

## IV-43 道路ネットワークにおける形態評価

秋田大学 正 員 木村 一裕  
正 員 清水浩志郎  
学生員 ○高寺 寿一

## 1. はじめに

道路網に関する分析方法は、大別すると機能評価と形態評価とに分けられる。機能評価は、ノード間の結びつきによる連結性、近づきやすさによる近接性などから評価されることが多い。一方、形態評価では、道路網形態の類型化などが一般的である。道路網の機能が、形態によってなんらかの影響を受けることは容易に想像できるが、従来より両者は個々に論じられることが多い。以上の観点より、本報告では基本的な道路網形態について、その形態と機能レベルの関係について考察した。

## 2. 基本網の選定

道路網を構成する形態として放射・環状、梯子、鎖など様々なものがある。とくにその中で、都市間道路網として構成されることが多い三角、格子、対角格子を基本網として選定した。（図-1）

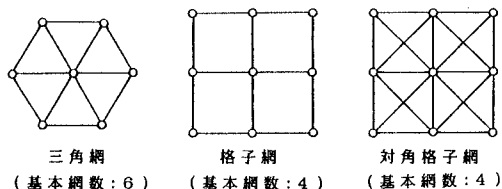


図-1 基本網

## 3. 基本網の機能特性

道路網の形態が、機能に与える影響を明確にするためには、基本網のもつ機能の特徴を把握する必要がある。トポロジカルな距離における平均距離 $\mu$ は、次のように示される。

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{\ell=0}^{\delta} f_{\ell} \cdot \ell = \frac{1}{v^2} \sum_{\ell=0}^{\delta} f_{\ell} \cdot \ell$$

ただし、 $N = \sum_{\ell=0}^{\delta} f_{\ell}$

$\ell$ : 最短路における任意のオーダー（ステップ数）  
 $f_{\ell}$ :  $\ell$ の度数       $v$ : ノード数

$\delta$ : ダイアメーター（ $\ell$ の最大値）

また、平均距離の増加率を各基本網のもつ機能特性とした。その導入方法を、格子網を例にとって説明する。

図-2のように、格子網で構成される大きなネットワークに、基本網（ノード a）を一つ加えるモデルを想定する。

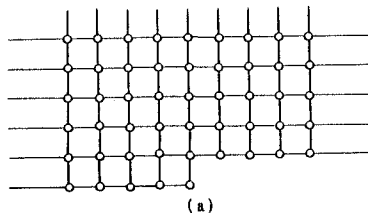


図-2 格子網モデル

このとき、ノードaについて、最短路における任意のオーダー（ $\ell$ ）とそのとき結合されるノード数（ $f_{\ell}$ ）の関係は表-1であり

表-1  $\ell$ と $f_{\ell}$ の関係

| $\ell$     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | ... | $\delta$  |
|------------|---|---|---|---|----|-----|-----------|
| $f_{\ell}$ | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | ... | $2\delta$ |

ノードa, bを付け足したときの平均距離の増加率を $\Delta\mu_k$ とすると

$$\Delta\mu_k = \frac{1}{(v+1)^2} \left\{ \sum_{\ell=1}^{\delta} 2\ell \cdot \ell \right\} \quad \dots(1)$$

になる。次に、ノード数（ $v$ ）の増加に伴うダイアメーター（ $\delta$ ）の関係は

$$v = \{(\delta+2)/2\}^2 \quad \dots(2)$$

である。式(2)を式(1)に代入すると、 $\Delta\mu_k$ は次のように近似できる。

$$\Delta\mu_k \approx 10.7/\delta$$

この値は、格子網で構成されるネットワークにおいて、ダイアメーターの増加すなわちノード数の増加に伴う平均距離の増加率が $10.7/\delta$ であることを示す。同様に考えると、三角網の平均距離の増加率 $\Delta\mu_s$ は

$$\Delta\mu_s = \frac{1}{(v+1)^2} \left\{ \sum_{\ell=1}^{\delta} (3\ell-1) \cdot \ell \right\} \quad \dots(3)$$

$$v = (\delta+1)(\delta+2)/2 \quad \dots(4)$$

であり、式(3)、式(4)より $\Delta\mu_s$ は

$$\Delta\mu_s \doteq 4.0/\delta$$

と近似できる。

また、対角格子網の平均距離の増加率 $\Delta\mu_t$ は

$$\Delta\mu_t = \frac{1}{(v+1)^2} \left\{ \sum_{\ell=1}^{\delta} (4\ell-1) \cdot \ell \right\} \quad \dots(5)$$

$$v = (\delta+1)^2 \quad \dots(6)$$

であり、式(5)、式(6)より $\Delta\mu_t$ は

$$\Delta\mu_t \doteq 1.3/\delta$$

と近似できる。形態による違いを、縦軸に平均距離の増加量( $\Sigma\Delta\mu$ )、横軸にダイアメーター( $\delta$ )をとって比較した。(図-3)

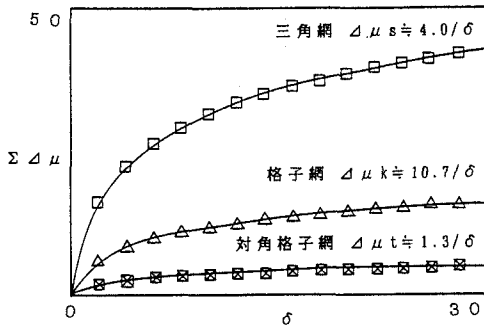


図-3 平均距離の増加量( $\Sigma\Delta\mu$ )とダイアメーター( $\delta$ )の関係

図-3より、格子網の平均距離の増加量は、三角網、対角格子網に比べ非常に大きい。このことは、格子網で構成されているネットワークでは、ノード数の増加につれ近接性が低下する割合が大きいことを意味する。それに対し、三角網、対角格子網で構成されているネットワークは、ノード数の増加に比べ平均距離の増加が比較的小さく、コンパクトなネットワークであるといえる。しかし、ここで問題なのは、それぞれの形態によってリンク数の増加も異なることである。

#### 4. リンク数を考慮した分析

同じ数のノードを連結するのに、リンク数が多ければ平均距離は小さくなる。そこで、機能特性においても形態によるリンク数の相違を、考慮する必要がある。基本網の増加にともなうリンク数は、三角

網が2本、格子網が2本、対角格子網が4本である。各機能特性値に増加リンク数を掛けたものを $\Delta R\mu$ とすると

$$\text{三角網は} \quad \Delta R\mu_s \doteq 8.0/\delta$$

$$\text{格子網は} \quad \Delta R\mu_k \doteq 21.4/\delta$$

$$\text{対角格子網は} \quad \Delta R\mu_t \doteq 5.2/\delta$$

である。 $\Delta R\mu$ は、形態による増加距離を示すもので、縦軸に距離( $\Sigma\Delta R\mu$ )、横軸にダイアメーター( $\delta$ )をとって形態による違いを比較した。(図-4)

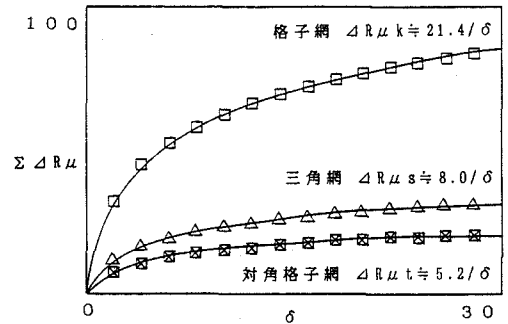


図-4 増加距離( $\Sigma\Delta R\mu$ )とダイアメーター( $\delta$ )の関係

図-4より、増加距離においても、格子網が三角網、対角格子網に比べ非常に大きい。しかし、三角網と対角格子網では、差が小さくなっている。これは、対角格子網がノード1つの増加でリンク4本増加するのに対し、三角網はノード1つの増加でリンクが2本増加するためである。これらのことより、平均距離だけを考えれば対角格子網は優れた形態であるが、それにともなう距離も大きくなるといえる。

#### 4. おわりに

各形態の機能特性より、道路網を構成する形態としては、格子網より三角網、対角格子網の方が望ましい。また、三角網と対角格子網では、ネットワークのもつ余裕度という点で、対角格子網の方が優れている。一方、三角網は少ないリンク数で対角格子網に近い機能をもつことを考えれば、経済性の点で優れている。しかし、現実の道路網は同一形態だけで構成されることはなく、基本網が複雑に組み合わせられたり、その他の形態によっても影響を受けている。今後は、このような問題点も考慮し、現実の道路網において、形態が機能に与える影響を確認する必要がある。