

# マクロ交通シミュレーションを用いたオールドニュータウンへのオンデマンド交通導入評価

佐々木 悠貴<sup>1</sup>・有村 幹治<sup>2</sup>・浅田 拓海<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 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:22041034@mmm.muroran-it.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 室蘭工業大学教授 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

<sup>3</sup> 正会員 室蘭工業大学助教 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

北海道地方都市の人口減少は全国より早いペースで進んでおり、それに伴って公共交通の利用者数も急速に減少しつつある。交通事業者サイドにおいても運転手不足が深刻な状況にあり、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、近年では公共交通サービス向上の支援を目的として、MaaS 実証実験が日本の各地で行われている。本研究では、北海道室蘭市のオールドニュータウンである白鳥台地区において実施されたオンデマンド交通に対する利用意思に関するアンケート調査結果とオンデマンド交通導入実証実験によって得られた利用者の移動データを用いてマクロ交通シミュレーションを実施し、実際のオンデマンド交通を導入する際のサービスレベルに応じた運用台数の検討を行った。

**Key Words:** *Mobility as a Service, demand responsive transport, transportation macrosimulation, 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<sup>1)</sup>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・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情報共有が必要不可欠となるだろう。地方都市において MaaS を含む地域モビリティ再編支援のために、社会実験や各種シミュレーションにより、適切なサービスレ

ベルを評価することは上記のニーズに応えるものと考えられる。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として、マクロ交通シミュレーションを用いて、実際のオンデマンド交通を導入する際の料金設定や、求められるサービスレベルに応じた運用台数の検討を行った。

なお、本研究の対象都市は北海道室蘭市白鳥台地区とする。室蘭市はピークの 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。特に白鳥台地区は人口減少・高齢化が著しく、それに伴い公共交通のサービスレベルの低下が懸念されている。この課題の解決に際し、白鳥台地区では令和 3 年度に経産省スマートモビリティチャレンジ事業の一環としてタクシー相乗り実証実験に加え、モニター登録した方へアンケート調査を実施している<sup>2)</sup>。本研究では、これらから得られたデータをシミュレーションデータとして活用する。

## 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。長谷川ら<sup>3)</sup>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<sup>4)</sup>はシェアモビリティによるモダルコネクト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<sup>5)</sup>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 実装に関して高い評価結果が得られている。しかし、既存研究の多くはアンケート調査に基づいた MaaS 受容性の評価を行う研究であり、住民が求めるサービスレベルに応じたオンデマンド交通の必要運用台数の算定等の定量的な評価を行った事例は少ない。本研究は、白鳥台地区で実施されたオンデマンド交通導入受容性を評価したアンケートとオンデマンド交通導入実証実験によって得られた利用者の移動データを用いて、マクロ交通シミュレーションを行うことで白鳥台におけるオンデマンド交通導入時に必要な情報を整理する。

## 3. 使用ソフト・データと分析対象都市の概要

### 3.1 使用ソフト・データの概要

本研究で使用したソフト・データは以下となる。

### 1) マクロ交通シミュレーションソフトウェア

Visum<sup>6)</sup>は PTV group 社が開発した商用交通計画ソフトウェアである。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。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。

### 2) 「ちょい乗り白鳥台」<sup>7)</sup>アンケートデータ

室蘭市では、11月8日から12月3日までの平日 9:00-16:00 において白鳥台地区を対象としたオンデマンド交

分類		質問
A	属性	①個人情報 ②携帯電話の有無 ③職業
		①利用の有無 ②利用の回数 ③タクシーの呼び出し方法 ④利用した目的 ⑤運行日時 ⑥エリア ⑦相乗りについて ⑧満足度
C	ちょい乗り白鳥台の利用後の変化	①外出頻度・手段 ②相乗り許容時間
D	ちょい乗り白鳥台の料金設定	①料金形態・利用金額 ②予約方法
E	ちょい乗り白鳥台の今後について	①継続の有無 ②免許返納
F	自由記述欄	

表-1 アンケートの設問分類

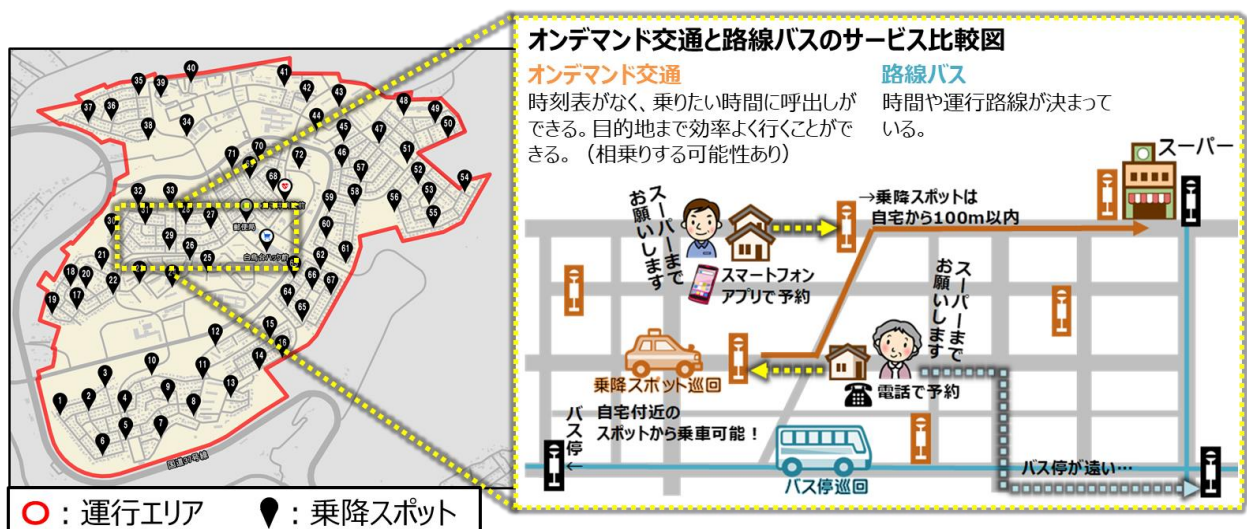


図-1 運行エリアと利用イメージ

通導入実証実験「ちょい乗り白鳥台」を行った。この実証実験は白鳥台における買い物・病院・郵便局等への外出の支援を目的とするものである。運行エリアは図-1 となっており乗降スポットは白鳥台内の 75 ヶ所となっている。本実証は料金が無料であり、利用する際はモニター登録が必要である。また、モニター登録者を対象とし郵便配布郵送配収方式アンケートを配布し、312 票の有効回答を得た。アンケートの設問は表-1 に示す。

### 3) ちょい乗り白鳥台利用データ

オンデマンド交通導入実証実験「ちょい乗り白鳥台」では WILLER 社が提供する相乗りサービスアプリ mobi<sup>®</sup> が使用された。実証実験では、既存のタクシー会社よりタクシーを提供して頂き、ドライバー向けアプリを車内にタブレットに導入することで相乗りを実装した。本研究では実証実験から得られた利用者移動データをマクロ交通シミュレーションのモデル作成データとして活用した。なお、本研究ではデータのうち利用者数が最も高かった 12 月 29 日 (月)～1 月 3 日 (金) の期間のデータを使用した。

### 4) Open Street Map データ<sup>9)</sup>

白鳥台へのオンデマンド交通導入シミュレーションを行うにあたって、Open street map (OSM) の地理情報エクスポート機能を用い、白鳥台の交通ネットワークデータを得た。このデータには道路形状・交通規制等の様々な地理情報が格納されており、活用することで多様な地域の交通モデルを再現可能である。本研究では、このネットワークデータを Visum 上にインポートすることで詳細な白鳥台の交通モデルを作成した

## 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<sup>10)</sup>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-2)。

バス停は市内に広く分布しているが、利用者減に伴う公共交通サービスが低下により、移動困難者が買い物・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。特に白鳥台地区は人口減少と高齢化が顕著であり、著者らの先行研究<sup>10)</sup>では、白鳥台地区におけるバス利用者は大幅に減少し、それに伴い公共交通サービスレベルが低下すると推測している (図-3)。

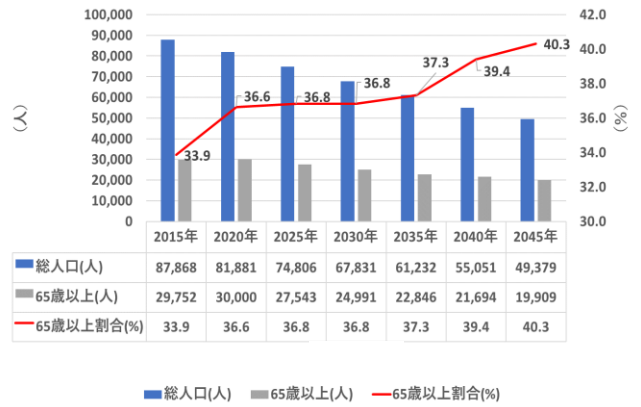


図-2 室蘭市の人口推移(将来人口・世帯予測ツールより)

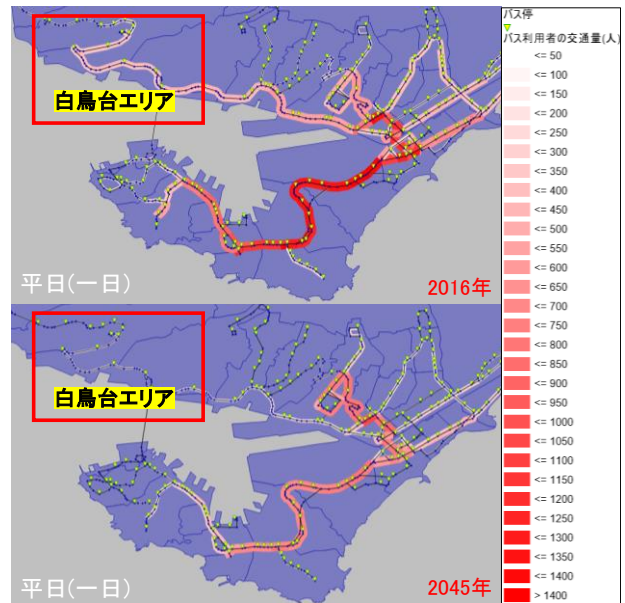


図-3 バス利用者の推移

## 4. アンケート分析

本研究ではまず、「ちょい乗り白鳥台」にモニター登録した方へ実施したアンケートデータを用いて、単純集計とクロス集計を行い、市民のオンデマンド交通導入受容性を評価した。まず、モニター登録した方の実際の利用割合を見ていくと利用した方の割合は48%という結果となった (図-4)。しかし、利用者の利用頻度を見ていくと週三回以上が約8%、週1～2回が約23%、2～3回が約40%であったこと (図-5) と満足度を総合評価すると満足と回答した方が82%であったこと (図-6) から利用者の満足度は高いと言える。また、サービスの利用料金による利用有無と実際の利用有無をクロス集計した結果、実際の有無に関わらず、料金次第で利用したい方が多いことから、利用者にとって料金設定が大きな利用要因となることが分かる (図-7)。

そこで、本研究では、利用金額を訪ねたダブルバウンド形式の設問 (図-8) に関しては、説明変数を支払い金額、目的変数を支払い意思の有無としロジスティック回帰分析<sup>12)</sup>を行い、金額による利用割合を推計した。結果、都度払いの利用率中央値料金が350円 (図-9)、月額払いは3126円 (図-10) となった。



図-4 実際の利用有無 (N=308)

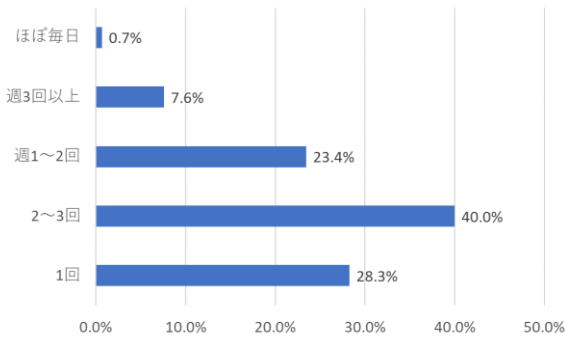


図-5 利用頻度 (N=145)

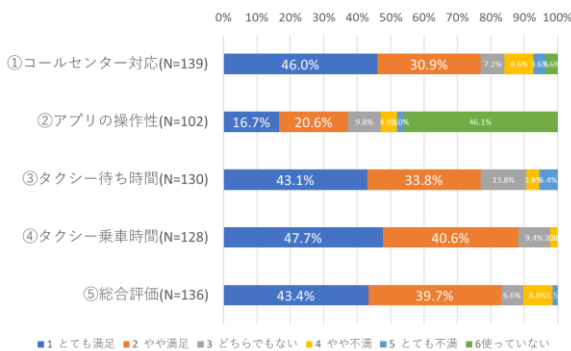


図-6 満足度

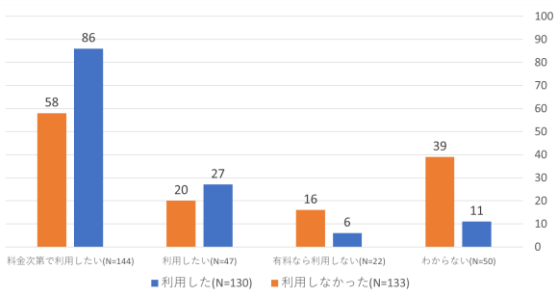


図-7 利用料金による利用の有無と実際の利用有無

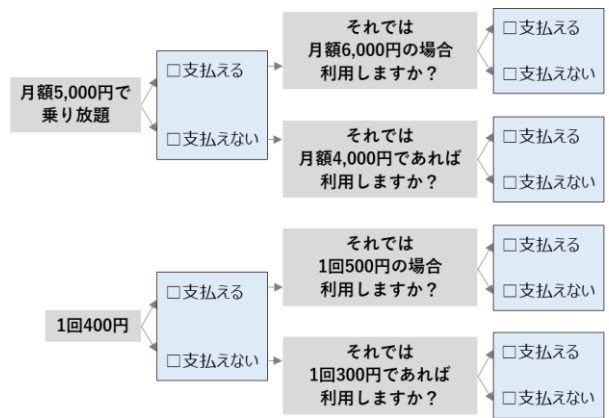


図-8 利用金額 (ダブルバウンド形式)

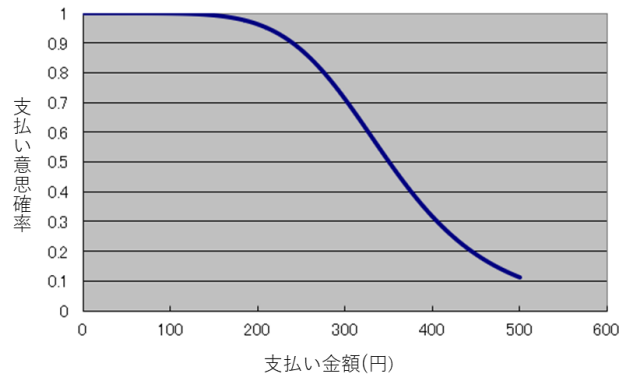


図-9 都度払い金額による利用割合 (N=262)

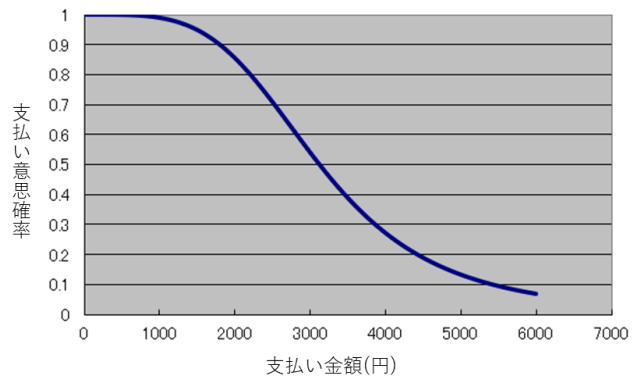


図-10 月額金額による利用割合 (N=199)

## 5. シミュレーション分析

### (1) シミュレーション設定

白鳥台内へオンデマンド交通導入したシミュレーションを行うにあたって、Open street mapの地理情報エクスポート機能より得られる白鳥台の交通ネットワークデータを、Visum上にインポートすることで詳細な白鳥台の交通モデルを作成した。また、モデル上に実証実験同様の地点においてオンデマンド乗降地点を設定した (図-11)。そして「ちょい乗り白鳥台」実証実験から得られた利用者の乗降地点をODとした時間帯別移動データを

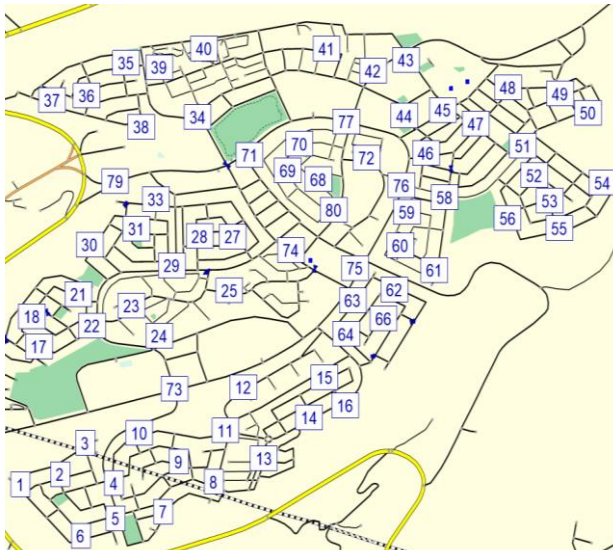


図-11 白鳥台乗降地点モデル

Visum 上にインポートすることで、実証実験時の利用者の移動を再現した。ただし、実証実験におけるオンデマンド交通利用リクエストの発生時間を詳細に再現することが困難であったため、シミュレーションでは、1時間ごとの時間帯別移動データを使用し、Visum 上で1時間の中でリクエストをランダムに発生させた。交通配分モデルは巡回セールスマン問題をベースとした物流ソリューション向けに開発された“dispatching algorithm”を応用した配分モデルを使用している。

また、オンデマンド交通モードはタクシーとし、乗車定員を 4 人、利用者の最大待ち時間を 10 分、利用者の最大迂回許容時間を 10 分とした。このシミュレーションを各日において 5 回行い、導入台数における輸送人数・走行距離・利用者の待ち時間を推計した。

**(2) シミュレーション再現性検証**

シミュレーションの再現性検証は、走行経路・利用者の待ち時間の 2 つの観点から行う。走行経路の再現性は、実際の乗車距離とシミュレーションでの乗車距離を同様の OD 間で比較することで検証を行った。利用者待ち時間の検証については、実際の利用者の平均待ち時間と平均シミュレーション待ち時間を同様の導入車両台数で比較することで検証を行った。なお、実際の乗車距離・利用者の待ち時間は実証実験の際の mobi ナビゲーションによるデータを使用している。

結果より、走行距離比較による決定係数は 0.975 となったことから、シミュレーションにおいてもほとんど同様な経路選択が行われていること確認出来た (図-12)。待ち時間についても大きな誤差は見られなかったことから、シミュレーションの再現性の高さを確認できた (表-2)。

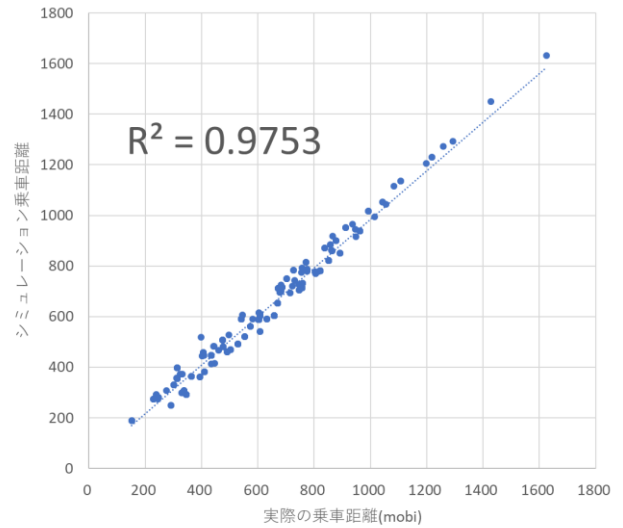


図-12 乗車距離の比較

利用人数	71名	73名	43名	62名	59名
平均シミュレーション待ち時間(3台)	0:04:12	0:04:18	0:02:46	0:03:51	0:02:57
mobi平均待ち時間(3台)	0:04:07	0:04:33	0:03:10	0:03:52	0:03:12
誤差	0:00:04	0:00:14	0:00:24	0:00:01	0:00:15

表-2 待ち時間の比較

**(3) シミュレーション結果**

導入台数における輸送人数・走行距離を図-13 に示す。時間帯別全需要に対する輸送人数割合は色の濃淡で表現した。また、輸送人数のブレについては、5 回のシミュレーションで得られた最低値と最高値になっている。

結果より、全需要を全て輸送するには月曜日は 4 台、火曜日は 4 台、水曜日は 2 台、木曜日は 3 台、金曜日は 3 台必要なことが分かる。しかし、時間帯別で見るとバラつきがあることから、オンデマンド交通導入時には時間帯別で運用台数を選定する必要があると言える。また、アンケート分析で述べたロジスティック回帰の中央値金額の場合は多くの時間帯で 1 台の運用台数で全需要を輸送可能なことが確認できた。また、表-3 より、利用者の待ち時間がオンデマンド交通の導入台数により異なることが確認できた。

**6. まとめ**

本研究により、実際のオンデマンド交通を導入する際の料金設定や求めるサービスレベルに応じた運用台数の検討に必要な情報を整理した。

また、著者らの先行研究で示した交通空白地域を抽出する手法と本研究を組み合わせることで、導入地区検討及び導入時のサービスレベルの評価が可能となった。今後はこれらのデータを各種の MaaS ステークホルダーに提供し、情報を共有することで地域に応じた MaaS のありかたについて詳しく検討することを考えている。

月曜日

時間	時間帯別全需要(人)	1台	2台	3台	4台	5台
9時	13	6-9	9-13	10-13	13-13	13-13
10時	13	5-8	10-13	12-13	13-13	13-13
11時	13	5-9	11-13	13-13	13-13	13-13
12時	13	6-8	11-13	13-13	13-13	13-13
13時	8	4-8	6-8	8-8	8-8	8-8
14時	3	3-3	3-3	3-3	3-3	3-3
15時	8	5-6	7-8	8-8	8-8	8-8

火曜日

時間	時間帯別全需要(人)	1台	2台	3台	4台	5台
9時	15	6-10	11-14	14-15	15-15	15-15
10時	21	8-10	13-18	17-21	21-21	21-21
11時	12	6-10	11-12	12-12	12-12	12-12
12時	11	7-10	11-11	11-11	11-11	11-11
13時	4	4-4	4-4	4-4	4-4	4-4
14時	6	5-6	6-6	6-6	6-6	6-6
15時	4	3-4	4-4	4-4	4-4	4-4

水曜日

時間	時間帯別全需要(人)	1台	2台	3台	4台	5台
9時	8	6-8	8-8	8-8	8-8	8-8
10時	8	6-8	8-8	8-8	8-8	8-8
11時	6	4-6	6-6	6-6	6-6	6-6
12時	3	3-3	3-3	3-3	3-3	3-3
13時	7	4-7	7-7	7-7	7-7	7-7
14時	6	5-6	6-6	6-6	6-6	6-6
15時	5	4-5	5-5	5-5	5-5	5-5

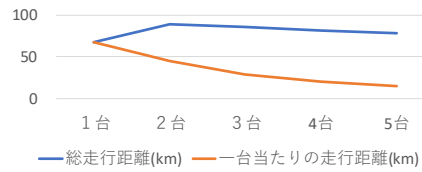
木曜日

時間	時間帯別全需要(人)	1台	2台	3台	4台	5台
9時	12	7-9	11-12	12-12	12-12	12-12
10時	6	4-6	6-6	6-6	6-6	6-6
11時	6	5-6	6-6	6-6	6-6	6-6
12時	10	8-9	10-10	10-10	10-10	10-10
13時	11	5-7	8-11	10-11	10-11	10-11
14時	7	4-7	7-7	7-7	7-7	7-7
15時	10	5-9	8-10	10-10	10-10	10-10

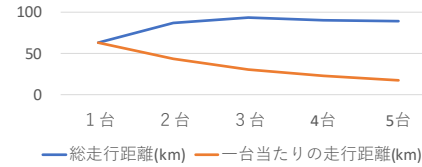
金曜日

時間	時間帯別全需要(人)	1台	2台	3台	4台	5台
9時	6	5-6	6-6	6-6	6-6	6-6
10時	13	7-10	11-13	13-13	13-13	13-13
11時	12	8-11	12-12	12-12	12-12	12-12
12時	7	7-7	7-7	7-7	7-7	7-7
13時	6	6-6	6-6	6-6	6-6	6-6
14時	12	8-11	12-12	12-12	12-12	12-12
15時	3	3-3	3-3	3-3	3-3	3-3

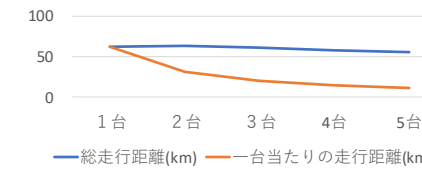
導入台数	1台	2台	3台	4台	5台
総走行距離(km)	68	89	86	81	78
一台当たりの走行距離(km)	68	45	29	20	16



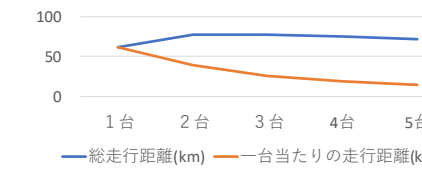
導入台数	1台	2台	3台	4台	5台
総走行距離(km)	63	86	93	90	89
一台当たりの走行距離(km)	63	43	31	23	18



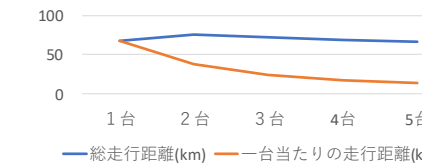
導入台数	1台	2台	3台	4台	5台
総走行距離(km)	62	63	61	57	55
一台当たりの走行距離(km)	62	32	20	14	11



導入台数	1台	2台	3台	4台	5台
総走行距離(km)	62	78	77	75	72
一台当たりの走行距離(km)	62	39	26	19	14



導入台数	1台	2台	3台	4台	5台
総走行距離(km)	67	75	72	68	67
一台当たりの走行距離(km)	67	38	24	17	13



輸送人数割合	1-50%	50-100%	100%	50%	100%
--------	-------	---------	------	-----	------

図-13 曜日別時間帯別オンデマンド交通導入台数と輸送人数・走行距離の関係

表-3 導入台数における待ち時間

利用人数	71名	73名	43名	62名	59名
曜日	月	火	水	木	金
平均シミュレーション待ち時間(1台)	0:05:23	0:05:14	0:03:42	0:04:51	0:03:58
平均シミュレーション待ち時間(2台)	0:04:51	0:04:49	0:03:07	0:04:12	0:03:15
平均シミュレーション待ち時間(3台)	0:04:12	0:04:18	0:02:46	0:03:51	0:02:57
平均シミュレーション待ち時間(4台)	0:03:50	0:03:56	0:02:29	0:03:28	0:02:36
平均シミュレーション待ち時間(5台)	0:03:37	0:03:38	0:02:14	0:03:13	0:02:30

## 謝辞

本研究は、室蘭 MaaS プロジェクトの取り組みの一環として行われた。使用した「ちょい乗り白鳥台」アンケートデータ、及び「ちょい乗り白鳥台」利用者データは室蘭市から提供を受けた。ここに記して深謝の意を表す。

## 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](http://www.pp.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/2021/02/MLIT_Mr.Kubota_0215TTPUseminar.pdf)  
 (最終閲覧日：2022/3/6)
- 2) 室蘭 MaaS プロジェクト 「いってきマース」  
<https://www.city.muroran.lg.jp/main/org7310/muroran-maas-project.html>  
 (最終閲覧日：2022/3/6)
- 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ーダルコネク트가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) 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：2022/3/6)
- 7) ちょい乗り白鳥台  
<https://www.city.muroran.lg.jp/main/org7310/documents/tyoinori.pdf>  
 (最終閲覧日：2022/3/6)
- 8) WILLER mobi  
<https://travel.willer.co.jp/maas/mobi/>  
 (最終閲覧日：2022/3/6)
- 9) learnOSM  
<https://learnosm.org/ja/osm-data/getting-data/>  
 (最終閲覧日：2022/3/6)
- 10) 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\\_r1-3shiryo1.pdf](https://www.city.muroran.lg.jp/main/org2200/documents/4_r1-3shiryo1.pdf)  
 (最終閲覧日：2022/3/6)
- 11) 奥宮 祥太，佐々木 悠貴，有村 幹治，浅田 拓海：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，第 64 回土木計画学研究発表会，土木学会，土木計画学研究・講演集，2021.12.03.
- 12) 栗山浩一「Excel でできる CVM Version4.0」  
<http://kkuri.eco.coocan.jp/>

Evaluation of demand-responsive transportation introduction to old new town  
using macro traffic simulation

Yuki SASAKI, Mikiharu ARIMURA and Takumi ASADA