

都心部におけるコミュニティサイクル利用者 による回遊行動の分析 — GPS による自転車の走行履歴データを用いて

谷口 航太郎¹・小谷 通泰²

¹ 学生非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

E-mail: s1820472@s.tsukuba.ac.jp

² 正会員 神戸大学 (〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町 5-1-1)

E-mail: odani@maritime.kobe-u.ac.jp

近年、わが国ではコミュニティサイクルの導入が全国各地で相次いでいるが、今後更なる普及を図るためには利用者の行動を適切に把握することが必要である。そこで本研究は、神戸市のコミュニティサイクルを対象として、観測された GPS による走行履歴データをもとに、都心部での自転車利用者による回遊行動モデルを構築し、得られたモデルから利用者の回遊行動への影響要因を明らかにすることを目的としている。具体的には、走行軌跡の空間分布、利用時間・距離、移動・停止時間の構成等の行動特性を示すとともに、走行履歴データから利用者ごとのトリップチェーンを抽出する。そして、このトリップチェーンデータをもとに、比例ハザードモデルを用いた自転車の利用時間の予測モデル、および非集計行動モデルを用いた目的地の選択モデルを作成する。

Key Words: *bicycle-sharing system, travel behavior analysis, proportional hazards model, disaggregate behavior model, cyclists' GPS trajectory data, central city area*

1. はじめに

近年、わが国ではコミュニティサイクルの導入が全国各地で相次いでおり、環境負荷の軽減、道路混雑の緩和、放置自転車の削減、健康の増進、まちの美観向上、まちの活性化などの効果が期待されている。このコミュニティサイクルは、通常のレンタサイクルとは異なり、設置された複数のサイクルポートにおいて、自転車を貸出・返却できるシステムである。その導入目的や利用実績については、都市によって差がみられるものの、買い物や通勤といった日常生活での利用とともに、業務や観光などの目的で活用されているが、今後のさらなる普及を図っていくためには利用者の行動を適切に把握することが必要である。

こうした中で神戸市内でも、都心・ウォーターフロント地区での来街者による回遊性の向上を目指して、「コベリン」と呼ばれるコミュニティサイクル事業が平成 27 年 3 月 26 日から開始され²⁾、利用者数は導入後順調に伸びている。

そこで本研究では、神戸市における「コベリン」を対象として、観測された GPS による自転車の走行履歴データをもとに、都心部での利用者による回遊行動モデルを構築し、得られたモデルから回遊行動に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目的とする。ここでは、まず走行軌跡の空間分布、利用時間・利用距離、移動・停止時間の構成等の行動特性を示すとともに、走行履歴データから利用者ごとのトリップチェーンを抽出する。そして、このトリップチェーンデータをもとに、比例ハザードモデルを用いた自転車利用者の利用時間の予測モデル、および非集計行動モデルを用いた目的地の選択モデルをそれぞれ作成する。なお、利用時間の予測モデルと目的地の選択モデルのいずれについても、利用方法 (1 回利用・1 日利用) 別にモデルを推定し、両者のモデルを比較検討する。

る走行履歴データを使用する。いずれの日も天候は良好であり、週末であることから利用目的の大半は観光目的であると考えられる。元のデータから欠損値を含むデータを除外し、利用者数で 24 日 94 人、25 日 107 人、利用回数（貸し出し・返却までを 1 回の利用としてカウント）で 24 日 102 回、25 日 116 回を分析対象とした。なお、利用者のうち両日あわせて 17 人が、同一日に 2 回利用していた。

GPS による走行履歴データでは、利用者ごとに ID が付され、利用開始・終了ポートとともに 3 分間隔で位置情報（緯度・経度）が記録されている。なお、大半は 3 分間隔で記録されているが、一部で 2 分、あるいは 1 分間隔での観測データも見られたこと、さらに以降の分析で停止時間、移動時間の算出を容易にするため、1 分間隔に補正したデータ（この場合、位置データは直線補完により算出）も作成した¹³⁾。

ここで、走行履歴データでは、停止ごとの行動目的は不明であり、こうした停止の中には、信号待ちのような短時間の停止も含まれる。そこで、本研究では、10 分以上停止した場合、利用者は何らかの目的をもってその地点に滞留したものと仮定した。なお、停止は 2 地点間の移動速度が 1km/時以下の場合とした。本研究では、10 分以上停止した場所を訪問箇所（ストップ）とすることにより、トリップチェーンデータを作成した。

さらに、自転車の利用方法（1 回利用・1 日利用）を示すデータを入手できなかったため、利用時間が 180 分以内（1 回利用の方が割安となる利用時間）であれば 1 回利用、180 分を超えていれば 1 日利用であると仮定した。

4. 走行軌跡の空間分布と個人別にみた利用特性

(1) 走行軌跡の空間分布

ここでは、2 日間における GPS による走行履歴データをそのまま用いて（補正前のデータ）、対象地域内における走行軌跡の空間分布を明らかにする。分析サンプル数は計 201 人（利用回数にして延べ 218 回）である。

まず、図-2 は、すべての走行軌跡を神戸市域の地図上にプロットしたものである。図に示すように、走行軌跡はサイクルポートが配置された都心部で著しく集中しており、少数ではあるが広範囲にわたって移動しているものもみられる。

次に、図-3 a)、b) は、都心部を拡大して走行軌跡を図示したものである。図 a) は移動中、図 b) は停止中の観測点のみをそれぞれ示している。なお本研究では、すでに述べているように、2 地点間の移動速度が時速 1 km 以下の観測点を停止中とした。これらの図に示すように、移動中については、ほぼ道路ネットワークに沿って観測点が集中して分布している。これに対して停止中については、観測点が密集する箇所が分散してみられる。

さらに、都心部における走行軌跡の空間分布を視覚的にわかりやすく示すために、走行軌跡を構成する観測点に関してカーネル密度推定を行った。図-4 a)、b) は得られた結果を移動中、停止中の観測点ごとにそれぞれ示したものである。ここでは、カーネル密度関数として正規分布を用い、バンド幅は 50m とした。

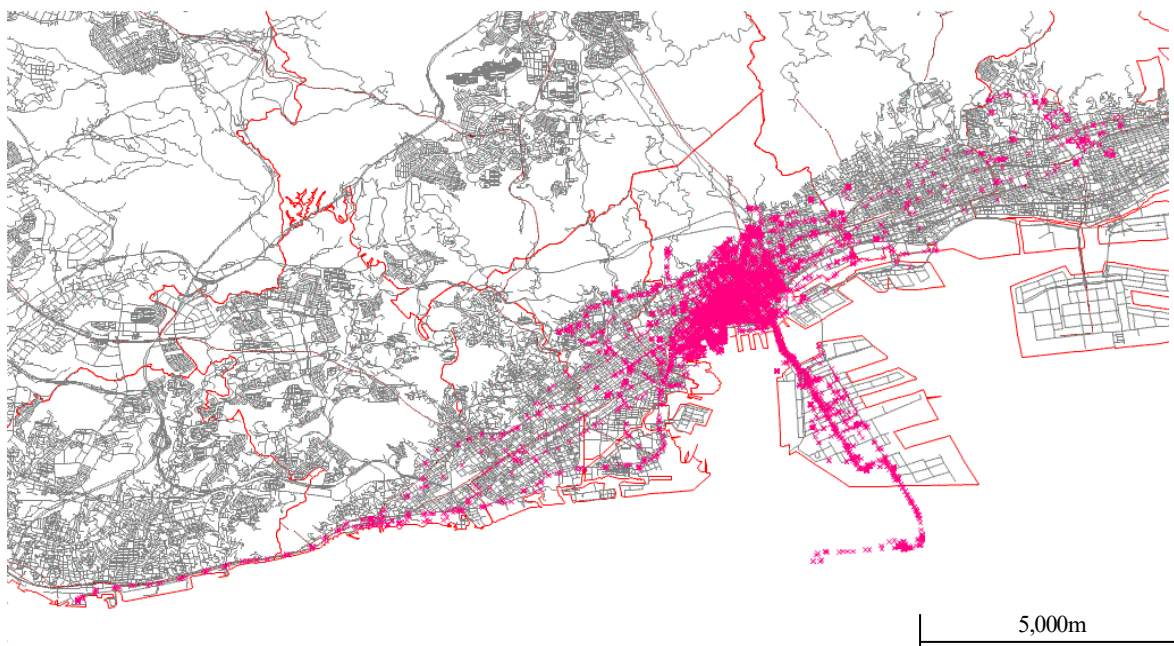


図-2 走行軌跡図（全域・2 日間合計）

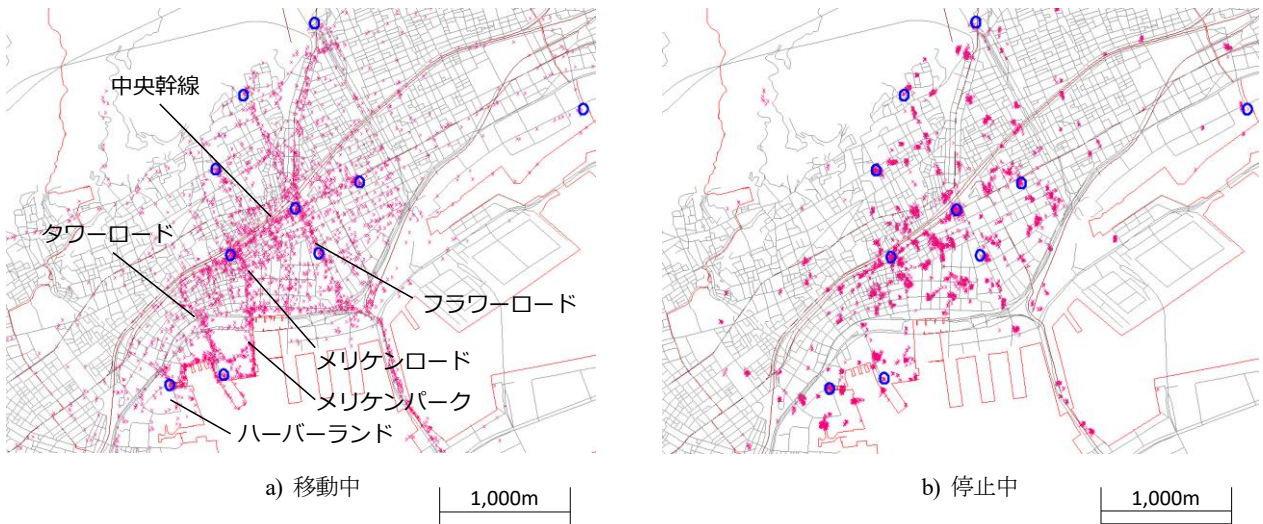


図-3 移動中・停止中の走行軌跡図（都心部・2日間合計）

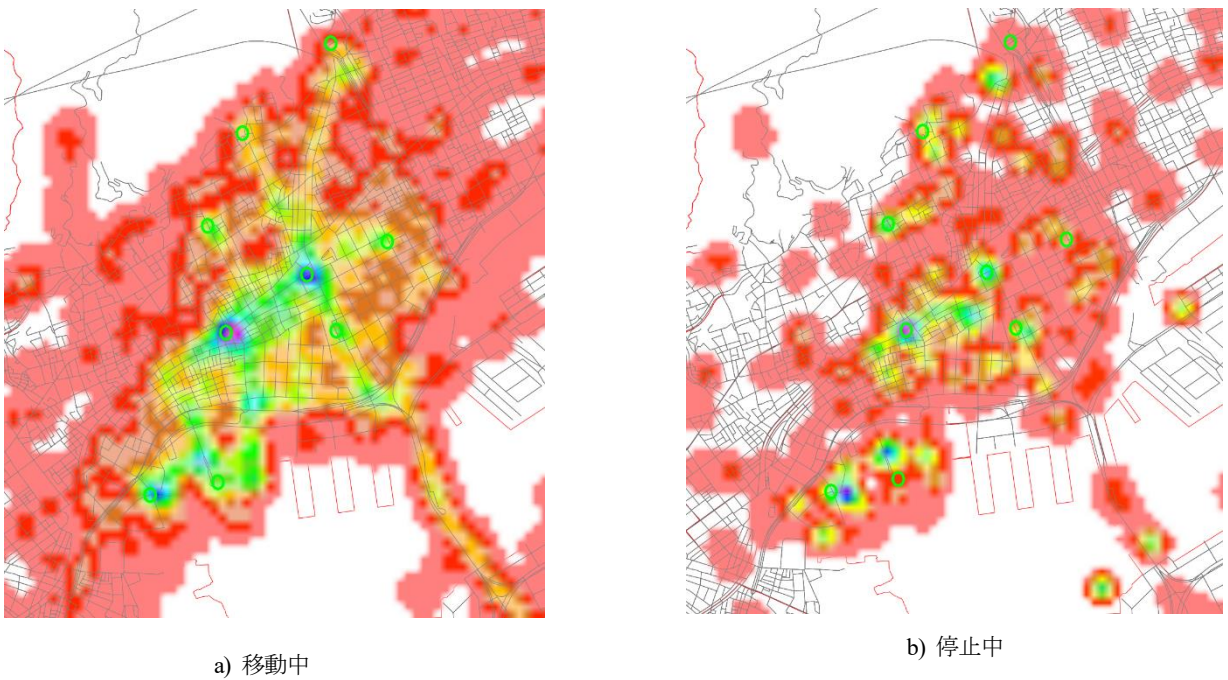


図-4 走行軌跡のカーネル密度推定（都心部・2日間合計）

これらの図に示すように、移動中の観測点からは、密度が高くなっている道路区間（通行量の多い区間）として、フラワーロード、中央幹線、メリケンロード、タワーロード、メリケンパークからハーバーランドにかけての経路などがみられた。また停止中の観測点からは、サイクルポートの周辺を中心に、旧居留地界隈、メリケンパーク、ハーバーランド、北野地区などで観測点の密度が高くなっている地点（利用者の滞留箇所）がみられた。

(2) 個人別にみた行動特性

(1)と同様に、201人（利用回数にして延べ218回）の

データをもとに、個人ごとにみた利用特性を示す。ただし、ここでは、移動中、停止中の時間の算出には、1分単位に補正したデータを用いた。

1) 利用時間・利用距離

自転車の利用開始は午前10時台から14時台にかけて、利用終了は午後16時台から17時台に集中がみられた。

そして図-5は、利用1回あたりの利用時間について、頻度分布と累積分布を示している。図に示すように1回あたりの利用時間は、1時間未満が全体の35.6%と最も多く、次いで4時間未満で小さなピークがみられた。利用時間の平均値は3時間6分であった。利用料金の体系か

ら判断すると、3 時間以内の利用者が全体のほぼ約半数を占めており、これらの利用者には 1 回利用の方が、残る半数の利用者には 1 日利用の方が、料金が安価となることが推測される。

また、**図-6** は、利用 1 回あたりの利用距離について、頻度分布と累積分布をそれぞれ示している。利用距離は距離が長くなるにつれて頻度は減少しており、1 回あたりの利用距離は 5km 未満が全体の 52.9% を占め、平均値は 7.3km であった。

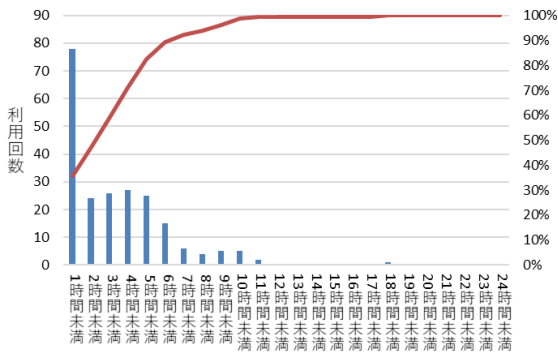


図-5 利用時間の頻度分布と累積分布

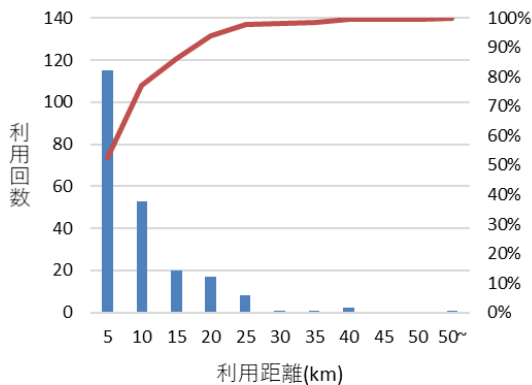


図-6 利用距離の頻度分布と累積分布

2) 貸出・返却ポート

10 箇所のサイクルポート (**図-1** 参照) のうち、最も利用台数 (貸出・返却台数) が多いのが三宮駅前で、次いで元町駅前、ハーバーランドであり、これら 3 ポートで全体の 66% を占めていた。利用開始と終了ポートの組み合わせは計 59 通りみられたが、組み合わせとしては三宮駅前発・着が最も多く全体の 19.4%、次いで元町駅前発・着が 6.8%、ハーバーランド発・着が 5.4%、三宮駅前発・元町駅前着が 4.5% などであった。

3) 移動・停止時間の構成

利用 1 回あたりの平均停止回数は 1.9 回であった。また、停止中の時間が利用時間に占める比率は 61.5% であり、移動中の時間を上回っていた。

さらに、停止時間別 (ただし、10 分以上) の発生回数を示したのが **図-7** であり、これより全体の約 60% を 30 分未満 10 分以上の停止が占めている。

4) トリップチェーンの類型化

貸出・返却ポートをホーム、停止場所をストップと考え、利用者の回遊行動をトリップチェーンとして分類した。**表-1** は、トリップチェーンの形態別にその頻度を示している。ここでは、ストップ数 (停止回数)、および利用開始・終了ポートが一致するか否かによって、形態を分類している。これによるとストップ数が多いほど発生頻度が少なくなり、全体の約 1/3 はストップ数 0 回の 2 地点 (ポート) 間での直接移動である。また、利用開始と終了ポートが異なるものは全体の 58.2% を占めており、コミュニティサイクルの機能を発揮していると言える。ストップ数が 0 回の際は貸出ポートと返却ポートが異なる場合が圧倒的に多く、1 回では両者が一致する場合が増え、2 回以上では同程度となる。

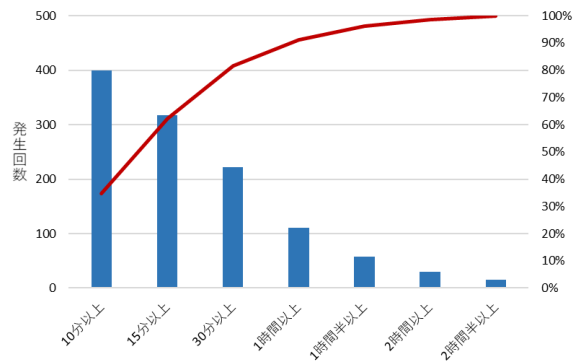


図-7 停止時間別の停止の発生回数

表-1 トリップチェーンの形態別にみた頻度

訪問箇所数	貸出・返却ポート		合計
	同一	異なる	
0回	5	70	75
1回	31	16	47
2回	19	17	36
3回	10	10	20
4回	9	4	13
5回	6	4	10
6回以上	11	6	17
合計	91	127	218

5. 利用時間の予測モデルの構築

(1) 比例ハザードモデルの概要

比例ハザードモデルとは、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、工学・医学などの様々な分野で活用されている¹⁴⁾¹⁵⁾。生存時間解析とは、ある

基準の時間から、ある事象が生起、あるいは終了するまでの時間を解析するものである。生存時間解析では、対象とする事象が生起するまでの時間の分布を生存関数とハザード関数で表す。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、共変量としてトリップ属性を取り上げ、これらが総利用時間に影響を及ぼす影響を分析する。なお分析対象としたのは、訪問箇所数が 0 の利用者（単純な 2 ポート間の移動）を除いた延べ 142 人のデータを用いた。なお、ここで訪問箇所数が 0 の利用者を除いたのは、以下の理由による。訪問箇所数が 0 の利用者は、先の表-1 で示したように、利用開始ポートと異なるポートを返却ポートとしている場合が大半であり、単なる 2 地点間の移動のために自転車を利用しており、訪問箇所数が複数である（回遊を目的とした）利用者とは異なる利用行動であると考えられるためである。

(2) モデルの推定結果

表-2 は、比例ハザードモデルを用いて利用時間の予測モデルを推定した結果を示す。共変量として、訪問箇所総数、同一ポートの利用（貸出・返却ポートが一致=1、不一致=0）、主要駅前ポートからの出発（主要駅前ポートからの出発=1、それ以外=0）、出発時間、利用方法（1 日利用=1、1 回利用=0）を用いた。全サンプルを対象としたモデルでは、訪問箇所総数、出発時間、利用方法が 1% で有意となり、有意水準を満たす変数において、符号の整合性（マイナスであるとき利用時間は長くなる）はいずれも取れている。また、パラメータの符号から、訪問箇所総数が多いほど、利用時間が長くなり、出発時間が遅いほど利用時間は短くなるのがわかる。また、利用方法が有意となったことは、利用方法による利用者のセグメント分けに意味があることを示唆している。

そこで次に、利用方法別にモデルを推定した。この結果、いずれの利用方法においても、訪問箇所総数は 1% で有意となったが、出発時間は 1 日利用のみで有意となった。これは、いずれの場合も、訪問箇所数に比例して利用時間は長くなるものの、出発時間については、1 回利用では利用時間が短いため、1 日利用より出発時間による制約を受けにくいことが理由として考えられる。

(3) 再現性の検討

図-8 は、再現性の検討を行うために、全サンプルを用いた推定結果と、分析に用いた観測データによる頻度分布を重ね合わせたものである。図に示すように、50 分～100 分、250 分～550 分間の利用時間において、観測データと推定結果にやや乖離がみられるが、比較的良好な再現性が得られた。

表-2 利用時間の予測モデルの推定結果

共変量	全サンプル	1回利用	1日利用
訪問箇所総数	-0.324 (6.97E-08)**	-0.549 (1.95E-03)**	-0.350 (8.29E-08)**
同一ポートの利用	-0.043 (8.05E-01)	-0.206 (3.95E-01)	0.158 (5.31E-01)
主要駅前ポートからの出発	-0.360 (5.95E-02)	-0.434 (7.44E-02)	-0.451 (1.84E-01)
出発時間	0.002 (1.24E-03)**	0.001 (7.02E-02)	0.003 (8.55E-04)**
利用方法	-1.694 (8.61E-16)**		
α	2.85E-07	8.59E-06	3.40E-10
γ	2.882	2.387	3.636
サンプル数	142	72	70

注) ()内は p 値、* : 5%有意、** : 1%有意

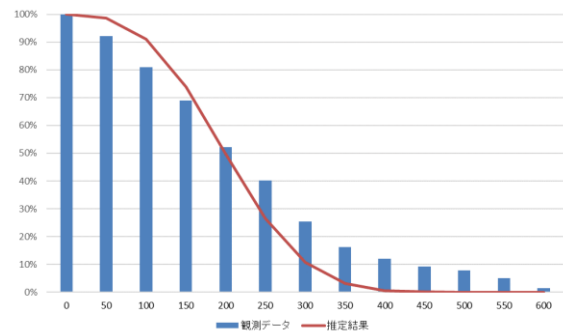


図-8 生存時間関数と観測データの重ね合わせ

(4) 感度分析

図-9 は、全サンプルを用いて推定した利用時間モデルに関して、有意な変数であった訪問箇所総数による感度分析を行ったものである。なお、モデル中の他の説明変数については、サンプルの平均値を代入した。これより、生存確率が 50% の時の総利用時間をみると、訪問箇所総数 1 回の場合 165 分、3 回の場合 208 分、5 回の場合 259 分となり、1 回と 5 回では 1.24 倍の違いがみられる。

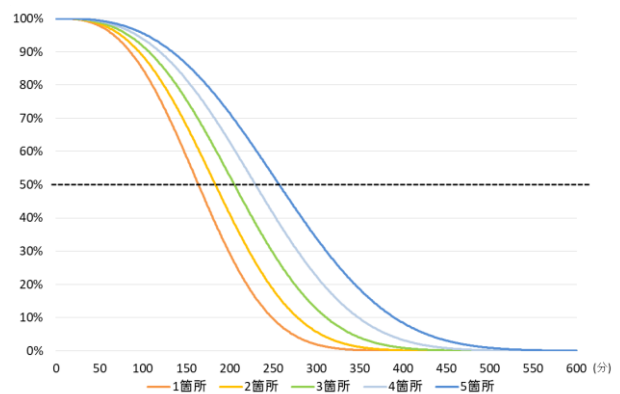


図-9 訪問箇所総数ごとにみた生存時間関数

6. 目的地の選択モデルの構築

(1) 目的地の選択モデルの概要

利用者による目的地の選択行動を、「帰宅・回遊継続の選択」、「訪問メッシュの選択」の2段階の選択行動からなるネステッド・ロジットモデルとしてモデル化を行う¹⁶⁾。具体的には、**図-10**に示すように、利用者がある地点での訪問を終えた時点で、帰宅・回遊継続を選択し、回遊継続の場合は、次の訪問メッシュを選択することとした。

ここで、走行履歴データをみると、利用者の訪問地は面的に分散しており、利用者の訪問地を、特定の地点に特定化することが困難である。このため、訪問地はメッシュ単位(250m 四方)で考えることとした。また、10箇所ポートは全て中央区内に設置されており、区外への利用は訪問メッシュまでの走行距離が長いこと、また当該訪問メッシュを選択する実績のサンプル数がきわめて少数であることなど特異な行動がみられた。こうしたことから、単純な2ポート間の移動を除いた上で、全ての目的地が中央区内である利用者のみ(115人)を分析対象とした。

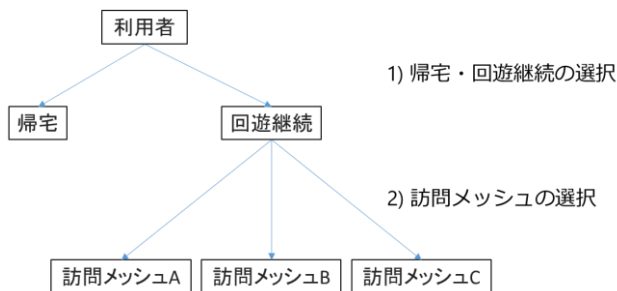


図-10 目的地の選択モデルの構造

モデル推定用のデータベースは、それぞれの出発メッシュについて、**図-11**に示すような訪問実績のあるメッシュ(色が濃いほど停止点が多い)からランダムに20%抽出したものを代替メッシュとした。**図-12**は、**図-11**の枠で囲まれた部分の拡大図であり、青い点は停止点を示している。メッシュごとに、停止点の集中しているエリアが認められる。

(2) 選択肢と説明変数

「帰宅・回遊継続の選択」では、選択肢は帰宅と回遊継続の2通りであり、説明変数として、以下の各変数を用いた。

- ・定数項 (帰宅)
- ・出発時間(自転車借りた時刻) (帰宅)
- ・利用方法(1日利用=1, 1回利用=0) (回遊継続)
- ・累積滞在時間の対数値 (回遊継続)

「訪問メッシュの選択」では、選択肢数は、全サンプルでは22メッシュ、1回利用では14メッシュ、1日利用では17メッシュであり、説明変数として、以下の各変数を用いた。

- ・魅力度(メッシュに含まれる店舗の総数)
- ・メッシュ中点間の直線距離
- ・観光地ダミー(当該メッシュが観光地=1, それ以外=0)



図-11 全利用者によるメッシュ別の訪問実績

注) 最大値と最小値の間を20等分し、色分けして表示している。

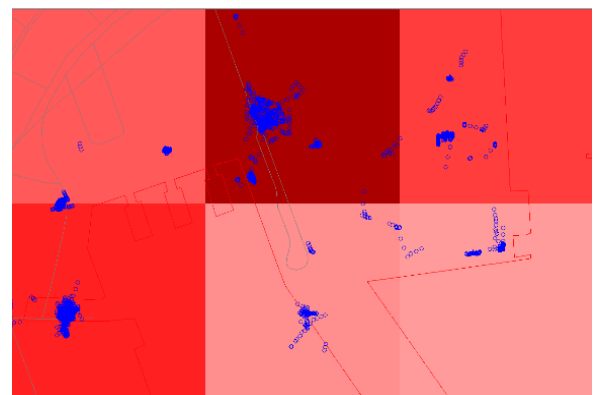


図-12 メッシュ内に含まれる停止点(拡大図)

ここで、魅力度は、ゼンリン社発行の建物ポイントデータ(神戸市中央区版)^{註1)}を用いて算出した。また、コ

コミュニティサイクル利用者は上述の店舗の集積地のみならず、観光地を訪問することも多くみられた。例えば、メリケンパークや異人館街等がその一例である。建物ポイントデータの属性には、こうした観光地の情報が含まれていないため、観光地に該当するメッシュを区別するため観光地ダミーを用いることとした。

(3) モデルの推定結果

表-3は、目的地の選択モデルの推定結果を示している。全サンプルを対象としたモデルでは、ログサムのパラメータ λ は $0 \leq \lambda \leq 1$ の条件を満たしているが、有意とはならなかった。モデルの推定精度を示す修正済 ρ^2 値は、Level1が0.214、Level2が0.087であった。帰宅・回遊継続モデルでは、有意となった変数のパラメータから、出発時間が遅いほど、帰宅が選択されやすく、1日利用であり、累積滞在時間が短いほど、継続が選択されやすいことがわかった。また訪問メッシュの選択モデルでは、魅力度が高いほど、距離が短いほど、観光地であるほど、訪問メッシュとして選択する傾向があることが窺える。

表-3 目的地の選択モデルの推定結果

		評価項目	全サンプル	1回利用	1日利用
Level 1 帰宅・継続 選択	帰宅	定数項	-5.259	-3.388	-8.781
			(-4.81)**	(-1.53)	(-4.71)**
		出発時間	0.338	0.276	4.533
			(4.03)**	(2.27)*	(3.24)**
	継続	利用方法	3.006		
			(7.05)**		
		ln(累積滞在時間)	-0.912	-0.898	-1.014
			(-4.45)**	(-3.08)**	(-2.82)**
	ログサム	0.262	0.958	0.802	
		(1.05)	(1.34)	(2.19)*	
	ρ^2 値	0.239	0.148	0.229	
	修正済 ρ^2 値	0.214	0.085	0.193	
Level 2 訪問メッシュ 選択	魅力度	0.286	0.034	0.221	
		(6.56)**	-0.400	(3.95)**	
	距離	-0.628	-0.373	-0.603	
		(-8.86)**	(-3.97)**	(-6.50)**	
	観光地ダミー	0.794	1.001	0.732	
		(5.86)**	(3.85)**	(4.32)**	
	ρ^2 値	0.090	0.032	0.070	
	修正済 ρ^2 値	0.087	0.020	0.064	
サンプル数		301	108	193	

注1) *: 5%有意、**: 1%有意 ()内はt値

注2) 魅力度: メッシュ内に含まれる事業所数
観光地ダミー: 観光地に該当するメッシュであれば1、それ以外は0

次に、利用方法の有意性が高いことから、利用方法別にモデルを構築した。いずれのモデルも修正済 ρ^2 値は、Level1、Level2ともに全サンプルを対象としたモデルよりもやや低下したが、ログサムはいずれも条件を満たしており、1日利用では5%で有意となった。こうしたことから、1日利用の方が1回利用より帰宅・回遊継続選択行動が訪問メッシュ選択行動の影響をより顕著に受けていることがわかる。そして、帰宅・回遊継続モデルでは、

いずれの利用方法の場合も累積滞在時間は5%で有意であるが、1日利用は、1回利用より出発時間の有意性が高かった。これは、1日利用では、長時間の利用であり、出発時間による制約を受けやすいためと考えられる。また訪問メッシュの選択モデルでは、いずれの場合も目的地までの距離と観光地ダミーが5%で有意となり、魅力度は1日利用のみで5%で有意となった。このことから、1日利用では、観光スポットに加え、魅力度(店舗の集積度)の高い場所も含めてより多くの箇所を回ろうとしているものと推測される。

7. おわりに

本研究は、神戸市における「コベリン」を対象として、観測されたGPSによる自転車の走行履歴データをもとに、都心部での利用者による回遊行動モデルを構築し、得られたモデルから利用者の回遊行動に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目的として行ったものである。

この結果、休日の2日間における全利用者の平均の利用時間は3時間6分で、利用距離は5.6kmであり、利用1回あたりの平均停止回数は1.9回、利用時間のうち停止時間の合計は61.5%を占め移動時間よりも長かった。利用者の回遊行動をトリップチェーンとして分類した結果、全体の1/3は2地点間の直接移動であり、ストップ数が増加するにつれて頻度は減少していた。また、ストップ数0回を除けば、貸出・返却ポートが同一の場合の方の頻度が異なる場合よりも多かった。

次に、回遊行動のモデル化(ストップ数が1以上の利用者を対象)を行った。まず、利用時間の予測モデルから、いずれの利用方法(1回利用・1日利用)の場合でも、訪問箇所数に比例して利用時間は長くなるものの、出発時間については、1回利用では利用時間が短いため、1日利用より出発時間による影響は小さいことが示された。また、目的地の選択モデルから、帰宅・回遊継続の選択では、いずれの利用方法においても、1日利用の方が出発時間が遅いほど帰宅がより選択されやすいこと、累積滞在時間が短いほど継続が選択されやすいことがわかった。また、訪問メッシュの選択では、いずれの利用方法も、観光地であり、目的地までの距離が短いほど選択される傾向があり、1日利用では、魅力度(店舗の集積度)の高い場所も含めて選択される傾向がみられた。そして、1日利用の方が1回利用より、訪問メッシュの選択が帰宅・回遊継続の選択に有意に影響していた。

本研究に残された課題として、以下の事項が挙げられる。

1) 本研究では、停止を時速1km以下の状態であると、

停止場所を 10 分以上停止した場所とみなした。そして、こうした停止場所を訪問箇所（ストップ）とみなすことにより、トリップチェーンデータの作成を行った。今後こうした仮定の妥当性を検討するため、アンケート調査等による行動実態調査と GPS による走行履歴データによる走行実態調査を同時に実施し、両者を比較検討することが必要である。

2) 回遊行動モデルの精緻化を図るために、自転車の利用方法（1 回利用・1 日利用）や個人属性（年齢や性別など）の情報を入手する必要がある。また目的地の選択モデルについては、250m 四方とした訪問地メッシュの大きさや、訪問実績メッシュからの代替メッシュの抽出率、魅力度、観光地ダミーなどの説明変数の定義等、それらの妥当性を検証することが必要である。

3) 回遊行動モデルとして、利用時間の予測モデルと目的地の選択モデルの 2 通りのモデルを作成したが、今後はこれらのモデルを組み合わせることで、コミュニティサイクル利用者の回遊行動のシミュレーションシステムを作成することが求められる。こうしたシステムを用いることで、コミュニティサイクルの利用促進に向けた施策（ポートの再配置、利用料金の見直しなど）の評価を行う必要がある。

謝辞：本研究で用いた走行履歴データは、サイカパーキング(株)、神戸市より提供を受けた。感謝の意を表する次第である。

註 1) 店舗として、飲食、物販（食品・衣料・日用品）、量販、娯楽の 6 種類の店舗を取りあげた。それぞれの事業所が入居している建物には緯度・経度が付されている。

参考文献

- 1) 菊池雅彦：コミュニティサイクル導入の現状と課題，交通工学，Vol.47，No.4，pp.20-23，2012.
- 2) 「コベリン」ホームページ：<http://www.kobelin.jp>（最終閲覧 2018.7.）
- 3) 窪田諭，市川尚，阿部昭博，大田香織：自転車による GPS データを用いたまちづくり支援システムの基礎検討，情報処理学会研究報告，2011.
- 4) 片岸将広，高山純一，清水啓紀，埴正浩：金沢レンタサイクル「まちなり」の効果と展望，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.43，No.370，2011.
- 5) 丸山翔大，松田真宜，長谷川裕修，有村幹治：データマイニングアプローチによるコミュニティサイクルの利用動態の抽出，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.70，No.5，pp.671-680，2014.
- 6) 竹内昌史，吉田琢美，兼田敏之：回遊行動からみた商店街複合地区の動態分析—2008 年名古屋市中大須地区調査の結果を中心として—，日本建築学会計画系論文集，第 76 巻，第 660 号，pp.361-368，2011.
- 7) 佐藤貴大，円山琢也：カーネル密度推定法を応用したスマホ型回遊調査データの時空間分析，都市計画論文集，Vol.51，No.2，pp.192-199，2016.
- 8) 辰巳浩，堤香代子：福岡市都心部における休日の回遊行動に関する研究—JR 博多シティの開業にともなう回遊行動および意識の変化—，都市計画論文集，Vol.48，No.3，2013.
- 9) 氏原岳人，阿部宏史，入江恭平，有方聡：二極の特性の異なる商業エリアを有する中心市街地内の回遊行動の実態分析—岡山市の中心市街地を事例として—，都市計画論文集，Vol.49，No.3，pp.801-806，2014.
- 10) 伊藤創太，福山祥代，三谷卓摩，羽藤英二：都心回遊モデルを用いた都市空間改変効果の分析，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.45，2012.
- 11) 高田淳司，内田賢悦，杉木直：回遊行動のシミュレーションモデルによる都心部整備効果分析に関する研究，第 33 回交通工学研究発表会論文集，pp.515-522，2013.
- 12) 荒木雅弘，溝上章志，円山琢也：まちなか回遊行動の詳細分析と政策シミュレーションのための予測モデル，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.71，No.5，pp.323-335，2015.
- 13) 谷口航太郎，小谷通泰，松元政唯：走行履歴データを用いたコミュニティサイクル利用者の都心回遊行動の分析，日本都市計画学会関西支部研究発表会講演概要集，Vol.15，pp.45-48，2017.
- 14) J.P.クライン，M.L.メシュベルガー（打波守訳）：生存時間解析，シュプリンガー・ジャパン株式会社，2009.
- 15) 高橋信：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，2010.
- 16) 一般社団法人交通工学研究会編：やさしい非集計分析，2001.

(2018. 7. 31 受付)

ANALYSIS OF TRAVEL BEHAVIOR BY BICYCLE-SHAREING SYSTEM USERS IN CENTRAL CITY AREA - USING CYCLISTS' GPS TRAJECTORY DATA

Kotaro TANIGUCHI and Michiyasu ODANI