

主観的評価を考慮した渋滞判定に関する基礎的研究*

Analysis of the Cogestion Judging based on the Human Subjectivity*

甲斐慎一郎**, 石田東生***, 岡本直久***, 古屋秀樹***

By Shin-ichiro KAI**, Haruo ISHIDA***, Naohisa OKAMOTO*** and Hideki FURUYA***

1. 研究の背景・目的

近年、政策評価において Output から Outcome 指標に重点が移りつつあるが、道路のサービスレベル評価指標に関する議論は十分なされていない状況である。例えば、このサービスレベル指標の一つである渋滞損失時間は、道路リンクの基準速度と道路交通センサスを用いた交通量の配分計算との差によって算出されている¹⁾。これは、1日全体の交通量配分によるもので、時間帯別の細かな変動や、さらに運転者・同乗者の判断を考慮していないことが問題点として考えられる。Customer Satisfaction(CS)や「交通の質」が着目される現在、時々刻々の交通流動状況を反映した乗員の評価に基づく「渋滞」判断を指標として取り込み必要があると考える。

ここで問題となる時刻別交通流動(速度、加減速度)状況であるが、細かな時間単位で計測可能な「プローブカー」が実用化された^{2),3)}。そこで本研究は、「プローブカー」によって収集される詳細な時刻別速度との関連性に着目して、首都高速道路における実走行を通じた乗員の渋滞評価が、どのようになされているのか、その実態把握を行うものである。それらを踏まえ、乗員の主観的渋滞判断をモデル化し、それらに与える影響要因ならびにその影響の強さを定量的に把握することを目的とする。

2. 主観的渋滞評価の考え方

先述した渋滞損失時間や JH、首都高速公団などによる渋滞判定は、乗員の主観的評価を考慮していない。これらに着目したものととして、松井他による速度に加え、その継続時間に着目した研究⁴⁾があるが、アンケートを用いた仮想条件下でのデータを利用している。

そこで、本研究では自動車の実走行下における交

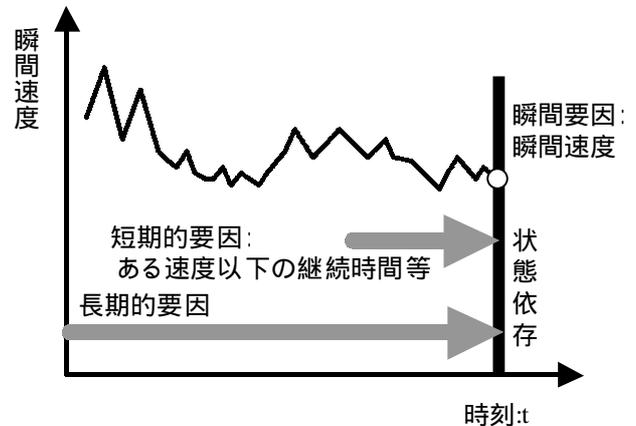


図-1 「主観的渋滞評価」への影響要因

通流動状態(時刻別瞬間速度)を記録するセーフティレコーダ(以下SR)と渋滞意識をボタンによって記録する装置を用いて、1秒ごとに乗員が、その時点の交通流に対して行う判断の特性把握、さらに交通流動との関連性に着目するものとした。

本研究では、車両の走行状態に対して乗員が(ガイダンスされる定義を参考に)「円滑な走行」という要求水準に照らして、今置かれている状況を判断すると仮定する。この要求水準との乖離が大きくなった場合に「渋滞」判定をくだすと考えられる。

この要求水準は、固定されたものではなく、嗜好・経験といった個人属性や評価時点までの交通流動状況に影響されることは容易に想像される。特に交通流動状況を考えた場合、渋滞評価は瞬間速度だけでなく評価時までの軌跡が影響する「状態依存性」を有していると考えられる。判断時まで比較的順調な走行を継続した乗員と、停止・発進の繰り返しを経た乗員とでは、同一速度に対する評価が異なることはこの一例である。また、円滑な走行が継続するに従い、混雑・渋滞と判定する閾値の上昇も推察される。これらの概念図を図-1に示すが、状態依存性を示す要因と瞬間速度が統合され、渋滞判断が下されていると考えられる。

このような交通流動の「状態依存性」が混雑・判断の閾値を変化させる理由はいくつか考えられるが、そのひとつとして、判断時点まで高水準の交通サービスを体験すればするほど要求水準は上昇し、低水

* キーワーズ: 交通量計測, 交通流, ITS

** : 正会員, 筑波大学大学院システム情報工学研究科

*** : 正会員, 工博, 筑波大学社会工学系

(〒305-8573, つくば市天王台1-1-1, Phone&Fax. 0298-53-5007)



図 - 2 渋滞・混雑・順調の定義⁸⁾

準であるほど要求水準がさがるといふ、心理学における「達成動機」と同様なものによると考えられる⁵⁾⁻⁷⁾。

なお、本研究では渋滞に関する個人の経験や、調査を行った道路の日常の走行回数などは考慮しないものとする。また、諸条件を単純化するために、信号や右左折による停発進をともなわない首都高速道路を走行対象路線とした。

3. 実走行調査について

本研究では、実走行において、

- (a)乗員の主観的渋滞評価データ、
- (b)走行速度データ、の2つを取得することが必要となる。

(a)主観的評価データの取得について

被験者に対して、走行状態を判断して随時「渋滞」「混雑」「順調」の3段階で評価を行うよう指示した。渋滞意識を記録する装置は、「渋滞」「混雑」「順調」の各ボタンが用意され、ボタンを1回押すことでPCに自動的に記録される仕組みとなっている。この時間間隔は最小0.1秒であり、状態が変更された場合はイヤホンを通じて各被験者に伝えられる。なお、被験者には事前に図-2に示す渋滞などの定義を行い、被験者固有の「渋滞」に対するイメージの差異、偏りを排除するよう試みた。

(b)走行速度データの取得について

渋滞が発生しやすい首都高速道路を走行対象として、日本道路交通情報センター(JARTIC)の情報を用いて、多様な交通流動、走行速度の低下が予想される路線、日時・時間帯を選定した。また、SRで情報記録する際にGPSを用いる関係から、なるべく地上区間を走行できるルート・目的地を選択し、交通流動の多様

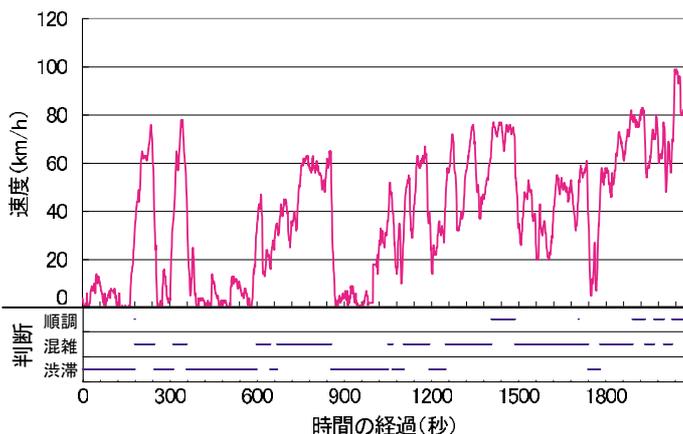


図 - 3 瞬間速度と主観的渋滞判断との関連性

なパターンを考慮して2つの走行ルートを決した。

ルート1：八潮料金所 6号三郷線・中央環状線・葛西JCT・湾岸線西 辰巳P・A(距離25km)

ルート2：八潮料金所 6号三郷線・向島線・都心環状外回り・11号線 辰巳P・A(距離25km)

(c)調査日時・実施結果

上記を考慮して、平成13年12月平休日、午前・午後合計6回(ルート1・2,3回づつ走行)にわたり実走行を行った。なお、被験者は筑波大学の学生・関係者合計18名で、運転者を含めた3人が1回の走行において渋滞評価を行った。平均時速は、13.1km/h ~ 54.0km/hと分布しており、多様な交通流動状況下のデータが取得された。

図-3は瞬間速度と被験者渋滞判断との関連性を示した一例である。同一車両においても被験者間で評価にばらつきが認められ、個人の認知基準に差異が存在する。しかしながら、この図では瞬間速度は非常に細かく変動しており、それに対して乗員の評価は、速度が大きく変化している時点で瞬時に評価を変化させている。概ね瞬間速度との関連が強いこと

がわかるが、同一速度でも異なる渋滞評価がみられる。

これは評価時点までの走行状態に依存するためと考えられ、移動平均速度、移動平均速度に対する瞬間速度の標準偏差、ある一定速度以上(以下)の継続時間等の指標が考えられた。これらの要因は同時に影響を及ぼし、その影響を定量的に把握する必要があること、速度などを任意に設定した条件下での渋滞判断を導出したいことなどを考えると、これら変数を包含した渋滞判別モデルの構築が必要といえる。

4. 渋滞判別モデルの構築

渋滞の評価は、図-4に示すように順調か否か、第1段階目の評価(レベル1)があり、順調でない場合は混雑、渋滞の2択の評価(レベル2)を行う、という序的的な意思決定構造にもとづくと仮定し、序変数選択モデル^{9),10)}を用いてモデル化を行った。説明変数は表-1に示すものを用い、判別関数(DF, 係数と説明変数の線形和)はそれぞれ図中1+, 2の選択肢に設定し、0, 1の選択肢はDF=0と固定する。各選択肢の選択確率は、以下のように算出される。

$$P(0) = P(0|0, 1+) = \exp(0) / [\exp(0) + \exp(DF^{1+})],$$

$$P(1) = P(1|1, 2) \cdot P(1+|0, 1+),$$

$$P(2) = P(2|1, 2) \cdot P(1+|0, 1+)$$

ここで、 $P(i|j, j+)$: $i, j+$ の選択肢中、 i を選ぶ確率

なお、パラメータの推計方法は通常の2項ロジットモデルと同様である。また、1秒ごとの評価を1つのサンプルとするが、混雑、渋滞判断時はレベルが2つ存在するため2サンプルとして、データを作成した。

モデル推計結果を表-1に示す。モデル1は閾値の決定に状態依存を考慮しない場合であるが、定数項を瞬間速度で序することにより、レベル1・2それぞれの閾値が算出される。この閾値を参考として、判断時点までのある速度の継続時間を変数として挿入、さらにパラメータ符号条件、t値、妥当性を有する閾値(負の値とならない、レベル1・2の閾値が逆転しないなど)等の条件を具備した最も説明力の高いモデルがモデル2である。いずれとも、的中率、尤度比が比較的良好な結果となった。

また、状態依存に関連する指標がいずれも妥当性のある結果を示し、モデル1より説明力が向上していることから、渋滞判断における意思決定過程への影

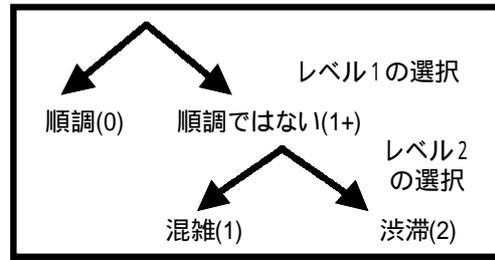


図-4 瞬間速度と主観的渋滞判断との関連性

表-1 渋滞判別モデル推定結果(上/下段:係数/t値)

説明変数		モデル1	モデル2
共通	瞬間速度(km/h)	-0.140	-0.0961
		133	55.9
レベル1	90秒間移動平均速度(km/h)		-0.0281
			25.0
	log(55km/h以上の継続時間(秒))		-0.108
レベル2	90秒間における瞬間速度の標準偏差(km/h)		6.63
			0.00817
			1.79
レベル2	定数項	8.07	7.01
		129	28.4
レベル2	log(25km/h以下の継続時間(秒))		0.366
			28.4
レベル2	定数項	3.72	2.59
		132	39.7
尤度比		0.606	0.646
的中率		90.8%	91.6%
閾値(順調-順調でない)		57.6km/h	
閾値(混雑-渋滞)		26.5km/h	

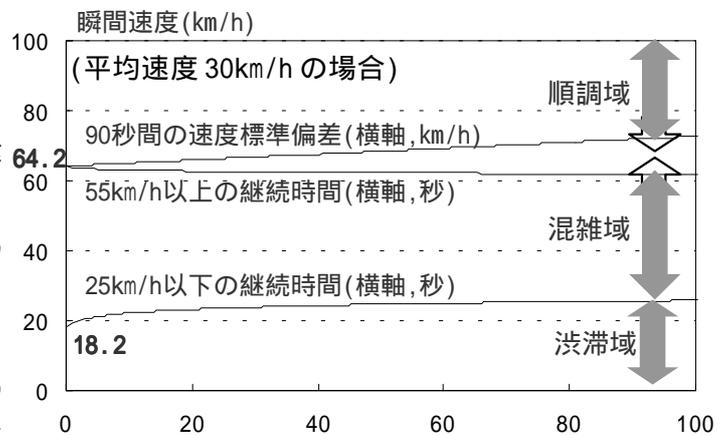


図-5 状態依存による渋滞判断閾値の変化

響が示唆される。その中で、各変数の増加が閾値に及ぼす影響は、正・負に分かれている。

説明変数の値: 増加 瞬間速度の閾値: 減少

・90秒間の移動平均速度(レベル1・2)

・瞬間速度55km/h以上の継続時間(レベル1)

説明変数の値: 増加 瞬間速度の閾値: 増加

・90秒間における速度の標準偏差(レベル1)

・瞬間速度25km/h以下の継続時間(レベル2)

に該当する変数は、判断時点以前まで高レベルの走行サービスを楽しんできた程度を示すと考えら

れ、そのような場合には一時点の瞬間速度が低下しても、すぐに高いサービス水準に戻ることが予測できるため、閾値が低下するものと考えられる。

一方、に関連する指標は低水準の走行サービスを表現していると考えられ、渋滞判断を混雑・順調へ高く移行する場合に、より高いサービスを受けない限り変更しない、「安全性」を大きくとる傾向があると考えられる。この2つの傾向は先に述べた達成動機とは逆の解釈となるが、サンプル数の増大や多様な通行経路、道路種別に適用し、より結果を精査しなければならないと考える。

次に、モデル2を用いてレベル1・2の閾値がどのように変化するか、感度分析の結果を図-5に示す(平均時速30km/h時点を仮定)。レベル2については瞬間速度25km/h以下の継続時間が増加する(より渋滞を長く経験する)と、混雑への閾値が高くなることわかる。約3分間を超えると、全く25km/h以下にならないケースに対して、閾値が8km/h上昇することがわかった。

一方、レベル1に関しては、効果が異なる変数が2つ介在するため、その両者を勘案しなければならない。白矢印で示した領域内が閾値となる。

5. 結論および今後の課題

本研究は、乗員の主観的渋滞認識の実態把握を目的として、首都高における実走行を通じた調査の実施、得られたデータから基礎的特性把握、さらに序列変数選択モデルの適用により、その意思決定構造を定量的に明らかにした。

その結果、主観的渋滞判断に瞬間速度の寄与が大きいこと、移動平均速度や一定速度以上(以下)の継続時間などが有意であることが導かれた。これより、乗員は単に瞬間速度だけでなく、事前状態に依存した渋滞判断を行っていることが明らかとなった。

本研究では、首都高速を対象として、被験者が18名と非常に少ない状況のもとで取得されたデータのみ用いて算出された結果である。個人ごとの渋滞判断の差異の把握を通じた詳細な分析、さらに多様な被験者による一般的な渋滞判断意思決定メカニズムの把握、首都高速との比較を念頭としたその他道路における渋滞判断の実態分析などが今後の課題としてあげられる。

参考文献

- 1) 八尾光弘：交通渋滞などによる損失量の数値化について，交通工学，Vol.37，No.3，pp.71-74，2002
- 2) 石田東生：総合交通データベースに向けて；交通工学 Vol.34 増刊号，pp.3-7，1999
- 3) 岡本直久：プローブカー調査による交通流特性の分析と今後の課題，第37回土木計画学シンポジウム論文集，pp.749-752，2002
- 4) 松井寛，藤田素弘，阿江章：人間の知覚に基づく高速道路渋滞の情報提供とその評価に関する研究，土木学会論文集，No.494/IV-24，pp.127-135，pp.71-74，1994
- 5) 市川伸一編著：心理測定法への招待，サイエンス社
- 6) 御領・菊地・江草編著：認知心理学への招待，サイエンス社
- 7) 田中良久編：講座心理学2 計量心理学，東京大学出版会
- 8) 交通工学研究会：道路の交通容量，1985
- 9) 交通工学研究会：やさしい非集計モデル，丸善
- 10) 古屋秀樹，兵藤哲朗，森地茂：発生回数分布に着目した観光交通行動に関する基礎的研究，1993年度第28回日本都市計画学会学術研究論文集，pp.319-324，1993