平均        |
| 計(機能拡充版システム利用の場合)            |       |    | 31万円/月  | 実証時システム利用の場合の1.5倍 |

\*出所:前橋市地域公共交通活性化協議会「令和6年度決算書 令和7年度予算書(案)」(<https://www.city.maebashi.gunma.jp/material/files/group/9/2siryou17-5-27.pdf>)



検証方法

KPI詳細

| KPI                | 定義  | 目標設定根拠                       |
|--------------------|---|------------------------------|
| 従来比削減費用<br>(交通事業者) | 従来比削減費用 = 本システムを交通事業者が使う事で削減できる部分の費用 - 本システムの年間SaaS利用費用 | 従来比削減費用が正の値になることで導入メリットがあるため |

KPIの計測方法

- 過去の路線再編計画策定業務における工数と、仮に本システムがあった場合に削減できる工数を、事業者ヒアリングにより把握し、単金を掛け合わせて費用を算出した。

ヒアリング対象者

- 実際に路線再編計画策定業務を実施しているバス事業者をヒアリング対象者として選定した。

| 分類  | 具体名称   | 部署         | 担当業務                         |
|-----|--------|------------|------------------------------|
| 事業者 | 日本中央バス | 企画部        | 前橋市地域公共交通活性化協議会への出席、路線再編計画策定 |
|     | 永井運輸   | 旅客事業部      |                              |
|     | 上信観光バス | 営業部        |                              |
|     | 群馬バス   | 乗合バス部企画管理課 |                              |
|     | 群馬中央バス | 営業部乗合バス課   |                              |
|     | 関越交通   | 企画部        |                              |

質問項目

| 設問 | 質問項目   |
|----|--|
| 1  | これまで(路線バスの増便や減便等)路線再編計画策定業務にどのくらいの日数がかかっていましたか。          |
| 2  | 当該システムを使った場合、(路線バスの増便や減便等)路線再編計画策定業務はどのくらいの日数になると思われますか。 |



結果の詳細

従来比削減費用(交通事業者)の算出

- ・ヒアリング結果を基に、交通事業者がシステム費用として支払うことのできる最大金額を算出した。
- ・自治体やバス事業者からの機能要望に対応した機能拡充版システムを利用した場合、本システムの年間SaaS利用費用を10万円/月未満とすると従来比削減費用(自治体)がプラスになる。

| 項目                                       | 内容            | 計算根拠  |
|--|---------------|---|
| これまでの(路線バスの増便や減便等)路線再編計画策定業務の所要期間        | 5.4カ月/年       | 設問1のヒアリング結果の平均値。範囲で回答している回答者の期間については中央値を算入。 |
| 本システムを使った場合の(路線バスの増便や減便等)路線再編計画策定業務の所要期間 | 4.2カ月/年       | 設問2のヒアリング結果の平均値。範囲で回答している回答者の期間については中央値を算入。 |
| 削減期間                                     | 1.2カ月/年(-22%) |   |
| 削減費用                                     | 10万円/月        | 交通事業者の計画策定担当の費用を100万円/月と設定すると1.2カ月×100万円/月。 |

従来比削減費用(交通事業者)に関するヒアリング結果

| 設問 | 質問項目  | 回答者    | 回答  |
|----|---|--------|---|
| 1  | これまで(路線バスの増便や減便等)路線再編計画策定業務にどのくらいの日数がかかっていましたか。         | 日本中央バス | 6~12か月。昨今の乗務員不足等の影響もあり、いくらシミュレーションが優秀でもそれを動かす人がいなければどうしようもありません。特に増便となる場合は年単位の慎重な検討が必要となります。                                |
|    |   | 永井運輸   | 4か月。  |
|    |   | 上信観光バス | 6か月。現状把握に時間を費やす。  |
|    |   | 群馬バス   | 6か月。  |
|    |   | 群馬中央バス | (無回答)   |
|    |   | 関越交通   | 2か月。  |
| 2  | 本システムを使った場合、(路線バスの増便や減便等)路線再編計画策定業務はどのくらいの日数になると思われますか。 | 日本中央バス | 6~12ヶ月。設問1の回答に記載の通りです。シミュレータが優秀でも最終的にはバスを人が動かすものですので、短縮は難しいと思います。ただし、今後自動運転が本当に実用化されれば(10年20年スパンはかかりそうですが…)この前提は変わるかもしれません。 |
|    |   | 永井運輸   | 3か月。補助路線が主体のため、行政との打ち合わせ~合意までに時間がかかっていましたが、土台の確定までに時間が短縮出来そうです。地域公共交通協議会での合意にも役立ちそうです。                                      |
|    |   | 上信観光バス | 4か月。実際に使用できるレベルになれば大幅に期間短縮になると思う。   |
|    |   | 群馬バス   | 3か月。  |
|    |   | 群馬中央バス | (日数は無回答) 路線の数にもよりますが、スムーズになると思います。  |
|    |   | 関越交通   | 2か月。計画そのものを策定するシステムではないと認識しているため影響はさほどないとする   |



検証方法

KPI詳細

| KPI | 定義                     | 目標設定根拠                                      |
|-----|------------------------|---|
| 有用度 | ヒアリング項目の回答(1~5の5段階)の平均 | ヒアリング結果が5段階平均値である3.0よりも高い値となることで有用であると言えるため |

KPIの計測方法

- アンケートにより、有用度に関する複数の設問に対する回答(1~5の5段階)を得て、その平均値を算出した。

ヒアリング対象者

- 実際に地域公共交通計画策定業務を実施している自治体職員をヒアリング対象者として選定した。

| 分類   | 具体名称 | 部署    | 役職    | 担当業務             |
|------|------|-------|-------|------------------|
| ユーザー | 前橋市  | 交通政策課 | 課長補佐  | 業務全体の総括          |
|      |      |       | 副主幹   | 地域公共交通計画の内容検討・決定 |
|      |      |       | 主任    | デマンドバスの企画・運営     |
|      |      |       | 主事(A) | 鉄道、マイバスの企画・運営    |
|      |      |       | 主事(B) | 路線バスの企画・運営       |

質問項目

| 設問 | 質問項目                     |
|----|--------------------------|
| 1  | シミュレーション実行にかかる時間は妥当でしたか。 |

結果の詳細

本システムの有用度に関する評価詳細

| 設問 | 質問項目   | 有用度<br>(回答<br>平均値) | 回答者   | 回答  |
|----|--|--------------------|---|---|
| 1  | シミュレーション実行にかかる時間は妥当でしたか<br><br>⑤とてもそう思う ④そう思う ③どちらでもない ②思わない ①まったく思わない | 3.2                | 前橋市交通政策課 課長補佐   | ②. 事業者等と協議しながら様々な案をシミュレーションできないと先の問のような期間的なメリットは出てこないのではないかと。         |
|    |  |                    | 前橋市交通政策課 副主幹  | ③. 致し方ない部分もあるが、データ量の関係でシミュレーション実行に3時間程度かかるので改善がされるとありがたい。             |
|    |  |                    | 前橋市交通政策課 主任   | ③. 膨大なデータを処理していると存じますが、短時間でシミュレーションできると打合せなどもスピーディに進められると思います。        |
|    |  |                    | 前橋市交通政策課 主事(A)  | ④. 一部、人海戦術的な作業が必要な部分はありましたが、概ね妥当だったと思います。システム全体がもっと軽く動作すればいいなとも思いました。 |
|    | 前橋市交通政策課 主事(B)   |                    | ④. 今回の事例と比較してより広域で複雑な内容とした場合にもう少し実行時間が短縮されるとありがたいと思います。 |   |

シミュレーション結果の数値や図表が地域公共交通計画の資料作成、ステークホルダとの合意形成に対して有用であることを確認した

結果のまとめ

検証仮説

- 地域公共交通計画に利用される図やグラフのうち、本システムにて出力された結果が用いられる。
- 地域公共交通計画の作成期間のうち、ステークホルダとの合意形成に係る期間が削減する。

検証結果

活用候補対象とした地域公共交通計画の以下の内容のうち、2/3(67%)が活用可能であることが示され、目標の30%を上回る結果となった。

本システム利用により、地域公共交通計画策定に係る作業(内容確認・合意)の短縮期間については自治体職員で0.7カ月(25%)、バス事業者は4事業者平均0.2カ月(10%)の短縮が見込まれた。これにより、自治体職員及び事業者双方でステークホルダーとの合意形成期間が削減されることが示された。

得られた示唆

納得感を持った合意形成の実現

シミュレーション結果が数値で見えることによる納得感によって合意形成に係る期間の削減が見込めることが示唆された。

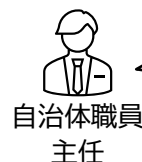
地域公共交通計画への本システムの活用

| 地域公共交通計画において活用が見込める内容   | 本システム活用可能性 |
|-------------------------|------------|
| 人々の移動の実態及び公共交通に対する市民の動向 | なし         |
| 計画の目標と達成状況の評価について       | あり         |
| 取り組むべき施策の検討             | あり         |

ステークホルダとの合意形成に係る期間の算出

| 項目                                 | 内容          | 計算根拠            |
|------------------------------------|-------------|-----------------|
| 自治体がこれまでステークホルダとの合意形成に係ってきた期間      | 2.7カ月       | 設問1のヒアリング結果の平均値 |
| 自治体が本システムを使った場合のステークホルダとの合意形成に係る期間 | 2.0カ月       | 設問2のヒアリング結果の平均値 |
| 削減期間                               | 0.7カ月(-25%) |                 |

| 項目                                   | 内容          | 計算根拠            |
|--------------------------------------|-------------|-----------------|
| 交通事業者がこれまでステークホルダとの合意形成に係ってきた期間      | 1.9カ月       | 設問3のヒアリング結果の平均値 |
| 交通事業者が本システムを使った場合のステークホルダとの合意形成に係る期間 | 1.7カ月       | 設問4のヒアリング結果の平均値 |
| 削減期間                                 | 0.2カ月(-10%) |                 |



デマンドバスについて、増車する場合は便利向上につながるため地域公共交通活性化協議会の協議は省略できますが、減車になる場合は協議会に図る必要があります、その際のシミュレータのデータをエビデンスとして活用できると考えます。



内容の確認調整に時間がかかっていたが、合意までの意思決定が速くなると感じた。

検証方法

KPI詳細

| KPI           | 定義  | 目標設定根拠  |
|---------------|---|---|
| シミュレーション結果活用率 | 本システムにて出力された結果を活用可能であった地域公共交通計画の章の数÷本システムにて出力された結果の活用が見込める地域公共交通計画の章の数×100% | 地域公共交通計画の以下の内容での活用が見込めるため<br>・人々の移動の実態に関する内容<br>・計画の目標に関する内容<br>・施策に関する内容 |

KPIの計測方法

- 自治体職員向け追加検証の後、前橋市職員に追加検証の報告書を作成してもらう。地域公共交通計画にシミュレーション結果を活用できるかをヒアリングすることで計測した。

ヒアリング対象者

- 実際に地域公共交通計画策定業務を実施している自治体職員をヒアリング対象者として選定した。

| 分類   | 具体名称 | 部署    | 役職    | 担当業務             |
|------|------|-------|-------|------------------|
| ユーザー | 前橋市  | 交通政策課 | 課長補佐  | 業務全体の総括          |
|      |      |       | 副主幹   | 地域公共交通計画の内容検討・決定 |
|      |      |       | 主任    | デマンドバスの企画・運営     |
|      |      |       | 主事(B) | 路線バスの企画・運営       |

質問項目

| 設問 | 質問項目  |
|----|---|
| 1  | 自治体職員向けワークショップで作成した「協議会等に提出する資料案」の内容は、地域公共交通計画に対してどの程度活用できそうですか。現状の前橋市の交通計画全8章のうち、活用出来そうな章を記載ください。<br>・1章(はじめに)<br>・2章(地域の現状等)<br>・3章(人々の移動の実態及び公共交通に対する市民の動向)<br>・4章(上位計画及び関連計画等の整理)<br>・5章(目指すべき都市の姿の検討)<br>・6章(計画の目標と達成状況の評価について)<br>・7章(取り組むべき施策の検討)<br>・8章(進捗管理) |

結果の詳細

地域公共交通計画への本システムの活用

- 地域公共交通計画の章立てのうち、活用が見込める章は計3章ある(3章、6章、7章)。そのうち、活用可能性のある章は2章(6章、7章)のため、シミュレーション結果活用率は2章÷3章×100%=67%となった。

| 地域公共交通計画の構成                 | 本システム活用可能性 | 被験者からの声  |
|-----------------------------|------------|--|
| 1章(はじめに)                    | なし         | -  |
| 2章(地域の現状等)                  | なし         | -  |
| 3章(人々の移動の実態及び公共交通に対する市民の動向) | なし         | ^  |
| 4章(上位計画及び関連計画等の整理)          | なし         | ^  |
| 5章(目指すべき都市の姿の検討)            | なし         | ^  |
| 6章(計画の目標と達成状況の評価について)       | あり         | <ul style="list-style-type: none"> <li>利用人数や収支率の算出に活用できると考える。(主任)</li> </ul>   |
| 7章(取り組むべき施策の検討)             | あり         | <ul style="list-style-type: none"> <li>路線再編、デマンドのあり方の検討などの施策の記載についてはシミュレーション結果を計画へ活用する可能性もある。しかし、どちらかという計画への活用より、各路線、デマンドの再編に向けた個別具体的な会議の場の方が活用が期待できると考える。(副主幹)</li> <li>取り組むべき施策の検討の中で、路線再編の案を策定する段階で活用できると考える。ただし、交通計画策定後、具体的な案として利便増進実施計画を策定するような段階で、必要となるものと考ええる。(課長補佐)</li> <li>7章で活用出来そう(主事(B))</li> </ul> |
| 8章(進捗管理)                    | なし         |  |



検証方法

KPI詳細

| KPI                | 定義   | 目標設定根拠                         |
|--------------------|--|--------------------------------|
| ステークホルダとの合意形成に係る期間 | 従来比合意形成期間 = 従来のステークホルダとの合意形成に係る期間 - シミュレーション活用時のステークホルダとの合意形成に係る期間 | 従来比合意形成期間が正の値になることで導入メリットがあるため |

KPIの計測方法

- アンケートにより、従来の合意形成にかかる期間および本システムから出力されるシミュレーション結果を活用することによる合意形成にかかる期間を抽出し、期間差分を計算した。

ヒアリング対象者

- 地域公共交通計画策定業務を実施している自治体職員及び合意形成の対象の1つであるバス事業者をヒアリング対象者として選定した。

| 分類   | 具体名称 | 部署    | 役職   | 担当業務             |
|------|------|-------|------|------------------|
| ユーザー | 前橋市  | 交通政策課 | 課長補佐 | 業務全体の総括          |
|      |      |       | 副主幹  | 地域公共交通計画の内容検討・決定 |
|      |      |       | 主任   | デマンドバスの企画・運営     |

| 分類  | 具体名称   | 部署         | 担当業務                         |
|-----|--------|------------|------------------------------|
| 事業者 | 日本中央バス | 企画部        | 前橋市地域公共交通活性化協議会への出席、路線再編計画策定 |
|     | 永井運輸   | 旅客事業部      |                              |
|     | 上信観光バス | 営業部        |                              |
|     | 群馬バス   | 乗合バス部企画管理課 |                              |

質問項目

| 設問 | 対象   | 質問項目  |
|----|------|---|
| 1  | ユーザー | 地域公共交通計画に対して、交通事業者、有識者、市民などのステークホルダーとの合意形成にはどのくらいの期間がかかっていましたか。 |
| 2  |      | 本システムを使用した場合、前問の合意形成にかかわる作業はどのくらいの期間になると思われますか。                 |
| 3  | 事業者  | これまで地域公共交通計画策定にかかわる作業(内容の確認/合意)にどのくらいの日数がかかっていましたか。             |
| 4  |      | 本システムを使用した場合、前問の地域公共交通計画策定にかかわる作業(内容の確認/合意)はどのくらいの日数になると思われますか。 |



結果の詳細

ステークホルダとの合意形成に係る期間の算出

・本システム利用により、地域公共交通計画策定に係る作業(内容確認・合意)の短縮日数は自治体職員で0.7カ月(25%)、バス事業者は4事業者平均5.6日(10%)の短縮が見込まれた。

| 項目                                 | 内容          | 計算根拠             | 項目                                   | 内容          | 計算根拠             |
|------------------------------------|-------------|------------------|--------------------------------------|-------------|------------------|
| 自治体がこれまでステークホルダとの合意形成に係ってきた期間      | 2.7カ月       | 設問1のヒアリング結果の平均値。 | 交通事業者がこれまでステークホルダとの合意形成に係ってきた期間      | 1.9カ月       | 設問3のヒアリング結果の平均値。 |
| 自治体が本システムを使った場合のステークホルダとの合意形成に係る期間 | 2.0カ月       | 設問2のヒアリング結果の平均値。 | 交通事業者が本システムを使った場合のステークホルダとの合意形成に係る期間 | 1.7カ月       | 設問4のヒアリング結果の平均値。 |
| 削減期間                               | 0.7カ月(-25%) |                  | 削減期間                                 | 0.2カ月(-10%) |                  |

ステークホルダとの合意形成に係る期間についてのヒアリング結果

| 設問 | 質問項目   | 回答者           | 回答   |
|----|--|---------------|--|
| 1  | 地域公共交通計画に対して、交通事業者、有識者、市民などのステークホルダとの合意形成にはどのくらいの期間がかかっていましたか。 | 前橋市交通政策課 課長補佐 | 2カ月。地域公共交通計画自体については、それほど合意形成に時間がかかっていない。   |
|    |  | 前橋市交通政策課 副主幹  | 3カ月。   |
|    |  | 前橋市交通政策課 主任   | 3カ月。デマンドバスについて、増車する場合は利便向上につながるため地域公共交通活性化協議会の協議は省略できますが、減車になる場合は協議会に図る必要があり、その際のシミュレータのデータをエビデンスとして活用できると考えます。            |
| 2  | 本システムを使用した場合、前問の合意形成にかかわる作業はどのくらいの期間になると思われますか。                | 前橋市交通政策課 課長補佐 | 2カ月。利便増進実施計画を策定する段階で、運行管理(ドライバー関係)や路線間の影響等の面で合意形成が図れないという場面が多いかと思いますが、その際に活用ができるものと考えます。                                   |
|    |  | 前橋市交通政策課 副主幹  | 2カ月。   |
|    |  | 前橋市交通政策課 主任   | 2カ月。資料作成の作業時間やステークホルダの合意形成期間の短縮が見込めると思います。   |
| 3  | これまで地域公共交通計画策定にかかわる作業(内容の確認/合意)にどのくらいの日数がかかっていましたか。            | 日本中央バス        | 2~3週間。バス事業者の立場からですとお答えしづらい問題です。データを提供し、行政サイドで検討を行い、事業者にフィードバックがある形ですので、フィードバックを元に検討を行う日数でお答えしますので、ご了承ください。                 |
|    |  | 永井運輸          | 60日。   |
|    |  | 上信観光バス        | 30日。   |
|    |  | 群馬バス          | 120日。  |
| 4  | 本システムを使った場合、地域公共交通計画策定にかかわる作業(内容の確認/合意)はどのくらいの日数になると思われますか。    | 日本中央バス        | 2週間。このシミュレーションはあくまでお客様の動きを可視化するものであり、そのために法令の範囲内で、何人ドライバーが必要か?車両の必要台数(予備車を含め)はどうかをちゃんと検証しなければなりません。大きく短縮するのは現状では難しいかと思われま。 |
|    |  | 永井運輸          | 40日。内容の確認調整に時間がかかっていましたが、合意までの意思決定が速くなると感じました。   |
|    |  | 上信観光バス        | 30日。   |
|    |  | 群馬バス          | 120日。  |



作業期間短縮だけでなく作業品質向上への寄与を確認した

結果のまとめ

検証仮説

地域公共交通計画の以下の内容を記載するために必要なグラフや数値について、本システムからの出力結果をそのままの形で活用できる。

- 人々の移動の実態に関する内容
- 計画の目標に関する内容
- 施策に関する内容

地域公共交通計画の作成にあたり本システムから出力された結果が有用である。

検証結果

地域公共交通計画策定においては、本システム利用前後での作成期間の削減期間は0.5カ月、削減率は3%となり、目標の50%を下回る結果となった。

地域公共交通計画策定次年度からの利便増進実施計画策定においては、本システム利用前後での作成期間の削減期間は0.7カ月、削減率は10%となった。

本システムの操作性について評価値4.6、シミュレーション結果情報の豊富さについて評価値4.0、施策案比較のための情報・機能の豊富さについて評価値3.8といずれも目標値3を上回り、有用性が確認された。

得られた示唆

作業品質における価値

自治体職員からは期間的な短縮よりも作業効率が向上し削減できる作業時間を他の作業に充てて、より充実したデータ分析が行えることが価値であるとの見解が得られ、作業品質に対するユーザー価値が存在することが示唆された。

シミュレーション結果の出力粒度細分化の必要性

シミュレーションの出力結果を路線・運行エリアや運行時間帯など時空間軸で細分化することで更なる有用性向上が期待できる。

地域公共交通計画に係る作業の削減

| 項目  | 内容          | 計算根拠  |
|---|-------------|---|
| これまでの地域公共交通計画策定業務の所要期間                      | 18.0カ月      | 設問1のヒアリング結果の平均値。                            |
| 本システムを使った場合の地域公共交通計画策定業務の所要期間               | 17.5カ月      | 設問2のヒアリング結果の平均値。                            |
| 地域公共交通計画策定業務の削減期間及び削減率                      | 0.5カ月、2.8%  |   |
| これまでの路線バスの増便や減便等の次年度計画策定にかかわる作業の所要期間        | 7.2カ月       | 設問3のヒアリング結果の平均値。範囲で回答している回答者の期間については中央値を算入。 |
| 本システムを使った場合の路線バスの増便や減便等の次年度計画策定にかかわる作業の所要期間 | 6.4カ月       | 設問4のヒアリング結果の平均値。範囲で回答している回答者の期間については中央値を算入。 |
| 地域公共交通計画策定業務の削減期間及び削減率                      | 0.7カ月、10.1% |   |



前橋市交通政策課 課長補佐

基礎調査は本シミュレーションの範囲以外のデータも必要であり、期間的な短縮よりも作業が浮く分を他に回してよりしっかりとしたデータ分析が可能になることだと考える。



前橋市交通政策課 副主幹

路線変更などの結果、どこにどのような影響があったのか(例えば、路線別、地域別、影響のあったODなど)のもう少しミクロの視点で見られるとなお良い。



検証方法

KPI詳細

| KPI                                | 定義                           | 目標設定根拠   |
|------------------------------------|------------------------------|--|
| 地域公共交通計画の作成について、システム利用前後での作成期間の削減率 | システム利用前後の期間の差分を評価したものを評価したもの | 地域公共交通計画の作成に係る現状の期間は、「地域公共交通計画等の作成と運用の手引き」に掲載の図 3 1 地域公共交通計画作成スケジュールの例より「現状整理・上位関連計画の整理」「ニーズ把握」「問題点・課題の検討」「目標の実現のための施策の検討」に相当する。この表と、KCSへのヒアリング結果に基づきそれぞれ2か月、2か月、1か月、5か月の合計10か月を要すると試算。<br>・システム利用によって、計5か月に短縮されると見込み、これを目標値とした。 |

KPIの計測方法

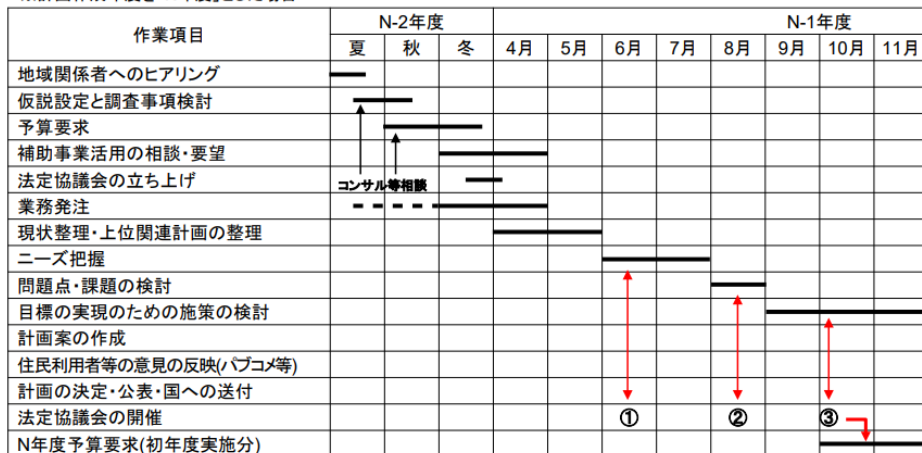
- ・システム利用前後での地域公共交通計画作成期間の削減率を求めるために、(システム利用前の地域公共交通計画作成業務の期間ーシステム利用後の地域公共交通計画作成業務の期間)÷システム利用前の地域公共交通計画作成業務の期間 を計算した。
- ・システム利用前の地域公共交通計画作成業務の期間は地域公共交通計画作成スケジュールの例\*と自治体職員へのヒアリングにより把握した。
- ・システム利用後の地域公共交通計画作成業務の期間は、本システムから出力されるシミュレーション結果のうち、追加の工数をかけずに地域公共交通計画作成業務に使える結果を抽出し、それを活用した場合の当該業務の削減工数を測定した。

ヒアリング対象者

- ・実際に地域公共交通計画策定業務を実施している自治体職員をヒアリング対象者として選定した。

| 分類   | 具体名称 | 部署    | 役職   | 担当業務             |
|------|------|-------|------|------------------|
| ユーザー | 前橋市  | 交通政策課 | 課長補佐 | 業務全体の総括          |
|      |      |       | 副主幹  | 地域公共交通計画の内容検討・決定 |
|      |      |       | 主任   | デマンドバスの企画・運営     |

※計画作成年度を「N年度」とした場合



地域公共交通計画作成スケジュールの例\*

質問項目

| 設問 | 質問項目   |
|----|--|
| 1  | 「現状整理・上位関連計画の整理」「ニーズ把握」「問題点・課題の検討」「目標の実現のための施策の検討」といった地域公共交通計画策定にかかわる作業にはどのくらいの期間がかかっていましたか。 |
| 2  | 地域交通の総合シミュレーションシステムを使用した場合、前問の地域公共交通計画策定にかかわる作業はどのくらいの期間になるとお考えですか。                          |
| 3  | 路線バスの増便や減便等の次年度計画策定にかかわる作業にどのくらいの期間がかかっていましたか。   |
| 4  | 本システムを使用した場合、前問の次年度計画策定にかかわる作業はどのくらいの期間になるとお考えですか。   |

\*出所:国土交通省「地域公共交通計画等の作成と運用の手引き(第4版)」(https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001633212.pdf)

結果の詳細

地域公共交通計画に関する作業の削減

- 地域公共交通計画策定においては、本システム利用前後での作成期間の削減期間は0.5カ月、削減率は3%となり、目標の50%を下回る結果となった。
- 地域公共交通計画策定次年度からの利便増進実施計画策定においては、本システム利用前後での作成期間の削減期間は0.7カ月、削減率は10%となった。

| 項目  | 内容          | 計算根拠  |
|---|-------------|---|
| これまでの地域公共交通計画策定業務の所要期間                      | 18.0カ月      | 設問1のヒアリング結果の平均値。                            |
| 本システムを使った場合の地域公共交通計画策定業務の所要期間               | 17.5カ月      | 設問2のヒアリング結果の平均値。                            |
| 地域公共交通計画策定業務の削減期間及び削減率                      | 0.5カ月、2.8%  |   |
| これまでの路線バスの増便や減便等の次年度計画策定にかかわる作業の所要期間        | 7.2カ月       | 設問3のヒアリング結果の平均値。範囲で回答している回答者の期間については中央値を算入。 |
| 本システムを使った場合の路線バスの増便や減便等の次年度計画策定にかかわる作業の所要期間 | 6.4カ月       | 設問4のヒアリング結果の平均値。範囲で回答している回答者の期間については中央値を算入。 |
| 地域公共交通計画策定業務の削減期間及び削減率                      | 0.7カ月、10.1% |   |

地域公共交通計画の作成期間に関するヒアリング結果

| 設問 | 質問項目   | 回答者           | 回答  |
|----|--|---------------|---|
| 1  | 「現状整理・上位関連計画の整理」「ニーズ把握」「問題点・課題の検討」「目標の実現のための施策の検討」といった地域公共交通計画策定にかかわる作業にはどのくらいの期間がかかっていましたか。 | 前橋市交通政策課 課長補佐 | 12カ月。   |
|    |  | 前橋市交通政策課 副主幹  | 24カ月。   |
| 2  | 地域交通の総合シミュレーションシステムを使用した場合、前問の地域公共交通計画策定にかかわる作業はどのくらいの期間になると思われますか。                          | 前橋市交通政策課 課長補佐 | 12カ月。基礎調査は本シミュレーションの範囲以外のデータも必要であり、期間的な短縮よりも作業が浮く分を他に回してよりしっかりとしたデータ分析が可能になることだと考えます。   |
|    |  | 前橋市交通政策課 副主幹  | 23カ月。路線再編、デマンドの今後のあり方の検討(拡大、縮小、運行方式の変更)などの検討について活用の可能性。   |
| 3  | 路線バスの増便や減便等の次年度計画策定にかかわる作業にどのくらいの期間がかかっていましたか。   | 前橋市交通政策課 課長補佐 | 案件によって1ヶ月～数か月。  |
|    |  | 前橋市交通政策課 副主幹  | 3～12カ月。   |
|    |  | 前橋市交通政策課 主任   | 12カ月。デマンドバスの増車になりますが、市の予算確保、運行事業者によるドライバー、車両の確保などにより12ヶ月程度は掛かると考えます。  |
| 4  | 本システムを使用した場合、前問の次年度計画策定にかかわる作業はどのくらいの期間になると思われますか。   | 前橋市交通政策課 課長補佐 | 1ヶ月～数か月。本シミュレータのメリットは期間が短くなることではなく、変更案に根拠をもたせることができることだと感じます。意思決定の時間が短くなることも考えられますが、期間的なこと例えば、例えば3ヶ月かかっていた変更計画策定が2ヶ月程度になる可能性はあると思われれます。 |
|    |  | 前橋市交通政策課 副主幹  | 2～10カ月。路線再編等の合意形成の場面での活用により期間を短縮できる可能性。   |
|    |  | 前橋市交通政策課 主任   | 12カ月。シミュレータを使用した場合でも、市の予算確保、運行事業者によるドライバー、車両の確保などは必要になるため12ヶ月程度は掛かると思われます。  |



検証方法

KPI詳細

| KPI | 定義                     | 目標設定根拠                    |
|-----|------------------------|---------------------------|
| 有用度 | ヒアリング項目の回答(1~5の5段階)の平均 | 平均よりも高い値となることで有用であると言えるため |

KPIの計測方法

- アンケートにより、有用度に関する複数の設問に対する回答(1~5の5段階)を得て、その平均値を算出した。

ヒアリング対象者

- 実際に地域公共交通計画策定業務を実施している自治体職員をヒアリング対象者として選定した。

| 分類   | 具体名称 | 部署    | 役職    | 担当業務             |
|------|------|-------|-------|------------------|
| ユーザー | 前橋市  | 交通政策課 | 課長補佐  | 業務全体の総括          |
|      |      |       | 副主幹   | 地域公共交通計画の内容検討・決定 |
|      |      |       | 主任    | デマンドバスの企画・運営     |
|      |      |       | 主事(A) | 鉄道、マイバスの企画・運営    |
|      |      |       | 主事(B) | 路線バスの企画・運営       |

質問項目

| 設問 | 質問項目  |
|----|---|
| 1  | 本システムの操作は分かりやすかったですか。   |
| 2  | 評価指標の種類やその集計単位など、シミュレーション結果には見たい情報が揃っていましたか。                          |
| 3  | 各施策案(シナリオ)の採用有無を考えるにあたり、各施策案(シナリオ)のシミュレーション結果を比較するために必要な情報や機能は十分でしたか。 |
| 4  | 本システムの改善点や今後期待する機能はありますか。   |
| 5  | 本システムを導入・運用した場合、どんな課題が生じることが想定されますか。                                  |



結果の詳細

本システムの有用度に関する評価詳細(1/2)

| 設問 | 質問項目   | 有用度<br>(回答平均値) | 回答者            | 回答  |
|----|--|----------------|----------------|---|
| 1  | 本システムの操作は分かりやすかったですか。<br><br>⑤とてもそう思う ④そう思う ③どちらでもない ②思わない ①まったく思わない   | 4.6            | 前橋市交通政策課 課長補佐  | ④.  |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 副主幹   | ⑤. 直感的に操作できていると感じている。   |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 主任    | ④. 直感的に使用することができました。  |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 主事(A) | ⑤. 運行事業者でなくても平易に活用できる非常にわかりやすいものだと思う。   |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 主事(B) | ⑤. 大胆な施策を検討する際のシュミレーションは難しいため、このシステムがあれば検討できる施策の幅が広がると思う。   |
| 2  | 評価指標の種類やその集計単位など、シミュレーション結果には見たい情報が揃っていましたか。<br><br>⑤とてもそう思う ④そう思う ③どちらでもない ②思わない ①まったく思わない                          | 4.0            | 前橋市交通政策課 課長補佐  | ③. 利用者数と収支、他路線への影響など最低限の項目は確認ができたが、ある路線を廃止した際に他路線で移動するため、総量は変化がないという結果があった。実際、乗り換えが発生している場合に、そのような結果にならないことも考えられるが、単純な量だけでなく、どうに変化しているのかの中身が確認できると良い。 |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 副主幹   | ④. 路線変更などの結果、どこにどのような影響があったのか(例えば、路線別、地域別、影響のあったODなど)のもう少しミクロの視点で見られるとなお良い。   |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 主任    | ④. 利用人数、収支率、他の交通モードへの影響などを見ることができ、検討資料として活用できると思いました。   |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 主事(A) | ④. 概ね良かったと思います。どの停留所でどれくらいの利用者が想定されるのかが分かれば、バス停の新設等の効果がより見える化されると思います。  |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 主事(B) | ⑤.  |
| 3  | 各施策案(シナリオ)の採用有無を考えるにあたり、各施策案(シナリオ)のシミュレーション結果を比較するために必要な情報や機能は十分でしたか。<br><br>⑤とてもそう思う ④そう思う ③どちらでもない ②思わない ①まったく思わない | 3.8            | 前橋市交通政策課 課長補佐  | ③. 最低限の情報はあったが、前問の回答のとおり。   |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 副主幹   | ④. 路線変更などの結果、どこにどのような影響があったのか(例えば、路線別、地域別、影響のあったODなど)のもう少しミクロの視点で見られるとなお良い。   |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 主任    | ④. シナリオ全体ではなく、選択した路線、デマンドバスの運行エリア内での交通分担率が分かると良い。   |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 主事(A) | ④. 収支想定の出支の部分にやや疑問がありました。   |
|    |  |                | 前橋市交通政策課 主事(B) | ④. 各項目で何が分かるのかの説明があるとより使いやすいと思います。  |



結果の詳細

本システムの有用度に関する評価詳細(2/2)

| 設問 | 質問項目                                 | 回答者            | 回答   |
|----|--------------------------------------|----------------|--|
| 4  | 本システムの改善点や今後期待する機能はありますか。            | 前橋市交通政策課 課長補佐  | これまでの回答のとおり。   |
|    |                                      | 前橋市交通政策課 副主幹   | -  |
|    |                                      | 前橋市交通政策課 主任    | デマンドバスの時間帯別利用者数を知りたい。<br>2台は8~19時、1台は8~12時など車両ごとに運行時間を変えてシミュレーションしたい。<br>時間によって運賃を変えてシミュレーションしたい、午後だけ運賃を割引することで行動変容につながるかを検証したい。 |
|    |                                      | 前橋市交通政策課 主事(A) | 起動性の改善とより細やかなダイヤの想定を落とし込む必要があります。  |
|    |                                      | 前橋市交通政策課 主事(B) | シミュレーション結果の各数字の根拠となった部分の説明があるとより説得力があると思います。   |
| 5  | 本システムを導入・運用した場合、どんな課題が生じることが想定されますか。 | 前橋市交通政策課 課長補佐  | 数年で異動が生じる自治体職員が継続して活用できない。   |
|    |                                      | 前橋市交通政策課 副主幹   | -  |
|    |                                      | 前橋市交通政策課 主任    | 協議会等に諮る際に、シミュレータの信頼度が課題になると思います。シミュレーションと実際に導入した結果を比較し、実績を積み重ねていく必要があると考えます。   |
|    |                                      | 前橋市交通政策課 主事(A) | ツール活用に係る費用です。実際に何かの作業の手間が省かれるということはないため、費用対効果がないツールとなるため、多くの費用がかかる場合、継続的な運用は難しいと思います。  |
|    |                                      | 前橋市交通政策課 主事(B) | -  |



公開データや入手容易なデータから高精度な移動需要生成や交通分担率推定を行い、実績データでの補正により移動需要予測精度が向上することが示された

結果のまとめ

検証仮説

- ・シミュレーションによって施策の期待効果を高精度に測定し、サービスレベルなど多角的な観点から評価することができる。
- ・MaaSアプリまたは公共交通機関の乗降実績データと連携してモード横断的なデータを収集し、移動需要予測の補正をすることができる。
- ・地域公共交通計画の作成にあたり本システムから出力された結果が有用である。

検証結果

- ・移動需要予測結果と前橋市アンケート調査データの比較のために、コサイン類似度及び交通分担率順位の一致度を算出した結果、いずれも目標値0.9に近い値を示し、移動需要予測および交通分担率の再現性が確認された。
- ・永井バスにおいて2024年に実施した施策を対象に前橋玉村線の利用者変化率を比較したところ、実績値とシミュレーション結果の差分は-5.9%となった。
- ・GunMaaS等のデータによる移動需要補正前後でシミュレーションを行い、乗客数実績値との乖離率を比較した結果、補正実施対象のバス路線27路線のうち、乖離率減少は23路線、乖離率増加は4路線であり、補正による予測精度向上が確認された。
- ・本システムのシミュレーション結果妥当性について目標値3を上回る評価値4.2となり、有用性が確認された。

得られた示唆

移動需要予測及び交通分担率の高い再現性

- ・移動目的別、地区別に高い再現性が示された。

移動需要予測における補正の効果

- ・移動需要予測においては乗降実績データによる補正処理が不可欠であることが示された。

データの鮮度が予測精度に与える影響

- ・新規施設などの入力データを最新の実態に近づけることで更なる精度向上が期待できる。

移動需要補正の分析目的別使い分け

- ・補正前移動需要を基に推定された交通分担率は公共交通需要のポテンシャルを示し、分析目的によって補正有無を使い分ける活用方法が示唆された。

| 移動目的    | コサイン類似度平均値 |
|---------|------------|
| 1 買物    | 0.95       |
| 2 通院    | 0.92       |
| 3 通勤・通学 | 0.93       |

移動需要予測の再現性  
移動目的別の移動開始時間帯のコサイン類似度平均値

| 移動目的    | コサイン類似度平均値 |
|---------|------------|
| 1 買物    | 0.86       |
| 2 通院    | 0.85       |
| 3 通勤・通学 | 0.87       |

移動需要予測の再現性  
移動目的別の移動先エリアのコサイン類似度平均値

| 移動目的    | 順位相関平均値 |
|---------|---------|
| 1 買物    | 0.86    |
| 2 通院    | 0.91    |
| 3 通勤・通学 | 0.87    |

交通分担率の再現性  
移動目的別の交通分担率の順位とアンケート結果の交通分担率との一致度

| 対象路線  | 2023年度から2024年度の1便当たりの利用者変化率 |            | 差分<br>目標値:±10% |
|-------|-----------------------------|------------|----------------|
|       | 実績値                         | シミュレーション結果 |                |
| 前橋玉村線 | 115.0%                      | 109.1%     | -5.9%          |

シミュレーション結果の精度  
永井バスにて2024年に実施した施策に対する前橋玉村線の利用者変化率



検証方法

KPI詳細

| KPI       | 定義  | 目標設定根拠  |
|-----------|---|---|
| 移動需要予測の精度 | 前橋市の「日常の外出や公共交通に関するアンケート調査(令和6年度)」※1の外出状況のデータと、生成した移動需要データの行動時間帯や移動目的地の結果を比較する。<br>なお市民アンケートの回収結果と実際の人口分布には地区別・年齢別までみると差異があるため、実際の人口分布と合うように拡大推計を行った結果と比較をする。 | 地域の移動需要の空間・時間的なパターン(分布構造)が再現されているかを検証するため、絶対値比較ではなく分布パターンの類似度を評価できる指標を設定。 |

※1:「日常の外出や公共交通に関するアンケート調査(令和6年度)」:前橋市が令和6年10月23日~11月5日に行った15歳以上の市民3,000人(無作為抽出、各地区から100票程度回収できるよう地区別で抽出)の市民アンケート調査。回収数1,169票、回収率39.0%。分析を行う上で必要なサンプル数については、一般的なアンケート調査での信頼度を踏まえて信頼度90%、許容誤差10%に設定し、必要票数を算出した。その結果、必要票数が815票であり、今回の回収数1,169票はこれを上回るため、信頼に足るものと言える。

KPIの計測方法(1/3):移動目的別の移動開始時間帯の評価

- 移動目的別(買い物、通院、通勤通学)の移動開始時間帯の実測値と、移動需要推定機能による推定値のコサイン類似度を算出し、特定の移動目的における移動開始時間帯の分布が十分に再現出来ているかの評価を行った。
- 類似度は以下の計算手法で求め結果を比較した。
- コサイン類似度により、推定値と実測値の評価を行った。
  - 推定値と実測値をそれぞれベクトルとして準備する。
    - 推定値:ある移動目的での時間帯ごとの移動人数(6時台9人、7時台13人など)をベクトル( $a = [0.03, 0.10, \dots]$ )に変換
    - 実測値:ある移動目的での居住地区ごとの外出時間帯の割合(6時台9%、7時台13%など)ベクトル: $b = [0.05, 0.15, \dots]$
- $\cos(a, b) = \frac{a \cdot b}{\|a\| \|b\|}$  がどれだけ「1」に近いかで評価を行う。
- アンケート調査との比較のため、対象の移動目的は買い物・通院・通勤通学とする。

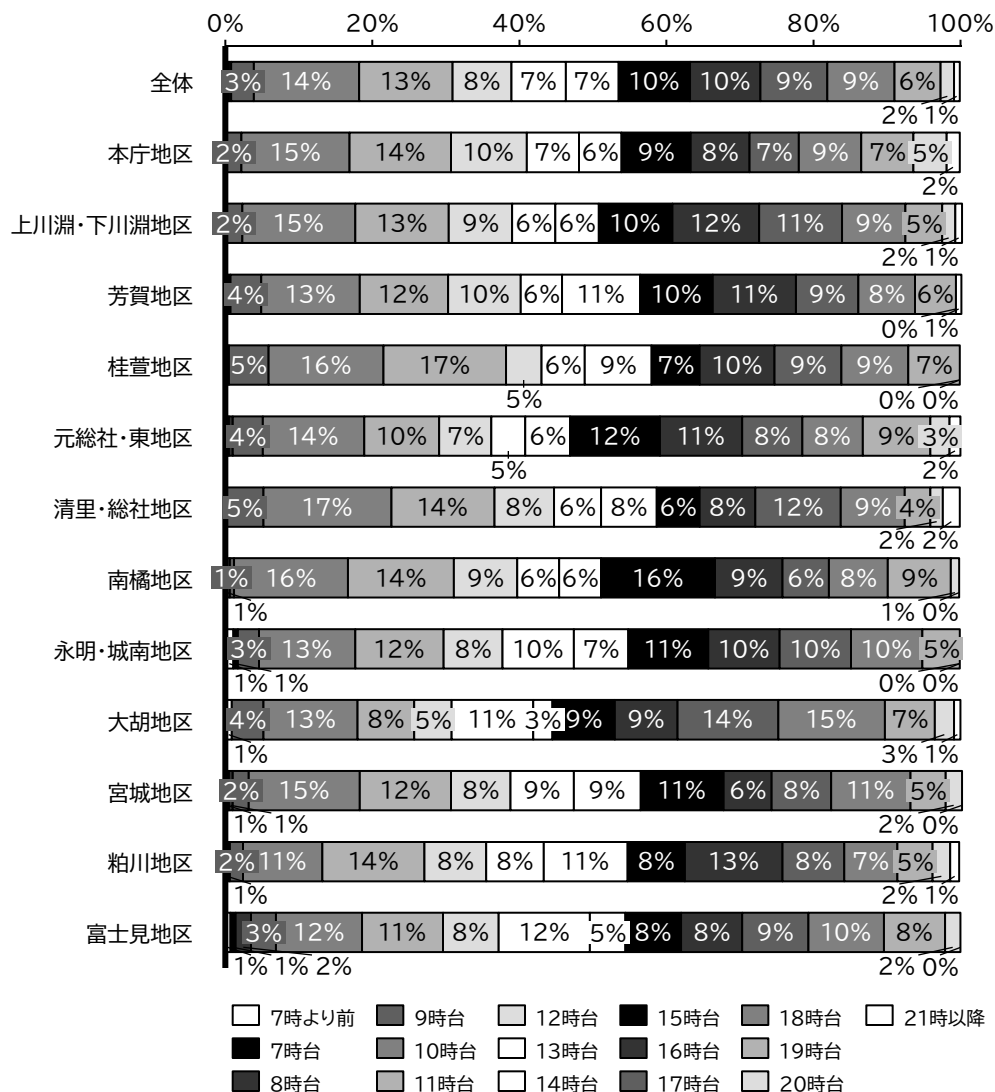
KPIの計測方法(2/3):移動目的別の移動先エリアの評価

- 移動目的別(買い物、通院、通勤通学)の移動先エリアの実測値と、移動需要推定機能による推定値のコサイン類似度を算出し、特定の移動目的における目的地エリアの分布が十分に再現出来ているかの評価を行った。
- 類似度は以下の計算手法で求め結果を比較した。
  - 推定値と実測値をそれぞれベクトルとして準備する。
    - 推定値:ある移動目的での地区ごとの選択数(本庁地区9回、富士見地区13回など)をベクトル( $a = [0.03, 0.10, \dots]$ )に変換
    - 実測値:ある移動目的での居住地区ごとの外出先地区の選択割合(本庁地区9%、富士見地区13%など)ベクトル: $b = [0.05, 0.15, \dots]$
- $\cos(a, b) = \frac{a \cdot b}{\|a\| \|b\|}$  がどれだけ「1」に近いかで評価を行う。
- アンケート調査との比較のため、対象の移動目的は買い物・通院・通勤通学とする。
- アンケート調査との比較のため、地区は以下の12エリアとする。  
(本庁地区、上川淵・下川淵地区、芳賀地区、桂萱地区、元総社・東地区、清里・総社地区、南橋地区、永明・城南地区、大胡地区、宮城地区、粕川地区、富士見地区)

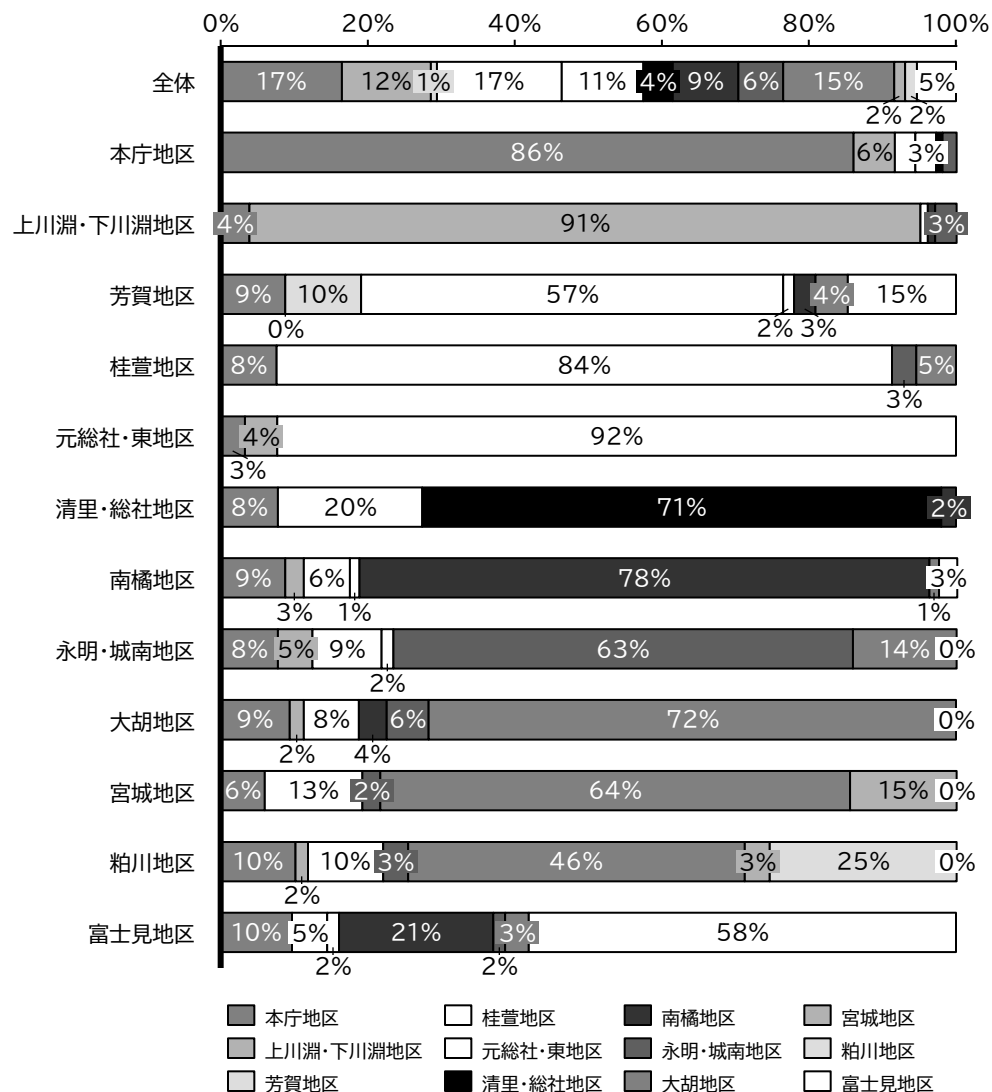


KPIの計測方法(3/3):前橋市 市民アンケート調査報告書

買い物に出かける時間帯【地区別】



買い物でよく行くエリア【地区別】



検証シナリオ

| 番号 | 検証方法                                     | 検証項目(移動開始地点となる居住地区ごとの比較) | 比較対象           |
|----|--|--------------------------|----------------|
| 1  | 移動目的別の移動開始時間帯の実測値(アンケート結果)と推定値のコサイン類似度比較 | 買い物における移動開始時間帯           | 前橋市のアンケート調査データ |
| 2  |  | 通院における移動開始時間帯            |                |
| 3  |  | 通勤通学における移動開始時間帯          |                |
| 4  | 移動目的別の移動先エリアの実測値(アンケート結果)と推定値のコサイン類似度比較  | 買い物における目的地エリア            |                |
| 5  |  | 通院における目的地エリア             |                |
| 6  |  | 通勤通学における目的地エリア           |                |

結果の詳細

1 移動目的別の移動開始時間帯の実測値(アンケート結果)と推定値のコサイン類似度比較

買い物における移動開始時間帯(移動開始地点となる居住地区ごとの比較(1/2))

- 移動目的別の移動開始時間帯の検証  
 コサイン類似度の全地区の平均は0.95となった。  
 12地区中11地区で0.9を上回る結果となった。

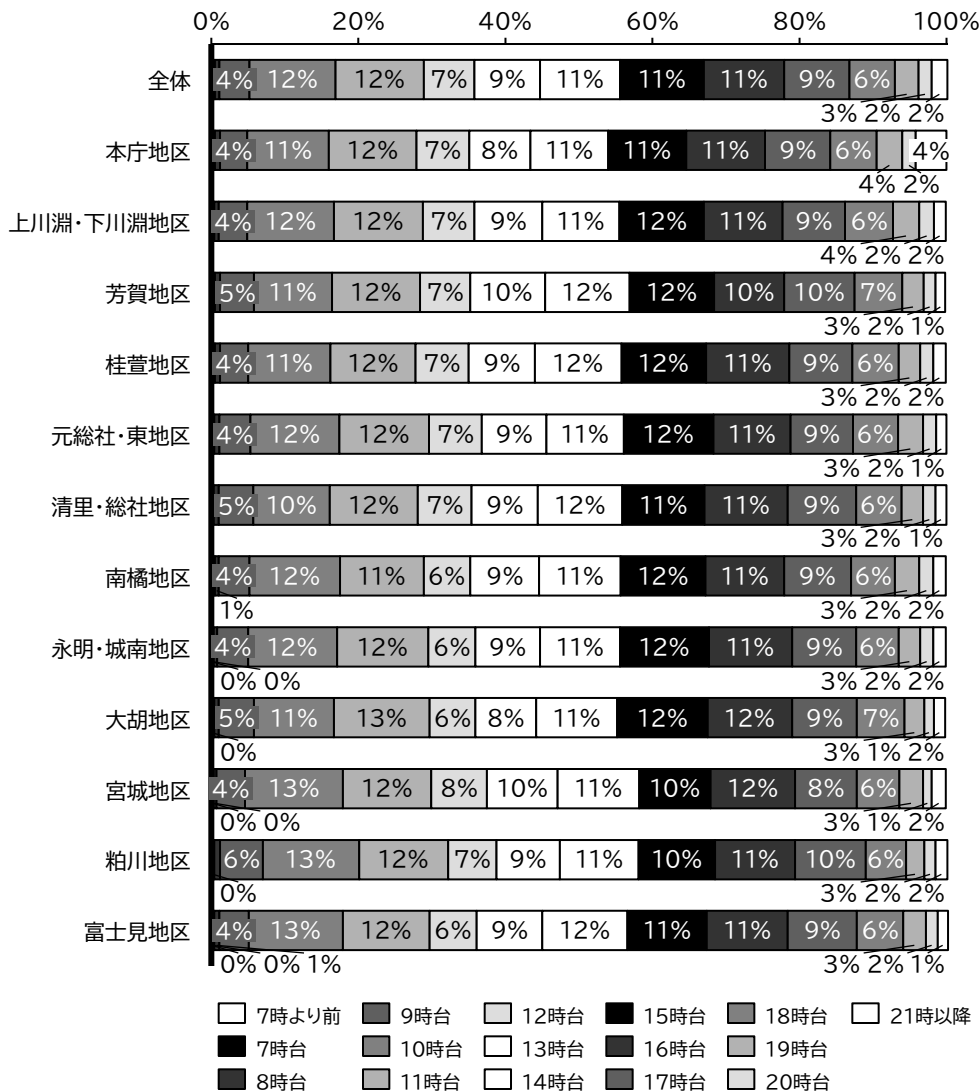
| 居住地区      | コサイン類似度 |
|-----------|---------|
| 本庁地区      | 0.95    |
| 上川淵・下川淵地区 | 0.96    |
| 芳賀地区      | 0.97    |
| 桂萱地区      | 0.94    |
| 元総社・東地区   | 0.96    |
| 清里・総社地区   | 0.93    |
| 南橘地区      | 0.93    |
| 永明・城南地区   | 0.97    |
| 大胡地区      | 0.88    |
| 宮城地区      | 0.96    |
| 粕川地区      | 0.97    |
| 富士見地区     | 0.93    |
| 平均値       | 0.95    |

各地区のコサイン類似度

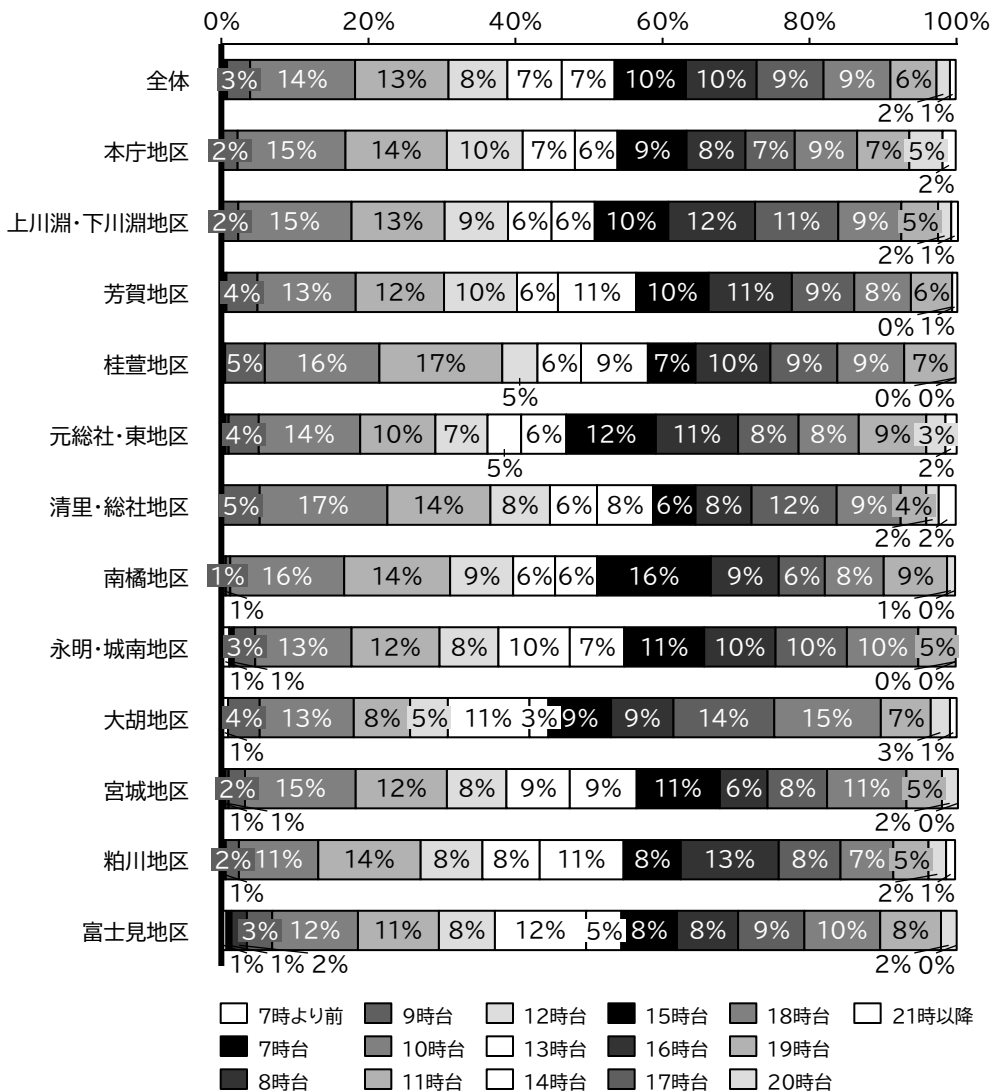
買い物における移動開始時間帯(移動開始地点となる居住地区ごとの比較(2/2))

・ 各地区における買い物の出発、帰宅時間帯についての構成比グラフ

シミュレーションによる推定値



アンケート結果

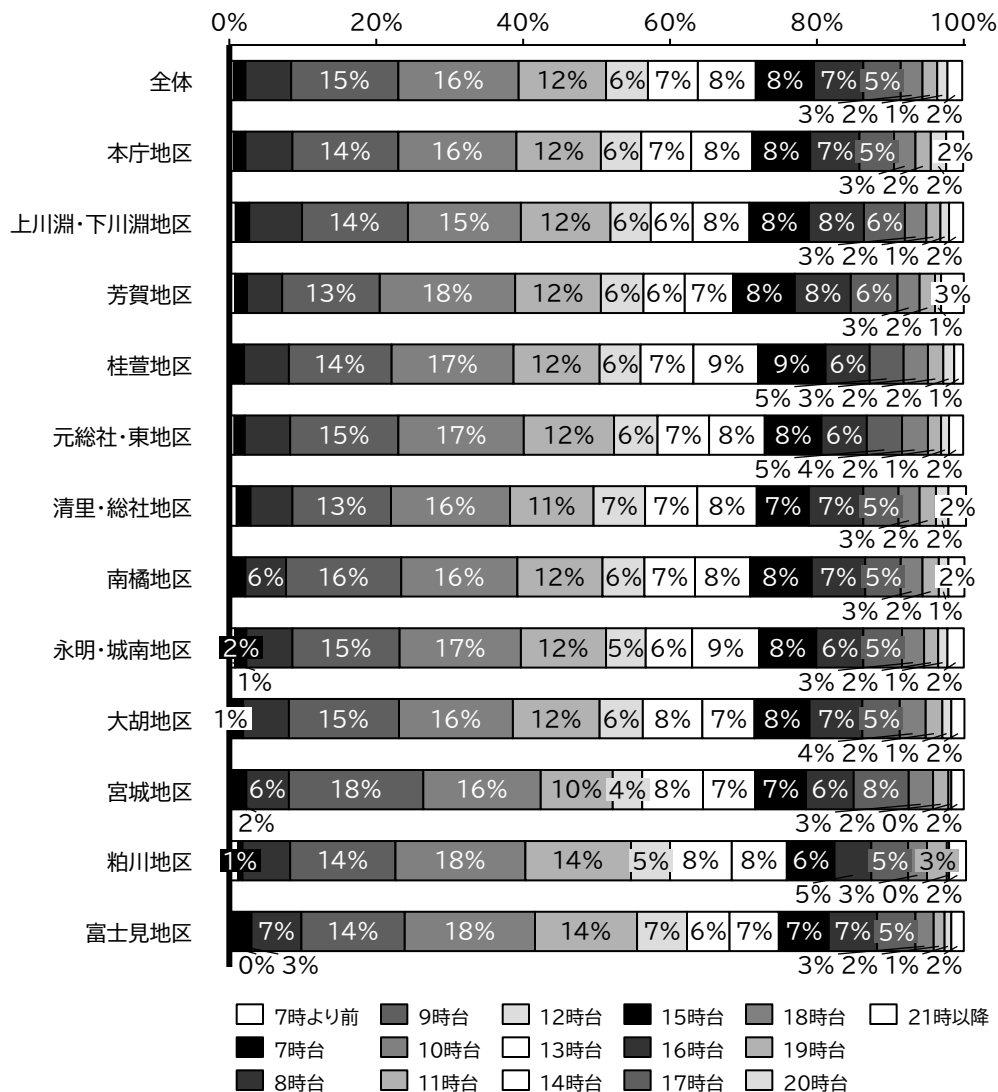




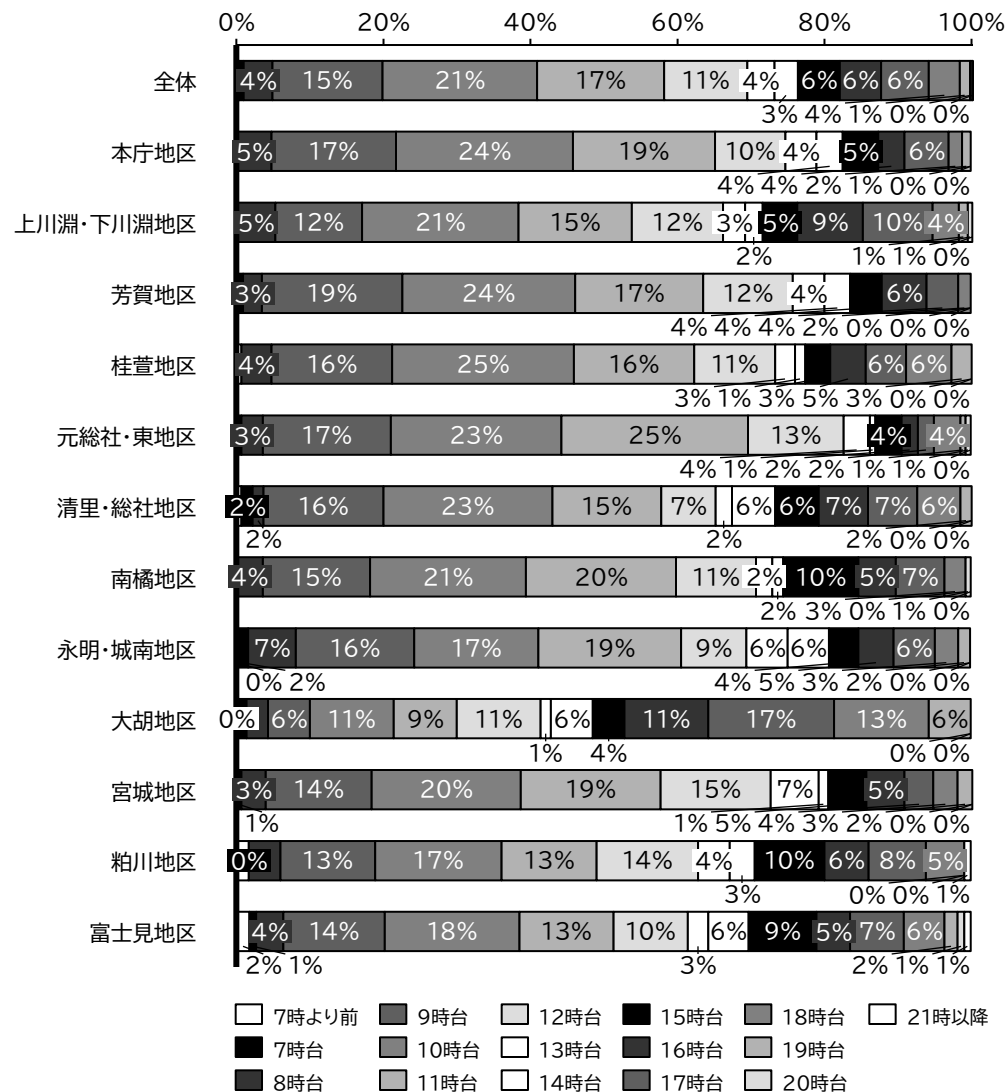
通院における移動開始時間帯(移動開始地点となる居住地区ごとの比較) (2/2)

- 各地区における通院の出発、帰宅時間帯についての構成比グラフ

シミュレーションによる推定値



アンケート結果



### 3 移動目的別の移動開始時間帯の実測値(アンケート結果)と推定値のコサイン類似度比較

#### 通勤通学における移動開始時間帯(移動開始地点となる居住地区ごとの比較) (1/2)

- 移動目的別の移動開始時間帯の検証  
 コサイン類似度の全地区の平均は、0.93となった。  
 12地区中9地区で0.9を上回る結果となった。

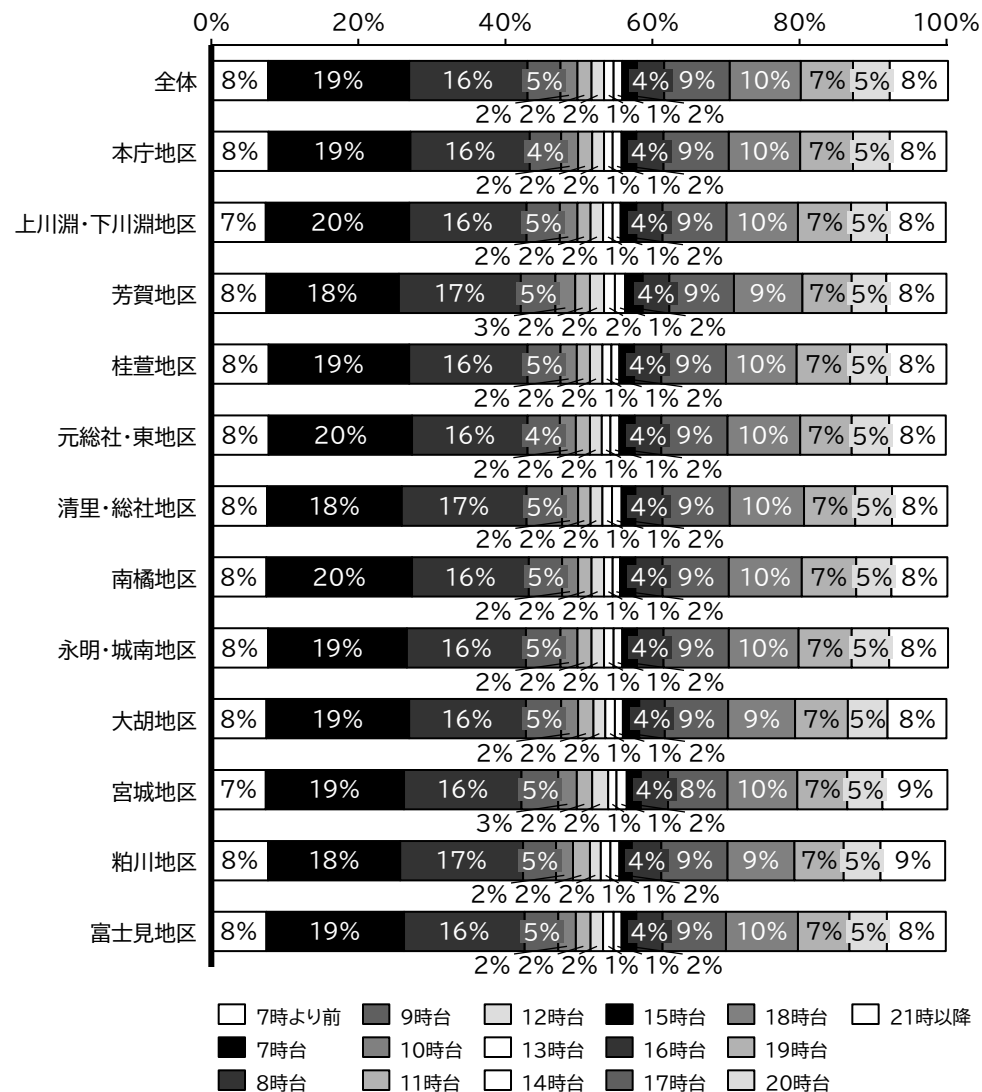
| 居住地区      | コサイン類似度 |
|-----------|---------|
| 本庁地区      | 0.95    |
| 上川淵・下川淵地区 | 0.93    |
| 芳賀地区      | 0.91    |
| 桂萱地区      | 0.94    |
| 元総社・東地区   | 0.97    |
| 清里・総社地区   | 0.89    |
| 南橘地区      | 0.94    |
| 永明・城南地区   | 0.88    |
| 大胡地区      | 0.96    |
| 宮城地区      | 0.89    |
| 粕川地区      | 0.94    |
| 富士見地区     | 0.94    |
| 平均値       | 0.93    |

各地区のコサイン類似度

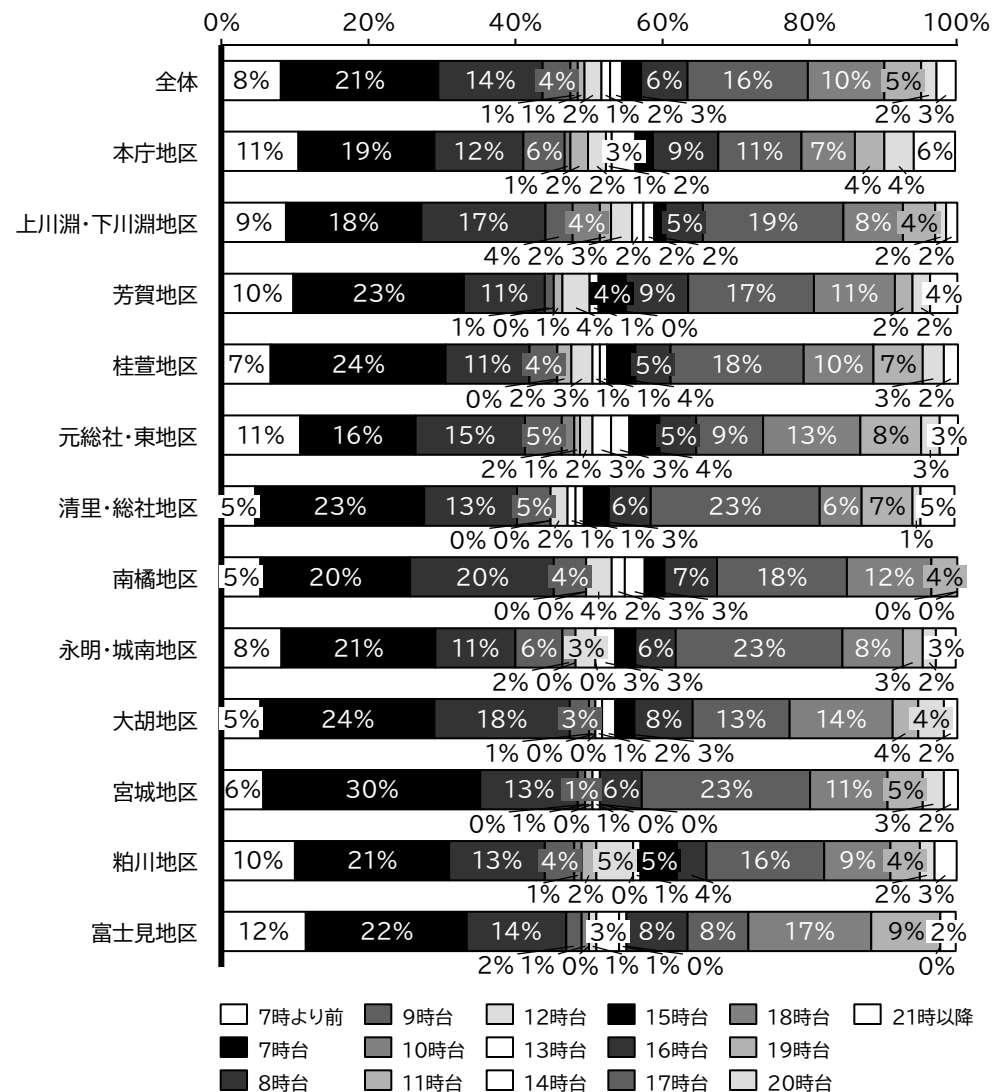
通勤通学における移動開始時間帯(移動開始地点となる居住地区ごとの比較) (2/2)

- 各地区における通勤通学の出発、帰宅時間帯についての構成比グラフ

シミュレーションによる推定値



アンケート結果

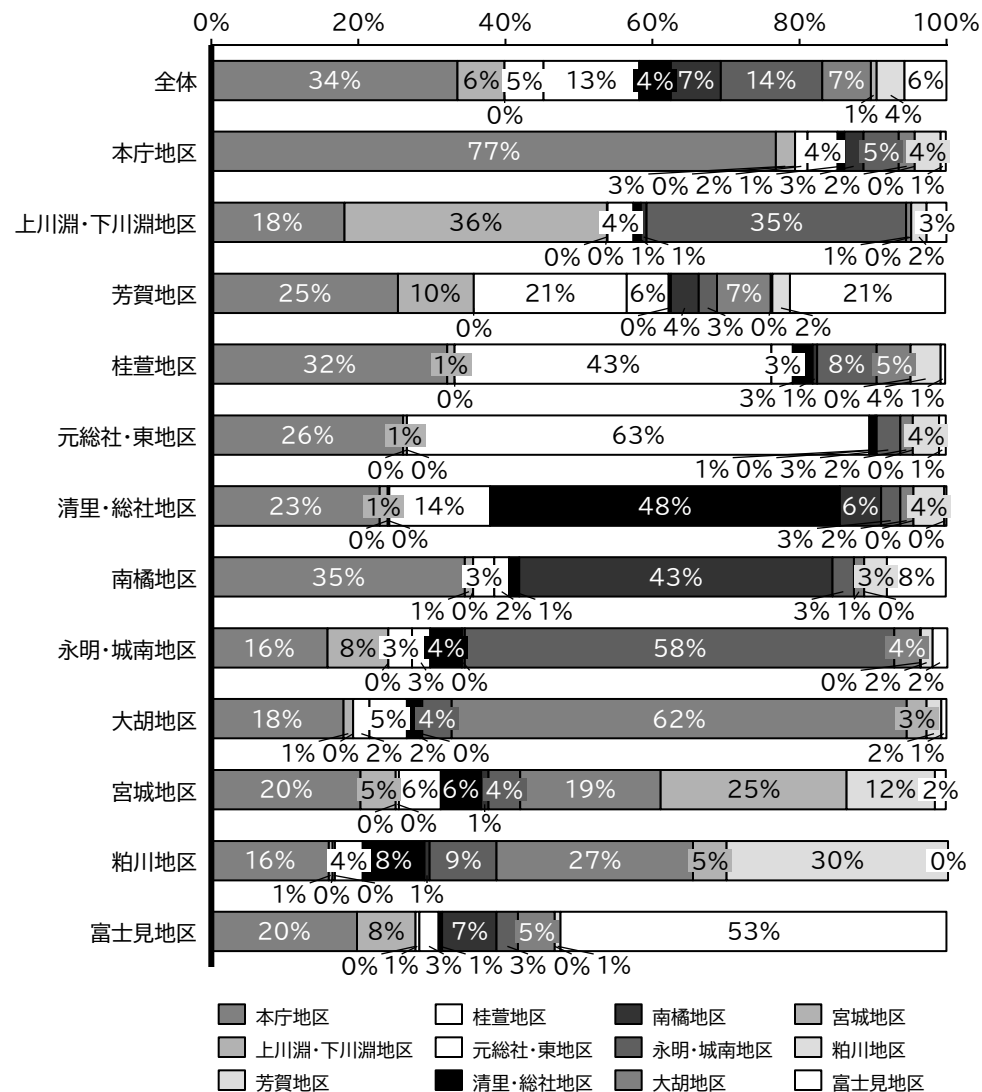




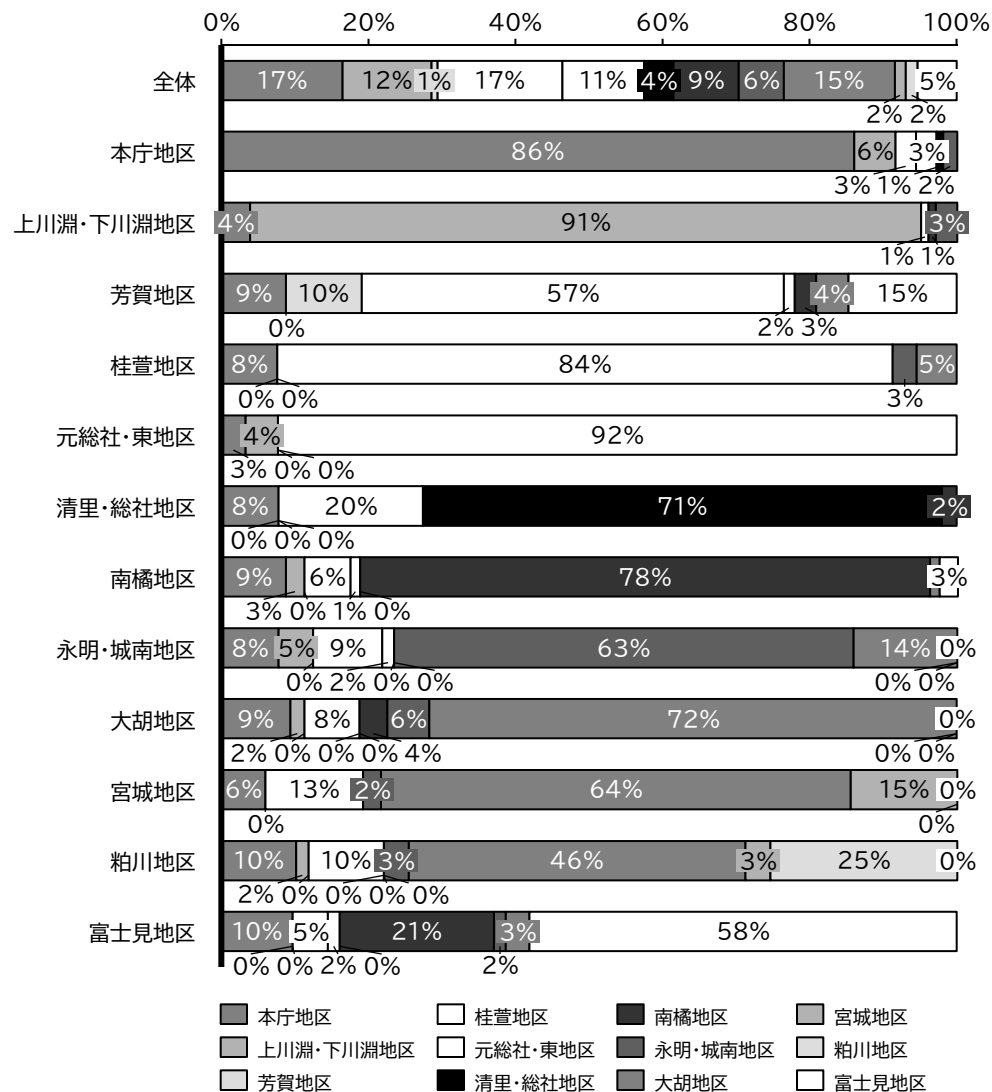
買い物における目的地エリア(移動開始地点となる居住地区ごとの比較) (2/2)

- 各地区における買い物の目的地についての構成比グラフ

シミュレーションによる推定値



アンケート結果



## 5 移動目的別の移動先エリアの実測値(アンケート結果)と推定値のコサイン類似度比較

### 通院における目的地エリア(移動開始地点となる居住地区ごとの比較) (1/2)

- 移動目的別の移動先エリアの検証  
コサイン類似度の全地区の平均は0.85となった。  
12地区中11地区で0.8以上の結果となった。

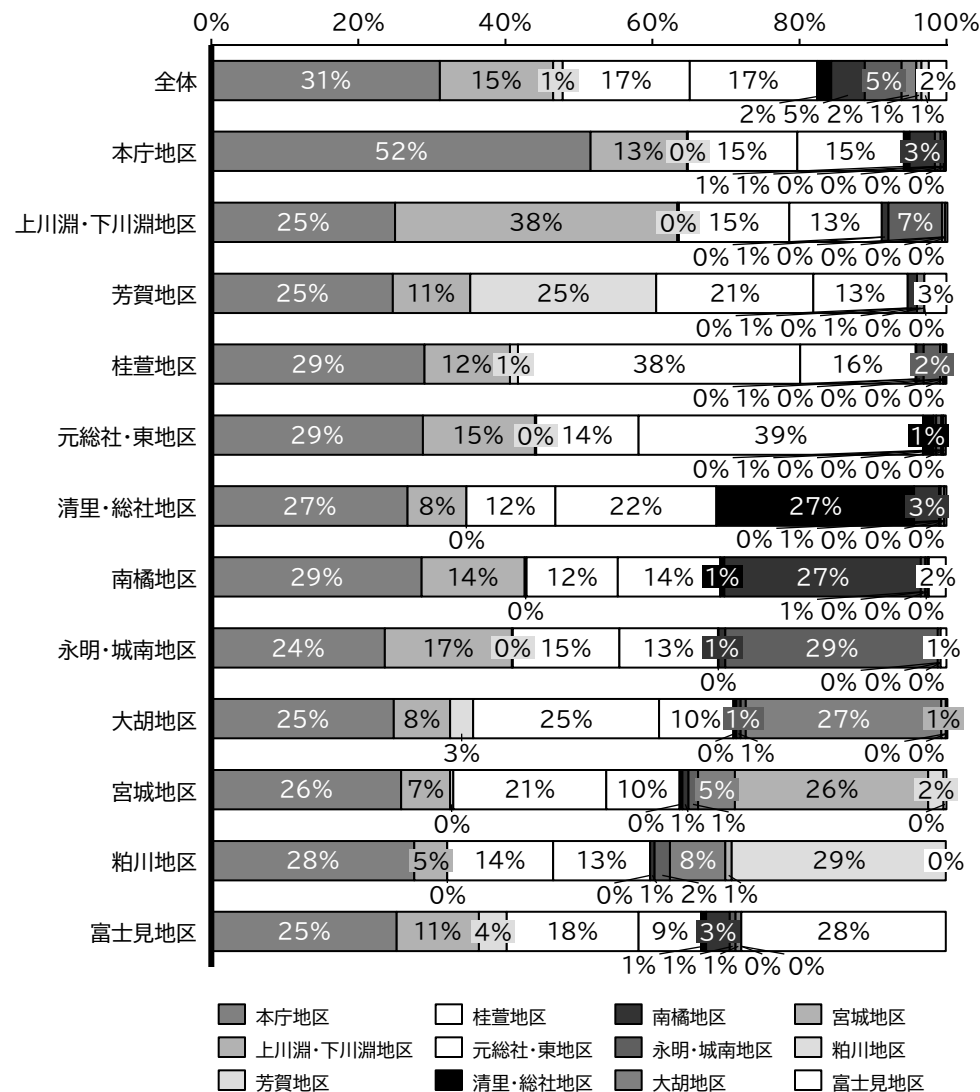
| 居住地区      | コサイン類似度 |
|-----------|---------|
| 本庁地区      | 0.94    |
| 上川淵・下川淵地区 | 0.86    |
| 芳賀地区      | 0.91    |
| 桂萱地区      | 0.88    |
| 元総社・東地区   | 0.84    |
| 清里・総社地区   | 0.85    |
| 南橘地区      | 0.81    |
| 永明・城南地区   | 0.8     |
| 大胡地区      | 0.89    |
| 宮城地区      | 0.75    |
| 粕川地区      | 0.8     |
| 富士見地区     | 0.81    |
| 平均値       | 0.85    |

各地区のコサイン類似度

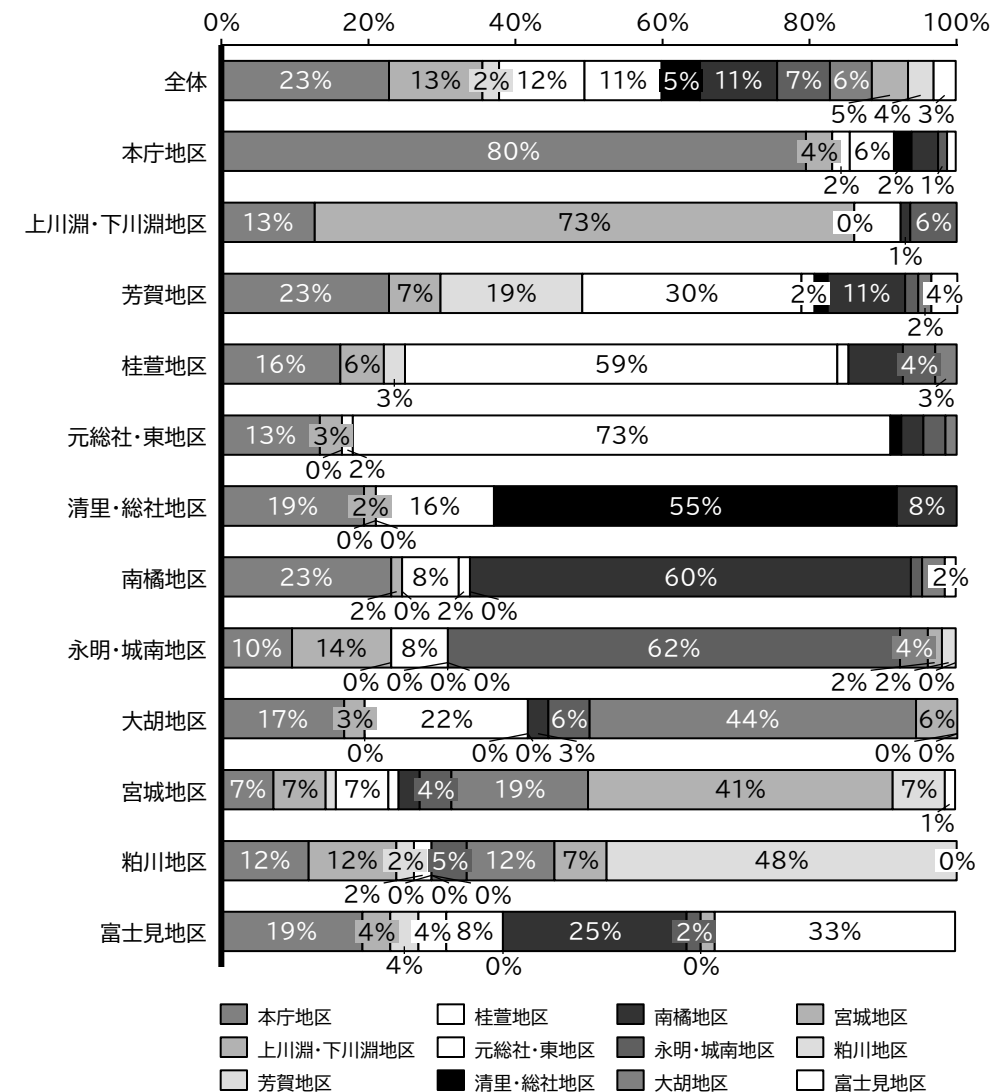
通院における目的地エリア(移動開始地点となる居住地区ごとの比較) (2/2)

・各地区における通院の目的地についての構成比グラフ

シミュレーションによる推定値



アンケート結果



## 6 移動目的別の移動先エリアの実測値(アンケート結果)と推定値のコサイン類似度比較

### 通勤通学における目的地エリア(移動開始地点となる居住地区ごとの比較) (1/2)

- 移動目的別の移動先エリアの検証  
 コサイン類似度の全地区の平均は0.87となった。  
 12地区中11地区で0.8を上回る結果となった。

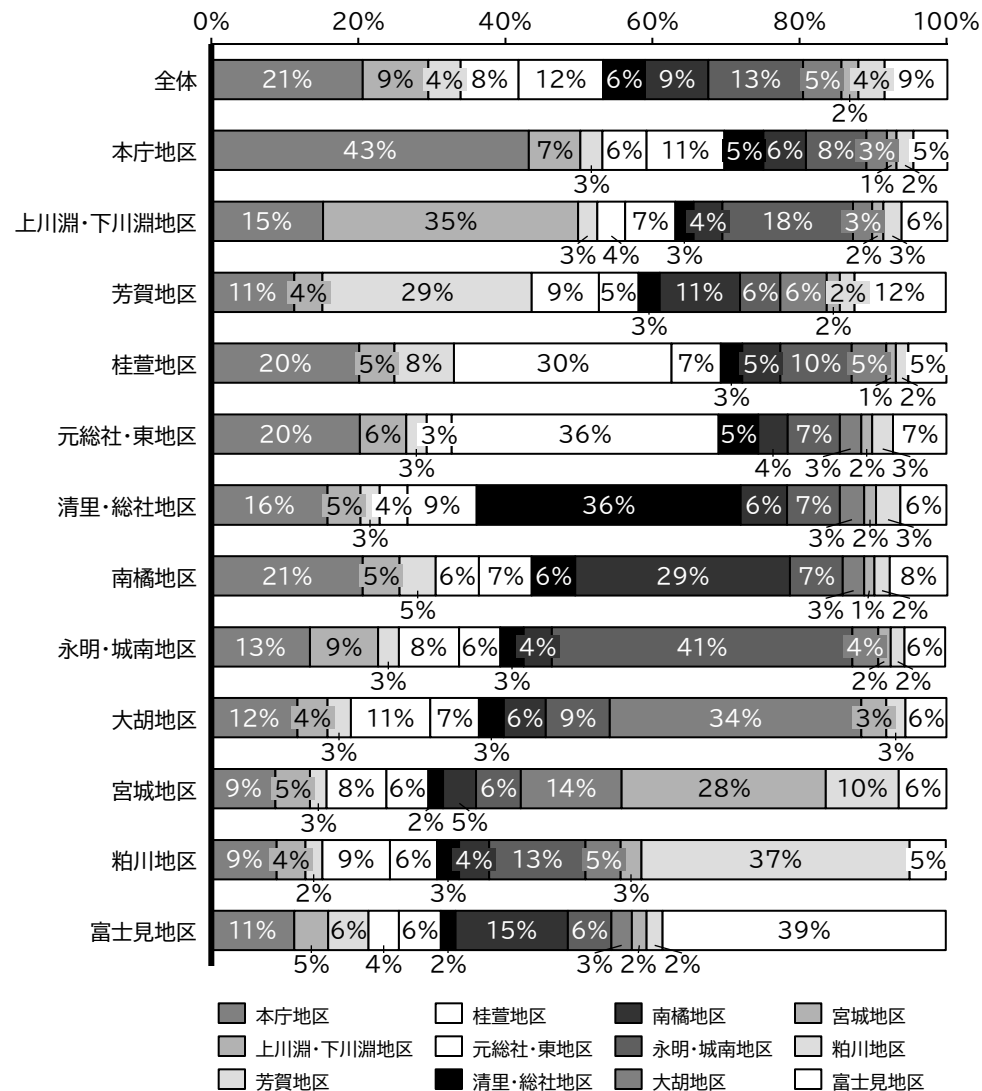
| 居住地区      | コサイン類似度 |
|-----------|---------|
| 本庁地区      | 0.97    |
| 上川淵・下川淵地区 | 0.82    |
| 芳賀地区      | 0.84    |
| 桂萱地区      | 0.97    |
| 元総社・東地区   | 0.96    |
| 清里・総社地区   | 0.87    |
| 南橘地区      | 0.95    |
| 永明・城南地区   | 0.84    |
| 大胡地区      | 0.82    |
| 宮城地区      | 0.84    |
| 粕川地区      | 0.6     |
| 富士見地区     | 0.92    |
| 平均値       | 0.87    |

各地区のコサイン類似度

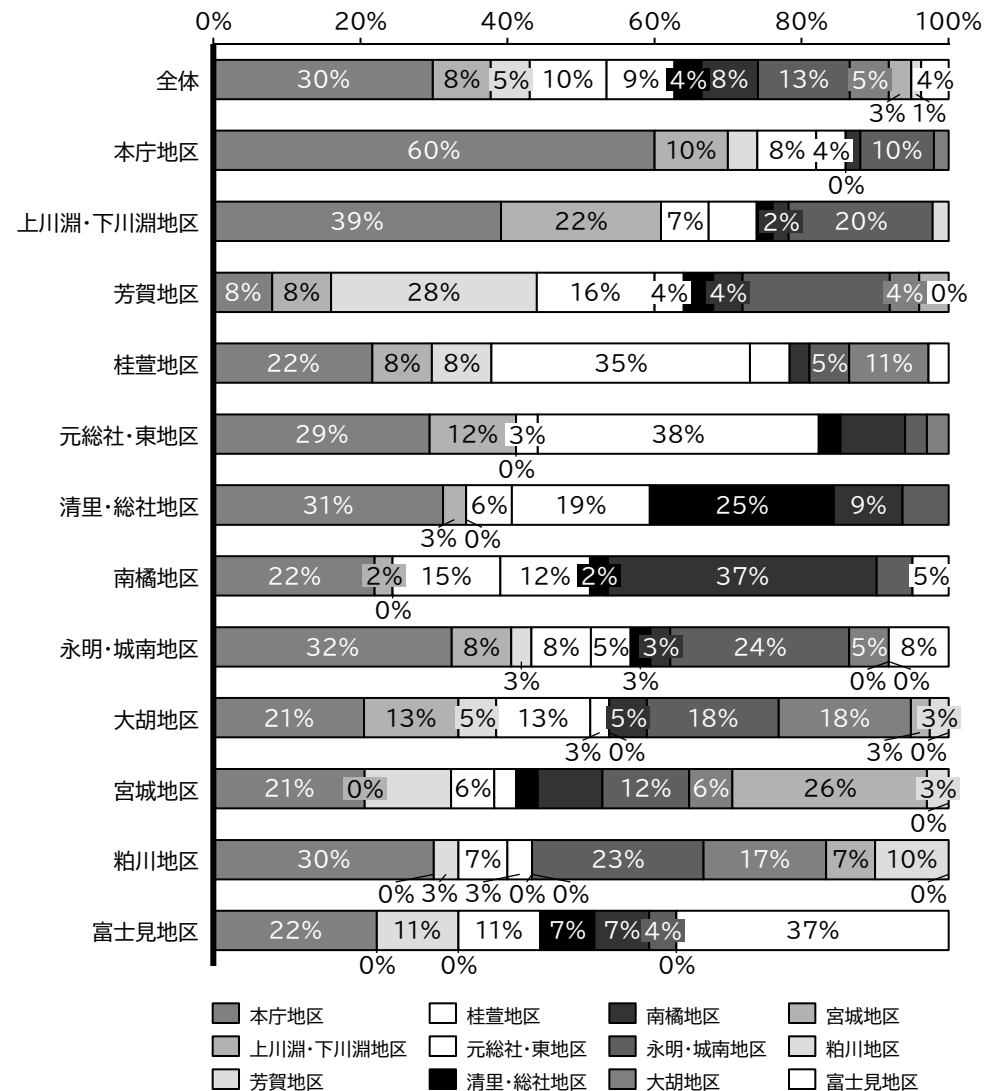
通勤通学における目的地エリア(移動開始地点となる居住地区ごとの比較) (2/2)

- 各地区における通勤通学の目的地についての構成比グラフ

シミュレーションによる推定値



アンケート結果



検証方法

KPI詳細

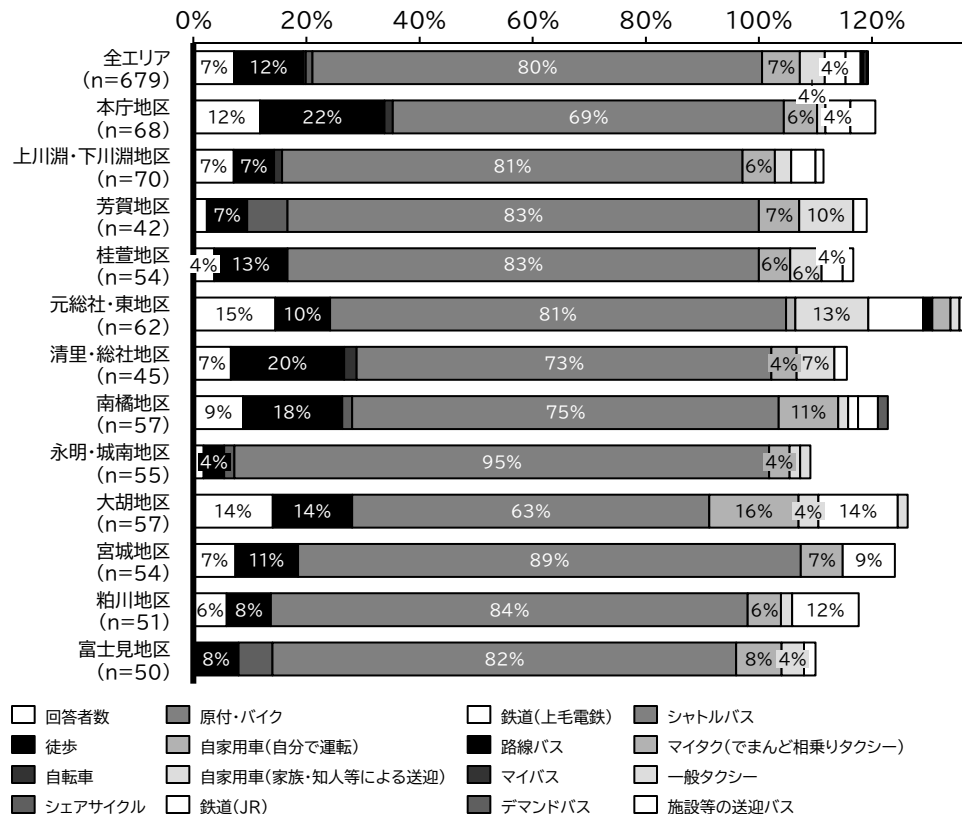
| KPI        | 定義   | 目標設定根拠  |
|------------|--|---|
| 交通分担率推定の精度 | 前橋市の「日常の外出や公共交通に関するアンケート調査(令和6年度)」※1の交通手段のデータと、シミュレーション結果の交通分担率の順位関係を比較する。なお市民アンケートの回収結果と実際の人口分布には地区別・年齢別までみると差異があるため、実際の人口分布と合うように拡大推計を行った結果と比較をする。 | 地域の交通手段選択傾向を再現できているかを検証するため、絶対値比較ではなく交通モード毎の使いやすさの相対的順位が一致しているかを評価できる指標を設定。 |

KPIの計測方法

- 交通分担率の順位相関の評価
  - 居住地区毎の外出時交通手段の実測値と推定値の順位相関を算出し評価した。
  - 交通分担率は前橋市の「日常の外出や公共交通に関するアンケート調査(令和6年度)」との比較により検証した。
  - 本システムにて各移動需要に対し割り当てられた交通モード(鉄道、定時定路線型の路線バス、デマンド型交通、自家用車、徒歩)について、それぞれの分担率(利用割合)をもとに順位を付け、その順位を指標として実測値の交通分担率との一致度を評価するために、スピアマンの順位相関係数(ρ)を算出した。

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n^3 - n}$$

- x<sub>i</sub>: アンケート調査における各交通手段の順位
- y<sub>i</sub>: 本システムにおける各交通手段の順位
- n: 本システムにて割り当てる交通手段の数
- ρ が1に近いほど順位相関が一致していることを示す。
- 順位相関比較は以下の地区別に行い、各地区の交通選択傾向が再現出ているかを検証する。  
(本庁地区、上川淵・下川淵地区、芳賀地区、桂萱地区、元総社・東地区、清里・総社地区、南橋地区、永明・城南地区、大胡地区、宮城地区、粕川地区、富士見地区)



前橋市 市民アンケート調査報告書  
通勤・通学に出かけるときの交通手段【地区別】/地区区分

検証シナリオ

| 番号 | 検証方法  | 検証項目              | 比較対象           |
|----|---|-------------------|----------------|
| 1  | 居住地区毎の外出時交通手段の実測値(アンケート結果)と推定値の順位相関 ※居住地区は以下の12エリア (本庁地区、上川淵・下川淵地区、芳賀地区、桂萱地区、元総社・東地区、清里・総社地区、南橋地区、永明・城南地区、大胡地区、宮城地区、粕川地区、富士見地区) | 居住地区ごとの交通手段の分担率順位 | 前橋市のアンケート調査データ |



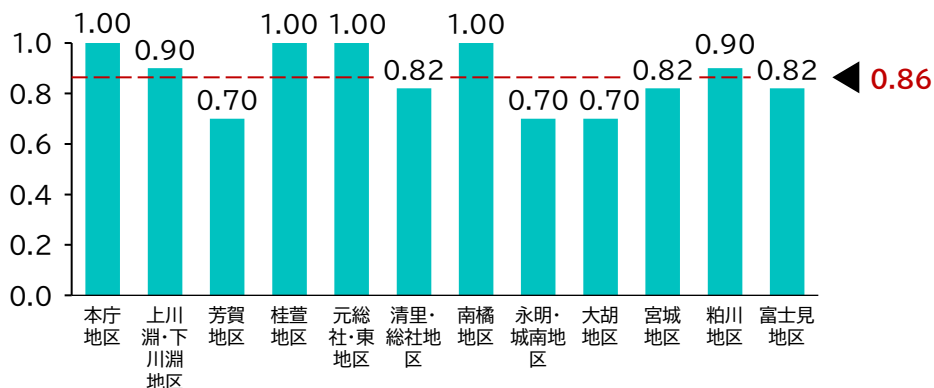
結果の詳細

居住地区毎の外出時交通手段の実測値(アンケート結果)と推定値の順位相関

居住地区ごとの交通手段の分担率順位

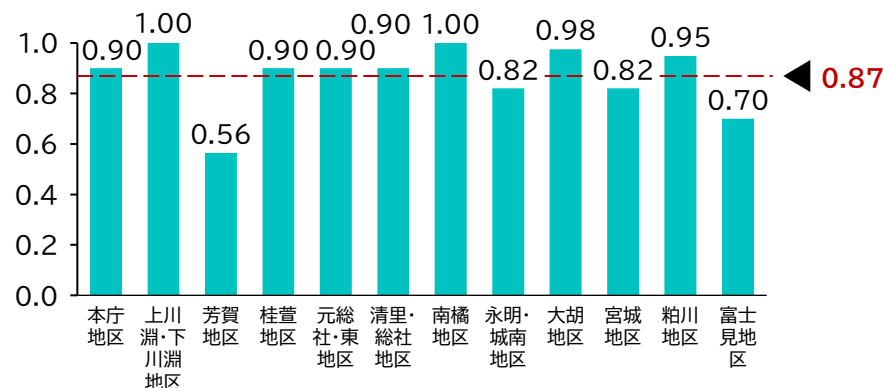
・買い物

順位相関の全地区の平均は0.86となった。  
12地区中6地区で0.9以上の結果となった。



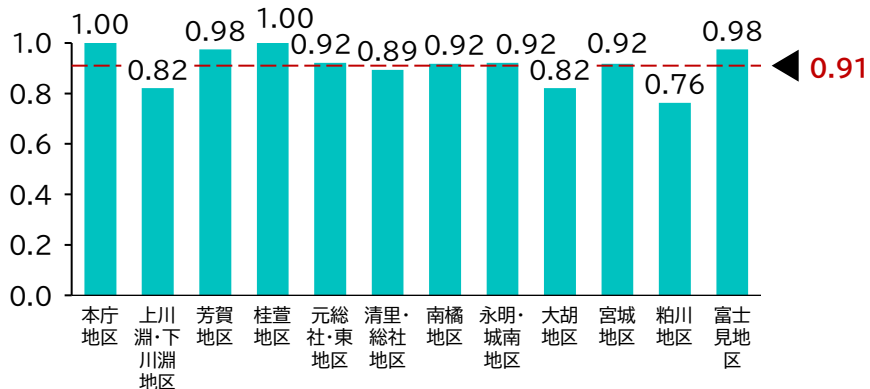
・通勤通学

順位相関の全地区の平均は0.87となった。  
12地区中8地区で0.9以上の結果となった。



・通院

順位相関の全地区の平均は0.91となった。  
12地区中8地区で0.9以上の結果となった。



検証方法

KPI詳細

| KPI              | 定義  | 目標設定根拠  |
|------------------|---|---|
| 施策実施後のシミュレーション精度 | 過去に行った施策の利用者数の変化と同様のシナリオを設定したシミュレーションによる利用者数の変化を比較する。 | 当該施策の内容は、時間帯における便の増減であることから、利用者数の変化の一致度を評価できる指標を設定。 |

KPIの計測方法

- 1. 永井運輸株式会社の令和6年4月1日ダイヤ改正前(1)、とダイヤ改正後(2)の利用実績データを用いて実際の変化量 = (2) - (1) ... (X) を算出した。
- 2. シミュレーションでは以下を算出した。
  - (3) 令和6年4月1日ダイヤ改正前のシミュレーション上の利用者数
  - (4) 令和6年4月1日ダイヤ改正後のシミュレーション上の利用者数
  - シミュレーションの変化量 = (4) - (3) ... (Y)
- (X) と (Y) を比較し、その合致性を検証した。

検証シナリオ

| 番号 | 検証方法  | 検証項目  | 比較対象                        |
|----|---|---|-----------------------------|
| 1  | 過去に行った施策の利用者数の変化と同様のシナリオを設定したシミュレーションによる利用者数の変化を比較する。 | 過去に行った施策 [30]前橋玉村線令和6年4月1日のダイヤ改正 (20時21時増便、早朝夜間減便等)後のシミュレーション結果における利用者数 | ダイヤ変更前年度のシミュレーション結果における利用者数 |

結果の詳細

1 過去に行った施策の利用者数の変化と同様のシナリオを設定したシミュレーションによる利用者数の変化の比較

- 前橋玉村線において、シミュレーション結果と実績の増加率の差は、10%以内となった。

<前橋玉村線>

前橋駅より南東方向の路線

前橋公園⇨前橋駅⇨前橋工科大⇨玉村町役場⇨新町駅



|                  | 年間利用者数 (人/年) | 年間運行便数 (便) | 1日当たりの利用者数 (人/日) |
|------------------|--------------|------------|------------------|
| 2023年度実績         | 172386       | 22551      |                  |
| 2024年度実績         | 198199       | 24265      |                  |
| 2023年度シミュレーション結果 |              |            | 243              |
| 2024年度シミュレーション結果 |              |            | 265              |

- 実績とシミュレーション結果の誤差について、2023年度から2024年度の利用者数の変化率は下記の通り

実績  $(198,199 - 172,386) / 172,386 = +15.0\%$

シミュレーション結果  $(265 - 243) / 243 = +9.1\%$

シミュレーション結果と実績の増加率の差は-5.9%となった

検証方法

KPI詳細

| KPI                 | 定義   | 目標設定根拠   |
|---------------------|--|--|
| 乗降実績データによる移動需要補正の効果 | 前橋市保有のバス及びデマンド型交通の一件明細データの乗客数とシミュレーション結果を比較する。 | MaaSアプリデータ及び乗降実績データによる補正により、統計データのためのシミュレーション結果よりも実際に近い結果が得られるか効果を検証するため |

KPIの計測方法

- 定時定路線型の路線バスおよびデマンド型交通の利用者数について、移動需要データを補正する前と後のそれぞれのシミュレーション結果と乗降実績データの乖離率の比較を行い、乗降実績データによる移動需要の補正効果を確認した。
  - $P_{MaaS}$ を乗降実績データから算出した利用者数、 $P_{SIM}$ をシミュレーション結果をもとに算出した利用者数、 $abs( )$ を絶対値を求める関数として、乖離率は以下で求めた。
  - 乖離率 =  $\frac{abs(P_{MaaS}-P_{SIM})}{P_{MaaS}}$
  - 乖離率は定時定路線型の路線バスの場合は路線ごと、デマンド型交通の場合はサービスエリアごとに求め評価した。

検証シナリオ

| 番号 | 検証方法                                  | 検証項目                      | 比較対象                |
|----|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1  | 定時定路線型の路線バスおよびデマンド型交通の乗客数の実測値と推定値の乖離率 | 定時定路線型の路線バスの路線毎乗客数        | 定時定路線型の路線バスの一件明細データ |
| 2  |                                       | デマンド型交通の事業者毎(サービスエリア毎)乗客数 | デマンド型交通の一件明細データ     |



結果の詳細

1 定時定路線型の路線バスおよびデマンド型交通の乗客数の実測値と推定値の乖離率

定時定路線型の路線バスの路線毎乗客数

- 補正実施対象27路線のうち、乖離率減少(KPIを達成)は23路線、乖離率増加は4路線であった。  
以下に各路線毎の補正前の乗客数(P\_SIM(前))、補正後の乗客数(P\_SIM(後))、乖離率を示す。

| 路線名                    | P MaaS<br>(補正データ) | 補正前の乗客数<br>(P_SIM(前)) | 補正後の乗客数<br>(P_SIM(後)) | 乖離(前) | 乖離(後) | 乖離率<br>(前)[%] | 乖離率<br>(後)[%] | 乖離率(後)<br>-乖離(前)[%] |
|------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|---------------|---------------|---------------------|
| シャトルバス                 | 87                | 11                    | 3                     | 76    | 84    | 87.4          | 96.6          | 9.2                 |
| 前橋公園線                  | 19                | 14                    | 2                     | 5     | 17    | 26.3          | 89.5          | 63.2                |
| 前橋吉岡線                  | 22                | 77                    | 15                    | 55    | 7     | 250.0         | 31.8          | -218.2              |
| 前橋土屋文明線                | 33                | 108                   | 25                    | 75    | 8     | 227.3         | 24.2          | -203.0              |
| 前橋榛東線                  | 152               | 523                   | 151                   | 371   | 1     | 244.1         | 0.7           | -243.4              |
| 前橋渋川線                  | 974               | 1293                  | 445                   | 319   | 529   | 32.8          | 54.3          | 21.6                |
| 前橋玉村線                  | 300               | 854                   | 260                   | 554   | 40    | 184.7         | 13.3          | -171.3              |
| 前橋赤城山線                 | 17                | 27                    | 11                    | 10    | 6     | 58.8          | 35.3          | -23.5               |
| 前橋金古王塚台線               | 21                | 108                   | 22                    | 87    | 1     | 414.3         | 4.8           | -409.5              |
| 前橋駅～大渡橋～金古～箕郷営業所       | 17                | 106                   | 23                    | 89    | 6     | 523.5         | 35.3          | -488.2              |
| 前橋駅～生涯学習センター前～日赤病院線    | 20                | 66                    | 23                    | 46    | 3     | 230.0         | 15.0          | -215.0              |
| 前橋駅～県庁前(中央大橋)～イオンモール高崎 | 35                | 110                   | 28                    | 75    | 7     | 214.3         | 20.0          | -194.3              |
| 前橋高崎線                  | 134               | 327                   | 108                   | 193   | 26    | 144.0         | 19.4          | -124.6              |
| 城南運動公園線                | 159               | 811                   | 193                   | 652   | 34    | 410.1         | 21.4          | -388.7              |
| 大渡町線                   | 1                 | 6                     | 3                     | 5     | 2     | 500.0         | 200.0         | -300.0              |
| 富士見温泉線                 | 153               | 689                   | 202                   | 536   | 49    | 350.3         | 32.0          | -318.3              |
| 富士見赤城山線                | 7                 | 10                    | 1                     | 3     | 6     | 42.9          | 85.7          | 42.9                |
| 嶺公園線                   | 61                | 181                   | 70                    | 120   | 9     | 196.7         | 14.8          | -182.0              |
| 川原町線                   | 36                | 84                    | 25                    | 48    | 11    | 133.3         | 30.6          | -102.8              |
| 川曲線                    | 181               | 340                   | 118                   | 159   | 63    | 87.9          | 34.8          | -53.0               |
| 広瀬線                    | 40                | 224                   | 62                    | 184   | 22    | 460.0         | 55.0          | -405.0              |
| 新前橋駅西口線                | 86                | 273                   | 96                    | 187   | 10    | 217.4         | 11.6          | -205.8              |
| 東大室線                   | 132               | 640                   | 156                   | 508   | 24    | 384.9         | 18.2          | -366.7              |
| 荻窪公園線                  | 270               | 698                   | 275                   | 428   | 5     | 158.5         | 1.9           | -156.7              |
| 青柳富士見線                 | 148               | 602                   | 179                   | 454   | 31    | 306.8         | 21.0          | -285.8              |
| 高崎前橋線                  | 198               | 608                   | 178                   | 410   | 20    | 207.1         | 10.1          | -197.0              |
| 高崎駅東口～下川団地～日赤病院線       | 1                 | 12                    | 2                     | 11    | 1     | 1100.0        | 100.0         | -1000.0             |



## 2 デマンド型交通の事業者毎(サービスエリア毎)乗客数

・ 補正実施対象3路線は全て乖離率減少(KPIを達成)であった。

以下に各路線毎の補正前の乗客数(P\_SIM(前))、補正後の乗客数(P\_SIM(後))、乖離率を示す。

| 号名   | P_MaaS<br>(補正データ) | 補正前の乗客数<br>(P_SIM(前)) | 補正後の乗客数<br>(P_SIM(後)) | 乖離(前) | 乖離(後) | 乖離率<br>(前)[%] | 乖離率<br>(後)[%] | 乖離率(後)<br>-乖離(前)[%] |
|------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|---------------|---------------|---------------------|
| ふるさと | 48                | 177                   | 170                   | 129   | 122   | 268.8         | 254.2         | -14.6               |
| るんるん | 37                | 118                   | 106                   | 81    | 69    | 218.9         | 186.5         | -32.4               |
| あおぞら | 7                 | 36                    | 32                    | 29    | 25    | 414.3         | 357.1         | -57.1               |

検証方法

KPI詳細

| KPI | 定義                     | 目標設定根拠                    |
|-----|------------------------|---------------------------|
| 有用度 | ヒアリング項目の回答(1~5の5段階)の平均 | 平均よりも高い値となることで有用であると言えるため |

KPIの計測方法

- アンケートにより、有用度に関する複数の設問に対する回答(1~5の5段階)を得て、その平均値を算出した。

ヒアリング対象者

- 実際に地域公共交通計画策定業務を実施している自治体職員をヒアリング対象者として選定した。

| 分類   | 具体名称 | 部署    | 役職    | 担当業務             |
|------|------|-------|-------|------------------|
| ユーザー | 前橋市  | 交通政策課 | 課長補佐  | 業務全体の総括          |
|      |      |       | 副主幹   | 地域公共交通計画の内容検討・決定 |
|      |      |       | 主任    | デマンドバスの企画・運営     |
|      |      |       | 主事(A) | 鉄道、マイバスの企画・運営    |
|      |      |       | 主事(B) | 路線バスの企画・運営       |

質問項目

| 設問 | 質問項目                          |
|----|-------------------------------|
| 1  | シミュレーション結果の妥当性について満足いくものでしたか。 |

結果の詳細

本システムの有用度に関する評価詳細

| 設問 | 質問項目                                    | 有用度<br>(回答<br>平均値) | 回答者            | 回答   |
|----|---|--------------------|----------------|--|
| 1  | ⑤とてもそう思う ④そう思う ③どちらでもない ②思わない ①まったく思わない | 4.2                | 前橋市交通政策課 課長補佐  | ④. ある程度想定どおりの変化が出たが、総需要の変化がないという部分は実態とずれていると思う。<br>また、他市町村利用者の部分が入ってなかったり今回のシミュレーションだけでは評価しづらいところがある。                        |
|    |   |                    | 前橋市交通政策課 副主幹   | ④.   |
|    |   |                    | 前橋市交通政策課 主任    | ④. バスの台数、便数を増やすシミュレーションをした結果、単純に利用者が増えるわけではないので、需要等を考慮し、適正な台数、便数を検討できると思いました。<br>一方で公共交通を増やしたのに車の分担率が増えるなど、想定しない結果が出ることがあった。 |
|    |   |                    | 前橋市交通政策課 主事(A) | ⑤. 一部、バスダイヤについて、無理のあるバスダイヤでも機械的に生成されているのではないかと疑問がありました。無理なバスダイヤに対する収支予測として、人件費に妥当性があるか疑問な部分はあるが、その他については概ね良いと思われます。          |
|    |   |                    | 前橋市交通政策課 主事(B) | ④. 各項目の数値は概ね妥当なものだと思います。   |



## 検証方法

### 検証項目

| 検証仮説                                    | 検証項目   |
|---|--|
| 有識者の専門的視点から、シミュレーション精度が妥当であるという評価が得られる。 | 移動需要予測の結果、交通分担率の結果、シミュレーション結果(過去に行った施策の利用者数との差)、移動需要補正の結果に対する妥当性 |

### 仮説の検証方法

- アンケートにより、シミュレーション精度に対する意見を収集した。

### ヒアリング対象者

- 有識者として、大学教授かつ前橋市の地域公共交通計画との関係が深い吉田先生をヒアリング対象者として選定した。

| 分類  | 氏名  | 組織/役職   |
|-----|-----|---|
| 有識者 | 吉田樹 | <ul style="list-style-type: none"> <li>前橋工科大学 特任教授</li> <li>福島大学 教授</li> <li>前橋市地域公共交通活性化協議会会長</li> </ul> |

### 質問項目

| 設問 | 質問項目                                     |
|----|--|
| 1  | 移動需要予測について、ご意見等ございましたらご記入ください。           |
| 2  | 交通分担率推定について、ご意見等ございましたらご記入ください。          |
| 3  | 乗降実績データによる移動需要補正について、ご意見等ございましたらご記入ください。 |
| 4  | 施策実施後のシミュレーション精度について、ご意見等ございましたらご記入ください。 |

結果の詳細

シミュレーション精度に関するヒアリング結果

| 設問 | 質問項目                                     | 回答   |
|----|--|--|
| 1  | 移動需要予測について、ご意見等ございましたらご記入ください。           | <p>移動需要予測は、四段階推定法における分布交通量の推計を企図したものと理解しました。インプットデータには、四段階推定法の第1段階である発生集中交通量の推定に利用可能なデータがリストアップされています。しかし、分布交通量の推計では、OD間距離(居住地と目的地との間の距離:直線距離もしくはネットワーク距離)に基づき、距離減衰を考慮することが一般的ですが、先の「インプットデータ」には見当たらないように思います。</p> <p>そのため、移動先エリアの精度検証(現況再現)では、コサイン類似度は一定の水準を満たすものの、移動先エリアの構成比では、アンケート調査結果との乖離が大きい地区が見られる点が課題であると思います。一般に、分布交通量の大きさは、人口や目的地施設の規模に比例し、OD間距離に反比例するため、この特性を加味することで、精度が高まると考えます。</p>   |
| 2  | 交通分担率推定について、ご意見等ございましたらご記入ください。          | <p>交通手段分担率推定の精度検証(現況再現)では、順位相関を用いていますが、各地区の順位は「1位=自家用車、2位=徒歩」でほぼ固定されているように思います。そうであれば、「順位相関が高い=精度が高い」とは言い切れない可能性があります。</p> <p>本取り組みは、定路線型/オンデマンド型の公共交通の分担率を一定の精度を担保して推計できることを目指しておられるのだと思います。しかしながら、前橋市における公共交通の分担率は数%と低水準にあるため、分担率を一定の精度で求めることは困難であると考えます(推計誤差が2ポイントあった場合、分担率60%であれば実績値に与える影響は軽微ですが、分担率4%の場合、2%から6%まで3倍の幅が生じてしまいます)。</p> <p>そのため、次のプロセスで、乗降実績データに基づく補正を行ったものと理解しましたが、その多用はあまり好ましくありません。補正前と補正後の数値にさほど関連性がない状況であれば、そもそも乗降実績データに基づいて分析した方がよいとの評価になってしまいます。双方の相関分析を行った結果を示すことが必要です。また、前橋市とは異なり、乗降実績データ(一件明細)が詳細に入手できない地域では、そもそも補正自体が難しく、本手法が他地域にも援用し得るのかも疑問です。</p> <p>一方で、移動需要予測の数値に交通手段分担率を乗じた補正前の値と、実際の乗降実績との相関分析にこそ意義があると考えます。前者(補正前の値)は、公共交通需要のポテンシャルを評価したものであり、本来であれば、実際の集客成果と高い相関が期待されるものです、このとき、いわゆる「外れ値」に着目することで、例えば、ポテンシャルが高いにも関わらず、集客成果に乏しい地域(さらには停留所)を明らかにすることができます。公共交通の分担率が低く、各地域や路線、停留所ごとの需要予測を精緻に行うことが難しい地方市では、このアプローチの方が実用的であると考えます。</p> <p>加えて、前橋市の場合、自転車の分担率が高く、バス分担率とのトレードオフも気になるところですが、本プロセスには反映されていない点も気になりました。</p> |
| 3  | 乗降実績データによる移動需要補正について、ご意見等ございましたらご記入ください。 | 前問で回答した通りです。   |
| 4  | 施策実施後のシミュレーション精度について、ご意見等ございましたらご記入ください。 | <p>公共交通のサービス水準(≒便数)が変化したことによる移動需要の変化が考慮されていないように思える点が気になります。本実証技術を地域公共交通計画(および乗合バス事業者)の実務に適用するうえでは重要な観点です。</p> <p>このほか、運賃(価格)の変化による需要の増減についても考慮することが望ましいのですが、需要の価格弾力性を求めることが(本データでは)困難なため、その点は今後の課題として整理することで止めても良いと思います。</p>  |



## 第4章 まとめ

本プロジェクトでは、地域公共交通計画策定業務においてシミュレーションシステムを活用することで、業務費用削減や効率化に貢献することが示された。一方で、社会実装に向けてはシミュレーション結果の出力粒度を路線・運行エリアや運行時間帯など時空間軸で細分化することや、より広域のシミュレーション結果を出力し精度を向上させること、施策案(シナリオ)データの準備を容易にすること、イベント日・特定期間への対応、交通モードの拡充、UIの操作性向上などが課題であることが見えてきた。社会実装を経て将来は交通がもたらす多角的価値を高精度に予測し可視化することで交通施策の総合的価値の向上に寄与し、「ひとや社会の変化に応じ、自律的に変化する交通」の実現を目指す。

シミュレーション精度を備えたシミュレーションシステムにより、地域公共交通計画策定の業務効率化やEBPM促進を実現するための成果及びナレッジを得た

## 得られた成果

### 業務費用削減と効率化

自治体職員の地域公共交通計画策定次年度以降の利便増進実施計画策定業務において、本システムを活用することで、平均して2.5百万円/年程度の費用削減効果が見込まれることが分かった。また、自治体やバス事業者から抽出した機能要望に対応した場合は、システム代替効果は1.5倍の平均3.8百万円/年程度が見込めることが分かった。

定時定路線型バス路線再編計画策定業務において、本システム利用によりバス6事業者平均で1.2カ月(22%)の短縮が実現し、交通事業者の計画策定担当の工数削減に貢献することが示された。

### シミュレーション精度と再現性

定時定路線型交通とデマンド型交通を統合したシミュレーションを実現した。

移動需要予測機能及び交通分担率推定機能においては、移動需要予測結果と前橋市アンケート調査データとのコサイン類似度、また、交通分担率順位とアンケート調査データの一致度がいずれも目標値0.9に近い値を示し、高い再現性が確認された。

また、GunMaaS等の乗降実績データを用いた移動需要補正を行いシミュレーションを実行した。補正前の移動需要を用いたシミュレーション結果と乗客数実績値の乖離率と、補正後の移動需要を用いたシミュレーション結果と乗客数実績値の乖離率を比べると、バス路線27路線のうち、補正前に対する補正後の乖離率の減少は23路線、乖離率の増加は4路線であり、補正による予測精度向上が確認された。

シミュレーション結果に対しては、永井バスで2024年に実施した路線バスのダイヤ改正を対象に前橋玉村線の利用者数変化率を比較したところ、実績値とシミュレーション結果の差分は-5.9%となり、高い精度が確認できた。

検証会において、ある定時定路線型の路線バスのバス停留所削除かつデマンド型交通追加の複合施策に対するシミュレーションデモを行った結果、参加者から納得感ある結果として評価された。

## 得られたナレッジのまとめ

### 合意形成の促進と期間短縮

- シミュレーション結果が数値で見えることによる納得感によって合意形成に係る期間の削減が見込めることが示唆された。

### 作業品質における価値

自治体職員からは期間的な短縮よりも作業効率が向上し削減できる作業時間を他の作業に充てて、より充実したデータ分析が行えることが価値であるとの見解が得られ、作業品質に対するユーザー価値が存在することが示唆された。

### データ活用と精度向上

- 移動目的別、地区別に高い移動需要予測の再現性が示された。
- 移動需要予測には、乗降実績データによる補正が不可欠であることが示された。
- 新規施設などの入力データを最新の実態に近づけることで更なる精度向上が期待できる。

### 機能拡充の必要性

- シミュレーション結果の出力粒度を路線・運行エリアや運行時間帯など時空間軸で細分化することで、更なる有用性向上が期待される。
- 今回の算出結果は現システムを活用する前提だが、ヒアリングより明らかになった具体的な機能改善を図ることで、更なる業務活用と費用削減が見込まれる。
- 本システム利用により路線再編計画策定業務の短縮につながるが、計画変更による運転士人数、車両台数変更の検討も必要となる。それらを支援する機能を実装することで更なる工数削減が期待できる。

## 本プロジェクトの成果物

- ヘルスケアMaaS実証プロジェクト プロジェクトレポート
  - [https://www.mlit.go.jp/commmmons/projectreport/13\\_01/](https://www.mlit.go.jp/commmmons/projectreport/13_01/)
- 総合交通シミュレーション 技術検証レポート
  - [https://www.mlit.go.jp/commmmons/tech\\_report/013/](https://www.mlit.go.jp/commmmons/tech_report/013/)  
(付録)総合交通シミュレーションシステム システム設計書
- (付録)総合交通シミュレーションシステム OSS
  - <https://github.com/COMmmmsONS-MLIT/mobility-demand-forecaster>



交通の多角的価値を高精度に予測・可視化し、交通施策の総合価値向上に寄与することで、「ひとや社会の変化に応じ自律的に変化する交通」の実現を目指す

### 地域公共交通が抱える構造的課題のデジタル活用による解決

本プロジェクトは、地域公共交通の衰退や「交通空白」の拡大、交通弱者の増加、2024年問題による路線バスの運転手不足などの構造的課題に対し、データ駆動型の手法で持続可能な地域公共交通計画を再構築する取り組みであった。特に、計画策定におけるPDCAサイクルが十分に機能していない根本要因として、当該領域が依然としてアナログ手法に大きく依存している点に着目し、そのデジタル化を推進することを目的とした。

### 技術開発における課題と実装技術

今後は、複数地域での実証を通じてモデルの精度向上や機能改修、ユーザビリティの改善を着実に進める。本プロジェクトの成果を起点に各地で検証と対話を重ね、地域特性に即した交通DX基盤へと発展させていく。データに基づくシミュレーションと可視化により、経験や勘に依存しない“納得感ある”意思決定を支援し、持続可能な交通計画の社会実装を全国へ展開する。

これらの取組を通じ、人や社会の変化に応じて交通が自律的に最適化される「持続可能な地域公共交通社会」の実現を目指す。



デマンド型交通の利用イメージ



前橋市バス事業者の車両

## 用語集

|                   |  |
|-------------------|--|
| End to EndのODデータ  | ・ 分断された各交通モードのデータを統合し、出発地から目的地までの一連の移動が、どのように実際に行われたかを記録したデータ。                             |
| ODデータ             | ・ 人がどこから(Origin)どこへ(Destination)移動したかを示す情報。  |
| GunMaaS           | ・ 群馬県内で利用できる公共交通機関やタクシー、デマンド交通など、さまざまな交通手段をシームレスに結びつけ、誰でも簡単に便利に利用できるスマートフォン向けWEBサービス。      |
| 合成人口              | ・ 入手困難な世帯毎の実人口データ(個票データ)に代わり、統計データ等から人工的に合成した仮想的な個票データ。                                    |
| 交通分担率             | ・ 各交通政策に割り当てられた利用者数から算出した交通手段の分担率。   |
| 交通モード             | ・ 移動に使う交通手段の種類を指す言葉。本プロジェクトでは徒歩、自家用車、デマンド型交通、定時定路線型交通、鉄道を対象としている。                          |
| 行動選択モデル           | ・ 機械学習と行動経済学の知見を取り入れた方式により、人の判断の非合理性も考慮でき、人・社会の振る舞いを高精度に再現するモデル。                           |
| サービスレベル           | ・ 移動需要に対して公共交通などのサービスが、利用者に対してどれだけ快適・円滑に移動を提供できているかを示す指標。本プロジェクトでは移動に対する所要時間と料金で表す。        |
| シナリオ              | ・ 各交通モードの置き換えや導入などの施策を、実行単位で組み合わせたもの。シミュレーションの単位。  |
| WCAG2.2           | ・ WCAGはWeb Content Accessibility Guidelinesの略であり、Webコンテンツのアクセシビリティを向上させるための幅広い推奨事項を網羅したもの。 |
| 定時定路線型交通          | ・ 路線バスのように運行の時刻と路線(ルート)が固定されているもの。   |
| デマンド型交通           | ・ 予約に基づいて運行する乗合型の公共交通。本プロジェクトでは自由経路ミーティングポイント型を対象としている。                                    |
| マルチエージェントシミュレーション | ・ 車両・歩行者・公共交通機関など複数の主体(エージェント)が相互作用する交通システムをモデル化し、シミュレーションする手法。                            |

## 参考情報

- ・ COMmmONSプロジェクトホームページ
  - <https://www.mlit.go.jp/commmmons/>
- ・ 「交通空白」解消本部
  - [https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei\\_transport\\_tk\\_000237.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000237.html)
- ・ e-Stat 国勢調査
  - <https://www.e-stat.go.jp/statistics/00200521OpenStreetMaphttps://openstreetmap.jp/>
- ・ GunMaaS
  - <https://lp.g3m.jp/>
- ・ ジョルダン「乗換案内」Biz API
  - [https://biz.jorudan.co.jp/service/biz\\_api.html](https://biz.jorudan.co.jp/service/biz_api.html)
  - <https://jasss.soc.surrey.ac.uk/15/1/1.html>
- ・ デマンド型交通の手引き
  - <https://www.tb.mlit.go.jp/hokkaido/content/000174202.pdf>
- ・ 前橋交通ポータル
  - <https://maebashimobility.jp/>
- ・ 前橋市地域公共交通計画(R3.6～R8.3)
  - <https://www.city.maebashi.gunma.jp/soshiki/seisaku/kotsuseisaku/gyomu/5/2/2937.html>
- ・ しっかり学ぶ数理最適化 モデルからアルゴリズムまで(KS情報科学専門書)
  - <https://www.kodansha.co.jp/book/products/0000275620>
- ・ Simulated Annealing (焼きなまし法): Creating Realistic Synthetic Populations at Varying Spatial Scales: A Comparative Critique of Population Synthesis Techniques
  - <https://jasss.soc.surrey.ac.uk/15/1/1.html>



Project LINKS



COMmmONS  
by MLIT

総合交通シミュレーションシステム 技術検証レポート  
Ver1.0

発行日: 2026年3月

委託者: 国土交通省 総合政策局

情報政策課、モビリティサービス推進課

受託者: 富士通株式会社