

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

松井 寛*・藤田素弘**・阿江 章***

高速道路における渋滞情報は、ドライバーに渋滞区間を明確に伝えることによって、渋滞のイライラを軽減し、渋滞手前のインターで降りるかどうかの判断材料にもなることなど利点が多い。しかし一方で、現在情報提供されている渋滞の定義とドライバーが知覚する渋滞の意識との間にはずれが生じていることも指摘されてきている。本研究では、高速道路の渋滞の定義を渋滞速度とその継続時間によって行い、よってドライバーにとって便利でわかりやすい渋滞情報の提供方法について分析するものである。

Key Words : traffic information, congestion definition, psychological analysis

1. はじめに

交通情報提供への要望の高まりや車両検知技術の進歩を受けて、近年、高速道路上においてより高度な道路情報をドライバーに提供する試みがなされてきている。そこにおいて提供されてきた渋滞情報は、渋滞開始(終了)地点を明確に示しその区間の予測通過時間等を与えることによって、渋滞によるドライバーのイライラを軽減でき、次のインターチェンジで一般道路へ降りるか、そのまま高速道路を利用するのかの判断を容易にできることなど利点が多い。

しかし、その高速道路情報に利用される渋滞の定義は、主に交通流の物理的特性から与えられており、たとえば40 km/h 以下のように速度のみによって渋滞が定義されていることがほとんどである^{1),2)}。一方最近その渋滞情報とドライバーの渋滞意識との間にずれが生じていることが指摘されてきている³⁾が、このずれの原因の一つとして、上記したような速度のみによる渋滞の定義が考えられる。このようなずれは渋滞情報の信頼性、利便性を低下させる原因と考えられ、このずれを解消し渋滞情報が持つ本来の利便性を回復することが必要であろう。

そこで本研究では、この渋滞定義におけるずれの解消を目的として人間の知覚に基づく渋滞の定義づけについて考察するものである。すなわち、本研究ではそのような渋滞定義は、渋滞速度ばかりでなくその継続時間をも考慮して行うことが必要であると考え、まず渋滞意識アンケートを実施する。次にその結果が心理学の知覚研究において著名なブロッホの法則にほぼ当てはまることを示し、それに基づいた渋滞の定義づけを行う。さらに本

研究ではその定義を実際の高速道路データに適用し、従来の定義との比較を通して、その定義の特質を分析しようとするものである。

2. 従来の研究と本研究の概要

高速道路の渋滞分析の研究³⁾⁻⁵⁾の多くは、交通容量の算定等を目的とした道路計画の観点から行ったものであり、本研究のように情報提供に利用することを目的として高速道路の渋滞の定義を重点的に研究した例は数少ない^{1),2)}。文献1), 2) においても、アンケート調査によってドライバーの渋滞意識を聞いているものの、いずれも1. で述べたように速度のみの渋滞の定義が用いられており、そのような場合には以下のような疑問点が生じる。

- ① たとえ50 km/h であっても、それが1時間続けば渋滞であるとは言えないか。
- ② たとえ10 km/h であっても、その継続時間が1分程度であれば渋滞とは言えないのではないか。

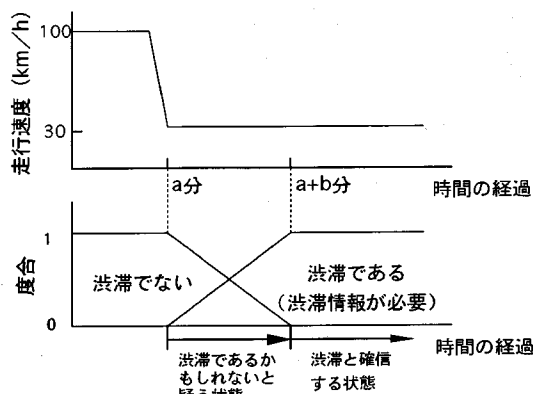
上記の疑問点を解消するため、本研究ではフェジィのメンバーシップ関数の考え方をを用いることによって、以下のようにドライバーが渋滞を認識すると考えた。

ドライバーが高速道路において、自分の目でみた道路状況から渋滞を認識する過程を図-1に示す。あるドライバーが100 km/h で走行していたが、時刻 a 分に速度が30 km/h に低下して、その速度がある程度続く場合を考える。ドライバーは急激な速度低下に対して、まず「渋滞かもしれない」と疑うが、過去の経験からすぐに解消する場合もありうることを考え、少し様子を見ることにする(図-1の渋滞でない、渋滞であるが交差する領域)。しかし、30 km/h に低下してから、ある程度の時間 (b 分) が過ぎても速度が再び戻らない時、「渋滞だと確信」し、この渋滞が一体いつまで続くのか、渋滞を通過するのに何分かかかるのかなどの詳しい情報を強く望むことになる(渋滞であるの割合が1の領域)。

* 正会員 工博 名古屋工業大学教授 社会開発工学科
(〒466 名古屋市昭和区御器所町)

** 正会員 工博 名古屋工業大学講師 社会開発工学科

*** 正会員 日本道路公団 名古屋管理局 交通技術課長



図一 ドライバーの渋滞知覚過程

この例からも、ドライバーが自分で渋滞かどうかを判断する場合の情報は、速度とその継続時間に限定できることがわかる。よってこの2つの情報を利用することが、ドライバーの渋滞意識に近い定義を設定するために不可欠であると思われる。また、「渋滞かもしれない」と疑ってもすぐに解消してしまうような場合にも、「渋滞」として情報が提供されると、ドライバーは大したことはなかったとして、渋滞情報はあてにならないと思うかもしれない。よって、よりドライバーの知覚に合致する渋滞の閾値を知ることが必要であることもわかる。

本研究の構成は次のとおりである。3. では、渋滞意識アンケートの集計結果を示し、上記の渋滞の定義ばかりでなく、渋滞情報の信頼度、情報の内容等について分析する。4. では、3. で分析した渋滞の定義に関する回答をより詳しく分析し、渋滞定義の心理学的解釈を行うと同時に、人間の知覚に基づく渋滞の定義を行う。5. では、本研究で提案した渋滞の定義を実際の車両検知器データに適用し、従来の定義の場合と比較する。

3. 渋滞評価アンケート調査結果

渋滞評価アンケートは、平成4年11月1日(日)と2日(月)の両日の午前9時から午後5時まで、名神高速道路の養老サービスエリアおよび東名高速道路の上郷サービスエリアの上下方向において、調査員の聞きとりによって行った。調査内容は大きく分けて、1. 個人属性、2. 渋滞情報の信頼度、3. 渋滞の定義、4. 渋滞情報の内容、の4つの項目について質問した。得られたサンプル数は1639個であったが、本研究の渋滞評価分析では高速道路で渋滞を1度も経験したことのない人を除いた。その理由は、これらの人のデータには、後述の渋滞速度と継続時間の関係(図一七)で必ずしも明確な傾向が見られず、渋滞状況を十分に理解していないと判断したためである。

結果として1111個のデータを用いることにするが、ここで解答者全体の属性をみてみると、車種でみて乗用

車が7割程度を占めており、また旅行目的では社交、観光が7割、業務目的が2割程度という構成であった。アンケートの集計結果を以下に示す。

(1) 渋滞情報の信頼度

ここではまず、現在提供されている渋滞情報の信頼度を、全く信頼できない(0%)から非常に信頼できる(100%)までの%で聞いたところ、年齢別に見ると図一2のようになった。この図から、現在の渋滞情報は若い世代になるほど信頼度が低くなる傾向となっており、全体で見ても62~65%程度と、情報の信頼度は必ずしも高いとは言えないと思われる。次に、従来最も一般的に提供されてきた渋滞情報である「渋滞Akm」という情報がドライバーにどのように受けとられてきたかを知るために、「渋滞10km」という表示のあるとき、その渋滞区間での平均速度がどの程度であるかと思うかを聞いた結果が図一3である。この「渋滞10km」ではほぼ20~30km/h程度の走行速度と感じている人が多いことがわかる。しかし、全体的に特別な傾向は見られず、「渋滞Akm」という渋滞情報について、ドライバーそれぞれが受け止めている渋滞の程度のイメージはかなりばらついていることがわかる。このようにドライバーにとって、不明確な情報のあり方が図一2の信頼度の結果に表れているとも思われる。次に、より詳しい渋滞情報として最近、渋滞通過時間の提供が考えられてきているが、その渋滞通過時間の信頼度として、その提供された通過時間の誤差の範囲がどの程度までならば許せるか、答えてもらったところ図一4のような結果が得られた。この質問は10パターンの渋滞通過時間を別々の被験者に聞いて集計したため、凹凸のあるグラフとなっているが、この図から判断すると、許せる範囲の精度としては渋滞通過時間40分未満では約±8分、渋滞通過時間40分以上では約±12分程度の精度が必要だと考えている人が多いことがわかる。

(2) 渋滞速度と継続時間でみる渋滞意識

ここでは、高速道路上のドライバーが渋滞情報をあらかじめ提供して欲しいと感じる渋滞の定義について考えてみる。ここでは2.でも述べたように渋滞速度とともに、その継続時間をも考慮して渋滞の定義を行う必要があると考え、図一5のようなアンケートを行った。それは70km/h~10km/hまでの10km/hごとの各速度について、まずその速度では渋滞とは言えないかどうかを聞き、渋滞と言えると思う人について、その速度が何分以上続くと渋滞だと思い、あらかじめ渋滞情報を提供して欲しいかを聞いたものである。本研究では渋滞情報に利用するための渋滞の定義を行いたいため、アンケートのように渋滞情報を強調している。

図一6はこの速度では渋滞とは言えないと答えた人の集計結果である。この図から、50km/h以下になると、

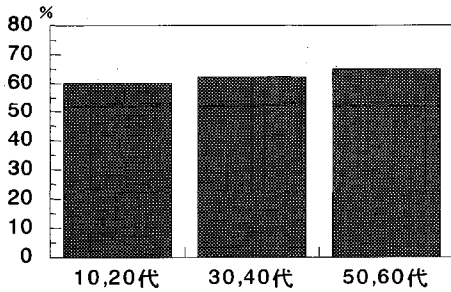


図-2 渋滞情報の信頼度 (年齢別)

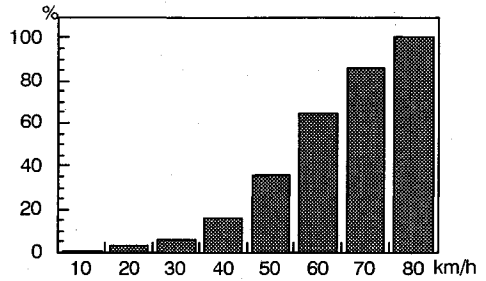


図-6 渋滞とはいえない最低速度

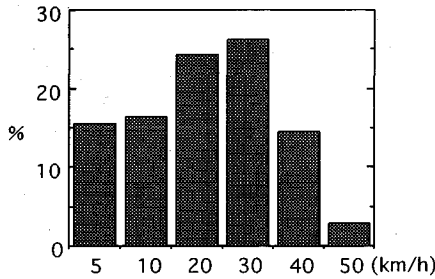


図-3 ドライバーが思う渋滞区間 (10キロ) の平均速度

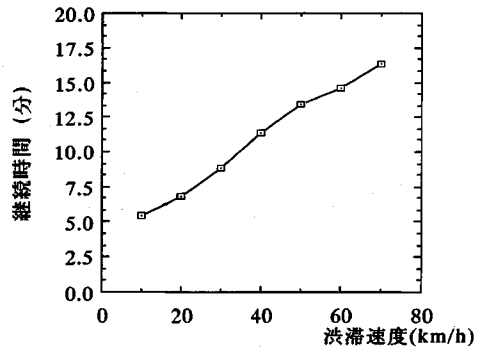


図-7 渋滞情報を提供して欲しい渋滞速度と継続時間

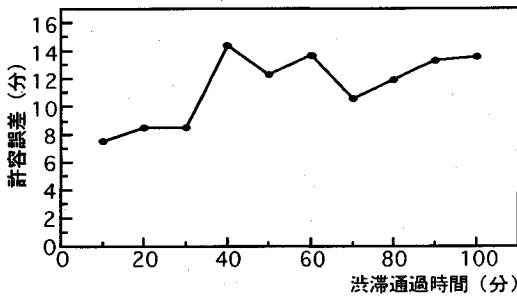


図-4 予測渋滞通過時間の許容誤差

①速度:70km/h	1.この速度では渋滞とは言えない。 2.()分も続けば渋滞。一渋滞情報が前もって必要
②速度:80km/h	1.この速度では渋滞とは言えない。 2.()分も続けば渋滞。一渋滞情報が前もって必要
③速度:50km/h	1.この速度では渋滞とは言えない。 2.()分も続けば渋滞。一渋滞情報が前もって必要
④速度:40km/h	1.この速度では渋滞とは言えない。 2.()分も続けば渋滞。一渋滞情報が前もって必要
⑤速度:30km/h	1.この速度では渋滞とは言えない。 2.()分も続けば渋滞。一渋滞情報が前もって必要
⑥速度:20km/h	1.この速度では渋滞とは言えない。 2.()分も続けば渋滞。一渋滞情報が前もって必要
⑦速度:10km/h	1.この速度では渋滞とは言えない。 2.()分も続けば渋滞。一渋滞情報が前もって必要

図-5 アンケート調査表 (渋滞の定義とは)

半数以上の人が渋滞と考えていることがわかった。図-7はそれぞれの速度で、渋滞と言えると答えた人について、その速度が何分以上継続したとき渋滞と思い、またはあらかじめ渋滞情報を提供して欲しいか、を聞いたときのその継続時間の平均値である。その結果、10~40 km/hあたりまで、5分~10分以上続くとき渋滞だとす

る人が多く、また速度が高くなるにつれて、渋滞を意識するのに要する継続時間は長くなっていくことがわかる。図-7の傾向は渋滞を経験したことのある通常のドライバーならば、一般的にみられる傾向であるといえる。

(3) 渋滞情報の内容

最後に、渋滞と提示された時、同時にどのような渋滞情報を提供して欲しいか聞いたところ、図-8のように「渋滞長」、「渋滞通過時間」、「渋滞開始地点」、「渋滞原因」の4項目についてより詳しい情報を提供して欲しいという人が多かった。

4. 人間の知覚に基づく渋滞の定義

ここでは、3.で分析した渋滞の定義についてさらに詳しく分析すると同時に、その心理学的解釈を試み、よってより説得力のある高速道路の渋滞評価方法を提案する。

(1) 属性別でみた渋滞評価

図-7では、全データの平均的な渋滞速度と継続時間の関係を示したが、それを渋滞経験回数別、車種別、旅行目的別、自由走行時の走行速度別および図-6の渋滞とは言えない最低速度別に示したものが図-9~13である。図より、渋滞経験回数、車種、旅行目的では各項目ごとに大きな違いはないのに対し、自由走行速度と渋滞とは言えない最低速度でデータを分けて示した図-12と13は、各項目で非常によく分かれていることがわかる。特に、渋滞とは言えない最低速度で分けた場合、10 km/h~70 km/hの多項目に分けたにもかかわらず、80

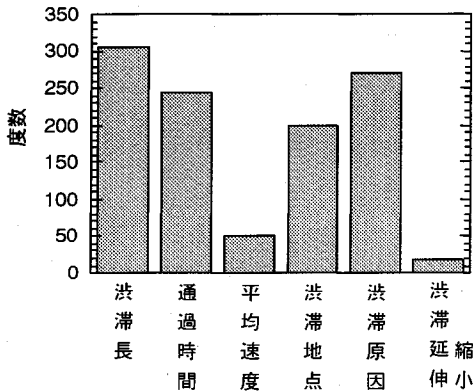


図-8 渋滞情報の内容

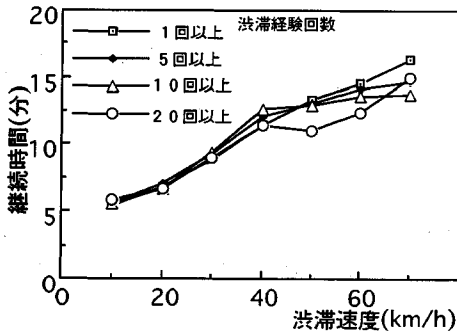


図-9 渋滞速度と継続時間 (渋滞経験回数別)

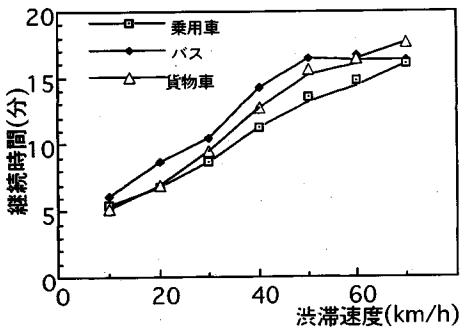


図-10 渋滞速度と継続時間 (車種別)

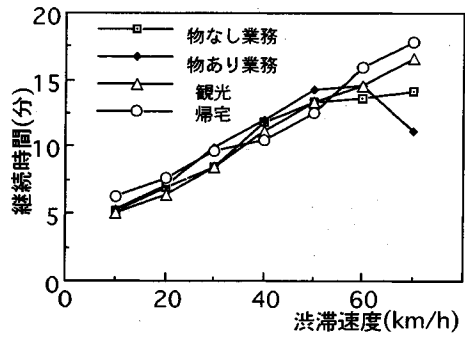


図-11 渋滞速度と継続時間 (旅行目的別)

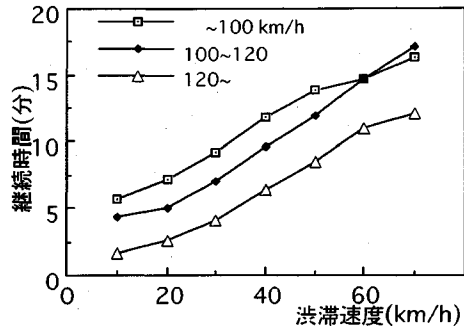


図-12 渋滞速度と継続時間 (平均走行速度別)

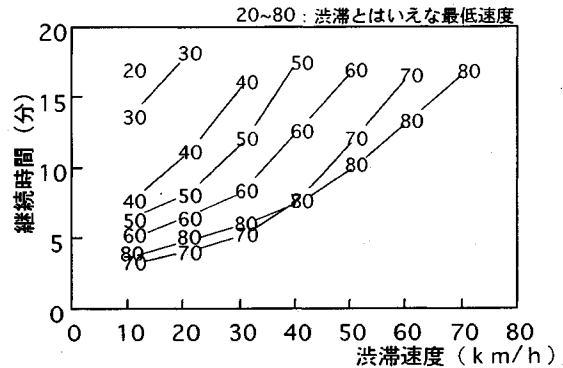


図-13 渋滞速度と継続時間 (渋滞とはいえない最低速度別)

km/h, 70 km/h で少し線が交差する以外に非常によく分かれており、また各速度の最も高い渋滞継続時間が約17分前後でそろっているなどはっきりとした特徴をみることができる。本研究では図に示した要因以外にも自家用営業用別、年齢別等によって同じような図を作成して分析したが、どれも図-9~11の要因の場合と同様の図となっており、図-12や13のようなはっきりとした項目間の差異はみることができなかつた。このように自由走行速度や渋滞とはいえない最低速度でみた場合にはっきりとした傾向がでてきたのは、ドライバーが渋滞を意識する場合、自分が通常走行している速度を基準として、または、これまでの走行経験から自分の中で認識

している渋滞とはいえない最低速度を基準として、渋滞の程度を評価しているためと考えられ、この結果は一般的に考えても妥当なものであると思われる。

(2) 渋滞評価の心理学的解釈

ここでは前節で特徴のみられた自由走行速度、渋滞とはいえない最低速度と渋滞速度および渋滞継続時間の関係を心理学的方法を通して解析することにする。

ここで分析しようとしていることは、ドライバーが速度低下という刺激を受けたとき、どの程度まで刺激が大きくなれば、その状態を渋滞として認識し、渋滞情報を知りたいと反応 (又は知覚) するかということである。このような刺激と感覚・知覚の関係は心理学において最

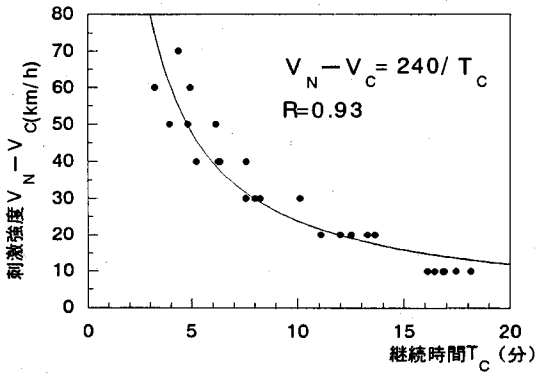


図-14 刺激強度 (I_1) と継続時間

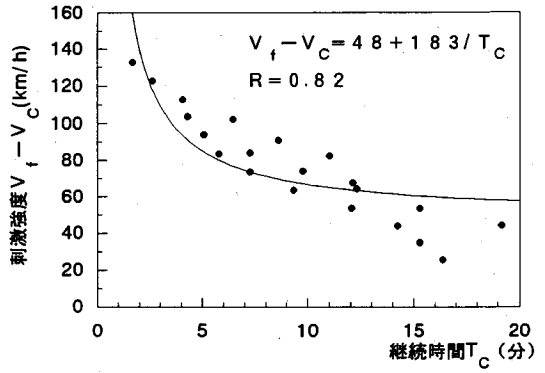


図-15 刺激強度 (I_2) と継続時間

も古くから研究されてきたものである⁶⁾⁻⁹⁾。このうちで本研究にとって最も関係の深いものは以下の式で表されるブロッホの法則 (ブンゼン・ロスコーの法則)^{8),9)} であらう。

$$I \times T = K \text{ (一定)} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 I : 刺激強度

T : 継続時間

K : 閾値 (又は刺激閾)

上記の法則は人間の知覚、主に明るさの知覚においてよく成立し、それはすなわち、0.02 秒程度の短時間で比較的小きな刺激面で光が照射されるときには、刺激強度とその継続時間の積がある閾値に対して一定であるというものである。これは刺激光の強度が大きいほど、被験者が光を知覚するのに要する時間は短くてすむことを示しており、このようなある閾値に対する刺激強度と継続時間の逆比例関係は視覚ほど単純にはいえないものの、他の聴覚、味覚等の感覚においても一様にみられる関係である。

そこで、本研究の場合にもこのブロッホの法則を当てはめてみることを考える。この場合には、継続時間は渋滞速度の継続時間でよいが、刺激強度にはいろいろなケースが考えられる。4.(1)の結果を考慮すれば、刺激強度には次の2つのケースが考えられる。

$$I_1 = V_n - V_c \dots\dots\dots (2)$$

$$I_2 = V_f - V_c \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 V_n : 渋滞とはいえない最低速度

V_f : 自由走行速度

V_c : 渋滞速度

I_1, I_2 : 刺激強度

ここで図-14, 15は、渋滞継続時間と I_1, I_2 との関係を表したものである。図中には、双曲線関数を当てはめた回帰分析結果も同時に示している。まず図-14をみると、データが非常によく双曲線周辺に集まっており、回帰分析の相関係数も0.932と高い。ここで回帰式の定数項がないのは、定数項(0.1)が0に近く、定数項は

精度に全く影響しないので、除いたためである。次に、図-15をみると、相関係数が0.82で図-14ほど高くなく、データのばらつきも大きい。結局、刺激強度を渋滞とはいえない最低速度と渋滞速度の差で表現した場合には、図-14のようにほぼブロッホの法則が成立していることがわかる。また、上記の結果から、ドライバーは自分自身が認識している渋滞とはいえない最低速度を主な基準として、渋滞の程度を測る傾向が強いことがわかる。よって次節ではブロッホの法則が明確に成立している図-14の回帰曲線を利用して渋滞の定義を行うものとする。

(3) 人間の知覚に基づく渋滞の定義

ここでは4.(2)の結果から、渋滞とはいえない最低速度を用いた刺激強度 I_1 と渋滞継続時間の関係 (図-14)に基づいて人間の知覚に基づいた渋滞の定義を行う。

まず図-14中の回帰式を整理すると渋滞継続時間 T_c (分) は以下のように表される。

$$T_c = 240 / (V_n - V_c) \dots\dots\dots (4)$$

($r=0.931$, データ数 21 個)

さて、この式の意味について少し触れる。上式は以下のように距離の次元で整理できる。

$$V_n T_c / 60 - V_c T_c / 60 = 4 \text{ (km)} \dots\dots\dots (5)$$

すなわち、上式左辺はドライバー自身が考えている渋滞とはいえない最低速度で最低限 $V_n T_c / 60$ だけは進めるはずなのに、渋滞速度のため $V_c T_c / 60$ だけしかすすめないときのその両者の差が4 km 以上になったとき、本来ならもう4 km 先までは行けるはずなのになどと思って渋滞と感じ、渋滞情報を望むようになることを示している。

さて、上式の左辺には渋滞とはいえない最低速度 V_n が含まれており、実際的高速道路上で上式に基づいて渋滞範囲を確定する場合には、この V_n を与えておく必要がある。この V_n の分布形は図-16のようになり、速度50, 60, 70 km/hにおける割合はそれぞれ20%, 28%, 22%でこれらが全体の70%を占めた。またその平均値、

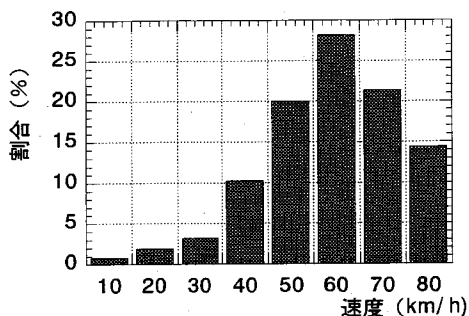


図-16 渋滞とはいえない最低速度の度数分布

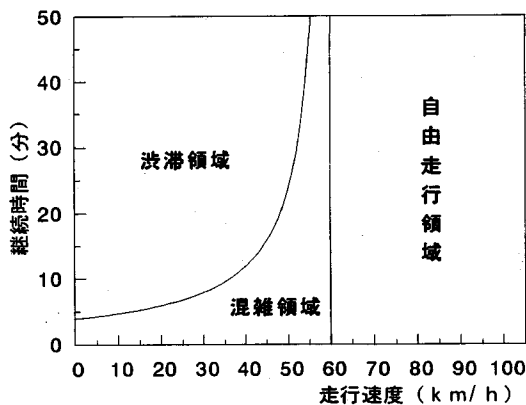


図-17 人間の知覚に基づく渋滞の定義

中央値及び最頻値はそれぞれ 58.9 km/h, 60 km/h, 60 km/h となった。本研究ではドライバーにとって最も受け入れやすく、また情報提供側にとっても扱いやすい渋滞の定義を目的としていることから、渋滞とはいえない最低速度 V_n には 60 km/h を採用する。

結局、式(4)の V_n に 60 km/h を代入すると、高速道路の渋滞の定義は次式のようになり、

$$T_c = 240 / (60 - V_c) \dots\dots\dots (6)$$

V_c : 渋滞速度 (km/h)

T_c : 継続時間 (分)

その渋滞領域は図-17 のようになった。図では走行速度-継続時間平面がまず式(6)によって渋滞領域と混雑領域に区分され、さらに $X = V_n (=60 \text{ km/h})$ の垂線によって混雑領域と自由走行領域に区分されている。 $X = V_n$ の垂線は式(6)の漸近線になっているため、それらは交わることはない。これは $V_n = 60 \text{ km/h}$ という速度は渋滞とはいえないという設定においては、60 km/h の速度が何分続いても渋滞とは定義されないことを意味している。

本研究の 4.(1), 4.(2) の分析からは、渋滞領域とそうでない非渋滞領域とを区分することのみに注目して論じてきたが、図-17 では混雑領域を新たに設定し、自由走行領域と区分している。ここでその各領域におけ

る性格、役割等をまとめると以下ようになる。

① 渋滞領域は、3. のアンケート調査および 4.(1), 4.(2) の分析結果で明らかのように、ドライバーが渋滞を強く認識し、渋滞情報を提供して欲しいと感じる領域である。よって、この領域では「渋滞」というキーワードと同時に、渋滞通過時間の情報等によってドライバーのイライラの軽減に努め、また渋滞地点および原因などの情報も提供することによって、このまま高速道路を利用するか、渋滞前に一般道へ出るかの判断が少しでも可能のようにすることがよりよいと思われる。

② 混雑領域は 60 km/h 以下の速度低下は伴うが、その継続時間は短いためドライバーがそれほど渋滞を意識せず、渋滞情報提供への要望も高くない状態である。よって、この領域もまた渋滞と表示することになれば、ドライバーはこの渋滞がそれほど大したことではなかったと考えることになり、次回に渋滞表示をみても、本当に渋滞といえるような渋滞なのか、あるいは、大したことのない渋滞なのかを判断できず、渋滞情報に対する信頼を著しく損なうことにもなりかねない。よって、この領域を渋滞と表示するのは情報提供の信頼性を高める点で好ましくないと思われる。しかし、渋滞情報には急激な速度低下に伴う事故防止の役目があるため、速度が 60 km/h 以下に低下する場合には、何らかの情報を提供する必要があると考えられる。そこで本研究では、かなりの速度低下をとまなうが、ドライバーの意識からは渋滞とはいええない交通状況を混雑と呼ぶことにした。よってこの領域では「混雑」というキーワードと同時に、混雑地点等の情報を提供することがよいと思われる。

③ 自由走行領域はドライバーがほとんど渋滞を意識せずに走行できる領域であり、従来通り工事や路面状態等の各種道路情報を提供することがよいと思われる。

上記でも分かるように、本研究で定義した渋滞、混雑、自由走行(又は非渋滞)は役割の異なる各領域を区分するためのキーワードであり、その渋滞の程度を詳しく伝えるものではないので、上記で挙げたような他の情報を同時に提供していくことが不可欠といえる。またこの渋滞定義は、自然にドライバーが受け入れられるものを目指したものであるが、渋滞定義のドライバーへの解説を必要とする場合は、図-7 によって速度と継続時間を利用して定義していることを示せばよいと思われる。

さて、ここでより詳しく式(6)の意味を調べてみる。式(6)に $V_c = 10 \sim 50, 55$ を代入して、渋滞領域に判定される継続時間およびその場合の渋滞距離の閾値を調べると表-1 のようになった。なお、渋滞距離 D_c は次式より計算した。

$$D_c = 240 / (60 - V_c) / 60 \times V_c = 4V_c / (60 - V_c) \dots\dots\dots (7)$$

表より、10 km/h の速度では、時間で 4.8 分、距離で

みれば0.8 km, その速度が継続すれば渋滞とみなされるのに対し, 55 km/h の速度ではそれぞれ48分および44 km, その速度が継続しなければ渋滞とみなされないことがわかる。さて, ここで注意すべきことは, 仮に高速道路の車両検知器の設置間隔を2 km とすればこの2 km の範囲内で渋滞かどうか判断できるのは, 表より速度20 km/h 以下の領域に限られることである。すなわち, 20 km/h 以上の速度では, 一箇所の車両検知器では渋滞かどうか判断できないため, それに続く一連の車両検知器データを組み合わせて, 渋滞かどうかを判断しなければならない。この方法は, 従来の渋滞判定方法が個々の車両検知器の速度データのみを用い, 各検知領域区間ごとに別々に渋滞評価しているのに比べて, 渋滞判定の手続きがわずかに煩雑になるかもしれないが, ドライバーの渋滞意識をより反映できるものになる上, 従来の方法が持っていた渋滞判定の不安定さをかなり軽減することが期待できる。この実際への適用については次章で詳しく述べることにする。

5. 渋滞定義の適用

(1) 車両検知器データによる渋滞判定法

ここでは4. で定義した渋滞, 混雑, 自由走行領域を実際の高速道路の車両検知器から得られる走行速度データに当てはめることによって, 各道路区間の渋滞判定を行う。このような車両検知器データを利用した渋滞領域の特定化の従来の研究は, 各道路管理者によって実用性を重視した方法が考案されてきており, 文献1) によれば車両検知器データを利用した渋滞の定義は図-18 のようになっている。文献1) では図のように30 km/h 以下を渋滞, 30~50 km/h をやや渋滞, 50 km/h 以上を渋滞なしとして定義し, 渋滞区間だけを情報提供することとしている。この方法は表-2 に示すようにその渋滞速度において多少の違いはありながらも, 現在主だった高速道路で一般的に行われているものである。

この図-18 に対応する本研究の渋滞判定方法について考察する。まず, 距離で渋滞判定できる式(7)を, 車両検知器データで渋滞判定がしやすいようにさらに次のように整理する。

今, 60 km/h 以下の道路区間に両端が挟まれた, 渋滞を判定すべき道路区間 ($i=1 \sim n$) を車両検知器ごとに区切ると, 道路区間1 から n までの平均走行速度 \bar{V}_{1n} は次式で表される。

$$\bar{V}_{1n} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \dots\dots\dots (8)$$

ここに, D_i : 道路区間 i の区間距離
 ここで $\bar{V}_{1n} < 60$ が成立するものとする。このとき式(7)を考慮すれば次式が成立するとき道路区間1~ n は渋滞と判定される。

表-1 各渋滞速度の閾値

渋滞速度	渋滞時間	渋滞距離
10 km/h	4.8 分	0.8 km
20 km/h	6 分	2 km
30 km/h	8 分	4 km
40 km/h	12 分	8 km
50 km/h	24 分	20 km
55 km/h	48 分	44 km

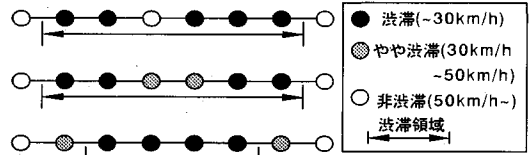


図-18 従来の渋滞領域の考え方

表-2 各道路管理者の渋滞判定速度

道路管理者	渋滞	混雑	非渋滞
東京第一管理局	40km/h 以下	40~60km/h	60km/h 以上
千葉管理事務所	25km/h 以下	25~40km/h	40km/h 以上
大阪管理局	40km/h 以下	40~60km/h	60km/h 以上
名古屋管理局	40km/h 以下	40~60km/h	60km/h 以上
首都高速道路公団	20km/h 以下	20~40km/h	40km/h 以上
阪神高速道路公団	交通量-オキュパンシー相関から判定		

注) 文献 [2] より

$$\sum_{i=1}^n D_i > \frac{4\bar{V}_{1n}}{60 - \bar{V}_{1n}} \quad (\bar{V}_{1n} < 60) \dots\dots\dots (9)$$

式(9)に式(8)を代入して整理すれば

$$60 \times \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{V_i} - \sum_{i=1}^n D_i > 4 \dots\dots\dots (10)$$

となる。上式は, 観測された速度 V_i でそれぞれの道路区間を走行するのに要する時間と同じ時間を速度60 km/h で走行したときに到達できる距離(左辺第1項)と, 実際に走行できる距離(左辺第2項)との差が4 km 以上になるとき, その区間を渋滞と判定すればよいことを示している。さらに式(10)は,

$$\sum_{i=1}^n (D_i K_i) > 4 \dots\dots\dots (11)$$

ここに, $K_i = 60/V_i - 1$

となり, 車両検知器の設置距離が2 km でほぼ一定の場合は,

$$\sum_{i=1}^n K_i > 2 \dots\dots\dots (12)$$

となる。

ここで $D_i K_i$ は, この道路区間 i において, 速度 V_i で D_i だけ走行するのに要する時間を60 km/h で走行したとき行ける距離と, 実際に走行した D_i との差がどれだけを表すものであり, よって対象とする渋滞している全道路区間で個々に $D_i K_i$ を計算し, それらを足しあわせて4 km 以上になれば, その道路区間は渋滞として判

定できることになる。

さて、式(11)をみてわかるように、 K_i は区間*i*の速度 V_i が60 km/h未滿のとき正の値をとり、60 km/h以上のとき負の値をとる。よって60 km/h未滿の区間が多く連続すればするほど、たとえ $V_i=55$ kmであつてもその全区間は渋滞と判定される可能性が高くなる。

逆に60 km以上のときは、その区間だけみれば非渋滞であるが、式(8)の平均速度の定義から全区間で60 km/h以下になれば式(11)は有効であり、 $D_i K_i$ を正のときも負のときも足しあわせて4 km以上になれば渋滞となる。ただし、60 km/h以上の道路区間が対象区間に存在する場合は、全区間を一つの渋滞としてみるか、二つの渋滞としてみるかという問題が生じる。この場合は式(11)では判定できないため、別の定義づけが必要である。本研究では、交通流の粗密波の粗の部分がちょうど車両検知器の下にくる場合のように、たまたま速度が高くなる場合を考慮して、2区間続けて60 km/h以上の速度となったときを渋滞解消とし、その次の区間で渋滞が始まってそれは前のものとは別の渋滞として判定するものとする。結局、本研究における渋滞判定は次のようになる。

本研究の渋滞判定法：

図-19のように、60 km/h以下が連続している箇所を摘出し、その連続した道路区間全体を式(11)によって渋滞か混雑か判定することになる。ただし、図-19 AとBのように、それら道路区間の間に2つ以上連続して60 km/h以上の道路区間が存在する場合は、その前後で分けてAとBの各グループについてそれぞれ渋滞判定を行う。また図-19 Bのように、60 km/h以上の道路区間が連続しない場合には、それを合せて全道路区間で渋滞判定する。

(2) 適用例

ここでは、従来研究の渋滞判定方法と本研究の判定方法を実データと比較する。図-20は平成5年5月26日 AM7:00~9:00の名神高速道路岐阜羽島IC~小牧IC間上り車両検知器速度データ(5分間平均値)を10分刻みで示したものである。図では各車両検知器の勢力範囲の距離も同時に示している。従来速度による定義としては、次の2つを採用した。

速度による判定法1：文献1)の判定法に従い、

30 km/h以下ならば渋滞、30~50 km/hならば混雑(やや渋滞)速度による判定法2：表-2の各道路管理者で多く使われている、40 km/h以下なら渋滞、40~60 km/hならば混雑

図-20の適用結果からまず速度による判定法1, 2の結果をみると多くの時刻において、渋滞と混雑が混在しており、渋滞区間に非渋滞区間が挟まれるという中抜けがみられる。この中抜けは渋滞速度の基準が厳しい従来

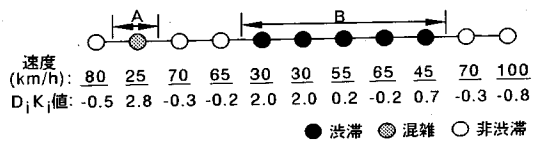


図-19 人間の知覚に基づく渋滞判定例

区間番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
距離(km)	2	2	1.8	2.8	3	1.7	1.9	2.1	2	2	
速度による判定法1	7:00	101	103	75	81	81	68	74	74	76	104
	7:10	96	93	65	45	66	67	76	35	74	100
	7:20	98	97	43	27	45	65	67	50	74	100
	7:30	97	96	43	39	25	60	63	22	75	99
	7:40	98	96	15	35	62	44	24	18	72	99
	7:50	101	92	47	30	68	48	18	61	74	100
	8:00	99	94	21	25	23	25	59	34	74	99
	8:10	98	86	19	18	64	52	61	22	75	104
	8:20	99	3	39	56	50	55	36	51	74	98
	8:30	98	12	55	38	59	34	27	53	70	98
	8:40	97	19	32	54	37	32	59	16	71	97
	8:50	100	9	30	3	64	27	18	16	73	96
	9:00	97	2	29	43	70	28	21	18	71	95
速度による判定法2	7:00	101	103	75	81	81	68	74	74	76	104
	7:10	96	93	65	45	66	67	76	35	74	100
	7:20	98	97	43	27	45	65	67	50	74	100
	7:30	97	96	43	39	25	60	63	22	75	99
	7:40	98	96	15	35	62	44	24	18	72	99
	7:50	101	92	47	30	68	48	18	61	74	100
	8:00	99	94	21	25	23	25	59	34	74	99
	8:10	98	86	19	18	64	52	61	22	75	104
	8:20	99	3	39	56	50	55	36	51	74	98
	8:30	98	12	55	38	59	34	27	53	70	98
	8:40	97	19	32	54	37	32	59	16	71	97
	8:50	100	9	30	3	64	27	18	16	73	96
	9:00	97	2	29	43	70	28	21	18	71	95
本研究の渋滞判定法	7:00	101	103	75	81	81	68	74	74	76	104
	7:10	96	93	65	45	66	67	76	35	74	100
	7:20	98	97	43	27	45	65	67	50	74	100
	7:30	97	96	43	39	25	60	63	22	75	99
	7:40	98	96	15	35	62	44	24	18	72	99
	7:50	101	92	47	30	68	48	18	61	74	100
	8:00	99	94	21	25	23	25	59	34	74	99
	8:10	98	86	19	18	64	52	61	22	75	104
	8:20	99	3	39	56	50	55	36	51	74	98
	8:30	98	12	55	38	59	34	27	53	70	98
	8:40	97	19	32	54	37	32	59	16	71	97
	8:50	100	9	30	3	64	27	18	16	73	96
	9:00	97	2	29	43	70	28	21	18	71	95

図-20 車両検知器による渋滞判定結果

法1でより多く出現している。それに対して、本研究の定義方法では、渋滞区間がまとまっておらず中抜けはみられない。

文献2)等によれば、速度による渋滞定義では、交通流の粗密波によって道路区間ごとに渋滞と非渋滞の判定の変動が大きくなり、孤立非渋滞点が多く現れたり、判定自体が安定しないという問題が指摘されている。

一方、本研究の渋滞の定義方法は渋滞速度とその継続時間で渋滞を判断するため、個々の車両検知器データで個別に渋滞を判定せず、一連の車両検知器データを総合して渋滞、混雑、自由走行を判断することになる。よって、図-20のように本研究の方法は従来法に比べてかなり中抜けを回避できることが分かる。

次に本研究の方法は全体的に渋滞区間が多くなるなど、渋滞を判定する基準が緩くなる傾向にあるが、その

逆の場合もあることを示す。すなわち、7時10分、30分台の道路区間8をみると、逆に本研究の方法の方が渋滞とする基準が厳しくなる場合もあり、一概に本研究の渋滞判定の基準が緩いとはいえないことがわかる。上記の点についてドライバーの意識を図-20から類推すれば、ドライバーはこの区間は渋滞で、この区間はそうでないなどの解釈はあまりせず、一度渋滞に巻き込まれたと判断すれば、少なくとも速度が60 km/h程度に上がり、ある程度続かないとその渋滞が解消したという判断はしないのではないかとことが考えられ、本研究の方法は、よりドライバーの意識を反映し、かつ渋滞区間の判定においても比較的安定しているという利点があることがわかる。

6. 結論と今後の課題

本研究では高速道路における渋滞評価を人間の知覚に基づいて行う方法について分析したが、得られた結論は次のようになる。

(1) アンケート結果から、渋滞情報の通過所要時間の精度は、その所要時間の大きさによっても異なるが、±5~15分程度の誤差の範囲であることが必要であることがわかった。また情報の内容は、「渋滞長」、「渋滞通過時間」、「渋滞開始地点」、「渋滞原因」の4項目についてより詳しい情報を提供して欲しいとする人が多いことがわかった。

(2) 渋滞とはいえない最低速度から渋滞速度を引いた差を刺激強度として、その刺激強度と渋滞継続時間の関係を回帰分析したところ、心理学の知覚研究において著名なブロッホの法則が本研究でもほぼ当てはまることがわかった。

(3) 渋滞とはいえない速度および渋滞速度と継続時間の回帰式を用いることによって人間の知覚に基づく渋滞、混雑、自由走行領域のそれぞれ走行速度-継続時間平面に定義することができた。

(4) 実際的高速道路の車両検知器より入手した各道路区間の速度データに本研究の渋滞定義を適用したところ、従来研究の速度による判定法に比べて渋滞判定結果がかなり安定することがわかった。

本研究の適用例では、ある時間断面で観測された速度データを用いているが、それは実際のドライバーが走行していく交通状況とは時間的なずれを持っている。今後、本研究の渋滞の定義をよりドライバーの意識に近づけるためには、このような速度データの時間的なずれを考慮した上で渋滞定義を行う必要があると思われる。

本研究の遂行に当たって、日本道路公団名古屋管理局交通技術課およびシステム科学研究所からは適切な助言やデータ面で多大な援助をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 川添卓司・酒井利忠：渋滞自動判定システム（暫定型）に関する検討について、交通工学, Vol.22, No.2, pp.9~15, 1987.
- 2) 日本道路公団名古屋管理局・社団法人システム科学研究所：名古屋管理局管内交通管制に関する研究（その3）報告書, 1991.
- 3) 岩崎征人・渡部隆・青山直司・吉住陽行：車両感知器データを用いた都市間高速道路の交通流特性解析, 土木計画学研究論文集, No.8, pp.153~160, 1990.
- 4) 越正毅・桑原雅夫・赤羽弘和：高速道路のトンネル、サグにおける渋滞現象に関する研究, 土木学会論文集, No.485, IV-18, pp.65~71, 1993.
- 5) 秋山孝正・邵春福：ニューラルネットワークによる交通渋滞量推定について, 土木計画学研究講演集, No.14(1), pp.417~424, 1991.
- 6) 近藤暹：音と行動の科学, 同文書院, 1983.
- 7) 八木晃：心理学I, 培風館, 1967.
- 8) コンラッド.G. ミュラー：感覚心理学, 岩波書店, 1966.
- 9) 大山正：実験心理学, 東京大学出版会, 1991.

(1993.11.10 受付)

DEFINITION OF FREEWAY CONGESTION FOR TRAFFIC INFORMATION BASED ON DRIVER'S CONSCIOUSNESS

Hiroshi MATSUI, Motohiro FUJITA and Akira AE

Information of a freeway congestion has many advantages for drivers because it can not only decrease driver's irritation but also give them the valuable information in order to select the best route for themselves, on a highway or freeway. On the other hand, it is also criticized that the current definition used by freeway information has discrepancy to congestion consciousness of drivers. We study the discrepancy between them according to a questionnaire of congestion consciousness of freeway drivers.

We propose a new definition of freeway congestion of the basis of driver's consciousness. The new one is defined by both average speed and travel time in congested road area. It is shown that the new definition fit the Bloch's law which is famous for the consciousness study of psychology. And it is shown that if we use the new definition in order to decide congested road area on a freeway, we can obtain the result which is stabler than the result of conventional definition and which really fit driver's consciousness.