

簡易配分シミュレーションによる道路網容量の実用的計算法について*

A Practical Calculation Method of Road Network Capacity
by the Iterative Traffic Assignment Simulation

西村 昂**・日野 泰雄***・岡田 敏男****

by Takashi NISHIMURA, Yasuo HINO and Toshio OKADA

The urban traffic problems are mainly caused by a large amount of the vehicle traffic volume in a city area. The acceptable level of the vehicle traffic volume on a road network is evaluated from the traffic congestion level which affects urban activity or urban environmental level. In this paper, we proposed a practical process of calculation for the acceptable traffic volume by an iterative traffic assignment method. In this method, several areas (which are main city districts) are introduced to check the level of traffic congestion. The traffic congestion in a area or the congested section for the inter-area flow are computed with the amount of consumed time in the area or in total for every assignment iteration.

1. はじめに

近年、都市内道路をはじめとして混雑現象はますます顕著になっている。これに対して、交通流制御など様々な方策が講じられてはいるものの、その効果は十分なものとは言えない。一方、需要と供給の関係からみた場合、混雑現象は需要過剰の現象を表していることは言うまでもないが、その程度を知るためには供給量つまり道路網容量(処理可能交通量)を適正に評価する必要があるといえる。すなわち、利用頻度の異なる道路の集合であるネットワーク全

*キーワード: 交通容量, 道路網, 交通配分シミュレーション

**正会員 工博 大阪市立大学教授 工学部土木工学科(〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138)

***正会員 工修 大阪市立大学助手 工学部土木工学科(同上)

****学生員 大阪市立大学大学院 工学研究科土木工学専攻(同上)

体の容量を設定することが必要となるわけである。しかも、都心部の道路に代表されるように、その重要性からある程度の混雑(=時間損失)は許容されているという実情を考えると、単に物理的な側面だけからの評価では実際の状況を説明しきれないことになる。

そこで、本稿では、混雑状況を時間遅れ(損失)としてとらえる簡易配分シミュレーションを用いて種々の基準による道路網容量を設定するとともに、そこで得られた容量、いかにいけば、容量設定基準が実際の混雑状況をどの程度表現し得るのかを考察してみた。

2. 道路網容量についての基本的な考え方

道路網の容量は、ある道路断面である時間に処理し得る、いわゆる物理容量とは異なり、その集合体として機能することを条件に考えねばならない。つまり、そこでは道路網を対象にした混雑状況を表現

するとともに、それを評価することが必要となる。そこで、ここでは、道路網の混雑状況について考え、さらにその現象を表現するための交通配分シミュレーション手法について述べる。

(1) 道路網容量と混雑現象

従来、アーク上の交通量がある一定値（いわゆる物理容量）に達すると、新たな交通需要は他のアークに配分されるという考え方に基き、物理容量に達したアークがカットを構成するとき、その総配分交通量を道路網の容量と定めるといった方法が多く用いられてきた。しかしながら、実際には一定値を超えてもなお交通需要の流入があり、そこに混雑現象が発生することになる。従って、混雑状況を考慮した配分手法の検討が必要となるが、ここでは、これを時間遅れ（＝時間損失）として表わすことにし、混雑状況をどの程度まで許容するかという側面から道路網の容量を考察することにした。つまり、道路網全体の平均的な混雑はもちろん、その地域性を考え、特定のエリア内あるいはエリア間の混雑など種々の混雑状況の中から適正な容量を考えようというわけである（3. 参照）

(2) 混雑現象を考慮した道路網容量判定のための配分シミュレーション手法

一般に配分シミュレーションにおいては、交通量の増加に伴い、走行速度は低下し（走行時間は長くなり）、ある一定値に達すると速度はゼロ（時間は無限大）となり、そのアークは事実上ネットワークから除外されることが多い。そのため、ある一定以上の混雑状況も表現することができない。そこで、本稿では配分交通量とは別に投入交通量という概念を用い、容量と、ある交通需要はある基準（投入交通量と掛け交通量と速度との関係から得られる）による時間遅れを伴って仮想的にそのアーク上に配分されると考えた。つまり、ある時間内に掛ける交通量（物理容量より小さい）を超える交通は、同一時間内に流入しなから次の時間までは掛けないということによって、混雑現象を表わそうとしたわけである（3. 参照）。このシミュレーションのフローチャートを図-1に、またその内の配分プロセスの説明を以下に示す。

a) ネットワーク及びODパターンの設定

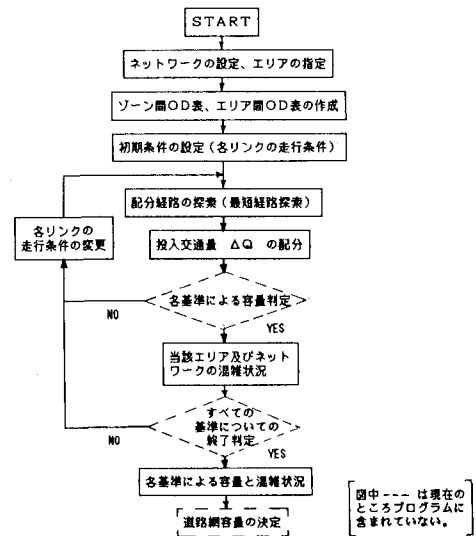


図-1. 配分シミュレーションと道路網容量決定のためのプロセス

ネットワークが複雑である経シミュレーション計算が繁雑になるため、できるだけ簡略化することが望まれるが、その形状によってエリアの特性（3. 4参照）が決定されることから十分検討した上で設定する必要がある。又、ODパターンは配分の基礎となるものであることは言うまでもないが、これについても都市構造や都市活動の特性を表わすものと考えられるため、ネットワークの形状と一体化して設定する必要がある。

b) 投入交通量の配分

ここでは、分割配分法に準じた逐次配分法（ただし、全体交通量を固定しない）によって、常に一定の交通量と最短経路に配分することにした。これにより、投入交通量とそのときの最短経路およびそれらの混雑現象との関係が得られる。

c) 各リンクの走行条件の変更

配分段階によって各リンクの走行速度は変化するため、これを逐次修正しなければならない。一方、投入交通量（ Q ）は、そのリンクの1車線当り交通容量より小さいときには通常的时间交通量と等しく考えられるが、これより大きいときには、波津領域に

入るため交通密度に比例するものと考えられる。すなわち、投入交通量が增大するにつれて、交通密度(K)が比例的に増大し、時間交通量は減少することになる。ここでは、次のような条件により、 $Q=20K$ なる式を定め、これにより、図-2に示すような関係を設定することにした。(ただし、ジャム密度を 140台/km とした。)

①交通容量(C)= 900台/時/車線

②自由走行速度(V_0)= 40 km/時

③容量時密度(K_c)= 45台/km (容量時速度(V_c)= 20 km/時)

又、捌け交通量とこれを超える投入交通量の走行時間はリンク長を L とするとそれぞれ、 $6L/V$ (分)、 $2x(6L/V)$ (分)で表わされる。つまり超過分の交通量は捌け交通量がそのリンクを通過するまで待機しているわけである。これを交通量で重みづけ平均することによって、そのアーク上の平均速度も設定している。尚、容量判定の考え方については、述べる。

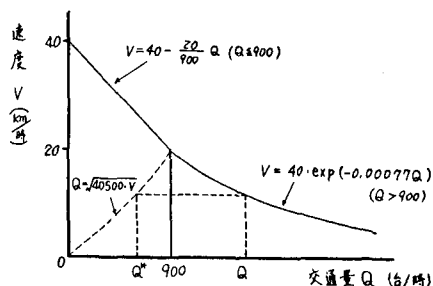


図-2. 投入交通量と捌け交通量を考慮したQ-V関係

3. 道路網容量決定のための各種基準

前述のように道路網の容量を決定するためには、種々の混雑状況を判断することによって各々の道路がネットワークとして機能しているか否かと判定する必要がある。そのためには、ネットワークをその地域特性と考慮したいいくつかのエリア(サブネットワークとも考えられる)に分割し、それぞれのエリア内あるいは各エリア間の混雑状況から全体の混雑状況(ネットワークの機能性)を判断することが必要であると考えられる。一方、一般にある〇日の最短経路が混雑すると当然のことながら迂回経路が利用される。(その時この経路が最短時間経路と成っていることは言うまでもない。)従って、混雑状況によ

ってネットワークが機能しなくなる状態は、考えられるいずれの迂回経路も混雑している状態といえる。つまり、何らかのカットが生じた状態を意味している。ただし、ここではこの混雑現象に移行する限界の交通量を種々の観点より1車線当り900台/時とした。

これらの考え方に基づいて、ここでは次のような3つの主要道路網容量判定基準を設定した。

(1) エリア内の混雑

エリア内の全(の)道路が混雑状態になった時点、つまり、全(の)道路上の交通量が900台/時を超える時点の投入交通量を道路網の容量と判定するものである。このとき、900台/時の交通量はそのエリア内の最小値であり、道路によってはその何倍もの混雑状況にあることもある。また、各エリアの混雑の内容は当然異なると考えられるため、例えばエリア内の平均混雑度といった指標によって相互の関係を検討する必要がある。

(2) エリア間の混雑

エリア間を結ぶ全ての道路が混雑した場合を考えたようにするもので、対象エリアを中心とした部分カットの発生によって判定される。とくに、大都市圏などでは、核となる都心を中心とした交通需要が多いことから、都心を中心エリアとした基準が効果的であると予想される。

(3) 比較的大きな断面での混雑

いくつかのエリアに跨がるような断面の道路が混雑するような場合であり、かなり大きなカットとなるため、実質上迂回も不可能に近い状態といえる。

(4) 道路網全体の平均混雑度

①~③をはじめとする各基準に達したときの道路網全体の混雑状況が表わされれば、これらの基準にかわる簡易的な判定基準を設定することも考えられる。但し、各地域特性等を十分反映することが可能か否か等の検討が必要であろう。

以上、ここで述べた基準はそれが直ちに限界と判断できるほど厳しい基準ではなく、混雑がある一定の段階に到達した状態を表わすものである。従って、真の限界を判定するためには、これらの基準のうちのいくつかが同時に満たされ、かつ全体の混雑の状況が限界的であるという条件も必要であるといえよう。

4. ケーススタディによる混雑現象の分析と道路網容量の決定

(1) ケーススタディの概要

本ケーススタディでは、大阪市平面道路網を対象に、昭和60年自動車ODパターン（高速道路分を除く）のデータを用いて行ったシミュレーション結果の一部を示す。対象としたネットワークは、ノード数100、リンク数362、エリア数10である。（図-3参照）なお、シミュレーションに必要な各パラメータは、(2)に示す通りである。

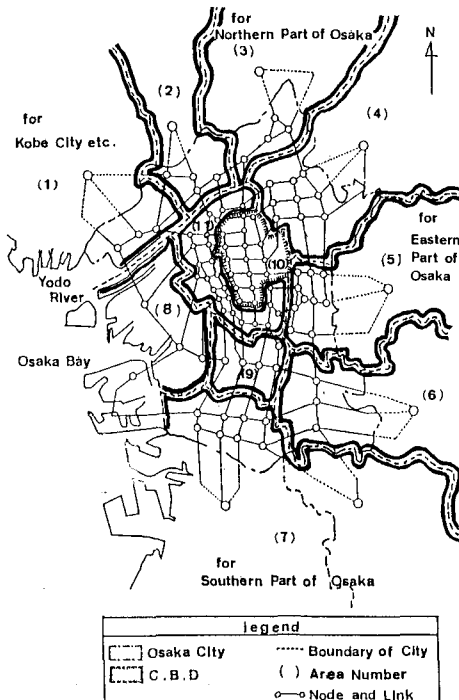


図-3. 対象ネットワーク

(2) 容量判定基準

ケーススタディのためにまず前述の容量判定基準を具体化することが必要となるが、ここでは、これら具体的な基準のうちのいくつかの例について示すことにする。その概略は表-1に示す通りである。

(3) 各基準による容量の判定と混雑状況

表-2に各基準別の容量到達時点とそのときの混雑状況を示す。また、これらの容量に達する途途中の変化状況を知るための投入交通量別混雑率及び

表-1. 容量判定基準の概要

区	対象地区	地域特性	ノード数	アーク数
A	1 (エリア1)	神戸方面	4	3
	2 (エリア5)	大塚方面	10	24
	3 (エリア8)	大塚方面	4	4
	4 (エリア10)	大塚方面	17	48
B	1 (エリア4 出)	大塚方面	14	7
	2 (エリア4 入)	大塚方面	14	7
	3 (エリア10 出)	大塚方面	30	18
	4 (エリア10 入)	大塚方面	30	18
C	1 (豊洲駅前南行)	大塚方面と 各心部を結ぶ 経路	12	6
	2 (豊洲駅前北行)	大塚方面と 各心部を結ぶ 経路	12	6
	3 (豊洲駅前南行)	大塚方面と 各心部を結ぶ 経路	18	9
	4 (豊洲駅前北行)	大塚方面と 各心部を結ぶ 経路	18	9

表-2. 各基準による容量判定と混雑状況

基準別	投入交通量 (台/時)	対象アーク内 平均混雑率	ネットワーク全体 の平均混雑率 (%)
A	1 240,000	1.377	87.4 (3.47)
	2 250,000	1.418	88.1 (3.71)
	3 150,000	1.377	28.3 (1.85)
	4 220,000	1.428	78.8 (2.84)
B	1 180,000	1.417	80.1 (2.48)
	2 190,000	1.417	80.1 (2.48)
	3 280,000	1.389	89.8 (3.25)
	4 260,000	1.400	89.9 (3.25)
C	1 210,000	1.283	70.4 (2.83)
	2 220,000	1.398	78.4 (3.84)
	3 170,000	1.222	44.1 (2.11)
	4 170,000	1.220	44.1 (2.11)

注1) 800 台/時/車線のアーク数の割合を示す。
注2) () 内は自由走行時の平均走行時間比。

その混雑内容をさらに詳しく知るためのランク別混雑度分布状況の一例をそれぞれ図-4, 5に示す。さらに、容量に達したときの各構成アークの平均混雑度とネットワーク全体の平均混雑度（混雑区間割合）との関係を図-6に示す。

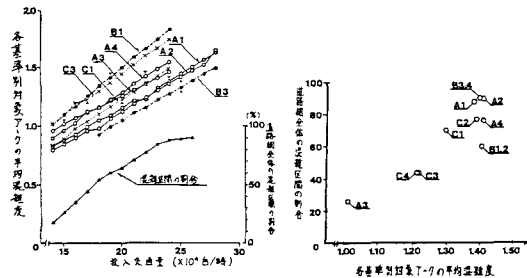


図-4. 投入交通量別混雑状況

図-6. エリア内間混雑率と全体の混雑率

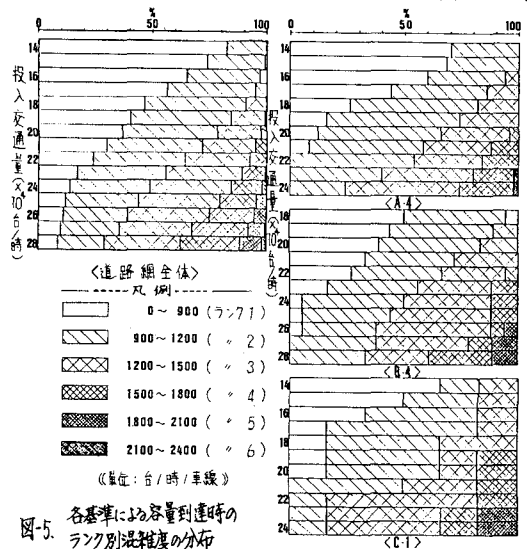


図-5. 各基準による容量到達時のランク別混雑度の分布

これから得られる主な結果は以下の通りである。

a) 各基準による容量到達時点の値にはかなりの幅があり、しかもそのときの混雑状況も異なる。つまり、それぞれの対象アーキの利用状況に違いがあるといえる。

b) A3, C3(4) のようにネットワーク全体の混雑度の低い時点に容量に達するものもある。

c) 都心部の基準(A4, B3(4))の場合、発着量が著しく多いが、アーキの利用度には偏りがある。また、容量に達した時点にはすでに多くのアーキでかなりの混雑現象がみられる。

d) 投入交通量と対象アーキ平均混雑度の関係を見ると、いずれも直線的な変化を示しており、その基準の妥当性を検討するためには、ネットワーク全体の混雑区間割合(全体の混雑状況)等の指標の導入が必要と考えられる。

e) ランク別混雑度の分布をみると、同程度の平均混雑率でもその内容に差異のあることがわかる。つまり、d)でも示したように平均混雑度は基礎的指標とは言えるが、容量を決定するに際しては、こゝろ、混雑に関する詳細な内容についての検討も必要であろう。

f) 各基準により容量に達したと判定された時点の対象アーキの平均混雑度とそのときのネットワーク全体の混雑区間割合との間にはかなり明解な関係がみられる。

以上のことから、道路網容量を決定するための1つのアプローチとして次のようなプロセスによる方法が考えられる。

- ①各基準に基づく容量到達時点の値を求める。
- ②ネットワーク全体の混雑状況を考慮して①の値の意味を検討する。(具体的には容量判定基準としての妥当性を検討し、望ましくないものを除外する。)
- ③①の値のうち②の条件を満たしたものについてさらに、ランク別混雑度等の指標による各対象アーキの詳細な混雑内容を検討する。これによって得られる代表的ないくつかの基準による値から容量を判定する。

本ケーススタディから例示的に容量を判定してみると、基準A4, B1(2)より20~22万台程度の値が得られる。(但し、②の条件を全体の混雑区間割合が

50~80%、②の条件として混雑ランク4以上の区間が50%未満とした場合)これに対して、例えば昭和52年の平日平均ピーク時のトリップ数は約17.3万台/時であり、その時のネットワーク全体の混雑区間割合を求めると45%程度となっている。

5. おわりに

以上本稿では、混雑状況と表現し得る配分シミュレーションとそれによるケーススタディを通じて、道路網の容量を判定するための1つのアプローチを示してきた。その結果、容量判定のためには、チェックポイントとして考えられる多くの基準についてそれらの混雑状況を詳細に検討する必要があることがわかった。言い換えれば、そのようなプロセスを経ることによって、ある程度の幅で現実的な容量を決定することが可能になるものと思われる。しかしながら、現在の段階では、混雑状況検討プロセスでの判定条件がいまいであることや配分シミュレーションによる混雑の分析プロセスと容量判定プロセスが一体化されていないという点に問題が残されているといえる。さらに、本稿では、物理的側面のみならず、混雑という面からある程度経済的側面をも考慮したものとは言えるが、今後は、社会的費用をも含めた経済的な制約や環境面からの条件をも考慮した総合的な容量判定のための基準についても検討する必要がある。

参考文献

- 1) 大阪のまちとみち：大阪府総合計画局，1976
- 2) 西村，日野，安藤：道路網の交通処理能力に関する一考察，第6回交通工学研究発表論文集，1982
- 3) 安藤，西村，日野：道路網の処理交通量と時間損失に関する一考察；土木学会第38回年次学術講演概要集IV，1983
- 4) T.Nishimura and Y.Hino; on the Permissible Level of the Traffic Volume in an Urban Road Network, PTRC 12th Annual Meeting, Proceedings of Seminar M (Highway Appraisal and Design), 1984