

IV-147

災害時に代替性をもつ道路網の構成手法

山口大学 正員 南 正昭

1. はじめに

災害による途絶等が発生した異常時においても機能を保持する道路網について研究を続けている。その際、都市間が複数の経路で結ばれることによる道路網のもつ冗長システムとしての機能に注目し、それを特に代替性と呼んできた。これまでは現存あるいは仮定した道路網に関する評価手法を主な対象としてきた。

本稿では、計画者により設定される所与の基準以上の代替性を有する道路網を、ヒューリスティックなアプローチで最適構成する手法を提示する。これにより災害に強い道路網を設定された初期条件の下に導くことが可能となる。

2. 研究の対象とモデル化

本稿では、気象災害等の予知の難しい途絶現象が、特に地方部の道路網において生じる場合を主たる対象とする。災害が低確率現象であることや地方部では交通量が比較的に少ないことから途絶への事前対応は難しい。しかし、途絶が生じた際には孤立市町村が生じ甚大な損害を被る場合である。

そこで、都市間道路網のもつ代替性を最も危険側を想定し以下のように定義し指数化している。

$$\min R_k \quad R_k = T_o / T_s$$

T_s : 代替経路を含めた合成交通抵抗

T_o : 基準経路の交通抵抗

k : 基準経路の k 番目構成リンク

この指数は、都市間において基準とする経路の任意の構成リンクが途絶した際に、その代替となる経路の本数を概念的に表現するものであり、詳しくは参考文献に述べられる。本手法では、計画者による目標値の設定とそれに対応する評価値の算出においてこの指数を用いる。

3. 構成手法の概要

3.1 構成手法の意義

都市間の経路はその全てが途絶するような現象を前提としない限り、多いほど交通サービスの提供において安定さをもつといえる。しかし、道路の建設・維持費等のため何本もの経路を設けることは、事実上困難である。このように都市間の対災害力を高めるために多経路化することと、そのために必要なコストとは通

常トレードオフの関係にある。

ここに述べる構成手法は、このトレードオフ関係にある問題に対しヒューリスティックなアプローチで最適案を与えようとするものである。

例えば本手法によって、全都市間が旅行時間の類似した経路2本で連結されるコスト最小の道路網を求めることができる。

3.2 構成手法の手順

各都市間についてあらかじめ設定された代替性を有するコスト最小の設計案を導くことがこの手法の目的である。本稿では、最も基礎となる都市ノードのみが所与であるネットワークの生成に議論を限定する。

構成手法の手順を図1に示す。まず、初期設定とし

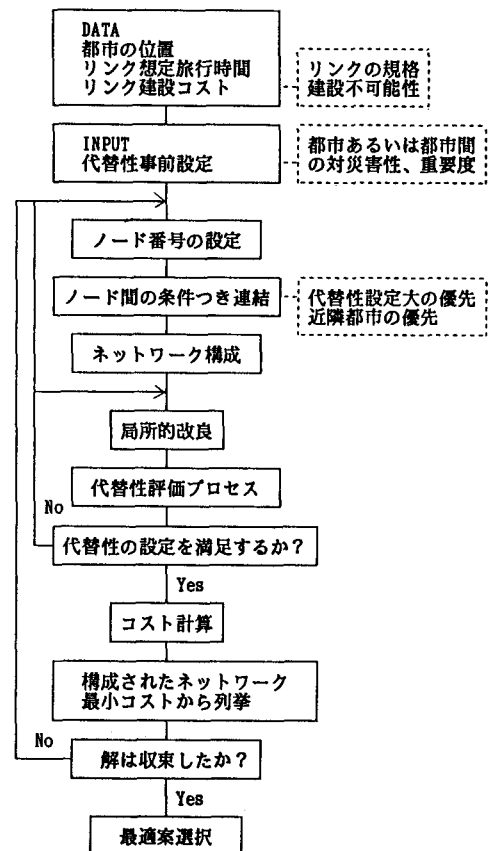


図1 構成手法のフロー

て各都市の位置、各都市間道路の想定旅行時間と建設コストを与える。自然・地理的条件等何らかの理由により建設不可能なノード間については建設コストを無限大とすることでその構成を回避し、建設の可否を反映することができる。また、想定旅行時間は都市間道路の代替性の算出に用いられる。

次に、各都市間について計画者が必要と認める代替性を設定する。この際、先に示した指数を用いる。これはその都市間の重要度、あるいは都市間の地形条件等から想定される途絶の危険度を反映する。これにより都市間が1本のみの経路で結ばれるのではなく、その途絶時に代替経路をもつこと。またその代替経路が1本目の経路に対し最低どの程度の時間比で用意されるかが評価され、設計に反映される。

以上の初期設定に基づき、最適解の探索を行う。ここに示す方法は、解析的に最適解を求めるのではなく、ヒューリスティックな手続きにより、最良の解を得ようとするものである。その意義は、終章に述べられる。しかし全くランダムに解を探索するのではなく、道路網の性質を考慮し探索に方向づけを行い、かつ視覚的対話型システムをとることで、最良解への効率よい接近を可能にした。

こうしてあらかじめ設定された代替性をもつネットワークを構成し、建設コスト最小のものから列挙する。計画者はそれらを代替案として、他の評価基準とも合わせて検討し最適設計案を採択することができる。

4. 適用例

本手法を簡単なネットワークに適用した例を図2と図3に示す。図2は、想定した都市ノード分布、各ノード間のコストを要素とする対称行列（CM）、各ノード間の想定旅行時間を要素とする対称行列（DM）、各ノード間の代替性の設定値（RM）を示す。都市分布は、左右に4つと3つの都市群をイメージして設定した。また想定旅行時間と建設コストは概ね都市ノード間の直線距離に比例して与えた。都市間について必ず2本の経路をもつこととし、その経路についてRMに与えられる代替性指数を満たすことを条件とした。

図3に、3章に述べたプロセスを経て求められたネットワークを2例示す。上図は出力されたコスト最小のネットワークである。全てのノード間が複数の経路で連結され代替性の設定を満足していることが確かめられる。

5. おわりに

本研究において、ヒューリスティックなアプローチを採用することの主な意義は以下のようなものである。

第一に本問題は制約条件が多いため、数理計画問題としての解析的な求解が困難なこと。第二に各条件を設計者によって与えられるため、対話型のシステム構築により多様な現実問題への適用が可能となること。第三に、ここではネットワークの生成を取り扱ったが、現実的に有用と考えられる既存の道路網からの改良・増強問題への応用が可能となること、等である。

これらの意義をより深めることが今後の研究課題でもある。

<参考文献>南：都市間道路ネットワークの代替性評価に関する研究、土木計画学研究講演集14、1991

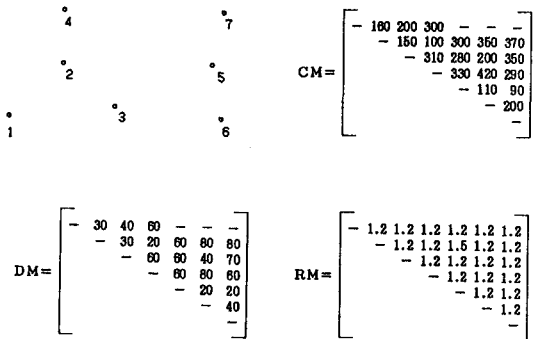


図2 初期設定

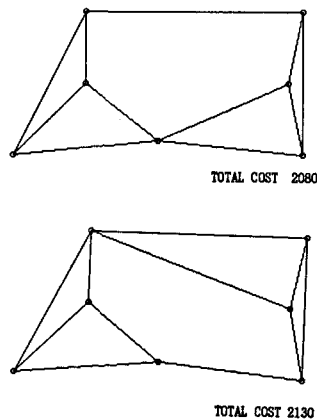


図3 構成結果の例