携帯基地局運用データを用いた 高速道路パーキングエリアにおける 交通結節点としての需要推計

内堀　凱斗[1]・塩見　康博[2]

[1]学生非会員　立命館大学大学院　理工学研究科（〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1）
E-mail:ce0017ks@ed.ritsumei.ac.jp

[2]正会員　立命館大学教授　理工学部（〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1）
E-mail:shiomi@fc.ritsumei.ac.jp

MaaS の推進により，移動手段としてマイカーに頼らず最適な手段でシームレスな移動の実現を目指している．その中で他の交通手段へ乗り継ぐ拠点として交通結節点が重要視されている．また，この半世紀で日本の高速道路網は大幅に整備され，高速バス網が充実してきた．しかし，高速道路はアクセスコントロールされており，高速バスと他のモードが連結する拠点が必要である．駅を中心とした拠点は開業しているが駅から遠い地域における高速道路の優位性が活かされていない．本研究では，高速道路上の結節点を想定し，携帯基地局運用データを用いた当該結節点の需要を推計する手法を構築した．その上で，名神高速道路草津 PA をケーススタディとした分析・推計を行った．結果として，既存モードを含めると 30～65%のシェアを獲得できる可能性がある事が判明した．

Key Words: *MaaS, BASTA, Transportation hub, demand estimation, SAPA*

1. はじめに

(1) 背景と目的

ここ半世紀で日本の高速道路網は大幅に整備が進められ，高速かつ安全に移動することが可能となった．それにより，1997 年から 2017 年の 20 年間で都市間高速バスの運行距離は 1.4 倍，輸送人員も 1.7 倍へと増加した[1]．また，日本国内では MaaS プロジェクトが推進されており，移動手段としてマイカーに頼らずに様々な交通手段を組み合わせ，最適なルートでのシームレスな移動の実現を目指している．そこで，国土交通省を主体とした交通結節点の整備プロジェクト「バスタプロジェクト」が開始された．このプロジェクトは，道路管理者が，地域の活性化や災害対応の強化，生産性向上を実現するため，旅客利便の増進や交通マネジメントや防災機能の強化等，バス・タクシー等の交通結節点の高度化を図る取組のことである[2]．これにより，国内では鉄道駅を中心とした結節拠点は開業しているが，鉄道駅が遠い地域における高速道路の優位性が活かされていないのが現状である．高速道路はアクセスコントロールされているため，高速バスと他のモードが高速道路上で連結する拠点が必要とされている．バスタプロジェクトの中に高速道路上に拠点を整備する「ハイウェイバスタ」の整備は記載があるが，未だ供用事例がなく地域ごとの需要等，利用者の反応が定かではない．また，利用意向の有無や利用者が求めているサービスを実装するための情報が不十分であるのが現状である．

そこで本研究では，交通高速道路上の PA を結節点とした拠点の整備を提案することを目的とする．具体的には，高速バスの優位性が活かせる地域における周辺地域への需要を推計する手法を構築し，実際に「名神高速道路 草津 PA」をケーススタディとした分析・推計を行った．

(2) 既往研究

近年の高速バス路線網の発展に伴い，高速道路上での乗り継ぎに関する様々な研究が行われている．日下部ら[3]は，高速バスは充実した道路ネットワークのもとでは比較的柔軟に路線を設定できるといった特徴を有し，鉄道を補完する都市間交通手段であるが，実際には需要が

比較的小さな起終点間を結んでおり運行頻度が少ないことから，利用者の到着希望時間に合う便が少ないなどといった不便さも存在するとしている．その中で方面が異なるバス同士の乗継環境を整備することにより利用可能なバスの本数を増やすことで，その利便性を向上することと考え，環状道路に近接した高速道路サービスエリア等への乗継専用バス停の設置による高速バスサービスの改善状況を想定したアンケートを実施した．利用者にとっての利便性向上の要因把握やバス路線選択行動基底要因の分析を行い，結果として，高速バス利用者は所要時間だけでなく，乗継の少なさや着席の確実性を重視しているほか，鉄道のサービスレベルが十分でない地域での都市間の公共交通手段として重要な役割を担っていることを示唆し，また，旅行時間短縮や旅行時間信頼性向上，乗継環境などの路線特性が利用者に大きな影響を与える事を明らかにした．

また，公益財団法人高速道路調査会 [1]は，高速バス輸送が近年起終点直行型に変化してきたことにより，1 便も停車しない高速バスストップが国内に半数以上あることを指摘し，高速バスストップの現状の課題を整理し，統計データに基づくバスストップ環境の把握やモード連携の現地視察，高速バス利用者へアンケート調査やヒアリング調査を行い報告書としてまとめている．800 か所あるバスストップのうち 45%に当たるバスストップが利用機能を失っており，高速バスストップの将来の姿が検討されている．調査の結果，MaaS への対応により他の交通への乗換案内やリアルタイム情報提供，P&BR の整備による地域住民等の利用促進，カーシェアやシェアサイクルをはじめとした二次交通へのアクセス強化の必要があり，また，新たな交通結節点づくりを道路法改正による特定車両停留施設として，コンセッション制度の活用も含めた，バスストップ設備の可能性を検討する必要があることも併せて明らかにした．

(3) 滋賀県草津市および草津 PA の概要

滋賀県は関西地方の東部に位置する県で，隣県には日本有数の観光地である京都や日本三大都市のひとつである大阪がある．草津市は滋賀県南西部の都市であり県内第 2 の人口を有している．市内にある 2 つの駅はそれぞれ県内 1 位，2 位の乗降客数であり，電車で京都まで 20 分，大阪まで 50 分，さらに高速道路の大動脈である「名神高速道路」が市を南北に横断しているという交通要所としてのポテンシャルを有している．鉄路と高速道路が少し離れており，鉄道駅は玄関口として機能しているがアクセスコントロールされている高速道路側から自家用車以外でのアクセスが難しいのが現状である．今回の研究対象地としている草津 PA は，名神高速道路上にある PA で，新名神高速道路と合流した直後であり，京都・大阪方面に向かう高速バスが多数通行している．しかし，現状としてすべてのバスが通過のみで乗降は不可能である．

2. 需要推計手法

草津 PA を交通結節点と想定した際の需要を以下の式(1)に基づいて算出する．

$$N_{month}^{in} = \sum_{i}^{30} \sum_{j} \sum_{k} n_{ijk}^{in} \cdot p_{ijk}^{in} \quad (1)$$

N_{month}^{in}：交通結節点として PA・SA へ流入してくる月間利用者数

n_{ijk}^{in}：日にちiに，エリアjから，対象エリアに訪問する属性kの人数

p_{ijk}^{in}：日にちiに，エリアjから，対象エリアに来訪する属性kが草津 PA を結節点とする交通手段を利用する確率

(1)式において，n_{ijk}^{in}を算出するために，携帯基地局運用データを用いる．また，p_{ijk}^{in}を算出するために，アンケートにて SP 調査を実施し，選好度を調査する．

3. アンケート調査

(1) アンケート調査概要

高速バスについての意識の調査，新規手段として高速バスが追加された際の選好度調査を行うために，アンケート調査を実施した．アンケート調査は草津市からの距離および人口を考慮したうえで 7 県 8 都市に行った．調査都市を**表-1** に，位置関係を**図-1** に示す．

アンケート実施方法は web アンケート，日時は 2023 年 1 月 17 日から 1 月 24 日に行った．本アンケートはスクリーニング条件を設け，「過去 5 年以内に高速バスまたは空港リムジンバスに乗車したことがある」という条件に合致する回答者のみのデータを採取した．アンケート内容は高速バスの利用頻度や利用目的をはじめとした基礎情報，高速バス乗降場へのアクセス・イグレス手段や交通結節点に存在してほしいサービス等の今後の提供すべきサービスについての調査，滋賀県への来訪経験を問う調査，草津 PA を交通結節点と想定した際の草津市へのアクセス方法を選択する SP 調査，個人属性調査という項目で行った．

表-1 調査対象地域

県名	市町村名	人口	草津市からの距離
神奈川県	横浜市	377万人	421km
静岡県	静岡市	68万人	268km
	浜松市	78万人	207km
石川県	金沢市	46万人	244km
愛知県	名古屋市	233万人	110km
徳島県	徳島市	25万人	204km
香川県	高松市	41万人	250km
広島県	広島市	119万人	371km

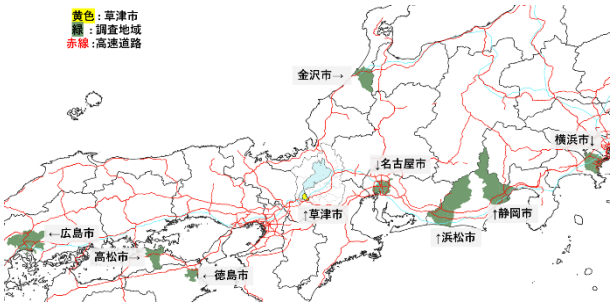


図-1 調査対象地の位置関係

(2) SP 調査

SP 調査では草津 PA に交通結節点が整備された場合の PA までのアクセス方法についての調査を実施した．調査に際し，交通結節点は，「高速バスから路線バスやカーシェア・タクシーなど様々な交通手段に接続できる」「併設された商業施設で買い物等が楽しめる」などのサービスを提供することと，現在は京都駅で乗り換えが必要であるが乗換をせずに草津市へ直接アクセスが可能となることを前提条件として明記し，PA を交通結節点とした場合の施設イメージ画像を添付した．SP 調査で用いた図は**図-2** に示す．アクセス手段を 5 択とし，設問は 3 問用意した．選択肢 1 を対象地域から現存の最速達手段，選択肢 2 から 4 は新規に想定している草津 PA に停車する高速バス，選択肢 5 を目的地まで自家用車とした．新規高速バスは 2 種類の想定をし，所要時間が短く料金の高い高速バス A と所要時間が長く料金の安い高速バス B とした．所要時間とコストに関しては，最速達手段と自家用車は現在のものを使用し，新規高速バスに関しては現在京都駅まで運行しているバスの料金を参考に設定した．設問ごとにイグレス想定地域を変化させ，草津 PA を拠点に，「PA 周辺の徒歩圏内」「大津・草津など近郊の観光地」「湖南・湖東地域で入れ込み客数最大の近江八幡」の 3 パターンとした．手段ごとに設定した所要時間，料金を**表-2** に，それぞれの地区の位置関係を**図-3** に，設問ごとのイグレス手段を**表-3** に示す．

表-2 手段事の所要時間・料金

		横浜	静岡	浜松	金沢	名古屋	徳島	高松	広島
最速達	時間	170分	110分	80分	170分	50分	230分	230分	140分
	料金	13,000円	10,000円	8,500円	6,500円	5,500円	4,500円	5,500円	11,000円
高速バスA	時間	360分	270分	240分	210分	120分	240分	240分	420分
	料金	7,000円	6,000円	4,500円	5,000円	3,000円	5,000円	6,000円	6,000円
高速バスB	時間	420分	330分	320分	240分	150分	270分	270分	480分
	料金	5,000円	5,000円	4,000円	3,500円	1,500円	4,000円	5,000円	4,000円
自家用車	時間	300分	210分	150分	180分	100分	165分	180分	270分
	料金	9,500円	7,000円	5,500円	5,500円	4,000円	9,500円	10,500円	8,500円

表-3 各設問のイグレス手段と所要時間設定

	1	2	3	4	5
SP1	徒歩20分			カーシェア5分	自家用車
SP2	路線バス30分			カーシェア20分	自家用車
SP3	路線バス60分	路線バス40分		カーシェア30分	自家用車

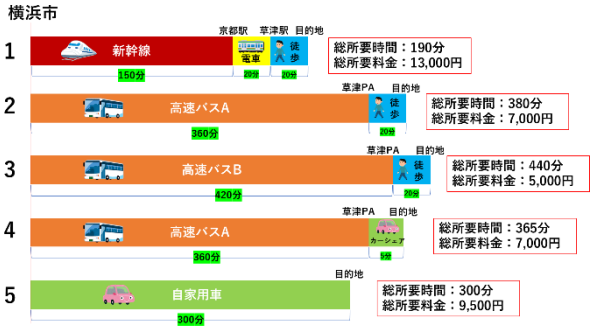


図-2 SP 調査に用いた選択肢の図

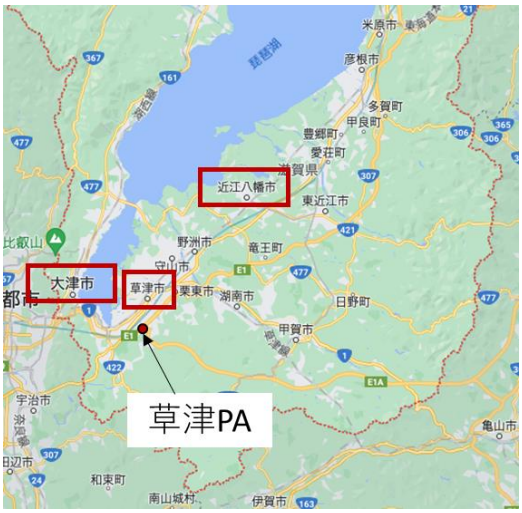


図-3 草津 PA と各都市との位置関係

(3) アンケート結果の基礎分析

サンプル数のデータを**表-4** に，アンケート結果の一部として高速バスの利用経験の有無を**図-4** に，高速バスの地域別利用頻度を**図-5** に，高速バスの乗車行先を**図-6** に示す．

アンケート回答サンプルは各地域，年代，性別ごとおおむね均等となるように回収を行った．

利用頻度に関しては，大半の地域の半数以上の回答者が「これまで数回のみ」の利用と回答している．四国地方は海を隔てており，現在のアクセス最速達手段や主流の交通手段が鉄道ではなく高速バスであるため，高速バスに対してなじみが深い傾向がある．そのため，他の地

表-4 アンケート回答サンプル数

割付	横浜市	静岡市	浜松市	金沢市	名古屋市	徳島市	高松市	広島市	計
20代男性	30	22	23	18	30	8	7	30	168
30代男性	30	38	37	33	30	25	36	30	259
40代男性	30	30	30	34	30	49	47	30	280
50代男性	30	30	32	35	30	38	30	30	255
60代男性	30	30	37	43	30	40	30	30	270
70代以上男性	30	30	21	17	30	31	30	30	219
20代女性	30	30	38	48	30	19	30	30	255
30代女性	30	30	38	48	30	35	30	30	271
40代女性	30	30	36	35	30	34	30	30	255
50代女性	30	34	37	28	34	49	45	30	287
60代女性	30	45	25	16	35	25	36	38	250
70代以上女性	30	11	6	5	21	7	9	22	111
計	360	360	360	360	360	360	360	360	2880

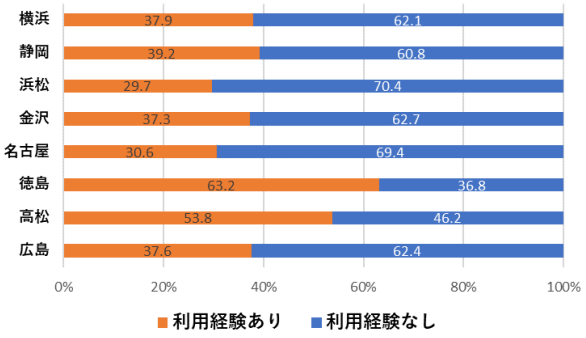


図-4 高速バス利用経験

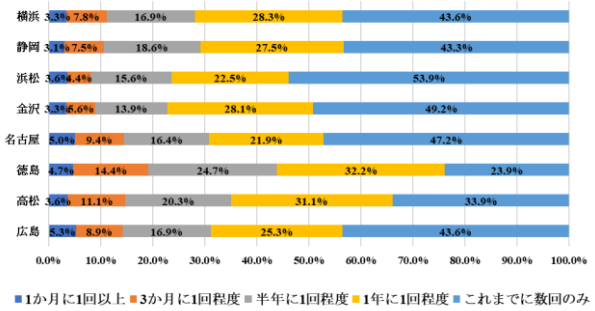


図-5 高速バスの地域別利用頻度

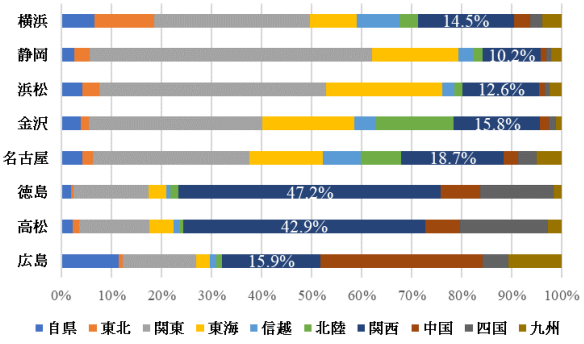


図-6 高速バスの乗車行先

域に比べて乗車頻度が高いことを示す結果となった．また，乗車した行先に関して基本的に隣県への利用が多いことが分かった．全地域において関西を行先として高速バスを利用する割合が一定数あることも示されている．特に，高速バスの利用頻度が高かった四国地域は関西への利用が多いことが明らかとなった．

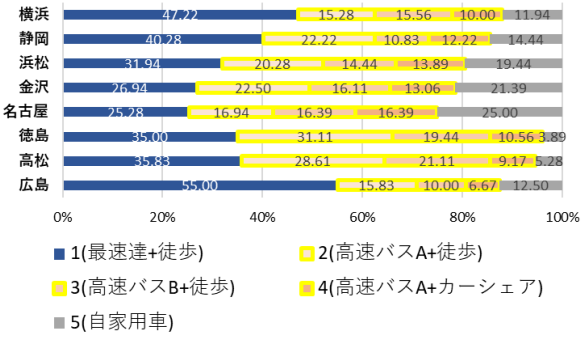


図-7 設問1における各地域の選択確率

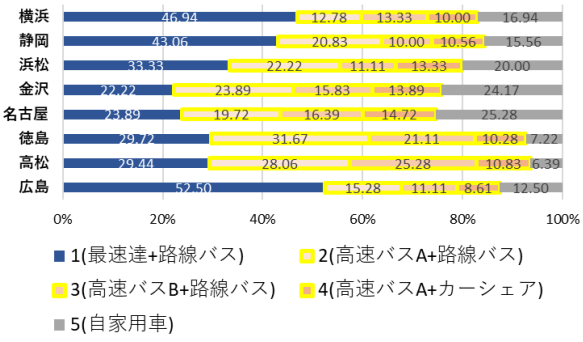


図-8 設問2における各地域の選択確率

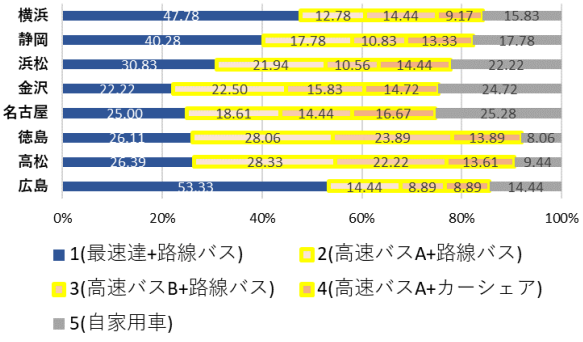


図-9 設問3における各地域の選択確率

(4) SP 調査結果による各手段の選択率

SP 調査の結果より，それぞれの交通手段の選択率を図-7 から図-9 に示す．

結果として，最速達手段が新幹線となっている横浜，静岡，浜松，名古屋，広島は最速達手段を選好する傾向がみられる．また，アンケート調査の過去の利用経験と同様に，四国地方は高速バスの利用意向が高いことが読み取れる．

4. モバイル空間統計データ分析

(1) モバイル空間統計データの概要

モバイル空間統計データとは，NTT ドコモが携帯基地局の位置情報データを用いて提供している人口滞留データであり，1 時間ごとの人口を 24 時間 365 日把握できるものである [5]．本統計データでは 9 桁メッシュの地域内の滞留全人口，滞留人口の男女年齢別データ，都道府県コードで表された居住地データを示している．本研究ではコロナ禍前の 2019 年 11 月 1 日から 11 月 30 日の 1 か月間のデータを用いた．また，分析地域は SP 調査のイグレス手段で用いた最遠区間の路線バス 60 分以内を想定した地域とした．概略図を図-10 に示す．図で示した A のエリアを SP 調査の設問 1 として設定した徒歩 20 分相当を PA からのイグレスとして設定し，需要推計に用い，同様に B のエリアを設問 2 と，C のエリアを設問 3 として対応させる．

(2) モバイル空間統計データの基礎分析

地域 A と地域 C の人口流動について比較したものを図-11 に示す．

地域 A には工場や大学が多くあり，通勤車がいるため平日昼間人口が増加している．しかし草津市の立地特性的に大阪や京都へ通勤する人も多くいるため，流出人口も一定数ある．そのため昼間人口の山はそれほど大きくはない．地域 B には観光資源や住宅地が多くある．そのため，平日は通勤で地域外に出るため昼間人口に大きな谷ができる．しかし，観光資源があるため，休日の昼間人口は増加している．

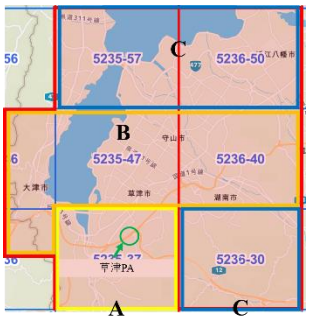


図-10 モバイル空間統計分析地域概略図

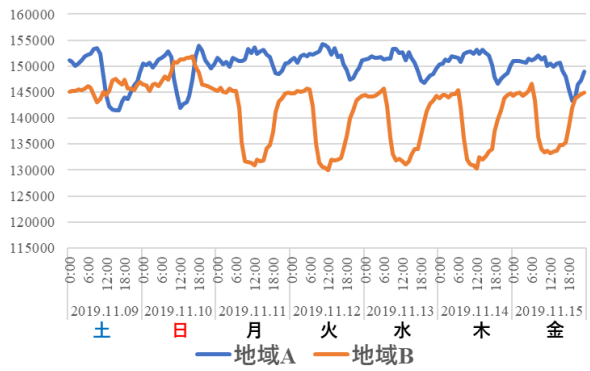


図-11 11 月の 1 週間の地域 A 及び地域 B の人口流動

5. 選択確率とモバイル空間統計データを用いた 1 か月間の需要推計

アンケート調査のスクリーニング条件である過去 5 年間の高速バスの利用経験の有無，モバイル空間統計を用いた調査対象地域からの流入人口，SP 調査によって算出した選択確率をもとに 1 か月間の需要変動及び総需要を算出する．以下に需要の推計の手順を示す．

はじめに，モバイル空間統計データで得た都道府県ごと，年代・性別ごとの人口滞留データに都道府県における調査対象地の人口割合を掛け，調査対象地からの総流入人口を算出する．表-5 に用いた人口データと割合を示す．なお，人口データは 2023 年 1 月のものを用いている．

次に，求めた総流入人口にスクリーニング条件としていた高速バス利用経験のある人数の割合を掛けあわせる．

最後に，SP 調査による年代・性別ごとにおける新規高速バスの選択確率を掛け合わせ，最終的な需要を予測する． 2019 年 11 月 1 か月間の地域ごとの需要変動を図-12 に示す．

表-5 各調査地域の人口と割合

県名	人口(人)	市名	市人口(人)	県人口に占める割合(%)
神奈川県	9,227,901	横浜市	3,769,595	40.8
静岡県	3,575,454	静岡市	681,933	19.1
		浜松市	782,662	21.9
石川県	1,117,240	金沢市	447,181	40.0
愛知県	7,495,199	名古屋市	2,325,946	31.0
徳島県	701,962	徳島市	249,196	35.5
香川県	932,870	高松市	413,949	44.4
広島県	2,757,379	広島市	1,190,848	43.2

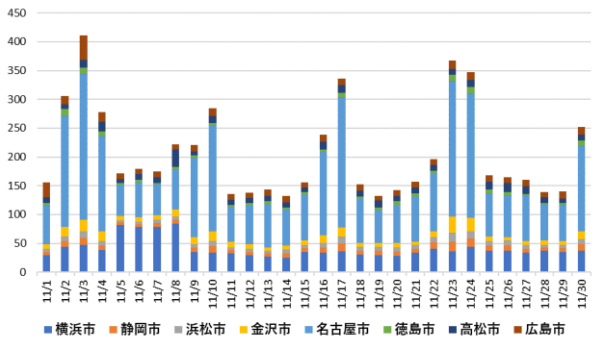


図-12 2019 年 11 月における各地域の需要変動

結果として，最終的な流入需要は調査対象 8 都市で 1 か月あたり 6203 人となった．非日常トリップにおける人流は週末にむけて増加傾向であり，週末には大きな波が来ることが明らかとなった．一般的な高速バスの乗車定員は 40 名であり距離が近い地域では多くの需要が見込める．また市の規模があまり大きくないと元の人口流動が少ないため選択確率が高くてもあまり需要は見込めに結果となった．しかし，本調査を行った地域同士でも経由地になりうる地域があり，また調査対象地域以外にも需要が見込める地域はあるため，工夫をする必要がある．

6. まとめ

(1) 結論

本研究では，SP 調査をもとに草津 PA が交通結節点として整備された場合の非日常トリップにおける流入需要をアンケート調査とモバイル空間統計データを用いて推計する方法を提案するとともに，ケーススタディとして草津 PA の 1 か月間の需要変動推計について調査を行った．結果として，調査対象 8 都市から 1 か月あたり約 6000 人の需要が見込め，既存の交通手段も含めた中で地域によっては半数以上のシェアを持つ可能性があることが示された．これは日本最大規模の高速バスターミナルである「バスタ新宿」の利用者数の約 1%程度に相当し，地方部において高速鉄道ネットワークの優位性の低いエリアでは，十分な利用の転換が期待できることが示された．

(2) 今後の課題

本研究では調査地やトリップを限定したうえでの SP 調査を行った．草津市のポテンシャルとして大学や企業の立地というものが大きく上げられているため，通勤・通学などの日常トリップについても調査し，需要推計をする必要がある．また周辺住民への調査により流出需要についても併せて調査する必要がある．また，本研究では SP 調査を行うにあたって最大限のサービスレベルを設定したうえで行っているため，需要が過大評価されていることが懸念される．さらに，本調査で実施したアンケート調査における自由記述欄にもサービスに関する意見等が多く見受けられた．アンケート調査で得られた理想のサービスなどをもとに高速バスの運行状況やサービスレベル，交通結節点のサービスレベルなど様々な事項を考慮した SP 調査を行うことで，より現実的なものになるのではないかと考えている．

謝辞:本研究は公益財団法人 高速道路調査会「高速道路における交通ビッグデータの活用に関する調査研究委員会」の取り組みとして実施したものである．アンケートの実施・回答をしてくださった方々に謝意を表する．

参考文献

1) 公益財団法人高速道路調査会 高速道路クオリティ研究部会 高速バスストップの今後のあり方に関する調査研究委員会，高速バスストップの今後のあり方に関する調査研究 報告書， https://www.express-highway.or.jp/Portals/0/images/research/document/kousokuBSreport_20210630.pdf
2) 国土交通省，各論点に係る検討状況，https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/bustapj/pdf03/06.pdf
3) 日下部貴彦，柳沼秀樹，福田大輔，高橋哲，今健，佐野薫，野村紗希子：高速道路の SA・PA での高速バス乗継サービス展開に向けた乗客のバス選択行動の分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），2020 年 75 巻 6 号，p.I_369-I_377
4) Zhong, G., Wan, X., Zhang, J., Yin, T., & Ran, B. (2017). Characterizing Passenger Flow for a Transportation Hub Based on Mobile Phone Data. Journal of IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems ,18(6), pp.1507-1518
5) NTT docomo, モバイル空間統計, https://mobaku.jp/
6) 公益財団法人 日本バス協会：バス事業の現状について，平成 29 年 6 月 23 日，https://www.mlit.go.jp/common/001190066.pdf

(Received ?.?,2023)
(Accepted ?.?,2023)

DEMAND ESTIMATION FOR EXPRESSWAY REST AREAS AS TRANSPORTATION HUBS USING MOBILE BASE SATATION OPERATION DATA

Kaito UCHIBORI, Yasuhiro SHIOMI