

IV-239 幹線道路網におけるリンクの機能評価に関する研究

秋田大学 正 員 清水浩志郎
秋田大学 正 員 木村 一裕
秋田大学 学生員 ○畠山 正明

1. はじめに

本研究では、幹線道路網におけるリンクを評価する際に、ネットワークの連結性および近接性の変化率から求められる重要性、冗長性および必要性（ネットワーク指標）よりリンクの機能評価をしている。ところで、リンクはノードペア間でノードポテンシャルの移動を仲介するという役割を担っている。そこで、本研究ではネットワーク指標にノードポテンシャルより求められる人口エネルギー（エネルギー指標）を考慮することでリンクの総合的な評価を行なうことを目的とした。

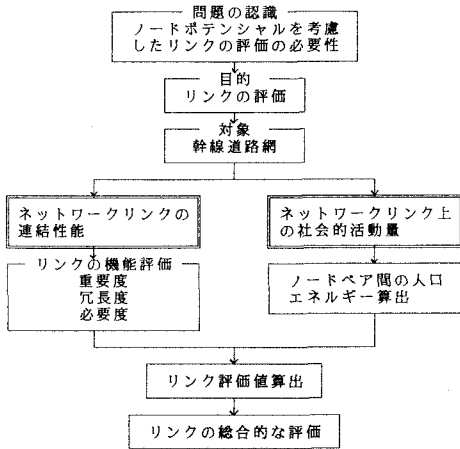


図-1 研究のフローチャート

2. ネットワーク指標

ノード数 V 、リンク数 L のネットワークにおける任意のオーダー δ での連結度および近接度指標を次のように定義する。

$$\text{連結度指標 } C(\delta) = Y(\delta) / W$$

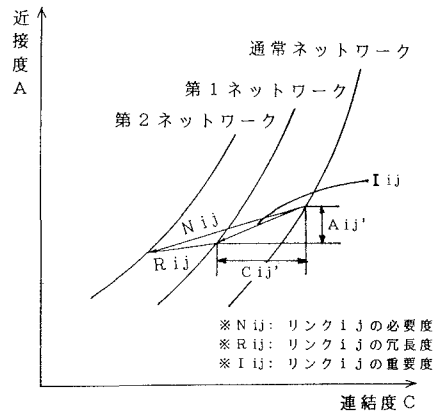
$$\text{近接度指標 } A(\delta) = S(\delta) / W$$

ここで、 $Y(\delta)$: 結合関係にあるリンク数

$S(\delta)$: 総実距離

W : ノード数 V のネットワークに
おけるノードペア数

次に図-2に示す概念図より、必要度の考え方について説明する。ここで、リンクの重要性とはそのリンクが最短経路を形成している意味での重要度を示す。リンクの冗長性とは、全てのリンクが通行可能な場合にはさほど重要性を持たないが、他のリンクが通行不可能となった場合の重要性を示す。すなわち、リンクのもつ余裕度を示すものである。さて、リンクの重要度および冗長度をそれぞれベクトルとして考えると、必要度は重要度ベクトルと冗長度ベクトルの和で表わすことができる。すなわち必要度は、当該リンクにおける通常的重要性とともに、そのリンクが有している余裕を含んだリンク機能を表しているものと考えられる。



通常ネットワーク: 全てのリンクが機能しているネットワーク
第1ネットワーク: 当該リンクが通行不可能なネットワーク
第2ネットワーク: 当該リンクを含む2本のリンクが通行不可能なネットワーク

図-2 概念図

ここで、通常ネットワークに対する第1ネットワークの連結度および近接度の変化率を C_{ij}' 、 A_{ij}' とする。そして、第1ネットワークに対する第2ネットワークの連結度および近接度の変化率の平均値を C_{ij}'' 、 A_{ij}'' とする。さらに通常ネットワークに対する第2ネットワークの連結度および近接度の変化率の平均値を C_{ij}''' 、 A_{ij}''' とすると重要度、冗長度および必要度はそれぞれ次式で表すことができる。

$$I_{ij}(\delta) = \sqrt{C_{ij}'(\delta)^2 + A_{ij}'(\delta)^2} \dots\dots(1)$$

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

$$N_{ij}(\delta) = \sqrt{C_{ij}'''(\delta)^2 + A_{ij}'''(\delta)^2} \dots\dots(3)$$

3. エネルギー指標

ここでは、ネットワーク指標からのリンクの機能では表わすことのできないリンクを利用するノードのポテンシャルをグラビティモデルで算出する。

当該リンクIJを含んだルートを持つノードペアijの人口エネルギーPIJの総計を求め、これを当該リンクの人口エネルギーPIJとする。

$$PIJ = \sum P_{ij} = \sum C \frac{(X_i X_j)^a}{R_{ij}^b} \dots\dots(4)$$

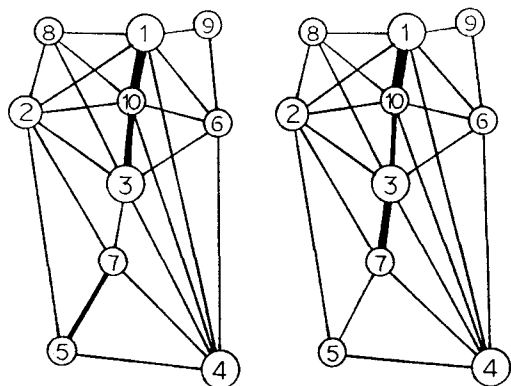
ここで、 X_i, X_j : ノードi, jの人口

R_{ij} : ノードペア間実距離

$a = 1, b = 2, c = 1$

4. ケーススタディ

これらの指標を東北6県に適用し、図-3のネットワークを例にとり、表-1にその分析結果を示す。



(N_{ij} の高いリンク) ($N_{ij} \times PIJ$ の高いリンク)

図-3 サンプルネットワーク

(1) ネットワーク指標からのリンク評価

リンクの重要性と冗長性を同時に評価すると考えられる必要性は、

- I. 重要性の値に大きく影響を受ける傾向がある(リンク①-⑩, ③-⑩等)。
- II. 重要性の値にそれほど差がない場合は冗長性の値に影響を受ける(リンク①-②, ④-⑦)。

表-1 分析結果

リンク	I_{ij}	R_{ij}	N_{ij}	PIJ ($\times 10^3$)	$N_{ij} \times PIJ$ ($\times 10^3$)
①-②	0.097	0.154	0.246	5,374	1,320
①-④	0.105	0.156	0.254	7,323	1,858
①-⑥	0.083	0.161	0.239	4,535	1,085
①-⑧	0.147	0.165	0.289	1,999	578
①-⑨	0.197	0.123	0.295	6,451	1,901
①-⑩	0.432	0.135	0.533	88,200	47,016
②-③	0.073	0.164	0.233	10,717	2,499
②-⑤	0.102	0.170	0.268	1,010	271
②-⑦	0.101	0.173	0.265	5,493	1,455
②-⑧	0.169	0.163	0.322	12,530	4,028
②-⑩	0.151	0.157	0.299	7,170	2,143
③-④	0.089	0.163	0.248	31,031	7,686
③-⑥	0.130	0.151	0.263	2,718	713
③-⑦	0.283	0.101	0.373	124,906	46,541
③-⑧	0.091	0.165	0.250	3,400	851
③-⑩	0.428	0.114	0.518	81,350	42,168
④-⑤	0.135	0.159	0.281	2,604	731
④-⑥	0.234	0.155	0.384	4,670	1,791
④-⑦	0.098	0.172	0.262	8,981	2,354
④-⑩	0.083	0.157	0.234	8,696	2,038
⑤-⑦	0.317	0.128	0.430	15,725	6,761
⑤-⑨	0.264	0.128	0.376	6,586	2,474
⑤-⑩	0.127	0.155	0.274	3,673	1,006
⑥-⑩	0.072	0.157	0.226	210	47

またリンク③-⑦, ④-⑥より、必要性は重要性と冗長性という相反する性質のものを総合的に評価しているということがいえる。

(2) リンクの総合的な評価

得られたネットワーク指標とエネルギー指標の積により、リンクの総合的な評価を行なった。全般にエネルギー指標の高いリンクが総合的にみたリンクの評価も高くなっている。しかし、リンク①-⑩や③-⑦等は順位の入れ替わりがみられ、エネルギー指標がネットワーク指標に影響を与えていることがわかる。このようにリンクの機能評価のみならずノードのポテンシャルを考慮した評価を行なうことにより、現実的で総合的なリンクの評価ができると思われる。

5. おわりに

本研究では、幹線道路網におけるリンクの重要性、冗長性および必要性といったネットワーク指標に、ノードポテンシャルより求められるエネルギー指標を考慮したリンクの総合的な評価を試みた。その結果、重要性と冗長性を同時に評価すると考えられる必要性という概念を明確にすることができた。そして、ネットワーク指標によるリンクの機能評価に、ノードポテンシャルを考慮したリンクの総合的な評価を行なうことができた。