

移動距離に着目した橋梁の廃止箇所に関する選定手法

鳥取大学	学生会員	○平垣 伊吹
鳥取大学	正会員	谷本 圭志
鳥取大学	正会員	長曾我部 まどか

1. はじめに

インフラの維持管理には多額の費用を要するため、必要性が低くなったインフラを廃止するという選択肢が現実的となっている。インフラの廃止を考える場合、廃止後にどのような社会的な影響が生じるかを見越して、廃止する対象を選定する必要がある。そこで本研究では、インフラとして道路の橋梁を対象として、廃止後の社会的な影響として目的地までの移動距離の増大に着目しつつ、どの箇所を廃止するのが適当かを算出するモデルを整数計画法に基づいて構築する。その上で、仮想の道路ネットワークによる数値実験による概略的な検討を行い、モデルの有効性を確認する。

2. 本研究の考え方

一般に橋梁を廃止する場合、最も老朽化が進んでおり、かつ、利用の少ない橋梁があれば、それを廃止の対象とすれば良いと考えられそうである。しかし、その方法で橋梁を廃止することは必ずしも適切ではない。例えば、橋梁がなくなることによって孤立する集落が生じる場合、大幅な迂回を強いられる集落が生じる場合は、必ずしも適切ではない。

このように、現在の老朽度や交通量だけで廃止箇所の選定を行うことは不適切である。一方で、老朽度や交通量が廃止の対象を選定する上で重要であることは間違いない。加えて、維持管理費用などの費用に関する視点も重要な要素である。本研究では、社会的な影響の観点からどの橋梁の廃止が適切かを分析するが、その他の要素に基づく検討が不要ということではない。廃止箇所の選定には総合的な判断が必要であり、その際に社会的な影響の観点から評価するための技術が必要であり、それに応えることが本研究の目的である。

3. モデルの構築

対象とする地域の OD ペアの集合を A 、任意の OD ペアを $a (\in A)$ で表す。道路網を構成する任意のノードを $i (1 \leq i \leq n)$ 、リンクを ij で表す。なお、道路には上下の方向があることから、リンク ij とリンク ji は別のリンクとして区別する。OD ペアが a である車両がリンク ij を移動するか否かを表すバイナリ変数を以下のように定義する。ただし、以下では移動する場合を $a \rightarrow ij$ で表す。

$$x_{ij}^a = \begin{cases} 1 & (a \rightarrow ij \text{ の場合}) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad (1)$$

橋梁の廃止は、リンクの廃止で表現する。リンク ij を廃止するか否かを次式のバイナリ変数で表す、

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & (\text{リンク } ij \text{ を廃止する場合}) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad (2)$$

リンクが廃止された場合、そのリンクを移動することはできない。これは次式で表される。

$$x_{ij}^a \leq 1 - y_{ij} \quad (\forall a \in A, 1 \leq i, j \leq n) \quad (3)$$

目的関数は次式で表される。ここで、 t^a は OD ペア a の交通量、 c_{ij} はリンク ij の距離であり、この式はすべての OD ペアにおける総移動距離を最小化することを表している。

$$\sum_{a \in A} t^a \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}^a \rightarrow \min \quad (4)$$

この目的関数は、二つの機能を有している。一つ目は、それぞれの OD ペアが最短経路で移動することを担保することである。二つ目は、所与の廃止の箇所数のもとで、総移動距離を最小化するように、すなわち、交通への影響がなるべく小さくなるように廃止の箇所を特定することである。モデルはその他の式でも構成されるが、詳細は割愛する。

4. 実証分析

(1) 仮想の道路ネットワークによる数値実験

まずは、仮想の道路ネットワークを設定し、モデルがどのような解を導出するのか二つのケース（それぞれケース 1, 2 とする）について確認する。ネットワークを図 1 に示す。

矢印の数字はリンクの距離（km）を表す。図の太い矢印は廃止の候補の橋梁 A～E を表す。ケース 1 ではノード 3, 18 という地域の中央に位置するノードを終点とした交通が多い一方、ケース 2 では中央に位置するノードへの交通が少ないとの特徴を与える。総交通量はいずれのケースも 320（人／日）である。

(2) 計算結果

廃止する橋梁の箇所数（以後、「廃止箇所数」と略す）を 0～4 に設定し、そのもとでモデルを計算した。ケース 1, 2 における廃止箇所数における廃止箇所、橋梁を通過する交通量、総移動距離を表 1, 2 に示す。

廃止箇所数 1 の場合、ケース 1, 2 はそれぞれ橋梁 A, D を廃止するとの結果である。廃止箇所数 0 の場合の交通量の多さで廃止箇所を判断すると、廃止する橋梁はケース 1, 2 共に橋梁 E となるが、移動距離を最小化するという観点ではその結果には至らない。このことから、廃止後における社会的な影響（ここでは移動距離）を踏まえると、現状の交通量という観点で廃止することは適切でないことが確認できる。

廃止に選定される箇所に着目する。ケース 1 においては廃止箇所数を増やすとその数以下で選定された橋梁は必ず含まれていることが確認できる。ケース 2 では、例えば、2 つの橋梁を廃止する場合には橋梁 B と D を廃止するが、3 つの橋梁を廃止する場合は橋梁 B と D を廃止するのは適切ではなく、橋梁 A と C と E が廃止の対象となる。このように、廃止箇所数を増やしても、その数以下で選定された橋梁は必ずしも含まれるわけではない。このような結果は

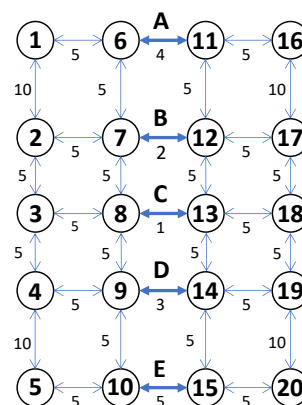


図 1 仮想の道路ネットワーク

表 1 計算の結果(ケース 1)

廃止箇所数	交通量（人／日）					総移動距離 (km／日)
	橋梁 A	橋梁 B	橋梁 C	橋梁 D	橋梁 E	
0	8	22	261	26	3	5,974
1	廃止	30	261	26	3	6,006
2	廃止	30	261	29	廃止	6,102
3	廃止	廃止	291	29	廃止	6,336
4	廃止	廃止	320	廃止	廃止	6,640

表 2 計算の結果(ケース 2)

廃止箇所数	交通量（人／日）					総移動距離 (km／日)
	橋梁 A	橋梁 B	橋梁 C	橋梁 D	橋梁 E	
0	8	22	261	26	3	6,648
1	8	22	269	廃止	21	6,756
2	24	廃止	275	廃止	21	6,906
3	廃止	209	廃止	111	廃止	7,278
4	廃止	廃止	320	廃止	廃止	8,020

廃止箇所数 3 から 4 に増やした場合にも見られる。このように、OD 交通量の分布によって廃止箇所のパターンも変わってくることを確認できる。

5. おわりに

本研究では、目的地までの総移動距離に着目しつつ、どの箇所を廃止するのが適当かを求めるモデルを整数計画法に基づいて構築した。今後の課題は、廃止後に生じうる交通渋滞も考慮できるモデルに拡張することである。