

# プローブカーの走行記録と道路利用者の渋滞意識を用いた渋滞評価システム\*

## A System for Congestion Evaluation Based on Probe Vehicle Data and Human Subjectivity\*

鯉淵正裕\*\*, 石田東生\*\*\*, 岡本直久\*\*\*, 堤盛人\*\*\*, 井坪慎二\*\*\*\*

By Masahiro KOIBUCHI\*\*, Haruo ISHIDA\*\*\*, Naohisa OKAMOTO\*\*\*, Morito TSUTSUMI\*\*\*\* and Shinji ITSUBO

### 1. 研究の背景と目的

道路の交通渋滞は、道路のサービスレベルを低下させている主たる要因であり、道路交通が抱える解決すべき課題のひとつである。現在、管理主体となる各道路管理者は情報板等を通じて渋滞情報を道路利用者に提供している。また、政策主体となる国土交通省では、現状の道路のサービスレベルを把握するために、渋滞損失時間や渋滞損失額といった指標を算出している<sup>1)</sup>。

しかし、道路管理者により提供される渋滞情報は、道路上に設置された車両感知器によって得られたデータを基に、道路管理者ごとに決められた渋滞の定義に基づいて提供されている(表-1)。また、国土交通省による渋滞損失時間は、道路リンクの基準速度と道路交通センサスによる配分結果の差から算出されるものである。すなわち、いずれも道路利用者の主観的な渋滞意識を反映した渋滞情報やサービスレベル評価指標とは言えないのが現状である。

一方で、全国で1万台ものプローブカーが稼動し、時々刻々の交通状況を移動する側から計測するシステムが確立されつつある。これは、従来の道路上に設置された車両感知器による交通状況計測とは大きく異なる新しい手法である。また、道路マネジメントの一環として道路サービスについての道路利用者の満足度(CS: Customer Satisfaction)を計測、評価することの必要性もうたわれている。プローブカーは前述の通り移動する側からの交通状況の計測手法であり、CS的渋滞評価との連携は容易であるかと想像できる。

本研究では、道路マネジメントを評価するための指標として、道路利用者の渋滞意識を考慮した「渋滞巻き込まれ率」の算出システムの構築を目的とする。

具体的には、走行データと関連付けられた走行映像を用いた実験を実施し、道路利用者の渋滞意識を取得した上で、走行データと渋滞意識の関連性を分析し、渋滞

\*キーワード: 交通流, ITS, プローブ

\*\*正員, 工修, (株)三菱総合研究所

(〒100-8141 東京都千代田区大手町2-3-6,

TEL:03-3277-0709, FAX:03-3277-3462)

\*\*\*正員, 工博, 筑波大学大学院システム情報工学研究科

\*\*\*\*正員, 国土交通省 国土技術政策総合研究所

意識という主観的要素を走行速度等の客観的データで表現、モデル化することを目的とする。さらに、構築したモデルを東京・横浜・福岡の3地域で取得したタクシープローブカーデータに適用し、「渋滞巻き込まれ率」の算出をはじめとする渋滞評価を行うことを目的とする。そして、最終的には道路利用者の渋滞意識データとプローブカーデータから渋滞評価指標を算出するまでの流れを明確にし、渋滞評価システムを構築することを目的とする。

### 2. 道路利用者の渋滞意識の取得

道路利用者の渋滞意識の取得は、走行映像を用いた実験装置により行った。この実験装置は、PCの画面上に走行映像を映し出すことにより室内で走行状況を再現すると同時に、PCの3ボタンマウスを用いて「順調」「混雑」「渋滞」の3段階で渋滞意識を1秒単位で取得した(図-1)。走行データおよび走行映像は、自車の時刻情報や位置情報、そして速度情報が記録可能な情報記録装置(Safety Recorder: SR, データテック社製)とビデオカメラを搭載したプローブカーを走行させることにより取得した。

なお、室内における実験では実際の走行環境と異なるため、実際に走行している時と比べ渋滞意識に差異が生

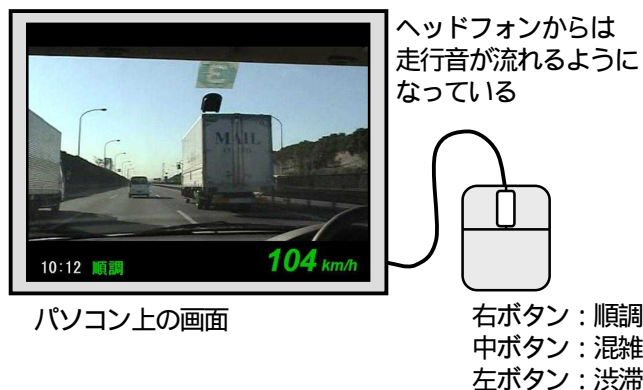


図-1 実験装置の概要

表-1 各道路管理者の渋滞の定義

	速度	渋滞長	継続時間
首都高速	20km/h 以下	1.5km 以上	-
阪神高速	30km/h 以下	1km 以上	30 分以上
JH・本四公団	40km/h 以下	1km 以上	15 分以上

じる可能性が考えられるが、この点に関しては甲斐らの研究<sup>2)</sup>において室内実験の有効性が検証されている。

また、「順調」「混雑」「渋滞」の3段階の渋滞意識については、被験者の主観に任せることとしているが、被験者間で言葉に対するイメージに大きな差が生じることのないよう、図-2に示す各走行状況のイメージを事前に被験者に説明した。なお、この「走行状況のイメージの付与」が渋滞判定へ影響を及ぼす可能性が考えられるが、この点に関しては、鯉淵らの研究<sup>3)</sup>においてイメージの付与の有無により渋滞判定に大きな差異が見られないことが検証されている。

使用映像と対象路線については、信号停止や右左折の有無、法定速度の違い、インターチェンジやジャンクションの密度の違いによる合流・分流の頻度の違い、一般道路における片側1車線と片側2車線以上の路線等、モデルを構築する際にそれぞれ異なるモデルを構築する必要があると考えられるため、自動車専用道路として首都高速道路と高速道路(JH)、一般道路として千葉県・茨城県内の国道と東京都内の国道および都道を設定した。そして、各路線2種類ずつ、計8種類の映像を用意した(表-2)。

なお、各映像は、走行速度や速度変化の頻度・大きさ等の走行状況、および映像撮影時に同時に取得した撮影者の渋滞意識を参考に、30分間の連続した映像を作成している。

被験者の選定にあたっては、構築する渋滞判定モデルの全国のプローブカーデータへの適用を目的としていることから、複数地域を対象に被験者の選定を行うこととし、モデル構築の際に、被験者の居住地と渋滞意識の関係について分析することとした。

具体的には、足利工業大学、筑波大学、東京大学、名古屋大学、九州大学の学生を被験者に選定した。なお、被験者が学生に限定されているが、これは居住地の比較を行う際に、学生をサンプルにすることによって、年齢や運転歴等の個人固有の要因による渋滞意識への影響の際に可能な限り少なくするよう考慮した結果である。また、各被験者は自動車専用道と一般道路の映像をそれぞ

れ1つずつ実施した。そして1映像につき最低被験者数として各地域2名の被験者を必要とすることを考え、各地域の被験者数を8名とし、5地域計40名の被験者に対し実験を実施した。

実験にて取得した渋滞意識データの一例を図-3に示す。

#### 4. 渋滞判定モデルの推定

渋滞判定は、第1段階として「順調」か「順調でない」を決定し、順調でない場合は第2段階として「混雑」か「渋滞」を決定するという序列的な意思決定構造にもとづくと仮定し、序列変数選択モデルを用いてモデ

表-2 対象路線

道路種別	路線名	対象区間
1	首都高 6号, 中央環状(C2)	八潮付近-平井大橋付近
2	首都高 6号, 中央環状(C2)	小菅付近-辰巳付近
3	高速道路 東京外環, 常磐道, 北関東道	三郷付近-柏付近 茨城町付近-大洗付近
4	高速道路 東京外環状, 常磐道	新倉PA-川口付近 三郷付近-柏付近
5	一般道路 国道6号	牛久-土浦
6	一般道路 国道16号, 国道6号	柏-藤代
7	一般道路 山手通り, 甲州街道	中野坂上-新宿三丁目
8	一般道路 甲州街道, 明治通り	西新宿-表参道

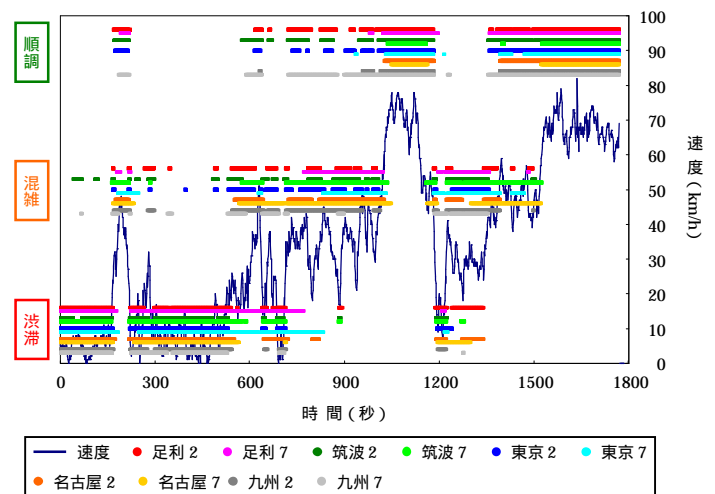


図-3 瞬間速度と渋滞意識の関連性

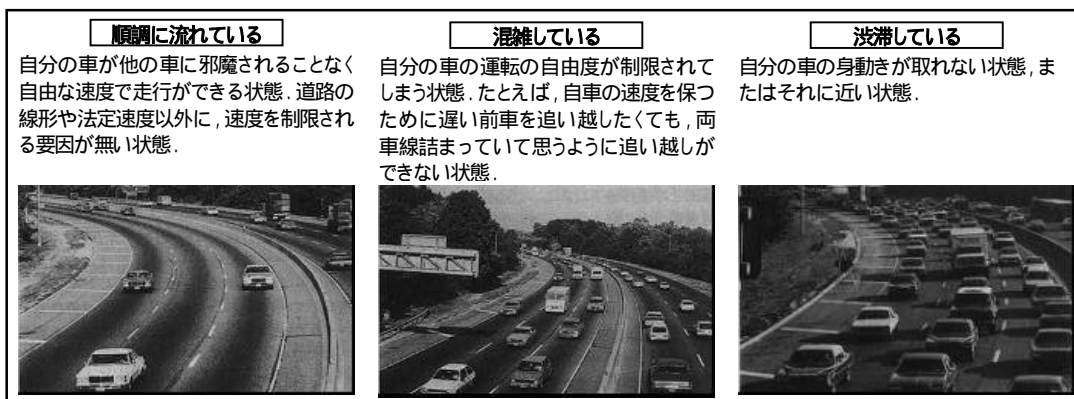


図-2 混雑度の言葉の定義<sup>5)</sup>

ル化を行っている<sup>4),5)</sup>。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。

$$P(0)=P(0|0, 1+)=\exp(0)/[\exp(0)+\exp(DF1+)]$$

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

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

ここで,

$$P(i|j, j+): i, j+\text{の選択肢中, } i \text{ を選ぶ確率}$$

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秒ごとの判定を1つのサンプルとするが, 混雑, 渋滞を判定した際にはレベルが2つ存在するため2サンプルとしてデータを作成した。

以上の方法で首都高速道路, 高速道路 (JH), 一般道路 (片側一車線・二車線) それぞれのモデルの推定結果を表-3に示す。首都高速道路と高速道路 (JH) のモデルについては, 最初に瞬間速度と両レベルの定数項のみのモデルを構築している。これは, 各レベルの定数項を瞬間速度のパラメータの絶対値で除することにより, 各レベルの閾値となる速度が算出可能であるためである。そして, 算出した閾値を, 複数の説明変数を取り入れたモデルのうち, log (一定速度以上/以下の継続時間) という説明変数の「一定速度」の決定材料とし, より各説明変数のt値や尤度比の値が高い, 説明力のあるモデルを構築することに成功している。

表-3で示すモデルは, 本研究の実験で取得した5地域の全被験者のデータをもとに算出したモデルであるが, 同時に5つの地域それぞれの渋滞判定モデル (個別モデル) も構築し, モデル構造の差異を尤度比の比を測る指標 (RLD: Ratio of Log Likelihood Differenceと定義する) を用いて分析した<sup>3)</sup>。RLDの算出式は以下のとおりである。

$$RLD: [L_B(\theta_A) - L_B(0)] / [L_B(\theta_B) - L_B(0)]$$

ここで,

$L_B(\theta_A)$ : 個別のデータに全体モデルのパラメータをあてはめた際の最終尤度

$L_B(\theta_B)$ : 個別モデルの最終尤度

$L_B(0)$ : 個別モデルの初期尤度

RLDは0から1の間の値をとり, 1に近い程全体モデルと個別モデルの相違度が小さい, 個別モデルが全体モデルに近いという指標である。つまり, 1に近い程地域ごとのモデルを構築する必要性が低く, 全体モデルを複数地域に適用することが可能であるということになる。

図-5にRLD算出結果を示す。首都高速道路および高速道路 (JH) のモデルについては, いずれの地域も0.9以上とわけて1に近い値になっている。一般道路のモデルについても, 千葉・茨城のモデルで足利が, 東京都内のモデルで東京がそれぞれ0.8程度となっているが,

表-3 渋滞判定モデル推定結果

(上: 首都高速道路, 中: 高速道路, 下: 一般道路)

(上段/下段: パラメータ/t値)

説明変数		Mex1	Mex2
共通	瞬間速度 (km/h)	-0.143 (123)	-0.0943 (55.2)
	90秒間移動平均速度 (km/h)	-	-0.0450 (37.9)
	log (45km/h以上の継続時間 (秒))	-	-0.127 (7.43)
1レベル	定数項	6.73 (123)	6.41 (87.3)
	log (20km/h以下の継続時間 (秒))	-	0.311 (21.8)
2レベル	定数項	3.03 (108)	2.56 (43.4)
	尤度比	0.532	0.564
的中率 (%)		86.8	87.5
閾値 (順調 - 順調でない)		47.2km/h	-
閾値 (混雑 - 渋滞)		21.2km/h	-

説明変数		JH1	JH2
共通	瞬間速度 (km/h)	-0.122 (114)	-0.0890 (56.9)
	90秒間移動平均速度 (km/h)	-	-0.0351 (36.6)
	log (55km/h以上の継続時間 (秒))	-	-0.267 (15.8)
1レベル	定数項	6.69 (111)	7.09 (85.0)
	log (25km/h以下の継続時間 (秒))	-	0.0802 (6.29)
2レベル	定数項	2.99 (100)	3.08 (48.4)
	尤度比	0.545	0.580
的中率 (%)		85.8	86.3
閾値 (順調 - 順調でない)		54.8km/h	-
閾値 (混雑 - 渋滞)		24.5km/h	-

説明変数		片側1車線	片側2車線以上
共通	瞬間速度 (km/h)	-0.102 (61.8)	-0.0784 (67.9)
	30秒間移動平均速度 (km/h)	-0.0579 (41.7)	-0.0342 (35.0)
	前区間平均速度 (km/h)	-0.0910 (56.8)	-0.0553 (48.9)
	定数項	4.38 (101)	3.96 (112)
2レベル	定数項	2.43 (79.8)	2.01 (82.1)
	尤度比	0.354	0.299
的中率 (%)		79.7	78.7

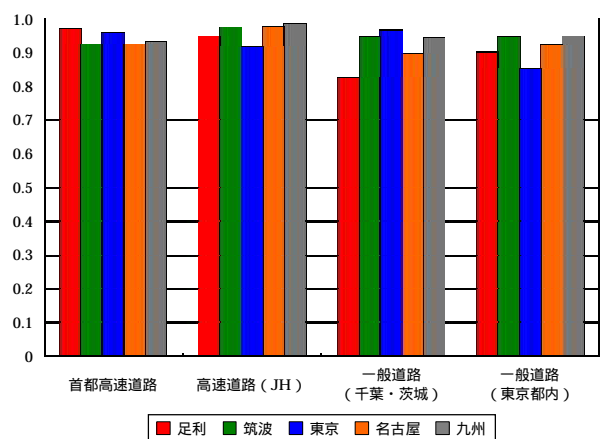


図-5 RLD算出結果



全体としては1に近い値をとっている。この結果から、構築した各モデルは学生というきわめて限られた被験者サンプルではあるが、足利・筑波・東京・名古屋・九州の各大学の被験者に関して、居住地の違いによる渋滞判定の有意な差がみられない可能性が示唆され、全国展開の可能性が示唆されたと考えられる。

### 5. 渋滞巻き込まれ時間の算出

本研究で構築した渋滞判定モデルを東京、横浜、福岡の3地域のタクシープローブカーデータに適用し、渋滞巻き込まれ時間の算出を行った。なお、以下では紙面の関係上、東京地域での分析結果のみについて記述することとする。

東京地域のタクシープローブカーデータ2000年5月から2002年6月までの25ヶ月間に20台のタクシーによって1秒単位で取得されたデータである。分析を行う際には、日付・時刻情報と速度情報に加え、DRMリンク番号や曜日・平休日データ、道路種別・車線数といったリンク情報を付加し、渋滞判定モデル適用後に時間帯別や曜日別、道路種別別に渋滞巻き込まれ率の算出を行った。

なお、渋滞評価システムでは、プローブカーデータに渋滞判定モデルを適用し、1秒単位の走行データそれぞれに対して、「順調」「混雑」「渋滞」のいずれの状態であるかの判定を行っている。そして、この判定結果を集計し、渋滞評価指標として「渋滞巻き込まれ率」を算出している。なお、「渋滞巻き込まれ率」は以下に示すように定義する。

#### 任意区間の渋滞巻き込まれ率

$$= \frac{\text{任意区間の「渋滞」と判定された時間（秒）}}{\text{任意区間の全走行時間（全判定時間）（秒）}}$$

時間帯別渋滞巻き込まれ率を図-6、路線別渋滞巻き込まれ率を図-7に示す。時間帯別判定割合より、渋滞巻き込まれ率は14時台から18時台頃までが最も高く、明け方4時台から5時台にかけて最も低くなる傾向が見てとれる。また、渋滞巻き込まれ率3D地図より、東京地区においては、放射方向や環状方向にかかわらず都心部を中心に多くの路線が渋滞巻き込まれ率30%以上を記録していることが分かる。

### 6. 結論と今後の課題

本研究では、道路マネジメントを評価するためのアウトカム指標として、道路のサービスレベルを低下させている主要因である渋滞に着目し、道路利用者の渋滞意識を考慮した「渋滞巻き込まれ率」の算出を系統的に行う手法を提案した。

本研究の特徴および成果を大きくまとめると、道路利用者の渋滞意識を考慮した渋滞判定モデルの構築、

プローブカーデータを用いた渋滞評価、渋滞評価のシステム化と3地域を対象とした渋滞評価の実施、の3点である。

本研究の成果を踏まえた上で今後の課題としては、渋滞意識取得実験の被験者の拡大、実験映像の対象路線の拡大と多様化、渋滞判定モデル適用都市の拡大、従来の渋滞評価との関連性の分析、タクシー車両特有の走行記録データのハンドリング方法の検討、路面状況や道路景観等との連携を考慮した総合的なCS評価の検討、といった点が考えられる。

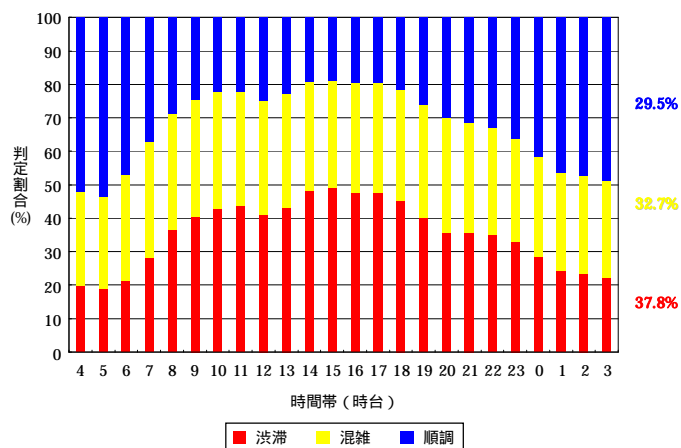


図-6 時間帯別渋滞巻き込まれ率 (東京・全日)

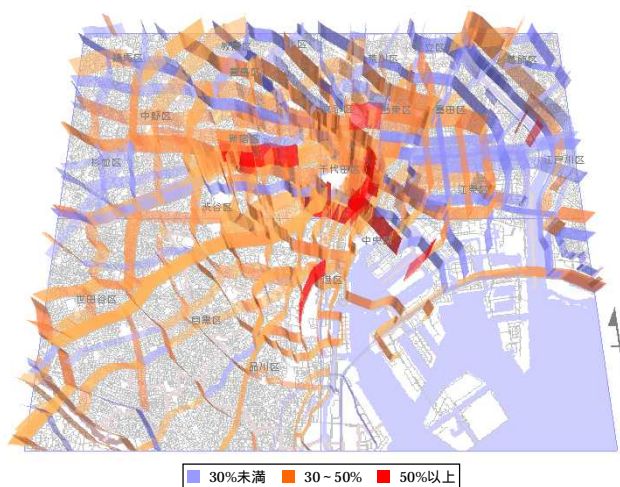


図-7 渋滞巻き込まれ率3D地図 (東京・全日)

#### 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, pp71-74, 2002
- 2) 石田東生, 古屋秀樹, 甲斐慎一郎, 岡本直久：主観的評価を考慮した渋滞判定に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.20, pp887-894, 2003
- 3) 石田東生, 鯉淵正裕, 岡本直久, 甲斐慎一郎, 古屋秀樹：走行映像を用いた主観的渋滞判定の実験条件の考察とその改良, 土木計画学研究・論文集, No21, 2004
- 4) (社)交通工学研究会：やさしい非集計分析, 1993
- 5) 土木学会：非集計行動モデルの理論と実際, 1995