交通網パターンとその効率性に関する基礎的考察

信州大学工学部　正員　奥谷 巖
〃　○加藤秀樹

1. まえがき　各種交通網の効率性を総走行距離と総走行時間との面から考え，これを求め，比較，検討する。手順は格子状網についてのみ示すが，その他についても同様の方法を用いている。

2. 格子状の場合　総走行距離を求めるにあたって次のことを仮定する。(i) 交通網全体における発生（吸収）トリップ数（これをNとする）は一様に分布する。(ii) すべてのトリップは最短経路を通る。(iii) すべてのトリップは細街路の距離をもっとも短くする経路をとる。

モデルとして図-1のように縦，横に等距離 a, b を隔てて $(m+1)$, $(n+1)$ 本の主街路があるものを用いる。主街路で囲まれた区域のうち，発生地点を有する区域を (i,j)，吸収地点を有する区域を (k,l) とすれば，区域 (i,j)，(k,l) は仮定(iii)により図-2のように4つの部分に分割される。(i,j) の分割された1つの部分 $[r]$ 内の微小面積 $dxdy$ に発生し，(k,l) の1つの部分 $[r']$ 内の微小面積 $dx'dy'$ に吸収される総走行距離は次のように表わされる。

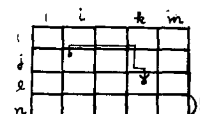

図-1

$$N\cdot dxdy/S\cdot dx'dy'/S\cdot(x+y+x'+y'+l_{pq}) \quad (1)$$

ゆえに $[r]$ から $[r']$ では

$$N/S^2\cdot\iiiint(x+y+x'+y'+l_{pq})\,dxdydx'dy' \quad (2)$$

となる。ここで，x-y 座標は経路上最初の主街路の交差点を原点とし，x'-y' 座標は経路上最後の主街路の交差点を原点とする。l_{pq} は $p(=k-i)$ と $q(=l-j)$ によって変化し，経路上主街路の最初と最後の交差点間の長さである。S は交通網全体の面積である，式(2)は一般的に次のように書ける。

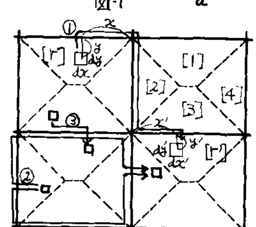

図-2

$$N/S^2\cdot S_rS_{r'}(h_r+h_{r'}+g_r+g_{r'}+l_{pq}) \quad (3)$$

S_r：$[r]$部分の面積　$S_{r'}$：$[r']$部分の面積

h_r：$[r]$部分のy軸から図心までの距離　$h_{r'}$：$[r']$部分のx軸から図心までの距離

g_r：$[r]$部分のx軸から図心までの距離　$g_{r'}$：$[r']$部分のy軸から図心までの距離

発生地点と吸収地点が同じ行または同じ列（$q=0$ or $p=0$）にあり，$[r]$ と $[r']$ が街路に関し対称な位置にあるとき（図-2の②），あるいは発生地点と吸収地点が隣りあっているとき（図-2の③）には式(2)を使い積分範囲を満たして解くと，h_r, $h_{r'}$ の値が異なるだけで式(3)と同じ形に書くことができる。交通網全体の総走行距離は

$$\sum_{p=0}^{m}\sum_{q=0}^{n}(m-p)(n-q)\cdot N/S^2\cdot S_rS_{r'}(h_r+h_{r'}+g_r+g_{r'}+l_{pq}) \quad (4)$$

となり，これを $[r]$ と $[r']$ の組合せについて（8とおり行えばよい）算出し，合計する。

総走行時間については次のことを仮定する。(iv) 走行距離が等しい経路が幾つかある場合は交通量を等分する。(v) 右左折をできるだけ避け，なるべく直進する。

このとき $[r]$ から $[r']$ への総走行時間は次のように表わされる。 (5)

$$\sum_{p=0}^{m}\sum_{q=0}^{n}(m-p)(n-q)\cdot N/S^2\cdot S_rS_{r'}\left\{(g_r+g_{r'})/v_1+(h_r+h_{r'}+l_{pq})/v_2+P_{pq}t_0+t_r+t_l+t_{r'}(\text{or } t_{l'})+t_{r''}(\text{or } t_{l''})\right\}$$

v_1：細街路における車の速度　v_2：主街路における車の速度　P_{pq}：経路における主街路の交差点数　t_0：主街路の1つの交差点を直進するに要する時間　t_r (or t_l)：主街路において右折(

・左折）に要する時間　　t_r' (or t_l)：細街路から主街路に出る際，右折（左折）に要する時間

t_r'' (or t_l'')：主街路から細街路に入る際，右折（左折）に要する時間

これを総走行距離の場合と同じく[r]，[r']の組合せについて算出し，合計すればよい。

3．格子状網に斜線を加えた場合。　図-3のような交通網を用いる。この場合，仮定(iii)より斜線の加わった区域は図-4のように6つの部分に分割される。この分割の境界線はABC部分では角Bの2等分線と，BCの中点とAを結ぶ直線とで決定される。なお，交差点における通過時間を道路を曲がる角度によって図-8のように定める。

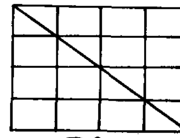

図-3

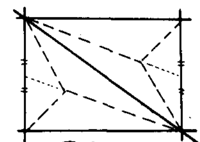

図-4

4．六角形を基本ループとした場合。　図-5のような交通網を用いる。1区域の面積が格子状網のものと等しくなるよう六角形の辺長を定めるものとする。式(4)，(5)を用いる際，図-5の矢印で示すように発生地点と吸収地点が横方向の同じ行にあるとき，斜め方向の同じ行にあるとき，あるいはそれ以外のときの3つの場合に分けて p，q を考えると便利である。

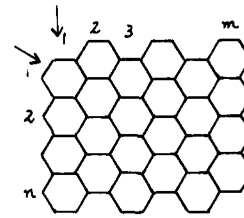

図-5

5．三角形を基本ループとした場合　(a) 格子状網を基盤としたもの　格子状網に斜め線をすべて入れたものであり（図-6），1区域は図-7のように12の部分に分割できる。これら12の部分の[r]，[r']が p，q のとり方により $p>q$，$p=q$，$p<q$，$p=0$，$q=0$ の5つのパターンに分類でき[r]と[r']の組合せが144とうりあるが半分は等しいものがあるから74とうりの各場合について行う。なお，主街路の交差点を通過する際の時間的要素を図-8のように定めたものを用いる。

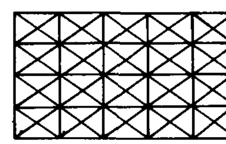

図-6

(b) 六角形を基盤としたもの．　図-9に示すように六角形の対角線をすべて結んだものである。

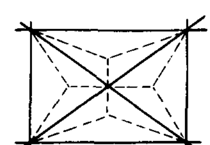

図-7

6．上記交通網パターンの比較方法．　同一面積の土地に交通網を設く場合，最適なネットワークを見い出すのは困難であるが，パターンごとに検討すればどれが最上かは推しはかることができる。主街路の道路密度が大きくなればトリップ長は当然短くなるが，どうしても交差点の数が増加することは避けられず，信号処理が難かしくなり，トリップ時間は必ずしも減少するとはかぎらない。たとえば，3の場合では2の場合に比べて斜線を利用するトリップ分だけ距離が減少するが，6差路の交差点を通過する際，4差路より時間を要することは明らかである。このことは時間的な要素を具体的な数値で試算することによって明確となろう。また，2と4を比較するには交通網全体の面積と主街路で囲まれた区域の個数を等しくおくことによって可能であろう。なお，結果の詳細は講演時に報告する。

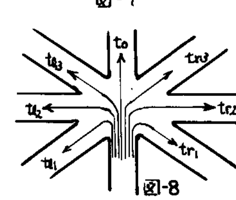

図-8

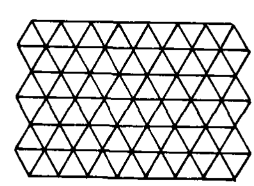

図-9

7．おわりに．　以上，本研究では街路網を対象として，いくつかのネットワークパターンの効率性を，総トリップ長および総所要時間という2つの規準により基礎的な観点から比較検討したが，交差点における諸係数を変化させることによって広範な交通網に対して同様の考察ができよう。