

一般道利用者の効用に基づいた 休憩施設選択行動モデルによる施設機能評価

山下 和太郎¹・柳原 正実²・小根山 裕之³

¹学生会員 東京都立大学大学院 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: yamashita-wataro@ed.tmu.ac.jp

²正会員 東京都立大学大学院助教 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: yanagihara@tmu.ac.jp

³正会員 東京都立大学大学院教授 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: oneyama@tmu.ac.jp

わが国では、一般道には道の駅やコンビニ、ショッピングセンター、公園など多数の施設が存在し長距離トリップ中の休憩などのために立ち寄る施設として利用されている。特に道の駅は、交通ネットワークにおける休憩・時間調整のための停留所としての機能を備える場所であり、適切に配置されることが望まれる。しかしながら、その配置についての議論は少なく、休憩施設として配置するための具体的な基準が存在していない。本研究では、一般道利用者の沿道施設利用に対する意思決定プロセスに基づいた施設選択モデルを構築する。またこれにより立ち寄りによる効用が最も大きくなる経路を選択することで、利用者の効用ベースでの沿道施設設置検討および既存施設評価が可能となる枠組みを提案する。

Key Words : road station, roadside facilities, long drive, road network, utility maximization

1. 研究背景・目的

従来、我が国における道路整備は、道路網整備や拡充といった通行車両の円滑な走行を支える「ながれ」機能に重点が置かれてきた。このため駐車や休憩といった交通流を支える「たまり」機能の整備は後手に回り、特に一般道では、高速道路のサービスエリアのように一定の間隔で安定したサービスを提供する沿道施設の設置は見られなかった。一方、モータリゼーションの進行や余暇の過ごし方の多様化などにより、「たまり」機能の必要性は顕著なものとなっていた。こうした事情から、一般道において「たまり」機能を提供する施設として、休憩・情報発信・地域連携の3つの機能を有し、円滑な道路交通を支える質の高いサービスを提供する施設として道の駅の設置が提案された。これは、国内はもちろん諸外国にも先例がなく、我が国独自の比較的新しい概念であると言える。

道の駅の設置は、市町村又はそれに代わり得る公的な団体などの施設管理者が国土交通省に申請することで認められる。1993年に第一回登録が行われて以降、2019年6月までには1160もの道の駅が設置され、さらに各地で新設が計画されている。「たまり」機能を支える公共施設

として、それぞれの道の駅が地域性を反映した特色ある施設を整備するなど、駅単位での発展はめざましい。

道の駅の設置位置について、国土交通省「道の駅」登録案内要綱には、「休憩施設としての利用しやすさや、「道の駅」相互の機能分担の観点から、適切な位置にあること」とある。また、道の駅登録施設の遵守義務として「全体の機能と魅力を高めるため、相互に連携し、協力すること」が謳われている。このように、現状の要綱では整備の方向性として道路ネットワークや他の沿道施設との位置関係などを考慮することが明記されているものの、その内容は抽象的表現で記述されており、道路ネットワーク全体での最適化を意識した具体的指標は示されていない。また、駐車場や便所の容量については、それぞれ20台以上、10器以上と具体的数値で目安が示されているものの、各施設特有の諸条件を考慮した基準ではないため、施設ごとに内容が異なる道の駅に対する適切な指標であるとは言い難い。

また、既存の道の駅について、設置後も継続して効果的な運用を行うためには、何らかの基準に基づき客観的評価を行う必要があると考えられる。しかし、「道の駅」登録案内要綱には既存施設評価に関する具体的な記述は見当たらず、現状のままでは、道路利用者に対して一定

以上のサービスを継続して安定的に供給できる保障はない。

このように、道の駅の新設や既存施設の効果的な運用のためには、既存の沿道施設との機能分担、立地条件、道路利用者ニーズなどを正しく反映させ、道路ネットワーク全体を考慮した包括的な検討を行うことが必要である。具体的には、道の駅の設置位置や施設分布・施設内容が休憩目的の施設としてどの程度有用かを把握すること、すなわち広域交通拠点としての性能評価が道の駅の在り方を考える上での重要な側面になると考えられる。

一般道利用者は自動車移動（以下、ドライブとする）の途中で休憩行動を行うにあたり、施設の利用目的や充実度などを考慮して各個人の判断基準で沿道施設立ち寄りの是非を選択していると考えられる。この選択は利用者のトリップの質を左右する重要な要素であり、沿道施設への立ち寄り選択の判断基準（以下、戦略とする）を明らかにすることは道の駅の広域交通拠点としての性能評価に不可欠である。そこで本研究では、Webアンケート調査によって一般道利用者ごとの沿道施設立ち寄り戦略を取得し、戦略・条件ごとの施設利用可能性をモデル化することで、一般道利用者の選択行動に基づき道の駅の広域交通拠点としての評価を行うための指標を構築することを目的とする。なお、一般道利用者が立ち寄り行動を行う場合、その選択肢には道の駅以外の沿道施設も含まれていると考えられるため、道の駅以外で立ち寄り行動の目的地となりうる沿道施設についても合わせて対象とする。

特に、本稿では各施設の広域交通拠点としての評価を行うための基準となる、一般道利用者のトリップ単位の休憩機能評価指標を構築することを目的とする。

2. 既往研究

道路ネットワークにおいて道の駅同士の位置関係を考慮した既往研究としては、石井ら(2013)が四国4県を対象として休憩間隔に着目した配置検討を行ったものがある。ここでは運転中90分に一度休憩を取るものとして、必ず90分後に次の休憩施設があるような最適配置の手法を提案しているが、配置に際する条件として隣接道の駅との距離のみを用いており、道の駅の広域交通拠点としての評価に必要な一般道利用者の立ち寄り戦略は考慮されていない。また、飯田(2000)は和歌山県内に設定したケーススタディ区間を通行する車両に対してアンケートを実施し、沿道施設への評価や立ち寄り目的などを分析している。ここでは他の沿道施設と比較しながら道の駅立ち寄り選択の傾向が明らかにされているが、あくまで休憩行動の全体的な傾向を見ることに留まっており、他の沿道

施設との関係性を考慮した道の駅の広域配置計画に応用することは難しいと言える。

本研究は、道路利用者の立ち寄り戦略を取得し他の施設との関係性を含めた道の駅の広域配置計画を検討するという点で新規性がある。

休憩のための立ち寄り行動という観点で、我が国では高速道路におけるSA/PAを対象とした研究が多くみられる。椎野ら(2011)は多様化する高速道路利用者の休憩ニーズに着目して「休憩施設内の充実度」、「走行時間」、「渋滞の発生」の3つの要素と立ち寄り行動との関係性を分析し、その結果から利用者のニーズに即した施設作りの必要性を説いている。また、松下ら(2011)、山田ら(2015)は、高速道路利用者が休憩施設に到達する度に立ち寄りの是非を逐次選択していると仮定し、休憩立ち寄り行動を二項ロジットモデルとしてモデル化している。これらの事例では実在の高速道路路線、すなわち単一経路であることを前提としているほか、休憩を行わなかったトリップは分析の対象としていないことから、取りうる経路・休憩立ち寄りパターンが無数に存在する一般道上で実態に近い分析を行うことは難しいと考えられる。平井ら(2018)の研究ではETC2.0プローブデータを活用し休憩しないトリップを含めて分析を行っているが、ここでのトリップとは高速道路への流入から流出までを指しており真の出発地から目的地までの一連の運転行動を十分に考慮することが難しい。また、「旅行時間（ETCデータの実績）と走行時間（車両感知器から推定）との差」を休憩時間として高速道路における休憩行動を分析しており、総休憩時間を決定した後に休憩施設を選択する方法を提案しているが、このような段階的な推定は全行程における休憩立ち寄り行動の記述としては再現性が高いものの休憩行動による利用者の効用を推定することは困難である。また、高速道路を対象としたこれらの既往研究では、観光・貨物輸送といった道路利用目的ごとの検討が行われておらず、道の駅機能の評価でニーズの違いを考慮するためには不十分と思われる。本研究では、観光を目的としたトリップ全体の休憩行動をモデル化しその行動に対する効用を評価することができるという、これまでにない枠組みのモデルを提案する。

3. Web アンケート調査

(1) 実施目的

Webアンケート調査の主な目的は、公道利用者ごとの路上施設への停車戦略に関する基礎データを得ることである。具体的には、公道利用者ごとに以下の2点を調査することを目的としている。

- 1) 仮想的な状況下での2つの施設間のトレードオフ
- 2) 車を運転する際に沿道の施設に立ち寄る戦略

(2) 実施方法

Web アンケート調査は、本研究に必要な基礎的資料が得られるように設計した上で 2019 年 11 月下旬に実施された。日本全国を対象に、委託先の株式会社クロス・マーケティングによって Web 上で実施され、各種リサーチ会社に登録している一般被験者から回答を得た。

Web アンケート調査の調査画面は、条件抽出のためのスクリーニングと、スクリーニングで抽出された被験者に対してのみ表示される本調査に大別される。本調査には沿道施設への立ち寄りに関する設問が多く設定されている。

このため道の駅をはじめとする沿道施設へ立ち寄る可能性のある被験者を抽出する必要があるほか、観光目的と仕事目的では沿道施設への立ち寄り戦略には違いがあると見て観光目的でのドライブを抽出する必要がある。このことからスクリーニングセクションには表-1 のようフィルタリング条件を設定した。また、回答データの偏りを防ぐこと、本研究の目的に沿うサンプルを得ることを目的として表-2 のように割付条件を設定した。そして、分析の精度向上を目的として Web アンケートで得られた回答データに表-3 のような抽出条件を設け、抽出を行った。これらの条件で収集・抽出された 1684 サンプルの回答データが、本研究で用いる基礎的資料となる。

(3) 質問項目

アンケートの内容を表-4 に示す。設問は「スクリーニング」・「2 施設トレードオフ設問」・「選好を問う設問」の 3 つに大別され、内容は以下の通りである。選択肢はスクリーニングを除き 7 段階選択となっており、「必ず A の行動をとる・あてはまる」の場合は 7 を、「必ず B の行動をとる・あてはまらない」の場合は 1 を選ぶものとして、7 段階でどの程度あてはまるかを回答してもらった。ただし、具体的な時間を尋ねる大問 4 はこの限りではない。なお、モデル推定には「2 施設トレードオフ設問」〔大問 1~3〕の回答結果が必要となるが、その構築には選好意識データ (Stated Preference) に基づく調査方法 (SP 法) を採用した。これは仮想的な状況下において被験者がどのような判断を下すかを問うものであり、特定施設の影響を排除して立ち寄り戦略を調査できる点、回答データの偏りを減らすことができる点、設問の詳細な設定が可能ある点などで本研究の趣旨に適している。

(4) アンケート調査の結果

表-5 に Web アンケートの集計結果をクラスターごとに示す。クラスターの名称は次の第 4 章で命名するものを用

いている。なお、これ以降断りが無い限り Web アンケートの回答データは抽出後の 1684 サンプルを指すものとする。

4. 立ち寄り行動パターンの類型化

(1) 分析目的

一般道利用者は人により明らかに違う意思決定構造に基づいて行動をしていると考えられる。例えば、「できるだけ休憩回数を多くとる」という人もいれば「休憩は少なく、できるだけ早く目的地に到達したい」という人もいよう。立ち寄り行動を決定づける判断基準は個人々人によって異なり単一のモデルでは説明しにくいと仮定し、その違いを考慮したモデルの設計が求められると考えた。そこで本研究では、クラスタリングによって類似する意思決定構造を持つと思われる被験者を類型化した上で、それぞれの類型に対してモデル化を試みる。

Web アンケートの回答に対し一般道利用者の立ち寄り戦略を分割して説明するクラスターを得るため、「選好を問う設問」を用いてクラスタリングを行った。なお、Web アンケートで一部属性のみに表示された設問については分析の対象外とした。このクラスターごとに「2 施設トレードオフ設問」を対象として非集計選択モデルのパラメータを推定する。

(2) クラスタリング

a) 主成分分析

クラスタリングの対象である「選好を問う設問」は 100 問を超える構成となっており、サンプル数が 1684 であることを考えると回答データが複雑であることは明らかである。このため、クラスタリングに先立ち回答データに主成分分析を行った。

一般的に主成分選択の際は累積寄与率 80%を超えるものまでを選択することが多い。本研究でもそれに準じ、累積寄与率が約 80%となる第 14 主成分までを選択した。参考に、各主成分の寄与率を図-1 に挙げる

b) クラスタリング

本研究ではクラスターの結合方法として、代表的な階層的な手法である Ward 法を用いた。

クラスタリングの結果は図-2・図-3 のデンドログラムに示す通りである。得られたデンドログラムを基に、およそ 100 サンプル/クラスターとなるようにクラスターの分割を行った。分割箇所は図上に赤色の一点鎖線で示した部分で、運転者の分割クラスター数は 4、同乗者の分割クラスター数は 3 となった。

表-1 スクリーニング条件

項目	基準・理由
年齢	18 歳以上 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 自身で自動車を運転しうる被験者を抽出するため。
被験者またはその家族の職業	マスコミ関係、市場調査関係以外 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 本アンケート調査の実施目的を事前に知り得ない被験者のみを対象とし、回答にバイアスがかかることを防ぐため。
ドライブ目的	過去 3 年以内に観光目的のドライブ経験あり（運転者・同乗者問わず） <ul style="list-style-type: none"> ▶ 本調査には沿道施設への立ち寄りに関する設問が多く設定されており、道の駅をはじめとする沿道施設へ立ち寄る可能性のある被験者を抽出する必要があるため。また、観光目的と仕事目的では沿道施設への立ち寄り戦略には違いがあると見て、ここでは観光目的でのドライブを抽出した。

表-2 割付条件

項目	基準・理由
性別	1 属性 80%未満 <ul style="list-style-type: none"> ▶ サンプルが一部の属性に集中し、データの偏りが生じることを防ぐため。
年齢	1 属性 50%未満 <ul style="list-style-type: none"> ▶ サンプルが一部の属性に集中し、データの偏りが生じることを防ぐため。
ドライブ区分	自身で運転・同乗の割合は約 2 : 1 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 運転者と同乗者の違いをドライブ区分とする。各ドライブ区分で十分なサンプル数を確保し、どちらについても沿道施設立ち寄り戦略を分析できるようにするため。
最大ドライブ時間	移動時間が長いものから優先して抽出 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般に運転時間が長くなるほど沿道施設で休憩立ち寄り行動を行う可能性が高くなると考えられるため。
一般道ドライブ時間	移動時間が長いものから優先して抽出 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般に運転時間が長くなるほど沿道施設で休憩立ち寄り行動を行う可能性が高くなると考えられるため。 ▶ 一般道における立ち寄り行動が分析の中心となることから、高速道路のみならず一般道においても長時間運転しているサンプルを抽出しやすくするため。

表-3 抽出条件

項目	基準・理由
回答ミス	回答の整合性が取れないサンプルの除去 時間に関する設問で前後の回答が矛盾するものを回答ミスとみなし除去。
最大ドライブ時間	最大ドライブ時間：2 時間以上のサンプルを抽出 Web アンケート調査の大問 4（休憩時間・間隔の理想と実態）では 1.5～2 時間ごとに休憩を希望する層が各クラス（後述）で 3～4 割を占め最大の選択率となったことから、少なくとも 2 時間以上のドライブを経験したことがある被験者であれば沿道施設への立ち寄り行動の経験があると期待できるため。また本研究では便宜上 2 時間以上のドライブをロングドライブとして扱う。

表 4 アンケート設問

設問番号	内容	質問数
0	スクリーニング ➤ 個人属性, フィルタ・割付条件を設定した設問	13
1~3	2 施設トレードオフ設問 (7 段階選択) ➤ 基本的な生理的欲求 (トイレ・食事・仮眠) に対応する 2 施設トレードオフ 例) 「一般道におけるロングドライブ」中, 「そろそろトイレに行きたいが, 1 時間程度なら我慢できる」と思ったときを想定してください. このとき, どちらの行動を, どのくらいの割合で選ぶか最も近いものを教えてください. 【⑦.すぐそのコンビニのトイレに行く】 ~ 【①.20 分先の目的地のトイレに行く】	59
4	選好を問う設問 (7 段階選択) ➤ 休憩時間と間隔 (理想と実態); 一回当たりの休憩時間・休憩する間隔 例) 通常, 平均してどのくらいの間隔で休憩をしますか. 【⑦.15 分以下】 ~ 【①.3 時間以上】	4
5	選好を問う設問 (7 段階選択) ➤ 欲求別の立ち寄り施設の選択; ドライブ中に生じる欲求を満たすための施設選択行動と選択可能性 例) 食事をとりたいたいとき(店内で飲食), コンビニが近くにあれば立ち寄る. 【⑦.あてはまる】 ~ 【①.あてはまらない】	56
6	選好を問う設問 (7 段階選択) ➤ 立ち寄り施設に求める各機能の整備水準; 立ち寄る沿道施設を決める際, 各施設の整備水準や施設規模をどの程度考慮するか 例) 立ち寄る沿道施設を決めるとき, 売店・購買の清潔さを重視する. 【⑦.あてはまる】 ~ 【①.あてはまらない】	20
7	選好を問う設問 (7 段階選択) ➤ ロングドライブ時の行動と傾向; ロングドライブ中に考えることや行動の傾向 例) 渋滞を避けるために沿道施設に立ち寄る. 【⑦.あてはまる】 ~ 【①.あてはまらない】	25
8	選好を問う設問 (7 段階選択) ➤ コンビニ・道の駅双方への認識; コンビニ・道の駅がどの程度の水準でサービスを提供していると感じるか 例) 道の駅はトイレが清潔だと思う. 【⑦.あてはまる】 ~ 【①.あてはまらない】	20

表-5 運転者・同乗者の構成

分類	クラスタ名	サンプル	%
運転者	休憩機能重視型	620	37%
	施設選好軽視型	111	7%
	所要時間重視型	287	17%
	欲求達成重視型	122	7%
同乗者	施設選好軽視型	125	7%
	移動計画重視型	202	12%
	観光機能重視型	217	13%
合計		1684	100%

(3) 立ち寄り施設選択行動モデル

「立ち寄り施設選択行動モデル」は、非集計選択モデルである二項ロジットモデルとして構築する。このモデルにおける確定効用 V_i^X は、設問 i における施設 X への到達時間 $t_{i,x}$ とその係数 β_1^X の積および定数項 β_0^X の和として、式(1)で定義した。

$$V_i^X = \beta_1^X t_{i,x} + \beta_0^X \quad (1)$$

推定した結果を表-6に示す。モデルは戦略や価値観が異なることで違いが生じると仮定し、前章で類型化したクラスタ別に推定している。各クラスタのモデルの尤度比は低いものの、ほぼすべての変数が負に有意な値として推定された。パラメータがすべて負であることは、所要時間が伸びるほどその施設への立ち寄りの効用が下がることを意味する。つまり同じ施設であれば至近距離にあるほうが所要時間を要する場合と比べ効用が高いことを表しており、推定結果は理に適うものであるといえる。なお、自由度の制限により、公衆トイレの到達時間の係数と目的地の定数項を0として推定した。

(4) クラスタの解釈

分割されたクラスタの意味するものは、Web アンケート回答のクラスタ毎の傾向などから解釈することができる。便宜上、解釈を経て命名されたクラスタの名前を先行して使用する。

各クラスタについて、クラスタリングに用いた選好を問う設問の集計結果を比較することでそれぞれの特徴を把握した。各クラスタの設問の回答値（あてはまる7～あてはまらない1）の平均と全体の平均との差のt値の一部を表-7に示す。各設問において、この値が正に大きい場合は全体と比較して「あてはまる」の回答が多く、負に大きい場合は比較的「あてはまらない」傾向があることを示す。

表-7では類似する設問を割愛しており、各クラス

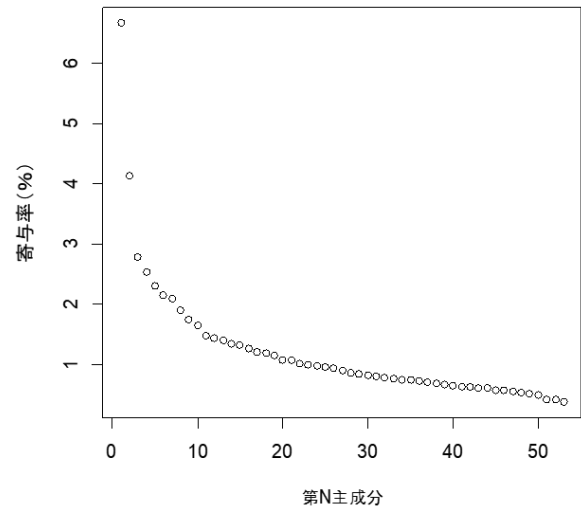


図-1 主成分寄与率

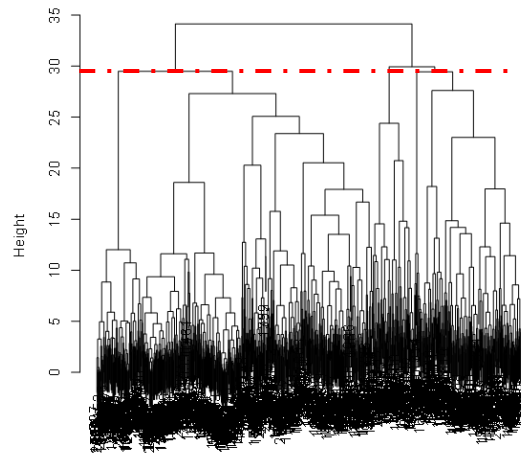


図-2 デンドログラム (運転者)

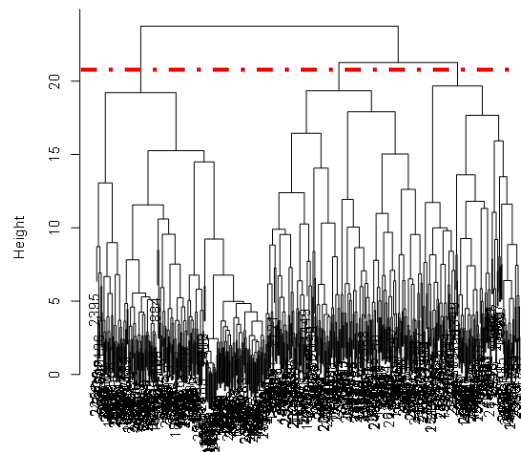


図-3 デンドログラム (同乗者)

表-6 Web アンケートの結果より求めた「立ち寄り施設選択行動モデル」の各パラメータ

	サンプル数	尤度比	到達時間(分)の係数 β_1^x					定数項 β_0^x					
			公衆トイレ	路肩	コンビニ	道の駅	目的地	公衆トイレ	路肩	コンビニ	道の駅	目的地	
運転者	休憩機能重視型	111	0.084	0	-0.007	-0.007	-0.013	-0.060	-2.26	-3.01	-2.42	-1.77	0
	施設選好軽視型	620	0.036	0	-0.004	-0.006	-0.010	-0.042	-1.17	-1.81	-1.58	-1.14	0
	所要時間重視型	287	0.068	0	-0.007	-0.011	-0.015	-0.050	-1.80	-2.47	-1.88	-1.32	0
	欲求達成重視型	122	0.092	0	-0.023	-0.023	-0.027	-0.049	-0.81	-1.25	-1.07	-0.77	0
同乗者	施設選好軽視型	217	0.020	0	-0.006	-0.007	-0.009	-0.036	-1.10	-1.45	-1.24	-1.01	0
	移動計画重視型	202	0.062	0	-0.011	-0.008	-0.014	-0.054	-2.17	-2.42	-2.10	-1.52	0
	観光機能重視型	125	0.075	0	-0.025	-0.011	-0.015	-0.053	-2.07	-2.29	-2.13	-1.49	0

5%非有意

表-7 各クラスタにおいて特徴的な設問の回答値の平均からの差分t値（等分散を仮定）

運転者	休憩機能重視型	0.6	3.3	2.4	-4.3	2.1	-0.2	0.1	0.0	0.9	0.0	2.6	3.6	2.3	-0.3
	施設選好軽視型	-4.4	5.7	-5.5	3.7	-5.0	-5.5	-5.8	1.0	-1.3	2.1	-0.3	0.6	-2.3	1.6
	所要時間重視型	1.5	3.4	5.2	-1.6	1.3	4.5	2.4	-0.4	-1.5	3.9	0.1	1.6	1.1	1.3
	欲求達成重視型	4.7	2.6	5.3	10.3	9.5	6.2	2.3	4.6	3.0	2.8	2.4	5.0	3.4	1.3
同乗者	施設選好軽視型	1.3	-4.2	-6.2	-0.5	2.0	3.3	-1.8	-1.3	-1.7	2.0	-0.5	1.0	-2.6	1.8
	移動計画重視型	1.1	3.4	3.1	-7.1	1.9	1.9	5.4	-4.0	3.4	2.8	1.0	0.7	0.5	-0.4
	観光機能重視型	0.0	4.4	3.5	-2.2	2.2	3.0	4.2	0.6	-0.3	-0.9	0.1	2.7	1.1	3.1

タに特徴的な設問の回答をハイライトで強調している。表の左側にこれらの設問の傾向を分析した結果として、各クラスタにふさわしい行動内容を表記した。この表記を各クラスタの類型名とする。なお、括弧内は運転者と同乗者の区別を示す。

「欲求達成重視型」は表-7で抜粋したすべての設問のほか多くの回答で肯定的な回答をしており、立ち寄り欲求を積極的に満たそうとするグループであると言える。運転者の「休憩機能重視型」と同乗者の「観光機能重視型」はいずれも充実した立ち寄り行動を望んでおり、機能が充実していない公園などが選ばれにくい傾向がある。2つのグループの違いとしては、「休憩機能重視型」は道の駅に加えてコンビニに対する休憩施設としての満足度も高い一方、「観光機能重視型」は道の駅への満足度が高く、コンビニに対する満足度との差が開いて

いる。また、こまめに休憩を取ろうとすること、混雑していても立ち寄りしたい施設に立ち寄りそうとすることから立ち寄り自体を楽しんでいることも考えられる。

運転者の「所要時間重視型」と同乗者の「移動計画重視型」はいずれも、渋滞を避けて運転・移動時間の短縮を望んでいる。その中でも「所要時間重視型」は事前に計画を立てることは重要視せず休憩行動も含めた時短を臨機応変に行う傾向がある一方、「移動計画重視型」は事前に決めた休憩場所への立ち寄りなど時間的な計画に沿った行動を望んでいると考えられる。これは、「所要時間重視型」が早く目的地に到着することを望む一方で「移動計画重視型」は必ずしもそうでないという結果からも明らかだ。

最後に運転者と同乗者双方の「施設選好軽視型」は多くの設問に消極的な回答を知っており、立ち寄り自体

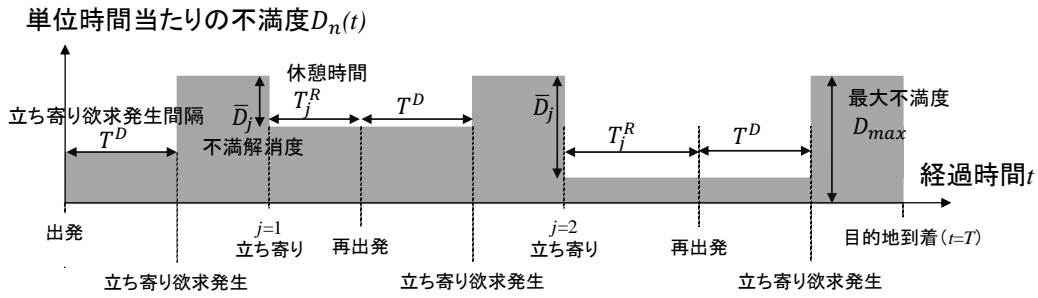


図-4 単位時間当たりの不満度 $D(t)$ の推移

の選好にこだわりが少ないグループであると考えられる回答結果となった。このように各グループの特徴がモデルの効用にうまく表れていることが確認できた。

5. 休憩機能評価指標の構築

(1) 休憩機能評価指標の概要

休憩機能評価指標は、一般道利用者のトリップ単位の休憩行動に対する効用として算出するものとする。

Web アンケートにおける一般道利用者ごとの仮想状況下における 2 施設選択の設問の回答結果を用いて、「立ち寄り施設選択行動モデル」を構築することで、一般ドライバーの1回の立ち寄り行動における効用を把握する。この効用をトリップ単位の効用として拡張したものをトリップ単位の休憩機能評価指標とした。

また、立ち寄り行動はトリップの効用を最大化した結果の行動と仮定することで、トリップ立ち寄り行動の推定も可能になるため、シミュレーションと合わせた分析によって、道の駅の広域交通拠点としての評価が可能になると考えられる。

(2) トリップ単位の休憩機能評価モデル

トリップ毎の効用は、移動中の不満と、立ち寄り自体に発生する効用を集計することで求めることができると考える。ここで、単位時間当たり $D(t)$ で不満が蓄積するモデルを考える。この単位時間当たりの不満をトリップ全体で集計した値を立ち寄り自体の効用から引いた値を各トリップ n の効用 U_n とする。各施設 j に立ち寄る効用を \hat{U}_j とすると、全体の効用 U_n は式(2)のように表現できる。

$$U_n = \sum_j \hat{U}_j - \int_0^T D_n(t) dt \quad (2)$$

単位時間当たりの不満度 $D(t)$ は図-4 のように、車での移動中に時間が経過し車外での休憩などの欲求が発生することで大きくなると考える。また、立ち寄りを行うことによって不満が解消され $D_n(t)$ は小さくなるものとする。各立ち寄り j における不満の解消度 \bar{D}_j と立ち寄りに要する時間 T_j^R は異なると仮定し、休憩時間中及び再出発後も不満度が0になることはなく、目的地に到着することで不満度が0になると考える。ある立ち寄り j がもたらす直接的な効用は \hat{U}_j であるが、立ち寄り中の負の効用 $-\bar{D}_j T_j^R$ とその後の不満の解消された状態があわせて考慮される。各トリップ n の効用 U_n における式(2)の右辺第2項の大きさは図の灰色の面積に相当する。

(3) 立ち寄り施設選択とトリップ単位の休憩行動

「立ち寄り施設選択行動モデル」を構築した Web アンケートでの設問では、立ち寄り欲求が発生している時点での施設選択について、立ち寄りまでの所要時間を変化させて尋ねている。この時の効用は式(2)のモデルで表現される効用の一部 U_j であると考えることができる。すなわち回答者が設問の状況において考慮する時間 T^C を限定する、すなわち直近の未来の状況のみを考慮すると仮定すれば式(3)のように表せる。

$$U_j = \hat{U}_j - \int_0^{T^C} D_n(t) dt \quad (3)$$

直近の未来のみを考慮して選択を行っているという仮定は、実際の移動中においてもあり得る行動原理であると言える。この時の状況を図-5に図示する。式(3)の第2項の大きさは図の濃い灰色の面積に相当する。

結局、直近の施設への立ち寄り j^A に対する効用 U_{j^A} と、 t_{j^B} 先の施設への立ち寄り j^B に対する効用 U_{j^B} は以下の式(4)・式(5)で表現される。なお、 $j^A, j^B \in \{\text{目的地, 道の駅, コンビニ, 路肩, 公衆トイレ}\}$ である。

$$U_{jA} = \hat{U}_{jA} - (D^{max} - \bar{D}_{jA})T^C \quad (4)$$

$$\bar{D}_{jX} = -\beta_1^X \quad (7)$$

$$U_{jB} = \hat{U}_{jB} - (D^{max} - \bar{D}_{jB})(T^C - t_{jB}) - D^{max}t_{jB} \quad (5)$$

$$\hat{U}_{jX} = \beta_0^X + (D^{max} - \bar{D}_{jA})T^C \quad (8)$$

ここで、モデルの仮定より目的地の不満解消度は $\bar{D}_{目的地} = D^{max}$ である。また、複合施設以外への立ち寄り効用は小さいと考えられるので、 $\hat{U}_{目的地} = \hat{U}_{路肩} = \hat{U}_{公衆トイレ} = 0$ を仮定する。それぞれの効用 U_{jA} 、 U_{jB} が、推定した「立ち寄り施設選択行動モデル」の確定効用 V_j^A 、 V_j^B と一致するとき、「トリップ単位の休憩機能評価モデル」の一部のパラメータは以下の式(6)・式(7)・式(8)のように「立ち寄り施設選択行動モデル」のパラメータから求めることができる。

$$U_{jA} = V_j^A = \beta_0^A, \quad U_{jB} = V_j^B = \beta_1^B t_{jB} + \beta_0^B \quad (6)$$

人によって不満度の値を統一化するために、一分間当たりの最大の不満度を $D^{max} = 1.0 (1/min)$ とすると、「立ち寄り施設選択行動モデル」の分散パラメータの値、および $\hat{U}_{路肩} = 0$ の仮定より T^C の値も算出できる。結局立ち寄り欲求発生間隔 T^D と休憩時間 T_j^R 以外のパラメータは規定できることがわかる。「立ち寄り施設選択行動モデル」の各パラメータの値から求めた「トリップ単位の休憩機能評価モデル」のパラメータの値を表-8 に示す。この算出仮定では、ロジットモデルの効用の分散パラメータを考慮することで、一分間当たりの最大の不満度と目的地への到達時間の係数がモデル間で差がないものとして扱えるようにしている。

表-8 Web アンケートの結果より求めた「トリップ単位の休憩機能評価モデル」の各パラメータ

		不満解消度(1/分) \bar{D}_{jX}					効用の標準偏差	考慮時間 T^C (分)	立ち寄り効用 \hat{U}_{jX}	
		公衆トイレ	路肩	コンビニ	道の駅	目的地			コンビニ	道の駅
運転者	休憩機能重視型	0.339	0.119	0.119	0.219	1	21.3	56.6	9.8	14.8
	施設選好軽視型	0.419	0.104	0.153	0.238	1	30.7	48.3	3.1	9.4
	所要時間重視型	0.377	0.146	0.217	0.296	1	25.8	58.2	7.9	14.4
	欲求達成重視型	0.656	0.466	0.473	0.545	1	26.0	47.6	3.4	6.0
同乗者	施設選好軽視型	0.368	0.173	0.202	0.251	1	35.2	48.0	4.3	8.1
	移動計画重視型	0.289	0.208	0.143	0.252	1	23.8	56.6	9.7	14.2
	観光機能重視型	0.512	0.461	0.210	0.286	1	24.0	79.5	23.0	28.9

表-9 休憩間隔・休憩時間の平均値

		欲求発生間隔(分)	休憩時間(分)
運転者	休憩機能重視型	107.4	21.3
	施設選好軽視型	103.0	31.1
	所要時間重視型	104.1	23.6
	欲求達成重視型	94.0	30.6
同乗者	施設選好軽視型	91.7	39.1
	移動計画重視型	93.3	30.8
	観光機能重視型	103.3	28.5

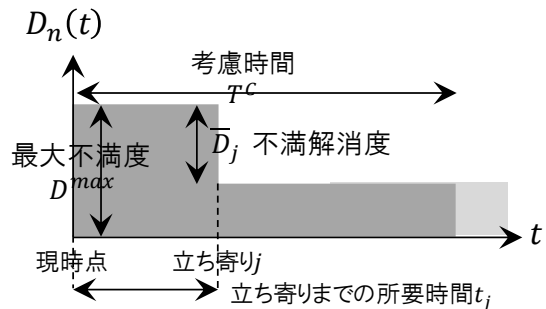


図-5 Web アンケート設問の状況での不満度 $D_n(t)$ の推移

表-10 立ち寄りが短い時間間隔で起きる場合の計算

単位:分		欲求発生間隔 T^D	休憩時間 T_R	最短時間間隔 t_{ij}^{min}			
				コ→コ	コ→道	道→コ	道→道
運転者	休憩機能重視型	107.4	21.3	75.3	-75.8	90.1	8.5
	施設選好軽視型	103.0	31.1	∞	36.1	∞	60.0
	所要時間重視型	104.1	23.6	48.8	-27.8	63.6	7.5
	欲求達成重視型	94.0	30.6	26.9	2.5	35.8	14.6
同乗者	施設選好軽視型	91.7	39.1	∞	82.5	∞	84.3
	移動計画重視型	93.3	30.8	∞	-8.9	∞	35.2
	観光機能重視型	103.3	28.5	-2.5	-78.1	25.6	-30.0

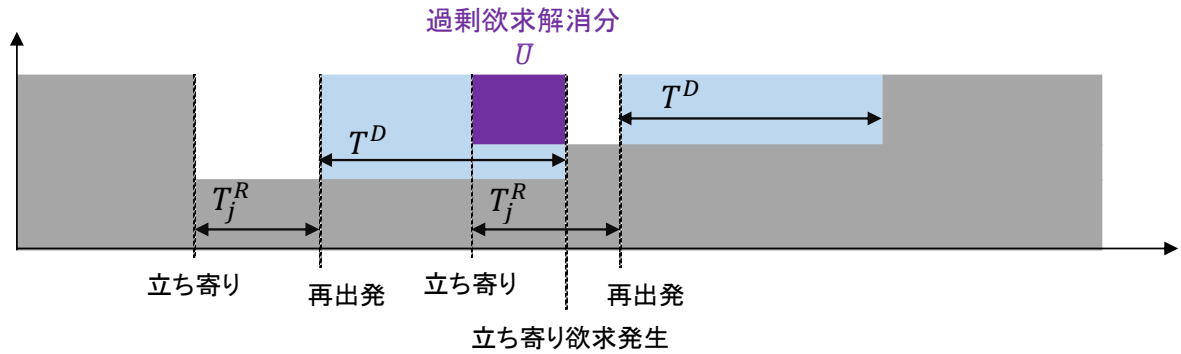


図-6 立ち寄りが短い時間間隔で起きる場合の計算

(4) 時間パラメータの設定

前節で算出されていないトリップ単位の休憩機能評価モデルのパラメータである、立ち寄り欲求発生間隔 T^D と休憩時間 T_j^R は、Web アンケートにおける「[大問4] 休憩時間と間隔 (理想・実態)」の回答結果をクラスタ毎に平均することで求められる。この設問では、被験者が理想と考える「ドライブ中の休憩間隔」・「一回当たりの休憩時間」について尋ねており、前者から立ち寄り欲求発生間隔 T^D が、後者から休憩時間 T_j^R が求められると考えた。アンケートの回答は 15 分未満・15~30 分・30~60 分・60~90 分・90~120 分・120~180 分・180 分以上の選択肢を与えて 7 段階の択一選択式であるが、被験者が意図する休憩間隔・休憩時間は連続的であることから、その分布を一般的な連続確率分布であるガンマ分布と仮定し、最尤推定によってその分布形状を求めた。求めた欲求発生間隔 T^D と休憩時間 T_j^R の分布の平均値は表-9 のような値となった。

(5) 立ち寄りが頻繁に生じる際の計算

先に作成した「トリップ単位の休憩機能評価モデル」では、立ち寄り欲求発生間隔 T^D が経過して初めて不満が蓄積し立ち寄り行動が生じるとして計算する。しかし現実にはそれより短い間隔での立ち寄りが行われる可能性もあり、そうした際の扱いを検討する必要がある。

図-6 のように、立ち寄り欲求発生間隔が経過する以前に立ち寄りが生じた場合の効用の値について、時間当たりの不満度に対する立ち寄りの影響は、立ち寄った施設を出発してから欲求発生間隔の間だけ不満解消度 \bar{D}_j を減少させ、その影響が重複した場合は影響の大きな方の影響が残ると定義し算出を可能にした。影響が重複した場合の効用は、図-6 の過剰欲求解消分 $\bar{U}_{i,j} = \min(\bar{D}_i, \bar{D}_j) \times \max(0, T^D - t_{i,j})$ を減じることで考慮できる。結局、立ち寄り施設選択行動モデルの効用は以下の式(9)で算出できる。

$$U = U_0 + \sum_{j \in S} \Delta U_j - \sum_{i,j \in S, i < j} \bar{U}_{i,j} \quad (9)$$

なお、 $\bar{U}_{i,j}$ に関しては、不満解消度が大きい施設の欲求発生間隔未満での立ち寄りの間に、不満解消度が小さい施設の立ち寄りが起こらない限り、直近の 2 つの立ち寄りののみに関する過剰欲求解消分を考慮すればよい。すなわち、効率的な立ち寄り施設の選択においては、3 施設の欲求解消分が重複するような非効率な状態を無視することができる。このとき、 i, j に連続して立ち寄った時の効用の差分 $\Delta U_{i,j} = \Delta U_j - \bar{U}_{i,j}$ を考えると、効用の差分 $\Delta U_{i,j}$ が正になるとき $t_{i,j}$ は以下の式(10)の条件を満たす。

$$t_{i,j} > t_{i,j}^{min} = \begin{cases} T^D - \frac{\Delta U_j}{\min(\bar{D}_i, \bar{D}_j)} & \text{if } \frac{\Delta U_j}{\min(\bar{D}_i, \bar{D}_j)} < T^D \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

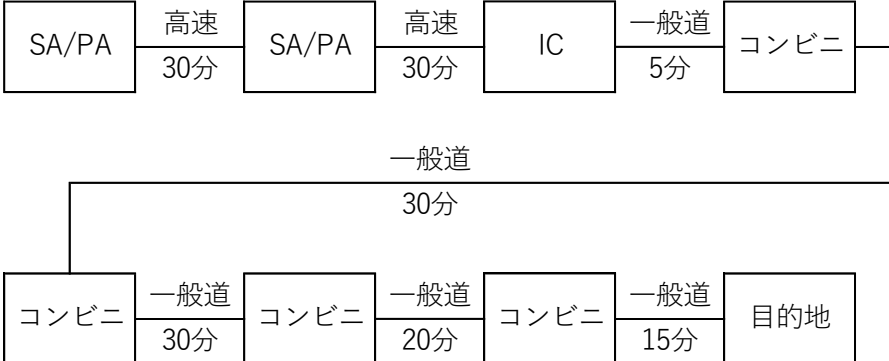
この条件の閾値にあたる $t_{i,j}^{min}$ は、立ち寄り効用が正になる最短の時間間隔であり、その値を表-10 に示す。この値 $t_{i,j}^{min}$ が負である場合は、出発後すぐに施設に立ち寄っても効用が増加することを意味している。また値が ∞ である場合は、常に立ち寄りが負の効用をもたらすことを意味している。すなわちコンビニエンスストアに全く寄らないグループと、道の駅に必ず寄るグループが存在している。このように時間間隔で各クラスタの特性を見ると、それぞれ施設選択の特性が大きく異なることが分かった。

6. 休憩機能評価指標の妥当性検討

(1) 検証の必要性

前章までに構築した「休憩施設選択モデル」はネットワーク全体での効用が最大となるような計算を行う枠

表-11 検証用アンケート設問

設問番号	内容	質問数
1	<p>施設選択を問う設問</p> <p>➤ 架空の経路を示し、どの施設に立ち寄るか選択</p> <p>例) 以下のような経路を移動するとき、どの施設に立ち寄り休憩しますか。 ※具体的な目的地を思い浮かべながら回答してかまいません。</p> 	10 程度
2	<p>クラスタ进行分类する設問</p> <p>➤ 欲求別の立ち寄り施設の選択、立ち寄り施設に求める各機能の整備水準、ロングドライブ時の行動と傾向、コンビニ・道の駅双方への認識 より抜粋</p> <p>例) 飲料・食べ物を買いたいとき（自販機・テイクアウトなど）、コンビニが近くにあれば立ち寄る。</p> <p>【⑦.あてはまる】～【①.あてはまらない】</p>	30

組みになっている。一方、元となった「立ち寄り施設選択行動モデル」は Web アンケートの結果を最尤推定することで構築されており、立ち寄り欲求が発生した時点での短期的な立ち寄り施設選択を表している。休憩施設評価指標に用いる「休憩施設選択モデル」は Web アンケートより直接構築されたものではないため、指標として活用した時の妥当性に疑問が残る。そこで、一般道利用者の実際の判断を再現できるかどうか検証するためのアンケートを実施する。

(2) 検証用アンケートの作成

検証用アンケートは「トリップ単位の休憩機能評価モデル」の入出力に相当するデータが得られるように構築する。設問は以下の二つに大別される。

a) モデル出力検証用設問

「トリップ単位の休憩機能評価モデル」の出力データであるトリップ中の最適立ち寄りパターンを検証するための設問を作成する。道路利用者は表-10のような欲求発生間隔もしくは最短時間間隔 t_{ij}^{min} だけの間隔を最

低限あけて立ち寄り行動を行うことが期待される。このため、これに沿うような架空経路を複数設定し、道路利用者の施設選択データを取得する。

経路の例を表-11中に示す。一般に長距離移動になるほど高速道路を利用することは避けられないと考えられるため、一律に高速道路上のあるサービスエリア・パーキングエリア (SA・PA) を起点とし、高速道路をおおよそ1時間ほど走行したのち一般道に降り、1時間以上の移動を行い目的地へ向かう経路についての設問を設ける。なお、出発地のSA・PAでは不満が十分に解消され以降のトリップに影響を及ぼさないものとする。施設間隔は表-10の時間間隔を考慮に入れて設定し、クラスタ毎に立ち寄りの是非を比較できるように設定する。なお、高速道路上のSA・PAは便宜上道の駅に準ずる施設として取り扱う。

b) クラスタ特定用設問

クラスタを特定するための設問には、第3章で実施した Web アンケート設問を抜粋して用いる。回答平均からの差分が突出しており、かつその正負の組み合わせが

クラスタ間で異なるような、当該アンケート結果からクラスタ分けに強く影響を及ぼしていると考えられる設問を抜粋した。

抜粋した設問は計 30 問である。これらの設問の回答結果を用いて、元の「休憩施設選択モデル」におけるクラスタ分類結果と、30 問それぞれのクラスタ別回答平均とサンプルの回答結果の間のユークリッド距離によるクラスタ判別結果を比較したところ 67.6%一致した。以上より、新たなサンプルに関しても、抜粋した 30 問の回答結果を用いることによって、運転者 4 クラスタへの妥当な判別結果が得られると考えた。

7. まとめ

本研究では、Web アンケート調査によって一般道利用者ごとの沿道施設立ち寄り戦略を取得し、戦略・条件ごとの施設利用可能性を分析し、その結果、立ち寄り戦略ごとに運転者・同乗者で合わせて 7 クラスタに分割することができ、「立ち寄り施設選択行動モデル」としてクラスタごとにトリップ単位で休憩目的での沿道施設選択行動の効用をモデル化することができた。加えて、当該モデルの妥当性の検証のための枠組みを構築した。

また、トリップ単位の総効用が本研究で構築された「トリップ単位の休憩機能評価モデル」を用いることで計算可能となった。国土交通省「道の駅」登録案内要綱では言及されていなかった既存施設配置の評価については、各施設配置に対して、本モデルで算出されるトリップ単位の効用をネットワーク内の全 OD 需要で集計した値を用いることで検討可能となる。実道路ネットワーク上への適用の妥当性に関しては、別途検証用アンケートを実施して検証することが必要となる。

なお、本研究ではモデルの対象施設として主にコンビニ・道の駅を挙げており、総合した効用を考慮しているが、現実には一般道利用者は無数の沿道施設から立ち寄り施設を選択していると考えられるため、対象施設の多様化やそれに伴う計算の効率化などを考慮していくことが必要であると考えられる。

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) 目山直樹, 熊野稔:「道の駅」の概念とその経緯 - 「道の駅」の計画整備に関する研究#1 -, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.425-pp.426, 1994.
- 2) 国土交通省:「道の駅」登録・案内要綱,
<https://www.mlit.go.jp/road/Michi-no-Eki/pdf/guidance.pdf>
- 3) 石井健太郎, 吉川徹, 讃岐亮: 休憩施設としての道の駅の適切な配置の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1033-1034, 2013.
- 4) 飯田克弘: 利用者の評価・行動結果に基づく道の駅の基本施設・サービスのあり方に関する考察, 2000 年度第 35 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.421-pp.428, 2000.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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 (土木計画学研究・論文集第 33 卷), I_661-I_671, 2016.

(2021.10.01 受付)