

シェアサイクルにおける走行データとサイクルポートの設置環境の分析 Analysis of Travel Data and Cycle Port Installation Environment for Shared Cycle Business

○伊藤 陸斗^{*1}, 永家 忠司^{*2}, 前 稔文^{*3}, 池永 花^{*4}
Rikuto ITOU^{*1}, Tadashi NAGAIE^{*2}, Toshifumi MAE^{*3} and Hana IKENAGA^{*4}

^{*1} 大分工業高等専門学校機械・環境システム工学専攻

Mechanical-Environmental System Engineering Major, National Institute of Technology, Oita College, Advanced Course

^{*2} 大分工業校等専門学校都市・環境工学科 准教授 博士 (工学)

Associate Prof., Department of Civil and Environmental Engineering, National Institute of Technology, Oita College, Dr.Eng.

^{*3} 大分工業高等専門学校都市・環境工学科 教授 博士 (工学)

Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, National Institute of Technology, Oita College, Dr.Eng.

^{*4} 大分市都市計画部

City Planning Department, Oita Municipal Office

Summary: The Bicycle Utilization Promotion Law and Plan emphasize traffic safety and the promotion of bicycle use. Shared bicycles are seen as important for achieving these goals. However, challenges exist regarding the profitability and bicycle reallocation in the shared cycle business, requiring effective data utilization. This project aims to use data from Oita City's shared cycle business to understand usage patterns and user behavior, ultimately improving the bicycle usage environment. By comparing the most traveled routes with the shortest routes between road segments and cycle ports, we identified factors contributing to the gap. Insufficient facilities around cycle ports and transportation convenience were found to be causes of the gap. To address this, we propose concentrating facilities around cycle ports or strategically locating them on high-traffic roads with limited cycle ports. This would enhance the bicycle usage environment.

キーワード: 自転車活用推進計画; シェアサイクル; 位置情報; ウォーカビリティ

Keywords: Bicycle Utilization Promotion Plan; Shared Cycle; Location Information; Walkability.

1. はじめに

我が国では交通の安全の確保を図りつつ、自転車の利用を推進し、交通における自転車への依存を低減すること等を基本理念とする「自転車活用推進法」が平成 29 年 5 月に施行された。同法に基づき平成 30 年 6 月に、我が国の自転車活用の推進に関する基本となる計画として「自転車活用推進計画」が国により策定された。本計画では、自転車交通の役割拡大による良好な都市環境の形成を目標として掲げており、安全で快適な自転車利用環境を計画的かつ継続的に創出するとともに、公共交通との連携を強化することで自転車利用を促進することを目的としている。

また、近年の環境や健康への社会的関心の高まりや観光の活性化、生活環境の利便性の向上が求められる中で、当該目標の達成のためにシェアサイクルの普及を推進することを施策のひとつとして位置付けており、さらに具体的な措置として自転車の利用実態や情報通信技術の活用による情報の収集やその利用方策について調査・研究を行うことが定められている¹⁾。

以上のようにシェアサイクル事業の普及が推し進めら

れている現状ではあるが、その運営には採算性や自転車の再配置にかかるコストなどの課題があり、これらの課題解決のためにはシェアサイクル事業で定常的に得られる各種データをいかに有効活用するかといった視点が重要となる。既往研究として、鈴木ら²⁾は自転車利用者が経路選択時に考慮すると思われる要因を設定し、評価を行った。その結果、最短経路や路面の状況などが重視されていることを明らかにしており、最低限のコストでの走行環境の整備が必要とされている。また、サイクルポート（以降、CP）の配置に関する研究は多く行われているが、走行ログデータを活用した配置に関する研究は数少ない。よって、本研究は持続的なシェアサイクル事業に資するための研究として位置づけ、大分市で実証実験として実施されているシェアサイクル事業から得られるデータのうち、走行ログデータおよび CP での利用数を用いた分析手法を提案する。分析の結果からシェアサイクルの利用実態を把握するとともに、利用者の行動特性から選好される走行空間や CP、駐輪場などの設置場所を明らかにすることで、自転車の利用環境の整備に資することを目的とする。

2. シェアサイクル事業及びデータの概要

自転車活用推進法の施行および自転車活用推進計画の策定を受けて、大分市では「大分市自転車活用推進計画」が令和2年4月に策定され、自転車利用促進のひとつの仕組みとしてシェアサイクル事業の推進を試みている³⁾。

大分市で実施されているシェアサイクル事業「おおいたサイクルシェア（事業名称：大分市シェアサイクル普及推進事業）」は平成30年1月から実証実験が行われており、市内に複数のCPを設置し、CP間であれば24時間いつでも自由に電動アシスト自転車の貸出および返却が可能となっている。なお、事業の実施体制は実施主体が大分市、運営主体はサイクルシェアリング事業を運営・システム提供する民間事業者であり、約200台の電動アシスト自転車が市内の62箇所のCPに設置されている（表1、図1）。

表1 「おおいたサイクルシェア」の概要

期間	2018年10月1日～2023年4月3日
営業時間	24時間利用可能（一部CPを除く）
自転車数	約200台（電動アシスト自転車）
ポート数	62箇所（2020年11月時点）
利用方法	アプリやWebから会員登録し、自転車の操作パネルから貸出・返却を行う
会員種別	1回会員、月額会員、1日パス、法人会員

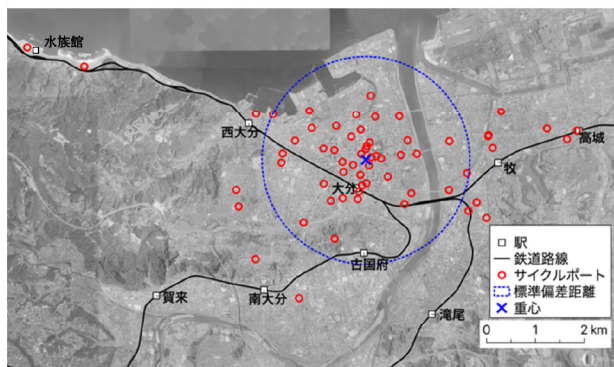


図1 サイクルポートの配置（2020年11月時点）

図1に大分市内に配置されているCPの分布状況および分布から算出される重心と標準偏差距離を示す。CPは大分市中心部にあたる府内町（大分駅から約600m）を重心として分布しており、地区住民だけではなく通勤者、観光客といった多様な利用客を想定している。また、重心から最遠地点にあるCPは直線距離で約7.3kmの場所にある水族館であり、遠距離にあるCPの多くが観光施設に設置されている。標準偏差距離（Standard Distance）は、CPの重心から各CPまでの距離をもとに算出した標準偏差であり、2,129mとなった。この標準偏差距離の円

表2 走行履歴データの概要

期間	2020年11月9日(月)～15日(日)
データ属性	CP名、自転車識別番号、ユーザID、日時、緯度、経度
分析対象ログ総数	20,797
ログ取得間隔	約3分
利用者数	350
平均利用時間	36.4分
最大利用時間	2138.0分

に入るCP数は全体の約68%を占めることとなり、円内、特に重心付近にあるCPは利用開始・終了の発着地点として相互利用しやすい場所に配置されていることとなる。

表2に本研究で入手した走行履歴データの概要を示す。本研究に用いるテキストデータ(csv形式)は運営主体から大分市都市計画部都市交通対策課を通じて入手した。今回提供された元データは、2020年11月9日から15日までの一週間のデータであり、ログ取得間隔は3分となっている。取得期間やログの取得間隔によって異なる傾向を示す可能性があるため、本研究は限定的な期間での一考察として位置付ける。データには緯度・経度が正しく記録されていないログや、ユーザIDが空欄となっているログを有していたため、これらの情報の欠損のあるログを除外した20,797点を以降の分析の対象とした。

3. 走行履歴データの分析

3.1. 走行履歴データを用いたトリップの抽出

走行履歴データのユーザIDおよび日時からシェアサイクル利用の各トリップを抽出した。その際、ユーザIDおよび日時が連続して記録されているものを一つのトリップとしている。ただし、連続した日時でもログ取得の位置情報の誤差が10m程度であると判断されたことから2地点間で10m以下のものをCPでの自転車の貸出・返却や信号待ちや施設利用等の一時的な停止中の状況とし、これらのログを除外した上で、時間間隔が30分以上あるものは別トリップとして判断した（表3）。本データはログ取得間隔が約3分と比較的長い間隔であるため、ログが正しく記録されないといったエラーによって結果に影響しないよう判断基準を30分と設定する。

次に、走行履歴データの緯度経度の情報をもとにGISにインポートし、1,415のトリップを可視化した（図2）。GISでトリップ長を求めたところ、総トリップ長は約2,646km、平均トリップ長は1,870mであり、これはシェアサイクルに期待されるラストワンマイルをカバーする交通サービスと概ね合致するものである。ただし、ログ取得間隔の影響で走行経路が頻繁に分岐されている場合、実際の距離よりも少なく見積もられることに注意が必要

表 3 同一ユーザ ID におけるトリップの判別

ユーザ ID	日時	
user1	2020/11/9 14:50	1 トリップ
⋮	⋮	
user1	2020/11/9 17:47	
user1	2020/11/9 17:49	1 トリップ
user1	2020/11/9 18:16	
user1	2020/11/9 18:19	
⋮	⋮	

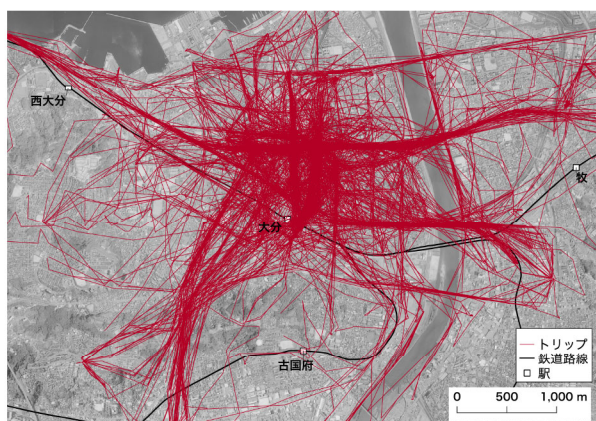


図 2 走行履歴データから抽出したトリップ

である。なお、高橋ら⁴⁾は自転車の通行経路を把握するためには位置情報を 30 秒程度の間隔での取得を要し、この時間よりもログ取得間隔が短い場合は正確な走行軌跡を把握することが概ね可能であることを報告している。

図 2 のように、走行履歴データから抽出したトリップを GIS 上に展開することで、利用実績の多い道路を大まかに把握することは可能である。しかしながら、ログ取得間隔や走行履歴データの測定誤差により、GIS 上に展開されたトリップの多くが道路の存在しない箇所にトリップを構成するセグメントが配置されており、シェアサイクルによる各道路の走行実績を把握することは困難である。したがって、ログ取得間隔がある程度長かったとしても各道路の走行実績を把握する方法が求められる。

3.2. 走行履歴の空間分布

(1) カーネル密度推定による空間分析

走行履歴データの空間分布を視覚的にわかりやすく示す一般的な手法として、標本データから全体の分布を推定する手法であるカーネル密度推定がある。図 3 にログ取得地点の位置情報を用いたカーネル密度推定を行った結果を示す(式 1)。 $\hat{f}(x,y)$ は任意の空間座標 (x,y) における確率密度推定値であり、 K はカーネル関数、 h はカーネ

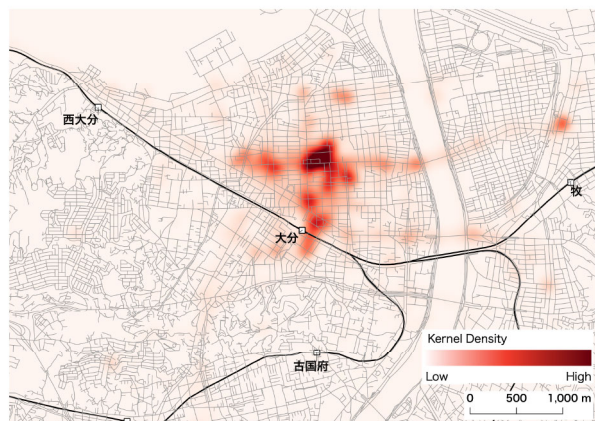


図 3 ログ取得地点（移動中）のカーネル密度分布

ル関数のバンド幅、 n はログ取得数である。カーネル密度関数としてガウス関数を用い、バンド幅は 250m とした。

$$\hat{f}(x,y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=0}^n K \left[\frac{x-x_i}{h}, \frac{y-y_i}{h} \right] \quad (1)$$

密度の高い空間はシェアサイクルでの移動中にどの空間により多く存在していたかを表しており、移動開始・終了と判断したログが CP 周辺で多く取得されるため、図 1 に示す CP の重心周辺、つまり利用者の多い CP 周辺で全体的に高くなる傾向が確認された。カーネル密度推定による走行履歴の空間分布について可視化を行った結果、CP の需要について一定の検討は可能であるものの、停止中のログを除外しても、シェアサイクルでの走行実績の多い道路区間を明らかにすることはいささか困難である。

(2) 線密度による空間分析

シェアサイクルによる走行実績の多い道路区間をより明確にするために、図 2 に示すトリップデータを用いて線密度を求めることで走行履歴の空間分布を明らかにした。各ラスタセルの線密度 Ld_i は、対象セルの中心から検索半径 r による円内にある各ラインセグメント長 l_i を合計したものを円の面積で除することで求められる(図 4、式 2)。

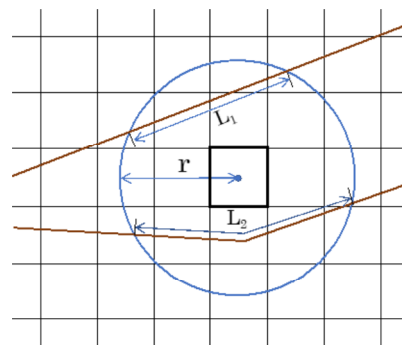


図 4 線密度の算出方法

$$Ld_i = \frac{\sum L_i}{\pi r^2} \quad (2)$$

図5にトリップデータの線密度分布、図6に線密度の属性値をラインデータに付与した際の分布を示す。バンド幅を50mとして線密度の算出を行い、カーネル密度推定と同様に利用者の多いCP周辺で密度が高くなる傾向が確認された。また、国道・県道に沿って高くなる傾向も見られた。線密度による空間分布について可視化を行った結果をカーネル密度推定と比較すると、CPの需要についてはより明確に検討が可能であることに加え、走行実績の多い道路区間の推定も可能であると考えられる。

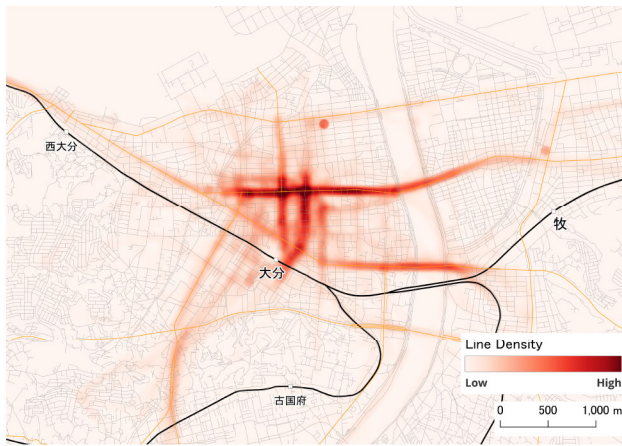


図5 トリップデータによる線密度分布

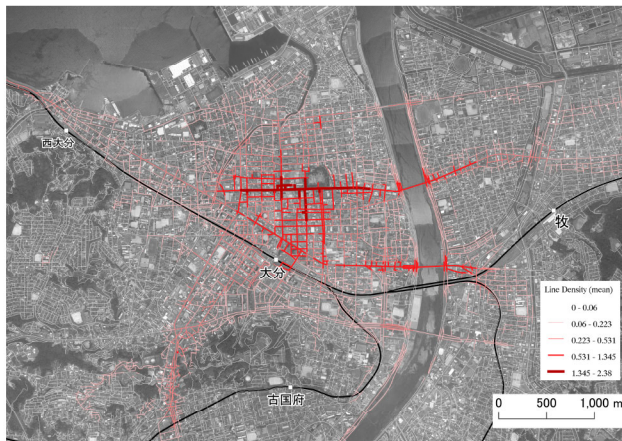


図6 道路中心線における線密度分布

3.3. 線密度と最短経路の比較

走行実績の多い道路区間とは別に、最短経路という観点から利用ポテンシャルの高い道路区間を明確にするため、各CP間の最短経路を求めた。これまでは密度を用いて走行実績のある道路区間を明らかにしたが、ここでは各セグメントにおいて、どの程度最短経路として利用されているかを定量的に表すことで、利用ポテンシャル

の高い道路区間を明らかにした。全ての最短経路をまとめたものを図7に示す。

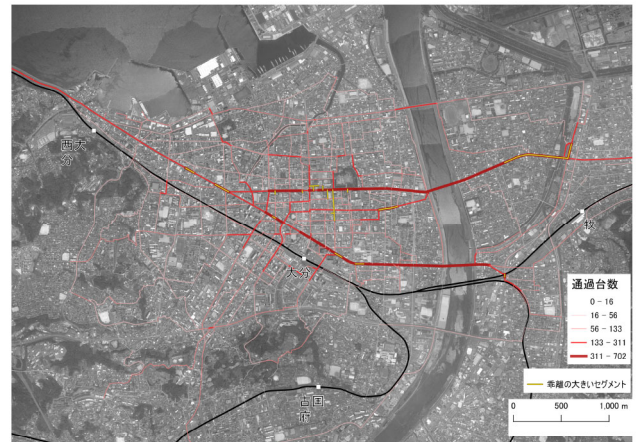


図7 最短経路としての利用ポテンシャル

図6と図7と比較した結果、自然分類により5段階に分類したセグメントのカテゴリ値が全体の約83.5%であり、国道・県道に沿って高くなるといった線密度と似た傾向が確認された。これより、CP間の最短経路は経路選択の際に大きな影響を与える指標であると考えられる。しかし、最短経路において利用ポテンシャルが高い値を示すのに対して線密度では低い値を示している道路区間や、利用ポテンシャルが低く線密度が高い道路区間が存在しており、図7に合わせて示す。これは、最短経路と走行実績の多い道路区間に乖離があることを示唆しており、その原因を明らかにする必要がある。

4. サイクルポートの設置環境が与える影響の分析

4.1. ウォーカビリティ指標の導入

CPの設置環境の違いが走行経路と最短経路の乖離に起因するものとして考え、CPの実態を把握しその設置環境の違いによる利用数への影響を明らかにすることで設置環境と走行経路の関係性の考察を行う。

本研究では、各CPから道路ネットワークに基づく一般的な徒歩半径500m⁵⁾バッファ内の環境を構成する要素についてウォーカビリティ指標を用いて分析を行う(図8)。ここでのウォーカビリティとは歩きやすさ、生活への歩行の取り入れやすさを指し、歩きやすい環境に設置されたCPは利用者に好まれると考え、人々が選好するCPの成立条件をウォーカビリティの視点から明らかにする。ウォーカビリティの構成要素として、大きく6分類・28項目についての分析を行う。これらの指標は、盛岡ら⁹⁾によるウォーカビリティに関する研究や加登ら⁷⁾による居住エリアのウォーカビリティに関する研究を参考にした。



図8 大分市内のサイクルポートと500mバッファ

4.2. ウォーカビリティ指標の特性及び利用数との関係

表4は、ウォーカビリティ指標とその平均値、標準偏差、CPの利用数との相関係数を表したものである。金融

表4 ウォーカビリティ指標と利用数の相関

ウォーカビリティ指標	平均値	標準偏差	利用数との相関係数※
土地利用混合度	0.790	0.140	0.215
世帯密度 (個/ha)	81.92	16.88	0.231
人口密度 (人/ha)	155.93	26.00	0.004
建物密度 (m ² /ha)	10322	5714.11	0.484***
住居密度 (m ² /ha)	4610	1676.42	-0.074
長屋密度 (m ² /ha)	21.82	21.55	-0.308*
戸建密度 (m ² /ha)	1441.10	923.96	-0.350**
集合住居密度 (m ² /ha)	3168.92	1623.07	0.122
業務施設密度 (m ² /ha)	1420.09	1398.55	0.536***
飲食店密度 (個/ha)	1.324	1.688	0.526***
小売店密度 (個/ha)	1.284	1.430	0.461***
宿泊施設密度 (個/ha)	0.134	0.192	0.358**
娯楽施設密度 (個/ha)	0.785	0.858	0.452***
金融機関施設密度 (個/ha)	0.213	0.249	0.597***
文教施設密度 (個/ha)	0.251	0.267	0.388**
医療施設密度 (個/ha)	0.441	0.422	0.402***
福祉施設密度 (個/ha)	0.122	0.094	0.222
行政施設密度 (個/ha)	1.461	3.183	0.430***
3m~5.5m 道路密度(m/m ²)	0.023	0.005	-0.252*
5.5m~13m 道路密度(m/m ²)	0.003	0.002	-0.185
13m 以上道路密度(m/m ²)	0.004	0.002	0.255*
交差点密度 (個/ha)	2.353	0.552	-0.276*
勾配 (°)	2.465	2.557	-0.227
バス停密度 (個/ha)	0.122	0.050	0.360**
街頭犯罪密度 (件/ha)	1.780	1.367	0.456***
不審者密度 (件/ha)	0.718	0.721	0.273*
交通事故発生密度 (件/ha)	0.159	0.101	0.477***
水面密度 (ha/ha)	0.088	0.220	-0.108

※ * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

機関施設密度、業務施設密度、飲食店密度、建物密度の順で相関係数の値が大きいことから、施設が充実しているほど（利用者が目的とする施設が周囲に多いほど）CPの利用数も多くなることが分かる。

4.3. サイクルポートの類型化及び利用率のモデル化

利用数が他の CP よりも突出して多い大分県庁、大分市役所の2箇所を除いた CP に対し、高いモデル適合度を得られたウォーカビリティ指標の28項目中21項目について探索的因子分析を行った。固有値が1以上であること及び固有値の減衰状況から4因子解が妥当と考えられたため、4因子解を採用して探索的因子分析（最尤法・プロマックス回転）を行った（表5）。なお、第4因子までの累積寄与率は77.8%であった（表6）。

表5 ウォーカビリティ指標による因子分析

ウォーカビリティ指標	因子			
	1	2	3	4
飲食店密度(個/ha)	1.029	-0.243		
金融機関施設密度(個/ha)	1.022	-0.343		
業務施設密度(m ² /ha)	0.986	-0.323		0.140
小売店密度(個/ha)	0.943	0.140		-0.122
宿泊施設密度(個/ha)	0.942		0.120	
娯楽施設密度(個/ha)	0.926	0.110		-0.131
医療施設密度(個/ha)	0.869	0.249		
街頭犯罪密度(件/ha)	0.803	0.238		0.116
文教施設密度(個/ha)	0.772	0.301		
バス停密度(個/ha)	0.699		0.184	
交通事故発生密度(件/ha)	0.671		-0.122	0.258
行政施設密度(個/ha)	0.634	-0.478	-0.104	0.118
不審者密度(件/ha)	0.592	0.573		
人口密度(人/ha)	-0.160	0.812	-0.104	0.245
世帯密度(個/ha)	0.315	0.584		0.418
交差点密度(個/ha)	0.185		1.025	-0.127
3m~5.5m 道路密度(m/m ²)		-0.183	0.807	
住居密度(m ² /ha)		0.268	0.513	0.665
土地利用混合度			-0.389	0.812
水面密度(ha/ha)	-0.180		0.103	0.204
勾配(°)	-0.146	-0.248	0.162	-0.696

表6 因子統計量の要約

因子分析	負荷量	2乗和	分散説明率%	累積寄与率%
1	9.63		45.8	45.8
2	2.41		11.5	57.3
3	2.15		10.2	67.6
4	2.16		10.3	77.8

次に、利用数の点から CP の分類を行った。分類には非階層クラスター分析（k 平均法、Lloyd アルゴリズム）

を用いた。図9に示すように2クラスターでの解釈可能性の高さが示唆され、クラスター1は貸出数、返却数ともに低いCPのグループ（以下、低利用CP）であり、クラスター2は貸出数、返却数ともに高いCPのグループ（以下、高利用CP）である。

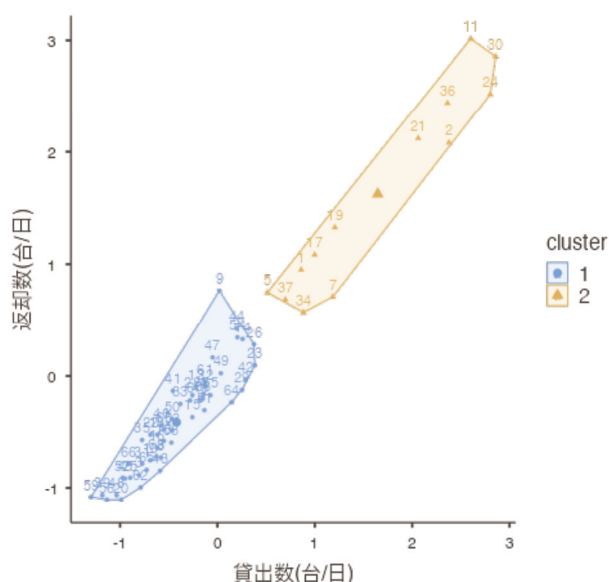


図9 非階層クラスター分析の結果

更に非階層クラスター分析の結果から、高利用CPと低利用CPを判別するためのモデルを作成するために、探索的因子分析において算出された因子得点を説明変数として2項ロジスティック回帰分析を行った（表7）。モデル全体における適合度検定の結果、モデルの当てはまりの良さが示唆された（ $\chi^2 < .001$ ）。説明変数としての因子において、交通因子のオッズ比が3.021と他の因子よりも影響が大きいことから、交通の利便性がCPの利用数に影響していることが分かる。

表7 2項ロジスティック回帰分析の結果

予測変数	推定値	標準 誤差	オッズ 比	95%CI
切片	2.945	0.892	19.02	[3.311, 109.2]
施設因子(1)	-1.237	0.498	0.290	[0.109, 0.770]
都市因子(2)	-0.326	0.397	0.722	[0.332, 1.571]
交通因子(3)	1.106	0.779	3.021	[0.656, 13.918]
生活因子(4)	-2.163	0.937	0.115	[0.018, 0.722]

分析を行った結果、CP周辺の施設充実度（密度や種類）と交通の利便性が、CPの利用数に特に影響していることが分かった。よって、人々に選好されるCPの成立条件はこの2点であると同時に、走行経路に影響を与える原因であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、限定的な期間ではあるがシェアサイクルの利用実態を把握するとともに、利用者の行動特性を明確にすることで、自転車の利用環境の整備に資することを目的とし研究を行った。走行実績の多い道路区間を明らかにし、CP間の最短経路と比較することで、走行経路と最短経路の乖離の原因を考察した。この乖離の原因として、CP周辺の施設充実度と交通の利便性が挙げられ、最短経路とは異なる経路を走行していることから、CP周辺の施設充実度が十分でないことが示唆された。このことから、CP周辺に施設を密集させることや、走行実績の多い道路においてCP数が少ない場所に設置することが望ましく、自転車の利用環境の整備に資することが可能であると考えられる。

本研究で提案した走行ログデータおよびCPの利用数を用いた分析手法は大分市に限らず、様々な場所において適用することが可能である。そのため、これらのデータの活用を促進していくことで、持続的なシェアサイクル事業の発展に繋がることが期待される。

今後の予定として、本研究で得た線密度を再度トリップデータに適用し、道路ネットワークに対応した走行経路の予測を行うことや、走行実績の多い道路区間周辺においても施設充実度を調査することで、より明確に最短経路とのギャップの原因を導くことが可能になる。

【参考文献】

- 1) 自転車活用推進計画, 国土交通省(平成30年6月), https://www.mlit.go.jp/road/bicycleuse/good-cycle-japan/assets/pdf/jitensha_katsuyo.pdf, 2021.3.23 参照
- 2) 鈴木 弘司, 堀 将誌(2015), 利用者属性に着目した経路選択意識に関する基礎的研究, 交通工学論文集, 1巻2号 p. A_142-A_148
- 3) 大分市自転車活用推進計画, 大分市(令和2年4月), <http://www.city.oita.jp/o171/bicycle/documents/keikakuhonpen0519.pdf>, 2021.3.23 参照
- 4) 高橋 歩夢, 掛井 孝俊, 小林 寛, 尾崎 悠太(2020), 自転車のGPSデータを用いた自転車通行経路の効率的な把握手法に関する研究, 交通工学論文集, 6巻2号, A_254-A_259
- 5) 奥村与志弘, 石川雄規, 山田周斗(2020), 日常の徒歩圏内距離と避難場所までの距離感の関係, 土木学会論文集, 76巻2号, p. I_1279-I_1284
- 6) 盛岡諄平, 松尾薫, 加我宏之, 武田重昭(2021), 散歩を支える『歩きやすい』と『歩きたくなる』環境要因から捉えたウォーカビリティに関する研究, 公益社団法人日本都市計画学会都市計画論文集, 56巻3号, p. 477-484
- 7) 加登遼, 神吉紀世子(2017), 居住エリアのウォーカビリティに立脚した地域評価に関する指標の開発と検討, 公益社団法人日本都市計画学会都市計画論文集, 52巻3号, p. 1006-1013