

商用車プローブデータを用いた 高速道路の休憩施設利用予測

橋本 申¹・田名部 淳²・中西 雅一²・吉田 幸司³・影山 仁志⁴

¹非会員 株式会社地域未来研究所（〒530-0005 大阪市北区堂島1-5-17）
E-mail:hashimoto@refrec.jp

²正会員 株式会社地域未来研究所（〒530-0005 大阪市北区堂島1-5-17）
E-mail:tanabe@refrec.jp, nakanishi@refrec.jp

³正会員 株式会社富士通交通・道路データサービス（〒105-7123 東京都港区東新橋1-5-2）
E-mail: yoshida-koji@fujitsu.com

⁴正会員 株式会社富士通鹿児島インフォネット（〒890-0064 鹿児島県鹿児島市鴨池新町5-1）
E-mail: kageyama-hito@fujitsu.com

高速道路のサービスエリアは、道路利用における重要な要素の一つとなっているが、近年一部の施設では、深夜時間帯に大型車駐車スペースが不足するといった問題が顕在化してきている。現在、サービスエリア混雑情報を利用者に提供することによる混雑緩和施策が行われているが、利用者がサービスエリアに到着する頃には混雑度が変化しているという問題がある。そこで本研究では、将来の混雑度をリアルタイムに予測するモデルを構築した。このとき、商用車プローブデータを用いて上流側走行車両の状態をモデル説明変数に加えることで、混雑度をより正確に予測できる可能性が示された。

Key Words : probe data, freight vehicles, expressway, parking area, forecasting, deep learning

1. はじめに

高速道路には、休憩施設としてサービスエリアおよびパーキングエリア（以下、総称してSA）が一定の間隔で設置されている。当初SAは、運転手を連続運転による緊張や疲労から解放し、また車両の給油や整備等を行うための施設として整備されてきたが、特に民営化以降は商業施設としての側面から集客力向上に向けた改良が加えられ、24時間営業飲食店・コンビニや入浴施設・宿泊施設を備えたものもあるなど、多様な機能を果たす施設として、道路利用における重要な要素の一つとなっている。

そうした改良が進められる一方で、近年一部の施設では、当初の想定を超える利用者数の増加に伴って混雑に起因する問題が顕在化してきている。大型車に目を向けると、特に利用者が集中する深夜時間帯における駐車スペース不足が問題となっており、十分な休息が得られないといった快適性の低下、駐車待ちの車列や指定外箇所への

駐車等による安全性の低下などの影響が懸念される。

こうした問題に対処するために、下流側SAの混雑度を示す情報板を道路上に設置したり、インターネットサイトで混雑情報を配信することで、利用者を相対的に空いているSAへ誘導するといった方策がとられているが、表示される混雑度はあくまで現在の情報であるため、例えば利用者が「下流側のSAは空いている」という情報を得たにもかかわらず実際にSAに到着する頃には混雑していて利用できない等といった問題が生じる可能性がある。現在の情報だけでなく将来の混雑度を予測することができれば、より効果的な混雑緩和策を実施でき得ると期待される。

しかし、高速道路利用者の休憩行動に関する研究は十分なされておらず、SA混雑度予測を行った研究は数少ない。こうした現状を踏まえて本研究では、商用車プローブデータを用いて、将来のSAの混雑度を予測するモデルを構築する。

2. 先行研究と本研究の位置づけ

高速道路SA利用行動に関する基礎的な分析・集計を行った研究には、椎野ら¹⁾による休憩施設立ち寄り行動の分析、松下ら²⁾による休憩施設選択行動の分析などがあるが、主に実地アンケート調査による限られたデータに基づいていた。近年、プローブデータを活用した休憩施設選択行動分析或いはモデル構築を瀬谷ら³⁾、毛利ら⁴⁾、平井ら⁵⁾、田名部⁶⁾などが行っているものの、休憩行動に関する実態はいまだ明らかとなっていない。

車両単位の行動モデルではなく、施設単位の混雑予測を対象にした研究はさらに限られる。藤井ら⁷⁾は、新東名高速道路下り線を対象に、SA直前に設置された情報板での運用を想定して、現在の駐車率と周辺交通状況から、20分後の清水PAと15分後の静岡SAの駐車率を予測するモデルを、重回帰分析を用いて構築している。また、駐車率に週単位で周期性があることに着目して、駐車率を直接予測するのではなく、平均的なパターンとの差を予測するモデルとすることで、予測精度を向上させている。この研究では、小型車が増加する土日の昼間時間帯を対象としており、前章で述べた大型車の増加する平日深夜帯への適用は報告されていない。また、トラフィックカウンターから得られたデータを用いているため、車両の行動特性が十分反映されていないという問題がある。

上記先行研究を踏まえ本研究では、前章で述べた平日深夜帯に増加する大型車に着目し、商用車プローブデータを用いて車両の行動特性を反映することで、より予測精度の高いSA混雑予測モデルの構築を目指す。

3. 分析対象と使用データ

(1) 分析対象

本研究では、東名高速道路上り線の足柄SAと海老名SA、およびその前後に位置する鮎沢PA、中井PA、港北PAの5を対象として、混雑度の予測を行う。大型車交通量の多い東名高速道路の中でも、これらのSAは最も東京都心に近い区間に存在し、また並行する新東名高速道路が未開業であることから、たびたび深夜帯の混雑が問題となっている施設である。

(2) 使用データ

先述の通り、SAでは深夜の大型車駐車不足が問題となっていることから、本研究では富士通の商用車プローブデータを用いて分析を行う。

深夜時間帯の利用者はSA内で日跨ぎの休憩を行っているものと想定されるが、例えば平井ら⁵⁾が分析に用いているETC2.0プローブデータは、日ごとに異なるIDを車両に割り当てるため、夜間に駐車して翌日出発するよう

な車両の動きを追うことが困難である。一方、商用車プローブデータでは、日を跨いで同一車両の動きを追うことができるという利点がある。また、ETC2.0プローブデータは、搭載車両がデータ収集装置の前を通過した際に初めてデータが収集されるため、リアルタイム予測をする場合に用いることはできないが、この商用車プローブデータは商用車に搭載されているデジタルタコグラフを利用し運送事業者へ提供する運行支援サービスを通じて、1秒ごとに位置・速度等の車両挙動情報を収集しデータベース化しており、逐次的なデータ処理が可能である。また、SAでの駐車判定を行っており、SAへの着発時刻や駐車時間の算出が容易となっている。

このプローブデータは、現在17万台のデジタルタコグラフが稼働しており、トレーラを除いた全国の緑ナンバーの商用車の約20%のサンプル数を有する。当該データは車両毎にユニークなIDを割り振っており、同一車両の挙動を長期に渡って分析することが可能である。

本研究では、分析に用いるデータとして、2017年4月から2018年3月までの1年間の東名高速道路上り線利用車両のデータを抽出した。

4. SA混雑予測モデルについて

(1) 予測モデル概要

本研究では、15分毎に集計した各種交通要因を過去2時間分蓄積したものを説明変数として、1時間後のSA混雑度を15分毎に予測するモデルを構築する。

1年分のデータのうち前期90%を学習用データとし、後期10%を検証データとしてモデルの精度確認に用いる。

モデルにはLSTMを用いることで、過去の予測を次の予測結果に反映させる。ネットワークの隠れ層の数は500とする。学習回数は300エポックとするが、過学習を抑制するため、各エポック毎にRMSEを確認し精度の向上が見られなくなった段階で学習を打ち切る。

(2) 目的変数の設定

本研究では、現時点からみて1時間後のSA駐車車両台数を予測することを目的とするが、ここでは特に、滞在時間が長時間の車両のみを予測する。これは、たとえ駐車車両台数が同じであっても各車両の滞在時間が異なれば混雑度は同一ではないという考えに基づく。駐車車両台数が多い時間帯であっても、利用車両の滞在時間がみな短く回転が早ければ後から来た車両が駐車することは可能である。したがって、多くの車両が長時間SAに滞在し続けていることが駐車不足問題の要因と考えられる。

そこで、SA利用車両を長時間駐車群と短時間駐車群とに分類するため、各車両の滞在時間を確認した。図-1

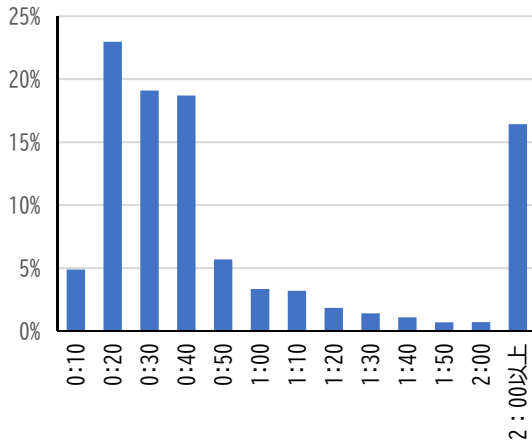


図-1 対象 SA 利用車両の滞在時間分布

は、2018年3月において対象SAを利用した車両のべ21,281台のSA滞在時間の分布である。およそ50%の車両が滞在時間30分以内であり、これらはトイレ等小休憩目的の利用と考えられる。また75%の車両は滞在時間1時間以内で、これには食事等を目的とした利用が含まれていると考えられる。上位25%の車両は1時間以上滞在しており、時間調整や睡眠・宿泊といった目的で利用していると考えられる。この結果より、本研究では、滞在時間が1時間以上の車両を長時間駐車車両と設定する。

また、各SAの台数を直接予測するモデルではなく、対象SAの駐車台数の合計値と、そのうち各SAを利用している台数の割合を予測するモデルとした。これは、利用者は対象SAのうちいずれか1つを選択する、という行動を考慮したものである。

(3) 説明変数の設定

本研究では、実際の運用を想定してほぼリアルタイムに情報を取得できるデータのうち、将来のSA駐車車両台数に影響を与えられ、表-2に示す変数を説明変数として用いる。

a) 現在の SA 駐車車両台数

藤井ら⁷⁾の分析において、最も目的変数との相関が高い説明変数は現在の駐車率であった。これに従って、現時点における各SAの駐車車両台数を説明変数に用いる。

b) SA 周辺の交通状況 (平均速度)

SA周辺の道路の交通状況は、SA利用行動に影響を与えていると考えられる。例えば、SAの先の道路が渋滞していた場合に、渋滞を避けるためにSAに立ち寄りといった行動が考えられる。そこで、SA周辺の道路にいくつかの断面を設け、各断面ごとに前回予測時から今回予測時までの間に通過した車両の平均速度を算出し、SA周辺の交通状況として説明変数に用いた。

東名高速道路利用車両がSAを2施設利用する場合、浜

表-1 目的変数 (モデルの出力値) 一覧

目的変数 (現時点から1時間後を15分間隔で予測)	
対象 SA の駐車車両台数の合計値 [台] (1時間以上滞在車両のみ)	
上記台数のうち足柄 SA 滞在車両の割合 [%]	
上記台数のうち鮎沢 PA 滞在車両の割合 [%]	
上記台数のうち中井 PA 滞在車両の割合 [%]	
上記台数のうち海老名 SA 滞在車両の割合 [%]	

表-2 説明変数 (モデルに入力する値) 一覧

説明変数 (15分毎に集計したものを2時間分蓄積)	
現時点の駐車車両台数 [台]	SA ごと
過去 15 分間の通過車両の平均速度 [km/h]	断面ごと
過去 15 分間の連続走行時間 2 時間以上の車両の通過台数 [台]	
過去 15 分間の連続走行時間 2 時間未満の車両の通過台数 [台]	

松SA・海老名SAと浜松SA・足柄SAの組み合わせが最も多い⁹⁾ことから、足柄SAや海老名SAの利用行動は主に浜松SA以東の交通状況が影響していると考えられる。そこで、浜松SAおよび並行する新東名高速道路の浜名湖SA以東の各IC/JCT/SA/PA間に1つずつ断面を設定し、合計56箇所を観測対象断面とした。

c) SA 周辺の連続走行時間別車両台数

SAは高速道路付帯施設であるため、SA周辺の交通量はSA駐車台数と強い相関があると考えられるが、一方で個々の車両の行動に着目すると、SA利用箇所の決定は連続走行時間に依っている可能性が高い。そこで、先述した断面56箇所における、前回予測時点から今回予測時点までに通過した車両の台数をカウントした上で、各車両を前回SAを出発してから断面を通過するまでに経過した時間 (SA利用履歴が存在しない場合はトリップ開始からの経過時間) に基づいて長時間走行車両と短時間走行車両の2種類に分類し、それぞれの台数を説明変数に加える。浜松SA～足柄SA・海老名SAの所要時間は2時間前後であり、利用者はおおむね2時間間隔でSAに立ち寄ると考えられることから、本研究では、走行時間が2時間以上の車両を長時間走行車両、2時間未満の車両を短時間走行車両と分類する。

(4) モデルのパターン

プローブデータを用いて行動特性を反映させたことによる予測精度の変化を確認するため、用いる説明変数を変えた2種類のモデルを試行する。検証用データを用いて各モデルで予測を行ったのち、真値との比較を行い、RMSEと相関係数を用いて両モデルの予測精度の評価を

行う。

a) モデル1

モデル1は、現時点のSA駐車車両台数のみを説明変数とする、簡易的な予測モデルである。

b) モデル2

モデル2は、現時点のSA駐車車両台数に加えて、商用車プローブデータより得られた、SA周辺の交通状況（平均速度）と、連続走行時間別車両台数を説明変数に用いる予測モデルである。

5. 予測結果

(1) モデル予測結果

RMSEと相関係数によって、モデル1、モデル2による予測値と真値との比較を行った結果を表-3と表-4に示す。なお、港北PA駐車割合は直接予測を行っていないが、100%から他の4つのSA駐車割合の合計値を引いた値を港

表-3 モデル別 RMSE

	平均値	モデル1	モデル2
合計駐車台数	62.0台	12.8	8.08
足柄 SA 割合	36%	6.5	7.3
鮎沢 PA 割合	27%	6.7	6.2
中井 PA 割合	11%	4.6	4.6
海老名 SA 割合	22%	5.9	7.3
(港北 PA 割合)	3%	4.4	4.6

表-4 モデル別相関係数

	モデル1	モデル2
合計駐車台数	0.88	0.96
足柄 SA 割合	0.58	0.40
鮎沢 PA 割合	0.56	0.48
中井 PA 割合	0.58	0.48
海老名 SA 割合	0.54	0.45
(港北 PA 割合)	0.44	0.38

表-5 モデル別 RMSE (駐車台数)

	平均値	モデル1	モデル2
足柄 SA	22.5台	4.34	3.62
鮎沢 PA	17.1台	4.22	3.40
中井 PA	6.7台	2.30	1.99
海老名 SA	13.7台	3.73	3.86
港北 PA	1.9台	2.14	2.14

表-6 モデル別相関係数 (駐車台数)

	モデル1	モデル2
足柄 SA	0.93	0.96
鮎沢 PA	0.92	0.94
中井 PA	0.79	0.84
海老名 SA	0.87	0.90
港北 PA	0.46	0.48

北PAの予測値として扱う。

対象SAの駐車車両台数合計値では、モデル1よりモデル2が優れた結果を示した。一方で、各SA毎の車両割合では、鮎沢PAのRMSEを除いて、いずれの指標もモデル1が優れているという結果となった。また、利用率が低い港北PAに対しては、両モデルとも低い精度を示している。

(2) 各 SA 駐車台数予測結果

駐車車両台数合計値に各SAの割合を乗じた値を予測駐車台数として、真値と両モデルの予測結果の比較を行った。

RMSEと相関係数によって比較を行った結果を表-3と表-4に示す。海老名SAのRMSEを除いて、いずれのSAに対してもモデル2がわずかに予測精度が高くなっており、プローブデータから得られた情報を反映させることによる効果が確認できた。

さらに、各時点における実際のSA駐車台数と、一時間前に予測された値の比較を、特に混雑が問題となる足柄SAと海老名SAにおいて、予測対象期間中最も駐車台

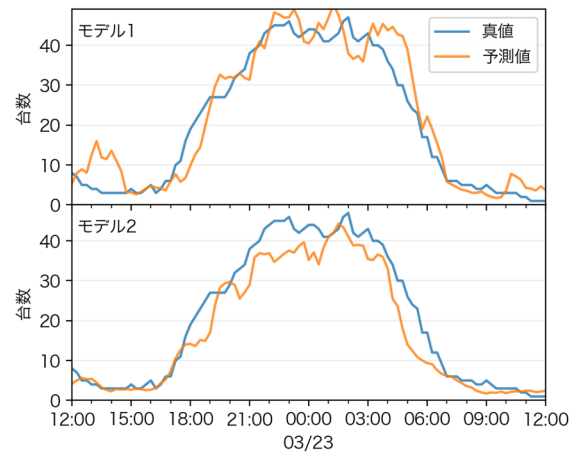


図-2 真値と予測値の比較 (足柄 SA 駐車台数)

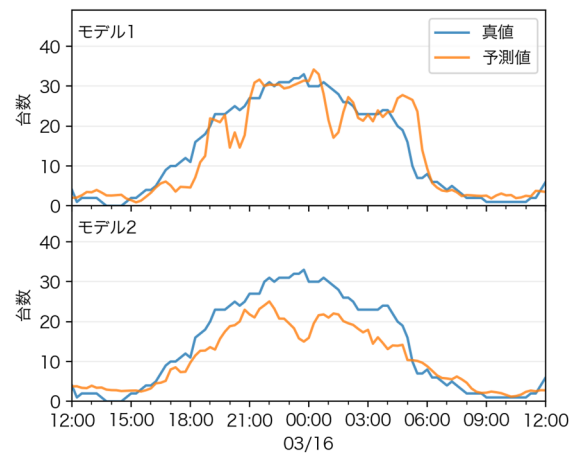


図-3 真値と予測値の比較 (海老名 SA 駐車台数)

数が多くなった時間帯を抽出して行った。

図-2に示した足柄SAでは、3月22日16時~17時頃から駐車台数が増加しはじめ、23時~翌日2時頃にピークを迎えた後、朝7時には10台未満まで減少している。モデル1による予測では18時頃まで増加の推移がゆるやかでピークの立ち上がりに遅れがでており、その後3時頃の台数が減少しはじめる時間においても遅れがでている。モデル2では駐車台数増加の傾向をほぼ正しく予測しているものの、18時頃から翌朝まで全体的に真値より過小に台数を見積もる傾向が見られる。

図-3の海老名SAでは、3月16日15時頃から駐車台数が増加しはじめ、深夜0時頃にピークを迎えた後、6時頃には10台未満まで減少している。モデル1の予測値は足柄の予測同様、増加の傾向が見られる時間に遅れが出ており、5時台の駐車台数の急激な減少にも遅れが出ている。モデル2の予測値は昼間時間帯は比較的正確な値を示しているが、15日22時頃からピークを迎える0時の間は実際とは逆に減少する傾向を予測するなど説明し難い挙動を示している。

(3) 結果のまとめと考察

モデル2では対象SA駐車車両台数合計値の予測が改善されており、また予測結果から駐車台数を算出した場合、特に夕方台数が増え始める時間帯で予測の改善が見られた。上流側車両情報を説明変数に加えることで、SAに到着する台数が予測しやすくなったものと思われる。一方で、各SAの利用割合は逆にモデル1を下回る結果となり、各SAの駐車台数についてはピーク時に台数を過小に見積もる傾向が見られた。これは、松下ら²⁾がドライバーの半数近くはSAの利用を直前に決定していると報告している通り、ある程度SAから離れた上流側の車両状態がSA選択行動との関連性が低いという可能性も示唆されるが、原因については今後の課題としたい。

今後、より車両行動を反映した説明変数を用いることや、先行研究で見られた基本パターンを設定するなどの工夫によってモデルが改善されることが期待される。また、モデルの実用化という側面では、今回は商用車プローブデータを用いたために車両が限定されていたため、実台数への拡大・比較を行うことが必要となる。加えて、本研究で長時間滞在する車両に限定した駐車台数を目的変数に設定したように単純に駐車台数を示すのではなく、よりSAの混雑度を表しかつ利用者に理解しやすい指標の精査が求められる。

6. おわりに

本研究では、東名高速道路上り線足柄SA・鮎沢PA・中井PA・海老名SA・港北PAの1時間後の駐車台数を15分間隔でリアルタイムに予測するモデルを構築した。その際、現時点での駐車台数のみから予測するモデルと、プローブデータから得られた上流側車両の情報を加えて予測するモデルを比較した。その結果、前者のモデルでは予測が困難であった駐車台数の急激な変動を、後者のモデルを用いることにより比較的正確に予測できる可能性が示された。一方で、後者のモデルは駐車台数を過小に見積もる傾向が見られ、今後もモデル改善へ向けた検討を要する結果となった。

謝辞

本研究を進めるに当たっては、データ整理・集計やモデル構築に関して、岐阜大学 自然科学技術研究科 環境社会基盤工学専攻の杜然氏に多大なるご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 椎野修, 日比野直彦, 森地茂: 高速道路休憩施設の立寄り特性と混雑対策, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.
- 2) 松下剛, 熊谷孝司, 野中康弘, 石田貴志: 高速道路の休憩施設選択要因に関する基礎分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.44, 2011.
- 3) 瀬谷創, 張峻屹, 力石真, 藤原章正, 向江達彦: デジタルタコグラフデータを用いた高速道路における貨物車のSA/PA選択行動の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, 2015.
- 4) 毛利雄一, 岡英紀, 野中康弘, 木村敦史: 商用車プローブデータを活用したPA利用車両の交通行動分析, 第35回交通工学研究発表会論文集, 2015.
- 5) 平井章一, XING Jian, 甲斐慎一朗, 堀口良太, 宇野伸宏: ETC2.0 プローブデータに基づく都市間高速道路の休憩行動モデルの構築, 交通工学論文集, Vol.4, No.1, p.A_196-A_205, 2018.
- 6) 田名部淳: 商用車の休憩施設利用状況をプローブデータから紐解く, 高速道路と自動車, Vol62, No.8, 2019.
- 7) 藤井篤史, 宇野伸宏, 中村俊之, 山本浩司: 高速道路休憩施設駐車場における混雑予測モデルの構築, 交通工学論文集, Vol.1, No.2, pp.A_197-A_206, 2015.

(2019.10.4)

A DEMAND FORECAST OF PARKING AREA BY USING FREIGHT VEHICLE PROBE DATA

Shin HASHIMOTO, Jun TANABE, Masakazu NAKANISHI, Koji YOSHIDA and Hitoshi Kageyama