

にいがた 2km シェアサイクルの利用実態の分析と需要推定モデルの構築

長岡技術科学大学 都市交通研究室 非会員 ○沢崎 葵
長岡技術科学大学 都市交通研究室 非会員 Brandon Flores Chávez
長岡技術科学大学 都市交通研究室 正会員 佐野 可寸志
長岡技術科学大学 都市交通研究室 非会員 中山 佳子
長岡技術科学大学 都市交通研究室 正会員 加藤 哲平

1. はじめに

シェアサイクルは、都市内の短距離移動を担う交通手段として導入が進んでいる。一方で、借りたポートと別のポートに返却できるため、ポートごとの需要の偏りにより、自転車がなく借りられない「空車」や、満杯で返却できない「満車」が生じやすい。以下では、空車となったポートを空ポートと呼ぶ。空ポートは利用機会の損失に直結するため、その発生を抑える再配置の最適化が数多く研究されているが 1), 2), 再配置の計画には、ポートごとの需要を適切に見積もることが前提となる。

需要は、ポート周辺の立地特性や天候によって左右される。そのため、ポートごとに需要を担う範囲を定め、その範囲の特性と利用回数との関係を明らかにすることが有効と考えられる。

そこで本研究では、にいがた 2km シェアサイクルの利用実績データを用いて、(1) 利用実態を明らかにし、(2) 空ポートの発生特性を分析したうえで、(3) ボロノイ分割により各ポートの勢力圏を設定し、立地特性を考慮した需要推定モデルを構築する。

2. 対象とデータ

2.1 対象システム

にいがた 2km シェアサイクルは、新潟市中心部で 2022 年 9 月に開始されたシェアサイクルである。利用実績のあるポート数は、令和 4 年度 (R4) の 31 から増加し、R6 以降は 46 である。

2.2 使用データ

表-1 に使用データを示す。利用履歴は、2022 年 9 月から 2026 年 7 月までの個人利用のデータである。1 回の利用につき基本料金と利用料金の 2 行が記録されるため、利用料金の行を 1 トリップとして数えた。また、出発・返却がともに新潟のポートである利用に限定した。年度は 4 月始まりとし、R4 は

2022 年 9 月～2023 年 3 月の 7 か月間、R8 は 2026 年 4～7 月の 4 か月間である。

表-1 使用データ

データ	内容・期間・件数
利用履歴	出発・返却ポート，日時 (2022 年 9 月～2026 年 7 月，330,576 件)
満車・空車ログ	ポート別の満車・空車の開始・終了日時 (2022 年 9 月～2026 年 7 月，89,792 件)
ポート情報	立地区分，容量，屋根の有無 (46 ポート)
気象データ	新潟市の気温，降水，積雪 (1 時間毎，Open-Meteo)

3. 利用実態の分析

3.1 年度別の利用推移

図-1 に年度別の総利用回数を示す。総利用回数は、R4 (7 か月) の 14,974 回から R5 の 67,696 回、R6 の 102,602 回、R7 の 106,473 回へと増加した。ただし、R6 から R7 への増加率は 3.8%にとどまり、利用の伸びは鈍化している。年度の期間が異なるため月平均で比べると、R4 の 2,139 回/月から R5 の 5,641 回/月、R6 の 8,550 回/月、R7 の 8,873 回/月と推移し、R8 (4 か月) は 9,708 回/月であった。休日の占める割合は 33～38%であった。ポート数は、R4 の 31 から R5 に 42、R6 に 46 と増え、R6 以降は横ばいである。

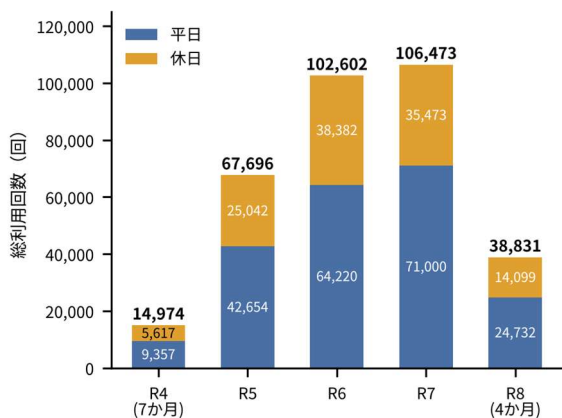


図-1 年度別の総利用回数（平日・休日別）

3.2 季節変動

図-2 に、月ごとの利用回数を年度別に示す。いずれの年度も夏から秋（7～10月）に多く、1月前後に大きく減少する。冬季の減少には降雪や低温が関係すると考えられ、需要の推定では気象条件を説明変数に加える必要がある。なお、R4 は 9 月開始、R8 は 7 月までのデータであるため、年度間の比較は同じ月どうしで行う必要がある。

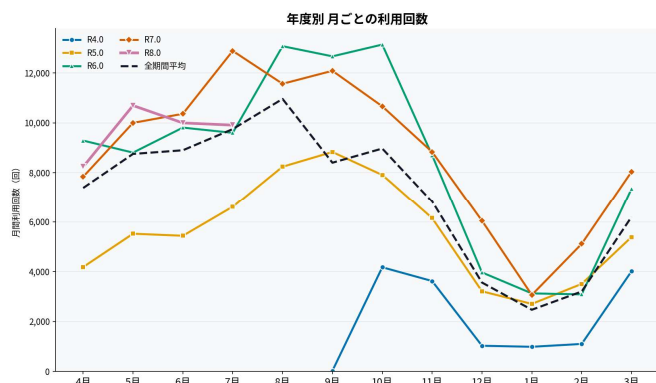


図-2 年度別の月ごとの利用回数

3.3 OD 分析

図-3 に、R7 における貸出回数と返却回数の上位 20 ポートを示す。新潟駅万代広場バスターミナル側（以下、万代 BT 側）は、貸出が 12,158 回、返却が 11,338 回と最も多く、LoveLa Bandai（6,693 回、6,233 回）、古町ルフル（5,127 回、5,084 回）が続く。上位のポートでは、貸出回数と返却回数はおおむね近い値である。図-4 に、これらのポート間の OD（起終点）を示す。万代 BT 側から古町ルフルへは 1,051 回、大かまへは 963 回、逆向きはそれぞれ 796 回、919 回と、往復ともに多い。古町ルフルと LoveLa Bandai の間も 580 回と 527 回であり、中心部の主要ポート間の流動が大きい。流動は万代 BT 側

を軸とした放射状であり、往復の回数はおおむね同程度である。

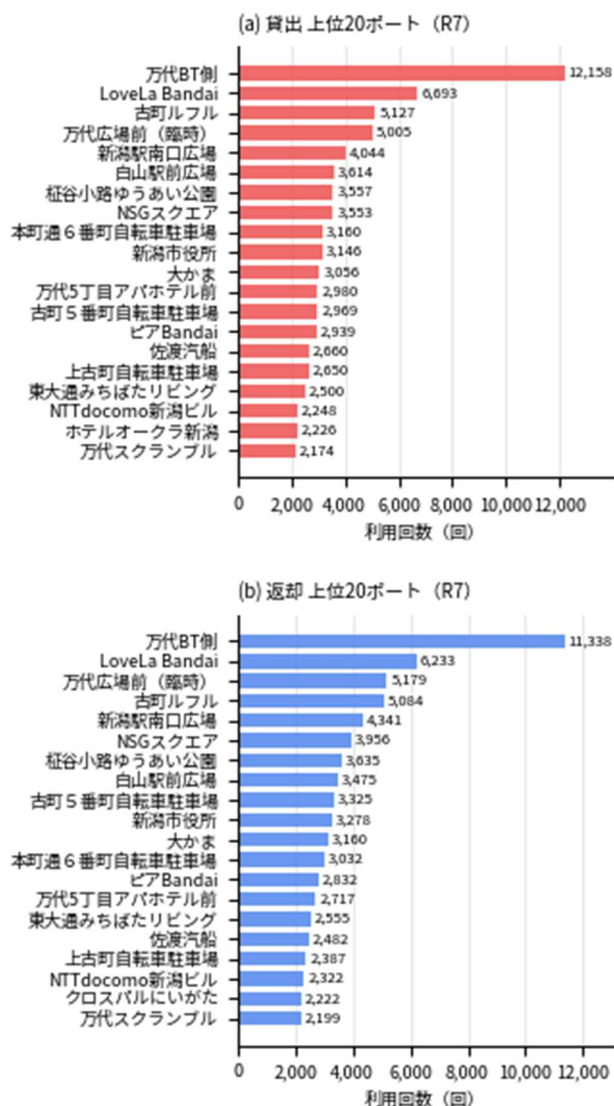


図-3 貸出・返却の上位 20 ポート

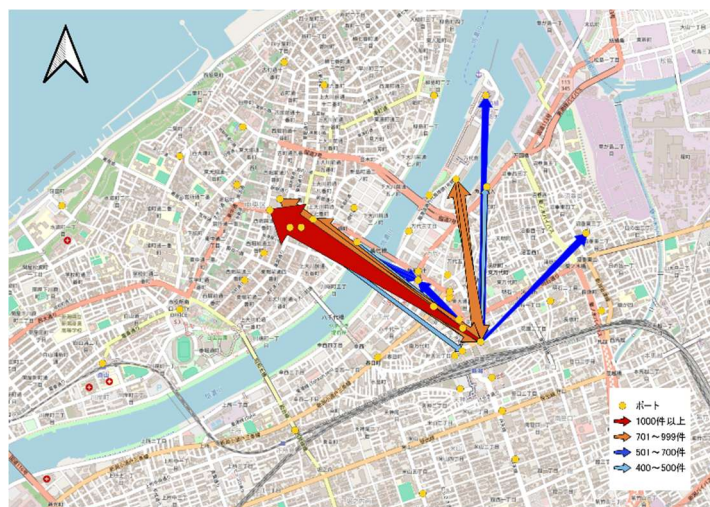


図-4 OD (R7, 利用回数上位 20 ポート)

4. 空ポートの発生特性

4.1 ポート別の満車率・空車率

図-5 に、R7 における満車率の上位 10 ポートを示す。ここで満車率（空車率）は、観測期間に対して満車（空車）であった時間の割合とする。満車率は佐渡汽船が 28.5%で最も高く、沼垂テラス商店街が 23.1%，新潟駅南口広場が 18.3%，米山 5 丁目 NIPPO 前が 17.8%と続く。上位 10 ポートのうち 6 ポート（佐渡汽船，新潟駅南口広場，白山駅前広場，東大通みちばたリビング，古町ルフル，万代 BT 側）は、図-3 に示した貸出回数・返却回数の上位 20 ポートにも含まれ、利用回数が多いポートで満車が起こりやすい傾向がある。一方、空車が起こりやすいポートは、万代テラス，砂丘館，大かまなどであった（図-6）。

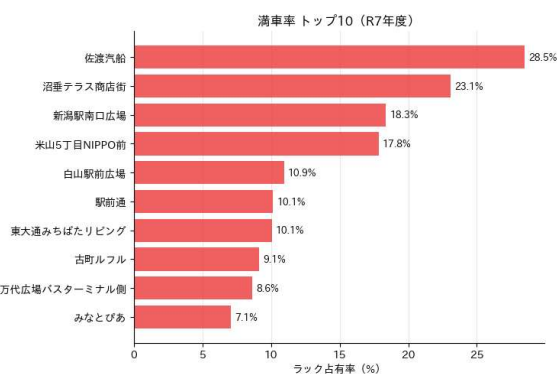


図-5 ポート別満車率の上位 10 ポート (R7)

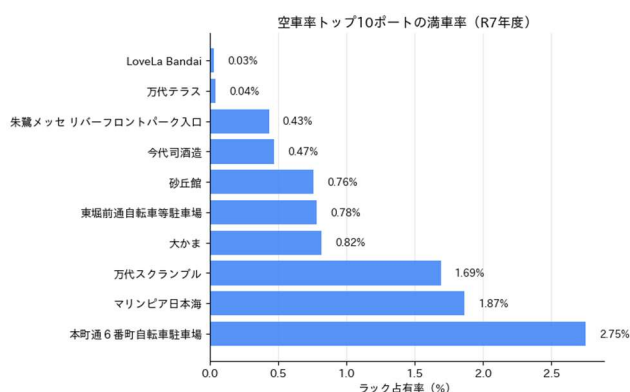


図-6 ポート別空車率の上位 10 ポート (R7)

4.2 時間帯別の変動

図-7 に、主要ポートの時間帯別の満車率と空車率を示す。ここでは、4.1 とは異なり、各時刻に満車（空車）であった日の割合を用いる。満車になりやすい時間帯はポートによって異なり、たとえば佐渡汽船では 9 時頃に満車率が最も高い。空車率については、大かまは夜間から早朝に 6 割程度が空車であるのに対し、日中は 1 割程度まで低下し、万代テラ

スは終日 6 割以上が空車であった。このように、空ポートの発生は時間帯と立地に依存しており、ポートごとに需要を推定する必要がある。

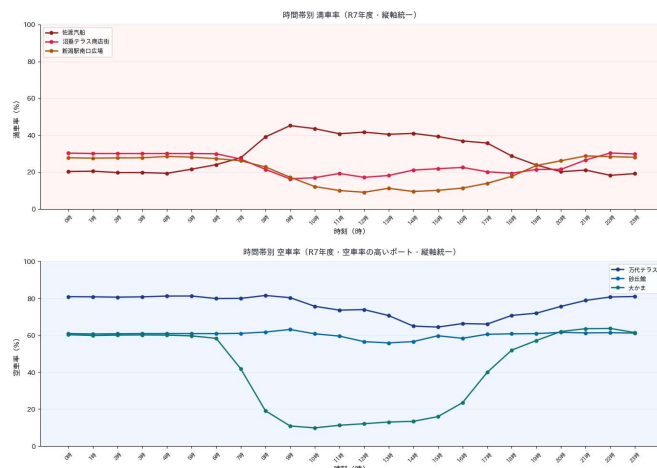


図-7 主要ポートの時間帯別満車率（上）・空車率（下）(R7)

5. 需要推定モデルの構築

5.1 ボロノイ分割による勢力圏の設定

利用者は最寄りのポートを利用すると仮定し、ポートの位置を母点としたボロノイ分割により、各ポートの勢力圏を設定する（図-7）。ポート i の勢力圏 V_i は式(1)で表される。

$$V_i = \{x \mid d(x, p_i) \leq d(x, p_j), j \neq i\} \quad (1)$$

ここで、 p_i はポート i の位置、 $d(\cdot, \cdot)$ は 2 点間の距離である。ただし、ボロノイ分割のみでは、ポートから遠い地点も勢力圏に含まれる。そこで、ポート i から道路ネットワーク上で徒歩により到達できる範囲（500 m の等時間圏） I_i との共通部分 $V_i \cap I_i$ を、ポート i の勢力圏とする。等時間圏は QGIS の ORS Tools により作成する。この方法により、ポートの設置・廃止に伴う勢力圏の変化を同じ手続きで表現できる。

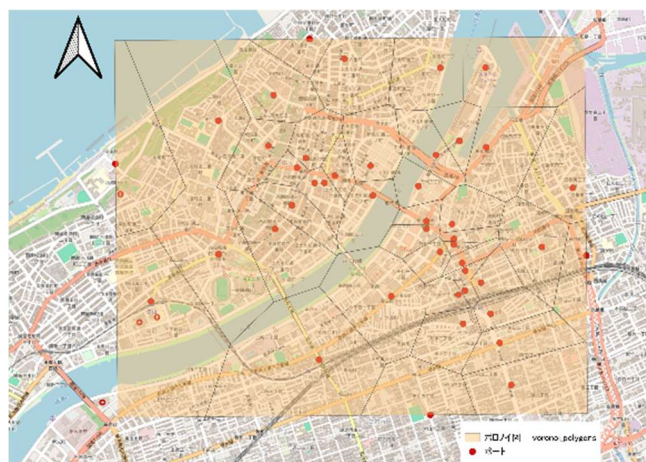


図-8 ボロノイ分割による各ポートの勢力圏

5.2 被説明変数と説明変数

被説明変数は、ポート i の 1 日あたり利用回数（貸出回数） y_i とする。ただし、空車の間は貸出が起こらず、満車の間は返却ができないため、実績の利用回数は潜在的な需要を下回りうる。そこで、満車・空車ログを用いた補正方法を検討する。説明変数 x_{ik} は、(a) 勢力圏内の立地特性（地形、人口、従業人口、駅・バス停へのアクセス、土地利用、集客施設など(表-2)）、(b) ポート属性（容量、屋根の有無）、(c) 気象条件とする。気象条件は、降水・積雪・気温から「良」「悪」の 2 区分とし、降雪の影響を考慮する。立地特性のうち、駅やバス停などへの距離を表す指標は、ユークリッド距離のラスタを作成して勢力圏内の平均値を、人口などの密度を表す指標は、15 m のラスタに変換して勢力圏内の合計値または平均値を用いる。説明変数の候補を表-2 に示す。

表-2 説明変数の候補

区分	変数	集計方法・データ
地形	標高、傾斜	勢力圏内の平均
人口	人口、従業人口	15 m ラスタの合計
アクセス	鉄道駅、バス停までの距離	距離ラスタの平均
土地利用	商業・住宅・工業	面積割合
集客施設	学校、観光地、公共施設までの距離	距離ラスタの平均
ポート属性	容量、屋根の有無	ポート情報
気象条件	天候の良・悪、降雪の有無	Open-Meteo

5.3 推定方法

推定には重回帰分析を用い、式(2)により需要を表す。

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2)$$

ここで、 β_k は係数、 ε_i は誤差項である。モデルの当てはまりは自由度調整済み決定係数で評価し、説明変数間の相関（多重共線性）を確認する。また、実績値と推定値の差が大きいポートについて、その立地や運用上の特徴を調べる。

6. おわりに

本研究では、にいがた 2km シェアサイクルの利用実態と空ポートの発生特性を分析し、ボロノイ分割による勢力圏と立地特性を用いた需要推定モデルを構築した。得られた知見は以下のとおりである。

(1) 利用回数は R4 から R7 にかけて増加したが、R7 の伸びは前年度比 3.8%に鈍化した。利用は夏から秋に多く冬に減少し、流動は万代 BT 側を軸とした放射状であった。

(2) 満車率の上位 10 ポートのうち 6 ポートは利用回数の多いポートと重なり、空ポートの発生は時間帯とポートの立地によって異なった。

(3) 勢力圏の設定と説明変数・推定方法を示した。

謝辞

本研究で用いたデータは、一般社団法人にいがたレンタサイクルより提供を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Dell'Amico, M., Hadjicostantinou, E., Iori, M. and Novellani, S.: The bike sharing rebalancing problem: Mathematical formulations and benchmark instances, *Omega*, Vol.45, pp.7-19, 2014.
- 2) Gammelli, D., Wang, Y., Prak, D., Rodrigues, F., Minner, S. and Pereira, F.C.: Predictive and prescriptive performance of bike-sharing demand forecasts for inventory management, *Transportation Research Part C*, Vol.138, 103571, 2022.
- 3) Faghih-Imani, A., Eluru, N., El-Geneidy, A.M., Rabbat, M. and Haq, U.: How land-use and urban form impact bicycle flows: Evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in Montreal, *Journal of Transport Geography*, Vol.41, pp.306-314, 2014.
- 4) Rixey, R.A.: Station-level forecasting of bikesharing ridership: Station network effects in three U.S. systems, *Transportation Research Record*, No.2387, pp.46-55, 2013.