

地方都市部道路網の冗長性指標に関する一考察

鳥取大学大学院 正会員 ○土屋 哲
鳥取大学技術部 正会員 岩田千加良
鳥取大学大学院 正会員 谷本 圭志

1. はじめに

災害時の道路途絶は救助活動、避難活動、消防活動等に支障をきたし、復旧を遅らせる要因となる。また、迂回路の存在は道路途絶の影響を緩和することから、一定の冗長性をもつ道路ネットワークの形成は災害に強い地域づくりの観点から重要である。本研究では、既往研究で提案された道路網の冗長性指標に関して、これを都市内など比較的狭域のネットワーク冗長性評価に適用することを念頭に、既往指標の改良について検討しながら、実際の適用事例を通じてその有効性や課題について整理する。

2. 冗長性指標と評価式の改良

2.1 先行研究

南ら¹⁾により提案された経路代替性指数 (Redundancy Index: RI) は、評価対象の OD に対する n 番目経路距離 R_n と最短経路距離 R_s を用いて式(1)のように表される。

$$RI = R_s \sum_n \frac{1}{R_n} \quad (1)$$

式(1)より、ある OD を結ぶ経路が 1 つのみの場合、その長さによらず $RI=1$ となり、迂回路がある場合には、その長さ・本数に応じて RI 値が 1 より大きくなる。経路距離はより短い方が、経路本数はより多い方が RI 値はより大きくなり、ネットワークが冗長であることを意味することがわかる。

2.2 評価式の改良

南らの研究では経路間の重複を不問としているため、ある経路が代替路として冗長性計算に用いられるならば式(1)を用いて RI が算出されるが、本来重複区間をもつ経路を重複が無いものとして RI を算出すると、冗長性が過大に評価される。そこで、式(1)の代わりに次の経路距離行列 D を考える²⁾。

$$D = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここに、 a_{ii} は i 番目経路の距離、 a_{ij} ($i \neq j$) は i 番目経路と j 番目経路の重複距離を表す。 D の逆行列の i 行 j 列要素を b_{ij} とすると、経路重複を考慮した経路代替性指数の改良式 RI' は次式のようになる。

$$RI' = R_s \cdot \sum_i \sum_j b_{ij} \quad (3)$$

図 1 に示すネットワークの例を用いて RI' と RI の関係を確認する。(I)、(II)のネットワークともに経路本数、経路距離は同じである。ただし、(I)のネットワークでは第 2 経路と第 3 経路の間に長さ 2 の重複があり、(II)では重複が全くない。この場合、式(1)の定義の下で算出される RI はいずれのネットワークでも 2.47 である。一方、式(2)、(3)より、 RI' はネットワーク(I)が 2.08、(II)が 2.47 となる。つまり、重複がある場合、 $RI' < RI$ となり、この傾向は評価したいネットワーク特性に合う。また、経路重複が全くない場合、 $RI' = RI$ となるので、指標 RI' は RI に経路重複を考慮したものと捉えることができる。

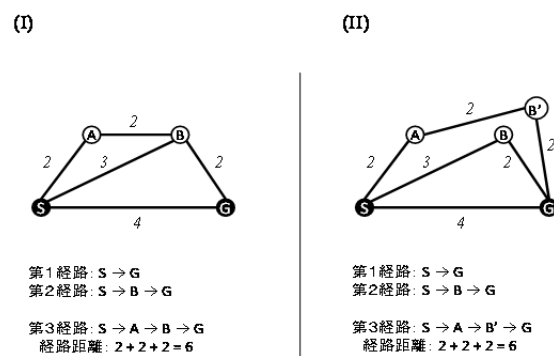


図 1：重複区間の(I)ある／(II)ないネットワーク

キーワード 道路ネットワーク、冗長性・経路代替性

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

T E L 0857-31-5760

3. 改良指標の適用事例

3.1 鳥取市における防災幹線道路ネットワーク

防災幹線道路ネットワークは、災害発生直後からの緊急対応時における災害対策本部、主要防災施設、総合支所および広域防災拠点としての機能を有する広域避難場所の間における物資・人員等の輸送を確保することが主要な役割であり、一定の冗長性を有することが望ましいと考えられる。本稿では、鳥取県において、緊急輸送路線と位置づけられた主要国道・県道により形成される防災幹線道路ネットワークを対象として、鳥取市内の主要施設・防災拠点間の輸送に関する冗長性を2つの方法(RI , RI')で算出し、実用上の有用性について確認する。

図2に、評価対象となる道路ネットワークを示す。図中に示される路線が防災幹線道路ネットワークを形成する国道・県道である。また、災害時における物資・人員等の輸送元／輸送先として、図中に点で示される施設・防災拠点(40箇所)を想定する。



図2：鳥取市における防災幹線道路ネットワーク

3.2 冗長性指標の算出手順

冗長性指標を算出する際、どのような条件を満たす迂回経路を1つの代替経路とみなして計算に考慮するかが結果に影響し、それは i) 経路距離(迂回の程度)、ii) 代替経路間の重複の程度、にまとめられる。これをふまえ、本研究における冗長性指標 RI' の算出手順は以下の通りである。

①対象道路ネットワークデータの入力

②各 OD ペアにおいてこれらをつなぐ経路の探索

- ・重要施設・防災拠点として先述の40か所を想定し、これらをつなぐ任意の起終点について以下の作業・計算を行う。
- ・最短経路および最短経路距離の探索。
- ・迂回経路および当該迂回経路距離の探索。た

だし、迂回の程度について、ここでは当該迂回経路距離が最短経路距離の1.5倍以下のものを認めることとした。

③経路重複条件を満たす代替経路の抽出

- ・探索された経路を長さの短い順に並べ替える。
- ・ j 番目経路($j=2, \dots$)について、 $1 \sim j-1$ 番目経路との重複割合を算出し、すべて $1/3$ 以下であれば重複条件を満たすとして代替経路として抽出し、 $j+1$ 番目経路(以降、最後の経路まで)を同じようにして評価する。

④冗長性指標の算出

- ・抽出された経路について経路距離行列 D を作成し、式(3)より RI' を算出する。

3.3 算出結果

上の方針のもとで探索を行い、現行の防災幹線道路ネットワークの下で想定した40施設の任意の2点間をつなぐ総経路数は1,226本となった。これは、一組のODに対して平均約1.6本の経路があることとなる。また、冗長性指標 RI' についてはODごとに1.00~2.37の値をとる。 RI' が大きな値をとったODを表1に示す。

表1：冗長性の高い区間

起点	終点	最短距離	経路本数	冗長性
東部備蓄拠点	気象台	6.11km	3	2.37
JR鳥取駅	保健所	5.22km	3	2.25
JR鳥取駅	県立中央病院	5.25km	3	2.23
市役所本庁舎	気象台	2.35km	3	2.19
湖山消防署	気象台	8.84km	3	2.17

4. おわりに

本研究では、既往研究で提案されている冗長性指標に対して、代替経路間の区間重複を考慮に入れた指標へと考えを拡張し、その算出方法を示すとともに、実際の道路ネットワークに適用した。なお、指標算出に関しては、迂回の程度、経路重複の程度が結果に影響するため、感度分析を行う必要がある。

参考文献

- 1) 南正昭, 高野信栄, 佐藤馨一: 道路網における代替ルートの整備水準の一評価法に関する研究, 土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.67-77, 1996.
- 2) 金明哲編・鈴木努著: Rで学ぶデータサイエンス, 第8巻 ネットワーク分析, 共立出版, 2009.