

苫小牧工業高等専門学校 正会員 ○ 梶 谷 有 三
北海道大学工学部 ” 加 来 照 俊

1. まえがき

交通需要の増大にともなって既存の道路網をどの様に整備・拡充させるかという問題は、今日の自動車交通の発達とともにその重要性は一層増してきている。本研究は、次の諸点を踏えた問題の定式化と解法について考察する。(1)道路網容量増強問題を考える場合事前に把握されていなければならぬ既存道路網の容量算定、および増強対象区間の選定についても考慮できること。(2)道路網を評価しうる各種の要因を制約条件および目的関数として設定できること。(3)道路網を評価するために必要な各リンクの配分交通量を各リンクの容量増加あるいは新設リンクの決定と同時に求めることができること などである。そして、交通容量と建設費用の関係を各種の交通容量-建設費用関数(図-1参照)で表現することによって、すなわち各リンクの容量増加あるいは新設に関する変数の捉え方によって問題を線形計画、(0-1)混合整数計画問題として定式化する。

2. 道路網増強問題の定式化について

(1) 問題の定式化

いま、交通需要の増加にともなって m 個のノードと n 個のリンクを持つ道路網 N で処理できなくなったとき、いずれかのリンクの容量増加あるいは新設リンクの付加によって既存道路網 N を道路網 N' へと変換すべきかについて考える。道路網 N に k 個のOD交通が存在するものとして、 k 番目のOD構成比を P_k とし、このOD交通の走行可能なルート数を μ_k 、そのうちあるルート r に配分されるルート交通量を Y_{kr} とする。まず、制約条件としては(1)式のOD交通に連続条件がある。ここで、 F は処理交通量である。次に既存道路網の各リンクの容量を C_{ij} 、容量増加あるいは新設されるリンクの幅員(車線数)を x_{ij} とすると道路網 N' における各リンクは(2)~(4)式のいずれかの容量制限に関する条件式によって表わされる。ここで、 C_{ij} は単位幅員(車線数)あたりの交通容量、 n は新設可能なリンクの数とする。また、 q_{ijkr} を k 番目のOD交通の r 番目のルートフローがリンク ij を通過するとき1、そうでないとき0をとる定数とする。さらに、(5)、(6)式の総建設距離(L)、総建設費用(M)をもれ自身目的関数にならない場合制約条件として考えられる。これら2式は建設者側から見た重要な評価要因である。ここで、 R は容量増強および新設可能なリンクの集合、 d_{ij} , m_{ij} はそれぞれリンク ij の距離、単位幅員(車線数)あたりの建設費用である。また、道路網全体の自動車による環境悪化あるいは各OD交通の走行便益などを考慮すると、(7)、(8)式の総走行距離(TD)、総走行時間(TT)をもれ自身目的関数でない場合制約条件として考えられる。ここで、 t_{ij} はリンク ij の走行時間である。(9)、(10)式はそれぞれ変数に関する条件で、 μ_{ij} は各リンクの建設可能な幅員(車線数)である。次に、目的関数について考えると前述の(5)~(8)式が考えられ、そのとき処理

$$\sum_{k=1}^k Y_{kr} = P_k \cdot F \quad (k=1, 2, \dots, k) \quad \text{--- (1)}$$

$$\sum_{k=1}^k q_{ijkr} \cdot Y_{kr} \leq C_{ij} \quad (\text{容量増強されないリンク}) \quad \text{--- (2)}$$

$$\sum_{k=1}^k q_{ijkr} \cdot Y_{kr} \leq C_{ij} + C_{ij} \cdot x_{ij} \quad (\text{容量増強されるリンク}) \quad \text{--- (3)}$$

$$\sum_{ij \in R} d_{ij} \cdot x_{ij} \leq L \quad \text{--- (5)}$$

$$\sum_{ij \in R} d_{ij} \cdot m_{ij} \cdot x_{ij} \leq M \quad \text{--- (6)}$$

$$\sum_{k=1}^k \sum_{r=1}^{\mu_k} q_{ijkr} \cdot Y_{kr} \cdot d_{ij} \leq TD \quad \text{--- (7)}$$

$$\sum_{k=1}^k \sum_{r=1}^{\mu_k} q_{ijkr} \cdot Y_{kr} \cdot t_{ij} \leq TT \quad \text{--- (8)}$$

$$Y_{kr} \geq 0 \quad (k=1, 2, \dots, k) \quad \text{--- (9)}$$

$$0 \leq x_{ij} \leq \mu_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad \text{--- (10)}$$

$$F \geq TD \quad \text{--- (11)}$$

交通量に関する(11)式を加味しなければならぬ。すなわち、ある計画交通量を処理するために必要な各リンクの容量増加あるいは新設リンクの幅員(車線数)を求める最小化問題となる。一方、種々の条件の下で処理交通量を最大とする問題は(11)式の F を目的関数とする。

(2) 交通容量-建設費用関数について

容量増強あるいは新設されるリンクの単位を幅員あるいは車線数として表わしたが、この車は交通容量と建設費用の関係が図-1に示される3つの費用関数で表現したためである。まず、(1)のステップ関数を用いた場合には整数変数を取る x_{ij} と連続変数であるルート交通量とからなる混合整数計画問題となる。

そして、この問題は各リンクが車線数単位で建設される。次に、(2)の線形関数の場合にはいずれの変数も連続変数となる線形計画問題となり、各リンクの建設は幅員単位となる。さらに、(3)の合成関数を用いたとき、変数 x_{ij} は少なくとも1車線を建設するかしないかを表わす0-1整数変数 x_{ij}^0 と1車線以上建設するときの程度の幅員まで建設されるかを表わす連続変数 x_{ij}^1 の2つの変数に分けられる。そして、問題は0-1混合整数計画問題となり、前述の(3)、(4)式は(12)、(13)式となる。また、(5)、(6)式も(14)、(15)式となる。ここで、 c_{ij} 、 m_{ij} は1車線あたりの、 C_{ij} 、 M_{ij} は単位幅員あたりの交通容量、建設費用である。さらに、この問題においては0-1整数変数 x_{ij}^0 と連続変数 x_{ij}^1 の間には(16)式の制約条件が必要である。ここで、 U は適当な十分大きい値とする。問題の定式化にあたっていずれの関数を用いるかは対象とするリンクの状況に応じて取捨選択すればよいので、これらの3つの関数すべてを含んだ問題も考えられる。

$$\sum_{i,j \in A} c_{ij} \cdot y_{ij}^k \leq C_{ij} \cdot x_{ij}^0 + C_{ij} \cdot x_{ij}^1 \quad \text{--- (12)} \quad \sum_{i,j \in A} c_{ij} \cdot y_{ij}^k \leq C_{ij} \cdot x_{ij}^0 + C_{ij} \cdot x_{ij}^1 \quad \text{--- (13)}$$

$$\sum_{i,j \in A} d_{ij} \cdot (c_{ij} \cdot x_{ij}^0 + x_{ij}^1) \leq M \quad \text{--- (14)} \quad \sum_{i,j \in A} d_{ij} \cdot (m_{ij} \cdot x_{ij}^0 + m_{ij} \cdot x_{ij}^1) \leq M \quad \text{--- (15)}$$

$$U \cdot x_{ij}^0 \geq x_{ij}^1 \quad (i,j \in R) \quad \text{--- (16)}$$

3. 道路網容量と増強対象リンクの選定について

道路網増強を行なう場合には、一般に既存の道路網がどれ程までの交通需要を処理できるのか、そしてさらに増加する需要交通量を処理するためにはどのリンクが隘路区間(新設されるリンクも含め)となっているかという増強対象リンクの選定について行なわなければならない。そして、前述の問題は(11)式を目的関数とし、各リンクの容量制限式を(2)式で表わすことによって線形計画問題として定式化される。また、後者の問題は(11)式を制約条件として、(5)~(8)式のいずれかを目的関数とする線形計画問題を解くことによって考えられる。すなわち、各リンクの容量制限式を(3)、(4)式としたとき、それぞれ式に対する双対変数によって対象リンクが選定される。従って、この双対変数によって各リンクの容量制限式は(2)~(3)式のいずれかを用いなければならない。

4. 計算例

図-2の既存道路網(破線新設リンク)、表-1のOD構成比を与えて行なう。なお、既存のリンクおよび新設リンクの幅員(新設)可能な幅員(車線数)は3.0m(1車線)とする。また、図中の値はリンク距離であり、各OD交通には2-3本のルートを与えた。既存道路網の各リンクの幅員を3.0m(1車線)とすると、道路網容量は42,352台となりさらに需要交通量が5,000台に増加したときの増強計画について考える。まず、この交通需要を処理するための建設費用最小の道路網は図-3となり、建設費用は65億円である。このとき、リンク1-2以外のすべてのリンクが対象リンクとなった。次に、建設費用120億円以下で総走行距離最小の道路網は図-4となり、このときはリンク1-3、2-3、3-5、3-4が対象リンクであった。これらの問題において、費用関数は新設リンクのみ合成関数で、他は線形関数として0-1混合整数計画問題とした。

5. おわりに；今後はさらに、新たにODペアあるいは新たに本発生・集中ノードが出現する場合についても考えてみたい。

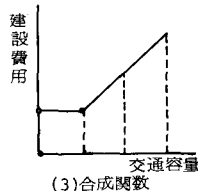
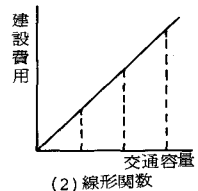
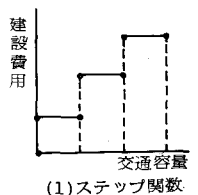


図-1 交通容量
一建設費用関数

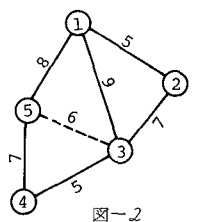


表-1 OD構成比

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0.18	0
2	0	0	0.52	0	0
3			0	0	0.3
4				0	0
5					0

