

# GPS軌跡データに基づく 自転車利用時の経路及び道路選択に影響を与える要因の分析 Analysis of Factors that Influence Cyclists' Choice of Routes and Streets Based on GPS Tracking Data

17N3100033G 仁平 裕太 (空間情報科学研究室)  
Yuta Nihei/ Spatial Information Science Lab.

**Key Words :** GPS, bicycle, route choice, street environments

## 1. 背景

近年、自転車はその環境面、健康面、利便性などのメリットから注目されている<sup>1)</sup>。我が国は、自転車保有台数が0.67台/人と自転車大国と呼ばれる欧州の国々と同水準にある<sup>2)</sup>。また、全交通手段のうち自転車が用いられている割合を示す自転車分担率も13%と、オランダの27%、デンマークの19%に次ぐ値をとっていることから、自転車が広く普及し、かつ日常生活の中で利用されていることがわかる<sup>3)</sup>。しかし、自転車の普及は放置自転車や交通事故など様々な問題も引き起こしており、歩行者や自動車の自転車に対する評価は良くない<sup>4)</sup>。自転車が持つメリットを最大限に活かすためには、上記のような問題や他の交通手段との関係を考慮した自転車利用が求められる。

こうした状況を踏まえ、政府は平成5年の「自転車の安全利用の促進及び自転車等の駐車対策の総合的推進に関する法律」<sup>5)</sup>や平成28年の「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」<sup>6)</sup>を定め、自転車を取り巻く環境の改善を試みている。しかし、例えば東京都では、自転車優先整備区間を定め自転車道の整備を進めているにも関わらず<sup>7)</sup>、平成28年から平成29年にかけて全交通事故のうち、自転車に関与する交通事故の割合が増加している<sup>8)</sup>など、こうした取り組みの効果は限定的である。以上のことから、自転車利用の実態を網羅的に把握し、総合的な対策を行う必要があると考えられる<sup>9)</sup>。特に自転車利用者の走行経路の特徴が把握できれば、自転車が利用する頻度の高い経路の特徴を備えた道路を中心に自転車道を整備するなど、より効果的な対策を講じることができると推察される。以前は、走行経路の把握は困難とされてきたが、近年、情報工学分野の発展により、GPSロガーを用いて、人の移動軌跡を記録できるようになった<sup>10)</sup>。そこで本研究では、GPSロガーを用いて自転車利用者の走行経路を記録し、走行経路の特徴を抽出する手法である経路選択モデルを用いて、走行経路の選択に影響を与える要因を抽出するこ

とで、自転車利用の実態を分析する。

## 2. 既存研究

これまでも自転車利用の実態をGPSロガーや経路選択モデルを用いて分析し、その手法の有効性を示した研究は多い。GPSロガーを用いた研究は、自転車利用者の走行速度に関する研究<sup>11)</sup>と回遊行動<sup>10,11)</sup>に着目した研究が多い。しかし、これらは走行経路の特徴には着目していない。一方で経路選択モデルを用いた研究は自転車道の整備効果を評価する研究<sup>12,13)</sup>が多い。しかし、これらはアンケート調査で走行経路を取得しているため、記憶違いなどにより正確な走行経路が取得できていない可能性がある。GPSロガーと経路選択モデルを併用した研究は、日本においては少ない。海外ではポーランドの都市圏を対象地とした研究<sup>14)</sup>やサンフランシスコを対象地とした研究<sup>15)</sup>などがある。しかし、国が異なれば、道路構造や自転車走行ルールなども異なるため、自転車利用者の走行経路の特徴も異なると考えられる。特に日本は自転車利用者の歩道走行が日常化している世界で数少ない国である<sup>16)</sup>。以上より、本研究では日本を対象地としGPSロガーと経路選択モデルを併用して自転車利用者の走行経路を解析することで、既存研究と比較し、実際の自転車利用に基づいた走行経路の特徴を把握することを目的とする。また、既存の自転車利用者を対象とした経路選択モデルは、出発地から到着地までの走行経路を対象としたものが多い。しかし、実際の自転車の走行においては、走行状況等に応じて逐次的に経路選択をしているものと考えられ、本研究では前者を経路選択、後者を道路選択として、区別して扱うこととする。具体的には、本研究では経路選択に影響を与える走行環境要因(道路網の特性や形状、地物)の抽出に加え、詳細な人の動きを記録できるGPSロガーの特徴を活かし、道路選択に影響を与える走行環境要因も抽出する。これにより、網羅的に自転車利用者の走行経路の特徴を把握する。

### 3. 研究方法

本研究では調査によって得られた実際の走行経路と走行可能性が高い経路とを比較することで、走行経路の選択に影響を与える走行環境要因を抽出する。そのため、調査では、自転車利用者の走行経路と、経路及び道路選択に影響を与える要因を網羅的に把握することを目的とした。調査に参加したのは、中央大学理工学部人間総合理工学科と中央大学大学院理工学研究科都市人間環境学専攻に所属する18歳から24歳までの学生30名であった。また調査は、2018年10月12日から11月8日までの間で、被験者ごとに1週間程度の期間を設けて実施した。調査には移動手段調査票と個人属性調査票の2種類があり、いずれも同一の被験者に対して行った。前者では、自宅を出てから自宅に帰るまでを一回の外出とし、外出中のすべての移動軌跡をGPSロガーで記録してもらったのに加え、利用した交通手段、その所要時間などの詳細を調査票に記入してもらった。移動軌跡の測定にはGARMIN製のGPSロガー eTrex10Jを用い、測定間隔を10秒として詳細に移動軌跡を記録した。後者は、個人属性を把握するために行った調査であり、性別や自転車車種、経路選択理由などを聞いた(表-1)。

表-1 各調査の質問項目

移動手段調査票
1.出発/到着地,2.出発/到着時間,3.移動目的,4.利用した交通手段とその利用時間,5.駐輪場所,6.持ち物有無,7.走行経路の利用頻度,8.最重要到着地
個人属性調査票
1.性別,2.年齢,3.自動車の免許の有無,4.自宅などの住所,5.自転車車種,6.利用頻度,7.基準としている信号,8.走行している位置,9.経路選択理由,10.走行している場所,11.利用する理由

上記の調査で得たGPS軌跡データは東京都、埼玉県など複数の都県にまたがっているが、本研究では時間的な制約により対象地域を東京都に限定し、東京都内で自転車を交通手段としたGPS軌跡データのみを抽出した。そしてマップマッチングという手法と用いて、自転車の走行経路を推定した<sup>17)</sup>(図-1)。推定した走行経路が完全に重複するトリップと道に迷っていたと見られるトリップは、本研究の分析目的に適さないため除外した。トリップとは、出発地から到着地までの移動を1単位とした用語であり、本研究では自転車利用時の出発地から到着地までの移動のことをさす。以上より自転車を利用した85トリップの走行経路を抽出した。

以下では経路及び道路選択の解析で対象とするトリップ及び経路について説明する。本研究では、自転車

利用者の実際の走行経路と最短距離経路とを比較して、その走行に影響を与える走行環境要因を抽出する。最短距離経路を比較対象とする研究が多いこと<sup>18)</sup>、本研究の個人属性調査票への回答でも30人中28人が「最短距離で行かれる」ことを経路選択の理由としていたことが、最短距離経路を比較対象とした理由である。

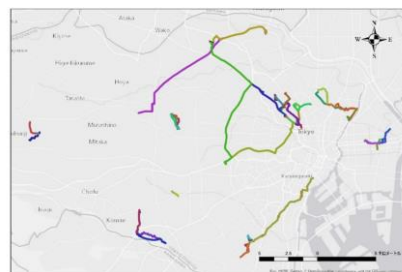


図-1 被験者の走行経路

(N=85トリップ,85色で走行経路を色分けしている)

背景地図: @OpenStreet Map contributors, and the GIS user community

#### (1) 経路選択

経路選択で解析対象とするトリップは、上述の85トリップとし、その85トリップの走行経路と最短距離経路の走行環境要因をCross Nested Longit モデルを用いて比較した。用いた走行環境要因は道路幅員と勾配とした。変数選択法は道路幅員を固定とし、他の走行環境要因を変数増加法により投入した。

#### (2) 道路選択

道路選択で解析対象とするトリップ及び経路を以下の手順で抽出した。まず、自転車利用者の走行経路が最短距離経路と高いレベルで類似しているトリップを抽出する。類似を図る指標としては、重複率、迂回率、最大乖離距離を用いた。重複率は、自転車利用者が最短距離経路を基準に走行している度合いを示す指標である。走行経路と最短距離経路との重複部分の距離を走行経路長で除して算出する。迂回率と最大直進距離は、前者は走行距離から、後者は幾何学的な乖離距離から遠回りの度合いを図る指標である。前者は走行距離長を最短距離経路長で除して算出する。後者は走行経路に含まれる各道路の重心から、最短距離経路までの最短直線距離を求め、その中で最大の値を最大乖離距離とした。これらの3指標を用いることで、その走行経路が、最短距離経路を基準としているのか、そして、寄り道などあまりにも離れた経路を走行していないかを判断した。本研究では、既存研究と上記3指標の分布の傾向を元に、走行経路が最短距離経路に対して重複率50%以上、迂回率140%以下、最大乖離距離500m以内という条件を満たしているトリップを抽出し

た。そしてそのトリップの最短距離経路ではないが走行された経路と最短距離経路だが走行されなかった経路の走行環境要因を最短距離経路と走行経路の分岐点から合流点までを1単位とした2項ロジットモデルを用いて比較した(図-2)。用いた要因を表-2にまとめる。変数選択法は道路幅員を固定とし、他の走行環境要因を変数増加法により投入した。

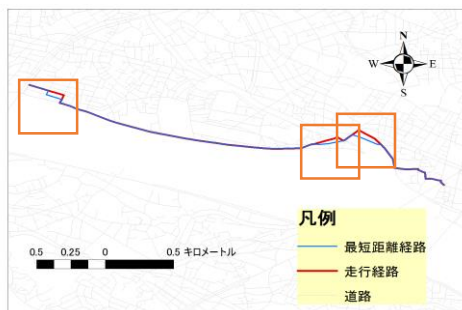


図-2 道路選択の解析対象トリップ(四角内が一単位)  
重複率: 80.86%, 迂回率: 101.93%, 最大乖離距離: 47.21m

表-2 各解析で用いる走行環境要因(○:用いる要因)

	説明変数名 *: 既存研究で考慮されていない変数	経路 選択	道路 選択
道路 網の 特性・ 形状	幹線道路比率 [%]		○
	勾配7%以上の上り坂道路比率 [%]	○	○
	勾配5%以上の下り坂道路比率 [%]*	○	○
	最大直進距離比率 [%]*		○
	右左折頻度 [回/m]		○
	交差点頻度 [個/m]		○
	幅員3m未満道路比率 [%]	○	○
	幅員3m以上5.5m未満道路比率 [%]	○	○
	幅員5.5m以上13m未満道路比率 [%]	○	○
	幅員13m以上19.5m未満道路比率 [%]	○	○
幅員19.5m以上道路比率 [%]	○	○	
地 物	自転車道比率 [%]		○
	電柱密度 [本/m]*		○
	信号密度 [個/m]		○
	公園の有無*		○
	教育施設の有無*		○

## 4. 結果

### (1) 経路選択

経路選択に影響を与える走行環境要因を把握するために、既存研究でよく用いられる走行環境要因を用い

て経路選択モデルを構築した。その結果、「幅員5.5m以上13m未満道路比率」「幅員19.5m以上道路比率」が有意に経路選択に正の影響を与えていることが示された(表-3)。これは、既存研究<sup>13)</sup>の結果と類似している。一方、勾配を示す説明変数は本研究では有意とならなかった。実際、個人属性調査票「9. 経路選択理由」では30人中4人しか「上り坂を避ける」と回答しておらず、本研究の被験者は上り坂の影響はあまり受けていないと考えられる。これは、本研究の被験者が体力の比較的ある大学生であったためと推測される。

表-3 経路選択の解析結果  $N=85$ , \*\*:  $p<0.05$ , \*:  $p<0.10$

尤度比: 0.13	係数	t値
幅員3m未満道路比率	-0.06	-1.64
幅員5.5m以上13m未満道路比率	0.04	2.00**
幅員13m以上19.5m未満道路比率	0.05	1.05
幅員19.5m以上道路比率	0.03	2.21**
スケールパラメータ	0.06	0.17

### (2) 道路選択

本研究では、道路選択は経路選択とは異なる特徴があると考え解析を行った。結果としては、道路幅員が走行する道路選択に有意に影響を与えることは確認できたが、それ以外の要因の影響については確認できなかった(表-4)。しかし、「幅員19.5m以上道路比率」においては経路選択と道路選択で選択に与える影響が逆になった。この結果は、自転車利用者は主に広幅員道路を走行しているが、時折、わき道にそって走行しているという可能性を示している。

表-4 道路選択の解析結果  $N=46$ , \*\*:  $p<0.05$ , \*:  $p<0.10$

尤度比: 0.22	係数	t値
幅員3m未満道路比率	-2.73	-1.93*
幅員5.5m以上13m未満道路比率	-0.16	-0.17
幅員13m以上19.5m未満道路比率	3.85	1.60
幅員19.5m以上道路比率	-1.78	-2.06**

## 5. 本研究のまとめと考察

本研究は、自転車利用の走行経路の特徴をGPSロガーによる走行軌跡の記録と経路選択モデルにより把握することを目的とした。まず、既存研究でよく用いられる走行環境要因を用いて経路選択に影響を与える走行

環境要因を解析した。次に、既存研究で用いられる走行環境要因と本研究が道路選択に影響を与えうるとして抽出した走行環境要因を用いて道路選択に影響を与える走行環境要因を解析した。その結果以下のような知見を得ることができた。

(1)道路幅員が自転車利用者の経路及び道路選択に与える影響は大きい。

(2)電柱、信号、交差点、幹線道路、自転車道、公園、教育施設、右左折、最大直進距離が自転車利用者の道路選択に与える影響は確認できない。

結果(1)の理由として、道路幅員が関連する要素が多いことが考えられる。道路幅員は歩道や車道の広さ、街路樹の配置などさまざまな要素に関連している。そこで今後は、道路幅員を基準として道路を類型化し、同じような道路幅員を走行するトリップで比較して、道路幅員以外の要素の抽出を目指す必要がある。

結果(2)からは、自転車利用者は周辺環境や安全性などをあまり考慮せずに走行している可能性が示唆された。例えば、「電柱」や「右左折」は交通事故リスクと関連した走行環境要因であるため、安全性に考慮する自転車利用者であれば避けると考えられるが、分析ではそうした回避行動は見られなかった。加えて、個人属性アンケート調査では半数以上の被験者が、走行中に参考にしてしている信号について「だいたい歩行者用の信号だが、たまに自動車用の信号」と回答しており、自転車が車両であるという基本的な自転車走行ルールを認識できていないことが示唆されている。

しかし、具体的に道路幅員以外、どのような走行環境要因が経路及び道路選択に影響を与えるかは本研究では分析できなかった。今後は、自転車の走行時のGPS軌跡データの取得に加え、走行状況のビデオ撮影も行うことなどにより、歩行者の交通量の急激な増加といった動的な走行環境要因も考慮すべきだと考える。

## 参考文献

- 1) 国土交通省、警察庁：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン、<http://www.mlit.go.jp/road/road/bicycle/pdf/guideline.pdf>, 2016
- 2) 国土交通省：自転車交通、平成26年度政策レビュー結果(評価書)、<http://www.mlit.go.jp/common/001259529.pdf>, 2005
- 3) 自転車の安全利用の促進及び自転車等の駐車対策の総合的推進に関する法律、昭和五十五年法律第八十七号
- 4) 東京都建設局：東京都自転車走行空間整備推進計画、<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/content/000021271.pdf>, 2012

- 5) 警視庁：都内自転車の交通事故発生状況、[http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/about\\_mpd/jokyo\\_tokei/tokei\\_jokyo/bicycle.html](http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/about_mpd/jokyo_tokei/tokei_jokyo/bicycle.html), 最終閲覧日2019年1月21日
- 6) 若月宣人、神山将：都が進める自転車走行空間の整備について、国土交通省関東地方整備局、pp.1-6, 2016
- 7) 堀田美和子、仲田田、奈良照一：自転車利用者の行動特性分析における新たな手法について、寒地土木研究所平成22年度技術研究発表会、2011
- 8) 山中英生、土岐源水、二神彩、亀谷一洋：プローブバイクを用いた自転車利用環境の評価、土木計画学研究、Vol. 26, No.151, 2000
- 9) 山本彰、大脇鉄也、上坂克巳：自転車の走行空間等の違いによる旅行速度の際に関する分析、土木計画学研究・講演集、Vol. 43, 2001
- 10) 杉本興運、岡野祐弥、菊池俊夫：レンタサイクル利用による観光回遊行動の実態-長野県安曇野市におけるGPS・GIS支援による調査とデータ解析-、日本観光研究学会期間雑誌、vol.24, No.2, pp.15-27, 2013
- 11) 加畑教嗣、大西諒、山口行一：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、Vol.16, pp.37-40, 2018
- 12) 渡辺義則、角知憲、清田勝、秦裕二郎：自転車で通学する高校生を対象としての自転車利用者の経路選択モデルに関する基礎研究、土木学会論文集、No. 618, pp.27-37, 1999
- 13) 三輪富生、山本俊行、森川高行：名古屋市における自転車走行空間の利用意向調査と整備効果の分析、都市計画論文集、Vol.46, No.3, 2011
- 14) Joseph, B., John, G. and Jennifer, D. : Bicycle route choice model developed using revealed preference GPS data, Annual Meeting of the Transportation Research Board January, pp.23-27, 2011
- 15) Jefferey, H., Elizabeth, S., and Billy, C. : A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California, The International Journal of Transportation Research, Vol.3, pp.63-75, 2011
- 16) 元田良考：日本の自転車交通の混迷-時代遅れの道路交通法 歩道通行の大罪-, 交通安全教育, Vol.51, No.8, pp.6-19, 2016
- 17) 三谷卓磨：プローブパーソン型交通情報配信システムの適用可能性に関する研究、愛媛大学博士課程学位論文、2005
- 18) 趙世晨、荻島哲：商店街における自転車来街者の経路選択に関する研究、都市計画別冊都市計画論文集、Vol.36, pp.901-906, 2001