

都市施設配置の多重化に関する基礎的研究*

A Basic Study on the Redundant Facility Location Problem

南 正 昭**

by Masaaki MINAMI

1. はじめに

近年、災害に強い都市構造の整備を目標に、都市施設ならびに交通網の整備計画について再考が進められきている。なかでも被災時に重要な役割を担う消防施設、救急医療施設あるいは避難場所等の防災拠点の確保は、至急の課題であるといえる。

平常時において、少数の施設にのみ依存している地域の場合、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、施設配置を多重化する方策について検討する。当該地域から、複数の施設へのアクセスを可能とする施設配置問題を設定し、それを解くことで施設の追加的な配置について考察を行う。

災害時においても重要な役割を果たす都市施設として、救急告示病院と透析病院を対象に、施設配置の多重化という観点から行った分析結果を示す。

2. 分析方法

(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を含むノードからなるグラフ構造でモデル化する。

市町村ノードを i ($i=1, \dots, n$)、施設配置候補地ノード j ($j=1, \dots, m$) 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、施設配置案を決定する。(図1)

この問題は、式1に示す整数計画問題として表す

ことができる。

$$\begin{aligned} \text{Min. } & \sum_j p_j x_j \\ \text{Subj. to } & \sum_{j \in F_i^r} (\bar{x}_j + x_j) \geq k_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \\ & \bar{x}_j + x_j \leq x_{j, \max} \quad (j=1, 2, \dots, m) \\ & \bar{x}_j, x_j; \text{ integer} \end{aligned}$$

i : 市町村ノード ($i=1, \dots, n$)

式1

j : 施設配置候補地ノード ($j=1, \dots, m$)

k_i : 市町村ノード i の施設多重度

$\bar{x}_j$: 施設配置候補地ノード j の既存施設数

x_j : 施設配置候補地ノード j の追加施設数

$x_{j, \max}$: 施設配置候補地ノード j の最大施設数

p_j : 配置優先順位を与えるパラメータ

F_i^r : 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1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_i から差し引く必要がある。

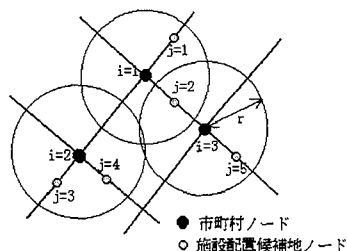


図1 本稿における施設配置問題の模式図

* キーワード: 防災計画、都市計画

** 正会員 博士(工学) 山口大学工学部(宇都市常盤台2557 TEL.(0836)22-9719/FAX.(0836)35-9429)

(2) 計算手順

計算手順のフローを図2に示す。

まず、道路網の時間距離、施設配置候補地ノード、最大施設配置数、施設多重度、道路網利用時間圏を与える。

次に、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算出する。

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

(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および透析病院とした。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。

このとき任意の市町村ノードから道路網利用圏域内(r)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。

(2) 計算結果

各市町村ノードからの道路網利用圏域(r)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以下に示す。

図3～図8は救急告示病院について、また図9～図14は透析病院についての計算結果である。

図3および図9は、山口県内で当該施設が少なくとも存在する市町村を示したものである。

図4および図10は、現状において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

1) 入力データ

道路網の時間距離、施設配置候補地ノード、最大施設配置数、施設多重度、道路網利用時間圏

2) 施設数の算出

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算出。

3) 制約条件の設定

- ・ r 分圏内で当該施設数が k 施設以上の市町村ノードを除外。
- ・ 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。ここで既に存在する施設数を差し引く。

4) 配置優先順位の設定

配置優先順位を与えるためのパラメータ値を設定。

5) 配置計画案の算定

式1を解いて配置計画案を導く。

図2 本分析の計算手順

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多数存在する様子がみられる。

図6および図12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少なくとも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および図11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当該施設を追加配置することとした。

図4、図5ならびに図10、図11の比較より明らかに、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分以内に、2施設以上の救急告示病院に到達できる市町村

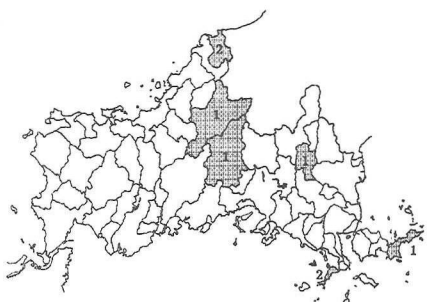


図5 全ての市町村が道路利用30分以内に、2施設以上の救急告示病院に到達が可能となる施設配置計画案

図7、図8および図13、図14は、時間圏 r 分内の当該施設数が、2以下、1以下および0となる市町村数をグラフ化したものである。現状と追加施設配置後と比較している。

追加施設配置後において、明らかに30分圏以上に施設数が1以下となる市町村が解消している様子を確認できる。

$$\begin{aligned}
 X(\text{TOUWA}) &\geq 1 \\
 X(\text{NISIKI}) + X(\text{MIKAWA}) + X(\text{HONGOU}) &\geq 1 \\
 X(\text{NISIKI}) + X(\text{MIKAWA}) + X(\text{HONGOU}) &\geq 1 \\
 X(\text{MIKAWA}) + X(\text{MIWA}) &\geq 1 \\
 X(\text{KAMINOSEKI}) &\geq 2 \\
 X(\text{TOKUJI}) + X(\text{KANO}) + X(\text{MIKAWA}) &\geq 2 \\
 X(\text{SUSA}) + X(\text{TAMAGAWA}) &\geq 2 \\
 X(\text{TOKUJI}) + X(\text{MUTUMI}) + X(\text{ATOU}) &\geq 2 \\
 X(\text{ABU}) + X(\text{SUSA}) + X(\text{TAMAGAWA}) &\geq 2 \\
 X(j): \text{市町村 } j \text{ の追加当該施設数}
 \end{aligned}$$

図6 施設配置計画案策定のための制約条件式

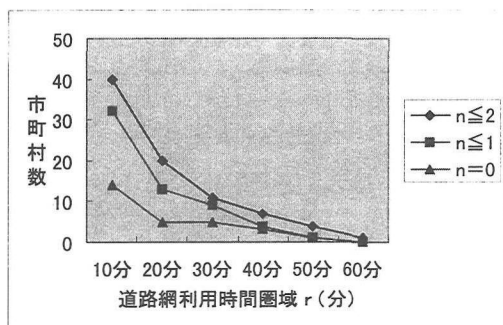


図7 現状で道路網利用 r 分以内に救急告示病院が n 施設の市町村数

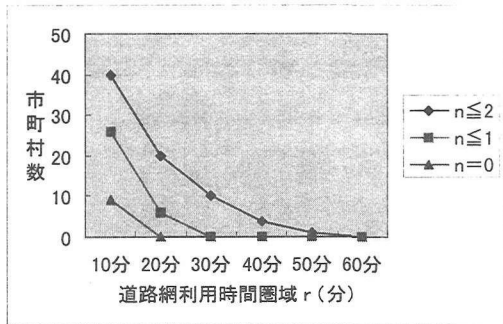


図8 追加施設配置後、道路網利用 r 分以内に救急告示病院が n 施設の市町村数

4. おわりに

ここに示した施設配置の多重化を計画・分析するための方法は、まだ基礎的な段階ではあるが、防災拠点や避難場所等の配置計画を立案する際の一つの手段を開発することを目指としている。

本稿に事例として示した救急病院と透析病院は、経営主体がその立地を決めるものであり、政策的に決められるものではない。しかし、平常時における

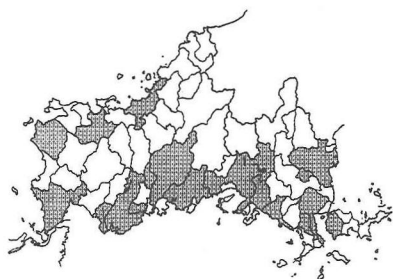


図9 山口県内で透析病院の存在する市町村

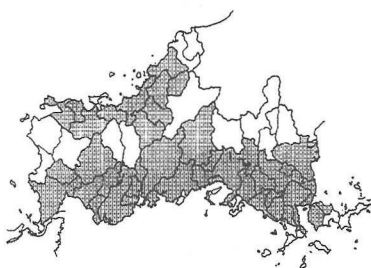


図10 山口県内で道路利用30分以内に、2施設以上の透析病院に到達できる市町村

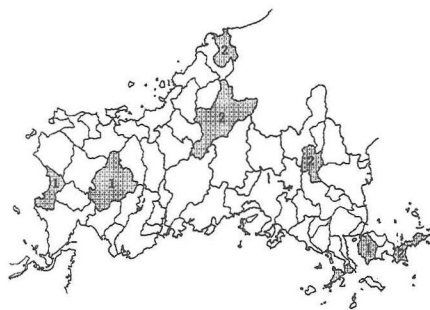


図11 全ての市町村が道路利用30分以内に、2施設以上の透析病院に到達が可能となる施設配置計画案

救急告示病院に加えて、災害時に特に救急病院として機能する病院の確保、指定ならびに公表、あるいは必要な医療スタッフの召集を前提とした予備的な透析設備の追加的配置等は、事前に十分検討されるべきものと考えられる。

本稿では、任意の市町村から r 分内に少なくとも

$$\begin{aligned}
 X(\text{TOUWA}) &\geq 2 \\
 X(\text{OOHATA}) + X(\text{OOSIMA}) + X(\text{KUGA}) + X(\text{TATIBANA}) &\geq 1 \\
 X(\text{NISIKI}) + X(\text{MIKAWA}) + X(\text{HONGOU}) &\geq 2 \\
 X(\text{KANO}) + X(\text{NISIKI}) + X(\text{MIKAWA}) + X(\text{HONGOU}) + X(\text{MIWA}) &\geq 2 \\
 X(\text{MIKAWA}) + X(\text{MIWA}) &\geq 2 \\
 X(\text{KAMINOSEKI}) &\geq 2 \\
 X(\text{TOKUJI}) + X(\text{KANO}) + X(\text{MIKAWA}) &\geq 2 \\
 X(\text{KIKUKAWA}) + X(\text{TOYODA}) + X(\text{SANYOU}) + X(\text{MINE}) + X(\text{HOUHUKU}) &\geq 1 \\
 X(\text{TOYORA}) + X(\text{KIKUKAWA}) + X(\text{HOUHUKU}) &\geq 1 \\
 X(\text{TOYORA}) + X(\text{TOYODA}) + X(\text{HOUHUKU}) + X(\text{YUYA}) &\geq 1 \\
 X(\text{MINE}) + X(\text{SYUUHOU}) + X(\text{OGOURI}) + X(\text{BITOU}) + X(\text{KUSUNOKI}) + X(\text{ASAHI}) &\geq 1 \\
 X(\text{SUSA}) + X(\text{TAMAGAWA}) &\geq 2 \\
 X(\text{TOKUJI}) + X(\text{MUTUMI}) + X(\text{ATOU}) &\geq 2 \\
 X(\text{ABU}) + X(\text{SUSA}) + X(\text{TAMAGAWA}) &\geq 2
 \end{aligned}$$

$X(j)$: 市町村 j の追加当該施設数

図12 施設配置計画案策定のための制約条件式

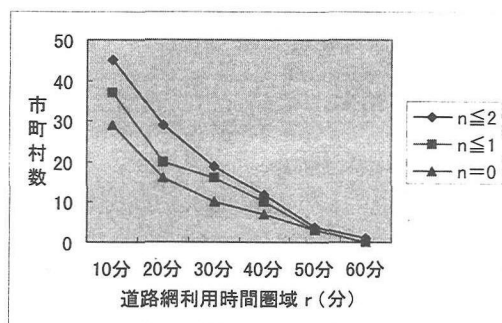


図13 現状で道路網利用 r 分内に透析病院が n 施設の市町村数

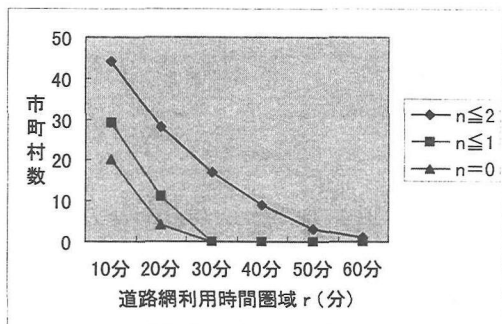


図14 追加施設配置後、道路網利用 r 分内に透析病院が n 施設の市町村数

当該施設が存在することを制約としている。施設容量および利用者数等を考慮した分析方法については、現在研究を継続中である。