

都市間高速道路における長時間休憩に対応した 総休憩時間推定モデルの構築

平井 章一¹・Jian XING²・堀口 良太³・宇野 伸宏⁴

¹正会員 中日本高速道路株式会社 (〒507-0052 岐阜県多治見市光ヶ丘5-28)

E-mail: s.hirai.aa@c-nexco.co.jp

²正会員 株式会社高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生一丁目4-1)

E-mail: xing@ri-nexco.co.jp

³正会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ (〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-10)

E-mail: rhoriguchi@i-transportlab.jp

⁴正会員 京都大学教授 大学院工学研究科 (〒615-8530 京都市西京区京都大学桂Cクラスター)

E-mail: uno.nobuhiro.2v@kyoto-u.ac.jp

本研究は、都市間高速道路における長時間休憩行動を考慮した休憩施設滞在時間の推定モデル構築を目的とする。まず、長時間休憩の実態をマクロ的に把握する。次に、長時間休憩が深夜割引適用時刻と日中に設定された予定時刻の、2種類の流出希望時刻までの時間調整行動の結果であるという仮説に基づき、通常休憩時間分布と合わせて、3種類の休憩時間分布を複合させた総休憩時間分布を推定する。最後に、推定モデルのパラメータを分析し、長時間休憩に関しての考察を行った。

モデルの推定結果から、長時間休憩の構成割合を定量的に把握することができた。また、長時間休憩を行う車両の流出時刻分布から、流入時間帯によらず0時台と6~7時台に流出のピークが存在し、特に後者のピークは距離帯によらず流出時刻分布がほぼ一定であるなどの知見を得た。

Key Words : ETC data, resting behavior modeling, service area, inter-urban expressway

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「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は交通行動を1台毎に再現する仕様となっており、これまでに、交通状況に応じた経路選択行動モデルが実装されている。ENSに休憩行動モデルが実装されれば、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になると期待される。

このため、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を目指している。著者らの先行研究⁷⁾では、利用率が90%に近いETCデータと車両感知器データを利用して、休憩施設での総滞在時間に着目した利用行動実態のマクロ的な分析を行っている。ここでは、総休憩時間120分超を長時間休憩の目安とし、200kmを超える距離帯で時間調整目的での長時間休憩が頻出する実態と、1時間程度の休憩（通常休憩）が昼食及び夕食時間帯に高速道路を通行する場合に頻出する実態を確認するとともに、分析結果を基に、主に通常休憩を対象とした総休憩時間推定モデルの構築を行っている。また、これに並行して、個別車両の走行軌跡が追跡できるETC2.0プローブデータの走行履歴情報を活用し、トリップ中の各休憩施設への立ち寄りや休憩時間を推定する休憩行動モデル構築にも取り組んでおり、その前段としての休憩行動データベースの構築手法を検討している⁸⁾。

本研究は、長時間休憩に着目した休憩施設滞在時間の推定モデルの構築を行うとともに、長時間休憩の実態をマクロ的に明らかにすることを目的とする。具体的には、先行研究の結果を基に、長時間休憩が深夜割引などの適用を受ける時刻や業務やレジャーなど主に午前中に設定された予定の開始時刻（以下「業務開始時刻」という）に合わせて高速道路を流出するための時間調整行動の結果であるという仮説に基づき、長時間休憩にも対応した総休憩時間を推定するモデルを構築し、その結果から長時間休憩に関する考察を行う。

2. ETCデータに基づく総休憩時間の推定

先行研究⁷⁾では、全国の都市間高速道路でのETCデータと感知器速度データからトリップの総休憩時間を推定している。具体的には、図-1に示すとおり、ETCデータから算出した旅行時間から走行時間を差し引いて総休憩時間を推定する。なお、ここでの走行時間は、流入出IC間の最短距離経路を休憩をしないで走行したと仮定し、流入時刻から感知器勢力範囲をその時点での感知器速度で通過する時間を走行軌跡に沿って合計して求めた。これにより、渋滞による速度低下など実態により近い走行

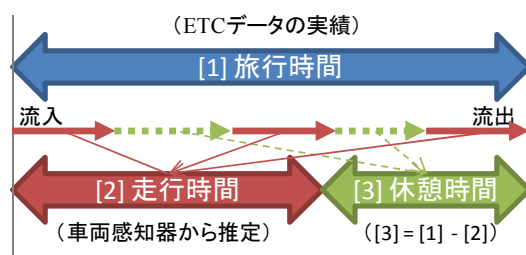


図-1 旅行時間と走行時間・休憩時間との関係

時間となっている。

対象トリップには休憩をしないトリップも含まれており、総休憩時間には、感知器による平均走行速度と個別車両の走行速度が異なることで生じる誤差や、特に経路上に渋滞がある状況下で、途中の休憩場所や時間によっては、流入時を基準にした時空間走行軌跡と実際の走行軌跡が異なることで生じる誤差が含まれている。このため、総休憩時間は見かけ上マイナス側にも分布するが、ここで用いているデータだけでは、これらの誤差を分離できないため、先行研究⁷⁾では「休憩しない」場合も含めた通常休憩の時間分布を、マイナス側にも広がるガンベル分布で近似できるとし、流入時間帯と距離帯別に最尤パラメータを推定している。

この方法では立寄りの有無や個別の休憩時間など詳細な休憩行動を把握することができない。また、前述の誤差に対する留意も必要である。しかしながら、9割近い利用者の休憩行動を把握できる優位性を活かして、車種やトリップ距離あるいは通行時間帯等の要因がどのように休憩時間に影響するかを集計的なアプローチで分析でき、休憩行動のマクロ的なモデル化ができると期待される。このようなマクロな視点での休憩行動の把握は、今後、個別車両のプローブデータの蓄積が進み、よりミクロな分析に基づく行動モデルが構築された場合の再現性を検証する上での指針として有用であるほか、シミュレーションへの実装において、マイクロモデルと組み合わせ、例えば、高速道路流入時にマイクロモデルで総休憩時間を決めた上で、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、総休憩時間を超えないようトータルコントロールするなど、再現精度の向上が期待できると考えられる。

3. 長時間休憩の実態把握

本章では、先行研究で示唆された、長時間休憩は深夜割引適用時刻や業務開始時刻などの流出希望時間帯の影響を受けるという実態を定量的に把握することを試みる。ここでは、先行研究で推定した、2012年11月の1ヶ月分の総休憩時間（以降では、これを「実績値」とみなす）を分析対象とした。なお、当該時期における深夜割引は、0時～4時に通行する（当該時間帯を跨ぐことも含む）車両に対して、通行料金が半額となるものである。

(1) 長時間休憩車両の割合

ここでは、総休憩時間の実績値を基に、長時間休憩車両が高速道路休憩施設に及ぼす影響について述べる。

図-2に、2012年11月の1ヶ月間の、個車の総休憩時間15分超の車両を対象とした、休憩車両台数と延べ総休憩時

のトリップも含まれるため、トリップ距離 100km 台の小型車の場合、流入時間帯に 1~2 時間を加えた時間帯が流出時刻のピークとなる。流入時間帯 2 時~10 時台がそれに該当する。ただし、流入時間帯 0 時台以前では、通常休憩車両によるピークや集計対象時間帯の最初である流出時間帯 3 時台のピークに加え、6 時台流出をピークとして、11 時台までなだらかに減少する複合分布が見られる。

図-5 での 3 時台流出のセルが連続して小型車で 5 以上、大型車で 10 以上となる流入時間帯における流出時間帯の累加曲線を図-6 に示すが、この分布形は、流入時刻が早くなるにつれ（図中では色が濃くなるにつれ）流入時間帯 3 時台の値が下がり、6~7 時台をピークとする一定の、距離帯によらないある分布形に収束する様子が見受けられる。これは、長時間休憩行動が、距離帯によらず一定の流出希望時間分布に従って休憩時間を決めていたことを示唆している。なお、流入時刻が遅いほど、早い流出時間帯で分布が乖離するのは、通常休憩の影響が含まれるためと考えられる。

4. 流出時刻調整行動を考慮した総休憩時間推定モデル

(1) 総休憩時間推定モデルの構築方針

以上の分析から、総休憩時間推定モデルでの休憩時間

分布は、通常休憩分布に加えて、深夜料金割引の適用を受けられるよう、若しくは、早朝から午前中にかけての業務開始時間帯に流出できるよう時間調整するための長時間休憩（以下、前者を「深夜割引時間調整休憩」、後者を「業務開始時間調整休憩」という）分布が複合した形式になっていると考えられる。

いずれの時間調整休憩分布も休憩することを前提としたトリップのみを対象としており、ある時刻以降に流出を希望する行動であると考え、ゼロ以上の値で定義されるガンマ分布のほうが適していると考えられる。従って、2 つの時間調整分布はガンマ分布を横軸にオフセットさせて近似することとした。なお、通常休憩分布は先行研究と同様にガンベル分布で近似することとした。

即ち、距離帯 d 、流入時間帯 t のトリップに対して、式(1)で休憩時間の累積確率密度分布 $R_{d,t}(x)$ を与えるものである。

$$R_{d,t}(x) = \alpha_{d,t} F_1(x, \mu_1, \eta_1) + \beta_{d,t} F_2(x, k_2, \theta_2, o_2) + \gamma_{d,t} F_3(x, k_3, \theta_3, o_3) \quad (1)$$

ここで、

$R_{d,t}$: 休憩時間の累積確率密度分布

d, t : 走行距離, 流入時間帯

$F_1(x, \mu_1, \eta_1)$: 通常休憩対象の累積確率密度分布

$F_2(x, k_2, \theta_2, o_2)$: 深夜割引時間調整休憩対象の累積確率

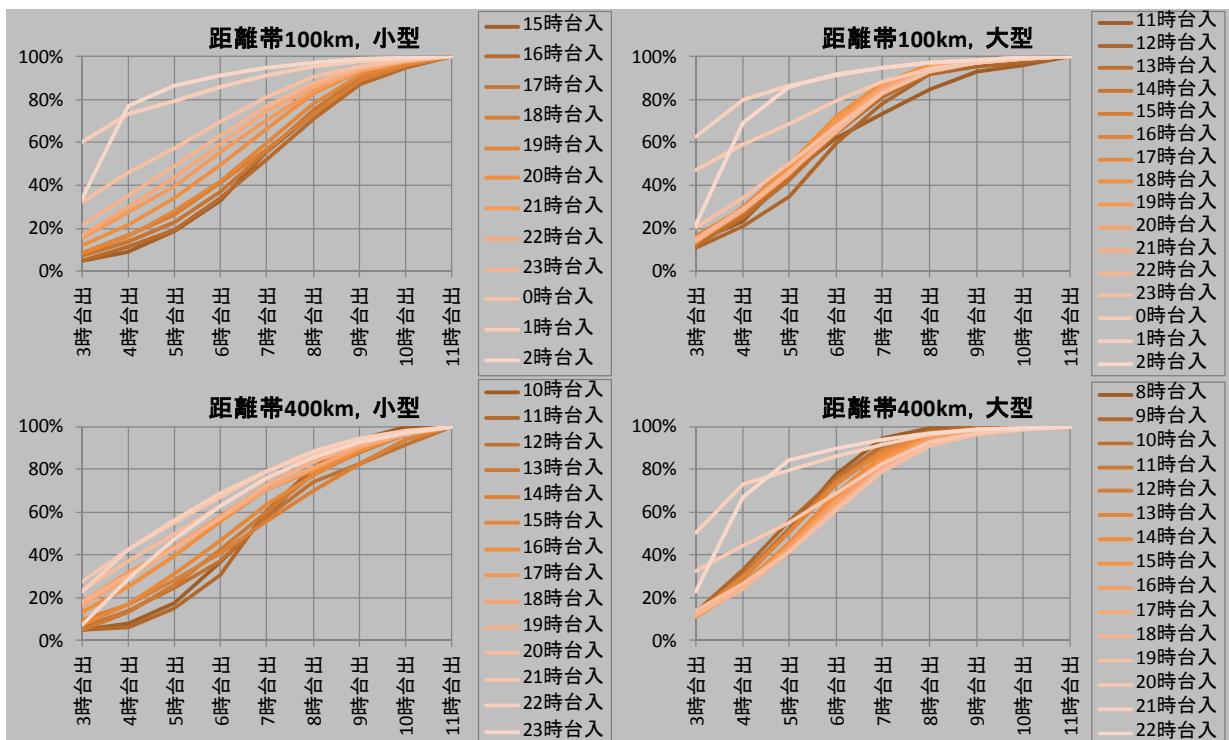


図-6 3~11 時台流出に特化した流入時間帯別流出時間帯の累加曲線（左側：小型車，右側：大型車，上段：距離帯 100km 台，下段：距離帯 400km 台）

密度分布

$F_3(x, k_3, \theta_3, o_3)$: 業務開始時間調整休憩対象の累積確率

密度分布

$\alpha_{d,t} \in [0,1]$: 通常休憩分布に従う割合

$\beta_{d,t} \in [0,1]$: 深夜割引時間調整休憩分布に従う割合

$\gamma_{d,t} \in [0,1]$: 業務開始時間調整休憩分布に従う割合

(ただし, $\alpha_{d,t} + \beta_{d,t} + \gamma_{d,t} = 1$)

である。なお、ガンベル分布の累積分布関数は、オフセットパラメータ μ と形状パラメータ η を用いて、式(2)で表され、ガンマ分布の累積分布関数は、形状パラメータ k 、尺度パラメータ θ とオフセット o を用いて、式(3)で表される。また、それぞれの分布の期待値と標準偏差を表-1 に示す。時間調整休憩分布の期待値はガンマ分布の期待値にオフセット量を加えたものとしている。

$$F_1(x, \mu_1, \eta_1) = \exp(-\exp(-(x - \mu_1)/\eta_1)) \quad (2)$$

$$F_i(x, k_i, \theta_i, o_i) = \frac{\gamma(k_i, (x - o_i)/\theta_i)}{\Gamma(k_i)}, \quad i = 2, 3 \quad (3)$$

このモデルに対し、車種（小型、大型）、走行距離帯（100km 台、200km 台、300km 台、400km 台）、流入時間帯（1 時間毎）の組み合わせ毎に総休憩時間の複合分布パラメータを最尤法で数値探索を行った。即ち、組み合わせ毎に個別トリップの総休憩時間 x_i を用いて複合分布の確率密度対数 $\ln(R_{d,t}(x_i))$ の総和を求め、これを最大化するパラメータを Microsoft Excel のソルバー（GRG 非線形、停止条件の精度 1.0E-05 未満、最大時間 5 分）で求めた。その際、各パラメータの初期値を以下のように設定した。

μ_1, η_1 ← 2 時間の走行で 20 分程度の休憩を取ると想定して、ガンベル分布の期待値と標準偏差がそれぞれ当該距離帯下限値の距離を法定速度で走行する時間 T_d の 1/6 になる値とした。

k_2, θ_2, o_2 ← 先行研究 ⁷⁾ より、割引時間調整休憩時間は 1~2 時間と示唆されることを踏まえて、 $k_2=3, \theta_2=60$ とした。また、 o_2 は法定速度での流出予定時間帯（1 時間単位）から割引開始時刻（午前 0 時）までの差とした。

k_3, θ_3, o_3 ← 同様に、業務時間調整休憩時間は数時間から十数時間の範囲にわたると示唆されることから、割引時間よりも広く分布す

表-1 各分布の期待値と標準偏差

	通常休憩分布	時間調整休憩分布
期待値 E	$\mu + 0.57721\eta$	$k\theta + o$
標準偏差 σ	$\pi\eta / \sqrt{6}$	$\sqrt{k} \cdot \theta$

るよう、 $k_3=5, \theta_3=40$ とした。また、 o_3 は図-6 より、流出が 4 時台から始まると見られることから、法定速度での流出予定時間帯（1 時間単位）から午前 4 時までの差とした。

α, β, γ ← それぞれ 0.4, 0.54, 0.06 とした。

なお、各組み合わせでトリップ数が 30,000 を超える場合は、数値計算処理の負荷を軽減するため、その中から 30,000 サンプルをランダムに抽出し、分析に使用した。

(2) モデルの推定結果

a) 推定結果の一例

図-7 に、モデルの推定結果の一例を示す。灰色太点線は実績値の累加曲線を示している。青線は通常休憩（構成割合 $\alpha=0.70$ ）、黄線は深夜割引時間調整休憩（ $\beta=0.17$ ）、緑線は業務開始時間調整休憩（ $\gamma=0.13$ ）それぞれの分布を示し、その複合分布が紫線となっている。深夜割引時間調整休憩分布の期待値は総休憩時間が約 4.5 時間（ $E=271.8$ ）で、走行時間を加味した流出時間帯は概ね 0 時台となっている。また、業務開始時間調整休憩の期待値は総休憩時間約 9 時間（ $E=557.7$ ）、6 時台流出となっている。

図-8 は通常休憩のみと仮定した単一分布と複合分布が全く同じ分布形となった、即ち、複合分布の β と γ が共にゼロになった例である。この例は、当該車種・距離

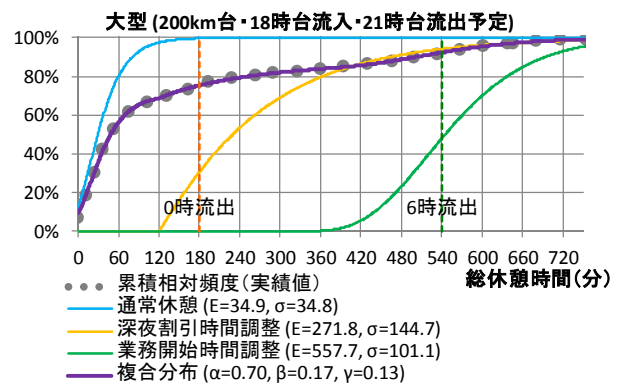


図-7 モデルの推定例(1)

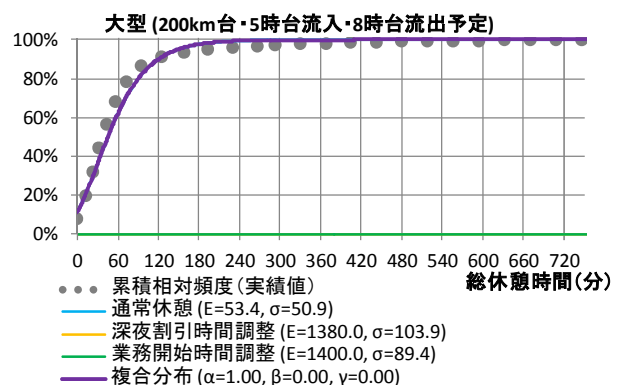


図-8 モデルの推定例(2)

帯・時間帯では時間調整のための休憩のニーズがほとんど無く、実質は単一分布で良く近似できるものと考えられる。

b) 推定結果の AIC による考察

ここでは、流入時間帯別・距離帯別の各モデルの近似の度合いを把握するため、各モデルの尤度から式(4)に示す AIC (赤池情報量基準) を求め、通常休憩のみと仮定した単一分布と比較することにより考察を行う。

$$AIC = -2 \sum_{i=1}^N \ln(r_{d,t}(x_i)) + 2K \quad (4)$$

ここで、

$r_{d,t}$: $R_{d,t}$ の確率密度関数

N : サンプル数

K : 自由パラメータ数 (単一分布=2, 複合分布=10)

最初に、単一分布について考察を行う。図-9 と図-10 は、それぞれ、小型車、大型車の単一分布について、流入時間帯別・距離帯別の AIC を当該母集団のサンプル数で除した値(以下「正規化 AIC」という)を示している。正規化を行ったのは、サンプル数が多いほど AIC の値自体が高くなり、サンプル数の異なる値同士を比較することができないためである。正規化 AIC が大きいほど分布形から離れたサンプルが多い、即ち、単一分布では説明しづらいことを示している。

全体的な傾向として、小型車、大型車とも距離帯が長くなるほど値は大きくなっている。また、小型車では各距離帯とも深夜の時間帯にピークが見受けられるが、距離帯が長くなるほどピークの時間帯が 1~2 時間程度ずつ早くなっている。大型車は距離帯が長くなるにつれピークがより早い時間帯となっている。このピークの出現時間帯は、400km 台で図-4 右を参照すると、0 時台流出のみが突出する時間帯(流入時間帯 9~16 時台)と概ね合致し、短時間の突出が単一分布との乖離の大きな要因となっているもの、即ち、深夜割引時間調整休憩の影響が表れているものと考えられる。

次に、単一分布と複合分布との比較による考察を行う。図-11 は小型車の、図-12 は大型車の、流入時間帯別、距離帯別に複合分布の AIC (以下「複合 AIC」という)を単一分布の AIC (以下「単一 AIC」という)で除した値を示している。

小型車では、100km 台では、23~0 時台に値が最小となるピークが見られ、他の距離帯と比較して値が低くなっている。これは、距離帯が短いほどトリップのバラツキが少なく、複合分布とした場合に 3 つの分布形により適合しやすいからだと考えられる。距離帯が長くなるにつれピークの時間帯が 1~2 時間ずつ早くなっている。昼間の時間帯では単一分布とほぼ一致するなど他のピー

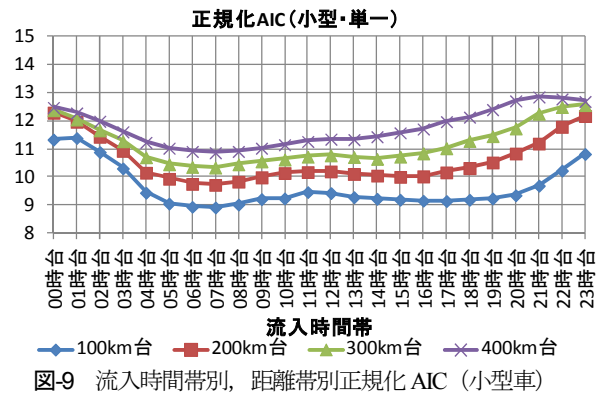


図-9 流入時間帯別、距離帯別正規化 AIC (小型車)

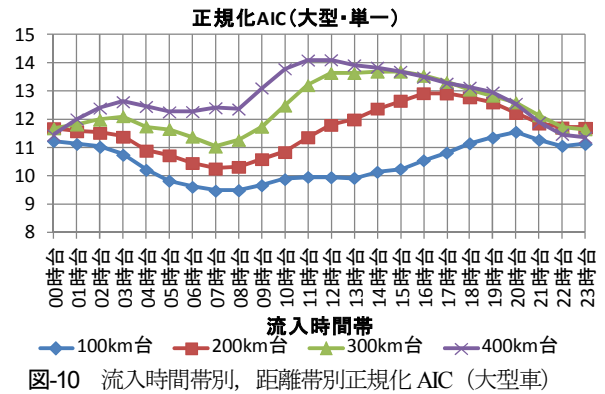


図-10 流入時間帯別、距離帯別正規化 AIC (大型車)

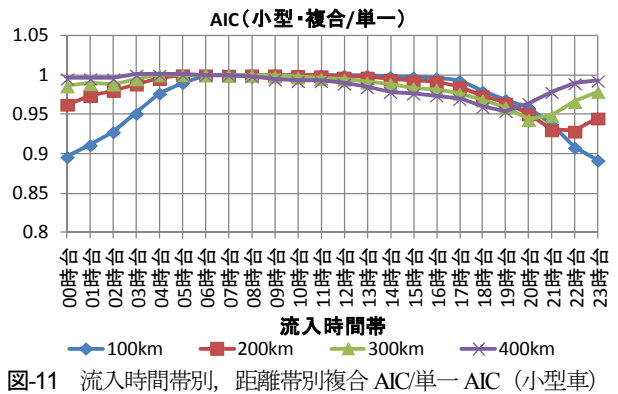


図-11 流入時間帯別、距離帯別複合 AIC/単一 AIC (小型車)

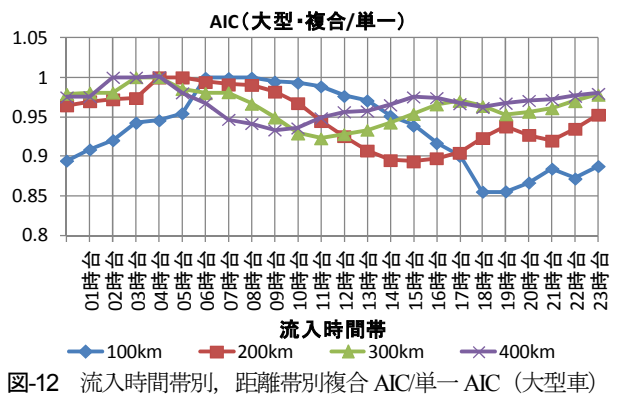


図-12 流入時間帯別、距離帯別複合 AIC/単一 AIC (大型車)

クは見受けられない。これらのことから、小型車の長時間休憩は主に業務開始時間調整休憩であると推測される。

大型車では、100km 台では、18~19 時台に値が最小となるピークが見られ、小型車同様他の距離帯と比較して

値が低くなっている。次に、値の大小は逆ではあるが単一分布の場合と同様に、距離帯が長くなるにつれ、値が最小となるピークの時間帯が早くなるが、値が低下している時間帯自体は単一分布より数時間早くなっている。

図-4 右を参照すると、400km 帯では構成割合はそれほど多くないものの 0 時台流出が 6 時台から現れ始め、それとほぼ同時刻から値の低下が見られる。全般に、時間調整休憩の影響が見られる時間帯・距離帯で値の低下が見られる。また、小型車と異なり、100km 台を例にとると 22 時台にもう一つのピークが見られ、大型車では深夜割引時間調整休憩と業務開始時間調整休憩の両方の影響を受けていると推測される。

(3) モデルの推定結果からの長時間休憩の考察

本節では、モデルの推定結果のアウトプットである、各休憩種別の構成割合、並びに、パラメータから算出される指標である休憩種別毎の期待値と標準偏差により総休憩時間の特徴について考察を行う。

a) 休憩種別の構成割合

図-13 と図-14 に、複合分布における流入時間帯別・距離帯別の休憩種別の構成割合を示す。小型車、大型車とも、ある時間帯から長時間休憩の割合が出現し、時間が経過するにつれその割合が増加し、休憩せずに走行しても流出希望時刻（深夜割引時間調整休憩では 0 時台、業務開始時間調整休憩では 6~7 時台）に到達できる流入時間帯に割合がゼロになる傾向が見られる。

小型車では、流入時間帯が午前中では時間調整休憩の割合がほとんど無い。また、深夜割引時間調整休憩の割合が少なく、時間調整休憩の大多数が業務開始時間調整休憩である。

大型車では、距離帯 100km 台では 14 時台から、400km 帯では 5 時台から深夜割引時間調整休憩が見られ、時間帯が遅くなるほど、距離帯が長くなるほどその割合が大きくなってきている。業務開始時間調整休憩は深夜割引時間調整休憩と同程度の割合が存在することも確認できる。

図-3、図-4 でも可視的にではあるが同様の傾向が見られているが、あくまで総休憩時間 120 分超のトリップを対象としたものであるのに対し、図-13 と図-14 では総休憩時間 120 分以下も対象となっていることから、全トリップにおける車種別・流入時間帯別・距離帯別の時間調整休憩の構成割合を定量的に示すことができたといえる。

b) 通常休憩に関する指標

ここ以降では、より長時間休憩の割合が高い大型車を対象とする。図-15 と図-16 に、大型車における流入時間帯別・距離帯別通常休憩分布の期待値 (E) と標準偏

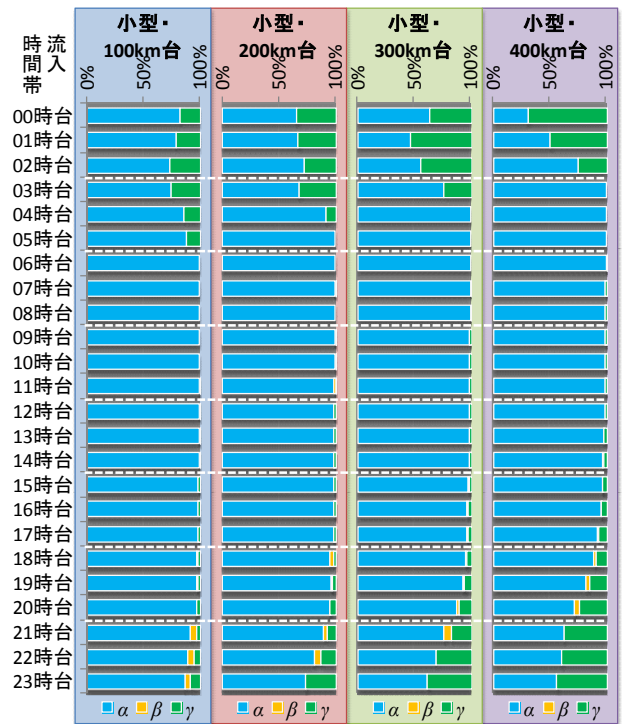


図-13 休憩種別の構成割合 (小型車)

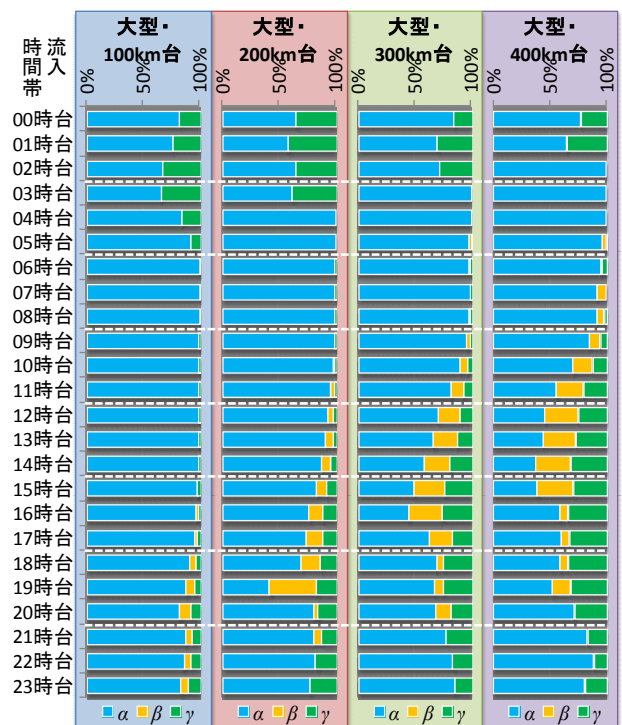


図-14 休憩種別の構成割合 (大型車)

差 (σ) を示す。全体的な傾向として、距離帯が長くなるにつれ E 、 σ とも値が大きくなっている。 E では総休憩時間が長くなること、 σ では総休憩時間の選択の幅が広がっていることを意味する。300km 台や 400km 台では E 、 σ とも 3 時台流入にピークが見られる。これは、当日早朝に出発する際、流出予定時刻が割引終了時刻から一定範囲内であれば、割引が受けられるよう早発し、業務開始等による希望流出時刻になるまで比較的長めの時

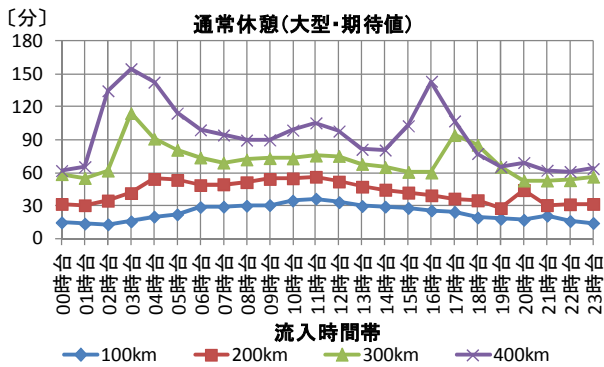


図-15 流入時間帯別、距離帯別通常休憩分布期待値（大型車）

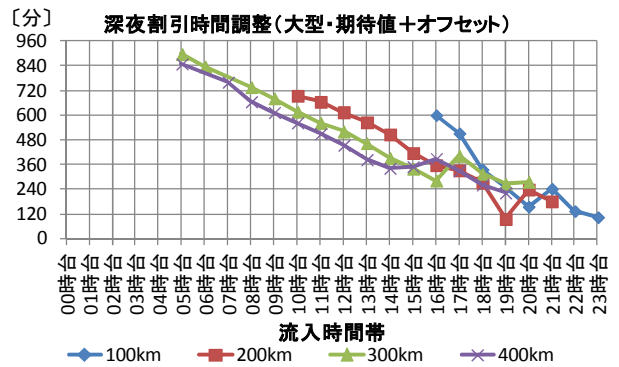


図-17 流入時間帯別、距離帯別深夜割引時間調整休憩分布期待値（オフセット含む）（大型車）

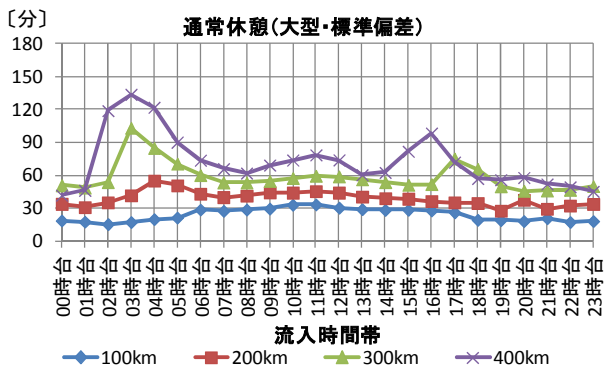


図-16 流入時間帯別、距離帯別通常休憩分布標準偏差（大型車）

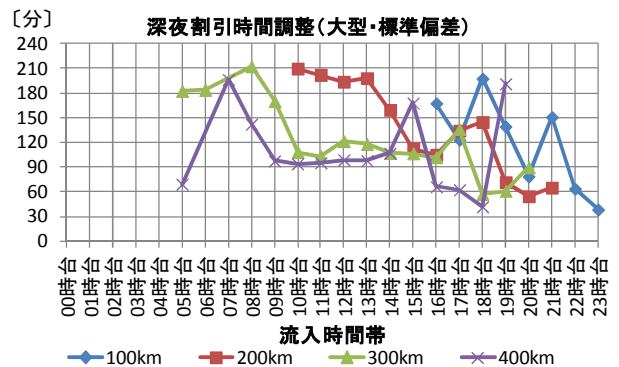


図-18 流入時間帯別、距離帯別深夜割引時間調整休憩分布標準偏差（大型車）

間調整休憩を行っているトリップが少なからずいるが、それらと通常休憩時間の分布が区別できず一体で推定されたと考えられる。また、400km 台の 16 時台流入、300km 台の 17 時台流入でもピークが見られるが、図-14 では次の時間帯で通常休憩の割合 (α) と深夜割引時間調整休憩の割合 (β) が大きく変化していることがわかる。これらのトリップでは、法定速度で走行した場合の見込み流出時刻と、割引開始の 0 時との差が 3 時間程度であり、深夜割引時間調整の一部が取り込まれる形で通常休憩の分布形を広く推定したほうが高い尤度が得られ、 E 、 σ ともに大きく推定されたと考えられる。

c) 深夜割引時間調整休憩に関する指標

図-17 と図-18 に、大型車における流入時間帯別・距離帯別深夜割引時間調整休憩分布の期待値 (E) と標準偏差 (σ) を示す。構成割合が 1%未満となった距離帯・時間帯は対象外としている。 E は、流入時間が 1 時間進むごとにほぼ 60 分の割合で小さくなっている。また、距離帯が 100km 長くなると 1~2 時間流入時間帯が早くなっている。これらのことから、流出時刻ベースでは分布の中心が動かないことがいえる。ただし、400km 台の 16 時以降に関しては 14 時台以前より流出時刻ベースで 2 時間程度遅くなっている。前項で述べたとおり、0 時台流出のトリップは通常休憩分布に含まれている可能性があり、別の分布を推定している可能性が考えられる。

図-14 を参照すると、当該時間帯の通常休憩の割合が大きく、深夜割引時間調整休憩の割合が小さくなっている。なお、 σ については、バラツキがあり、特段の傾向は見られない。

d) 業務開始時間調整休憩における指標

図-19 と図-20 に、大型車における流入時間帯別・距離帯別業務開始時間調整休憩分布の期待値 (E) と標準偏差 (σ) を示す。構成割合が 1%未満となった距離帯・時間帯は対象外としている。 E は深夜割引時間調整休憩と同様の傾向が見受けられる。 σ については、バラツキがあるものの、深夜割引時間調整休憩とは異なり距離帯によらず同じような値になっており、距離帯に依存せずに流出時間分布が決まっているといえる。これは、流出時間調整の行動原理が示されたものと考えられる。

5. まとめと今後の課題

以上において、長時間休憩が深夜割引適用時刻や業務開始時刻に合わせて高速道路を流出するための時間調整行動の結果であるという仮説に基づき、まず、長時間休憩を行う車両の流出時刻分布の実態を把握した。その上で、長時間休憩にも対応した総休憩時間を推定するモデル、即ち、通常休憩、深夜割引時間調整休憩、業務開始

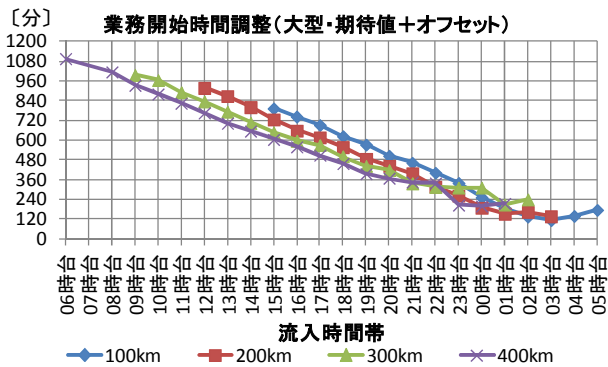


図-19 流入時間帯別、距離帯別業務開始時間調整休憩分布期待値(オフセット含む)(大型車)

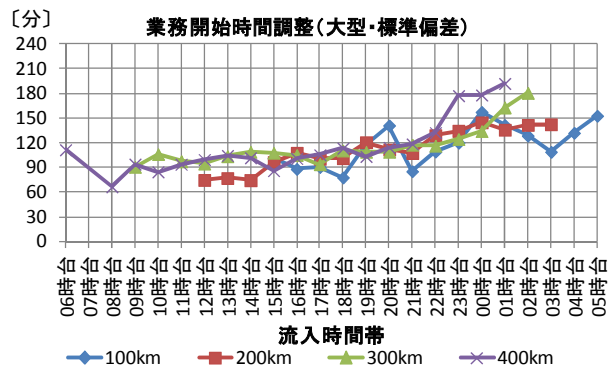


図-20 流入時間帯別、距離帯別業務開始時間調整休憩分布標準偏差(大型車)

時間調整休憩の最大三峰の複合分布によるモデルを流入時間帯別、距離帯別に構築した。さらに、複合分布によるモデルのパラメータから、長時間休憩を含む総休憩時間の実態に関して考察を行った。本研究で得られた知見は以下のとおりである。

- ・ 長時間休憩を行う車両の流出時刻分布から、流入時間帯によらず0時台と6～7時台に流出のピークが存在する。
- ・ 6～7時台の流出のピークに関しては、流入時間帯が早まるにつれある一定の分布形に収束する傾向が見られる。
- ・ 大型車では、距離帯が長くなるほど、流入時間帯が通常走行で0時台流出となる時間帯に近づくほど深夜割引時間調整休憩は構成割合が増大する。
- ・ 業務開始時間調整休憩は小型車、大型車共に一定の割合で存在する。

- ・ モデルの業務開始時間調整休憩分布のパラメータから、距離帯によらず流出時間分布が一定であり、時間調整休憩の行動原理を示すことができた。

今後は、ETC2.0プローブデータを用いて、走行経路上のSA/PA毎に休憩有無や休憩時間を決める休憩行動モデルの分析に取り組んでいくが、その際にここで構築した総休憩時間推定モデルを利用して、流出希望時刻を持つ時間調整休憩車両に流出希望時刻、言い換えれば総休憩時間を予め高速道路流入時に決めるような、ハイブリッドなモデル化を検討するなど、モデルの活用方法を検討していく。

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, pp. I_661-I_671, 2016.
- 8) 平井章一, Jian XING, 甲斐慎一郎, 堀口良太, 宇野伸宏: ETC 2.0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, 交通工学論文集, Vol. 3, No. 4 (特集号 A), pp. A_36-A_45, 2017.

(2017.2.24 受付)

IDENTIFICATION OF A TOTAL REST TIME MODEL ON INTER-CITY EXPRESSWAYS FOCUSING ON LONG-SUSTAINED RESTING

Shoichi HIRAI, Jian XING, Ryota HORIGUCHI and Nobuhiro UNO

With an objective of modeling total rest time focusing on long-sustained resting taken at rest areas of inter-city expressways, based on the authors' previous study results, the paper first investigates the situation of the long-sustained resting and finds its remarkable share in whole parking time and space despite its small share in the number of trips. Then, a total rest time model is identified by assuming the composite distribution function which considers three resting behavior types, i.e. the 'ordinal' resting which was figured out in our previous study, the long-sustained resting resulting from the adjustment of exit time from expressways with the mid-night toll discount policy, and the long-sustained resting for business start time. The estimated model is then used to analyze long-sustained resting behavior on expressways.

The component ratio of long-sustained resting is quantified for both passenger cars and heavy vehicles from the estimated model. It is also known from the exit time distribution with long-sustained resting that exits peak around mid-night and 6 a.m. to 8 a.m. in the morning irrespective of their time entering expressway and, for the latter trips the estimated rest time distributions of adjusting behavior with business start time and thus exit time distributions are almost same regardless of trip distance.