

IV-1

道路網の幾何学的構成理論に関する研究

○ 日本道路公団 正員 金田 政博

北海道大学 正員 佐藤 馨一

北海道大学 正員 五十嵐 日出夫

1 はじめに

道路を機能や整備度などから捉えた指標は、数多く考えられている。しかし道路をネットワークとして捉えた指標は、グラフ理論を用いたものが中心であり、他のアプローチによる研究は余り進んでいないといえない。本研究では、道路網を幾何学的アプローチで捉えることにより、道路網の構成に一種の法則性を見いだそうとしたものである。本研究の原点は、理論地理学者であるアメリカのホートンが発見した河川形態則にある。

自然発生的に出来上がった河川網と人間の意志で出来上がった道路網を、同様に扱う事に問題がないわけではない。しかし、地形条件を無視した道路網はありえなく、道路網の構成則においてもホートンの法則は十分成立しえる可能性を有している。

2 道路網の構成則

道路法の分類を利用して、研究対象地域の道路を次のように分類した。

- | | |
|------|------------|
| 1次道路 | 高速道路、元1級国道 |
| 2次道路 | 元2級国道 |
| 3次道路 | 都道府県道路 |
| 4次道路 | 市町村道路 |

この分類をもとに、次の2つの構成則を発見した。

(1) 第1法則（分割比）

先に分類した道路次数と、それぞれの道路により区切られる柵目の数を対応させる。すなわち、1次道路により区切られる地域数を1次分割数、2次道路によって区切られる地域数を2次分割数、以下同様に3次分割数、4次分割数と定義する。（図-1参照）

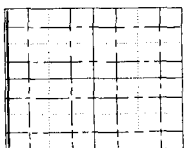


図-1 分割数の概念

そこで片対数グラフの横軸に次数、対数側の縦軸に分割数を取ると、ほぼ1直線上に点が並ぶこ

とが分かった。このときのグラフの傾きを分割比 r_d と定義する。（図2参照）分割比と分割数の関係は、次のようになる。

$$r_d = K_{n+1} / K_n \dots\dots (1)$$

r_d : 分割比 K_n : n 次道路による分割数

(2) 第2法則（延長比）

道路次数と道路総延長を対応させると、第1法則と同じように1直線上に点が並ぶ。このときグラフの傾きを延長比 r_l と定義する。（図3参照）延長比と道路延長の関係は次のようになる。

$$r_l = L_{n+1} / L_n \dots\dots (2)$$

r_l : 延長比 L_n : n 次道路総延長

(個)

(km)

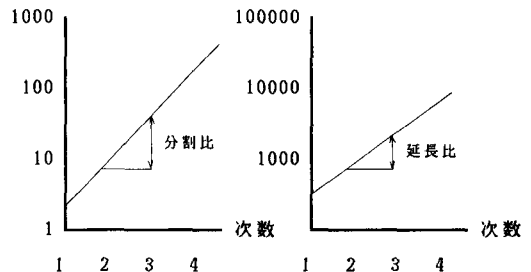


図2 次数と分割数

図3 次数と道路延長

(3) 分割比と延長比の関係

(1), (2) より道路の柵目と道路延長の間に幾何級数的な関係があることが分かったが、分割比と延長比の関係はどうなっているのだろうか。今、道路の設定条件として次の3つを仮定する。

* 仮定1 道路方向は、平面上の2方向で表される。

* 仮定2 道路網を構成する地域は近似的に四角形になる。

* 仮定3 道路は、道路次数により地域を等分割する。

以上の仮定のもとで、距離が縦が a 、横が b の域内で x 方向に第 i 次道路を X_i 本、 y_i 方向に Y_i 本引くとする。

仮定3より

$$X_i - 1 : Y_i - 1 = a : b$$

$$Y_i = b / a * (X_i - 1) + 1$$

このとき第*i*次道路延長は、上式より

$$b X_i + a Y_i = 2 b (X_i - 1) + a + b$$

$$= \alpha r_g^{i-1}$$

$$\therefore X_i - 1 = (\alpha r_g - a - b) / 2 b$$

このとき分割数*K*は

$$K_i = (X_i - 1) (Y_i - 1)$$

$$= \{ \alpha^2 r_g^{2(i-1)} - 2 \alpha r_g^{i-1} (a + b) + (a + b)^2 \} / 4 a b$$

上式の分子において*i*によって変化する項は、第1項、第2項であり*r*は3～5程度の値であるから*i*によって大きく変化する項は第1項である。したがって第1項の項比*r*が上式全体の項比と考えて差し支えない。以上より、分割比と延長比の理論的關係は、次のようになる。

$$(\text{分割比}) = (\text{延長比})^2$$

3 道路網構成則の検証

全国の道路網について、道路延長と道路次数の間の相関係数の算出結果を表1に示す。これから2,3の都道府県を除いて相関係数が0.95以上という高い数値が得られた。このことは、道路網においても「延長比」の法則が成立することを示している。また、分割数—道路次数について求めた結果も、道路延長—道路次数の關係と同様、高い相関關係が得られ、「分割比」の法則も成立していることがわかった。

表1 道路延長—道路次数の相関係数

県名	相関係数	県名	相関係数	県名	相関係数	県名	相関係数
北海道	0.997	青森県	0.989	岩手県	0.970	宮城県	0.951
北海道	0.968	青森県	0.975	岩手県	0.978	宮城県	0.978
北海道	0.977	青森県	0.973	岩手県	0.982	宮城県	0.965
北海道	0.999	青森県	0.957	岩手県	0.982	宮城県	0.972
北海道	0.998	青森県	0.991	岩手県	0.947	宮城県	0.974
北海道	0.978	青森県	0.967	岩手県	0.971	宮城県	0.964
北海道	0.978	青森県	0.989	岩手県	0.972	宮城県	0.966
北海道	0.976	青森県	0.986	岩手県	0.974	宮城県	0.997
北海道	0.977	青森県	0.980	岩手県	0.994	宮城県	0.981
北海道	0.911	青森県	0.998	岩手県	0.969	宮城県	0.971
北海道	0.991	青森県	0.977	岩手県	0.988	宮城県	0.997
北海道	0.987	青森県	0.965	岩手県	0.976	宮城県	

次に北海道および四国の実際の道路網について、分割比と延長比の關係を示したのが表2である。この結果ではく分割比) = く延長比)²を満たしているとはいえない。

その原因として考えられることは地形的制約を受ける地域、すなわち人口希薄地域での分割が少ないことが第一にあげられる。また、分割比、延長比いずれも第4次道路の与える影響が大きいことが分かる。

全国的にみても新しく建設される市町村道路延長は、ここ数年わずかである。

今、仮に第4次道路延長、延長比を現状のままとし

て4次道路延長から順に延長比で割った値を表2に示す。この表より全国的にいえることは、第3次道路（都道府県道路）の延長が極端に不足していることである。この結果は、あくまでも道路を幾何学的に捉えた結果で、現実と適応しているとはいえないかもしれない。しかし、地形的制約を受ける地域、例えば山頂、河川などを道路として含めるなら、先に示したく分割比) = く延長比)²の關係に近づくものと思われる。

表2 分割比と延長比の關係

北海道	10.58 < 3.61 = 13.03
四国	11.71 < 3.68 = 13.54

表3 実延長と理論延長との差

種別	北海道 (3.61)			東北 (3.55)		
	(1)	(2)	(1)-(2)	(1)	(2)	(1)-(2)
1	1680	1755	-75	2810	2965	-155
2	6689	6337	343	7990	10526	-2536
3	21180	22875	-1695	24250	37366	-13116
4	82580	82580	——	132650	132650	——
種別	四国 (3.68)			九州 (4.00)		
	(1)	(2)	(1)-(2)	(1)	(2)	(1)-(2)
1	1080	1076	4	1980	2054	-74
2	3080	3960	-880	6480	8218	-1738
3	17666	14573	-3093	23380	32870	-9490
4	53630	53630	——	131480	131480	——

(1):実道路延長

(2):4次道路延長/延長比

()内の数値は延長比をあらわす

4 おわりに

本研究の成果をまとめると以下ようになる。

(1) 道路網を幾何学的に捉えることにより、道路延長と分割数が一種の法則性を持っていることを発見し、道路網評価指標のひとつとして延長比と分割比を提言した。

(2) 延長比と分割比の關係を知ることにより、その關係が、その地域の道路網の充実度になると思われる。

本研究により、道路網においても幾何学的法則性があることが分かった。今後さらに各種の法則性について研究を進めていく所存である。