

Network Science 指標による評価のための道路ネットワーク表記方法の検討

岐阜大学 学生会員 ○明光就平
 岐阜大学 正会員 倉内文孝
 岐阜大学 学生会員 安藤宏恵

1. はじめに

災害が発生したとしても深刻な機能低下に陥らない道路ネットワークを構築することは重要である。また、交通には災害以外にも交通事故や日々の交通需要の変動など多くの不確実性を含む事象が関係しており、より確実なサービスの提供をするための道路ネットワークの信頼性分析が必要である。しかし、従来の評価手法では計算量が膨大である等の問題から安定的かつ容易に道路ネットワークを評価できる方法が確立されているとはいえない。本研究では、道路ネットワーク評価に Network Science の知見を援用することでネットワークの形状的な特徴をいかに、安定的かつ容易に道路ネットワークを評価可能とする新たな手法の構築を目的とする。そのための準備として、本稿では中心性指標の種類や重みの設定方法による評価結果の比較と、ネットワーク表記方法の検討をおこなう。具体的には、リンクをノードに置き換えたネットワークを提案し、Network Science 指標による試算結果について、ネットワーク表記方法による違い等を検討した結果を報告する。

2. Network Science 指標の試算

本研究では、まず複雑なネットワークを扱うためのプラットフォームとなる Network Science の考え方よりネットワークの形状的な特徴を示す指標を試算する。ここでは、Network Science 指標のひとつである中心性指標に着目し、Sioux Falls Network¹⁾を用いて考察を加えた。ここでは、固有ベクトル中心性および近接中心性(表 1)の計算結果を図 1 に示す。固有ベクトル中心性では大きい順にノード 10, 15, 16, 17, 22 となるのに対して、近接中心性では、ノード 10, 11, 16, 15, 24 となるため、中心性の定義により評価は異なる。固有ベクトル中心性は近接しているノードの接続性を考慮するのに対し、近接中心性は全体ノードからの距離を評価するためこのような違い

表 1 中心性指標

固有ベクトル中心性	中心的なノードと隣接しているノードも中心性が高いという考え方。グラフの最大固有値に対応する最大固有ベクトルを考えることで求める。
近接中心性	あるノードから他の全てのノードまでの平均距離による値。平均距離が短いほど中心性が高い。

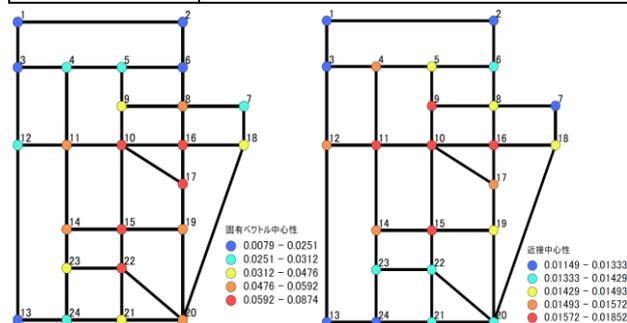


図 1 中心性分析 (重みなし)

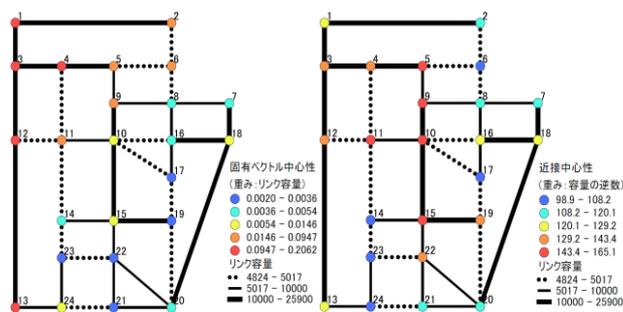


図 2 重みを考慮した中心性分析

が生じているといえる。さらに、リンクの重みとして、固有ベクトル中心性には各リンク容量を、近接中心性にはリンク容量の逆数を用いて計算をおこなった(図 2)。重みの有無に着目すると、どちらの中心性も重みを定義しなかった場合はノード 10 付近のネットワーク中心部の中心性が高いと評価されたことに対し、中心性が高いと評価される位置に変動がみられた。これは、重みを定義しない場合ではすべてのリンクが等価であるため、次数の高いネットワーク中心部ほど中心性が高いと評価されるのに対し、容量

が大きいリンクほど接続性やアクセス性を大きく向上させるため容量の大きなリンクに接続されているノードの中心性が高いと評価されるからである。固有ベクトル中心性ではより左上側に大きな指標値が得られた。これは、左上部に位置するリンク容量が比較的大きいため、左上部に位置するノードほど接続性が高いと評価されるためである。一方、近接中心性については、中心部上側に指標値の大きな値が集まった。近接中心性と固有ベクトル中心性の高い部分に違いが出たのは、すべてのノードにアクセスしやすい中心部の近接中心性が高くなっていることに対し、近接しているノードの容量大きい部分が左上の端であり、そこが固有ベクトル中心性によって評価されているためといえる。このように、中心性指標の種類や重みの設定方法により結果が変わり、それぞれの意味するところを十分考慮する必要があるといえる。

3. ネットワーク表記方法の変更

Network Science 指標の多くはノードの特徴量を表すものである。一方で、道路ネットワークは、リンクは道路区間を、ノードはそれらの結節点(交差点)を示す。そのため、ノードの特徴量は結節点のそれとなるが、道路網評価においては道路区間の評価が重要である。そのため、ここではリンクをノードに書き換えたネットワークを作成し、道路区間の特徴量を算定してみる。具体的には、まずリンクの中点にノードを置き、元のネットワークで隣接していたリンク同士を表すノードペア間にリンクを張る(図3)。書き換え後のネットワークを用いて中心性を試算し、その結果をリンクに反映したものを図3の右部に示した。図4に一つの例として、近接中心性の比較結果を示す。左図はノードベースの、右図はリンクベースの試算結果であり、左図のリンクには両端ノードの近接中心性評価値の平均値を示した。例えばノード3, 4を結ぶリンクに着目すると、ノードベースの方が大きい。左図によれば、このリンクの近接中心性は高くないのに対し、ノード4は中心性が比較的高いため両端の平均値として評価するとリンクの中心性が高くなるためである。このように、リンクを両端のノードのもつ指標によって単純に評価するだけでは不十分であり、ネットワーク表記方法を工夫する

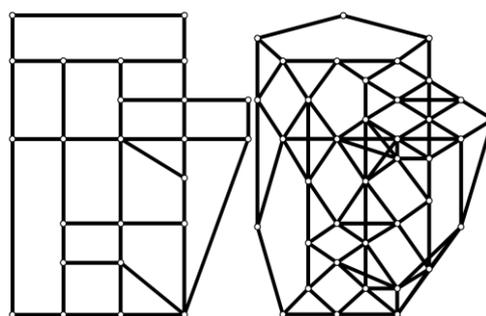


図3 ネットワークの書き換え

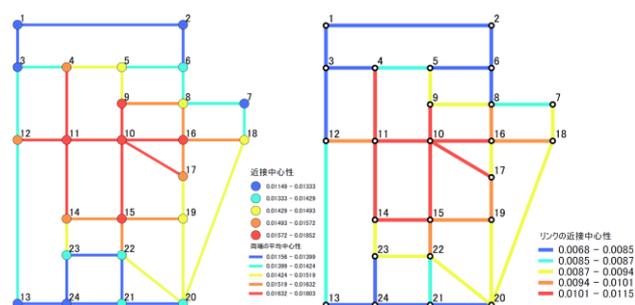


図4 書き換え前後の近接中心性の比較

ことで Network Science 指標においてリンクによる評価を可能となるといえる。

4. おわりに

本稿では、Sioux Falls Network を対象として中心性指標を計算することで、中心性の定義に応じた道路ネットワークの重要なリンクが特定できること、リンクに重みを与えることで、各指標別に重みに応じた重要なリンクを特定できること、また Network Science 指標を道路ネットワーク評価に活用する際に、ネットワーク表記の書き換えをおこなうことで道路区間評価が可能であることを示した。今後はその他の Network Science 指標による分析や複数の実際の道路ネットワークを対象とした分析を進めるとともに、従来の道路ネットワーク評価手法との比較をおこなう予定である。

参考文献

- 1) Bar-Gera, H, Transportation Network Test Problems, <http://www.bgu.ac.il/~bargera/tnp/>
- 2) Kurauchi, F., Uno, N., Sumalee, A. and Seto, Y. "Network Evaluation Based on Connectivity Vulnerability", Transportation and Traffic Theory 2009: Golden Jubilee, 637-649, 2009.