

オープンデータの統合的利用による地域 モビリティ再編計画支援の試み

奥宮 祥太¹・佐々木 悠貴²・有村 幹治³・浅田 拓海⁴

¹学生会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 環境創生工学系専攻 (〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1)

E-mail:20041016@mmm.muroran-it.ac.jp

²非会員 室蘭工業大学 建築社会基盤系学科 土木工学コース (〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1)

E-mail:18021053@mmm.muroran-it.ac.jp

³正会員 有村幹治 教授 大学院工学研究科 もの創造系領域 (〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1)

E-mail:arimura@mmm.muroran-it.ac.jp

⁴正会員 浅田 拓海 助教 大学院工学研究科 もの創造系領域 (〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1)

E-mail:asada@mmm.muroran-it.ac.jp

地方部の都市では、モータリゼーション化と人口減少により公共交通の利用者が減少傾向にある。また運転手不足が深刻な状況にあり、人口減少や高齢化等の社会構造の変化に見合った地域公共交通サービスの維持確保が近々の課題となっている。一方で、近年では地方部においても GTFS-JP 等の各種のオープンデータが整備されつつある。またオンデマンド交通等の MaaS の運用時には、各種の動的なモビリティデータが生成される状況にある。そこで本研究では、地域公共交通の中長期における再編支援を目的に、地方都市においても利用可能なオープンデータとマクロ交通シミュレーションを用いて、将来交通需要を定量的に分析し、交通施策に活用することを試みる。将来人口減に伴うバスネットワークの利用者減少の状況を推定し、部分的にオンデマンド交通を導入した際のシナリオを評価することで将来の公共交通ネットワークの再編シナリオに必要な情報を整理する。なお、対象地区は 2016 年度にパーソントリップ調査が行われた北海道の室蘭市とする。

Key Words: *Mobility as a Service, demand responsive transport, transportation macrosimulation model, person trip survey, traffic demand analysis*

1. はじめに

我が国は地方部では公共交通の衰退が余儀なくされている。全国の約 7 割のバス事業者においては一般路線バス事業の収支が赤字であり、平成 12 年から令和 2 年度までに 44 路線・約 1042km が廃止¹⁾となった。一方、近年、公共交通のサービス向上やより暮らしやすい街づくりの支援を目的として、あらゆる移動手段を 1 つのサービスとして統合する MaaS (Mobility as a Service) の実証実験が全国各地で進んでいる。

地方都市の公共交通サービスは多種多様に展開されているため、地域特性に応じた MaaS のサービス設計と組織運営に関する一般解は無いと考えられる。しかし住民にとって便利な物販・医療等とのサービスの組み合わせや MaaS 組織の運営方法のありかたを、MaaS 導入前に

検討するためには、市民や交通事業者、自治体といった各種ステークスホルダ間における現況の移動サービスの状況の理解や、将来リスクの可視化による危機意識の共有が必要不可欠となるだろう。

地方都市における MaaS の導入を含めた地域モビリティ再編支援のためにマクロ交通シミュレーションを導入し、サービスレベルやネットワーク形状を評価することは上記のニーズに応えるものである。しかし、地方都市においてはシミュレーションに必要な各種のデータが揃わないことや、自治体が直轄でシミュレーションを実施することが人材や費用面で難しいことから、現在まであまり導入は進んでいなかった。しかし近年、自治体が保有する行政データや GTFS-JP に代表される静的交通データのオープン化が進展しており、マクロ交通シミュレーション導入のための障壁は下がりつつある。

そこで本研究では、地方都市におけるモビリティ再編支援を目的に、各種のオープンデータを統合的に用いたマクロ交通シミュレーションの活用を試みる。具体的には、将来人口減少の影響による移動需要の減少量を将来メッシュ人口とパーソントリップ調査データ（以下、PT 調査データ）を用いて推定し、バスネットワークデータを用いて配分計算を行い、撤退リスクが高い路線の抽出を行った。また路線が撤退した地区にオンデマンド交通を導入した場合の必要車両数の検討を行った。

なお本研究の対象都市は北海道室蘭都市圏とする。当該都市圏はピークの 1970 年から現在まで人口減少・高齢化が進み続けており、2045 年にはバス停圏外人口の 50%が 65 歳以上の高齢者になると推定されている。加えて既存のバス・タクシードライバーも高齢化しつつあり、現在の公共交通サービスを将来にわたり維持することが難しい現実に直面している。この課題の解決に際し、室蘭市では令和 2 年度にスマートフォンマッチングアプリを活用したタクシー相乗り MaaS 実証実験に加え、新しい移動サービスに関する市民アンケート調査を実施している。本研究では、これらから得られたデータもシミュレーションの前提条件として活用する。

本稿の構成は、2 章において MaaS に関する既存研究と本研究の位置づけについて述べる。3 章では使用データの概要と分析対象都市の概要について述べる。4 章ではシミュレーションの手法について述べ、5 章でシミュレーション結果の事例についてまとめる。6 章で本研究のまとめと今後の課題について整理する。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

近年、MaaS 実証実験等が各地で行われており、それに伴い、導入可能性やその影響に関する研究が数多く行われてきている。村井ら²⁾は路線バスを対象に、一定金額を支払うことでエリア内の公共交通が乗り放題となる制度であるサブスクリプション型運賃制度の導入可能性の検討を行っており、長谷川ら³⁾は相乗りタクシーに求められるサービスの条件とその優先順位について、高齢になるにつれて、多少の値段の増額があっても自宅への送迎などを求める傾向があることを明らかにした。

一方、上野ら⁴⁾はシェアモビリティによるモダルコネクタが公共交通の利用需要に及ぼす影響について予測した。赤木ら⁵⁾は MaaS モデルを構築・実装し、利用者の意見による評価を行い、AI 配車型デマンドバスサービスの満足度の高さとサブスクリプション運賃は運行本数が少ない過疎地においても受容可能性が高いことを明らかにした。

いずれの研究においても MaaS 実装に高い評価が見られ、サブスクリプション運賃制度を導入することで公共

交通利用意識がさらに向上すると考えられる。既存研究の多くはアンケート調査に基づいた受容性の評価を行う研究であり、MaaS の導入を含めた地域モビリティ再編時の小ゾーンレベル（町丁・字）単位におけるアクセシビリティの将来的変化を定量的に評価した研究は少ない。

本研究は人口減少に伴う既存バス路線の利用者減少量とオンデマンドバスを展開する空間範囲をアンケート結果を考慮したうえで検討する。小地域での分析を行うことで、オンデマンドバスの台数や運行エリアに応じた影響等を詳細に知ることができ、将来公共交通ネットワークを再編するうえで必要な情報を整理することが可能である。

3. 使用データと分析対象都市の概要

3.1 使用データの概要

本研究で使用したオープンデータは以下となる。

1) 将来人口・世帯予測ツール⁶⁾

本ツールは 5 歳階級別・性別人口及び世帯数の将来予測が、小地域（町丁・字）単位で可能であり、国土技術政策総合研究所が平成 27 年国勢調査結果をもとに作成した将来人口・世帯予測ツールである。予測手法は過去の人口変化率に基づくコーホート変化法と自然増減と社会増減の仮定にに基づくコーホート要因法が選択可能であり、各小地域の現状に即して、出生や社会増減に関するパラメータを独自に設定することができる。地理情報システム（GIS）を始め、立地適正化計画や都市計画マスタープランへの活用が可能である。

2) GTFS-JP

公共交通機関の時刻表とその地理的情報提供を目的とした世界標準の公共交通データフォーマットで、これを共通化し、Google Map やジョルダン等の経路検索サイトで活用することで遅延情報や車両位置等の運行状況の可視化やダイヤ改正時におけるデータ提供の効率化等を図ることができる。GTFS を活用し、伊藤ら⁷⁾はコミュニティバスの利便性の評価手法の検討を行っている。また、GTFS と Open Street Map のデータを組み合わせて地域間のアクセシビリティを GIS で表現した研究⁸⁾⁹⁾もある等、公共交通サービスの改善を目的とした研究が蓄積されつつある。全国的に GTFS データのオープン化¹⁰⁾が進んでおり、室蘭市においては令和 2 年 9 月に道南バス株式会社 が路線情報を公開している。

3) 室蘭都市圏パーソントリップ調査データ¹¹⁾

室蘭都市圏パーソントリップ調査が平成 28 年 10 月・11 月に実施されており、本研究では原票データを使用した。調査エリアは室蘭都市圏の 3 市 3 町（室蘭市、登別市、伊達市、豊浦町、壮瞥町、洞爺湖町）となる。

3.2 分析対象都市の概要

本研究の分析対象となる室蘭市の総人口¹²⁾は 1970 年の約 16.2 万人をピークに減少し続け、2020 年には半分の約 8.1 万人となっており、高齢化率は全国・北海道平均を上回っている。2045 年には総人口の 40%が高齢者になると予想されている(図-1)。

バス停は市内に広く分布しているが、利用者減に伴い公共交通サービスが低下しており、移動困難者や買い物・通院など生活のために自動車を利用せざるを得ない状況にある。室蘭市は坂道が多く、バス路線から離れた沢沿いに住む高齢者が多いこともバス利用率低下の要因となっている。

本研究では、マクロ交通シミュレーション導入前に、現況のバスネットワークを将来にわたり維持した場合の需要の変化を確認するため、室蘭市におけるバス停カバー圏の将来人口変化を将来人口・世帯予測ツールから得たデータに基づいて定量化した。室蘭市におけるバス停圏域を図-2、バス停圏外の人口推移を図-3 に示す。なお、バス停から 300m以内にメッシュの重心が含まれたとき、そのメッシュ人口の総和をバス停圏域内人口とする。メッシュは 100m単位とし、バス停の位置情報は 2021 年 4 月に公開された GTFS-JP を用いた。2045 年のバス停圏外人口は 15%程であるが、2015 年から 2045 年にかけてバス停圏外人口の高齢者の割合は増加し続けており、2045 年には 50%を占める結果となった。地域モビリティの再編等が実施されない場合、最大約 3600 人の高齢者がバス利用が困難となることが推測される。

4. シミュレーション手法

本研究では国総研将来人口・世帯予測ツールから 100mメッシュに配分された将来人口を、PT 調査データに対応する小ゾーンに按分することで各小ゾーンにおける将来人口予測を行った。ゾーンに対するメッシュの割り当て(図-4)については、メッシュの重心の含有を基準とした。

本研究では PTV group 社が開発した商用交通計画ソフトウェアである Visum¹³⁾を活用する。Visum は主に新しく道路や、交通機関を導入する際の交通量を、経路・時間単位で予測することができるマクロ交通シミュレーターである。GTFS データをインポートすることで現在の公共交通機関の供給をモデル化することが可能であり、MaaS 等の新規サービスの費用対効果分析やライドシェアにおけるシミュレーション等も行うことが可能である。



国土技術政策総合研究所「将来人口・世帯予測ツールV2 (H27 国調対応版)」使用

図-1 室蘭市人口推移

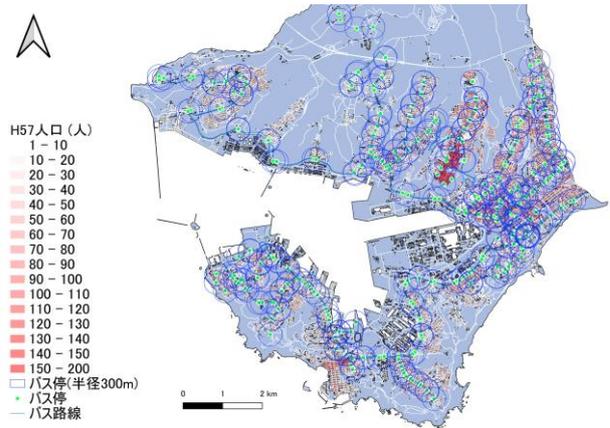
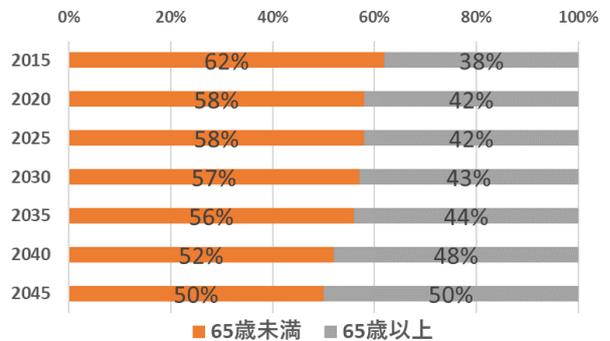
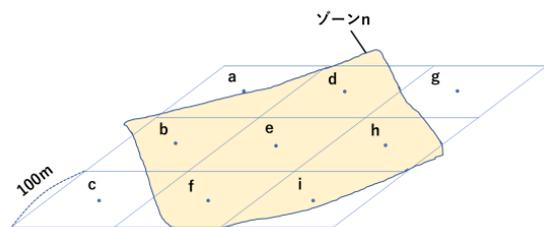


図-2 室蘭市バス停圏域



国土技術政策総合研究所「将来人口・世帯予測ツールV2 (H27 国調対応版)」使用

図-3 世代別バス停圏外 人口割合推移



例) ゾーン n: メッシュ (b・d・e・f・h・i)

図-4 メッシュ割り当てイメージ

公共交通現況再現モデルを GTFS-JP から取得したバス停位置情報やバスネットワークと PT 調査データより得た現況 OD と Visum を活用して作成した。交通需要予測に関しては四段階推定法を用いて将来 OD を推計した。モデルの選定に関して、生成交通量予測は生成原単位法、発生集中交通量予測は原単位法を用いた。同様に、分布交通量においても将来都市構造の大きな変化ないと仮定し、簡便的に予測が可能である現在パターン法を採用した。そして再度 Visum を活用し、配分交通量予測を行い、将来 OD 推計およびデマンドバス導入のシミュレーションの実施・分析を行う。

なお、GTFS-JP よりバス時刻データ（出発・到着時間）を取得できたため、本研究においては“Timetable-based”を用いて配分交通量を計算した。Timetable-based は時間帯別 OD、バス時刻データに加え、徒歩時間やバス待ち時間等のインピーダンスをもとに配分するため、精度の高い手法である。また、本研究では現況の時間帯別 OD と全時間帯 OD の比をゾーンごとに作成し、その比を将来 OD に適応させ将来時間帯別 OD を作成した。

以上の過程から得たデータとアンケート調査結果等をもとに将来の都市構造・交通形態に関する再編シナリオを作成する（図-5）。

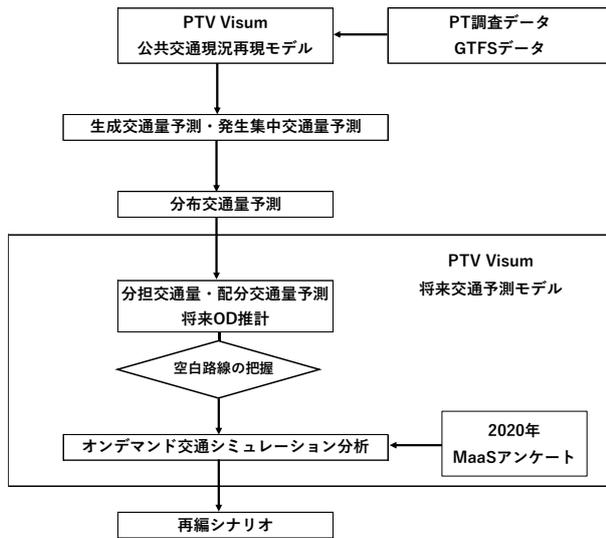


図-5 分析フローチャート

5. シミュレーション結果

(1) 将来バス利用者数の変化

四段階推定法により予測した OD をもとに平成 27 年・令和 7 年・令和 17 年・令和 27 年について将来バス利用数を可視化した（図-6、図-7、図-8、図-9）。色の濃さとリンクの太さより交通量を判断でき、利用率が低い路線やバス需要が高まるエリアについて中長期的に考察することが可能となる。本事例では中島町・東町エリアから中央町エリアにおいて長期的な需要が見られた。一方で、白鳥台・絵鞆町エリアにおいてバス利用数が低下傾向にあり、特に白鳥台地区では高齢化率 50% と非常に高く、公共交通サービスの低下に伴う移動困難者が増加する恐れがある。高齢化率が高いことを考慮し、出発地からドア・ツー・ドアで目的地まで移動することが必

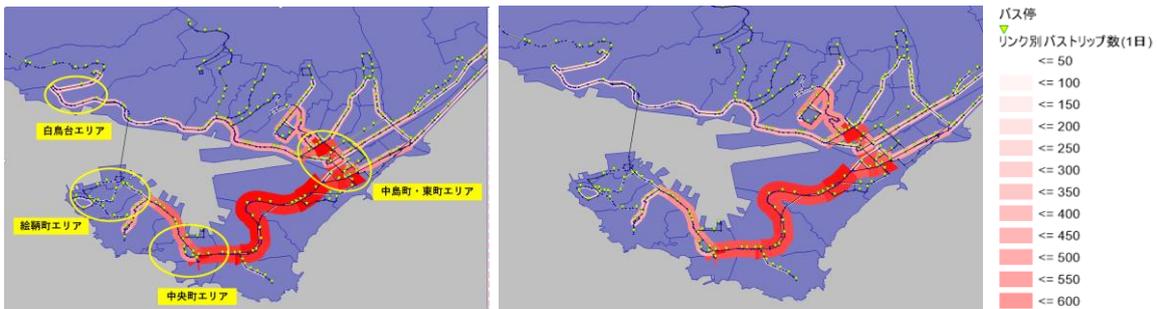


図-6 図-7 平日バストリップ数（/日）

左：平成 27 年（2015 年） 右：令和 7 年（2025 年）



図-8 図-9 平日バストリップ数（/日）

左：令和 17 年（2035 年） 右：令和 27 年（2045 年）

要になると推定し、白鳥台エリアでオンデマンド導入シミュレーションを実施する。シミュレーションに関して、オンデマンドバス対応範囲・台数・乗車人数等を任意の数値で決めることができ、低予算での事業性評価とステークホルダ間の将来リスク共有が可能となる。

(2) オンデマンド交通の導入結果

白鳥台地区を対象に、交通手段をオンデマンド交通のみに限定した仮想 OD のシミュレーションの結果を図-10 に示す。2~14 の番号はオンデマンド交通の乗降ポイント且つ、ゾーンとする。1 番の白鳥台ショッピングセンターハックを目的地とし、それぞれのゾーンから 10 トリップずつ発生するものとする。また、それぞれのトリップは 5 時から 23 時の間に均等な確率で発生するものとする。

白鳥台地区における内々トリップのうち、一部の交通手段をオンデマンド交通に変更した際のイメージを可視化した。今後は取得したオンデマンドバスの展開範囲やルートに加えて、運行台数や将来交通需要を与えることで走行距離・時間や乗車人数等の評価指数を考察する。また、他の公共交通機関との接続・アンケート調査の結果等も考慮したうえでシミュレーションを実装し、オンデマンドバスの評価・再編シナリオの立案を行う。実際の OD を用いたシミュレーションの実装結果・考察については、講演時に報告する。

6. まとめ

本研究ではマクロ交通シミュレーションと PT 調査データ、GIFS データを活用した、将来交通需要の定量的分析手法を提案した。Visum を活用することで、小地域単位且つ中長期的な変化の可視化やバスネットワークとオンデマンド交通の再編シナリオの評価を簡便的に実施可能なことが示された。本研究で提案した手法はモビリティデータの整備等により、他地域においても実施可能であり水平的な展開が期待される。

MaaS を構成する各ステークスホルダーのデータ統合と協働マネジメントの方法に応じて、MaaS の統合レベル (Level 1 : 情報の共有化~Level 4 : 政策の統合化) は段階的に発展する。そのため、既存のバス・タクシー等の公共交通手段と新たな AI オンデマンド交通の物理的な統合化と、MaaS を構成する全組織間のマネジメント手法を検討するためには、MaaS 導入の初期段階から各組織間の調整を行いつつ、新たな MaaS 構成組織の形成に主体的に関わる必要がある。

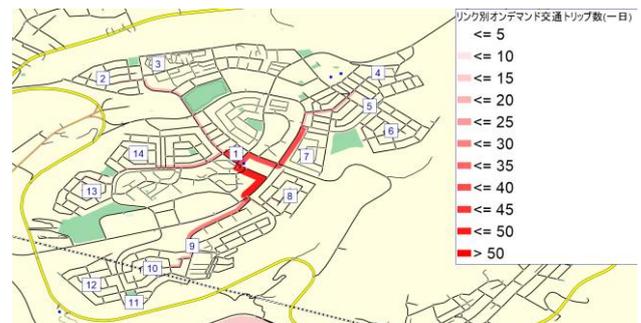


図-10 白鳥台オンデマンド交通導入シミュレーション

室蘭市においては、令和3年度にオンデマンド交通の部分的導入や、スマートフォンアプリを用いたタクシー相乗り実証実験が実施される予定である¹⁴⁾。これらのサービスは直ちに既存のバスネットワークの代替になるものではないが、適切な役割分担と運営方法、全般的な移動サービスレベルと費用負担の方法について継続的な検討を行う素地が固まりつつある。今後、著者らは室蘭市を対象に参与観察的に地方都市における地域モビリティの再編手法と、マクロ交通シミュレーションを用いた各種ステークスホルダーとのコミュニケーションのありかたについて、実証的に検討する予定である。

参考文献

- 1) 持続可能な地域公共交通の実現と 日本版 MaaS の推進 : 国土交通省
http://www.pp.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/2021/02/MLIT_Mr.Kubota_0215TTPUseminar.pdf
 (最終閲覧日 : 2021/10/1)
- 2) 村井藤紀, 塩見康博 : 路線バスを対象としたサブスクリプション型 運賃制度の採算性における導入可能性の検討, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.75, No.5 (土木計画学研究・論文集第 36 巻), I_1177-I_1187, 2019.
- 3) 長谷川正利, 中村俊之, 粟生啓之, 鈴木雅彦, 森川高行 : 地方都市での相乗りタクシー導入時における利用者ニーズの比較分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5 (土木計画学研究・論文集第 38 巻), I_1417-I_1427, 2021.
- 4) 上野 優太, 八戸 龍馬, 溝上 章志 : シェアモビリティによるモダルコネクが公共交通の選好に与える影響, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5 (土木計画学研究・論文集第 38 巻), I_869-I_878, 2021.
- 5) 赤木 大介, 神田 佑亮, 諸星 賢治 : 条件不利環境に対応した MaaS の設計と社会実装に関する実証研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5 (土木計画学研究・論文集第 38 巻), I_1197-I_1208, 2021.
- 6) 将来人口・世帯予測ツール - ツールの開発経緯と活用状況 - : 勝又 済
https://www.kenkocho.co.jp/html/publication/185/185_pdf/185_08.pdf
 (最終閲覧日 : 2021/10/1)

- 7) 伊藤 聖樹, 小林 佑也, 松本 幸正 : GTFS を活用したコミュニティバスの利便性評価の一手法に関する研究, 第 63 回土木計画学研究発表会・講演集
- 8) Stępnia, M., Goliszek, S. : Spatio-Temporal Variation of Accessibility by Public Transport — The Equity Perspective, *The rise of big spatial data*, 241-261, 2016
- 9) Farber, S., Fu, L. : Dynamic public transit accessibility using travel time cubes: Comparing the effects of infrastructure (dis)investments over time, *Computers Environment and Urban Systems*, 62, 30-40, 2017.
- 10) GTFS・「標準的なバス情報フォーマット」オープンデータ一覧,
<https://tshimada291.sakura.ne.jp/transport/gtfs-list.html>
(最終閲覧日 : 2021/10/1)
- 11) 室蘭都市圏総合都市交通体系調査 : 国都交通省,
<https://www.mlit.go.jp/common/001222378.pdf>
(最終閲覧日 : 2021/10/1)
- 12) 室蘭市人口ビジョン 第 2 期室蘭市総合戦略 (案) 室蘭市,
https://www.city.muroran.lg.jp/main/org2200/documents/4_r1-3shiryoy1.pdf
(最終閲覧日 : 2021/10/1)
- 13) PTV Visum によるマルチモーダルな交通計画,
<https://www.ptvgroup.com/ja/%E3%82%BD%E3%83%AA%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3/%E8%A3%BD%E5%93%81/ptv-visum/>
(最終閲覧日 : 2021/10/1)
- 14) 令和 3 年度 地域新 MaaS 創出推進事業 : 経済産業省 北海道経済産業局,
<https://www.meti.go.jp/press/2021/08/20210824001/20210824001-1.pdf>
(最終閲覧日 : 2021/10/1)

Trial of supporting regional mobility reorganization plan by integrated use of open data

Shota OKUMIYA, Yuki SASAKI, Mikiharu ARIMURA and Takumi ASADA

In rural cities, the number of users of public transportation is declining due to motorization and population decline. In addition, there is a serious shortage of drivers, and maintaining and securing local public transportation services that meet the needs of the declining population, aging society, and other changes in the social structure is an issue that needs to be addressed in the near future. On the other hand, in recent years, various types of open data such as GTFS-JP are being developed even in rural areas. In addition, when MaaS such as on-demand transportation is operated, various kinds of dynamic mobility data are generated. In this study, with the aim of supporting the restructuring of regional public transportation in the medium and long term, we attempt to quantitatively analyze future transportation demand and utilize it in transportation policies using open data and macro-transportation simulations that can be used even in regional cities. We estimate the decrease in the number of users of the bus network due to the decrease in the future population, and evaluate a scenario in which on-demand transportation is partially introduced, in order to organize the information necessary for a future scenario of public transportation network restructuring. The target area is Muroran City in Hokkaido, where a person trip survey was conducted in 2016.