

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分析 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

休憩施設改良による魅力度向上、休憩施設混雑情報の提供など休憩施設を活用した交通関連施策の評価のためには、高速道路利用者の行動変容を分析する必要があるが、そのうち、休憩行動の研究事例は少なく、実態は明らかではない。本研究では、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評価への適用を目指している。もし、休憩行動モデルを交通シミュレーションに実装できれば、高速道路上での情報提供等により早めの休憩取得を促進する施策や、交通集中時に休憩施設を活用する交通円滑施策の評価等が可能になると期待される。

本稿では、ETC2.0 プローブデータを活用し、個々の車両の休憩行動のデータベース化を図り、それを基に休憩行動の実態分析を行った結果を報告する。

Keywords: ETC2.0 プローブデータ, 高速道路, 休憩施設, 休憩行動

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「NEXCO3 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、駐車ます、お手洗い、営業施設など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) から流入し目的地の IC を流出するまでの一連の高速道路トリップ行動 (以下「トリップ行動」という) が施策の実施によりどのように変容するかを予測する必要がある。

しかし、トリップ行動のうち、「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、NEXCO3 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。更に、実態により近いトリップ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。

本研究では、様々な交通データを活用した休憩行動の実態分析結果を基に、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。著者らの先行報告では、高速道路利用者全体に占める利用率が約9割に上る ETC データと車両感知器データとを融合させた、休憩施設滞在時間に着目したトリップ行動のマクロ的な実態分析を行い⁷⁾、その結果を基にマクロ休憩行動

1 正会員, 株式会社高速道路総合技術研究所
〒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

3 非会員, TOP, 株式会社アイ・トランスポート・ラボ

4 正会員, 工学博士・TOE, 株式会社アイ・トランスポート・ラボ

5 正会員, 博士(工学), 京都大学大学院工学研究科

モデルを構築している⁸⁾⁹⁾。しかしながら、ETC データの特性として、高速道路への流入と流出に関する情報しか得られないため、休憩回数や具体的な休憩場所といった詳細な休憩行動の分析には至っていない。

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情報が必要となる。そこで、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、トリップ行動を示すデータ、即ち、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、「トリップ行動データ」という）に基づき、休憩行動の実態分析を行った。本稿では、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トリップ行動データの生成をするためのロジックの検討結果、ならびにデータベース化された休憩行動の基礎的な分析結果を報告する。

2. ETC2.0 走行履歴情報の概要

本報告で使用した 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「プローブ情報利活用システム」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。

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 ID 1
	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

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 ID 1」（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「トリップ」（先に述べた「トリップ行動」とは意味が異なる）と呼んでおり、データ間の時間差や距離差が大きなど、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。

3. 休憩行動の抽出とトリップ行動データの生成

3.1 データ記録間隔の特性把握

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。

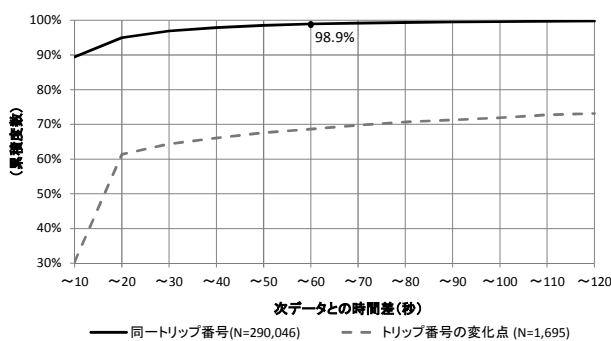


図-1 ID 別・時系列順の走行履歴情報の記録間隔

図-1は、2015年8月1日（土）の東名高速道路上り線大井松田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のについて、次データとの時間差を累積度数で表したものである。「トリップ番号」が同一のデータ間では、次データとの時間差が60秒未満となるものが98.9%を占めており、休憩行動が含まれると考えられる1分以上の時間差は1%程度しかない。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%以上存在し、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。

3.2 休憩施設付近の時空間軌跡図による走行履歴情報の特性把握

休憩行動の把握には、個別のIDについて、休憩施設到達時の行動（通過／立寄り）、利用した休憩施設の施設名・日時、休憩時間の特定もしくは推定が必要となる。

図-2は、2015年8月1日（土）の東名高速道路上り線の本線リンクにマッチングされたデータを用いて、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」が不連続な箇所（以下、単に「不連続箇所」という）を表す。

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は不連続箇所で「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やD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Bと同様に、「通し番号」が連番になっていない箇所であるが、その間のデータがマップマッチング失敗か本線リンク外にマッチングされており、それらも含めると、実際のデータは連続していることになる。現状のETC2.0のマップマッチング処理では、特にIC・ジャンクション（以下「JCT」という）部やSA/PAでの誤マッチングが少なくないため、「本線リンクにマッチングされた」データのみを用いると、SA/PAを通過しても、SA/PAリンクに誤マッチングされて不連続箇所と判定される場合が残ってしまう。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もあり、「通し番号」の連続判定は休憩行動抽出には不十分といえる。

そこで、以降では不連続箇所の定義を「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。

3.3 休憩行動の抽出

(1)不連続箇所の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、休憩した場合はSA/PAの上流もしくは下流の一定範囲で欠落することがあるため、ここではSA/PAから一定半径の円（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。

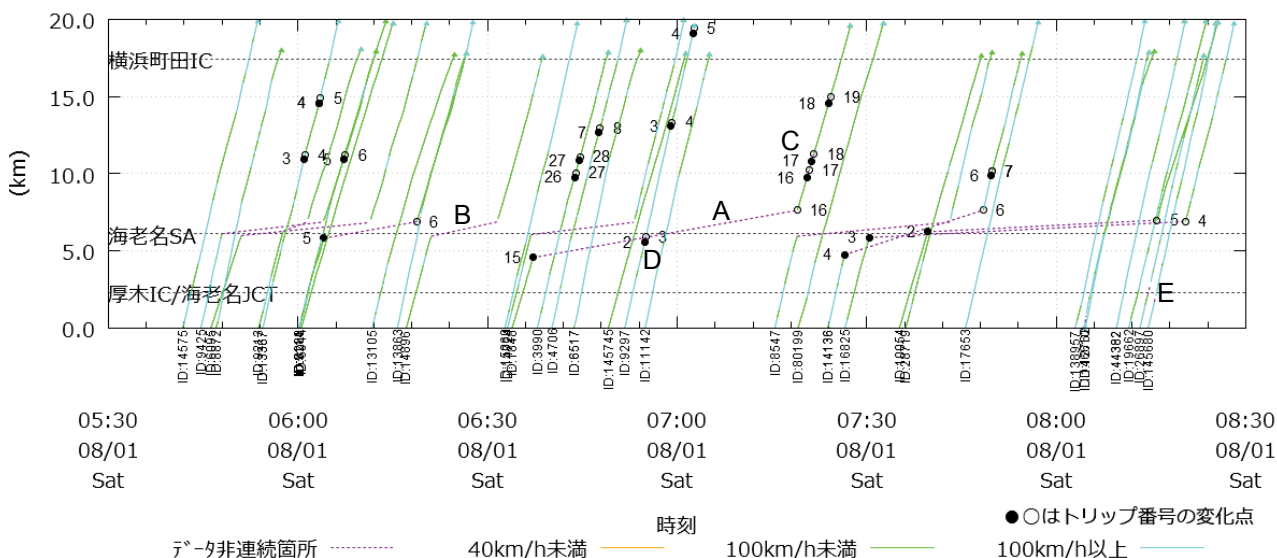


図-2 2015年8月1日(土)の東名高速道路上り線 海老名SA付近の時空間軌跡図

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 圏域と不連続箇所との関係を図-3に示す。パターン1はSA/PA 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SA/PA 圏域に一点も含まれず、かつ不連続箇所の両端を結ぶ線分がSA/PA 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したものと見なす。

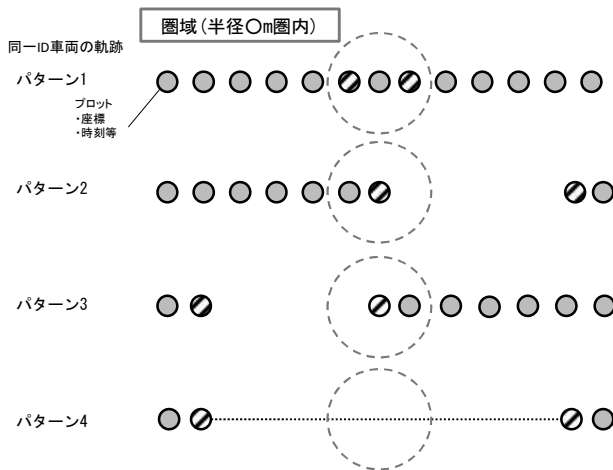


図-3 SA/PA 圏域と不連続箇所との関係

(2) 渋滞速度を考慮した不連続箇所の判定閾値

3.1 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が、60秒は休憩時間としては非常に短い上、記録間隔が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不連続箇所として抽出されてしまう可能性がある。

このため、海老名SA付近で実際に渋滞が発生していた状況下において、不連続箇所の判定閾値を60秒、180秒、300秒以上として、海老名SA近傍で不連続箇所が検出された車両軌跡のみを時空間図にプロットして状況を確認した（図-4）。紫点線は不連続箇所を、その他の線の色は2点間の走行速度別に色分け表示したものである。

閾値が60秒の場合は、同一ID内で時間差が閾値を超えるデータが複数かつ連続的に（時間差が閾値近辺のデータも含む）存在するなど渋滞中に本線を通過しているとみられる車両（例えば、図中F）が多数抽出されているのに対し、180秒では前後のデータとの時間差が大きかけ離れた、休憩とみられる車両のみが抽出されている。また、180秒と300秒では大きな違いは見られなかった。

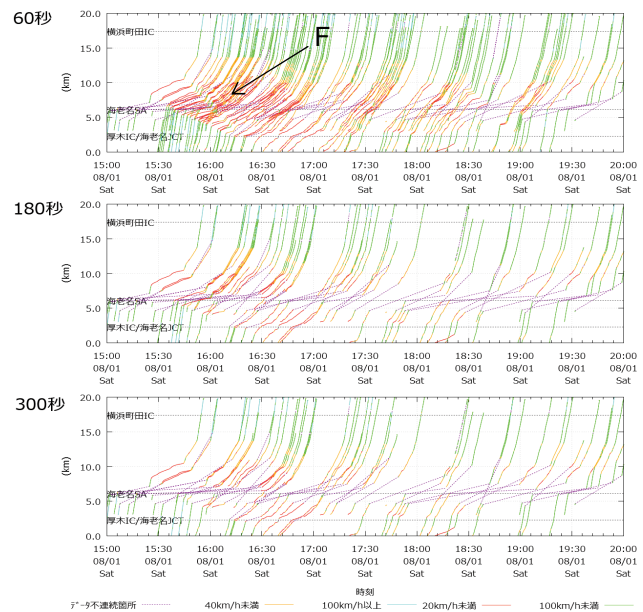


図-4 海老名SA付近でデータ記録間隔が〇秒以上の車両の時空間図

閾値を180秒とした場合、記録間隔が200mで走行速度は歩行と同程度の4km/hに相当することになり、渋滞中を走行する多くの場合との混同が避けられると考えられる。

(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。

3.4 トリップ行動データの生成

次に、休憩行動を含めた一連のトリップ行動の実態を把握するためトリップ行動データの生成を行った。

(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、流入時刻は出現時点の時刻とした。

(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、流出時刻および累積走行距離は消失時点のものとした。

(3) 休憩情報の生成

3.1 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、不連続箇所の端点の時刻をそれぞれ休憩施設流入時刻・流出時刻とし、その時間差を休憩時間と定義しており、点間走行時間に相当する誤差が含まれている。

(4) その他の処理

トリップ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 でも別のトリップ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。

4. 休憩行動の基礎分析

4.1 基礎集計

3.3 および 3.4 節で検討した手順で、2015 年 8 月 1 日（土）～2 日（日）の全国の走行履歴情報からトリップ行動データを生成した。抽出されたトリップ行動数は 131,329 トリップである。車種構成は小型車（3,4,5,7 ナンバー）が 129,857 トリップ（98.9%）、大型車（1,2 ナンバー）が 1,470 トリップ（1.1%）、不明が 2 トリップ（0.0%）であった。以降、小型車についての集計結果を示す。

小型車の総トリップ 129,857 トリップのうち、18,057 トリップ（13.9%）で 1 回以上の休憩行動が確認され、最大休憩回数は 9 回であった。休憩回数の分布は図-5 のとおりである。また、1 回あたりの平均休憩時間は SA:22.9 分、PA:15.9 分、最大休憩時間は 128 分（SA）であった。休憩時間の分布は図-6 のとおりである。

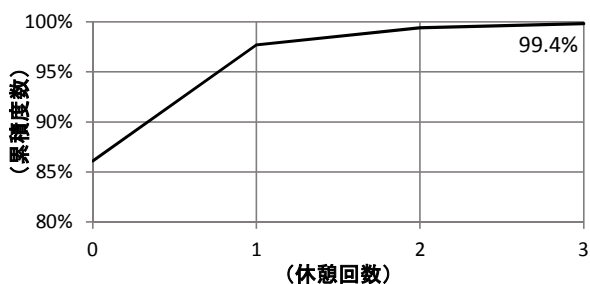


図-5 休憩回数分布（小型車）(N=129,857)

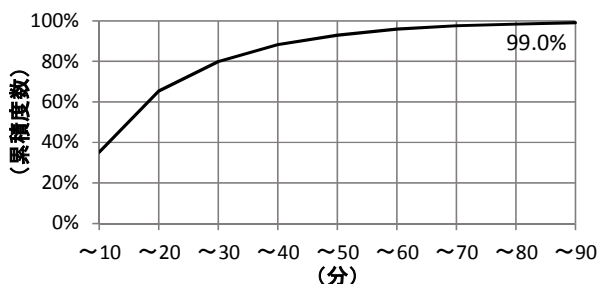


図-6 休憩時間分布（小型車）(N=129,857)

休憩行動の抽出結果を元に集計した小型車の休憩施設への立寄り率について、休憩台数が上位 10 位までとなったものを表-2 に示す。参考として、NEXCO3 社が調査した 2013 年の休日の観測値(全車種)も併せて表記した。施設により若干のばらつきはあるものの、観測値と大差無いことが確認された。

表-2 休憩施設への立寄り率（小型車）

施設名	路線名	上り				下り			
		休憩(台)	通過(台)	立寄り率(%)	(実測値)	休憩(%)	通過(%)	立寄り率(%)	(実測値)
海老名SA	東名	353	1,678	17.4	21.1	347	1,596	17.9	23.1
談合坂SA	中央道	402	861	31.8	22.6	244	892	21.5	24.2
足柄SA	東名	203	1,044	16.3	19.9	262	893	22.7	21.0
御在所SA	東名阪道	170	776	18.0	15.0	130	988	11.6	15.9
蓮田SA	東北道	116	1,122	9.4	16.6	173	886	16.3	18.4
恵那峡SA	中央道	153	507	23.2	28.7	131	423	23.6	27.1
土山SA	新名神	99	554	15.2	22.6	157	469	25.1	28.5
三芳PA	関越道	108	920	10.5	22.2	140	895	13.5	16.2
西宮名塩SA	中国道	96	1,183	7.5	11.2	147	1,132	11.5	11.7
守谷SA	常磐道	150	818	15.5	23.2	86	486	15.0	20.0

*全車種

4.2 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-7）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トリップ行動データを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。

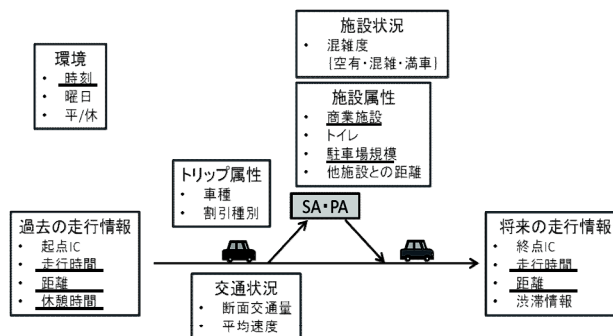


図-7 休憩行動の影響要因として想定される項目
（下線は本報告で分析を行う項目）

(2) トリップ行動の距離分布、時間分布

トリップ行動の距離分布を図-8、時間分布を図-9 に示す。距離は 100km 以下の割合が約 9 割で、99.0%が 200km 以内に収まっている。最大値は 714km であった。なお、筆者らの先行報告⁷⁾の ETC データによるトリップ距離別トリップ数の累加比率（2012 年 11 月）では、休日の小型車は 100km 以内が 81.3%、200km 以内が 94.6%とな

っており、本報告の方が短いトリップが多く見られる結果となっている。

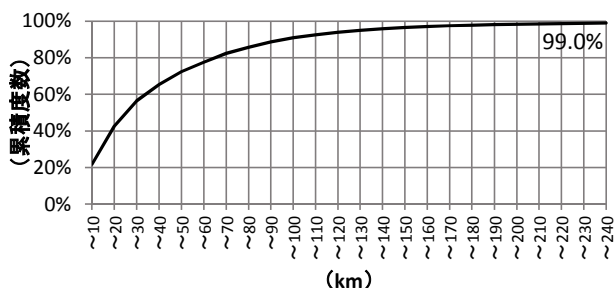


図-8 トリップ行動の距離分布（小型車）(N=129,857)

時間については90分以下の割合が約9割で、最大値は772分であった。なお、この時間分布には休憩時間が含まれている。

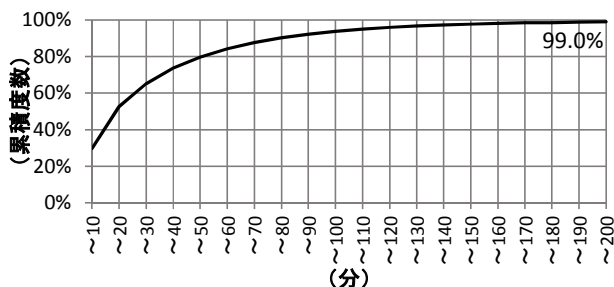


図-9 トリップ行動の時間分布（小型車）(N=129,857)

(3)総トリップ長と休憩回数、総休憩時間との関係

次に、総トリップ長と休憩回数、総休憩時間の関係について分析した。図-10は総トリップ長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。

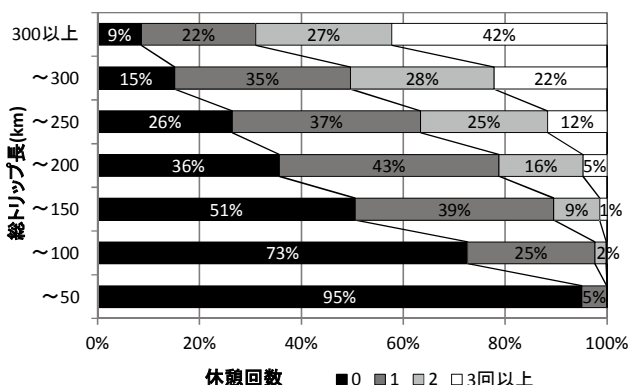


図-10 総トリップ長と休憩回数の割合（小型車）(N=129,857)

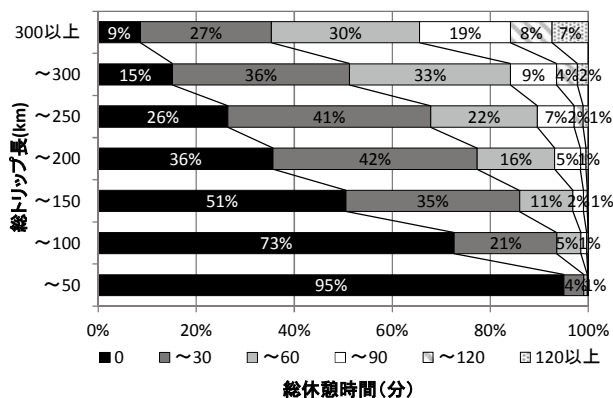


図-11 総トリップ長と総休憩時間との関係（小型車）(N=129,857)

図-11は総トリップ長別の総休憩時間の割合を示したものであるが、総トリップ長が300km未満のトリップ行動においては、総休憩時間が1時間以内となっているトリップ行動が8割強を占めている。

(4)1回目休憩と2回目休憩の違い

図-12は、2回以上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積度数分布を示したものである。これを見ると、1回目と2回目の休憩時間の長さはほぼ同じであると考えられる。図-13は、0→1回目休憩までの走行時間と1→2回目休憩までの走行時間を比較したものであるが、1→2回目休憩までの方が長い時間走行している割合が高いことがわかる。また、いずれの場合も走行時間はほぼ2時間以内に収まっている。

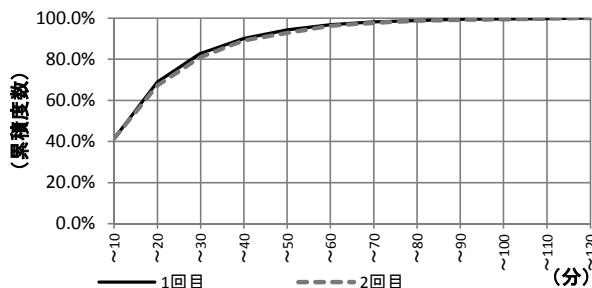


図-12 休憩時間分布（小型車）(N=2,986)

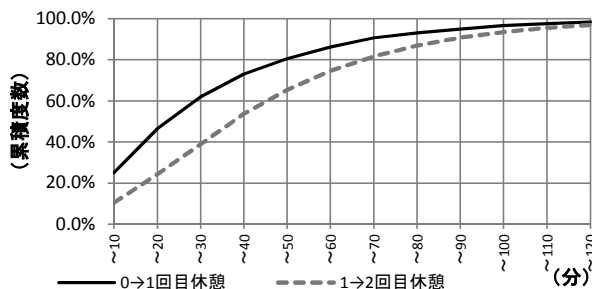


図-13 走行時間分布（小型車）(N=2,986)

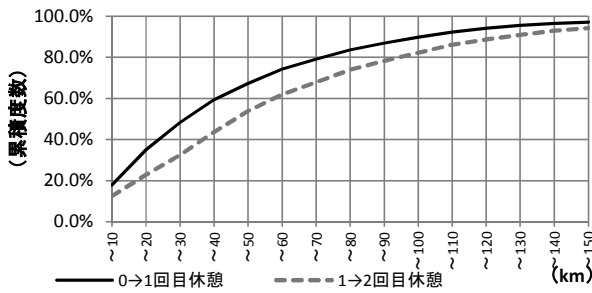


図-14 走行距離分布（小型車）(N=2,986)

図-14は、0→1回目休憩までの走行距離と1→2回目休憩までの走行距離を比較したものであるが、1→2回目休憩までの方が長い距離を走行している割合が高いことがわかる。また、1回目の休憩を100kmまでに取っている車両が約9割存在し、2回目の休憩についても150kmまでには約9割の車両が休憩を取っているとみられる。

(5)SA/PA 別、時間帯別の休憩行動の違い

続いて、総休憩車両に対する時間帯別の休憩車両の割合を算定した。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で分けて行った。その算定結果を図-15に示す。

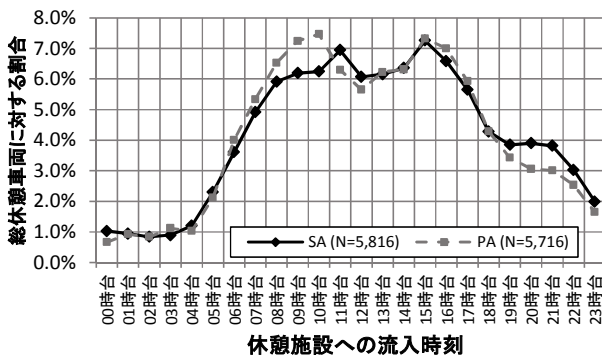


図-15 SA・PA 別総休憩車両に対する各時間帯の車両数の割合（小型車）

午前中は、PAでは10時台がピークとなっているのに対し、SAでは11時台がピークとなっている。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。午後は、SA/PAとも15時台がピークであるが、19時以降はSAの割合の方が高くなっており、これも食事施設の充実度の影響が想定される。

5. おわりに

本報告では、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のデータベース化を図り、それを基に休憩行動の実態分析を行うことができた。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、「プローブ情報活用システム」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, 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, 小林正人, 堀口良太, 宇野伸宏: ETC データを活用した都市間高速道路における休憩施設滞在時間推定に関する基礎分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, (CD-ROM), 2015
- 8) 平井章一, Jian XING, 小林正人, 堀口良太, 宇野伸宏: ETC トリップデータの分析に基づくマクロ休憩行動モデルの構築, 土木計画学研究・講演集, Vol.52, (CD-ROM), 2015
- 9) 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
- 10) 佐治秀剛, 田中良寛, 鹿野島秀行, 牧野浩志: プローブ情報活用システムの構築, 土木技術資料, NO.8 Vol.56, P16~19, 2014