

自転車専用ナビゲーションアプリによる GPS データを用いた行動把握に関する 基礎的研究

鈴木 美緒¹, 見持 武志², 小竹 輝幸³, 八坂 和吏⁴, 吉田 健一郎⁵, 藤田 有佑⁶,
大方 優子⁷

¹正会員 東海大学 工学部 特任准教授 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1)

E-mail: mio.suzuki@tsc.u-tokai.ac.jp

²正会員 株式会社ナビタイムジャパン ツーリング事業部 (〒107-0062 港区南青山3-8-38)

E-mail: t-kenmochi@navitime.co.jp

³正会員 株式会社ナビタイムジャパン 交通コンサルティング事業部 (〒107-0062 港区南青山3-8-38)

E-mail: teruyuki-kotake@navitime.co.jp

⁴非会員 明治大学 研究・知財戦略機構 客員研究員 (〒101-8301 千代田区神田駿河台1-1)

E-mail: kyasaka@mbc.nifty.com

⁵非会員 麗澤大学 経済学部 准教授 (〒277-8686 千葉県柏市光ヶ丘2-1-1)

E-mail: ken@reitaku.jp

⁶正会員 株式会社藤田住環境計画 (〒108-0014 港区芝5-30-6)

E-mail: bicyclism@gmail.com

⁷非会員 九州産業大学 商学部 准教授 (〒813-8503 福岡市東区松香台2-3-1)

E-mail: okata727@gmail.com

自転車活用推進法の施行も後押しし、今後、より幅広い自転車利用の促進が期待されている。近年 GPS データが活用され始めているが、これはレンタサイクルやコミュニティサイクルを由来としたものであり、属性や利用形態に限られる。しかしながら、より幅広い自転車の走行に関するデータは取得が難しいのが現状である。インフラ整備や施策立案にはさまざまな自転車の行動把握が不可欠であるため、本稿では、自転車用の経路探索アプリから得られる GPS データの特性を整理するとともに、自転車利用者の行動を把握することを試みた。

Key Words: *bicycle traffic, navigation system, GPS, route choice*

1. 背景と目的

わが国ではすでに多くの利用がなされている自転車だが、低炭素化や健康増進の観点から、世界中で自転車利用を促進する動きが広まっている。そのような中、わが国では 2017 年 5 月に自転車活用推進法¹⁾が施行、2018 年夏頃には自転車活用推進計画が閣議決定される予定である。自転車活用推進法では、「自転車交通が公共の利益への増進に資すること」、「自動車への依存の低減が公共の利益の増進に資すること」、「交通体系における自転車交通の役割を拡大すること」、「交通の安全の確保が図られること」の 4 つを基本理念とし、14 の基本方

針が掲げられている。これを受けて策定される自転車活用推進計画²⁾については、現在、自転車の渋滞緩和、低炭素化、災害時の機動性、健康増進に資する利点を活かすべく、基本理念を基にした「自転車交通の役割拡大による良好な都市環境の形成」、「サイクリズムの振興等による活力ある健康長寿社会の実現」、「サイクリズムの推進による観光立国の実現」、「自転車事故のない安全で安心な社会」の 4 つを目標とした施策と指標が検討されている段階である。

わが国ではこれまで、自転車利用は圧倒的に短距離の日常利用であったが、このような流れを受け、今後より多くの目的や形態での自転車利用が期待される。しかし

ながら、現状での自転車の利用経路の調査方法は、主に日常利用に利用される駐輪場におけるアンケート調査や、主に観光目的で利用されるシェアサイクルの GPS データ等、非常に限られている。より幅広い利用目的や利用形態を前提とした自転車利用実態を把握するには、さまざまな状況で取得されたデータを用いる必要がある。

そこで本稿では、幅広い目的や形態で利用されていると考えられる自転車専用ナビゲーションアプリで取得されたデータの特性を把握し、自転車での行動把握への利用可能性を検討する。

2. 既往研究と本研究の位置付け

自転車の経路選択に関する先行研究としては、駐輪場の利用実態と関連付けて調査を行なったものが多く、経路選択の際に意識する項目を調査した研究もあるが、いずれもアンケート調査を主としており、日常的に利用する経路に関する調査ということができる。

自転車の GPS データに関する先行研究としては、観光面における研究が多い。杉本ら³⁾は、長野県安曇野市穂高地区を事例として、農村観光地域におけるレンタサイクルを利用した観光者の回遊行動の実態を、GPS データの分析をもとに明らかにしている。また、佐藤ら⁴⁾は、ホテル宿泊者を対象としたレンタサイクル事業における自転車走行の GPS ログデータを収集し、GIS でデータ分析した結果をもとに観光サイクルマップを提案している。同様に、新井田ら⁵⁾も、自転車による回遊促進を目的に、レンタサイクルに設置した GPS から周遊データを長期に収集、分析し、それらの結果を踏まえスマートフォン等で利用する観光支援システムを提案している。さらに、事例が増えつつあるコミュニティサイクルを対象とし、神戸市で取得された GPS データを基に、都心回遊行動を分析している谷口ら⁶⁾の研究もある。

このように、既存の自転車経路選択に関する研究は、日常利用に特化したアンケート調査と、レンタサイクルやコミュニティサイクルの利用者に特化した GPS による調査に大別されるが、特定の属性以外の行動を把握できない限定的なものであり、さまざまな用途での自転車利用における経路を把握することは難しい。

そこで本稿では、自転車専用ナビゲーションアプリの利用者における GPS データを用いることで自転車のナビゲーションアプリ利用者における GPS データの特徴や利用者の行動を分析する。

3. 自転車専用ナビゲーションアプリの概要

本稿では、株式会社ナビタイムジャパンが提供する、Android スマートフォンおよび iPhone 向けのナビゲシ

ョンアプリ「自転車 NAVITIME」により取得された GPS データを分析対象とする。

(1) 自転車 NAVITIME の概要

自転車 NAVITIME は、iOS アプリで 2011 年 6 月、Android アプリで 2011 年 11 月にサービスを開始し、サービス開始当初のターゲットは、ポタリングユーザをメインにした幅広いシーンとしており、ドーナツサーチ（同心円上距離を指定したスポット検索）や簡易スピードメーター等の機能を備えている。サービス開始から 7 年ほど経った現在では、シティサイクルからロードバイクユーザまでより幅広い層の利用を想定しており、降雨レーダー、獲得標高、サイクリングステーション検索、サイクリングコース連携等のサービスが追加されている（図-1）。

自転車 NAVITIME では、自転車専用の道路データを使用し、カーナビとは異なるルートで目的地までナビゲーションを行なっている。ナビ中は画面上に、次の交差点での進行方向や交差点までの距離を大きく表示し、音声にて交差点名、残りの距離を読み上げる。ルート検索時に速度を設定することができ、それぞれの脚力にあった到着予想時刻を提示させ、自転車が通行不可能となる自動車専用道路の除外、自転車を除くと書かれた一方通行への進入など、車向けのルートとは異なるルートを案内する。また、歩行者は通れる階段や歩道橋などをル



図-1 自転車 NAVITIME の画面例

表-1 自転車ルート検索で選択できるルート種別

ルート種別	特長
推奨ルート	出発地と目的地の距離や道路の種類に応じて最適なルート
距離が短い	バランスを考慮した出発地と目的地の距離が短いルート
坂道が少ない	坂道が少なくなるルート
坂道が多い	坂道が多くなるルート
大通り優先	幹線道路など、わかりやすい大きな道路を走るとなるルート
裏通り優先	幹線道路を避け、車どおりが少ない可能性が高いルート
サイクリングロード優先	信号がなく快適に走行できるサイクリングロードを組み込むルート

ートから除外し、大きな道路では左側通行となるようにルートを提供している。

以下に特徴的なサービスをいくつか詳述する。まず、自転車ユーザのニーズに合わせ、表-1 に示す 7 つのルート種別での検索が可能にしている。

また、このサービスでは、自転車利用者のために下記のサービスも提供している。

■高低差グラフ：走行するルート的高低差を事前に把握できる。また、ナビゲーションを開始すると、走行中のルート的高低差グラフを常時見ることができ、グラフには走行中の箇所が表示されるので、目的地までの残りの勾配情報も確認することができる。

■画面ロック（バックグラウンド）ナビ：ナビゲーションを利用するとスマートフォンの電池の消費量が増加してしまうため、2017年9月以降の仕様では、画面をロック（＝真っ黒な状態）しても、音声でのナビゲーションが継続されるようにしている。スマートフォンの中では位置情報が更新され、交差点での右左折の案内を含むすべての音声を聞くことができ、ルートを外れた際には自動的に再検索がされる。画面ロックを解除すると現在地の地図が表示され、すぐに位置を確認することができるため、右左折が多い市街地では画面 ON、道なりに走行できる郊外では画面 OFF など使い分けることが可能である。

■走行ログ：ナビゲーションの有無に関わらず、走行ログを記録可能で、残したログによりこれまでの総走行距離、月ごと、個別の走行距離が確認できるだけでなく、個別のログから、いつどこを通過したのかを確認することもできる。

■サイクリングステーション検索機能：サイクリングステーションは自治体や各施設が独自に管理をしているため、これまでその情報を一括で検索できるウェブサイトやアプリは存在しなかったが、全国のサイクリングステーションを独自に調査し、その位置だけでなく、サイクルラックの有無、空気入れのバルブ詳細（仏、米、英式の3種類）、修理用工具の有無、トイレの有無等のデータを整備した。これによりユーザーは、本アプリひとつでサイクリングステーションを検索することができる。

(2) 自転車 NAVITIME で取得される GPS データの概要

自転車 NAVITIME で取得されるデータは、GPS によりほぼ 1 秒間隔で測位された緯度経度情報であり、発着地付近（30m）のデータを除去し、ユーザ ID を日ごとに与え、経路単位で ID を振り直すことにより、個人を特定できない点列データに加工されている。なお、前述の通り、本サービスは画面をロックしてもナビゲーションが継続される仕様だが、スマホがスリープ状態になっ

ている間は GPS データは取得されない。

本研究では点列データを元に、道路ネットワークデータ上にマップマッチングさせ、分析を実施した。

4. 自転車専用ナビゲーションアプリの概要

(1) 自転車 NAVITIME で取得されるトリップの特徴

ここでは、2016年10月1日～2017年9月30日の1年間に、都市部で自転車の利用が盛んな川崎市内を発着地とするプローブデータを分析する。この1年間でのべ50,006 ユーザ、73,274 トリップのデータが取得され、1 トリップあたりの平均取得時間は 129.5 秒、平均取得距離は 588.1m であった（図-2）。

また、図-3 に示す月別の内訳については、5月にピークが来る一般的な自転車利用に比較的近い傾向があるが、

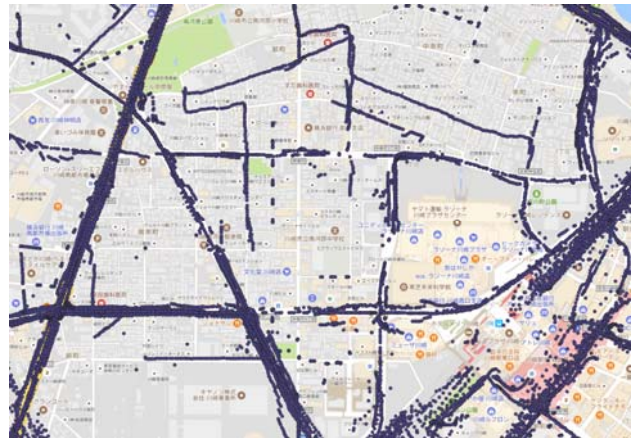


図-2 JR川崎駅付近で観測されたトリップ

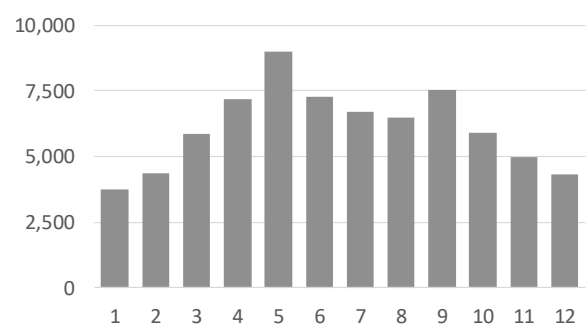


図-3 月別トリップ数

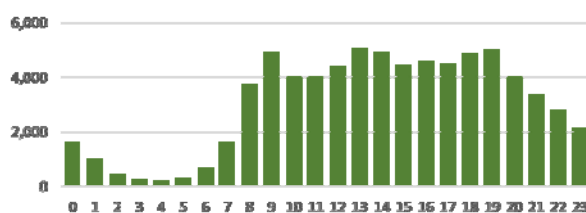


図-4 時間帯別トリップ数

図-4 に示す時刻別の内訳からは、本データの特徴である「経路探索時のデータ」ゆえの傾向が見て取れ、一般的に通勤通学利用のピークが出る朝 7-8 時台や 16-18 時台にはピークが出ておらず、9-19 時頃までのトリップが多く記録されている。夜間にも利用されていることがわかる。通勤通学以外の業務・私用トリップでは駅前を中心とする公営駐輪場を利用することはほぼないため、従来の実態調査等には反映されていないトリップであると考えられ、本データから、そのような業務・私用トリップの特性を掴める可能性がある。

(2) 自転車 NAVITIME 利用時の移動の特徴

73,274 トリップの観測時間は、30 秒以下が最も多く 35,978 サンプル (49.1%)、5 分以内が全体の 89.4%、10 分以内が全体の 95.6%が集中している。短時間のトリップが大半を占めていることがわかるが、すでに述べた通り、本データは発着地から 30m を除いたデータであるが、時間あるいは距離が短いデータは「経路を確認した後は画面を見ていない」属性、時間あるいは距離が長いデータは「ナビゲーションを起動させて経路を確認しながら移動している」属性、さらに、短時間の間に複数回観測されているデータは「ナビゲーション中にバックグラウンド状態になったのを復帰させた、あるいは迷ったりわかりづらい箇所ナビゲーションを再起動したかのいずれかで、経路を確認している」か、「その他の何らかの状況で、短時間の間に何度もアプリを開いたり閉じたりしている」属性と考え、「経路を確認する位置情報」と「経路自体の情報」の双方を捉えることができる可能性がある。そこで、同一ユーザにより 2 回目以降に記録されている 23,268 トリップの開始時刻と、前のト

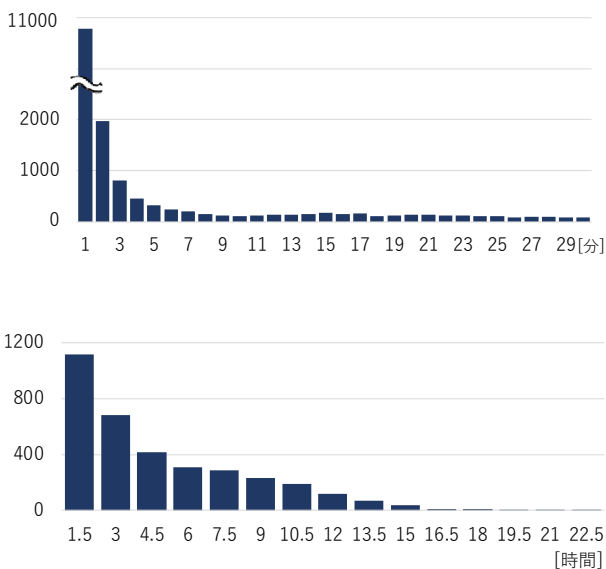


図-5 同一ユーザ ID で取得されるトリップの間隔

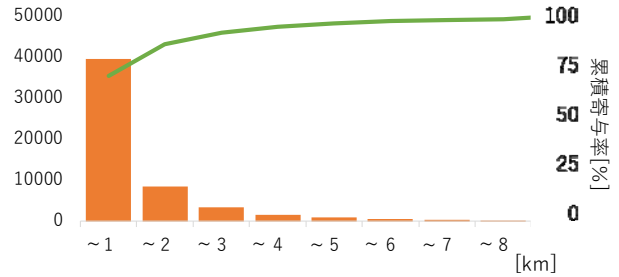


図-6 トリップの距離帯の分布

表-2 探索回数によるトリップの距離帯の比較

	複数回	1回
平均距離[m]	833.6	1174.2
標準偏差	1379.7	2364.5
	t=12.8	

リップの開始時刻との間隔をみたところ、図-5 のようになった。トリップ間隔が 1 分以下の比率が 46.1%、2 分以下で 46.3% (累積、以下同様)、5 分以下で 61.6%、10 分以下で 65.1%を占めている。よって、複数トリップの多くはある目的地へのひとつのトリップが分断されて観測されていると考えられる。しかし、図-5 より、1.5 時間以上の間隔をあけて観測されているトリップも一定数見られ、同一日に複数の経路が検索される理由として、回遊行動だけではなく、勾配等の道路条件が往路と復路で異なり、別経路で往復している可能性が挙げられる。

同一ユーザによるトリップのうち、5 分以内に再検索されたものを同一トリップと仮定し、トリップの距離帯の分布を見たところ、図-6 のようになった。また、複数回探索しているトリップ (n=8,330) と、1 回のみ探索しているトリップ (n=47,563) での距離を比較したところ、表-2 のようになり、短時間で複数回探索している利用者の方が移動距離が短い傾向が見られた。そこで、分断された途中のトリップを除外し、トリップの最終地点での速度が 0m/h となっているものを目的地近傍としてプロットしたところ、図-7 のようになった。目的地から 30m 分はデータが切られているため、プロットした点が目的地そのものを表すわけではないが、鉄道駅付近を始めとし、さまざまな地点を目的とするトリップが検索されている様子が窺える。

これらのことから、新たに自転車利用を始めるユーザが日常利用経路として駅や商業施設への経路を探索したり、業務・私事目的と思われるランドマークではない目的地への経路を探索したり、長距離のサイクリングや通勤の経路を探索したり、といった幅広い目的で自転車ナビゲーションアプリが利用されており、地域内の多様な

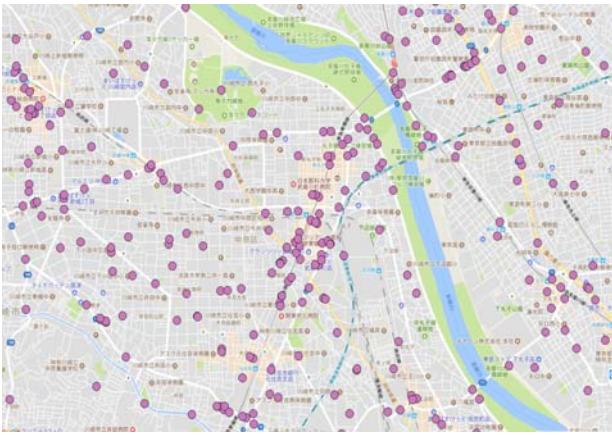


図-7 目的地（近傍）の分布

表-2 利用者の検索状況ごとのトリップの特性

	1日1回の検索	1日複数回の検索 (10分以上再検索されない)	1日複数回の検索 (10分未満に再検索される)
サンプル数	37477	8003	7120
観測時間[秒]	68	55	10
移動距離[m]	121.6	288.0	152.2
平均速度[km/h]	6.44	18.85	54.79

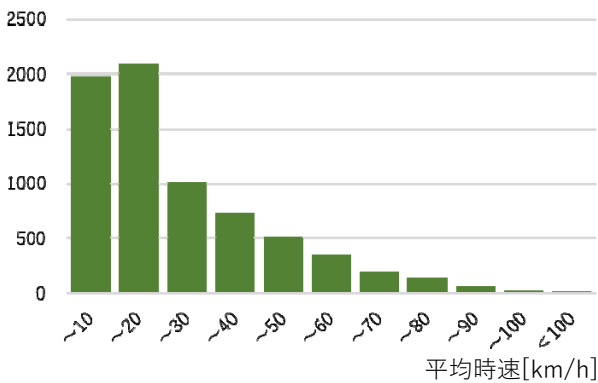


図-8 10分未満に再検索されるトリップの平均速度

自転車利用状況の把握に活用可能であることがわかる。

なお、すでに述べたように、今回対象としている GPS データは「1 回の検索で目的地までナビゲーションを起動して移動する」、「1 回検索した後、ナビゲーションを起動せずに移動する（スマートフォンがバックグラウンド状態になったところで捕捉が終了する）」、「何度か確認しながら移動する」の 3 つに分けられると考えられるため、再検索の間隔を 10 分と考えてそのサンプル数の内訳を見たところ、表-2 のようになった。1 日に複数回検索する利用者の方が、移動距離が長く、平均速度も高いことがわかる。特に、10 分未満に再検索する利用者の平均速度が非常に高いが、平均速度の分布は図-8 に示すようになっており、速度の高い一帯は「鉄道等に乗っている」（表-1 に示すような）複数の経路を検索

するなどして比較検討する際、「アプリを開いたり閉じたりしている」ものと想像される。今後、再検索までの時間や平均速度（あるいは最高速度）から、検索時の状態をより精査し、自転車利用時のデータを抽出することでより詳細な検討が可能であるといえる。

5. まとめ

本稿では、自転車活用推進計画の閣議決定後の自転車施策を見据え、幅広い目的や形態で利用される自転車での行動把握について、自転車専用ナビゲーションアプリの活用可能性を検討した。

その結果、以下のことがわかった。

- 地域により、利用される経路がある程度絞られる地域と、地域一帯に分散している地域の差がみられる。
- 経路探索の年ピークは 5 月にきており、自転車利用の傾向と近い。それに対し、利用時間のピークは通勤通学時間帯とは異なり、昼間や夜中の利用が比較的多い。
- 比較的短距離を移動する利用者が、数分おきにたびたび経路を確認する行動が観測され、通行方法が分かりづらい経路あるいは交差点の存在が示唆される。
- ナビゲーションアプリで設定される目的地は、日常利用にも用いられる鉄道駅や商業施設が多く含まれるが、ランドマークに限らず、さまざまな場所に分散している。

以上のことから、新たに自転車利用を始めるユーザが日常利用経路として駅や商業施設への経路を探索したり、業務・私事目的と思われるランドマークではない目的地への経路を探索したり、長距離のサイクリングや通勤での経路を探索したり、といった幅広い目的で自転車ナビゲーションアプリが利用されていることがわかる。今後、速度や位置情報、捕捉時間などから利用状況を場合分けし、それぞれの特徴を捉えることで、地域内の多様な自転車利用状況の把握に活用可能であるといえる。

参考文献

- 1) 国土交通省 HP：自転車活用推進法
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/bicycle-up/01pdf/08.pdf>
- 2) 国土交通省 HP：自転車活用推進計画（案）の概要
<http://www.mlit.go.jp/road/bicycleuse/>
- 3) 杉本興運ら：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, 観光研究 24(2), pp.15-27, 2013.

- 4) 佐藤遼二ら：自転車 GPS データによる観光サイクルマップの開発とそのまちづくり応用，情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集、pp.875-876, 2012.
- 5) 新井田歩ら：自転車 GPS データを用いた観光支援システムの開発，情報処理学会第 76 回全国大会講演論文集，pp.529-531, 2014.
- 6) 谷口航太郎ら：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 15 巻，pp.45-48, 2017.

(2018.4.27 受付)

A FUNDAMENTAL STUDY ON CYCLING BEHAVIOR WITH GPS DATA DERIVED FROM NAVIGATION APPLICATIONS

Mio SUZUKI, Takeshi KENMOCHI, Teruyuki KOTAKE, Kazushi YASAKA,
Kenichiro YOSHIDA, Yusuke FUJITA, and Yuko Ohkata