

# 神戸市におけるコミュニティサイクル利用による回遊行動分析

115-002 安積 弦吾  
115-035 小谷 光平  
115-089 山崎 太雅

## 1. 背景・目的

神戸市都心部への来街者は、主として三宮周辺地区に限られた地域にとどまっていることから、神戸市では、再整備構想を策定し、「歩くことが楽しくなるまちづくり」や「いつ来てもときめく出会いと発見を」といったまちづくりの方針のもと、来街者の回遊性の向上、長時間滞在できる魅力を高める施策を講じている。

神戸市のコミュニティサイクル「コベリン」は、徒歩での移動に加え、回遊性を高める移動手段として運用されている。コミュニティサイクルは、街中に複数の自転車貸出拠点(ポート)を設置し、利用者がどこでも借出・返却できる新しい交通手段のことであり、CO<sub>2</sub>排出量の削減などの効果が期待され多くの都市で導入が進んでいる<sup>1)</sup>。

回遊行動に関わる既往研究には、歩行者を対象とした実態分析や要因分析を行ったものや回遊行動のモデル化を行った研究は多く蓄積されてきているが、コミュニティサイクルを対象とした研究は歩行者のそれよりも蓄積が少ない。

そこで、本研究では、コミュニティサイクルを活用した回遊性向上に資するため、「コベリン」の走行履歴データを用いてコベリンの利用実態の分析、来街者の回遊行動の把握を行い、回遊行動モデルの構築と街路空間と自転車利用の関係性を明らかにすることを目的とする。

## 2. 研究の流れ

コベリン利用者の走行履歴データ(GPS ログデータ)を用いて、コベリンの利用実態を把握する。次に、来街者の回遊行動をカーネル密度推定により可視化する。そして、コベリンの利用実態を踏まえ、Coxの比例ハザードモデルの構築をし、来街者のコベリンの利用時間に影響を及ぼす要因を分析した。最後に、コベリンの回遊経路を検討するための基礎的な検討として、Space Syntax理論(以下S.S理論とする)を用いて街路構成とコベリンの走行経路の関係性について検討した。

## 3. データ概要

分析に使用するトリップチェーンデータは、表-1に示すGPSを用いた走行履歴データと表-2<sup>2)</sup>に示すコベリンの料金体系を用いて、利用日、開始ポート/返却ポート、利用開始時間/返却時間、総利用時間、1回利用/1日利用、利用料金、利用開始ポートと返却ポートが一致するか否か、ストップ数、訪問箇所、各ストップへの到着時間/各ストップからの出発時間、各ストップでの滞在時間を作成した。なお、1回利用、1日利用については、使用するGPS走行履歴データに利用料金を示すデータが存在しない為、利用時間が4.5時間未満の場合が1回利用、利用時間が4.5時間以上の場合が1日利用(4.5時

表-1 「コベリン」利用実態分析概要

対象者	神戸コミュニティサイクル「コベリン」の利用客
対象日時	2018年10月27日(土) 2018年10月28日(日)
対象場所	神戸市内
利用者数	347人
調査協力	サイカパーキング株式会社 神戸市役所
GPS走行履歴データ内容	利用日、座標、ポートID、 ポート名、ユーザーID

表-2 コベリン料金表

	1回利用	1日利用
利用時間	最大24時間	当日の24時まで
利用料金	最初の60分100円 その後30分毎に100円	800円

間以上利用すると1日利用のほうが割安になるため)と判断した。また、GPS走行履歴データの位置情報が3分間隔で記録されていることをふまえて、9分間以上利用者が停止した場合、何らかの目的をもってその場所に滞在したと仮定した。そこで3分間隔の移動が時速1km未満の状態でも9分間以上続いた場合を1ストップとして判断した。

## 4. コベリンの走行履歴データの整理

### (1)コベリンの利用実態

2日間の利用数の合計は347人であった。利用開始時間は10時台から15時台にかけて、返却時間は12時台から16時台に集中がみられた。全15カ所のポートのうち最も利用台数が多いのが三宮駅前であり、元町駅前、三宮駅南であった。また、開始・返却ポートの組み合わせは計121通りみられ、借出・返却ポートが異なるものは全体の約75%を占めていた。1日利用が83人、1回利用が264人であった。ストップ数については0回が全体の約40%であり、そのうち約87%が2地点(ポート)間での直接移動であった。

表-3にコベリン利用者の1日平均利用回数、回転率、平均利用時間を示す。平均利用時間は2時間30分で、利用時間のうち停止時間は58.6%を占めており、走行時間より長かった。

### (2)時間帯別利用台数

時間帯別の利用台数を図-1に示す。時間帯別利用台数は、10時から借出が始まり増加し、17時にピークを迎え、返却が始まり減少する傾向にある。

表-3 利用実態

1日平均利用回数	173回/日
回転率	2.0回/台・日
平均利用時間	2時間30分/回

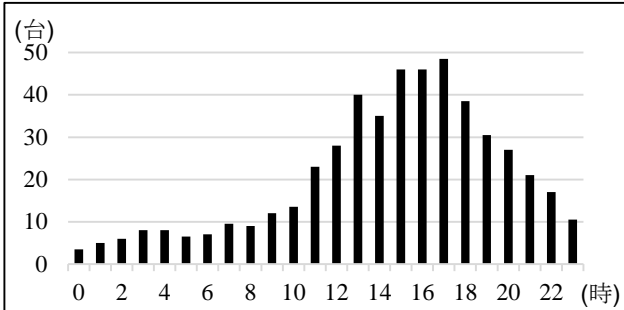


図-1 時間帯別利用台数

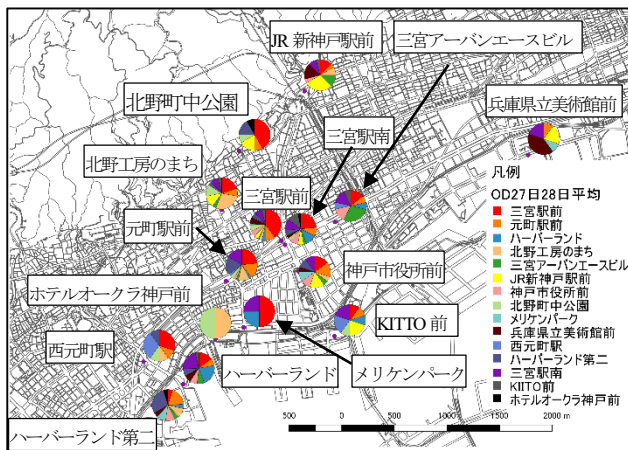


図-2 返却ポートに占める借出ポートの割合

(4)ポート間の移動の分析

図-2は各返却ポートにおいて借出ポートの内訳を示している。三宮駅前やJR新神戸駅前には借出と返却が同一の割合が高い。また、その他のポートでは、三宮駅前、元町駅前から借出が多いこともあり、それらポートの割合が高くなっている。

5. カーネル密度推定を用いたコベリン利用者の移動の可視化

コベリン利用者の移動を視覚的にわかりやすく示すために、2日間の時間断面ごとの走行位置をもとにカーネル密度推定を行った。カーネル関数は正規分布とし、バンド幅は300mとした。密度が高い場所は赤色で、密度が低い場所は青色で示す。11時時点、14時時点、17時時点、18時時点を抽出し分析を行った。なお、各時点で表示に用いた走行位置はGPS走行履歴データが3分に1点のため各時点を挟んだ59分から01分としている。

図-3～図-6より、午前と比べ午後の方が利用者の密度が高い点が多くみられ、訪問先も広がっていることがわかる。図-3に示す11時時点では、利用者は三宮駅周辺、元町駅周辺、異人館周辺に集まっていることがわかる。図-4の14時時点以降より利用者の分布は東西方向にも広がっていることがわかる。14時時点では、三宮駅周辺や北野エリアだけでなく、

神戸大学付属病院やHAT神戸のほか海岸線エリアやハーバーランドエリアで高い密度がみられる。図-5の17時時点は、利用者のピークであり、南京町、ハーバーランド、メリケンパークなど、多くの地点で密度が高くなっている。図-6の18時時点では17時時点と比べて密度が高い場所が減ってきており、密度は低いもののコベリン利用者は広範囲に広がっていることがわかる。

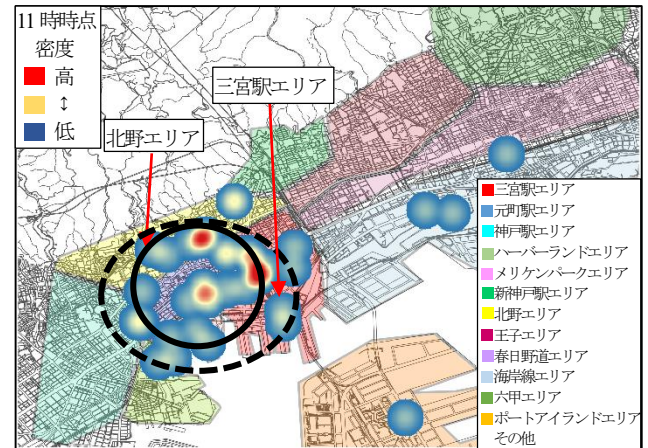


図-3 11時時点

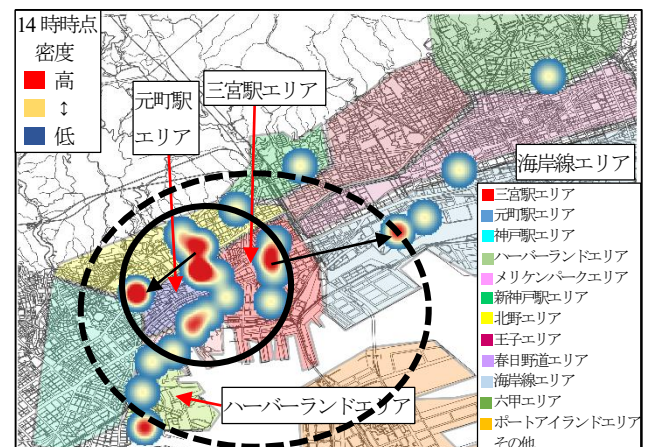


図-4 14時時点

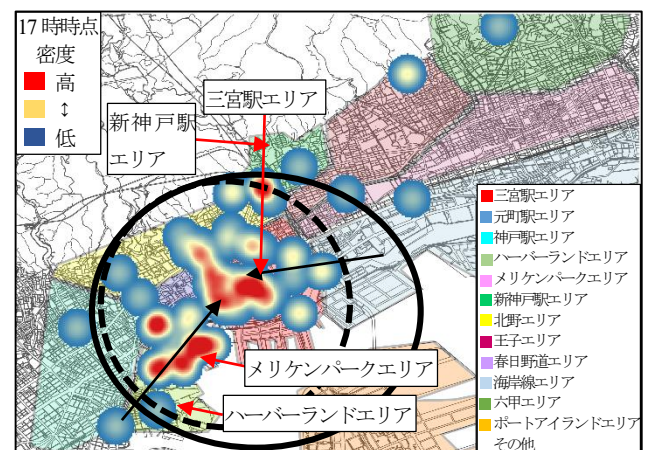


図-5 17時時点

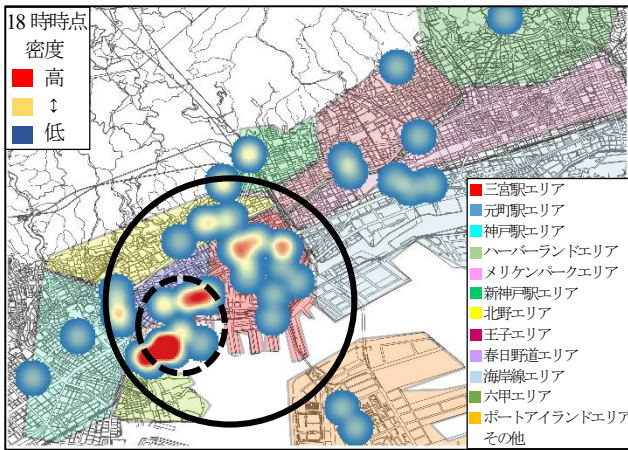


図-6 18時時点

## 6. コペリン利用時間に対する影響要因分析

### (1)Cox の比例ハザードモデルの概要

本研究では、利用時間に影響を与えている要因をCoxの比例ハザードモデル<sup>4)</sup>を用いて分析する。Coxの比例ハザードモデルは、ハザードをデータとした多変量生存時間解析モデルであり、何らかの対象に関する生存時間を分析する生存時間解析のモデルの1つである。生存時間とは、ある事象(イベント)が生起あるいは終了するまでの時間のことであり、この時間について解析を行うことを生存時間解析という。生存時間解析では、対象とする事象が生起または終了するまでの時間分布を生存関数とハザード関数で表す。Cox比例ハザードモデルにおけるハザード関数 $h(x_i, t)$ は、式1のように定義される。

$$h(x_i, t) = h_0(t) \exp(\sum_{j=1}^n \beta_j x_{ij}) \quad (式1)$$

ただし、 $h_0(t)$ は基準ハザード関数であり、時間 $t$ にのみ依存し、説明変数には依存しない関数である。

本研究では、ハザード関数は「時点 $t$ において自転車を利用することをやめる確率」、生存関数は「時点 $t$ において自転車を利用している確率」と解釈し、説明変数としてストップ属性を取り上げ、これらが利用時間に及ぼす影響を分析する<sup>4)</sup>。なお、分析には、ストップ数が0回(単なる2ポート間の移動)の利用者を除いた209人分のデータを用いた。ストップ数が0回の利用者は、借出ポートと返却ポートが異なる場合が多く、単なる2ポート間の移動になっており、回遊を目的とした利用とは異なると考えられるためである。また、ストップ数が5回を超えるデータはいずれも少数であったため、1つのデータとして扱った。

### (2)総利用時間のモデル推定

利用時間のモデル推定の説明変数として、合計ストップ数・利用開始ポートと返却ポートが一致するか否か(一致=1、不一致=0)・利用開始時間(午前出発=1、午後出発=0)を用いた。

その結果を表-4に示す。推定結果より、パラメータの有意水準をみると、説明変数のうち合計ストップ数は有意水準0.01%を、利用開始時間は有意水準0.1%を満たしているが、利用開始ポートと返却ポートが一致するか否かでは有意とはならなかった。また、 $\beta$ 値がマイナスの時、総利用時間が長くな

表-4 利用時間を目的変数とした推定結果

共変量	$\beta$	p値	有意水準
合計ストップ数	-0.45	<0.0001	***
利用開始ポートと返却ポートが一致するか否か	-0.18	0.21	
利用開始時間	-0.51	0.0009	**
サンプル数	209	***:0.0001, **:0.001	

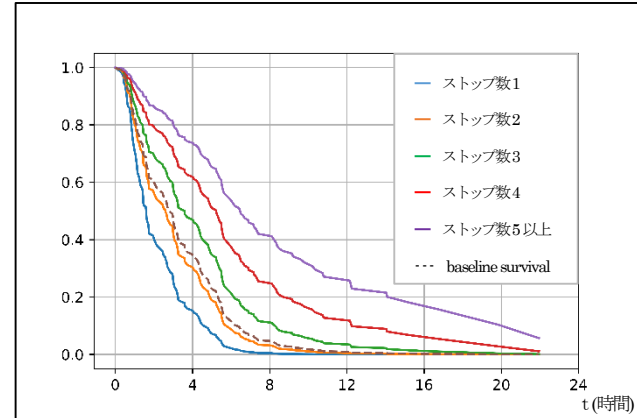


図-7 合計ストップ数ごとにみた生存関数

ることから、合計ストップ数が多いほど利用時間は長くなり、出発時間が早いほど利用時間は長くなるのがわかる。

図-7は、合計ストップ数ごとにみた生存関数のグラフである。縦軸は利用状況を表しており、0%になるとすべての利用者が自転車を返却したということになる。5割の人が利用をやめる時間でみると、ストップ数が1の場合1時間45分、ストップ数5以上の場合6時間25分となり、利用時間が約4時間40分長くなると推定できる。

## 7. 街路空間構成と走行経路の関連性

### (1)S.S理論の概要

神戸市はコペリンを来街者の回遊性を高めるための一つの移動手段と位置付けており、歩行者を中心としたまちづくりにおいて重要な役割がある。S.S理論<sup>5)</sup>は、1970年代にイギリスのロンドン大学(UCL)パートレット校のBill Hillier教授らによって提唱された空間分析手法である。そこで提唱されている空間分析の指標は歩行者の経路選択と相関があることが知られている。このため、コペリン利用者の走行経路と空間構成の関連性を分析する。

S.S理論では、空間の「繋がり方」を、図面情報のみで数値化できることが特徴である。対象地域の地図上で街路が障害物等により遮られない限り、できるだけ長い軸線(以下 Axial Line とする)を引き、街路構成を表す。この Axial Line が分析のベースとなる。本研究では、「見える」という視覚的な繋がりを表す「つながりの良さ指標」と、「行ける」という動線的な繋がりを表す「通りがかりやすさ指標」の2つの指標とコペリンの走行履歴を用いて分析する。

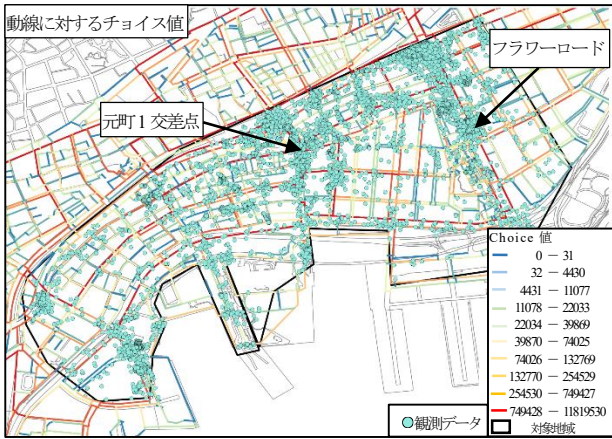


図-8 対象地域での Choice 値による色分け

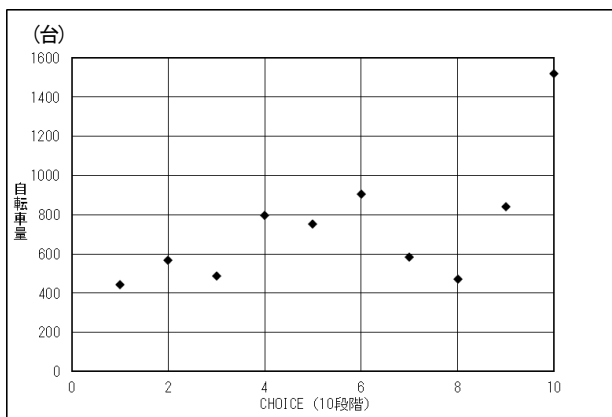


図-9 10段階に分けられた Choice 値と自転車利用量

## (2) 通りがかりやすさ指標 (=Choice 値)

ここでは、GPS 走行履歴データより多くの点が三宮駅、元町駅といった都心部に集中していることと、S.S 理論では対象地域の縁端部は指標値が低くなることから知られていることから、図-8 を対象地域とする。通りがかりやすさ指標(以下 Choice 値とする)は、対象地域内で出発点と到着点を決め、その点の間で最適な経路を選んだ場合にその街路が途中経路として何回使われるかを表す指標である。実際に歩行する際に必要な方向転換の様子を表すものを「動線モデル」という。動線モデルの Choice 値をもとに 10 段階に色分けを行っている(図-8)。車道・歩道を区別して Axial Line を引く。Axial Line の総数は 1841 本で、全長は 59.0 km となった。Choice 値は、それぞれの Axial Line が「何度の角度で接続しているか」を重視する為、交点間の線分を抽出し、それぞれの線分と隣接する線分とのなす角度を考慮して算出する。解析対象地域では、Choice 値の最大値が 4,339,498、最小値は 0、平均値は 283,143.27 であった。Choice 平均値を超える線分数は 388 本で 21.0% を占め、Axial Line 長は 11.1 km で 18.9% を占めた。対象地域の Choice 値は、T 字路や細街路は低くなっていて、大きな街路で高くなっており、T 字路や細街路を大きな街路が取り囲む構成となっている。途中経路としては大きな街路が選ばれやすくなっている。よって細街路では通りがかりにくく、大きな通りが通りがかりやすい街路構成となっていることがわかる。

## (3) Choice 値と走行経路の相関

図-9 は、X軸に街路を動線モデルの 10 段階に分けられた Choice 値(図-8 に示す青色から赤色までの区分)を低い順に番号を付けたもので、Y軸は当該の Choice 値を有する街路上にコペリンの利用者の GPS ログデータが何点あったかを示している。相関係数は 0.632 となり正の相関がみられた。Choice 値が高く暖色のところではコペリン利用者が多く、Choice 値が低く寒色になるにつれて自転車利用者が少なくなる傾向があることがわかった。

## 8. 総括

本研究では神戸市コミュニティサイクル「コペリン」を対象として、まず、GPS により観測された走行履歴データをもとに利用実態を明らかにした。

この結果、休日 2 日間の合計利用人数は 347 人であり、平均利用時間は約 2 時間 30 分で、利用時間のうち停止時間の合計は 58.6% を占め移動時間よりも長くなる結果となった。ポート間移動では、三宮駅前から利用開始した人は、三宮駅前に返却する人が最も多く、駅から離れているポートは全体的に返却しに来る人が少ないことがわかった。

次に、生存関数を用いた総利用時間のモデル推定より、コペリンの利用時間は、合計ストップ数が多くなるほど、また利用開始時間が早くなるほど長くなることが明らかになった。

また、S.S 理論を用いて解析対象地域の空間構造と自転車利用量の関係を相関図に表し、正の相関であることが明らかになった。この結果より Choice 値が高い所では自転車利用者が多く、Choice 値が低い所では自転車利用者が少なくなることがわかる。

今後の課題には、走行履歴データが 3 分間隔であったことから、ストップ数を計測する際、時速 1km 未満の状態が 9 分以上続いた場合を 1 ストップと判断したが、この妥当性を検証する必要がある。今後は、GPS 走行履歴データだけでなく、利用者アンケート調査を行うことで、利用者の詳細な回遊行動を明らかにしていきたい。

### 【参考文献】

- 1) 橋本 成仁、中島 那枝(2017)「コミュニティサイクルの導入がまちの魅力に与える効果に関する研究」公共遮断法人日本都市計画論文集 vol.52 No.2
- 2) 神戸コミュニティサイクル こうべリンクル “コペリン” <https://www.kobelin.jp/>, 2019年1月22日アクセス
- 3) 加畑 敦嗣、大西 諒、山口 行一(2018)「GPS ログデータを用いた京都市観光におけるレンタサイクルの回遊特性」, 日本都市計画学会関西支部研究発表会講演概要集, 16 巻, p.37-40
- 4) 高橋 信(2007)「すぐ読める生存時間解析—カプラン・マイヤー法/ロジスティック回帰分析/コックスの比例ハザードモデルが、よくわかる」, 東京図書株式会社, 東京都
- 5) 平尾 章啓、池永 知樹、山口 行一(2016)「賑わいの分布と空間構成の課題に関する一考察」 日本都市計画学会関西支部研究発表会講演概要集, 14 巻, p.145-148