

IV-18 幹線道路における道路網機能の評価について

秋田大学 正員 清水浩志郎

正員 木村 一裕

学生員 ○石川 貴寿

1. はじめに

筆者らは、道路網を連結性、近接性という観点からグラフ理論を用いて評価している。また、個々の道路における重要性に関する評価指標¹⁾はあるが、冗長性や両者を含めた道路の必要性に関する分析はみられていない。

本研究は、道路網における連結性、近接性をもとに、個々の道路における重要性、冗長性、および必要性について評価することを目的とする。

2. ネットワークの評価

任意のオーダーにおける最短路行列を用いてネットワークの連結性および近接性を以下のように定義する。また、ここで用いる最短路行列の要素は従来の要素と違い、任意のオーダーの逆数を用いることにより距離的な抵抗を考慮したものとなっている。ここで、ノード数 V 、リンク数 L のネットワークの任意のオーダー δ において、

$S(\delta)$; 総ステップ数

(上または下の三角行列の合計)

$Y(\delta)$; 結合関係にあるリンク数

$$W=V(V-1)/2, S(1)=L, Y(1)=L$$

としたとき、連結度指標 C および近接度指標 A を次のように定める。

$$C(\delta)=Y(\delta)/W, A(\delta)=S(\delta)/W$$

ここで、 W は完全グラフにおけるリンク数である。

3. リンクの評価

各リンクの機能については、そのリンクが通行不可能になったときネットワークにおよぼす影響から評価される重要性和、他のリンクが通行不可能になったとき迂回路として重要性から評価される冗長性の2つが挙げられる。これらは互いに相反する性質のものであり、リンクを評価するにおいて重要な性質と考えられる。

本研究では、対象リンクを削除したときにおける

連結度および近接度の変化率によってそのリンクの重要性を評価する。ここで、

$C_{ij}(\delta)$; リンク ij を削除したときの連結度

$A_{ij}(\delta)$; // // 近接度

$C_{ij}'(\delta)$; $C_{ij}(\delta)$ の変化率

$A_{ij}'(\delta)$; $A_{ij}(\delta)$ //

としたとき、

$$C_{ij}'(\delta)=[1-C_{ij}(\delta)/C(\delta)]/\delta$$

$$A_{ij}'(\delta)=[1-A_{ij}(\delta)/A(\delta)]/\delta$$

とし、リンク ij の重要度指標 I_{ij} を、

$$I_{ij}(\delta)=\sqrt{C_{ij}'^2(\delta)+A_{ij}'^2(\delta)}$$

とする。

また、同様に対象リンクを含む2本のリンクを削除したときにおける連結度および近接度の変化率の平均値を用いてそのリンクの冗長性を評価する。ここで、

$C_{ij \cdot kl}(\delta)$; リンク ij, kl を削除したときの連結度

$A_{ij \cdot kl}(\delta)$; // // 近接度

$C_{ij}''(\delta)$; $C_{ij \cdot kl}(\delta)$ の変化率の平均値

$A_{ij}''(\delta)$; $A_{ij \cdot kl}(\delta)$ // //

としたとき、

$$C_{ij}''(\delta)=[\sum\{1-C_{ij \cdot kl}(\delta)/C_{ij}(\delta)\}/\delta]/(L-1)$$

$$A_{ij}''(\delta)=[\sum\{1-A_{ij \cdot kl}(\delta)/A_{ij}(\delta)\}/\delta]/(L-1)$$

とし、リンク ij の冗長度指標 R_{ij} を、

$$R_{ij}(\delta)=\sqrt{C_{ij}''^2(\delta)+A_{ij}''^2(\delta)}$$

とする。

これらの指標は、 $C-A$ 図¹⁾における連結度 C および近接度 A の変化率をベクトルとして考えたものであり、このベクトルの和はネットワークにおけるリンクの必要性を示している。すなわち、リンク ij の必要度指標 N_{ij} は、

$$C_{ij}'''(\delta)=[\sum\{1-C_{ij \cdot kl}(\delta)/C(\delta)\}/\delta]/(L-1)$$

$$A_{ij}'''(\delta)=[\sum\{1-A_{ij \cdot kl}(\delta)/A(\delta)\}/\delta]/(L-1)$$

より、

$$N_{ij}(\delta)=\sqrt{C_{ij}'''^2(\delta)+A_{ij}'''^2(\delta)}$$

で表わされる。

4. ケーススタディー

これらの指標を用いて東北6県に適用し、次のような結果を得た。

- 1) 必要度の最も高いリンクは、リンクのつながり方において孤立的につながっているリンクである
- 2) 必要度が二位のリンクは、そのリンクを一辺としたときに三角形を形成できないリンクである
- 3) 必要度の小さいリンクは、そのリンクを一辺としたときにより多く三角形を形成できるリンクである

サンプルとして、図-1のようなネットワークにおいて説明していく。

1) のリンク、すなわち末端にあるノード（図中、ノード⑨）に対し、ただ1本のリンクで連結されているリンク（図中、リンク④-⑨）であり、必要度において一番高い値を示している。また、重要度と冗長度とを比較していえば、重要度は必要度と同様に一番高い値を示しているのに対し、冗長度においては一番低い値を示している。その理由として、リンクとしての性質が他のリンクに比べ、都市を連携させるための機能が他の機能より優っているためである。そして、そのリンクを削除したとき末端のノードに到達できなくなるため、連結度および近接度における減少の幅が大きくなるためである。このことより、このリンクを一辺とする閉じたグラフを作る（図中、リンク⑨-⑩を結ぶ）必要がある。

2) のリンク（図中、リンク④-⑥）は、そのリンクを一辺としたときに三角形が形成されていないため、迂回距離を考えた場合、三角形においては2ステップで到達できるのに対し、そのリンクを含む多角形は迂回距離が3ステップ以上必要とされるためである。このことより、このリンクに接続するような対角線になるようなリンク（図中、例えばリンク④-⑫、リンク⑥-⑫等）を作る必要性がある。

また、3) のリンク（図中、リンク①-②）は、三角形の最短迂回路を多く持っている（図中、リンク①-②とノード⑦、⑧、③を結ぶリンク）ためネットワークの機能において連結性および近接性がよく、リンクの機能においても重要性および冗長性が低く評価されているからである。これに対しては改善の余地が少ないリンクであるといえる。

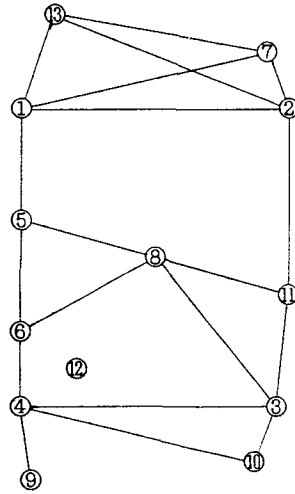


図-1 サンプル図

5. おわりに

本研究では、グラフ理論より道路網における連結性、近接性、および道路における重要性、冗長性、必要性について分析を行なった。その結果、各オーダーにおける道路網の連結性、近接性を明確に表わすことができた。ついで、連結性、近接性を用いて各道路における重要性、冗長性、必要性についての総合的な評価を行なうことができた。その結果、道路の必要性より必要度の高い道路の形態を把握することができた。

しかし、これらは隣接する県を考慮していないため、部分グラフとしての評価はできるが、実際のリンクにおける評価とは違う値を示しているかも知れない。そして、これらを総合的に評価する指標が必要であり、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 木村一裕, 清水浩志郎(1987): 都市を連携する道路ネットワークの評価手法について, 日本都市計画学会学術研究論文集第22号, pp. 493-498
- 2) 田中成尚, 岡田憲夫(1986): 道路ネットワークの整備水準の計量化に関する研究, 土木学会年次学術講演集第41号, pp. 5-6
- 3) 石水照雄(1976): 計量地理学概説, 古今書院, pp. 47-72