

ネットワークとしての道路の信頼性評価について

愛知工業大学 正 員 深井 俊英

愛知工業大学 正 員 建部 英博

愛知工業大学 学生員○林 寿郁

1. まえがき

近年、道路交通に関して道路利用者から、安全性、快適性と同時に、确实性、信頼性の向上への要請が高まってきている。このため、今後の道路計画、管理において、交通混雑などによる旅行時間の不安定性、事故や災害、異常気象による通行止等の不确实性への対応について検討し、道路交通の信頼性を向上させることが重要な課題である。

このため、本稿では、信頼性評価の基礎として、道路をネットワークとしてとらえ、その評価指標について考察を加えるものである。

2. 目 的

ネットワークとしての道路の信頼性評価に関する適切な指標を選定するため、本稿では、グラフ理論によるネットワークの構造的特性を示す指標の中から、ネットワークの巡回性、連結性、冗長性をとりあげ、基礎的な分析を行う。

3. 道路網の評価手法

グラフ理論では、周知のとおり、節点の集合と枝の集合によって、対象とするネットワーク構造を分析することができる。ここでは、ネットワークの連結性の強弱に着目し、連結性の程度を測定する指標として、①アルファ係数(α)、②ガンマ係数(γ)、③冗長度(R)を採用する。これらの指標の定義を図1に示す。図2に、基本的な3つのネットワーク木型、格子型、三角型について、各指標の値を示す。図2に示すように、木型、格子型、三角型の順に各指標の値は大きくなり、ネットワークの巡回性、連結性が強くなることがわかる。

道路網の評価

ネットワークの連結性：すべての頂点間の結合度合

結合性を測定する指標

①アルファ係数（巡回性の程度を示す）

$$\alpha = \frac{\text{(実際の回路数)}}{\text{(最大可能回路数)}} = \frac{C}{C_{\max}} = \frac{e - (v - 1)}{2v - 5}$$

ネットワークにおける回路数：実際の連結枝の数 (e) と最小連結ネットワークの連結枝数 ($v - 1$) の差

$$e - (v - 1)$$

最大辺数時における回路の最大個数： $3(v - 2) - (v - 1)$
 $= 2v - 5$

②ガンマ係数（連結性の程度を示す）

$$\gamma = \frac{\text{(実際の辺数)}}{\text{(最大辺数)}} = \frac{e}{3(v - 2)}$$

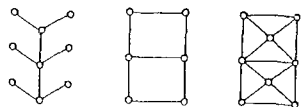
③冗長度（冗長性の程度を示す）

$$R = \frac{2 \text{ (辺の総数)}}{\text{ (節点の総数)}} = \frac{2e}{v}$$

e : リンク数 (辺の数)
 v : ノード数 (節点の数)

図1 道路網の評価

1. ネットワークの型態による評価値 (例)



木型 $e = 8$ 格子型 $e = 7$ 三角型 $e = 15$
 $v = 9$ $v = 6$ $v = 8$

	木 型	格 子 型	三 角 型
α	0	0.29	0.72
γ	0.38	0.58	0.83
R	1.78	2.33	3.75

2. ネットワークの型態による評価値の範囲

	木 型	格 子 型	三 角 型
α	0	$0 \sim \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \sim 1$
γ	$\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$	$\frac{2}{3} \sim 1$

図2 ネットワークの評価

4. 信頼性評価の事例

実際に、前述の指標を利用し、幹線道路ネットワークについて、次の手順により、各指標を比較し道路網の信頼性の評価を行う。図3は、ある地域における主要な道路のネットワーク図である。このネットワークを利用し、①平常時における α 係数、 γ 係数、 R を計算する。②道路1区間リンクが通行止(ケースⅠ)、道路2区間が通行止(ケースⅡ)、道路3区間が通行止(ケースⅢ)の3つのケースを想定し各々のケースについて、 α 係数、 γ 係数、 R を計算する。③通行止によるネットワークの指標値の変化を比較する。④以上のデータより、ネットワーク全体としての頑健性の変化を評価する。

5. 評価指標値の比較

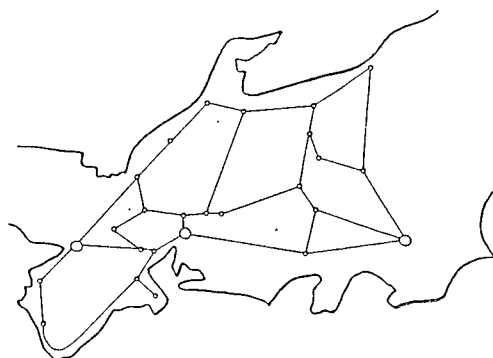
図3に示すように、それぞれのケースについて、 α 係数、 γ 係数、 R を比較してみると、① α 係数については、平常時の場合0.21、ケースⅠの場合0.19、ケースⅡの場合0.17、ケースⅢの場合0.15と順に値は減少している。② γ 係数は、平常時0.49から、ケースⅢの0.44迄低下する。③ R は、平常時2.69から、ケースⅢの2.46迄低下する。以上の結果から、通行止区間の増加による道路網全体への影響度を比較することが可能である。すなわち、通行止区間が増加すれば、ネットワークの巡回性、連結性、冗長度は、それぞれ低下していくことが数量的に表わされている。 α 係数、 γ 係数、 R の中では、 R の変化量が最も大きくなっている。

実際に、通行止区間の増加が、ネットワーク全体に対する影響を評価するためには、(i)通行止区間リンクの位置、(ii)交通量、(iii)都市・農村における人口、産業の集積度等についても配慮した指標を設定する必要があるが、 α 係数、 γ 係数、 R を基本的指標として、道路網の地域別の頑健性等を比較することができるものと考えられる。

6. まとめ

以上のように、本稿においては、信頼性によって道路網を評価するために必要となる評価指標の1つとして、ネットワークの構造を示す指標を用いることについて検討した。その結果、 α 係数、 γ 係数、 R によって、通行止の影響、迂回路整備の必要性、管理水準の検討等を含む、地域的な道路網の比較等に应用することが可能であると思われる。

今後、路線別、区間別の重要度や地域的特性を表現し得る、より実用性が高い評価指標となるよう検討したい意向である。



$$\text{巡回性}(\alpha \text{係数}) = \frac{e - (v - 1)}{2v - 5}$$

$$\text{連結性}(\gamma \text{係数}) = \frac{e}{3(v - 2)}$$

$$\text{冗長度}(R) = \frac{2e}{v}$$

e : リンク数

v : ノード数

通行止区間	α 係 数	γ 係 数	R	e	v
な し	0.21	0.49	2.69	$e=35$	$v=26$
ケースⅠ	0.19	0.47	2.62	$e=34$	$v=26$
ケースⅡ	0.17	0.46	2.54	$e=33$	$v=26$
ケースⅢ	0.15	0.44	2.46	$e=32$	$v=26$

図3 道路ネットワークの評価値の例

参考文献 1. 秋山 稔 「通信網工学」 S.60 コロナ社

2. E.J. テーフ, H.L. ゴージェ 「地域交通論」 S.57 大明堂