

# 警察署配置への提案

群馬県における警察署配置を例として

村瀬 陸 (沼田 一道 助教授)

## 1. はじめに

我々の日常生活において、公共施設は欠かせない存在である。その中で警察署は日々変化する治安情勢に従来の組織、または体制が対応するために再編計画の必要性が感じられる。このような状況下の中で、筆者の故郷である群馬県でも警察署再編が行われる予定である。

以下では、再編計画に関するの様々な問題から警察署の再配置に着目する。警察署の建設や運営に掛かる費用を最小限に抑えるためには最小の警察署数で群馬県全体を管轄する効果的な配置を求める必要がある。本研究では、警察署配置問題を数理計画として捉え、必要な条件を満たす警察署の配置を求める。

## 2. 問題の概要

警察署配置問題を扱うためには、警察署が施設としてもつ特性を理解する必要がある。施設を利用する際には移動が伴う。この移動という点から施設の運営形態を、利用者が施設に訪れる「訪問型」と施設職員が利用者のいる管轄地域内の各地に移動する「出勤型」に二種類に分ける事ができる。例を挙げれば、市役所や保険所等が「訪問型」、消防署やゴミ収集所などが「出勤型」にあたる。警察署の業務内容は刑法犯への対応、110番の対応、パトロール等の警察署外活動と各種申請書の手続きや被害者届け受理といった事務処理による警察署内活動があり、このことから警察署は「訪問型」と「出勤型」の両方の性質を兼ね備えた運営方法を持つと考えられる。

以上の事から警察署配置問題は「訪問型」の施設配置問題として考えられる「全ての利用者が利用する施設までの総移動距離」と「出勤型」の施設配置問題として考えられる「施設から出勤可能な最遠距離」という二点を踏まえ、警察署を群馬県内でどのように配置したら県内全域を効率良く管轄できるよう配置するかを求める問題である。

## 3. 現状の説明, 考察

現在(平成17年12月)、群馬県では全54市町村に図1のように警察署が配置されている。警察署の管轄地域は市と郡により管轄区分が決められている。そのため他の地域を管轄せず配置された地域のみ管轄する警察署も存在する。以上のことから、各地域間の距離に格差がある。また地域の合併、分割により警察署の管轄地域も変更が生ずると考えられる。本研究では郡を管轄区分する方法ではなく、距離で管轄区分を決定する方法を採択する。

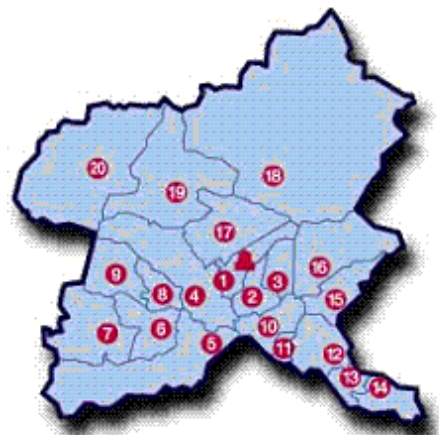


図1:現在の群馬県警察署配置, 管轄図

#### 4. 問題の設定

問題を解くにあたり,問題を単純化し以下のように前提を置く.

- ・群馬県を市町村からなる小地域に分割し,小地域数は70とする.
- ・警察署は小地域の中心に置く.小地域の中心は地理的中心もしくは人口の重心とする.
- ・警察署はその警察署が配置された小地域及びその他の管轄可能な小地域を管轄する.
- ・複数の警察署により管轄可能な小地域は,その中のどれか一つにより管轄される.
- ・各小地域は主として人口に由来する処理量を有する.
- ・警察署には管轄した小地域が有する処理量に対して,処理する能力に一定の限界がある.
- ・警察署には管轄できる小地域までの出勤距離の限界がある.
- ・各警察署は同じ能力を有する.

以上の点から群馬県の警察署配置と管轄領域をグラフ化すると図2のようになる.小地域の中心を点で,小地域間の距離が管轄可能である状態を直線で表したものである.警察署が小地域を管轄した場合,図2のグラフの点を集合した状態になる.このグラフの最小集合被覆(上記設定の複数の警察署により管轄可能な小地域は,その中のどれか一つにより管轄されることにより分割)を求める事により警察署の最適配置を求める.

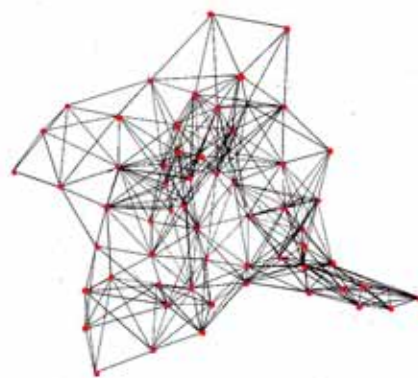


図2:小地域間の管轄状態を表すグラフ

#### 6. 定式化

警察署の最適配置を求める問題の定式化は以下のようになる.

$$\begin{aligned}
 &\text{Minimize} && W = \sum_{i \in N} \left( \sum_{j \in N} P_j d_{ij} z_{ij} \right) && i \in N, j \in N && (1) \\
 &\text{Subject to} && x_i + \sum_{i \in N} z_{ij} && 1 && j \in N \\
 &&& P_j x_i + \sum_{j \in N} P_j z_{ij} && P_{\max} && i \in N \\
 &&& z_{ij} && a_{ij} && i \in N, j \in N \\
 &&& x_i && z_{ij} && i \in N, j \in N \\
 &&& x_i \in \{1, 0\}, && i \in N \\
 &&& z_{ij} \in \{1, 0\}, && i \in N, j \in N \quad (i \neq j)
 \end{aligned}$$

**0-1型整数変数**

$$x_i = \begin{cases} 1: \text{小地域 } i \text{ に警察署を配置する} \\ 0: \text{小地域 } i \text{ に警察署を配置しない} \end{cases}$$

$$z_{ij} = \begin{cases} 1: \text{小地域 } i \text{ に配置された警察署が} \\ \text{小地域 } j \text{ を管轄する} \\ 0: \text{小地域 } i \text{ に配置された警察署が} \\ \text{小地域 } j \text{ を管轄しない} \end{cases}$$

**枝集合の要素を示す係数**

$$a_{ij} = \begin{cases} 1: \text{小地域 } i \text{ に配置された警察署が} \\ \text{小地域 } j \text{ を管轄できる} \\ 0: \text{小地域 } i \text{ に配置された警察署が} \\ \text{小地域 } j \text{ を管轄できない} \end{cases}$$

**その他の係数**

$N$  : 小地域の集合

$p_i$  : 小地域  $i$  の人口

$P_{\max}$  : 一つの警察署が管轄しうる人口の上限值

$d_{ij}$  : 小地域  $i, j$  間の距離 ( $i, j \in N$ )

(1)は地域の延べ出動(訪問)距離×人口を最小化する目的関数である.制約条件はどの小地域もいずれかの警察署によって管轄されなければならないこと,は各警察署数の管轄できる人口が上限を超えてはならないこと,は管轄下可能で無い小地域は管轄することができないことをは警察署が配置されていなければ他の小地域を管轄できないことを表している.

## 7.警察署配置問題の解法

定式化の制約条件の本数はグラフの頂点個数 $n$ のとき, $= n$ , $= n$ , $= n(n - 1)$ , $= n(n - 1)$ より $2n^2$ となる.この事から解を求めるのに計算時間が大きくなり困難であり,既存のソルバーでは困難である.そこで計算時間をより少なくし求める解の精度を増すために基本的解法として局所探索法を採用し,最適解を求める.

局所探索法とは,ある初期解 $x$ からみて,解集合である近傍からより良い解 $x^*$ を見つけた際に, $x$ を $x^*$ に更新して再び近傍からより良い $x$ を探すといった作業をより良い解が見つからなくなるまで繰り返し探索する方法である.具体的な解法手順は以下のようになる.

### 7.1 具体的解法

全小地域に番号を付け,その番号を対応した,配置する小地域には1,配置しない小地域には0とした0-1型変数を入れた配列 $X$ をランダムに作成する(1の総数は警察署配置数 $K$ ).次に $X$ の反転近傍の中で評価値 $W2$ を最小にする値を $X^*$ とし, $W2(X^*) < W2(X)$ なら $X = X^*$ とする.この作業をより良い解が無くなるまで行い,そうして求められた $X^*$ を局所最適解とする.

アルゴリズムは以下のようになる.

Step1 配列 $X$ をランダムに作成する.

Step2  $X$ の反転近傍の中で評価値 $W2$ を最小にする値を $X^*$ を探す.

Step3  $W2(X^*) < W2(X)$ なら $X = X^*$ にしてStep2へ戻る.

Step4  $W2(X^*) < OPTV[k]$ なら $OPTX[k] := X^*$ , $OPTV[k] = W2(X^*)$ とする.

$OPTX[k]$ を局所最適解, $OPTV[k]$ を目的関数(全小地域の延べ出動(訪問)距離×人口)とする.

### 7.2 $W2$ について

管轄配置を表す0-1型変数配列 $X$ に対して,ランダムに決めた順番に従って管轄されていない小地域を警察署が配置された小地域に近い小地域から,管轄する警察署の人口の上限を越えないように管轄していく.決めた順番通りに全小地域が管轄されない場合には,ランダムに順番を決めるところからやり直し,全小地域が管轄可能ならば,警察署が配置された小地域から管轄した小地域までの距離と管轄された小地域の人口を乗算したものの総和 $w_k$ を算出する.以上の作業をある程度繰り返し, $w_k$ が最小になったものを $X^*$ に対しての評価値 $W2$ と定義する.

アルゴリズムは以下のようになる.

Step1 ランダムに順番を決める.

Step2 Step1で決めた順番通りに全小地域に対して管轄する警察署を条件に沿って決めていく,全小

地域が管轄不可能な場合は Step1 へ戻る.

Step3 wk を算出する.

以上の局所探索の中にさらに局所探索を行う局所探索法を使用し, 目的関数である全小地域の延べ出動(訪問)距離×人口の最小化を求め, 警察署の配置を検討する.

## 8. 数値実験

群馬県を市町村の区画に沿って 70 の小地域に別け, 全小地域の延べ出動距離の最小にする警察署配置を求める問題を解く. 一つの警察署が管轄しうる人口を 350000(人), 管轄可能な距離を 5.5(km/53万)と設定する. 解法のプログラムは Borland 社の Delphi6 で作成した.

## 9. 実験結果と考察

群馬県における警察署配置数の最小値は7であった. また現在の警察署配置箇所と配置数20箇所を実験結果と比較してみると, 現在の警察署配置から算出した目的関数の値は実験結果の警察署配置数 15 から 16 近辺の値と同じである. このことから現在の配置数より減らせる可能性があることがわかる. また実験結果の配置箇所は現在の配置箇所より平地側に密集している, おそらく過疎地である山岳地帯より人口の多い平地に警察署が配置されやすいことを示していると思われる.



**図3: 実験結果 配置数20による警察署配置図**  
人口の多い12市(前橋市は二地区に分ける)には沼田市を除いて全て警察署配置地域になった. 沼田市が警察署配置地域に選ばれなかった理由は12市の中で最も人口が少なかったからだと考えられる. 以上のことから実験結果が示す警察署配置は現在の警察署配置より改善され, 効果的であったと言える.

## 10. おわりに

本研究では, 群馬県の警察署配置について警察署が訪問型と移動型の両方の性質をもった施設であることを前提に警察署配置箇所を検討した. 実験結果から人口の多い地域が警察署配置候補に選ばれ群馬県全体をみて均等に拡散して配置されない傾向にあることがわかった. しかし山岳地帯に囲まれている群馬県において出動の際, どのような乗り物, また目的地までの経路によって出動距離, または時間が変わってくる. このことを考慮に入れることが今後の課題である.

### 参考文献

- [1] 大山 達雄 : 最適化モデル分析
- [2] 市町村課リンク集 : <http://www.pref.gunma.jp/tihou/tijoho09.htm>
- [3] 群馬県人口 : <http://www.glin.jp/cpf/gunma.html>