

方向別密度順位の時間交通量図に関する考察

A Study on Directional Hourly Volume Distribution
Ranked in Traffic Density

林 伸次*・松本昌二**

By Shinji HAYASHI and Shoji MATSUMOTO

Highway Capacity Manual recommends use of the 30th highest hourly volume (HHV) as the normal design volume and the K-factor (the ratio of the 30th HHV to the A ADT). For congested highways, however, real traffic demand can be measured by traffic density, since demand volume is balanced against existing capacities of highway sizes. An example demonstrates that directional hourly volume distribution which is ranked in traffic density shows the peak of volume at the critical point. The analysis of hourly volume distribution ranked in traffic density is proposed as a new method to determine design hour volume which identifies real demand.

1. はじめに

「道路の交通容量」(Highway Capacity Manual, 以下, HCMという)に示されている「設計時間交通量」に基づいて車線数の設計を行なう方法は, 1941年に Peabodyと Normannによって提唱されたものである。⁵⁾⁶⁾ 発表以来, 世界各国の標準的な道路設計法(以下, 「標準法」という)として用いられている。

標準法による設計時間交通量の決定には, 1年間の時間交通量(8760時間)を大きさの順に並べて作成する「時間交通量順位図」が用いられる。そして, 時間交通量順位図の30番目前後に「折れ曲がり点(Knee of Curve)」の存在が確認されたこ

* 正会員 工修 地域振興整備公団 産業高度機能立地部(〒100 千代田区霞が関 3-8-1)

** 正会員 工博 長岡技術科学大学教授 建設系(〒940-21 長岡市上富岡町 1603-1)

とから, 30番目前後(アメリカでは10~50番目)の時間交通量を設計時間交通量として用いている。

標準法では, この将来の30番目時間交通量を予測するために, 年平均日交通量(AADT)に対する30番目時間交通量の比率を「K値」として定義し, かつK値が将来的に不変であると仮定する。こうして観測値から得られたK値に, 別途予測した将来AADTを掛け合わせることによって, 将来の30番目時間交通量を算定する。新設道路の場合には, 将来AADTおよび沿道環境が類似する既設道路のK値を参考とするのが一般的である。

これら標準法の考え方は, 時間交通量順位図に関する以下4つの仮定として整理される。²⁾ ①順位図内に折れ曲がり点が存在する。②折れ曲がり点は順位図の30番目前後に形成される。③折れ曲がり点を用いることが経済的に有利である。④K値は路線の特性値であり, 将来的に不変である。

一方, 4つの仮定の妥当性に疑問を呈する研究が

比較的多く報告されてきた。ITE委員会は³⁾既往研究をサーベイして、別の考え方を、①費用便益分析法、②時間群を用いる方法、③利用者の視点からみた方法に整理した。①は、費用便益分析など経済モデルによって設計時間交通量や車線数を決定する方法であるが、²⁾³⁾時間価値や経済効果の範囲について問題をもっている。②は、30番目時間だけでなく、上位の時間群（例えば、上位 500 時間）を調査すべきとする方法である。③は、道路利用者が渋滞を経験する時間数（台・時間）を基準にする考え方である。²⁾³⁾またK値は、経年的に低下することが報告されており、²⁾³⁾⁵⁾⁶⁾将来予測の方法が研究課題とされている。

なお、わが国の道路構造令では、道路の交通容量は一つの設計区間内でも各断面で値が異なること、および計画交通量が将来の推計値であることを考えると、HCM標準法は現実的ではないので、車線数は「設計基準交通量」から定めるという考え方を採用している。⁷⁾そして、観光交通を対象として、道路利用者の立場から渋滞長や渋滞時間等によってサービス水準を設定する方法が報告されているが¹⁾⁴⁾、設計基準交通量には言及していない。

さて、標準法は、観測が容易な断面（両方向）の時間交通量をもって路線の交通需要としている。従って、時間交通量順位図は路線全断面（両方向）の交通需要を順序づけたものといえる。ところが、渋滞の生じている道路においても、その渋滞によって低下した時間交通量の取り扱いを特に問題とせずに、時間交通量順位図を作成している。断面の交通需要を正確に表現するためには、観測データ内の渋滞を考慮することが必要があり、交通密度に着目することが有用であると考えられる。

そこで本研究は、HCMの標準法では考慮されていない渋滞の影響を検討するために、断面の方向別観測データを使用して、交通密度の順位に時間交通量を並べた「密度順位の時間交通量図」を作成し、それを利用して、交通需要を正確に表現できる設計時間交通量決定の考え方を提案することが目的である。

2. 分析方法の概要

(1) 観測データ

標準法の適用範囲である地方部幹線道路として、国道 17 号の山間部を選定し、新潟・群馬県境の八木沢自動交通観測装置によって常時観測された年間の時間交通量を用いた（表-1）。観測期間は、1987 年 10 月 1 日から 1988 年 9 月 30 日までの一年間である。観測点付近は、産業交通と共にスキー客を主とした観光交通の利用も多く、観光シーズンには渋滞を生じる道路である。

(2) 渋滞を考慮した時間交通量図

図-1 は、観測データの時間交通量順位図であり、100 番目までの時間交通量図に、30 番目前後の折

表-1 観測データ

	上り	下り	全断面
AADT(台/日)	2622	2573	5195
K値	0.31	0.30	0.21

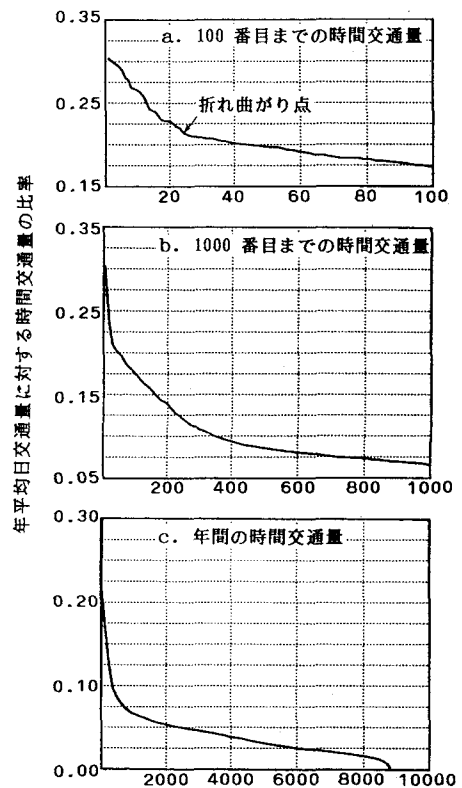


図-1 時間交通量順位図

れ曲がり点がみられる。設計時間交通量を折れ曲がり点よりも上位の時間交通量とした場合、設計値が急激に増加するために過大な道路幅員を必要とする。一方、下位の時間交通量を用いた場合は、設計値はあまり減少しない上に、設計値を超過する時間が著しく増加する。このような意味で、標準法では、順位図の折れ曲がり点を設計時間交通量とすることを経済的としている。しかし、時間交通量順位図の個々の時間交通量に着目したとき、必ずしもそれらが交通混雑具合の順に並んでいるとは限らないことに注意すべきである。

交通混雑の度合を定量的に表す「交通密度」を用いて、一日の時間交通量の変動を追った場合、渋滞が観測された日では、時間交通量と交通密度とは異なった変動を示す（図-2）。断面交通量の変化を追った場合の見かけの交通需要は、14 時台と 19 時台にピークを持つ分布となっている。しかし、交通密度は 15 時台から 18 時台にかけて高密度の状態が続いており、このときの交通量の低下は、渋滞によるものであることは明らかである。

さらに、時間交通量順位に対応する交通密度をプロットした 図-3 によれば、下位の時間交通量順位でも低密度と高密度の交通が混在している。そのため、時間交通量順位図は、渋滞の度合を示す交通密度と一定の関係をもっておらず、真の交通需要の順序付けとはなっていない。

断面交通量が著しく低下した場合、平均速度の大小から密度の状態が把握でき、自由流と渋滞流のどちらの領域かを判断することが可能である。自由流領域では、交通量と交通密度は同じように増減する。渋滞流領域では、交通量が減少するにつれて高密度の状態になる。従って、真の交通需要、すなわち交通の混雑具合を定量的に表すためには、交通密度を用いるのが適当である。

本研究では、真の交通需要は交通密度が表しているとして、交通需要の順序付けを「密度順位の時間交通量図」によって表すことを提案する。この場合、密度順位に時間交通量を並べると、後述するように、時間交通量は一旦増加し、それからピークを形成して減少に転じるので、一番目密度からこのピーク時の密度までが渋滞流領域である。

(3) 2車線道路の交通需要の考え方

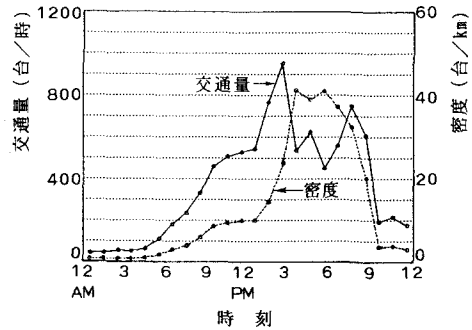


図-2 交通量と交通密度の時間変動

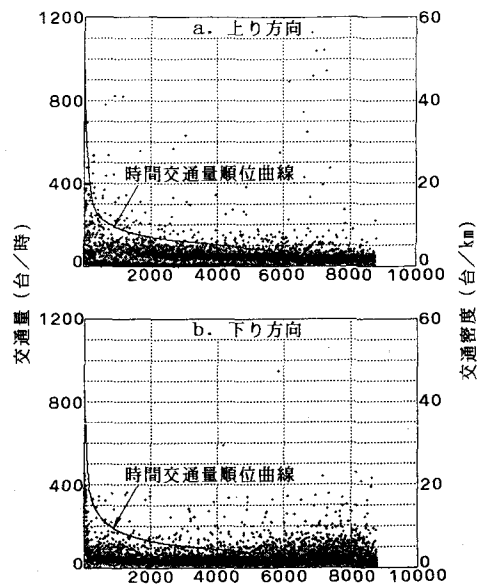


図-3 時間交通量順位の交通密度図

2車線道路の交通容量について、HCMでは、両方向合計の交通容量を推定すると報告している。これは2車線道路の場合、対向車線の交通状況が各々の交通に影響することを配慮したからである。

しかし、地方部道路では、ピーク時の重方向率は大きく偏るのが一般的であり、対向車線から受ける影響は小さいといえる。特に、追越しを禁止する区間では、対向車線の影響はさらに小さくなる。本研究に用いた観測点の朝夕のピーク時の重方向率も70～80%に達している。

また、ピーク特性も方向別観測の方が全断面観測よりも顕著に現れている。片側断面の年平均ピーク

率は上り方向 8.31%，下り方向 11.10% である。全断面について、上り方向に対応するピーク率は 5.96%，下り方向は 8.12% である。全断面の観測値は両方向の平均値であるため、本来のピーク特性を表すには不十分であることを示している。

さらに、将来的に多車線化の可能性のある道路においては、全断面交通量の観測から方向別観測へきりかえるときの非連続性に問題があるといえよう。

本研究においては、地方部の 2 車線道路の交通容量については方向別の調査が必要であると考え、交通特性をより設計に反映できる形である方向別の解析を基本とする。

(4) 用語の定義

a) 交通密度または密度

1 時間当りの平均密度をいう。観測時間交通量を、同時間帯の断面平均速度（地点速度）で除した値を用いた。

b) 交通密度順位図

観測断面における、年間の時間平均の交通密度データ 8760 個を、大きさの順に並べた図である。横軸に密度順位をとり、縦軸に交通密度を示した。

c) 密度順位の時間交通量図

年間の交通密度データに対応する同時間帯の時間交通量を、交通密度順位で並べた図である。横軸は密度順位、縦軸の時間交通量は実交通量または A A D T 比で表した。

d) 渋滞時間

年間の観測交通量の中で、渋滞領域にある「時間数」をいう。密度順位の時間交通量図において、1 番目密度から時間交通量がピークとなる密度までの時間数を用いた。

3. 密度順位の時間交通量図

(1) 交通密度順位図

観測点の交通密度順位図は 図-4 に示すとおりで、上位密度の時間において急な折れ曲がりを持った形状となっている。同地点における渋滞の発生特性は、観光交通等による一時的で極端な交通の集中によるものである。このため、高密度となる回数（時間）は、年間の 8760 時間に対して比較的少ない。また、中間的な交通密度はほとんど存在しないことがわかる。

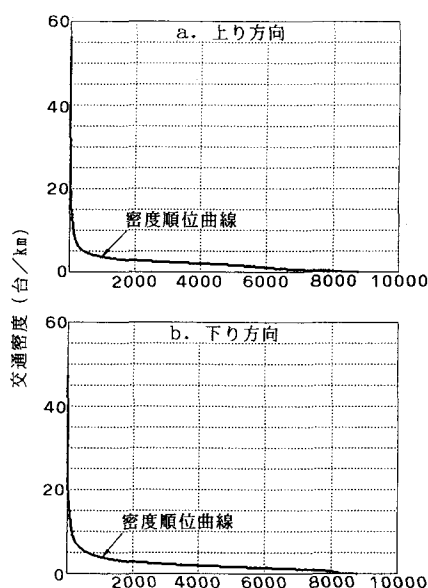


図-4 交通密度順位図

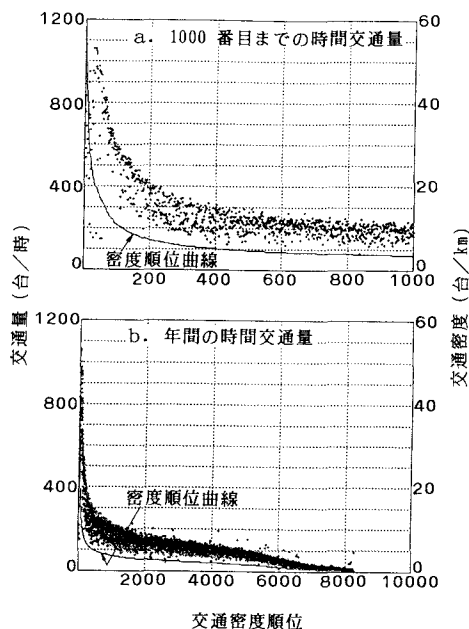


図-5 密度順位の時間交通量図（上り方向）

表-2 観測データの特徴値

		上り	下り
ピーク密度	k_c (台/km)	19.1	19.3
渋滞時間	N_c (時間)	39	15
ピーク時間交通量	Q_c (台/時)	874	796

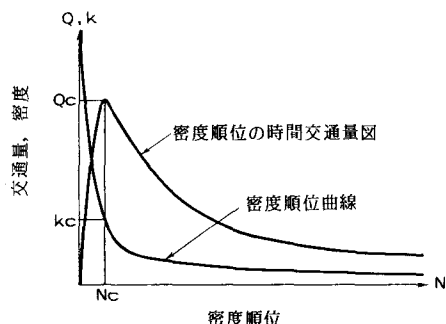


図-6 特性値の図示

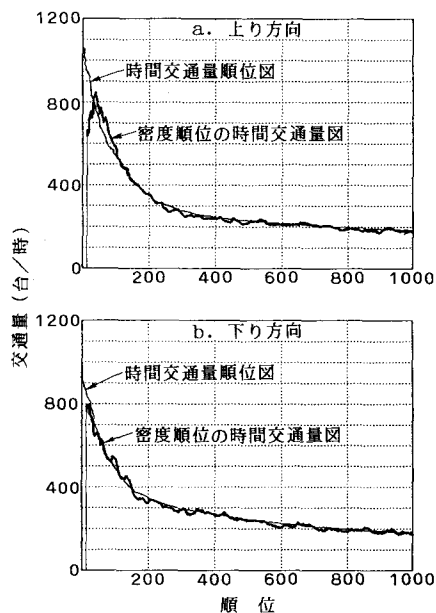


図-7 密度順位（上位 1000 番）の時間交通量図と時間交通量順位図との重ね合わせ

(2) 密度順位の時間交通量図

図-5 は、上り方向の密度順位の時間交通量図であり、多少のばらつきを生じながらも、連続的な分布が示されている。上位交通密度図（上位 1000 番）においてピークの時間交通量を持った曲線であって、これが自由流領域と渋滞流領域との境界を表している。最大交通密度（一番目交通密度）からピークまでに、渋滞時の低い交通量観測値が並んでいることになる。

(3) 密度順位の時間交通量図の特性値

密度順位の時間交通量図を、順位曲線の一つとして扱い、この順位曲線と先に示した交通密度順位図の特性値を示したものが図-6 である。上位密度における時間交通量のピーク Q_c 、そのときの交通密度 k_c 、および渋滞時間（一番目からピークまでの時間数） N_c を読み取ることができ、観測点の特性値を表-2 に示す。

これによれば、上り方向・下り方向ともに、交通密度約 20 台/km の付近で、自由流領域と渋滞流領域とに区別されることがわかった。この特性値は、観測断面の通過車両の平均車長を 5.0m とした場合、1 km あたりに車両の占有する長さが 100m となることから、道路上の占有率が約 10% に達したとき渋滞が生じることを示している。また、渋滞時間は上り方向で 39 時間、下り方向で 15 時間である。

4. 渋滞を考慮した設計時間交通量

(1) 時間交通量順位図との比較

標準法の時間交通量順位図と比較するため、移動平均を施した密度順位の時間交通量図を求め、2 つの図を重ねたのが図-7 である。

密度順位の時間交通量図の変化に着目すると、上り方向では、39 番目交通密度で時間交通量がピークとなる。このピークよりも上位密度においては、密度順位が進むとともに交通密度が低下するが、交通量は一旦増加する。そして、ピーク以降の順位では、交通量は減少傾向に移り、100 番目前後において時間交通量順位図と一致し、以降は同様の時間交通量を示す。下り方向では、15 番目交通密度で曲線のピークを迎え、50 番目以降では若干の振動を伴いながらも、概ね時間交通量順位図に一致する。

本来、2 つの順位図における最大時間交通量は一

致するはずのものである。ここでは、移動平均によって観測値のばらつきを収束させた値を用いたため、密度順位の時間交通量図では観測された最大時間交通量よりも低い値となった。図-5 において、時間交通量を移動平均するのではなく、時間交通量を示すドット分布図の包絡線を用いれば、2つの順位図の最大時間交通量は一致することになる。

(2) 標準法の問題点

渋滞が生じている場合、時間交通量順位図の1番目交通量は、真の交通需要の最大値を表すのではなく、現在の交通容量を表している。将来A A D Tが現在A A D Tとあまり変化しない場合、標準法に従えば、設計時間交通量は30番目の時間交通量であり、最大の時間交通量を処理する交通容量よりも小さな容量を、設計値として与えることになる。すなわち、渋滞を解消するために交通容量の拡大が望まれる道路に対して、交通容量を縮小するような設計値を与えるという矛盾が生じることになる。

このことについて、密度順位の時間交通量図を用いて考察を行ってみよう。渋滞が発生している場合、上位密度順位の時間交通量は低下し、曲線内に時間交通量のピークが形成されるであろう。ピーク順位以降の自由流領域に30番目密度がある場合、標準法に従ってK値を決定することはさほど問題を生じない。しかし、ピーク順位以前の渋滞流領域に30番目密度がある場合は、既に標準法の許容する30時間の渋滞時間を超えているため、交通容量を拡大するようにK値を決定することが望まれるわけであ

る。

(3) 渋滞を考慮した設計時間交通量決定の考え方

概念的に密度順位の時間交通量図は、真の交通需要を把握するモデルとしては、時間交通量順位図よりも優れていることが判明した。ここでは、道路の交通容量の拡大によって密度順位の時間交通量図がどのように変化するかを検討し、それをベースとして将来A A D Tの増加によって生じる渋滞時間を勘案できる設計法の基本的考え方を提案する。

図-8 は、一定の交通需要に対して、道路の交通容量を拡大した場合、密度順位の時間交通量図と時間交通量順位図がどのように変化するかを示したものである。ただし、密度順位の時間交通量図は、前述の移動平均ではなく、包絡線をとったもので表現してある。

図-8 において、まず①は、交通容量C1のもとで交通渋滞が頻繁に生じている状態である。②は、交通容量がC2に拡大し、交通渋滞は多少改善されて、渋滞時間がおおよそ30時間とすれば、ピークの時間交通量が標準法に準じた設計時間交通量になる。

③は、交通容量がC3に拡大し、交通渋滞が全く生じていない状態であり、このとき時間交通量順位図は密度順位の時間交通量図に一致する。さらに、交通容量をC4に拡大しても、2つの順位図は③から変化しない。交通容量C3、C4は過大な投資状態であるといえよう。

このことから、図-8 を設計時間交通量の決定に

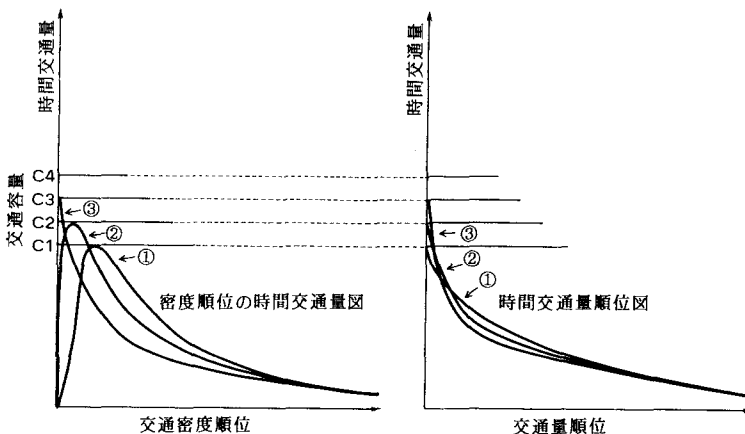


図-8 密度順位の時間交通量図と時間交通量順位図との変化

利用することを提案することができる。すなわち、ある観測点での密度順位の時間交通量図と交通量－交通密度図（Q－K図）を与件とすれば、将来A A D Tに対して、計画交通容量を種々変化させたときの密度順位の時間交通量図をシミュレーションによって図-8のように求めることができよう。そして、図-8の③の状態をもって設計時間交通量を決定すれば、渋滞を考慮した真の交通需要に対する設計値といえよう。

5. まとめ

設計時間交通量の決定方法に関する本論文の結果をまとめると以下の通りである。

(1) HCMの標準法は、時間交通量順位図を使用するが、それは交通渋滞が生じている場合には真の交通需要を表したものではない。従って、30番目時間交通量をもって設計値とする方法は矛盾を生じることもありえる。

(2) 方向別観測データによる「密度順位の時間交通量図」は、交通渋滞が生じている場合、時間交通量のピークを持った曲線であり、これが自由流と渋滞流の境界の特性値を表している。

(3) 交通容量の拡大によって「密度順位の時間交通量図」がどのように変化するかを検討することにより、渋滞を考慮した真の交通需要に対する設計値を決定することができる。

しかし、上述の(3)は、概念的に方法を提案するにとどまっており、観測データを使用して具体的な設計法として検討することが今後の課題である。

研究を進めるにあたって、前長岡技術科学大学助教授 長瀬龍彦氏（現国土庁）に助言を頂き、(社)北陸建設弘済会から資料の提供を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1) 秋元治之・飯塚 隆：観光地型道路の評価手法の提案，第17回日本道路会議論文集 PP.32～33, 1987.
2) Joseph D.Crabtree and John A.Deacon: Highway Sizing, TRR 869 (1982).／訳文：高速道路と自動車 第27巻 第4号 (1984)

3) ITE Technical Council Committee 6F-2: Re-examination of Design Hour Volume Concepts, ITE Journal (1979).／訳文：高速道路と自動車 第23巻 第4号 (1980)
4) 北野和基：静岡県東部における観光交通の特性に関する一考察，道路交通経済，87-1 PP.32～35, (1987).
5) 交通工学研究会(訳)：Highway Capacity Manual (道路の交通容量)，TRB Special Report 209 (1985).
6) 交通工学研究会(訳)：Highway Capacity Manual (道路の交通容量)，TRB Special Report 87 (1965).
7) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用 (1983).
8) S.C.Sharma and J.Y.Oh: Prediction of Design Hourly Volume from Road Users' Perspective, Journal of Transportation Engineering Vol.115 (1989).
9) Al Werner and Terry Willis: Cost-Effective Level of Service and Design Criteria, TRR 699 (1979).