

ワンウェイカーシェアリング需要推計手法検討 とスマートフォン位置情報利用の妥当性検討

桑原 昌広¹・吉岡 顕²・南川 敦宣³・松本 浩和⁴・早田 敏也⁵

¹正会員 株式会社トヨタ IT 開発センター (〒107-0052 東京都港区赤坂 6-6-20)
E-mail:kuwahara@jp.toyota-itc.com

²非会員 株式会社トヨタ IT 開発センター (〒107-0052 東京都港区赤坂 6-6-20)
E-mail:yoshioka@jp.toyota-itc.com

³非会員 KDDI 株式会社/株式会社 KDDI 総合研究所 (〒102-8460 東京都千代田区飯田橋 3-10-10)
E-mail: at-minamikawa@kddi.com

⁴正会員 一般財団法人計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区 市谷本村町 2-9)
E-mail: hmatsumoto@ibs.or.jp

⁵非会員 トヨタ自動車株式会社 (〒450-8711 愛知県名古屋市中村区名駅 4 丁目 7-1)
E-mail: toshiya_hayata@mail.toyota.co.jp

新たな交通サービスの潜在需要推計を実施する場合にパーソントリップ (PT) 調査結果を活用することが考えられる。しかし、ワンウェイカーシェアリングでは利用が想定されるステーション圏域と比較して PT 調査ゾーンが大きい場合、PT 調査ゾーン間移動量を原単位とすると過大推計する等の課題が想定される。

そこで、PT 調査結果をベースデータとし、移動表現力の高いスマートフォン位置情報を活用した需要推計手法を検討した。東京で展開されている実サービスデータと比較し手法の妥当性の確認を実施した。また滞留人口データを用いた需要推定結果と比較することにより、スマートフォン位置情報の利用の妥当性を確認した。

Key Words: One-way carsharing, Demand estimation, Smart Phone Location data

1. 背景

近年新たなモビリティサービスの動きが活発化してきている。カーシェアリング、バイクシェアは世界的に導入が進んでおり、Uber、Lyft に代表される自車の空席を他者に提供して相乗りすることで収入を得るライドシェアリング、Via などに代表される DRT (Demand Responsive Transport) も北米、欧州を中心に様々な動きがみられてきている。

その新たなモビリティサービス 1 つである、ワンウェイ型カーシェアリングサービス (OWCS) は、公共交通と連携しマルチモーダル交通社会を支える位置づけになっていくことが期待されている。

それら新しいモビリティサービスを日本の都市に導入していく際に潜在需要を推計することが必要になってくるが、その場合対象エリアでのゾーン間の移動量・目的・手段を把握できる情報であるパーソントリップ

(PT)調査結果を活用することが考えられる。

OWCS の潜在需要を PT 調査結果を用いて検討する場合、PT 調査で用いられているゾーンは大きく、OWCS で潜在需要が存在していると想定しているゾーンとはマッチしていない場合が存在していることが考えられる。

例えばある都市での PT 調査で用いられる PT ゾーンと車を配備するステーション案が図 1 のような関係にあるとする。PT 調査データには発着ゾーンに 1 つのセントロイドしかないため、もし OWCS で検討しているステーション圏域 (対象ステーションを利用すると想定されるユーザがステーションにアクセスしてくれる距離を勘案した圏域) と PT ゾーンに大きな差があるため、需要量を過大に推計する可能性がある。単純に面積按分することが考えられるが、今回対象とする OWCS ではマルチモーダルに連携し様々な動きをすると想定されるため表現したい移動量を表現しきれないことは明白である。

そこで、OWCS ステーション圏域に合わせた潜在需

要を手法を検討するため、OWCS を導入する前に利用可能なデータを整理し、それぞれのメリット・デメリットを整理した(表 1)。

PT 調査結果のメリットは、ゾーン間手段・目的別移動量を把握できること、市当局など導入検討を進めていく際に合意形成しやすい。しかしデメリットとしては、全国をカバーしているわけではなく、更にゾーンが OWCS で想定しているステーション圏域よりも大きい可能性があること、更新頻度が 10 年毎程度であるため対象とする PT 調査結果が現状を反映していない可能性があることがあげられる。

人口統計(ここでは国勢調査及び経済センサスでのデータを示す)のメリットはデータ入手が容易かつ最も細かいものでゾーンメッシュが 4 分の 1 地域メッシュ(約 250m 四方)で表現されている。デメリットとしては、PT 調査同様更新頻度が高くなく 5 年単位であること。更には、従業員人口(昼間人口)及び居住者人口(夜間人口)データであるため OWCS の需要推定に活用する場合には昼間の移動などが表現されていないことがあげられる。

スマートフォン位置情報のメリットは、一般ユーザが利用している携帯電話の位置情報を活用するため、データ鮮度が高い、基地局データや GPS データを活用するため、位置の粒度が細かい、場所/移動手段に依存しない、24 時間 365 日連続データが使用できる等、他のデータに比べ移動の表現力が高い。デメリットは、携帯キャリアごとにデータを保有していることより絶対量よりも相対的な移動量が参考になること、近年交通計画への利用が進んできているが他のデータと比較して、市当局などと合意形成として利用された実績がそこまで多くないことがあげられる。

そこで、本研究ではゾーン間移動量が把握可能で、市当局などと合意形成しやすい PT 調査結果をベースデータとし、課題であるステーション圏域に合わせた需要推定を実施するため移動表現力が高いスマートフォン位置情報を用いた需要推定手法を検討することとする。

カーシェアリングに関する既往研究を概観すると、導入可能性のシミュレーションを実施するためにゾーンの中心、電停などにステーション候補を置き検討する¹⁾などステーション配置最適化などの研究が多くを占め、ステーション圏域を想定したような需要推定を研究されている事例は見られない。

またモバイル/スマートフォン位置情報を交通計画に利用した既往研究を概観すると、基地局位置情報関連では、携帯電話基地局の運用データに基づく人口流動統計から交通手段を推計したり²⁾、携帯基地局データによる移動量を用いて長期間 PT 調査ができていない地域で

の PT 調査結果の補正を実施などの研究がなされている³⁾。スマートフォン位置情報では観光動態や商圈分析等の領域では既に商用サービス⁴⁾も見られてきており、近年交通計画に関係した研究が盛んになってきている。

以上より、OWCS を題材に PT 調査結果とモバイル/スマートフォン位置情報を活用した導入検討向け需要推計手法を検討した事例は見られない。

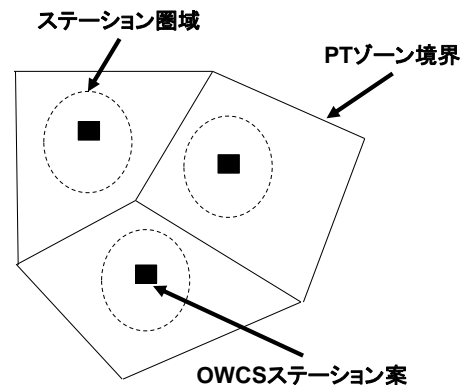


図1 PTゾーンとOWCSステーションとの関係

表1 利用可能性のある2次データのメリット・デメリット

用いるデータ	メリット	デメリット
PT調査結果	<ul style="list-style-type: none"> ゾーン間の手段、目的別移動量を把握可能 市当局などと合意形成しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 全国をカバーしているわけではない ゾーンがOWCSのステーションよりも大きい可能性有 10年程度の更新頻度
人口統計(国勢調査/経済センサス)	<ul style="list-style-type: none"> データ入手が容易 ゾーンメッシュが細かい(~250m) 	<ul style="list-style-type: none"> 5年ごとの調査結果 移動量を十分に表現できていない
スマートフォン位置情報	<ul style="list-style-type: none"> データ鮮度が高い 全国をカバー トリップチェーン全体が表現 	<ul style="list-style-type: none"> 相対的な移動量のみ 市当局などと合意形成に利用された実績が少ない

2. 研究目的

PT 調査結果とスマートフォン位置情報を用いて OWCS のサービス特性に合った需要推計方法を検討する。

その上で、東京の特定エリアでの需要推計を通じて、需要推計手法の妥当性を東京で実施される TCPH (Times Car Plus × Ha:mo⁵⁾) の実績データを用いて検証する。加えて滞留人口データを用いた需要推定結果と比較することにより、スマートフォン位置情報活用の妥当

性を確認する。

OWCSには、ステーションが固定されておらず路上の公共パーキングを活用しているフリーフロートタイプと専用ステーションが配備されているステーションタイプの大きく2つに分けられるが、本研究ではステーションタイプを対象とする。

3. 潜在需要推計手法

新たに導入する都市・エリアで OWCS の導入を検討する際にステーション OD (以後 OD) 別かつ時間帯別に潜在需要が表現されていることが望ましい。なぜなら、OWCS はワンウェイで乗り捨てが可能であるため、特定の OD または特定の時間帯で双方向ではなく、片方向にのみ車が偏在することが想定されている。例えば通勤での利用であれば、電車などの公共交通駅から会社・工場などへの移動の場合、朝は公共交通駅から会社への移動が偏り、夕方は会社から公共交通駅への移動が偏ることが想定されるためである。

導入可能性を検討する際に OD 別かつ時間帯別にどれぐらいの偏りが生じるかを知り、偏りを是正するためステーションの配置、駐車枠数の設定、事業者スタッフによる車の偏りをなくす配回送手法を検討することは大変重要であるためである。

OD 別/時間帯別潜在需要を推定する算出フローを図 2 で示す。図 2 では、スマートフォン位置情報はメッシュ単位で整理されている前提で説明する。

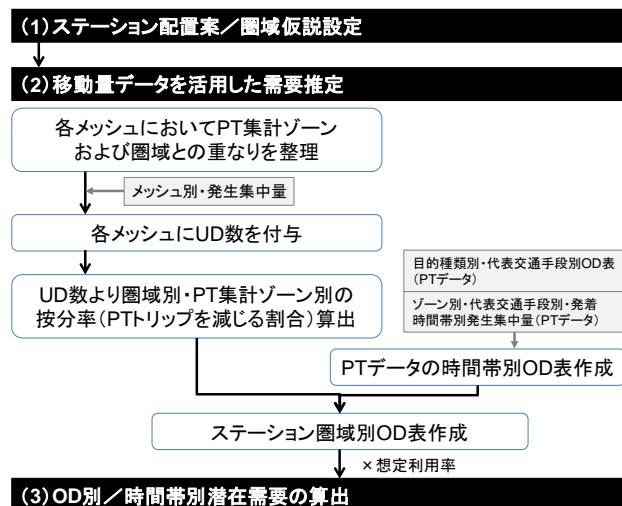


図 2 潜在需要推定算出フロー

(1) ステーション配置/圏域仮説設定

OWCS を導入する都市・エリアを決め、PT 調査結果等から図 1 のようにステーションの配置案と圏域仮説を作成する。ステーション圏域は、対象ステーションへの徒歩でのアクセスが可能な距離などを想定して設定することとする。図 1 では円でステーション圏域を設定しているが、メッシュ等で表現しても構わない。

(2) 移動量データを活用した需要推定

PT 調査でのゾーン間移動を用いることでステーション圏域と PT 調査でのゾーンの大きさが異なり過大推計してしまう課題に対してはゾーン間移動量をステーション圏域の大きさに合わせて按分することとする。ステーション圏域は対象ステーションへの徒歩でのアクセスが可能な距離などを想定して設定するため、500m 程度レベルの細かさが表現できることがのぞましい。そこで細かな分割レベルでのゾーンで移動量を表現すべくスマートフォン位置情報を用いる (図 3)。

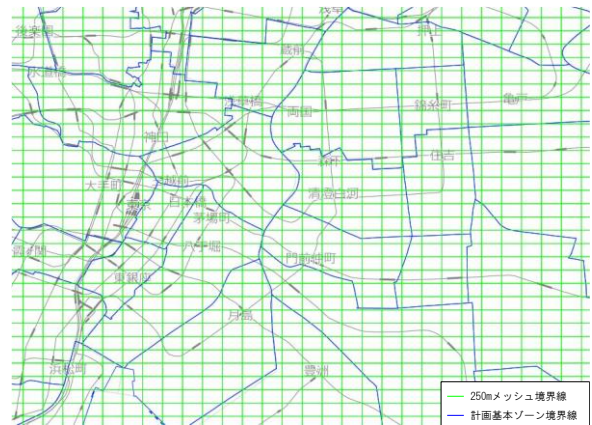


図 3 PT ゾーンとスマートフォン位置情報抽出ゾーンの違い

まず各メッシュ別にその時利用する PT 集計ゾーン及び圏域との重なりを整理し、各メッシュにスマートフォン位置情報から推計した移動量 UD (UserData) 数を付与する。その後、ステーション圏域間 OD は、PT 調査データによる OD を、発地側、着地側双方の UD 数の比を乗ずることによって按分して求める (推計イメージを図 4 に示す)。

$$OD(sta1 \rightarrow sta2, t) = OD(kzone1 \rightarrow kzone2, t) \times \frac{UD(sta1)}{UD(kzone1)} \times \frac{UD(sta2)}{UD(kzone2)}$$

----- PTデータによるOD
スマートフォン位置データによる按分率

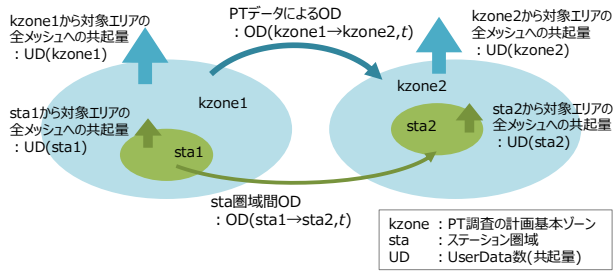


図 4 按分率の算出方法

ここまでで算出した想定需要はステーション圏域に合わせた移動量を按分したものであるため、潜在需要の規模を検討した想定利用率を勘案して潜在需要量を算出する。想定する利用者像を踏まえて、OD別の全手段データを対象としたり、目的別、手段別を選択することも可能である。

また、想定利用率も OD 別と同じ値、異なる値を利用することも可能である。

(3) 移動量データを活用した需要推定

(2)で算出した量は1日の統計量であるため、OWCSに必要な時間帯別に按分するためにPTゾーン間移動量の情報として発地側のゾーン別の発生時間帯分布を利用する(図5参照)。

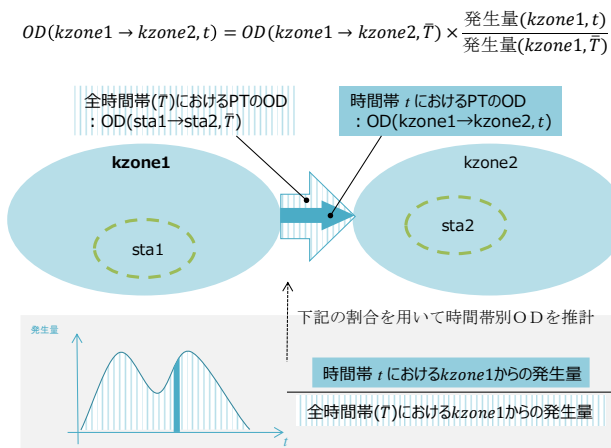


図 5 時間帯別 OD の推計方法

4. スマートフォン位置情報を用いた移動量推計手法

スマートフォン位置情報はGPS/WiFi/通信基地局等を基にスマートフォンにて測位された位置情報である。測位の時間間隔は機種やユーザの使用状況、移動頻度等によって変動するが、概ね数分~数十分間隔で生成される。この時空間的に疎密なデータには発地、着地、移動中等の識別はないため、以下の手順に従って移動量を推計す

る。

- (1) 移動滞在判定
- (2) トリップデータ抽出
- (3) 全トリップデータからの移動量推計

(1) 移動滞在判定

時空間的に疎密な位置情報データから移動と滞在状態を識別する。まず参考文献⁹⁾の方式を基に、滞留場所、及び滞留時間を算出する。具体的には、ある時刻のレコードの位置対して、その前レコードの滞留場所からの距離、及び前レコードからの経過時間が閾値以下の場合、同レコードは前レコードと同一の場所に滞留していると判定する。図6に判定イメージを示す。同図の点3は前レコードの点2から一定の距離範囲内に収まる為、点2と同一の滞留とみなし、点2の緯度経度を点3の滞留場所とする。一方、点7は点6の滞留場所(ここでは点2緯度経度)から一定距離範囲外となるため、点2-6の滞留場所とは異なると判定される。また点2から点6までの経過時間を同場所での滞留時間とする。この滞留時間が閾値(滞在判定閾値)以上の区間を滞在与みなし、同区間に含まれるデータに滞在場所、滞在時間情報を付与する。図6では黒丸で表示されたデータが滞在区間、白丸で表示されたデータが移動区間を示している。本研究では滞在判定閾値として15分を設定した。これは例えば駅での電車の乗換等の移動中継点での滞留を除外するためであるが、目的に応じて適切な閾値に設定するのが望ましい。上記ルールに従って図6では点2~6、及び点11~14がそれぞれ個別の滞在として判定される。

(2) トリップデータ抽出

(1)にて移動滞りの識別、及び滞在時間が付与された位置情報データについて、任意の滞り場所 X から次の滞り場所 Y までの区間のデータを、発地 X、着地 Y のトリップデータとして抽出する。

(3) 移動量推計

(2)で抽出された全トリップデータに対して、250mメッシュ毎の移動量を算出する。スナップショットとしてのPT調査と比較して、スマートフォン位置情報は24時間365日生成されることが利点である。このため数週間~数ヶ月等の一定期間の全トリップデータから、発着地の出現回数を集計することで、実際の発生確率に近い移動量となる。本研究では推計対象の移動量 UD 数を以下の式で定義している。

$$UD(A) = \sum_{a \in A} \sum_{u \in U} \sum_{d \in D} T(u, a, d)$$

ここで、 U はサンプルユーザ群、 A は移動量を算出するエリア、 D は集計対象の期間、 $UD(A)$ はエリア A の移動量を示す。また、 $T(u, a, d)$ はユーザ u の日付 d におけるトリップデータのうち、メッシュ a の発着地出現有無を示す関数で、1 回以上出現された場合は 1、それ以外の場合は 0 としている。

上記手順よって対象エリア内の全メッシュ、又は全ステーション圏域毎の移動量を算出する。

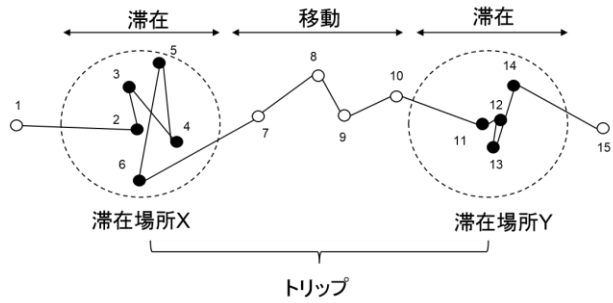


図 6 移動滞在判定処理イメージ

比率が大きいことがわかった。

需要推計結果と実績値とが時間帯別トリップ比率で見ると傾向レベルでは比較的一致していることを確認し、本潜在需要推計の妥当性が検証できた。

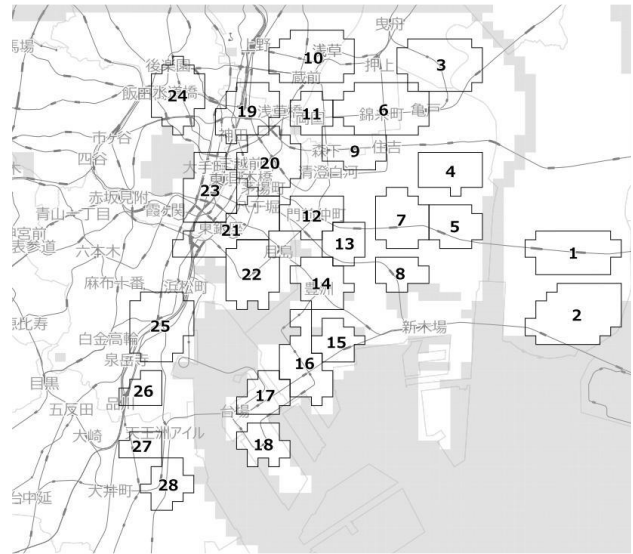


図 7 東京でのステーション配置/圏域案

5. 東京での需要推計を通じた妥当性検証

(1) 東京での OWCS 展開を想定した需要推計

3. 潜在需要推計手法を用いて東京での図 7 のエリア及びステーション圏域において需要推計を実施する。

PT トリップ集計ゾーンとして計画基本ゾーンを用いて、全手段の移動量を母集団とする。許諾のとれた au スマートフォンの生成する端末位置ログを対象とし、2016 年 6 月 1 日～14 日の 2 週間のスマートフォン位置情報を用いて移動量を推計する。本研究では 250m メッシュレベルでスマートフォン位置情報から移動量を算出する。

(2) 需要推計結果と TCPH 実績との比較

TCPH は 2015 年 10 月から東京都中央区、江東区などを中心に実証実験がスタートした。今回需要推計結果と比較するために 2015 年 10 月～2016 年 12 月の実績値を用いる。実サービスのため、推計時に想定したステーション配置と全く同じではないが、エリアレベルであればほぼ同様であるため比較できると判断した。

対象エリア全体での需要推定結果と実績とを時間帯別トリップ比率 (24 時間の合計値を 100 とした時の時間帯別比率) で比較すると、需要推計側が少し多いがほぼ一致していることを確認した (図 8 参照)。

横軸を時間帯別、縦軸を時間帯別トリップ比率として視える化を実施すると (図 9)、夜中/朝は実トリップ側のトリップ比率が高く、夕方は推定需要側のトリップ

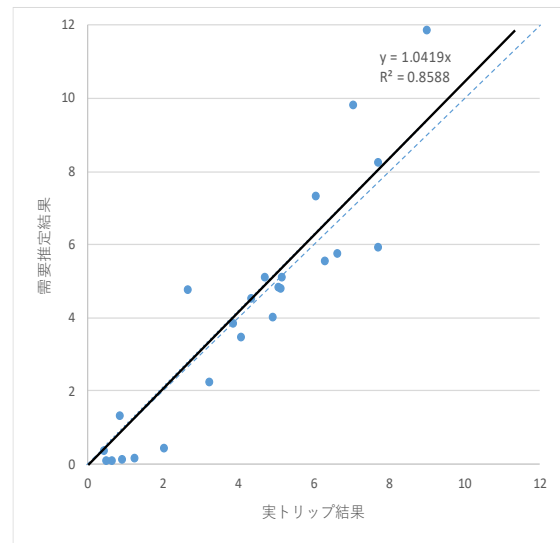


図 8 需要推計結果と実績データの比較 (時間帯別トリップ比率)

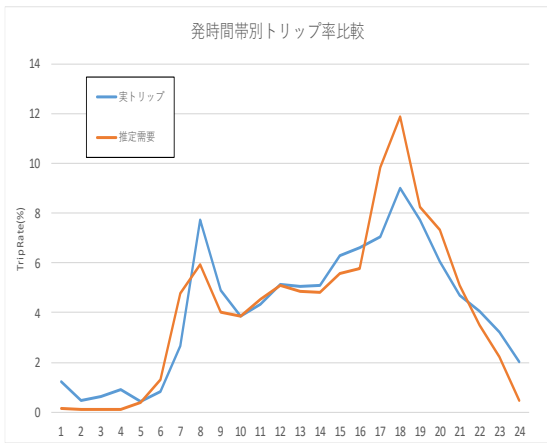


図9 需要推計結果と実績データの比較
(時間帯別トリップ比率)

(3) 滞留人口データを用いた需要推計結果との比較

本研究では、PT 調査結果をベースデータとし、ステーション圏域に合わせ移動量も勘案した需要推計を実施するためにスマートフォン位置情報を用いた移動量推計を按分に用いる手法を提案した。

図2に示す潜在需要推計手法で按分率を算出する部分は、各メッシュの UD 数をベースに実施するため、別のデータを用いて代替することも可能である。

そこで、表 1 の比較表に本研究では選択しなかった人口統計を用いても推計することが可能であるため、滞留人口データを示す人口統計結果を用いた需要推計結果とどのような違いがあるのかを比較検討した。

滞留人口データとして、居住人口(夜間人口)と従業員人口(昼間人口)の合計を用いて算出した潜在需要推計結果とスマートフォン位置情報を用いて推計した結果を図 10 に示す。従業員人口を用いて実施して推計した場合の方が、スマートフォン位置情報を用いて推計した場合よりも 2 割程度数値が低いことがわかる。

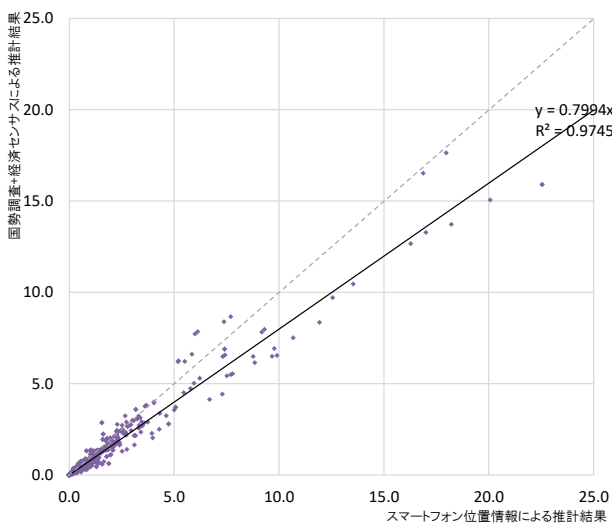


図10 従業員人口及びスマートフォン位置情報を用いた潜在需要推計結果の比較

違いがどこにあるかを分析するため、図7で示したステーション圏域の番号を OD とした OD 表を示す(図 11)。

お台場、都心エリア(日本橋、銀座等)で滞留人口データを用いた場合の推計量が少なくなっており、その理由として居住者・従業員の移動量を十分に表現できていないことが考えられる。

お台場・有明周辺

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
2	425																										
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											
17																											
18																											
19																											
20																											
21																											
22																											
23																											
24																											
25																											
26																											
27																											
28																											

お台場・有明周辺

凡例
 近似式>国勢調査+経済センサスの需要推計結果
 近似式<国勢調査+経済センサスの需要推計結果

都心エリア
(日本橋、銀座等)

図11 ステーション圏域番号別 OD 表

次に 2015 年 10 月から 2016 年 12 月の TCPH のトリップ傾向(図 12)を見てみると南北方向の移動が活発であることがみられる。実サービスではステーションは順次作成しており、葛西等の東側のステーションは期間後半に作られた等はあるが、南北方向でトリップが多い傾向がみられる。

この 2 つの結果を照らし合わせることで、スマートフォン位置情報を用いた方が OWCS の移動傾向に合致した推計ができる可能性を示せた。

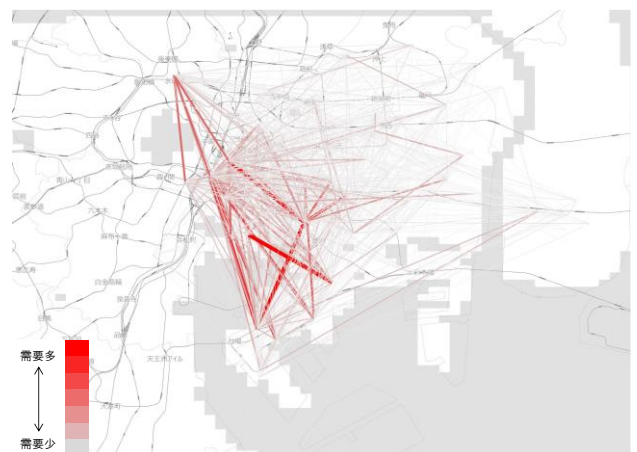


図12 トリップ傾向 (TCPH 2015年10月~2016年12月)

6. 結論

本研究では、PT 調査結果とスマートフォン位置情報

を用いて OWCS のサービス特性に合った潜在需要推計方法を検討した。本潜在需要推計手法は、東京の特定エリアでの実施されている TCPH での実績データを用いて時間帯別トリップ比率を比較したところ、比較的一致していることを確認し、本潜在需要推計の妥当性を検証した。

また、スマートフォン位置情報を活用する場合と滞留人口データを用いた需要推定結果と比較することにより、お台場、都心エリアでの移動をスマートフォン位置情報の方が表現力が高く、実データトリップでも同様の傾向を示すことより、スマートフォン位置情報を用いた方が OWCS の移動傾向に合致した推計ができる可能性を示せた。

今後に向けた課題として下記が考えられる。

- (1) 実結果と推定結果のエリア別差把握
- (2) スマートフォン位置情報をベース情報として用いた導入検討向け需要推計手法の検討
- (3) ワンウェイ型カーシェアリング以外のモビリティサービスへの応用検討していく

参考文献

- 1) 溝上 章志・中村 謙太・橋本 淳也：ワンウェイ型 MEV シェアリングシステムの導入可能性に関するシミュレーション分析,土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.71, No.5 (土木計画学研究・論文集第 32 巻), I_805-I_816, 2015.
- 2) 齋藤 貴賢,北川 大喜,今井 龍一,池田 大造,永田 智大,関谷 浩孝,新階 寛恭,橋本 浩良,福手 亜弥,矢部 努,廣川 和希,携帯電話基地局の運用データに基づく人口流動統計を用いた交通手段の推計手法に関する一考察,第 55 回土木計画学研究発表会, CDROM, 2017.
- 3) 菊池 雅彦,井上 直,岩館 慶多,茂木 渉,森尾 淳,全国 PT データと携帯電話基地局データを用いた地方都市での OD 表の推計,第 55 回土木計画学研究発表会, CDROM, 2017.
- 4) Location Trend (<https://www.location-trends.com/facility/>)
- 5) Times CarPlus Ha:mo HP (<https://plus.timescar.jp/tcp/h/>)
- 6) 小林直,石塚宏紀,南川敦宣,村松茂樹,小野智弘:携帯電話通信履歴に適した移動滞在状態推定手法の提案,情報処理学会論文誌データベース (TOD),10,1,pp13-23, 2017

(2018.7.31 受付)

DEMAND ESTIMATION METHOD OF ONE-WAY CARSHARING SERVICE BY UTILIZING SMARTPHONE LOCATION DATA

Masahiro KUWAHARA, Akira YOSHIOKA, Atsunori MINAMIKAWA,
Hirokazu MATSUMOTO and Toshiya HAYATA

Person Trip(PT) survey data would be utilized to estimate the potential demand of new mobility services. However, it is assumed that we overestimate the potential demand by using the amount of trips between PT survey's zones when the zone is larger than accessible area of one-way carsharing service(OWCS). In this study, we develop the demand estimation method of OWCS by utilizing PT survey data and smartphone location data which can be expressed user movements.

The method is validated by comparing estimation demand with practical data of OWCS in Tokyo. Also we show that utilizing of smartphone location data is useful by comparing results of estimation demand with population data.