

道路網形態の評価指標に関する特性分析

九州大学工学部 正 外井哲志
九州産業大学工学部 正 吉武哲信

1. はじめに

従来提案された道路網の形態評価法には、グラフ理論に基づく β 値・ γ 指数の利用やフラクタル次元の応用等¹⁾があり、著者らもノード間距離指標を提案した²⁾。しかし、これらのみでは道路網の形態特性の記述には不十分であり、一様性、求心性、多極性、迷路性、経路の直線性などに関する新たな評価指標の開発が望まれる。加えて、道路網の基本形の形態的特徴の数量的把握がこれまで必ずしも十分でなかったという問題点も指摘できる。

そこで、本研究では、まず、上述の形態特性の指標化を試みる。次に、それらの指標を用いて、シミュレーションによって作り出したランダムな道路網と格子型道路網を評価し、その結果を比較することによって、道路網の形態特性ならびに評価指標の特性を明らかにしようとするものである。

2. 道路網の形態評価指標

道路網形態の評価指標として次の指標を考える。

- ①ノード間距離平均値、②標準偏差：任意のノード間の最短距離の平均値と標準偏差であり、地域内相互の移動性の高さとその均一性を表現する。ノード単位および道路網全体の2種類の集計が可能である。
- ③道路網の半径：各ノードの最遠ノードまでの距離の最小値を道路網の半径と呼ぶ。この指標は道路網(地域)の規模を表現することができる。
- ④リンク数/ノード数の平均：1ノードに接続するリンク数の半分であり、ノードの結合度を表わす。
- ⑤リンク数/ノード数の標準偏差：この数が0であれば、すべてのノードが同数のリンクで結合されていることになる。したがって、この指標は道路網の結合構造の一様性を表わすものと考えられる。
- ⑥ノード間到達確率の逆数：経路毎に経由点での分岐数の積を求める。この逆数は、ランダムに分岐させた場合に目的地に到達できる確率を意味する。指標値が大きければ迷路性が高いと判断できる。
- ⑦中心からの接続順によるリンク長平均：道路網中心からの接続順に最短経路上のリンク長を平均し、

接続順で荷重平均した値。中心付近のリンクが短く、中心から離れたリンクが長ければ、値が大きくなる。中心への集中度、求心性を表わす。

⑧経路長/直線距離：ノード間の最短経路距離と直線距離の比率を求め平均する。経路の迂回、屈曲が大きいほど数値が大きくなる。直結性を表わす。

⑨ノード利用率、⑩リンク利用率：全経路数 $(n-1)n/2$ に対する当該ノード(リンク)を通過した経路数の比率。経路利用の集中度を表わす。

⑪中心からのノード間距離平均値の勾配：道路網中心からの最短経路上で、ノード間距離平均値の増加分を中心からの距離で除した値を、全経路に関して平均する。中心と周辺との移動性の落差を表わす。

3. 道路網データ作成シミュレーション

シミュレーションの手順は次に示す通りである。

- ①ノード数 n 、リンク数 e を設定する。
- ②乱数を用いて n 個のノード座標 (X, Y) を決定する。
- ③ n 個のノードの中から、乱数を用いてノードを選定する。既に選定されたノードであった場合は乱数を変えて再び選定する。
- ④道路網に含まれていないノードを乱数で選び、道路網中のノードと連結する。このとき、(a)1ノードに連結するリンク数の上限を越えないよう、また、(b)既存のリンクと交差しない組合せを選ぶ。
- ⑤連結されたノード数が n 未満の場合には、①～④

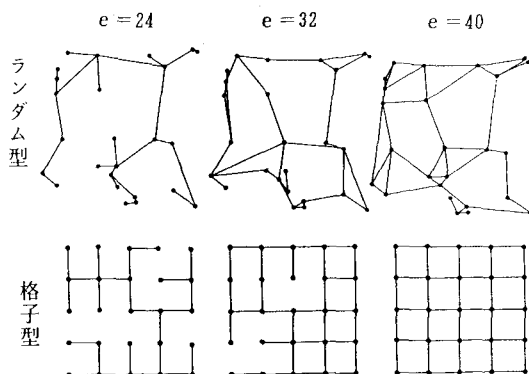


図-1 ランダム型と格子型($n=25$)のネットワーク

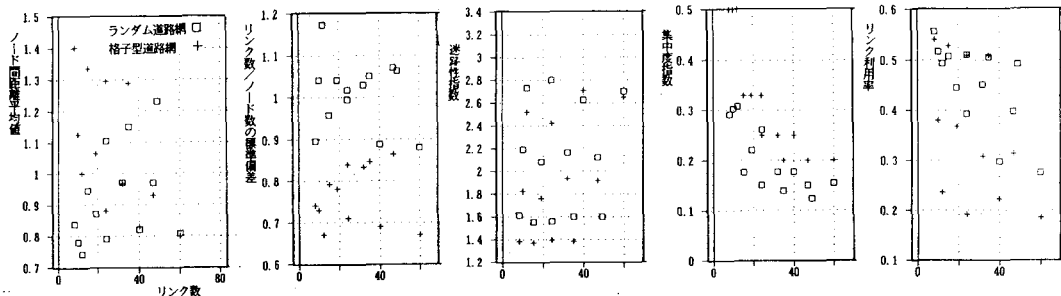


図-2 リンク数と各評価指標の関係

を繰り返す。nに達した場合には、④の(a), (b)の条件を満たすノード間にリンクを設ける。

⑥リンク数がe未満の場合、⑤を繰り返す。eに達した場合にはシミュレーションを終了する。

シミュレーションの条件は、ノード数を4種類(9, 16, 25, 36)、リンク数を3種類 {tree($e=n-1$)、完全格子のリンク数、その中間のリンク数}、道路網の型を2種類(格子型、ランダム型)とし、完全格子の道路網を除いた計20種類の道路網を各々100個ずつ作成した。図-1に作成した道路網の例($n=25, e=24, 32, 40$)を示す。

4. 各評価指標の特性分析

図-2は、リンク数と表-1の①、⑤、⑥、⑦、⑩の5指標の平均値との関係を示したものである。また、表-1は、リンク数や道路網の型、ノード間距離指標との関係に着目して、各評価指標の特性をまとめたものである。リンク数が小さい場合にばらつきが大きい指標が多く、リンク数の増大と共に相違が小さくなる傾向がある。道路網の型の相違は、リンク数の大小と関係なく、⑤リンク数/ノード数の標準偏差に最もよく現れている。①、③、⑦などの指標も型の相違は表わせるが、リンク数の増加に伴って、相違が不明確になる。③、④、⑥、⑧の指標はノード間距離平均値と相関が高い。また、格子型道路網では、多くの指標がノード間距離平均値と相関が高い。

図-3は、①～⑩までの指標と、ノード数、リンク数を用いて主成分分析を行い、24種類の道路網の第Ⅲ軸まで(累積寄与率93%)の主成分得点をプロットしたものである。第Ⅰ軸は②、④、⑥と相関が高く、リンク数の大きさを表わしている。第Ⅱ軸はノード数やリンク数と相関が高く、道路網の規模を示すものと考えられる。第Ⅲ軸は⑤、⑦と相関が高く、道路網の型(質)の相違を表わすものと考えられる。

表-1 各指標の特徴

評価指標(評価目的)	特性および傾向
①ノード間距離平均値(移動性)	格子型道路網の値が小さく、リンク数が大きくなるほどランダム道路網との差が縮まる。
②ノード間距離標準偏差(均一性)	格子型道路網の値が大きくなり、リンク数が大きくなるほどランダム道路網との差が縮まる。ノード間距離平均値と正の相関。
③道路網の半径(道路網の規模)	格子型道路網とランダム道路網との差は見られない。ノード間距離平均値と負の相関。
④リンク数/ノード数の平均(ノード間の結合度)	格子型道路網の値が小さく、ランダム道路網との差はリンク数の大小とは無関係。
⑤リンク数/ノード数の標準偏差(結合構造の均一性)	格子型道路網の値が小さく、ランダム道路網との差はリンク数の大小とは無関係。
⑥ノード間距離の逆数(網の透路性、複雑さ)	格子型道路網の値がやや透路性が低い。ツリーは透路性が低い。ノード間距離と負の相関。
⑦中心からの距離とリンク長平均(中心への集中度)	リンク数が大きくなるほど集中度は低下する。格子型道路網の方が集中度は高い。
⑧経路長/直線距離の平均(経路の直結性)	格子型道路網とランダム道路網の差は明瞭でない。ノード間距離平均値と正の相関。
⑨ノード利用率(経路利用の集中度)	リンク数の増大と共に値が低下する。格子型道路網に値の小さなものが多く、特に完全な格子型では集中度が低い。格子型ではノード間距離平均値と正の相関があり、ノード間距離平均値が同じ場合には下傾値を取る。
⑩リンク利用率(経路利用の集中度)	
⑪ノード間距離平均値の中心からの勾配(移動性の格差)	

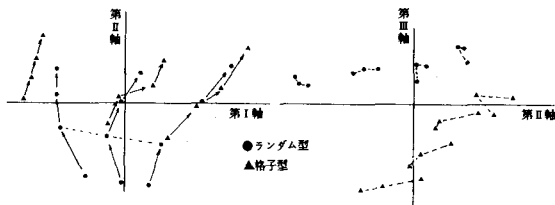


図-3 ランダム型・格子型道路網の主成分得点散布図

図中の実線はノードとリンクの組合せ別、破線はノード数別に結んだものであるが、右の図で、ランダム型と格子型が第Ⅲ軸で明確に分離されている。このことから、第Ⅲ軸と相関の高い⑤と⑦の2指標が格子型道路網の特徴に敏感であるといえる。

〔参考文献〕1) 岡田・田中：形態特性からみた道路網整備度の計量指標化に関する研究、土木計画学研究・論文集No. 5, 1987. 11, PP. 195-202、2) 外井・吉武：ノード間平均距離を用いた都市内道路網の形態評価、都市計画論文集No. 27, 1992, PP. 271-276、(社)都市計画学会