

道の駅の貨物車利用台数の推定と 休憩機能の評価

市川 晃己¹・佐野 可寸志²・鳩山 紀一郎³・高橋 貴生⁴・松田 曜子⁵

¹ 非会員 長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
E-mail: s173235@stn.nagaokaut.ac.jp

² 正会員 長岡技術科学大学教授 環境社会基盤工学専攻 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
E-mail: sano@nagaokaut.ac.jp

³ 正会員 長岡技術科学大学教授 環境社会基盤工学専攻 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
E-mail: kii@vos.nagaokaut.ac.jp

⁴ 正会員 長岡技術科学大学助教 環境社会基盤工学専攻 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
E-mail: takataka@vos.nagaokaut.ac.jp

⁵ 正会員 長岡技術科学大学准教授 環境社会基盤工学専攻 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)
E-mail: ymatsuda@vos.nagaokaut.ac.jp

道路上には複数の休憩施設が存在しており、トラックドライバーはその中から休憩施設の選択をしている。連続運転時間の制約が存在するため、長距離走行するドライバーは休憩を行わなくてはならない。そのため、ドライバーは走行距離、走行時間より停車回数や停車位置を定め、利用する休憩施設を選択している。本研究では、ETC2.0データによる貨物車両の走行軌跡から、トラックドライバーが利用した休憩施設を推定し、休憩行動の分析を行った。また、トラックドライバーが休憩施設の選択行動をどのように行っているかモデルを作成し、道路センサによる経路交通量と合わせて道の駅の停車台数を推定する。推定した停車台数より、道の駅の物流ネットワークの面から見た道の駅の評価を行う。

Key Words: Roadside restarea, Probe data, ETC2.0 data, Rest activity, Freight transportation

1. はじめに

トラックドライバーは、決められた OD に従って高速道路または一般道路の中から走行経路を選択する。走行経路に応じて、停車回数ならびに停車位置も選択する。トラックドライバーが利用できる休憩施設は高速道路、一般道路上に多く存在するが、選択した走行経路によって休憩施設の選択肢は変化する。また複数の OD からそれぞれの走行経路が定まることで、経路交通量が求まる。経路交通量と休憩施設の選択行動から、トラックドライバーが休憩を行いやすい道の駅の最適な立地を求めることができる。

既往研究において、松下ら¹⁾、瀬谷ら²⁾、山田ら³⁾、平井ら⁴⁾が高速道路における休憩施設の選択行動モデルについて研究を行っている。松下らは、高速道路における休憩施設を選択する際の要因を利用者への意識調査から明らかにしている。休憩施設選択モデルにおいて、休憩施設の機能を利用者が評価した魅力度が影響を及ぼしや

すいことを示し、休憩施設魅力度モデルによって利用者が休憩施設を選択する要因を分析している。瀬谷らは山陽道および中国道の貨物車両に積載されているデジタルタコグラフに記録されている6分間隔のデータより、貨物車両が SA, PA の利用実態を把握している。SA, PA のサービス水準や時間ごとの車両状況より、SA, PA の選択行動に与える影響を分析している。山田らは事故防止対策の一つである休憩の促進を検討するために、松山道の SA, PA でアンケート調査を行い、ドライバーの休憩施設の行動を調査し、距離の長短が休憩のしやすさに、業務目的の有無が休憩施設の属性に影響していることを示した。平井らは ETC2.0 プローブデータの走行軌跡を用いて、高速道路における休憩施設選択行動モデルの構築を行っており、ドライバーが休憩施設へ影響を及ぼしている要因として、休憩施設の機能、他施設への考慮、利用時間帯から分析を行っている。これらの研究において、自家用車のドライバーを対象とした研究が多く、貨物輸送を行う大型車による休憩施設の選択行動は

十分に考慮がされていない。

先行研究⁵⁾では、商用プローブデータより貨物車両の休憩行動の分析、ならびに停車台数を目的関数とした重回帰分析を行った。商用プローブデータの分析から、走行時間による各停車回数割合、停車回数ごとの駐車を行う位置の推測を行うことができた。また道の駅の利用率は、走行台数と隣接距離に相関しており、前面道路の走行台数が多い、あるいは隣接する休憩施設が遠いほど利用率が増加することが分かった。

一連の研究において、貨物輸送を行っているトラックドライバーが利用する休憩施設の選択行動を走行軌跡データより分析を行う。そして、休憩施設の1つである道の駅に着目し、トラックドライバーによる休憩施設の利用率モデルを構築する。休憩施設ごとの利用率と経路交通量から、道の駅の停車台数を推定する。これより、道の駅における物流ネットワークの面から見た休憩機能の機能性を評価する。

そこで本研究では、トラックドライバーが休憩を行う場所についての選択行動を ETC2.0 データを用いて分析し、トラックドライバーを対象とした休憩施設の利用率モデルを構築する。このモデルを用いて道の駅の停車台数を推定することより、道の駅の機能性を評価することを目的としている。

2. 使用データと分析方法

(1) ETC2.0 データの休憩行動分析

表-1に休憩行動分析で用いたデータの概要を示す。今回用いた ETC2.0 データは、おおよそ 100m~200m 進むごと、または 45 度以上貨物車両の方向が変化するごとに貨物車両の位置、速度の情報を記録している。位置情報は座標で表されるが、DRM リンクへの変換もなされている。エンジンを起動しているときに記録が行われ、起点および終点周辺の情報は、秘匿化されて消去される。また日を跨いで走行する車両は、日を跨ぐ前後のトリップで異なる車両 ID が付与されるため、日を跨ぐ走行軌跡を追跡することは困難となっている。データの蓄積に、ITS スポットが用いられている。道路上に設置されている ITS スポットを通過した際に、データを受信してデータベースへ蓄積を行う。

表-1 休憩行動分析の概要

対象日時	2018年10月1日~31日
対象地域	関東地方、新潟県を起終点または通過している貨物車両のトリップ
対象条件	国道17号を走行したトリップ
トリップ数	406,608 トリップ

先行研究で用いた商用プローブデータと停車の定義を同一にするため、ETC2.0 データの記録間隔が 5 分以上離れていた場合は、停車とみなして分析を行った。また ETC2.0 データはトンネルの通過などでデータが欠損する性質を持ったため、トンネルの通過で欠損した走行軌跡の補填を行った。

(2) 施設種別ごとの利用率モデル

a) 使用データ

表-2に休憩施設の施設種別ごとの利用率モデルで用いたデータの概要を示す。関東地方および新潟県内の主要国道のうち、休憩施設がほとんど存在しない路線を除外した上で 9 路線を選択し、その道路を通過する貨物車両のトリップを ETC2.0 データより抽出した。そのトリップから、一定距離ごとにおける利用率モデルを構築する。

ETC2.0 データより求めた休憩施設の利用率と、施設種別ごとの各属性を用いて算出した利用率より回帰式を作成し、重回帰分析を行って各属性のパラメータを推定した。

対象とする休憩施設は、道の駅とその他（コンビニエンスストアとガソリンスタンド）の 2 つである。

表-2 利用率モデルの概要

対象日時	2018年10月1日~31日
使用データ	ETC2.0 データ
対象条件	主要な国道を通過するトリップ ・国道4号 ・国道127号 ・国道16号 ・国道140号 ・国道17号 ・国道293号 ・国道50号 ・国道294号 ・国道126号
対象施設	道の駅 その他 ・コンビニエンスストア ・ガソリンスタンド
属性	大型車駐車可能台数 (台) 区間内の施設数 (箇所) 前後区間の施設数 (箇所) 道の駅ダミー (道の駅=1)

b) 分析方法

休憩施設の施設種別ごとの利用率モデルは以下の方法で算出した。

対象ネットワークをおおよそ一定距離 d となるリンク群で分割し、複数の区間に分ける。そして、ある区間 i ($1 \sim I$) において、道の駅とその他（コンビニエンスストア、ガソリンスタンド）の 2 種類の利用率を求める。

ある区間 i ($1 \sim I$) の施設種別 b ($b = \text{Michi}, \text{Other}$) の効用 V_i を式(1)に示す。

$$V_i^b = \beta_1 x_{1i}^b + \beta_2 x_{2i}^b + \dots + \beta_n x_{ni}^b \quad (1)$$

施設種別 b ($b = Michi, Other$) の利用率 P_i^b は効用 V_i^b を用いて式(2)のように計算を行う。

$$P_i^b = \frac{e^{V_i^b}}{\sum_{B=Michi,Other} e^{V_i^B}} \quad (2)$$

ETC2.0 データより求めた休憩施設の利用率 P_i^b を実測値、各属性 x_{ni}^b を用いて算出した利用率を推定値とし、回帰式である式(3)を作成して重回帰分析を行い、利用率の推定式を求める。

$$\ln \frac{P_{Michi}}{P_{Other}} = \sum_{n=1}^N \beta_n (x_n^{Michi} - x_n^{Other}) \quad (3)$$

3. 分析結果

(1) ETC2.0 データの休憩行動分析

図-1 にトリップごとの総走行距離の分布を、図-2 にトリップごとの総走行時間の分布を示す。

走行距離は、短距離走行するトリップが多く、走行距離が長くなるにつれてトリップ数は減少している。短距離走行のトリップが多いのは、荷積み、荷卸しのための停車の存在、さらには複数箇所を巡る貨物輸送の存在が挙げられる。一方で、100km 以上走行する長距離走行のトリップも一定数存在している。

走行時間も、走行距離と同様の結果を示しており、短時間走行するトリップが多い。このことより、走行距離と走行時間の分布から、短時間でかつ短距離のトリップが多く発生しているが、長距離・長時間のトリップも存在する。これらから、休憩行動をしていると思われるトリップを用いて分析を行う。

図-3 に停車回数の分布を示す。走行時間の増加に応じて停車回数の割合も滑らかに推移しており、走行時間に応じてトラックドライバーは停車回数を変化させていることになる。しかし、図-1 の走行距離の分布、図-2 の走行時間の分布で示したように短距離短時間の輸送が多いことより、停車をしないトリップがほとんどの割合を占めている。

4時間連続運転するごとに30分の駐車を行うことが法令で定められていることより、走行時間が4時間を境にして、停車を行う車両の割合の増加が4時間未満のときと比べて大きくなっている。一方、走行時間が6時間以上では、停車回数を行うトリップの割合に変化がみられなかった。これは、走行時間が長時間であるトリップが少ないこと、長時間走行しているのに対して休憩を行わないトリップの存在が挙げられる。そのトリップは一定数存在しており、全体のトリップ数が少ないことから、停車を行わないトリップの影響が大きくなったと思われる。

図-4 に停車位置の分布を示す。総走行距離を1としたときの、出発地から停車に至るまでの時間の相対的位置で、停車を行う位置を停車回数ごとに示した。

停車位置の分布より、停車回数1回、2回、3回ともに、停車を行うタイミングは、総走行時間を停車回数で分割した時間でピークに達していた。このことから、停車位置は総走行時間と停車回数に影響を受けており、今までの走行時間とこれからの走行時間が等しくなるように停車位置を考えているトラックドライバーが多いことを示している。

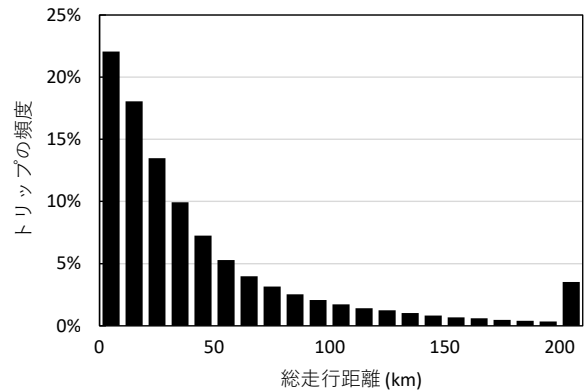


図-1 トリップごとの走行距離の分布

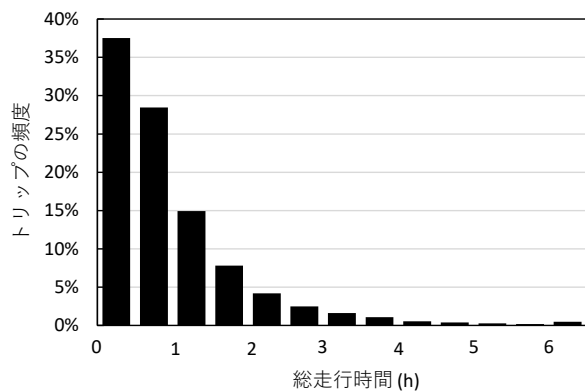


図-2 トリップごとの走行時間の分布

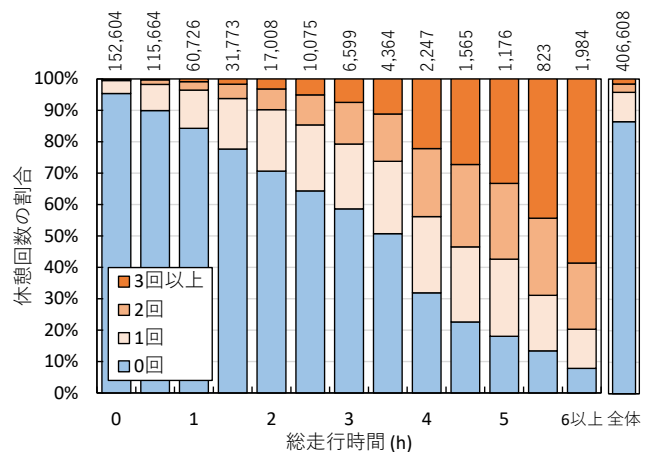


図-3 停車回数の分布

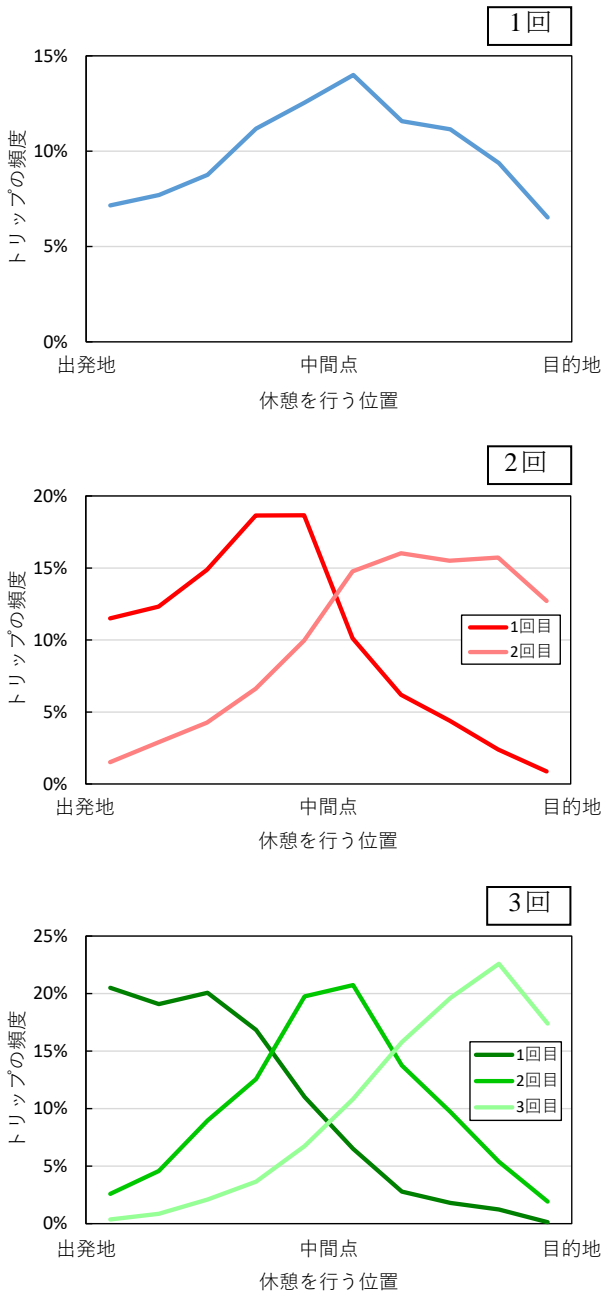


図-4 停車位置の分布

(2) 施設種別ごとの利用率モデル

表-3に重回帰分析で求めた休憩施設の施設種別ごとの利用率モデルの結果を示す。大型車駐車可能台数の係数が正であるため、駐車場が広いとトラックドライバーから選択されやすい。これは、大型車駐車可能台数が多いと、駐車場が満車になることが少なく自車の停車が行えること、長時間停車しても他車への影響が少ないことから、選択されやすさにつながる。また、区間内の施設数の係数は正であるため、区間内に多くの施設が存在すると選択されやすい。これは、施設数が多いと利用する休憩施設の選択肢が増えることにつながり、また施設数が多い区間で休憩を行う車両が多いことも影響している。道の駅ダミーの係数は負であった。これは、今回の利用

表-3 重回帰分析の結果

属性	パラメータ	t 値
大型車駐車可能台数	0.013	3.608
区間内の施設数	0.102	4.007
道の駅ダミー	-0.900	-3.766

区間距離	20.0km
区間数	39 区間
自由度修正済みR ² 値	0.824

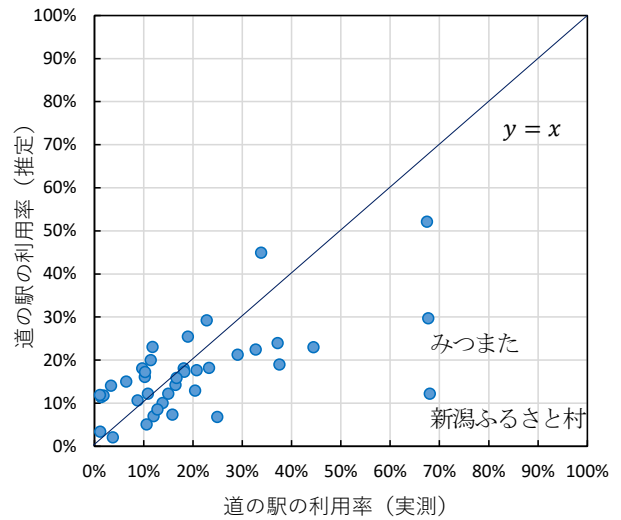


図-5 道の駅の利用率の比較

率モデルでは道の駅とその他の2つを対象としたため、道の駅の利用率に比べてその他の施設による利用率が高いことが影響したと思われる。

図-5に、道の駅における利用率の実測値と推定値の比較を示す。ETC2.0 データより求めた道の駅の利用率を実測値、重回帰分析で求めた休憩施設の利用率モデルから算出した道の駅の利用率を推定値とした。

図-5より、道の駅の利用率は実測値に近い推定を行なえている。しかし、「新潟ふるさと村」や「みつまた」のように一部の道の駅では、実測値と推定値との誤差が大きくなっている。この誤差が生じた要因として、道の駅における大型車駐車可能台数が挙げられる。誤差が大きい道の駅の大型車駐車可能台数をみると、「新潟ふるさと村」では14台、「みつまた」では3台であった。誤差が大きい道の駅では、トラックドライバーが多く利用しているのに対して、大型車駐車可能台数が少ないことが挙げられる。また大型車駐車可能台数が少ない道の駅では、大型車駐車マス以外で駐車することもあり、利用率モデルで用いた大型車駐車可能台数以上に停車がされている可能性もありうる。このことより、実測値と推定値とで大きな誤差を生じたと考えられる。

(3) 道の駅の停車台数の推定

道路交通センサスの OD よりシミュレーションを行うことで、ある期間における出発地から到着地へ向かう貨物車両の台数 N_{OD} が求められるが、出発地 O から到着地 D へ向かう経路 k ($1 \sim K_{OD}$)は複数存在するため、それぞれの経路交通量が求められる。経路 k は、リンク l ($1 \sim L_{ODk}$)をつないで形成している。道の駅の停車台数を推定するためには、道の駅の接続道路であるリンク l を通る経路の交通量 Q_{ODk} を用いる。

図-3 で示した停車回数の分布を用いることで、出発地 O から到着地 D へ向かう経路 k における走行時間 t_{ODk} より、停車を m 回行う貨物車両の割合 $P_m(t_{ODk})$ が決まる。また出発地 O からあるリンク l_c までの長さより停車相対位置 x_{ODk}^l を求める。

$$x_{ODk}^l = \frac{\sum_{l=1 \sim l_c} d_{ODk}^l}{\sum_{l=1 \sim L} d_{ODk}^l} \quad (4)$$

図-6 に、停車確率の算出を図化したものを示す。図-4 で示した停車回数ごとの停車位置の分布を用いて、出発地 O 、到着地 D 、経路 k の停車回数 m における確率密度関数 $f_m(x)$ を求める。 $f_m(x)$ は停車回数 m において、出発地 O を 0、出発地 O から到着地 D までの経路 k におけるリンク l ごとの長さ d_{ODk}^l の総和を 1 とし、相対的位置 x の停車しやすさを示したものである。また、ある区間 i の停車確率は、図-6 に示した面積 S で表せる。

$$S = f_m(x_{ODk}^l) \cdot d \quad (5)$$

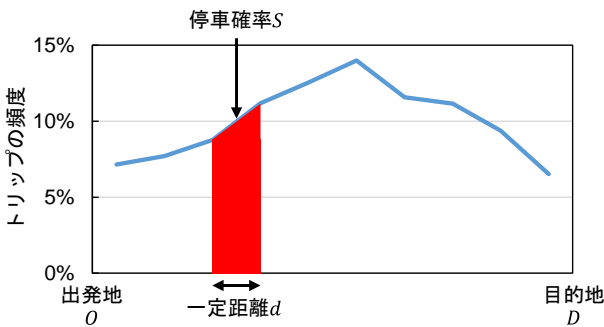


図-6 停車確率の算出

出発地 O から到着地 D へ向かう経路 k における、ある区間 i の停車台数 Q_i を式(6)に示す。

$$Q_i = \sum_O \sum_D \sum_k \sum_m Q_{ODk} \cdot P_m(t_{ODk}) \cdot S \quad (6)$$

この停車台数 Q_i のうち、施設種別 b での停車台数 Q_i^b は、式(2)で求めた施設種別 b ($b = Michi, Other$)の利用率 P_i^b を用いることで式(7)のように求められる。

$$Q_i^b = Q_i \cdot P_i^b \quad (7)$$

式(7)より、ある区間 i における道の駅の停車台数

Q_i^{Michi} も同様に求められる。

$$Q_i^{Michi} = Q_i \cdot P_i^{Michi} \quad (8)$$

以上の手法で道の駅の停車台数の推定を行い、道の駅の最適な立地を検討して評価を行うことを考えている。

4. まとめ

今回の結果より、停車回数の分布では、総走行時間が4時間を超えると、停車する車両が増加する。また、停車位置の分布では、総走行時間を停車回数で分割した時間ごとに行われていた。また、休憩施設の利用率モデルでは、大型車駐車可能台数と施設数が利用率に大きく影響していた。また道の駅の利用率の推定式を用いることで、対象ネットワーク上の休憩施設の利用率を推定できるようになった。

3章で示したように、利用率モデルを用いて道の駅の停車台数を推定することで、物流ネットワークの面から見た道の駅の評価を行える。そのため、道路交通センサスによる経路交通量データを用いて、道の駅の停車台数の推定を行っていく。そして、道の駅を物流ネットワークの面における機能性、立地面を評価する。

謝辞：本研究は、新道路技術会議平成 31 年度道路政策の質の向上に資する技術研究開発（研究テーマ：交通・物流・交流・防災拠点としての道の駅の性能照査と多目的最適配置に関する研究）の一部として実施されたものである。

参考文献

- 1) 松下剛, 熊谷孝司, 野中康弘, 石田貴志：高速道路の休憩施設の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.
- 2) 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.
- 3) 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, 土木計画学会研究・講演集, Vol.52, 2015.
- 4) 平井章一, Jian XING, 甲斐慎一郎, 堀口良太, 宇野伸宏：高速道路の休憩施設の選択要因に関する基礎分析, 第 37 回交通工学研究発表会論文集, 2017.
- 5) 市川晃己, 佐野可志, 鳩山紀一郎, 高橋貴生, 松田曜子：中長距離輸送の貨物車プローブデータを用いた休憩施設選択行動の分析, 土木計画学会研究・講演集, Vol.60, 2019.

(Received ????)
(Accepted ????)