

MIP 手法を用いた避難場所の施設容量に関する基礎的研究～安芸市～

高知高専 正会員 ○竹内光生 (株)日本触媒 非会員 川上智仁
非会員 佐伯貴嗣 西日本旅客鉄道(株) 非会員 小栗太一

1. はじめに

南海地震を想定した、平成 17 年度「高知県津波防災アセスメント調査報告書¹⁾」の浸水予想範囲には、高知県中心都市のほぼ人口集中地区が含まれており、避難施設容量問題は重要な課題である。

本研究は、安芸市における避難場所の配置とその施設容量問題を、p メディアン問題として検証するものである。施設配置問題は古くからの問題であるが未解決な課題は多い²⁾。安芸市は、避難場所として、公共施設だけではなく、民間施設も追加指定されるなど、防災についての意識や取り組みが非常に進んだ地域である。しかし、避難移動距離は改善されているが、施設の容量問題については、十分な検討がされていない。

2. P メディアン問題

p メディアンの方法は、対象地域内全ての人の移動距離の総和を最小化する目的関数を用いており、人口密度の多い地区に施設を重点的に配置する方法である。今、施設候補数を m、住区の数 n とすると m 個の施設場所候補の中から p 個の施設場所を選択する場合の数は ${}_m C_p$ である。これは、施設利用者は最も近い施設を利用すると仮定した場合であり、n 個の住区の利用者が選択する施設は p 個の施設の中から一意的に決まる。したがって、総移動距離を求める場合の数も ${}_m C_p$ である。例えば、 $m=100(m \leq n)$ として、 $p=10$ のとき ${}_m C_p \doteq 1.7 \times 10^{13}$ であり、 $p=50$ のとき ${}_m C_p \doteq 1.0 \times 10^{29}$ となる。規模が大きくなると全ての組合せの中から解を求める列挙法で解くことは困難となる。さらに、施設容量制限を加える場合は、施設利用者は最も近い施設を利用するとした仮定が使えなくなるために、総移動距離を求める場合の数は、m 個の施設場所候補の中から p 個の施設場所を選択し、n 個の住区の利用者が p 個の施設の中から選択するそれぞれの場合の ${}_m C_p \times p^n$ になると思われる。一般に、 $m \leq n$ 、 ${}_m C_p \ll p^n$ である。したがって、その組合せの数は幾何級数的に増加する。

この問題を、筆者等は、目的関数および制約条件の設計変数が一次である線形計画問題 (LP) として、またそのうち設計変数が整数型である混合整数線形計画問題 (Mixed Integer Programming 以下 MIP) として解くことが可能である³⁾と考えている。このような解析事例は極めて少ないと思われる。

3. P メディアン問題の MIP 諸式

目的関数はつぎの式(1)のようになる。 d_{ij} は居住区 i と避難所候補 j との距離、 X_{ij} は居住区 i からの避難所候補 j を利用する人口 (設計変数) である。

Minimize $W = \sum \sum d_{ij} x_{ij} \quad \cdots (1)$

また、制約条件式は、つぎの式(2)～式(5)となる。 P_i は居住区 i の人口、K は避難場所数、 Z_j は避難所候補 j に避難所を設置する場合 1、設置しない場合 0 の整数型変数、 M_j は施設容量である。

$\sum_{j=1}^n x_{ij} \geq P_i \quad \cdots (2) \quad \sum_{j=1}^n Z_j = K \quad \cdots (3) \quad P_i Z_j - x_{ij} \geq 0 \quad \cdots (4) \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq M_j \quad \cdots (5)$

4. P メディアン MIP 問題の解析モデル

図 1 にノード数 9、リンク数往復 24 の解析モデルを示す。各ノードに人口 1 を配置し、ノード 1 (n1) の高台に避難

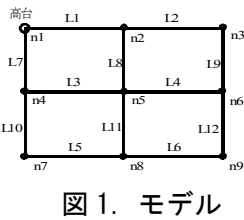


図 1. モデル

表 1. 座標値

node 番号	X	Y
1	0	120
2	100	120
3	200	120
4	0	60
5	100	60
6	200	60
7	0	0
8	100	0
9	200	0

表 2. ノード間経路距離

	Height	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9
n1	0	100	200	60	160	260	120	220	320
n2	100	0	100	160	60	160	220	120	220
n3	200	100	0	260	160	60	320	220	120
n4	60	160	260	0	100	200	60	160	260
n5	160	60	160	100	0	100	160	60	160
n6	260	160	60	200	100	0	260	160	60
n7	120	220	320	60	160	260	0	100	200
n8	220	120	220	160	60	160	100	0	100
n9	320	220	120	260	160	60	200	100	0

する状況を想定している。表 1 には各ノードの xy 座標値、表 2 には各ノード間の最短経路距離を示している。

