

ETC2.0 プローブデータを活用した都市間高速道路における休憩行動実態把握 Analysis on the Resting Behavior of Inter-urban Expressway Users with ETC2.0 Probe Data

平井 章一¹, Jian XING², 甲斐 慎一郎³, 堀口 良太⁴, 宇野 伸宏⁵
Shoichi HIRAI¹, Jian XING², Shin-ichiro KAI³, Ryota HORIGUCHI⁴ and Nobuhiro UNO⁵

本研究は、都市間高速道路における休憩行動の実態が体系的には明らかではない背景の下、休憩行動のモデル化の前段として、ETC2.0 プローブデータの走行履歴情報を利用したトリップ毎の休憩行動データベース構築手法を検討し、休憩行動抽出に際しての走行履歴情報の特性把握、休憩行動の定量的な把握と、基礎分析を通じてモデル化に向けた知見の整理を行った。

休憩行動データベース構築にあたっては、非渋滞時では高い精度で休憩行動を抽出できた。また、「通過」と「休憩」の判定が難しい渋滞時に対しても、簡易な判定方法を示した。また、基礎分析を通して、車種構成の偏りや日跨ぎのトリップの不生成などの、現状でのETC2.0 プローブデータ利用の留意点や、休憩時間分布や休憩回数等の基礎集計結果、1 トリップ中の複数回休憩の関係性などの知見を得た。

This research studies the resting behavior of inter-urban expressway users. For the better understanding of those resting behavior, ETC2.0 probe data seems promising since it contains individual vehicle trajectories. As a preliminary step to the resting behavior modeling, the study aims to build the database of resting behavior of each trip using the trajectory information of ETC2.0 probe data and to analyze the characteristics of the trajectories and resting behavior so as to yield some insights into the resting behavior modeling through basic analysis.

In the study, resting behavior in free flow state was extracted with high precision to build the resting behavior database. A simple determination method was proposed to discriminate resting at service or parking area from passing it, which is quite difficult to judge from the probe data when queue forms on the mainline. The study also obtained some findings of the points to note in making use of the present ETC2.0 probe data such as the bias in the composition of vehicle types and separation of trips covering two successive days, basic aggregate results of rest time distribution and number of rests, relationship between successive rests in one trip.

Keywords: ETC2.0 プローブデータ, 高速道路休憩施設, 休憩行動
ETC2.0 probe data, Inter-urban expressway rest area, Resting behavior

1. はじめに

東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株) (以下, 合わせて「NEXCO 3 社」という)ら高速道路管理者は、高速道路の休憩施設に関連した各種施策を実施している。一例として、駐車エリア, お手洗い, 営業施設などの改良による魅力度向上や、駐車場の混雑緩和を目的とした本線や休憩施設内における動的な情報

提供などが挙げられる。また、本線の渋滞緩和を目的とした休憩施設への一時的な滞留による需要調整などの交通マネジメントもアイデアとしては考えられる。

これらの休憩施設を活用した交通関連施策を評価するためには、高速道路利用者が出発地のインターチェンジ (以下「IC」という) から流入し、必要に応じて経路上の休憩施設に立ち寄り、目的地の IC を流出するまでの

-
- 1 正会員, 株式会社高速道路総合技術研究所
Member, Nippon Expressway Research Institute Co., Ltd.
〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 e-mail:s.hirai.aa@ri-nexco.co.jp Phone:042-791-1679
 - 2 正会員, 工学博士・TOE, 株式会社高速道路総合技術研究所
Member, Dr. Eng. TOE, Nippon Expressway Research Institute Co., Ltd.
 - 3 非会員, 修士(工学)・TOP, 株式会社アイ・トランスポート・ラボ
Non-member, ME, TOP, i-Transport Lab. Co., Ltd.
 - 4 正会員, 工学博士・TOE, 株式会社アイ・トランスポート・ラボ
Member, Dr. Eng. TOE, i-Transport Lab. Co., Ltd.
 - 5 正会員, 博士(工学), 京都大学大学院工学研究科
Member, Dr. Eng. Graduate School of Engineering, Kyoto University

一連の高速道路における交通行動（以下「交通行動」という）が施策の実施によりどのように変化するかを予測する必要がある。

しかし、交通行動のうち、「どの休憩施設を選択するか」という休憩施設選択行動と「休憩施設にどれくらい滞在するか」という休憩施設滞在行動から構成される休憩行動の実態に関する交通工学面での既往研究事例は、椎野ら¹⁾の休憩施設への立寄りに関する研究、松下ら²⁾の休憩施設選択行動に関する研究など限られた研究しか見受けられなかった。しかし、2015年以降、瀬谷ら³⁾、毛利ら⁴⁾、山田ら⁵⁾が休憩施設選択行動に関する研究成果を公表するなど研究事例は徐々に蓄積されつつあるが、休憩行動の実態は体系的には明らかにされていない。

一方で、NEXCO 3社及び(株)高速道路総合技術研究所では、都市間高速道路ネットワークにおける様々な交通施策評価を行うことを目的とした交通シミュレーション（以下「ENS：高速道路ネットワークシミュレーション」という）を開発している⁶⁾。ENSはトリップ行動を1台毎に再現する仕様となっており、そのうち、交通状況に応じた経路選択行動モデルは実装しているが、休憩行動は考慮されていない。ENSに休憩行動モデルを実装することにより、休憩施設に関連する各種施策の、路線単位、ネットワーク単位での事前評価への適用が可能となる。例えば、ボトルネック上流の休憩施設において、渋滞発生時に到達する車両を対象に滞在を促進する施策を行うことで、渋滞発生を遅らせ渋滞規模を小さくする効果を示すことができる。更に、実態により近い交通行動を再現することよりシミュレーションの精度向上も期待できる。

本研究を含む一連の研究では、様々な交通データを活用した休憩行動の実態分析、都市間高速道路における休憩行動のモデル化、交通流シミュレーションへの実装、及び、休憩施設を活用した交通関連施策の路線単位、ネットワーク単位での評価への適用を目指している。そのうち、体系的に明らかにされていない休憩行動の実態を定量的に把握することに加え、休憩行動のマイクロモデル構築の前段として、ETC2.0プローブデータを活用した、モデル化のためのデータベース構築の手法を確立すること、交通行動の基礎分析を通じてモデル化に向けた知見や留意点を得ることを本研究の目的とする。具体的には、ETC2.0プローブデータの走行履歴情報を活用し、休憩行動に着眼をおいた走行履歴情報の特性把握、休憩行動の抽出ならびに交通行動を示すデータ、即ち、ICなどの連絡等施設や休憩施設に到達した際の個々の車両の行動を時系列的に蓄積したデータ（以下、「交通行動データ」という）の生成をするためのロジックの検討、ならびにデータベース化された個別の休憩行動に対する基礎的な分析を行う。

2. 休憩行動分析における本研究の位置づけ

本研究を含む一連の研究のうち、休憩行動分析は、主にNEXCO 3社が保有するデータを基に、マクロ面とマイクロ面の両面からの取り組みを行っている。

マクロ面での取り組みに関しては、高速道路利用者全体に占める利用率が9割近い利用者のトリップを把握できる優位性を活かして、ETCデータと車両感知器データから求める休憩施設滞在時間の実態分析を行い、その結果を基に、高速道路への流入時刻と目的地までの距離に応じて総休憩時間を推定するマクロ休憩行動モデルを構築している。

具体的には、2時間以上の長時間休憩と食事や買い物等が目的と考えられる1時間程度の休憩（通常休憩）が、トリップ距離と流出時刻でどのように変化しているかを、車種別及び平休別に分析している。結果として、200kmを超える距離帯で深夜割引を受けるためや業務開始時刻に合わせるための時間調整目的での長時間休憩が頻出する実態と、通常休憩が昼食及び夕食時間帯に通行する場合に頻出する実態を確認している⁷⁾。また、長時間休憩に着目し、総休憩時間分布が通常休憩と長時間休憩との複合ガンベル分布と仮定した距離帯・流入時間帯別のモデルの推定を行い、距離帯・流入時間帯ごとの長時間休憩割合などの実態を把握している⁸⁾。

しかしながら、ETCデータでは総休憩時間は推定できても、どの施設で休憩したかが判別できないため、休憩施設選択行動と休憩施設滞在行動の両者を詳細に分析するためには、経路情報が付された個々の車両のプローブ情報を用いた、よりミクロな視点での実態分析とモデル化が必要となる。

そこで、本研究では、マイクロ面での取り組みとして、近年データが蓄積されつつあるETC2.0プローブデータの走行履歴情報を活用し、個別車両の交通行動データを生成する手法を紹介し、さらに、得られた休憩行動と、そのときの走行距離や走行時間帯などのコンテキスト及び休憩施設属性との関係性に関する基礎的な実態分析について報告する。これらの成果は、本研究の次なる展開として、休憩施設の選択モデルを構築するための基礎として活用される。

このようなマクロ及びマイクロ両面での休憩行動のモデル化に取り組むことで、ミクロな分析に基づく休憩行動モデルが構築された場合の再現性をマクロモデルで検証したり、シミュレーションへの実装において、マイクロモデルによる個別休憩施設での休憩判定の際にマクロモデルが与える総休憩時間を超えないようトータルコントロールして再現精度向上を目指したりと、様々な利点が期待できる。

なお、本研究でETC2.0プローブデータに着目したのは、NEXCO 3社は道路管理者であることからデータの

入手が容易であることが挙げられる。また、今後の普及により、搭載車の車種・地域などの広がり期待でき、高速道路利用者の行動をある程度表すデータとなることが期待される。従って、本研究の成果を活用し、より多量かつ多様なデータによりデータベースを更新することが可能となる。ただし、後述するが、ETC2.0プローブデータの特性として、現状ではデータ量が少ない(2016年6月末時点のセットアップ台数1,376千台⁹⁾)、車種ごとの代表性が不明である(大型車の占有率が極端に少ない)、2日以上にわたる交通行動を追うことができず深夜の時間調整のための長時間休憩のデータが取得できない等、现阶段では休憩行動分析に当たっての課題や制限があることに留意が必要である。

3. ETC2.0 走行履歴情報の概要

本研究で使用した ETC2.0 プローブデータは、国土技術政策総合研究所(以下、「国総研」という)が構築した「道路プローブ情報収集システム」¹⁰⁾から出力される「出力様式1-2 走行履歴情報」のデータであり、時刻、緯度・経度、道路種別等のデータで、前回蓄積した地点から100mまたは200m走行した時点、進行方位が前回蓄積した時点から22.5度または45度以上変化した時点でデータが記録される。ただし、エンジンをOFFした地点、即ち、走行開始地点や走行終了地点などの個人情報に関わる情報は、収集されない。1つのデータには、表1に示すような項目が含まれている。

データ項目は、「走行履歴の記録情報」に関するものと、国総研保有のプローブサーバにて処理された「マップマッチング処理後の付加情報」の2種類に大別される。

「走行履歴の記録情報」に関して、「運行ID1」(以下、「ID」という)とは、個人情報保護に配慮して、個々のETC2.0車載器固有の番号を日毎に並べ替え、先頭からの連番に振り直したものである。同一IDのデータを集めることで、ETC2.0車載器搭載車両の1日単位での行動を把握することができる。ただし、IDは日付が変わってエンジンをOFFにするなどで変わるため、2日以上にわたる行動を追うことは基本的にはできない。

ETC2.0では、同一IDのデータを時系列順に並べた際に時空間的に連続性が確保されているデータの集合体を

表1 走行履歴情報のデータ項目(一部抜粋)

走行履歴の記録情報	運行ID1
	自動車の種別・用途
	GPS時刻
	トリップ番号
	通し番号
マップマッチング処理後の付加情報	道路種別コード
	マッチングフラグ
	マッチング後緯度・経度
	流入・流出ノード
	上り・下りコード
	(道路)管理者コード

「トリップ」と呼んでおり、データ間の時間差や距離差が大きいため、何らかの基準で不連続と判定された際に変化する連番を「トリップ番号」としている。さらに、同一トリップ内のデータには「通し番号」が振られる。

このほか、「自動車の種別・用途」は、車検証に記載されている「小型・普通・大型」や「乗用・貨物」など、ETC2.0車載器搭載車両の車種情報を知る上で必要となるデータである。また、「道路種別コード」は、高速道路か一般道路かを判別するデータであり、法定の区分(高速自動車国道であるかないかなど)とは異なる分類で記録されている。

一方、「マップマッチング処理後の付加情報」については、マップマッチング処理の成否(「マッチングフラグ」)や処理後の修正された緯度経度(「マッチング後緯度」「マッチング後経度」)およびマッチングされたデジタル道路地図(DRM)のリンク(流入・流出ノード)およびその属性情報(「上り・下りコード」「(道路)管理者コード」)などが含まれている。

4. 休憩行動の抽出と交通行動データの生成

休憩行動の把握には、個別の交通行動について、休憩施設到達時の行動(通過および立寄りの両方を含む)を特定することが必要となる。ここでは、走行履歴情報で休憩行動を含む交通行動データを生成する手法について述べる。

4.1 データの不連続箇所注目した休憩判定の問題

休憩施設(以下、SAもしくはPAとする)に滞在している場合は、SA/PA付近でデータが時系列上で不連続になり、休憩時の次データとの時間間隔が走行時と比較して長くなっているものと考えられる。そこで、走行履歴情報の記録間隔を調べた。

図1は、2015年8月1日(土)の東名高速道路(以下、「東名」という)上り線大井松田IC→東京料金所間のデータをID別、時系列順に整理したものについて、次データとの時間差を累加曲線で描いたものである。「トリップ番号」が同一のデータの98.9%は次データとの時間差

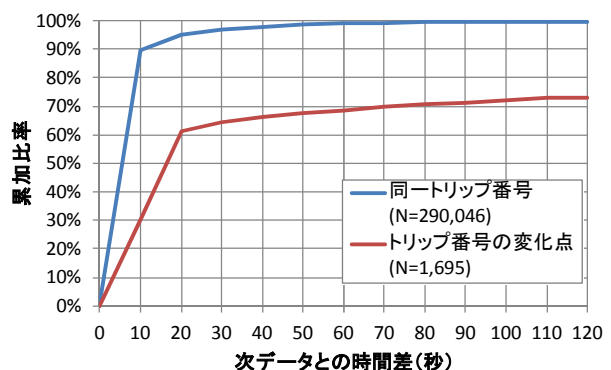


図1 ID別・時系列順の走行履歴情報の記録間隔

が60秒未満であり、「通し番号」が連続していれば、休憩している可能性はほとんどないと考えられる。一方、「トリップ番号」が変化する箇所のデータ間では、60秒以上となるものが30%以上存在することから、主に「トリップ番号」が変化する点に休憩行動が含まれていると考えられる。

図2は、2015年8月1日(土)の東名上り線の本線リンクにマッチングされたデータだけを用いて、ID別に海老名SA付近の時空間軌跡図を作成したものである。軌跡上の●○は「トリップ番号」の変化点、横の数字は「トリップ番号」を示している。また、紫色の破線は「トリップ番号」が異なる、もしくは「通し番号」が連番になっていない箇所(以下、合わせて単に「不連続箇所」という)を表す。なお、縦軸の数字は表示範囲内の相対的な位置を示しているものであり、キロポストを示しているものではない。

軌跡図より、不連続箇所は、図中AやBのように、海老名SA付近に集中して現れており、いずれも数分以上の間隔になっていることから、これらは休憩している車両と推測される。このうち、Aは不連続箇所が「トリップ番号」が変わっており、休憩施設に立ち寄ってエンジンOFFにした場合と考えられる。また、Bは「トリップ番号」は同じだが、「通し番号」が連番になっておらず、エンジンONのまま休憩したものと考えられる。

しかしながら、このような不連続箇所は、図中C~Eのように、場所に関係なく見られ、おそらくはシステム上の都合で、本線走行中でもトリップ番号が振り直されたものと考えられる。特にDは海老名SA付近で検出されており、従ってSA/PA付近での「トリップ番号」の変化だけで、それを休憩行動と見なすことは確実性に欠けることとなる。

また、Eは本線上で「通し番号」が連番になっていない箇所であるが、実際にはその間のデータがジャンクシ

ョン(以下「JCT」という)リンクに誤マッチングされている。現状のETC2.0では、SA/PAを通過していても、SA/PAランプ部に誤マッチングされて、本線上では不連続箇所と判定される場合や、逆に、SA/PAに立ち寄っていても、本線リンクに誤マッチングされて不連続箇所と判定されない場合があり、トリップ番号や通し番号から読み取れる不連続箇所に注目した休憩行動抽出には課題が多く指摘される。

そこで、以降では不連続箇所の定義をトリップ番号や通し番号の変化の有無に関わりなく「一定以上の時間差がある2点間」とし、不連続箇所がSA/PAの近傍に位置することを判定して、休憩行動の抽出を試みる。

4.2 休憩行動の抽出

(1) SA/PA 近傍判定

前節の議論を踏まえて、休憩行動の抽出にあたり、不連続箇所がSA/PA近傍にあるかどうかを判定する。すでに見たとおり、休憩した場合にはSA/PAの上流もしくは下流の一定範囲で欠落する可能性が高いため、ここではSA/PAを含む一定半径の円(以下、SA/PA圏域と呼ぶ)を設定して、近傍通行を判定する。SA/PA圏域の半径は、大きすぎると、隣接するICやJCT等が含まれてしまい、これらで流入出した場合に休憩車両と誤判定してしまう可能性がある。

ここではSA/PA圏域の半径を原則として500mに設定し、前後のICやJCTと近接する場合はそれらと重ならないよう、また、上下線で施設が離れている箇所は両方を含むよう、場所ごとに調整した。

SA/PA圏域(以降、単に「圏域」という)と不連続箇所との関係を図3に示す。パターン1は圏域内に不連続箇所が含まれる場合、パターン2および3は不連続箇所の両端2点のどちらかが含まれる場合である。また、パターン4は圏域に一点も含まれず、かつ不連続箇所の両

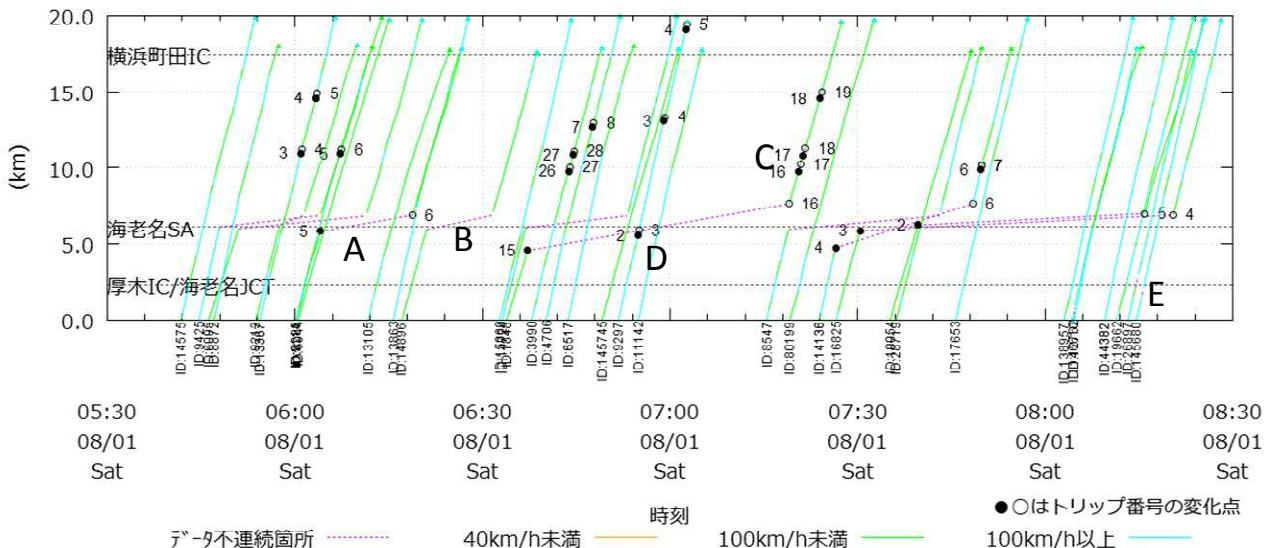


図2 2015年8月1日(土)の東名上り線 海老名SA付近の時空間軌跡図

端を結ぶ線分が圏域と交差する場合である。これらのパターンのいずれかに当てはまる場合は、その不連続箇所を休憩行動の判定対象とする。

(2) 走行速度を考慮した休憩行動の判定

4.1 節では、SA/PA 付近での記録間隔が 60 秒以上のデータが見られる場合は、休憩行動の可能性があった。しかし、点間時間 60 秒以上の不連続を判定条件とすると、60 秒は点間距離が 200m だとしても走行速度 12km/h に相当することから、本線が渋滞した場合に休憩行動として誤判定されてしまう可能性がある。また、仮に 100km/h で順調に走行している状況でも 60 秒は走行距離約 1.7km に相当することから、何らかの理由で一定範囲のデータが欠落し図 3 のパターン 4 のように点間距離が長くなっている場合にも休憩行動として誤判定されてしまう可能性がある。したがって、点間時間のみでの判定では片手落ちとなると想定される。

そこで、時間と距離から算出される速度に着目し、圏域境付近の速度で走り続けたと仮定した時の推定走行時間と、実際に要した時間との差分で休憩時間を推定することとした。図 4 に算出方法を、式(1)~(3)に算出式を

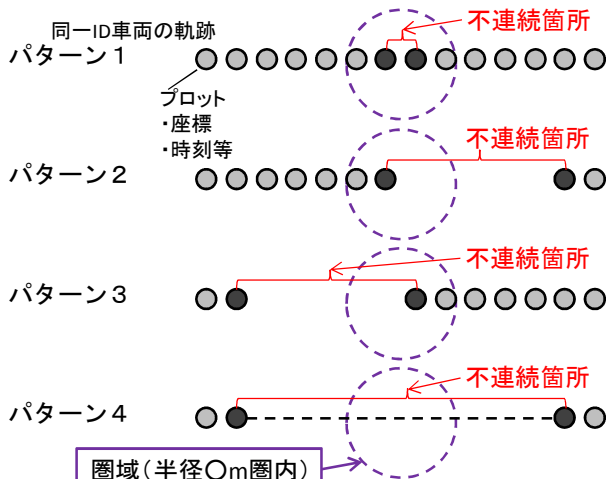
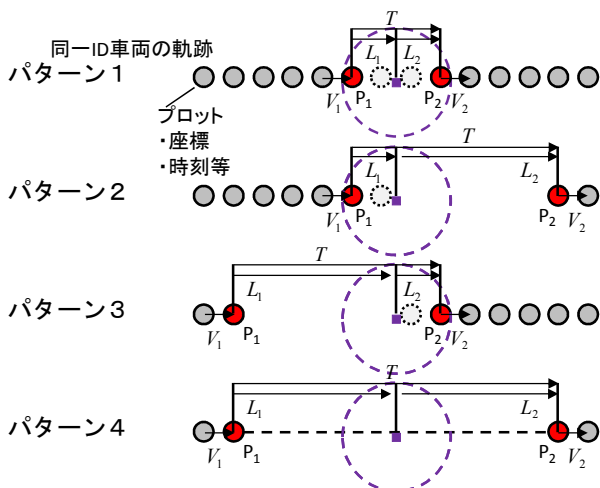


図 3 SAPA 圏域と不連続箇所との関係



●: 圏域境近傍点(P₁, P₂) ○: 算出に使用しない圏域内の点
図 4 推定休憩時間の算出方法

示す。まず、パターン 1~4 それぞれで上流側、下流側の圏域境近傍点(上流側を P₁, 下流側を P₂ とする)を設定する。圏域境近傍点は、圏域内に点がある場合は圏域内の、ない場合は圏域外の、それぞれ圏域境に最も近い点とする。次に、P₁ と圏域中心との距離 L₁ と、P₁ とその 1 つ上流の点との間の走行速度 V₁ (直線距離を走行したと仮定) から算出した推定走行時間 T₁ と、同様に算出した下流側の推定走行時間 T₂ の和を算出する。そして、P₁, P₂ 間の実際の所要時間 T から差し引いたものを推定休憩時間 RT とする。

$$RT = T - (T_1 + T_2) \quad (1)$$

$$T_1 = \frac{L_1}{V_1} \times 3,600 \quad (2)$$

$$T_2 = \frac{L_2}{V_2} \times 3,600 \quad (3)$$

ここで、

RT: 推定休憩時間 (秒)

T: P₁, P₂ 間の所要時間 (秒)

T₁: P₁ から圏域中心までの推定走行時間 (秒)

T₂: 圏域中心から P₂ までの推定走行時間 (秒)

L₁: 圏域中心と P₁ との直線距離 (km)

L₂: 圏域中心と P₂ との直線距離 (km)

V₁: P₁ とその 1 つ上流の点との間の走行速度 (km/h)

V₂: P₂ とその 1 つ下流の点との間の走行速度 (km/h)

前述の手法で 2015 年 8 月 1 日 (土), 2 日 (日) の 2 日間のデータで推定休憩時間を求めた。なお、速度が低すぎると走行時間が過大になりすぎるため、速度の下限値を 10km/h としている。算出結果を図 5 に示す。V₁, V₂ のいずれもが 40km/h 以上の場合 (非渋滞時) といずれかが 40km/h 未満の場合 (渋滞時) に分類し、累加曲線を描いたものである。

非渋滞時の場合、推定休憩時間が 0±10 秒の間に全体の 88% が集中し、概ね休憩と通過との分離ができていると考えられる。そこで、非渋滞時の休憩判定の閾値は 4.1 節のとおり 60 秒と設定した。

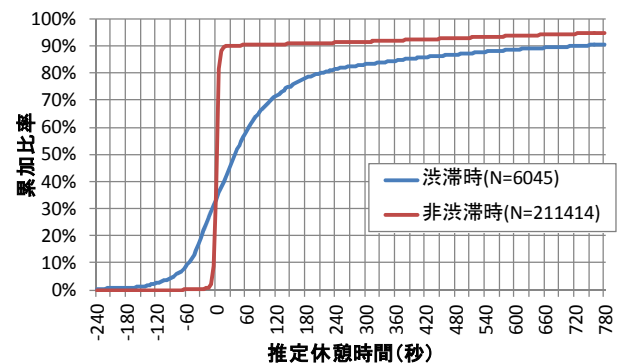


図 5 推定休憩時間の算出結果

一方、渋滞時には、非渋滞時の-10秒は-130秒台、+10秒は+560秒台の累加比率とほぼ同程度となり、推定休憩時間にばらつきが生じている。そこで、渋滞時で推定休憩時間が180~720秒とされた走行履歴(N=720)のうち、8月1日(土)の東名上り線海老名SA付近を通過する軌跡(N=23)を一本ずつ時空間図上で確認した。図6左のように、SAの前後500m区間において、当該区間で軌跡が等間隔にプロットされており、走行していると考えられるものを「通過」、図6右のように分離しているなど「通過」以外のものを「休憩」と分類した。分類した結果、図7のように推定休憩時間400~500秒で「通過」と「休憩」の出現割合が逆転することから、渋滞時の休憩判定の閾値は450秒と設定した。推定休憩時間に対する閾値のみの簡易な判定方法だけでは、結果として誤判定になる可能性もあるが、圏域内のデータ連続性などに着目した判定精度の向上は今後の課題とする。

(3)IC併設休憩施設での追加判定

スマートICなどIC併設の休憩施設では、高速道路のデータだけでは休憩したか流出したかの判定が不可能となる。そのため、前処理の段階で道路種別コードなどにより高速道路のデータを抽出する際に、当該施設位置の中心から1kmの範囲の一般道のデータも合わせて抽出しておき、当該施設付近で一般道のデータが存在した場合には、休憩ではなくICで流出および再流入をしたものと判定した。

4.3 交通行動データの生成

次に、休憩行動を含めた一連の交通行動の実態を把握するため、高速道路に流入してから流出するまでの交通行動データの生成を行った。

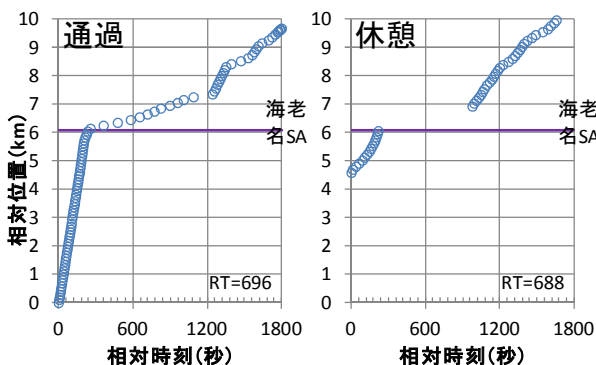


図6 時空間図による休憩行動分類例

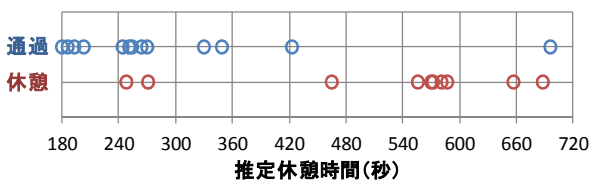


図7 時空間図による休憩行動分類結果

(1)流入情報の生成

ICの上流側の高速道路上のデータが存在しない場合、当該ICから流入したものとし、最初のデータの時刻を流入時刻とした。ただし、IC間の途中でデータが出現した場合、出現した地点の直近上流にあるICを流入ICとし、本線への流入時刻は出現時点の時刻とした。従って、IC流入前の行動は考慮していない。

(2)流出情報の生成

ICの下流側のデータが存在しない場合、当該ICから流出したものとし、最後のデータの時刻を流出時刻とした。ただし、IC間の途中でデータが消失した場合、消失した地点の直近下流にあるICを流出ICとし、本線からの流出時刻および累積走行距離は消失時点のものとした。従って、IC流出後の行動は考慮していない。

(3)休憩情報の生成

4.2節で整理した手法を用いて、休憩施設付近において休憩行動の判定を行い、休憩情報を生成した。なお、上流側圏域境近傍点の時刻に圏域中心までの走行時間 T_1 を加算した時刻を休憩施設への流入時刻、下流側圏域境近傍点の時刻から圏域中心からの走行時間 T_2 を減じた時刻を休憩施設からの流出時刻とした。

(4)その他の処理

交通行動データの生成にあたっては、たとえば往路と復路など同一IDでも別の交通行動とすべき場合などには予めIDをデータに応じて複数に分割したり、異常データのクレンジングなどを行ったりしているが、ここでは詳細は割愛する。

5. 休憩行動の基礎分析

4.2および4.3節で検討した手順で、2015年8月1日(土)、2日(日)の2日間の全国の走行履歴情報から交通行動データを生成した。

5.1 基礎集計

(1)交通行動数と車種構成

生成された交通行動数は105,504トリップである。因みに、2015年8月の高速道路の日平均通行台数は5.4百万台であり¹⁾、ETC2.0搭載車の大まかな混入率は1%程度である。

また、車種構成は小型車が104,415トリップ(99.0%)、大型車が1,088トリップ(1.0%)、軽二輪車が1トリップ(0.0%)であった。車種構成の内訳を表2に示す。小型車がほとんどを占めるため、以降は、小型車(軽二輪車は含まない)のみを対象とする。

(2)交通行動の旅行時間分布

休憩を含む交通行動の旅行時間、及び生成対象日のETCデータによる旅行時間(料金所流出時刻の差)の累加曲線を図8の実線で示した。交通行動の旅行時間の

85 パーセンタイル値は 70 分であった。

ETC データとの比較では、ETC2.0 のほうが旅行時間が短い傾向が見られた。これは、ETC データは走行距離の比較的短い均一料金区間では出時刻と入時刻が同時刻で記録されているため旅行時間を算出できないのに対し、ETC2.0 では均一料金区間も旅行時間を算出することができるため、短距離のトリップが相対的に多いことが一因と考えられる。また、車種構成が普通乗用(3 ナンバー)に偏っているため、ETC2.0 搭載車と ETC 搭載車でトリップ特性に差異がある可能性も否定できない。

また、ID が日毎に変わる影響を把握するため、日跨ぎの旅行時間の累加曲線を図 8 の点線で示した。日跨ぎの占有率は ETC データでは 1.2%であるのに対し ETC2.0 では 0.7%と、半分程度となっている。さらに、日跨ぎの旅行時間の 85 パーセンタイル値は ETC データの 440 分台に対し ETC2.0 では 180 分台と、旅行時間が短いほうに大きく乖離している。これは、

- ・ 休憩中に日付を跨いだ場合には、日付が変わった時点で交通行動が分割され、日跨ぎ扱いとならないこと
 - ・ 日付を跨いで走行した場合でもその後休憩を行うと、その時点で交通行動が分割され、かつ、その休憩時間も計上されないこと
- などの要因が考えられ、深夜の時間調整のための長時間休憩を行う交通行動のデータが十分に生成できていない結果を示しているといえる。

(3)休憩回数と 1 回あたりの休憩時間

小型車の総交通行動 104,415 トリップのうち、16,624 トリップ (15.9%) で 1 回以上の休憩行動が確認され、最大休憩回数は 12 回であった。休憩回数の内訳は図 9 のとおりである。また、1 回あたりの休憩時間は平均で 25.2 分、85 パーセンタイル値は 37 分であった。累加曲

表 2 交通行動の車種構成

種別\用途	1:乗用	2:貨物	3:特殊	4:乗合	凡例
0:軽二輪	1				小型車
1:大型					
2:普通	94772[3]	626[1]	415[8]	47[2]	大型車
3:小型	6409[5,7]	1163[4]	14[8]		軽二輪
4:軽自動車	1793[5]	215[4]	49[8]		

※[]はナンバー分類番号の上一桁を示す

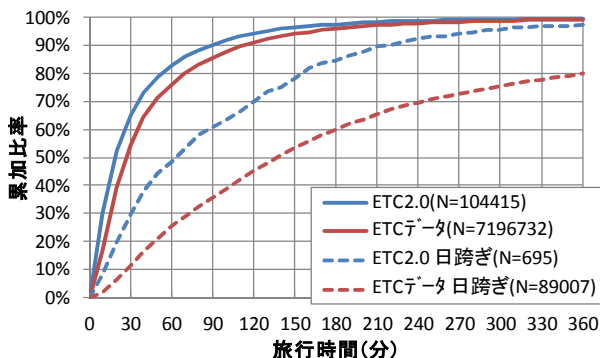


図 8 旅行時間の累加曲線 (小型車)

線は図 10 のとおりである。

5.2 休憩行動モデルの構築を見据えた実態分析

(1)想定される休憩行動の影響要因

休憩行動の影響要因として想定される項目 (図 11) のうち、休憩施設到達時点における、走行時間、距離、到達時刻といった項目が、走行履歴情報から生成した交通行動データに利用できる可能性がある。また、休憩行動の結果である、休憩施設到達時の行動 (通過/立寄り) や休憩時間も同様である。

そこで、以降では、今後構築する休憩行動モデルの説明変数および被説明変数としての利用可能性を考慮した上で休憩行動の実態を分析した。

(2)トリップ距離と休憩回数、総休憩時間との関係

図 12 はトリップ距離別の休憩回数の割合を示したものであるが、概ね距離に比例して休憩回数が増加していく様子が伺える。一方で、200km 超で休憩をしない車が一定の割合で存在し、走行距離 300km 超でも 6%が休憩

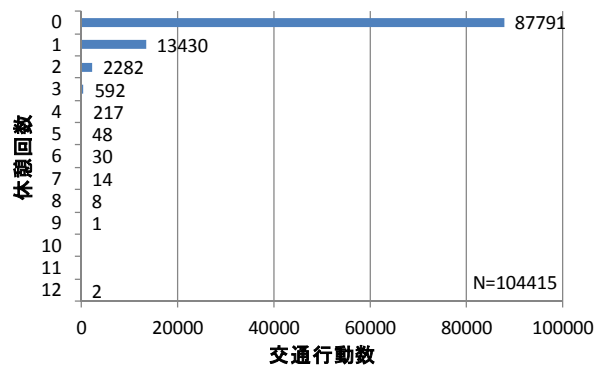


図 9 トリップ行動別休憩回数 (小型車)

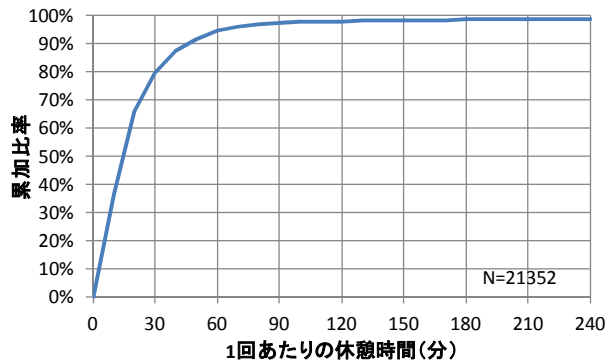


図 10 1 回あたりの休憩時間の累加曲線 (小型車)

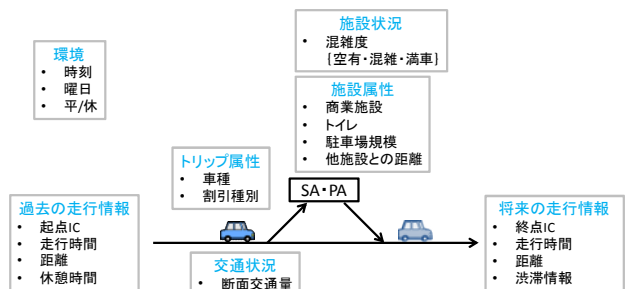


図 11 休憩行動の影響要因として想定される項目

しない実態も確認でき、これらの者に対して安全性の観点から休憩を促す方を考える必要がある。

図 13 はトリップ距離別の総休憩時間の割合を示したものであるが、休憩回数と同様に、概ね距離に比例して総休憩時間が増加していく様子が伺える。

図 14 は休憩回数 1 回以上を対象に総休憩時間とトリップ距離との関係を散布図で示したものである。図中に原点を切片とした近似直線を示しているが、その勾配は 100km あたり 21 分となっている。一方で、相関係数は 0.165 と低い。これは、先行研究⁷⁾で流入時間帯別・トリップ距離別の総休憩時間分布が左右非対称の極値分布系に近似できることを確認しており、同じトリップ距離でも休憩時間に一定の幅があるためであると考えられる。

(3)1 回目休憩と 2 回目休憩との違い

図 15 は、2 回休憩行動が見られるトリップ行動について、1 回目と 2 回目の休憩時間の累加曲線を示したものである。これを見ると、1 回目と 2 回目の休憩時間の形状がほぼ同じであり、P 値 (両側) も 0.668 と有意差も認められない。よって、1 回目と 2 回目の休憩時間分布はほぼ同じであると考えられる。また、図 16 に 1 回目と 2 回目との休憩時間の相関関係を示すが、相関係数も低く、それぞれの回が独立に、ある 1 つの確率分布に従うものとみなしてモデル化してよさそうである。

図 17 は、本線に流入してから 1 回目休憩まで (以下、「0→1 回目」という) の走行時間と 1 回目休憩から 2 回目休憩まで (以下、「1→2 回目」という) の走行時間を比較したものであるが、1→2 回目の方が長い時間走行している割合が高く、特に、30 分以内の走行が 0→1 回目と比較して少ない。これは、IC 流入前の走行が考慮されていないため、0→1 回目では見かけ上短時間走行での休憩が見られるものと考えられる。同様に、図 18 に、0→1 回目と 1→2 回目の走行時間の相関関係を示すが、こちらも相関係数は低く、それぞれが独立したものとみなしてよさそうである。

図 17 は、本線に流入してから 1 回目休憩まで (以下、「0→1 回目」という) の走行時間と 1 回目休憩から 2 回目休憩まで (以下、「1→2 回目」という) の走行時間を比較したものであるが、1→2 回目の方が長い時間走行している割合が高く、特に、30 分以内の走行が 0→1 回目と比較して少ない。これは、IC 流入前の走行が考慮されていないため、0→1 回目では見かけ上短時間走行での休憩が見られるものと考えられる。同様に、図 18 に、0→1 回目と 1→2 回目の走行時間の相関関係を示すが、こちらも相関係数は低く、それぞれが独立したものとみなしてよさそうである。

(4)方向別の休憩行動の違い

上りと下りでは交通行動のパターンが異なるという商用車の分析事例⁴⁾などから、自宅等から目的地に向かう「行き」と目的地から自宅等に戻る「帰り」では交通行動が異なる可能性が考えられる。そのため、休憩行動が方向別で違いがあるのかを確認するために、休憩回数 1 回の、トリップ距離 150~200km 帯を対象に、総トリップ距離における休憩までに走行した距離の割合を算出し

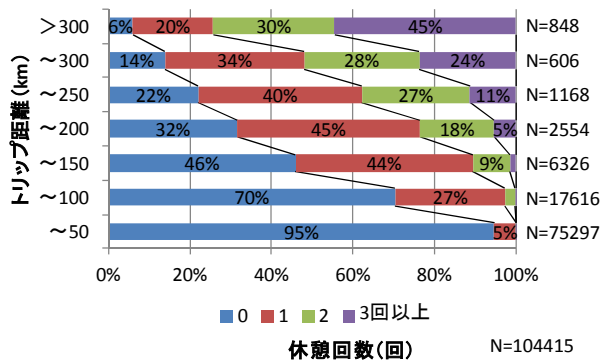


図 12 トリップ距離と休憩回数との関係 (小型車)

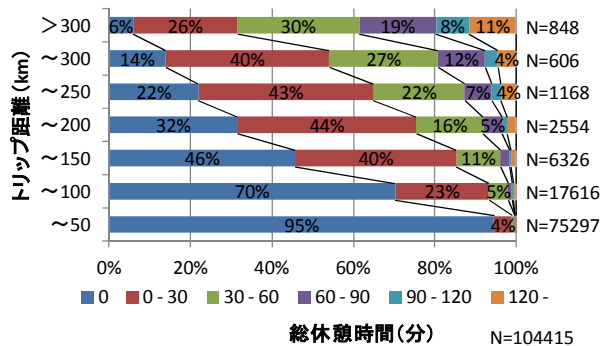


図 13 トリップ距離と総休憩時間との関係 (小型車)

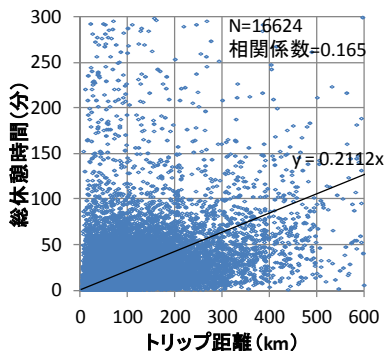


図 14 トリップ距離と総休憩時間との相関関係 (小型車)

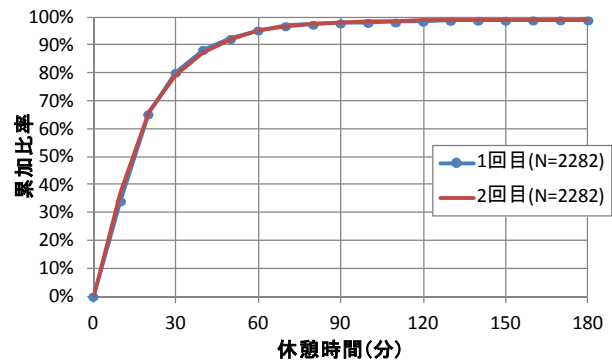


図 15 1 回目と 2 回目の休憩時間の累加曲線 (小型車)

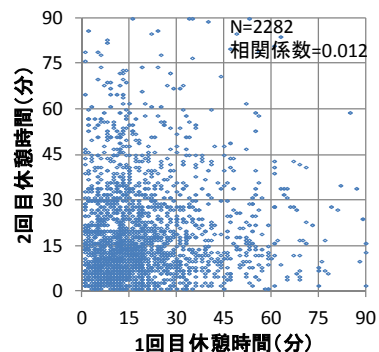


図 16 1 回目と 2 回目の休憩時間の相関関係 (小型車)

た結果を図 19 に示す。方向は、地域に関係なく単純に上下別で分類している。上下線とも、総トリップ距離の半分を超えたあたりでの休憩のピークが見られる。推測の域を出ないが、それなりの距離を走るので、順調なうちはなるべく長く走って距離を稼ぎ、疲労回復のための休憩を行っている可能性が考えられる。

また、方向別での比較では、下りのほうが若干早めに休憩をする傾向が見られるが、施設配置の影響も考えられるため、現状のデータからは特段の違いは読み取れなかった。

(5)SA/PA 別, 流入時間帯別の休憩行動の違い

流入時間帯別の休憩台数と延べ休憩時間を算定した。算定にあたっては、休憩施設の規模や付帯施設の充実度の差を考慮し、SA/PA で分類を行った。台数ベースの算

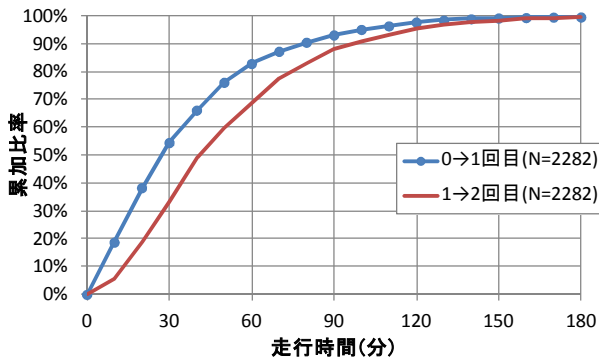


図 17 0→1 回目と 1→2 回目の走行時間の累加曲線 (小型車)

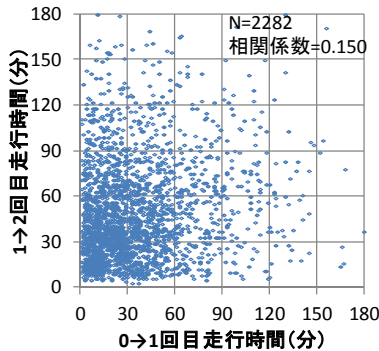


図 18 0→1 回目と 1→2 回目の走行時間の相関関係 (小型車)

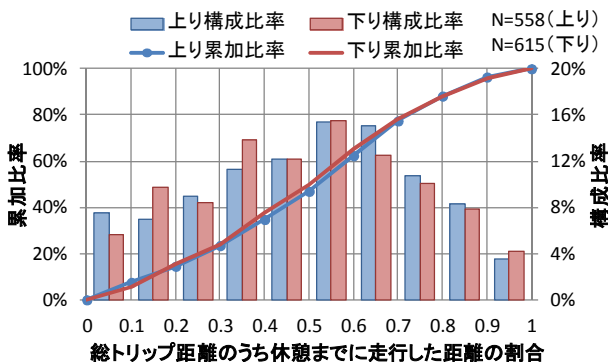


図 19 総トリップ距離のうち休憩までに走行した距離の割合 1 回休憩, 150~200km 帯 (小型車)

定結果を図 20 に、延べ休憩時間ベースの算定結果を図 21 に、平均休憩時間を図 22 に示す。

1 日の中での台数ベースのピークは SA/PA とともに 15 時台となっている。午前中のピークは、PA では 10 時台となっているのに対し、SA では 11 時台となっている。これは、主に食事施設の充実度の差が表れているものと考えられる。一方で、延べ休憩時間のピークは SA で 11 時台、PA で 12 時台となっており、施設の充実度の差に関わらず昼食のために前後の時間帯より長めの休憩をとるためと考えられる。ただし、PA は SA と比較すると標準偏差が大きく、食事可能な施設有り無しが混在する PA の利用目的が SA と比較してばらばらであると推測される。

午後の時間帯では、各時間帯とも台数ベースに比較して休憩時間ベースでの SA と PA との差が大きくなって

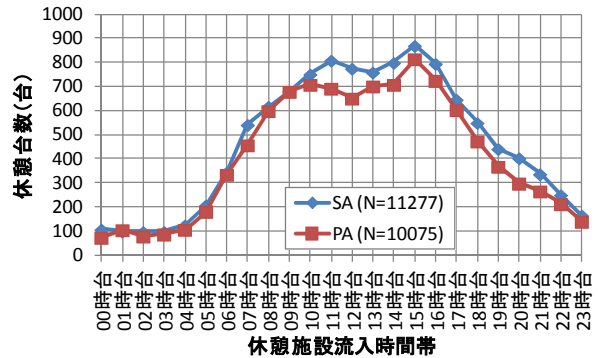


図 20 SA/PA 別流入時間帯別休憩台数 (小型車)

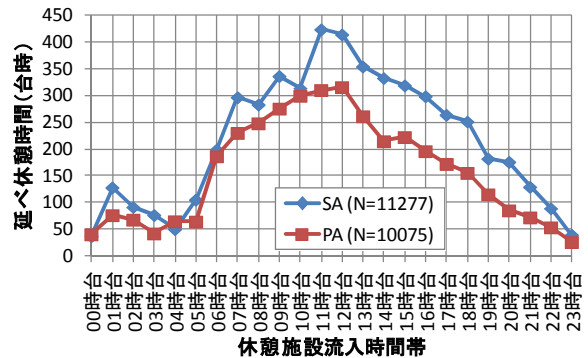


図 21 SA/PA 別流入時間帯別延べ休憩時間 (小型車)

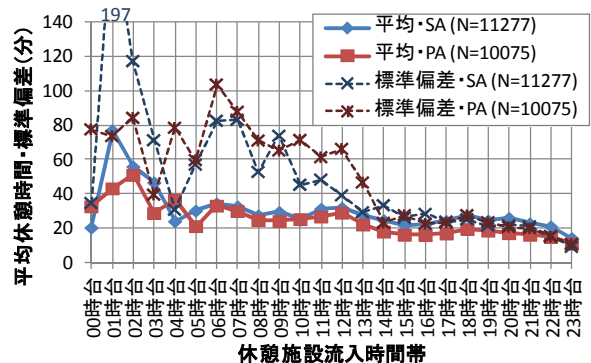


図 22 SA/PA 別流入時間帯別平均休憩時間と標準偏差 (小型車)

いる。これは、SA のほうが施設の充実度が相対的に高いことから休憩時間が長くなっているものと考えられる。また、台数ベースでは、20 時台、21 時台はその前後の時間帯と比較して SA と PA との差が大きくなっている。これも PA は売店・スナックコーナーの閉店時間が早いなどの影響が想定される。

深夜時間帯では、台数ベースでは特段ピークが見られないが、休憩時間ベースでは1 時台がピークで時間が進むにつれ徐々に減少する傾向が見られる。これは、午前中のレジャーなどの開始時刻に合わせて時間調整をするための長時間休憩で、休憩施設流入時間帯が明け方に近いほど時間調整のための休憩時間が短くなることを表しているものと考えられる。

なお、平均休憩時間は23 時台が最も短くなっている。これは、ID が日毎に変わるため、日を跨いで0 時以降に流出した車両を捕捉できず 23 時台流出の車両のみで構成されていることが影響していると考えられる。

6. おわりに

本稿では、ETC2.0 プローブデータの走行履歴情報を活用し、個々の車両の休憩行動を含むトリップ行動のデータベース化を図り、それを基に個別の休憩行動に対する実態把握を行った結果を報告した。具体的には、

- ・ 休憩行動の抽出に当たり、速度に着目した「圏域」の概念を用いることで、特に非渋滞時では高い精度で休憩行動を抽出できた。
- ・ 交通行動データの基礎分析から、データは小型車(特に普通乗用)に偏っている、日跨ぎの交通行動が再現できないなどの課題や制限があるという留意点を定量的に確認できた。
- ・ モデル化の観点からの基礎分析では、1 回目休憩と2 回目休憩は独立した分布とみなせるなどの知見を得た。

など、交通行動データ生成の手法を確立するとともに、次なる展開に向けての知見や留意点を得た。

今回は、2015 年8 月1 日(土)、2 日(日)の2 日間のみを対象として分析を実施したが、「道路プローブ情報収集システム」では、日々データの蓄積が行われているため、より長期間を対象とすることも可能である。一方、走行履歴情報に関しては、データ記録のタイミングや付与された情報に関して不明な部分も残っており、データクレンジングや休憩行動判定方法についてはまだまだ改善の余地があると考えられる。

今後の課題としては、休憩行動判定のさらなる精度向上をめざしつつ、長期間を対象とした分析を実施する必要があることが挙げられる。併せて、この結果を利用した休憩行動モデルの検討も進めていく。

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, (CD-ROM), 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, (CD-ROM), 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, (CD-ROM), 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 (CD-ROM), 2015
- 5) 山田隆広, 倉内慎也, 吉井稔雄, 永井基博: アンケート調査データに基づく松山自動車道利用者の休憩施設選択行動の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.52, (CD-ROM), 2015
- 6) 平井章一, Jian Xing, 高橋亮介, 堀口良太, 白石智良, 小林正人: 都市間高速道路ネットワークを対象とした交通流シミュレーションの開発, 土木計画学研究・講演集, Vol.50, (CD-ROM), 2014
- 7) 平井章一, Jian XING, 堀口良太, 宇野伸宏: ETC データに基づく都市間高速道路におけるマクロ休憩行動モデルの構築, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 72, No. 5, p.I_661-I_671, 2016
- 8) 平井章一, Jian XING, 堀口良太, 宇野伸宏: 都市間高速道路における長時間休憩に対応したマクロ休憩行動モデルの構築, 土木計画学研究・講演集, Vol.53, (CD-ROM), 2016
- 9) 一般財団法人 ITS サービス高度化機構: ITS-TEA ニュース 第4 号 (2016 年7 月), ITS-TEA ニュース, <https://www.its-tea.or.jp/wp-content/uploads/2016/07/No04n.pdf>, 2016 (2016 年8 月19 日閲覧)
- 10) 佐治秀剛, 田中良寛, 鹿野島秀行, 牧野浩志: プロブ情報利活用システムの構築, 土木技術資料, NO.8 Vol.56, P16~19, 2014
- 11) 公益財団法人高速道路調査会: 高速道路統計月報平成27 年8 月分, 高速道路と自動車 第58 巻 第11 号, 公益財団法人高速道路調査会, P77~88, 2015