

# 東京都におけるコミュニティサイクル普及の可能性

Assessment of deployment of bicycle sharing system in Tokyo

公共システムプログラム

14M43105 久保田 絢子 指導教員 増井 利彦

Public Policy Design Program

Ayako Kubota, Advisor Toshihiko Masui

## ABSTRACT

A bicycle sharing system is a service in which bicycles are made available for sharing to individuals over short term. The system allows people to borrow a bicycle at a station and return it at any station. Recently, the system has been developed in the world. One of the most successful examples is “Vélib” in Paris. This paper especially focuses on the location of bicycle stations for making the current bike sharing system more convenient taking Koto city in Tokyo as an example. First, the actual utilization of the bike sharing system surveyed based on data the information for the period from 2013 to 2015. Then, the two models explaining the numbers of borrowing and returning of bicycles, respectively, based on Poisson distribution are developed, and the impacts of station's attribution are assessed. Finally, the following four conclusions are reached: First, stations should be faced to the road. Second, station should be distributed both equally and with high density. Third, location of the stations should be taken into account the number of office buildings, tourist faculties, and population density. Fourth, the distance to the nearest train station should be shorten.

## 1. 背景と目的

近年、コミュニティサイクルは、フランスのパリを始め、世界各国で市民の足として活用されている。コミュニティサイクルは、ステーションと呼ばれる専用の自転車貸出・返却場所を複数かつ高密度に設置し、貸出ステーションと異なるステーションにも返却することが可能な自転車共同利用システムである。日本でも、環境負荷の削減、交通渋滞の緩和、まちのにぎわいの創出などの目的で少しずつ導入されてきており、特に東京都では、2020年の東京オリンピックを見据え、各自治体がコミュニティサイクルの推進に取り組んでいる。持続的なコミュニティサイクルシステムを構築するためには、利便性や運営事業者の事業収支の向上が必要不可欠である。本研究では、東京都におけるコミュニティサイクルシステムの利便性向上を目的とし、特にステーションの配置について分析を行う。東京は、パリと違い、ステーションの土地の確保や採算の確保が難しいため、限られた数のステーションで、利便性を向上させるためには、ステーション配置が重要だと考えたためである。そこで2012年11月から実施されている「江東区臨海部コミュニティサイクル実証実験」の利用データからコミュニティサイクルの利用傾向を把握すると共に、貸出回数頻度モデル、返却回数頻度モデルを構築して、利用回数に影響を与える要因を明らかにする。

コミュニティサイクルのステーション配置の要因を分析した研究として、清野・伊藤(2014)があり、平成24年度の横浜市

コミュニティサイクルの利用データをもとに、ステーションの最適度を駅までの距離、各駅の乗客数により重回帰分析により推定している。また、佐藤ら(2013)では、2009年に行われた名古屋市コミュニティサイクル社会実験の60日間のデータをもとに、昼間人口、小売事業計売場面積、飲食店事業所数、ゾーン出発・到着・出発到着トリップ、最寄り駅年間利用者数、最寄り駅までの距離、ターミナル駅500m以内ダメーなどを説明変数として、貸出回数頻度モデル、返却ステーション選択モデルを構築している。本研究では、貸出・返却回数に影響を与える要因を、ステーションの周囲の環境や社会経済状況だけではなく、気象条件を考慮してモデル推計を行う。また、3年という長期に渡るデータを利用した。

## 2. 江東区臨海部コミュニティサイクル実証実験

表1に本研究で用いた「江東区臨海部コミュニティサイクル」の概要を示す。実証実験は、2012年11月21日から2018年3月31日まで行われる予定である。対象区域は、江東区豊洲・東雲・有明・青海地区周辺の臨海部で南北に約5km、東西に約3kmに広がる範囲である。開始当初、自転車台数は150台、ステーションは11箇所だったが、2015年10月時点で、自転車台数320台、ステーション数は、28箇所まで増えた。ステーション(サイクルポート)は図1に示されており、120mから600mの間隔で配置されている。自転車の貸出返却は、24時間可能であり、会員登録をすれば、誰でも使用出来る。

また、当該区域の公共交通は、鉄道が有楽町線(1 駅)、りんかい線(3 駅)、モノレールのゆりかもめ(10 駅)、バスは海 01(29 停留所)をはじめとする都営バスである。

表 1 江東区臨海部コミュニティサイクルの概要

項目	内容	
名称	江東区臨海部コミュニティサイクル実証実験	
実施期間	2012年11月21日～2018年3月31日(予定)	
実施区域	臨海部(豊洲、東雲、有明、青海、台場)	
自転車台数	2012年11月:約150台	2015年10月:約320台
ステーション数	2012年11月:約11箇所	2015年11月:28箇所
利用時間	2012年11月～2013年10月:7:00～22:00 2013年11月以降:24時間	
利用料金	2012年11月～2015年7月	1回会員 100円(60分以降は、追加料金)
		月額会員 1000円(60分以降は、追加料金)
	2015年8月以降	1日バス 500円
		1回会員 150円(30分以降は、追加料金)
		月額会員 2000円(30分以降は、追加料金)
		1日バス 1500円



(出典：江東区, 2015, コミュニティサイクルポートマップ)

図 1 ステーション配置

### 3. 利用状況

図 2 は、利用回数と会員登録者数の推移を示したものである。折れ線グラフは、各会員の会員数を示している。利用回数の半分以上は、月額会員によるものである。1 日平均約 541 回の利用があり、最も多い日には、1114 回利用されている。

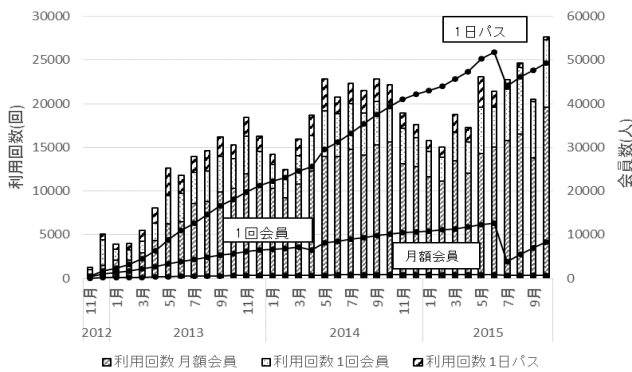


図 2 ステーション全体の月別利用回数と会員数の推移

図 3 は、時間帯別、会員別の利用回数のステーションの平均値を示したものである。平日は、7 時から 9 時台で利用が多く、昼間の時間はゆるやかになり、17 時から 21 時台で再び利用が増える。また、平日の利用の多くは、月額会員が占める。一方、休日は、時間帯による利用の増減は少ない。平

日と比較すると、月額会員だけではなく、1 回会員や 1 日バスによる利用の割合が増加する。

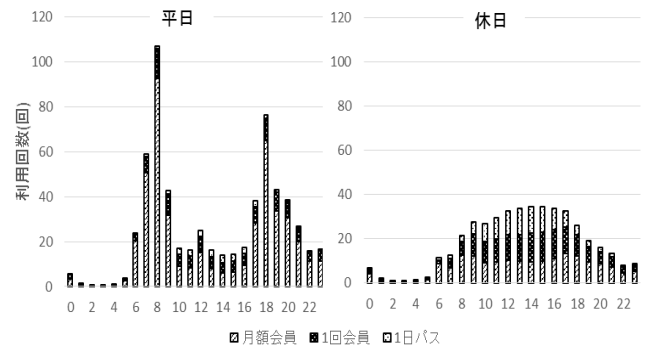


図 3 時間帯別利用回数

図 4 は、会員別の平均利用時間、同一ステーションで貸出・返却が行われた時の平均利用時間、そして平均移動距離を示したものである。会員の移動距離は、1.5km 以内、利用時間は、約 15 から 30 分である。また、同一ステーションでの貸出・返却は、利用時間が 30 分から 1 時間 30 分となっており、買い物や観光などレンタルサイクルの様な利用がされていると考えられる。特に、一日バスは平均移動距離が 0.2km となっており、多くの場合同じステーションで貸出・返却が行われている。利用時間は、3 時間から 3 時間 30 分である。1 度借りたら途中でステーションに返却することなく、利用を続けていると考えられる。自転車の回転数を上げるためにも、買い物や観光利用の場合でもこまめに自転車をステーションに返却するシステムをつくる必要があると考える。

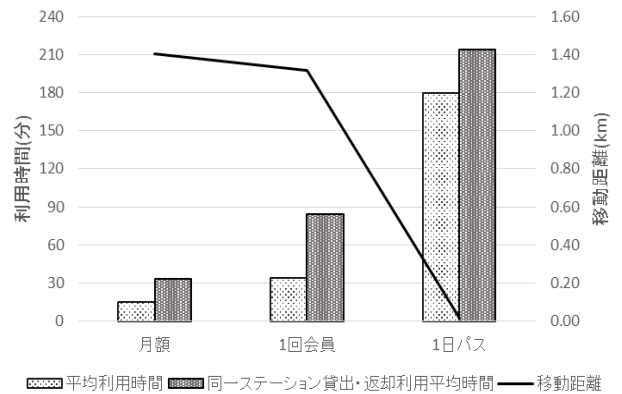


図 4 会員別移動時間と距離

図 5 は平日のピークである朝の 7 時から 9 時までのステーション別の貸出、返却回数を示している。平日朝は、有楽町線、りんかい線の②豊洲駅、③東雲駅、④国際展示場前駅、⑪テレコムセンター駅、⑧東京レポート駅で利用回数が多い。また、⑰東雲水辺公園をはじめとする、マンションが立ち並ぶエリアでは、貸出が多い。さらに、⑪テレコムセンター駅をはじめとする、オフィスが立ち並ぶエリアでは、特に返却が多い。これらから、通勤のための移動手段の一部として、公共交通機関の補完的役割を担っていることがわかる。また、平日朝は、自転車台数の貸出と返却が偏るステーションが多く自転車の再配置の必要性が高まる。一方で、休日は、

時刻により利用傾向が変わらないため、図6に休日朝7時から22時までのステーション別の貸出、返却回数を示す。休日の主な特徴は、同じステーションで貸出・返却の両方が行われる傾向が増加することであり、公共交通機関の補完的役割だけでなく、観光や日常の買い物など、周遊するための手段として利用されていると考えられる。

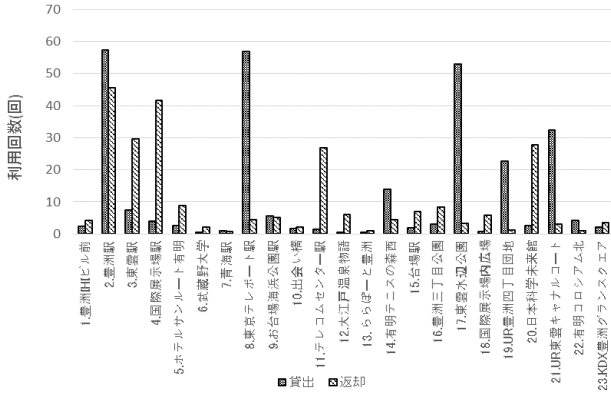


図5 ステーション別貸出・返却回数(平日朝7時から9時)

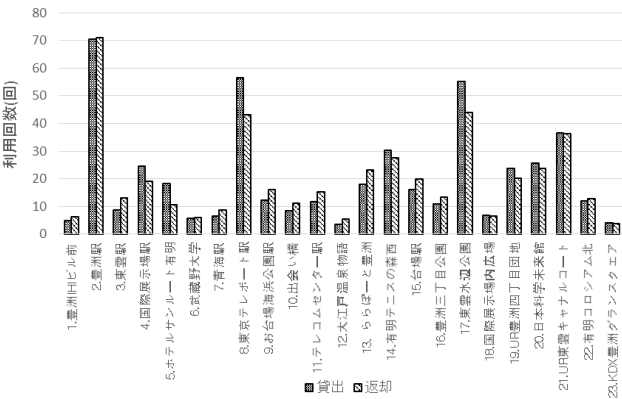


図6 ステーション別貸出・返却回数(休日)

#### 4. 貸出回数頻度モデルの構築

##### 4.1 貸出回数頻度モデルの概要と利用データ

前章では、利用履歴データを用いて利用傾向を分析した。その結果、コミュニティサイクルの利用は、実施地区の土地利用や都市機能の配置が影響していることが明らかとなった。さらに、季節や気候、利用料金や自転車の台数などを含めたシステムの利用しやすさも影響を与えていることが考えられる。そこで、ステーションの特徴や利用システムがどれくらい需要に影響があるのかを定量的に分析するため、利用履歴データから各ステーションの貸出回数頻度モデルの構築を行う。次章で構築する返却回数頻度モデルと共に、説明変数の推定値より、貸出面、返却面共に利用回数が高くなる様な配置の条件を検討する。

自転車の貸出がポアソン過程に従って発生すると仮定した場合、あるステーション  $n$  で一日に発生する貸出回数の合計が  $x$  である確率  $p(x)$  は、ステーション  $n$  の平均貸出発生回数が  $\lambda_n$  とすると、(1)式のポアソン分布で表される。

$$p(x) = e^{-\lambda_n} \frac{\lambda_n^x}{x!} \quad (1)$$

ここで  $\lambda_n$  は  $\beta$  を未知のパラメータ、 $X_n$  をステーション  $n$  の説明変数ベクトルとすると以下のように表すことができる。

$$\lambda_n = \exp(\beta X_n) \quad (2)$$

この仮定の下で、パラメータベクトル  $\beta$  を次の対数尤度関数を最大化することで推定した。

$$LL = \sum \ln(p(x)) = \sum (\exp(\beta X_n) + x\beta X_n - \ln(x!)) \quad (3)$$

貸出回数には、各ステーションにおける1日の貸出回数の合計を用いた。なお、分析期間に関しては、開始直後は、認知度も低く、利用が安定しないため、2013年1月1日から2015年10月31日までの履歴データを使用した。説明変数は、表2に示した各項目である。モデルは、複数の説明変数の組み合わせの中から赤池情報量規準の値が最も低く、予測のあたりは高いものを採用した。

##### 4.2 貸出回数頻度モデル推定結果

表2に1日あたりの貸出回数頻度モデル推定結果を示す。全ての項目で0.1%有意となっている。

推計された係数が正になったものから、次のことが明らかとなった。観光施設やオフィスビルが多い場所にあるステーションは、貸出回数が増加し、観光者や通勤者に利用されていることがわかる。また、人口密度が高い場所にあるステーションでは、貸出回数が増加し、居住者に利用されていることがわかる。また、料金の値下がりや利用時間の延長は、貸出回数を増加させる。2015年8月から実施された利用料金の値上げは、貸出回数の減少に影響した。また、ステーション数は多い程、ステーションの密度は、高い程貸出回数を増加させる。よって、ステーションの空白地帯が少なくなるようにステーション配置をすることで、貸出回数を増加させる。また、ステーションが道路に隣接していると、貸出回数が増加する。現状では、貸出ステーションの設置場所は、公園内や、建物のエントランスなどであるが、路上にあるステーションは見つけやすく、さらに道路に出るまでに時間がかからないなどの利便性の高さが理由として考えられる。時期の影響は、4月から11月の間で貸出回数を増やす。5月が最も貸出回数を増加させ、次いで9月となっている。これらの期間は、コミュニティサイクルの利用しやすい時期であると言え、気温や湿度が利用に大きく影響をしていると考えられる。

一方、推計された係数が負になったものから、次のことが明らかとなった。気温と同様に天候の影響を受け、雨の日や12月から3月の間で貸出回数が減少する。また、休日の貸出回数も減少することから、コミュニティサイクルの利用目的は、通勤、通学、業務の利用であると考えられる。また、最寄り駅までの距離が長い程、貸出回数が減少し、駅からの末端交通手段として利用されていることがわかる。最寄り駅の年間乗降者数が少ないと、利用回数が増加するのは、最寄り駅の年間乗降者数が、乗換も人数に含まれてしまうため、符号が逆転してしまった可能性が考えられる。

表2 貸出回数頻度モデル推定結果

	Coef.	Std.Err	Z value	
降水量(mm)	-0.020	1.85E-04	-108.43	
休日ダミー	-0.356	3.02E-03	-117.77	
最寄り駅までの距離(100m)	-0.056	2.18E-03	-25.52	
最寄り駅乗降者数(百万人/年)	-0.020	1.30E-04	-151.31	
観光施設数(半径300m以内)	0.200	3.55E-03	56.23	
オフィスビル数(半径300m以内)	0.217	1.72E-03	0.44	
月額会員数(10人)	0.005	1.66E-04	125.92	
人口密度(千人/km <sup>2</sup> )	0.071	2.13E-04	31.35	
ラック数(10個/ステーション)	0.637	1.90E-03	334.38	
料金ダミー	0.039	7.65E-03	334.87	
営業時間ダミー	0.112	7.45E-03	5.13	
総自転車台数	0.002	1.07E-04	14.99	
ステーション道路隣接ダミー	1.241	6.93E-03	22.74	
ステーションの数	0.011	1.46E-03	178.94	
ステーションの密度(個/300m)	0.528	3.80E-03	7.66	
月ダミー	Jan	-0.204	7.38E-03	-27.71
	Feb	-0.196	7.51E-03	-26.13
	Mar	-0.066	7.07E-03	-9.27
	May	0.223	6.41E-03	34.80
	Jun	0.165	6.58E-03	25.04
	Jul	0.140	6.73E-03	20.74
	Aug	0.100	7.03E-03	14.18
	Sep	0.175	7.12E-03	24.51
	Oct	0.150	7.13E-03	20.99
	Nov	0.072	7.13E-03	10.14
	Dec	-0.057	7.33E-03	-7.71
	定数項	-0.876	2.81E-02	-31.25
最大対数尤度	-121776.5			
赤池情報量規準値	243607			
サンプルサイズ	19845			

## 5. 返却回数頻度モデルの構築

### 5.1 返却回数頻度モデル概要と利用データ

ステーションは、貸出と返却という異なる側面を持つ。利便性を向上させるステーション配置を考えるにあたり、貸出利用に便利だけでなく、返却するという点でも便利である必要がある。よって、返却回数に影響を与える要因を分析するため、返却回数頻度モデルを構築する。貸出モデルと同様の方法で、自転車の返却がポアソン過程に従って発生すると仮定し、最尤法を用いて推計した。返却回数には、各ステーションにおける1日の返却回数を用いた。貸出回数頻度モデルと大きく違う点は、返却する時点で、自転車がすでに貸し出されていることが前提となる。よって、説明変数には、その日1日の合計貸出回数を入れた。また、そのほかの説明変数は、表3の通りである。モデルは、複数の説明変数の組み合わせの中から赤池情報量規準の値が最も低く、予測のあてはまりが高いものを採用した。

### 5.2 返却回数頻度モデル推定結果

表3は、1日の返却回数頻度モデルの推定結果を示したものである。すべての項目で0.1%有意となった。

推計された係数が正になったものから、次のことが明らかとなった。観光施設やオフィスビルが多い場所、人口密度が多い場所では、貸出回数頻度モデルと同様、返却回数も増加し、観光施設、オフィスビル数、人口密度に応じたステーション配置をする必要がある。ステーションの密度が高いと、返却回数が多くなる。よって、ステーション空白地点でも、偏りなく配置することで目的地までの移動手段として新たに利用される可能性がある。ステーションが路上に隣接していると返却回数が増加し、貸出時と同様、ステーションの見つ

けやすさが返却回数に影響していると考えられる。

推計された係数が負になったものから、次のことが明らかとなった。商業施設の多い場所では、返却回数は減少する。説明変数とした商業施設は、大規模なものであり、スーパーマーケットなど日々の買い物に利用する店は、含まれていない。よって、来訪者によるショッピングなどの目的での利用は定着していないことがわかる。

表3 返却回数頻度モデル推定結果

	Coef.	Std.Err	Z value
最寄り駅までの距離(100m)	-0.136	2.15E-03	-63.48
最寄り駅年間乗降者数(百万人/年)	-0.018	1.28E-04	-138.95
観光施設数(半径300m以内)	0.214	3.52E-03	60.72
商業施設数(半径300m以内)	-0.069	2.11E-03	-32.55
オフィスビル数(半径300m以内)	0.172	1.65E-03	104.46
人口密度(千人/km <sup>2</sup> )	0.070	2.13E-04	329.57
ラック数(10個/ステーション)	0.510	1.88E-03	271.63
ステーション道路隣接ダミー	1.043	6.91E-03	151.05
1日の総貸出回数	0.002	5.83E-06	272.81
ステーションの密度(個/300m)	0.513	3.78E-03	135.81
定数項	0.054	9.89E-03	5.49
最大対数尤度	-115761		
赤池情報量規準値	231544		
サンプルサイズ	19845		

## 6. 結論と今後の課題

コミュニティサイクルは、主に居住者が通学や通勤の際の自宅と駅をつなぐ移動手段として利用されている。また平日は、通勤による来訪者の利用が多く、駅とオフィスをつなぐ移動手段として利用されている。一方休日は、駅を発着とした観光目的での利用や居住者による自由目的での利用が増加するが、平日と比較して利用回数は少なく、コミュニティサイクルの自由目的での利用は定着していないと言える。まちな回遊性の向上のためにも自由目的での利用を増加させることは、コミュニティサイクル普及の課題と考えられる。

また、ステーションの利用が高まる配置に関する要因は、ステーションが道路に隣接していること、ステーションの密度が高くなるように、空白地帯がない様に偏りなく配置すること、観光地数、オフィスビル数、人口密度に応じて配置すること、そして最寄り駅までの距離が出来るだけ短くなる様に配置することである。

今後の課題として、本論文では、貸出・返却回数頻度モデルを構築する際に潜在的な需要を含めず推定を行った。実際に自転車の再配置やステーションの配置を決める際には、こうした点も考慮に入れて分析を行う必要があると考えている。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、江東区まちづくり推進課、千代田区役所、港区役所、株式会社ドコモ・バイクシェアより有益なデータを頂いた。ここに感謝の意を表す。

### 参考文献

コミュニティサイクルシステムの利用実態とステーション配置に関する研究(佐藤、酒井、三輪、森川, 2013, 土木学会論文集 VOL. 69 No. 5 pp563-570)

コミュニティサイクルシステムにおけるポートと自転車の配置に関する研究(清野、伊藤, 2014, 日本建築学会大会学術講演梗概集 pp51, 52)