

ドライバーの認識に基づいた交通サービスの質の評価方法*

A Method for Evaluating Quality of Service Based on Driver's Perception*

喜多 秀行**・河内 朗***

By Hideyuki KITA**・Akira KOUCHI***

1. はじめに

道路の設計及び運用においては、道路が提供するサービスの質に対する道路利用者からの満足度を高めるための手段を講じることが重要である。そのためには、交通サービスの質に対するドライバーの認識および評価構造を明らかにすることが必要となる。Morrall and Werner¹⁾は、交通量の多い状況では遅れ時間比率はわずかな増加となるのに対して、追い越し比率が大きく減少することに着目し、遅れ時間比率に基づくサービスの質はほとんど同様であるにもかかわらず、ドライバーが認識するサービスの質は悪化しているに違いないと指摘した。これは、交通サービスの質はドライバーの周辺を取り巻くミクロな運転環境を根拠としたドライバーの認識に基づいて評価されるべきであることを指摘したものである。

これに対して、喜多ら²⁾は、交通サービスの質を評価する方法論の必要性を指摘した上で、ある道路区間のトータル的なサービスの質は、当該区間に含まれる各地点でのミクロな運転環境に対するドライバーの認識に基づくサービスの質を集計化することで求め、モデルの適合性はモデルから予測される運転挙動と実際の運転挙動を比較することによって検証できるというフレームワークを提示している。ドライバーが直面するサービスの質は、ドライバーが選択する運転挙動をもとに効用関数を推定し、そこから導かれる効用値でもって推定できるというもので、喜多ら³⁾では実走行実験から収集したデータをもとに、安全車間距離及び希望走行速度の達成状況を説明変数とする瞬間効用モデルの同定を行っている。

一方で、ドライバーにとっては大型車の存在も気になる場所である。例えば、環境ロードプライシングなどの施策を講じた場合、転換先の道路では大型車交通量が増加し、乗用車にとっては運転しにくい道路となるかも

*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)

しれない。大型車の存在がサービスの質の評価に与える影響を明示的にモデルに取り込むことで、これら施策が交通サービスの質に与える影響も把握可能となる。

そこで、本研究では、大型車の存在に関する交通状況データの取得を目的とした走行調査を実施し、そこで取得したデータを用いて大型車の影響を取り込んだ瞬間効用モデルの構築を行う。

以下、第2章ではこれまでの研究を概観した上で本研究での瞬間効用モデルを提示する。第3章では本研究で用いたデータの収集方法を述べる。続く第4章においては、自車周辺の大型車の存在が、サービスの質に対するドライバーの認識に与える影響について、走行データ及び瞬間効用モデルを用いた検証を行う。そして、第5章では得られた成果と今後の課題について述べるものとする。

2. 本研究の考え方

(1) これまでの研究

瞬間効用モデルは、個々のドライバーが効用最大化行動に基づいて運転挙動を選択しているとの仮定の下で、ある瞬間的な交通状況下で選択した運転挙動から推定しており、そこから導かれる効用値はある瞬間的な交通状況に対してドライバーが認識するサービスの質の最大値に相当する。

$$U_j^t = \max_{a_i} \{U_{ji}^t\} \quad (1)$$

$$U_{ji}^t = V_{ji}^t + \varepsilon \quad (2)$$

ここで、 U_{ji}^t はある時点 t におけるドライバー j の各選択肢 $a_i \in A (i=1, \dots, 4)$ に対する効用を示しており、各ドライバーは効用が最大となる運転挙動 a_i を選択する。なお、運転挙動は、等速、加速、減速、車線変更である。各選択肢の効用は確定項ランダム効用 V_{ji}^t と誤差項 ε で構成され、誤差項 ε の分布型としてガンベル分布を仮定して、選択確率 P_{ji}^t を多項ロジットモデルにより導出する。確定項は、危険感に関する指標、希望走行速度の達成状況に関する指標から構成される。これまでの研究で、喜多ら³⁾では都市高速道路での走行実験から収集したデータを用いてサンプルの拡充を行うなど、モデルの改良を行ってきている。しかしながら、従来の瞬間効用モデルでは、取得データの制約から、大型車の存在が与

える影響が、明示的に考慮できていない。

(2) 本研究の位置づけ

本研究では、自車周辺に存在する大型車が、サービスの質の評価に与える影響について検証を行う。分析に際しては、自車周辺に大型車が存在するデータを取得するため、喜多ら³⁾と同様の実走行実験を平日に実施し、自車周辺のマイクロな運転環境に関するデータ、及びドライバーの主観評価データを収集する。

瞬間効用モデルにおいて大型車の影響を考慮することで、従来のモデルよりも説明力が高くなれば、大型車の存在がサービスの質に対するドライバーの認識に影響を与えているということになる。そして、それを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。

(3) 大型車の影響を考慮した瞬間効用モデル

本研究で提示する瞬間効用モデルは、(2)式に対して次の確定項で説明される。

$$V_{j1}^t = \lambda_1 S_1^t + \lambda_2 L_1^t \delta^0 + \lambda_3 L_1^t \delta^1 + \mu |v_j - v_j^t| + v_1 \quad (3a)$$

$$V_{j2}^t = \lambda_1 S_1^t + \lambda_2 L_1^t \delta^0 + \lambda_3 L_1^t \delta^1 + \mu |v_j - (v_j^t + \Delta v_j^t)| \quad (3b)$$

$$V_{j3}^t = \lambda_1 S_1^t + \lambda_2 L_1^t \delta^0 + \lambda_3 L_1^t \delta^1 + \mu |v_j - (v_j^t + \Delta v_j^t)| + v_2 \quad (3c)$$

$$V_{j4}^t = \lambda_1 S_1^{nt} + \lambda_2 L_1^{nt} \delta^0 + \lambda_3 L_1^{nt} \delta^1 + \lambda_4 S_2^{nt} + \lambda_5 L_2^{nt} + \mu |v_j - v_1^{nt}| + v_3 \quad (3d)$$

$$\begin{cases} L_1^t = \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} + s_0^t - \left\{ v_j^t \Delta t + \frac{(v_j^t)^2}{-2a} \right\} \\ L_1^t = \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} + s_0^t - \left\{ v_j^t \Delta t^l + \frac{(v_j^t)^2}{-2a} \right\} \end{cases} \quad (4a)$$

$$\begin{cases} L_1^t = \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} + s_0^t - \left\{ (v_j^t + \Delta v_j^t) \Delta t + \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} \right\} \\ L_1^t = \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} + s_0^t - \left\{ (v_j^t + \Delta v_j^t) \Delta t^l + \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} \right\} \end{cases} \quad (4b)$$

$$\begin{cases} L_1^t = \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} + s_0^t - \left\{ (v_j^t + \Delta v_j^t) \Delta t + \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} \right\} \\ L_1^t = \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} + s_0^t - \left\{ (v_j^t + \Delta v_j^t) \Delta t^l + \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} \right\} \end{cases} \quad (4c)$$

$$\begin{cases} L_1^{nt} = \frac{(v_1^{nt})^2}{-2a} + s_0^{nt} - \left\{ (v_j^t + \Delta v_j^t) \Delta t + \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} \right\} \\ L_2^{nt} = \frac{(v_j^t + \Delta v_j^t)^2}{-2a} + s_0^{nt} - \left\{ (v_2^{nt}) \Delta t + \frac{(v_2^{nt})^2}{-2a} \right\} \end{cases} \quad (4d)$$

ここで、

V_{ji}^t : ドライバー j が運転挙動 a_i ($i=1, \dots, 4$) から享受する効用の確定項

L_1^t : 直前車両とのPICUD (m) L_2^t : 直後車両とのPICUD (m)

L_1^t : 直前大型車両とのPICUD (m)

L_1^{nt} : 隣接直前車両とのPICUD (m)

L_1^{nt} : 隣接直前大型車両とのPICUD (m)

L_2^{nt} : 隣接直後車両とのPICUD (m)

S_1^t : 相対速度 (直前車両 - 自車) (m/s)

S_2^{nt} : 相対速度 (隣接直前車両 - 自車) (m/s)

S_2^{nt} : 相対速度 (自車 - 隣接直後車両) (m/s)

v_j : ドライバー j の希望走行速度 (m/s)

v_j^t : ドライバー j の速度 (m/s)

δ^0 : 直前が大型車の時0、直前が大型車以外の時1

δ^1 : 直前が大型車以外の時0、直前が大型車の時1

v_1^t : 直前車両の速度 (m/s)

v_2^t : 直後車両の速度 (m/s)

v_1^{nt} : 隣接直前車両の速度 (m/s)

v_2^{nt} : 隣接直後車両の速度 (m/s)

s_0^t : 同一車線車両との車間距離 (m)

s_0^{nt} : 隣接車線車両との車間距離 (m)

Δt : 反応時間 (0.75秒) Δt^l : 認知反応時間 (2.75秒)

Δv_1 : 直前車両の速度変化 a : 減速度 (-3.3m/s²)

Δv_j^t : 自車両の速度変化 (加速+2.75m/s、減速-4.15m/s)

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \mu, v_1, v_2, v_3$: パラメータ

(3a)~(3d)は瞬間効用モデルの確定項で順に等速、加速、減速、車線変更、(4a)~(4d)はPICUDで順に等速、加速、減速、車線変更におけるものである。交通量が多いと、自車の運転挙動は前後車両の挙動状態からの影響を受けることから、本研究のモデルでは直前及び直後車両の挙動状態も考慮して、自車両の挙動を決定する。なお、周辺車両の速度変化は、(4a)~(4c)の右辺第1項の Δv_1 に対して、加速時+2.75m/s、減速時-4.15m/sとして一律に設定する。なお、隣接車線を走行する車両の速度変化については、本研究では考慮しない。自車両の挙動に伴う速度変化 Δv_j^t については、(3b)と(4b)では+2.75m/s、(3c)と(4c)では-4.15m/sを基本とするものの、希望走行速度を超えた加減速は行わないものとし、車線変更に際しては希望走行速度に対する現在の走行速度から、希望走行速度に近づくための速度変化を選択するものとする。

大型車の存在による影響については、藤井ら⁴⁾で車両反応時間が比較的短い追従領域においては、直前の車両が大型車から乗用車に代わることによる見通しの改善によって安全性が向上することが示されている。ドライバーは、直前車両の状況のみならず、その先の交通状況も確認することで、ある程度の予見に基づいた運転を行っている。しかし、大型車による前方視認性の阻害は、ドライバーにとっての予見情報の喪失をもたらす、交通状況の変化に伴う瞬時の反応に影響を与える。安全性の確保のためには、十分な車間距離を確保すればよいのだが、それは一方で他車の割り込みをもたらすため、結果的にドライバーは不十分な車間距離での走行を行うこととなり、安全面で緊張を強いられることとなる。服部ら⁵⁾では、ドライバーの認識する安全車間距離が2.1秒程度の車間時間に相当することを明らかにしており、仮に各車両が車間時間2秒で追従しているとした場合、直前車両が小

型車でさらに一つ先の車両が見通せた場合と比較して、直前車両が大型車で前方が見通せない場合では、直前車両よりもさらに前方で突発事象が起きた場合に、2秒の認知遅れが生じることとなる。

そこで、本研究においては、大型車が安全面からサービスの質の評価に与える影響に着目し、一般に、認知時間は1.5～2.0秒程度であることから直前車両が大型車の場合は、前方PICUDに認知時間（2.0秒）を追加する。これにより、直前が大型車の場合は、PICUD値はその他車種の場合と比較して低くなる。瞬間効用モデルでのPICUDのパラメータは正の値であることから、これは安全面の観点から効用を低下させるように働くこととなる。

一方で、大型車の存在が安全性に影響を与えるのは、ある一定距離内の場合と考えられる。そこで、本研究においては、走行実験から得た自車周辺での大型車の有無に対して、さらに自車からの車間時間2秒以内に大型車が存在する場合に、大型車のPICUDを考慮するものとする。また、大型車による危険性は速度が高まるほど大きくなることから、本研究では非渋滞流域に着目し、自車が20km/h以上で走行している場合を対象として大型車の影響を考慮する。

3. データ収集

喜多ら³⁾と同様の手法で、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に本研究での調査概要を示す。調査は平日1日について実施し、当日の交通量は150～300台/5分、速度は20～60km/h程度と休日よりも走行性が低くなっている。また、大型車混入率は15～50%の間で25～30%を中心に分布しており、休日の2倍以上となっている。

被験者は普段から自動車を運転している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

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19年8月6日（月） 7:30～17:00 天候：晴れ
被験者	6名（20代：6名）
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1,030）、区間評価（計20） ・交通状況映像（前方、後方、右側、左側）

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。なお、ここでの大型車の有無の判定は、評価対象区間で前方、後方、隣接車線に大型車が存在する場合を「あり」とした。

4. 検証結果

（1）大型車の存在が主観評価に与える影響

本研究で収集した平日データの中から、4回の走行データ（地点評価186箇所）を対象として、ドライバーの交通サービスの質の評価に対する大型車の影響について、自車の運転環境別に整理した結果を表-2に示す。主観評価値は数値が大きくなるほどストレスが大きくなることを示しており、直前に大型車が存在する場合では、ほぼ全ての速度帯及び距離帯において主観評価の平均値が悪化している。直前が大型車の場合の主観評価値とその他車種の場合の主観評価値の比率をみると、直前車両が大型車の場合とそうでない場合で評価の差が最も大きいのは60～80km/hの0～25mであり、中・高速域で大型車の影響が大きくなる可能性が示唆される。

表-2 運転環境別の主観評価値

自車速度 (km/h)	車間距離 (m)	主観評価値（平均）		
		直前大型車	直前その他	比率
0～20	0～25	7.4(21)	6.9(13)	1.07
	25～50	—	—	—
	50～75	—	—	—
20～40	0～25	6.6(45)	6.5(12)	1.02
	25～50	6.0(2)	6.5(3)	0.92
	50～75	—	—	—
40～60	0～25	5.9(17)	5.5(7)	1.07
	25～50	5.5(3)	4.7(6)	1.17
	50～75	—	—	—
60～80	0～25	4.5(11)	3.6(12)	1.25
	25～50	3.8(11)	3.6(14)	1.06
	50～75	—	2.5(2)	—
80～	0～25	4.0(1)	—	—
	25～50	2.0(1)	2.3(3)	0.87
	50～75	—	2.5(2)	—

注1：（ ）内はサンプル数

(2) パラメータの推定

パラメータの推定は、本研究で収集した平日の4回の走行データ（地点評価186箇所）、及び既往調査で収集した休日の9回の走行データ（地点評価206箇所）をあわせて計13回の走行データ（地点評価392箇所）を用いて実施した。パラメータ推定結果を表-3に示す。なお、従来型モデルとは、2.の瞬間効用モデルに対して大型車PICUDを考慮しないものを指す。衝突危険度が高ければ高いほど（PICUD値が小さくなればなるほど）、当該車両の速度が前方車両よりも速いほど、当該車両の速度が後方車両よりも遅いほど、瞬間効用は小さくなることから、パラメータ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 、 λ_5 の符号は正の値である。また、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から、パラメータ μ は負の値である。

表-3からは、いずれのモデルはともに符号条件を満たしている。個々のパラメータでは、希望速度やPICUDに関する指標で有意性が低くなっているものの、モデル全体としての説明力は高い。

表-3 パラメータ推定結果

パラメータ	推定結果	
	従来型	本研究
λ_1	0.1498 (2.43*)	0.1446 (2.27*)
λ_2	0.0024 (0.79)	0.0025 (0.83)
λ_3		0.0045 (0.45)
λ_4	0.1711 (1.48)	0.1707 (1.47)
λ_5	0.0122 (3.83**)	0.0121 (3.80**)
μ	-0.0564 (-1.06)	-0.0575 (-1.08)
v_1	1.9491 (9.40**)	1.9465 (9.40**)
v_2	0.0417 (0.11)	0.0373 (0.10)
v_3	-2.6970 (-4.21**)	-2.7041 (-4.21**)
尤度比	0.434	0.434

注1: ()内はt値

注2: *は5%有意水準、**は1%有意水準

(2) 大型車の影響の有無に関する検証

本研究のモデルで追加した大型車両とのPICUDは、すべての選択肢に含まれる変数であるため、従来型モデルと同様に効用差が生じることとなり、モデルそのものの説明力には大きな変化を与えにくい。しかし、本研究で着目しているのは各選択肢の効用水準であり、ドライバーが行う主観評価値との相関性である。そこで、瞬間効用モデルからの効用値と主観評価値の相関性について、従来のモデルと本研究のモデルとの比較を行った。

本研究のパラメータ推定で用いた13回の走行データについて、従来型モデルと主観評価値の相関係数、及び本研究のモデルと主観評価値の相関係数を算出して比較したところ、11回分の走行について本研究モデルでの相関係数が向上しており、有意差検定においても1%の有意水準で差が認められた。これは、自車周辺のミクロな運転環境における大型車の存在が、交通サービスの質に対するドライバーの認識に影響を与えていることを示唆する

ものである。しかし、表-4に示しているように、相関性の向上は僅かな範囲にとどまっている。

表-4 主観評価値との相関係数（一例）

	a	b	c	d	e
従来	0.535	0.472	0.680	0.557	0.602
本研究	0.541	0.473	0.683	0.561	0.611

t値=3.83

5. おわりに

本研究では、自車周辺に存在する大型車が、ドライバーが認識する交通サービスの質に対して影響を与えることを示し、さらにそれを危険感に関する指標に反映させたモデルを提示した。これらは、ドライバーの認識構造に基づいたサービスの質の評価を行う上で、ひとつの方向性を指し示すものである。

一方で、モデルの改善効果はやや限定されたものとなっている。その理由としては、本研究では大型車の影響として直前の大型車による危険感のみを対象としていたことがあげられる。また、ドライバーが交通サービスの質を評価するにあたって重要と考えられる希望走行速度からのかい離に関する指標の有意性が低く、それが各変数に影響を及ぼしている可能性がある。

今後は、大型車が周囲に存在することによる不快感がサービスの質の評価にもたらす影響について検証を進めていくとともに、ドライバーは走行履歴に基づいて希望走行速度を変化させている可能性があることから、希望走行速度の変化を考慮した瞬間効用モデルについて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神戸大学工学部市民工学科4年生小川隆介氏(当時)の協力を得た。また本研究で用いたデータは、(財)国際交通安全学会のH962研究プロジェクトの一環として収集したものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Morrall, J.F. and Werner, A.: Measuring Level of Service of Two-Lane Highways by Overtakings, Transportation Research Record, No1287, pp.62-69, 1990
- 2) 喜多秀行, 前田信幸: 道路交通における走行サービスの質とその計測: 効用アプローチに基づく方法, 土木学会論文集, No.722/IV-65, pp.3-10, 2004
- 3) 喜多秀行, 河内朗: 走行サービスの質に対する順序効果の影響を考慮したドライバーの認識・評価構造の実証分析, 土木計画学研究論文集, vol. 25/No.2, pp.515-523, 2008
- 4) 藤井健, 鈴木宏典: 追従走行時の前方見通しの違いによる車群安全性への影響評価, 自動車研究, 第30巻第3号, pp.13-16, 2008
- 5) 服部廣司, 瀬島順一郎, 岡本征四郎, 大仲英文: ドライバーの車間距離判断に関する研究, 自動車技術会学術講演会, 1990