

# 維持管理人員の減少に着目した道路の巡回政策に関する研究

公共システム研究室 五百木 竜也

## 1. はじめに

道路の巡回業務は、道路が常時良好な状態に保たれるように道路の適正な維持管理を図ることを目的としており、具体的には、路面や道路付帯施設の修繕、落下物の撤去の作業などがある。しかし、地方においては、公務員数の削減や公共事業費の縮減などにより、道路の維持管理にあたる人員が減少している傾向がある。

このため、人員の減少にあわせた道路の巡回に関する簡易なシミュレーションや、そもそも人員が減少した場合にどれほどの不具合の数を放置せざるを得ないのかを見積もっておき、今後の維持管理の具体的な姿を構想することが道路管理者に求められる。しかしながら、そのための実用的な方法は開発されていない。

本研究では、道路の巡回を対象として、限られた人員での巡回政策を線形計画法を用いて導出するモデルを開発するとともに、その有効性をケーススタディにより実証する。

## 2. 本研究の基本的な考え方

道路上に発生する路面の損傷や剥離、落下物、道路の付帯施設の故障など、道路上に発生した不具合を以下では一括して「不具合」と呼ぶ。道路上に発生した不具合は、道路管理者による道路巡回によって発見されるまで放置される。その間、交通量が少ない道路であれば不具合が累積しても事故などの支障が生じるリスクは小さいが、交通量が多ければそのリスクは高まる。そこで本研究では、交通量の多さに応じて放置される不具合の数が小さくなるようなモデルを構築する。以上の考えに基づいて、限られた人員のもとでどのように道路を巡回するのが効率的なのか、また、そのもとで放置される不具合の数を算出する。

実際のネットワーク内の道路をどのように巡回するか検討には、計算すべき組み合わせ数が膨大となり、多くの計算量を要することが懸念される。例えば、図 1(a)のような仮想的な道路ネットワークの巡回を考える。図 1 中の「○」は巡回の拠点、それ以外のノードは交差点、リンクは道路である。このとき、交差点の数だけ選択の機会があり、拠点を出発してからそこへ戻るまでの巡回のパターン数が多く存在する。そこで本研究では、計算量を少なくするために、図 1(b)のようにネットワークを予めいくつかの地区に分類し、これらの地区をどのように巡回するかを検討する。本来であれば、どのような順番でどの経路を巡回すべきかを解くのが一般的ではあるが、本研究においては、それぞれの地区に何回巡回すべきかを「巡回政策」とし、それを導くための手法を検討する。以下、1 日あたりに巡回できる地区の集合を「巡回地区候補」と呼ぶ。

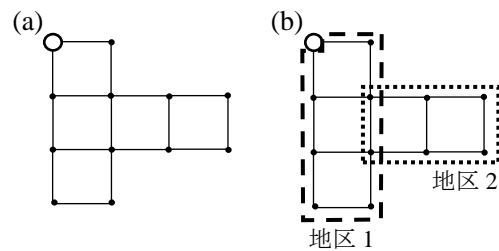


図 1 地区の設定

## 3. モデルの構築

実際の道路では 1 週間ごとに同様の巡回がなされるといったように、規則的な周期があるのが一般的である。そこで以下では、道路の巡回に関する周期（以下、「周期」と略す）を与え、そのもとでの巡回政策を導出する。周期が  $f$  日であるとき、その周期内に巡回候補地区  $i (1 \leq i \leq m)$  を選択する回数を変数  $x_i$  で表すと、式(1)が成立する。どの地区も少なくとも  $r_2$  日に  $r_1$  回以上の巡回がなされるとすると、このことは式(2)の制約条件で表される。ただし、 $[\ ]^+$  は括弧内の数値の切上げを意味する。

巡回の必要性の観点で地区を 2 つのエリアに区分する。必要性の高いエリア（以下、「エリア A」と呼ぶ）はその地区に巡回がなされれば必ず巡回の対象となり、必要性の低いエリア（同様に、「エリア B」と呼ぶ）はその地区に巡回がなされても必ずしも巡回の対象となるわけではない。すなわち、巡回が必須か選択的かがエリア A, B で異なる。具体的には、幹線道路を含むのがエリア A、支線的な道路のみを含むのがエリア B というイメージである。以下では、地区  $k$  におけるエリア B の集合を  $B_k$  で表し、その集合に属する要素を「小地区」と呼ぶ。

エリア B への巡回は選択的であることから、地区  $k$  への巡回が行われたとしてもその都度  $B_k$  に属するすべての小地区を巡回するわけではない。仮に、地区  $k$  を巡回するたびに  $B_k$  に属する  $y_k$  個の小地区を順番に巡回する場合、巡回の空間的な範囲が広いなどの理由により、他の小地区より巡回の回数を意図的に少なくせざるを得ない小地区が存在するといった場合がある。以上のことをモデルに反映すると、1 日あたりに放置せざるを得ない不具合の数は式(3)の左辺で表すことができる。なお、地区  $k$  のエリア A および小地区  $ks$  の道路延長を  $L_k, L_{ks}$ 、不具合の発生率を  $\lambda_k, \lambda_{ks}$ 、地区  $k$  のエリア A における交通量を  $F_k$  とする。また、 $w_{ks}$  は重みである。

本研究では、交通量の多い地区ほど放置される不具合の数が小さくなるように定式化する。具体的には、式(3)のように各地区における放置される不具合の数が交通量の逆数に比例するようにしつつ、放置される不具合の数を最小化する。

$$\sum_{i=1}^m x_i = f \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ik} x_i \geq \left[ \frac{r_1}{r_2} \right]^+ f \quad (2)$$

$$\frac{\lambda_k L_k \left( f - \sum_{i=1}^m a_{ik} x_i \right) + \sum_{s \in B_k} \lambda_{ks} L_{ks} \left( f - y_k w_{ks} \sum_{i=1}^m a_{ik} x_i \right)}{f} \leq \frac{\alpha}{F_k} \quad (3)$$

$$\alpha \rightarrow \min$$

#### 4. 事例分析

対象地域を鳥取県中部の湯梨浜町、北栄町、三朝町、倉吉市、琴浦町とする。これら5市町の県道および、一部の国道の計59路線を管理している道路管理者が記録した巡回業務日誌のデータ（平成27年度分）を用いる。これらには、巡回時に道路上に発見した不具合についての発見日時、種類、路線名、作業内容が記入されている。

このデータに基づくと、7つの地区に分類することができる。また、2つの地区を除いて、複数の小地区が地区に属している。なお、1つの地区の巡回には半日を要する。

道路管理者は、交通量をもとに各路線をランク分けし、巡回の頻度を設定している。ランクⅠは、交通量が4000台/日以上で5日に4回以上の巡回、ランクⅡは交通量が1000~4000台/日の道路で5日に3回以上の巡回、ランクⅢは交通量が1000台/日未満の道路で5日に1回以上の巡回を行うこととなっている。本研究でいう「エリアA」はランクⅠの道路を含むエリア、「エリアB」はランクⅡとランクⅢの道路のみを含むエリアとなる。しかし、人員の減少下においては、道路管理者が設定している要件そのものを満たせないことも考えられる。そこで、以下の分析においては、この要件における巡回の頻度を下げる場合を想定して計算する。具体的には、以下のようにランクⅠの道路に関する $r_1$ および $r_2$ を設定する。

- ・要件Ⅰ： $r_1=5, r_2=4$    ・要件Ⅱ： $r_1=5, r_2=3$
- ・要件Ⅲ： $r_1=5, r_2=2$    ・要件Ⅳ： $r_1=5, r_2=1$

まず、1日あたりの全地区および全小地区に発生する不具合の数を次式により算出する。

$$\sum_{k=1}^N (\lambda_k L_k + \sum_{s \in B_k} \lambda_{ks} L_{ks}) \quad (4)$$

上式より、1日あたりに発生する不具合の数は、16.167となった。この数値が放置される不具合の数の大小に関する準拠値となる。

次いで、人員が2~6人の場合についての分析を行う。その際、各人員のもとで放置される不具合の数が最も小さい周期を最適な巡回政策として導出する。導出された巡回政策のもと、各人員別の不具合の数を図2,3、30日間の各地区への巡回回数を図4,5に示す。なお、紙面の都合上、要件ⅠとⅢの場合のみを掲載する。図中での「不具合の数」とは、1日当たりの全地区と全小地区における放置される不具合の数の合計である。

実行可能な人員は、要件Ⅰの場合6人、要件Ⅱの場合5人および6人、要件Ⅲの場合3~6人、要件Ⅳの場合2~6人となった。その他の人員に関しては、実行可能な解が見つからず、その人員では、要件を満たすことが不可能であった。以上より、人員を減らすには、要件を緩くせざるを得ない場合が生じることがわかる。

図3に着目すると、人員が多いほど放置される不具合の数は小さいことが分かる。このことより、人員の減少は直ちに放置される不具合の数の増加に直結することが明らかになった。また、人員が6人の場合に着目し、放置される不具合の数を要件ごとに比較してみると、要件Ⅰの場合4.827、要件Ⅲの場合4.613となった。このように、要件を緩めても、放置される不具合の数が必ずしも多くなるわけではない。これは、要件が厳しいと、多くの巡回が必要ではない地区に巡回をせざるを得ないため、かえって非効率になるのが原因と考えられる。よって、要件の見直しをすれば、人員の減少による影響を緩和できることが分かる。

図5より、人員が6人から5人に減少した場合、地区C,Eへの回数が大幅に減っていることがわかる。このことより、人員の変化に応じて巡回政策の見直しが必要であることがわかる。

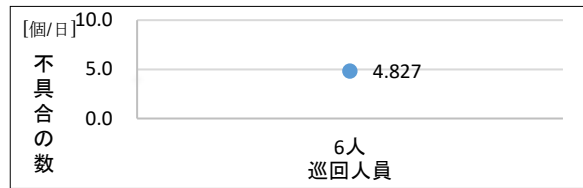


図2 要件Ⅰの場合

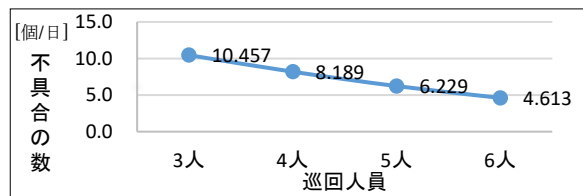


図3 要件Ⅲの場合

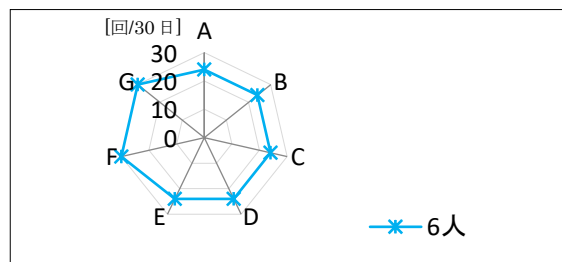


図4 要件Ⅰの場合

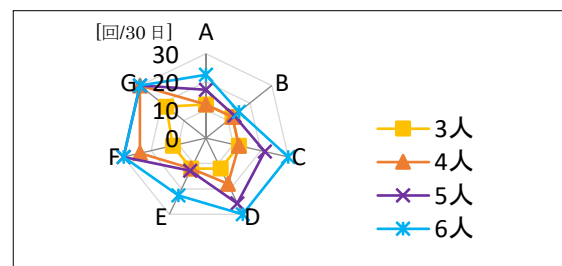


図5 要件Ⅲの場合