

順序効果の影響を考慮した走行サービスの質に対するドライバーの認識・評価構造の分析*

Analysis of Driver's Perception and Evaluation Structure toward the Quality of Service for Traffic Conditions with Considering the Influence of Order Effect*

喜多秀行**・河内朗***・谷本圭志****

By Hideyuki KITA**・Akira KOUCHI***・Keishi TANIMOTO****

1. はじめに

従来の交通管理では、道路管理者の視点に基づいた交通管理方策の指標が主に用いられてきた。これは、かつては道路が絶対的に不足しており、道路整備が「質」よりも「量」を増やすことに対して優先的に進められた為であると考えられる。「量」の側面での道路整備が概成をみた段階では道路交通サービスの「質」に目を向け、道路機能の充実を図ることが重要となってきた。道路機能の充実を図る上では、道路提供者側からのドライバーの認識に基づいたサービスの提供が必要であり、そのためには、サービスの「質」に対するドライバーの認識・評価構造をよりの確に把握する必要がある。

このような社会的要請のもと、ドライバーの認識に基づくサービスの質の評価に対する関心が国内外で高まっている。喜多ら¹⁾は走行状態に対する効用からドライバーの満足度を捉える方法を提示しており、Hall et al.²⁾はドライバーがトリップの評価を20kmか30kmの区間単位に分けて捉えていることを示している。Washburn et al.³⁾は道路利用者が複数の要因からサービスの質を考慮しているとし、中村ら⁴⁾や石橋ら⁵⁾では主観的満足度からサービスの質の計量を行っている。

ここで、ドライバーによるサービスの質に対する地点評価や区間評価は、実際には一連の走行の中で行われていることに注意を払う必要がある。そういった状況の中では、前後区間を走行した経験が当該区間のサービスの質の評価に影響するという、いわゆる“順序効果”の影響が指摘されている⁶⁾。これまでは、サービスの質を評価するための指標選定や計量方法に対して重点的に研究

*キーワード：交通流、道路計画、計画手法論

**正会員、工博、神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻

(神戸市灘区六甲台町1丁目1番地、

TEL 078-803-6008、FAX 078-803-6013)

***正会員、経修、株式会社 長大 道路・交通計画部

(大阪市西区新町2丁目20番6号、

TEL 06-6541-5800、FAX 06-6541-5811)

****正会員、工博、鳥取大学工学部社会開発システム工学科

(鳥取市湖山町南4丁目101番地、

TEL 0857-31-5310、FAX 0857-31-0882)

が行われてきており、“順序効果”の影響については特段の認識はなされてこなかった。しかし、“順序効果”が存在するならば、それをドライバーの認識構造に考慮しないことにより、分析結果に様々なバイアスが残存する可能性がある。

そこで本研究では、順序効果をコントロールした室内実験を行い、先に提案した瞬間効用モデルを援用してミクロレベルにおける順序効果の影響を分析する。次に、順序効果の影響を考慮したドライバーの認識・評価構造を記述するモデルを構築し、その説明力について検証を行う。さらに、走行実験で収集した主観的な区間評価値と地点評価値を用いて、区間評価に対して地点評価が及ぼす影響について分析を行い、地点評価値から区間全体の評価値を推定する方法について提案を行う。

2. 本研究の考え方

(1) これまでの研究

これまでの研究において、喜多ら⁶⁾は次式に示す線形瞬間効用モデルを提示している。

$$U_j^t = \lambda_1 L_1 + \alpha S_1 + \lambda_2 L_2 + \beta S_2 + \mu |v_j^0 - v_j| + v \quad (1)$$

U_j^t : 時刻 t にドライバー j が享受する瞬間効用

L_1 : 前方車両と当該車両の衝突危険度(PICUD)

L_2 : 当該車両と後方車両の衝突危険度(PICUD)

v_j^0 : ドライバー j の希望走行速度

v_j : ドライバー j の実際の走行速度

S_1 : 前方車と当該車との相対速度(前方車 - 当該車)

S_2 : 後方車と当該車との相対速度(当該車 - 後方車)

$\lambda_1, \lambda_2, \alpha, \beta, \mu, v$: パラメータ

このモデルは、個別ドライバーが時々刻々変化するミクロな運転環境の中で、自らが希望する走行状態の達成度をその時々々の効用から記述したものであり、ドライバーが効用最大化行動を選択しているとの仮定の下で、その行動選択結果から効用関数を推定している。左辺は走行中のドライバーの行動選択により得られる瞬間効用であり、サービスの質の程度を表す代理指標である。右辺の第1項、第2項はそれぞれ前方車と当該車、後方車と当該車との衝突危険度、第3項はドライバーが希望する走行速度の達成度を示している。ここで、パラメータ $\lambda_1, \lambda_2, \alpha, \beta, \mu, v$ の符号は正の値であり、衝突危険度が上げ

れば高いほど（PICUD が負に大きくなればなるほど）、あるいは当該車両の速度が前方車両よりも速い、もしくは後方車両よりも遅いほど、瞬間効用が小さくなることを示している。またパラメータ μ は負の値であり、希望する走行速度の達成度が低いほど瞬間効用値が小さくなることを示している。なお、効用の最大値は0である。

このモデルに基づく瞬間効用値と、過去に実施した走行実験で収集した主観的な評価値との相関を調べた結果、高い相関を示す区間がある一方で、相関の低い区間が存在した。そこで、試行的にビデオクリップをランダムな順序で被験者に提示して収集した順序効果の影響が排除された主観的な評価値と、モデルからの瞬間効用値との相関性を調べた結果、順序効果の影響を排除することによって、モデルによる瞬間効用値とドライバーの主観的な評価値の相関性は高くなることが明らかとなった⁶⁾。

このように、区間評価には順序効果の影響が存在することが明らかになっているが、地点評価にも同様の順序効果の影響が存在するかどうかは検証されていない。さらに、この分析の基礎となった瞬間効用モデルの各種走行環境データ（説明変数）や主観的な評価値は、前方の走行映像のみに基づくものであり、サンプル数は少なく、また交通環境データの種類もさほど多様ではないことから、これまでの分析結果は限定的な解釈にとどまらざるをえないものとなっている。

（2）本研究の位置づけ

そこで、本研究では、まず地点評価での順序効果の影響の有無を検証する。その際、ミクロな交通状況をより適切に把握するため、前方のみならず側方や後方を含めた自車周辺交通状況に関するデータを用いる。また、多様な交通状況が見られるやや長い区間を対象に主観的な地点評価値及び区間評価値の収集を行うことで、データサンプルの充実を図るとともに、区間全体に対するドライバーの主観的な評価に対して地点及び短い区間の評価が及ぼす影響について検証する。

もし順序効果の影響が存在するならば、それを従来の瞬間効用モデルに組み込むことで、さらにドライバーの認識に近い形での走行サービスの質に対する評価が可能となる。

また、地点評価と区間評価とを関係づける評価構造を明らかにすることにより、各地点の交通環境から推定した地点評価結果を用いて、区間レベルでのサービスの質に対する認識を推計することが可能となる。

3. データ収集

（1）走行実験によるデータ収集

高速道路上での走行実験を行い各種データを収集し

た。表 - 1 に概要を示す。調査は休日1日について実施し、調査区間は道路構造が極端に変化しないこと、交通状況の変化（渋滞、非渋滞）が見られること、を要件として選定した。調査日の交通量は上下方向ともに8時以降は200～250台/5分、日中の平均速度は80km/h程度であった。しかし、上り方向では夕方を中心に渋滞が発生し、16時以降は速度が20km/hへと大幅に低下した。

被験者は、普段から自動車を運転しているドライバーを対象に、事前にスクリーニングテストを行うことで極端な評価構造を持つ者を排除し、6名を選定した。実走行は、被験者2人（ドライバー1人、タイムキーパー1人）、記録員1人の3人を1グループとして、計3グループが、2台の実験車両を交代に用いて行った。地点評価は、タイムキーパーが30秒ごとにタイミングを知らせ、そこから5秒間の走行区間に対する「不満」の程度をドライバーが0～10の11段階で発話したものを記録員が記録し、区間評価は1区間（片道）走行ごとに区間全体に対する評価を行った。ここで、「不満」の程度を用いた評価を行う理由は、高速道路のサービスが順調に走れて当たり前という性質をもったサービスであるため、ドライバーは、円滑な走行環境を「満足」ではなく「当然」と認識していると考えられることによる。

運転環境データについては、CCDカメラを、前方、後方、右側方、左側方、に向けて各1台設置して周辺状況の撮影を行うとともに、速度計を同時に撮影した。この映像をもとに、実験車両の走行速度、前方車両との車間距離、後方車両との車間距離、前方走行車両の走行速度、後方走行車両の走行速度を事後的に計測した。

表 - 1 走行実験の概要

項目	内容
評価区間	阪神高速 魚崎出入口～若宮出入口 4車線：片道 15km
実施日	平成 18 年 11 月 26 日（日） 7：30～17：00 天候：曇り時々雨
被験者	6名（20代：5名、30代1名） 20代は2名の女性を含む
方法	・ドライバーは30秒単位に5秒間の走行区間に対する地点評価を実施 ・往復走行終了後、待機場所にて走行ビデオを確認しながら地点評価理由、区間評価について確認
取得データ	・地点評価（計705）、区間評価（計25） ・交通状況映像（前方、後方、右側、左側）

（2）順序効果の検証のためのデータ収集

一定の時間においてビデオクリップデータを被験者に提示することにより、順序効果の影響をコントロールできることが確認されている⁶⁾。

本研究では、走行実験で得られた映像データから地点評価の対象区間（5秒間）だけを切り出したビデオク

リップを種々組み合わせて被験者に提示することにより、順序効果の影響をコントロールした主観的な地点評価値を収集した。ビデオクリップは、前方の映像のみならず、周囲の交通状況が確認できるように分割画面を用いて前方、後方、右側方、左側方を同時に示した映像についても作成した。また、被験者ごとの運転方法の違いが評価に影響を与える可能性があるため、走行実験の際の被験者自身の走行映像を提示するものとし、さらに被験者自身が走行実験の際の状況を覚えており、そのことが評価に影響を及ぼすことを避けるため、実験は走行実験から1ヶ月後に実施した。

分析で用いたデータは、降雨による影響の除外や評価方法の安定を考慮して、9回分の走行データとした。

4. 検証結果

(1) 地点評価に関する順序効果の有無の検証

瞬間効用モデルは、ドライバーが効用最大化行動を選択しているとの仮定のもと、ミクロな運転環境の中でのドライバーが希望する走行状態の達成度をその時々々の効用として記述したものであり、効用値はサービスの質の程度を示す指標とみなすことができる。しかし、(1)式から理解されるように、瞬間効用値は、前後の評価の影響を受けない状態、すなわち順序効果の影響を受けない状態でのサービスの質に対する評価値である。そこで、瞬間効用値との相関性について分析した。もし走行実験から収集した主観的な地点評価値よりも順序効果の影響をコントロールした主観的な地点評価値との方に高い相関が得られれば、順序効果の影響が存在すると結論づけることができる。

被験者が表明した主観的な地点評価値と瞬間効用値との相関関係を、順序効果の影響の有無について比較した結果を表-2に示す。全ての場合において、順序効果の影響を排除した場合の方が、排除しない場合よりも相関が高くなっており、ドライバーの主観的な地点評価値には順序効果の影響が含まれることが明らかとなった。

表-2 瞬間効用モデルからの評価値に対する走行時及び順序効果排除時の主観的評価の相関の比較

走行データ	a	b	c	d	e	f
走行時	-0.89	-0.78	-0.77	-0.81	-0.74	-0.88
順序効果排除	-0.90	-0.85	-0.84	-0.82	-0.83	-0.92

走行データ：被験者の片道1回分の走行データ

(2) 順序効果を考慮した瞬間効用モデルの構築

地点評価における順序効果の影響の存在が明らかとなったことから、順序効果の影響を考慮して地点評価を記述するモデルの構築を行う。順序効果が含まれるということは評価地点の評価値がそれ以前の評価から影響を

受けるということである。そこで、本研究では最も単純なケースのみを考えるものとし、以下の線形モデルを仮定し、被験者ごとにパラメータを推定した。

$$Vspot_j^t = \alpha U_j^t + \beta (U_j^t - U_j^{t-\Delta t}) + \sigma \quad (2)$$

$Vspot_j^t$: 時刻 t での被験者 j の地点評価
 U_j^t : 時刻 t での被験者 j の瞬間効用値
 $U_j^{t-\Delta t}$: 1つ前の地点での被験者 j の瞬間効用値
 α, β, σ : パラメータ

瞬間効用値は最大値を0として効用の低下に伴い値が小さくなるのに対して、地点評価値は最小値を0として不満の増大に従って値が大きくなることから、パラメータ β はマイナスとなる。また、交通状況の悪い区間から良い区間に向かって走行した際には、順序効果の影響がある場合は、それがない場合と比較して評価が良くなり、逆に、良い区間から悪い区間に走行すると順序効果の影響がある場合では、それがない場合と比較して評価の悪くなるかことがこれまでの知見から得られている⁶⁾。つまり、 $U_j^t - U_j^{t-\Delta t}$ が負の場合には(2)式の右辺の第2項は地点評価値を良くする(値を小さくする)ように働くことから、パラメータ β は負の値となる。

ある被験者についての結果を図-1に例示する。順序効果を考慮した場合に相関係数が高くなっており、順序効果の影響を考慮することでモデルの説明力が向上することを示している。すべての被験者について、(2)式から得られた地点評価値と実走行実験で収集した主観的な地点評価値の相関性について確認したところ、相関係数は0.81~0.90と高く、順序効果を考慮しない場合と比較して、すべての場合において相関性が上昇した。図-1は、ある被験者についての結果であるが、順序効果を考慮した場合で相関係数が高くなっており、これは順序効果の影響を考慮することでモデルの説明力が向上することを示している。

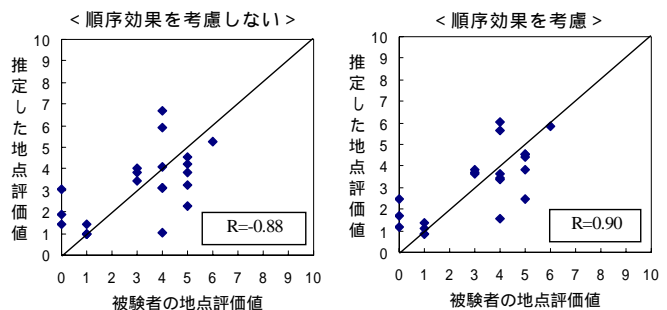


図-1 地点評価における順序効果の影響の考慮の有無の比較例

(3) 区間評価の推定

道路交通状況に対するドライバーの評価は、比較的長

い区間に対して行われるものと考えられる。ドライバーによるこれらの区間の評価では、強く印象に残った地点での交通状況に対する評価が、その区間の主観的な評価を支配していることが考えられる。そこで、ドライバーの区間全体に対する主観的な評価に対して、それぞれの地点評価がどのように影響しているかを分析した。

表 - 3 は、区間全体に対する主観的な評価値に対して、当該区間に含まれる地点評価ポイントでの主観的な地点評価値の平均値、最大値、最小値、最頻値、および区間全体を前半部分と後半部分の2つに分けたそれぞれの平均値と最大値との相関性について整理した結果である。

全体的に、地点評価の平均値および最大値と区間全体の評価値との間に高い相関がみられるが、区間評価値と各種評価値の散布図を確認したところ、区間全体の評価値はほとんどの場合に地点評価の平均値より高い値となり、一方で地点評価の最大値より低い値となっていることがわかった。このことは、ドライバーは平均値と最大値の両者を踏まえて区間評価を行っていることを示唆している。

表 - 3 区間評価値に対する各種地点評価値の相関係数

	平均	最大値	最小値	最頻値
相関係数	0.87	0.89	0.73	0.64
	平均 (前半)	平均 (後半)	最大値 (前半)	最大値 (後半)
相関係数	0.74	0.82	0.81	0.81

そこで、区間全体の主観的な評価値を地点評価の平均値と最大値により説明する以下の推計式を構築した。

$$V_{\text{section}} = \gamma \bar{V}_{\text{spot}} + \lambda V_{\text{spot}}^{\text{Max}} + \varepsilon \quad (3)$$

V_{section} : 区間全体の評価値
 \bar{V}_{spot} : 地点評価値の平均値
 $V_{\text{spot}}^{\text{Max}}$: 地点評価値の最大値
 $\gamma, \lambda, \varepsilon$: パラメータ

(3) 式のパラメータの推定結果を表 - 4 に、また、(3) 式から推定された区間評価値と走行実験で得られた区間評価値をプロットした結果を図 - 2 に示す。両者の間には、総じて、高い相関がみられ、(3) 式は区間の評価値に関して高い説明力を有するものと考えられる。

表 - 4 パラメータの推定結果

パラメータ	推定値
γ	0.551(1.735)
λ	0.603(2.175)
ε	-1.202(-1.301)
R^2	0.900

() 内は t 値

5. おわりに

本研究では、ドライバーが認識する走行サービスの質に対する地点評価において“順序効果”の影響が存在することを明らかにし、それを考慮したドライバーの認

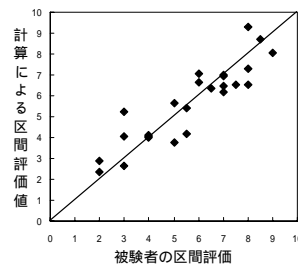


図 - 2 区間評価に関する推定値及び実績値の比較

識に基づく地点評価の評価構造を記述するモデル、さらには地点評価と区間評価値の関係を示す空間的评价構造モデルを提示した。これらは、各地点の交通環境から区間全体の評価値の推定が可能となることを示唆するものであり、今後の研究に一つの方向性を示すものである。

一方で、本研究は順序効果として1つ前の地点の評価のみの影響を考慮したが、さらに前の地点の影響を受けている可能性もあり、また大型車や自転車周辺の交通状況からの圧迫感による影響といった評価要因をどのように評価構造に取り込むかといった課題も残されている。

今後は、分析データの充実を図り、手法の確立に向けた検討をさらに進めるとともに、マクロな交通特性とミクロな交通特性の関連性について分析を行うことにより、マクロ交通指標から主観的评价値を推計する手法についても検討を進めていく必要がある。

なお、データ分析においては鳥取大学工学部社会開発システム工学科4年生横内崇氏(当時)の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 喜多秀行, 藤原栄吾: 道路のサービス水準評価指標の再考とひとつの提案, 第15回交通工学研究発表会論文報告集, pp.25-28, 1995
- 2) Hall, Fred L., Wakefield, S., and Al-Kaisy, A: Freeway Quality of Service: What really matters to drivers and passengers?, McMaster University, 2000
- 3) Washburn, Scott S., Ramlackhan, K., and McLeod, Douglas S.: Quality-of-Service Perceptions by Rural Freeway Travelers, Transportation Research Record, No.1883, pp. 132-139, 2004
- 4) 中村英樹, 加藤博和, 鈴木弘司, 劉俊晟: ドライバー主観の計量による高速道路単路部のサービスの質の定量化とその要因分析, 土木計画学研究論文集, No.17, pp.941-946, 2000
- 5) 石橋善明, 小藪英彦, 河内朗: 道路利用者満足評価に基づく高速道路のサービス水準の評価, 土木学会論文集, No.722/ -65, pp.41-52, 2004
- 6) 須田佳孝, 喜多秀行: 道路交通サービスの質に対する評価の空間的構造, 平成18年度土木学会中国支部研究発表会講演概要集, 2006