

道路網の構成に関する基礎的考察

京都大学工学部 学生員 前島忠文

1. まえがき

近年、自動車交通需要の飛躍的増大に対処するため、都市内道路網と広域道路網の新設、改良が積極的に進められている。しかしながらこれらの整備計画はどちらかといえば交通混雑がはげしい区間のみを着眼し、現象追従的であって、道路網を全体的に評価することから少なく、また合理的な評価にもとづいておらずとは必ずしもいえない。本研究はグラフの理論を用いて道路網全体の構成について基礎的な考察を行ない、最も望ましい道路網のパターンも決定し、より合理的な道路網計画への接近を試みるものである。

2. 都市間道路網の構成

いま、いくつかの都市の土地利用計画が決定されており、これらの都市間の計画年度におけるOD交通量が推定されているものとする。このとき各都市を連結する最適な道路網を決定する。まず最適性を判定するための評価関数を定義する。地 i と地 j を結ぶ道路区間の建設費を C_{ij} とすれば

$$C_{ij} = a_{ij} l_{ij} n_{ij}$$

ここに a_{ij} : 単位道路面積あたりの建設費(舗装、地形などで異なる)

l_{ij} : 道路区間長

n_{ij} : 車線数(一般に区間交通量 x_{ij} の関数である)

と表わすことができる。またこの道路区間を走行する車の一台あたりの走行抵抗を r_{ij} とすれば r_{ij} は一般に走行経費、走行時間などの関数となる。この道路区間を走行するすべての車についての走行抵抗を R_{ij} とすれば

$$R_{ij} = z_{ij} r_{ij}$$

となる。この道路区間の評価関数を E_{ij} のように定義する。

$$E_{ij} = C_{ij} + K R_{ij}$$

ここに K は走行抵抗を費用の形に変換するための係数である。これをすべての道路区間について加え合せたものを道路網全体の評価値とし、この値を最小にする道路網を最適道路網とする。すなわち

$$E = \sum E_{ij} \rightarrow \min$$

となる。つぎに、ここでは広域的な道路網を考慮することとし、各都市は1つの点(ノード)として表わされ、都市間を結ぶ道路は1本の線(エッジ)で表わされるものとする。したがって道路網はノードとエッジの集合として表わされ、最適な道路網の決定は各ノードの位置とノード間のOD交通量が与えられているとき評価値を最小にするように1組のエッジを決定する問題となる。さて道路網はどのノードからどのノードへも到達が可能であるように構成されねばならない。このような条件を満足する道路網のうちで最もエッジの数が少ないものはツリー(maximal tree)である。(図1参照) すなわちノードの数を n とす

れはエッジの数は $n-1$ である。まず OD 交通量のうち、1つの O (出発地) から発生する交通量について考えることとし、この OD 交通量に対して最適なツリーを求める。 n 個のノードを結ぶツリーの総数は Cayley の定理により n^{n-2} 個あり、 n の増加とともに急速に増加する。これらのツリーのすべてを探索することは困難であるのでつぎのような方法を用いる。このため1つのツリーの近傍を定義する。あるツリーの近傍とはそのツリーから1つの操作 (エッジを1本だけつけかえるなど) によって作りうるツリーであるとする。この近傍のツリーの数は一般に $(n-1)(n-2)$ 個ある。(図-2参照) (証明は福場庸による)

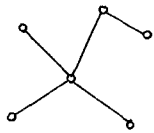


図-1 ツリー

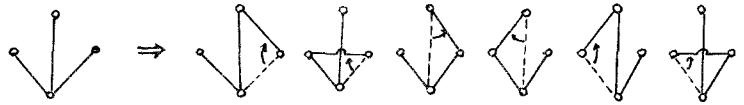


図-2 ツリーの近傍

最適なツリーの探索はつぎのようになう。

- Step 1 あるツリーをランダムに選び、その近傍のツリーについて評価値 E を計算し、最小値を求める。
- Step 2 step 1 をくりかえし、最小値ばかりをとり出し、それらのうち最小の値をもつツリーを最適なツリーとする。

このような演算は電子計算機を用いて行なうことが必要である。またすべての OD 交通量についての最適道路網はこれらの最適ツリーを重ね合せて決定する。

3. 都市内道路網の構成

都市内の交通はあるゆる地点で発生し吸収され、道路網は多くの街路から構成されているので、大きなゾーンに分割することは無意味であり、できるだけ小さなゾーンに分割する方が望ましい。したがってノードの数が非常に多くなり、上述の方法を用いることは困難である。また街路網は単純なパターンであることが実際に必要である。以上により、都市内道路網については基本的な道路網のパターンを与えて比較することとする。図のような格子状あるいは放射環状型道路網について考える。交差点を中心とするゾーンの面積を D_i とし、このゾーンの発生交通量のうちゾーン j へ向う交通の発生密度を p_{ij} 、交通量を x_{ij} とすれば

$$x_{ij} = p_{ij} D_i$$

この OD 交通量の配分方法はたとえば図示したように1回の右左折だけで目的地に行くものとする。このとき2つの経路があるので等しい交通量を流すものとする。このようにして各街路の交通量を求め、評価値を算定して比較することができる。

4. あとがき

評価関数もどのように決定するかという点マすでに道路網がある場合に新設道路もどこにつけるべきかという問題についても考察を進めて行きたい。

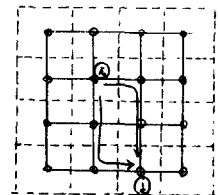


図-3 格子状道路網

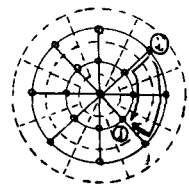


図-4 放射環状道路網