

施設機能の停止を考慮した都市施設配置の多重化に関する研究

山口大学 正員 南 正昭

1. 研究目的

近年、都市の防災性の向上という観点から、都市施設の整備計画について再考が進められている。本稿では主として、救急医療施設や消防施設等の災害時においても特に重要な役割を果たす都市施設を念頭に、施設配置の多重化という観点から行った基礎的な研究成果を示す。

平常時において少数の施設にのみ依存している場合、災害時等の異常時にその施設の使用が不可能になり、異常時においてこそ必要な緊急の対応ができなくなる場合が生じる。

そこで本稿では、異常時を前提とした施設配置計画として、施設配置を多重化し、複数の施設が使用可能となる環境を計画・整備することを目指している。複数施設へのアクセスを可能とする施設配置問題を設定し、それを解くことで考察を行う。

2. 分析方法

2.1 問題の明確化

対象地域を交通網を表現するリンク、および市町村ノードならびに施設配置候補地ノード等のノードからなるグラフ構造でモデル化する。

交通網を明示的に考慮しないとき、本問題の対象要素は図1のように模式的に表すことができる。

市町村ノードを $i (1, \dots, n)$ 、施設配置候補地ノード $j (1, \dots, m)$ で表すとき、任意の i について交通網利用 r 分内で到達できる当該施設が k 施設以上となるように、施設配置を決定する。

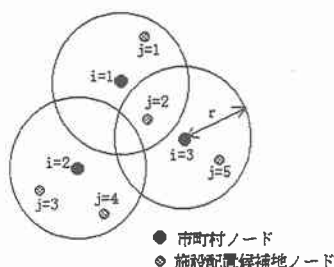


図1 施設配置問題の模式図

この問題は、式1に示す整数計画問題として表される。

$$\begin{aligned} \text{Min.} \quad & \sum_j P_j X_j \\ \text{Subj. to} \quad & \sum_{j \in F_i} X_j \geq k \quad (i=1, \dots, n) \end{aligned}$$

k : 施設多重度 式1

i : 市町村ノード ($i=1, \dots, n$)

j : 施設配置候補地ノード ($j=1, \dots, m$)

X_j : 施設配置候補地ノード j への施設配置数

P_j : 配置優先順位を与えるパラメータ

F_i : 市町村ノード i から交通網利用時間圏 r 分内にある施設配置候補地ノードの集合

配置計画問題において、式中の P_j は、施設整備費用を与えるものとするのが一般的である。本稿では、どこに配置することが望ましいかという観点から分析することとし、 P_j を施設配置の優先順位を与えるパラメータとして位置づけている。

また、制約条件式の作成において、既に存在する施設については、 k から差し引く必要がある。

2.2 計算手順

まず、各市町村ノードから交通網利用 r 分圏内の当該施設数を求める。

この結果、 r 分圏内で当該施設数が k 施設以上の市町村ノードについては問題ではない。当該施設数が k 施設より小さい市町村ノードについて、 k 施設以上となるように制約条件を設定する。

既に存在する施設数を差し引いた上で、制約条件式を与え、配置優先順位を与えるためのパラメータ値を設定し、式1を解いて配置計画案を導くこととした。

3. 事例

3.1 問題設定

山口県を対象に行った計算事例を以下に示す。

対象道路網は、高速道路、一般国道および主要県道とし、県内で閉じ他県へのアクセスは考慮しない。また対

象施設は、災害時等においても重要な役割を担う救急告示病院とした。各市町村に1つの市町村ノードを設定し、当該施設は、その市町村ノードに存在するものとして道路網をモデル化している。

任意の市町村ノードから道路網利用圏域内(n)に、少なくとも k 施設の当該施設が存在するように、施設配置を再考する。

3. 2 計算結果

市町村ノードからの道路網利用圏域(n)を30分とし、その圏域内に少なくとも存在する施設数(k)を2施設とした場合の、施設配置計画案の計算例を図2～図5に示す。

図3は、山口県内で救急告示病院の存在する市町村を示したものである。

図4は、各市町村ノードから道路利用30分以内で、当該施設2施設以上に到達できる市町村を表している。当該施設が0もしくは1施設のみ存在する市町村の一部では、近隣の市町村に存在する施設を利用することで複数の施設へアクセスが可能となっている。

一方、道路利用圏を30分としても、当該施設へアクセスできない、あるいは1施設のみしかアクセスできない市町村が存在する様子がみられる。

図2は、これらの各市町村について、道路利用圏30分以内の市町村に当該施設が2施設以上存在することを制約条件として示したものである。

図5は、この制約を満たすように施設配置計画案を導いた結果である。本稿では、人口規模の大きい市町村に優先的に施設を配置することとした。

$$X(\text{TOUWA}) \geq 1$$

$$X(\text{NISIKI}) + X(\text{MIKAWA}) + X(\text{HONGOU}) \geq 1$$

$$X(\text{NISIKI}) + X(\text{MIKAWA}) + X(\text{HONGOU}) \geq 1$$

$$X(\text{MIKAWA}) + X(\text{MIWA}) \geq 1$$

$$X(\text{KAMINOSEKI}) \geq 2$$

$$X(\text{TOKUJI}) + X(\text{KANO}) + X(\text{MIKAWA}) \geq 2$$

$$X(\text{SUSA}) + X(\text{TAMAGAWA}) \geq 2$$

$$X(\text{TOKUJI}) + X(\text{MUTUMI}) + X(\text{ATOQU}) \geq 2$$

$$X(\text{ABU}) + X(\text{SUSA}) + X(\text{TAMAGAWA}) \geq 2$$

$X(j)$: 市町村 j の当該施設数

図2 施設配置計画案策定のための制約条件式

図4と比較すると明らかなように、必ずしも現状において施設数が2より小さい市町村に、追加施設を配置する結果とはなっていない。複数の市町村間で当該施設を持ち合うことにより、制約条件を満たし追加する施設数が最小となる施設配置を実現している様子を表している。



図3 山口県内で救急告示病院の存在する市町村



図4 山口県内で道路利用30分以内で、2施設以上の救急告示病院に到達できる市町村

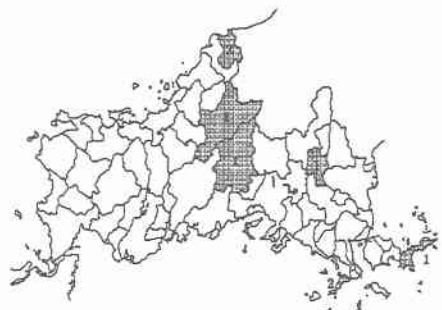


図5 全ての市町村が道路利用30分以内で、2施設以上の救急告示病院に到達が可能な施設配置計画案