

SVプローブデータの収集・解析基盤について

間邊 哲也[†] 長谷川孝明[†]

[†] 埼玉大学 大学院理工学研究科 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: †{manabe,takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

あらまし 本稿では、超小型な低速車両 (Slow Vehicle; SV) の普及・社会定着に必要な要件の一つとして挙げられる「SV が安全かつスムーズに走行できる環境の実現」に向けて、SV の走行実績からそれらの知見を獲得するためのツールとして「SV プローブデータの収集・解析基盤」を構築している。構築した SV プローブデータ収集基盤の属性情報登録では、パーソントリップ調査で一般的に用いられる 9 項目、移動情報収集では、緯度経度・タイムスタンプ、トリップ特性に関する 5 項目の他、出発地付近の各種気象データを取得している。SV プローブデータ解析基盤では、収集した緯度経度情報に対して、逆ジオコーディングによって住所情報に変換した後、1 トリップ内で通行した道路種類の比率を算出し、解析を行っている。また、SV プローブデータの収集・解析例として、OD(origin-destination) 指定時における交通モードと通行道路種の関係などから、SV の走行実績から SV が安全かつスムーズに走行できる環境の実現に資する知見を獲得するためのツールとしての利用可能性を示唆している。

キーワード 超小型低速車両, SV プローブデータ, スマートフォン

On SV Probe Data Collection and Analysis Platform

Tetsuya MANABE[†] and Takaaki HASEGAWA[†]

[†] Saitama University 255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama, 338-8570 Japan

E-mail: †{manabe,takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

Abstract This paper describes the slow vehicle (SV) probe data collection and analysis platform that is a tool for obtaining knowledge in order to realize environments that SVs can move safely and smoothly. The SV probe data collection platform consists of attribute information registration and travel information collection. The former collects nine items generally used in a person trip survey and the latter collects location, timestamp, trip, and weather information. The SV probe data analysis platform firstly transforms a point location (latitude, longitude) information to an address or place name. After that, the platform calculates ratios of road type passed in a trip. This paper suggests availability of the SV probe data collection and analysis platform through SV probe data collection and analysis examples.

Key words Slow vehicle, SV probe data, Smartphone

1. ま え が き

人のモビリティの確保は、経済活性化に加えて、人がいきいきと生きるために必要である。しかしながら、高齢化・生産年齢人口比率が低下した社会では、増加する高齢者や免許を持たない若年者の移動支援 (送り迎え) を、少ない生産年齢者層が担わなくてはならず、生産年齢者層が本来行うべき生産活動への影響が懸念される。そこで、高齢者自身・若年者自身の自立的な移動の確保、つまり、高齢者・若年者の中でも自立的に移動できる層 (自立移動可能者層 [1]) を拡大させ、生産年齢者層の負担を軽減させる必要がある (図 1)。自立移動可能者層を増やすためのアプローチの一つとして「超小型な低速車両 (Slow

Vehicle; SV)」の導入が考えられる。

SV に関する従来研究として、文献 [2] では、超高齢化に向けて人々の移動に対する価値観は、安全・健康・環境重視に向かい、徒歩・自転車と自動車との中間のパーソナルな移動手段へのニーズを顕在化させることが示されており、この新たな移動手段の一つとして低速の超小型電気自動車の利用が挙げられている。文献 [3] では、超小型電気自動車をを用いた社会実験が行われており、徒歩/自転車/電動アシスト自転車/超小型電気自動車/自動車というマルチモーダルな移動環境下での人々の交通モード選択や外出行動の変化から、スローモビリティ普及には走行環境の整備が鍵となることが示されている。また、自動車走行指導帯を自転車および超小型車両のための「スローモビ

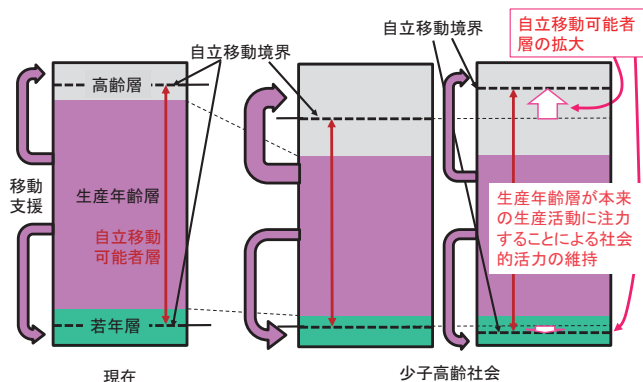


図1 高齢化・生産年齢人口比率低下社会における自立移動可能者層の拡大の意義[1].

ティ・レーン」¹⁾として活用した走行実験により、超小型電気自動車の走りやすさ、安全性、共存性が示唆されている。文献[4]では欧州における立ち乗り型、座り乗り型パーソナルモビリティに係る法制度、文献[5]では欧米における交通施策の背景、車両分類における動向などについてそれぞれ整理されている。例えば、自転車利用率が世界で最も高いオランダでは、自転車通行帯において、自転車に限らず原動自転車や電動バイク、電動スクーターといったパーソナルモビリティが共存している。また、障がい者は16歳以上であれば制限速度10km/hを超える装置であっても免許不要で、歩道、自転車通行帯、高速道路を除く道路において、それぞれの走行場所の制限速度に応じて走行することが認められている。ただし、強制保険への加入、社会支援法に基づいた講習の受講が義務付けられている。文献[6]では、スロットル操作のみで走行可能なフル電動自転車の安全性および快適性について、普通自転車、電動アシスト自転車との比較が行われている。また、文献[7]では、全国パーソントリップ(Person Trip; PT)調査結果の現状の移動の状況からフル電動自転車の活用できる場面等の考察が行われており、フル電動自転車の普及によって普通自動車からのモダリティシフトの可能性、自動車を運転せず、バスや鉄道が不便な(運行本数が少ない)地域に住んでいる人の外出機会確保の可能性が示唆されている。また、筆者らは今後自転車に加えて超小型電気自動車のような低速車両が普及し、現在の歩行者(P)/自動車(V)の2モード交通社会から、歩行者(P)/自転車を含む低速車両(SV)/自動車(V)のレーン分離された3モード交通社会への移行に鑑みて、P/SV/Vの3モード交通社会実現に向けた知見提供を目的に、VからSVへのモダリティシフトが交通流に与える影響についてコンピュータシミュレーションを行っている[8],[9]。

以上を踏まえて、SVの普及・社会定着に必要な要件の一つとして、SVが安全かつスムーズに走行できる環境の実現が挙げられる。そのためには、例えば、SVにとって走りやすい道路要件の明確化、経路探索のためのリンク重み決定法の確立、SV用ナビゲーションシステムの実現などが必要となることから、本稿ではSVの走行実績からSVが安全かつスムーズに走行できる環境の実現に資する知見を獲得するためのツールとして「SVプローブデータの収集・解析基盤」を構築する。



図2 埼玉県県の県木・県花をモチーフにした超小型電気自動車「彩りイヴ」(左:ケヤキ, 右:サクラソウ)。

2. SVと既存のプローブシステム

2.1 本稿で対象とするSV

本稿では、自転車および(有)タケオカ自動車工芸の超小型電気自動車「ルーキー」^(注1)をベースとした「彩りイヴ」(例えば文献[10])をSVとして扱う。「彩りイヴ」は、原動機付自転車免許で運転可能であり、最高速度が機構的に30km/h強に厳しく制限されている。図2に彩りイヴの外観を示す。その他のSVサブモード(例えば、電動アシスト自転車、フル電動自転車など)については、今後の課題とする。

2.2 モバイル機器を利用した既存のプローブシステムとデータ解析例

既存のプローブシステムとして、プローブカー、プローブパーソンが挙げられる。プローブカーによるデータ解析例として、積雪寒冷地におけるABSデータの分析[11]、交通情報予測[12]などが挙げられる。また、スマートフォンの加速度センサを用いた路面段差検出[13]と東日本大震災後の観測データから路面段差の分布図の作成[14]なども行われている。

プローブパーソン(Probe Person; PP)調査の例として、PHS(Personal Handy-phone System)を用いた交通行動調査[15]、GPS(Global Positioning System)内蔵携帯電話機を用いた鉄道利用者交通行動把握[16]、街路空間における回遊行動分析[17]、都市高速道路における突発事象時の行動調査とその分析[18]などが挙げられる。また、スマートフォンによるPP調査の高度化に向けて、移動手段判断手法の開発[19]、高精度な3次元位置情報取得[20]なども行われている。

3. SVプローブデータの収集・解析基盤

3.1 SVプローブデータ収集基盤

SVプローブデータ収集基盤は、被験者の属性情報登録と移動情報の収集から成る。被験者の属性情報では、PT調査で一般的に用いられる9項目(氏名、住所、勤務先・通学先、性別・年齢、職業、職種、免許保有の有無、運転頻度、自宅の最寄り駅・バス停)を登録する。移動情報の収集では、被験者が実際に

(注1) : <http://www.takeoka-m.co.jp/rookie.html>

SV Probe Registration

ver.1.2(3)

あなたの端末ID:
27550388003708

登録情報を確認する

①あなたの氏名は?

②あなたの住所は?

③あなたの勤務先、通学先は?

④性別・年齢は?

⑤あなたの職業は?

⑥あなたの仕事はどの産業に属していますか?

⑦あなたは運転免許をお持ちですか?

⑧どれくらいの頻度で運転しますか?

⑨あなたの家から最寄り駅やバス停までの距離は?

⑩最もよく利用される最寄り駅またはバス停

⑪駅またはバス停の名称

⑫家から駅またはバス停まで
約 0 メートル

登録情報を送信する

SV Probe

ver.1.4(5)

①出発施設はどこですか?

②目的施設はどこですか?

③移動手段は何ですか?

④移動目的は何ですか?

⑤時間的制約はありますか?

プローブデータの記録を開始する

プローブデータをサーバに送信する

(a) 属性情報登録用アプリ

(b) 移動情報収集用アプリ

「SV Probe Registration」

「SV Probe」

図 3 SV プローブデータ収集基盤として開発したスマホアプリの操作画面。

移動した際の位置情報として、緯度経度にタイムスタンプを加えたものを移動中に一定時間間隔で取得する。また、緯度経度・タイムスタンプに加えて、トリップ特性に関する 5 項目 (出発施設、目的施設、移動手段、移動目的、時間的制約の有無) を収集する。さらに、天候による交通モードや移動経路などの変化を観測するために出発地付近の気象情報も合わせて収集する。

SV プローブデータ収集基盤として、本稿では Android スマートフォン用アプリケーション (以下、スマホアプリ) を文献 [21], [22] をベースに開発した。開発したスマホアプリの操作画面を図 3 に示す。図 3(a) の属性情報登録用アプリ「SV Probe Registration」は、被験者がプローブデータの収集を始める前 (例えば、実験内容説明時など) に 1 度だけ利用する。図 3(b) の移動情報収集用アプリ「SV Probe」は、被験者が移動開始前に入力するトリップ特性と位置情報の収集を行う。移動中、本アプリではスマートフォン内蔵の GPS から取得できる緯度経度情報にタイムスタンプ (年月日時分秒) を加えたものを、5 秒間隔で記録する。移動終了後、プローブデータ送信ボタンを押すと、収集したプローブデータが FTP (File Transfer Protocol) によりプローブデータ管理サーバに送信される。また、天候による交通モードや移動経路などの変化を観測するために、Open Weather Map API^(注2) を利用して出発地付近の各種気象データも合わせて取得する。Open Weather Map API で取得可能な各種気象データの例を表 1 に示す。

プローブデータ管理サーバでは、収集したプローブデータの蓄積および表示を行う。具体的には、収集・蓄積した SV プローブデータを読み込み、Google Maps API^(注3) を利用して、各被験者の移動情報を地図上にプロットする。プローブデータ管理サーバでの移動情報の表示例を図 4 に示す。

(注2) : <http://openweathermap.org/api>(注3) : <http://developers.google.com/maps/>

表 1 Open Weather Map で取得可能な各種気象データの例

パラメータ		内容	値の例	値の意味
dt	-	データ取得 日時	1447304400	2015/11/12 14:00:00 JST
name	-	都市名	Harigayacho	埼玉県さいたま市 浦和区針ヶ谷
weather	main description	天気 詳細	“Rain” “light rain”	雨 小雨
main	temp	気温 [K]	286.164	15.014°C
	temp_min	最低気温 [K]	285.164	14.014°C
	temp_max	最高気温 [K]	287.164	16.014°C
	humidity	湿度 [%]	96	96.00%
	pressure	気圧 [hPa]	1017.58	1017.58hPa
wind	speed	風速 [m/s]	3.61	3.61m/s
	deg	風向 [°]	165.001	南南東
rain	1h	1 時間の 降水量 [mm]	0.185	0.185mm
	24h	24 時間の 降水量 [mm]	0.185	0.185mm
clouds	-	雲量 [%]	80	80.00%

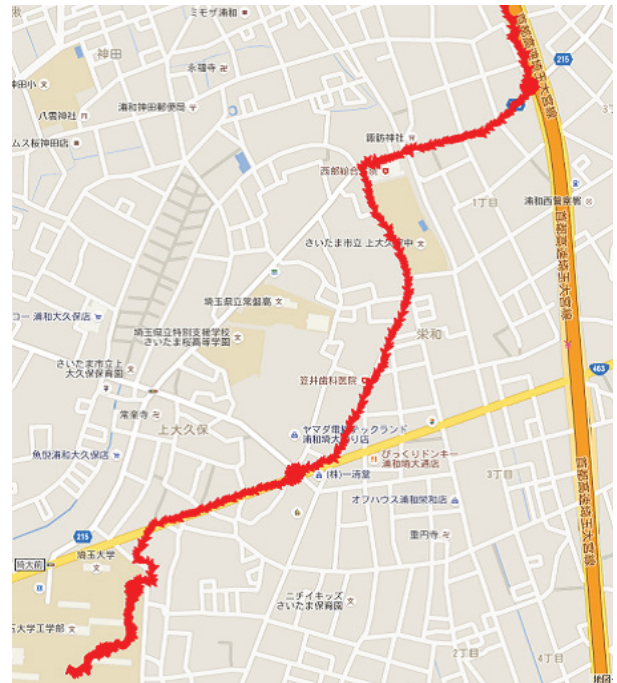


図 4 プローブデータ管理サーバでの移動情報の表示例。

3.2 SV プローブデータ解析基盤

3.1 で構築した SV プローブデータ収集基盤で収集・蓄積したプローブデータを解析するための SV プローブデータ解析基盤を構築した。まず、5 秒おきに記録されている緯度経度情報に対して、逆ジオコーディングを行い、住所情報に変換する。逆ジオコーディングには、Google Maps Geocoding API^(注4) を利用した。Google Maps Geocoding API による緯度経度-住所情報変換の例を表 2 に示す。Google Maps Geocoding API による逆ジオコーディングは、表 2 に示すように都道府県名・市区町村・番地などの他、高速道路名・路線番号別の国道や都道府県同名などを取得することができる。次に、逆ジオコーディ

(注4) : <http://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/>

ングの結果を高速道路，国道（路線番号別），都道府県道（路線番号別），その他（細街路等）で分類する．その際，国道・都道府県道については，車線数・歩道の有無を合わせて調査する．そして，1トリップ（交通モードおよびOD(origin-destination)が同一の区間）内で通行した道路種別の比率を算出する．各トリップで算出した通行路線種別比率について，OD，移動手段（交通モード），移動目的，時間的制約の有無，天候，ドライバー属性などの観点で集計する．

4. SV プローブデータの収集・解析例

3. で構築した SV プローブデータ収集・解析基盤を用いたデータ収集・解析例として，OD 指定時における交通モードと通行道路種別の関係，日常的な移動における交通モードと通行道路種別の関係について調査を行った．

4.1 OD 指定時における交通モードと通行道路種別の関係

4.1.1 データ収集

指定した OD 間を移動した際に SV(ここでは，彩りイヴと自転車) と他の交通モード(ここでは，自動車(コンパクトカー)) で通行する道路が変わるのか調査を行った．本実験で指定した OD は，(1) 埼玉大学 ⇄ 大きな通りに面しているディスカウント店(直線距離で約 2.4km)，(2) 埼玉大学 ⇄ 大きな通りから住宅街に少し入ったところにある公園(直線距離で約 1.75km) である．これらの OD の位置関係を図 5 に示す．データ収集期間は，2015 年 11 月 11 日～2015 年 11 月 20 日で，被験者は，普通自動車免許を所有する 22～26 歳の男性 7 名(日常生活における普通自転車の運転頻度は，週 2・3 回程度が 2 名，ほとんど運転しないが 5 名) である．データ収集は，前述の 2 種類の OD に対して，3 種類の交通モード(自転車，彩りイヴ，自動車) でそれぞれ 1 往復した．収集した SV プローブデータは， $7(\text{被験者}) \times 2(\text{OD}) \times 3(\text{交通モード}) \times 2(\text{往復分}) = 84$ トリップ分であるが，データが一部欠損していた 1 トリップ分を除く 83 トリップ分を用いた．なお，彩りイヴの運転操作に慣れてもらうため，事前に全被験者に対して講習を行った．

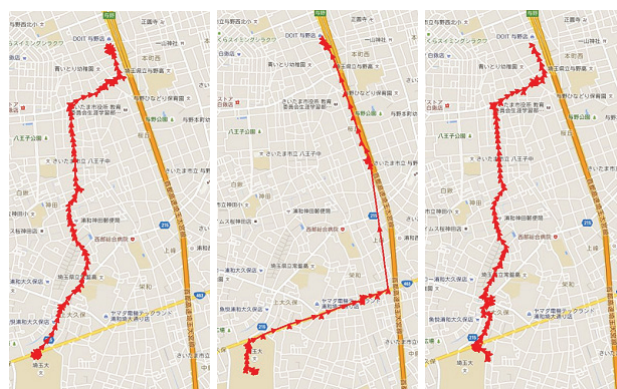
4.1.2 解析結果

図 6～8 に OD 指定時における交通モード(彩りイヴ，自動車，自転車) と移動経路の比較例を示す．例えば，図 6 は，被験者 A が目的地 ① まで移動した際の交通モード毎の移動経路を示しているが，自動車では幅員が広い道を中心に利用しているのに対し，自転車では住宅街などの道，彩りイヴでは交通量がやや少ない道，または，住宅街の道を利用する傾向にあることが読み取れる．また，図 7 は同じ被験者 A の目的地 ② までの移動経路を示しているが，図 6 と同様の傾向が読み取れる．一方，図 8 に示す被験者 B の目的地 ① までの移動経路では，特に SV(彩りイヴ，自転車) での経路が被験者 A と異なることが読み取れる．

3.2 で述べた SV プローブデータ解析基盤を用いた，OD 指定時のプローブデータの解析結果の一例を図 9 に示す．図 9(a) より，大きな通りから住宅街に少し入ったところにある公園に関して，自動車では，道路幅員が広く，歩道のある道を選択する傾向が強く，SV(彩りイヴと自転車) では，細街路等の交通量

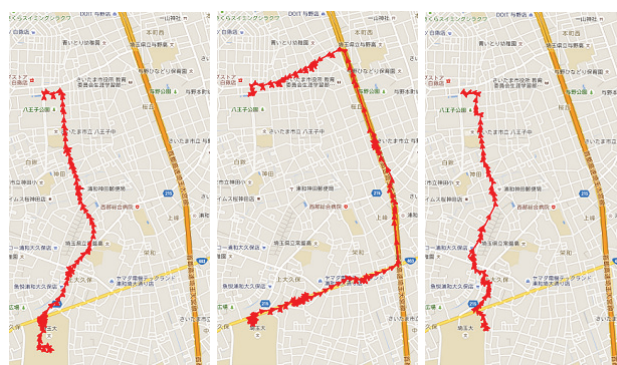


図 5 データ収集の際に指定した OD の位置関係．



(a) 彩りイヴ (b) 自動車 (c) 自転車

図 6 OD 指定時における交通モードと移動経路の比較例(被験者 A・目的地 ①)．



(a) 彩りイヴ (b) 自動車 (c) 自転車

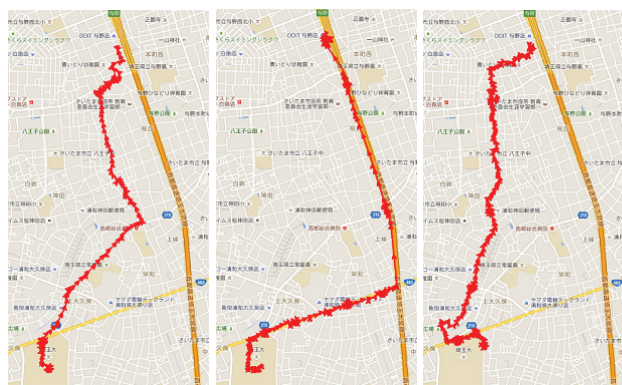
図 7 OD 指定時における交通モードと移動経路の比較例(被験者 A・目的地 ②)．

の少ない道を選択する傾向が強いことが分かる．

一方，図 9(b) より，大きな通りに面しているディスカウント店に関して，自動車では，道路幅員が広く，歩道のある道を

表 2 Google Maps Geocoding API による緯度経度-住所情報変換の例

入力情報		出力結果
緯度	経度	住所
35.8634267	139.6079556	255 Shimookubo Sakura-ku Saitama-shi Saitama-ken 338-0825 Japan
35.86599559	139.6087283	Japan 〒 338-0824 Saitama-ken Saitama-shi Sakura-ku Kamiokubo 国道 463 号線
35.87035845	139.6113431	Japan 〒 338-0824 Saitama-ken Saitama-shi Sakura-ku Kamiokubo 県道 215 号線
35.87780358	139.6180198	New Omiya Dori 2 Chome Uemine Chuo-ku Saitama-shi Saitama-ken 338-0014 Japan
35.88437405	139.6153831	Metropolitan Expressway Saitama Omiya Rte 2 Chome-11 Sakuraoka Chup-ku Saitama-shi Saitama-ken 338-0005 Japan



(a) 彩りイヴ (b) 自動車 (c) 自転車

図 8 OD 指定時における交通モードと移動経路の比較例 (被験者 B・目的地 ①).

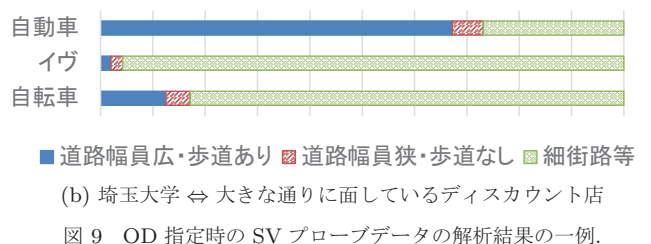
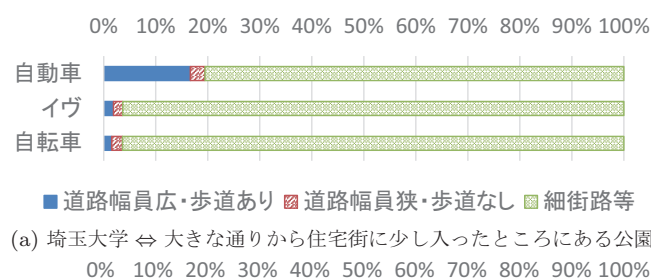


図 9 OD 指定時の SV プローブデータの解析結果の一例.

選択する傾向が公園のときよりも強く、SV では、細街路等の交通量の少ない道を選択する傾向が強いことが分かる。また、SV サブモードに関して、自転車は歩道のある道を選ぶ傾向が強いことが読み取れる。この理由として、彩りイヴは原動機付自転車のため、歩道を走行することができないのに対して、自転車は車道が原則となっているものの、本実験を行った環境では、自転車の通行が認められている歩道を選択していることが確認された。

以上のことから、SV サブモードにおいて、住宅街などでは彩りイヴと自転車が同じような道路を選択しており、特に自転車に関しては、道路幅員が広く、歩道の通行が認められている道路を選ぶ傾向が強く、SV にとって走りやすい道路要件とし

表 3 被験者の普通自動車運転免許保有状況・普通自動車運転頻度

普通自動車運転免許	普通自動車運転頻度	人数
保有	ほとんど毎日	3
	主に休日	1
	月に 2, 3 回程度	3
	運転しない	5
非保有	—	1

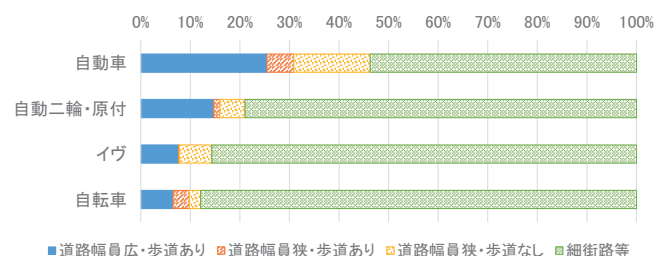


図 10 日常的な移動における SV プローブデータの解析結果の一例.

て道路幅員と歩道の有無が含まれると考えられる。

4.2 日常的な移動における交通モードと通行道路種の関係

4.2.1 データ収集

通勤、通学、買い物などの日常的な移動に対してプローブデータの収集および解析を行った。データ収集期間は、2015 年 10 月 13 日～2016 年 2 月 26 日で、被験者は 21～32 歳の男性 13 名である。被験者の普通自動車運転免許の保有状況、普通自動車の運転頻度を表 3 に示す。対象とする交通モードは、徒歩・公共交通機関以外、具体的には、自転車、彩りイヴ、自動二輪車 (原動機付自転車を含む)、自動車とした。なお、データの収集方法は 4.1.1 と同様であるが、交通モードが変わる、もしくは、目的地が変わる (経由地を含む) 場合を 1 トリップとして扱うこととした。

4.2.2 解析結果

収集したプローブデータの総トリップは 732 で、その内訳は、自動車が 121 トリップ、自動二輪車・原動機付自転車が 208 トリップ、彩りイヴが 56 トリップ、自転車が 347 トリップであった。このときのプローブデータの解析結果の一例を図 10 に示す。図 10 より、SV (彩りイヴと自転車) は細街路等を通る傾向が強く、自転車に関しては特に、歩道のある道路を通る傾向が強いことが分かる。また、自動二輪車・原動機付自転車は、自動車と SV の中間的な傾向にあることが分かる。

以上のことから、SV 用ナビゲーションシステムを実現する上で、SV にとって走りやすい道路要件に交通量の少ない細街

路の他、歩道が設置された道路幅員の広い道路が含まれると考えられる。

5. む す び

本稿では、SV の普及・社会定着に必要な要件の一つとして挙げられる「SV が安全かつスムーズに走行できる環境の実現」に向けて、SV の走行実績からそれらの知見を獲得するためのツールとして「SV プローブデータの収集・解析基盤」を構築し、これらを用いた SV プローブデータの収集・解析例として、OD 指定時における交通モードと通行道路種別の関係、日常的な移動における交通モードと通行道路種別の関係について示した。構築した SV プローブデータ収集基盤の属性情報登録では、PT 調査で一般的に用いられる 9 項目、移動情報の収集では、緯度経度・タイムスタンプ、トリップ特性に関する 5 項目の他、Open Weather Map API を利用した出発地付近の各種気象データを取得する。SV プローブデータ解析基盤では、5 秒おきに記録されている緯度経度情報に対して、Google Maps Geocoding API による逆ジオコーディングを行い、住所情報への変換を行い、1 トリップ内で通行した道路種別の比率を算出する。そして、これらを用いた SV プローブデータの収集・解析例から、SV の走行実績から SV が安全かつスムーズに走行できる環境の実現に資する知見を獲得するためのツールとしての利用可能性を示した。

今後の課題として、本稿で構築した SV プローブデータ解析基盤では、国道・都道府県道の車線数・歩道の有無を人の手で調査していることから、これを高精度なデジタル道路地図と組み合わせことで処理の自動化を行いたい。また、今回収集した SV プローブデータに対して種々の観点で解析を行う。具体的には、日常的に移動している交通モードと普段あまり使わない交通モード別の集計、天候による集計などが挙げられる。これらを踏まえて、SV 用ナビゲーションシステムの構築を行う。

謝辞 本研究の一部は、一般財団法人日本デジタル道路地図協会 平成 27 年度研究助成により実施されたものである。

文 献

- [1] 長谷川孝明, 間邊哲也, 久保田尚, 小嶋 文, “P/SV/V の 3 モード交通社会実現について,” 2016 信学総大, no.A-14-21, p.207, March 2016.
- [2] 土井健司, 長谷川孝明, 小林成基, 杉山郁夫, 溝端光雄, “超高齢化を迎える都市に要求される移動の質に関する研究,” 国際交通安全学会誌, vol.35, no.3, pp.38–49, Feb. 2011.
- [3] 土井健司, 紀伊雅敦, 佐々木昭恵, “高齢者の外出とまちなかの回遊性を促進するためのスローモビリティとコモビリティに関する研究,” 国際交通安全学会誌, vol.36, no.3, pp.6–15, March 2012.
- [4] 古明地哲夫, 棕尾裕史, 吉田長裕, “EU におけるパーソナルモビリティの法制度上の位置づけに関するレビュー,” 第 47 回土木計画学研究発表会・講演集, June 2013.
- [5] 吉田長裕, “欧米における中速・低出力パーソナルモビリティ施策の動向,” 交通工学, vol.50, no.2, pp.28–31, April 2015.
- [6] 井村公一, 小嶋 文, 久保田尚, “電動二輪モビリティの安全性及び快適性に関する研究,” 交通工学論文集, vol.1, no.2, pp.A.97–A.106, Feb. 2015.
- [7] 井村公一, 小嶋 文, 須永大介, 松本浩和, 久保田尚, “PT 調査データを用いた電動二輪モビリティの活用可能性に関する分析,” 第 52 回土木計画学研究発表会・講演集, Nov. 2015.

- [8] 蝶野大地, 長谷川孝明, “レーン分離混合交通流シミュレータ MMTS の構築とそれを用いた混合交通の特性評価,” 信学技報 ITS2014-54, pp.161–166, Feb. 2015.
- [9] 石井 豪, 長谷川孝明, 間邊哲也, “P/SV/V 3 モード交通社会におけるモーダルシフトが交通流に与える影響について,” 信学技報 ITS2015-99, pp.69–78, March 2016.
- [10] 長谷川孝明, “システム創成論とその応用としての超小型電気自動車「イヴ」,” 国際交通安全学会誌, vol.36, no.3, pp.16–26, March 2012.
- [11] 遠藤隆浩, 猪村 元, 田中 譲, “積雪寒冷地における ABS データの分析,” 信学技報 ITS2015-82, pp.275–279, Feb. 2016.
- [12] 伏木 匠, 岸野清孝, 山根憲一郎, 横田孝義, 権守直彦, 石田康, 伊藤彰朗, “プローブカーを利用した交通情報予測方式の検討,” 情処学論, vol.43, no.12, pp.3801–3808, Dec. 2012.
- [13] 八木浩一, “スマートフォンの加速度センサを用いた路面段差検出方法,” 第 9 回 ITS シンポジウム 2010, Dec. 2010.
- [14] 八木浩一, “加速度センサを用いた路面段差検出手法の改善と東北地方太平洋沖地震後の観測データへの適用,” 第 10 回 ITS シンポジウム 2011, Nov. 2011.
- [15] 朝倉康夫, 羽藤英二, 大藤彦彦, 田名部淳, “PHS による位置情報を用いた交通行動調査手法,” 土木学会論文集, vol.2000, no.653, pp.95–104, July 2000.
- [16] 鯉淵正裕, 加藤 勲, “移動軌跡データを活用した鉄道利用者の交通行動把握,” 情処学研報 2009-ITS-37(5), June 2009.
- [17] 植村恵里, 羽藤英二, “都市空間における逐次的街路-速度選択モデルを用いた歩行者行動分析,” 都市計画論文集, vol.46, no.3, pp.241–246, Oct. 2011.
- [18] 日下部貴彦, 社領 沢, 朝倉康夫, “都市高速道路における突発事象時の行動調査とその分析,” 土木学会論文集 D3, vol.68, no.5, pp.L731–L740, 2012.
- [19] 松島敏和, 橋本浩良, 高宮 進, “スマートフォンによるプローブパーソン調査の高度化に向けた移動手段判別手法の開発,” 土木学会論文集 D3, vol.71, no.5, pp.L547–L558, 2015.
- [20] 井上晴可, 窪田 諭, 今井龍一, 田中成典, 重高浩一, “スマートフォンの GPS センサを用いた高精度な 3 次元位置情報の取得に関する研究,” 土木学会論文集 F3, vol.71, no.2, pp.L152–L168, 2015.
- [21] 長谷川孝明, 間邊哲也, 細江克治, 水野一男, “位置特定社会基盤のシステム創成論的考察—GPS/Wi-Fi/携帯電話基地局によるスマートフォン位置特定とアプリケーション—,” 信学技報 ITS2013-76, pp.69–78, March 2014.
- [22] T. Manabe and T. Hasegawa, “A Design Methodology for Positioning Sub-platform on Smartphone based LBS,” IE-ICE Trans. Fundamentals, vol.E99-A, no.1, pp.297–309, Jan. 2016.