

IV-3

ドライバーの認識に基づいた道路のサービス水準指標に関する一考察

鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行
大林道路(株) 正会員 藤原 栄吾

1. はじめに

道路のサービス水準とは、ある道路が利用者に提供するサービスの質を表す概念である。1965年のHCM(Highway Capacity Manual)で提唱され、現在では道路区間ごとにサービスを表す指標としていくつかの交通特性を導入し、各指標値の範囲を指定することによりA~Fのサービス水準が定義されている。しかしここで用いられているサービス水準の指標は、その道路区間のサービスと関連の強い1つの交通特性にすぎず、利用者であるドライバーの認識するサービスの質を必ずしも表していない。また道路の構造ごとに異なる交通特性をサービス水準の評価指標に用いており、構造形式の異なる区間相互のサービス水準を統一的に比較、評価することが容易でないことなどの問題を有している。これはサービス水準の評価指標に交通密度や交通流率といったマクロな交通特性を用いていることにも起因している。

そこで本研究では、個々のドライバーがおかれている状態を表すミクロな指標の集計値として全体のサービス水準を定義する。具体的には、サービス水準の統一的な概念として「ドライバーの希望する走行状態の達成度(効用)のドライバー全体に対する集計値」を考える。以下では、高速道路の流入部を対象に、種々の状況下におけるドライバーの効用を推定し、これをもとにサービス水準を算定する一つのモデルを構築する。

2. 選択行動モデル

ドライバーは、より高い効用をもたらす行動を選択しながら走行していると考えられる。この効用を直接測定することは困難であるが、ドライバーが種々の状況下で行う選択行動の結果に着目することにより、直面している選択肢の効用の大小関係を知ることができ、これをもとに効用関数を同定することが可能である。このことを流入部における選択行動について見てみよう。

1) 流入車の選択行動

流入車は加速車線を走行中に常時「流入する」か「見送る」かの選択を行っており、選択結果が「見送る」から「流入する」に転じた時点で流入という行為が実現する。ここで流入車は判断時点での情報に基づいて行動を

選択すると仮定する。従来の研究¹⁾から、流入、見送り選択に影響する要因として、ギャップを構成する本線直近後方車とのTTC(Time to Collision), t_{c1} , 流入車の速度で正規化した残存加速車線長(残存加速車線長を走行速度で除したもの), t_l を選定する。TTCは(相前後して走行する2台の車両の車頭間隔)/(相対相度)で表される一種の事故危険性を表す指標である。上記の要因について、いずれも0のとき衝突あるいは接触を意味することからドライバーは最大の不効用を受け、また十分に大きい場合は選択への影響は無視できる。これらの性質を考慮し、各々の行動の効用関数を次のように表す。

$$u_a = \lambda_1 t_{c1}^{-1} + \varepsilon_a, \quad u_b = \lambda_0 + \lambda_2 t_l^{-1} + \varepsilon_b \quad (1)$$

u_a は流入選択した場合、 u_b は見送り選択した場合の効用である。また $\varepsilon_a, \varepsilon_b$ は不確定な影響要因による確率変動項を表す。ドライバーが効用最大化行動をとり、 $\varepsilon_a, \varepsilon_b$ がそれぞれ独立かつ同一のガンベル分布に従うとすると、流入選択確率 P_a 、見送り選択確率 P_b は次式で与えられる。

$$P_a = \frac{\exp(u_a^*)}{\exp(u_a^*) + \exp(u_b^*)}, \quad P_b = 1 - P_a \quad (2)$$

ただし上式の u_a^*, u_b^* はそれぞれ u_a, u_b の確定項である。

2) 本線車の選択行動

本線車は自車前方の流入車に対し、「直進する」「追い越し車線に車線変更する」「減速する」のいずれかの選択を行う。流入車に対するこれらの選択は、流入車が合流した時点での情報に基づいて行われると仮定する。このとき直進を選択する場合および車線変更を選択する場合の影響要因を、先の流入車の影響要因から、流入車とのTTC, t_{c1} , 追い越し車線直近後方車とのTTC, t_{c2} とする。また減速については、流入車が t_{c1} の間減速が可能なことから、 t_{c1} 間減速した後のTTCと現在のTTCの和, t_{c3} を減速時の影響要因として用いることにする。

以上の影響要因を説明変数として直進時、車線変更時、減速時の効用関数 U_1, U_2, U_3 をそれぞれ次式で表す。

$$U_1 = \mu_1 t_{c1}^{-1} + \varepsilon_1, \quad U_2 = \mu_0 + \mu_3 t_{c2}^{-1} + \varepsilon_2, \quad U_3 = \mu_1 + \mu_4 t_{c3}^{-1} + \varepsilon_3 \quad (3)$$

流入車に対し本線車が直進する確率、車線変更する確率、減速する確率は、流入車と同様に与えることができる。

3. サービス水準の算定法

以上の議論から理解されるように、ドライバーの効用はドライバーをとりまく周辺の交通状況に依存するため、常に変化している。したがってある一定の道路区間全体を走行するドライバーが認識するサービス水準を算定するためには、何らかの形で時々刻々の効用を集計する必要がある。この点についてはドライバーの意思決定構造などとも関わり、さらに議論を深める必要があるが、ここではドライバーが局所的判断を繰り返すという本研究の仮定に従い、選択可能な行動に対する局所的な走行効用の最大値の、時間に関する平均値（平均走行効用）をもってサービス水準の評価指標とする。

流入車を例に走行効用の変化を示す。流入車は、流入部進入後一定の加速度で加速車線を走行し、本線車線の速度に達した時点で等速走行すると仮定する。今、流入部進入時の初期速度を v_0 、加速度を a 、本線車の速度を v_j とする。ここで時刻 t における流入車の走行速度を $V_i(t) (= \min[v_0 + at, v_j])$ 、走行位置を $R_i(t)$ ($V_i(t)$ から与える)、流入時刻を t_i とし、 t における t_{c1} , t_i を $T_{c1}(t)$, $T_i(t)$ とすると、本線車が流入車に対して直進を選択した場合、 $T_i(t)$, $T_{c1}(t)$ は次式で表される。

$$T_i(t) = \frac{(L - R_i(t))}{V_i(t)} \quad (4)$$

$$T_{c1}(t) = \frac{gv_j + \{R_i(t) - R_i(t_i)\} - v_j(t - t_i)}{v_j - V_i(t)} \quad (5)$$

(4) 式の L は加速車線長を、また (5) 式の g は流入時の本線直近後方車とのギャップ（車頭時間間隔）を表している。 $T_i(t)$, $T_{c1}(t)$ および流入部区間全体の走行時間 t_{L_i} を用いて流入車の平均走行効用 $\bar{u}$ は次式で表すことができる。

$$\bar{u} = \frac{1}{t_{L_i}} \left[\int_0^{t_{L_i}} \{\lambda_0 + \lambda_2 T_i(t)^{-1}\} dt + \int_{t_{L_i}}^{t_{L_i}} \lambda_1 T_{c1}(t)^{-1} dt \right] \quad (6)$$

この $\bar{u}$ が、本研究で提案するサービス水準指標である。(5) 式の $T_{c1}(t)$ は、本線車が直進を選択した場合について定式化したものであるが、同様にして本線車が減速した場合、車線変更した場合についても定式化できる。また本線車の平均走行効用も定式化することが可能である。

4. 事例分析

京葉道市川インターチェンジにおける観測データを用い、効用関数のパラメータ $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \mu_0, \mu_1, \dots$ を最尤推定法を用いて推定した。表1に示した推定結果から、本研究で提示したモデルは比較的良好な現象再現性を備えていると考えられる。

次に、流入車を例にサービス水準を算定した。ここでは流入車に対し本線走行車は直進を選択すると仮定している。対象事例では、流入車の流入部進入時の平均速度

表1 パラメータ推定値

説明変数	パラメータ	推定値	t-値	尤度比
見送決定数項	λ_0	-0.48	-0.41	0.49
本線車とのTTC	λ_1	-10.18	-4.16	
残存加速車線長	λ_2	-11.88	-2.16	
車線変更数項	μ_0	-2.64	-3.87	0.31
減速数項	μ_1	-2.62	-4.46	
流入車とのTTC（直進時）	μ_2	-27.23	-4.73	
追い越し車線走行車とのTTC	μ_3	-16.57	-2.80	
流入車とのTTC（減速時）	μ_4	-3.86	-2.00	

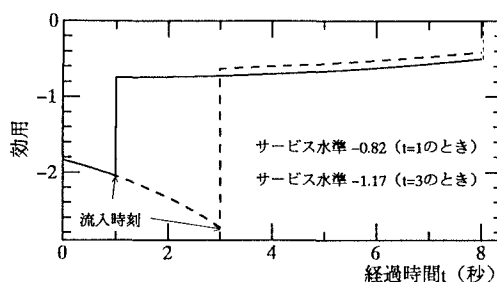


図1 走行効用の時間変化とサービス水準

$\bar{v}_0 = 16(m/sec)$ 、平均加速度 $\bar{a} = 0.38(m/sec^2)$ 、本線車の平均速度 $\bar{v}_j = 21(m/sec)$ 、加速車線長 $L = 140(m)$ である。これらの値を用いて、流入車が本線車とのギャップ $g = 3(sec)$ に流入した場合について、それぞれ流入時刻 $t_i = 1, 3(sec)$ の場合を例に走行効用の時間変化を示し、サービス水準を算定した。この結果を図1に示す。図から同一のギャップ（3(sec））に対して流入する場合、加速車線上での走行時間が長いほど十分に走行速度を上げて安全に流入できるため、流入後に高い効用水準で走行できること、またその反面加速車線を走行することにより加速車線終端に接近する不効用が大きくなることから、流入車が流入部進入後、速やかに、かつ安全に流入しようとしていることが説明できる。

5. おわりに

本研究では、ドライバーの選択した行動の効用値に基づくサービス水準評価指標を提案し、具体的な算定手順を示すとともに、事例分析を行いその妥当性を検討した。しかしながらここで算定したサービス水準は、ある特定の個人の評価値であり、交通流全体のサービス水準を算定するためにはこれら個人の評価値を集計する必要がある。様々な車両が多数混在して走行しているという実際の状況を対象とするモデルへの拡張が今後の課題である。

<参考文献>

- 1) 喜多秀行・原田裕司：複数ギャップの同時選択を考慮した流入挙動モデル，土木計画学研究・講演集 17，pp.161 ~ 164, 1995.